

連載講座

取付管更生工法の設計・施工管理 技術資料 (前編)

「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン（案）」（平成23年12月）には、今後の課題として「更生工法の取付管への適用」が挙げられている。本協会はこれに先立ち、取付管について検討を行い、昨年10月、「取付管更生工法の設計・施工管理 技術資料」をまとめた。

本号より2回にわたり、同技術資料を連載する。前編で第1～3章を、次号の後編で第4～7章を掲載する（下記参照）。

連載講座 取付管更生工法の設計・施工管理 技術資料 掲載内容

前編

第1章 総論

- 1-1 目的
- 1-2 適用範囲
- 1-3 用語の定義

第2章 取付け管更生工法の概要

- 2-1 取付け管更生の標準フロー
- 2-2 更生工法別概要

第3章 取付け管更生工法の設計

- 3-1 自立管仕様の設計手法
- 3-2 二層構造管仕様の設計手法
- 3-3 本管更生自立管仕様の設計手法（参考）

後編

第4章 取付け管更生材の品質管理

- 4-1 更生材（施工前）の品質確認
- 4-2 更生材の保管および搬送・搬入

第5章 取付け管更生工法の施工管理

- 5-1 一般的な施工管理
- 5-2 形成方法別の施工管理手法

第6章 取付け管更生管きょの品質・出来形管理

- 6-1 出来形検査
- 6-2 品質検査

第7章 安全管理および環境対策

- 7-1 安全管理
- 7-2 環境対策

第1章 総論

1-1 目的

2005年3月に社団法人 下水道新技術推進機構より「管きょ更生工法の品質管理 技術資料」が発刊され、それに続いて、2008年9月には、「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」が社団法人 日本下水道協会より発刊された。

下水道本管の更生工法における設計と品質管理の

考え方と手法は、前述した2冊の本によってまとめられている。しかし、取付け管更生の設計・施工管理に関する資料は、思いのほか少ないのが現状となっている。

取付け管は、汚水柵または雨水柵と、下水道本管とを接続する管路である。柵の設置深さは、原則として浅く、通常1m程度である。公共柵の場合、柵は歩道もしくは車道に設置される。

従って、柵に近い取付け管は、自動車荷重の影響

を受けやすいため、損傷しやすい。地上に近い管路が損傷するという事は、地表への影響も現れやすいと考えられる。下水道管路要因による道路陥没事例の多くは、取付け管の破損が原因という報告もある。

取付け管更生を行うことは、こうした陥没事故を未然に防ぐ予防策としても大きな意味をもつ。但し、取付け管更生工法も本管更生工法と同様に、出来形や品質を安定的に維持するためには、施工管理や品質管理を十分に行う必要がある。

そこで本技術資料では、取付け管更生工法の施工

管理、品質管理に関する統一的な仕様をまとめるとともに、これまであまり検討がなされていない設計手法に関する考え方についても整理するものである。

1-2 適用範囲

本技術資料は、既設取付け管きよの更生工法の施工、品質管理および設計に適用するものである。

また、本技術資料で取り扱う更生工法は、以下のとおりとする。

表1-1 取付け管更生工法の分類

構造分類	機能分類	工法分類	形成方法	工法名
単独管構造	自立管	反転工法	熱硬化	SGICP工法
				SGICP-G工法
				SDライナー工法
				GROW（グロー）工法
				FFT-S取付け管工法
				パルテム取付け管工法
	二層構造管	形成工法	光硬化	シームレスシステム工法
				FRP光硬化取付け管ライニング工法
			常温硬化	サイドライナー工法
			熱形成	EX工法
				オメガライナー工法
			熱硬化	LL工法
ハウスライナー工法				
常温硬化	EPR-LS工法			

1-3 用語の定義

本技術資料では、次のように用語を定義する。

1) 改築

排水区域の拡張等に起因しない「対象施設」の全部または一部（修繕に該当のものを除く）の再建設あるいは取替えを行うこと。（詳細は、「下水道施設改築・修繕マニュアル（案）（1998年版（社）日本下水道協会）」を参照。）

2) 修繕

「対象施設」の一部の取替えを行うこと。（詳細は、「下水道施設改築・修繕マニュアル（案）（1998年版（社）日本下水道協会）」を参照。）

3) 管きよ更生工法

既設管に破損、クラック、腐食等が発生し、耐荷能力、耐久力の低下および流下能力が保持できなく

なった場合、既設管内面に管を構築して既設管の更生および流下能力の確保を行うもの。管きよ更生工法の中には、反転工法、形成工法がある。

4) 反転工法

熱または光等で硬化する樹脂を含浸させた材料を既設のマンホールから既設管内に反転加圧させながら挿入し、既設管内で加圧状態のまま樹脂が硬化することで管を構築するものである。反転挿入には、水圧または空気圧等によるものがあり、硬化方法も温水、蒸気、光、常温硬化等がある。

ただし、目地ズレ、たるみ等を更生させるのではなく、あくまでも既設管の形状を維持する断面を更生することとなる。

5) 形成工法

熱または光等で硬化する樹脂を含浸させた材料や、

熱可塑性樹脂の連続パイプを既設管内に引込み、水圧または蒸気圧等で拡張・圧着させた後に硬化することで管を構築するものである。形成工法には、更生材を既設管内径まで加圧拡張したまま温水、蒸気、光等で圧着する工法、または加圧拡張したまま冷却固化する工法がある。

ただし、目地ズレ、たるみ等を更生させるのではなく、あくまでも既設管の形状を維持する断面を更生することとなる。

6) 更生管

腐食や破損等によって失われた機能が、更生工法によって回復された管きよ。

7) 自立管

既設管の強度を期待せず、自ら外力に抵抗するものとし、新管と同等以上の耐荷能力および耐久性を有するもの。

8) 二層構造管

既設管が老朽管であっても曲げや変位に対する残存強度を有している場合、二層構造で外力を分担するために構築されるもの。主に外水圧に対抗する目的で施工された更生管を対象とする。

9) 含浸

多孔質に液状物質をしみこませること。更生材の場合、硬化性樹脂を含浸用基材（ガラス繊維、有機繊維）にしみこませる工程を言う。

10) 熱硬化性樹脂

加熱すると網状構造となって不溶不融の状態に硬化する合成樹脂を言う。更生材に使用されている樹脂には、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、ビニルエステル樹脂等がある。

11) 熱可塑性樹脂

加熱すると塑性変形を生じ、冷却すると可逆的に硬化する合成樹脂を言う。更生材に使用されている樹脂には、ポリエチレン、硬質塩化ビニル等がある。

第2章 取付け管更生工法の概要

取付け管更生工法の標準的なフローは、図2-1に示すとおりである。

2-1 取付け管更生の標準フロー

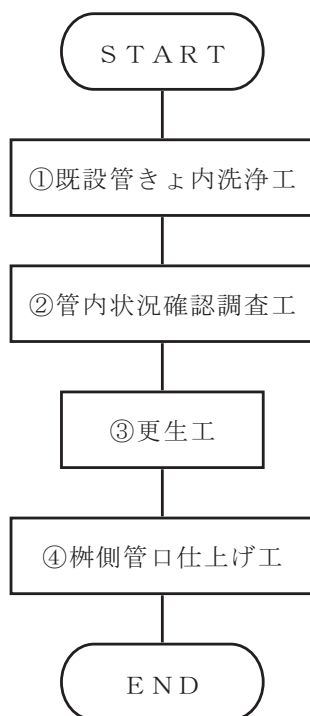


図2-1 取付け管更生 標準施工フロー

① 既設管きよ内洗浄工

施工の際に障害となる堆積物や付着物等を取り除くために、既設管きよ内を洗浄する。この工程が確

実に実施されていないと、更生管内面に突起を生じる原因となる。

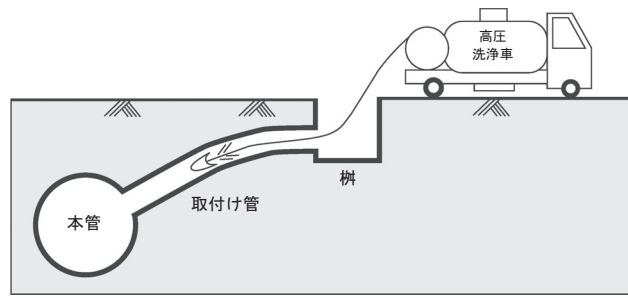


図2-2 既設管きょ内洗浄工 概要図 (例)

② 管内状況確認調査工

更生材設置に際して、支障となる要因の有無の最終確認をTVカメラを用いて行う。

この調査で、更生材に損傷を与えるような突起物等が既設管内面にはないか、また、浸入水が更生管形成に悪影響を与える可能性がないかを確認する。

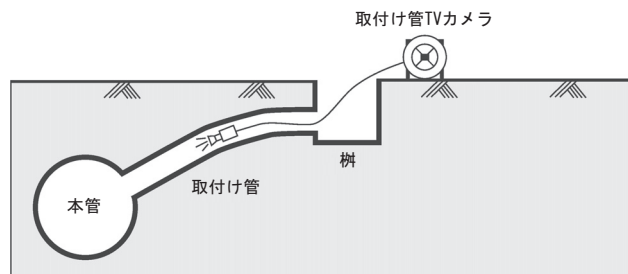


図2-3 管内状況確認調査工 概要図 (例)

③ 更生工

最初に、更生材料を柵側もしくは本管側より、反転または引き込みの手法により既設管内に設置する。その後、空気圧や水圧を用いて更生材料を拡張し、

既設管内に密着させ、加熱や光照射により更生材を硬化させたり、加熱軟化・拡張冷却固化させたりして更生管を形成する。

④ 柵側管口仕上げ工

柵内に突出した更生管を切断し、管口仕上げ材料

を用いて仕上げを行う。

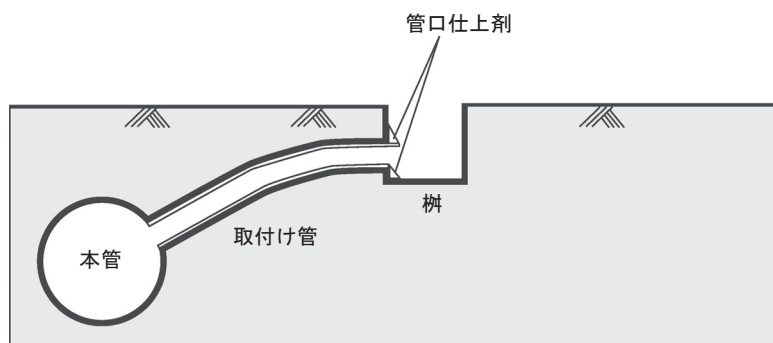


図2-4 柵側管口仕上げ工 概要図 (例)

2-2 更生工法別概要

2-2-1 熱硬化タイプ

含浸用基材（ガラス繊維または有機繊維等）に樹脂を含浸させた筒状の更生材を、反転または引き込み

方式により既設管きょ内に挿入し、更生材内部から空気圧や水圧等で既設管内面に密着した状態のまま、温水や蒸気等で樹脂を硬化させて更生管を構築する方式。

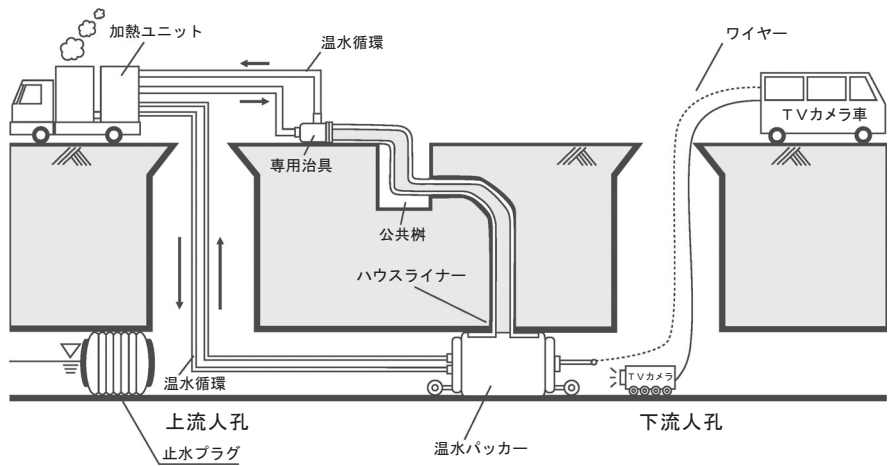


図2-5 熱硬化タイプ（引込み方式）の施工概要図（例）

2-2-2 光硬化タイプ

含浸用基材（ガラス繊維または有機繊維等）に樹脂を含浸させた筒状の更生材を、反転方式により既

設管きょ内に挿入し、更生材内部から空気圧で既設管内面に密着した状態のまま、紫外線を照射して樹脂を硬化させ更生管を形成する方式。

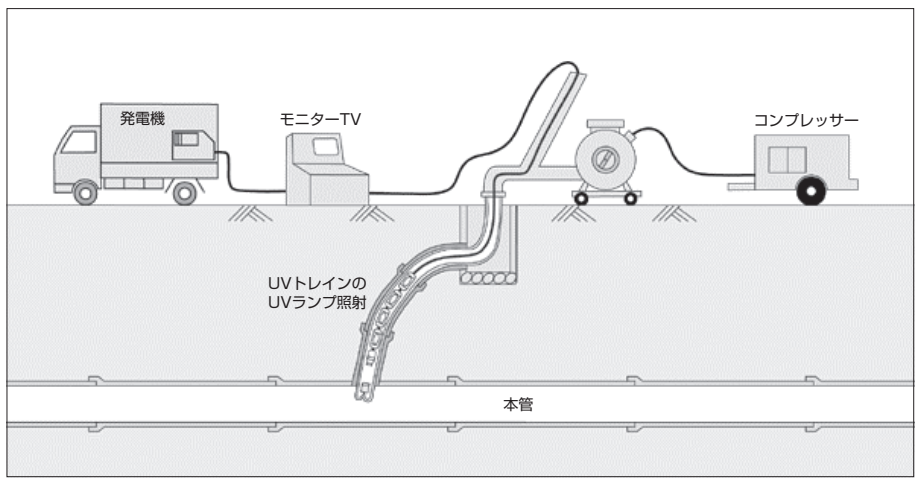


図2-6 光硬化タイプの施工概要図（例）



（参考）施工事例

2-2-3 熱形成タイプ

既設管内に挿入可能な断面形状に変形させた熱可塑性樹脂パイプ（硬質塩化ビニル樹脂）を、蒸気で軟化させ引込み方式により既設管きょ内に挿入し、

加熱状態のまま空気圧等で拡張させ、既設管内面に密着した状態のまま冷却固化することで更生管を形成する方式。

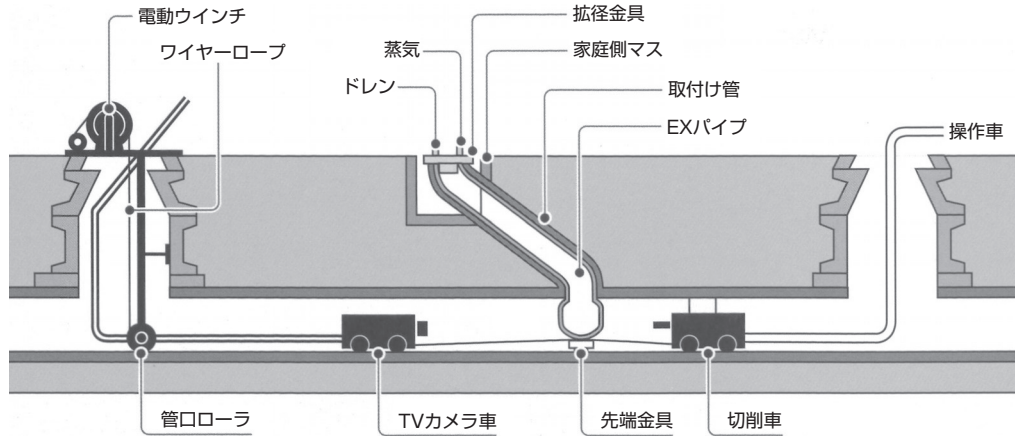


図2-7 熱形成タイプの施工概要図（例）

2-2-4 常温硬化タイプ

含浸用基材（ガラス繊維または有機繊維等）に樹脂を含浸させた筒状の更生材を、反転または引込み

方式により既設管きょ内に挿入し、更生材内部から空気圧で既設管内面に密着した状態のまま保持して、常温で樹脂を硬化させて更生管を形成する方式。

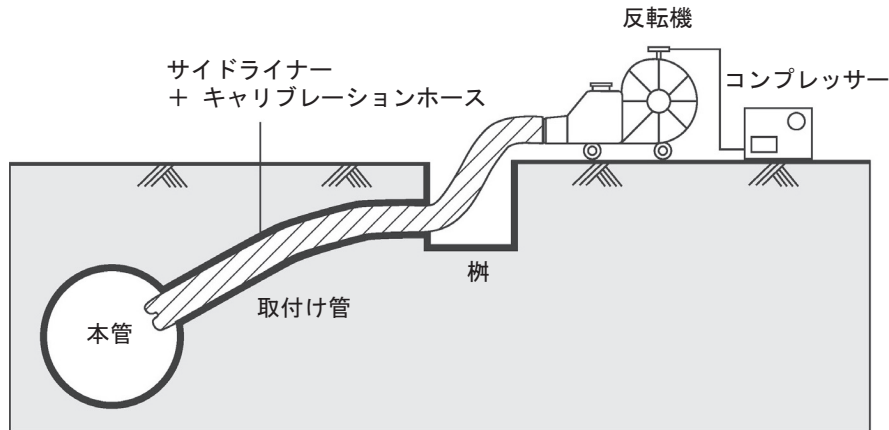


図2-8 常温硬化タイプの施工概要図（例）

第3章 取付け管更生工法的设计

3-1 自立管仕様の設計手法

3-1-1 概要

「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」にある自立管の設計手法は、本管更生工法を対象としているため、そのまま取付け管更生工法に適用すると問題が生じることが考えられる。

また、自立管設計手法はJSWAS K-1 やJSWAS K-2 の設計手法を参考としているが、取付け管の場合、「下水道施設設計画・設計指針と解説 前編 - 2001年版 -」（社日本下水道協会）においても具体的な設計方法は記載されていない。

そこで、取付け管更生の設計における問題点を考慮し、取付け管更生工法の自立管仕様設計と二層構造管仕様設計の手法について整理する。

3-1-2 従来手法の問題点

自立管の設計手法は、「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」に示されている。この手法は、更生管に土圧と活荷重を作用させ、更生管の曲げ強度とたわみ率による更生管厚をそれぞれ算出し、厚い結果を採用することになっている。

この計算で必要となる計算条件としては、以下の項目が挙げられる。

- ①更生管管径
- ②土被り
- ③設計荷重（自動車荷重、軌道荷重等）
- ④仮想掘削幅

従来の手法で取付け管の自立管仕様を設計する場合、問題となる条件は“②土被り”である。取付け管は、本管に比べると勾配がきつく、上流（柵側）と下流（本管側）の土被りに大きな差がある。さらに取付け管の場合、下流側の正確な土被りを把握することが困難である。

土被りが浅い場合、活荷重の影響が大きくなり、更生管の管径によっても異なるが、小口径の場合、土被りが1.0m以下であると活荷重は土圧の数倍になる。それに伴い更生管の厚さも厚くなるため、非経済的と考えられる。

3-1-3 自立管設計の基本的な考え方

「下水道施設計画・設計指針と解説 前編 - 2001年版-」（社）日本下水道協会において、取付け管の具体的な設計方法は記載されていない。指針では、管種に対する記述があるのみで、以下のように記載されている。

管種は、陶管、鉄筋コンクリート管、硬質塩化ビニル管又はこれと同等以上の強度及び耐久性のあるものを使用する。

つまり、取付け管の設計に具体的な式や設計値はないということになる。自立管も前述している管種のどれかと同等以上の強度と耐久性を証明することが出来れば問題ないと考えられる。

取付け管の更生工法は、熱や光で硬化する樹脂を不織布に含浸させた材料を硬化させるか、挿入可能な断面に変形させた熱可塑性樹脂パイプを蒸気で拡張後、冷却固化させる方法になる。このことから、前述の管種のうち硬質塩化ビニル管（以下「塩ビ管」

とする）が性質的に最も近いと考えられる。なお、硬化性樹脂を用いた更生工法の場合は、強化プラスチック複合管（JSWAS K-2）の方により近いと考えられるが、取付け管で強化プラスチック複合管が使用されることが無いため、熱硬化および熱可塑の更生工法ともに、塩ビ管と同等以上の強度と耐久性を証明すれば良いと考えられる。

①強度について

塩ビ管（JSWAS K-1）における強度は、引張強度と偏平強度とがある。一般的に更生工法は、塩ビ管と異なり曲げ強度を保証値として設計に使用するため、引張強度では比較することが困難である。

そこで強度の比較は、JSWAS K-1の偏平試験から線荷重を求め、その値を塩ビ管の線荷重以上であることを確認する。

円環のたわみ式と短期曲げ弾性係数から、必要ライナー厚さを逆算する事がある。この計算はライナーが5%たわむ時に塩ビ管と同等以上の偏平強度を有する厚さを求めるものである。しかし、この計算の場合、ライナーが5%たわむ時に作用させる力は分かるが、この力がどの程度の外力（土圧+活荷重）に相当するか不明である。従って、偏平計算による厚さはオーバースペックの可能性が強い。しかし、実際に偏平試験を行えば、計算で求まる厚さより薄くても問題ないことが判明する場合もある。

そのため、本技術資料では、計算式を用いた設計手法ではなく、性能設計手法をとり、基準物性値を満足していれば設計する必要はないという考え方を採用した。

②耐久性について

JSWAS K-1では耐久性について具体的な記述はない。しいてあげるならば、耐薬品性がそれに当たると考えられる。そこで、熱可塑性樹脂を使用した更生工法については、JSWAS K-1の耐薬品性試験に準拠して耐薬品性を確認する。

一方、熱硬化性樹脂を用いた更生工法は、塩ビ管よりも強化プラスチック複合管に特性が近いいため、強化プラスチック複合管の基準に準拠したほうが良いと考えられる。そこで、JSWAS K-1の耐薬品性試験で使用する薬品と同じ薬品で耐薬品性試験を行うJSWAS K-16（下水道内挿用強化プラスチック複合管）の規格に準拠して耐薬品性を確認する。

さらに耐久性を検証する方法として、耐摩耗性試

験を行うことが望ましい。塩ビ管の規格にはないが、本管に比べて、取付け管では砂や夾雑物による管体の摩耗も大きいと考えられる。また、「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」では試験項目になっている。

この事から、取付け管更生工法においても耐久性確認として耐摩耗性試験を行い、塩ビ管と同等以上

の性能を確認する。

3-1-4 まとめ

取付け管更生工法の自立管仕様については、表3-1の項目を満足させることで設計に代えるものとする。

表3-1 取付け管更生工法 自立管仕様 要求項目一覧表

項目	試験方法	評価基準
耐荷能力	JSWAS K-1による偏平試験	試験片の線荷重が、JSAWS K-1に示す線荷重以上であること。
耐薬品性	JSWAS K-1もしくはJSWAS K-16に準拠した耐薬品性試験	JSWAS K-1もしくはJSWAS K-16と同等以上の耐薬品性を有すること。
耐摩耗性	JIS K7204 JIS A1452	下水道用塩化ビニル管の摩耗試験を行い、更生材の摩耗量と比較して、摩耗量が塩ビ管より少ないことを確認する。

3-2 二層構造管仕様の設計手法

取付け管更生における二層構造管は、外水圧に対抗することを目的とする。

設計手法は、本管更生の二層構造管と同じチモシエンコの円環座屈式を採用する。

$$t = \frac{D}{\left[\frac{2C \cdot K \cdot E_L}{P_w \cdot N \cdot (1 - \nu^2)} \right]^{1/3} + 1}$$

ここに、 D ：更生管外径

K ：支持向上係数（= 7.0）

E_L ：設計曲げ弾性率

P_w ：更生管に作用する外水圧

N ：安全率（= 2.0）

ν ：ポアソン比

C ：楕円変形係数

$$C = \left[\frac{1 - q/100}{(1 + q/100)^2} \right]^3$$

q ：既設管の楕円率

更生管に外水圧のみが作用する場合

$q = 0\%$

前節でも問題点とした土被りに関しては、より深い下流側（本管側）の土被りを使用することが望ましい。しかし、本管側の土被りを正確に把握することは困難であることも先に述べた。実際には、本管

設計においても地盤形状によっては管路中央付近と人孔付近での土被りが極端に異なることも考えられるが、設計においてはそこまで考慮していないのが実情である。そこで、二層構造管仕様の設計では、取付け管が接続する本管の上下流人孔部のどちらか深い方を計算条件として採用する。

安全率は、「管きょ更生工法（二層構造管）技術資料 - 2006年3月 -」（財団法人下水道新技術推進機構）を参考に $N = 2.0$ とする。同様に支持向上係数は、 $K = 7.0$ を採用する。

3-3 本管更生自立管仕様の設計手法（参考）

「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）平成20年9月」に示されている自立管設計更生管厚算定式を以下に示す。

(1) 土による鉛直土圧

土による荷重は、a.ヤンセン公式とb.垂直公式のどちらか、又は両方を用いて算出する。

管周辺の地盤が乱されない場合にはa.ヤンセン公式で算出し、乱される場合には、土被り2.0mまではb.垂直公式、それ以上はb.垂直公式で算出した2.0mの土圧とa.ヤンセン公式の土圧を比較して大きい方を採用する。管周辺の地盤が乱れる場合とは、施工する既設管付近において他企業埋設物の新設や敷設替えが予定されている場合を示す。

《a. ヤンセン公式》

$$q = \left(\frac{\gamma \cdot B_d}{2} - f \right) \cdot \left(\frac{1 - e^{-2K \cdot \mu \cdot H / B_d}}{K \cdot \mu} \right)$$

《b. 垂直公式》

$$q = \gamma \cdot H$$

ここに、 q ：土による鉛直土圧 (kN/mm²)

γ ：土の単位体積重量 (kN/mm³)

H ：土被り (mm)

f ：埋戻し土の粘着力 (kN/mm²)

B_d ：仮想掘削幅 (mm)

μ ：埋戻し土と側壁の摩擦係数 = $\tan \phi$

ϕ ：埋戻し土の内部摩擦角 (°)

K ：埋戻し土の主動土圧係数

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

(2) 活荷重による鉛直土圧

活荷重による鉛直土圧は下式より算出する。設計荷重は、「道路橋示方書・同解説」(平成8年12月(社)日本道路協会)に基づくものとする。

$$p = \frac{2P(1+i) \cdot \beta}{C(a+2H \cdot \tan \theta)}$$

ここに、 p ：活荷重による鉛直土圧 (kN/mm²)

H ：土被り (mm)

P ：後輪荷重 (T-25:100kN、T-20:80kN、T-14:56kN)

a ：車輪接地長さ (mm)

C ：車体占有幅 (mm)

θ ：分布角 (°)

i ：衝撃係数

β ：低減係数

(3) 自立管設計更生管厚の算定式

自立管設計の更生管厚は、曲げ強度により算出される更生管厚と、たわみ率より算出される更生管厚を比較して大きい方の値を採用する。

(3) - a 曲げ強度の計算から求めた管厚算出式

下式において、曲げモーメント係数はJSWAS K-1を参照すること。また曲げモーメント係数は、管頂と管底の2種類あるのでそれぞれに管厚を算出し、大きい方を選択すること。

$$t = \frac{D}{1 + \sqrt[3]{\frac{2\sigma}{3(k_1 \cdot q + k_2 \cdot p)}}}$$

ここに、 k_1 ：土による曲げモーメント係数

k_2 ：活荷重による曲げモーメント係数

q ：土による鉛直土圧 (kN/mm²)

p ：活荷重による鉛直土圧 (kN/mm²)

σ ：設計曲げ強度 (kN/mm²)

D ：更生管外径 (mm)

(3) - b たわみ率の計算から求めた管厚算出式

下式において、たわみ係数はJSWAS K-1を参照すること。

$$t = \frac{D}{1 + \sqrt[3]{\frac{E \cdot V}{75(K_1 \cdot q + K_2 \cdot p)}}}$$

ここに、 K_1 ：土によるたわみ係数

K_2 ：活荷重によるたわみ係数

q ：土による鉛直土圧 (kN/mm²)

p ：活荷重による鉛直土圧 (kN/mm²)

E ：設計曲げ弾性係数 (kN/mm²)

V ：たわみ率 (%)

D ：更生管外径 (mm)



(参考) 取付管更生施工後