

第5章 参 考 资 料

1. サポート向上係数測定試験方法(案)

サポート向上係数測定試験方法(案)

1. サポート向上係数（支持向上係数）

Timoshenko の薄肉円環座屈式で更生管の厚みを設計する場合に問題となるのが、サポート向上係数である。

更生管のように既設管により外周を拘束された条件下でのパイプ単体の座屈挙動を検証すると、座屈圧力の向上結果が報告されており、その向上率を称して一般的に「サポート向上係数(支持向上係数)」としている。

2. サポート向上係数測定試験の目的

施工対象となる既設下水道管きよが鉛直土圧および活荷重に対する十分な耐力がある場合、更生管には外水圧のみが働くものとして ASTM F1216 の Timoshenko の薄肉円環座屈式を基本とする式により更生管厚を決定し、二層構造管として管更生を行う。この場合、更生管が外水圧によって座屈変形しようとするとき、更生管には周囲の既設管による反力が作用し、その座屈圧力は理論上の更生管単体の座屈圧力よりも向上する。構造計算ではこの座屈圧力の向上(サポート向上係数 K)を見込んで設計を行っており、本市では $K=7.0$ としている。

そこで、外装管に成形された更生管の全周に水圧を加えて座屈圧力を測定し、理論上の更生管単体の座屈圧力と比較することで各更生工法による更生管のサポート向上係数を求め、設計時に用いたサポート向上係数($K=7.0$)以上であることを確認する。

3. 試験方法

(1) 供試体

下図の供試体概要図に示すように、鋼管の中央部に $\phi 30$ mm の穴を 4ヶ所穿孔し、中央部 $L=3,000$ mm は更生管と鋼管を接着させず、鋼管内に更生を行う。両端の管口は、更生管と鋼管を強固に接着させて供試体を作成する。

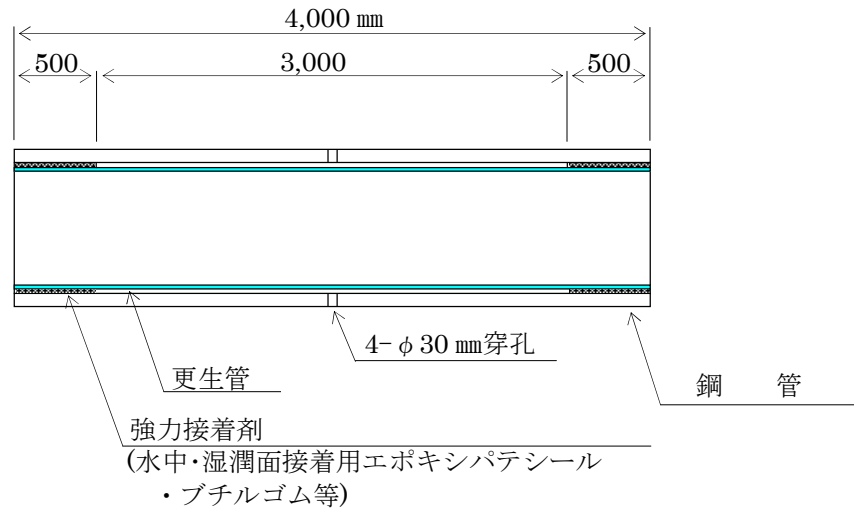


図5-2-1. 供試体概要図

(2) 試験方法

供試体にφ30 mmの孔、4箇所より外水圧を負荷し、管内壁と接着していない更生管の中央部L=3,000 mmが水圧を受けて座屈する時の圧力を測定する。

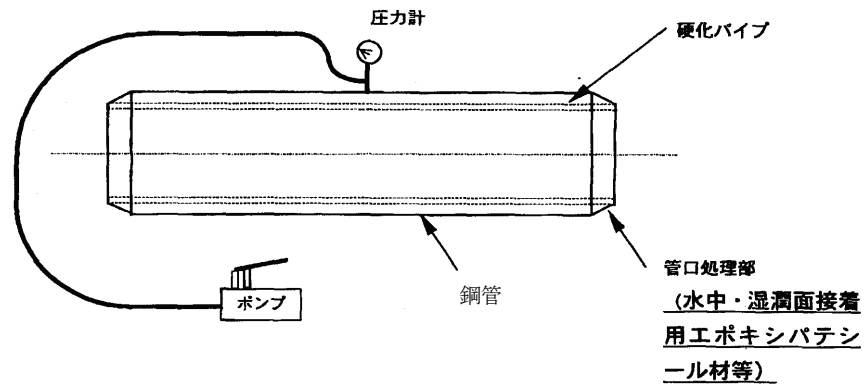


図5-2-2. 試験概要図

なお、更生管が座屈する前に管口処理部が破損した場合には、その時の値をサポート向上係数の設計値 $K = 7.0$ と比較し、安全であることを確認することとする。

4. サポート向上係数の計算

(1) 理論座屈圧力の計算

更生管の理論座屈圧力は、Timoshenko の薄肉円環座屈式より求める。

【Timoshenko 薄肉円環座屈式】

$$P = \frac{E}{4(1-\nu^2)} \cdot \left[\frac{t}{r} \right]^3$$

P : 座屈圧力(N/mm²)

E : 曲げ弾性係数(N/mm²) (=JIS K7171 短期保証値)

ν : ポアソン比(=0.3)

t : 更生管厚(m)

r : 管厚中心半径(m) (= (既設管内径 - t) / 2)

(2) サポート向上係数(K)

実測値よりサポート向上係数は、次式より求まる。

$$\text{サポート向上係数(K)} = \frac{\text{座屈圧力(実測値)}}{\text{Timoshenko 薄肉円環座屈式での座屈圧力(理論値)}}$$

2. 基本検討事項（1）（管きょ更生工法一般）

1. 更生材の構成

本マニュアル(案)で対象とする管きょ更生工法は、反転工法または形成工法により既設管内面に硬化性樹脂を含浸させた更生材を挿入し、これを硬化させて更生管を形成することで、既設管の補修・補強または改築を図るものである。

硬化樹脂などのプラスチック材料による更生管は、補強材としてポリエステル系繊維あるいはガラス繊維を併用することで、樹脂単体よりも薄い管厚で強度を保持する工法が多い。

主な工法に使用されている更生材の構成は、以下の通りである。

(1). 硬化樹脂

更生材の主体を成す材料であり、紫外線等の光反応や温度加熱により硬化し、更生管基層を形成する。

(2). 補強材

強度保持のため、補強繊維を併用する。強度的には曲げ強度をガラス繊維で主として受持ち、伸びに対しては硬化樹脂が受け持つと考えてよい。

(3). フィルム

硬化層の保護として、防護膜としての役割をもつ。更生材基層の内側や外側に使用している。

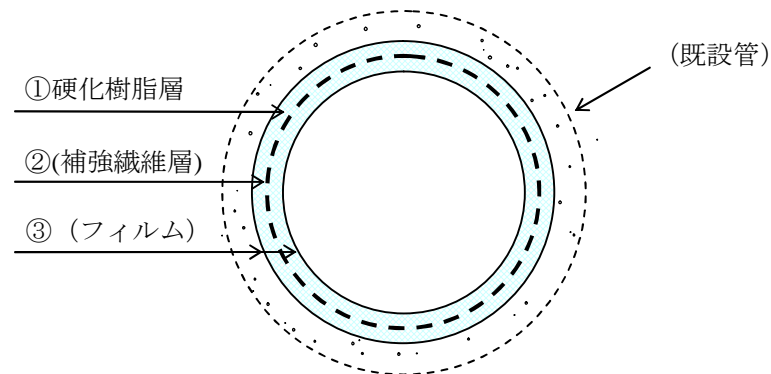


図5-3-1. 更生管概要図

これらについて、以下に、説明を加える。

(1).硬化樹脂

硬質塩化ビニル系樹脂(PVC)、ポリエステル系樹脂(UP)、エポキシ系樹脂(EP)などが使用されている。

ポリエステル系樹脂(UP)およびエポキシ系樹脂(EP)は、加熱により硬化する熱硬化性樹脂と紫外線の照射により硬化する光硬化性樹脂がある。

硬化による収縮率は、エポキシ系樹脂が最も小さく優れている。ポリエステル系樹脂は硬化収縮率がやや大きくエポキシ系樹脂の約2倍程度あるといわれており、ライニング時に、エポキシ系に比して、既設管との間に隙間が生じやすいと考えられる。また、挿入時の伸びの後に冷却収縮を起こすこととなり、単体であれば、管体短小化の発現も考えられる。

これを抑制する意味からも補強繊維(補強材)が必要であり、補強繊維と一体になることにより収縮発現などを軽減している。

硬質塩化ビニル系樹脂(PVC)は、熱を再度加えると軟化する熱可塑性樹脂であり、冷却により再硬化する。樹脂の単一材料であるため、硬化による収縮率は管軸および管中心方向共に大きい傾向にある。

コスト的には、塩化ビニル系およびポリエステル系が優れ、エポキシ系がやや高価となるため(材料費としては約3倍程度高価)、経済性で考えた場合、小口径管ではエポキシ系の採用もあるが、大口径になるにつれてエポキシ系樹脂よりポリエステル系樹脂の採用となっているのが現状である。

硬化性樹脂の緒物性の例についての参考データを以下に示す。

表5-3-1. 硬化性樹脂単体の諸物性の例

項目	エポキシ系	不飽和ポリエステル系
引張強さ kN/cm ²	5.88	5.88
曲げ強さ kN/cm ²	12.74	11.76
曲げ弾性率 kN/cm ²	362.6	362.6
体積収縮率 (%)	0.5	6.0

出典：ホースライニング工法技術審査証明書より。

(2).補強材

ポリエステル系繊維とガラス繊維の2ケースがある。強度的にはガラス繊維混入の方が高強度であり、更生材の仕上がり設計厚の軽減に有利である。

ここで、ポリエステル系繊維を使用している工法については、後述の[ストレインコロージョン(応力ひずみ腐食)]に対して有利性を持つ。ストレインコロージョン現象は、ガラス繊維の複合体に対して発生するガラスの劣化破壊現象であり、ポリエステル系繊維の複合体ではひずみを受けても一体化しているため発現しない。このため、ガラス繊維使用の場合にのみ注意を必要とし、ポリエステル系では無視できうる。ガラス繊維については、ストレインコロージョンへの対応として、[酸抵抗性ガラス(耐酸性ガラス)]の採用を行なっている工法が見受けられる。

また、例えば「反転工法」の場合、硬化樹脂単体では、反転時に約1割程度の施工上の[伸び]が発生し、硬化収縮した場合に更生材のシワ発生要因となりやすいなど影響を及ぼす恐れがあり、更生管本体にとって好ましくない傾向がある。このため、ガラス

繊維を併用することにより〔伸び〕を抑制し〔収縮〕発生も抑えられることとなる。この面からも補強繊維の採用が必要となっているようである。

ここで、各管きょ更生工法は、強度の比較として、「JSWAS K-1(下水道用硬質塩化ビニル管)規格」の基準強度を対象としている。

つまり、強度的には、硬質塩化ビニル管と同等の強度を有する事を目標としており、評価の目安としてもこれを基準に考えている。

表 5-3-2. 更生材の基本物性の例

項 目	JSWAS K-1 VU管	エポキシ系(EP) ガラス繊維補強	ポリエステル系(UP) ガラス繊維補強	硬質塩化 ビニル系(PVC)
引張強度 N/mm ²	47	(23) 69~138	(20) 103~207	(29.4~42) —
曲げ強度 N/mm ²	88.2	(69) 69~414	(59) 69~125	(49~64) —
曲げ弾性率 N/mm ²	2,942	(2,260) 3,050	(2,200) 300 ~10,000	(1765~2,350) —

出典：JSWAS K-1、各工法の資料および「プラスチック技術マニュアル(理工学社)」を整理し、まとめた。

注：() はガラス繊維補強なしの材料強度である。

ガラス繊維の種別としては、一般的に、下記のように分類できる。

表 5-3-3. ガラス繊維一覧表

種 別	概 要 説 明
E-ガラス繊維 (無アルカリ電気 絶縁用ガラス)	最も一般的に使用されているガラスであり、単にガラス繊維といえば、このEガラスを言う。電氣的に安定しており、機械的な特性に優れている。 ガラス成分表を見ると分かるように、加工を容易とするために、Al ₂ O ₃ の組成が比較的多い。(酸化反応する。)
C-ガラス繊維 (化学用ガラス)	アルカリ成分を混入させて酸抵抗性をもたせたガラスである。耐酸性を要求される用途に用いられるが国内でのCガラス生産は非常に限られている。 欧州では、アドバンテックスガラス(旧 ECR ガラスからの変更)として規格製品があり、耐酸性ガラス繊維として採用されている。 Cガラスとアドバンテックスガラスとでは組成に若干の差異があるが同分類である。国内ではNCRガラス(日東紡製)が同分類となる。
A-ガラス繊維 (一般用 含アルカリガラス)	Cガラスとは逆に、アルカリに強い組成成分を増やして、耐アルカリ性を改良したものである。強化セメントの補強材としての用途等がある。
S-ガラス繊維 (高強度ガラス)	耐衝撃性を考慮して開発された、強度の大きいガラス特性を持つガラスである。開発は比較的新しい。 Eガラスと比較して、抗張力が35%~50%程度高く、軍用や航空宇宙用に開発されたものである。

また、この他にも、高弾性ガラス(YM)、ガラス綿用ガラス等が分類されている。

これらの中で、更生工法に使用されているガラス繊維としては、汎用性の多い一般的なEガラスと、耐酸性を重視したCガラスの使用となっている。

表 5-3-4. ガラス繊維の性質の例

種 別	アトバンテックス ガラス	Eガラス	Cガラス	Sガラス
密 度	2.624	2.55~2.62	(2.49)	2.46~2.49
屈折率	1.560 ~1.562	1.547 ~1.562	(1.525)	1.523 ~1.525
引張強度 (Mpa)	3,100 ~3,800	3,100 ~3,800	(2,800)	4,590 ~4,830
引張弾性率 (Gpa)	80~81	76~78	(70)	88~91
破断伸び (%)	4.6	4.5~4.9	(4.8)	5.4~5.8
線膨張係数 ($\times 10^{-6}$)	5.8	5.4	(7.2)	2.9

注：Cガラスの各値は、同様の試験方法かは不明。数値は各工法を聞き取り調査し、まとめた値である。

表 5-3-5. ガラス繊維の耐薬品性の例

薬 品	C-ガラス	E-ガラス	S-ガラス
水	0.95	0.64	0.53
塩 酸 10%	4.08	43.88	3.70
濃 塩 酸	3.21	43.45	0.60
硫 酸 1%	1.56	24.00	1.51
〃 10%	2.43	42.74	4.07
〃 50%	0.48	8.69	0.53
氷 酢 酸	0.42	0.78	0.53
〃 25%	0.80	6.15	1.10
燐 酸 25%	0.82	15.08	0.10
硝 酸 10%	4.35	40.20	5.10
アモニア 28%	1.25	0.66	0.84
炭酸ソーダ 10%	45.61	3.07	2.84

(96 ° C, 24hr 処理の重量減%) 単繊維直径 9.5 μ

注：Cガラスの各値は、同様の試験方法かは不明。数値は各工法を聞き取り調査し、まとめた値である。

【参考】アドバンテックス（旧：E C R ガラス繊維）について

1980年に、ノルウェーのオーエンズ・コーニング社が、従来の一般Eガラスを基礎として、化学的腐食、特に酸に対して極めて高い耐性を持つE C R（Electric Chemical Resistant）ガラスを開発した。

ここで、一般的なEガラスの場合、その組成は、融剤としてホウケイ酸(B_2O_3)や、微量のフッ素(F_2)が使用されており、これらの成分を除くと熔融粘度が非常に高くなりガラス繊維としては紡糸性が極度に悪くなる。

つまり、これらの成分が含まれることにより繊維の形成が行ないやすいというメリットが有る。

しかし、耐酸性の立場から見ると、この融剤成分の存在は、耐蝕劣化の原因となる。そこで、このEガラスの耐酸性を改良したものがCガラスであるが、Cガラスは以下の様な欠点を持つ。

- ・初期強度がEガラスより劣る。
- ・アルカリ金属酸化物が多いため長期強度劣化が大きい。
- ・このため用途が限られてくる。

このような背景から、耐蝕劣化の原因となる融剤を含まず、低温で繊維化が可能なガラス組成として、また、アルカリ酸化物量を1%以下(一般Eガラスなみ)にし、強度低下を抑えたE C Rガラスが開発された。

このため、ライニングの補強ガラス繊維としては非常に有効な繊維であり、耐蝕性にすぐれ強度保持が可能なため用途が広く、管きよ更生工法においても採用が多い。

しかし、E C Rガラスに含まれている天然資源である酸化亜鉛(ZnO)、酸化チタン(TiO_2)を添加することなく、特殊工程により従来のE C Rガラスと同等の新しいガラス（アドバンテックス）を生産する事が可能となり、天然資源を守り、将来的なコスト削減等により現在、E C Rガラスの製造を全面的に中止し、アドバンテックスガラスに変更された。

(3). フィルム

基層部に対する外部からの損傷や浸透を防ぐ意味からフィルム防護層を形成する工法もある。また、施工時の地下水浸入による硬化支障などの対応としても考慮される。

アウターフィルムは、既設管と更生材の隙間を密着させ、地下水などの漏水に対する更生管の形成に対する影響を防護する目的が大きい。外側に設置のため、施工後に除去はできない。

インナーフィルムは、損傷の防止や含浸樹脂の分散防止など更生管形成の補助効果を目的としており、工法によって、施工後に除去するチューブ的な目的のものや、一体形成目的のもの等、各工法により異なる。

材質的には、ポリエステル系やナイロン系などが多く採用されている。

2. ストレインコロージョン (strain corrosion)

(1). ストレインコロージョンの説明

ストレインコロージョンの定義は、グラスファイバー積層(GFRP)が応力ひずみを受け、且つ、水溶液に晒された時に起きる、もろい破壊の様相のことである。

ガラス繊維は、55～60%のシリカ成分(SiO_2)を主成分とし、残りは、Al, Ca, Mgなどの金属酸化物が、 $15\text{Å} \sim 20\text{Å}$ (ナノメートル)の大きさで異成分として存在する。

これら非シリカ成分が、水溶液の化学作用によりイオン化溶出し劣化が表面より発生してグラスファイバーを腐食するため、時間の経過とともに強度低下し、最終的には破壊に至る。この現象を一般に、ストレインコロージョンという。

ここで、ストレインコロージョンは、化学作用による一般腐食ではない事に注意する必要がある。

ストレインコロージョンは、「応力ひずみ」と「水溶液」の存在環境が合わさった時に発生する現象であり、片方だけの作用の場合は顕著な腐食は無く、両方の相乗効果により現象が悪化する。

特に、下水(汚水)の様に酸性水溶液が存在する場合には発現の可能性が高くなると言われる。特にpH3以下の領域では顕著である。

しかし、海外の報告事例では、pH7の中性域での発現もあり、決して強酸性域だけの現象とは云えない。つまり、pH7以下の領域環境で応力ひずみを受け続けた場合には、ストレインコロージョンが発生する危険性がある。

また、ガラス繊維の中で最も一般的なガラスであるEグラスファイバーの場合、硫酸等の水溶液中で、ストレインコロージョンのひび割れを受けると、耐酸性が弱いためガラス繊維自体の溶出も加わり、環境としては厳しい状態となる危険性がある。

【 ストレインコロージョンの発生条件 】

グラスファイバーの複合体において、以下の二つの条件が同時に当てはまる場合に発生する。

- ① グラスファイバーがひずみを受けている。
- ② 水溶液が存在する。

いずれか一方しか当てはまらない場合は、ストレインコロージョンによる破壊は起こらない。

ここで、管きよ更生工法の更生材は、エポキシ系樹脂あるいは不飽和ポリエステル系樹脂を主体とする硬化材を採用している。これらの材料は高分子系であるため、基本的に水分子はある程度透過する性質を持っている。

酸化化合物などの分子自体は通過しないが、何らかの損傷を受けた場合、水溶液を吸収した複体内に化合物が流入する訳であるから、ガラス繊維補強の複合体であれば、必ず、ストレインコロージョンの発生する確率は有ると考えなければならない。

強度保持の手段としては、ガラス繊維補強は効果的であるが、ガラス繊維補強体となれば、ストレインコロージョン対策を考慮する事が長期的な強度保持の必要条件となる。

(2). ストレインコロージョンの対策

更生管の場合、強度を保持すると設計仕上り厚が大きくなって行く。設計仕上り厚が大きくなると、断面の縮小となり、流下能力の低下につながる。

高強度とすることにより仕上り厚の軽減が可能なことから、ガラス繊維の併用が行なわれている訳であるが、ガラス繊維複合体の場合には、前述の様にストレインコロージョンの対応が必要となる。

耐食性の対応としては、各工法により様々な方法を採用しており、各工法の技術資料を整理すると、以下のように大別できる。

①ポリエステル系ファイバーの使用

ポリエステルファイバーと樹脂の複合体の場合、ファイバーは強化としてではなく、ひび割れの広がり防止の役目を果たす。

また、ガラスファイバーと比較すると、引張り強度は低いが、破壊伸び率が高く一体化と見なされ、ポリエステルファイバーの場合には酸の腐食の影響を受けない。このため、強度的には劣るが、ポリエステル系ファイバーの使用も対応策として有利である。

ストレインコロージョンに対しては優れるが、ガラス繊維に比して、強度が低いいため更生必要厚が大きくなる傾向がある。

②耐酸性ガラスファイバーの使用

一般のEガラスではなく、耐酸性ガラスであるCガラスあるいは欧州規格のアドバンテックスの採用も、ストレインコロージョンの発生を低くする方法であり、これを採用している工法がある。ガラス繊維によるFRPとなり、高強度の確保ができ更生仕上り厚を薄くできる。

Cガラスの国内製造がほとんど無いことと、耐酸性ガラスとしては、Cガラスより強度劣化が少ないことから、アドバンテックスをほとんど採用しているようである。

③耐酸性構造の採用

現在の国産ガラスとしては、Eガラスの生産がほとんどであり、耐酸性のCガラスの製造が少なく入手が困難な実状もあり、Eガラスの使用は汎用性が高い。ここで、ストレインコロージョンの発生メカニズムに対応するため、裁断繊維(チョップドストランド)の採用で応力の連続伝達をなくすことにより、ストレインコロージョンの発生が起こらない様にしてしている工法もある。(耐酸性ガラスを採用している工法は、ロービング長繊維(収束紐状繊維)となっており繊維に連続性があり、応力の影響を受ける。)

ただし、チョップドストランドのみの補強ではロービング構造と違い連続繊維で無いため強度がやや小さい。

④アラミドファイバーの使用

ポリエステル系ファイバーの強度とガラスファイバーのストレインコロージョンの危険性を補うために採用している工法がある。アラミド(芳香族ポリアミド)繊維は、その分子骨格が全体的に直線状のパラ型タイプとジグザグ状のメタ型タイプに大別される。更生材に使用されるアラミド系ファイバーは、パラ系アラミド繊維に属し、高強度・耐薬品性に優れ弾性率が極めて高い特徴がある。ポリエステル系ファイバーに比

較し、3倍近くの強度試験値が得られたため薄肉厚で確保できる。

土木建築資材分野では、大型コンクリート構造物の耐震補強などで実績があり、高強度・高弾性率を有し更に高耐薬品性・高耐摩耗性・高耐屈曲疲労性等を併せ持つ材料である。

(3). 耐ストレインコロージョン性の確認試験

FRPM管では、下水道協会規格で平成12年に新たに耐酸試験が規定された。(JSWAS K-2_2000)

更生管については、「管更生の手引き(案)」(平成13年6月(社)日本下水道協会)で耐ストレインコロージョン性が更生材の要求性能の項目のひとつに挙げられており、JSWAS K-2に準じ、JIS K7034により確認することとされている。

3. 更生材の要求性能

本マニュアル(案)で対象とする自立管の更生材の要求性能については、原則として「管更生の手引き(案)」に準じていた。また、本市では従前よりこの他の項目として⑩水密性、⑫耐高圧洗浄性の2項目を要求性能に挙げていたが、「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、(社)日本下水道協会)では、⑩水密性、⑪耐劣化性、⑬粗度係数、⑭成形後収縮性および①耐荷重強度の要求性能が加わったため、これらを加えた①～⑤と⑦～⑭の項目を更生材の要求性能とする。

二層構造管については、①耐荷重強度は、自立管での要求性能であるため除外し、②～⑤と⑦～⑭の項目は必要と考える。さらにこれらの項目に加えて、構造計算に使用するサポート向上係数($K=7.0$ で計算)に関して、実際に⑥サポート向上係数測定試験を行い、 $K=7.0$ 以上が確認されている材料であることが必要と考える。

よって二層構造管については、②～⑭の項目を更生材の要求性能とする。

【更生材の要求性能】

①耐荷重強度

自立管の耐荷重強度は、下表に示す既設管きょ口径別に定めた試験方法に基づき、新管と同等以上の強度を確認する。

耐荷重強度試験方法

φ 600 mm以下の既設管	φ 700 mm以上の既設管
JSWAS K-1 による偏平試験	JSWAS K-2 による外圧試験 (2種に対応)

なお、基準たわみ量はK-1または、K-2に定める数値とする。

②曲げ強度

更生材料の区分にしたがって、下表に示す試験結果に基づき、構造(管厚み)計算で用いる設計値を確認する。

曲げ強度試験方法

	ガラス繊維有り	ガラス繊維無し
短期	JIS K 7171 による保証値	JIS K 7171 による保証値
長期	JIS K 7039 による設計保証値	短期値を安全率で除した値(設計保証値)

注1. 保証値とは、試験結果データに基づき提示される申告された保証下限値である。(以下、同じ)

2. 設計保証値とは、試験結果データに基づく構造(厚み)設計に使用できる申告された値である。(以下、同じ)

③曲げ弾性係数

更生材料の区分にしたがって、下表に示す試験結果に基づき、構造(管厚み)計算で用いる設計値を確認する。

曲げ弾性係数試験方法

	ガラス繊維有り	ガラス繊維無し
短期	JIS K 7171 による保証値	JIS K 7171 による保証値
長期	JIS K 7035 による設計保証値	JIS K 7116 による設計保証値

④引張強度および引張弾性係数

JIS K 7161 による試験に基づき保証値を確認する。

⑤圧縮強度および圧縮弾性係数

JIS K 7181 による試験に基づき保証値を確認する。

⑥サポート向上係数測定試験（二層構造管の場合）

サポート向上係数測定試験方法(案)またはそれに準じた方法により、更生管のサポート向上係数 $K=7.0$ 以上であること。

①～⑤の試験データについては、審査証明等で証明されることを原則とする。

⑦耐薬品性

更生材料の区分にしたがって、下表に示す試験結果に基づき、規格値を超えていないことを確認する。

耐薬品性能試験方法

熱可塑性材料	熱硬化性材料
JSWAS K-1 による耐薬品性試験 (質量変化度が $\pm 0.2\text{mg}/\text{cm}^2$ 以内)	JSWAS K-2 による耐薬品性試験 (質量変化率が $\pm 0.3\%$ 以内)

⑧耐摩耗性

JIS K 7204、または、JIS A 1452 による試験に基づき、硬質塩化ビニル管（新管）と同等以上の耐摩耗性を確認する。

⑨耐ストレインコロージョン性

ガラス繊維有りの工法のみが対象で、JIS K 7034 による試験結果に基づき、JSWAS K-2 に基づいて求められる値を下回らないことを確認する。

⑩水 密 性

JSWAS K-2 に準拠した試験に基づき、内・外水圧（ 0.1MR1 以上）に対する水密性を有することを確認する。

⑪耐劣化性

ガラス繊維無しの工法のみが対象で、JIS K 7116 を準用した 1,000 時間水中曲げクリープ試験を行う。また、曲げ破壊が生じにくい材料を使用している工法は、JIS K 7115 を準用した 1,000 時間水中引張クリープ試験を行う。

この結果から得られる 50 年後の曲げ強度の推計値の最小値が設計値（＝申告値÷安全率）を上回ること。JIS K 7115 による場合は、その試験結果を使用して 50 年後の引張強度の低下率を求め、それを曲げ強度の中告値に乗じた値が設計値（＝中告値÷安全率）を上回ること。

⑫耐高压洗浄性

洗浄圧 15MPa の高压洗浄で更生管に損傷や剥離等の異常が発生しないこと。

⑦～⑪の試験データについては、審査証明等で証明されることを原則とする。

⑬粗度係数

更生管きよの粗度係数を測定し、この結果を評価する。これは、更生管きよ施工で流下断面の縮小を伴うため、水理試験等による流下能力試験を行い、流下能力を確認する。

そこで、更生管における水理性能の確認では、水理実験等の流下能力試験から粗度係数を測定し、 $n=0.010$ 以下であることを確認する。

⑭成形後収縮性

更生管きよ材料が成形後に体積収縮を伴う場合、軸方向および内径方向の収縮を検査し、流下能力低下、既設管との密着性に対して影響をおよぼさないことを確認する。

⑬～⑭の試験データについては、審査証明等で証明されることを原則とする。

4. 全線ライニングにおける管口の止水処理

更生管はその材料特性として施工後の収縮の可能性があるため、より確実な止水性を確保するため管口の止水処理が必要となる。

(1).マンホール管口

① マンホール管口の止水処理は、エポキシ系樹脂によるパテ仕上げが一般的である。

季節により硬化時間の差が大きいため、夏用・冬用の材料の使用分けに注意する。概ね 20℃ 前後で標準硬化時間が規定されているため、現場の気温により想定硬化時間を考慮する。また、更生管の硬化完了後すぐのパテ仕上げは、将来剥離するケースが多い。硬化直後の更生管は、収縮が収まっておらず最低 1 日置いた後に、管口処理を行なうのが望ましい。

本市では、単スパンの場合などで、施工完了時の初期収縮が大きいためマンホール内に 5 cm 程度更生管を出して施工（品質確認試験で最大 10 mm 程度の収縮が確認された工法がある）し、翌日以降に管口処理を行うこととする。

② 更生管と既設管の隙間からの浸入水をより確実に止水するため、その他の止水対策として、既設管と更生管の隙間に水膨張性ゴムパッキンの併用等による止水対策を施すのが望ましい。

工法によっては、管口の止水対策として、はじめから実施している工法もあるが、その一方で既設管と更生管の剥離を促進するため使用は好ましくないとする工法もあるので、採用に当たっては注意を要する。

なお、止水パッキンとしては水膨張性シールの使用が多いが、採用する場合は、以下の点に注意する事が必要である。

- ・下水管路での使用に耐える品質（耐久性、耐薬品性等）が試験データに基づき保証されること。
- ・止水パッキンは必ず管口の既設管内面の全周囲にセットすること。
- ・パッキンの厚さは、硬化後の更生管の形成に影響を与えるような厚さは使用しないこと。（流下の阻害に注意。膨張を考慮すると製品厚としては、最大 2 mm 以下とする。）

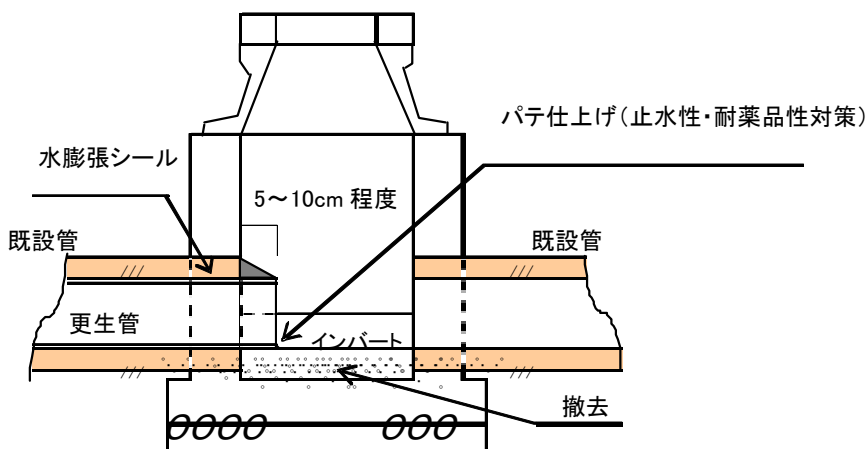


図5-4-2. 管口処理の施工例

(2).取付け管口

① 本管を全線ライニングする場合、既存の取付け管口部を穿孔することになるが、もともと本管と取付け管の接続部は浸入水が発生しやすい箇所であり、また更生管の断面方向の収縮により既設管と更生管の間に隙間が生じる可能性がある。よって、止水対策として、本管を全線ライニングする場合には取付け管口に部分ライニングを施工し、本管と取付け管の接続部を一体化することが効果的と考えられる。

② 取付け管ライニングを施工する場合、更生材の布設方法は、本管内部から挿入させる工法と接続樹上部から押し込む工法との2通りがある。

本管内部から挿入させる工法は、ツバ付きの更生材を使用することで取付け管口部に隙間を生じることなく施工が可能である。

一方、接続樹上部から挿入する工法は本管取付け部にツバ付き加工ができない工法が多く、この場合取付け管口部に隙間が生じ漏水原因になってしまうため、止水対策として、部分ライニングを併用し一体化することが効果的と考えられる。

※取付け管口の止水については、工法により独自の止水対策（止水ゴムの設置やツバ付きの更生材）を標準とする工法もある。この場合、採用工法によっては部分ライニングが不要な工法もあるので、積算に際して二重で計上することのないよう、注意が必要である。

5. 取付け管の補修・改築

下水道施設は、管きょ（本管）の他に取付け管、接続柵、マンホール等の施設により構成されている。

これらの中でも取付け管は本管に直接接続しており、周辺環境、施工条件、施工時期等の不良発生条件は本管と同じ条件と考えられる。すなわち、本管で修繕・改築の必要性が認められれば、取付け管においても同様に何らかの修繕または改築が必要と判断される可能性が高い。よって、本管において1スパン全線ライニングが必要と判断された路線については、取付け管も全数詳細調査を行う必要があると考えられる。

詳細調査は、取付け管および接続柵について位置、柵深、取付け管の延長と曲がりの有無、および取付け管ライニングの施工の可否等をテレビカメラ調査および必要に応じて圧気試験により確認する。

詳細調査により、異常が認められ取付け管ライニングが可能と判断された場合は、その取付け管の全線をライニングするものとし、本管との接合部は一体化による止水対策を行う。

取付けライニングの工法選定に関して、以下に留意点を示す。

(1).取付け管は、通常、道路側溝や地下埋設物の間を縫って布設されるケースが多く、曲管を1～2個使用している。このような蛇行している管を更生する場合、追従性のある柔軟な材質の更生工法のほうが有利である。

一般に、ガラス繊維を含まない更生材の方が傾向として追従性が良い。

(2).更生材の硬化方法により硬化時間が違うため、施工時間に差が出てくる。このため、硬化時間の短縮が図れる工法が施工性・経済性の観点から有利となる。一般には、光硬化の工法が施工時間が短い。

(3).取付け管施工の場合、更生材余長分を切断する作業が必要となり、この作業が施工性を低下させていることもあり、余長切断工程の必要ない工法は施工性があがるため、経済的にも有利となる。

3. 基本検討事項（2）（設計一般）

1. 自立管に作用する荷重の考え方

自立管として設計を行う場合の更生管に作用する荷重は、「管更生の手引き(案)」(平成13年6月(社)日本下水道協会)に準じ、次に示す2種類の荷重の総和とする。

- (1). 土による鉛直土圧
- (2). 活荷重による鉛直土圧

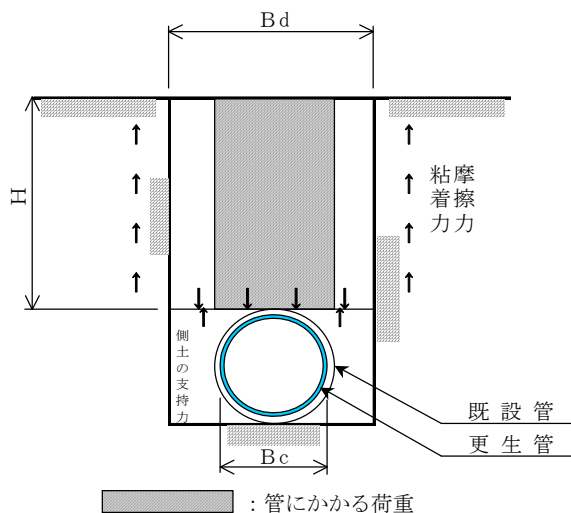
自立管の場合、更生管の材料は、塩化ビニル管や強化プラスチック複合管と類似し可とう性があることから、「下水道用硬質塩化ビニル管(JSWAS K-1)」(1985年(社)日本下水道協会)および「下水道用強化プラスチック複合管(JSWAS K-2)」(2000年(社)日本下水道協会)に準拠し、(1). 土による鉛直土圧、(2). 活荷重による鉛直土圧に区分し荷重計算を行うこととする。

2. 各種荷重公式の概要

- (1). 土による鉛直荷重

「管更生の手引き(案)」(平成13年6月(社)日本下水道協会)による式を①～③に、「管更生工法 設計マニュアル(案)(小口径管)」(平成12年4月神戸市建設局 下水道河川部)の式を④に示す。

- ① 管周辺の地盤が乱されない場合
【ヤンセン公式】



ヤンセン公式は、溝内埋設管に、溝内の土柱重量が作用することを想定している。ただし、土柱重量は溝幅に等分布するものとして考えるので、管幅分の土柱重量から摩擦力を差し引いた分が管に作用する。この式は管側部の埋め戻しが十分に行われている場合に該当するので、可とう性管の設計によく用いられる。

図5-4-1. ヤンセン土圧

$$q = \left[\frac{\gamma \cdot Bd}{2} - f \right] \cdot \left[\frac{1 - e^{-2K \cdot \mu \cdot H/Bd}}{K \cdot \mu} \right] \quad (\text{kN/m}^2)$$

q : 土による鉛直土圧 (kN/m²)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

Bd : 仮想掘削溝幅 = 既設管内径Bc (m)

μ : 埋戻し土と側壁との摩擦係数 = tan φ

φ : 埋戻し土の内部摩擦角 (°)

K : 埋戻し土の主動土圧係数

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

$$= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

H : 土被り (m)

f : 埋戻し土の粘着力 (kN/m²)

② 管周辺の地盤が乱される場合

「下水道用硬質塩化ビニル管 (JSWAS K-1)」 (1985年 (社)日本下水道協会) に準じ、垂直公式を用いる。ただし、布設替えの頻度が高いので土被り 2.0 m までの土圧を見込む。

【垂直公式】

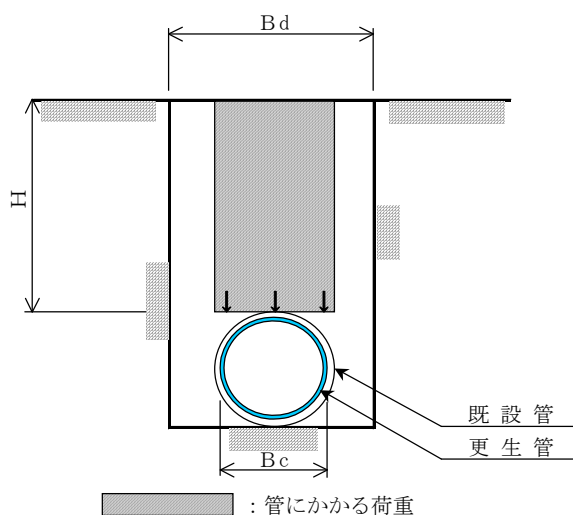


図 5-4-2. 垂直土圧

埋設管の管幅上に分布する土の重量が作用する状態を想定している。可とう性管とされる管の土圧計算に用いられている。

$$q = \gamma \cdot H$$

q : 土による鉛直土圧 (kN/m²)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

H : 土被り (m)

③ 推進工法等で敷設された既設管

管布設時に採用した公式(テルツァギー公式等)を用いる。

【テルツァギー公式】

推進管の場合、掘削を行わないので、土のアーチ作用を考慮したテルツァギー公式によりゆるみ土圧を求め、これを設計用に用いる。

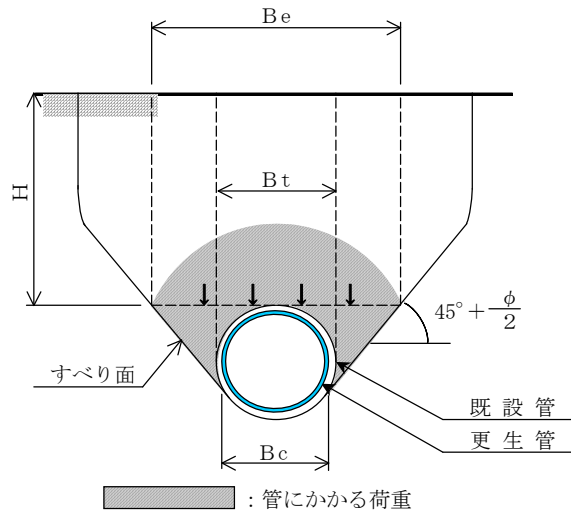


図5-4-3. テルツァギー土圧

$$w = \left(\gamma - \frac{2 \cdot C}{B_e} \right) \cdot C_e \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$C_e = \frac{1}{\left[\frac{2 \cdot K \cdot \mu}{B_e} \right]} \left\{ 1 - e^{-\left[\frac{2 \cdot K \cdot \mu}{B_e} \right] H} \right\}$$

w : 土による鉛直等分布荷重(kN/m²)

γ : 土の単位体積重量(kN/m³)

C : 土の粘着力(kN/m²)

B_e : 土の緩み幅(m)

B_t : トンネル直径 = 既設管内径(m)

C_e : テルツァギーの土荷重の係数(m)

K : テルツァギーの側方土圧係数(K = 1)

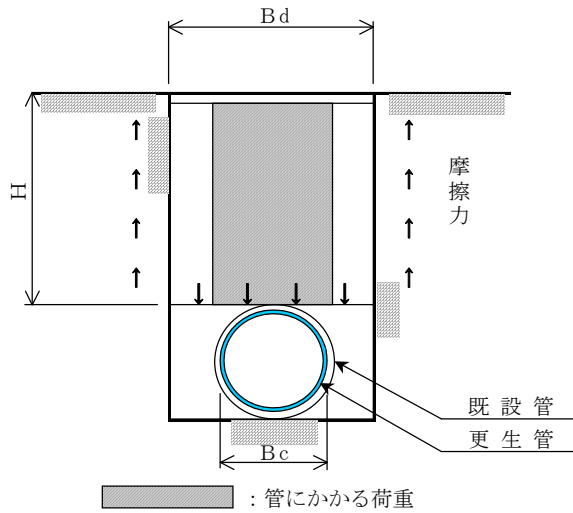
φ : 土の内部摩擦角(°)

μ : 土の摩擦係数(= tan φ)

H : 土被り(m)

④「管更生工法 設計マニュアル(案) (小口径管)」(平成 12 年 4 月 神戸市 建設局下水道河川部)

【マーストン溝型公式】



埋め戻し土と掘削溝の壁との間に作用する摩擦力を考慮し、掘削溝幅内の土柱の重量が埋設管に作用するものとして導かれている。埋め戻しが十分に行われない場合、あるいは剛性管に適用される。

図 5-4-4. マーストン土圧

$$\begin{aligned}
 q &= \left[\frac{1 - e^{-2K \cdot \mu' \cdot H/Bd}}{2K \cdot \mu'} \right] \cdot \frac{\gamma \cdot Bd^2}{Bc} \quad (\text{kN/m}^2) \\
 &= \left[\frac{1 - e^{-2K \cdot \mu' \cdot H/Bd}}{2K \cdot \mu'} \right] \cdot \gamma \cdot Bc \\
 &= \left[\frac{1 - e^{-2K \cdot \tan \phi \cdot H/Bd}}{2K \cdot \tan \phi} \right] \cdot \gamma \cdot Bc
 \end{aligned}$$

q : 土による鉛直土圧 (kN/m^2)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m^3)

Bd : 仮想掘削溝幅 = 既設管内径 Bc (m)

Bc : 既設管内径 (m)

μ : 埋戻し土と側壁との摩擦係数 = $\tan \phi$

ϕ : 埋戻し土の内部摩擦角 ($^\circ$)

μ' : 埋戻し土と溝側面との摩擦係数 = $\tan \phi'$

(現況土の既埋設の場合、 $\phi' = \phi$ とする。)

K : 埋戻し土の主動土圧係数

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{\sqrt{\mu'^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu'^2 + 1} + \mu} \\
 &= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}
 \end{aligned}$$

H : 土被り (m)

表5-4-1. 可とう管に適用される土圧公式の比較

項目	マーストン公式 (JSWAS K-1, K-2他)	垂直公式 (JSWAS K-1, K-2他)	ヤンセン公式 (社)日本下水道協会	テルツァアギー公式 (JSWAS K-6, A-2他)
模式図				
計算式	$q = \left[\frac{1 - e^{-2K \cdot \mu \cdot H/Bd}}{2K \cdot \mu} \right] \cdot \frac{\gamma \cdot Bd^2}{Bc}$ <p> γ: 土の単位体積重量 (kN/m³) Bd: 掘削溝幅 (m) μ: 埋戻し土と側壁との摩擦係数 = $\tan \phi$ K: 埋戻し土の主動土圧係数 $K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu}$ H: 土被り (m) Bc: 既設管内径 (m) </p>	$q = \gamma \cdot H$ <p> γ: 土の単位体積重量 (kN/m³) H: 土被り (m) </p>	$q = \left[\frac{\gamma \cdot Bd}{2} - f \right] \cdot \left[\frac{1 - e^{-2K \cdot \mu \cdot H/Bd}}{K \cdot \mu} \right]$ <p> γ: 土の単位体積重量 (kN/m³) Bd: 掘削溝幅 (m) μ: 埋戻し土と側壁との摩擦係数 = $\tan \phi$ K: 埋戻し土の主動土圧係数 $K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu}$ H: 土被り (m) f: 埋戻し土の粘着力 (kN/m²) Bc: 既設管内径 (m) </p>	$q = \left(\gamma - \frac{2 \cdot C}{Be} \right) \cdot Ce$ $Ce = \left[\frac{2 \cdot K \cdot \mu}{Be} \right] \left\{ 1 - e^{-\left[\frac{2 \cdot K \cdot \mu}{Be} \right] H} \right\}$ $Be = Bt \cdot \left[\frac{1 + \sin(45^\circ - \phi/2)}{\cos(45^\circ - \phi/2)} \right]$ <p> γ: 土の単位体積重量 (kN/m³) C: 土の粘着力 (kN/m²) Be: 土の緩み幅 (m) Bt: トンネル直徑 (m) Ce: テルツァアギーの土荷重の係数 (m) K: テルツァアギーの側方土圧係数 (R=1) ϕ: 土の内摩擦角 (°) μ: 土の摩擦係数 (= $\tan \phi$) H: 土被り (m) </p>
仮定条件	<p>掘削幅分の全荷重から側面に生じる摩擦力を引いた分が掘削幅全体にかかる。側土の支持を見込まないため管にかかる荷重としては、掘削幅分を見込む。</p>	<p>掘削幅分の全荷重から側面に生じる摩擦力、粘着力を引いた分が掘削幅全体にかかる。側土の支持を見込まないため、管幅分を見込む。</p>	<p>掘削幅分の全荷重から側面に生じる摩擦力、粘着力を引いた分が掘削幅全体にかかる。側土の支持を見込まないため、管幅分を見込む。</p>	<p>掘削幅分の全荷重から側面に生じる摩擦力、粘着力を引いた分が掘削幅全体にかかる。側土の支持を見込まないため、管幅分を見込む。</p>
適用管種	<p>この式は、管頂上部の掘削溝内の全土圧荷重から、2つの側壁に作用する上向き摩擦力を引いたものが作用すると考えるもので、道路土工指針の剛性管、可とう管及び下水道協会の塩ビ管、FRP管等の可とう管の土圧計算に用いられる。</p>	<p>この式は、管頂上部の掘削溝内の全土圧荷重が管に作用するものとして、道路土工指針の剛性管、可とう管及び下水道協会の塩ビ管、FRP管等の可とう管の土圧計算に用いられる。</p>	<p>この式は、管頂上部の掘削溝内の全土圧荷重から、2つの側壁に作用する上向き摩擦力、粘着力を引いたものが作用すると考えるものであるが現在適用される管種がない。過去には可とう管の土圧計算に用いられていた。なお、砂質土の場合 $f=0$ とし、摩擦力のみに見込む。</p>	<p>管種に管径なく、推進及びシールドの土圧計算に広く用いられている。なお、下水道協会 (JSWAS) では、ヒューム管: A-2, A-6, A-8, 塩ビ管: K-6, K-12, 鋼鉄管: G-2, 陶管: R-3の推進の土圧計算に用いられている。</p>
適用条件	<p>前の神戸市の管更生マニュアル採用の土圧式。ヤンセン土圧の粘着力 $f=0$ の場合と同じである。管にかかる土圧は、既設管内径幅とする。</p>	<p>更生管周辺の地盤が、他の地下埋設物の施工により乱されることが想定される場合に適用。管更生の手引き(案)では、2.0mを想定。</p>	<p>粘着力 $f=0$ の場合は、マーストン公式と同じ。管に作用する土圧は、既設管内径幅とする。</p>	<p>既設管が推進工法により布設された場合に適用</p>

(2).活荷重による鉛直土圧

活荷重による鉛直土圧の算定は、「管更生の手引き(案)」(平成13年6月(社)日本下水道協会)より、

『「下水道用硬質塩化ビニル管(JSWAS K-1)」(1985年(社)日本下水道協会)等の日本下水道協会規格に準じ、設計荷重(T荷重、後輪荷重)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。』

とされている。

$$p = \frac{2 \cdot P \cdot (1 + i) \cdot \beta}{C \cdot (a + 2H \cdot \tan 45^\circ)} \quad (\text{kN/m}^2)$$

p : 活荷重による鉛直土圧(kN/m²)

H : 土被り (m)

P : 後輪荷重(kN)

T-25	100	kN
T-14	56	kN

a : 車輪接地長さ (0.20m)

C : 車体占有幅 (m)

T-25	2.75	m
T-14	2.75	m

β : 低減係数 (0.9)

i : 衝撃係数

土被り	H ≤ 1.5m	1.5m < H < 6.5m	6.5m ≤ H
i	0.5	0.65 - 0.1H	0

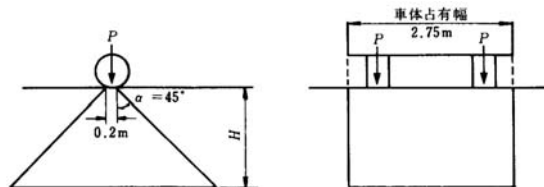


図5-4-5. 活荷重図

また、「道路橋示方書・同解説」(平成8年12月(社)日本道路協会)では、「歩道等には、群集荷重として500kgf/m²の等分布荷重を載荷するものとする。」とされている。

3. 管厚算定式

管更生に使われる管厚算定式を示す。

(1). J S W A S K - 1

自立管の設計で(社)日本下水道協会及び神戸市が採用している応力とたわみ式である。同じ荷重条件であれば最も安全側に働く計算である。

(2). S p a n g l e r

水道、農水及び石油他で広く用いられている、可とう性管材の標準設計手法である。管厚は JSWAS K-1 について大きくなる。

(3). A S T M F 1 2 1 6

ASTM F 1216(樹脂含浸チューブの反転及び硬化による既存の配管、導管類の再生に関する標準方法)の設計手法は実証実験により繰り返し検証され、現在も欧米のスタンダードとなっている。外力は円周方向に均一に加わるものとして仮定している。

既設管の損傷が小さい場合は、Timoshenko の薄肉円環座屈式を基本にし、地下水圧のみが作用するものとしている。

既設管が完全に破壊されている場合は、埋め戻し土と地下水位が共働して埋設管の座屈に関与していると考えている。

管厚は、最も小さくなる。既設管の損傷が小さく土圧に対する耐力がある場合、外水圧のみが作用するという考え方が支持される場合の適用公式となる。既設管に耐力がある更生管の設計式は、既設管によるサポート向上率(支持向上係数)や管の変形度合いを考慮した式で確立されていると考えられる。各工法はサポート向上率(K)として一般的にK=7を採用している。

本市の従前の基本検討書では複合管(現在の二層構造管)の計算式はブライアン・ブラッセと Timoshenko の2つの円環座屈式を提案し、設計マニュアル(案)ではブライアン・ブラッセの式を採用していた。しかし、この2つの式は変形すると最終的には同じ式となることから、今回の改訂に際して、欧米のスタンダードである ASTM に採用されている Timoshenko の式を優先することとした。

以下に管厚算定式の一覧表を示す。

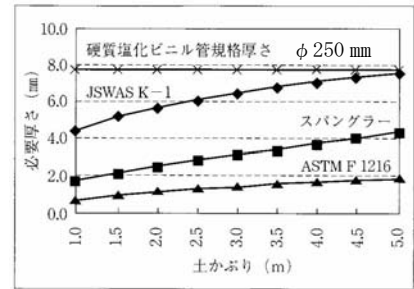


図5-4-6. 垂直公式の場合

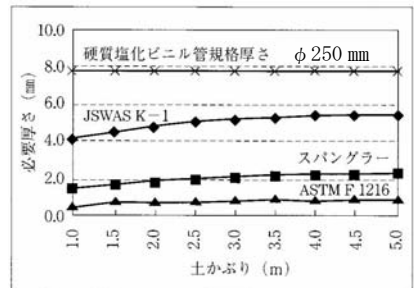


図5-4-7. ヤンセン公式の場合

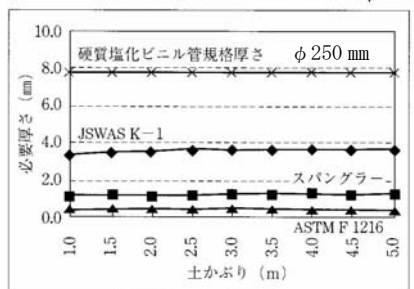
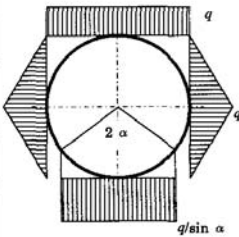
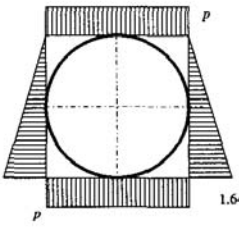
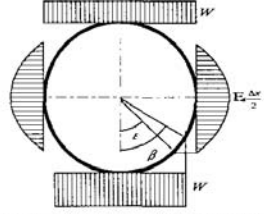
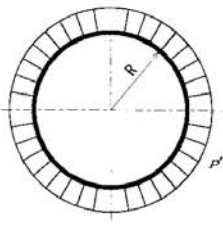
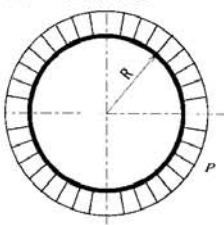
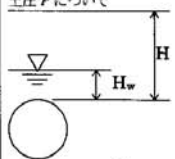


図5-4-8. テルツァギー公式の場合

出典：月刊下水道 Vol.24 No.5

表5-4-2. 管厚算定式

設計式	ISWAS K-1	スパンングラー(Spangler)
分類	モーメント(応力)・たわみ解析	モーメント(応力)・たわみ解析
前提条件	<p>下図のような土圧分布を仮定する。 1)管厚が管の半径に比べてかなり小さい。すなわち薄肉円環と考える。 2)たわみは曲げのみを考慮し、剪断力及び軸力によるたわみは無視する。 3)応力は弾性範囲内にあり、たわみは微小とする。</p> <p>(a)埋戻し土による土圧分布</p>  <p>(b)活荷重による土圧分布</p>  <p>q: 単位面積当たりの埋戻し土による鉛直土圧 p: 単位面積当たりの活荷重による鉛直土圧 2α: 有効支承角</p>	<p>下図の荷重分布を仮定する。</p>  <p>1)側方土圧の最大値は、管の水平方向変形量(Δx)の1/2に埋戻し土の水平方向地盤反力係数(E_g)を乗じたものに等しい。 2)側方土圧は中心角100°の間に放物線状に分布する。 3)管頂荷重は中心角180°にわたって一様に分布する。 4)管底反力は中心角2βにわたって一様に分布する。</p>
基礎式	<p>半円梁の構造力学的解析により式を導出。 (財)国土開発技術センターによる。</p>	<p>M.G.Spanglerによる埋設可変性管の円周応力及びたわみの解析 (1)応力</p> $\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{W \cdot r \cdot \gamma_x \cdot E \cdot I + (\gamma_e \cdot \gamma_x - 0.083\gamma_B) E_g \cdot r^4}{E \cdot I + \gamma_e \cdot E_g \cdot r^4}$ <p>M_{max}: 最大曲げモーメント Z: 断面係数($=r^2/6$) W: 荷重 E: 管材料のヤング率 I: 断面二次モーメント($=r^4/12$) γ_x, γ_B: 管底反力分布角度から求まる係数 γ_e: 側方土圧分布角度から求まる係数 E_g: 埋戻し地盤の水平方向反力係数</p> <p>(2)たわみ(水平方向)</p> $\Delta x = \frac{\gamma_B \cdot W \cdot r^4}{E \cdot I + \gamma_e \cdot E_g \cdot r^4}$
付加条件	なし。	<p>①反力支承角$2\beta = 120^\circ$に対して$\gamma_x = 0.138$、$\gamma_B = 0.089$。 ②側方土圧分布角$\pi - 2e = 100^\circ$に対して$\gamma_e = 0.06148$。 ③たわみの算定式においては、たわみの遅れ係数F_dを見込む。 ④埋戻し地盤の水平方向反力係数はこの式のままでは適合性が悪いことから$E' = E_g \cdot r$として式を修正している。</p>
最終式	<p>管厚の計算式は次に掲げる応力とたわみ率の算出式を、tについて解くことで得られる。 (1)曲げ応力の計算</p> $M = (k_1 \cdot q + k_2 \cdot p) r^2$ $\sigma = \frac{M}{Z}$ <p>M: 単位管長当たりの埋戻し土と活荷重による曲げモーメントの和 k_1: 埋戻し土による曲げモーメント係数(管位置、基礎条件で区分) k_2: 活荷重による曲げモーメント係数(管位置、基礎条件で区分) q: 埋戻し土による鉛直土圧 p: 活荷重による鉛直土圧 r: 管厚中心半径 σ: 埋戻し土と活荷重による曲げ応力 Z: 単位管長当たりの断面係数$= \frac{r^2}{6}$</p> <p>(2)たわみ率の計算</p> $\delta = (K_1 \cdot q + K_2 \cdot p) \frac{r^4}{E \cdot I}$ $V = \frac{\delta}{2r} \times 100$ <p>δ: 埋戻し土と活荷重によるたわみ量の和 K_1: 埋戻し土による鉛直方向のたわみ係数(基礎条件で区分) K_2: 活荷重による鉛直方向のたわみ係数(基礎条件で区分) E: 弾性係数 I: 単位管長当たりの断面二次モーメント$= \frac{r^4}{12}$ V: たわみ率</p>	<p>管厚は、まず曲げ応力を求める式からトライアンドエラーまたは逐次代入法などの間接的計算法により許容応力度以内となる厚さを求め、次にその厚さでたわみが許容値に入るかどうかを検証することで決定する。 以下、水道用硬質塩化ビニル管指針より抜粋。</p> <p>(1)曲げ応力の計算</p> $\sigma = 12 \left(\frac{r}{t} \right)^2 \left[K - \frac{F_d \cdot E' \cdot r^3}{EI + 0.061 E' \cdot r^3} \right] P_g \leq \sigma_a$ <p>K: モーメント係数(管位置、基礎条件により決まる) F_d: 支承角係数(基礎条件により決まる) E: 管の曲げ弾性率 E': 埋戻し土の受動土圧係数 P_g: 埋設管に作用する全土圧(埋戻し土による鉛直土圧+活荷重による鉛直土圧) σ_a: 許容曲げ応力度</p> <p>(2)たわみ率の計算</p> $V = \frac{\delta}{2r} \times 100 = \frac{F_d \cdot F_e \cdot r^3}{EI + 0.061 E' \cdot r^3} P_g \times 100$ <p>δ: 埋戻し土と活荷重によるたわみ量の和 F_d: 埋戻し土の締まり具合の遅延係数(経験的に1.5) V: たわみ率</p>

設計式	ASTM F 1216—既設管が完全に破壊されている場合	ASTM F 1216—既設管の損傷が小さい場合
分類	座屈荷重解析	座屈荷重解析
前提条件	土圧が円周方向に均一にかかる。  <p>$p = p' + K_s \frac{w}{R}$ p: 管に局部的に作用する圧力 p': 管全体に均等に作用する圧力 K_s: 弾性支持係数 w: たわみ R: 半径</p>	地下水圧のみが作用する。  <p>p: 管中心での地下水圧</p>
基礎式	U. Lüscher による解析結果。 $q_t = 2 \sqrt{\frac{k_s \cdot EI}{r^3}}$ q_t : 一様な直径方向の座屈力 EI : 管のたわみ剛性 r : 管の半径 k_s : 土の反力係数 (AWWA公式では $E'B'$ に置き換えられる) E' : 土の反力係数 B' : 土の弾性支承係数 $= \frac{1}{1 + 4 \exp(-0.213H)}$ H : 土被り	Timoshenko の薄肉円環の座屈理論式。 $q_{cr} = \frac{E}{4(1-\nu^2)} \left(\frac{h}{r}\right)^3$ q_{cr} : 座屈圧力 E : 管のヤング率 ν : 管のポアソン比 h : 厚さ r : 半径
付加条件	① $r = \frac{D}{2}$, $k_s = E'B'$ とすると、 $q_t = 2 \sqrt{\frac{E'B' \cdot EI}{\left(\frac{D}{2}\right)^3}} = \left(\frac{32E'B' \cdot EI}{D^3}\right)^{1/2}$ D : 管厚中心半径 ② Molin による水の浮力係数 地下水位下の土が水の浮力を受けて見かけ上の単位体積重量が減少することを考慮する。 土圧 P について  $P = \gamma(H - H_w) + \frac{2}{3}\gamma H_w$ $= \gamma H \left(1 - \frac{H_w}{H} + \frac{2}{3} \frac{H_w}{H}\right) = \gamma H \left(1 - 0.33 \frac{H_w}{H}\right) = \gamma H R_w$ R_w : 浮力係数 γ : 土の単位体積重量	① 既設管の支持向上係数 K (経験的に ≈ 0) ② 楕円変形係数 C (左欄参照) ③ 安全率
最終式	基礎式に浮力係数、安全率、楕円変形率、部材の長期弾性係数を考慮すると次の式が得られる。 $q_t = \frac{C}{N} \left(32R_w \cdot B' \cdot E \left(\frac{E_L I}{D^3}\right)\right)^{1/2}$ q_t : 部材にかかる総外荷重 ($= r_w \cdot H_w + R_w \cdot b + p$) r_w : 水の単位体積重量 b : 鉛直静土圧 (管幅の鉛直土圧) p : 鉛直動土圧 E_L : 部材の長期弾性率 I : 部材の断面二次モーメント r : 部材の管厚 N : 安全率 C : 楕円変形係数 $= \left(1 - \frac{q}{100} / \left(1 + \frac{q}{100}\right)^2\right)^3$ q : 配管の楕円率 $= \frac{\text{平均内径} - \text{最小内径}}{\text{平均内径}} \times 100$ または $\frac{\text{最大内径} - \text{平均内径}}{\text{平均内径}} \times 100$	$q_w = \frac{2KE_L}{1-\nu^2} \frac{1}{(D/t-1)^3} \frac{C}{N}$

出典：月刊下水道 Vo1. 24 No.6

4. 設計に適用する数値

4-1. 自立管

(1). 活荷重による鉛直土圧の選定

2. (2).の式により計算する。

設計荷重(T荷重、後輪荷重)は占用位置により異なるが、既設管が歩道等に埋設されている場合も、駐車場への乗り入れや、将来の車道拡幅への対応を考慮して、「道路橋示方書・同解説」(平成8年12月(社)日本道路協会)に定められたT-25荷重の後輪荷重を用いることとする。

(2). 土圧公式の選定

「管更生の手引き(案)」(平成13年6月(社)日本下水道協会)では、土による鉛直土圧の算定は、

- ①管周辺の地盤が乱されない場合
- ②管周辺の地盤が乱される場合
- ③シールド工法等で敷設された既設管

の3つに分けられる。

このうち、①についてはヤンセンの土圧式を基本とする、②については土被りの値で分類され、土被り2.0mまでは垂直土圧公式、2.0m以上ではヤンセンの土圧式とされている。

本市では、以前より既設管きょ内に更生管を形成する場合、周辺地山が落ち着いている状態であると考えている。また、このとき影響する土荷重は既設管の直上のみと考えられるため、更生管に作用する土圧の幅は既設管内径(更生管外径)としている。この場合には、ヤンセン土圧と比較して垂直土圧での評価はかなり過大となり(図5-4-9、図5-4-10参照)、ヤンセンの土圧式が妥当と判断した。

よって、土被りに関係なくヤンセンの土圧式により鉛直土圧を算定する。

表5-4-3. 設計厚の計算式

土圧式	荷重			曲げ	たわみ	判定	
	活	土	水	曲強度	弾性率	自立管	評価
JSWAS K-1, K-2 垂直土圧式	☆	☆	-	☆	☆	△	既設埋設管への適用としては過大と判断する。
ヤンセンの土圧式	☆	☆	-	☆	☆	採用 ○	既設埋設管への適用として妥当と判断する。

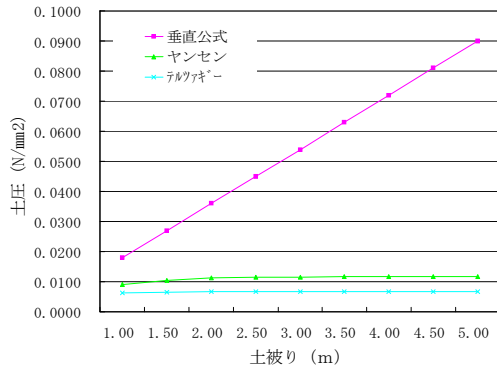


図5-4-9. 土圧比較

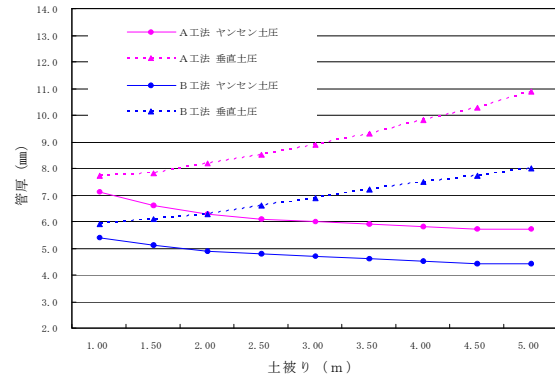


図5-4-10. 管厚比較(φ250 mm)

なお、推進工法、シールド工法等で布設された既設管きょについては、管布設時に採用した式（テルツァギー土圧公式による上部のアーチアクションによる緩み土圧等）を適用とする。

(3). 設計厚の計算式

管厚の算定計算については「管更生の手引き(案)」に準じて JSWAS K-1 の管厚算定式を用い、曲げ応力とたわみの両方のチェックを行なうものとする。

(4). 有効支承角

「管更生の手引き(案)」では、JSWAS K-1 に準じて、既設管の基礎施工状態に関して管周(360°)が地盤に囲まれ、支持されている場合の有効支承角は 120° としている。これは、有効支承角が更生管厚に与える影響が少ないこと、設計の標準化および簡素化を図ることが望ましいことから、設計上の有効支承角は 120° としている。

神戸市においても、これに準じて設計上の有効支承角は 120° とする。

表 5-4-4 に有効支承角 120° の場合の曲げモーメント係数およびたわみ係数を示す。

表 5-4-4. 管厚算定に用いる係数

項 目		計算に影響する係数	
		土荷重 K1	活荷重 K2
曲げ応力	管 頂	0.107	0.079
	管 底	0.121	0.011
たわみ		0.070	0.030

(5). 更生材の物性採用値

設計において対象となる基本物性項目は、「JSWAS K-1」の設計方法に準じるものとして行なうため、①曲げ強度、②曲げ弾性係数、の2項目となる。

管更生工法は現場で管を構築する工法であり、工場で製作した二次製品の管を敷設する工法と異なり、品質が安定しにくい傾向にある。また更生材もガラス繊維による補強の有無等様々なものがある。このような更生材の強度特性を表す指標として、曲げ強度と曲げ弾性係数があり、さらに短期値と長期値に分けて評価される。

更生材の特性は、施工方法および使用材料の違いによって経過年数による強度低下等のバラ

ツキが大きく、設計曲げ強度および設計曲げ弾性係数に JSWAS K-1 と同等の短期値および規格品の安全率の考え方を採用することは難しい。また更生材であるプラスチック系材料は一般的にクリープ特性があり、諸外国では長期の曲げ強度および曲げ弾性係数を設計値として扱っている。よって、「管更生の手引き(案)」では自立管の設計に用いる更生材の曲げ強度および曲げ弾性係数は、原則として長期試験値に現場で硬化することによって起こりうる品質のバラツキ等を反映したものとしている。

表5-4-5および図5-4-11に「管更生の手引き(案)」による更生管の長期強度に対する安全率の一例と設計曲げ強度および設計曲げ弾性係数の算出方法を示す。

神戸市においても、設計曲げ強度および曲げ弾性係数の算出方法は「管更生の手引き(案)」に準拠することとする。また、設計に用いる更生材の物性値については、以下の理由から、長期試験値に現場状況に応じた各更生工法の安全率を考慮した保証値を明示させ、設計値とすることが適当と判断した。

- ①「管更生の手引き(案)」には、長期強度に対する安全率は JIS K 7013 の安全率の考え方を参考とするとされ、安全率の一例が記載されているのみであり、JIS K 7013 にも具体的な安全率の数値が示されていない。
- ②安全率は現場状況や工法の特性により異なる(工法によっては更生材の現場での化学反応を必要とせず、材料自身は何ら変化しないことから、現場硬化による品質のバラツキ係数は考慮していないケースもある)。このため、本マニュアルにおいて全工法で統一して安全率を定数化することは難しい。

よって、神戸市で用いる設計曲げ強度および設計曲げ弾性係数は、「管更生の手引き(案)」に準拠し、原則として長期試験値に、現場状況に応じた各更生工法の安全率(現場硬化による品質のバラツキ等)を反映した保証値を明示させ、それを設計値として採用する。

表5-4-5. 「管更生の手引き(案)」による長期強度に対する安全率の一例

安全率に影響する要因	安全率	安全率の考え方例
F_0 : 基本的安全率	(1.2~1.3)注1	1.2 (管構造としての剛性が基準となるため、基本的安全率 F_0 を考慮する。)
L_1 : 材料特性値の信頼度係数	(1.0~1.1)注2	1.0 (水中クリープ試験) 1.1 (空气中クリープ試験) (使用条件と同じ環境および負荷の下で行う水中クリープ試験とそれ以外のクリープ試験で区分し、信頼度係数 L_1 を考慮する。)
L_2 : 用途重要度係数	(0.9~1.2)注3	1.0 (開削・推進工事等の外力計算の考え方と同様に L_2, L_3 は考慮しない。)
L_3 : 外力荷重推定の不確かさ	(1.0以上)注4	
L_4 : 構造計算の精度係数	(1.0以上)注5	1.0 (開削・推進工事等の構造計算と同様に精度の係数 L_4 は考慮しない。)
L_5 : 材料特性のばらつき係数	(1.0以上)注6	1.2 (現場製作による材料特性のばらつきがあり、ばらつき係数 L_5 を考慮する。)
L_6 : 衝撃係数	(1.0~1.2)注7	1.0 (土被り等で衝撃荷重 β が低いと想定されるため、 L_6 は考慮しない。)
$F_0 \times L_1 \times \dots \times L_6 = \text{安全率}(F)$	—	1.5 (水中クリープ試験) 1.6 (空气中クリープ試験)

注) ()内の数値は、安全率に影響するそれぞれの要因を考慮する場合の安全率の範囲である。

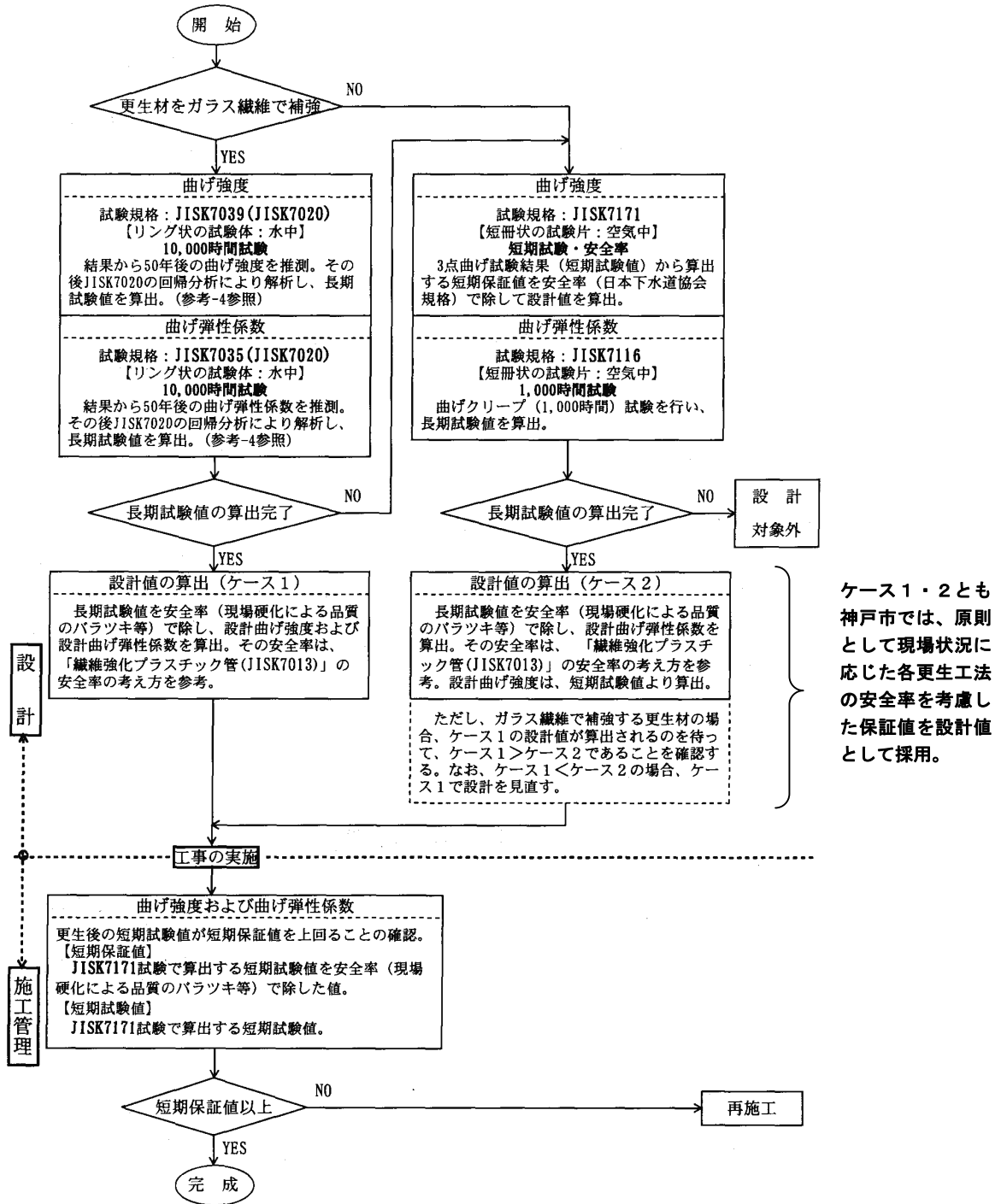


図5-4-11. 設計と施工管理に用いる曲げ強度および曲げ弾性係数の算出フロー図

出典：「管更生の手引き(案)」(平成13年6月(社)日本下水道協会)

(6). 許容たわみ率

自立管の許容たわみ率は、「管更生の手引き(案)」に示すとおり、可とう性があることからJSWAS K-1に準じて、管路機能の保持を考慮した5%とする。

4-2. 二層構造管

(1). 設計厚の計算式

外水圧にのみ作用する場合の管厚算定式は、ASTM F1216 の Timoshenko の薄肉円環座屈式を基礎式とする座屈荷重解析式を適用する。

土圧・活荷重が作用する場合既設管による管厚低減係数を考慮した曲げ強さおよび既設管による管厚低減係数を考慮したたわみ率からの必要更生管厚を適用する。

(2). 更生材の物性採用値

①サポート向上係数(K)

Timoshenko の薄肉円環理論式で更生材の厚みを設計する場合に問題となるのが、サポート向上係数である。

更生管のように既設管により外周を拘束された条件下でのパイプ単体の座屈挙動を検証すると、座屈圧力の向上結果が報告されており、その向上率を称して一般的に「サポート向上係数(支持向上係数)」としている。

円筒状更生管単体で外圧を受ける薄肉円筒管の座屈計算応力よりも、円筒状更生管の外壁に管がある場合の実測座屈応力が大きくなる。このように単体管の座屈応力を理論値とし、外壁管を有する管の実測座屈応力を実測値として、その割合をサポート向上係数とする。

各メーカーの施工計画書での管厚計算書のサポート向上係数(K)は、ASTM F1216 に示す $K=7.0$ を採用している。ASTM F1216 では、既存のパイプで完全な支持が期待される場合は $K=7.0$ を最小値として推奨している。

垂水建設事務所水環境センターでの土中試験における5%たわみ時の実測圧力と理論座屈圧力から求めたサポート向上係数(K)は、二層構造管仕様で、 $K=6.9\sim 22.7$ を示しており、ASTM F 1216 が推奨する **$K=7.0$** を採用する。

②曲げ弾性係数(EL)

設計曲げ弾性係数(EL)は、自立管と同様に図5-5-11の算出フローに従い、原則として長期試験値の算出完了後に、現場状況に応じて各更生工法が安全率を考慮して示す保証値を設計値として採用する。

③管のポアソン比(ν)

弾性体が軸荷重を受けるとき、軸方向に縦ひずみ $\epsilon = \Delta l / l$ が生ずるとともに、これと直交するあらゆる方向に横のひずみ $\epsilon_1 = \Delta d / d$ が生ずる。比例限度以内において一様な縦応力状態によって生ずる横方向のひずみ ϵ_1 と縦方向のひずみ ϵ との比の絶対値をその材料のポアソン比といい、材料の種類によって定まる定数である。

$$\nu = \left| \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} \right|$$

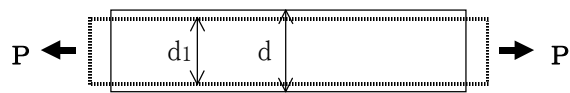


図 5-4-12. 縦変形と横変形

各メーカーの技術資料での管厚算定のポアソン比(ν)は、不飽和ポリエステル樹脂およびビニルエステル樹脂を採用している工法が全て 0.3 を採用しており、これは、ASTM F 1216 で平均値として $\nu=0.3$ が採用されているためと思われる。

また、硬質塩化ビニル樹脂を採用している工法は、0.37~0.38 を採用しているが、他の塩ビ管に関する技術資料では、

- ・「下水道用硬質塩化ビニル管 技術資料」(塩化ビニル管・継手協会)

$$\nu = 0.38$$

- ・「ビニルパイプ設計施工ハンドブック<上水道編>」(クボタ)

$$\nu = 0.35 \sim 0.40$$

と $\nu = 0.35 \sim 0.40$ と幅がある。

表 5-4-6 に硬質塩化ビニル樹脂におけるポアソン比の違いによる必要厚計算比較表を示す。比較表から分かるようにポアソン比の違いによる計算厚の違いが若干であるが示されている。しかし、0.1 mm 単位での違いでしか現れておらず構造計算の簡素化および設計の安全性から、設計におけるポアソン比は硬化樹脂の種類に関わらず統一として $\nu = 0.30$ を採用する。

表 5-4-6. ポアソン比による PVC 系樹脂ライニング必要厚計算比較表 (内径 $\phi 250$ mm)

地下水面からの土被り (m)	EX 工法 ($E=1,062\text{N/mm}^2$) (mm)		オメガライナー工法 ($E=665\text{N/mm}^2$) (mm)		摘要
	$\nu=0.30$	$\nu=0.37$	$\nu=0.30$	$\nu=0.38$	
1.5	3.2	3.2	3.8	3.7	
2.0	3.5	3.4	4.1	4.0	
2.5	3.7	3.7	4.3	4.3	
3.0	3.9	3.9	4.6	4.5	
3.5	4.1	4.0	4.8	4.7	
4.0	4.3	4.2	5.0	4.9	
4.5	4.4	4.4	5.2	5.1	

④安全率

各工法の技術資料での管厚算定の安全率は、 $N=2$ or 4 を採用しており安全率の考えを整理する必要がある。

安全率の考慮する理由としては、次のとおりである。

- ・設計を行う上で荷重を求めるために管更生施工対象路線で土質試験を行うことが基本であるが、地下水位の変動及び地盤の土の単位体積重量が大礫を除いた試験値である

ため実際の諸条件と相違する場合がある。

- Timoshenko の薄肉円環座屈式は外力が円周方向に均一に加わるものと仮定しているため小口径管といえども管頂と管下で荷重が違う。
- 実際の設計では既存の土質データを使用することが多いが、管更生施工対象路線を全て網羅している訳ではなく土質の想定が困難である。
- 管更材の現場硬化による品質のバラツキ等が想定される。

表5-4-7の比較表から分かるように安全率Nの違いにより約1mmの計算厚の差が生じている。実際、安全率2倍の違いは約1.25倍の差で計算厚に影響する。

安全率をN=4に設定することで設計上の安全性が確保される。しかし、過大な安全率の設定は、直接的に施工費のアップにつながり経済性の観点からは望ましい方向ではない。構造計算における管厚決定の安全率(N)は、ASTM F 1216の表(TABLE X1.1)の計算で安全率がN=2.0と表示されている。垂水建設事務所水環境センターでの土中試験から、実際のサポート向上係数の向上等を判断すると、安全率をN=2に設定すれば問題は無いと考えられる。

表5-4-7. 安全率Nによるライニング必要厚計算比較表(内径φ250mm)

地下水面からの土被り(m)	安全率 N=2 (mm)	安全率 N=4 (mm)	摘要
1.5	3.1	3.8	
2.0	3.3	4.2	
2.5	3.5	4.4	
3.0	3.7	4.7	
3.5	3.9	4.9	
4.0	4.1	5.1	
4.5	4.2	5.3	

※長期曲げ弾性係数ELは、 $1,250\text{N}/\text{mm}^2$ で計算を行っている。

(3). 地下水位の設定について

二層構造管の管厚算定をASTM F1216のTimoshenkoの薄肉円環座屈式により設計する場合、更生管に作用する静水圧を求める必要があり、その値は地下水位により決まってくる。

地下水位は各既設管の埋設場所で異なり、季節あるいは天候等によっても変動する。このため、改良箇所毎の把握は現実的に不可能であり、設計の簡素化からも標準の地下水位を設定することが適当と判断した。

神戸の市街地は北の六甲山地と南の大阪湾に挟まれた東西に細長い地域に発達しており、地形的には比較的急傾斜の山麓部から扇状地性の緩傾斜地を経て沖積低地へと変化し、北に高く南に低くなっている。

「神戸市地盤調査 報告書」(平成 10 年 3 月 神戸市役所・(財)建設工学研究所)によれば、「神戸 J I B A N K U N」に収録されたボーリング柱状図の内、調査時の地下水位が記載された柱状図データ約 2,100 本を基に、神戸市域の地下水位に関して以下のように報告されている。

表層地質との関連 (9-2 ページ (2)) において、

- ・緩傾斜地から沖積低地にかけての地下水位は、GL-1~3mの地点が多い。
- ・住吉川左岸(天上川付近)では、阪神電鉄線とJR神戸線に挟まれた区域でGL-1m以浅の地点が多く見られる。一方、右岸では地形的に同一と考えられる区域において、GL-3~5mの地点が多い。
- ・新生田川沿いでは、GL-5m以深の地点が多い。
- ・新湊川~妙法寺川間では、GL-1m以浅の地点が多く見られる。

なお、季節変動の検討は実施されていない。

以上の特徴から、地域差はあるが本市の市街地として、地下水位はGL-1.0mを標準とすることが妥当と判断した。ただし、地域特性として、

- ・地下水位がGL-1.0mより高い地域がある。この場合、計算上は静水圧に対して耐荷力が無い。
- ・現場状況によりやむを得ず、土被りが1.0mより極端に浅く埋設されている場合がある。

この場合静水圧 $P=0$ となり管厚が計算できない。

等のケースが想定されることから、静水圧の最小値を定めて、計算上それより小さくなる場合は静水圧としてその最小値を見込むこととする。

【静水圧の最小値】

設定標準モデル：JSWAS A-1 B型管 $\phi 250\text{mm}$ 、土被り 1.2m

地下水位は安全側をみてGLとする

内径 250mm、管厚 28mm → 管外径 306mm

静水圧 $P=1 \times 10^{-5} \times (1200+306) \approx 15 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ (=Mpa)

※ 現在の一般的な工法では、製品の最低厚が3mm程度であり、工法の物性値にもよるが、この場合計算上は土被りで3m程度に相当する。よって土被りが浅い場合、更生管の管厚はその最低厚で決まっているのが現状である。

4. 更生工法に関する留意事項

更生工法に関する留意事項

(塩ビパイプ布設済みの人孔内で反転・形成工法を行う場合)

平成22年9月

日本 SPR 工法協会

1.はじめに

オメガライナー工法は下水道用硬質塩化ビニル管に使用されている硬質塩化ビニル樹脂を改良した材料を使用した更生工法です。

硬質塩化ビニル樹脂は熱可塑性樹脂であり、高温になると可塑性を持つ（軟化する）特性を有しております。そのため塩ビパイプ（下水道硬質塩化ビニル管や塩ビ系の管路更生工法（オメガライナー工法等））は高温になると軟化する可能性があります。

よって何らかの要因で一般の下水道管路で想定される温度以上に加熱されると、軟化することにより施工後のオメガライナーや下水道用塩ビ管に不具合が生じる可能性があります。

管路更生工法、特に反転・形成工法では熱硬化性樹脂の硬化や熱可塑性樹脂の軟化のために何らかの熱（温水・蒸気など）を使用することが多くあります。また、紫外線硬化の場合、冷却用のエアが高温となります。その熱が人孔内に籠ったり、温水が下流に流化したりすることにより、塩ビパイプが加熱される可能性があります。

本資料では、塩ビパイプが接合されている人孔内で、蒸気等の熱を使用する管路更生をした場合の留意事項を示したものです。

2.塩ビパイプの耐熱性

塩ビパイプは上に記したとおり、通常の下水道管路内で想定される温水が長期間内部に流化しても、問題が無いことを確認しております。

しかし、それを超える温度の液体が流下、もしくは気体が管内に流入すれば、塩ビパイプに下記のような影響が出る可能性があります。

- ・管体の変形
- ・管径の縮径
- ・管軸方向の収縮

特に塩ビ系更生工法（オメガライナー工法等）は継手が無く、管路長が長い場合、より収縮の影響が大きくなる可能性があります。

これらの不具合を防ぐために、以下に記す留意事項を遵守いただきたくようお願いいたします。

3.留意事項

① 温水やドレン水、温風を直接、塩ビパイプの内部に流下させないこと

施工に使用した温水や、蒸気が液化したドレン水等の高温の液体や温風が直接塩ビパイプの管内に流下することの無いようにしてください。

具体的には「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」（社）日本下水道協会）にも記載されているように、使用した温水や温風、蒸気（ドレン水）は適切な方法で下水道法施工令や下水道条例で規定する水温未満に冷却した上で排水するようにしてください。

② 施工時に塩ビパイプの人孔管口を養生すること

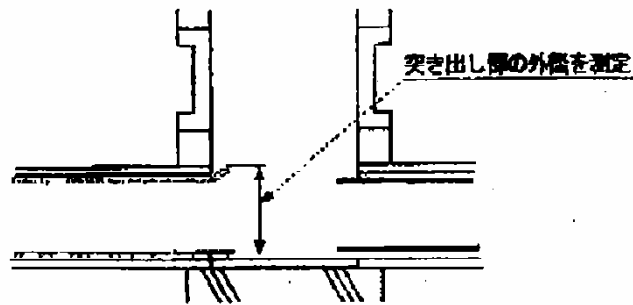
- ① 対策を行っていても、施工に使用した蒸気がマンホール内に充潤したり、その蒸気が液化した高温水が塩ビパイプに触れることによって、塩ビパイプが加熱される可能性があります。

よって、施工対象のマンホールに塩ビパイプがある場合は、上流／下流にかかわらず、【添付資料】以下に示すような管口の養生を必ず行っただうえで施工に入るようにしてください。

③ 管口の寸法の変化を測定すること

①、②およびそれ以上の対策を取った上で、確認のため、塩ビパイプの管口寸法が、施工の前後で変化が無いかどうかを測定してください。

(※特にオメガライナー工法はマンホール壁面より3cm程度突き出させて仕上げることを標準としております。特にこのマンホール内への突き出し部の寸法(外径)に変化が無いかどうかを確認してください。)



以上に留意していただくよう、何卒よろしくお願い申し上げます。

なお、不明な点がある場合や、現場で実際に不具合が生じてしまった場合には以下に連絡ください。

日本 SPR 工法協会 技術部

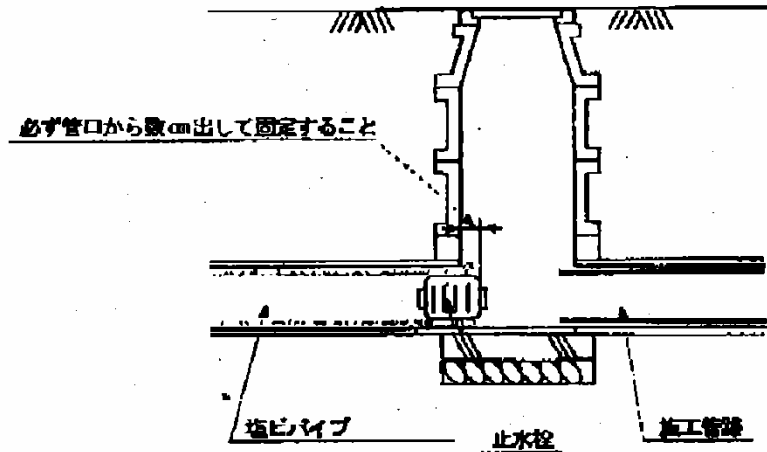
東京都千代田区神田神保町3-10-12 共立ビル8階

TEL: 03-3234-8495 FAX: 03-3234-5792

【添付資料】塩ビパイプ管口養生方法

<手順1>塩ビパイプ管口に止水栓を装着する

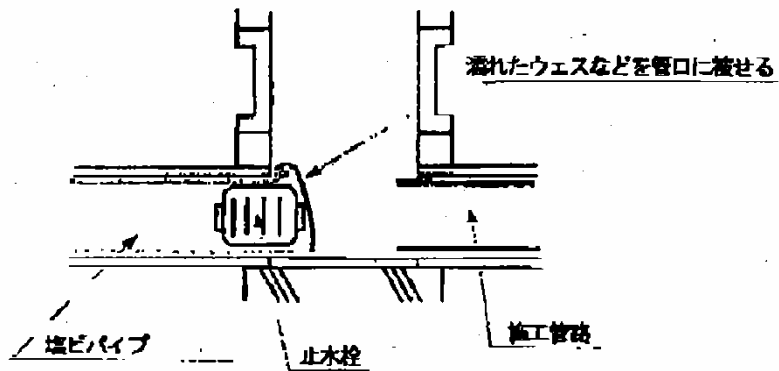
塩ビパイプ管内に熱（蒸気・温水等）が入るのを防ぐ目的で、塩ビパイプ管口に止水栓を装着します。



※止水栓は奥に入れず管口から数cm出した状態で固定します。

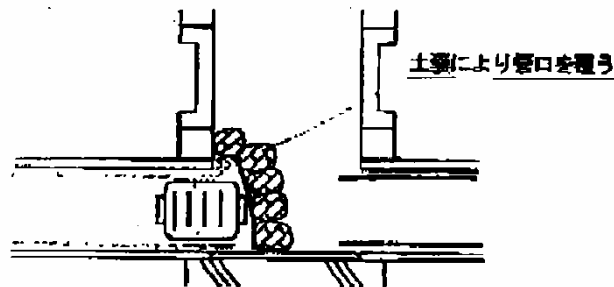
<手順2>水を含ませたウェスを管口の塩ビパイプに被せる

管口の温度上昇を防ぐ目的で、水を含ませたウェスで管口を覆います。



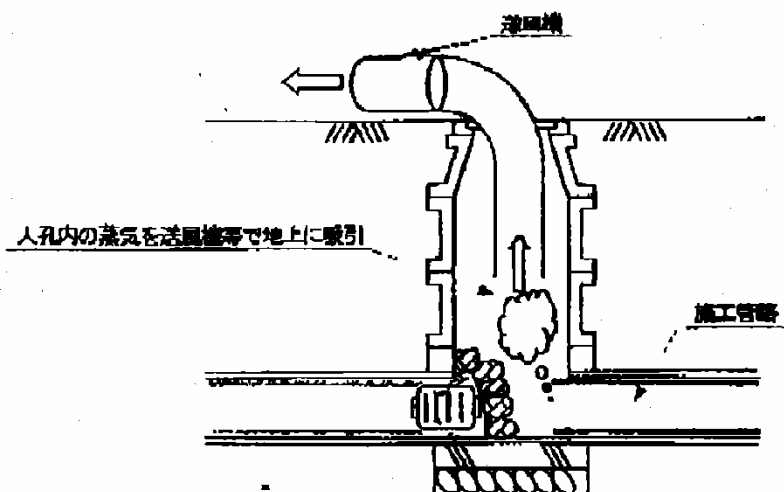
<手順3>土嚢等により管口を覆う

土嚢等で塩ビパイプの管口のほぼ全面を覆います。この時、土嚢に水を含めるとさらに効果的です。



<手順4>蒸気を送風機で吸い出す。

加熱中、熱が人孔内にこもらないようにすることを目的として、蒸気等の熱気を送風機で吸い出します。なお、施工に支障が無ければオメガライナー管口に水をかけながら行うことも効果があります。



更生工事を実施される際にご留意願いたい事項

(EX 工法を施工済みのマンホール内で
反転工法・形成工法を行う場合の留意点)

平成 22 年 10 月

EX・ダンビー協会

1. はじめに

貴方にて管路更生を計画あるいは施工されるに際して、隣接の管路に既に EX 工法が施工されている場合には、施工済みの EX パイプに不具合が発生しないように、下記についてご留意・ご配慮いただきますようお願い申し上げます。

2. EXパイプについて

EX パイプは、硬質塩化ビニル樹脂性であり、下水道用硬質塩化ビニル管と同様に高温に加熱されると軟化する特性を有しております。

既に EX 工法が施工されている管路に隣接して、新たに更生工法（特に反転工法・形成工法）を施工される際に、万一、高温の温水や蒸気等で既設の EX パイプが加熱されますと、EX パイプが軟化し、変形・管径の縮径・管軸方向の収縮などの不具合を生じる恐れもあります。

この不具合を防ぐために、以下に記します事項にご留意いただき施工していただきますようお願い申し上げます。

3. 留意をお願いしたい事項

更生工法の施工時には、EX パイプに高温の温水や蒸気等が流入しないようにしてください。「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」（H20年 社団法人日本下水道協会）に記載されているように、使用した温水や蒸気の確実な冷却と排出熱対策を実施し、45°以上の温水や蒸気が EX パイプ内に流入しないようにしてください。

具体的には、下記のような対策をお願いいたします。

- ①施工される際に発生する温水や蒸気が、EX パイプに触れないように EX パイプの管口を養生してください。
- ②EX パイプが接続されているマンホール内が 60° 以上にならないように、排気などの対策を行ってください。
- ③施工終了時に EX パイプの管口に変形等が生じていないことを目視で確認してください。

添付資料 EX パイプが接続されているマンホール内での更生工事における留意点
(管口の養生、排気方法の例)

以上、ご留意いただきますよう、何卒よろしくようお願い申し上げます。

【添付資料】

EXパイプが接続されているマンホール内での更生工事における留意点
(管口の養生、排気方法の例)

