

論 說 報 告

第十八卷第十二號 昭和七年十二月

コンクリート基礎の管渠の強度に及ぼす影響に就て

會員 工學博士 茂 庭 忠 次 郎
同 工學士 岡 崎 正 伸
准員 小 見 喜 平

On the Effect of Concrete Foundation upon the Strength of Circular-pipes

By Chujiro Moniwa, Dr. Eng., Member,
Seishin Okazaki, C.E., Member
& Kihei Omi, Assoc. Member.

内 容 梗 概

本文は下水道設計の参考に資せんが爲、鐵筋コンクリート管に各種のコンクリート基礎を施し、載荷試験を行ひ、基礎の品質並に構造が管渠の強度に對し如何なる影響を及ぼすかに就き實驗的に説明し且つ推論を加へたものである。

第 一 節 緒 言

鐵筋コンクリート工法の發達が土木建築界に齎した大なる貢獻に就ては繰述する迄もないが、殊更之が管渠への應用に至りては其材料の簡易、施工の迅速、強度の大及工費の低廉等に於て優に從來の他の諸材料を壓倒し、上下水道工事は勿論排地整理工事其他あらゆる導排水用等最も廣汎に使用せられ、其効果の顯著なることは已に一般の認識する所である。然し之等の敷設に際する基礎の施工法等に就ては尙幾多の研究餘地が存在する様に思ふ。就中下水道管渠の如きは概ね交通頻繁なる街路下に敷設する場合が多く、常に重荷を受け其衝動に接する機會頻出し而も修繕又は改造を行ふこと容易ならざる爲、豫め完全なる基礎工事を施し荷重其他に對し萬全を期することか肝要である。

地盤堅牢な場合は地均しを行ひ砂礫又は割栗石、玉石の類を敷いて克く固め、管渠を敷設すれば充分だが、地盤が軟い場合又は湧水の多量なる場合等には、割栗石、玉石の類を相當別に填充し且つ潰れを行ひ其上に基礎コンクリートを施す必要がある。地盤が一層軟弱なる場合又は主要管渠の埋設箇所等に於ては、其支持力を増大せしむる爲、更に杭打地盤を施し、尚棒子削木或は捨算盤等を行ひ充分なる割栗石を填充し、基礎コンクリートの厚又は幅員を擴大して耐力の充實を計り、地盤の沈下擁護に對する完全なる工法を採用して遺漏なきを期せねばならぬ。凡そ基礎の良否は其影響する所極めて大きく其沈下に依り管渠中に凹所を生じ又は龜裂發生等の爲、汚物の停滯溜洩を惹き起し、或は管渠を破損し路面を陥落せしむる等不測の失敗を招來した事例も亦決して尠くはない。要するに完全なる基礎工事の選擇は下水道の敷設上最も重要なりと云ふべく、特に大口徑の管渠に於て其影響の著大なるものあるに留意する必要がある。

基礎コンクリートの施工は管渠の不同沈下を防ぎ敷設を容易ならしめ、管渠の強度を著しく増進するに止まらず地下水の管渠内侵入を防ぐに特效あるは周知の事實と信ずる。依て従前から此工法を可なり盛に應用し來つた

のではあるが、其管渠の強度に及ぼす影響如何等に就ては格別實驗的に研究されたものがない爲、之等の施工は單に管渠強度の安全率として多少の期待を見込む程度に出でなかつた。従て基礎に用ふるコンクリートの配合は勿論其寸法構造共に頗る區々で、名古屋式(180度型)又は東京式(90度型)等が設計者の任意に依り隨時各所に應用されて居るものゝ様である。

以上の状態を遺憾とし著者等は昭和6年6月以來、日本ヒューム管株式会社鶴見工場に於て之が實驗に着手したのである。使用コンクリートの配合は1:3:0及1:4:8の2種とし、材齢を約1箇月及3箇月に採り、基礎の構造は中心角90度、120度、180度の3種を選び厚薄2種の寸法を採用した。而して供試管には特製のヒューム管を應用したのであるが、本管は高度の遠心力を應用する機械製なる故、材質の均整、寸法の確實なるは云ふ迄もなく殆ど一様の強度を保有するを以て試験成績の確實性は相當期待し得ると信ずる。

第二節 供試材料

(A) 供試管 (内徑458 耗ヒューム鉄筋コンクリート管)

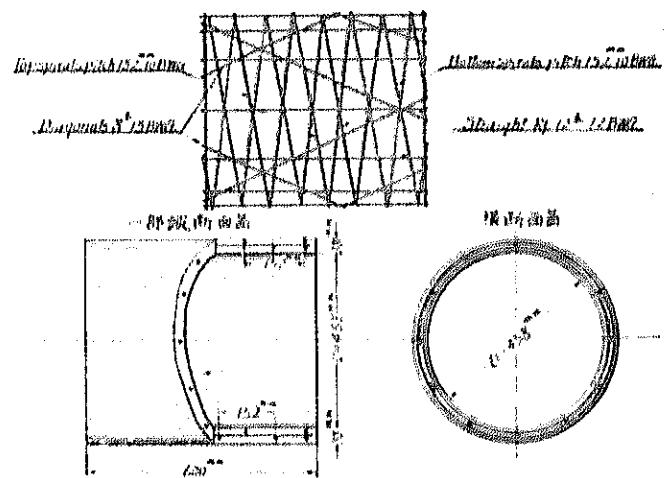
(1) 原 料

セメント	淺野セメント株式会社川崎工場製ポルトランドセメント
砂	多摩川産(産質に富み清洗せるものにて不純物を含まず、細粗率は3.7)
砂 利	同(産質に富み充分清洗したるものにて混土塵芥等を含まず、粒の大ききは10 耗未満にして、細粗率を5.8)
鉄 筋	軟鋼線:富士製煉株式会社納品)
混和用水	桶川水道

(2) 構 造

供試ヒューム管の構造は第一圖に見る如く管長600 耗、内徑458 耗、管厚38 耗の圓形管にして、鉄筋は縦筋としてB.W.G. 13番線12本を、斜筋として同15番線8本を使用し、螺旋線同10番線の捲付には特に製筋機を用ひて縦筋及斜筋の上下に152 耗間隔を以て組合せ、鉄筋籠を作り之を管莖の中心に挿入したものである。螺旋筋の組み上りは機械製なる爲、克く緊張し斜筋及縦筋にも別に結束を行はず、唯鉄筋籠の兩端に補強の爲使用した2本の螺旋筋のみは緊定の必要上結束を施したものである。

第一圖 ヒューム管構造圖
鉄筋籠



(3) 製作及養生

供試管は凡て日本ヒューム管株式会社鶴見工場に於て製作せるもので、遠心力應用のものならば管の製作には外型のみで内型は不必要である。外型は完全なる鐵製で其中に前述の鉄筋籠を配備し兩端に鑄鐵環を嵌めボルト

締となし、別に中間支索を設けず鉄筋籠を安定せしめ得る装置である。此外型を製管機に掛け最初は緩速度を以て廻轉しながら、型中に予め精練したコンクリートを適量づゝ投げ込み、コンクリートの填充を終れば漸次毎分200回の速度に高め約20分間廻轉を繼續し、遠心力作用に依り極めて緊縮したる均質の製管が得らるゝこととなる。使用コンクリートの配合は容積比1:2:2を用ひドラム式混和機を以て充分混凝したもので、水量は容積比で出來高の13%を標準としたが、製管中自ら一部は排出する爲過剰の水分は完成後のコンクリート中には残存しない様になつて居る。斯くして出來上つた管は型の儘蒸氣硬化室に導き8時間程低壓蒸氣を送つて、其間華氏120度の温度と適當の湿度とを與へて硬化を促進せしめるのであるが、元來コンクリートの硬化を促進せしむる爲の蒸氣温度及繼續時間には略一定した經濟制限があるものらしく、ヒューム會社多年の經驗では、先づ華氏120度の温度を保ちながら、8時間位の蒸氣硬化を行ふことが最も適當と認められて居る。蒸氣硬化を完了した後は直に型から抜き出して以後大氣中で養生せしめたのであるが、時恰も盛夏中なりし爲、常に撒水を行ひ被覆を用ひて努めて之等の炎天暴露を回避したのであつた。

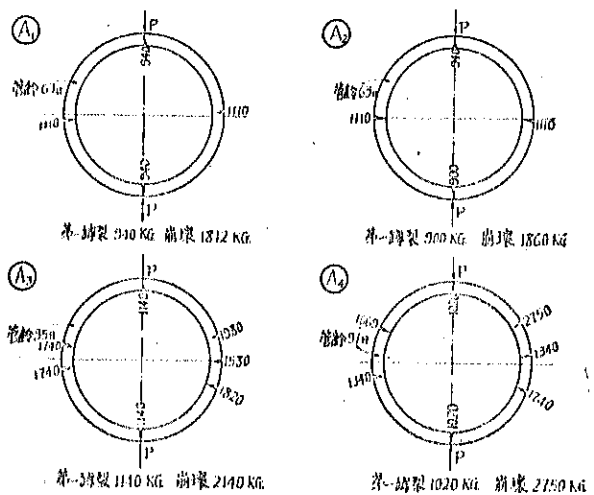
(4) 供試管數

本試験に供した内徑458耗ヒューム鐵筋コンクリート管は總數28本であるが、其配合、記號及大氣中に於ける材齡等は第一表に示す通りである。

第一表 内徑458耗 管厚38耗 ヒューム管

番号	配合法	基礎土	配合(容積比)			型間時間	試験時間	破砕荷重
			セメント	砂	石			
A ₁	試験型	土	1	2	2	0-0-26	0-8-27	63
A ₂			0-0-26	0-8-27	63			
A ₃			0-0-26	0-8-27	63			
A ₄			0-0-26	0-8-27	63			
B ₁	中 筋 25					0-0-29	0-8-27	58
B ₂			0-0-25	0-8-27	61			
B ₃			0-0-27	0-8-27	62			
B ₄			0-0-27	0-8-27	62			
B ₅			0-0-28	0-8-25	90			
B ₆			0-0-23	0-10-1	96			
B ₇			0-0-27	0-10-1	97			
B ₈			0-0-23	0-10-1	96			
C ₁	中 筋 120					0-0-23	0-8-27	61
C ₂			0-0-27	0-8-27	62			
C ₃			0-0-29	0-8-25	58			
C ₄			0-0-23	0-8-27	61			
C ₅			0-0-26	0-10-1	28			
C ₆			0-0-26	0-10-1	28			
C ₇			0-0-29	0-10-1	25			
C ₈			0-0-27	0-10-1	27			
D ₁	中 筋 180					0-0-26	0-8-27	63
D ₂			0-0-26	0-8-27	63			
D ₃			0-0-29	0-8-25	58			
D ₄			0-0-23	0-8-27	61			
D ₅			0-0-27	0-10-1	97			
D ₆			0-0-26	0-8-25	25			
D ₇			0-0-23	0-10-1	96			
D ₈			0-0-23	0-8-25	20			

第二圖 基礎コンクリートなき場合



註 管壁に記入の數字は其位置に破裂發現當時の荷重を應にて表はす

(B) 基礎コンクリート

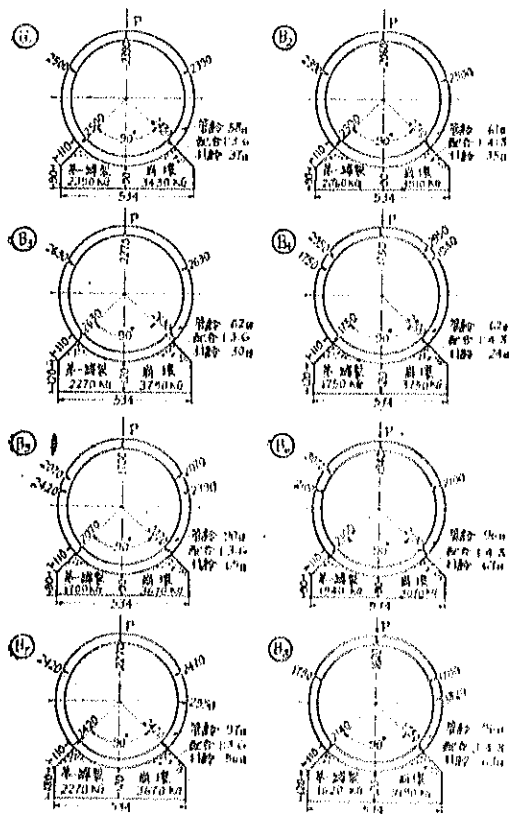
(1) 原 料

砂利の大きさを10-25粒に制限したのみで、他はセメント、砂、用水共凡て供試管製作のものと同様である。

(2) 構 造

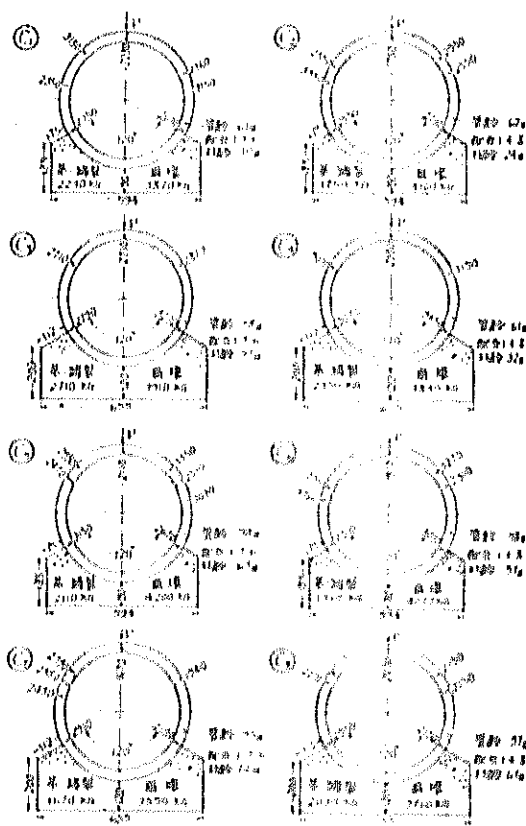
基礎コンクリートの構造は第三圖乃至第五圖に示す如く、管の中心に於て 90 度、120 度、180 度の角度を有する 3 種で、其厚は 90 粒及 120 粒の 2 種を選んだ。管と基礎コンクリートとは充分に密着せしめ、其後の移動に際しても兩者の分離する如きことなき様注意を拂つたものである。

第三圖 基礎コンクリートの中心角 90 度の場合



註 管壁に記入の數字は其位置に轉裂發現當時の荷重を底にて表はす

第四圖 基礎コンクリートの中心角 120 度の場合



註 管壁に記入の數字は其位置に轉裂發現當時の荷重を底にて表はす

(3) 製作及養生

使用した型枠は木製ではあるが充分堅牢に仕上げ、水平に据へた供試管上に組立て、普通状態とは倒りに 1:3:0 及 1:4:8 配合の中練コンクリートを填充し其枠を用ひて固めたもので、2 日後に型枠を除去し大氣中に硬化せしめたのであるが、其急激を防ぐため産潮を覆ひ時々排水しながら供試の時迄原位置に硬化せしめたものである。

(4) 供試體數

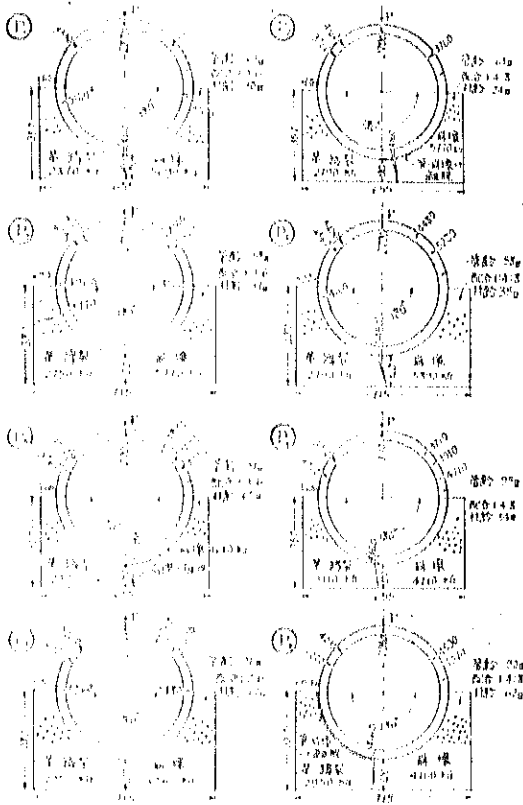
總計 24 箇で其配合、記號及材齡は第二頁の如くである。

第三節 試験の目的

本試験の目的は主として管渠の強度に及ぼす次の事項に就き研究する爲である。

(1) 基礎コンクリート施工の効果

第五圖 基礎コンクリートの中心角 180 度の場合



註 管壁に記入の数字は其位置に 罅裂發現當時の荷重を底にて表はす

第二表 基礎コンクリート

試 験 号	工 法	基礎コンクリート	配合 (容積)			竣工時日	試験時日	耐力 (kg)
			セメント	砂	石			
B ₁	基礎法	中心角 90°	1	3	6	6-7-20	6-8-25	37
B ₂			1	4	8	6-7-23	6-8-27	35
B ₃			1	3	6	6-7-22	6-8-27	30
B ₄	基礎法	中心角 120°	1	4	8	6-8-4	6-8-27	24
B ₅			1	3	6	6-7-22	6-9-25	65
B ₆			1	4	8	6-7-25	6-10-1	67
B ₇	基礎法	中心角 180°	1	3	6	6-8-6	6-10-1	56
B ₈			1	4	8	6-7-31	6-10-1	63
B ₉			1	3	6	6-7-29	6-8-27	30
C ₁	基礎法	中心角 180°	1	3	6	6-7-29	6-8-27	30
C ₂			1	4	8	6-8-4	6-8-27	24
C ₃			1	3	6	6-7-20	6-8-25	37
C ₄	基礎法	中心角 180°	1	4	8	6-7-27	6-8-27	32
C ₅			1	3	6	6-7-31	6-10-1	63
C ₆			1	4	8	6-8-6	6-10-1	51
C ₇	基礎法	中心角 180°	1	3	6	6-7-27	6-10-1	32
C ₈			1	4	8	6-7-25	6-10-1	67
C ₉			1	3	6	6-7-29	6-8-27	30
D ₁	基礎法	中心角 180°	1	4	8	6-7-23	6-8-27	24
D ₂			1	3	6	6-7-20	6-8-25	37
D ₃			1	4	8	6-7-24	6-8-27	35
D ₄	基礎法	中心角 180°	1	3	6	6-7-23	6-10-1	65
D ₅			1	4	8	6-8-6	6-9-25	54
D ₆			1	3	6	6-7-22	6-10-1	72
D ₇	基礎法	中心角 180°	1	4	8	6-7-25	6-9-25	62
D ₈			1	3	6	6-7-25	6-9-25	62

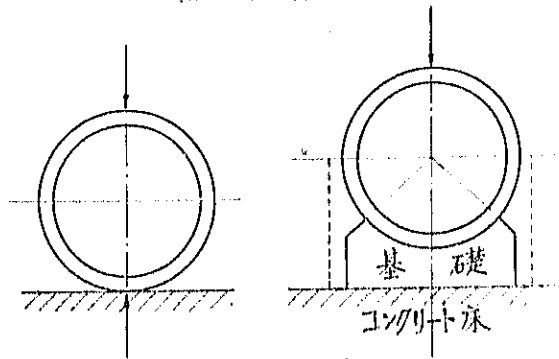
- (2) 基礎コンクリート構造(中心角度)に関する効率
- (3) 基礎コンクリート配合に関する効率
- (4) 基礎コンクリート厚にに関する効率
- (5) 基礎コンクリート材齢に関する効率

(1) 項に関する研究の爲には同時に同様の供試管を裸體の儘試験し、基礎コンクリート施工のものとの比較を明にした。(2) 項に就ては管の中心に於て 90 度、120 度、180 度の角度を有する 3 種の基礎構造を選び、(3) 項に就ては基礎コンクリートの配合を 1:3:6 及 1:4:8 の兩種とし、(4) 項に就ては基礎コンクリートの厚を 90 ㎜及 120 ㎜の兩種に採り、(5) 項に就ては基礎コンクリートの材齢を大體 1 箇月及 2 箇月の兩回に分ち供試したもので叙上の比較研究に備ふると同時に成るべく同種の試験を重複せしめ成績の正確を期せんとした。尙供試管の材齢を特に 1 箇月宛延長したのも専ら此趣意に基いた結果である。

第四節 試験の方法

供試管に対する載荷は凡て第六圖又は寫眞第六の如く集中荷重法に依つたもので、日本ヒューム管株式会社鶴見工場備付の手动油壓式外壓試験機を用ひて試験し、最初の罅裂發見當時の荷重を以て罅裂荷重となし、漸次荷重を

第六圖 荷重方法



管渠を保護し、然る後試験機のラムに連結せるナイフエッジを當てがい、徐々に油圧筒を働かして加壓したもので、試験に供はれるものは繰裂観測者2名、控度観測者2名、油筒操作者1名、供試管取扱者2名、計7名であつた。先づ入念に最初の繰裂出現を看視し當時の荷重状況、控度等を精査したる後、漸次荷重を加へて其後繰裂発生の状態、荷重、控度等を調査し、最後に崩壊荷重を求め其崩壊状況等を観測した。上下の控度は倍率5の掘子式測定器に依り左右の尺は直接測定したのであるが、斯る測定法では繰裂発見の参考程度位しか役立つのみを遺憾とするのである。

第五節 試験の成績

前述の方法に依り集中荷重法に依る耐壓試験を行つた結果は第三表の如き成績を示したのである。

(1) 基礎コンクリート施工の効果

基礎コンクリート施工の効果は實に顯著である。即ち第四表に示す如く、集中荷重法に依る耐壓強度は繰裂

第三表 管の耐壓試験成績表

管渠	試管	基礎なし		基礎あり	
		耐圧 (kg)	繰裂 (kg)	耐圧 (kg)	繰裂 (kg)
φ100	A ₁	68	240	150	150
	A ₂	63	200	180	180
	A ₃	25	110	210	210
	A ₄	27	100	220	220
平均			100	200	
φ150	B ₁	58	170	320	320
	B ₂	61	145	250	250
	B ₃	20	100	300	300
	B ₄	26	100	300	300
平均			200	300	
φ200	C ₁	61	170	270	270
	C ₂	61	170	300	300
	C ₃	28	100	210	210
	C ₄	28	100	190	190
平均			200	200	
φ250	D ₁	63	170	250	250
	D ₂	67	170	270	270
	D ₃	27	100	230	230
	D ₄	28	100	210	210
平均			200	200	

加へ遂に何等抵抗を示さざるに至りし時の荷重を以て崩壊荷重となしたのである。使用試験機のラムの直径は75時、其斷面積17.73平方時、其自重300時度、備付壓力計2000時度にして、壓力計に表示した壓力にラムの斷面積を乗じ更にラムの自重を加へて全荷重を求むる構造のもので、寫眞第五及第六は試験當時を示した其實況である。

載荷に際して供試管には先づラム板を當てて

第四表 基礎構造の及ぼす影響 (管径φ100時)

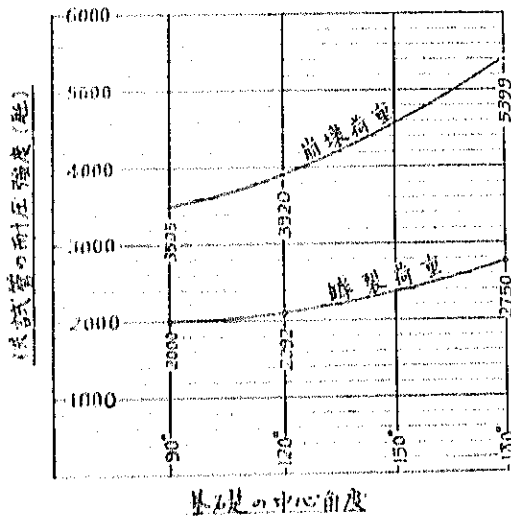
管渠	試管	基礎なし	基礎あり		耐圧 (kg)	繰裂 (kg)	耐圧 (kg)	繰裂 (kg)
			耐圧 (kg)	繰裂 (kg)				
φ100	A ₁	61	240	150	150			
	A ₂	63	200	180	180			
	A ₃	25	110	210	210			
	A ₄	27	100	220	220			
平均			100	200				
φ150	B ₁	58	170	320	320			
	B ₂	61	145	250	250			
	B ₃	20	100	300	300			
	B ₄	26	100	300	300			
平均			200	300				
φ200	C ₁	61	170	270	270			
	C ₂	61	170	300	300			
	C ₃	28	100	210	210			
	C ₄	28	100	190	190			
平均			200	200				
φ250	D ₁	63	170	250	250			
	D ₂	67	170	270	270			
	D ₃	27	100	230	230			
	D ₄	28	100	210	210			
平均			200	200				

荷重に於て、基礎を施さざる裸管の場合平均 1000 疋(最大 1140 疋, 最小 900 疋)にして、基礎コンクリート施工の場合、中心角 90 度のものは平均 2000 疋(最大 2390 疋, 最小 1620 疋)にして恰も 2 倍に相當し、中心角 120 度のものは平均 2999 疋(最大 2710 疋, 最小 1670 疋)にして 2.09 倍に當り、中心角 180 度のものは平均 2750 疋(最大 3110 疋, 最小 2350 疋)にして實に 2.75 倍の大きさに相當して居る。又崩壊荷重に於ては裸管の平均 2152 疋(最大 2750 疋, 最小 1860 疋)なるに對し、基礎の中心角 90 度のものは平均 3505 疋(最大 3750 疋, 最小 3070 疋)にして 1.63 倍に當り、中心角 120 度のものは平均 3920 疋(最大 4260 疋, 最小 3550 疋)にして 1.82 倍に相當し、中心角 180 度のものは平均 5300 疋(最大 6560 疋, 最小 4160 疋)にして之又 2.51 倍に相當して居る。即ち基礎の構造に依り多少の相違こそあるが、要するに基礎コンクリートの施工は管渠の強度を著しく増進すること明瞭である。

(2) 基礎コンクリート構造に関する効率

此問題は工費並に施工の便宜等からも比較研究を行ふ必要があるが、單に強度の關係丈では第四表及第七圖に示す如く、管の中心角の大なる構造のもの程其角度に比例して効率の増加遞進するは明な様である。即ち崩裂荷重に於て中心角 90 度のものを 100 とすれば、同 120 度のものは 104 に、同 180 度のものは 137 に相當し、崩壊荷重に於ては中心角 90 度の 100 に對し、同 120 度は 112 に、同 180 度は 154 に當り、180 度のもの斷然頭角を顯はして居る。

第七圖



第五表 基礎コンクリート配合の及ぼす影響(管長60.0疋)

基礎コンクリート配合 (1:3:6)					基礎コンクリート配合 (1:4:8)								
記号	基礎中心角(度)	管径(寸)	高さ(尺)	強度(疋)	記号	基礎中心角(度)	管径(寸)	高さ(尺)	強度(疋)				
B ₁	90°	30	37	58	2330	1430	B ₂	90°	30	39	61	2060	3210
B ₂	120	30	62	2270	3750	B ₄	120	30	62	1750	3730		
B ₃	90	65	90	1700	3670	B ₆	90	67	96	1940	3070		
B ₄	120	56	97	2270	3670	B ₈	120	63	96	1620	3120		
平均				2158	3630					1841	3180		
崩裂荷重と崩壊荷重の比				100	169					100	133		
配合に依る百分比例				100	100					36	93		
C ₁	120°	30	30	61	2230	3870	C ₂	120°	30	24	62	1750	4160
C ₃	120	37	58	2710	3910	C ₄	120	32	61	2350	3840		
C ₅	90	63	98	2110	4200	C ₆	90	57	98	1910	4070		
C ₇	120	73	35	1670	3590	C ₈	120	67	97	2030	3760		
平均				2180	3833					2010	3958		
崩裂荷重と崩壊荷重の比				100	178					100	197		
配合に依る百分比例				100	100					92	102		
D ₁	180°	30	30	63	2870	5690	D ₂	180°	30	24	63	2790	5770
D ₃	120	37	58	2750	5770	D ₄	120	35	61	2790	5890		
D ₅	90	65	97	2330	4640	D ₆	90	54	95	3110	4710		
D ₇	120	72	36	2350	6560	D ₈	120	62	90	2950	4160		
平均				2590	5665					2910	5135		
崩裂荷重と崩壊荷重の比				100	219					100	176		
配合に依る百分比例				100	100					112	91		
総平均				2509	4393					2254	4157		
崩裂荷重と崩壊荷重の比				100	191					100	184		
配合に依る百分比例				100	100					98	95		
				100						96	96		

(3) 基礎コンクリート配合に関する効率

本實驗では基礎コンクリートの配合を容積比 1:3:6 及 1:4:8 の兩種に區分した 2 種丈ではあるが、試験の成績は第五表に示す如く、1:3:6 配合に對し 1:4:8 配合の強度は、中心角 90 度の分に於て前者の各 100 に對し、後者は崩裂 80、崩壊 93、平均 90、即ち 1割減を示して居るが、中心角 120 度の分では崩裂 92、崩壊 102、平均 97、即ち 3分減、中心角 180 度の分では崩裂 112、崩壊 91、平均 102、即ち却て 2分増を示す様な始末で、總體の平均では崩裂

98, 崩壊 95, 全平均 96, 即ち僅に4分前後の減退にしか當らぬのである。後節に論ずる工費の關係並に河水の多寡、地盤の硬軟等と相俟も相當考慮すべき問題かと思ふ。

第六表 基礎厚の及ぼす影響 (管長600粘)

Table with 4 columns: 基礎厚 (Foundation Thickness), 管径 (管径), 管高 (管高), 結果 (結果). It contains data for 90 and 120 cm foundation thicknesses at various angles.

第七表 基礎材齡の及ぼす影響 (管長600粘)

Table with 4 columns: 基礎材齡 (Foundation Age), 管径 (管径), 管高 (管高), 結果 (結果). It compares 1箇月 and 2箇月 curing periods for different foundation thicknesses.

(4) 基礎コンクリート厚層に関する効率

基礎厚を90粘及120粘に区分し実験を行つたのであるが、管渠の強度に及ぼした影響は第六表記載の如く、90粘厚に對する120粘厚のものは、中心角90度の分に於て前者の各100に對し後者は爆裂98、崩壊105、平均102、中心角120度の分では爆裂110、崩壊92、平均101、中心角180度の分では爆裂97、崩壊107、平均102に當るのみで、總體の平均では爆裂101、崩壊102、全平均101、即ち殆ど差額を認め得ない譯である。基礎厚薄の得失は専ら地盤關係に左右せらるゝもの故單純に論じ得ないが、強度増進の目的から見ては管渠の口部に應じた1箇厚以上は不必要の様である。

(5) 基礎コンクリート材齡に関する効率

本實驗では基礎コンクリートの材齡を約1箇月及2箇月に区分した丈ではあるが、強度に及ぼした其影響は第七表の示す通り、1箇月の者の2箇月の者に對する割合は、中心角90度の分に於て前者の各100に對し後者は爆裂93、崩壊91、平均94、120度の分では爆裂85、崩壊90、平均92、180度の分では爆裂96、崩壊87、平均92、總體の平均では爆裂91、崩壊92、全平均92に相當し、寧ろ1箇月の者より2箇月の者の方が強度の減退を示して居る。一見甚だ不合理極まる様ではあるが、コンクリート強度の實驗とは如何なる場合に於ても層外に養生せしめた供試體には常に起り勝る硬化中の温度又は湿度の關係及試驗當時の氣候などの影響から斯る變化的結果が生じ易いのである。要するに此試驗成績に徴すれば基礎コンクリートの硬化に必要な相當の時間さへ與ふるに於ては、強度の増進

に支障なく餘り過剰な時日を納豫する必要なきことを立證するものと信ずる。

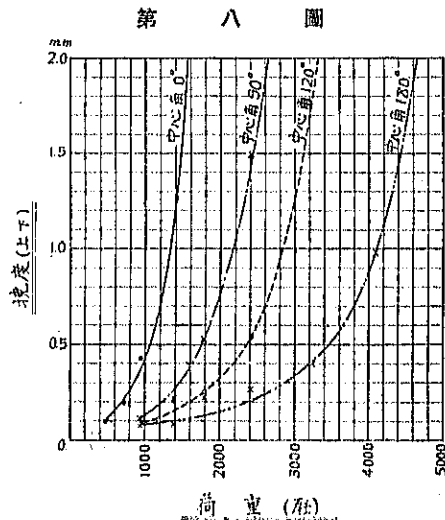
第六節 撓度の變化

本實驗に於ける供試體撓度の觀測は前述の通り僅に倍率5の挺子式測定器に依りたるものなれば、固より正確を

第八表 供試管の撓度(上下)

記号	基礎中心角	高さ(尺)		荷重(斤)		撓度(尺)						
		上	下	450	150	920	1340	1710	2270	3130	4010	5050
A ₁	0°	300	1860	0.20	0.32	0.52	0.96					
A ₂		300	1860		0.56	0.70	5.16					
A ₃		1040	2910	0.14	0.76	2.76	5.76					
A ₄		1070	2850	0.06	0.48	1.08	5.08					
B ₁	25°	1000	2152	0.10	0.20	0.43	1.27	4.24				
B ₂		2400	3443		0.12	0.20		100	1180			
B ₃		2500	3510		0.10	0.22		136	1200			
B ₄		2270	3750		0.06	0.16		0.46	12.00			
B ₅		1720	3750				0.30	2.24	12.00			
B ₆		1700	3670		0.05	0.22	0.46	1.66	15.00			
B ₇		1940	3070		0.10	0.18		1.50				
B ₈		2270	3670		0.03	0.18		0.44	8.00			
B ₉		1620	3120		0.24	0.44	1.14	3.24	18.00			
C ₁	120°	2000	3508		0.11	0.22	0.53	1.49	12.70			
C ₂		2230	3860		0.06		0.18	0.72	3.80	22.00		
C ₃		1720	3410		0.04		0.12	0.46	5.40	24.00		
C ₄		2710	3310		0.04		0.14	0.34	5.00	11.00		
C ₅		2450	3340		0.10		0.22	0.40	1.76	15.00		
C ₆		2100	3200		0.03	0.14	0.32	0.48	1.92	22.00		
C ₇		1910	3070		0.03	0.14		0.51	2.14	21.00		
C ₈		1670	3350		0.20	0.36	0.44	0.90	7.00	22.70		
C ₉		2070	3760		0.10	0.20	0.30	0.50	4.70	21.00		
D ₁	135°	2032	3320		0.09	0.21	0.25	0.54	3.97	12.75		
D ₂		2370	3690		0.10		0.26	0.44	0.60	1.06	8.05	
D ₃		2720	3770		0.04		0.22	0.40	0.60	0.96	9.00	
D ₄		2750	3770			0.06		0.03	0.12	0.56	3.00	
D ₅		2720	3830		0.16		0.20	0.32	0.40	0.42	0.90	
D ₆		2330	4140		0.04	0.12		0.22	0.40	0.54		
D ₇		3110	4710		0.04	0.06		0.16	0.32	0.34	19.46	
D ₈		2350	6760		0.03		0.20	0.40	0.52	3.20		
D ₉		2920	4160		0.06	0.12		0.22	0.34	2.94		
E ₁		2720	5325		0.03	0.08	0.23	0.26	0.40	0.93	8.43	

保し難しと雖も大體垂直方向(上下)に於ける載荷後の撓度は第八表の如き成績を示せるを以て、之を圖表に描けば第八圖の通り基礎中心角の増進に比例し著しく其率を減少して居る。即ち基礎中心角の増大は衝動に對しても亦常に安全を期待し得ること明瞭である。

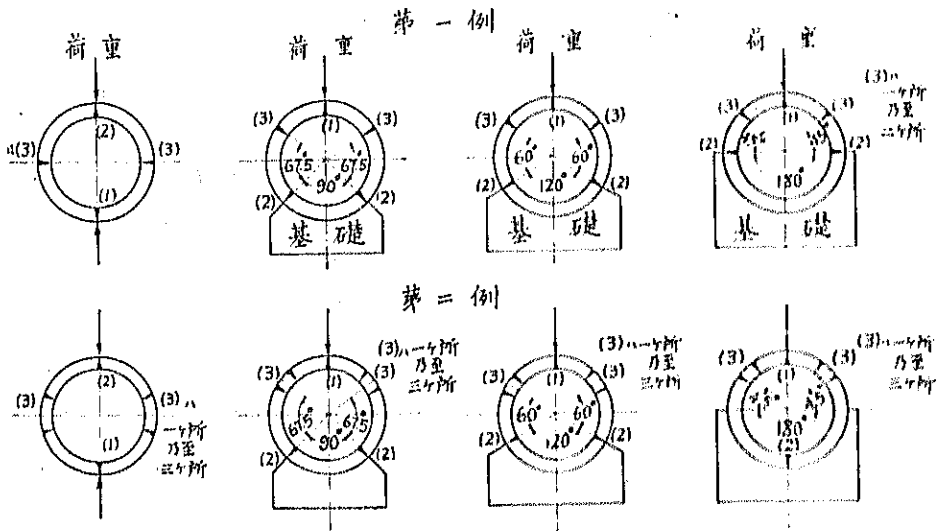


第七節 罅裂の狀態

本實驗に於ける如く管頂に集中荷重を負荷せしめたるものに在りては、後節に述ぶる通り基礎なき場合は自重の關係上先づ管底の内面に罅裂を生じ、次で管内内面に、然る後管の左右外面即ち常に管壁の應張力を生ずる部分に發現するを原則とし、コンクリート基礎を設くる場合は其中心角の如何に依り多少趣を異にすと雖も、必ず先づ應張力感受の最大なる管頂内面に罅裂發生し、次で管の上半部外面に現はれ、最後に基礎の接觸點又は下半部内面の應張力を生ずる部分に罅裂を生じ、漸次其數と幅員を増加し遂に崩壞に陥るを原則とする様である。

實驗の示した罅裂狀態は第二圖乃至第五圖に詳記せる通り其標準位置としては大體第九圖の如く、原則としては圖中第一例の通り、基礎を有せざるものは管の上下左右に各1箇所宛4箇所、基礎を施したものは管頂に1箇所、管の上半部左右側及基礎の上部接觸點に於て各1箇所宛、都合5箇所に發現するを以て常例となせども、中には圖中第二例の如く基礎なき場合管の左右側の分及基礎を施した場合其上半部左右側の罅裂にして、數個に分割されたものも亦決して少くはなかつた。然し之等は主として管壁内の鐵筋配置が其因となるものらしく、特にヒューム管は

第九圖 罅裂の標準位置



複式鉄筋を使用して居る關係上此傾向が一層多・頻に思ふ。尚供試管の罅裂中其標準位置から掛け離れて居るものも少くはないが、之等は主として管材の不均等と荷重の不均なりし結果に禍ひさるゝのである。

基礎の中心角度 90 度及 130 度の分は比較的正常的位置に罅裂を生じ基礎コンクリートにも格別の異變がないが、中心角 180 度の分には變則的の罅裂が多く、又供試管 8 箇の内、7 箇迄基礎コンクリート自體が管から離脱するか或は破壊を來して居る。無論之等の異狀は何れも荷重 4080 疋以上に及んだ後の事實なれば、他の者とは比較にならず無理からぬ様にも思ふから、配合不良の者、厚の少き者、材節の乏しき者に於て、此缺陷が顯著であることは相當注意して置く必要がある。

罅裂當時の荷重及其順序に就ては第九表に示す通り基礎なきものは平均荷重 1000 疋の時第一に管底内面に罅裂し、次で平均荷重 1010 疋の時管頂内面に罅裂現れ、平均荷重 1305 疋に及んで管の左右側外面に罅裂を生じた、即ち理論通りである。基礎中心角 90 度のものは平均荷重 2000 疋の時管頂内面に先づ罅裂し、次で平均荷重 2213 疋の時管の上半部外側に罅裂現れ、平均荷重 2294 疋に及んで基礎の接觸點内面に罅裂を生

第九表 罅裂の順序と其位置

試管番号	基礎の有無	中心角(度)	基礎なきもの				基礎ありのもの			
			荷重(疋)	位置	荷重(疋)	位置	荷重(疋)	位置	荷重(疋)	位置
A ₁	○	90	750	底内面	1000	底内面	1100	底内面	1150	底内面
A ₂	○	90	750	底内面	1000	底内面	1100	底内面	1150	底内面
A ₃	○	90	1110	底内面	1150	底内面	1240	底内面	1300	底内面
A ₄	○	90	1070	底内面	1120	底内面	1240	底内面	1300	底内面
A ₅	○	90	1610	底内面	1650	底内面	1710	底内面	1750	底内面
B ₁	○	130	2190	頂内面	2250	頂内面	2300	頂内面	2350	頂内面
B ₂	○	130	2060	頂内面	2120	頂内面	2170	頂内面	2220	頂内面
B ₃	○	130	2210	頂内面	2270	頂内面	2320	頂内面	2370	頂内面
B ₄	○	130	1250	頂内面	1310	頂内面	1360	頂内面	1410	頂内面
B ₅	○	130	1160	頂内面	1220	頂内面	1270	頂内面	1320	頂内面
B ₆	○	130	1340	頂内面	1400	頂内面	1450	頂内面	1500	頂内面
B ₇	○	130	2210	頂内面	2270	頂内面	2320	頂内面	2370	頂内面
B ₈	○	130	1620	頂内面	1680	頂内面	1730	頂内面	1780	頂内面
C ₁	○	180	700	底内面	750	底内面	800	底内面	850	底内面
C ₂	○	180	770	底内面	820	底内面	870	底内面	920	底内面
C ₃	○	180	1150	底内面	1200	底内面	1250	底内面	1300	底内面
C ₄	○	180	1210	底内面	1260	底内面	1310	底内面	1360	底内面
C ₅	○	180	1310	底内面	1360	底内面	1410	底内面	1460	底内面
C ₆	○	180	1560	底内面	1610	底内面	1660	底内面	1710	底内面
C ₇	○	180	2050	底内面	2100	底内面	2150	底内面	2200	底内面
C ₈	○	180	2090	底内面	2140	底内面	2190	底内面	2240	底内面
D ₁	○	90	1810	底内面	1860	底内面	1910	底内面	1960	底内面
D ₂	○	90	2020	底内面	2070	底内面	2120	底内面	2170	底内面
D ₃	○	90	1760	底内面	1810	底内面	1860	底内面	1910	底内面
D ₄	○	90	2120	底内面	2170	底内面	2220	底内面	2270	底内面
D ₅	○	90	2130	底内面	2180	底内面	2230	底内面	2280	底内面
D ₆	○	90	2140	底内面	2190	底内面	2240	底内面	2290	底内面
D ₇	○	90	2150	底内面	2200	底内面	2250	底内面	2300	底内面
D ₈	○	90	2160	底内面	2210	底内面	2260	底内面	2310	底内面
E ₁	○	90	2140	底内面	2190	底内面	2240	底内面	2290	底内面
E ₂	○	90	2150	底内面	2200	底内面	2250	底内面	2300	底内面

じた。基礎中心角 120 度のものは平均荷重 2002 疋の時管頂内面に先づ皸裂し、次で平均荷重 2500 疋の時管の上半部の外側に皸裂現れ、平均荷重 2750 疋に及んで基礎の接觸點内面に皸裂を生じた。基礎中心角 180 度のものは平均荷重 2750 疋の時第一に管頂内面に皸裂し、次で平均荷重 4040 疋の時管の上半部外側に皸裂生じ、平均荷重 4503 疋～4863 疋に及んで管底又は管の下半部或は基礎の接觸點管の内面に皸裂を示した。即ち大體的位置並に順序等に就ては、此試験は頗る合理的な結果を齎らして居るのである。

尚基礎を有する各種供試管に就き其上半部外側に現れたる皸裂位置を観測するに大體第十表の示す通りで、こゝの異例こそあるが大體に於ては管頂と基礎上端との中央部、即ち 90 度基礎のものは管の横徑との中心角 22.5 度、120 度のものは同 30 度、180 度のものは同 45 度の位置に出現することを認め得る様である。

第十表 管の外側皸裂の位置

記号	基礎中心角	管の横徑に対する皸裂の中心角度								全平均	120°-45° 2 中心角度
		左				右					
		NO.1	NO.2	NO.3	平均	NO.1	NO.2	NO.3	平均		
B ₁	90°	45°			45°	33°			33°		90°-100°-45° 2
B ₂		43°			43°	31°			31°		
B ₃		42°			42°	37°			37°		
B ₄		32°	55°		44°	40°	51°		46°		
B ₅		13°	34°		24°	10°	29°		20°		
B ₆		18°	39°		29°	21°			21°		
B ₇		38°			28°	38°	0°		19°		
B ₈		30°			30°	7°	26°		17°		
平均					35.6				28.8	32.2	
C ₁	120°	39°	49°		42°	22°	43°		33°		90°-100°-45° 2
C ₂		19°	42°		31°	28°	50°		39°		
C ₃		33°			33°	29°			29°		
C ₄		38°			38°	31°			31°		
C ₅		39°	46°		41°	16°	28°	45°	30°		
C ₆		15°	30°		23°	29°	42°		36°		
C ₇		19°	33°	37°	30°	31°			31°		
C ₈		33°			33°	23°	38°		31°		
平均					39.9				32.5	32.2	
D ₁	180°	43°			43°	48°			48°		90°-135°-90° 2
D ₂		34°	58°		46°	40°			40°		
D ₃		48°	59°		52°	40°	50°		45°		
D ₄		41°	52°		47°	42°	61°		52°		
D ₅		28°	42°		35°	30°	38°	59°	41°		
D ₆		27°	38°		33°	22°	40°	48°	37°		
D ₇		31°	49°		43°	40°	60°		50°		
D ₈		23°	45°		36°	28°	41°		35°		
平均					41.9				43.5	42.7	

第八節 破壊と崩壊

管渠の曲げ試験に於て、最初に生じた皸裂は必ずしも管渠の破壊を意味するものと限らぬ場合が多い。使用コンクリートの強度等の缺陷から局部的の弱點があつて何等強體に影響なき毛細皸裂も往々發生するからである。従つて管の眞の破壊と認むべきは少くも管渠の内外面双方に皸裂出現したる時、換言すれば管としての應力平衡を失墜した瞬間であらねばならぬ。此意味に於て茲には管體の一面に初めて皸裂現れを認めし瞬間の荷重をば單に皸裂荷重と稱へ、次で最初の皸裂と反對面に最初の皸裂を認めた時、即ち管の内外面双方に初めて皸裂を認めた瞬間の荷重を以て管の破壊荷重となし、管が全く其彈性を失ひ荷重を増すも殆ど無抵抗に陥りし最後の荷重を以て管の崩壊荷重と稱ふことと定めた。

(1) 皸裂荷重

第五節に記述した通り無基礎の管に於ける皸裂荷重は平均 1000 疋(最大 1140 疋、最小 900 疋)なるに對し基礎の中心角 90 度のものは平均 2000 疋(最大 2300 疋、最小 1620 疋)にして恰も 2 倍に相當し、中心角 120 度のものは平均 2002 疋(最大 2710 疋、最小 1670 疋)にして 2.00 倍に當り、中心角 180 度のものは平均 2750 疋(最大 3110 疋、最小 2350 疋)にして實に 2.75 倍の優越さを表示して居る。

(2) 破壊荷重

前説した破壊荷重即ち管の内外面双方に皸裂を生じた瞬時の荷重を検するに、第十一表に示す如く無基礎の管に於ては平均 1235 疋(最大 1580 疋、最小 1110 疋)なるに對し、基礎の中心角 90 度のものは平均 2188 疋(最大 2680 疋、最小 1700 疋)にして 1.71 倍に相當し、中心角 120 度のものは平均 2444 疋(最大 3070 疋、最小 1940 疋)にして 1.91 倍に當り、中心角 180 度のものは平均 3080 疋(最大 5000 疋、最小 3350 疋)にして實に 3.10 倍に達して居る。

(3) 崩壊荷重

崩壊荷重に就ては第五節記載の通り無基礎の管に於て平均 2159 疋 (最大 2750 疋、最小 1860 疋) なるに對し基礎の中心角 90 度のものは平均 3505 疋 (最大 3750 疋、最小 3190 疋) にして 1.63 倍に當り、中心角 120 度のものは平均 3920 疋 (最大 4200 疋、最小 3550 疋) にして 1.82 倍に相當し、中心角 180 度のものは平均 5390 疋 (最大 6500 疋、最小 4160 疋) にして之又 2.50 倍の大きに相當して居る。即ち基礎の中心角 120 度のものは同 90 度に對し罅裂荷重 9%、破壊荷重 20%、崩壊荷重 19% の効率を高めるに過ぎないが、中心角 180 度のものは同 90 度比すれば、罅裂荷重 75%、破壊荷重 139%、崩壊荷重 89% 増と云ふ風に非常な好成绩を示して居る。又基礎コンクリート施工の效果に就ては罅裂、破壊、崩壊各荷重を通じた平均で、無基礎の 100 に對し 90 度基礎は 178、120 度基礎は 194、而して 180 度基礎は實に 278 と云ふ優良なる効率を表して居るのである。

(4) 罅裂から破壊迄

破壊荷重と罅裂荷重との差即ち罅裂現象から破壊現象に到達する迄の増進荷重は、管の強靱性換言すれば夫等の所有する潜勢的抵抗力を實際に表示するもので、此増進荷重の大小こそ實に管の安全度合を判断すべき重要な資料なのである。第十一表に示す如く罅裂から破壊に至る迄に増進した荷重率は、無基礎の 100 に對し 90 度基礎は 66、120 度基礎は 123、180 度基礎は 439 と大相違を示して居る。第十圖に於ける斜線の部分は此成績を圖示したものである。

(5) 破壊から崩壊迄

破壊荷重に達した場合管渠としては最も理論上其應力を消滅し盡したのであるが、尚事實にはコンクリート破片相互間の摩擦或は鐵筋の働き又は基礎コンクリートの抵抗等に依り、直に崩壊することなく爾後と雖も相當の荷重迄は應戦を繼續するものである。而も此等の抵抗力の程度如何は實に管渠に對して不測の危險を防止すべき自動的安全装置のメーターなるを以て破壊荷重と崩壊荷重の差に就ても亦未分に調査して置く必要がある。第十一表に示す如く破壊から崩壊に至る迄に増進した荷重率は、無基礎の 100 に對し 90 度基礎は 152、120 度基礎は 170、180 度基礎は 161 と云ふ値を示して居る。第十圖中の斜線部分は此成績を圖示したものである。

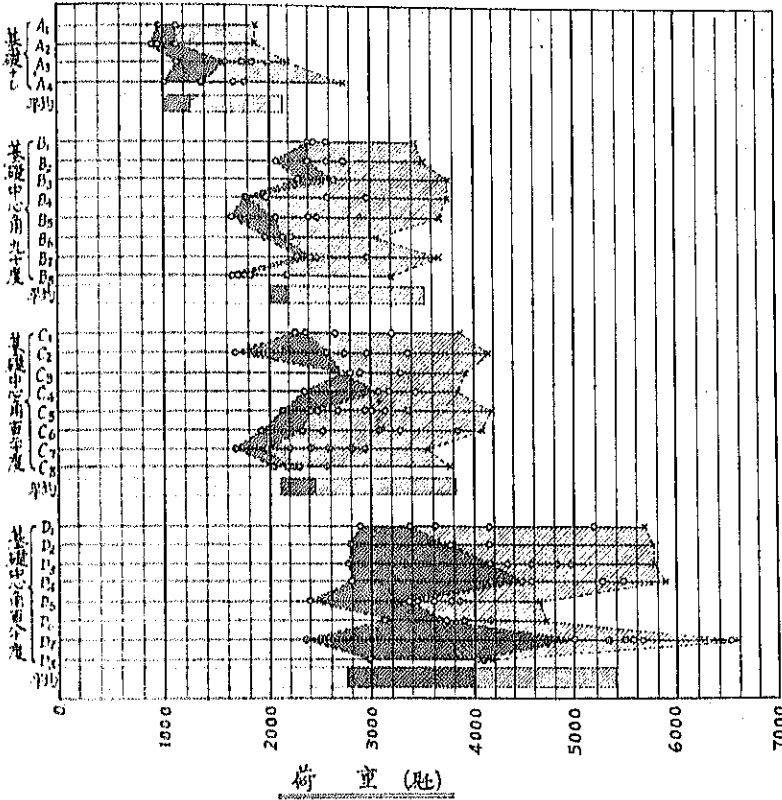
(6) 罅裂から崩壊迄

管渠自體の潜勢的抵抗に基づく安全率及管渠の破壊後其自動的負担に基づく安全度合、即ち前記二者を合併して考へた總安全率を求めんが爲、茲に參考として崩壊荷重と罅裂荷重の差、即ち少くも管渠に故障を發見して以來崩壊して全く廢物に歸する迄の經過を述べれば次の通りである。即ち第十一圖の示す通り罅裂から崩壊に至る迄の荷重の増進率に就き、無基礎のものを 100 とすれば 90 度基礎は 150、120 度基礎は 154、180 度基礎は 230 と基礎中心

第十一表 荷重と罅裂(管長 600 箱)

基礎の中心角	管渠の中心角	罅裂荷重 (疋)	破壊荷重 (疋)	崩壊荷重 (疋)	増進率 (%)	崩壊率 (%)	増進率 (%)	崩壊率 (%)
90°	A	940	1110	1860	123	152	150	150
	A ₁	900	1110	1560	167	172	167	167
	A ₂	1140	1930	2140	194	188	194	194
	A ₃	1020	1140	2120	208	229	208	208
	平均	1000	1220	2192	229	230	229	229
120°	B	2190	2320	3420	156	156	156	156
	B ₁	2310	2190	3510	160	159	160	160
	B ₂	2270	2670	3160	146	146	146	146
	B ₃	1710	1750	2750	132	132	132	132
	B ₄	1920	2070	3610	151	151	151	151
180°	C	2710	2430	3970	143	143	143	143
	C ₁	2710	2470	3970	143	143	143	143
	C ₂	2710	2470	3970	143	143	143	143
	C ₃	2710	2470	3970	143	143	143	143
	平均	2680	2430	3970	143	143	143	143
90°	C ₄	2210	2350	3510	159	159	159	159
	C ₅	1950	2320	4160	208	208	208	208
	C ₆	2610	2710	3710	142	142	142	142
	C ₇	2350	3070	3910	167	167	167	167
	平均	2310	2610	3860	166	166	166	166
120°	C ₈	1910	2110	3010	158	158	158	158
	C ₉	1640	1940	2550	155	155	155	155
	C ₁₀	2010	2450	3760	183	183	183	183
	平均	1870	2140	3060	157	157	157	157
	180°	D	3140	3170	5020	163	163	163
D ₁		3170	3160	5740	183	183	183	183
D ₂		2750	4160	5710	208	208	208	208
D ₃		4120	4420	5320	162	162	162	162
D ₄		2750	4420	4640	169	169	169	169
180°	D ₅	3100	3210	4710	152	152	152	152
	D ₆	2750	5020	6260	228	228	228	228
	D ₇	4220	4620	4160	152	152	152	152
	平均	2760	3520	5020	182	182	182	182

第十圖 供試管の耐壓強度(管長600粘)



備考 ○印は割裂 ×印は崩壊 ■部分は第一割裂発生の時より
 崩壊に至りし迄の荷重 □部分は破壊より崩壊に至りし迄
 の荷重を示す。

原因に關聯するを以て即断は禁物であるが、ヒューム管の如きは蓋し成績良好で此割合が比較的比率の方である。基礎を施した場合此割合が如何に變化するか就ては第四表に示す通り、無基礎のものは割裂荷重100に對し崩壊荷重216、90度基礎を施したものは前者100に對し後者175、120度基礎のものは前者100に對し後者187、180度基礎のものは前者100に對し後者107と云ふ成績であるが、之等は専ら基礎コンクリート施工の爲著しく其割裂荷重を高める結果、却て其率を遞減するに至れるものと推考せらるゝのである。

第九節 應力の計算

(1) 基礎のない場合

鐵筋コンクリート下水管の如く比較的肉厚の薄い圓管が管頂一點に集中荷重を受け管底一點に於て其自重と共に之を支持する場合には、彎曲率及軸應力の計算を次の方法に依り行ふことが出来る。

- 今 P: 集中荷重
- w: 供試管の單位重量
- W: 供試管の全重量 = 2πwr
- C: 圓周に沿ふて測れる管底 r からの距離

角度の増加に伴ひ其效率は著しく増進して居るのである。

(7) 割裂荷重と崩壊荷重との比

管渠の耐壓強試験を實行する場合普通設備に於て割裂の發生を嚴密に測測することは決して容易でない。殊更破壊荷重の如きは其發見に非常な注意を要するのは勿論である。従て多くは最初の割裂發見の時を以て大體管の破壊と見做し、之を標準に崩壊荷重との割合を計算し安全度の判斷に供することが通例の様である。割裂荷重と崩壊荷重との比は管壁コンクリートの配合、緊縮、均整、材齡等に左右せらるゝは勿論、鐵筋の配置又は其量等種々なる

- A: 供試管の横断面積
- E: 管材の弾率 (modulus of elasticity)
- I: 同管断面の慣率 (moment of inertia)
- M: 彎曲率 (bending moment)
- N: 軸應力 (axial stress)

とすれば、a b 間任意の點に於ては

$$\begin{cases} M = M_A - \frac{P+P_0}{2} r \sin \theta + Cw (r \sin \theta - r \sin \frac{\theta}{2}) \\ N = + \left(\frac{P+P_0}{2} - Cw \right) \sin \theta \\ \text{即ち} \quad \frac{dM}{dM_A} = 1 \quad \text{及} \quad \frac{dN}{dM_A} = 0 \end{cases}$$

又 b c 間任意の點に於ては

$$\begin{cases} M = M_A - \frac{P+P_0}{2} r \sin \theta + (\pi r - C)w \left\{ r \sin \theta - r \sin \frac{\pi-\theta}{2} \right\} \\ \quad - 2 \left(C - \frac{\pi r}{2} \right) w \left\{ r \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) r \sin \theta \right\} \\ N = + \left(\frac{P+P_0}{2} - Cw \right) \sin \theta \\ \text{即ち} \quad \frac{dM}{dM_A} = 1 \quad \text{及} \quad \frac{dN}{dM_A} = 0 \end{cases}$$

然るに最小働の原理に依り

$$\int \frac{M}{EI} \frac{dM}{dM_A} dC + \int \frac{N}{EA} \frac{dN}{dM_A} dC = 0$$

なるを以て E, I 及 A を常數と假定するときは

$$\int_0^\pi \left\{ M_A - \frac{P+P_0}{2} r \sin \theta \right\} dC + \int_0^\pi Cw (r \sin \theta - r \sin \frac{\theta}{2}) dC + \int_{\frac{\pi}{4}}^\pi \left\{ (\pi r - C)w \left\{ r \sin \theta - r \sin \frac{\pi-\theta}{2} \right\} \right. \\ \left. - 2 \left(C - \frac{\pi r}{2} \right) w \left\{ r \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) r \sin \theta \right\} \right\} dC = 0$$

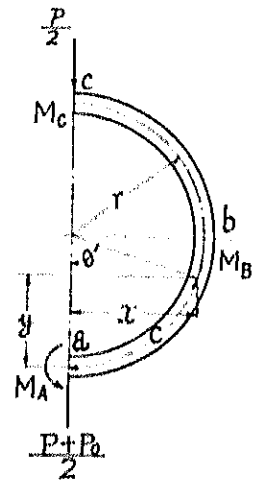
即ち

$$M_A \int_0^\pi dC - \frac{P+P_0}{2} r \int_0^\pi \sin \theta dC + wr \int_0^{\frac{\pi}{4}} C \left(\sin \theta - \sin \frac{\theta}{2} \right) dC + \pi wr^2 \int_{\frac{\pi}{4}}^\pi \left(\sin \theta - \sin \frac{\pi-\theta}{2} \right) dC \\ - wr \int_{\frac{\pi}{4}}^\pi C \left(\sin \theta - \sin \frac{\pi-\theta}{2} \right) dC - 2wr \int_{\frac{\pi}{4}}^\pi C \left\{ \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) \sin \theta \right\} dC \\ + \pi wr^2 \int_{\frac{\pi}{4}}^\pi \left\{ \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) \sin \theta \right\} dC = 0$$

故に

$$M_A = + \frac{P+P_0}{2} r \frac{\int_0^\pi \sin \theta dC}{\int_0^\pi dC} - wr \frac{\int_0^{\frac{\pi}{4}} C \left(\sin \theta - \sin \frac{\theta}{2} \right) dC}{\int_0^\pi dC} - \pi wr^2 \frac{\int_{\frac{\pi}{4}}^\pi \left(\sin \theta - \sin \frac{\pi-\theta}{2} \right) dC}{\int_0^\pi dC}$$

第十一圖



$$\begin{aligned}
 & \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} C \left(\sin \theta - \sin \frac{\pi - \theta}{2} \right) dC}{+wr} + \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} C \left\{ \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) - \sin \theta \right\} dC}{+2wr} \\
 & \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} C dC}{\int_0^{\pi} dC} + \frac{\int_0^{\pi} C dC}{\int_0^{\pi} dC} \\
 & - \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \left\{ \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) - \sin \theta \right\} dC}{-\pi wr^2} + \frac{\int_0^{\pi} dC}{\int_0^{\pi} dC}
 \end{aligned}$$

然るに $C=r\theta$, $dC=r d\theta$, $P_0=2\pi r w$ なるを以て,

$$\begin{aligned}
 M_A = & + \frac{P_A P_0}{2} r \frac{\int_0^{\pi} \sin \theta d\theta}{\int_0^{\pi} d\theta} - \frac{P_0^2}{wr^2} \frac{\int_0^{\pi} \theta \left(\sin \theta - \sin \frac{\theta}{2} \right) d\theta}{\int_0^{\pi} d\theta} \\
 & - \frac{P_A r}{2} \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \left(\sin \theta - \sin \frac{\pi - \theta}{2} \right) d\theta}{\int_0^{\pi} d\theta} + \frac{P_0^2}{wr^2} \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \theta \left(\sin \theta - \sin \frac{\pi - \theta}{2} \right) d\theta}{\int_0^{\pi} d\theta} \\
 & + \frac{P_0 r^2}{2} \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \theta \left\{ \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) - \sin \theta \right\} d\theta}{\int_0^{\pi} d\theta} - \frac{P_0^2}{2} \frac{\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \left\{ \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) - \sin \theta \right\} d\theta}{\int_0^{\pi} d\theta}
 \end{aligned}$$

各項に就き積分を行へば

$$\begin{aligned}
 \int_0^{\pi} d\theta &= \pi, & \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta &= 2, & \int_0^{\pi} \theta \left(\sin \theta - \sin \frac{\theta}{2} \right) d\theta &= 0.3530\pi, \\
 \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \left(\sin \theta - \sin \frac{\pi - \theta}{2} \right) d\theta &= 1.2929, & \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \theta \left(\sin \theta - \sin \frac{\pi - \theta}{2} \right) d\theta &= 0.6465\pi, \\
 \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \theta \left\{ \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) - \sin \theta \right\} d\theta &= -0.1465\pi, & \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \left\{ \cos \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\pi}{4} \right) - \sin \theta \right\} d\theta &= -0.2929.
 \end{aligned}$$

依て之等の値を前式に代入すれば,

$$\begin{aligned}
 M_A = & + \frac{P_A P_0}{\pi} r + 0.3530 wr^2 - 0.6465 \frac{P_0^2 r}{\pi} + 0.6465 wr^2 - 0.2929 wr^2 + 0.1465 \frac{P_0^2 r}{\pi} \\
 = & + \frac{P_A r}{\pi} + \frac{P_0 r}{\pi} (1 - 0.5) = +0.318 P_A r + 0.159 P_0 r \\
 M_B = & M_A - \frac{P_A P_0}{2} r + \frac{P_0 r}{4} \times 0.2929 = M_A - \frac{P_A r}{2} - \frac{P_0 r}{2} (1 - 0.1465) \\
 = & -0.182 P_A r - 0.208 P_0 r \\
 M_C = & M_A - \pi wr^2 \times 0.7071 = M_A - 0.3530 P_0 r = +0.318 P_A r - 0.195 P_0 r
 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \dots (1)$$

管の自重を無視する場合は $P_0=0$ なるを以て

$$M_A = +0.318 P_A r, \quad M_B = -0.182 P_A r, \quad M_C = +0.318 P_A r \dots \dots \dots (2)$$

に相當する譯である。

供試ヒューム管は凡て内徑 458 耗、管厚 38 耗、管長 600 耗の同管なるを以て全容積 0.03553 立方メートルに相當し、其

重量は普通よりも重く 1 立方メートル當り約 2470 疋内外なる故 $P_0=88$ 疋に當る。依て試に管底、管頂及管側に於ける彎曲率に就き前記公式(1)により計算したる結果と實驗に依る成績との最大荷重差を比較する時は大體第十二表の如き始末となる。

第十二表 最大荷重に對する理論と實驗との比較(其一)

記號	管底と管頂に於ける最大荷重の差(疋)		記號	管底と管側に於ける最大荷重の差(疋)	
	$M_A - M_C = 0.354 H$	實驗成績		$M_A - a_1 B_0 = 0.427 H$	實驗成績
A_1	$88 \times 0.354 = 31.15$	940-940=不明	A_1	$150.96 + 37.58 = 188.54$	1110-940=170
A_2	・	940-900=40	A_2	・	1110-900=210
A_3	・	1140-1140=不明	A_3	$214.88 + 37.58 = 252.46$	1580-1140=440
A_4	・	1020-1020=不明	A_4	$182.74 + 37.58 = 220.32$	1340-1020=320
平均	31.15	40	平均	212.31	285
百分率	100	127	百分率	100	134

即ち實驗の方平均 27~34% 増を示すとも雖も、之等は畢竟線裂實測上の誤差ありしに基因する誤差なるべく、大體として本實驗の成績に對しては相應に信頼し得るものと信じ得る様である。

(2) コンクリートを施した場合

第七節に於て述べた通り管にコンクリート基礎を施した場合、基礎中心角度の相違に依り多少其趣を異にすとも、必ず先づ應力の最大なる管頂内面に線裂發生し、次で管の上半部外面即ち中心角 90 度の場合は管の横徑に對し中心角大體 22.5 度の位置、中心角 120 度の場合は同 30 度の位置、中心角 180 度の場合は同 45 度の位置に線裂現れ、最後に基礎の上端接觸部に出現するを原則と見做し得る様である。依て試に管が全く基礎コンクリートと緊定して働くものと假定し、其彎曲率及軸應力を算出すれば大體次の如き結果を齎らすのである。

今比較的影響僅少なる管の自重を無視し各種符號を前同斷とすれば、

n 間任意の點に於ける彎曲率は

$$M = M_A + H(\cos \alpha - \cos \theta) r - \frac{P}{2}(\sin \theta - \sin \alpha) r$$

而して其軸應力は

$$N = H \cos \theta + \frac{P}{2} \sin \theta$$

彎曲率及軸應力に依る抵抗働の和は

$$W = 2 \int_a^n \left(\frac{M^2}{2EI} + \frac{N^2}{2EA} \right) dC$$

最小働の原理に依り $\frac{dW}{dM_A} = 0$ 及 $\frac{dW}{dH} = 0$ なるに依り、

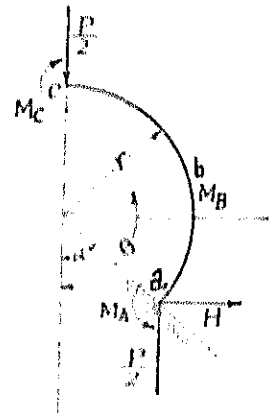
$$\int_a^n \left(\frac{M}{EI} \frac{dM}{dM_A} + \frac{N}{EA} \frac{dN}{dM_A} \right) dC = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\int_a^n \left(\frac{M}{EI} \frac{dM}{dH} + \frac{N}{EA} \frac{dN}{dH} \right) dC = 0 \dots\dots\dots (2)$$

而して又 $\frac{dM}{dM_A} = 1$, $\frac{dN}{dM_A} = 0$, $\frac{dM}{dH} = \cos \alpha - \cos \theta$, $\frac{dN}{dH} = \cos \theta$, $dC = r d\theta$, $C = r\theta$ なるを以て

n (環動半徑) $= \sqrt{H \cdot A}$ とし E, I を常數とすれば、

第十二圖



$$M_1 \int_{\alpha}^{\pi} d\theta + H r \int_{\alpha}^{\pi} (\cos \alpha - \cos \theta) d\theta - \frac{P r}{2} \int_{\alpha}^{\pi} (\sin \theta - \sin \alpha) d\theta = 0 \quad (3)$$

$$M_1 \int_{\alpha}^{\pi} (\cos \alpha - \cos \theta) d\theta + H r \int_{\alpha}^{\pi} (\cos \alpha - \cos \theta)^2 d\theta - \frac{P r}{2} \int_{\alpha}^{\pi} (\sin \theta - \sin \alpha)(\cos \alpha - \cos \theta) d\theta + \frac{P^2}{r} \left\{ H r \int_{\alpha}^{\pi} \cos^2 \theta d\theta + \frac{P r}{2} \int_{\alpha}^{\pi} \sin \theta \cos \theta d\theta \right\} = 0 \quad (4)$$

然るに $\frac{P^2}{r}$ は其値甚だ僅少にして之を無視するも實際上支障なきを以て (4) 式は

$$M_1 \int_{\alpha}^{\pi} (\cos \alpha - \cos \theta) d\theta + H r \int_{\alpha}^{\pi} (\cos \alpha - \cos \theta)^2 d\theta - \frac{P r}{2} \int_{\alpha}^{\pi} (\sin \theta - \sin \alpha)(\cos \alpha - \cos \theta) d\theta = 0 \quad (5)$$

今 α の値を 0, $\pi/4$, $\pi/3$, $\pi/2$ に採り (3) 式及 (5) 式に於ける各係数を計算すれば次の結果となる。

(3) 式及 (5) 式中の係数	$\alpha=0$	$\alpha=\pi/4$	$\alpha=\pi/3$	$\alpha=\pi/2$
$\int_{\alpha}^{\pi} d\theta$	π	0.75π	0.667π	0.5π
$\int_{\alpha}^{\pi} (\cos \alpha - \cos \theta) d\theta$	π	2.372	1.913	1.0
$\int_{\alpha}^{\pi} (\sin \theta - \sin \alpha) d\theta$	2.0	0.041	-0.314	-0.571
$\int_{\alpha}^{\pi} (\cos \alpha - \cos \theta)^2 d\theta$	1.5π	3.106	2.320	0.25π
$\int_{\alpha}^{\pi} (\sin \theta - \sin \alpha)(\cos \alpha - \cos \theta) d\theta$	2.0	-0.221	-0.530	-0.50

依り (3) 式及 (5) 式より α の種々なる値に對し M_1 及 H を次の如くして求むることが出来る。

(a) $\alpha=0$ の場合

(3) 式より $\pi M_1 + \pi H r - P r = 0$

(5) 式より $\pi M_1 + 1.5\pi H r - P r = 0$

故に $M_1 = +0.318 P r$ (最大正彎曲率) ($\theta=0$)
 $H = 0$ } (6)

従て $M_{\pi} = +0.318 P r$ ($\theta=\pi$)

而して最大負彎曲率 $M_0 = -0.183 P r$ ($\theta = \frac{\pi}{2}$)

(b) $\alpha=\pi/4$ の場合

(3) 式より $0.75\pi M_1 + 2.372 H r - \frac{P r}{2} \times 0.041 = 0$

(5) 式より $2.37 M_1 + 3.106 H r + \frac{P r}{2} \times 0.221 = 0$

故に $M_1 = +0.102 P r$
 $H = +0.182 P r$ } (7)

従て $M_0 = +0.235 P r$ (最大正彎曲率) ($\theta=0$)

$M_{5\pi/8} = -0.115 P r$ (最大負彎曲率) ($\theta=5\pi/8$)

(c) $\alpha = \pi/3$ の場合

(3) 式より $\frac{2\pi}{3} M_A + 1.013 H r + 0.157 P r = 0$

(5) 式より $1.013 M_A + 2.22 H r + 0.267 P r = 0$

故に $M_A = +0.104 P r$
 $H = +0.202 P$ }(8)

従て $M_B = +0.204 P r$ (最大正彎曲率) ($\theta = \pi$)

$M_B = -0.093 P r$ (最大負彎曲率) ($\theta = (2\pi/3)$)

(d) $\alpha = \pi/2$ の場合

(3) 式より $\frac{\pi}{2} M_A + H r + 0.280 P r = 0$

(5) 式より $M_A + \frac{\pi}{4} H r + 0.25 P r = 0$

故に $M_A = +0.107 P r$
 $H = +0.455 P$ }(9)

従て $M_B = +0.152 P r$ (最大正彎曲率) ($\theta = \pi$)

$M_B = -0.068 P r$ (最大負彎曲率) ($\theta = (3\pi/4)$)

以上の如く計算したる彎曲率の値から各種基礎に對する強度比率を見出し、實驗に依る破裂、破壊、崩壊等各實際荷重の比率と對稱すれば第十三表の通りにして、實驗の方多少比率大なれども大體に於て此計算に大過なきを認め

第十三表 最大荷重に對する理論と實驗との比較 (其二)

得らるゝ様に思ふ。

基礎 の中心 角度	前掲彎曲率の値より見たる管の強度比率		實驗に依る實際荷重の比率 (平均値)	
	管頂に於ける $M_0/P r$	管則に於ける $M_0/P r$	管頂に於ける $M_0/P r$	管則に於ける $M_0/P r$
0°	0.318	100	0.318	100
90°	0.235	135	0.192	166
120°	0.204	156	0.164	194
180°	0.152	209	0.107	297
平均		150		183

然しながら實際土木實驗に於ける如きコンクリート基礎の施工に對し、管が全く基礎の上端部に於て緊定せられたる拱と考ふることに多少は不合理なるらしく、其證據として一般に計算上のものより

も實際荷重の方遙に比率大にして、其強度は管の自重を無視したる影響位の差によらざるごと、供試管中には其破裂出現が前述の如き標準位置のみに限らず、管底又は下半部内面に破裂したるもの又は基礎、コンクリートの管から離脱し或は破壊したるものも相應に多く、就中其應力の絶大を示した。180度基礎中に此斜向の影が深いのは注意すべきで、要はコンクリート基礎の施工に依り緊定以上更に一層の効果を齎らすことを認めねばならぬ様である。

第十節 基礎の應力

前節に述べた通り管がコンクリート基礎の上端に於て緊定するものと考ふる時は、其水平應力 H の値は常に相當の範圍に達すること明である。即ち

基礎中心角 90 度の場合	$II=0.182 P$
同中心角 120 度の場合	$II=0.202 P$
同中心角 180 度の場合	$II=0.455 P$

而して又 α 點に於ける彎曲率,

$$M_A' = \frac{P}{2} x + Hy - \frac{P}{4} x = \frac{Px}{4} + Hy$$

$$= \frac{P}{2} (r+h) \sin \alpha + II(x+h)(1 - \cos \alpha) + \frac{II}{2}$$

然るに $r=20.0$ 徑, $h=3.8$ 徑なるを以て

$$M_A' = 0.8675 P \sin \alpha + 20.7 II (1 - \cos \alpha) + \frac{II}{2} \text{ (徑 距)}$$

故に $t=0$ 徑の時

中心角 90 度の場合	$M_A' = 2.715 P$
同 120 度の場合	$M_A' = 5.255 P$
同 180 度の場合	$M_A' = 14.865 P$

又 $t=12$ 徑の時

中心角 90 度の場合	$M_A' = 2.988 P$
同 120 度の場合	$M_A' = 5.048 P$
同 180 度の場合	$M_A' = 15.547 P$

今 f_c : コンクリートの受くる單位應力

f_t : 同 單位應張力

E_c : 壓縮に對するコンクリートの彈性係數

E_t : 伸張に對するコンクリートの彈性係數

b : 管の幅員(=0) 徑

とすれば此断面中に起る應力の總和は 0 なるべきを以て

$$\int_0^x f_c b x - \int_x^t f_t b (t-x) = 0$$

即ち $f_c x = f_t (t-x)$

又此断面に働く總ての力の中立軸に對する彎曲率は 0 である。

依て $\frac{E_c}{E_t} = 1, \frac{f_t}{f_c} = n$ とすれば

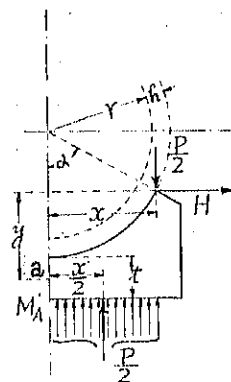
$$x = n(t-x) \quad \therefore x = \frac{n}{1+n} t$$

即ち中立軸の位置定まる故に

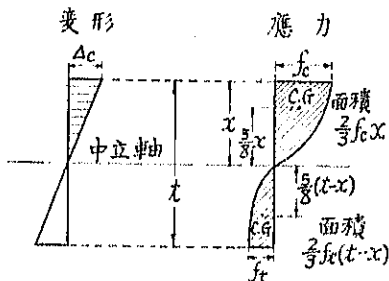
$$f_c = \frac{n}{1+n} \frac{M}{b \left\{ x^2 + n(t-x)^2 \right\}}$$

然るにコンクリートの耐壓強と耐伸強との比は普通 10:1 なるを以て

第十三圖



第十四圖



$n=1/10$ とし前式に代入すれば

$$f_c = 20.4 \frac{M}{bt^2}$$

然るに $b=60$ ㎝, $t=9$ 及 12 ㎝なるを以て

$$f_{c1} = 0.00543 M (t=9 \text{ ㎝の時})$$

及 $f_{c2} = 0.00308 M (t=12 \text{ ㎝の時})$

故に	中心角	90 度	$f_{c1} = 0.0147 P$	$f_{c2} = 0.0091 P$
	同	120 度	$f_{c1} = 0.0285 P$	$f_{c2} = 0.0172 P$
	同	180 度	$f_{c1} = 0.0867 P$	$f_{c2} = 0.0476 P$

第十四表 コンクリートの破壊耐圧強度

配合	耐 壓 強 度 (kg/cm ²)			
	七日	一ヶ月	三ヶ月	六ヶ月
1:1:3	112	193	236	302
1:2:4	107	173	207	274
1:2.5:5	91	156	188	239
1:3:6	86	145	172	220
1:3.5:7	77	132	155	197
1:4:8	70	120	139	176
1:5:10	56	95	107	134
1:6:12	42	70	75	91

以上は全荷重を基礎コンクリートのみにて支持するものとしての計算なれども、実際に於て管自體のコンクリート及鉄筋が其破壊に至る迄は之等の應力に充分抵抗すべきを以て、基礎コンクリートの負ふべき事實上の責任は主として管の破壊後に惹起する譯である。本実験の成績に見るも基礎中心角 90 度及 120 度のものには基礎コンクリートに何等の異状なく、唯同 180 度のものの中相應支障を來したりと雖も、其成績は第十五表に示す如くコンクリートの破壊強度を遙に超ゆるのみならず、何れも管の破壊荷重は勿論其破壊荷重を已に超越したる後發生せる異状なるを以

て、基礎の不完全、換言すれば其配合又は厚の不足なりし爲とは認め難い様である。尚コンクリートの破壊耐圧強度は大體第十四表の如くである(日比博士の著書に依る)。

依て第十四表の強度を基とし基礎コンクリートの破壊應力を計算すれば大體第十五表の結果と成るのである。

第十五表 基礎コンクリートの破壊強度

記号	基礎の中心角	管の長さ	基礎の寸法	基礎の寸法	管の重量	基礎の重量	管の重量	基礎の重量	計算の破	計算の破	実際の破	$t_c = \frac{P}{f_c}$
D ₁	130°	9	1.3.6	30	2870	4160	1290	104	145	10		
D ₂	90°	9	1.4.8	24	2790	4160	1370	111	120	11		
D ₃	120°	12	1.3.6	37	2750	5770	3020	144	145	14		
D ₄	120°	12	1.4.8	35	2790	5450	2660	127	120	13		
D ₅	90°	9	1.3.6	65	2390	4640	2790	182	158	18		
D ₆	90°	9	1.4.8	54	3110	4710	1600	129	130	13		
D ₇	120°	12	1.3.6	72	2390	6660	4210	200	158	20		
D ₈	120°	12	1.4.8	62	2990	4160	1210	68	130	7		
平均					2790	4991	2201	133	133	13		

(1) 基礎コンクリート管底部所裏厚

前述した通り基礎コンクリートの應力は次の公式から計算することが出来る。

$$M_c = \frac{P}{4} (r+h) \sin \alpha + H(r+H)(1-\cos \alpha) + \frac{H^2}{2} \quad \text{及} \quad f_c = 20.4 \frac{M_c}{bt^2}$$

即ち、
$$t_c = 0.006 \frac{P(r+h) \sin \alpha + H(r+H)(1-\cos \alpha) + 0.132 \frac{H^2}{t}}{f_c} \quad (\text{管長 } 1 \text{ 米當})$$

然るに通常下水管上に働く荷重は土壓並に動荷重類を充分に採り之に衝撃率を加へ、水壓係數等を適當に加算す

るも、荷地表面1平方メートルに付5000疋(約1000#/ロ')を超ゆるは稀である。而して實際管渠を地下に埋設した場合は一般に等布荷重を受くるのであるが、前記の諸式は何れも集中荷重に基けるもの故相互間に於ける最大彎曲率の比中即ち、 $0.125+0.318=0.393$ を乗ずる必要が起る。即ち管上に働く最大等布荷重を同集中荷重に換算する時は、

$$P=5000 \frac{2(r+h)}{100} \times 0.393 = 39.3(r+h) \text{ (管長1米當, 疋)}$$

である。依て $h=r/12$ と假定すれば $P=42.6r$ (疋) に當る。故に P を安全に支持し得る管底部に於ける基礎コンクリートの所要厚 t は

中心角 90 度の時	$f_c = 2.80 \frac{r^2}{t^2} + 1.02 \frac{r}{t}$
同 120 度の時	$f_c = 4.23 \frac{r^2}{t^2} + 1.47 \frac{r}{t}$
同 180 度の時	$f_c = 8.50 \frac{r^2}{t^2} + 2.50 \frac{r}{t}$

から計算することが出来るのである。

今下水管布設後充分なる荷重に接する迄の期間を約1箇月と假定し、 f_c の値を 1:3:6 配合のコンクリートには 140 疋/個²、1:4:8 配合のコンクリートには 120 疋/個² とすれば、前式より

中心角 90 度	$t=0.141r$ (1:3:6)	$t=0.157r$ (1:4:8)
同 120 度	$t=0.179r$ (")	$t=0.194r$ (")
同 180 度	$t=0.257r$ (")	$t=0.278r$ (")

なる結果が齎らざるゝのである。依て之を各管徑に應じ計算すれば強度のみに依る基礎コンクリートの管底部に於ける所要厚は、大體第十六表の如き値に相當することになる。

(2) 基礎コンクリート上端部所要厚

基礎コンクリートの上端部に於ける厚は原則として水平應力 H に因する直接剪力 (direct shear) に對抗し得れば充分であるが、コンクリートの耐剪強は傾斜張力の作ふ場合に於ては其値非常に減少し、通常耐剪風の 10~15% に過ぎぬものゝ様である。今 t を基礎コンクリート上端部の厚、 f_s をコンクリートの耐剪強度とすれば

第十六表 基礎コンクリート所要厚

基礎 中心角	基礎コンクリート 管底部所要厚 (種にて示せる t の値)											
	内径	45種	全	60種	全	75種	全	90種	全	100種	全	120種
	1:3:6	1:4:8	1:3:6	1:4:8	1:3:6	1:4:8	1:3:6	1:4:8	1:3:6	1:4:8	1:3:6	1:4:8
90°	3.18	3.54	4.23	4.71	5.29	5.89	6.35	7.07	7.05	7.85	8.46	9.42
120°	4.03	4.37	5.37	5.82	6.71	7.28	8.06	8.73	8.95	9.70	10.74	11.64
180°	5.78	6.26	7.71	8.34	9.64	10.43	11.57	12.51	12.85	13.90	15.42	16.68
基礎コンクリート 上端部所要厚 (種にて示せる t の値)												
90°	1.24	1.46	1.65	1.95	2.06	2.44	2.48	2.93	2.75	3.25	3.30	3.90
120°	1.80	2.09	2.40	2.79	3.00	3.49	3.60	4.19	4.00	4.65	4.80	5.58
180°	3.13	3.62	4.17	4.83	5.21	6.04	6.26	7.25	6.95	8.05	8.34	9.66

$$t' = \frac{H}{f_s} = \frac{0.182 \times 42.6r}{f_s} \text{ (中心角 90 度)} = \frac{0.202 \times 42.6r}{f_s} \text{ (中心角 120 度)} = \frac{0.455 \times 42.6r}{f_s} \text{ (中心角 180 度)}$$

である。故に f_s を f_c の 1/10 に採り、1:3:6 コンクリートには 14 疋/個²、1:4:8 コンクリートには 12 疋/個² の

値を與ふるときは、

中心角 90 度の場合	$l' = 0.055r$ (1:3:6)	$l' = 0.065r$ (1:4:8)
同 120 度の場合	$l' = 0.080r$ (")	$l' = 0.093r$ (")
同 180 度の場合	$l' = 0.139r$ (")	$l' = 0.161r$ (")

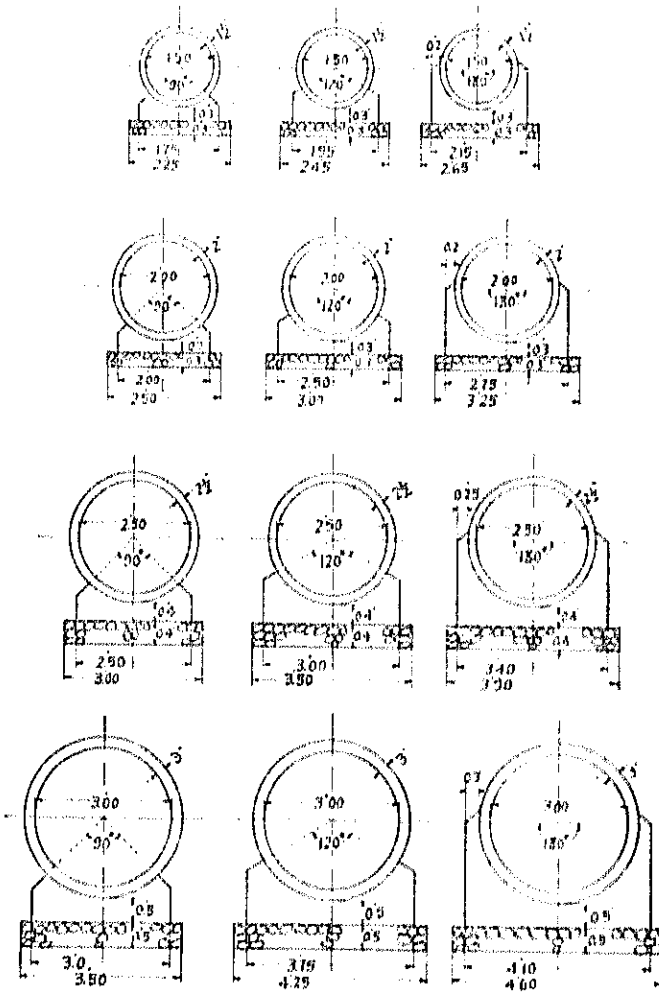
なる結果となる、即ち各管架に應ずる l' の値は第十六表の示す通りである。

第十一節 工費の比較

本節に於ては實施例と比較の必要材料に尺、吋、間等の寸法を用いた。

本實驗に於て試作したるコンクリート基礎3種に就き其工費を比較する爲、内径15尺、20尺、25尺、30尺の4

第十五圖 下水管基礎コンクリート設計圖



者を選擇其平均値を求め、其平均の正確を期することとした。右の中基礎中心角180度の方は東京郊外下水道部に於て目下實施中の設計を基準に採り、其他は前者を適宜模倣して設計を行ったもので、主要材料の單價はセメント1樽4圓、洗砂立坪16圓、洗砂材(1寸目以下)立坪25圓、蓋砂材(2寸前後)立坪2圓、人工賃1圓(90錢)等人體時價を採用した。第十五圖は設計の詳細圖で第十七表の其一及其二は其結果である。

以上の結果に徴すれば10間當各種工費の比較に於て90度基礎を標準に採る時は、120度基礎の方は4者を平均して工費の増額率に5分、180度基礎の方は亦同1割3分の増額に過ぎないのである。而も強度に關する比率に於ては前述した通り、90度對120度對180度は其破裂荷重に於て200對200對375、破壊荷重に於ては171對191對311、崩壊荷重に於ては163對182對301、3者平均に於ても尙178對194對370と云ふ如く甚に著しき効率の相違を示して居る。第十八表は工費及兩

方面を加味した效率表であるが、其結果は90度基礎100に對し120度基礎は104、180度の基礎は150、即ち120度

第十七表 長10間當工費内訳表 (其一)

内注	工種	品目	單位	90°基礎			120°基礎			180°基礎			
				数量	單價	金額	数量	單價	金額	数量	單價	金額	
二尺五寸管	管渠	木	長三尺	16.00	5.60	89.60	16.00	5.60	89.60	16.00	5.60	89.60	
				全	1.60	6.40	10.24	1.60	6.40	10.24	1.60	6.40	10.24
				工	10.17	0.40	4.07	10.17	0.40	4.07	10.17	0.40	4.07
				工	2.16	1.60	3.46	2.16	1.60	3.46	2.16	1.60	3.46
				小計			102.37			102.37			102.37
				工	35.70	0.31	11.07	35.70	0.31	11.07	35.70	0.31	11.07
				工	2.13	1.60	3.41	2.13	1.60	3.41	2.13	1.60	3.41
				工	5.46		5.46	5.46		5.46	5.46		5.46
				工	0.33	24.00	7.92	0.33	24.00	7.92	0.33	24.00	7.92
				工	1.00	1.60	1.60	1.00	1.60	1.60	1.00	1.60	1.60
小計			45.00			45.00			45.00				
運搬費			5.62			5.62			5.62				
卸費			7.65			7.65			7.65				
計			210.30			222.81			214.14				
百分率			100.0			102.6			101.3				
總工費對基礎コンクリートの比率			102.6%			219%			220%				

第十七表 長10間當工費内訳表 (其二)

内注	工種	品目	單位	90°基礎			120°基礎			180°基礎			
				数量	單價	金額	数量	單價	金額	数量	單價	金額	
三尺管	管渠	木	長三尺	16.00	7.20	115.20	16.00	7.20	115.20	16.00	7.20	115.20	
				全	4.00	3.30	13.20	4.00	3.30	13.20	4.00	3.30	13.20
				工	12.79	0.46	5.84	12.79	0.46	5.84	12.79	0.46	5.84
				工	27.60	1.60	44.16	27.60	1.60	44.16	27.60	1.60	44.16
				小計			202.10			202.37			182.00
				工	39.00	0.31	12.09	39.00	0.31	12.09	39.00	0.31	12.09
				工	3.15	1.60	5.04	3.15	1.60	5.04	3.15	1.60	5.04
				工	0.31		0.31	0.31		0.31	0.31		0.31
				工	0.49	24.00	11.76	0.49	24.00	11.76	0.49	24.00	11.76
				工	1.47	1.60	2.35	1.47	1.60	2.35	1.47	1.60	2.35
小計			62.12			62.12			62.12				
運搬費			7.96			7.96			7.96				
卸費			11.25			11.25			11.25				
計			291.03			313.08			313.08				
百分率			100.0			107.3			114.7				
總工費對基礎コンクリートの比率			175%			236%			295%				

基礎の分は工費の増額率と始
と大差なく格別の効果もない
が、180度基礎の分に於ては
工費の増額率僅に1割~1割
5分なるに對し、強度の増加
率は如何なる場合にも、2割以
上に及ぶ。兩者を加味した

第十八表 基礎コンクリートの効率

基礎 中心角	強度の百分率				工費の百分率					強度及工費 を加味せる 基礎の効率	全 百分率
	磚型	石灰	崩壊	平均	1.5管	2.0管	2.5管	3.0管	平均		
0°	100	100	100	100							
90°	200	171	163	178	100.0	100.0	100.0	100.0	100	178 100 = 178	100
120°	209	191	182	194	103.6	104.0	105.6	107.8	105	194 105 = 185	104
180°	275	311	291	279	110.2	112.6	114.3	114.7	113	279 113 = 247	139

る場合に於ても尙始と初期に近き效能を發揮して断然頭角を顯はして居る。況んや 180 度基礎は施工上の便利甚
だ多く、地質堅牢にして湧水皆無なる場合は所要の掘鑿を終れば直に敷コンクリートを施し、管を据へて周囲のコ
ンクリートを充填すれば可なるを以て、別に取板を要せず又施工上最も至難とする管側の埋戻を省略することが出
來、工事の完全は勿論、甚に著しく土工其他の費用を節約し得るのである。又地盤不良にして湧水顯著なる場合等
に於ても施工簡單なるを以て便利多きのみならず、管下半部の繼手目地は基礎コンクリート中に抱擁せらるゝ爲、
改めて目地を充填する煩瑣なく施工比較的簡易なる上半部外面の目地を施せば充分である。従て地下水の浸透量
等は非常に少く汚水排除に唧筒を使用する場合の如き經常費の節減は著大である。之に反し 90 度又は 120 度基
礎等は一寸簡便なる形の様に見えるが實際の施工は中々至難で、兩側コンクリートの填充は勿論、湧水の多い場合
など管の横徑以下に屬する繼手目地の施工は非常に困難な作事。従て下半部の目地は管内から施工する様種種

ョイントを使用して居る向もあるが、此ため管の上下位置が限定される、缺陷の生ずるのみならず、地下水位の高い場所等では之等目地施工の困難から完成後の浸透量多く、現に某市の域方面では所定以上の簡筒動力料の支出に満たされて居るとのことである。而も人間の出入自由になる大管は格別小管に至つては之等の内面目地施工は非常に大々敷仕事で、爲に豫想外の工費支出が注々なるも亦むを得ない次第かと思ふ。要するに地盤の粗悪なる場合又は主要幹線の管渠等にして特に安全を欲する時等其補強装置として、基礎コンクリートを施工することは最も機宜の所置と云ふべく、而も著者等は本実験の成績と多年の経験とに鑑み斯る場合 180 度基礎の利用を極力推奨せんとするものである。尙基礎コンクリートの配合並に其に関する管長 10 間當工費の比較は大體第十九表の示す通りである。

第十九表 基礎コンクリート配合に関する長 10 間當工費比較表

内径	中心角 90°			中心角 120°			中心角 180°		
	1:3:6	1:4:8	兩者差額	1:3:6	1:4:8	兩者差額	1:3:6	1:4:8	兩者差額
1.50	114.80	113.19	1.61	119.44	117.24	2.20	128.00	124.74	3.26
2.00	152.11	150.05	2.06	158.88	155.98	2.90	173.62	168.96	4.66
2.50	214.31	210.90	3.41	227.73	222.81	4.92	248.48	241.14	7.34
3.00	296.07	291.03	5.04	321.27	313.58	7.69	344.30	333.83	10.47
百分率	100	98		100	98		100	97	

備考 一 切當工費(1:3:6) 0.35 全(1:4:8) 0.31

基礎厚に関する長 10 間當工費比較表

内径	中心角 90°			中心角 120°			中心角 180°		
	厚 3寸	厚 4寸	兩者差額	厚 3寸	厚 4寸	兩者差額	厚 3寸	厚 4寸	兩者差額
1.50	113.19	116.85	3.66	117.24	120.27	3.03	124.74	128.74	4.00
2.00	150.05	153.77	3.72	155.98	160.63	4.65	168.96	174.08	5.12
百分率	100	103		100	103		100	103	

備考 基礎配合(1:4:8)

第十二節 結 論

資料鮮少なる叙上の成績のみに充分の信を措くは固より早計ならんも、結論としては大體次の綜合的事實を認め得ると信ずる。

(1) 基礎コンクリートの施工は一般に管渠の強度を著しく増進するものである、即ち管の底面半徑以上に涉り基礎コンクリートを施工時は施さざる場合と比較し、少くも破壊荷重に於て 2 倍以上、崩壊荷重に於て 6 割以上を増進し得るは明な事實である。

(2) 基礎コンクリートの構造は管に對し接觸面の大なる構造換言すれば基礎の中心角度が大きなるもの程効率の偉大を示して居る。本実験の例では破壊荷重に於て中心角 90 度のものを 100 とすれば同 130 度のものは 104 に、同 180 度のものは 137 に相當し、崩壊荷重に於ては中心角 90 度の 100 に對し同 120 度は 112 に、同 180 度は 154 に當り、180 度のもの最も優良である。

(3) 基礎コンクリートの配合 1:3:6 及 1:4:8 兩種の効率に就ては、此実験の成績のみでは殆ど優劣の判断が滑かない位近似して居る。即ち強度効率に於ける總平均では 1:3:6 基礎の 100 點に對し、1:4:8 基礎は 10 點を示し、工費の平均では第十九表に示す如く前者の 100 點に對し後者は 97 點強、即ち強度の比率と工費の夫とは恰も克く平衡して格段の差別が認められないのである。畢竟地盤の著しく不良なる箇所等重要管渠を布設せんとする時、又は特に湧水多く排水の至難なる箇所或は最も急施を必要とする場合等には、豐滿な配合の方得策なる可きも普通の状態では 1:4:8 程度の配合で充分なことを立證して居る譯である。

(4) 管底部に於ける基礎コンクリート厚 90 耗及 120 耗兩者に對する成績に於ても亦、強度並に工費の兩方面から觀察する時は 90 耗の方途に有益の様である。即ち第六表に示す如く強度に於ける効率では兩者殆ど區別が

ないが、工費の方では 30 耗丈け厚の増加する爲、後者は 10 間溝總工費で約 3 歩の増額を示して居る。然し第十節に於て述べた通り基礎コンクリートの應力は主として管徑に比例するものなれば、其厚の如きも管徑に應じて相當の加除を要すること勿論で、基礎厚に關する本實驗の成績は單に内徑 458 耗管に對してのみの結果なのである。即ち強度に基いた内徑 450 耗管の管底部に於ける基礎コンクリート所要厚は第十六表に示す如く、1:3:6 配合で 5.78 匁 (1.91 寸) 1:4:8 配合でも 6.26 匁 (2.07 寸) あれば充分なるに對し、9 匁又は 12 匁厚を使用した爲配合に關する價の成績は此實驗からに發見し難いのである。要するに強度のみに基いた基礎コンクリートの寸法は第十六表を基準に採れば大體に於て充分だと看するが、基礎は其性質として地盤の硬軟及湧水の多寡等に左右せらるゝ場合多く、特に管底部の基礎厚の如き之等種々なる事情を克く酌量し萬全を策することが最も要である。

(5) 基礎コンクリートの材齡は其硬化に一段落を告ぐる程度を以て充分と認める。即ち普通 1 箇月前後を經過したる後の載荷は格別其本前に支障を及ぼさぬものゝ様である。

(6) 基礎コンクリートの施工に依り管渠の應力關係に著しき相違を生ずるは事實にして、最大正彎曲率は必ず先づ管頂に現れ次に基礎の上端接觸點に發生し、最大負彎曲率は管頂と基礎上端の中央部、即ち 90 度基礎のもの (管の管徑との中心角度 22.5 度、120 度のものは同 30 度、180 度のものは同 45 度の位置) に出現するを常道とする様である。従て從來管渠のみの載荷試験に基く應力配布の觀念は茲に大變化を來すべく、管渠の弱點部即ち枝管取付位置等に就ては相當考慮を要するは必然である。

(7) 基礎コンクリートの施工に依り管渠の強靱性を増進すること著しく、安全度合の展開は頗る顯著である。即ち線裂から崩壊に至る迄の増進荷重率を見るに、無基礎のものを 100 とすれば 90 度基礎は 130、120 度基礎は 158、180 度基礎は 220 と基礎中心角の増加するに伴ひ其安全度合は著しき増進を實現して居る。尙此消息は第八圖所載の強度關係からでも明瞭である。

(8) 基礎コンクリートを施した場合の應力計算には、管が基礎上に緊定された拱と考ふるも大體太過なきものゝ様である。

(9) 基礎コンクリートの應力に基く所要寸法は大體次の公式から計算することが出来る。

$$f_c = 0.000 \frac{P(r+h) \sin \alpha}{t^2} + 0.204 \frac{H(r+h)(1 - \cos \alpha)}{t^2} + 0.132 \frac{H}{t} \quad (\text{管長 1 米當})$$

$$\text{及} \quad f_c' = \frac{H}{f_s} \quad (\text{管長 1 米當})$$

- 但し
- f_c : コンクリートの耐壓強度 (匁/匁²)
 - f_c' : コンクリートの耐剪強度 (匁/匁²) = $f_c/10$
 - P : 垂直集中荷重 (匁/米)
 - H : 水平應力 (匁/米)
 - r : 管の半徑 (匁)
 - h : 管の厚 (匁)
 - t : 管底部に於ける基礎厚 (匁)
 - t' : 基礎上端部に於ける基礎厚 (匁)
 - 2α : 基礎の中心角度

(10) 工費の比較では 10 間溝總額に對し 90 度基礎を 100 とすれば、120 度基礎は 104、180 度基礎は 113 の増額に過ぎぬ様である。

(11) 強度及経済兩方面を加味した全効率の比較では 90 度基礎の 100 に對し 120 度基礎は 104, 180 度基礎は 139 を示し斷然其優越さを表示して居る。

(12) 管渠の強度を増進せしむる上に於て基礎コンクリート施工の效果の著大なるは如何なる方面から觀察するも明瞭である。就中 180 度基礎の効率は一あらゆる點に其優良を誇るのみならず、施工の簡便水密量造の容易等尙幾多の特長を備へて斷然頌角を離はして居る。之畢竟著者等が特に 180 度基礎の應用を極力推奨せんとする所以である。

(完)

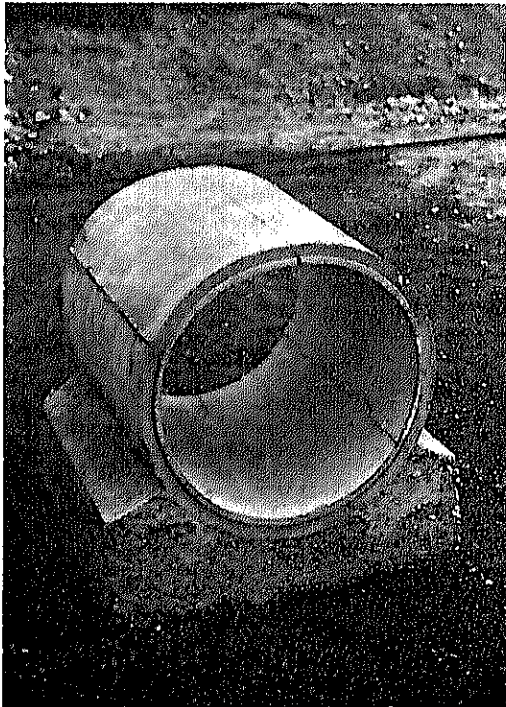
寫眞第一 基礎コンクリートなきもの (A₁)



寫眞第二 中心角 90 度のもの (B₁)



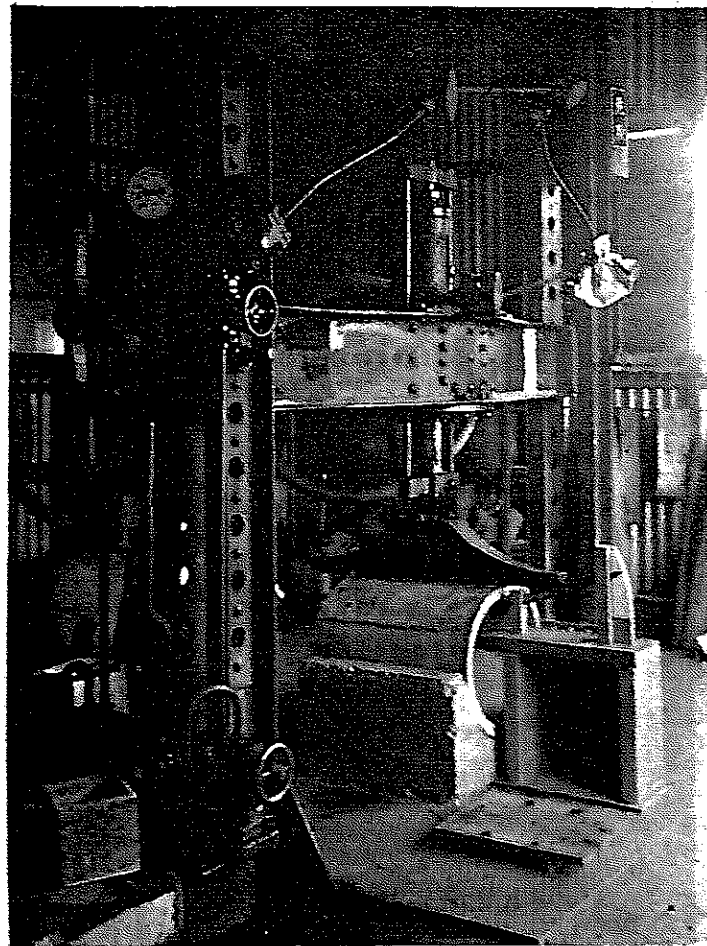
寫眞第三 中心角 120 度のもの (C₁)



寫眞第四 中心角 180 度のもの (D₁)



寫真第五 外壓試驗狀況(其一) (D₂)



寫真第六 外壓試驗狀況(其二) (D₂)

