

## 土管の強さ (Strength of Earthenware Pipe)

工學士 茂庭忠次郎君

本邦に於て土管を産出するは、主に尾張の常滑武豊三河の高濱及備前の伊部地方にして、其の産額年々數十方圓に達し、況く各地の工事に使用せらるゝものありと雖ども、其の學術的研究に至りては報告殆んど皆無にして、一般に土管の強さを確むるに由あく從て埋没に當り最も必要なる外壓力に對する其抵抗力換言すれば埋覆土より生ずる壓力及其上を通過する重量体の土管に及ぼす影響等を知るに苦み、其設計又は使用の方法を誤まりたる爲め、往々破損其他の失態を醸し、多大の勞力と工費とを空費するのみならず、曳て土管の聲價を損傷するに至りしは數々耳にする所にして、使用者并に製造業者の等しく遺憾とする所ある可きや言を俟たざるあり、余の名古屋に來り下水工事に従事するや、此感を深くする事頗る切ありしを以て、遂に土管數十本を撰び、一昨四十二年六、七月の候に於て荷重試験を行ひたり、然れども其目的は單に設計上の參考に資せんとするに過ぎざりしが故、土管の試験として見る時は、不充分ある事少なからずと雖ども、尙ほ之等成績の發表は土管の研究に多少の裨益を與ふ可しと信じたる爲め、些か私見を加へて報告し、當事者の參考に供せんとするものあり、

## 一、供試土管の員數及品質

名古屋市水道布設事務所に於て試験に供したる土管は内徑六寸より二尺に至る六種にして、其總數は七十四本(内二本試験前破損皆愛知縣下常滑武豊高濱の製品にして、常滑町伊奈商店高濱町三河陶器株式會社より直接に購入したるもの、及武豊町尾張土管株式會社常滑町陶器同業組合及半田町前田氏より寄送せられたるものを以て之に充てたり、而して各徑毎に並品、厚品、特厚品等種々あるが故に、其産地を區別し之を分類する時は、第一表の如き内譯となる、

表 一 第

土管の強弱

一一三〇

内 徑	常 滑		高 濱		武 型		合 計
	並	厚	並	厚	並	厚	
六 寸	3	—	3	—	—	—	6
八 寸	3	3	3	3	1	△ 1	14
一 尺	4	4	3	—	1	1	16
一 尺二寸	3	3	3	3	—	—	12
一 尺五寸	3	4	3	—	—	—	13
二 尺	4	3	3	3	—	—	13
累 計	20	17	18	9	6	2	74

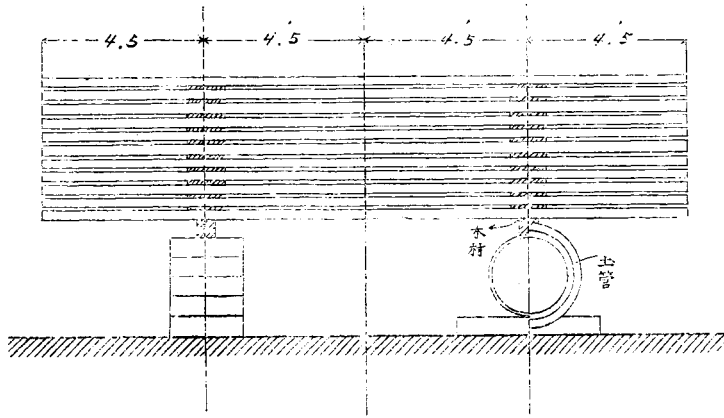
△印を附せるは内徑七寸五分

以上各種土管に對し重量及厚さを檢査せし成績は第二表に記載せる如し。

備考 (甲)並品厚品特厚品等の類別は便宜上現品の厚さを斟酌して勝手に命名したるに過ぎず、故に同じく並品と稱するも、其産地を異にする以上は、土管の實質寸法及價格に多大の相違あるは言を俟たず。

(乙)第二表に列記したる土管の厚さは、破壊後其破片につき、最厚部及最薄部を測り且つ之等の平均を求めたるものにして、其規定とあるは製造者又は組合の定款に基くものなり。要するに本邦土管の製法は、手作りのもの多きが故に其厚さ不同にして變形甚だしき事は、大なる缺點と云ふ可く高濱産のものは其原料とする粘土の質粗大にして薄物を焼くに適せざれば、其製品の

第 一 圖



厚さ概して大なる爲め此缺點比較的小ある如しと雖ども常滑土管は其原料良好にして緻密あるが故に、匪めて分を薄くするの傾きあり、爲めに變形著しく

大に其固有強度を減殺せらるゝの觀あり、本試験に供したる者亦實に然り、之に反し武豊より寄送せられたるものは、皆機械製ありしを以て、其形態正確にして殆んど變形を認めず、即ち製造法の改良は、當業者の將來最も攻究す可き問題あるを信せずんばあらざるなり

二、荷重の方法

試験の目的は、外壓力に抗する土管の強度を研究せんとするに在り、故に荷重方法は第一圖の如く、充分に敷均せる地盤に混凝土ブロックを列べ、其上に供試土管を安定せしめ、兩側には濕氣を帯べる砂を填充して其動搖を防ぎ、然る後荷重を加へたるものにして、其方法は、土管のソケットを避け、他の部分全体に荷重を等布せしめんが爲め、木材を挿み長さ十八呎の十二封度軌條一本の重量約七十封度を供試体に衝動を與へざる様充分注意を加へ載荷したるものにして、恰も軌條總重量の半分が土管の有効長即ち二尺の間に等布せらるゝ様装置したるものとす、但し第二表に列記したる荷重は、凡て軌條木材等の

論説及報告

三 試験の成績

前述の方法に基き載荷を行ひたるに次の如き成績を得たり

表 二 第

産地	内径	土管 番號	種類	厚さ 規定	實際 (分)		重量 規定	實際 重量(重)	荷重		摘要
					最大	最小平均			破裂	崩壊	
常滑 全全	六寸 全全	1	並	6.6	5.8	6.2	4,500	4,900	1.3	1.3	破裂現出と全時に急に崩壊せり
		2	並	6.7	4.7	5.7	"	4,800	1.1	1.1	
		3	並	6.8	.5	5.7	"	4,600	.9	.9	
常滑 全全	八寸 全全	1	並	7.2	5.4	6.3	6,500	6,500	1.2	1.2	均
		2	並	6.8	5.1	6.0	"	6,200	.9	.9	
		3	並	6.8	5.4	6.1	"	6,400	1.3	1.3	
常滑 全全	八寸 全全	1	厚	9.2	7.3	8.3	9,000	8,800	1.6	1.6	均
		2	厚	9.8	8.2	9.0	"	9,000	1.9	1.9	
		3	厚	9.2	8.0	8.6	"	8,700	1.7	1.7	
常滑 全全	一尺 全全	1	並	8.9	6.1	7.5	10,000	11,000	1.3	1.3	均
		2	並	8.4	6.9	7.7	"	10,000	1.2	1.2	

全全	全全	3	全全	—	8.6	5.2	6.9	"	9,800	1812	.8	1812	.8	全全	上上
		4		—	9.0	7.8	8.4	"	11,900	2447	1.1	2447	1.1	全全	均
常滑	一尺	1	厚全	—	11.7	8.9	10.3	15,000	16,650	2680	1.3	2980	1.3	全全	上上
全全	全全	2	全全	—	12.4	9.6	11.0	"	17,200	4649	2.1	4549	2.1	全全	上上
全全	全全	3	全全	—	10.8	9.8	10.3	"	15,500	3125	1.4	3125	1.4	全全	上上
全全	全全	4	全全	—	12.5	10.8	11.7	"	17,300	4505	2.0	4505	2.0	全全	上上
							10.8		16,700	3815	1.7	3815	1.7	平	均
常滑	一尺二寸	1	並全	—	9.2	7.5	8.4	14,000	14,300	1744	.8	1744	.8	全全	上上
全全	全全	2	全全	—	9.8	7.8	8.8	"	14,400	2347	1.0	2347	1.0	全全	上上
全全	全全	3	全全	—	9.2	7.8	8.5	"	14,200	2129	1.0	2129	1.0	全全	上上
							8.6		14,300	2073	.9	2073	.9	平	均
常滑	一尺二寸	1	厚全	—	12.5	9.9	11.2	18,000	18,100	4330	1.9	4330	1.9	全全	上上
全全	全全	2	全全	—	11.4	9.6	10.5	"	17,700	3692	1.6	3692	1.6	全全	上上
全全	全全	3	全全	—	13.5	11.8	12.7	"	20,000	4894	2.2	4894	2.2	全全	上上
							11.5		18,600	4305	1.9	4305	1.9	平	均
常滑	一尺五寸	1	並全	—	10.9	7.7	9.3	19,000	19,600	2310	1.0	2310	1.0	全全	上上
全全	全全	2	全全	—	10.7	8.2	9.5	"	19,800	2692	1.2	2692	1.2	全全	上上
全全	全全	3	全全	—	10.8	9.6	10.2	"	21,400	3157	1.4	3157	1.4	全全	上上
							9.6		20,300	2720	1.2	2720	1.2	平	均

燒裂現出と全時に急に崩壊せり

論説及報告

一三三三

表四十四 土管

表四十四 土管

産地	内径	土管番號	種類	厚さ(分)		重量(kg)	荷重			備要
				規定	實際最大最小		破裂	崩	壊	
常滑	一尺五寸	1, 2, 3, 4	厚全全全全	—	14.9 11.5	26,000 26,100	封度	1.6	1.5	全全全 試驗前破壊損 現出と全時に急に 崩壊せり
				—	14.0 11.5	27,900	3688	2.0	2.0	
				—	—	28,000	—	—	—	
				—	12.8 10.5	26,800	3832	1.7	1.7	
常滑	二尺	1, 2, 3, 4	並全全全全	—	11.5 10.4 11.0	30,000 31,200	封度	1.8	1.8	全全全 均
				—	13.0 10.8 11.0	33,000	3523	1.1	1.1	
				—	12.0 10.0 11.0	30,600	2278	1.0	1.0	
				—	13.4 10.2 11.8	35,200	2839	1.3	1.3	
常滑	二尺	1, 2, 3	厚全全全	—	16.6 14.8 15.7	40,000 41,800	封度	1.7	1.7	全全全 均
				—	16.5 14.5 15.5	41,000	3189	1.4	1.4	
				—	15.4 13.8 14.6	40,000	3189	1.4	1.4	
				—	—	40,900	3404	1.5	1.5	
高濱	六寸	1, 2, 3	並全全全	—	4.8 3.2 4.0	4,300 5,200	封度	1.0	1.0	全全全 均
				—	5.6 3.6 4.6	4,000	2179	1.0	1.0	
				—	5.2 3.2 4.2	3,400	1501	1.0	1.0	
				—	—	3,500	1585	1.0	1.0	

高全全	八全全	1 2 3	並全全	— — —	7.6 6.4 7.0	6.0 4.9 5.1	6.8 5.7 6.1	7.00C " "	6.600 5.600 6.000	2707 1956 2703	1.2 .9 1.2	2707 1956 2703	1.2 .9 1.2	鑄裂現出の全時に急に 崩壊せり 全全全	上 上 上								
																7.0	5.9	7.1	8.500	6.100	1.1	2455	1.1
																8.2	6.9	8.0	8.800	2455	1.1	2455	1.1
高全全	八全全	1 2 3	厚全全	" " "	8.1	6.0	7.1	"	7.800	2448	1.1	2448	1.1	全全全	上 上 上								
																8.2	6.9	7.1	8.800	2448	1.1	2448	1.1
																9.0	6.9	8.0	8.800	2448	1.1	2448	1.1
高全全	一尺全全	1 2 3	並全全	— — —	5.6 6.8 6.2	4.6 4.2 4.2	5.1 5.5 5.2	9.000 " "	7.800 7.900 8.200	1050 1282 1459	.5 .6 .7	1143 1282 1459	.5 .6 .7	平全全	均 上								
																5.3	5.1	5.2	8.200	2895	1.3	2895	1.3
																5.6	4.2	5.2	7.900	1459	.6	1459	.6
高全全	一尺全全	1 2 3	特厚全全	11.0 " "	14.5 13.3 14.0	12.4 11.7 10.7	13.5 12.5 12.4	17.000 " "	18.200 17.200 17.700	5490 4652 5480	2.5 2.1 2.4	5490 4652 5460	2.5 2.1 2.4	全全全	上 上 上								
																12.8	12.4	12.4	17.700	5201	2.3	5201	2.3
																14.5	11.7	12.4	17.200	5480	2.4	5460	2.4
高全全	一尺二寸全全	1 2 3	並全全	— — —	8.8 8.4 9.5	6.8 6.2 7.4	7.8 7.3 8.5	13.000 " "	12.900 11.700 13.600	1560 1350 2482	.7 .6 1.1	1560 1350 2482	.7 .6 1.1	全全全	上 上 上								
																7.9	7.4	8.5	13.600	2482	1.1	2482	1.1
																8.8	6.2	7.3	11.700	1350	.6	1350	.6
高全全	一尺二寸全全	1 2 3	並全全	— — —	9.5 8.4 8.8	7.4 6.2 6.8	8.5 7.3 7.8	" " "	13.600 11.700 12.900	2482 1350 1560	1.1 .6 .7	2482 1350 1560	1.1 .6 .7	全全全	上 上 上								
																12.700	7.4	8.5	13.600	2482	1.1	2482	1.1
																9.5	6.2	7.3	11.700	1350	.6	1350	.6

荷重1050kg程度の時底部に鑄裂を生じ1143にて急に崩壊せり  
最初の鑄裂面は小断面積あり  
鑄裂現出の全時に急に崩壊せり

鑄造及報告

11114

産地	内径	土管 管径	種類	厚さ(分)			定規	重量 (kg)	荷重			崩壊	摘要	
				定規	實	最大			破壊	裂	崩			壊
高全	一尺二寸	1	厚	100	110	100	10.5	17,000	17,700	封度 4223	1.9	封度 4223	1.9	全上 *重量3200封度の時耳部及底部に きり割れを生じ550に達するに外縁 部は全く剥離し内縁部は 全く崩壊と共に急に崩壊せり
				2	10.5	8.8	9.7	"	17,400	3200	1.4	3550	1.6	
				3	"	12.0	8.9	10.5	"	17,400	3687	1.6	3687	
高全	一尺五寸	1	並	10.0	8.2	9.1	8.9	18,000	18,500	1745	0.8	1745	0.8	全上 *重量1850封度の時耳部及底部に きり割れを生じ550に達するに外縁 部は全く剥離し内縁部は 全く崩壊と共に急に崩壊せり
				2	9.4	7.8	8.6	"	18,700	2025	0.9	2025	0.9	
				3	9.5	8.2	8.9	"	18,500	2130	1.0	2130	1.0	
高全	一尺五寸	1	特	15.0	16.8	15.1	16.0	32,000	31,700	5667	2.5	5667	2.5	全上 *重量5667封度のとき頂部に破損 を生じ1855に達するに外縁部は 全く崩壊と共に急に崩壊せり
				2	16.9	15.3	16.1	"	32,000	5853	2.5	5853	2.6	
				3	17.5	15.5	16.5	"	32,000	5388	2.4	5388	2.4	
高全	二尺	1	並	9.2	7.2	8.2	23,000	24,600	1850	0.8	1955	0.9	全上 *重量23000封度のとき頂部に破損 を生じ1855に達するに外縁部は 全く崩壊と共に急に崩壊せり	
				2	8.4	7.0	7.7	"	22,900	1354	0.6	1354		0.6
				3	8.0	7.7	7.7	"	23,800	1602	0.7	1655		0.7

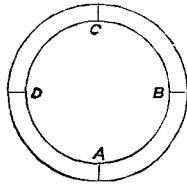


高	二	尺	1	厚	15.0	16.2	14.5	15.4	38,000	40,000	3655	1.6	3655	1.6	全	上
全	全	全	2	全	"	17.5	15.4	16.5	"	43,800	4115	1.8	4115	1.8	全	上
全	全	全	3	全	"	16.0	15.0	15.5	"	40,900	3548	1.6	3548	1.6	全	上
全	全	全	4	厚	11.0	12.2	11.1	11.7	15,500	16,500	4030	1.8	4030	1.8	全	上
武	八	寸	1	並	7.5	8.0	7.0	7.5	7,000	8,000	1879	.8	1879	.8	全	上
全	七	寸	2	厚	10.0	10.5	9.5	10.0	10,000	10,100	3336	1.5	3336	1.5	全	上
全	五	寸	3	並	9.0	10.0	9.0	9.5	11,500	11,700	2944	1.3	2944	1.3	全	上
全	尺	全	4	厚	11.0	12.2	11.1	11.7	15,500	16,500	4030	1.8	4030	1.8	全	上
均					15.8				41,600	3773	1.7	3773	1.7	全	均	

四、罅裂及崩壞の狀況

土管の荷重を受けて破壊するや頗る急激にして、第二表摘要欄に記載せるが如く、土管の主体に故障あるもの例せば管体に小礫又は空隙を存し或は内外縁の別層をあせるが如き、二三を除くの外は、何れも罅裂を認むる瞬間には、已に崩壊せしが故に罅裂發生の位置及狀況を認知するに甚だ困難なりしと雖も、破碎せる破片の多くは、第二圖に示せるが如く、管頂管底及兩側に於て四分せられたる事及前述の故障の爲め、崩壞に先ち罅裂を生じたるものは皆管頂管底又は兩側部に於て罅裂せし事等より、之を推測する時は、罅裂は總て荷重の結果として、理論上最大彎曲率を發生す可き管頂管底及左右側等に於ける抵抗力が、其受くる外力と平衡を失したる時、始めて其應張力を生ずる部分に發生するものにして、土管の如き脆弱なるものに在りては、遂に至りて全く其抵抗力を失ひ、直ちに崩壞するものあるや明かなり、

第二圖



土管の強さ

五、土管の單位重量及吸水量

土管の重量を研究するに當り、其單位重量を確むるの必要ありたるを以て、土管十數本を撰び、其重量を測りたる後、之を水槽中に浸漬して其容積を求めたるに、第三表に列記せる如き結果を得たり。

第三表

産地	内徑	土管番號	種類	重量	容積	一立方尺の重量	摘要
常 濱	一尺五寸	1	並	19,000	立方尺 1.366	14,357	平均
		2	全	19,800	1.275	15,526	
		3	全	21,400	1.396	15,329	
		1	全厚	26,100	1.760	14,830	
		2	全	27,900	1.821	15,296	
		4	全	26,800	1.791	14,965	
高 濱	一尺五寸	1	並	18,500	1.366	13,543	平均
		2	全	18,700	1.275	14,666	
		3	全	18,500	1.335	13,866	
		1	特厚	31,700	2.064	15,358	
		2	全	32,000	2.276	14,060	
		3	全	32,000	2.124	15,066	

武 器	尺 寸	1	並 厚	8,000	.534	14,425	平 均
全	七寸五分	2	厚	10,100	.660	15,303	
全	一 尺	3	並 厚	11,700	.754	15,515	
全	全	4	厚	16,500	1.052	15,684	
						15,370	本 均

以上の如く產地異なれば其重量も亦多少の相異なる如しと雖も尙此實驗により土管一立方尺の重量は約十五貫目あるを推認するを得べし

土管の吸水量は其品質を知るに最も簡便ある試験法の一あり然れども本試験と同時に吸水量を測りたる土管は何れも良質の者を選定せしが故に其成績優等にして浸漬二時間以上に涉りしも其重量の増加僅かに三百分の一乃至八十分の一に過ぎざりき故に其後一般市上に販賣せらるる普通品の吸水量を知らんが爲め或る目的にて購入せる常滑産内徑一尺五寸並土管數本を任意摘出して其吸水試験を行ひたるに第四表の結果を得たり

第 四 表

土 管 番 號	浸水前重量(實)		浸水二時間後		浸水十八時間後		浸水二十四時間後	
	現品の體	乾燥せる後	重 量	増 率	重 量	増 率	重 量	増 率
1	19,490	—	20,220	3.7%	20,290	4.1%	20,300	4.2%

論説及報告

土管番號	浸水前重量(實)		浸水二時間後		浸水十八時間後		浸水二十四時間後	
	現品の儘	干燥せる後	重量	増率	重量	増率	重量	増率
2	18.270	18.250	18.950	3.8%	18.950	3.8%	19.020	4.2%
3	19.600	—	20.180	3.0"	20.180	3.0"	20.180	3.0"
4	20.450	20.450	21.410	4.7"	21.410	4.7"	21.410	4.7"
5	19.470	19.470	19.900	2.3"	19.900	2.3"	19.900	2.3"
6	19.480	—	19.760	1.4"	19.760	1.4"	19.760	1.4"
平均				3.2"		3.2"		3.3"

前表浸水前重量の中干燥とあるは、現品の儘にては已に多少の水分を吸収したる疑ひありしが故に火熱を加へて充分干燥せしめたるものにして、其後重量を測りしも其差は意外に微細なりき尙ほ吸水量に關する試験は目下計畫中あるを以て、更に多數の土管に就き調査を遂げ改めて其成績を報告することある可し

六、土管の原料と其製造法

土管の原料たる粘土の質は産地毎に多少の相異あり、即ち常滑地方の粘土は其質緻密なれども、高濱又は武豊にて使用するものは、稍々粗大ある事前述の如し、而して之等の原料は外國にて土管に使用する粘土に比し、品質の相異如何なりや、之を確めん爲め米國及我知多郡常滑地方の粘土分析表を次に掲出す可し

種 目	米 國 粘 土					常 滑 粘 土	
	第一號土	第二號土	第三號土	第四號土	第五號土	奧 田 土	平 井 土
硅 酸	62.07	61.78	67.38	65.62	62.74	68.03	67.28
礬 土	23.14	27.04	25.21	17.51	23.70	22.80	23.34
酸 化 鐵	7.94	6.79	2.49	8.58	7.74	4.70	4.80
石 灰	0.32	0.48	0.47	0.67	0.65	0.59	0.51
苦 土	1.65	0.86	0.95	1.03	0.96	0.76	0.83
加 里	3.74	3.33	2.57	4.07	3.90	1.88	1.91
曹 達	0.66	0.10	0.31	—	0.03	1.21	1.20
合 計	99.53	100.38	99.38	98.48	99.72	99.97	99.87

如何ある品質の粘土が果して土管の製作に適するや否やは斯道者に非れば容易に鑑定を與ふる能はされども前記分析表より常滑粘土の米國産に比し甚だしき遜色あきを推認するを得可く高濱及武豊の粘土の成分も亦之と大同小異なる可きが故に製造業者にして爾後之等の點に相當の研究を拂ひ化學成分の過不足を按配し且つ現在の手作製法を改良するに於ては、一層優良なる製品を得る事決して至難に非ざる可く特に外國にては土管の變形を防がんが爲め砂黄土又は土管の碎粉等を粘土中に、其性質に應じ適當の割合を以て混合するが如きは採りて製作上の參考に資する敢て徒勞に非ざる可きあり

備考、第五表の分析表中米國のものは、Ogden's Sewer Construction ちり常滑の粘土は、田村典瑞氏著

土管の強さ

工業試験法に據れり

七、管の厚さと最大彎曲率との關係

本試験の荷重の方法は第二項に記載したるが如し、故に彎曲率を計算するに當り、第三圖の如く、A 及 C に於て集合荷重を受けたるものと仮定するを得可し、今最大彎曲率を  $M$  とし、A、B、C、D に於ける彎曲率を夫々、 $M_A$ 、 $M_B$ 、 $M_C$ 、 $M_D$  とするときは

$$M_A = M_C = -1.636P_1r$$

$$M_B = M_D = +1.364P_1r$$

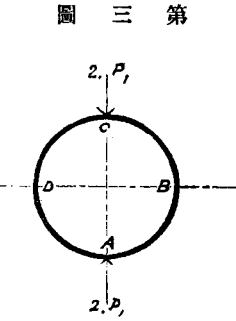


圖 三 第

但し  $P_1$  は管上に受くる全荷重の半分にして、 $r$  は管の半径に、其厚さの半分を加へたるものなり、

(彎曲率の計算に關しては、本誌第三百二十卷を参照せられよ)

即ち此場合に於ては、A 及 C 點に生ずる彎曲率最大にして、B 及 D 點に於て最大軸應力を生ずるあるも其影響彎曲率に比すれば甚だ微細あるが故に管の破壊は全く A 及 C 點に於ける彎曲率に起因せしものなるや明かあり、而して此最大彎曲率が管の厚さに對し如何なる關係を有するものあるやを研究せんと欲し、各種の供試管につき夫々其最大彎曲率を求め、且つ厚さに種々の係數を乘じて比較したるに、其結果は第六表に記載せるが如く殆んど凡ての管に對して、

$$\frac{M}{r \cdot \sigma} = \text{定數}$$

とすること最大最小の差、最も僅小にして適當なるを發見せり、但し武豐土管に關しては供試土管の數少く、標準とすること不可能あるが故に、之を除外したり、

第六表

產地	內徑	試驗個數	厚さ (t)		荷重 (P)	M	M/t <sup>1.6</sup>	M/t <sup>1.65</sup>	M/t <sup>1.7</sup>	備考	
			分	吋							
常滑	六寸	3	5.9	.70	4.00	2473	3140	5519	5618	5720	●印は最大 *印は最小
		"	6.1	.73	5.12	2503	4075	6792	6792	6907	
		"	8.6	1.03	5.27	3870	6486	6177	6177	6177	
	八寸	4	7.6	.91	6.46	2469	5071	5897	5897	5966	
		"	10.8	1.29	6.65	3815	8069	5379	5309	5240	
		"	8.6	1.03	7.67	2073	5056	*4815	*4815	*4815	
	一尺	3	11.5	1.37	7.84	4305	10732	6504	6388	6276	
		"	9.6	1.14	9.57	2720	8277	6729	6675	6622	
		"	12.6	1.50	9.75	3984	12350	6466	6333	6206	
	一尺五寸	4	11.4	1.36	12.68	2373	9568	5834	5764	5662	
		3	15.3	1.83	12.92	3404	13987	5318	5161	5013	
		36		1.17				5948	5903	5873	
高濱	六寸	3	4.3	.51	3.86	1585	1945	5721	5894	6078	平均
		"	6.2	.74	5.12	2455	3997	6447	6552	6661	
		"	7.4	.88	5.19	2996	4943	6028	6102	6102	
	八寸	"	5.3	.63	6.32	1264	2541	5294	5407	5524	
		"	12.8	1.53	6.77	5201	11198	*5656	*5544	*5436	
		"	7.9	.94	7.62	1797	4354	*4785	*4838	*4838	
	一尺	"	10.2	1.22	7.76	3703	9139	6622	6575	6528	
		"	8.9	1.06	9.53	1967	5962	5420	5420	5420	
		"	16.2	1.93	9.97	5636	17866	6247	6036	5839	
	一尺五寸	"	8.0	.95	12.48	1602	6358	6911	6911	6.11	
		2									

論說及報告

土管の強さ

産地	内徑	試験個數	厚さ (ノ)	γ	荷重 (2P <sub>1</sub> )	M	M/γ <sup>1/2</sup>	M/γ <sup>1/3</sup>	M/γ <sup>1/4</sup>	備考
濱高	二尺	3	15.8 分	1.88 吋	12.94 吋	3773 封度	15526 吋封度	5646	5486	5299
		32	1.11					5889	5888	平均

八、バーボア氏公式との對照

土管の強さを求むるに最も適當にして且つ能く知られたるはバーボア氏 (Mr. Barbours) 公式あり、次の如し、

$$P = C_1 \frac{A_{1.65}}{d}$$

但し P は土管の長さ一呎に耐へ得可き封度にて示せる外壓力、d は時にて示せる土管の内徑、γ は時にて示せる土管の厚さ、C<sub>1</sub> は係數にして、33,000 を以て之を示せり、而して本試験に於て得たる結果は又、

$$M_{\mu.65} = C_1 \dots\dots\dots (a)$$

にして常滑土管に在りては、C<sub>1</sub> = 5903 高濱土管にては C<sub>1</sub> = 5888 あること、前述の如し、故に兩者の平均數 5895 を以て本邦土管の係數と考るを得可し、然るに

$$M = 1.636P\gamma$$

にして、P<sub>1</sub> は全荷重の半分、γ は管の半徑に厚さの半分を加へたるものがあるが故に、今 P を土管の長さ一尺に對する破壊荷重とし、d を土管の内徑とすれば、



$$M = 636 P \cdot \frac{d+1}{2} \dots\dots\dots (1)$$

あり、故に(2)式に(3)式を代用し之を書き換ふれば、

$$P = 18500 \cdot \frac{d^{.68}}{d+1}$$

然るに、 $\delta$ は $d$ に比し常に最小にして、漸く一割内外に過ぎず、故に分母中の $\delta$ を省略し其代りに係數に於て、其誤差を斟酌せん爲め、其約一割を減する時は殆んど大差あき、結果を得可し即ち、

$$P = 17000 \frac{d^{.68}}{d} \dots\dots\dots (1)$$

之れバーボーマ氏公式と全く全形あり、但し(1)式は頂點にのみ集合荷重を受け管の底部のみにて之を支ふる場合、即ち本試験の如く荷重せし者にのみ應用し得可き事先に述べたるが如し、次に(1)式より求めたる破壊荷重と實驗上の結果との比較表を掲ぐ可し、

第七表

産地	内径		種類	厚さ		長一尺に對する破壊荷重(封度)	實驗公式
	尺	吋		分	吋		
常清	.60	7.2	並	5.9	.70	1236	1322
全	.80	9.5	"	6.1	.73	1251	1074
全	"	"	厚	8.6	1.03	1935	1879
全	1.00	12.0	並	7.6	.91	1234	1218

論説及報告

土管の強さ

産地	内尺	徑吋	種類	厚さ		實驗式
				分	吋	
全	1.00	12.0	厚並	10.8	1.29	1907 2153
全	1.20	14.3	厚並	8.6	1.03	1036 1248
全	"	"	厚	11.5	1.37	2152 1997
全	1.50	18.0	厚並	9.6	1.14	1360 1171
全	"	"	厚	12.6	1.50	1992 1842
全	2.00	24.0	厚並	11.4	1.36	1186 1134
全	"	"	厚	15.3	1.83	1772 1920

土管を土壤中に深く埋設したる場合に於ては、土壤の性質及埋戻土の搦固め如何により、多大の相異なる可きは當然ありと雖ども、必ず縦壓力の外に多少の横壓力を受く可きは事實なる可し、然れども今日に於ては、之等の關係甚だ不分明あるを以て横壓力を除外する事最も安全ある可く、又縦壓力の分布も充分に埋戻されたる場合に在りては、第四圖の如く管の全面に等布さるゝ者と考ふるを得可し、而して此際に於ける最大彎曲率は

$$M = .25Pr$$

なり故に、此値を(1)式に入れ之を換するときは約

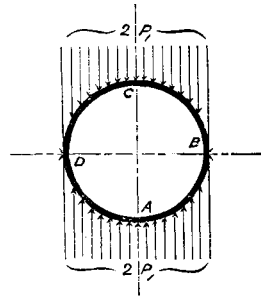
$$P = 43000 \frac{A_{as}}{r^2} \dots\dots\dots (2)$$

とある、但し(2)式は第四圖の如く荷重及其反動力が管の全面に涉り等布されたる場合にのみ應用す

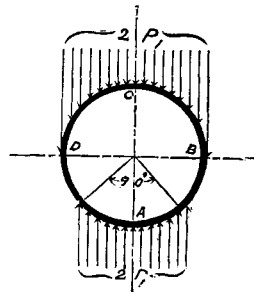
るを得べし。

然るにパーポア氏公式を検するに其係数の33000なる事、及其試験方法は、豫め供試土管を土中に

第 四 圖



第 五 圖



埋め其の上を土壤を以て覆ふ事約一尺ならしめ、然る後水壓作用により土管に壓力を加へたる者なれば埋戻の不充分等に起因し其反動力は、土管の全面に等布せられずして、第五圖の如く約九十度位の角度中に分布せられたる者と推するを得可きか、去すれば

あるが故に是より(1)式を換算すれば約

$$M = 360P_r$$

$$P = 30000 \quad r = 1.56 \dots \dots \dots (3)$$

ある結果を得べし、即ち(3)式は、パーポア氏公式と最も近似するのみならず、本邦の土管は米國の製品に比し製作法の幼稚ある等に因り其強度に於て一割位の差あるは當然ある可きが故に、(3)式を以て本邦の土管の破壊應力を求む可き公式として、パーポア氏公式と最も良く合致する者と推測するを得可し。

要するに土管の布設に當り特に其下半部の埋戻如何は、土管の強度に多大の影響を與ふるは事實にして最も注意を要する事ありと雖ども、實際に於ける之等の施工甚だ困難にして、混凝土又は他の良質の材料を以て完全に之を填充せし場合は別とし、單に土壤のみにて埋戻せる場合の如きは其施工

土管の強さ

の最も注意されたる場合と雖ども尙ほ、反動力の管の全面に涉り等布せられたる者と見做し、(2)式により土管の破壊應力を求むるは頗る不安心にして、寧ろ(3)式を用ゆるの適當あるを信するあり

九、公式により求めたる土管の標準厚

パーポア氏は彼の實驗に於ける結論として、普通土管の厚さは長さ一尺につき破壊荷重三千封度厚形土管に在りては全しく四千五百封度に耐ゆるを要すと論せり、而して埋戻土より生ずる土壓は覆土の増進に従ひ限りかく増加するものに非ずして、深さの増加に伴ひ漸次其増率を減少し遂に或る限度に達して止むものある可く、管上を通過する活荷重の影響も亦土壌より漸次管体に傳達せらるゝ者あれば、覆土の深さ増加するに従ひ、壓力の減少するは明瞭ある道理なり、然れども之等に關しては學說多様にして信頼に困むと雖ども、實際に於て六尺未滿の深さに布設されたる土管にして、通常の活荷重を受くる場合に在りては其最大荷重を土管の長一尺に對し二千封度と見れば充分ある可く、而して十二尺未滿の深さ迄は三千封度二十尺内外に在りては四千五百封度と假定するも大過あかる可きあり、

故に試みに二千封度、三千封度及四千五百封度の荷重に耐へ得可き土管の厚さを(3)式より求めたるに、第八表の如き結果を得たり

第八表

内	徑		二千封度の荷重に耐ゆる土管の厚さ		三千封度の荷重に耐ゆる土管の厚さ		四千五百封度の荷重に耐ゆる土管の厚さ	
	吋	尺	吋	分	吋	分	吋	分
6	.50	.57	4.8	.73	6.1	.94	7.9	
9	.75	.73	6.1	.94	7.9	1.20	10.0	

12	1.00	.87	7.3	1.12	9.4	1.43	12.0
15	1.25	1.00	8.4	1.28	10.7	1.64	13.7
18	1.50	1.12	9.4	1.43	12.0	1.83	15.3
21	1.75	1.23	10.3	1.57	13.2	2.00	16.8
24	2.00	1.33	11.1	1.70	14.2	2.17	18.2

公式より求めたる結果は以上の如しと雖ども、土管の強度は鐵管の如きものと異なり、假令其厚さ重量等殆んど全一なりと雖ども、破壊荷重に於て非常の相違あるは、試験成績表中に列記したるが如し、故に土管を使用するに當り、之等の點に充分の注意を拂ひ、其狀況に應じ適當の安全率を置く事も緊要の事たる可し。

### 十、結 論

以上述べたる所を綜括すれば、大要左の如し。

(一) 本邦土管の缺點は其厚さ不同にして變形甚だしきに在り、故に一層原料の良否を研究し、製造法の改善を計り、之等の缺點を除き厚さの一樣と形態の正確とを具備するに於ては、著しく其強さを増進せしむるを得可し。

(二) 粘土の煉合せには最も注意す可し、土管の管身に小礫又は他の不純物を挿み、或は氣泡空隙等を含む時は、其強さを減ずる事意外に多大あり。

(三) 通常荷重を受けて罅裂を生ずる個所は、管の頂部底部及兩側部なり、故に土管の埋設に當り、此部分には特に注意する事最も必要なり。

(四) 土管一立方尺の重量を、約十五貫目と見れば大差おきか如し。

土管の強さ

二五〇

(五)土管の重量及其吸水量により、良否の大体を識別するを得可し、即ち一般に重量大にして吸水量小なる土管は、良好にして強さ大あり

(六)パーボア氏公式は本邦の土管にも適用するを得可し

$$P = C \cdot \frac{A_{int}}{d}$$

但し P は土管の長さ一尺に耐へ得可き封度にて示せる外壓力、d は吋にて示せる土管の内徑、C は吋にて示せる土管の厚さ、C は係數にして普通の土壤にて埋戻せる場合は 3000 とするを適當と認む

(七)土管を布設するに當り、其埋戻如何により其強さに影響する事多大あるを以て、此點に注意する事最も必要なり、而して特に深さの大なる場合又は甚だしき重量体の通過する虞れある場所に土管を布設する時は、其下半部を混凝土又は他の好材料を以て、填充するを得策とす、何とあれば混凝土を用ふる時は、土壤のみにて填充せしものに比し、彌々衝動に耐へ、少くも五割以上の強さを増進せしめ得る事他の實驗により確むるを得たればあり

左の一篇は逓信省電氣局技術課より寄せられたるものにして會員の参考に資する所多かるべしと認め之を登載することとせり

編 者

### 調査第一木柱の大きさの計算法

逓信技師 澁澤元治

逓信技師 石上常五郎

電線支持物たる木柱の設計には煩雜なる計算を要するを以て、今最も普通の場合を考へ實用に供し