

下水道用レジンコンクリート製管路施設 技術マニュアルの概要

(財)下水道新技術推進機構
研究第二部長
松島 修

1. はじめに

近年、下水道施設において硫化水素に起因するコンクリートの腐食発生が、維持管理上の問題となっている。管路施設の場合、施設構造上、常時監視することが困難なため、コンクリートの腐食を発見することが難しい。腐食が進んだ管路施設の補修工事は容易ではなく、相当の期間と費用が必要となるうえに、補修期間中は通水できない等の不都合が生じる。これらを考慮すると、管路施設においては新設段階で劣化しにくくする「予防保全」対策をとることが望ましいとされる。

耐酸性に優れた特徴を有しているレジンコンクリート（以下、「レジン」、「REC」という。）は、腐食性環境にある管路や人孔の材料に使用され実績もあるが、レジン製品を採用する明確な判断基準がなく、広く普及するに至っていない。

本研究では、レジン特性を検証するとともに製品の耐久性、施工性、経済性を定量的に示し、それを使用することに優位性のある下水道環境を明確化し、技術マニュアルとして取りまとめることを目的とした。

2. レジンコンクリートの概要

セメントコンクリートの結合材（セメント水和物）を使用せず、合成樹脂（液状レジン）を使用して骨材や充填材を練り混ぜ固めた材料で、レジンの標準的な配合を表 - 1 に示す。

液状レジンには、硬化開始剤と混合することで重合反応を起こして骨材同士が強固に接着するという特性を有している。なお、水分は不飽和ポリエステル硬化反応を阻害するので、骨材は乾燥したものを使用する。

表 - 1 レジンの標準的な配合

材 料		配合比
合成樹脂	不飽和ポリエステル樹脂	11.0 wt%
粗骨材	碎石 2.5-5.0 mm	25.5 wt%
細骨材	珪砂 0.8-1.2 mm	25.5 wt%
	珪砂 0.2-0.5 mm	23.8 wt%
充填材	フライアッシュ	14.2 wt%



写真 - 1 練り混ぜ直後のレジン

レジン製管きょうの特長は、次のとおりである。

- 耐食性（耐酸性）に優れている
- 高強度である（圧縮強度 90N/mm² 以上）
- 内面が平滑である（粗度係数 $n = 0.010$ ）
- 水密性が高い
- 耐摩耗性が大きい
- 吸水性が小さい（吸水率 0.3% 以下）
- 温度 45 以下で設計上剛性管として扱える

3. 技術マニュアルの特徴

本マニュアルは、【本編】と【資料編】から構成されている。

本編は、レジン製品を取り扱う際の計画、設計、施工、維持管理に関する事項について解説し

ている。

資料編は、レジコンの長期耐酸性実証試験，経済比較の検討，下水汚泥焼却灰の原料化に関する検討，積算資料（案）等を整理している。

主な掲載内容は，以下に示すとおりである。

3.1 下水道用レジコン製品の利用環境

1989年開発以来，本製品を繰返し採用する自治体がある一方で，全く採用実績のない自治体も多い。ここでは，本製品が適切に採用されるための課題を明らかにし，利用に当たっての特殊環境を整理している。

(1) 耐酸性が要求される環境

大量の溶存硫化物が生成される環境にある管路施設に有効であり，腐食環境条件 種， 種， 種のすべてに適用できる。

(2) 管路勾配や管外径等に制限のある環境

非開削で塩ビ管では施工困難とされる高耐荷力推進において，低勾配で大きな流量を確保できる。

(3) 耐摩耗性が要求される環境

急勾配な管路では，下水中に含まれる砂や水圧により管きょ内面が徐々に摩耗する。本製品はすりへり試験において，優れたすりへり抵抗性を確認している。

(4) 凍結融解抵抗性が要求される環境

吸水率が 0.3%以下と小さく，結合材および使用骨材中の水分量もほとんどないことから，寒冷地等の凍結融解作用に対して高い抵抗性がある。

(5) 大型重機が使用できない環境

軽量であるため，狭所での施工に有効である。

3.2 下水道用レジコン製品の取り扱い

施工時のトラブル事例を検証し，以下に示す施工上に留意する事項を整理している。

(1) 管の取り扱い

管に対する衝撃荷重， 管近傍での火気
輸送時の管の確実な固縛
荷降ろし方法， 保管方法

(2) 現場による加工

接続管余り部の切断， 支管の取り付け

(3) 推進工法による施工

適用する先導体および押し輪
管内面の傷付き防止対策
曲線推進におけるクッション材の仕様
管の切断

3.3 下水道用レジコン製品の経済性

ケーススタディを実施，鉄筋コンクリート製品と比較した試算結果を整理している。

(1) 推進工法による管布設工事費の比較

レジコン管の特長を設計に生かし，小口径管に関しては塩ビ推進が不可な土質の条件下で，同等なコストであることを確認している(表 - 2 参照)。

また，中大口径管に関しても，管種選定の検討上では同等なコスト結果を得ている。

表 - 2 布設工事費の比較(1)

適 応 推 進 機	管の呼び径		管 の 呼 び 径	推進工事費の比率			
	レジコン管 RS形	鉄筋コンクリート管E50		泥土圧式		泥水式	
				RS形	E50	RS形	E50
250	300 (360)	250 (360)	300	0.95	1.00	1.02	1.00
300	350 (414)	300 (414)	350	1.04	1.00	1.02	1.00
350	400 (470)	350 (470)	400	0.99	1.00	1.06	1.00
400	450 (526)	400 (526)	450	1.00	1.00	1.07	1.00
450	500 (584)	450 (584)	500	0.96	1.00	1.09	1.00

() : 管の外径 mm 比率は，E50を1.00として換算

(2) 開削工法による管布設工事費の比較

コスト面だけでは，レジコン管の優位性は見当たらないことを確認している(表 - 3 参照)。

表 - 3 布設工事費の比較(2)

管 の 呼 び 径	開削工の布設工事費の比率		
	レジコン管 B形1種	鉄筋コンクリート管 B形2種	参 考 硬質塩化ビニル管
250	1.00	0.96	0.58
300	1.00	0.85	0.66
350	1.00	0.68	0.58
400	1.00	0.60	0.51
450	1.00	0.58	0.54
500	1.00	0.60	0.61
600	1.00	0.60	0.65

比率は，レジコン管を1.00として換算

(3) マンホール布設工事費の比較

腐食環境条件 種および 種の場合，マンホールは防食工が必要であり，このような環境下と比較すると，レジコンマンホール本体の材料費は高価となるが，布設期間および防食工まで考慮した全体の工事費では経済的となる場合がある(表 - 4 参照)。

表 - 4 布設工事費の比較(3)

H=6.0m, 4号マンホール相当, 腐食環境条件 種・種			
項目	レジンマンホール	鉄筋コンクリートマンホール	現場打コンクリートマンホール
防食対策	不要	要	要
布設期間	1日	8日	17日
布設工事の比率	1.00	1.15	1.00

布設期間は、MH設置と防食工のみで土工事・山留めは含まない
比率は、レジンマンホールを1.00として換算

3.4 下水汚泥焼却灰の原料化

汚泥焼却灰の粒径は0.2mm以下の微粒子であることから、表-1に示す「充填材(ファイッシュ)」の代替材としての再利用に限定している。

(1) 汚泥焼却灰の配合量と樹脂比率

ファイッシュ配合分(レジン材料の14.2wt%)の0%, 25%, 50%, 75%, 100%を汚泥焼却灰に置き換えた場合の5水準、かつ樹脂比率10~15%において、圧縮強度とフロー値を測定し、従来の供試体と性能比較を行い、最適な汚泥焼却灰の配合量と樹脂比率を選定している。

充填材の置換配合
『ファイッシュ75% + 汚泥焼却灰25%』
樹脂比率は11% (従来製品と同じ)

(2) 試作管の評価

表-5に示すとおり、外圧強さ、曲げ強度ともに樹脂比率が高くなるにつれて大きくなる傾向である。なお、いずれもレジコンの設計曲げ強度21N/mm²を上回る結果であった。

表 - 5 試作管の側方曲げ試験結果

試作No.	樹脂比率	形状寸法 mm				質量 kg	最大荷重 kN	外圧強さ kN/m	曲げ強度 kN/mm ²
		外径	内径	厚さ	長さ				
1	10%	200	150	25	300	9.354	27.5	91.7	24.6
2	11%	200	150	25	300	9.185	30.0	100.0	27.1
3	12%	200	150	25	300	9.230	34.5	115.0	30.2

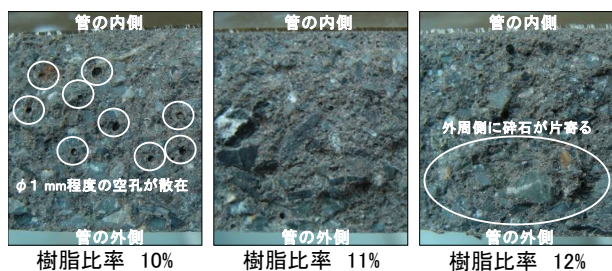


写真 - 2 試作管の断面

試作管の曲げ強度のばらつき、その下限値、製管の仕上がり具合を観察・評価しグリーン製品への実用化に向けて、以下の成果を確認している。

製造工程および製品の外観に異常なし
耐久性および経済性は従来製品と同等
重金属等の溶出試験クリア

3.5 レジコンの長期耐酸性実証試験

酸性環境および下水道環境下におけるレジコンの劣化特性を検証にする目的で、以下に示す各試験を2ヵ年実施。経年にもなう質量および強度変化を測定し、耐久性の評価をまとめている。

試験室における硫酸溶液浸漬試験

酸性環境(温泉)における浸漬試験

下水道環境下における暴露試験

(1) 既存実験によるレジコンの劣化特性

レジコンの劣化特性としては、図-1に示す傾向があることが実証されている。なお、誘導期の長さとお劣化速度は温度に依存し、特に高温な場合、その影響は顕著である。

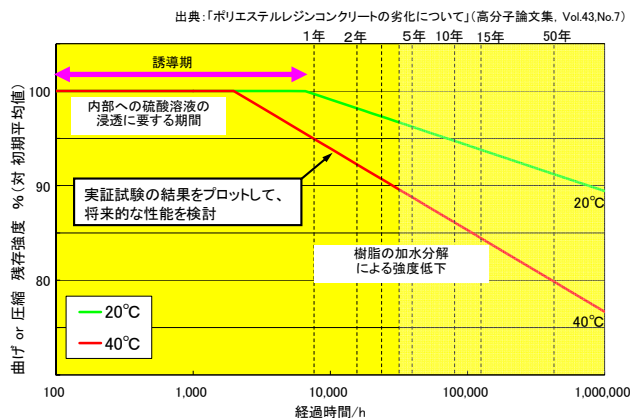


図 - 1 レジコンの劣化特性(例)

(2) REC 供試体の経年にもなう性能評価

酸性環境および下水道環境下における2ヵ年(約18,000時間)経過したREC供試体の性能を評価している。

酸性環境(浸漬試験)

低温(20, 30)の場合 初期と同等性能を維持していて、誘導期の状態を保っている。

高温(45, 60)の場合 表面の色調が濃灰色から薄灰色への外観変化があるが、質量変化はな

い。経年による強度低下が確認でき、誘導期から劣化へ移行していることが確認できる。

下水道環境下（暴露試験）

硫化水素濃度 300ppm 以下、雰囲気温度 18～23

外観，耐久性とともに初期と同等性能を維持して
いて，誘導期の状態を保っている。

4．まとめ

本マニュアルは，レジコンの腐食環境における耐久性，施工性，経済性の定量的な評価を行い，レジコン製品を使用する際に優位性のある下水道環境の明確化にしたもので，採用するに当たっての判断基準となる資料の 1 つであると考える。

また，全国の自治体に公開・普及されることにより，下水道環境の管路施設の設計・施工・維持管理等の検討業務の一助になれば幸いである。