ホースライニング工法上水道

技　術　資　料

２０２２年度版

パルテム技術協会

は　じ　め　に

現在、水道施設については、新設の時代から維持管理の時代になったといわれており、上水道管についても維持管理の問題が大きな課題となっております。

管路更新の基本的な考え方は、管路を新しく取り替えて、恒久的に使用できることが理想といえます。しかし近年の道路事情、新規占有位置の確保難、工期の長期化、環境に対する住民対策等により、上水道管の新設並びに布設替え工事は、年々困難になっています。既設上水道管を有効に活用することのできる新設、布設替えに代わる管路の更生工法が望まれ、ホースライニング工法上水道を１９８１年に開発し今に至っています。

従来からの赤水の発生防止や漏水防止に加え、保形性を加味し、強度と耐圧力を有したガラス繊維を用いたシールホースの使用で適用範囲も広がりました。

ホースライニング工法上水道は、水道管の両端部だけを開削し、既設管を切断した後、シームレスの円筒補強織物の外面に水密性の被膜を形成したシールホースに空気圧を加えて、管内に反転しながら挿入し、接着剤を硬化させて、管の内面に装着する工法です。

水密性・伸び特性を有するシールホースを管の内面に装着するため、赤水の防止、漏水の防止、管路に耐震性の機能を付加することができます。また、ガラス繊維を用いたシールホースは、自立管強度を有するため、既設管の延命が可能となりました。ますますラインナップの増えたホースライニング工法上水道の活用を期待いたします。

パルテム技術協会

目　　次

１．工法の概要　・・・・・・・・・・　１
２．反転の原理　・・・・・・・・・・　１
３．工法の特長　・・・・・・・・・・　２
４．適用範囲　・・・・・・・・・・　３
５．主要材料　・・・・・・・・・・　５
　５－１．シールホース　・・・・・・・・・・　５
　５－２．接着剤および硬化性樹脂　・・・・・・・・・・　９
　５－３．管端リング　・・・・・・・・・・　１０
　５－４．ゴムパッキン　・・・・・・・・・・　１１
６．施工　・・・・・・・・・・　１２
　６－１．標準立坑寸法　・・・・・・・・・・　１２
　６－２．車両配置図　・・・・・・・・・・　１２
　６－３．施工工程　・・・・・・・・・・　１３
７．シールパイプの特性　・・・・・・・・・・　１７
　７－１．短期曲げ特性　・・・・・・・・・・　１７
　７－２．短期引張特性　・・・・・・・・・・　２１
　７－３．長期特性　・・・・・・・・・・　２４
　　１）曲げクリープ特性（曲げ弾性率）　・・・・・・・・・・　２４
　　２）引張クリープ特性（引張強さ）　・・・・・・・・・・　２９
　７－４．水質試験　・・・・・・・・・・　３２
　７－５．水理特性　・・・・・・・・・・　３４
８．施工管の性能　・・・・・・・・・・　３７
　８－１．耐震性の検証　・・・・・・・・・・　３７
　　１）耐震性試験　・・・・・・・・・・　３７
　　２）被害状況調査　・・・・・・・・・・　４０
　８－２．繰返し疲労試験　・・・・・・・・・・　４１
　８－３．耐圧力試験　・・・・・・・・・・　４２
　８－４．耐久性性能　・・・・・・・・・・　４３
　　１）追跡調査結果　・・・・・・・・・・　４３
　　２）被覆材の耐久性　・・・・・・・・・・　４４
　　３）円筒補強織物の耐久性　・・・・・・・・・・　４５

参考資料
　１．耐薬品性試験　・・・・・・・・・・　４７
　２．耐摩耗性試験　・・・・・・・・・・　４８

１．工法の概要

ホースライニング工法上水道は、既設管の両端部だけを開削し既設管を切断した後、更生材料（シールホースと呼ぶ）に空気圧を加えて既設管内に反転挿入し、加圧した状態で硬化させて既設管の内面に新しいパイプを形成する工法です。シールホースは内面に接着剤および硬化性樹脂を塗布・含浸させて用います。

２．反転の原理

ホースライニング工法上水道は、「反転」技術を用いてシールホースを既設管内に挿入・布設します。「反転」とは、例えば、靴下などの裏と表をひっくり返すように、シールホースの内外面を裏返す状態を指します。その原理を**図１－１**に基づいて説明します。

反 転 前：シールホースを圧力容器(反転機)内のリールに巻取り、シールホースの先端を圧力容器の口金に環状に固定します。

反転始め：圧力容器内に圧縮空気を供給しますと、口金に固定されたシールホースの折り返し部に空気圧が作用し、折り返し部は右方へと前進します。

反 転 中：シールホースは裏返す前の状態では外面が気密性を有する被覆材となりますが、反転にて内外面が裏返った状態では内面が被覆材となります。この被覆材によりシールホース内の圧力が保持されるため、反転を連続的に続けることが可能になります。

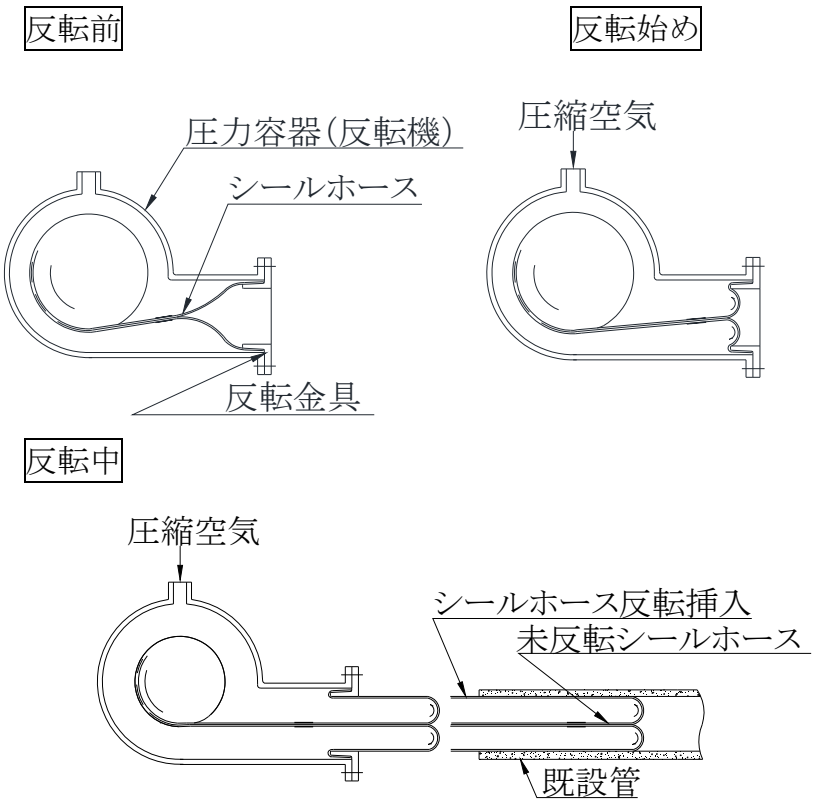


図 1-1　反転の原理

３．工法の特長

１）管路条件に合わせた設計が可能です

管種や管路条件に合わせたシールホースの選定が可能なため、管路に必要な耐圧力を与え、管路を補強更生します。

２）管路に耐震性を付与します

シールパイプ（シールホースが接着剤および硬化性樹脂により硬化した状態）は、大きな引張強さとエネルギー吸収性能を有しており、地盤の変動や地震などによる管路の動きに追随するため管路の耐震性を向上させます。

３）赤水、漏水を同時に防止します

シールパイプが管壁と水とを完全に遮断するため、赤水を防止し、錆の再発生を防ぎます。また、シールパイプは気密性、水密性が優れているため、既設管の継ぎ手部などからの漏水も完全に防止します。

４）通水能力が新管と同程度まで甦ります

シールパイプは口径に対して薄肉で、内面は滑らかなため、通水能力は新管と同程度まで甦ります。しかも、経年による通水能力の低下は皆無となります。流速係数Ｃ値は、Ｃ＝１５０になります。

５）シールパイプは水質に無害であり、耐用年数は５０年を想定しています

シールホースと接着剤は、日本水道協会規格の JWWA Z 108:2016「水道用資機材－浸出試験方法」および JWWA K 143:2017「水道用コンクリート水槽内面エポキシ樹脂塗料」に適合しており水質に無害です。

また、耐水性、耐薬品性に優れており、耐用年数は５０年を想定しています。

６）両端を掘削するだけでロングスパンの施工が可能です

発進側と到達側に２カ所の立坑を掘削するだけで、一度に標準２００ｍの施工が可能です。

７）ベンドを含む管路も施工が可能です

４５°ベンドまたは９０°ベンドを含む複雑な配管も施工が可能です。（目安としてベンド部の総和が３６０°）

ただし、曲がり部の内側にしわが発生します。

８）安全確実な施工が可能で、経済的にも優れています

シールホースは、工場で充分な品質管理のもとで製造されており、品質的に安定した確実な施工が可能です。また、掘削箇所が少なく、短時間で施工が可能なため、交通障害も少なく、経済的に優れています。

４．適用範囲

１）適用呼び径

φ１００～φ１０００

２）適用管種

鋼管、鋳鉄管、ダクタイル鋳鉄管、モルタルライニング管、塩化ビニル管、強化プラスチック管、ヒューム管、石綿管

３）標準施工延長

機械式クリーニングおよび反転挿入における標準施工延長を**表４－１**、**表４－２**、**表４－３**に示します。以下の条件の場合は、別途協議とします。

・曲管を含む配管形状の場合

・機械式クリーニングとは別の方法の場合

表 4-1　機械式クリーニングにおける標準施工延長

呼び径	施工延長(m)
100	80
150	110
200	160
250	180
300	
350	200
400	
450	250
500	
600	
700	
800	
900	
1000	

※1：φ800 以上は人力クリーニングと併用

表 4-2　反転挿入における標準施工延長（ＷＲ・ＷＨ、ＷＨＴ、ＷＲＮ）

呼び径	ＷＲ・ＷＨ		ＷＨＴ		ＷＲＮ	
	厚さ(㎜)	施工延長(m)	厚さ(㎜)	施工延長(m)	厚さ(㎜)	施工延長(m)
100	1.6	80	1.9	80	－	－
150	1.7	90	2.0	110	－	－
200	1.8	120	2.4	160	－	－
250	1.9	140	2.5	180	－	－
300	2.0	150	2.7	180	－	－
350	2.1	160	2.9	200	－	－
400	2.2	180	3.0	200	－	－
450	2.2	210	3.1	250	－	－
500	2.3	230	3.2	250	－	－
600	2.4	250	3.3	250	－	－
700	3.1	250	－	－	12.0	170
800	3.2	250	－	－	13.5	150
900	3.3	250	－	－	15.0	130
1000	3.4	250	－	－	18.0	110

※$_2$：ＷＲＮの厚さは参考値とする。

表 4-3　反転挿入における標準施工延長（ＷＨＸ）

呼び径	厚さ(㎜)		施工延長(m)
	タイプⅠ	タイプⅡ	
100	3.2	3.6	80
150	3.6	4.0	120
200	4.0	4.4	150
250	4.4	4.9	180
300	4.9	5.4	210
350	4.9	5.4	210
400	4.9	5.8	240
450	5.4	5.8	240
500	5.8	6.3	240
600	5.8	6.3	240

５．主要材料

５－１．シールホース

ポリエステル繊維を環状織機で継ぎ目の内円筒状に製織された円筒補強織物の表面にオレフィン系樹脂を被覆した耐圧、耐久性に優れたホースライニング工法上水道用更生材です。

シールホースは、口径より大きく製織した円筒補強織物を前処理により小さく収縮させ、押出成形を行っています。そのため、既設管に反転挿入するときには、反転時の圧力により径膨張し、管内面に完全に密着します。

また、高い引張強さと充分な伸びを有しているため、地盤変動や地震などによる管路の動きに追従し、既設管に耐震性を与えます。

シールホースは４種類あり、更生目的や管内面の状況により使用するシールホースを選択することが可能です。

１）シールホースＷＲ、ＷＨ

円筒状に製織された円筒補強織物の表面に熱可塑性樹脂を被覆したものです。接着剤を塗布し反転挿入後硬化させて、既設管内面に薄肉のパイプを形成します。シールホースＷＲの構造を**図５－１**に示します。

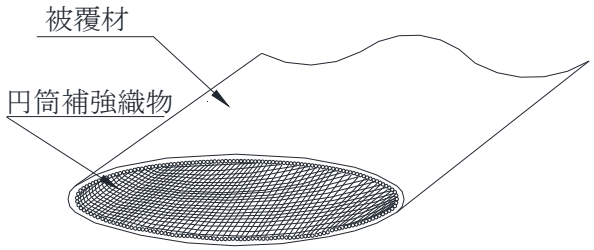


図 5-1　シールホースＷＲ、ＷＨの構造

２）シールホースＷＨＴ

円筒状に製織された円筒補強織物にさらにポリエステル繊維糸をスパイラル状に織り込んで補強し、表面に熱可塑性樹脂を被覆したものです。補強されたポリエステル糸に接着剤を含浸硬化させて、既設管内に保形性のあるパイプを形成します。シールホースＷＨＴの構造を**図５－２**に示します。

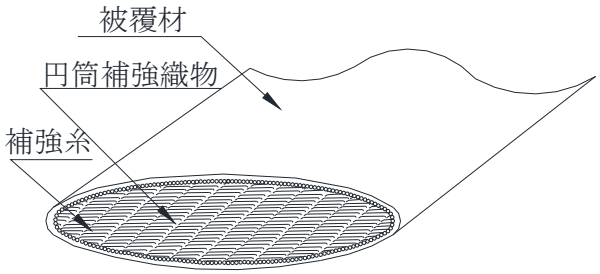


図 5-2　シールホースＷＨＴの構造

3）シールホースＷＲＮ

シールホースＷＲ内に円筒状に縫製されたポリエステル繊維不織布を引き込んだ構造です。不織布層に接着剤を含浸硬化させて、既設管内に自立性の高いパイプを形成します。更生対象管の埋設･供用条件等により任意の厚さに設計が可能です。シールホースＷＲＮの構造を**図５－３**に示します。

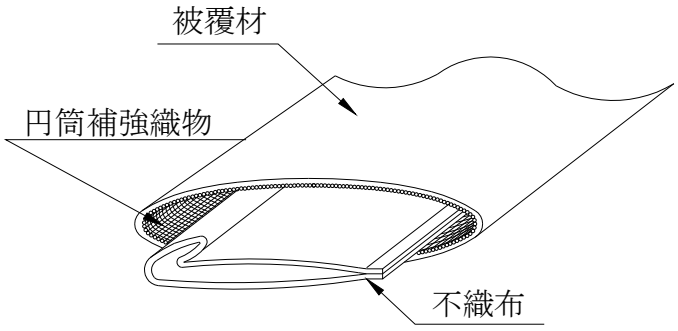


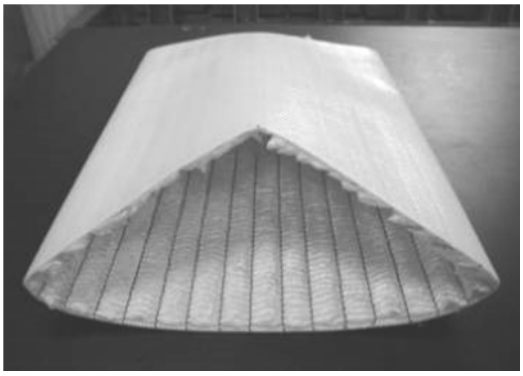
図 5-3　シールホースＷＲＮの構造

4）シールホースＷＨＸ

シールホースＷＨＴとの相違点は、スパイラル状に織り込む糸をポリエステル繊維からガラス繊維に変更したものです。含浸硬化させて既設管内に自立性を有する高強度なパイプを形成します。ガラス繊維の厚さは、必要な内外圧強度に応じて２種類（タイプⅠ、タイプⅡ）から選択することが可能です。

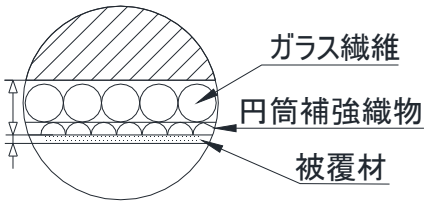
シールホースＷＨＸの厚さについて**表５－１**、シールホースＷＨＸの構造を**図５－４**に示します。また、呼び径ごとの設計水圧を**表５－２**に示します。

表 5-1　シールホースＷＨＸの厚さ

ホース厚さ (㎜)	補強層厚さ (㎜)	被覆材厚さ (㎜)	
3.2	2.2	1.0	
3.6	2.6		
4.0	3.0		
4.4	3.4		
4.9	3.9		
5.4	4.4		
5.8	4.8		
6.3	5.3		

シールホースＷＨＸ

ホース厚さ＝補強層厚さ＋被覆材厚さ
（補強層：ガラス繊維＋円筒補強織物）



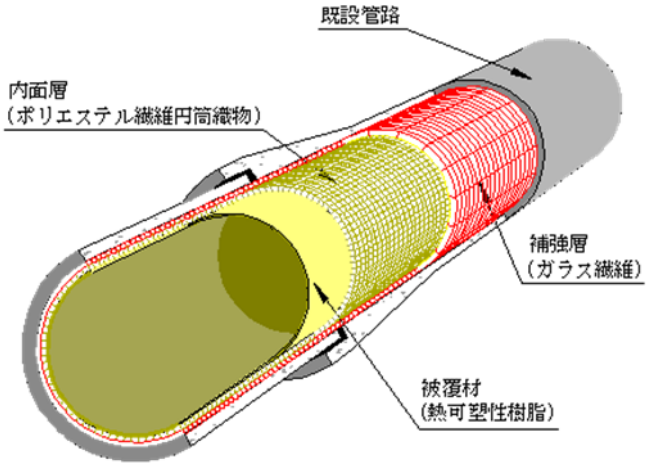


図 5-4　シールパイプＷＨＸの構造

表 5-2　呼び径ごとの設計水圧

呼び径	タイプⅠ			タイプⅡ		
	ホース厚さ (mm)	補強層厚さ (mm)	設計水圧 (MPa)	ホース厚さ (mm)	補強層厚さ (mm)	設計水圧 (MPa)
100	3.2	2.2	0.57	3.6	2.6	1.37
150	3.6	2.6	0.89	4.0	3.0	1.45
200	4.0	3.0	1.08	4.4	3.4	1.23
250	4.4	3.4	0.97	4.9	3.9	1.44
300	4.9	3.9	1.20	5.4	4.4	1.35
350	4.9	3.9	1.02	5.4	4.4	1.16
400	4.9	3.9	0.89	5.8	4.8	0.98
450	5.4	4.4	0.89	5.8	4.8	0.98
500	5.8	4.8	0.88	6.3	5.4	1.13
600	5.8	4.8	0.73	6.3	5.3	0.94

5）シールホースの仕様

シールホースの仕様を**表５－３**に示します。

表 5-3　シールホースの仕様

項目		WR、WH	WHT	WRN	WHX
適用呼び径		100～1000	100～600	700～1000	100～600
構造体	繊維層	ポリエステル繊維			
	補強層	―	ポリエステル繊維	―	ガラス繊維
	補強体	―	―	ポリエステル不織布	―
被覆材		ポリエチレン樹脂、ポリオレフィン樹脂			
水質試験		JWWA Z 108:2016 に適合			
適用管種	鋼管	A	A	A	A
	鋳鉄管	A	A	A	A
	ヒューム管	A	A	A	A
	ﾓﾙﾀﾙﾗｲﾆﾝｸﾞ管	A	A	A	A
	石綿管	B	B	A	A
	塩化ﾋﾞﾆﾙ管	B	B	A	A
	強化ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ管	A	A	A	A
他の特長	漏水防止	A	A	A	A
	赤水対策	A	A	A	A
	防錆・防食	A	A	A	A
	耐震性	A	A	A	A
	保形性	C	A	A	A
	自立管	C	B	B	A

※$_3$：A‥適用可能、B‥条件により適用可能、C‥適用不可

５－２．接着剤および硬化性樹脂

含浸する接着剤および硬化性樹脂には耐久性、耐薬品性に優れたエポキシ樹脂を用います。エポキシ樹脂は二液混合型で主剤と硬化剤があり、いずれもホースライニング工法上水道用に開発されたもので、耐水性があり、接着強さが高く、安全衛生上無害です。

接着剤の仕様を**表５－４**、硬化性樹脂の仕様を**表５－５**に示します。

表 5-4　接着剤の標準仕様

項　　目		パルテムボンド WKN450	パルテムボンド WKN600
組　　成	主　　剤	エポキシ樹脂	
	硬 化 剤	変性脂肪族ポリアミン	
外　　観	主　　剤	白色ペースト	
	硬 化 剤	赤色ペースト	
粘　　度（２０℃）	主　　剤	9,000mPa･s	
	硬 化 剤	6,000mPa･s	3,750mPa･s
比　　重（２５℃）	主　　剤	1.32	
	硬 化 剤	1.32	1.35
可使時間（20℃）※4		450 分	600 分
硬化時間※5	5℃	336 時間	408 時間
	10℃	96 時間	120 時間
	23℃	48 時間	72 時間
水　質　試　験		JWWA K 143:2017 に適合	
適用シールホース		ＷＲ、ＷＨ、ＷＨＴ、ＷＲＮ	

※4：接着剤温度 20℃での最高発熱温度到達時間（5.0kg スケール）

※5：接着剤各温度でのショア D 硬度 50 発現時間

表 5-5　硬化性樹脂の標準仕様

項　　目		パルテムレジン WDS450	パルテムレジン WDS700
組　　成	主　　剤	変性エポキシ樹脂	
	硬 化 剤	変性脂肪族ポリアミン	
外　　観	主　　剤	赤色半透明	
	硬 化 剤	淡黄色透明	
粘　　度（２０℃）	主　　剤	10,000mPa･s	
	硬 化 剤	50mPa･s	45mPa･s
比　　重（２５℃）	主　　剤	1.15	
	硬 化 剤	1.01	0.98
可使時間（20℃）※7		450 分	700 分
硬化時間 ※8	5℃	336 時間	408 時間
	10℃	96 時間	120 時間
	23℃	48 時間	48 時間
水　　質　　試　　験		JWWA K 143:2017 に適合	
適用シールホース		WHX	

※7：硬化性樹脂温度 20℃での最高発熱温度到達時間（3.7kg スケール）

※8：硬化性樹脂各温度でのショア D 硬度 50 発現時間

５－３．管端リング（一例）

シールホースが端部から剥離することを防止するための金属製リングの総称を管端リングと呼んでいます。一例としてステンレス製の管端リングを示します。

１）材質　ＳＵＳ３０４、ＳＵＳ３１６

２）形状　形状を**図５－５**に示します。図の管端リングはコッターを打ち込んで固定するもので、寸法は口径毎に異なります。

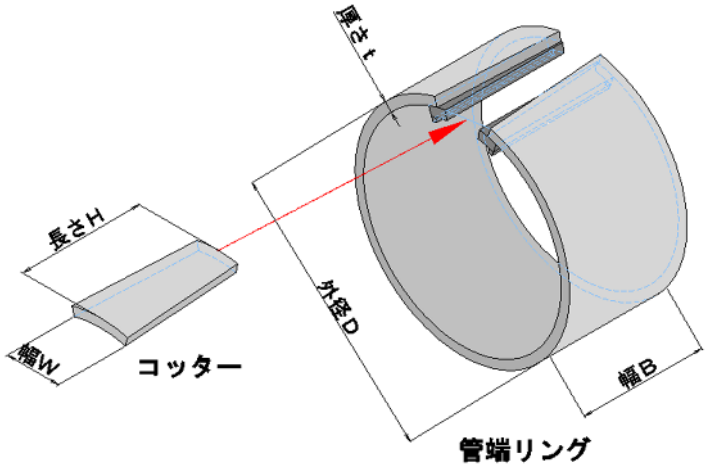


図 5-5　管端リングの形状

５－４．ゴムパッキン（一例）

シールホースと既設管の間に水が浸入しないよう、管端リングとシールパイプの間にリング状のゴムパッキンを装着します。

１）材質　ＳＢＲ（スチレンブタジエンゴム）

。

６．施工

６－１．標準立坑寸法

幅、長さ、管切断長を**図６－１**および**表６－１**に示します。

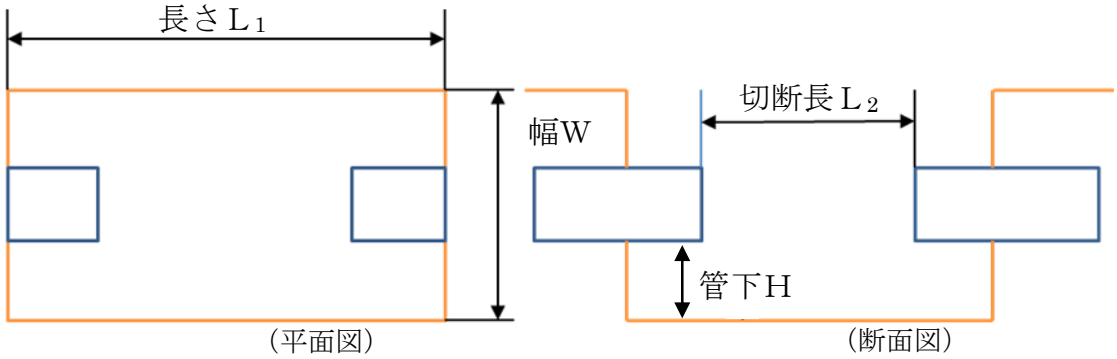


図 6-1　立坑の大きさ

表 6-1　標準立坑寸法

呼び径	立坑寸法（mm）			管切断長さ（L_2）（mm）
	幅（W）	長さ（L_1）	管下（H）	
100～150	1,150	2,500	300	1,500
200～250	1,250	2,500	500	1,500
300～350	1,350	3,000	500	2,000
400～450	1,650	3,500	500	2,500
500～550	1,750	3,500	500	2,500
600	1,800	4,000	500	3,000
700	1,900	4,500	500	3,500
800	2,000	5,000	500	3,500
900	2,100	5,000	500	3,500
1000	2,200	5,500	500	4,000

６－２．車両配置図

常温硬化法と加熱硬化法があり、標準は常温硬化法になります。常温硬化法を**図６－２**に、加熱硬化法を**図６－３**に示します。

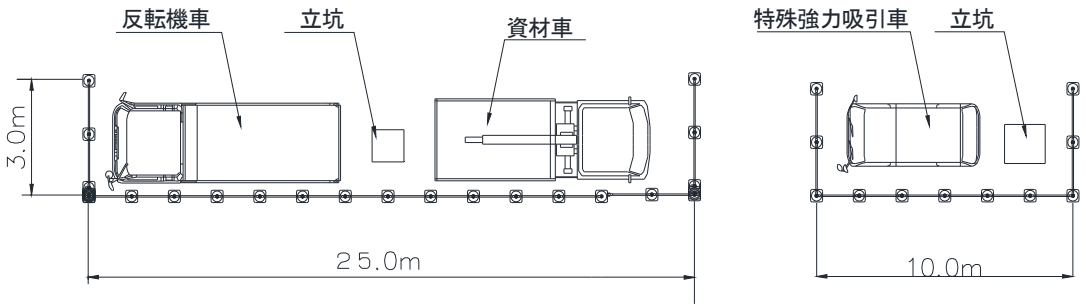


図 6-2　車両配置図（常温硬化法）

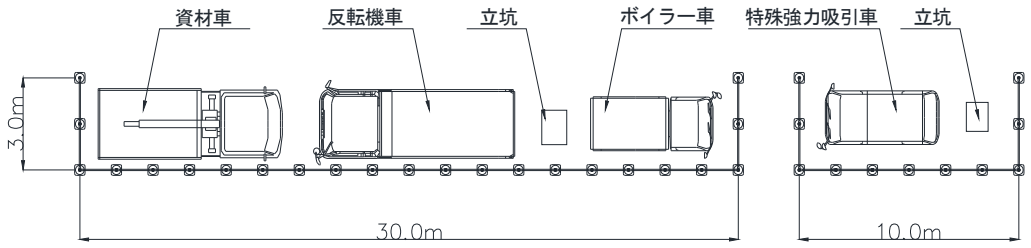


図 6-3　車両配置図（加熱硬化法）

６－３．施工工程

１）クリーニング工

クリーニング方法としては機械式、高圧洗浄、人力があります。ここでは機械式を**図６－４**に示します。

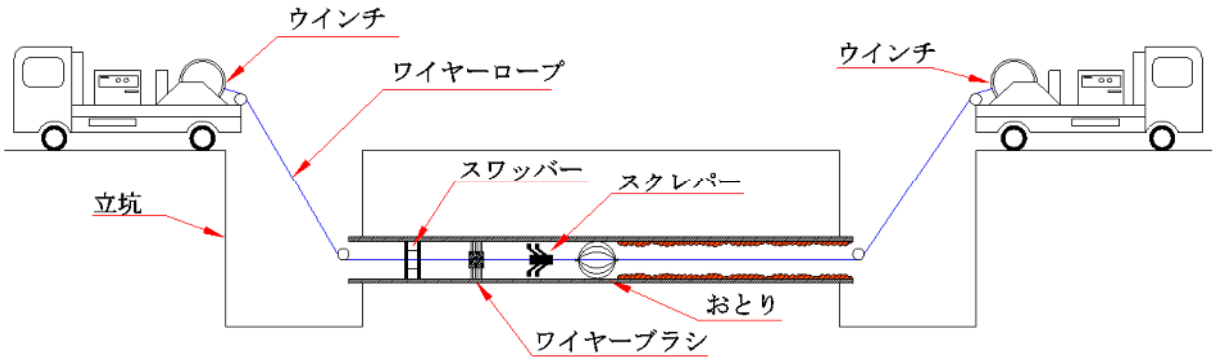


図 6-4　機械式によるクリーニング工の模式図

２）塗布工（含浸工）

シールホース内に接着剤および硬化性樹脂を注入し、均一に塗布（含浸）します。塗布工（含浸工）の模式図を**図６－５**に示します。

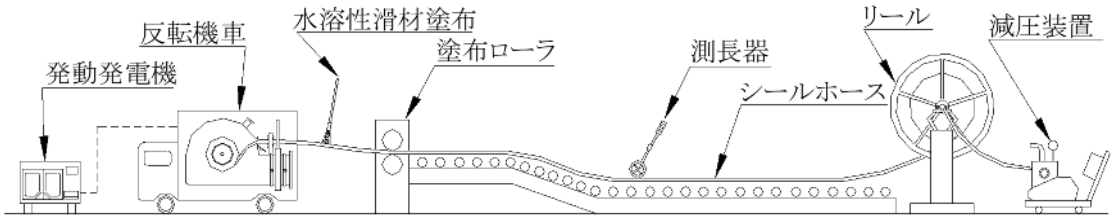


図 6-5　塗布工（含浸工）の模式図

3）反転挿入工

塗布（含浸）したシールホースに空気圧を作用させて管内に反転挿入します。

反転挿入工の模式図を**図６－６**に示します。

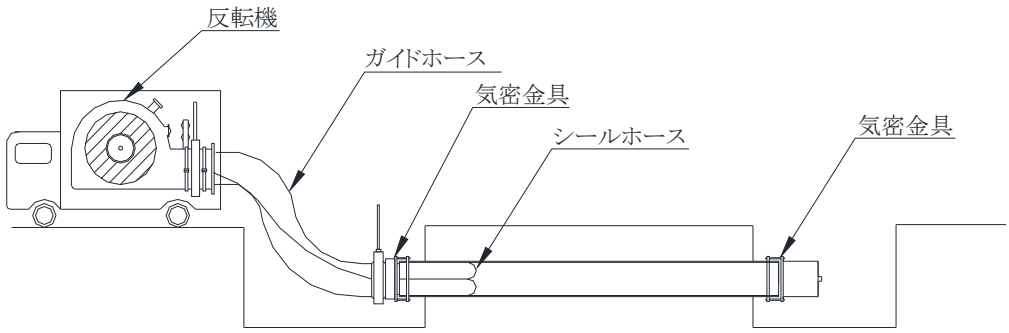


図 6-6　反転挿入工の模式図

4）硬化工

常温硬化法と加熱硬化法があり、標準は常温硬化法になります。常温硬化法の模式図を**図６－７**、加熱硬化法の模式図を**図６－８**に示します。

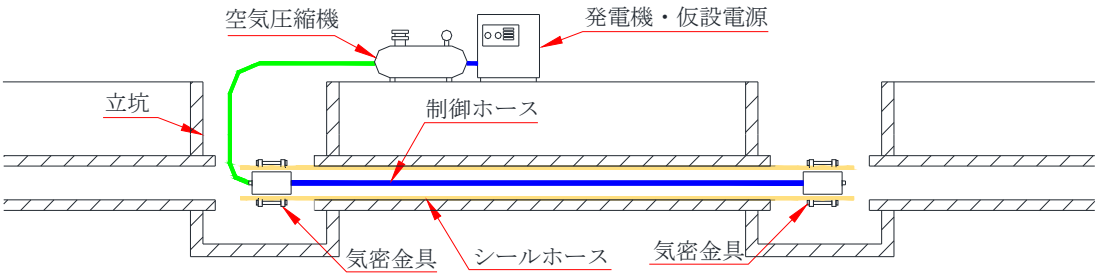


図 6-7　常温硬化法の模式図

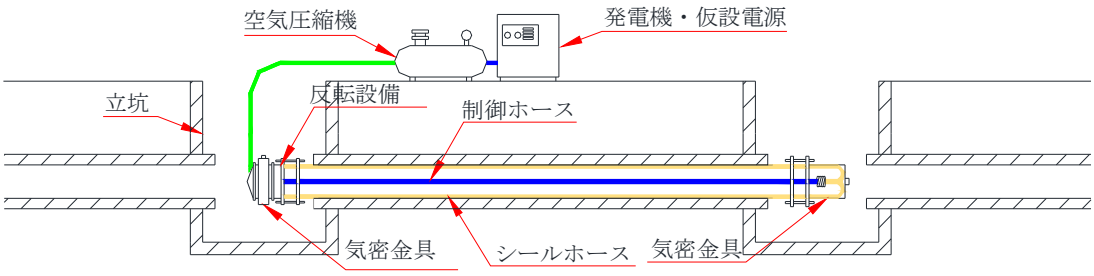


図 6-8　加熱硬化法の模式図

5）管端処理工(一例)

硬化したシールパイプを切断し、その部分で管端処理を行います。

ここでは管端処理の一例を**図６－９**に示します。

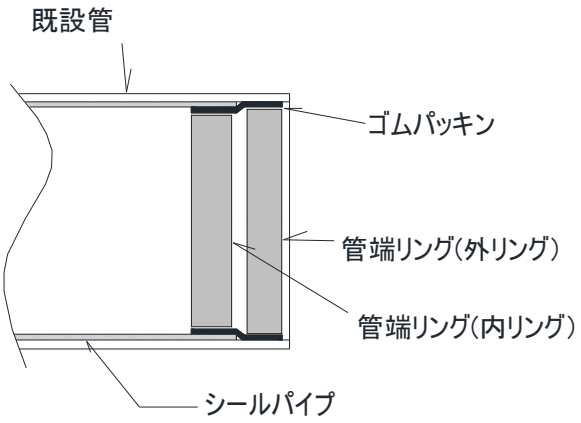


図 6-9　管端処理の施工事例

6）分岐部処理工

分岐部は既設管と同様に腐食・劣化していることが多く、特に分岐首部は更生後も劣化した状態での残置となるため、撤去・新設を推奨いたします。

分岐部の新設を行う際には、次のような処理を行います。

・分岐部を新設する場合

分岐部で既設管を撤去した後にダミー管等を設置し、撤去部を通過させて反転挿入を行い、硬化後にシールパイプを切断します。

シールパイプの切断箇所に管端処理を行った後、新設の分岐管を取付け復旧します。その模式図を**図６－１０**に示します。

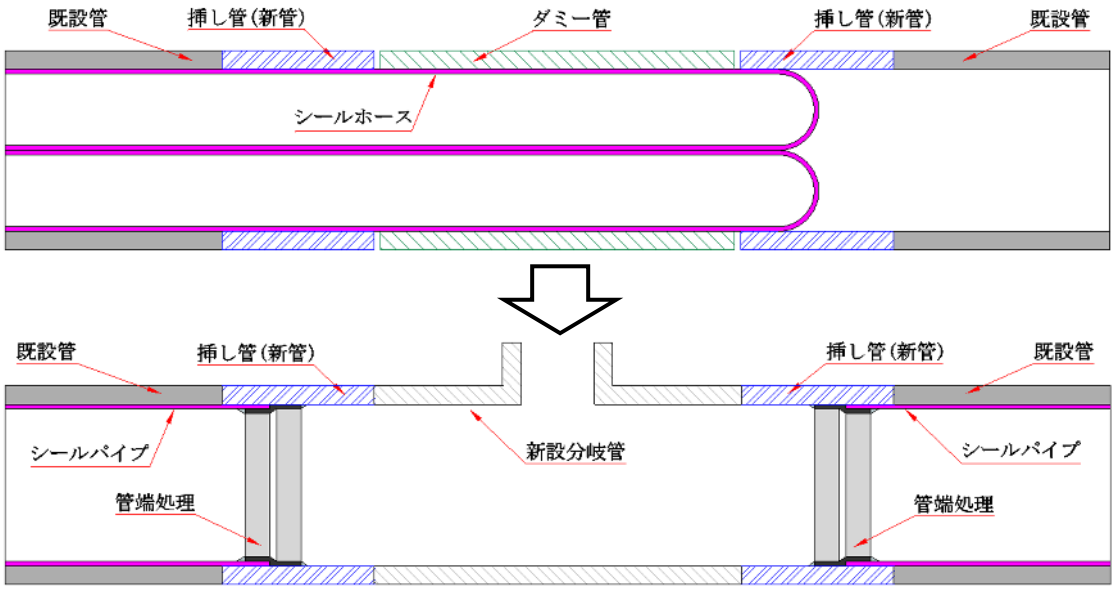


図 6-10　分岐部処理工（新設の場合）

上記の処理を推奨いたしますが、分岐管の撤去が行えない場合の分岐部処理につきましては、別途協議といたします。

７．シールパイプの特性

７－１．短期曲げ特性

１）シールパイプＷＲＮの場合

①試料作製

接着剤を含浸したシールホースＷＲＮを**図７－１**に示す平板サンプル作製ジグにセットし、反転挿入時と同等の圧力で締め付けました。その後、常温にてシールホースＷＲＮを硬化させました。硬化した平板サンプルより短冊状の試験片を作製しました。試験片の形状を**写真７－１**に示します。

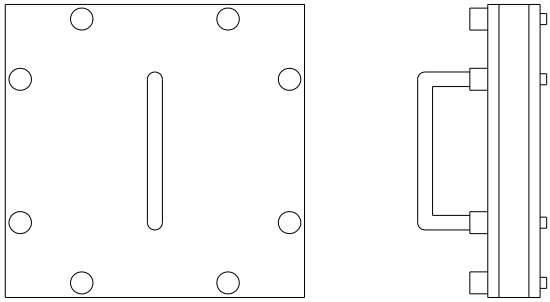


図 7-1　平板サンプル作製ジグ

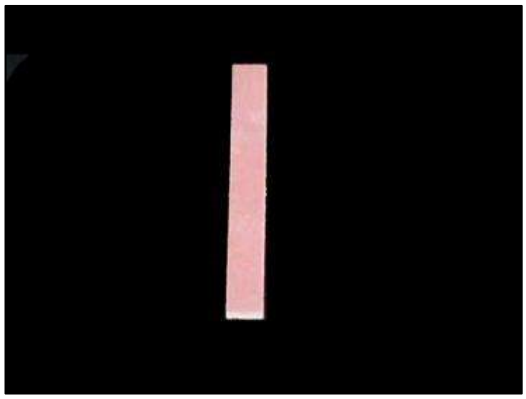


写真 7-1　曲げ試験片の形状

②試験方法

JIS K 7171 「プラスチック－曲げ特性の試験方法」に準拠しました。その試験方法を**写真７－２**に示します。

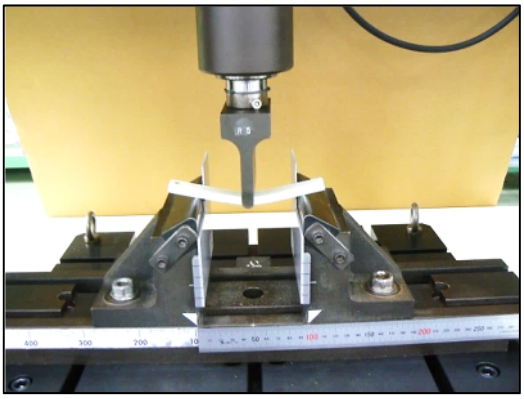


写真 7-2　曲げ試験方法

③試験結果

曲げ試験結果を統計処理しました。統計処理結果を**表７－１**に示します。

表 7-1　統計処理結果

	短期曲げ強さ(MPa)	短期曲げ弾性率(MPa)
平均値	55.1	3,643.0
標準偏差（σ）	3.7	169.8
平均値－1.96σ	47.9	3,310.1

④規格値設定

統計処理結果を基に、施工時のバラツキを考慮し安全側となるよう規格値を設定します。シールパイプＷＲＮの規格値を**表７－２**に示します。

表 7-2　シールパイプＷＲＮの規格値

短期曲げ強さ(MPa)	短期曲げ弾性率(MPa)
47	3,300

２）シールパイプＷＨＸの場合

①試料作製

硬化性樹脂を含浸したシールホースＷＨＸを**図７－２**に示す平板サンプル作製ジグにセットし、常温にて硬化させました。硬化した平板サンプルより短冊状の試験片を作製しました。平板サンプルセット状況を**写真７－３**、試験片の形状を**写真７－４**に示します。

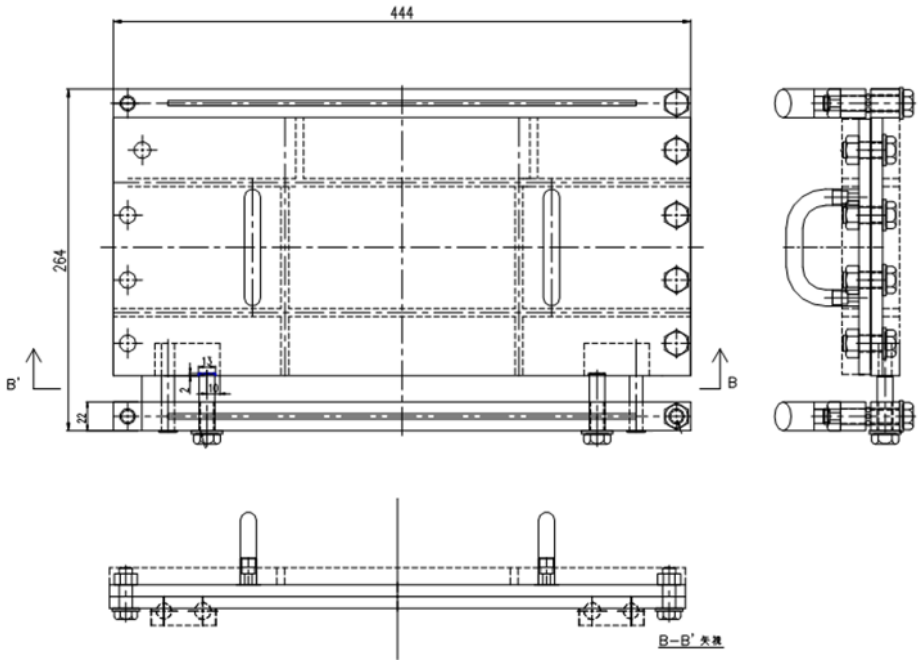


図 7-2　平面サンプル作製ジグ

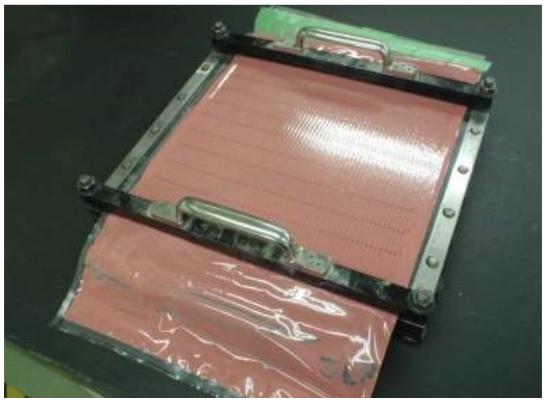


写真 7-3　平板サンプルセット状況

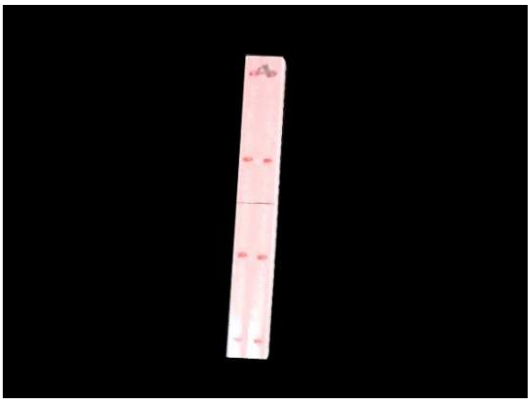


写真 7-4　曲げ試験片の形状

②試験方法

JIS K 7171「プラスチック－曲げ特性の試験方法」に準拠しました。

③試験結果

曲げ試験結果を統計処理しました。統計処置結果を**表７－３**に示します。

表 7-3　統計処理結果

ホース厚さ (㎜)	補強層厚さ (㎜)	項目	短期曲げ強さ (MPa)	短期曲げ弾性率 (MPa)
3.2	2.2	平均値	95.9	5,469.3
		標準偏差（σ）	4.9	244.5
		平均値－1.96σ	86.0	4,980.3
3.6	2.6	平均値	128.5	5,993.7
		標準偏差（σ）	4.6	222.3
		平均値－1.96σ	119.4	5,549.1
4.0	3.0	平均値	149.1	6,095.8
		標準偏差（σ）	7.5	317.0
		平均値－1.96σ	134.0	5,461.8
4.4	3.4	平均値	188.2	6,890.9
		標準偏差（σ）	5.4	216.2
		平均値－1.96σ	177.3	6,458.5
4.9	3.9	平均値	228.4	8,393.8
		標準偏差（σ）	9.3	194.8
		平均値－1.96σ	209.8	8,004.3
5.4	4.4	平均値	213.8	8,660.4
		標準偏差（σ）	13.9	221.5
		平均値－1.96σ	186.0	8,217.4
5.8	4.8	平均値	225.7	9,228.6
		標準偏差（σ）	11.2	610.6
		平均値－1.96σ	203.4	8,007.5
6.3	5.3	平均値	221.3	8975.1
		標準偏差（σ）	9.5	474.7
		平均値－1.96σ	202.3	8025.7

④規格値設定

統計処理結果を基に、施工時のバラツキを考慮し安全側となるよう規格値を設定します。シールパイプＷＨＸの規格値を**表７－４**に示します。

表 7-4　シールパイプＷＨＸの規格値

ホース厚さ (mm)	補強層厚さ (mm)	短期曲げ強さ (MPa)	短期曲げ弾性率 (MPa)
3.2	2.2	60	3,000
3.6	2.6	90	3,500
4.0	3.0	90	4,000
4.4	3.4	120	5,500
4.9	3.9	120	6,500
5.4	4.4	120	6,500
5.8	4.8	130	6,500
6.3	5.3	130	7,500

７－２．短期引張特性

１）シールパイプＷＲＮの場合

①試料作製

短期曲げ特性試験と同様に試料を作製しました。試験片の形状を**写真７－５**に示します。

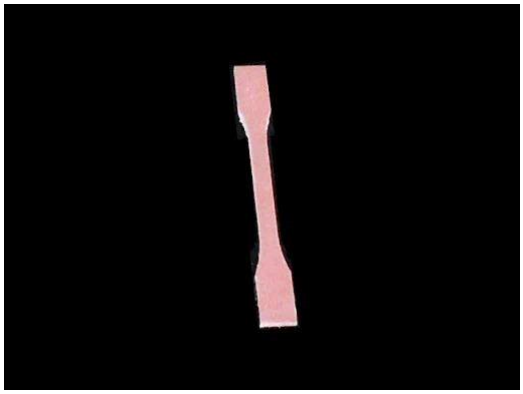


写真 7-5　引張試験片の形状

②試験方法

JIS K 7113「プラスチックの引張試験方法」に準拠しました。その試験方法を**写真７－６**に示します。

写真 7-6　引張試験

③試験結果

引張試験結果を統計処理しました。統計処理結果を**表７－５**に示します。

表 7-5　統計処理結果

	短期引張強さ(MPa)
平均値	24.7
標準偏差(σ)	3.1
平均－1.96σ	18.7

④規格値設定

統計処理結果を基に、施工時のバラツキを考慮し安全側となるよう規格値を設定とします。シールパイプＷＲＮの規格値を**表７－６**に示します。

表 7-6　シールパイプＷＲＮの規格値

短期引張強さ(MPa)
18

２）シールパイプＷＨＸの場合

①試料作製

短期曲げ特性試験と同様に試料を作製しました。その試験片の形状を**写真７－７**に示します。

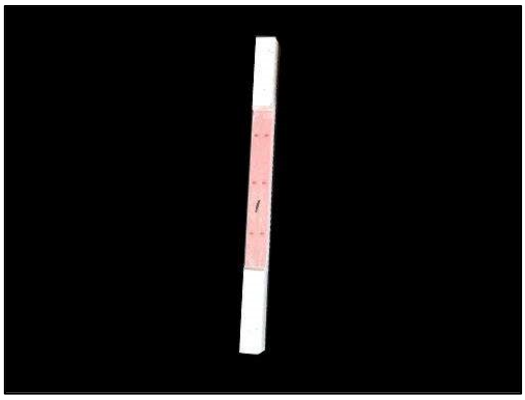


写真 7-7　引張試験片の形状

②試験方法

JIS K 7113「プラスチックの引張試験方法」に準拠しました。

③試験結果

引張試験結果を統計処理しました。統計処理結果を**表７－７**に示します。

表 7-7　統計処理結果

ホース厚さ (㎜)	補強層厚さ (㎜)	項目	短期引張強さ (MPa)
3.2	2.2	平均値	82.8
		標準偏差（σ）	3.6
		平均値－1.96σ	75.6
3.6	2.6	平均値	168.8
		標準偏差（σ）	11.7
		平均値－1.96σ	145.5
4.0	3.0	平均値	261.6
		標準偏差（σ）	11.1
		平均値－1.96σ	239.3
4.4	3.4	平均値	293.7
		標準偏差（σ）	18.1
		平均値－1.96σ	257.4
4.9	3.9	平均値	339.6
		標準偏差（σ）	26.5
		平均値－1.96σ	286.6
5.4	4.4	平均値	358.8
		標準偏差（σ）	13.9
		平均値－1.96σ	331.1
5.8	4.8	平均値	347.1
		標準偏差（σ）	29.1
		平均値－1.96σ	288.9
6.3	5.3	平均値	350.2
		標準偏差（σ）	14.4
		平均値－1.96σ	321.4

④規格値設定

統計処理結果を基に、施工時のバラツキを考慮し安全側となるよう規格値を設定します。シールパイプＷＨＸの規格値を**表７－８**に示します。

表 7-8　シールパイプＷＨＸの規格値

ホース厚さ (㎜)	補強層厚さ (㎜)	短期引張強さ (MPa)
3.2	2.2	50
3.6	2.6	100
4.0	3.0	140
4.4	3.4	140
4.9	3.9	180
5.4	4.4	180
5.8	4.8	180
6.3	5.3	210

７－３．長期特性

１）曲げクリープ特性（曲げ弾性率）

①シールパイプＷＲＮの場合

（１）試料作製

短期曲げ特性試験と同じように試料を作製しました。

（２）試験方法

JIS K 7116「プラスチック－クリープ特性の試験方法－第２部：３点負荷による曲げクリープ」に準拠しました。得られたクリープたわみから曲げ弾性率を算出し、回帰分析することにより５０年後の曲げ弾性率を外挿します。試料数はｎ＝３で行いました。

曲げ弾性率の計算は①式により行いました。

$E_t = L^3 \cdot F / 4b \cdot h^3 \cdot S_t$ ・・・・・・・・・・・・・①

ここに、

E_t：曲げ弾性率（MPa）

L ：支点間距離（16×試験片の厚さ h：㎜）

F ：試験荷重（N）

b ：試験片の幅（㎜）

h ：試験片の厚さ（㎜）

S_t：時間ｔでの支点間中央のたわみ（㎜）

（３）試験結果

試験結果を**表７－９**に示します。また、回帰分析結果を**表７－１０**に示し、曲げ弾性率と経過時間の関係を**図７－３**に示します。

表 7-9　試験結果（たわみ量）

測定時間	たわみ量(mm)		
	No. 1	No. 2	No. 3
1 分	0. 585	0. 630	0. 565
3 分	0. 600	0. 630	0. 570
6 分	0. 605	0. 635	0. 580
12 分	0. 610	0. 640	0. 590
30 分	0. 615	0. 645	0. 595
1 時間	0. 625	0. 655	0. 605
2 時間	0. 630	0. 660	0. 610
5 時間	0. 645	0. 675	0. 625
10 時間	0. 660	0. 690	0. 640
20 時間	0. 675	0. 710	0. 660
50 時間	0. 715	0. 755	0. 690
100 時間	0. 735	0. 780	0. 715
200 時間	0. 785	0. 820	0. 760
501 時間	0. 835	0. 875	0. 815
1005 時間	0. 885	0. 930	0. 860

表 7-10　回帰分析結果

試料 No.	1 分後の曲げ弾性率(MPa)	50 年後の曲げ弾性率(MPa)
	推定値	推定値
1	3, 715	1, 922
2	3, 505	1, 843
3	3, 830	1, 921
平均値	3, 683	1, 895

（４）考察

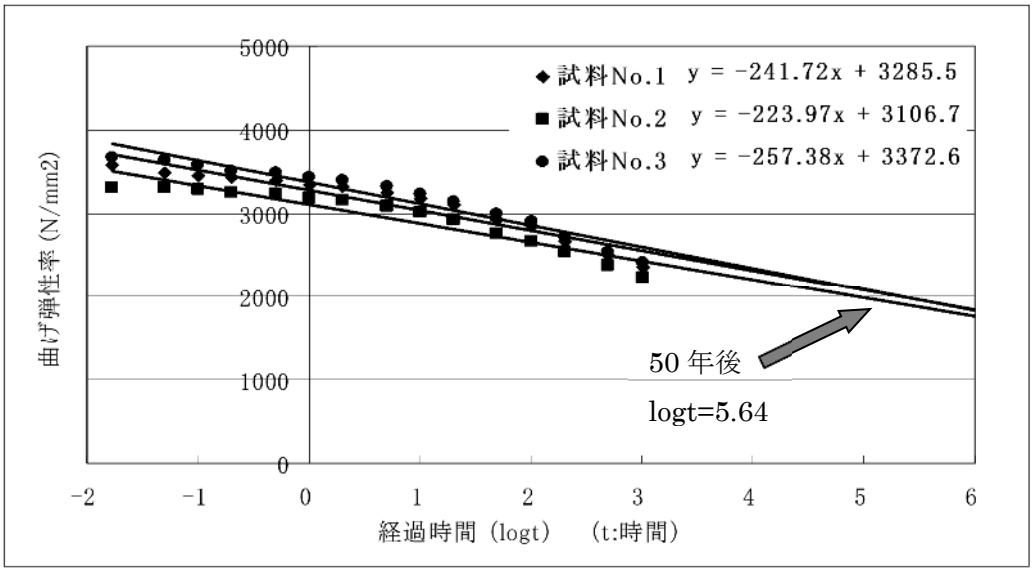


図 7-3　曲げ弾性率と経過時間

本試験より、５０年後の推定曲げ弾性率の外挿式を以下に示します。

$y = -241.72x + 3,285.5$
$y = -223.97x + 3,106.7$
$y = -257.38x + 3,372.6$

ここに、ｘ：時間 logt(hour)
ｙ：曲げ弾性率(MPa)

外挿式から５０年後の曲げ弾性率を算出しますと、最低値１，８４３(MPa)、最高値１，９２２（MPa)、平均値１，８９５（MPa）となりました。シールパイプＷＲＮの長期規格値は安全側をみて、１，８００（MPa）とします。

表 7-11　シールパイプＷＲＮの規格値

長期曲げ弾性率(MPa)
1,800

②シールパイプＷＨＸの場合

（１）試験結果

試験結果を**表７－１２**に示します。また、回帰分析結果を**表７－１３**に示し、曲げ弾性率と経過時間の関係を**図７－４**に示します。

表 7-12　試験結果（たわみ量）

測定時間	たわみ量(mm)		
	No.1	No.2	No.3
1 分	1.70	1.99	1.62
3 分	1.76	2.08	1.70
6 分	1.78	2.09	1.71
12 分	1.78	2.10	1.72
30 分	1.80	2.11	1.73
1 時間	1.81	2.13	1.75
2 時間	1.82	2.15	1.76
5 時間	1.83	2.17	1.78
10 時間	1.86	2.21	1.80
30 時間	1.89	2.25	1.83
57 時間	1.97	2.35	1.91
168 時間	2.03	2.46	1.98
176 時間	2.12	2.65	2.12
342 時間	2.20	2.69	2.15
488 時間	2.37	2.87	2.32
748 時間	2.48	2.99	2.44
1,005 時間	2.60	3.14	2.56

表 7-13　回帰分析結果

試料 No	1 分後の曲げ弾性率(MPa)	50 年後の曲げ弾性率(MPa)
	推定値	推定値
1	4,389	2,461
2	4,584	2,365
3	4,919	2,614
平均値	4,631	2,480

（２）考察

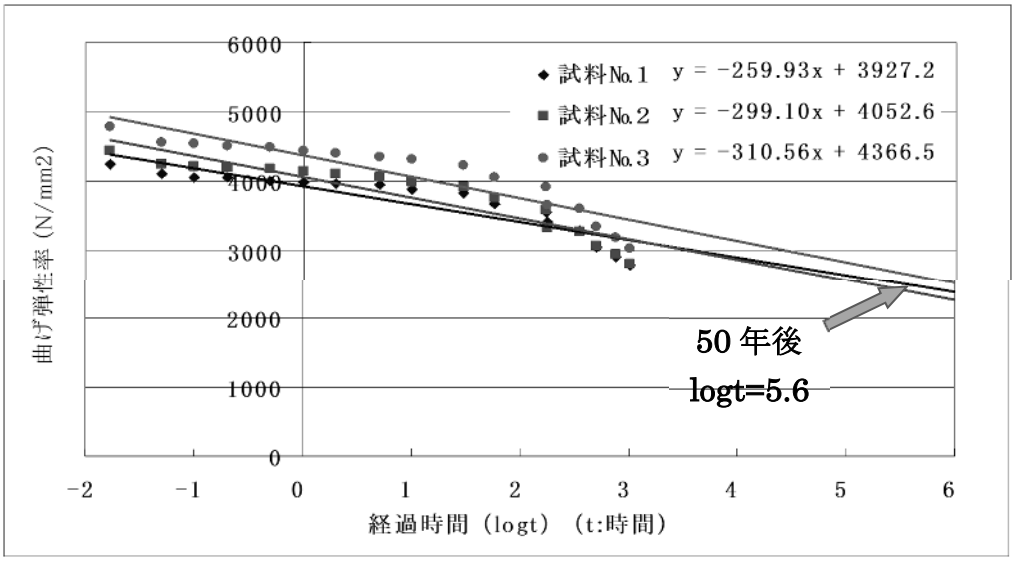


図 7-4　経過時間に対する曲げ弾性率変化

本試験より、５０年後の推定曲げ弾性率の外挿式を以下に示します。

ｙ＝-259.93ｘ+3,927.2

ｙ＝-299.10ｘ+4,052.6

ｙ＝-310.56ｘ+4,366.5

ここに、ｘ：時間 logt(hour)

ｙ：曲げ弾性率(MPa)

外挿式から５０年後の曲げ弾性率を算出すると、最低値２，３６５(MPa)、最高値２，６１４（MPa)、平均値２，４８０（MPa）となりました。

外挿式から１分後の曲げ弾性率を算出しますと、４，６２８（MPa）となり、その値を用いてクリープ係数を求めますと

クリープ係数＝2,480／4,628＝0.536 となり

シールパイプＷＨＸの曲げ弾性率のクリープ係数は、０．５０とします。よって、シールパイプＷＨＸの厚さごとの長期曲げ弾性率の規格値は**表７－１４**に示すとおりとします。

表 7-14　シールパイプＷＨＸの規格値

ホース厚さ (㎜)	補強層厚さ (㎜)	長期曲げ弾性率 (MPa)
3.2	2.2	1,500
3.6	2.6	1,750
4.0	3.0	2,000
4.4	3.4	2,750
4.9	3.9	3,250
5.4	4.4	3,250
5.8	4.8	3,250
6.3	5.3	3,750

２）引張クリープ特性（引張強さ）

①シールパイプＷＲＮの場合

（１）試料作製

短期曲げ特性試験と同じように試料を作製しました。

（２）試験方法

JIS K 7115「プラスチック－クリープ特性の試験方法－第１部：引張クリープ」に準拠しました。５０年後の外挿値σ_{50}は各試験体の引張強さと破壊時間の関係（常用対数値）から JIS K 7020 の方法Ａにより求めました。

初期引張強さの計算は②式により行いました。

$\sigma = F / b \cdot h$ ..... ②

ここに、

σ：引張強さ（MPa）

Ｆ：試験荷重（N）

ｂ：試験片の幅（㎜）

ｈ：試験片の厚さ（㎜）

（３）試験結果

試験結果を**表７－１５**に示します。また、引張強さと破壊時間の関係を**図７－５**に示します。

表 7-15　試験結果（各荷重における破壊時間）

試験荷重(N)	破壊時間(hour)	初期引張強さ(MPa)
523	2.2	25.4
499	27.0	24.2
503	81.0	23.3
495	150.0	22.9
472	280.0	22.9
458	425.0	22.2
444	466.0	20.5
451	800.0	20.9
431	1000.0	19.9
419	1360.0	19.4
384	1920.0	18.7
347	破壊せず	16.9

（4）考察

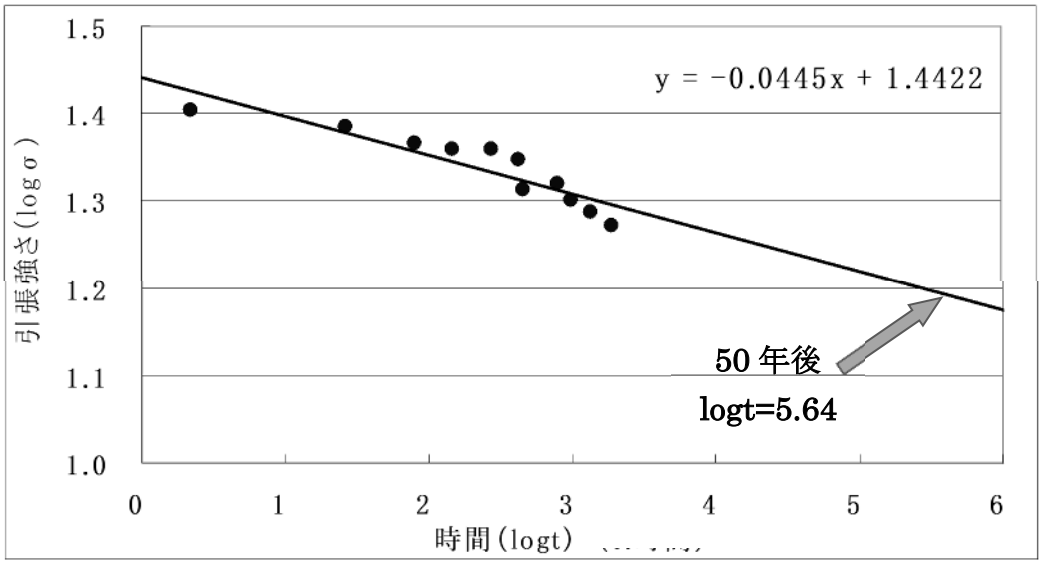


図 7-5　引張強さと破壊時間の関係

本試験より、５０年後の推定引張強さの外挿式を以下に示します。

ｙ＝-0.0445ｘ＋1.4422

ここに、ｘ：時間 logt(hour)

ｙ：引張強さ logσ(MPa)

外挿式から５０年後の引張強さを算出しますと、１５．５（MPa）となりました。シールパイプＷＲＮの長期設計値は安全側をみて、１５．０（MPa）とします。

表 7-16　シールパイプＷＲＮの規格値

長期引張強さ(MPa)
15

②シールパイプＷＨＸの場合

（１）試料作製

短期曲げ特性試験と同じように試料を作製しました。

（２）試験結果

試験結果を**表７－１７**に示します。また、引張強さと破壊時間の関係を**図７－６**に示します。

表 7-17　試験結果（各荷重における破壊時間）

試験荷重(N)	破壊時間(hour)	初期引張強さ(MPa)
363	1.5	17.1
343	18.0	15.3
314	108.0	15.1
294	450.0	13.6
275	2760.0	12.6
226	破壊せず	10.8

（３）考察

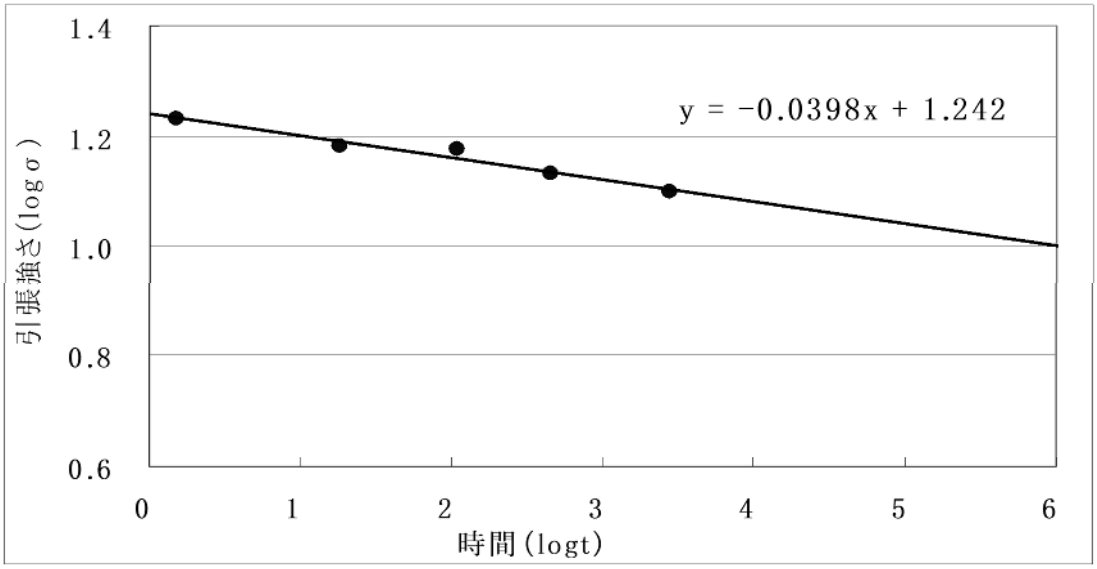


図 7-6　引張強さと破壊時間の関係

本試験より、５０年後の推定引張強さの外挿式を以下に示します。

ｙ＝-0.0398ｘ＋1.242

ここに、ｘ：時間 logt(hour)

ｙ：引張強さ logσ(MPa)

外挿式から５０年後の引張強さを算出しますと、１０．４（MPa）となりました。外挿式から１分後の引張強さを算出しますと２０．５（MPa）となり、その値を用いてクリープ係数を求めますと、

クリープ係数＝10.4／20.5＝0.50

となり、シールパイプＷＨＸの引張強さのクリープ係数は、０．５０とします。

よって、シールパイプＷＨＸの厚さごとの長期引張強さの規格値は**表７－１８**に示すとおりとします。

表 7-18　シールパイプＷＨＸの規格値

ホース厚さ(㎜)	補強層厚さ(㎜)	長期引張強さ(MPa)
3.2	2.2	25
3.6	2.6	50
4.0	3.0	70
4.4	3.4	70
4.9	3.9	90
5.4	4.4	90
5.8	4.8	90
6.3	5.3	105

７－４．水質試験

１）目的

上水道管に使用される流体は、飲料水等に用いられるため、管路更生工事におきましても、それに対応が可能な材料を選定する必要があります。そのため、シールホースの水質試験を行いました。

２）試料作製

シールホースを**図７－７**のように２枚のシールホースの円筒補強織物面どうしを貼り合わせた後、被覆材どうしを電子シーラで融着した試験片を作製しました。

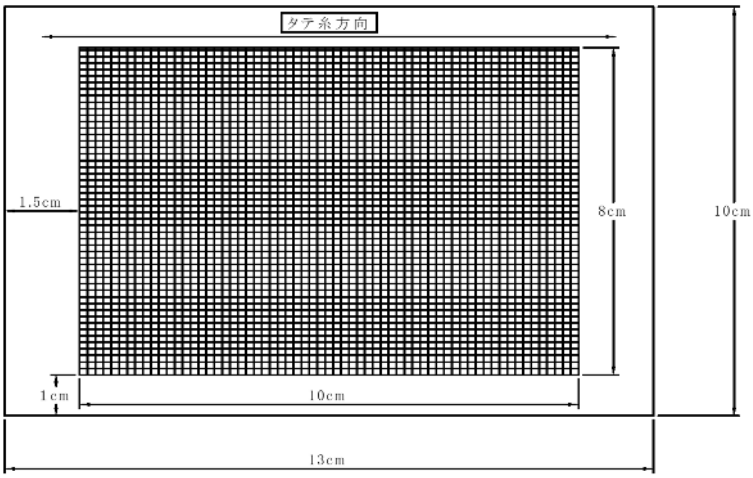


図 7-7　試料片の形状

3）試験方法

作製しました試料を用いて、JWWA Z 108:2016（水道用資機材―浸出試験方法）に準拠し行いました。浸出基準項目および浸出基準を**表７－１９**に示します。

なお、溶解試験の試験温度は常温２３℃、浸出日数は３日としました。

表 7-19　浸出基準項目および浸出基準

浸出基準項目	単位	浸出基準
カドミウムおよびその化合物	Mg/L	0.0003 以下
水銀およびその化合物	Mg/L	0.00005 以下
セレンおよびその化合物	Mg/L	0.001 以下
鉛およびその化合物	Mg/L	0.001 以下
ヒ素およびその化合物	Mg/L	0.001 以下
六価クロム化合物	Mg/L	0.005 以下
シアン化物イオンおよび塩化シオン	Mg/L	0.001 以下
硝酸態窒素および亜硝酸態窒素	Mg/L	1.0 以下
フッ素およびその化合物	Mg/L	0.08 以下
ホウ素およびその化合物	Mg/L	0.1 以下
四塩化炭素	Mg/L	0.0002 以下
1,4ージオキサン	Mg/L	0.005 以下
1,2ージクロロエタン	Mg/L	0.0004 以下
ジス-1,2-ジクロロエチレンおよびトランス-1,2-ジクロロエチレン	Mg/L	0.004 以下
ジクロロメタン	Mg/L	0.002 以下
テトラクロロエチレン	Mg/L	0.001 以下
トリクロロエチレン	Mg/L	0.001 以下
ベンゼン	Mg/L	0.001 以下
ホルムアルテヒド	Mg/L	0.008 以下
アルミニウムおよびその化合物	Mg/L	0.02 以下

浸出基準項目	単位	浸出基準
鉄およびその化合物	Mg/L	0.03以下
亜鉛およびその化合物	Mg/L	0.1以下
銅およびその化合物	Mg/L	0.1以下
ナトリウムおよびその化合物	Mg/L	20以下
マンガンおよびその化合物	Mg/L	0.005以下
塩化物イオン	Mg/L	20以下
蒸発残留物	Mg/L	50以下
陰イオン界面活性剤	Mg/L	0.02以下
非イオン界面活性剤	Mg/L	0.005以下
フェノール類	Mg/L	0.0005以下
有機物(全有機炭酸（TOC）の量)	Mg/L	0.5以下
味	—	異常なし
臭気	—	異常なし
色度	度	0.5以下
濁度	度	0.2以下
残留塩素の減量	Mg/L	0.7以下
エピクロロヒドリン	Mg/L	0.01以下
アミン類	Mg/L	0.01以下
2,4ートルエンジアミン	Mg/L	0.002以下
2,6ートルエンジアミン	Mg/L	0.001以下
酢酸ビニル	Mg/L	0.01以下
スチレン	Mg/L	0.002以下
1.2ーブタジエン	Mg/L	0.001以下
1,3ーブタジエン	Mg/L	0.001以下
N,N-ジメチルアニリン	Mg/L	0.01以下
ヒドラジン	Mg/L	0.005以下
アクリル酸	Mg/L	0.002以下
トルエン	Mg/L	0.2以下
キシレン	Mg/L	0.4以下
亜硝酸態窒素	Mg/L	0.004以下
pH値の増加量	Mg/L	1以下

4）試験結果

全ての項目について基準以下の結果を得られたため、水質基準に適合していることが確認されました。

7－5．水理特性

1）目的

ホースライニング工法上水道施工管の流水抵抗を測定し、通水能力を確認するため流速係数を算出しました。

2）試験概要

試験用の循環水路上に供試体を仮設し、適当な勾配を設定して、バルブ操作により流量を変化させ、通過する流量と水位を正確に計測する方法で粗度係数および流速係数を計算します。

勾配はレベル測量、流量は電磁流量計、水位はポイントゲージまたは金尺で正確に計測します。流速係数はヘーゼン・ウィリアムス式で計算しました。

3）試験装置（循環水路装置）

①通水能力　　最大110m^3/h
②揚水ポンプ　　EBARA PUMP(MODEL 150SEM)5.5kw
③流量調整バルブ　φ150
④基準流量計　　形式；UEFVF-IX、製造；1992年度
　　精度；± 0.5%RS
⑤試験水路　　短形開水路；高さ40cm、幅40cm、長さ10m

試験状況を**写真７－８**、試験装置の概要図を**図７－８**に示します。

写真7-8　試験状況

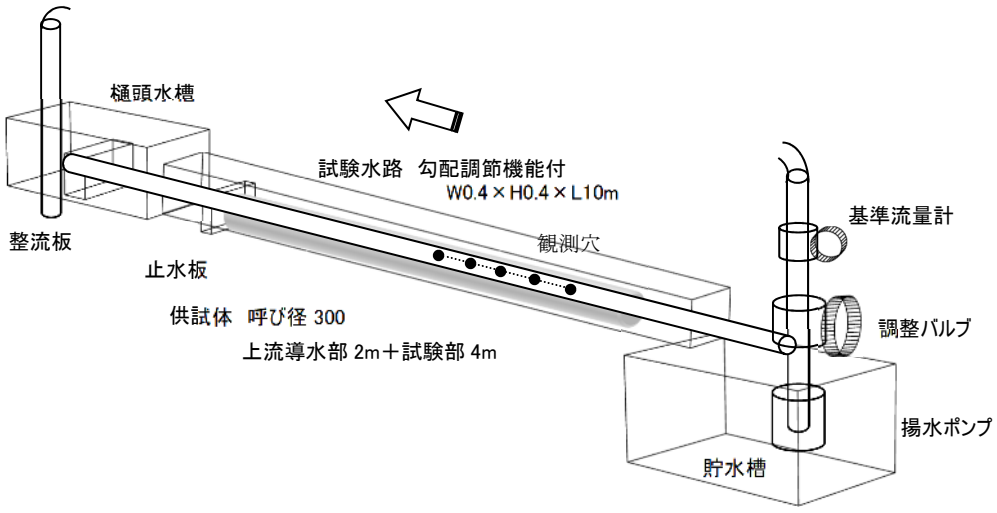


図7-8　試験装置概要図

４）供試体

①呼び径：φ３００

②実内径：２８３．７５㎜(JIS金尺による。両端垂直・水平の４点平均)

③管　長：６m(試験部４m＋上流導水部２m)

５）試験結果

流速および動水勾配を③式に示すヘーゼンウイリアムの公式に代入して、流速係数Ｃ値を算出しました。その結果を**表７－２０**に示します。

$V=0.849C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54}$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・③

ここに、V：流速　　(m/sec)

C：流速係数

R：径深　　(m)

I：動水勾配　(m)

表 7-20　流速係数

測定番号	動水勾配　I=3‰		
	平均流速 V(m/sec)	径深 R(m)	流速係数 C
1	0.659	0.027	174
2	0.788	0.038	167
3	0.865	0.045	165
4	0.928	0.052	162
5	1.011	0.056	168
6	1.066	0.061	168
7	1.098	0.065	166

６）考察

この試験結果からシールパイプの流速係数は１６６～１７４であることが確認できました。シールパイプの内面は全種類・全口径とも同じ熱可塑性樹脂層であり、施工後の状況も同じであるため、この試験結果は全種類・口径に適用が可能です。以上により、塩化ビニル管やポリエチレン管と同様に流速係数は１５０としました。

８．施工管の性能

８－１．耐震性の検証

１）耐震性試験

京都大学防災研究所、埋設管の地震時被害とホースライニング工法上水道施工管の耐震性に関する研究より抜粋して掲載しています。

①目的

ホースライニング工法上水道施工管が、地盤沈下や地震時の地盤変動に耐えるかどうかを目的に試験を行いました。

②試験

（１）静的引張試験

ａ．試験体作製

２本の短管を突き合わせた状態でシールパイプＷＲ､ＷＨＴを装着した試験体を作製しました。

ｂ．試験方法

試験体を**表８－１**に示す条件により水平方向に荷重を加え、その挙動を確認しました。試験方法を**図８－１**に示します。

表 8-1　静的引張試験条件

	呼び径	内圧(MPa)	変位(mm)
1	150	0.10	100
2	150	0.29	100
3	150	0.49	100
4	200	0.29	50
5	200	0.29	50

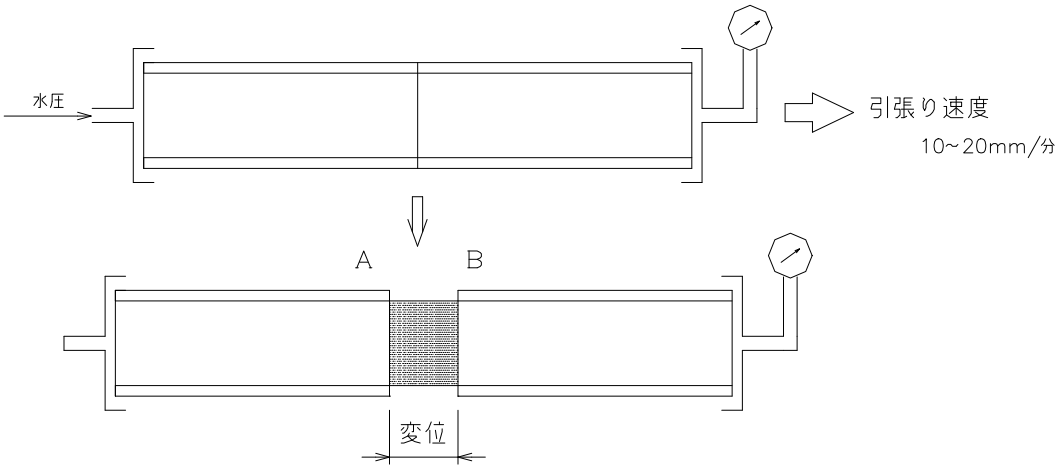


図 8-1　静的引張試験状況

ｃ．試験結果

φ１５０、内圧０．４９MPa、変位１００㎜の結果を**表８－２**に示します。

表 8-2　試験結果

	変位開始時の引張応力(MPa)	変位量(㎜)
シールホースWR	29.4	121
シールホースWHT	54.9	248

シールパイプは、変位が大きくなるに従い、管から剥がれながら伸びるため、シールパイプに損傷はなく､漏水もありませんでした。

（２）衝撃引張および繰返し引張試験

ａ．試験体作製

静的引張試験と同様に作製しました。

ｂ．試験方法

試験体を急激に**表８－３**に示す上限まで引張、その後、**表８－３**に示す条件で繰返し試験を行いました。試験状況を**図８－２**に示します。

表 8-3　衝撃引張および繰返し引張試験

呼び径	内圧(MPa)	繰返し振幅(㎜)			周波数(Hz)	時間(min)×回数
		下限	中立	上限		
150	0.49	50	100	150	1	1×3
150	0.49	70	100	130	3	1×3
150	0.49	80	100	120	3	1×3
100	0.29	15	30	45	1	1×3
150	0.29	1(ton) 1(ton) 1(ton) 40(㎜)	1(ton) 1(ton) 1(ton) 55(㎜)	1(ton) 1(ton) 1(ton) 70(㎜)	1 1 1 1	5(sec) 5(sec) 5(sec) 5(sec)

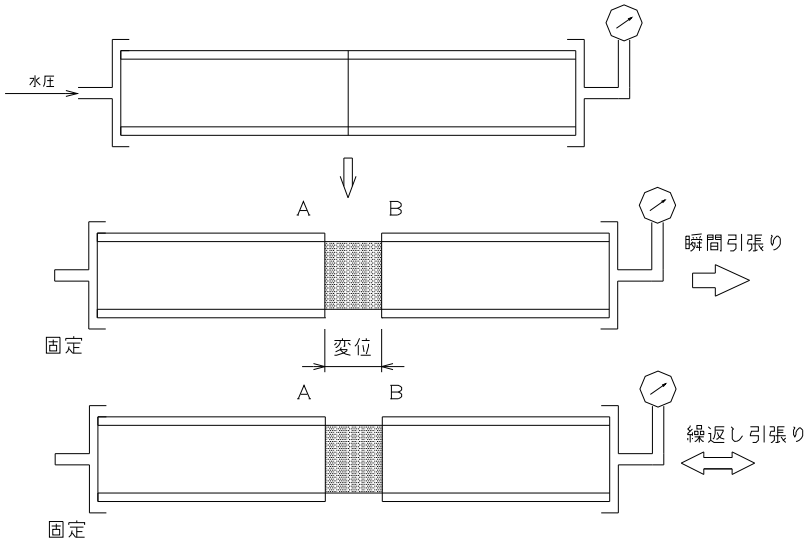


図 8-2　衝撃引張および繰返し引張試験状況

ｃ．試験結果

静的引張試験と同様､シールパイプが管から剥がれることにより、シールパイプに損傷はなく、漏水もありませんでした。

（３）静的曲げ試験

ａ．試験体作製

φ１５０の短管を突き合わせた状態でシールホースＷＲを装着した試験体を作製しました。

ｂ．試験方法

試験体に内圧０．２９を作用させた状態で、曲げ角度１０°になるまで 荷重を加えました。試験方法を**図８－３**に示します。

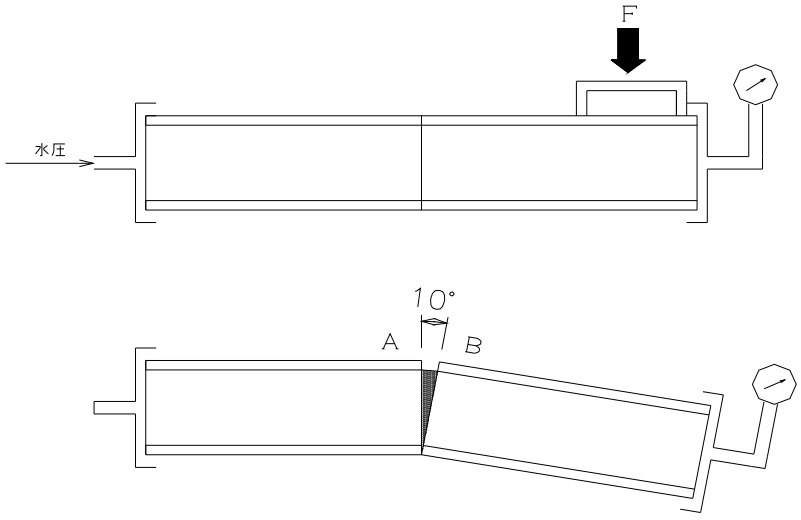


図 8-3　曲げ試験方法

ｃ．試験結果

シールパイプが下端開口部より管体と剥がれることにより、シールパイプに損傷はなく、漏水もありませんでした。

③考察

ホースライニング工法上水道施工管は、１００ｍｍの管軸方向変位、１０°の曲げ角度に相当する変位および繰返し載荷に対し、折損・抜け出しは発生しませんでした。各試験とも、荷重に対してシールパイプの伸び特性とシールパイプと管の境界面破壊により応力の緩和作用が生じるため、管軸方向の変位や屈曲に対する変位にもシールパイプは追従します。

従って、地盤の変動や地震などによる管路の動きや継ぎ手部のずれに充分対応が可能であり、管路の耐久性を向上させるとともに、管路に耐震性を与えるといえます。

２）被害状況調査

①兵庫県南部地震の調査結果

兵庫県南部地震における埋設管の被害状況は、管種、口径により開口部の変位量は異なりますが、平均的な開口部の最大変位量は１００ｍｍ程度と判断されます。

同地区でホースライニング工法上水道の施工は上水、ガス導管で行われており、その調査結果は**表８－４、８－５**に示すようにホースライニング工法上水道で施工したいずれの工区においても漏水等の異常は認められませんでした。

表 8-4　ホースライニング工法上水道施工管の調査結果

No.	呼び径	管種	延長(m)	施工場所	A	B
1	500	鋳鉄管	600	神戸市長田区	漏水なし	震度 6
2	300	鋳鉄管	46	神戸市灘区	漏水なし	震度 7
3	300	鋳鉄管	38	神戸市灘区	漏水なし	震度 6
4	75	鋳鉄管	138	神戸市灘区	漏水なし	震度 6
5	75	鋳鉄管	200	神戸市灘区	漏水なし	震度 6
6	400	鋳鉄管	33	神戸市須磨区	漏水なし	震度 6
7	300	鋼　管	45	神戸市東灘区	漏水なし	震度 7
8	200	鋼　管	43	神戸市東灘区	漏水なし	震度 7

A＝兵庫県南部地震での被害調査結果　B＝施工現場付近の地震規模（震度）

表 8-5　反転シール工法の調査結果（ガス導管）

※反転シール工法はガス分野における工法名称

No.	呼び径	管種	延長(m)	施工場所	A	B
1	300	鋳鉄管	455	西宮市津門住江	ガス漏洩なし	震度 6
2	300	鋳鉄管	593	神戸市中央区	ガス漏洩なし	震度 7
3	300	鋳鉄管	247	神戸市兵庫区	ガス漏洩なし	震度 7
4	500	鋳鉄管	778	神戸市長田区	ガス漏洩なし	震度 7

A＝兵庫県南部地震での被害調査結果　B＝施工現場付近の地震規模（震度）

８－２．繰返し疲労試験

１）目的

シールパイプの動的な挙動を確認するため、シールパイプＷＲを一部露出させた供試体に、繰返し荷重として一定周期毎に加圧を行い、シールパイプの疲労度を測定しました。

２）試験方法

隙間を５cm あけた供試体に０MPa→０．４９MPa→０MPa→０．４９MPa と１５秒間ずつ１０万回繰返し加圧した後、管内装着部と露出部から引張試験片を採取しました。その JIS L 1096（一般織物試験方法）に準じて引張試験を行い、引張強さと伸びを測定しました。繰返し疲労試験状況を**図８－４**に示します。

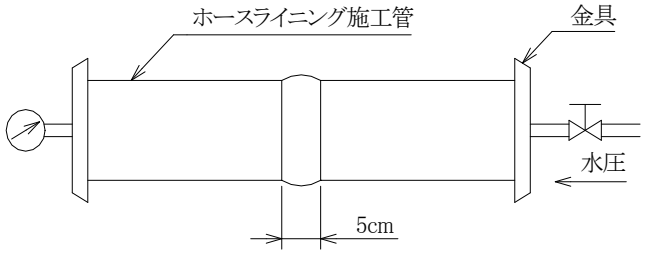


図 8-4　繰返し疲労試験状況

３）試験結果

試験後のシールパイプの引張強さと伸びを**表８－６**に示します。

表 8-6　試験後の引張強さと伸び

	管内装着部		露出部	
	引張強さ(N/mm)	伸び(%)	引張強さ(N/mm)	伸び(%)
筒長方向	233	18	231	19
	223	22	238	23
	235	19	233	22
円周方向	104	40	98	37
	98	38	101	39

４）考察

管内装着部と露出部の引張強さと伸びには差が見られなく、１０万回の繰返し回数も実用上かなり長期の荷重変動にあたるものと考えられ、継ぎ手部での内圧に変動が生じても、シールパイプには疲労が発生しないと判断できます。

８－３．耐圧力試験

１）目的

施工から経年後に既設管の残存強度がなくなり、内水圧がシールパイプに直接作用することを想定し、シールパイプの耐圧力を確認しました。

２）試験方法

ある一定の間隔をあけた試験冶具に、シールホースＷＨＸを反転挿入した後硬化させます。その後シールパイプＷＨＸに内水圧を作用させ、破断する時の圧力を測定しました。供試体の状況を**図８－５**、耐圧力の試験状況を**写真８－１**に示します。

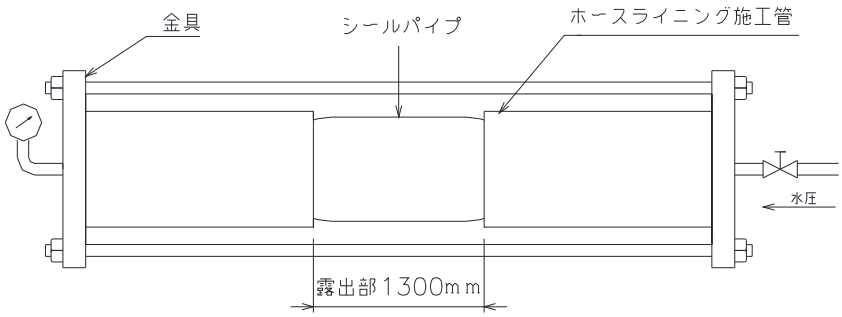


図 8-5　供試体の状況

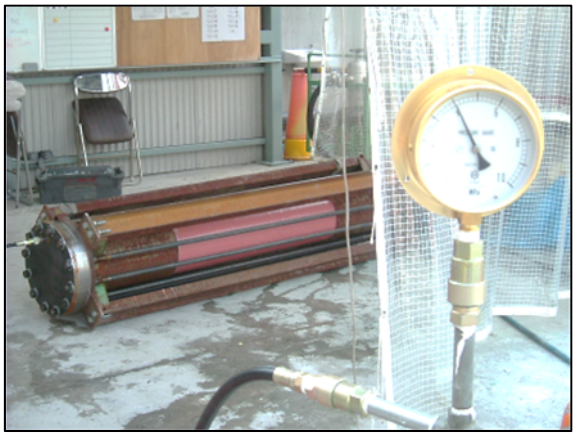


写真 8-1　シールパイプＷＨＸの試験状況

3）試験結果

シールパイプＷＨＸの試験結果を**表８－７**に示します。

表 8-7　シールパイプＷＨＸの耐圧力

呼び径	種別	ホース厚さ (㎜)	補強層厚さ (㎜)	耐圧力 (MPa)
150	タイプⅡ	4.0	3.0	4.7
				4.8
300	タイプⅡ	5.4	4.4	5.0
				6.3

4）考察

シールパイプＷＨＸは、水圧０．７５MPa に対し４倍以上の安全率を有しているものと考えます。

８－４．耐久性能

1）追跡調査結果

①目的

ホースライニング工法上水道で施工を実施した水道管を一定年月後に掘り出し、各種試験項目に合わせ､サンプリングして､施工管の性能について確認しました。

②試料作製

表８－８に示します施工管より試料作製しました。

表 8 - 8　呼び径、経年管の試料

＼	水道局	施工年月	呼び径	サンプル管採取年月
①	Y 水道局	1983 年	450	1993 年採取（10 年経過）
②	T 水道局	1985 年	600	1994 年採取（ 9 年経過）
③	Y 水道局	1988 年	450	1993 年採取（ 5 年経過）

③試験方法

掘上管からシールパイプを採取し、JIS L 1096（一般織物試験方法）に準拠して、引張強さ、伸びを測定しました。また、円筒補強織物と被覆材との剥離強さを JIS に準拠して測定しました。

④試験結果

試験結果を**表８－９**に示します。

表 8-9　ホースライニング工法上水道施工管の追跡調査結果

		標準仕様	①	②	③
織物	引張強さ(N/mm)	210 以上	217	314	226
	伸び(%)	10 以上	17	23	16
被覆材	引張強さ(MPa)	15 以上	16.6	18.4	20.5
	伸び(%)	400 以上	600	700	610
推定破断圧力(MPa)		0.49 以上	0.56	0.94	0.59

２）被覆材の耐久性

①目的

シールパイプを JIS K 6251（加硫ゴムおよび熱可塑性―引張有効特性の求め方）に準拠した形状に切断し、水道水に浸漬させ、一定時間毎に取り上げ引張試験を行いました。この試験データから外挿式を求め、５０年後の特性を予測することによりシールパイプの耐久性を確認することを目的としました。

②試験方法

シールパイプを短冊状に切断し、水道水に浸漬させ、一定時間後に取り上げた後、被覆材を円筒補強織物から剥がし取り、JIS K 6251 に準拠し測定しました。長期のデータは掘上管から採取したデータを採用し、５０年後の強度を推定しました。

③試験結果

浸漬時間に伴う被覆材の引張強さの変化を図８－６に、浸漬時間に伴う被覆材の破断時伸びの変化を図８－７に示します。本試験より、５０年後の推定引張強さと破断時伸びの外挿式を以下に示します。

引張強さの場合

Y　＝－1.8421X　+　28.78

Y　：引張強さ(N/mm)

X　：時間 Log(ｔ)

破断時伸びの場合

Y　＝－3.5271X　＋　620.43

Y　：Y：破断時伸び(%)

X　：X：時間 Log(ｔ)

この式から５０年後(Log t=5.64)の特性を推定すると引張強さ１８．８MPa、破断時伸び６０１％となり、協会規格は引張強さ１４．７MPa、破断時伸び４００％で、５０年後も規格値を上回っており、問題ありません。

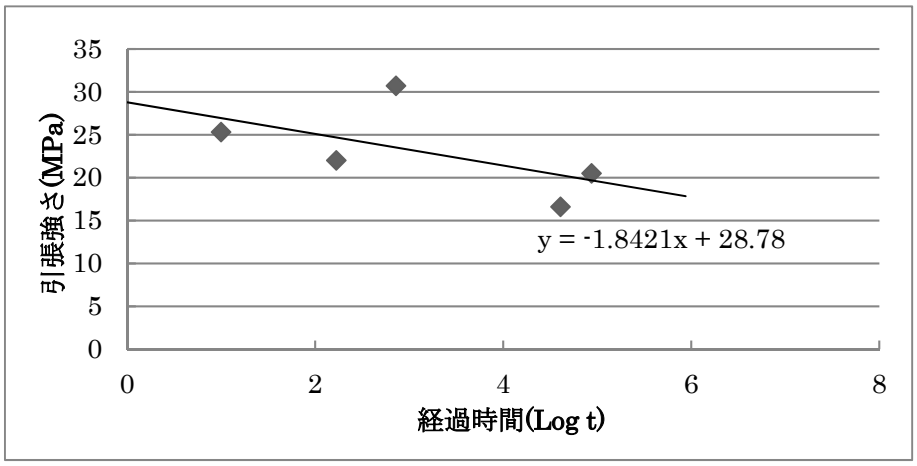


図 8-6　浸漬時間に伴う被覆材の引張強さの変化

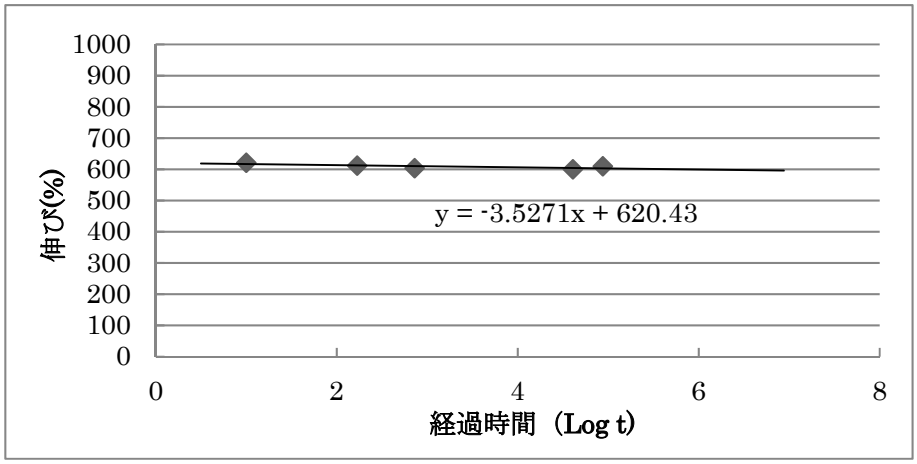


図 8-7　浸漬時間に伴う被覆材の破断時伸びの変化

3）円筒補強織物の耐久性

①目的

シールパイプを JIS L 1096 に準拠した形状に切断し、水道水に浸漬させ、一定時間毎に取り上げ、引張試験を行いました。この試験データから外挿式を求め、５０年後の特性を予測することにより耐久性を確認することを目的としました。

②試験方法

シールパイプを水道水に浸漬させ、一定時間後に取り上げた後、被覆材を円筒補強織物から剥がし取り、JIS L 1096 に準拠し測定しました。円筒補強織物の筒長方向のサンプルから円筒補強織物の引張強さ、破断時伸びの変化を測定しました。長期のデータは掘上管から採取したデータを採用し、５０年後の強度を推定しました。

③試験結果

浸漬時間に伴う円筒補強織物の引張強さの変化を**図８－８**、浸漬時間に伴う円筒補強織物の破断時伸びの変化を**図８－９**に示します。本試験より、50 年後

推定引張強さと破断時伸びの外挿式を以下に示します。

引張強さの場合	破断時伸びの場合
Y＝－3.4674X　+　237.64	Y=0.4673X　＋　13.939
Y：引張強さ(N/mm)	Y：破断時伸び(%)
X：時間 Log(ｔ)	X：時間 Log(ｔ)

この式から 50 年後（Log　t=5.64）の特性を推定すると引張強さ 226N/mm、破断時伸び 16.5%となり、協会規格値は引張強さ 210N/mm、破断時伸び 10%で、50 年後も規格値を上回っており、問題ありません。

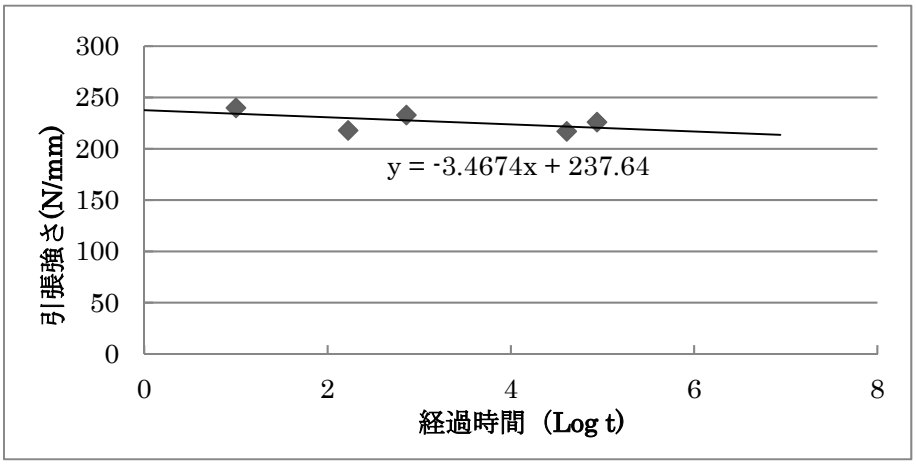


図 8-8　浸漬時間に伴う筒長方向の円筒補強織物の引張強さ

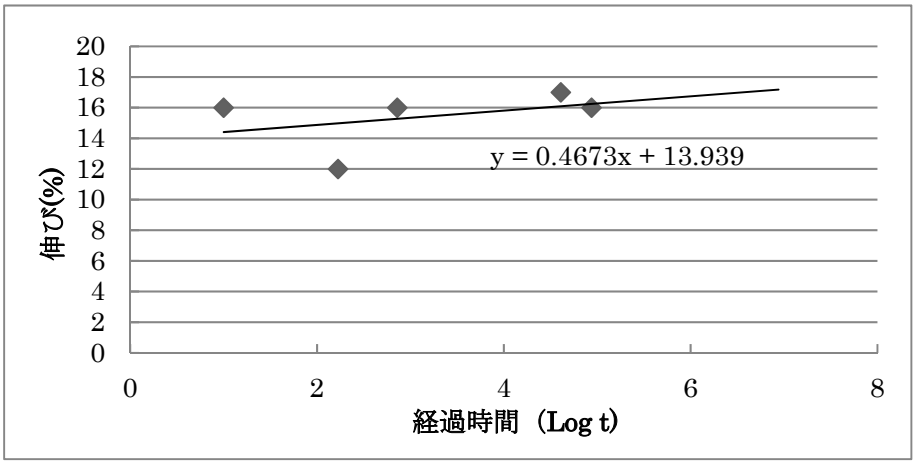


図 8-9　浸漬時間に伴う筒長方向の円筒補強織物の破断時伸び

参考資料

１．耐薬品性試験

１）目的

被覆材に使用しているオレフィン系樹脂は、プラスチック材料の中でも耐薬品性に優れた材料で各種用途に広く使用されています。

被覆材の薬品による耐久性を確認するため、耐水、耐塩素水、耐酸、耐アルカリについて行いました。

２）試験方法

被覆材を各溶液に浸漬させ、一定時間後に取り上げた後、JIS K 6251「加硫ゴムおよび熱可塑性ゴム－引張特性の求め方」に準拠し引張特性を測定しました。

３）試験結果

引張強さ、伸びの結果を**表１－１**に示します。

表 1-1　耐薬品性試験結果

浸　漬　溶　液	経過時間(hour) / 測定項目		0	100	300	500	1,000
水道水 (20℃)	引張強さ	(N/mm)	229	228	231	223	232
	伸　び	(%)	820	790	790	790	780
40ppm 塩素水 (20℃)	引張強さ	(N/mm)	229	224	229	233	230
	伸　び	(%)	820	760	750	800	810
2000ppm 塩素水 (20℃)	引張強さ	(N/mm)	214	215	215	215	215
	伸　び	(%)	860	850	850	860	850
PH１ 硫酸溶液 (20℃)	引張強さ	(N/mm)	229	229	225	210	210
	伸　び	(%)	820	780	780	780	780
PH14 水酸化ﾅﾄﾘｳﾑ溶液 (20℃)	引張強さ	(N/mm)	229	225	217	204	227
	伸　び	(%)	820	800	780	770	830

４）考察

試験結果より、各溶液に１，０００時間浸漬後の引張強さおよび伸びの低下は認められませんでした。従って、被覆材は耐水性、耐塩素性、耐酸性、耐アルカリ性に優れていることが確認されました。

２．耐摩耗性試験

１）試料作製

シールホースＷＨＴの平板の短期曲げ特性と同じように試料を作製し、１２０㎜角に加工しました。比較のための塩ビ板は下水道用硬質塩化ビニル管を平面プレス機で６０℃に加熱して平面にした後、圧力を加えた状態で冷却して、１２０㎜角に加工しました。試験状況を**写真２－１**に示します。

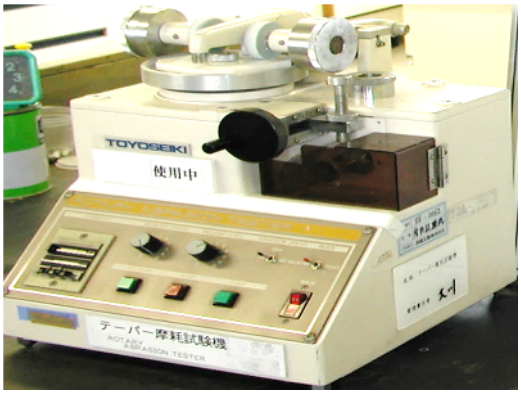


写真 2-1　耐摩耗試験状況

２）試験方法

JIS K 7204「プラスチック－摩耗輪による摩耗試験方法」に準拠し、最大荷重９．８N、試験回数１，０００回、摩耗輪はGC１５０Hで行いました。

３）試験結果および考察

試験結果を**表２－１**に示します。シールパイプＷＨＴは下水道用硬質塩化ビニル管より少ない摩耗質量を示し、優れた耐摩耗性を有していることが確認されました。

表 2-1　摩耗試験結果

	試験前重量 (g)	試験後重量 (g)	摩耗量 (mg)	硬質塩化ビニル管 (mg)
1	82.403	82.371	32.0	326.9
2	81.106	81.081	25.0	226.5
3	82.451	82.431	20.0	218.7
平均	－	－	25.7	257.5

ホースライニング工法上水道

技 術 資 料

2022年度版

2016年12月　2016年度版発行
2017年 9月　2017年度版発行
2018年 9月　2018年度版発行
2022年 3月　2022年度版発行
2023年 2月　2022年度版改定

編集・発行　**パルテム技術協会**
〒 101-0032
東京都千代田区岩本町 2 丁目 6 番 9 号
佐藤産業ビル 4 階
TEL：03-5825-9455
FAX：03-5825-9456

本書は無断で転載および複写を禁じます。