

# 論 說 報 告

第 21 卷 第 3 號 昭和 10 年 5 月

## 鑄 鐵 管 の 強 さ に 就 て

### 第 2 編

#### 鑄 鐵 管 の 各 種 試 験 及 び 強 さ

會 員 工 學 士 池 田 篤 三 郎\*

#### On the Strength of Cast Iron Pipes (Part II)

By Tokusaburo Ikeda, C. E., Member.

#### 内 容 梗 概

本文は當學會誌第 21 卷第 4 號所載“鑄鐵管の強さに就て、第 1 編鑄鐵管試験片の強さ”の續編にして鐵管自體の強さ、試験片と管實體の強さとの關係等に就て行ひたる各種實驗に就て述べその結果より現今施行の試験方法、管の寸法等を吟味し、管の安全度に論及したものである。

#### 目 次

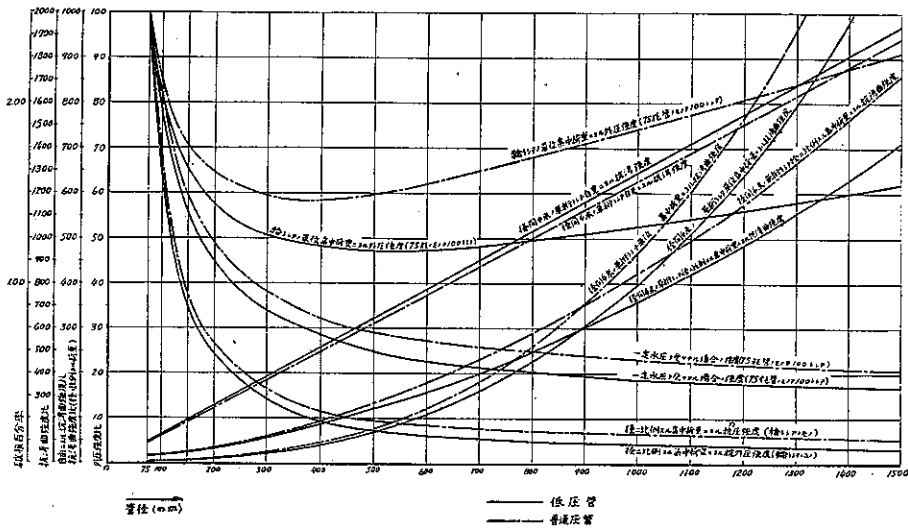
第 3 章 管の強さ	43
第 1 節 水壓に依る破壊試験	44
第 2 節 水壓以外の外力に依る破壊試験	47
第 3 節 口径 1700 mm 乙種高級鑄鐵管全管及び切管の撓度並に破壊試験	54
第 4 節 口径 1700 mm 鋼鐵管の撓度試験	65
第 5 節 路面下に布設されたる鐵管の撓度試験	67
第 4 章 結 論	69
第 1 節 試験方法	69
第 2 節 鐵管の強さ	70
第 3 節 管の長さ重量	70
第 4 節 管の安全度	70

#### 第 3 章 管の強さ

別に鑄造せる試験片は勿論鐵管より切取つた試験片でも完全に鐵管の強さを表はす事は困難であります。夫れは鐵管中に必然的に存在する片肉、氣泡其の他の瑕疵又は強度の不均等の爲、管の一部が先に破壊します、即ち鐵管の實際の強さは鐵管破壊試験に據つてのみ知る事が出来るのであります。據つて名古屋市鐵管検査場で水壓による破壊試験、鐵管を輪と考へた場合及び桁と考へた場合の破壊試験並に落下による破壊試験等各種の試験を行ひました。又大口径乙種高級鑄鐵管並に鋼管の地上地中に於ける撓度試験をも併せ行ひましたから、以下之等に就て詳述致します。

\* 名古屋市水道部長

第 78 圖 上水型普通鑄鐵管強度比較圖



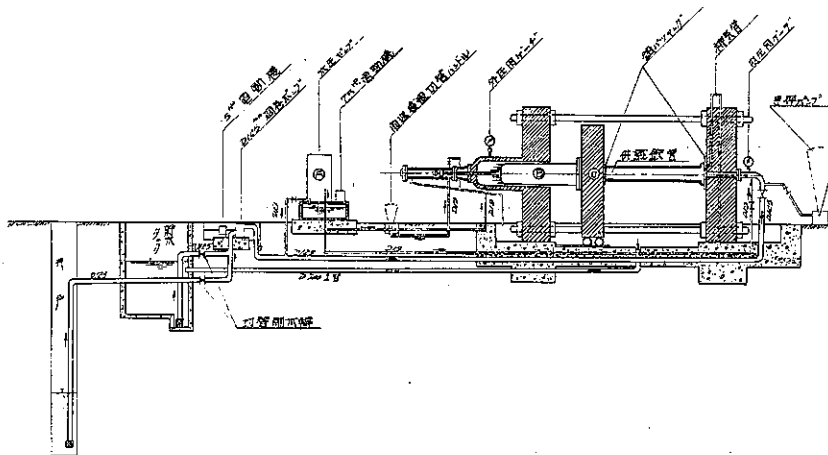
第 1 節 水壓に依る破壊試験

本実験は昭和 7 年 2 月より 3 月に互り名古屋市鐵管検査場に於て口径 3~16 吋の普通鑄鐵管總數 46 本に付水壓に依る破壊試験を行ひ、破壊強度と管径、管厚との關係を實驗より見出さんとせるものであります。

(イ) 試験方法と其の結果

本実験に使用した試験機はすべて水壓式で構造は第 79 圖に示した通りであります(第 30 圖参照)。

第 79 圖 水壓試験機説明圖



即ち 7.5 馬力の水壓唧筒 (A) に依つて径 695 mm の水筒 (B) を壓出し、鐵板 (C) に依り供試鐵管を締付けると同時に唧筒より減壓弁を経て管内へ規定の水壓迄加へ、之以上破壊に至る迄の水壓は手押唧筒に依つて壓送しました。

而して鐵管と鐵板 (C) との間に漏水止として鉛バックングを用ひ鉛バックングの両面には充分油を塗つて鐵管と試験機との間の摩擦を成るべく少なくする様にしました。尚供試鐵管の數量を口径別に示すと第 66 表の通

第 80 圖 鐵管破壞試驗狀況



りて其の長さは約 300 mm, 600 mm, 900 mm 及び 2 000 mm の 4 種であります。

第 66 表 試験に供したる普通鑄鐵管

管径 (mm)	本数 (本)	管長 (mm)	備 考
76.2 (3")	7	1997 - 302	伊勢管は昭和7年
101.6 (4")	-	1950 - 212	伊勢管に製作、今
152.4 (6")	-	1394 - 301	今より名が下
203.2 (8")	-	2000 - 287	
254.0 (10")	-	2284 - 303	
304.8 (12")	-	1820 - 301	
406.4 (16")	4	1118 - 309	

試験の結果は第 67 表及び第 81 圖の如くなります。

この成績より見ますと管長と破壊水壓との間には一定の關係がなく、此の結果と前述の鑄鐵管と試験機との接觸面に使用した鉛パッキングに充分油を塗つて摩擦を成る可く少くした事より、兩端より壓縮される爲に起る摩擦が破壊を妨げる抵抗は破壊水壓に比し僅なるものと考へられますから、本實驗に於ては兩端より壓縮される影響に對し破壊水壓を是正しませんでした。而して實驗の結果は各種管徑、管長を通じ破壊水壓は最大 306 kg/cm<sup>2</sup>、最小 72 kg/cm<sup>2</sup> で大體管徑が増すにつれ破壊水壓は減少してゐます。

(口) 破壊強度の計算

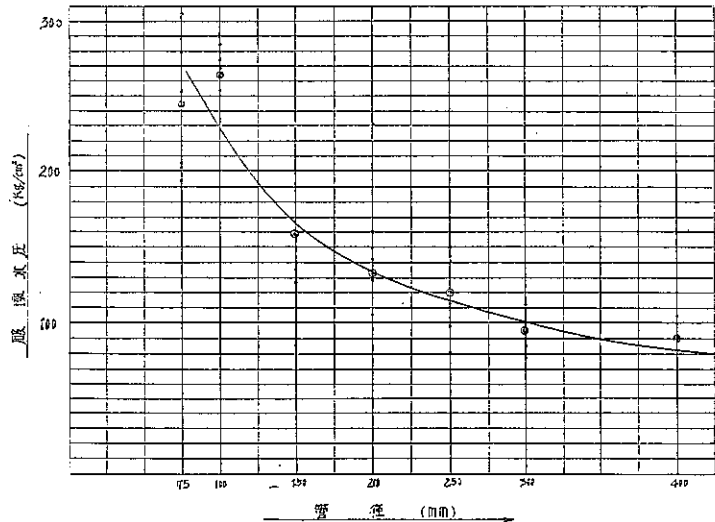
上述の實驗結果より管の破壊強度の計算を行ふに當り兩端より壓縮される影響は破壊水壓に比し僅なるものとして計算に算入しません。

第 67 表 鑄鐵管の水壓に依る破壊試驗成績

試験年月 昭和 9 年 2 月  
試験場所 河内電氣株式會社検査場

管径 D (mm)	管径 d (mm)	管長 L (mm)	破壊水壓 P (kg/cm <sup>2</sup> )	破壊水壓 P (kg/cm <sup>2</sup> )	備考	
1	76.2 (3")	265	28	302	16.0	281
2	-	260	20	608	29.0	153
3	-	270	22	967	16.0	300
4	-	270	20	1287		119
5	-	260	21	325	25	153
6	-	270	20	475	18.0	200
7	-	240	22	527	18.0	266
8	101.6 (4")	1025	25	212	13.0	280
9	-	1010	26	302	2.0	253
10	-	1020	26	439	13.0	180
11	-	1010	18.0	626	10.0	266
12	-	1120	21	629	13.0	231
13	-	1120	27	508	13.0	267
14	-	1110	21	1250		209
15	152.4 (6")	1375	29	301	12.0	137
16	-	1360	29	303	15.0	211
17	-	1375	25	608	16.0	137
18	-	1310	16.0	605	20.0	221
19	-	1357	22	409	12.0	184
20	-	1310	16.0	409	20.0	211
21	-	1357	20	1294		135
22	203.2 (8")	2050	16.0	227	20.0	127
23	-	2021	12.0	300	10.0	182
24	-	2060	13.0	576	20.0	137
25	-	2059	11.0	602	21.0	159
26	-	2070	11.0	755	22.0	166
27	-	2050	16.0	812	20.0	137
28	-	2060	11.0	2000		131
29	254.0 (10")	2120	12.0	303	30.0	100
30	-	2540	12.0	364	20.0	80
31	-	2520	13.0	602	30.0	141
32	-	2520	13.0	605	25.0	115
33	-	2520	13.0	626	26.0	112
34	-	2520	11.0	969	25.0	143
35	-	2530	13.0	2200		92
36	304.8 (12")	3050	14.0	301	36.0	77
37	-	3099	12.0	365	42.0	35
38	-	3061	12.0	409	30.0	49
39	-	3060	13.0	606	40.0	47
40	-	3050	13.0	828	46.0	32
41	-	3061	13.0	429	40.0	111
42	-	3037	12.0	1220		111
43	406.4 (16")	4069	14.0	309	50.0	105
44	-	4067	15.0	611	50.0	41
45	-	4059	13.0	911	50.0	100
46	-	4051	16.0	1110		72

第 81 圖 管徑と破壊水壓との關係

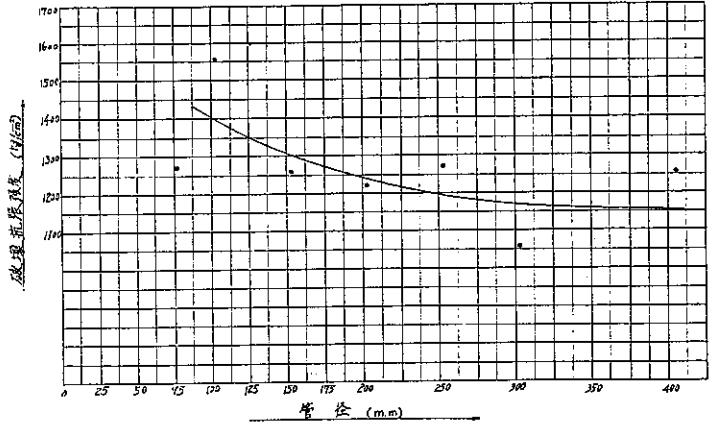


鑄鐵管の水壓に對する抗張強度計算に關しては薄管としてのもの、厚管としてのものがあります。

又厚管のものは max. stress rule, max. strain rule 及び max. stress difference rule に依りて破壊されるゝ  
**第 82 圖 破壊抗張強度と管徑との關係**

等の説があつて一定してみませんが、  
 本計算では max. stress rule に依る  
 事とし、又參考として薄管とせるもの  
 も算出しました。以下計算並に圖表に  
 使用した記號は次の通りであります。

- D: 公稱内徑 (mm)
- d: 實内徑 (mm)
- t: 破壊部分の管厚 (mm)
- l: 供試鐵管の長さ (mm)
- A<sub>1</sub>: 管厚斷面積 (cm<sup>2</sup>)
- A<sub>2</sub>: 有效斷面積 (cm<sup>2</sup>)
- P: 破壊水壓 (kg/cm<sup>2</sup>)



- P<sub>1</sub>: 徑 695 mm の水筒を押す壓力 (kg/cm<sup>2</sup>)
- P<sub>2</sub>: 徑 695 mm の水筒を押す力 =  $\frac{\pi}{4}(69.5)^2 P_1$  (kg)

P<sub>3</sub>: 破壊時管厚に働く推力 =  $\frac{P_2 - P_1 A_2}{A_1}$  (kg)

$k = \frac{d + 2t}{d}$

- f<sub>1</sub>: 薄管としての破壊抗張強度 (kg/cm<sup>2</sup>)
- f<sub>2</sub>: 厚管としての max. stress rule に依り計算せる破壊抗張強度 (kg/cm<sup>2</sup>)

従つて薄管としての計算式は

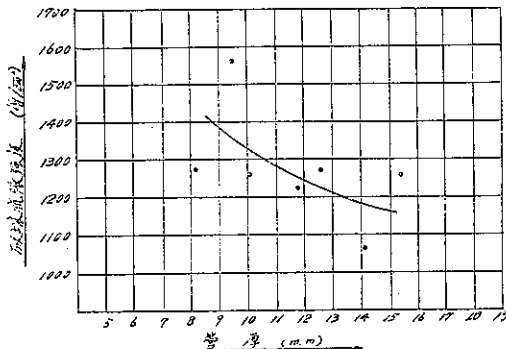
$f_1 = \frac{Pd}{2t}$  .....(1)

厚管としての計算式は

$f_2 = P \frac{k^2 + 1}{k^2 - 1}$  .....(2)

計算の結果は第 63 表の如く之等の關係を圖示しますと第 82 圖並に第 83 圖の通りであります。

**第 83 圖 破壊抗張強度と管厚との關係**



**第 68 表 鑄鐵管の内壓に對する強度**

管号	公稱内徑 D(mm)	實内徑 d(mm)	管厚 t(mm)	Δ	破壊水壓 P(kg/cm²)	破壊時管厚 t(mm)	f <sub>1</sub> (kg/cm²)	同平均値 (kg/cm²)	f <sub>2</sub> (kg/cm²)	平均値 (kg/cm²)
1	76.5	76.5	8.0	0.1159	281	1.825	1272		1376	
2	78.0	78.0	9.0	0.1169	253	1.705	1268		1269	
3	77.0	77.0	9.2	0.1192	306	1.824	1291		1452	
4	77.0	77.0	9.0	0.1169	279		1198	1151	1247	1274
5	77.0	77.0	9.1	0.1222	193	1.830	1047		1151	
6	78.0	78.0	7.0	0.0826	209	1.825	1191		1185	
7	78.0	78.0	7.3	0.0828	202	1.817	1093		1203	
8	112.5	112.5	8.5	0.0927	282	1.722	1511		1662	
9	111.0	111.0	8.6	0.0920	293	1.716	1371		1668	
10	112.0	112.0	8.2	0.0902	285	1.72	1574		1728	
11	116.0	116.0	10.0	0.1020	266	1.857	1282	1497	1537	1569
12	116.0	116.0	9.1	0.0955	232	1.76	1326		1831	
13	116.0	116.0	9.7	0.0960	255	1.824	1300		1335	
14	116.0	116.0	9.1	0.0950	274		1426		1669	
15	121.5	121.5	8.9	0.0927	197	1.85	1081		1192	
16	120.0	120.0	10.7	0.1112	211	1.83	1474		1371	
17	126.0	126.0	9.5	0.0857	127	1.92	1013		1082	
18	126.0	126.0	11.2	0.0952	221	1.86	1480	1178	1088	1262
19	126.0	126.0	9.9	0.0832	84	1.92	665		724	
20	126.0	126.0	11.0	0.0920	211	1.80	1480		1560	
21	126.0	126.0	10.0	0.0832	125		1064		1162	
22	126.0	126.0	11.5	0.0952	127	1.82	1137		1208	
23	126.0	126.0	12.3	0.0964	160	1.84	1208		1248	
24	126.0	126.0	13.1	0.0936	127	1.86	939		1066	
25	126.0	126.0	11.6	0.0952	180	1.82	1382	1150	1466	1226
26	126.0	126.0	10.5	0.0856	100	1.94	926		991	
27	126.0	126.0	11.0	0.0932	127	1.82	1178		1285	
28	126.0	126.0	10.7	0.0952	141		1291		1376	
29	126.0	126.0	12.5	0.0964	149	1.82	1320		1376	
30	126.0	126.0	13.0	0.0968	80	1.94	806		878	
31	126.0	126.0	12.0	0.0971	151	1.84	1438		1522	
32	126.0	126.0	13.1	0.0952	115	1.84	1116	1214	1166	1276
33	126.0	126.0	13.0	0.0956	110	1.84	1066		1228	
34	126.0	126.0	11.3	0.0922	163	1.82	1013		1068	
35	126.0	126.0	11.0	0.0952	98		806		871	
36	126.0	126.0	11.0	0.0956	77	1.77	826		876	
37	126.0	126.0	10.5	0.0902	85	1.82	1058		936	
38	126.0	126.0	10.2	0.0902	84	1.86	1107		1133	
39	126.0	126.0	10.9	0.0920	97	1.82	930	1038	1087	1077
40	126.0	126.0	13.3	0.0967	98	1.82	1107		1160	
41	126.0	126.0	12.9	0.0952	111	1.82	1222		1280	
42	126.0	126.0	12.0	0.0952	111		946		1005	
43	126.0	126.0	10.5	0.0922	105	1.82	1385		1480	
44	126.0	126.0	10.2	0.0920	91	1.86	1216	1210	1262	1260
45	126.0	126.0	10.2	0.0920	100	1.82	1338		1390	
46	126.0	126.0	11.1	0.0921	72		911		949	

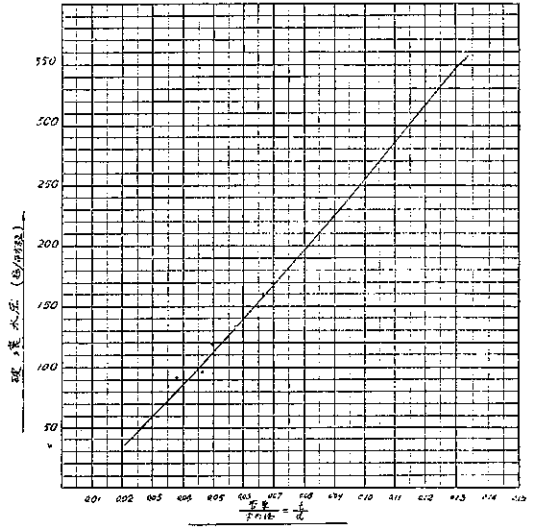
之に依りますと各管徑を通じ破壊抗張強度は最大 1728 kg/cm<sup>2</sup>, 最小 709 kg/cm<sup>2</sup> で平均 1278 kg/cm<sup>2</sup> となりました(以上厚管とせる場合)。

即ち之等試験に供した普通鑄鐵管の約半数は水道協會の規格抗張強度 12.5 kg/mm<sup>2</sup> 以上を管實體が有する事となります。

而して實際破壊した各徑別の平均水壓と  $\frac{t}{d}$  (t: 管厚 d: 管徑)との關係圖(第 84 圖)から破壊水壓を求め水道協會規格の管厚計算に使用した規定許容水壓に對する安全率を求めますと第 69 表, 第 70 表の如く普通壓, 低壓共管徑 800 mm 以下では試験片抗張強度に對する安全率である 5 以上となり, 餘裕厚のため小管は甚だ大なる安全度を有してゐますが, 大管に於てはその影響も少く所期の安全度を有しないことになります。

尙管徑と破壊抗張強度との關係は前章に述べました各種普通鑄鐵管より切り取つた試験片の抗張強度と口徑の關係と大體同じ傾向を示してゐます。

第 84 圖 破壊水壓と  $\frac{t}{d}$  の關係



第 69 表 上水協議會型普通壓管の耐水壓安全率

番号	公称内径 d (mm)	管厚 t (mm)	$\frac{t}{d}$	破壊圧力 P (kg/cm <sup>2</sup> )	安全率 $\frac{P}{12.5}$
1	75	10.8	0.1440	36.5	2.92
2	100	12.7	0.1270	27.7	2.22
3	125	11.3	0.0904	22.7	1.82
4	150	11.0	0.0733	19.4	1.55
5	200	12.0	0.0600	15.2	1.22
6	250	12.0	0.0480	12.9	1.03
7	300	12.1	0.0403	11.3	0.90
8	350	12.2	0.0349	10.3	0.82
9	400	12.3	0.0308	9.4	0.75
10	450	12.4	0.0278	8.9	0.71
11	500	12.5	0.0250	8.3	0.67
12	600	12.7	0.0212	7.9	0.63
13	700	12.8	0.0183	7.1	0.57
14	800	12.9	0.0161	6.6	0.53
15	900	13.0	0.0144	6.3	0.50
16	1000	13.1	0.0131	6.1	0.49
17	1100	13.2	0.0120	5.9	0.47
18	1200	13.3	0.0111	5.8	0.46
19	1300	13.4	0.0104	5.5	0.44
20	1500	13.5	0.0090	5.2	0.41

第 70 表 上水協議會型低壓管の耐水壓安全率

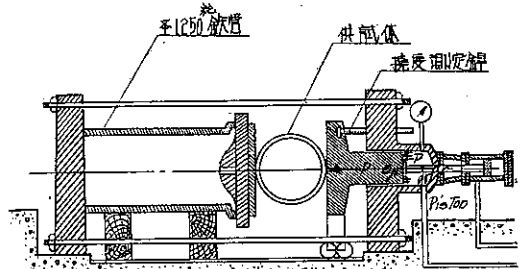
番号	公称内径 (mm)	管厚 (mm)	管径 (mm)	$\frac{t}{d}$	破壊圧力 P (kg/cm <sup>2</sup> )	安全率 (倍)
1	75	27	76.2	0.3543	36.1	2.89
2	100	18.1	101.2	0.1788	25.1	2.01
3	125	16.2	126.2	0.1284	20.0	1.60
4	150	10.0	151.2	0.0662	17.2	1.38
5	200	11.7	201.2	0.0582	13.3	1.06
6	250	16.5	251.2	0.0657	11.1	0.89
7	300	13.3	301.2	0.0442	10.5	0.84
8	350	14.1	351.2	0.0402	9.5	0.76
9	400	14.0	401.2	0.0349	7.7	0.62
10	450	15.7	451.2	0.0348	7.3	0.58
11	500	16.5	501.2	0.0329	6.0	0.48
12	600	18.1	601.2	0.0302	5.9	0.47
13	700	14.7	701.2	0.0210	5.4	0.43
14	800	21.3	801.2	0.0266	5.0	0.40
15	900	22.0	901.2	0.0244	4.6	0.37
16	1000	24.5	1001.2	0.0245	4.3	0.34
17	1100	26.1	1101.2	0.0237	4.1	0.33
18	1200	27.7	1201.2	0.0230	4.0	0.32
19	1300	30.1	1301.2	0.0231	3.8	0.30
20	1500	32.5	1501.2	0.0217	3.7	0.29

即ち管徑が増す程抗張強度は減少してゐます。

第 2 節 水壓以外の外力に依る破壊試験

次に實際に鐵管の布設並に運搬等の際に働くと思はれる外力に對する鐵管の強さを験すために次の様な試験即ち (1) 輪としての破壊試験, (2) 桁としての破壊試験, (3) 落下衝撃に依る破壊試験等を行ひ又 (4) 運搬其の他取扱に依る破損数をも調査しました。

第 85 圖 輪としての破壊試験装置



(1) 輪としての破壊試験

本実験は昭和7年9月名古屋市鐵管検査場に於て水壓試験機を用ひ第85圖の如き装置で供試體全長に荷重を

第71表 輪としての破壊試験に於ける荷重と撓度との關係

試験月日 昭和7年9月  
場所 名古屋市鐵管検査場

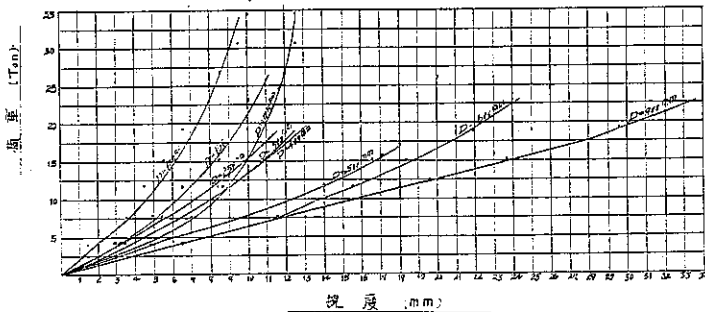
管径 (mm)	D=75 mm			D=100 mm			D=150 mm		
	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考
2015	3	4	3015	1	3	3015	3	3	
2630	7	7	3030	5	5	3030	6	5	
11625	8	9	11625	5	5	11625	7	6	
15260	10	11	15260	4	7	15260	9	9	
18075	12	10	18075	5	8	18075	11	9	
22090	12	11	22090	7	9	22090	12	10	
26005	13	11	26005	7	9	26005	12	12	
30520	13	11	30520	9	10	30520	14	14	
34235	13	12	34235	10	11				
38250	13	12							
42965	13	12							
48280	13	12							
D=250 mm									
管径 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考
3015	3	3	3015	3	3	3015	2	2	
2630	5	5	2630	5	5	2630	5	6	
11625	7	6	11625	7	8	11625	8	9	
15260	7	8	15260	9	10	15260	11	10	
18075	8	8	18075	11	12	18075	13	12	
22090	8	8	22090	12	13				
26005	8	8							
30520	8	8							
D=400 mm									
管径 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考
3015	3	3	3015	5	5	3015	5	5	
2630	6	6	2630	8	8	2630	10	9	
11625	8	8	11625	11	12	11625	15	13	
15260	10	10	15260	13	14	15260	17	16	
18075	12	12	18075	17	17	18075	21	19	
22090	12	12							
D=600 mm									
管径 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考
3015	6	7	3015	6	6	3015	7	6	
2630	11	12	2630	11	10	2630	15	12	
11625	16	17	11625	16	15	11625	27	16	
15260	16	20	15260	19	18	15260	28	21	
18075	19	24	18075	23	22	18075	31	24	
22090	21	26	22090	26					
D=900 mm									
管径 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考	荷重 (kg)	撓度 (mm)	備考
3015	6	6	3015	6	5	3015			
2630	12	12	2630	12	12	2630			
11625	19	16	11625	19	15	11625			
15260	27	21	15260	27	19	15260			
18075	36	25	18075	36	24	18075			
22090	47	33	22090	47	31	22090			
26005									
30520									

第72表 輪としての破壊試験成績表

試験月日 昭和7年9月  
場所 名古屋市鐵管検査場

管径 (mm)	平均内径 (mm)	平均外径 (mm)	平均壁厚 (mm)	管長 (mm)	破壊荷重 (kg)	破壊時撓度 (mm)	水圧印痕 (mm)	管端部撓度 (mm)
1	75	86.5	7.5	1650	43873	439	14	
2	75	98.0	7.0	1650	43873	439	12	
3	100	161.5	10.0	1725	32429	323	15	
4	100	182.0	10.0	1725	32429	323	11	1.2
5	150	176.0	15.0	1750	23653	237	14	3.0
6	150	176.5	15.25	1600	27469	275	13	-
7	200	229.0	20.0	1700	28705	287	11	2.2
8	200	230.0	20.0	1600	13283	132	8	1.3
9	200	230.0	20.0	1700	15260	152	8	1.9
10	250	289.0	25.0	1750	22883	210	14	4.5
11	250	289.0	25.0	1600	22883	210	13	5.0
12	250	290.0	25.0	1600	17167	171	13	5.0
13	300	340.0	30.0	1800	12257	122	12	8.0
14	300	339.0	30.0	1600	12168	121	14	4.5
15	300	339.0	30.0	1650	12931	129	13	5.0
16	400	439.0	40.0	1600	23272	233	14	8.0
17	400	435.0	40.0	1600	17549	175	14	8.0
18	400	439.0	40.0	1600	12931	129	13	12.0
19	400	438.5	40.5	1600	13253	132	13	5.0
20	500	542.0	50.0	1600	15662	156	17	8.0
21	500	542.5	50.5	1750	15260	152	17	8.0
22	500	542.5	50.5	1650	15260	152	17	8.0
23	500	541.5	50.5	1750	17549	175	18	14.0
24	600	604.5	60.0	2000	22883	229	21	10.0
25	600	605.5	60.0	2000	22883	229	26	16.0
26	600	603.5	60.0	1850	19075	191	22	17.0
27	600	602.0	60.0	2150	22883	229	26	12.0
28	700	731.5	70.0	1950	19075	191	24	22.0
29	700	733.0	71.5	1950	15662	156	31	21.0
30	700	725.0	70.5	2000	18879	189	32	12.0
31	700	746.5	70.5	2300	12979	129	42	14.0
32	800	802.5	80.0	2000	22883	232	37	27.0
33	800	808.5	81.5	2400	19075	191	25	19.0
34	36	266.5	26.5	2000	21746	217	33	
35	42	1132.0	106.0	2950	21746	217	27	

第86圖 輪としての破壊試験に於ける荷重と撓度との關係



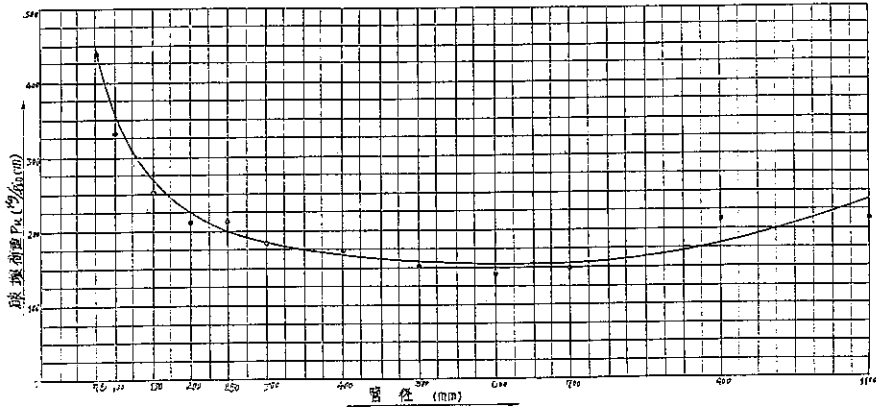
加へ鑄鐵管の輪としての撓度及び破壊試験を行ひました。

先づ荷重と撓度との試験結果を示しますと第71表及び第86圖の如くで大體同一荷重に對しての撓度は管径の大きさを増す程大きくなつてゐるのが認められます。次に破壊試験の結果は第72表及び第87圖の如

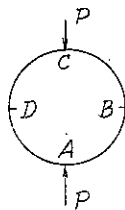
くなります。今破壊の状況を見ますと第88圖のA, C點にて鐵管軸の方向に破壊しましたが、小管径のものではB, D點にも龜裂を生じて居りました。然し管径400mm以上のものではB點又はD點に何等の龜裂をも認めませんでした。

以上の破壊試験の結果を通覧しますと輪としての強度は口径300mm

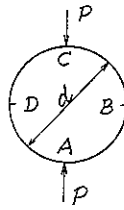
第 87 圖 輪としての破壊試験に於ける管径と破壊荷重との関係



第 88 圖



第 89 圖



乃至 700 mm の間のものが可成り弱く表はれて居ります。

次に破壊時の応力を計算するに當り荷重に依り生ずる撓曲率は最小働の原理から算出して次の通りであります。

$$\left. \begin{aligned} M_A = M_C = -0.159 Pd \\ M_B = M_D = +0.091 Pd \end{aligned} \right\} \therefore |M_A| > |M_B|$$

但 P: 管単位長に働く壓力 (kg/cm)

d: 鐵管の外徑と内徑の平均値 (cm)

之に依り破壊時に於ける破斷係數 (modulus of rupture) を計算しますと第 73 表 及び 第 90 圖の如くなります。

(2) 桁としての破壊試験

本實驗は昭和 7 年 8 月名古屋市鐵管検査場に於て第 91 圖に示す如く水壓試驗機を用ひて桁としての破壊試験を行つたものであります。

此の試験に於ては供試體の支間を 1.455 m とし、荷重としての水壓は壓力計にて測定し、之より總荷重を算出しました。又撓度は押管として使用した 1250 mm 鐵管にて測定しました。

今供試體の寸法及び破壊試験の結果を示しますと第 74 表 及び 第 92 圖の如くなります。

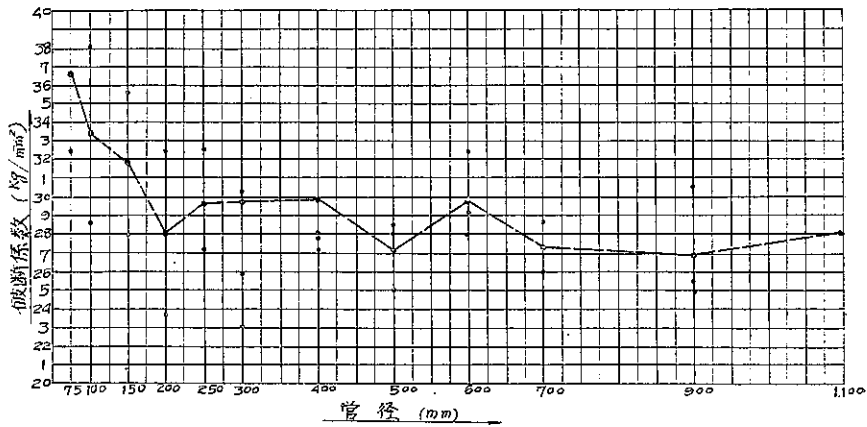
實驗の範囲内では破壊荷重は 200 mm 口徑までのものでは其の徑大なるもの程大きく表はれましたが口徑 200 mm 以上のものは急に破壊荷重は減じました。

次に荷重と撓度との關係は第 75 表及び第 93 圖の如くなります。口徑 75~100 mm のものに對しては荷重の撓度に對する影響は著しく大で口徑の増すに従つて撓度が小さくやつて居ります。

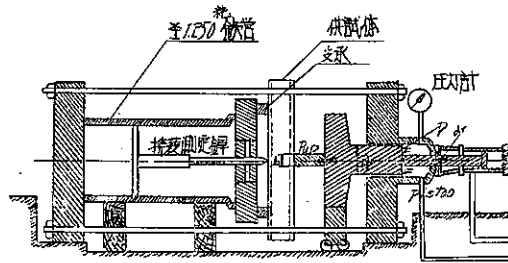
第 73 表 鑄鐵管の輪としての破斷係數

供試體番号	公称口径 (mm)	断面係數 S (cm <sup>3</sup> )	平均管径 d (cm)	最大管径 D (cm)	破斷荷重 P (kg)	破斷係數 σ <sub>r</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	平均撓度 (mm)
1	75	0.18117	8.5175	33.3476	32.49		
2	75	0.18042	8.300	61.218	40.83	30.06	
3	100	0.45844	11.072	60.8091	38.12	33.24	
4	100	0.20167	11.100	84.164	28.95		
5	150	0.22042	16.350	61.628	29.95		
6	150	0.20167	16.450	71.9210	29.67	51.81	
7	200	0.28167	21.000	91.213	32.91		
8	200	0.24000	21.775	40.2762	19.57	25.12	
9	200	0.24000	21.750	36.183	23.65		
10	250	0.30375	26.700	89.1212	29.35		
11	250	0.32647	26.550	88.579	27.70	24.88	
12	250	0.28167	26.300	71.628	28.53		
13	300	0.32647	31.300	78.129	30.28		
14	300	0.35200	31.000	86.750	22.17	26.12	
15	300	0.38962	31.775	70.4272	25.81		
16	400	0.62647	42.100	110.2631	36.95		
17	400	0.28647	41.325	116.5021	27.27		
18	400	0.42647	42.100	119.220	28.08	29.57	
19	400	0.40042	42.400	112.0470	27.98		
20	500	0.32647	52.025	121.717	26.98		
21	500	0.51042	52.025	125.570	25.00		
22	500	0.45847	52.650	125.570	38.12	27.24	
23	500	0.51042	52.025	140.049	28.04		
24	600	0.38647	62.125	220.210	28.04		
25	600	0.70042	62.375	221.150	32.00		
26	600	0.60275	62.200	188.750	27.81	25.91	
27	600	0.77062	62.075	220.135	27.95		
28	700	0.65375	73.050	221.827	35.01		
29	700	0.63275	73.225	181.257	28.66		
30	700	0.64275	73.175	178.377	26.00	25.27	
31	700	0.61167	72.250	171.085	19.41		
32	700	1.12067	93.150	36.7059	30.50		
33	700	1.12067	93.200	220.743	25.02	26.81	
34	700	1.20067	93.750	38.74.60	24.75		
35	400	1.35275	109.950	37.72.81	22.02	22.02	

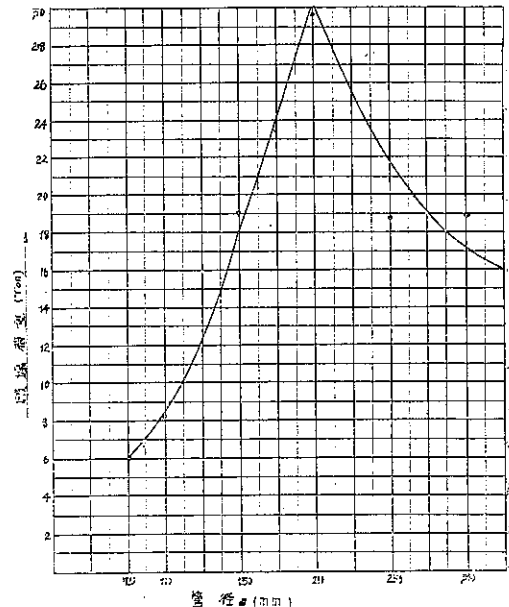
第 90 圖 鑄鐵管の輪としての破断係數と管徑との關係



第 91 圖 桁としての破壊試験装置



第 92 圖 桁としての破壊試験に於ける管徑と破壊荷重との關係



第 74 表 桁としての破壊試験成績表

試驗月日 昭和7年8月  
場所 石見県鹿島郡鹿島

桁番号	3筋内径 (mm)	外径 (mm)	内径 (mm)	管厚 (mm)	破断荷重 (kg)	温度 (°C)
1	75	96.0	78.0	9.0	6,17	23.6
2	75	95.0	77.0	9.0	.	22.0
3	75	97.0	77.0	10.0	.	23.0
4	75	90.5	70.0	10.25	.	22.0
5	100	121.5	101.0	10.25	20,25	23.3
6	100	122.0	102.0	10.00	22,73	.
7	100	120.5	102.0	9.25	7,27	23.0
8	100	120.0	100.0	10.00	22,73	.
9	150	174.5	152.0	11.25	16,346	23.2
10	150	175.0	153.0	11.0	18,050	23.0
11	150	173.5	155.0	9.25	10,170	23.0
12	150	175.0	155.0	10.00	22,263	23.3
13	150	170.5	152.0	9.25	22,187	23.0
14	200	232.0	206.0	13.00	23,703	23.5
15	250	280.3	253.0	13.75	18,000	27.5
16	250	280.0	254.0	13.00	18,803	24.0
17	300	330.5	305.0	15.75	.	24.0

桁間長は 1,455

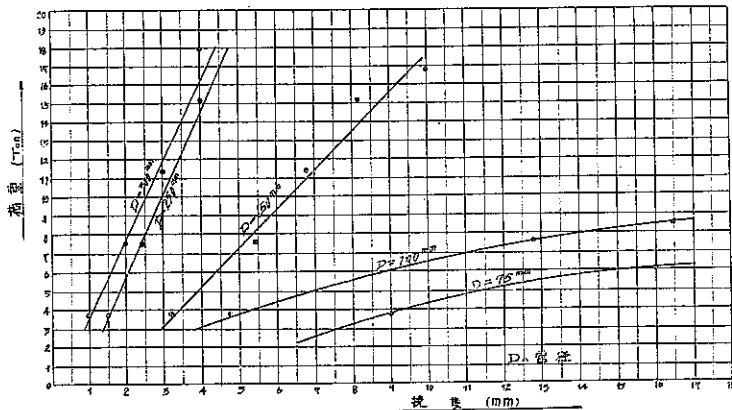


第 75 表 桁としての破壊試験に於ける荷重と撓度との關係

試験日 昭和 7 年 8 月  
試験場所 名古屋市試験場

D = 125 mm							
No.1		No.2		No.3		No.4	
荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)
3,815	8.2	3,815	8	3,815	9	3,815	9
6,104	17	6,104	14	6,104	17	6,104	16
D = 100 mm							
No.1		No.2		No.3		No.4	
荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)
3,815	5	3,815	5	3,815	5	3,815	4
7,630	15	7,630	12	7,630	15	7,630	11
8,293	17	8,012	12	8,293	15	8,156	15
D = 150 mm							
No.1		No.2		No.3		No.4	
荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)
3,815	3	3,815	3	3,815	4	3,815	3
7,630	5	7,630	5	7,630	7	7,630	5
11,445	6	11,445	6	11,445	8	11,445	7
15,260	6	15,260	7	15,260	9	15,260	10
19,075	7	19,075	7	16,255	10	18,372	12
22,519	9	22,870	8				
D = 200 mm							
No.1		No.2		No.3		No.4	
荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重 (kg)	撓度 (mm)
15,260	4	3,815	1	3,815	2	15	3,815
19,075	4.5	7,630	2	7,630	3	25	7,630
22,870	6	11,445	3	11,445	3	3	11,445
26,705	6	15,260	4	15,260	4	4	15,260
30,139	7	19,075	4	18,372	4	4	19,075

第 93 圖 鑄鐵管を桁とせる時の荷重と撓度との關係



次に破壊荷重より破断係数 (modulus of rupture) を求めますと

$$f = \frac{M}{I} \frac{D_m}{2}$$

$D_m$ : 鐵管の外徑と内徑の平均値

$M$ : 單桁としての鐵管中央に於ける彎曲率  $= \frac{P}{8} (2l_2 - l_1) = 36.2P$

$l_2$ : 鐵管の支間長,  $l_1$ : 載荷長 (14.7 cm)

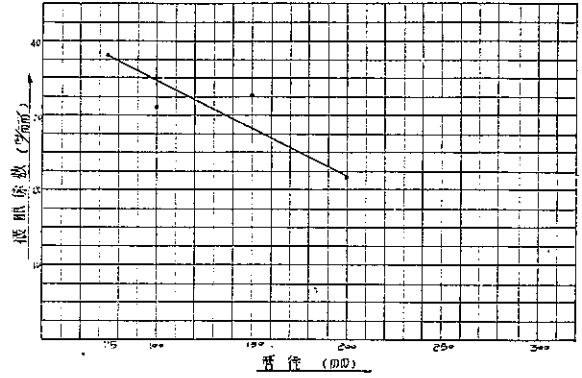
となります。これより計算して求めました結果は第 76 表並に第 94 圖の如くであります。

第 76 表 鑄鐵管の桁としての破断係數

試驗日 昭和7年8月  
試驗場所 名古屋市鐵管検査場

試管 (mm)	破断荷重 (kg)	外徑内徑 平均(mm)	破断時平均 1 (mm)	管壁厚 (mm)	破断係數 (kg/cm <sup>2</sup> )	備 考	
1	75	90.1780	90.0	2.55.232	2178.02	4.22707	
2	75	90.1780	90.0	2.27.277		4.13083	
3	75	90.1780	90.0	2.02.023		3.61396	
4	75	90.1780	90.0	2.62.410		3.57942	
5	100	90.2320	121.5	5.56.958	3237.22	3.25120	
6	100	92.7310	122.0	5.56.141	2204.62	3.01364	
7	100	72.9703	122.5	3.36.34	2853.73	3.12730	
8	100	92.7310	122.0	5.27.03	2004.62	3.12330	
9	150	16.54020	174.5	1.93.314	3027.24	2.53130	
10	150	18.05040	175.0	1.214.060	053.44.5	2.72232	
11	150	16.17015	173.5	1.64.791	153.36.24	3.27702	
12	150	22.56300	175.0	1.770.627	310.12.0	3.60308	
13	150	22.86000	175.0	1.528.000	302.13.6	4.232.03	
14	200	22.70700	222.0	1.521.200	1.054.278	2.188.31	
15	250	18.03040	280.0	1.826.648			
16	250	18.80250	280.0	2.740.664			
17	300	18.92250	336.0	2.400.82			

第 94 圖 鑄鐵管の桁としての破断係數と管徑との關係



以上の如く破断係數 (modulus of rupture) は大體管徑を増すに従つて減じ、水壓に依る破壊試験の場合の口徑と抗張強度との關係と同様であります。

今管軸の方向を  $x$  軸、之に直角な方向を  $y$  軸と致しますと 150 mm 以下の管の破壊面は  $y$  軸と第 77 表の様な角度をなして居りました。

第 77 表

管 種	角 度
150 mm	30°-40°
100 "	20°-30°
75 "	5°-10°

又 200 mm 以上の管の場合には  $x$  軸の方向に 3 條の龜裂を生じました。之等は單桁として  $x$  軸の方向に生ずる應力と輪として  $y$  軸の方向に生ずる應力との合力によつて破壊したことを示すもので單桁として彎曲によつて管を破壊し様とするには支間長を相當長くしなければなりません、本實驗の場合は管徑に比して徑間長が短かつたため之等は輪として破壊したのであります。

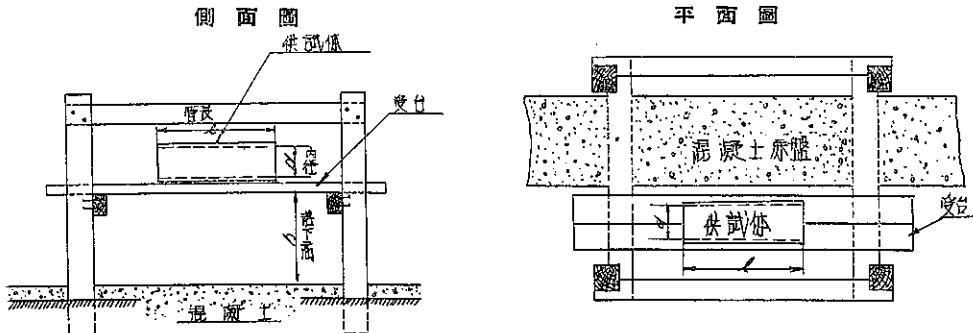
(3) 落下衝撃による破壊試験

本實驗は鑄鐵管取扱中の衝撃破損に對する抵抗を實際に究めん爲、昭和 7 年 8 月名古屋市鐵管検査場に於て幅 1 m、長さ 6 m 餘のコンクリート床版上に第 95 圖に示す如き装置を作り、此の臺上より鑄鐵切管を水平に落下せしめ其の衝撃に依つて鐵管の破壊する状態を観察しました。

落下高は 500 mm より漸次 150 mm 宛高め最後に 1100 mm まで達せしめました。

而して所定の高さから鐵管を落下せしめるには受臺上に 鐵管を廻轉させて鐵管が受臺を離れる瞬間には出来る

第 95 圖 落下衝撃による破壊試験装置



丈鐵管に外力の加はらない様、又鐵管中心軸が床面と平行を保つ様に心掛け鐵管が自由落下をなす様に努めました。

此の試験結果を示しますと第 78 表の如くなります。

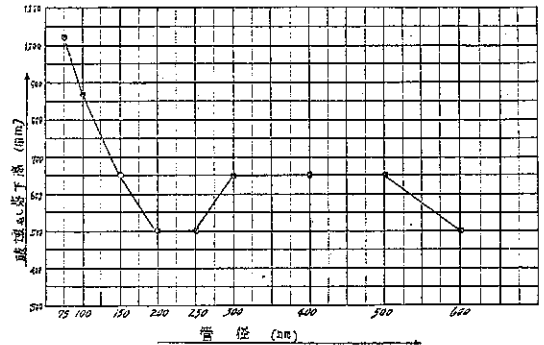
次に管徑と破壊しました落下高との關係を圖示致しますと第 96 圖の如くなります。

第 78 表 落下衝撃による破壊試験成績表

試験年月 昭和 7 年 8 月  
試験場所 名古屋伊弉呂操車場

管徑 番号	管徑 (mm)	管厚 (mm)	管長 (mm)	自重 (kg)	落下高 (mm)	破壊 状態	温度 °C
1	75	9.0	235	6.297	1,100	破	4.1
2	97.5	9.7	632	12.650	1,110	破	4.1
3	97.0	7.0	220	10.120	921	破	4.1
4	98.0	9.5	1,530	30.167	1,100	破	4.1
5	120	12.5	180	8.05	31,274	破	4.1
6	120	12.5	1,500	42.760	911	破	4.1
7	150	11.0	290	38.339	650	破	3.9
8	200	23.0	12.5	4.40	24,324	破	36.3
9	250	28.0	11.0	4.40	36,724	破	36.5
10	300	33.0	12.0	7.017	12,800	破	3.9
11	400	43.0	12.0	9.50	12,800	破	3.9
12	500	53.0	12.5	12.70	24,111	破	3.9
13	600	63.0	12.5	17.25	32,375	破	36.0

第 96 圖 鑄鐵管の落下衝撃破壊試験に於ける管徑と落下高の關係



此の實驗では管長に沿つて可成水平に落下せしめましたから、實驗の範圍内では管徑 150 mm 以下のものは落下衝撃に對しては相當強いことを示して居ります。然し實際の場合に往々起る様な一端のみが衝撃を受ける際は細いものはもつと早く折れるものと考へます。

實驗結果によりますと小徑管は抵抗が大で順次管徑を増すに連れ 200~250 mm 附近で最も弱く 300~500 mm 附近で再びやゝ強くなり更に大きくなると又弱くなつて居ります。大體から見ると小徑管では抵抗が大で大徑管では抵抗が小であります。

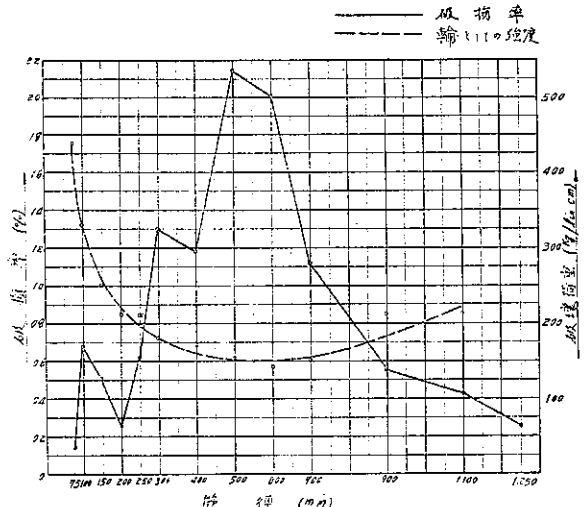
(4) 運搬其他取扱による破損

名古屋市に於て大正 14 年より昭和 7 年に互り使用しました徑 75 mm より 1250 mm に至る鑄鐵管 164057 本、此の重量 72682 ton の内鐵管検査場構内より現場迄の運搬中又は布設の際に破損した

第 97 圖 運搬其他に因る破損率と輪としての強度との關係

第 79 表 運搬其他取扱による破損數

管徑 (mm)	取扱數 (本)	破損數 (本)	破損率 (%)	備 考
1	75	24,145	35	0.145
2	100	53,263	365	0.686
3	150	39,022	196	0.502
4	200	9,746	25	0.257
5	250	3,593	22	0.613
6	300	2,710	36	1.300
7	400	9,624	114	1.185
8	500	2,050	44	2.146
9	600	5,089	105	2.064
10	700	4,114	46	1.118
11	900	2,539	14	0.551
12	1,100	4,198	18	0.428
13	1,250	3,964	10	0.252
總計	164,057	10,30	6.28	



数は第 79 表に示すが如く、尙圖示しますと第 97 圖の如くなります。

之に依りますと口径 300 mm より 700 mm のものが最も破損率が多く特に口径 500 mm 及び 600 mm に於て著しく高率を示して居ります。此の結果は輪としての破壊試験に於て 300~700 mm のものが比較的強度小なること大體一致するもので、此の點より見れば運搬其他の取扱の際に起る破損は主として、輪としての作用を受けるための様であります。

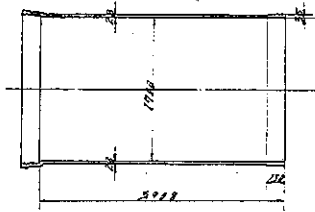
第 3 節 口径 1700 mm 乙種高級鑄鐵管全管及び切管の撓度並に破壊試験

厚 28 mm 及び 30 mm を有する口径 1700 mm 乙種高級鑄鐵管に就き名古屋市鐵管検査場に於て地上並に地中に於ける荷重に依る撓度試験並に厚さ 28 mm を有する同径同種の鑄鐵管の切管の外力に依る破壊試験を乙工場に於て行ひました。

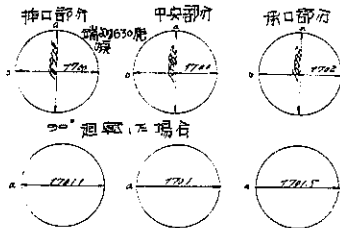
第 80 表 1700 mm 高級鑄鐵管試験片成績表

試片 番号	抗張試験			撓度試験			外打試験		
	試片長さ mm	破断力 kg	破断伸び %	試片長さ mm	破断力 kg	破断伸び %	試片長さ mm	破断力 kg	破断伸び %
1	200	5740	12.00	197	3171	1.51	726	246	11.6
2	200	5760	18.13	194					

第 81 表 口径 1700 mm 管厚 28 mm 高級鑄鐵管の各部の寸法



- 管径 1700 mm
- 管長 (有知長) 3000 mm
- 重量 4960 kg
- 管厚 28 mm 但し承口部は 28 mm 厚の鋼板を貼付し、中央部は 22.5 mm 厚の鋼板を貼付し、最大厚は 32 mm あります。
- 管内径 静止した場合、自重に依る撓度並に各部寸法を可視します。

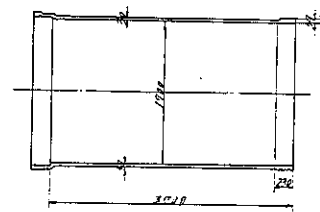


従つて各部寸法の自重に依る撓度並に管内径は

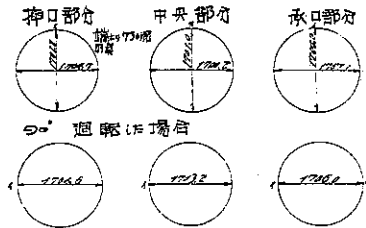
	自重に依る撓度 (mm)	管内径 (mm)
承口部	$\frac{1711.5 - 1711.5}{2} = 0$	$\frac{1711.5 + 1711.5}{2} = 1711.5$
中央部	$\frac{1711.5 - 1711.5}{2} = 0$	$\frac{1711.5 + 1711.5}{2} = 1711.5$
承口部	$\frac{1711.5 - 1711.5}{2} = 0$	$\frac{1711.5 + 1711.5}{2} = 1711.5$

とあります。

第 82 表 口径 1700 mm 管厚 30 mm 高級鑄鐵管の各部の寸法



- 管径 1700 mm
- 管長 (有知長) 3000 mm
- 重量 4910 kg
- 管厚 30 mm 但し承口部は 30 mm 厚の鋼板を貼付し、中央部は 22.5 mm 厚の鋼板を貼付し、最大厚は 32 mm あります。
- 管内径 試験台に静止した場合、各部寸法の寸法は



従つて各部寸法の自重に依る撓度並に管内径は

	自重に依る撓度 (mm)	管内径 (mm)
承口部	$\frac{1716.0 - 1716.0}{2} = 0$	$\frac{1716.0 + 1716.0}{2} = 1716.0$
中央部	$\frac{1716.0 - 1716.0}{2} = 0$	$\frac{1716.0 + 1716.0}{2} = 1716.0$
承口部	$\frac{1716.0 - 1716.0}{2} = 0$	$\frac{1716.0 + 1716.0}{2} = 1716.0$

とあります。

以下其の結果に就て述べます。

1. 口径 1700 mm 全管の地上並に地中に於ける撓度試験

實驗に供した管厚は 28 及び 30 mm で、之と同熔銑より取つた試験片の成分並に抗張強度は第 80 表の通りであります。尙試験に供した管の寸法は第 81 表及び第 82 表の通りであります。

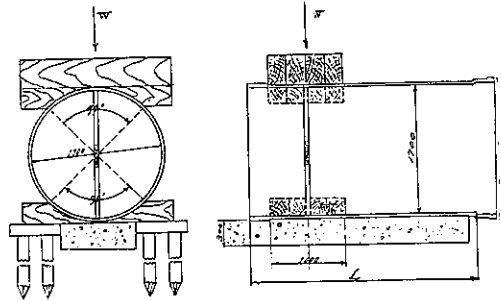
(イ) 地上に於ける撓度試験

上述の如き寸法を有する鐵管をコンクリート盤上に据付け上下部共鐵管と同様な圓弧に仕上げた枕木で挟み且つその中心角を上下共 90 度とし荷重を鐵管に傳へ荷重には 20 封度軌條を使用しました。而して試験は挿口部分中央部分の 2 箇所就きて行ひました。

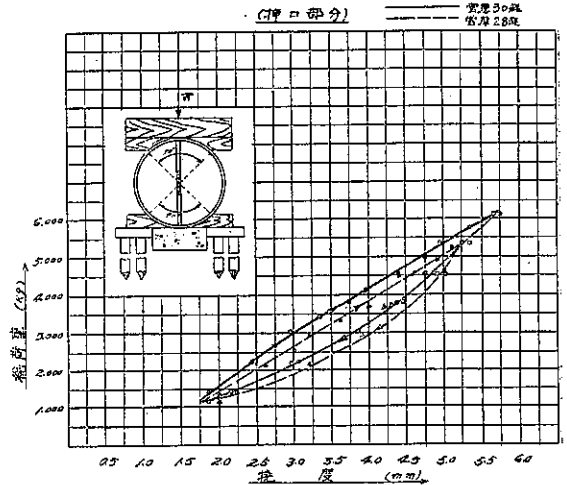
(a) 挿口部分 挿口部分 1m に付き第 98 圖の如き方法に依り荷重を加へ撓度の測定を行ひました。

その結果は第 83 表及び第 84 表の通りで、更に之を圖示致しますと第 99 圖の如くなります。以上の結

第 98 圖 荷重試験装置圖(挿口部分)



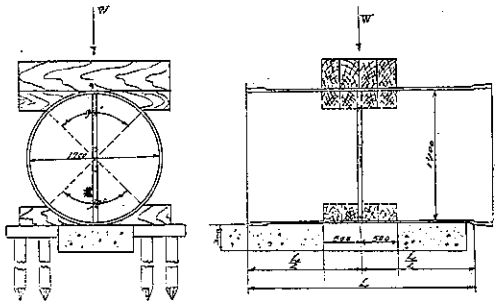
第 99 圖 荷重と撓度との關係



第 83 表 荷重試験成績表(挿口部分)

番号	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重計の上下方向の通過時間	荷重計の管径 (mm)	摘要
1	0	0	→	1672.25	木質塊の少
2	1485	1.52		1677.6	20封度軌條
3	1323	2.0		1677.1	軌條の重量
4	2180	2.6		1686.5	20封度軌條
5			5-0		20封度軌條
6	2552	3.0		1676.1	20封度軌條
7			5-0		20封度軌條
8	2762.6	3.2		1685.9	20封度軌條
9			5-0		20封度軌條
10	3220	3.6		1685.5	20封度軌條
11			5-0		20封度軌條
12	3715.0	4.0		1685.1	20封度軌條
13			5-0		20封度軌條
14	4161.0	4.2		1689.9	20封度軌條
15			5-0		20封度軌條
16	4488.7	4.3		1699.7	20封度軌條
17			5-0		20封度軌條
18	4878.6	4.4		1694.2	20封度軌條
19			5-0		20封度軌條
20	5261.0	5.1		1694.0	20封度軌條
21			5-0		20封度軌條
22		5.3	25-0	1677.0	20封度軌條
23	4988.7	5.0		1699.1	20封度軌條
24		4.9	5-0	1694.2	20封度軌條
25	3715.4	4.3		1688.2	20封度軌條
26		4.2	5-0	1689.9	20封度軌條
27	2822.6	3.9		1685.2	20封度軌條
28			5-0		20封度軌條
29	2180	3.2		1685.9	20封度軌條
30			5-0		20封度軌條
31	3220	2.2		1677.9	20封度軌條
32			5-0		20封度軌條
33	1085.0	2.0		1677.1	20封度軌條
34		1.8	1.0分	1677.3	20封度軌條

第 100 圖 荷重試験装置圖(中央部分)



果によりますと厚 28 mm 管の最大撓度は 5.3 mm となり、その時の荷重は自重を含み 5261 kg で厚 30 mm 管が同撓度を示すときの荷重は大體 5796 kg となり、厚 7% 減に對し同一撓度を示す荷重は 8% 減を示し大體管

厚減と同じ割合を示してゐます。

(b) 中央部分 前者と同一管を用ひ第 100 圖の如く管の中央に荷重を加へて撓度と荷重との關係を調べましたところ、第 85 表及び第 86 表並に第 101 圖の如くなります。

第 84 表 荷重試験成績表(挿口部分)

口径 170mm 試験月日 昭和7年4月  
管厚 30mm 試験場所 名古屋試験場  
管長 3710mm

番号	総荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重挿口部+純撓度(管内外)	上下方向の管内径(mm)	摘要
1	0	0	0	分り	
2	11750	1.45	1.781.1		管内外径
3	15750	1.85	1.781.0		
4	22250	2.45	1.780.6	4.0	
5	"	"	5.0	"	
6	26250	2.75	1.779.1	"	
7	"	"	5.0	"	
8	28250	2.95	1.697.9	"	
9	"	"	5.0	"	
10	32250	3.35	1.697.5	"	
11	"	"	5.0	"	
12	37450	3.75	1.697.1	"	
13	"	"	5.0	"	
14	41850	3.75	1.698.9	"	
15	"	"	5.0	"	
16	45750	4.35	1.698.5	"	
17	"	"	5.0	"	
18	49350	4.75	1.698.1	"	
19	"	"	5.0	"	
20	53250	4.95	1.697.9	"	
21	"	"	5.0	"	
22	57250	5.35	1.697.5	"	
23	"	"	5.0	"	
24	61125	5.65	1.697.2	"	
25	"	"	5.0	"	
26	"	5.75	3.0	1.677.1	
27	83500	5.35	1.697.5	"	
28	"	5.25	5.0	1.697.6	
29	85672	4.85	1.698.0	"	
30	"	4.75	5.0	1.698.1	
31	87899	4.95	1.698.3	"	
32	"	4.35	5.0	1.698.5	
33	88216	3.85	1.698.2	"	
34	"	"	5.0	"	
35	22250	3.05	1.697.9	"	
36	"	2.95	5.0	1.697.7	
37	19750	2.15	1.720.7	"	
38	"	"	5.0	"	
39	11750	1.85	1.781.6	"	
40	"	"	5.0	"	
41	"	"	3.0	"	
42	"	"	1.79.0	"	

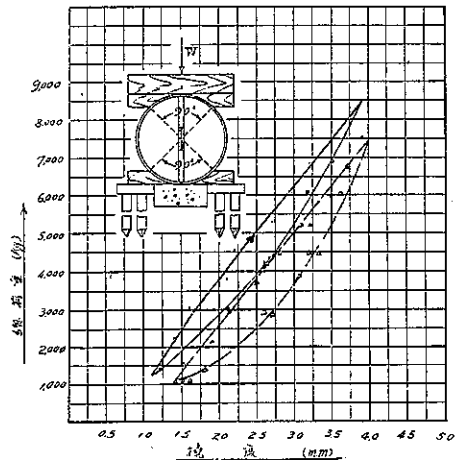
備考 総荷重4万磅で1万磅の加重1米3700白銅200等170の管に用ひては、純撓度1.45mm、自重1.45mm、撓度1.45mm、純撓度2.00mm、純撓度1.45mm、管長3710mm、管厚30mm、口径170mm、試験場所名古屋試験場、試験月日昭和7年4月。

第 85 表 荷重試験成績表(中央部分)

口径 170mm 試験月日 昭和7年4月  
管厚 30mm 試験場所 名古屋試験場  
管長 3710mm

番号	総荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重挿口部+純撓度(管内外)	上下方向の管内径(mm)	摘要
1	0	0	0	分り	
2	10950	1.2	1.698.1		本試験機は200kg以内
3	12970	1.5	1.698.1		特に撓度1.1
4	21690	1.9	1.697.2		使用1.11.1.
5	"	"	5.0	"	純撓度1.1
6	19826	2.1	1.697.5		純撓度1.075
7	"	"	5.0	"	純撓度1.075
8	27129	2.5	1.697.1		純撓度1.075
9	"	"	5.0	"	純撓度1.075
10	32882	2.8	1.696.2		純撓度1.075
11	"	"	5.0	"	純撓度1.075
12	32810	3.1	1.696.5		純撓度1.075
13	"	3.2	1.696.9		純撓度1.075
14	60328	3.5	1.696.1		純撓度1.075
15	"	"	5.0	"	純撓度1.075
16	48266	3.7	1.695.9		純撓度1.075
17	"	"	5.0	"	純撓度1.075
18	75299	3.9	1.695.1		純撓度1.075
19	"	"	5.0	"	純撓度1.075
20	"	4.0	25.0	1.695.6	最大撓度
21	60328	4.0	1.696.0		純撓度1.075
22	"	"	5.0	"	純撓度1.075
23	48282	3.3	1.696.3		純撓度1.075
24	"	3.2	1.696.2		純撓度1.075
25	28226	2.7	1.696.9		純撓度1.075
26	"	2.6	5.0	"	純撓度1.075
27	13910	1.8	1.697.8		純撓度1.075
28	"	"	5.0	"	純撓度1.075
29	10950	1.6	1.698.0		純撓度1.075
30	"	1.5	30.0	1.698.1	純撓度1.075
31	"	1.45	1.698.5		純撓度1.075

第 101 圖 荷重と撓度との關係(中央部分)



撓度と荷重との關係は挿口部分と同様な傾向を示し 3.5 mm の撓度を示す荷重は厚 30 mm 管では 7500 kg 厚 28 mm 管では 6300 kg となり、厚 28 mm 管は厚 30 mm 管に比し約 15% 減少してをります。之を挿口部分と比較しますと約 2 倍の減少となつてゐます。

次に以上 2 試験の結果に依り挿口部分と中央部の撓度とを比較しますと第 87 表の通りであります。この表を見ますと挿口部分が中央部分より撓度が大きくなつてゐます。之は 1 本の管のみに付て行つた爲、端の影響を受けたためでありまして實際の如く接合が行はれました

時はこんな大きな相違は生じないと思ひます。

第 86 表 荷重試験成績表(中央部分)

口径 1700 mm  
管厚 30 mm  
管長 3700 mm

試験月日 昭和7年6月  
試験場所 名古屋鉄道検査場

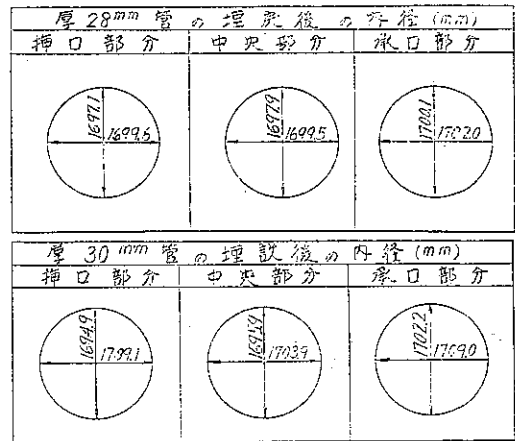
番号	鉛荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重除去後 2 時間経過時	上方内径 (mm)	摘要
1	0	0	0	1702.1	自重の増減
2	1470	1.1	1.7	1701.0	
3	1850	1.2	1.7	1700.7	
4	2230	1.4	1.7	1700.7	
5	2610	1.6	5.0	1700.5	
6	3000	1.6	5.0	1700.5	
7	3380	2.1	5.0	1700.0	
8	3770	2.4	5.0	1700.0	
9	4150	2.4	5.0	1700.0	
10	4540	2.4	5.0	1700.0	
11	4920	2.6	5.0	1700.0	
12	5310	2.6	5.0	1700.5	
13	5700	2.7	5.0	1700.2	
14	6080	3.0	5.0	1700.1	
15	6470	3.2	5.0	1700.1	
16	6850	3.2	5.0	1700.2	
17	7240	3.5	5.0	1700.6	
18	7620	3.5	5.0	1700.6	
19	8010	3.9	5.0	1700.2	
20	8400	3.9	5.0	1700.2	
21	8780	3.9	5.0	1700.2	
22	9170	3.9	5.0	1700.2	
23	9550	3.5	5.0	1700.6	
24	9940	3.5	5.0	1700.6	
25	10320	3.7	5.0	1700.9	
26	10710	3.7	5.0	1700.9	
27	11100	3.8	5.0	1700.3	
28	11480	3.8	5.0	1700.3	
29	11870	3.8	5.0	1700.3	
30	12250	2.1	5.0	1700.0	
31	12640	1.2	5.0	1700.0	
32	13020	1.2	5.0	1700.0	
33	13410	1.1	5.0	1700.0	
34	13800	1.1	5.0	1700.0	
35	14180	1.1	5.0	1700.0	
36	14570	1.1	5.0	1700.0	

備考  
総荷重は荷重を除去し約 1 分 15 秒後に自重の増減を測定し、撓度は荷重を除去し約 1 分 15 秒後に測定したものである。

第 87 表

荷重 (kg)	口径 23 mm 管		口径 30 mm 管	
	挿口部分	中央部分	挿口部分	中央部分
1000	1.75	1.10	1.59	1.15
2000	2.30	1.35	1.76	1.25
3000	3.00	1.67	1.96	1.41
4000	3.75	2.07	2.15	1.54
5000	4.70	2.49	2.35	1.67
6000	5.55	2.90	2.55	1.79
平均			1.79	1.50

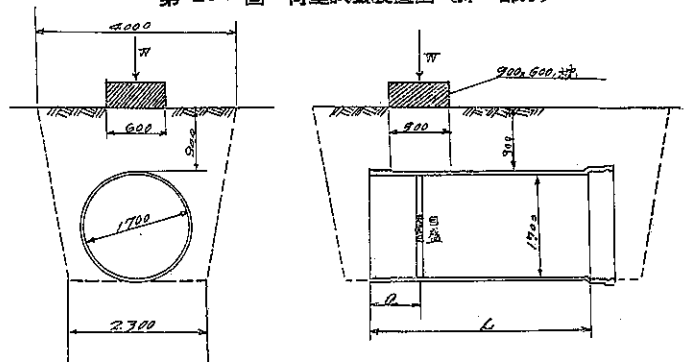
第 102 圖



(口) 地下に埋設した場合の撓度

地上に於て撓度試験を行つた管を土被り 900 mm に埋設し周囲は手蝸を以て入念に搦固め挿口部及び中央部の上部地上に長 900 mm、幅 600 mm のコンクリート塊を置きその上に荷重を加へ鐵管中で撓度を測定しました。而して荷重には 20 封度軌條を用ひ衝擊係数を 0.3 と假定せる自動車荷重(後輪 2 個の荷重)及び軋壓機荷重に相當する靜荷重を加へました。

第 103 圖 荷重試験装置圖(挿口部分)



尙地下に埋設した時の内径は 第 102 圖の通りでありました。

(a) 挿口部分 第 103 圖の如き方法で荷重を加へ撓度を測定しました。

その結果は第 88 表、第 89 表及び第 104 圖の如くなり地上の場合と異り土自身の凝縮の影響を受け撓度の回復は極めて困難で荷重を全部除去しても尙多少残在してゐます。之から見ます

第 88 表 荷重試験成績表(挿口部分)

口径 1700<sup>mm</sup> 試験年月 昭和7年6月  
管長 20 試験場所 名古屋鉄道試験場

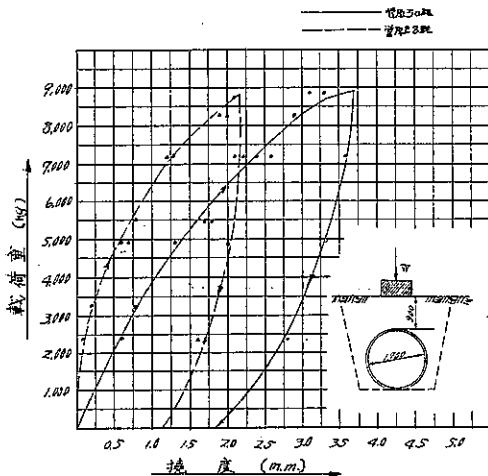
番号	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重除去後 2 時間後の撓度 (mm)	上下方向の管内径 (mm)	摘要
1	0	0	0	1697.1	
2	2422.4	0.1	0	1697.0	30mm 撓度
3	3286.4	0.2	0	1696.9	30mm 撓度
4	4942.4	0.2	0	1696.9	40mm 撓度
5	5484.4	0.2	0	1696.9	40mm 撓度
6	7205.6	0.4	0	1696.9	60mm 撓度
7	8309.6	0.7	0	1696.9	60mm 撓度
8	9994.4	0.0	0	1696.9	80mm 撓度
9	12056	1.2	0	1696.9	80mm 撓度
10	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
11	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
12	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
13	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
14	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
15	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
16	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
17	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
18	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
19	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
20	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
21	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
22	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
23	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
24	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
25	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
26	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
27	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度
28	13096	1.3	0	1696.9	80mm 撓度

第 89 表 荷重試験成績表(挿口部分)

口径 1700<sup>mm</sup> 試験年月 昭和7年6月  
管長 30 試験場所 名古屋鉄道試験場

番号	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重除去後 2 時間後の撓度 (mm)	上下方向の管内径 (mm)	摘要
1	0	0	0	1697.0	
2	2422.4	0.0	0	1697.0	30mm 撓度
3	3286.4	0.1	0	1697.0	30mm 撓度
4	4942.4	0.2	0	1697.0	40mm 撓度
5	5484.4	0.2	0	1697.0	40mm 撓度
6	7205.6	0.4	0	1697.0	60mm 撓度
7	8309.6	0.7	0	1697.0	60mm 撓度
8	9994.4	0.0	0	1697.0	80mm 撓度
9	12056	1.2	0	1697.0	80mm 撓度
10	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
11	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
12	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
13	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
14	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
15	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
16	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
17	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
18	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
19	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
20	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
21	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
22	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
23	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
24	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
25	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
26	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
27	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
28	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度

第 104 図 荷重と撓度との関係, 地下に埋設の場合(挿口部分)



と実際に布設せられた場合には土が充分固まるまでに生じた撓度の一部はそのまゝ回復せず残存するものと考へられます。

(b) 中央部分 前者と同一管に對し第 105 圖の如く中央部分に荷重を加へ撓度を測定しました。

其の結果は第 90 表, 第 91 表及び第 106 圖の如く挿口部分と同様の傾向を示してゐます。

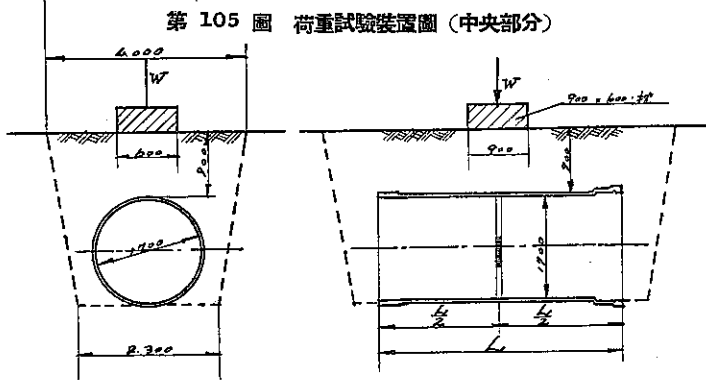
第 90 表 荷重試験成績表(中央部分)

口径 1700<sup>mm</sup> 試験年月 昭和7年6月  
管長 30 試験場所 名古屋鉄道試験場

番号	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重除去後 2 時間後の撓度 (mm)	上下方向の管内径 (mm)	摘要
1	0	0	0	1697.0	
2	2422.4	0.1	0	1697.0	30mm 撓度
3	3286.4	0.2	0	1697.0	30mm 撓度
4	4942.4	0.2	0	1697.0	40mm 撓度
5	5484.4	0.2	0	1697.0	40mm 撓度
6	7205.6	0.4	0	1697.0	60mm 撓度
7	8309.6	0.7	0	1697.0	60mm 撓度
8	9994.4	0.0	0	1697.0	80mm 撓度
9	12056	1.2	0	1697.0	80mm 撓度
10	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
11	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
12	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
13	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
14	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
15	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
16	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
17	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
18	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
19	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
20	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
21	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
22	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
23	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
24	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
25	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度
26	13096	1.3	0	1697.0	80mm 撓度



第 105 圖 荷重試験装置圖 (中央部分)



第 91 表 荷重試験成績表 (中央部分)

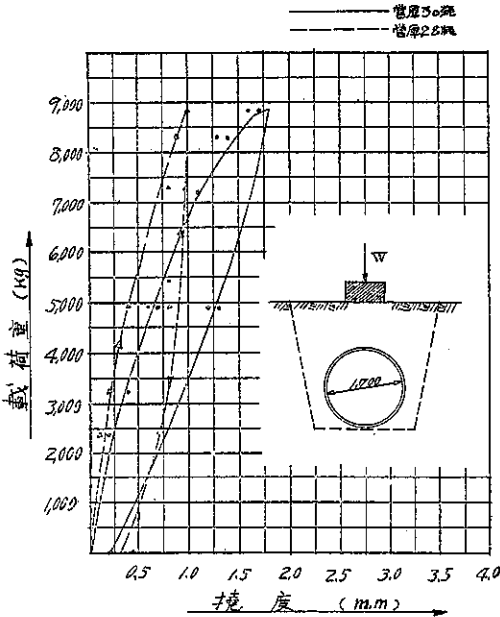
口徑 1700mm 試 験 日 月 年 昭和 17 年 8 月 6 日  
管 厚 28 試 験 場 所 所 属 國 立 大 学 工 学 部

管 号	負 荷 定 (kg)	埋 設 深 度 (mm)	深 度 變 化 の 甚 少 部 (mm)	上 下 方 角 の 変 化 量 (mm)	備 考
1	0	0		1.025.0	
2	2,250.0	0.2		1.695.0	360° Test
3			5-0		30° + inward
4	3,222.0	0.4		1.626.1	30° + inward
5			5-0		30° + inward
6	4,230.0	0.6		1.622.3	30° + inward
7		0.7	5-0		30° + inward
8	5,490.0	0.8		1.623.1	30° + inward
9			5-0		30° + inward
10	7,261.0	1.1		1.624.0	30° + inward
11			5-0		30° + inward
12	8,262.6	1.3		1.624.6	30° + inward
13		1.4	5-0	1.624.5	30° + inward
14	8,257.6	1.6		1.624.3	30° + inward
15		1.7	5-0	1.624.2	30° + inward
16		1.8	30-0	1.624.1	30° + inward
17	4,230.0	1.3		1.624.6	30° + inward
18		1.2	5-0	1.624.7	30° + inward
19	0	0.4		1.625.5	30° + inward
20		0.3	20-0	1.625.6	30° + inward
21			20-0		30° + inward
22		0.2	16-0	1.625.9	30° + inward

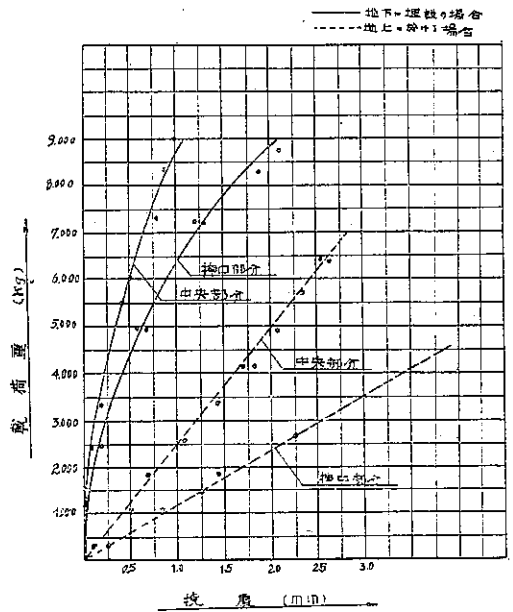
第 92 表

荷 重 (kg)	厚 30mm 管			厚 28mm 管		
	挿 口	中 央	挿 口	挿 口	中 央	挿 口
1000	0.25	0.10	2.5	0.05	0.05	1.0
2000	0.50	0.20	2.5	0.10	0.09	1.1
3000	0.75	0.35	2.1	0.18	0.15	1.2
4000	1.00	0.50	2.0	0.40	0.25	1.6
5000	1.40	0.70	2.0			
平 均			2.22			1.23

第 106 圖 荷重と撓度との關係, 地下埋設の場合 (中央部分)



第 107 圖 口徑 1700 mm, 厚 28 mm 管の地上地下に於ける撓度比較圖

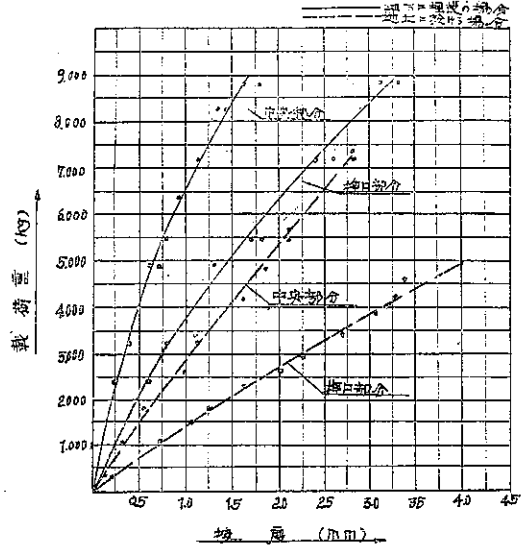


更に挿口部分と中央部分との撓度を比較しますと第 92 表の如く、厚 30 mm 管の撓度は中央部分では挿口部分の半分となつてゐるにも不拘、厚 23 mm 管では大差がなく、尙地上地下に於ける試験の結果を比較しますと第 93 表及び第 94 表並に第 107 圖及び第 108 圖の如く厚 28 mm 管では地中のものは中央部にて地上の約

第 93 表 口径 1700 mm, 厚 28 mm 管の地上地下に於ける撓度比較表

荷重 (kg)	中央部分			挿口部分		
	地上	地下	平均	地上	地下	平均
1000	0.52	0.12	0.4	0.80	0.05	1.60
2000	0.80	0.09	0.4	1.05	0.10	13.0
3000	1.02	0.15	0.2	2.08	0.16	13.0
4000	1.00	0.20	0.4	3.20	0.20	8.0
5000	0.80	0.25	0.5			
6000	0.80	0.30	0.5			
平均			0.71			13.0

第 108 圖 口径 1700 mm, 厚 30 mm 管の地上地下に於ける撓度比較圖



第 94 表 口径 1700 mm, 厚 30 mm 管の地上地下に於ける撓度比較表

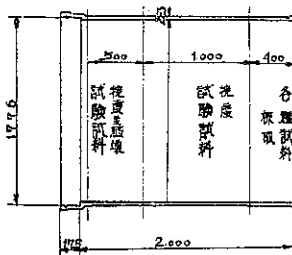
荷重 (kg)	中央部分			挿口部分		
	地上	地下	平均	地上	地下	平均
1000	0.30	0.10	0.30	0.70	0.25	2.8
2000	0.65	0.20	0.3	1.25	0.50	2.9
3000	1.05	0.35	0.30	2.25	0.75	3.0
4000	1.45	0.50	0.29	3.20	1.00	3.2
5000	1.80	0.70	0.26	4.00	1.40	2.9
平均			0.30			3.0

1/7, 挿口部で 1/14 を示しゐるに反し、厚 30 mm 管では挿口、中央共 1/3 となつてゐます。以上各々の場合に、厚 28 mm 管の撓度が厚 30 mm 管の撓度より少なくなつてゐるのは搦固めの程度の相違によるもので、之によつて大管と雖も布設に際し搦固めを充分行へば撓度はあまり考慮する必要はないかと考へられ、又挿口部分も實際には接合のため中央部と大差なき撓度となつてゐると思ひます。

2. 1700 mm 管切管の撓度並に破壊試験

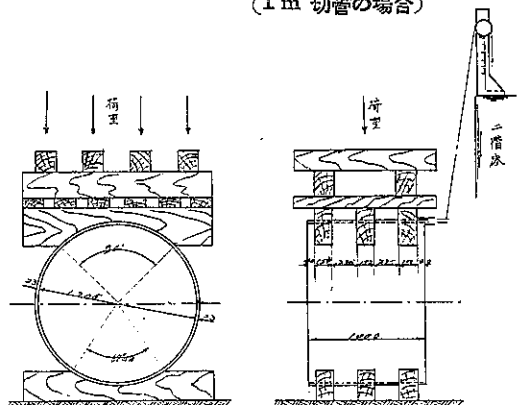
前記同様の熔銑を用ひて鑄造した第 109 圖の如き管を長 1 m 及び 0.5 m に切り取りて工場に於て撓度並に

第 109 圖 供試管寸法圖



第 110 圖 撓度試験装置圖

(1 m 切管の場合)



	撓度試験供試管寸法	強度試験供試管寸法
管口径	1705 (mm)	1705 (mm)
管厚	23	23
管長	1000	500

破壊試験を行ひました。

(1) 撓度試験

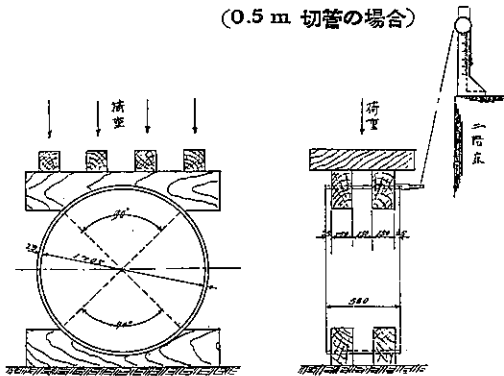
長 1 m 及び 0.5 m の切管を第 110 圖並に第 111 圖の如く装置し上部に荷重を加へ試験を行ひました。

唯兩者の相違は前者は下部支承の中心角を  $67^{\circ}40'$  としたのに對し後者のそれは  $90^{\circ}$  としたことで上部は何れも  $90^{\circ}$  であります。荷重には鐵片等を使用し撓度は管の上端縁の下降を目盛板上に移し測定しました。而して基礎沈下の影響を除くため一度荷重を加へた後は必ず一旦之を取り除き撓度を測定し更に荷重を加へ、斯の如くして漸次荷重を増加しました。荷重を除いた後に示してある讀みは基礎の沈下枕木の歪みに依るものが主なるものでありますから、次に荷重を加へた時の撓度から引去りました。

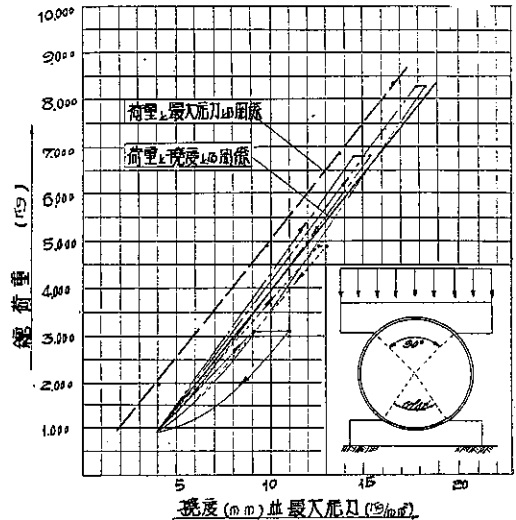
以上試験の結果は第 95 表、第 112 圖及び第 96 表、第 113 圖の通りで撓度と荷重との關係は大體正比例し

第 111 圖 撓度試験装置圖

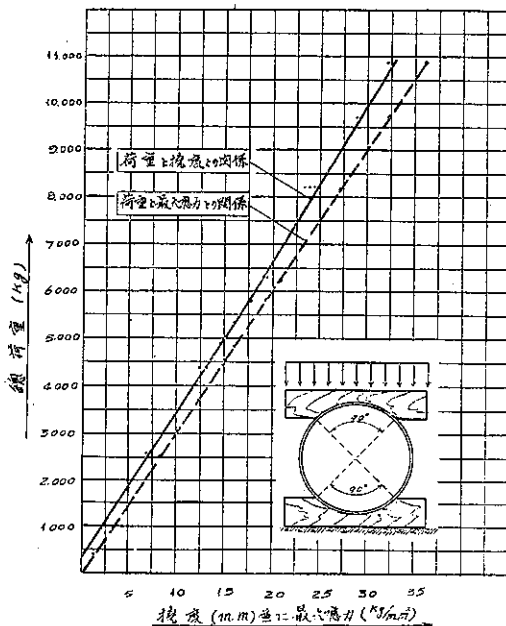
(0.5 m 切管の場合)



第 112 圖 荷重と撓度並に最大應力との關係



第 113 圖 荷重と撓度並に最大應力との關係



第 95 表 撓度試験成績表 (長 1 m 切管)

口径 170mm  
管長 2m  
管重 120kg

試験場所 乙工場

試 号	總荷重 (kg)	荷重靜止時 経過時間	撓度 (cm)	摘 要
1	200	分 形	4.0	左記試験中
2	3100		2.0	4 目盛 0.005
3		4-0	10.3	6.0 目盛 0.005
4		5-20	17.0	11 目盛 0.005
5	300		5.0	2 目盛 0.005
6		4-0	4.0	全 0 目盛 0.005
7	4300		12.5	尚撓度は甚
8		4-0	13.0	撓度は 11 目
9		10-0		1 目盛 0.6m
10	400		4.0	5 目盛 0.005
11	6776		22.5	
12		4-0	12.0	病點は 0.220
13		10-0	15.3	病點 (0.220)
14	300		4.0	以上 0.005 目
15	1624		4.0	8 目盛 0.005
16	1,731		6.0	11 目盛 0.005
17	2,300		6.3	11 目盛 0.005
18	2,365			此試験は 1 目
19	2,602		7.0	11 目盛 0.005
20	3,000		11.7	
21		4-0	12.6	
22	2,602		7.0	
23	300		4.0	

てあります。次に供試管の寸法は相違してありますが厚 28 mm 管並に 30 mm 管に付同一荷重に對する撓度を比較しますと第 97 表の如く端の影響のため切管の撓度は全管のそれに比し 3~4 倍を示してあります。

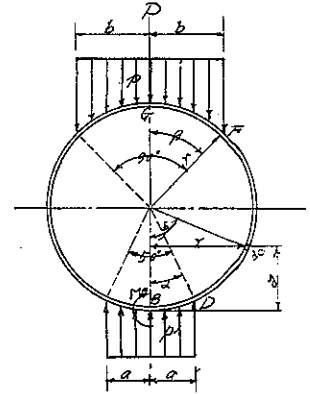
第96表 撓度試験成績表(長 0.5 m切管)

番号	總荷重 (kg)	荷重材の長さ (cm)	撓度 (mm)	備考
1	2.572	0	0	右に荷重が少
2	2.226	0	0	右に荷重が少
3	0	0	0	右に荷重が少
4	2.262	0	1.25	右に荷重が少
5	0	0	13.6	右に荷重が少
6	0	0	0	右に荷重が少
7	0	11-30	0	右に荷重が少
8	4.50	0	0	右に荷重が少
9	2.236	0	14.5	右に荷重が少
10	3.310	0	16.2	右に荷重が少
11	2.722	0	17.5	右に荷重が少
12	2.252	0	18.5	右に荷重が少
13	2.122	0	23.5	右に荷重が少
14	0	0	24.0	右に荷重が少
15	0	12.1	24.5	右に荷重が少
16	0	0	25.0	右に荷重が少
17	4.622	0	28.0	右に荷重が少
18	16.230	0	32.5	右に荷重が少
19	4.50	0	0	右に荷重が少

第 97 表 全管と切管の撓度比較表

荷重	全管の撓度	切管の撓度	全管の撓度	切管の撓度	同上比
1000	4.0	14.0	2.86	4.0	3.63
2000	6.0	17.5	3.43	6.0	4.45
3000	8.0	21.7	3.69	8.0	4.80
4000	10.0	25.8	3.73	10.0	4.83
5000	12.0	29.9	4.03	12.0	4.83
平均			3.55		4.51

第 114 圖



次に鐵管の最下端に於ける内應力を均一に載荷されたものとして求めますと、次の通りであります。

第 114 圖に於て

- $p$ : 上部等布荷重の單位重量
- $p'$ : 下部等布荷重の單位重量
- $C$ : 圓周に沿ふて計れる管底 B よりの距離
- $M_B$ : B 點の彎曲率
- $\phi$ : 圓周上の任意の點  $(x, y)$  に於ける切線が水平線と交叉する角度
- $P = 2pb = 2p'a$

とし  $E$  (管材の彈性係數),  $I$  (圓管斷面の慣性力率),  $A$  (圓管の横斷面積) を常數と假定して最小働の原理に依り B 點の彎曲率を求めますと

$$M_B = \frac{Pr}{4\pi \sin \alpha} \left\{ -\frac{\sin 2\phi + \frac{\phi}{2}}{4} \right\}_0^\alpha - \frac{Pr}{2\pi} (-\cos \phi)_{\alpha}^{\pi-\beta} + \frac{Pr(\pi-\alpha) \sin \alpha}{4\pi} - \frac{Pr\beta \sin \beta}{4\pi} - \frac{Pr}{4\pi \sin \beta} \left\{ -\frac{\sin 2\phi + \frac{\phi}{2}}{4} \right\}_{\pi-\beta}^\pi \dots (1)$$

又管の自重に依る A 點の彎曲率は自重を  $W$  とすれば

$$M_B' = -\frac{WR}{4\pi \sin \alpha} \left\{ -\frac{\sin 2\phi + \frac{\phi}{2}}{4} \right\}_0^\alpha + \frac{WR(\pi-\alpha) \sin \alpha}{4\pi} - \frac{WR}{2\pi} (-\cos \phi)_{\alpha}^{\pi} + \frac{WR}{2\pi} - \frac{4WR}{\pi^2} (\sqrt{2}-1) \dots (2)$$

以上の 2 式より B 點の彎曲率を求めん爲  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 33^\circ 51'$ ,  $\phi = 0$  として (2) 式に代入しますと

$$M_B = -0.2022 Pr, \quad M_B' = -0.1961 WR$$

となります。之より各荷重に對する B 點の應力を計算しますと第 98 表及び第 99 表並に第 112 圖及び第 113 圖に示した如く、應力は荷重と直線變化をなし大撓度と比例して増大する事が判ります。

第 98 表 荷重と最大応力 (長 1 m)

管 号	管長 1 段の 荷重 P (kg)	全管 4 段の 荷重 Mo (kg)	管長 1 段の 平均曲率 r (cm)	管長 4 段の 平均曲率 R (cm)	最大応力 (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0	0	152.35	152.35	1.73
2	227.6	326.67	"	532.92	6.11
3	454.2	653.34	"	858.11	9.73
4	681.3	980.01	"	1186.31	13.97
5	907.9	1306.68	"	1492.72	18.29

第 99 表 荷重と最大応力 (長 0.5 m)

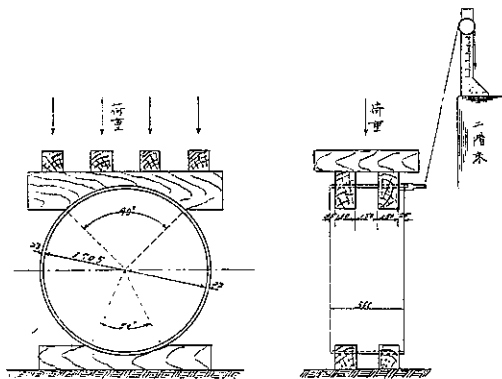
管 号	管長 1 段の 荷重 P (kg)	全管 4 段の 荷重 Mo (kg)	管長 1 段の 平均曲率 r (cm)	管長 4 段の 平均曲率 R (cm)	最大応力 (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0	0	127.30	127.30	1.49
2	91.52	609.63	"	736.93	8.36
3	183.04	1219.26	"	1476.68	15.97
4	274.56	1828.89	"	2166.43	24.68
5	366.08	2438.52	"	2856.18	33.39
6	457.60	3048.15	"	3545.93	42.10
7	549.12	3657.78	"	4235.68	50.81
8	640.64	4267.41	"	4925.43	59.52
9	732.16	4877.04	"	5615.18	68.23
10	823.68	5486.67	"	6304.93	76.94

(ロ) 破壊試験 撓度試験と同一管を使用し其の試験装置は第 115 圖の如く枕木と鐵管との接觸部圓弧の中心角を下部では 50° とし上部では前同様 90° とし破壊に至る迄漸次荷重を増し撓度を測定しました。

其の結果は第 100 表及び第 116 圖の如く荷重と撓度との關係は前回同様大體直線變化をなして居ります。尚破壊の場合の状態を見ますと荷重 9502 kg を加へた時撓度は徐々に増加し 76 mm に達した刹那、管は荷重臺の下部に於て先づ破壊し殆んど同時に 4 個に破壊しました。

次に破断係數 (modulus of rupture) を算出する爲、破壊時の載荷状態を

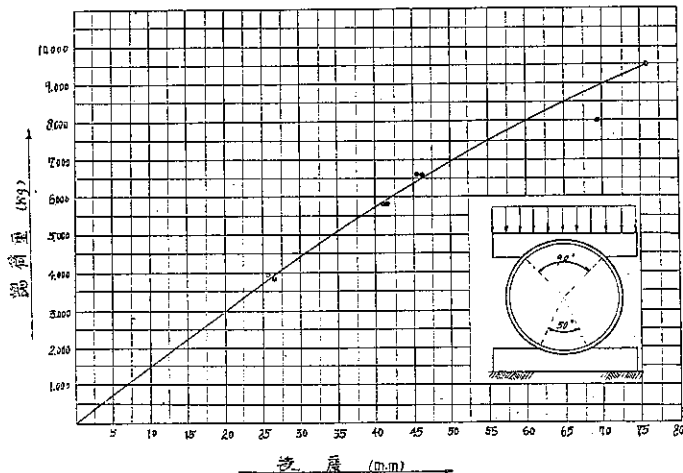
第 115 圖 破壊試験装置圖



第 100 表 破壊試験成績表

管 号	總荷重 (kg)	荷重時間 経過時間	撓度 (mm)	備 考
1	450	4-0	0	右部両支中心の 間 430 點を念入 り検査し荷重 500 kg 時迄は明確な 試験の結果を得 る迄は検査し た。左支中心の 間に 430 點を 念入り検査し た。
2	912	3-0	24.0	
3	1824	3-0	26.3	
4	2736	4-0	41.0	
5	3648	4-0	41.3	
6	4560	3-0	42.5	
7	5472	3-0	46.0	
8	6384	3-0	62.5	
9	7296	3-0	62.5	
10	8208	3-0	76.0	

第 116 圖 荷重と撓度との關係



(a) 管の表面と荷重臺とが完全に密着してをると假定する時

(b) 破壊直前には荷重臺は B. G. に於て管より離れ第 117 圖の如く D 及び F に於て荷重を傳へて居ると假定する時

の 2 つの場合を考へました。

以上 2 つの場合に付き B 點の彎曲率を求め  
破斷係數を算出しますと

(a) の場合:—

之は前項で應力計算をした場合と同状態  
でありますから、B 點の彎曲率を求めると

(1) 式及び (2) 式に  $\alpha=25^\circ$ ,  $\beta=45^\circ$ ,  $\phi=0$   
を代入しますと

$$M_B = -0.2322 Pr \quad (\text{荷重に依る彎曲率})$$

$$M_B' = -0.2262 W r \quad (\text{自重に依る彎曲率})$$

之に  $P=9502 \text{ kg}$  (破壊時の荷重),  $W=450 \text{ kg}$ ,  $r=86.4 \text{ cm}$  を代入しますと

$$M_B + M_B' = -199410 \text{ kg.cm}$$

又斷面係數  $S$  は  $S = \frac{bt^2}{6} = 44.1 \text{ cm}^3$

但  $b$ : 管長 = 50 cm,  $t$ : 管厚 = 2.3 cm

でありますから、破斷係數  $f$  は

$$f = \frac{M_B + M_B'}{S} = 4522 \text{ kg/cm}^2$$

となります。

(b) の場合:—

今  $c$ : 圓周に沿ふて計れる管底 B よりの距離,  $A$ : 圓管の横斷面積  
 $E$ : 管材の彈性力率,  $I$ : 圓管斷面の彈性力率  
 $M$ : 彎曲率,  $M_B$ : B 點の彎曲率  
 $N$ : 軸應力

としますと、

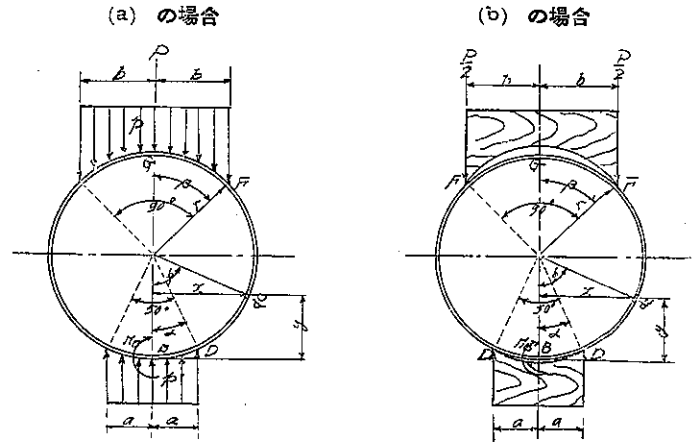
$$\left\{ \begin{array}{l} BD \text{ 間の任意の點に於て} \\ \text{同點に於て} \\ \therefore \frac{dM}{dM_B} = 1 \quad \text{及び} \quad \frac{dN}{dM_B} = 0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} DF \text{ 間の任意の點に於て} \\ \text{同點に於て} \\ \therefore \frac{dM}{dM_B} = 1 \quad \text{及び} \quad \frac{dN}{dM_B} = 0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} M = M_B \\ N = 0 \\ M = M_B + \frac{P}{2}(x-a) \\ N = -\frac{P}{2} \sin \phi \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} FG \text{ 間の任意の點に於て} \\ \text{同點に於て} \\ \therefore \frac{dM}{dM_B} = 1, \quad \frac{dN}{dM_B} = 0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} M = M_B - \frac{P}{2}(a-b) \\ N = 0 \end{array} \right.$$

故に最小働の原理に依り  $\int \frac{M}{EI} \frac{dM}{dM_B} dc + \int \frac{N}{EA} \frac{dN}{dM_B} dc = 0$

今  $E, I$  及び  $A$  を常數と假定しますと

第 117 圖



$$\int_B^D M_B dc + \int_D^F \left\{ M_B + \frac{P}{2}(x-a) \right\} dc + \int_F^G \left\{ M_B - \frac{P}{2}(a-b) \right\} dc = 0$$

$\phi$  を圓周上の任意の點  $(x, y)$  に於ける切線が水平線と交叉する角度としますと

$$x = r \sin \phi, \quad dc = r d\phi, \quad a = r \sin \alpha, \quad b = r \sin \beta, \quad \text{又} \quad \alpha = 25^\circ, \quad \beta = 45^\circ$$

之等の値を挿入して  $M_B$  を求めますと  $M_B = -0.3264 Pr$

となります。之に  $P = 9503 \text{ kg}$  (破壊時の荷重),  $r = 86.4 \text{ cm}$  を代入して

$$M_B = -1403580 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

又自重に依る彎曲率は  $M'_B = -0.2262 Wr = -8780 \text{ kg}\cdot\text{cm}$

従つて破斷係數  $f$  は  $f = \frac{M_B + M'_B}{S} = 3386 \text{ kg}/\text{cm}^2$

以上 (a), (b) の結果より見ますと破斷係數は

荷重臺が管の天端と密着して居ると考へる時  $45.22 \text{ kg}/\text{mm}^2$

荷重臺が管の天端を離れると考へる時  $33.86 \text{ kg}/\text{mm}^2$

而して破壊せし直前を目撃するに B 並に G に於ては多少荷重臺は天端を離れて居りましたが、(b) の場合に於て假定した如く完全に荷重臺の端のみで管に荷重を傳へて居るとは考へられませんし、又 (a) の如く全然密着するとも考へられませんから、破斷係數は大體兩者の平均附近即ち  $40 \text{ kg}/\text{mm}^2$  と推定されます。

#### 第 4 節 口徑 1700 mm

##### 鋼鐵管の撓度試験

前節記載の乙種高級鑄鐵管の撓度と比較するため、昭和 7 年 5 月名古屋市鐵管検査場で行ひました 1700 mm 鋼鐵管(長 6 m, 厚 12 mm, 重量 3532 kg)の地上及び地下に於ける撓度試験の結果を述べ、鑄鐵管と比較して見ます。

##### (イ) 地上に於ける撓度試験

乙種高級鑄鐵管と同様の方法を用ひ

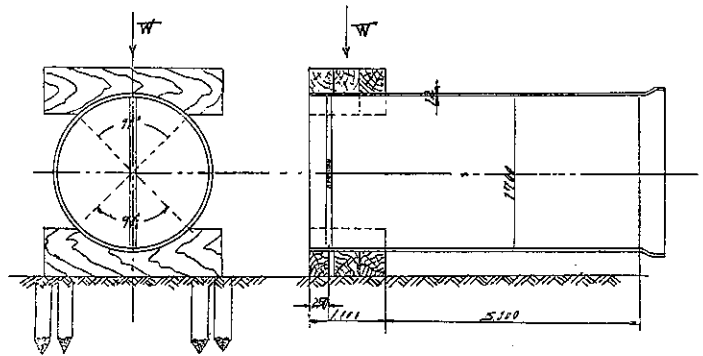
挿口部分及び中央部分に第 118 圖及び第 119 圖に示す如く長 1 m の間に荷重を加へ撓度を測定致しました。而して試験前の管徑は自重に依り第 120 圖の如く變形してゐました。試験の結果は第 101 表及び第 102 表の如く更に之を圖示しますと第 121 圖の如く挿口部分の撓度は鑄鐵管の場合と同様中央部分より大なる値を示し而も中央部の 3~4 倍程度となつてゐます。

次に同一荷重に對する鑄鐵管と鋼鐵管の撓度を比較しますと第 103 表の如く中央部分では鑄鐵管の 1.7 倍となつてゐますが挿口部分では 4 倍に達してゐます。之は鋼鐵管は鑄鐵管の如く挿口部分が特別に厚くしてないのがその原因であります。

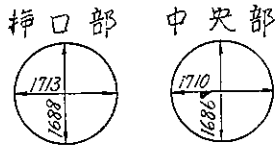
##### (ロ) 地下に埋設した場合の撓度試験

前記と同一の管を土被り 900 mm に埋設し 2 日目に鑄鐵管の場合と同様に挿口部分及び中央部分に荷重を加へその撓度を測定しました。荷重方法は第 122 圖及び第 123 圖の如くで試験前に於ける管徑は第 124 圖の通りでありました。

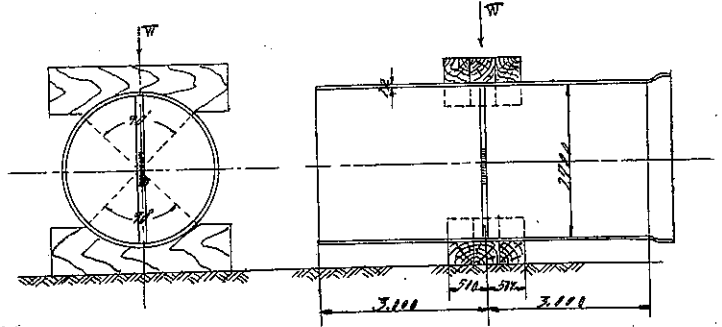
第 118 圖 荷重試験装置圖(挿口部分)



第 120 圖



第 119 圖 荷重試験装置圖(中央部分)

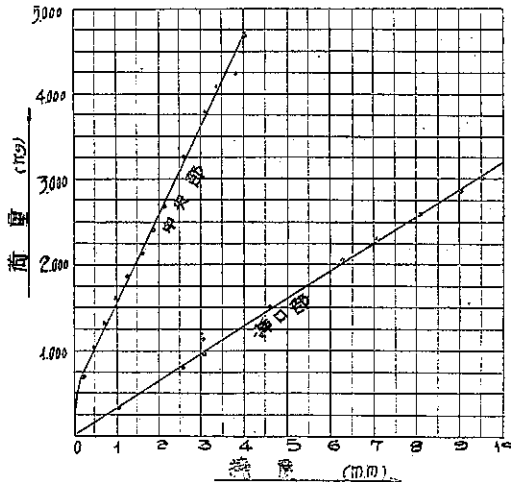


第 101 表 1700 mm 鋼管挿口部 荷重試験成績表

口径 1700 mm 試験月日 昭和7年5月  
管厚 12 試験場所 名古屋帝大工学部  
管長 6000

番号	載荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重管上の 撓度管内 (mm)	上下方向の 変位 (mm)
1	0	0		1688.0
2	282.0	1.0		1687.0
3	737.1	2.5		1685.5
4	"	"	5-0	"
5	812.0	3.0		1685.0
6	"	"	5-0	"
7	2082.0	1.0		1687.0
8	"	"	1-2-0	"
9	743.0	4.5		1685.5
10	"	"	5-0	"
11	1124.1	3.0		1685.0
12	"	"	5-0	"
13	1463.4	4.5		1683.5
14	"	"	5-0	"
15	1712.0	1.0		1686.0
16	"	"	3-0	"
17	2000.5	1.2		1686.0
18	"	"	3-0	"
19	2276.3	2.0		1686.0
20	"	"	3-0	"
21	2543.1	2.0		1686.0
22	"	"	3-0	"
23	2812.1	2.0		1689.0
24	"	"	3-0	"
25	2733.7	2.5		1679.5
26	"	"	3-0	"

第 121 圖 1700 mm 鋼管の地上に於ける 荷重と撓度との關係



第 102 表 1700 mm 鋼管中央部荷重試験成績表

口径 1700 mm 試験月日 昭和7年5月  
管厚 12 試験場所 名古屋帝大工学部  
管長 6000

番号	載荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重管上の 撓度管内 (mm)	上下方向の 変位 (mm)
1	0	0		1686.0
2	282.0	0		
3	646.6	0.1		1685.0
4	"	"	3 0	"
5	1012.0	0.5		1685.5
6	"	"	3 0	"
7	1222.9	0.7		1685.1
8	"	"	3 0	"
9	1529.0	1.1		1685.0
10	"	"	3 0	"
11	1821.2	1.2		1682.8
12	"	"	3 0	"
13	2120.7	1.6		1683.4
14	"	"	3 0	"
15	2366.2	1.7		1684.1
16	"	"	3 0	"
17	2634.0	2.1		1682.9
18	"	"	3 0	"
19	2925.6	2.5		1682.5
20	"	"	3 0	"
21	3120.1	3.0		1683.0
22	"	"	3 0	"
23	3421.6	3.3		1682.7
24	"	"	3 0	"
25	3725.2	3.6		1682.2
26	"	"	3 0	"
27	4025.5	4.0		1682.0
28	"	"	3 0	"
29	"	4.1	10 0	1681.9
30	282.0	0.5		1685.5
31	"	"	3 0	"
32	0	0.1		1685.9
33	"	"	3 0	1686.0

第 103 表

荷重 (kg)	中央部分撓度 (mm)		挿口部分撓度 (mm)	
	鋼管	鋼管の20%比	鋼管	鋼管の20%比
1000	0.5	0.2	1.2	0.8
2000	1.5	0.80	1.9	1.65
3000	2.4	1.22	2.0	2.48
平均			1.7	3.9



試験の結果は第 104 表及び第 105 表の如く更に圖示すれば第 125 圖の如く中央部分の撓度は挿口部分の約 1/6 となつてゐます。以上地上及び地中に於ける撓度を對稱しますと第 106 表の如くで地中に埋設せる場合の撓度は地上の場合の 1/3 及び 1/5 となり搦固めを充分に行つた厚 30mm, 徑 1700mm 鑄鐵管と大體同程度となつてゐます。

更に鑄鐵管の地中に於ける撓度と比較しますと第 107 表の通りであります。

以上に見る如く搦固め不十分な管厚 30mm のものに比しますと挿口部分では 3.5 倍中央部分で 1.3 倍となつてゐますが、搦固めの充分な 28mm 鑄鐵管に比しては中央部分で 2.8 倍、挿口部分では實に 14.2 倍となつてゐます。之から見ますと管厚大なる鑄鐵管でも布設に不注意なる場合は鋼鐵管と大差なき撓度を示すものゝ如く此の點施行上注意が肝要と考へられます。

### 第 5 節 路面下に布設されたる鐵管の撓度試験

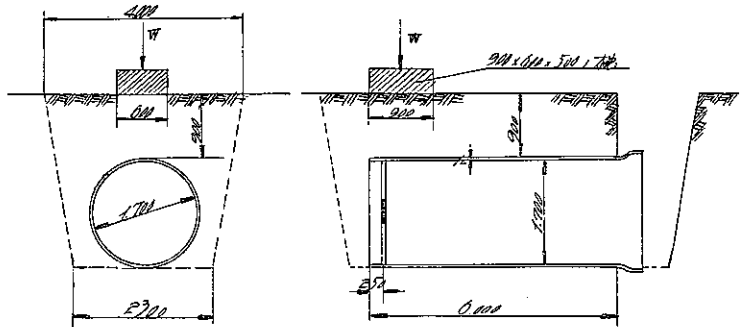
前節では試験装置による撓度試験について述べましたが昭和 6 年 4 月名古屋市東區千種町西裏に於て實際に布設された 42 吋鑄鐵管及び鋼管に就て撓度試験を行ひました。試験箇所は第 126 圖に示す如きものにて地質其の他の狀況は鑄鐵管試験箇所にては名古屋市上水道布設當初よりそのまゝのものにて其の土被りは約 1m であります。鋼管試験箇所では土被りは 1.4m で布設後日尙淺く充分固らざる模様でしたが乗合自動車等にては地盤の沈下を殆ど見ず唯輾壓機に對してのみ相當の沈下を認めました。

本試験にては第 127 圖の如き撓度測定器に extensometer を取付けたものを用ひ水平撓度のみを測定しました。

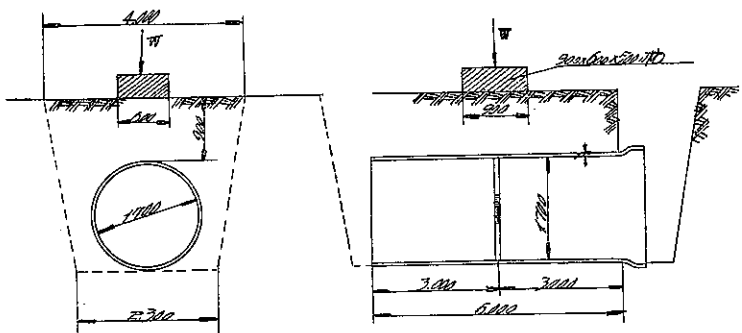
實驗に際しては輾壓機、貨物自動車、乗合自動車を管の上を通過せしめその時の撓度を測定したもので extensometer は游尺により 1/1000 吋迄読み得るものであります。

以下得た結果を示しますと第 108 表、第 109 表の如くであります。

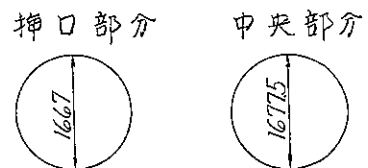
第 122 圖 荷重試験装置圖(挿口部分)



第 123 圖 荷重試験装置圖(中央部分)



第 124 圖



第 104 表 地下埋設 1700 mm 鋼管  
(挿口部分荷重試験成績表)

口径 1700 mm 管厚 12 mm 管長 6,000 mm 試験月日 昭和7年5月 試験場所 名古屋鉄道検査場

番号	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重停止時経過時間 (分)	上下向吹力 (mm)	摘要
1	0	0		1,667.0	
2	2,267.8	2.2		1,664.8	
3	4,535.6	2.3	5-0	1,664.7	
4	6,803.4	3.0		1,664.2	
5	9,071.2	3.1	5-0	1,663.8	
6	11,339.0	5.1		1,661.9	
7	13,606.8	5.3	5-0	1,661.7	
8	15,874.6	5.9		1,661.1	
9	18,142.4	6.1	5-0	1,660.2	
10	20,410.2	9.0		1,658.0	
11	22,678.0	9.2	5-0	1,657.6	
12	24,945.8	12.0		1,655.0	
13	27,213.6	12.2	5-0	1,652.8	
14	29,481.4	13.0		1,653.2	
15	31,749.2	14.1	5-0	1,652.9	

備考: 地上・地下とも、荷重 200 kg まで、撓度 1 mm まで、埋設後、上下方向の内径を測定し、撓度 1 mm 以内、荷重 200 kg まで、撓度 1 mm 以内、埋設後、撓度 1 mm 以内、荷重 200 kg まで、撓度 1 mm 以内。

第 105 表 地下埋設 1700 mm 鋼管  
中央部分荷重試験成績表

口径 1700 mm 管厚 12 mm 管長 6,000 mm 試験月日 昭和7年5月 試験場所 名古屋鉄道検査場

番号	荷重 (kg)	撓度 (mm)	荷重停止時経過時間 (分)	上下向吹力 (mm)	摘要
1	0	0		1,672.2	
2	2,267.8	2.3		1,672.9	
3	4,535.6	2.4	5-0	1,672.8	
4	6,803.4	2.5		1,672.4	
5	9,071.2	2.9	5-0	1,672.3	
6	11,339.0	1.0		1,672.3	
7	13,606.8	1.1	5-0	1,672.1	
8	15,874.6	1.3		1,671.8	
9	18,142.4	1.4	5-0	1,671.8	
10	20,410.2	2.0		1,671.7	
11	22,678.0	2.2	5-0	1,671.0	

備考: 撓度計は、500 kg まで、撓度 1 mm まで、撓度 1 mm 以内、埋設後、撓度 1 mm 以内、荷重 200 kg まで、撓度 1 mm 以内。

第 106 表 地上地下撓度比較表

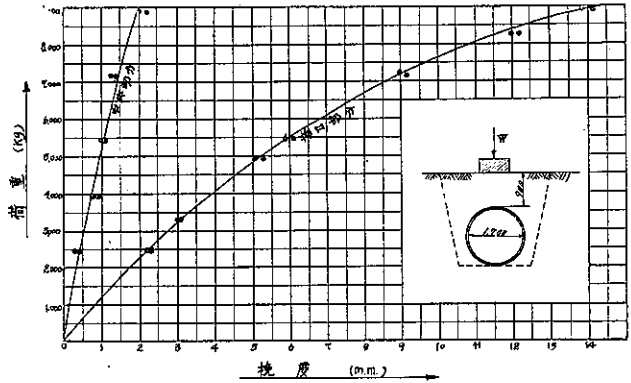
荷重 (kg)	中央部分撓度 (mm)		挿口部分撓度 (mm)		撓度比	
	地上	地下	地上	地下	地上/地下	地上/地下
1000	0.50	0.10	5.0	3.20	0.75	4.3
2000	1.50	0.30	5.0	4.30	1.70	3.7
3000	2.40	0.50	4.8	9.50	2.75	3.5
4000	3.40	0.75	4.6	12.80	3.90	3.3
5000	4.40	0.90	4.9	16.10	5.30	3.0

第 107 表

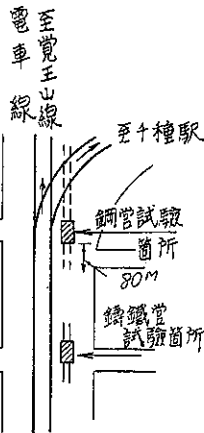
荷重 (kg)	中央部分 (mm)		挿口部分 (mm)		撓度比	
	鋼管	鑄鐵管	鋼管	鑄鐵管	鋼管/鑄鐵管	鋼管/鑄鐵管
1000	0.10	0.05	0.10	2.0	0.75	15.0
2000	0.30	0.09	0.20	3.3	1.70	17.0
3000	0.50	0.15	0.35	3.3	2.75	15.3
4000	0.75	0.25	0.50	3.0	3.90	9.7
5000	0.90	0.35	0.70	2.6	1.00	3.7
平均						14.2
						3.5

(備考: 鑄鐵管撓度の土質は、管 28 mm 下層は厚 30 mm とした)

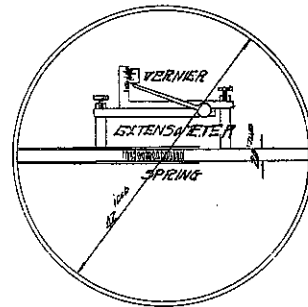
第 125 圖 地下埋設せる 1700 mm 鋼管に對する荷重と撓度との關係



第 126 圖



第 127 圖



第 108 表

(a) 鑄鐵管の水平撓度

動 荷 重	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
10 ton 輓 壓 機	0.685 <sup>mm</sup>	0.457 <sup>mm</sup>	3.048 <sup>mm</sup>	0.762 <sup>mm</sup>

No. 3 の實驗は輓壓機運轉中その横をボギー車及び乗合自動車と同時に通過したもので之を除いたものゝ平均は 0.635 mm であります。

第 109 表

(b) 鋼鐵管の水平撓度

動 荷 重	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	平 均
10 ton 輓 壓 機	0.70 <sup>mm</sup>	0.99 <sup>mm</sup>	0.98 <sup>mm</sup>	1.03 <sup>mm</sup>	0.896 <sup>mm</sup>
3 ton 貨物自動車 (積貨 4 ton)	0.25	0.15	0.25	—	0.22
乗 合 自 動 車	0.05	—	—	—	0.05

上の結果によりますと同じ荷重に對しては鋼管の方が多少鑄鐵管よりも大でありますが、撓度試驗結果より考へられる程大なる相異はありません。

## 第 4 章 結 論

元來鑄鐵管は既に述べた通り同一材料を以つてしても其の製品の強さは區々となりますため鐵管自體の強度、試験片の大きさによる強さの變化等を一定の法則で表はすことは困難であります。以上各實驗の結果から見てそれ等の間には大體類似の關係のあるのは覗はれます。

### 第 1 節 試 験 方 法

鑄造體並に試験片の仕上寸法が其の強度に影響することは何れの試験結果にも現れ同一寸法の試験片を仕上げる場合には鑄造體徑を増すに従ひ強度を減じ又同一鑄造體より徑の異なる試験片を仕上げる場合には試験片の徑の増すに従ひ強度を増して居ります。

勿論之等は原料の配合製造所別等に依り影響の割合は異つて居りますが大體直線的の變化であります。

尙管實體より切り取りたる試験片の強度は管徑に依つて相違し一定寸法の試験片のみの試験では各種各徑の管の實際の強度を知ることは出来ません。

従つて試験片の寸法を定むるには管と同じ強度を示す寸法の試験片とすることが必要であります。

現在の水道協會規格は唯 1 種の鑄造體から 1 種の試験片を仕上げこの強度を以つて管の強度を代表する様になつてゐますが、將來は各種類各徑の強度を表す様な寸法に改正する必要があります。

抗張試験は各種試験の中最も正確に其の強度を表はし抗折試験の荷重又は撓度は必ずしもそのものゝ性質全體を表はさず、一方硬度は大體抗張強度と平行し試験も簡單であり又抗張打撃試験は管が實際に荷重を受くる状態に極めて類似せる試験でありますから、現在水道協會規格では抗張、抗折試験を並行して行ふ様になつてゐますが、之は抗張試験を主とし抗折、硬度、抗張打撃の 3 試験を検査員の任意施行の様改正するを適當と考へます。

## 第2節 鐵管の強さ

水壓に依る普通鑄鐵管の破壊水壓の最大は  $306 \text{ kg/cm}^2$ 、最小  $72 \text{ kg/cm}^2$  となり管徑の大なる程小さくなつてみますが、其の變化は口徑 250 mm までは急激でありますが、口徑 300 mm 以上は大差がありません。

又破壊抗張強度は最大  $17.28 \text{ kg/mm}^2$ 、最小  $7.09 \text{ kg/mm}^2$ 、平均  $12.8 \text{ kg/mm}^2$  となりました。

而して管實體より切り取つた試験片の強度は水道協會規格抗張力より約 2 割大となつてみますが、水壓破壊試験の結果は大體規格抗張力となつてみます。

勿論製造年月や配合は異つてみますが、この 2 つの結果を綜合して見ますと管實體は偏肉、歪み等のため質そのものは水道協會規格抗張力より大なる抗張力を示して見ますが、實際管全體が水壓を受けた時は一部の弱き部分が破壊するため全體的には抗張強度は弱くなつてゐるものと考へられます。

従つて管から切り取つた試験片の強度は直ちに管全體の強度とは考へられません。

管の約半数は規格抗張力以上で半数はそれ以下であります。次に輪として作用した場合は口徑 300~700 mm が弱く特に 500 mm 及び 700 mm のものが弱くなつてゐます。

一面鐵管の運搬中其の他取扱ひの際に於ける破損數も口徑 300~700 mm が高率となり落下衝擊試験に於ても同様な傾向を示してゐることから外壓に對し中口徑の管が比較的他の種のものに比し弱い事が推察せられます。

尙大口管が輪として作用した時の撓度は搦固め充分なる時は地中のものは地上のものに比し  $1/5 \sim 1/10$  となり又中央部分は挿口部分の約  $1/2$  となつてゐますが實際には挿口は承口内に入るため其の状況は大分變つて來るものと思ひます。

又鋼鐵管は鑄鐵管に比し地上に於ける試験では甚だ大なる撓度を示して見ますが、地中に於ける場合は大差ないものと思はれます。

## 第3節 管の長さ重量

現在水道協會規格の大管は重量の過大のため運搬の困難はもとより此の困難に伴ふ破損率及び自己重量の爲落下破損數を高めます。之がため口徑 1500 mm 附近のものは多少 1 本の長さを短くする方が良く考へます。

又中徑管の破損數の大なることは輪と桁との中間の作用を受けたとき最も弱くなつてゐます。この點から見て管長の變り目即ち普通鑄鐵管では口徑 200 mm 高級鑄鐵管では 125 mm 附近のものは從來の傾向と反對に短くする方が良く考へます。

## 第4節 管の安全度

本實驗の結果から其の安全度を見ますと

### (1) 水壓に對する安全度

水道協會規格では高級並に普通鑄鐵管共其の管厚を定めるに當つては普通壓管では靜水頭 75 m ( $7.5 \text{ kg/cm}^2$ ) 低壓管に對しては 45 m ( $4.5 \text{ kg/cm}^2$ ) として見ますが、實際に加はる水壓を上水道統計(水道協會)に依つて見ますと内地に於ける 37 箇所の水道中最大水壓が普通壓管規定の限度の 75 m 以上にあるものは 1 箇所もなく大體 60 m 以内であります。

斯の如く常用水壓は普通壓管の規定許容水壓より可成り低くなつてゐますが、低壓管では規定通りの水壓が加はるものと考へられますから大體普通壓、低壓管共規定許容水壓が加はるものとして安全率を求めた結果は既に述

べた如く管厚を定むる場合計算上の必要以上に鑄としての厚の減少、製作技術上及び實際使用の點から一定量だけ厚くしてありますため、小徑管では其の影響が大で理論上の必要以上に大なる安全率、即ち 28~34 を有し 800 mm 管で所期の 5 となり試験に於ける最小水壓から求めた安全率も 400 mm 以下の管では 5 以上となつてゐますが、大徑管にては安全率は最小 3.7 となり、管厚不足の様でありますが大徑管のものは小徑管に比し衝擊水壓も小さく且つ普通壓管では規格許容水壓まで可成りの餘裕がありますから實際使用上には支障ないものと考へられます。尙高級鑄鐵管に就ても大體同様と思はれます。衝擊水壓に對しては稿を改め發表する豫定で居ります。

## (2) 水壓以外の外力に對する安全度

水壓を受けてゐない場合に管が外力に對し輪として働いた時は内徑 300~700 mm 管が弱く又桁として働いた時は太い管程強い管ですが實際には 200 mm 管迄は強さを増しますが、これ以上になると輪としての影響のため桁として働く前に小さな荷重で破壊してゐます。

之等實驗の結果から外からの荷重に對し各徑を通じて同一安全度とするには之等中徑管の管厚を増すか又は 1 本の長さを減ずるか或は大小管の管厚を減ずる必要があります。

又一面 300~700 mm 管の不合格率の多いのと破損數の多いのから一層その必要が認められます。

又地上では挿口が弱くなつてゐますが之は布設せられてからは心配はないと思ひますが取扱の際は兎角端が強く衝擊を受くる事が多いからこの部分を可成りの長さに互つて厚みを増すことが必要で大徑管に於ては特に之が必要であります。

水壓と同時に衝擊を受けた場合は抗張打擊試験の成績から見て高級鑄鐵管と普通鑄鐵管の衝擊に對する安全度を比較しますと高級鑄鐵管は普通鑄鐵管の約 10 倍もの打擊數を有しますから、これから見れば普通鑄鐵管よりはるかに安全と云ふ事が出来ます。

## 附 言

本調査に對し多大の援助を與へられたる工學博士井口庄之助氏、工學士杉戸清氏、同成瀬薫氏、同吉本慶三氏、同松見三郎氏及び本試験に關し廣範なる便宜を與へられたる大阪帝國大學工學部及び鑄鐵管製造工場各位に對し茲に深甚の感謝の意を表する次第であります。(完)