

管きょ更生工法における構造計算の考え方について

自立管について

～ 常時計算 ～

【死荷重】

土による鉛直土圧は管周辺の地盤が乱される場合を基本とする。

土被り 2.0m 未満は直土圧式

土被り 2.0m 以上は「2.0m の直土圧式」と「実際の土被りのヤンセン式」を比較し大きい方を採用する。

【活荷重】

(ガイドライン p3-15 より)

後輪荷重：T-25 の場合は 100kN

車輪接地長さ：200mm

車体占有幅：2,750mm

分布角：45 度

衝撃係数：

H	$H \leq 1500$	$1500 < H < 6500$	$6500 \leq H$
i	0.5	$0.65 - H/1000$	0

低減係数：

	土被り $h \leq 1$ m かつ 内空 (内径) 幅 $B \geq 4$ m の場合	左記以外
β	1.0	0.9

【材料定数】

曲げ強度, 曲げ弾性係数, 安全率は各工法協会による。

ガラス繊維強化材を用いる場合の安全率の考え方はガイドライン参 11 による。

許容たわみ率：5 % (ガイドライン p3-21)

設計支持角：120° (ガイドライン p3-20)

粗減係数：0.010 (各工法協会によるが, 函館市での実績多い工法は全て 0.010)

【構造計算】

ガイドライン p3-20 に従い, 以下 3 項目について必要管厚を計算し, 最大値を採用する。

- ・ 曲げによる更生管厚の計算
- ・ たわみによる更生管厚の計算
- ・ 外水圧による更生管厚の計算 (地下水位が高い場合のみ)

～ 耐震計算 ～

一体構造管きよ扱いなので、管きよと管きよの継手部の検討は不要。
必要な照査項目はガイドライン 2017p3-28 による。

●マンホールと管きよの接続部

【屈曲角】

○計算方法

ガイドライン参 7-40 を参照する。

○許容値

ガイドライン参 7-54 を参照する。

【拔出し量】

○計算方法

ガイドライン p3-25, 参 7-41, 耐震指針 p150 を参照する。

○許容値

各工法協会が示す基準値による。

参考として、函館市内採用実績の多いアルファライナー、パルテム SZ については終局限界はマンホール壁厚+マンホール内面から更生材切断面までの距離 (0 とすることが多い), 使用限界は終局限界の 1/2 となっている。

複合管について

～ 常時計算 ～

【コンクリートの定数】

圧縮強度：サンプリング調査で得た圧縮強度（ソフトコアリング 6 箇所 の平均値）
布設当時の設計強度（設計要領_参考資料 6_別表 1）
上記のいずれか小さい方を採用する。

ヤング係数：コンクリート標準示方書_設計編 2017p43

ポアソン比：0.2（コンクリート標準示方書_設計編 2017p43）

引張強度：コンクリート標準示方書_設計編 2017p39

限界圧縮ひずみ：0.0035（コンクリート標準示方書_設計編 2017p181）

【鉄筋の定数】

降伏強度：サンプリング調査で得た引張強度をもとに降伏強度を設定する。

種 別	鉄 線	SD295 棒鋼	SD235 棒鋼
引張強度 (N/mm ²)	540 以上	440 以上 540 未満	380 以上 440 未満
降伏強度 (N/mm ²)	440	295	235

ヤング係数：200 kN/mm²（コンクリート標準示方書_設計編 2017p51）

中性化：中性化残り 10mm 以上あることを確認する。

（コンクリート標準示方書_維持管理編 2007p94）

【安全係数】

設計で用いる安全係数はガイドライン参 8 に工法ごとに掲載されている。

【死荷重】

水平土圧：静止土圧係数 0.5（ガイドライン p3-33）

鉛直土圧：直土圧式を基本とする。（場合により緩み土圧式等を採用）

（ガイドライン p3-33）

【活荷重】

諸条件は自立管と同じ（ガイドライン p3-15）

【構造計算】

限界状態設計法による。

～ 耐震計算 ～

【照査すべき項目】

考え方は「管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン p3-43 耐震設計の考え方」による。

既設管の屈曲角，拔出し量の許容値は「下水道施設耐震計算例-管路施設編-前編 第3章 管きよ等の耐震性能」による。

既設 HP 管について耐震項目を検証すれば，複合管は既設管と一体化していることを保証しているので複合管としてもクリアされるという考え方。

ガイドライン p3-48 において，マンホールと管きよの接続部における「屈曲角」は各工法協会の公表値により照査することになっている。

マンホールと管きよの接続部の「拔出し量」，管きよと管きよの継手部の「屈曲角」と「拔出し量」については「既設管」についての照査を行うこととなっており，継手直下で充てん部材が破損しても表面部材のかん合が外れないことを確認することとなっている。また，あわせて埋設条件が表面部材の耐水圧条件以内であることを確認する。

以上のことから耐震項目として照査が必要になるのは

【 例：その他路線の場合 】

- | | | | |
|------------|------|---|-----------------------|
| ① MH-管きよ | 屈曲角 | → | 工法協会 |
| ② MH-管きよ | 拔出し量 | → | 既設管＝コンサル |
| ③ 管きよ-管きよ | 屈曲角 | → | 既設管＝コンサル |
| ④ 管きよ-管きよ | 拔出し量 | → | 既設管＝コンサル |
| ⑤ 管きよ-管きよ | かん合部 | → | 工法協会 |
| ⑥ 管きよ-管きよ | 耐水圧 | → | 工法協会（建設技術審査証明_水密性による） |
| ⑦ 液状化判定 | | → | コンサル |
| ⑧ 鉛直断面強度 等 | （適宜） | → | 工法協会（基本的には不要） |

ガイドラインでは「マンホールと管きよの接続部」については「フレキシブルな構造等により安全性を確保」することとなっており，このことについて Q&A_No.17 では屈曲角と拔出し量について「既設管」について照査し，問題なければ「フレキシブルな構造等により安全性を確保」できている扱いとなるため照査完了となる。

既設管の照査で許容値を超えた場合には管口耐震化工法によりフレキシブルな構造とすることになり，各工法協会（マグロック等）の許容値により照査することになる。

ただし，ダンビー工法に関しては技術資料において，「管きよと管きよの継手部」について耐震実験により許容値を設定しており，かん合部の照査を行っている。

同時に同頁※1において，この許容値を「マンホールと管きよの接続部」にも適用して照査することを明記している。よって，ダンビー工法の場合はこの照査記録も必要となる。

SPR 工法は「SPR 工法耐震設計マニュアル 2010」からガイドラインに照査方法を行っているので不要とのこと。

【既設管の照査】

ガイドライン p3-47 より、複合管の耐震設計は耐震指針における「差し込み継手管きよ（鉄筋コンクリート管・陶管）」等の考え方に従い耐震設計を行うことを基本とすることとなっている。

しかし、改築対象管きよに多い昭和 40 年(1965)以前の HP 管の管種は A 形管のみ（下水道協会 HP より）であり、耐震設計例において $\phi 400$ 以上の屈曲角、拔出し量の許容値が示されていない。

日本ヒュームに確認したところ、布設年度の古い A 形管はコンクリートカラーを使用し、モルタルで固めているため、拔出し量という概念がないとのこと。

このことから、コンクリートカラーを使用している A 形管は「一体構造管きよ」として扱うことができると考えることもでき、その場合、管きよと管きよの継手部の照査は省略できることとなる。（耐震対策指針 p177）

よってコンクリートカラーを用いた A 形管は屈曲角、拔出量の照査不要ということになる。JSWAS A-1 の変遷を確認すると、A 形管は昭和 62 年（1987）に一度廃止されたが、平成 15 年（2003）にステンレスカラーが追加されたことにより $\phi 150\sim 350$ だけが復活している。耐震設計例に示される許容値はこのステンレスカラーによるものである。

●マンホールと管きよの接続部

○計算方法

耐震指針_第 4 章_第 2 節 差し込み継手管きよの耐震設計による。

マンホールと管きよの接続部については p131 を参照する。

○許容値

下水道施設耐震計算例-管路施設編-質疑応答集（日本下水道協会 HP）において問 2.1 マンホールと本管接続部の拔出し量、屈曲角の許容値は、管きよと管きよの継手部の許容値と同一と考えてよいのでしょうか。

回答：大口径の管きよの場合、可とう継手の価格が嵩む場合にはマンホールと管きよの一部を一体化すれば管渠の継手で対応することも可能です。

以上から第一次的には、管きよの継手性能で検討すればよいことになります。

と示されています。一般的にマンホールと 1 本目の管きよはモルタルにより固定されていることから、管きよと管きよの継手部の許容値で照査することとなる。

●管きよと管きよの継手部

○計算方法

耐震指針_第 4 章_第 2 節 差し込み継手管きよの耐震設計による。

マンホールと管きよの接続部については p134 を参照する。

○許容値

下水道施設耐震計算例-管路施設編-前編_第 3 章 管きよ等の耐震性能による。

【ダンビー工法】

○充てん材について

1号（標準タイプ）は完全にドライな環境で用いるタイプである。

供用下で行われる一般的な下水道工事では2号が標準的に用いられることになる。

○構造計算入力シートについて

「内側鉄筋」「外側鉄筋」欄はいずれに入力しても計算結果に影響はない。

かぶり厚は外側からのかぶりを入力することに注意が必要。

○Lv1地震動における計算方法について

耐震計算において「許容応力度法」を用いているが、許容応力度法は道路橋示方書の平成29年3月版のまえがきで「廃止」と明記されている。

そのため「許容応力度法」で用いる諸元の根拠資料がないことになるため「ひび割れ保証モーメントの照査」で計算することとする。

スペーサーの材料強度の特性値	建設技術審査証明報告書 2018.3p6
スペーサーの弾性係数	建設技術審査証明報告書 2018.3p6
スペーサー断面積	計算による
充てん材の材料強度の特性値	建設技術審査証明報告書 2018.3p6
充てん材の弾性係数	建設技術審査証明報告書 2018.3p6
ストリップの種類	技術資料令和4年度版 p8
ストリップの厚さ	技術資料令和4年度版 p8
SFジョイナーの種類	技術資料令和4年度版 p14
補強鉄筋の材料強度の特性値	建設技術審査証明報告書 2018.3p7
補強鉄筋の弾性係数	建設技術審査証明報告書 2018.3p7
補強鉄筋の断面積	計算による

※弾性係数比の根拠は、事前に設定するものではなく、構造計算の結果が記されている。

※安全係数の根拠は、「管きょ更生工法における設計・施工ガイドライン 2017年版」の参 8-64 に記載されている。

【SPR 工法】

プロファイルのピッチ	技術資料 2022p14
プロファイルの厚さ	技術資料 2022p14
スチール補強材の降伏強度	建設技術審査証明書 2020
スチール補強材のヤング係数	建設技術審査証明書 2020
裏込め材の種類	技術資料 2022p26
裏込め材の圧縮強度	建設技術審査証明報告書 2020p64
裏込め材のヤング係数	建設技術審査証明報告書 2020p65
裏込め材のポアソン比	SPR 工法の設計概論 p4-48 SPR2 号モルタルの改良に伴う管渠耐荷力評価作業委託報告書(H23.3)p81
裏込め材の単位体積重量	建設技術審査証明報告書 2020p22
裏込め材の引張強度	SPR 工法の設計概論 p4-48
裏込め材の破壊エネルギー	SPR 工法の設計概論 p4-48

【パルテムフローリング工法】

フローリング 充てん材の設計基準強度	建設技術審査証明報告書 2022.3p5
フローリング 充てん材の許容曲げ応力度	建設技術審査証明報告書 2022.3p5 より圧縮強度が $24\text{N}/\text{mm}^2$ 以上有することから道路橋示方書（平成 29 年 3 月）Ⅲコンクリート橋・コンクリート部材編 p188 より設定
鋼製リングの降伏点応力度	建設技術審査証明報告書 2022.3p7
鋼製リングの許容引張応力度	建設技術審査証明報告書 2022.3p7 より圧縮強度が $24\text{N}/\text{mm}^2$ 以上有することから道路橋示方書（平成 29 年 3 月）Ⅱ鋼橋・鋼部材編 p318 より設定
構造物の靱性を考慮した補正係数	管きょ更生工法における設計・施工ガイドライン 2017 年版 p3-45

※充てん材の応力度および鋼製リングの応力度については計算過程で使用していないため今後計算書には提示しないよう指示済み（芦森エンジニアリング：長畑氏）

一 般

【 地盤の液状化に伴う影響 】

- 管の埋設位置の地盤が液状化する場合に永久ひずみを考慮する。
管の埋設地盤が非液状化層の場合でも、管の下部層が液状化を起こす場合、沈下による検討をする必要がある。(下水道協会 HP 下水道施設耐震計算例-管路施設編-質疑応答集_問 3.6)
- 管きよが液状化層に布設されている訳ではない場合は、地盤の永久ひずみによる抜出し量の照査は行わなくてよい。(耐震計算例 2015p4-1-42)