

豊中市水道局 正〇長沢利行

富山包装工業 正 玉置英裕

住友セメント 河合 威

I. まえがき

下水道施設としての配水管は、水質およびその他の環境条件により銹蝕、スケールおよびその他の異質物によって、給水能力の低下と赤水等の障害を起している。これらの障害を完全に除去する方法としては、新管に布設替えることが最も効果的であるが、工事費、交通事情等から工事が困難になる、たまっている。欧米諸国においては、これらの問題を解決するために埋設したまま現地において管体をフリーニングし、セメントモルタルを遠心力の利用によって管内壁にライニングする方法を古くから採用しており、我国でも10年ほど前からこの工法が導入され、これを採用している都市も多い。しかし、これらの方法は、セメントモルタルの養生時間の関係からあらかじめ仮設地上配管を必要とするため、我国の交通事情、住宅の配置等から工法的に制限をうける。このことから、仮設地上配管を設けず、ノブリスパンを穿つことを目的として高分子系樹脂によるライニング工法が開発され、多くの都市で採用されている。其々は、セメントモルタルと高分子系材料のそれぞれの長所を生かし、同時に短時間で通水可能にするため、超速硬セメント、水溶性ポリマーエマルジョンを材料として採用したライニング工法を開発した。その工法および短期硬化における材料の諸物性をここに報告する。

II. 施工法

100mm以下の長さで配水管を切断し(

図-1)、スクリューパーによって大部分の銹蝕、スケールおよびその他の異質物を除去し、次に回転軸に数個の小さな鉄の振子をつけ、それを高速回転し、

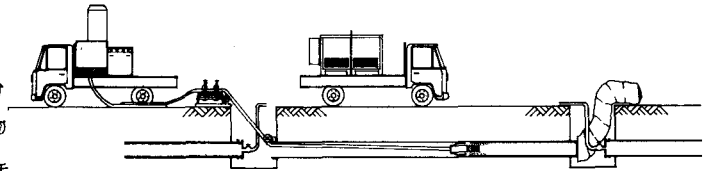


図-1 施工略図

管内壁をほぼかくたたくと同時に振子が管内壁をこする働きをして、行いながらフリーニングをする。この間銹蝕、スケールおよびその他の異質物を流水によって管外に流出させる。フリーニング作業が終了したら、管内部に残留する微細な銹蝕等を除去すると同時に水も除去する。ライニングの方法は、あらかじめ現場で熱処理して粘度調整した底砂と超速硬セメントを配合したものを、低圧空気で定量の材料を組込ホースでライニングマシンに送る。又、薬液も定量的にケミカルポンプで組込ホースによって、ライニングマシンに送る。これらの材料は、ライニングマシン先端に取り付けられた高速で回転するスピンナーによって、管内壁にポリマーセメントモルタル層を形成する。ライニング層の厚さに関しては、ライニングマシンの移動速度によって調節する。ライニング作業が終了したら、管の両端を閉じ風の通らないようにする。この時間はモルタルの終結時間をもって決定する。次に加熱した空気を管口から強制的に送り、もう一方の管口ではブLOWERによって管内の空気を排出する。この養生時間は養生空気温度との関係によって求められる。以上の作業が終了したならば、ライニング層の表面に付着したセメントおよび砂をふるい落とすことと、セメントからアルカリの溶出を防止するために、水溶性ポリマーエマルジョンをコーティングして、上記の方法によって乾燥する。

III. 材料および配合

セメント：超速硬セメント

底砂：愛知県瀬戸市産、比重2.67、樹脂：塩化ビニリデン系水溶性エマルジョン、

比重1.226、粘度6.8 c.p.s. 固形分46.6%、S.B系水溶性エマルジョン、比重1.010、粘度100 c.p.s.以下、固形分48.0% 水：下水道水、配合については、ライニングの作業面から基本的に決定した。砂比は低く、樹脂は非常に高いものである。なお図-8に示すすりすり抵抗試験における普通モルタルの配合は5% ; 30.0%

W/C ; 65%である。

IV 実験条件

標準温度(20℃)とポリアー型ミキサー

(容量20ℓ)を用い、低速(主軸回転数

160^回/分、遊星回転数53^回/分)によって材料の練り混

せ時間を2分間とし、練り上り試量をモルタルガン

(空気圧5^{kg/cm²})を使用して容器内に吹付け、それを

用いて各試験体試体を作製した。供試体は練り混ぜ終

了後、時間20^分、湿度80%の湿気養生、1時間45^分養生、

1時間20^分、湿度80%の空気に放置し、その後20

分水中養生として各試体に応じ諸試験を行った。

表-5 空気量とフロー値の関係

	フロー値 (mm)		空気量 (%)	
	流下速度	スロー速度	流下速度	スロー速度
塩化ビニル系	198	178	290	0.5
S B 系	180	180	337	7.0

V. 実験項目と結果

1. 超速硬セメントの物理的性質 JIS R 5201

2. ポリマーセメントモルタルの物理的性質

a. 凝結試験 A.S.T.M.C 403-68に準じ、フロクターニード

ル章へ試験による。それによる始発時間と終結時間は各々、塩化ビニル系樹脂 26分、52分、S.B.系樹脂 48分、79分である。

b. 圧縮強度試験 JIS R 5201

c. 曲げ強度試験 JIS R 5201

d. 引張り強度試験 A.S.T.M.C 190-63に準じ、

e. せん断強度試験 図-3の方法による打抜きせん断強度とした。

f. 透水試験 JIS A 1404-1960 塩化ビニル系樹脂、

S.B.系樹脂ともに値は0である。なお供試体は、練り上り

後の時間、1日、3日、7日および28日をもちろした。

表-6 せん断強度の時間的変化

	せん断強度 (kg/cm ²)		
	1d	7d	28d
塩化ビニル系	66.6	153.4	155.0
S B 系	100.2	106.8	125.0

表-7 静弾性係数およびポアソン比の時間的変化

	3H		1d		7d		28	
	静弾性	ポアソン比	静弾性	ポアソン比	静弾性	ポアソン比	静弾性	ポアソン比
塩化ビニル系	6.4×10 ⁴	0.24	6.8×10 ⁴	0.18	105×10 ⁴	0.22	134×10 ⁴	0.26
S B 系	4.8×10 ⁴	0.21	6.1×10 ⁴	0.19	54×10 ⁴	0.20	76×10 ⁴	0.28

表-8 長さ変化および重量減衰率

JIS R 5201	測定方法	長さ変化 (%)													
		6H	1d	2d	7d	1d	7d	1d	7d	1d	7d	1d	7d	1d	7d
塩化ビニル系	空気量 (0.05mm)	-185.6	-252.2	-235.5	-176.1	-195.1	—	—	—	-216.5	-226.1	-230.8	-235.5	-276.0	—
	静弾性 (%)	99.6	98.7	98.4	98.1	97.8	—	—	—	97.5	97.5	97.4	97.0	96.9	—
	空気量 (0.05mm)	-45.2	-40.4	-2.4	102.3	114.2	—	—	—	547.1	758.8	913.4	1041.8	1144.1	—
	静弾性 (%)	100.5	100.9	101.2	101.4	101.6	—	—	—	102.3	102.5	103.1	103.3	103.6	—
S B 系	空気量 (0.05mm)	-140.3	-765.7	-1066.7	—	—	-1384.0	-1345.9	-1364.9	—	—	-1612.2	-1708.6	-1945.2	—
	静弾性 (%)	99.7	99.5	99.3	—	—	99.1	99.1	99.1	—	—	99.0	98.9	98.8	—
	空気量 (0.05mm)	40.4	122.3	0.0	—	—	364.1	511.6	545.0	—	—	987.6	1339.8	1568.2	—
	静弾性 (%)	100.6	101.0	101.0	—	—	101.2	101.5	101.5	—	—	101.9	102.0	102.2	—

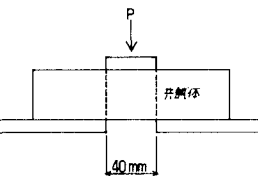


図-3 せん断試験方法

表-1 超速硬セメントの物理的性質

項目 セメントの種類	比重	粉末度 (比表面積) (kg/cm ²)	凝 結			曲 げ 強 度 (kg/cm ²)								圧 縮 強 度 (kg/cm ²)							
			水量 (%)	始 結 (時-分)	終 結 (時-分)	2 時間	3 時間	6 時間	1 日	3 日	7 日	28 日	2 時間	3 時間	6 時間	1 日	3 日	7 日	28 日		
超速硬セメント	3.04	5,300	28.0	10	15	21.6	29.5	31.8	35.0	37.3	56.5	78.0	72	105	155	207	310	378	450		

表-2 圧縮強度の時間的変化

	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)					
	3H	6H	1d	3d	7d	28d
塩化ビニル系	109	119	130	213	336	374
S B 系	73	94	160	229	228	272

表-3 曲げ強度の時間的変化

	曲 げ 強 度 (kg/cm ²)					
	3H	6H	1d	3d	7d	28d
塩化ビニル系	27.4	31.4	37.7	45.2	60.1	70.3
S B 系	22.2	28.1	73.9	77.9	76.2	85.6

表-4 引張り強度の時間的変化

	引 張 り 強 度 (kg/cm ²)					
	3H	6H	1d	3d	7d	28d
塩化ビニル系	9.7	12.2	13.0	20.3	24.6	41.2
S B 系	12.8	14.5	34.7	32.6	30.1	33.8

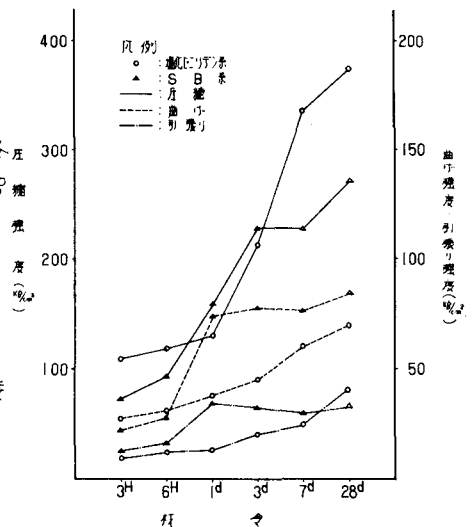


図-2 諸物性の時間的変化

9. 衝撃試験 50mm 厚の鉄板表面に 1mm の厚さでポリマーセメントモルタル層を成形し、重量 1kg のナス型落下錘を用いて、き裂、ひびく離れ、落下高さを測定した。塩化ビニリデン系モルタルの場合は、検査の時間、1日、3日、7日までは落下高さを3mmで行なうことが痕跡のみで、28日において落下高さを3mmで破壊した。G.B系モルタルは検査の時間、1日はいずれも落下高さを3mmで痕跡のみであったが、3日において落下高さを2.5mmで破壊した。4日目にはモルタルが鉄板とはがれて不築となった。

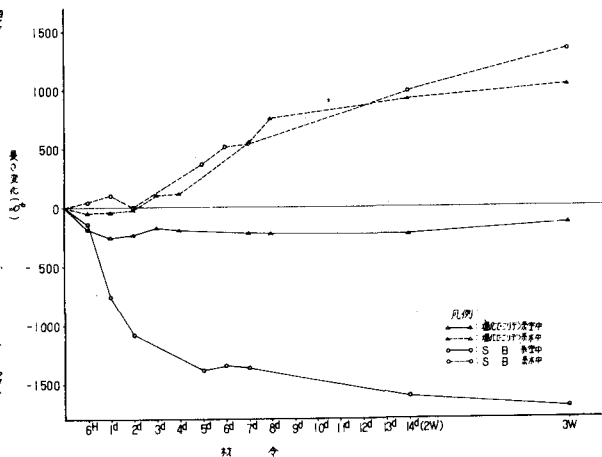


図-4 長さの時間的变化

10. 静弾性係数およびアソソ比の測定 50mm の円柱状試体を用い、各材料ごとの測定を A.S.T.M.C 469-65 のワイヤーストレインゲージによる方法を用いて実施し、数値は1/20を用いた。

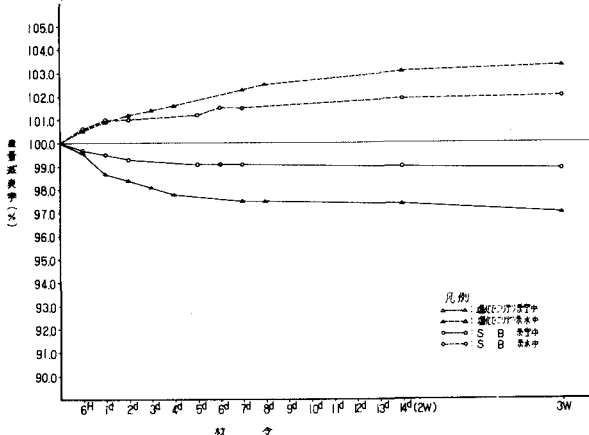


図-5 重量の時間的变化

11. 乾燥収縮試験 前記の実験条件により、製作した 40mm x 40mm x 16mm の試体を J.I.S. A 1125-1957 に準じ、養生は練り上り後の時間、養生条件は空中養生(温度 20℃、湿度 80%)、および水中養生(水温 20℃)とそれぞれについて各々測定した。

12. すりとり抵抗試験 A.S.T.M.C 418-68 になる。図-8 に示すような簡易的な装置により、比較試験をふこなった。なお空気圧は 0.5kg/cm²、ノズル先端と供試体へ間隔 45cm、空気量 53m³/h とした。

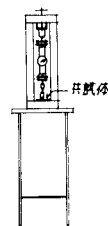


図-6 引張試験方法

13. テイニング層の接着強度試験 カムフリーニングマシンのフリーニング試験用カウ鉄管を 70mm の長さにならべ、その接合部を無作為に選り、そこに長さ 10mm の供試体用管を取り付け、また、測定は 0.1mm の鉄製アタッチメントを樹脂でモルタル面に接着し、図-6 の測定装置をふこなった。なお測定位置は、上下および側部を 60° に分割し、各々の値を求め平均値を採用、管の曲率は無視した。

結果の詳細および考察に関しては、講義時に述べる。

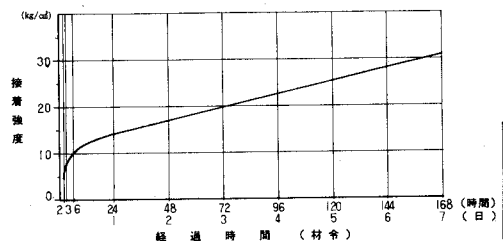


図-7 接着強度、時間の変化

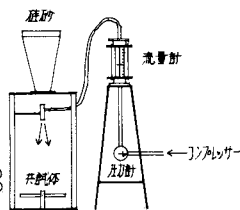


図-8 すりとり試験方法

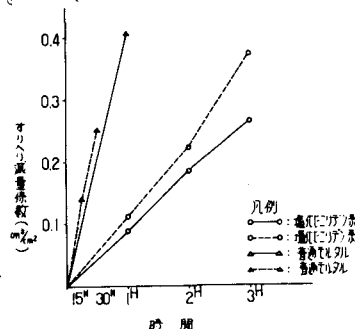


図-9 すりとり係数の時間の変化