

報 文

水道鉄管のモルタルライニング に関する研究

正員 岩 塚 良 三*

STUDY ON THE MORTAR-LINING FOR WATER WORK TYPES

(JSCE July 1955)

Ryōzō Iwatsuka, C.E. Member

Synopsis As mortar-lining of pipe is comparatively new technique, fundamental problems are yet unknown, and there are only a few literature on them.

For example, the proportion of cement and aggregate, the grading of aggregate curing the bond strength between centrifugally lined or shot created mortar and pipe shell, durability and etc. As for as they are not plain, we can not have a conviction of cement mortar lined pipe.

To make them clear, the author had the fundamental experiment on the mortar lined pieces of steel and cast iron, lining by the practical method under different conditions.

Based on the result of the fundamental experiment, as the author has got a new specification on the centrifugal lining or shot creating of pipe, he experimented on the practical pipes, executing on the old and new specifications, and comparing with these effects and economy, he convinced of the superiority of the latter.

1. 緒 言

鉄管のモルタルライニングは比較的歴史の新しい技術だけに、基礎的な問題についてはまだ全く不明であるといつてよく文献もきわめて少ない。例えばモルタルのセメントと骨材との配合比、骨材の粒度、養生方法や遠心力またはショットクリーティングによつて行つたモルタルライニングの鉄管との付着強度、耐久性等がこれであり、これらが解明されなくては鉄管ライニングに対する確信ももち得ない。これを解決するために実際と同じ方法によつて、各種条件のもとに鉄鉄片にライニングして基礎実験を行い、ついで基礎実験の結果にもとづき、遠心力によるライニング及びショットクリーティングの仕様に関し新たな案を得たのでこれを実物管に施し、従来施工の仕様のもと各種の試験を行つて比較しその効果と経済性を確かめた。

2. モルタルの水量及び配合比に関する実験

鉄管の塗装用ライニングとしては次の諸性質を有することが必要である。

- (1) 緻密で強度、ヤング率の大なること。強度としては圧縮強度のみならず、曲げ強度、引張強度の大なること。
- (2) 管肌との付着のよいこと。

(3) 常に水と接触し、かつ水道水には普通 1~2 ppm の塩素が含まれているから水密性があり、化学的侵食に対し十分の抵抗性のあること、

(4) 耐久性があり、特に流水に対して磨耗抵抗の大なること。

以上の諸性質を満足させるには、きわめて硬練りのセメントペーストに適當の粒度の砕砂をチップングして表面をローリングした一種のテラゾー式のものが多いことが容易に想像される。このためには骨材として砕砂を使用したモルタルを遠心力によつてライニングすればほぼこれに近いものが得られる。

従つて本実験では骨材を河砂及び JIS A 5001 の 6 号砕石を使用して水量、配合比、モルタル版の面積、厚さを種々に変化して鋼鉄に手塗りし、その直後のものを夏期の太陽直射にあて、乾燥収縮によるひびわれの最も少ない水量、配合比をもつて最良のものとした。

鉄鉄として鋼鉄を使用したのは、鋼鉄は鑄鉄より温度伸縮が大であるから、これに付着したモルタルの乾燥伸縮によるひびわれ発生は鑄鉄の場合より多くなり、ひびわれ発生数の相対的比較に便なるためであり、手塗りしたのは大きい平面積に遠心力によるライニング、あるいはショットクリーティングすることは不可能であるばかりでなく、強度試験の結果で明らか

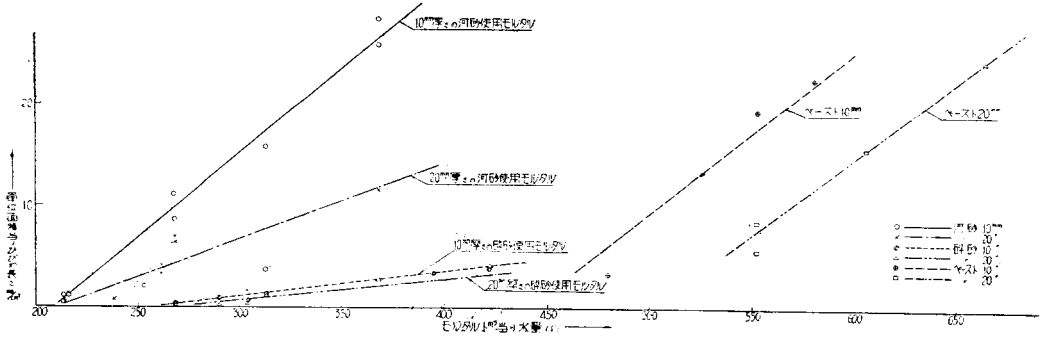
* 東京都水道局玉川浄水場長

なように、手塗りは遠心力によるライニングあるいはショットクリーティングの場合より強度、ヤング率が低く、ひびわれ発生が容易で相対的比較に便利であるからである。

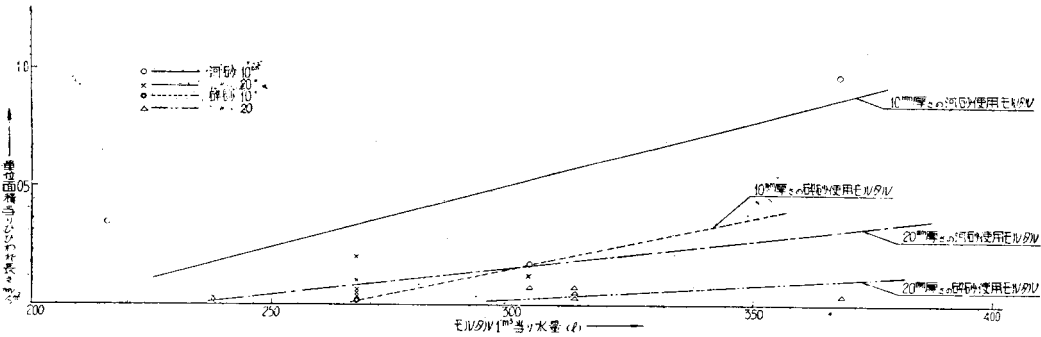
ひびわれ発生を加速する方法として太陽直射による乾燥収縮のひびわれ発生を採用したのは、一般に水量の少ないモルタルは乾燥収縮に対して抵抗大であり、

水量が少なれば当然モルタル強度は大となり、鉄管にライニングしたモルタルがうける応力はおもに曲げ応力、引張応力であつて、乾燥収縮によつて、モルタルに発生する応力は引張応力と考えられ、かつ実験方法が簡単のため太陽直射の乾燥収縮によるひびわれ発生を採用したものである。

図一 ひびわれ長さ と 水量 と の 関係 (正方形版)



図二 ひびわれ長さ と 水量 と の 関係 (帯状形版)



図一はモルタルを種々の大きさの正方形版に手塗りした場合の単位面積当りのひびわれ長さ と 水量 と の 関係であり、図二は帯状矩形版に手塗りした場合の単位面積当りのひびわれ長さ と 水量 と の 関係をプロットしたものである。本実験の結果次の結論がえられた。

- (1) 同一骨材を使用した場合のモルタルを鋼版に手塗りして乾燥収縮したときの単位面積当りのひびわれ長さは、モルタル厚さが一定のとき、配合比のいかにかわからず水量と直線関係にあり、水量が少ないほど単位面積当りのひびわれ長さは少ない。
- (2) 水量 300 l 以下になると配合比のいかにかわからずひびわれ発生はきわめて少なく、砕砂を骨材とした場合ひびわれ発生がほとんどなくなる。
- (3) モルタル厚さ 20 mm になるとひびわれ発生ははるかに少なくなり、砕砂使用の場合は特にいちじるしい。

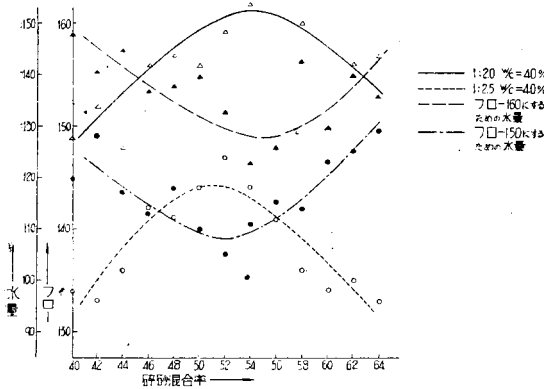
(4) 河砂使用モルタルは配合比 1 : 2.5 (定量比)、水量 250 l 以下、砕砂使用モルタルは配合比 1 : 2.0 ~ 2.5。水量 300 l 以下で手塗りとしては最硬のモルタルであつた。

3. 骨材の粒度に関する実験

本実験においては骨材はすべて河砂、砕砂とし、その物理化学的性質は土木学会標準示方書の細骨材及び JIS A 5001 の道路用砕石 6号に従うこととし、経済的にみて今の場合河砂と砕砂の混合砕砂を使用することが適当なことから両者の混合率を種々に変化して水量一定としたとき、フロー最大の混合率、フロー一定としたとき、水量最小の混合率を決定した。

図三はフローのわづかの差異も識別して混合率の相対的比較をするため、配合比 1 : 2, w/c = 40% のときのフローと同一配合比で、フロー 160 としたときの水量、及び配合比 1 : 2.5, w/c = 40% のときのフ

図-3 碎石6号河砂混合骨材モルタルのフローとフロー一定としたときの水量



ローと同一配合比でフロー 150 としたときの水量と混合率をプロットしたものである。

本実験の結果次の結論が得られた。

- (1) 目的にかなった骨材は 6 号碎石を 54~52%, 河砂を 46~48% 混合したときに得られる。
- (2) 骨材の経済性を考慮して決定した配合比は砕砂河砂混合の場合 1:2.2~2.3, 河砂のみの場合 1:2.5 である。しかしこの配合比はさらにモルタル強度でチェックして決定する必要がある。

4. 養生実験

大口径鉄管のモルタルライニングの養生は経済上の観点より蒸気養生を行うよりほかはない。本実験では蒸気養生の各条件の相対的比較をするため、ひびわれ試験で最もひびわれの発生しやすかつたセメントと砕砂との配合比 1:1, $w/c=60\%$, セメントと河砂との配合比 1:1, $w/c=50\%$ 及び 1:2, $w/c=60\%$ のものを鋼板上に 200×200×15 mm に手塗りして、条件を変えて蒸気養生し、これを電気ヒーターであぶり単位面積当りのひびわれ長さを調べた。

条件として次の 4 つがある。

- (1) 最高蒸気温度を 60°C とし、通気時間を 4 時間として、通気までの時間を 2~6 時間に变化した場合に通気開始までの時間の決定。
 - (2) (1)で決定した通気までの時間後、最高蒸気温度 40~70°C, 通気時間 4 時間とした場合の最高蒸気温度の決定。
 - (3) (1),(2)で決定した条件において通気時間を 3~10 時間と变化した場合の通気時間の決定。
 - (4) (1),(2),(3)で決定した条件後、養生室よりとりだして 1~4 日間日蔭で散水養生した場合の日蔭散水養生日数の決定。
- 実験の結果次の結論が得られた。

図-4 通気開始時間とひびわれ長さとの関係

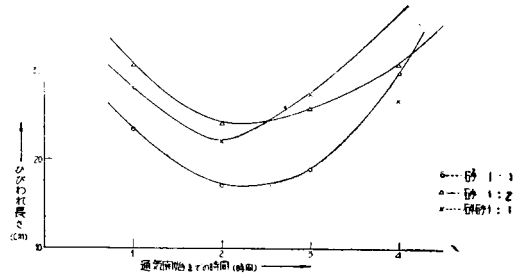


図-5 養生温度とひびわれ長さとの関係

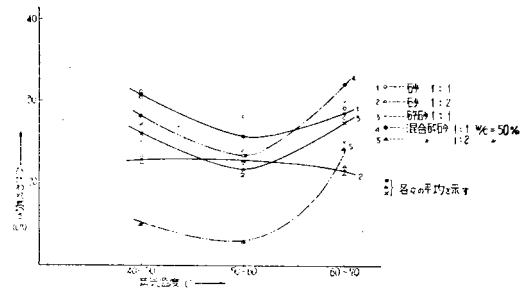
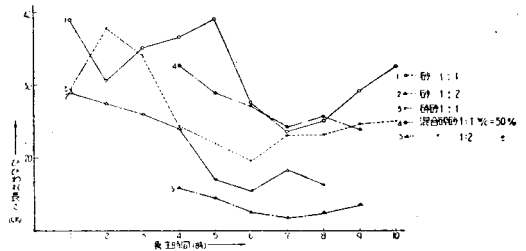


図-6 養生時間とひびわれ長さとの関係



- (1) ライニング後、養生室に入れるまでの時間は 2~3 時間である。しかし実際の大口径管では 3~4 時間必要である。
- (2) 最高蒸気温度は 50~60°C とし、6~7 時間最高温度を一定に保つ。
- (3) 蒸気養生後は 3~4 日、日蔭で散水養生する。
- (4) 急激な温度変化をしないよう蒸気弁を調節し外気温度より最高温度に達するには約 3 時間、最高温度より外気温度まで降下させるには約 6 時間が必要である。

5. 強度実験

本実験はひびわれ試験で決定した配合比、水量の前後のモルタルについて、遠心力によるライニング、ショットクリーニング、手塗りした試験体を水中養生、散水養生、蒸気養生してモルタルの圧縮、曲げ強さを試験し、本実験で最良の成績を示したモルタルを鋼板、铸铁板に遠心力によりライニング、ショットク

リーティング, 手塗りしたものを蒸気養生後, 材令 7 日で引張付着強度, せん断付着強度, 曲げ付着強度の三実験より鉄肌との付着強度を実験した。ただしこの場合鉄板表面は

- (a) サンドブラストしたのち10日間放置して自然錆を生じさせたもの,
- (b) サンドブラストしたのち, 塩水に浸漬して極度に錆を生じさせたものを表面がかすかに光る程度に浮錆を落したのもの,
- (c) サンドブラスト直後のもの,
- (d) コールタールアミニ油を水道用高級鋳鉄管規格に準じて塗装したもの,

の4種類に人工加工した。

ついで付着強度で最良の結果を示した条件のものを遠心力ライニング, ショットクリーティング, 手塗りからそれぞれ1個づつとりだして, HCl, H₂SO₄, 塩素

水(濃度はいずれも 10 ppm)に3カ月浸漬して浸漬前後の重量減より腐食試験を行った。ただしこの場合鉄板表面はサンドブラストした直後のものと, コールタールアミニ油塗装したものと2種類とし, 鉄肌の酸に触れる部分はいずれもコールタールアミニ油塗装して, 直接鉄部と酸とが接触することを防いだ。

最後に $w/c=40\%$, 蒸気養生 8 時間後, 散水養生 3 日の遠心力ライニング(配合比 1:2.3), ショットクリーティング(約 1:2.5), 手塗り(1:2)のモルタル試験体をコンクリート粗面上に約 50 cm の距離を 500 回往復磨擦して磨擦前後の定量減より磨耗率を測定した。

腐食量及び磨耗量は比重の大なるモルタルほど小さい。

実験結果を一覧表にすれば表-1 のとおりになる。

表-1

	骨材によるモルタル	配 合 比	w/c	施工及び養生	強度または重量減		備 考	
					圧 縮	700 kg/cm ²		
モ強度最大	砕砂使用モルタル	1:2.2	40%	遠心力ライニング 蒸 気	曲 げ	160 "	モルタル大きさ 160×40×40 mm	
					引 張	900 "		
	河砂使用モルタル	1:2.5	40 "	遠心力ライニング 蒸 気	曲 げ	130 "		
					引 張	130 "		
鉄板との付着強度	砕砂使用モルタル	1:2.2	40 "	遠心力ライニング 蒸 気	引 張	3.1~3.6 "	(1) 鉄板表面は前記 100 に加工したものが強度最大 (2) 左の強度はいずれも鋼板の場合で鋳鉄板の場合はいずれも 2.5~3.0 倍の付着強度を示している (3) モルタル大きさは同上, 鉄板面積はモルタルより少し大きい	
					せん 断	14~16 "		
	河砂使用モルタル	1:2.5	40 "	遠心力ライニング 蒸 気	曲 げ	67~70 "		
					引 張	3.5~4.0 "		
耐酸抵抗	砕砂使用モルタル	1:2.2	40 "	遠心力ライニングまたは手塗り蒸 気	いずれの場合もショットクリーティングの場合は遠心力ライニングあるいは手塗りの 1.5~2.0 倍の腐食量を示す		(1) HCl, H ₂ SO ₄ , 塩素水 10 ppm 3 カ月後の減量 (2) 鋼板の場合の腐食量は鋳鉄板の場合よりやや大	
	河砂使用モルタル	1:2.5	40 "	遠心力ライニングまたは手塗り蒸 気				
磨耗抵抗	砕砂使用モルタル	1:2.2	40 "	遠心力ライニング 蒸 気	遠心力河砂使用, モルタルライニングの場合は砕砂モルタルの場合の 115 % の重量減を示す		(1) モルタル大きさ同上 (2) コンクリート粗面上を約 50 cm の距離を 500 回往復磨擦した減量	
比 重	手塗り, 河砂使用モルタル 2.31, 遠心力ライニング, 河砂使用モルタル 2.42 " 砕砂 " 2.46 ショットクリーティング 2.26		手塗り, 砕砂使用モルタル 2.37		(1) 河砂使用モルタルは配合比 1:2.5 w/c=40% (2) 砕砂使用モルタルは配合比 1:2.2 w/c=40% (3) 蒸気養生			
ヤング率	手塗り, 河砂使用モルタル 0.175×10 ⁶ kg/cm ² " 砕砂 " 0.215×10 ⁶ "		遠心力ライニング, 河砂使用モルタル 0.323×10 ⁶ kg/cm ² " 砕砂 " 0.340×10 ⁶ "		ショットクリーティング 0.144×10 ⁶ "			配合比, w/c, 養生は同上

6. 実物実験について

以上の基礎的実験結果の最良条件を採用したものを新仕様とし, 従来東京都水道局が採用していた方式を

旧仕様とし, この両仕様を比較するため内径 1800 mm, 管厚 16 mm, 管長 4 m の実物鋼管を 5 本製作し, このうち 1 本は従来どおり中央内面に高さ 10

表-2

管 種			実験名称		水圧試験A	水圧試験B	灼熱試験	衝撃試験	荷重試験
a	旧仕様管	遠心力ライニング ショットクリーティング	20 mm 20 mm	鉄リ筋 筋ブ無	1	1	1	1	1
b	"	"	20 mm 20 mm	鉄リ筋 有	1	1	1	1	1
c	新仕様管	"	15 mm 20 mm	鉄リ筋 筋ブ無	1	1	1	1	
d	"	"	20 mm 20 mm	鉄リ筋 筋ブ無	1	1	1	1	1
e	"	"	20 mm 20 mm	鉄リ筋 有	1	1	1	1	
総計					5	5	5	5	3

mm, 巾 16 mm の補強用リブをつけ他の4本はリブ無しを使用して、次の5種類の実験で両仕様の比較実験を行った。

実物管は内面遠心力によるライニング、外面ショットクリーティングしたもので上表中鉄筋とあるのはライニング中の鉄筋で、ショットクリーティングにはラス用の鉄線として径 2.9 mm 鉄線を 50 mm ピッチに巻く。また灼熱試験では a, d 管はショットクリーティングなく、水圧試験Bでは b, e のライニング厚さを 25 mm とし、e はライニング挿入鉄筋を径 4.5 mm, 50 mm ピッチとした。また荷重試験に使用した管は管長 2.43 m で、その他はすべて上記の実物管と同一である。新旧両仕様は表-3 のとおりである。

表-3

	施 工	新 仕 様	旧 仕 様
ラ	厚	20 mm	20 mm
	配 合 比	1: 2.3 (重量比)	1: 2.0 (容積比)
	水 　　量 (w/c)	モルタル 1m ³ 当 250 l 以下 (35%)	50%
	骨 　　材	6号砕石 54% 河砂46% の混合骨材 (重量比)	河 　　砂
イ	蒸気開始 迄の時間	3~4 時間	—
	最高温度の 通気時間	6~7 時間	8 時間
	最高温度	50~60°C	70~80°C
ニ	蒸気養生 後の養生	3~4 日 日陰散水養生	
	投 　　入 時間	6分(490~510 m/min)	3分(300~320 m/min)
ン	ならし時間	—	3分(390~400 m/min)
	最高速度 時 　　間	43分(650~700 m/min)	30分(780~800 m/min)
	仕上時間	7分(650~680 m/min)	3分(220~250 m/min)
グ	鉄 　　筋	—	径 2.9 mm 鉄線を 50 mmピッチに挿入
	配 合 比	約1: 2.5 (重量比) (付着モルタル配合比)	1: 4 (容積比)
	水 　　量 (w/c)	モルタル 1m ³ 当 120 l	4% 以上
	骨 　　材	河 　　砂	河 　　砂
	蒸気養生	ライニングに同じ	ライニングに同じ
	ノズル 先端圧力	2~3 kg/cm ²	2~3 kg/cm ²
鉄 　　筋	径 2.9 mm 鉄線を 50 mmピッチに挿入	径 2.9 mm 鉄線を 50 mmピッチに挿入	

(1) 水圧試験A (外圧試験) 本実験では内面遠心力ライニング、外面ショットクリーティング鋼管(外

径 1872 mm) を外筒鋼管(内径 2000 mm) 中に挿入し、内外管の間隙に 2.0 kg/cm² の水圧を作用してモルタルのひびわれを調査したところ、モルタル単位面積当りのひびわれは次のとおりであった。

表-4

順 位	1	2	3	4	5	備 考
ライ ニ ン グ	0	0	0	0	a 0.0007	b, c, d, e 管の ライニングには ひびわれなし
ショ ット ク リ ー テ ィ ン グ	b 0.00181	e 0.00287	a 0.00339	c 0.00357	d 0.00398	単位 cm/cm ²

ひびわれはいずれもかすかなひびわれで、その深度は最大約 2 mm 程度であった。水圧試験に使用した水は着色水でこの浸入度によつて深度を測定した。

(2) 水圧試験B (内圧試験) 内径 1800 mm 配水本管の制水弁(内径 1500 mm 弁)を全開より完全閉塞に要する時間は実測の結果 25 分であった。従つて 25 分間に铸铁管の規格普通圧 14 kg/cm² と鋼管の規定水圧 17.5 kg/cm² を瞬時に作用せしめる方法を採用した。表-2 で a, c 管が比較的條件の悪い管であるからこれに 14 kg/cm² の水圧を作用させて安全ならば b, d, e 管はもちろん 14 kg/cm² の水圧に安全なはずであるから b, d, e 管には 17.5 kg/cm² を瞬時に作用させて河砂使用モルタルと砕砂使用モルタルの相対的比較を行った。結果は表-5 のとおりである。

表-5

	水圧 14 kg/cm ²		水圧 17.5 kg/cm ²			備 考
順 位	1	2	1	2	3	
ライ ニ ン グ	c 0.00270	a 0.00544	d 0.00550	e 0.00590	b 0.02262	ショットクリ ーティングには ひびわれなし
ショ ット ク リ ー テ ィ ン グ	0	0	0	0	0	単位 cm/cm ²

ひびわれはいずれもかすかなものでその深度最大 2 mm であった。注意すべきことはライニングに鉄筋挿入管、リブ付管はいずれも鉄筋上、リブ上にひびわれがはいつていることである。ライニング剥脱時にモルタル破壊面を観察すると、ひびわれの発生しない箇所では色素はモルタルの表皮で阻止されているが、17.5 kg/cm² の水圧では水は約 15 mm 程度モルタルに滲透している痕跡が認められる。従つてライニングの厚さは 20 mm は必要である。

(3) 灼熱試験 大口径管を現場あるいはヤードに放置する場合、一方側は太陽直射をうけ反対側は日蔭

になることがあり、昭和 28 年 8 月の日光直射をうけた鋼板の最高温度が 50°C になつたことから、管の一方側をバーナーで焼いて鋼管温度を 50°C とし、ライニング（あるいはショットクリーティング）モルタルのひびわれ発生を調査した。結果は b 管のショットクリーティング部分に長さ 15 cm 程度の 2 条のひびわれがはいり、深度は 0.5 mm であつた。他の管には異常はなかつた。

(4) 衝撃試験 水平に横たえた鉄管上にやぐらをつくり、重量 780 kg の重錘を管上 50 cm の高さから管中央の頂上に自然落下せしめ、高さを 1 回ごとに 10 cm づつ高くして最高 150 cm までとして衝撃によるライニングのひびわれを観察した。

本実験では砕砂使用モルタルは衝撃に対していちじるしい抵抗を有することを認められたが、鉄筋を有するモルタルライニングが特に衝撃抵抗が大きいということは認められず、むしろ鉄筋上のモルタルにひびわれが発生しやすいことがわかつた。ひびわれはいずれも最高深度 2 mm 程度で大部分が管底面のライニング中に管軸方向に発生する。混合砕砂使用モルタルの d 管には最後までひびわれは発生しなかつた。

ついで a, d, e 管をトラック上より地盤上に投げ出してひびわれの相対的比較を行つた。トラック上の管底面と地盤との距離は 120 cm で管の重量は 5 t である。管が地盤に接触する瞬間にきしむような大音響を立ていちじるしく楕円形に変形する。もちろんいずれの管も地盤と接触面の内面モルタルライニングにひびわれが軸方向に発生した。いちじるしい現象は河砂使用モルタルライニングには一条のひびわれが全長に通るが、混合砕砂使用モルタルライニングには平行した数本のかさかなひびわれが発生する。すなわち河砂使用モルタルではひびわれが 1 本に集中するに対し、混合砕砂使用モルタルでは数本のかさかなひびわれに分布される。実験後ひびわれには赤インキを注射器で注入して、剥脱時のひびわれ深度測定に便ならしめた。

トラック上よりの投下実験の結果は、ひびわれは管両端では管肌に達しているが、両端より 10 cm 程度内部にはいると河砂使用モルタルで最深 17 mm、混合砕砂使用モルタルで最深 13 mm と確認された。なお鉄筋挿入モルタルはひびわれ発生部分のモルタルライニング版を剥脱してみると鉄筋下で赤インキが管肌まで滲透していた所が数カ所みられた。

(5) 荷重試験 本試験には管長 2.43m でほかは前記諸試験と同一条件の 3 本の管について厚さ 20 mm の河砂使用無筋モルタルライニングと、厚さ 20 mm の河砂使用有筋モルタルライニング、厚さ 20 mm の

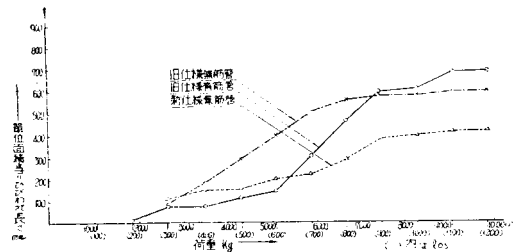
混合砕砂使用無筋モルタルライニングの 3 種類の施工（ともに外面はショットクリーニングはない）をして、管を横たえ頂上に集中荷重を載荷して荷重試験を行つた。試験結果は次のとおりである。ただし実際敷設管の鉛直変位は実測結果約 25 mm であつたので本試験でも鉛直変位約 25 mm まで載荷した。

(a) 旧仕様無筋管は 1845~2650 kg で初めてひびわれが発生し、5600 kg で微音響を発生し、その後は音響なく最後の 9890 kg で小音響を発生した。上部は 5000 kg で、下部は 6000 kg で全長にひびわれがはいつたがその後はひびわれは全然発生せず、ひびわれ巾が大きくなるだけである。最大荷重の 10000 kg でひびわれ巾最大約 0.3 mm、深度最大約 15 mm であつた。

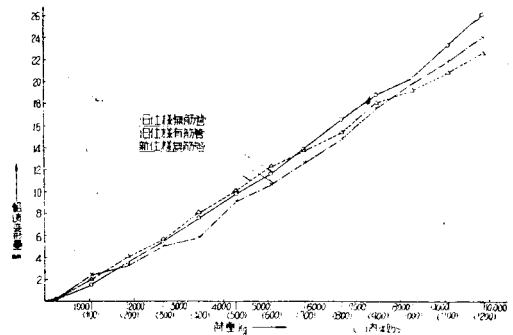
(b) 旧仕様有筋管は最初はひびわれ発生は少ないが、6000 kg に達すると急激にひびわれ長さが成長し 6500 kg で大音響を発生し、上部ライニングは長さ約 40 cm が管と肌離れし、10000 kg で深度は完全に管肌には達する。この間中小音響を無数に発生する。

(c) 新仕様無筋管は 2000~2500 kg で初めてひびわれが発生するが、最大荷重 10000 kg に達するまでのひびわれ長さの変動範囲が小さく、6000 kg 以上ではひびわれの深度、長さはほとんど変りなく巾が広がるだけである。すなわち最大巾約 0.3 mm、深度最

図一 荷重試験による荷重と単位面積当りひびわれ長さとの関係



図二 荷重試験による荷重と鉛直変形量との関係



大約 8 mm であつた。音響は 7500 kg で 1 回、中音響を発したただけであつた。

本実験の結果でも新仕様無筋管は最も優秀な結果を示し、鉄筋はある荷重以上になるとモルタル及び鉄管と同一の変形をなしえずきわめて不規則な変形をなすようである。有筋管の荷重に対するひびわれ発生状況及び発生音響の多いことはこれを物語っている。図 7, 8 は荷重に対する鉛直変形及びライニング単位面積当りのひびわれ長さである。

7. 補強用リブ及びライニングにおける鉄筋

各試験終了後、次回の試験管製作のためモルタル剥脱作業を行つたが、ショットクリーティングの剥脱の難易度はいずれの場合も同じであるが、ライニングの剥脱には非常に難易があつた。これはライニング中の鉄筋の有無によるものである。

(a) 無筋ライニングの場合 (a, c, d 管) : この場合は最初底部モルタルをハンマー及びノミで約 30 cm 巾に管全長にわたつてはつとり、この作業と平行して管全体を外面より大ハンマーでたたくとライニングは自重のためにアーチ状になつたまま管体より剥離する。この際アーチの頂部には破壊性のひびわれができる。

(b) 有筋ライニングの場合 (b, c 管) : 有筋管の場合は、底部を約 30 cm 巾にはつりとつて大ハンマーで外表面をたたいて衝撃を与えると、モルタルと管肌とは無筋の場合と同様に剥離するが、鉄筋が原形のまま張つているのでアーチ状になつて容易に落下しないが、底部のモルタルをはつりとつた後カッターで鉄筋を切断して、この鉄筋を 1 本 1 本丸太に巻きつけその両端をチェーンブロックで引上げると原形のままアーチ状に剥離する。

いずれの場合もただ外面からたたきただけでは絶対にモルタルは剥離せず、無筋の場合でも底面を約 30 cm 巾にはつりとつて初めて破壊するが、このはつとりがないとライニングの有筋無筋にかかわらず遠心力の

ため十分アーチングきいていて破壊しない。

一般にコンクリートに鉄筋を挿入するのはコンクリートの破壊強度を大ならしめるため、鉄筋を挿入したからといってひびわれの発生がなくなるわけではない。

前記剥脱作業で確認したように、有筋ライニングはいちじるしい破壊抵抗を有するが鉄筋のライニングはアーチングが十分きいていて実際に鉄管が遭遇する荷重に対しては前記諸実験で明らかなごとく絶対に破壊するものでなく、無筋ライニングの方がひびわれははるかに少ない。

8. 新仕様と旧仕様の経済的比較

新仕様と旧仕様による場合では、溶接鋼管は管中央内面のリブの有無だけ高いので、昭和 28 年 12 月、5 本の実物管を日本鋼管 K K と契約したとき、1 本につきリブ無管 243 500 円、リブ付管 250 000 円であり、リブ無管では 1 本につき 6 500 円安いことになる。新仕様の内面遠心力によるモルタルライニング及び外面ショットクリーティングは 1 本につき旧仕様より 2 000 円安いので、結局新仕様によるとき、内径 1 800 mm、内面遠心力によるモルタルライニング、外面ショットクリーティング鋼管は 1 本につき 8 500 円 (2.8%) 安いことになる。

9. 結 言

本実験は東京都水道局が日本ヒューム管 K K と契約して行つた実験であり、本実験を行うに当り御賛同をいただいた水道局長徳善義光氏、建設部長萩原政男氏に対し厚く御礼申し上げると同時に、実験中いろいろ御教示を賜つた水道局技術顧問、恩師吉田徳次郎博士、ならびにいろいろ御忠告を賜つた計画課長扇田彦一氏に対し深甚の謝意を捧げる。また実験中永らく上記会社の津田山工場まで実験に通つて下さつた計画課笠原利行、中島 貢の両君に謝意を表するとともに最後まで実験に忠実であつた日本ヒューム管 K K に感謝する次第である。

土 木 工 学 叢 書

岡田 信次 著	鉄 道 線 路	B・5版 168 ページ	350 円 (〒 70 円)
杉 戸 清 著	下 水 道 学 (前編)	B・5版 258 ページ	500 円 (〒 70 円)
同	下 水 道 学 (後編)	B・5版 238 ページ	500 円 (〒 70 円)
福田 武雄 著	木 構 造 学	B・5版 243 ページ	500 円 (〒 70 円)
横道 英雄 著	鉄筋コンクリート橋 (三版)	B・5版 469 ページ	1300 円 (〒 80 円)
岡本 舜三 著	応 用 力 学	B・5版 130 ページ	350 円 (〒 70 円)

◀各点とも上質紙使用・堅牢函入豪華本……御申込は土木学会へ▶

東京・千代田区・大手町 2-4・・・土木学会 電(20)3945.4078・振替 東京 16828番