

下水道管きょの新しい更生工法

3 S セグメント工法

伊藤浩一¹・長谷川武司²・千野邦雄³・島田敬次¹
磯陽夫⁴・渡辺徹⁴・神田健太郎⁵・吉川浩⁵

¹正会員 前田建設工業株式会社 土木エンジニアリング部（〒102-8151 東京都千代田区富士見2-10-26）

²株式会社湘南合成樹脂製作所 営業部（〒254-0807 神奈川県平塚市代官町31-27）

³株式会社湘南合成樹脂製作所 建設部（〒254-0807 神奈川県平塚市代官町31-27）

⁴正会員 西松建設株式会社 技術研究所（〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間2570-4）

⁵日本ヒューム株式会社 下水道関連事業部（〒105-0004 東京都港区新橋5丁目33-1）

^{サンエス}3 S セグメント工法は、老朽化した中大口径の下水道管きょの更生工法であり、下水道管きょの形状（円形、矩形など）を考慮した透明で軽量なプラスチック製セグメントを、人力で既設人孔入口から搬入し、既設管内でボルト・ナットで容易に組立することができる。その後、既設管とセグメント材との隙間に充填材を注入し、既設管、充填材およびセグメント材が一体となった複合管を構築する工法である。

本工法の特徴は、下水供用下の施工が可能、占用作業帯が狭小、充填材の注入状況が目視で確認でき確実な充填が可能、曲線施工が可能、といった点が挙げられる。この3 S セグメント工法について、性能確認試験を実施し良好な結果が得られたのでここに報告する。

キーワード：下水道管きょ、中大口径、更生工法、透明、プラスチック製セグメント

1. はじめに

近年、老朽化した下水道管きょの増加に伴って、住民の生活環境の影響を軽減した非開削による下水道管きょ更生工法が多数開発されている。しかし、従来の製管工法や反転工法¹⁾で中大口径管きょを更生する場合、一般に大型機械設備が必要となるため、交通への支障や作業効率の低下が問題となっていた。また、既設管と更生材の空隙に注入する充填材の管理は、充填材の注入量のみで確認するしかなかった。

そこで、透明で軽量のプラスチック製セグメントを使用することにより、省スペースでの作業効率の向上と、目視での充填状況の把握が可能となる3 S セグメント工法を開発した²⁾。3 S セグメント工法は更生管の品質をより一層向上するとともに、下水供用下での施工や占用作業帯の縮小、大口径での分割施工（底部および上部）、上下流同時施工（二口施工）が可能であり工期短縮を実現できる。また本工法は、曲線施工にも対応できる。

2. 工法の概要

3 S セグメント工法の概要を図- 1に示す。

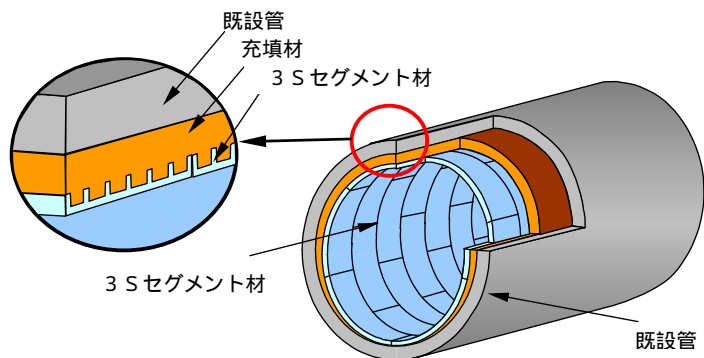


図- 1 3 S セグメント工法の概要図

本工法は、管きょの形状（円形、矩形など）を考慮した透明で軽量（1 ピース当り最大 4kg 程度）な更生用プラスチック製セグメント（以下、3 S セグメント材という）を用いており、人力で既設人孔入口から搬入・運搬を行ない、ボルト・ナットで組立

することができる。その後、既設管と3 Sセグメント材との隙間に3 Sセグメント用充填材（以下、3 S充填材という）を注入し、3 Sセグメント材、3 S充填材および既設管を一体化した複合管²⁾を構築する工法である。

本工法の特徴は以下のとおりである。

- ・下水供用下の施工が可能
- ・大型機械設備を使わないため占用作業帯が狭い
- ・充填材の注入状況が目視確認でき、確実な充填が可能
- ・曲線施工が可能
- ・分割組立、上下流同時施工により工期短縮が可能
- ・部分的更生が可能
- ・一時的な施工の中断が可能
- ・用途により3 Sセグメント材の樹脂材料の材質および色が選定可能

(1)適用範囲

管 種：鉄筋コンクリート管きょ
 形 状：円形、非円形（矩形）
 管 径：<円形管>呼び径 1500～2600
 <非円形管>
 内寸 1000 mm×1000 mm
 ～1800 mm×1800 mm
 施工延長：<円形・非円形>制限無し

(2)使用材料

本工法の主要な使用材料は、3 Sセグメント材および3 S充填材である。以下に使用材料の概要を示す。

a) 3 Sセグメント材

セグメント本体はプラスチック成形品で、材質は硬質塩化ビニル（PVC）である。材料物性を表- 1に、3 Sセグメント材の形状を写真- 1に示す。

また、適用管径（矩形管においては適用内寸）と分割数および仕上がり内径（矩形管においては仕上がり寸法）を表- 2、表- 3に示す。3 Sセグメント材の幅は200 mm（一部186 mm）となっている。

b) 3 S充填材

3 S充填材は水に対して材料分離抵抗が高く、水平方向の流動性に極めて優れ、狭い隙間にも容易に充填可能な材料である。充填材の配合を表- 4、プレミックス材の成分を表- 5、充填材の管理基準を表- 6に示す。

c) その他

その他の使用材料として、接合用部品、接合部力

バー、注入口カバー、スペーサー、シール材がある。注入口カバーを図- 2に示す。

表- 1 3 Sセグメント材の材料物性

項 目	物性値
比 重	1.36
引張強さ（MPa）	44.4
引張伸び（％）	156
耐衝撃性（KJ/m ² ）	2.9
ピカット軟化温度（℃）	75.4



写真- 1 3 Sセグメント材形状（左：円形管用、右：矩形管用）

表- 2 既設管適用管径と分割数および仕上がり内径

既設管径 （呼び径）	円形管用3 Sセグメント材		
	分割数	仕上がり内径 （mm）	セグメント厚さ （mm）
1500	5	1378	36
1650	6	1518	39
1800	6	1658	43
2000	8	1846	48
2200	8	2034	53
2400	9	2222	58
2600	9	2414	60

表- 3 既設管適用内寸と分割数および仕上がり寸法

既設矩形管 内寸（mm）	矩形管用3 Sセグメント材		
	分割数	仕上がり寸法 （mm）	セグメント厚さ （mm）
1000×1000	4	900×900	40
1100×1100	8	990×990	40
1200×1200	8	1080×1080	40
1350×1350	8	1230×1230	40
1500×1500	8	1380×1380	40
1650×1650	8	1530×1530	40
1800×1800	8	1680×1680	40

表- 4 3 S 充填材の配合 (1m³ 当り)

水/材 料比 (%)	単位質量 (kg)		備 考
	プレミッ クス材	水	
21.7	1775	385	プレミックス材袋詰めの場合 25kg/袋

表- 5 プレミックス材の成分

材 料	成 分
セメント	高炉セメント B 種
砂	最大骨材寸法 1.2 mm の石灰石碎石
混和材	収縮低減材 + 減水剤 + 消泡剤 + 増粘剤

表- 6 3 S 充填材の管理基準

管理項目	管理基準
圧縮強度 (28 日)	35 N/mm ² 以上
フロー値	300 ± 30 mm

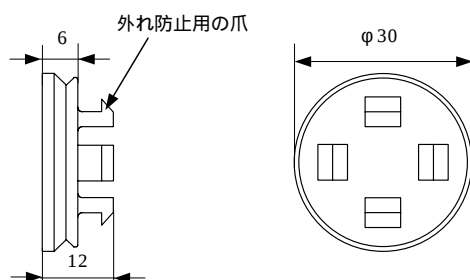


図- 2 注入口カバー概要

(3)使用機械

本工法で使用する主要機械は、セグメント組立作業車 (2t 積みトラック)、充填材注入作業車 (2t 積みトラック) などである。

(4)施工方法

3 S セグメント工法は、事前調査から既設管径や既設管の劣化状況に応じて、更生断面および充填材の注入方法を選定して施工を実施する。

a)施工条件

- ・ 3 S セグメント外径以上の既設下水管内径が確保されていること
- ・ 既設下水管内の水量は作業員の安全確保ができる程度であること
- ・ 木の根、モルタル等の障害物がないこと、あれ

ば除去されていること

b)標準占用作業帯

施工は大型機械設備を必要としないため、最小作業帯は 22.5 m² (組立搬入時の標準作業帯は 30 m²、充填材注入時の標準作業帯は 35 m²) と狭小である。最小作業帯の大きさを図- 3 に示す。

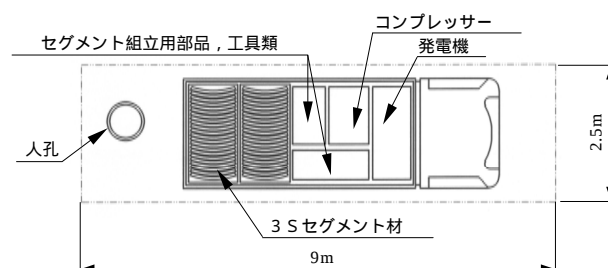


図- 3 最小作業帯

c)標準施工工程

3 S セグメント工法の標準施工工程を図- 4 に示す。

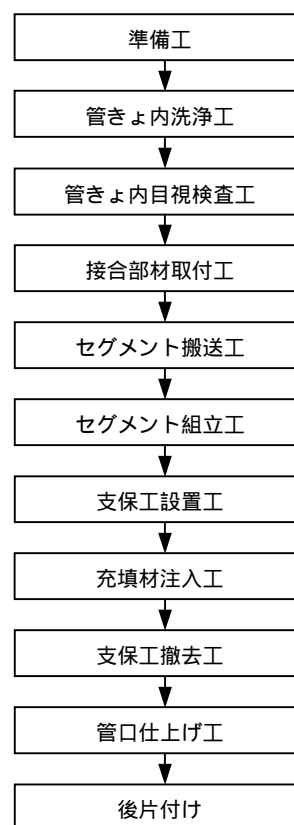


図- 4 標準施工工程

3 . 類似技術との比較

本工法と類似技術との比較を表- 7 に示す。

表- 7 類似技術の比較

項 目	3 S セグメント工法	反転工法（複合管）	従来の製管工法
工法概要	軽量プラスチック製セグメントを組立て、充填材の注入により複合管を構築	反転方法によりライニング管を作製、充填材注入により複合管を構築	硬質塩化ビニルを製管機で帯状に巻きたて、充填材の注入により複合管を構築
材 質	透明硬質塩化ビニル樹脂	不飽和ポリエステル樹脂	硬質塩化ビニル樹脂
下水供用下の施工	可能	水替え必要	可能
曲線施工	曲線施工 R = 8 m 以上	可能	管路状態により可能
充填確認	充填量および目視で確認	充填量で確認	充填量で確認
作業帯	製管機等が必要ないので作業帯が狭小	材料、反転機等のスペースが必要	材料、製管機等のスペースが必要
施工中断	施工途中の中断が容易に出来る	反転途中の中断が出来ない	施工途中の中断が出来る

充填状況が目視で確認できること、占用作業帯が狭くて済むこと等の点で3 S セグメント工法は類似技術に比べて優位である。

4．施工性能確認試験

(1)適応性

下記のような一連の施工条件を再現した模擬管路を用いて、施工性能確認試験を実施し適応性を確認した。

段差、ズレ（勾配調整）が既設管の呼び径の2 %までの継手部

隙間 150 mm までの継手部

屈曲角 3 ° までの継手部

下水供用下（水深 25 cm）

分割組立（底部および上部）

上下流同時組立（二口施工）

曲線半径 R = 8 m 以上の曲線組立

模擬管路による、下水供用下での施工性試験と分割組立の状況を写真- 2、写真- 3に示す。

(2)作業性

作業性については、3 S セグメント材 1 ピースの重量測定および地上に設置した模擬人孔からの搬入時の作業性、充填材注入設備を配置した作業帯面積を測定することにより確認した。セグメント材の重量を表- 8に示す。

(3)充填性

充填性については、模擬管路にて充填材注入作業を実施し充填状況を目視確認した。目視確認の状況



写真- 2 下水供用下施工の状況



写真- 3 上下分割組立の状況

表- 8 3 S セグメント材（1 ピース）重量測定結果

管形状	1 ピース当たり重量
矩形管用	3.8 kg
呼び径 1500 用	3.2 kg
呼び径 2600 用	3.6 kg



写真- 4 充填性目視確認の状況

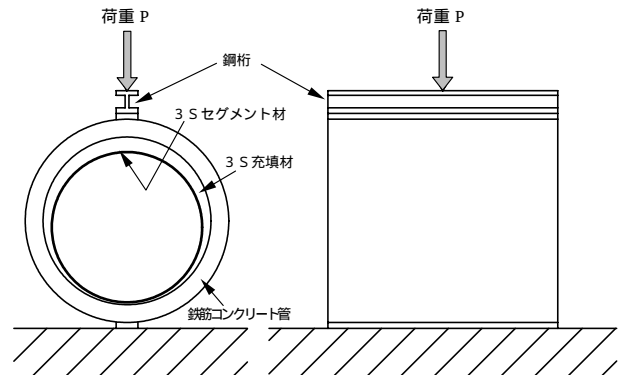


図- 5 外圧試験概要図（円形管）

5．性能

(1)耐荷能力

耐荷能力に関しては，3 S セグメント工法で更生された複合管の安全性を，限界状態設計法に基づいた設計値と外圧試験値を非円形管（矩形管）で比較するとともに，JSWAS A-1「下水道鉄筋コンクリート管」などの外圧試験により，複合管が鉄筋コンクリート管およびプレキャストボックスカルバートの新管と同等以上の強度を有することを確認した．

a)円形管

破壊管と減肉管を3 S セグメント工法で更生した試験体を作成し，外圧試験を行って鉄筋コンクリート管新管と比較した．試験方法は，JSWAS A-1「下水道用鉄筋コンクリート管」の外圧試験に準拠した．外圧試験の概要を図- 5に示す．ここで，破壊管とは，鉄筋コンクリート管の新管で外圧試験により最大荷重に達した管であり，減肉管とは，鉄筋コンクリート管の新管の内側厚を鉄筋かぶり分だけ減じた管である．円形管の外圧試験結果平均値を表- 9に示す．また，外圧試験状況を写真- 5に示す．外圧試験結果より，更生後の破壊荷重はJIS規格値を上回り，新管と同等以上の強度を有することを確認した．



写真- 5 外圧試験状況（円形）

b)非円形（矩形）管

円形管と同様に破壊管と減肉管を更生した矩形管試験体を作成し，外圧試験を実施した．試験方法は，全国ボックスカルバート協会の外圧試験³⁾に準拠した．外圧試験の概要を図- 6に示す．矩形管の外圧試験結果平均値を表- 10に示す．また，外圧試験状況を写真- 6に示す．外圧試験結果より，更生後の破壊荷重は更生前の破壊荷重を上回り，新管と同等以上の強度を有することを確認した．

非円形（矩形）管に関しては，供用下の管きょに工場製作の二次製品（プレキャスト製ボックスカルバート）の他に現場打ち鉄筋コンクリート管が混在するため，構造計算によって複合管の終局耐荷力を

評価することが求められる場合が生じる．そこで，（社）日本下水道協会「管更生の手引き(案)」³⁾に準じて，限界状態設計法（終局限界状態）により更生管と新管の破壊荷重を算出して比較した．計

表- 9 円形管の外圧試験結果平均値

更生前 呼び径 (mm)	管 長 (mm)	更生後 内 径 (mm)	更生前 管条件	更生前 破壊荷重 (kN/m)	更生後 破壊荷重 (kN/m)	JIS 規格値 (kN/m)	/	/	/
1500	2360	1378	破壊	137.7	192.8	91.3	1.5	2.1	1.4
1500	2360	1378	減肉	-	199.7	91.3	-	2.2	-
2600	2360	2414	破壊	221.7	341.5	136.0	1.6	2.5	1.5
2600	2360	2414	減肉	-	309.2	136.0	-	2.3	-

算結果を表- 10に併せて示す。計算結果より、更生管の耐荷能力は新管と同等以上の能力を有すること、さらに、更生後の外圧試験による破壊荷重が更生管の設計値を上回り、安全な設計法であることが確認できた。

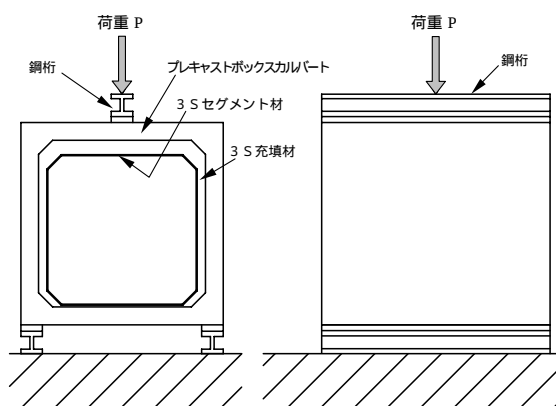


図- 6 外圧試験概要図（矩形管）



写真- 6 外圧試験状況（矩形）

表- 10 非円形（矩形）管の外圧試験結果平均値

更生前 内 寸 (mm)	管 長 (mm)	更生後 内 寸 (mm)	更生前 管条件	更生前 破壊荷重 (kN/m)	更生後 破壊荷重 (kN/m)	更生管 の設計値 (kN/m)	新 管 の設計値 (kN/m)	/	/	/
1000 × 1000	2000	900 × 900	破壊	416.0	681.5	191.0	153.0	1.6	3.6	4.5
1000 × 1000	2000	900 × 900	減肉	-	610.8	191.0	153.0	-	3.2	4.0
1800 × 1800	2000	1680 × 1680	破壊	346.3	461.7	214.0	178.0	1.3	2.2	2.6
1800 × 1800	2000	1680 × 1680	減肉	-	462.5	214.0	178.0	-	2.2	2.6

(2)耐薬品性

耐薬品性に関しては、JSWAS K-1「下水道用硬質塩化ビニル管」の耐薬品性試験に準拠し、3 S セグメント材より切り出して製作した試験体を、各試験液に温度 60 ± 2 で 5 時間浸せきした後の質量変化を規格値と比較することにより確認した。試験結果を表- 11に示す。試験結果より、3 S セグメント材は、下水道用硬質塩化ビニル管と同等の耐薬品性を有することを確認した。

表- 11 3 S セグメント材の耐薬品性試験結果

試 験 液	質量変化度(mg/cm ²)			JSWAS K-1 規格値
	No.1	No.2	平均	
蒸 留 水	0.09	0.09	0.09	± 0.2 mg/cm ²
10% 塩化ナトリウム溶液	0.09	0.11	0.10	
30% 硫酸	0.04	0.04	0.04	
40% 硝酸	0.09	0.09	0.09	
40% 水酸化ナトリウム溶液	0.04	0.03	0.03	

(3)耐摩耗性

耐摩耗性に関しては、JIS K7204「摩耗輪によるプラスチックの摩耗試験方法」に準拠し、3 S セグメント材より切り出して製作した試験体を、以下の条件による摩耗質量を測定して確認した。

摩耗輪：H18，試験荷重：9.8 N，回転速度：60 回転 / 毎分

試験回数：連続 1000 回

試験室の環境： 23 ± 2 ， 50 ± 5 %

試験結果より、3 S セグメント材は、下水道用硬質塩化ビニル管と同等の耐摩耗性を有することを確認した。

(4)水密性

水密性に関しては、外水圧および内水圧のそれぞれの条件を再現した試験体について、セグメント材の嵌合部に外水圧および内水圧

を加え 3 分間圧力を保持し漏水の有無を確認した。試験装置概要を図- 7に示す。試験結果より、3 S

セグメント材の嵌合部は、0.3 MPa の外水圧および内水圧に耐える水密性を有することを確認した。

(5) 一体性

既設管と更生材（セグメント材、充填材）との一体性に関しては、JSWAS A-1「下水道鉄筋コンクリート管」などの外圧試験によって、複合管に載荷した際に、既設管と更生材の界面におけるひずみの挙動が既設管と連続していることと、付着力試験により複合管の破壊が既設管と更生材の界面剥離を生じていないことを確認した。

a) ひずみの挙動

試験体にひずみゲージを設置して、既設管と更生材の界面におけるひずみの挙動が連続していることを確認した。試験概要を図- 8に示す。

矩形の複合管の荷重 - ひずみ曲線を図- 9に示す。複合管の端面において、既設管と更生材の界面に生じるひずみの挙動が連続していることを確認した。

b) 付着力

70×70×20 mm の下地モルタルの上に、40×40×10 mm の充填材を塗付け、硬化後供試体の表面を平らに研磨して、40×40 mm の鋼製ジグをエポキシ樹脂系の接着剤を用いて接着した。そして、温度 20℃、湿度 60 %の室内で 24 時間養生後、接着強さ試験（引張速度 1 mm/min）を行い、破壊状況を確認した。試験概要を図- 10に示す。付着力試験の結果を表- 12に示す。

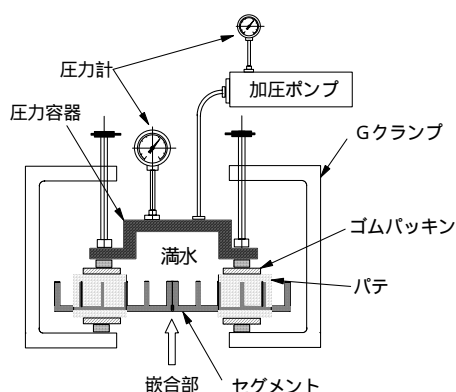


図- 7 水密（外水圧）試験装置概要

比較した。その結果、更生後は管径の縮小を考慮しても更生前の流下能力を損なわないことを確認した。円形管における更生後の水理特性を表- 13に示す。

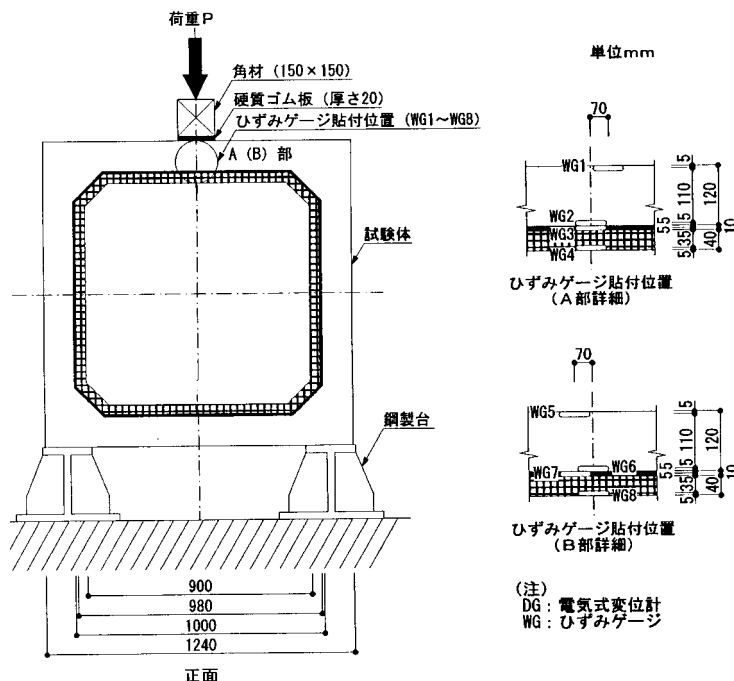


図- 8 ひずみの挙動試験概要図（矩形）

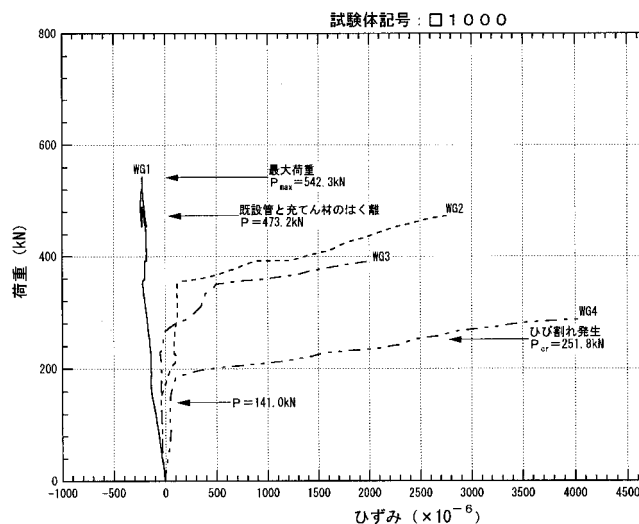


図- 9 荷重 - ひずみ曲線（矩形）

(6) 水理特性

3 Sセグメント工法で既設管を更生した場合の、更生前後の流速および流量の変動から、各管寸法ごとに既設管を基準としたときの更生管の流下能力を

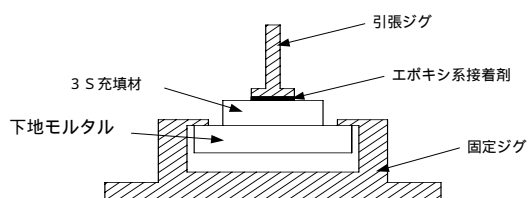


図- 10 付着力試験概要図

表- 12 付着力試験の結果

供試体番号	接着強さ (N/mm ²)	破断位置
1	1.4	部材破壊
2	1.6	部材破壊
3	2.2	部材破壊
4	1.8	部材破壊
5	1.7	部材破壊
平 均	1.7	-

表- 13 円形管更生後の水理特性

既設管径 (mm)	更生管径 (mm)	既設管に対する更生 管の能力倍率	
		流速 V	流量 Q
1000	922	1.2	1.0
1100	1016	1.2	1.1
1200	1110	1.2	1.1
1350	1246	1.2	1.1
1500	1378	1.2	1.0
1650	1518	1.2	1.0
1800	1658	1.2	1.0
2000	1846	1.2	1.1
2200	2034	1.2	1.1
2400	2222	1.2	1.1
2600	2414	1.2	1.1

6. おわりに

一連の性能確認試験の結果、本工法は、下水供用下や分割組立といった条件下や組立方法で円形管および非円形管の更生ができること、また、更生された下水道管きょは、既設管と更生材が一体化した複合管として設計可能なことが確認できた。

本工法は、下水道管きょの他にも、用途や条件に応じてさまざまな樹脂材料を選定することによって、農業用や発電用の水路トンネルなどの老朽化対策としても適用が可能であると考えられる。

今後は、本工法の普及に務めることによって社会環境の改善の一助に貢献できればと考えている。

参考文献

- 1) 下水管きょ改築等の工法選定手引き(案)，(社)日本下水道協会，2002年5月
- 2) 建設技術審査証明(下水道技術)報告書3Sセグメント工法，(財)下水道新技術推進機構，2004年3月
- 3) 管更生の手引き(案)，(社)日本下水道協会，2001年6月
- 4) プレキャストボックスカルバート設計・施工マニュアル(鉄筋コンクリート製・プレストレストコンクリート製)，全国ボックスカルバート協会，2001年3月