

---

---

技 術 資 料

ヒューム管設計施工要覧

---

---



全国ヒューム管協会

## 序

遠心成形を利用したヒューム管の製造技術は、今から115年前にオーストラリアで発明され、わが国にその高品質な管を大量生産できる製造技術を導入してから100年になろうとしています。

ヒューム管は、私たちのインフラストラクチャーの基盤を支える重要な要素のひとつであり、その優れた耐久性と強度により、都市の下水道システムから農業用排水、道路や橋梁の排水に至るまで、さまざまな用途で採用されてきました。また、管の種類や用途も拡大され、施工方法の改良も重ねられ、時代のニーズに応じた価値を発揮し続けています。

具体的には、昭和の経済成長期において、河川や湖沼さらに海洋の水質汚濁が大きな社会問題となる中、下水道整備に大きく貢献しました。近年では、下水道の耐震対策や、集中豪雨による浸水対策の課題に対応するために、継手の耐震性能や水密性能を向上させた製品も開発されています。

ヒューム管が100年にわたってロングセラーを続けている理由は、耐久性、施工性、経済性に優れているだけでなく、有害物質などの公害を引き起こさない環境に優しい管材として、現代社会のニーズに応え続けていることにあると自負しております。これもひとえにユーザーの皆様にご理解賜り、高い信頼をいただいているおかげです。

私共ヒューム管メーカーでは、今後とも品質や性能の向上に努め、社会課題を解決する製品を提供してまいります。また、ユーザーの皆様には、ヒューム管に対する適切な設計、施工および維持管理について、十分にご配慮を賜りたく、心よりお願い申し上げますと共に、ご不明点がございましたら協会へご連絡ください。

本協会では、皆様の実務に役立つ技術資料『ヒューム管設計施工要覧』を昭和52年に刊行し、今日まで改訂を重ねてまいりました。今後もヒューム管の設計、施工および維持管理に携わる皆様にご活用いただける技術資料として随時改訂を行ってまいりますので、引き続きご活用いただければ幸いです。

2024年12月

全国ヒューム管協会

会長 増渕 智之

# 改訂について

日頃、ヒューム管の設計及び施工に関する資料として、本要覧が関係者の方々のご利用を頂いていることに感謝いたしております。当協会では、できる限り新しい技術情報を提供できるように、昭和52年の初版刊行以来、主に規格の制定、改正を機に、新製品や新しい技術などを追加して、要覧の改訂を行ってきました。今回の主な見直し点は次のとおりです。

## ①全般

- ・規格廃止されたC形の記載をNC形への内容に修正した。ただし、既設管路管理者への情報提供のためにC形製品仕様に関する記載は残した。
- ・同じ部材に対する名称を統一した。
- ・団体名を現行名称に修正した。

## ②第1編「製品」

- ・2024年3月現在における各準拠規格を基準とした記載内容とし、全国ヒューム管協会規格外製品は削除した。
- ・用語はJISで用いられているものに統一した。
- ・A形用ステンレスカラーに関する記載とB形用水膨張ゴムⅡ型に関する記載を削除した。
- ・推進管規格に、内圧管規格を追加した。
- ・ゴム輪に関する記載を、改正されたJIS規格より引用する記載とした。

## ③第2編「設計」

- ・ローラ荷重及びブルドーザ荷重を現行機種仕様に変更した。
- ・推進工法の土圧算定式適用区分に関する図表を追記した。
- ・別途関連設計指針の内容を確認するものとして、耐震計算の詳細については削除し、フロー図のみの記載とした。

## ④第3編「施工」

- ・A形の施工に関する記載を削除した。
- ・参考として記載していた管にひび割れが生じる落下高さに関する表を削除した。
- ・開削施工歩掛の記載内容を下水道用設計標準歩掛表の記載内容と整合させ修正した。
- ・ひび割れ補修の文章を最新の技術資料の記載内容に合わせ修正した。

## ⑤計算例

- ・関連規格、設計基準および指針等に照らして検討例に使用する数値を修正した。

## ⑥資料

- ・C形の規格廃止に伴い、「資料2 土圧一覧表」呼び径1500～3000の値をNC形の値に変更した。

## ⑦関連規格及び基準類

- ・絶版図書については削除し、現行名称に修正した。

2024年12月

全国ヒューム管協会  
技術委員会

## 目 次

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 第1編 製 品                                 | 1  |
| 第1章 管の種類                                | 1  |
| 第2章 管の規格                                | 2  |
| 第3章 管の形状及び寸法                            | 4  |
| 3.1 A形                                  | 4  |
| 3.2 B形                                  | 5  |
| 3.3 NB形                                 | 6  |
| 3.4 NC形                                 | 7  |
| 3.5 C形(廃止規格 <sup>(注1)</sup> )           | 8  |
| 3.6 NE形                                 | 9  |
| 3.7 NL形                                 | 11 |
| 3.8 推進管                                 | 13 |
| 3.8.1 E形推進管 (JSWAS A-2 : 2018) (JA)     | 13 |
| 3.8.2 NS推進管 (JSWAS A-2 : 2018) (JC)     | 16 |
| 3.8.3 E形小口径推進管 (JSWAS A-6 : 2000) (SJS) | 20 |
| 3.8.4 NS小口径推進管 (JSWAS A-6 : 2000) (SJB) | 24 |
| 3.8.5 接続管                               | 28 |
| 3.9 異形管                                 | 29 |
| 3.9.1 T字管及びY字管                          | 29 |
| 3.9.2 曲 管                               | 30 |
| 3.9.3 支 管                               | 31 |
| 3.9.4 短 管                               | 32 |
| 3.10 集水管                                | 33 |
| 3.11 寸法の許容差                             | 34 |
| 第4章 管の強さと継手性能                           | 39 |
| 4.1 外圧管、異形管及び集水管                        | 39 |
| 4.2 内圧管                                 | 41 |
| 4.2.1 内圧強さ                              | 41 |
| 4.2.2 内圧管の外圧強さ (曲げ強度)                   | 42 |
| 4.3 推進管                                 | 43 |
| 4.3.1 外圧強さ                              | 43 |
| 4.3.2 内圧強さ                              | 44 |
| 4.4 継手性能                                | 45 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 第5章 継手用製品 .....                    | 46  |
| 5.1 シール材 .....                     | 46  |
| 5.1.1 形状及び寸法 .....                 | 46  |
| 5.1.2 寸法の許容差 .....                 | 55  |
| 5.1.3 ゴム輪の材質 .....                 | 56  |
| 5.2 止水滑剤 .....                     | 57  |
| 第2編 設 計 .....                      | 58  |
| 第1章 水 理 .....                      | 58  |
| 1.1 水理公式 .....                     | 58  |
| 1.2 水理特性曲線 .....                   | 59  |
| 1.3 管きょ断面の決定 .....                 | 61  |
| 第2章 設 計 .....                      | 62  |
| 2.1 埋設管の耐荷力 .....                  | 62  |
| 2.2 活荷重 .....                      | 69  |
| 2.2.1 トラック荷重 .....                 | 69  |
| 2.2.2 ローラ荷重 .....                  | 70  |
| 2.3 土圧荷重 .....                     | 73  |
| 2.3.1 開削工法に用いる土圧 .....             | 73  |
| 2.3.1.1 マーストンの式 .....              | 73  |
| 2.3.1.2 下水道協会式 .....               | 78  |
| 2.3.2 推進工法に用いる土圧 .....             | 86  |
| 2.3.2.1 緩み土圧（テルツァーギ）の式 .....       | 86  |
| 2.3.2.2 推進工法における直土圧の式 .....        | 90  |
| 2.4 開削管の設計 .....                   | 91  |
| 2.5 推進管の設計 .....                   | 92  |
| 2.6 内圧管の設計 .....                   | 96  |
| 2.6.1 設計内圧 .....                   | 96  |
| 2.6.2 埋設管に生じる曲げモーメントの線荷重への換算 ..... | 96  |
| 2.6.3 管種算定 .....                   | 97  |
| 2.6.4 内外圧組合せ荷重曲線 .....             | 98  |
| 2.7 360° コンクリート巻立てヒューム管の設計 .....   | 99  |
| 2.7.1 概要 .....                     | 99  |
| 2.7.2 断面力算定方法 .....                | 99  |
| 2.7.3 使用限界状態に対する安全性の検討 .....       | 100 |
| 2.7.4 終局限界状態に対する安全性の検討 .....       | 102 |
| 2.8 耐震設計 .....                     | 104 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第3編 施 工 .....                | 105 |
| 第1章 開削工法 .....               | 105 |
| 1.1 管の運搬及び保管 .....           | 105 |
| 1.1.1 運 搬 .....              | 105 |
| 1.1.2 保 管 .....              | 106 |
| 1.2 土 工 .....                | 106 |
| 1.2.1 調 査 .....              | 106 |
| 1.2.2 掘 削 .....              | 107 |
| 1.2.3 水 替 え .....            | 109 |
| 1.2.4 埋めもどし .....            | 109 |
| 1.2.5 盛 土 .....              | 110 |
| 1.3 基 礎 .....                | 110 |
| 1.3.1 基礎の種類 .....            | 110 |
| 1.3.2 基礎の施工 .....            | 113 |
| 1.4 布 設 工 .....              | 113 |
| 1.4.1 管の配置、吊りおろし及び据付け .....  | 114 |
| 1.4.2 接 合 .....              | 114 |
| 1.4.3 曲線布設 .....             | 117 |
| 1.4.4 マンホール又は構造物との取付け .....  | 117 |
| 1.4.5 異形管 .....              | 117 |
| 1.4.6 管の布設歩掛り .....          | 120 |
| 第2章 推進工法 .....               | 121 |
| 2.1 推進工法の分類 .....            | 121 |
| 2.2 適用土質 .....               | 122 |
| 2.3 推進方向の管の耐荷力 .....         | 123 |
| 2.3.1 コンクリートの許容平均圧縮応力度 ..... | 123 |
| 2.3.2 管の有効断面積 .....          | 124 |
| 2.3.3 管の許容耐荷力 .....          | 125 |
| 2.3.4 曲線推進の許容耐荷力 .....       | 125 |
| 2.4 推進力に対する検討 .....          | 126 |
| 2.4.1 直線推進 .....             | 126 |
| 2.4.2 曲線推進 .....             | 130 |
| 2.4.3 許容推進延長 .....           | 142 |
| 2.4.4 中押し工法 .....            | 142 |
| 2.5 その他 .....                | 142 |
| 2.5.1 推進力伝達材 .....           | 142 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 2.5.2 立坑内に埋設される管                       | 144 |
| 2.5.3 拡幅掘削                             | 144 |
| 2.6 管の取扱い                              | 145 |
| 2.6.1 標準管                              | 145 |
| 2.6.2 中押管                              | 150 |
| 2.7 施工上の留意点                            | 151 |
| 2.7.1 推進力によるもの                         | 151 |
| 2.7.2 外圧によるもの                          | 151 |
| 第3章 管路の補修方法                            | 152 |
| 3.1 管体                                 | 152 |
| 3.1.1 外圧管路                             | 152 |
| 3.1.2 推進工法による管路                        | 152 |
| 3.1.3 内圧管路                             | 152 |
| 3.2 継手                                 | 153 |
| 3.2.1 外圧管                              | 153 |
| 3.2.2 内圧管                              | 154 |
| 「参考」コンクリートのひび割れの補修方法および耐久性について         | 155 |
| 計 算 例                                  | 158 |
| 1. マーストンの式（正の突出型）による呼び径 1000 の検討       | 159 |
| 2. 下水道協会式による呼び径 400 の検討                | 161 |
| 3. マーストンの式(溝型)による呼び径 600 内圧管の検討        | 166 |
| 4. 呼び径 600 の 360° コンクリート巻立ての検討         | 168 |
| 5. 呼び径 1350 の推進管の外圧荷重及び推進力の検討          | 176 |
| 資 料                                    | 179 |
| 資料1 埋設管の耐荷力                            | 180 |
| 資料2 土圧一覧表 ( $\gamma=18\text{kN/m}^3$ ) | 186 |
| 資料3 掘削溝幅とコンクリート基礎の寸法                   | 191 |
| 資料4 流量表マンシングの式、 $n=0.013$              | 192 |
| 資料5 規格の変遷                              | 197 |
| 関連規格及び基準類                              | 200 |

# 第1編 製品

## 第1章 管の種類

ヒューム管は、推進工法に用いる推進管と小口径推進管、そして開削工法に用いる外圧管と内圧管に大別される。さらに形状、外圧強さと内圧強さ、継手性能、及びコンクリートの圧縮強度によって区分される。それらの種類を図1.1-1に示す。

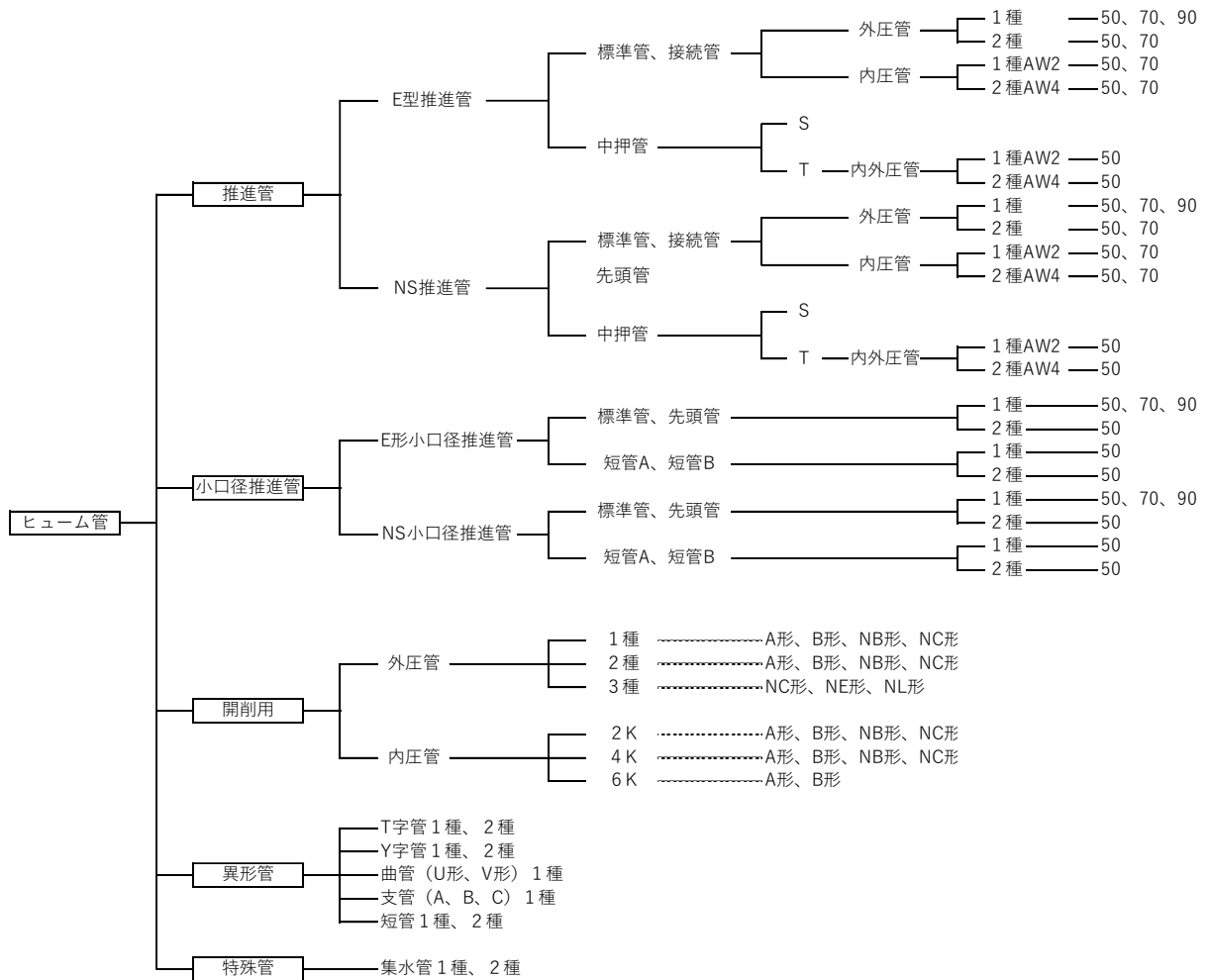


図1.1-1 管の種類

## 第2章 管の規格

管の規格には、日本産業規格として **JIS A 5372:2016**（プレキャスト鉄筋コンクリート製品 附属書 C(規定)暗きょ類 推奨仕様 C-2 遠心力鉄筋コンクリート管）、日本下水道協会規格として **JSWAS A-1**（下水道用鉄筋コンクリート管）、**JSWAS A-2**（下水道推進工法用鉄筋コンクリート管）及び **JSWAS A-6**（下水道小口径管推進工法用鉄筋コンクリート管）がある。また、全国ヒューム管協会規格として **JHPAS** がある。これらの規格を表 1.2-1～3 に示す。

表 1.2-1 日本産業規格

| 規 格                 | 種 類   |      |         | 呼 び 径     |           |         |             |
|---------------------|-------|------|---------|-----------|-----------|---------|-------------|
|                     |       |      |         | A 形       | B 形       | N B 形   | N C 形       |
| JIS A 5372<br>-2016 | 直 管   | 外圧管  | 1 種、2 種 | 150~1 800 | 150~1 350 | 150~900 | 1 500~3 000 |
|                     |       |      | 3 種     | —         | —         | —       | 1 500~3 000 |
|                     |       | 内圧管  | 2K      | 150~1 800 | 150~1 350 | —       | 1 500~3 000 |
|                     |       |      | 4K      | 150~1 800 | 150~1 350 | —       | 1 500~3 000 |
|                     |       |      | 6K      | 150~800   | 150~800   | —       | —           |
|                     | 異 形 管 | T 字管 | 1 種、2 種 | —         | 200~450   | —       | —           |
|                     |       | Y 字管 | 1 種、2 種 | —         | 200~450   | —       | —           |
|                     |       | 曲管   | U 形     | —         | 150、200   | —       | —           |
|                     |       |      | 30°、45° |           |           |         |             |
|                     |       | 支管   | A、B、C   | —         | 150、200   | —       | —           |
|                     |       | 短管   | 1 種、2 種 | —         | 150~450   | —       | —           |

表 1.2-2 日本下水道協会規格

| 規 格                | 種 類    |               |         |         |         | 呼 び 径   |           |         |             |         |             |
|--------------------|--------|---------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|-------------|---------|-------------|
|                    |        |               |         |         |         | A 形     | B 形       | N B 形   | N C 形       | 推進管     |             |
| JSWAS A-1<br>-2011 | 直 管    |               |         | 1 種、2 種 |         | 150~350 | 150~1 350 | 150~900 | 1 500~3 000 | —       |             |
|                    |        |               |         | 3 種     |         | —       | —         | —       | 1 500~3 000 | —       |             |
|                    | 異 形 管  | T 字管          |         | 1 種、2 種 |         | —       | 200~450   | —       | —           | —       |             |
|                    |        | Y 字管          |         | 1 種、2 種 |         | —       | 200~450   | —       | —           | —       |             |
|                    |        | 曲管<br>30°、45° |         | U 形     | 1 種     | —       | 150、200   | —       | —           | —       |             |
|                    |        |               |         | V 形     |         |         |           |         |             |         |             |
|                    |        | 支管            |         | A、B、C   | 1 種     |         | 150、200   | —       | —           | —       |             |
| 短管                 |        | BS、BT 形       | 1 種、2 種 |         | 150~450 | —       | —         | —       |             |         |             |
| JSWAS A-2<br>-2018 | 推進管    | 標準管           |         | 外圧管     | 1 種     | 50、70   | —         | —       | —           | —       | 800~3 000   |
|                    |        |               |         |         | 2 種     | 50、70   |           |         |             |         |             |
|                    |        |               |         |         | 3 種     | 50、70   |           |         |             |         |             |
|                    |        |               |         | 内圧管     | 1 種 AW2 | 50、70   |           |         |             |         |             |
|                    |        |               |         |         | 2 種 AW4 | 50、70   |           |         |             |         |             |
|                    |        |               |         |         | 3 種 AW4 | 50、70   |           |         |             |         |             |
|                    |        | 中押管           | S       | 内外圧管    | —       |         | —         | —       | —           | —       | 1 000~3 000 |
|                    |        |               |         |         | T       | 1 種 AW2 |           |         |             |         |             |
|                    |        |               | 2 種 AW4 |         |         | 50      |           |         |             |         |             |
|                    |        |               | 3 種 AW4 |         |         | 50      |           |         |             |         |             |
| JSWAS A-6<br>-2000 | 小口径推進管 | 標準管           |         | 1 種     | 50、70   | —       | —         | —       | —           | 200~700 |             |
|                    |        |               |         | 2 種     | 50      |         |           |         |             |         |             |
|                    |        | 短管            | A、B     | 1 種、2 種 | 50      |         |           |         |             |         |             |

表 1.2-3 全国ヒューム管協会規格

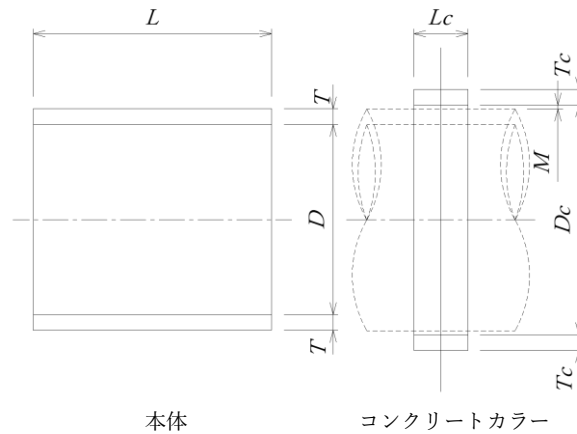
| 規 格               | 種 類               |                |        |         |             | 呼 び 径    |           |           |             |       |                |           |   |
|-------------------|-------------------|----------------|--------|---------|-------------|----------|-----------|-----------|-------------|-------|----------------|-----------|---|
|                   |                   |                |        |         |             | A 形      | B 形       | N B 形     | C 形         | N C 形 | N E 形<br>N L 形 | 推進管       |   |
| JHPAS-6<br>-2004  | 集 水 管             |                |        |         | 1 種         |          | —         | 150~1 000 | 150~900     | —     | —              | —         | — |
| 2 種               |                   |                |        |         | 150~ 400    | 150~400  |           |           |             |       |                |           |   |
| JHPAS-19<br>-2017 | E 形推進管            | 標準管            | 外圧管    | 1 種     | 50、70、90    | —        | —         | —         | —           | —     | —              | 800~3 000 |   |
|                   |                   |                |        | 2 種     | 50          |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 接続管<br>N S - E | 内圧管    | 1 種 AW2 | 50、 70      |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   |                |        | 2 種 AW4 | 50、 70      |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 中押管            | S<br>T | 内外圧管    | —           |          | —         | —         | —           | —     | —              | 900~3 000 |   |
|                   |                   |                |        |         | 1 種 AW2     | 50       |           |           |             |       |                |           |   |
| 2 種 AW4           |                   |                |        |         |             |          |           |           |             |       |                |           |   |
| JHPAS-20<br>-2006 | E 形小口径推進管         | 標準管            |        |         | 1 種         | 50、70、90 | —         | —         | —           | —     | —              | 200~700   |   |
|                   |                   | 先頭管<br>C       |        |         |             |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   |                |        |         | 2 種         | 50       |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 短管             | A、B、D  | 1 種、2 種 | 50          |          |           |           |             |       |                |           |   |
| JHPAS-24<br>-2005 | N E 形管<br>・N L 形管 | 外圧管            | N E 形  | 3 種     |             | —        | —         | —         | —           | —     | 200~1 350      | —         |   |
|                   | N L 形             |                |        |         |             |          |           |           |             |       |                |           |   |
| JHPAS-25<br>-2017 | N S 推進管           | 標準管            | 外圧管    | 1 種     | 50、70、90    | —        | —         | —         | —           | —     | —              | 800~3 000 |   |
|                   |                   |                |        | 2 種     | 50          |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 先頭管<br>C       | 内圧管    | 1 種 AW2 | 50、 70      |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   |                |        | 2 種 AW4 | 50、 70      |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 中押管            | S<br>T | 内外圧管    | —           |          | —         | —         | —           | —     | —              | 900~3 000 |   |
|                   |                   |                |        |         | 1 種 AW2     | 50       |           |           |             |       |                |           |   |
| 2 種 AW4           |                   |                |        |         |             |          |           |           |             |       |                |           |   |
| JHPAS-27<br>-2006 | N S 小口径推進管        | 標準管            |        |         | 1 種         | 50、70、90 | —         | —         | —           | —     | —              | 200~700   |   |
|                   |                   | 先頭管<br>C       |        |         | 2 種         | 50       |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 短管             | A、B、D  | 1 種、2 種 | 50          |          |           |           |             |       |                |           |   |
| JHPAS-28<br>-2000 | 外圧管 N B 形         | 外圧管            |        | 1 種、2 種 |             | —        | —         | 150~900   | —           | —     | —              | —         |   |
| JHPAS-31<br>-2004 | A 形管              | 外圧管            |        |         | 1 種、2 種     |          | 150~1 800 | —         | —           | —     | —              | —         |   |
|                   |                   | 内圧管            |        |         | 2 K         |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   |                |        |         | 4 K         |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   |                |        |         | 6 K         |          | 150~ 800  |           |             |       |                |           |   |
| JHPAS-32<br>-2007 | B 形管              | 外圧管            |        |         | 1 種、2 種     |          | —         | 150~1 350 | —           | —     | —              | —         |   |
|                   |                   | 内圧管            |        |         | 2 K         |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   |                |        |         | 4 K         |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   |                |        |         | 6 K         |          | 150~800   |           |             |       |                |           |   |
| JHPAS-33<br>-2004 | C 形管              | 外圧管            |        | 1 種、2 種 |             | —        | —         | —         | 1 500~3 000 | —     | —              | —         |   |
| JHPAS-34<br>-2004 | N C 形管            | 外圧管            |        |         | 1 種、2 種、3 種 |          | —         | —         | —           | —     | 1 500~3 000    | —         | — |
|                   |                   | 内圧管            |        |         | 2K、4K       |          |           |           |             |       |                |           |   |
| JHPAS-35<br>-2007 | 異形管               | T 字管           |        |         | 1 種、2 種     |          | —         | 200~450   | —           | —     | —              | —         | — |
|                   |                   | Y 字管           |        |         | 1 種、2 種     |          |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 曲管             |        |         | U 形         | 1 種      |           | 150、200   |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 30°、45°        |        |         | V 形         | 1 種      |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 支管             |        |         | A、B、C       | 1 種      |           |           |             |       |                |           |   |
|                   |                   | 短管             |        |         | 1 種、2 種     |          |           | 150~450   |             |       |                |           |   |

### 第3章 管の形状及び寸法

#### 3.1 A形

最も歴史の古い継手形状で、管とカラーからなり、硬練りモルタルでランニングして接合することが原則である。A形とカラーの形状及び寸法を表1.3.1-1に示す。

表 1.3.1-1 A形とカラーの形状及び寸法



単位：mm

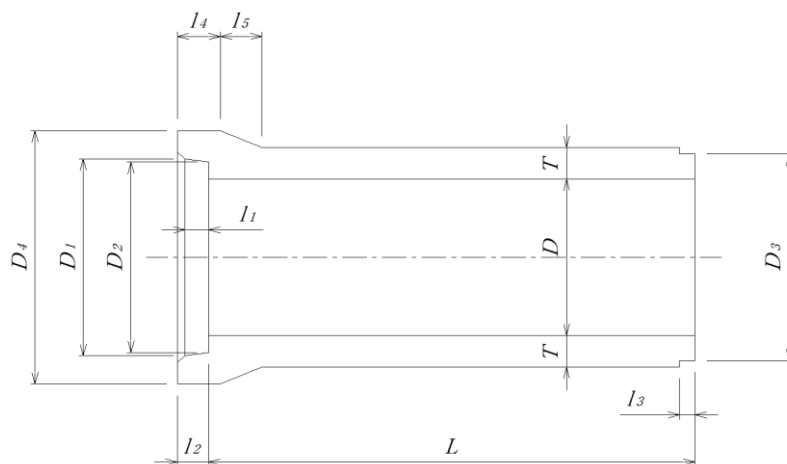
| 呼び径   | 管          |            |                           | コンクリートカラー    |              |              |                        | 参考重量(kg) |               |       |
|-------|------------|------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------|----------|---------------|-------|
|       | 内 径<br>$D$ | 厚 さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | 内 径<br>$D_c$ | 厚 さ<br>$T_c$ | 長 さ<br>$L_c$ | ランニング<br>ス ペ ース<br>$M$ | 管        | コンクリート<br>カラー | 計     |
| 150   | 150        | 26         | 2 000                     | 226          | 28           | 150          | 12                     | 70       | 8             | 78    |
| 200   | 200        | 27         |                           | 278          | 30           |              |                        | 94       | 11            | 105   |
| 250   | 250        | 28         |                           | 330          | 31           |              |                        | 119      | 13            | 132   |
| 300   | 300        | 30         |                           | 390          | 33           |              |                        | 151      | 16            | 167   |
| 350   | 350        | 32         |                           | 444          | 35           |              |                        | 187      | 20            | 207   |
| 400   | 400        | 35         | 2 430                     | 500          | 38           | 200          | 15                     | 283      | 24            | 307   |
| 450   | 450        | 38         |                           | 556          | 42           |              |                        | 347      | 39            | 386   |
| 500   | 500        | 42         |                           | 614          | 46           |              |                        | 430      | 47            | 477   |
| 600   | 600        | 50         |                           | 730          | 50           |              |                        | 606      | 61            | 667   |
| 700   | 700        | 58         |                           | 846          | 58           |              |                        | 820      | 82            | 902   |
| 800   | 800        | 66         |                           | 962          | 66           | 250          | 18                     | 1 060    | 110           | 1 170 |
| 900   | 900        | 75         |                           | 1 080        | 75           |              |                        | 1 360    | 140           | 1 500 |
| 1 000 | 1 000      | 82         |                           | 1 200        | 82           |              |                        | 1 660    | 200           | 1 860 |
| 1 100 | 1 100      | 88         |                           | 1 312        | 88           |              |                        | 1 960    | 240           | 2 200 |
| 1 200 | 1 200      | 95         |                           | 1 426        | 95           |              |                        | 2 300    | 290           | 2 590 |
| 1 350 | 1 350      | 103        |                           | 1 592        | 103          |              | 22                     | 2 810    | 340           | 3 150 |
| 1 500 | 1 500      | 112        |                           | 1 768        | 112          |              |                        | 3 380    | 410           | 3 790 |
| 1 650 | 1 650      | 120        |                           | 1 934        | 120          |              |                        | 3 970    | 480           | 4 450 |
| 1 800 | 1 800      | 127        |                           | 2 098        | 127          |              |                        | 4 570    | 550           | 5 120 |

注) 呼び径 150～350 の管の有効長は 990mm、呼び径 400～1 800 の管の有効長は 1 200mm とすることができる。

### 3.2 B形

管端が受口と差し口からなっており、シール材を用いて接合する。B形の形状及び寸法を表 1.3.2-1 に示す。

表 1.3.2-1 B形の形状及び寸法



単位：mm

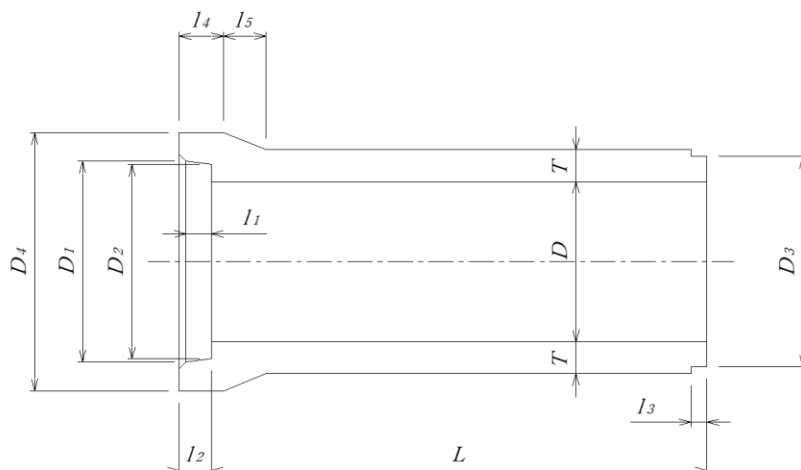
| 呼び径   | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | 厚さ<br>$T$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | 参考質量<br>(kg) |
|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|--------------|
| 150   | 150       | 210   | 206   | 194   | 262   | 26        |       |       |       |       |       |                           | 77           |
| 200   | 200       | 262   | 258   | 246   | 316   | 27        |       |       |       |       |       |                           | 103          |
| 250   | 250       | 314   | 310   | 298   | 370   | 28        | 65    | 90    |       |       |       | 2 000                     | 131          |
| 300   | 300       | 368   | 364   | 350   | 424   | 30        |       |       |       |       |       |                           | 165          |
| 350   | 350       | 422   | 418   | 404   | 482   | 32        |       |       |       |       |       |                           | 204          |
| 400   | 400       | 478   | 474   | 460   | 544   | 35        |       |       |       |       |       |                           | 306          |
| 450   | 450       | 534   | 530   | 516   | 606   | 38        | 70    | 95    |       |       |       |                           | 373          |
| 500   | 500       | 592   | 588   | 574   | 672   | 42        |       |       |       |       |       |                           | 459          |
| 600   | 600       | 708   | 704   | 690   | 804   | 50        |       |       |       |       |       |                           | 660          |
| 700   | 700       | 824   | 820   | 802   | 936   | 58        | 75    | 100   |       |       |       |                           | 899          |
| 800   | 800       | 940   | 936   | 918   | 1 068 | 66        | 80    | 110   |       |       |       | 2 430                     | 1 170        |
| 900   | 900       | 1 058 | 1 054 | 1 036 | 1 204 | 75        | 85    | 115   |       |       |       |                           | 1 520        |
| 1 000 | 1 000     | 1 172 | 1 168 | 1 150 | 1 332 | 82        | 96    | 120   |       |       |       |                           | 1 850        |
| 1 100 | 1 100     | 1 286 | 1 282 | 1 260 | 1 458 | 88        | 100   | 125   |       |       |       |                           | 2 190        |
| 1 200 | 1 200     | 1 400 | 1 396 | 1 374 | 1 586 | 95        | 104   | 130   |       |       |       |                           | 2 600        |
| 1 350 | 1 350     | 1 566 | 1 562 | 1 540 | 1 768 | 103       | 108   | 135   |       |       |       |                           | 3 190        |

注) 呼び径 150 及び 200 の管の有効長は 500mm 又は 1 000mm、呼び径 250～350 の管の有効長は 1 000mm、  
呼び径 400～1 350 の管の有効長は 1 200mm とすることができる。

### 3.3 NB形

B形より受口を長くし、拔出し長の機能を向上させたもので、シール材を用いて接合する。  
NB形の形状及び寸法を表 1.3.3-1 に示す。

表 1.3.3-1 NB形の形状及び寸法



単位：mm

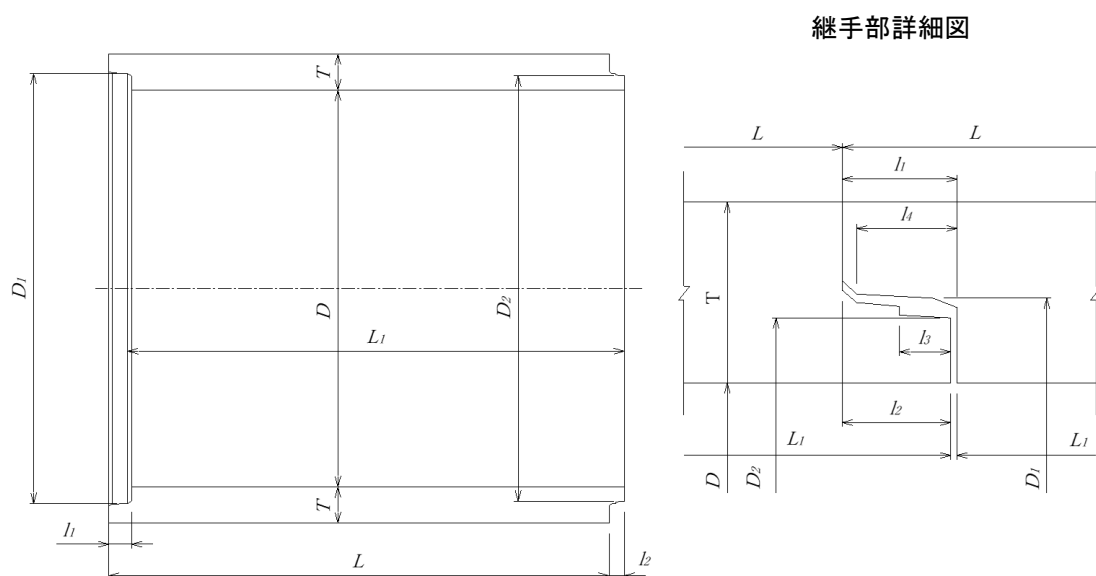
| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | 厚さ<br>$T$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | 参考質量<br>(kg) |
|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|--------------|
| 150 | 150       | 210   | 206   | 194   | 262   | 26        |       |       |       | 115   | 50    | 2 000                     | 77           |
| 200 | 200       | 262   | 258   | 246   | 316   | 27        | 72    |       | 32    |       | 55    |                           | 103          |
| 250 | 250       | 314   | 310   | 298   | 370   | 28        |       | 90    |       |       | 60    |                           | 131          |
| 300 | 300       | 368   | 364   | 350   | 424   | 30        | 76    |       |       | 120   |       |                           | 165          |
| 350 | 350       | 422   | 418   | 404   | 482   | 32        |       |       |       |       | 65    | 2 430                     | 204          |
| 400 | 400       | 478   | 474   | 460   | 544   | 35        |       |       |       |       | 70    |                           | 306          |
| 450 | 450       | 534   | 530   | 516   | 606   | 38        | 86    | 95    | 36    | 125   | 75    |                           | 373          |
| 500 | 500       | 592   | 588   | 574   | 672   | 42        |       |       |       | 130   | 85    |                           | 459          |
| 600 | 600       | 708   | 704   | 690   | 804   | 50        |       | 100   |       | 135   | 100   |                           | 660          |
| 700 | 700       | 824   | 820   | 802   | 936   | 58        |       | 105   |       | 140   | 115   |                           | 899          |
| 800 | 800       | 940   | 936   | 918   | 1 068 | 66        | 90    | 110   | 40    | 150   | 130   |                           | 1 170        |
| 900 | 900       | 1 058 | 1 054 | 1 036 | 1 204 | 75        |       | 115   |       | 160   | 150   |                           | 1 520        |

注) 呼び径 150 及び 200 の管の有効長は 500mm 又は 1 000mm、呼び径 250～350 の管の有効長は 1 000mm、  
呼び径 400～900 の管の有効長は 1 200mm とすることができる。

### 3.4 NC形

C形より管の厚さを増し、抜け出しの性能を向上させたもので、シール材を用いて接合する。  
NC形の形状及び寸法を表 1.3.4-1 に示す。

表 1.3.4-1 NC形の形状及び寸法



単位：mm

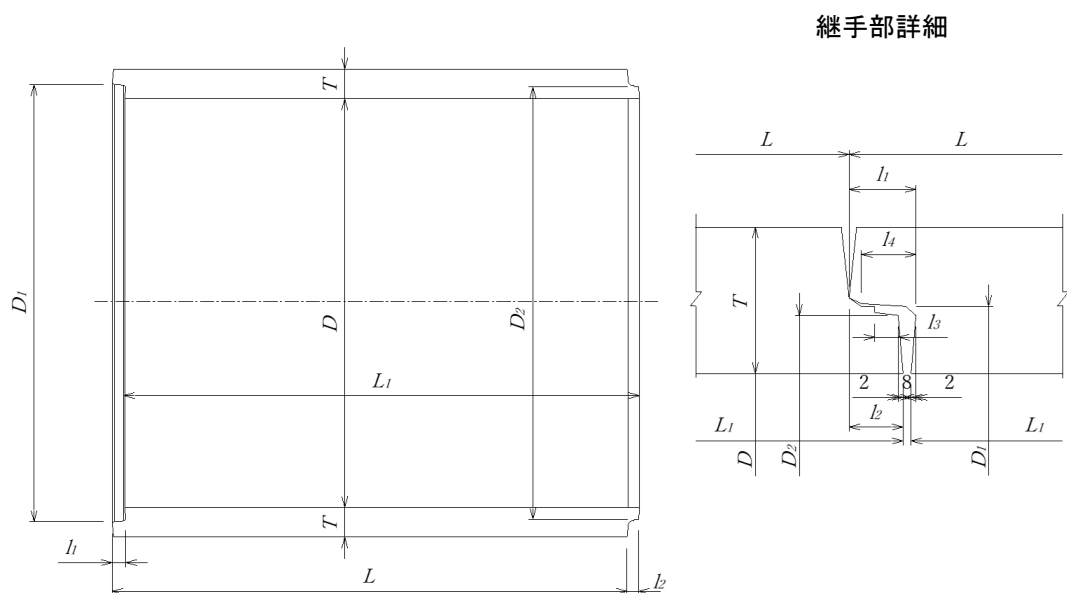
| 呼び径   | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | 厚さ<br>$T$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $L_1$ | 参考質量<br>(kg) |
|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|--------------|
| 1 500 | 1 500     | 1 632 | 1 598 | 140       | 120   | 115   | 55    | 105   | 2 300                     | 2 295 | 4 050        |
| 1 650 | 1 650     | 1 792 | 1 758 | 150       |       |       |       |       |                           |       | 4 760        |
| 1 800 | 1 800     | 1 950 | 1 916 | 160       |       |       |       |       |                           |       | 5 530        |
| 2 000 | 2 000     | 2 164 | 2 130 | 175       |       |       |       |       |                           |       | 6 710        |
| 2 200 | 2 200     | 2 378 | 2 344 | 190       | 135   | 130   | 65    | 120   |                           |       | 8 010        |
| 2 400 | 2 400     | 2 594 | 2 550 | 205       |       |       |       |       |                           |       | 9 400        |
| 2 600 | 2 600     | 2 808 | 2 764 | 220       |       |       |       |       |                           |       | 10 900       |
| 2 800 | 2 800     | 3 022 | 2 978 | 235       |       |       |       |       |                           |       | 12 600       |
| 3 000 | 3 000     | 3 236 | 3 192 | 250       |       |       |       |       |                           |       | 14 300       |

注) 呼び径 1500～1800 の管の有効長は 1 080mm とすることができる。

### 3.5 C形(廃止規格<sup>(注1)</sup>)

管端が受口と差し口からなっており、シール材を用いて接合する。C形の形状及び寸法を表 1.3.5-1 に示す。

表 1.3.5-1 C形の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径   | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | 厚さ<br>$T$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | 有効長 <sup>(注2)</sup><br>$L$ | $L_1$ | 参考質量<br>(kg) |
|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|--------------|
| 1 500 | 1 500     | 1 604 | 1 588 | 112       |       |       |       |       |                            |       | 3 270        |
| 1 650 | 1 650     | 1 760 | 1 744 | 120       | 62    | 52    |       | 49    |                            |       | 3 850        |
| 1 800 | 1 800     | 1 914 | 1 898 | 127       |       |       | 27    |       |                            |       | 4 430        |
| 2 000 | 2 000     | 2 132 | 2 116 | 145       |       |       |       |       |                            |       | 5 640        |
| 2 200 | 2 200     | 2 342 | 2 326 | 160       | 67    | 57    |       | 54    |                            |       | 6 840        |
| 2 400 | 2 400     | 2 556 | 2 536 | 175       |       |       |       |       |                            |       | 8 170        |
| 2 600 | 2 600     | 2 766 | 2 746 | 190       | 72    | 62    |       | 59    |                            |       | 9 610        |
| 2 800 | 2 800     | 2 976 | 2 956 | 205       |       |       | 30    |       |                            |       | 11 200       |
| 3 000 | 3 000     | 3 186 | 3 166 | 220       | 77    | 67    |       | 64    |                            |       | 12 800       |

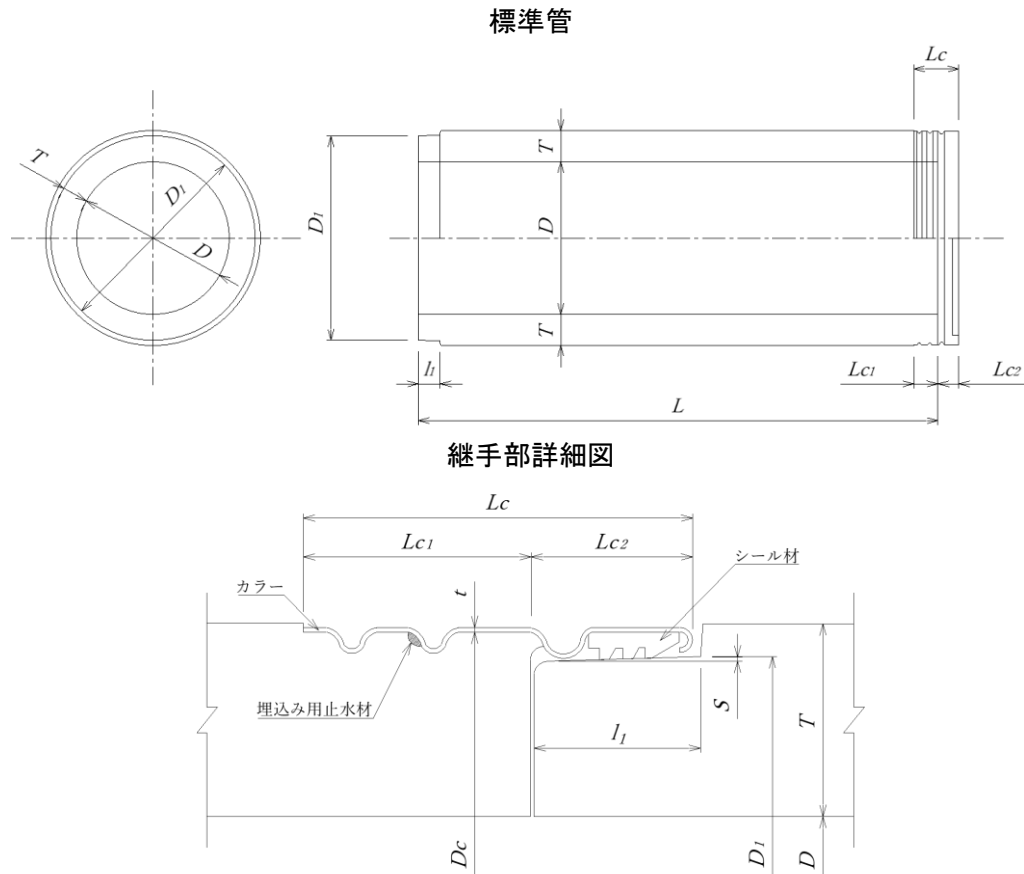
注 1) 2010 年の JIS 改定により、日本産業規格 JIS A 5372 および日本下水道協会規格 JSWAS A-1 から廃止。

注 2) 呼び径 1 500～1 800 の管の有効長は 1 145mm とすることができる。

### 3.6 NE形

NE形は、JHPAS 24 で規定している呼び径 200～1350 の外圧管 3 種である。管の形状はE形小口径推進管及びE形推進管と同一で、接合部に推進力伝達材は使用しない。NE形の形状及び寸法を表 1.3.6-1～2 に示す。

表 1.3.6-1 NE形の形状及び寸法（φ200～φ700）



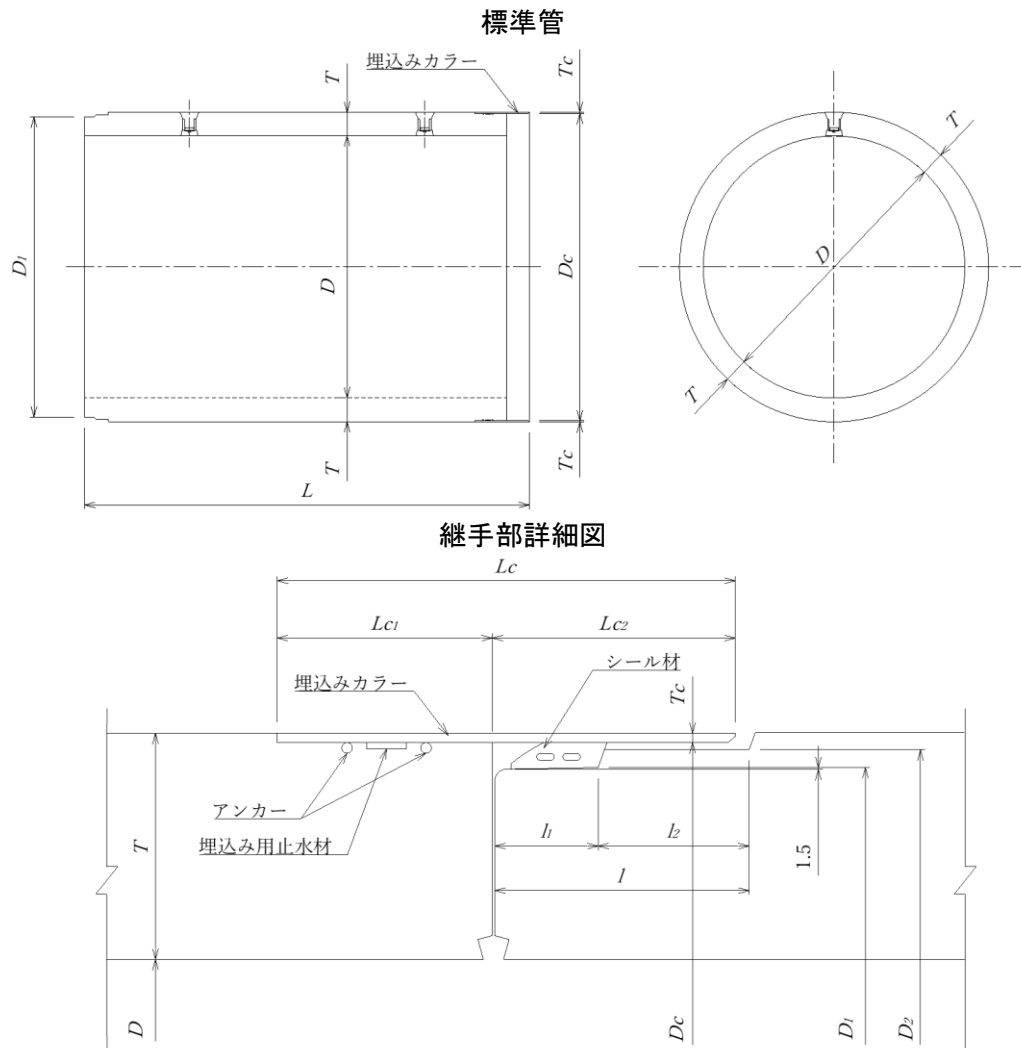
単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $\pi D_1$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $l_1$ | $S$ | $L_c$ | $L_{c1}$ | $L_{c2}$ | $t$ | $D_c$ | $\pi(D_c+2t)$ | 参考質量<br>(kg) |
|-----|-----------|-------|-----------|-----------|---------------------------|-------|-----|-------|----------|----------|-----|-------|---------------|--------------|
| 200 | 200       | 298   | 936       | 59        | 2 000                     | 51    | 1.5 | 120   | 70       | 50       | 1.5 | 313   | 993           | 236          |
| 250 | 250       | 340   | 1 068     | 55        |                           |       |     |       |          |          |     | 355   | 1 125         | 260          |
| 300 | 300       | 394   | 1 238     | 57        |                           |       |     |       |          |          |     | 409   | 1 294         | 315          |
| 350 | 350       | 450   | 1 414     | 60        |                           |       |     |       |          |          |     | 465   | 1 470         | 462          |
| 400 | 400       | 506   | 1 590     | 63        | 2 430                     | 81    | 2.5 | 170   | 90       | 80       | 2.0 | 521   | 1 646         | 548          |
| 450 | 450       | 564   | 1 772     | 67        |                           |       |     |       |          |          |     | 579   | 1 828         | 651          |
| 500 | 500       | 620   | 1 948     | 70        |                           |       |     |       |          |          |     | 635   | 2 004         | 749          |
| 600 | 600       | 736   | 2 312     | 80        |                           |       |     |       |          |          |     | 754   | 2 381         | 1 030        |
| 700 | 700       | 856   | 2 689     | 90        |                           |       |     |       |          |          |     | 874   | 2 758         | 1 340        |

注) 有効長は、呼び径 200～300 については 1 000mm、呼び径 350～700 については 1 200mm とすることができる。

備考 管の形状は、カラーなしとすることができる。

表 1.3.6-2 N E形の形状及び寸法（φ800～φ1350）



単位：mm

| 呼び径   | $D_1$ | $\pi D_1$ | $D_2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $l_1$ | $l_2$ | $l$ | $L_{c1}$ | $L_{c2}$ | $L_c$ | $T_c$ | $D_c$ | $\pi(D_c+2T_c)$ | 参考質量<br>(kg) |
|-------|-------|-----------|-------|-----------|---------------------------|-------|-------|-----|----------|----------|-------|-------|-------|-----------------|--------------|
| 800   | 933   | 2 931     | 942   | 80        | 2 430                     | 60    | 72    | 132 | 120      | 130      | 250   | 4.5   | 951   | 3 016           | 1 330        |
| 900   | 1 053 | 3 308     | 1 062 | 90        |                           |       |       |     |          |          |       |       | 1 071 | 3 393           | 1 670        |
| 1 000 | 1 173 | 3 685     | 1 182 | 100       |                           |       |       |     |          |          |       |       | 1 191 | 3 770           | 2 060        |
| 1 100 | 1 283 | 4 031     | 1 292 | 105       |                           |       |       |     |          |          |       |       | 1 301 | 4 115           | 2 380        |
| 1 200 | 1 403 | 4 408     | 1 412 | 115       |                           |       |       |     |          |          |       | 6.0   | 1 421 | 4 492           | 2 840        |
| 1 350 | 1 563 | 4 910     | 1 577 | 125       |                           |       |       |     |          |          |       |       | 1 588 | 5 027           | 3 460        |

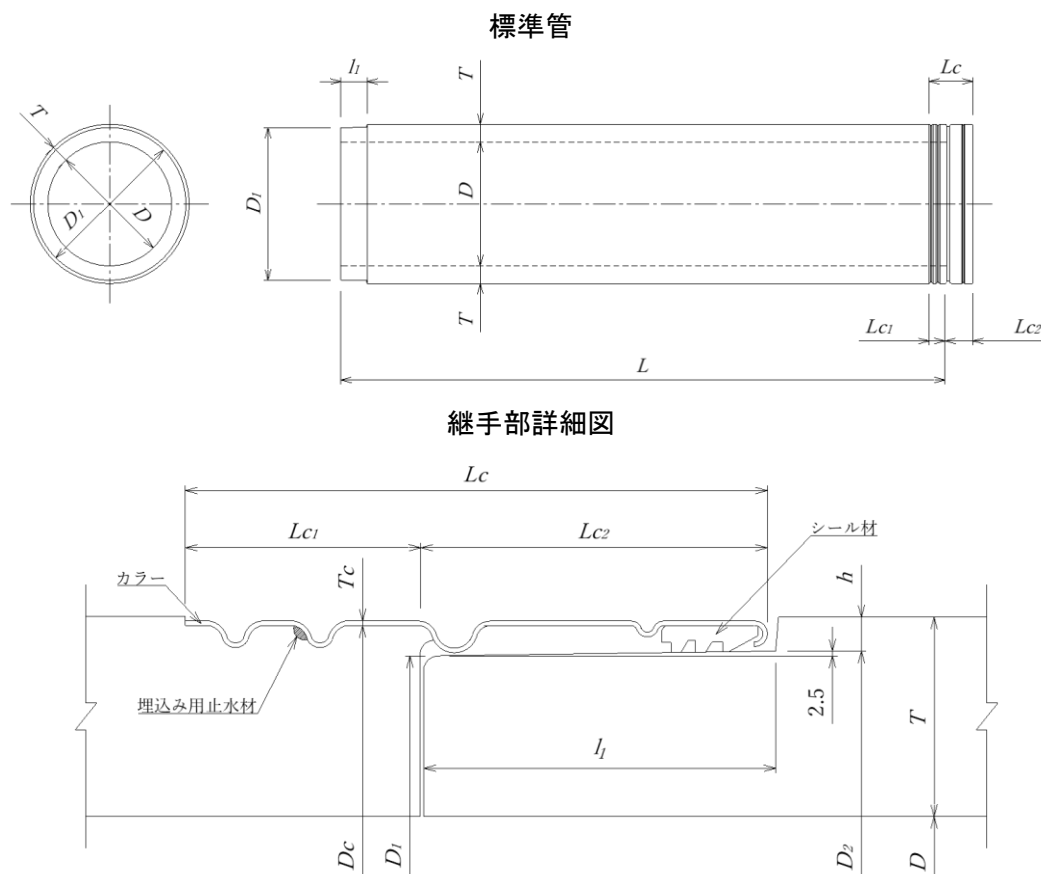
注) 有効長は1 200mm とすることができる。

備考 管の形状は、カラーなしとすることができる。

### 3.7 N L 形

N L 形は、N E 形と同様に JHPAS-24 で規定している呼び径 200～1350 の外圧管 3 種である。管の形状は N S 小口径推進管及び N S 推進管と同一で、接合部に推進力伝達材は使用しない。N L 形の形状及び寸法を表 1.3.7-1～2 に示す。

表 1.3.7-1 N L 形の形状及び寸法 (φ200～φ700)



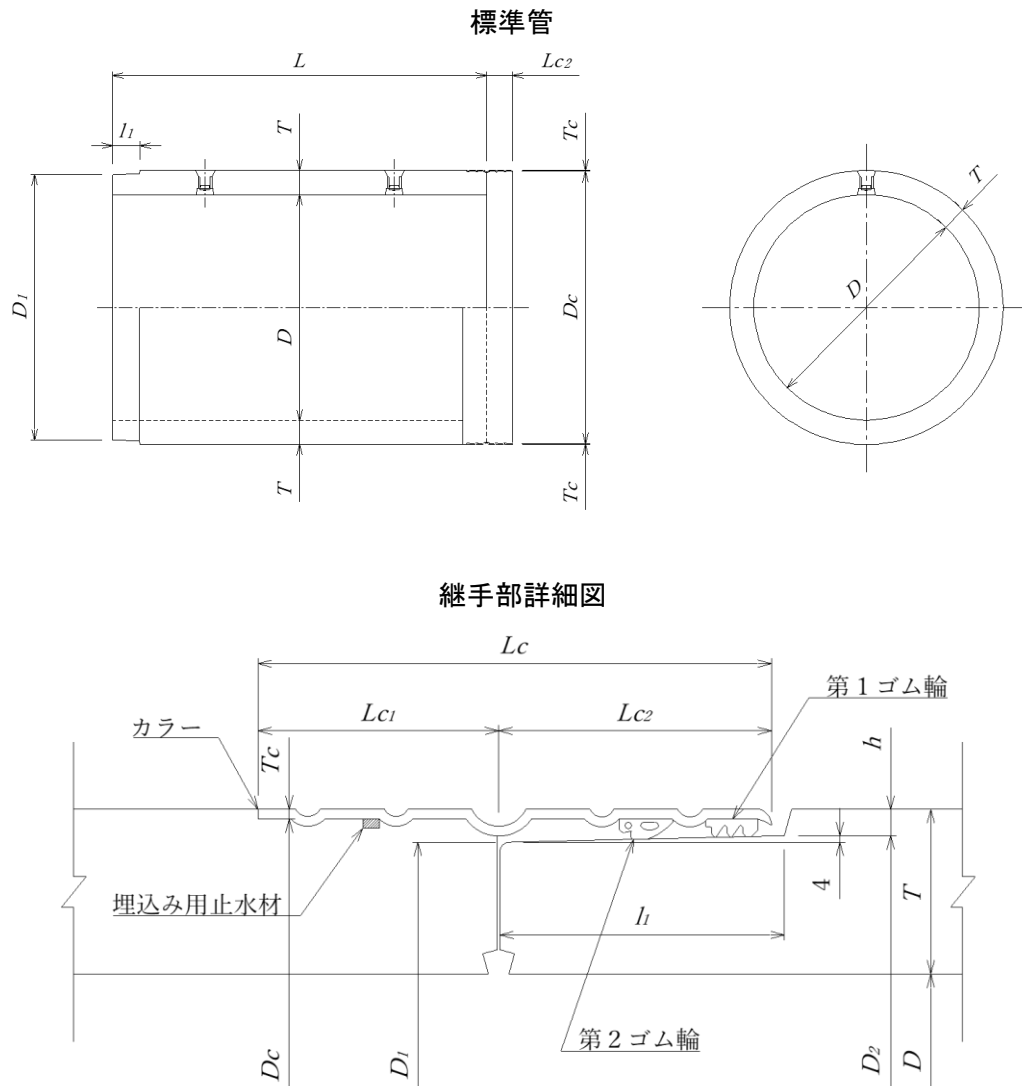
単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D1$ | $D2$ | $\pi D2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $li$ | $h$ | $Lc$ | $Lc1$ | $Lc2$ | $Tc$ | $Dc$ | $\pi (Dc+2Tc)$ | 参考質量<br>(kg) |
|-----|-----------|------|------|----------|-----------|---------------------------|------|-----|------|-------|-------|------|------|----------------|--------------|
| 200 | 200       | 295  | 300  | 942      | 59        | 2 000                     | 102  | 9   | 170  | 70    | 100   | 1.5  | 314  | 996            | 236          |
| 250 | 250       | 337  | 342  | 1 074    | 55        |                           |      |     |      |       |       |      | 356  | 1 128          | 260          |
| 300 | 300       | 391  | 396  | 1 244    | 57        |                           |      |     |      |       |       |      | 410  | 1 297          | 315          |
| 350 | 350       | 447  | 452  | 1 420    | 60        |                           |      |     |      |       |       |      | 466  | 1 473          | 462          |
| 400 | 400       | 503  | 508  | 1 596    | 63        | 2 430                     | 112  | 12  | 200  | 90    | 110   | 2.0  | 522  | 1 649          | 548          |
| 450 | 450       | 561  | 566  | 1 778    | 67        |                           |      |     |      |       |       |      | 580  | 1 832          | 651          |
| 500 | 500       | 617  | 622  | 1 954    | 70        |                           |      |     |      |       |       |      | 636  | 2 007          | 749          |
| 600 | 600       | 713  | 736  | 2 312    | 80        |                           |      |     |      |       |       |      | 755  | 2 384          | 1 030        |
| 700 | 700       | 851  | 856  | 2 689    | 90        |                           |      |     |      |       |       |      | 875  | 2 761          | 1 340        |

注) 有効長は、呼び径 200～300 については 1000mm、呼び径 350～700 については 1200mm とすることができる。

備考 管の形状は、カラーなしとすることができる。

表 1.3.7-2 N L形の形状及び寸法（φ800～φ1350）



単位：mm

| 呼び径   | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $\pi D_2$ | $h$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長(注)<br>$L$ | $l_1$ | $L_{c1}$ | $L_{c2}$ | $L_c$ | $T_c$ | $D_c$ | $\pi(D_c+2T_c)$ | 参考質量<br>(kg) |
|-------|-----------|-------|-------|-----------|-----|-----------|---------------|-------|----------|----------|-------|-------|-------|-----------------|--------------|
| 800   | 800       | 930   | 938   | 2 947     |     | 80        |               |       |          |          |       |       | 951   | 3 016           | 1 340        |
| 900   | 900       | 1 050 | 1 058 | 3 324     |     | 90        |               |       |          |          |       |       | 1 071 | 3 393           | 1 680        |
| 1 000 | 1 000     | 1 170 | 1 178 | 3 701     | 11  | 100       | 2 430         | 172   | 150      | 170      | 320   | 4.5   | 1 191 | 3 770           | 2 070        |
| 1 100 | 1 100     | 1 280 | 1 288 | 4 046     |     | 105       |               |       |          |          |       |       | 1 301 | 4 115           | 2 390        |
| 1 200 | 1 200     | 1 400 | 1 408 | 4 423     |     | 115       |               |       |          |          |       |       | 1 421 | 4 492           | 2 850        |
| 1 350 | 1 350     | 1 560 | 1 568 | 4 926     | 16  | 125       |               |       |          |          |       | 6.0   | 1 588 | 5 027           | 3 470        |

注) 有効長は1 200mm とすることができる。

備考 管の形状は、カラーなしとすることができる。

### 3.8 推進管

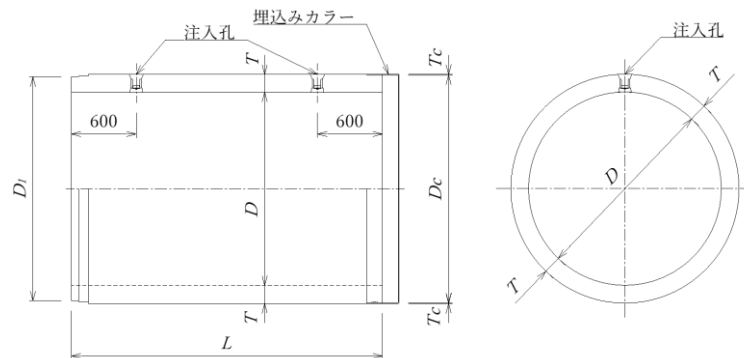
推進管は、製造時において、カラーと本体を一体化した埋込みカラー形で、シール材を用いて接合する。

#### 3.8.1 E形推進管（JSWAS A-2：2018）（JA）

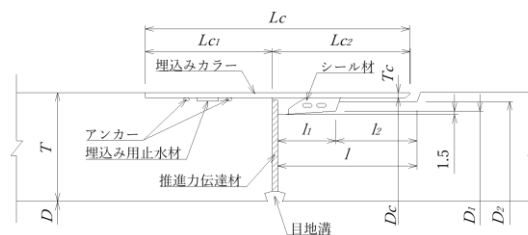
##### (1) 標準管

E形推進管の形状及び寸法を表 1.3.8.1-1 に示す。

表 1.3.8.1-1 E形推進管の形状及び寸法



継手部詳細図



単位：mm

| 呼び径   | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $\pi D_1$ | $D_2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $l_1$ | $l_2$ | $l$ | $L_{c1}$ | $L_{c2}$ | $L_c$ | $c$ | $D_c$ | $\pi(D_c + 2T_c)$ | 参考質量<br>(kg) |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|---------------------------|-------|-------|-----|----------|----------|-------|-----|-------|-------------------|--------------|
| 800   | 800       | 933   | 2 931     | 942   | 80        | 2 430                     |       |       |     |          |          |       | 4.5 | 951   | 3 016             | 1 330        |
| 900   | 900       | 1 053 | 3 308     | 1 062 | 90        |                           |       |       |     |          |          |       |     | 1 071 | 3 393             | 1 670        |
| 1 000 | 1 000     | 1 173 | 3 685     | 1 182 | 100       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 1 191 | 3 770             | 2 060        |
| 1 100 | 1 100     | 1 283 | 4 031     | 1 292 | 105       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 1 301 | 4 115             | 2 380        |
| 1 200 | 1 200     | 1 403 | 4 408     | 1 412 | 115       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 1 421 | 4 492             | 2 840        |
| 1 350 | 1 350     | 1 563 | 4 910     | 1 577 | 125       |                           | 60    | 72    | 132 | 120      | 130      | 250   | 6   | 1 588 | 5 027             | 3 460        |
| 1 500 | 1 500     | 1 743 | 5 476     | 1 757 | 140       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 1 768 | 5 592             | 4 310        |
| 1 650 | 1 650     | 1 913 | 6 010     | 1 927 | 150       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 1 938 | 6 126             | 5 060        |
| 1 800 | 1 800     | 2 083 | 6 544     | 2 097 | 160       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 2 108 | 6 660             | 5 890        |
| 2 000 | 2 000     | 2 313 | 7 267     | 2 327 | 175       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 2 338 | 7 383             | 7 140        |
| 2 200 | 2 200     | 2 543 | 7 989     | 2 557 | 190       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 2 568 | 8 105             | 8 520        |
| 2 400 | 2 400     | 2 763 | 8 680     | 2 779 | 205       |                           | 70    | 82    | 152 | 150      | 150      | 300   | 9T  | 2 792 | 8 828             | 10 100       |
| 2 600 | 2 600     | 2 993 | 9 403     | 3 009 | 220       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 3 022 | 9 550             | 11 700       |
| 2 800 | 2 800     | 3 223 | 10 125    | 3 239 | 235       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 3 252 | 10 273            | 13 400       |
| 3 000 | 3 000     | 3 453 | 10 848    | 3 469 | 250       |                           |       |       |     |          |          |       |     | 3 482 | 10 996            | 15 300       |

注) 標準管の有効長は 1 200mm とすることができる。

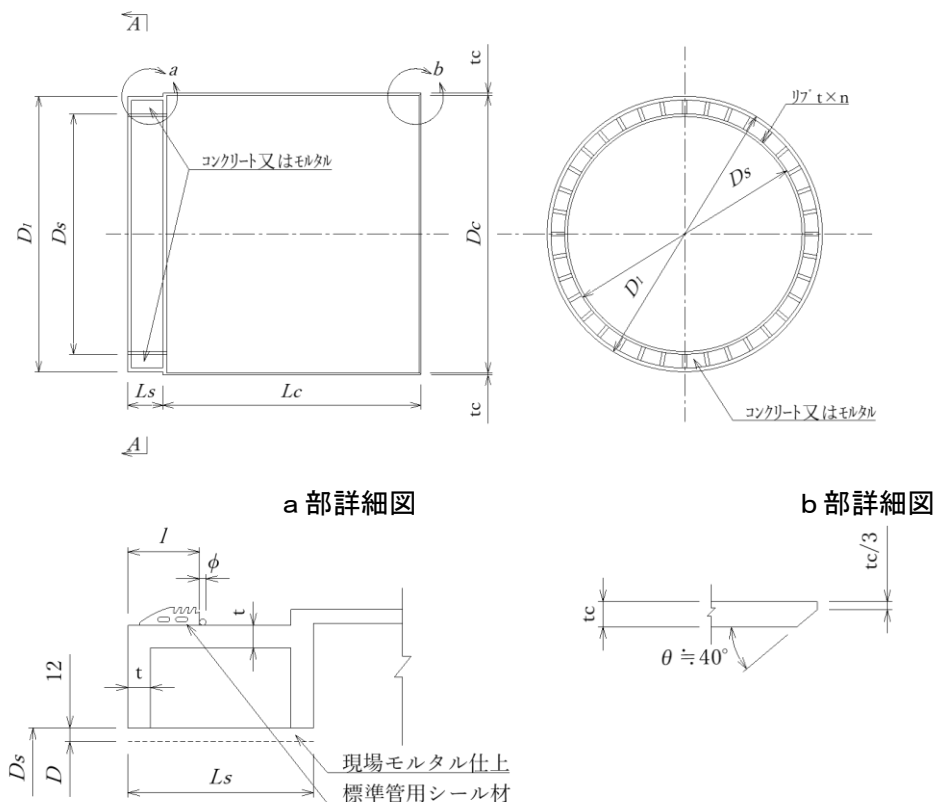
備考 1) 標準管は、カラーなしとすることができる。

2) 呼び径 1 000mm 以上の標準管には、緊結用埋込みナットをつけることができる。

## (2) 中押管

中押管は、主に長距離推進に使用し、中押管S、Tを1組として用いる。中押管Sの形状及び寸法を表1.3.8.1-2に、中押管Tの形状及び寸法を表1.3.8.1-3に示す。

表 1.3.8.1-2 中押管Sの形状及び寸法

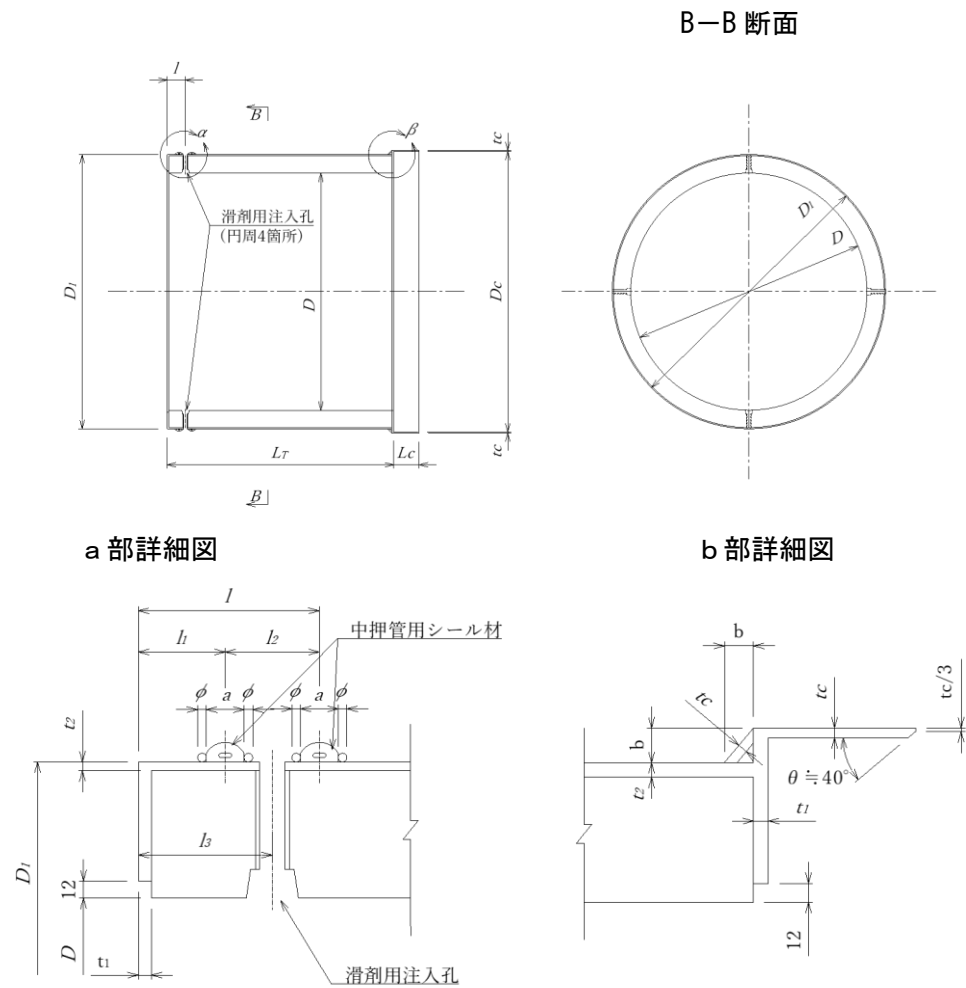


単位：mm

| 呼び径    | 内径<br>$D$ | $D_s$ | $D_1$ | $\pi D_1$ | $D_c$ | $\pi (D_c + 2tc)$ | 有効長<br>$L_s$ | $L_c$ | $l$ | $tc$ | $t$ | $\phi$ | リブ<br>$n$ (枚) | 参考質量<br>(kg) |
|--------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------------------|--------------|-------|-----|------|-----|--------|---------------|--------------|
| 900(注) | 900       | 924   | 1 053 | 3 308     | 1 062 | 3 393             |              |       |     |      |     |        | 24            | 424          |
| 1 000  | 1 000     | 1 024 | 1 173 | 3 685     | 1 182 | 3 770             | 150          | 1 100 |     | 9    | 16  | 6      | 28            | 494          |
| 1 100  | 1 100     | 1 124 | 1 283 | 4 031     | 1 292 | 4 115             |              |       |     |      |     |        | 32            | 552          |
| 1 200  | 1 200     | 1 224 | 1 403 | 4 408     | 1 406 | 4 492             |              |       |     |      |     |        | 36            | 773          |
| 1 350  | 1 350     | 1 374 | 1 563 | 4 910     | 1 576 | 5 027             | 155          |       | 60  |      | 19  |        | 40            | 905          |
| 1 500  | 1 500     | 1 524 | 1 743 | 5 476     | 1 756 | 5 592             |              |       |     |      |     |        | 44            | 1 060        |
| 1 650  | 1 650     | 1 674 | 1 913 | 6 010     | 1 926 | 6 126             |              |       |     | 12   |     |        | 48            | 1 250        |
| 1 800  | 1 800     | 1 824 | 2 083 | 6 544     | 2 096 | 6 660             | 160          | 1 150 |     |      | 22  |        | 52            | 1 440        |
| 2 000  | 2 000     | 2 024 | 2 313 | 7 267     | 2 326 | 7 383             |              |       |     |      |     |        | 58            | 1 670        |
| 2 200  | 2 200     | 2 224 | 2 543 | 7 989     | 2 556 | 8 105             |              |       |     |      |     |        | 64            | 1 900        |
| 2 400  | 2 400     | 2 424 | 2 763 | 8 680     | 2 778 | 8 828             |              |       |     |      |     |        | 72            | 2 680        |
| 2 600  | 2 600     | 2 624 | 2 993 | 9 403     | 3 008 | 9 550             |              |       |     |      |     |        | 78            | 3 000        |
| 2 800  | 2 800     | 2 824 | 3 223 | 10 125    | 3 238 | 10 273            | 180          | 1 200 | 70  | 16   | 25  |        | 84            | 3 360        |
| 3 000  | 3 000     | 3 024 | 3 453 | 10 848    | 3 468 | 10 996            |              |       |     |      |     |        | 90            | 3 670        |

注) 呼び径 900 は、JHPAS-19 による。

表 1.3.8. 1-3 中押管 T の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径                | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $\pi D_1$ | $D_c$ | $\pi(D_c+2t_c)$ | 有効長<br>$L_T$ | $L_C$ | $l$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $a$ | $b$ | $t_c$ | $t_1$ | $t_2$ | $\phi$ | 参考質量<br>(kg) |
|--------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------------|--------------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|--------|--------------|
| 900 <sup>(注)</sup> | 900       | 1 044 | 3 280     | 1 071 | 3 393           | 1 150        | 130   | 125 | 60    | 65    | 92.5  | 26  | 18  | 4.5   | 9     | 6     |        | 780          |
| 1 000              | 1 000     | 1 164 | 3 657     | 1 191 | 3 770           |              |       |     |       |       |       |     | 21  |       |       |       |        | 968          |
| 1 100              | 1 100     | 1 274 | 4 002     | 1 301 | 4 115           |              |       |     |       |       |       |     |     |       |       |       |        | 1 120        |
| 1 200              | 1 200     | 1 388 | 4 361     | 1 421 | 4 492           |              |       |     |       |       |       |     |     |       |       |       |        | 1 300        |
| 1 350              | 1 350     | 1 551 | 4 873     | 1 588 | 5 027           | 1 200        | 130   | 140 | 65    | 75    | 102.5 | 30  | 24  | 6     | 12    | 6     |        | 1 620        |
| 1 500              | 1 500     | 1 731 | 5 438     | 1 768 | 5 592           |              |       |     |       |       |       |     |     |       |       |       |        | 2 040        |
| 1 650              | 1 650     | 1 901 | 5 972     | 1 938 | 6 126           |              |       |     |       |       |       |     |     |       |       |       |        | 2 430        |
| 1 800              | 1 800     | 2 071 | 6 506     | 2 108 | 6 660           |              |       |     |       |       |       |     |     |       |       |       |        | 2 840        |
| 2 000              | 2 000     | 2 301 | 7 229     | 2 338 | 7 383           | 1 250        | 150   | 150 | 70    | 80    | 110   | 34  | 30  | 9     | 9     | 9     |        | 3 460        |
| 2 200              | 2 200     | 2 531 | 7 951     | 2 568 | 8 105           |              |       |     |       |       |       |     |     |       |       |       |        | 4 150        |
| 2 400              | 2 400     | 2 749 | 8 636     | 2 792 | 8 828           |              |       |     |       |       |       |     |     |       |       |       |        | 5 140        |
| 2 600              | 2 600     | 2 979 | 9 359     | 3 022 | 9 550           |              |       |     |       |       |       |     |     |       |       |       |        | 5 990        |
| 2 800              | 2 800     | 3 209 | 10 081    | 3 252 | 10 273          | 1 250        | 150   | 150 | 70    | 80    | 110   | 34  | 30  | 9     | 9     | 9     |        | 6 900        |
| 3 000              | 3 000     | 3 439 | 10 804    | 3 482 | 10 996          |              |       |     |       |       |       |     |     |       |       |       |        | 7 880        |

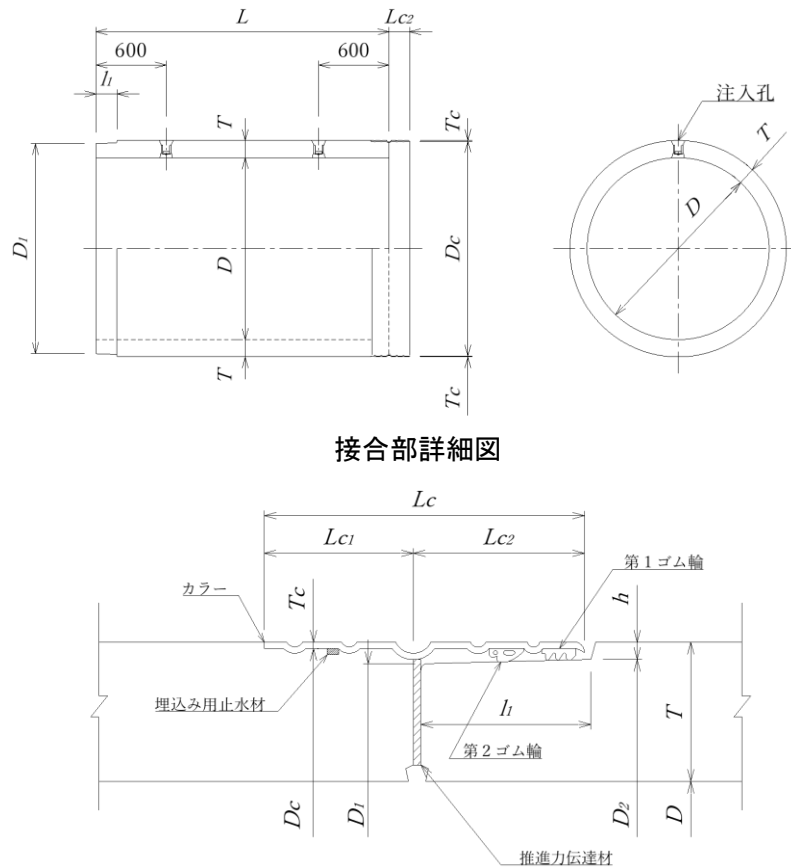
注) 呼び径 900 は、JHPAS-19 による。

### 3.8.2 NS推進管（JSWAS A-2：2018）（JC）

#### (1)標準管

NS推進管の形状及び寸法を表1.3.8.2-1に示す。

表 1.3.8.2-1 NS推進管の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径   | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $\pi D_2$ | $h$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $l_1$ | $L_{C1}$ | $L_{C2}$ | $L_c$ | $T_c$ | $D_c$ | $\pi(D_c+2T_c)$ | 参考質量<br>(kg) |
|-------|-----------|-------|-------|-----------|-----|-----------|---------------------------|-------|----------|----------|-------|-------|-------|-----------------|--------------|
| 800   | 800       | 930   | 938   | 2 947     | 11  | 80        | 2 430                     | 172   | 150      | 170      | 320   | 4.5   | 951   | 3 016           | 1 340        |
| 900   | 900       | 1 050 | 1 058 | 3 324     |     | 90        |                           |       |          |          |       |       | 1 071 | 3 393           | 1 680        |
| 1 000 | 1 000     | 1 170 | 1 178 | 3 701     |     | 100       |                           |       |          |          |       |       | 1 191 | 3 770           | 2 070        |
| 1 100 | 1 100     | 1 280 | 1 288 | 4 046     |     | 105       |                           |       |          |          |       |       | 1 301 | 4 115           | 2 390        |
| 1 200 | 1 200     | 1 400 | 1 408 | 4 423     | 16  | 115       |                           |       |          |          |       | 6     | 1 421 | 4 492           | 2 850        |
| 1 350 | 1 350     | 1 560 | 1 568 | 4 926     |     | 125       |                           |       |          |          |       |       | 1 588 | 5 027           | 3 470        |
| 1 500 | 1 500     | 1 740 | 1 748 | 5 492     |     | 140       |                           |       |          |          |       |       | 1 768 | 5 592           | 4 320        |
| 1 650 | 1 650     | 1 910 | 1 918 | 6 026     |     | 150       |                           |       |          |          |       |       | 1 938 | 6 126           | 5 080        |
| 1 800 | 1 800     | 2 080 | 2 088 | 6 560     | 21  | 160       |                           |       |          |          |       | 9     | 2 108 | 6 660           | 5 910        |
| 2 000 | 2 000     | 2 310 | 2 318 | 7 282     |     | 175       |                           |       |          |          |       |       | 2 338 | 7 383           | 7 160        |
| 2 200 | 2 200     | 2 540 | 2 548 | 8 005     |     | 190       |                           |       |          |          |       |       | 2 568 | 8 105           | 8 540        |
| 2 400 | 2 400     | 2 760 | 2 768 | 8 696     |     | 205       |                           |       |          |          |       |       | 2 792 | 8 828           | 10 100       |
| 2 600 | 2 600     | 2 990 | 2 998 | 9 418     | 21  | 220       |                           |       |          |          |       |       | 3 022 | 9 550           | 11 700       |
| 2 800 | 2 800     | 3 220 | 3 228 | 10 141    |     | 235       |                           |       |          |          |       |       | 3 252 | 10 273          | 13 400       |
| 3 000 | 3 000     | 3 450 | 3 458 | 10 864    |     | 250       |                           |       |          |          |       |       | 3 482 | 10 996          | 15 300       |

注) 標準管の有効長は、1 200mm とすることができる。

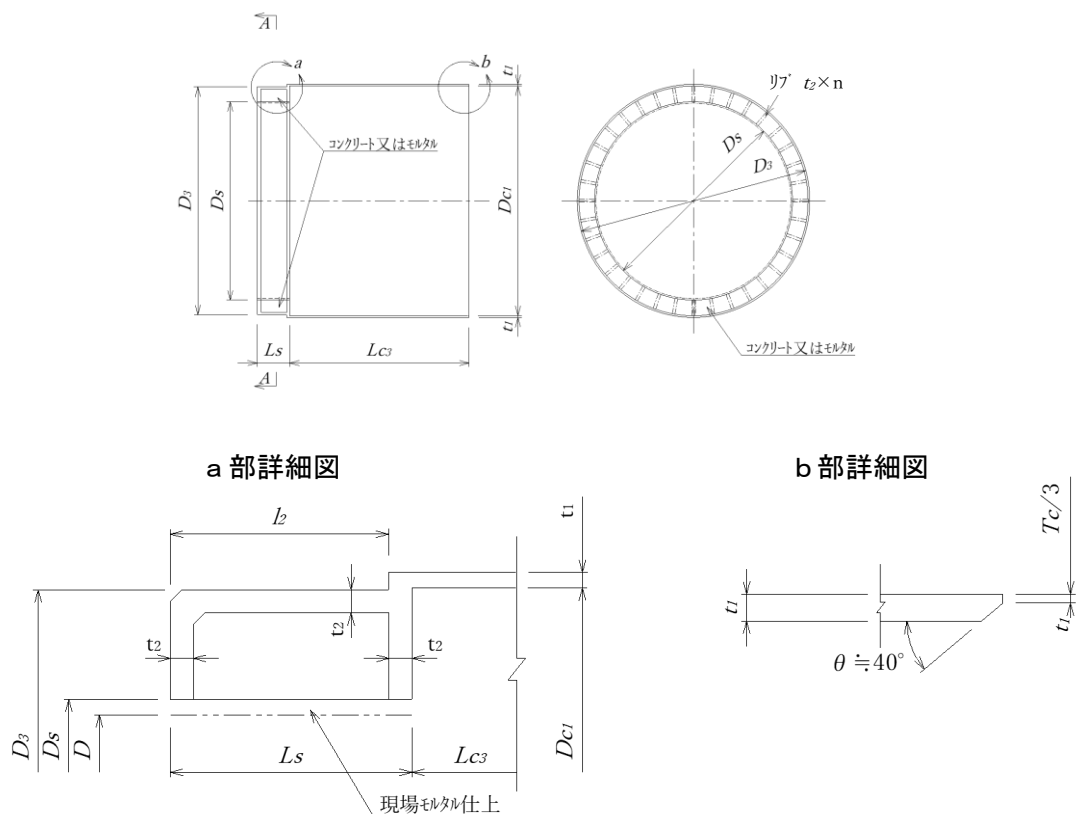
備考 1) 標準管は、カラーなしとすることができる。

2) 呼び径 1 000mm 以上の標準管には、緊結用埋込みナットをつけることができる。

## (2) 中押管

中押管は、主に長距離推進に使用し、中押管 S、T を 1 組として用いる。中押管 S の形状及び寸法を表 1.3.8.2-2 に、中押管 T の形状及び寸法を表 1.3.8.2-3 に示す。

表 1.3.8.2-2 中押管 S の形状及び寸法

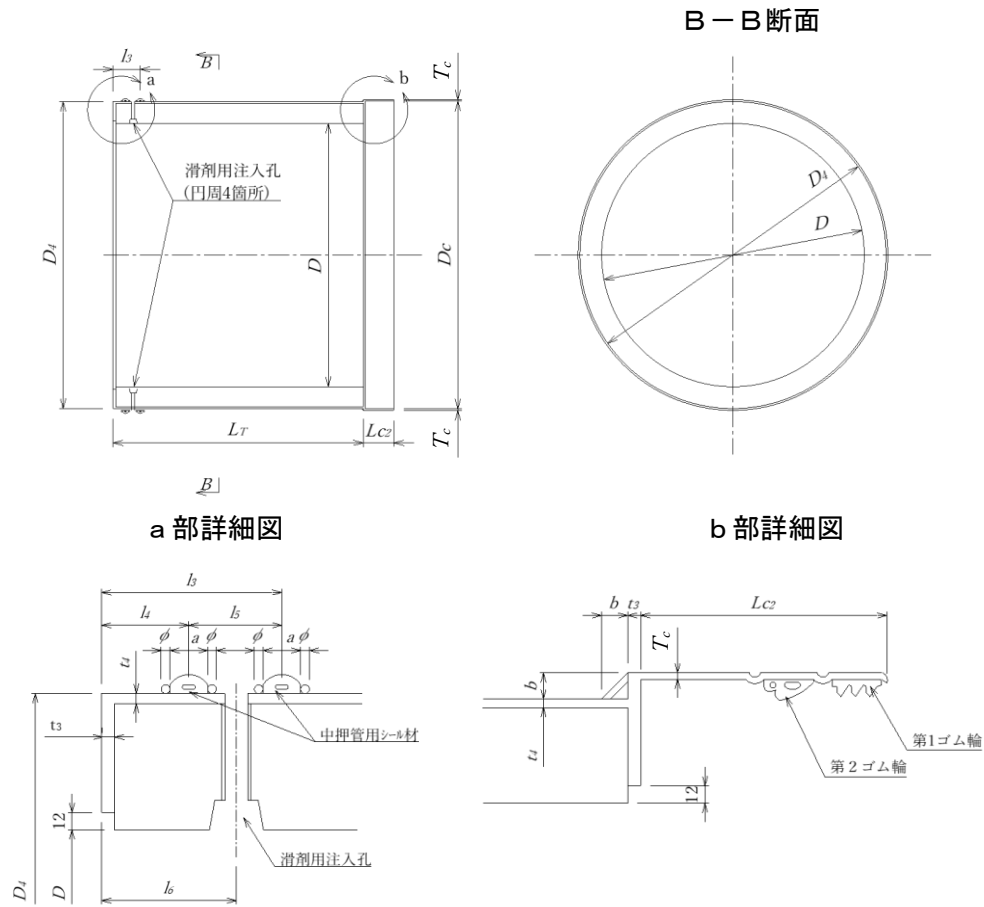


単位：mm

| 呼び径                | 内径<br>$D$ | $D_s$ | $D_3$ | $\pi D_3$ | $D_{c1}$ | $\pi (D_{c1} + 2 t_1)$ | 有効長<br>$L_s$ | $L_{c3}$ | $l_2$ | $t_1$ | $t_2$ | リブ<br>$n$ (枚) | 参考質量<br>(kg) |
|--------------------|-----------|-------|-------|-----------|----------|------------------------|--------------|----------|-------|-------|-------|---------------|--------------|
| 900 <sup>(注)</sup> | 900       | 924   | 1 054 | 3 311     | 1 062    | 3 393                  |              |          |       |       |       | 24            | 454          |
| 1 000              | 1 000     | 1 024 | 1 174 | 3 688     | 1 182    | 3 770                  | 190          | 1 100    | 174   | 9     | 16    | 28            | 531          |
| 1 100              | 1 100     | 1 124 | 1 284 | 4 034     | 1 292    | 4 115                  |              |          |       |       |       | 32            | 595          |
| 1 200              | 1 200     | 1 224 | 1 404 | 4 411     | 1 406    | 4 492                  |              |          |       |       |       | 36            | 830          |
| 1 350              | 1 350     | 1 374 | 1 564 | 4 913     | 1 576    | 5 027                  |              |          | 176   |       | 19    | 40            | 975          |
| 1 500              | 1 500     | 1 524 | 1 744 | 5 479     | 1 756    | 5 592                  |              |          |       |       |       | 44            | 1 150        |
| 1 650              | 1 650     | 1 674 | 1 914 | 6 013     | 1 926    | 6 126                  | 195          | 1 150    |       | 12    |       | 48            | 1 340        |
| 1 800              | 1 800     | 1 824 | 2 084 | 6 547     | 2 096    | 6 660                  |              |          | 173   |       | 22    | 52            | 1 510        |
| 2 000              | 2 000     | 2 024 | 2 314 | 7 270     | 2 326    | 7 383                  |              |          |       |       |       | 58            | 1 770        |
| 2 200              | 2 200     | 2 224 | 2 544 | 7 992     | 2 556    | 8 105                  |              |          |       |       |       | 64            | 2 040        |
| 2 400              | 2 400     | 2 424 | 2 764 | 8 683     | 2 778    | 8 828                  |              |          |       |       |       | 72            | 2 780        |
| 2 600              | 2 600     | 2 624 | 2 994 | 9 406     | 3 008    | 9 550                  | 200          | 1 200    | 175   | 16    | 25    | 78            | 3 130        |
| 2 800              | 2 800     | 2 824 | 3 224 | 10 128    | 3 238    | 10 273                 |              |          |       |       |       | 84            | 3 500        |
| 3 000              | 3 000     | 3 024 | 3 454 | 10 851    | 3 468    | 10 996                 |              |          |       |       |       | 90            | 3 890        |

注) 呼び径 900 は、JHPAS-25 による。

表 1.3.8.2-3 中押管 T の形状及び寸法



単位：mm

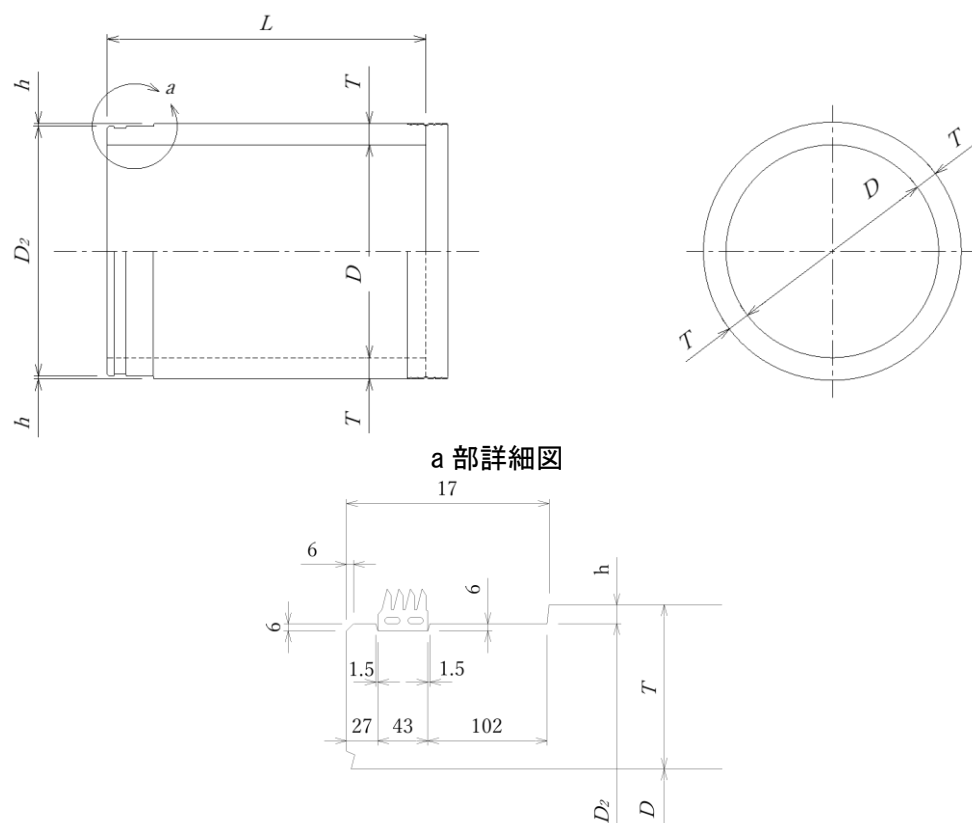
| 呼び径                | 内径<br><i>D</i> | <i>D<sub>i</sub></i> | <i>π D<sub>i</sub></i> | <i>D<sub>c</sub></i> | <i>π(D<sub>c</sub>+2t<sub>c</sub>)</i> | 有効長<br><i>L<sub>T</sub></i> | <i>L<sub>C2</sub></i> | <i>l<sub>3</sub></i> | <i>l<sub>4</sub></i> | <i>l<sub>5</sub></i> | <i>l<sub>6</sub></i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>T<sub>c</sub></i> | <i>t<sub>3</sub></i> | <i>t<sub>4</sub></i> | <i>φ</i> | 参考質量<br>(kg) |
|--------------------|----------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|--------------|
| 900 <sup>(注)</sup> | 900            | 1 044                | 3 280                  | 1 071                | 3 393                                  | 1 150                       | 170                   | 125                  | 60                   | 65                   | 92.5                 | 26       | 18       | 4.5                  | 9                    | 6                    | 9        | 785          |
| 1 000              | 1 000          | 1 164                | 3 657                  | 1 191                | 3 770                                  |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          | 21       |                      |                      |                      |          | 974          |
| 1 100              | 1 100          | 1 274                | 4 002                  | 1 301                | 4 115                                  |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          |          |                      |                      |                      |          | 1 120        |
| 1 200              | 1 200          | 1 388                | 4 361                  | 1 421                | 4 492                                  |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          |          |                      |                      |                      |          | 1 310        |
| 1 350              | 1 350          | 1 551                | 4 873                  | 1 588                | 5 027                                  | 1 200                       |                       | 140                  | 65                   | 75                   | 102.5                | 30       | 24       | 6                    | 12                   | 9                    |          | 1 640        |
| 1 500              | 1 500          | 1 731                | 5 438                  | 1 768                | 5 592                                  |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          |          |                      |                      |                      |          | 2 050        |
| 1 650              | 1 650          | 1 901                | 5 972                  | 1 938                | 6 126                                  |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          |          |                      |                      |                      |          | 2 450        |
| 1 800              | 1 800          | 2 071                | 6 506                  | 2 108                | 6 660                                  |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          |          |                      |                      |                      |          | 2 850        |
| 2 000              | 2 000          | 2 301                | 7 229                  | 2 338                | 7 383                                  | 1 250                       |                       | 150                  | 70                   | 80                   | 110                  | 34       | 30       | 9                    | 9                    | 9                    |          | 3 480        |
| 2 200              | 2 200          | 2 531                | 7 951                  | 2 568                | 8 105                                  |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          |          |                      |                      |                      |          | 4 170        |
| 2 400              | 2 400          | 2 749                | 8 636                  | 2 792                | 8 828                                  |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          |          |                      |                      |                      |          | 5 170        |
| 2 600              | 2 600          | 2 979                | 9 359                  | 3 022                | 9 550                                  |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          |          |                      |                      |                      |          | 6 020        |
| 2 800              | 2 800          | 3 209                | 10 081                 | 3 252                | 10 273                                 | 1 250                       |                       | 150                  | 70                   | 80                   | 110                  | 34       | 30       | 9                    | 9                    | 9                    |          | 6 940        |
| 3 000              | 3 000          | 3 439                | 10 804                 | 3 482                | 10 996                                 |                             |                       |                      |                      |                      |                      |          |          |                      |                      |                      |          | 7 920        |

注) 呼び径 900 は、JHPAS-25 による。

### (3) 先頭管 C

先頭管 C の形状及び寸法を表 1.3.8.2-4 に示す。

表 1.3.8.2-4 先頭管 C の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径   | 内 径<br>$D$ | $D_2$ | $\pi(D_2 \times 6)$ (注) | $h$ | 厚 さ<br>$T$ | 有効長<br>$L$ | 参考質量<br>(kg) |
|-------|------------|-------|-------------------------|-----|------------|------------|--------------|
| 800   | 800        | 938   | 2 909                   | 11  | 80         | 1 200      | 670          |
| 900   | 900        | 1 058 | 3 286                   |     | 90         |            | 840          |
| 1 000 | 1 000      | 1 178 | 3 663                   |     | 100        |            | 1 035        |
| 1 100 | 1 100      | 1 288 | 4 009                   |     | 105        |            | 1 195        |
| 1 200 | 1 200      | 1 408 | 4 386                   |     | 115        |            | 1 425        |
| 1 350 | 1 350      | 1 568 | 4 888                   | 16  | 125        |            | 1 735        |
| 1 500 | 1 500      | 1 748 | 5 454                   |     | 140        |            | 2 160        |
| 1 650 | 1 650      | 1 918 | 5 988                   |     | 150        |            | 2 540        |
| 1 800 | 1 800      | 2 088 | 6 522                   |     | 160        |            | 2 955        |
| 2 000 | 2 000      | 2 318 | 7 245                   |     | 175        |            | 3 580        |
| 2 200 | 2 200      | 2 548 | 7 967                   | 21  | 190        |            | 4 270        |
| 2 400 | 2 400      | 2 768 | 8 658                   |     | 205        |            | 5 050        |
| 2 600 | 2 600      | 2 998 | 9 381                   |     | 220        |            | 5 850        |
| 2 800 | 2 800      | 3 228 | 10 103                  |     | 235        |            | 6 700        |
| 3 000 | 3 000      | 3 458 | 10 826                  |     | 250        |            | 7 650        |

注) シール材接着部の周長

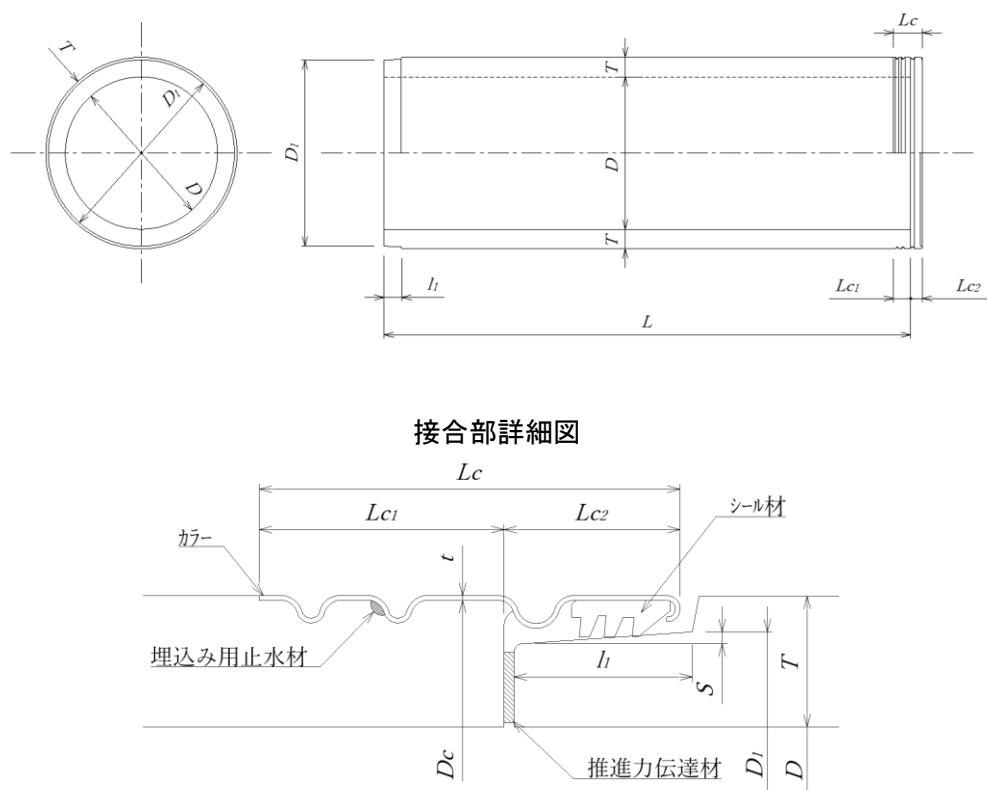
備考 その他の寸法については、標準管に準じる。

### 3.8.3 E形小口径推進管（JSWAS A-6：2000）（SJS）

#### (1) 標準管

標準管の形状及び寸法を表 1.3.8.3-1 に示す。

表 1.3.8.3-1 標準管の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_i$ | $\pi D_i$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $l_i$ | $S$ | $L_c$ | $L_{c1}$ | $L_{c2}$ | $t$ | $D_c$ | $\pi(D_c+2t)$ | 参考質量<br>(kg) |
|-----|-----------|-------|-----------|-----------|---------------------------|-------|-----|-------|----------|----------|-----|-------|---------------|--------------|
| 200 | 200       | 298   | 936       | 59        | 2 000                     |       |     |       |          |          |     | 313   | 993           | 236          |
| 250 | 250       | 340   | 1 068     | 55        |                           |       |     |       |          |          |     | 355   | 1 125         | 260          |
| 300 | 300       | 394   | 1 238     | 57        |                           |       |     |       |          |          |     | 409   | 1 294         | 315          |
| 350 | 350       | 450   | 1 414     | 60        | 2 430                     | 51    | 1.5 | 120   | 70       | 50       | 1.5 | 465   | 1 470         | 462          |
| 400 | 400       | 506   | 1 590     | 63        |                           |       |     |       |          |          |     | 521   | 1 646         | 548          |
| 450 | 450       | 564   | 1 772     | 67        |                           |       |     |       |          |          |     | 579   | 1 828         | 651          |
| 500 | 500       | 620   | 1 948     | 70        |                           |       |     |       |          |          |     | 635   | 2 004         | 749          |
| 600 | 600       | 736   | 2 312     | 80        |                           | 81    | 2.5 | 170   | 90       | 80       | 2.0 | 754   | 2 381         | 1 030        |
| 700 | 700       | 856   | 2 689     | 90        |                           |       |     |       |          |          |     | 874   | 2 758         | 1 340        |

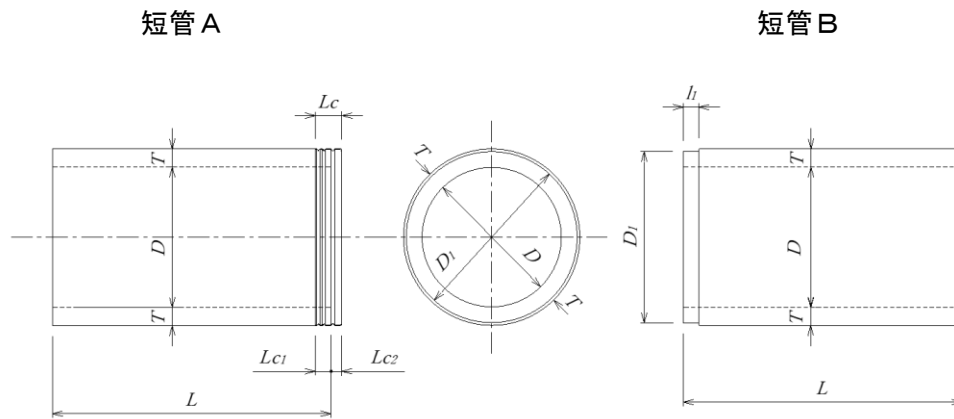
注) 呼び径 200～300 の管の有効長は 1 000mm、呼び径 350～700 の管の有効長は 1 200mm とすることができる。

備考 標準管の形状はカラーなしとすることができる。

(2) 短管 A、B

短管 A、B の形状及び寸法を表 1.3.8.3-2 に示す。

表 1.3.8.3-2 短管 A、B の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_1$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長<br>$L$ | 参考質量(kg) |      |
|-----|-----------|-------|-----------|------------|----------|------|
|     |           |       |           |            | 短管 A     | 短管 B |
| 200 | 200       | 298   | 59        | 990        | 119      | 117  |
| 250 | 250       | 340   | 55        |            | 131      | 129  |
| 300 | 300       | 394   | 57        |            | 159      | 156  |
| 350 | 350       | 450   | 60        | 1 200      | 232      | 230  |
| 400 | 400       | 506   | 63        |            | 276      | 272  |
| 450 | 450       | 564   | 67        |            | 327      | 324  |
| 500 | 500       | 620   | 70        |            | 376      | 373  |
| 600 | 600       | 736   | 80        |            | 517      | 510  |
| 700 | 700       | 856   | 90        |            | 673      | 665  |

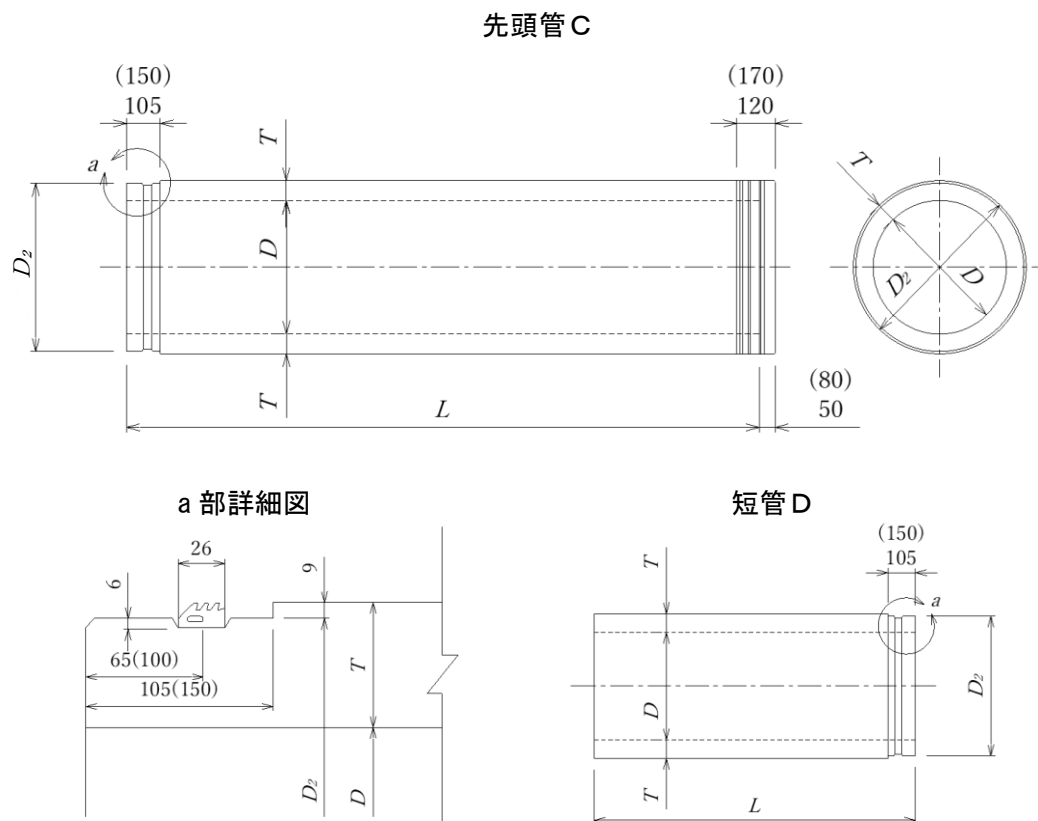
備考 その他の寸法については標準管に準ずる。

### (3) 先頭管 C、短管 D

先頭管 C、短管 D の形状及び寸法を表 1.3.8.3-3 に示す。

先頭管 C、短管 D に用いるカラーの形状及び寸法を表 1.3.8.3-4 に示す。

表 1.3.8.3-3 先頭管 C、短管 D の形状及び寸法



( ) 内は呼び径 600, 700

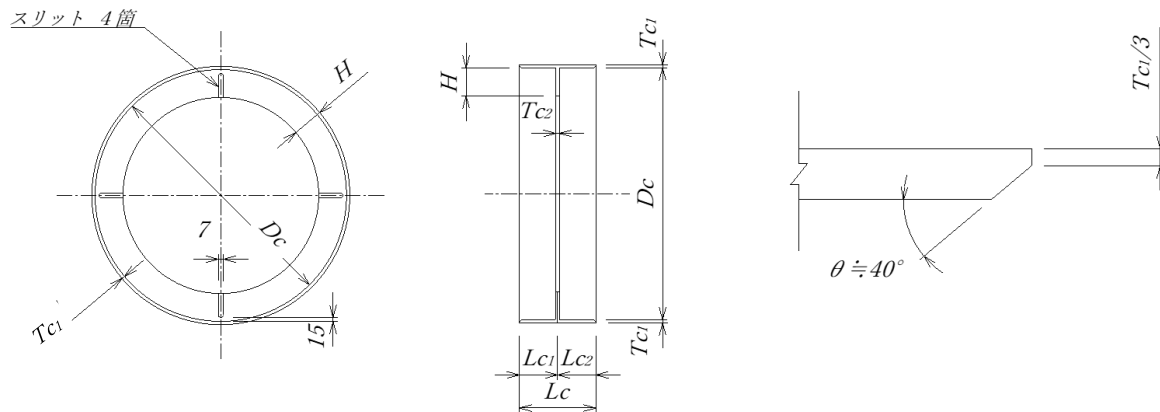
単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ |       | 参考質量<br>(kg) |      |
|-----|-----------|-------|-----------|---------------------------|-------|--------------|------|
|     |           |       |           | 先頭管 C                     | 短管 D  | 先頭管 C        | 短管 D |
| 200 | 200       | 300   | 59        | 1 940                     | 990   | 236          | 117  |
| 250 | 250       | 342   | 55        |                           |       | 260          | 129  |
| 300 | 300       | 396   | 57        | 2 370                     | 1 200 | 315          | 156  |
| 350 | 350       | 452   | 60        |                           |       | 462          | 230  |
| 400 | 400       | 508   | 63        |                           |       | 548          | 272  |
| 450 | 450       | 566   | 67        |                           |       | 651          | 324  |
| 500 | 500       | 622   | 70        | 2 340                     |       | 749          | 373  |
| 600 | 600       | 742   | 80        |                           |       | 1 030        | 510  |
| 700 | 700       | 862   | 90        |                           |       | 1 340        | 665  |

注) 先頭管の有効長は、呼び径 200～300 については 1 000mm、呼び径 350～700 については 1 200mm とすることができる。

備考 1) 先頭管の形状は、カラーなしとすることができる。  
2) その他の寸法については標準管に準ずる。

表 1.3.8.3-4 先頭管 C、短管 D に用いるカラーの形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径 | $D_c$ | $\pi(D_c + 2T_{c1})$ | $H$ | $T_{c1}$ | $T_{c2}$ | $L_c$ | $L_{c1}$ | 参考質量<br>(kg) |
|-----|-------|----------------------|-----|----------|----------|-------|----------|--------------|
| 200 | 307   | 993                  | 50  |          |          |       |          | 9            |
| 250 | 349   | 1 125                | 46  |          |          |       |          | 10           |
| 300 | 403   | 1 294                | 48  |          |          |       |          | 11           |
| 350 | 459   | 1 470                | 51  |          |          | 200   | 100      | 13           |
| 400 | 515   | 1 646                | 54  | 4.5      | 4.5      |       |          | 15           |
| 450 | 573   | 1 828                | 58  |          |          |       |          | 17           |
| 500 | 629   | 2 004                | 61  |          |          |       |          | 18           |
| 600 | 749   | 2 381                | 71  |          |          | 300   | 150      | 31           |
| 700 | 869   | 2 758                | 81  |          |          |       |          | 37           |

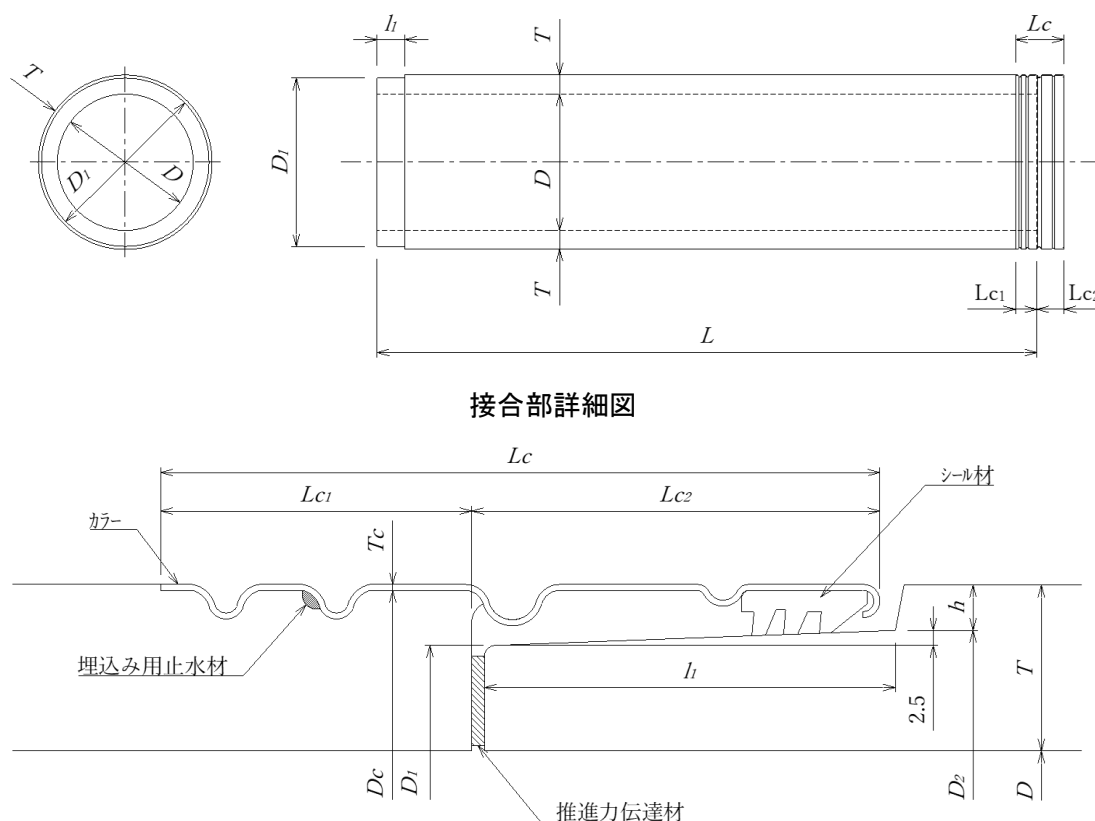
備考 スリットは、呼び径 600, 700 のみに設ける。

### 3.8.4 NS小口径推進管（JSWAS A-6：2000）（SJB）

#### (1) 標準管

標準管の形状及び寸法を表 1.3.8.4-1 に示す。

表 1.3.8.4-1 標準管の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $\pi D_2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $h_i$ | $h$ | $L_c$ | $L_{c1}$ | $L_{c2}$ | $T_c$ | $D_c$ | $\pi(D_c + 2T_c)$ | 参考質量<br>(kg) |
|-----|-----------|-------|-------|-----------|-----------|---------------------------|-------|-----|-------|----------|----------|-------|-------|-------------------|--------------|
| 200 | 200       | 295   | 300   | 942       | 59        | 2 000                     | 102   | 9   | 170   | 70       | 100      | 1.5   | 314   | 996               | 236          |
| 250 | 250       | 337   | 342   | 1 074     | 55        |                           |       |     |       |          |          |       | 356   | 1 128             | 260          |
| 300 | 300       | 391   | 396   | 1 244     | 57        |                           |       |     |       |          |          |       | 410   | 1 297             | 315          |
| 350 | 350       | 447   | 452   | 1 420     | 60        |                           |       |     |       |          |          |       | 466   | 1 473             | 462          |
| 400 | 400       | 503   | 508   | 1 596     | 63        | 2 430                     | 112   | 12  | 200   | 90       | 110      | 2.0   | 522   | 1 649             | 548          |
| 450 | 450       | 561   | 566   | 1 778     | 67        |                           |       |     |       |          |          |       | 580   | 1 832             | 651          |
| 500 | 500       | 617   | 622   | 1 954     | 70        |                           |       |     |       |          |          |       | 636   | 2 007             | 749          |
| 600 | 600       | 731   | 736   | 2 312     | 80        |                           |       |     |       |          |          |       | 755   | 2 384             | 1 030        |
| 700 | 700       | 851   | 856   | 2 689     | 90        |                           |       |     |       |          |          |       | 875   | 2 761             | 1 340        |

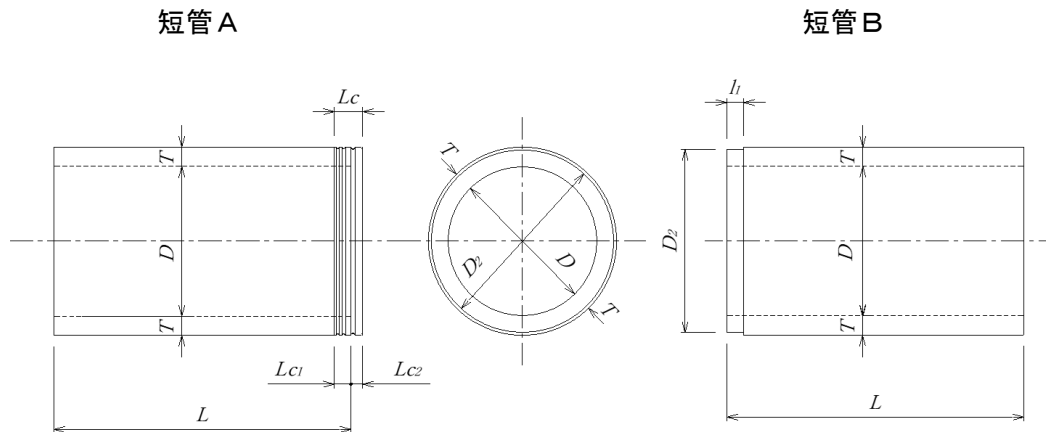
注) 有効長は、呼び径 200～300 については 1 000mm、呼び径 350～700 については 1 200mm とすることができる。

備考 標準管は、カラーなしとすることができる。

(2) 短管 A、B

短管 A、B の形状及び寸法を表 1.3.8.4-2 に示す。

表 1.3.8.4-2 短管 A、B の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長<br>$L$ | 参考質量(kg) |      |
|-----|-----------|-------|-----------|------------|----------|------|
|     |           |       |           |            | 短管 A     | 短管 B |
| 200 | 200       | 300   | 59        | 990        | 119      | 117  |
| 250 | 250       | 342   | 55        |            | 131      | 129  |
| 300 | 300       | 396   | 57        |            | 159      | 156  |
| 350 | 350       | 452   | 60        |            | 232      | 230  |
| 400 | 400       | 508   | 63        | 1 200      | 276      | 272  |
| 450 | 450       | 566   | 67        |            | 327      | 324  |
| 500 | 500       | 622   | 70        |            | 376      | 373  |
| 600 | 600       | 736   | 80        |            | 517      | 510  |
| 700 | 700       | 856   | 90        |            | 673      | 665  |

備考 その他の寸法については標準管に準ずる。

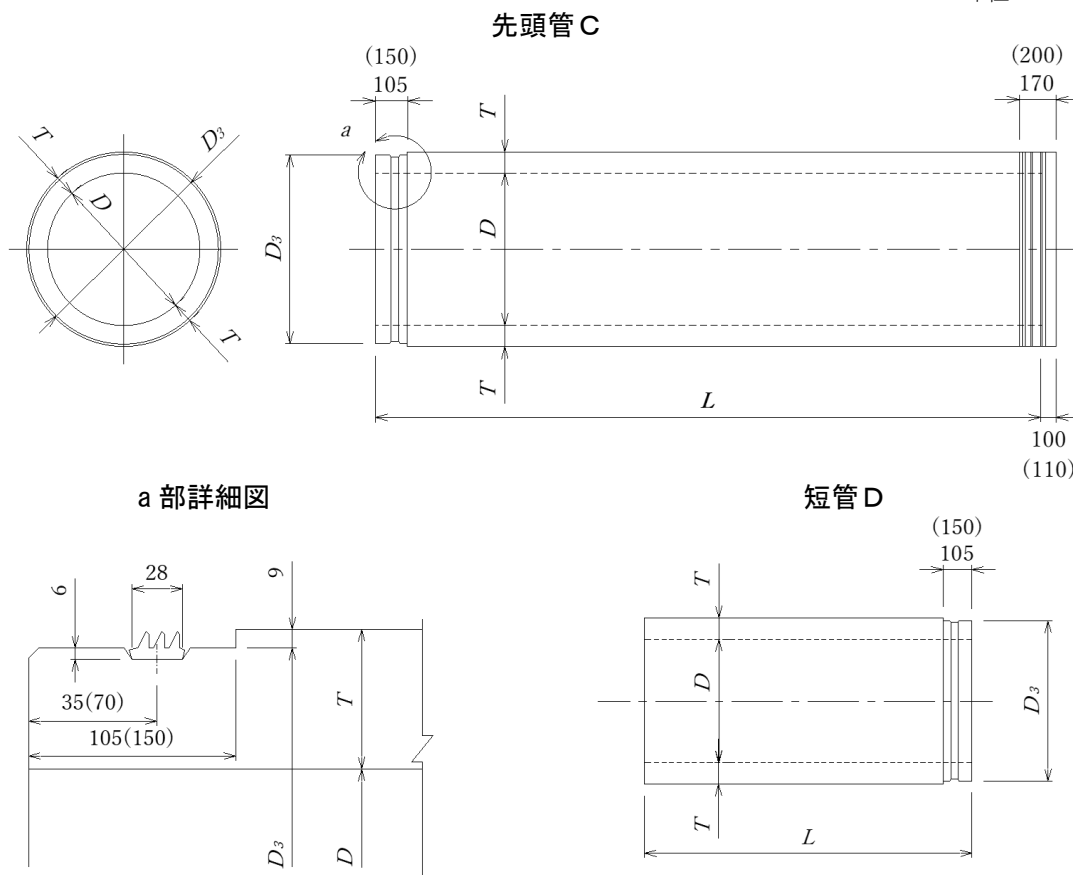
### (3) 先頭管 C、短管 D

先頭管 C、短管 D の形状及び寸法を表 1.3.8.4-3 に示す。

先頭管 C、短管 D に用いるカラーの形状及び寸法を表 1.3.8.4-4 に示す。

表 1.3.8.4-3 先頭管 C、短管 D の形状及び寸法

単位：mm



( ) 内は呼び径 600,700

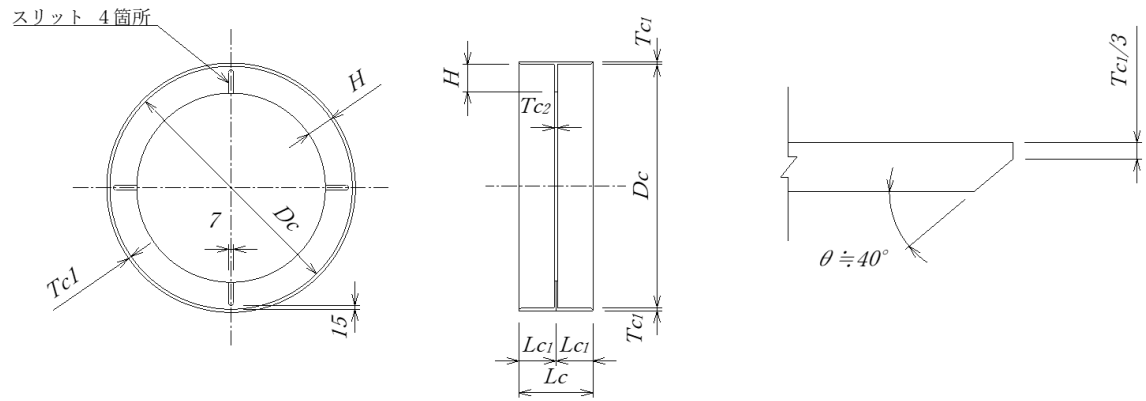
単位：mm

| 呼び径 | 内径<br><i>D</i> | <i>D</i> <sub>3</sub> | 厚さ<br><i>T</i> | 有効長 <sup>(注)</sup><br><i>L</i> |       | 参考質量<br>(kg) |      |
|-----|----------------|-----------------------|----------------|--------------------------------|-------|--------------|------|
|     |                |                       |                | 先頭管 C                          | 短管 D  | 先頭管 C        | 短管 D |
| 200 | 200            | 300                   | 59             | 1 890                          | 940   | 230          | 114  |
| 250 | 250            | 342                   | 55             |                                |       | 253          | 125  |
| 300 | 300            | 396                   | 57             |                                |       | 307          | 152  |
| 350 | 350            | 452                   | 60             | 2 320                          | 1 150 | 452          | 224  |
| 400 | 400            | 508                   | 63             |                                |       | 536          | 265  |
| 450 | 450            | 566                   | 67             |                                |       | 637          | 315  |
| 500 | 500            | 622                   | 70             |                                |       | 733          | 363  |
| 600 | 600            | 742                   | 80             | 2 310                          |       | 1 020        | 507  |
| 700 | 700            | 862                   | 90             |                                |       | 1 320        | 657  |

注) 先頭管の有効長は、呼び径 200～300 については 940mm、呼び径 350～700 については 1 150mm とすることができる。

備考 その他の寸法については標準管に準ずる

表 1.3.8.4-4 先頭管C、短管Dに用いるカラーの形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径 | $D_c$ | $\pi(D_c + 2T_{c1})$ | $H$ | $T_{c1}$ | $T_{c2}$ | $L_c$ | $L_{c1}$ | 参考質量<br>(kg) |
|-----|-------|----------------------|-----|----------|----------|-------|----------|--------------|
| 200 | 307   | 993                  | 50  | 4.5      | 4.5      | 200   | 100      | 9            |
| 250 | 349   | 1 125                | 46  |          |          |       |          | 10           |
| 300 | 403   | 1 294                | 48  |          |          |       |          | 11           |
| 350 | 459   | 1 470                | 51  |          |          |       |          | 13           |
| 400 | 515   | 1 646                | 54  |          |          | 300   | 150      | 15           |
| 450 | 573   | 1 828                | 58  |          |          |       |          | 17           |
| 500 | 629   | 2 004                | 61  |          |          |       |          | 18           |
| 600 | 749   | 2 381                | 71  |          |          |       |          | 31           |
| 700 | 869   | 2 758                | 81  |          |          |       |          | 37           |

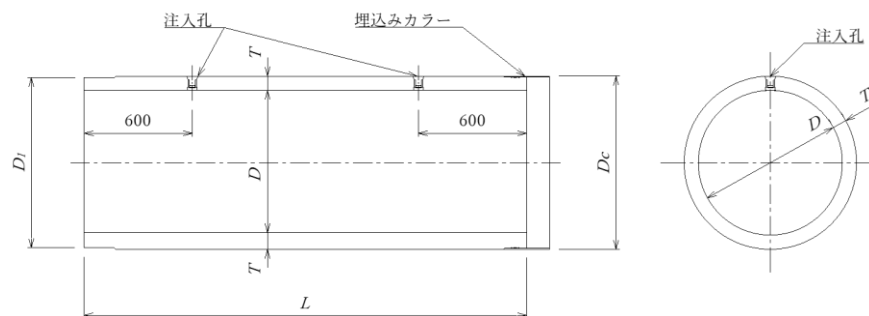
備考 スリットは、呼び径 600, 700 のみに設ける。

### 3.8.5 接続管

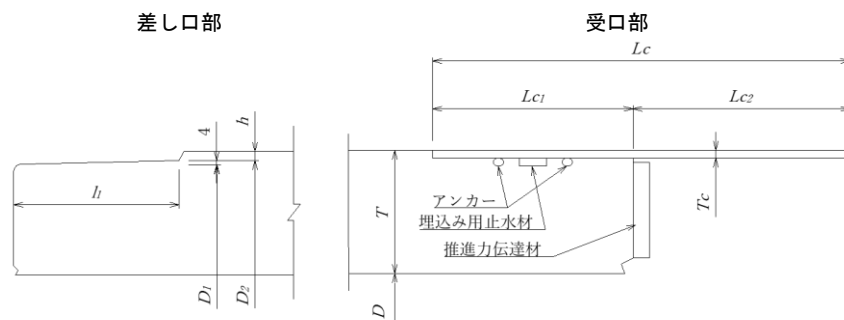
接続管は、N S推進管とE型推進管を接続するために使用する管で、差し口はN S推進管、受口はE形推進管の形状及び寸法となっている。

接続管の形状及び寸法を表 1.3.8.5-1 に示す。

表 1.3.8.5-1 接続管の形状及び寸法



継手部詳細図



単位：mm

| 呼び径   | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $\pi D_2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長(注)<br>$L$ | $l_i$ | $h$ | $L_{c1}$ | $L_{c2}$ | $L_c$ | $T_c$ | $D_c$ | $\pi(D_c + 2T_c)$ | 参考質量<br>(kg) |
|-------|-----------|-------|-------|-----------|-----------|---------------|-------|-----|----------|----------|-------|-------|-------|-------------------|--------------|
| 800   | 800       | 930   | 938   | 2 947     | 80        | 2 430         | 172   | 11  |          |          |       | 4.5   | 951   | 3 016             | 1 330        |
| 900   | 900       | 1 050 | 1 058 | 3 324     | 90        |               |       |     |          |          |       |       | 1 071 | 3 393             | 1 670        |
| 1 000 | 1 000     | 1 170 | 1 178 | 3 701     | 100       |               |       |     |          |          |       |       | 1 191 | 3 770             | 2 060        |
| 1 100 | 1 100     | 1 280 | 1 288 | 4 046     | 105       |               |       |     |          |          |       |       | 1 301 | 4 115             | 2 380        |
| 1 200 | 1 200     | 1 400 | 1 408 | 4 423     | 115       |               |       | 120 | 130      | 250      |       | 6     | 1 421 | 4 492             | 2 840        |
| 1 350 | 1 350     | 1 560 | 1 568 | 4 926     | 125       |               |       |     |          |          |       |       | 1 588 | 5 027             | 3 460        |
| 1 500 | 1 500     | 1 740 | 1 748 | 5 492     | 140       |               |       |     |          |          |       |       | 1 768 | 5 592             | 4 310        |
| 1 650 | 1 650     | 1 910 | 1 918 | 6 026     | 150       |               |       |     |          |          |       |       | 1 938 | 6 126             | 5 060        |
| 1 800 | 1 800     | 2 080 | 2 088 | 6 560     | 160       |               |       | 16  |          |          |       | 9     | 2 108 | 6 660             | 5 890        |
| 2 000 | 2 000     | 2 310 | 2 318 | 7 282     | 175       |               |       |     |          |          |       |       | 2 338 | 7 383             | 7 140        |
| 2 200 | 2 200     | 2 540 | 2 548 | 8 005     | 190       |               |       |     |          |          |       |       | 2 568 | 8 105             | 8 520        |
| 2 400 | 2 400     | 2 760 | 2 768 | 8 696     | 205       |               |       |     |          |          |       |       | 2 792 | 8 828             | 10 100       |
| 2 600 | 2 600     | 2 990 | 2 998 | 9 418     | 220       |               |       | 21  | 150      | 150      | 300   | 9     | 3 022 | 9 550             | 11 700       |
| 2 800 | 2 800     | 3 220 | 3 228 | 10 141    | 235       |               |       |     |          |          |       |       | 3 252 | 10 273            | 13 400       |
| 3 000 | 3 000     | 3 450 | 3 458 | 10 864    | 250       |               |       |     |          |          |       |       | 3 482 | 10 996            | 15 300       |

注) 標準管の有効長は 1 200mm とすることができる。

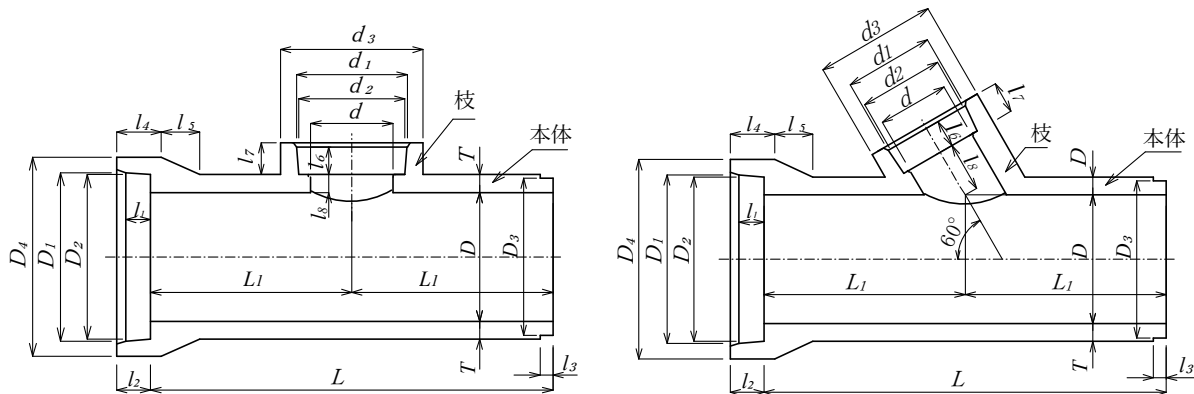
備考 呼び径 1 000mm 以上の標準管には、緊結用埋込みナットをつけることができる。

### 3.9 異形管

異形管は既に製造されていないが、既設管路管理者への情報提供のため掲載している。T字管及びY字管は、ヒューム管を取付管として使用する場合に直接接続できるように形状及び寸法が定められている。また、曲管及び短管は、取付管の方向及び長さの調整に使用し、支管は本管に直接穿孔して、取付管を接続する場合に使用する。

#### 3.9.1 T字管及びY字管

表 1.3.9.1-1 T字管、Y字管の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径 | 呼　　び    | 本　　　　　　体 |                |                |                |                |    |                |                |                |                |                |     |                | 枝   |                |                |                |                |                |                |     |      | 参考質量 |     |     |    |     |    |     |
|-----|---------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|------|------|-----|-----|----|-----|----|-----|
|     |         | 内径       |                |                |                |                | 厚さ |                |                |                |                |                | 有効長 |                | 内径  |                |                |                |                |                | T字             | Y字  | (kg) |      |     |     |    |     |    |     |
|     |         |          |                |                |                |                |    |                |                |                |                |                |     |                |     |                |                |                |                |                |                |     |      |      |     |     |    |     |    |     |
|     |         | D        | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | D <sub>3</sub> | D <sub>4</sub> | T  | l <sub>1</sub> | l <sub>2</sub> | l <sub>3</sub> | l <sub>4</sub> | l <sub>5</sub> | L   | L <sub>1</sub> | d   | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> | l <sub>6</sub> | l <sub>7</sub> | l <sub>s</sub> |     | T字   | Y字   |     |     |    |     |    |     |
| 200 | 200×150 | 200      | 262            | 258            | 246            | 316            | 27 | 65             | 90             | 32             | 115            | 55             | 600 | 300            | 150 | 210            | 206            | 262            | 65             | 90             | 27             | 91  | 44   | 51   |     |     |    |     |    |     |
| 250 | 250×150 | 250      | 314            | 310            | 298            | 370            | 28 |                |                |                | 120            | 60             |     |                |     |                |                |                |                |                | 800            | 400 | 28   | 92   | 53  | 60  |    |     |    |     |
| 300 | 300×150 | 300      | 368            | 364            | 350            | 424            | 30 |                |                |                |                | 65             |     |                |     |                |                |                |                |                |                |     | 36   | 120  | 65  | 30  | 94 | 64  | 72 |     |
| 350 | 350×150 | 350      | 422            | 418            | 404            | 482            | 32 | 70             | 95             | 125            |                | 70             | 800 | 400            | 32  | 97             | 78             | 84             |                |                |                |     |      |      |     |     |    |     |    |     |
| 400 | 400×150 | 400      | 478            | 474            | 460            | 544            | 35 |                |                |                | 70             | 95             |     |                | 75  | 35             | 100            | 120            | 127            |                |                |     |      |      |     |     |    |     |    |     |
| 450 | 450×150 | 450      | 534            | 530            | 516            | 606            | 38 |                |                |                | 70             | 95             |     |                | 75  | 38             | 103            | 144            | 160            |                |                |     |      |      |     |     |    |     |    |     |
| 250 | 250×200 | 250      | 314            | 310            | 298            | 370            | 28 | 65             | 90             | 32             | 120            | 60             | 600 | 300            | 200 | 262            | 258            | 316            | 65             | 90             | 28             | 107 | 57   | 68   |     |     |    |     |    |     |
| 300 | 300×200 | 300      | 368            | 364            | 350            | 424            | 30 |                |                |                |                | 36             |     |                |     |                |                |                |                |                | 70             | 95  | 125  | 65   | 800 | 400 | 30 | 109 | 67 | 78  |
| 350 | 350×200 | 350      | 422            | 418            | 404            | 482            | 32 |                |                |                |                |                |     |                |     |                |                |                |                |                |                |     |      | 65   |     |     | 90 | 75  | 32 | 112 |
| 400 | 400×200 | 400      | 478            | 474            | 460            | 544            | 35 | 70             | 95             | 75             | 35             |                | 115 | 122            | 132 |                |                |                |                |                |                |     |      |      |     |     |    |     |    |     |
| 450 | 450×200 | 450      | 534            | 530            | 516            | 606            | 38 |                |                |                |                | 75             |     |                |     |                |                |                |                |                | 38             | 118 | 145  | 156  |     |     |    |     |    |     |

### 3.9.2 曲 管

表 1.3.9.2-1 曲管（U形）の形状及び寸法

30° 曲管

45° 曲管

単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | 厚さ<br>$T$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | 有効長 $L$ |     | 参考<br><br>t は一般に<br>2 mm程度 | 参考質量(kg) |     |
|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-----|----------------------------|----------|-----|
|     |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       | 30°     | 45° |                            | 30°      | 45° |
| 150 | 150       | 210   | 206   | 194   | 262   | 26        | 65    | 90    | 32    | 115   | 50    | 517     | 543 | 24                         | 25       |     |
| 200 | 200       | 262   | 258   | 246   | 316   | 27        |       |       |       |       | 55    |         |     | 32                         | 33       |     |

表 1.3.9.2-2 曲管（V形）の形状及び寸法

30° 曲管

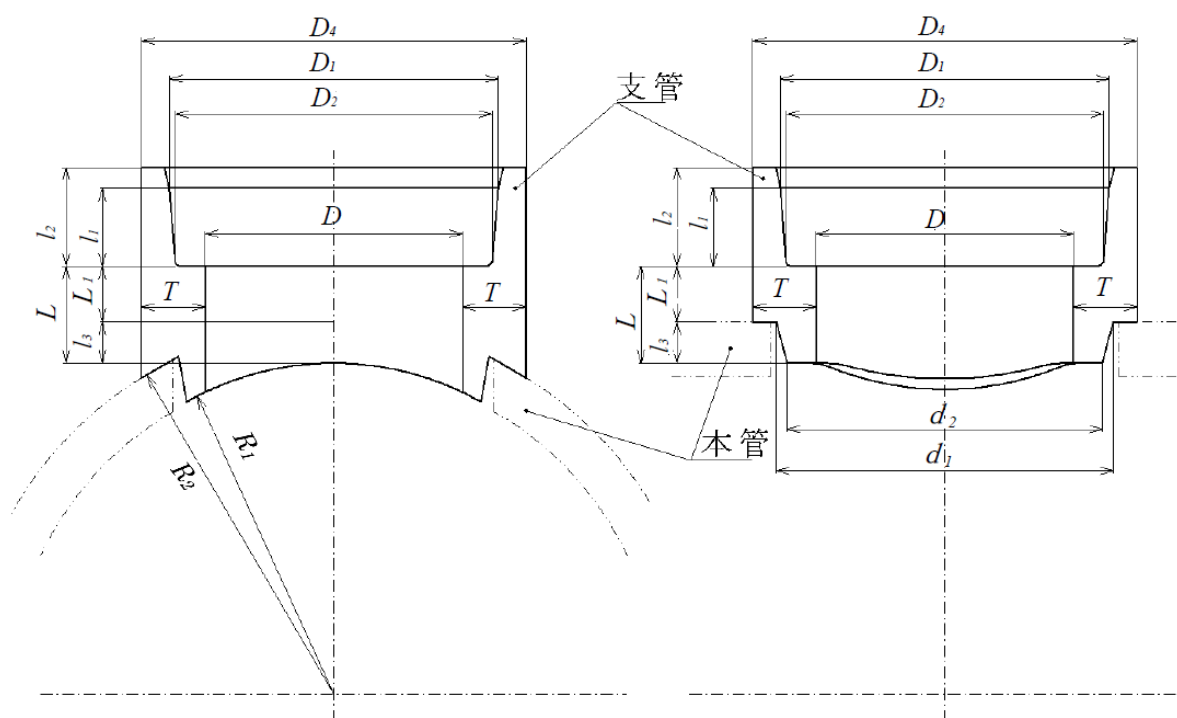
45° 曲管

単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | 厚さ<br>$T$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | 有効長 $L$ |     | 参考質量<br>(kg) |
|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-----|--------------|
|     |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       | 30°     | 45° |              |
| 150 | 150       | 210   | 206   | 194   | 262   | 26        | 65    | 90    | 32    | 115   | 50    | 300     | 300 | 18           |
| 200 | 200       | 262   | 258   | 246   | 316   | 27        |       |       |       |       | 55    |         |     | 23           |

### 3.9.3 支 管

表 1.3.9.3-1 支管の形状及び寸法

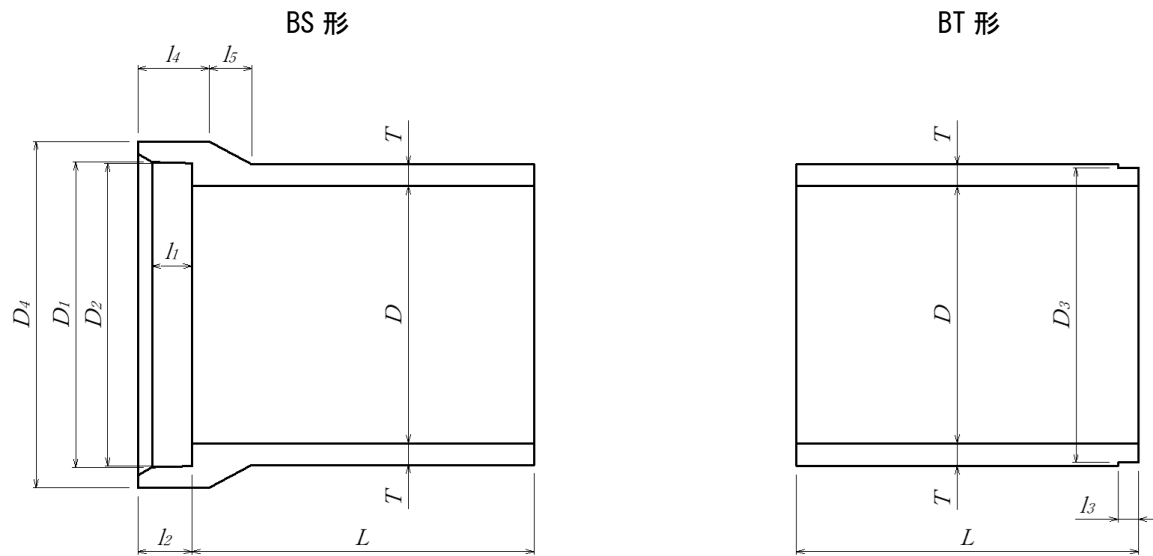


単位：mm

| 呼び径 |   | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_4$ | 厚さ<br>$T$ | $R_1$ | $R_2$ | $L_1$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $d_1$ | $d_2$ | 有効長<br>$L$ | (参考)<br>適用される<br>本管の呼び径 | 参考<br>質量<br>(kg) |
|-----|---|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------------------------|------------------|
| 150 | A |           |       |       |       |           | 181   | 207   | 74    |       |       | 26    |       |       | 100        | 250~350                 | 13               |
|     | B | 150       | 210   | 206   | 262   | 56        | 259   | 292   | 92    | 65    | 90    | 33    | 200   | 190   | 125        | 400~500                 | 14               |
|     | C |           |       |       |       |           | 477   | 525   | 102   |       |       | 48    |       |       | 150        | 600 以上                  | 15               |
| 200 | A |           |       |       |       |           | 259   | 292   | 67    |       |       | 33    |       |       | 100        | 400~500                 | 15               |
|     | B | 200       | 262   | 258   | 316   | 58        | 477   | 525   | 77    | 65    | 90    | 48    | 255   | 245   | 125        | 600~900                 | 17               |
|     | C |           |       |       |       |           | 558   | 638   | 70    |       |       | 80    |       |       | 150        | 1000 以上                 | 17               |

### 3.9.4 短 管

表 1.3.9.4-1 短管の形状及び寸法



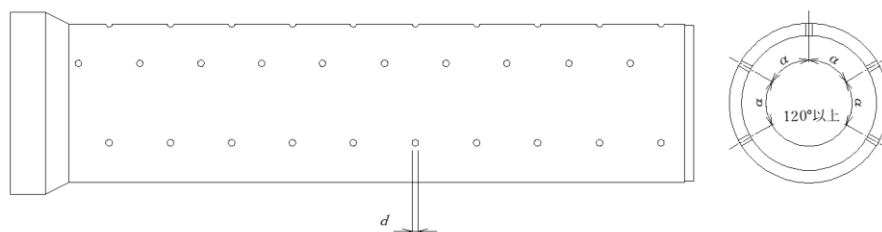
単位：mm

| 呼び径 | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | 厚さ<br>$T$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | 有効長<br>$L$ | 参考質量 (kg) |       |
|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|-------|
|     |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |            | B S 形     | B T 形 |
| 150 | 150       | 210   | 206   | 194   | 262   | 26        | 65    | 90    | 32    | 115   | 50    | 500        | 25        | 17    |
| 200 | 200       | 262   | 258   | 246   | 316   | 27        |       |       |       |       | 55    |            | 33        | 23    |
| 250 | 250       | 314   | 310   | 298   | 370   | 28        |       |       |       | 120   | 60    |            | 42        | 30    |
| 300 | 300       | 368   | 364   | 350   | 424   | 30        |       |       | 36    |       |       |            | 65        | 52    |
| 350 | 350       | 422   | 418   | 404   | 482   | 32        | 70    | 70    |       |       | 64    | 47         |           |       |
| 400 | 400       | 478   | 474   | 460   | 544   | 35        |       |       |       | 95    | 125   | 92         | 71        |       |
| 450 | 450       | 534   | 530   | 516   | 606   | 38        |       | 75    |       |       |       | 600        | 110       | 87    |

### 3.10 集水管

集水管は地下水や伏流水の集水用などに用いられる有孔管である。管の形状及び寸法は、B形、NB形の規定による。

表 1.3.10-1 集水管



| 呼び径   | 孔径 $d$<br>(mm) | 総孔数<br>(個) | 列数 <sup>(注)</sup><br>(列) | 一列の数 <sup>(注)</sup><br>(個) | $\alpha$ <sup>(注)</sup><br>(度) |
|-------|----------------|------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 150   | 20             | 18         | 3                        | 6                          | 120                            |
| 200   |                | 24         | 4                        | 6                          | 80                             |
| 250   |                | 28         | 4                        | 7                          | 80                             |
| 300   |                | 35         | 5                        | 7                          | 60                             |
| 350   |                | 40         | 5                        | 8                          | 60                             |
| 400   | 25             | 40         | 5                        | 8                          | 60                             |
| 450   |                | 45         | 5                        | 9                          | 60                             |
| 500   |                | 50         | 5                        | 10                         | 60                             |
| 600   |                | 60         | 6                        | 10                         | 48                             |
| 700   |                | 70         | 7                        | 10                         | 40                             |
| 800   |                | 80         | 8                        | 10                         | 34                             |
| 900   |                | 88         | 8                        | 11                         | 34                             |
| 1 000 |                | 99         | 9                        | 11                         | 30                             |

注) 集水孔の配置の一例を示す。

表 1.3.10-2 集水管の集水面積

| 呼び径   | 外周面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 集水面積 (cm <sup>2</sup> ) |     |       | 穿孔率<br>(%) |
|-------|----------------------------|-------------------------|-----|-------|------------|
|       |                            | 管体部                     | 継手部 | 総集水面積 |            |
| 150   | 12 690                     | 57                      | 19  | 76    | 0.45       |
| 200   | 15 960                     | 75                      | 24  | 99    | 0.47       |
| 250   | 19 230                     | 88                      | 29  | 117   | 0.46       |
| 300   | 22 620                     | 110                     | 34  | 144   | 0.48       |
| 350   | 26 010                     | 126                     | 39  | 165   | 0.48       |
| 400   | 35 880                     | 196                     | 45  | 241   | 0.55       |
| 450   | 40 150                     | 221                     | 50  | 271   | 0.55       |
| 500   | 44 580                     | 245                     | 55  | 300   | 0.55       |
| 600   | 53 440                     | 294                     | 66  | 360   | 0.55       |
| 700   | 62 290                     | 343                     | 77  | 420   | 0.55       |
| 800   | 71 150                     | 392                     | 88  | 480   | 0.55       |
| 900   | 80 160                     | 432                     | 99  | 531   | 0.54       |
| 1 000 | 88 860                     | 486                     | 110 | 596   | 0.55       |

備考 集水面積と穿孔率は、表 1.3.10-1 に示す集水孔の配置にもとづいて計算した値である。

### 3.11 寸法の許容差

表 1.3.11-1 A 形

単位：mm

| 呼び径         | 内径<br>$D$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長<br>$L$ |
|-------------|-----------|-----------|------------|
| 150～250     | ±3        | +3<br>-2  | +10<br>- 5 |
| 300～900     | ±4        | +4<br>-2  |            |
| 1 000～1 350 | ±6        | +6<br>-3  |            |
| 1 500～1 800 | ±8        | +8<br>-4  |            |

表 1.3.11-2 A 形用コンクリートカラー

単位：mm

| 呼び径         | 内径<br>$D_c$ | 厚さ<br>$T_c$ | 長さ<br>$L_c$ |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 150～250     | +3<br>-2    | +3<br>-2    | +10<br>- 5  |
| 300～900     | +4<br>-2    | +4<br>-2    |             |
| 1 000～1 350 | +5<br>-3    | +5<br>-3    |             |
| 1 500～1 800 | +6<br>-3    | +6<br>-3    |             |

表 1.3.11-3 B 形 NB 形

単位：mm

| 呼び径         | 内径<br>$D$ | $D_1$    | $D_3$    | 厚さ<br>$T$ | $l_2$ | $l_3$ | 有効長<br>$L$ |
|-------------|-----------|----------|----------|-----------|-------|-------|------------|
| 150～250     | ±3        | ±2       |          | +3<br>-2  | ±5    | ±4    | +10<br>- 5 |
| 300～600     | ±4        |          |          | +4<br>-2  |       |       |            |
| 700～900     |           | +3<br>-2 | +6<br>-3 | ±5        |       |       |            |
| 1 000～1 350 | ±6        |          |          |           |       |       |            |

表 1.3.11-4 C 形 NC 形

単位：mm

| 呼び径         | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_2$ | 厚さ<br>$T$  | $l_1$ | $l_2$ | $L_1$      |
|-------------|-----------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|
| 1 500～1 800 | ±8        | ±3    | ±2    | +8<br>-4   | ±2    |       | +10<br>- 5 |
| 2 000～2 400 | ±10       |       |       | +10<br>- 5 |       |       |            |
| 2 600～3 000 | ±12       | ±4    | ±3    | +12<br>- 6 |       |       |            |

表 1.3.11-5 N E 形

単位：mm

| 呼び径       | 内径<br>$D$ | $D_1$    | $\pi D_1$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(註1)</sup><br>$L$ | $l$ | $l_1$ | $L_C$    | $L_{C2}$ | <sup>(註2)</sup><br>$\pi (D_C+2t)$ |
|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------------------------|-----|-------|----------|----------|-----------------------------------|
| 200, 250  | ±3        | ±2       | ±3        | +4        | +10<br>− 5                 | —   | +3    | +5<br>−2 | ±2       | ±3                                |
| 300~600   | ±4        |          |           | −2        |                            |     | −1    |          |          |                                   |
| 700       |           | +3       |           | ±2        |                            | —   |       |          |          |                                   |
| 800       |           |          |           |           |                            |     | −2    |          |          |                                   |
| 900~1 200 | ±6        | −2       |           | +6<br>−3  |                            |     |       |          |          |                                   |
| 1 350     | ±8        | +4<br>−3 | ±6        | +8<br>−4  |                            |     |       |          |          | ±5                                |

注 1) カラーなしの場合は+10,-20 とする。

注 2) 呼び径 800~1 350 については $\pi (D_C+2T_C)$  とする。

表 1.3.11-6 N L 形

単位：mm

| 呼び径       | 内径<br>$D$ | $D_2$    | $\pi D_2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $l_1$    | $L_C$    | $L_{C2}$ | $\pi (D_C+2T_C)$ |
|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------------------|----------|----------|----------|------------------|
| 200, 250  | ±3        | ±2       | ±3        | +4        | +10<br>- 5                | +3       | +5<br>-2 | ±2       | ±3               |
| 300～700   | ±4        |          |           | -2        |                           | -1       |          |          |                  |
| 800       |           | +3       |           | ±2        |                           |          |          |          |                  |
| 900～1 200 | ±6        | -2       |           |           |                           | +6<br>-3 |          |          |                  |
| 1 350     | ±8        | +4<br>-3 | ±6        | +8<br>-4  |                           |          |          |          | ±5               |

注) カラーなしの場合は+10,-20 とする。

表 1.3.11-7 E 形推進管（標準管）

単位：mm

| 呼び径         | 内径<br>$D$ | $D_1$    | $\pi D_1$ | 厚さ<br>$T$  | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $l$ | $L_C$    | $L_{C2}$ | $\pi (D_C+2T_C)$ |
|-------------|-----------|----------|-----------|------------|---------------------------|-----|----------|----------|------------------|
| 800         | ±4        | +3<br>-2 | ±3        | +4<br>-2   | +10<br>- 5                | ±2  | +5<br>-2 | ±2       | ±3               |
| 900~1 200   | ±6        |          |           | +6<br>-3   |                           |     |          |          |                  |
| 1 350~1 650 | ±8        | +4<br>-3 | ±6        | +8<br>-4   |                           |     |          |          | ±5               |
| 1 800~2 200 | ±10       |          |           | +10<br>- 5 |                           |     |          |          |                  |
| 2 400~3 000 | ±12       | +5<br>-3 | ±9        | +12<br>- 6 |                           |     |          |          |                  |

注) カラーなしの場合は+10,-20 とする。

表 1.3.11-8 E形推進管（中押管S）

単位：mm

| 呼び径         | $D_1$    | $\pi D_1$ | $\pi (Dc+2tc)$ | 有効長<br>$L_s$ | $L_c$    |
|-------------|----------|-----------|----------------|--------------|----------|
| 900 (注)     | +3       | $\pm 3$   | $\pm 3$        | $\pm 2$      | +5<br>-3 |
| 1 000～1 200 | -2       |           |                |              |          |
| 1 350～2 200 | +4<br>-3 | $\pm 6$   | $\pm 5$        |              |          |
| 2 400～3 000 | +5<br>-3 | $\pm 9$   |                |              |          |

注) 呼び径 900 は JHPAS-19 による。

表 1.3.11-9 E形推進管（中押管T）

単位：mm

| 呼び径         | 内径<br>$D$ | $D_1$    | $\pi D_1$ | $\pi (Dc+2tc)$ | 有効長<br>$L_T$ | $L_C$ |
|-------------|-----------|----------|-----------|----------------|--------------|-------|
| 900 (注)     | ±6        | +3       | ±3        | ±3             | +5<br>-3     | ±2    |
| 1 000～1 200 |           | -2       |           |                |              |       |
| 1 350～1 650 | ±8        | +4       | ±6        | ±5             |              |       |
| 1 800～2 200 | ±10       | -3       |           |                |              |       |
| 2 400～3 000 | ±12       | +5<br>-3 | ±9        |                |              |       |

注) 呼び径 900 は JHPAS-19 による。

表 1.3.11-10 NS推進管（標準管・接続管）

単位：mm

| 呼び径         | 内径<br>$D$ | $D_2$    | $\pi D_2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注)</sup><br>$L$ | $l_1$   | $L_c$    | $L_{c2}$ | $\pi (Dc+2Tc)$ |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------------------|---------|----------|----------|----------------|
| 800         | $\pm 4$   | +3<br>-2 | $\pm 3$   | +4<br>-2  | +10<br>-5                 | $\pm 2$ | +5<br>-2 | $\pm 2$  | $\pm 3$        |
| 900～1 200   | $\pm 6$   |          |           | +6<br>-3  |                           |         |          |          |                |
| 1 350～1 650 | $\pm 8$   | +4<br>-3 | $\pm 6$   | +8<br>-4  |                           |         |          |          | $\pm 5$        |
| 1 800～2 200 | $\pm 10$  |          |           | +10<br>-5 |                           |         |          |          |                |
| 2 400～3 000 | $\pm 12$  | +5<br>-3 | $\pm 9$   | +12<br>-6 |                           |         |          |          |                |

注) カラーなしの場合は+10,-20 とする。

表 1.3.11-11 NS推進管（中押管S）

単位：mm

| 呼び径         | $D_3$    | $\pi D_3$ | $\pi (D_{C1}+2t1)$ | 有効長<br>$L_s$ | $L_{C3}$ |
|-------------|----------|-----------|--------------------|--------------|----------|
| 900 (注)     | +3       | $\pm 3$   | $\pm 3$            | $\pm 2$      | +5<br>-3 |
| 1 000～1 200 | -2       |           |                    |              |          |
| 1 350～2 200 | +4<br>-3 | $\pm 6$   | $\pm 5$            |              |          |
| 2 400～3 000 | +5<br>-3 | $\pm 9$   |                    |              |          |

注) 呼び径 900 は JHPAS-25 による。

表 1.3.11-12 NS推進管（中押管 T）

単位：mm

| 呼び径         | 内径 $D$ | $D_4$    | $\pi D_4$ | $\pi (D_C+2T_C)$ | 有効長<br>$L_T$ | $L_{C2}$ |
|-------------|--------|----------|-----------|------------------|--------------|----------|
| 900 (注)     | ±6     | +3<br>-2 | ±3        | ±3               | +5<br>-3     | ±2       |
| 1 000～1 200 |        |          |           |                  |              |          |
| 1 350～1 650 | ±8     | +4<br>-3 | ±6        | ±5               |              |          |
| 1 800～2 200 | ±10    |          |           |                  |              |          |
| 2 400～3 000 | ±12    |          |           |                  |              |          |

注) 呼び径 900 は JHPAS-25 による。

表 1.3.11-13 NS先頭管 C

単位：mm

| 呼び径         | 内径<br>$D$ | $D_2$    | $\pi (D_2-2\times 6)$ | 厚さ<br>$T$  | 有効長<br>$L$ |
|-------------|-----------|----------|-----------------------|------------|------------|
| 800         | $\pm 4$   | +3<br>-2 | $\pm 3$               | +4<br>-2   | +10<br>- 5 |
| 900～1 200   | $\pm 6$   |          |                       | +6<br>-3   |            |
| 1 350～1 650 | $\pm 8$   | +4<br>-3 | $\pm 6$               | +8<br>-4   |            |
| 1 800～2 200 | $\pm 10$  |          |                       | +10<br>- 5 |            |
| 2 400～3 000 | $\pm 12$  | +5<br>-3 | $\pm 9$               | +12<br>- 6 |            |

備考 その他の寸法については標準管に準じる。

表 1.3.11-14 E形小口径推進管（標準管、短管、先頭管）

単位：mm

| 呼び径     | 内径<br>$D$ | $D_1$    | $\pi D_1$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(註1)</sup><br>$L$ | $l_1$    | $L_c$    | $L_{c2}$ | $\pi (D_c+2t)$ | $D_2$ <sup>(註2)</sup> | $\pi (D_2-2\times6)$ <sup>(註3)</sup> |
|---------|-----------|----------|-----------|-----------|----------------------------|----------|----------|----------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 200,250 | ±3        | ±2       | ±3        | +4<br>-2  | +10<br>- 5                 | +3<br>-1 | +5<br>-2 | ±2       | ±3             | ±3                    | +9<br>-6                             |
| 300～600 | ±4        |          |           |           |                            |          |          |          |                |                       |                                      |
| 700     |           | +3<br>-2 |           |           |                            |          |          |          |                |                       |                                      |

注 1) 標準管カラーなしの場合は +10, -20、短管の場合は +20, -10、先頭管呼び径 600,700 の場合は +5, -30 とする。

注 2) 注 3)  $D_2$  及び  $\pi (D_2-2\times 6)$  は短管 D 及び先頭管に適用する。

表 1.3.11-15 E 形小口径推進管の先頭管 C、  
短管 D に用いるカラー

単位：mm

| 呼び径     | $\pi (Dc+2Tc_l)$ | $H$ | $Lc_l$ |
|---------|------------------|-----|--------|
| 200～700 | ±3               | ±2  | ±2     |

表 1.3.11-16 NS 小口径推進管の先頭管 C、  
短管 D に用いるカラー

単位：mm

| 呼び径     | $\pi (Dc+2Tc_l)$ | $H$ | $Lc_l$ |
|---------|------------------|-----|--------|
| 200～700 | +3<br>-2         | ±2  | ±2     |

表 1.3.11-17 NS 小口径推進管（標準管、短管、先頭管）

単位：mm

| 呼び径      | 内径<br>$D$ | $D_2$ | $\pi D_2$ | 厚さ<br>$T$ | 有効長 <sup>(注1)</sup><br>$L$ | $l_1$    | $Lc$     | $Lc_2$ | $\pi (Dc+2Tc)$ | $D_3$ <sup>(注2)</sup> | $\pi (D_3-2 \times 6)$ <sup>(注3)</sup> |
|----------|-----------|-------|-----------|-----------|----------------------------|----------|----------|--------|----------------|-----------------------|----------------------------------------|
| 200, 250 | ±3        | ±2    | ±3        | +4<br>-2  | +10<br>-5                  | +3<br>-1 | +5<br>-2 | ±2     | ±3             | ±3                    | +6<br>-3                               |
| 300～700  | ±4        |       |           |           |                            |          |          |        |                |                       |                                        |

注 1) 標準管カラーなし及び先頭管の場合は +10、-20、短管の場合は +20、-10 とする。

注 2) 注 3)  $D_3$  及び  $\pi (D_3-2 \times 6)$  は短管 D 及び先頭管に適用する。

表 1.3.11-18 T 字管、Y 字管

単位：mm

| 呼び径     | 本体        |       |       |           |       |       |            | 枝         |       |                   |     |
|---------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|------------|-----------|-------|-------------------|-----|
|         | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_3$ | 厚さ<br>$T$ | $l_2$ | $l_3$ | 有効長<br>$L$ | 内径<br>$d$ | $d_1$ | $d_3$             | $h$ |
| 200,250 | ±3        | ±2    |       | +3<br>-2  | ±5    | ±4    | +10<br>-5  | ±3        | ±2    | -5<br>+は規定<br>しない | ±5  |
| 300～450 | ±4        |       |       | +4<br>-2  |       |       |            |           |       |                   |     |

表 1.3.11-19 曲管（U 型、V 型）

単位：mm

| 呼び径     |     | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_3$ | 厚さ<br>$T$ | $l_2$ | $l_3$ | 有効長<br>$L$ |
|---------|-----|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|------------|
| 150,200 | U 形 | ±4        | ±2    |       | +4<br>-3  | ±5    | ±4    | +10<br>-5  |
|         | V 形 | ±3        |       |       | +3<br>-2  |       |       |            |

表 1.3.11-20 支管

単位：mm

| 呼び径     | 内径<br>$D$ | $D_1$ | 厚さ<br>$T$ | $l_2$ | $l_3$ | $d_1$ | 有効長<br>$L$ |
|---------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|------------|
| 150,200 | ±3        | ±2    | +5<br>-4  | ±5    | ±4    | ±3    | ±5         |

表 1.3.11-21 短管（BS 形、BT 形）

単位：mm

| 呼び径     | 内径<br>$D$ | $D_1$ | $D_3$ | 厚さ<br>$T$ | $l_2$ | $l_3$ | 有効長<br>$L$ |
|---------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|------------|
| 150～250 | ±3        | ±2    |       | +3<br>-2  | ±5    | ±4    | +5<br>-15  |
| 300～450 | ±4        |       |       | +4<br>-2  |       |       |            |

## 第4章 管の強さと継手性能

### 4.1 外圧管、異形管及び集水管

外圧管（A形、B形、C形、NB形、NC形、NE形及びNL形）、異形管及び集水管の外圧強さ（曲げ強度）を表1.4.1-1、曲げ耐力試験方法を図1.4.1-1に示す。

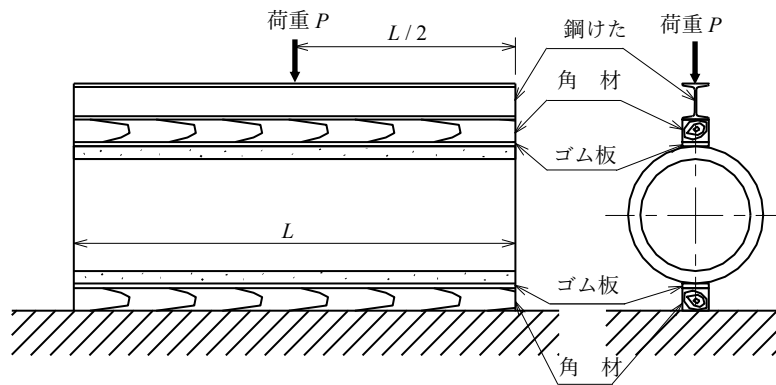
表1.4.1-1 外圧管、異形管及び集水管のひび割れ荷重及び終局荷重

単位：kN/m

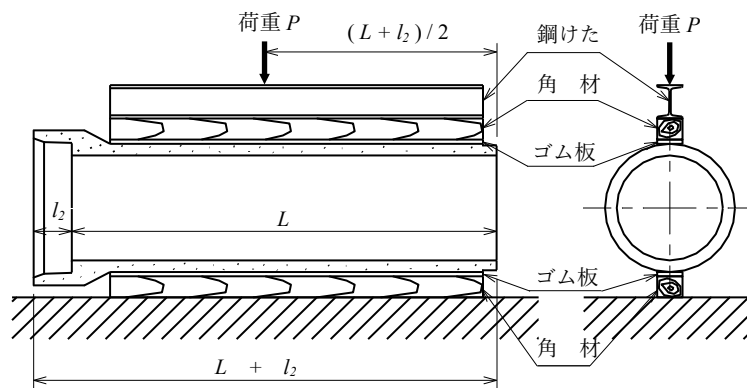
| 呼び径   | ひび割れ荷重 |      |      | 終局荷重 |      |      |
|-------|--------|------|------|------|------|------|
|       | 1種     | 2種   | 3種   | 1種   | 2種   | 3種   |
| 150   |        |      | —    |      |      | —    |
| 200   | 16.7   | 23.6 | 62.8 | 25.6 | 47.1 | 94.2 |
| 250   |        |      | 64.8 |      |      | 97.1 |
| 300   | 17.7   | 25.6 | 68.7 | 26.5 | 51.1 | 103  |
| 350   | 19.7   | 27.5 | 74.6 | 29.5 | 55.0 | 112  |
| 400   | 21.6   | 32.4 | 78.5 | 32.4 | 62.8 | 118  |
| 450   | 23.6   | 36.3 | 84.4 | 35.4 | 66.8 | 127  |
| 500   | 25.6   | 41.3 | 88.3 | 38.3 | 70.7 | 133  |
| 600   | 29.5   | 49.1 | 92.2 | 44.2 | 77.5 | 138  |
| 700   | 32.4   | 54.0 | 96.2 | 49.1 | 85.4 | 143  |
| 800   | 35.4   | 58.9 | 70.7 | 53.0 | 93.2 | 106  |
| 900   | 38.3   | 63.8 | 76.5 | 57.9 | 101  | 115  |
| 1 000 | 41.3   | 68.7 | 82.4 | 61.9 | 108  | 124  |
| 1 100 | 43.2   | 72.6 | 85.4 | 65.8 | 113  | 128  |
| 1 200 | 45.2   | 75.6 | 88.3 | 71.7 | 118  | 133  |
| 1 350 | 47.1   | 79.5 | 94.2 | 81.5 | 126  | 142  |
| 1 500 | 50.1   | 83.4 | 110  | 91.3 | 134  | 165  |
| 1 650 | 53.0   | 88.3 | 117  | 102  | 143  | 176  |
| 1 800 | 56.0   | 93.2 | 123  | 111  | 151  | 185  |
| 2 000 | 58.9   | 98.1 | 130  | 118  | 161  | 195  |
| 2 200 | 61.9   | 104  | 137  | 124  | 172  | 206  |
| 2 400 | 64.8   | 108  | 143  | 130  | 183  | 214  |
| 2 600 | 67.7   | 113  | 150  | 136  | 193  | 224  |
| 2 800 | 70.7   | 118  | 155  | 142  | 204  | 233  |
| 3 000 | 73.6   | 123  | 162  | 148  | 213  | 244  |

備考 ひび割れ荷重とは、管に幅 0.05 mm のひび割れを生じたときの試験機が示す荷重を有効長  $L$  で除した値をいい、終局荷重とは、試験機が示す最大荷重を有効長  $L$  で除した値をいう。

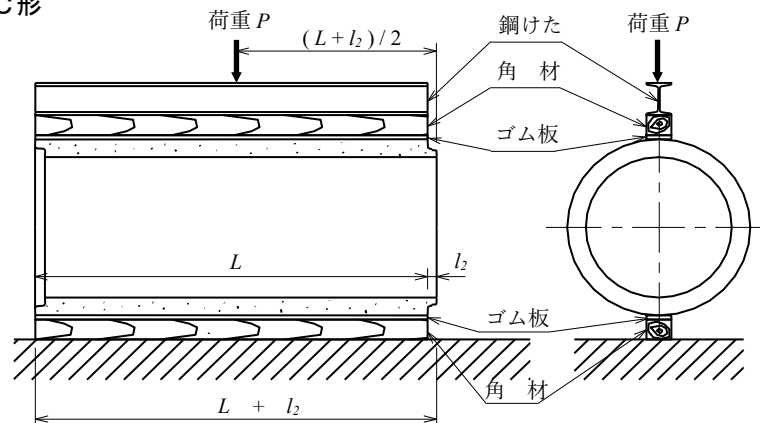
A形



B形、NB形



C形、NC形



NE形、NL形

NE形、NL形は、図 1.4.3.1-1 を参照。

図 1.4.1-1 外圧管の曲げ耐力試験方法

## 4.2 内圧管

内圧管は試験水圧の大きさによって、2 K、4 K、6 Kに区別される。例えば、2 Kとは試験水圧が0.2MP aの水圧に耐える管のことをいう。

### 4.2.1 内圧強さ

内圧強さを表 1.4.2.1-1 に示す。

表 1.4.2.1-1 内圧強さ

単位：MPa

| 種類  | 試験水圧 |
|-----|------|
| 2 K | 0.2  |
| 4 K | 0.4  |
| 6 K | 0.6  |

内圧試験は管体のコンクリートが十分に水を含み、管の表面がかわいた状態で管の両端をパッキング及び鏡板などによって密閉し、管内の空気を抜き満水にした上で水圧を加える。

内水圧試験の試験例を図 1.4.2.1-1 に示す。

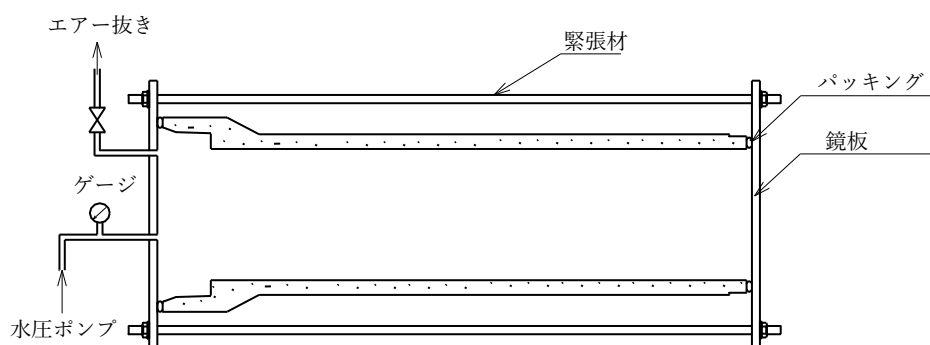


図 1.4.2.1-1 内水圧試験例

#### 4.2.2 内圧管の外圧強さ（曲げ強度）

内圧管の外圧強さ（曲げ強度）を表 1.4.2.2-1 に示す。また曲げ耐力試験方法は図 1.4.1-1 による。

表 1.4.2.2-1 内圧管のひび割れ荷重及び終局荷重

単位：kN/m

| 呼び径   | ひび割れ荷重 |      |      | 終局荷重 |      |      |
|-------|--------|------|------|------|------|------|
|       | 2 K    | 4 K  | 6 K  | 2 K  | 4 K  | 6 K  |
| 150   |        | 17.7 | 19.7 |      | 35.4 | 39.3 |
| 200   | 16.7   | 19.7 | 21.6 | 33.4 | 39.3 | 43.2 |
| 250   |        | 20.7 | 23.6 |      | 41.3 | 47.1 |
| 300   | 17.7   | 21.6 | 25.6 | 35.4 | 43.2 | 51.1 |
| 350   | 19.7   | 23.6 | 27.5 | 39.3 | 47.1 | 55.0 |
| 400   | 21.6   | 25.6 | 29.5 | 43.2 | 51.1 | 58.9 |
| 450   | 23.6   | 27.5 | 31.4 | 47.1 | 55.0 | 62.8 |
| 500   | 25.6   | 29.5 | 33.4 | 51.1 | 58.9 | 66.8 |
| 600   | 29.5   | 32.4 | 36.3 | 58.9 | 64.8 | 72.6 |
| 700   | 32.4   | 36.3 | 40.3 | 64.8 | 72.6 | 80.5 |
| 800   | 35.4   | 39.3 | 44.2 | 70.7 | 78.5 | 88.3 |
| 900   | 38.3   | 47.1 | —    | 76.6 | 94.2 | —    |
| 1 000 | 41.3   | 51.1 | —    | 82.5 | 103  | —    |
| 1 100 | 43.2   | 53.0 | —    | 86.4 | 106  | —    |
| 1 200 | 45.2   | 55.0 | —    | 90.3 | 110  | —    |
| 1 350 | 47.1   | 58.9 | —    | 94.2 | 118  | —    |
| 1 500 | 50.1   | 62.8 | —    | 101  | 126  | —    |
| 1 650 | 53.0   | 66.8 | —    | 106  | 134  | —    |
| 1 800 | 56.0   | 70.7 | —    | 112  | 142  | —    |
| 2 000 | 58.9   | 75.6 | —    | 118  | 152  | —    |
| 2 200 | 61.9   | 80.5 | —    | 124  | 161  | —    |
| 2 400 | 64.8   | 85.4 | —    | 130  | 171  | —    |
| 2 600 | 67.7   | 90.3 | —    | 136  | 181  | —    |
| 2 800 | 70.7   | 95.2 | —    | 142  | 191  | —    |
| 3 000 | 73.6   | 101  | —    | 148  | 201  | —    |

備考 ひび割れ荷重とは、管に幅 0.05 mm のひび割れを生じたときの試験機が示す荷重を有効長 L で除した値をいい、終局荷重とは、試験機が示す最大荷重を有効長 L で除した値をいう。

## 4.3 推進管

### 4.3.1 外圧強さ

推進管の外圧強さ（曲げ強度）を表 1.4.3.1-1、外圧試験方法（曲げ強度試験方法）を図 1.4.3.1-1 に示す。

表 1.4.3.1-1 推進管の外圧強さ（曲げ強度）

単位：kN/m

| 呼 び 径 | ひ び 割 れ 荷 重 |      | 終 局 荷 重 |      |
|-------|-------------|------|---------|------|
|       | 1 種         | 2 種  | 1 種     | 2 種  |
| 200   | 31.4        | 62.8 | 47.1    | 94.2 |
| 250   | 32.4        | 64.8 | 49.1    | 97.1 |
| 300   | 34.4        | 68.7 | 52.0    | 103  |
| 350   | 37.3        | 74.6 | 55.9    | 112  |
| 400   | 39.3        | 78.5 | 58.9    | 118  |
| 450   | 42.2        | 84.4 | 63.8    | 127  |
| 500   | 44.2        | 88.3 | 66.7    | 133  |
| 600   | 46.1        | 92.2 | 69.7    | 138  |
| 700   | 48.1        | 96.2 | 72.6    | 143  |
| 800   | 35.4        | 70.7 | 57.9    | 106  |
| 900   | 38.3        | 76.5 | 64.8    | 115  |
| 1 000 | 41.2        | 82.4 | 71.6    | 124  |
| 1 100 | 42.7        | 85.4 | 78.5    | 128  |
| 1 200 | 44.2        | 88.3 | 86.3    | 133  |
| 1 350 | 47.1        | 94.2 | 98.1    | 142  |
| 1 500 | 50.1        | 101  | 110     | 151  |
| 1 650 | 53.0        | 106  | 122     | 159  |
| 1 800 | 55.9        | 112  | 134     | 168  |
| 2 000 | 58.9        | 118  | 142     | 177  |
| 2 200 | 61.8        | 124  | 149     | 186  |
| 2 400 | 64.8        | 130  | 155     | 195  |
| 2 600 | 67.7        | 136  | 163     | 203  |
| 2 800 | 70.7        | 142  | 170     | 212  |
| 3 000 | 73.6        | 148  | 177     | 221  |

備考 ひび割れ荷重とは、管に幅 0.05 mm のひび割れを生じたときの試験機が示す荷重を有効長 L で除した値をいい、破壊荷重とは、試験機が示す最大荷重を有効長 L で除した値をいう。

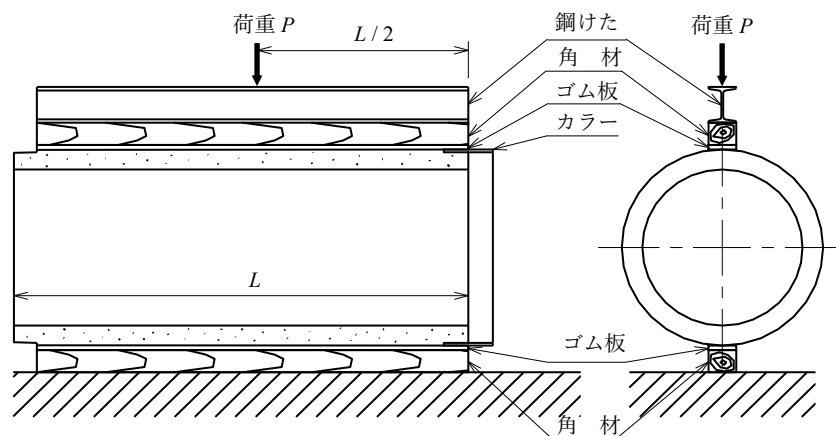


図 1.4.3.1-1 推進管の外圧試験方法（曲げ強度試験方法）

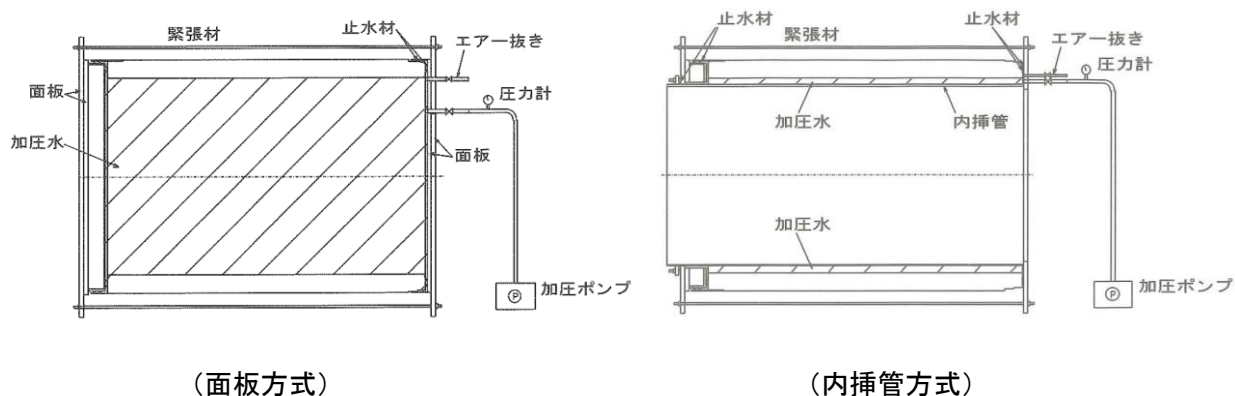
#### 4.3.2 内圧強さ

推進管の内圧強さを表 1.4.3.2-1、内圧試験方法を図 1.4.3.2-1 に示す。

表 1.4.3.2-1 推進管の内圧強さ

単位：MPa

| 区分    | 水圧  |
|-------|-----|
| A W 2 | 0.2 |
| A W 4 | 0.4 |



（面板方式）

（内挿管方式）

図 1.4.3.2-1 内圧試験方法の例

#### 4.4 継手性能

管の継手性能は、(公社)日本下水道協会規格で規定されている。外圧管は、JSWAS A-1（下水道用鉄筋コンクリート管）で水密性が規定され、また推進管は、JSWAS A-2（下水道推進工法用鉄筋コンクリート管）及び JSWAS A-6（下水道小口径管推進工法用鉄筋コンクリート管）で継手性能が規定されている。

外圧管の水密性を表 1.4.4-1 に、推進管の継手性能を表 1.4.4-2 及び表 1.4.4-3 に示す。

表 1.4.4-1 JSWAS A-1 の水密性

| 水密性<br>(MPa) |
|--------------|
| 0.1          |

表 1.4.4-2 JSWAS A-2 の継手性能

| 区分 | 耐水圧 (MPa) |     | 拔出し長 <sup>(注)</sup><br>(mm) |
|----|-----------|-----|-----------------------------|
|    | 外水圧       | 内水圧 |                             |
| JA | 0.1       | 0.1 | 30                          |
| JB | 0.2       | 0.2 | 40                          |
| JC | 0.2       | 0.2 | 60                          |

注) 拔出し長とは、管と管との開きをいう。拔出し長の 30mm とは 0～30mm を、40mm とは 0～40mm を、60mm とは 0～60mm を意味する。内水圧は内圧管にのみ適用する。

表 1.4.4-3 JSWAS A-6 の継手性能

| 区分  | 耐水圧<br>(MPa) | 拔出し長 <sup>(注)</sup><br>(mm) |
|-----|--------------|-----------------------------|
| SJS | 0.1          | 10                          |
| SJA | 0.2          | 10                          |
| SJB | 0.2          | 20                          |

注) 拔出し長とは、管と管との開きをいう。

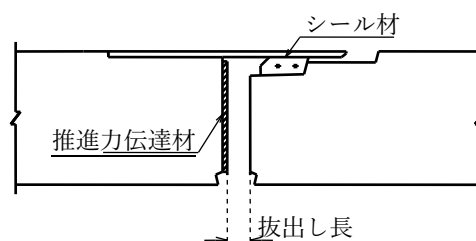


図 1.4.4-1 拔出し長

## 第5章 継手用製品

### 5.1 シール材

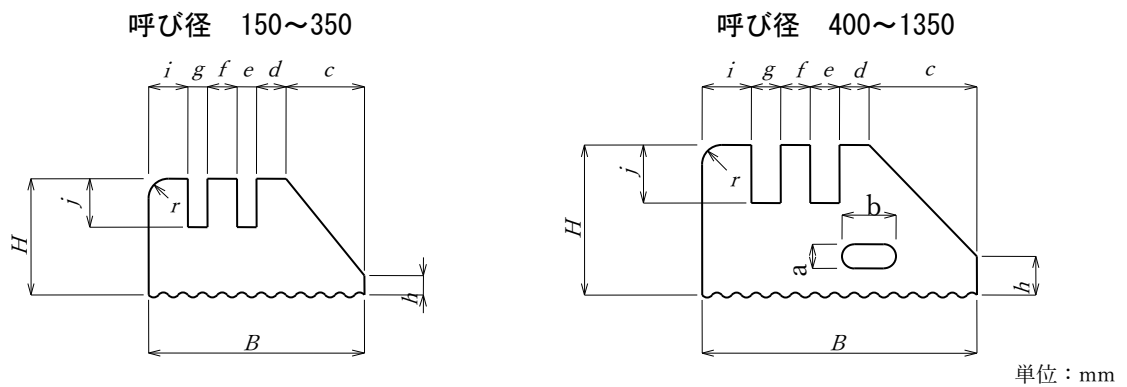
シール材として、一般的にはゴム輪が用いられている。

ゴム輪は、材質については JIS 及び JSWAS に規定されているが、形状及び寸法は JHPAS に定められている。全国ヒューム管協会では、継手にゴム輪を用いる B 形、C 形等の管が開発されて以来改良を重ね、全てのゴム輪について形状、寸法及び品質等を規定している。

#### 5.1.1 形状及び寸法

##### (1) B 形用

表 1.5.1.1-1 B 形用の形状及び寸法

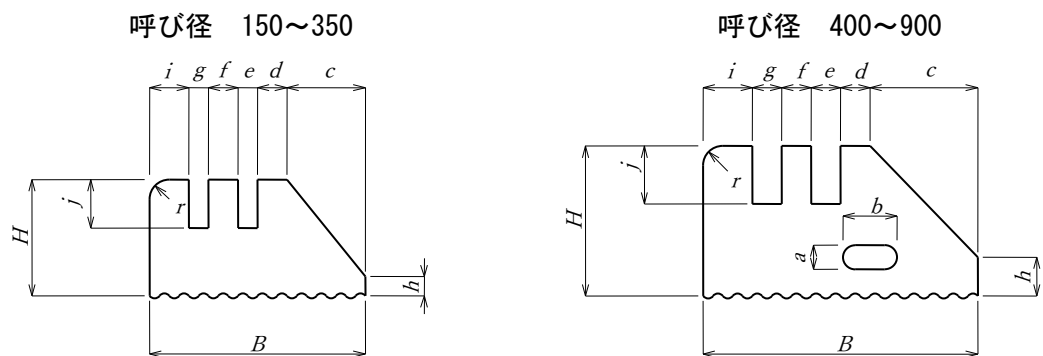


| 呼び径           | <i>B</i> | <i>H</i> <sup>(注)</sup> | <i>h</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> | <i>i</i> | <i>j</i> | <i>r</i> | 長さ<br><i>L</i>    |
|---------------|----------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|
| 150 ～ 250     | 20       | 10.5                    | 2        | -        | -        | 6        | 3        | 2        | 3        | 2        | 4        | 5        | 2        | ゴム輪装着部<br>周長の 85% |
| 300 ～ 350     | 22       | 12                      |          |          |          | 8        |          |          |          |          |          |          |          |                   |
| 400 ～ 600     | 24       |                         | 4        | 2.5      | 5.5      | 7        |          | 3        |          | 5        | 6        |          |          |                   |
| 700 ～ 1 000   | 28       |                         |          |          |          | 15.5     |          |          |          |          |          | 11       |          |                   |
| 1 100 ～ 1 350 | 31       | 18.5                    | 6        | 4        | 8        | 14       |          |          |          |          |          |          |          |                   |

注) 内圧管用のゴム輪は、H寸法を 1 mm 高くする。

(2) NB形用

表 1.5.1.1-2 NB形用の形状及び寸法

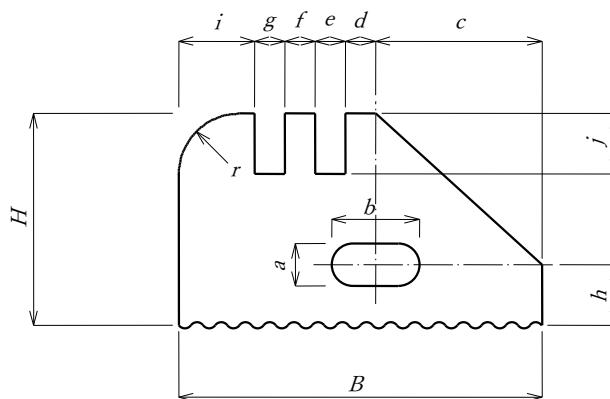


単位：mm

| 呼び径       | <i>B</i> | <i>H</i> | <i>h</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> | <i>i</i> | <i>j</i> | <i>r</i> | 長さ<br><i>L</i>    |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|
| 150 ～ 250 | 20       | 11.5     | 2        | -        | -        | 6        | 3        | 2        | 3        | 2        | 4        | 5        | 2        | ゴム輪装着部<br>周長の 85% |
| 300 ～ 350 | 22       | 13.5     |          | 4        | 2.5      | 5.5      |          |          |          |          |          |          |          |                   |
| 400 ～ 600 | 24       |          | 7        |          |          |          |          | 3        |          | 3        | 6        |          |          |                   |
| 700 ～ 900 | 28       | 16.5     | 11       |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |                   |

(3) NC形用

表 1.5.1.1-3 NC形用の形状及び寸法

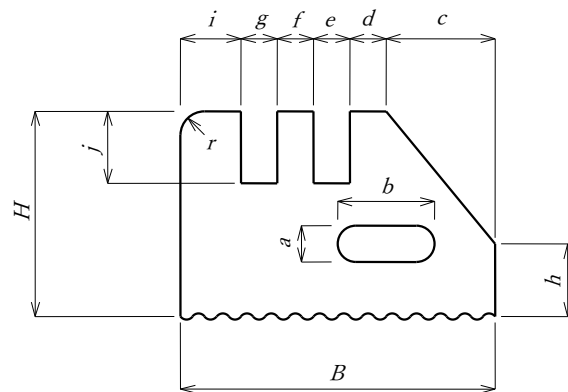


単位：mm

| 呼び径           | $B$ | $H$ | $h$ | $a$ | $b$  | $c$  | $d$ | $e$ | $f$ | $g$ | $i$  | $j$ | $r$ | 長さ<br>$L$         |
|---------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-------------------|
| 1 500 ~ 2 200 | 43  | 28  | 9   | 5   | 12   | 18   | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 7    | 8   | 8   | ゴム輪装着部<br>周長の 90% |
| 2 400 ~ 3 000 | 60  | 35  | 10  | 7   | 14.5 | 27.5 | 5   | 5   | 5   | 5   | 12.5 | 10  | 10  |                   |

(4) C形用(廃止規格<sup>(注)</sup>)

表 1.5.1.1-4 C形用の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径           | <i>B</i> | <i>H</i> | <i>h</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> | <i>i</i> | <i>j</i> | <i>r</i> | 長さ<br><i>L</i> |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| 1 500 ～ 2 200 | 24       | 14.5     | 5        | 2.5      | 6.5      | 8        | 3        | 3        | 3        | 3        | 4        | 5.5      | 2        | ゴム輪装着部周長の85%   |
| 2 400 ～ 3 000 | 26       | 17       | 6        | 3        | 8        | 9        |          |          |          |          | 5        | 6        |          |                |

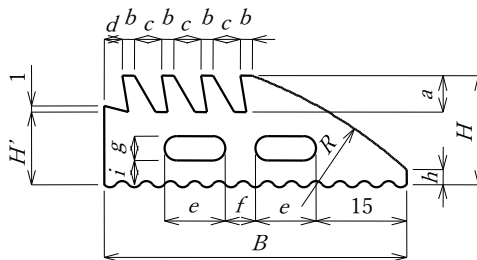
注) 2010 年の JIS 改定により、日本産業規格 JIS A 5372 および日本下水道協会規格 JSWAS A-1 から廃止。

(5) NE形及びNL形用

NE形及びNL形は、それぞれE形及びNS形のゴム輪を使用する。

ただし、NE形の呼び径 1350 に用いるゴム輪の形状及び寸法は表 1.5.1.1-5 による。

表 1.5.1.1-5 NE形呼び径 1350 の継手に用いるゴム輪の形状及び寸法

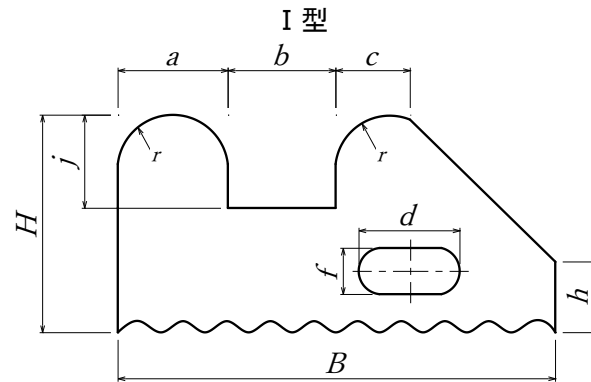


単位：mm

| 呼び径   | <i>B</i> | <i>H</i> | <i>H'</i> | <i>h</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> | <i>i</i> | <i>R</i> | 長さ<br><i>L</i> |
|-------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| 1 350 | 50       | 18       | 12        | 2.5      | 6        | 2        | 4.5      | 3        | 10       | 5        | 4        | 4        | 80       | ゴム輪装着部周長の85%   |

(6) B形用水膨張性ゴム輪

表 1. 5. 1. 1-6 B形用水膨張性ゴム輪の形状及び寸法



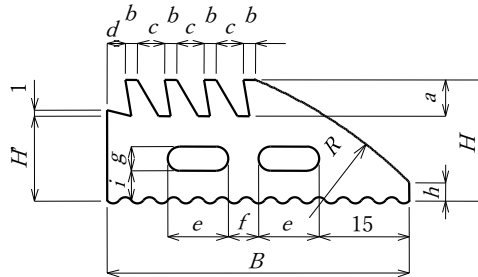
単位：mm

| 呼び径           | $B$ | $H$  | $h$  | $j$ | $a$ | $b$ | $c$ | $d$ | $f$ | $r$ | 長さ<br>$L$        |
|---------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|
| 150 ～ 250     | 20  | 10.5 | 2    | 5   | 6   | 4   | 4   | -   | -   | 3   | ゴム輪装着部周長の<br>85% |
| 300 ～ 350     | 22  | 12   |      |     |     |     |     | 4   | 5.5 |     |                  |
| 400 ～ 600     | 24  |      | 15.5 | 6   | 8   | 4   |     |     |     |     |                  |
| 700 ～ 1 000   | 28  | 6    |      |     |     |     |     | 7   | 6   | 7   |                  |
| 1 100 ～ 1 350 | 31  |      | 18.5 | 6   | 7   | 6   |     |     |     |     |                  |

(7) E形推進管用

標準管用

表 1.5.1.1-7 標準管用の形状及び寸法

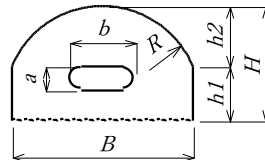


単位：mm

| 呼び径           | $B$ | $H$  | $H'$ | $h$ | $a$ | $b$ | $c$ | $d$ | $e$ | $f$ | $g$ | $i$ | $R$ | 長さ<br>$L$         |
|---------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| 800 ～ 1 200   | 50  | 15   | 10   | 2   | 5   | 2   | 4   | 3   | 10  | 5   | 4   | 3   | 80  | ゴム輪装着部<br>周長の 85% |
| 1 350 ～ 2 200 |     | 20   | 14   | 3   | 6   |     | 4.5 |     |     |     |     |     |     |                   |
| 2 400 ～ 3 000 | 60  | 23.5 | 16.5 | 5   | 7   | 2.5 | 5   | 3.5 | 12  | 8   | 5   | 5   | 100 |                   |

中押管用

表 1.5.1.1-8 中押管用の形状及び寸法



単位：mm

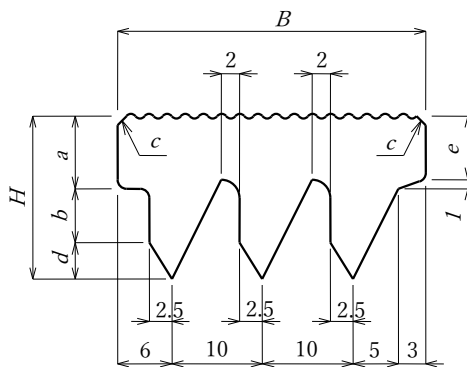
| 呼び径           | $B$ | $H$  | $h_1$ | $h_2$ | $a$ | $b$ | $R$ | 長さ<br>$L$         |
|---------------|-----|------|-------|-------|-----|-----|-----|-------------------|
| 900 ～ 1 200   | 26  | 13   | 6     | 7     | 3   | 9   | 15  | ゴム輪装着部<br>周長の 90% |
| 1 350 ～ 2 200 | 30  | 19   | 9     | 10    | 4   | 11  | 16  |                   |
| 2 400 ～ 3 000 | 34  | 22.5 | 11.5  | 11    | 4.5 | 12  | 18  |                   |

(8) NS推進管用

標準管用

標準管用は、第1ゴム輪、第2ゴム輪があり、表1.5.1.1-9～10に示す。

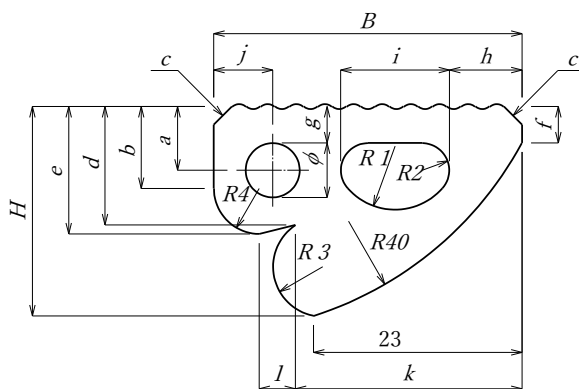
表 1.5.1.1-9 第1ゴム輪の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径           | B  | H    | a   | b   | c | d   | e   | 長さ<br>L            |
|---------------|----|------|-----|-----|---|-----|-----|--------------------|
| 800 ～ 1 200   | 34 | 12   | 5   | 4   | 1 | 3   | 4   | ゴム輪装着部<br>周長の 102% |
| 1 350 ～ 2 200 |    | 18   | 8   | 6   |   | 4   | 7   |                    |
| 2 400 ～ 3 000 |    | 21.5 | 9.5 | 7.5 |   | 4.5 | 8.5 |                    |

表 1.5.1.1-10 第2ゴム輪の形状及び寸法



単位：mm

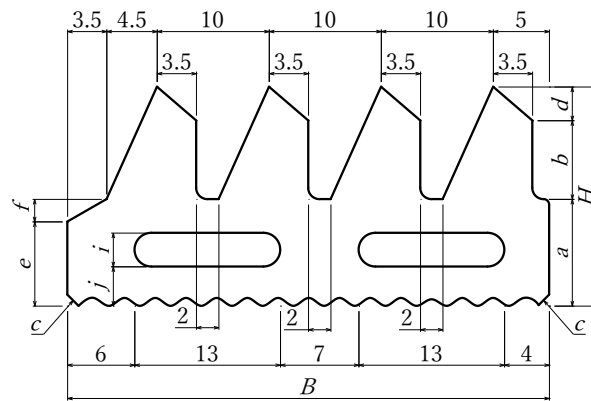
| 呼び径           | B  | H    | a   | b | c | d    | e   | f | g | h | i  | j   | k  | l   | $\phi$ | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | R <sub>4</sub> | 長さ<br>L           |
|---------------|----|------|-----|---|---|------|-----|---|---|---|----|-----|----|-----|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| 800 ～ 1 200   | 34 | 14.5 | 4   | 5 | 0 | 7.5  | 8.5 | 2 | 2 | 9 | 11 | 6   | 26 | 4.5 | 4      | 8              | 2              | 5              | 3.5            | ゴム輪装着部周長の<br>102% |
| 1 350 ～ 2 200 |    | 20   | 5.5 | 8 |   | 10.5 | 12  | 3 | 3 | 8 | 12 | 7.5 | 25 | 4   | 5      | 7              | 2.5            |                | 4              |                   |
| 2 400 ～ 3 000 |    | 23   | 7   | 9 |   | 13   | 14  | 4 | 4 |   |    | 6.5 |    |     | 6      |                | 3              | 5.5            | 6              |                   |

## 中押管用

E形推進管の中押管用と同一の形状及び寸法で、表 1.5.1.1-8 を参照。

## 先頭管用

表 1.5.1.1-11 先頭管用の形状及び寸法



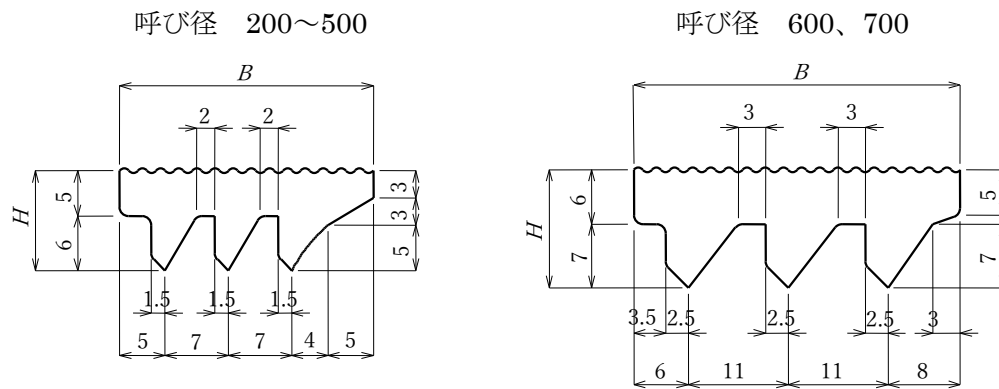
単位：mm

| 呼び径           | $B$ | $H$  | $a$  | $b$ | $c$ | $d$ | $e$ | $f$ | $i$ | $j$ | 長さ<br>$L$         |
|---------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| 800 ～ 1 200   | 43  | 19.5 | 9.5  | 7   | 1   | 3   | 7.5 | 2   | 3   | 3.5 | ゴム輪装着部<br>周長の 85% |
| 1 350 ～ 2 200 |     | 25   | 12   | 9   |     | 4   | 9.5 | 2.5 | 4   | 4.5 |                   |
| 2 400 ～ 3 000 |     | 28   | 13.5 | 10  |     | 4.5 | 11  |     | 4.5 | 5   |                   |

(9) E形小口径推進管用

標準管、短管A用

表 1.5.1.1-12 標準管、短管A用の形状及び寸法

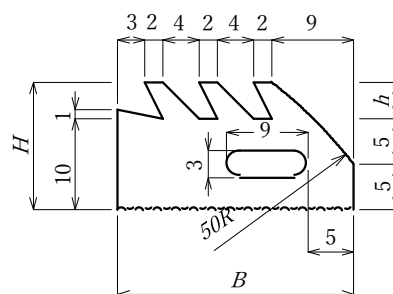


単位：mm

| 呼び径       | $B$ | $H$ | 長さ<br>$L$          |
|-----------|-----|-----|--------------------|
| 200 ～ 500 | 28  | 11  | ゴム輪装着部<br>周長の 102% |
| 600、700   | 36  | 13  |                    |

先頭管C、短管D用

表 1.5.1.1-13 先頭管C、短管D用の形状及び寸法



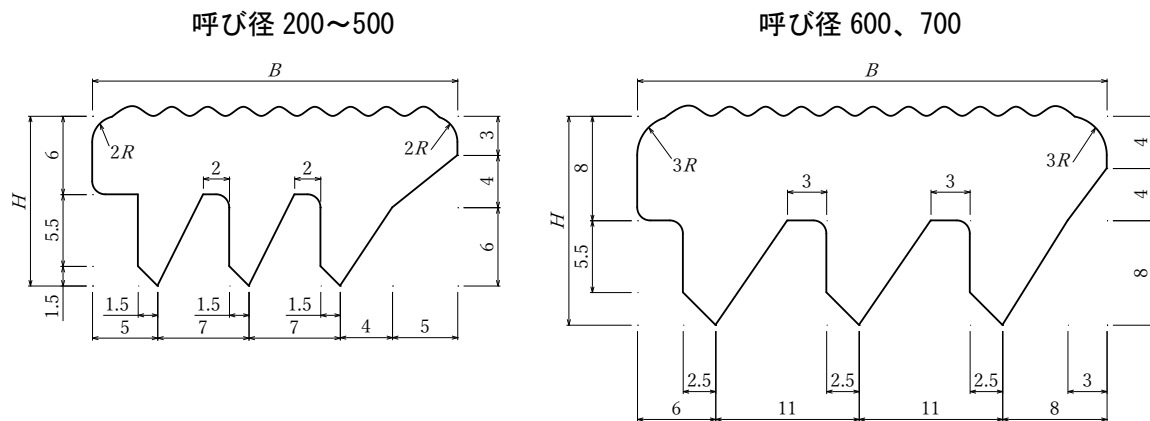
単位：mm

| 呼び径       | $B$ | $H$ | $h$ | 長さ<br>$L$         |
|-----------|-----|-----|-----|-------------------|
| 200 ～ 500 | 26  | 14  | 4   | ゴム輪装着部<br>周長の 85% |
| 600、700   |     | 15  | 5   |                   |

(10) N S小口径推進管用

標準管、短管A用

表 1.5.1.1-14 標準管、短管A用の形状及び寸法

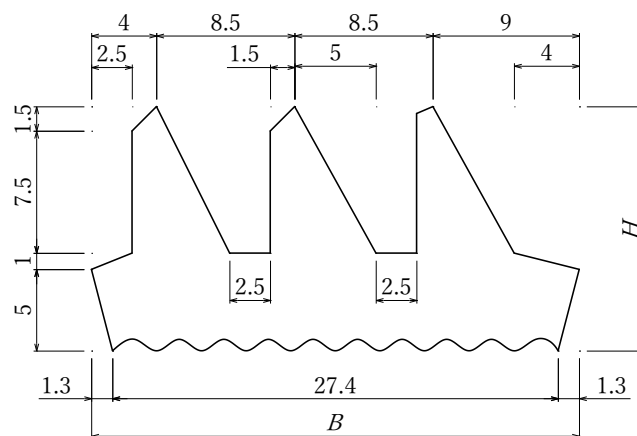


単位：mm

| 呼び径       | $B$ | $H$ | 長さ<br>$L$          |
|-----------|-----|-----|--------------------|
| 200 ~ 500 | 28  | 13  | ゴム輪装着部<br>周長の 102% |
| 600、700   | 36  | 16  |                    |

先頭管C、短管D用

表 1.5.1.1-15 先頭管C、短管D用の形状及び寸法



単位：mm

| 呼び径       | $B$ | $H$ | 長さ<br>$L$         |
|-----------|-----|-----|-------------------|
| 200 ~ 700 | 30  | 15  | ゴム輪装着部<br>周長の 90% |

## 5.1.2 寸法の許容差

表 1.5.1.2-1 B形用、NB形用及びC形用

単位：mm

| 呼び径       | $B$  | $H$  | $L$ (%) |
|-----------|------|------|---------|
| 150～3 000 | ±1.0 | ±0.5 | ±1.0    |

表 1.5.1.2-2 NC形用

単位：mm

| 呼び径         | $B$  | $H$          | $L$ (%) |
|-------------|------|--------------|---------|
| 1 500～2 200 | ±1.0 | +1.0<br>-0.5 | ±1.0    |
| 2 400～3 000 | ±2.0 | ±1.0         |         |

表 1.5.1.2-3 NE形用及びNL形用

単位：mm

| 呼び径   | $B$  | $H$  | $L$ (%) |
|-------|------|------|---------|
| 1 350 | ±1.0 | ±0.5 | ±1.0    |

表 1.5.1.2-4 B形用水膨張性ゴム輪

単位：mm

| 呼び径       | $B$  | $H$  | $j$  | $L$ (%) |
|-----------|------|------|------|---------|
| 150～1 350 | ±1.0 | ±0.5 | ±1.0 | ±2.0    |

表 1.5.1.2-5 推進管用

単位：mm

| 種 類        |      | 呼び径       | $B$  | $H$  | $L$ (%) |
|------------|------|-----------|------|------|---------|
| E 形推進管     | 標準管用 | 800～3 000 | ±2.0 | ±0.5 | ±1.0    |
|            | 中押管用 | 900～3 000 |      | ±1.0 |         |
| NS 推進管     | 標準管用 | 800～3 000 | ±1.0 | ±0.5 |         |
|            | 中押管用 | 900～3 000 |      |      |         |
| E 形小口径推進管用 |      | 200～ 700  | ±1.0 | ±0.5 |         |
| NS 小口径推進管用 |      | 200～ 700  |      |      |         |

### 5.1.3 ゴム輪の材質

ゴム輪の材質は、外圧管用及び推進管標準管用は JIS K 6353 : 2023（水配管接合部用ゴム）に規定するIV類、内圧管用は I 類 A・50 が用いられている。また、推進管の中押管用としては、耐摩耗性を考慮して I 類 A・60 が用いられる。

水膨張性ゴム輪は、吸水性ポリマーを使用した水膨張性のゴム輪で、IV類の材質を基本として、水膨張前後の品質について JHPAS で規定している。

#### (1) 外圧管用、内圧管用及び推進管用

表 1.5.1.3-1 外圧管用、内圧管用及び推進管用のゴム輪の材質

| 用途             | 種類    | タイプ A<br>デュロメ<br>ータ硬さ | タイプ A<br>デュロメ<br>ータ硬さ<br>の許容差 | 引 張 試 験        |          |           | 促 進 老 化 試 験 |                   |                              | 圧 縮<br>永 久<br>ひずみ |
|----------------|-------|-----------------------|-------------------------------|----------------|----------|-----------|-------------|-------------------|------------------------------|-------------------|
|                |       |                       |                               | 7.0MPa<br>時の伸び | 引張<br>強さ | 切断時<br>伸び | 引 張<br>強 さ  | 切断時<br>伸 び<br>変化率 | タイプ A<br>デュロメ<br>ータ硬さ<br>の変化 |                   |
| 単位             | —     | —                     | —                             | 最大             | 最小       | 最小        | 最大          | 最大<br>最小          | 最大<br>最小                     | 最大                |
| 外圧管用           | IV 類  | A50                   | ±5                            | —              | 9        | 400       | -25         | +10<br>-30        | +7<br>0                      | 30                |
| 内圧管用           | I 類 A | A50                   | ±5                            | 400            | 18       | 400       | -20         | +10<br>-30        | +7<br>0                      | 20                |
| (注)<br>推進管標準管用 | IV 類  | A50                   | ±5                            | —              | 9        | 400       | -25         | +10<br>-30        | +7<br>0                      | 30                |
|                | I 類 A | A50                   | ±5                            | 400            | 18       | 400       | -20         | +10<br>-30        | +7<br>0                      | 20                |
| 推進管中押管用        | I 類 A | A60                   | ±5                            | 300            | 18       | 400       | -20         | +10<br>-30        | +7<br>0                      | 20                |

注) IV類か、I 類 A のどちらを用いてもよい。

#### (2) B形用水膨張性ゴム輪

表 1.5.1.3-2 B形用水膨張性ゴム輪の材質

| 項 目  |             |                 | I 型           | 項 目  |           |             | I 型   |        |
|------|-------------|-----------------|---------------|------|-----------|-------------|-------|--------|
| 水膨張前 | デュロメータ硬さ HA |                 | 50±5          | 水膨張後 | 水膨張率 %    | 水道水         | 7 日後  | 10～30  |
|      | 引張試験        | 引張強さ(MPa)       | 9 以上          |      |           |             | 28 日後 | 15～40  |
|      |             | 伸 び %           | 400 以上        |      |           | 3 %食塩水      | 28 日後 | 15～40  |
|      | 老化試験        | 引張強さ変化率 %       | -25 以内        |      | 引張試験      | 引張り強さ (MPa) |       | 4.5 以上 |
|      |             | 伸び変化率 %         | +10<br>-30 以内 |      |           | 伸 び %       |       | 300 以上 |
|      |             | デュロメータ硬さの変化率 HA |               |      | +7<br>0   | 反発力変化率 %    |       | -20 以内 |
|      | 圧縮永久ひずみ率 %  |                 | 40 以下         |      | 圧縮膨張復元率 % |             | 10 以上 |        |
|      |             |                 |               |      | 質量変化率 %   |             | 5 以内  |        |

## 5.2 止水滑剤

止水滑剤とは、ゴム輪を用いて接合する管の接合しやすさを生かすと共に継手部からの浸入水や漏水を防ぐ止水剤の効果をもたらす接合材料である。この止水滑剤は、水分を硬化剤とする親水性ポリウレタン樹脂で、普通滑剤と同様の使用方法で接合部の空隙充填効果を上げ、管路の水密性を確保するものである。

表 1.5.2-1 止水滑剤の一例

|      |                                 |
|------|---------------------------------|
| 主成分  | 親水性ポリウレタン樹脂                     |
| 外観   | 淡黄色～黄色の透明粘調な液体                  |
| 密度   | 1.0～1.4 g/cm <sup>3</sup> (15℃) |
| 粘度   | 1,500～5,000mPa・s                |
| 凝固点  | 0℃以下                            |
| 硬化時間 | 24 時間 (20℃)                     |
| 水分   | 無し (%)                          |

## 第2編 設 計

### 第1章 水 理

#### 1.1 水理公式

下水は、普通の水に比較して浮遊物質を多く含んでいるが、水理計算に支障をきたすほどではないので普通の水と考えて水理計算をする。したがって、流量計算には、一般に自然流下ではマニング式、又はクッター式を用い、圧送式ではヘーゼン・ウィリアム式を用いる。

マニングの式を以下に示す。

$$\left. \begin{aligned} Q &= AV \\ V &= \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (式 2.1.1-1)$$

ここに

- $Q$  : 流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $A$  : 流水の断面積 ( $\text{m}^2$ )
- $A = \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)D^2$
- $\theta$  : 中心角 (rad)
- $D$  : 内径 (m)
- $V$  : 流速 (m/s)
- $n$  : 粗度係数
- $R$  : 径深 (m) ( $= A/P$ )
- $P$  : 潤辺 (m)
- $P = \frac{1}{2}\theta D$
- $I$  : こう配 (分数又は小数)

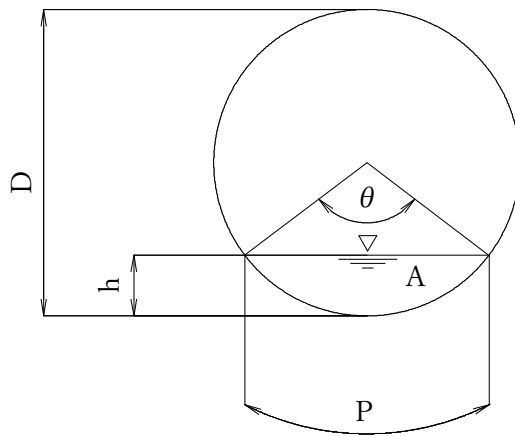


図 2.1.1-1 流水断面

粗度係数  $n$  は、2001 年度版「下水道施設計画・設計指針と解説」では、陶管、鉄筋コンクリート管きよなどの工場製品及び現場打ち鉄筋コンクリート管きよの場合 0.013 を標準とするとされている。しかし、諸外国では一般に管きよの流量計算にはコンクリート管、陶管、プラスチック管等、管きよ材質の如何にかかわらず、マニング式の粗度係数は 0.013 が推奨されている。

粗度係数を求める実験は古くから数多く行われている。実験の結果を総合すると、コンクリート管では  $n=0.009\sim0.011$ 、プラスチック管では  $n=0.009$  程度の値が得られている。これらの実験は新管の直線管路に良質の水を使用し、満流で管内面のなめらかさのみを実験の対象としている。しかし、現実の下水管路は理想的な条件下で使用される事が少ないこと、流水には土砂や固

形汚物も含まれている。損失水頭や摩擦係数に影響を及ぼす因子としては、以下のような事が考えられる。

- ①沈下や地盤の移動によるこう配の変化や断面の変形
- ②管内における固形物の沈積
- ③油脂などの管内面への付着
- ④マンホールや合流部における流水断面の拡大によって生じる渦流や沈積
- ⑤取付管からの流入

経年使用された下水管の内面は、汚物や油脂の沈積、付着などによって、管の材質に関係なく流水に対して同じ状態になることが知られている。

このような事情をふまえて、設計に用いる粗度係数は、実験値に対して十分な余裕を見込んだ値が採用されるべきである。

アメリカの水質汚濁防止連盟（WPCF）と土木学会（ASCE）の合同委員会により制定された、「下水管きょの設計と施工（WPCF マニュアル）」ではコンクリート管、陶管、プラスチック管に対して粗度係数の範囲を 0.011～0.015 としている。通常の管路の設計値としては  $n=0.013$  が用いられる。

全国ヒューム管協会では、実際の下水を用いた水理特性実験を平成 4 年 7 月～平成 5 年 9 月に横浜市緑下水処理場内において日本大学理工学部と共同で行った。

処理場内の未処理水を用いた実験の結果、粗度係数は 0.009～0.011 で変化し平均で  $0.0098 \approx 0.010$  となった。

## 1.2 水理特性曲線

下水道の円形管では、満流時の流量と計画流量から管きょ断面の大きさを決定する。流速は水深 81%のとき最大となり、流量は水深が 93%のとき最大になるので、満流時における設計は、十分余裕のあるものとなっている。

図 2.1.2-1 に、マンニングの式による円形管の水理特性曲線を、表 2.1.2-1 に流水断面諸係数を示す。

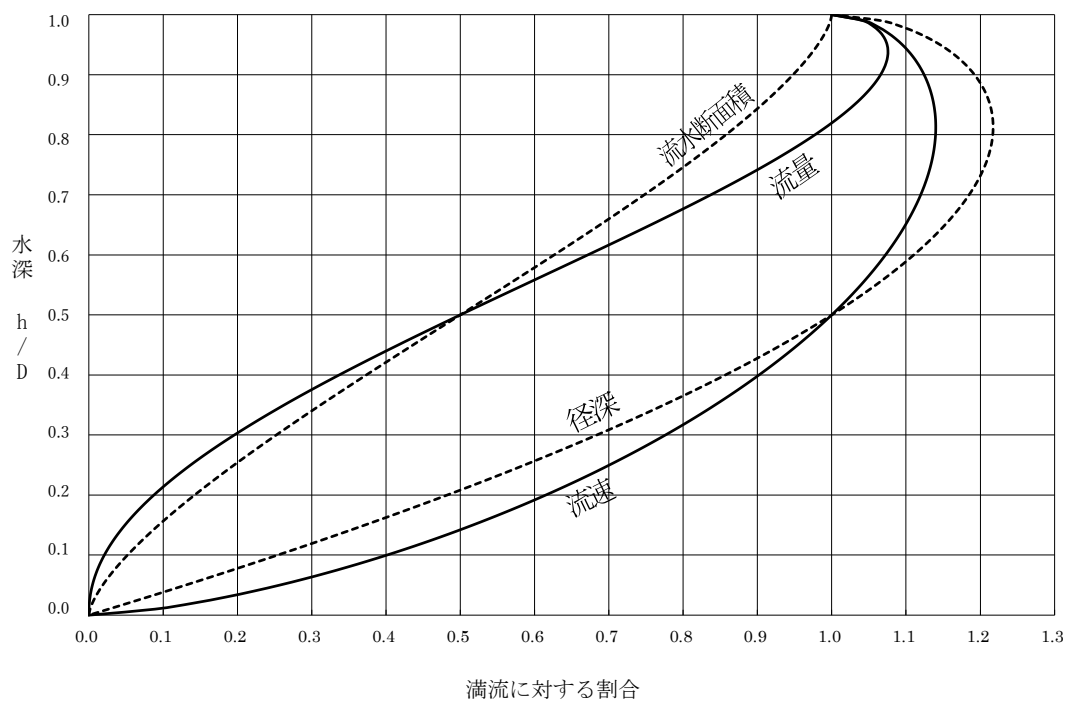


図 2. 1. 2-1 水理特性曲線

表 2. 1. 2-1 流水断面諸係数

| $h/D$ | 流水断面積比  | 径 深 比   | 流 速 比   | 流 量 比   |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 00 | 1. 0000 | 1. 0000 | 1. 0000 | 1. 0000 |
| 0. 95 | 0. 9813 | 1. 1460 | 1. 0950 | 1. 0745 |
| 0. 90 | 0. 9479 | 1. 1920 | 1. 1243 | 1. 0657 |
| 0. 85 | 0. 9059 | 1. 2132 | 1. 1374 | 1. 0304 |
| 0. 80 | 0. 8577 | 1. 2168 | 1. 1397 | 0. 9775 |
| 0. 70 | 0. 7476 | 1. 1848 | 1. 1197 | 0. 8371 |
| 0. 60 | 0. 6264 | 1. 1040 | 1. 0724 | 0. 6718 |
| 0. 50 | 0. 5000 | 1. 0000 | 1. 0000 | 0. 5000 |
| 0. 40 | 0. 3736 | 0. 8568 | 0. 9019 | 0. 3370 |
| 0. 30 | 0. 2524 | 0. 6836 | 0. 7759 | 0. 1958 |
| 0. 20 | 0. 1424 | 0. 4824 | 0. 6148 | 0. 0876 |
| 0. 15 | 0. 0940 | 0. 3712 | 0. 5163 | 0. 0485 |
| 0. 10 | 0. 0521 | 0. 2540 | 0. 4008 | 0. 0209 |
| 0. 05 | 0. 0187 | 0. 1304 | 0. 2569 | 0. 0048 |

### 1.3 管きょ断面の決定

下水道の場合を例にとると、管きょの大きさは計画汚水量、計画雨水量を算出し、これに対する管きょ断面及びこう配を決定する。

管きょ断面の決定には、次の点に注意しなければならない。

- (1) 流速は上流より下流になるにしたがって漸増させる。一般的に汚水管きょでは、いかなる流量の時でも汚物が沈殿しないよう流速とこう配を定めるべきである。流速が小さいと管きょ底部に汚物や泥土が沈殿し、管路のこう配を急にして流速を大きくすれば管の断面が小さくなるが、下流部は埋設の深さが大きくなり、また流速が過大となって管壁を摩耗するおそれがある。また管きょのこう配は下流ほどゆるやかにする。これは下流ほど流量は増大し、管きょは大きくなるのでこう配がゆるくても流速を大きくとることができるためである。

下水管きょの最大・最小流速について、「下水道施設計画・設計指針と解説」では、つぎのように規定している。

- 1) 汚水管きょ

計画下水量に対し、最小 0.6m/sec、最大 3.0m/sec

- 2) 雨水管きょ・合流管きょ

計画下水量に対し、最小 0.8m/sec、最大 3.0m/sec

2) の場合の最小流速を 1) の場合より大きくとるのは、沈殿物の比重が土砂類の流入により大きいためである。

なお、理想的な流速は 1)、2) とともに 1.0～1.8m/sec 程度である。

- (2) 管きょ内の清掃や点検及び供用後の新たな取付け管の設置等維持管理に支障をきたすので、計算上 200mm 又は 250mm 以下で十分であっても、200mm 又は 250mm の管径のものを使用する。

ただし、汚水管きょでは、局所的な下水量の増加が将来にわたって見込まれない場合には 150mm とし、更に次のすべての要件を満たす場合には 100mm とすることができる。

- 1) 取付け管の接続の追加が将来にわたって見込まれないこと。

- 2) 瞬間最大下水量の掃流作用によって下水中の固形物を 100mm 以上 150mm 未満の管きょから 150mm 以上の管きょまで流下させることができること。

なお、100mm～150mm とする場合には、将来的に工場や集合住宅の立地等土地利用の変更が全く見込まれない地域に限定するなど、十分な検討が必要である。

## 第2章 設 計

### 2.1 埋設管の耐荷力

#### (1) ひび割れ及び破壊保証モーメント

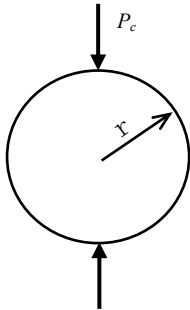


図 2.2.1-1

“ひび割れ保証モーメント”は式 2.2.1-1 を用いて算出する。

ひび割れ保証耐荷力（規定のひび割れ試験荷重）の荷重段階では、管は、完全弾性体として扱う。また式 2.2.1-1 は、円管を薄肉弾性リングとして解いたときの、管底部での最大曲げモーメントとなる。

$$\left. \begin{aligned} M_C &= 0.318P_C \cdot r + 0.239W \cdot r \\ \text{又は} \\ M_C &= 0.318P_C \cdot r + 1.5w \cdot r^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (\text{式 2.2.1-1})$$

ここに  $M_C$  : ひび割れ保証モーメント (kN・m/m)  
 $P_C$  : ひび割れ試験荷重 (kN/m)  
 $r$  : 管厚中心までの半径 (m)  
 $W$  : 管の自重 (kN/m)  
 $w$  : 単位管長、単位弧長の管の自重 (kN/m/m)

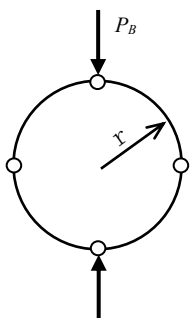


図 2.2.1-2

“破壊保証モーメント”は式 2.2.1-2 で表す。

式 2.2.1-2 は、極限設計により求めたもので、円管の上下左右の4点に降伏ヒンジが生じるときの、降伏モーメントとなる。

$$\left. \begin{aligned} M_B &= 0.25P_B \cdot r + 0.165W \cdot r \\ \text{又は} \\ M_B &= 0.25P_B \cdot r + 1.036w \cdot r^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (\text{式 2.2.1-2})$$

ここに  $M_B$  : 破壊保証モーメント (kN・m/m)  
 $P_B$  : 破壊試験荷重 (kN/m)

#### (2) 埋設管に生じる曲げモーメント

外圧荷重により埋設管に生じる曲げモーメントは、式 2.2.1-1 に示したひび割れ保証モーメントと同様、薄肉弾性リングとして解き、式 2.2.1-3 によって求める。

$$M = k \cdot p \cdot r^2 \dots\dots\dots (\text{式 2.2.1-3})$$

ここに  $M$  : 埋設管に生じる曲げモーメント (kN・m/m)  
 $k$  : 荷重分布及び支承の状態によって変わる係数  
 $p$  : 外圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $r$  : 管厚中心までの半径 (m)

### (3) 埋設管の耐荷力

埋設管に作用する外圧荷重（鉛直土圧及び活荷重）及び埋設管の耐荷力は、等分布荷重として考える。耐荷力は、式 2.2.1-1 及び式 2.2.1-3 より  $M_c = M$  として式 2.2.1-4 によって求める。

$$P_r = \frac{0.318P_c \cdot r + 0.239W \cdot r}{k \cdot r^2} \dots\dots\dots \text{(式 2.2.1-4)}$$

ここに  $P_r$  : 埋設管の耐荷力 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $P_c$  : ひび割れ試験荷重 (kN/m)  
 $r$  : 管厚中心までの半径 (m)  
 $W$  : 管の自重 (kN/m)  
 $k$  : 荷重分布及び支承の状態によって変わる係数

この式では、埋設状態での管の自重及び管内水重による曲げモーメントが、土の側圧（主働土圧）による曲げモーメントと相殺するものと仮定した。

またヒューム管は剛性管であるので、管の変形による受働土圧は考慮しない。

### (4) 支承条件による係数

通常、管を埋設するときの基礎形状としては、砂又は土の上に直接置く場合（砂又は土基礎）と下部の一部分をコンクリートで固定する場合（コンクリート基礎）に大別できる。

砂又は土基礎は自由支承、コンクリート基礎は固定支承として取り扱う。

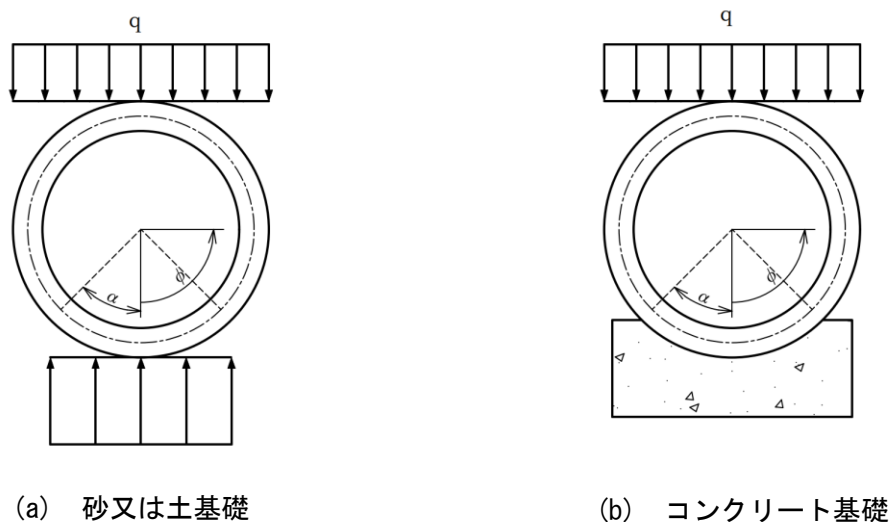


図 2.2.1-3 荷重と支承条件

砂又は土基礎の場合は、基礎の部分に等分布力を仮定して（図 2.2.1-3(a)）、係数  $k$  を求めると、底面反力の作用する部分（ $0 \leq \phi \leq \alpha$ ）については式 2.2.1-5 で求められる。

$$k = \frac{3}{8} + \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{3}{2} \cos \alpha + \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} - (\pi - \alpha) \sin \alpha \right\} - \frac{1}{3\pi} \cos^2 \alpha \cdot \cos \phi - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \sin^2 \phi$$

..... (式 2.2.1-5)

ここに  $\alpha$  : 基礎の支承角の半分 (rad)  
 $\phi$  : 管の断面の位置を表わす角度で、管底から測る (rad)

最大曲げモーメントは管底 ( $\phi=0$  の点) で発生するので 式 2.2.1-5 で  $\phi=0$  とおいて係数  $k$  を求めると表 2.2.1-1 に示す値となる。

表 2.2.1-1 係数  $k$  の値

| 支 承 角 | 砂又は土基礎 | コンクリート基礎 |
|-------|--------|----------|
| 60°   | 0.377  | ———      |
| 90°   | 0.314  | 0.303    |
| 120°  | 0.275  | 0.243    |
| 180°  | ———    | 0.220    |

コンクリート基礎 (図 2.2.1-3(b)) については、従来は円形アーチと考えて係数  $k$  を計算していたが、実際には、理論上の最大曲げモーメントが生じると予想されるアーチの固定部 ( $\phi = \alpha$ ) ではなく、管頂 ( $\phi = \pi$ ) にひび割れが発生することなどから、模型実験及び埋設実験の結果から推定した値 (表 2.2.1-1) を用いる。参考までに、固定部の中心角を  $2\alpha$  とするときの係数  $k$  の式を示すと、式 2.2.1-6 のようになる。

なお、式 2.2.1-6 による計算値は、120° コンクリート基礎の場合 0.230、180° コンクリート基礎の場合 0.107 である。

$$k = \frac{\frac{3}{16} \pi \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \frac{1}{2} (\pi - \alpha) \cos^3 \alpha + \frac{5}{6} (\pi - \alpha) \cos \alpha + \frac{1}{3} \sin \alpha - \frac{1}{2} (\pi - \alpha) \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha}{\frac{1}{2} (\pi - \alpha)^2 - \frac{1}{2} (\pi - \alpha) \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \sin^2 \alpha} + \frac{\frac{3}{16} \pi (\pi - \alpha) - \frac{1}{2} (\pi - \alpha)^2 \sin \alpha}{16}$$

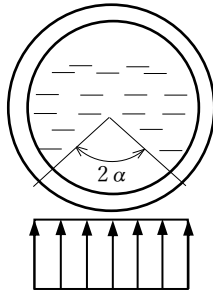
..... (式 2.2.1-6)

表 2.2.1-2、表 2.2.1-3 に基礎形状と  $k$  の値を示す。

【参考】管内水重及び管の自重による曲げモーメント

自由支承の場合の、管内水重及び管の自重による曲げモーメントは、式 (1) 及び式 (3) の通りである。

管内水重による曲げモーメント  $M = k \cdot w \cdot r^3$  .....(1)



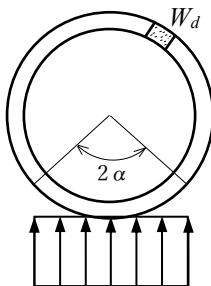
$$k = \left( \frac{\alpha}{8 \sin \alpha} + \frac{5}{12} + \frac{3}{8} \cos \alpha - \frac{\pi}{4} \sin \alpha + \frac{\alpha}{4} \sin \alpha - \frac{1}{6} \cos^2 \alpha \right) \quad \text{.....(2)}$$

ここに  $w$  : 管内水の単位重量 (9.8 kN/m<sup>3</sup>)

図 1

管の自重による曲げモーメントは、管底部で発生し式 (3) で示される。

$$M = k \cdot w_d \cdot r^2 = \frac{k}{2\pi} W \cdot r \quad \text{.....(3)}$$



$$k = \left( \frac{5}{6} + \frac{\alpha}{4 \sin \alpha} + \frac{3}{4} \cos \alpha - \frac{1}{3} \cos^2 \alpha - \frac{\pi}{2} \sin \alpha + \frac{\alpha}{2} \sin \alpha \right) \quad \text{.....(4)}$$

ここに  $w_d$  : 単位管長単位弧長の管の自重 (kN/m/m)

$W$  : 管の自重 (kN/m)

図 2

これら、代表的な支承角のものについての、管に生じる曲げモーメント式を表 2.2.1-4 に示す。

表 2.2.1-2 基礎形状と  $k$  の値（溝型）

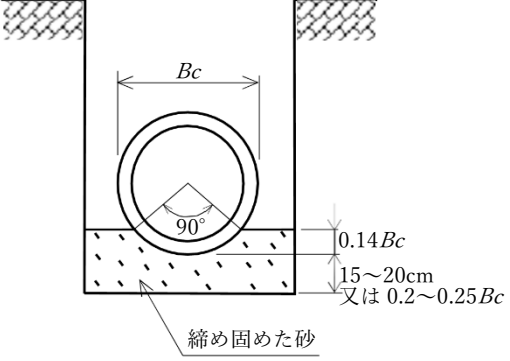
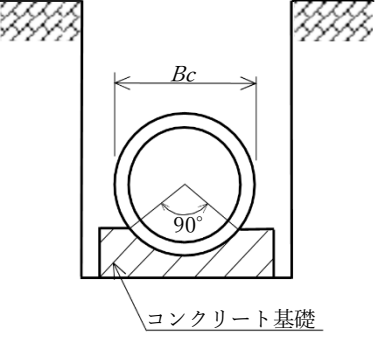
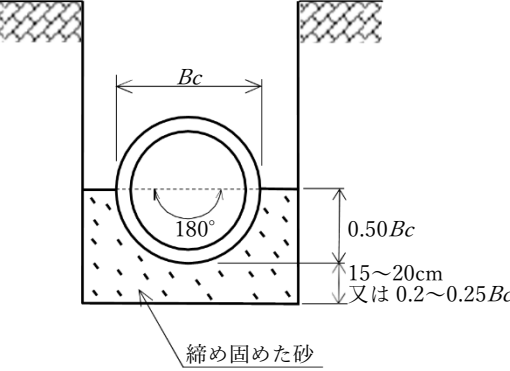
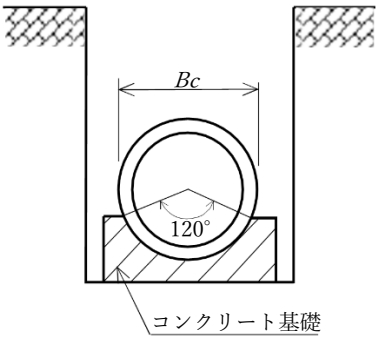
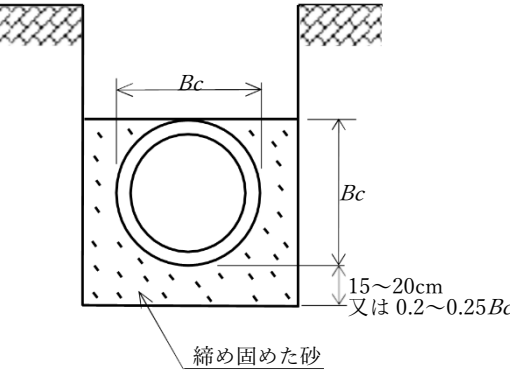
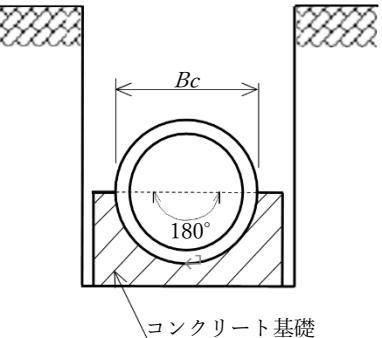
| —— 溝 型 ——                                                                                                                                            |                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 砂又は土基礎                                                                                                                                               | コンクリート基礎                                                                                                                                              |
|  <p>設計支承角 <math>90^\circ</math><br/> <math>k</math> の値 0.377</p>    |  <p>設計支承角 <math>90^\circ</math><br/> <math>k</math> の値 0.303</p>    |
|  <p>設計支承角 <math>180^\circ</math><br/> <math>k</math> の値 0.314</p>  |  <p>設計支承角 <math>120^\circ</math><br/> <math>k</math> の値 0.243</p>  |
|  <p>設計支承角 <math>120^\circ</math><br/> <math>k</math> の値 0.275</p> |  <p>設計支承角 <math>180^\circ</math><br/> <math>k</math> の値 0.220</p> |

表 2.2.1-3 基礎形状と  $k$  の値（正の突出型、負の突出型）

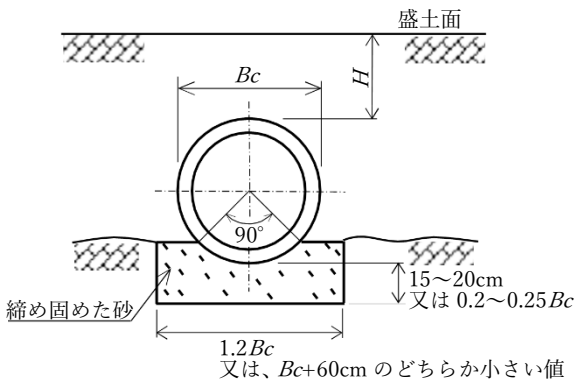
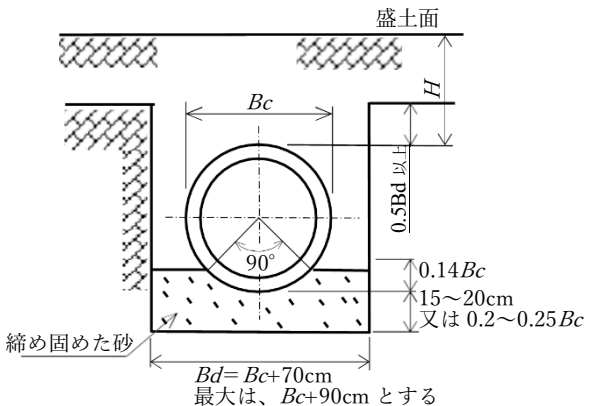
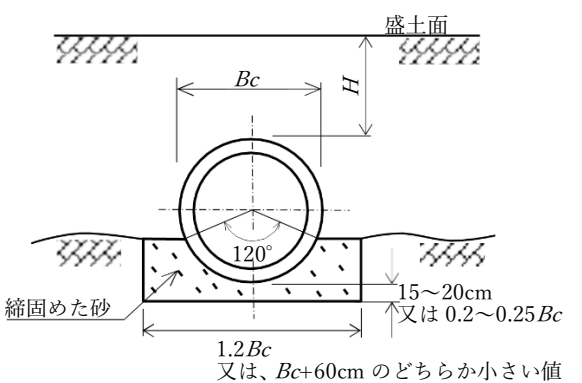
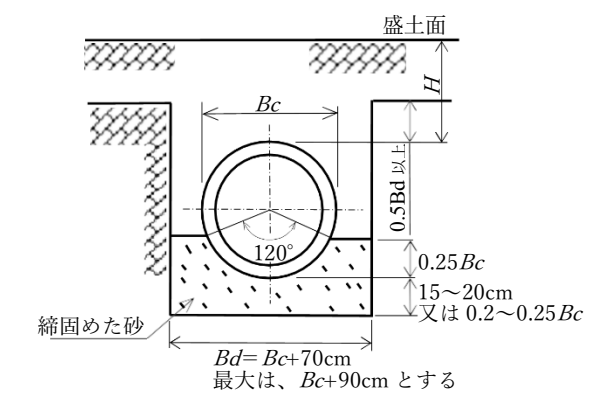
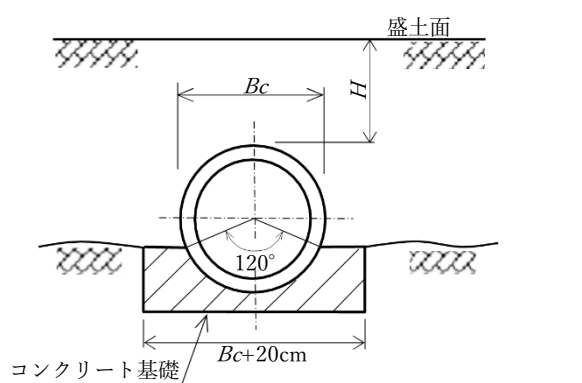
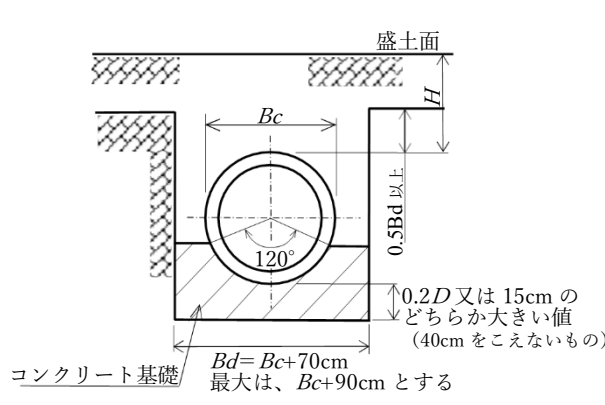
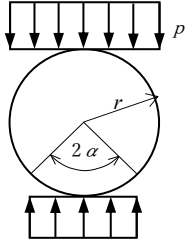
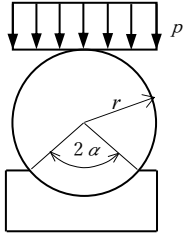
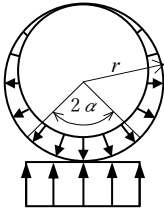
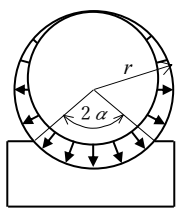
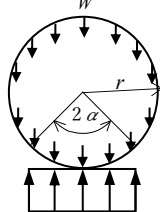
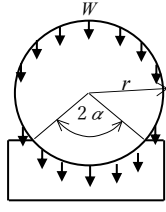
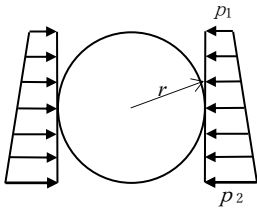
| —— 正の突出型 ——                                                                                                                                         | —— 負の突出型 ——                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>設計支承角 <math>60^\circ</math><br/><math>k</math> の値 0.377</p>    |  <p>設計支承角 <math>60^\circ</math><br/><math>k</math> の値 0.377</p>    |
|  <p>設計支承角 <math>90^\circ</math><br/><math>k</math> の値 0.314</p>   |  <p>設計支承角 <math>90^\circ</math><br/><math>k</math> の値 0.314</p>   |
|  <p>設計支承角 <math>120^\circ</math><br/><math>k</math> の値 0.243</p> |  <p>設計支承角 <math>120^\circ</math><br/><math>k</math> の値 0.243</p> |

表 2.2.1-4 管に生じる最大曲げモーメント  $M$

| 荷 重   | 支承角<br>$2\alpha$ (度) | 支 承 条 件                                 |                        | 荷 重 作 用 状 態                                                                          |                                                                                       |
|-------|----------------------|-----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                      | 砂又は土基礎<br>(自由支承)                        | コンクリート<br>基礎<br>(固定支承) | 砂又は土基礎<br>(自由支承)                                                                     | コンクリート基礎<br>(固定支承)                                                                    |
| 外圧荷重  | 0                    | $0.587p \cdot r^2$                      | —————                  |    |    |
|       | 30                   | $0.468p \cdot r^2$                      | —————                  |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 60                   | $0.377p \cdot r^2$                      | —————                  |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 90                   | $0.314p \cdot r^2$                      | $0.303p \cdot r^2$     |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 120                  | $0.275p \cdot r^2$                      | $0.243p \cdot r^2$     |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 180                  | —————                                   | $0.202p \cdot r^2$     |                                                                                      |                                                                                       |
| 管内水重  | 0                    | $0.750w \cdot r^3$                      | —————                  |   |   |
|       | 30                   | $0.563w \cdot r^3$                      | —————                  |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 60                   | $0.419w \cdot r^3$                      | —————                  |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 90                   | $0.321w \cdot r^3$                      | $0.260w \cdot r^3$     |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 120                  | $0.260w \cdot r^3$                      | $0.166w \cdot r^3$     |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 180                  | —————                                   | $0.055w \cdot r^3$     |                                                                                      |                                                                                       |
| 管 自 重 | 0                    | $0.239W \cdot r$                        | —————                  |  |  |
|       | 30                   | $0.179W \cdot r$                        | —————                  |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 60                   | $0.133W \cdot r$                        | —————                  |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 90                   | $0.102W \cdot r$                        | $0.082W \cdot r$       |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 120                  | $0.082W \cdot r$                        | $0.052W \cdot r$       |                                                                                      |                                                                                       |
|       | 180                  | —————                                   | $0.017W \cdot r$       |                                                                                      |                                                                                       |
| 側 圧   | ———                  | $-(0.104 + 0.146C) \cdot p_1 \cdot r^2$ | —————                  |  |                                                                                       |

$M$  : 管に生じる最大曲げモーメント (kN・m/m)  
 $p$  : 管に作用する外圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $r$  : 管厚中心までの半径 (m)  
 $w$  : 管内水の単位重量 (9.8kN/m<sup>3</sup>)  
 $W$  : 管の自重 (kN/m)  
 $p_1, p_2$  : 管頂部、管底部に作用する側圧 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $C$  :  $\frac{p_2}{p_1}$

## 2.2 活荷重

### 2.2.1 トラック荷重

輪荷重は、地表面よりある角度をもって地中に分布するものとする。分布角は、車両の進行方向については  $45^\circ$  で分布するものとするが、それと直角方向は車両が並列に並ぶ可能性があることを考慮して、車両占有幅 2.75m の範囲に均等に分布するものとする（図 2.2.2.1-1）。

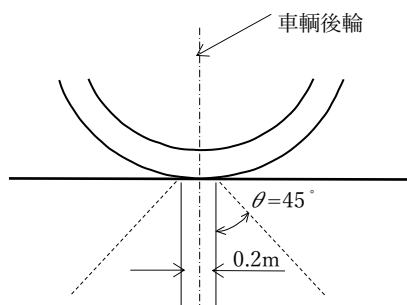


図 2.2.2.1-1 輪荷重の分

「道路橋示方書 I 共通編 2.2.2」に示す T 荷重が作用する場合、トラック荷重による鉛直荷重  $p_l$  は式 2.2.2.1-1 で計算する。

$$P_l = \frac{2 P(1+i) \beta}{2.75(0.2+2H)} \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.2.2.1-1)}$$

ここに

- $P_l$  : トラック荷重による鉛直荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- $P$  : T 荷重 (後輪 100kN)
- $H$  : 土かぶり (m)
- $i$  : 衝撃係数で表 2.2.2.1-1 による。
- $\beta$  : 断面力の低減係数で表 2.2.2.1-2 による。

表 2.2.2.1-1 衝撃係数

| $H$ (m) | $H < 1.5$ | $1.5 \leq H < 6.5$ | $6.5 \leq H$ |
|---------|-----------|--------------------|--------------|
| $i$     | 0.5       | $0.65 - 0.1H$      | 0            |

表 2.2.2.1-2 断面力の低減係数

|         | 土かぶり $H \leq 1\text{m}$ かつ<br>内径 $\geq 4\text{m}$ の場合 | 左記以外の場合 |
|---------|-------------------------------------------------------|---------|
| $\beta$ | 1.0                                                   | 0.9     |

トラック荷重による鉛直荷重の計算値を表 2.2.2.1-3 に示す。

表 2.2.2.1-3 トラック荷重による鉛直荷重の計算値

単位：kN/m<sup>2</sup>

| 土かぶり $H(\text{m})$ | 0.5   | 1.0   | 1.5   | 2.0   | 2.5   | 3.0   | 3.5   | 4.0  | 4.5  | 5.0  |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 鉛直荷重<br>(後輪 100kN) | 81.82 | 44.63 | 30.68 | 22.60 | 17.62 | 14.25 | 11.82 | 9.98 | 8.54 | 7.38 |

## 2.2.2 ローラ荷重

ローラ荷重は、前輪及び後輪荷重の影響範囲を考慮し荷重が最大となる条件で設計を行う。

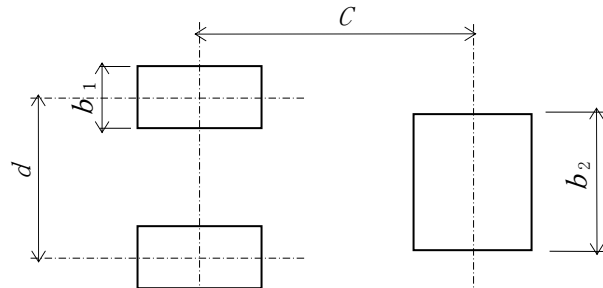


図 2.2.2.2-1 ローラ荷重

表 2.2.2.2-1 ローラ荷重の例

|     | 機 種   | 総重量<br>$W$<br>(kg) | 輪荷重(kg)  |          | 輪帯幅 (m)  |          | 軸 距<br>$C$ (m) | 前輪中心<br>間隔<br>$d$ (m) | 車輪接地長<br>$a$ (m) |
|-----|-------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------------|-----------------------|------------------|
|     |       |                    | 前輪 $P_1$ | 後輪 $P_2$ | 前輪 $b_1$ | 後輪 $b_2$ |                |                       |                  |
| S 社 | R2-4  | 10100              | 34940/2  | 5160     | 0.550    | 1.100    | 3.400          | 1.550                 | 0.200            |
| H 社 | CS125 | 10155              | 5180/2   | 4975     | 0.550    | 1.100    | 3.400          | 1.550                 | 0.200            |

### (1) 前 輪

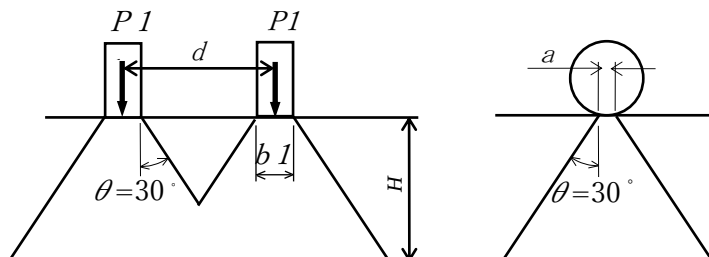


図 2.2.2.2-2 前輪荷重分布

$$d \geq b_1 + 2H \cdot \tan \theta$$

$$P_{l1} = \frac{P_1}{(b_1 + 2H \cdot \tan \theta)(a + 2H \cdot \tan \theta)}$$

$$d < b_1 + 2H \cdot \tan \theta$$

$$P_{l2} = P_{l1} \times 2$$

..... (式 2.2.2.2-1)

## (2) 後 輪

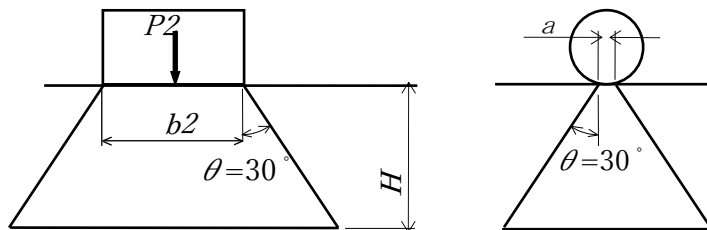


図 2.2.2.2-3 後輪荷重分布

$$P_{l3} = \frac{P_2}{(b_2 + 2H \cdot \tan \theta)(a + 2H \cdot \tan \theta)} \quad \text{..... (式 2.2.2.2-2)}$$

## (3) 3 輪全ての荷重が影響する場合

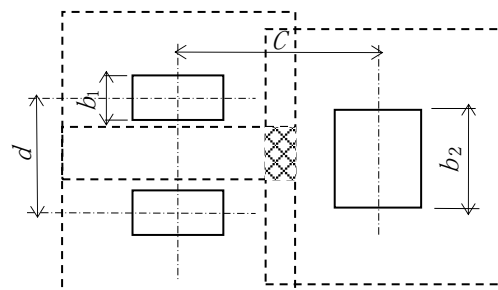


図 2.2.2.2-4 前後輪荷重分布

$$C < a + 2H \cdot \tan \theta$$

$$P_{l4} = P_{l2} + P_{l3}$$

..... (式 2.2.2.2-3)

ここに

$P_{l4 \sim 4}$  : ローラ荷重による荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

### 2.2.3 ブルドーザ荷重

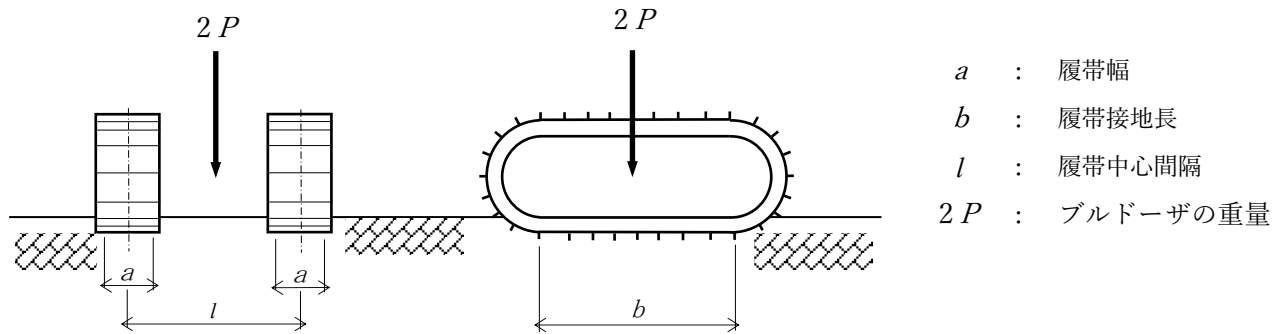


図 2.2.2.3-1 ブルドーザ荷重

表 2.2.2.3-1 ブルドーザ荷重の例

| 機 種         | C 社   |       |
|-------------|-------|-------|
|             | D1    | D3    |
| 全装備重量 (kg)  | 8100  | 9360  |
| 履 帯 幅 (mm)  | 405   | 510   |
| 履帯接地長 (m)   | 2.250 | 2.310 |
| 履帯中心間隔 (m)  | 1.495 | 1.600 |
| 接 地 圧 (kPa) | 45    | 39    |

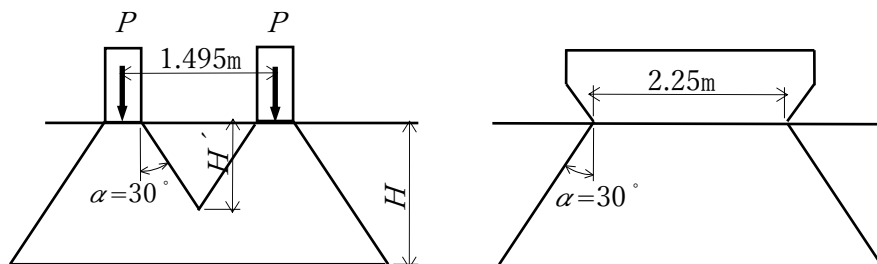


図 2.2.2.3-2 荷重分布図

$$H' = 0.944\text{m}$$

$$H \leq 0.944\text{m}$$

$$P_l = \frac{P(1+i)}{(1.155H+2.250)(1.155H+0.405)}$$

$$H > 0.944\text{m}$$

$$P_l = \frac{2P(1+i)}{(1.155H+2.250)(1.155H+1.900)}$$

.....(式 2.2.2.3-1)

ここに、

$P_l$  : ブルドーザによる荷重強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$P$  : 1履帯の荷重 (kN)

$i$  : 衝撃係数

## 2.3 土圧荷重

### 2.3.1 開削工法に用いる土圧

埋戻しによる鉛直土圧の算定には、種々の式が提案されているが、管きよの設計では、一般にマーストンの式及び下水道協会式が用いられている。

マーストンの式は土圧算定式として、最も広く用いられているもので、鉛直土圧は埋設管直上又は掘削溝の直上の土柱の重量に、これに隣接する土柱との間の摩擦せん断力を加味して求める。

摩擦せん断力は、これらの土柱の相対的沈下によって決まり、これには、水平土圧が関与する。マーストンの式では、この水平土圧にランキン理論を採用している。

下水道協会式は、旧下水道協会式が、小口径管では過大な値を与える傾向があることなどから、現場計測、実験等をもとに提案された式である。

下水道協会式は図 2.2.3.1.2-1 に示すように施工方法（埋戻し後の矢板引拔きの有無）、基礎の種類（砂又はコンクリート）、土かぶり、コンクリート基礎の基礎幅と埋設管の外径、矢板引抜きを行う場合の埋戻し土のゆるみ幅等の設計条件により 24 通りに分けられているが、ここでは下水管の設計条件として比較的頻度が高い 11 通りの算定式を示す。

なお、下水道協会式の詳細については「下水道用管（剛性管）に係わる土圧調査報告書」（日本下水道協会）を参照されたい。

#### 2.3.1.1 マーストンの式

マーストンの式は、管の埋設方法により、次のように分けている。

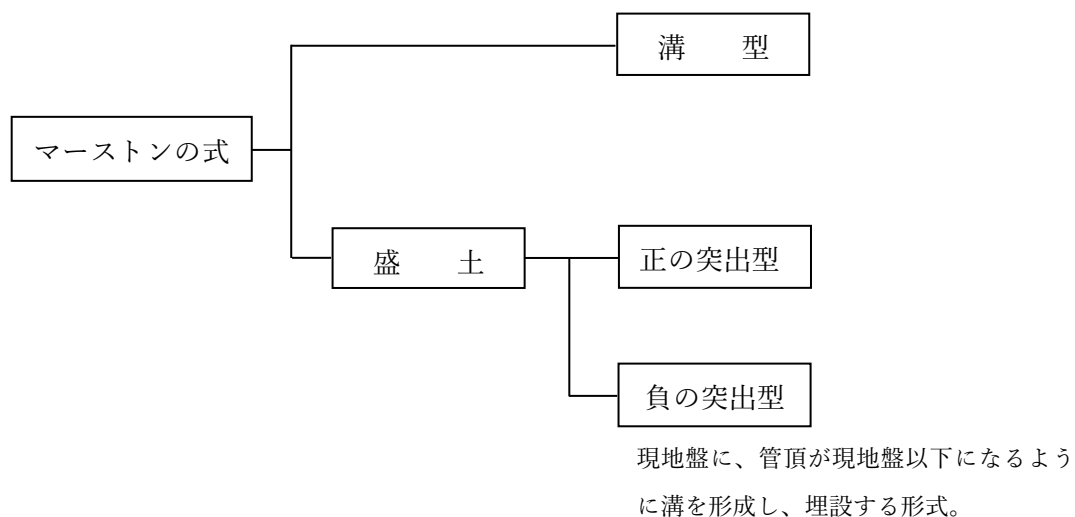
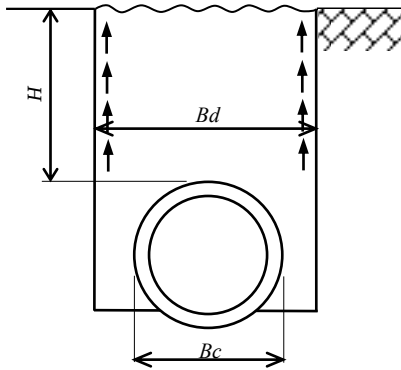


図 2.2.3.1.1-1 マーストンの式の構成

(1) 溝型



$$p_e = C_d \cdot \gamma \cdot \frac{B_d^2}{B_c} \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.1-1)$$

$$C_d = \frac{1 - e^{-\alpha' \cdot H}}{2K \cdot \mu'}$$

$$\alpha' = \frac{2K \cdot \mu'}{B_d}$$

$$K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu}$$

図 2.2.3.1.1-2 溝 型

ここに

$p_e$  : 鉛直土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  : 埋戻し土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$B_d$  : 溝の掘削幅 (m)ただし、掘削面にこう配があると  
きは、一般に管頂部での掘削幅を採用する。

$B_c$  : 管の外径 (m)

$\mu'$  : 埋戻し土と溝側面との摩擦係数 =  $\tan \phi'$

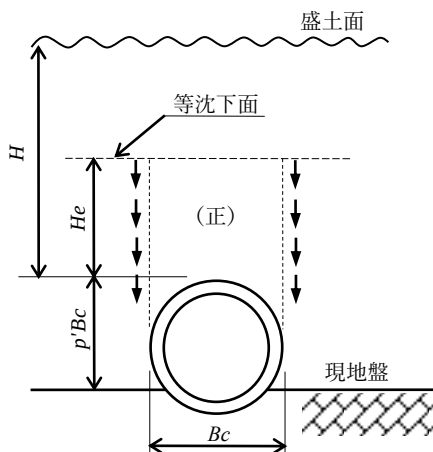
$\mu$  : 埋戻し土の内部摩擦係数 =  $\tan \phi$  (通常  $\mu' = \mu$  とする)

$K$  : ランキンの土圧係数

$H$  : 土かぶり (m)

$e$  : 自然対数の底

(2) 正の突出型



$$p_e = C_c \cdot \gamma \cdot B_c \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.1-2)$$

$H \leq H_e$  のとき

$$C_c = \frac{e^{\beta \cdot H} - 1}{2K \cdot \mu}$$

$H > H_e$  のとき

$$C_c = \frac{e^{\beta \cdot H_e} - 1}{2K \cdot \mu} + \left( \frac{H}{B_c} - \frac{H_e}{B_c} \right) e^{\beta \cdot H_e}$$

$$\beta = \frac{2K \cdot \mu}{B_c}$$

図 2.2.3.1.1-3 正の突出型

ここに、 $He$  は等沈下面の位置で、式 2.2.3.1.1-3 による。

$$e^{\beta \cdot He} - 2K \cdot \mu \cdot \frac{He}{Bc} = 2K \cdot \mu \cdot \delta \cdot p' + 1 \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.2.3.1.1-3)}$$

ここに  $He$  : 等沈下面の位置 (m)  
 $\delta$  : 沈下比  
 $p'$  : 突出比

なお、沈下比の決定はむずかしいため、現在では広く設計に用いてきた経験値を採用している。剛性管で普通地盤の場合、沈下比  $\delta$  は 0.5~0.8 程度に採るのが一般的であるとされているので、代表的なものとして、 $\delta \cdot p' = 0.7$  の場合と、 $\delta \cdot p' = 0.5$  の場合の 2 通りについて、 $\phi = 30^\circ$ 、 $K \cdot \mu = 0.1924$  としての  $He$  と  $Cc$  の計算式を表 2.2.3.1.1-1 に示す。

表 2.2.3.1.1-1 正の突出型の場合の  $He$  及び  $Cc$

| $H \leq He$                                      | $H > He$                                                |                                                         |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                                                  | $\delta \cdot p' = 0.7$                                 | $\delta \cdot p' = 0.5$                                 |
| $Cc = \frac{e^{\frac{0.3848H}{Bc}} - 1}{0.3848}$ | $He \doteq 1.70Bc$<br>$Cc = 1.924 \frac{H}{Bc} - 0.869$ | $He \doteq 1.46Bc$<br>$Cc = 1.754 \frac{H}{Bc} - 0.602$ |

表 2.2.3.1.1-2 沈下比

| 地 盤 条 件          | 沈下比 ( $\delta$ ) |
|------------------|------------------|
| 岩 盤 また は 硬 質 地 盤 | 1.0              |
| 普 通 地 盤          | 0.5~0.8          |
| 軟 弱 な 地 盤        | 0~0.5            |

注) 溝を掘削し管を埋設する場合でも、溝の掘削幅を拡げてゆくと、ある幅のところで、溝型の土圧でなく、正の突出型の土圧が働くようになる。この幅を転移幅といい、掘削幅の拡がりにともない溝型の土圧は、正の突出型の土圧に等しくなるまで増加する。

したがって、広い溝を掘削したときは、溝型の土圧と、正の突出型の土圧のどちらが作用するかを判別する必要がある。この場合、式 2.2.3.1.1-1 と式 2.2.3.1.1-2 の両方を計算し、そのうちの小さい方の値を、管にかかる鉛直土圧として採用すればよい。

負の突出型は浅い溝の中に、管頂が現地盤高以下になるよう、管を埋設し、溝内には、圧縮されやすい土を埋戻し、あとは、通常の盛土を行い、摩擦せん断力の方向を上向きにして、土圧を軽減させる埋設形式である。

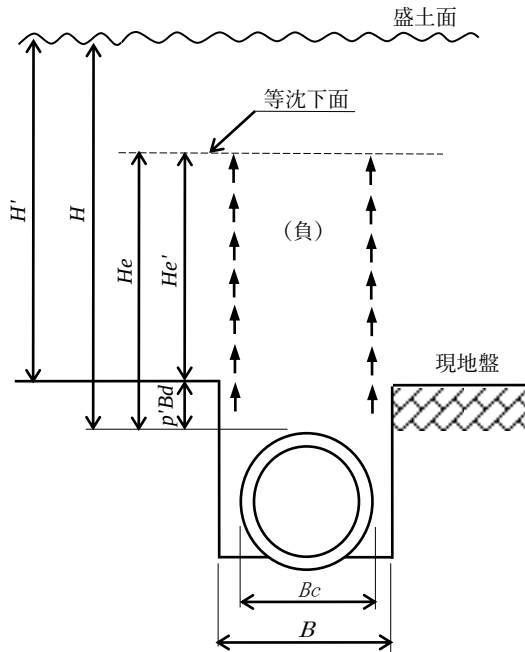


図 2.2.3.1.1-4 負の突出型

$$p_e = C_n \cdot \gamma \cdot \frac{B_d^2}{Bc} \dots\dots\dots (\text{式 } 2.2.3.1.1-4)$$

 $H \leq He$  のとき

$$C_n = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot H}}{2K \cdot \mu} \quad \dots\dots\dots (\text{式 } 2.2.3.1.1-5)$$

 $H > He$  のとき

$$C_n = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot He}}{2K \cdot \mu} + \left( \frac{H}{B_d} - \frac{He}{B_d} \right) e^{-\alpha \cdot He}$$

..... (式 2.2.3.1.1-6)

$$\alpha = \frac{2K \cdot \mu}{B_d}$$

ここに、 $He$  は等沈下面の位置で、式 2.2.3.1.1-7 による。

$$\begin{aligned} & \left\{ \left( \frac{H'}{B_d} - \frac{He'}{B_d} \right) - \frac{1}{2K \cdot \mu} \right\} \frac{1 - e^{-\alpha \cdot He'}}{2K \cdot \mu} - \frac{He'}{B_d} \left\{ \left( \frac{H'}{B_d} - \frac{He'}{B_d} \right) + \frac{1}{2} \frac{He'}{B_d} - \frac{1}{2K \cdot \mu} \right\} \\ &= \frac{2}{3} \delta \cdot p' \left\{ \frac{1 - e^{-\alpha \cdot He'}}{2K \cdot \mu} + \left( \frac{H'}{B_d} - \frac{He'}{B_d} \right) e^{-\alpha \cdot He'} \right\} \dots\dots\dots (\text{式 2.2.3.1.1-7}) \end{aligned}$$

ここに  $H' = H - p' \cdot B_d$ 、 $He' = He - p' \cdot B_d$

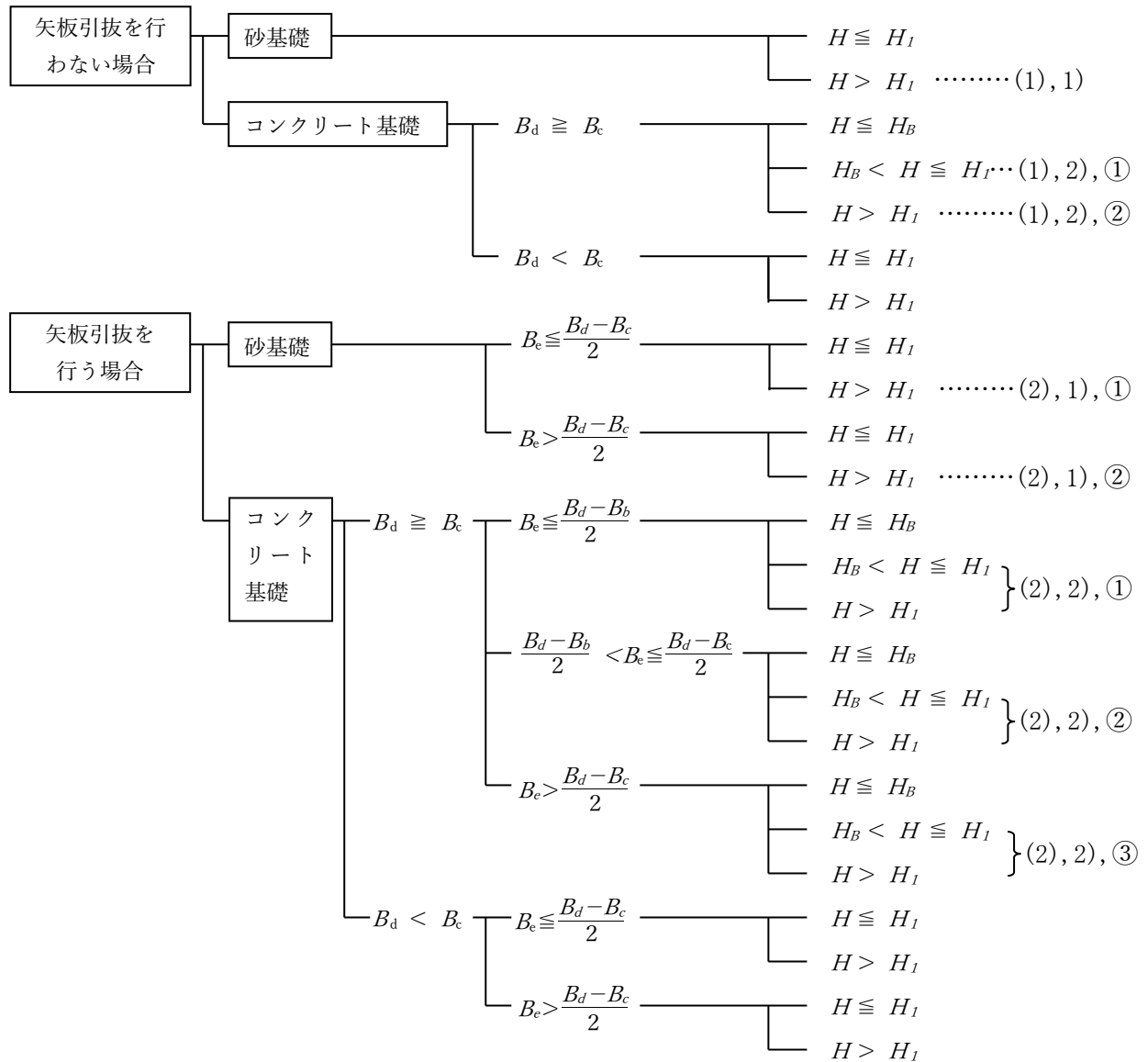
表 2.2.3.1.1-3 に示す  $C_n$  の算定式は表中の  $p'$  及び土かぶり  $H$  の範囲において適用される近似式であり、土かぶり  $H$  が表 2.2.3.1.1-3 以下の場合、 $H \leq H_e$  のときの式 2.2.3.1.1-5 で  $C_n$  を算出する。

沈下比  $\delta$  は、経験的な数値として -0.3 を用いることが多い。 $K \cdot \mu$  の値は、通常 0.130 を用いる。また、一般的には  $B_f = B_c + 0.7$  (m) として計算を行う。

表 2.2.3.1.1-3 突出比と  $H$  の範囲及び  $C_n$  の算定式

| $p'$ | $H$ の範囲       | $C_n$ の算定式                       |
|------|---------------|----------------------------------|
| 0.5  | $H > 2.00B_d$ | $C_n = 0.71\frac{H}{B_d} + 0.14$ |
| 1.0  | $H > 3.03B_d$ | $C_n = 0.58\frac{H}{B_d} + 0.34$ |
| 1.5  | $H > 3.89B_d$ | $C_n = 0.48\frac{H}{B_d} + 0.58$ |
| 2.0  | $H > 4.82B_d$ | $C_n = 0.40\frac{H}{B_d} + 0.82$ |

### 2.3.1.2 下水道協会式



ここに

$H$  : 土かぶり (m)

$$H_1 = \frac{B_d - B_c}{2 \tan \phi} \text{ (m)}, H_B = \frac{B_b - B_c}{2 \tan \phi} \text{ (m)}$$

$B_b$  : 基礎コンクリート幅 (m)

$B_c$  : 管外径 (m)

$B_d$  : 掘削溝幅 (m)

$B_e$  : ゆるみ幅 (m), 次の  $B_{e1-3}$  のうち最小のもの

$$B_{e1} = l_0 \cdot \tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right), B_{e2} = \frac{B_d - B_c \cdot \tan\left\{\left(45^\circ + \phi/2\right)/2\right\}}{2}, B_{e3} = \frac{B_d - B_b + B_c(1 + \cos \theta) \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)}{2}$$

$l_0$  : 管頂レベルから矢板先端までの長さ (m)

$\theta$  : 有効支承角の  $1/2$  (度)

$\phi$  : 埋戻し土の内部摩擦角 (度)

図 2.2.3.1.2-1 下水道協会式の構成

(1) 矢板引抜きを行わない場合

1) 砂基礎、 $H > H_1$

埋設管は図 2.2.3.1.2-2 に示す状態にある。この場合、埋設管に作用する土圧に寄与する土荷重は、 $B C D D' C' B'$  (黒部) 埋戻し土の荷重から、溝壁と埋戻し土の間に生じる上向きの摩擦力を引いたものである。

この土荷重については埋設管と管側部埋戻し土との分担比率を考慮し、埋設管にかかる鉛直土圧 $w$ は式 2.2.3.1.2-1 で求める。

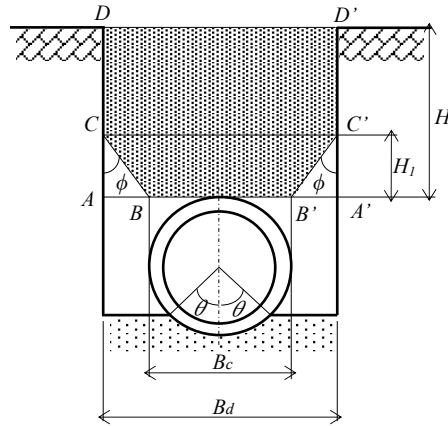


図 2.2.3.1.2-2 管の埋設状態

$$w = \alpha \frac{1}{B_c} \gamma \cdot B_d \{ C_{dH1} (B_c + H_1 \cdot \tan \phi) \Psi_2 + (C_d - C_{dH1}) B_d \cdot \Psi_3 \} \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-1)$$

ただし、

$$H_1 = \frac{B_d - B_c}{2 \tan \phi}$$

$$C_d = \frac{1 - \exp(-2K \cdot \mu \cdot \frac{H}{B_d})}{2K \cdot \mu}$$

$$C_{dH1} = \frac{1 - \exp\left(-2K \cdot \mu \cdot \frac{H_1}{B_d}\right)}{2K \cdot \mu}$$

$$\Psi_2 = \frac{A_2}{A_2 + \frac{H_1 \cdot \tan \phi}{(K_{01} \cdot B_c \cdot \sin \theta)}}$$

$$A_2 = \frac{1}{K_{02}} + \frac{B_c}{2E_g} (1 + \cos \theta)$$

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{B_c \cdot \sin \theta}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{H_1 \cdot \tan \phi}{0.3} \right)^{\frac{3}{4}}$$

$$\psi_3 = \frac{A_3}{A_3 + \frac{(B_d - B_c)}{(K_{01} \cdot B_c \cdot \sin \theta)}}$$

$$A_3 = \frac{1}{K_{02}} + \frac{B_c}{2E_g} (1 + \cos \theta)$$

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{B_c \cdot \sin \theta}{0.3} \right)^{\frac{3}{4}}$$

$$K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{B_d - B_c}{0.3} \right)^{\frac{3}{4}}$$

ここに

$w$  : 鉛直土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$H$  : 土かぶり (m)

$B_d$  : 掘削溝幅 (m)

$B_c$  : 管外径 (m)

$\phi$  : 埋戻し土の内部摩擦角 (度)

$\theta$  : 有効支承角の  $\frac{1}{2}$  (度)

$\alpha$  : 補正係数 (=1.1)

$\gamma$  : 埋戻し土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$K$  : 埋戻し土の主働土圧係数 ( $= \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$ )

$\mu$  : 溝壁と埋戻し土の摩擦係数 ( $= \tan \delta$ )

$\delta$  : 溝壁と埋戻し土の摩擦角 (度)

素掘り、木矢板  $\delta = \phi$

鋼矢板  $\delta = 0.54 \phi$

$E_g$  : 直径 30cm の剛体円板による平板載荷試験から求められる埋戻し土の変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$E_0$  : 直径 30cm の剛体円板による平板載荷試験から求められる地盤の変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\psi_2, \psi_3$  : 土圧分担係数

$K_{01}$  : 管下部基礎地盤の反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$K_{02}$  : 管側部下部地盤の反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

2) コンクリート基礎  $B_b \geq B_c$

この場合の管の埋設状態は図 2.2.3.1.2-3 のようになり、埋設管にかかる鉛直土圧  $w$  は式 2.2.3.1.2-2、又は式 2.2.3.1.2-3 で求める。

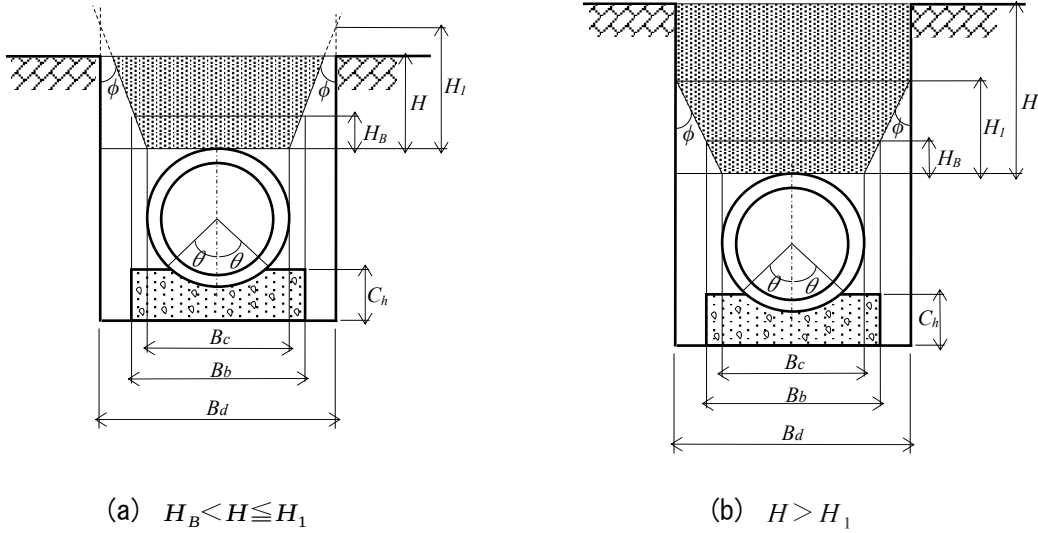


図 2.2.3.1.2-3 管の埋設状態

①  $H_B < H \leq H_1$

$$w = \alpha \frac{1}{B_c} \gamma \cdot B_d [C_{dHB} (B_c + H_B \cdot \tan \phi) + (C_d - C_{dHB}) \{B_c + (H_B + H) \tan \phi\} \Psi_{C1}] \quad \text{..... (式 2.2.3.1.2-2)}$$

②  $H > H_1$

$$w = \alpha \frac{1}{B_c} \gamma \cdot B_d [C_{dHB} (B_c + H_B \cdot \tan \phi) + (C_{dH1} - C_{dHB}) \{B_c + (H_B + H_1) \tan \phi\} \Psi_{C2} + (C_d - C_{dH1}) B_d \cdot \Psi_{C3}] \quad \text{..... (式 2.2.3.1.2-3)}$$

ただし、

$$H_B = \frac{B_d - B_c}{2 \tan \phi}$$

$$C_{dHB} = \frac{1 - \exp \left( -2K \cdot \mu \cdot \frac{H_B}{B_d} \right)}{2K \cdot \mu}$$

$$\Psi_{C1} = \frac{A_{C1}}{A_{C1} + (H - H_B) \frac{\tan \phi}{(K_{01} \cdot B_b)}}$$

$$\Psi_{C2} = \frac{A_{C2}}{A_{C2} + (H_1 - H_B) \frac{\tan \phi}{(K_{01} \cdot B_b)}}$$

$$\psi_{C3} = \frac{A_{C3}}{A_{C3} + \frac{(B_d - B_b)}{(K_{01} \cdot B_b)}}$$

$$A_{C1 \sim C3} = \frac{1}{K_{02}} + \frac{1}{E_g} \left\{ \frac{B_c}{2} (1 + \cos \theta) + C_h \right\}$$

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{B_b}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$A_{C1} \text{ に対して } K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{(H - H_B) \tan \phi}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$A_{C2} \text{ に対して } K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{(H_1 - H_B) \tan \phi}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$A_{C3} \text{ に対して } K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{B_d - B_b}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

ここに、

$B_b$  : 基礎コンクリート幅 (m)

$C_h$  : 基礎コンクリート厚さ (m)

$\psi_{C1}$  :  $\psi_{C2}$ 、 $\psi_{C3}$  : 土圧分担係数

$K_{01}$  : 基礎コンクリート下部基礎地盤の反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$K_{02}$  : 基礎コンクリート側部下部地盤の反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

## (2) 矢板引抜きを行う場合

### 1) 砂基礎 $H > H_1$

埋戻しを行ったときの管の埋設状態は、図 2.2.3.1.2-2 に同じである。この状態で矢板の引抜きを行うと図 2.2.3.1.2-4 に示すゆるみ域（黒で示す部分）にゆるみが生じる。このゆるみ現象は、ゆるみ境界線の位置によって図に示すように二つの場合が考えられ、管頂レベルにおける矢板とゆるみ境界線との距離「ゆるみ幅  $B_e$ 」はそれぞれ次の二つの式で表される。

$$B_{e1} = l_0 \cdot \tan \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-4)$$

$$B_{e2} = \frac{B_d - B_c \cdot \tan \{(45^\circ + \phi/2)/2\}}{2} \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-5)$$

矢板引抜き後に管にかかる鉛直土圧  $W$  は、ゆるみ幅  $B_e$  の値によって次の二つの場合に分けられる。

この場合の  $B_e$  は、上記式 2.2.3.1.2-4 及び式 2.2.3.1.2-5 による算定値のうち小さい方の値をとる。

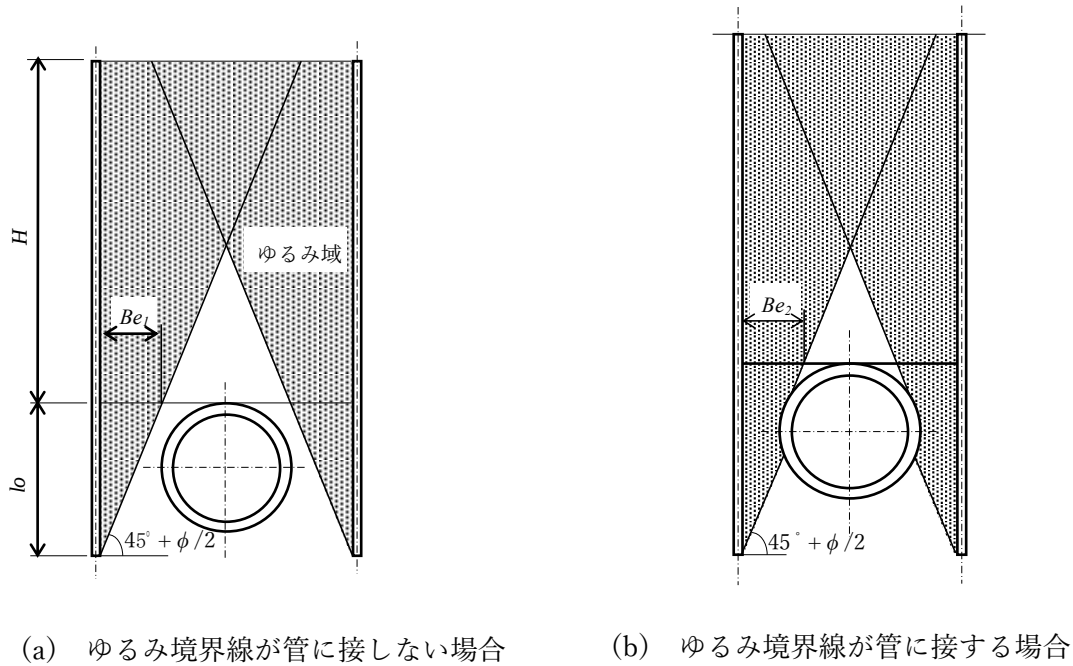


図 2.2.3.1.2-4 ゆるみ幅  $B_e$

①  $B_e \leq \frac{B_d - B_c}{2}$  の場合

$$w = \frac{\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot B_d}{B_c + \xi(B_d - B_c - B_e)} \quad \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-6)$$

②  $B_e > \frac{B_d - B_c}{2}$  の場合

$$w = \frac{\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot B_d}{B_d - B_e - (1 - \xi)(B_d - B_c)^2 / 4B_e} \quad \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-7)$$

ただし

$$\xi = \frac{q_2}{q_1}$$

$$q_1 = \frac{\gamma \{ H_1 (B_c + H_1 \tan \phi) \Psi_2 + (H - H_1) B_d \Psi_3 \}}{B_c}$$

$$q_2 = \frac{\gamma \{ H_1 \cdot B_d - H_1 (B_c + H_1 \tan \phi) \Psi_2 + (H - H_1) B_d (1 - \Psi_3) \}}{B_d - B_c}$$

他の記号は(1)に同じである。

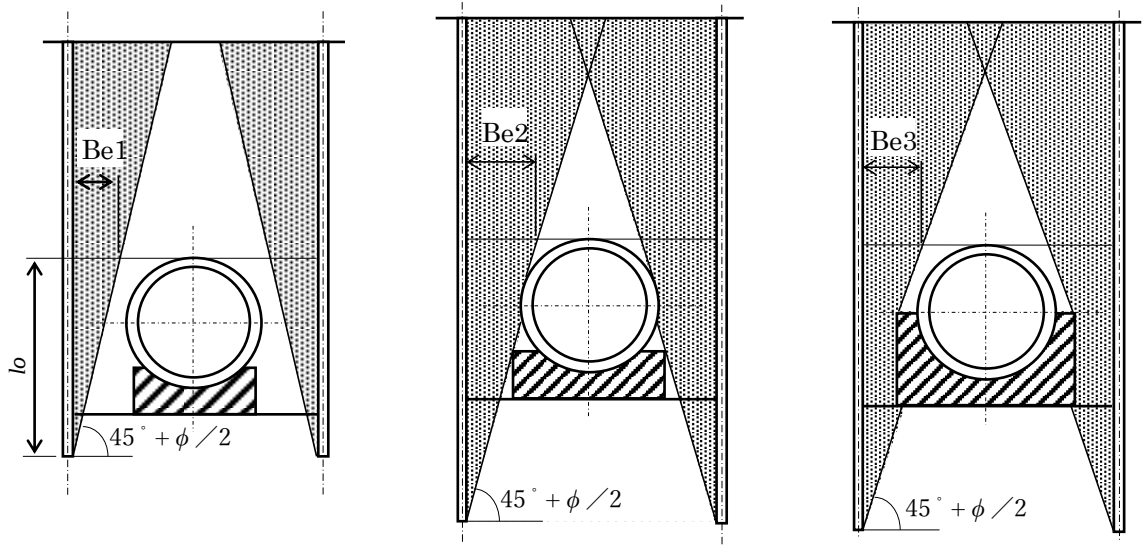
2) コンクリート基礎  $B_b \geq B_c$

埋戻し時の管の埋設状態は図 2.2.3.1.2-3 に同じであり、矢板引抜き時のゆるみの状態は図 2.2.3.1.2-5 のようになる。

$$B_{e1} = l_0 \cdot \tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-8)$$

$$B_{e2} = \frac{B_d - B_c \cdot \tan\{(45^\circ + \phi/2)/2\}}{2} \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-9)$$

$$B_{e3} = \frac{B_d - B_b + B_c(1 + \cos \theta) \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)}{2} \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-10)$$



(a) ゆるみ境界線が管基礎コンクリートに接しない場合

(b) ゆるみ境界線が管に接する場合

(c) ゆるみ境界線が基礎コンクリートに接する場合

図 2.2.3.1.2-5 ゆるみ幅  $B_e$

矢板引抜き後に管にかかる鉛直土圧  $w$  は、ゆるみ幅  $Be$  の値によって次の三つ場合に分けられる。

この場合の  $Be$  は、前記式 2.2.3.1.2-8 , 式 2.2.3.1.2-9 及び式 2.2.3.1.2-10 による算定値のうち最小値をとる。

①  $Be \leq \frac{B_d - B_b}{2}$  の場合

$$w = \frac{\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot B_d}{B_c + \xi(B_d - B_c) + \zeta(B_d - B_b - B_e)} \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-11)$$

②  $\frac{B_d - B_b}{2} < Be \leq \frac{B_d - B_c}{2}$  の場合

$$w = \frac{\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot B_d}{B_c + \xi(B_d - B_c - Be) - (\xi - \zeta)(B_d - B_b)^2 / 4Be} \dots\dots\dots (式 2.2.3.1.2-12)$$

③  $Be > \frac{B_d - B_c}{2}$  の場合

$$w = \frac{\alpha \cdot \gamma \cdot H \cdot B_d}{B_d - Be - \left\{ \frac{(1-\xi)(B_d - B_c)^2 + (\xi - \zeta)(B_d - B_b)^2}{4Be} \right\}} \dots\dots\dots (式 2. 2. 3. 1. 2-13)$$

ただし

$$\xi = \frac{q_2}{q_1}$$

$$\zeta = \frac{q_3}{q_1}$$

$H_B < H \leq H_1$  の場合

$$q_1 = \frac{\gamma [H_B (B_C + H_B \cdot \tan \phi) + (H - H_B) \{B_C + (H_B + H) \tan \phi\} \Psi_{C1}]}{B_C}$$

$$q_2 = \frac{\gamma \cdot H_B}{2}$$

$$q_3 = \frac{\gamma (H - H_B) [B_d - \{B_C + (H_B + H) \tan \phi\} \Psi_{C1}] + \gamma \cdot H_B}{B_d - B_b}$$

$H > H_1$  の場合

$$q_1 = \frac{\gamma [H_B (B_C + H_B \cdot \tan \phi) + (H_1 - H_B) \{B_C + (H_B + H_1) \tan \phi\} \Psi_{C2} + (H - H_1) B_d \cdot \Psi_{C3}]}{B_C}$$

$$q_2 = \frac{\gamma \cdot H_B}{2}$$

$$q_3 = \frac{\gamma (H_1 - H_B) [B_d - \{B_C + (H_B + H_1) \tan \phi\} \Psi_{C2}] + \gamma (H - H_1) B_d (1 - \Psi_{C3})}{B_d - B_b} + \gamma \cdot H_B$$

他の記号は（１）に同じである。

土圧算定に用いる土質定数を表 2. 2. 3. 1. 2-1 に、また、変形係数の概略値を表 2. 2. 3. 1. 2-2 に示す。

表 2. 2. 3. 1. 2-1 土圧算定に用いる土質定数

| 裏込め土の種類                        | 内部摩擦角 $\phi$ | 粘着力 $C$ |
|--------------------------------|--------------|---------|
| れき（礫）質土 <sup>注</sup>           | 35°          | —       |
| 砂 質 土                          | 30°          | —       |
| シルト・粘性土<br>（ただし $w_L < 50\%$ ） | 25°          | —       |

注）きれいな砂は、れき質土の値を用いてよい。

表 2.2.3.1.2-2 変形係数の概略値

| 土の種類       | 変形係数 (kN/m <sup>2</sup> ) |
|------------|---------------------------|
| れき (密な)    | 100 000 ～ 200 000         |
| 砂 (密な)     | 50 000 ～ 80 000           |
| 砂 (ゆるい)    | 10 000 ～ 20 000           |
| 粘土 (硬い)    | 8 000 ～ 15 000            |
| 粘土 (中位の)   | 4 000 ～ 8 000             |
| 粘土 (軟い)    | 1 500 ～ 4 000             |
| 粘土 (非常に軟い) | 500 ～ 3 000               |

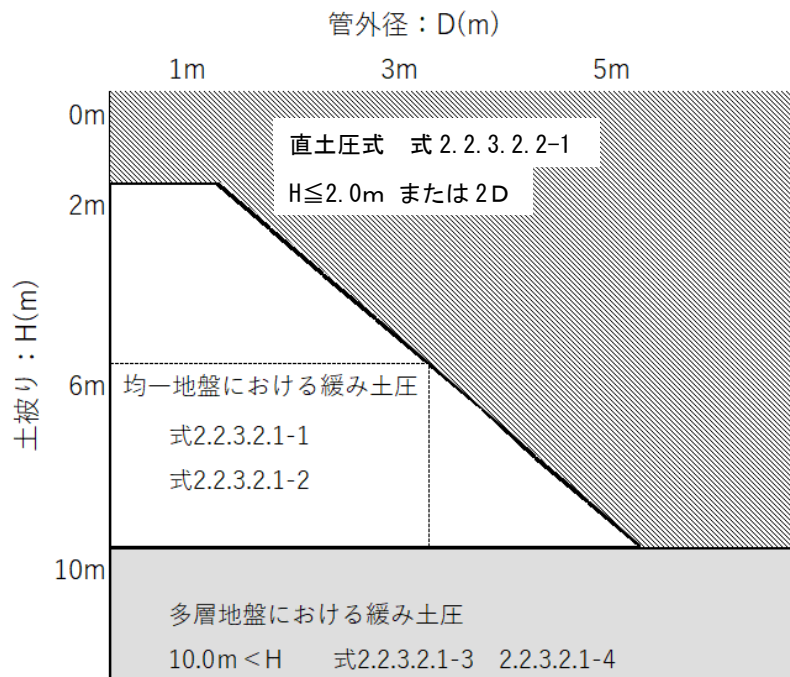
## 2.3.2 推進工法に用いる土圧

### 2.3.2.1 緩み土圧（テルツァーギ）の式

推進工法に使用する管にかかる等分布荷重には、活荷重、土圧、地盤反力、水圧がある。管の断面方向の耐荷力を検討するための土圧には鉛直土圧のみを考慮し、鉛直土圧は土かぶりにより直土圧と緩み土圧を使い分け、推進工法では全ての地盤で土水一体として鉛直土圧を算出する。直土圧と緩み土圧の使い分けは、「下水道推進工法の指針と解説－2010 年版－」などに、土かぶりが 2 D (D：管外径) 程度以下では、直土圧を採用する旨の内容が記載されているが、実設計においては、地盤の条件等を考慮して、設計者の判断によりその土圧式を適切に使い分ける必要がある。

ここに示されているテルツァーギの式を用いる場合には上載荷重が見込まれているため、鉛直荷重を算出するときには、活荷重を考慮する必要はない。

また、緩み土圧は、土かぶり 10m 程度以内に計画する場合は原則として均一地盤、それを超える場合は多層地盤の式を用いて計算を行う。さらに、N 値  $\geq 25$  の基盤層と判断される粘性土地盤以外では、土質調査結果による粘着力  $c$  をそのまま緩み土圧の計算式に用いるのではなく、安全率  $sf (=2.0 \text{ 程度})$  で除した値を採用することが望ましい。



| 鉛直土圧       | 直土圧             | 均一地盤における緩み土圧                                | 多層地盤における緩み土圧                  |
|------------|-----------------|---------------------------------------------|-------------------------------|
| 土圧算定式      | 式 2.2.3.2.2-1   | 式 2.2.3.2.1-1 (式 2.2.3.2.1-2)               | 式 2.2.3.2.1-3 (式 2.2.3.2.1-4) |
| 活荷重        | 式 2.2.2.1-1 注1) | — 注2)                                       | — 注2)                         |
| 適用土被り H(m) | H ≤ 2D 又は 約 2m  | 2D 又は 2 < H ≤ 10                            | 10 < H                        |
| 粘着力 c      | —               | N 値 < 2 の場合は C=0、 2 ≤ N 値 < 25 の場合は C/2 注3) |                               |
| 地下水圧       | —               | 原則として全ての地盤を土水一体とする                          |                               |
| 層区分        | —               | —                                           | 1 ~ 1.5D 注4)                  |

注 1) 自動車の後輪荷重による活荷重として、式 2.2.3.2.2-1 に含む（鉄道荷重等は別途考慮する）

注 2) 土圧算定式中に、地表面の上載荷重の影響として  $P_o(10\text{kN/m}^2)$  を考慮する

注 3) N 値 < 2 の軟弱な粘性土地盤等では粘着力を考慮することは避けるべきである。さらに、N 値 ≥ 25 の基盤層と判断される粘性土地盤以外では、土質調査結果による粘着力  $c$  をそのまま緩み土圧の計算式に用いるのではなく、安全率  $SF(=2.0$  程度) で除した値を採用することが望ましい

注 4) 層区分における最小の目安は緩み高さが  $1D \sim 1.5D(D$ :管外径)であることからそれ以上の層厚に区分することが望ましい

図 2.2.3.2.1-1 土圧算定式適用区分

(1) 均一地盤における緩み土圧の基本式

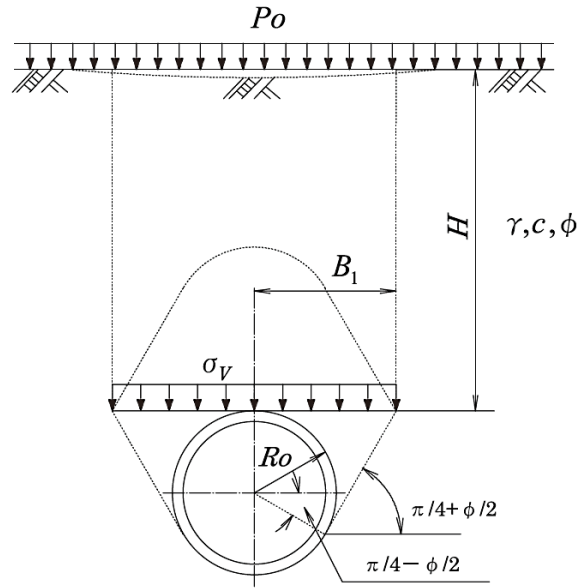


図 2. 2. 3. 2. 1-2 均一地盤における緩み土圧

$$p = \sigma_v = \frac{B_1 \left( \gamma - \frac{c}{B_1} \right)}{Ko \cdot \tan \phi} \left( 1 - e^{-Ko \cdot \tan \phi \cdot \frac{H}{B_1}} \right) + Po \cdot e^{-Ko \cdot \tan \phi \cdot \frac{H}{B_1}} \quad \dots\dots\dots (式 2. 2. 3. 2. 1-1)$$

$$B_1 = Ro \cdot \cot \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$$

ただし、内部摩擦角  $\phi = 0$  の場合は解が不定となって適用できない。  
 $\phi = 0$  の場合、緩み土圧の計算式に式 2. 2. 3. 2. 1-2 を便宜的に適用する。

$$p = \sigma_v = \left( \gamma - \frac{c}{B_1} \right) H + Po \quad \dots\dots\dots (式 2. 2. 3. 2. 1-2)$$

- ここに、  
 $p$  : 管にかかる等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\sigma_v$  : テルツァーギの緩み土圧 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $Ko$  : 水平土圧と鉛直土圧との比 (通常  $Ko = 1$  としてよい)  
 $\phi$  : 土の内部摩擦角 (度)  
 $Po$  : 上載荷重の影響 (= 10 kN/m<sup>2</sup>)  
 $\gamma$  : 土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
 $c$  : 土の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $Ro$  : 土の緩み幅を考慮した掘削半径  $Ro = \frac{Bc + 0.08}{2}$  (m)  
 $Bc$  : 管外径 (m)

(2) 多層地盤における緩み土圧の基本式

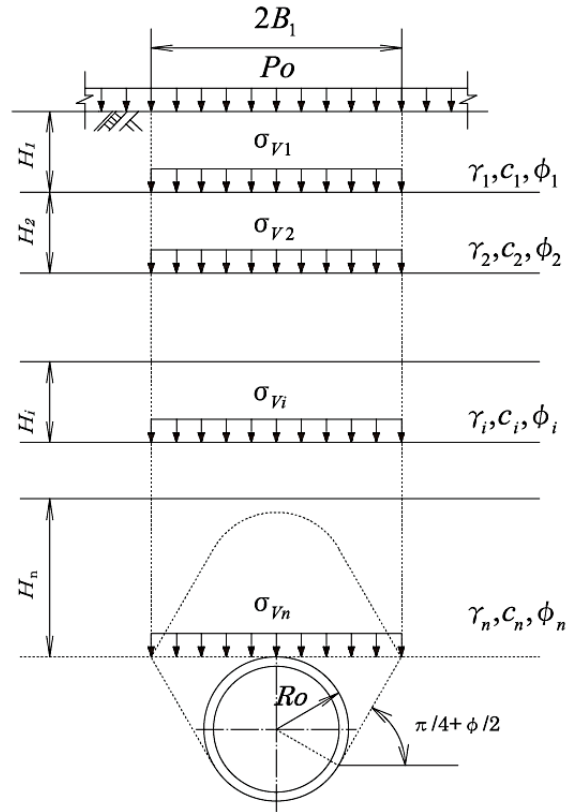


図 2.2.3.2.1-3 多層地盤における緩み土圧

土の単位体積重量  $\gamma$ 、粘着力、内部摩擦角  $\phi$  がそれぞれ異なる多層地盤の場合は式 2.2.3.2.1-3 により緩み土圧を算出する。

$$\begin{aligned}\sigma_{V1} &= \frac{B_1(\gamma_1 - \frac{c_1}{B_1})}{Ko \cdot \tan \phi_1} \left( 1 - e^{-Ko \cdot \tan \phi_1 \cdot \frac{H_1}{B_1}} \right) + Po \cdot e^{-Ko \cdot \tan \phi_1 \cdot \frac{H_1}{B_1}} \\ \sigma_{V2} &= \frac{B_1(\gamma_2 - \frac{c_2}{B_1})}{Ko \cdot \tan \phi_2} \left( 1 - e^{-Ko \cdot \tan \phi_2 \cdot \frac{H_2}{B_1}} \right) + \sigma_{V1} \cdot e^{-Ko \cdot \tan \phi_2 \cdot \frac{H_2}{B_1}} \\ \sigma_{Vi} &= \frac{B_1(\gamma_i - \frac{c_i}{B_1})}{Ko \cdot \tan \phi_i} \left( 1 - e^{-Ko \cdot \tan \phi_i \cdot \frac{H_i}{B_1}} \right) + \sigma_{Vi-1} \cdot e^{-Ko \cdot \tan \phi_i \cdot \frac{H_i}{B_1}} \\ p = \sigma_{Vn} &= \frac{B_1(\gamma_n - \frac{c_n}{B_1})}{Ko \cdot \tan \phi_n} \left( 1 - e^{-Ko \cdot \tan \phi_n \cdot \frac{H_n}{B_1}} \right) + \sigma_{Vn-1} \cdot e^{-Ko \cdot \tan \phi_n \cdot \frac{H_n}{B_1}} \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.2.3.2.1-3)}\end{aligned}$$

$$B_1 = R_o \cdot \cot \left( \frac{\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_n}{2}}{2} \right)$$

$\phi=0$  の場合、緩み土圧の計算式に式 2.2.3.2.1-4 を便宜的に適用する。

$$\sigma_{Vi} = \left( \gamma_i - \frac{c_i}{B_i} \right) H_i + \sigma_{Vi-1} \dots\dots\dots (\text{式 2.2.3.2.1-4})$$

## 2.3.2.2 推進工法における直土圧の式

推進管の設計を行うときに用いる直土圧の式は、設計者が地盤及び管の敷設状態等から土のアーチング効果への信頼性が低いと判断した場合等に使用される。

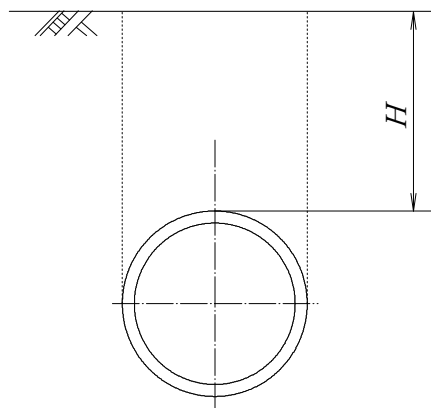


図 2.2.3.2.2-1 直土圧

$$Pe = \gamma \cdot H \dots\dots\dots (\text{式 2.2.3.2.2-1})$$

ここに、

$Pe$  : 鉛直土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  : 土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$H$  : 土かぶり (m)

## 2.4 開削管の設計

開削管の外圧荷重に対する設計フローチャートを図 2.2.4-1 に示す。

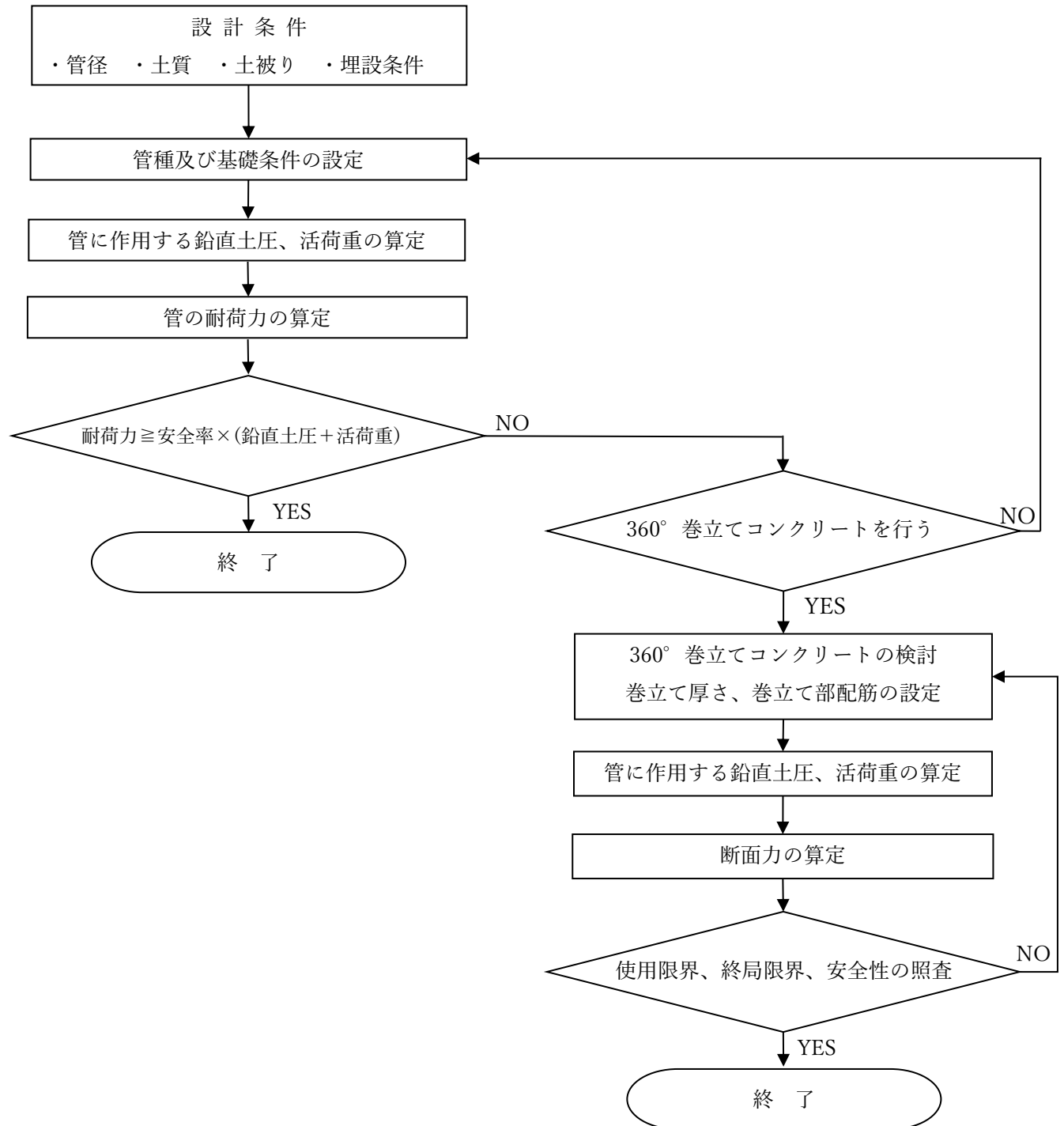


図 2.2.4-1 開削管の設計フロー

## 2.5 推進管の設計

推進管の設計においては、鉛直荷重及び推進力、また曲線布設の場合には、曲線推進時に側部からかかる外圧荷重に対する検討を行うことが必要である。推進管の設計フローチャートを図 2.2.5-1～図 2.2.5-4 に示す。

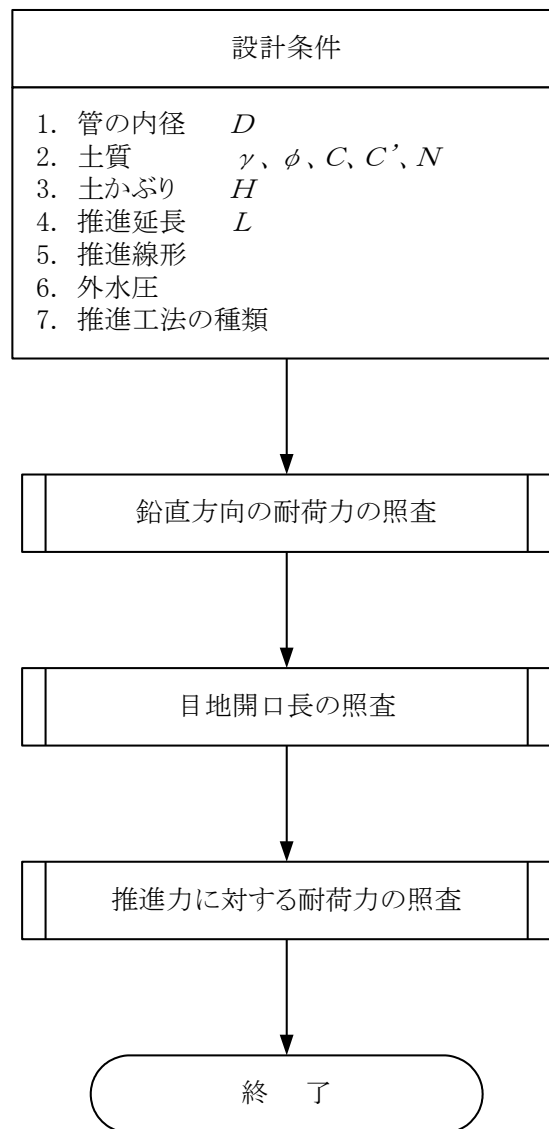


図 2.2.5-1 推進管の設計フロー

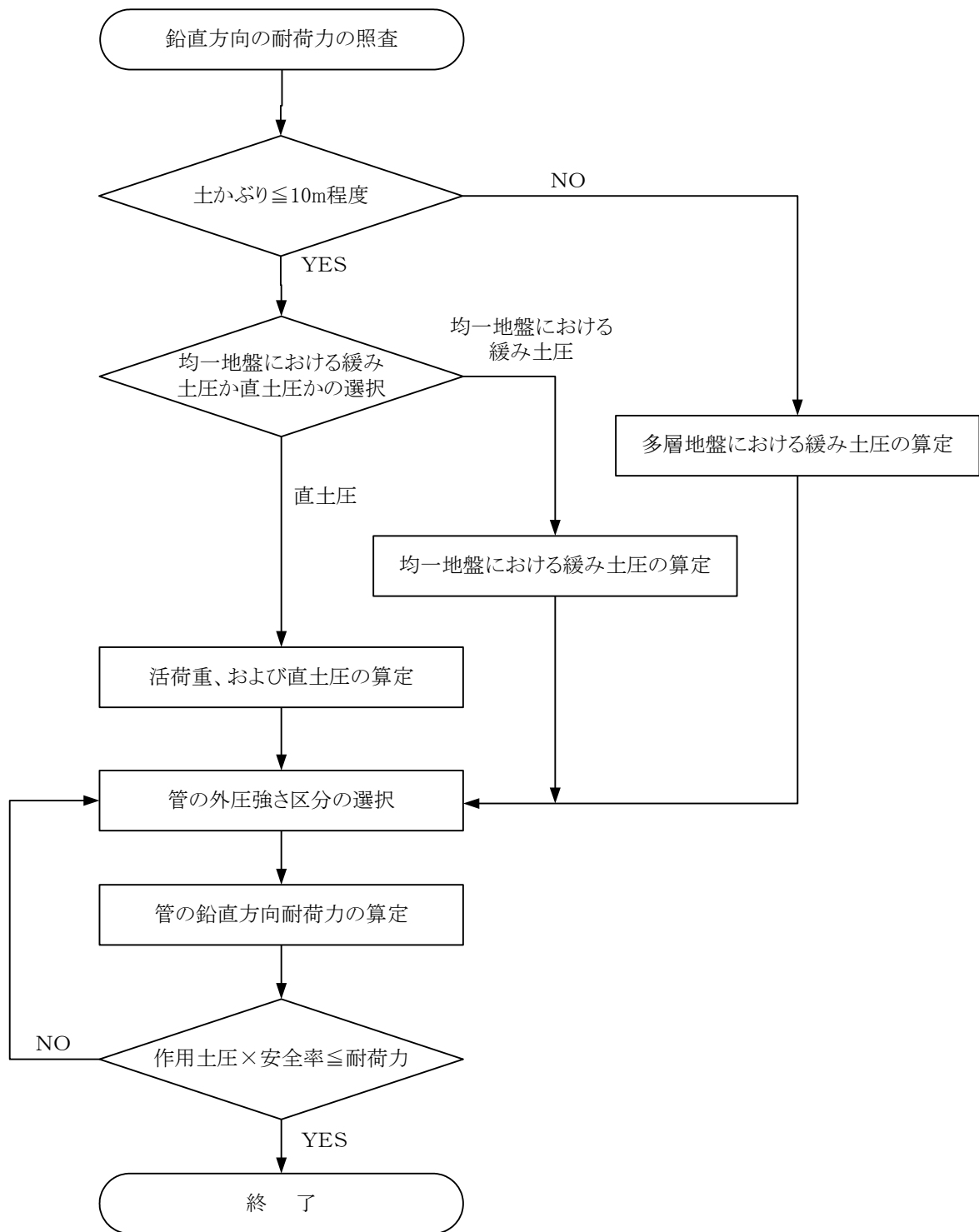


図 2.2.5-2 鉛直方向の耐荷力の照査フロー

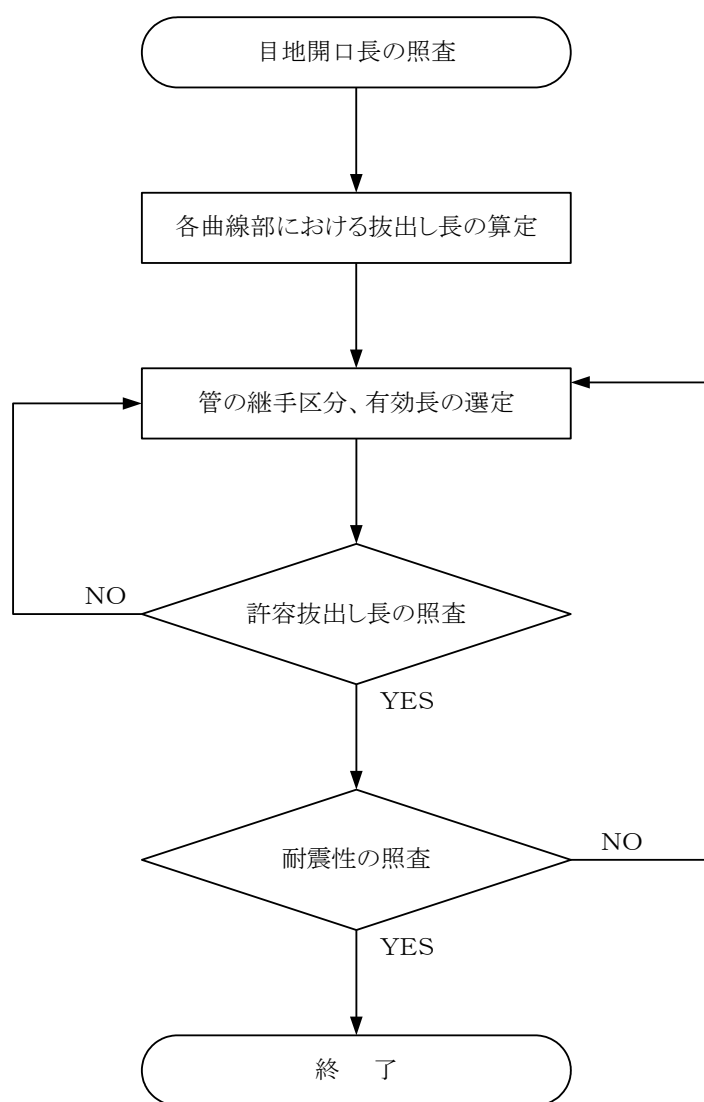


図 2.2.5-3 目地開口長の照査フロー

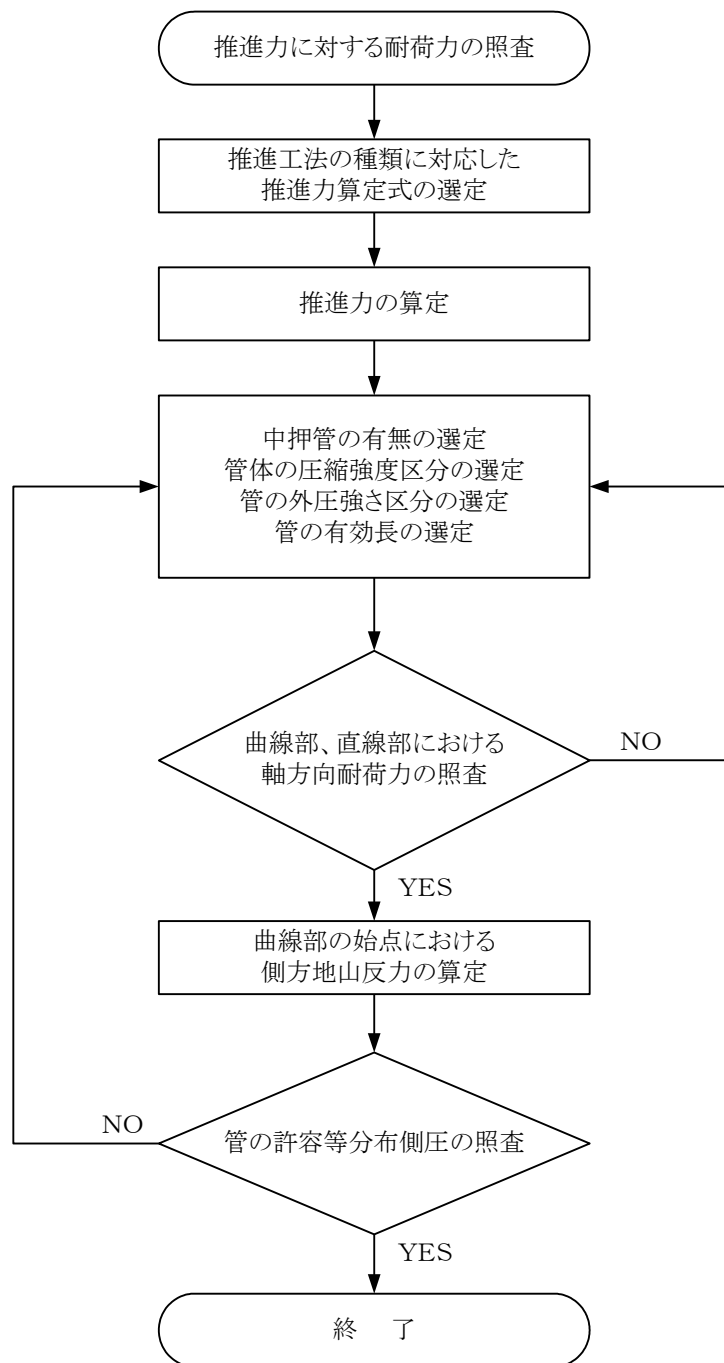


図 2.2.5-4 推進力に対する耐荷力の照査フロー

## 2.6 内圧管の設計

内圧強さが要求される内圧管の試験水压は JIS および JASWS に規定されているが、埋設された内圧管には、内圧と同時に外圧荷重も作用する。管の内圧荷重に対する設計フローチャートを図 2.2.6-1 に示す。

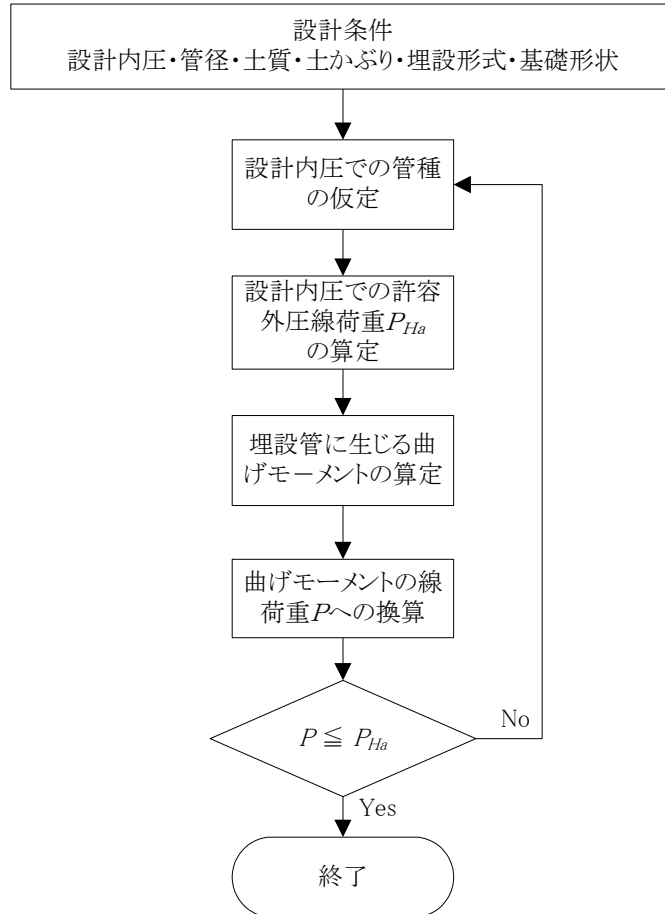


図 2.2.6-1 内圧管の設計フロー

### 2.6.1 設計内圧

設計内圧は、管内通水時の動水こう配線または通水停止時の圧力水頭線に基づいて決まる静水压と水撃圧を加算して求める。

### 2.6.2 埋設管に生じる曲げモーメントの線荷重への換算

埋設管に生じる曲げモーメントは、2.1 に述べた手順に従って求まる。このモーメントの線荷重換算値は次式による。

$$P = \frac{M}{0.318 \cdot r} \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.2.6.2-1)}$$

ここに、  $P$ : 線荷重換算値 (kN/m)

$M$ : 埋設管に生じる曲げモーメント (kN・m/m)

$r$ : 管厚中心までの半径 (m)

### 2.6.3 管種算定

#### (1) 管種の算定

内圧管の設計で、管に内外圧が同時に作用するときのひび割れ荷重と内外圧との関係は、式 2.2.6.3-1 で表すことができる。

$$\left(\frac{P_H}{P_C}\right)^{1.5} + \left(\frac{H_P}{H_C}\right) = 1 \quad \dots\dots\dots (\text{式 2.2.6.3-1})$$

ここに  $P_H$ : 内圧  $H_P$  のときひび割れを発生させる外圧 (kN/m)

$P_C$ : 内圧0のときひび割れを発生させる外圧 (kN/m)

$H_P$ : 外圧  $P_H$  のときひび割れを発生させる内圧 (MPa)

$H_C$ : 外圧0のときひび割れを発生させる内圧 (MPa)

管種を算定するときは、式 2.2.6.3-1 を変型した式 2.2.6.3-2 によればよい。

$$P_{Ha} = \frac{P_C}{S_p} \sqrt[3]{\left(1 - \frac{H_{Pd}}{H_C/S_H}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (\text{式 2.2.6.3-2})$$

ここに  $P_{Ha}$ : 設計内圧作用のもとでの許容外圧線荷重 (kN/m)

$P_C$ : ひび割れ試験荷重、表 1.4.2.2-1 または表 1.4.3.1-1 (kN/m)

$H_{Pd}$ : 設計内圧(静水压+水撃圧) (MPa)

$H_C$ : 試験水压、表 1.4.2.1-1 または 1.4.3.2-1 (MPa)

$S_p$ : 外圧に対する安全率1.5

$S_H$ : 内圧に対する安全率1.5

#### (2) 管種算定及び安全性照査手順

- ① 設計内圧  $H_{Pd}$  に安全率  $S_H$  を乗じて、管の規格試験水压を選定し、予め管種を仮定する。仮定した管種の  $H_C$  及び  $P_C$  は、表 1.4.2.1-1、表 1.4.2.2-1 及び 表 1.4.3.2-1、表 1.4.3.1-1 参照。
- ② 式 2.2.6.3-2 から、許容外圧線荷重  $P_{Ha}$  を算定する。
- ③ 式 2.2.1-3 より、埋設管に生じる曲げモーメント  $M$  を算定する。
- ④ 式 2.2.6.2-1 から、埋設管に生じる曲げモーメント  $M$  から線荷重換算値  $P$  を求め、 $P \leq P_{Ha}$  を満足することを確認する。
- ⑤ 管種と基礎の両面から経済性の検討を行い、必要に応じて①～④までの試算を繰返して管種算定を行う。

#### 2. 6. 4 内外圧組合せ荷重曲線

式 2. 2. 6. 3-1 で表したひび割れ荷重と内外圧との関係は、内外圧組合せ荷重曲線として図 2. 2. 6. 4-1 に表すことができる。

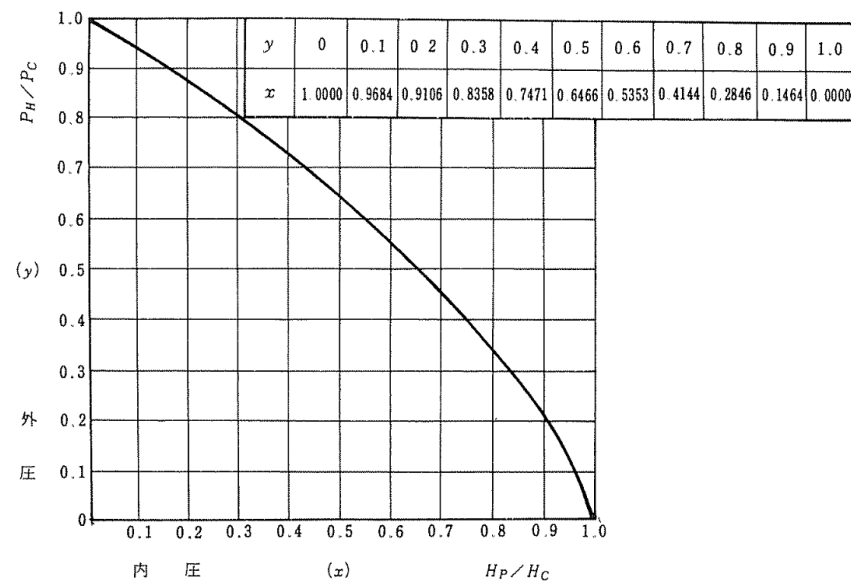


図 2. 2. 6. 4-1 内外圧組合せ荷重曲線

式 2. 2. 6. 3-1 中の  $H_c$  及び  $P_c$  については、第 1 編第 4 章管の強さ表 1. 4. 2. 1-1 及び表 1. 4. 2. 2-1、表 1. 4. 3. 2-1 及び表 1. 4. 3. 1-1 に掲げた値を用いる。表 1. 4. 2. 1-1 及び 表 1. 4. 3. 2-1 に示した値は、必ずしも、ひび割れを発生させる内圧ではないが、管体の水密性をも考慮して決められた管の試験水圧であるので、ひび割れ荷重曲線の横軸との交点は、この値を採ることとした。管種の算定にあたっては、安全率を 1.5 としている。

## 2.7 360° コンクリート巻立てヒューム管の設計

### 2.7.1 概要

巻立てヒューム管の場合においても、ヒューム管の設計方法との連続性および利便性から、設計の条件に応じて曲げモーメント算定係数  $k$  値を設定し、それをもとに曲げモーメントの算出を行う。また、設計計算における安全の照査部位及び仮定条件は下記に示すとおりである。

- ① 安全性の検討は、下部中央及び側面部中央にて行う。
- ② 断面力は、ヒューム管と巻立て部とが一体となった弾性体と考えて求める。
- ③ 断面の算定は、薄肉管の一部として、まっすぐなはりとして応力を求める。

### 2.7.2 断面力算定方法

#### (1) 設計曲げモーメント及び $k$ 値

##### 1) 設計曲げモーメント

分布荷重による場合の係数  $k_p$ 、自重による場合の係数を  $k_w$  とすると、分布荷重及び自重による曲げモーメントは、式 2.2.7.2-1, 2.2.7.2-2 で表される。

$$M_{pd} = k_p \cdot p \cdot R^2 \dots\dots\dots (\text{式 2.2.7.2-1})$$

$$M_{wd} = k_w \cdot W \cdot R \dots\dots\dots (\text{式 2.2.7.2-2})$$

ここに、  $M_{pd}$  : 等分布荷重による作用曲げモーメント (kN・m/m)  
 $M_{wd}$  : 自重による作用曲げモーメント (kN・m/m)  
 $P$  : 等分布荷重(鉛直方向) (kN/m<sup>2</sup>)  
 $R$  : 巻立てヒューム管の中心までの半径(=  $\frac{d_h + t_h + t_c}{2}$ ) (m)  
 $W$  : 巻立てヒューム管の管の自重 (kN/m)  
 $d_h$  : ヒューム管の内径 (m)  
 $t_h$  : ヒューム管の厚さ (m)  
 $t_c$  : 巻立て厚さ (m)

なお、 $R$  はヒューム管と巻立て部との合成断面において、巻立て部をヒューム管のコンクリートに換算した断面における図心とヒューム管の中心までの距離とするのがより正確であると考えられるが、計算が繁雑となるので上記のように求めることとした。

##### 2) $k$ 値算定式

巻立て厚さ、ヒューム管厚さ、弾性係数を与えるときに曲げモーメント係数 値及び 値の算定式を誘導する。算定式は、F E Mによって計算した 値及び 値を目的変数とし、巻立て厚比  $R_c$ 、弾性係数比  $R_E$ 、ヒューム管厚比  $R_h$  及びそれらの交互作用の 6 要因を説明変数とする重回帰分析により定式化した。回帰式を式 2.2.7.2-3~6 に示す。

下部中央

$$k_P = 0.236 - 0.237R_C + 0.017R_E - 0.153R_h + 0.094R_C \cdot R_E \\ + 0.143 \cdot R_E \cdot R_h - 0.637 \cdot R_C \cdot R_h \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.2.7.2-3)}$$

$$k_W = 0.0671 - 0.0935R_C + 0.0097R_E - 0.0653R_h + 0.0182R_C \cdot R_E \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.2.7.2-4)}$$

側面部中央

$$k_P = -0.228 + 0.050 \cdot R_C + 0.013 \cdot R_E + 0.356 \cdot R_h \\ - 0.107 \cdot R_C \cdot R_E - 0.350 \cdot R_E \cdot R_h \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.2.7.2-5)}$$

$$k_W = -0.0524 + 0.0223 \cdot R_C + 0.0017 \cdot R_E + 0.0878R_h \\ - 0.0142 \cdot R_C \cdot R_E - 0.0668 \cdot R_E \cdot R_h \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.2.7.2-6)}$$

なお、側面部中央の軸力は、式 2.2.7.2-7 及び 2.2.7.2-8 より求める。

$$N_{Pd} = \frac{-p(d_h + 2t_h + 2t_c)}{2} \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.2.7.2-7)}$$

$$N_{Wd} = \frac{-(W_h + W_c)}{4} \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.2.7.2-8)}$$

ここに、 $N_{Pd}$  : 等分布荷重による軸力 (kN/m)

$N_{Wd}$  : 自重による軸力 (kN/m)

$W_h$  : ヒューム管の自重 (kN/m)

$W_c$  : 巻立て部の自重 (kN/m)

## 2.7.3 使用限界状態に対する安全性の検討

### (1) 応力度の算定

ヒューム管と巻立て部との合成断面に曲げモーメントあるいは、曲げモーメントとともに軸力が作用するときのまっすぐなはりとしての曲げ引張応力は式 2.2.7.3-1, 2.2.7.3-2 により求める。なお、断面は、図 2.2.7.3-1 のように考える。

下部中央ヒューム管内面

$$\sigma_d = \frac{1}{10000} \cdot \frac{M_d}{I} \cdot X_2 \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.2.7.3-1)}$$

側面部中央巻立て部外面

$$\sigma_d = \frac{1}{10000} \cdot n \cdot \left[ \frac{N_d}{A} - \frac{M_d}{I} \cdot (t_c + t_h - X_2) \right] \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 2.2.7.3-2)}$$

ここに、 $M_d$  : 設計曲げモーメント、 $M_{pd}$  あるいは  $M_{pd} + M_{wd}$  (kN・m/m)

$N_d$  : 設計軸力、 $N_{pd}$  あるいは  $N_{pd} + N_{wd}$  (kN/m)

$\sigma_d$  : 曲げ引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$n$  : 巻立て部コンクリートとヒューム管コンクリートの弾性係数比(=  $R_E$ )

$$n = \frac{E_c}{E_h}$$

$E_c$  : 巻立て部コンクリートの弾性係数 (kN/mm<sup>2</sup>)

$E_h$  : ヒューム管コンクリートの弾性係数 (kN/mm<sup>2</sup>)

$A$  : 換算断面積 (m<sup>2</sup>)

$$A = b \cdot t_h + n \cdot b \cdot t_c$$

$X_2$  : 図心から引張縁までの距離 (m)

$$X_2 = \frac{(b \cdot t_h^2 / 2) + n \cdot b \cdot t_c \cdot (t_h + t_c / 2)}{A}$$

$I$  : 換算断面の断面 2 次モーメント (m<sup>4</sup>)

$$I = \frac{b \cdot t_h^3}{12} + b \cdot t_h \cdot \left( X_2 - \frac{t_h}{2} \right)^2 + \frac{n \cdot b \cdot t_c^3}{12} + n \cdot b \cdot t_c \cdot \left( t_h + \frac{t_c}{2} - X_2 \right)^2$$

$b$  : 断面の幅 (1.0m)

$t_c$  : 巻立て厚さ (m)

$t_h$  : ヒューム管の厚さ (m)

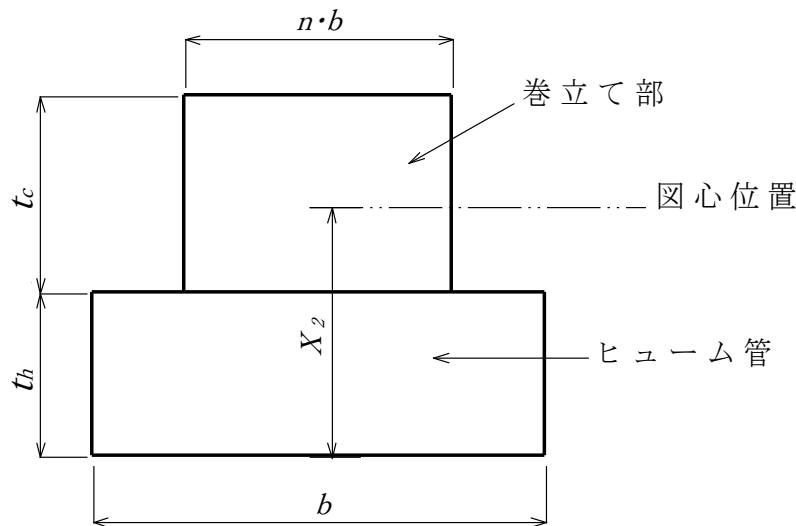


図 2.2.7.3-1 使用限界状況に対する検討を行うときの断面の考え方

## (2) 設計曲げ引張応力度及び安全照査

ヒューム管の設計曲げ引張応力度は、ヒューム管の外圧荷重から求める。すなわち、曲げモーメントは、薄肉リングとして式 2.2.7.3-3 により求め、曲げ強度は、まっすぐなはりとして式 2.2.7.3-4 により求める。

$$M = 0.318 \cdot P \cdot r' + 0.239 \cdot W \cdot r' \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.2.7.3-3)}$$

$$f_b = 0.001 \cdot M / Z_h \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.2.7.3-4)}$$

ここに、 $P$  : ヒューム管のひび割れ荷重 (kN/m)

$M$  : ひび割れ荷重による曲げモーメント (kN・m/m)

$W_h$  : ヒューム管の自重 (kN/m)

$r'$  : 管厚中心までの半径 ( $= \frac{d_h + t_h}{2}$ ) (m)

$f_b$  : ヒューム管コンクリートの曲げ引張強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_h$  : ヒューム管の長さを幅、厚さを高さとする断面の断面係数 (m<sup>3</sup>/m)

巻立て部コンクリートの設計曲げ強度は、土木学会制定の「コンクリート標準示方書 設計編 3.2.1 強度（平成8年制定）」に準じ、式 2.2.7.3-5 により求める。

$$f_b = 0.42 \cdot f_{ck}'^{2/3} \dots\dots\dots (\text{式 2.2.7.3-5})$$

ここに、 $f_{ck}'$ ：コンクリートの設計基準強度（N/mm<sup>2</sup>）

安全の照査は、式 2.2.7.3-6 により行う。

$$f_b / \sigma_d \geq \text{安全係数} \dots\dots\dots (\text{式 2.2.7.3-6})$$

## 2.7.4 終局限界状態に対する安全性の検討

巻立てヒューム管においては、ひび割れ耐力よりも終局耐力の方が大きいという保証はないので、終局限界状態の安全性の検討も行う必要がある。

下部中央における曲げ耐力の算定は、巻立て部外縁を圧縮縁とする単鉄筋矩形断面であるとして行う。側面部中央においては、ヒューム管内面を圧縮縁とする単鉄筋矩形断面であるとして算定を行う。図 2.2.7.3-1 に示す断面とすることも考えられるが、計算を簡略にするため矩形断面とする。

又、コンクリートは、圧縮側となった部分のコンクリートからなるものとし、引張鉄筋は、引張側となった部分に配置された鉄筋とする。断面力は、2.7.2 で求めた値を用いる。

下部中央においては設計曲げモーメント  $M_d$  について、側面部中央においては、設計曲げモーメント  $M_d$  とともに設計軸力  $N_d$  が作用するものとして、それぞれの部位における曲げ耐力  $M_u$  を求める。安全照査は、式 2.2.7.4-1 により行う。

$$M_u / M_d \geq \text{安全係数} \dots\dots\dots (\text{式 2.2.7.4-1})$$

上下部においては、巻立て部における配筋を必要としないが、用心鉄筋として側面部の 1/2 程度配筋すればよいものと考えられる。

参考 ヒューム管の鉄筋比の一例

| 呼 び 径 | 外 圧 管  |        | 推 進 管  |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
|       | 1 種    | 2 種    | 1 種    | 2 種    |
| 150   | 0.0025 | 0.0100 | —      | —      |
| 200   | 0.0025 | 0.0100 | 0.0030 | 0.0070 |
| 250   | 0.0025 | 0.0100 | 0.0030 | 0.0070 |
| 300   | 0.0030 | 0.0100 | 0.0030 | 0.0070 |
| 350   | 0.0035 | 0.0100 | 0.0030 | 0.0080 |
| 400   | 0.0035 | 0.0100 | 0.0040 | 0.0080 |
| 450   | 0.0040 | 0.0100 | 0.0040 | 0.0090 |
| 500   | 0.0040 | 0.0100 | 0.0040 | 0.0090 |
| 600   | 0.0045 | 0.0100 | 0.0040 | 0.0090 |
| 700   | 0.0045 | 0.0110 | 0.0040 | 0.0090 |
| 800   | 0.0050 | 0.0110 | 0.0050 | 0.0090 |
| 900   | 0.0055 | 0.0110 | 0.0070 | 0.0100 |
| 1000  | 0.0060 | 0.0125 | 0.0070 | 0.0100 |
| 1100  | 0.0065 | 0.0125 | 0.0070 | 0.0100 |
| 1200  | 0.0070 | 0.0125 | 0.0070 | 0.0100 |
| 1350  | 0.0070 | 0.0125 | 0.0070 | 0.0100 |
| 1500  | 0.0070 | 0.0125 | 0.0070 | 0.0100 |
| 1650  | 0.0070 | 0.0125 | 0.0070 | 0.0110 |
| 1800  | 0.0070 | 0.0125 | 0.0070 | 0.0110 |
| 2000  | 0.0070 | 0.0125 | 0.0070 | 0.0110 |
| 2200  | 0.0070 | 0.0125 | 0.0070 | 0.0110 |
| 2400  | 0.0070 | 0.0125 | 0.0065 | 0.0100 |
| 2600  | 0.0070 | 0.0120 | 0.0065 | 0.0100 |
| 2800  | 0.0070 | 0.0120 | 0.0065 | 0.0100 |
| 3000  | 0.0070 | 0.0120 | 0.0065 | 0.0100 |

備考：外圧管の呼び径 1500 以上は NC 形

## 2.8 耐震設計

重要な幹線等の耐震設計は原則として、図 2.2.8-1 のフローに従って行う。

実際の耐震検討は、下水道協会発行「下水道施設の耐震対策指針と解説-2014 年版-」を基に検討を行う。

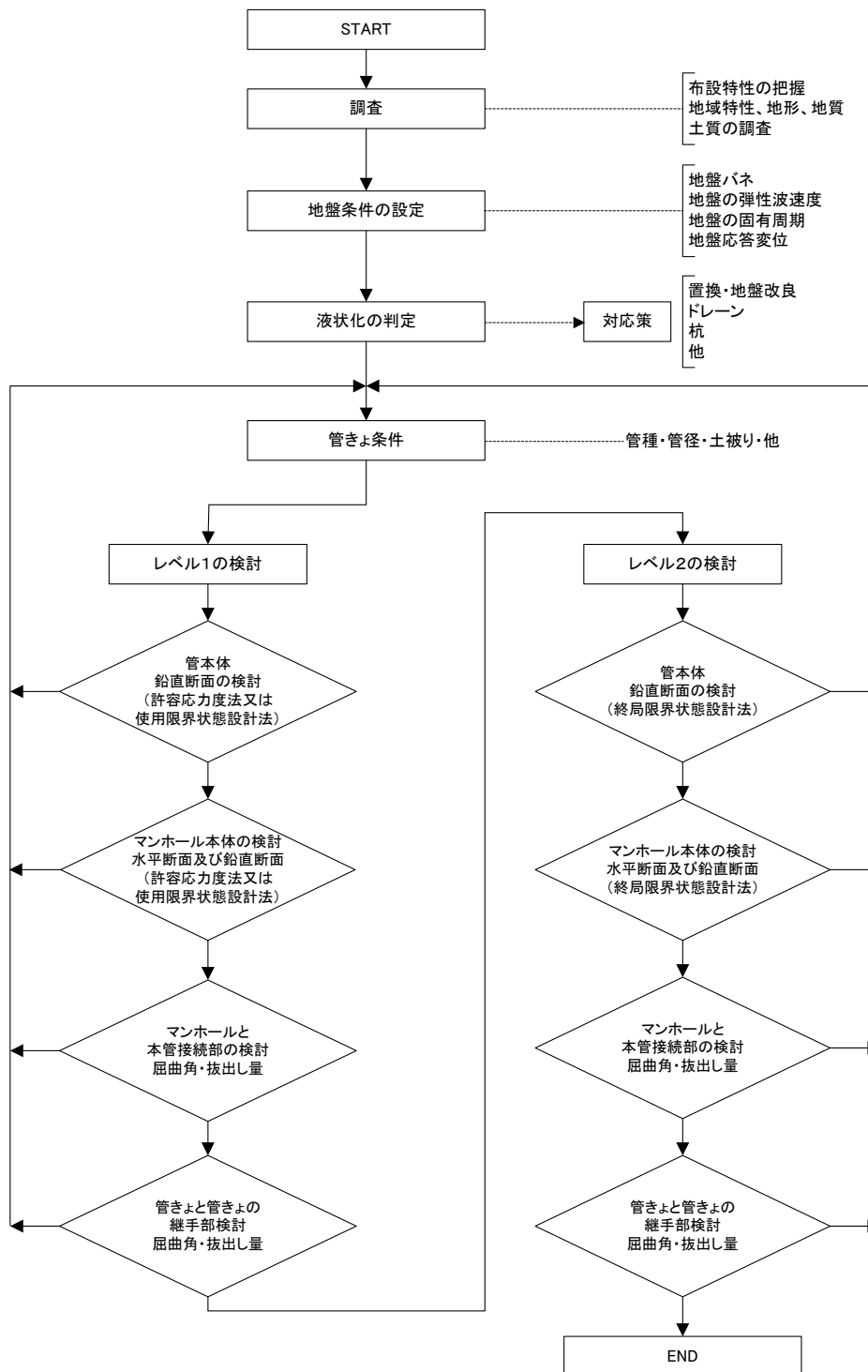


図 2.2.8-1 重要な幹線等の耐震設計手順（差込継手構造の円形管きょ）

## 第3編 施 工

### 施工の要点

設計に基づいた管路の機能を十分に発揮させることが、施工の最終目的である。

設計時の管種の選定では、基礎の構造や掘削及び埋めもどしなどの条件が必ず含まれている。そのため、設計に定められたとおりの施工が要求されることになる。

また、継手の水密性の良否は、接合作業に帰するところが多い。現場の状況に合わせた合理的な施工管理を行い、十分な確認を行って作業を進めることが必要である。

不同沈下による上下方向の変位、継手の抜け出しなどは自然流下を妨げ、また、漏水の原因ともなる。地層は次々と変化し、対応が困難な場合もあるが、施工現場での最大限の努力により極力防止することが大切である。

以上のように、設計と連携して、機能的で耐久的な管路を築造することが施工の要点といえる。

### 施工方法

従来、管の埋設は開削工法や盛土工法が主流であったが、市街地においては、交通事情や工事公害などの問題から、推進工法の採用が多くなっている。小口径から大口径に至るまで、機械化が進められ、施工精度や安全性も格段に向上している。

開削工法や盛土工法に比較し、推進工法は施工面でも異なる点が多い。従って、本編では開削工法と推進工法に分けて施工について記す。

## 第1章 開削工法

### 1.1 管の運搬及び保管

#### 1.1.1 運 搬

- (1) 管の積みおろしの作業には、十分な能力のあるクレーンやフォークリフトなどの荷役機械を用いる。
- (2) 管の積みおろしに際しては、ひび割れ、欠けなどの有害な傷を生じるような衝撃を与えないように注意しなければならない。
- (3) 運搬に際しては、必ず転び止めを施し、さらにロープなどにより確実に締めつけて固定する。
- (4) 管の吊り上げや吊り下ろしの際にはワイヤーロープは必ず2本使用し、管頂でしばって使用する。
- (5) 管を転がして小運搬する場合は、一般に、受口や差し口が直接地面に接しないように、地面に角材等を置き、その上を転がす。この場合も、地面にでこぼこがあると衝撃を与えるので注意する。

### 1.1.2 保 管

(1) 管を現場に一時保管するときは、できるだけ平坦な場所に置き、特に継手部が地面に当たって破損することのないよう注意する。通常は角材等を敷くが、軟弱な地盤では管の自重によって角材が地面にめり込まないように大きなものを用い、あるいは簡単な基礎を施しておく必要がある。また、転び止め又はロープによる固定をし、容易に転がらないようにする。

管は段積みをししないのが望ましいが、置場の状況によって止むを得ず積み重ねる場合は、小口径管で3～4段、中口径管では2段程度までとし、管を確実に支えられる大きさの転び止め及びロープによって固定し、振動で動き出したり、崩れたりすることのないようにする。

B形管を段積みする場合には、ソケット同士が接触することがないように、交互に積むのがよい。保管状態の良否の例を図3.1.1.2-1に示す。

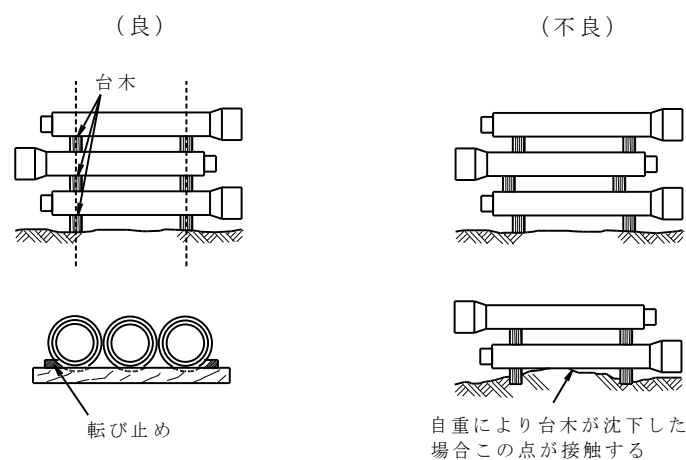


図 3.1.1.2-1 保管状態

(2) ゴム輪は、日光等によって劣化し易いので、折れ曲がったり、ねじれたりしないようにして屋内の冷暗所に保管し、施工の直前に装着するのがよい。

## 1.2 土 工

### 1.2.1 調 査

(1) 管理設場所の地質は、設計に当たってボーリングを行い、これを確認しておく必要がある。また、地下水や湧水の状況を知っておくのも、施工計画や準備を行う上において必要なことである。

(2) 道路は水道管、ガス管、電力管などの既設埋設物が多く、管理設のための障害となることが多いので、事前にできる限りの調査を行い、これを確認した上で対策を立てておかなくてはならない。

### 1.2.2 掘削

- (1) 掘削溝の敷幅は、安全に無理なく接合作業のできる範囲で、なるべく狭いことが望ましい。これは掘削幅が広くなるほど埋もどし土による土圧が大きくなるからである。

その目安としては、小口径では、かがんで十分作業ができる程度とし、中・大口径以上の場合には、管の両側に作業員が横向きに立って作業できる程度の幅とするのがよい。

その他、B形ではソケットが直接溝底に接触しない程度（ある程度の沈下量を想定して）に、直下の土を取っておく必要がある。

- (2) 管の最小土かぶりは、「下水道施設計画・設計指針と解説」では、原則として1mとしている。

設計上、止むを得ずわずかな土かぶりしかとれない場合は、十分安全な防護方法を講じる必要がある。

- (3) 床付けは管の据付けの難易に影響するため、設計に従って正確に仕上げる必要がある。最終的な床付けは、手作業などによって入念に仕上げるのがよい。掘削地盤上に管をそのまま据付ける場合には、掘り過ぎないことが大切である。掘り過ぎて基礎地盤をゆるめると、管路の沈下を助長させる結果となるからである。

- (4) 土留め工法には木矢板工法、建込み簡易土留め工法、軽量鋼矢板工法、鋼矢板工法、親杭横矢板工法などがある。掘削溝が深く、矢板を補強する場合の切りばりの位置は、管の吊りおろし及び接合作業の便を考えて配置する必要がある。それぞれの工法を、図3.1.2.2-1～5に示す。

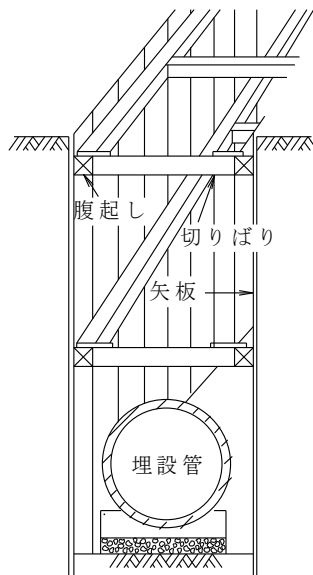


図 3.1.2.2-1 木矢板工法

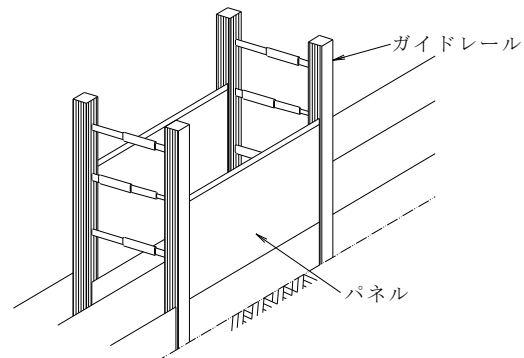


図 3.1.2.2-2 建込み簡易土留め工法

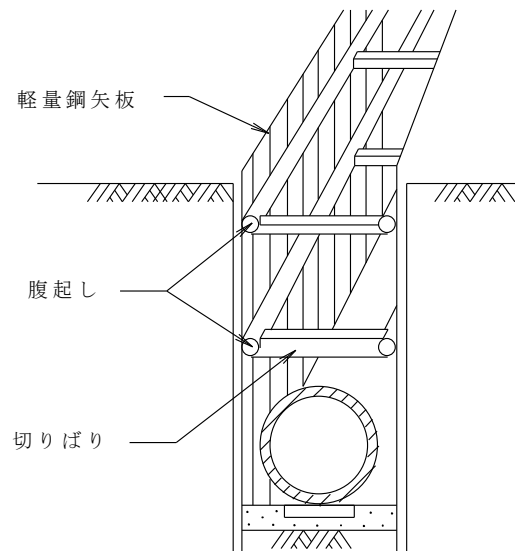


図 3.1.2.2-3 軽量鋼矢板工法

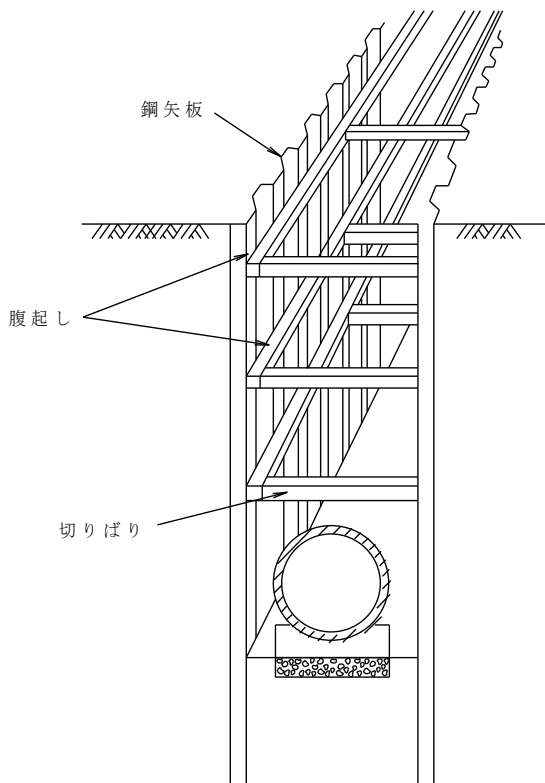


図 3.1.2.2-4 鋼矢板工法

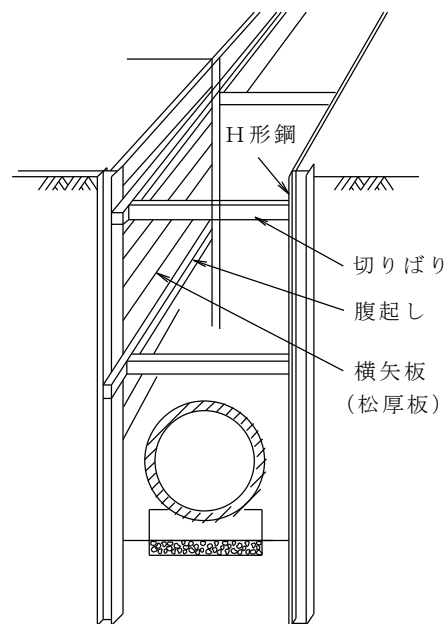


図 3.1.2.2-5 親杭横矢板工法

- (5) 素掘りによって掘削を行う場合、法面の崩壊を防ぐために、地盤の土質と掘削深さに応じて適当なこう配をつけるのが一般的であるが、土圧は管頂の掘削幅 ( $B_d$ ) によって左右されるので、管頂まではなるべく鉛直とすることが望ましい。図 3.1.2.2-6 はその場合の掘削断面を示すものである。

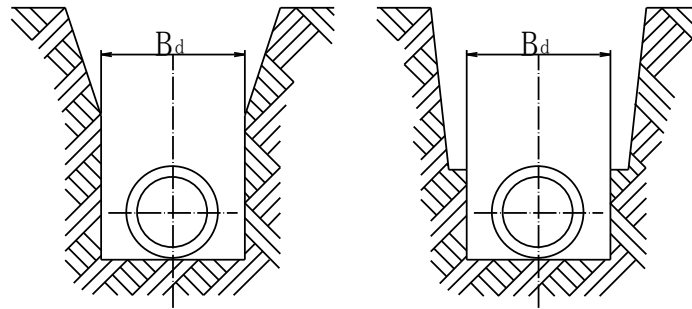


図 3.1.2.2-6 堀削溝断面図

したがって、土質が予想以上に悪く、管底よりかなり大きなこう配を付さなくてはならない場合は、管頂の掘削幅によって土圧を再検討し、適宜対策を講じなくてはならない。

### 1.2.3 水 替 え

(1) 掘削を行う場合には、地盤調査の結果に基づいて、地下水位又は湧水の状況に適応した排水用機器を準備しておかなくてはならない。排水用機器としては一般的にポンプ（渦巻ポンプ、自吸式ポンプ、水中ポンプ等）が使用されるが、湧水量及び土質によってはウエルポイント工法やディープウエル工法を採用することも考慮しなければならない。

なお、水替えによって地盤の圧密沈下や地下水の枯渇など、環境条件に与える影響を調査しておく必要がある。

(2) 湧水によって作業に支障のある場合はもちろんであるが、踏み荒しによって基礎地盤を軟弱にするおそれのある場合は、十分水替えを行った後に作業を始めなくてはならない。この場合、湧水量に応じた大きさの排水路を溝端に付けておくと水はけの効果が良好である。

(3) 接合が完了した後も、管路に悪影響を及ぼすおそれのある場合には、埋めもどしが完了するまで水替えを続けなければならない。

### 1.2.4 埋めもどし

(1) 埋めもどしは、管の接合及び据付けが完了したのち、なるべく速やかに行うことが望ましい。長期間埋めもどしを行わないで放置すると、湧水または降雨による管路の浮上等の原因となることがあるので、十分注意する必要がある。

(2) 管きよを埋設する際の締固めが適切に行えるよう、埋戻し方法及び材料等を選定する。特に、地震時に液状化のおそれがある場合は検討を行う。

(3) 埋めもどしに掘削土をそのまま使用する場合は、かなり良質なものでなくてはならない。軟弱な土質であったり、大きな転石などを多量に含み、埋めもどし土として不適当であると判断された場合には、管頂から 30cm 程度上までは、良質な砂などで入替えを行う必要がある。

とくに、交通車両の多い道路下に布設する場合には、路面沈下をひきおこす原因ともなるので、十分に検討することが必要である。

- (4) 埋めもどし作業に際しては、管及び継手に有害な衝撃を与えないように、できるだけ入念に行わなくてはならない。

埋めもどし方法としては、管底又は基礎上端から管頂までを数層（1層の厚さは30cm以内とする）に分け、各層ごとに両側の埋めもどし高さがほぼ均等となるように、ランマなどを用いて締固めるのがよい。また、砂質土の場合には、水締めによる方法も有効である。

管頂までの埋めもどし土をよく締固めることによって、支承条件を良好にし、側圧を増加するとともに、土の支持力を向上させて鉛直荷重を分散させることができるので、管の安全率を増すために大きな効果がある。

- (5) ブルドーザなどの建設機械によって埋めもどしを行う場合は、管の上に直接機体がかかるようなことは、極力避ける必要がある。
- (6) 矢板を使用した場合には、溝壁の崩壊や周辺地盤の地割れを生じない様に埋めもどしを行う。矢板の引抜き時には埋めもどし土と原地盤との摩擦力がほとんど消滅し、一時的に土圧が増加するので、十分な注意が必要である。

また、矢板の引抜きは、1枚おき又は数枚おきに行い、引き抜いたあとの空隙は、すみやかに砂で充てんするなどの措置も必要である。

#### 1.2.5 盛 土

盛土において、特に土かぶりの大きい場合は、溝埋設に比較してかなり大きな土圧が作用するため、これを軽減する方法を講じる必要もある。そのためには次に示すような方法も有効である。

- (1) 管の頂部まで盛土を行った後、その両側をローラやランマなどによって十分締固め、土の支持力を増してから上部の盛土を行う。
- (2) 高盛土の場合、事情が許せば、一度に所定の高さまで盛土を行わないで、これを数層に分けて一層ずつ転圧するか、又は、ある程度の期間をかけて、降雨などにより各層を逐次安定させながら徐々に行う。
- (3) 盛土地盤を数層に分けて転圧しながら、基礎地盤を成形したのち、地盤を掘削し、管を溝埋設してその後に盛土を行う。

### 1.3 基 礎

基礎は管体の補強及び管路の沈下を防止することが主たる目的であるが、その工法及び構造は、管の種類、地盤の状態及び荷重の大きさによって選定すべきである。

#### 1.3.1 基礎の種類

以下は一応目的別に分類したものであるが、実際の管路では両者の組合わせによる構造となる場合もある。

(1) 管体の補強効果を目的とするもの

1) 直接基礎

地盤の極めてよい場所で、管底が直接地盤に密着するように掘削した原地盤を、そのまま管の外周（円弧）に合わせて床付けするものである。

ただし、弾性支承となり得ないような硬質地盤では、この基礎は不適當である。

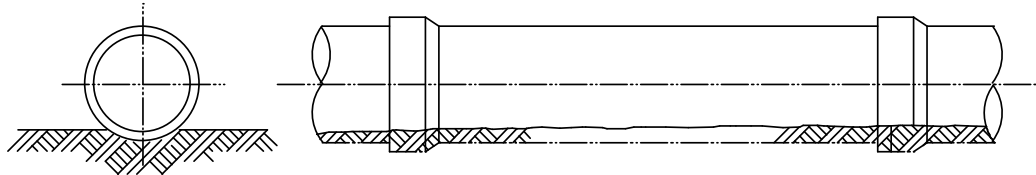


図 3.1.3.1-1 直接基礎

2) 砂又は碎石基礎

砂又は碎石を管底に万遍なく密着するように締固めて、管を支持するものである。

この基礎が管底に接する幅（又は角度）によって管体の補強効果が異なり、その角度が大きい程耐荷力は大きくなるが、設計上の支承角と施工上の支承角は異なるため、注意が必要である。

また、管底下の基床厚は、最小 150～200mm 又は  $0.2 \sim 0.25B_c$  ( $B_c$  は管の外径) とするのが望ましい。

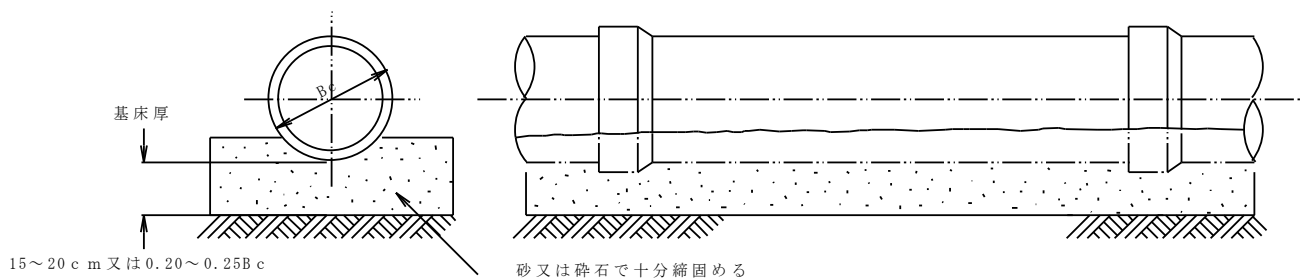


図 3.1.3.1-2 砂又は碎石基礎

管の据付地盤が岩盤の場合は、必ずこの型式の基礎とする必要がある。その場合の基床厚は、上記より多少厚めとする方が安全である。

なお管底に流水があって、基礎地盤の洗掘されるおそれのある場合や、地下水位が高く、地震による砂の流動化が予測される所では、碎石基礎とするのがよい。

3) コンクリート基礎

管の底部をコンクリートで巻立てるもので、外圧荷重による管体の変形を十分拘束できるだけの剛性がなくてはならない。この場合も支承角が大きくなるほど耐荷力は増加する。また、管にかかる荷重が大きいときにはコンクリートを  $360^\circ$  巻立てる場合もある。

この他、コンクリート基礎はアンカーとして、圧力管路における曲管や分岐管などの水圧による移動又は管路の布設こう配が大きく ( $15^\circ$  以上)、管が滑動する危険のある場合にも施工される。

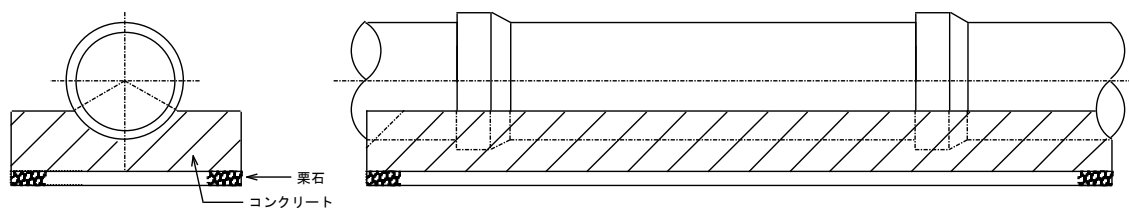


図 3.1.3.1-3 コンクリート基礎

(2) 管路の沈下防止効果を目的とするもの

1) はしご基礎（胴木基礎）

不同沈下のおこりやすい軟弱地盤に用いられるもので、管路方向に 2 本の胴木（連続通しげた）を渡し、この上にまくら木（横木材）を固定して管を支えるものである。胴木の太さは一般に小口径で 9～15cm、中・大口径で 15～18cm が標準的で、材料としては生松丸太が用いられる。

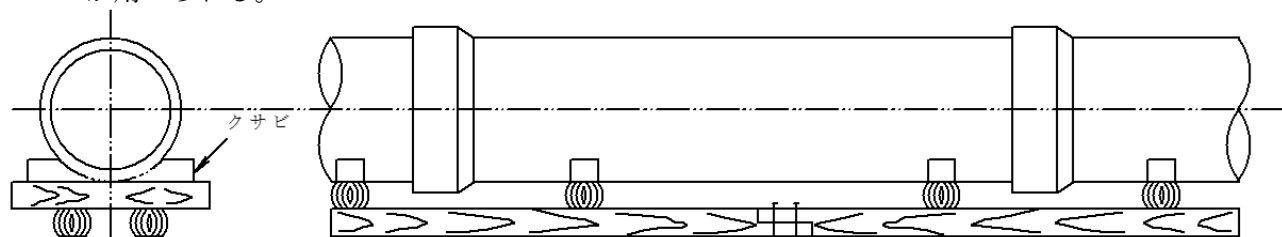


図 3.1.3.1-4 はしご基礎（胴木基礎）

2) 鳥居基礎（くい打ち基礎）

極軟弱基礎で、ほとんど地耐力の期待できない場合、支持力に応じて所定の間隔にくいを打込み、その上にまくら木（横木材）などを載せる形で鳥居状に組立てるものである。

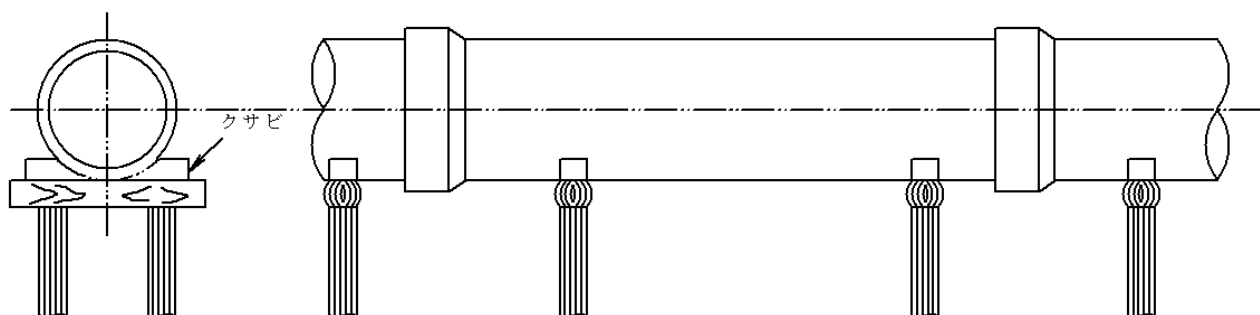


図 3.1.3.1-5 鳥居基礎（くい打ち基礎）

3) 布打ち基礎（べた基礎）

軟弱地盤で支持層が極めて深く、くい打込みが不経済となるような場合、溝底にコンクリート床盤を打設し、広い面積で上部荷重を支持し、据付け地盤の沈下を防止する方法である。この方法は管の据付けも容易であるという利点もあるが、この上に直接配管すると管底が点接触となり、荷重が集中する結果となるので、その上に砂を敷きならして据付ける必要がある。その場合の基床厚は岩盤の場合と同様に考えればよい。

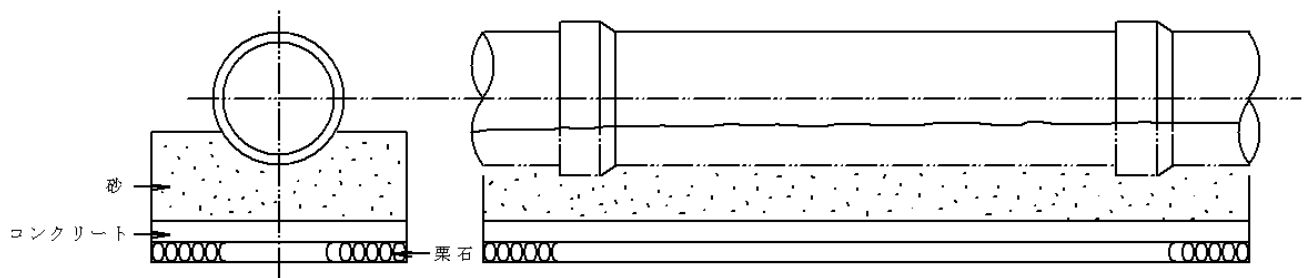


図 3.1.3.1-6 布打ち基礎（べた基礎）

### 1.3.2 基礎の施工

- (1) 砂又は碎石基礎を行う場合には、設計上の基礎条件を満足するように、十分密実に締固めなくてはならない。この場合、とくに注意しなくてはならないことは、管底まで隙間のないように充てんすることであって、砂の場合には水締めを行うと比較的よい結果が得られる。
- (2) コンクリート基礎を施工する場合には、作業性が困難とならない範囲で、なるべく固練りのコンクリートを用い、管底まで充てんするようにバイブレータなどを用いて入念に行う必要がある。特に道路横断などで早期交通開始と活荷重が頻繁に作用する場合においてはコンクリートの強度発現が十分得られるよう養生に心がけ、埋めもどし及び交通開始時期などを考えなければならない。
- (3) はしご基礎を行う場合でも、管底がまくら木（横木材）だけで支えられることのないように(1)または(2)に準じて施工しなくてはならないが、この場合土質が悪く十分な効果が得られないならば、少なくとも管底部分のみでも砂と置き換える必要がある。
- (4) コンクリートアンカーを施す場合、その重量によって管路の不同沈下を起したり、その端部付近で管に不均等な力（応力）が生じないような構造とする必要がある。

また、これらの箇所において不同沈下のおそれのある場合は、可とう継手などを考慮する必要がある。

### 1.4 布 設 工

この作業は、個々の管体を連結して、管路としての所期の目的を達成させるために極めて重要なことである。

したがって、管の接合は一本一本入念に施工して、その都度結果を確認する必要がある。不完全な状態のまま工事を進めることがあってはならない。

また、下水管や排水管のように、自然流下による管路では、そのこう配の不正確さが、流量の減少や砂などの停滞に大きく影響し、圧力管路では、管内に空気の滞留や真空の発生によって水の流れを阻害したり、極端な場合には管体を損傷することさえあるので、管の布設作業は設計に対して忠実に行うとともに、工事の進捗の過程においても、全般的な布設の状態をチェックする必要がある。

#### 1.4.1 管の配置、吊りおろし及び据付け

- (1) 管は布設現場の状況をよく検討して、作業の手順に最も便利のように配置するのがよい。仮置きや据付の際には、管に衝撃を与えないように注意する必要がある。固い地盤に管を落下させた場合、数cmの高さから落下した場合でも破損することがある。仮置きは布設作業中に建設機械によって損傷を受けやすい所に配置することのないように注意する必要がある。
- (2) 管の継手には必ず前後の管の間に若干の隙間が生じ、いわゆる継手の伸びがおきるので、長い管路では、これらを含めた実延長を考慮して配管する必要がある。
- (3) 管を吊りおろす前には、基礎の仕上り、据付高さ及びこう配を確かめ、吊りおろした後で修正を行うことのないようにしなければならない。また、管の据付け高さを決めるためにまくら木（横木材）を用いることもある。

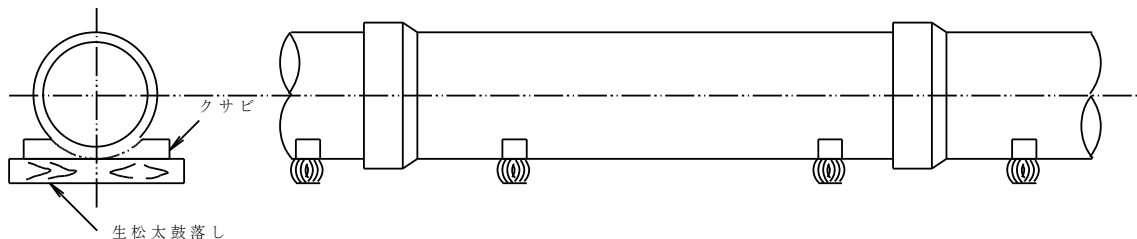


図 3.1.4.1-1 まくら木（横木材）使用例

- (4) 吊りおろし作業を能率的に行うため、現場の状況に応じて、門型クレーンやトラッククレーンなどが一般的に用いられている。機械の能力は十分余裕のあるものでなくてはならないが、とくにトラッククレーンは作業半径と吊り能力を考慮して十分安全なものを使用する。
- (5) 吊り込んだ管は、正しく管路軸線に合わせ、管を溝壁や前の管に衝突させたりすることのないように注意深く行わなければならない。
- (6) 管の布設はなるべく下流側より上流側に向けて進んだ方が能率的である。また、受口を上流側に向けて、差し口をはめ込む方が作業しやすい。

#### 1.4.2 接 合

- (1) 管の布設は、布設済みの管の受口に差し口を挿入する。
- (2) 管の接合作業の直前に、受口内面及びゴム輪の滑動面を点検清掃し、はけ又はウエス等を用いて滑剤を均等に塗布する。このとき、土砂やごみなどが付着しないように注意する。
- (3) 接合の要領は、管を吊ったままの状態、管の軸心を合わせながら、差し口の上端を受口内面の上端につけ、慎重に吊りおろしを行いながら、差し口を受口に挿入する。

なお、管の挿入は、次の方法によるのが一般的である。また、表 3.1.4.2-1 に呼び径ごとの引き込み用機材を示す。

- ① 呼び径 700 以下の管の場合は、図 3.1.4.2-1 (a) に示すように、レバーブロックなどの引き込み器具を用い、ワイヤロープをかけて管の外側から操作して引き込む。この場合

既に接合した部分が抜け出すおそれがあるので、ワイヤロープの控えは数本離れた既設管よりとる。

② 人が管の中に入って作業できる呼び径 800 以上の管では、図 3.1.4.2-1(b) に示すように、レバーブロックなどを管内に配置して引き込む。ワイヤロープの控えは、十分引き込み力に耐え得る角材等を用いる。また、①の場合と同様の理由により、引き込み側の控えは、接合される管より数本離れた既設管よりとる。

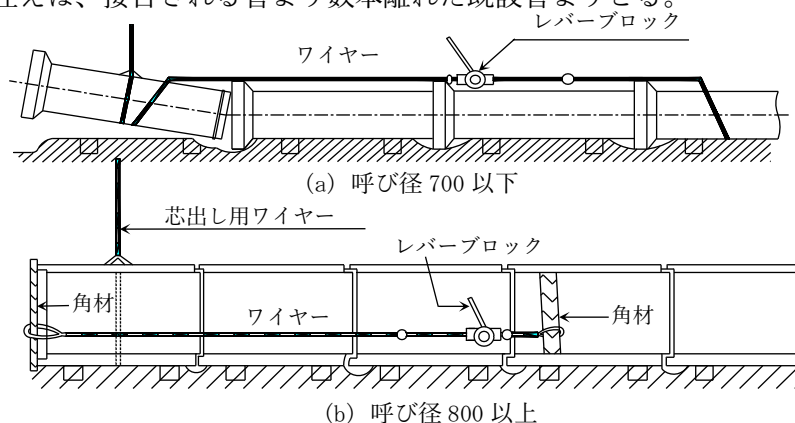


図 3.1.4.2-1 接合方法

表 3.1.4.2-1 引き込み用機材

| 呼び径         | レバーブロック |         | ワイヤロープの<br>太さ (mm) |
|-------------|---------|---------|--------------------|
|             | 台数      | 容量 (tf) |                    |
| 150 ～ 700   | 1       | 2       | 9 以上               |
| 800 ～ 1350  | 1       | 2～3     | 12.5 以上            |
| 1500 ～ 3000 | 2       | 3～5     | 16 以上              |

(4) 接合に使用する滑剤には、引き込みを容易にするための専用滑剤（植物油系）を用いる。ゴム輪は、一般に油脂類（特に鉱物性のもの）に侵され易いので、滑剤に油脂類のものを使用することは絶対に避けなければならない。

継手 1 箇所当たりの滑剤の使用量の例を参考として表 3.1.4.2-2 に示す。

また、滑性のほかに水密効果をもった止水滑剤（親水性ポリウレタン樹脂）がある。止水滑剤は地下水位の高い所に適しているが、水和反応によって発泡する性質を持っているので、接合が完了するまで水分と接触させないようにしなければならない。

止水滑剤は、量が多すぎると継手内部にはみ出すことがあるので、注意する必要があり、ゴムベラなどを用いてソケット内面に均等に塗布するとよい。

(5) 接合が終わったときは、管が正しく挿入されているかを確認する。正しく挿入されていないときは、管を一旦はずして継手部及びゴム輪を点検し、異常がなければ、再び同じ手順によって管を挿入する。

管の挿入状態は、呼び径 700 以下の管では管の差し口側に目やす線をあらかじめ引いておき、これと受口端面の位置で確認する。

管の内部に入れる呼び径 800 以上の管では、内部から確認する。

(6) 完全に接合してから転び止めを施して管を固定して、吊り込み装置や引き込み装置をはずす。

(7) 接合作業が終了したら管路内をよく点検し、土砂がないようによく清掃する。

表 3.1.4.2-2 滑剤の標準使用量（接合部 1 箇所当り）

| (単位：g)    |     |       | (単位：g)    |       |
|-----------|-----|-------|-----------|-------|
| 管種<br>呼び径 | B 形 | N B 形 | 管種<br>呼び径 | N C 形 |
| 150       | 35  | 35    | 1 500     | 380   |
| 200       | 40  | 40    | 1 650     | 440   |
| 250       | 45  | 45    | 1 800     | 460   |
| 300       | 50  | 50    | 2 000     | 490   |
| 350       | 55  | 55    | 2 200     | 550   |
| 400       | 60  | 60    | 2 400     | 660   |
| 450       | 65  | 65    | 2 600     | 730   |
| 500       | 80  | 80    | 2 800     | 760   |
| 600       | 100 | 100   | 3 000     | 820   |
| 700       | 115 | 115   |           |       |
| 800       | 140 | 140   |           |       |
| 900       | 160 | 160   |           |       |
| 1 000     | 180 | —     |           |       |
| 1 100     | 210 | —     |           |       |
| 1 200     | 240 | —     |           |       |
| 1 350     | 270 | —     |           |       |

(単位：g)

| 管種<br>呼び径 | N E 形 | N L 形 |
|-----------|-------|-------|
| 200       | 45    | 60    |
| 250       | 50    | 80    |
| 300       | 60    | 85    |
| 350       | 70    | 90    |
| 400       | 85    | 100   |
| 450       | 90    | 105   |
| 500       | 95    | 110   |
| 600       | 110   | 140   |
| 700       | 125   | 160   |
| 800       | 140   | 190   |
| 900       | 160   | 210   |
| 1 000     | 180   | 230   |
| 1 100     | 200   | 245   |
| 1 200     | 210   | 260   |
| 1 350     | 240   | 285   |

#### 1.4.3 曲線布設

管の継手を少しずつ曲げながら、大きな曲線半径で所定の曲げ角度とするのが曲線布設であるが、各継手は均等に曲げることが望ましい。また、基礎構造や地盤の軟弱度によっては、埋設後の不同沈下のために、さらに拔出し長が増加するので、現場の状況をよく考慮しなくてはならない。また、各継手は均等に曲げることが望ましい。

#### 1.4.4 マンホール又は構造物との取付け

ヒューム管をマンホールまたは構造物に直接埋込むと、両者の相対的な不同沈下や振動などによって、取付け部分に折損が生じ、漏水の原因となることがある。このような事故は小口径管路で見られるが、その対策としては、取付け部分を伸縮可とう性のある構造にすることが必要である。可とう管又は管長の短い管を数本使用すると効果がある。

図 3.1.4.4-1 は可とう継手（耐震ジョイント）での取付け例を示したものである。

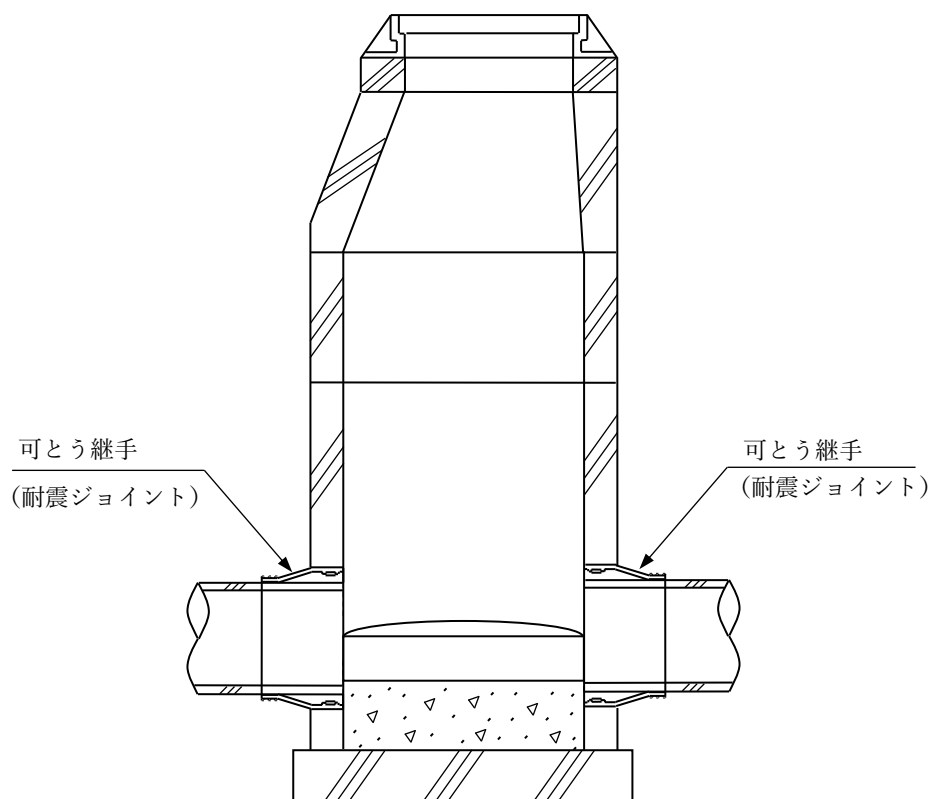


図 3.1.4.4-1 可とう継手（耐震ジョイント）による管取付け

#### 1.4.5 異形管

異形管は既に製造されていないが、既設管路管理者への情報提供のために掲載している。管路に用いられる異形管の種類としては、J I S に規定されている T 字管、Y 字管、曲管、支管及び短管がある。

図 3.1.4.5-1 には本管を機械により穿孔して支管を取付ける場合の一例を、また、図 3.1.4.5-2 に異形管の使用例を示す。

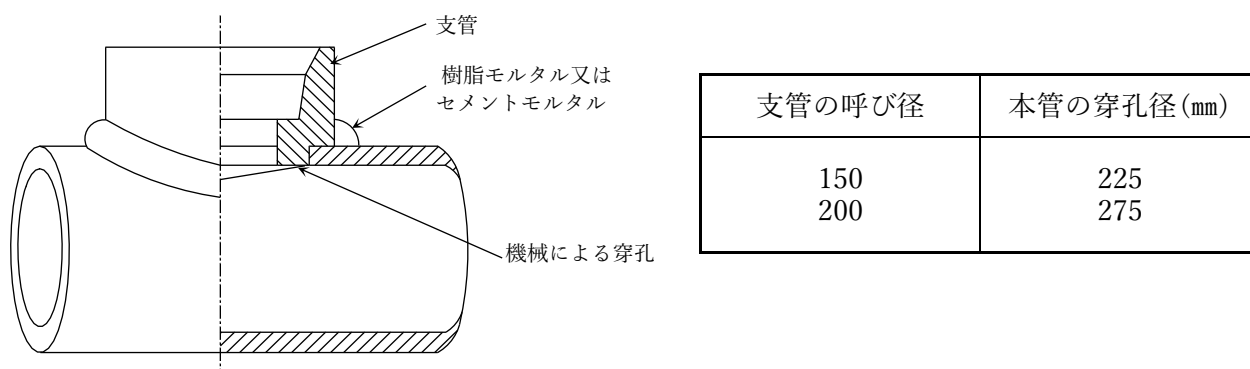


図 3.1.4.5-1 支管の取り付け方法

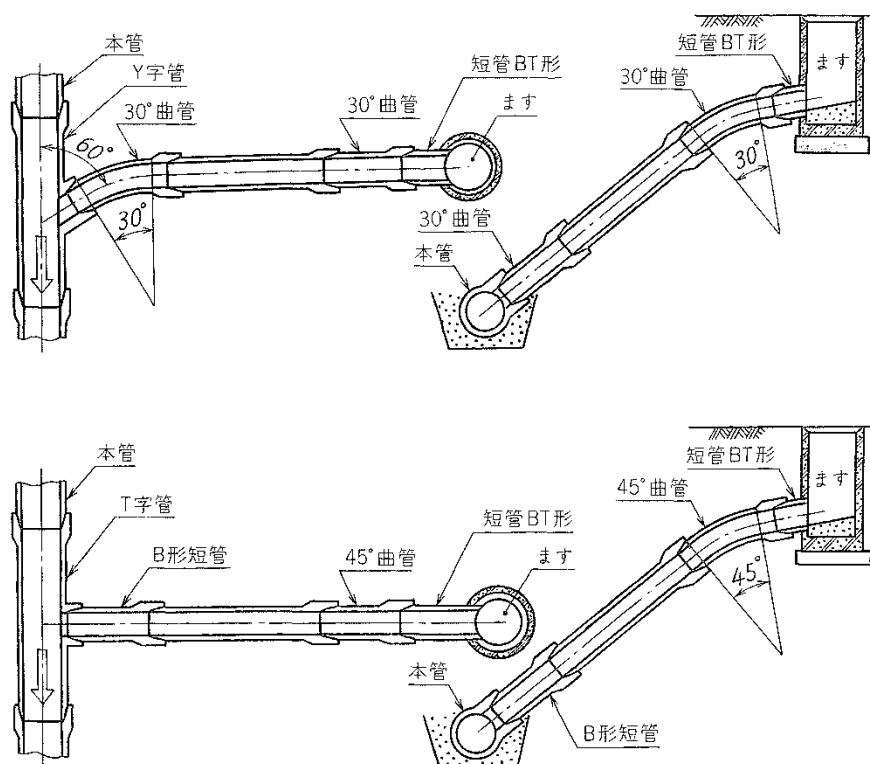


図 3.1.4.5-2 異形管の使用例

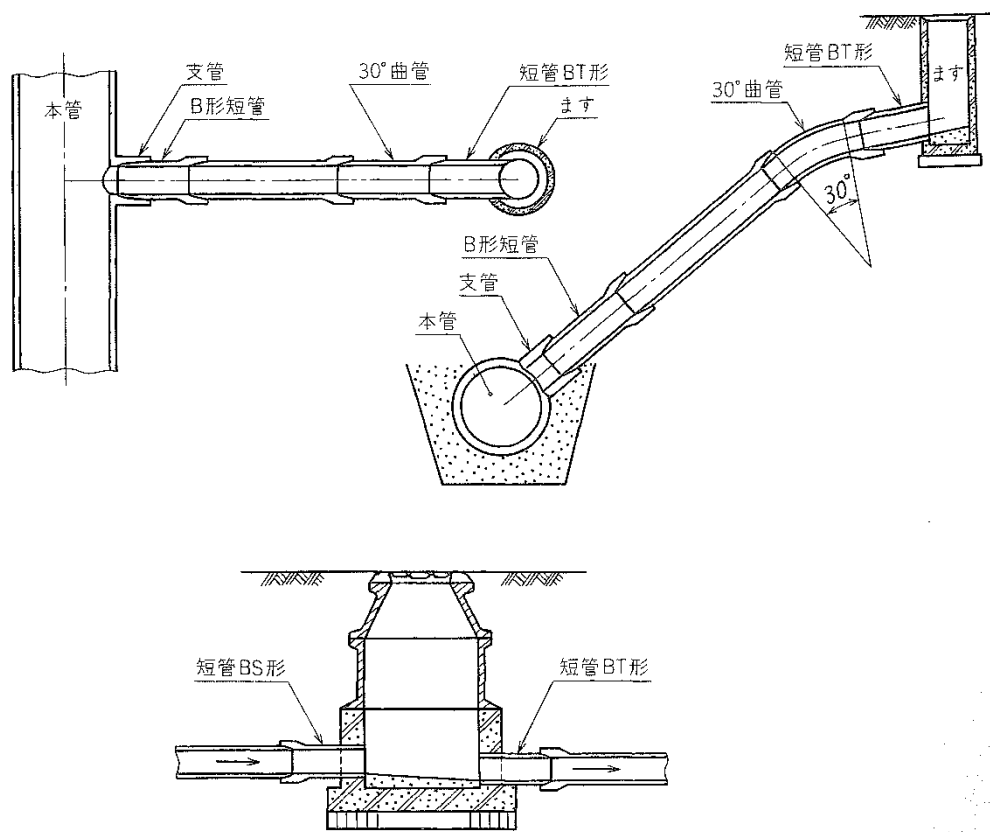


図 3.1.4.5-2 異形管の使用例（続き）

#### 1.4.6 管の布設歩掛り

ヒューム管の標準的な布設歩掛りを、表 3.1.4.6-1 に示す。

表 3.1.4.6-1 ヒューム管の布設歩掛り（標準管長）

（10m 当り）

| 呼び径   | 機 械 布 設    |                   |                   |           |                                                                                                               |             |                                                       |
|-------|------------|-------------------|-------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------|
|       | 世話役<br>(人) | 特 殊<br>作業員<br>(人) | 普 通<br>作業員<br>(人) | トラッククレーン  |                                                                                                               | 諸雑費         |                                                       |
|       |            |                   |                   | 賃料<br>(日) | 規 格                                                                                                           |             |                                                       |
| 150   | 0.29       | 0.58              | 0.58              | 0.29      | バックホウ クローラ型<br>クレーン機能付<br>吊能力 1.7t 吊<br>排出ガス対策型<br>(第 2 次基準値)<br>山積 0.28m <sup>3</sup> ／平積 0.2m <sup>3</sup>  | 労務費<br>の 1% |                                                       |
| 200   | 0.30       | 0.60              | 0.60              | 0.30      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 250   | 0.31       | 0.62              | 0.62              | 0.31      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 300   | 0.32       | 0.64              | 0.64              | 0.32      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 350   | 0.33       | 0.66              | 0.66              | 0.33      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 400   | 0.33       | 0.66              | 0.66              | 0.33      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 450   | 0.34       | 0.68              | 0.68              | 0.34      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 500   | 0.35       | 0.70              | 0.70              | 0.35      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 600   | 0.37       | 0.74              | 1.11              | 0.37      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 700   | 0.39       | 0.78              | 1.17              | 0.39      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 800   | 0.41       | 0.82              | 1.23              | 0.41      | バックホウ クローラ型<br>クレーン機能付<br>吊能力 2.9t 吊<br>排出ガス対策型<br>(第 2 次基準値)<br>山積 0.45m <sup>3</sup> ／平積 0.35m <sup>3</sup> |             |                                                       |
| 900   | 0.43       | 0.86              | 1.29              | 0.43      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 1 000 | 0.45       | 0.90              | 1.35              | 0.45      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 1 100 | 0.47       | 0.94              | 1.41              | 0.47      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 1 200 | 0.49       | 0.98              | 1.47              | 0.49      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 1 350 | 0.53       | 1.06              | 1.59              | 0.53      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 1 500 | 0.57       | 1.14              | 1.71              | 0.57      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 1 650 | 0.61       | 1.22              | 1.83              | 0.61      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 1 800 | 0.66       | 1.32              | 1.98              | 0.66      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 2 000 | 0.73       | 1.46              | 2.19              | 0.73      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 2 200 | 0.80       | 1.60              | 2.40              | 0.80      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 2 400 | 0.88       | 1.76              | 2.64              | 0.88      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 2 600 | 0.96       | 1.92              | 2.88              | 0.96      |                                                                                                               |             | ラフテレーンクレーン 排<br>出ガス対策型<br>(第 2 次基準値)<br>油圧伸縮ジブ型 25t 吊 |
| 2 800 | 1.04       | 2.08              | 3.12              | 1.04      |                                                                                                               |             |                                                       |
| 3 000 | 1.12       | 2.24              | 3.36              | 1.12      |                                                                                                               |             |                                                       |

注：1) 本表は、日本下水道協会下水道用設計標準歩掛表による。ただし、呼び径 150 及び 2600～3000 については、日本下水道協会歩掛表に準じて当協会で定めた。

2) 本表は、下水道用鉄筋コンクリート管に適用する。

3) 歩掛りは、運搬距離 20m 程度の小運搬及び管の接合据付け作業であり、床掘り、基礎、埋戻し及び水替え等は含まない。

4) 諸経費は、滑材及びレバーブロック等の費用であり、労務費の合計に上表の諸雑費率を乗じた金額を上限とする。但し、管切断費用及び鉄筋コンクリート管損失費用は含まない。

5) 急斜面、サイホン等の場合は別途考慮する。

## 第2章 推進工法

推進工法は、一種のトンネル工法であって、開削工法や盛土工法に比べると、その施工方法には基本的な相違点がある。

この工法が開発された当初においては、軌道や道路の横断が主たるものであって、推進距離も比較的短く、その用途も水道管やガス管のさや管として施工されるケースが多かった。その後、推進技術の急速な進歩により、長大な下水管路の埋設に利用されるようになった。昭和 48 年に「下水道推進工法用鉄筋コンクリート管」が、日本下水道協会規格として制定され、2000 年（平成 12 年）および 2018 年（平成 30 年）の改正を経て今日に至っている。

ヒューム管は他の管種に比べて剛性が大きく、荷重による変形がほとんどないという長所とともに小口径から大口径まで施工が可能で、また、管体コンクリートの圧縮強度が高いため、大きな推進力に耐えることができる。しかし、管体が地盤中を複雑な挙動をしながら進み、管に作用する荷重や管体に生ずる応力の状態を予測することは極めて困難なことから、推進工法に使用する管材は、他の工法に比べて十分安全側に設計されたものを使用しなくてはならない。

### 2.1 推進工法の分類

推進工法は、切羽の安定方法、掘削工法、推力の伝達方法、土砂の搬出方法等により工法の種類は多様であるが、使用する推進管の呼び径により分類される。

呼び径の範囲については、昭和 50 年 4 月 7 日付け、労働省基発第 204 号「下水道整備工事、電気通信施設建設工事等における労働災害の防止について」の通達により、管内有人作業は口径 800mm 以上を原則とすること、更に管内無人作業を前提にした「下水道小口径管推進工法用鉄筋コンクリート管(JSWAS A-6-1989)」の制定により呼び径の範囲が規格されたことに基づくものである。

特殊な工法を除いた推進工法の分類を図 3.2.1-1 に示す。

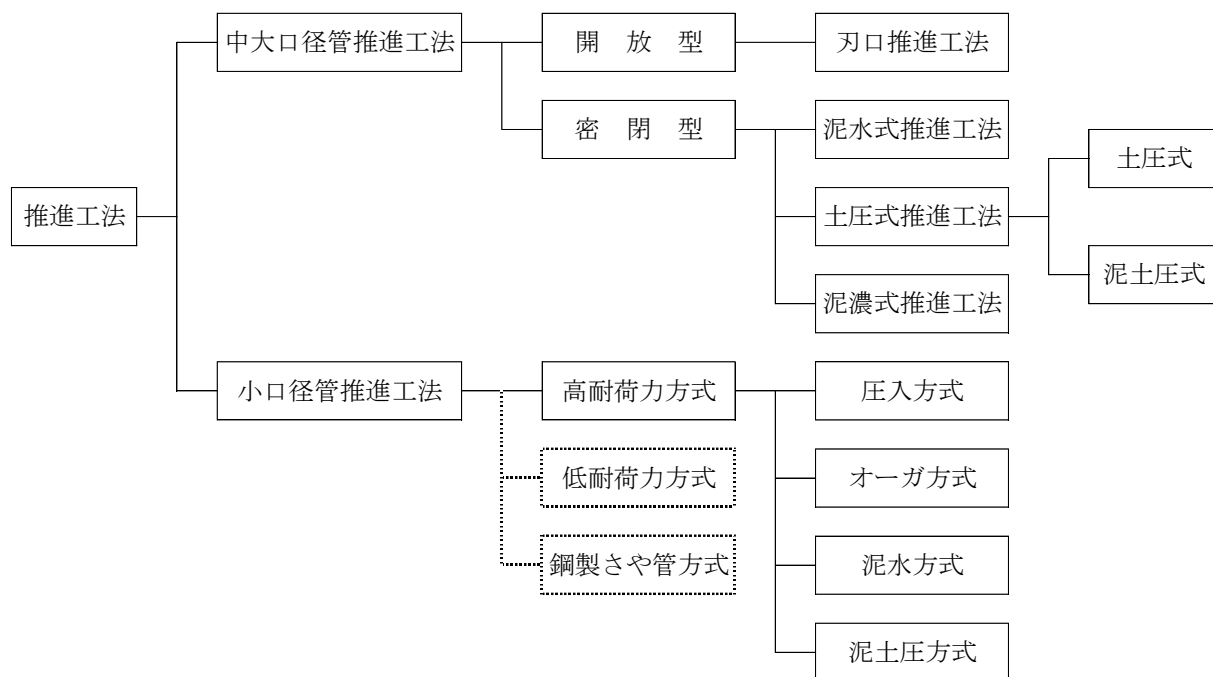


図 3. 2. 1-1 推進工法の分類

## 2. 2 適用土質

刃口推進工法、セミシールド工法及び小口径管推進工法と適用土質の関係を表 3. 2. 2-1～3 に示す。

表 3. 2. 2-1 刃口の形式と切羽安定機構と適用土質

| 刃口形式  | フードの形状             | 切羽安定機構                  | 適用土質           |
|-------|--------------------|-------------------------|----------------|
| 全面開放型 | 直 型                | ジャッキ式<br>た な 式          | 普 通 土<br>砂 質 土 |
|       | 段 切 り 型<br>スランテッド型 | ジャッキ式<br>た な 式<br>角 落 式 | 砂層、砂礫および玉石混じり  |
| 部分開放型 | 直 型                | ジャッキ式<br>角 落 式          | 軟 弱 土          |

表 3. 2. 2-2 密閉型推進工法の機構方式と適用土質

| 工法分類 |      | 切羽安定方式 | 土砂運搬方式       | 適用土質                | 補助工法  |
|------|------|--------|--------------|---------------------|-------|
| 密閉型  | 泥水式  | 泥水圧    | 流体輸送         | 砂礫土、砂質土、粘性土等        | 比較的不要 |
|      | 土圧式  | 土圧     | とろバケット<br>圧送 | 粘土、シルト含有率が30%以上の粘性土 | 同上    |
|      | 泥土圧式 | 泥土圧    |              | 砂礫土、砂質土、粘性土等        |       |
|      | 泥濃式  | 高濃度泥水圧 | 吸引           | 同上                  | 同上    |

表 3. 2. 2-3 小口径推進工法の方式と土質の関係

| 方式    | 特徴                                                        | 適用土質                                       |
|-------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 圧入方式  | 第一工程で鋼製仮管を圧密推進により布設した後、第二工程では仮管を案内管としてコンクリート管を排土しながら圧入する。 | 一般に軟弱地盤に多用される。<br>N 値 0～15 程度。             |
| オーガ方式 | オーガで掘削し、管内に組み込んだスクリーコンベアで土砂を搬出する。一般に一工程式である。              | 粘土、シルト、砂、小礫の土質で、玉石、礫層には専用ビットを装備した機種が用いられる。 |
| 泥水方式  | 泥水式掘進機を先導体として、遠隔操作により推進する。一工程式と二工程式に分類される。                | 一般的に軟弱土、耐水性砂質土、砂礫土等であるが、玉石、転石、岩盤対応の専用機もある。 |
| 泥土圧方式 | 泥土圧式先導体を装備し、掘削土砂の塑性流動化を促進させて切羽土圧を調整しながら推進する方式で一工程式である。    | 粘性土・砂質土の帯水層、硬質土、先導体の装備に応じて礫、玉石混じり土まで対応できる。 |

## 2.3 推進方向の管の耐荷力

### 2.3.1 コンクリートの許容平均圧縮応力度

#### (1) コンクリートの許容圧縮応力度

コンクリートの許容圧縮応力度は、式 3. 2. 3. 1-1 で表される。

$$\sigma_{ca} = \frac{\sigma_c}{2} \dots\dots\dots \text{(式 3. 2. 3. 1-1)}$$

ここに、

$\sigma_{ca}$  : コンクリートの許容圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_c$  : コンクリートの圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)

#### (2) コンクリートの圧縮応力度とひずみの関係

コンクリートの圧縮応力度とひずみの関係は、式 3. 2. 3. 1-2 のように 3 次式で表される。

$$\sigma = 3.72 \times 10^4 \varepsilon + 0.611 \times 10^7 \varepsilon^2 - 6.322 \times 10^9 \varepsilon^3 \dots\dots\dots \text{(式 3. 2. 3. 1-2)}$$

ここに、

$\sigma$  : コンクリートの圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  : コンクリートのひずみ

### (3) 管体に生じる応力

管体に生じる応力集中はひずみの集中という形でとらえ、実験値から式 3.2.3.1-3 で表される。

$$\varepsilon_{\max} = 1.872 \times \varepsilon_{\text{mean}} + 19.1 \times 10^{-6} \dots\dots\dots (\text{式 3.2.3.1-3})$$

ここに、

$\varepsilon_{\max}$  : 管の断面に生じる最大ひずみ

$\varepsilon_{\text{mean}}$  : 管の断面に生じるひずみの平均値

推進管相互の継手部分(管端面)に、木材などの推進力伝達材を挿入することによって、応力集中を分散させる方法がとられているが、全国ヒューム管協会においても、押し輪と管端面の間に合板製リング(厚さ 15mm 程度)を挿入した実物実験において、応力集中を半分程度に減少させることができたことを確認している。

### (4) コンクリートの許容平均圧縮応力度

推進管の管体コンクリートの圧縮強度  $\sigma_c$  については、50N/mm<sup>2</sup> 以上と 70N/mm<sup>2</sup> 以上、さらに 90N/mm<sup>2</sup> 以上が規定されている。

$\sigma_c = 50\text{N/mm}^2$  の場合、 $\sigma_{ca} = 25\text{N/mm}^2$  となる。式 3.2.3.1-2 の圧縮応力度とひずみの関係に  $\sigma_{ca}$  を代入してひずみを求めると、 $\varepsilon = 649 \times 10^{-6}$  となる。このひずみを式 3.2.3.1-3 の  $\varepsilon_{\max}$  に入れて  $\varepsilon_{\text{mean}}$  を求めると、 $\varepsilon_{\text{mean}} = 336 \times 10^{-6}$  となる。 $\varepsilon_{\text{mean}}$  を式 3.2.3.1-2 に入れて応力に変換すると、許容平均圧縮応力度  $\sigma_{\text{mean}} = 13 \text{ N/mm}^2$  が求まる。また、 $\sigma_c = 70\text{N/mm}^2$ 、 $\sigma_c = 90\text{N/mm}^2$  の場合についても同様に計算すると 18.9 N/mm<sup>2</sup>、26.5 N/mm<sup>2</sup> となるが、軸方向強度実験結果等を考慮してそれぞれ  $\sigma_{\text{mean}} = 17.5 \text{ N/mm}^2$ 、 $\sigma_{\text{mean}} = 22.5 \text{ N/mm}^2$  とした。

$$\sigma_c = 50\text{N/mm}^2 \text{ の場合, } \sigma_{\text{mean}} = 13\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 70\text{N/mm}^2 \text{ の場合, } \sigma_{\text{mean}} = 17.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 90\text{N/mm}^2 \text{ の場合, } \sigma_{\text{mean}} = 22.5 \text{ N/mm}^2$$

## 2.3.2 管の有効断面積

設計に用いる管の有効断面積  $A_e$  は、管端部における管の断面積とする。

### 2.3.3 管の許容耐荷力

管の許容耐荷力は、式 3.2.3.3-1 で表され、その計算結果を示すと表 3.2.3.3-1 のようになる。

$$F_a = 1000 \cdot \sigma_{\text{mean}} \cdot A_e \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.3.3-1)}$$

ここに、

$F_a$  : 管の許容耐荷力 (kN)

$\sigma_{\text{mean}}$  : コンクリートの許容平均圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_e$  : 管の有効断面積 (m<sup>2</sup>)

表 3.2.3.3-1 管の許容耐荷力

| 呼び径   | $A_e$ (m <sup>2</sup> ) | $W$ (kN/m) | $F_{a5}$ (kN) | $F_{a7}$ (kN) | $F_{a9}$ (kN) |
|-------|-------------------------|------------|---------------|---------------|---------------|
| 200   | 0.03693                 | 1.15       | 480           | 646           | 831           |
| 250   | 0.04011                 | 1.26       | 521           | 702           | 902           |
| 300   | 0.04939                 | 1.53       | 642           | 864           | 1 111         |
| 350   | 0.06072                 | 1.85       | 789           | 1 063         | 1 366         |
| 400   | 0.07305                 | 2.20       | 950           | 1 278         | 1 644         |
| 450   | 0.08814                 | 2.61       | 1 146         | 1 542         | 1 983         |
| 500   | 0.10264                 | 3.01       | 1 334         | 1 796         | 2 309         |
| 600   | 0.13694                 | 4.10       | 1 780         | 2 396         | 3 081         |
| 700   | 0.18394                 | 5.36       | 2 391         | 3 219         | 4 139         |
| 800   | 0.17664                 | 5.31       | 2 296         | 3 091         | 3 974         |
| 900   | 0.22973                 | 6.72       | 2 986         | 4 020         | 5 169         |
| 1 000 | 0.28973                 | 8.29       | 3 767         | 5 070         | 6 519         |
| 1 100 | 0.33646                 | 9.54       | 4 374         | 5 888         | 7 570         |
| 1 200 | 0.40841                 | 11.40      | 5 309         | 7 147         | 9 189         |
| 1 350 | 0.47996                 | 13.90      | 6 239         | 8 399         | 10 799        |
| 1 500 | 0.61073                 | 17.31      | 7 939         | 10 688        | 13 741        |
| 1 650 | 0.72696                 | 20.36      | 9 451         | 12 722        | 16 357        |
| 1 800 | 0.85326                 | 23.64      | 11 092        | 14 932        | 19 198        |
| 2 000 | 1.04937                 | 28.70      | 13 642        | 18 364        | 23 611        |
| 2 200 | 1.26575                 | 34.24      | 16 455        | 22 151        | 28 479        |
| 2 400 | 1.45896                 | 40.26      | 18 966        | 25 532        | 32 827        |
| 2 600 | 1.71225                 | 46.78      | 22 259        | 29 964        | 38 526        |
| 2 800 | 1.98580                 | 53.78      | 25 815        | 34 752        | 44 681        |
| 3 000 | 2.27962                 | 61.26      | 29 635        | 39 893        | 51 291        |

備考 表中、 $W$ は中央断面で求めた重量で  $W = \pi(D+T)T \times 24.0$  で計算した。 $F_a$ の計算に用いた許容平均圧縮応力度  $\sigma_{\text{mean}}$  は、2.3.1 に示した数値を使用した。

### 2.3.4 曲線推進の許容耐荷力

直線推進での推進方向の許容耐荷力は、表 3.2.3.3-1 管の許容耐荷力によるが、曲線推進における推進方向の耐荷力は、管の曲げ角度や推進力伝達材など、推力の伝達方法により検討を行う必要がある。

## 2.4 推進力に対する検討

### 2.4.1 直線推進

#### (1) 基本式

##### 1) 管と土の摩擦係数

管と土の摩擦係数は、式 3.2.4.1-1 で表される。

$$\mu' = \tan \delta = \tan(\phi/2) \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.1-1)}$$

ここに、

$\mu'$ : 管と土の摩擦係数

$\delta$ : 管と土の摩擦角 (度) (全断面加圧では  $\delta = \phi/2$  と仮定する。)

$\phi$ : 土の内部摩擦角 (度)

上記の摩擦係数は刃口又はシールド機械によって原地盤を掘削し、そのままの状態で推進を行う場合であるが、推進中に管の外周に滑材を注入することによって摩擦力を大幅に減少させることができる。この場合の摩擦係数の値は、滑材の種類及び注入量によって異なるが、最近では滑材を使用する例が多くなっているため、これらの実績を十分に調査して定めるのがよい。

##### 2) 管と土の付着力

管と土の付着力  $C'$  は、粘性土の場合に粘着力が大きくなると付着力は粘着力より減じてくる。一般に管と土の付着力は、大きくとも  $10\text{kN/m}^2$  程度と考えてよい。

##### 3) 標準的な土質

推進管に対する土の摩擦力及び粘着力は土質によって異なるので、標準的な4種類の土質を表 3.2.4.1-1 に示す。

表 3.2.4.1-1 標準的な土質とその特性値

| 土 質 \ 特性値 | $\phi$<br>(度) | $N$ | $C'$<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | $K \cdot \mu$ | $\mu'$ |
|-----------|---------------|-----|-----------------------------|---------------|--------|
| 軟 弱 土     | 15            | 4   | 10                          | 0.2679        | 0.1317 |
| 普 通 土     | 20            | 10  | 5                           | 0.3640        | 0.1763 |
| 普 通 土     | 30            | 15  | 0                           | 0.5774        | 0.2679 |
| 硬 質 土     | 40            | 30  | 0                           | 0.8391        | 0.3640 |

備考 表中、 $\phi$  は土の内部摩擦角、 $N$  は標準貫入試験による  $N$  値、 $C'$  は管と土の付着力、 $K$  はテルツァギーの側方土圧係数 ( $K=1$ )、 $\mu$  は土の摩擦係数 ( $=\tan \phi$ )、 $\mu'$  は管と土との摩擦係数 ( $=\tan \phi/2$ ) を示す。

##### 4) 先端抵抗力

先端抵抗力は、一般に先端刃先抵抗力と呼ばれるものであり、標準貫入試験から求めた  $N$  値で表した式 3.2.4.1-2 を用いる。

$$F_0 = 10.0 \times 1.32 \pi \cdot B_c \cdot N \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.1-2)}$$

ここに、

$F_0$ : 先端抵抗力 (kN)

$B_c$ : 管外径 (m)

$N$ : 標準貫入試験から求めた  $N$  値

## 5) 総推進力

総推進力は、式 3.2.4.1-3 に示す推進諸抵抗の総和で表される。

$$F = F_0 + \{(\pi \cdot B_c \cdot p + W)\mu' + \pi \cdot B_c \cdot C'\}L \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.1-3)}$$

ここに、

- $F$ : 総推進力 (kN)
- $F_0$ : 先端抵抗 (kN)
- $B_c$ : 管外径 (m)
- $p$ : 管にかかる等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- $W$ : 管の単位重量 (kN/m)
- $\mu'$ : 管と土との摩擦係数
- $C'$ : 管と土との付着力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $L$ : 推進延長 (m)

総推進力  $F$  の算定については、管の周囲  $\pi \cdot B_c$  に等分布荷重  $p$  が働き、さらに管と土の付着力  $C'$  は、管の周囲  $\pi \cdot B_c$  に働くものとした。さらに、管の単位重量  $W$  による管と土との間の摩擦抵抗及び先端抵抗が加わるものとして計算する。

## (2) 下水道協会式

式 3.2.4.1-4 は、式 3.2.4.1-3 の修正式であり、自立可能な地山における刃口式推進工法に適用する。

$$F = F_0 + \alpha \cdot \pi \cdot B_c \cdot \tau_a \cdot L + W \cdot \mu' \cdot L \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.1-4)}$$

$$\tau_a = \sigma \cdot \mu' + C'$$

$$\sigma = \beta \cdot q$$

$$\mu' = \tan \delta$$

$$F_0 = 10.0 \times 1.32 \pi \cdot B_s \cdot N'$$

ここに、

- $F$ : 総推進力 (kN)
- $F_0$ : 先端抵抗 (kN)
- $\alpha$ : 管と土との摩擦抵抗の生じる範囲にかかる係数 (=0.50~0.75)
- $B_c$ : 管の外径 (m)
- $B_s$ : 先導体 (刃口・掘進機) の外径 (m)
- $\tau_a$ : 管と土とのせん断力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $L$ : 推進延長 (m)
- $W$ : 管の単位重量 (kN/m)
- $\mu'$ : 管と土との摩擦係数
- $\sigma$ : 管にかかる周辺荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- $\beta$ : 管にかかる周辺荷重の係数 (=1.0~1.5)
- $\delta$ : 管と土との摩擦角 (度) (全断面加圧につき  $\delta = \phi/2$  と仮定する)

$C'$  : 管と土との付着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$N'$  : 切羽心抜きをした場合の貫入抵抗値

普通土 (粘性土) 1.0

砂質土 2.5

硬質土 3.0

$q$  : 管にかかる等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

### (3) 泥水・土圧式算定式 (略称 : 泥水土圧式)

本式は、中大口径管の泥水・土圧式推進工法に適用する。

((公財) 日本下水道新技術機構と (公社) 日本推進技術協会の共同研究により提案されたものである。)

$$F = F_0 + f_0 \cdot L \dots\dots\dots (式 3.2.4.1-5)$$

$$F_0 = (P_w + P_e) \cdot \pi \cdot \left[ \frac{B_s}{2} \right]^2$$

$$f_0 = \beta \{ (\pi \cdot B_c \cdot q + W) \mu' + \pi \cdot B_c \cdot C' \}$$

ここに、

$F$  : 総推進力 (kN)

$F_0$  : 先端抵抗力 (kN)

$f_0$  : 周面抵抗力 (kN/m)

$L$  : 推進延長 (m)

$P_w$  : チャンバ内圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

泥水式  $P_w =$  地下水圧 + 20.0 (kN/m<sup>2</sup>)

土圧式 (砂質土の場合)

$P_w =$  主働土圧 + 地下水圧 +  $P$  ( $P = 20 \sim 50$  kN/m<sup>2</sup>)

(粘性土の場合)

$P_w =$  静止土圧を用いる。

$P_e$  : 切削抵抗 (kN/m<sup>2</sup>)

$N$  値より、次のとおりとする。

$P_e = N \text{ 値} \times 10.0$  (kN/m<sup>2</sup>)

ただし、 $N < 15$  の場合は  $P_e = 150$  (kN/m<sup>2</sup>) とする。

$N > 50$  の場合は  $P_e = 500$  (kN/m<sup>2</sup>) とする。

$B_s$  : 掘削機の外径 (m)

$B_c$  : 管外径 (m)

$q$  : 管にかかる等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$W$  : 管の単位重量 (kN/m)

$\mu'$  : 管と土の摩擦係数

$\mu' = \tan (\phi/2)$

$\phi$  : 内部摩擦角

$C'$  : 管と土の付着力 (kN/m<sup>2</sup>)

粘性土 (N<10) :  $C'=8$

固結土 (N $\geq$ 10) :  $C'=5$

$\beta$  : 推進力低減係数

表 3.2.4.1-2 土質別の  $\beta$  標準値

| 土 質   | 推進力低減係数 $\beta$ (注) |
|-------|---------------------|
| 粘 性 土 | 0.35                |
| 砂 質 土 | 0.45                |
| 砂 礫 土 | 0.60                |
| 固 結 土 | 0.35                |

注1  $\beta$  値は標準値を基本とし、施工条件により $\pm 0.05$ の範囲で採用する。

注2 本表で定義する土質のうち、砂礫土は礫径 20mm 以上で、最大礫径は推進機外径の 20%未満かつ 400mm 以下とする。

#### (4) 高耐荷力泥水・泥土圧方式算定式 (略称：高耐荷力式)

本式は、高耐荷力方式小口径管の密閉型推進工法に適用することを標準とする。

本式は、設計に際し、採用する管の耐荷力を確認するためのものである。

$$F = F_0 + F_1 \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.1-6)}$$

$$F_0 = \alpha \cdot (B_s/2)^2 \cdot \pi$$

$$F_1 = f_0 \cdot S \cdot L$$

ここに、

$F$  : 総推進力 (kN)

$F_0$  : 先端抵抗 (kN)

$\alpha$  : 先端抵抗力係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$f_0$  : 周面抵抗力係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$S$  : 管外周長 (m)

$B_s$  : 先導体外径 (m) (通常  $B_s = B_c$  としてよい)

$B_c$  : 管外径 (m)

$L$  : 推進延長 (m)

表 3.2.4.1-3 土質別  $\alpha$ ,  $f_0$  (kN/m<sup>2</sup>)

| 先端抵抗 / 土質        | 普通土   | 砂礫土   | 硬質土   |
|------------------|-------|-------|-------|
| 先端抵抗力係数 $\alpha$ | 1,200 | 1,750 | 1,500 |
| 周面抵抗力係数 $f_0$    | 3.0   | 4.5   | 2.5   |

施工可能延長については、各工法の特徴や土質等の施工条件により異なるため、十分な調査と比較検討を踏まえて判断する必要がある。

#### (5) 泥濃式算定式（略称：泥濃式）

本式は、泥濃式推進工法に適用する。

（（公社）日本推進技術協会により提案されたものである。）

$$F = F_0 + f \cdot S \cdot L \cdots \cdots \cdots \text{（式 3.2.4.1-7）}$$

$$F_0 = (P_e + P_w) \cdot (B_s/2)^2 \cdot \pi$$

$$f = \{2 + 3 \cdot (G/100)^2 + 27 \cdot (G/100) \cdot M^2$$

ここに、

$F$  : 総推進力 (kN)

$F_0$  : 先端抵抗力 (kN)

$S$  : 管外周長 (m)

$L$  : 推進延長 (m)

$P_e$  : 切羽単位面積当り推力 (kN/m<sup>2</sup>)

$$P_e = 4.0 \times N \text{ 値}$$

$P_w$  : 掘削室内泥水圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

$$P_w = (\text{地下水圧} + 20.0) \text{ kN/m}^2$$

$B_s$  : 掘進機外径 (m)

$f$  : 周面抵抗力 (kN/m<sup>2</sup>)

$G$  : 礫率 (%)

$M$  : 最大礫長径／管外径

#### 2.4.2 曲線推進

推進工事では、地形や環境条件又は交通事情等により、曲線推進を施工せざるを得ない場合があり、慎重に諸条件を検討して設計しなければならない。

曲線推進を行う場合の施工性を左右する要素には、管の呼び径、管長、曲線部の延長、土質の状態、先導体の構造、施工方法（補助工法を含む）等がある。これらの要素により推進可能な曲線半径は異なるが、管材についても NS 推進管の様に継手の長い管、または有効長の短い管を使用することにより、20R 程度の急曲線推進も施工されるようになってきた。

##### (1) 曲線推進抵抗

曲線推進は、直線推進における推進抵抗のほかに、管後方からの曲線の外側方向への分力による管外壁面との摩擦抵抗が負荷されるので、その分推力が増加する。

曲線推進抵抗の計算は、管周囲の地山が自立しており、かつ、管が自由に曲げられるだけの拡幅をされている場合は次式が一般によく用いられている。

図 3.2.4.2-1 に於いて、 $F_0$ : 刃口の推進抵抗(kN)、 $F_1$ : 第 1 本目の管の直線推進抵抗(kN)、 $F_2$ : 第 2 本目より第 1 本目に加わる推力(kN)、 $\alpha$ : 第 1 本目と第 2 本目の折れ角 (度)、 $T_1$ : 法線方向の推力 ( $= F_2 \sin \alpha$ )、 $k T_1$ :  $T_1$  の法線力により生じる推進抵抗 ( $k$ : 法線力による管と地山との間のせん断抵抗率 0.5~0.7、一般に 0.5 とする。)

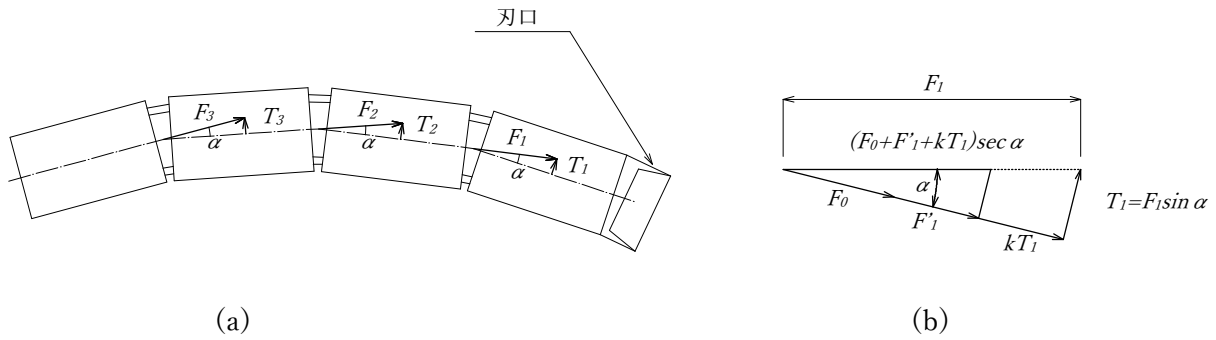


図 3.2.4.2-1 曲線推進抵抗

図 3.2.4.2-1(b) より

$$F_1 = (F_0 + F'_1 + kF_1 \sin \alpha) \sec \alpha \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.2-1)}$$

同様に

$$F_2 = (F_1 + F'_2 + kF_2 \sin \alpha) \sec \alpha \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.2-2)}$$

$$F_3 = (F_2 + F'_3 + kF_3 \sin \alpha) \sec \alpha \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.2-3)}$$

式 3.2.4.2-1 より

$$F_1 = \frac{(F_0 + F'_1) \sec \alpha}{1 - k \sin \alpha \sec \alpha}$$

式 3.2.4.2-2 より

$$F_2 = \frac{(F_1 + F'_2) \sec \alpha}{1 - k \sin \alpha \sec \alpha}$$

$$K = \frac{\sec \alpha}{1 - k \sin \alpha \sec \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha - k \sin \alpha} \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.2-4)}$$

とすれば

$$F_2 = \{K(F_0 + F'_1) + F'_2\}K = K^2(F_0 + F'_1) + KF'_2$$

同様に

$$F_3 = K^3(F_0 + F'_1) + K^2F'_2 + KF'_3$$

$$F_n = K^n(F_0 + F'_1) + K^{n-1}F'_2 \cdots \cdots KF'_n$$

$F' = F'_1 = F'_2 = F'_3 = F'_n$  とすれば

$$F_n = K^n F_0 + F' \frac{K^{n+1} - K}{K - 1} \quad \cdots \cdots \cdots \text{(式 3.2.4.2-5)}$$

今、曲線部の推進抵抗と直線部の推進抵抗の比率を  $\lambda$  とすると

$$\lambda = \frac{K^{n+1} - K}{n(K - 1)}$$

$n$  : 曲線部の推進管本数 [  $n \doteq CL/l$ 、 $CL$  : 曲線長(m)、 $l$  : 推進管 1 本の長さ(m) ]

曲線推進後に直線推進する場合の一般式を式 3.2.4.2-6 に示す。

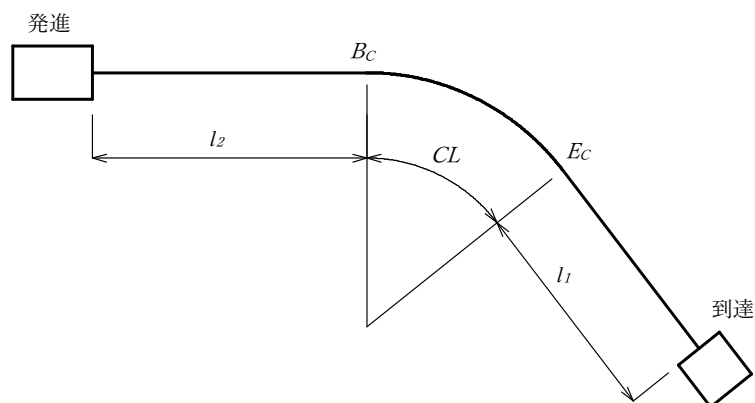


図 3.2.4.2-2 推進路線

図 3.2.4.2-2 に示される管路の推進抵抗  $F$

$$F = [F_0 + f \cdot l_1] K^n + \lambda \cdot f \cdot CL + f \cdot l_2 \dots \dots \dots (\text{式 3.2.4.2-6})$$

$f$  : 1m 当たりの直線推進の抵抗(kN/m)

$F_0$  : 初期抵抗(kN)

## (2) 曲線部の許容推進力

曲線部では、管列が外側に膨れ出す現象により、管は地盤反力による背面からの力を受ける。この背面からの抵抗力は曲線区間で推進力が最も大きくなる曲進開始点(BC 点)で最大となる。曲線部では推進管が折れ線状になっているため、背面からの抵抗力は管の継手部に集中することとなる。この曲進開始点(BC 点)での作用荷重の模式図を図 3.2.4.2-3 に示す。図に示すように、地盤反力は管外径の  $90^\circ$  に分布すると仮定している。また、管端部にかかる偏圧の分布形状を三角形とし、その分布範囲長を  $L_a$  とすると、(BC 点)での推進力  $F_{BC}$  と分布荷重  $R_g$  の関係は式 3.2.4.2-7 で与えられる。

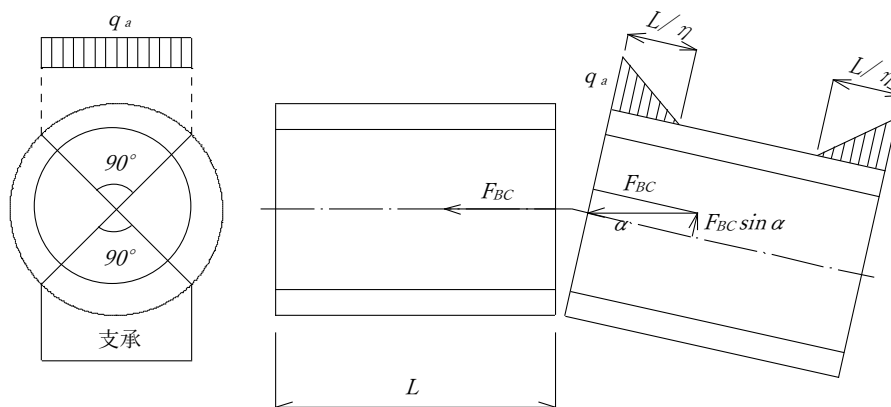


図 3.2.4.2-3 推進力と側方地盤反力の模式図

$$F_{aBC} \cdot \sin \alpha = R_g = 2 \cdot (1/2) \cdot L_a \cdot \sqrt{2} \cdot r \cdot q_a \dots\dots\dots (式 3.2.4.2-7)$$

曲線推進における推進管の安全率  $\gamma$  ( $=1.5$ ) を考慮した BC 点における許容推進力  $F_{aBC}$  は、

$$F_{aBC} = \frac{\sqrt{2} \cdot L_a \cdot r \cdot q_a}{\gamma \cdot \sin \alpha} \dots\dots\dots (式 3.2.4.2-8)$$

ここに、 $F_{aBC}$  : BC 点における許容推力 (kN)

$R_g$  : 側方地盤反力(kN)

$\alpha$  : 管 1 本当たりの折れ角 (°)

$$\alpha = 2 \sin^{-1} \left[ \frac{L}{2(R - D/2)} \right]$$

$R$  : 曲線半径(m)

$D$  : 管外径(m)

$L_a$  : 地盤反力に対する影響範囲長(m)

$$= L / \eta$$

$L$  : 推進管の有効長 (m/本)

$\eta$  : 推進管の影響範囲係数 ( $\geq 1.0$ ) (分布範囲  $90^\circ$  の場合)

$$\eta = -13.917R_t - 0.579R_L + 10.506R_t \cdot R_L + 2.033$$

表 3.2.4.2-1 影響範囲係数  $\eta$

| 呼び径<br>(mm) | 管の有効長 L (m) |       | 呼び径<br>(mm) | 管の有効長 L (m) |       |
|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|
|             | 2.43        | 1.20  |             | 2.43        | 1.20  |
| 800         | 2.074       | 1.349 | 1 800       | 1.275       | 1.033 |
| 900         | 1.915       | 1.270 | 2 000       | 1.229       | 1.019 |
| 1 000       | 1.787       | 1.207 | 2 200       | 1.194       | 1.010 |
| 1 100       | 1.641       | 1.167 | 2 400       | 1.167       | 1.003 |
| 1 200       | 1.566       | 1.127 | 2 600       | 1.145       | 1.000 |
| 1 350       | 1.453       | 1.094 | 2 800       | 1.128       | 1.000 |
| 1 500       | 1.385       | 1.055 | 3 000       | 1.113       | 1.000 |
| 1 650       | 1.322       | 1.041 |             |             |       |

$R_t$  : 管厚比 =  $t / D_i$

$R_L$  : 管長比 =  $L / D_i$

$D_i$  : 推進管の内径(m)

$t$  : 推進管の管厚(m)

$r$  : 管厚中心半径(m)

$q_a$  : 管の許容等分布側圧(kN/m<sup>2</sup>)  
 $= M_a / (0.239r^2)$  ( $90^\circ$  分布と仮定)

$M_a$  : 管のひび割れ抵抗曲げモーメント(kN-m)  
 $= 0.318P \cdot r + 0.239W \cdot r$

$P$  : ひび割れ試験荷重(kN/m)

$W$  : 管の自重(kN/m)

管の強度試験に基づいて定められた許容等分布荷重を、式 3.2.4.2-8 の  $q_a$  に代入して算出した推力  $F_a$  が許容推進力である。また、曲線区間において最も推進抵抗力の大きくなる(BC点)の抵抗力を式 3.2.4.2-6 により算出する。この抵抗力と上記の許容推進力を比較することにより、側方分布荷重に対する推進管の強度安全性を確認する。表 3.2.4.2-2 に許容等分布側圧  $q_a$  を、表 3.2.4.2-3 に継手の抜け出し量 30mm (E 形管) の場合の  $F_{aBC}$  (B C 点における許容推進力) をそれぞれ示す。

表 3.2.4.2-2 許容等分布側圧  $q_a$

| 管種  | 呼び径   | t<br>(mm) | r<br>(m) | W<br>(kN/m) | P<br>(kN/m) | $M_a$<br>(kN・m) | $q_a$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----|-------|-----------|----------|-------------|-------------|-----------------|-------------------------------|
| 1 種 | 800   | 80        | 0.4400   | 5.31        | 35.4        | 5.511           | 119.126                       |
|     | 900   | 90        | 0.4950   | 6.72        | 38.3        | 6.824           | 116.545                       |
|     | 1 000 | 100       | 0.5500   | 8.29        | 41.2        | 8.296           | 114.762                       |
|     | 1 100 | 105       | 0.6025   | 9.54        | 42.7        | 9.555           | 110.145                       |
|     | 1 200 | 115       | 0.6575   | 11.40       | 44.2        | 11.033          | 106.803                       |
|     | 1 350 | 125       | 0.7375   | 13.90       | 47.1        | 13.497          | 103.851                       |
|     | 1 500 | 140       | 0.8200   | 17.31       | 50.1        | 16.457          | 102.425                       |
|     | 1 650 | 150       | 0.9000   | 20.36       | 53.0        | 19.548          | 100.997                       |
|     | 1 800 | 160       | 0.9800   | 23.64       | 55.9        | 22.959          | 100.050                       |
|     | 2 000 | 175       | 1.0875   | 28.70       | 58.9        | 27.828          | 98.481                        |
|     | 2 200 | 190       | 1.1950   | 34.24       | 61.8        | 33.263          | 97.495                        |
|     | 2 400 | 205       | 1.3025   | 40.26       | 64.8        | 39.374          | 97.143                        |
|     | 2 600 | 220       | 1.4100   | 46.78       | 67.7        | 46.119          | 97.099                        |
|     | 2 800 | 235       | 1.5175   | 53.78       | 70.7        | 53.621          | 97.463                        |
|     | 3 000 | 250       | 1.6250   | 61.26       | 73.6        | 61.825          | 98.005                        |
| 2 種 | 800   | 80        | 0.4400   | 5.31        | 70.7        | 10.451          | 225.868                       |
|     | 900   | 90        | 0.4950   | 6.72        | 76.5        | 12.837          | 219.207                       |
|     | 1 000 | 100       | 0.5500   | 8.29        | 82.4        | 15.501          | 214.406                       |
|     | 1 100 | 105       | 0.6025   | 9.54        | 85.4        | 17.736          | 204.263                       |
|     | 1 200 | 115       | 0.6575   | 11.40       | 88.3        | 20.254          | 195.877                       |
|     | 1 350 | 125       | 0.7375   | 13.90       | 94.2        | 24.542          | 188.669                       |
|     | 1 500 | 140       | 0.8200   | 17.31       | 101         | 29.729          | 184.993                       |
|     | 1 650 | 150       | 0.9000   | 20.36       | 106         | 34.717          | 179.333                       |
|     | 1 800 | 160       | 0.9800   | 23.64       | 112         | 40.441          | 176.186                       |
|     | 2 000 | 175       | 1.0875   | 28.70       | 118         | 48.267          | 170.684                       |
|     | 2 200 | 190       | 1.1950   | 34.24       | 124         | 56.900          | 166.716                       |
|     | 2 400 | 205       | 1.3025   | 40.26       | 130         | 66.378          | 163.647                       |
|     | 2 600 | 220       | 1.4100   | 46.78       | 136         | 76.744          | 161.513                       |
|     | 2 800 | 235       | 1.5175   | 53.78       | 142         | 88.029          | 159.892                       |
|     | 3 000 | 250       | 1.6250   | 61.26       | 148         | 100.271         | 158.881                       |

表 3. 2. 4. 2-3 曲線部 B C 点の許容推進力 (F<sub>a</sub>)

| 管種     | 呼び径   | q <sub>a</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 曲線半径 R(m) と折れ角 α (°) |       |        |        |        |     |     |
|--------|-------|----------------------------------------|----------------------|-------|--------|--------|--------|-----|-----|
|        |       |                                        | 50                   | 75    | 100    | 150    | 200    | 250 | 300 |
|        |       |                                        | 2°47'                | 1°51' | 1°24'  | 55'    | 42'    | 33' | 28' |
| 1 種 50 | 800   | 119.126                                | 1,814                | 1,776 | 2,296  | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 900   | 116.545                                | 2,118                | 2,986 | 2,825  | 2,986  | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 000 | 114.762                                | 2,436                | 3,668 | 3,310  | 3,767  | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 100 | 110.145                                |                      | 3,986 | 4,374  | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 200 | 106.803                                |                      | 4,363 | 5,309  | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 350 | 103.851                                |                      | 4,897 | 6,239  | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 500 | 102.425                                |                      | 5,562 | 7,438  | 7,939  | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 650 | 100.997                                |                      |       | 8,150  | 9,451  | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 800 | 100.050                                |                      |       | 8,852  | 11,092 | ←      | ←   | ←   |
|        | 2 000 | 98.481                                 |                      |       | 9,790  | 13,642 | ←      | ←   | ←   |
|        | 2 200 | 97.495                                 |                      |       | 10,732 | 16,168 | 16,455 | ←   | ←   |
|        | 2 400 | 97.143                                 |                      |       |        | 17,667 | 18,966 | ←   | ←   |
|        | 2 600 | 97.099                                 |                      |       |        | 19,158 | 22,259 | ←   | ←   |
|        | 2 800 | 97.463                                 |                      |       |        | 20,681 | 25,815 | ←   | ←   |
|        | 3 000 | 98.005                                 |                      |       |        | 22,250 | 29,635 | ←   | ←   |
| 2 種 50 | 800   | 225.868                                | 2,296                | ←     | ←      | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 900   | 219.207                                | 2,986                | ←     | ←      | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 000 | 214.406                                | 2,436                | ←     | ←      | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 100 | 204.263                                |                      | 4,374 | ←      | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 200 | 195.877                                |                      | 5,309 | ←      | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 350 | 188.669                                |                      | 6,239 | ←      | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 500 | 184.993                                |                      | 7,939 | ←      | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 650 | 179.333                                |                      |       | 9,451  | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 1 800 | 176.186                                |                      |       | 11,092 | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 2 000 | 170.684                                |                      |       | 13,642 | ←      | ←      | ←   | ←   |
|        | 2 200 | 166.716                                |                      |       |        | 16,455 | ←      | ←   | ←   |
|        | 2 400 | 163.647                                |                      |       |        | 18,966 | ←      | ←   | ←   |
|        | 2 600 | 161.513                                |                      |       |        | 22,259 | ←      | ←   | ←   |
|        | 2 800 | 159.892                                |                      |       |        | 25,815 | ←      | ←   | ←   |
|        | 3 000 | 158.881                                |                      |       |        | 29,635 | ←      | ←   | ←   |

| 管種     | 呼び径   | q <sub>a</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 曲線半径 R(m) と折れ角 α (°) |       |        |        |        |        |        | (kN) |
|--------|-------|----------------------------------------|----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
|        |       |                                        | 50                   | 75    | 100    | 150    | 200    | 250    | 300    |      |
|        |       |                                        | 2°47'                | 1°51' | 1°24'  | 55'    | 42'    | 33'    | 28'    |      |
| 1 種 70 | 800   | 119.126                                | 1,814                | 1,776 | 2,371  | 3,091  | ←      | ←      | ←      |      |
|        | 900   | 116.545                                | 2,118                | 3,188 | 2,825  | 4,020  | ←      | ←      | ←      |      |
|        | 1 000 | 114.762                                | 2,436                | 3,668 | 3,310  | 4,975  | 5,070  | ←      | ←      |      |
|        | 1 100 | 110.145                                |                      | 3,986 | 5,326  | 5,964  | 5,888  | ←      | ←      |      |
|        | 1 200 | 106.803                                |                      | 4,363 | 5,832  | 6,311  | 7,147  | ←      | ←      |      |
|        | 1 350 | 103.851                                |                      | 4,897 | 6,546  | 7,413  | 8,399  | ←      | ←      |      |
|        | 1 500 | 102.425                                |                      | 5,562 | 7,438  | 8,524  | 10,688 | ←      | ←      |      |
|        | 1 650 | 100.997                                |                      |       | 8,150  | 12,266 | 12,722 | ←      | ←      |      |
|        | 1 800 | 100.050                                |                      |       | 8,852  | 13,325 | 14,420 | 14,932 | ←      |      |
|        | 2 000 | 98.481                                 |                      |       | 9,790  | 14,743 | 16,331 | 18,364 | ←      |      |
|        | 2 200 | 97.495                                 |                      |       | 10,732 | 16,168 | 21,603 | 22,151 | ←      |      |
|        | 2 400 | 97.143                                 |                      |       |        | 17,667 | 23,612 | 25,403 | 25,532 |      |
|        | 2 600 | 97.099                                 |                      |       |        | 19,158 | 25,610 | 28,001 | 29,964 |      |
|        | 2 800 | 97.463                                 |                      |       |        | 20,681 | 27,650 | 34,620 | 34,752 |      |
|        | 3 000 | 98.005                                 |                      |       |        | 22,250 | 29,754 | 37,259 | 39,893 |      |

備考 1.  $F_a = \sqrt{2} \cdot L_a \cdot r \cdot q_a / (1.5 \cdot \sin \alpha)$  とし、少数以下は切り捨てる。

2.  は標準管 (L=2.43m)、 は半管 (L=1.20m) を用いた場合の限界値。

3.  部は、管の許容耐荷力の適用範囲を示す。

### (3) 管継手部の開口長

管が曲線推進される場合、図 3.2.4.2-4 に示すように継手が抜け出す事によって曲線の外側の目地が開口する。開口長は曲線の外側部、内側部、あるいは管の外側、内側によって異なる。この開口長  $S_1$  (曲線の外側部で管の外側)、 $S_2$  (曲線の外側部で管の内側)、 $S_3$  (曲線の内側部で管の内側)、 $S_4$  (曲線の内側部で管の外側) は、図 3.2.4.2-4 より式 3.2.4.2-9～式 3.2.4.2-11 で示される。

$$S_1 \doteq \frac{lD_0}{R_0 - D_0/2} + S_4 \dots\dots\dots \text{(式 3.2.4.2-9)}$$

$$S_2 \doteq \frac{l(D_0 - t)}{R_0 - D_0/2} + S_4 \dots\dots\dots \text{(式 3.2.4.2-10)}$$

$$S_3 \doteq \frac{lt}{R_0 - D_0/2} + S_4 \dots\dots\dots \text{(式 3.2.4.2-11)}$$

なお、 $S_4$  は管端部が直接接触して応力集中による管の破損を防止するための推進力伝達材の厚さである。

曲線管路の管目地開口長 ( $S_1$ ) の値を表 3.2.4.2-4 に示す。

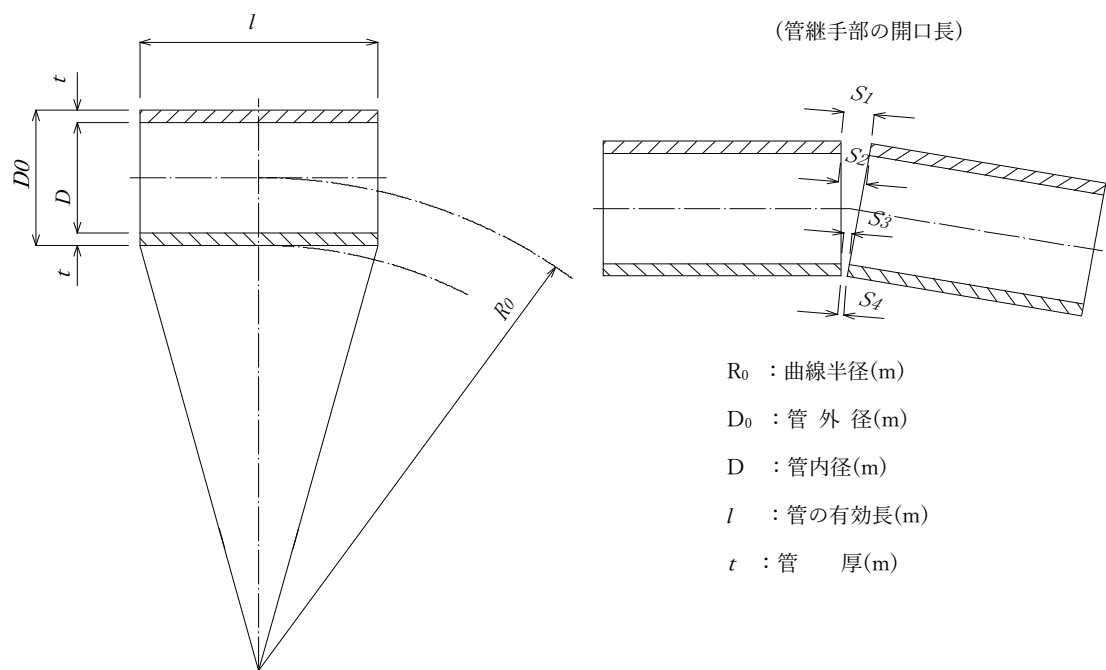


図 3. 2. 4. 2-4 曲線推進に伴う管継手部の開口長

表 3. 2. 4. 2-4 曲線管路の管目地部開口長  $S_1$ 

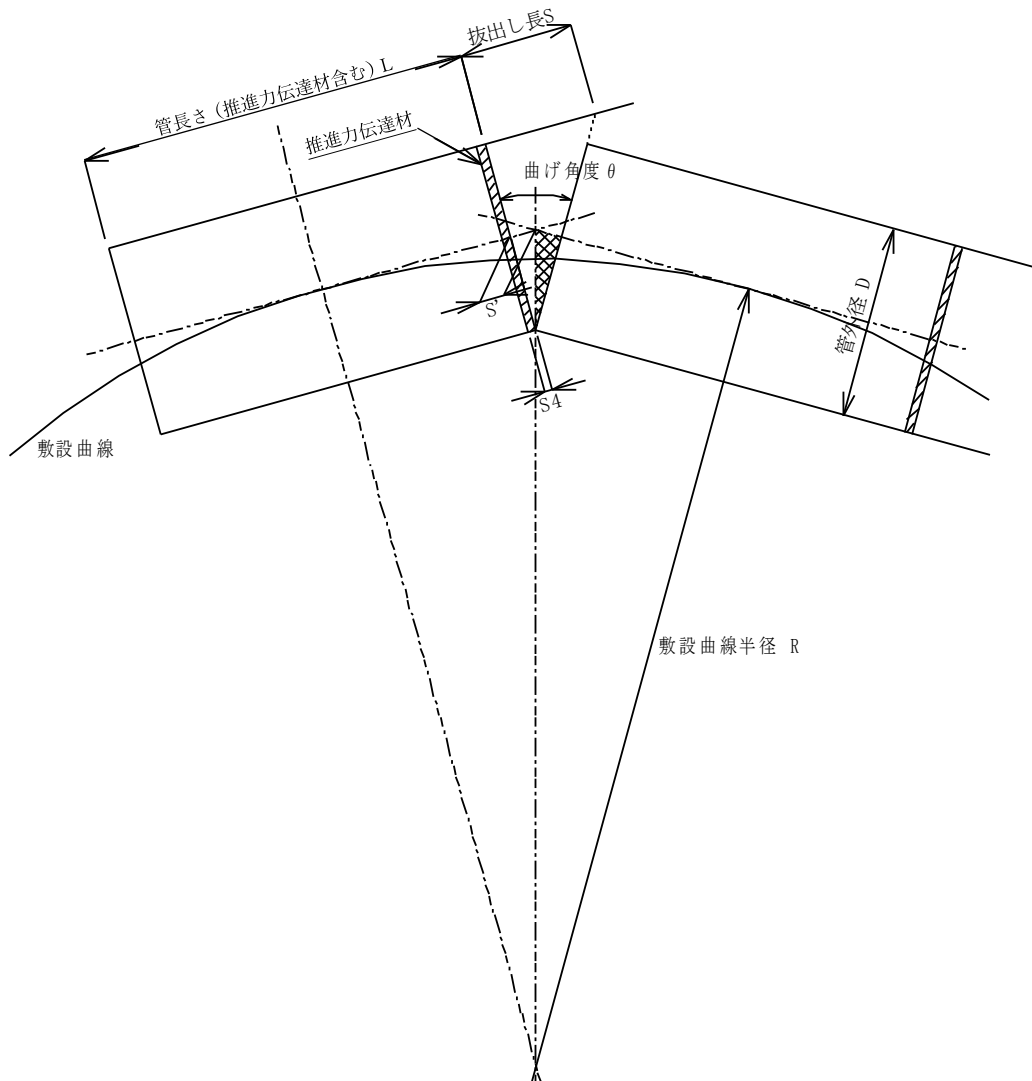
単位:mm

| $R_0(m)$<br>呼び径 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|-----------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 800             | 59 | 39 | 29 | 23  | 20  | 16  | 12  | 8   | 6   | 5   | 4   |
| 900             |    | 44 | 33 | 26  | 22  | 18  | 13  | 9   | 7   | 5   | 4   |
| 1 000           |    | 49 | 37 | 29  | 24  | 20  | 15  | 10  | 7   | 6   | 5   |
| 1 100           |    | 54 | 40 | 32  | 27  | 21  | 16  | 11  | 8   | 6   | 5   |
| 1 200           |    | 59 | 44 | 35  | 29  | 23  | 17  | 12  | 9   | 7   | 6   |
| 1 350           |    |    | 49 | 39  | 33  | 26  | 20  | 13  | 10  | 8   | 7   |
| 1 500           |    |    | 55 | 44  | 36  | 29  | 22  | 14  | 11  | 9   | 8   |
| 1 650           |    |    |    | 48  | 40  | 32  | 24  | 16  | 12  | 9   | 8   |
| 1 800           |    |    |    | 52  | 43  | 35  | 26  | 17  | 13  | 10  | 9   |
| 2 000           |    |    |    | 58  | 48  | 38  | 29  | 19  | 14  | 11  | 10  |
| 2 200           |    |    |    |     | 53  | 42  | 32  | 21  | 16  | 13  | 10  |
| 2 400           |    |    |    |     | 58  | 46  | 34  | 23  | 17  | 14  | 11  |
| 2 600           |    |    |    |     |     | 50  | 37  | 25  | 17  | 15  | 12  |
| 2 800           |    |    |    |     |     | 54  | 40  | 27  | 20  | 16  | 13  |
| 3 000           |    |    |    |     |     | 57  | 43  | 29  | 21  | 17  | 14  |

備考 管の有効長( $l$ )は 2.43m、 $S_4=0$  として計算している。管の有効長( $l$ )が 1.20m の場合は、 $S_1$  の値が約 1/2 となる。通常の施工では  $S_4=5\text{mm}$  程度を考慮するのが一般的である。

#### (4) 管の拔出し長

拔出し長から計算した曲げ角度および曲線半径の値を表 3.2.4.2-5~8 に示す。



$$R = \frac{\left(S' + \frac{L}{2}\right) \cdot \left(\frac{D}{2}\right)}{S'}$$

$$S' = \tan \left\{ \frac{1}{2} \cdot \tan^{-1} \left( \frac{S}{D} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D}{2} \right)$$

$$S = 2 \cdot D \cdot \tan^{-1} \left( \frac{\frac{L}{2}}{\left(R - \frac{D}{2}\right)} \right)$$

R：敷設曲線半径 (m)

S'：管中心線上補助線長さ (m)

L：管長さ（推進力伝達材厚さ  $S_4$  を含む）(m)  
（小口径は 3mm、中大口径は 10mm を考慮した）

D：管外径 (m)

S：拔出し長 (m)

図 3.2.4.2-5 曲げ角度の計算方法

表 3. 2. 4. 2-5 小口径推進管 E 形 (SJS) の曲げ角度及び曲線半径

| 呼び径 | 拔出し長<br>(mm) | 曲げ角度<br>(度) |
|-----|--------------|-------------|
| 200 | 10           | 1 ° 48'     |
| 250 | 10           | 1 ° 35'     |
| 300 | 10           | 1 ° 23'     |
| 350 | 10           | 1 ° 13'     |
| 400 | 10           | 1 ° 05'     |
| 450 | 10           | 59'         |
| 500 | 10           | 54'         |
| 600 | 10           | 45'         |
| 700 | 10           | 39'         |

表 3. 2. 4. 2-6 小口径推進管 NS 形 (SJB) の曲げ角度及び曲線半径

| 呼び径 | 拔出し長<br>(mm) | 曲げ角度<br>(度) | 曲線半径<br>(m) |
|-----|--------------|-------------|-------------|
| 200 | 20           | 3 ° 36'     | 33          |
| 250 | 20           | 3 ° 11'     | 37          |
| 300 | 20           | 2 ° 46'     | 42          |
| 350 | 20           | 2 ° 26'     | 58          |
| 400 | 20           | 2 ° 11'     | 65          |
| 450 | 20           | 1 ° 58'     | 72          |
| 500 | 20           | 1 ° 47'     | 79          |
| 600 | 20           | 1 ° 30'     | 93          |
| 700 | 20           | 1 ° 18'     | 108         |

表 3. 2. 4. 2-7 E形推進管の曲げ角度及び曲線半径

| 呼び径   | 拔出し長<br>(mm) | 曲げ角度<br>(度) | 曲線半径<br>(m) |
|-------|--------------|-------------|-------------|
| 800   | 30           | 1°47'       | 79          |
| 900   | 30           | 1°35'       | 89          |
| 1 000 | 30           | 1°26'       | 99          |
| 1 100 | 30           | 1°19'       | 108         |
| 1 200 | 30           | 1°12'       | 118         |
| 1 350 | 30           | 1°04'       | 131         |
| 1 500 | 30           | 58'         | 146         |
| 1 650 | 30           | 53'         | 160         |
| 1 800 | 30           | 49'         | 174         |
| 2 000 | 30           | 44'         | 193         |
| 2 200 | 30           | 40'         | 212         |
| 2 400 | 30           | 37'         | 230         |
| 2 600 | 30           | 34'         | 249         |
| 2 800 | 30           | 32'         | 268         |
| 3 000 | 30           | 29'         | 287         |

表 3. 2. 4. 2-8 NS推進管の曲げ角度及び曲線半径

| 呼び径   | 拔出し長<br>(mm) | 曲げ角度<br>(度) | 曲線半径<br>(m) |
|-------|--------------|-------------|-------------|
| 800   | 60           | 3°35'       | 40          |
| 900   | 60           | 3°11'       | 45          |
| 1 000 | 60           | 2°52'       | 50          |
| 1 100 | 60           | 2°37'       | 54          |
| 1 200 | 60           | 2°24'       | 59          |
| 1 350 | 60           | 2°09'       | 66          |
| 1 500 | 60           | 1°56'       | 74          |
| 1 650 | 60           | 1°46'       | 81          |
| 1 800 | 60           | 1°37'       | 88          |
| 2 000 | 60           | 1°28'       | 97          |
| 2 200 | 60           | 1°20'       | 107         |
| 2 400 | 60           | 1°13'       | 116         |
| 2 600 | 60           | 1°08'       | 126         |
| 2 800 | 60           | 1°03'       | 135         |
| 3 000 | 60           | 59'         | 145         |

### 2.4.3 許容推進延長

管の許容耐荷力から求まる許容推進延長は、式 3.2.4.3-1 から求めると、式 3.2.4.3-2 で表される。

$$L = \frac{F - F_0}{(\pi \cdot B_c \cdot p + W) \mu' + \pi \cdot B_c \cdot C'} \dots\dots\dots (\text{式 3.2.4.3-1})$$

この式 3.2.4.3-1 の総推進力  $F$  の代わりに管の許容耐荷力  $F_a$  を用いれば、推進延長  $L$  は許容推進延長  $L_a$  となり式 3.2.4.3-2 で表される。

$$L_a = \frac{F_a - F_0}{(\pi \cdot B_c \cdot p + W) \mu' + \pi \cdot B_c \cdot C'} \dots\dots\dots (\text{式 3.2.4.3-2})$$

ここに、

- $L_a$  : 許容推進延長 (m)
- $F_a$  : 管の許容耐荷力 (kN)
- $F_0$  : 先端抵抗 (kN)
- $\mu'$  : 管と土の摩擦係数
- $C'$  : 管と土の付着力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $B_c$  : 管外径 (m)
- $W$  : 管の自重 (kN/m)
- $p$  : 等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

その他の式を用いる場合も、同様に計算すればよい。例えば、修正式 (I) を用いる場合の許容推進延長を示すと、式 3.2.4.3-3 のようになる。

$$L_a = \frac{F_a - F_0}{f_0} \dots\dots\dots (\text{式 3.2.4.3-3})$$

### 2.4.4 中押し工法

中押し工法は、許容推進延長が耐荷力の大きい管を用いても計画推進延長に及ばない場合や、立坑設置の関係で推進スパンが長くなり、元押し装置だけでは推進が不可能な場合に、推進管の途中の適当な箇所に中押し装置を配置し、推進抵抗力を分割して、元押しの推進力を軽減させる工法である。

## 2.5 その他

### 2.5.1 推進力伝達材

管と管が点接触となると、その部分の応力が非常に大きくなり、許容応力度を超え、部分的な破壊に至ることがある。これを防ぐため、適切な推進力伝達材などを用いて、応力が集中するのを防ぐ必要がある。

図 3.2.5.1-1 及び表 3.2.5.1-1~2 に E 形推進管、N S 推進管に使用する推進力伝達材の形状と寸法を示す。推進力伝達材の材質としては、合板、発泡性スチロール樹脂、パーティクルボード、硬質ポリウレタン樹脂などがある。

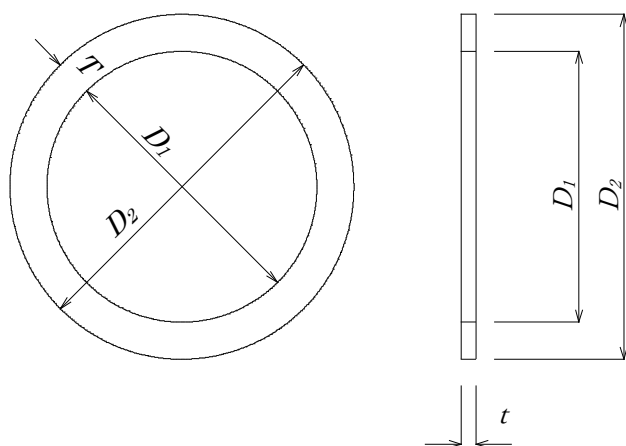


図 3.2.5.1-1 推進力伝達材の形状

表 3.2.5.1-1 E 形推進管に使用する推進力伝達材の寸法（例）

単位:mm

| 呼び径   | 内径<br>$D_1$ | 外径<br>$D_2$ | 幅<br>T | 厚さ<br>t |
|-------|-------------|-------------|--------|---------|
| 200   | 210         | 288         | 39     | 3~4.5   |
| 250   | 260         | 330         | 35     |         |
| 300   | 310         | 384         | 37     |         |
| 350   | 360         | 440         | 40     |         |
| 400   | 410         | 496         | 43     |         |
| 450   | 460         | 554         | 47     |         |
| 500   | 510         | 610         | 50     |         |
| 600   | 610         | 726         | 58     | 6~10    |
| 700   | 710         | 846         | 68     |         |
| 800   | 830         | 944         | 57     | 8~12    |
| 900   | 930         | 1 064       | 67     |         |
| 1 000 | 1 030       | 1 184       | 77     |         |
|       |             |             |        |         |
| 1 100 | 1 130       | 1 294       | 82     | 8~12    |
| 1 200 | 1 230       | 1 414       | 92     |         |
| 1 350 | 1 380       | 1 578       | 99     |         |
| 1 500 | 1 530       | 1 758       | 114    |         |
| 1 650 | 1 680       | 1 928       | 124    |         |
| 1 800 | 1 830       | 2 098       | 134    |         |
| 2 000 | 2 030       | 2 328       | 149    |         |
| 2 200 | 2 230       | 2 558       | 164    |         |
| 2 400 | 2 430       | 2 780       | 175    |         |
| 2 600 | 2 630       | 3 010       | 190    |         |
| 2 800 | 2 830       | 3 240       | 205    |         |
| 3 000 | 3 030       | 3 470       | 220    |         |

備考 1) 推進力伝達材は、適当な数に分割出来る。  
2) 厚さ t は、一般的な数値を示す。

表 3.2.5.1-2 N S 推進管に使用する推進力伝達材の形状及び寸法（例）

単位:mm

| 呼び径   | 内径<br>D <sub>1</sub> | 外径<br>D <sub>2</sub> | 幅<br>T | 厚さ<br>t | 呼び径   | 内径<br>D <sub>1</sub> | 外径<br>D <sub>2</sub> | 幅<br>T | 厚さ<br>t |
|-------|----------------------|----------------------|--------|---------|-------|----------------------|----------------------|--------|---------|
| 200   | 210                  | 288                  | 39     | 3~4.5   | 1 100 | 1 130                | 1 270                | 70     | 8~12    |
| 250   | 260                  | 330                  | 35     |         | 1 200 | 1 230                | 1 390                | 80     |         |
| 300   | 310                  | 384                  | 37     |         | 1 350 | 1 380                | 1 554                | 87     |         |
| 350   | 360                  | 440                  | 40     |         | 1 500 | 1 530                | 1 734                | 102    |         |
| 400   | 410                  | 496                  | 43     |         | 1 650 | 1 680                | 1 904                | 112    |         |
| 450   | 460                  | 554                  | 47     |         | 1 800 | 1 830                | 2 074                | 122    |         |
| 500   | 510                  | 610                  | 50     |         | 2 000 | 2 030                | 2 304                | 137    |         |
| 600   | 610                  | 726                  | 58     | 6~10    | 2 200 | 2 230                | 2 534                | 152    |         |
| 700   | 710                  | 846                  | 68     |         | 2 400 | 2 430                | 2 756                | 163    |         |
| 800   | 830                  | 920                  | 45     | 8~12    | 2 600 | 2 630                | 2 986                | 178    |         |
| 900   | 930                  | 1 040                | 55     |         | 2 800 | 2 830                | 3 216                | 193    |         |
| 1 000 | 1 030                | 1 160                | 65     |         | 3 000 | 3 030                | 3 446                | 208    |         |

備考 1)推進力伝達材は、適当な数に分割出来る。

2)厚さ t は、一般的な数値を示す。

## 2.5.2 立坑内に埋設される管

推進完了後、前後の管路を連結するために立坑内に埋設される管には、開削工法と同様な埋め戻し土圧が作用する。したがって、土被り、土質、矢板引抜きの影響等を考慮して、管種及び基礎（180° コンクリート基礎或いは 360° コンクリート巻立てなど）を検討する。

## 2.5.3 拡幅掘削

管列が曲線を描くためには、図 3.2.5.3-1 に示すように拡幅余堀りが必要である。拡幅余堀り幅は、式 3.2.5.3-1 で計算される。

$$m = \left( R - \frac{D_0}{2} \right) - \sqrt{\left( R - \frac{D_0}{2} \right)^2 - \left( \frac{l}{2} \right)^2} \dots\dots\dots \text{(式 3.2.5.3-1)}$$

ここに、 $m$ ：拡幅余堀り幅(m)

$R$ ：曲線半径(m)

$D_0$ ：管外径(m)

$l$ ：管 1 本の長さ(m)

管列がオーバーカットされた内側を進む間、地山が崩壊すると管列の移動や推進抵抗が大きくなるので、この拡幅した空隙はできるだけ保持することが大切であり、そのために管周囲に滑材を充分注入するか、土質条件によっては地盤改良が必要となる。

曲線半径と折れ角度、拡幅余堀り幅の関係を表 3.2.5.3-1 に示す。

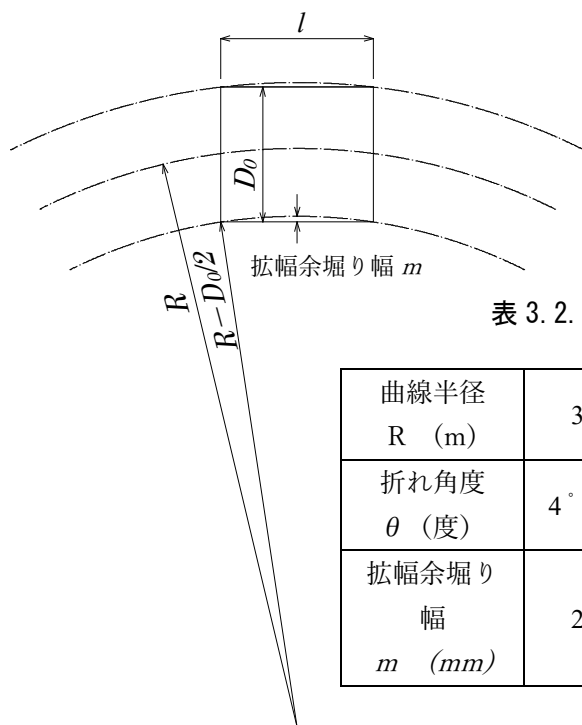


表 3.2.5.3-1 曲線半径と折れ角度、拡幅余堀り幅の関係

|                      |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 曲線半径<br>R (m)        | 30     | 40     | 50     | 60     | 80     | 100    | 150    |
| 折れ角度<br>$\theta$ (度) | 4° 38' | 3° 28' | 2° 47' | 2° 19' | 1° 44' | 1° 23' | 0° 55' |
| 拡幅余堀り<br>幅<br>m (mm) | 25     | 19     | 15     | 12     | 9      | 7      | 5      |

図 3.2.5.3-1 拡幅余堀り説明図

## 2.6 管の取扱い

### 2.6.1 標準管

#### (1) 管の運搬及び保管

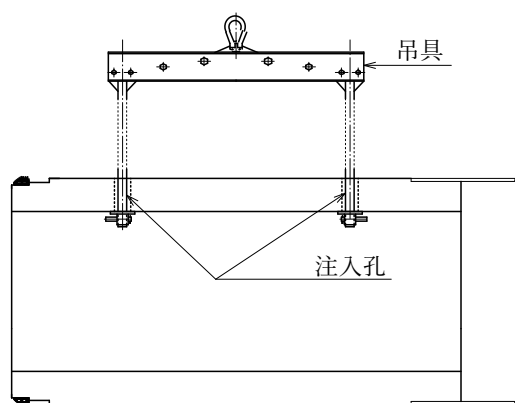
管の運搬は、カラーの変形、破損を生じないように注意して行う。現場で保管する場合は、管が直接地面に接しないように必ず台木上に置き、特にカラー部分が台木や地面に直接あたらないようにしなければならない。

#### (2) 管の吊りおろし

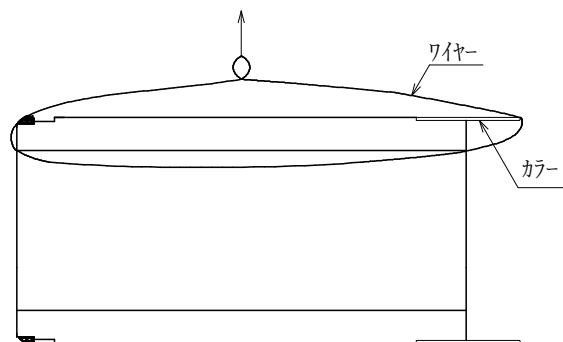
呼び径 200～700 の場合は、ロープを 2 本使用し、管頂でしばって吊りおろす。

呼び径 800 以上の場合は、図 3.2.6.1-1 に示すように注入孔を利用し、専用の吊具を用いて行う。管に直接ワイヤーをかけて吊りおろす方法はできるだけさけ、特に管の中にワイヤーを通して吊りおろす方法はカラー部に損傷を与えるので絶対にしてはならない。

吊具は、十分安全であるものとし、その一例を図 3.2.6.1-2 に示す。

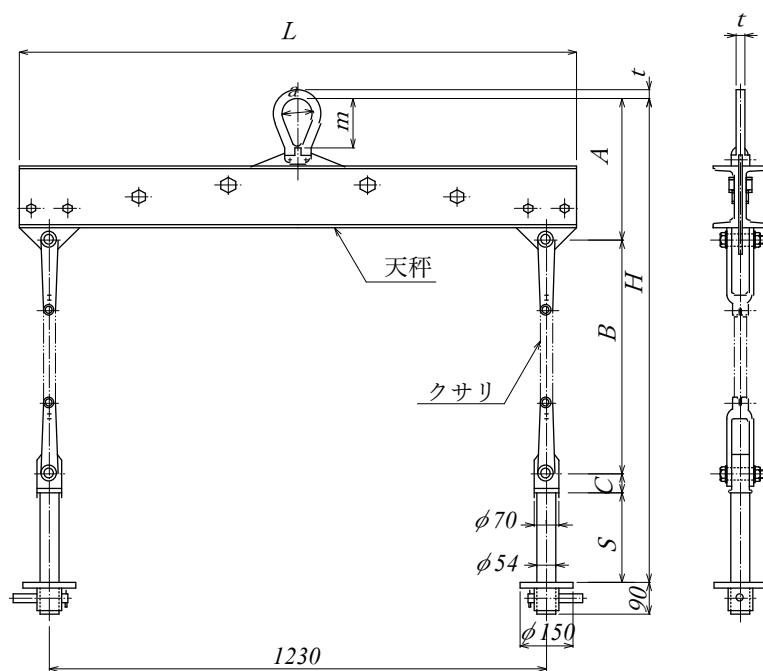


○



X

図 3.2.6.1-1 管の吊りおろし方法



単位：mm

| 容量<br>(tf) | 対象管呼び径    | a   | m   | t  | A   | B   | C  | S   | H    | L    | クサリ<br>線径 | 天秤部材             | 参考重量<br>(kg) |
|------------|-----------|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|------|------|-----------|------------------|--------------|
| 1.7        | 800～900   | 71  | 110 | 17 | 281 | 337 | 30 | 100 | 748  | 1330 | 6.3       | 〕〔-100×50×5×7.5  | 約 50         |
| 3.5        | 1000～1350 | 80  | 125 | 21 | 335 | 348 | 35 | 135 | 853  | 1350 | 8         | 〕〔-125×65×6×8    | 約 70         |
| 9          | 1500～2200 | 112 | 180 | 32 | 499 | 524 | 45 | 200 | 1268 | 1380 | 12.5      | 〕〔-200×80×7.5×10 | 約 130        |
| 16         | 2400～3000 | 180 | 280 | 50 | 713 | 663 | 55 | 260 | 1691 | 1410 | 16        | 〕〔-250×90×9×13   | 約 190        |

図 3.2.6.1-2 吊具の一例

### (3) 先導体又は刃口への取付け

使用する先導体や刃口によっては、先頭管等の特殊管を用いなければならない場合がある。N S 推進管では表 1.3.8.2-4、E 形小口径推進管では表 1.3.8.3-3、N S 小口径推進管では表 1.3.8.4-3 に示す先頭管を使用する。

### (4) 管の接合

管の接合は、図 3.2.6.1-3 に示すように、推進方向に対しカラーを後部にして行い、ゴム輪のめくれ等の異状がないかどうか確認しながら接合する。

接合に当たっては、ゴム輪及びその接触面にヒューム管用滑剤を塗布する。

継手 1 ヶ所当たりの滑剤の標準的な使用量を表 3.2.6.1-1 に示す。

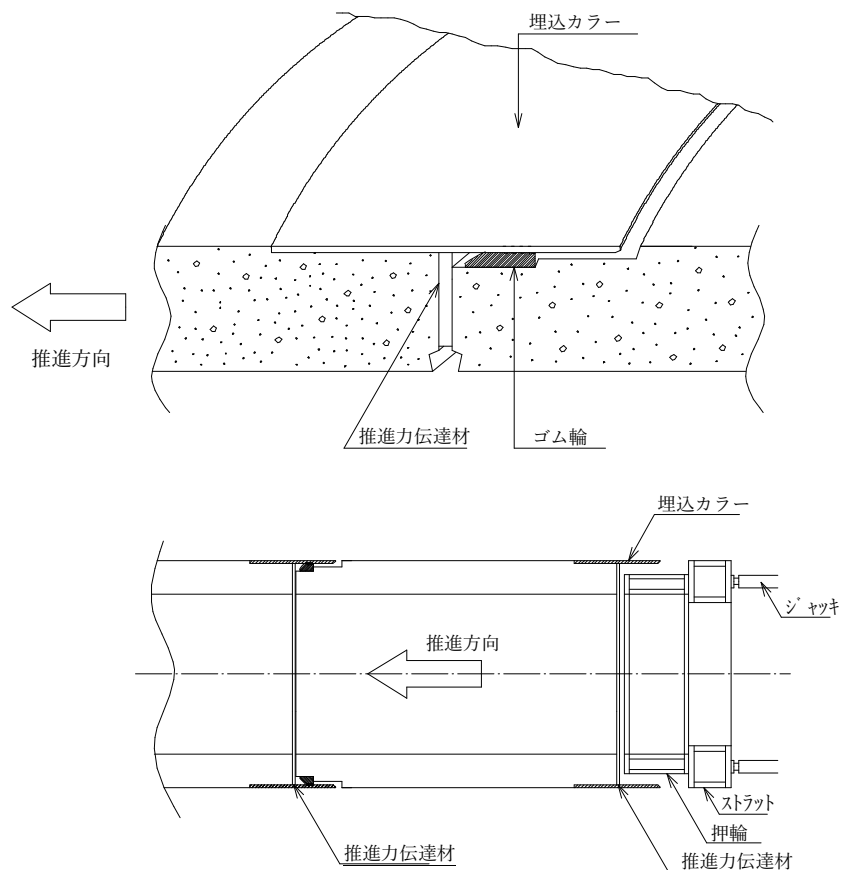


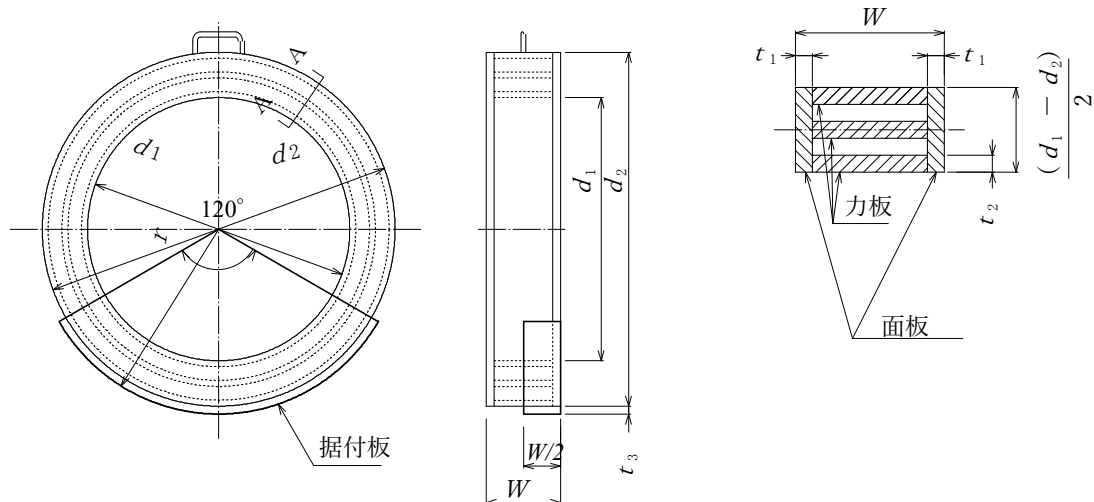
図 3.2.6.1-3 管の接合方法の例

表 3. 2. 6. 1-1 滑剤の標準的な使用量（接合部 1 箇所当たり）

単位：g

| 呼び径 | 使用量 |       | 呼び径   | 使用量 |       | 呼び径   | 使用量 |       |
|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|
|     | E 形 | N S 形 |       | E 形 | N S 形 |       | E 形 | N S 形 |
| 200 | 45  | 60    | 700   | 125 | 160   | 1 650 | 290 | 340   |
| 250 | 50  | 80    | 800   | 140 | 190   | 1 800 | 320 | 365   |
| 300 | 60  | 85    | 900   | 160 | 210   | 2 000 | 350 | 400   |
| 350 | 70  | 90    | 1 000 | 180 | 230   | 2 200 | 390 | 435   |
| 400 | 85  | 100   | 1 100 | 200 | 245   | 2 400 | 420 | 470   |
| 450 | 90  | 105   | 1 200 | 210 | 260   | 2 600 | 460 | 505   |
| 500 | 95  | 110   | 1 350 | 240 | 285   | 2 800 | 490 | 535   |
| 600 | 110 | 140   | 1 500 | 270 | 315   | 3 000 | 520 | 570   |

押輪は埋込カラー内に挿入し、カラー部分を保護できる形状のものであることが必要であり、十分な剛性のあるものを使用する。押輪の形状及び寸法の一例を図 3. 2. 6. 1-4 に示す。



単位：mm

| 呼び径   | 内径<br>$d_1$ | 外径<br>$d_2$   | 幅<br>$W$         | 面板厚さ<br>$t_{11}$ | 力板厚さ<br>$t_{22}$ | 力板枚数<br>(枚) | 据付半径<br>$r_1$ | 据付板厚<br>$t_3$ |   |       |            |       |            |    |   |
|-------|-------------|---------------|------------------|------------------|------------------|-------------|---------------|---------------|---|-------|------------|-------|------------|----|---|
| 200   | 200         | 289           | 60<br>(110)      | —                | —                | —           | —             | —             |   |       |            |       |            |    |   |
| 250   | 331         | 331           |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
| 300   | 300         | 385           |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
| 350   | 350         | 441           |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
| 400   | 400         | 497           |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
| 450   | 450         | 545           |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
| 500   | 500         | 611           |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
| 600   | 600         | 724           | 90<br>(120)      | 32               | 25               | 2           | 480           | 9<br>(24)     |   |       |            |       |            |    |   |
| 700   | 700         | 844           | 300~300<br>(380) |                  |                  |             | 2             |               | 2 | 540   |            |       |            |    |   |
| 800   | 800         | 942 (913)     |                  |                  |                  |             |               |               |   | 600   |            |       |            |    |   |
| 900   | 900         | 1 062 (1 033) |                  |                  |                  |             |               |               |   | 655   |            |       |            |    |   |
| 1 000 | 1 000       | 1 182 (1 153) |                  |                  |                  |             |               |               |   | 715   |            |       |            |    |   |
| 1 100 | 1 100       | 1 292 (1 263) |                  |                  |                  |             |               |               |   | 800   | 12<br>(32) |       |            |    |   |
| 1 200 | 1 200       | 1 412 (1 383) |                  |                  |                  |             |               |               |   | 890   |            |       |            |    |   |
| 1 350 | 1 350       | 1 577 (1 536) |                  |                  |                  |             |               |               |   | 975   |            |       |            |    |   |
| 1 500 | 1 500       | 1 757 (1 716) |                  |                  |                  |             |               |               |   | 1 060 |            |       |            |    |   |
| 1 650 | 1 650       | 1 927 (1 886) |                  |                  |                  |             |               |               |   | 1 175 |            |       |            |    |   |
| 1 800 | 1 800       | 2 097 (2 056) |                  |                  |                  |             |               |               |   | 1 290 |            |       |            |    |   |
| 2 000 | 2 000       | 2 327 (2 286) |                  |                  |                  |             |               |               |   | 3     |            | 1 405 | 16<br>(40) |    |   |
| 2 200 | 2 200       | 2 557 (2 516) |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            | 22 | 4 |
| 2 400 | 2 400       | 2 779 (2 731) |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
| 2 600 | 2 600       | 3 009 (2 961) |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
| 2 800 | 2 800       | 3 239 (3 191) |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
| 3 000 | 3 000       | 3 469 (4 421) |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |
|       |             |               |                  |                  |                  |             |               |               |   |       |            |       |            |    |   |

注：( ) 内は、NS推進管、またはNS小口径推進管の場合とする。

図 3.2.6.1-4 押輪の形状寸法の一例

## 2.6.2 中押管

### (1) 中押管の組立

中押管を用いる場合は、中押管Sに所定の中押ジャッキと当輪をセットして推進立坑内に吊りおろし、次に中押管Tを吊りおろして図3.2.6.2-1のように組み立てる。

中押ジャッキ及び当輪の一般的な寸法を表3.2.6.2-1に示す。

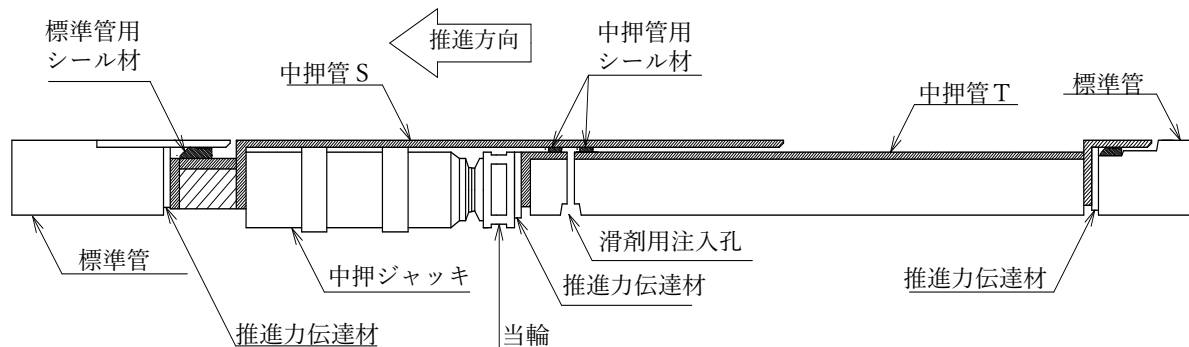


図3.2.6.2-1 推進中の中押管

表3.2.6.2-1 中押ジャッキの諸元及び当輪の厚さ

| 呼び径           | ジャッキ       |               |            |            | 当輪の厚さ<br>(mm) |
|---------------|------------|---------------|------------|------------|---------------|
|               | 推力<br>(kN) | ストローク<br>(mm) | 外径<br>(mm) | 長さ<br>(mm) |               |
| 900 ～ 1 200   | 300        | 300           | 135        | 525        | 70            |
| 1 350 ～ 2 200 | 500        |               | 165        | 550        | 82            |
| 2 400 ～ 3 000 | 1 000      |               | 225        | 580        | 94            |

注：1) ジャッキの寸法は、メーカーによって多少異なるので、最大のものを示す。

2) 当輪の厚さは標準的寸法を示す。

### (2) 滑剤の注入

中押装置を作動させる場合、中押管用シール材の摩耗を防ぐため、中押管Tの滑剤注入孔より滑剤を適宜注入する。使用する滑剤は、シール材に悪影響を与えないものを用いる。

### (3) 中押装置の撤去と内面仕上げ

推進終了後、中押ジャッキ及び当輪を取りはずして、元押しジャッキにより、図3.2.6.2-2のように中押管SとTの間をつめると共に、Sはモルタル等により管内面と同径に仕上げをする。

なお、中押管の継手部から侵入水等がある場合は、滑剤注入孔より止水滑剤等を注入して止水することができる。

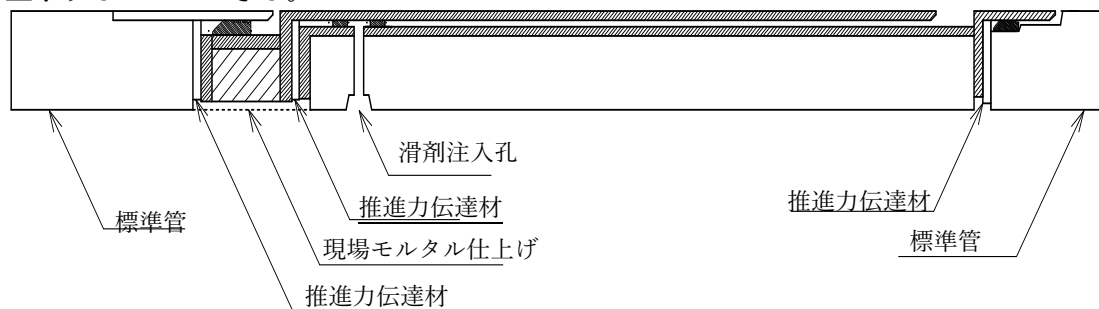


図3.2.6.2-2 推進完了後の中押管

## 2.7 施工上の留意点

推進管が施工中に破損する原因は種々なものがあり、いくつかの原因が重なって生じることがある。破損がひどくなると修正が困難となるので、常にその防止に努めなければならない。

推進管が施工中に破損する主な原因としては、次のようなものがある。

### 2.7.1 推進力によるもの

#### (1) 加圧方法

変形した押輪や剛性不足の押輪を用いた場合には、管端に加わる荷重が均等とならないため、管の破損を生じることがある。また、推進力の方向が片寄っていると偏圧力となり、同様に管破損の原因ともなる。特に、管径が大きくなると、偏圧力等によって管軸方向にひび割れが生じることがあるので、注意が必要である。

#### (2) 方向修正

方向修正等によって、管と管との接触面積が小さくなり、荷重が集中するのでこの箇所に破損が生じる場合がある。方向修正にあたっては急激な修正を避けなければならない。

なお、小口径管では胴折れを生じることがあるので注意が必要である。

#### (3) 刃口の変形

推進施工中に先導体が外圧等によって変形を起こすことがある。変形した刃口をそのまま用いると、図 3.2.7.1-1 に示すように管に土圧が加わり破損する。使用前に点検、整備を行うことが大切である。

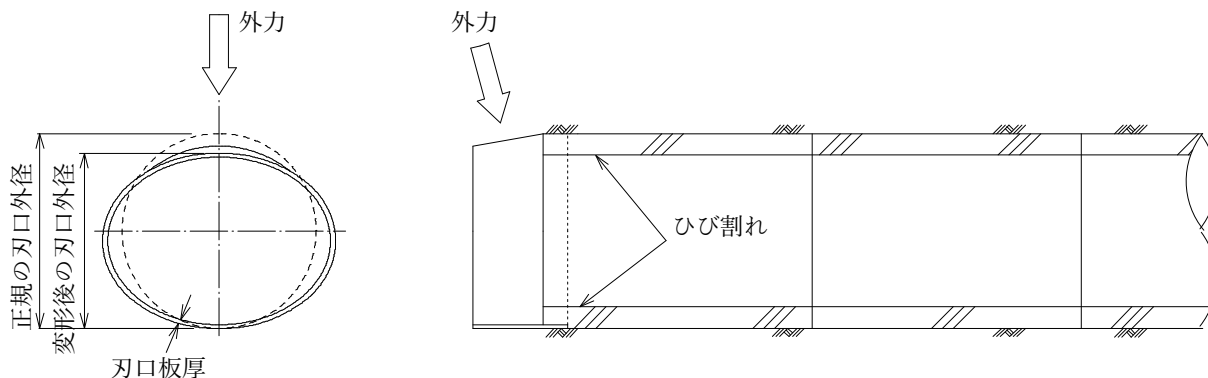


図 3.2.7.1-1 刃口の変形による破損

### 2.7.2 外圧によるもの

#### (1) 土圧荷重

推進工法の場合、管の有効支承角は 120 度程度と考えられているが、先掘り、余掘りなどの影響によってこの支承角が小さくなり、外力が管の許容耐荷力を上回ると、破損が生じることがある。

#### (2) 障害物

推進路線は、あらかじめ土質調査や地下埋設物の調査を行うが、転石や構造物の残がい等に遭遇し、集中荷重が生じ管が破損することがある。(図 3.2.7.2-1 参照)

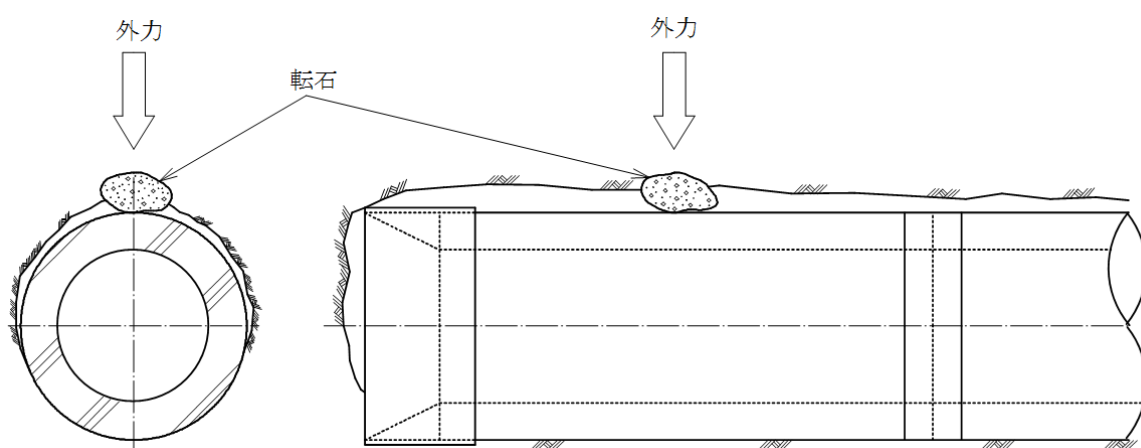


図 3.2.7.2-1 転石による管の破損

### 第 3 章 管路の補修方法

#### 3.1 管体

##### 3.1.1 外圧管路

外圧管路では、特別な場合を除いて、管を取り替える必要のない場合がほとんどである。重要性の高い管路やひび割れ幅が極めて大きい場合は、コンクリート巻き立てなどによる補強を行うこともある。ひび割れ幅が小さい場合には、簡単な補修を行うことが多い。補修方法には、ひび割れ被覆工法、注入工法および充てん工法などがあり、それらの概要を参考として本編の末尾に示した。また、ひび割れと耐久性などについても、参考として示した。

##### 3.1.2 推進工法による管路

推進工法における事故のうち、管体のひび割れについては外圧管路の場合と同様に取り扱ってよいが、推進途中において管端に座屈の生じた場合は、その管を解体して撤去することもある。

##### 3.1.3 内圧管路

内圧管路においてひび割れの生じた場合は、原則として、事故の発生した管の取り替えを行うことが望ましい。

B形およびNC形の場合は、破損管を切断して取り除いた後、新しい短管と鋼製バンドの組み合わせによって置き換える方法がとられる。図 3.3.1.3-1 に補修の一例を示す。

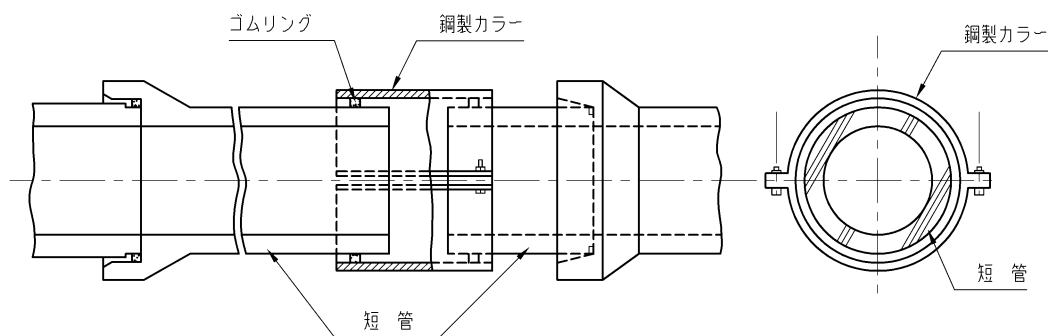


図 3.3.1.3-1 管路補修例

取り替えの困難な場合には、十分な補強を行う必要がある。

管を取り替えずに補強を行う場合、管軸方向のひび割れに対しては、管体全体をコンクリートによって巻き立てるか、鋼製バンドによってたが状に締め付ける。大口径の場合は、ひび割れの部分をUカットし、エポキシ樹脂や樹脂モルタルを充填して修理するのがよい。

円周方向のひび割れに対しては、鋼製リングを外周にはめてカラーとし、管体との隙間（A形のランニングスペースと同程度）をコンポコーキングを行って、補強及び止水を行う。特殊な例としては、管の内面に鋼製リングを入れ、上記と同じ方法によってコーキングすることがある。

## 3.2 継手

### 3.2.1 外圧管

(1) 外圧管では、地下水の浸入に対して継手部にモルタルを充てんする補修方法が最も一般的であるが、地下水位が高く止水がなかなか困難な場合には、図 3.3.2.1-1 のように継手の内側から弾性シーリング材をつめた後、内面まで樹脂モルタルを充てんして仕上げる方法が一般的に行われる。

(2) 継手の拔出量が許容値をこえているような時には、侵入水が認められない場合でも、図 3.3.2.1-2 に示すような措置をしておくのがよいが、この場合のモルタルは貧配合のものでよい。

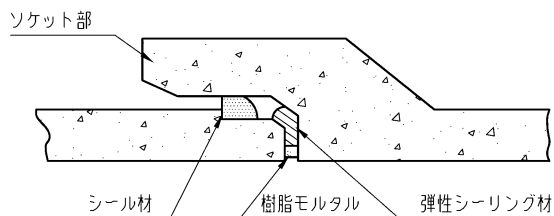


図 3.3.2.1-1 継ぎ手部止水方法

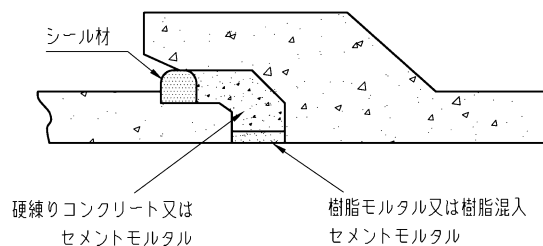


図 3.3.2.1-2 継ぎ手部拔出しの場合の止水方法

### 3.2.2 内圧管

内圧管の場合は、継手部試験により漏水が判明するが、その場合には、図 3.3.2.1-1 のように継手の内側から弾性シーリング材をつめた後、内面まで樹脂モルタルを充てんして仕上げる方法が一般的に行われる。

管内作業のできない小・中口径管の場合には、漏水箇所を掘削して、外面から同じように行う。圧力が高く、上記の補修程度で不十分な場合には、継手部外周をコンクリートで巻く方法も用いられる。

「参考」コンクリートのひび割れの補修方法および耐久性について

1. ひび割れの補修工法

ひび割れ補修の目的は、ひび割れによるコンクリート構造物の性能低下を回復させることである。そのため、ひび割れ調査の結果に基づいて、ひび割れの原因、進行の程度などを十分に検討し、補修の目的に最も適した補修工法を選定することが肝要である。

ひび割れの補修は、主として防水性、耐久性の回復を目的として行う場合のほかに、コンクリート片やモルタル片の剥落防止など、第三者影響度に関する性能や、美観の面から行うこともある。また、補修の範囲・規模などは補修の目的を満足する範囲でライフサイクルコストを考慮して決定する必要がある、補修工法には以下の方法がある。

(1) ひび割れ被覆工法

ひび割れ被覆工法とは、微細なひび割れ（一般に幅 0.2mm 以下）の上に塗膜を構成させ、防水性、耐久性を向上させる目的で行われる工法で、ひび割れのみを被覆する方法である。

(2) 注入工法

注入工法とは、ひび割れに樹脂系あるいはセメント系の材料を注入して、防水性、耐久性を向上させるものであり、仕上げ材がコンクリートの躯体から浮いている場合の補修にも採用される。現在では、低圧低速注入工法として器具を用いて注入圧力 0.4MPa 以下の低圧で、かつ低速で注入する工法が主流となっており、ひび割れ深部のひび割れ幅が微細な場合でも、確実に注入することが可能となっている。

(3) 充てん工法

充てん工法とは、0.5～1.0mm 程度以上の比較的大きな幅のひび割れ、かつ、鉄筋が腐食していない場合の補修に適する工法で、ひび割れに沿ってU字形にコンクリートをカットし、その部分に補修材を充てんする方法である。

ひび割れに沿って約 10mm の幅でコンクリートをU字形にカットした後、このカットした部分にシーリング材、可とう性エポキシ樹脂、ポリマーセメントモルタルなどを充てんし、ひび割れを補修する。

これらひび割れ補修工法以外コンクリートの補修工法として断面修復工法、表面被覆工法、はく落防止工法などがある。

2. ひび割れの補修材料

補修材料の種類として、有機系材料（合成樹脂、合成ゴム、合成繊維）、ポリマーセメント系材料（モルタルの練混ぜ水の一部を合成樹脂エマルジョンなどに置換したもの）、セメント系材料（セメントをベースにしたプレミックス材料）および繊維系材料（炭素繊維、ガラス繊維などの無機系繊維とポリアミド系などの有機系繊維）などがある。

補修工法に適した補修材料および特徴は以下のとおりである。

(1) ひび割れ被覆材料

ひび割れ被覆工法に用いられる材料は塗膜弾性防水材、ポリマーセメントペースト、セメントフィラーなどが用いられる。

施工に当たっては、①コンクリート表面をワイヤブラシ等で目荒らしする、②表面の付着物を取り除き、水洗い等により清掃した後十分に乾燥させる、③コンクリート表面の気孔などをパテ状の樹脂で充填する、④適切な補修材料でひび割れを修復する。この方法は、ひび割れ表面の補修であり、被覆材の厚みが小さいので、特に経年劣化に対する注意が必要である。また、補修材料によっては、仕上げ材との付着力が小さいもの、色違い、色むらなどが生じやすいものもあるので、これらの点に配慮が必要である。

(2) ひび割れ補修用の注入材

ひび割れ補修用の注入材には、エポキシ樹脂やアクリル樹脂などの有機系、セメント系、ポリマーセメント系がある。

エポキシ樹脂系注入材の品質規格は JIS A 6024（建築補修用エポキシ樹脂）に規定されている。

従来、ひび割れが湿潤である場合には、水によって硬化阻害を生じたり、接着性が劣るなどの問題点があったが、最近では湿潤面用注入材が開発されている。

セメント系やポリマーセメント系注入材では、超微粒子セメントをベースにした注入材が開発され、微細なひび割れにも注入が可能となっている。注入に当たってはひび割れが乾燥している場合には、注入時にコンクリートに水分が吸収され、注入材がドライアウトし閉塞する場合がある。このような場合には、注入に先立ち、ひび割れに水を注入し、ひび割れ面を湿潤状態にすることが重要である。

(3) ひび割れ補修用の充てん材

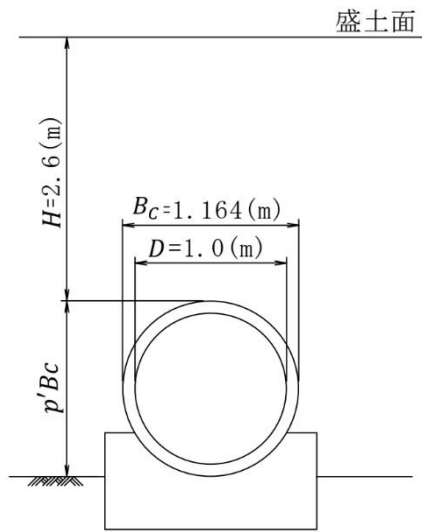
ひび割れ補修用の充てん材は、ひび割れに動きがある場合とない場合で使い分ける。動きのある場合には、ウレタン樹脂やシリコン樹脂などのシーリング材（シーラント系、目地材）を使用する。動きが小さな欠陥部では、可とうエポキシ樹脂等を使用する。一方、動きのない場合には、ポリマーセメントモルタルを充てんするが多い。

以上「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2022」（公社）日本コンクリート工学会より抜粋

JIS A 5303-1993 遠心力鉄筋コンクリート管解説によると、「一般に、管きょに用いられる鉄筋コンクリート管では、幅 0.25mm程度のひび割れがあっても、鉄筋は容易に腐食しないことが内外の実績から判明しているので、許されるひび割れ幅は、0.25mm程度とされている。」とある。また、曲げ試験のひび割れ判定基準である幅 0.05mmは目視限界であり、許容ひび割れ幅が 0.05mmではない。

## 計 算 例

# 1. マーストンの式（正の突出型）による呼び径 1000 の検討



## 設計条件

埋設形式：盛土

土かぶり： $H = 2.6$  (m)

管の内径： $D = 1000$  (mm)

管の外径： $B_c = 1.164$  (m)

基礎： $120^\circ$  コンクリート基礎

埋戻し土の単位体積重量： $\gamma = 18$  (kN/m<sup>3</sup>)

埋戻し土の内部摩擦角度： $\phi = 30^\circ$  )

活荷重：T荷重 後輪荷重100 (kN)

沈下比： $\delta = 0.7$

突出比： $p' = 1.0$

## 1) 管に作用する鉛直土厚の算定

式 2.2.3.1.1-3 により等沈下面の位置 $H_e$ を求める。沈下比  $\delta = 0.7$ 、突出比  $p' = 1.0$  のため、表 2.2.3.1.1-1 より、

$$H_e \cong 1.7 \times B_c = 1.7 \times 1.164 = 1.979 \text{ (m)}$$

となる。

したがって、 $H > H_e$ となり、式 2.2.3.1.1-2 より

$$\beta = \frac{2K \cdot \mu}{B_c}$$

ここに

$$\mu = \tan \phi = \tan 30^\circ = 0.5774$$

$$K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu} = 0.3333$$

$$K \cdot \mu = 0.1924$$

$$\beta = \frac{2 \times 0.1924}{1.164} = 0.331$$

$$\begin{aligned} C_c &= \frac{e^{\beta \cdot H_e} - 1}{2K \cdot \mu} + \left( \frac{H - H_e}{B_c} \right) e^{\beta \cdot H_e} \\ &= \frac{e^{(0.331 \times 1.979)} - 1}{2 \times 0.1924} + \left( \frac{2.6 - 1.979}{1.164} \right) e^{(0.331 \times 1.979)} \\ &= 2.404 + 1.027 = 3.431 \end{aligned}$$

鉛直土圧は

$$P_e = C_c \cdot \gamma \cdot B_c = 3.431 \times 18 \times 1.164 = 71.89 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

となる。

## 2) 管に作用する活荷重の算定

式 2.2.2.1-1 より

$$P_l = \frac{2 \times 100 \times (1 + i) \times \beta}{2.75 \times (2 \times 2.6 + 0.2)}$$

ここで 表 2.2.2.1-1 より  $i = 0.65 - 0.1 \times 2.6 = 0.39$ 、  
表 2.2.2.1-2 より  $\beta = 0.9$

$$= \frac{2 \times 100 \times 1.39 \times 0.9}{2.75 \times (5.2 + 0.2)} = 16.85 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

となる。

## 3) 埋設管の耐荷力の算定

式 2.2.1-4 より埋設管の耐荷力  $P_r$  は求まる。

$$P_r = \frac{0.318P_c \cdot r + 0.239W \cdot r}{k \cdot r^2}$$

ここに

$P_r$  : 埋設管の耐荷力 (kN/m<sup>2</sup>)

$P_c$  : ひび割れ試験荷重 = 41.3 (kN/m) (1 種管)

$r$  : 管厚中心までの半径 =  $\frac{1.0 + 0.082}{2} = 0.541$  (m)

$W$  : 管の自重 =  $\pi \times (1.0 + 0.082) \times 0.082 \times 24.0 = 6.69$  (kN/m)

$k$  : 支承条件による係数 = 0.243 (表 2.2.1-1 より)

$$P_r = \frac{0.318 \times 41.3 \times 0.541 + 0.239 \times 6.69 \times 0.541}{0.243 \times 0.541^2}$$
$$= 112.06 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

## 4) 安全性の確認

管に作用する鉛直土圧  $P_e$  と活荷重  $P_l$  の和を管の耐荷力  $P_r$  と比較すると

$$P_e + P_l = 71.89 + 16.85 = 88.74 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

となる。

安全率は

$$S = \frac{P_r}{P_e + P_l} = 1.26$$

となる。

## 2. 下水道協会式による呼び径 400 の検討

### 設計条件

埋設形式 : 溝型, 矢板引抜き行う場合

土かぶり :  $H = 3.0$  (m)

堀削幅 :  $B_d = 1.6$  (m)

管の内径 :  $D = 400$  (mm)

管の外径 :  $B_c = 0.47$  (m)

基礎 : 180°コンクリート基礎

基礎幅 :  $B_b = 0.7$  (m)

基礎高さ :  $C_h = 0.39$  (m)

$\theta$  : 有効支承角の $1/2 = 90^\circ$

埋戻し土の単位体積重量 :  $\gamma = 18$  (kN/m<sup>3</sup>)

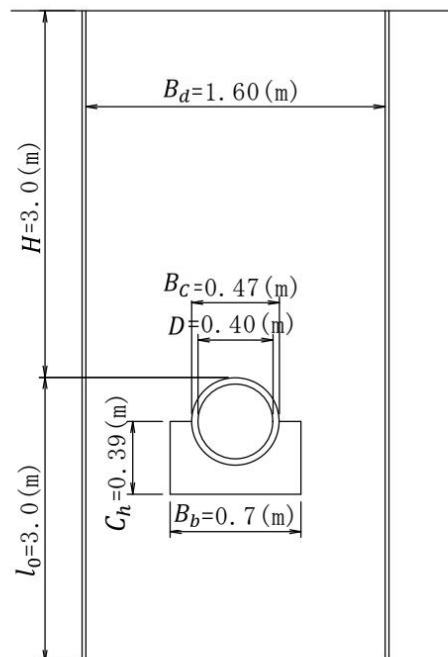
埋戻し土の内部摩擦角 :  $\phi = 35^\circ$

埋もどし土の変形係数 :  $E_g = 19600$  (kN/m<sup>2</sup>)

地盤の変形係数 :  $E_0 = 9800$  (kN/m<sup>2</sup>)

管頂から矢板先端までの長さ :  $l_0 = 3.0$  (m)

活荷重 : T荷重 (後輪荷重 100 (kN))



### 1) 管に作用する鉛直土圧の算定

$$B_b = 0.7(\text{m}) > B_c = 0.47(\text{m})$$

式 2.2.3.1.2-8, 式 2.2.3.1.2-9 及び式 2.2.3.1.2-10 より

$$B_{e1} = l_0 \tan(45^\circ - \phi/2) = 3.0 \times \tan 27.5^\circ = 1.562(\text{m})$$

$$B_{e2} = \frac{B_d - B_c \tan \left\{ \frac{(45^\circ + \frac{\phi}{2})}{2} \right\}}{2}$$

$$= \frac{1.6 - 0.47 \times \tan 31.25^\circ}{2} = 0.657(\text{m})$$

$$B_{e3} = \frac{B_d - B_b + B_c(1 + \cos \theta) \tan \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)}{2}$$

$$= \frac{1.6 - 0.7 + 0.47 \times (1 + \cos 90^\circ) \tan 27.5^\circ}{2} = 0.572(\text{m})$$

したがって $B_e$ は $B_{e1} \sim B_{e3}$ の最小値より

$$B_e = 0.572(\text{m}) \quad \text{となる。}$$

次に、基礎コンクリート下部基礎地盤の反力係数 $K_{01}$ と基礎コンクリート側部下部地盤の反力係数 $K_{02}$ を求める。

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{B_b}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}} = \frac{9800}{0.3} \left( \frac{0.7}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}} = 17303 (\text{kN/m}^2)$$

$A_{c2}$ に対して

$$K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left\{ \frac{(H_1 - H_B) \tan \phi}{0.3} \right\}^{-\frac{3}{4}}$$

ここに

$$H_1 = \frac{B_d - B_c}{2 \tan \phi} = \frac{1.6 - 0.47}{2 \tan 35^\circ} = 0.807 (\text{m})$$

$$H_B = \frac{B_b - B_c}{2 \tan \phi} = \frac{0.7 - 0.47}{2 \tan 35^\circ} = 0.164 (\text{m})$$

$$K_{02} = \frac{9800}{0.3} \left\{ \frac{(0.807 - 0.164) \tan 35^\circ}{0.3} \right\}^{-\frac{3}{4}} = 24097 (\text{kN/m}^2)$$

$A_{c3}$ に対して

$$\begin{aligned} K_{02} &= \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{B_d - B_b}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}} \\ &= \frac{9800}{0.3} \times \left( \frac{1.6 - 0.7}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}} = 14331 (\text{kN/m}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{c2} &= \frac{1}{K_{02}} + \frac{1}{E_g} \left\{ \frac{B_c}{2} (1 + \cos \phi) + C_h \right\} \\ &= \frac{1}{24097} + \frac{1}{19600} \left\{ \frac{0.47}{2} (1 + \cos 90^\circ) + 0.39 \right\} = 0.0000734 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{c3} &= \frac{1}{K_{02}} + \frac{1}{E_g} \left\{ \frac{B_c}{2} (1 + \cos \phi) + C_h \right\} \\ &= \frac{1}{14331} + \frac{1}{19600} \left\{ \frac{0.47}{2} (1 + \cos 90^\circ) + 0.39 \right\} = 0.000102 \end{aligned}$$

次に土圧分担係数 $\psi_{c2}, \psi_{c3}$ を求める

$$\begin{aligned}\psi_{c2} &= \frac{A_{c2}}{A_{c2} + \frac{(H_1 - H_B) \tan \phi}{(K_{01} B_b)}} \\ &= \frac{0.0000734}{0.0000734 + \frac{(0.807 - 0.164) \tan 35^\circ}{(17303 \times 0.7)}} = 0.664\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\psi_{c3} &= \frac{A_{c3}}{A_{c3} + \frac{(B_d - B_b)}{(K_{01} B_b)}} \\ &= \frac{0.000102}{0.000102 + \frac{(1.6 - 0.7)}{(17303 \times 0.7)}} = 0.578\end{aligned}$$

$H > H_1$  ( $H = 3.00(\text{m}), H_1 = 0.807(\text{m})$ ) のため

$$\begin{aligned}q_1 &= \frac{\gamma[H_B(B_c + H_B \tan \phi) + (H_1 - H_B)\{B_c + (H_B + H_1) \tan \phi\}\psi_{c2} + (H - H_1)B_d\psi_{c3}]}{B_c} \\ &= \frac{18 \times \left[ 0.164 \times (0.470 + 0.164 \times \tan 35^\circ) + (0.807 - 0.164) \times \{0.47 + (0.164 + 0.807) \times \tan 35^\circ\} \right]}{0.470} \\ &= 100.11(\text{kN/m}^2)\end{aligned}$$

$$q_2 = \frac{\gamma H_B}{2} = \frac{18 \times 0.164}{2} = 1.48(\text{kN/m}^2)$$

$$q_3 = \frac{\gamma(H_1 - H_B)[B_d - \{B_c + (H_B + H_1) \tan \phi\}\psi_{c2}] + \gamma(H - H_1)B_d(1 - \psi_{c3})}{B_d - B_b} + \gamma H_B$$

$$= \frac{18 \times (0.807 - 0.164) \times [1.6 - \{0.47 + (0.164 + 0.807) \times \tan 35^\circ\} \times 0.664]}{1.6 - 0.7}$$

$$\frac{+18 \times (3.0 - 0.807) \times 1.6 \times (1 - 0.578)}{1.6 - 0.7} + 18 \times 0.164 = 43.34 (\text{kN/m}^2)$$

となる。

したがって、管に作用する鉛直土圧 $p_e$ は、

$$\frac{B_d - B_b}{2} = 0.45(\text{m}), B_e = 0.572(\text{m}), \frac{B_d - B_c}{2} = 0.565(\text{m}) \quad \text{より}$$

$$B_e > \frac{B_d - B_c}{2} \quad \text{となり、式 2.2.3.1.2.-13 より求める。}$$

$$P_e = \frac{\alpha \gamma H B_d}{B_d - B_e - \frac{\{(1 - \xi)(B_d - B_c)^2 + (\xi - \zeta)(B_d - B_b)^2\}}{4B_e}}$$

ここに

$$\xi = \frac{q_2}{q_1} = \frac{1.48}{100.11} = 0.0148$$

$$\zeta = \frac{q_3}{q_1} = \frac{43.34}{100.11} = 0.433$$

$\alpha$  : 補正係数 = 1.1

$$P_e = \frac{1.1 \times 18 \times 3.0 \times 1.6}{1.6 - 0.572 - \frac{\{(1 - 0.0148)(1.6 - 0.47)^2 + (0.0148 - 0.433)(1.6 - 0.7)^2\}}{4 \times 0.572}} = 151.80 (\text{kN/m}^2)$$

## 2) 管に作用する活荷重の算定

式 2.2.2.1-1 より

$$\begin{aligned} P_l &= \frac{2 \times 100 \times (1 + i) \times \beta}{2.75 \times (2 \times 3.0 + 0.2)} \\ &= \frac{2 \times 100 \times 1.35 \times 0.9}{2.75 \times (6.0 + 0.2)} = 14.252 (\text{kN/m}^2) \end{aligned}$$

ここに 表 2.2.2.1-1 より  $i = 0.65 - 0.1 \times 3.0 = 0.35$ 、表 2.2.2.1-2 より  $\beta = 0.9$  となる。

### 3) 埋設管の耐荷力の算定

式 2.2.1-4 より、埋設管の耐荷力 $P_r$ を求める。

$$P_r = \frac{0.318 \cdot P_c \cdot r + 0.239 \cdot W \cdot r}{k \cdot r^2}$$

ここに

$P_r$  : 埋設管の耐荷力 (kN/m<sup>2</sup>)

$P_c$  : ひび割れ試験荷重 = 32.4(kN/m) (2 種管)

$r$  : 管厚中心までの半径 =  $\frac{0.4+0.035}{2} = 0.2175(\text{m})$

$W$  : 管の自重 =  $\pi \times (0.4 + 0.035) \times 0.035 \times 24.0 = 1.15(\text{kN/m})$

$k$  : 支承条件による係数 = 0.220 (表 2.2.1-1 より)

$$\begin{aligned} P_r &= \frac{0.318 \times 32.4 \times 0.2175 + 0.239 \times 1.15 \times 0.2175}{0.22 \times 0.2175^2} \\ &= 221.07(\text{kN/m}^2) \end{aligned}$$

### 4) 安全性の確認

管に作用する鉛直土圧 $P_e$ と活荷重 $P_l$ の和は

$$P_e + P_l = 151.80 + 14.25 = 166.05(\text{kN/m}^2)$$

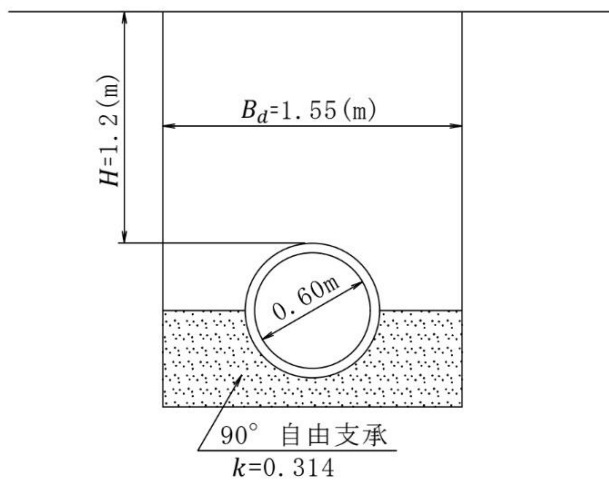
となる。

安全率は

$$s = \frac{P_r}{P_e + P_l} = 1.33$$

となる。

### 3. マーストンの式(溝型)による呼び径 600 内圧管の検討



#### 設計条件

|         |                                |
|---------|--------------------------------|
| 設計内圧    | : $H_{pd} = 0.2(\text{MPa})$   |
| 埋設形式    | : 溝型                           |
| 土かぶり    | : $H = 1.2(\text{m})$          |
| 掘削幅     | : $B_d = 1.55(\text{m})$       |
| 土の単位重量  | : $\gamma = 18(\text{kN/m}^3)$ |
| 内部摩擦角   | : $\phi = 30(^{\circ})$        |
| $K\mu'$ | : 0.1924                       |
| 活荷重     | : なし                           |

#### 基礎条件

|         |               |
|---------|---------------|
| 90°自由支承 | : $k = 0.314$ |
|---------|---------------|

#### 1) 管種の仮定

設計内圧 $H_{pd}$ に安全率 $S_H$ を乗じて、管の規格試験水压を選定し、予め管種を仮定する。

$$H_{pd} \times S_H = 0.2 \times 1.5 = 0.3(\text{MPa})$$

表 1.4.3.1-1 及び表 1.4.3.2-1 より

仮定管種を 4K 管 ( $H_C = 0.4(\text{MPa})$  ,  $P_C = 32.4(\text{kN/m})$ ) とする。

#### 2) 許容外圧線荷重 $P_{Ha}$

仮定した管種 (4K) から $P_{Ha}$ を算定する。

$$P_{Ha} = \frac{P_C}{S_p} \cdot \sqrt[3]{\left[1 - \frac{H_{pd}}{H_C/S_H}\right]^2} = \frac{32.4}{1.5} \cdot \sqrt[3]{\left[1 - \frac{0.2}{0.4/1.5}\right]^2} = 8.57(\text{kN/m})$$

#### 3) 埋設管に生じる曲げモーメント $M$

マーストンの式(溝型)より、管にかかる鉛直土圧 $P_e$ は

$$p_e = C_d \gamma \frac{B_d^2}{B_c}$$

$$C_d = 0.67$$

$$P_e = 0.67 \times 18 \times \frac{1.55^2}{0.7} = 41.39(\text{kN/m}^2)$$

となる。

埋設管に生じる曲げモーメント $M$ は

$$M = k p_e r^2 \quad (r = 0.325(\text{m}))$$

$$= 0.314 \times 41.39 \times 0.325^2 = 1.373(\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m})$$

となる。

#### 4) 埋設管に生じる曲げモーメントの線荷重への換算

埋設管に生じる曲げモーメントの線荷重への換算は式 2.2.6.2-1 より、

$$P = \frac{M}{0.318r} = \frac{1.373}{0.318 \times 0.325} = 13.28(\text{kN}/\text{m})$$

となる。

#### 5) 安全性の確認

埋設管に生じる曲げモーメントの線荷重 $P$ と許容外圧線荷重 $P_{Ha}$ を比較すると

$$P = 13.28(\text{kN}/\text{m}) > P_{Ha} = 8.57(\text{kN}/\text{m}) \quad \text{となり再検討を行う。}$$

#### 6) 再検討

埋設条件を変更せず行う。

仮定管種を 6K 管にて検討を行う。

仮定管種を 6K 管 ( $H_c = 0.6(\text{MPa})$ 、 $P_c = 36.3(\text{kN}/\text{m})$ )として再検討を行うと以下の通りとなる。

##### ①許容外圧線荷重 $P_{Ha}$

$$P_{Ha} = \frac{36.3}{1.5} \cdot \sqrt[3]{\left[1 - \frac{0.2}{0.6/1.5}\right]^2} = 15.25(\text{kN}/\text{m})$$

##### ②安全性の確認

$$P = 13.28(\text{kN}/\text{m}) \leq P_{Ha} = 15.25(\text{kN}/\text{m}) \quad \text{となり、6K 管とする。}$$

#### 4. 呼び径 600 の 360° コンクリート巻立ての検討

##### 4.1. 設計条件

###### 1) 管にかかる外圧荷重

呼び径 600、巻立て厚さ 150(mm)

管頂からの土かぶり  $H_0 = 10.00(\text{m})$

巻立て管の土かぶり  $H = 9.85(\text{m})$

マーストンの式(正の突出型)により鉛直荷重を求める。

土かぶり  $H = 9.85(\text{m})$

土の単位重量  $\gamma = 18(\text{kN/m}^3)$

土の内部摩擦角  $\phi = 30(^{\circ})$

沈下比、突出比  $\delta \cdot p' = 0.7$

鉛直土圧  $p_e = 330.21(\text{kN/m}^2)$

活荷重  $p_l = 3.29(\text{kN/m}^2)$  (T荷重 後輪荷重100(kN))

外圧荷重  $P = p_e + p_l = 333.50(\text{kN/m}^2)$

###### 2) ヒューム管：呼び径 600 種類 外圧管 1 種

管内径  $d_h = 600(\text{mm})$

管厚  $t_h = 50(\text{mm})$

管のひび割れ試験荷重  $P_t = 29.5(\text{kN/m})$

管の単位長さ当たり自重  $W_h = 2.45(\text{kN/m})$

管厚中心半径  $r = 0.3250(\text{m})$

管の保証モーメント  $M = 0.318P_t \cdot r + 0.239W_h \cdot r = 3.2392(\text{kN} \cdot \text{m/m})$

コンクリート

設計基準強度  $f'_{ckh} = 50(\text{N/mm}^2)$

ヤング係数  $E_h = 33(\text{kN/mm}^2)$

圧縮破壊ひずみ  $\varepsilon'_{cuh} = 0.0035$

比重(密度)  $\rho_h = 24.0(\text{kN/m}^3)$

設計曲げ強度  $f_{bh} = M/Z_n = 7.77(\text{N/mm}^2)$

管の断面係数  $Z_h = b \cdot t_h^2 / 6 = 1000 \times 50^2 / 6 = 416667(\text{mm}^3)$

ヒューム管の主筋

鉄筋比  $(p + p') = 0.45(\%)$

鉄筋の降伏点  $f_{ykh} = 540(\text{N/mm}^2)$

鉄筋のヤング係数  $E_{sh} = 2 \times 10^5(\text{N/mm}^2)$

### 3) 巻立て部

巻立て厚さ  $t_c = 150(\text{mm})$

コンクリート

設計基準強度  $f'_{ckc} = 18(\text{N/mm}^2)$

ヤング係数  $E_c = 22(\text{kN/mm}^2)$

圧縮破壊ひずみ  $\varepsilon'_{cuc} = 0.0035$

比重（密度）  $\rho_c = 23.5(\text{kN/m}^2)$

設計曲げ強度  $f_{bc} = 2.885(\text{N/mm}^2) \left( f_{bc} = 0.42 f'_{ckc}{}^{2/3} \right)$

巻立て部の鉄筋（SD295）

鉄筋の径  $D13$

ピッチ  $200(\text{mm})$

鉄筋のかぶり  $d_0 = 50(\text{mm})$

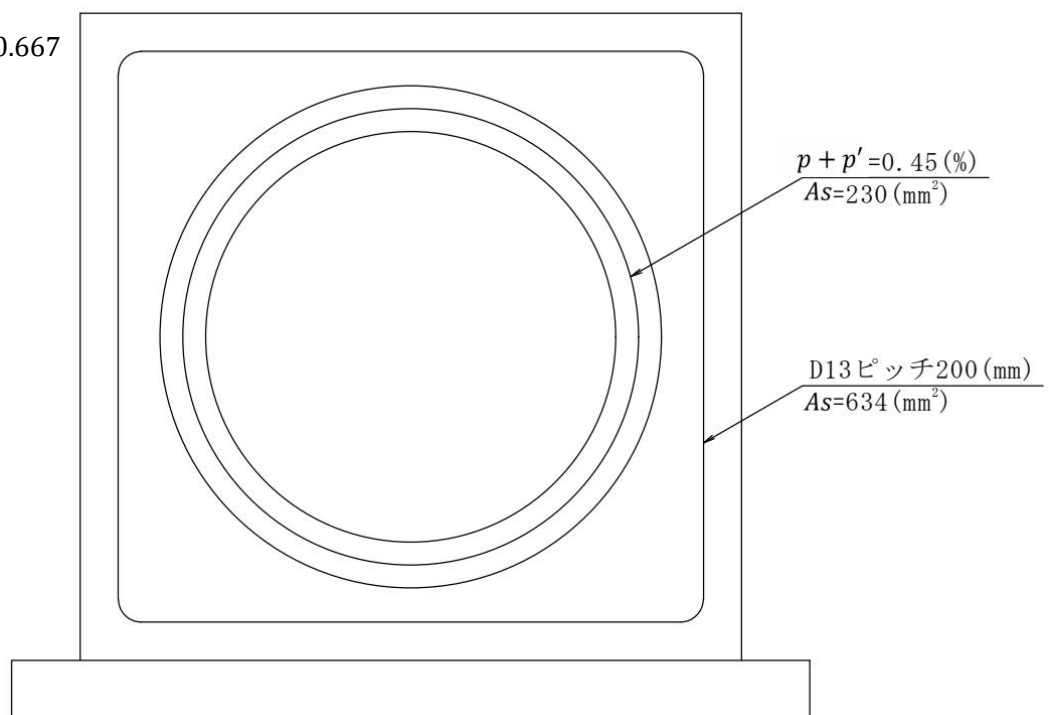
鉄筋の降伏点  $f_{ykc} = 295(\text{N/mm}^2)$

鉄筋のヤング係数  $E_{sc} = 2.1 \times 10^5(\text{N/mm}^2)$

$$R_h = \frac{t_h}{d_h} = \frac{50}{600} = 0.083$$

$$R_c = \frac{t_c}{d_h} = \frac{150}{600} = 0.250$$

$$R_E = \frac{E_c}{E_h} = \frac{22}{33} = 0.667$$



以下、本文 2.7 に従い計算を行う。

## 4. 2. 下部の検討

### 4. 2. 1 設計曲げモーメント $M_d$ の計算

#### 1) $K$ 値の算定

$$\begin{aligned} K_P &= 0.236 - 0.237R_c + 0.017R_E - 0.153R_h + 0.094R_c \cdot R_E + 0.143R_E \cdot R_h - 0.637R_c \cdot R_h \\ &= 0.186 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_W &= 0.0671 - 0.0935R_c + 0.0097R_E - 0.0653R_h + 0.0182R_c \cdot R_E \\ &= 0.0478 \end{aligned}$$

#### 2) 設計曲げモーメントの算定

$$R = (d_h + t_h + t_c)/2000 = (600 + 50 + 150)/2000 = 0.400(\text{m})$$

$$M_{Pd} = K_P \cdot P \cdot R^2 = 0.186 \times 333.50 \times 0.400^2 = 9.92(\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m})$$

自重

$$\text{ヒューム管 } W_h = 2.45(\text{kN}/\text{m})$$

$$\text{巻き立て部 } W_c = 14.453(\text{kN}/\text{m})$$

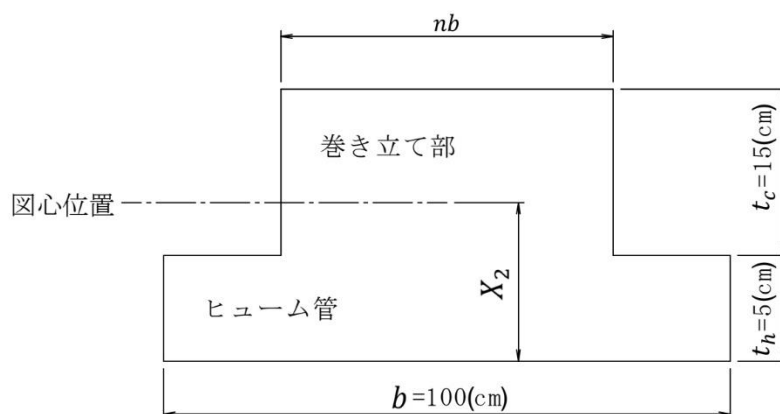
$$W = W_h + W_c = 2.45 + 14.453 = 16.903(\text{kN}/\text{m})$$

$$M_{Wd} = K_W \cdot W \cdot R = 0.0478 \times 16.903 \times 0.400 = 0.32(\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m})$$

$$M_d = M_{Pd} + M_{Wd} = 9.92 + 0.32 = 10.24(\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m})$$

### 4. 2. 2 使用限界状態に対する検討

(下部内面のひび割れ発生に対する安全性の検討)



$$n = R_E = 0.667$$

$$A = b \cdot t_h + n \cdot b \cdot t_c = 1000 \times 50 + 0.667 \times 1000 \times 150 = 1.5005 \times 10^5 (\text{mm}^2/\text{m})$$

$$X_2 = \frac{(b \cdot t_h^2/2) + n \cdot b \cdot t_c(t_h + t_c/2)}{A} = 92(\text{mm})$$

$$I = \frac{b \cdot t_h^3}{12} + b \cdot t_h \left(X_2 - \frac{t_h}{2}\right)^2 + \frac{n \cdot b \cdot t_c^3}{12} + n \cdot b \cdot t_c(t_h + t_c/2 - X_2)^2 = 5.314 \times 10^8 (\text{mm}^4/\text{m})$$

$$M_d = 10.24 (\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}) = 1.02 \times 10^7 (\text{N} \cdot \text{mm}/\text{m})$$

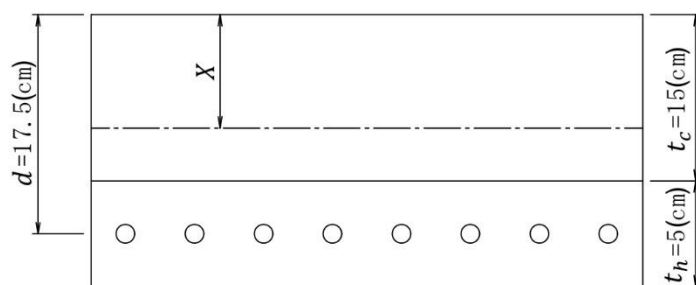
$$\sigma_{dh} = \frac{M_d}{I} X_2 = 1.77 (\text{N}/\text{mm}^2)$$

$$\frac{f_{bh}}{\sigma_{dh}} = \frac{7.77}{1.77} = 4.39$$

#### 4.2.3 終局限界状態に対する検討

(破壊に対する安全性の検討)

$X$  : 中立軸迄の距離



ヒューム管の鉄筋断面積  $A_{sh} = 230 (\text{mm}^2)$

ヒューム管の鉄筋比  $p$

$$p = \frac{A_{sh}}{b \cdot d} = \frac{230}{1000 \times 175} = 0.00131$$

つり合い鉄筋比  $p_b$

$$p_b = \frac{0.68 f'_{ckc}}{f_{ykh} \left(1 + \frac{\varepsilon_{yh}}{\varepsilon'_{cuh}}\right)} = 0.01280 (\varepsilon_{yh} = f_{ykh}/E_{sh} = 0.00270)$$

$p < p_b$  なので、曲げ引張破壊となる。

曲げ耐力  $M_u$

中立軸までの距離  $X$

$$C' = 0.85f'_{ckc} \cdot b \cdot 0.8X = 68f'_{ckc}X = 680 \times 18 \times X = 12240X$$

$$T = A_{sh} \cdot f_{ykh} = 230 \times 540 = 1.242 \times 10^5 (\text{N/m})$$

$$C' = T \text{ より}$$

$$X = 1.242 \times 10^5 / 12240 = 10.1 (\text{mm})$$

$$M_u = T(d - 0.4X) = 1.242 \times 10^5 \times (175 - 0.4 \times 10.1) = 21233232 (\text{N} \cdot \text{mm/m}) = 21.23 (\text{kN} \cdot \text{m/m})$$

#### 4. 3. 側面部の検討

##### 4. 3. 1 設計軸力 $N_d$ 、設計曲げモーメント $M_d'$ の計算

###### 1) 設計軸力の算定

$$N_{pd} = -P(d_h + 2t_h + 2t_c)/2$$

$$= -333.50(0.600 + 2 \times 0.05 + 2 \times 0.15)/2 = -166.75 (\text{kN/m})$$

$$N_{wd} = -\frac{(W_h + W_c)}{4}$$

$$= -(2.45 + 14.453)/4 = -4.23 (\text{kN/m})$$

$$N_d = N_{pd} + N_{wd}$$

$$= -166.75 - 4.23 = -170.98 (\text{kN/m})$$

###### 2) $K$ 値の算定

$$K'_p = -0.228 + 0.050R_c + 0.013R_E + 0.356R_h - 0.107R_c \cdot R_E - 0.350R_E \cdot R_h$$

$$= -0.214$$

$$K'_w = -0.0524 + 0.0223R_c + 0.0017R_E + 0.0878R_h - 0.0142R_c \cdot R_E - 0.0668R_E \cdot R_h$$

$$= -0.0445$$

###### 3) 設計曲げモーメントの算定

$$M'_{pd} = K'_p \cdot P \cdot R^2$$

$$= -0.214 \times 333.50 \times 0.400^2 = -11.42 (\text{kN} \cdot \text{m/m})$$

$$M'_{wd} = K'_w \times W \times R$$

$$= -0.045 \times 16.903 \times 0.400 = -0.304 (\text{kN} \cdot \text{m/m})$$

$$M'_d = M'_{pd} + M'_{wd}$$

$$= -11.42 - 0.304 = -11.72 (\text{kN} \cdot \text{m/m})$$

$$e_d = \frac{M'_d}{N_d} = -\frac{11.72}{-170.98} = 0.069 (\text{m}) = 69 (\text{mm})$$

#### 4.3.2 使用限界状態に対する検討

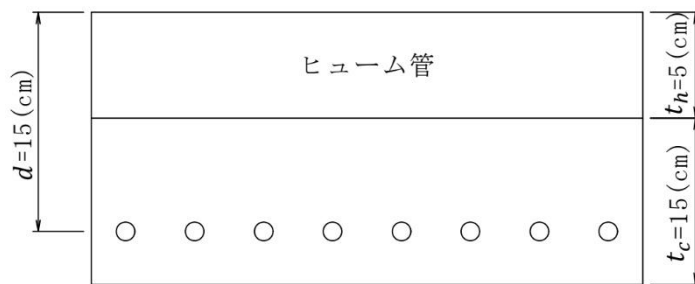
(ひび割れ発生に対する安全性の検討)

$$\sigma_{dc} = n \left\{ \frac{N_d}{A} - \frac{M'_d}{I} (t_c + t_h - X_2) \right\} = 0.83 (\text{N/mm}^2)$$

$$\frac{f_{bc}}{\sigma_{dc}} = \frac{2.885}{0.83} = 3.48$$

#### 4.3.3 終局限界状態に対する検討

(破壊に対する安全性の検討)



圧縮鉄筋は無視し、図心は断面の中央と仮定する。

鉄筋断面積  $A_{sc} = 634 (\text{mm}^2)$

$$p = \frac{A_{sc}}{b \cdot d} = \frac{634}{100 \times 150} = 0.00423$$

$$p_b = \frac{0.68 f'_{ckh}}{f_{ykc} \left( 1 + \frac{\varepsilon_{yc}}{\varepsilon'_{cuc}} \right)} = 0.08232$$

$$\left( \varepsilon_{yc} = \frac{f_{ykc}}{E_{sc}} = 0.00140 \right)$$

鉄筋比 $p$ はつりあい鉄筋比 $p_b$ 以下なので安全である。

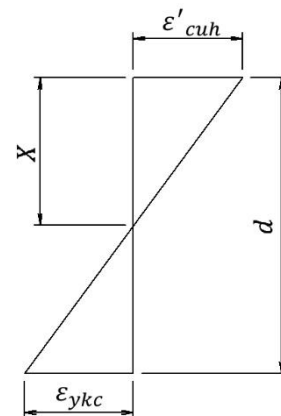
つりあい偏心率  $e_b$

$$\varepsilon'_{cuh} : X = (\varepsilon'_{cuh} + \varepsilon_{yc}) : d$$

$$\varepsilon'_{cuh} = 0.00350$$

$$\varepsilon_{yc} = 0.00140$$

$$X = \frac{\varepsilon'_{cuh}}{(\varepsilon'_{cuh} + \varepsilon_{yc})} \cdot d = 107 (\text{mm})$$



$$N'_{ub} = C'_c - T = 0.85f'_{ckh} \cdot b \cdot 0.8X - A_{sc} \cdot f_{ykc}$$

$$= 3638000 - 187030 = 3450970(\text{N/m})$$

$$M_{ub} = N'_{ub} \cdot e_b = C'_c(y_0 - 0.4X) + T(d - y_0)$$

$$y_0 = \frac{h}{2} = \frac{(50 + 150)}{2} = 100(\text{mm})$$

$$e_b = \frac{\{C'_c(y_0 - 0.4X) + T(d - y_0)\}}{N'_{ub}}$$

$$= \frac{\{3638000 \times 57.2 + 187030 \times 50\}}{3450970} = 63(\text{mm})$$

$e_d = 69(\text{mm}) > e_b = 63(\text{mm})$ なので、鉄筋の降伏が先行する。

$$N'_u = C'_c - T = 0.85f'_{ckh} \cdot b \cdot 0.8X - A_{sc} \cdot f_{ykc} \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$M'_u = N'_u \cdot e_d = C'_c(y_0 - 0.4X) + T(d - y_0)$$

$$N'_u = \frac{\{C'_c(y_0 - 0.4X) + T(d - y_0)\}}{e_d} \quad \text{-----} \quad (2)$$

(1)=(2)として、 $X$ を求める。

同様に

$$C'_c - T = \frac{\{C'_c(y_0 - 0.4X) + T(d - y_0)\}}{e_d}$$

$$C'_c = 0.85f'_{ckh} \cdot b \cdot 0.8X = 0.85 \times 50 \times 1000 \times 0.8 \cdot X = 34000X$$

$$T = 634 \times 295 = 187030(\text{N/m}) \quad e_d = 69(\text{mm})$$

$$0.4C'_c \cdot X + C'_c(e_d - y_0) - T(e_d + d - y_0) = 0$$

$$X^2 - 77.5X - 1636.51 = 0$$

$$X = 95(\text{mm})$$

$$N'_u = C'_c - T = 34000X - 187030 = 3042970(\text{N/m})$$

$$M'_u = N'_u \cdot e = 3042970 \times 0.069 = 209965(\text{N} \cdot \text{m/m}) = 209.965(\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$M'_u/M'_d = 209.965/11.72 = 17.92$$

#### 4. 4. まとめ

ヒューム管：外圧管 1 種 呼び径 600

巻立て厚さ： $t_c = 150(\text{mm})$

荷 重： $P = 333.50(\text{kN/m}^2)$

##### 下部の検討

設計曲げモーメント  $M_d = 10.24(\text{kN}\cdot\text{m/m})$

使用限界  $f_{bh}/\sigma_{dh} = 4.39$

終局限界  $M_u/M_d = 2.07$

##### 側面部の検討

設計軸力  $N_d = -170.98(\text{kN/m})$

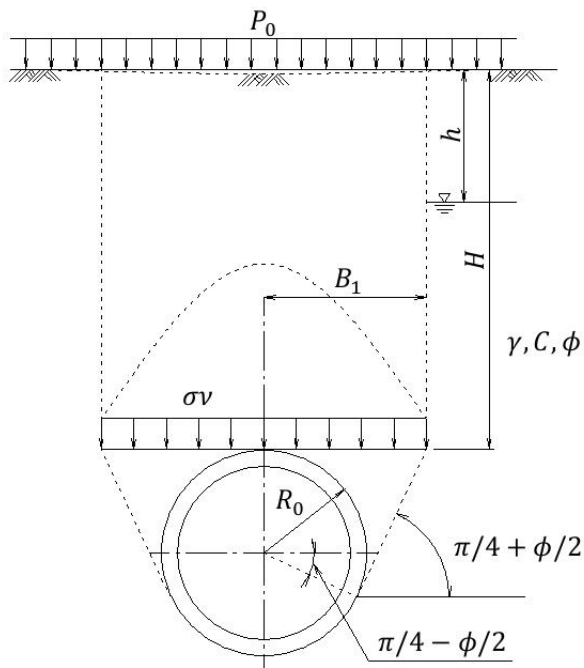
設計曲げモーメント  $M'_d = -11.72(\text{kN}\cdot\text{m/m})$

使用限界  $f_{bc}/\sigma_{dc} = 3.48$

終局限界  $M'_u/M'_d = 17.92$

以上のとおりとなる。

## 5. 呼び径 1350 の推進管の外圧荷重及び推進力の検討



### 設計条件

|          |                                |
|----------|--------------------------------|
| 管内径      | : $D = 1350(\text{mm})$        |
| 管厚       | : $T = 125(\text{mm})$         |
| 管外径      | : $B_c = 1600(\text{mm})$      |
| 管種       | : 1 種、50N                      |
| 管のひび割れ   | : $P_c = 47.1(\text{kN/m})$    |
| 試験荷重     |                                |
| 土質名      | : 粘性土                          |
| 土の内部摩擦角  | : $\phi = 20(^{\circ})$        |
| 土の粘着力    | : $C = 5(\text{kN/m}^2)$       |
| 土の N 値   | : $N = 10$                     |
| 土の単位体積重量 | : $\gamma = 18(\text{kN/m}^3)$ |
| 土かぶり     | : $H = 5(\text{m})$            |
| 地下水位     | : $h = 3.8(\text{m})$          |
| 上載荷重     | : $P_0 = 10(\text{kN/m}^2)$    |
| 計画推進延長   | : $L = 80(\text{m})$           |
| 施工方法     | : 泥水式                          |

### 5.1 外圧荷重に対する検討

式 2.2.1.-4 より、埋設管の耐荷力  $P_r$  は、

鉛直方向の管の耐荷力は  $120^{\circ}$  自由支承 ( $k = 0.275$ ) を考慮し

$$P_r = \frac{0.318P_c \cdot r + 0.239W \cdot r}{k \cdot r^2}$$

$$= \frac{0.318 \times 47.1 \times 0.7375 + 0.239 \times 13.96 \times 0.7375}{0.275 \times 0.7375^2} = 90.301(\text{kN/m}^2)$$

式 2.2.3.2.-1 より、管にかかる等分布荷重  $P$  は

$$P = \sigma_v = \frac{B_1(\gamma - \frac{C}{B_1})}{K_0 \cdot \tan \phi} \left( 1 - e^{-K_0 \cdot \tan \phi \cdot \frac{H}{B_1}} \right) + P_0 \cdot e^{-K_0 \cdot \tan \phi \cdot \frac{H}{B_1}}$$

$K_0 = 1.0$  (水平土圧と鉛直土圧の比)

$$B_1 = R_0 \cdot \cot \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$R_0 = \frac{B_c + 0.08}{2}$$

$$= \frac{1.6 + 0.08}{2} = 0.84(\text{m})$$

$$B_1 = 0.84 \cdot \cot\left(\frac{45^\circ + \frac{20^\circ}{2}}{2}\right) = 1.614(\text{m})$$

N 値 $\geq 25$ の基盤層と判断される粘性土地盤ではないので、土の粘着力 C を安全率 Sf(2.0)で除した値を計算式に用いる。

$$p = \sigma_v = \frac{1.614(18 - \frac{2.5}{1.614})}{1 \cdot \tan 20^\circ} \left(1 - e^{-1 \cdot \tan 20^\circ \cdot \frac{5}{1.614}}\right) + 10 \cdot e^{-1 \cdot \tan 20^\circ \cdot \frac{5}{1.614}} = 52.566(\text{kN/m}^2)$$

従って、等分布荷重に対する安全率Sは、

$$S = \frac{P_r}{P} = \frac{90.301}{52.566} = 1.72 > 1.2$$

となり、外圧荷重に対して安全である。

## 5.2 推進力の検討

式 3.2.4.1-5 より推進力は

$$F = F_0 + f_0 \cdot L$$

$$F_0 = (P_w + P_e) \cdot \pi \cdot \left(\frac{B_s}{2}\right)^2 = (40 + 150) \times \pi \times \left(\frac{1.62}{2}\right)^2 = 391.628(\text{kN})$$

$$f_0 = \beta \{ (\pi \cdot Bc \cdot P + W) \mu' + \pi \cdot Bc \cdot C' \}$$

$$= 0.35 \times \{ (\pi \times 1.60 \times 52.566 + 13.90) \times 0.176 + \pi \times 1.60 \times 5 \} = 25.929(\text{kN/m})$$

$$F = 391.628 + 25.929 \times 80 = 2466(\text{kN})$$

ここに  $F$  : 推進力 (kN)  
 $F_0$  : 先端抵抗 (kN)  
 $f_0$  : 周面抵抗 (kN/m)  
 $P_w$  : チャンバ内圧力 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $P_w = \text{地下水圧} + 20 = 20 + 20 = 40(\text{kN/m}^2)$

$P_e$  : 切削抵抗 150(kN/m<sup>2</sup>)  
 $B_s$  : 掘進機外径 1.62(m)  
 $W$  : 管の単位重量 (kN/m)  
 $\mu'$  : 管と土との摩擦係数  
 $\mu' = \tan(\phi/2) = 0.176$   
 $C'$  : 管と土との付着力 =5(kN/m<sup>2</sup>)  
 $\beta$  : 推進力低減係数 0.35(粘性土)

式 3.2.3.3-1 より、推進方向の管の許容耐荷力は

$$Fa = 1000\sigma_{mean} \cdot Ae = 1000 \times 13 \times 0.47996 = 6239(\text{kN})$$

$F = 2466(\text{kN}) < Fa = 6239(\text{kN})$  となり、推進力についても安全である。

## 資 料

資料 1 埋設管の耐荷力

外圧管 1 種 (A 形、B 形、NB 形、C 形)

| 呼び径   | $P$<br>(kN/m) | $W$<br>(kN/m) | $r$<br>(m) | $M$<br>(kN・m) | 埋 設 管 の 耐 荷 力 (kN/m <sup>2</sup> ) |                    |                     |                    |                     |                     |
|-------|---------------|---------------|------------|---------------|------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|       |               |               |            |               | 砂 又 は 土 基 礎                        |                    |                     | コ ン ク リ ー ト 基 礎    |                     |                     |
|       |               |               |            |               | $k=0.377$<br>(60°)                 | $k=0.314$<br>(90°) | $k=0.275$<br>(120°) | $k=0.303$<br>(90°) | $k=0.243$<br>(120°) | $k=0.220$<br>(180°) |
| 150   | 16.7          | 0.35          | 0.0880     | 0.475         | 163                                | 195                | 223                 | 202                | 252                 | 279                 |
| 200   | 16.7          | 0.46          | 0.1135     | 0.615         | 127                                | 152                | 174                 | 158                | 197                 | 217                 |
| 250   | 16.7          | 0.59          | 0.1390     | 0.758         | 104                                | 125                | 143                 | 129                | 161                 | 178                 |
| 300   | 17.7          | 0.75          | 0.1650     | 0.958         | 93.4                               | 112                | 128                 | 116                | 145                 | 160                 |
| 350   | 19.7          | 0.92          | 0.1910     | 1.239         | 90.1                               | 108                | 123                 | 112                | 140                 | 154                 |
| 400   | 21.6          | 1.15          | 0.2175     | 1.554         | 87.1                               | 105                | 119                 | 108                | 135                 | 149                 |
| 450   | 23.6          | 1.40          | 0.2440     | 1.913         | 85.2                               | 102                | 117                 | 106                | 132                 | 146                 |
| 500   | 25.6          | 1.72          | 0.2710     | 2.317         | 83.7                               | 100                | 115                 | 104                | 130                 | 143                 |
| 600   | 29.5          | 2.45          | 0.3250     | 3.239         | 81.3                               | 97.7               | 112                 | 101                | 126                 | 139                 |
| 700   | 32.4          | 3.31          | 0.3790     | 4.205         | 77.7                               | 93.2               | 106                 | 96.6               | 120                 | 133                 |
| 800   | 35.4          | 4.31          | 0.4330     | 5.320         | 75.3                               | 90.4               | 103                 | 93.7               | 117                 | 129                 |
| 900   | 38.3          | 5.51          | 0.4875     | 6.580         | 73.4                               | 88.2               | 101                 | 91.4               | 114                 | 126                 |
| 1 000 | 41.3          | 6.69          | 0.5410     | 7.970         | 72.2                               | 86.7               | 99.0                | 89.9               | 112                 | 124                 |
| 1 100 | 43.2          | 7.88          | 0.5940     | 9.279         | 69.8                               | 83.8               | 95.6                | 86.8               | 108                 | 120                 |
| 1 200 | 45.2          | 9.28          | 0.6475     | 10.742        | 68.0                               | 81.6               | 93.2                | 84.6               | 105                 | 116                 |
| 1 350 | 47.1          | 11.28         | 0.7265     | 12.841        | 64.5                               | 77.5               | 88.5                | 80.3               | 100                 | 111                 |
| 1 500 | 50.1          | 13.61         | 0.8060     | 15.463        | 63.1                               | 75.8               | 86.6                | 78.6               | 98.0                | 108                 |
| 1 650 | 53.0          | 16.01         | 0.8850     | 18.303        | 62.0                               | 74.4               | 85.0                | 77.1               | 96.2                | 106                 |
| 1 800 | 56.0          | 18.45         | 0.9635     | 21.407        | 61.2                               | 73.4               | 83.9                | 76.1               | 94.9                | 105                 |
| 2 000 | 58.9          | 23.45         | 1.0725     | 26.099        | 60.2                               | 72.3               | 82.5                | 74.9               | 93.4                | 103                 |
| 2 200 | 61.9          | 28.47         | 1.1800     | 31.257        | 59.5                               | 71.5               | 81.6                | 74.1               | 92.4                | 102                 |
| 2 400 | 64.8          | 33.98         | 1.2875     | 36.986        | 59.2                               | 71.1               | 81.1                | 73.6               | 91.8                | 101                 |
| 2 600 | 67.7          | 39.97         | 1.3950     | 43.358        | 59.1                               | 71.0               | 81.0                | 73.5               | 91.7                | 101                 |
| 2 800 | 70.7          | 46.45         | 1.5025     | 50.459        | 59.3                               | 71.2               | 81.3                | 73.8               | 92.0                | 102                 |
| 3 000 | 73.6          | 53.41         | 1.6100     | 58.234        | 59.6                               | 71.5               | 81.7                | 74.1               | 92.5                | 102                 |

注)  $M$  : ひび割れ保障モーメント (  $=0.318Pr + 0.239Wr$  )  $r$  : 管厚中心までの半径

$P$  : ひび割れ試験荷重

$D$  : 内径 ( m )

$W$  : 管の自重 (  $=3.1416 \times (D + T) \times T \times 24.0$  )

$T$  : 管厚 ( m )

外圧管 1 種 (NC 形)

| 呼び径   | $P$<br>(kN/m) | $W$<br>(kN/m) | $r$<br>(m) | $M$<br>(kN・m) | 埋 設 管 の 耐 荷 力 (kN/m <sup>2</sup> ) |                     |                      |                     |                      |                      |
|-------|---------------|---------------|------------|---------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
|       |               |               |            |               | 砂 又 は 土 基 礎                        |                     |                      | コ ン ク リ ー ト 基 礎     |                      |                      |
|       |               |               |            |               | $k=0.377$<br>(60° )                | $k=0.314$<br>(90° ) | $k=0.275$<br>(120° ) | $k=0.303$<br>(90° ) | $k=0.243$<br>(120° ) | $k=0.220$<br>(180° ) |
| 1 500 | 50.1          | 17.31         | 0.8200     | 16.457        | 64.9                               | 77.9                | 89.0                 | 80.8                | 101                  | 111                  |
| 1 650 | 53.0          | 20.36         | 0.9000     | 19.548        | 64.0                               | 76.9                | 87.8                 | 79.6                | 99.3                 | 110                  |
| 1 800 | 56.0          | 23.64         | 0.9800     | 22.990        | 63.5                               | 76.2                | 87.0                 | 79.0                | 98.5                 | 109                  |
| 2 000 | 58.9          | 28.70         | 1.0875     | 27.828        | 62.4                               | 74.9                | 85.6                 | 77.7                | 96.8                 | 107                  |
| 2 200 | 61.9          | 34.24         | 1.1950     | 33.301        | 61.9                               | 74.3                | 84.8                 | 77.0                | 96.0                 | 106                  |
| 2 400 | 64.8          | 40.26         | 1.3025     | 39.374        | 61.6                               | 73.9                | 84.4                 | 76.6                | 95.5                 | 105                  |
| 2 600 | 67.7          | 46.78         | 1.4100     | 46.119        | 61.5                               | 73.9                | 84.4                 | 76.6                | 95.5                 | 105                  |
| 2 800 | 70.7          | 53.78         | 1.5175     | 53.621        | 61.8                               | 74.2                | 84.7                 | 76.8                | 95.8                 | 106                  |
| 3 000 | 73.6          | 61.26         | 1.6250     | 61.825        | 62.1                               | 74.6                | 85.1                 | 77.3                | 96.3                 | 106                  |

外圧管2種 (A形、B形、NB形、C形)

| 呼び径   | $P$<br>(kN/m) | $W$<br>(kN/m) | $r$<br>(m) | $M$<br>(kN・m) | 埋設管の耐力 (kN/m <sup>2</sup> ) |                    |                     |                    |                     |                     |
|-------|---------------|---------------|------------|---------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|       |               |               |            |               | 砂又は土基礎                      |                    |                     | コンクリート基礎           |                     |                     |
|       |               |               |            |               | $k=0.377$<br>(60°)          | $k=0.314$<br>(90°) | $k=0.275$<br>(120°) | $k=0.303$<br>(90°) | $k=0.243$<br>(120°) | $k=0.220$<br>(180°) |
| 150   | 23.6          | 0.35          | 0.0880     | 0.668         | 229                         | 275                | 314                 | 285                | 355                 | 392                 |
| 200   | 23.6          | 0.49          | 0.1135     | 0.864         | 178                         | 214                | 244                 | 221                | 276                 | 305                 |
| 250   | 23.6          | 0.59          | 0.1390     | 1.063         | 146                         | 175                | 200                 | 182                | 226                 | 250                 |
| 300   | 25.6          | 0.75          | 0.1650     | 1.373         | 134                         | 161                | 183                 | 166                | 207                 | 229                 |
| 350   | 27.5          | 0.92          | 0.1910     | 1.712         | 125                         | 149                | 171                 | 155                | 193                 | 213                 |
| 400   | 32.4          | 1.15          | 0.2175     | 2.301         | 129                         | 155                | 177                 | 161                | 200                 | 221                 |
| 450   | 36.3          | 1.40          | 0.2440     | 2.898         | 129                         | 155                | 177                 | 161                | 200                 | 221                 |
| 500   | 41.3          | 1.72          | 0.2710     | 3.670         | 133                         | 159                | 182                 | 165                | 206                 | 227                 |
| 600   | 49.1          | 2.45          | 0.3250     | 5.265         | 132                         | 159                | 181                 | 165                | 205                 | 227                 |
| 700   | 54.0          | 3.31          | 0.3790     | 6.808         | 126                         | 151                | 172                 | 156                | 195                 | 215                 |
| 800   | 58.9          | 4.31          | 0.4330     | 8.556         | 121                         | 145                | 166                 | 151                | 188                 | 207                 |
| 900   | 63.8          | 5.51          | 0.4875     | 10.533        | 118                         | 141                | 161                 | 146                | 182                 | 201                 |
| 1 000 | 68.7          | 6.69          | 0.5410     | 12.684        | 115                         | 138                | 158                 | 143                | 178                 | 197                 |
| 1 100 | 72.6          | 7.88          | 0.5940     | 14.833        | 112                         | 134                | 153                 | 139                | 173                 | 191                 |
| 1 200 | 75.6          | 9.28          | 0.6457     | 17.002        | 108                         | 129                | 147                 | 134                | 167                 | 184                 |
| 1 350 | 79.5          | 11.28         | 0.7265     | 20.326        | 102                         | 123                | 140                 | 127                | 158                 | 175                 |
| 1 500 | 83.4          | 13.61         | 0.8060     | 23.998        | 98.0                        | 118                | 134                 | 122                | 152                 | 168                 |
| 1 650 | 88.3          | 16.01         | 0.8850     | 28.238        | 95.6                        | 115                | 131                 | 119                | 148                 | 164                 |
| 1 800 | 93.2          | 18.45         | 0.9635     | 32.805        | 93.7                        | 113                | 128                 | 117                | 145                 | 161                 |
| 2 000 | 98.1          | 23.45         | 1.0725     | 39.469        | 91.0                        | 109                | 125                 | 113                | 141                 | 156                 |
| 2 200 | 104           | 28.47         | 1.1800     | 47.054        | 89.6                        | 108                | 123                 | 112                | 139                 | 154                 |
| 2 400 | 108           | 33.98         | 1.2875     | 54.673        | 87.5                        | 105                | 120                 | 109                | 136                 | 150                 |
| 2 600 | 113           | 39.97         | 1.3950     | 63.454        | 86.5                        | 104                | 119                 | 108                | 134                 | 148                 |
| 2 800 | 118           | 46.45         | 1.5020     | 73.059        | 85.8                        | 103                | 118                 | 107                | 133                 | 147                 |
| 3 000 | 123           | 53.41         | 1.6100     | 83.526        | 85.5                        | 103                | 117                 | 106                | 133                 | 146                 |

外圧管2種 (NC形)

| 呼び径   | $P$<br>(kN/m) | $W$<br>(kN/m) | $r$<br>(m) | $M$<br>(kN・m) | 埋 設 管 の 耐 荷 力 (kN/m <sup>2</sup> ) |                    |                     |                    |                     |                     |
|-------|---------------|---------------|------------|---------------|------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|       |               |               |            |               | 砂 又 は 土 基 礎                        |                    |                     | コ ン ク リ ー ト 基 礎    |                     |                     |
|       |               |               |            |               | $k=0.377$<br>(60°)                 | $k=0.314$<br>(90°) | $k=0.275$<br>(120°) | $k=0.303$<br>(90°) | $k=0.243$<br>(120°) | $k=0.220$<br>(180°) |
| 1 500 | 83.4          | 17.31         | 0.8200     | 25.140        | 99.2                               | 119                | 136                 | 123                | 154                 | 170                 |
| 1 650 | 88.3          | 20.36         | 0.9000     | 29.650        | 97.1                               | 117                | 133                 | 121                | 151                 | 166                 |
| 1 800 | 93.2          | 23.64         | 0.9800     | 34.583        | 95.5                               | 115                | 131                 | 119                | 148                 | 164                 |
| 2 000 | 98.1          | 28.70         | 1.0875     | 41.385        | 92.8                               | 111                | 127                 | 115                | 144                 | 159                 |
| 2 200 | 104           | 34.24         | 1.1950     | 49.300        | 91.6                               | 110                | 126                 | 114                | 142                 | 157                 |
| 2 400 | 108           | 40.26         | 1.3025     | 57.267        | 89.5                               | 108                | 123                 | 111                | 139                 | 153                 |
| 2 600 | 113           | 46.78         | 1.4100     | 66.430        | 88.6                               | 106                | 122                 | 110                | 138                 | 152                 |
| 2 800 | 118           | 53.78         | 1.5175     | 76.446        | 88.1                               | 106                | 121                 | 110                | 137                 | 151                 |
| 3 000 | 123           | 61.26         | 1.6250     | 87.353        | 87.7                               | 105                | 120                 | 109                | 136                 | 150                 |

外圧管3種 (NE 形、NL 形、NC形)

| 呼び径   | $P$<br>(kN/m) | $W$<br>(kN/m) | $r$<br>(m) | $M$<br>(kN・m) | 埋 設 管 の 耐 荷 力 (kN/m <sup>2</sup> ) |                     |                      |                     |                      |                      |
|-------|---------------|---------------|------------|---------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
|       |               |               |            |               | 砂 又 は 土 基 礎                        |                     |                      | コ ン ク リ ー ト 基 礎     |                      |                      |
|       |               |               |            |               | $k=0.377$<br>(60° )                | $k=0.314$<br>(90° ) | $k=0.275$<br>(120° ) | $k=0.303$<br>(90° ) | $k=0.243$<br>(120° ) | $k=0.220$<br>(180° ) |
| 200   | 62.8          | 1.15          | 0.1295     | 2.622         | 415                                | 498                 | 569                  | 516                 | 643                  | 711                  |
| 250   | 64.8          | 1.26          | 0.1525     | 3.189         | 364                                | 437                 | 499                  | 452                 | 564                  | 623                  |
| 300   | 68.7          | 1.53          | 0.1785     | 3.965         | 330                                | 396                 | 453                  | 411                 | 512                  | 566                  |
| 350   | 74.6          | 1.85          | 0.2050     | 4.954         | 313                                | 375                 | 429                  | 389                 | 485                  | 536                  |
| 400   | 78.5          | 2.20          | 0.2315     | 5.901         | 292                                | 351                 | 400                  | 363                 | 453                  | 500                  |
| 450   | 84.4          | 2.61          | 0.2585     | 7.099         | 282                                | 338                 | 386                  | 351                 | 437                  | 483                  |
| 500   | 88.3          | 3.01          | 0.2850     | 8.208         | 268                                | 322                 | 367                  | 333                 | 416                  | 459                  |
| 600   | 92.2          | 4.10          | 0.3400     | 10.302        | 236                                | 284                 | 324                  | 294                 | 367                  | 405                  |
| 700   | 96.2          | 5.36          | 0.3950     | 12.590        | 214                                | 257                 | 293                  | 266                 | 332                  | 367                  |
| 800   | 70.7          | 5.31          | 0.4400     | 10.451        | 143                                | 172                 | 196                  | 178                 | 222                  | 245                  |
| 900   | 76.5          | 6.72          | 0.4950     | 12.837        | 139                                | 167                 | 191                  | 173                 | 216                  | 238                  |
| 1 000 | 82.4          | 8.29          | 0.5500     | 15.502        | 136                                | 163                 | 186                  | 169                 | 211                  | 233                  |
| 1 100 | 85.4          | 9.54          | 0.6025     | 17.736        | 130                                | 156                 | 178                  | 161                 | 201                  | 222                  |
| 1 200 | 88.3          | 11.40         | 0.6575     | 20.254        | 124                                | 149                 | 170                  | 155                 | 193                  | 213                  |
| 1 350 | 94.2          | 13.90         | 0.7375     | 24.543        | 120                                | 144                 | 164                  | 149                 | 186                  | 205                  |
| 1 500 | 110           | 17.31         | 0.8200     | 32.076        | 127                                | 152                 | 173                  | 157                 | 196                  | 217                  |
| 1 650 | 117           | 20.36         | 0.9000     | 37.864        | 124                                | 149                 | 170                  | 154                 | 192                  | 212                  |
| 1 800 | 123           | 23.64         | 0.9800     | 43.870        | 121                                | 145                 | 166                  | 151                 | 188                  | 208                  |
| 2 000 | 130           | 28.70         | 1.0875     | 52.416        | 118                                | 141                 | 161                  | 146                 | 182                  | 201                  |
| 2 200 | 137           | 34.24         | 1.1950     | 61.840        | 115                                | 138                 | 157                  | 143                 | 178                  | 197                  |
| 2 400 | 143           | 40.26         | 1.3025     | 71.764        | 112                                | 135                 | 154                  | 140                 | 174                  | 192                  |
| 2 600 | 150           | 46.78         | 1.4100     | 83.020        | 111                                | 133                 | 152                  | 138                 | 172                  | 190                  |
| 2 800 | 155           | 53.78         | 1.5175     | 94.301        | 109                                | 130                 | 149                  | 135                 | 169                  | 186                  |
| 3 000 | 162           | 61.26         | 1.6250     | 107.506       | 108                                | 130                 | 148                  | 134                 | 168                  | 185                  |

注) 呼び径200～1350はJHPAS-24に規定するNE形及びNL形を指す。

推進管1種

| 呼び径   | $P$<br>(kN/m) | $W$<br>(kN/m) | $r$<br>(m) | $M$<br>(kN・m) | 耐荷力 (kN/m <sup>2</sup> )<br>k=0.275<br>(120° 自由支承) |
|-------|---------------|---------------|------------|---------------|----------------------------------------------------|
| 200   | 31.4          | 1.15          | 0.1295     | 1.329         | 288                                                |
| 250   | 32.4          | 1.26          | 0.1525     | 1.617         | 253                                                |
| 300   | 34.4          | 1.53          | 0.1785     | 2.018         | 230                                                |
| 350   | 37.3          | 1.85          | 0.2050     | 2.522         | 218                                                |
| 400   | 39.3          | 2.20          | 0.2315     | 3.015         | 205                                                |
| 450   | 42.2          | 2.61          | 0.2585     | 3.630         | 198                                                |
| 500   | 44.2          | 3.01          | 0.2850     | 4.211         | 189                                                |
| 600   | 46.1          | 4.10          | 0.3400     | 5.318         | 167                                                |
| 700   | 48.1          | 5.36          | 0.3950     | 6.548         | 153                                                |
| 800   | 35.4          | 5.31          | 0.4400     | 5.511         | 104                                                |
| 900   | 38.3          | 6.72          | 0.4950     | 6.824         | 101                                                |
| 1 000 | 41.2          | 8.29          | 0.5500     | 8.296         | 100                                                |
| 1 100 | 42.7          | 9.54          | 0.6025     | 9.555         | 95.7                                               |
| 1 200 | 44.2          | 11.40         | 0.6575     | 11.033        | 92.8                                               |
| 1 350 | 47.1          | 13.90         | 0.7375     | 13.496        | 90.2                                               |
| 1 500 | 50.1          | 17.31         | 0.8200     | 16.457        | 89.0                                               |
| 1 650 | 53.0          | 20.36         | 0.9000     | 19.548        | 87.8                                               |
| 1 800 | 55.9          | 23.64         | 0.9800     | 22.959        | 86.9                                               |
| 2 000 | 58.9          | 28.70         | 1.0875     | 27.828        | 85.6                                               |
| 2 200 | 61.8          | 34.24         | 1.1950     | 33.263        | 84.7                                               |
| 2 400 | 64.8          | 40.26         | 1.3025     | 39.374        | 84.4                                               |
| 2 600 | 67.7          | 46.78         | 1.4100     | 46.119        | 84.4                                               |
| 2 800 | 70.7          | 53.78         | 1.5175     | 53.621        | 84.7                                               |
| 3 000 | 73.6          | 61.26         | 1.6250     | 61.825        | 85.1                                               |

推進管2種

| 呼び径   | $P$<br>(kN/m) | $W$<br>(kN/m) | $r$<br>(m) | $M$<br>(kN・m) | 耐荷力 (kN/m <sup>2</sup> )<br>k=0.275<br>(120° 自由支承) |
|-------|---------------|---------------|------------|---------------|----------------------------------------------------|
| 200   | 62.8          | 1.15          | 0.1295     | 2.622         | 568                                                |
| 250   | 64.8          | 1.26          | 0.1525     | 3.188         | 499                                                |
| 300   | 68.7          | 1.53          | 0.1785     | 3.965         | 453                                                |
| 350   | 74.6          | 1.85          | 0.2050     | 4.954         | 429                                                |
| 400   | 78.5          | 2.20          | 0.2315     | 5.901         | 400                                                |
| 450   | 84.4          | 2.61          | 0.2585     | 7.099         | 386                                                |
| 500   | 88.3          | 3.01          | 0.2850     | 8.208         | 367                                                |
| 600   | 92.2          | 4.10          | 0.3400     | 10.302        | 324                                                |
| 700   | 96.2          | 5.36          | 0.3950     | 12.590        | 293                                                |
| 800   | 70.7          | 5.31          | 0.4400     | 10.451        | 196                                                |
| 900   | 76.5          | 6.72          | 0.4950     | 12.837        | 191                                                |
| 1 000 | 82.4          | 8.29          | 0.5500     | 15.501        | 186                                                |
| 1 100 | 85.4          | 9.54          | 0.6025     | 17.736        | 178                                                |
| 1 200 | 88.3          | 11.40         | 0.6575     | 20.254        | 170                                                |
| 1 350 | 94.2          | 13.90         | 0.7375     | 24.542        | 164                                                |
| 1 500 | 101           | 17.31         | 0.8200     | 29.729        | 161                                                |
| 1 650 | 106           | 20.36         | 0.9000     | 34.717        | 156                                                |
| 1 800 | 112           | 23.64         | 0.9800     | 40.441        | 153                                                |
| 2 000 | 118           | 28.70         | 1.0875     | 48.267        | 148                                                |
| 2 200 | 124           | 34.24         | 1.1950     | 56.900        | 145                                                |
| 2 400 | 130           | 40.26         | 1.3025     | 66.378        | 142                                                |
| 2 600 | 136           | 46.78         | 1.4100     | 76.744        | 140                                                |
| 2 800 | 142           | 53.78         | 1.5175     | 88.029        | 139                                                |
| 3 000 | 148           | 61.26         | 1.6250     | 100.271       | 138                                                |

資料2 土圧一覧表 ( $\gamma=18\text{kN/m}^3$ )

マーストンの式 (溝型)  $K\mu'=0.1924$

単位:  $\text{kN/m}^2$

| 呼び径  | 土 か ぶ り (m) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|      | 0.5         | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 3.5  | 4.0  | 4.5  | 5.0  | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5 | 10.0 |
| 150  | 38.3        | 69.6 | 95.2 | 116  | 133  | 147  | 158  | 168  | 175  | 181  | 186 | 191 | 194 | 197 | 199 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205  |
| 200  | 32.2        | 58.8 | 80.8 | 98.9 | 114  | 126  | 136  | 145  | 152  | 157  | 162 | 166 | 169 | 172 | 174 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180  |
| 250  | 28.2        | 51.7 | 71.3 | 87.5 | 101  | 112  | 122  | 130  | 136  | 142  | 146 | 150 | 153 | 156 | 158 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164  |
| 300  | 25.2        | 46.4 | 64.2 | 79.1 | 91.6 | 102  | 111  | 118  | 125  | 130  | 134 | 138 | 141 | 144 | 146 | 148 | 149 | 150 | 152 | 152  |
| 350  | 23.0        | 42.5 | 59.0 | 72.9 | 84.7 | 94.7 | 103  | 110  | 116  | 121  | 126 | 129 | 132 | 135 | 137 | 139 | 141 | 142 | 143 | 144  |
| 400  | 22.2        | 41.2 | 57.5 | 71.5 | 83.5 | 93.7 | 103  | 110  | 117  | 122  | 127 | 131 | 134 | 137 | 140 | 142 | 144 | 146 | 147 | 148  |
| 450  | 20.7        | 38.5 | 53.9 | 67.1 | 78.6 | 88.4 | 96.9 | 104  | 111  | 116  | 121 | 125 | 128 | 131 | 134 | 136 | 138 | 140 | 141 | 142  |
| 500  | 19.4        | 36.2 | 50.8 | 63.4 | 74.4 | 83.9 | 92.1 | 99.3 | 105  | 111  | 116 | 120 | 123 | 126 | 129 | 131 | 133 | 135 | 136 | 138  |
| 600  | 18.7        | 35.3 | 49.9 | 62.8 | 74.2 | 84.3 | 93.2 | 101  | 108  | 114  | 120 | 124 | 129 | 132 | 136 | 138 | 141 | 143 | 145 | 147  |
| 700  | 17.2        | 32.5 | 46.1 | 58.2 | 68.9 | 78.5 | 87.1 | 94.7 | 101  | 107  | 113 | 118 | 122 | 126 | 129 | 132 | 135 | 137 | 139 | 141  |
| 800  | 16.5        | 31.3 | 44.6 | 56.6 | 67.3 | 77.0 | 85.7 | 93.5 | 100  | 107  | 112 | 118 | 122 | 126 | 130 | 133 | 136 | 139 | 141 | 143  |
| 900  | 15.9        | 30.3 | 43.4 | 55.2 | 66.0 | 75.7 | 84.5 | 92.5 | 99.7 | 106  | 112 | 118 | 122 | 127 | 131 | 134 | 138 | 141 | 143 | 146  |
| 1000 | 15.1        | 28.9 | 41.4 | 52.9 | 63.3 | 72.7 | 81.3 | 89.2 | 96.3 | 103  | 109 | 114 | 119 | 123 | 128 | 131 | 135 | 138 | 140 | 143  |
| 1100 | 15.2        | 29.2 | 42.0 | 53.8 | 64.6 | 74.5 | 83.6 | 91.9 | 99.6 | 107  | 113 | 119 | 125 | 130 | 134 | 138 | 142 | 146 | 149 | 152  |
| 1200 | 14.9        | 28.7 | 41.4 | 53.2 | 64.0 | 74.0 | 83.2 | 91.8 | 99.6 | 107  | 114 | 120 | 125 | 131 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 155  |
| 1350 | 14.2        | 27.4 | 39.6 | 50.9 | 61.4 | 71.2 | 80.2 | 88.6 | 96.3 | 104  | 110 | 116 | 122 | 127 | 132 | 137 | 141 | 145 | 149 | 152  |
| 1500 | 13.9        | 27.0 | 39.1 | 50.5 | 61.1 | 71.1 | 80.4 | 89.1 | 97.2 | 105  | 112 | 118 | 125 | 130 | 136 | 141 | 146 | 150 | 154 | 158  |
| 1650 | 13.6        | 26.4 | 38.5 | 49.8 | 60.4 | 70.3 | 79.7 | 88.4 | 96.7 | 104  | 112 | 118 | 125 | 131 | 137 | 142 | 147 | 151 | 156 | 160  |
| 1800 | 13.4        | 26.0 | 37.9 | 49.1 | 59.7 | 69.7 | 79.1 | 87.9 | 96.3 | 104  | 112 | 119 | 125 | 131 | 137 | 143 | 148 | 153 | 157 | 162  |
| 2000 | 13.4        | 26.2 | 38.2 | 49.7 | 60.5 | 70.8 | 80.5 | 89.7 | 98.5 | 107  | 115 | 122 | 129 | 136 | 142 | 148 | 154 | 159 | 165 | 169  |
| 2200 | 12.6        | 24.5 | 35.9 | 46.6 | 56.8 | 66.5 | 75.7 | 84.5 | 92.8 | 101  | 108 | 115 | 122 | 128 | 134 | 140 | 146 | 151 | 156 | 160  |
| 2400 | 12.3        | 24.1 | 35.3 | 46.0 | 56.1 | 65.8 | 75.0 | 83.8 | 92.2 | 100  | 108 | 115 | 122 | 128 | 135 | 141 | 146 | 152 | 157 | 162  |
| 2600 | 12.2        | 23.8 | 34.9 | 45.4 | 55.6 | 65.2 | 74.5 | 83.3 | 91.7 | 99.7 | 107 | 115 | 122 | 128 | 135 | 141 | 147 | 152 | 158 | 163  |
| 2800 | 11.8        | 23.2 | 34.0 | 44.4 | 54.4 | 63.9 | 73.0 | 81.7 | 90.1 | 98.1 | 106 | 113 | 120 | 127 | 133 | 139 | 145 | 151 | 156 | 161  |
| 3000 | 11.7        | 23.0 | 33.7 | 44.1 | 54.0 | 63.5 | 72.7 | 81.4 | 89.8 | 97.9 | 106 | 113 | 120 | 127 | 134 | 140 | 146 | 152 | 157 | 163  |

注) 呼び径1500～3000はNC形

掘削溝幅は資料3の砂基礎Ⅱとした。

マーストンの式（正の突出型）  $K\mu=0.1924$   $\delta=0.7$   $p'=1.0$

単位：kN/m<sup>2</sup>

| 呼び径  | 土 か ぶ り (m) |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|      | 0.5         | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 3.5  | 4.0  | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5 | 10.0 |
| 150  | 14.1        | 31.5 | 48.8 | 66.1 | 83.4 | 101  | 118  | 135  | 153 | 170 | 187 | 205 | 222 | 239 | 257 | 274 | 291 | 308 | 326 | 343  |
| 200  | 13.3        | 30.6 | 48.0 | 65.3 | 82.6 | 99.9 | 117  | 135  | 152 | 169 | 186 | 204 | 221 | 238 | 256 | 273 | 290 | 308 | 325 | 342  |
| 250  | 12.5        | 29.8 | 47.1 | 64.5 | 81.8 | 99.1 | 116  | 134  | 151 | 168 | 186 | 203 | 220 | 238 | 255 | 272 | 290 | 307 | 324 | 341  |
| 300  | 11.9        | 29.0 | 46.3 | 63.6 | 80.9 | 98.2 | 116  | 133  | 150 | 167 | 185 | 202 | 219 | 237 | 254 | 271 | 289 | 306 | 323 | 341  |
| 350  | 11.5        | 28.1 | 45.5 | 62.8 | 80.1 | 97.4 | 115  | 132  | 149 | 167 | 184 | 201 | 219 | 236 | 253 | 271 | 288 | 305 | 322 | 340  |
| 400  | 11.1        | 27.3 | 44.6 | 61.9 | 79.2 | 96.5 | 114  | 131  | 148 | 166 | 183 | 200 | 218 | 235 | 252 | 270 | 287 | 304 | 322 | 339  |
| 450  | 10.9        | 26.4 | 43.7 | 61.0 | 78.3 | 95.6 | 113  | 130  | 148 | 165 | 182 | 200 | 217 | 234 | 251 | 269 | 286 | 303 | 321 | 338  |
| 500  | 10.7        | 25.5 | 42.8 | 60.1 | 77.4 | 94.7 | 112  | 129  | 147 | 164 | 181 | 199 | 216 | 233 | 251 | 268 | 285 | 302 | 320 | 337  |
| 600  | 10.4        | 24.0 | 41.0 | 58.3 | 75.6 | 92.9 | 110  | 128  | 145 | 162 | 179 | 197 | 214 | 231 | 249 | 266 | 283 | 301 | 318 | 335  |
| 700  | 10.1        | 23.0 | 39.2 | 56.5 | 73.8 | 91.1 | 108  | 126  | 143 | 160 | 178 | 195 | 212 | 230 | 247 | 264 | 282 | 299 | 316 | 333  |
| 800  | 10.0        | 22.3 | 37.4 | 54.7 | 72.0 | 89.3 | 107  | 124  | 141 | 159 | 176 | 193 | 210 | 228 | 245 | 262 | 280 | 297 | 314 | 332  |
| 900  | 9.88        | 21.7 | 36.0 | 52.8 | 70.1 | 87.4 | 105  | 122  | 139 | 157 | 174 | 191 | 209 | 226 | 243 | 261 | 278 | 295 | 313 | 330  |
| 1000 | 9.79        | 21.3 | 35.0 | 51.0 | 68.3 | 85.6 | 103  | 120  | 138 | 155 | 172 | 190 | 207 | 224 | 241 | 259 | 276 | 293 | 311 | 328  |
| 1100 | 9.71        | 21.0 | 34.1 | 49.4 | 66.6 | 83.9 | 101  | 119  | 136 | 153 | 170 | 188 | 205 | 222 | 240 | 257 | 274 | 292 | 309 | 326  |
| 1200 | 9.65        | 20.7 | 33.5 | 48.1 | 64.8 | 82.1 | 99.4 | 117  | 134 | 151 | 169 | 186 | 203 | 221 | 238 | 255 | 273 | 290 | 307 | 324  |
| 1350 | 9.58        | 20.4 | 32.7 | 46.6 | 62.3 | 79.5 | 96.8 | 114  | 131 | 149 | 166 | 183 | 201 | 218 | 235 | 253 | 270 | 287 | 305 | 322  |
| 1500 | 9.50        | 20.1 | 31.9 | 45.0 | 59.7 | 76.0 | 93.3 | 111  | 128 | 145 | 163 | 180 | 197 | 215 | 232 | 249 | 266 | 284 | 301 | 318  |
| 1650 | 9.46        | 19.9 | 31.4 | 44.1 | 58.2 | 73.7 | 90.7 | 108  | 125 | 143 | 160 | 177 | 195 | 212 | 229 | 246 | 264 | 281 | 298 | 316  |
| 1800 | 9.42        | 19.7 | 31.0 | 43.4 | 57.0 | 71.8 | 88.0 | 105  | 123 | 140 | 157 | 175 | 192 | 209 | 226 | 244 | 261 | 278 | 296 | 313  |
| 2000 | 9.38        | 19.6 | 30.6 | 42.6 | 55.6 | 69.7 | 85.1 | 102  | 119 | 136 | 154 | 171 | 188 | 206 | 223 | 240 | 258 | 275 | 292 | 309  |
| 2200 | 9.34        | 19.4 | 30.3 | 41.9 | 54.5 | 68.1 | 82.7 | 98.5 | 115 | 133 | 150 | 167 | 185 | 202 | 219 | 237 | 254 | 271 | 289 | 306  |
| 2400 | 9.32        | 19.3 | 30.0 | 41.4 | 53.7 | 66.8 | 80.8 | 95.9 | 112 | 129 | 146 | 164 | 181 | 198 | 216 | 233 | 250 | 268 | 285 | 302  |
| 2600 | 9.29        | 19.2 | 29.7 | 41.0 | 52.9 | 65.7 | 79.3 | 93.7 | 109 | 126 | 143 | 160 | 177 | 195 | 212 | 229 | 247 | 264 | 281 | 299  |
| 2800 | 9.27        | 19.1 | 29.5 | 40.6 | 52.3 | 64.8 | 78.0 | 92.0 | 107 | 123 | 139 | 157 | 174 | 191 | 208 | 226 | 243 | 260 | 278 | 295  |
| 3000 | 9.25        | 19.0 | 29.4 | 40.3 | 51.8 | 64.0 | 76.8 | 90.4 | 105 | 120 | 136 | 153 | 170 | 188 | 205 | 222 | 240 | 257 | 274 | 291  |

注) 呼び径1500～3000はNC形

マーストンの式 (負の突出型)  $B_d=B_c+0.7$   $K\mu=0.130$   $\delta=0.3$   $p'=1.0$

単位 : kN/m<sup>2</sup>

| 呼び径   | 土 か ぶ り (m) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|-------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|       | 0.5         | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 3.5  | 4.0  | 4.5  | 5.0  | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5 | 10.0 |
| 150   |             | 69.8 | 97.9 | 122  | 143  | 164  | 187  | 210  | 233  | 256  | 279 | 302 | 326 | 349 | 372 | 395 | 418 | 441 | 464 | 487  |
| 200   |             | 59.2 | 83.2 | 104  | 123  | 139  | 159  | 178  | 197  | 217  | 236 | 256 | 275 | 294 | 314 | 333 | 353 | 372 | 392 | 411  |
| 250   |             |      | 73.6 | 92.4 | 109  | 124  | 140  | 157  | 174  | 191  | 208 | 225 | 242 | 259 | 276 | 293 | 310 | 327 | 344 | 361  |
| 300   |             |      | 66.5 | 83.8 | 99.0 | 113  | 126  | 142  | 157  | 172  | 187 | 202 | 218 | 233 | 248 | 263 | 279 | 294 | 309 | 324  |
| 350   |             |      | 61.3 | 77.4 | 91.7 | 104  | 117  | 130  | 144  | 158  | 172 | 186 | 200 | 214 | 228 | 241 | 255 | 269 | 283 | 297  |
| 400   |             |      | 57.2 | 72.4 | 85.9 | 98.1 | 109  | 121  | 134  | 147  | 160 | 173 | 186 | 199 | 211 | 224 | 237 | 250 | 263 | 276  |
| 450   |             |      | 53.9 | 68.4 | 81.4 | 93.1 | 104  | 115  | 127  | 139  | 151 | 163 | 175 | 187 | 199 | 211 | 223 | 235 | 247 | 259  |
| 500   |             |      | 51.2 | 65.1 | 77.6 | 89.0 | 99.2 | 109  | 120  | 132  | 143 | 154 | 166 | 177 | 188 | 200 | 211 | 222 | 234 | 245  |
| 600   |             |      | 47.1 | 60.1 | 72.0 | 82.8 | 92.6 | 102  | 111  | 121  | 131 | 142 | 152 | 162 | 173 | 183 | 193 | 204 | 214 | 224  |
| 700   |             |      |      | 56.6 | 68.0 | 78.4 | 88.0 | 96.8 | 105  | 114  | 123 | 133 | 143 | 152 | 162 | 171 | 181 | 191 | 200 | 210  |
| 800   |             |      |      | 54.0 | 65.0 | 75.2 | 84.6 | 93.2 | 101  | 109  | 118 | 127 | 136 | 145 | 154 | 163 | 172 | 181 | 190 | 199  |
| 900   |             |      |      | 51.9 | 62.6 | 72.6 | 81.9 | 90.5 | 98.4 | 106  | 113 | 122 | 130 | 139 | 148 | 156 | 165 | 173 | 182 | 191  |
| 1 000 |             |      |      | 50.3 | 60.8 | 70.7 | 79.8 | 88.4 | 96.3 | 104  | 111 | 118 | 127 | 135 | 143 | 151 | 160 | 168 | 176 | 184  |
| 1 100 |             |      |      | 49.0 | 59.4 | 69.1 | 78.2 | 86.7 | 94.7 | 102  | 109 | 116 | 124 | 131 | 139 | 147 | 155 | 163 | 171 | 179  |
| 1 200 |             |      |      |      | 58.2 | 67.8 | 76.8 | 85.3 | 93.3 | 101  | 108 | 114 | 121 | 129 | 137 | 144 | 152 | 160 | 167 | 175  |
| 1 350 |             |      |      |      | 56.7 | 66.2 | 75.2 | 83.6 | 91.6 | 99.2 | 106 | 113 | 119 | 126 | 133 | 141 | 148 | 156 | 163 | 171  |
| 1 500 |             |      |      |      | 55.2 | 64.6 | 73.5 | 81.9 | 90.0 | 97.6 | 105 | 112 | 118 | 124 | 130 | 137 | 144 | 152 | 159 | 166  |
| 1 650 |             |      |      |      |      | 63.6 | 72.5 | 80.9 | 89.0 | 96.7 | 104 | 111 | 118 | 124 | 130 | 136 | 142 | 149 | 156 | 163  |
| 1 800 |             |      |      |      |      | 62.8 | 71.6 | 80.1 | 88.2 | 95.9 | 103 | 110 | 117 | 123 | 130 | 135 | 141 | 148 | 155 | 161  |
| 2 000 |             |      |      |      |      |      | 70.7 | 79.2 | 87.3 | 95.1 | 103 | 110 | 117 | 123 | 129 | 135 | 141 | 147 | 153 | 159  |
| 2 200 |             |      |      |      |      |      | 69.9 | 78.4 | 86.6 | 94.5 | 102 | 109 | 116 | 123 | 129 | 136 | 142 | 147 | 153 | 158  |
| 2 400 |             |      |      |      |      |      |      | 77.8 | 86.0 | 93.9 | 102 | 109 | 116 | 123 | 129 | 136 | 142 | 148 | 153 | 159  |
| 2 600 |             |      |      |      |      |      |      | 77.3 | 85.6 | 93.5 | 101 | 109 | 116 | 123 | 129 | 136 | 142 | 148 | 154 | 160  |
| 2 800 |             |      |      |      |      |      |      | 76.9 | 85.2 | 93.2 | 101 | 108 | 116 | 123 | 129 | 136 | 142 | 149 | 155 | 160  |
| 3 000 |             |      |      |      |      |      |      |      | 84.8 | 92.9 | 101 | 108 | 116 | 123 | 130 | 136 | 143 | 149 | 155 | 161  |

注) 呼び径1500～3000はNC形

基礎地盤の変形係数  $E_o=9\ 800\text{kN/m}^2$   
 埋戻し土の変形係数  $E_g=9\ 800\text{kN/m}^2$

下水道協会式（矢板引抜き有）90° 砂基礎埋戻し土の内部摩擦角  $\phi=25^\circ$

単位：kN/m<sup>2</sup>

| 呼び径  | 土 か ぶ り (m) |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|------|-------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|      | 0.5         | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5 | 10.0 |
| 150  | 21.7        | 52.0 | 83.4 | 115  | 146  | 177  | 208 | 239 | 270 | 301 | 332 | 363 | 395 | 426 | 457 | 488 | 519 | 550 | 581 | 612  |
| 200  | 20.2        | 46.9 | 74.5 | 102  | 129  | 157  | 184 | 212 | 239 | 266 | 294 | 321 | 348 | 376 | 403 | 431 | 458 | 485 | 513 | 540  |
| 250  | 19.2        | 43.5 | 68.6 | 93.6 | 119  | 144  | 168 | 193 | 218 | 243 | 268 | 293 | 318 | 343 | 368 | 393 | 418 | 442 | 467 | 492  |
| 300  | 18.4        | 41.0 | 64.2 | 87.3 | 110  | 134  | 157 | 180 | 203 | 226 | 249 | 272 | 295 | 318 | 341 | 364 | 387 | 410 | 433 | 456  |
| 350  | 17.8        | 39.1 | 60.9 | 82.7 | 104  | 126  | 148 | 169 | 191 | 213 | 234 | 256 | 278 | 300 | 321 | 343 | 365 | 386 | 408 | 430  |
| 400  | 17.5        | 38.1 | 59.4 | 80.6 | 102  | 123  | 144 | 165 | 186 | 207 | 228 | 250 | 271 | 292 | 313 | 334 | 355 | 376 | 398 | 419  |
| 450  | 17.1        | 36.9 | 57.2 | 77.4 | 97.6 | 118  | 138 | 158 | 178 | 199 | 219 | 239 | 259 | 279 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 401  |
| 500  | 16.8        | 35.8 | 55.3 | 74.7 | 94.1 | 114  | 133 | 152 | 172 | 191 | 211 | 230 | 249 | 269 | 288 | 307 | 327 | 346 | 366 | 385  |
| 600  | 16.5        | 34.9 | 53.9 | 72.9 | 91.9 | 111  | 130 | 149 | 168 | 187 | 206 | 225 | 244 | 262 | 281 | 300 | 319 | 338 | 357 | 376  |
| 700  | 16.1        | 33.7 | 51.7 | 69.7 | 87.7 | 106  | 124 | 142 | 160 | 178 | 196 | 213 | 231 | 249 | 267 | 285 | 303 | 321 | 339 | 357  |
| 800  | 15.9        | 33.0 | 50.5 | 68.1 | 85.6 | 103  | 121 | 138 | 156 | 173 | 191 | 208 | 226 | 243 | 261 | 278 | 296 | 313 | 331 | 349  |
| 900  | 15.7        | 32.4 | 49.6 | 66.8 | 84.0 | 101  | 118 | 135 | 153 | 170 | 187 | 204 | 221 | 239 | 256 | 273 | 290 | 307 | 324 | 342  |
| 1000 | 15.4        | 31.8 | 48.5 | 65.2 | 81.9 | 98.6 | 115 | 132 | 149 | 165 | 182 | 199 | 215 | 232 | 249 | 265 | 282 | 299 | 315 | 332  |
| 1100 | 15.4        | 31.7 | 48.4 | 65.2 | 81.9 | 98.6 | 115 | 132 | 149 | 166 | 182 | 199 | 216 | 232 | 249 | 266 | 283 | 299 | 316 | 333  |
| 1200 | 15.3        | 31.4 | 47.9 | 64.5 | 81.1 | 97.6 | 114 | 131 | 147 | 164 | 180 | 197 | 213 | 230 | 247 | 263 | 280 | 296 | 313 | 329  |
| 1350 | 15.1        | 30.8 | 46.9 | 63.0 | 79.1 | 95.2 | 111 | 127 | 143 | 160 | 176 | 192 | 208 | 224 | 240 | 256 | 272 | 288 | 304 | 320  |
| 1500 | 15.0        | 30.5 | 46.4 | 62.3 | 78.2 | 94.1 | 110 | 126 | 142 | 158 | 174 | 190 | 206 | 221 | 237 | 253 | 269 | 285 | 301 | 317  |
| 1650 | 14.9        | 30.2 | 45.9 | 61.6 | 77.4 | 93.1 | 109 | 125 | 140 | 156 | 172 | 187 | 203 | 219 | 235 | 250 | 266 | 282 | 298 | 313  |
| 1800 | 14.8        | 29.9 | 45.5 | 61.1 | 76.6 | 92.2 | 108 | 123 | 139 | 155 | 170 | 186 | 201 | 217 | 232 | 248 | 264 | 279 | 295 | 310  |
| 2000 | 14.7        | 29.9 | 45.4 | 61.0 | 76.6 | 92.2 | 108 | 123 | 139 | 155 | 170 | 186 | 201 | 217 | 232 | 248 | 264 | 279 | 295 | 310  |
| 2200 | 14.5        | 29.2 | 44.3 | 59.3 | 74.4 | 89.5 | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 | 180 | 195 | 210 | 225 | 240 | 255 | 270 | 285 | 300  |
| 2400 | 14.4        | 29.0 | 43.9 | 58.8 | 73.7 | 88.6 | 104 | 118 | 133 | 148 | 163 | 178 | 193 | 208 | 223 | 238 | 253 | 268 | 282 | 297  |
| 2600 | 14.3        | 28.8 | 43.6 | 58.4 | 73.2 | 88.0 | 103 | 118 | 132 | 147 | 162 | 177 | 191 | 206 | 221 | 236 | 251 | 265 | 280 | 295  |
| 2800 | 14.2        | 28.6 | 43.1 | 57.7 | 72.3 | 86.9 | 102 | 116 | 131 | 145 | 160 | 174 | 189 | 204 | 218 | 233 | 247 | 262 | 277 | 291  |
| 3000 | 14.1        | 28.4 | 42.9 | 57.4 | 71.9 | 86.4 | 101 | 115 | 130 | 144 | 159 | 173 | 188 | 202 | 217 | 231 | 246 | 260 | 275 | 289  |

注）呼び径1500～3000はNC形

| 基礎地盤の変形係数<br>埋戻し土の変形係数<br>下水道協会式（矢板引抜き有） 120° コンクリート基礎埋戻し土の内部摩擦角 |             |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 単位：kN/m <sup>2</sup> |      |
|------------------------------------------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|------|
| 呼び径                                                              | 土 か ぶ り (m) |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                      |      |
|                                                                  | 0.5         | 1.0  | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5                  | 10.0 |
| 150                                                              | 30.1        | 70.6 | 116  | 161  | 206  | 250  | 295 | 340 | 384 | 429 | 474 | 518 | 563 | 608 | 652 | 697 | 741 | 785 | 831                  | 875  |
| 200                                                              | 27.2        | 62.3 | 101  | 139  | 178  | 216  | 254 | 292 | 331 | 369 | 407 | 445 | 483 | 521 | 560 | 598 | 636 | 674 | 712                  | 750  |
| 250                                                              | 25.3        | 57.0 | 91.5 | 126  | 160  | 194  | 228 | 262 | 296 | 330 | 365 | 399 | 433 | 467 | 501 | 535 | 569 | 603 | 637                  | 671  |
| 300                                                              | 24.0        | 53.1 | 84.6 | 116  | 147  | 178  | 210 | 241 | 272 | 303 | 334 | 365 | 396 | 428 | 459 | 490 | 521 | 552 | 583                  | 614  |
| 350                                                              | 23.1        | 50.8 | 81.2 | 112  | 142  | 172  | 202 | 232 | 263 | 293 | 323 | 353 | 384 | 414 | 444 | 474 | 504 | 534 | 564                  | 595  |
| 400                                                              | 22.0        | 48.1 | 76.5 | 105  | 133  | 161  | 189 | 218 | 246 | 274 | 302 | 330 | 358 | 386 | 414 | 443 | 471 | 499 | 527                  | 555  |
| 450                                                              | 21.1        | 45.7 | 72.3 | 98.8 | 125  | 152  | 178 | 205 | 231 | 257 | 284 | 310 | 336 | 363 | 389 | 416 | 442 | 469 | 495                  | 521  |
| 500                                                              | 20.3        | 43.6 | 68.7 | 93.6 | 119  | 143  | 168 | 193 | 218 | 243 | 268 | 293 | 318 | 342 | 367 | 392 | 417 | 442 | 467                  | 492  |
| 600                                                              | 19.1        | 40.5 | 63.2 | 85.8 | 108  | 131  | 154 | 176 | 199 | 221 | 244 | 267 | 289 | 312 | 334 | 357 | 379 | 402 | 425                  | 447  |
| 700                                                              | 18.2        | 38.2 | 59.4 | 80.5 | 102  | 123  | 144 | 165 | 186 | 207 | 228 | 249 | 270 | 291 | 312 | 333 | 354 | 375 | 396                  | 417  |
| 800                                                              | 17.8        | 37.3 | 57.7 | 78.1 | 98.5 | 119  | 139 | 160 | 180 | 200 | 221 | 241 | 261 | 282 | 302 | 322 | 343 | 363 | 383                  | 404  |
| 900                                                              | 17.2        | 35.8 | 55.1 | 74.5 | 93.8 | 113  | 132 | 152 | 171 | 190 | 210 | 229 | 248 | 267 | 287 | 306 | 325 | 345 | 364                  | 383  |
| 1000                                                             | 17.0        | 35.3 | 54.3 | 73.3 | 92.2 | 111  | 130 | 149 | 168 | 187 | 206 | 225 | 244 | 263 | 282 | 301 | 320 | 339 | 358                  | 377  |
| 1100                                                             | 16.8        | 34.8 | 53.6 | 72.5 | 91.4 | 110  | 129 | 148 | 167 | 185 | 204 | 223 | 242 | 261 | 279 | 298 | 317 | 336 | 355                  | 374  |
| 1200                                                             | 16.7        | 34.5 | 53.0 | 71.6 | 90.2 | 109  | 127 | 146 | 165 | 183 | 202 | 220 | 239 | 257 | 276 | 294 | 313 | 332 | 350                  | 369  |
| 1350                                                             | 16.3        | 33.4 | 51.2 | 69.0 | 86.9 | 105  | 122 | 140 | 158 | 176 | 194 | 211 | 229 | 247 | 265 | 283 | 301 | 318 | 336                  | 354  |
| 1500                                                             | 15.8        | 32.3 | 49.2 | 66.3 | 83.3 | 100  | 117 | 134 | 151 | 168 | 185 | 202 | 219 | 236 | 253 | 270 | 287 | 304 | 321                  | 338  |
| 1650                                                             | 15.6        | 31.9 | 48.7 | 65.5 | 82.2 | 99.0 | 116 | 133 | 149 | 166 | 183 | 200 | 216 | 233 | 250 | 267 | 283 | 300 | 317                  | 334  |
| 1800                                                             | 15.5        | 31.6 | 48.2 | 64.8 | 81.5 | 98.1 | 115 | 131 | 148 | 165 | 181 | 198 | 215 | 231 | 248 | 265 | 281 | 298 | 314                  | 331  |
| 2000                                                             | 15.4        | 31.3 | 47.6 | 64.1 | 80.6 | 97.1 | 114 | 130 | 146 | 163 | 179 | 196 | 212 | 229 | 245 | 262 | 278 | 295 | 311                  | 328  |
| 2200                                                             | 15.3        | 31.2 | 47.4 | 63.8 | 80.2 | 96.6 | 113 | 129 | 146 | 162 | 178 | 195 | 211 | 228 | 244 | 260 | 277 | 293 | 309                  | 326  |
| 2400                                                             | 15.1        | 30.6 | 46.4 | 62.4 | 78.4 | 94.3 | 110 | 126 | 142 | 158 | 174 | 190 | 206 | 222 | 238 | 254 | 270 | 286 | 302                  | 318  |
| 2600                                                             | 14.9        | 30.3 | 45.9 | 61.7 | 77.5 | 93.3 | 109 | 125 | 141 | 156 | 172 | 188 | 204 | 219 | 235 | 251 | 267 | 282 | 298                  | 314  |
| 2800                                                             | 14.9        | 30.3 | 45.9 | 61.7 | 77.5 | 93.3 | 109 | 125 | 141 | 156 | 172 | 188 | 204 | 220 | 235 | 251 | 267 | 283 | 299                  | 314  |
| 3000                                                             | 14.8        | 30.0 | 45.5 | 61.2 | 76.8 | 92.4 | 108 | 124 | 139 | 155 | 171 | 186 | 202 | 217 | 233 | 249 | 264 | 280 | 296                  | 311  |

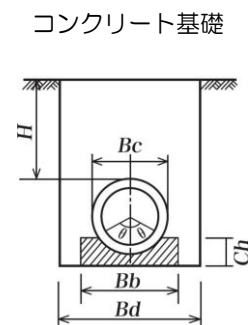
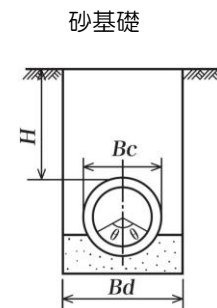
注) 呼び径1500～3000はNC形

資料 3

掘削溝幅とコンクリート基礎の寸法

単位：mm

| 呼び径   | 管の外径<br>(A, B, NC形)<br><br>$B_c$ | 砂基礎            |      | コンクリート基礎           |      |                     |      |                     |      |                    |      |                     |      |                     |      |
|-------|----------------------------------|----------------|------|--------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|--------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|
|       |                                  | 掘削溝幅 ( $B_d$ ) |      | 基礎寸法               |      |                     |      |                     |      | 掘削溝幅 ( $B_d$ )     |      |                     |      |                     |      |
|       |                                  | I              | II   | $2\theta=90^\circ$ |      | $2\theta=120^\circ$ |      | $2\theta=180^\circ$ |      | $2\theta=90^\circ$ |      | $2\theta=120^\circ$ |      | $2\theta=180^\circ$ |      |
|       |                                  |                |      | $B_b$              | $Ch$ | $B_b$               | $Ch$ | $B_b$               | $Ch$ | I                  | II   | I                   | II   | I                   | II   |
| 150   | 202                              | 750            | 950  | 350                | 130  | 400                 | 160  | 450                 | 210  | 950                | 1150 | 1000                | 1200 | 1150                | 1350 |
| 200   | 254                              | 800            | 1000 | 400                | 140  | 450                 | 170  | 500                 | 230  | 1000               | 1200 | 1050                | 1250 | 1200                | 1400 |
| 250   | 306                              | 850            | 1050 | 450                | 150  | 500                 | 180  | 550                 | 260  | 1050               | 1250 | 1100                | 1300 | 1250                | 1450 |
| 300   | 360                              | 900            | 1100 | 500                | 160  | 550                 | 190  | 600                 | 280  | 1100               | 1300 | 1150                | 1350 | 1300                | 1500 |
| 350   | 414                              | 950            | 1150 | 550                | 170  | 600                 | 210  | 650                 | 310  | 1150               | 1350 | 1300                | 1500 | 1350                | 1550 |
| 400   | 470                              | 1050           | 1250 | 550                | 220  | 650                 | 270  | 700                 | 390  | 1250               | 1450 | 1350                | 1550 | 1400                | 1600 |
| 450   | 526                              | 1100           | 1300 | 600                | 230  | 700                 | 290  | 750                 | 420  | 1300               | 1500 | 1400                | 1600 | 1450                | 1650 |
| 500   | 584                              | 1150           | 1350 | 650                | 240  | 750                 | 300  | 800                 | 450  | 1350               | 1550 | 1450                | 1650 | 1500                | 1700 |
| 600   | 700                              | 1350           | 1550 | 750                | 260  | 850                 | 330  | 900                 | 500  | 1450               | 1650 | 1550                | 1750 | 1600                | 1800 |
| 700   | 816                              | 1450           | 1650 | 850                | 320  | 950                 | 410  | 1050                | 610  | 1550               | 1750 | 1650                | 1850 | 1850                | 2050 |
| 800   | 932                              | 1600           | 1800 | 950                | 340  | 1100                | 440  | 1200                | 670  | 1650               | 1850 | 1800                | 2000 | 2000                | 2200 |
| 900   | 1050                             | 1750           | 1950 | 1050               | 360  | 1200                | 470  | 1350                | 730  | 1750               | 1950 | 1900                | 2100 | 2150                | 2350 |
| 1 000 | 1164                             | 1850           | 2050 | 1200               | 380  | 1350                | 500  | 1450                | 790  | 1900               | 2100 | 2050                | 2250 | 2250                | 2450 |
| 1 100 | 1276                             | 2050           | 2250 | 1300               | 440  | 1450                | 570  | 1600                | 890  | 2050               | 2250 | 2250                | 2450 | 2500                | 2700 |
| 1 200 | 1390                             | 2200           | 2400 | 1400               | 460  | 1600                | 600  | 1750                | 950  | 2200               | 2400 | 2400                | 2600 | 2650                | 2850 |
| 1 350 | 1556                             | 2350           | 2550 | 1600               | 480  | 1750                | 640  | 1900                | 1030 | 2350               | 2550 | 2550                | 2750 | 2800                | 3000 |
| 1 500 | 1780                             | 2650           | 2850 | 1750               | 510  | 1950                | 690  | 2100                | 1120 | 2650               | 2850 | 2750                | 2950 | 3100                | 3300 |
| 1 650 | 1950                             | 2850           | 3050 | 1900               | 580  | 2150                | 780  | 2350                | 1250 | 2850               | 3050 | 2950                | 3150 | 3350                | 3550 |
| 1 800 | 2120                             | 3050           | 3250 | 2100               | 610  | 2300                | 820  | 2500                | 1330 | 3050               | 3250 | 3200                | 3400 | 3500                | 3700 |
| 2 000 | 2350                             | 3350           | 3600 | 2300               | 640  | 2550                | 880  | 2800                | 1450 | 3350               | 3600 | 3450                | 3700 | 3800                | 4050 |
| 2 200 | 2580                             | 3450           | 3700 | 2550               | 670  | 2850                | 930  | 3100                | 1560 | 3450               | 3700 | 3750                | 4000 | 4100                | 4350 |
| 2 400 | 2810                             | 3700           | 3950 | 2750               | 760  | 3050                | 1040 | 3350                | 1730 | 3700               | 3950 | 3950                | 4200 | 4350                | 4600 |
| 2 600 | 3040                             | 3900           | 4200 | 3000               | 790  | 3300                | 1100 | 3600                | 1840 | 3950               | 4200 | 4200                | 4450 | 4600                | 4850 |
| 2 800 | 3270                             | 4150           | 4400 | 3200               | 830  | 3550                | 1160 | 3900                | 1960 | 4150               | 4400 | 4550                | 4800 | 4900                | 5150 |
| 3 000 | 3500                             | 4400           | 4650 | 3450               | 860  | 3800                | 1210 | 4150                | 2070 | 4400               | 4650 | 4800                | 5050 | 5150                | 5400 |



注) I は矢板引抜きを行わない場合、II は矢板引抜きを行う場合を示す。

# 資料 4 流量表マンニングの式、n=0.013

| 呼び径     | 150       |           | 200       |           | 250       |           | 300       |           | 350       |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $A$ (㎡) | 0.01767   |           | 0.03142   |           | 0.04909   |           | 0.07069   |           | 0.09621   |           |
| $P$ (m) | 0.4712    |           | 0.6283    |           | 0.7851    |           | 0.9425    |           | 1.0996    |           |
| $R$ (m) | 0.0375    |           | 0.0500    |           | 0.0625    |           | 0.0750    |           | 0.0875    |           |
| $I$ (‰) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) |
| 0.2     | 0.122     | 0.002     | 0.148     | 0.005     | 0.171     | 0.008     | 0.193     | 0.014     | 0.214     | 0.021     |
| 0.4     | 0.172     | 0.003     | 0.209     | 0.006     | 0.242     | 0.012     | 0.274     | 0.019     | 0.303     | 0.029     |
| 0.6     | 0.211     | 0.004     | 0.256     | 0.008     | 0.297     | 0.015     | 0.335     | 0.024     | 0.371     | 0.036     |
| 0.8     | 0.244     | 0.004     | 0.295     | 0.009     | 0.343     | 0.017     | 0.387     | 0.027     | 0.429     | 0.041     |
| 1.0     | 0.273     | 0.005     | 0.330     | 0.010     | 0.383     | 0.019     | 0.433     | 0.031     | 0.479     | 0.046     |
| 1.2     | 0.299     | 0.005     | 0.362     | 0.011     | 0.420     | 0.021     | 0.474     | 0.033     | 0.525     | 0.051     |
| 1.4     | 0.322     | 0.006     | 0.391     | 0.012     | 0.453     | 0.022     | 0.512     | 0.036     | 0.567     | 0.055     |
| 1.6     | 0.345     | 0.006     | 0.418     | 0.013     | 0.485     | 0.024     | 0.547     | 0.039     | 0.606     | 0.058     |
| 1.8     | 0.366     | 0.006     | 0.443     | 0.014     | 0.514     | 0.025     | 0.580     | 0.041     | 0.643     | 0.062     |
| 2.0     | 0.385     | 0.007     | 0.467     | 0.015     | 0.542     | 0.027     | 0.612     | 0.043     | 0.678     | 0.065     |
| 2.2     | 0.404     | 0.007     | 0.490     | 0.015     | 0.568     | 0.028     | 0.642     | 0.045     | 0.711     | 0.068     |
| 2.4     | 0.422     | 0.007     | 0.511     | 0.016     | 0.593     | 0.029     | 0.670     | 0.047     | 0.743     | 0.071     |
| 2.6     | 0.439     | 0.008     | 0.532     | 0.017     | 0.618     | 0.030     | 0.698     | 0.049     | 0.773     | 0.074     |
| 2.8     | 0.456     | 0.008     | 0.552     | 0.017     | 0.641     | 0.031     | 0.724     | 0.051     | 0.802     | 0.077     |
| 3.0     | 0.472     | 0.008     | 0.572     | 0.018     | 0.664     | 0.033     | 0.749     | 0.053     | 0.830     | 0.080     |
| 3.5     | 0.510     | 0.009     | 0.618     | 0.019     | 0.717     | 0.035     | 0.809     | 0.057     | 0.897     | 0.086     |
| 4.0     | 0.545     | 0.010     | 0.660     | 0.021     | 0.766     | 0.038     | 0.865     | 0.061     | 0.959     | 0.092     |
| 4.5     | 0.578     | 0.010     | 0.700     | 0.022     | 0.813     | 0.040     | 0.918     | 0.065     | 1.017     | 0.098     |
| 5.0     | 0.609     | 0.011     | 0.738     | 0.023     | 0.857     | 0.042     | 0.967     | 0.068     | 1.072     | 0.103     |
| 5.5     | 0.639     | 0.011     | 0.774     | 0.024     | 0.896     | 0.044     | 1.015     | 0.072     | 1.124     | 0.108     |
| 6.0     | 0.668     | 0.012     | 0.809     | 0.025     | 0.938     | 0.046     | 1.060     | 0.075     | 1.174     | 0.113     |
| 6.5     | 0.695     | 0.012     | 0.842     | 0.026     | 0.977     | 0.048     | 1.103     | 0.078     | 1.222     | 0.118     |
| 7.0     | 0.721     | 0.013     | 0.873     | 0.027     | 1.014     | 0.050     | 1.145     | 0.081     | 1.266     | 0.122     |
| 7.5     | 0.746     | 0.013     | 0.904     | 0.028     | 1.049     | 0.052     | 1.185     | 0.084     | 1.313     | 0.126     |
| 8.0     | 0.771     | 0.014     | 0.934     | 0.029     | 1.084     | 0.053     | 1.224     | 0.086     | 1.356     | 0.130     |
| 8.5     | 0.795     | 0.014     | 0.963     | 0.030     | 1.117     | 0.055     | 1.261     | 0.089     | 1.398     | 0.134     |
| 9.0     | 0.818     | 0.014     | 0.990     | 0.031     | 1.149     | 0.056     | 1.298     | 0.092     | 1.438     | 0.138     |
| 9.5     | 0.840     | 0.015     | 1.018     | 0.032     | 1.181     | 0.058     | 1.333     | 0.094     | 1.478     | 0.142     |
| 10.0    | 0.862     | 0.015     | 1.044     | 0.033     | 1.211     | 0.059     | 1.368     | 0.097     | 1.516     | 0.146     |
| 11.0    | 0.904     | 0.016     | 1.095     | 0.034     | 1.271     | 0.062     | 1.435     | 0.101     | 1.590     | 0.153     |
| 12.0    | 0.944     | 0.017     | 1.144     | 0.036     | 1.327     | 0.065     | 1.499     | 0.106     | 1.661     | 0.160     |
| 13.0    | 0.983     | 0.017     | 1.190     | 0.037     | 1.381     | 0.068     | 1.560     | 0.110     | 1.729     | 0.166     |
| 14.0    | 1.020     | 0.018     | 1.235     | 0.039     | 1.433     | 0.070     | 1.619     | 0.114     | 1.794     | 0.173     |
| 15.0    | 1.055     | 0.019     | 1.279     | 0.040     | 1.484     | 0.073     | 1.675     | 0.118     | 1.857     | 0.179     |
| 16.0    | 1.090     | 0.019     | 1.321     | 0.041     | 1.532     | 0.075     | 1.730     | 0.122     | 1.918     | 0.185     |
| 17.0    | 1.124     | 0.020     | 1.361     | 0.043     | 1.580     | 0.078     | 1.784     | 0.126     | 1.977     | 0.190     |
| 18.0    | 1.156     | 0.020     | 1.401     | 0.044     | 1.625     | 0.080     | 1.835     | 0.130     | 2.034     | 0.196     |
| 19.0    | 1.188     | 0.021     | 1.439     | 0.045     | 1.670     | 0.082     | 1.866     | 0.133     | 2.090     | 0.201     |
| 20.0    | 1.219     | 0.022     | 1.476     | 0.046     | 1.713     | 0.084     | 1.935     | 0.137     | 2.144     | 0.206     |
| 22.0    | 1.278     | 0.023     | 1.549     | 0.049     | 1.797     | 0.088     | 2.029     | 0.143     | 2.249     | 0.216     |
| 24.0    | 1.335     | 0.024     | 1.617     | 0.051     | 1.877     | 0.092     | 2.119     | 0.150     | 2.349     | 0.226     |
| 26.0    | 1.390     | 0.025     | 1.683     | 0.053     | 1.953     | 0.096     | 2.206     | 0.156     | 2.445     | 0.235     |
| 28.0    | 1.442     | 0.025     | 1.747     | 0.055     | 2.027     | 0.100     | 2.289     | 0.162     | 2.537     | 0.244     |
| 30.0    | 1.493     | 0.026     | 1.808     | 0.057     | 2.098     | 0.103     | 2.370     | 0.167     | 2.626     | 0.253     |
| 32.0    | 1.542     | 0.027     | 1.868     | 0.059     | 2.167     | 0.106     | 2.447     | 0.173     | 2.712     | 0.261     |
| 34.0    | 1.589     | 0.028     | 1.925     | 0.060     | 2.234     | 0.110     | 2.523     | 0.178     | 2.796     | 0.269     |
| 36.0    | 1.635     | 0.029     | 1.981     | 0.062     | 2.299     | 0.113     | 2.596     | 0.183     | 2.877     | 0.277     |
| 38.0    | 1.680     | 0.030     | 2.035     | 0.064     | 2.362     | 0.116     | 2.667     | 0.189     | 2.955     | 0.284     |
| 40.0    | 1.724     | 0.030     | 2.088     | 0.066     | 2.423     | 0.119     | 2.736     | 0.193     | 3.032     | 0.292     |
| 45.0    | 1.828     | 0.032     | 2.215     | 0.070     | 2.570     | 0.126     | 2.902     | 0.205     | 3.216     | 0.309     |
| 50.0    | 1.927     | 0.034     | 2.334     | 0.073     | 2.709     | 0.133     | 3.059     | 0.216     | 3.390     | 0.326     |
| 55.0    | 2.021     | 0.036     | 2.448     | 0.077     | 2.841     | 0.139     | 3.208     | 0.227     | 3.556     | 0.342     |
| 60.0    | 2.111     | 0.037     | 2.557     | 0.080     | 2.967     | 0.146     | 3.351     | 0.237     | 3.714     | 0.357     |
| 65.0    | 2.197     | 0.039     | 2.662     | 0.084     | 3.089     | 0.152     | 3.488     | 0.247     | 3.855     | 0.372     |
| 70.0    | 2.280     | 0.040     | 2.762     | 0.087     | 3.205     | 0.157     | 3.619     | 0.256     | 4.011     | 0.386     |
| 75.0    | 2.360     | 0.042     | 2.859     | 0.090     | 3.318     | 0.163     | 3.747     | 0.265     | 4.152     | 0.399     |
| 80.0    | 2.438     | 0.043     | 2.953     | 0.093     | 3.427     | 0.168     | 3.869     | 0.274     | 4.288     | 0.413     |
| 85.0    | 2.513     | 0.044     | 3.044     | 0.096     | 3.532     | 0.173     | 3.988     | 0.282     | 4.420     | 0.425     |
| 90.0    | 2.585     | 0.046     | 3.132     | 0.098     | 3.634     | 0.178     | 4.104     | 0.290     | 4.548     | 0.438     |
| 95.0    | 2.656     | 0.047     | 3.218     | 0.101     | 3.734     | 0.183     | 4.217     | 0.296     | 4.673     | 0.450     |

| 呼び径                   | 400       |                         | 450       |                         | 500       |                         | 600       |                         | 700       |                         |
|-----------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| $A$ (m <sup>2</sup> ) | 0.12566   |                         | 0.15904   |                         | 0.19635   |                         | 0.28274   |                         | 0.38485   |                         |
| $P$ (m)               | 1.2566    |                         | 1.4137    |                         | 1.5708    |                         | 1.8850    |                         | 2.1991    |                         |
| $R$ (m)               | 0.1000    |                         | 0.1125    |                         | 0.1250    |                         | 0.1500    |                         | 0.1750    |                         |
| $I$ (‰)               | $V$ (m/s) | $Q$ (m <sup>3</sup> /s) | $V$ (m/s) | $Q$ (m <sup>3</sup> /s) | $V$ (m/s) | $Q$ (m <sup>3</sup> /s) | $V$ (m/s) | $Q$ (m <sup>3</sup> /s) | $V$ (m/s) | $Q$ (m <sup>3</sup> /s) |
| 0.1                   | 0.166     | 0.021                   | 0.179     | 0.029                   | 0.192     | 0.038                   | 0.217     | 0.061                   | 0.241     | 0.093                   |
| 0.2                   | 0.234     | 0.029                   | 0.254     | 0.040                   | 0.272     | 0.053                   | 0.307     | 0.087                   | 0.340     | 0.131                   |
| 0.3                   | 0.287     | 0.036                   | 0.310     | 0.049                   | 0.333     | 0.065                   | 0.376     | 0.106                   | 0.417     | 0.160                   |
| 0.4                   | 0.331     | 0.042                   | 0.359     | 0.057                   | 0.385     | 0.076                   | 0.434     | 0.123                   | 0.481     | 0.185                   |
| 0.5                   | 0.371     | 0.047                   | 0.401     | 0.064                   | 0.430     | 0.084                   | 0.486     | 0.137                   | 0.538     | 0.207                   |
| 0.6                   | 0.406     | 0.051                   | 0.439     | 0.070                   | 0.471     | 0.092                   | 0.532     | 0.150                   | 0.590     | 0.227                   |
| 0.7                   | 0.438     | 0.055                   | 0.474     | 0.075                   | 0.509     | 0.100                   | 0.575     | 0.162                   | 0.637     | 0.245                   |
| 0.8                   | 0.469     | 0.059                   | 0.507     | 0.081                   | 0.544     | 0.107                   | 0.614     | 0.174                   | 0.681     | 0.262                   |
| 0.9                   | 0.497     | 0.062                   | 0.538     | 0.086                   | 0.577     | 0.113                   | 0.651     | 0.184                   | 0.722     | 0.278                   |
| 1.0                   | 0.524     | 0.066                   | 0.567     | 0.090                   | 0.608     | 0.119                   | 0.687     | 0.194                   | 0.761     | 0.293                   |
| 1.1                   | 0.550     | 0.069                   | 0.595     | 0.095                   | 0.638     | 0.125                   | 0.720     | 0.204                   | 0.798     | 0.307                   |
| 1.2                   | 0.574     | 0.072                   | 0.621     | 0.099                   | 0.666     | 0.131                   | 0.752     | 0.213                   | 0.834     | 0.321                   |
| 1.3                   | 0.598     | 0.075                   | 0.646     | 0.103                   | 0.693     | 0.136                   | 0.783     | 0.221                   | 0.868     | 0.334                   |
| 1.4                   | 0.620     | 0.078                   | 0.671     | 0.107                   | 0.720     | 0.141                   | 0.813     | 0.230                   | 0.900     | 0.347                   |
| 1.5                   | 0.642     | 0.081                   | 0.694     | 0.110                   | 0.745     | 0.146                   | 0.841     | 0.238                   | 0.932     | 0.359                   |
| 1.6                   | 0.663     | 0.083                   | 0.717     | 0.114                   | 0.769     | 0.151                   | 0.869     | 0.246                   | 0.963     | 0.370                   |
| 1.7                   | 0.683     | 0.086                   | 0.739     | 0.118                   | 0.793     | 0.156                   | 0.895     | 0.253                   | 0.992     | 0.382                   |
| 1.8                   | 0.703     | 0.088                   | 0.761     | 0.121                   | 0.816     | 0.160                   | 0.921     | 0.261                   | 1.021     | 0.393                   |
| 1.9                   | 0.722     | 0.091                   | 0.781     | 0.124                   | 0.838     | 0.165                   | 0.947     | 0.268                   | 1.049     | 0.404                   |
| 2.0                   | 0.741     | 0.093                   | 0.802     | 0.128                   | 0.860     | 0.169                   | 0.971     | 0.275                   | 1.076     | 0.414                   |
| 2.2                   | 0.777     | 0.098                   | 0.841     | 0.134                   | 0.902     | 0.177                   | 1.019     | 0.288                   | 1.129     | 0.434                   |
| 2.4                   | 0.812     | 0.102                   | 0.878     | 0.140                   | 0.942     | 0.185                   | 1.064     | 0.301                   | 1.179     | 0.454                   |
| 2.6                   | 0.845     | 0.106                   | 0.914     | 0.145                   | 0.981     | 0.193                   | 1.107     | 0.313                   | 1.227     | 0.472                   |
| 2.8                   | 0.877     | 0.110                   | 0.949     | 0.151                   | 1.018     | 0.200                   | 1.149     | 0.325                   | 1.273     | 0.490                   |
| 3.0                   | 0.908     | 0.114                   | 0.982     | 0.156                   | 1.053     | 0.207                   | 1.189     | 0.336                   | 1.318     | 0.507                   |
| 3.2                   | 0.937     | 0.118                   | 1.014     | 0.161                   | 1.088     | 0.214                   | 1.228     | 0.347                   | 1.361     | 0.524                   |
| 3.4                   | 0.966     | 0.121                   | 1.045     | 0.166                   | 1.121     | 0.220                   | 1.266     | 0.358                   | 1.403     | 0.540                   |
| 3.6                   | 0.994     | 0.125                   | 1.076     | 0.171                   | 1.154     | 0.227                   | 1.303     | 0.368                   | 1.444     | 0.556                   |
| 3.8                   | 1.022     | 0.128                   | 1.105     | 0.176                   | 1.185     | 0.233                   | 1.339     | 0.379                   | 1.484     | 0.571                   |
| 4.0                   | 1.048     | 0.132                   | 1.134     | 0.180                   | 1.216     | 0.239                   | 1.373     | 0.388                   | 1.522     | 0.586                   |
| 4.2                   | 1.074     | 0.135                   | 1.162     | 0.185                   | 1.246     | 0.245                   | 1.407     | 0.398                   | 1.560     | 0.600                   |
| 4.4                   | 1.099     | 0.138                   | 1.189     | 0.189                   | 1.276     | 0.250                   | 1.440     | 0.407                   | 1.596     | 0.614                   |
| 4.6                   | 1.124     | 0.141                   | 1.216     | 0.193                   | 1.304     | 0.256                   | 1.473     | 0.416                   | 1.632     | 0.628                   |
| 4.8                   | 1.148     | 0.144                   | 1.242     | 0.198                   | 1.332     | 0.262                   | 1.505     | 0.425                   | 1.667     | 0.642                   |
| 5.0                   | 1.172     | 0.147                   | 1.268     | 0.202                   | 1.360     | 0.267                   | 1.536     | 0.434                   | 1.702     | 0.655                   |
| 5.5                   | 1.229     | 0.154                   | 1.329     | 0.211                   | 1.426     | 0.280                   | 1.611     | 0.455                   | 1.785     | 0.687                   |
| 6.0                   | 1.284     | 0.161                   | 1.389     | 0.221                   | 1.490     | 0.292                   | 1.682     | 0.476                   | 1.864     | 0.717                   |
| 6.5                   | 1.336     | 0.168                   | 1.445     | 0.230                   | 1.550     | 0.304                   | 1.751     | 0.495                   | 1.940     | 0.747                   |
| 7.0                   | 1.387     | 0.174                   | 1.500     | 0.239                   | 1.609     | 0.316                   | 1.817     | 0.514                   | 2.014     | 0.775                   |
| 7.5                   | 1.435     | 0.180                   | 1.552     | 0.247                   | 1.665     | 0.327                   | 1.881     | 0.532                   | 2.084     | 0.802                   |
| 8.0                   | 1.482     | 0.186                   | 1.603     | 0.255                   | 1.720     | 0.338                   | 1.942     | 0.549                   | 2.153     | 0.828                   |
| 8.5                   | 1.528     | 0.192                   | 1.653     | 0.263                   | 1.773     | 0.348                   | 2.002     | 0.566                   | 2.219     | 0.854                   |
| 9.0                   | 1.572     | 0.198                   | 1.701     | 0.270                   | 1.824     | 0.358                   | 2.060     | 0.583                   | 2.283     | 0.879                   |
| 9.5                   | 1.615     | 0.203                   | 1.747     | 0.278                   | 1.874     | 0.368                   | 2.117     | 0.598                   | 2.346     | 0.903                   |
| 10.0                  | 1.657     | 0.208                   | 1.793     | 0.285                   | 1.923     | 0.378                   | 2.172     | 0.614                   | 2.407     | 0.926                   |
| 11.0                  | 1.738     | 0.218                   | 1.880     | 0.299                   | 2.017     | 0.396                   | 2.278     | 0.644                   | 2.524     | 0.971                   |
| 12.0                  | 1.815     | 0.228                   | 1.964     | 0.312                   | 2.107     | 0.414                   | 2.379     | 0.673                   | 2.636     | 1.015                   |
| 13.0                  | 1.890     | 0.237                   | 2.044     | 0.325                   | 2.193     | 0.431                   | 2.476     | 0.700                   | 2.744     | 1.056                   |
| 14.0                  | 1.961     | 0.246                   | 2.121     | 0.337                   | 2.275     | 0.447                   | 2.569     | 0.727                   | 2.848     | 1.096                   |
| 15.0                  | 2.030     | 0.255                   | 2.196     | 0.349                   | 2.355     | 0.462                   | 2.660     | 0.752                   | 2.948     | 1.134                   |
| 16.0                  | 2.096     | 0.263                   | 2.268     | 0.361                   | 2.433     | 0.478                   | 2.747     | 0.777                   | 3.044     | 1.172                   |
| 17.0                  | 2.161     | 0.272                   | 2.337     | 0.372                   | 2.507     | 0.492                   | 2.831     | 0.801                   | 3.138     | 1.208                   |
| 18.0                  | 2.223     | 0.279                   | 2.405     | 0.383                   | 2.580     | 0.507                   | 2.914     | 0.824                   | 3.229     | 1.243                   |
| 19.0                  | 2.284     | 0.287                   | 2.471     | 0.393                   | 2.651     | 0.520                   | 2.993     | 0.846                   | 3.317     | 1.277                   |
| 20.0                  | 2.344     | 0.295                   | 2.535     | 0.403                   | 2.720     | 0.534                   | 3.071     | 0.868                   | 3.404     | 1.310                   |
| 25.0                  | 2.620     | 0.329                   | 2.834     | 0.451                   | 3.041     | 0.597                   | 3.434     | 0.971                   | 3.805     | 1.464                   |
| 30.0                  | 2.870     | 0.361                   | 3.105     | 0.494                   | 3.331     | 0.654                   | 3.761     | 1.063                   | 4.168     | 1.604                   |
| 35.0                  | 3.100     | 0.390                   | 3.354     | 0.533                   | 3.598     | 0.706                   | 4.063     | 1.149                   | 4.502     | 1.733                   |
| 40.0                  | 3.315     | 0.417                   | 3.585     | 0.570                   | 3.846     | 0.755                   | 4.343     | 1.228                   | 4.813     | 1.852                   |
| 45.0                  | 3.516     | 0.442                   | 3.803     | 0.605                   | 4.079     | 0.801                   | 4.607     | 1.303                   | 5.105     | 1.965                   |

| 呼び径     | 800       |           | 900       |           | 1 000     |           | 1 100     |           | 1 200     |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $A$ (㎡) | 0.50265   |           | 0.63617   |           | 0.78540   |           | 0.95033   |           | 1.13097   |           |
| $P$ (m) | 2.5133    |           | 2.8274    |           | 3.1416    |           | 3.4558    |           | 3.7699    |           |
| $R$ (m) | 0.2000    |           | 0.2250    |           | 0.2500    |           | 0.2750    |           | 0.3000    |           |
| $I$ (‰) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) |
| 0.05    | 0.186     | 0.094     | 0.201     | 0.128     | 0.216     | 0.170     | 0.230     | 0.219     | 0.244     | 0.276     |
| 0.10    | 0.263     | 0.132     | 0.285     | 0.181     | 0.305     | 0.240     | 0.325     | 0.309     | 0.345     | 0.390     |
| 0.15    | 0.322     | 0.162     | 0.349     | 0.222     | 0.374     | 0.294     | 0.398     | 0.379     | 0.422     | 0.477     |
| 0.20    | 0.372     | 0.187     | 0.402     | 0.256     | 0.432     | 0.339     | 0.460     | 0.437     | 0.488     | 0.551     |
| 0.25    | 0.416     | 0.209     | 0.450     | 0.286     | 0.483     | 0.379     | 0.514     | 0.489     | 0.545     | 0.616     |
| 0.30    | 0.456     | 0.229     | 0.493     | 0.314     | 0.529     | 0.415     | 0.563     | 0.535     | 0.597     | 0.675     |
| 0.35    | 0.492     | 0.247     | 0.532     | 0.339     | 0.571     | 0.449     | 0.609     | 0.578     | 0.645     | 0.729     |
| 0.40    | 0.526     | 0.264     | 0.569     | 0.362     | 0.611     | 0.480     | 0.651     | 0.618     | 0.689     | 0.780     |
| 0.45    | 0.558     | 0.281     | 0.604     | 0.384     | 0.648     | 0.509     | 0.690     | 0.656     | 0.731     | 0.827     |
| 0.50    | 0.588     | 0.296     | 0.636     | 0.405     | 0.683     | 0.536     | 0.727     | 0.691     | 0.771     | 0.872     |
| 0.55    | 0.617     | 0.310     | 0.667     | 0.425     | 0.716     | 0.562     | 0.763     | 0.725     | 0.808     | 0.914     |
| 0.60    | 0.644     | 0.324     | 0.697     | 0.443     | 0.748     | 0.587     | 0.797     | 0.757     | 0.844     | 0.955     |
| 0.65    | 0.671     | 0.337     | 0.725     | 0.462     | 0.778     | 0.611     | 0.829     | 0.788     | 0.879     | 0.994     |
| 0.70    | 0.696     | 0.350     | 0.753     | 0.479     | 0.808     | 0.634     | 0.861     | 0.818     | 0.912     | 1.032     |
| 0.75    | 0.720     | 0.362     | 0.779     | 0.496     | 0.836     | 0.657     | 0.891     | 0.847     | 0.944     | 1.068     |
| 0.80    | 0.744     | 0.374     | 0.805     | 0.512     | 0.863     | 0.678     | 0.920     | 0.874     | 0.975     | 1.103     |
| 0.85    | 0.767     | 0.386     | 0.830     | 0.528     | 0.890     | 0.699     | 0.948     | 0.901     | 1.005     | 1.137     |
| 0.90    | 0.789     | 0.397     | 0.854     | 0.543     | 0.916     | 0.719     | 0.976     | 0.927     | 1.034     | 1.170     |
| 0.95    | 0.811     | 0.408     | 0.877     | 0.558     | 0.941     | 0.739     | 1.003     | 0.953     | 1.063     | 1.202     |
| 1.00    | 0.832     | 0.418     | 0.900     | 0.572     | 0.965     | 0.758     | 1.029     | 0.978     | 1.090     | 1.233     |
| 1.10    | 0.873     | 0.439     | 0.944     | 0.600     | 1.012     | 0.795     | 1.079     | 1.025     | 1.143     | 1.293     |
| 1.20    | 0.911     | 0.458     | 0.986     | 0.627     | 1.057     | 0.831     | 1.127     | 1.071     | 1.194     | 1.351     |
| 1.30    | 0.949     | 0.477     | 1.026     | 0.653     | 1.101     | 0.864     | 1.173     | 1.115     | 1.243     | 1.406     |
| 1.40    | 0.984     | 0.495     | 1.065     | 0.677     | 1.142     | 0.897     | 1.217     | 1.157     | 1.290     | 1.459     |
| 1.50    | 1.019     | 0.512     | 1.102     | 0.701     | 1.182     | 0.929     | 1.260     | 1.197     | 1.335     | 1.510     |
| 1.60    | 1.052     | 0.529     | 1.138     | 0.724     | 1.221     | 0.959     | 1.301     | 1.237     | 1.379     | 1.559     |
| 1.70    | 1.085     | 0.545     | 1.173     | 0.746     | 1.259     | 0.989     | 1.341     | 1.275     | 1.421     | 1.607     |
| 1.80    | 1.116     | 0.561     | 1.207     | 0.768     | 1.295     | 1.017     | 1.380     | 1.312     | 1.463     | 1.654     |
| 1.90    | 1.147     | 0.576     | 1.240     | 0.789     | 1.331     | 1.045     | 1.418     | 1.348     | 1.503     | 1.699     |
| 2.00    | 1.176     | 0.591     | 1.273     | 0.810     | 1.365     | 1.072     | 1.455     | 1.383     | 1.542     | 1.744     |
| 2.20    | 1.234     | 0.620     | 1.335     | 0.849     | 1.432     | 1.125     | 1.526     | 1.450     | 1.617     | 1.829     |
| 2.40    | 1.289     | 0.648     | 1.394     | 0.887     | 1.496     | 1.175     | 1.594     | 1.514     | 1.689     | 1.910     |
| 2.60    | 1.341     | 0.674     | 1.451     | 0.923     | 1.557     | 1.223     | 1.659     | 1.576     | 1.758     | 1.988     |
| 2.80    | 1.392     | 0.700     | 1.506     | 0.958     | 1.615     | 1.269     | 1.721     | 1.636     | 1.824     | 2.063     |
| 3.00    | 1.441     | 0.724     | 1.559     | 0.992     | 1.672     | 1.313     | 1.782     | 1.693     | 1.888     | 2.135     |
| 3.20    | 1.488     | 0.748     | 1.610     | 1.024     | 1.727     | 1.356     | 1.840     | 1.749     | 1.950     | 2.205     |
| 3.40    | 1.534     | 0.771     | 1.659     | 1.056     | 1.780     | 1.398     | 1.897     | 1.803     | 2.010     | 2.273     |
| 3.60    | 1.578     | 0.793     | 1.707     | 1.086     | 1.832     | 1.439     | 1.952     | 1.855     | 2.068     | 2.339     |
| 3.80    | 1.622     | 0.815     | 1.754     | 1.116     | 1.882     | 1.478     | 2.005     | 1.906     | 2.125     | 2.403     |
| 4.00    | 1.664     | 0.836     | 1.800     | 1.145     | 1.931     | 1.516     | 2.057     | 1.955     | 2.180     | 2.466     |
| 4.50    | 1.765     | 0.887     | 1.909     | 1.214     | 2.048     | 1.608     | 2.182     | 2.074     | 2.312     | 2.615     |
| 5.00    | 1.860     | 0.935     | 2.012     | 1.280     | 2.159     | 1.695     | 2.300     | 2.186     | 2.438     | 2.757     |
| 5.50    | 1.951     | 0.981     | 2.110     | 1.343     | 2.264     | 1.778     | 2.412     | 2.293     | 2.557     | 2.891     |
| 6.00    | 2.038     | 1.024     | 2.204     | 1.402     | 2.365     | 1.857     | 2.520     | 2.395     | 2.670     | 3.020     |
| 6.50    | 2.121     | 1.066     | 2.294     | 1.460     | 2.461     | 1.933     | 2.623     | 2.492     | 2.779     | 3.143     |
| 7.00    | 2.201     | 1.106     | 2.381     | 1.515     | 2.554     | 2.006     | 2.722     | 2.586     | 2.884     | 3.262     |
| 7.50    | 2.278     | 1.145     | 2.464     | 1.568     | 2.644     | 2.076     | 2.817     | 2.677     | 2.985     | 3.376     |
| 8.00    | 2.353     | 1.183     | 2.545     | 1.619     | 2.730     | 2.144     | 2.910     | 2.765     | 3.083     | 3.487     |
| 8.50    | 2.425     | 1.219     | 2.624     | 1.669     | 2.814     | 2.210     | 2.999     | 2.850     | 3.178     | 3.594     |
| 9.00    | 2.496     | 1.254     | 2.700     | 1.717     | 2.896     | 2.275     | 3.086     | 2.933     | 3.270     | 3.699     |
| 9.50    | 2.564     | 1.289     | 2.774     | 1.764     | 2.975     | 2.337     | 3.171     | 3.013     | 3.360     | 3.800     |
| 10.00   | 2.631     | 1.322     | 2.846     | 1.810     | 3.053     | 2.398     | 3.253     | 3.091     | 3.447     | 3.899     |
| 10.50   | 2.696     | 1.355     | 2.916     | 1.855     | 3.128     | 2.457     | 3.333     | 3.168     | 3.532     | 3.995     |
| 11.00   | 2.759     | 1.387     | 2.985     | 1.899     | 3.202     | 2.515     | 3.412     | 3.242     | 3.615     | 4.089     |
| 11.50   | 2.821     | 1.418     | 3.052     | 1.941     | 3.274     | 2.571     | 3.488     | 3.315     | 3.697     | 4.181     |
| 12.00   | 2.882     | 1.449     | 3.117     | 1.983     | 3.344     | 2.626     | 3.563     | 3.386     | 3.776     | 4.271     |
| 12.50   | 2.941     | 1.478     | 3.182     | 2.024     | 3.413     | 2.681     | 3.637     | 3.456     | 3.854     | 4.359     |
| 13.00   | 2.999     | 1.508     | 3.245     | 2.064     | 3.481     | 2.734     | 3.709     | 3.525     | 3.930     | 4.445     |
| 13.50   | 3.057     | 1.536     | 3.306     | 2.103     | 3.547     | 2.786     | 3.780     | 3.592     | 4.005     | 4.530     |
| 14.00   | 3.113     | 1.565     | 3.367     | 2.142     | 3.612     | 2.837     | 3.849     | 3.658     | 4.079     | 4.613     |

| 呼び径     | 1 350     |           | 1 500     |           | 1 650     |           | 1 800     |           | 2 000     |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $A$ (㎡) | 1.43139   |           | 1.76715   |           | 2.13825   |           | 2.54469   |           | 3.14159   |           |
| $P$ (m) | 4.2412    |           | 4.7124    |           | 5.1836    |           | 5.6549    |           | 6.2832    |           |
| $R$ (m) | 0.3375    |           | 0.3750    |           | 0.4125    |           | 0.4500    |           | 0.5000    |           |
| $I$ (‰) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) |
| 0.02    | 0.167     | 0.239     | 0.179     | 0.316     | 0.191     | 0.408     | 0.202     | 0.514     | 0.217     | 0.681     |
| 0.04    | 0.236     | 0.338     | 0.253     | 0.447     | 0.270     | 0.576     | 0.286     | 0.727     | 0.306     | 0.963     |
| 0.06    | 0.289     | 0.413     | 0.310     | 0.548     | 0.330     | 0.706     | 0.350     | 0.890     | 0.375     | 1.179     |
| 0.08    | 0.334     | 0.477     | 0.358     | 0.632     | 0.381     | 0.815     | 0.404     | 1.028     | 0.433     | 1.362     |
| 0.10    | 0.373     | 0.534     | 0.400     | 0.707     | 0.426     | 0.911     | 0.452     | 1.149     | 0.485     | 1.522     |
| 0.12    | 0.408     | 0.585     | 0.438     | 0.774     | 0.467     | 0.998     | 0.495     | 1.259     | 0.531     | 1.668     |
| 0.14    | 0.441     | 0.632     | 0.473     | 0.836     | 0.504     | 1.078     | 0.534     | 1.360     | 0.573     | 1.801     |
| 0.16    | 0.472     | 0.675     | 0.506     | 0.894     | 0.539     | 1.153     | 0.571     | 1.454     | 0.613     | 1.926     |
| 0.18    | 0.500     | 0.716     | 0.537     | 0.948     | 0.572     | 1.223     | 0.606     | 1.542     | 0.650     | 2.042     |
| 0.20    | 0.527     | 0.755     | 0.566     | 1.000     | 0.603     | 1.289     | 0.639     | 1.626     | 0.685     | 2.153     |
| 0.22    | 0.553     | 0.792     | 0.593     | 1.048     | 0.632     | 1.352     | 0.670     | 1.705     | 0.719     | 2.258     |
| 0.24    | 0.578     | 0.827     | 0.620     | 1.095     | 0.660     | 1.412     | 0.700     | 1.781     | 0.751     | 2.358     |
| 0.26    | 0.601     | 0.861     | 0.645     | 1.140     | 0.687     | 1.470     | 0.728     | 1.853     | 0.781     | 2.455     |
| 0.28    | 0.624     | 0.893     | 0.669     | 1.183     | 0.713     | 1.525     | 0.756     | 1.923     | 0.811     | 2.547     |
| 0.30    | 0.646     | 0.924     | 0.693     | 1.224     | 0.738     | 1.579     | 0.782     | 1.991     | 0.839     | 2.637     |
| 0.35    | 0.698     | 0.999     | 0.748     | 1.322     | 0.797     | 1.705     | 0.845     | 2.150     | 0.907     | 2.848     |
| 0.40    | 0.746     | 1.067     | 0.800     | 1.414     | 0.853     | 1.823     | 0.903     | 2.299     | 0.969     | 3.045     |
| 0.45    | 0.791     | 1.132     | 0.849     | 1.500     | 0.904     | 1.933     | 0.958     | 2.438     | 1.028     | 3.229     |
| 0.50    | 0.834     | 1.193     | 0.894     | 1.581     | 0.953     | 2.038     | 1.010     | 2.570     | 1.084     | 3.404     |
| 0.55    | 0.874     | 1.252     | 0.938     | 1.658     | 1.000     | 2.138     | 1.059     | 2.696     | 1.136     | 3.570     |
| 0.60    | 0.913     | 1.307     | 0.980     | 1.732     | 1.044     | 2.233     | 1.106     | 2.816     | 1.187     | 3.729     |
| 0.65    | 0.951     | 1.361     | 1.020     | 1.802     | 1.087     | 2.324     | 1.152     | 2.931     | 1.235     | 3.811     |
| 0.70    | 0.987     | 1.412     | 1.058     | 1.870     | 1.128     | 2.411     | 1.195     | 3.041     | 1.282     | 4.028     |
| 0.75    | 1.021     | 1.462     | 1.095     | 1.936     | 1.167     | 2.496     | 1.237     | 3.148     | 1.327     | 4.169     |
| 0.80    | 1.055     | 1.510     | 1.131     | 1.999     | 1.206     | 2.578     | 1.278     | 3.251     | 1.371     | 4.306     |
| 0.85    | 1.087     | 1.556     | 1.166     | 2.061     | 1.243     | 2.657     | 1.317     | 3.351     | 1.413     | 4.438     |
| 0.90    | 1.119     | 1.601     | 1.200     | 2.121     | 1.279     | 2.734     | 1.355     | 3.448     | 1.454     | 4.567     |
| 0.95    | 1.149     | 1.645     | 1.233     | 2.179     | 1.314     | 2.809     | 1.392     | 3.543     | 1.494     | 4.692     |
| 1.00    | 1.179     | 1.688     | 1.265     | 2.235     | 1.348     | 2.882     | 1.428     | 3.635     | 1.532     | 4.814     |
| 1.10    | 1.237     | 1.770     | 1.327     | 2.344     | 1.414     | 3.023     | 1.498     | 3.812     | 1.607     | 5.049     |
| 1.20    | 1.292     | 1.849     | 1.386     | 2.449     | 1.477     | 3.157     | 1.565     | 3.982     | 1.679     | 5.274     |
| 1.30    | 1.344     | 1.924     | 1.442     | 2.549     | 1.537     | 3.286     | 1.629     | 4.144     | 1.747     | 5.489     |
| 1.40    | 1.395     | 1.997     | 1.497     | 2.645     | 1.595     | 3.410     | 1.690     | 4.301     | 1.813     | 5.696     |
| 1.50    | 1.444     | 2.067     | 1.549     | 2.738     | 1.651     | 3.530     | 1.749     | 4.452     | 1.877     | 5.896     |
| 1.60    | 1.492     | 2.135     | 1.600     | 2.828     | 1.705     | 3.646     | 1.807     | 4.598     | 1.938     | 6.089     |
| 1.70    | 1.537     | 2.201     | 1.649     | 2.915     | 1.758     | 3.758     | 1.862     | 4.739     | 1.998     | 6.277     |
| 1.80    | 1.582     | 2.264     | 1.697     | 2.999     | 1.808     | 3.867     | 1.916     | 4.877     | 2.056     | 6.459     |
| 1.90    | 1.625     | 2.327     | 1.744     | 3.081     | 1.858     | 3.973     | 1.969     | 5.010     | 2.112     | 6.636     |
| 2.00    | 1.668     | 2.387     | 1.789     | 3.161     | 1.906     | 4.076     | 2.020     | 5.141     | 2.167     | 6.808     |
| 2.20    | 1.749     | 2.503     | 1.876     | 3.316     | 1.999     | 4.275     | 2.119     | 5.392     | 2.273     | 7.141     |
| 2.40    | 1.827     | 2.615     | 1.960     | 3.463     | 2.088     | 4.465     | 2.213     | 5.631     | 2.374     | 7.458     |
| 2.60    | 1.901     | 2.722     | 2.040     | 3.604     | 2.173     | 4.647     | 2.303     | 5.861     | 2.471     | 7.763     |
| 2.80    | 1.973     | 2.824     | 2.117     | 3.740     | 2.256     | 4.823     | 2.390     | 6.082     | 2.564     | 8.056     |
| 3.00    | 2.042     | 2.923     | 2.191     | 3.872     | 2.335     | 4.992     | 2.474     | 6.296     | 2.654     | 8.338     |
| 3.20    | 2.109     | 3.019     | 2.263     | 3.999     | 2.411     | 5.156     | 2.555     | 6.502     | 2.741     | 8.612     |
| 3.40    | 2.174     | 3.112     | 2.332     | 4.122     | 2.485     | 5.315     | 2.634     | 6.703     | 2.826     | 8.877     |
| 3.60    | 2.237     | 3.202     | 2.400     | 4.241     | 2.558     | 5.469     | 2.710     | 6.897     | 2.908     | 9.134     |
| 3.80    | 2.299     | 3.290     | 2.466     | 4.358     | 2.628     | 5.619     | 2.785     | 7.086     | 2.987     | 9.385     |
| 4.00    | 2.358     | 3.376     | 2.530     | 4.471     | 2.696     | 5.764     | 2.857     | 7.270     | 3.065     | 9.628     |
| 4.20    | 2.417     | 3.459     | 2.592     | 4.581     | 2.762     | 5.907     | 2.927     | 7.449     | 3.140     | 9.866     |
| 4.40    | 2.473     | 3.540     | 2.653     | 4.689     | 2.827     | 6.046     | 2.996     | 7.625     | 3.214     | 10.098    |
| 4.60    | 2.529     | 3.620     | 2.713     | 4.794     | 2.891     | 6.182     | 3.064     | 7.796     | 3.287     | 10.325    |
| 4.80    | 2.583     | 3.698     | 2.771     | 4.897     | 2.953     | 6.315     | 3.130     | 7.964     | 3.357     | 10.547    |
| 5.00    | 2.637     | 3.774     | 2.829     | 4.998     | 3.014     | 6.445     | 3.194     | 8.128     | 3.427     | 10.765    |
| 5.50    | 2.765     | 3.958     | 2.967     | 5.242     | 3.161     | 6.759     | 3.350     | 8.525     | 3.594     | 11.290    |
| 6.00    | 2.888     | 4.134     | 3.099     | 5.476     | 3.302     | 7.060     | 3.499     | 8.904     | 3.754     | 11.792    |
| 6.50    | 3.006     | 4.303     | 3.225     | 5.699     | 3.437     | 7.348     | 3.642     | 9.267     | 3.907     | 12.274    |
| 7.00    | 3.120     | 4.466     | 3.347     | 5.914     | 3.566     | 7.626     | 3.779     | 9.617     | 4.054     | 12.737    |
| 7.50    | 3.229     | 4.622     | 3.464     | 6.122     | 3.692     | 7.893     | 3.912     | 9.955     | 4.197     | 13.184    |
| 8.00    | 3.335     | 4.774     | 3.578     | 6.323     | 3.813     | 8.152     | 4.040     | 10.281    | 4.334     | 13.616    |

| 呼び径     | 2 200     |           | 2 400     |           | 2 600     |           | 2 800     |           | 3 000     |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $A$ (㎡) | 3.80133   |           | 4.52389   |           | 5.30929   |           | 6.15752   |           | 7.06858   |           |
| $P$ (m) | 6.9115    |           | 7.5398    |           | 8.1681    |           | 8.7965    |           | 9.4248    |           |
| $R$ (m) | 0.5500    |           | 0.6000    |           | 0.6500    |           | 0.7000    |           | 0.7500    |           |
| $I$ (%) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) | $V$ (m/s) | $Q$ (㎡/s) |
| 0.02    | 0.231     | 0.878     | 0.245     | 1.107     | 0.258     | 1.371     | 0.271     | 1.670     | 0.284     | 2.007     |
| 0.04    | 0.327     | 1.241     | 0.346     | 1.566     | 0.365     | 1.938     | 0.384     | 2.362     | 0.402     | 2.839     |
| 0.06    | 0.400     | 1.520     | 0.424     | 1.918     | 0.447     | 2.374     | 0.470     | 2.892     | 0.492     | 3.477     |
| 0.08    | 0.462     | 1.756     | 0.489     | 2.214     | 0.516     | 2.741     | 0.542     | 3.340     | 0.568     | 4.015     |
| 0.10    | 0.516     | 1.963     | 0.547     | 2.476     | 0.577     | 3.065     | 0.606     | 3.734     | 0.635     | 4.488     |
| 0.12    | 0.566     | 2.150     | 0.599     | 2.712     | 0.632     | 3.357     | 0.664     | 4.091     | 0.696     | 4.917     |
| 0.14    | 0.611     | 2.323     | 0.647     | 2.929     | 0.683     | 3.626     | 0.718     | 4.418     | 0.751     | 5.311     |
| 0.16    | 0.653     | 2.483     | 0.692     | 3.131     | 0.730     | 3.876     | 0.767     | 4.723     | 0.803     | 5.677     |
| 0.18    | 0.693     | 2.634     | 0.734     | 3.321     | 0.774     | 4.112     | 0.814     | 5.010     | 0.852     | 6.022     |
| 0.20    | 0.730     | 2.776     | 0.774     | 3.501     | 0.816     | 4.334     | 0.858     | 5.281     | 0.896     | 6.348     |
| 0.22    | 0.766     | 2.911     | 0.812     | 3.672     | 0.856     | 4.545     | 0.899     | 5.539     | 0.942     | 6.657     |
| 0.24    | 0.800     | 3.041     | 0.848     | 3.835     | 0.894     | 4.748     | 0.939     | 5.785     | 0.984     | 6.953     |
| 0.26    | 0.833     | 3.165     | 0.882     | 3.992     | 0.931     | 4.941     | 0.978     | 6.021     | 1.024     | 7.237     |
| 0.28    | 0.864     | 3.285     | 0.916     | 4.142     | 0.966     | 5.128     | 1.015     | 6.248     | 1.063     | 7.511     |
| 0.30    | 0.894     | 3.400     | 0.948     | 4.288     | 1.000     | 5.308     | 1.050     | 6.468     | 1.100     | 7.774     |
| 0.32    | 0.924     | 3.511     | 0.979     | 4.428     | 1.033     | 5.482     | 1.085     | 6.680     | 1.136     | 8.029     |
| 0.34    | 0.952     | 3.619     | 1.009     | 4.565     | 1.064     | 5.651     | 1.118     | 6.885     | 1.171     | 8.276     |
| 0.36    | 0.980     | 3.724     | 1.038     | 4.697     | 1.095     | 5.815     | 1.151     | 7.085     | 1.205     | 8.516     |
| 0.38    | 1.007     | 3.826     | 1.067     | 4.826     | 1.125     | 5.974     | 1.182     | 7.279     | 1.238     | 8.750     |
| 0.40    | 1.033     | 3.926     | 1.094     | 4.951     | 1.154     | 6.129     | 1.213     | 7.468     | 1.270     | 8.977     |
| 0.42    | 1.058     | 4.023     | 1.121     | 5.073     | 1.183     | 6.280     | 1.243     | 7.653     | 1.301     | 9.199     |
| 0.44    | 1.083     | 4.117     | 1.148     | 5.193     | 1.211     | 6.428     | 1.272     | 7.833     | 1.332     | 9.415     |
| 0.46    | 1.108     | 4.210     | 1.174     | 5.309     | 1.238     | 6.573     | 1.301     | 8.009     | 1.362     | 9.627     |
| 0.48    | 1.131     | 4.301     | 1.199     | 5.424     | 1.265     | 6.714     | 1.329     | 8.181     | 1.391     | 9.834     |
| 0.50    | 1.155     | 4.389     | 1.224     | 5.535     | 1.291     | 6.853     | 1.356     | 8.350     | 1.420     | 10.036    |
| 0.52    | 1.178     | 4.476     | 1.248     | 5.645     | 1.316     | 6.988     | 1.383     | 8.515     | 1.448     | 10.235    |
| 0.54    | 1.200     | 4.561     | 1.272     | 5.753     | 1.341     | 7.121     | 1.409     | 8.677     | 1.476     | 10.430    |
| 0.56    | 1.222     | 4.645     | 1.295     | 5.858     | 1.366     | 7.252     | 1.435     | 8.837     | 1.503     | 10.622    |
| 0.58    | 1.244     | 4.727     | 1.318     | 5.962     | 1.390     | 7.380     | 1.461     | 8.993     | 1.529     | 10.810    |
| 0.60    | 1.265     | 4.808     | 1.340     | 6.064     | 1.414     | 7.507     | 1.485     | 9.147     | 1.555     | 10.994    |
| 0.62    | 1.286     | 4.888     | 1.363     | 6.164     | 1.437     | 7.631     | 1.510     | 9.298     | 1.581     | 11.176    |
| 0.64    | 1.306     | 4.966     | 1.384     | 6.263     | 1.460     | 7.753     | 1.534     | 9.447     | 1.606     | 11.355    |
| 0.66    | 1.327     | 5.043     | 1.406     | 6.360     | 1.483     | 7.873     | 1.558     | 9.593     | 1.631     | 11.531    |
| 0.68    | 1.347     | 5.119     | 1.427     | 6.455     | 1.505     | 7.991     | 1.581     | 9.738     | 1.656     | 11.704    |
| 0.70    | 1.366     | 5.193     | 1.448     | 6.550     | 1.527     | 8.108     | 1.604     | 9.880     | 1.680     | 11.875    |
| 0.72    | 1.386     | 5.267     | 1.468     | 6.643     | 1.549     | 8.223     | 1.627     | 10.020    | 1.704     | 12.044    |
| 0.74    | 1.405     | 5.340     | 1.489     | 6.734     | 1.570     | 8.337     | 1.650     | 10.158    | 1.727     | 12.210    |
| 0.76    | 1.424     | 5.411     | 1.509     | 6.825     | 1.591     | 8.448     | 1.672     | 10.294    | 1.751     | 12.374    |
| 0.78    | 1.442     | 5.482     | 1.528     | 6.914     | 1.612     | 8.559     | 1.694     | 10.429    | 1.773     | 12.536    |
| 0.80    | 1.461     | 5.552     | 1.548     | 7.002     | 1.633     | 8.668     | 1.715     | 10.562    | 1.796     | 12.695    |
| 0.85    | 1.505     | 5.723     | 1.595     | 7.217     | 1.683     | 8.935     | 1.768     | 10.887    | 1.851     | 13.086    |
| 0.90    | 1.549     | 5.889     | 1.642     | 7.427     | 1.732     | 9.194     | 1.819     | 11.203    | 1.905     | 13.465    |
| 0.95    | 1.592     | 6.050     | 1.687     | 7.630     | 1.779     | 9.446     | 1.869     | 11.509    | 1.957     | 13.834    |
| 1.00    | 1.633     | 6.207     | 1.730     | 7.828     | 1.825     | 9.691     | 1.918     | 11.808    | 2.008     | 14.194    |
| 1.20    | 1.789     | 6.800     | 1.896     | 8.576     | 2.000     | 10.616    | 2.101     | 12.936    | 2.200     | 15.548    |
| 1.40    | 1.932     | 7.345     | 2.047     | 9.263     | 2.160     | 11.467    | 2.269     | 13.972    | 2.376     | 16.794    |
| 1.60    | 2.065     | 7.852     | 2.189     | 9.902     | 2.309     | 12.258    | 2.426     | 14.937    | 2.540     | 17.954    |
| 1.80    | 2.191     | 8.328     | 2.322     | 10.503    | 2.449     | 13.002    | 2.573     | 15.843    | 2.694     | 19.043    |
| 2.00    | 2.309     | 8.778     | 2.447     | 11.071    | 2.581     | 13.705    | 2.712     | 16.700    | 2.840     | 20.073    |
| 2.20    | 2.422     | 9.207     | 2.567     | 11.611    | 2.707     | 14.374    | 2.844     | 17.515    | 2.978     | 21.053    |
| 2.40    | 2.530     | 9.616     | 2.681     | 12.128    | 2.828     | 15.013    | 2.971     | 18.294    | 3.111     | 21.989    |
| 2.60    | 2.633     | 10.009    | 2.790     | 12.623    | 2.943     | 15.626    | 3.092     | 19.041    | 3.238     | 22.887    |
| 2.80    | 2.732     | 10.387    | 2.896     | 13.099    | 3.054     | 16.216    | 3.209     | 19.759    | 3.360     | 23.751    |
| 3.00    | 2.828     | 10.751    | 2.997     | 13.559    | 3.161     | 16.785    | 3.322     | 20.453    | 3.478     | 24.584    |
| 3.20    | 2.921     | 11.104    | 3.096     | 14.004    | 3.265     | 17.336    | 3.431     | 21.124    | 3.592     | 25.391    |
| 3.40    | 3.011     | 11.446    | 3.191     | 14.435    | 3.366     | 17.869    | 3.536     | 21.774    | 3.703     | 26.172    |
| 3.60    | 3.098     | 11.777    | 3.283     | 14.853    | 3.463     | 18.387    | 3.639     | 22.405    | 3.810     | 26.931    |
| 3.80    | 3.183     | 12.100    | 3.373     | 15.260    | 3.558     | 18.891    | 3.738     | 23.019    | 3.914     | 27.669    |
| 4.00    | 3.266     | 12.415    | 3.461     | 15.657    | 3.651     | 19.382    | 3.835     | 23.617    | 4.016     | 28.387    |
| 4.20    | 3.346     | 12.721    | 3.546     | 16.043    | 3.741     | 19.861    | 3.930     | 24.200    | 4.115     | 29.088    |

## 資料 5 規格の変遷

### 1. J I S 規格

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 昭和 25 年(1950)<br>JIS A5303 規格制定 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・昭和 25 年 3 月にヒューム管は JIS A 5303 (遠心力鉄筋コンクリート管)として JIS 規格が制定された。</li> <li>・管の種類は、内水圧のかからない場合に使用する「普通管」(今で言う外圧管)と内水圧のかかる場合に使用する「圧力管」(今で言う内圧管)の 2 種類であった。</li> <li>・管の形状は、現在の規格の「A 形管」のみで、継手はコンクリートカラーを使用している。</li> <li>・管の有効長さは呼び径 350 以下は 2000mm であるが、呼び径 400 以上は 2400mm または 2000mm としていた。</li> <li>・外圧試験のひび割れ荷重(キ裂荷重と呼んでいた)の定義は、管体に 1/4mm 以上、長さ 300mm のキ裂を生じた時の荷重としていた。</li> </ul>                                                         |
| 昭和 31 年(1956)<br>改正             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・昭和 31 年の改正では、(1)内圧管の種類が増加した。(2)呼び径 125 が追加となった。</li> <li>・外圧強さを一部変更している。また、外圧強さのひび割れの定義が「ヒビワレはその幅が 1/4mm(0.01 インチ)になると、肉眼でもよく見えるが、…。このヒビワレが長さ 300mm に及んだときの荷重をもってヒビワレ荷重とする。」と解説に記載された。</li> <li>・管の長さは呼び径 400 以上では 2400mm の 1 種類となったが、当分の間 2000mm 及び 2430mm とすることができるとなっている。この当時、管の長さについての議論があり、一部では長さ 3000mm 以上の希望も出ていた。</li> </ul>                                                                                                     |
| 昭和 37 年(1962)<br>改正             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・昭和 37 年の改正では、呼び径 400 以上の管の長さが 2430mm となり、当分の間、長さを 2400mm とすることができるとなった。</li> <li>管の長さは、1956 年当時は 2400mm に統一していく方向であったが、既存及びその後新設の工場の製造設備及び型枠が 2430mm であり、使用者側もその数値が一般的であったことから、実態に合わせている。</li> <li>・呼び径 1350～1800 の外圧強さが増加した。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 |
| 昭和 40 年(1965)<br>改正             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・管の種類は「A 形管」のみであったが、この改正で「B 形」及び「C 形」が追加されている。呼び径の範囲は、A 形 75～1800、B 形 75～900、C 形 900～1800 である。</li> <li>・A 形管の管の長さは、この時点で 2430mm に統一され、「2400mm でもよい」が削除された。</li> <li>・ヒビワレ荷重は、管体に 0.25mm のひび割れが生じた時の荷重であるが、「普通下水道管路の鉄筋コンクリート管では、幅 0.25 mm のヒビワレがあっても鉄筋は容易に腐食しないことが数十年の実績から判明しているので、十分な限度として定めてものである。」と解説されている。</li> </ul>                                                                                                                 |
| 昭和 47 年(1972)<br>改正             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・普通管の外圧強さが 1 種及び 2 種に区分され、従来の外圧強さを 1 種とし、新たに高強度の 2 種が追加された。</li> <li>・呼び径 150 未満が削除され、2,000～3,000 の特大口径の管が新たに加わった。</li> <li>・内圧管は、1kg/cm<sup>2</sup>～10 kg/cm<sup>2</sup> の 8 種類であったが、使用の実情に合わせて 2K、4K、6K の 3 種類のみとなった。</li> <li>・ひびわれの判定は、従来 0.25mm であったが、この改正で肉眼で発見できる限度の 0.05mm に変更された。</li> <li>・B 形及び C 形は昭和 40 年(1965)の改正で追加されたが、ゴム輪の規定はなかったが、この改正で、ゴム輪は JIS K 6353(水道用ゴム)の規定(普通管は 2 種 3 号乙、内圧管は 2 種 2 号乙)に適合するものと規定された。</li> </ul> |
| 昭和 51 年(1976)<br>改正             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・昭和 51 年の改正の目的は国際単位系(SI)の導入併記であり、外圧強さ及び内圧強さが SI 単位の併記となった。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 昭和 54 年(1979)<br>改正             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・種類の名称の変更が行われた。</li> <li>従来普通管、圧力管となっていたのを外圧管及び内圧管にあらためた。</li> <li>理由は、外圧に対して設計された管と内圧に対して設計された管であることを明確にするためである。</li> <li>・2 種管の呼び径の範囲は 1000～3000 であったが、呼び径 150～900 が追加となった。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 昭和 60 年(1985)<br>改正             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・昭和 60 年の改正は、従来にない大幅な改正が行われた。</li> <li>・管種の追加:従来の A 形、B 形及び C 形に加え、継手性能を大きく向上させた NC 形が追加された。</li> <li>・外圧強さの変更:1 種及び 2 種ともに、従来の外圧強さより 1.1～1.5 倍程度高め、許容土被りを広くし、施工条件の変化などにも対応できるようにした。</li> <li>・呼び径区分の見なおし:B 形と C 形で呼び径がラップしていたが、B 形が 1350 以下、C 形が 1500 以上とすることで、製品の種類の整理統合が行われた。</li> <li>・水道用ゴムの規格改正に伴い、使用するゴムの品質は外圧管はⅣ類、内圧管はⅠ類 A・50 となった。</li> </ul>                                                                                    |
| 平成 2 年(1990)<br>改正              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 2 年の改正では、塩化物量の規制及びアルカリシリカ反応抑制対策が追加された。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 平成 5 年(1993)<br>改正             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 5 年の改正は、JIS A 5353 として別に規格があった「異形管」を JIS A 5303 と統合した。</li> <li>・SI 単位への切替:SI 単位への切替の予告をし、その規格値を定めた。</li> <li>・NC 形 3 種の追加:従来は外圧強さの区分は 2 種までであったが、より高強度の 3 種管を規定した。</li> <li>・呼び径の整理:A 形管の呼び径を使用実績から 1800 までと縮小した。</li> </ul>                                                               |
| 平成 12 年(2000)<br>JIS A 5372 制定 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 12 年に個別製品規定を中心にしたこれまでの JIS 体系を改め、基本・共通と製品群規格に統合・再編された。</li> <li>・ヒューム管はJIS A 5372(プレキャスト鉄筋コンクリート製品)の中に位置付けられ、従来の規定の内容が附属書2に規定された。</li> </ul>                                                                                                                                                |
| 平成 16 年(2004)<br>JIS A 5372 改正 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ヒューム管の規格は附属書2に規定されていたが、附属書3(規定)暗きょ類の推奨仕様3-2に規定された。</li> <li>・外圧管にNB形(呼び径 150～900)が追加となった。</li> </ul>                                                                                                                                                                                           |
| 平成 22 年(2010)<br>JIS A 5372 改正 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ヒューム管の規格は附属書 C(規定)暗きょ類の推奨仕様 C-2 に規定。</li> <li>・外圧管 C 形が削除された。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                       |
| 平成 28 年(2016)<br>JIS A 5372 改正 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・性能を強度から耐力にしたため、表現が改められた。 <ul style="list-style-type: none"> <li>*「曲げ強度」→「曲げひび割れ耐力」</li> <li>*「破壊荷重」→「終局曲げ耐力」</li> <li>*「内圧強度」→「内圧耐力」</li> </ul> </li> <li>・性能を曲げ強度から曲げひび割れ耐力と変更になったため、数値、単位を変更した。運用上は、従来と変更はなし。</li> <li>・曲げ耐力試験において、「ひび割れの状態を調べる。」という文章が「ひび割れの有無を調べる。」という表現に改められた。</li> </ul> |

## 2. 下水道用鉄筋コンクリート管（JSWAS A-1）

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 昭和 43 年(1968)<br>暫定規格 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・下水道用鉄筋コンクリート管暫定規格として制定された。呼び径は 1000～2400 で、外圧強さは昭和 40 年改正の JIS の約 2 倍である。</li> </ul>                                                                                                                                             |
| 昭和 44 年(1969)<br>制定   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・暫定規格より本規格となった。</li> <li>・管の種類、呼び径の範囲および外圧強さは暫定規格と同じである。</li> </ul>                                                                                                                                                               |
| 昭和 49 年(1974)<br>改正   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・呼び径の範囲を 200～3000 に拡大された。</li> <li>・種類の呼称を JIS A 5303 に合わせ、「普通管 2 種」となった。</li> </ul>                                                                                                                                              |
| 昭和 62 年(1987)<br>改正   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・呼び径の範囲を拡大し 150mm を追加された</li> <li>・枝付管や曲管を「異形管」として規定し、従来の「管」が「直管」となった。</li> <li>・形状では、A 形を削除し、NC 形を追加し、また B 形と C 形の呼び径の重複が無くなった。</li> <li>・外圧強さは 2 種管のみの規定であったが、1 種、2 種及び 3 種(NC 形のみ)となった。</li> <li>・品質に新たに水密性能が規定された。</li> </ul> |
| 平成 15 年(2003)<br>改正   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・継手部の耐震性能を考慮し、NB 形を追加された。また、ステンレスカラーの A 形管も追加された。</li> <li>・A 形の呼び径は 150～350、NB 形の呼び径は 150～900。</li> </ul>                                                                                                                        |
| 平成 23 年(2011)<br>改正   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・C 形が削除された。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                            |

### 3. 下水道推進工法用鉄筋コンクリート管（JSWAS A-2）

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 昭和 48 年（1973）<br>規格制定 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・推進工法用の管として呼び径 600 から 3000 まで規定された。</li> <li>・管は標準管のみで、カラーとゴム輪が付属書となっている。</li> <li>・外圧強さは標準荷重と破壊荷重があり、標準荷重はひび割れが発生する直前の荷重となっている。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 昭和 50 年（1975）<br>改正   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・中押し管（呼び径 1200～3000）が追加された。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 昭和 59 年（1984）<br>改正   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・推進中の蛇行等を防止する目的で、前後の管を緊結するための埋込みナットの有無で F 形、H 形の区分がされた。</li> <li>・施工技術の進歩などから、中押し管の呼び径が 1000～3000 になった。</li> <li>・外圧強さについては、従来の 1 種類から 1 種及び 2 種の 2 種類になった。</li> <li>・管体コンクリート強度を 500kg/cm<sup>2</sup> 以上に規定された。</li> <li>・外圧強さの標準荷重がひび割れ荷重となり、幅 0.05mm のひび割れを生じさせた時の荷重となった。</li> </ul>                                                                                                                                     |
| 平成 3 年（1991）<br>改正    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・JSWAS A-6 規格が制定されたことに伴って、呼び径の範囲が 800～3000 となった。</li> <li>・継手構造は従来の T カラーによる接続から、止水性及び施工性等を考慮し、管体とカラーが一体となった埋込みカラー形としている。</li> <li>・コンクリート強度は従来のは 500kg/cm<sup>2</sup> のみであったが、新たに 700kg/cm<sup>2</sup> が追加された。</li> <li>・本体が埋込みカラー形になったことに伴い、中押し管も形状を変更し、S と T の組み合わせとなった。</li> <li>・また、従来緊結用埋込みナットのある H 形を規定していたが、特殊な施工条件以外では使用されなくなったので、種類から削除された。</li> <li>・水密性については、継手部の水密性として 1kgf/cm<sup>2</sup> を規定している。</li> </ul> |
| 平成 11 年（1999）<br>改正   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・従来は継手の形状、寸法等の詳細を規定する内容となっていたが、種々な工夫がなされた管が開発され使用されはじめたため、基本寸法を規定したものとなった。</li> <li>・管の種類は標準管と中押し管で、呼び径の範囲の変更はない。</li> <li>・継手性能は JA、JB 及び JC の 3 種類に区分され、耐水圧と拔出し長さを規定した。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                        |
| 平成 30 年（2018）<br>改正   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・内圧が作用する場合（雨水貯留管など）に適用できる内圧管を追加した。内圧管には、内圧強さにより AW2（0.2MPa）、AW4（0.4MPa）、AW6（0.6MPa）の 3 種類を規定した。</li> <li>・推進工事の大深度化に対応して外圧管には外圧強さが 1 種の約 2.5 倍となる 3 種管を追加した。また推進工事の長距離化に対応して 2 種 70 および 3 種 70 を規定した。</li> <li>・内圧管および 3 種管の追加にともない、より耐水性を向上させた継手性能 JD を追加した。JD は拔出し長が JC と同じく 60mm で耐水圧を 0.4MPa としたものである。</li> </ul>                                                                                                       |

### 4. 下水道小口径管推進工法用鉄筋コンクリート管（JSWAS A-6）

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 平成元年（1989）<br>規格制定  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・小口径推進工法用の管として呼び径 250 から 700 まで規定された。</li> <li>・管は標準管と短管の 2 種類で、短管はマンホールとの接続に使用する。</li> <li>・コンクリートの圧縮強度により I 類と II 類に区分されて、I 類は 500kgf/cm<sup>2</sup> 以上、II 類は 700 kgf/cm<sup>2</sup> 以上としている。</li> <li>・外圧強さによる区分はなく、ひび割れ荷重と破壊荷重を規定している。</li> <li>・標準管の形状は、管とカラーが一体化された埋込みカラー形で、カラーの材質はステンレス鋼製としている。</li> <li>・標準管の接続出来ない先導体との接続に使用する先頭管が解説に記載されている。</li> </ul> |
| 平成 12 年（2000）<br>改正 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・JSWAS A-2 が性能規定の規格になったことに合わせて、本規格も性能規定となった。</li> <li>・あわせて、継手型式検査規定が設けられた。</li> <li>・外圧強さは、外圧強さの高い 2 種が新たに規定され、従来の強さを 1 種とし、2 種類に区分された。</li> <li>・継手性能は、耐水圧の他に耐震性を考慮して拔出し長さが規定された。継手性能による区分は、SJS、SJA 及び SJB の 3 種類である。</li> <li>・耐水圧は、従来の 0.1MPa に加えて 0.2MPa が追加され、拔出し長さは SJS、SJA が 10mm、SJB が 20mm となっている。</li> <li>・呼び径 200 が追加された。</li> </ul>                 |

## 関連規格及び基準類

### 1. 規 格

- (1) 日本産業規格：JIS A 5372（プレキャスト鉄筋コンクリート製品）推奨仕様 C-2 遠心力鉄筋コンクリート管）
- (2) 日本産業規格：JIS K 6353（水配管接合部用ゴム）
- (3) 日本下水道協会規格：JSWAS A-1（下水道用鉄筋コンクリート管）
- (4) 日本下水道協会規格：JSWAS A-2（下水道推進工法用鉄筋コンクリート管）
- (5) 日本下水道協会規格：JSWAS A-6（下水道小口径管推進工法用鉄筋コンクリート管）

### 2. 設計基準および指針等

- (1) 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説
- (2) 日本下水道協会：下水道推進工法の指針と解説
- (3) 日本下水道協会：下水道用設計標準歩掛表
- (4) 農林水産省：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計 「パイプライン」
- (5) 日本道路協会：道路土工 カルバート工指針
- (6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説
- (7) 全日本建設技術協会：土木構造物標準設計 1
- (8) 土木学会：水理公式集
- (9) 日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針
- (10) 日本推進技術協会：推進工法体系
- (11) 土木学会：コンクリート標準示方書

## 編 集 委 員

|       |         |                   |
|-------|---------|-------------------|
| 委 員   | 村 崎 裕 一 | 中川ヒューム管工業 (株)     |
| 〃     | 竹 森 敬 介 | 日 本 ヒ ュ ー ム (株)   |
| 〃     | 中 村 勝 則 | 藤 村 ク レ ス ト (株)   |
| 〃     | 横 塚 泰 弘 | ベ ル テ ク ス (株)     |
| 事 務 局 | 鈴 木 貴 之 | 全 国 ヒ ュ ー ム 管 協 会 |

---

---

## 技 術 資 料

## ヒ ュ ー ム 管 設 計 施 工 要 覧

|                 |               |
|-----------------|---------------|
| 昭和 52 年 5 月 1 日 | 初版発行          |
| 昭和 55 年 7 月 1 日 | 改 訂 版         |
| 昭和 57 年 9 月 1 日 | 改 訂 版         |
| 昭和 61 年 6 月 1 日 | 改 訂 版         |
| 昭和 63 年 2 月 1 日 | 改 訂 版         |
| 平成 4 年 2 月 1 日  | 改 訂 版         |
| 平成 5 年 11 月 1 日 | 改 訂 版         |
| 平成 12 年 5 月 1 日 | 改 訂 版         |
| 平成 21 年 7 月 1 日 | 改 訂 版         |
| 平成 25 年 10 月    | 改 訂 版 (PDF 版) |
| 令和 6 年 12 月 1 日 | 改 訂 版 (PDF 版) |

|     |                                                                                                                     |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 発行者 | 増 渕 智 之                                                                                                             |
| 編集者 | 全 国 ヒ ュ ー ム 管 協 会<br>技 術 委 員 会                                                                                      |
| 発行所 | 全 国 ヒ ュ ー ム 管 協 会<br>〒101-0047<br>東 京 都 千 代 田 区 内 神 田<br>3-2-12 陽 光 ビ ル 2 階<br>TEL 03-6260-8100<br>FAX 03-6260-8101 |

---

---

本会に無断で転記・複写を禁じます。