

FRP

下水道管きよの更生技術

FRP光硬化取付管ライニング工法

技 術 資 料

光硬化工法協会

I N D E X

1	FRP光硬化取付管ライニング工法	
1-1	概 要	1
1-2	特 長	2
1-3	(公財)日本下水道新技術機構 建設技術審査証明 取得 ...	2
1-4	位置付け	5
2	適用目的および仕様	
2-1	適用範囲	6
2-2	使用材料	6
2-3	更生管厚さの算定方法	8
2-4	設計厚さ	11
3	施工	
3-1	施工フロー	12
3-2	作業帯範囲	18
3-3	取付管ライナー 施工機	19
4	施工管理	
4-1	反転、硬化管理	21
4-2	FRP取付管ライナーの確認試験	25
5	本管接合部の対策	
5-1	接合部の仕様	26
6	品質	
6-1	品質管理	27

7 安全

7-1 安全管理	29
----------------	----

8 試験性能

8-1 基本性能(曲げ強度、曲げ弾性率)	30
8-2 長期曲げ試験	33
8-3 耐ストレインコロージョン性(取付管ライナー BBG)	43
8-4 耐薬品性能	49
8-5 耐摩耗性能	60
8-6 引張・圧縮試験	63
8-7 外圧強度性能試験(自立管)	72
8-8 水密性能試験	75
8-9 耐高圧洗浄性能試験	76

9 FRP取付管ライナーの製造及び品質管理

9-1 製造工程	77
9-2 品質管理	78
9-3 製造証明書	80

10 参考資料

10-1 FRP取付管ライナー(自立管)、一体型補修材の地震時に おける耐震性の解析	81
10-2 臭気測定	92
10-3 臭気指数(濃度)の測定	93
10-4 騒音測定	94
製品安全データシート	95

1 FRP光硬化取付管ライニング工法

1-1 概 要

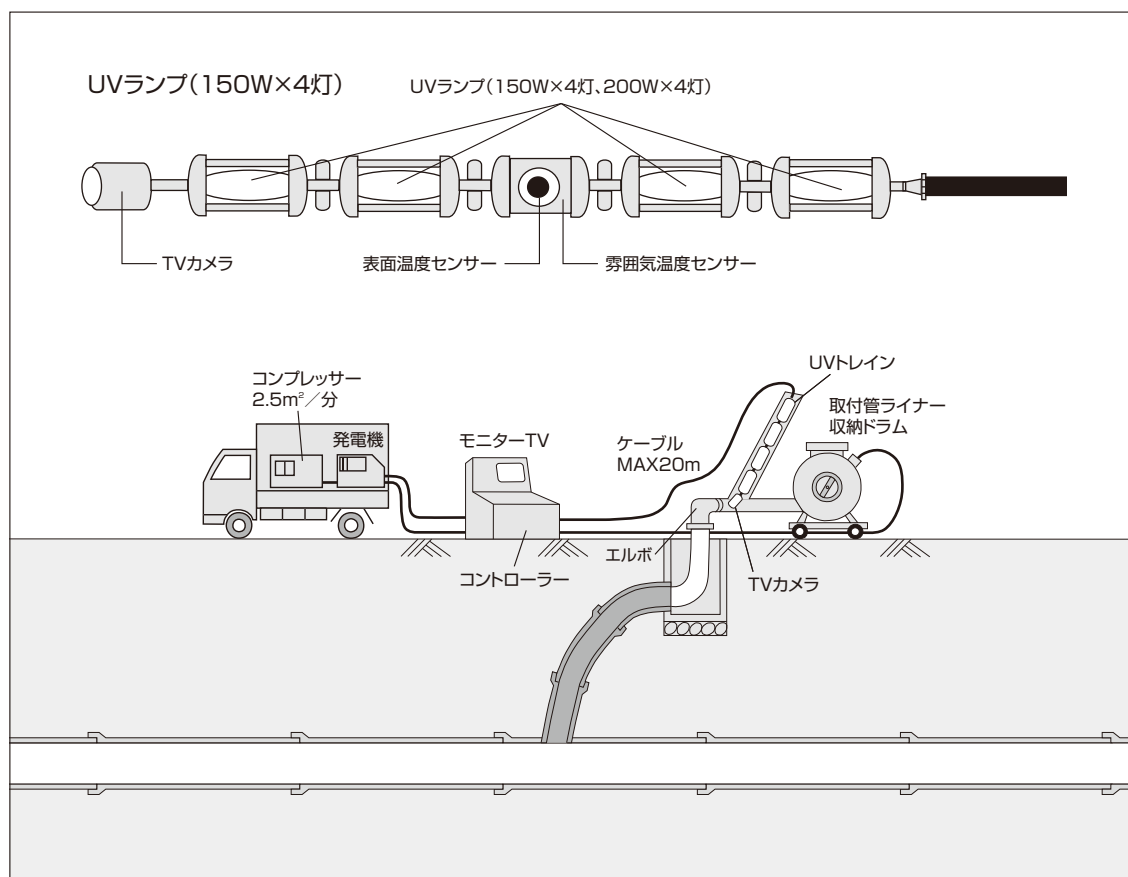
FRP光硬化取付管ライニング工法は、光硬化性樹脂を用い工場で生産された補修材〈取付管ライナー〉を施工現場で専用の取付管ライニング施工機の収納ドラム内に装着し、既設ますより取付管内に圧縮空気で反転または押込み挿入する。

挿入後、光硬化装置〈UVトレイン〉の先端部TVカメラで、ライニング材内部の異常の有無を確認しながら、UVトレインを先端部へ移動させる。

先端部に到達したら、ライニング材内部に異常がなければ、十分に圧縮空気でライニング材を所定時間拡径後、UVランプを点灯(光照射)し、所定の速度でます方向に索引して短時間で光硬化性樹脂を硬化させ更生管を形成する。

後処理としてインナーフィルムを除去し、本管、ます管口を切断処置する。

本管側接合部に浸入水等の有る場合は、必要により取付管・本管専用一体型で補修(更生)することができる。



取付管ライニング施工機材 概略図

1-2 特 長

- 1) FRP取付管ライナー(以下ライナー)は、光(紫外線)照射による硬化工法のため既設管きょ内で確実に硬化される。
- 2) 使用樹脂は、ビニルエステル樹脂で耐薬品性に優れ耐久性が高い。
耐ストレインコロージョンを有する。(JIS K 7034)
- 3) 補強繊維は、特殊に編んだ耐酸ガラス繊維を使用し、曲がり部に追従性が高く、シワ、硬化収縮が極めて小さい。
- 4) 硬化装置(UVトレイン)にTVカメラを装備していて、硬化前のライナー内部の異常の有無が確認できる。
- 5) UVトレインに温度センサーが装備されていて、硬化時の温度を常時計測して、安全管理をすると共に、記録計より施工管理記録を自動プリントして硬化管理できる。
- 6) 施工装置がコンパクトで、臭気・騒音・振動等の少ない材料・機器である。
- 7) 本管と取付管の接合部は必要によりFRP一体型補修材により、確実な止水と本管・取付管を一体化構造にすることができる。

1-3 (公財)日本下水道新技術機構 建設技術審査証明 取得 (2015. 3月 更新)

1) 審査内容と結果

- ① 次の条件下で施工できると認められる。
 - ・曲 が り 60°
 - ・段 差 40mm
 - ・隙 間 50mm
 - ・施工延長 10m(反転方法)、5m(押込み方法)
 - ・浸 入 水 水圧0.05MPa、水量2ℓ/min
- ② 次の条件下で接合部が施工できると認められる。
 - (1) 本管が更生済の場合
 - ・浸 入 水 水圧0.05MPa、水量2ℓ/min
 - ・取付管と本管の接合部間隔30mm
 - (2) 本管が更生されていない場合
 - ・浸 入 水 水圧0.05MPa、水量2ℓ/min
 - ・取付管と本管の接合部間隔30mm

③硬化後の接合部は、次の条件下で水密性を有すると認められる。

(1)本管が更生済の場合

- ・外 水 圧 0.05MPa 3分間
- ・内 水 圧 0.05MPa 3分間

(2)本管が更生されていない場合

- ・外 水 圧 0.08MPa 3分間
- ・内 水 圧 0.05MPa 3分間

④取付管施工の光硬化時間、硬化後の強度は浸入水の有無に左右されないことが認められる。

⑤取付管ライナーおよび接合部分材料の強度特性は、次の試験値以上であると認められる。

(1)取付管ライナー (BBG)

短期曲げ強さ(保証値)	60.0N/mm ²
短期曲げ弾性係数(保証値)	3,000N/mm ²
引張強さ(保証値)	18.0N/mm ²
引張弾性係数(保証値)	2,500N/mm ²
圧縮強さ(保証値)	60.0N/mm ²
圧縮弾性係数(保証値)	2,000N/mm ²
長期曲げ強さ(保証値)	19.0N/mm ²
長期曲げ弾性係数(保証値)	2,700N/mm ²

(2)接合部分材料(専用一体型材料)

短期曲げ強さ(保証値)	125.0N/mm ²
短期曲げ弾性係数(保証値)	8,000N/mm ²
引張強さ(保証値)	60.0N/mm ²
引張弾性係数(保証値)	5,900N/mm ²
圧縮強さ(保証値)	40.0N/mm ²
圧縮弾性係数(保証値)	3,000N/mm ²
長期曲げ強さ(保証値)	60.0N/mm ²
長期曲げ弾性係数(保証値)	4,000N/mm ²

⑥ 取付管ライナーおよび接合部分材料の偏平強度は、厚さにより次の試験値以上であると認められる。

(1) 取付管ライナー

イ. ガラス繊維(管径 $\phi 150$)

・呼び厚さ 4.0mm、3.38KN/m

ロ. ガラス繊維(管径 $\phi 200$)

・呼び厚さ 5.5mm、4.28KN/m

(2) 接合部分材料(一体型)(本管 $\phi 250$ 、取付管 $\phi 150$)

・呼び厚さ 3.5mm、4.62KN/m

⑦ 取付管ライナーおよび接合部分材料は、JSWAS K-2「下水道用強化プラスチック複合管」と同等以上の耐薬品性を有すると認められる。

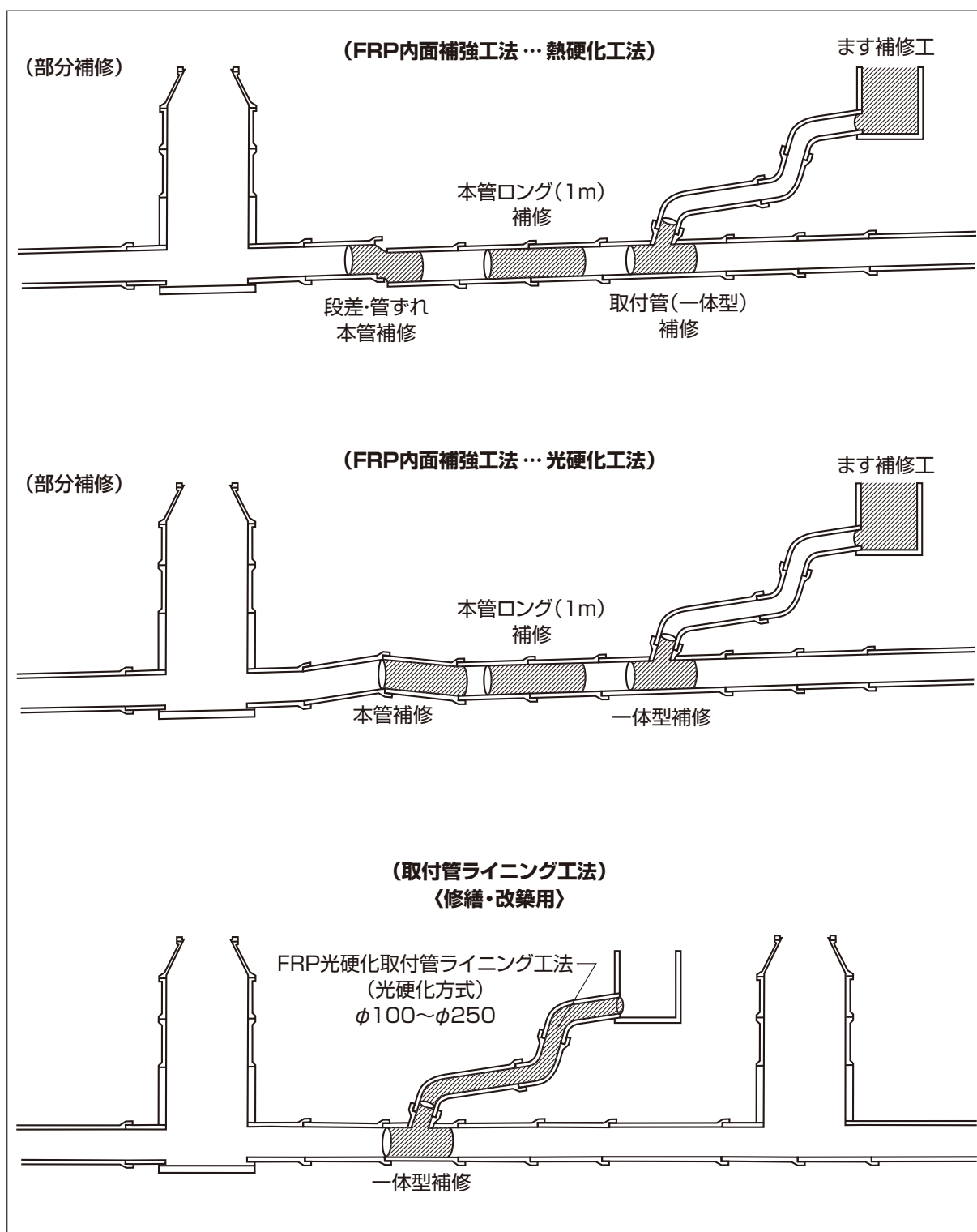
⑧ 取付管ライナーおよび接合部分材料は、下水道用硬質塩化ビニルと同等以上の耐摩耗性を有すると認められる。(JIS A 1452)

⑨ 取付管ライナーは、内・外水圧0.10MPaに耐える水密性を有する。

⑩ 硬化後の接合部は、ポンプ圧力15MPaの高圧洗浄で剥離、破損が無いと認められる。

⑪ 取付管ライナーおよび接合部(一体型)材料は、耐ストレインコロージョン性を有すると認められる。

1-4 位置付け



2 適用目的および仕様

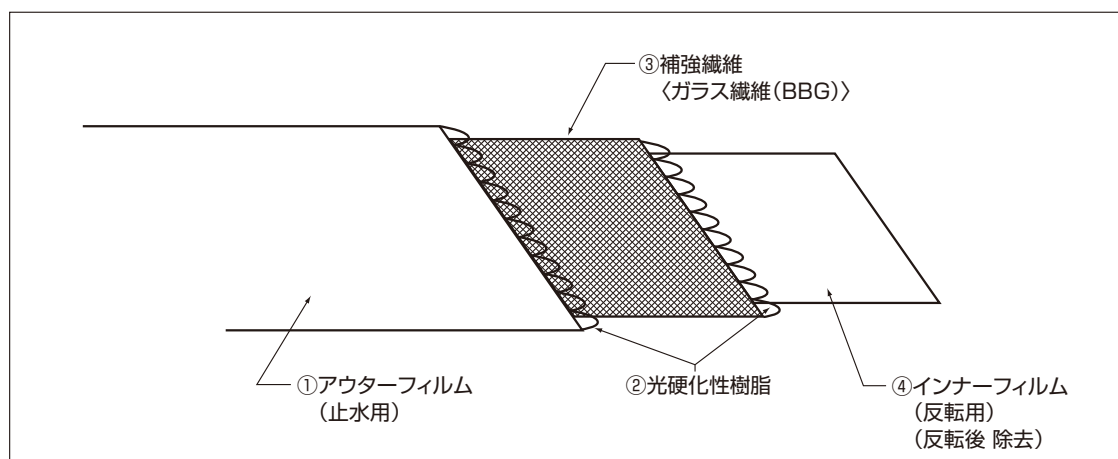
2-1 適用範囲

- 1)管 種 鉄筋コンクリート管、陶管、硬質塩化ビニール管、Z管 等
 2)管 径 取付管 呼び径 $\phi 100$ 、 $\phi 125$ 、 $\phi 150$ 、 $\phi 200$ 、 $\phi 250$
 3)更生延長 1m～10m(10m以上 お問い合わせください)
 4)適用範囲

損 傷 項 目	光 硬 化
破 損・ク ラ ッ ク	全円周、管断面が維持されていれば可
曲 が り 度	標準60度以内(特殊UVトレインにより90度まで可能)
段 差 ・ 隙 間	段差40mm、隙間50mm以内可
木根・モルタル等	事前処理が必要
浸 入 水	0.05MPa、2ℓ/min以内で施工可(仮アウターフィルムの使用)
	吹き出し状態は、事前止水工が必要
取 付 ま す	内径20cm以上のます
光ファイバー・C	管理者と協議する
取 付 管 長 さ	標準10m以下(大型反転機使用でL=20m可)

2-2 使用材料

1)ソフトスリーブ構造



注1)アウターフィルム ポリ/ナイロン/ポリ 3層構造

注2)インナーフィルム

●インナーフィルム ポリ/ナイロン/ポリ 3層構造、硬化後除去

注3)補強繊維 ●耐酸ガラス繊維 (BBG)

2) フィルム

- ① アウターフィルム(止水用)
 - ② インナーフィルム(反転用) 硬化後除去
- 3層構造のフィルム

3) 補強繊維

- ① 耐酸ガラス繊維の特殊加工により伸縮可能(BBG)

4) 樹脂

- ① 光硬化性樹脂
ビニルエステル樹脂に光開始剤を配合
- ② 光開始剤…紫外線(UV)領域で強い吸光度を持つ硬化開始剤

樹脂の組成表

(重量比率)

項 目	構 成 比
ビニルエステル樹脂	97.5%
無機添加剤	1.0%
光(UV)硬化開始剤	1.5%

5) FRP取付管ライナー構成組成

(重量比率)

品 名	補 強 繊 維	樹 脂
BBG	25～45%	55～75%

6) 基本物性値

- ① 短期物性値(保証値)

N/mm²

品 名	曲 げ 強 度	曲 げ 弾 性 係 数
BBG	60	3,000

平板曲げ試験 JIS K 7171 1994

- ② 長期試験値

N/mm²

品 名	曲 げ 強 度	曲 げ 弾 性 係 数
BBG	19.90	3,229
(長期試験)	JIS K 7039	JIS K 7035

③設計長期物性値

N/mm²

品 名	長期曲げ強度(保証値)	設計曲げ強度
BBG	19.0	12.6 (19.0 ÷ 1.5 安全率)

品 名	長期曲げ弾性係数(保証値)	設計曲げ弾性係数
BBG	2,700	1,800 (2,700 ÷ 1.5 安全率)

④東京都下水道局 申告基準値(平成18年10月)

イ)短期申告値

N/mm²

品 名	曲げ強度	曲げ弾性係数
BBG	60.0	2,500

ロ)長期申告値(設計値)

N/mm²

品 名	曲げ強度	曲げ弾性係数
BBG	12.0	1,850

⑤引張強度・弾性係数(短期保証値)

N/mm²

品 名	引張強度	引張弾性係数
BBG	18.0	2,500

⑥圧縮強度・弾性係数(短期保証値)

N/mm²

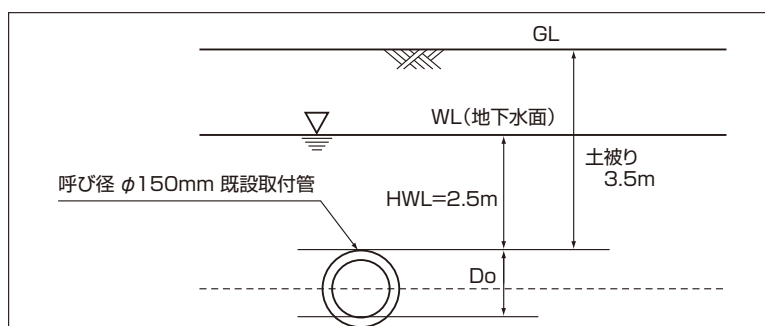
品 名	圧縮強度	圧縮弾性係数
BBG	60.0	2,000

2-3 更生管厚さの算定方法

1)二層構造管の更生管厚さ(チモシエンコの公式)

既設管にクラックは発生しているが、既設管で土圧等の負荷に十分耐えることが可能で、クラック部分等から地下水が更生管に作用する状態を想定する。

①計算例〔土被り 3.5m〕



チモシエンコの座屈理論公式による

$$t = \frac{D_o}{\sqrt[3]{\frac{2F_a \cdot F_o \cdot E_L}{(1-\nu^2)P_a \cdot N}} + 1}$$

t: 補修材の厚さ

D_o: 更生管外径 150mm

E_L: 長期曲げ弾性係数 1,800N/mm²(JIS K 7035)

ν: ポアソン比 0.3

N: 安全率 2

F_a: 支持向上係数 7

F_o: 偏平による減少係数(真円) 1

P_a: 地下水圧 P_a=W・(HWL + D_o)

管頂までの水深さ(250cm)

HWL: 更生管外径(15cm)

D_o: 水の単体体積重量(9,800N/m³)

W: P_a=0.0098 × (250 + 17)=2.616N/cm²=0.02616N/mm²

$$t = \frac{150}{\sqrt[3]{\frac{2 \times 7 \times 1 \times 1,800}{(1-0.3^2) \times 0.02616 \times 2}} + 1}$$

$$= 1.84 \text{mm} \dots\dots \begin{matrix} \text{土被り} \\ 3.5\text{m} \end{matrix}$$

2) 自立管の更生管厚さ

既設管の強度を期待せず、更生管自体で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力を有するもの。

① 自立管に作用する荷重

イ) 土による鉛直土圧(ヤンセン公式……管更生の手引き〈案〉)

ロ) 活荷重による鉛直土圧

② 算定式(JSWAS K-1 規格)

イ) 曲げ強度の計算から求めた式

$$t = \frac{D}{1 + \sqrt{\frac{2\sigma}{3(K_1q + K_2p)}}}$$

K₁: 土による曲げモーメント係数(0.107 管頂)

K₂: 活荷重による曲げモーメント係数(0.079 管頂)

q: 土による鉛直土圧(N/mm²)

p: 活荷重による鉛直土圧(N/mm²)

σ: 設計(長期)曲げ強度(N/mm²) BBG:12.6 (JIS K 7039)

D: 更生管外径(mm)

ロ)たわみ率(5%)の計算から求めた式

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

K_1 : 土によるたわみ係数(0.070 管頂)

K_2 : 活荷重によるたわみ係数(0.030 管頂)

q : 土による鉛直土圧(N/mm²)

p : 活荷重による鉛直土圧(N/mm²)

E : 設計(長期)曲げ弾性係数(N/mm²) E : BBG 1,800 (JIS K 7035)

V : たわみ率(5%)

D : 更生管外径(mm)

Bd : 掘削面における溝幅(700mm)又は既設管内径(ガイドライン〈案〉より)

ハ)更生管の設計厚さ〔計算例 $\phi 150$ 、土被り 5.0m〕

①取付管ライナー BBG

a)曲げ強度による計算厚さ

δ : 12.6N/mm²

$$t = \frac{150}{1 + \sqrt{\frac{2 \times 12.6}{3(0.107 \times 0.0306 + 0.079 \times 0.0059)}}} = 3.11\text{mm (管頂)}$$

b)たわみ率による計算厚さ

E : 1,800 N/mm²

$$t = \frac{150}{1 + \sqrt[3]{\frac{1,800 \times 5}{75(0.07 \times 0.0306 + 0.03 \times 0.0059)}}} = 3.93\text{mm (管頂)}$$

設計厚さ $t = 3.93\text{mm}$

2-4 設計厚さ

1) 二層構造管(補修、修繕)

① FRP取付管ライナー BBG

・長期設計曲げ弾性係数 $1,800\text{N/mm}^2$

管 径	設計厚み(mm)	
	土被り(3.5m)	土被り(5.0m)
φ100	1.22	1.41
φ125	1.53	1.77
φ150	1.84	2.13
φ200	2.47	2.85

(水頭高さ:地下水位～既設管底)

② 製品呼び厚さ

(mm)

	材 料	φ100	φ125	φ150	φ200
呼び厚さ	BBG	3.0	3.0	3.0	3.5

2) 自立管(改築、改良) 〔管更生の手引き案、ガイドライン(案)〕を準用

① 設計(長期値)

FRP取付管ライナー BBG

・長期設計曲げ強度 12.6N/mm^2 (JIS K 3039より)

・長期設計曲げ弾性係数 $1,800\text{N/mm}^2$ (JIS K 3035より)

・掘削幅 $B_d=700\text{mm}$

管 径	設計厚み(mm)	
	土被り(3.5m)	土被り(5.0m)
	BBG	BBG
φ100	2.59	2.62
φ125	3.24	3.27
φ150	3.88	3.93
φ200	5.17	5.23
φ250	6.47	6.54

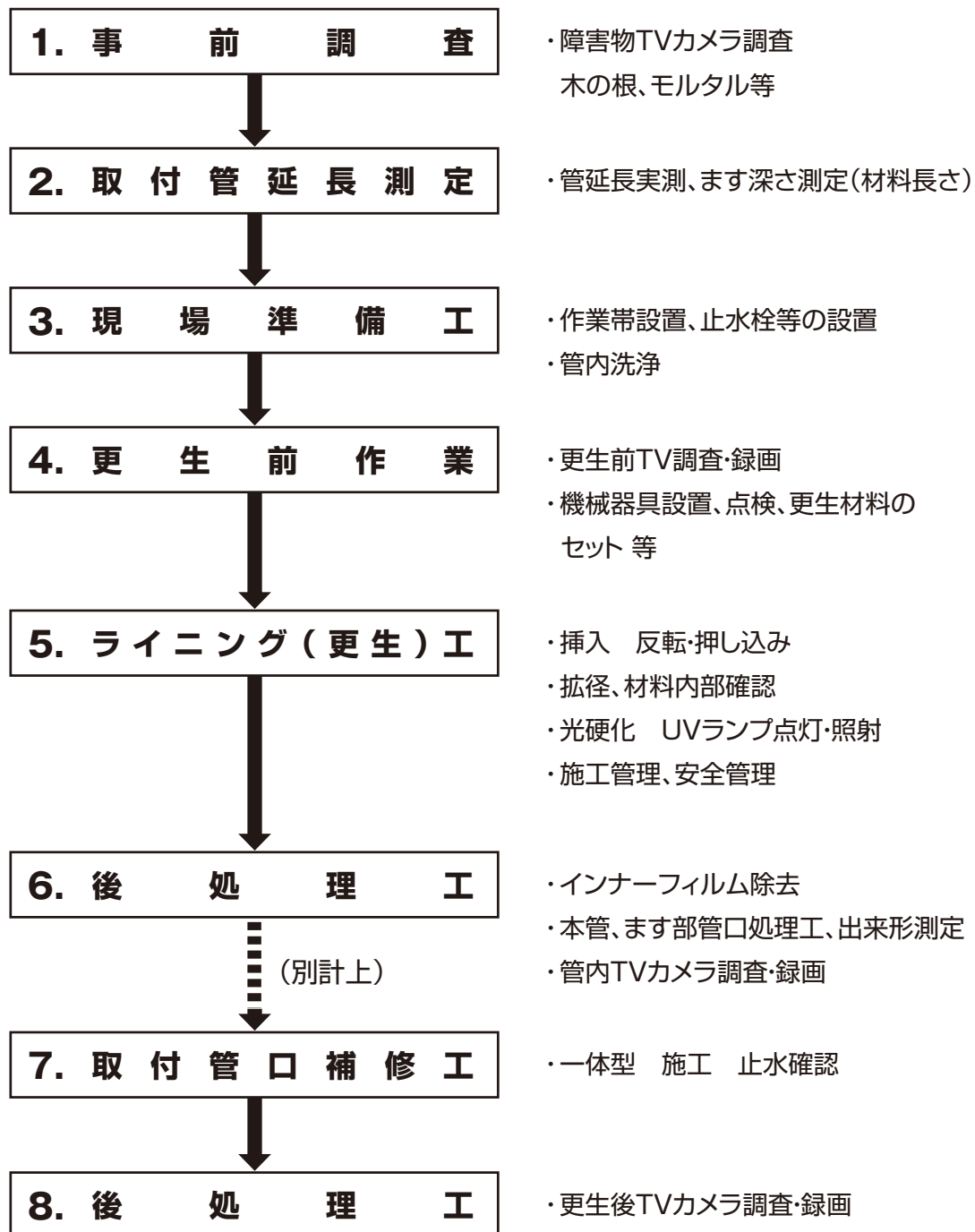
② 製品呼び厚さ

(mm)

	材 料	φ100	φ125	φ150	φ200	φ250
呼び厚さ	BBG	3.5	3.5	4.0 4.5	5.5 6.0	(7.0)

3 施工

3-1 施工フロー



1) 事前調査

1.1 事前調査工

項 目	作 業 内 容
1. 管内洗浄	小型洗浄車でます内及び、取付管内を洗浄する。
2. TVカメラ調査	①取付管TVカメラをます側より挿入し、取付管内の損傷異常の程度を確認し施工前のVTR録画する。 ②取付管の損傷により管径が縮小していたり、陶管等が割れ脱却している時などは、ライニング材が反転挿入可否のチェックをTVカメラでおこなう。
3. 取付管延長計測	本管用カメラで監視しながら、ます側より測長器でます管口から取付管・管口までを計測する。
4. ます深さ計測	メジャー等で深さ、形状を計測する。

2) 取付管延長測定

イ) 取付管延長測長器を使用して正確に計測すること。

取付管は特有の曲がりが多いため、取付管延長測長器により正確に計測すること。

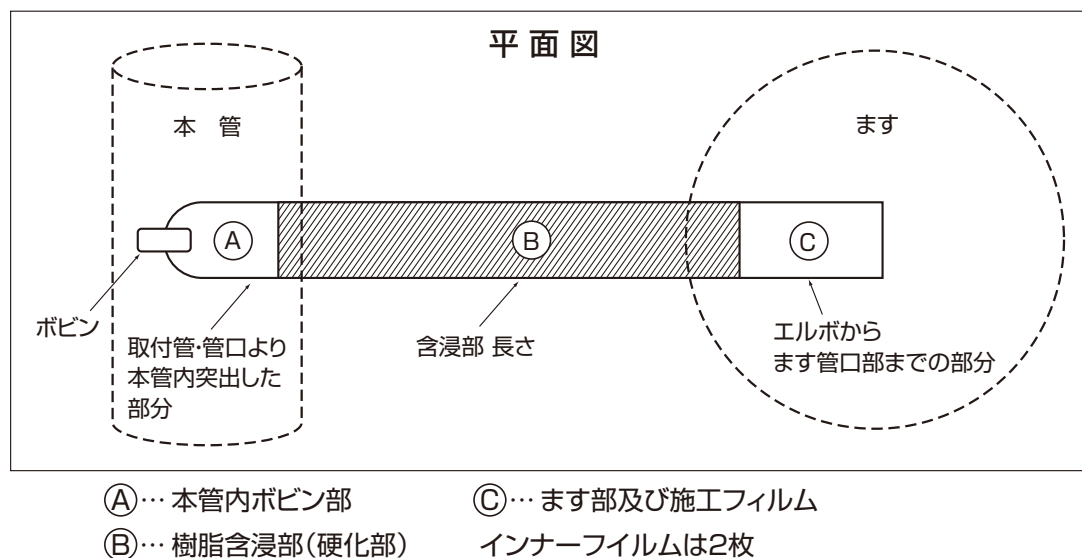
(取付管TVカメラでの計測では曲がり部分の数+αcm誤差が生じる。)

(含浸部)=(ます管口～取付管口、延長 実測)+先端部分〇〇cm+エルボ部〇〇cm

ロ) ますの深さにより、C部分の長さが異なる

(ます管口近くでの作業が困難なため、ます上部にエルボを設置して反転施工する。)

ハ) FRP取付管ライナーの構成



2.1 事前処理工

項 目	作 業 内 容
1. 障害物除去	取付管内の障害物(木の根、モルタル等)は、削孔機、カッター等で除去する。

3)現場準備

3.1 準備工

項 目	作 業 内 容
1. 作業占用帯設置	交通誘導員の配置をし、バリケード、コーン、作業看板の設置をする。 高圧洗浄車、TVカメラ車、補修機材車を設置する。 上流および下流側のマンホールを開口し、送風機により換気を行う。 マンホール内の酸素濃度等を測定する。
2. 作業車設置	
3. 換気工	
4. 酸素濃度等測定	

4)更生前作業

4.1 洗浄工 他

項 目	作 業 内 容
1. 取付管内洗浄工	ますならびに取付管内を小型洗浄車で洗浄する。
2. 本管内洗浄工	下流側マンホールにより、高圧洗浄車で洗浄する。

4.2 ライニング前作業

①TVカメラ調査工

項 目	作 業 内 容
1. ライニング前録画	取付管TVカメラを使用して取付管内の損傷、異常の程度をFRP取付管ライニング施工前にVTR録画する。

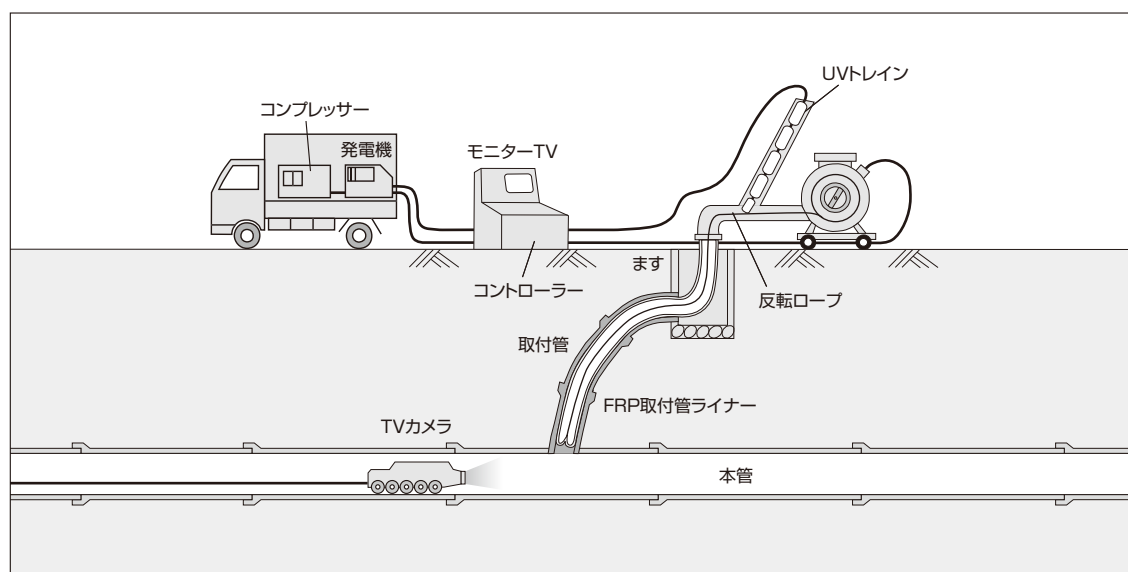
②ライニング準備工

項 目	作 業 内 容
1. 取付管ライナーの確認	事前計測による発注、工場で縫製加工、プリプレイングされ搬送された取付管ライナー表面等の状態確認をする。
2. 取付管ライナー格納	収納ドラムに取付管ライナーを巻き込む。 この時反転をスムーズにおこなうため、シリコン・オイルを塗布して巻き込む。
3. 反転口のセット	エルボの先端まで、取付管ライナーを誘導ロープで引き出して、結束バンドで2重に固定する。

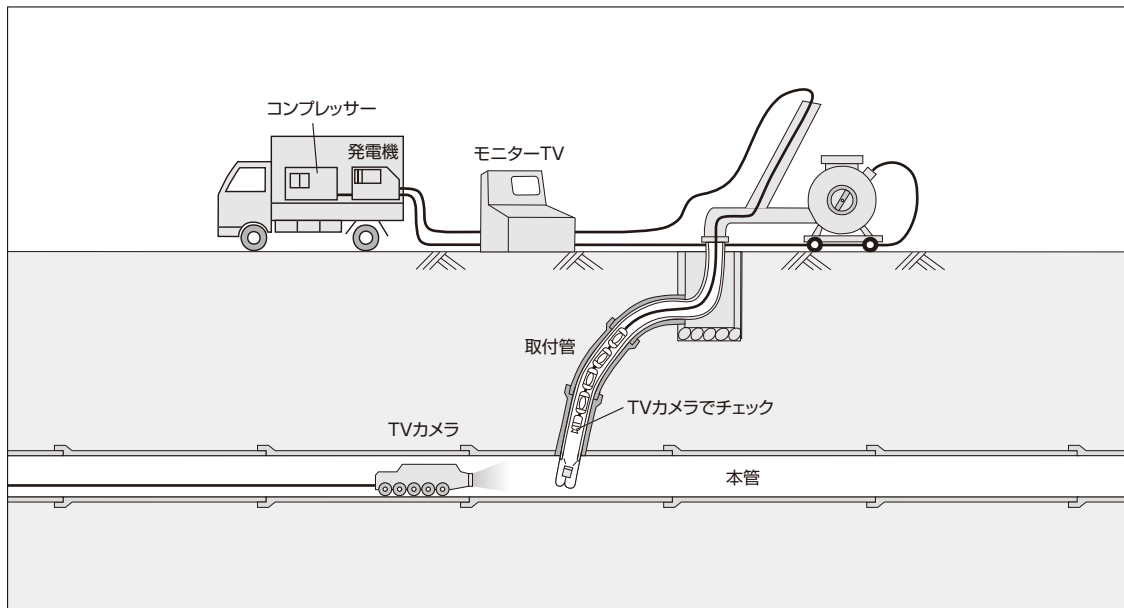
5)ライニング(更生)工

5.1 内面更生工

項 目	作 業 内 容
1. 反転工	1) 所定の空気圧に調整・注入し、格納ドラムのハンドルを反転速度(標準1.0m/分以下)に合わせ回転させ、反転をおこなう。 注)① 標準反転エア圧力 0.05MPa以下 ② 吐出流量 1.0~2.5m³/分 2) 本管内よりTVカメラで監視し、取付管ライナーの先端が本管内に確実に反転されたことを確認する。

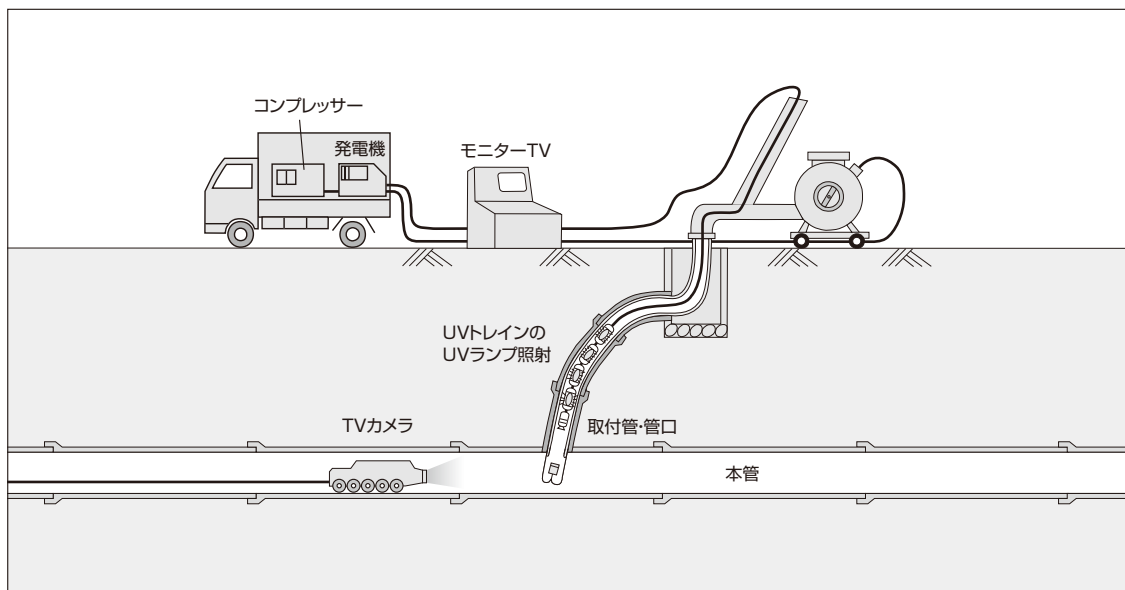


項 目	作 業 内 容
2. 反転状況確認工	UVトレインを取付管内に挿入しながら先端に付いているTVカメラで取付管内の反転状況を確認する。



5.2 硬化管理工

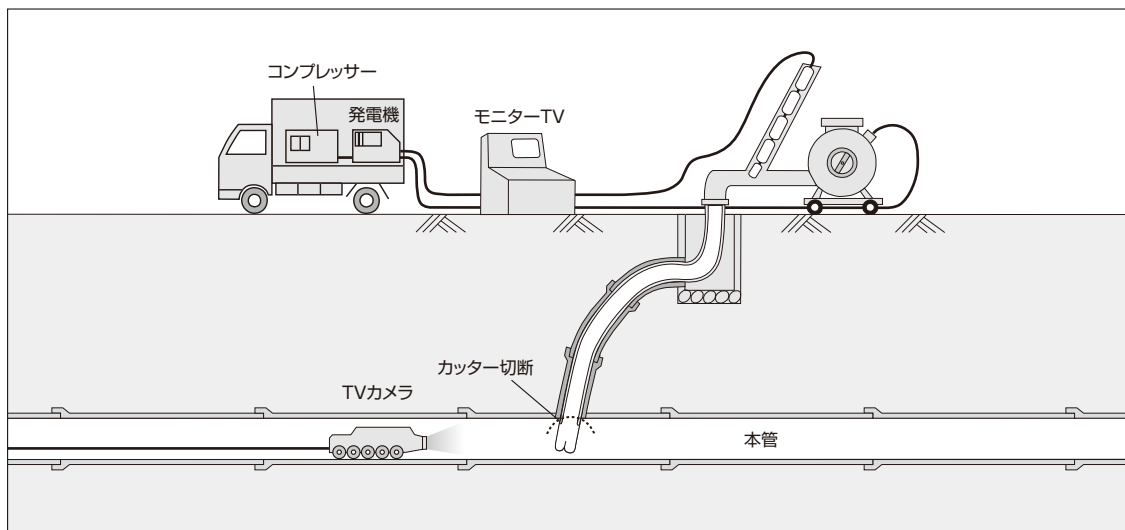
項 目	作 業 内 容
1. UVランプの照射	1) UVトレインを取付管ライナーの先端まで移動させる。 2) 拡径圧力により、十分な材料拡径を管理する。 3) UVトレインのUVランプを順次点灯照射。
2. UV照射時間管理・温度管理及び空気圧管理	1) UVランプを照射しながら走行させる。 2) 呼び径φ150の場合18cm/分以下のスピードで走行させる。UV照射時間管理・圧力管理・温度管理をおこなう。(150W×4灯式) 3) まず管口にUVランプの明かりが見えてから順次消灯する。 4) インナーフィルムを除去する。



6)後処理

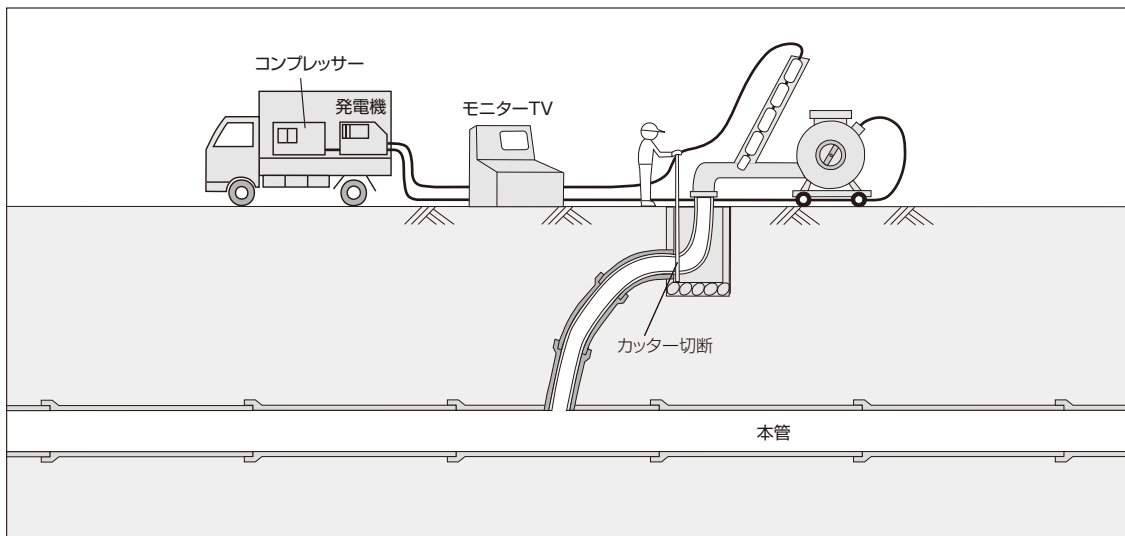
6.1 端部切断工

項 目	作 業 内 容
1. 端部切断工	既設本管内に突き出した、更生された管の先端をカッターで切断、除去する。

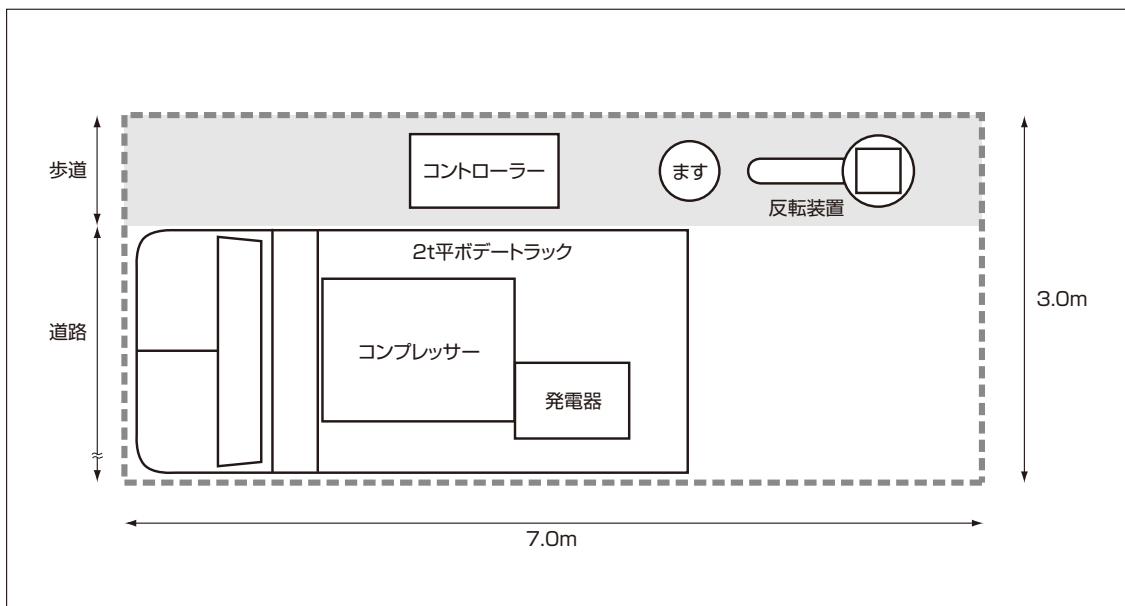


6.2 ます管口処理工

項 目	作 業 内 容
1. ます管口処理工	1) ます管口部分をカッター(サンダー等)で切断、除去し、 ます口回りを止水材で仕上げする。 2) 出来形測定後、取付管内のVTR録画

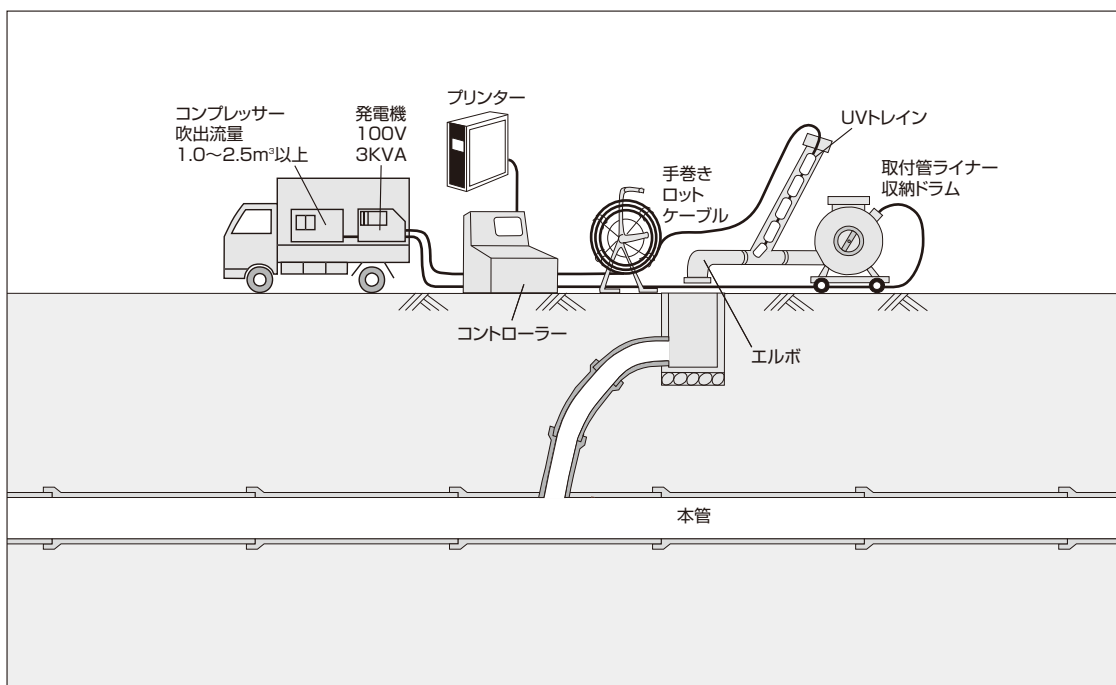


3-2 作業帯範囲

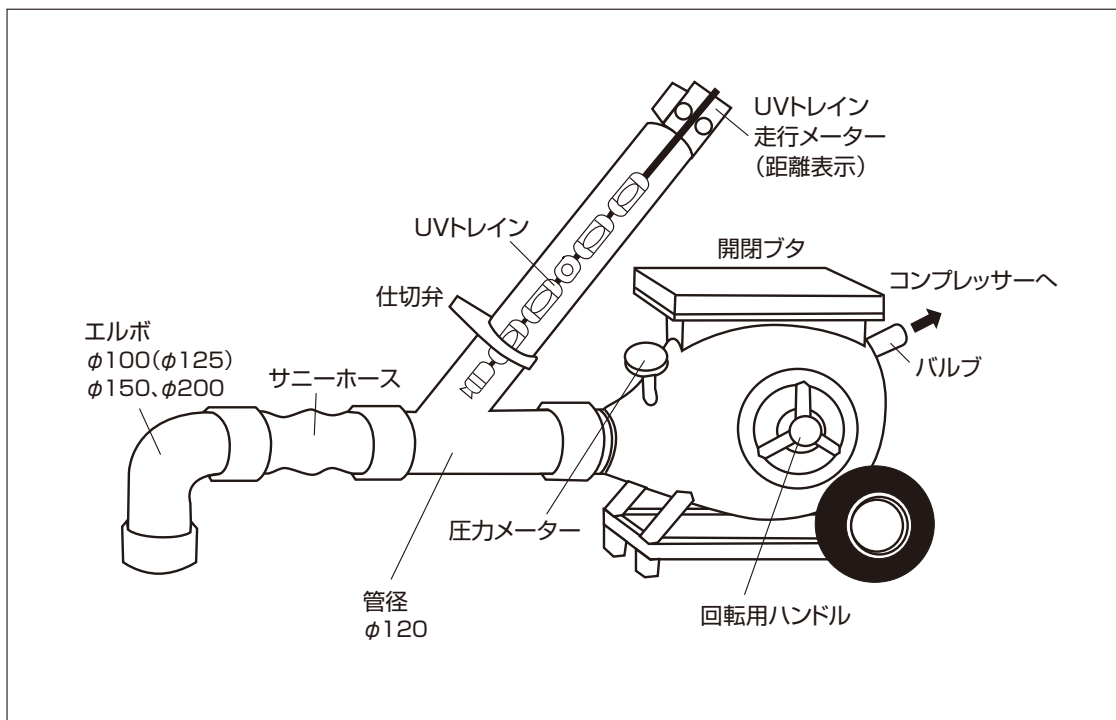


3-3 取付管ライナー施工機

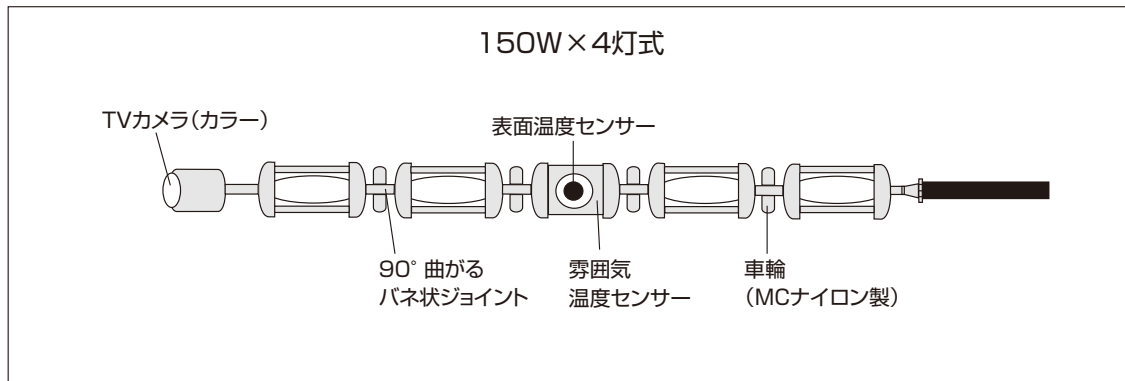
1) システム概要図



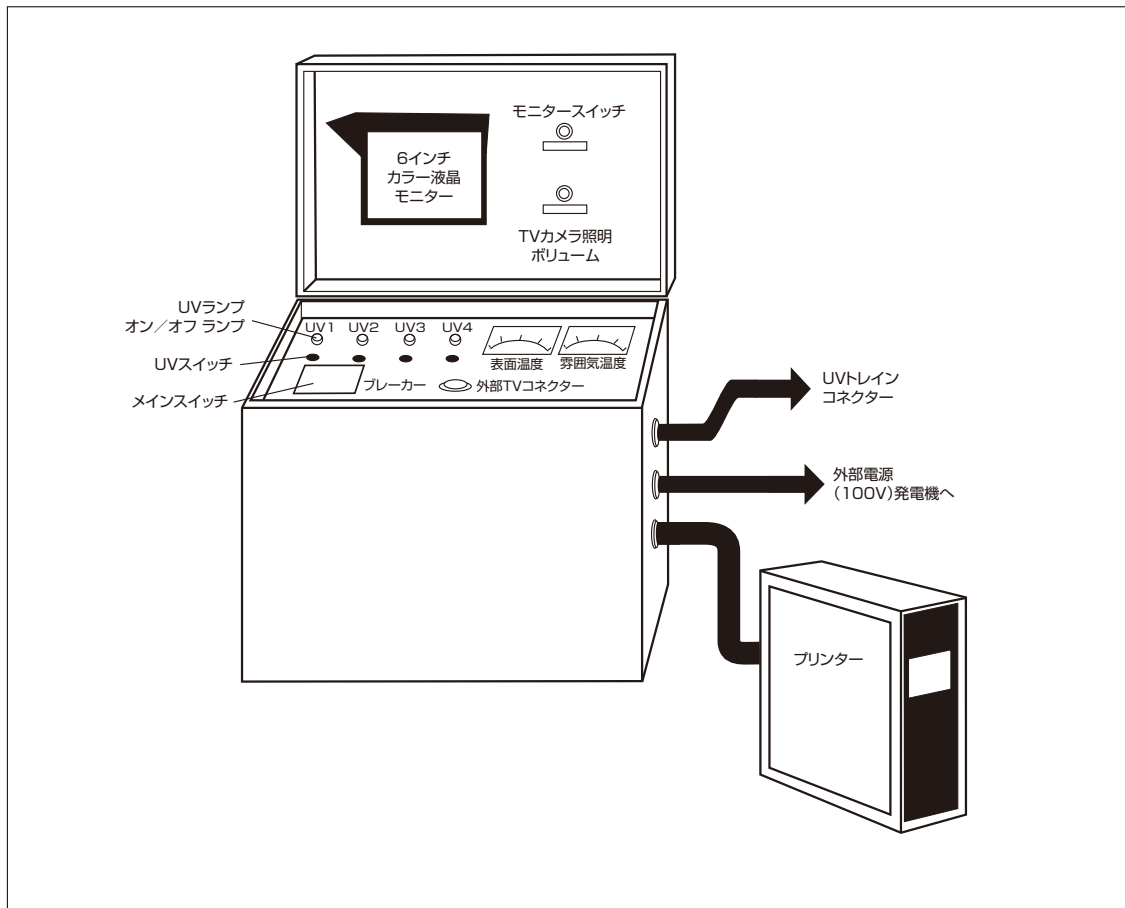
2) 反転機、収納ドラム



3) 光硬化装置 (UVトレイン)



4) コントローラーボックス



4 施工管理

4-1 反転、硬化管理

1) 反転・拡張・硬化圧力

(MPa)

管 径	反 転 圧 力	拡 径 圧 力
φ100	0.050以下	0.030～0.035
φ125	0.050以下	0.025～0.030
φ150	0.050以下	0.020～0.030 (0.025以下推奨)
φ200	0.050以下	0.015～0.025 (0.020以下推奨)
φ250	0.030以下	0.015～0.020

※チャート記録紙にはUVトレインの牽引時に、管理値を上回ったり、下回ったりした記録が記されることがありますが、瞬間的なものであれば圧力管理としては問題ありません。

2) 反転スピードは 50～100cm/分を標準とする

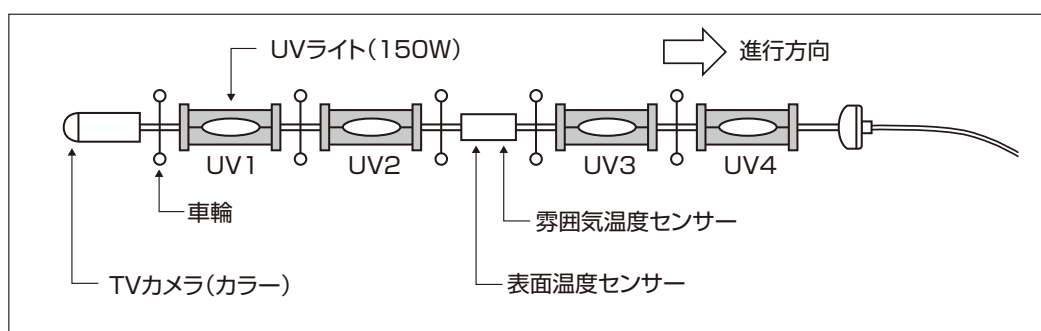
反転後インナーフィルムを前記空気圧で拡張させ安定させるため、5～10分間程度拡張の状態で保持しておく。

3) 硬化時間、UVトレイン牽引速度

① UVトレイン 150W×4灯式 (φ100～φ200)

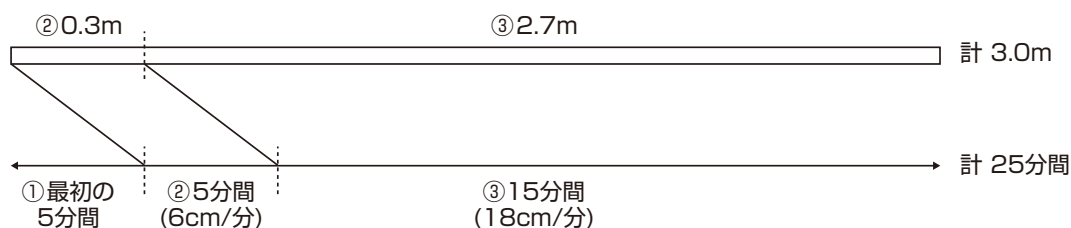
250W×4灯式 (φ250)

※200W×4灯式(別途マニュアル参照)



4) 硬化時間

BBG φ150 UVトレイン牽引速度実例(L=3.0m時)



- ・UV1: 照射開始
- ・UV2: 1分後照射
- ・UV3: 1分後照射
- ・UV4: 1分後照射
- 2分間保持
- 計 5分間

UV照射時間: 25分間

(最小硬化時間)

③の速度で引いて、
まず管口にUVランプが見えたら、
順次 UV4→UV1を消灯する。

- ・UVトレインの点灯方法および走行(牽引)速度
150W×4灯式 トレイン

φ150mmの場合(BBG)

UVランプ	UVトレイン 停 止		走 行
	0～5分間	照射時間	5～10分
UV 1	点灯 0～1分	5	—
UV 2	1分後点灯 1～2分	4	—
UV 3	1分後点灯 2～3分	3	—
UV 4	1分後点灯 3～5分	2	—
UV 1～4(全灯)	5分停止		6cm/分

(3cm/30秒)

*UV点灯～10分間の照射管理は、管径・材料に関係なく同一管理です。

管 径 走行速度	φ100	φ150	φ200	φ250
	φ125	BBG	BBG	BBG
10分～	24cm/分	4.0mm	5.5mm	7.0mm 12cm/分以下
		18cm/分以下	12cm/分以下	
		4.5mm	6.0mm	
		12cm/分以下	9cm/分以下	

*上記牽引速度は、各径および厚み3～6cmの材料硬化テストより決定された。

*UVトレイン 200W×4灯式は別途仕様

*東京都仕様は別途

注)硬化作業中UVランプが消灯した場合の対応

1灯の消灯……25%標準速度を下げる。

2灯の消灯……50%標準速度を下げる。

2灯以上の場合は、UVトレインを引き出し、UVランプ交換・点灯確認後
再照射(消灯した位置)して硬化させる。

5)光硬化の管理

(イ)光硬化性樹脂

①ビニルエステル樹脂に光開始剤を配合したもの。

●光開始剤：紫外線波長 360～420nmのUV領域で強い吸光度を持つ硬化開始剤。

②UV照射によるラジカル反応により反応熱を出しながら硬化する。

③保管方法は暗所で、期間は2ヶ月程度。

④特に夏場対策としては、粘性を高めるため増粘剤を配合している。

(ロ)硬化の管理

- ① FRP取付管ライナー材の硬化は、UV(紫外線)照射量・時間のため、照射時間を(牽引時間)データとして採取して硬化管理する。(チャート出図)
- ② プリンター出力データを管理する。(UV照射時間の確認)
- ③ 硬化速度については、UVライトトレインを手動により牽引するため、若干の誤差は生じると考えられるが、安全率を加味した設定速度であるため、規定の速度を遵守していれば、硬化には問題ない。
- ④ 牽引速度は管径および材料厚さ3.0~6.0mmについて各硬化テストを行い標準速度を決定している。

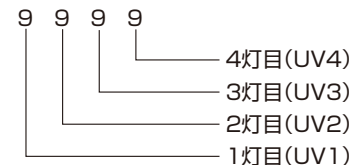
(ハ)取付管ライニング プリント

① デジタル管理プリント

YY.MM.DD HH.MM					
XXXXXXXXXXXXXXXXXX					
Min	Limp	T1	T2	PS	
999	9999	999	999	9.999	
}					
999	9999	999	999	9.999	

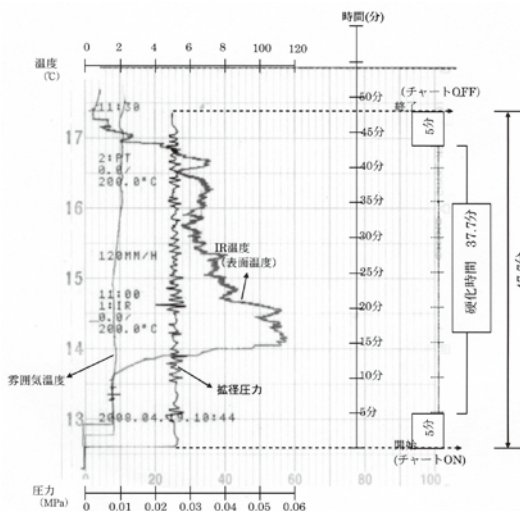
YY.MM.DD HH.MM : 施工日(オプション)
 HH.MM : 記録印字開始時間(オプション)
 XXXXXXXX : 入力値(オプション)
 Min : 経過時間(単位=分)
 Lanp : UVランプ点灯状態(0=消灯、1=点灯中)

T1 : 樹脂表面温度
 T2 : 雰囲気温度
 PS : 内部圧力



② チャート管理プリント

管理チャート φ150mm L=3.0m (BBG)



- ① 日 時 : (YYYY, MM, DD, HH:SS)
(年 . 月 . 日 . 時:分)
- ② 印字スピード : 120mm/H(時間)
- ③ 赤(T1) : 樹脂表面温度
- ④ 青(T2) : 雰囲気温度
- ⑤ 緑(PS) : 内部圧力
(0.010~0.040Mpa)

(ニ)樹脂表面温度

- ① UVトレインに装備された自動計測温度計(樹脂表面温度・雰囲気温度)により、光硬化中のライナー内部温度を連続的に計測し、管理温度を超えない装置としている。
- ② 管理温度を超えた場合は、警報(パトライト)してUVランプを消灯する装置である。

(ホ)UVランプの安全管理

- ① UVランプの外側は、石英ガラス管で保護しており、ライニング材等が触れて樹脂が付着しても、発火しない安全な機構となっている。
- ② UVランプ照射後、ランプ球切れになった時は、パトライトの音と光で警報するシステムである。

6) UV-LEDトレインでの硬化

平成27年3月更新の建設技術審査署証明「FRP光硬化取付管ライニング工法」にて、UV-LEDトレインでの硬化方法が認められるようになりました。

現行のUVトレインに使用している高圧水銀ランプとの違いは、特定波長のみの照射が可能となり、現行の硬化速度が速くなります。また、ランプ寿命も長くなり、光開始材にあわせて照射波長領域が限定することができるため、赤外線領域の波長も殆どなく、温度も高くなりません。

使用するコンプレッサーは25Ps以上が必要となります。

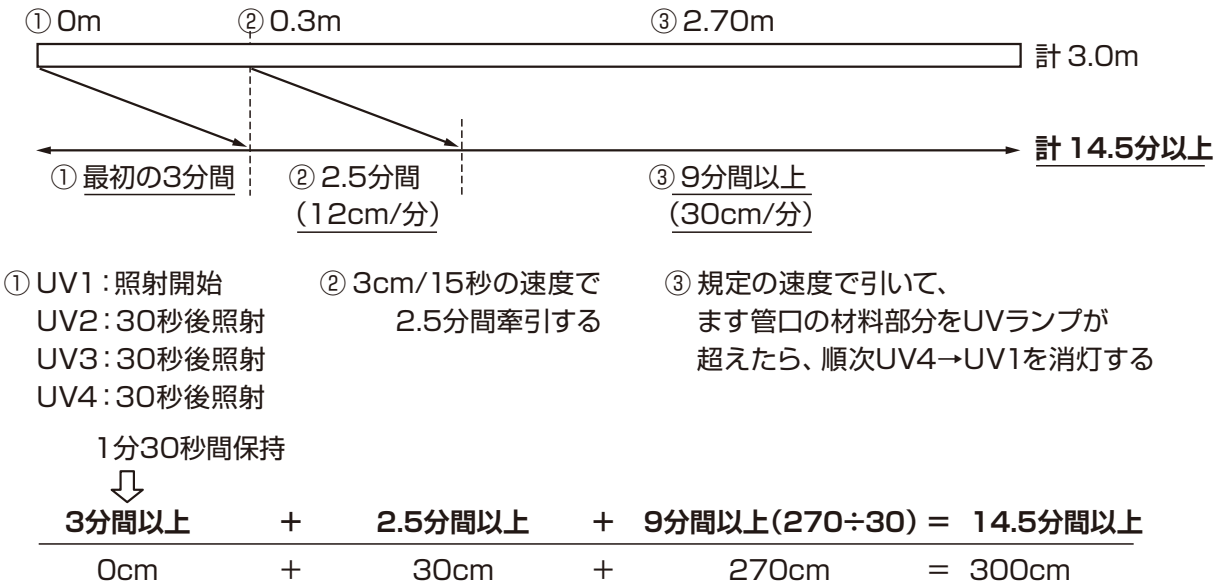
《UV-LEDトレイン牽引速度 (UV-LED×4灯) 速度管理表》

管 径	① ランプ全点灯	② 最初の30cm	③ 30cm以降
φ150～φ200	全点灯後 1.5分保持 －3分間－	12cm/分 (3cm/15秒) －2.5分間－	下記の牽引速度にて 硬化作業を行なう

管径/厚み別の硬化牽引速度…LED×4灯 (φ100～φ200)

管 径	φ100/φ125	φ150		φ200	
使用トレイン	LED×4灯	LED×4灯		LED×4灯	
牽引速度 5.5分後～	45cm/分 以下	4.0mm 以下	30cm/分 以下	5.5mm 以下	18cm/分 以下
	3cm/4秒 以下		3cm/6秒 以下		3cm/10秒 以下
		4.5mm 以下	22.5cm/分 以下	6.0mm 以下	15cm/分 以下
			3cm/8秒 以下		3cm/12秒 以下

BBG-φ150t=4.0mm UV-LEDトレイン移動速度 実例

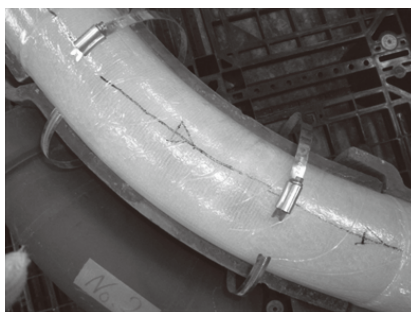


4-2 FRP取付管ライナーの確認試験

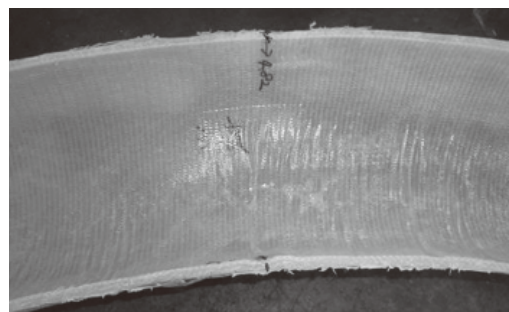
φ150-4.0mm(自立管仕様) 曲り部の密着性、厚み、シワ状況

	密着性	シワの状況	更生管厚み	
			外周部	内周部
30°	良好	非常に少ない	4.8 mm	7.8 mm
60°	良好	少ない	5.5 mm	7.5 mm
90°	良好	やや多い	4.4 mm	10.0 mm

1. 曲り部 30°



曲り管 30°
密着状況

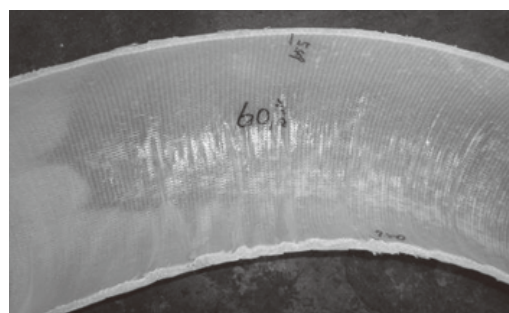


内面のシワ状況
厚み 外周側 4.8mm 内周側 7.8mm

2. 曲り部 60°



曲り管 60°
密着状況

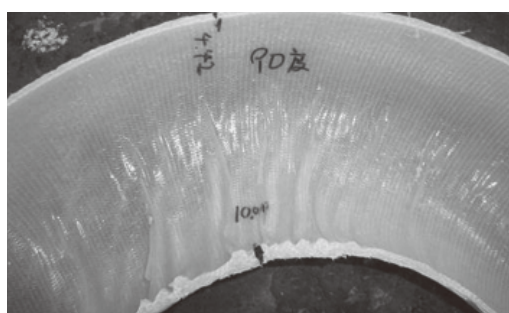


内面のシワ状況
厚み 外周側 5.5mm 内周側 7.5mm

3. 曲り部 90°



曲り管 90°
密着状況



内面のシワ状況
厚み 外周側 4.4mm 内周側 10.0mm

5 本管接合部の対策 (別計上)

5-1 接合部の仕様

1) 接合部の対策

取付管、本管接合部は、取付管ライニング施工後は本管突き出し部を本管内面に沿って削孔機等で切断仕上げ作業して完了であるが、接合部は浸入水・クラック・破損等が集中して発生しており、取付管ライニングの施工だけでは接合部の止水対策は不十分である。

FRP内面補強工法では、取付管と本管を一体化するための材料・施工方法等を開発し(公財)日本下水道新技術機構の技術審査証明を取得している。

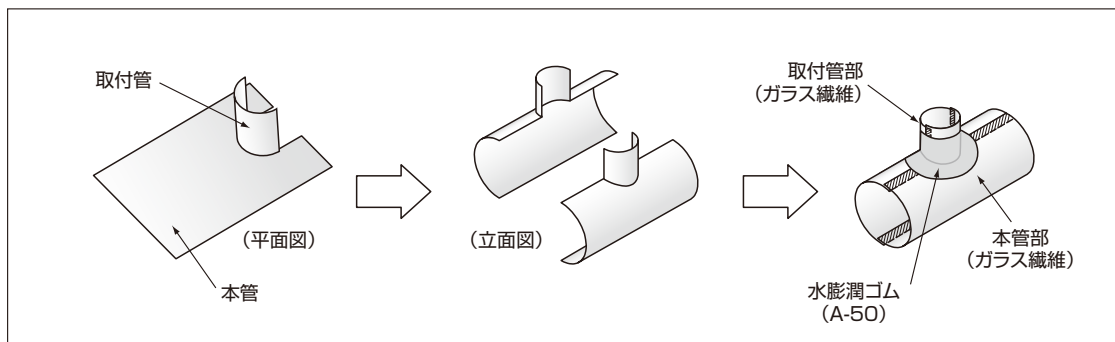
① 一体型材料による補修

イ、適用仕様

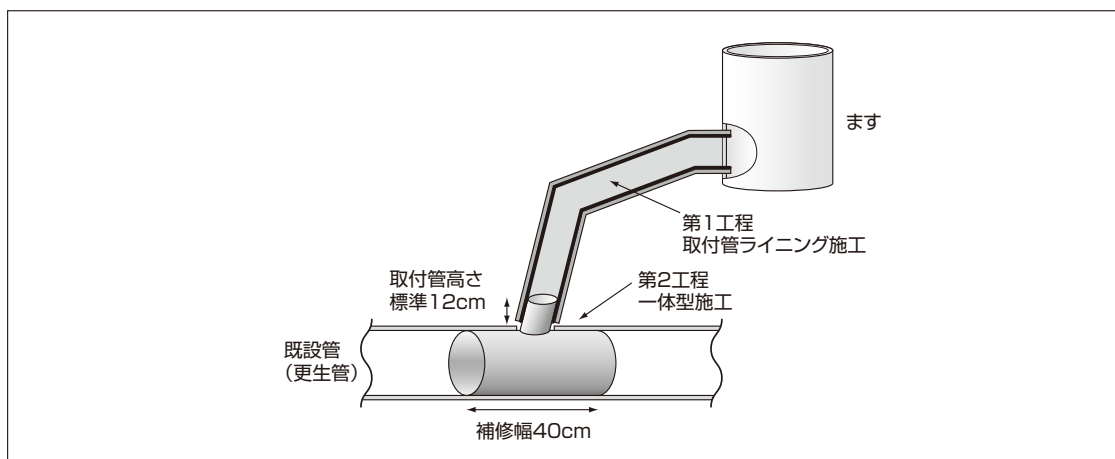
項 目	適 用 範 囲
管 種	更生管、鉄筋コンクリート管、陶管、硬質塩ビ管
管 径	取付管部 $\phi 100 \sim \phi 250 \text{mm}$
	本 管 部 $\phi 150 \sim \phi 700 \text{mm}$
補 修 幅	本 管 40cm 取付管高さ 標準12cm
隙 間	30mm程度(本管と取付管の接合部)
浸 入 水	2ℓ/分、0.05MPaまでの浸入水

ロ、材料

補強繊維(耐酸ガラス繊維・不織布等)にビニルエステル樹脂を含浸した材料。



水膨潤ゴムは浸入水の多い場合に使用



6 品質

6-1 品質管理

1) 材料承諾(承認)願いを提出して使用材料の承認を受ける。

- ・公的試験機関の試験報告書 (1回/年)
特記仕様書により (曲げ試験・耐薬品性能試験・耐摩耗性試験等)
(JIS K 7171、JSWAS K-2、JIS A 1452)
- ・製品安全データシート (MSDS……化学物質等安全データシート)
- ・事前立会い試験報告書 (特記仕様書を確認する)

2) 使用材料 品質検査証明書の管理 (製造工場 出荷検査証明)

- ・品質検査証明書の確認 (納品書の管理・保管)
製造日、出荷時検査事項、材料重量等

3) 取付管ライニングおよび一体型補修工の硬化管理

① 取付管ライニング工

- ・計画(必要)UV照射時間・圧力と施工時UV照射時間・圧力の管理表
デジタルプリントまたはチャート記録プリントの確認・保管

② 一体型補修工

- ・熱硬化工法 ヒーター温度・拡径硬化圧力・サンプルピーク温度からの養生時間等の管理表
- ・光硬化工法 UV照射時間・拡径硬化圧力・クーリング時間等の管理表

4) 出来形の管理

① 取付管ライニング工

- ・更生管の厚み測定 (測定方法は特記仕様書を確認する)
ます管口での測定 (内径測定または管厚測定)
- ・更生管内部のTVカメラ撮影・本管取付部の写真撮影等

② 一体型補修工

- ・TVカメラによる出来形写真撮影 (施工前後)

③ 更生管(取付管)厚み測定(4点の平均厚み)



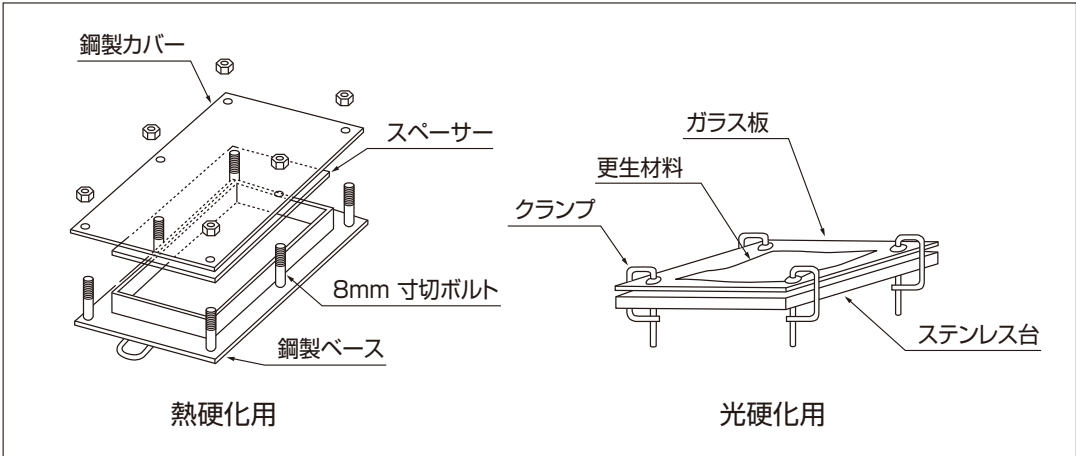
※特記仕様を確認すること。(最大厚みの規格 有無等)

5)現場採取による物性値確認試験 (特記仕様書を確認する)

① 取付管ライニング材・一体型補修材

- ・FRP取付管ライナーと同一ロット材の平板材を現場と同一条件で光硬化・熱硬化させて、曲げ試験サンプルを作成し、公的試験機関で曲げ試験を実施し、短期申告値(保証値)を上回ることを確認する。
- ・取付管の更生管より曲げ試験供試体を採取した場合は、断面が湾曲状となり、通常の平板供試体の試験値より大幅に低下します。(約50~60%)

現場硬化用 テストピース作成用器具



・試験値、測定値の確認

イ、曲げ強度試験 (JIS K 7171 1994) 平板状試験供試体

試験値 > **短期申告(保証)値**

BBG : 短期申告(保証)値	曲げ強度	60 N/mm ²
	曲げ弾性係数	3,000 N/mm ²

専用一体型 : 短期申告(保証)値 (BFマット)	曲げ強度	88.3 N/mm ²
	曲げ弾性係数	5,900 N/mm ²

短期申告(保証)値 (BMマット)	曲げ強度	125 N/mm ²
	曲げ弾性係数	8,000 N/mm ²

※湾曲状試験供試体の場合 BBG : 短期申告(保証)値	曲げ強度	48 N/mm ²
	曲げ弾性係数	2,400 N/mm ²

7 安全

7-1 安全管理

1) 安全管理

イ) 専任技術者による施工

- ・FRP内面補強工法の専門技術を取得した技術者による施工
協会の工法技術認定者【**取付管施工主任技能士**】が常駐して施工する。
- ・樹脂等の取扱いは、「**有機溶剤作業主任者**」が行う。

ロ) 作業環境基準の遵守

- ・作業の開始前に有毒ガス測定を行い記録し保管する。(3年間保管)
「**酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者**」が測定する。
- ・作業環境基準(既設管渠、人孔内)を遵守する
 - ① 酸素濃度…………… 18% 以上
 - ② 硫化水素濃度…………… 10ppm 以下
 - ③ 一酸化炭素濃度…………… 50ppm 以下
 - ④ 可燃性ガス…………… 各種ガスの許容濃度による
- ・施工中に発生するスチレンガスの作業環境基準を遵守する
 - ① スチレンガス…………… 20ppm 以下

ハ) 施工中の安全管理

- ・温度管理
 - *施工機(熱硬化)の設定温度を遵守する。(一体型補修)
 - *UVトレインに装備されたセンサーにより、材料表面温度が140℃になると、自動消灯する装置である。
- ・スチレンガス濃度の管理
 - *作業環境基準20ppmを超えるおそれのある作業(熱硬化 含浸時)は、十分な換気して作業を行う。
 - *作業場所の民地境界における臭気濃度は、自治体条例を遵守し十分な換気作業を行う。
- ・騒音、振動対策
 - *低騒音、低振動型の機器類を使用する。
- ・作業帯内に第三者を立ち入りさせない。
 - *作業帯は強固にし、監視員を配置し、第3者事故を防止する。
- ・水替工の対策
 - *事前調査により、ビルピット等管理者と事前に打合せを行って施工する。
 - *施工中の上流管の滞留状況を常時監視し事故を防ぐ。
(緊急時の対策を計画する)

ニ) 施工機器の始業前点検

- *機器マニュアルによる始業前点検を実施する。

ホ) 安全教育

- *KYK、TBM等による日常教育管理を行う。

8 試験性能

8-1 基本性能(曲げ強度、曲げ弾性率)

1) 試験方法

JIS K 7171 1994「プラスチックの曲げ特性の試験方法」に基づいて、更生材と同一の材料を平板試験片に作成し試験を行った。

① 曲げ強度・曲げ弾性係数

試 験 結 果

(単位: N/mm²)

試 験 材 料	曲 げ 強 度		曲げ弾性係数	
	短期保証値	試 験 値	短期保証値	試 験 値
ガラス繊維 BBG (自立管)	60.0	166.0	3,000	7,370
ガラス繊維 BBG (二層構造管)	60.0	188.0	3,000	8,390

2020年4月1日 (一財)高分子試験・評価センター 試験報告書より

試験報告書

2020年4月1日

FRP工法協会 殿

一般財団法人 化学研究評価機構
 高分子試験・評価センター
 大阪事業所 所長 荒川 一聡
 〒577-0066 大阪府東大阪市高井田中1-5-3
 TEL 06-6788-8134 FAX 06-6788-7891

品 名	検査名：曲げ強度試験 (JIS K 7171-1994) 品 名：FRP光硬化取付管ライニング工法 BBG 自立管仕様 耐酸性ガラス繊維、ビニルエステル樹脂
試験方法	曲げ試験：試験報告書2ページのとおり。
試験年月日	2020年3月31日

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験項目	試料 番号	曲げ強さ (N/mm ²)		曲げ弾性係数 (N/mm ²)	
		測定値	平均値	測定値	平均値
曲げ試験	1	167	166	7190	7370
	2	163		7260	
	3	168		7280	
	4	167		7610	
	5	165		7500	

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けてください。

試験報告書

2020年4月1日

FRP工法協会 殿

一般財団法人 化学研究評価機構
 高分子試験・評価センター
 大阪事業所 所長 荒川 一聡
 〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3
 TEL 06-6788-8134 FAX 06-6788-7891

品 名	検査名：曲げ強度試験 (JIS K 7171-1994) 品 名：FRP光硬化取付管ライニング工法 BBG 二層構造管仕様 耐酸性ガラス繊維、ビニルエステル樹脂
試験方法	曲げ試験：試験報告書2ページのとおり。
試験年月日	2020年3月31日

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験項目	試料 番号	曲げ強さ (N/mm ²)		曲げ弾性係数 (N/mm ²)	
		測定値	平均値	測定値	平均値
曲げ試験	1	195	188	8660	8390
	2	178		8510	
	3	187		8220	
	4	190		8220	
	5	192		8320	

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けてください。

8-2 長期曲げ試験

1) ガラス繊維(BBGライナー)

① 曲げ強度 JIS K 7039 (10,000時間)

50年後の推定曲げ強度試験値 19.9N/mm²

② 曲げ弾性係数 JIS K 7035 (10,000時間)

50年後の推定曲げ弾性係数試験値 3,229N/mm²

試験報告書

試 08 5057 号

平成 22 年 10 月 5 日

東京都新宿区三栄町 19

エスジーシー下水道センター株式会社 殿

財団法人 化学技術戦略推進機構
高分子試験・評価センター
〒577-0065 大阪府東淀川区高井田中1-5-3
TEL.06-6788-8134 FAX.06-6788-7891



試 料 : FRP 光硬化取付管ライニング工法

BBG-φ150 東京都仕様 自立管

試験方法 : 長期曲げ強さ試験 (10,000h 最終報告)

: JIS K 7039 (プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP)

管—湿潤状態下における管の長期間極限曲げひずみ及び長期間極限相対変位の求め方) に準拠。

試験年月日 : 平成 22 年 9 月 28 日

貴社より提出された試験体の試験結果は、下記のとおりです。

試験 日 2008 年 6 月 13 日～2010 年 9 月 12 日

試験 場所 茨城県日立市東町 4 丁目 13 番 1 号

日立化成テクノサービス 株式会社

担 当 課 日立分析部 試験グループ 早川知孝

立 会 者 財団法人 化学技術戦略推進機構

高分子試験・評価センター

センター長 乗本 徹

(立会日 : 平成 20 年 6 月 18 日、平成 20 年 10 月 27 日、平成 20 年 12 月 17 日)

大阪事業所 早川 雅人

(立会日 : 平成 20 年 6 月 18 日)

大阪事業所 荒川 一聡

(立会日 : 平成 21 年 1 月 28 日、平成 22 年 4 月 14 日、平成 22 年 8 月 26 日)

東京事業所 嶋田 剛志

(立会日 : 平成 21 年 3 月 25 日)

大阪事業所所長 香山 茂

(立会日 : 平成 21 年 9 月 2 日)

試験結果 :

試験結果 : 別紙参照のこと

— 以下余白 —

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けて下さい。

発行責任者	担当者
加藤	東

財団法人 化学技術戦略推進機構 高分子試験・評価センター 御中

試験報告書

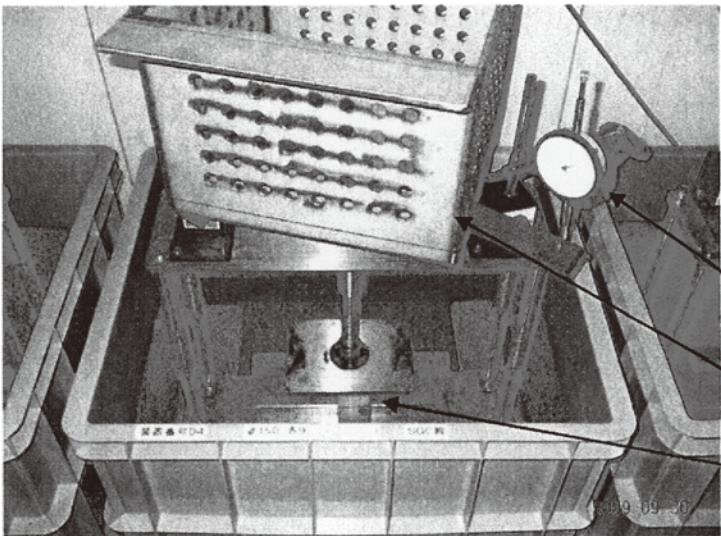
光硬化性FRP管の長期曲げ強さ試験($\phi 150$) : 10,000h 最終報告

報告書発行日: 2010年 9月 28日

日立化成テクノサービス株式会社
日立事業所 分析・技術部門 日立分析部 試験グループ
〒317-8555 茨城県日立市東町4丁目13番1号
TEL 0294-23-7373(ダイヤルイン)/FAX 0294-25-1516
URL <http://www.hitachi-chem-ts.co.jp/>

承認	照査	担当
		

試験報告書

試験名称	光硬化性FRP管の長期曲げ強さ試験(JIS K 7039)	
依頼者	エスジーシー下水道センター株式会社 殿	
試験片	名称：光硬化性FRP管 寸法：外径φ約150mm×長さ約50mm	
試験方法	1. 準拠規格	JIS K 7039:1998 「プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管—湿潤状態下における管の長期間極限曲げひずみ及び長期間極限相対変位の求め方」
	2. 条件	(1) 試験雰囲気：室温 (2) 試験片寸法：試験結果を参照 (3) 試験体：18体 (4) 試験時間：10,000hまで (5) 荷重の設定：「JIS K 7038:1998 プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管—リングの初期変位に対する破壊強さの試験方法」の結果をもとに荷重を設定した。 (6) 試験内容：JIS K 7039により、管の加圧破壊試験を行い、得られた結果から、最小二乗法により、破壊時間に対する曲げ強さを回帰し、50年後の値を推定した。
試験結果	試験結果を表1～表2に示す。また、試験状況を写真1に示す。	
試験状況	 写真1 試験状況 ダイヤルゲージ 負荷重り 試料	
試験期間	2008年6月13日～2010年9月12日	
担当者	日立事業所 分析・技術部門 日立分析部 試験グループ 早川 知孝	
試験場所	日立化成テクノサービス株式会社	

1. 試験結果

1.1 試験体寸法及び各試験体の初期偏平剛性

試験体寸法及び各試験体の初期偏平剛性を表1に示す。

表1 試験体寸法及び初期偏平剛性

試験 No.	試料 No.	平均厚み e (mm)	外径 de (mm)	平均径 dm (mm)	平均長さ (mm)	初期偏 平剛性 S ₀ (N/m ²)
1	赤6	4.79	149.32	144.53	50.95	15,847
2	赤7	5.99	148.68	142.69	50.76	25,603
3	赤8	5.70	148.75	143.05	51.09	23,529
4	赤9	5.74	148.72	142.98	51.06	22,993
5	赤10	5.75	148.63	142.88	51.25	25,172
6	赤11	5.79	148.52	142.73	51.05	24,166
7	赤12	5.61	148.76	143.15	51.31	22,766
8	赤13	5.86	148.68	142.82	51.21	24,805
9	赤14	5.51	148.59	143.08	50.94	21,828
10	赤15	5.48	148.00	142.52	51.05	21,724
11	赤16	5.43	148.47	143.04	50.85	21,178
12	赤17	5.29	148.61	143.32	51.32	20,267
13	赤18	5.43	148.59	143.16	50.98	21,215
14	赤19	5.53	148.57	143.04	50.68	22,197
15	赤25	5.61	148.53	142.92	50.82	21,883
16	赤26	5.63	148.50	142.87	50.89	22,340
17	赤27	5.65	148.56	142.91	50.92	23,917
18	赤28	5.51	148.62	143.11	50.71	21,575

1.2 破壊時間と曲げ強度

各試験体の破壊時間と曲げ強度の試験結果を表2に示す。

表2 破壊時間と曲げ強度の試験結果

試験 No.	試料 No.	平均厚み e (mm)	平均径 dm (mm)	破壊時間 (min)	破壊時間 log(t:min)	単位長さ当 たりの荷重 Q (N/mm)	曲げ強度 V (N/mm ²)	曲げ強度 log (V:N/mm ²)	備考
1	赤6	4.79	144.53	600000.0 以上	5.78 以上	3.38	20.31	1.31	破壊せず
2	赤7	5.99	142.69			7.05	26.74	1.43	
3	赤8	5.70	143.05			7.73	32.45	1.51	
4	赤9	5.74	142.98			8.52	35.27	1.55	
5	赤10	5.75	142.88			9.22	38.03	1.58	
6	赤11	5.79	142.73	0.6	-0.22	15.84	64.33	1.81	
7	赤12	5.61	143.15	1.0	0.00	13.33	57.79	1.76	
8	赤13	5.86	142.82	5.4	0.73	12.99	51.57	1.71	
9	赤14	5.51	143.08	306720.0以上	5.49以上	10.04	45.15	1.65	破壊せず
10	赤15	5.48	142.52	6.0	0.78	14.01	63.37	1.80	
11	赤16	5.43	143.04	61920.0	4.79	10.38	48.10	1.68	
12	赤17	5.29	143.32	435720.0 以上	5.78 以上	10.17	49.71	1.70	破壊せず
13	赤18	5.43	143.16			10.03	46.50	1.67	
14	赤19	5.53	143.04	5875.0	3.77	12.47	55.61	1.75	
15	赤25	5.61	142.92	87.0	1.94	13.44	58.17	1.76	
16	赤26	5.63	142.87	0.2	-0.70	13.42	57.72	1.76	
17	赤27	5.65	142.91	207.0	2.32	12.09	51.63	1.71	
18	赤28	5.51	143.11	89280.0	4.95	12.12	54.52	1.74	

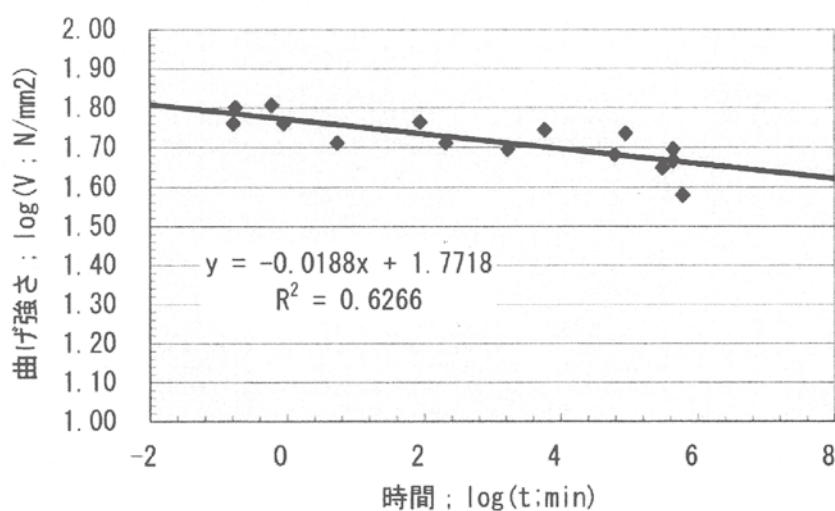


図1 破壊時間と曲げ強度の関係

表3 破壊時間と破壊時の曲げ強度の回帰式

破壊時間と破壊時の 曲げ強度の回帰式	$y = -0.0188x + 1.7718$
	y : 曲げ強度 (N/mm^2) の対数 x : 破壊時間 (min) の対数

項目	単位	計算結果					
		n1	n2	n3	n4	n5	V_0 (平均)
初期曲げ強度 (V_0)	(N/mm^2)	67.08	61.78	62.32	62.54	67.03	64.15
6分後の曲げ強度 (V_6) : 回帰式による外挿値	(N/mm^2)	57.17					
50年後の曲げ強度 (V_{50}) : 回帰式による外挿値	(N/mm^2)	42.89					
回帰比 ($R_R = V_{50}/V_6$)	—	0.750					
要因 ($C = V_0/V_6$)	—	1.122					
標準偏差 (σ) : 初期特性 V_0 の標準偏差	(N/mm^2)	n1	n2	n3	n4	n5	σ
		67.08	61.78	62.32	62.54	67.03	2.67
初期特性の最小値 ($V_{0, \min}$) : $V_{0, \min} = V_0 - 1.96\sigma$	(N/mm^2)	29.77					
長期特性の最小値 ($V_{50, \min}$) : $V_{50, \min} = V_{0, \min} \times R_R / C$	(N/mm^2)	19.90					

—以上—

試験報告書

No. 0090-04837-005

平成22年11月4日

東京都新宿区三栄町19

エスジーシー下水道センター株式会社 殿

財団法人 化学技術戦略推進機構
高分子試験・評価センター 大阪事業所
〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3
TEL.06-6788-8134 FAX.06-6788-7891

試 料：FRP光硬化取付管ライニング工法
BBG-φ150 東京都仕様 自立管（R番号）

試験方法：長期偏平剛性試験（10,000h最終報告）
：JIS K 7035（プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック（GRP）
管—湿潤条件下でのクリープファクター及び長期偏平剛性の求め
方）に準拠。

試験年月日：平成22年10月27日

貴社より提出された試験体の試験結果は、下記のとおりです。

試 験 日 2009年9月2日～2010年10月27日
試 験 場 所 茨城県日立市東町4丁目13番1号
日立化成テクノサービス 株式会社
担 当 課 日立分析部 試験グループ 早川知孝
立 会 者 財団法人 化学技術戦略推進機構
高分子試験・評価センター
大阪事業所所長 香山 茂
（立会日：平成21年9月2日）
大阪事業所 荒川 一聡
（立会日：平成22年4月14日、平成22年8月26日）
大阪事業所 東 英一
（立会日：平成22年10月29日）

試験結果：

試験結果：別紙参照のこと

—— 以下余白 ——

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けて下さい。

発行責任者	担当者
加藤	東

財団法人 化学技術戦略推進機構 高分子試験・評価センター 御中

試験報告書

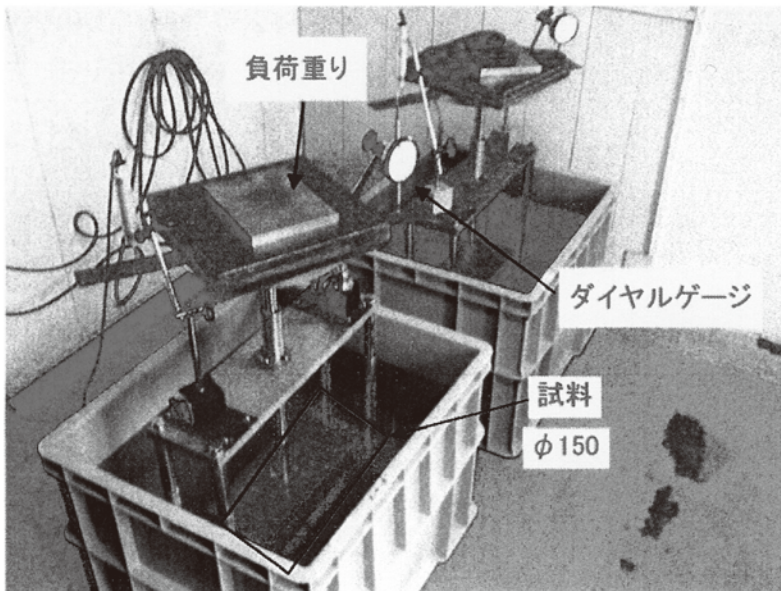
光硬化性FRP管の長期偏平剛性試験(ϕ 150)：最終報告
(R番号)

報告書発行日：2010年 10月 27日

日立化成テクノサービス株式会社
日立事業所 分析・技術部門 日立分析部 試験グループ
〒317-8555 茨城県日立市東町4丁目13番1号
TEL 0294-23-7373(ダイヤルイン)/FAX 0294-25-1516
URL <http://www.hitachi-chem-ts.co.jp/>

承認	照査	担当
		

試験報告書

試験名称	光硬化性FRP管の長期偏平剛性試験 (JIS K 7035)	
依頼者	エスジーシー下水道センター株式会社 殿	
試験片	名称：光硬化性FRP管 寸法：外径φ約150mm×長さ約300mm	
試験方法	準拠規格	JIS K 7035:1998 「プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管—湿潤条件下でのクリープファクター及び長期偏平剛性の求め方」
	条件	(1) 試験雰囲気：室温 (2) 試験片寸法：試験結果を参照 (3) 試験体：2体 (4) 試験時間：10,000hまで (5) 荷重の設定：「JIS K 7032:2002 プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管—管の初期剛性の求め方」に準拠 (6) 試験内容：JIS K 7035により、長期偏平剛性試験を実施し、得られた結果から、最小二乗法により、時間に対する管の偏平剛性を回帰し、50年後の値を推定した。
試験結果	試験状況を写真1に示す。また、試験結果を表1～表3及び図1～図2に示す。 ※10,000h最終報告	
試験状況	 写真1 試験状況 (撮影日：2010/10/27)	
試験期間	2009年9月2日～2010年10月27日	
担当者	日立事業所 分析・技術部門 日立分析部 試験グループ 早川 知孝	
試験場所	日立化成テクノサービス株式会社	

1. 試験結果

1.1 結果のまとめ

試験結果のまとめを表1に示す。

表1 試験結果のまとめ

項 目	単位	試料		平均
		φ150 取付管部 (R-4-B)	φ150 取付管部 (R-3-A)	
S_0 初期剛性	N/m ²	16,428	16,428	16,428
$S_{0,1}$ 位置1の初期剛性	N/m ²	16,815	16,815	16,815
$S_{6,1,wet}$ 6分後の偏平剛性(外挿値)	N/m ²	55,463	25,223	40,343
$S_{50,1,wet}$ 50年後の偏平剛性(外挿値)	N/m ²	15,476	15,298	15,387
$S_{50,1,wet}/S_{0,1}$ 湿潤クリープファクター	—	0.920	0.910	0.915
$R_R = S_{50,1,wet}/S_{6,1,wet}$ 回帰比	—	0.279	0.607	0.443
$C = S_0/S_{6,1,wet}$ 要因	—	0.296	0.651	0.474
σ 標準偏差	N/m ²	542	542	542
$S_{0,min} = S_0 - 1.96 \times \sigma$ 初期剛性の最小値	N/m ²	15,366	15,366	15,366
$S_{50,min} = S_{0,min} \times R_R / C$ 50年後の偏平剛性の最小値	N/m ²	14,475	14,309	14,392
$E_{50,min} = S_{50,min} \times 12 \times dm^3 / e^3$ 50年後の見掛けの弾性率の最小値	MPa	3,229	3,329	3,279

8-3 耐ストレインコロージョン性(取付管ライナー BBG)

1)耐ストレインコロージョン性の確認

JIS K 7034(10,000時間)試験結果から求める50年後のひずみの外挿値がJSWAS K-2
に示される考え方に準拠したひずみ値を下回らないことを確認した。

	50年後のひずみ値
JSWAS K-2	0.392%
試験結果	1.73%

試験結果:平成22年10月 (一財)高分子試験・評価センター 試験結果より

試験報告書

試 08- 5056 号

平成 22 年 10 月 5 日

東京都新宿区三栄町 19

エスジーシー下水道センター株式会社 殿

財団法人 化学技術戦略推進機構
高分子試験・評価センター 大阪事業所
〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3
TEL.06-6788-8134 FAX.06-6788-7891



試 料 : FRP 光硬化取付管ライニング工法
BBG-φ150 東京都仕様 自立管

試験方法 : 耐薬品性試験 (10,000h 最終報告)
: JIS K 7034 (プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管
及び継手—扁平下における管内面の耐薬品性の求め方) に準拠。

試験年月日 : 平成 22 年 9 月 28 日

貴社より提出された試験体の試験結果は、下記のとおりです。

試験 日 2008 年 6 月 13 日～2010 年 8 月 18 日

試験 場所 茨城県日立市東町 4 丁目 13 番 1 号

日立化成テクノサービス 株式会社

担 当 課 日立分析部 試験グループ 早川知孝

立 会 者 財団法人 化学技術戦略推進機構

高分子試験・評価センター

センター長 乗本 徹

(立会日 : 平成 20 年 6 月 18 日、平成 20 年 10 月 27 日、平成 20 年 12 月 17 日)

大阪事業所 早川 雅人

(立会日 : 平成 20 年 6 月 18 日)

大阪事業所 荒川 一聡

(立会日 : 平成 21 年 1 月 28 日、平成 22 年 4 月 14 日、平成 22 年 8 月 26 日)

東京事業所 嶋田 剛志

(立会日 : 平成 21 年 3 月 25 日)

大阪事業所所長 香山 茂

(立会日 : 平成 21 年 9 月 2 日)

試験結果 :

試験結果 : 別紙参照のこと

—— 以下余白 ——

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けて下さい。

発行責任者	担当者
加藤	東

財団法人 化学技術戦略推進機構 高分子試験・評価センター 御中

試験報告書

光硬化性FRP管の耐薬品性試験(ϕ 150) : 10,000h最終報告

報告書発行日: 2010年 9月 28日

日立化成テクノサービス株式会社
日立事業所 分析・技術部門 日立分析部 試験グループ
〒317-8555 茨城県日立市東町4丁目13番1号
TEL 0294-23-7373(ダイヤルイン)/FAX 0294-25-1516
URL <http://www.hitachi-chem-ts.co.jp/>

承認	照査	担当
		

試験報告書		
試験名称	光硬化性FRP管の耐薬品性試験 (JIS K7034)	
依頼者	エスジーシー下水道センター株式会社 殿	
試験片	名称：光硬化性FRP管 寸法：外径φ約150mm×長さ約300mm	
試験方法	準拠規格	JIS K 7034:2003 「プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管及び継手—扁平下における管内面の耐薬品性の求め方」
	条件	試験雰囲気：室温 試験片寸法：試験結果を参照 試験体：26体 試験液：0.5mol/L硫酸 試験内容：たわみ量の異なる各試験片の内面に、所定の薬液を暴露し、ひずみ腐食が発生するまでの時間を記録し、次に、これらの発生時間をもとに、最小二乗法により、時間に対するひずみを回帰し、50年後の値を推定する。
試験結果	試験結果を表1及び図1に示す。試験状況を写真1に示す。50年後のひずみの推定値を表2に示す。JSWAS K-2によるひずみの基準値を表3に示す。	
試験状況	写真1 試験状況 (撮影日: 2010/01/21)	
試験期間	2008年6月13日～2010年8月18日	
担当者	日立事業所 分析・技術部門 日立分析部 試験グループ 早川 知孝	
試験場所	日立化成テクノサービス株式会社	

表1 試験結果

試料 No.	平均厚さ (mm)	外径 de (mm)	管底厚さ (mm)	平均直径 dm (mm)	平均長さ (mm)	平均たわみ Yav (mm)	初期ひずみ εt (%)	ひずみ腐食発生時間	
								t (h)	log (t:h)
1	5.51	148.55	5.75	143.04	299.35	7.50	0.82	10000以上	4.00以上
2	5.52	148.94	5.65	143.42	299.25	5.50	0.61		
3	5.45	149.28	5.65	143.83	299.42	8.20	0.87		
4	5.82	149.75	5.44	143.93	299.75	11.40	1.27		
5	5.36	149.68	4.72	144.32	299.38	14.20	1.42		
6	5.39	148.70	4.98	143.31	300.04	9.70	1.02		
7	5.48	148.66	5.29	143.18	300.02	11.00	1.17		
8	5.48	148.90	5.05	143.42	300.09	17.30	1.75	192	2.28
9	5.21	149.20	5.06	143.99	300.07	19.00	1.80	18	1.26
10	5.61	148.91	4.86	143.30	300.19	17.80	1.85	10000以上	4.00以上
11	5.42	149.38	4.66	143.96	299.93	19.30	1.90		
12	5.51	148.94	4.80	143.43	299.85	19.40	1.95		
13	5.66	148.15	4.72	142.49	299.97	19.10	2.00	18	1.26
14	5.72	148.77	4.81	143.05	300.37	19.60	2.05	12	1.08
15	5.29	148.63	5.11	143.34	300.33	22.10	2.10	8	0.90
16	5.45	149.39	4.17	143.94	300.01	22.70	2.20	14	1.15
17	5.17	149.66	5.35	144.49	299.61	22.50	2.05	22	1.34
18	5.26	148.34	4.98	143.08	299.62	21.00	2.00	10000以上	4.00以上
19	5.02	148.52	6.04	143.50	299.38	21.60	1.95		
20	4.66	149.50	5.95	144.84	299.94	25.50	2.05	0.01	-2.00
21	4.57	149.43	4.08	144.86	299.70	25.40	2.00	0.01	-2.00
22	4.64	149.29	4.42	144.65	299.74	23.40	1.90	10000以上	4.00以上
23	4.57	148.75	5.00	144.18	299.76	22.90	1.85		
24	4.85	148.86	4.87	144.01	299.62	21.70	1.88		
25	4.98	149.50	5.16	144.52	299.78	21.00	1.86		
26	4.46	149.17	6.68	144.71	299.78	23.60	1.84		

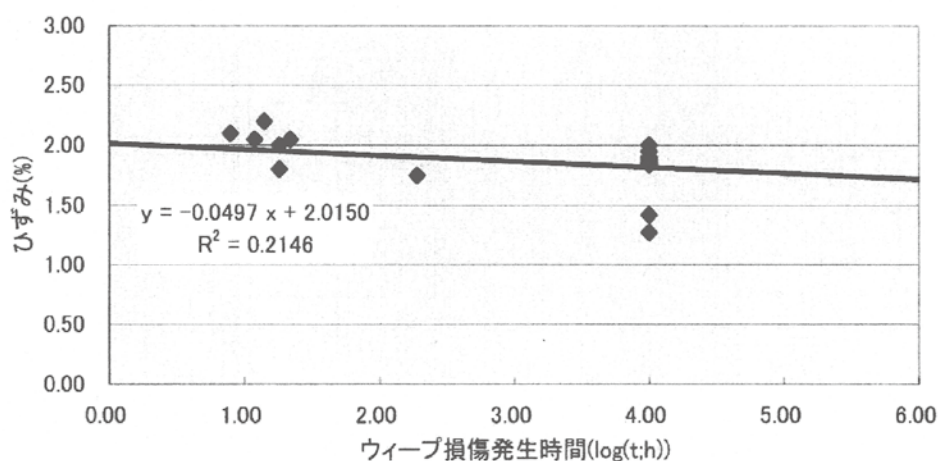


図1 ひずみとウィーブ損傷時間の関係

表2 50年後のひずみの推定 (外挿値)

項目	結果
回帰式	$y = -0.0497x + 2.0150$ y: ひずみ (%) x: 経過時間 (h) の対数
50年後のひずみ外挿値 (%)	1.73

表3 JSWAS K-2による基準値(管のひずみ)の計算結果

項目	単位	結果
補正対象となる 管の外圧剛性: SN	N/m ²	45303
補正対象となる管の 耐酸試験のたわみ率: Vt ₁	%	2.59
JSWAS K-2による基準値 (管のひずみ): ε	%	0.392

注) 平均厚さ: 5.23mm、平均直径: 143.8mmとして換算した値。

(試験に用いた各試料の寸法の平均値を用いた。)

表4 参考 JSWAS K-2による基準値(管のひずみ)について

基準値(管のひずみ)は、JSWAS K-2(参考資料3)耐酸試験の2.「耐酸試験のたわみ率について」の式(3.1)に下記の値を用いて補正した後、JSWAS K-2の4.4の式(1)によって算出した。
なお、SN₁: 補正対象となる管の外圧剛性は、JSWAS K-2(参考資料3)の2.4外圧剛性及び許容たわみ率が異なる場合の補正式(参考)の(3)外圧剛性とたわみ率の係数に規定されている式を用いて求めた。

【耐酸性試験のたわみ率の補正式】		Vt ₁ : 補正対象となる管の耐酸試験のたわみ率 (%)
		Vt ₂ : 基本となる管の耐酸試験のたわみ率 (=9.0%) JSWAS K-2より
$V_{t1} = \left[\frac{E_1 \cdot SN_2}{E_2 \cdot SN_1} \right]^{1/3} \cdot \frac{V_{a1}}{V_{a2}} \cdot V_{t2} \cdots (1)$		E ₁ : 補正対象となる管の弾性係数 (=11.3GN/m ²) 呼び径: 200 JSWAS K-2より
		E ₂ : 基本となる管の弾性係数 (=14.7GN/m ²) JSWAS K-2より
		SN ₁ : 補正対象となる管の外圧剛性 (=24000N/m ²) JSWAS K-2より
		SN ₂ : 基本となる管の外圧剛性 (=10,000N/m ²) JSWAS K-2より
		V _{a1} : 補正対象となる管の許容たわみ率 (=2.1%) 呼び径: 200 JSWAS K-2より
		V _{a2} : 基本となる管の許容たわみ率 (%) (=5.0%) JSWAS K-2より
【外圧剛性とたわみ率の関係式】		SN : 補正対象となる管の外圧剛性 (N/m ²)
$SN = \frac{E_1 \cdot t^3}{12 \cdot (dm)^3} \cdots (2)$		E ₁ : 補正対象となる管の弾性係数 (=11.3GN/m ²) 呼び径: 200 JSWAS K-2より
		dm : 補正対象となる管の平均管厚中心直径 (=0.2442m) 試験結果より
		t : 補正対象となる管の平均管厚 (=0.006017m) 試験結果より
【基準値(管のひずみ)の算出式】		ε : JSWAS K-2による基準値 (管のひずみ) (%)
$\varepsilon = \frac{42800 \cdot t \cdot V}{dm \cdot (100 + 0.5 \cdot V)^2} \cdots (3)$		t : 補正対象となる管の平均管厚 (=0.006017m) 試験結果より
		dm : 補正対象となる管の平均管厚中心直径 (=0.2442m) 試験結果より
		V : 耐酸試験のたわみ率 (=4.0642%)
		※ただし、Vt ₁ を用いる。

8-4 耐薬品性能

1) 耐薬品性試験

① 試験方法

JSWAS K-2「下水道用強化プラスチック複合管」の耐薬品性試験に従い試験片を更生管より採取し試験を行った。

試 験 結 果 (BBG-自立管)

試験液の種類	質量変化率(%)	規格値(%)
水 (蒸留水)	+0.12	±0.30
塩化ナトリウム水溶液 (10%)	+0.10	
硫 酸 (30%)	+0.06	
硝 酸 (40%)	+0.18	
水酸化ナトリウム水溶液 (40%)	-0.04	

2020年4月1日 (一財)高分子試験・評価センター 試験報告書より

試 験 結 果 (BBG-二層構造管)

試験液の種類	質量変化率(%)	規格値(%)
水 (蒸留水)	+0.12	±0.30
塩化ナトリウム水溶液 (10%)	+0.10	
硫 酸 (30%)	+0.06	
硝 酸 (40%)	+0.20	
水酸化ナトリウム水溶液 (40%)	-0.04	

2020年4月1日 (一財)高分子試験・評価センター 試験報告書より

試験報告書

2020年4月1日

FRP工法協会 殿

一般財団法人 化学研究評価機構
高分子試験・評価センター

大阪事業所 所長 荒川 一聡

〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3

TEL 06-6788-8134 FAX 06-6788-7891

品 名	検査名：耐薬品性試験 (JSWAS K-2) 品 名：FRP光硬化取付管ライニング工法 BBG 自立管仕様 耐酸性ガラス繊維、ビニルエステル樹脂
試験方法	耐薬品性試験：JSWAS K-2-2017(下水道用強化プラスチック複合管)による。 浸せき温度：60±2℃ 浸せき時間：5時間
試験年月日	2020年3月31日

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験項目	試験液の種類	質量変化率(%)	
		測定値	平均値
耐薬品性試験	水 (蒸留水)	+0.12	+0.12
		+0.11	
	塩化ナトリウム水溶液 (濃度：10%)	+0.10	+0.10
		+0.09	
	硫酸 (濃度：30%)	+0.06	+0.06
		+0.06	
	硝酸 (濃度：40%)	+0.18	+0.18
		+0.19	
	水酸化ナトリウム水溶液 (濃度：40%)	-0.04	-0.04
		-0.04	

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けてください。

試験報告書

2020年4月1日

FRP工法協会 殿

一般財団法人 化学研究評価機構
高分子試験・評価センター

大阪事業所 所長 荒川 一聡

〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3
TEL 06-6788-8134 FAX 06-6788-7891

品 名	検査名：耐薬品性試験 (JSWAS K-2) 品 名：FRP光硬化取付管ライニング工法 BBG 二層構造管仕様 耐酸性ガラス繊維、ビニルエステル樹脂
試 験 方 法	耐薬品性試験：JSWAS K-2-2017(下水道用強化プラスチック複合管)による。 浸せき温度：60±2℃ 浸せき時間：5時間
試 験 年 月 日	2020年3月31日

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験項目	試験液の種類	質量変化率(%)	
		測定値	平均値
耐薬品性試験	水 (蒸留水)	+0.12	+0.12
		+0.13	
	塩化ナトリウム水溶液 (濃度：10%)	+0.10	+0.10
		+0.10	
	硫酸 (濃度：30%)	+0.07	+0.06
		+0.06	
	硝酸 (濃度：40%)	+0.21	+0.20
		+0.20	
	水酸化ナトリウム水溶液 (濃度：40%)	-0.04	-0.04
		-0.04	

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けてください。

2) 新耐薬品性試験

管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドラインー2017ーにより、浸漬後曲げ試験（基本試験）を行い、耐薬品性を確認した。

基本試験（試験液：8種、温度：23℃、期間：28日）

試験液浸漬28日後の曲げ強さ保持率及び曲げ弾性率保持率80%以上

試験液の種類	曲げ強さ保持率 (%)	曲げ弾性率保持率 (%)
蒸留水	91	103
硫酸 (10%)	96	101
硝酸 (10%)	96	101
水酸化ナトリウム水溶液 (1%)	94	101
酢酸 (5%)	92	100
合成洗剤 (0.1%)	96	101
次亜塩素酸ナトリウム水溶液 (5%)	99	101
植物油	106	103

試験結果：2020年6月2日 （一財）高分子・評価センター試験報告書より

No. 0-20000103-001

試験報告書

2020年6月2日

FRP工法協会 殿

一般財団法人 化学研究評価機構
 高分子試験・評価センター
 大阪事業所 所長 荒川 一聡
 〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3
 TEL 06-6788-8134 FAX 06-6788-7891

品 名	検査名：浸漬後曲げ試験 ―基本試験― 工法名：FRP光硬化取付管ライニング工法 品 名：BBG
試験方法	浸漬後曲げ試験：試験報告書2ページのとおり。
試験年月日	2020年5月29日

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験結果：別紙のとおり

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けてください。

浸漬後曲げ試験

- (1) 試験方法：「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドラインー2017年版ー 参考資料12. 熱硬化タイプ、光硬化タイプに関する耐薬品性試験方法について」による。
- (2) 浸漬条件：基本試験：試験液8種^{※1}、温度：23℃、期間：28日
※1 試験液：蒸留水、10%硫酸、10%硝酸、1%水酸化ナトリウム水溶液、5%酢酸、植物油、0.1%合成洗剤、5%次亜塩素酸ナトリウム水溶液
- (3) 曲げ試験方法：JIS K 7171：2008（プラスチックー曲げ特性の求め方）による。
- (4) 曲げ試験片作製方法：センターで作製
- (5) 試験片加工方法：切削加工
- (6) 曲げ試験片の寸法：幅 15mm, 長さ 100mm
- (7) 曲げ試験の試験速度：2mm/min
- (8) 曲げ試験の支点間距離, 圧子の半径及び支持台の半径：80mm, 5mm, 5mm
- (9) 曲げ試験片の状態調整温度、湿度及び時間：23±2℃, (50±5)%, 2時間以上48時間以内
- (10) 試験室の温度及び湿度：23±2℃, (50±5)%
- (11) 試験した曲げ試験片の数：n=5（基本試験 ブランク品についてはn=7）
- (12) 使用試験機：オートグラフAG-20kNXD（株式会社島津製作所製）「使用ロードセル 20kN」
- (13) 試験機の等級：1等級（JIS B 7721：2009）

試験結果：基本試験

測定項目	試料番号	曲げ強さ (N/mm ²)	
		測定値	平均値
初期の曲げ強さ	1	142	139
	2	144	
	3	132	
	4	141	
	5	138	
	6	135	
	7	141	

※ 7本のデータより最大最小を除いた5本のデータで平均値を計算。

浸漬温度：23±2℃、浸漬期間：28日

測定項目	試料番号	浸漬後の曲げ強さ (N/mm ²)		曲げ強さ保持率(%)
		測定値	平均値	
蒸留水	8	134	127	91
	9	123		
	10	122		
	11	138		
	12	120		
10%硫酸	13	126	133	96
	14	131		
	15	137		
	16	128		
	17	141		
10%硝酸	18	133	133	96
	19	130		
	20	130		
	21	135		
	22	138		
1%水酸化ナトリウム水溶液	23	121	130	94
	24	132		
	25	129		
	26	134		
	27	136		
5%酢酸	28	125	128	92
	29	126		
	30	120		
	31	136		
	32	133		

浸漬温度：23±2℃、浸漬期間：28日

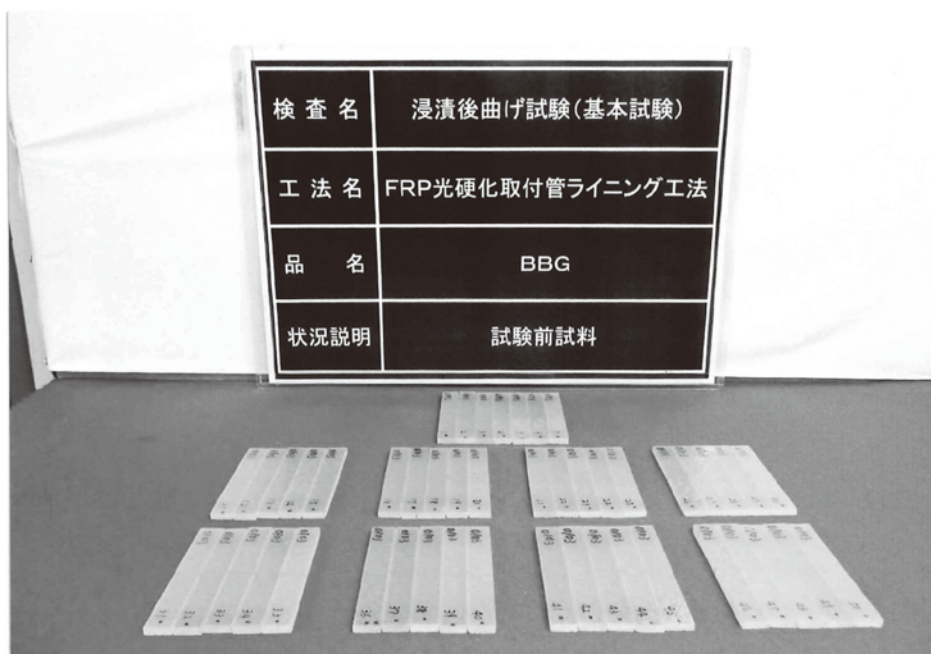
測定項目	試料番号	浸漬後の曲げ強さ (N/mm ²)		曲げ強さ保持率 (%)
		測定値	平均値	
0.1%合成洗剤	33	124	132	95
	34	127		
	35	140		
	36	128		
	37	141		
5%次亜塩素酸ナトリウム水溶液	38	127	138	99
	39	140		
	40	150		
	41	142		
	42	133		
植物油	43	151	148	106
	44	142		
	45	145		
	46	150		
	47	154		

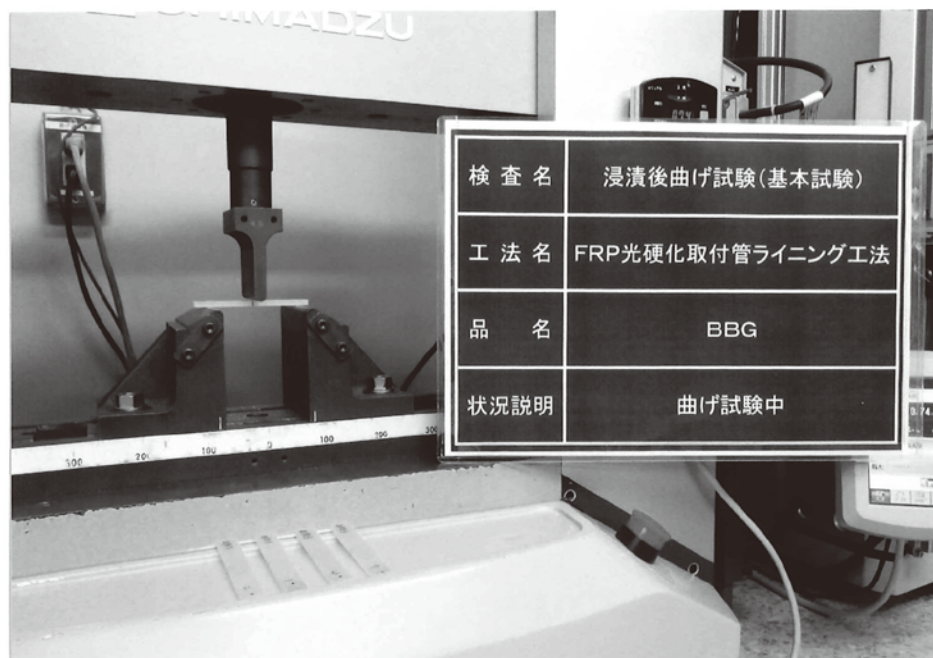
浸漬温度：23±2℃、浸漬期間：28日

試験液	試料番号	曲げ弾性率 (N/mm ²)		曲げ弾性率保持率 (%)	
		浸漬前	浸漬後	測定値	平均値
蒸留水	8	5210	5350	103	103
	9	4570	4610	101	
	10	4420	4460	101	
	11	5280	5420	103	
	12	4640	4870	105	
10%硫酸	13	5450	5520	101	101
	14	5580	5630	101	
	15	5530	5640	102	
	16	5690	5730	101	
	17	5770	5910	102	
10%硝酸	18	5440	5520	101	101
	19	5570	5650	101	
	20	5520	5550	101	
	21	5570	5590	100	
	22	5390	5560	103	
1%水酸化ナトリウム水溶液	23	4950	4990	101	101
	24	5420	5530	102	
	25	5440	5500	101	
	26	5550	5620	101	
	27	5470	5520	101	

浸漬温度：23±2℃、浸漬期間：28日

試験液	試料 番号	曲げ弾性率(N/mm ²)		曲げ弾性率保持率(%)	
		浸漬前	浸漬後	測定値	平均値
5%酢酸	28	5330	5440	102	100
	29	5120	5050	99	
	30	4960	4940	100	
	31	5180	5170	100	
	32	5500	5560	101	
0.1%合成洗剤	33	5310	5300	100	101
	34	5020	4980	99	
	35	5560	5700	103	
	36	5500	5530	101	
	37	5620	5750	102	
5%次亜塩素酸ナトリウム水溶液	38	5320	5410	102	101
	39	5670	5700	101	
	40	6050	6100	101	
	41	5880	5950	101	
	42	5780	5840	101	
植物油	43	6120	6210	101	103
	44	5740	5890	103	
	45	5820	6020	103	
	46	5960	6210	104	
	47	6110	6330	104	





— 以下余白 —

8-5 耐摩耗性能

1) 試験方法

JIS A 1452(建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法 落砂法)に準拠し、更生材と同一の平板試験片を作成し、塩化ビニル板との比較試験を行った。

試 験 結 果

材	料	質量変化量(mg)
BBG取付管ライナー	(自立管)	0.2
	(二層構造管)	0.2
塩化ビニル板		0.5

試験値：2020年4月1日 (一財)高分子試験・評価センター 試験報告書より

試験報告書

2020年4月1日

FRP工法協会 殿

一般財団法人 化学研究評価機構
 高分子試験・評価センター
 大阪事業所 所長 荒川 一聡
 〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3
 TEL 06-6788-8134 FAX 06-6788-7891

品 名	検査名：摩耗試験 (JIS A 1452) 品 名：比較用 硬質塩ビ板
試験方法	下記のとおり。
試験年月日	2020年3月31日

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験方法

摩耗試験：JIS A 1452：2015（建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法（落砂法））に準拠。

研削材の粒度：80番 カーボランダム

研削材の落下量：200±10g/分

研削材の落下総量：2000g

試験後の試料処理：綿布で軽く汚れを拭う

試験後の評価：質量測定

試験結果

試験項目	試料番号	試験前質量 (mg)	試験後質量 (mg)	摩耗質量(mg)	
				測定値	平均値
摩耗試験	1	18164.6	18164.2	0.4	0.5
	2	18613.4	18612.9	0.5	
	3	18559.6	18559.0	0.6	

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けてください。

試験報告書

2020年4月1日

FRP工法協会 殿

一般財団法人 化学研究評価機構
高分子試験・評価センター

大阪事業所 所長 荒川 一聡

〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3

TEL 06-6788-8134 FAX 06-6788-7891

品 名	検査名：摩耗試験（JIS A 1452） 品 名：FRP光硬化取付管ライニング工法 BBG 自立管仕様 耐酸性ガラス繊維、ビニルエステル樹脂
試験方法	下記のとおり。
試験年月日	2020年3月31日

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験方法

摩耗試験：JIS A 1452：2015（建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法（落砂法））に準拠。

研削材の粒度：80番 カーボランダム

研削材の落下量：200±10g/分

研削材の落下総量：2000g

試験後の試料処理：綿布で軽く汚れを拭う

試験後の評価：質量測定

試験結果

試験項目	試料番号	試験前質量 (mg)	試験後質量 (mg)	摩耗質量(mg)	
				測定値	平均値
摩耗試験	1	13903.0	13902.8	0.2	0.2
	2	14136.9	14136.8	0.1	
	3	14277.9	14277.7	0.2	

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けてください。

8-6 引張・圧縮試験

1) 引張方法

JIS K 7161 (プラスチック引張特性の試験方法)によるBBGライナーの試験結果

	BBGライナー	
	引張強度	引張弾性率
短期保証値	18.0	2,500
試験値	26.8	5,940

試験値：平成20年1月21日 (一財)高分子試験・評価センター 試験報告書より

2) 圧縮試験

JIS K 7181 (プラスチック圧縮特性の試験方法)によるBBGライナーの試験結果

	BBGライナー	
	圧縮強度	圧縮弾性率
短期保証値	60.0	2,000
試験値	120.0	3,730

試験値：平成19年1月19日 (一財)建材試験センター 試験報告書より

試験報告書

試 〇 7 - 3 3 6 2 号

平成 20 年 1 月 21 日

東京都新宿区三栄町 1-9 大久保ビル 2F
エスジーシー下水道センター 株式会社 殿

〒577-0065 大阪府東大阪市葛井田中1-5-3
経済産業省：工業標準化法に基づく指定検査機関
厚生労働省：食品衛生法に基づく登録検査機関
財団法人 化学技術戦略推進機構
高分子試験・評価センター 大阪事業所
所長 伊藤 山 茂
TEL. 06-6788-8134 FAX. 06-6788-7891

品 名	FRP 光硬化取付管ライニング工法 BBG（ガラスパイル、 $t = 3.0 \text{ mm}$ 以上）、大阪市
試 験 方 法	引張試験：試験報告書 2 ページのとおり。
試 験 年 月 日	平成 20 年 1 月 21 日 完了

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験項目	試料 番号	引張強さ (MPa)		引張弾性率 (MPa)	
		測定値	平均値	測定値	平均値
引張試験	1	28.4	26.8	5820	5940
	2	26.0		5860	
	3	28.4		6230	
	4	26.4		5700	
	5	24.6		6080	

(試験報告書枚数合計 4 枚)

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けて下さい。

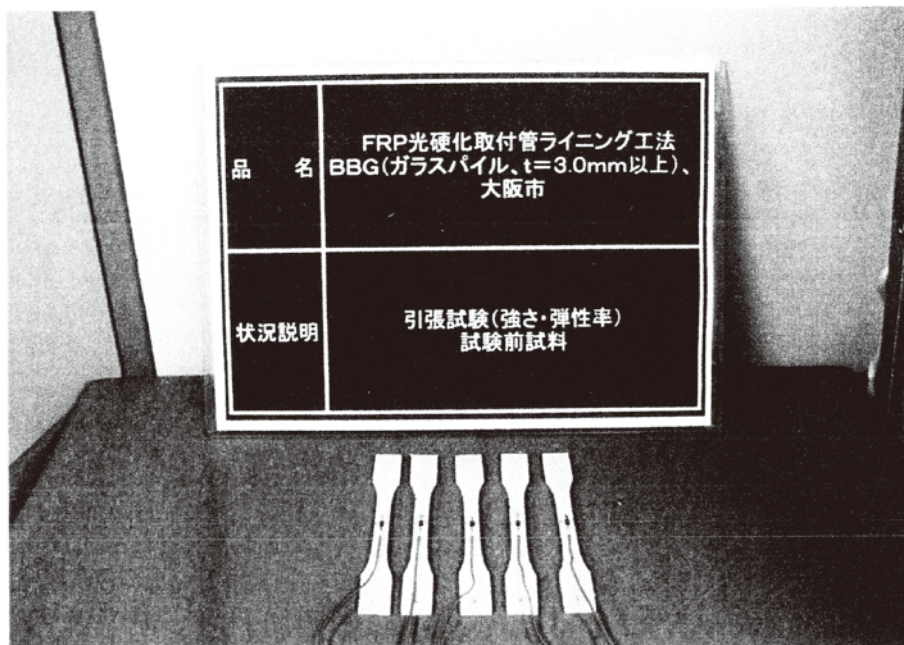
承認者	担当者	担当者
		



引張試験（引張強さ、引張弾性率）

- (1) 試験方法：JIS K 7161：1994（プラスチック－引張特性の試験方法）による。
- (2) 試験片作製方法：試験片で持ち込み
- (3) 試験片加工方法：-----
- (4) 試験片の種類：1 A形試験片
- (5) 試験片の採取方向：-----
- (6) 試験速度
引張強さ：5 mm/min
引張弾性率：1 mm/min
- (7) 標線間距離：-----
- (8) 試験片状態調整の温度、湿度及び時間：23 ± 2℃，50 ± 5%，48時間以上
- (9) 試験室の温度及び湿度：23 ± 2℃，50 ± 5%
- (10) 試験した試験片の数：n = 5
- (11) 使用試験機：オートグラフ AG-10TB（株島津製作所製）「使用ロードセル 100kN」
- (12) 試験機の精度：1等級（JIS B 7721:2002）

承認者	担当者	担当者
		

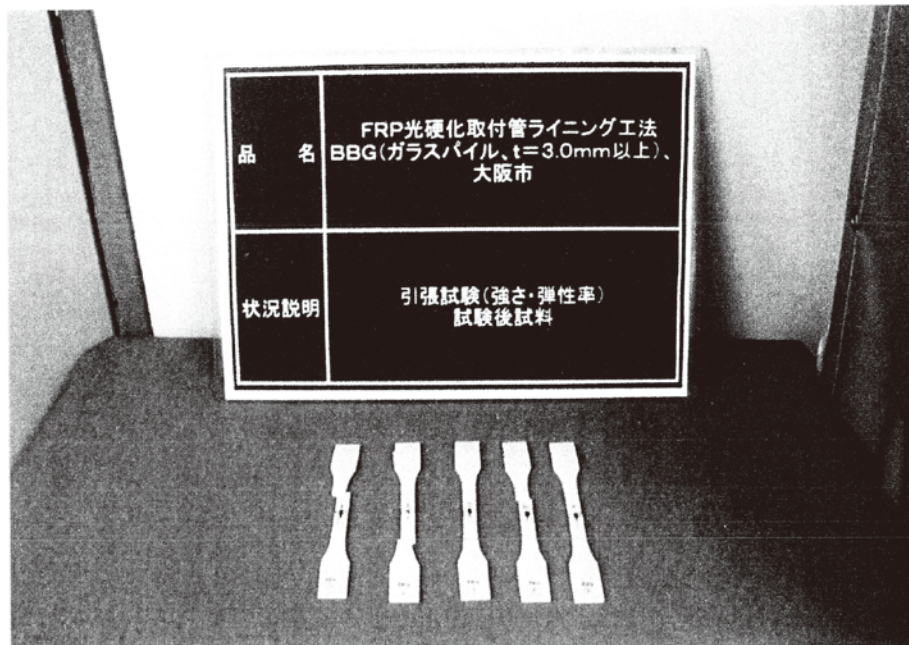


試 験 前



試 験 中

承認者	担当者	担当者
		



試 験 後

— 以下余白 —

承認者	担当者	担当者
		



受付第06A2957号
受付日：平成18年12月26日

品質性能試験報告書

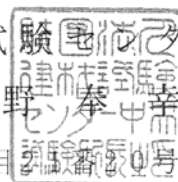
依頼者 エスジーシー下水道センター株式会社
代表取締役 日 沼 史 人 様
東京都新宿区三栄町 1 9 大久保ビル2F

試験名称 F R P 光 硬 化 取 付 管 ラ イ ニ ン グ 工 法 の 性 能 試 験

標記試験結果は本報告のとおりであることを証明します。

平成19年 1月19日

財団法人 建 材 試 験 有 限 公 司
中央試験所長 勝 野 幸 一
埼玉県草加市稲荷5丁目



品質性能試験報告書

試験名称	F R P 光 硬 化 取 付 管 ラ イ ニ ン グ 工 法 の 性 能 試 験						
依 頼 者	エ ス ジ ー シ ー 下 水 道 セ ン タ ー 株 式 会 社						
試 験 項 目	圧縮強さ、圧縮弾性率						
試 験 片	名 称 ： F R P 光 硬 化 取 付 管 ラ イ ニ ン グ 工 法 材 質 ： B B G （ ガ ラ ス パ イ ル ） ， ビ ニ ル エ ス テ ル 樹 脂 寸法及び数量 ： 長さ；1 0 mm ， 幅；1 0 mm ， 厚さ；4 mm（圧縮強さ試験用） ， 5 個 長さ；5 0 mm ， 幅；1 0 mm ， 厚さ；4 mm（圧縮弾性率試験用） ， 5 個						
試 験 方 法	JIS K 7181（プラスチック－圧縮特性の試験方法）に従った。試験速度は1mm/minとした。 試験状況を写真－1及び写真－2に示す。						
試 験 結 果	試験項目	試験片 番 号	試験片寸法 mm		試験片の初めの 平 均 断 面 積 mm ²	最 大 荷 重 N	圧 縮 強 さ MPa（N/mm ² ）
			幅	厚 さ			
	圧縮強さ	1	9.96	3.37	33.6	3800	113
		2	10.00	3.38	33.8	4130	122
		3	9.98	3.34	33.3	3620	109
		4	10.13	3.33	33.7	4190	124
		5	9.97	3.33	33.2	4430	133
		平 均	—	—	—	—	120
	備 考 ： 試験結果の算出式を参考資料に示す。						

つづく

つづき

試験項目	試験片 番 号	試験片寸法 mm		試験片 の初め の平均 断面積 mm ²	ひずみ 0.0005 における 荷 重 N	ひずみ 0.0005 における 圧縮応力 MPa (N/mm ²)	ひずみ 0.0025 における 荷 重 N	ひずみ 0.0025 における 圧縮応力 MPa (N/mm ²)	圧縮弾性率 MPa (N/mm ²)	
		幅	厚 さ							
試験結果	圧縮弾性率	1	10.07	3.45	34.7	63.1	1.82	321	9.25	3720
		2	9.99	3.39	33.9	63.2	1.86	310	9.14	3640
		3	9.99	3.47	34.7	64.9	1.87	324	9.34	3740
		4	9.87	3.37	33.3	59.9	1.80	309	9.28	3740
		5	10.05	3.40	34.2	61.7	1.80	321	9.39	3800
		平均	—	—	—	—	—	—	—	3730
		備 考 : 荷重－ひずみ曲線を図－1～図－5に示す。また、試験結果の算出式を参考資料に示す。								
	試験期間	平成19年 1月16日								
担当者	材料グループ 試験監督者 熊 原 進 試験責任者 箕 輪 英 信 試験実施者 箕 輪 英 信									
試験場所	中 央 試 験 所									

(財) 建材試験センター

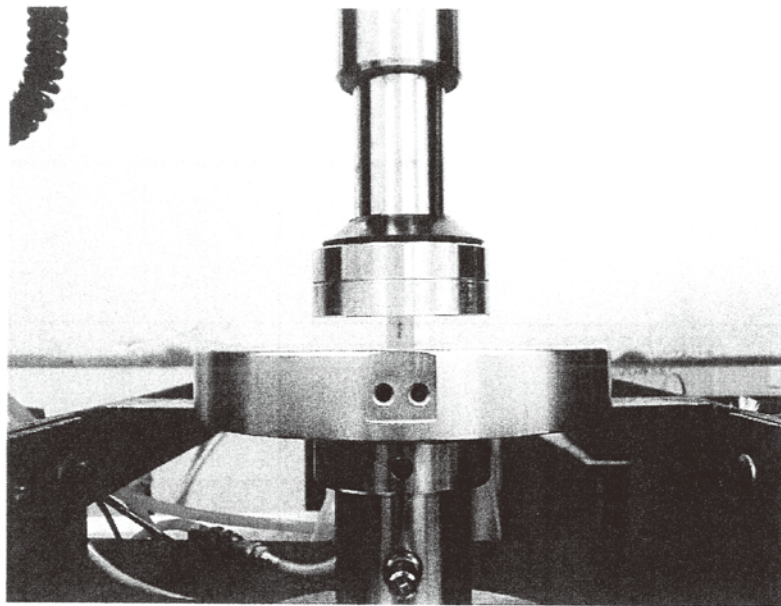


写真-1 試 験 状 況 (圧 縮 強 さ)

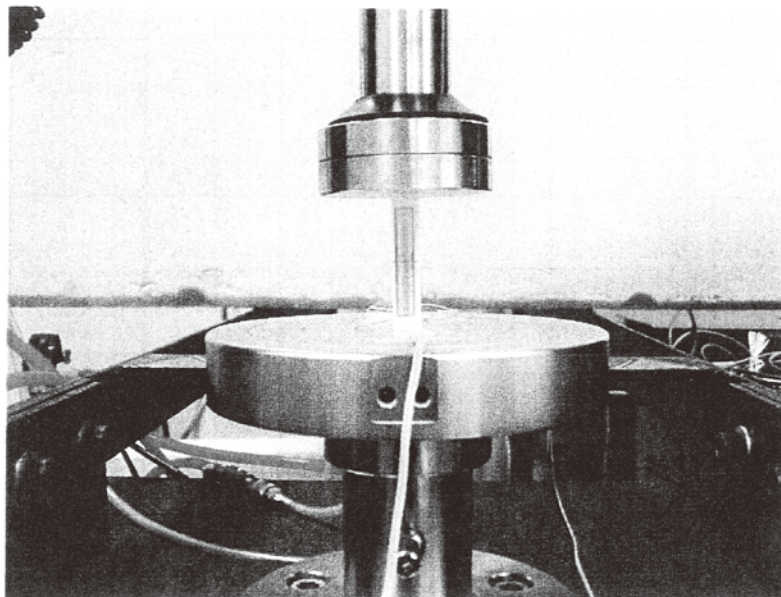


写真-2 試 験 状 況 (圧 縮 弾 性 率)

(財) 建材試験センター

8-7 外圧強さ性能試験(自立管)

1) 試験方法

JSWAS K-1(下水道用硬質塩化ビニル管 5・5偏平試験)に準拠し、更生管より試験片を採取し、5%偏平試験を行い下水道用硬質塩化ビニル管の規格値との比較試験を行った。

試 験 結 果

材 料	呼び径	呼び厚さ	線荷重(KN/m)	規格値(KN/m)
FRP取付管ライナー	φ150	4.0	7.24	3.38 以上
	φ200	5.5	6.61	4.28 以上

試験値：平成22年11月11日 (一財)高分子試験・評価センター 試験報告書より

FRP光硬化取付管ライニング管(自立管)は、下水道用硬質塩化ビニル管の規格値以上であることを(公財)日本下水道新技術機構の技術審査証明でも取得した。

試験報告書

No. O100-06332-001

平成 22 年 11 月 17 日

滋賀県甲賀市水口町宇川1426-5

エスジーシー下水道センター株式会社 殿

財団法人 化学技術戦略推進機構
高分子試験・評価センター 大阪事業所
〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3
TEL. 06-6788-8134 FAX. 06-6788-7891

品 名	検査名：偏平試験 (JSWAS K-I)
	品 名：FRP光硬化取付管ライニング工法 BBGφ150 4.0 mm
試 験 方 法	偏平試験：試験報告書2ページのとおり。
試 験 年 月 日	平 成 22 年 11 月 17 日 完 了

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験項目	圧縮量(mm)	線荷重(kN/m)
偏平試験	8	7.24

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けて下さい。

発行責任者	担当者
加藤	楠岡

試験報告書

No. O100-06332-002

平成 22 年 11 月 17 日

滋賀県甲賀市水口町宇川 1426-5

エスジーシー下水道センター株式会社 殿

財団法人 化学技術戦略推進機構
高分子試験・評価センター 大阪事業所
〒577-0065 大阪府東淀川区高井田中1-5-3
TEL. 06-6788-8134 FAX. 06-6788-7891

品 名	検査名：偏平試験 (JSWAS K-1)
	品 名：FRP 光硬化取付管ライニング工法 BBGφ200 5.5 mm
試 験 方 法	偏平試験：試験報告書2ページのとおり。
試 験 年 月 日	平成 22 年 11 月 17 日 完了

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験項目	圧縮量(mm)	線荷重(kN/m)
偏平試験	11	6.61

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けて下さい。

発行責任者	担当者
加藤	楯岡

8-8 水密性能試験

更生後の内・外水圧性能は、単体および一体型補修管において、0.10MPaに耐える水密性を有すると認められる。

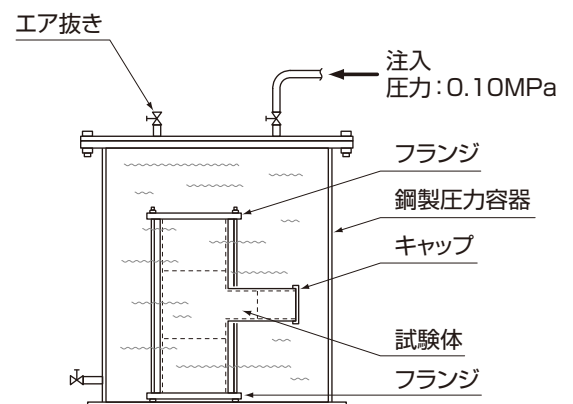
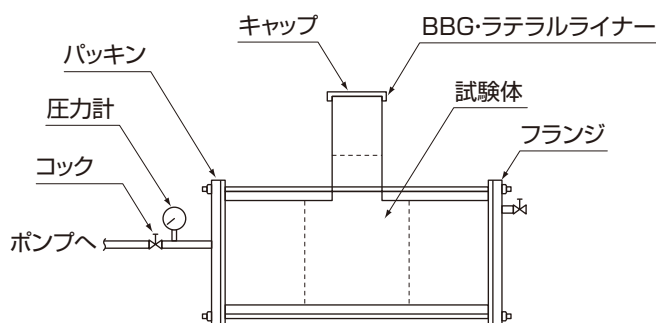
(公財)日本下水道新技術機構 2002年10月「シームレスシステム工法」審査証明取得



内水圧試験



外水圧試験



試 験 体	内 水 圧	外 水 圧	結 果
BBG(ラテラルライナー)	0.10MPa	0.10MPa	3分間 漏水なし
更生管対応一体型(ユナイトライナー)	0.10MPa	0.10MPa	3分間 漏水なし

BBGとラテラルライナー、更生管対応一体型とユナイトライナーは同一材料です。

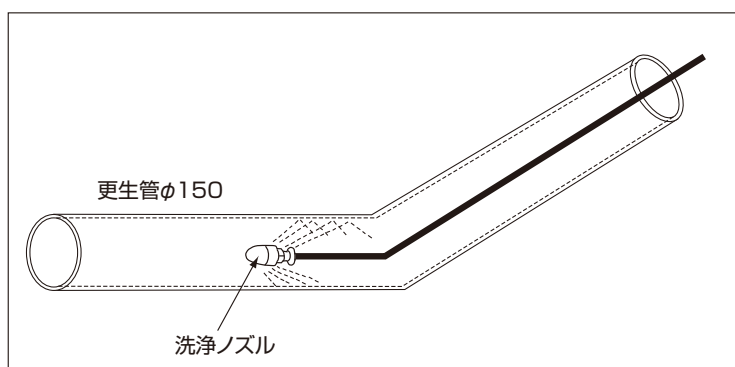
8-9 耐高圧洗浄性能試験

(ライニング後の更生管 高圧洗浄(ポンプ圧力 15Mpa)に耐えること)

1)試験方法(取付管)

ライニング後の更生管に洗浄ノズル(30度、10穴)を用いて、ポンプ圧力15Mpaの高圧洗浄水を3分間噴射させ、ライニング材の損傷等の有無を目視で確認する。

高圧洗浄試験概略図

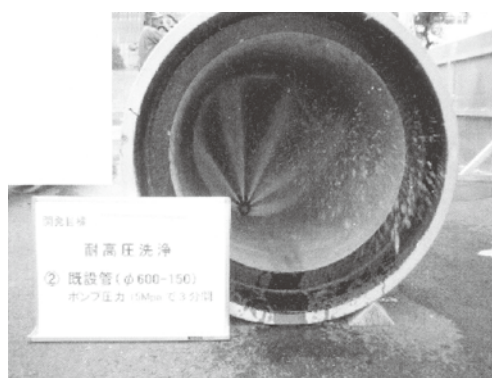


試験結果

噴射時間	試験結果
3分間	異常なし

2)一体型補修材の試験

更生後の一体型接合部分に、洗浄ノズル(9穴)を使用し、ポンプ圧力15MPaで3分間噴射させ、補修材の剥離、はがれ等異常の有無を確認した。(立会い試験)



試験結果

種類	噴射時間	試験結果	備考
既設管	3分間	異常なし	既設管に一体型補修施工
更生管		異常なし	更生管に一体型補修施工

2006年3月 (公財)日本下水道新技術機構 技術審査取得

9 FRP取付管ライナーの製造及び品質管理

9-1 製造工程

(1) インナーフィルム及びアウターフィルムの測長と裁断。

- ※チェックポイント：①フィルムに異物や着色、損傷などの異常はないか
②フィルム折径と厚みが規格に適合しているか
③裁断したフィルム長さが注文書と同じであるか

(2) ライナー繊維の測長と裁断。

- ※チェックポイント：①繊維に異物や汚れ、損傷などの異常はないか
②繊維折径が規格に適合しているか
③裁断した繊維長さが注文書と同じであるか

(3) フィルムに繊維を装填し、各材料をフィルム内の所定の位置に配置する。

- ※チェックポイント：①装填した材料構成に誤りはないか（裏表、順番など）

(4) 樹脂に増粘剤を混合する。混合比は作業指示書に従う。

- ※チェックポイント：①樹脂と増粘剤に異物混入や変色などの異常はないか
②樹脂に添加した増粘剤の量に誤りはないか

(5) 混合した樹脂を注入して繊維に含浸及び真空脱泡し、含浸部厚みを規定厚みに調整する。

その後、余分な樹脂を除去（排出）する。

- ※チェックポイント：①含浸漏れ（フィルム損傷）はないか
②空気溜まりはないか
③フィルムや繊維にシワやヨレができていないか
④厚み調整用ローラーの高さは正しい位置にあるか

(6) 材料先頭側にボビンを装着する。

- ※チェックポイント：①フィルム全周がボビンバンドで固定されているか
②フィルムがボビンの端部から 10mm 以上はみ出していないか

(7) 梱包（箱詰め）。

- ※チェックポイント：①箱内に設けた遮光袋に破損はないか
②つづら折りにした材料に樹脂逃げや偏りはないか

9-2 品質管理

- (1) 外観検査 ①フィルムから樹脂漏れの無きこと
 ②樹脂含浸部にエア溜まりの無きこと
 ③材料やフィルムに、施工上で悪影響を及ぼすシワの無きこと

検査内容を下表に示す。(製造証明書記載事項)

項 目	単位	規 格 値	検査結果	合 否
樹脂モレ	—	無し	無し	合格
エアー溜まり	—	無し	無し	合格
F シワ	—	無し	無し	合格

- (2) 寸法検査 ①ボビン部フィルム長さ
 ②含浸部長さ
 ③発進部フィルム長さ
 ④含浸部厚さ
 ⑤製品重量 (総重量を測定し、単位重量を算出する)

検査内容を下表に示す。(製造証明書記載事項)

●管径 150mm (呼び厚さ 4.0mm)

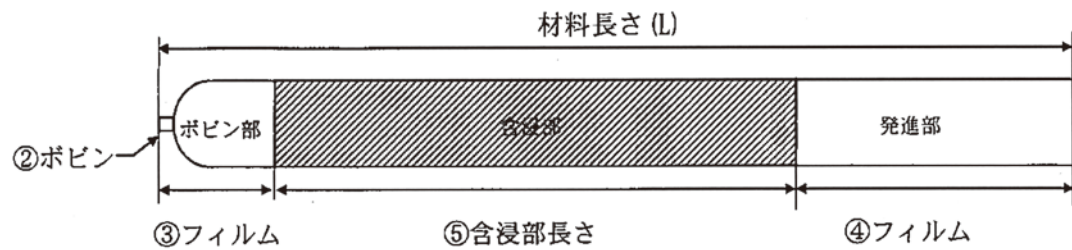
項 目	単位	規 格 値	検査結果	合 否
材料長さ(L)	m	注文材料長さ 以上	○.○○	合格
含浸部長さ(⑤)	m	注文含浸部長さ 以上	△.△△	合格
含浸部厚さ	mm	4.20 ~ 6.20	□.□□	合格
製品重量(①)	kg	—	◎◎.◎◎	—
単位重量(⑥)	kg/m	2.50 ~ 3.50	▽.▽▽	合格

●管径 200mm (呼び厚さ 5.5mm)

項 目	単位	規 格 値	検査結果	合 否
材料長さ(L)	m	注文材料長さ 以上	○.○○	合格
含浸部長さ(⑤)	m	注文含浸部長さ 以上	△.△△	合格
含浸部厚さ	mm	5.70 ~ 8.20	□.□□	合格
製品重量(①)	kg	—	◎◎.◎◎	—
単位重量(⑥)	kg/m	4.00 ~ 5.50	▽.▽▽	合格

製品検査項目の補足（製造証明書より抜粋）

注 1) 単位重量の算出方法



$$\text{⑥単位重量 (kg/m)} = \frac{\text{①} - (\text{理論値②} + \text{③} + \text{④})}{\text{⑤}}$$

注 2) 材料長さ (L) = ボビン部+含浸部+発進部

— 以上 —

9-3 製造証明書

有効期限
2ヵ月

(出荷日)

平成25年**月**日

製造証明書

FRP光硬化取付管ライニング工法

FRP取付管ライナー(BBG自立管仕様)

(ソフトスリーブ)

品名	FUJI LINER-UV#6RBBG FRP取付管ライナー(BBG自立管仕様)	管径	φ150	材料長 (含浸長)	4.88 (3.20) m	呼び厚さ	— (4.0) mm
Lot No.	13**** — B99						
製造日	平成25年**月**日						
呼び径	150mm (取付管)						
呼び厚さ	4.0mm						
注文含浸長	3.20m						
構成材料比率	光硬化性ビニルエステル樹脂		55 ~ 75 %				
	耐酸性ガラス繊維・内外フィルム等		25 ~ 45 %				

製品検査

項目	単位	規格値	検査結果	合否	
外観	樹脂モレ	—	無し	合格	
	エア溜まり	—	無し	合格	
	Fシワ	—	無し	合格	
寸法	材料長さ(L)	m	4.88 以上	4.98	合格
	含浸部長さ(⑤)	m	3.20 以上	3.30	合格
	含浸部厚さ	mm	4.20 ~ 6.20	4.50	合格
製品重量(①)	kg	—	9.90	—	
単位重量(⑥)	kg/m	2.50 ~ 3.50	2.91	合格	
総合判定			合格		

注1) 単位重量の算出方法

材料長さ(L)

②ポビン

③フィルム

⑤含浸部長さ

④フィルム

① = (理論値②+③+④) / ⑤

⑥単位重量(kg/m) =

注2) 材料長さ(L) = ポビン部 + 含浸部 + 発進部

(製造元) 富士レジン工業株式会社

〒661-0976 兵庫県尼崎市潮江3丁目1-17

TEL:06-6499-0301 FAX:06-6497-0821

(ISO 9001:2008 Q923)

検査責任者

製造責任者

(販売元) エスジーシー下水道センター株式会社

〒160-0008 東京都新宿区三栄町19 大久保ビル2F

TEL:03-3355-3951 FAX:03-3355-3796

(ISO 9001:2008 Q1035)

10 参考資料

10-1 FRP取付管ライナー(自立管)、一体型補修材の地震時における耐震性の解析

地震時(レベル2)における、FRP取付管ライナーおよび本管と取付管接合部の専用一体型補修材の耐震性能について、九州大学大学院 工学研究院 建設デザイン部門 園田 佳巨教授に依頼し解析を行った。

1. 本検討の目的

図-1 に示す FRP 光硬化取付管ライニング工法は、ソフトスリーブ（ガラス・パイルまたはポリエステル・パイルに光効果性樹脂を含浸させたもの）を樹側より反転または押込み、拡張し、樹より UV ランプを押込みながら、先端に付いている TV カメラによりソフトスリーブ内の拡張状況等を確認した後、UV ランプ照射により光硬化を行い、一体型補修機により本管と取付管接合部分を専用一体型ソフトスリーブ（取付管部と本管部一体型接合部分材料に光硬化性樹脂を含浸させたもの）を装着し、拡張、光硬化により一体型に施工する 2 工程による内面補修工法である。本検討は、本工法により補修された管および管接合部のレベル 2 地震動による損傷度を評価し、クラック等の可能性について数値計算によって検討するものである。

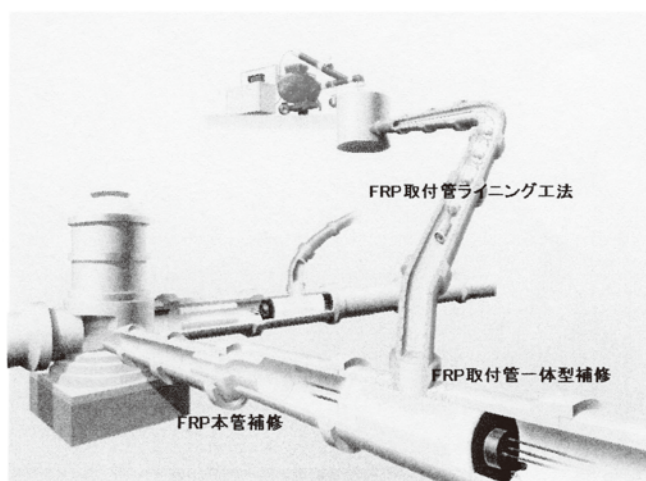


図-1 FRP 光硬化取付管ライニング工法

2. 検討項目

検討項目として以下の2つを挙げる。

- ① 取付管ライニング（更生）管にクラック等が発生しないか。
- ② 接合部が剥がれたり、クラックが発生しないか。

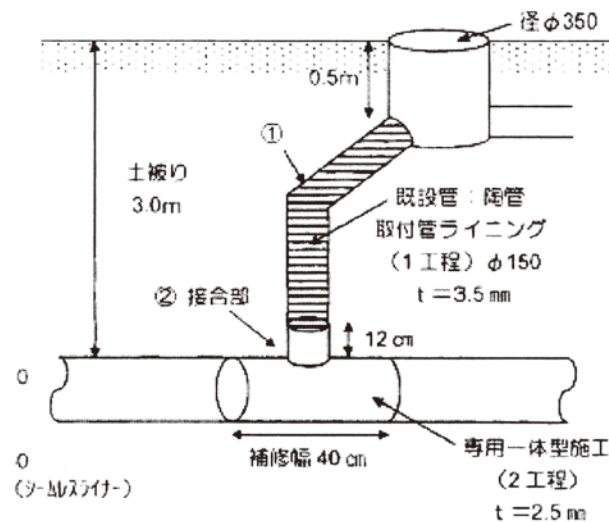


図-2 検討項目

3. 有限要素法を用いた耐震性能の照査

3.1 概要

本解析は、以下の手順に基づき実施した。まず、2次元でモデル化した自然地盤（地中構造物の存在を考慮しない地盤）の地震応答解析を行い、最大応答変位を算出する。得られた最大応答変位を3次元でモデル化したマンホールに静的に強制変位させ、クラック等の可能性について検討した。なお、一連の解析には汎用非線形構造解析プログラムであるMSC.MARC/mentat2010を用いた。

3.2 解析対象

対象地盤は、N値を3程度とする粘性土を想定し、基盤面を地表面から深さ5mとした。また、対象とする地震動は図-3に示す最大加速度がおよそ800galである兵庫県南部地震の神戸海洋気象台で観測された波形など4波形を用いた。対象とする管および管接合部は、図-4に示すような寸法を有するパイプとした。

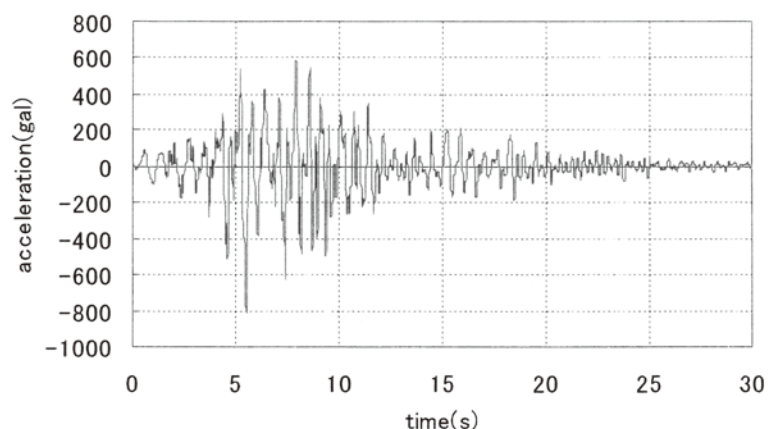


図-3 兵庫県南部地震神戸海洋気象台の記録

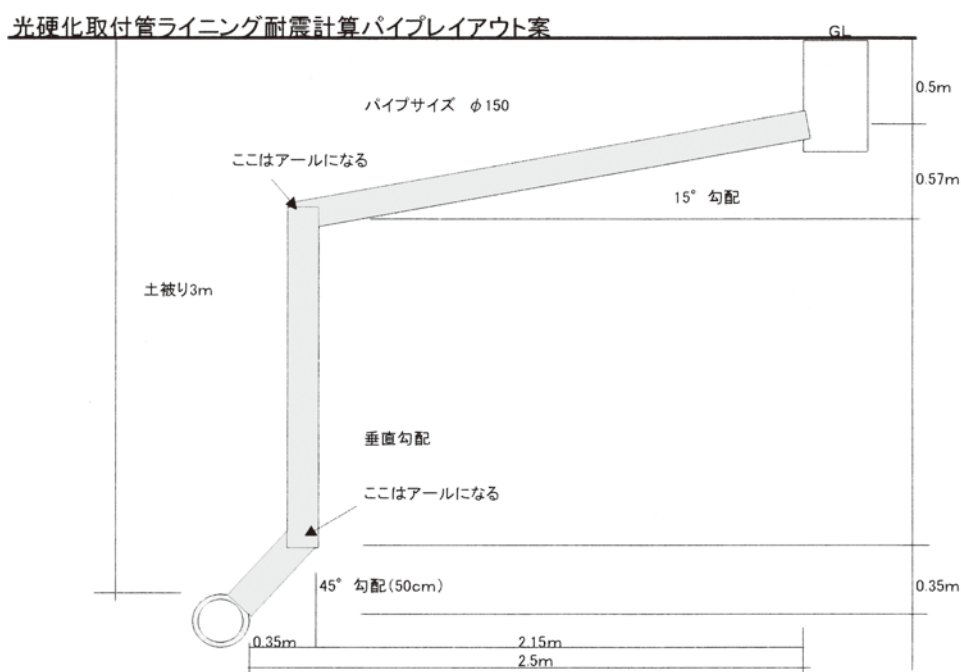


図-4 解析対象

3.3 解析モデル

地盤の力学的特性を線形弾性体と仮定し、平面ひずみ状態を想定した 2 次元アイソパラメトリック要素を用いてモデル化した（図-5）。

管および管接合部は図-6 に示すようにコンクリート部、取付管ライニング部、専用一体型部に分け、3 次元シェル要素でモデル化し、解析時間短縮のため対称性を考慮した 1/2 モデルとした。各材料の物性値を表-1 に示す。また、取付管ライニング部、管接合部は線形弾性体を仮定し、コンクリート部の構成モデルは、図-7 に示すように圧縮側は圧縮強度に達した後、剛性が 1/100 となるバイ

リニア型を、引張側は引張強度に達した後、軟化勾配 H' が 200N/mm^2 となる弾塑性モデルを適用した。境界条件は、パイプの底部を全自由度拘束し、地震応答解析により求めた自然地盤の相対変位（図-8）を強制変位としてモデル側方より与えた。

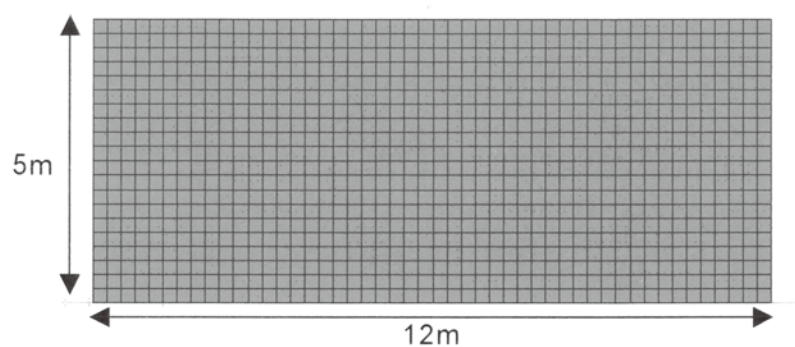


図-5 解析モデル

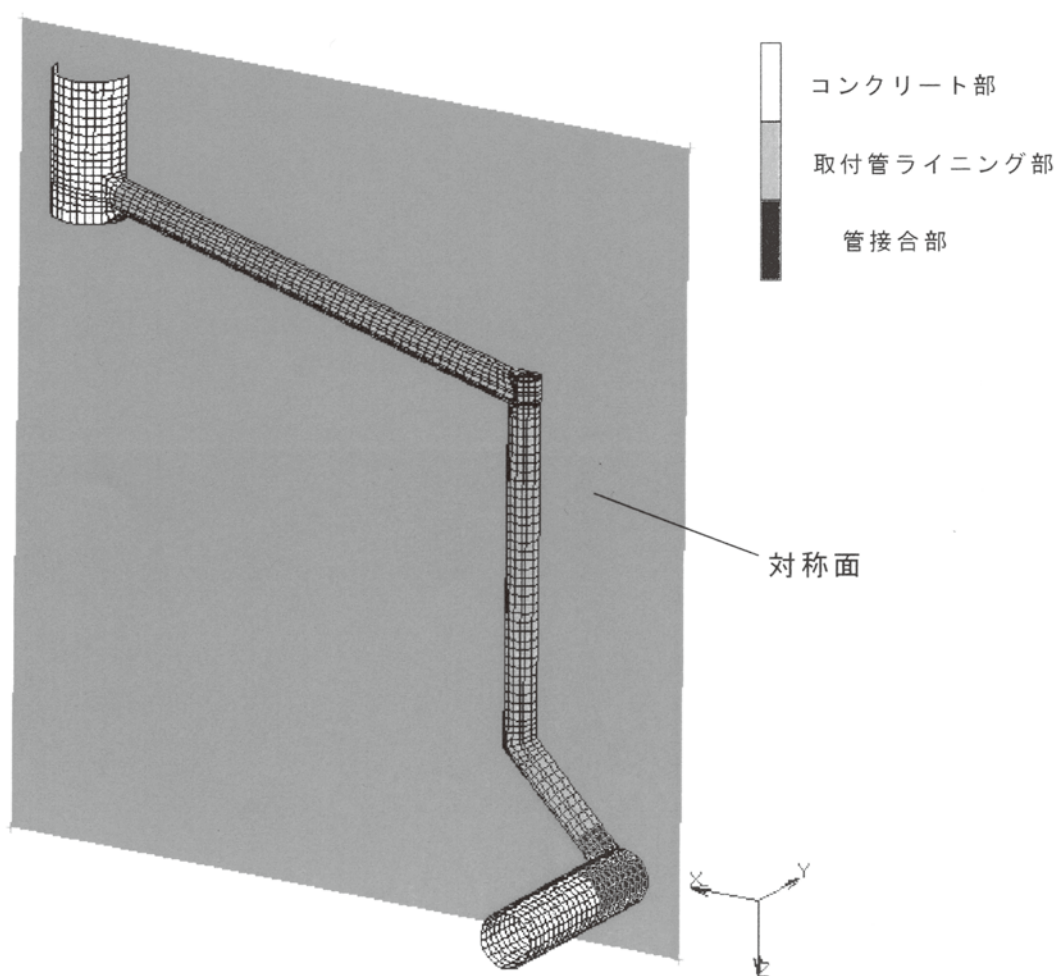


図-6 解析モデル

表-1 材料特性

取付管ライニング	弾性係数	4.18	kN/mm ²
	ポアソン比	0.3	-
	引張強度	83.1	N/mm ²
管接続部	弾性係数	7.2	kN/mm ²
	ポアソン比	0.3	-
	引張強度	174	N/mm ²
コンクリート	弾性係数	20	kN/mm ²
	ポアソン比	0.2	-
	圧縮強度	30	N/mm ²
	引張強度	3	N/mm ²

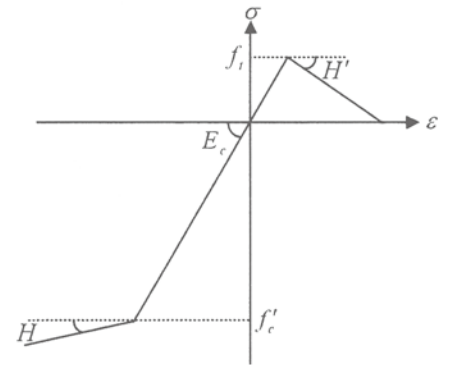


図-7 コンクリートの構成モデル

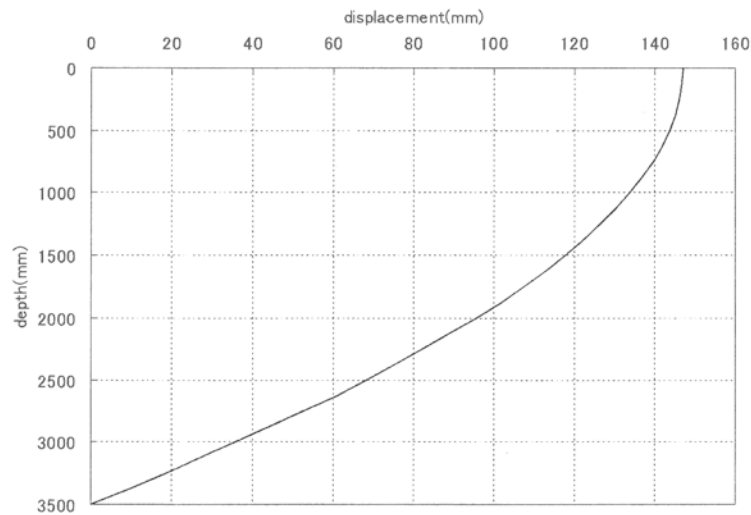


図-8 最大加速度 800gal の地震動による応答変位

3.4 解析結果（照査）

照査方法は、取付管ライニング部および管接合部において、引張強さ（試験値）と最大主応力を比較することでクラックの発生を検討する。

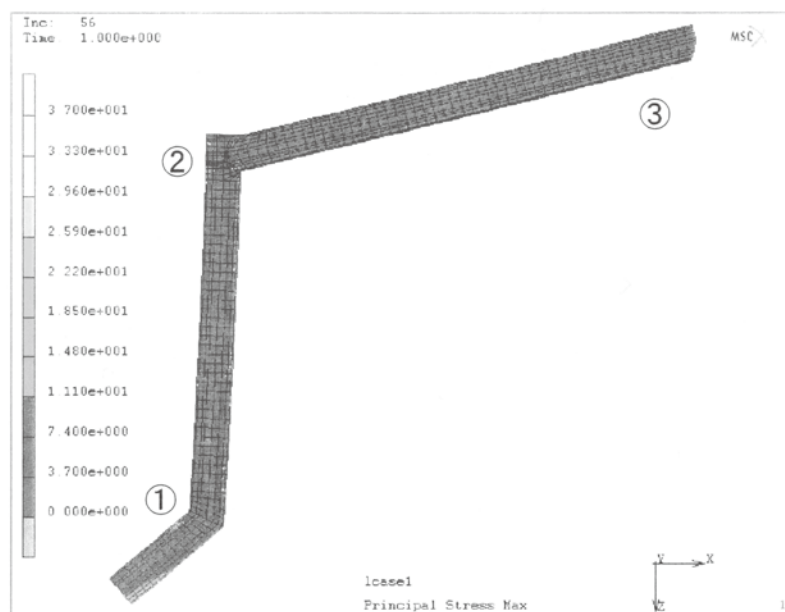
3.4.1 取付管ライニング部の照査

①最大加速度 800gal

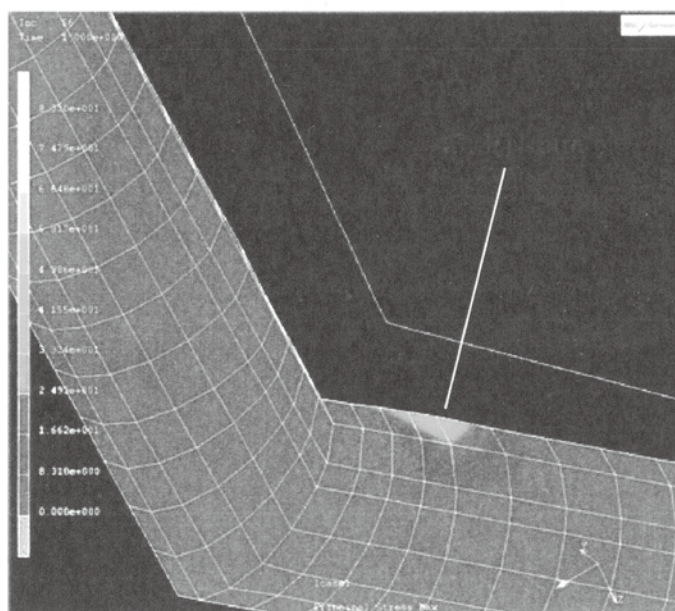
図-9 に最大加速度がおよそ 800gal の地震動を地盤に入力し、得られた相対変位を取付管ライニング部に入力したときの解析結果を示す。

図に示すコンターは最大主応力分布を示している。取付管ライニング部の引張強度は表-1 より 83 N/mm^2 であるため、引張強さを超えた要素が生じた場合には灰色で表示することにした。図-9 より、最大加速度 800gal の地震動で最大応力を生じた位置は①の箇所で 43.3(N/mm^2)であった。したがって、加速度

800gal 程度の地震動を受けてもライニング管にクラックが発生する可能性は
かなり低いと考えられる。



(a) 取付管全体図



(b) ① 拡大図

図-9 取付管ライニング管最大主応力分布 (800gal)

③ 最大加速度 600gal

図-10 に最大加速度が約 600gal の地震動を想定した際の解析結果を示す。最大主応力が引張強度である 83.1 N/mm^2 に達する箇所は無く、最も応力値が大きい箇所でも 11.4 N/mm^2 に留まり、取付管ライニング部にクラックが発生する確率は殆ど無いと考えられる。

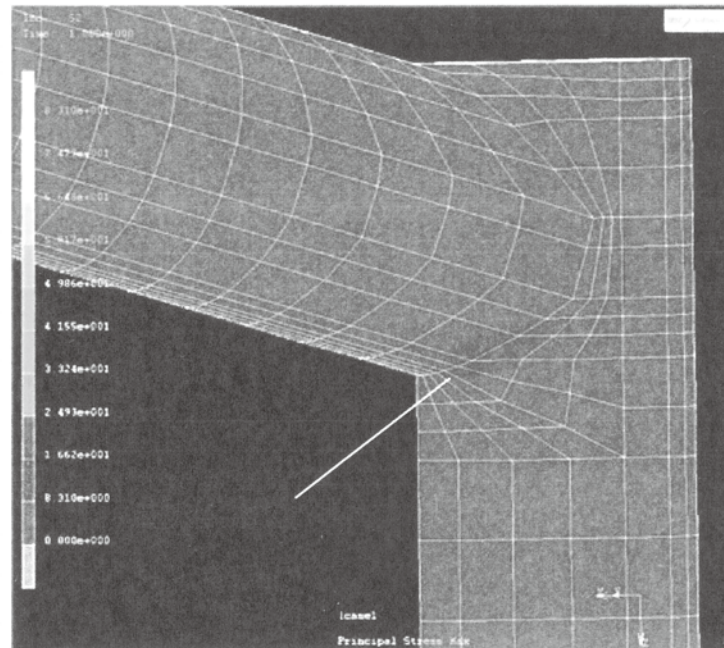


図-10 最大主応力の発生位置 (600gal)

③ 最大加速度 400gal

図-11 に最大加速度が約 400gal の地震動が取付管ライニング部に発生した際の主応力分布を示すが、最も応力が大きい箇所でも 11.0 N/mm^2 と引張強度の $1/7$ 程度であることから、付管ライニング部にクラックが発生する確率は殆ど無いと考えられる。

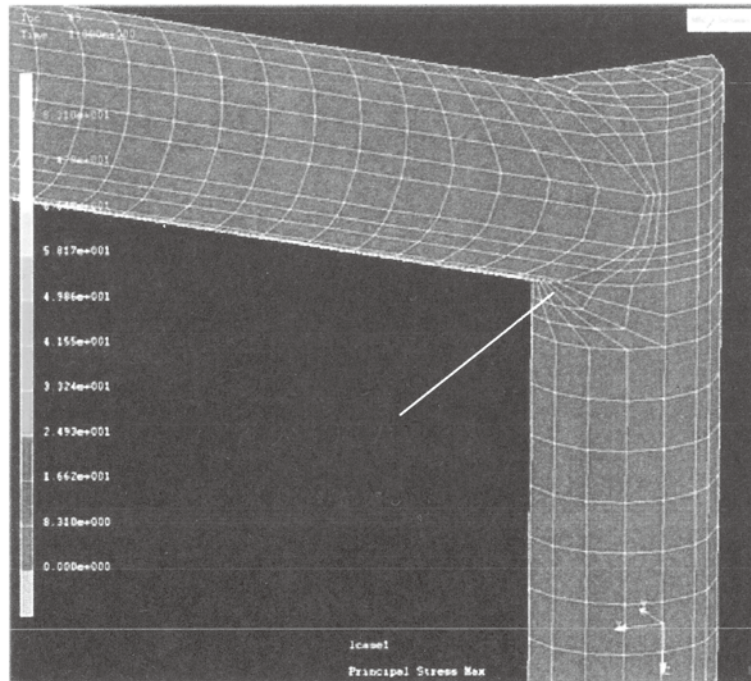


図-11 最大主応力の発生位置（400gal）

④ 最大加速度 200gal

図-12 に最大加速度が約 200gal の地震動が発生した際の取付管ライニング部の主応力分布を示す。他のケースと同様に引張強度に達する箇所は見受けられず、最も主応力が大きい箇所でも 9.33 N/mm^2 に留まることから、取付管ライニング部にクラックが発生することは無いと考えられる。

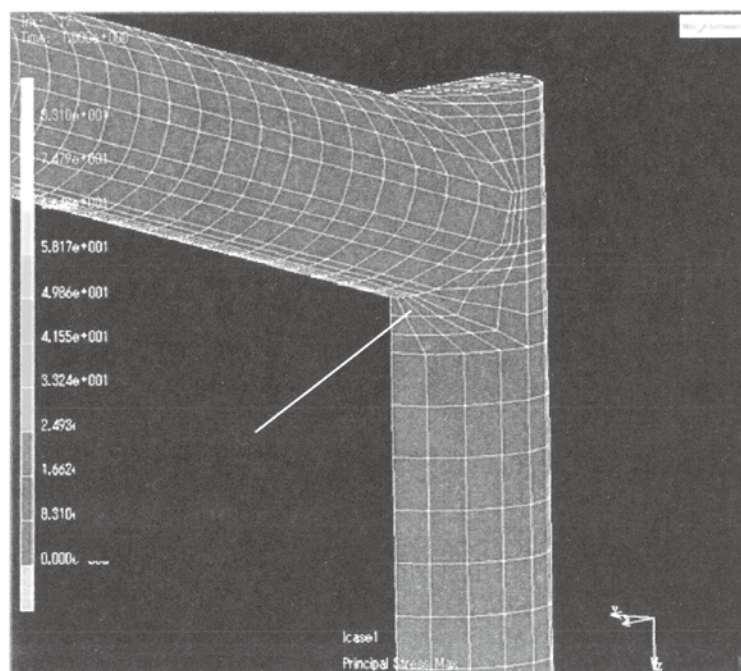


図-12 最大主応力の発生位置（200gal）

3.4.2 管接合部の照査

①最大加速度 800gal

図-13 に管接合部の解析結果を示す。図に示すコンターは最大主応力分布を示している。管接合部の引張強さは 174N/mm^2 であることから、引張強度を超えた要素が生じた場合には灰色で表示することにした。この図より、管接合部で引張強度を超える要素は見られない。応力が最大の箇所でも 57.1N/mm^2 であることから、管接合部にクラックが生じる可能性はかなり低いと考えられる。

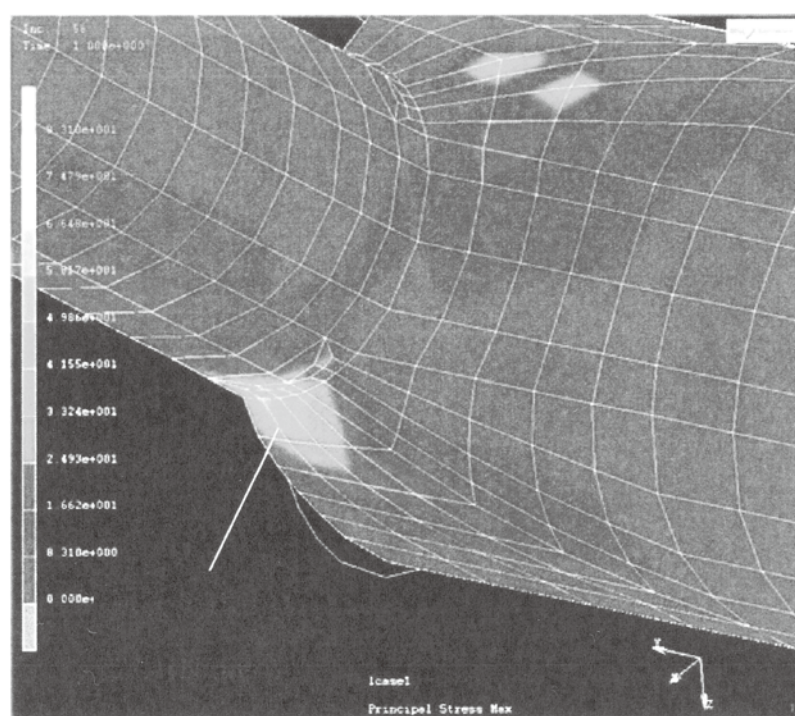


図-13 管接合部の最大主応力分布（800gal）

②最大加速度 600gal

図-14 に最大加速度が約 600gal の地震動を地盤に入力し、得られた応答変位を管接合部に強制変位させたときの最大主応力分布を示す。この図より、応力が最大の箇所でも 16.5N/mm^2 に留まることから、管接合部にクラックが生じる可能性は殆ど無いと考えられる。

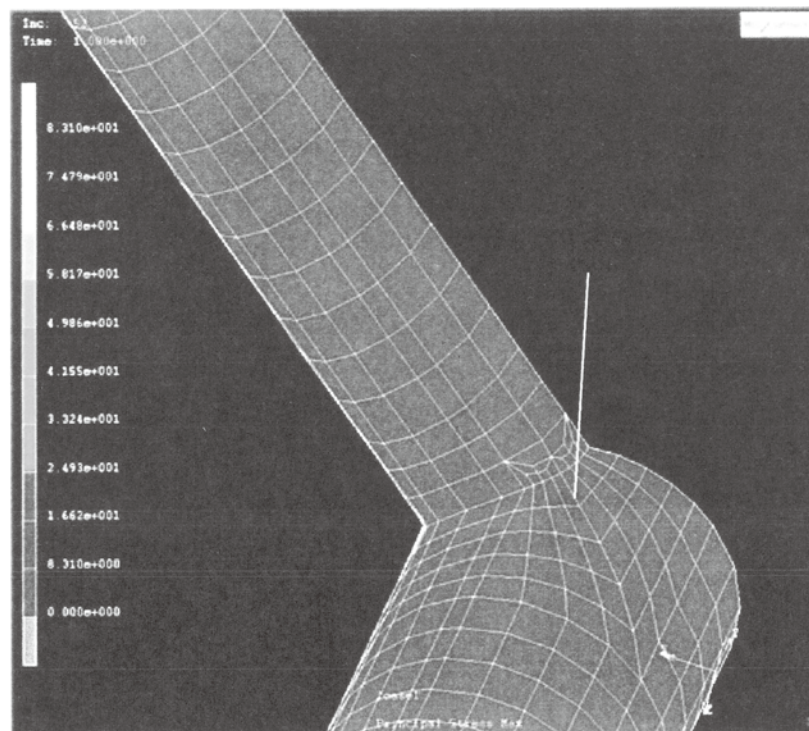


図-14 管接合部の最大主応力分布（600gal）

③最大加速度 400gal

図-15 に最大加速度が約 400gal の地震動が作用した際の最大主応力分布を示す。この図から、主応力が最大の箇所で 14.6 N/mm^2 程度であることから管接合部にクラックが発生する確率は殆ど無いと考えられる。

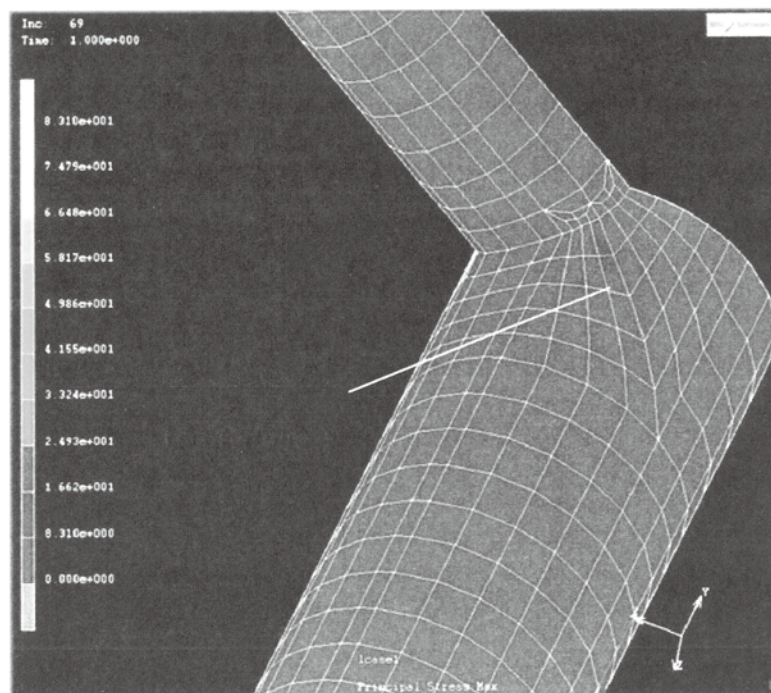


図-15 管接合部の最大主応力分布（400gal）

⑤ 最大加速度 200gal

図-16 に最大加速度が約 200gal の地震動を想定した際の管接合部の最大主応力分布を示す。他の 3 ケースと同様に引張強度を超える箇所は無く、主応力が最大の箇所においても 11.9 N/mm^2 に留まることから、最大加速度が 200gal 程度の地震動で管接合部でクラックが発生する可能性は無いと考えられる。

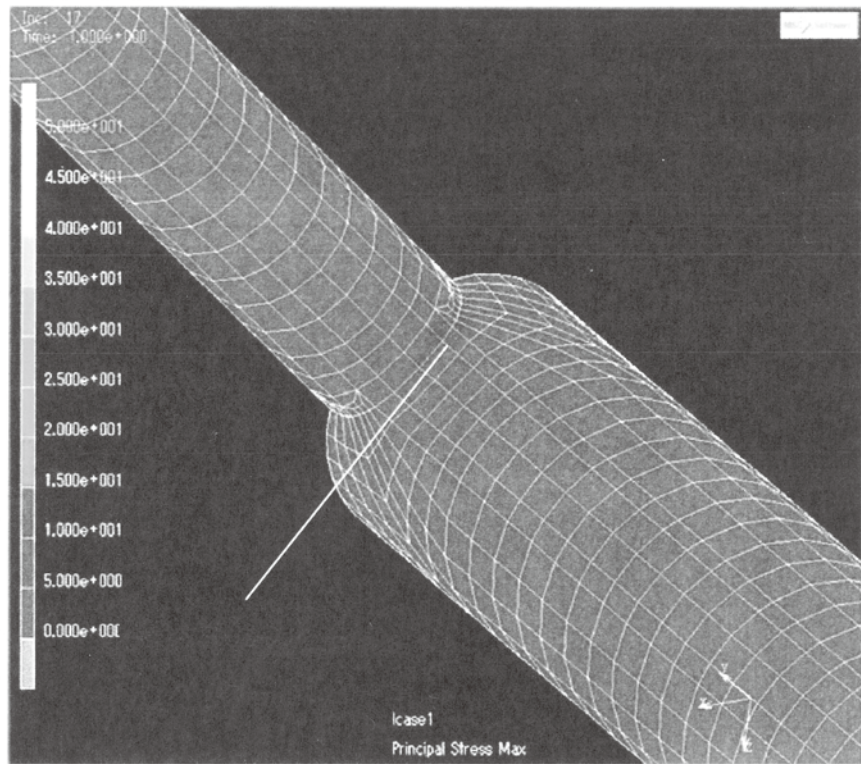


図-16 管接合部の最大主応力分布（200gal）

本章の結果を表にまとめる。表-2 は取付管ライニング部および管接合部で生じた最大主応力を、表-3 は取付管ライニング部および管接合部の引張強度に対する最大主応力の割合（％）をそれぞれ表わしている。

表-2 各部における最大主応力（ N/mm^2 ）

	200gal	400gal	600gal	800gal	引張強度
取付管ライニング	9.3	11.0	11.4	43.3	83.1
管接合部	11.9	14.6	16.5	57.1	174.0

表-3 引張強度に対する最大主応力の割合（％）

	200gal	400gal	600gal	800gal
取付管ライニング	11.2	13.2	13.7	52.1
管接合部	6.8	8.4	9.4	32.8

10-2 臭気測定

本工法に使用しているビニルエステル樹脂は、架橋剤としてスチレンを含有しており、悪臭防止法および労働安全衛生法に基づく規制基準値以下で現場施工が可能かスチレン濃度を測定し、基準値以下であることを確認した。

1) 現場測定

- ・日 時 平成18年11月9日(木)
- ・工事件名 新宿区下落合四丁目付近管渠補修工事
- ・工事内容 取付管(更生)補修工事
- ・スチレンガス濃度測定 測定器 XP-316(コスモス)

材 料	測 定 位 置	測定濃度	作 業
		平均値	基準値
材料開梱時	② ます上部	10	20
施工時(硬化)	② ます上部	10	20
//	② ます内部	20	20
施 工(硬化後)	② ます内部	5	20
//	① 官民境界線	0	20

いずれの施工状況、測定箇所でのスチレン濃度は、作業環境基準値を下回った。

測 定 風 景



硬化作業中



硬化作業後

10-3 臭気指数(濃度)の測定

本工法の施工により発生する臭気(スチレン臭等)を施工前、中、後、法令の定める測定地点で測定し、悪臭防止法および公害防止条例による基準値以下であることを確認した。

1)現場測定

- ・日 時 平成18年11月9日(木)
- ・工事件名 新宿区下落合四丁目付近管渠補修工事
- ・工事内容 取付管(更生)補修工事
- ・臭気濃度測定 測定器 XP-329-Ⅲ

測 定 状 況	測定濃度	測定指数	規 制 値
		(平均値)	
施工前(境界線)	(地上)	3	10
施工中(境界線)	(地上)	5	10
施工後(境界線)	(地上)	3	10

規制値:第1種住居区域(条例)

いずれも施工状況での臭気濃度は、規制値を下回った。

測 定 風 景



施工前 境界線



施工後 境界線

10-4 騒音測定

本工法で騒音を発生する機械類は、出力が小さくかつ低騒音型機械を使用しており、環境庁告示第64号環境基準を十分順守できる工法である。

1) 現場測定

使用機械一覧表

名 称	仕 様
取付管補修機	
発動発電機	3KVA 5.4PS
空気圧縮機	2.5m³ 26PS
TVカメラ搭載車	2t 97PS
小型高圧洗浄車	2t 135PS
トラック	2t 135PS
切断機	空気式
潜水ポンプ	
給水車	4t 210PS
止水プラグ	

2) 騒音測定

測定器 SL-1251 カスタム

単位: デシベル

測 定 状 況	測 定 位 置	測定指数	基 準 値
		平 均	
施工前	境界線(地上)	54	65
施工中	境界線(地上)	62	65
施工後	境界線(地上)	57	65

測 定 状 況



施工前



施工中

製品安全データシート

製品安全データシート

<MSDS No. FR28491 1/3>

会 社 富士レジン工業株式会社
住 所 尼崎市潮江 3 丁目 1 - 1 7
担当部門 技術部
担 当 者 山口 学
連 絡 先 TEL (06)6499-0303 FAX (06)6497-0821
改 訂 2008年 6月 1日
整理番号 FR28491

【製品名（化学名、商品名など）】 FUJI LINER-UV#6RBBG自立管仕様ワットスリーブ（FRP取付管用ライナーBBG（自立管仕様））

【物質の特定】

単一製品・混合物	：	混合物		
化 学 名	：	プリプレグ		
成 分	：	ビスフェノール系ビニルエステル	スチレン	ガラス繊維
含 有 量	：	28～53%	22%	50～25%
化学式又は構造式	：		$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$	
化 審 法 番 号	：		3-4	
C A S N o .	：	62395-94-2	100-42-5	
P R T R 法	：	該当せず	第1種指定化学物質	該当せず
労働安全衛生法(通知すべき有害物)	：	該当せず	該当	該当せず

【危険有害性の分類】

分類の名称 ： 引火性固体、急性毒性物質
危 険 性 ： 消防法：第2類 引火性固体（引火点40℃未満）
有 害 性 ： 成分中のスチレンは悪臭防止法（第2条悪臭物質）の適用を受ける。

【応急処置】

目に入った場合 ： 直ちに清浄な多量の水で15分間以上洗い、速やかに眼科医の診断を受ける。
皮膚に付着した場合 ： 汚染された衣類、靴などを速やかに脱ぎ、ガーゼ等の布でよく拭き取り、多量の水、中性石鹸でよく洗い落とす。湿疹や炎症の兆候が見られるならば、医師の治療を受ける。
蒸気または発生ガス ： 新鮮な空気の所に移し、毛布などで保温して安静にさせる。状態が悪ければ、医師の
を吸入した場合 手当を受ける。
飲み込んだ場合 ： 無理に吐かせないで、直ちに医師の手当を受ける。

【火災時の措置】

消火方法 ： 初期の火災には、粉末、炭酸ガス消火器や乾燥砂を用いる。大規模火災の際には泡消火剤などを用いて空気を遮断することが有効である。棒状水は使用は火災を拡大し危険な場合がある。
周辺火災の場合、周囲の設備などに散水して冷却する。移動可能な容器は、すみやかに安全な場所に移す。消火作業の際には保護具を着用し、風上から行う。
消 火 剤 ： 粉末、泡、炭酸ガス、乾燥砂、水

【漏出時の措置】

- ・ 飛散したものを集めて、密封できる空容器に回収する。空容器以外にスチレンが透過しないフィルム（ナイロン、ビニロン、セロファン等）で密封し回収する。
- ・ 付近の着火源となるものを取り除き、火災に備えて消火機材を用意する。
- ・ 作業の際は保護眼鏡、防毒マスク、手袋等の保護具を着用し、蒸気の吸入や皮膚への接触を防止する。

【取り扱い、および保管上の注意】

取り扱い ： 火気、静電気、衝撃火花などの着火源を生じないように注意する。局所排気設備等が整った通気の良い場所で作業する。保護眼鏡、防毒マスク、手袋等の保護具を着用する。
保 管 ： 屋内冷暗所、危険物倉庫。高温を避ける。酸化性物質、有機過酸化物質等、混触禁止物質と共存させない。

【暴露防止】

- 管理濃度 : 作業環境評価基準 (平成16年労働省告示第369号)
20 ppm (スチレン)
- 許容濃度 : 日本産業衛生学会勧告値 (2001年版)
20 ppm (スチレン)
ACGIH勧告値 (2001年版)
TWA 20 ppm (スチレン)
STEL 40 ppm (スチレン)
(注) TWA : 時間加重平均(8時間) STEL : 短時間暴露限度(15分)
- 設備対策 : 局所排気装置、防災シャワー、洗眼、手洗い場の設置。
- 保護具 : 有機ガス用防毒マスク、送気マスク、保護眼鏡、保護手袋、保護長靴、保護着 (静電気対策が施されたものが望ましい)。

【物理／化学的性質】

- 外 観 等 : シート状固体
- 比 重 : 1.4~1.6 (25℃)
- 溶 解 度 : 水に不溶
- 蒸 気 圧 : 600Pa (20℃) (スチレン)
- 相対蒸気密度(空気=1) : 3.6 (スチレン)
- 沸 点 : 145℃ (スチレン)

【危険性情報】

- 引 火 点 : 31℃ (スチレン)
- 発 火 点 : 490℃ (スチレン)
- 爆 発 限 界 : 1.1~6.1Vol% (スチレン)
- 安定性・反応性 : 冷暗所では安定であるが、熱、光、過酸化物により重合反応を起し、発熱する。
- 発火性(自然発火性、水との反応性) : 無し
- 酸 化 性 : 無し
- 可 燃 性 : 有り

【有害性情報】

＜スチレン＞

刺 激 性 : 皮膚に触れると炎症を起こす。スチレンの蒸気は、眼、鼻、喉に刺激作用がある。

急 性 毒 性 :

マウス吸入 :	LC ₅₀	9,500 mg/m ³ /4h
ラット吸入 :	LC ₅₀	24 g/m ³ /4h
マウス経口 :	LD ₅₀	316 mg/kg
ラット経口 :	LD ₅₀	5,000 mg/kg
人 吸 入 :	LCLo	10,000 ppm/30min
	TCLo	600 ppm

スチレンの濃度による症状 (ヒト)

濃 度 (ppm)	症 状
10以下	臭気を感じない
60	臭気を感じる。粘膜刺激なし。
100	強いが、耐え得る程度の臭い。
200~400	強い不快な臭い。
600	強い臭い。眼および鼻の刺激。
800	眼および咽喉の強い刺激。金属味、眠気、鎮静状態、脱力感。

ガン原性 : 日本産業衛生学会は、スチレンを第2群B (人間に対して恐らく発ガン性があると考えられるが、証拠が比較的十分でない物質) に分類している。

IARCも2B (発ガン性があるかもしれない物質) に分類しているが他の主要機関 (NTP, EPA, EU, ACGIH) では発ガン性には分類していない。

変異原生 (微生物、染色体異常) : スチレンは Ames Test で陰性。

その他 : スチレンはマンデル酸、フェニルグリオキシル酸として尿中に排出される。

【環境影響情報】

＜スチレン＞

生分解性 : スチレンは通産省の既存化学物質点検結果では、生分解性が良好と判断される物質である。

魚毒性 : TLm96 うぐい 51ppm(スチレン)
 TLm96 グッピー 68ppm(スチレン)
 TLm48 小エビ 52ppm(スチレン)

【廃棄上の注意】

産業廃棄物として（専門業者による）処分する。

空容器を廃棄するときは、内容物を洗浄または焼却により完全に除去した後、処分する。

【輸送上の注意】

包装容器が破損しないように積載する。火気厳禁。天地無用。日光の暴露および雨水の浸入を防止する。

消防法、道路輸送車両法、船舶安全法、港則法その他関係法規を遵守する。

【主な適用法規】

消 防 法 : 危険物第二類 引火性固体 危険等級Ⅲ
 労働安全衛生法 : 施行令別表第1 危険物（引火性の物）
 有機溶剤則第二種有機溶剤（スチレン5%以上含有）
 施行令第18条 名称等を表示すべき有害物（スチレン）
 施行令別表第9 名称等を通知すべき有害物（スチレン）
 船舶安全法 : 危険物船舶運送及び貯蔵規則 別表6の有害性物質
 関連法規 : 悪臭防止法（スチレンは悪臭物質）
 道路運送車両法（保安基準）
 港則法（危険物可燃性固体）
 海洋汚染防止法（令別表第1 B物質）
 P R T R法第1種指定化学物質（スチレン）

【その他】

記載内容の問い合わせ先 : 富士レジン工業(株)技術部 TEL. (06)6499-0303
 参 考 資 料 : 製品安全データシートの作成指針（日本化学工業協会）
 化学物質労働安全衛生法規制便覧（第一法規出版）
 産業中毒便覧（医歯薬出版）
 溶剤ポケットブック（オーム社）
 14705の化学商品（化学工業日報社）
 安全衛生情報センター 化学物質の危険・有害性情報

【注意】

危険・有害性の評価は必ずしも十分ではありませんので、取り扱いには十分注意をしてください。

ここに記載された情報は、原材料メーカー・弊社のデータ及び種々の技術出版物にあるデータに従ったものです。

安全な取り扱いを決定する際に、この情報を採用するか否かは使用者がその責任においてお決め下さい。

なお、ここに記載された情報は、作成時点では弊社の調査による最新の情報に基づき作成されたものですが、法令規制等の改正、新たな毒性試験結果の発表等により、改訂がありうる事を御承知おき下さい。

FRP工法協会

〒160-0004 東京都新宿区四谷2-10-3
TEL.03-3355-1525 FAX.03-3355-5786
URL: <http://www.frp-method.jp/>

東日本 連絡事務所

エスジーシー下水道センター株式会社 東京本社
〒160-0008 東京都新宿区四谷三栄町12-2 大久保ビル2階
TEL.03-3355-3951 FAX.03-3355-3952

西日本 連絡事務所

エスジーシー下水道センター株式会社 滋賀工場
〒528-0052 滋賀県甲賀市水口町宇川1426-5
TEL.0748-63-1216 FAX.0748-63-1314

FRP光硬化取付管ライニング工法の施工実績の推移

年度	取付管ライニング工法の実績				前年度対比
	箇所	累計	延長	累計(m)	
1996 年	629	629	2,202	2,202	前年度実績無
1997 年	566	1,195	1,981	4,183	90.0%
1998 年	599	1,794	2,096	6,279	105.8%
1999 年	2,250	4,044	7,875	14,154	375.6%
2000 年	1,981	6,025	6,933	21,087	88.0%
2001 年	2,450	8,475	9,793	30,880	123.7%
2002 年	2,655	11,130	10,036	40,916	108.4%
2003 年	3,526	14,656	14,520	55,436	132.8%
2004 年	4,074	18,730	16,467	71,903	115.5%
2005 年	3,610	22,340	13,200	85,103	88.6%
2006 年	4,173	26,513	15,300	100,403	115.6%
2007 年	5,260	31,773	17,800	118,203	126.0%
2008 年	3,186	34,959	12,139	130,342	60.6%
2009 年	2,930	37,889	10,703	141,045	92.0%
2010 年	3,340	41,229	11,318	152,363	114.0%
2011 年	2,726	43,955	10,421	162,784	81.6%
2012 年	4,338	48,293	13,016	175,800	159.1%
2013 年	4,469	52,762	13,407	189,207	103.0%
2014 年	4,852	57,614	14,556	203,763	108.6%
2015 年	5,347	62,961	16,040	219,803	110.2%
2016 年	5,827	68,788	17,483	237,286	109.0%
2017 年	6,773	75,561	20,320	257,606	116.2%
2018 年	6,995	82,556	20,865	278,471	103.3%
2019 年	7,216	89,772	21,650	300,121	103.2%
2020 年	8,100	97,872	24,300	324,421	112.3%
2021 年	10,974	108,846	40,604	365,025	135.5%
合計	108,846		365,025		