

論說及報告

鐵筋混凝土下水管荷重試驗成績

工學士 茂庭 忠次 郎君

左ノ一篇ハ下水道設計ノ參考ニ資センガ爲メ公務ノ餘暇名古屋市下水道ノ爲メ特ニ計畫セル下水
 管數種ニツキ荷重試驗ヲ行ヒタル成績ニシテ固ヨリ一定ノ秩序モナク不備粗陋ノモノナリト雖モ
 尙ホ其應用ノ益々隆盛ナラントシツ、アル鐵筋混凝土ノ價值ノ一端ヲ窺知スル上ニ多少ノ裨益ア
 ル可キカト信シ本誌上ニ報告スルコトトナセリ

鐵筋混凝土下水管荷重試驗成績

一、原料

せめんご 愛知セメント株式會社製品

砂 庄内川産及精進川改修ノ際掘鑿セシモノ
(共ニ品質軟弱ニシテ良好ナラザレハ精進川産ハ庄内川産ニ比スレハ粒荒クシテ稍可ナリ)

砂 利 全 上
(共ニ品質軟弱ニシテ佳良ナラス)

鋼 線 軟 鋼岡谷商店納品

二、構造

(甲)内徑一尺七寸五分管及二尺管

構造ハ第一圖ノ如ク凡テ長サ三尺厚サ一尺七寸五分管ハ一寸七分二尺管ハ一寸九分ノ膠
 泥或ハ混凝土ヨリ成ル圓形管ニシテ鐵筋ハ軟鋼線ヲ用ヒ五寸毎ニ橫筋(六番線)ヲ置キ十八

番線ヲ以テ縱筋(八番線)ト結束シ殆ント構造物ノ中心ニ之ヲ挿入シタルモノナリ尙構造上ノ比較ノ爲メ螺旋狀及結束セサルモノヲモ製作セリ

(乙)内徑四尺五寸管

本管ノ構造ハ第二圖記載ノ如ク巾一尺長サハ全圓周ノ四分ノ一厚サ三寸七分ノ混凝土ボロつくヲ組立テタルモノニシテボロつくハ凡テ配合一、二、四ノ混凝土ヨリ成リ其中央ニ鐵筋(二番軟鋼線)ヲ挿入セリ而シテ其組立方法ハ兩側ノボロつくノ中心カ恰モ上下ノボロつくノ接合部ト全一個所ニアル如ク相互ニ之ヲ配置シ接合部ニハ凡テボロつくノ中ノ鐵筋ト全一ノ鋼線ヲ插ミ別ニ一番軟鋼線ヨリ成ル縱筋四條ヲ用ヒ互ニ之等ノ連絡ヲ計リ配合一、三ノ膠泥ヲ以テ各目地ヲ充分ニ填充シタルモノナリ

三、製作及干燥

供試管製作ニ使用セシ型枠ハ堅牢ナル木製品ニシテ工法ハ流込及搗固ノ二法ニ據レリ即チ流込法ハ膠泥或ハ混凝土ヲ稍々軟ク練合セ縱横共規定ノ如ク結束セル鐵筋ヲ挿入シ空隙ヲ除去スル爲メ輕キ木桿ヲ以テ搗キタルモノニシテ搗固法ハ混凝土ヲ硬練トナシ鐵筋ヲ挿入スルニハ先ツ縱線ノミヲ規定ノ位置ニ置キ鐵履ヲ穿テル重量約一貫五百目ノ棒槌ヲ以テ混凝土ヲ充分ニ搗キ固メ其規定ノ厚サニ達スル毎ニ橫筋ヲ漸次挿入シタルモノニシテ從テ橫筋ト縱筋ノ關係ハ單ニ案内トシテ橫筋中ノ規定ノ位置ニ十八番線ヲ結ヒ付ケ大略ノ位置ヲ保タシメタルニ止マリ緊實ナル連絡ナシ但シ一尺七寸五分管第二號ハ砂利ノ大サ過大ナリシ爲メ鐵筋ニ妨ケラレ完全ナル搗キ固メヲ得ル能ハサリシモノトス

鐵筋混凝土下水管荷重試驗成績

以上ノ供試管ハ皆二日乃至三日ニシテ型枠ヲ除去シ其急燥ヲ防カンカ爲メ藁蓆ヲ以テ之ヲ被覆シ時々水ヲ撒布シテ約一ヶ月間其位置ニ硬化セシメ後之ヲ一定ノ場所ニ運ヒ保存シ置キタルモノナリ尙ホ四尺五寸管ニ就テ注意スベキハ該管組立後一ヶ月間ハ以上ノ方法ヲ以テ硬化セシメタリト雖モ爾來盛夏數十日ニ涉リ其位置ニ於テ炎天ニ暴露シ置キタル結果兩側ノぶろつく接合部ノ内面ノ上端ニ毫毛ノ如キ罅裂ヲ現出シタリ然レモ此罅裂ハ荷重ヲ加フルモ何等ノ變化ヲ來サバリキ

本試驗ニ供セシハ内徑一尺七寸五分管四個二尺管三個及四尺五寸管一個總計八個ニシテ其製作法及干燥日數ハ次表ノ如シ

内徑一尺七寸五分管

番 號	配 分		全 砂	砂 地	砂 大	砂 サ	利 地	鐵筋ノ 組立法	製作法	製作時 日	試驗時 日	干燥日數
	セメント	砂										
第一號	1	2	1.5	精進川	.01—'.03	庄内川	輸送結束 輪狀筋内側	流込	六月二日	十一月廿七日	178	
第二號	1	2	4	"	.02—'.05	精進川	輸送結束 輪狀筋内側	流込	" 六日	" 廿四日	171	
第三號	1	2	4	"	.01—'.03	庄内川	輸送結束 輪狀筋内側	搦固	" 九日	" 廿六日	170	
第四號	1	3	—	庄内川	—	—	輸送結束 輪狀筋内側	流込	" 十二日	" 廿七日	168	

内徑二尺管

第一號	1	3	—	精進川	—	—	精進川 鐵筋内側	流込	五月廿一日	七月六日	46
第二號	1	2	4	"	01—03	庄内川	輪狀鐵筋内側	"	廿五日	十一月廿四日	183
第三號	1	2	4	庄内川	"	"	鐵筋ナシ	"	六月十二日	"	165

内 徑 四 尺 五 寸 管

配 合	ろ		つ		製 作 法	配 合	地		組 立 時 日	試 験 時 日	干 燥 日 數
	砂	砂利	大	サ			配 合	砂			
1	2	4	精進川	'03—'08	精進川	1	3	精進川	七月十四日	十一月廿日	129

備考 二尺管第三號ハ鐵筋ノ効果ヲ知ランカ爲メ鐵筋ナシニ混凝土ノミヲ以テ全寸法ニ製作セシモノナレモ製造ノ際大雨ニ會シ搗キ固メ不充分ナリシ爲メ硬化中罅裂ヲ發生シ已ムヲ得ズ之ヲ修理シタルヲ以テ著シク其強度ヲ減失シタルノ觀アルハ甚タ遺憾ニ堪ヘサルナリ

四、荷 重

載荷ノ方法ハ充分敷均シタル地面上ニ混凝土ぶろつくヲ列ヘ其上ニ供試管ヲ載セ濕氣アル砂ヲ填充シテ克ク其位置ニ安定セシメ然ル後荷重ハ出來得ル丈ケ之ヲ等負ナラシメンガ爲メ製作ノ際使用セル型枠ノ一部ヲ用ヒ其上ニ木材ヲ列シ容積約一切ノ混凝土ぶろつくヲ積

鐵筋混凝土下水管荷重試驗成績

ミ重ネ不足分ハ土俵ヲ作り之ヲ價ヒ全重量ヲ凡テ管上ニ負ハシムル様装置シタルモノニシテ(第三圖參照時々其變形及綽裂ノ狀況ヲ觀測セリ即チ内徑一尺七寸五分管及二尺管ハ長三尺ニ對スル成績ニシテ四尺五寸管ハ全一尺ニ對スル應力度ヲ示スモノナリ尙ホ荷重ノ乏シキト載荷ノ方法不備ナル爲メ危險ヲ虞レ一尺七寸五分管ノミヲ破壞シ二尺管及四尺五寸管ニ及ブ能ハサリシハ遺憾ナリ

五 成 績

前記ノ方法ヲ以テ載荷ヲ行ヒシ結果次ノ成績ヲ得タリ

内 徑 一 尺 七 寸 五 分 管

管 號	木 材		土 俵		人 力		電 力		合 計		變 形		破 壞 狀 況		
	長 數	重 量	長 數	重 量	長 數	重 量	長 數	重 量	長 數	重 量	分	分			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	不明	不明	0	0	〇
2	41.5	4	68.8	0	0	0	28.0	138.3	0.5	272.0	1.0	1.0	0	0	〇
3	"	12	202.5	0	0	0	"	406.5	1.5	538.9	2.0	2.0	0	0	〇
4	"	20	337.0	0	0	0	"	681.1	2.5	815.5	3.0	3.0	0	0	〇
5	"	29	469.4	0	0	0	"	950.4	3.5	1086.8	4.0	4.0	0	0	〇
6	"	40	611.6	0	0	0	"	1222.9	4.5	1354.0	5.0	5.0	0	0	〇
7	"	48	746.0	0	0	0	"	1467.9	5.4	5.4	4.5	5.5	0	0	〇
8	"	56	880.9	0	0	0	"	5.4	4.5	4.5	5.5	8	8	8	徐々破壞ス
9	"	64	1017.3	0	0	0	"	5.4	4.5	4.5	5.5	8	8	8	徐々破壞ス
10	"	71	1153.4	0	0	0	"	5.4	4.5	4.5	5.5	8	8	8	徐々破壞ス
11	"	80	1284.5	0	0	0	"	5.4	4.5	4.5	5.5	8	8	8	徐々破壞ス
12	"	86	1364.4	0	0	0	"	5.4	4.5	4.5	5.5	8	8	8	徐々破壞ス

始メテ綽裂ヲ認ム
大ナル變化ナシ
"
綽裂明カトナル
大ナル變化ナシ
"
徐々破壞ス

第 一 號	管	2	3	52.2	189.9	0	0	2	28.0	132.5	.5	不明	不明	0	0
2	3	11	189.9	52.2	0	0	2	28.0	132.5	.5	不明	不明	0	0	始メテ轉裂ヲ認ム 大ナル變化ナシ 轉裂稍々明カトナル 大ナル變化ナシ 試驗中止
3	11	189.9	52.2	0	0	2	28.0	132.5	.5	不明	不明	0	0		
4	19	326.7	462.9	0	0	2	28.0	132.5	.5	不明	不明	0	0		
5	27	462.9	601.1	0	0	2	28.0	132.5	.5	不明	不明	0	0		
6	35	601.1	740.7	0	0	2	28.0	132.5	.5	不明	不明	0	0		
7	43	740.7	877.6	0	0	2	28.0	132.5	.5	不明	不明	0	0		
8	51	877.6	1012.2	0	0	2	28.0	132.5	.5	不明	不明	0	0		
9	59	1012.2		0	0	2	28.0	132.5	.5	不明	不明	0	0		

第 二 號	管	1	2	28.0	81.7	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0
1	2	5	81.7	28.0	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0	始メテ轉裂ヲ認ム 大ナル變化ナシ " " 轉裂稍々明カトナル 大ナル變化ナシ 試驗中止
2	5	81.7	28.0	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
3	13	218.3	349.9	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
4	21	349.9	480.7	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
5	30	480.7	623.8	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
6	39	623.8	757.4	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
7	47	757.4	853.7	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
8	53	853.7	898.9	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
9	56	898.9	1031.9	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
10	64	1031.9	1159.4	0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
11	73	1159.4		0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		
12	73			0	0	2	28.0	137.7	.5	不明	不明	0	0		

(第三號寫真參照)

(第四號寫真繪)

以上ノ内一尺七寸五分管四個ニツキ其始メテ罅裂ヲ認メシ當時ノ荷重ト破壊セシ際ノ荷重ヲ比較スレハ次ノ如シ

但シAハ其始メテ罅裂ヲ現ハセシ時ノ荷重Bハ其破壊セシ當時ノ荷重ナリ

番 號	A	B	B : A
第一號	實 681.1	實 1467.9	2.16
第二號	600.0	1160.6	1.93
第三號	741.0	1530.5	2.07
第四號	633.1	1332.1	2.10

(A)應力度

鐵筋混凝土管ノ強度ハ其配合及製作ノ如何ニヨリ著シキ相違ヲ生スルモノニシテ配合ハ製作ニ不便ヲ感セサル様採用スル砂利ノ大サ及品質ヲ撰擇スルルハ膠泥或ハ他ノせめんと多キ配合ヨリモ却テ一二四前后ノ配合ノ方應力度大ナルカ如ク砂利ノ大サハ構造物ノ厚サノ約五分ノ一以内ノモノヲ使用スレハ製作上更ニ不便ナキコトヲ實驗セリ而シテ管ノ製作ニ付キテハ充分ナル搗キ固メヲナシ混凝土中ノ空隙ヲ除キ全時ニ鐵筋ト混凝土トヲ克ク附着セシムルコトハ應力度ヲ大ナラシムル上ニ於テ最モ適切ナル要件ナルカ如シ尙ホ鐵筋ノ組立方及挿入ノ位置等ニツキテハ充分ナル結果ヲ知ル能ハサリシト雖此之等

鐵筋混凝土水管荷重試驗成績

ノ構造或ハ縱橫筋ヲ相互ニ固ク結束スルコトハ強度ニ對シ重大ナル影響ナキモノ。如シ今各種ノ管ニツキ其強度ヲ比較センカ爲メ長一尺ニ對スル應力度ヲ列記スレハ次表ノ結果トナル

管種	内徑	番號	長一尺ニ對スル應力度 噸	長一尺ニ對スル破壞應力度 噸	荷重	要點
鐵筋混凝土管	一尺七寸五分	第一號	0.83	1.80	干燥	百七十八日
"	"	第二號	0.73	1.43	"	百七十一日
"	"	第三號	0.90	1.87	"	百七十七日
"	"	第四號	0.77	1.63	"	百六十八日
"	二尺	第一號	0.83	—	"	百四十六日
"	"	第二號	1.13	—	"	百八十三日
混凝土管	"	第三號	0.33	0.33	"	百六十五日
鐵筋混凝土管	四尺五寸	第四號	5.20	—	干燥	百二十九日

(B) 罅裂

罅裂ノ状態ヲ觀測スルニ其始メテ罅裂ヲ發生セシハ皆管ノ應張力ヲ生ズル部分即チ上下左右ノ四個所ニシテ載荷ノ加ワルニ從ヒ漸次擴大シ全時ニ他ノ部分ニ於テ其數ヲ増加シ常ニ直徑ヲ通過シテ其兩側ニ現出シタリ尙ホ罅裂ハ多ク縱筋ノ存在セル附近ニ生ジタルノ事實ハ構造上注意ス可キ事項ナリ其狀況第四圖ノ如シ

(C) 變形

觀測ノ方法不備ナリシヲ以テ微細ノ變化ハ之ヲ知ル能ハザリシト雖ドモ大体ハ第五圖ニ示スガ如ク一般ニばらばらニ似タル曲線ヲ描ケリ而シテ其限度ハ供試管ニヨリ一々相異ナリ即チ一尺七寸五分管ニツキ之ヲ驗スルニ其始メテ罅裂ヲ發生セシ當時ノ變形ハ四個共略一致セシト雖トモ破壞ノ瞬間前ニ於テハ著シキ相違ヲ來セリ然レトモ此試驗ニヨリ管ノ製作ニ注意スルトキハ其破壞現象ニ陥ル前少クモ其内徑ニ對シ縱四十分ノ一横三十分ノ一ノ變形ニ耐ユルコトヲ認メ得タリ尙ホ永久變形(Permanent set)ニ關シテハ充分ニ其變化ヲ觀察シ得サリシト雖トモ二尺管第二號及四尺五寸管ニツキ全ク載荷ヲ除去シタル後第五圖ノ如キ結果アルヲ發見セリ

(D) 破壞

鐵筋混凝土管ノ破壞狀態ハ頗ル徐々ニシテ始メテ罅裂ヲ生セシ當時ノ荷重ノ約二倍ニ達シ漸ク破壞現象ヲ呈スルモノ、如クシカモ全ク崩壞スル迄ニハ尙ホ數秒ノ余裕ヲ存シタリ而シテ始メテ罅裂ヲ生セシ時ノ荷重ト破壞セシ當時ノ荷重トヲ比較スルニ其割合ハ專ラ混凝土中ノ空隙ノ多少及混凝土ト鐵筋トノ附着力トニ關係スルカ如シ仍製作完全ニシテ附着良好ナリシモノハ其比二ヨリ大キク不良ナリシモノハ二ヨリ小ナル如キ結果ヲ得タリ然レトモ之ニ反シ鐵筋ナキモノハ其破壞甚タ急激ニシテ罅裂ノ發生ト殆ント全時ニ崩壞セリ

破壞セシ後其破片ヲ驗スルニ鐵筋ハ多ク混凝土ヨリ離脫シ何レモ變形シテ扁平トナリシ

ト雖トモ一モ切斷セシモノナク横筋ヲ混凝土搗キ固メノ際漸次落下挿入シタルモノモ皆略其位置ヲ保定セルヲ發見セリ尙ホ搗キ固メ不充分ノ爲メ空隙ヲ生シ外氣ト接セシ部分ヲ除キ完全ニ膠泥或ハ混凝土ヲ以テ包被サレタル鐵筋ハ毫モ酸化ノ痕跡ヲ呈セス

六、結 論

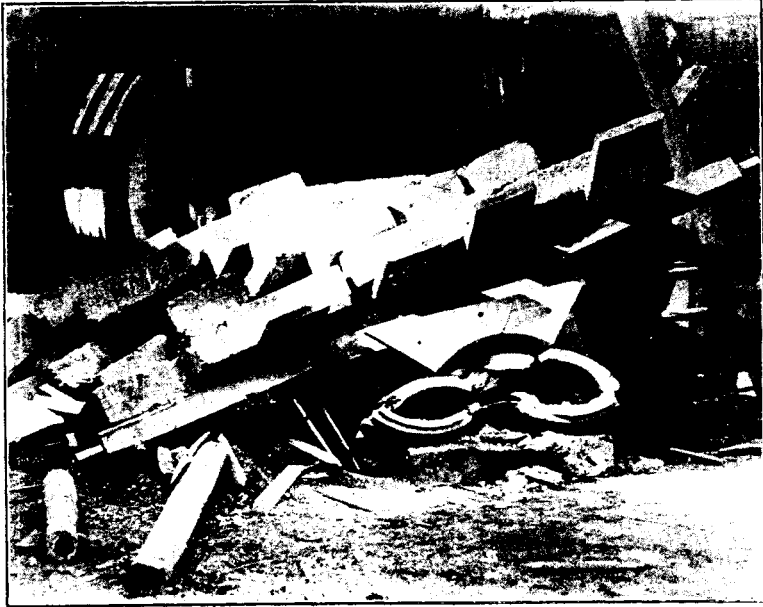
叙上ノ如キ僅少ナル材料ニヨリ實驗セル結果ニ充分ナル信ヲ措クハ固ヨリ早計ナリト雖トモ種々ノ結果ヲ綜合シ大凡次ノ事實ヲ承認スルヲ得可シ

(一)鐵筋混凝土管ノ破壞セシ時ノ載荷ハ始メテ罅裂ヲ生セシ當時ノ荷重ノ約二倍ナルコト即チ罅裂現出迄ヲ以テ鐵筋混凝土管ノ有スル實用應力度ナリトスレハ其實用應力度ハ其破壞應力度ノ約二分ノ一ニシテ其割合ハ混凝土中ノ空隙ノ多少及混凝土ト鐵筋ノ附着力ニヨリ異ナリ空隙少ク附着良好ナレハ其比大ニシテ之ニ反スレハ其比小ナリ

(二)配合一、二、四前后ノ混凝土ハ膠泥或ハ他ノせめんど多キ配合ニ比シ鐵筋混凝土トシテ一般ニ實利的ナリ然レトモ使用スル砂利又ハ碎石ノ粒構造物ニ對シ過大ニ失スルトキハ搗キ固メニ不便ヲ感シ從テ空隙ヲ生シ易ク鐵筋トノ附着力ヲ減殺スルノ虞アリ仍砂利ノ大サハ構造物ノ厚サニ應シ適宜加減スルヲ要ス

(三)混凝土ヲ充分搗キ固ムルコトハ應力度ヲ増進セシムル上ニ於テ最モ必要ナリ仍混凝土ヲ硬練トナシ搗固法ニ據ルハ軟練トナシ流込法ヲ採ルニ比シ其結果遙カニ良好ナリト雖ドモ極端ナル硬練ハ却テ空隙ヲ生シ易ク鐵筋トノ附着力ヲ減失シ管ノ破壞ヲ速カナラシムル傾キアリ

第一號

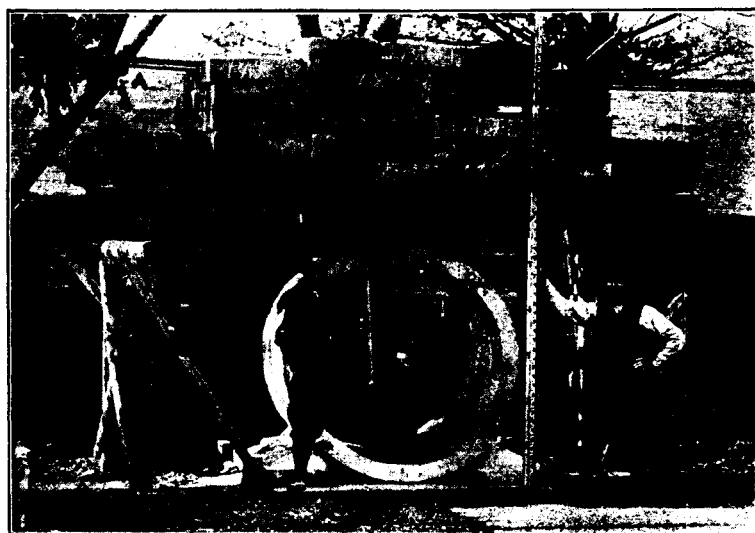


第二號





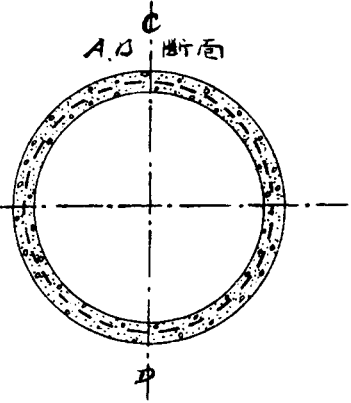
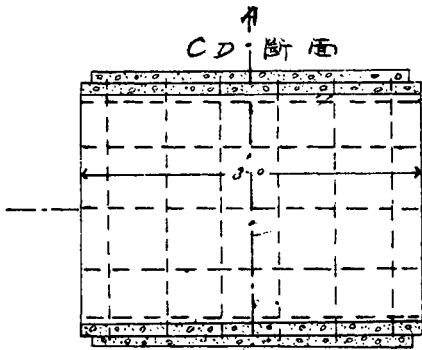
第三號



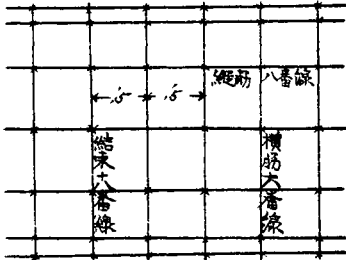
第四號

第一圖

管尺二及管外五寸七尺一徑內



側面
輪狀結束

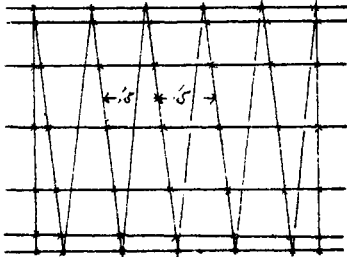


鐵筋

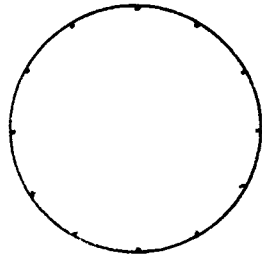
橫筋結束



螺狀結束



正面



第四尺五寸管
 圖二
 圖細詳

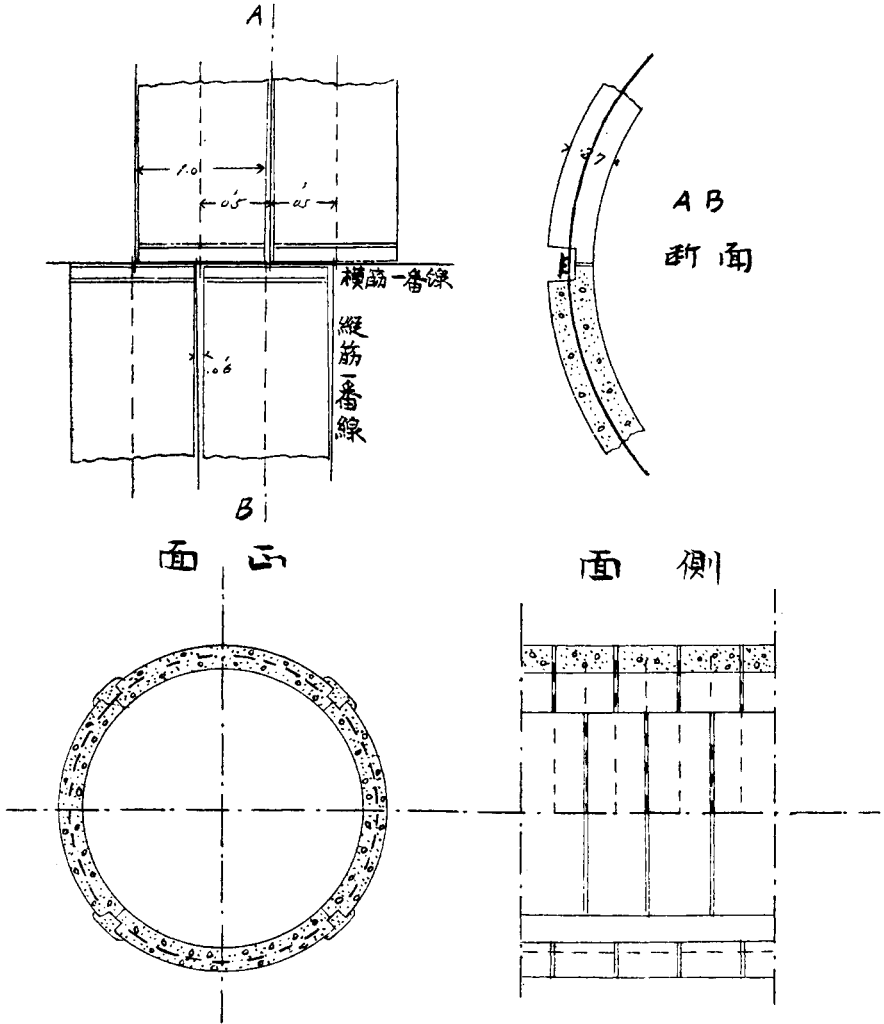
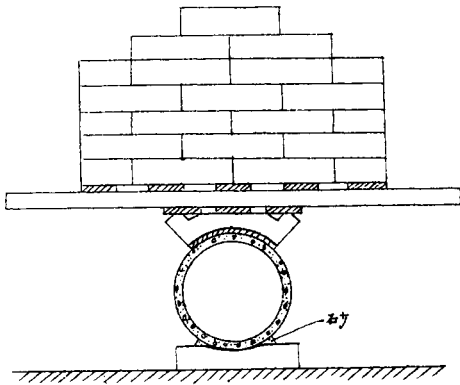


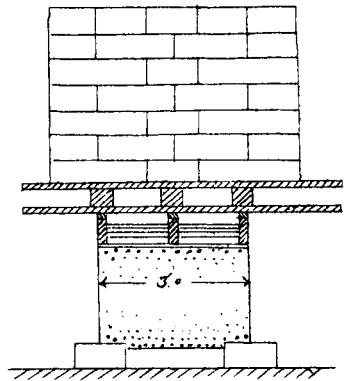
圖 三 第

管尺二及管分五寸七尺一徑內

面 正

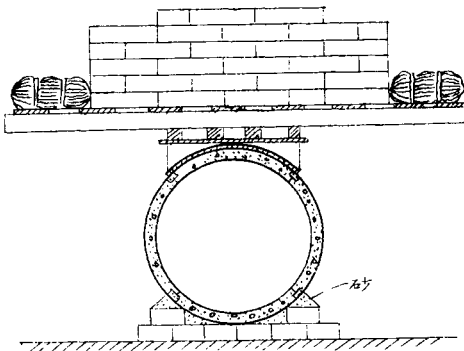


面 側

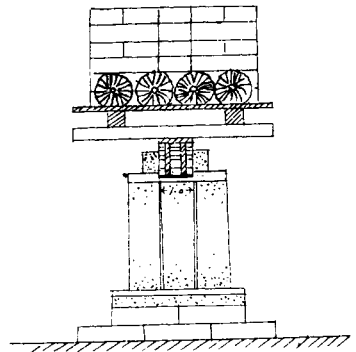


管寸五尺四徑內

面 正



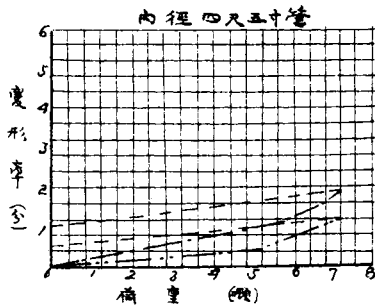
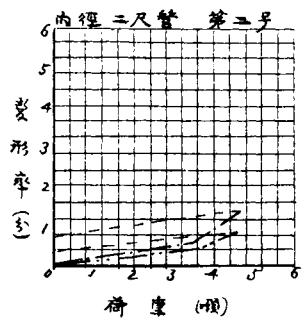
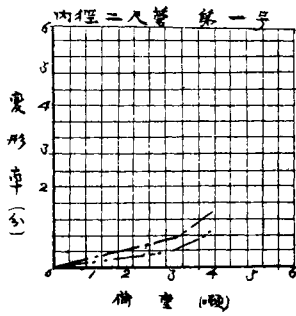
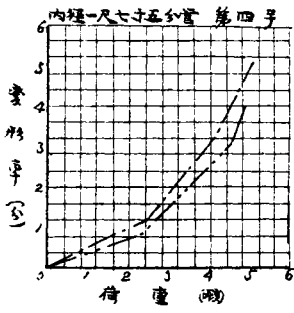
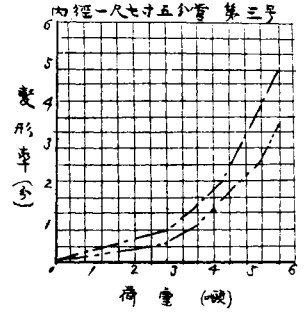
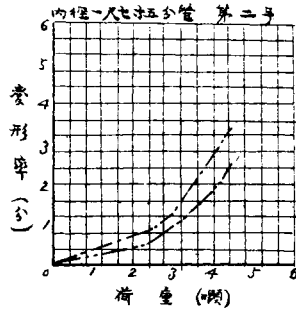
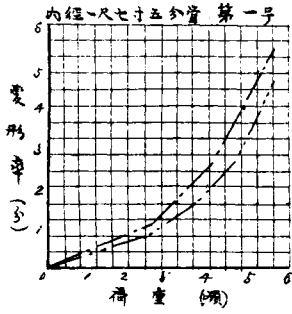
面 側



態狀裂罅

圖四第

<p>第一管 分五寸七尺一</p> <p>時，分四噸五重荷 時，分五噸四重荷 時，分五噸二重荷</p>			<p>第一管 尺二</p> <p>時，噸四重荷 時，噸三重荷 時，分五噸二重荷</p>		
<p>第二管 分五寸七尺一</p> <p>時，分三噸四重荷 時，噸五重荷 時，分二噸二重荷</p>			<p>第二管 尺二</p> <p>時，分六噸四重荷 時，噸四重荷 時，分四噸三重荷</p>		
<p>第三管 分五寸七尺一</p> <p>時，分五噸五重荷 時，噸四重荷 時，分七噸二重荷</p>			<p>管寸五尺四</p> <p>時，分二噸七重荷 時，分二噸五重荷</p>		
<p>第四管 分五寸七尺一</p> <p>時，分九噸四重荷 時，分五噸三重荷 時，分三噸二重荷</p>					



第五圖

變形

—— 縱
 - - - 橫

(四) 鐵筋ハ膠泥或ハ混凝土ヲ以テ完全ニ包被サル、トキハ酸化ノ憂ナシ而シテ縱橫相互ノ緊結ハ應力度ニ多大ノ影響ヲ及ボサ、ルカ如シ

(五) 罅裂ハ先ツ管ノ應張力ヲ生スル部分ニ發生シ荷重ノ加ワルニ從ヒ漸次擴大シ全時ニ其數ヲ増加スト雖ドモ其位置ハ常ニ直徑ヲ通過シテ其兩側ニ發生ス

(六) 配合及製作ニ注意シタル鐵筋混凝土管ノ變形ハ其破壞現象ニ陥ル前少クモ其内徑ニ對シ縱四十分ノ一横三十分ノ一以上ニ達フルヲ得ベシ

(七) 鐵筋ヲ有セサル混凝土管ノ破壞ハ甚ダ急激ニシテ罅裂現出ト全時ニ殆ント崩壞セルコト前述ノ如シ即チ鐵筋ナキ混凝土管ノ破壞應力度ハ其實用應力度ト大差ナキガ如ク尙

ホ其實用應力度モ鐵筋混凝土管ニ比スレバ遙カニ薄弱ナリ

拔 萃

土 木

○みししつびー河口ノ寄洲ノ原因　みししつびー河口ノ寄洲ハ之カ除却ノ爲メ已ニ幾百萬弗ヲ要セシカヲ知ラス寄洲現出ノ原因ハ悉くわいどぐりつちあつちらん氏ノ或ル發見ヨリ或ハ較々明瞭セル者アラン一九〇一年ニあつちらん氏ハ粘土ニ植木精重モニ淹皮質(Tannin)ヲ加味シテ試驗ヲ成セリ氏先ツ粘土ヲ濾過紙ヲ通過スル程ニ爲シテ水中ニ混セリ之カ結果ニ付大ニ感スル處アリテ廣ク參考書ヲ釋ネタルニ聖書ニ一節アリ曰クいすらいるノ兒等ハ埃及人ノ指導ノ下ニ藁ヲ煉瓦製造ニ用ウ云々然レトモ藁ノ纖維ハ機械的ノ結材トシ