土木試驗所報告

第二十五號

昭和八年十一月

本邦鋪裝用タールの性質に就て
橫溢流堤流量試驗
擁壁の安定增大に關する一提案及之に關する試驗
砂利層の支持力に關する試驗（第一報）
鋼矢板試驗（續）
エタニツト・パイプ試驗

內務省土木試驗所

正　誤　表

頁	行	誤	正
29	5	的其の目	其の目的
47	19	格規案 F	規格案 F
50	21～22	170～270	170～270°C
59	1	第 4	第 4 圖
65	7	$\frac{Q_2}{Q_0-Q_2}B$	$\frac{Q_2}{2Q_0-Q_2}B$
84	第 27 圖說明	は何れも…位置	(「は何れも」以下全部削除)
84	最後の行	→ 3 (mm)	→ ε (mm)
115	6	3 cm	30 cm
127	第 17 表 3	77	7.5
135	第 1 圖	δ/wδ'	δ_w/δ'
137	6	(糎³)	(糎⁴)
139	7	4.997.3 G	4 997.3 G
139	第 6 表	ξ'_2=28 糎	ξ_2'=2.8 糎
141	第 9 表	f_1 (瓲 1 糎²)	f_1 (瓲/糎²)
166	第 11 表	彈性伸 (kg/cm²)	彈性率 (kg/cm²)

土木試驗所報告

第二十五號

序　　言

本報告は、本邦鋪裝用タールの性質に關する試驗、橫溢流堤流量試驗、擁壁の安定增大に關する提案、砂利層の支持力に關する試驗、鋼矢板試驗、エタニツト・パイプ試驗等を輯錄せるものである。

本邦鋪裝用タールの性質に關する試驗は、本邦製鋪裝用タールの各種について其の諸性質を研究し、鋪裝用タールと石油アスファルトとの比較を行ひ、鋪裝用タール規格案を提示し、且つ之に說明を加へ、國產鋪裝用タール及其の利用の發達に資せんとするものである。

橫溢流堤流量試驗は、洪水調節の目的を以つて河川の堤防の一部に設けられたる橫溢流堤の機能を數量的に知る爲に行つたものである。

擁壁の安定增大に關する一提案は、本邦の擁壁、岸壁及橋臺等の常時竝に地震時に於ける被害の原因は、此等の構造物の滑出に對する安定度不足に由る事多きに鑑み、此の安定を增大する一考案に就て種々の試驗を行ひ、經濟的に有利な構造を考案したものである。

砂利層の支持力に關する試驗は、道路の基礎としての砂利層の支持力と其の層厚、粒度、混和物等との關係及其の下層の支持力の影響等を實驗的に明かにし、以つて鋪裝工法の改良に資せんとするものである。

鋼矢板試驗（續）は報告第二十三號所載のもの>續報にして、當時試驗の完了せざりし Larssen 型鋼矢板、竝に試料の入手困難なりし Hoesch 型鋼矢板につきて、行へる實驗結果を一括せるものである。主として各種矢板壁の斷面剛率の優劣につきて論じたものである。

エタニツト・パイプ試驗は、同管の上水道導水管としての可否を判斷せんが爲に行ひたる實驗にして、材料の强度、竝に管體の水壓、外壓に對する抵抗性等につきて試驗を行つたものである。

昭和八年十一月

內務省土木試驗所長　內務技師　物　部　長　穗

目　次

頁

本邦鋪裝用タールの性質に就て……1

內務技師　西川榮三

內務技手　山田耕之助

橫溢流堤流量試驗……55

內務技師　伊藤令二

本間仁

擁壁の安定增大の一提案及之に關する試驗……69

內務技師　松尾春雄

砂利層の支持力に關する試驗（第一報）……93

內務技師　山田元

內務技手　船山晴雄

鋼矢板試驗（續）……131

內務技師　青木楠男

エタニツト・パイプ試驗……147

內務技師　青木楠男

土木試驗所報告

第二十五號

本邦鋪裝用タールの性質に就て

內務技師　西川榮三
內務技手　山田耕之助

目次

頁
緒言……(2)
I 試料……(4)
II 一般試驗成績……(4)
III 比重及膨脹係數……(5)
1. 概說……(5)
2. 比重と溫度との關係……(5)
3. 膨脹係數……(11)
4. 鋪裝用タールの比重と石油アスファルトの比重比較……(12)
IV 比粘度……(12)
1. 概說……(12)
2. エングラー比粘度と溫度との關係……(13)
V タール粘度……(13)
1. 概說……(13)
2. タール粘度と溫度との關係……(13)
VI ハツチンソン稠度……(15)
VII 針度……(18)
VIII 引火點及燃燒點……(19)
IX 軟化點 R & B ……(19)
X 凝固點……(19)

XI 水分及蒸溜試驗成績……(20)
XII 蒸溜殘留物軟化點……(21)
XIII タール酸……(21)
XIV ナフタリン……(22)
XV 瀝青全量、遊離炭素、灰分……(23)
1. 概　說……(23)
2. 瀝青及遊離炭素と溶劑との關係……(23)
XVI 鋪裝用タールのフイルムの厚さ……(25)
XVII 鋪裝用タールと石油アスファルトとの比較……(28)
XVIII 鋪裝用タール規格案……(30)
XIX 鋪裝用タール規格例……(33)
XX 規格案の說明……(37)
1. 比　重……(37)
2. 稠　度……(37)
3. 引火點及燃燒點……(45)
4. 水　分……(45)
5. 蒸溜試驗……(46)
6. 蒸溜殘留物軟化點……(50)
7. タール酸及ナフタリン……(50)
8. 瀝青全量及遊離炭素……(51)
9. 使用時加熱溫度……(51)
10. 備　考……(51)
XXI 要　約……(52)

緒　言

鋪裝用瀝青質材料としては、ロツク・アスファルト、天然アスファルト、石油アスファルト、コール・タール等種々の材料を數へ得るも、本邦に於ては、ロツク・アスファルト、天然アスフルトの產出なく、主として石油アスフルト類が盛に使用せられ、タール類の使用は比較的小範圍に局限せられ居る狀態なるが、其の原因は種々あるべきも、次の諸點は其の主たるものと推測せられる。

1. 本邦鋪裝事業の初期に於ては、其の工法竝に材料共に、主として之を米國に倣へ

るものにして、米國は石油アスファルト類の産出豊なるにより、其の用法も亦著しく發達し居りし爲、米國式諸工法を採用せる本邦に於ては、自然、石油アスファルトを使用し之に關する智識、工法等も漸次進歩し、現今に於ても、瀝青質材料としては、ひとり石油アスファルト類のみが概して重用せらるゝに至りし事。

2. 本邦の石油業者は、上記の需要に應ずる爲、鋪裝用の石油アスファルトの製造に努力し、絶えず其の技術上の進歩をはかり、輸入品を驅逐せんとし、品質の向上生産量の增加に努め、現に本邦に於ける需要の大部分を充しうる能力を備ふるに至りし事。

3. 一般に石油アスファルトはタールに比して、鋪裝用材料として優良なりとの觀念の浸潤せること。

4. 鋪裝用タールは、石油アスファルトと比較するに、其の性質は諸種の點に於て異るに拘らず、之を石油アスファルトと略同樣に取扱はんとすれば、必ずや好成績を得がたきを以つて、一概にタールを鋪裝用材料として劣質なるものと見做したること。

5. 鋪裝用タールに關しては、石油アスファルト程一般に知られず、其の性質に關しても、使用法に關しても、多く研究されざりし事。

6. タール製造業者中、タール鋪裝に關心を有するもの比較的少く、從來は、特に鋪裝を目的として、タールの製造を行ふもの少く、常に一定の品質のものを、隨時、隨所に於て得るに困難なりしこと。

本邦に於て、タール鋪裝及鋪裝用タールの發達が比較的遲れたるは、上記諸種の原因に依るもの多きも、飜つて考ふるに、本邦に於ては、米國とは其の事情を異にし、石炭に於て比較的多く惠まれ居り、石炭に關する諸工業より年々産出せらるるタールは相當多量に上る。現今本邦に於ける石油アスファルトの原料の大部分は、輸入原油なるを以てこれに代ふるに本邦産原料より製出しうる瀝青材料を使用する事は國産奬勵の主旨より極めて肝要である。然るにタールは、全國各地方に散在せる石炭瓦斯爐、骸炭爐等より多量に産出せらるゝを以つて、之を適當に精製、加工すれば、鋪裝用タールとして適材たるの性狀を有するものである。石油に富める米國が、鋪裝用材料として石油アスファルトを多量に使用するに反し、石炭の豊富なる英、獨等の諸國に於てはタールが鋪裝用として使用され、獨逸の如きは輸出タールは輸入アスファルトの二倍の價格に達する狀況である。タールを鋪裝用に供せんとするには、次の諸點に留意することを要する。

1. 鋪裝用タールの性質を理解すること。

2. 鋪裝用タール規格竝に試驗法を定むる事。

3. 適當なる製品を容易に得らるゝ爲め生産の發達を圖る事。

4. 鋪裝用タールの使用法について研究する事。

本報告は上記の意味に於て、鋪裝用タール發達の一助となさんが爲に、本邦鋪裝用タール 11 種に關して新たに行ひたる諸試驗の結果と、曩に發表せる鋪裝用タール及ピツチ標準試驗方法と相待ちて、鋪裝用タールの一般性狀を明かにし特に石油アスファルトと鋪裝用タールとの相違點に注意し、尙、參考として本邦鋪裝用タール規格案及、英、米、獨の規格を、彼此對照したものである。本規格案は、之によりて先づ諸方面の意見を聽き、實際に卽せる規格を得んが爲の一段階である。

I 試 料

本試驗に使用したる試料は次の數種にして、八幡製鐵所副產部の骸炭爐より生じたるタール、東京瓦斯株式會社、大阪瓦斯株式會社、廣島瓦斯株式會社等の石炭瓦斯爐より生じたるタール等を精製して製造加工せるものである。

第 1 表 試 料

	材質番號	試驗番號
常温用タール	(1)	No. 932…T
	(2)	No. 1188…K
	(3)	No. 1187…K
加熱用タール	(4)	No. 1189…K
	(5)	No. 1190…K
	(6)	No. 1342…O
	(7)	No. 931…T
	(8)	No. 1191…K
	(9)	No. 1353…H
	(10)	No. 1343…O
	(11)	No. 1192…K

II 一般試驗成績

上記數種の鋪裝用タールにつきて、本試驗所の標準試驗方法に準じて行ひたる試驗の成績は下記の如くである。(6~9 頁第 4 表)

III　比重及膨脹係數

1. 概說　比重は製品の大體の性質を豫想しうる便宜を與へ、容積と重量との關係を示し且工事上にも必要あるを以て、石油アスファルトに對しても比重の規格あり、又B.S.S及DIN 等に於ても鋪裝用タールに對して比重を規定して居る。從つて本邦鋪裝用タールについても比重を規定する必要がある。

2. 比重と溫度との關係　本所報告第十號 89～96 頁記載の方法と同樣なる方法を以つて、上記の試料中8種の鋪裝用タールにつき、各種の溫度に於ける比重を測定したる結果は第2表の如し。第2表より、溫度 1°C に對する平均比重變化を求むれば第3表の如し。

第 2 表　鋪裝用タールの比重と溫度との關係
(但し　比重　X°/4°C)

材質番號	試驗番號	試料名稱	溫度 (x° C)					
			15° C	20° C	25° C	30° C	35° C	40° C
1	932	常溫用タール	1.133	1.13095	1.12839	1.12480	1.12120	1.11766
2	1188	同　上　B	1.168	1.16625	1.16420	1.16080	1.15734	1.15394
3	1187	同　上　A	1.172	1.17011	1.16782	1.16452	1.16100	1.15742
4	1189	加熱用タール C	1.183	1.18163	1.17876	1.17390	1.17036	1.16663
5	1190	同　D	1.186	1.18524	1.18231	1.17833	1.17495	1.17099
7	931	加熱用タール	1.180	1.17812	1.17424	1.17135	1.16767	1.16500
8	1191	加熱用タール E	1.205	1.20245	1.19880	1.19562	1.19229	1.18887
11	1192	同　F	1.222	1.21949	1.21654	1.21286	1.20951	1.20638

第 3 表　1°C に對する比重變比率

材質番號	試驗番號	試料名稱	溫度				
			20～25° C	20～30° C	20～35° C	20～40° C	平均
1	932	常溫用タール	0.00051	0.00062	1.00065	0.00066	
2	1188	同　上　B	41	55	59	62	
3	1187	同　上　A	46	56	61	64	
4	1189	加熱用タール C	57	77	75	75	
5	1190	同　上　D	59	69	69	71	
7	931	加熱用タール	78	68	70	67	
8	1191	加熱用タール E	73	68	74	68	
11	1192	加熱用タール F	59	66	67	66	
		平均	0.00058	0.00065	0.00068	0.00069	0.00065

第 4 表　本邦鋪裝用

種別	常温用タール			加	
	1	2	3	4	5
名稱	No. 932 …… (T)	No. 1188 B (K)	No. 1187 A (K)	No. 1189 C (K)	No. 1190 D (K)
比重 15°/15°C	1.133	1.168	1.172	1.183	1.186
15°/15°C	……	1.169(1)	1.173(1)	1.183(1)	1.186(1)
25°/25°C	1.128	1.164	1.168	1.179	1.182
比粘度 エングラー					
40°/25°C	10.3	40.3	80.1	234.5	340.0
50°/25°C	5.6	17.7	30.9	65.5	92.7
50°/20°C	……	16.7(1)	24.4(1)	……	……
100°/25°C	1.7	2.2	2.3	3.6	3.6
100°/20°C	……	……	……	2.8(1)	3.4(1)
120°/25°C	……	……	……	2.5	2.6
120°/20°C	……	……	……	……	……
タール粘度					
25°C	1.0	7	10	60	97
30°C	1.0	4	4	17	35
35°C	1.0	2	3	10	15.5
ハツチンソン稠度					
新 25°C	……	1.0	2.0	10.0	20
〃 30°C	……	……	……	5.0	10
〃 35°C	……	……	……	2.5	4
舊 25°C	……	2.0	3.0	18.0	38
〃 30°C	……	……	……	8.5	16
〃 35°C	……	……	……	4.2	7.2
浮游試験					
32°C	……	23.0	32.5	65.0	77.5
32°C	……	……	……	53.0(1)	73 (1)
50°C	……	……	……	……	……
50°C	……	……	……	……	……
軟化點 R&B °C	液狀	液狀	液狀	> 7.0	> 7.0
凝固點 °C	−55 以下	−38	−35	−26	−24
引火點 °C					
クリーブランド開放式	83	107	107	123	115
マーカツソン同上	……	113.5(1)	121 (1)	123 (1)	131 (1)
燃燒點 °C	100	123	123	143	135

タ　ー　ル　一　般　試　驗　成　績　（1）

熱	用	タ	ー	ル	
6	7	8	9	10	11
No. 1342	No. 931	No. 1191	No. 1353	No. 1343	No. 1192
ターロツクA(O)	…… (T)	E (K)	…… (H)	ターロツク×(O)	F (K)
1.209	1.180	1.205	1.251	1.225	1.222
……	……	1.205(1)	……	……	1.223(1)
1.205	1.174	1.199	1.247	1.219	1.217
……	……	……	……	……	……
138.2	154.1	481.2	……	……	……
……	……	……	……	……	……
5.5	4.6	7.7	11.5	12.9	20.0
……	……	7.9(1)	……	……	……
3.0	3.3	3.5	5.27	6.0	8.0
……	……	……	……	……	5.9(1)
189	215	845	……	……	……
72	55	305	855	1470	……
36	31	115	265	540	……
59	41	……		……	……
25	19	93		……	……
10	9	35		……	……
102	78	……			……
39	33	153			……
20	14.5	56			……
120.0	123.0	221.0			……
	……	……			……
	……	65.0	102	168	244
	……	……	……	……	148 (1)
16	16.0	22.0	24.5	32.5	38.0
−23	−29	−17	−14	−12	−5
75	110	117	103	105	120
……	……	136 (1)	……	……	140 (1)
107	128	137	125	127	155

第 4 表． 本邦鋪裝用

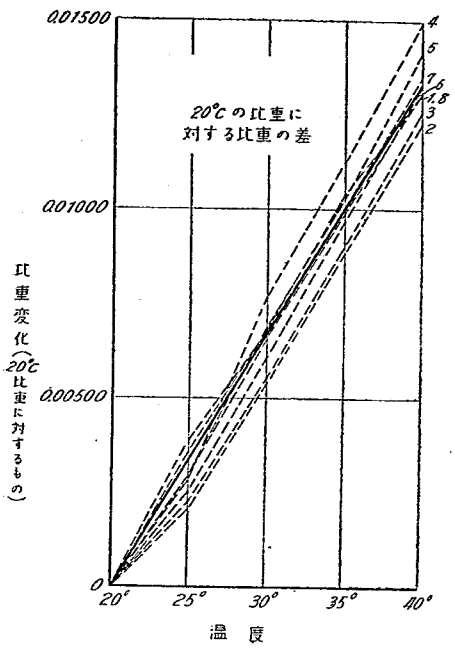
種別		常温用タール 1	2	3	4	加 5
		No. 932	No. 1188	No. 1187	No. 1189	No. 1190
名稱		…… (T)	B (K)	A (K)	C (K)	D (K)
水分	%	0.42	痕跡	痕跡	0.06	痕跡
	%	……	痕跡(1)	痕跡(1)	痕跡(1)	痕跡(1)
蒸溜試驗						
初溜温度	°C	……	147 (1)	165.5 (1)	149.0 (1)	175.0 (1)
初溜～170°C	%	0.64	0.00	0.64	0.40	0.30
	%	……	0.13(1)	0.07(1)	0.20(1)	……
170～235°C	%	18.98	6.00	7.40	6.20	2.68
235～270°C	%	11.56	11.80	13.40	10.96	10.12
170～270°C	%	30.54	17.80 16.67(1)	20.80 15.93(1)	17.66 11.87(1)	12.80 10.00(1)
270～300°C	%	8.58	10.30	9.76	10.68	11.04
	%	……	8.93(1)	7.53(1)	9.27(1)	9.33(1)
300°C 以上殘留物		59.62	71.90	68.60	71.70	75.60
	%	……	74.19(1)	76.13(1)	78.13(1)	78.53(1)
蒸溜殘留物						
軟化點 R&B	°C	54.0	43.5	52.5	61.5	52.5
同上	°C	……	34.5 (1)	38.5 (1)	45.0 (1)	44.0 (1)
タール酸容積	%	6.1	1.60	2.68	2.00	1.50
〃	%	……	2.11(1)	1.79(1)	0.73(1)	0.51(1)
ナフタリン	%	4.03	1.50	0.67	0.23	不結晶
	%	……	1.18(1)	0.95(1)	不結晶(1)	同上(1)
瀝青全量 CS_2	%	91.77	88.84	88.79	87.50	87.66
灰分	%	0.04	0.04	0.03	0.05	0.09
遊離炭素 CS_2	%	8.19	11.12	11.18	12.45	12.25
瀝青 C_6H_6	%	91.69	88.29(1)	88.17(1)	87.76(1)	86.31(1)
遊離炭素 C_6H_6	%	8.27	11.71(1)	11.83(1)	12.74(1)	13.69(1)
カービン	%	4.82	6.27	6.93	7.67	7.12

備考 (1) 製造者試驗成績

タ　ー　ル　一　般　試　驗　成　績　（2）

熱	用	タ	ー	ル	
6	7	8	9	10	11
No. 1342	No. 931	No. 1191	No. 1353	No. 1342	No. 1192
ターロツクA(O)	…… (T)	E (K)	…… (H)	ターロツク×(O)	F (K)
痕　跡	0.04	痕　跡	痕　跡	痕　跡	痕　跡
……	……	痕　跡 (1)	……	……	痕　跡 (1)
……	……	179.0(1)	……	……	117.0 (1)
0.06	0.14	0.20	0.38	0.20	0.24
……	……	……	……	……	0.07(1)
7.89	4.28	4.06	1.68	2.27	2.16
10.60	10.40	9.80	6.75	8.53	6.26
18.49	14.68	13.86 9.07(1)	8.43	10.80	8.42 5.27(1)
8.98	8.60	7.30	6.86	13.21	6.22
……	……	7.13(1)	……	……	7.60(1)
71.91	76.34	78.44	83.83	75.30	84.92
……	……	83.33(1)	……	……	86.18
75.5	56.5	62.5	65.0	88.0	71.5
……	……	54.0 (1)	……	……	62.0 (1)
3.49	2.80	1.61	0.55	1.72	1.00
……	……	1.04(1)	……	……	0.33(1)
5.42	不結晶	不結晶	3.07	2.31	不結晶
……	同　上 (1)	同　上 (1)	……	……	同　上 (1)
84.98	84.65	85.44	78.12	83.13	83.24
0.03	0.04	0.10	0.05	0.02	0.06
14.99	15.31	14.47	21.83	16.85	16.70
	82.38	84.56(1)			83.14(1)
	17.58	15.44(1)			16.86(1)
	8.32	8.80			9.68

第　1　圖



溫度の變化に對する比重換算の方法は

比重 $t_1°/t_2°C = {}_2S_1$；比重 $t_3°/t_4°C = {}_4S_3$

とすれば、

比重 $t_3°/t_4°C = {}_4S_3 = \frac{t_4°C\ 水の比重}{t_2°C\ 水の比重} \times {}_2S_1 + 0.00065(t_1 - t_3)$ にして測定比重 ${}_2S_1$，$\{t_2 = t_1 = 15, 16, \cdots\cdots, 40°C;\}$ より ${}_4S_3$ $\{t_4 = t_3 = 15°C$ 或は $25°C\}$ を上式によりて求むれば、第5表の如く溫度の變化に對する比重補正表を得る。同樣にしてアスファルト及ピッチの比重變化1°C 毎に 0.00060 及各種溫度に於て測定せる 比重より、比重 15°/15°C 及 比重 25°/25°C を求むるに要する補正表を作成し、この二表を比較するに小數點以下四位に於て 1～2 の差あるに過ぎずして小數點第三位迄の比重を求むるには、兩表を合して第6表の如きものとなすも差支なし。（本所報告第 24 號 30 頁の補正表參照）。

第　5　表　　比重補正表　　(15～30°C)

鋪裝用タール

溫度 t°C	比重 25°/25°C に對する補正	溫度 t°C	比重 25°/25°C に對する補正	溫度 t°C	比重 25°/25°C に對する補正
15	− 0.0041	21	− 0.0015	26	+ 0.0003
16	− 0.0036	22	− 0.0012	27	+ 0.0007
17	− 0.0032	23	− 0.0007	28	+ 0.0011
18	− 0.0028	24	− 0.0004	29	+ 0.0013
19	− 0.0022	25	± 0.0000	30	+ 0.0016
20	− 0.0019				

溫度 t°C	比重 15°/15°C に對する補正	溫度 t°C	比重 15°/15°C に對する補正	溫度 t°C	比重 15°/15°C に對する補正
15	± 0.0000	21	+ 0.0026	26	+ 0.0044
16	+ 0.0005	22	+ 0.0029	27	+ 0.0048
17	+ 0.0009	23	+ 0.0034	28	+ 0.0052
18	+ 0.0009	24	+ 0.0037	29	+ 0.0054
19	+ 0.0013	25	+ 0.0041	30	+ 0.0057
20	+ 0.0022				

第 6 表　比 重 補 正 表

石油アスファルト及鋪裝用タール　(15～30°)

溫　度 t°C	比重 25°C/25°C に對 す る 補 正	溫　度 t°C	比重 25°C/25°C に對 す る 補 正	溫　度 t°C	比重 25°/25°C に對 す る 補 正
15	− 0.0039	21	− 0.0015	26	+ 0.0003
16	− 0.0034	22	− 0.0011	27	+ 0.0007
17	− 0.0030	23	− 0.0007	28	+ 0.0010
18	− 0.0026	24	− 0 0004	29	+ 0.0013
19	− 0.0021	25	± 0.0000	30	+ 0.0015
20	− 0.0018				

溫　度 t°C	比重 15°/15°C に對 す る 補 正	溫　度 t°C	比重 15°/15°C に對 す る 補 正	溫　度 t°C	比重 15°/15°C に對 す る 補 正
15	± 0.0000	21	+ 0.0025	26	+ 0.0042
16	+ 0.0005	22	+ 0.0028	27	+ 0.0046
17	+ 0.0009	23	+ 0.0032	28	+ 0.0049
18	+ 0.0013	24	+ 0 0035	29	+ 0.0052
19	+ 0.0018	25	+ 0.0039	30	+ 0.0054
20	+ 0.0021				

3. 膨脹係數　鋪裝用タールの比重變化を略一定と見做せば、石油アスファルトの場合と同樣にして、其の膨脹係數を算出しうべし。卽ち溫度 t_a° C の容積を基準とする t°C に於ける膨脹係數 ${}_a\alpha_{t^2}$ は、

$${}_a\alpha_{t^2}=\frac{S_aC}{(S_t)^2} \qquad \therefore \quad {}_t\alpha_{t^2}=\frac{C}{S_t}$$

但し、S_a, S_t は t_a°C, t°C に於ける比重、$C=\frac{S_a-S_t}{t-t_a}$ =定數とす。

又 t_a°C, t°C 間の平均膨脹係數 ${}_a\alpha_{at}$ は、

$${}_a\alpha_{at}=\frac{S_a\left(\frac{1}{S_t}-\frac{1}{S_a}\right)}{t-t_a}=\frac{S_a(S_a-S_b)}{(t-t_a)S_aS_t}=\frac{C}{S_t}={}_t\alpha_{t^2}$$

$$\therefore \quad {}_t\alpha_{t^2}={}_a\alpha_{at}$$

今 t=15°, 20°, 30°, 35°, 40°C と採り、a=15°C と採れば、鋪裝用タールの平均膨脹係數として第7表を得る。卽鋪裝用タールの 15～40°C 間に於ては、膨脹係數は 0.00053～0.00064 程度にして、之を石油アスファルトの膨脹係數 0.00055～0.00057 と比較すれば略同程度のものである。

第 7 表　鋪裝用タールの平均膨張係數　$_{a}\alpha_{at}\times10^{-6}$

但し 15°C の容積を基準とす。

材質番號	試驗番號	C の 値	15～20°C C/S_{20}	15～25°C C/S_{25}	15～30°C C/S_{30}	15～35°C C/S_{35}	15～40°C C/S_{40}
1	932	0.00066	584	585	586	588	590
2	1188	0.00062	531	533	534	536	538
3	1187	0.00064	546	548	549	550	552
4	1189	0.00075	634	635	638	640	642
5	1190	0.00071	599	600	602	604	606
7	931	0.00067	569	570	572	573	575
8	1191	0.00068	565	566	568	570	572
11	1192	0.00066	542	543	545	546	547

4. 鋪裝用タールの比重と石油アスファルトの比重比較　石油アスファルトの比重は、1.01～1.06(15°/15°C) であるが、鋪裝用タールの比重は 1.08～1.25 (15°/15°C) で、比重を全く異にするを以つて、この點は兩者の區別をなす一助となる。而してタールの比重高きは、遊離炭素を含むが故のみに非ずして、遊離炭素を除きたる膠着性主體たる瀝青自身が既に高き比重を有するものにして、この點より見るも、石油アスファルト中の瀝青と鋪裝用タール中の瀝青とは、全然其の物質を異にし、從つて其の物理的及化學的性狀を異にすることを明示するものである。

ピツチ中の瀝青、ピツチの比重の例を揭ぐれば次の如し。

		1	2	3
ピツチ中瀝青比重	15°/15°C	1.193	1.186	1.213
ピツチ比重		1.206	1.251	1.274

かくの如く、石油アスファルトと鋪裝用タールとは比重を異にするを以つて、この兩者を使用するに當りては、其の同一容積に對しては、重量に於て鋪裝用タールにありては約 10～20% 餘分を使用することを要すべし。

IV 比　粘　度

1. 概說　粘度は鋪裝用タールの稠度を表すと共に、撒布、混合等の場合に於ける難易の程度を推測せしむるに役立つものであり、この意味に於て鋪裝用タールの規格中には、必要なる項目となる。稠度を表すに種々なる方法があるが、B.S.S. (1930 及 1932年)

に於ては稠度を表すに、タール粘度計、ハツチンソン稠度計を用る、DIN (1929) はハツチンソン稠度計により、A.S.T.M. にてはエングラー比粘度、浮游試験、軟化點等に依つて居る。

2. エングラー比粘度と溫度との關係　　上記 11 種の鋪裝用タールに就て、エングラー粘度計を以つて、各種の溫度に於いて 50cc の流出を以つて比粘度を測定したる結果は第 2 圖、第 3 圖の如く、溫度の上昇に從つて拋物線狀に減少し、比粘度 2.0 程度に到れば、其の減少は甚しく緩慢となる。又本圖に於て、等溫度に於ける各種タールの比粘度を比較すれば、各の相違を知ることが出來る。

鋪裝用タールの比粘度を石油アスファルトの比粘度（本所報告、第十四號、87 頁)と比較すれば遙かに低く、加熱使用のものにありても、石油アスファルト程の高溫度に上す必要なく、使用直後に於ては、石油アスファルトに比し遙かに低き溫度迄其の流動性を保つてゐるものである。

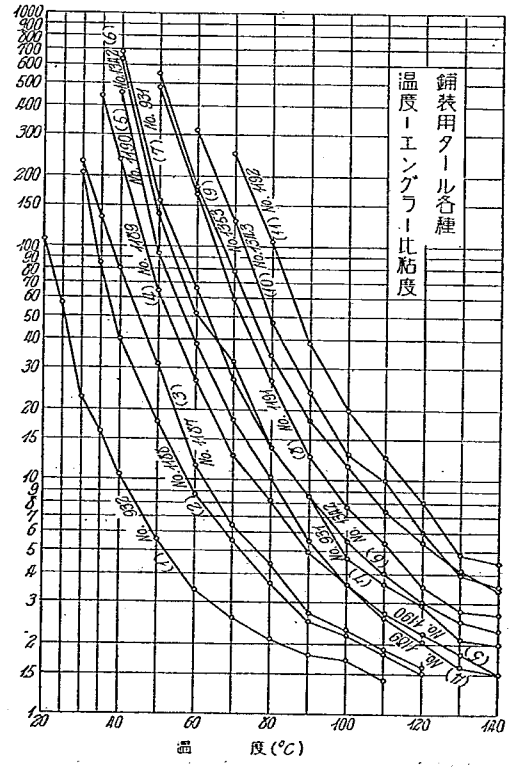
V　タール粘度

30°C 或は 35°C

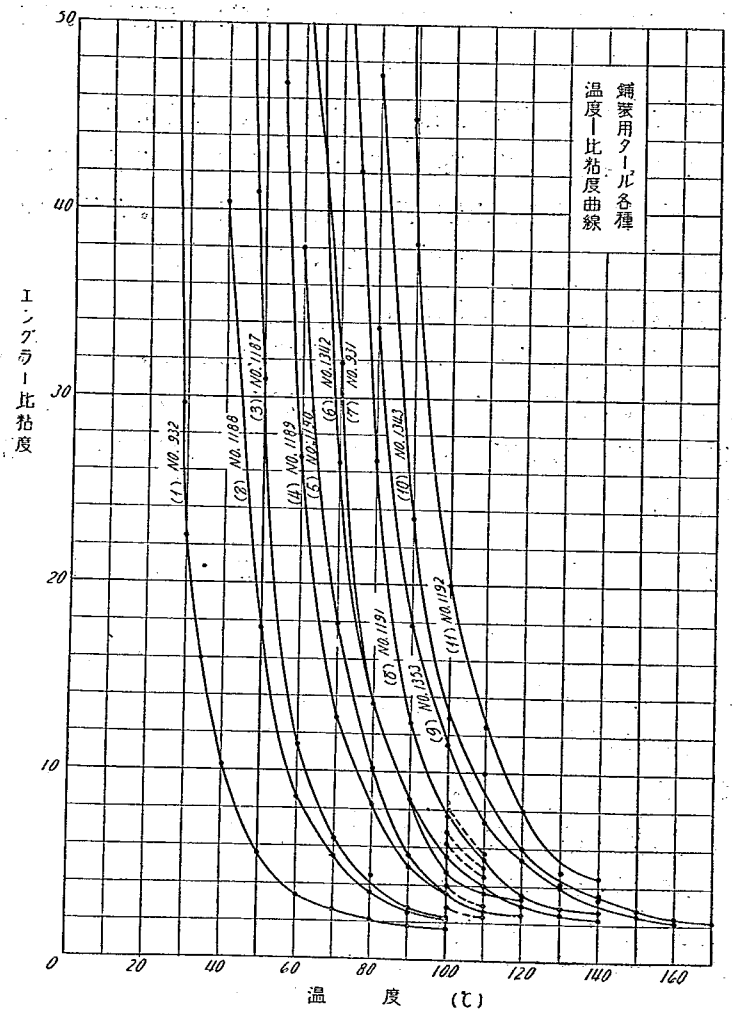
1. 概說　　タールの稠度を表すに、前揭エングラー比粘度に依ることを得るも、加熱用タールにありては、常溫に近き溫度に於ける其の測定には多くの困難を伴ふから、常溫或はそれに近き溫度に於ける加熱用タールの粘度の測定にはタール粘度計によるを便利とする。

2. タール粘度　　上記 11 種の鋪裝用タールに就いて、タール粘度計を以つて、各種の溫度に於て、50cc の流出を以つてタール粘度を測定したる結果は、第 4 圖の如し、之を第 3 圖の溫度比粘度曲線と比較すれば、類似の形を示して居るが、タール粘度はエン

第・2　圖



第 3 圖

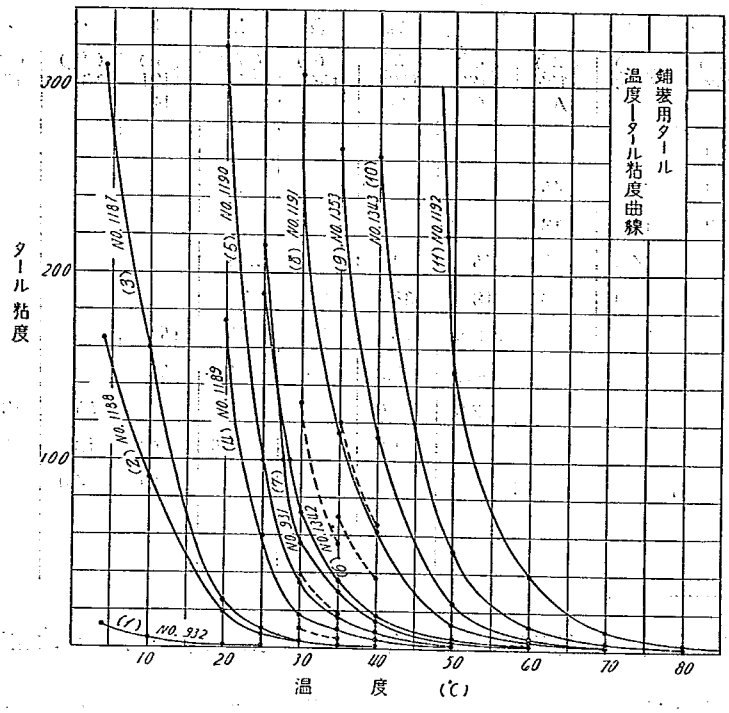


グラー比粘度に比して、其の測定溫度は低きにある。

第2圖、第3圖の成績を見るに、試料 (1)、(2)、(3) {試驗番號 No. 932, No. 1188, No. 1187} は比粘度の上よりして、常溫に於て撒布しうる程度のものにして、(4)、(5)、(6) {No. 1189, No. 1190, No. 1342} は 80～100°C に加熱すれば撒布容易である。(7), (8), (9), {No. 931, No. 1191, No. 1353} は 110°C に加熱すれば撒布しうべく、(10), (11) {No. 1343, No. 1192} は 120°C に加熱すれば撒布或は混合を行ふことが出來る。

第3圖、第4圖及第8圖より考ふれば、80～100°C に加熱し、碎石層上に撒布したる後

第　4　圖



其の溫度徐々に降下し、タール粘度次第に增加するも、20～25°C 位迄は充分流動性あり、冷却しながらも、碎石間隙中に徐々に流入し、碎石面を被覆しゆく性狀がある。(7), (8), (9) は 110°C に加熱し撒布せる後少くも其の溫度が 35°～40°C に冷却するまでは流動性があり、(10) は加熱撒布後 50°C 邊までは流動性を保つ。(11) は 100～120°C の溫度にて混合を行ふべきものである。

VI　ハツチンソン稠度

B.S.S. (1930 年) No. 2 タールに對してはハツチンソン稠度を以つて、其の稠度を規格して居る。諸種のタールについて、新、舊兩種のハツチンソン稠度計を以つて、各種溫度に於て、稠度を測定したる結果は、第 8 表及第 9 表の如し。又新舊ハツチンソン稠度の比較を取れば、第 10 表の如く平均 1.9 となる。タール粘度とハツチンソン稠度との關係は頗る不規則にして簡單なる關係を見出し難く、其の使用上より考へて新、舊ハツチンソン稠度計を用ふるよりも、操作簡便なるタール粘度計による方便利である。

第 8 表　鋪装用タールの各種溫度に於ける舊ハツチンソン稠度

溫度	常溫用タール			加熱用タール							
	(1) 932	(2) 1188 B	(3) 1187 A	(4) 1189 C	(5) 1190 D	(6) 1342	(7) 931	(8) 1191 E	(9) 1353	(10) 1343	(11) 1192 F
4°C	5.0										
10°	2.0	30	45								
15	1.0	11	18								
20		4.8	7	45	79		206				
25		2.0	3	18	38	102	78				
30				8.5	16	39	33	153			
35				4.2	7.2	20	14.5	56			
40				2.0	3.0	6.0	5.6	20	55	187.0	
50					1.0	2.0	1.5	6.8	12	32.0	80.5
60								2.0	4.0	8.0	21.0
70										2.0	5.0
80											1.8

第 9 表　鋪装用タールの各種溫度に於ける新ハツチンソン稠度

	常溫用タール			加熱用タール							
	(1) 932	(2) 1188 B	(3) 1187 A	(4) 1190 C	(5) 1190 D	(6) 1342	(7) 931	(8) 1191 E	(9) 1353	(10) 1343	(11) 1192 F
4°C	2.5										
10	1.0	14	20								
15	0.5	6	8								
20		2.6	4	22	41		89				
25		1.0	2	10	20	59	41				
30				5	10	25	19	93			
35				2.5	4	10	9	35			
40				1.0	1.6	4.0	3.4	12	35	92	
50					0.5	1.0	1.0	3.8	9.0	16	42
60								1.0	2.0	4.0	10
70										1.0	3.0
80											0.8

第 10 表　新舊ハツチンソン稠度比較表

温度	常温用タール			加熱用タール							
	(1) 932	(2) 1188 B	(3) 1187 A	(4) 1189 C	(5) 1190 D	(6) 1342	(7) 931	(8) 1191 E	(9) 1353	(10) 1343	(11) 1192 F
4°C	2.0										
10	2.0	2.1	2.3								
15	2.0	1.8	2.3								
20		1.8	1.8	2.0	1.8		2.3				
25		2.0	1.5	1.8	1.9	1.7	1.8				
30				1.7	1.6	1.6	1.7	1.7			
35				1.7	1.8	2.0	1.6	1.6			
40				2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	2.0	
50					2.0	2.0	1.5	1.8	1.3	2.0	1.9
60								2.0	2.0	2.0	2.1
70										2.0	1.7
80											2.2
平均	2.0	1.9	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.6	2.0	2.0
總平均	1.9										

第 11 表　タール粘度及新ハツチンソン稠度の關係

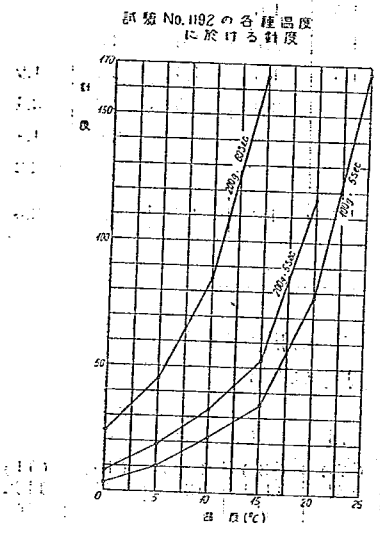
タール粘度 (t°C) ÷ ハツチンソン稠度 (t°C)

温度	常温用タール			加熱用タール							
	(1) 932	(2) 1188 B	(3) 1187 A	(4) 1189 C	(5) 1190 D	(6) 1342	(7) 931	(8) 1191 E	(9) 1353	(10) 1343	(11) 1192 F
4°C	5.0										
10	5.0	6.4	8.0								
20		7.3	6.3	7.9	7.6		10.9				
25		7.0	5.0	6.0	4.9	3.2	5.3				
30				3.4	3.5	2.9	2.9	3.3			
35				4.0	3.9	3.6	3.4	3.3			
40				5.0	4.7	4.2	4.0	5.2			
50					4.0	5.0	4.0	3.3	3.2	2.9	
60								3.5	2.7	3.3	3.5
70									3.0	3.0	3.9
80										4.0	3.3
90											3.7
平均	5.0	6.9	6.4	5.3	6.8	3.8	5.1	3.7	3.0	3.3	3.6
タール粘度 30°C / 新ハツチンソン 25°C	4.0	2.0	1.7	1.8	1.2	1.3					

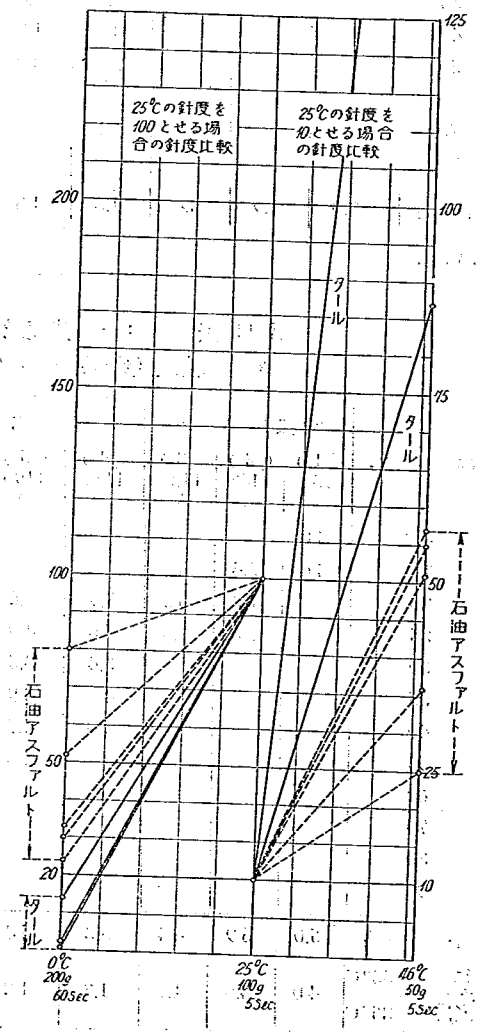
VII 針　　度

1. (11) 以外の試料は軟くして常溫に於て針度測定は不可能なるも、試料 (11) は軟化點 38.0°C にして針度を測定することが出來る。0～25°C の間の各種の溫度に於て 100g, 5sec; 200g, 5sec; 200g, 60sec の條件のもとに針度を測定したるものは第5圖の如し。卽ち (11) は、其の常溫に於ける稠度は石油アスファルト中最も軟質に屬するものの程度である。

第　5　圖



第　6　圖



2. 溫度に對する感受性 (溫度の變化に對する針度の變化)

石油アスファルトに比して、鋪裝用タールは、一般に溫度に對する感受性大である。(第6圖參照)從つて常溫に於て石油アスファルトと同樣の稠度を有する鋪裝用タールを使用せる場合には、低溫 (例へば 0°C 或は其れ以下) に於ては、稠度低きに過ぎ、脆弱なるを免れず、冬期嚴寒に際して破壞せらるゝことなきを保し難い。從つてこの點より考ふるも鋪裝用タールとしては一般

にアスファルト系材料に比して、常溫に於ける稠度の軟質なるものを選ぶべきものにして、之が爲比較的高溫（例へば 40°C 或は其れ以上）に於ては、アスファルト系材料を使用したる場合に比して、使用當時に於ては膠着材料は遙かに軟質である。從つて鋪裝用タールは、主として軟質膠着材料を必要とする鋪裝工事に適當にして、比較的硬質の膠着材料を使用すべき瀝青モルタル、瀝青コンクリート等の如き工事には、現今の儘の工法にては不適當である。

VIII 引火點（開放式）及燃燒點

常溫用タール (1), (2), (3) (No. 932, No. 1188, No. 1187) の引火點は 83～107°C にして、加熱用タールの引火點は、概ね 100°C 以上 125°C 以下である。試料 (6) {No. 1342} は引火點 75°C にして加熱用タールとしては低きに失するが、比較的低沸點油を多量に含むによるものにして、加熱用タールの引火點を 110°C 以上たらしむることは困難ではない。

上記各種タールの燃燒點は皆 100°C 以上にして之を 120°C 以上に保たしむることは容易である。(45頁第圖19參照)。

上記試驗の成績によれば鋪裝タールの引火點及燃燒點は石油アスファルトの引火點及燃燒點に比して概して低く、使用時の加熱溫度と引火點との差は、鋪裝用タールに於ては、石油アスファルト程大ならずして、引火、燃燒等の危險が多いから、加熱使用するものにありては特に、加熱の程度に注意を要する。

IX 軟 化 點 (R & B)

常溫用タール 3 種は常溫に於て液狀を呈し、加熱用タールの軟化點は 7.0～38.0°C を示して居る (44頁第17圖參照)。

X 凝 固 點

凝固點の試驗は爪掻法により之を行はんとしたるも、諸種の點に於て試驗法に缺點あるを認め、之を改良して次の如き方法によつたものである。

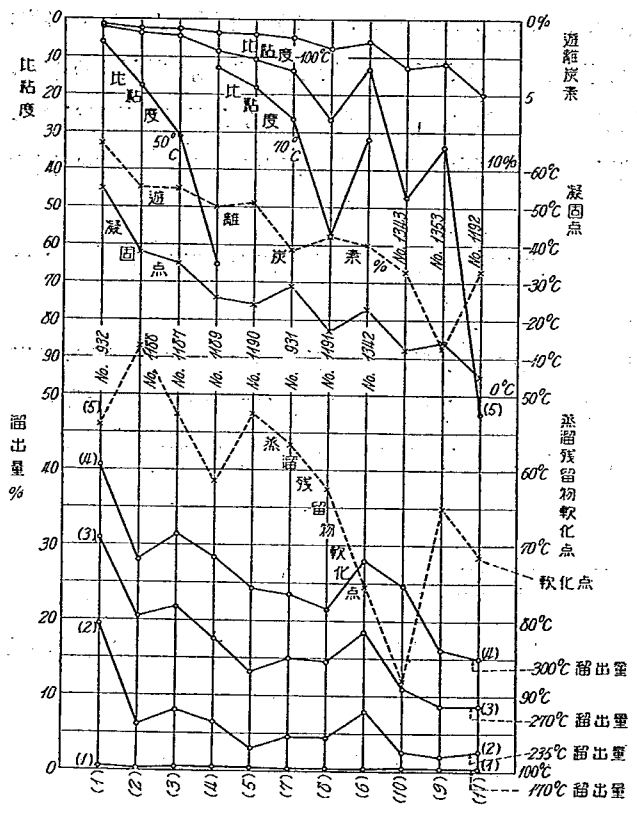
卽ち、小なる金屬薄板上にタールを薄きフィルムとして流し、之を小なる試驗管内に收め、－50°C まで續みうる溫度計を管中に挿入し、管は更にアルコールを容れたる大なる試驗管中に入れ、之を外部より、固體炭酸（デユワー壜中に入る）を以つて冷却し、溫度

降下過程中、針度試験用針を以つてタール・フィルムを輕く突き、試料全く脆化し直ちに完全に龜裂を生ずる程度に至りたる時の溫度を以つて凝固點とせるものである。本試験の成績は四回以上の平均結果である。

常溫用タールの凝固點はいづれも −35°C 以下にして、加熱用タール中 (4), (5), (6), (7) {No. 1189, No. 1190, No. 1342, No. 931} はいづれも −20°C 乃至 −30°C の間にあり (8), (9), (10) {No. 1191, No. 1353, No. 1343} はいづれも −10°C 乃至 −20°C の間にあり。(11) {No. 1192} は凝固點 −5°C である。(第7圖參照) 之によつて考ふれば (11) 程度のタールは、凝固點高きに過ぎ、冬期に於て凝固點以下の狀態となりうべきを以つて、鋪裝用として脆弱なものたるを免れない。かゝる點よりして鋪裝用タールとしては、冬期に於ける溫度が特別に高き地方をのぞきては、(11) の如きタールを用ふることは危險である。(9), (10) 程度のタールは、最低溫度が東京附近と同程度の地方には使用しうべきも、寒冷なる地方に於ては適當しない。

第　7　圖

蒸溜試驗成績と其の他の性質との關係



XI　水分及蒸溜試驗成績

上記各種タールの水分はいづれも 0.5% 以下、或は痕跡にして、使用上に於て有害量を含まず。

蒸溜試験の成績はタールの他の性質に對應して種々に變化して居る。

第7圖に溜出量及其の他の二三の性質を示した所によれば、當然考へらるゝ如く低溫に於ける（235°C 迄）溜出量多きものは、比粘度、凝固點等比較的低きものである。大體に於て全溜出量とこれ等の性質は相關聯し居るも、單に溜出量のみにては適確に判斷し難く、溜出量を考ふると共に、蒸溜殘溜物の軟化點をも考慮に入るゝ必要がある。卽ち殘留物軟化點高きものは、溜出量等しきものにありては、高比粘度、高凝固點となる。例へば試料(2)及(3)の如し。

卽ち、

1. 全溜出量の多きものは概して、低比粘度、低凝固點を示す。
2. 溜出油中低溫に於て溜出し來るものを多量に含むもの程概して低比粘度、低凝固點のものを與ふ。
3. 蒸溜殘留物の軟化點低き程概して低比粘度、低凝固點のものを與ふ。
4. 其の他遊離炭素の量、カービンの量、ナフタリンの量等も、比粘度、凝固點等に關係すべし、(遊離炭素については第7圖を參照)。

上記の關係は頗る複雜なるを以つて、一概に蒸溜試験のみにて、タールの全性質を判斷し得ざるも、蒸溜試験成績は、タールの諸性質に重大なる影響を及ぼすものと見做すべきものである。

尙之を使用せる場合を考ふるに、300°C 位迄の溜出油は、空氣中に於て薄きフイルムとしてタールが撒布せられた場合に漸次蒸發散逸すべき部分にして、低溫溜出部分程發散迅速なるものであるから、かゝるもの程使用後、其の稠度の變化が著しい。

XII 蒸溜殘留物軟化點

蒸溜殘留物は、タール使用後膠着性主體をなすもので、其の軟化點高きに過ぐるものは、凝固點高く且つ脆弱なることを意味するものである。上記の試驗成績を見るに、蒸溜殘留物の軟化點は甚だ區々にして、低きは 43.5°C より高きは 88°C 迄の範圍にあり、試料(6), (10), (11) {No. 1342, No. 1343, No. 1192} の如きは其の高きに失するもの>如し。蒸溜殘留物軟化點と凝固點との關係は第7圖に示す如し。

XIII タ ー ル 酸

1. 上記試驗成績の範圍に於てはタール酸の量は概して多からず、試料(1)の6%を除き、他は4%以下にして、タール酸少き鋪裝用タールを得ることは困難ならざるが如し。(50頁第28圖參照)。

2. タール酸の測定は通常 170～270°C 溜出油について行ふものであるが、270～300°C の溜出油中にも多少のタール酸の存在を疑ふ餘地がある。今其の量を比較すれば第12表の如くである。

第 12 表　170～270°C 及 270～300°C 溜出油中のタール酸及ナフタリンの量

材質番號	試驗番號	タール酸		ナフタリン或は固形物	
		170～270°C 溜出油中	270～300°C 溜出油中	170～270°C 溜出油中	270～300°C 溜出油中
		%	%	%	%
(1)	No. 932	6.1	痕跡	4.03	0.08
(2)	No. 1188	1.6	痕跡	1.50	0.21
(3)	No. 1187	2.68	痕跡	0.67	0.18
(4)	No. 1189	2.00	痕跡	0.23	0.17
(5)	No. 1190	1.50	痕跡	少量	0.12
(6)	No. 1342	3.49	0.92	5.42	0.45
(7)	No. 931	2.80	痕跡	少量	0.12
(8)	No. 1191	1.61	痕跡	少量	0.09
(9)	No. 1353	0.55	0.23	3.07	0.73
(10)	No. 1343	1.72	1.38	2.31	0.55
(11)	No. 1192	1.00	痕跡	少量	0.09

卽ち 270～300°C 溜出液よりのタール酸は概して少量であるから、タール中のタール酸の多少を單に比較するには 170～270°C 中のタール酸を定量することによりて滿足してよろしい。且つ 270～300°C 溜出油中のタール酸の水に對する溶解性は、170～270°C 溜出油中のタール酸の溶解性に比して遙かに低きものたるべきを以つて鋪裝用タールとしては餘り重大視する必要がないものと考へられる。

上記の如く、鋪裝用タール中には、タール酸を含有し、タール酸は水に溶解せられて、道路以外に流出するの懸念があるもので、其の量は少きをよしとする。石油アスファルト中には、タール酸の如き可溶性成分を含有せざることに於て、相違して居るを以つて、鋪裝用タールの規格中に於ては、タール酸に對する制限を必要とするものである。

XIV ナフタリン

ナフタリンの量は試料 (1) 及 (6) の2種を除きては比較的少く、3% 以下にして、其のあるものは極めて少量に止る。尙 270～300°C 溜出油中より析出する固形物の量を見るに (第12表參照) 少量にして、單に鋪裝用タール中に存するナフタリンの量を比較するに

は 170～270°C 溜出油について行ひたるものを以つて滿足して差支ない。

鋪裝用タール中にナフタリンを含有することは、上記の如くであるが、石油アスファルト中には、ナフタリンの存在せざる點に於て兩者相違して居る。ナフタリンは結晶性にして、臭氣强く、其の多量に存在することは、一般に鋪裝用として有害とせられて居るを以つて、鋪裝用タールの規格中に於ては其の量を制限する要あるものである。

XV　瀝青全量、遊離炭素、灰分

1. 概說　瀝青全量は膠着材としての主成分をなすものであり、遊離炭素はタール中の瀝青及灰分以外の有機物質にして、炭素含有量高く、其れ自身には膠着性なく、タール中に微細紛末として浮游或は混交し居る成分である。遊離炭素はむしろ、タールの瀝青中に混交して、塡充材の働きをなすものと見做すべく、其の量多きものは概して比粘度大となり、軟化點高き傾向がある。(第7圖參照)。タール中には遊離炭素の存在することは止むを得ざる所にして上記諸種タール中には 8.2 乃至 21.8% を含有して居る。

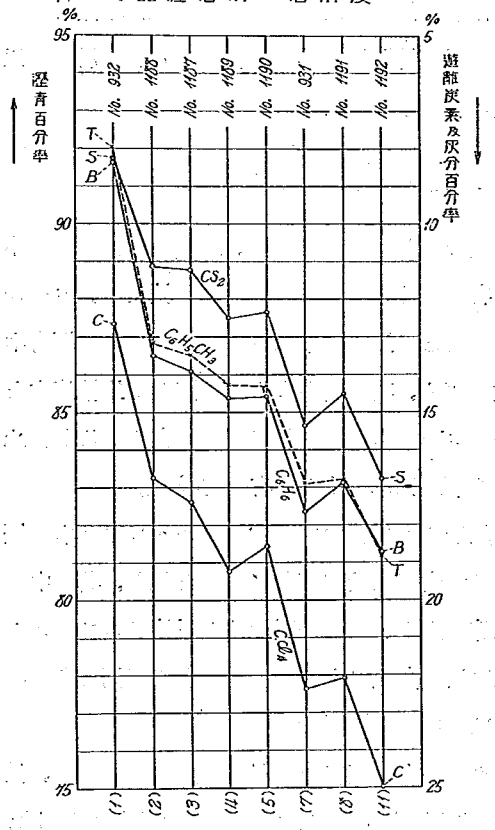
灰分は大體に於ていづれも少く 0.10% を超ゆるものはない。尙タール・ピツチ中の瀝青自身は、極めて軟質のものにして、原ピツチが常溫に於て硬質のものと雖も、其の中の瀝青は針度大にして軟化點低きを常とす。之等の點も、タール系製品と石油アスファルトとの區別をなす上に於て、又之を使用する上に於て考慮に入れおく必要ある事柄である。ピツチ及ピツチ中瀝青の性質を比較せるものは 28 頁第 12 圖である。

2. 瀝青及遊離炭素と溶劑との關係　タール中の瀝青分に對する溶劑としては、從來諸種の藥品が考へられて居る。卽ち (1) 二硫化炭素 (CS_2); (2) 四鹽化炭素 (CCl_4); (3) ベンゾール (C_6H_6) (4) トルオール ($C_6H_5.CH_3$); (5) ピリヂン (C_5H_5N); (6) クロロホルム ($CHCl_3$) 等之である。從つてタール中の瀝青或は遊離炭素の定量には、上記諸種の藥品が用ゐられ、其の結果は必ずしも相一致し得ない爲、之れを比較するに困難である。稍特種の溶劑に屬するピリヂン (獨逸に於ける標準試驗方法中に用ゐらるゝもの)、麻睡性强きクロロホルムの如きは一般試驗用としては、なるべく避くべきを以て、之等 2 種を除き、(1)～(4) の 4 者について其の溶解作用を比較すれば次の如くである。(24頁第 8 圖參照)。

試料 (1), (2), (3) {No. 932, No. 1188, No. 1187} (以上常溫用タール) (4), (5), (7), (8), (11) {No. 1189, No. 1190, No. 931, No. 1192} (以上加熱用タール) について上記 4 種の溶劑を以つて、瀝青及遊離炭素を測定し其の結果を第 8 圖に示したもので、S

第　8　圖

鋪裝用タールに対する諸種溶剤の溶解度



線は二硫化炭素を用ゐたる場合、T線、B線、C線は夫々トルオール、ベンゾール、四鹽化炭素を用ゐた場合を示して居る。上方より各線までの距離は遊離炭素及灰分を表すものにして灰分は 0.10％を超へないから、この距離は結局畧遊離炭素の量を示し、下方より各線までの距離は各種溶劑を用ゐたる時の瀝青の量を示し、S線と C線との間の距離はカービンの量を示して居る。

第8圖に依れば、試料を異にするに從つて各種溶劑の作用は多少不規則なる關係に立つも、4 種の溶劑の中二硫化炭素 (CS_2) は、溶解能力最も大にして、トルオール ($C_6H_5.CH_3$)、ベンゾール (C_6H_6) 之につぎ、この兩者は多少の差違あるも略同程度の溶解能力を有し、四鹽化炭素 (CCl_4) は溶解能力が遙かに低い。仍つてトルオール、ベンゾール、四鹽化炭素等を以つて定量せる遊離炭素中には、明かに二硫化炭素可溶成分卽ち瀝青を含有するものである。

註　試料 No. 932 に於ては、CS_2, $C_6H_5 \cdot CH_3$, C_6H_6 の溶解能力は同程度にして明かに區別し難し。

從つて瀝青及遊離炭素の定量には二硫化炭素によるをよしとし、他の溶劑が用ゐられたる場合の試驗の成績と比較するには、適當の補正を行ひ、二硫化炭素の場合に換算することを要する。

二硫化炭素及トルオールの差は、1.56 乃至 2.30％にして平均 1.97％；二硫化炭素及ベンゾールの差は 1.92 乃至 2.69％にして平均 2.27％；二硫化炭素及四鹽化炭素の差は 4.42 乃至 8.21％にして、平均 6.47％である。從つて補正としては次の如く行へば大差なからう。

	瀝青	遊離炭素	誤差
トルオールの場合	+ 2.0 %	− 2.0 %	± 0.4 %
ベンゾールの場合	+ 2.3	− 2.3	± 0.4
四鹽化炭素の場合			
常溫用タール	+ 5.8	− 5.8	± 0.5
加熱用タール	+ 7.2	− 7.2	± 1.0

上記の試驗の成績よりカービンの瀝青に對する百分率を求むれば第13表の如くである。

第 13 表　鋪裝用タール中カービンの量

試料	カービン	試料	カービン
(1)	4.82 %	(5)	7.12 %
(2)	6.27	(7)	8.32
(3)	6.93	(8)	8.80
(4)	7.67	(11)	9.86

之をアスファルト中のカービンの量（0.5% 以下）に比較すれば著しく高く、石油アスファルトが單に比較的低溫に於ける蒸溜殘留物たるに反し、タールが高溫に於ける破壞蒸溜による生成物たることを示して居り、之によりてタール及石油アスファルトの區別をなす一助を得ることが出來ると共に、其の中の瀝青が全く別種のものに屬し、從つて其の物理性にも根本的相違あるを暗示して居る。

上記の事實より見れば瀝青材料中カービンの量 0.5 以上に達するものは、其の中に多少タール系統のもの存在する疑あるものである。而して、鋪裝用タール中のカービンは、主として蒸溜殘留物中に存在するものにして、殘留物中のカービンの量は、蒸溜殘留物の軟化點に影響するものなることは第13圖に示すが如く、カービンの量多きものは概して軟化點が高く、其の脆きことを暗示して居る。又鋪裝用タール中のカービンの量は其の凝固點に影響あるもの>如く、カービンの量多きものは概して凝固點が高い。之を要するに、鋪裝用タール中のカービンの量は少きを以つてよしとするものであるが、カービンの量の多きことは、鋪裝用タール中の瀝青の元來の性質によるもので、單にカービンが存在する爲のみの鋪裝用タールの性質が變化せるものとは考へられない。(29頁第13圖參照)

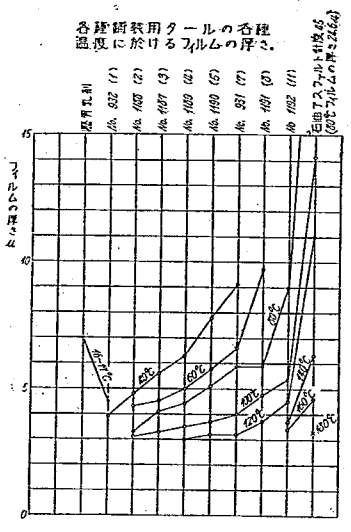
XVI　鋪裝用タールのフィルムの厚さ

花崗岩、石灰岩、安山岩等の圓壔形狀供試體を作り、各種の溫度に於て之にタールのフィルムを塗布し、同一溫度に保ちて、其の滴下する部分は自由に滴下せしめ、こ>に生ずるタールフィルムの量を秤量し、其の比重、圓壔表面積等より各種溫度に於けるタールフィルムの厚さを測定した。高溫に於ては幾分の蒸發による損失、低溫に於ては、滴下不充

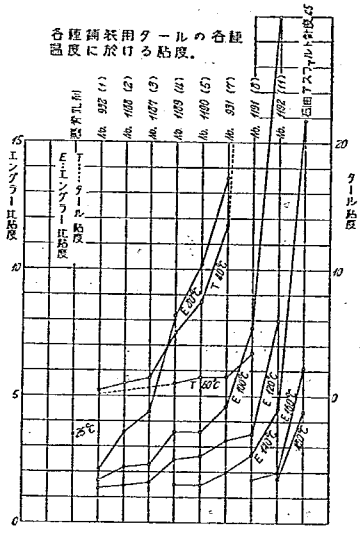
分による誤差等を免れがたきも、大體に於て相比較しうる結果を見る。花崗岩、石灰岩、安山岩の3種にありては、多少の差違を生じうべきも、其の差は實驗誤差の程度にして、溫度及試料タールの差に比し甚しく低きを以つて、3 種の岩石に對する結果を平均してタールフィルムの厚さを算出することゝした。

各種鋪裝用タールの各種溫度に於けるフィルムの厚さ（μ）を圖示せるものは第9圖にして、其の粘度を圖示せるものは第 10 圖である。鋪裝用タールのフィルムの厚さは、溫度高き程薄きは當然の事にして、同一溫度に於ては、粘度高きもの程フィルムの厚さは大である。兩圖を相對照すれば、略其の傾向を知ることが出來る。常溫用タールにありては、之を使用する際の溫度低きを以つて、本試驗の如き條件の下に於て、其のフィルムの厚さは 4～6μ 以上である。加熱用タールにありては、80～120°C に加熱して之を使用するものにして、假りに其の儘の溫度を永く保持するものとせば、其のフィルムの厚さは、3～10μ であるが、撒布式の工法にありては撒布後徐々に冷却するを以つて、フィルムの厚さは之より大となるべし。且ついづれの場合に於ても骨材の表面、其の間隙の大小其の他種々の條件を異にすべきを以つて、骨材面に附着するフィルムの厚さは、本試驗に於て實測せしものとは異るべきも、上記の試驗によりて、タールの被覆厚きにつき一つの比較をなしうべし。

第　9　圖



第　10　圖



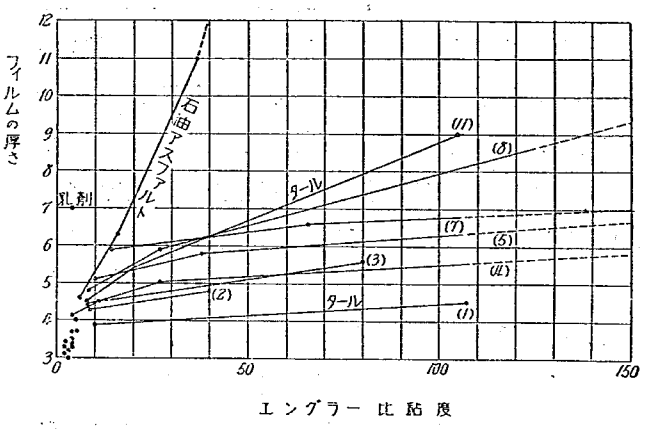
尙フィルムの厚さと比粘度との關係を圖示すれば、第 11 圖の如くにして、鋪裝用タールのフィルムの厚さは、同程度の粘度の瀝青乳劑のフィルムの厚さに比し約$\frac{1}{2}$にして、之を針度 40～50 の石油アスファルトに比較すれば、比粘度の變化によるフィルムの厚さの

變化少く、比粘度 150 位の間に於てはフィルムの厚さに甚しき變化を生じない。この點に於て鋪裝用タールは、路面處理、透入式マカダム、或は混合式マカダム工法に使用して、石油アスファルトよりも其の取扱ひに便利にして、瀝青質材料を要すること少くして足りるものと思はる。尙之を換言すれば、タール鋪裝に於てはアスファルト鋪裝と同程度の量の瀝青質材料を使用することは、瀝青過多に陷り、鋪裝の安定度を害するものとなるべし。

又鋪裝用タール各種間に就て之を見るに、概して粘度低きタールは、同程度の比粘度に於ては、フィルムの厚さ薄き傾向を有するを以つて、タール使用に當りては、施工の他の條件が同程度なる工事にありては粘度低きもの程、其の使用量を減ずる必要がある。撒布式工法に於て施工の溫度を考へに入れ上記フィルムの厚さのみより瀝青質材料使用量の比を求むれば、次の如くである。

第　11　圖

瀝青質材料比粘度及フィルムの厚さ



エングラー比粘度

第 14 表　使用量の比

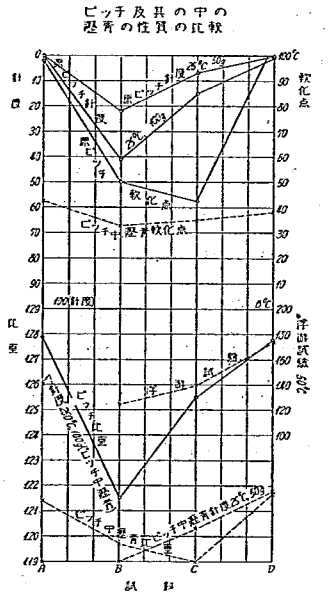
材料	溫度 °C	使用量の容積比
石油アスファルト 100～120	140～160	90
瀝青乳剤	15～25	70
常溫用タール		
(1) {No. 932}	15～30	45
(2) {No. 1188}	15～50	50
(3) {No. 1187}	15～50	55
加熱用タール		
(4) {No. 1189}	80～110	40
(5) {No. 1190}	80～110	45
(7) {No. 931}	80～110	50
(8) {No. 1191}	100～110	55
(11) {No. 1192}	100～120	55

上記は施工の他の條件が同程度の場合について言はゝ所にして、實際に當りては、必ずしも上記の數字の示す通りに行ひ難きは勿論なるも石油アスファルトに比しては、タールの使用量は容積に於て 50～60% に止めて差支なかるべし。

XVII　鋪裝用タールと鋪裝用石油アスファルトとの比較

鋪裝用タールと、鋪裝用石油アスファルトとは、根本的に其の性質を異にするを以つて、之を使用するに當りては、使用材料に對する選擇の標準其の使用の方法等を異にしなければならない。石油アスファルトを使用すると同じ方法を以つて鋪裝用タールを使用する時は、其の工事は當然失敗に終るものと考へなければならない。材料の選擇上、使用上及識別上に必要なる兩者の相違點を下に列擧して參考に供することとする。

第　12　圖



1. 一般性狀　　石油アスファルトは、アスファルト系石油より其の中の蒸發し易き部分を除去したる殘留物にして、著しき熱分解を受けざるものなるに反し、鋪裝用タールは、石炭の破壞蒸溜生成物を主成分とするを以つて、甚しく熱分解を受け、其の成分を異にし、從つて其の性質を異にす。

ピツチ中の瀝青の性質例は第12圖に示すが如し。

2. 比重　　鋪裝タールの比重は、一般に石油アスファルトの比重より大である點は、兩者識別の一助とすることが出來る。又、等容積の材料に對しては、タールを使用する場合石油アスファルトに比し重量に於て 10～20% 餘分に使用する必要がある。

3. 硬化現象　　石油アスファルト（カツトバツク・アスファルトを除く）の硬化は主として其の熔融狀態より漸次冷却するに從つて硬化するものにして、溫度の變化に從ふ物理的現象によるものである。この際其の成分に著しき變化はないが、鋪裝用タールに於ては、加熱使用のものも、また常溫使用のものも、共に其の中の揮發性成分の蒸發によりて、其の一部は失はれ、且つタール中には不飽和成分を含むを以つて、其の殘留せる主成分は空氣中に於て漸次硬化しゆく性質を有して居る。從つて、石油アスファルトにありては、

其の主成分が鋪裝中に於て、甚しき化學變化を受くること少きも、鋪裝用タールにありては、其の主成分に化學的硬化を受くる結果として、鋪裝に使用したる後に於ては、使用前とは別種の物質に漸次變化し、從つて其の物理的性狀も著しく變化しゆくものである。これが爲に鋪裝用タールを使用するに當りては、使用前に於て石油アスファルトと同程度の稠度のものを用ゐる時は、使用後に於ては石油アスファルトとは稠度を異にし、的其の目に添はざるものとなる。卽同一目的に對しては、鋪裝用タールは、石油アスファルトに比して粘度著しく低きものを使用することを要する。

4. 溫度に對する感受性　　石油アスファルトに比し、鋪裝用タールは溫度に對する感受性が大であるから、この點に於ても、石油アスファルトより軟質のものを使用しなければならない。從つて、鋪裝用タールは、硬質瀝靑質材料を要する諸工事に不適當である。

5. 引火、燃燒及加熱溫度の關係　　石油アスファルトに比し、鋪裝用タールの引火點、燃燒點は低く、且つ使用時加熱溫度と引火點との差が少い爲、鋪裝用タールは使用中引火燃燒等の危險が多い。從つてこの點に特に注意を要するもので、過度の加熱を嚴戒する必要がある。

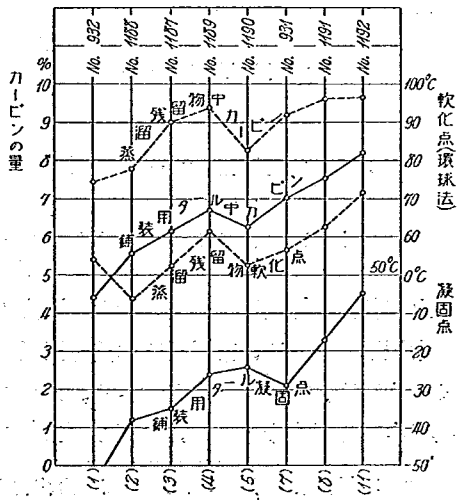
6. タール酸及ナフタリン　　石油アスファルトは、タール酸及ナフタリンの兩者を含有して居ないが、鋪裝用タール中にはこの兩者を含有して居る點は、兩材料識別の一助とすることを得ると共に、鋪裝用タール使用に當りては、其の存在について一顧を費す必要がある。

7. 遊離炭素及瀝靑　　石油アスファルト中には遊離炭素の存在を認めざるも、鋪裝用タール中には、常に其の存在を認む。この點は兩者識別の一助とすることが出來る。而して鋪裝用タール中の瀝靑は石油アスファルト中の瀝靑とは、全然別種のものにして、頗る軟質のものであり、遊離炭素の存在は、タールの諸稠度（粘度、軟化點、凝固點）に影響を及ぼすものである。

8. カービン　　石油アスファルト中には、カービンの量極めて少きに反し、鋪裝用タール中には、常に相當多量のカービンを含有する點は、兩者の識別上一助となる。

第　13　圖

鋪裝用タールのカービンの量と其の他の性質



9. フィルムの厚さ及稠度　石油アスファルトに比し鋪裝用タールは、遙かに軟質にして、其の使用直後に於ては、アスファルトに於ては比較的高き溫度に於て其の流動性を失ふも、鋪裝用タールにありては、常溫或は其の近くまで流動性を保持するを以つて、鋪裝の安定度は專ら骨材の噛合せに依りて保たしむべく、又其のフィルムの厚さは、石油アスファルトに比し概して薄きを以つて、其の使用量は少くして充分である。尙其の軟質なる點より考へて、之を過多に使用することは、鋪裝用タールにありては、特に避くるを要する。

XVIII　鋪裝用タールの規格案*

上記鋪裝用タールの性質に關する試驗及從來本所に於いてタール及びピツチについて行ひたる試驗を基とし、其の他英、米、獨等の規格を參照し、本所鋪裝用タール及ピツチ標準試驗法に準據して、本邦に適する鋪裝用タールの規格案を作製すれば下記の如くである。現今の如く、鋪裝用タールの使用が比較的少範圍に限られて居る狀態の下に之が規格を確立することは頗る困難なることなるも、規格の決定は一面に於て、其の製造、使用の兩方面に對して、準據すべき所を明かにせしめ、其の發達を促進する段階ともなりうべきを以つてこゝに本案を掲ぐることとした。本案は之によりて諸方面の意見を聞かんが爲に作れる所にして、未だ確立せるものに非ず。今後、製造、使用の兩方面の技術の進歩と相待ち、且つ多方面の意見を參照して、其の足らざる所は補足改訂せんとするものである。

鋪裝用タール規格案

鋪裝用タールは、(i) 骸炭爐タール或は石炭瓦斯爐タールを精製し或は (ii) 軟ピツチ又は精製タールに中油又はアントラセン油をカツト・バツクして製造したるものにして、之に20% 以上の他系瀝靑質材料を含有せざるものとす。カツト・バツクに用ゐる軟ピツチは軟化點（環球法）60°C 以下のものたるべし。

鋪裝用タールの種類は大別して常溫用及加熱用の2種とし、更に別ちて次の7種とす。

1.	常溫用タール	A	タール・プライマー
		B	路面處理及透入法用
		C	修繕用
2.	加熱用タール	D	路面處理用
		E	透入法用
		F	混合マカダム用
		G	混合用

附記　常溫用タールは加熱用タールに比し、比較的低溫に於て撒布し得るものにして、必要に應じて、之を 60°C 以下の溫度にあたゝめて使用することを妨げざるものとす。

上記各種の鋪裝用タールに對する規格（案）第15表の如し。

常溫用タールは、常溫或は比較的低溫に於て使用せらるべきものにして、粘度比較的低く全溜出液、竝に低溫溜出液多く、カツト・バツク製品或は直溜製品を用ゐ、使用後は、其の中の揮發成分の蒸發、其の他の作用により、瀝靑質の薄きフイルムを殘すものである。

＊ 本規格案に對し御意見あらば、內務省土木試驗所西川技師宛に願ひ度し。

第15表　舗装用タール規格案

項目	常温用タール			加熱用タール			
	タール・プライマー A	路面處理及透入法用 B	修繕用 C	路面處理用 D	透入法用 E	混合マカダム用 F	混合用 G
1. 一般性質	カット・バック製品或は直溜製品にして其の質均等なるものたるべし。			直溜製品或はカット・バック製品にして其の質均等なるものたるべし。			
2. 比重 15°/15°C	1.10～1.17	1.10～1.20	1.10～1.20	1.14～1.225	1.15～1.240	1.16～1.240	1.20～1.25
3. 比粘度 エングラー 50°/25°C	5.0～10.0	6.0～15.0	15.0～30.0				
100°/25°C				2.5～4.0	4.0～5.0	5.0～8.0	4.0～8.0
120°/25°C							
4. タール粘度 50cc 30°C sec				10～40	40～130	70～120	100～220
50cc 35°C sec							25～35
5. 浮游試験 50°C sec							
6. 軟化點 R&B, °C							
7. 引火點 開放式 °C	≧80	≧80	≧80	≧110	≧110	≧110	≧120
8. 水分 %	≦1.5	≦1.5	≦1.5	≦0.5 110°C に於て泡起せず。	≦0.5 110°C に於て泡起せず。	≦0.5 110°C に於て泡起せず。	≦0.5 120°C に於て泡起せず。
9. 蒸溜試験 重量 %							
0～170°C	0～7.0	0～7.0	0～7.0	0～1.0	0～1.0	0～1.0	0～1.0
170～270°C	23.0～33.0	15.0～27.0	12.0～24.0	10.0～20.0	8.0～16.0	6.0～14.0	5.0～10.0
270～300°C	5.0～15.0	5.0～13.5	4.0～13.0	3.5～12.0	3.0～12.0	3.0～8.0	3.0～8.0
300°C 殘溜物	≧55.0	≧62.0	≧67.0	≧70.0	≧75.0	≧78.0	≧81.0
10. 蒸溜殘留物軟化點、R&B, °C	60	60	60	63	63	65	65
11. タール酸 容積 %	≦6.5	≦5.0	≦5.0	≦4.0	≦4.0	≦2.0	≦2.0
12. ナフタリン 重量 %	≦5.0	≦5.0	≦5.0	≦4.0	≦4.0	≦3.0	≦3.0
13. 溶解性 CS_2 %	≧85.0	≧85.0	≧85.0	≧82.0	≧82.0	≧80.0	≧78.0
14. 遊離炭素 CS_2 %	≦14.0	≦14.0	≦14.0	≦18.0	≦18.0	≦20.0	≦22.0
15. 凝固點 °C				(－30°C 以下)	(－30°C 以下)	(－20°C 以下)	－10°C 以下
16. 使用時加熱溫度 °C	常温	≦60	≦60	80～110	80～110	80～110	105～120

備考
1. 上記規格中の數値は、其の範圍内に於て、氣候、風土、施工時期等の差異により、適當に變更するを妨げず。
2. 本規格案に對する試驗方法は、本所舗裝用タール及ピッチ標準試驗方法に從つて行ふものとす。タール粘度の試驗は、同册中の 48～49 頁の方法に依るものとす。
3. 凝固點は使用場所の最低氣温以下なるを要するを以つて、其の必要ある場合には、之を適當に補足し規格中に入るゝを要す。即ち、規格案 D. E. F に於て、使用場所の最低氣温が夫々 －30°C 以下 －20°C 以下なる場合には括弧内の數値を規格中に入るゝを要す。
4. 舗裝用タール G は最低氣温 －10°C 以下の場所には使用すべからず。

この中、A號タール・プライマーは、粘度最も低くして流動性に富み、低溫溜出成分多く、常溫に於て撒布しうるものにして、プライマーとして使用すべく、木塊其の他ブロック類の張り付け（例へばコンクリート面上に塗布してこの上にブロック類を敷き竝ぶる場合）等に使用せられるものである。

B號タールは、A號タールに次ぎて粘度低く、揮發性成分多く、常溫或は比較的低溫（60°C 以下）に於て、路面處理或は透入法用に供すべきものにして、直溜製品或はカット・バック製品のいづれにしても差支なく、骨材上に撒布して、漸次防水性路層を形成し、其の目的を達せんとするものである。本タール使用直後は、流動性を有するを以つて、路面處理に使用したる場合には最後の目潰し材料として砂の程度の細粒材を撒布することを要し、路面層は出來得る限り薄きを可とす。本タールによる路面處理は、既設鋪裝面或は、自然輾壓により、よく固結せる路面等に行ふべきもので、使用後、日數の經過と共に本タール中の揮發性成分の發散により、漸次硬化しゆくものである。

本タールを透入法に供する場合には、施行直後に於ては水締マカダム道の水の代りに本タールが混入せる狀態にあるものにして、水締マカダム道に於て過多の水が有害なる如く本タールを過多に使用することは、路層をうます虞あるものにして、其の適當量を使用することは最も肝要とする所である。使用後日數の經過に從ひ、本タール中の揮發性成分の發散に伴ひ漸次硬化しゆく傾向あるものとす。本タール使用の場合は、其のシール・コートを施す前相當期間、一般交通を遮斷して路層の安定するを待ち、然る後に之を行ひて交通を開始すべきものとす。施工直後交通開始を要する場所に本タールを使用するは、危險である。

C號タールは、常溫用タール中に於ては、粘度比較的高く、揮發性成分比較的少く、常溫乃至比較的低溫（60°C以下）に於て小修繕用（Patching）に供すべきものにして、主としてカット・バック製品を用ゐ、使用後は、油分の發散及其の他の作用によりて修繕個所を固化せしむるを目的とする。

加熱用タールは、80～120°C に加熱して用ふべきものにして、直溜製品或はカット・バック製品を用ふるものにして、カット・バック製品にありては、カット・バックせらるゝピツチは軟質にして其の軟化點 60°C 以下のものたるべく、其のカット・バック用油は、アントラセン油或は、脫酸せる中油等とす。本タールは常溫に於て粘稠性液狀乃至半固狀を呈し、上記溫度に加熱することによりて、始めて、撒布或は混合に適當なる比粘度を有する液狀となるものにして、殆ど水分を含まず、其の引火點は加熱溫度よりも低からざるものとす。

この中 D號タールは 80～110°C に加熱して、路面處理に供すべきものにして、直溜製品或はカット・バック製品のいづれにても差支なく、撒布後は、冷却、揮發性成分の發散、

自然硬化等によりて、路面の骨材と共に、防水性薄層（厚約 1.0 cm 以下）を生じ、其の目的を達するものである。常溫に於ては、流動緩慢なる液狀を呈し、最後の目潰材としては細粒材を使用することを要す。

E 號タールは、80～110°C に加熱して、透入法に供すべきものにして、直溜製品或はカット・バック製品のいづれにても差支なく、D 號タールと同樣の作用により、漸次路層を膠着せしむるものにして、鋪設直後に於ては、未だ全く流動性を失ひたる狀態には達せざるを以つて、路層は水締マカダム道の水の代りに粘稠性液狀物質の存在する狀態にあるものなるに依り、其の使用量は過多に失することを嫌ふものである。卽ち其の量は、碎石の表面を恰度被覆し得る程度に止むべく、之を以つて碎石の間隙を塡充せんとすれば、工事は大なる失敗に歸するものとす。仍つて本タールによるタール・マカダム鋪裝の安定度は專ら碎石の嚙み合せによるものにして、其の路面の防水性はシール・コートに依りて保つべく、施工後 24 時以上を經過せる後交通に開始すべきものとす。施工後日時の經過と共に、揮發性成分の蒸發、タールの自然硬化等によりて、鋪裝は徐々に硬化しゆくものである。

F 號タールは 80～110°C に加熱して、混合マカダム式工法に使用すべきものにして、直溜製品或はカット・バック製品のいづれにても差支なく、之を加熱狀態に於て骨材と混合したる後路床上に撒布し、輾壓して路層を形成せしむるものにして、本タールは E 號タールよりも粘度更に大にして、揮發性成分少きものである。本タールは 30°C 位迄は流動性極めて緩慢なる半液狀を呈するを以つて、E 號タールと同樣其の量を過多に使用することは有害なるものである。本工法に於ても、加熱透入法の場合と同樣に、鋪裝の安定度は骨材の粒度的配合及其の嚙み合せに專ら依るものにして、其の防水性はシール・コートに依つて保たしむべきものである。本鋪裝にありても施工後 24 時間以上を經過せる後交通を開始せしむべく、施工後は日時の經過と共に、E 號タールの場合と同樣に、徐々に硬化しゆくものである。

G 號タールは 100～120°C に加熱して、タール・コンクリート用に供すべきものにして、常溫に於て半固狀を呈し、之を加熱熔融して適當の粘度、配合を有する骨材及塡充材と混合し、鋪設輾壓するものである。この場合の骨材及塡充材は、最少空隙を有する樣注意し、タールの使用量は、輾壓後、骨材塡充材の間隙を恰度塡充するに足る程度を超ゆることを避くべきものとす。然る時は、輾壓後、鋪設混合物の冷却するに從つて、本タールは半固狀の原狀態に戻り、骨材及塡充材と合して路層を固化するものにして、施工後は更に極めて徐々に硬化しゆくものである。本タールは、凝固點比較的高きを以つて最低氣溫が −10°C より低き土地に於て使用するには不適當である。

XIX　鋪裝用タール規格例

英、米、獨等の各國に於ける鋪裝用タールの規格中、本規格案に對して、比較しうべき程度のものを略其の稠度の順位に從ひ列擧すれば（第16表、第17表、第18表）の如くである。

第16表　鋪裝用タール規格例

項目		A.S.T.M.規格 1930, D104-30	A.S.T.M.規格 1930, D105-30	A.S.T.M. 暫定規格(1929) D106-28T	同左 D107-28T	DIN. 1929 アントラセン油タール 50/50
1. 一般		路面處理用(常温用) High carbon tar,	路面處理用(常温用) Low carbon tar,	小修繕用カットバックタール High carbon tar,	小修繕用カットバックタール Low carbon tar,	路面處理用ピッチ及アントラセン油のカットバック製品
2. 比重						＜1.225(15°C)
3. 比粘度エングラー	40°C	8～35	8～35	35～80	35～80	
	50°C	(4.4～15.4)	(4.4～15.4)	(15.4～30.8)	(15.4～30.8)	
4. ハツチンソン稠度	25°C					1.0～15.0
5. 浮游試験	32°C					
	50°C					
6. 軟化點、環球法	°C					
7. 引火點、開放式	°C					
8. 水分	%	＜ 2.0	＜ 2.0	＜2.0	＜2.0	＜1.0
9. 蒸溜試驗 0～170°C	%	(1) ＜ 7.0	(1) ＜ 5.0	(1) 1.0～ 8.0	(1) 1.0～ 8.0	＜1.0
170°～235°C	%	＜20.0	＜20.0	8.0～20.0	8.0～20.0	} 1.0～15.0
235°～270°C	%	＜30.0	＜35.0	16.0～28.0	16.0～28.0	
270°～300°C	%	＜35.0	＜45.0	＜36.0	＜36.0	4.0～12.0
300°以上殘留物	%	＞65.0	＞55.0	＞64.0	＞64.0	……
10. 蒸溜殘留物軟化點 R&B	°C	＜60.0	＜60.0	＜65.0	＜65.0	……
11. 全溜出液比重		＞1.01	……	……	……	……
12. タール酸 (容積%)		……	……	……	……	(4) ＜3.0
13. ナフタリン	%	……	……	……	……	(4) ＜3.0
14. 遊離炭素	%	(5) 88～97	(5) ＞95	(5) 78～95	(5) ＞95	……
15. 瀝青全量	%	……	……	……	……	(6)5.018.0
		(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)

備考　(1) A. S. T. M. の蒸溜試驗成績は 0～170°C, 0～235°C, 0～270°C, 0～300°C, 300°C 以上殘留物の重量%を示したるものなり。
(2) A. S. T. M. 軟化點は R&B 法に依る。
(3) B. S. S. の蒸溜試驗は 0～200°C, 200～270°C, 270～300°C, 300°C 以上殘留物の重量%を示したるものなり。
(4) タール酸、ナフタリンに關しては、B. S. S. に於ては 200～270°C 溜出液につき、DIN に於ては 170～270°C 溜出液につき試驗するものとす。
(5) A. S. T. M. 瀝青全量は CS_2 による。
(6) DIN の遊離炭素は C_6H_6 或は C_5H_5N による。
(7) B. S. S. の遊離炭素は ($C_6H_5 . CH_3$) による。
(8) 括弧內の數字は著者の推測に依るものである。

第17表　舗装用タール規格例

項目		DIN. 1929 道路用タール No. 1	B. S. S. 1930 No. 1 タール	DIN 1929 アントラセン油タール 60/40	B. S. S. 1930 No. 2 タール	A.S.T.M. 規格 1930. D 108-30
1. 一般		路面處理用精製タール	路面處理用 10%以下の水性ガスタールの混入を許す。	路面處理用 ピッチ及アントラセン油カツトバック製品	タールマカダム用 10%以下の增熱水性ガスタールの混入を許す。	路面處理用(加熱) High carbon tar
2. 比重		＞1.225(15°C)	1.140～1.225 (15°C) (2.5～4.0)	＜1.225 (15°C)	1.150～1.240 (4.0～5.1)	
3. エングラー比粘度	100°C					
4. ハツチンソン稠度	25°C	3.0～15.0		20～80	40～125	
5. タール粘度	30°C		10～40sec	(20～80)	(40～125)	(15～100)
	35°C					
6. 浮游試験	32°C					60～150
	50°C					
7. 軟化點 R&B	°C					
8. 引火點 開放式	°C					
9. 水分	%	＜1.0	＜0.5	＜1.0	＜0.5	0.0
10. 蒸溜試驗 0～170°C	%	＜1.0	(3) ＜1.0	＜1.0	(3) ＜1.0	(1) ＜1.0
170～235°C	%	} 12.0～24.0	} 9.5～21.0	} 1.0～10.0	} 8.0～16.0	＜10.0
235～270°C	%					＜15.0
270～300°C	%	4.0～12.0	3.5～12.0	4.0～12.0	3.5～12.0	＜25
300°C 以上殘留物	%	……	……	……	……	＞74.0
11. 蒸溜殘留物軟化點 R&B	°C	……	……	……	……	＜56
12. 全溜出液比重		……	……	……	……	1.02 (38°C)
13. タール酸 (容積)	%	(4) ＜5.0	(4) ＜5.0	(4) ＜3.0	(4) ＜4.0	……
14. ナフタリン	%	(4) ＜5.0	(4) ＜6.0	(4) ＜3.0	(4) ＜5.0	……
15. 遊離骨全量	%	……	……	……	……	(5) 78～95
16. 遊離炭素	%	(6) 5.0～18.0	(7) ＜20.0	(6) 5.0～18.0	(7) 6.0～21.0	……
		VI	VII	VIII	IX	X

備考　第16表の場合と同じ。

第18表　鋪裝用タール規格例

項目		A. S. T. M. 規格 1930. D 109-30	B. S. S. (1931) No. 3 タール	A. S. T. M. 規格 1930 D 110-30 タール・セメント	A. S. T. M. 規格 1930 D 111-30 タール・セメント
1. 一般		路面處理用(加熱) Low carbon tar	タールマカダム用 10% 以下の增熱水性ガスタールの混入を許す。	混合用 High carbon tar cement	混合用 Low carbon tar cement
2. 比重			1.160～1.260		
3. 比粘度エングラー	100°C		(5.5～8.0)		
4. ハツチンソン稠度	25°C				
5. タール粘度	30°C	(15～100)			
	35°C		70～120		
6. 浮游試驗	32°C	60～150			
	50°C			100～220	100～200
7. 軟化點 R&B	°C			30～40	30～40
8. 引火點 開放式	°C				
9. 水分	%	0.0	< 0.5	0.0	0.0
10. 蒸溜試驗 0～170°C	%	(1) < 1.0	(3) < 1.0	(1) < 1.0	(1) < 1.0
170～235°C	%	< 4.0	} 6.0～12.0		< 2.0
235～270°C	%	< 13.0		< 10.0	< 10.0
270～300°C	%	< 26.0	3.0～8.0	< 20.0	< 20.0
300°C 以上殘留物	%	> 74.0		> 80.0	> 80 0
11. 蒸溜殘留物軟化點 R&B	°C	< 65		< 65.0	< 65.0
12. 全溜出液比重		……		> 1.02 (38°)	……
13. タール酸 (容積)	%	……	(4) < 2.0	……	……
14. ナフタリン	%	……	(4) < 3.0	……	……
15. 遊離炭素全量	%	(5) > 95		(5) 78～95	(5) > 95
16. 遊離炭素	%	……	(7) 8～22	……	……
		XI	XII	XIII	XIV

備考　第16表の場合と同じ。

XX 規格案の說明

規格案の各項について、他の規格との比較を行ひ、且つ之に說明を加ふれば次の如し。規格案の示す所の材料は、必ずしも本邦現存製品及他の規格と全然一致するものではないが、近似の性質を有するものは、之を見出すに困難でない。又本邦製品については、少許の改良を加ふれば、規格案の示すが如き材料となしうべきものと信ぜられる。今、比較し得べき程度の材料を列擧例示すれば第19表の如くである。

第19表　規格案と近似性質にして比較しうべきもの

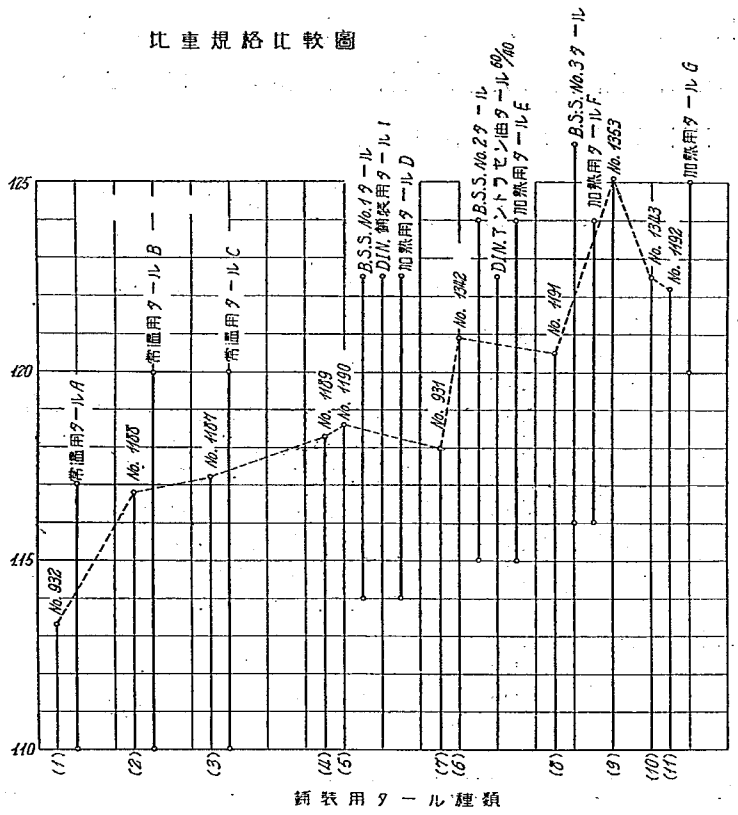
規格案	近似性質を有し比較しうべきもの	
	本邦製品	他の規格
常温用タール A	(1)	
同 B	(2)	A. S. T. M. 規格 (1930) D 104~30
同 C	(3)	A. S. T. M. 暫定規格 (1929) D 106~28T.
加熱用タール D	(4)	B. S. S. (1930) No. 1 タール
	(5)	DIN (1929) 鋪裝用タール I
同 E	(6)	B. S. S. (1930) No. 2 タール
	(7)	DIN. (1929) アントラセン油・タール 60/40
同 F	(8)	B. S. S. (1932) No. 3 タール
(F及Gの中間のもの)	(9)	
同 G	(10)	A. S. T. M. 規格 (1930)
	(11)	D 110~30. タール・セメント

(1) 比重　鋪裝用タール規格中に於て比重を規定するを可とすることは既に第三節に述べたるが如くである。規格案の比重の數値と、其の諸性質の比較的近似せる本邦製品、及他の規格の比重數値とを比較すれば第14圖の如し。

第14圖に依りて見れば、各種鋪裝用タールの比重の規格案と、本邦製品の比重、英、獨、鋪裝用タールの比重規格とを大體に於て比較し得べし。同種原料より同樣なる方法により製せる鋪裝用タールにありては、粘度の高きもの程比重は大となる傾向あるも、原料、製造法等を異にする時は、必ずしも粘度と比重とは相竝行せざることがある。規格案に示せる比重範圍内にて、他の性質の所要程度のものを得らるべしと信ぜられる。

（2） 稠度　　規格案に於ては、常溫用タールに對しては、其の粘度を規格するに、エングラー粘度計によりて、50°C, 50cc の流出に於て比粘度を測定することとした。又加熱用タールに對しては、其の使用時の粘度を知る爲に 100°C, 或は 120°C に於て, エングラー比粘度を測定することとした。又其の比較的低き溫度に於ける粘度を規格せんが

第　14　圖



爲に、タール粘度計により、30°C 或は 35°C に於て、50cc の流出により、タール粘度を測定することとした。これ等の溫度に於てタール粘度を測定し得ざるが如き半固狀タールに對しては浮游試驗を 50°C に於て行ふこととした。上記各種の溫度は規格案中の各種製品についてエングラー粘度計、タール粘度計を使用するに最も適當と思はるゝ所を選びたるものにして、之を他の規格と比較すれば第 20 表の如くである。

第20表　規格案と比較しうべき鋪裝用タールに對する稠度測定法の比較

規格案に於ける稠度測度法			
1. エングラー比粘度	50°/25°C	50cc	常温用タール
2. 同	100°/25°C	50cc	加熱用タール D.E.F.
3. 同	120°/25°C	50cc	加熱用タール G
4. タール粘度	30°C	50cc	加熱用タール D.E
5. 同	35°C	50cc	加熱用タール F
6. 浮游試驗	50°C		加熱用タール G
7. 軟化點	R&B		加熱用タール G
A. S. T. M. に於ける稠度測度法			
1. エングラー比粘度	40°/25°C	50cc	常温用タール
2. 浮游試驗	32°C		加熱用タール
3. 同	50°C		加熱用タール
4. 軟化點	R&B		加熱用タール
DIN に於ける稠度測定法 (1929)			
1. 舊ハツチンソン稠度	25°C		加熱用タール
B. S. S. に於ける稠度測定法 (1930, 1932)			
1. 新ハツチンソン稠度	25°C		鋪裝用タール No. 2
2. タール粘度計	30°C	50cc	同 No. 1
3. 同	35°C	50cc	同 No. 3

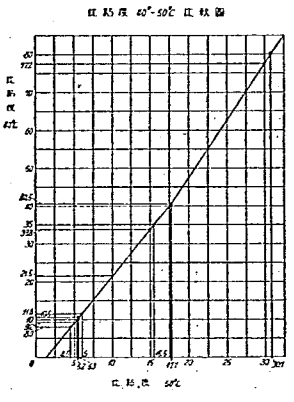
かくの如く、各國の規格は稠度の測定法に於て測定用器械及測定の條件が區々であつて、之を比較するに困難である。

1. エングラー比粘度 40°/25°C 及 50°/25°C の關係

常温用タールに對して、規格案にては、エングラー比粘度を 50°C に於て測定し、A. S. T. M. に於ては之を 40°C に於て測定し居るも、規格案中タール B, C に對しては 40°C に於ける測定には長時間を要し、温度の均一を保つに困難多く、實驗上の誤差比較的多きを以つて 50°C に於て測定を行ふを便利とする。

常温用タールに就て比粘度 40°C 及 50°C の比較をなせば第15圖の如し。

第 15 圖



第21表　比粘度 40°C 及 50°C 比較表

	比粘度 40°C	比粘度 50°C
規格案 A	〔9.2～21.5〕	5.0～10.0
試料（1）	10.3	5.6
規格案 B	〔11.5～33.8〕	6.0～15.0
試料（2）	40.3	17.7
A. S. T. M. D104—30	8.0～35.0	〔4.5～15.5〕
規格案 C	〔33.8～77.2〕	15.0～30.0
試料（3）	80.1	30.9
A. S. T. M. D106—28T	35.0～80.0	〔15.5～30.7〕

備考 …… 〔 〕内の數値は概略の値である。

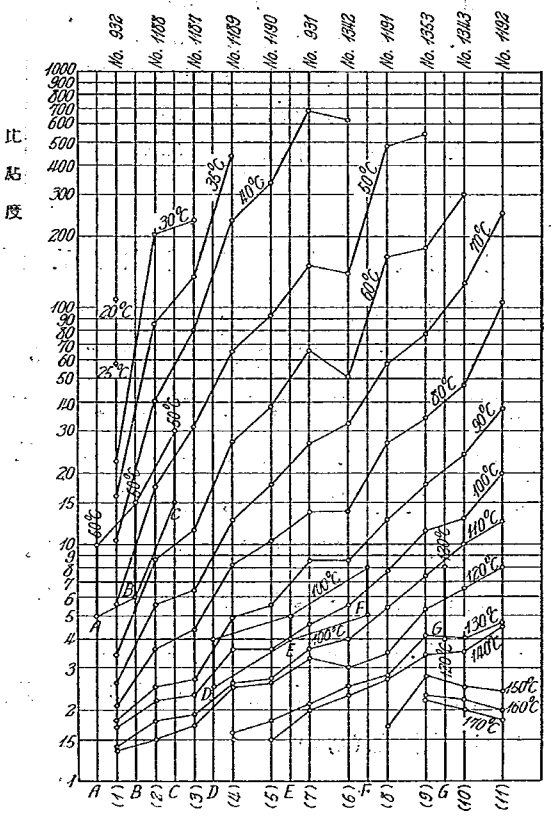
卽ち規格案の示す、常溫用タール、B, C の粘度は 40°C 及 50°C に於ては夫々 A. S. T. M. D 104—30 及 D 106—28 T の粘度に略等しいものである。而して、試料 (2), (3) の如きタールを少しく改良すれば、之を得ることが出來るもので、常溫或は 60°C 以下に於て撒布容易である。

II. エングラー比粘度 50°/25°C, 100°/25°C, 120°/25°C の關係

各種鋪裝用タールの各種溫度に於ける比粘度 (Logarithmic scale) 及規格案の比粘度範圍を圖示せるものは、第16圖にして、之によれば、規格案中の各種鋪裝用タールの稠度の順位及其の程度を一見して知ることが出來る。卽ち各種用途に對して適當なる比粘度を有するものを選びたるものにして、撒布或は混合の時に於ける比粘度、常溫に於ける比粘度等明瞭である。

第　16　圖

本邦鋪裝用タールの各種溫度に於ける比粘度と比粘度の規格案



III. 比粘度 100°/25°C, タール粘度 30°C, ハツチンソン稠度 25°C の關係

新舊ハツチンソン稠度の比は、1.5～2.3, 平均 1.9 を示し居るも、測定結果頗る不規則にして、正確に一定の關係を定め難い。タール粘度とハツチンソン稠度も不規則にして一定の關係を見出し難い。鋪裝用タールE程度のものにありては、新ハツチンソン稠度 25°C 及タール粘度 30°C は略 1.1～1.3 の比をなすが如し、卽ち、

$$\frac{\text{タール粘度 } 30°C}{\text{新ハツチンソン稠度 } 25°C} \fallingdotseq 1.2$$

$$\frac{\text{タール粘度 } 30°C}{\text{舊ハツチンソン稠度 } 25°C} \fallingdotseq 0.63$$

として、大約の概念を得べし。

上記の如く考へて鋪裝用タール D と各種規格及本邦タールとの稠度を比較すれば次の如くである。

第22表　規格案 D 稠度の比較

試驗項目	規格案 D	B.S.S. No.1	DIN. No. 1	實例	
				試料 (4)	試料 (5)
エングラー比粘度 100°/25°C	2.5～4.0	〔2～5〕	……	3.6	3.6
タール粘度 30°C	10～40	10～40	〔7～34〕	17	35
新ハツチンソン稠度 25°C	〔8.3～33.3〕	〔8.3～33.3〕	3～15 舊	18	38

又、同様にして規格案鋪裝用タール E について比較すれば次の如し。

第23表　規格案 E 稠度の比較

試驗項目	規格案 E	B.S.S. No. 2	DIN アントラセン油タール60/40	實例	
				試料 (7)	試料 (6)
エングラー比粘度 100°/25°C	4.0～5.0	……	……	4.6	5.5
タール粘度 30°C	40～130	〔48～156〕	〔46～184〕	55	72
新ハツチンソン稠度 25°C	〔33～108〕	40～125	舊 20～80	78	102

規格案鋪裝用タール F について比較すれば次の如し。

第24表　規格案 F 稠度の比較

試驗項目	規格案 F	B.S.S. No. 3	實例	
			試料 (8)	試料 (9)
エングラー比粘度 100°/25°C	5.0～8.0	……	7.7	11.5
タール粘度 35°C	70～120	70～120	115	265
新ハツチンソン稠度 25°C	……	……	……	……
30°C	……	……	93	

備考　試料（9）は規格案 F と G の中間に位するものである。

上記の比較により、規格案中の D, E, F 3 種の鋪裝用タールの稠度が、他の規格に示さるゝ稠度と如何なる關係にあるかを知りうべく、又本邦製品中之に近似の性質を有するものあることを明瞭になし得たことと思はれる。

IV. 比粘度 120°C/25°C, 浮游試驗 50°C, 軟化點 R&B の關係

規格案鋪裝用タール G は、常溫に於て半固體にして、30°C 或は 35°C 等にては、ハツチンソン稠度、タール粘度等の測定は困難である。規格案はエングラー比粘度 120°/25°C 浮游試驗 50°C, 軟化點 R&B, 凝固點等を以つて、諸種の溫度に於ける稠度を規定して居る。これ等の點について他の規格と比較すれば次の如くである。

第 25 表　規格案 G 稠度の比較

試驗項目	規格案 G	A. S. T. M. タール・セメント	實例		
			試料(9)	試料(10)	試料(11)
エングラー比粘度 120°/25°C	4.0～8.0	[4.5～7.3]	5.3	6.0	8.0
浮游試驗 50°C	100～220	100～220	102	168	244
軟化點 R&B	25～35°C	30～40°C	24.5	32.5	38.0
凝固點	－10°C 以下	……	－14°C	－12°C	－5°C

鋪裝用タール G は、冬期に於ては半固狀をなし、夏季に於ては、軟質にして多少の流動性を有するもので、上記比較により、其の稠度が如何なる程度のものなりやを知ることが出來る。

V. 尙參考の爲規格案の稠度を他の規格と比較するに便ならしむるため、稠度に關する規格案中の數値及其の他の測定法による數値（上記實驗の諸成績より推定せる概略値）を表示すれば次の如くである。(第 26 表)

VI. 軟化點 R&B 及凝固點

規格案中軟化點を規格せるものは、鋪裝用タール G のみにして、他の鋪裝用タール(A, B, C, D, E, F) は、皆常溫に於て液狀、乃至半液狀を呈し、其の軟化點は 25°C よりも低く、特に軟化點の規格を設くる必要を見ない。凝固點は、G を除く他のものは －15°C よりも低く、特種の地方に於て、冬期の最低氣溫甚しく低き場所に用ふる場合を除きては之を規格する必要を見ないが、鋪裝用タール G にありては、軟化點以外の諸稠度の規格に合格するも、凝固點高きものもありうべきを以つて之を －10°C 以下に規定したもので、G は最低氣溫－10°C より高き土地に於てのみ使用し得べき性質のものとする。

尙、軟化點、凝固點、浮游試驗 (32°C 及 50°C), 蒸溜殘留物軟化點、タール粘度 (30° 及35°C), 比粘度 80°C について規格案と本邦製品とを比較すれば第17圖、第18圖の如くである。

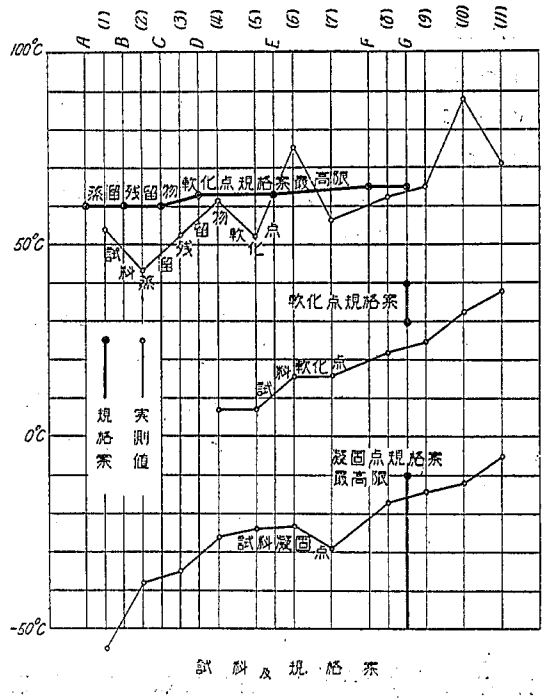
第 26 表　規格案中稠度表示方法と他の規格中の表示方法との比較

	常温用タール			加熱用タール			
	タール・プライマー A	路面處理及透入法用 B	修繕用 C	路面處理用 D	透入法用 E	混合マカダム用 F	混合用 G
比粘度エングラー 40°C (A. S. T. M)	〔9.2～21.5〕	〔11.5～33.8〕	〔33.8～77.2〕				
比粘度エングラー 50°C (規格案)	**5.0～10.0**	**6.0～15.0**	**15.0～30.0**				
比粘度エングラー 100°C (規格案)				**2.5～4.0**	**4.0～5.0**	**5.0～8.0**	
比粘度エングラー 120°C (規格案)							**4.0～8.0**
新ハツチンソン稠度 25°C (B. S. S.)				〔8.3～33.3〕	〔33～108〕		
舊ハツチンソン稠度 25°C (DIN. 29)				〔15.8～63〕	〔63～205〕		
タール粘度 30°C (規格案)				10～40	40～130		
タール粘度 30°C (B. S. S)				**10～40**	**40～130**		
タール粘度 35°C (規格案)						**70～120**	
タール粘度 35°C (B. S. S)						70～120	
浮游試験 32°C (A. S. T. M)				〔50～100〕	〔100～150〕	〔150～250〕	
浮游試験 50°C (規格案)							**100～220**
浮游試験 50°C (A. S. T. M)							100～220
軟化點 R&B (規格案)							**25～35**
軟化點 R&B (A. S. T. M)							30～40
軟化點 K&S (DIN. 29)							〔22～33〕
凝固點 (規格案)							**−10°C 以下**
凝固點 (DIN. 29)							−10°C 以下

備考　括弧内の數値は推定の概略値である。

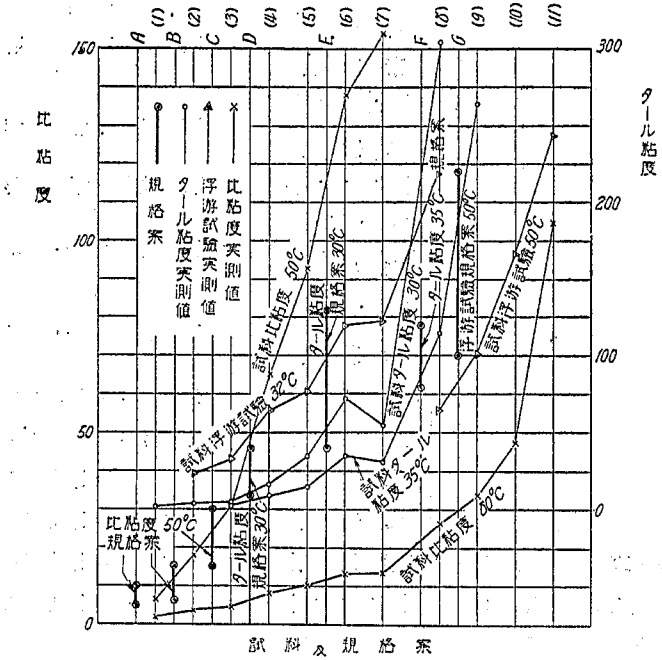
第 17 圖

蒸留残留物軟化点，軟化点
凝固点 等の規格案及実例



第 18 圖

タール粘度，浮游試験の規格案及実例，比粘度実例



VII. 鋪裝用タールの稠度と他の性質との關係

鋪裝用タールの稠度（比粘度、タール粘度、ハツチンソン稠度、浮游試驗成績、軟化點、凝固點等にて表される）は次の諸性質によりて變化する。

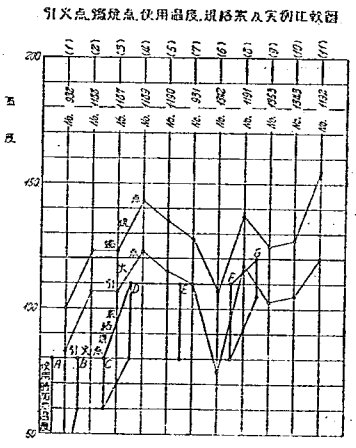
1. 蒸溜試驗成績
2. 蒸溜殘留物軟化點
3. 遊離炭素

概して溜出油多きもの……特に低溫溜出油多きもの、蒸溜殘留物軟化點低きもの、遊離炭素少きものは稠度比較的軟質なること前揭の試驗成績に見て明かであるが、其の數量的關係を定むることは頗る困難である。從つて規格の制定に當りては、稠度を規格すると共に、上記諸項目の規格をも必要とする。これ等に對しては後に記すものとす。

（3） 引火點及燃燒點

引火點の測定は主として、加熱用タールに對して行ひ、其の使用の際に於ける加熱溫度よりも、引火點の高きことを要する。常溫用タールに對しても、多少加熱する場合も生じうるを以つて、之を 60°C 以上に規定したものである。英、米、獨等の規格中引火點の制限を設けたるものなしと雖も、引火の危險は石油アスファルトよりもタールの方大なるを以つて、アスファルト系製品に對してすら引火點の規定あるに鑑み、鋪裝用タールに對しては引火點を制限するは當然なる所である。殊に加熱用タールにありては、其の使用時加熱溫度は引火點を去ること遠からざるを以つて、尙其の必要を感ずるものである。上記試驗成績中に示された常溫用タールの引火點は比較的高き數値を示して居るも、常溫用タールとして、引火點低きものをも製造しうるを以つて之に對しても規格を設くるを至當とす。尙、引火點、燃燒點につき、規格案、本邦製品についての數値を圖示すれば第19圖の如し。本圖によれば、引火點規格案は、使用時加熱溫度の最高にして、本邦製品の引火點は、規格案に合格せざるものもあれど、この規格案程度の引火點を有するものは製造しうべきこと明かである。燃燒點は使用時加熱溫度の最高よりも、概ね、高きを以つて、過熱を避くれば規格案の引火點のものを以つて、圖示の溫度に於て危險なく使用し得べし。

第 19 圖



（4） 水分

鋪裝用タール中の水分は、膠着材として、全く不用の部分にして、皆無なるをよしとするも、製品の種類によりては、多少の水分の混入し來ることなしとせず。規格案にては、常溫用タールに對しては 1.5% 以下を要求して居る。加熱用タールに於ては、水分含有量 0.5% より多きものは 100°C 以上に加熱したる場合に泡起現象を起し、使用上甚しき困難を伴ふ虞れあるを以つて、之を 0.5% 以下に限定し、110°C, 或は 120°C 迄加熱するも泡起せざることを併せて要求して居る。

A. S. T. M. 規格にては、常溫用タールに對して、水分 2.0% 以下、加熱用タールに對して 0.0%、DIN にては 1.0% 以下、B. S. S に於ては 0.5% 以下を要求して居る。試驗に供したる本邦製品の水分は極めて少量に過ぎなかつた。

（5） 蒸溜試驗

蒸溜試驗は、鋪裝用タールの成分を知り、其の性質を理解する上に効果大なるものにして、各國の規格は皆之を行ふことゝして居る。規格案に於ても各種の鋪裝用タールを通じて、必ず之を行ふことゝした。

蒸溜試驗の成績は、之に用ゐる裝置、及試驗施行の方法が異るに從つて、多少異る。又其の表示の方法も異るを以つて、各國の規格を其の儘比較することは不可能であるが、大體に於て其の標準とする所を考ふれば、稍比較に便利である。

鋪裝用タール A

鋪裝用タール A に關しては、プライマーとして使用するを以つて、常溫に於て充分なる流動性を必要とし、從つて、低溫溜出分の多きことを要する、使用後は、低溫溜出分の發散によりて薄きフイルムを殘すものにして、其の蒸溜試驗の成績を本邦タール (1) 及アスファルト・プライマーと比較すれば第20圖の如くである。 (48頁參照)

鋪裝用タール B

鋪裝用タール B は、常溫路面處理用タールなるを以つて、60°C 以下にて撒布しうべきものであるから、A につぎて低溫溜出分多きものでなければならず、規格案 B; A. S. T. M. D 104; 本邦タール (2) 等の蒸溜試驗成績を比較すれば第21圖の如くである。(48頁)

鋪裝用タール C

鋪裝用タール C は常溫小修繕用タールなるを以つて、60°C 以下にて撒布、塗布、混合等に適當なもので、使用後は、一部蒸發によりて硬化することを要するものであるから、溜出分の相當大なることを要する。規格案 C; A. S. T. M.; 本邦タール (3) 等の蒸溜試驗成績を比較せるものは第22圖である。(48 頁)

鋪裝用タール D

鋪裝用タール D は、加熱路面處理用タールなるを以つて、80～110°C に於て撒布すべく、從つて引火點は 110°C 以上なるを要する爲、170°C 迄の溜出油は極めて少きことを要する、而して、撒布に適當なる稠度を有する爲には、170～270, 270～300°C の溜出油の適當量を含有するを要する。規格案 C; DIN. No. 1; B. S. S. No. 1, 試料 (4), (5) 等の蒸溜試驗成績を比較すれば、第23圖の如く、いづれも略同程度の範圍内にあるを見る。

鋪裝用タール E

鋪裝用タール E は、加熱透入用タールなるを以つて、D よりも稠度やや、粘稠性に富み、各溫度の溜出油は幾分少きことを要する。規格案 E、DIN アントラセン油タール 60/40、B.S.S. No. 2 及試料 (6), (7) の蒸溜試驗成績を比較すれば、第24圖の如し。之によれば規格案 E と B. S. S. No. 2 とは殆ど合致し、DIN 60/40 は、規格案 E に比し、溜出油の量概して少く、高溫溜出油たるアントラセン油によるカット・バック製品なることを示して居るが、DIN 60/40 の中比較的溜出量多きものは、規格案 E の中に包含せられる。試料中 (7) は規格案に合致するものである。試料 (6) は、溜出油稍多きに失する。この結果は引火點、燃燒點の低きことによりて認められる。(48頁)

鋪裝用タール F

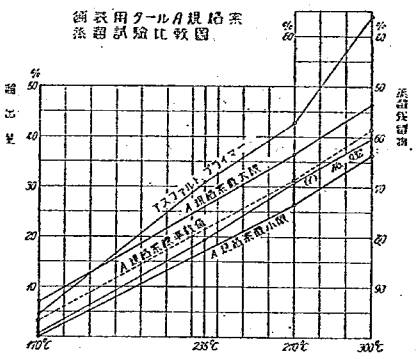
鋪裝用タール F は加熱混合マカダム用タールにして、E よりも尙粘稠性に富むものにして、溜出油の量は E よりも尙少きことを要する。規格案 F; B. S. S. No. 3 及試料 (8), (9) の蒸溜試驗成績を比較すれば、第25圖の如くにして、格規案 F は略 No. 3 と同程度のもので、(8), (9) は略規格案 F に合致するものである。但し (9) は蒸溜試驗成績は規格案 F に合格するも遊離炭素多き爲、其の稠度は F に合格しない。

鋪裝用タール G

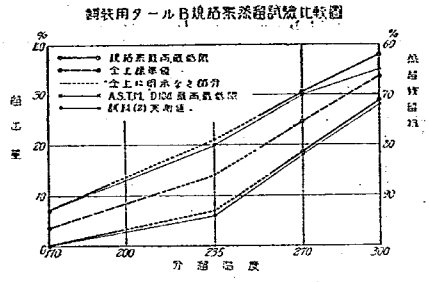
鋪裝用タール G は、骨材塡充材と混合し、タール・コンクリート用に供するものなるを以つて、半固體の製品にして、其の溜出油の量は最も少きことを要する。規格案 G、A. S. T. M. タールセメント、及試料 (9), (10), (11) の蒸溜試驗成績を比較すれば、第26圖の如し。試料中 (10) は溜出量多きに失し、(9), (11) は規格案 G に合格す。

尙、規格案、他の規格、本邦鋪裝用タール各種につき、溜出量を全般的に比較せるものは第27圖にして、圖中黑き太線は規格案を示し、ブロークン・ラインは他の規格を示し、細線は各試料の試驗成績を示して居る。本圖と稠度を示したる圖面とを比較すれば、稠度の變化に伴ふ、蒸溜試驗成績の變化の有樣につきての概念を得ることが出來る。

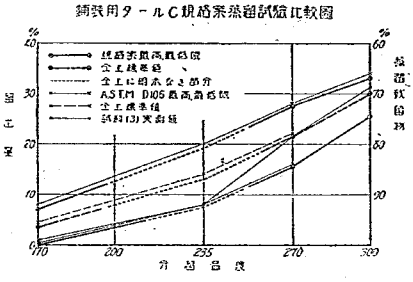
第 20 圖



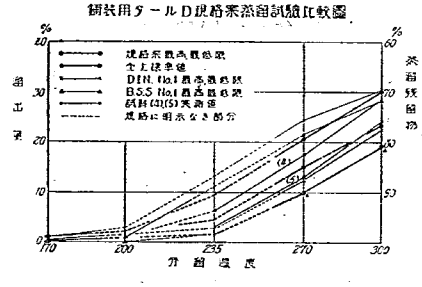
第 21 圖



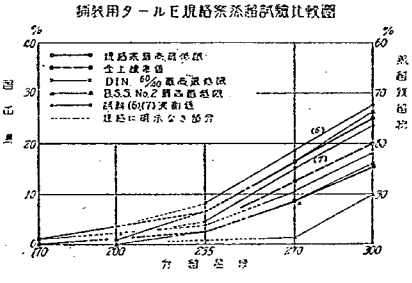
第 22 圖



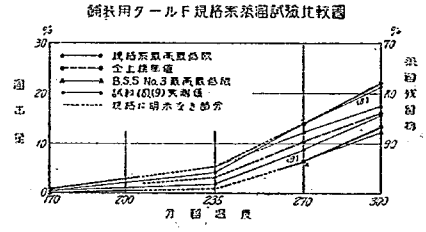
第 23 圖



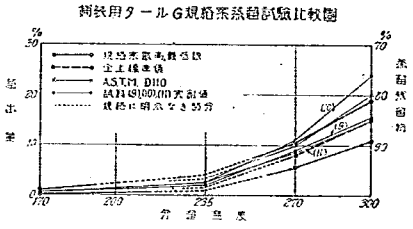
第 24 圖



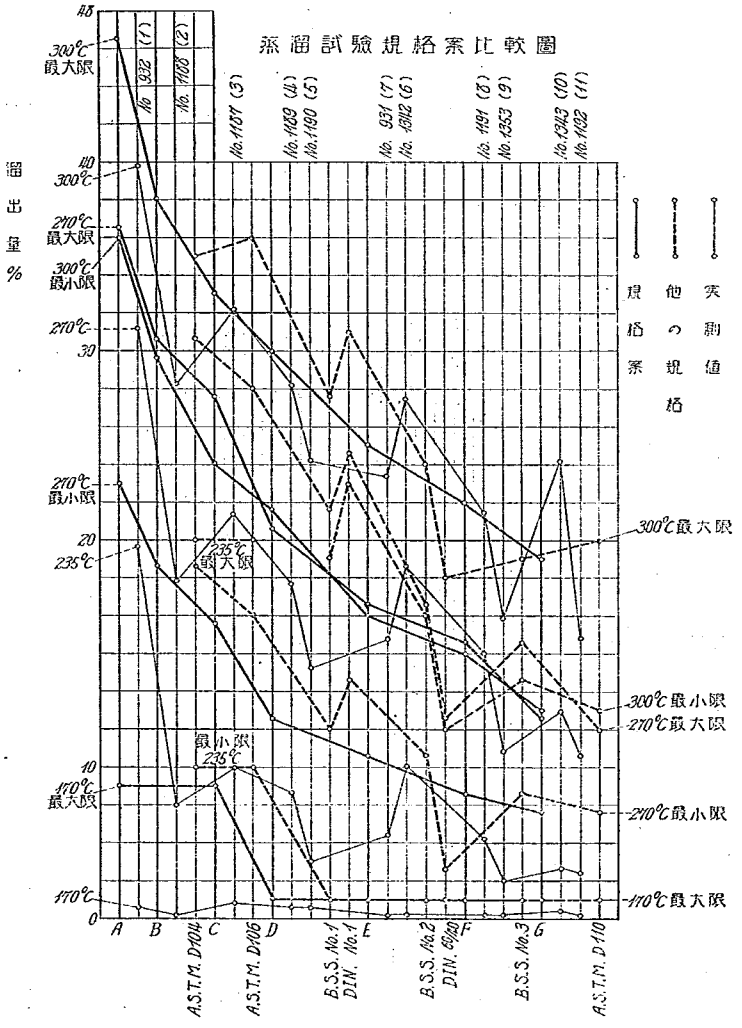
第 25 圖



第 26 圖


舗装用タールG規格系蒸留試験比較圖
A.S.T.M. D110
蒸留温度
%

第 27 圖


蒸留試験規格系比較圖
No.332 (1)
No.1188 (2)
No.1187 (3)
No.1189 (4)
No.1190 (5)
No. 931 (7)
No. 1382 (6)
No.1191 (8)
No.1353 (9)
No.1343 (10)
No.1032 (11)
300℃ 最大限
300℃
270℃ 最大限
300℃ 最小限
270℃
235℃
270℃ 最小限
235℃ 最大限
最小限 235℃
170℃ 最大限
170℃
蒸留出量 %
現格系
他の規格
實測値
300℃最大限
300℃最小限
270℃最大限
270℃最小限
170℃最大限
A
B
A.S.T.M. D40
C
A.S.T.M. D 06
D
B.S.S. No.1
DIN. No.1
E
B.S.S. No.2
DIN. 6940
F
B.S.S. No.3
G
A.S.T.M. D110

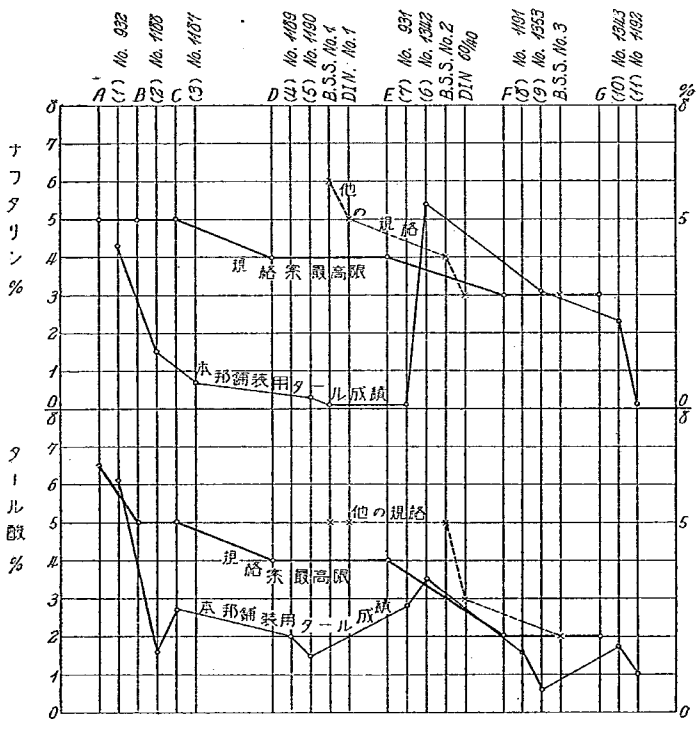
（6） 蒸溜殘留物軟化點 R&B.

既に第 12 節に記したる理由により、蒸溜殘留物の軟化點を規格せるもので、蒸溜殘留物軟化點高きに失するものは、蒸溜溜出物の量が適當であつても、其の稠度、凝固點等に於て缺陷を生ずることあり、且つタール使用後、揮發性成分發散後に鋪裝中に殘る膠着性主體は脆弱なるものとなる。前揭の諸表及諸圖中にこの關係は明かである。

（7） タール酸及ナフタリン

規格案に於てタール酸、ナフタリンと稱するものは、夫々 170～270°C 溜出油中に存するタール酸、ナフタリンの原試料に對する容積百分率（タール酸の場合）、或は重量百分率（ナフタリンの場合）を意味するものにして、鋪裝用タールの良否を判別する目的に對しては、之にて充分である。タール酸は、水によりて徐々に溶解し去らるゝ性質を有し、其の量多きに失する時は、タール鋪裝の耐久性を減ずるのみならず、其の溶液は生物（魚介、草木等）に對して有害作用を及ぼす懸念あるを以つて、なるべく其の含有量少きをよしとす。河岸、海濱、水田中等を通ずる道路の鋪裝に對しては、タール酸の存在について特に注意を拂ふ必要あるべし。英、獨等の規格に於ては、之が制限を設け、且つ其の制限は近年に到りて、漸次嚴格となれる傾向がある。

第 28 圖



ナフタリンは、 170～270 溜出油中より 15°C に於て析出する粗ナフタリンを意味するものにしてナフタリンは元來結晶性のものにして、夫れ自身には膠着性なく、臭氣強く、タール中に於ける有樣は、固形パラフィンの

アスファルト中に於けると同様なるものにして、其の少きを望むものである。英、獨等に於ても之が制限を設けて居る。本邦鋪裝用タールの成績はナフタリンの量概して少し。

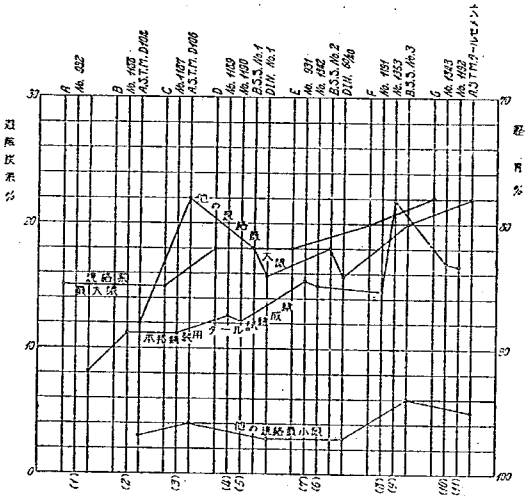
タール酸、ナフタリンにつき規格案及他の規格及本邦鋪裝用タールの試驗成績を比較すれば第28圖の如くである。

（8） 瀝青全量及遊離炭素

瀝青全量は鋪裝用タール中の膠着性主成分たること前述の如く、遊離炭素は塡充材の役目をなすものにして、其の量的關係はタールの稠度に關係あるものの如し。遊離炭素について規格案及他の規格竝に本邦鋪裝用タールの試驗成績を圖示比較すれば、第29圖の如くである。但し各國規格は溶劑を異にするを以つて本圖に於ては、すべての場合を通じ二硫化炭素を溶劑とせるものに換算したものである。

第　29　圖

瀝青及遊離炭素規格案比較圖
（但しすべて二硫化炭素を溶劑とせる場合に換算せるもの）



（9） 使用時加熱溫度

規格案の末尾に記せる使用時加熱溫度は、鋪裝用タール製造上及使用上の便宜の爲の注意事項として附加せるものにして、規格案中に含まるゝものにあらず。卽ちこゝに揭げたる範圍内の適當溫度に於て、規格案に合格するものを使用すれば、引火、燃燒等の危險なくして、且つ使用に適當なる粘度となしうべきものにして、主として使用者の參考の爲揭げたるものである。（第18圖參照）

（10） 備考

上記の規格案は、一般的標準を示したるものにして、氣候、風土、施工時期等諸種の條件に應じ、其の範圍内にて、適當の指定をなすを妨げない、又特種の場合に於ては、之に多少の變更を加ふるの要あるべし。鋪裝工事の方法は、施工場所、經濟關係、氣候、風土習慣等種々の條件を考慮して定むべきものなるを以つて、之に用ゐる材料たるタールの性質も、其の方法の目的とする所に合致するものたることを要し、上記規格案中に示せる標準を以つて、あらゆる場合を包含せしむることは不可能である。唯、規格案は、最も多く遭遇すべき場合を考慮し、之に適當なる性質につき規格せるものである。

規格案に對する試驗方法は、大體に於て本所の鋪裝用タール及ピツチ標準試驗方法に依るものとす。タール粘度の試驗、凝固點試驗は、夫々同冊中の 48～49 頁、55～56 頁の方法に依るものとす。鋪裝用タールの凝固點に關しては、使用場所の氣候により適當の指定をなすを要する。

XXI 要　　約

1. 本所報告第7號（昭和2年7月）、第12號（昭和4年1月）、第 18 號（昭和5年 10 月）、第23號（昭和7年7月）、等に記載せられたる、本邦タールの諸試驗成績に比し、本報告に於て取扱ひたる鋪裝用タールは其の性質遙かに向上せるものあるを認めらる。之を適當に改良して使用すれば、石油アスファルト、瀝青乳劑等と共に、一つの鋪裝用瀝青質材料となすを得べし。
2. 本報告に於て取扱ひたる試料は、常溫に於て液狀のものより、半固狀のものに到る迄 11種にして、其の出所を異にするものである。從つて其の稠度が同程度のものにありても、他の性質は必ずしも、一致して居ない。
3. 鋪裝用タールの溫度に對する比重の變化、膨脹係數等を測定或は算出せる所に依れば、比重變化は石油アスファルトの比重變化に近く、1°C に對し平均 0.00065 で、15～40°C の膨脹係數は略石油アスファルトと同程度にして 0.00054～0.00059 である。本事實より、石油アスファルト及鋪裝用タールに共通なる比重補正表を作成した。
4. 鋪裝用タールの稠度は、液狀より半固狀まで變化あるを以つて、其の測定は其の狀態に應じて適當の測定方法に依るの外なし。
5. 鋪裝用タールの比粘度は溫度と共に略拋物線狀に變化し、120°C に於ては、すべて 10 以下である。タール粘度の變化も略拋物線狀を呈する。新舊ハツチンソン稠度の比は平均 1.9 であるが、個々の場合必ずしもこの比を保ち得ない。タール粘度及ハツチンソン稠度の間にも、簡單なる關係を見出し得ない。
6. 鋪裝用タールの引火點、燃燒點は、石油アスファルトに比して甚しく低く、且つ使用時に於ける加熱溫度に近い。加熱使用のものにありては、其の加熱の限度を特に注意する必要がある。
7. 試驗に供したる鋪裝用タールの凝固點は −5°C～−55°C 以下にして、比較的稠度の硬質のものにありては、其の凝固點を考慮に入るゝ必要がある。又特に寒冷の地方に鋪裝用タールを使用する場合には凝固點を指定する必要があるべし。

8. 試驗に供したる試料については、タール酸及ナフタリンの含有量は少量にして甚しく問題とする程でない。

9. 瀝青全量、遊離炭素の定量に當りては、試驗に用ゐる溶劑によりて其の成績を異にすべきを以つて、之を一定する必要がある。

10. 鋪裝用タールは其の中の瀝青の性質、蒸發性成分の存在、凝固點、使用後の硬化現象等の諸性質より考へて、石油アスファルトよりは遙かに軟質のものを使用するを要し、規格案中 G 號タールよりも硬質のものは、其の儘にては、鋪裝用膠着材料とはなし難い。

11. 從つて、鋪裝用タールを用ゐる工事は、軟質瀝青質材料に適する、タール路面處理、透入式タール・マカダム、混合式タール・マカダム等を主とすべきもので、タール・コンクリートの如き比較的硬質の鋪裝用タールを必要とする工事は、氣候溫暖なる地方に限り許さるべきものである。(タール及アスファルト混合物を使用する場合は、この限りに非ず)。

12. 之等の工事に對して用ゐらるゝ鋪裝用タールは、加熱式工法に用ゐらるゝ石油アスファルト或は瀝青乳劑中の瀝青質材料に比し一層軟質にして、加熱使用のものと雖も、常溫或は比較的低溫に到る迄、多少の流動性を保持するを以つて、骨材を被覆する其のフイルムの厚さは概して薄く、從つて同種の工法に對しては他の瀝青質材料を用ゐる場合に比して、其の使用量を幾分減ずるの必要がある。之を過多に使用する時は、却りて鋪裝を熟ましめ、夏季に於て瀝青質材料の路面に滲潤し來る虞あるべし。

13. 鋪裝用タールの蒸發、自然硬化による稠度の變化は、徐々に行はるゝを以つて、施工當時に於ては、膠着材料は軟質である、從つて、タール鋪裝に於ては、其の安定度は、水締マカダムと同樣專ら骨材の噛み合せに依りて保たしむる樣工事を行ふ必要がある。

14. 鋪裝用タールを用ゐる工事に於ては、特種の場合たるタール・コンクリートを除きては、タールを以つて鋪裝骨材の間隙全部を塡充するを目的とせざるを以つて、其の防水性はシール・コートによりて保たしむる必要あるは當然の事とす。

15. 本報告中に掲げたる鋪裝用タール規格案は、之によりて本邦鋪裝用タールの規格につき諸方面の意見を聞かんが爲に作成せる原案にして、其の製造、使用兩方面技術の進歩に從ひ、且つ多方面の意見を參照して、其の足らざるところは補足或は改訂して、適當なる規格に到達せんが爲の方便である。

16. 試料 11 種中にも、規格案中のいづれにか合格するものもあり、多少之と異る點を有するものもあるが、上記試驗の成績を仔細に觀察すれば、規格案中の鋪裝用タール 7 種の各に對しては、試料 11 種中のいづれかのタールに少許の改良を施せば、容易に得らるべきものである。

横溢流堤流量試験

内務技師　伊　藤　令　二

本　間　仁

内　容　梗　概

河川の堤防の一部に設けられたる横溢流堤及びその附近に於ける水流の狀態を明かならしむる目的を以て行はれた試驗の報告である。本試驗に於ては水流は總て定流として取り扱はれてゐる。

目　　次

緒　　言……(1)
[1] 概　　論……(1)
[2] 試驗設備……(3)
[3] 溢流量と水面形……(7)
[4] 溢流堤の流量係數……(9)
[5] 流 線 形……(10)
[6] 横溢流堤に關する Koženy の理論……(13)

緒　言

本試驗報告は昭和5年 11 月より6年4月に亘り當試驗所水理試驗室に於て伊藤内務技師、八木内務技手兩氏によりて行はれたる横溢流堤に關する試驗の結果を編輯し、之に本間氏が註釋及び若干の考察を附加したものである。從つて研究としての充分なる統一には稍缺ける憾みがあるが、漸定的報告として一先づ發表し、將來補足的の試驗を試みる積りである。(物部)

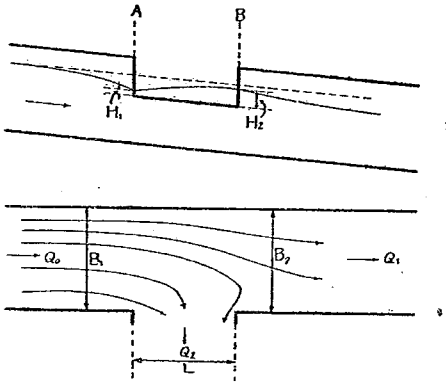
[1] 概　　論

河川の堤防に於てその一部に横溢流堤 (Deversoir) を設け洪水時には之を越えて流量の一部を游水池に流入せしめて下流部の水位を低下せしめんとする場合に、水位と溢流量の關係は普通に見る如き流れに直角なる溢流堤に對する公式を以て定める事は妥當でない。

本試驗はかゝる場合の水理的關係を模型試驗に依て明かならしめんとするものであつて、洪水量の時間的變化は考慮しない。

先づかゝる横溢流堤の流量に關する既存の公式を見るに、堰頂が河床の平均勾配線に平行なる場合は

第　1　圖



Q_0…溢流堤よりも上流に於ける本川流量

Q_1…溢流堤よりも下流に於ける本川流量

Q_2…溢流堤溢流量

H_1…第1圖 A に於ける溢流水深

H_2…第1圖 B に於ける溢流水深

B_1…第1圖 A に於ける河幅

B_2…第1圖 B に於ける河幅

L …溢流堤の長さ、　C…常數

水路幅一様なる時は（$B_1=B_2$）

$$Q_2=\frac{2}{3}CL\sqrt{2g}\cdot\frac{2}{5}\cdot\frac{H_2^{\frac{5}{2}}-H_1^{\frac{5}{2}}}{H_2-H_1} \quad \cdots\cdots(1)^{1)}$$

然し乍ら (1) 式を導入するに當りては溢流々線は堤頂線に垂直なりと假定し微小幅の溢流水に對して普通の堰公式を適用せるものであるが、實際の流線は大に趣を異にしてゐるのであるから理論的に正確さを缺くのは當然である。又實際問題としてかゝる横溢流堤の設計に當り、計畫洪水量 Q_0 の中よりある量 Q_2 を游水池に流入せしめんとする場合に H_1 又は H_2 を豫知することの困難なる爲、之等の公式を以てしては必要なる L の大さ又は堤頂の標高を定めることは殆ど不可能である。後節に於て記載する各試驗の結果は主としてこの間の關係を實驗的に明かならしめんとするものであるが、同時に多少の理論的考察をも附加した。

---

1)　Engels の實驗式として知られるものは水路幅が一様なる時は

$$Q_2=\frac{2}{3}C\sqrt{2g}\,L^{\frac{5}{6}}H_2^{\frac{5}{3}} \quad \cdots\cdots (2)$$

$B_1\neq B_2$　なる時は

$$Q_2=\frac{2}{3}C\sqrt{2g}\,L^{\frac{2.7}{3}}H_2^{\frac{4.8}{3}} \quad \cdots\cdots (3)$$

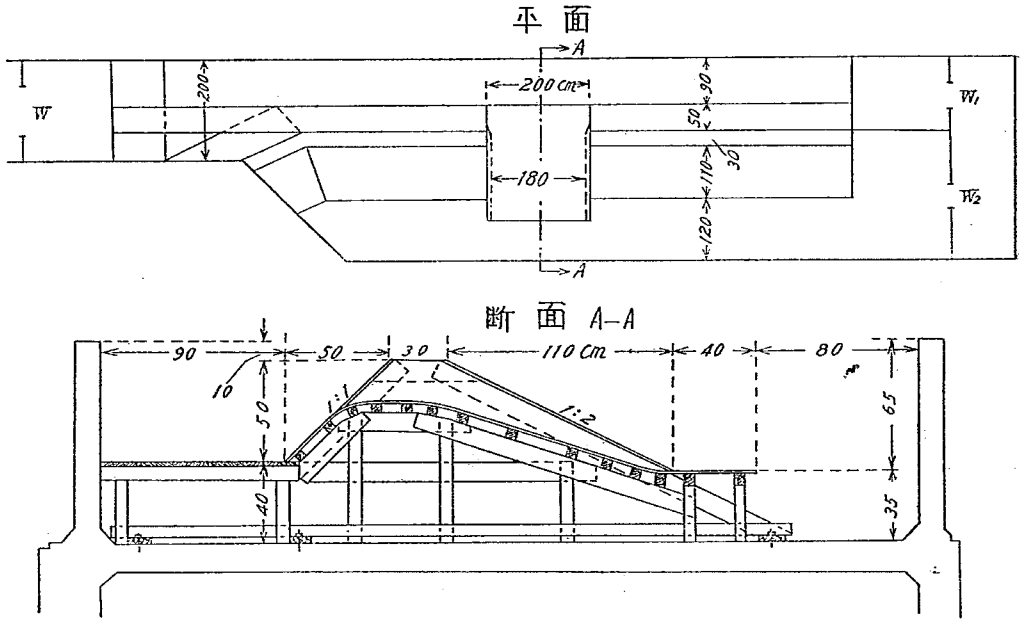
鋭頂堰に對して　$\frac{2}{3}C\sqrt{2g}=2.2$

水越堤に對して　〃　$=2.5$　（總て m 單位）

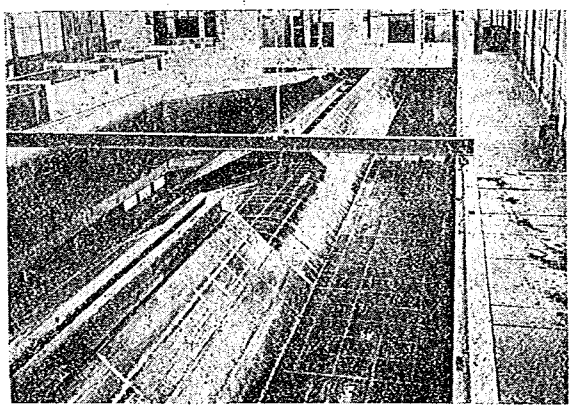
[2] 試験設備

本試験は當所岩淵分室内の試験水路中に設置せる木造模型に依て行つた。模型の形狀及び寸法は第2圖及び寫眞第1、第2に示す。卽ち直線狀の堤防の一部に豫め長さ2米の溢流堤を設け、之より小なる二三の長さの横溢流堤又は堤防の切り取りの角を丸くして横收縮を除去する場合（第2圖參照）等に就て試験を行ふ時は夫々に適當する補足部を作る。更に河幅を溢流堤の下流にて稍狹くせる場合に就ても試験を行つた（寫眞第3）。試験を行

第　2　圖



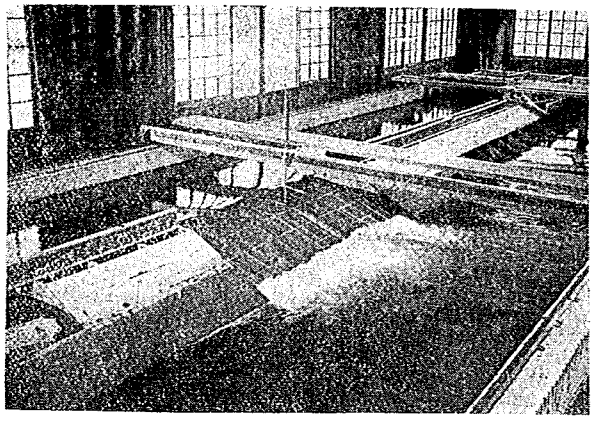
寫　眞　第　1



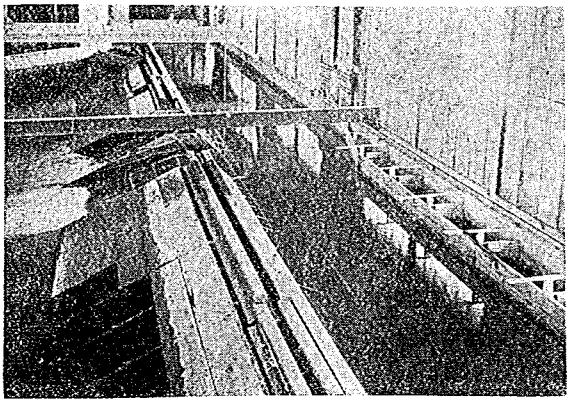
ふ時はある流量 Q_0 に對し流量 Q_1 を堰 W_1 に依て調節し、その時の Q_1, Q_2 の大さを測定堰 W_1, W_2 に依て夫々に測定する。

水位の測定は差壓計（Differential gage）及び眞鍮製水面測定器により、流量は何れも豫め檢定せる矩形測定堰を用ひて測定した。測定堰の配置は第2圖中に示す。

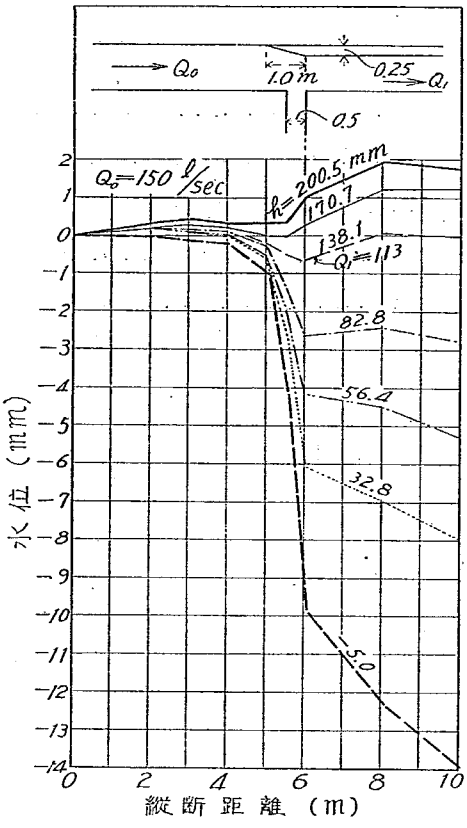
寫眞第2

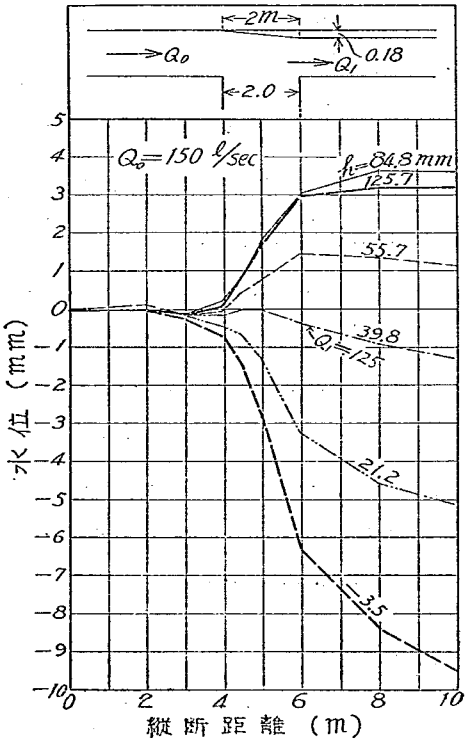


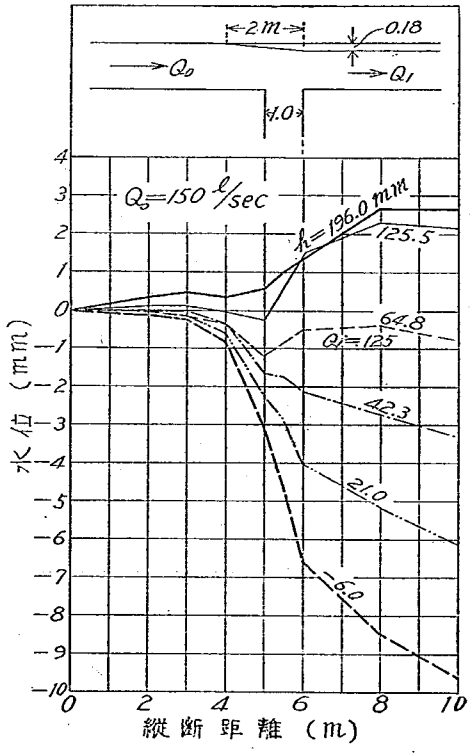
寫眞第3

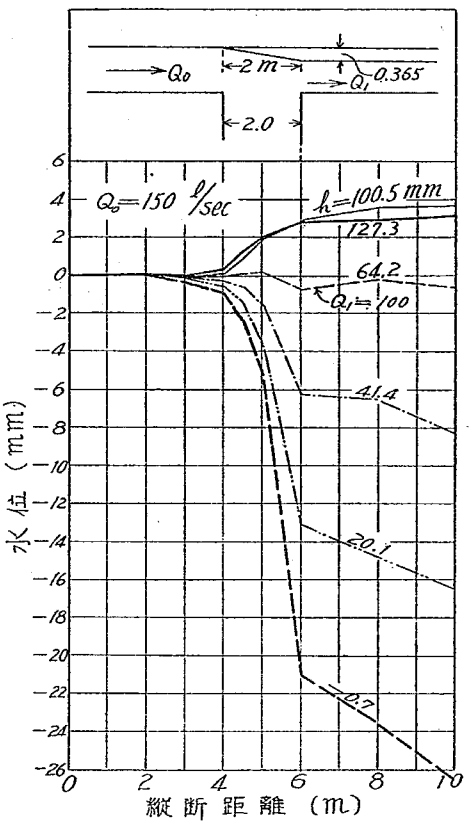


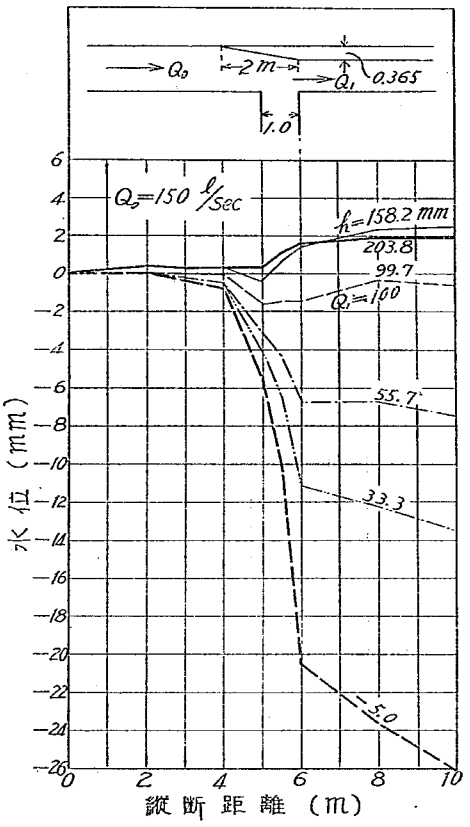
第3圖

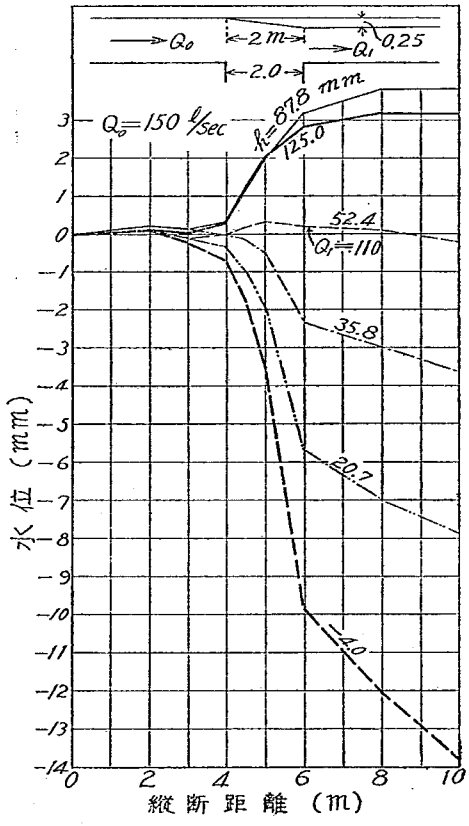


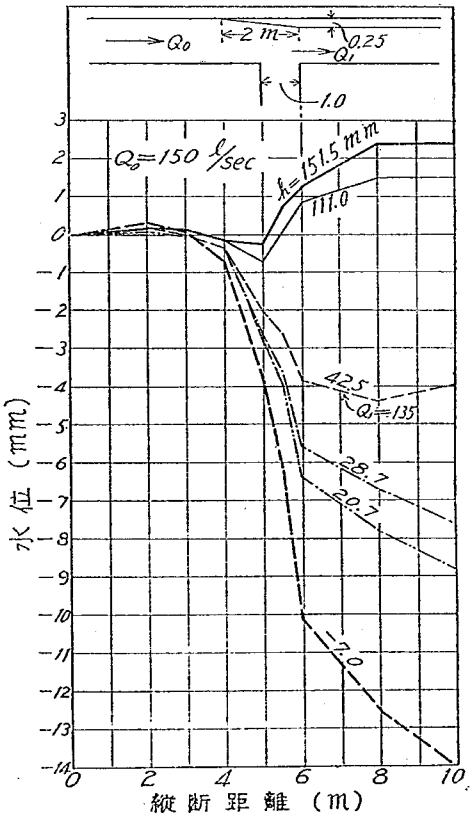




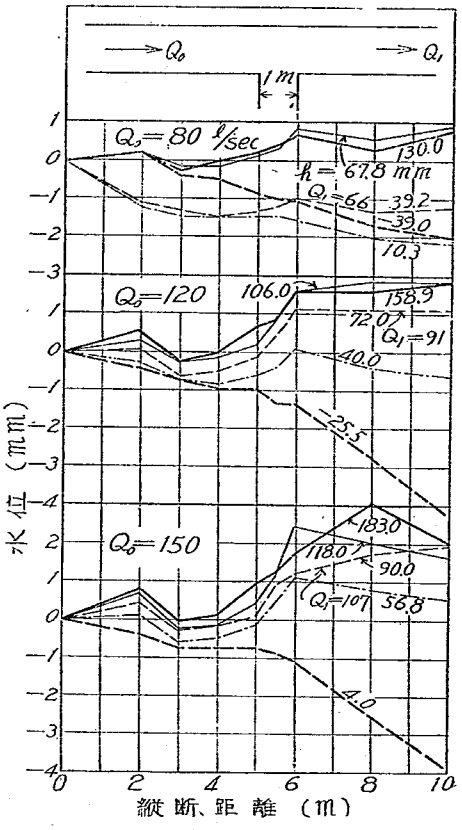

Q₀
2 m
Q₁
0.365
2.0
Q₀=150 l/sec
h=100.5 mm
127.3
64.2
Q₁≒100
41.4
20.1
0.7
水位 (mm)
縦断距離 (m)

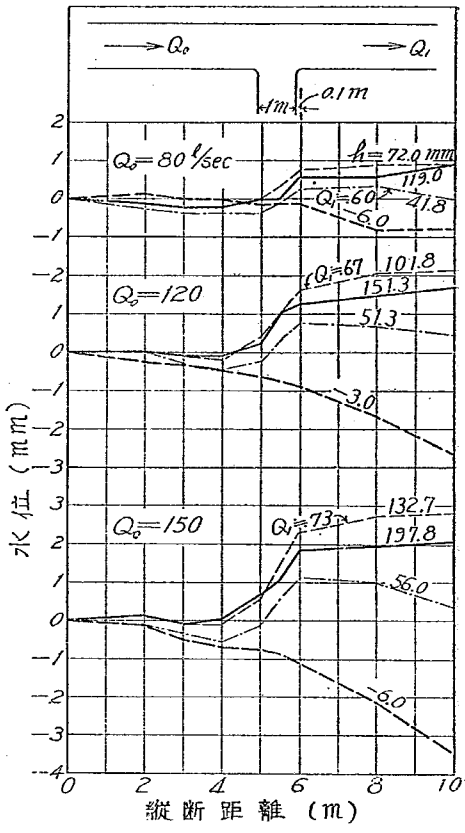

Q₀
2 m
Q₁
0.365
1.0
Q₀=150 l/sec
h=158.2 mm
203.8
99.7
Q₁=100
55.7
33.3
5.0
水位 (mm)
縦断距離 (m)

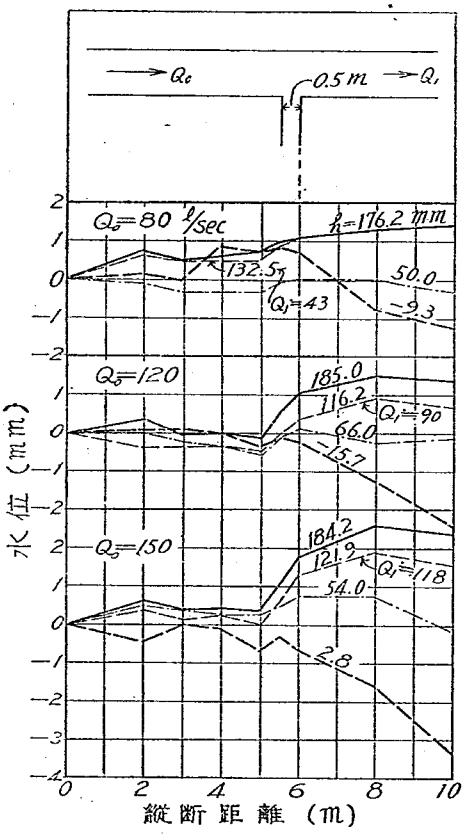

Q₀
2 m
Q₁
0.25
2.0
Q₀=150 l/sec
h=87.8 mm
125.0
52.4
Q₁=110
35.8
20.7
4.0
水位 (mm)
縦断距離 (m)

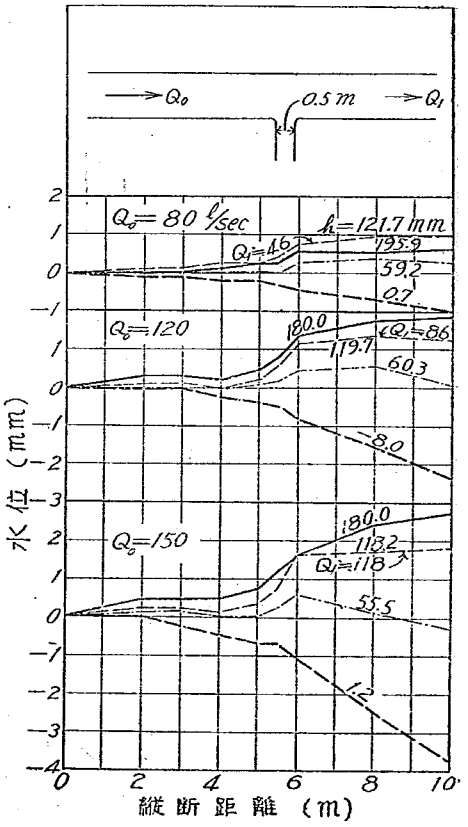

Q₀
2 m
Q₁
0.25
1.0
Q₀=150 l/sec
h=151.5 mm
111.0
42.5
Q₁=135
28.7
20.7
7.0
水位 (mm)
縦断距離 (m)

第 5 圖

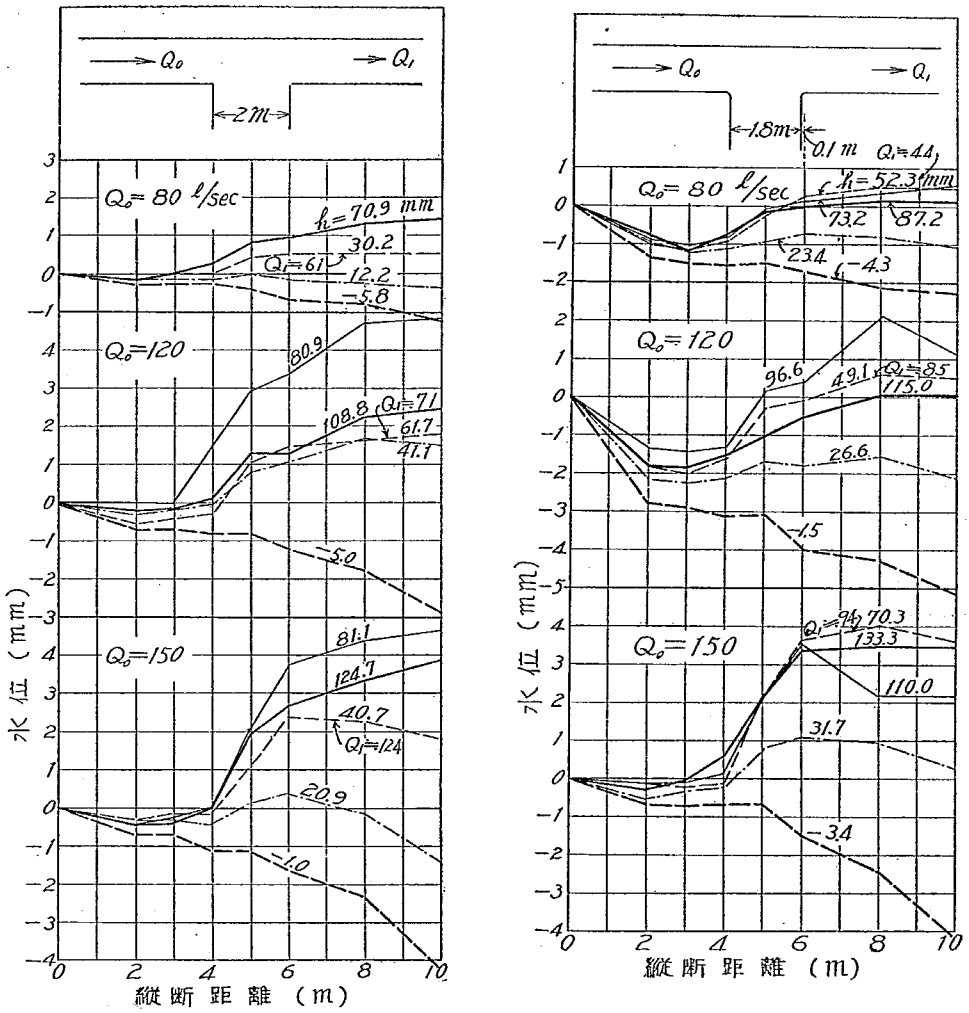

Q₀
Q₁
1m
Q₀=80 ℓ/sec
h=67.8 mm
130.0
Q₁=66
39.2
39.0
10.3
Q₀=120
106.0
158.9
72.0
Q₁=91
40.0
-25.5
Q₀=150
183.0
118.0
90.0
Q₁=107
56.8
4.0
水位 (mm)
縦断距離 (m)


Q₀
Q₁
1m
0.1m
Q₀=80 ℓ/sec
h=72.0 mm
119.0
Q₁=60
41.8
6.0
Q₀=120
Q₁=67
101.8
151.3
51.3
3.0
Q₀=150
Q₁=73
132.7
197.8
56.0
6.0
水位 (mm)
縦断距離 (m)


Q₀
0.5m
Q₁
Q₀=80 ℓ/sec
h=176.2 mm
132.5
Q₁=43
50.0
-9.3
Q₀=120
185.0
116.2
Q₁=90
66.0
-15.7
Q₀=150
184.2
121.9
Q₁=118
54.0
-2.8
水位 (mm)
縦断距離 (m)


Q₀
0.5m
Q₁
Q₀=80 ℓ/sec
h=121.7 mm
Q₁=46
195.9
59.2
0.7
Q₀=120
180.0
Q₁=86
119.7
60.3
-8.0
Q₀=150
180.0
113.2
Q₁=118
55.5
1.2
水位 (mm)
縦断距離 (m)

第　6　圖

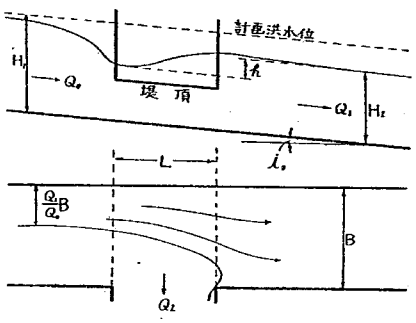


[3] 溢流量と水面形

游水池を設けたる場合に河幅及び河床勾配が一様ならば溢流堤よりも相當下流に至れば水深は Q_1/Q_0 の大さに從つて減少するのは當然であるが、溢流堤附近の水面形は甚だ複雜である。第3圖自至第6圖に示すものは流量、溢流頂の幅、Q_1/Q_0 の比を種々に變化せしめてその多くの組み合はせに就き夫々水路の中心線に沿つて水面形を差壓計を用ひて測定せるものである。圖には便宜上基點の水位を揃へたが實際は記入せる h（第8圖 P の溢流水深）の値を用ひて比較せねばならない。之等の結果は後に [5] 節に於て示す流線形及び等位線と組み合はせて大體の水面形を推察せしめる。

幅一様なる水路の一側に溢流堤を設けたる場合は水面の形は恰も水路幅が急に增大せる如き狀態となる事は明かであるが、同時に溢流の爲に河幅の方向にも水面勾配を生じ複雜なる曲面を呈する。然し堰より充分遠き部分に於ける水深 H_1 及び H_2（第7圖參照）は殆ど一様となり次の値を有する。

第　7　圖



$$H_1=\sqrt[3]{\frac{Q_0^2}{C^2B^2i_0}},\quad H_2=\sqrt[3]{\frac{Q_1^2}{C^2B^2i_0}}\qquad\cdots\cdots(4)$$

但し C は Chézy の常數である。然し本試驗に於ては Q_1 を調節する設備の關係上、Q_1/Q_0 の著しく小なる時は下流部に於ける水面勾配は i_0 とはならず、之より非常に小さくなる。從つて水深 H_2 は (4) 式に與ふるものよりも遙に大となるから、第3圖自至第6圖中の水位曲線に於てはこの點は考慮されねばならない。

水路幅が $\frac{Q_1}{Q_0}B$ より急に B に擴大せる場合の水面の最大低下 h（第 7 圖參照）は普通次式に依て計算されるo[1]

$$h=i_0L\left(1-\frac{Q_0H_2}{Q_1H_1}\right)+\frac{Q_1^2}{2g}\left[\left(\frac{Q_0}{Q_1BH_1}\right)^2-\left(\frac{1}{BH_2}\right)^2\right]\qquad\cdots\cdots(5)$$

從つて計畫高水位よりの低下は大略次の如く表はされる。

$$h_1=H_1-H_2+h$$

$$=H_1-H_2+i_0L\left(1-\frac{Q_0}{Q_1}\frac{H_2}{H_1}\right)+\frac{1}{2gB^2}\left[\left(\frac{Q_0}{H_1}\right)^2-\left(\frac{Q_1}{H_2}\right)^2\right]\qquad\cdots\cdots(6)$$

斯の如き水面の低下が起れば溢流水脈の水面も之に從つて低下し、溢流堤上の溢流水深も計畫高水位に比して甚しく低下するが同時に堤頂の長さの方向にも變化が大なる爲に之に簡單なる堰公式を導入することは殆ど不可能である。次節に於て堰公式中に使用せる h（第 8 圖 P に於ける溢流水深）の如きも計算に依て求めることは極めて困難な量であつて、第3圖自至第6圖中に示す實測曲線中より之を索出せねばならない。流量と水面形の關係に就ては更に [6] 節に於て J. Koženy の理論を述べるが、この理論に於ても水面形は二次元的に取り扱はれて居り、溢流量の公式としても普通の長さの方向に垂直に溢流する堰公式を用ひてゐる。

然し乍ら實際横溢流堤を設くる如き場合は多くは游水池に流入する流量 Q_2 は洪水量 Q_0

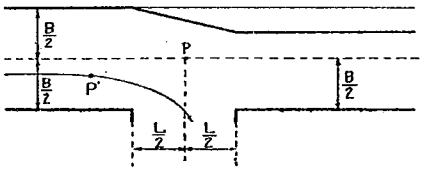
1)　物部博士「水理學」303 頁

の中の比較的小部分であり、(6) 式にて與へられる溢流水深の低下 h' が略値を以て足りる程度のものである。

[4] 溢流堤の流量係數

溢流堤の流量に關しては溢流頂が流れの方向に垂直なる時は公式に依て比較的正確に計算し得る。然るに本試驗に於ては Q_3 を一定に保ち下流に流下する流量 Q_1 を加減して Q_1/Q_2 の比を種々に變化せしめたが、實際問題としては Q_2 が溢流堤なき時の計畫高水位その他の既知量より定められることが希望される。從てある定點に於ける水位と Q_2 の關係を定めることを得て、更にその定點の水位が豫知し得ればよい。先づ一例として溢流堤の中心線上にある點 P (第8圖參照) に於ける水位 h を測定し、之と Q_2 との關係が上記の如き溢流頂が流れに垂直なる堰に於けると同形の流量公式を以て表はされるものと假定して、卽ち

第　8　圖



$$Q_2=\frac{2}{3}\mu\sqrt{2g}\,Lh^{\frac{3}{2}} \quad \cdots\cdots(7)$$

が成立するものとして係數 μ の値を實測値より計算した。その結果を第9圖に示す。圖中 A は溢流堤に接する堤防端が鉛直平面のまゝのもの、B は此處を丸めて側縮流を減じたるものである。h の値に就ては [3] 節に述べた。この結果より明かなる如く μ の値は普通の溢流堤の場合よりも著しく小さい。之は溢流々線が斜になる爲の有効堰長の減少によるのみならず實際の溢流水深は P' (第8圖) 附近にて測定さるべきものなるにも拘らず P に於ける値を用ひたる結果之が過大なる爲にこの差異を生じたものである。又 h は種々の量を從變數とする函數であつて正確に定め難きものであるがその變化は割合に小さい。然し堰上下流端に接する堤防端に丸味を附したる場合 (第9圖B) と丸味なき場合 (第9圖A) の溢流量の差は殆ど有効堤長のみの影響と見做し得る。勿論この影響は堤長 L の小さき程著しく、$L=0.5$ m の時は流量係數の比は約 1.07 に達してゐる。第 10 圖は同じ溢流堰が潛堰の狀態となれる時の溢流量係數である。

堰の溢流に關する水理的相似律は横溢流堤の場合は水平及び鉛直の縮尺が同一なる時にのみ成立する。又この兩縮尺が同一なる場合にも渦の發生に關しては相似律の成立は疑問である。水平及び鉛直の縮尺を異にする時は、本川の流量と溢流量が夫々その倍率を異にする爲にそれ等相互の關係に就ては相似律は成立し難い。

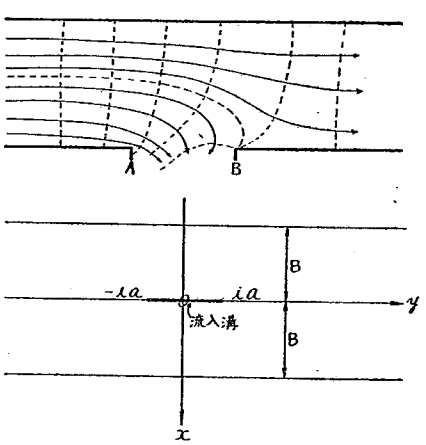
[5] 流線形

實際の流線は三次曲線となるものであるから之を解析的に表はすことは殆ど不可能であるが、更に水路内の流れを二次元ポテンシアル流なりと假定するも溢流堤の位置に流入溝を考へることによりポテンシアル函數及び流函數は次式より求められねばならない。(第11圖參照)

$$\left.\begin{aligned} w&=\phi+i\psi \\ &=iVz+\sum_{k=-\infty}^{k=\infty}\frac{\mu}{2ia}\left\{(z+kB+ia)\ln\frac{z+kB+ia}{z+kB-ia}-2ia\right\} \\ k&=0,\ 1,\ 2,\cdots\cdots\cdots\cdots \end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

この右邊に Laurent の定理を適用し得ぬ以上、之を解くことは至難であるから、溢流頂幅 L が河幅 B に比して相當小なる場合は (8) 式中の流入溝の代りに同じ强度の流入點を考へて近似的に流線形を求める。

第 11 圖



卽ちポテンシアル函數は

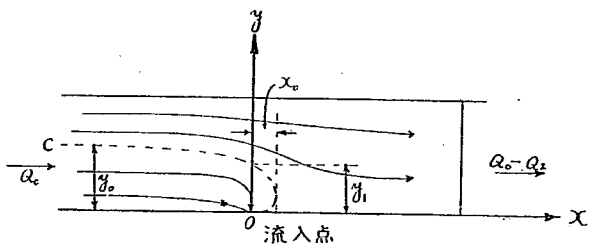
$$\phi=-Vx+\frac{\mu}{2}\ln\left(\sinh^2\frac{\pi x}{2B}+\sin^2\frac{\pi y}{2B}\right)$$

流函數は

$$\phi=-Vy+\mu\arctan\left[\frac{\tan\dfrac{\pi y}{2B}}{\tanh\dfrac{\pi x}{2B}}\right]$$

$$\mu=\frac{Q_2}{\pi H},\quad V=\frac{2Q_0-Q_2}{2BH}\qquad\cdots(9)$$

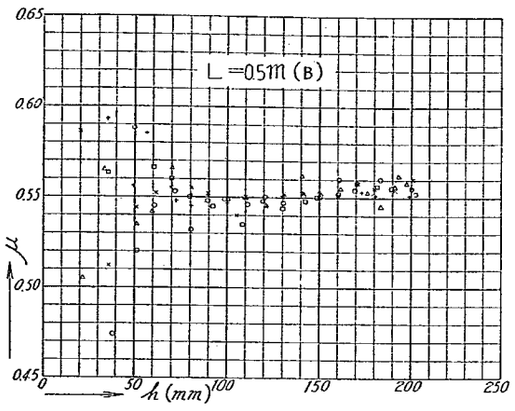
第 12 圖

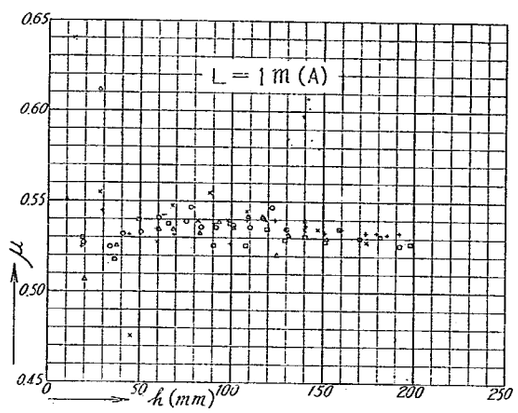


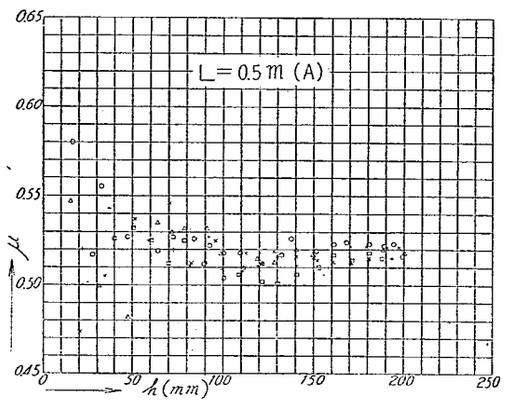
溢流する流線と下流に向ふ流線の境界線 (Partition stream line) OC の形狀を求める。(第 12 圖參照)。之も一つの流線であり且 $x=-\infty$ に於て $y=y_0=\frac{Q_2}{Q_0}B$ であるから、この流線に對し

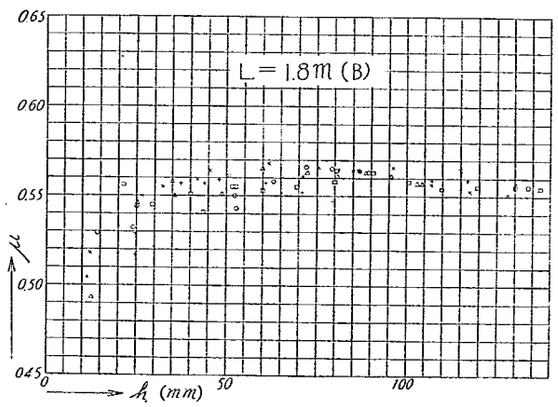
$$\phi=-Vy_0+\mu\arctan\left(-\tan\frac{\pi y_0}{2B}\right)$$

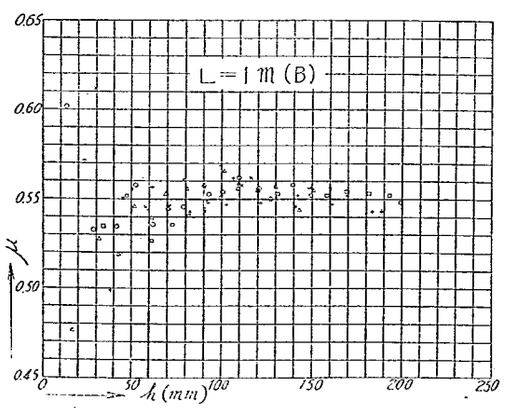
第 9 圖

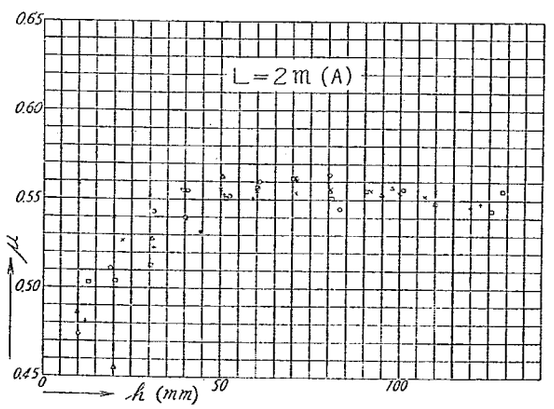

L=0.5m (B)
μ
h (mm)


L=1m (A)
μ
h (mm)

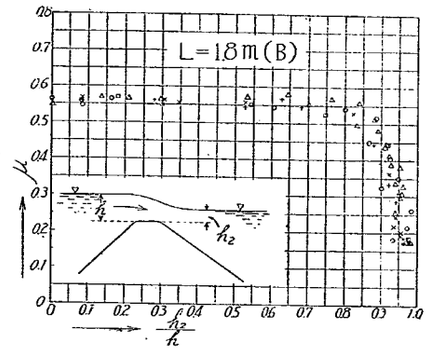

L=0.5m (A)
μ
h (mm)

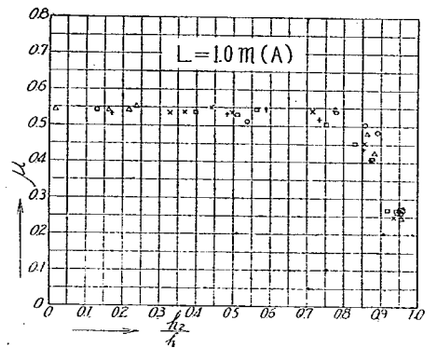

L=1.8m (B)
μ
h (mm)

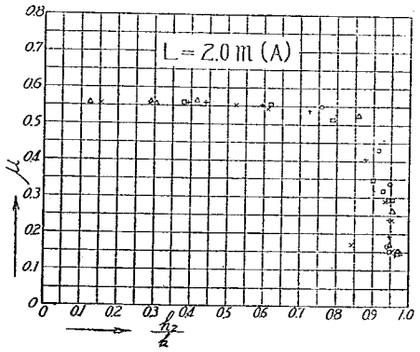

L=1m (B)
μ
h (mm)

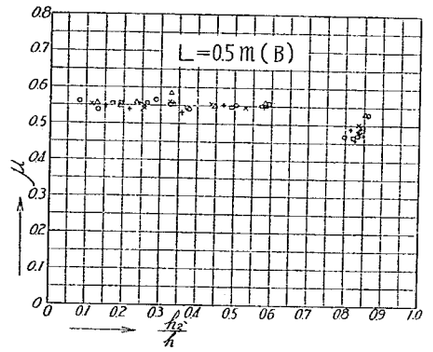

L=2m (A)
μ
h (mm)

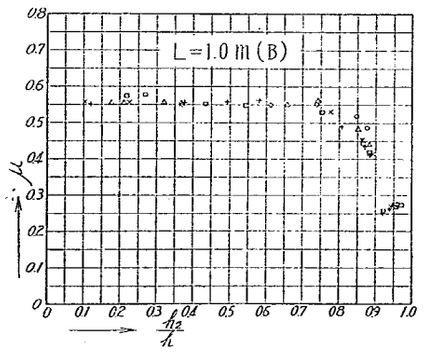
第 10 圖

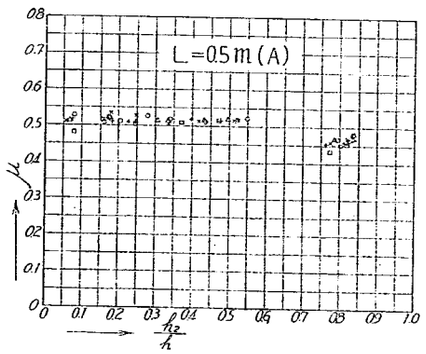

L=1.8m (B)
μ
h1
h2
h2/h


L=1.0m (A)
μ
h2/h


L=2.0m (A)
μ
h2/h


L=0.5m (B)
μ
h2/h


L=1.0m (B)
μ
h2/h


L=0.5m (A)
μ
h2/h

$$=-Vy_0+\mu\left(\pi-\frac{\pi y_0}{2B}\right)$$

$$=0$$

卽ちこの流線は $\psi=0$ にて表はされ、曲線の方程式は

$$\frac{2Q_0-Q_2}{2BH}y=\frac{Q_2}{\pi H}\arctan\left[\frac{\tan\frac{\pi y}{2B}}{\tanh\frac{\pi x}{2B}}\right]$$

$$\therefore\quad \tanh\frac{\pi x}{2B}=\frac{\tan\frac{\pi y}{2B}}{\tan\left(\frac{2Q_0-Q_2}{2BQ_2}\right)\pi y} \qquad \cdots\cdots(10)$$

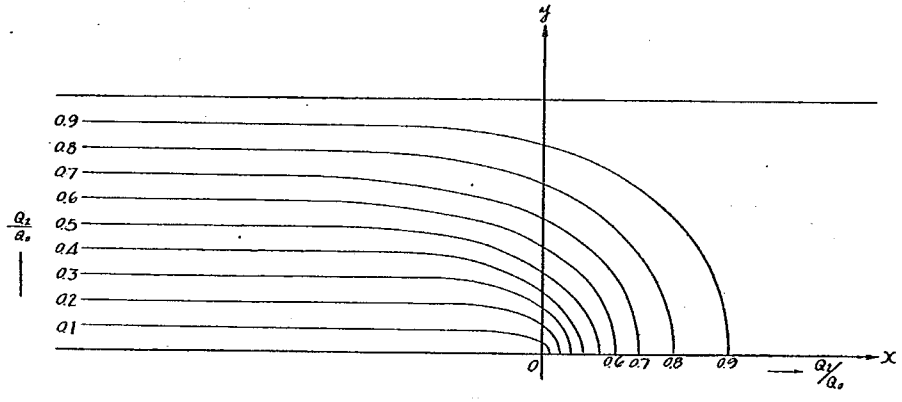
x_0 及び y_1（第 12 圖）は次式にて與へられる。

$$\coth\frac{\pi x_0}{2B}=\frac{2Q_0-Q_2}{Q_2},\quad y_1=\frac{Q_2}{Q_0-Q_2}B \qquad \cdots\cdots(11)$$

$\frac{Q_2}{Q_0}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$\frac{x_0}{B}$	0.034	0.071	0.113	0.163	0.220	0.291	0.383	0.512	0.734
$\frac{y_1}{B}$	0.053	0.111	0.176	0.250	0.333	0.428	0.538	0.667	0.818

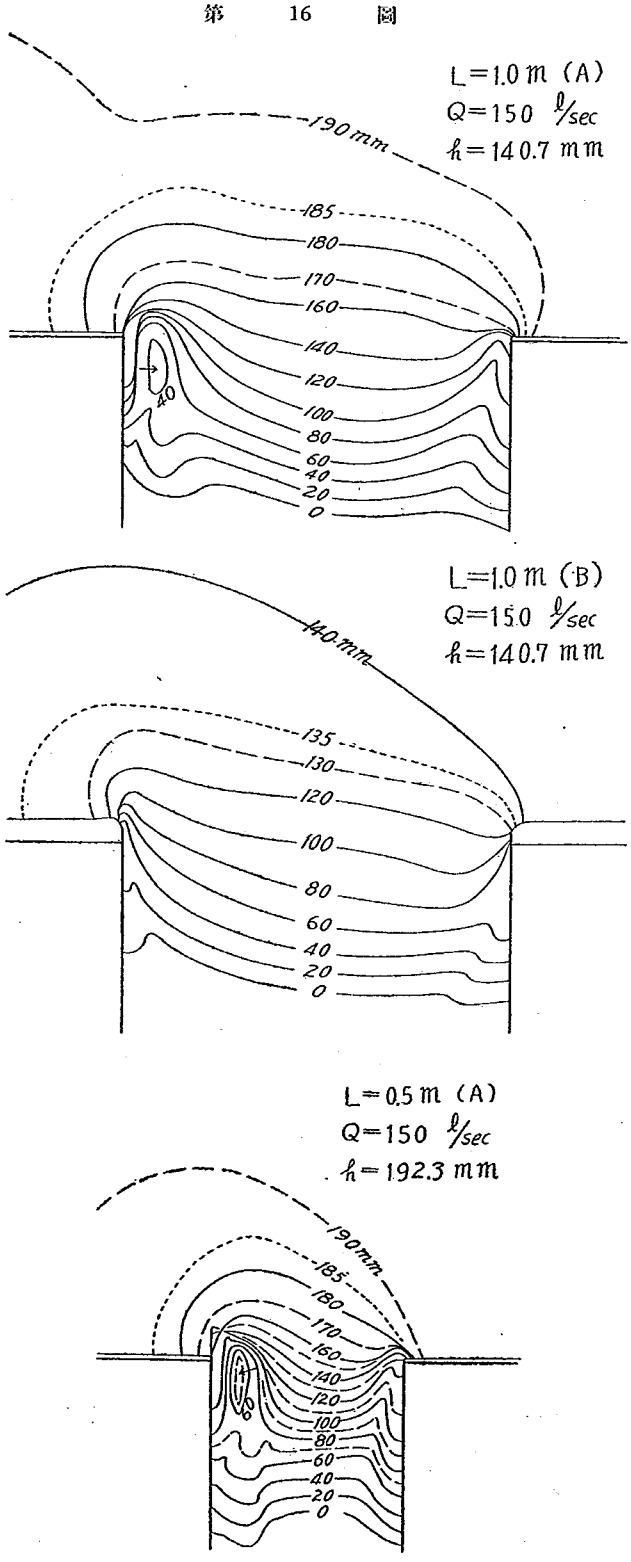
種々の Q_2/Q_0 の値に對して夫々に曲線 OC（第 12 圖）の形を（10）式に依て計算せる結果を第 13 圖に示す。素よりこの流線形は水面よりの深さに從て若干變化すべきであるが後に實驗値を以て示す如くその差は大きくない。第 14 圖及び第 15 圖は浮子を用ひて種々の水深に於ける流線形を實測せる結果を示す。

第　13　圖



之等の流線形は堰公式中の溢流水深を測定すべき點及び有効なる溢流堰長を指示するも

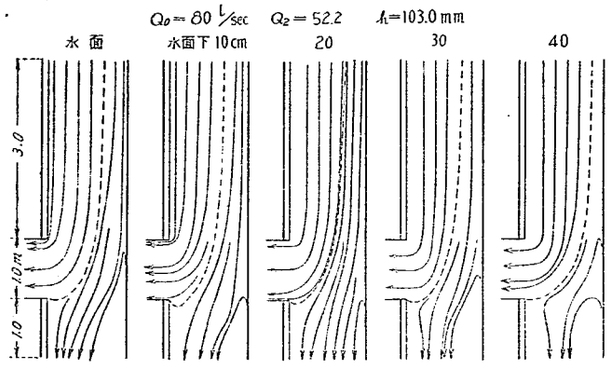
第　16　圖

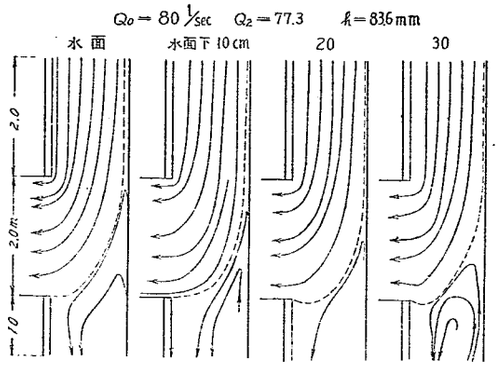


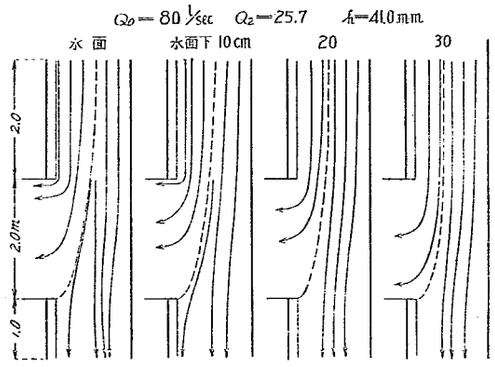
のであるが、又この試驗結果より見るも公式(1)の導入に相當の無理のある事が考へられる。

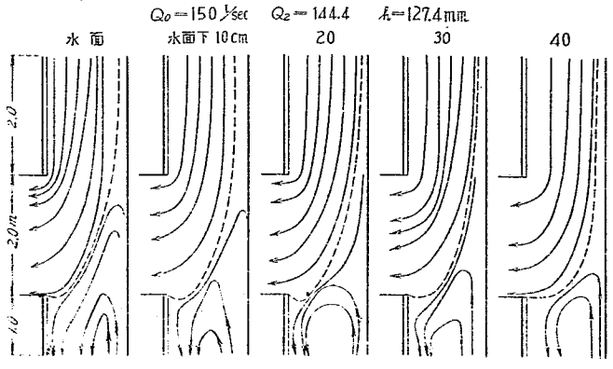
(10) 式に依て與へられる流線形は水路内に於ける形狀を近似的に示すものであるが溢流堤附近の狀態は知り得ない。而てこの附近の水面は最も複雜なる形狀を呈するものであるから、數種の場合に就て特に精密に水面形を測定した。第 16 圖の等高線はその結果の中の二三を示すものである。之等の諸圖中にても明かなる如く溢流堤上の上流端部附近に於ける渦の發生は相當著しく、築堤の角に丸味を附ける事は溢流量を增加する上に必要なるのみならず、この渦の發生を防止する爲にも必要である。

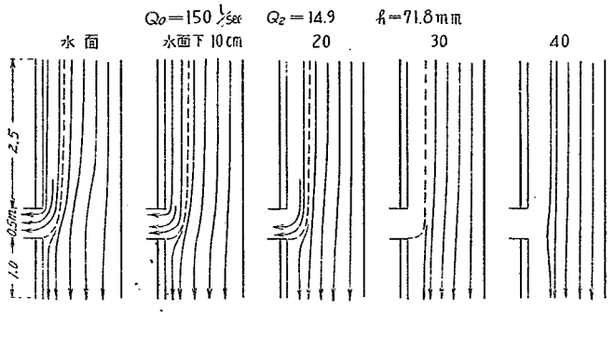
第　14　圖

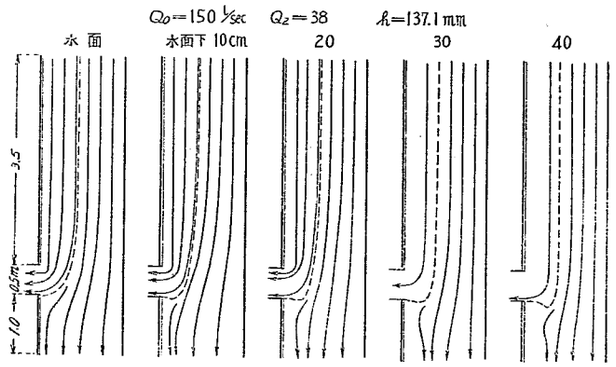

Q₀=80 l/sec　Q₂=52.2　h=103.0 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
3.0
1.0m
1.0

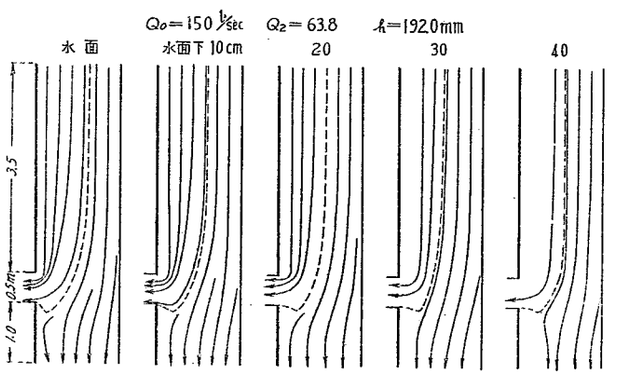

Q₀=80 l/sec　Q₂=77.3　h=83.6 mm
水面
水面下 10cm
20
30
2.0
2.0m
1.0

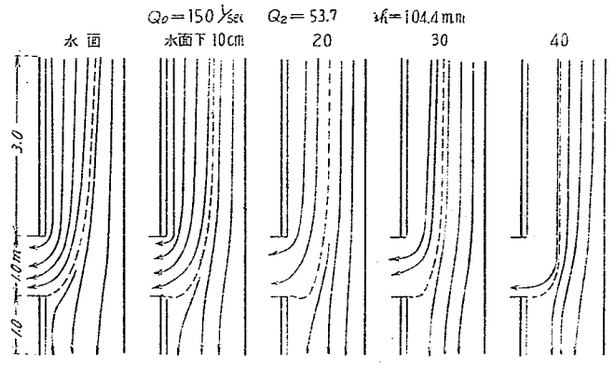

Q₀=80 l/sec　Q₂=25.7　h=41.0 mm
水面
水面下 10cm
20
30
2.0
2.0m
1.0

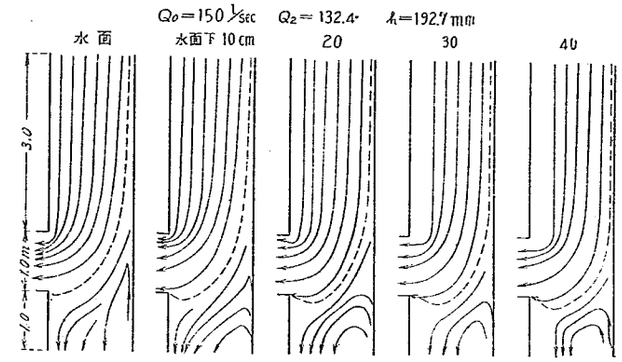

Q₀=150 l/sec　Q₂=144.4　h=127.4 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
2.0
2.0m
1.0

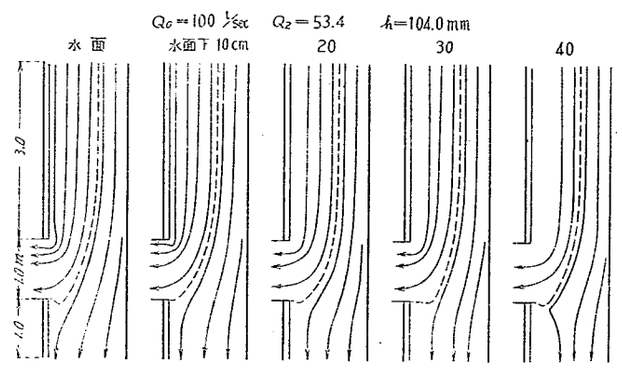

Q₀=150 l/sec　Q₂=14.9　h=71.8 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
2.5
0.5m
1.0

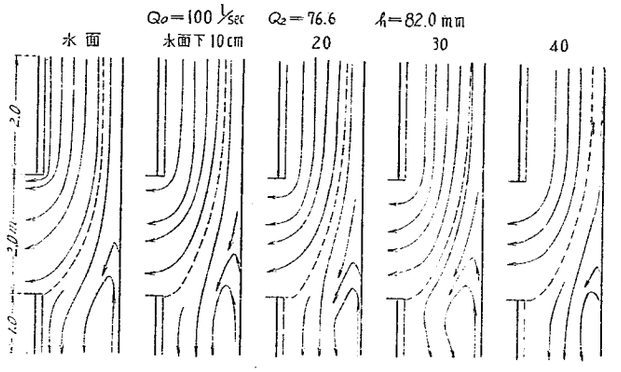

Q₀=150 l/sec　Q₂=38　h=137.1 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
3.5
0.5m
1.0

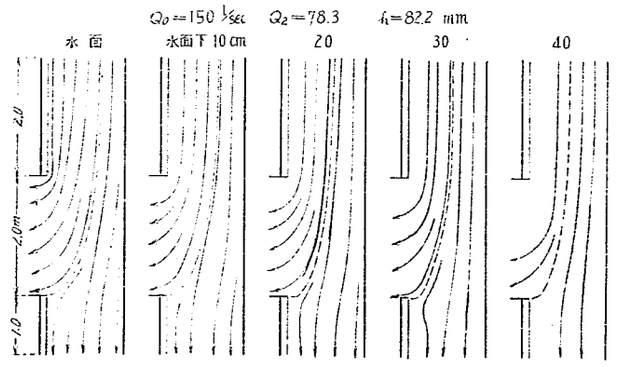

Q₀=150 l/sec　Q₂=63.8　h=192.0 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
3.5
0.5m
1.0


Q₀=150 l/sec　Q₂=53.7　h=104.4 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
3.0
1.0m
1.0

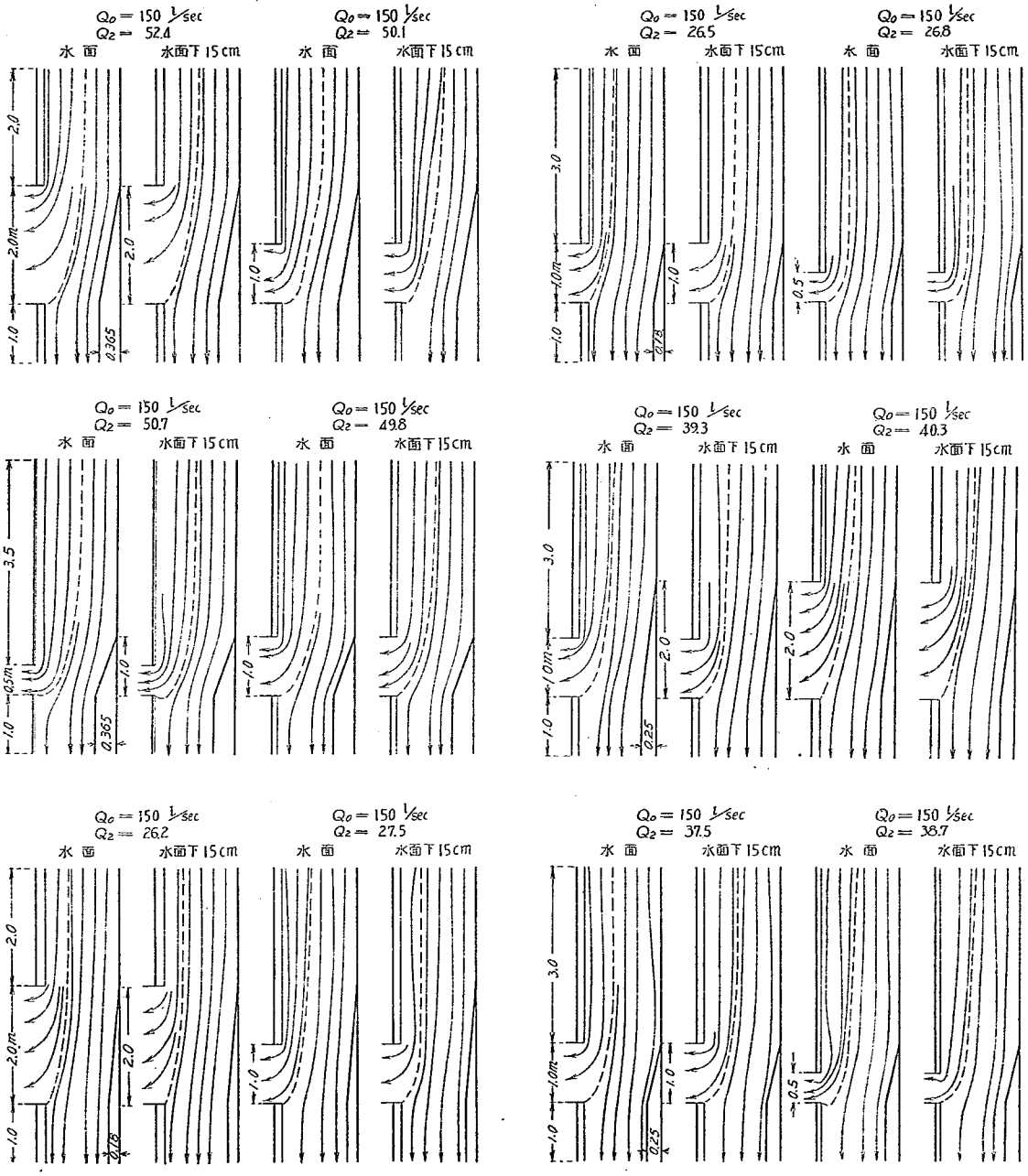

Q₀=150 l/sec　Q₂=132.4　h=192.7 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
3.0
1.0m
1.0


Q₀=100 l/sec　Q₂=53.4　h=104.0 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
3.0
1.0m
1.0


Q₀=100 l/sec　Q₂=76.6　h=82.0 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
3.0
1.0m
1.0

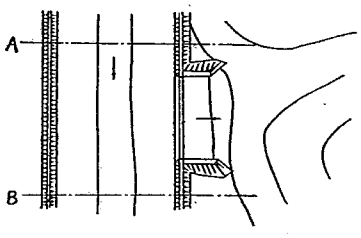

Q₀=150 l/sec　Q₂=78.3　h=82.2 mm
水面
水面下 10cm
20
30
40
2.0
1.0m
1.0

第 15 圖


Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 52.4
水 面
水面下 15 cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 50.1
水 面
水面下 15 cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 26.5
水 面
水面下 15cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 26.8
水 面
水面下 15cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 50.7
水 面
水面下 15 cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 49.8
水 面
水面下 15 cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 39.3
水 面
水面下 15 cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 40.3
水 面
水面下 15 cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 26.2
水 面
水面下 15 cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 27.5
水 面
水面下 15 cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 37.5
水 面
水面下 15 cm
Q_0 = 150 l/sec
Q_2 = 38.7
水 面
水面下 15 cm

[6] 横溢流堤に關する Koženy の理論[1]

第 17 圖



最後に參考資料として Koženy の理論に就て述べる。

平均河床より溢流堤頂迄の高さを H, それより上の溢流水深を h とする。本川中の水流に關する勢力方程式は

$$Q\frac{\partial h}{\partial x}dx=\frac{\alpha}{2gB^2}\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{Q^3}{(h+H)^2}\right]dx$$

$$=\frac{\alpha}{2gB^2}\left[\frac{3Q^2}{(h+H)^2}\frac{\partial Q}{\partial x}-\frac{2Q^3}{(h+H)^3}\frac{\partial h}{\partial x}\right]dx \quad\cdots\cdots(12)$$

$$\therefore\quad \frac{2gB^2}{3\alpha}(h+H)^3dh\left[1+\frac{\alpha Q^2}{gB^2(h+H)^3}\right]=QdQ \quad\cdots\cdots(13)$$

溢流堤下流端に於ける溢流水深 h_0 及び流量 Q_0 が既知ならば (13) 式を積分して

$$\frac{2gB^2}{9\alpha}[(h+H)^3-(h_0+H)^3]+\frac{2}{3}\int_{h_0}^{h}\frac{Q^2}{(h+H)}dh=\frac{1}{2}(Q^2-Q_0^2) \quad\cdots(14)$$

先で (14) 式中にて $\int\frac{Q^2}{(h+H)}dh$ を無視して Q の近似値を計算すれば

$$Q^2=Q_0^2+\frac{4gB^2}{9\alpha}[(h+H)^3-(h_0+H)^3]$$

之を (14) 式中の $\int\frac{Q^2}{(h+H)}dh$ 中に代入して次式を得る。

$$Q^2-Q_0^2=\frac{52}{89.1}gB^2H^3\left[\left(\frac{h}{H}+1\right)^3-\left(\frac{h_0}{H}+1\right)^3\right]+\frac{4}{3}\ln\left[\frac{\frac{h}{H}+1}{\frac{h_0}{H}+1}\right]$$

$$\left[Q_0^2-\frac{4}{9.9}gB^2H^3\left(\frac{h_0}{H}+1\right)^3\right] \quad\cdots\cdots(15)$$

之は h と Q の關係を與へるものであるから任意の點に於ける h の値を知るには更に一つの連續方程式が必要である。之に對して Koženyは 長さ dx の堤上を溢流する水量 dQ を

$$dQ=\frac{2}{3}\mu\sqrt{2g}\,h^{\frac{3}{2}}dx \quad\cdots\cdots(16)$$

を用ひて計算することゝした。この點は公式 (1) を導入する場合と同樣である。

洪水の場合は A に於ける流量は變化するが、この時間的變化は長さの方向の變化量に比して極めて小であるから (15) 式は洪水に對しても成立するものと考へ得る。

---

1) J. Koženy; Die Wasserführung der Flüsse. S. 100

擁壁の安定増大の一提案
及之に關する試驗

內務技師　松　尾　春　雄

梗　　概

我國の擁壁橋臺等は滑出に對する安定不足の爲に事故を生ずる事が多いから、この不安を除く爲に此等構造物の底版後部に鎭定材を設け之を壁主體と連結する工法を提案し，その試驗の結果を述べ多少の理論的考察を行ひ、地震の多い我國には最も適當した工法の一である事を述べた。

目　　次

I　緒　　言……(1)
II　滑出に對する擁壁の安定……(2)
III　新 工 法……(4)
IV　模型試驗……(5)
V　理論的考察……(17)
VI　結　　論……(21)

I　緒　　言

擁壁、岸壁及橋臺等の安定は 1. 轉倒 2. 沈下 3. 滑出の三要件に就て檢する必要があるが、從來の例を見るに轉倒及沈下には相當の注意が拂はれるに拘らず、滑出に對しては周到な用意を怠り勝である。これは滑出に對する抵抗力が地盤の支持力等に比し割合に確實性を持つとの考へから出發してゐると思ふが、この考へは後に述べる如く必ずしも當つてゐないから出來上つた構造物は不均衡なものとなり危險は常に一方に偏在する事となる。地盤の支持力を何程にとるかは荷重試驗を行つた場合にも實際構造物との荷重面積の相異、荷重をかけた時間等の關係が入りその判斷は相當困難である。しかし近時研究の發達につれて此等の問題も次第に解決されて、荷重試驗の結果から、出來上り構造物の沈下量を大體推定出來る程度になつた。支持力に對しては之に適當な安全率を見込めば良いのであるが滑出に對する安全率が小であれば、荷重强度の相異による不同沈下を生じた場合に直ちに危險狀態となり遂に滑出し、時には轉倒するに至る。又常時漸く安定を保つものも僅かの衝

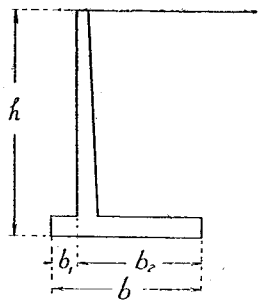
擊或は水位の變化等に依つて崩壞するものが多く我邦では特に地震に依る被害が著しい。卽ち滑出の安定を增せば構造物全體としての安定が增加し上記の不安を除く事が出來る。

著者が玆に提案するは擁壁橋臺等の滑出に對する安定增大の一工法であつて、之に依れば多くの場合從來の構造に依るよりも低廉な工費を以てその安定を著しく增加する事が出來る。

II　滑出に對する擁壁の安定

第1圖は扶壁型或は倒T型擁壁又は橋臺等の斷面を表はすものとし、その高さを h、底幅を b、壁前面下端より底版の突出したる長さを b_1、殘りの幅を b_2 とする。b_2 は壁の滑出安定に對する有效幅と見る事が出來る。b_2/h は裏込及荷重等の性質に依り異るのは勿論であるが實際の設計例約15種に就て調査の結果は $b_2/h=0.32$～0.64 平均値は 0.48である。今一般擁壁類の滑出に對する安定計算にあたり壁が裏込土砂と共に全體として θ だけ前方に傾斜したと假定した場合卽ち地震時の合加速度——この場合その大きさは重力の加速度と等しいと假定する——が擁壁に對し最も危險な方向に働いた時に、土壓と壁重量との合力が壁底面の垂線となす角 ψ を滑出安定の尺度とする（第3圖參照）。今

第 1　圖

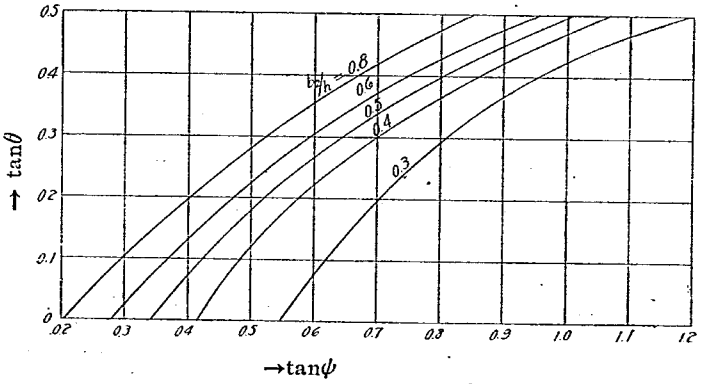


$b_2/h=0.3,\ 0.4,\ 0.5,\ 0.6.$

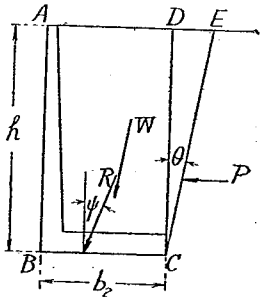
$\tan\theta=0,\ 0.1,\ 0.2,\ 0.3,\ 0.4,\ 0.5.$

の場合に就て $\tan\psi$ を算出し結果を第2圖に示す。玆に $\varphi=30°$ とし、計算の方法は第3

第2圖　滑出安定度の比較



第　3　圖



圖に於て常時の鉛直面 CD と θ をなす面 CE に作用する土壓 P と壁體重量 W との合力 R が底面 BC の垂線となす角 ψ を求める。P は地表面 AE と平行、W は CE に平行である[1]。壁の單位重量は裏込土砂の單位重量と等しいと假定したのであるが實際壁の斷面が割合に小なる場合には之に依つて十分近似値が表はされる。

尙 φ の種々の値に對する $\tan\theta$ の値を$b_2/h=0.4.\ 0.6,\ 0.8$ 及 $1.0,$ の場合に就て計算した結果を本篇終の附圖に示した。

既に述べた如く上の計算は一般に擁壁類の地震時の安定計算方法と同一であつて、今水平震度 k_h 鉛直震度 k_v とすれば $\theta=\tan^{-1}\frac{k_h}{1-k_v}$ となり、地震時土壓計算には重量 w の代りに $w\frac{1-k_v}{\cos\theta}$ をとるのであるが茲には上記 θ のみを考慮し重量は常時と同様に取扱ふ。卽ち地震時安定計算とは稍異るが $\frac{1-k_v}{\cos\theta}\fallingdotseq 1$ と見得る範圍に於て、上の計算は地震時の滑出安定計算と見て差支ない。

壁底面と基礎面との間の摩擦角 $\psi_0=30°$ ($\tan\psi_0=0.577$) とした場合に b_2/h の種々の値に對する $\tan\theta$ の値は次の如くである。

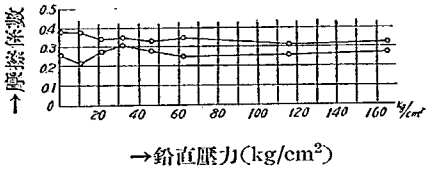
$m=b_2/h$ = 0.3, 0.4, 0.5, 0.6

$k=\tan\theta$ = 0.04, 0.20, 0.25, 0.29

今安全係数を 2 とすれば $m=0.6$ のものも $k\fallingdotseq 0.15$ の地震に漸く堪へる程度である。しかも $m=0.6$ は一般の設計としては底幅が廣いものである事を考へれば此種の構造が滑出に對しては極めて危險な狀態にある事は明である。

滑出に對する安全率は從來餘り重く考へてゐないが、試驗の結果は滑出係数はその時の狀態に依り著しく變動する事を示し Terzaghi 教授[2] が鋼鐵面と鉛面との間の係数を測定した結果は第4圖の如くである。二本の曲線は測定の最大値及最小値を示し、その差は最小値の 76% に及ぶ。普通擁壁基礎面の狀態は上の試驗に比し更に著しい不同を示す事は明らかであるから、好條件の下に試驗した摩擦係数を採り安全率を小にする事は極めて危險である。

第 4 圖 鋼鐵と鉛の面の間の摩擦係数測定値



從來試みられた滑出安定増大の方法は

a　第5圖 (a) の如く底面 BC にある傾斜を與へる事。これは獨逸に多く行はれる方

1) この計算方法は試驗所報告第二十二號 (78頁參照) に述べた所と異るが之に就ては本篇第 VI 章に論ずる。

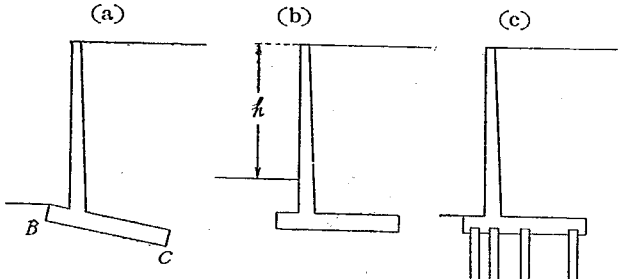
2) Erdbaumechanik 47頁

法であつて著者の知る範圍ではこの傾斜角は最大約 8° である。

b 第5圖（b）の如く前面を深く埋込みこの部分に働く抵抗土壓力を利用する事。

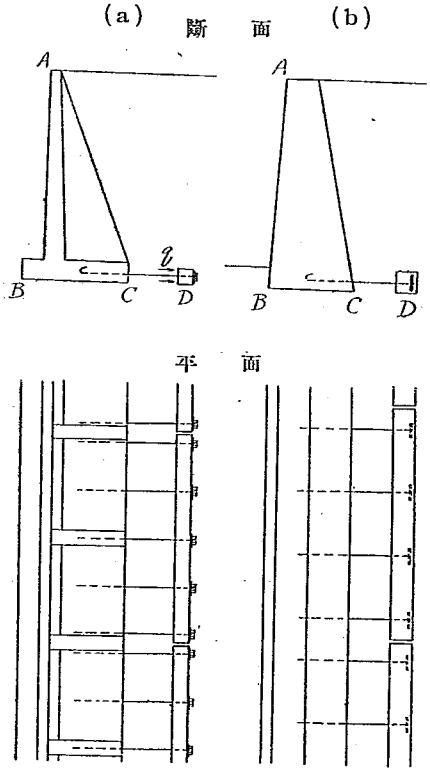
c 第5圖（c）の如く底面の下に支持力增加の目的で打込んだ杭を壁底に埋込み杭の前面に働く僅かの抵抗土壓力を利用する事。

第5圖 擁壁の滑出安定增大の從來の諸工法



等である（a）は工費を要する事尠く有効な方法であるが施工が稍困難な事の外に地盤の支持力が最大を要する B 附近に於て一般に耐力が最小である事が重大な缺點である。（b）は壁の有効高 h が小となる爲に工費が大となり掘鑿施工の場合には掘鑿土量も著しく增大し、その割に滑出安定を增加しない。(c) は支持力增加の目的に行ふ外は工費に比し安定增加率は極めて小である。

第 6 圖
擁壁、橋臺等の滑出安定增大の新工法



III 新 工 法

茲に提案する構造は第6圖に示す如く普通構造の底部に鎭定材 D を附したものであつて D は壁主體と接續桿 CD により連結される。壁主體 ABC の混凝土を打つ場合接續桿 CD（錆止塗料を十分に施した鐵筋或はボールトを適當とする）の一端を埋込み、後に他端 D に鎭定材を取付くるのである。

鎭定材は別に造つた鐵筋混凝土桁が最も適當してゐるが腐朽する虞がない場所（例へば常に地下水以下にある場合等）には丸太木材を使用する事が出來る。

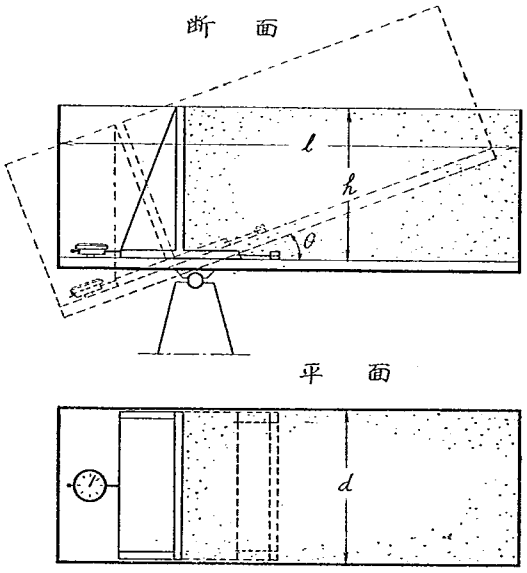
この作用は壁が滑出せんとする場合に鎭定材が働けば壁底が D まで完全に混凝土に依り施工されてゐる場合よりも安定なる狀態となり地盤の支持力も壁底が BC のみの場合に比し多少輕減される。從つて鎭定材は第6圖(a)に示した如き水平荷重 q を受け各接續桿の連結點にて支へられる連續桁として設計すべきであつて接續桿はその反力に耐え得るものでなければならぬ。鎭定材の位置は CD が長い程安定であるが普通は底版が BD まで完全にあるとして計算し相當の安全率を採り得る程度にまで延びてゐれば十分である。

この構造によれば壁が滑出せんとする場合第6圖に於て D を通る鉛直線より左の裏込土砂は壁主體上の土砂と同樣に働き CD 間は土と土との間の摩擦角 φ 及粘着力 s を利用する事が出來るに對し底版が D まで完全に延びてゐる時には混凝土と土との間の摩擦角 φ_0 及粘着力 s_0 が働く。一般に $\varphi>\varphi_0$、$s>s_0$ であるから前者がより安定である。卽ちこの構造に依れば工費を節約し同時に安定を增加する事となる。

地盤が堅牢であるか又は基礎杭を使用し、その支持力が十分なる時に此の構造は特に有効である。

地盤が不良であつて基礎杭を使用しない場合には底面の支持力を輕減する爲に底幅を大にしなければならない。そして之は滑出の安定度をも增加する結果となるが、かゝる場合に底面摩擦係數が小であつて滑出安定が尙不十分の場合には更に鎭定材を附すれば安全である。

第　7　圖
鎭定材の模型試驗裝置



IV　模型試驗

1. 概　　要

鎭定材の作用を見る爲に試驗函內に鎭定材を附した擁壁模型を置き裏込を施し（第7圖）全體を壁前方に傾斜せしめ傾斜角 θ、壁の滑出移動量 ε 及裏込土砂の崩壞狀態を觀測した。

試驗の方法　試驗函は次の三種の函卽ち

a.　20 糎函　高 20cm 幅 20cm 長 80cm のガラス側壁を有する木

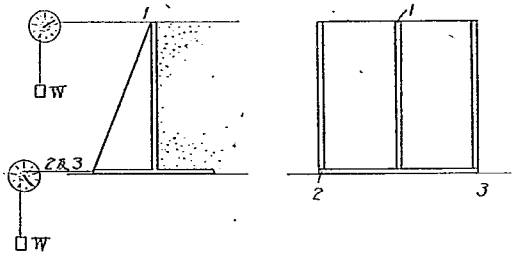
製のもの（本篇終の寫眞第1及第2参照）

b. 40糎函 高 40cm 幅 40cm 長 110cm のガラス側壁を有する鋼鐵製のもの（寫眞第3参照）

c. 1.2 米函 高 1.20m 幅 1.20m 長 2.70m の木製函（寫眞第4及第5参照）

を使用し、初め函を水平に据えその上に木製の擁壁模型を置き、空の狀態にて、函を壁面と直角の方向に次第に傾けて、模型底面と函底面との間の摩擦角を3回以上測定して後、擁壁背後に裏込砂を滿す。砂は函の天端上 1m の高さに底を有する第二の函より内徑2.5cm のホースに依り重力に依り落下せしめて滿し、各試驗毎の裏込の狀態が一定になる様にする。試驗中の裏込砂の移動狀態を見んとする場合には上記 20 糎及 40 糎函に於てはガラスに接した部分に白砂の線を水平に入れる。側壁と模型との間には多少の間隙があるから砂の洩出を防ぐ爲に幅の狹い布を置く。裏込砂は函の天端と水平に均し第7圖の右端を靜に捲揚げ θ が大なると共に壁が前方に移動する量 ε を觀測する。ε は 20 糎及 40 糎函に於ては模型前面中央にある 0.01mm まで讀み得るダイヤル、ゲージに依り（第7圖）

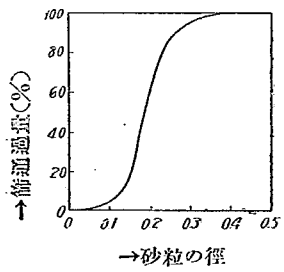
第8圖　1.2 米 試驗函の ε の測點



1.2米函に於ては第8圖の 1、2 及 3 の三ケ所に於て 0.1mm まで讀み得るダイヤル、ゲージに依り觀測する。(寫眞第4及5参照)

砂　試驗に使用した砂は東京市王子區志茂町荒川水門下流に於て採取したものを日光に乾燥し 28 番篩（孔の徑約 0.5 mm）にて篩ひ大形の砂を除去し水中にて攪拌して洗ひ、泥の部分を除いたもので篩分試驗の結果は第9圖の如くであつて平均の粒の大きさは 0.26mm である。砂粒の比重は 2.7 單位容積の重量は 1.26～1.48kg/立 試驗した場合の平均重量は 20 糎及 40 糎函に於ては 1.30kg/立 1.2 米函に於ては 1.36kg/立 であつた。

第 9 圖
試驗に使用した砂の篩分



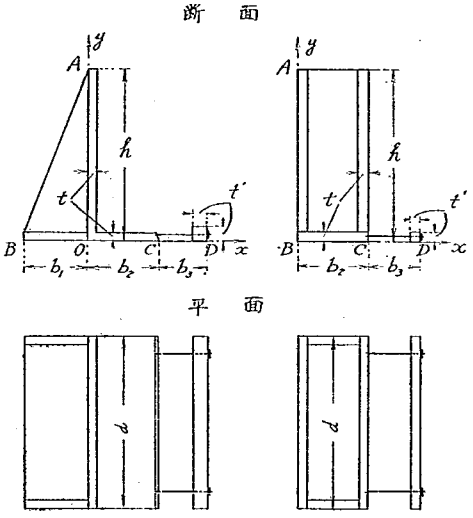
砂の内部摩擦角は 20 糎及 40 糎函 33°; 1.2 米函 35°10′; 息角は何れも 31°30′; 又ガラス側壁と砂との間の摩擦角は約 23° である。

模型　模型は乾燥した板にて製作し、特に底面には柾目杉板を使用し木目は壁面と直角にする。尙函の底面にも同様の材料を使用し木目は兩者が平行

になる様にする。

模型の寸法は特殊のものを除き次の如くである（第10圖參照）

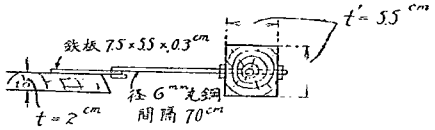
第10圖　擁壁模型斷面及平面圖



函	型	模型寸法							重量	重心の位置	
		h (cm)	d (cm)	t (cm)	b_1 (cm)	b_2 (cm)	b_3 (cm)	t' (cm)	(kg)	x (cm)	y (cm)
20糎	L	20	20	1.0	7	8	4～16	0.125～2.0	0.33	0.06	6.50
	U	20	〃	〃	—	〃	〃	1.0	0.47	4.0	9.1
40糎	L	30	40	1.5	10.5	12	6～24	1.5	1.96	0.24	9.4
	U	〃	〃	〃	—	〃	〃	1.5	1.94	6.0	13.6
	L	40	40	2.0	14	16	8～32	2	2.53	0.08	12.6
	U	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2	3.38	8.0	18.2
1.2米	L	120	120	2.0	42	48	24～96	5.5	22.00	−2.6	32.4

鎭定材と壁主體との接續桿は 20 糎及 40 糎函にては徑約 1.0mm の鐵線を使用し第 10 圖の如く鎭定材の兩端に近い部分 2 ヶ所にて取付ける。1.2 米函は徑 6mm の丸鋼を使用し、第 11 圖の如く壁主體に取付ける。

第 11 圖
1.2米函模型底部詳細斷面



試驗の種類　試驗は高 20 糎 40 糎 及 1.20 米の三種の函内に模型を置き次の各種に就て行ふ即ち

i　鎭定材の位置の影響。第 10 圖に於て b_3 が大なる程構造物は安定となるが、餘り

大になれば工費が大となるから、どの程度が最も有効であるかを試驗する。

ii 鎭定材斷面の大きさの影響。第 11 圖の t' は抵抗土壓力に依つて CD 間の土の摩擦力を支ふる厚さ以上は不必要と考ふるが、それには t' は何程あれば良いか、又 t' が夫以下なる場合に擁壁安定に如何なる影響があるかを試驗する。

iii 鎭定材が支持力に及ぼす影響。模型擁壁底面に壓力計を置き第 7 圖の θ を次第に大にした場合の底壓力の變化を測定し、鎭定材の之に對する影響を見る。

iv 異形鎭定材試驗。諸種の異形鎭定材に就ての試驗。

v 振動試驗。地震動に近い水平振動を與へ鎭定材の效果を見る。

以下項を分けて此等の試驗の結果に就て述べる。

2. 鎭定材の位置の影響試驗

この試驗は L 型擁壁模型に就て $b_2/h=0.4$ (第 10 圖) の一定とし b_3 の影響を見る爲に $b_3/h=0.2$ 乃至 0.8 の範圍に於て (a) 高さ 20cm (b) 高さ 40cm (c) 高さ 1.20m の三種類の模型に就て行ふ。玆に

(a)は $h=20$cm $b_2=8$cm $b_3=4\sim16$cm $t=1$cm $t'=1$cm

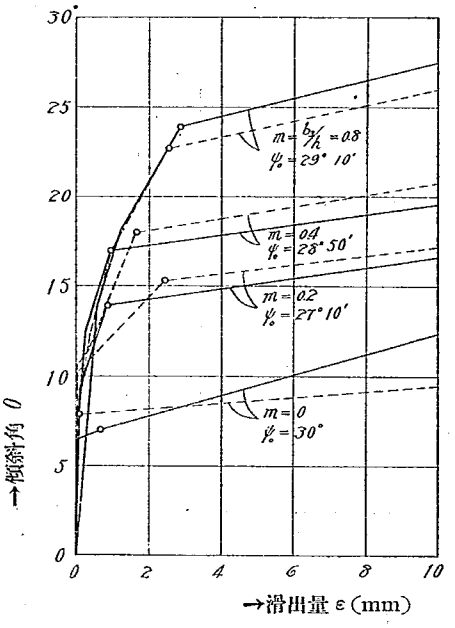
(b)は $h=40$cm $b_2=16$cm $b_3=8\sim32$cm $t=2$cm $t'=2$cm

(c)は $h=120$cm $b_2=48$cm $b_3=24\sim72$cm $t=2$cm $t'=5.5$cm

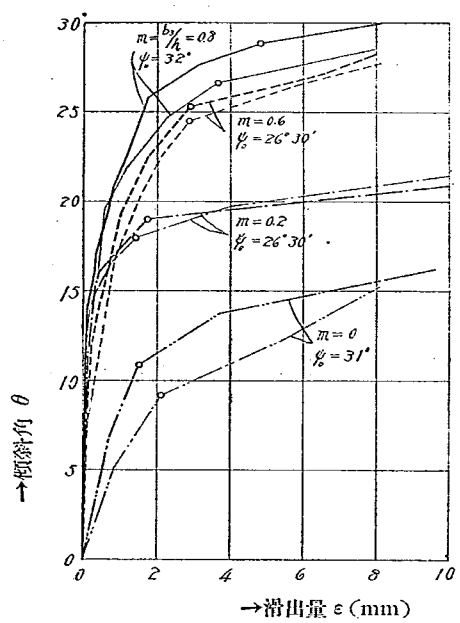
「試驗の方法」の項に述べた如く函を水平にして模型を置き、裏込砂を滿し、靜に函を傾け θ を次第に大にして、擁壁の滑出量 ε を測定する。その結果は第 12、13、14圖に示す如く、何れも $m=b_3/h$ が大なる程大なる θ に耐える。玆に $m=0$ は鎭定桿のない場合である。模型底板と函底板との間の摩擦角は裏込砂を入れない空の狀態で模型を函の底板上を滑らせて試驗するが、その日の濕度等に依り相違するから裏込を施した試驗の前後に於て普通各 3 回宛測定を行ひその平均値 ϕ_0 を採り、圖の各相當曲線に之を記入した。この滑出曲線中 o を附した點は之までは除々に滑出し、この點で遂に崩壞する場所である。この點の θ を讀んで之と $m=b_2/h$ との關係を第 15、16、17圖に示した。c 函の試驗に於ては第 7 圖の 1 點の測定値は 2 及 3 點の測定値と異り第 18 圖に示す如き値を得るが玆には底面卽 2 及 3 の ε の平均を採る。

底の摩擦角が各試驗毎に相違するから直ちに比較する事は出來ない。一般に θ と ϕ_0 とは正比例し、しかも近似的に θ の增す値だけ ϕ_0 も增すから之に依つて θ に修正を施し $\phi_i=30°$ の場合に換算し之を點線の曲線にて示した。之に依れば m の增加と共に θ も大

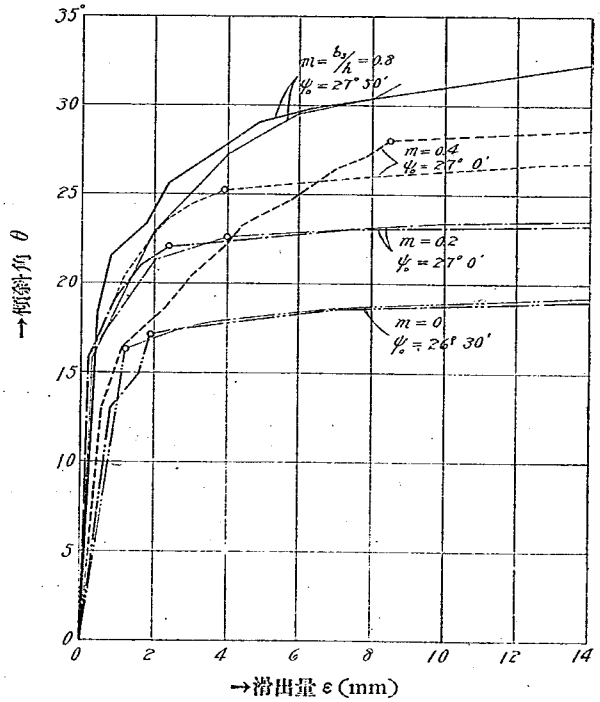
第 12 圖 20粍函に於ける滑出試験の結果



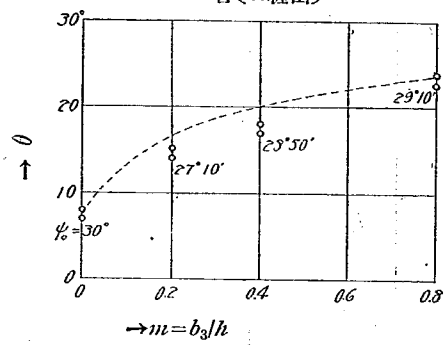
第 13 圖 40粍函に於ける滑出試験の結果



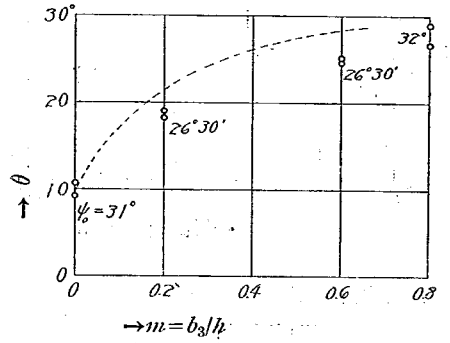
第 14 圖　1.2米函に於ける滑出試験の結果



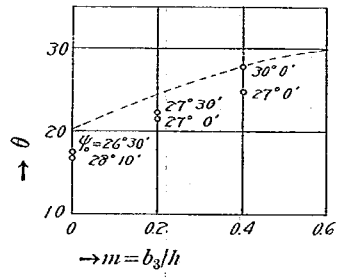
第 15 圖　鎭定材の位置の影響(20粍函)



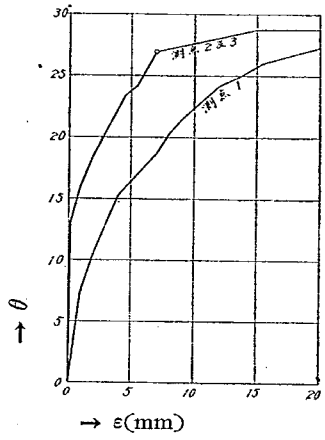
第 16 圖　鎭定材の位置の影響（40粍函 ）



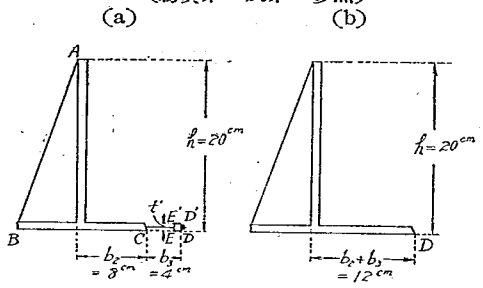
第 17 圖　鎭定材の位置の影響（1.2米函）



第 18 圖　1.2米函の測點の位置によるεの變化



19 圖　鎭定材の有無による影響試驗の模型
（寫眞第 6 及第 7 參照）



となるが增加の割合は m の增加と共に減少する。何れも $m=0$ と $m=0.2$ との間には著しい相違を認める。

裏込砂の崩壞狀態を知る爲に水平の縞を入れて試驗した寫眞（本篇終の寫眞參照）によれば鎭定材のある第 19 圖（a）の場合（寫眞第 6）とその位置まで底版を延長した（b）の場合（寫眞第 7）とは砂の崩壞面は極めて良く相似してゐる。卽ち何れも第 19 圖 D を起點として二つの崩壞面を生ずる。尙上記の試驗の θ-ε 曲線よりすれば（a）は（b）よりも安定である。

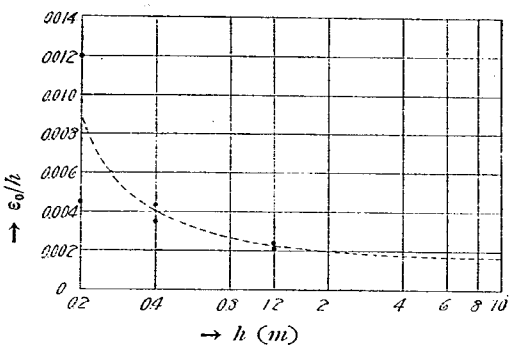
上記傾斜試驗中 θ の增加と共に ε は增加するが、ある一定の ε（第 12、13、14 圖の ○ を附した點—この ε の値を ε_0 とする）までは主に壁の歪及 C E 間の土の壓縮の爲に生ずるのであつて、それ以後の滑出とは性質を異にすると考へるのが至當である。しかして

ε_0/h は模型の大きさに依り異り此等の關係は第 20 圖に示す如くである。卽ち h が大なる程 ε_0/h が小となり、この割合にて計算すれば例へば

$h=5.0$m　　$b_2=2.0$m　　$b_3=1.0$m

の擁壁に於ては $\varepsilon_0/h=0.0017$　$\varepsilon_0=0.85$cm となる。これは壁が安定なる範圍内の最大移動量であつてこの程度ならば實際構造物には差支ないと考へる。

第 20 圖　模型の大きさに依る ε_0 の變化（$m=0.2$ の場合）



3.　鎭定材の大きさの試驗

鎭定材の作用は第 19 圖 EE' 面に働く抵抗土壓力に依つて壁全體の滑出抵抗力を增加するのであるが $E'E$ 面が大であつても CD 面に働く摩擦力以上を支へる事は出來ない。卽ち CD 面に働く摩擦力だけの抵抗土壓力を持ち得る爲には EE' を何程にすべきかを試驗する爲に EE' の寸法が種々異る模型を使用し裏込を施し傾斜試驗に依つて傾斜角 θ と壁の滑出量 ε との關係を見る。

この試驗には專ら 20 糎函を使用し鎭定材は一般に正方形斷面のものとし

$h=20$cm　　$d=20$cm　　$b_2=8$cm　　$b_3=4$cm（第 10 圖參照）

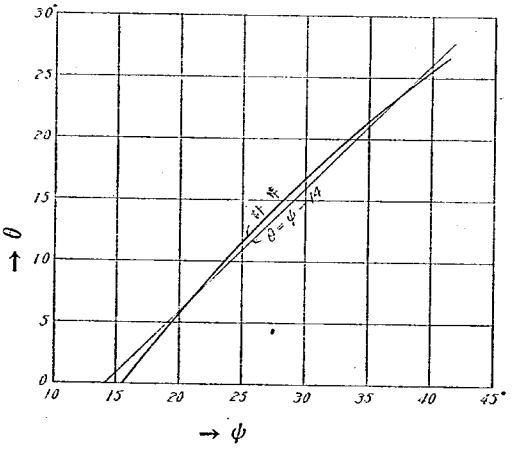
とし EE' の長さ卽ち l' 及之の高さに對する比 l'/h は

$l'=$　2cm,　1cm,　0.5cm,　0.25cm,　0.125cm,

$l'/h=0.1$　0.05,　0.025,　0.0125,　0.00625,

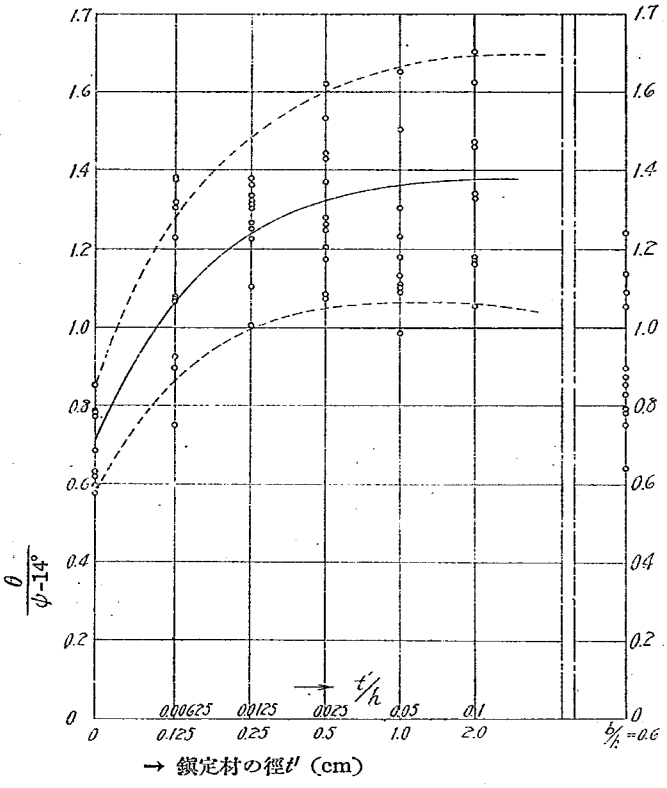
の各種とする。

第 21 圖　$\psi=33°$ の砂に對する計算値



模型底面と函底面との間の摩擦角が試驗毎に異る爲の影響を除くには次の如き方法による。今この試驗に相當した $(b_2+b_3)/h=0.6$ の場合に底面の合力が底面の垂線となす角 ψ と函の傾斜角 θ との關係はこの試驗に使用した砂の內部摩擦角を $\varphi=33°$ とすれば第 21 圖の如くなり、この曲線は近似的に $\theta=\psi-14$ の直線で示される。依つて底面の摩擦角の相違に依

第 22 圖　鎭定材の徑の大きさが滑出安定度に及ぼす影響試驗の結果



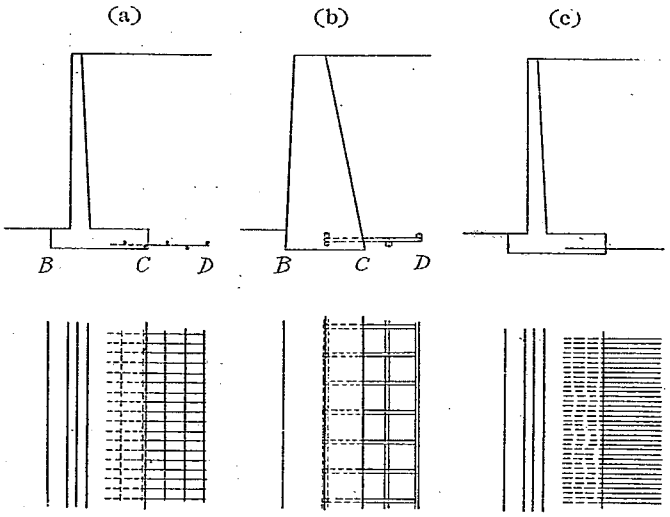
る影響を除く爲に $\frac{\theta}{\psi-14^\circ}$ の値をとり之に依つて鎭定材と徑との關係を見る。底版が第 19 圖 b の如き場合には計算に依れば $\frac{\theta}{\psi-14}=1$ となる。數多くの試驗の結果第 22 圖に示す如き點を得た。

試驗の結果が必ずしも統一された値を示さないのは各試驗毎の砂の狀態等が極めて僅か異るもその影響が相當に大きく現れるによると考へるが大體 2 本の破線の間にありその平均値は概略實線に近いと考へる。之に就いて見るに $t'=0.25$ cm ($t'/h=0.0125$) 以上なる間は t'/h の影響は割合に小であるが $t'=0.125$cm ($t'/h=0.00625$) に到つては大なる變化を認める。本篇終の寫眞第 8, 9, 10, 11, 及 12, は順次 $t'/h=0.1$, 0.05, 0.025, 0.0125, 0.00625 の鎭定材を附した試驗の裏込砂の崩壞狀態であるが、之に依れば $t'/h=0.0125$ 以上の場合は何れも同樣であるが $t'/h=0.00625$ のものは鎭定材附近に於て異つた狀態を示してゐる。卽ち之に依つて上の結果を得た原因を推察する事が出來る。

4. 異形鎭定材試驗

鎭定材の構造は第 6 圖に示した以外に第 23 圖の如く網 (a) 或は枠 (b) を使用しても差支ない、その作用は第 6 圖と同樣である。又抵抗土壓力を利用せず第 7 圖 (c) の如く壁主體底部に帶狀の尾を附し之に働く裏込土砂の重量を利用し之の表面と砂との間の摩擦抵抗力に依つて壁主體の滑動を妨げる方法もある。此等工法の中第 23 圖 (a) 或は (c) 等類似の構造に就て試驗した結果その滑出安定は壁主體底版が D まで延びてゐる場合と略同樣

第 23 圖　異形鎭定材

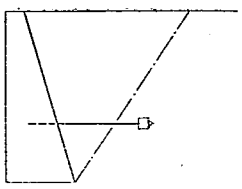


であつて裏込砂の崩壞面は寫眞第 13 の如く普通の鎭定材が D にある場合及底版が D まで延びてゐる場合と同樣である。(寫眞第 6 及 7 參照)

以上の試驗の結果は主として L 型擁壁を對象として述べたのであるが重力壁に就ても同樣の事が言はれる。一つの試驗の結果を寫眞第 14 に揭げる。之は $b_2/h=0.4$, $b_3/h=0.2$, $t'/h=0.05$ の場合であつて之と L 型に就て同樣の試驗を行つた寫眞 13 とを比較するに裏込砂の崩壞狀態及滑出に對する安定度は殆ど同樣である。但し重力壁背面と砂との間の摩擦角が砂と砂との間の摩擦角に比し非常に小なる場合には狀態が多少異るが普通に起り得る場合では殆ど差別はない。

壁の底部に鎭定材を置く事が最も有効であるが施工上の都合等に依つては壁の高さの途中に設けても差支ない。此の場合には第 24 圖の如く主體の後部底端を通る崩壞面より後方に鎭定材を置かなければ有効でない事は矢板擁壁の控版の場合と同樣である。卽ちその位置が上方にある程接續桿の長さを大にしなければならぬ。

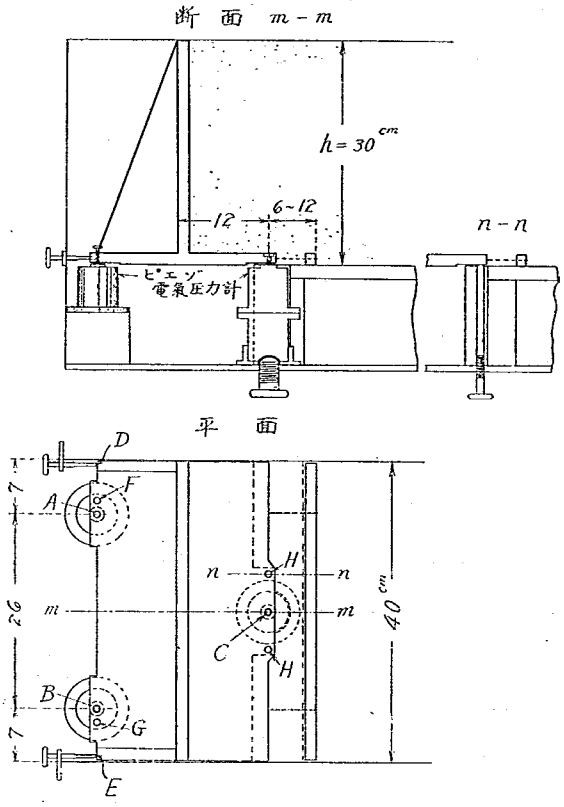
第 24 圖　鎭定材を上部に取付けた場合



5. 地盤に及ぼす鉛直力に關する試驗

鎭定材を使用すれば底面に働く鉛直の力は之なき場合に比し多少減少すると考へたからその影響を次の方法に依つて試驗した。卽ち 40 糎函 (本章 1 參照) を使用し壁模型の高さ $h=30$cm とし第 25 圖及寫眞第 15 及 16 圖に示す裝置にて A, B 及 C の 3 ヶ所

第 25 圖　地盤に及ぼす鉛直力試驗裝置



（第 25 圖）に作用する壓力をピエゾ電氣壓力計にて測定した。試驗は水平の狀態及傾斜した狀態の二種類にて行ふ。

水平試驗　この試驗は裏込砂を滿した場合に底面に作用する鉛直力を測定するものであつて鎭定材の影響を知る爲ではないが、後に述べる傾斜試驗の結果と比較する爲に行つたものである。試驗の方法は初め空の狀態にて A, B 及 C の三支點を有する模型を 40 糎 函內に水平に据える。別に第 25 圖 D 及 E 點には滑出を防止する爲に水平の方向に出入し得る螺旋を裝置し、この頭部が壁底部前面に接觸する。次に裏込砂を本章 1 に述べた方法に依り靜に滿し表面を水平に均し其儘 30 分間放置し其後初めに F 及 G 次に H 螺旋（此等の螺旋は夫々 A, B 及 C の附近にて壓力計と無關係に壁を支へ得る爲に函底により直接支へられるもの）を出して A, B 及 C に作用してゐた壓力を讀む。電位計を觀測しつゝ F, G 及 H の眞鍮の螺旋頭を靜に出せば之が壁底面に接觸したか否かは纖維の動きに依り直ちに分るから E, F 及 G の螺旋を出しすぎる虞はない。ピエゾ電氣壓力計の感度は荷重 10kg に對し纖維の動きは約 0.25mm であつて之を顯微鏡にて約 80 倍に擴大した結果約 20 mm となる。準備試驗によればピエゾ壓力計に依る誤差は最大約 5% である。

水平試驗には鎭定材の影響がないと考へたから、この場合のみに就て行つた 4 回の結果を次に揭げる。

模型の寸法は　h＝30cm,　b_1＝10.5cm,　b_2＝12cm,　b_3＝6cm,　t＝1.5cm である。

試驗番號		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	平均
測點	A	4.16kg	3.65kg	4.12kg	4.18kg	4.03kg
	B	4.10	4.92	4.20	4.00	4.31
	C	9.90	9.88	9.65	10.00	9.86
	計	18.16	18.45	17.97	18.18	18.20

この試驗も砂詰の狀態或は極めて僅かの振動等の影響を受け見掛上全く同樣の狀態に於ける試驗も上記の如く結果が不同である。之はこの縮尺程度の小模型試驗では免れる事が困難であるが次の傾料試驗の結果によれば鎭定材の影響はこの程度にても明に觀測される。

尙普通の土壓論（ランキン氏に依る）を適用して試驗の場合の A, B 及 C を計算すれば

A 及 B　3.99kg,　C　10.4kg

となる。但し $\varphi=33°$, $\omega=1.3$kg/立 壁の重量 1.96kg（重心 $x=0.24$cm $y=9.4$cm 第 10 圖參照）として算出した。

傾斜試驗　鎭定材の有無に依る地震時の壁の安定の相違を見る爲に裏込を施した擁壁模型を置いた函全體を前方にある一定の角 θ だけ傾斜せしめ、この狀態にて基礎底面に作用する壓力を測定する。

試驗の方法は函を水平にして裏込を施すまでは水平試驗の場合と同樣であるが、この狀態にて暫く放置した後函全體を壁面と直角の方向に靜に傾斜を與へ（第 7 圖及寫眞第 16 參照）$\theta=20°$ に至つて靜止せしめる。傾斜に要する時間は約 3 分である。この儘の狀態にて、前と同樣にして AB 及 C に作用する壓力を測定する。

試驗は前項の如く同一試驗の結果が必ずしも一定の値を示さないが次に掲げるものは各 4 回の平均値である。

i 鎭定材なき場合 $h=30$cm, $d=40$cm, $b_1=10.5$cm, $b_2=12$cm, $t=1.5$cm（第 12 圖參照）測定値 A 及 B 平均、7.58kg. C, 6.68kg

ii 鎭定材ある場合　壁の模型は上と同樣とす。

a 鎭定材の位置及寸法 $b_3=6$cm, $t'=1.5$cm なる場合；測定値, A 及 B 平均 5.89kg, C, 7.52kg

b 鎭定材の寸法 $b_3=12$cm, $t'=1.5$cm；測定値, A 及 B 平均 5.78kg, C, 7.02kg

c 鎭定材の寸法 $b_3=12$cm, $t'=3$cm；測定値, A 及 B 平均 5.96kg, C, 6.82kg

結果の綜合　地盤に作用する鉛直力試驗の結果を綜合するに鎭定材がない時には A 及 B の和 15.16kg, C, 6.68kg なるに對し、鎭定材ある場合には此等の値は夫々

第 26 圖
土壓强度分布

(a) 11.78kg 及 7.52kg (b) 11.56kg 及 7.02kg (c) 11.92kg 及 6.82kg となり明に鎭定材は壁前方の壓力を減少せしめる。此等に對する計算値は第 V 章に述べる如く崩壞曲面に作用する壓力を知らなければ得られない。普通の計算に從つて崩壞面を平面と假定した場合の土壓力强度は第 26 圖 A D の如く深さに對し直線的に變化する。之に對し上記試驗に於ては崩壞面の寫眞より考ふるに曲線 A C の如くなり合力は前記の値より小となる筈である。崩壞面を平面として計算した場合よりも前記測定値は測定點 C の値が特に小であるが、之は上に述べた所によりかくあるべき事と考へる。たゞ玆では鎭定材の爲に壁前面の壓力が之なき場合に比し小になると結論出來る程度であつてその量は上の試驗だけから結論する事は出來ない。

6. 振　動　試　驗

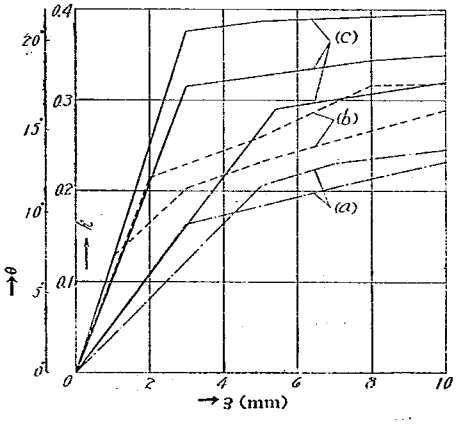
鎭定材の有無に依る擁壁の地震時に於ける安定を比較する爲に 40 糎函を 4 枚の鋼鐵板（寸法斷面 $3'' \times \frac{5''}{16}$ 長1.15m）にて固定せる桁より函を水平に釣り、その彈性により函を長さの方向に平行に水平に振動し函內の擁壁模型の滑出狀態を觀測した。之に使用した模型は高さ $h = 40$cm （第 10 圖參照）の L 型擁壁模型であつて

(a) 鎭定材の無い場合　$b_2 = 0.4h = 16$ cm
(b) 鎭定材の無い場合　$b_2 = 0.6h = 24$ cm
} 何れも $b_1 = 14$cm, $t = 2$cm

(c) 鎭定材の有る場合　$b_2 = 16$cm, $b_3 = 8$cm 卽ち $b_2 + b_3 = 24$cm, $b_1 = 14$cm, $t = t' = 2$cm

の三種である。

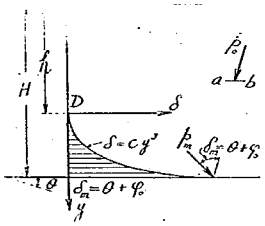
第 27 圖　振動試驗に於ける震度と滑出量との關係は何れも 鎭定材 なしの鎭定材の位置



試驗の方法は振動函の水平な底板の上に模型を置き、一定の高さより砂を落して裏込を施し、數分間放置した後振動を與へる。振幅を次第に大にして滑出量と振幅從つて震度との關係を求めた。玆に振動週期は T = 0.83 秒である。試驗は全く同樣の狀態の下に (a) (b) (c) は交互に行つたから他の狀況は全く同樣である。試驗の結果は第 27 圖に示如すく、以上三つの間に相當顯著な相異を認める。卽ち　鎭定材を附した (c) の場合は全然鎭定材のない (a) の場合よりも遙に安定で

ある事は勿論、底版が鎭定材の位置まで延びてゐる(b)の場合よりも安定である。

第 28 圖
箱が傾斜した場合の δ 變化

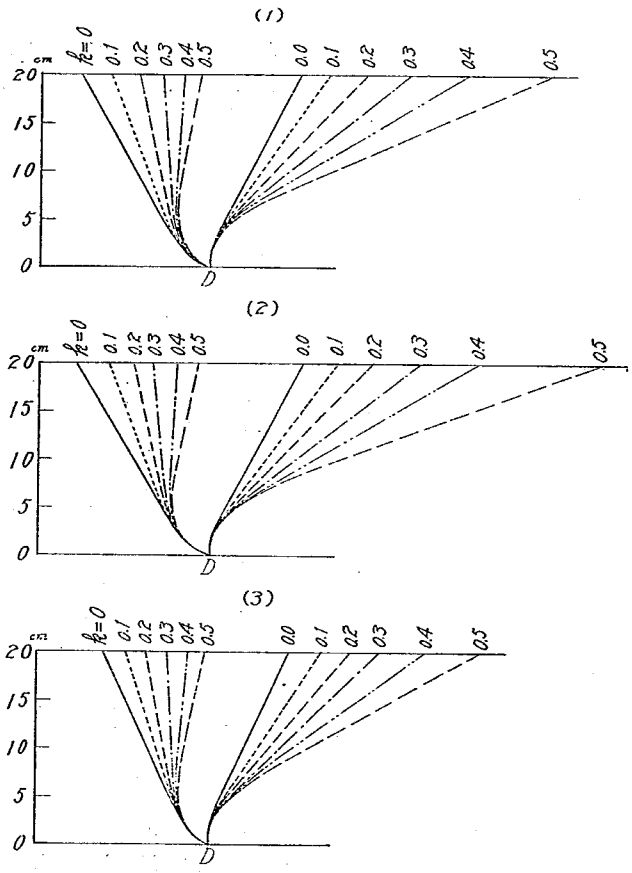


V 理論的考察

1. 土壓の作用狀態

以上試驗の結果に就て見るに、鎭定材の徑が極めて小なる時以外は、鎭定材と壁主體との間の砂は、恰も之が壁主體の底版上にあると全く同樣に働く事が、崩壞面の狀態より明に觀測される。又詳細に崩壞面を觀察するに、何れも下方に於て著しく曲り上方に至ると共に直線に近づく、之は壁が滑出せんとする場合壁底面の運動はこの上にある砂の摩擦力に妨げられる事に原因する。卽ち第28圖に於て壁底面上部に作用する力は傾斜角 θ の如何に拘らずこの面の垂線と ψ_0（壁底と砂との摩擦角）をなす p_m の方向を有するが、砂の表面附近に於ては之と平行なる面 ab に作用する力は重力と平行なる p_0 の方向を有しこの間に於ては漸次方向が變化する。この方向の變化は試驗の結果より見るに底面附近に著しく表面附近に小であつて θ だけ傾斜した狀態にて重力の方向と p とのなす角を δ とすればある一定の深さ（第 28 圖に於て表面より h なる深さの D 點）以下に於ける δ の變化は $\delta=cy^3$ にて表はされる。茲に y は D 點より下方に測つた深さ、c は常數であつて $y=H-h$

第 29 圖　種々の傾斜に對する崩壞面計算値　茲に $k=\tan\theta$
(1) $\varphi=32°40'$, $\varphi_0=30°$ (2) $\varphi=35°$, $\varphi_0=30°$ (3)$\varphi=40°$, $\varphi_0=30°$



なる時 $\delta_m=\varphi_0+\theta$ にて定まる。$H-h$ は θ に依り異り $k=\tan\theta$ とすれば 20 糎函の試驗の結果より

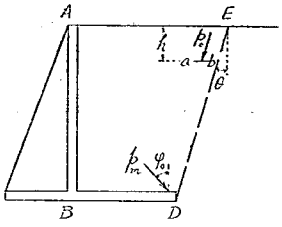
k	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
$H-h$(cm)	6	7	8	9	10	11

と推定出來るから之に依つて

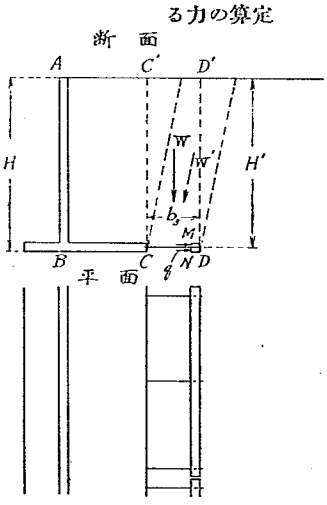
1. $\varphi=32°40'$　$\varphi_0=30°$;　2. $\varphi=35°$　$\varphi_0=30°$;　3. $\varphi=40°$　$\varphi_0=30°$

の三つの場合に就て應力楕圓の解法に依り 20 糎函に對する崩壞面を順次求むれば第 29 圖(1),(2) 及 (3) に示す如くなる。この計算は試驗の結果より深さ h を推定し又 p の方向の變化を表はす式を假定したのみであるが、この計算の結果が寫眞第 6 乃至 14 の試驗の結果と割合によく一致するから、最初の p_0 及 p_m の方向のとり方が實際に近いと考へて差支ない。試驗の結果は φ が割合に大なる場合に近いのは砂に水平の縞を入れる際に多少押へる爲に内部摩擦角が著しく大になる爲であつて縞を附けない場合とは相當に異る。

第 30 圖
崩壞面の算定



第 31 圖　鎭定材に作用する力の算定



上記の假定に依つては、この崩壞面に作用する壓力を計算する事が出來ないから、計算値との比較を要する場合には第 30 圖 $a\,b$ 面に作用する力は $p_0=wh$ として ED 面に作用する力を算定、之と $ABDE$ の重量 (θ だけ傾いた方向を有する) とを合成した値が底面に働くものとして[1] 計算値と比較した。

2. 鎭定材に作用する力

滑出安定に對する鎭定材の働きは、之より壁に近い部分の裏込を壁主體上の裏込と同一の働をなさしめるにある。第 31 圖 $CC'\,DD'$ の重量を W とすれば

MN 面に働く抵抗土壓力$\geqq W\tan\varphi$.

1) この計算法は本所報告第二十二號に述べた地震時土壓計算法とは異るが壁の滑出のみを考慮する場合には、この計算法に依る方が實際に近いと考へる。實際構造物が崩壞する場合先づ最初に滑出するならば初めは上記の平衡狀態に依る土壓が作用し、次に支持力が不足する樣になればその時の壓力の作用狀態は前記報告の計算法に近いものとなると考へる。

ならば鎭定材は十分その目的を達する。MN 面に働く抵抗土壓力が之より小なる場合もある程度有効であるが W の重量を全部利用する事にはならない。MN を必要以上に大にする事は、工費を大にするから抵抗土壓力が $W\tan\varphi$ に等しい場合が最も經濟的である。

上記を滿足する MN の大きさは次の如く算定する事が出來る。地表面が水平 MN が鉛直なる場合 MN 面に働く抵抗土壓力は常時に於ては

$$Q=\overline{MN}\tan^2\left(45^\circ+\frac{\varphi}{2}\right)wH'$$

茲に H' は MN の中心の地表面からの深さである。實際に問題となるのは地震時の安定であるが震度が $k=\tan\theta$ なる場合（但し土の單位重量はこの場合 $w/\cos\theta$ となる）

$$Q^{1)}=\overline{MN}wH'\frac{\cos^2(\theta-\varphi)}{\cos^2\theta\left\{1-\sqrt{\frac{\sin\varphi\sin(\varphi-\theta)}{\cos\theta}}\right\}^2}$$

地表面が水平と θ_0 をなす場合には

$$Q^{1)}=\overline{MN}wH'\frac{\cos^2(\theta-\varphi)}{\cos^2\theta\left\{1-\sqrt{\frac{\sin\varphi\sin(\varphi-\theta_0-\theta)}{\cos\theta\ \cos\theta_0}}\right\}^2}$$

今地表面水平なる場合に就て常時の平衡を考へ $Q=W\tan\varphi$ とすれば

$$\overline{MN}=\frac{wHb_3\tan\varphi}{wH'\tan^2\left(45^\circ+\frac{\varphi}{2}\right)}$$

$H\fallingdotseq H'$ とし $b_2=mH$ とすれば

$$\overline{MN}=\frac{m\ \tan\varphi}{\tan^2\left(45^\circ+\frac{\varphi}{2}\right)}H=\mu H$$

之に依つて $m=0.2$, 0.4 及 0.6 の三つの場合に就て μ の値を計算する。

第　1　表

常時に於て必要なる鎭定材の高さ $t'=\mu H$ とした場合 μ の値

	φ					
	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$m=0.2$	0.036	0.038	0.039	0.038	0.037	0.034
$m=0.4$	0.071	0.076	0.077	0.076	0.073	0.069
$m=0.6$	0.107	0.113	0.116	0.114	0.110	0.103

尙地震時に於て同樣の計算を施せば地表面水平なる場合には

$$\overline{MN}=\mu H=\frac{m\tan\varphi\cos^2\theta\left\{1-\sqrt{\frac{\sin\varphi\sin(\varphi-\theta)}{\cos\theta}}\right\}^2}{\cos^2(\theta-\varphi)}H$$

次表には $k=0.1$, 0.2, 0.3, 0.4 及 0.5 に相當する μ の値を示す。

1)　物部長穗博士著土木耐震學 79 頁參照

第 2 表

地震時に於て必要なる鎭定材の高さの係數 μ の値但し $t'=\mu H$

k	φ / m	20°	25°	30°	35°	40°	45°
0.1	0.2	0.0386	0.0405	0.0409	0.0401	0.0383	0.0358
	0.4	0.0771	0.0811	0.0819	0.0802	0.0767	0.0717
	0.6	0.1157	0.1216	0.1228	0.1203	0.1150	0.1075
0.2	0.2	0.0425	0.0440	0.0439	0.0426	0.0404	0.0375
	0.4	0.0850	0.0880	0.0878	0.0852	0.0808	0.0750
	0.6	0.1275	0.1320	0.1317	0.1279	0.1212	0.1126
0.3	0.2	0.0491	—	0.0477	—	0.0429	—
	0.4	0.0981	—	0.0955	—	0.0857	—
	0 6	0.1472	—	0.1432	—	0.1286	—
0.4	0.2	—	—	0.0531	—	0.0459	—
	0.4	—	—	0.1062	—	0.0918	—
	0.6	—	—	0.1593	—	0.1377	—
0.5	0.2	—	—	0.0619	—	0.0496	—
	0.4	—	—	0.1238	—	0.0992	—
	0.6	—	—	0.1856	—	0.1489	—

上記二つの表に就て見るに φ の影響は割合に小であるから實際には次の如くとつて差支ない。

第 3 表

μ の近似値但し $t'=\mu H$

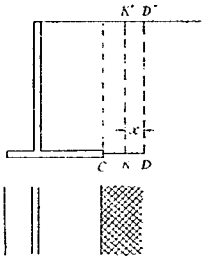
k	m	μ	k	m	μ
0	0.2	0.04	0.3	0.2	0.05
	0.4	0.08		0.4	0.10
	0.6	0.12		0.6	0.14
0.1	0.2	0.04	0.4	0.2	0.05
	0.4	0.08		0.4	0.11
	0.6	0.12		0.6	0.16
0.2	0.2	0.04	0.5	0.2	0.06
	0.4	0.09		0.4	0.12
	0.6	0.13		0.6	0.19

此の値を IV 章の試驗の結果と比較するに計算値よりも試驗値の方が t' が小で足りる樣になつてゐる。これは計算に採つた抵抗土壓力が實際よりも小さく出てゐる爲であつて上記の値を用ひて設計すれば相當な安全率を含むこととなる。MN の高さ t' が決定すれ

ば鎭定材に作用する力率、剪力及接續桿に作用する張力等の計算が出來る。今數徑間連續の場合に接續桿の間隔を l とすれば一本の桿に作用する張力は近似的に $W\tan\varphi\, l$ であり、鎭定材に作用する力率は各徑間毎に之を切つた場合には、單位長に $W\tan\varphi$ が水平方向に作用する徑間 l の單桁とし、又數徑間連續の場合には同じ荷重を受け l の長さ毎に支點を有する連續桁として計算する事が出來る。

異形鎭定材として鐵網等を使用する場合——これは壁の高さが割合に小なる場合にのみ適用される——にはその强さは第32圖の D より水平に x なる距離にある點 K に於ては單位長に於て $wHx\tan\varphi$ なる力を支へ得るものでなければならぬ、從つてその强さは D より C に至るに從ひ次第に大でなければならぬ。

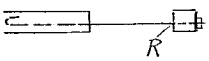
第 32 圖
異形鎭定材の計算



以上は鎭定材に作用する力として專ら水平の力を考へたのであるが一般の場合には之で充分であつて鉛直方向の力は考へるに及ばない。何となれば鎭定材は地盤が沈下した場合に之と共に沈下しその爲に特に大なる應力が發生する事は考へられないからである。

接續桿 CD の D に於ける取付は豫め桿に雌螺旋を切り鎭定材をナットを以て取付けるのが最も輕便である。第 33 圖に於て鎭定材が桿に沿ふて左方に移動する事は好ましくないから R 部に多少の餘裕をおき楔を打込んで之を防ぐ。壁主體との取付は壁體が混凝土なる場合は桿を豫め壁主體底部に埋込みその長さは之に作用する張力を桿と混凝土間の附着力にて支へ得る様に決定する。その端は普通の工法に從ひ 180° 或は 90° 曲げておく事が望ましい。

第 33 圖

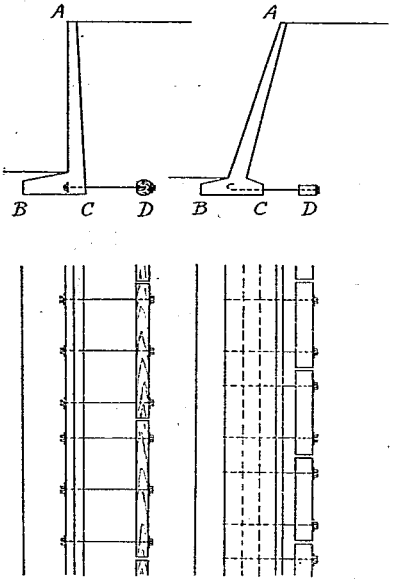


VI 結　　論

從來の L 型或は重力擁壁は一般に支持力の不足によるよりも、滑出安定度不足の爲に地震時に崩壞する例が多い。之に對し既記の鎭定材の工法は在來の底版幅を大にする方法よりも工費は小となり安定度は增大する。

鎭定材の位置はある程度後方にある程有効であるが、餘り後方におく事は施工上種々の不便を生ずる。又滑出に對してのみ安全率を特に大にする事も不必要であるから普通地盤にて震度 $k=0.2$ の地震に耐へる爲には $b_2=0.4h$, $b_3=0.2h$ (第 10 圖參照) 位が適當である。

第 34 圖
鎭定材を有効に使用した一設計例



之は勿論裏込土砂の性質に依つても影響されるから最初に上の如く假定して檢算を行ふ必要がある。滑出に對する土壓の計算は鎭定材の後端（第 31 圖參照）までを壁主體と同樣に取扱つて差支ない。地盤が極めて良好な場所に於ては鎭定材が最も有効に働く一例として第 34 圖に示す如き構造も考へる事が出來る。

鎭定材の必要な大きさは裏込土砂の性質よりも壁主體との距離に依り大いに影響される事は第 V 章 2 に述べた通りであつて鎭定材の强度も其處に述べた方法に依り計算する。

地盤に及ぼす壓力は鎭定材のない場合よりも輕減される（第 IV 章 5 參照）が支持力に對する土壓の計算は安全の爲上記滑出安定計算の場合と異り壁主體底版までを壁體として計算する。

附記　之に關する實際の試驗に就ては所員土屋直及高橋藤平兩氏の助力に俟つ所が多い。

附　圖

L型擁壁の地震時滑出安定度

（本文第（3）頁參照）

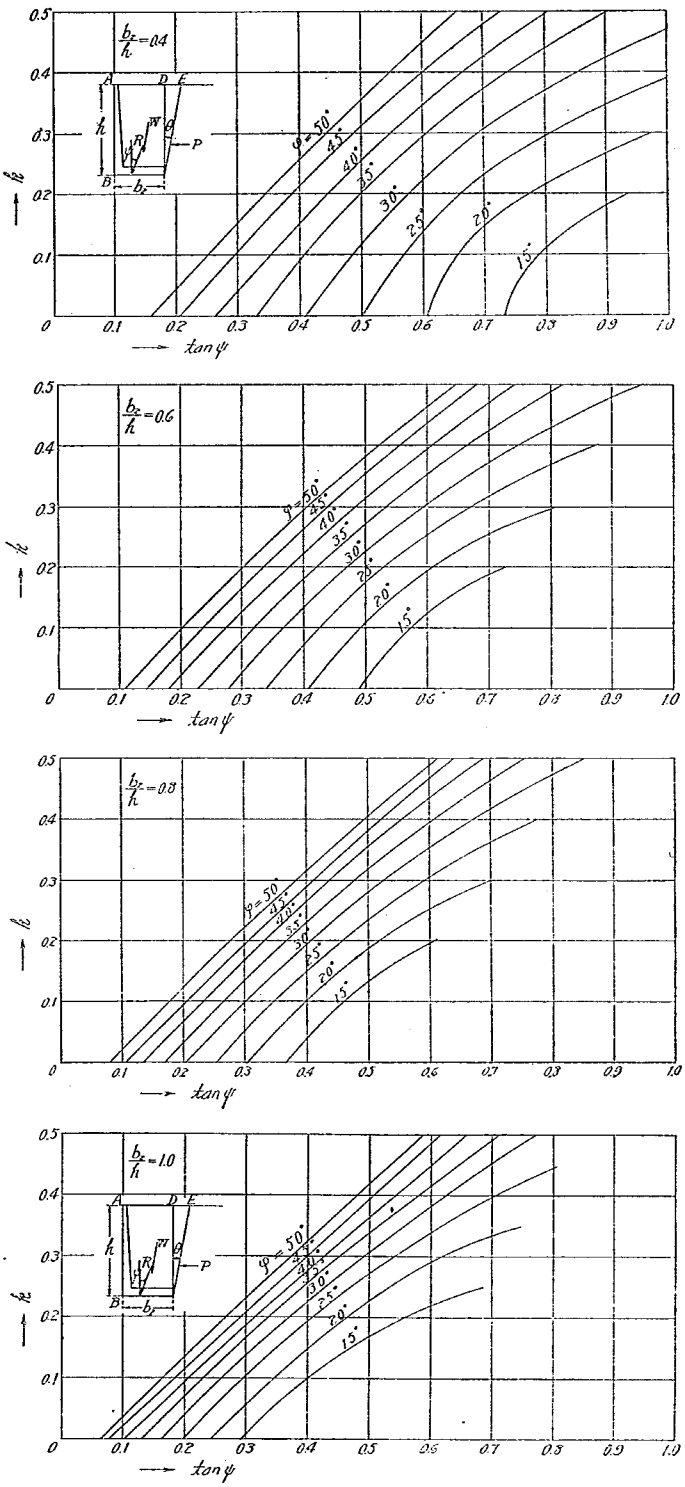
玆に

k ＝水平震度

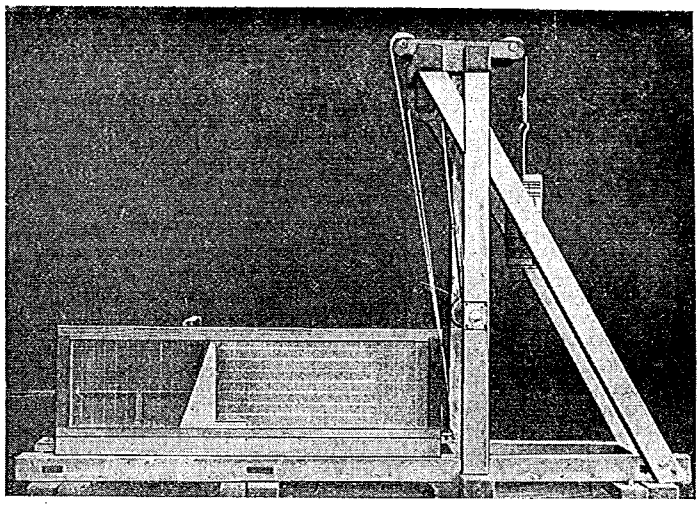
ψ ＝合力が底面垂線となす角

b_2/h ＝0.4, 06, 0.8, 1.0

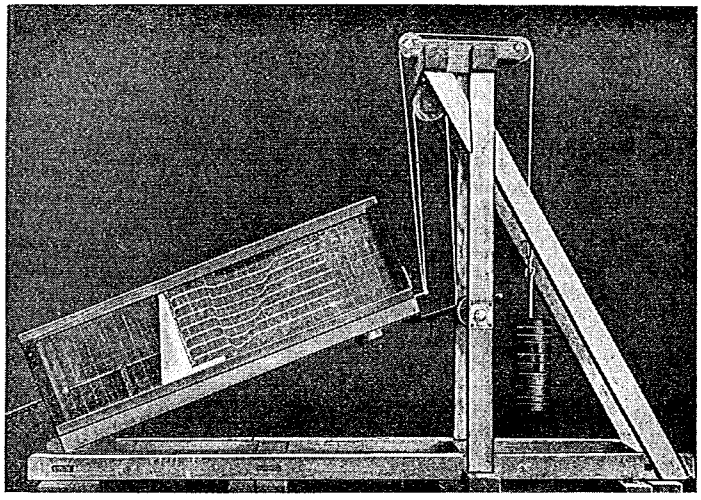
の四種とする



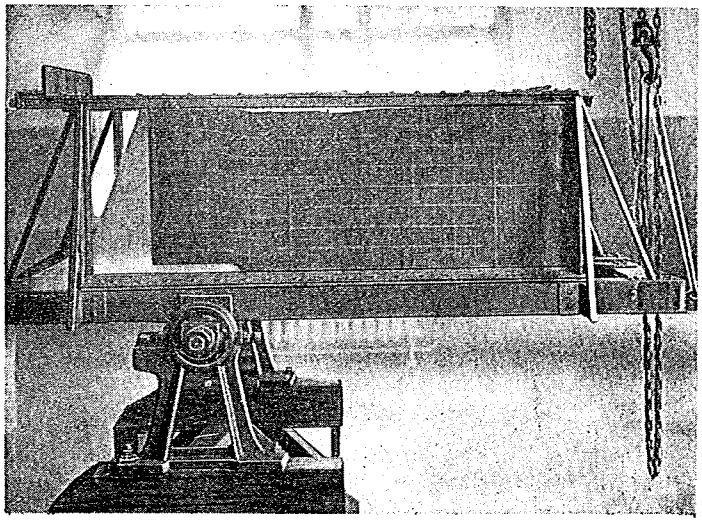
寫眞第1　20糎試驗函



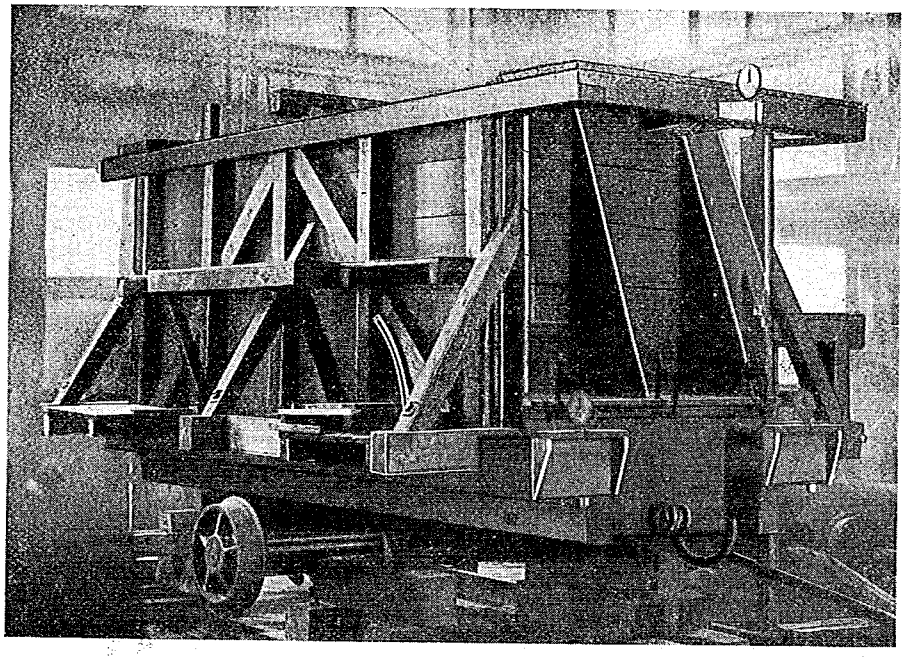
寫眞第2　20糎試驗函（傾斜狀態）

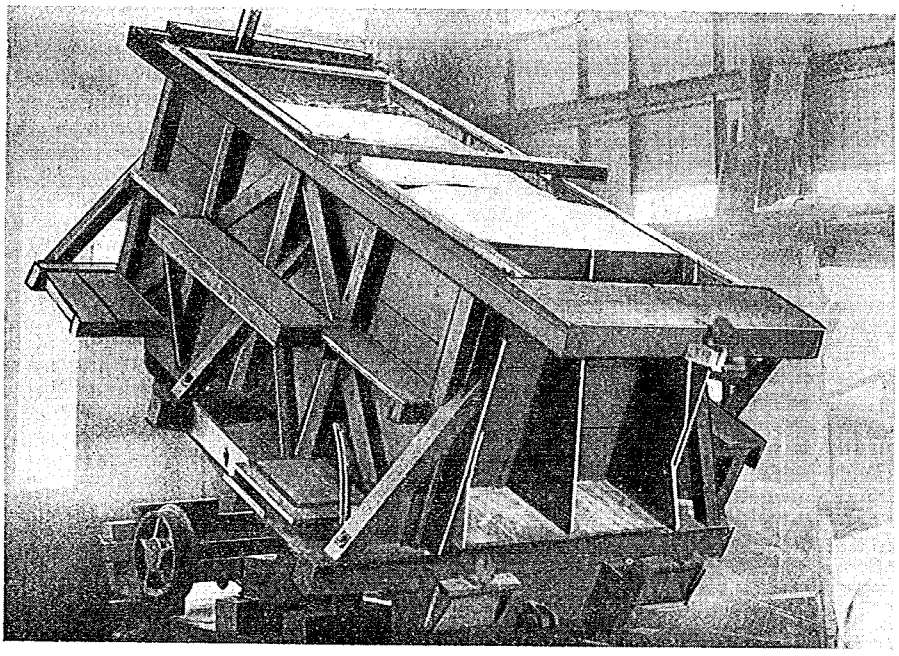


寫眞第3　40糎試驗函



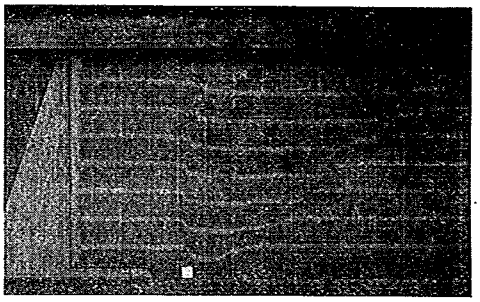
寫眞第 4 及第 5　1.2米試驗函

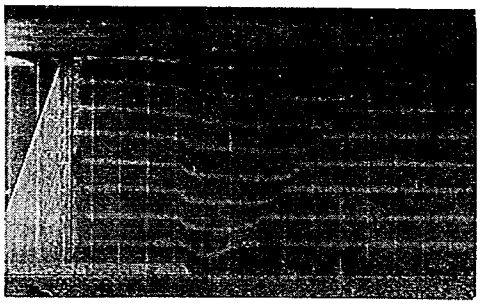




寫眞　第6　　寫眞　第7

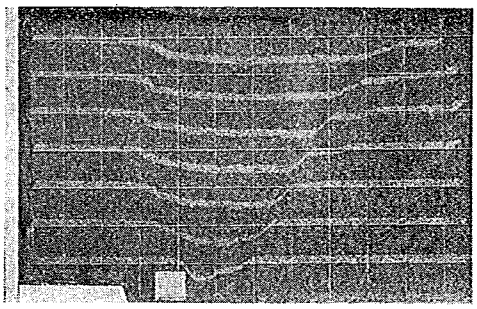
底版を切つて鎭定村を置いた場合（第6）とその位置まで底版を延した場合（第7）との崩壞面の類似を示す。



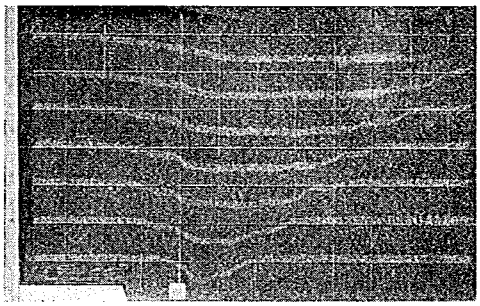


鎭定村の徑の影響試驗

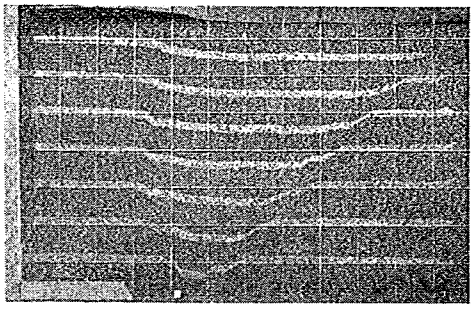
寫眞　第8　$t'/h = 0.10$



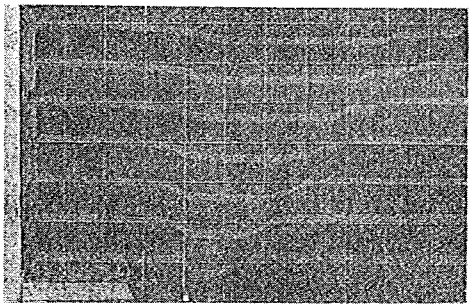
寫眞　第9　$t'/h = 0.05$



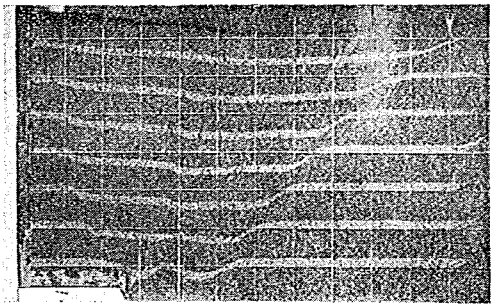
寫眞　第10　$t'/h = 0.025$



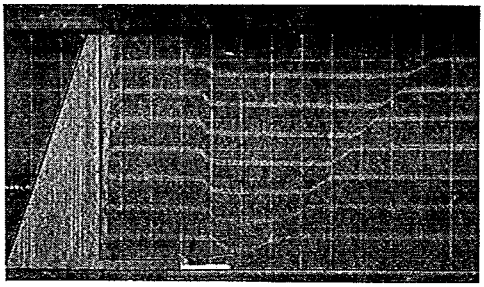
寫眞　第11　$t'/h = 0.0125$



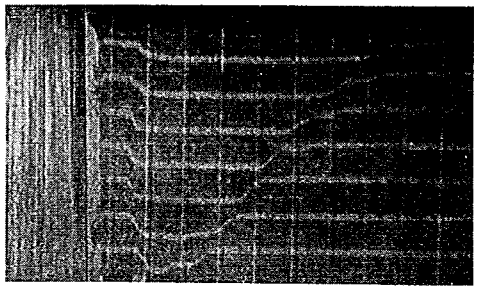
寫眞　第12　$t'/h = 0.00625$



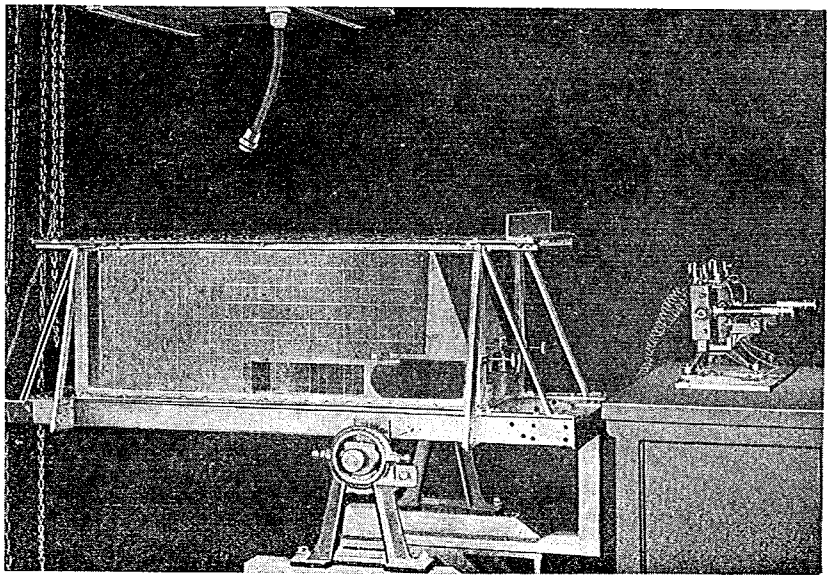
寫眞 第 13　異形鎭定材試驗

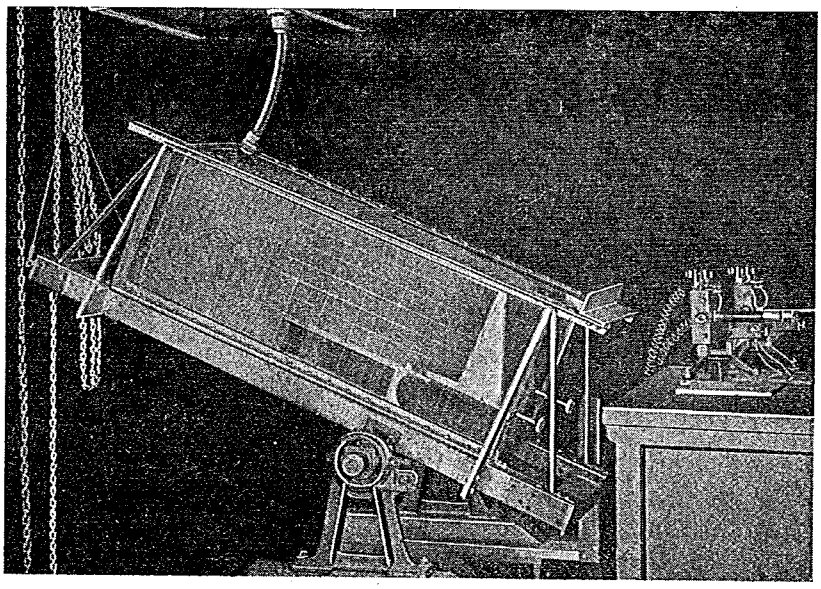


寫眞第14 重力式擁壁に鎭定材を附したるもの



寫眞第 15 及第 16　地盤に及ぼす鉛直壓力試驗





砂利層の支持力に關する試驗(第一報)

內務技師　山　田　　元
內務技手　船　山　晴　雄

目　　次

頁
I　緒　　言……(1)
II　試驗概說……(2)
III　材料の性質……(4)
IV　變形しない基礎上の單一粒度層……(10)
V　變形しない基礎上の混合粒度層……(23)
VI　變形する基礎上の單一粒度層……(33)

I　緒　　言

道路に砂利又は之と砂或は土等との混合物を層（以下廣義に砂利層と稱す）として使用する場合は極めて多く從つて其の所要の性質も種々あるが之を基礎層（廣い意味路床をも含む）として用ふる場合には其の層としての支持力は最も重要なるものの一つである。而して砂利は古から鐵道の道床として使用されて居る關係上、此の場合の層としての支持力は相當研究されて居る樣であるが、道床材としての性能は必ずしも道路用材としてのそれと同樣でなく、從つて其の研究の見地を異にする場合が多いから、道路の支持層材としての性質に關しては未だ必ずしも明然する所無しと言ふを得ないのである。

元來荷重を支持する層の支持力なるものは其の意義明確を缺き荷重又は荷重を傳達する工作物の性質に據つて異るが玆に所謂道路の基礎層の支持力とは路面破損の誘因とならざる程度の變形の範圍內に於て許容し得る壓力度を言ふのであるが、此の意味に於ける砂利層の支持力を明にせむとすれば

1)　石質及形狀

2) 粒度
3) 混合物の質及量
4) 層の厚さ
5) 下層の性狀
6) 載荷狀態
7) 層に對する外力の作用

等の各項及之等相互の關係を知らなければならない。本報告は、本問題解決の第一着手として、通常市販の砂利一種に就き、各種粒度の砂利層の靜荷重に對する支持力を實驗測定し、道路用支持材としての砂利層の性能の一部を明にし、以て鋪裝工法の改良竝に斯種材料に對する支持力測定の標準方法の決定に資せむとするものである。

II 試驗概說

(1) 試驗の範圍 道路砂利層の支持力測定には從來標準として定められた方法はない。併し此の種の材料は特に其の性質上測定方法宜しきを得なければ其の結果は一般に適用する能はざるは明である。故に本試驗に於ては豫備試驗を行つて層の造成、加壓、及測定等に就き適當なる方法を定め、然る後先づ單一粒度（本所制定石材類篩分試驗標準方法に規定せる第一種篩中、Abrams 氏提唱の粒度示數算定に使用される篩の連續の二種に最も近似せる篩に限定せられるものゝみより成るもの）層を採り變形なき基礎上に於て試驗し、砂利層自體の支持力の概念、其の粒徑による變形の趨勢等を知り、次で基礎層を砂利、砂又は土等に代へて下層性狀の影響及壓力擴散材としての性能を明にし、再び變形無き基礎上に於て粒徑 40～1.2mm の範圍内の 8 種の混合粒度層を試驗し、之等の内より比較的相違の顯著なるもの5種に對し一定粒度の砂を混入して乾濕兩樣に亘り其の性質の變化を求め、最後に砂に代へて土を混合せる場合の支持力を測定した。

(2) 加壓及測定の方法 試驗荷重は厚さ 1.6cm のゴム板を載せた2個のジヤツキを以て支持した約 1.300kg の荷重を同種のゴム板を介して加壓盤上面に接せしめ、漸次ジヤツキの支持力を減じて之を加壓面に轉ぜしめた。載荷速度は特殊の場合を除き成る可く一樣とし約5秒間に 100 kg を加へ約1分間同一荷重の下に靜止せしめるを標準とした。荷重の測定は加壓盤上に設置せる荷重計に依つた。荷重計は米國 Black & Decker 會社製 Drive-on Loadmeter と稱するものにして豫め Olsen 式多能試驗機により其の精度を測

定整正せるものである。變形量は加壓面の兩側に附したる及端に 1/10 傾斜面を有する縮尺を挿入して 1/100mm まで觀測し兩側の値の平均を採つた。

加壓面の形狀の影響甚大なるは想像するに難くないが本試驗に於ては其の第一段階として底面水平の圓盤のみを用ひた。適當なる加壓面の直徑は層厚、荷重、粒徑及粒度に由つて異り、初め 10, 15, 及 20cm の三種を試みたが 10cm のものは粒徑の如何を問はず適當なる結果を得られなかつたから之を除外し主として 20cm を用ひ粒徑小なる場合には 15cm を併用した。

（3） **層の造成**　砂利層の表面形狀は加壓面同樣圓形とするを當然とするも、載荷の都合上間隔 75cm の混凝土壁間を用ひた爲、載荷中心より 37.5cm 以上の場合は層の前後の兩側は壁面に支へられ、左右兩側のみ所定の巨離となし得た結果多くの場合矩形とした。從つて此の場合に於ては嚴密に言へば試驗の結果は二軸的であるが本試驗に用ひた最大粒徑及層厚の範圍内では多くの場合、載荷中心より 40cm の距離に於ける環境の狀態の測定値に與へる實際上の影響は極めて輕微であるから必ずしも本測定の結果を二軸的と限定する必要はない。

層に加へた機械的作用に就いては、測定に必要な最低限度に加工せる「撞き固めない層」と充分加工せる「撞き固めた層」との二種とした。撞き固めない層とは所要材料をショベルにて所定の區域に靜かに敷込み、所定の形狀となし加壓面附近のみをショベルを以て均したもの。撞き固めた層とは前同樣ショベルを以て所定の形狀とした後、手用撞固器（重量約 11kg 底面方形にして面積 110cm^2）を用ひ、揚程約 20cm として加壓面附近を 20 回撞き固めた後表面をショベルにて水平に均したものである。撞き固め回數を 20 回とせしは豫備試驗の結果支持力の增加が 20 回迄は極めて急激なるに拘はらず 20 回以上では增勢激減するからである。

層の側面は特記せざる限り該層の有する息角勾配とし、撞き固めた層では最初固定板を以て支持し撞き固め後息角勾配とし、必要により法面に竝行に一部を除却して載荷中心より所定の法肩距離を有たしめた。

（4） **下層の性狀**　試驗層の基礎をなす下層は變形量の有無により變形なき基礎と變形し易き基礎との二種に大別した。變形なき基礎として使用せるは厚さ 20cm の混凝土床版にして配合 1:4 充分撞き固めた砂利層上にあり幅 75cm 長さ 20m の一部にして本試驗の載荷の範圍内に於ては其の變形量を無視し得るものである。變形し易き基礎としては其

の範圍種々あるが本試驗に於ては僅かに砂利、砂の兩層は各一種、土層二種のみを採つた。其の性狀は夫々の試驗結果の項中に詳述する。

III 材料の性質及選定

A 主要材料の性質

本試驗に用ひた主なる材料は、試驗層の主體とせる砂利及之に混和せる砂及土各一種にして其の性狀は次の如くである。試驗方法は特記せざる限り本所標準方法に據つた。

(1) 主體用砂利 試驗層の主體に使用せる砂利は東京府北多摩郡福生村地先、多摩川産にして、之を40～20mm (K_{40} と略稱、以下之に準ず) 20～10mm (K_{20}) 10～5mm (K_{10}) 及 5～2.5mm (K_5) の四種の單一粒度に篩分適宜合成して使用する。岩質は主として水成岩より成り硅岩、砂岩、粘板岩等大部分を占め希に片岩及閃綠岩を含む。各粒度につき岩質の大要を示せば第 1 表の如くである。

第 1 表 砂利、岩石別內譯

粒度		岩石別內譯 (%)					
粒度略號	粒徑(mm)	硅岩	砂岩 (硬砂岩モ含ム)	粘板岩	片岩	閃綠岩	合計
K_{40}	40～20	34.9	62.5	2.6	—	—	100.0
K_{20}	20～10	43.2	49.7	6.4	0.7	—	100.0
K_{10}	10～ 5	43.4	48.9	6.5	—	1.2	100.0
K_5	5～2.5	50.3	43.0	6.7	—	—	100.0

尙層の支持力に影響を及ほすべき主要の性質につき試驗せる結果ば第2表の如くである。

第 2 表 砂利試驗成績

種別	比重	單位重量 (kg/m³)		空隙率 (%)		(室內乾燥狀態=於ケル) 含水率 (%)	吸水率 (%)	息角		摘要
		標準方法	輕詰	標準方法	輕詰			室內試驗	野外試驗	
K_{40}	2.62	1.645	1.502	37.9	42.6	0.2	0.9	37	35～38	
K_{20}	2.61	1.656	1.500	36.8	42.7	0.3	1.0	36	37～39	
K_{10}	2.60	1.653	1.520	36.9	42.0	0.3	1.0	36	34～38	
K_5	—	1.599	—	3.85	—	—	—	—	—	
砂	2.68	1.559	1.402	41.6	47.5	0.52	—	34	31～33 32～36	撞き固めない層 撞き固めた層

表中息角は標準方法未定なる爲、混凝土フロー試驗臺に載せたスランプ試驗用型に同試驗に準じ砂利を積め込みたる後約 1cm/sec. の速度にて徐々に引き抜き互に直角の 4 方

向の平均値を採れるものを室内試驗とし、混凝土床版上所定の層厚に支持せる側板を約 1 cm/see. の速度を以て直上に引抜きたるときの左右兩側の平均値を採るものを野外試驗と稱した。

（2） **砂**　主體層に混合せる砂は下層の一種に用ひたものと同樣荒川産にして暗灰色を帶び主として 20 番乃至 80 番のもの多く、粒度示數 1.86 を有し、一般に稜角に富み其の性狀大要は第 2 表及次表に示すが如し。

砂 篩 分 表

篩 通過 / 殘留	No. 10	No. 10 / No. 20	No. 20 / No. 30	No. 30 / No. 40	No. 40 / No. 50	No. 50 / No. 80	No. 80 / No. 100	No. 100 / No. 200	No. 200
%	0.37	3.61	12.34	16.81	26.27	35.97	2.75	1.48	0.40

（3） **土**　主體層に混合し又下層に使用した土は東京山手赤土として本所報告第二十號中に報告せられたものと略同種にして同報告に依れば比重 2.37 にして機械分析の結果は次表の如くである。

土 機 械 分 析 表

大さ(mm)	2.0—0.25	0.25～0.05	0.05～0.01	0.01 以下
%	0.20	9.35	10.05	80.40

B　混合粒度砂利の選定及其性質

粒度の相違に由る支持力の變化を明かにするには Feret 氏提唱の正三角形法を用ひて順次分類試驗するを至當とするが所要試驗回數が夥しくなるから本試驗に於ては、主體とせる K_{40} 層を等徑球の壘積と看做して算定せる空隙の大さ及量に基き之に塡充すべき砂利の大さ及量を算定せるもの 2 類 16 種（算定混合粒度と略稱）と Fuller 氏提唱の最密曲線に準ずるもの（Fuller 粒度と略稱）1 種、計 17 種とした。

（1） **算定混合粒度砂利の種別、性質**　半徑 R なる等徑球の壘積層には二種の配列あり[1]（A）は各球の中心が一邊 2R なる正四面體の各頂點に配列する場合にして大小二種の塡充球を許容し、（B）は各球が互に直角なる三軸上に接する場合で一種の比較的大きい塡充球を許容する。

今　Va,Vb：（A）及（B）の場合の空隙率

1）本所報告第十二號

r_1, r_2 ：(A) の場合の塡充球半徑

V_1 ：r_1 及 r_2 を以て所定の通り Va を塡充するときの空隙率

V_2 ：(A) の場合 r_2 のみを以て Va を塡充をするときの空隙率

V_3 ：(B) の場合 r_3 を以て Vb を塡充せるときの空隙率

V_4 ：(B) の場合 r_2 のみを以て Vb を塡充せるときの空隙率

とすれば

$$Va = 100\left(1 - \frac{\frac{4}{3}\pi R^3}{4\sqrt{2}\,R^3}\right) = 25.95\%$$

$$r_1 = (\sqrt{2} - 1)\,R = 0.414R \quad r_1 \text{ の所要量は主球の } 7.09\%$$

$$r_2 = \left(\sqrt{\frac{3}{2}} - 1\right) R = 0.225R \quad r_2 \text{ の所要量は主球の } 1.14\%$$

$$V_1 = 100\left(1 - \frac{R^3 + r_1^3 + r_2^3}{3\sqrt{2}\,R^3}\pi\right) = 18\%$$

$$V_2 = 100\left(1 - \frac{R^3 + 3r_2^2}{3\sqrt{2}\,R^3}\pi\right) = 22.6\% \quad r_2 \text{の所要量は } 3.35\%$$

$$Vb = 100\left(1 - \frac{\frac{4}{3}\pi R^3}{8R^3}\right) = 47.64\%$$

$$r_3 = (\sqrt{3} - 1)R = 0.732R \quad r_3 \text{ の所要量は } 39.2\%$$

$$V_3 = 100\left(1 - \frac{R^3 + r_3^3}{6R^3}\pi\right) = 27.1\%$$

$$V_4 = 100\left(1 - \frac{R^3 + 13r_2^3}{6R^3}\pi\right) = 39.9\% \quad r_2 \text{ の所要量は } 14.8\%$$

となる。而して上記 r の値を主體とせる K_{40} 卽ち 40～20 mm に對し算出し略之等に該當する單一粒度を示せば次表の如くである。但し實施に際し r_3 は過大と看做し之より小なるものを用ひた。

塡充球半徑及該當單一粒度

主球直徑 (mm)	種別	r_1	r_2	r_3	摘要
40	r の値	8.3	4.5	14.6	
	該當單一粒度	K_{20}	K_{10}	K_{40}	
20	r の値	4.1	2.3	7.3	
	該當單一粒度	K_{10}	K_5	K_{20}	
平均	r の値	6.2	3.4	11.0	30mm相當
	採用せる該當單一粒度	K_{10}	K_5及K_4	K_{10}	

第一類算定混合粒度は上述塡充球該當單一粒度の砂利一種或は二種を用ひ上述等徑球の

場合の空隙より算定せる所要量その儘を用ひ第二類算定混合粒度は上記所要量を$\frac{40}{26}$(K_{40}砂利の實測空隙率の標準及輕詰兩法の平均値と等徑球層（A）の空隙率との比）倍せる量を用ひ、各 8 種の粒度に分れ其の種別及性狀大要は第 3 表の如くである。

第 3 表　混合粒度砂利性狀

種類	番號	配合 (%) K_{40} 40—20 mm	K_{10} 10— 5 mm	K_5 5—2.5 mm	K_4 2.5—1.2 mm	粒度示數	單位重量 (kg/m³)	空隙率 (%)	室內試驗 息角（度）
第一類	No. 1	90.76	6.44	1.03	—	7.70	1.666	36.6	34
	No. 2	90.76	6.44	0.52	0.52	7.69	1.672	36.1	36
	No. 3	90.76	3.22	3.22	1.03	7.66	1.666	36.6	37
	No. 4	96.69	—	3.31	—	7.90	1.650	37.1	41
	No. 5	87.11	—	12.89	—	7.61	1.719	34.4	35
	No. 6	71.53	28.47	—	—	7.43	1.744	33.4	35
	No. 7	71.53	14.23	14.23	—	7.24	1.801	31.3	33
	No. 8	71.53	—	28.47	—	7.15	1.820	30.5	33
第二類	No. 1′	88.75	9.70	1.56	—	7.76	1.717	34.4	34
	No. 2′	88.75	9.70	0.78	0.78	7.75	1.713	34.6	35
	No. 3′	88.75	4.85	4.85	1.56	7.70	1.721	34.3	36
	No. 4′	95.00	—	5.00	—	7.85	1.686	35.6	38
	No. 5′	81.45	—	18.55	—	7.45	1.814	30.8	33
	No. 6′	62.02	37.98	—	—	7.24	1.764	32.7	36
	No. 7′	62.02	18.99	18.99	—	7.05	1.849	29.4	35
	No. 8′	62.02	—	37.98	—	6.86	1.858	29.0	34

第 3 表(其二)　混合粒度の濕れた砂利の性狀

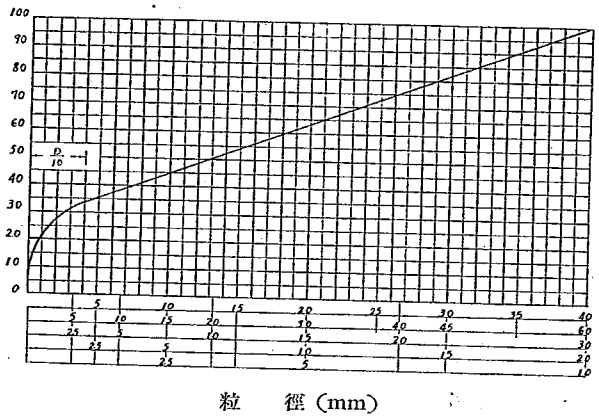
1. 配合は第 3 表に同じ

種別	含水率	息角（度） 室內	野外
K_{40}	1.08	—	—
No. 1′	1.74	37	36
No. 5′	1.54	37	38
No. 6′	2.05	36	37
No. 7′	1.82	37	33
No. 8′	1.89	38	40

（2）Fuller 粒度　之は 1907 年 Fuller 氏が骨材の密度を最大ならしめる混合法として提唱せる所謂 Fuller 曲線中砂利と砂との混合に對するものに則つて定めた。本曲線は

第1圖に示すが如く、篩目をx軸に、通過する%をy軸に取り、最大徑縱線上 100 の點と y 軸上の 26.0 の點とを結ぶ直線を畫き、$\frac{1}{10}$D 以上に對しては該直線を取り、$\frac{1}{10}$D 以下に對しては、前記直線と$\frac{1}{10}$D 縱線との交點（y=33.4）に於て該直線に接し、y 軸上の y=7 の點を通り且、x 軸の方向の軸長 a=0.164D, y 軸の方向の軸長b に就ては b+7=35.6 なる關係ある楕圓の部分を採れるものである。

第 1 圖 Fuller 氏砂利最大密度曲線



（3） 乾砂交り混合粒度 單一粒度 K_{40} 及第二類混合粒度中比較的粒度の相違大なる No.1′, No.5′, No.6′, No.7′, 及 No.8′, の 5 種に對し標準測定方法に於て最大密度となるまで前述の砂（室乾）を混合せるものを用ひた。其の性狀大要は第 4 表の如し。

第 4 表 乾砂交り混合粒度

1. 空隙率は、眞比重 砂利 2.62, 砂 2.68 とし 10l より測定

番號	砂利のみの空隙率(%)	砂許容量(%) 砂利に對する(%)	砂許容量(%) 混合材に對する(%)	單位重量 (kg/m³)	空隙率 (%)	粒度示數	息角(度) (室内)	摘要
K_{40}+S	37.9	61.3	38	2,062	21.6	5.64	34	
No.1′+S	34.4	47.1	32	2,123	19.7	5.72	35	
No.5′+S	30.8	31.6	24[1]	2,140	18.6	6.09	35	1)最大密度を與ふるは 22% のとき
No.6′+S	32.7	42.8	30	2,111	19.8	5.74	33	
No.7′+S	29.4	33.4	25	2,102	20.7	5.59	35	
No.8′+S	29.0	33.4	25	2,099	20.5	5.59	34	
Fuller	21.9	29.9	23[2]	2,046	18.0	5.59	37	2) 16 番以下

空隙率又は粒度示數と休角との間には何等確定的關係を見出し難いが空隙率小なるものは息角大なる傾向ある様である。

（4） 濕砂交り混合粒度 前揭 K_{40}, No.1′, No.5′, No.6′, No.7′, 及 No.8′, の 6 種を用ひ、充分吸水せしめ、粒度に應じ 15 秒乃至 25 秒間水切りしたものに、乾燥狀態に於

て前項同様の割合の砂に含水重量の 2.5, 5.0 又は 17.5% の水を混和せるものを混合した。其の性狀は第 5 表の如くである。水量 2.5% は均等に混和し得る最低量、17.5% は飽和狀態に近い量である。

砂の含水率による息角の差は相當大なるものあるも、含水率の大なるもの必ずしも常に息角小なりとは認められぬ。

（5） **土交り混合粒度**　第 6 表に示す 6 種の砂利に乾燥狀態に於て（3）（4）と同様の割合を有する様 A,（3）の土を液狀となせるものを混合した。其の性狀は第 6 表の如くである。

第 5 表　濕砂交り混合粒度

1. 野外測定の息角は撞き固めない場合の値にして撞き固めた場合は常に 90° とす。
2. 室內測定の息角は總て殆ど 90° なるを以てスランプを以て代示する。

種　別	砂利に對する砂の（%）	砂含水率（%）	全骨材に對する含水率（%）	息角(度) 野外	スランプ (mm)	摘　要
K_{40}	61.3	2.5	2.96	47	0	
		5.0	3.11	44	0	
		17.5	8.18	43	0	
No.1′+S	47.1	2.5	2.55	44	0	
		5.0	4.75	42	0	
		17.5	8.46	41	2.5	
No.5′+S	31.6	2.5	3.53	41	0	
		5.0	3.63	43	0	
		17.5	8.07	44	2.0[1]	1)40秒後崩壞
No.6′+S	42.8	2.5	2.84	44	0	
		5.0	3.93	43	0	
		17.5	6.81	45	2.0[2]	2)50秒後崩壞
No.7′+S	33.4	2.5	3.48	40	0	
		5.0	4.55	42	0	
		17.5	8.56	38	0	
No.8′+S	33.4	2.5	4.05	40	0	
		5.0	4.48	44	0	
		17.5	7.77	43	0 [3]	3) 3秒後崩壞

第6表 土交り混合粒度層の組成及含水量

番號	主體砂利種別	層の成分(全乾燥重量に對する%) 砂利	土	土成分 土	水	全重量に對する水分(%)	試驗後水分 全重量に對する水分(%)	土の含水重量に對する水分(%)	摘要 築層終了 月日	經過日數
1	K_{40}	62	38	42.2	57.8	34.3	31.8	51.6	5.11 5.31	21
2	No.5′	76	24	43.6	56.4	23.7	18.6	41.6	5. 1 5.10	10
3	No.7′	75	25	38.0	62 0	28.9	22.4	43.8	5. 2 5.18	17
4	No.8′	75	25	45.9	55.1	23.1	16.5	36.4	5.24 6. 5	13
5	Fuller(1)	88	12	37.1	62.9	16.8	13.3	56.1	6. 2 6. 8	7
6	Fuller(2)	88	12	41.6	58.4	14.4	10.6	41.2	6. 8 6.28	19

IV 變形しない基礎上の單一粒度層

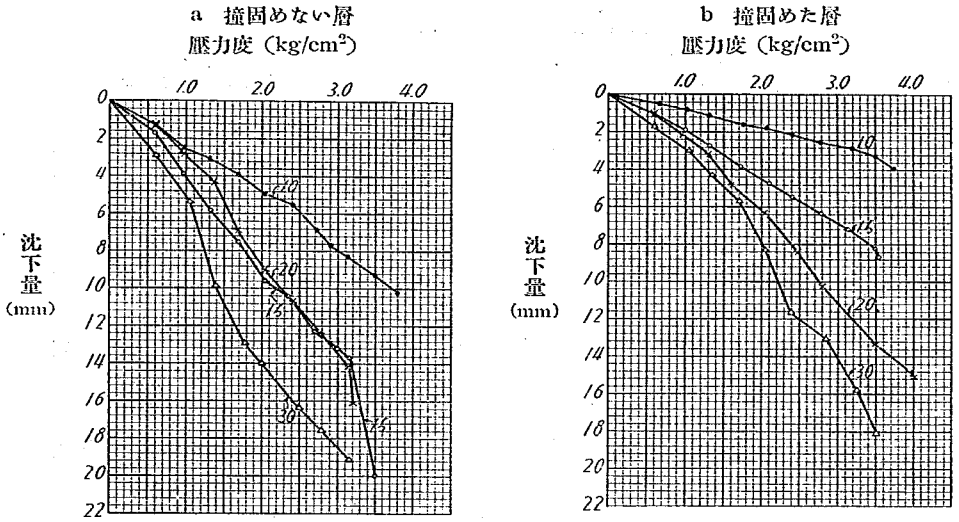
A 沈下曲線及支持力

變形しない混凝土床版上に於て、單一粒度の砂利層に加壓し、荷重と沈下量との關係を見るに、一般に最初荷重小なる間は沈下極めて徐々に起り、次に荷重の增加と共に軋音を發し、沈下稍迅速となり、從來の載荷速度では沈下に伴はず本試驗の如き加壓法では荷重一時減少する。更に荷重を增せば瞬間的の沈下を生ずるが其の量比較的尠く壓力度（單位面積の荷重）と沈下量とを示す沈下曲線は急激な變化を示さず且尙載荷の增加を許容する（此の點を急降點と稱し、其の壓力度を σ_s で表す）が更に荷重を增加すれば比較的大なる瞬間的沈下を生じ且最早荷重の增加を許さない樣になる。（之を許容荷重と言ひ其の壓力度を σ_{max} で表す）

粒度 40～20mm, 20～10mm 及 10～5mm の 3 種の單一粒度に直徑 20cm の圓盤に由つて載荷し、壓力度（全荷重を加壓面積にて除したるもの）と沈下量との關係を示す沈下曲線を測定すれば第 2 圖、第 3 圖及第 4 圖の如くである。又之等の結果を粒徑に由つて比較すれば第 5 圖の如くである。

粒度 40～20mm 層は厚さ 30, 20, 15, 及 10cm の 4 種とし層端は載荷中心點より 88cm の距離に於て側板を以て支持した。

第 2 圖　粒度 40—20mm 砂利層の沈下曲線

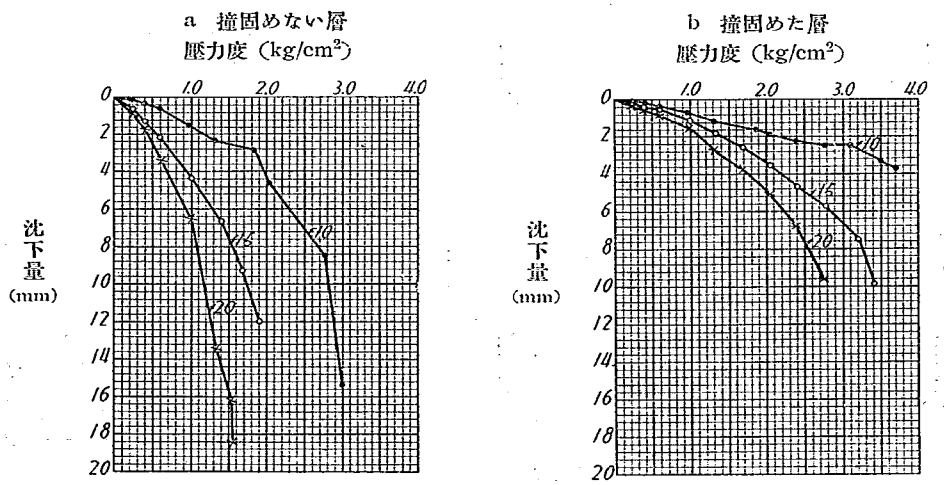


凡例　線側の數字は層の厚さ（cm）

粒度 20～10mm 層及 10～5mm 層は共に厚 20, 15 及 10cm の 3 種とし層端は載荷中心點より 60cm の距離を法肩とする息角勾配の法面とした。

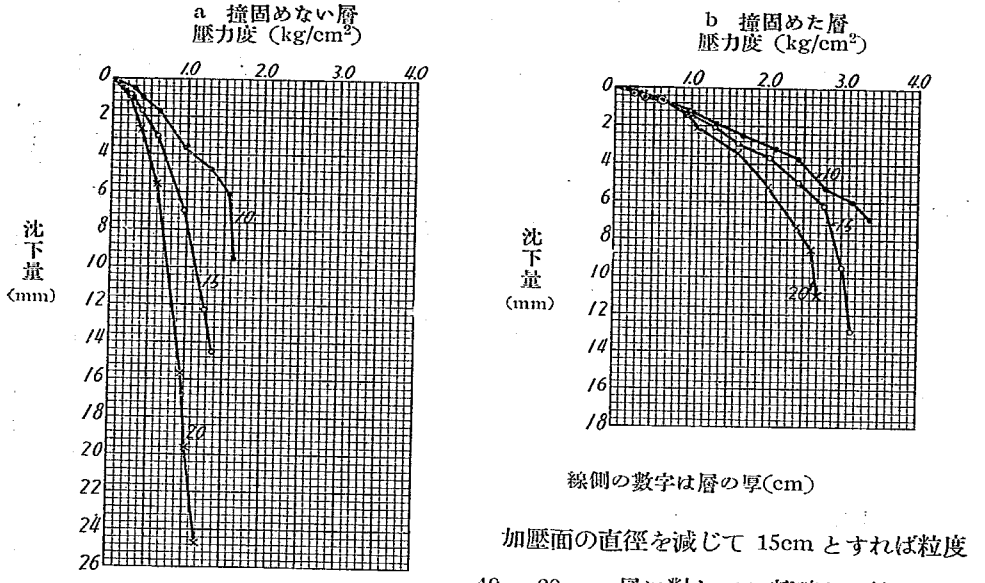
第 3 圖　粒度 20—10mm 砂利層の沈下曲線

法肩距離 60cm, 加壓面直徑 20cm, 線側の數字は層の厚さ(cm)



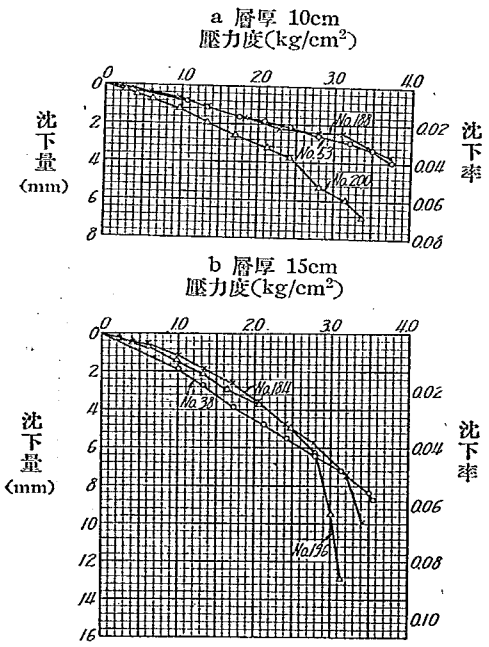
第 4 圖　粒度 10～5mm 砂利層の沈下曲線

法肩距離 60cm, 加壓面直徑 20cm

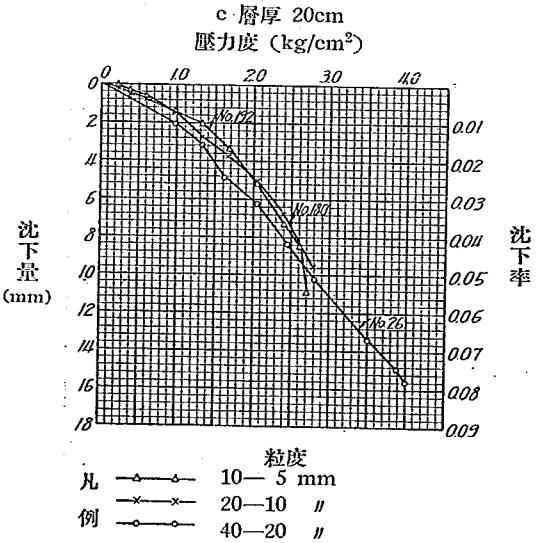


第5圖　單一粒度の砂利層沈下曲線の粒度による比較

加壓面直徑 20cm, 撞固めた層

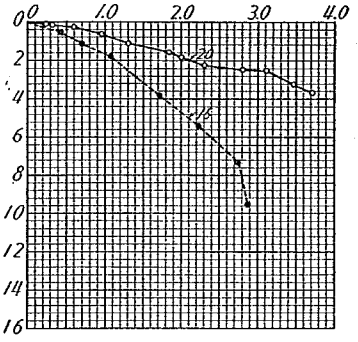


加壓面の直徑を減じて 15cm とすれば粒度 40～20mm 層に對しては精確なる結果を得難かつたが粒度 20～10mm,及 10～5mm の兩層に對する結果を前記加壓面直徑 20cm の場合に對比すれば第 6 圖及第 7 圖の如くである。

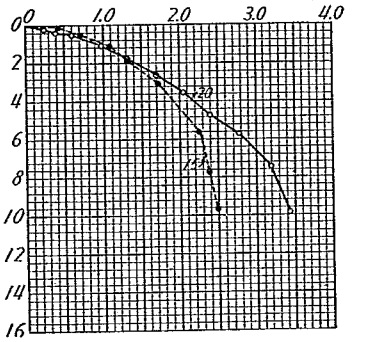


第6圖 粒度 20～10mm 砂利層の沈下曲線の加壓面積に依る比較
法肩距離60cm, 撞固めた層

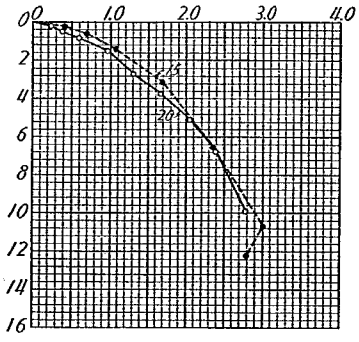
a 層厚 10cm
壓力度 (kg/cm²)



b 層厚 15cm
壓力度 (kg/cm²)



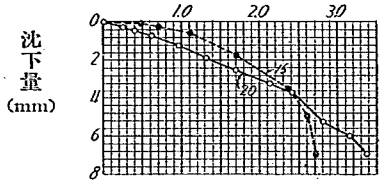
c 層厚 20cm
壓力度 (kg/cm²)



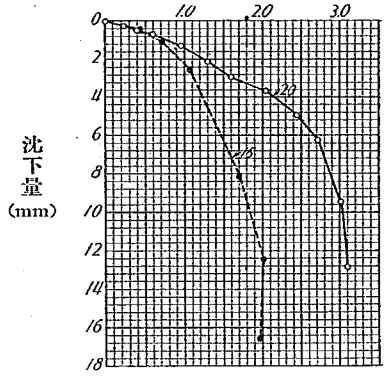
線側の數字は加壓面直徑(cm)

第 7 圖 粒度 10～5mm 砂利層の沈下曲線の加壓面積に據る比較
撞固めた層, 法肩距離 60cm

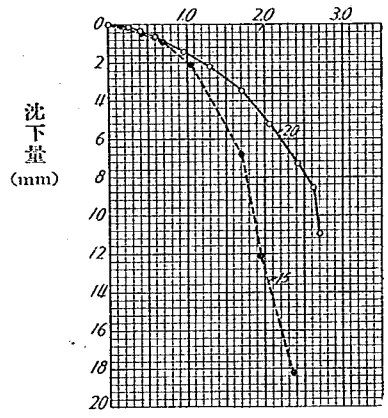
a 厚 10cm 層
壓力度 (kg/cm²)



b 厚 15cm 層
壓力度 (kg/cm²)



c 厚 20cm層
壓力度(kg/cm²)



凡例 ○ 加壓面直徑 20cm
● 同 15cm

上述試驗結果より變形しない基礎上の厚 30cm までの單一粒度砂利層の支持力に關する性質を摘記すれば次の如くである。

1. 加壓による沈下量は各粒度を通じ撞き固めた層は撞き固めない層に比し著しく尠い。而して此の差違は粒徑小なる程大である。

2. 各粒度を通じ層の厚に由つて荷重と沈下量との關係に大差あり、薄層のものは一般に沈下量尠く且變化直線的であるが、厚が增せば沈下量增加し變化曲線的となる傾向がある。

3. 沈下曲線の形狀は粒徑に由つて異り、粒徑小なるものは沈下曲線の曲率半徑小にして層厚を增したと同樣の傾向を示す。厚 10cm 層に於ては K_{40}, K_{20} は共に直線的變化をなすに反し K_{10} は明に曲線的である。

4. 沈下曲線の形狀は加壓面積に由つて異り、小面積の場合は曲率半徑小となる傾向がある。

5. 上述 2. 3 及 4 の各項を綜合すると沈下曲線の形狀は層厚と加壓面直徑との比、厚さ加壓徑率の增すと共に曲率半徑小となり、層厚の粒徑に對する比、厚さ粒徑比の增すと共に曲率半徑小となる。之等の關係を一括すると第 7 表の如くである。

第 7 表　層厚、加壓面積及粒徑の關係

撞き固めた層　1. 表中直、曲は沈下曲線の直線又は曲線なるを、數字は σ_{max} (kg/cm²) を示す。
2. B_{20} は加壓面直徑 20cm, T_{10} は層厚 10cm なることを示す。

種別	厚さ加壓徑率 (α) 0.5		0.61		0.75		1.00		1.33		1.50		摘要
	B_{20}	T_{10}	B_{15}	T_{10}	B_{20}	T_{15}	B_{15}	T_{15}	B_{20}	T_{20}	B_{15}	T_{20}	B_{20}	T_{30}	
厚さ粒徑比 (β) 3.3	K_{40} 直 3.75		—		—		—		—		—		—		
5.0	—		—		K_{40}略直3.55		—		—		—		—		
6.6	K_{20} 直 3.71		K_{20}略曲2.80		—		—		K_{40}略曲4.00 [1]		—		—		1) 最初急降伏 $\sigma_S = 2.05$
10.0	—		—		K_{20} 曲 3.42		K_{20} 曲 2.50		—		—		K_{40} 曲 3.50		
13.3	K_{10}略直3.34		K_{10} 曲 2.70		—		—		K_{20} 曲 2.78		K_{20} 曲 3.00 [2]		—		2) 此の値に達し得たるは殆ど一瞬間にして其二次は 2.36
20.0	—		—		K_{10} 曲 3.14		K_{10} 曲 2.00		—		—		—		
26.6	—		—		—		—		K_{10} 曲 2.70		K_{10} 曲 2.40		—		

卽ち、厚さ粒徑比 6.6 以下にして厚さ加壓徑率 1.00 以下の場合は砂利層の本質を充分に示し得ない傾向がある。

6. 厚さ加壓徑率 1.00 以上、厚さ粒徑比 10.00 以上に於ては沈下曲線の曲率半徑は層厚又は加壓面に由つて大なる相違を示さない。

7. 厚さ加壓徑率の値小なるときは、値大なる場合に比して增率は小であつても其曲率半

徑に及ぼす影響は比較的大きい。

8. 又許容壓力度の厚さ、加壓面直徑及粒徑等に對する關係は前揭第 7 表の如く又加壓面直徑 20cm の場合の許容壓力度と之に對する沈下量とを一括すれば第 8 表の如くである。

第 8 表　許容壓力度と沈下量

σ_{max}：許容壓力度 (kg/cm²)　S：沈下量 (mm)

層種別	粒度 略號	粒度 粒徑(mm)	σ_{max} S	層厚 (cm) 10	15	20	30
撞き固めない層	K_{40}	40～20	σ_{max}	3.79	3.50	3.21	3.14
			S	10.20	20.07	16.12	17.60
	K_{20}	20～10	σ_{max}	2.98	1.90	1.54	—
			S	15.33	12.00	18.45	—
	K_{10}	10～5	σ_{max}	1.63	1.35	1.28	—
			S	9.55	14.50	24.70	—
撞き固めた層	K_{40}	40～20	σ_{max}	3.75	3.55	4.00	3.50
			S	3.95	8.70	15.60	18.10
	K_{20}	20～10	σ_{max}	3.71	3.42	2.78	—
			S	3.70	9.85	2.68	—
	K_{10}	10～5	σ_{max}	3.36	3.14	2.70	—
			S	6.85	12.85	10.95	—

9. 急降點壓力度 σ_s (kg/cm²) は第 9 表の通りで撞き固めない層に於ては大體層厚の增加に伴つて減少し、粒徑小となるに從つて減少する傾向があるが、撞き固めた層に於ては一般に其の差僅少であり、且粒徑小なる場合は σ_{max} に一致する傾向が多い。

第 9 表　急降點壓力度表

σ_s：急降點壓力度 (kg/cm²)　S：急降點の沈下量 (mm)

層種別	粒度 略號	粒度 粒徑(mm)	σ_{max} S	層厚 (cm) 10	15	20	30	摘要
撞き固めない層	K_{40}	40～20	σ_s	2.92	2.05	2.56	2.78	*印は σ_{max} と一致する
			S	7.70	9.60	12.27	17.60	
	K_{20}	20～10	σ_s	1.84	1.90*	1.54*	—	
			S	2.85	12.00	18.45	—	
	K_{10}	10～5	σ_s	1.54	1.35*	0.96	—	
			S	6.10	14.50	15.60	—	
撞き固めた層	K_{40}	40～20	σ_s	3.50	3.50	2.05	3.29	
			S	3.25	8.32	6.25	15.80	
	K_{20}	20～10	σ_s	3.71*	3.42*	2.78*	—	
			S	3.70	9.85	9.60	—	
	K_{10}	10～5	σ_s	3.36*	3.14*	2.62	—	
			S	6.85	12.85	8.50	—	

10. 沈下量の層厚に對する比率を沈下率とすれば壓力度小なる間は、層厚に伴つて增加

するが σ_{max} 又は σ_s に對する値と層厚又は粒徑等との關係を示す定則は見出し得ない。

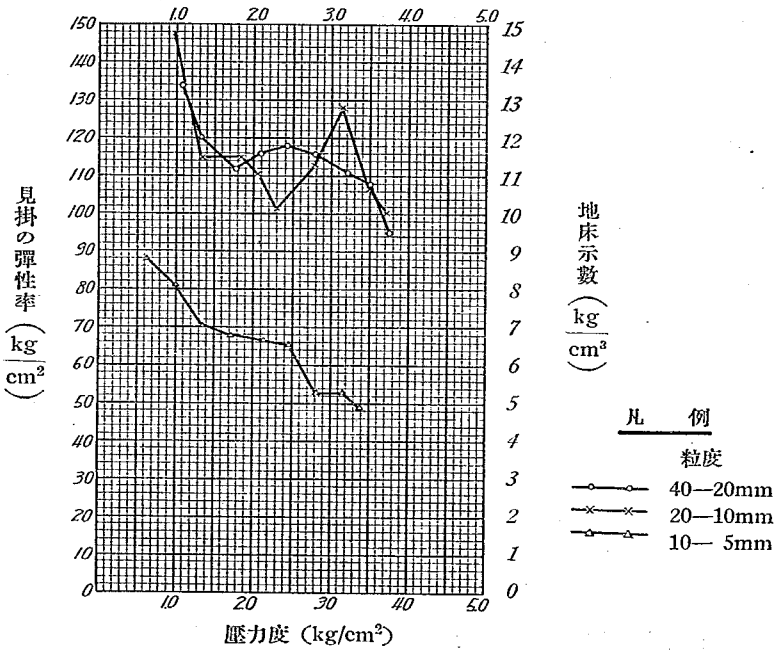
11. 等厚の場合に於ける各粒度の沈下率は厚 10cm 層に於て K_{10} 粒度層が他の粒度のものに比し著しく大なる外、畧相似て居る、但し一般に壓力度が σ_{max} に接近した場合には其の差が擴大する。

12. 壓力度(加壓面積に基く)の沈下率に對する比率を假りに見掛けの彈性率(E;kg/cm²)と稱し、1cm の沈下量を生ずる場合の壓力度を地床示數 (C;kg/cm³) とすれば第 8 圖に示すが如く之等の値は層厚及粒徑に由つて異り、且一般には壓力度の增加に伴つて減少し其の減率は壓力度の小なる範圍内に於て大きく、粒徑の減少、層厚の增加につれて大となる。

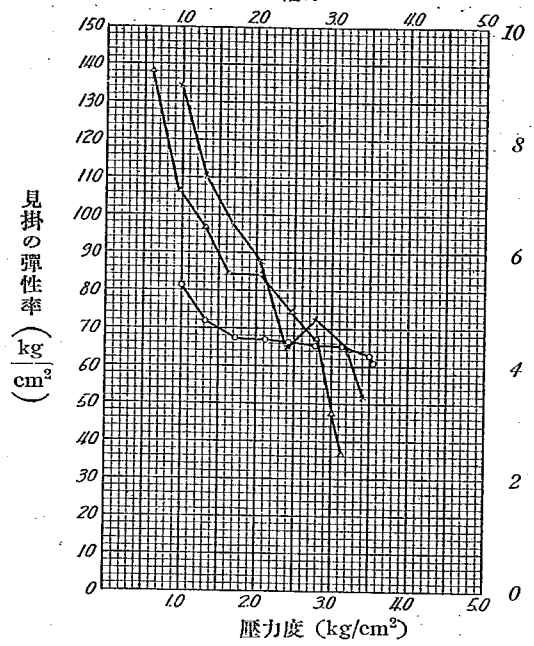
13. K_{40} 粒度層に於ては、加壓面直徑 20cm のとき見掛けの彈性率が各層毎に略常數と看做し得る壓力度の限界がある。K_{20} 粒度層に於ては斯かる現象は僅に 10cm 層厚にのみ認められ、K_{10} に對しては此の如き限界は全然認められぬ。

14. 見掛けの彈性率の粒度による相違は層厚の增加と共に減少し、厚 20cm 層に於ては三者著しく接近し且略同一の傾向を示して居る。

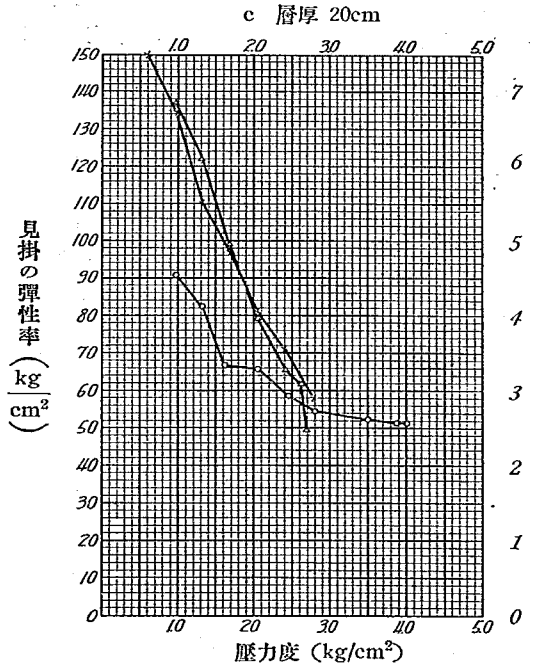
第 8 圖 見掛の彈性率の粒度別比較
撞き固めた層、 加壓面直徑 20cm
a 層厚 10cm



b　層厚 15cm



c　層厚 20cm



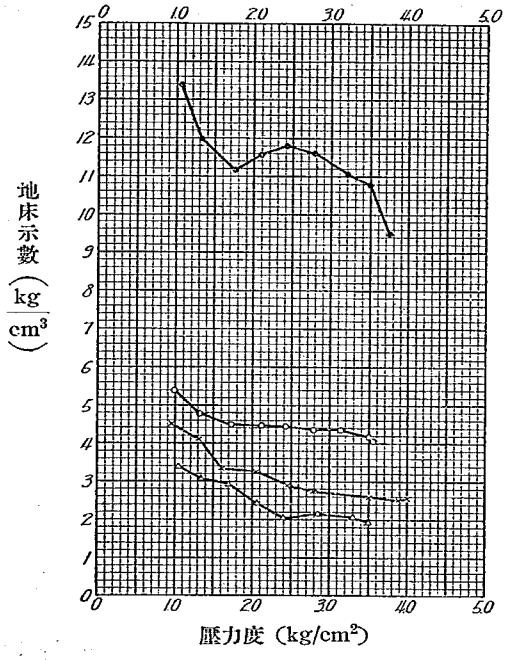
15. 13, 14 の兩項の事實は其の儘地床係數に當嵌る。各種粒徑を層厚別に比較すれば第 9 圖の如く層厚 15cm 以上に於ては各粒徑共實用上の差違を示さない。地床示數は加壓面の直徑に由つて其値を異にするが一定の關係を見出し得ない。

16. 沈下量 5mm 及 10mm を生ずる場合の諸性質を求むれば第 10 表の如く、同一沈下量に對する壓力度及地床示數の粒度に由る相違は 10cm 厚層を除いては層厚の影響に比し輕微である。

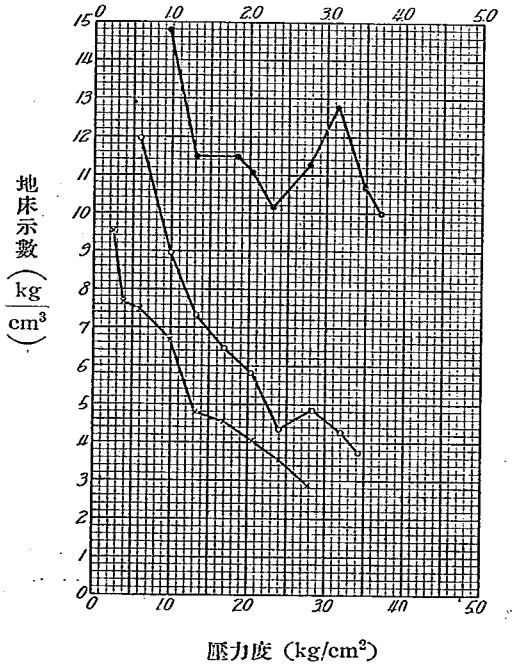
見掛けの彈性率及地床示數は沈下量に由つて異り 10mm の場合は常に 5mm の場合に比して小さい。壓力度及地床示數は各粒度を通じ層厚の增加に伴つて減少するが見掛けの彈性率には此の傾向は認められぬ。

第 9 圖　地床示數の層厚別比較
撞き固めた層　　加壓面直徑 20cm

a　粒度 40—20mm 層



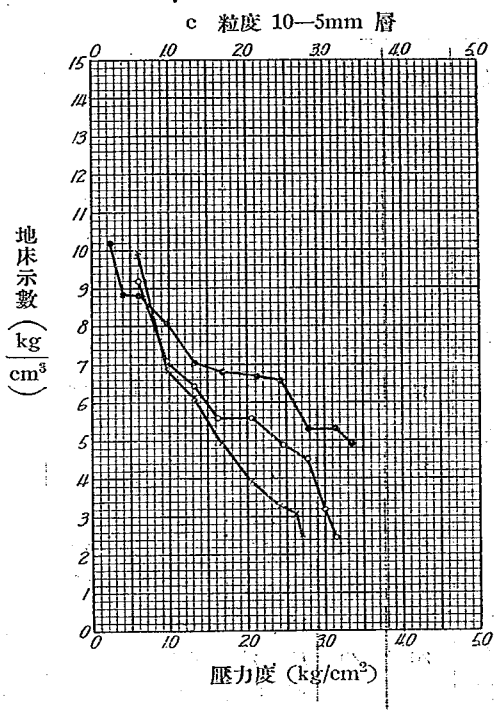
b　粒度 20—10mm 層



凡例
層厚 10cm
〃 15cm
〃 20cm
〃 30cm

B 受壓限界

砂利層の側面を載荷中心より充分遠ざけて側板を以て支持するか或は息角勾配となし直徑 20cm の圓板を以て載荷し許容壓力度に達せしめたる後極めて除々に法尻より砂利を除却し初めて荷重計指針の下降せる時の距離を感應距離と稱すれば、該距離は實用上の受壓限界を示すものと看做し得る。單一粒度層の感應距離を測定せる結果は第 11 表乃至第 13 表及第 10 圖乃至第 12 圖の如くである。



第 10 表　所定沈下量に對する諸性質の比較

撞き固めた層、加壓面直徑 20cm

粒度	層厚 (cm)	沈下量 5mm の場合			沈下量 10mm の場合		
		σ_5 (kg/cm²)	見掛けの彈性率 E (kg/cm²)	地床示數 C (kg/cm³)	σ_{10} (kg/cm²)	地床示數 C (kg/cm³)	見掛けの彈性率 E (kg/cm²)
K_{10} (40—20) mm	10	5.35	107.00	10.70	—		—
	15	2.20	66.10	4.40	4.32		64.80
	20	1.65	66.00	3.30	2.77		55.40
	30	1.50	89.80	3.00	2.20		66.70
K_{20} (20—10) mm	10	5.00	100.00	10.00	—		—
	15	2.50	75.00	5.00	3.80		57.00
	20	2.05	84.00	4.10	2.75		55.00
K_{10} (10—5) mm	10	2.75	55.00	5.50	3.85		38.50
	15	2.45	73.50	4.90	3.05		45.75
	20	2.00	80.00	4.00	2.65		53.00

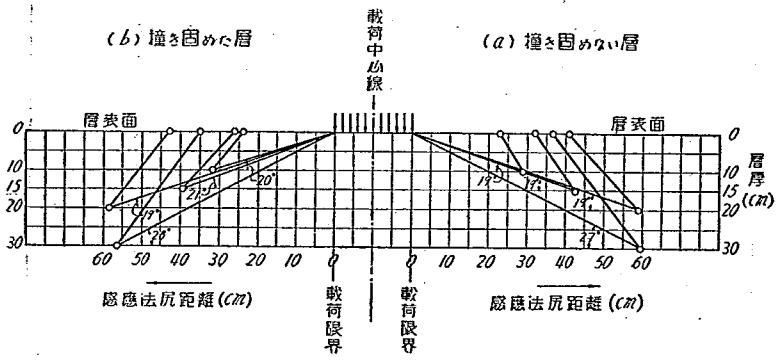
第 11 表 粒度 40～20mm 砂利層の感應距離

原法肩距離 88cm

層種	層厚 (cm)	加壓面直徑 (cm)	試驗番號	壓力度(kg/cm²) 原狀の許容	壓力度(kg/cm²) 感應の際	感應 載荷限界よりの距離 (cm) 法肩距離	感應 載荷限界よりの距離 (cm) 法尻距離	感應 比 法肩距離/層厚	感應 法尻角度 (載荷限界より)	法肩法尻間水平距離 (cm)
撞き固めない層	30	20	No.159	1.97	1.50	37	60		27°	23
			No.161	2.05	1.69	37	60		27	
			平均	2.01	1.59	37	60	1.23	27	
	20	20	No. 25	3.21	—	41	59	2.05	19	18
	15	20	No.163	1.85	1.64	30	40		21	10
			No.165	1.72	1.56	33	45		18	
			平均	1.78	1.60	31.5	42.5	2.10	19	
	10	20	No. 54	3.50	3.23	23	29	2.30	19	6
撞き固めた層	30	20	No.160	2.70	2.05	37	59		27	22
			No.162	4.07	3.18	32	54		29	
			平均	3.38	2.61	34.5	56.5	1.15	28	
	20	20	No. 26	4.00	—	40	56		20	14
			No. 27	4.07	—	45	61		18	
			平均	4.03	—	42.5	58.5	2.12	19	
	15	20	No.164	2.79	2.16	27	38		20	12
			No.166	3.72	3.60	25	35		22	
			平均	3.26	2.88	26	36.5	1.74	21	
	10	20	No. 53	3.75	3.21	28	35		16	7.5
			No. 55	3.71	3.70	20	28		20	
			平均	3.73	3.46	24	31.5	2.40	18	

第 10 圖 粒度 40—20cm 砂利層の感應距離

加壓面直徑 20cm 原支持距離 88cm



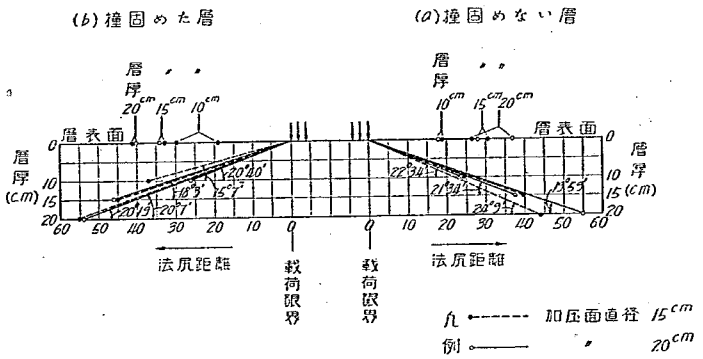
第 12 表　粒度 20～10mm 砂利層の感應距離

原法肩距離 60cm

層種	層厚 (cm)	加壓面直徑 (cm)	試驗番號	壓力度(kg/cm²) 原狀の許容	壓力度(kg/cm²) 感應の際	感應 載荷限界よりの距離 (cm) 法肩距離	感應 載荷限界よりの距離 (cm) 法尻距離	感應 比法肩距離 層厚	感應 法尻角度 (載荷限界より)	法肩法尻間水平距離 (cm)
撞き固めない層	20	20	No.179	1.54	1.34	37	55	1.75	19° 59′	18
		15	No.181	1.02	0.76	26.5	44.5	1.32	24 9	
	15	20	No.183	1.90	1.62	28	38	1.87	21 34	10
		15	No.185	2.37	1.62	30.5	40.5	2.03	20 19	
	10	20	No.187	2.98	1.84	18	24	1.80	22 37	6
		15	No.189	1.85	1.16	18.5	24.5	1.85	22 12	
撞き固めた層	20	20	No.180	2.78	2.51	40	54	2.00	20° 19′	14
		15	No.182	3.00	2.48	40.5	54.5	2.02	20 7	
	15	20	No.184	3.42	3.20	34	46	2.26	18 3	12
		15	No.186	2.49	2.11	32.5	44.5	2.16	18 36	
	10	20	No.188	3.71	3.49	19	26.5	1.90	20 40	7.5
		15	No.190	2.87	2.37	—	—	—	— —	

第 11 圖　粒度 20—10mm 砂利層の感應距離

原法肩距離 60cm



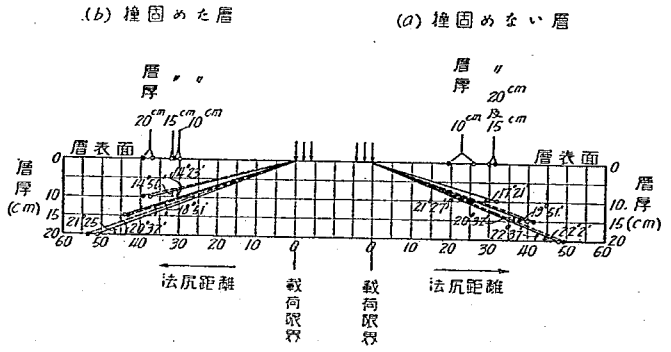
第 13 表 粒度 10～5mm 砂利層の感應距離

原法肩距離 60cm

層種	層厚(cm)	加壓面直徑(cm)	試驗番號	壓力度(kg/cm²) 原狀の許容	壓力度(kg/cm²) 感應の際	感應 載荷限界よりの距離(cm) 法肩距離	感應 載荷限界よりの距離(cm) 法尻距離	感應 比法肩距離/層厚	感應 法尻角度(載荷限界より)	法肩法尻間水平距離(cm)
撞き固めない層	20	20	No.191	1.18	1.03	30	48	1.50	22° 37′	18
		15	No.193	0.94	0.86	31.5	49.5	1.57	22 2	
	15	20	No.195	1.35	1.18	30	40	2.00	20 32	10
		15	No.197	0.88	0.50	31.5	41.5	2.10	19 51	
	10	20	No.199	1.63	1.52	26	32	2.60	17 21	6
		15	No.201	1.09	0.50	19.5	25.5	1.95	21 25	
撞き固めた層	20	20	No.192	2.70	2.33	37	51	1.85	21 25	14
		15	No.194	2.35	1.93	39.5	53.5	1.97	20 32	
	15	20	No.196	3.14	2.78	32	44	2.13	18 51	12
		15	No.198	2.01	1.75	31.5	43.5	2.10	19 2	
	10	20	No.200	3.36	2.87	30	37.5	3.00	14 56	7.5
		15	No.202	2.71	1.65	31.5	39	3.15	14 23	

第 12 圖 粒度 10—5mm 砂利層の感應距離

原法肩距離 60cm



1. 撞き固めた層は撞き固めない層に比し大體に於て感應距離大であるが、其の差は微少である。

2. 同一種類の層に於ては原狀許容壓力度又は感應の際の壓力度と感應距離との間には一定の關係は認められず、一般に感應距離の差は壓力度の差程著しくない。

3. 感應距離は大體層厚と共に增加するが必しも嚴密に之に伴ふものではない。

4. 感應距離に對する粒徑の影響は輕微にして且一定の傾向を見出し難く、厚さ加壓徑率 $a>0.75$ なる場合には厚さ粒徑比には無關係である。

5. 撞き固めた層に於ては加壓面積の大小に由る感應距離（載荷限界よりの）の相違は殆ど認められぬ。

6. 載荷限界と感應法尻とを結ぶ直線と水平との角度は概ね 18°～24° の間にあり、K_{10} の 10cm 厚層に於て 14°, K_{40} の 3cm 厚層に於て 29° の例外あるのみである。

第 14 表　感應距離の比較

1. B_{20} は加壓面直徑 20cm, T_{10} は層厚 10cm なることを意味する
2. 表中數字は載荷限界よりの法肩距離中最大値を示す。

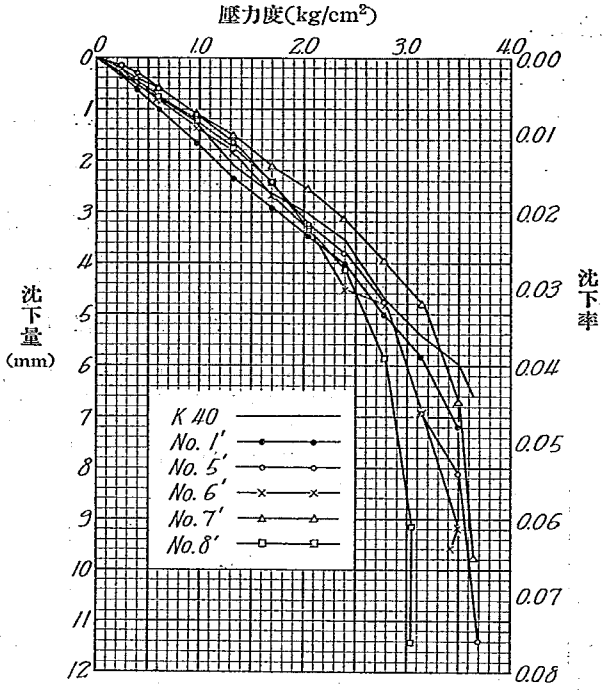
厚さ粒徑比 (β)	種別		厚さ加壓徑率 (a) 0.50 B_{20} T_{10}	0.61 B_{15} T_{10}	0.75 B_{20} T_{15}	1.00 B_{15} T_{15}	1.00 B_{20} T_{20}	1.33 B_{15} T_{20}	1.50 B_{20} T_{30}	摘要
3.3	K_{40}		28							*印は撞き固めない層
5.0	K_{40}				33*					
6.6	K_{40}						45			
	K_{20}		19	18.5						
10.0	K_{40}								37	
	K_{20}				34	32.5				
13.3	K_{20}						40	40.5		
	K_{10}		30	31.5						
20.0	K_{10}				32	31.5				
26.6	K_{10}						37	39.5		

V　變形しない基礎上の混合粒度層

A　混合粒度砂利層の性質

變形しない基礎上に於て第 3 表の混合粒度砂利厚 15cm 層の沈下曲線を測定するに其の情況略單一粒度層と相似にして第一類の粒度は混和材小量なる爲、其の影響を明にし難く、第二類も其の差著しくはないが比較的粒度の相違の影響大なる No.1′, No.5′, No.6′,

No.7′, 及 No.8′ の 5 種の粒度のものに就き沈下曲線を畫き之を K_{40} の單一粒度のものと比較すれば第 13 圖の如くである。卽ち乾燥せるものに就いては



第 13 圖　混合粒度の砂利層の沈下曲線

1　粒度最大 40mm, 最小 2.5mm

2　40—20mm 單一粒度の空隙を塡充する樣算定せるもの

3　層厚 15cm, 法肩距離 60cm, 加壓面直徑 20cm

4　搗き固めた乾層

1　沈下曲線の形狀は斯種の材料としては大差なく孰れも略主體とせる單一粒度のものに近く、空隙の一部を塡充せむが爲に混合粒度とした影響は認められぬ。

2　許容壓力度は搗き固めの有無に由つて異り、搗き固めた層に於ては 3.06 ～ 3.79 kg/cm² にして混合粒度とせる爲に增大せむとする傾向はない。

3　壓力度 2.5kg/cm² 以下に於ては沈下曲線は總べて直線に近く粒度の差の影響輕微である。

4　見掛けの彈性率及地床示數は單位荷重の增加と共に減少せむとする傾向あり、其の數値も同厚の單一粒度と略似て居る。

5　感應距離も厚さ 15cm 層に於ては單一粒度のものと大差なく搗き固めない層は 24～36cm, 搗き固めた層は之より稍大にして 31～36cm である。上記混合粒度のものを第3表其二に示すが如く充分濕潤ならしめて試驗せる結果は乾燥せる場合に比し更に不規

則にして、粒度の變化に由る影響を明にし難いが一般に沈下量大きく、急降點を生じ易く、許容壓力度は 3.00～3.75kg/cm² にして乾層と大差ない。其の感應距離は撞き固めない層 23～29cm, 撞き固めた層 23～32cm にして、撞き固めの有無による相違明瞭でなく、且大體乾層に比して小である。

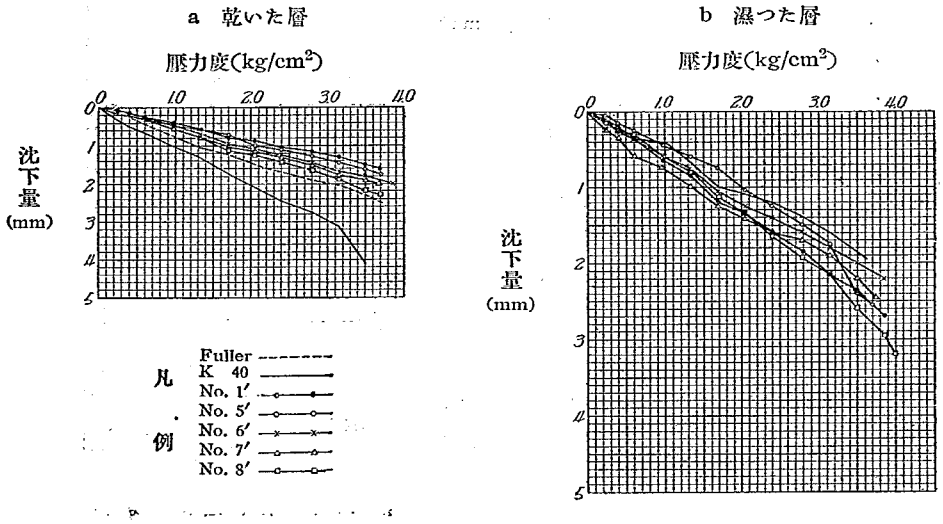
B　砂混り混合粒度層

第 4 表に示すが如く前記 5 種の混合粒度及之等の主體をなす 40～20mm 單一粒度の砂利に夫々最大密度となる樣乾砂を混入せるもの、Fuller 粒度の乾層及前記 6 種を第 5 表の如く濕はしめたもの等につき厚 15cm に對し試驗せる結果は第 14 圖乃至第 17 圖に示すが如く之を要約すれば次の如くである。

第 14 圖　砂交リ混合粒度砂利層の沈下曲線

層厚 15cm, 加壓面直徑 20cm

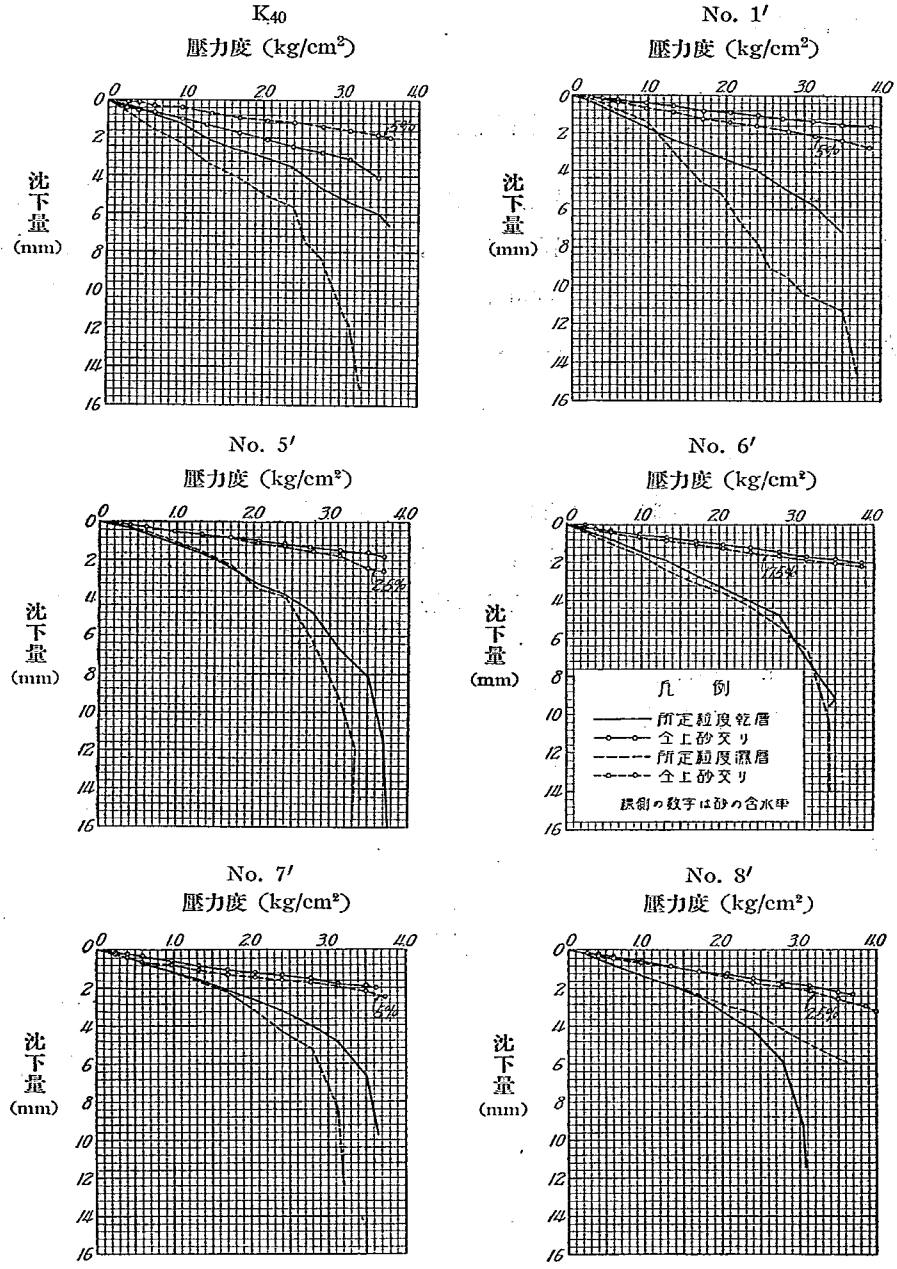
撞固めた層



第 15 圖　沈下曲線に對する砂の影響

1　濕砂は沈下量最小のものをとり含水率は線側に示す。

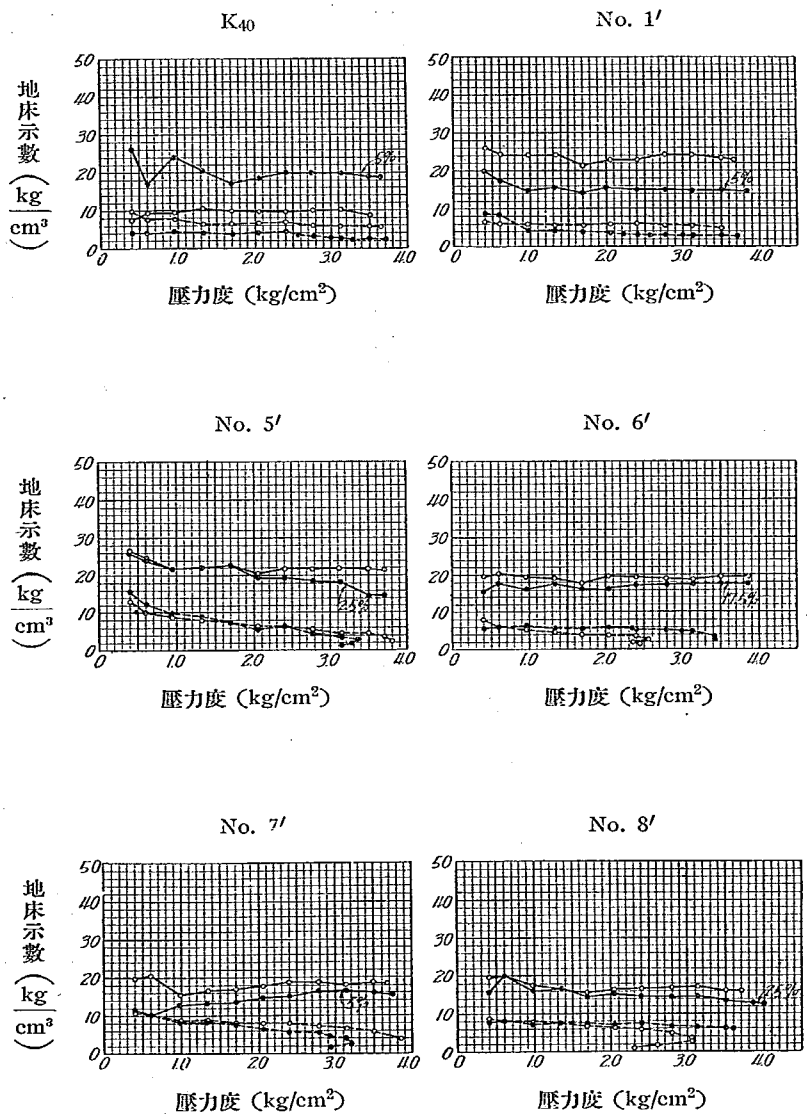
2　層厚 15cm, 加壓面直徑 20cm



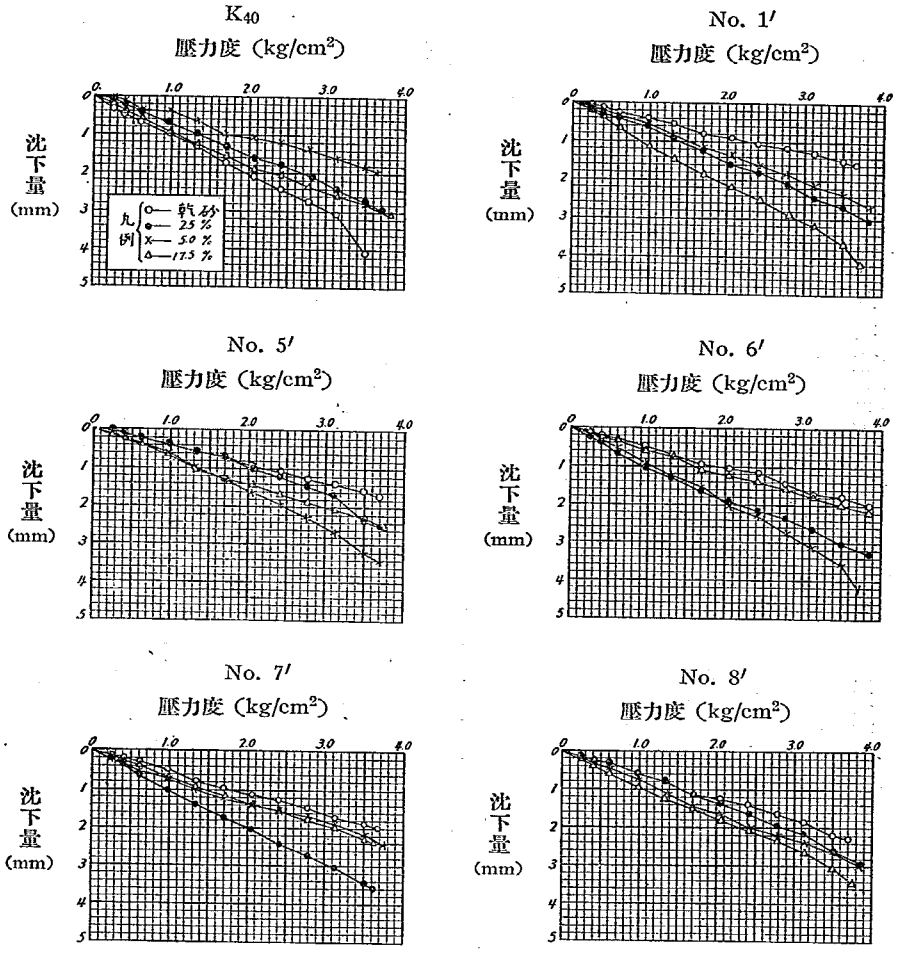
第 16 圖　混砂の地床示數に及ぼす影響

凡　例

° 乾 ——— 砂有
• 濕 ------ 砂無



第 17 圖 混砂の含水量と沈下曲線



1. 最大密度となる様砂を混和し撞き固めた砂利層は著しく支持力を増大し且沈下曲線は略直線的である。見掛の彈性率、地床示數等は其の値を増大するのみならず尠くとも加壓面直徑 20cm, 層厚 15cm の場合に於ては壓力度の値に由つて變化すること尠く略平均と目し得る値を示す。

2. 混砂の影響は混和量の多い單一粒度層に對してよりも混合粒度に對する方が大である。

3. 混合粒度に對する混砂の影響は極めて顯著であるが粒度の相違による影響は極めて輕微である。Fuller 粒度層は單一粒度層に勝るが混合粒度層の何れよりも劣つて居る。

4. 混合粒度層に於ては一般に乾砂の方が支持力大であるが砂中の含水率に由る相違は著しくなく、含水率小なるもの常に必ずしも含水率大なるものより支持力大であるとは限らない。

5. 撞き固めた層に於ては各種粒度共加壓面直徑 20cm に於ては壓力度 4.00kg/cm² までは急激な大量の沈下なく安全に支持し得るものと看做し得る。

6. 混砂の感應距離に對する影響は第 15 表に示すが如く相當大なるものあり、撞き固めた層に於て最も著しく、Fuller 粒度の如きは載荷限界に至るまで感應せず一般に載荷限界に極めて接近するまで加壓せる最大壓力度に略近い荷重を支持する。

第 15 表　砂交り混合粒度層の感應距離

層厚 15cm, 加壓面直徑 20cm, 原法肩距離 60cm, ＋s は混砂の意

層種	粒度種別	乾層 壓力度(kg/cm²) 最大	乾層 壓力度(kg/cm²) 感應の際	乾層 感應法肩距離(cm)	濕層 含水率(%)	濕層 壓力度(kg/cm²) 最大	濕層 壓力度(kg/cm²) 感應の際	濕層 壓力度(kg/cm²) 第二回感應の際	濕層 感應法肩距離(cm) 感應の際	濕層 感應法肩距離(cm) 第二回感應の際
撞き固めない層	K_{40}+S	2.919	2.815	26	2.5	3.641	3.537	2.888	30	5
					5.0	3.352	3.321	—	16	—
					17.5	2.991	3.032	2.166	31	6
	No.1′+S	3.641	3.682	20	2.5	3.497	3.523	2.527	30	6
					5.0	3.136	2.989	2.166	30	6
					17.5	2.775	2.700	1.733	35	8
	No.5′+S	3.713	3.682	28	2.5	3.424	3.191	2.888	14	5
					5.0	2.414	2.354	1.805	26	5
					17.5	3.136	2.945	1.733	31	6
	No.6′+S	3.497	3.537	27	2.5	1.692	1.660	1.444	21	9
					5.0	3.727	3.610	2.888	27	6
					17.5	3.136	3.032	2.166	30	12
	No.7′+S	3.713	3.682	24	2.5	2.775	2.527	2.166	24	7
					5.0	2.775	2.628	2.166	24	4
					17.5	2.775	2.700	1.444	28	8
	No.8′+S	2.775	2.815	28	2.5	2.053	2.050	1.805	23	7
					5.0	2.414	2.368	1.805	26	3
					17.5	2.775	2.743	1.444	37	2
	Fuller.	2.775	2.671	19	—	—	—	—	—	—

搗き固めた層	K_{40}+S	3.497	3.537	9	2.5	3.742	3.610	3.249	15	4
					5.0	3.642	3.523	—	12	
					17.5	3.813	3.610	3.249	10	2
	No.1′+S	3.670	3.682	3	2.5	3.856	3.898	3.249	22	5
					5.0	3.856	3.942	3.610	13	6
					17.5	3.742	3.826	3.104	10	5
	No.5′+S	3.713	3.610	7	2.5	3.699	3.460	2.888	14	6
					5.0	3.713	3.176	2.888	15	8
					17.5	3.742	3.176	2.888	8	6
	No.6′+S	3.856	3.826	11	2.5	3.727	3.725	2.815	23	6
					5.0	3.727	3.696	3.249	27	10
					17.5	3.865	3.869	3.610	34	6
	No.7′+S	3.670	3.783	4	2.5	3.583	3.032	2.888	9	4
					5.0	3.742	3.090	2.888	8	4
					17.5	3.597	3.234	2.888	14	5
	No.8′+S	3.713	3.682	22	2.5	4.002	3.942	2.888	25	4
					5.0	4.002	3.956	3.176	16	2
					17.5	3.742	3.711	2.888	31	6
	Fuller	3.856	3.970	0	—	—	—	—	—	—

C 土交り混合粒度層

變形しない混凝土床版上に於て第 6 表に示すが如く K_{40} の單一粒度、No.5′, No.7′ 及 No.8′ の混合粒度に III. (A) (3) の土を混じたもの及 Fuller 粒度 (100 番篩通過の部分には土を用ふ) を用ひて厚さ 15cm の層を造り、築層直後及第 6 表の日數を經過し土中の含水量が第 6 表又は第 16 表に示すが如き狀況に達するまで乾燥せしめたる後直徑 20 cm の加壓面に由つて載荷測定せる結果は第 18 圖の如くである。卽ち

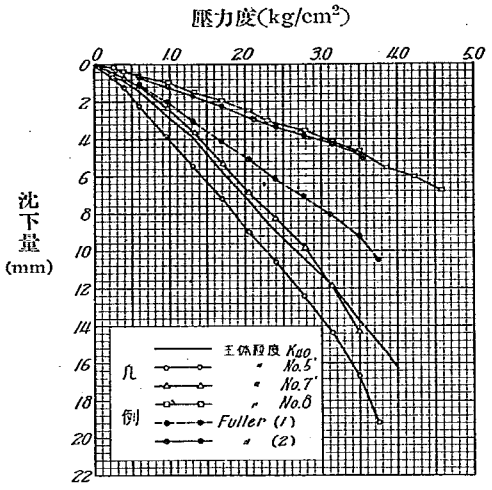
第 16 表 土の含水量の減率

番號	主體砂利粒度	築層直後		乾燥後		乾燥に由る減水率 (純土量に對する%)
		土の含水重量に對する純土量の%	純土量に對する水量の%	土の含水重量に對する純土量の%	純土量に對する水量の%	
1	K_{40}	42.2	137	48.4	106	31
2	No.5′	43.6	129	58.4	71	58
3	No.7′	38.0	163	56.2	78	85
4	No.8′	45.9	120	63.6	57	63
5	Fuller (1)	37.1	169	43.9	128	41
6	Fuller (2)	41.6	140	58.8	70	70

第 18 圖　土交り砂利層の沈下曲線

撞固めない層，厚 15cm, 加壓面直徑 20cm

乾燥後



1. 水分 55～63%（土の含水重量の）の土を混入せる層は築層直後に於ては其の混入量僅かに 12%（乾燥狀態に於て）に過ぎざる場合（Fuller 粒度）に於ても其の支持力は實用上零と看做される。而して此の現象は主體砂利の粒度の如何に拘はらない。

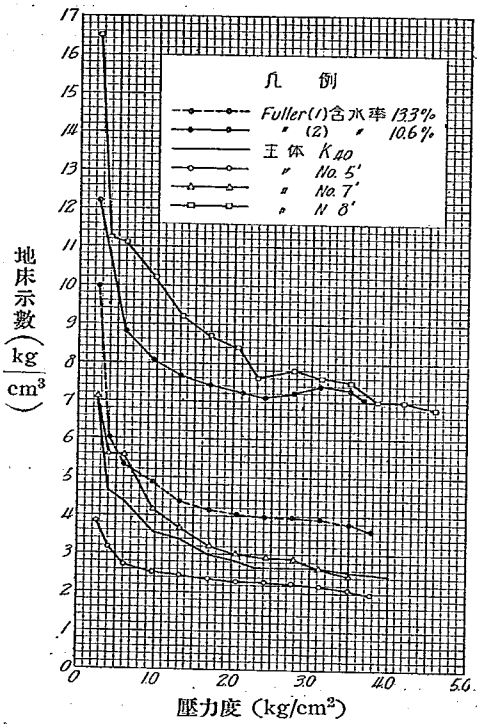
2. 前述の如き範圍内に於て土を混入せる場合其の支持力に對する惡影響は、砂利に吸水せしめた場合に比し遙に大である。

3. 乾燥に伴ひ何れも支持力を增大するが其の値は主として水分の土の含水重量に對する%及全重量に對する%の兩者に由つて異り、粒度の相違に由る差違は見出されぬ。

4. 上述の程度まで乾燥せる土交り層は急激なる沈下を生ずる傾向なく且沈下曲線は一般に殆ど直線に近く、沈下量大なるものも壓力度 3kg/cm² 以上に於て尙直線的に變化する。從つて地床示數（從つて見掛の彈性率も）は壓力度のある範圍内に於て平均値を求め得る。

5. 加壓面直徑 20cm, 層厚 15cm の場合に於ける地床示數は第 19 圖に示すが如く 2～8 kg/cm³ の間にあり、各粒度を通じ砂を交へて撞き固めた乾濕兩者の何れに比しても遙に小である。

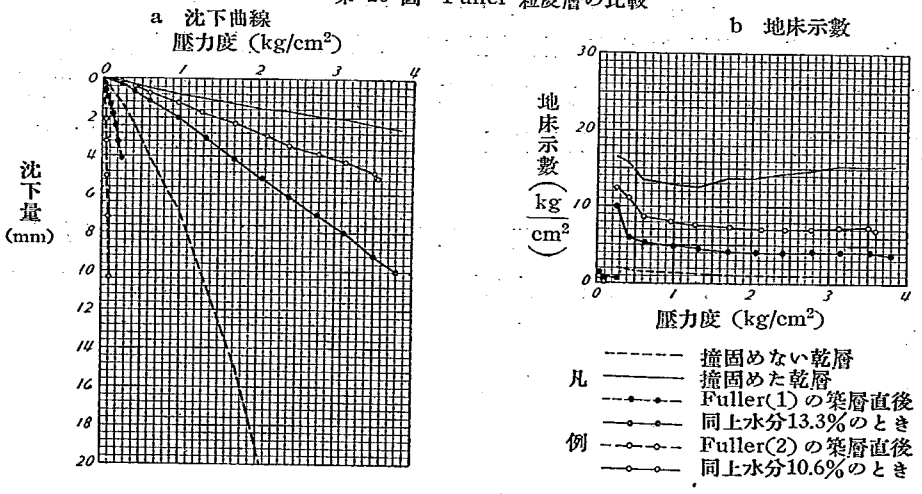
第 19 圖
土交リ砂利層の地床示數
撞固めない層,
層 厚　　15cm,
加壓面直徑 20cm



6. 斯種の層に於ては感應距離なるもの判然せず、何れの粒度に於ても載荷限界より 2～4cm まで殆ど加壓せる最大荷重に近き荷重を支持する。

7. Fuller 粒度層を乾濕對照すれば第 20 圖の如く何等撞固めないものも乾燥のみに由つて充分撞固めた場合に接近するを示して居る。

第 20 圖 Fuller 粒度層の比較



VI　變形する基礎上の單一粒度層

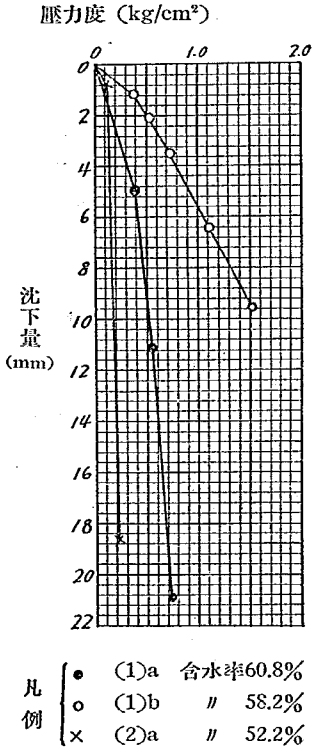
A　土層上の單一粒度層

使用せる土層は變形を生じない割栗石基礎上に水中に溶融せる赤土（III A (3)）を流し込み自然乾燥せしめたるものにして厚略 15cm を有し、含水率次表の如く其の沈下曲線は第 21 圖の如くである。試驗せる砂利層は K_{40}, K_{20} 及 K_{10} の三種の單一粒度層にして層厚は 10～30cm とし加壓面直徑は 20cm とした。試驗の結果は第 22 圖の如くである。卽ち

土　層　含　水　率　表

試料位置	含水率(土の含水重量に對する%)			
	土　層　(1)		土　層　(2)	
	(a) 試驗前	(b) 試驗後	(a) 試驗前	(b) 試驗後
表　面	62.2	57.3	52.0	54.0
中　央	60.7	58.3	52.3	56.3
底　面	59.5	59.0	52.2	48.0
平　均	60.8	58.2	52.2	52.8

第 21 圖　土層の沈下曲線
厚 15cm, 加壓面直徑 20cm



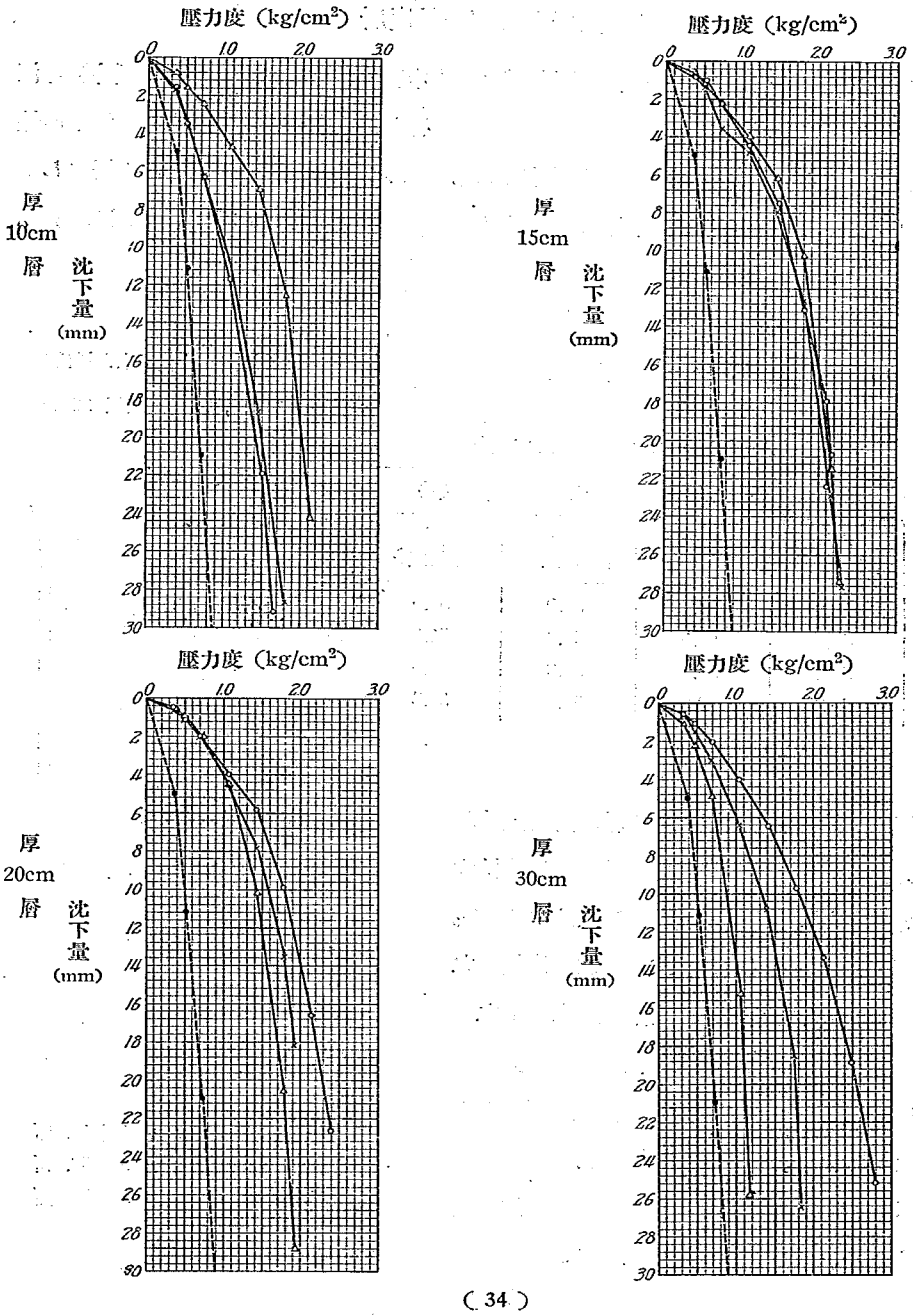
1.　極めて軟弱なる土層上でも砂利層を設ければ支持力は著しく增加する。卽ち砂利層は支持すべき壓力を擴散して下層に傳へる。而して K_{40} の場合厚 15cm は 10cm に比し增加の度頗る大であるが 15cm 以上に於ては層厚に由つて大なる相違なく又粒徑小なる場合も同樣である。

2.　壓力擴散材としての効果は粒度と厚さとの關係によつて異り、厚さ 10cm 層に於ては K_{10} 最も大、厚さ 15cm 層に於ては粒徑に由る相違は殆ど認められず、厚さ 20cm 層に於ては、沈下量小

第 22 圖　土層上の砂利層の沈下曲線の粒度別比較

加壓面直徑 20cm

凡例　基礎土層(1)a　K40　K20　K10



なる間は三者殆ど遜庭なきも沈下增大するに連れて大粒のもの却つて効果大となり、厚さ30cm 層に於ては其の傾向益々顯著となり、沈下當初より大粒のもの効果大である。壓力を擴散するには粒徑を小にするのと層厚を增すのとの二方法があるが層厚過大となつても、粒徑過小となつても支持力減少し、其の間自ら最も適當なる層厚、粒徑の關係がある。第 22 圖により此の關係を求むれば第 17 表の如くである。

第17表　壓力擴散に適する層厚と粒徑との關係

粒　度 (mm)	層　厚 (cm)	層　厚 粒徑比	許容壓力度 (kg/cm²)	摘　要
K_{10}(10—5)	15	15	2.25	
K_{20}(20—10)	20	10	2.35	
K_{40}(40—20)	30	7 7	2.75	

卽ち、壓力擴散に最も適當なる層厚 y と、土層上の單一粒度砂利の粒徑上限 x との間には

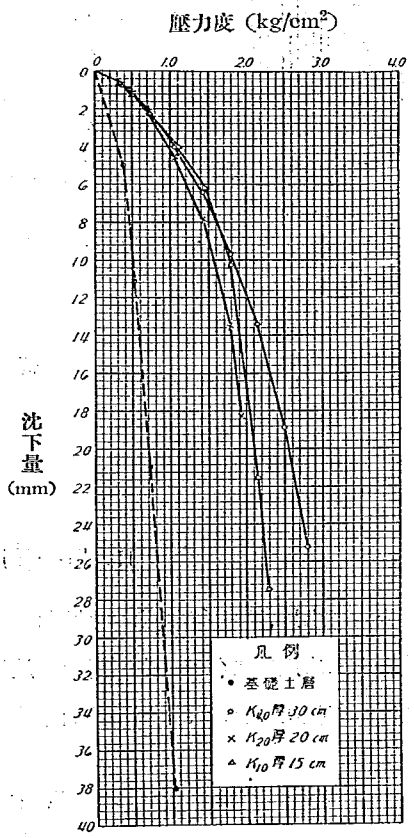
$$y=c+ax$$

の關係があり、本試驗の範圍內では c＝10　a＝0.5　である。

3. 壓力擴散に最も適當なる層を粒徑によつて比較すれば第23圖の如くにして K_{40} の 30cm層は許容壓力度最大であるが沈下量 10mm の範圍內では K_{19} 15cm 層と大差なく獨り K_{20}. 20cm 層が稍劣つて居る。

4. 基礎土層の支持力と其の上の砂利層の支持力との關係は第24圖の如く基礎土層の支持力大なるときは砂利層の厚きもの、薄きものに比して支持力小であり、基礎土層の支持力小なるときは砂利層の厚きもの、薄きものに比して支持力大である。

第 23 圖　各粒度最適當層の比較

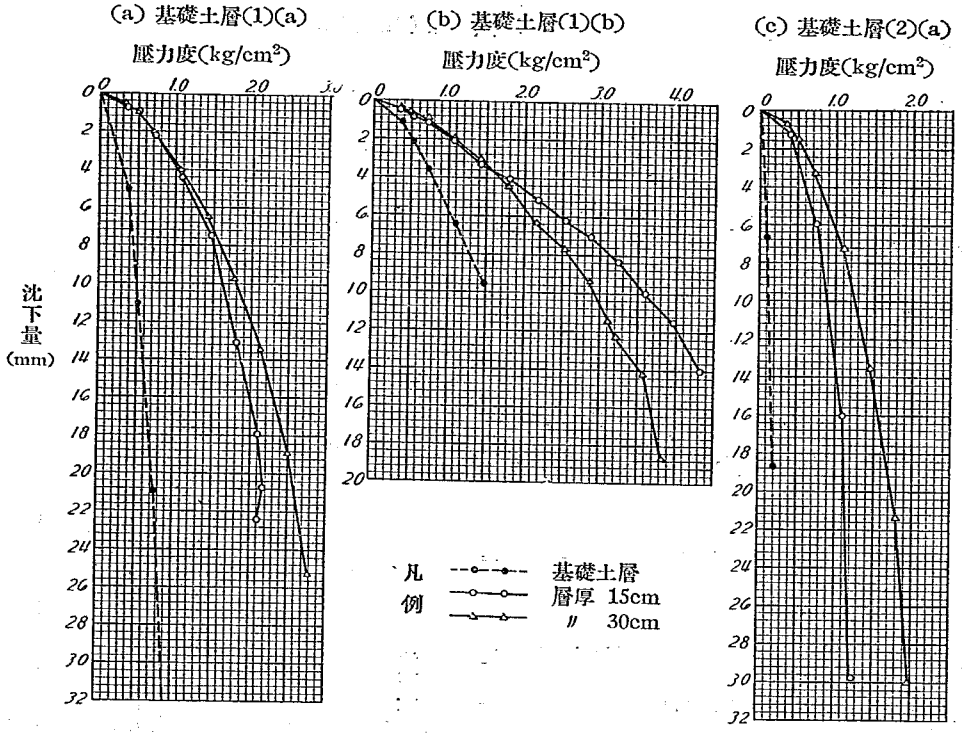


第 24 圖 土層と其の上の砂利層との比較

粒度40—20mm

加壓面直徑 20cm

基礎土層厚 15cm



B 單一粒度層の基礎に由る比較

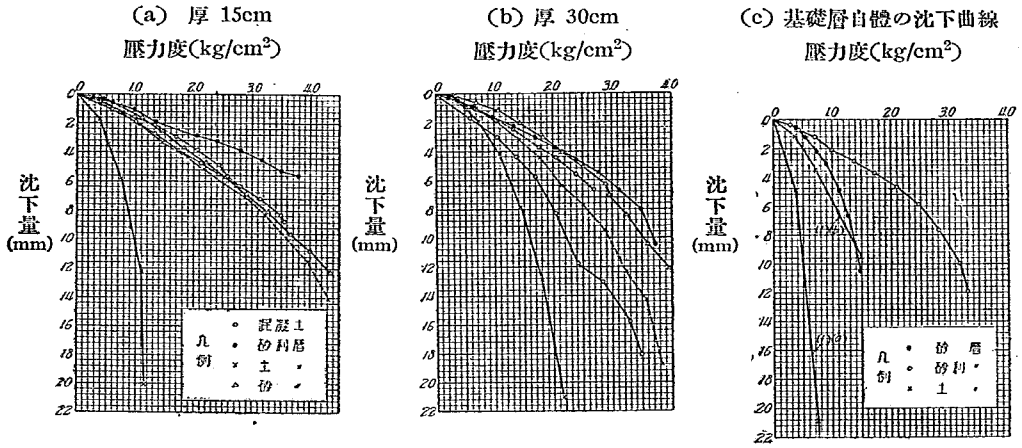
上述の土層、III (A)(2) の砂厚さ 30cm の層、次表の粒度の砂利厚さ 70cm の層及前述混凝土床版等の各種の基礎層上に於ける K_{40} の單一粒度砂利層の厚さ 15cm 及 30cm, 加壓面直徑の 20cm の場合の沈下曲線を一括比較すれば第 25 圖の如くである。

基 礎 砂 利 篩 分

篩 寸 法 (mm)	40—25	25—20	20—5
%	18.8	16.4	64.8

第 25 圖　單一粒度層の沈下曲線の基礎種別に由る比較

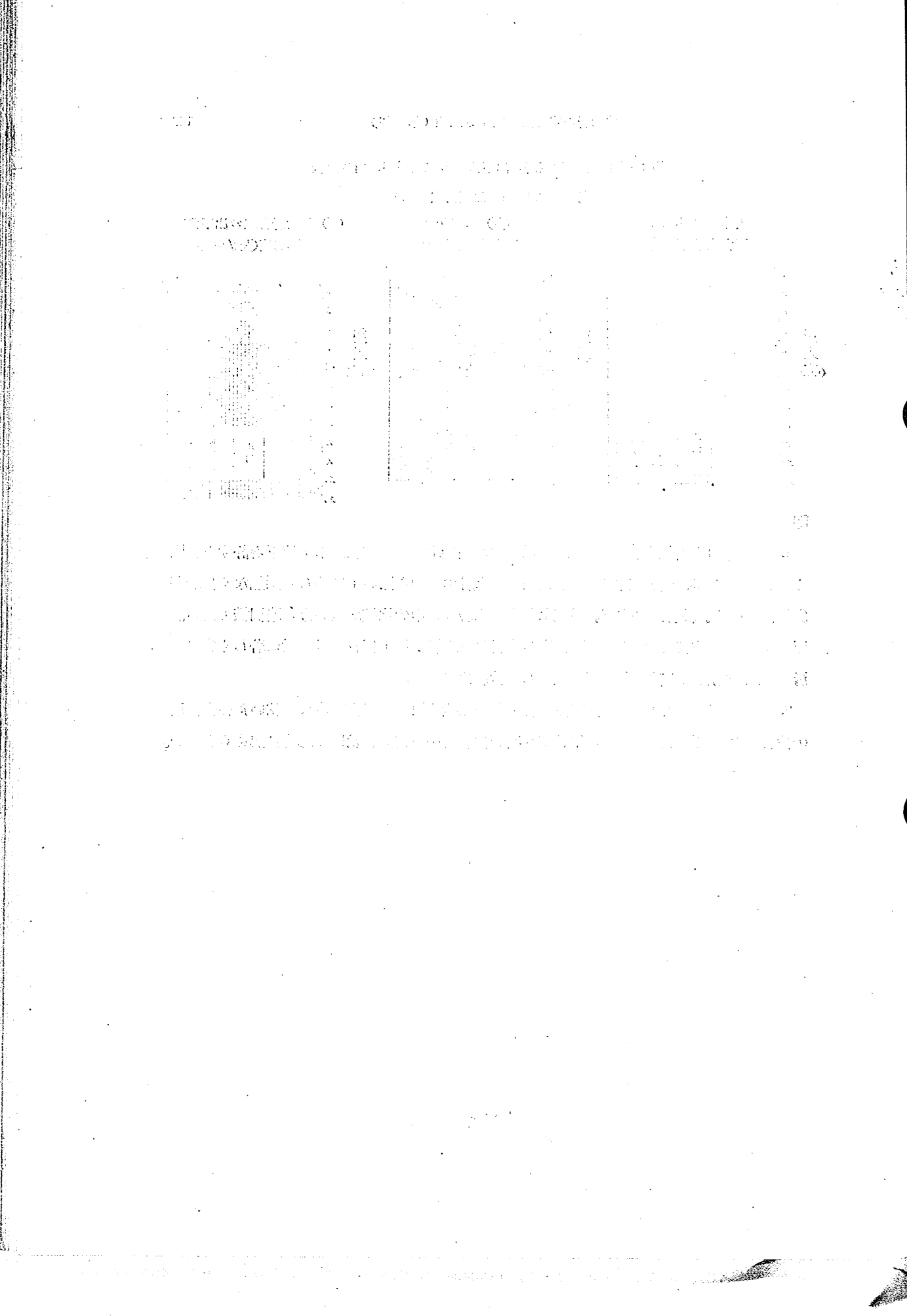
粒度 40—20mm，加壓面直徑 20cm



卽ち

1.　單一粒度の砂利層に對して最も堅固なる混凝土基礎が常に最小の沈下を許すとは限らない。厚さ 15cm 層に於ては最も軟弱なる土層の一つを除いては甚しい懸隔なく砂利基礎首位を占め、砂層之に次ぎ、混凝土基礎は土層 2 種中の比較的堅い方と略同様である。厚さ 30cm の支持力は 15cm 層に比し軟弱なる土層に於て優れる外一般に著しく劣つて居る。此の場合にも砂利基礎第一位にして砂層之に次ぐ。

2.　厚さ 15cm 以上の單一粒度砂利層の基礎は撞き固めた混合粒度又は乾いた混合粒度の砂層以上の支持力あるものを用ひても其の砂利層の支持力に及ぼす影響は認められない。



鋼矢板試驗(續)

內務技師　青木楠男

目次

頁
第一　緒　言……(1)
第二　撓度より見たる矢板壁の慣性能率……(1)
1　Larssen 鋼矢板……(1)
2　Hoesch 鋼矢板……(5)
第三　緣維應力より見たる矢板壁の慣性能率……(8)
1　Larssen 鋼矢板……(8)
2　Hoesch 鋼矢板……(12)

第一　緒　言

本報告は所報第二十三號所載の鋼矢板試驗の續報にして、曩きに緣維應力の測定を完了せざりしLarssen 鋼矢板及當時現品の入手困難にして試驗を行ふこと能はざりしHoesch 鋼矢板について、其後に行ひたる各種の試驗結果を一括せるものなり。實驗の方法、設備等は前回のものと殆んど同一なるが故に此等に關する詳細は所報第二十三號に據られたし。

第二　撓度より見たる矢板壁の慣性能率

1. Larssen 鋼矢板

供試體は Larssen Ia 型鋼矢板長6米のもの六枚組合の矢板壁にして、支承は平鋼鈑支承を用ひたり、前回の試驗に於てはLarssen 鋼矢板壁については繼目の端部を鎔接せる場合の觀測を行はざりしも、今回の試驗にては支間 4.8 米の部分を除ける一端又は兩端を瓦斯鎔接にて完全に接合しこれが撓度竝に緣維應力に及ぼす影響を明かにし、前回製鐵所鋼

矢板につきて行ひたる觀測と比較して、溝型斷面鋼矢板に對する端部鎔接の効果を確めたり。

撓度實測の結果第 1 表の如し。

第 1 表 Larssen Ia 鋼矢板壁抗曲試驗實測撓度

(其一) 兩 端 自 由

壓力計示度 G (瓲/糎²) \ 撓度計番號	A 組 撓 度 計			B 組 撓 度 計			C 組 撓 度 計			摘 要
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0.49	0.56	0.54	0.71	0.79	0.75	0.54	0.54	0.56	
10	1.03	1.14	1.15	1.45	1.61	1.57	1.13	1.13	1.17	
15	1.58	1 71	1.77	2.23	2.44	2.41	1.71	1.72	1.77	
20	2.13	2.25	2.34	2.98	3.23	3.22	2.26	2.27	2.35	
25	2.64	2.80	2.93	3.72	3.99	4.02	2.79	2.81	2.92	

(其二) 一 端 鎔 接

壓力計示度 G (瓲/糎²) \ 撓度計番號	A 組 撓 度 計			B 組 撓 度 計			C 組 撓 度 計			摘 要
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0.45	0.52	0.56	0.63	0.74	0.73	0.48	0.49	0.51	
10	0.98	1.09	1.16	1.36	1.52	1.54	1.00	1.03	1.06	
15	1.51	1.64	1.76	2.06	2.30	2.34	1.53	1.58	1.62	
20	2.03	2.18	2.35	2.80	3.06	3.13	2.05	2.11	2.17	
25	2.56	2.73	2.96	3.56	3.84	3.94	2.57	2.67	2.76	

(其三) 兩 端 鎔 接

壓力計示度 G (瓲/糎²) \ 撓度計番號	A 組 撓 度 計			B 組 撓 度 計			C 組 撓 度 計			摘 要
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0.30	0.38	0.46	0.43	0.55	0.52	0.33	0.34	0.34	
10	0.58	0.70	0.79	0.86	1.03	0.98	0.64	0.66	0.66	
15	0.89	1.00	1.10	1.30	1.50	1.47	0.97	0.98	0.99	
20	1.21	1.32	1.45	1.75	1.98	1.97	1.28	1.30	1.33	
25	1.52	1.64	1.79	2.20	2.45	2.46	1.58	1.62	1.65	

これ等の實測値を見るに孰れの組の撓度計も番號の大なる側へ撓みの偏れることを示せること、前報告製鐵所鋼矢板の場合と同樣なり、撓度の平均値算出には、中央撓度計の示度が大體各組 3 個の平均値に近き數字を示せるが故に、これ等の平均値を採りたり。

Larssen Ia 型鋼矢板 6 枚の公稱慣性能率は

$$I_W = 6 \times R_W \times h = 6 \times 152 \times 6.5 = 5\,928 \text{ (糎}^4\text{)}$$

$$I_E = 6 \times 368 = 2\,208 \quad 〃$$

從つて理論撓度は前報告第十六表の撓度式により

左右 $\frac{l}{4}$ 點

$$\delta_W = \frac{29}{1152} \frac{480^3}{2.15 \times 10^6} \frac{P}{5928} = 0.000\,218\,4P = 0.040\,96G \text{ (糎)}$$

$$\delta_E = \frac{29}{1152} \frac{480^3}{2.15 \times 10^6} \frac{P}{2208} = 0.000\,586\,5P = 0.109\,96G \text{ (糎)}$$

中央

$$\delta_W = 0.057\,775G \text{ (糎)}$$

$$\delta_E = 0.155\,039G \text{ (糎)}$$

これ等の關係式より理論撓度と實測撓度との比率を求むれば第 2 表の如し。

第 2 表 Larssen Ia 型鋼矢板壁抗曲試驗撓度比較表

(其一) 兩 端 自 由

壓力計示度 G (瓲/糎²)	A 組 撓 度 計				B 組 撓 度 計				C 組 撓 度 計			
	實測撓度 δ' (糎)	δ_E (糎)	δ_W (糎)	δ_W/δ' (%)	δ' (糎)	δ_E (糎)	δ_W (糎)	δ_W/δ' (%)	δ' (糎)	δ_E (糎)	δ_W (糎)	δ_W/δ' (%)
0	0	0	0	—	0	0	0	—	0	0	0	—
5	0.53	0.55	0.20	37.7	0.75	0.78	0.29	38.7	0.55	0.55	0.20	36.4
10	1.11	1.10	0.40	37.0	1.54	1.55	0.58	37.7	1.14	1.10	0.40	36.0
15	1.69	1.65	0.61	36.1	2.36	2.33	0.87	36.9	1.73	1.65	0.61	35.3
20	2.24	2.20	0.82	36.6	3.14	3.10	1.15	36.6	2.29	2.20	0.82	35.8
25	2.79	2.75	1.02	36.6	3.91	3.88	1.44	36.8	2.84	2.75	1.02	35.9

(其二) 一 端 鎖 接

壓力計示度 G (瓲/糎²)	A 組 撓 度 計				B 組 撓 度 計				C 組 撓 度 計			
	實測撓度 δ' (糎)	δ_E (糎)	δ_W (糎)	δ_W/δ' (%)	δ' (糎)	δ_E (糎)	δ_W (糎)	δ_W/δ' (%)	δ' (糎)	δ_E (糎)	δ_W (糎)	δ_W/δ' (%)
0	0	0	0	—	0	0	0	—	0	0	0	—
5	0.51	0.55	0.20	39.2	0.70	0.78	0.29	41.4	0.49	0.55	0.20	40.8
10	1.08	1.10	0.41	38.0	1.47	1.55	0.58	39.5	1.03	1.10	0.41	39.8
15	1.64	1.65	0.61	37.2	2.23	2.33	0.87	39.0	1.58	1.65	0.61	38.6
20	2.19	2.20	0.82	37.4	3.00	3.10	1.15	38.3	2.11	2.20	0.82	38.9
25	2.75	2.75	1.02	37.1	3.78	3.88	1.44	38.1	2.67	2.75	1.02	38.2

(其三) 兩端鎖接

壓力計示度 G (瓲/糎²)	A 組撓度計				B 組撓度計				C 組撓度計			
	實測撓度 δ' (糎)	δ_E (糎)	δ_W (糎)	δ_W/δ' (%)	δ' (糎)	δ_E (糎)	δ_W (糎)	δ_W/δ' (%)	δ' (糎)	δ_E (糎)	δ_W (糎)	δ_W/δ' (%)
0	0	0	0	—	0	0	0	—	0	0	0	—
5	0.38	0.55	0.20	52.6	0.50	0.78	0.29	58.0	0.34	0.55	0.20	58.9
10	0.69	1.10	0.40	59.4	0.96	1.55	0.58	60.4	0.65	1.10	0.41	63.1
15	1.00	1.65	0.61	61.0	1.42	2.33	0.87	61.2	0.98	1.65	0.61	62.3
20	1.33	2.20	0.82	61.7	1.90	3.10	1.15	60.4	1.30	2.20	0.82	63.1
25	1.65	2.75	1.02	61.8	2.37	3.88	1.44	60.8	1.60	2.75	1.02	63.0

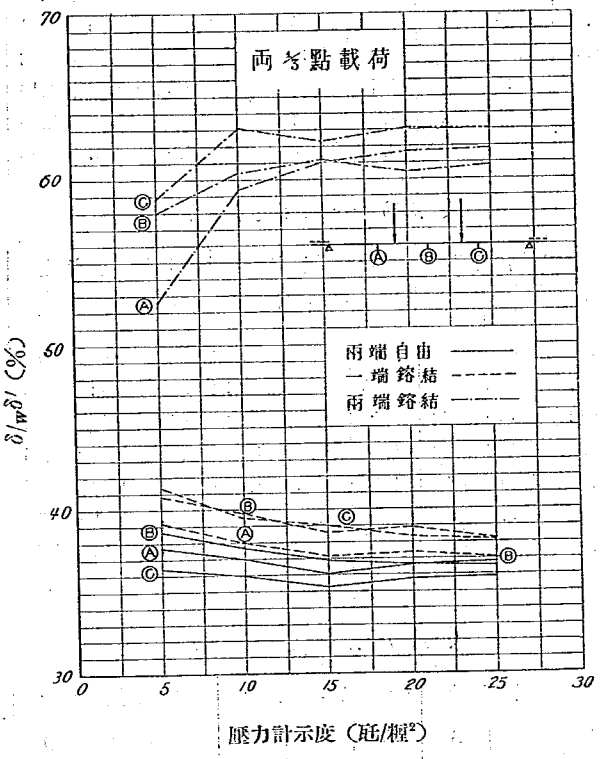
兩端自由の場合の實測撓度は δ_E 卽ち組合されざる個々の矢板の撓度と殆んど一致し、δ_W/δ' の値は $I_E/I_W=37.3\%$ と全く等しく矢板壁の組合効果は全然認め難し、前報告 Larssen I 號型鋼矢板につきては幾分の組合効果を認め得たるも、Ia 型に於ては全然このことなく、むしろ前回製鐵所鋼矢板に於ける成績と類似せり。

今組合效果の顯著ならざる理由が各矢板片間の相對的水平移動の自由あるがため、縱剪力に對する抵抗の僅少なるに基因するものとせば、各材片間隙の全面に亘り發生縱剪力に該當すべき抵抗を生ぜしむれば可なり、今日この目的のために工事上考案せられたる方法の主なるものに次の3種あり。一つは各材繼手を一定間隔毎に壓縮する方法にして Larssen 型鋼矢板に於ては特にこの目的のために製作されたる壓縮機あり、然れどもこの方法は鋼矢板打ち込み上の關係より同時打ち込みをなす2枚づゝにつきて施工し得るものにして、矢板全面に對してこれが應用は不可能なり。第2の方法は矢板打ち込み終了後、壁面全體に亘つて繼目の鎖接を行はんとする方法なれど、打ち込み箇所の關係上と矢板元來の目的より低水面上又は地上に露出せる部分につきて行ひ得るに止る。第3の方法は矢板の下端を地中硬地盤に打ち込むか、或は地上の上端にコンクリート・コーピングを施し、矢板壁の一端又は兩端を拘束せんとするものなり。

本實驗の一端鎖接及び兩端鎖接の場合はこの第3の工法に相當せしめたものにして、一端鎖接の場合の實驗結果を見るに組合效果の增加はこれを幾分認め得るも數%の程度にして δ_W/δ' の比の增加が 10% 以上に及べる點は稀なり。一端の鎖接のみにては隣接兩材片の相對的動移を抑制すること不能なるが故に、斯くの如き結果の現はるゝも當然なりと認む。前回の製鐵所鋼矢板に關しての此種試驗に於ては δ_W/δ' の增加は 20% 程度にして今回の Larssen Ia 型の場合に比しては幾分良好なり、これ繼手の形狀の相違による摩擦の大小、I_E/I_W の比の差、其他に原因するものなり。

兩端鎔接の場合の組合効果の增加は、一端鎔接の場合とは甚しき差異を示し、兩端自由の場合に比し δ_w/δ' の增加最大 76%, 最少 45% に及び且つ前二者と兩端鎔接の場合との傾向上の顯著なる差は、前二者が荷重の增加と共に δ_w/δ' を減じ、卽ち組合効果の遞減を示せるに拘らず、後者はこれが增加を示せることなり。第 1 圖はこれ等の諸點を明ならしめたり。

第 1 圖 Larssen Ia 型鋼矢板壁抗曲試驗 δ_w/δ' 圖表



2. Hoesch 鋼矢板

供試體は Hoesch II A 型鋼矢板長 6 米のもの六枚組合の矢板壁にして、撓度試驗裝置竝に觀測の方法其他前揭 Larssen 鋼矢板の場合と同樣なり、撓度測定の結果は第 3 表の如し。

第3表 Hoesch II A 鋼矢板壁抗曲試驗實測撓度

(其一) 兩端自由

壓力計示度 G(瓩/糎²) \ 撓度計番號	A組撓度計			B組撓度計			C組撓度計			摘要
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0.26	0.23	0.34	0.31	0.28	0.36	0.24	0.24	0.26	
40	0.52	0.51	0.64	0.63	0.62	0.70	0.50	0.50	0.49	
60	0.78	0.76	0.88	0.96	0.94	1.00	0.76	0.75	0.71	
80	1.00	0.98	1.10	1.26	1.23	1.27	0.98	0.97	0.92	
100	1.24	1.21	1.31	1.58	1.53	1.54	1.22	1.18	1.13	
120	1.47	1.42	1.50	1.87	1.82	1.81	1.44	1.40	1.33	
140	1.71	1.64	1.72	2.18	2.11	2.08	1.68	1.62	1.53	

(其二) 一端鎔接

壓力計示度 G(瓩/糎²) \ 撓度計番號	A組撓度計			B組撓度計			C組撓度計			摘要
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0.27	0.28	0.33	0.34	0.37	0.35	0.25	0.32	0.29	
40	0.52	0.54	0.62	0.68	0.71	0.69	0.50	0.60	0.52	
60	0.77	0.79	0.88	1.01	1.04	1.00	0.77	0.87	0.75	
80	0.98	1.00	1.10	1.30	1.32	1.28	1.00	1.09	0.96	
100	1.20	1.22	1.30	1.59	1.61	1.54	1.22	1.31	1.18	
120	1.43	1.42	1.50	1.89	1.88	1.80	1.43	1.52	1.37	
140	1.65	1.61	1.69	2.18	2.16	2.06	1.63	1.73	1.57	

(其三) 兩端鎔接

壓力計示度 G(瓩/糎²) \ 撓度計番號	A組撓度計			B組撓度計			C組撓度計			摘要
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0.27	0.31	0.30	0.33	0.40	0.35	0.25	0.33	0.27	
40	0.54	0.60	0.56	0.68	0.76	0.67	0.52	0.61	0.52	
60	0.79	0.85	0.81	1.01	1.09	0.97	0.77	0.87	0.74	
80	1.01	1.08	1.03	1.31	1.38	1.25	1.01	1.10	0.96	
100	1.24	1.28	1.25	1.60	1.68	1.53	1.24	1.32	1.17	
120	1.44	1.48	1.45	1.88	1.95	1.80	1.44	1.53	1.37	
140	1.65	1.69	1.65	2.17	2.22	2.06	1.66	1.74	1.55	

矢板壁端部の狀況を異にせる之等3種の試驗結果を比較するに、夫等の撓度には殆んど變化なく、端部の鎔接が其撓度に全然無關係なることを示せり、これ Z 型斷面を有する

Hoesch 鋼矢板にとりては當然の結果と稱すべく、溝型鋼矢板に於けるが如く縱剪力による矢板片相互間の相對的移動に對する懸念の不必要なることを證せり。

今兩端自由の場合の結果につきて實測撓度 δ' と理論撓度 δ_W との關係を求むるに、第4表の結果を得たり。

Hoesch 鋼矢板 II A 型 6 枚組合矢板壁の公稱慣性能率は

$$I_W=6\times 1\,100\times 0.4\times 9.25=24\,420\ (\text{糎}^3)$$

從つて壁を一體と考へたるときの理論撓度は前報告第 16 表により

$$\text{左右}\frac{l}{4}\text{點}\quad \delta_W=\frac{29}{1\,152}\,\frac{480^3}{2.15\times 10^6}\,\frac{P}{24\,420}=0.000\,053\,02P=0.009\,936G$$

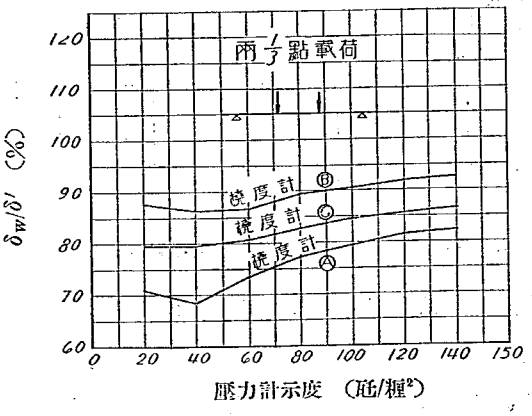
$$\text{中央}\quad \delta_W=\frac{23}{648}\,\frac{480^3}{2.15\times 10^6}\,\frac{P}{24\,420}=0.000\,074\,76P=0.014\,01G$$

第 4 表 Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗撓度比較表（兩端自由）

壓力計示度 G（瓲/糎²）	A 組撓度計			B 組撓度計			C 組撓度計		
	實測撓度 δ'（糎）	理論撓度 δ_W（糎）	δ_W/δ'（%）	δ'（糎）	δ_W（糎）	δ_W/δ'（%）	δ'（糎）	δ_W（糎）	δ_W/δ'（%）
0	0	0	—	0	0	—	0	0	—
20	0.28	0.199	71.0	0.32	0.280	87.5	0.25	0.199	79.5
40	0.58	0.397	68.5	0.65	0.560	86.1	0.50	0.397	79.4
60	0.81	0.596	73.5	0.97	0.841	86.6	0.74	0.596	80.5
80	1.03	0.795	77.2	1.25	1.120	89.6	0.96	0.795	82.8
100	1.25	0.994	79.6	1.55	1.401	90.5	1.18	0.994	84.4
120	1.46	1.192	81.6	1.83	1.681	92.0	1.39	1.192	85.8
140	1.69	1.391	82.4	2.12	1.961	92.5	1.61	1.391	86.5

δ_W/δ' の値は撓度計によりて其割合を多少異にするも、中央部の B 組のもの最大の比率を示せること、及び δ_W/δ' の値が大約 80～90% の間にありて荷重と共に減少することなくある一定値に達するまで增大するの傾向を示せることは、前報告に揭げたる、同じく Z 型鋼矢板たる Klöckner 鋼矢板に於ける實驗結果と近似せり、第2圖は荷重と δ_W/δ' の關係を圖示せるものなり。

第 2 圖 Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗 δ_W/δ' 圖表



第三 緣維應力より見たる矢板壁慣性能率

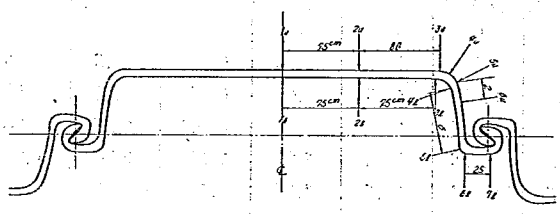
實驗は壁の長さの方向の緣維應力を實測して、矢板壁の實中立軸の位置を決定し、これによつて矢板壁の實慣性能率を求め、公稱値との比較をなし、撓度試驗による結果と相俟つて矢板壁の性能を充分明かならしめんとするものなり。實驗に使用せる諸設備は前報告のものと全く同一にして、緣維應力の測定には Huggenberger Tensometer を使ひたり。

1. Larssen 鋼矢板

供試體は撓度試驗に用ひたるものと同一なり、緣維應力の測定箇所は第 3 圖に示せる 13 點にして中 2_u 及 2_l の 2 點は實測に當つて其觀測を省略したり。

兩端自由の場合 實測緣維應力は第 5 表に示すが如し。

第 3 圖 Larssen 鋼矢板壁抗曲試驗應力測定點



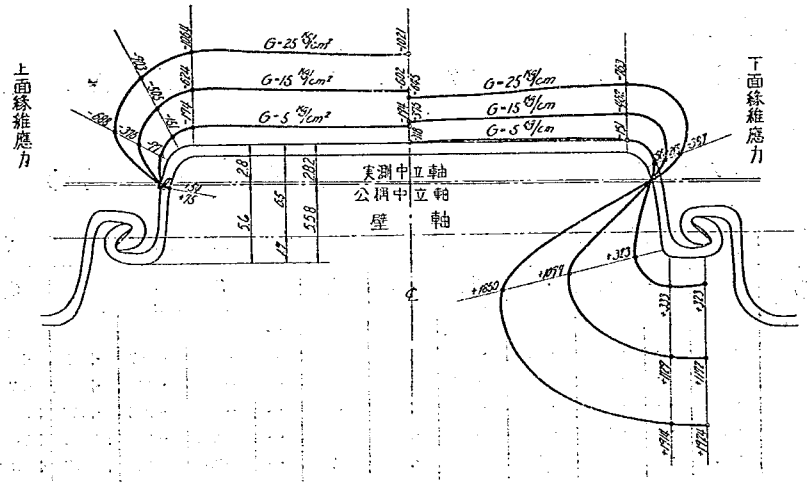
第 5 表 Larssen 鋼矢板壁抗曲試驗實測緣維應力表 (兩端自由)

觀測點 / 壓力計示度(瓦/糎²)	上面緣維應力						下面緣維應力						
	1_u	2_u	3_u	4_u	5_u	6_u	1_l	2_l	3_l	4_l	5_l	6_l	7_l
0	0	—	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	0
5	−194	—	−194	−151	− 97	0	−118	—	−151	− 86	+323	+333	+323
10	−398	—	−398	−333	−237	+ 32	−247	—	−301	−151	+720	+731	+742
15	−602	—	−624	−505	−376	+ 54	−376	—	−461	−215	+1097	+1129	+1172
20	−806	—	−849	−699	−538	+ 65	−516	—	−613	−312	+1505	+1516	+1559
25	−1021	—	−1064	−903	−688	+ 75	−645	—	−763	−387	+1860	+1914	+1924

この結果に基きて求めたる實中立軸の位置は第 4 圖に示すが如く $\xi'_1=5.6$糎, $\xi_2'=2.8$糎にして公稱値 $\xi_1=5.58$糎, $\xi_2=2.82$ 糎に對して幾分外側にあることを示せり、中立軸の位置が組合の影響により、個々の斷面の中立軸以上に外側に移ることは有り得べからざるも、これ等の數値の相違は供試體の形狀と正規形狀との間の相違と觀測の誤差に基くものと認む。これ等の事實より實中立軸は個々の斷面の中立軸とほゞ一致し、組合による斷面

剛率增加の効果は認め得ざるものなりとの結論を下し得ることは撓度試驗の結果と同様なり。又前報告に於ける同種鋼矢板 Lackawanna, 製鐵所矢板につきて求めたる結論とよく一致せり。

第 4 圖 Larssen 鋼矢板壁抗曲試驗緣維應力分布圖（兩端自由）



今實測緣維應力をもつて壁の實慣性能率の算出をするに、上面緣維應力 f_2 としては $1u$ 及 $3u$ の平均値、下面緣維應力 f_1 としては $6l$ 及 $7l$ の平均値を採れば

荷重による中央部の彎曲率は鋼矢板一枚につき

$$M=\frac{1}{6}\times 160\times P=4.997.3G$$

斷面率竝に慣性能率は $R_W'=\dfrac{M}{f_1}$ $R_W''=\dfrac{M}{f_2}$

$$I_W'=R_W'\times\xi'_1 \qquad I_W''=R_W''\times\xi'_1$$

にして實測値より求めたるこれ等の値は第 6 表の如し。

第 6 表 實測緣維應力より算出せる實斷面率及慣性能率（兩端自由）

壓力計示度 G（瓲/糎²）	彎曲率 M（瓲糎）	測定 1_u 及 3_u 平均（$\xi_2'=28$糎）			測定 6_l 及 7_l 平均（$\xi_1'=5.6$糎）		
		f_2（瓲/糎²）	R_W''（糎³）	I_W''（糎⁴）	f_1（瓲/糎²）	R_W'（糎³）	I_W'（糎⁴）
0	0	0	—	—	0	0	—
5	24 986.5	− 194	128.9	360.9	328	76.18	426.6
10	49 973.0	− 398	125.6	351.7	737	67.80	379.7
15	74 959.5	− 613	122.3	342.4	1 150.5	65.15	364.8
20	99 946.0	− 827.5	121.0	338.8	1 537.5	65 01	364.1
25	124 932.5	−1 042.5	120.0	336.0	1 919.0	65.10	364.6

上表實測の結果に基きたる R_W' の値と個々の斷面の公稱斷面率 R_E とを比較するに前者が荷重 10瓲以上にて $R_W'=65\sim68$ 糎^3 あるに對し、後者は $R_E=66$ 糎^3 にして兩者極めてよく一致せり、從つて實慣性能率も $I_W'=340\sim380$ 糎^4 に對し、公稱 $I_E=368$ 糎^4 にて兩者全然合致し、矢板壁が矢板片の單なる集合と考ふべきものなることを立證せる點は撓度試驗の結果と同樣なり。

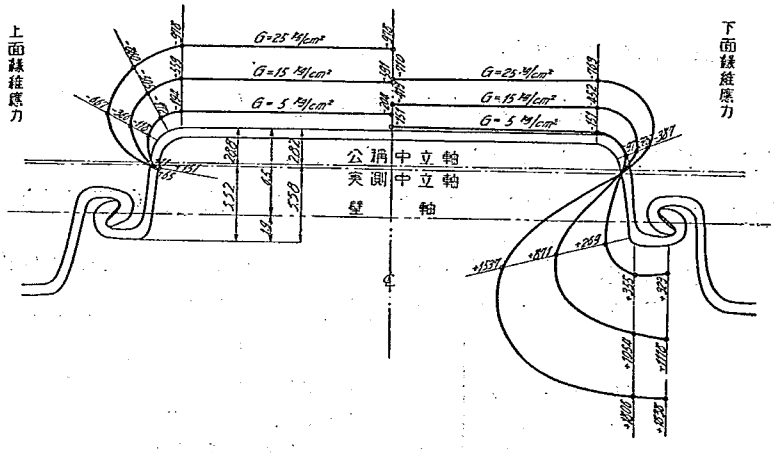
一端鎔接の場合　實測緣維應力は第 7 表の如くにして其數値は兩端自由の場合と殆んど變化なし。

第 7 表　Larssen 鋼矢板壁抗曲試驗實測緣維應力表（一端鎔接）

壓力 計示度 G(瓲/糎²) ＼ 觀測點	上面緣維應力						下面緣維應力						
	1_u	2_u	3_u	4_u	5_u	6_u	1_l	2_l	3_l	4_l	5_l	6_l	7_l
0	0	—	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	0
5	−204	—	−194	−172	−118	+ 11	−151	—	−151	− 97	+269	+355	+323
10	−398	—	−376	−344	−237	+ 32	−290	—	−280	−140	+559	+720	+710
15	−591	—	−559	−505	−366	+ 65	−419	—	−452	−226	+871	+1 054	+1 118
20	−785	—	−763	−677	−505	+108	−548	—	−602	−312	+1 204	+1 419	+1 494
25	−978	—	−978	−869	−667	+151	−710	—	−763	−387	+1 537	+1 806	+1 838

實測値にもとづきて求めたる實中立軸の位置は兩端自由の場合に比し幾分、壁軸に接近せること第 5 圖の如くなるも $\xi'_1=2.88$ 糎 $\xi'_2=5.52$ 糎にして個々の斷面の主軸とほゞ一致せること兩端自由の場合と大差なし。

第 5 圖　Larssen 鋼矢板壁抗曲試驗緣維應力分布圖（一端鎔接）



兩端鎔接の場合　第 8 表に示せる實測結果によれば、端部の鎔接が壁の斷面率增加に相當效果的なることは明なるも、この效果は支間 4.8 米、兩端鎔接長約 60 糎の場合に得

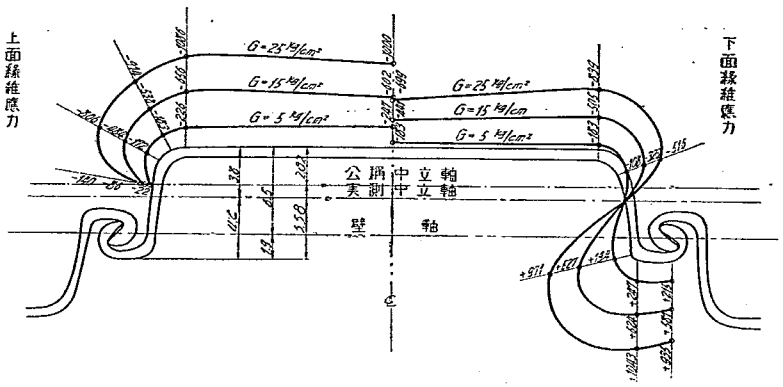
たる成績にして支間と鎔接長の變化と共に異るべき性質のものなり。

第 8 表 Larssen 鋼矢板壁抗曲試驗實測緣維應力表（兩端鎔接）

壓力計示度 G(瓲/糎²) ＼ 觀測點	上面緣維應力						下面緣維應力						
	1_u	2_u	3_u	4_u	5_u	6_u	1_l	2_l	3_l	4_l	5_l	6_l	7_l
0	0	—	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	0
5	−247	—	−226	−183	−172	− 22	−183	—	−183	−108	+194	+247	+215
10	−430	—	−441	−366	−333	− 54	−312	—	−333	−215	+355	+430	+387
15	−602	—	−656	−538	−484	− 86	−441	—	−505	−323	+627	+624	+581
20	−796	—	−871	−731	−645	−118	−581	—	−688	−419	+788	+839	+763
25	−1 000	—	−1 086	−914	−806	−140	−699	—	−839	−516	+971	+1 043	+935

今この實測値を兩端自由の場合に比較するに 1_u 及 3_u の平均値に於て數%增、6_l 及 7_l の平均値に於て約 48% 減となり實中立軸は第 6 圖に示すが如く $\xi_1'=4.6$ 糎, $\xi_2'=3.8$ 糎て前揭の場合に比し著しく壁軸に接近せり。

第 6 圖 Larssen 鋼矢板壁抗曲試驗緣維應力分布圖（兩端鎔接）



この場合の實斷面率竝に慣性能率を兩端自由の場合と同樣の假定にて算出すれば第 9 表の結果を得。

第 9 表 實測緣維應力より算出せる實斷面率及慣性能率（兩端鎔接）

壓力計示度 G（瓲/糎²）	彎曲率 M（瓲糎）	測點 1_u 及 3_u 平均（$\xi_2'=3.8$糎）			測點 6_l 及 7_l 平均（$\xi_1'=4.6$糎）		
		f_2(瓲/糎²)	R_W''(糎³)	I_W''(糎⁴)	f_1(瓲1糎²)	R_W'(糎³)	I_W'(糎⁴)
0	0	0	—	—	0	0	—
5	24 986.5	− 237	105.4	400.5	+231	108.2	497.7
10	49 973.0	− 436	114.6	435.5	+409	122.2	562.1
15	74 959.5	− 629	119.2	453.0	+603	124.3	571.8
20	99 946.0	− 834	119.8	455.2	+801	124.8	574.1
25	124 932.5	−1 043	119.8	455.2	+989	126.3	580.9

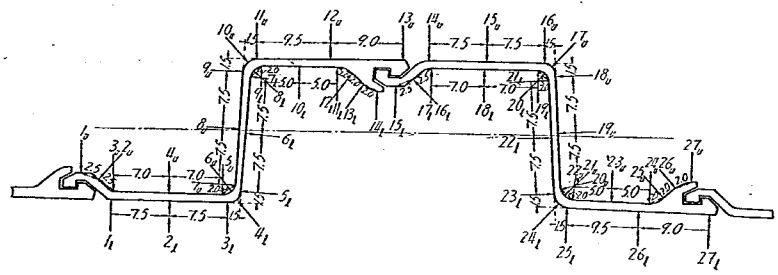
上記の如くにして求め得たる實斷面率は約 120糎³ にして、これを R_E=66 糎³ に比較するとき約 80% 增、R_W=152 糎³ に比すれば約 20% 不足にして、兩端鎔接せる組合狀態が個々の材片の組合と、矢板壁全體が一體となりたるときとの中間に位することを示せり。同時に求め得た慣性能率 460～580 糎⁴ は公稱 $I_W=152\times6.5=988$ 糎⁴ に比すれば遙かに低値なり。

これ等の實驗の結果を綜合するに Larssen 鋼矢板も他の溝形斷面鋼矢板に於けると全く同樣にして單なる組合せ又は一端鎔接にては、斷面率の增加に對して充分なる効果を擧け難く、兩端鎔接するに及んで組合効果をある程度まで認めらるも其程度は支間と鎔接長との關係に支配せらるべきものにして一定し難きことを結論し得べし。

2. Hoesch 鋼 矢 板

抗曲試驗と同樣に兩端自由、一端鎔接、兩端鎔接の 3 つの場合につき緣維應力の測定を行ひたり、觀測點は第 7 圖に示す 54 點にして各々の場合の主要觀測値を示せば第 10 表の如し。

第 7 圖 Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗應力測定點



第 10 表 Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗實測緣維應力表

(其一) 兩 端 自 由

壓力計示度(瓲/糎²) \ 觀測點	上面緣維應力						下面緣維應力					
	3_u	4_u	5_u	11_u	12_u	13_u	17_l	18_l	19_l	25_l	26_l	27_l
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	118	118	161	−108	− 97	−129	−108	−108	− 75	140	40	161
40	247	312	323	−247	−258	−280	−269	−269	−237	312	312	344
60	441	527	505	−430	−419	−473	−462	−441	−441	505	516	538
80	656	731	699	−602	−613	−667	−656	−634	−645	699	731	753
100	860	946	882	−806	−785	−871	−860	−806	−882	903	935	968
120	1 032	1 150	1 075	−1 011	−968	−1 097	−1 075	−1 011	−1 075	1 097	1 150	1 183
140	1 258	1 387	1 279	−1 215	−1 172	−1 312	−1 290	−1 204	−1 279	1 312	1 376	1 398

(其二) 一 端 鎔 接

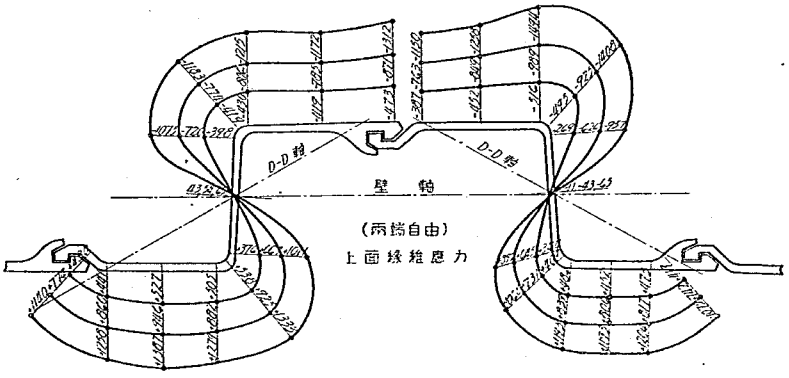
壓力計示度(瓩/糎²) \ 觀測點	上面緣維應力						下面緣維應力					
	3_u	4_u	5_u	11_u	12_u	13_u	17_l	18_l	19_l	25_l	26_l	27_l
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	108	129	118	−108	−108	− 75	−108	−151	−151	183	161	172
40	247	280	301	−247	−237	−226	−312	−312	−312	355	344	366
60	441	495	462	−398	−430	−430	−484	−505	−495	538	538	559
80	613	677	645	−581	−624	−613	−656	−699	−677	731	310	742
100	817	903	839	−763	−817	−828	−860	−914	−882	946	925	968
120	1 021	1 086	1 043	−946	−1 000	−1 032	−1 075	−1 129	−1 086	1 150	1 129	1 172
140	1 193	1 290	1 247	−1 140	−1 215	−1 247	−1 290	−1 344	−1 290	1 365	1 355	1 398

(其三) 兩 端 鎔 接

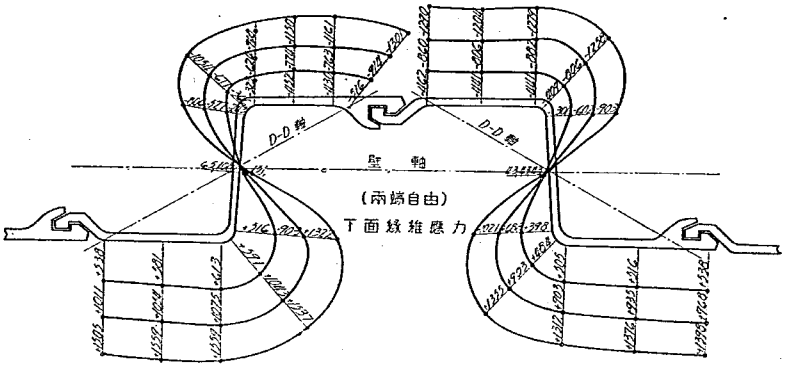
壓力計示度(瓩/糎²) \ 觀測點	上面緣維應力						下面緣維應力					
	3_u	4_u	5_u	11_u	12_u	13_u	17_l	18_l	19_l	25_l	26_l	27_l
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	140	129	98	−118	−108	− 97	−140	−151	−140	151	172	161
40	280	269	237	−258	−237	−215	−301	−312	−301	333	355	333
60	473	473	387	−452	−419	−387	−452	−484	−473	495	538	473
80	624	645	581	−656	−581	−559	−624	−645	−624	667	731	645
100	817	828	753	−860	−785	−774	−817	−849	−796	882	946	828
120	1 000	1 032	925	−1 043	−989	−978	−1 000	−1 043	−989	1 086	1 172	1 000
140	1 204	1 226	1 118	−1 258	−1 193	−1 204	−1 236	−1 258	−1 183	1 290	1 398	1 215

此等實測值によりて求めたる應力分布圖 (第 8 圖乃至第 13 圖) によつて按ずるに、應

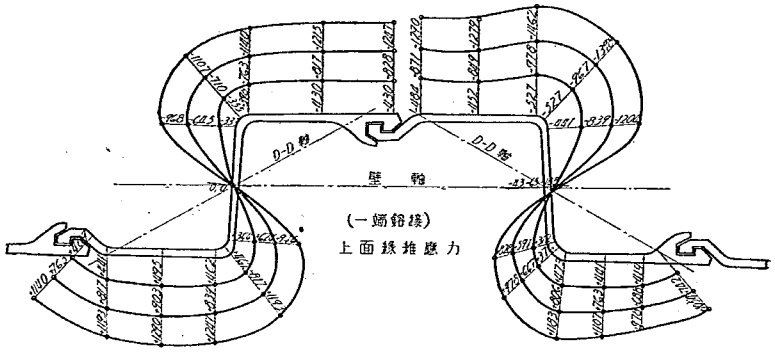
第 8 圖 Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗緣維應力分布圖 (其一)



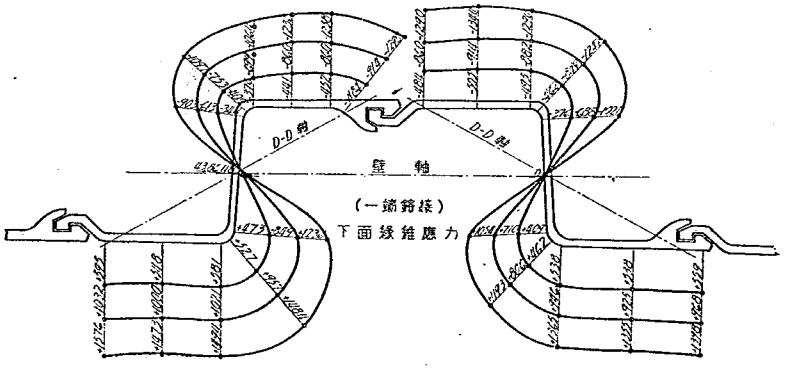
第 9 圖 Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗絲維應力分布圖（其二）



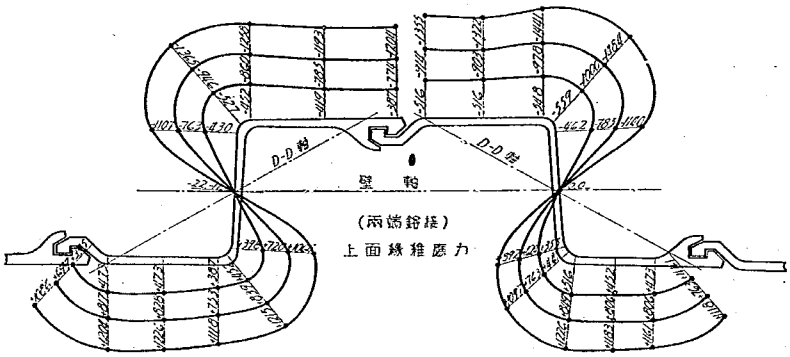
第 10 圖 Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗絲維應力分布圖（其三）



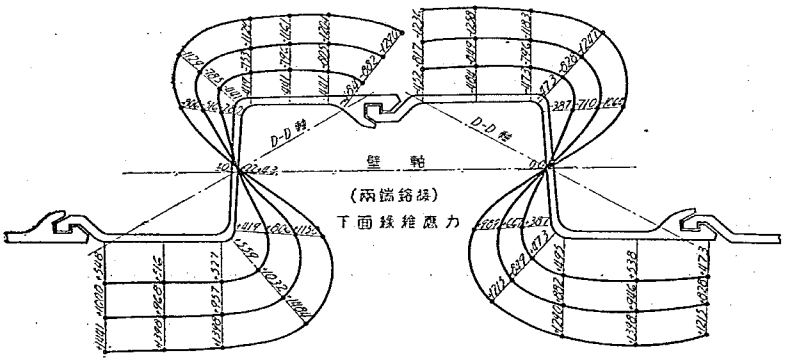
第 11 圖 Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗絲維應力分布圖（其四）



第 12 圖　Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗緣維應力分布圖（其五）



第 13 圖　Hoesch 鋼矢板壁抗曲試驗緣維應力分布圖（其六）



力の零點が殆んど壁軸上に存することは明にして、且つ個々の矢板片につきて考へらるゝ中立軸が壁軸となす傾斜は極めて少く、其方向も矢板片毎に或は負に或は正にして一定せず、これ等の事實より判斷するに實中立軸は壁軸と著しき位置の相違なきものと認む。實中立軸の傾斜は兩端自由の場合に於て最も大にして、兩端鎔接の場合には殆んどこれを認め得ず。

今兩端自由の場合につきて實測緣維應力より與へらるゝ實斷面率及慣性能率を求むれば第 11 表の如し、本計算にては中立軸は壁軸に一致するものと假定し、緣維應力は 3_u, 4_u, 5_u ; 11_u, 12_u, 13_u ; 17_l, 18_l, 19_l, ; 25_l, 26_l, 27_l の平均値を用ひ、彎曲率は

$$M=\frac{1}{6}\times 160\times P=4\,997.3G$$

にて示さるものとす。

第 11 表　實測緣維應力より算出せる實斷面率及慣性能率

（兩端自由）

壓力計示度 G (瓲/糎²)	彎曲率 M (瓲糎)	測點 $3_u,4_u,5_u$ 平均			測點 $11_u,12_u,13_u$ 平均			測點 $25_l,26_l,27_l$ 平均			測點 $25_l,26_l27_l$ 平均		
		f (瓦/糎²)	R_W' (糎³)	I_W' (糎⁴)	f	R_W'	I_W'	f	R_W'	I_W'	f	R_W'	I_W'
0	0	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—
20	99 950	132	757	7 002	111	900	8 325	97	1030	9 528	147	680	6 290
40	199 890	294	680	6 290	262	763	7 058	258	775	7 169	319	627	5 800
60	299 840	491	611	5 652	441	680	6 290	448	669	6 188	520	577	5 337
80	399 780	695	575	5 319	627	638	5 901	645	620	5 735	728	549	5 078
100	499 730	895	558	5 162	821	609	5 633	849	589	5 448	935	534	4 950
120	599 680	1 085	553	5 115	1 025	585	5 411	1 054	569	5 263	1 143	525	4 850
140	699 620	1 308	535	4 949	1 233	567	5 245	1 258	556	5 143	1 362	514	4 755

上表の結果を見るに公稱斷面率 440糎³, 公稱慣性能率 4070糎⁴, に對し、實測計算値は孰れも著しく大にして、高荷重に對して 20～30% 增、低荷重に於ては 2 倍以上に達したものあり、斯くの如き低緣維應力の觀測せられたることは實驗者の甚た疑問とせしところにして觀測上の誤謬によるものにあらざるかを調査せしも、其基因するところを審かにすることを得ざりしを遺憾とす、材片が型錄寸法に比して幾分肉厚、寸法大なりし傾向あるも、上記の如き大なる相違を生ずべき原因たり得ず。

以上の如く緣維應力の測定値に幾分の疑問を存するも、概括的には撓度試驗の結果と相俟つて、Hoesch 鋼矢板につきての實驗結果も、又他種の Z 型鋼矢板と同樣に前報告に揭けたる結論を裏書するものなること明かなり。（完）

エタニット・パイプ試験

内務技師　青　木　楠　男

目　次

頁
第一章　緒　言……(2)
第二章　材質試驗……(3)
第一節　組　織……(3)
第二節　比重、含水率及吸水率……(4)
1. 試片竝測定方法……(4)
2. 試驗成績……(4)
第三節　抗壓强度……(5)
1. 試片竝試驗方法……(5)
2. 氣乾狀態抗壓强度……(5)
3. 飽水狀態抗壓强度……(7)
4. 絕對乾燥狀態抗壓强度……(8)
5. 加壓方向竝含水率による抗壓强度の變化……(8)
第四節　抗張强度……(9)
1. 試片竝試驗方法……(9)
2. 抗張强度……(10)
3. 彈性率の測定……(11)
第五節　硬　度……(12)
1. 試片竝試驗方法……(12)
2. 磨耗量竝硬度……(13)
第三章　管體試驗……(14)
第一節　彎折試驗……(14)
1. 試驗片竝試驗方法……(14)
2. 抗曲强度……(14)

第二節 外壓試驗……(16)
1. 試驗片竝試驗方法……(16)
2. 外壓强度……(17)
3. 彈性率の測定……(19)
第三節 水壓試驗……(20)
1. 試驗片竝試驗方法……(20)
2. 內壓强度……(21)
第四節 接手試驗……(23)
1. 接手の種類……(23)
2. 接手水壓試驗……(23)
3. 接手牽引試驗……(24)

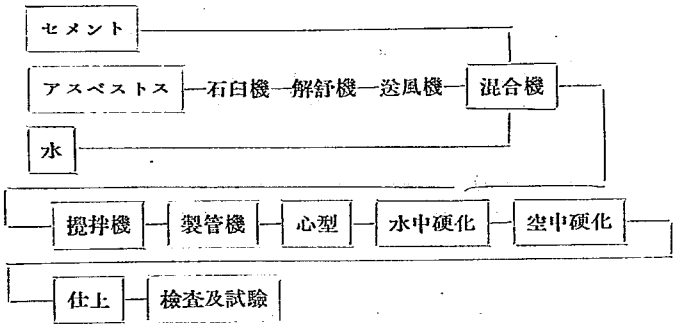
第一章 緒 言

本試驗は岩手縣一關町の依頼により同町が上水道給水管として使用せんとするエタニツト・パイプにつきて行へる各種試驗成績を一括せるものなり。試驗の施行につては當所員鈴木倫虎、石川利雄兩氏を煩すこと頗る大なり。

エタニツト・パイプの沿革 エタニツト・パイプは伊太利人アドルフ・マツザー氏によつて考案研究せられたるものにして 1913 年初めて同國カザーレ市に於て其製造が企られ 1916 年に至りて製品として市場に現はれ、これの有する各種の特質は各方面の工業用導管としての用途を急速に擴むるに至れり。ひきつゞき其製法は西班牙、佛蘭西、獨逸、日本、英國、米國等の主要工業國の特許を得て、1928 年後に至りて英米兩國にて其製造が開始せられ、本邦にては昭和六年日本エタニツト・パイプ會社が其特許權を獲得してこれが製造に着手するに至れり。

エタニツト・パイプの製法と其原料 エタニツト・パイプの主要原料はポートランド・セメントとアスベストスにして、後者を石臼機其他を用ひて適當なる大さに細斷解舒したる後、兩者を混合、適量の水にて乳狀膠泥液となし、この膠泥液を製紙輪轉機に於けると同樣の方法にて廻轉せるフェルト上に約 $\frac{1}{3}$mm 厚の無繼目の薄層として送り出し、適當に水分を除去したる後、所要管徑の滑かに磨き出されたる鋼製軸上に均等なる强壓を加へつゝ捲きつけ所要の厚さに至らしむ。然る後管を鋼軸より引き抜き、心型をはめて適當なる期

間硬化室に置きたる後、一週間の水中硬化を行ひ、更に3週日の空中自然硬化を行ひて製造を完了す。今製法の過程を表示すれば下の如し。



今日日本エタニツト・パイプ會社にて使用せるポートランド・セメントは小野田セメントにして、アスベストスは南亞 Cape 附近産の青色アスベストス及び Rhodesia 附近産の白色アスベストスを混合使用せり。セメント竝にアスベストスの配合は重量比 7:1, 見掛の容積比約 1:2 なり。膠泥混合用の水量はフェルト上の膠泥厚が約 $\frac{1}{2}$mm となるを標準とせるも捲きつけに當りて加壓によつて水分を壓搾するが故に管形成時の水量は遙かに少なかるべきも水セメント比の如きものゝ測定は困難なり。

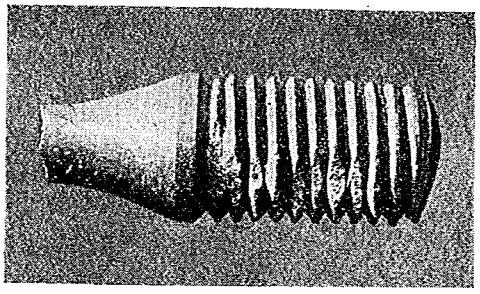
第二章　材質試驗

第一節　組　織

管の製法が薄層の強壓下にての重ね合せなるがために、形成後の管の組織は極めて緻密にして材質の偏り、又は氣孔等の存在を認め難し、但しアスベストスの纖維は管軸と管周の方向とが形作る面上に積み重ねらるゝが故に管軸竝に管周に直角の方向の斷面にては層狀組織を呈し、後述すべき抗壓試驗に於ては成層面の肌はなれを生ずる傾向あると共に、他の諸性質に於ても管軸の方向と他の 2 方向との間に顯著なる相違を示せり。

次にこの材料の他のセメント製品と著しく異る點はこれが工作機械にて加工し得る點にして、機械仕上面は磁器光澤を有して美麗なり、但管徑の方向には成層の關係より質脆く細き工作困難なり、第一圖は抗張試驗片端部の仕上げを示せるものにして管徑の方向にあ

る螺旋山に缺けたる部分多し。



第1圖 抗張試驗片把握部の仕上

第二節 比重、含水率及吸水率

1. 試片竝に測定方法 比重、含水率及吸水率の測定用試片には管より採取したるまゝのもの大中小3個と抗張試驗片の半折せるものを用ひたり、又含水率は上記試片のほかに抗壓試驗片につきてもこれを測定したり、これ等の成績は抗壓試驗成績表中に揭げたり。

比重竝に吸水百分率測定法は當所石材類標準試驗法により、浸水時間を96時間となしたり、又含水率は試片の氣乾狀態に於けるものを求めたり。

W ：氣乾狀態の試片の空氣中に於ける重量（gr）

W_1 ：絕對乾燥後の空氣中に於ける重量（gr）

W_2 ：96時間浸水後の水中に於ける重量（gr）

W_3 ：96時間浸水後の空氣中に於ける重量（gr）

$$\text{含水百分率}=\frac{W-W_1}{W_1}\times 100$$

$$\text{比　　重}=\frac{W_1}{W_3-W_2}$$

$$\text{吸水百分率}=\frac{W_3-W_1}{W_1}\times 100$$

2. 試驗成績 上記の方法によつて測定したる含水率、比重、吸水率第1表の如し。

第1表 含水率、比重及吸水率

試片番號	W (gr)	W_1 (gr)	W_2 (gr)	W_3 (gr)	含水百分率 (%)	比　重	吸水百分率 (%)
1	227.00	211.28	127.27	232.88	7.43	2.00	10.2
2	63.60	59.02	35.35	65.89	7.76	1.93	11.6
3	—	2.035	1.240	2.290	—	1.94	12.5
4	—	10.010	6.210	11.155	—	2.02	11.4
平均					**7.60**	**1.97**	**11.4**

上記の測定結果によれば含水百分率は平均 7.6% 程度にしてこれを吸水百分率に比するに約 70% に當れり、而してこれを後述すべき抗壓試驗片につきて測定したる含水率平均 9.6% に比すれば稍少量なるも、これ後者が水中硬化後空中濕度と平衡狀態に至るまで充分乾燥せるやに疑問ある點に基因す。

見掛けの比重は 1.97 にしてこれをニート・セメントの比重 1.8～2.3, アスベストスの比重 2.1～2.8 に比較するとき幾分輕きに過ぐる感なきにあらざるも、これを大差なきものとせば他の給水管材料たる鑄鐵の 7.25, 混凝土の 2.2 等に比較して著しく輕量なりと云ふべし。

吸水百分率は 96 時間浸水にては上記の如く平均約 11% なるも後述すべき抗壓試驗に於て材料を飽水狀態ならしむるため約 14 日間浸水して行ひたる吸水試驗の結果は吸水百分率 14.3% 程度に達したり。

第三節　抗壓强度

1. 試片竝に試驗方法　試片は石材標準試驗方法の定むる所に準じ立方體を選びたり。而して今日エタニット・パイプ會社にて多數に製造せられつゝある管の厚さは 25mm を限度とし、これ以上のものゝ既成品少きため、止むなく當時偶々在庫せる管徑 200mm 管厚 33mm の管二本より 27 個の試片を採り試驗に供したり。試片は 30mm 立方とし、其 3 主軸を管軸、管徑、管周の 3 方向にとり、加壓の方向をこれ等 3 種の方向に區分し、これに A. B. C の記號を附したり、各種とも 9 個の試驗を行ひ、中 3 個は氣乾狀態にて、3 個は絕對乾燥狀態にて、他の 3 個は飽水狀態にて行ひたり。工作機械にて仕上げたる試片の表面には管軸、管周の直角の方向に弧狀又は直線狀の成層を明かに認め得たり。

2. 氣乾狀態抗壓强度　試片試驗時の含水率はこれを測定せざりしも他の試片の測定結果より推するに 8～10% 程度なりと認む。

試驗は 200 瓲アムスラー型抗壓試驗機を主として使用したり、試驗成績第 2 表の如し。

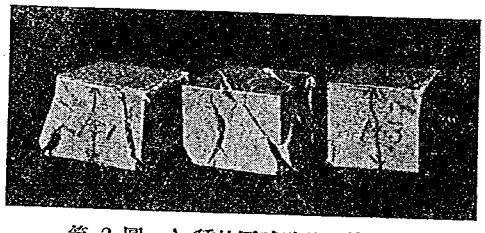
破壞狀況を見るに 3 方向孰れの加壓の場合も明瞭なる降伏點を認め得ず、最大荷重に達して急激に破壞す、而して强度は成層面に垂直の方向卽ち管徑の方向に最大にして、平均 1560kg/cm² に及び、管軸の方向の强度はこれに次ぎ其 67%、管周の方向に最弱にして其 62% に過ぎず、今此等の强度をコンクリート又はモルタルの强度に比較するに、後者等の强度を最少 170kg/cm², 最大 450kg/cm² と看做すとき最大 9 倍, 最少 2 倍以上の强度を

第2表 氣乾狀態抗壓强度

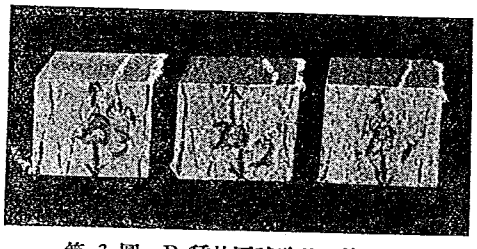
試片番號	加壓方向	試片寸法 長	幅	高	斷面積	破壞荷重 (kg)	抗壓强度 (kg/cm²)	備考
		mm	mm	mm	cm²			
A_1	管徑	30	× 30	× 30	9	13 000	1 440	試片製作月日
A_2	〃	〃			〃	13 700	1 520	8年3月23日
A_3	〃	〃			〃	15 550	1 730	試驗施行月日
平均							**1 560**	8年5月8日
B_1	管軸	30	× 30	× 30	9	9 100	1 010	材齡 46日
B_2	〃	〃			〃	9 450	1 050	
B_3	〃	〃			〃	9 850	1 100	
平均							**1 050**	
C_1	管周	30	× 30	× 30	9	8 050	894	
C_2	〃	〃			〃	8 950	994	
C_3	〃	〃			〃	9 300	1 030	
平均							**973**	

有することゝなる、同一セメント製成物にて斯くの如き强度の差異を生ずることはエタニツト・パイプが其製法に於て薄層毎に强壓下に壓縮せらるゝことゝ混合せられたるアスベストスの强靱なる結合作用とによるものと思考す。

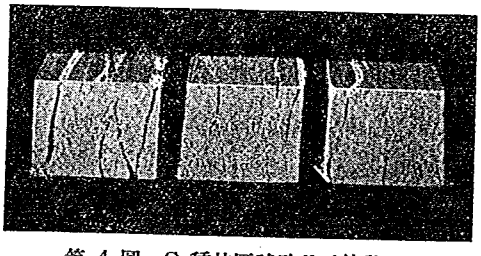
次に此等試驗片の破壞狀況を見るに、A種の成層面に垂直に加壓せるものに於ては最初に發生する破壞ひゞ面は成層面にほゞ45°の傾きを示せるもの多く、B及C種のものは其側面に千鳥形の龜裂を生じ、加壓面には成層面に沿ひての肌離れを發生せり、而して側面の千鳥形龜裂はC種のものにては幾分の弧形を示せり、これ等の龜裂は最大剪力面と成層面の弱點との兩影響に支配せられたるものなること明かにして、千鳥形龜裂の傾斜角は水平面に對して約75°なり。(第二圖乃至第四圖參照)



第2圖 A種抗壓試驗片破壞狀況



第3圖 B種抗壓試驗片破壞狀況



第4圖 C種抗壓試驗片破壞狀況

3. 飽水狀態抗壓强度　管が導水管として使用せらるゝ場合、管は常時飽水に近き狀態にあるものと考へらるゝが故にこの狀態に於ける强度を求めたり、試片浸水期間は約 14 日間にして重量の增加を認めざるに至りて取り出し抗壓試驗を行ひたり、浸水中試片表面竝に容器に灰白色の細粉の附着著しく、取出し後表面の細粉を拭ひ去りし場合仕上面の滑さの相當損せられをるを認めたり。

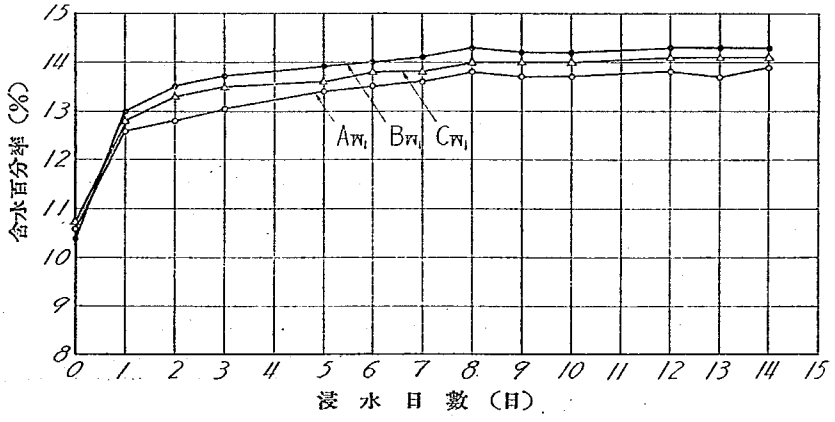
試驗機は氣乾狀態の試片の場合と同樣にして、試驗成績第 3 表の如し。

第 3 表　飽水狀態抗壓强度

(試料製作月日 8 年 3 月 24 日　試驗施行月日 8 年 6 月 21 日　材齡 89 日

試片番號	加壓方向	試片寸法 長	幅	高	斷面積	飽水重量 (gr)	乾燥重量 (gr)	試驗時含水率 (%)	破壞荷重 (kg)	抗壓强度 (kg/cm²)
		mm	mm	mm	cm²					
A_{W1}	管徑	30.0	30.0	30.0	9.00	60.070	52.740	13.9	16 250	1 810
A_{W2}	〃	30.0	29.9	30.1	8.97	60.275	53.040	13.6	16 250	1 810
A_{W3}	〃	30.1	29.9	30.2	9.00	59.900	52.460	14.2	15 250	1 690
平均										**1 770**
B_{W1}	管軸	30.1	30.1	29.9	9.06	59.630	52.150	14.3	8 250	910
B_{W2}	〃	30.2	29.9	30.1	9.03	59.670	52.170	14.4	8 300	920
B_{W3}	〃	30.1	30.0	30.1	9.03	58.400	50.550	15.5	8 100	900
平均										**910**
C_{W1}	管周	30.1	30.0	30.0	9.03	59.865	52.445	14.2	9 100	1 010
C_{W2}	〃	30.1	30.0	30.0	9.03	60.320	53.140	13.5	9 850	1 090
C_{W3}	〃	30.1	30.2	29.9	9.09	59.250	51.515	15.0	8 600	950
平均										**1 020**

第 5 圖　浸水による含水百分率の增加曲線



試片の破壞狀況は氣乾狀態のものと大差なし、强度は成層面に垂直の方向に 1770kg/cm² 管周の方向に 1020kg/cm² にして前者の約 58%, 管軸の方向に 910kg/cm² にして約 51% なり。

試片の浸水に際しての吸水狀態は第5圖の圖表の如くなり、試驗は氣乾狀態のものについて行ひたるものなるも浸水第1日にて全吸水量 14% の約 90% を吸收し、これより吸水量は漸減し第8日に至りてほゞ飽水狀態に近づきたることを示せり。

4. 絕對乾燥狀態抗壓强度 試料が含水率の變化に伴ひ强度を變ずる割合を求めんとせるも試料不足にしてこれに要する試片の製作不能なりしため、こゝに前揭氣乾狀態、飽水狀態の强度と比較せんがために絕對燥乾狀態に於ける抗壓强度を求めたり、試驗機其他氣乾狀態の試驗に準ず、試驗成績第 4 表の如し。

第 4 表 絕對乾燥狀態抗壓强度

(試料製作月日 8年 3月 24日 試驗施行月日 8年 6月 21日 材齡 89 日)

試片番號	加壓方向	試片寸法 長 mm	幅 mm	高 mm	斷面積 cm²	破壞荷重 (kg)	抗壓强度 (kg/cm²)	氣乾重量 (kg)	絕對乾燥重量 (kg)	氣乾含水率 (%)
A_{D1}	管徑	30.0	29.9	29.8	8.97	20 000	2 230	58.955	53.985	9.25
A_{D2}	〃	30.0	29.8	30.0	8.94	17 000	1 900	56.850	51.600	10.20
A_{D3}	〃	29.9	29.9	29.8	8.94	17 500	1 960	57.345	52.070	10.10
平均							**2 030**			**9.85**
B_{D1}	管軸	29.8	29.9	29.9	8.91	12 500	1 400	56.770	51.310	10.6
B_{D2}	〃	30.0	29.7	29.9	8.91	12 800	1 440	58.370	53.320	9.05
B_{D3}	〃	29.8	30.0	29.9	8.94	11 750	1 310	58.735	53.830	9.1
平均							**1 380**			**9.68**
C_{D1}	管周	29.8	29.9	30.0	8.91	11 300	1 270	58.210	53.230	9.4
C_{D2}	〃	29.8	29.9	30.0	8.91	12 000	1 350	58.310	53.360	9.3
C_{D3}	〃	29.9	29.9	29.7	8.94	14 250	1 590	58.595	53.700	9.1
平均							**1 400**			**9.27**

破壞狀況は前揭二つの場合と大差なし、管徑方向の强度は平均 2030kg/cm² にして前揭の場合に比し約 30% の增加なり、又管軸管周の方向に於ても平均 1400kg/cm² の强度を有し、30 乃至 40% の增加を示せり。

5. 加壓方向竝含水率による抗壓强度の變化 氣乾狀態、飽水狀態、竝に絕對乾燥狀態孰れの場合も管徑の方向の强度最大なり、管製造方法より考へて當然の結果なりと認む、管軸と管周の方向の强度は狀態によりて優劣一定せざるも大體管徑方向の强度の 60～70

%を示すに過ぎず。下表は各狀態に於ける各方向の平均强度の比率を示せるものなり。

試片狀態 / 加壓方向	氣乾狀態	飽水狀態	絕對乾燥狀態
管徑(A)	100 %	100	100
管軸(B)	67	51	68
管周(C)	62	58	69

水分が材料の强度に及ぼす影響は木材類の場合の如く含水量の一定値まで何等の影響を示さずこの値以下に達して始めて顯著なる變化を示すものと、斯くの如き限界を全然示さざるものとあり、エタニット・パイプの場合につきて考ふるに實驗試料少く充分なる資料を有せざるも、下表の示すところによれば管徑方向の强度は含水率に影響せらるゝこと比較的少く、他の2方向のものは大なる影響を受くるものと考へらる、而して此等管軸、管周の方向の强度は 14～15% の含水量を有する飽水狀態のものと、7～9% の含水量を有する氣乾狀態のものとの間に大差なきに對し、絕對乾燥狀態のものが 40～50% の强度增加を示せり、この點より考ふるに此等の强度に對しての水分の影響は比較的低含水量に於て認めるべく、限界含水率等の明瞭なる水量の決定は困難なりとするも、ある含水量以下に至りて强度の急激なる增加あるものと推斷すること難からず。

下表は飽水狀態の强度を 100 とし他の狀態の强度の比率を示せるものなり。

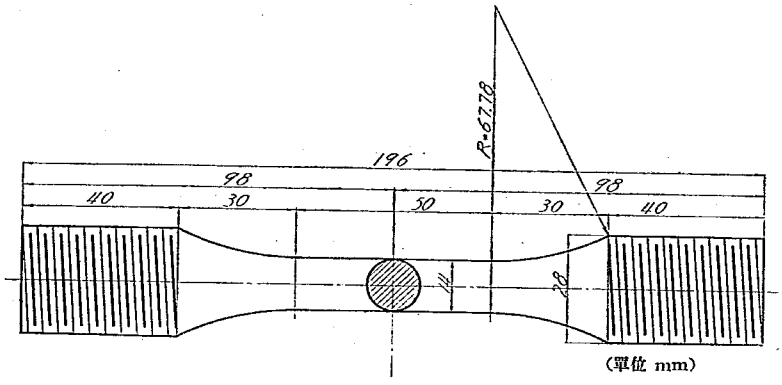
試片狀態 / 加壓方向	飽水狀態	氣乾狀態	絕對乾燥狀態
管徑(A)	100 %	88	115
管軸(B)	100	115	152
管周(C)	100	95	143

第四節　抗張强度

1. 試片竝に試驗方法　試片製作用の試料は抗壓試驗片に用ひたるものと同一なり、抗張强度は抗壓と同樣 3 方向につきて求むべきなるも管徑の方向のものは管厚 3.3cm 程度なるが故に試片製作不能なるため、又、管周方向のものは管徑 20cm 程度にては試料が弧狀を呈するため充分なる大さの試片製作困難なるがため、これ等の試驗を省略し管軸方向の强度のみを求めたり、而して導水管として內壓に對する强度としては管周方向の强度をもつて最重要とするも、管製造法竝に抗壓試驗の結果より見て管軸管周兩方向の强度には大差なきものと看做して大過なかるべし。

抗張試驗片の形狀は初め鋼材試驗片に準じて製作したるも材質脆きため切斷が平行部分

外にて生ずること多く、成績思はしからざりしため、數回の豫備實驗の後第6圖の如き形狀となして良結果を得たり。



第6圖 抗張試驗片

2. 抗張强度 試驗は大體氣乾狀態のものにつきて行ひたるも中數個を飽水狀態竝に絕對乾燥狀態として試驗を行ひたり。試驗成績第5表の如し。試驗機は松村式五砲多能試驗機を使用せり。

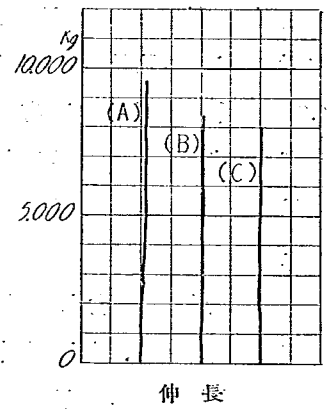
第5表 抗張强度

(試料製作月日 8年 3月 23日)

試片番號	試片狀態	試驗月日	材齡	供試體寸法 直徑 (mm)	供試體寸法 斷面積 (mm²)	破壞荷重 (kg)	抗張强度 (kg/cm²)	備考
1	氣乾	8-5-11	49	14.2	158.4	450	284	平行部內にて切斷
2	〃	8-5-15	53	14.1	156.1	435	279	〃
3	〃	〃	〃	13.9	151.7	415	274	〃
4	〃	8-5-19	57	14.1	156.1	454	290	平行部端にて切斷
5	〃	8-5-22	60	14.0	153.9	431	280	〃
6	〃	〃	〃	14.0	〃	436	284	平行部內にて切斷
平均							282	
7	飽水	8-7- 6		14.0	153.9	335	218	平行部內にて切斷 試驗時含水率 16.8%
8	絕對乾燥	〃		13.8	150.6	98	65	平行部內にて切斷
9	〃	8-7-24		14.1	156.1	358	229	〃

試片は執れの場合も認め得べき伸張竝に斷面縮少を示すことなく、引張りの方向に直角に急激に切斷せり、第7圖は豫備試驗に於ける荷重伸張曲線にして記錄上には殆んど伸張を認め得ず。

氣乾狀態の試片の示せる抗張强度は平均 282kg/cm² にしてこれをセメント・モルタルの抗張强度最大 35～40 kg/cm² 程度に比するとき約 7～8 倍の强度を示せり、而して之を抗壓强度と比較するに管徑方向抗壓强度に對して約$\frac{1}{5.5}$，管軸方向抗壓强度に對して約$\frac{1}{3.75}$の比率を有す。これをセメント・モルタル又はコンクリートの有する比率$\frac{1}{8}$～$\frac{1}{12}$に比すれば其抗張力が抗壓强度に比して甚だ大なる比率を有することを知り得べし。斯くの如き强抗張强度を有する原因につきては主として網狀に混入せられたる高抗張力を有するアスベストスの効果によるものなりとの說と層狀に展壓することの効果によるものなりとなす說とあるも詳ならず。



第 7 圖　抗張試驗片荷重伸長曲線

飽水狀態試片の强度は約 20% 低下し、絶對乾燥狀態試片亦同程度の强度低下を示せり、資料數少きが故に確定的の意見を下し難きも抗壓强度に於けるが如く含水率の減少が强度を增加せしむること無きものゝ如し、尙絶對乾燥試片 8 號は試料に特殊の缺陷ありたるものと認む。

3. 彈性率の測定　抗張試驗片 4. 5. 6 號につきて、平行部中央 2cm 間に Huggenberger tensometer を附し、基本荷重 50kg とし、荷重 300kg まで 50kg 置きに伸張を測定して、彈性率の算定をなしたり。tensometer は試片の兩側に取りつけ伸びは兩者の平均を採りたり。試片によりては一側の tensometer の記錄信賴し難き結果を示したるものあり、此等に對しては一側の記錄のみを用ひたり。試驗の結果は第 6 表の如し。

第 6 表　實 測 彈 性 率 表

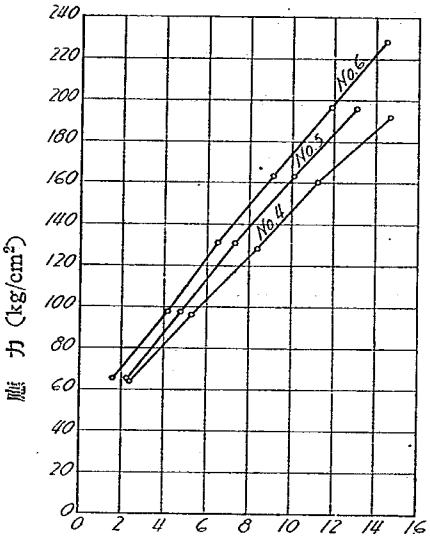
(伸の單位 1 : 10 000 cm)

荷重	試片第 4 號(A=1.561cm²)				試片第 5 號(A=1.539cm²)				試片第 6 號(A=1.539cm²)			
	單位應力	彈性伸	各段階單位彈性伸	彈性率 (kg/cm²)	單位應力	彈性伸	各段階單位彈性伸	彈性率 (kg/cm²)	單位應力	彈性伸	各段階單位彈性伸	彈性率 (kg/cm²)
50	32.04	0	0	—	32.53	0	0	—	32.53	0	0	—
100	64	2.4	1.2	2.67×10^5	65	2.3	1.15	2.83×10^5	65	1.6	0.8	4.07×10^5
150	96	5.3	1.45	2.21× 〃	98	4.8	1.25	2.60× 〃	98	4.2	1.3	2.50× 〃
200	128	8.4	1.55	2.07× 〃	131	7.35	1.275	2.55× 〃	131	6.5	1.15	2.83× 〃
250	160	11.2	1.40	2.29× 〃	163	10.1	1.275	2.55× 〃	163	9.1	1.30	2.50× 〃
300	192	14.7	1.45	2.21× 〃	196	13.1	1.50	2.17× 〃	196	11.9	1.40	2.32× 〃
350	224				228				228	14.5	1.30	2.50× 〃

實測の結果に徴するにEの値は載荷初期低荷重に對するものを除外するとき大體 2.0×10^5 乃至 2.8×10^5 (kg/cm²) の値を有し、130kg/cm² 程度の應力を境として E の値は漸次漸少するの傾向を示せり、卽ち第8圖に掲けたる應力變形圖は幾分上向きに凸形を呈せり。

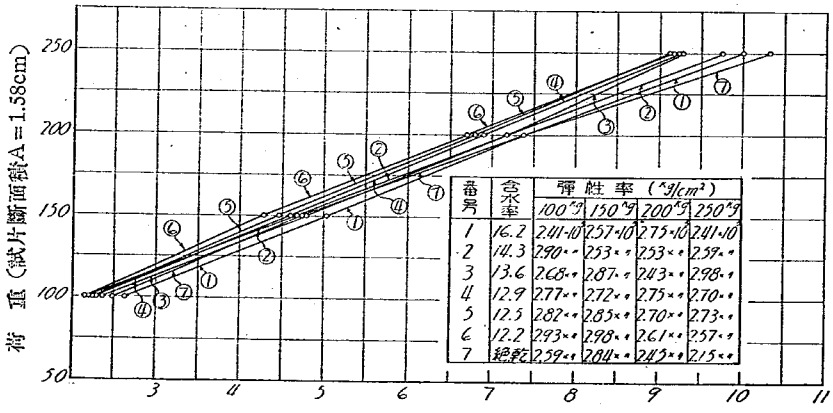
更に一試片につき含水率の彈性率に及ぼす影響を確めんがために、飽水狀態(含水百分率 16.2%)より絕對乾燥狀態まで乾燥せしむる間にマルテン式伸張測定機を用ひて數回彈性率の測定を行ひたるも、含水率に伴ふ彈性率の規則的の變化を認むること能はず、彈性率測定値は2.1 乃至 2.9×10^5 (kg/cm²) の間を不規則に變化せり、第9圖はこれが觀測結果を圖表とせるものなり。

第8圖　應力變形圖



彈性伸(1:10 000cm, 標點距離2cm)

第9圖　含水率の變化と彈性率の關係



番号	含水率	彈性率 (kg/cm²) 100kg	150kg	200kg	250kg
1	16.2	2.11×10	2.57×10	2.75×10	2.91×10
2	14.3	2.90×〃	2.53×〃	2.53×〃	2.59×〃
3	13.6	2.68×〃	2.87×〃	2.83×〃	2.98×〃
4	12.9	2.77×〃	2.72×〃	2.75×〃	2.70×〃
5	12.5	2.82×〃	2.85×〃	2.70×〃	2.73×〃
6	12.2	2.93×〃	2.98×〃	2.61×〃	2.57×〃
7	絕乾	2.59×〃	2.84×〃	2.83×〃	2.15×〃

彈性伸 (1:40 000 cm, 標點距離 5 cm)

第五節　硬　度

1. 試片竝に試驗方法　本材料が今日パイプとして圓筒形に製造せられつゝあるも、將來板狀に形成して床材として使用せんとする企てあるに鑑み、これが磨耗抵抗を檢せんとするものなり。

試料は抗壓試驗片を採取せるものと同一にして試驗片は直徑 2.5cm の圓壔形とす、試驗片の採取は管徑、管軸、管周の3方向とし、氣乾、飽水、絕對乾燥の3狀態につきて試驗を行ひたり、使用試驗機は石材試驗用「ドリー硬度試驗機」なり。

試驗方法は當所石材試驗方法に準じたるも其標準磨耗囘轉數 1000 を試片の大さ及び硬度の關係より管徑方向に對し 250 囘、其他に對し 500 囘に改め、換算によりて 1000 囘に對する硬度竝に磨耗量を求めたり。

2. 磨耗量竝に硬度　第 7 表は硬度試驗の成績を掲げたるものなり、表中磨耗量は 1000 囘轉後の重量減より換算せる試片の長さの減少にして粍を以て示し、硬度は次式にて算出せり。

$$\text{硬度} = 20 - \frac{W_1 - W_2}{3}$$

W_1: 1000 囘轉前の重量 (gr)

W_2: 1000 囘轉後の重量 (gr)

第 7 表　硬度竝磨耗量

試片番號	磨耗方向	磨耗量(mm)			硬度		
		飽水狀態	氣乾狀態	絕對乾燥	飽水狀態	氣乾狀態	絕對乾燥
A_1	管徑	16.73	15.29	10.21	13.7	14.4	16.5
A_2	〃	16.32	13.08	7.86	13.9	15.2	17.3
A_3	〃	17.82	15.69	10.68	13.3	14.3	16 4
平均		**16.96**	**14.69**	**9.58**	**13.6**	**14.6**	**16.7**
B_1	管軸	10.11	9.01	6.32	16.5	17.0	18.1
B_2	〃	9.69	8.75	6.03	16.5	16.9	18.1
B_3	〃	10.73	8.68	6.17	16.1	16.9	18.0
平均		**10.18**	**8.81**	**6.17**	**16.4**	**16.9**	**18.1**
C_1	管周	9.82	8.33	5.95	16.5	17.1	18.1
C_2	〃	9.52	8.18	5.60	16.6	17.1	18.2
C_3	〃	9.59	8.42	5.87	16.6	17.1	18.1
平均		**9.64**	**8.31**	**5.81**	**16.6**	**17.1**	**18.1**

試驗成績を按ずるに管徑方向の抵抗最少にして、他の2方向に比し約 1.6 倍の磨耗量を示せり。この材料が床材として製作さるゝ場合これと類似の工法によるものとせば敷設せらるゝ面が最弱の磨耗抵抗性を有することを遺憾とす。而して今管徑方向の絕對乾燥硬度(平均 16.7) を他の石材類に比較するに大體石灰石類の硬度 14～17 に匹敵し、決して極めて强靱なる床材とは稱し難きも屋內床材として充分使用し得るものと認む。

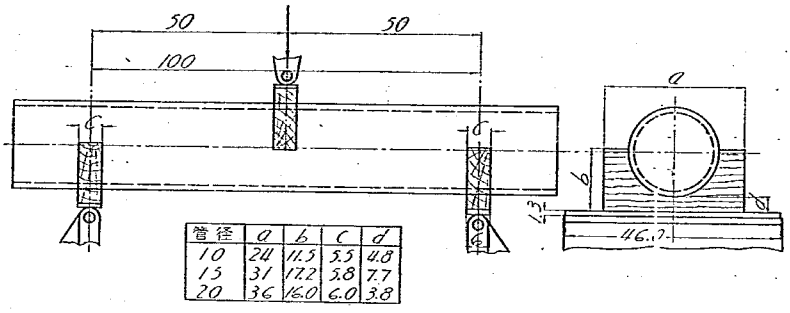
含水量による抵抗性の變化の著しきことは第7表にて明かなるが如く、飽水狀態のものは絕對乾燥のものに比し、管徑方向にて 80% 增、他の 2 方向にて 65% 增の磨耗量を示せり。

第三章 管體試驗

第一節 彎折試驗

1. 試驗片竝に試驗方法　地下埋設管として使用されたる場合の外壓に對する彎折抵抗を試驗せるものなり。試料には內徑 20, 15, 10cm の 3 種を用ひ、氣乾、飽水の 2 狀態につきて試驗を行ひたり。試片長約 1.2～1.6m, 支間 1.0m, 中央集中荷重による彎曲試驗なり。載荷點竝に支點には木製支臺を使用す、第 10 圖は裝置の概略を示せるものなり。

第 10 圖　彎折試驗裝置



管徑	a	b	c	d
10	24	11.5	5.5	4.8
15	31	17.2	5.8	7.7
20	36	16.0	6.0	3.8

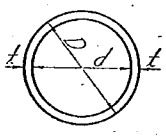
2. 抗曲強度　木製支臺による荷重の分布を無視すれば、中央集中荷重 P による

中央最大彎曲率は　$M_f = \frac{1}{4} Pl$　(l=支間)

管の抵抗力率は　$Mr = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D}$　($D = d + 2t$)

故に緣維應力は　$\sigma = \frac{Mr}{M_f} = \frac{8l}{\pi} \frac{DP}{D^4 - d^4}$

第 11 圖



今この關係式が破壞時に適用せらるゝものとせば、抗曲強度は

$$\sigma = 254.65 \frac{DP}{D^4 - d^4}$$

にて與へらる。第 8 表は實驗結果より算出したる抗曲強度なり。

第8表 抗曲強度

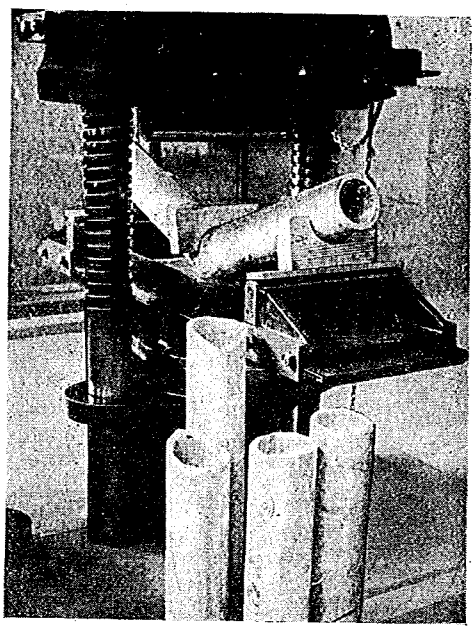
(一) 氣乾狀態

試片番號	管内徑 d(cm)	管厚 t(cm)	管外徑 D(cm)	製造年月日	試験年月日	材齡日	破壞荷重 P(kg)	抗曲強度 σ(kg/cm²)	摘要
1	20.1	1.85	23.8	7-10-8	8-5-19	223	8 700	335	
2	20.1	1.95	24.0	〃	〃	〃	8 150	296	
3	20.0	1.70	23.4	〃	〃	〃	8 500	362	
平均								**331**	
4	15.0	1.65	18.3	8-1-26	8-5-19	113	4 000	303	
5	14.9	1.60	18.1	〃	〃	〃	2 200	174	
6	15.0	1.55	18.1	〃	〃	〃	2 950	240	試驗時含水率
7	15.0	1.70	18.4	8-3-15	8-6-16	93	6 600	283	10.6%
8	15.0	1.50	18.0	8-3-16	〃	92	4 150	350	〃 10.7
9	15.1	1.60	18.3	8-3-18	〃	90	4 600	357	〃 10.3
平均								**318**	
10	10.1	1.15	12.4	8-1-10	8-5-19	129	1 100	262	
11	10.0	1.20	12.4	〃	〃	〃	950	220	
12	10.0	1.20	12.4	〃	〃	〃	1 000	232	
13	10.0	1.20	12.4	8-1-12	8-6- 5	144	1 230	285	〃 9.0
14	10.0	1.20	12.4	〃	〃	〃	1 220	283	〃 9.2
15	10.0	1.20	12.4	8-1-11	〃	145	1 650	382	〃 12.0
16	10.1	1.10	12.3	8-5-19	8-6-21	33	1 250	314	
17	9.9	1.35	12.6	〃	〃	〃	950	195	
18	10.0	1.45	12.9	〃	〃	〃	1 100	204	
平均								**264**	

(二) 飽水狀態 (浸水 14 日間)

試片番號	管内徑 d(cm)	管厚 t(cm)	管外徑 D(cm)	製造年月日	試験年月日	材齡日	破壞荷重 P(kg)	抗曲強度 σ(kg/cm²)	摘要
1	19.9	2.0	23.9	8-2- 6	8-6-21	135	8 000	287	
2	19.8	1.8	23.4	7-10-12	8-6-26	257	6 200	253	
3	19.95	1.8	23.55	7-10-25	8-7-10	258	8 100	326	
4	19.95	1.95	23.85	8-2- 4	8-7-24	170	8 700	320	
平均								**296**	
5	15.0	1.6	18.2	8-1-24	8-6-21	148	4 000	314	
6	15.0	1.55	18.1	〃	〃	〃	4 800	390	
7	15.1	1.70	18.5	8-3- 1	8-7-10	131	5 050	365	
8	14.9	1.80	18.5	8-1-24	〃	167	4 900	340	
平均								**352**	
9	10.1	1.30	12.7	8-1-14	8-6-21	158	900	186	
10	10.0	1.20	12.4	8-1-11	〃	161	800	185	
11	10.05	1.35	12.75	8-1- 7	8-7-10	184	850	170	
12	10.1	1.20	12.5	8-1- 9	〃	182	1 020	232	
平均								**193**	

試片は最大荷重に達して金屬性の音響を發して急激に破折し、破折面は殆んど管軸に直角にして何等挫屈の徵なし、第 12 圖は破折の狀況を示せるものなり。



第 12 圖 管體彎折試驗

抗曲强度は氣乾、飽水兩狀態とも顯著なる相違なく平均 250～350kg/cm² を示し、抗張强度の平均 280kg/cm² にほゞ匹敵せり。

試片中氣乾狀態 第5號、飽水狀態 第9號乃至 第11號は材齡 100 日以上なるに拘らず其强度 200kg/cm² 以下にして他の試片に比して甚しく弱し、製品强度に斯くの如き著しき差異あることは甚だ遺憾とするところにして、これが原因として先づ考へらる點は此等試材が孰れも嚴冬一月中の製品なること、これ等の中 1, 2 を除きて孰れも週末に近づきての製品なること、なり。管製造過程中管形成後の水中養生に先つて行はる、空中硬化が今日全然保溫設備なき室内にて施行されつゝあり、從つて嚴冬中午後遲く形成されたる管が夜間の低溫のため硬化を害せらる、ことあるにあらざるかを疑はしむ、又今日の製法にては作業上の關係より月曜日より土曜日に亘り連續作業を行ひつゝありて、これに使用する混合用水はセメント流失を防止する意味にて繰り返し使用せられつゝあり、從つて週末に近づくにつれ一旦流れ出でて加水後長時日を經たるセメントの混入の機會を生ずるにあらざるかの疑ひあり、これ等の事實が如何なる程度に製品强度に影響を與ふるかを確むるに充分なる資料を有せざるが故に、强度の變動が主としてこの原因によるものなりと確言すること能はざるも、今後の製造に當りて相當考慮を必要とする點なりと信ず。

第二節 外壓試驗

1. 試驗片竝に試驗方法　直徑の方向に加へられたる外壓に對する抵抗を試驗せんとするものなり、試材として内徑 20, 15, 10cm の 3 種を採り、氣乾竝に飽水狀態にて試驗を行ひたり。加壓の方法は第 13 圖に示すが如くにして、直徑の方向に集中荷重を加へ加壓面の接觸を完全ならしむるため木製支承竝にゴム板を裝置せり、試片の長さは 50 乃至 30

cmとす。

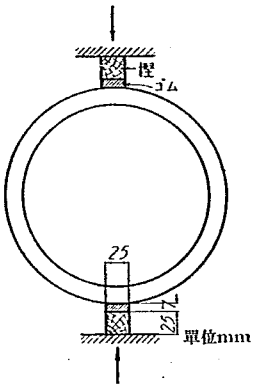
2. 外壓強度　内徑 d. 管厚 t なる圓管が P なる外壓をうけたるとき、C 又は C′ 及 B 又は B′ 點に生ずる彎曲率は支承による外壓の分布を無視するとき

$$M_B = M_{B'} = -0.182P\frac{(d+t)}{2}$$

$$Mc = Mc' = 0.318P\frac{(d+t)}{2}$$

にて示さる、今全管長を L とすれば其斷面剛率は次式にて與へらる。

$$Mr = \frac{1}{6}Lt^2$$

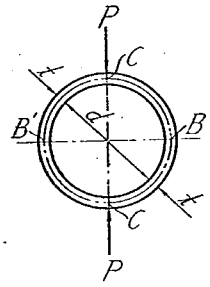


第 13 圖　外壓試驗裝置

從つて緣維應力は

$$\sigma = \frac{M_B}{Mr} = \frac{-0.182P(d+t)}{2}\frac{6}{Lt^2} = \frac{-0.546P(d+t)}{Lt^2} \cdots\cdots (1)$$

又は　$$= \frac{0.318P(d+t)}{2}\frac{6}{Lt^2} = \frac{0.954P(d+t)}{Lt^2} \cdots\cdots (2)$$



第 14 圖

管の龜裂は先づ C 又は C′ に生ずるが故に (2) 式が龜裂時まで適用し得るものとして龜裂時緣維應力を求むれば第 9 表の如し。

第 9 表　外　壓　强　度

(一)　氣　乾　狀　態

試片番號	試片寸法(cm) d×t×L	製造年月日	材齡(日)	龜裂荷重 P(kg)	龜裂荷重 P/m	龜裂荷重 σ(kg/cm²)	破壞荷重(kg)	摘要
1	10×1.35×50.5	8-1-9	130	5 100	10 100	601	3 300	最初の龜裂箇所 上、下內面
2	9.9×1.35×50.5	〃	345	5 050	10 000	590	4 000	〃
3	9.9×1.35×50.5	〃	〃	4 000	7 900	467	3 500	〃
平均					**9 330**	**552**		
4	15.3×1.8×30	8-1-24	119	1 545	5 150	259	1 540	上、下內面
5	15.3×1.75×30	〃	〃	1 800	6 000	319	1 800	〃
6	15.0×1.80×30	〃	〃	2 830	9 430	467	2 200	〃
平均					**6 860**	**348**		
7	20.0×1.8×30	7-10-24	203	2 370	7 900	507	1 635	上內面
8	20.0×1.8×30	〃	207	3 300	11 000	706	2 361	〃
9	20.0×1.8×30	〃	211	3 100	10 300	663	2 061	下內面
平均					**9 730**	**625**		

（二） 飽水狀態 （浸水日數 15日）

試片番號	試片寸法(cm) d×t×L	製造年月日	材齡(日)	龜裂荷重 P(kg)	龜裂荷重 P/m	龜裂荷重 σ(kg/cm²)	破壞荷重(kg)	摘要
1	10×1.20×30.2	—	—	2 115	7 000	520	2 560	最初の龜裂上下內面
2	15×1.80×30.3	8-1-24	148	2 960	9 770	483	1 630	〃
3	20×1.75×29.9	7-10-12	252	2 900	9 700	657	1 700	〃
平均					**8 820**	**553**		

各試片とも龜裂は先づ最大彎曲率を生ずべき、C 又は C′ 點の一つ又は兩點に同時に發生し、一旦荷重の低下を見、再び荷重は增加して遂に破壞に至るも、この破壞荷重は鐵筋混凝土管等と異り、龜裂荷重以上に達するものなし、破壞は最初の龜裂點にあらずして B 又は B′ 點に起り金屬性の音響と共に破折す。第9表破壞荷重はこれを示せり。C 及 C′ 點の內側に生ずる最初の龜裂は載荷線に沿ひて比較的直線狀に厚さに垂直に生じ、B 及 B′ 點に生ずる破折は方向不規則なること多く且つ厚さに對して傾斜して生ずるもの多し。

第 9 表に揭げたる抗曲強度 σ は徑 15cm 以外のものは大體 550～650kg/cm² にして平均抗張強度 280kg/cm² の 2 倍強に位し、平均管周方向抗壓強度 970kg/cm² の約 60% に當れり、而して管徑 15cm のもの>強度は平均 350kg/cm² にして他の徑のものに比して僅かに其 60% に達するに過ぎず、これ等の供試體は孰れも八年一月廿四日の製品にしてこ>に又製法上に何等かの缺陷ありて斯くの如き製品強度に異同を生ずる原因となりつ>あるに非るかを疑はしむ。

今本管の強度を他の類似の目的に使用せらる>鐵筋混凝土管等に比較せんとす、元來此等管類の外壓強度は理論的には管厚の 2 乘、實驗的には略 1.65乘に比例し、管徑に逆比す、從つて異種の管の比較には同徑、同管厚の試料の試驗結果を必要とするも斯くの如き資料を得ること困難なるものみならず、エタニット・パイプにては管種を A. B. C. D の 4 種に分類し、順次其標準管厚を增加せり、第9表に揭げたる試驗資料の寸法を見るに大體 C 又は D 種に屬し、稀に D 種以上の厚さを有するものあり、よつて今外壓強度が $t^{1.65}$ に比例するものとし、試驗結果より A. B. C. D 各種の標準厚のもの>強度を算出すれば第 10 表の強度表を得。

第 10 表　標準厚管推定龜裂荷重

管徑(cm)	事項＼管種	A　種	B　種	C　種	D　種
10	管　厚 (cm)	0.9	1.0	1.15	1.2
	推定最大荷重(kg/m)	5 400	6 400	7 900	8 400
	〃 最小荷重 〃	4 200	4 900	6 100	6 600
15	管　厚 (cm)	1.0	1.1	1.5	1.6
	推定最大荷重(kg/m)	3 800	4 400	7 100	7 900
	〃 最小 〃	2 100	2 400	4 000	4 400
20	管　厚 (cm)	1.1	1.3	1.8	2.0
	推定最大荷重(kg/m)	5 000	6 600	11 000	13 000
	〃 最小 〃	3 600	4 700	7 900	9 300

前表は其算出の基礎が第 9 表に掲げたる實驗結果によるものなるが故に管徑 15cm のものが他のものに比して强度低し、今この管の强度をもつて標準强度と看做し、管厚最小なる A 種管の最小龜裂荷重 2100kg/m, 最大龜裂荷重 3800kg/m を他の導水管類の强度に比較せんとす、某鐵筋混凝土管の試驗成績表を見るに管徑 30cm 程度までのもの>龜裂荷重は 1400～1800kg/m にして、前記 A 種管の强度に比して遙かに低く、更にこれを 10cm 又は 20cm D 種管の强度に比較すれば其數分の一に過ぎず、これ等の結果より見たるエタニット・パイプは A 種にて普通市販の鐵混凝土管程度の外壓强度を有し B 種以上のものは遙かに大なる外壓に堪ゆるものと認む。

3. 彈性率の測定　P なる外壓によつて生ずる直徑 CC′ の縮少、竝に BB′ の伸長は荷重を集中荷重と看做す場合

直徑の縮少　$$\delta_1=0.0186\frac{P(d+t)^3}{EI}$$

直徑の伸長　$$\delta_2=0.01707\frac{P(d+t)^3}{EI}$$

に示され、斷面の慣性能率は $I=\frac{1}{12}Lt^3$ なるが故に、材料の彈性係數は

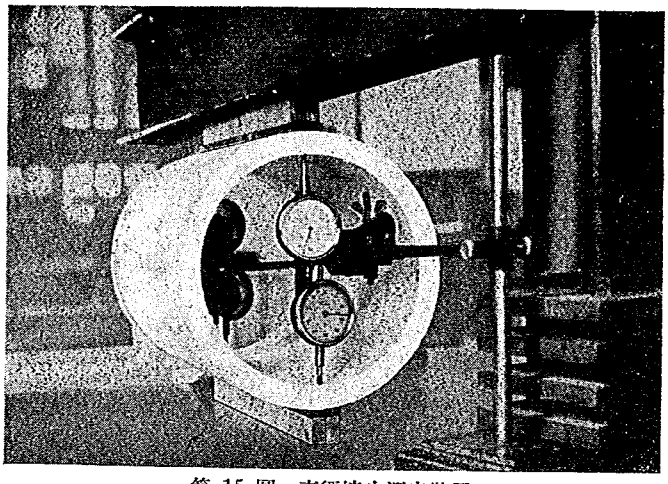
$$E=0.2232\frac{(d+t)^3}{Lt^3}\frac{P}{\delta_1}$$

又は　$$0.20484\frac{(d+t)^3}{Lt^3}\frac{P}{\delta_2}$$

にて與へらる。

試片長 $L=30.2$cm, 內徑 $d=20.0$cm, 管厚 $t=2.0$cm につき第 15 圖の裝置を用ひ、直徑の縮少を測定せり、これを以て $(d+t)$ の縮少と看做し算出せる E の値第 11 表の如し。直徑の縮少は試片の兩端にて行ひ兩者の平均をとりたり、基本荷重として 500kg を採り

各 250kg 置きに彈性率を算出せり、第 11 表には荷重 1250 乃至 2000kg 間の測定値を掲げたり。



第 15 圖 直徑縮少測定裝置

第 11 表 外壓試驗による彈性率

$$\left\{E=0.2232\frac{(d+t)^3}{Lt^3}\frac{\Delta P}{\Delta\delta}\ ;\ L=30.2\text{cm}\ ;\ d=20.0\text{cm}\ t=2.0\text{cm}\ ;\ \Delta P=250\text{kg}\right\}$$

荷 重 (kg)	絲維應力(kg/cm²)	彈性伸 δ (1/1000糎)	各段階彈性伸 $\Delta\delta$ (1/1000糎)	彈性伸(kg/cm²)
1 250	217.1	34.0	6.35	3.87×10^5
1 500	260.6	40.35	12.90	$1.91\times$ 〃
1 750	304.0	53.25	18.10	$1.36\times$ 〃
2 000	347.4	71.35		

上表によるに彈性率の値は曩きに抗張試驗片につきて求めたる値と大差なきも、其値が荷重の增加と共に著しく減少する傾向を示せり。

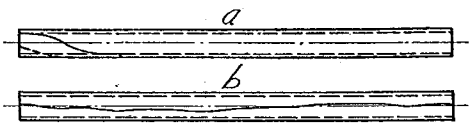
第三節 水壓試驗

1. 試驗片竝に試驗方法 本試驗には日本ニタニット・パイプ株式會社備付けの水壓試驗機を壓力計其他を檢定の上にて使用せり、試料は前揭諸試驗同樣 10cm, 15cm, 20cm の 3 種を採り、氣乾狀態にて試驗を行ひたり。

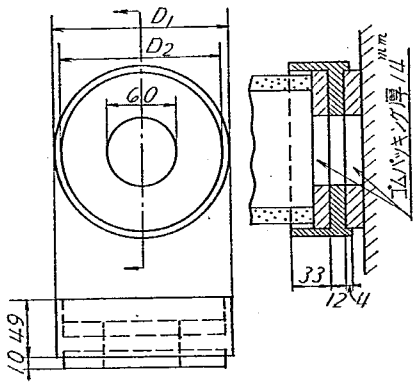
試驗は先づ各徑とも長 4m のもの 3 個を採り 2 回に互り豫備試驗を行ひたるも、試片の破壞は第 16 圖 a に示すが如き形狀を呈し端部にて破折するもの多く、b に示すが如く其破壞が管周方向の張力に依りたりと認め得るもの稀にして其强度も抗張試驗の成績と著

しく相違せり、この原因は其破損形狀より推斷するに一つは加壓鈑締めつけによる捩力の作用、一つは試片細長にすぎ加壓鈑の締めつけにて幾分長柱として彎曲應力をうくるによるものと認めらる。更に水壓機の加壓鈑と試片との間には水密を期するために護謨板を使用せるも、其働き完全ならずして、破壞水壓附近に至りて洩水し數回試驗をやり直したるもの多く、これが强度に影響せる點尠からざるものと認む。

これ等の關係より試片の長さを 1m に改め管端の水密を得るためには第 17 圖の鑄鐵製キャップを使用せり、



第 16 圖　四米供試體破壞狀況



		D_1	D_2
10cm	管用	148	132
15	〃	210	192
20	〃	275	255

第 17 圖　水壓試驗用鑄鐵キャップ

2. 內壓强度　內徑 d 管厚 t なる管が p なる內水壓をうくるとき、管周方向に作用する張力は

$$\sigma = \frac{d.p}{2t}$$

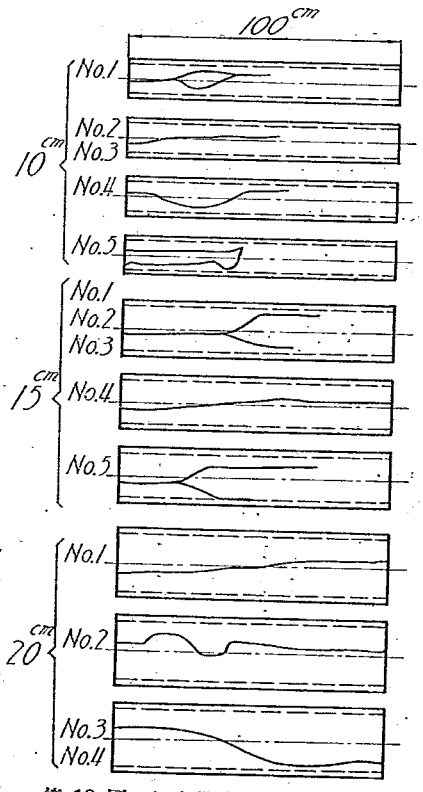
にて示さる。第 12 表は內壓試驗結果より算出せる强度なり。

第 12 表　內　壓　强　度

試片番號	試片寸法 (cm) 內徑	管厚	管長	製造年月日	材齡日	破壞水壓 (kg/cm²)	破壞强度(σ) (kg/cm²)
1	20.1	1.90	100	8-5-1	86	32.3	171
2	19.8	1.95	〃	〃	〃	39.4	200
3	20.1	1.85	〃	〃	〃	35.2	191
4	20.1	1.90	〃	〃	〃	30.2	160
5	20.1	1.85	〃	〃	〃	35.9	195
平均						34.6	193
6	14.9	1.60	100	8-3-13	135	54.8	255
7	15.0	1.60	〃	〃	〃	42.2	198

8	15.0	1.60	100	8-3-13	135	50.6	237
9	15.0	1.50	〃	〃	〃	54.8	274
10	14.9	1.65	〃	〃	〃	63.3	286
平均							**250**
11	9.85	1.45	100	8-5-19	68	72.4	246
12	9.90	1.40	〃	〃	〃	64.7	229
13	9.90	1.35	〃	〃	〃	77.3	284
平均							**253**
14	10.0	1.35	100	8-5-20	67	51.3	190
15	10.0	1.35	〃	〃	〃	44.3	164
16	10.0	1.35	〃	〃	〃	38.7	143
17	9.9	1.30	99	〃	〃	38.0	145
18	10.0	1.30	100	〃	〃	47.8	184
平均							**165**
19	9.9	1.10	100	8-7-5	21	45.7	206
20	9.9	1.00	〃	〃	〃	47.8	237
平均							**222**

試驗結果を見るに其破壞强度は試片第 14 乃至 18 を除けば 200 乃至 250kg/cm² にして、これを抗張試驗の氣乾狀態平均强度 282kg/cm² に比して幾分低きも、飽水狀態及絕對乾燥のもの>强度と大差なく、破壞は大體張應力によるものと認めて大過なかるべし、其破壞狀況も第 18 圖に示すが如く、管徑 小なるものに於ては破壞が幾分端部に偏するの傾向ありたりと雖も、管徑大なるものにては管軸の方向に沿ひ、試片全長に亘りて龜裂を生じ、破壞が內水壓による張力によるものなることを首肯し得べし。



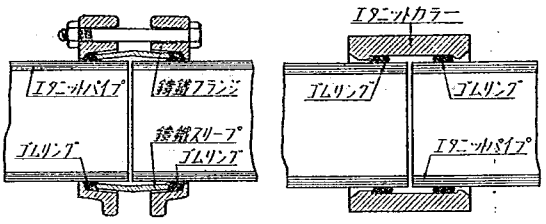
第 18 圖 1 米供試體破壞狀況

實驗に供したる試料はエタニット・パイプ會社製品中 C 種に屬するものにして其使用壓力を約 12kg/cm² とし試驗水壓を 17.6kg/cm² と定めたり、然るに其試驗成績を見るに其最低强度のものにて尙上記試驗水壓の約 2 倍の强度を有することを示せり、而して上水道用導水管として要求せら

るゝ水壓は内徑 45cm 以下のものにては 17.5kg/cm² なるが故に同社製 C 種管は この目的に對し餘裕ある强度を有するものと認む。

第四節 接手試驗

1. 接手の種類　エタニツト・パイプ接手として今日使用せられつゝあるものに第 19 圖



a　　b

第 19 圖　エタニツト・パイプ接手

に示す二種あり、a は「ギボルト・ジョイント」と稱し鑄鐵製フランヂとスリーブとを使用し、b は「シムプレツクス・ジョイント」と稱しエタニツト・カラーを用ふ、孰れも漏水止めとしてはゴムリングを採用せり。

これ等の接手が内水壓に對して充分なる水密性を有するや否やを確めんがためこれが水壓試驗を行ひたり。

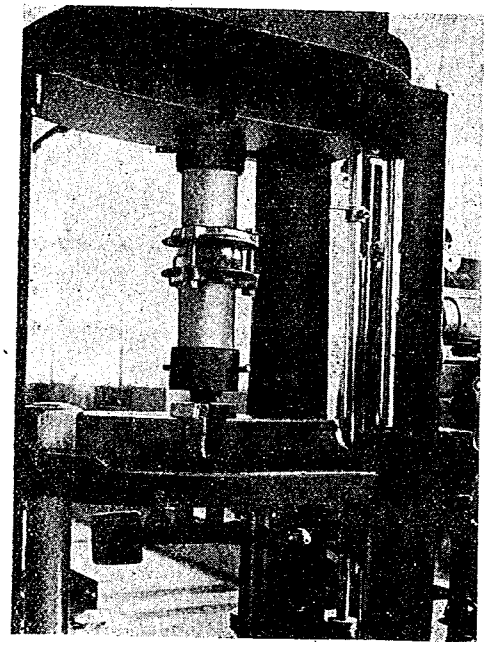
2. 接手水壓試驗　試片全長 1 米、これを兩分して、中央に接手を設け、管體水壓試驗と同樣の方法にて水壓を加へたり。兩種とも管徑 10cm のもの 3 個につきて行ひたる試驗結果第 13 表の如し。

第 13 表　接手漏水試驗成績

試片番號	試片寸法(cm) 内徑	管厚	管長	製造年月日	材齡日	破壞水壓 (kg/cm²)	破壞强度 σ(kg/cm²)	摘要
「シムプレツクス・ジョイント」								
1	10.1	1.15	100	8-7-26	67	45.7	201	破壞まで漏水を認めず
2	10.1	1.10	〃	〃	〃	36.6	168	〃
3	10.0	1.10	〃	〃	〃	41.5	189	〃
「ギボルト・ジョイント」								
1	9.9	1.20	100	8-7-26	67	57.6	238	破壞まで漏水を認めず
2	10.0	1.20	〃	〃	〃	24.6	103	〃
3	9.9	1.20	〃	〃	〃	52.0	214	〃

試驗狀況を見るに孰れの接手も、管體が內水壓に堪えずして破斷するに至るまで何等破損漏水の徵候なく、水密性接手として完全なる働きを示せり。而してこの試驗に於ける管體の破裂は皆接手側に起り且つ其强度幾分低し、これ接手取付けのため「キボルト・ジョイント」にて長約 10cm「シムプレックス・ジョイント」にて約 30cm 削成するがために幾分肉薄となれるに基因するものと認む、この部分が導水管系の最弱點となる懸念ありとせばこの部分の取扱ひに對して再考の餘地ありと思考す。

3. 接手牽引試驗　接手の管の長さの方向の牽引抵抗を試驗せるものなり、試料として



第 20 圖　接手牽引試驗

は「ギボルト・ジョイント」を用ひたり、牽引裝置は第 20 圖に示せるが如し、試驗の狀況を見るに載荷の當初より接手は幾分の脫出を示しつゝ牽引荷重漸次增加し遂に最大値に達して後荷重は減少し、遂に接手の脫出を見るに至る。第 14 表は最大荷重を示せり。(完)

第 14 表　「キボルト・ジョイント」牽引抵抗

試片番號	管內徑	管厚	最大牽引荷重
1	10.0 cm	11.5 mm	1 025 kg
2	〃	12.10	1 310
3	〃	12.08	1 835

土木試驗所出版圖書

報告

第一號	路面及勾配が馬車運送に及ぼす影響に就ての研究中間報告。瀝青質材料竝瀝青質混合物に關する研究第一報	大正十四年三月發行
第二號	瀝青質材料針度に就て	大正十五年一月發行
第三號	「ヴァイアログ」に依る路面凹凸測定。瀝青混合物に關する研究。「アスファルト」合材混合の際に於ける「アスファルト」の粘度に就て	同　二月發行
第四號	急硬セメントに關する試驗報告	同　五月發行
第五號	簡易鋪裝に關する試驗報告	昭和二年三月發行
第六號	混凝土及鐵筋混凝土抗扭力試驗報告	同　五月發行
第七號	八幡製鐵所副產部製品、瀝青質材料、瀝青質鋪裝、「セメント」類及揮發油に對する「アスファルト」の可溶率等に關する試驗成績	同　七月發行
第八號	瀝青質材料標準試驗方法。　石材類標準試驗方法	同　十月發行
第九號	急硬性「セメント」に關する試驗。「ソリデチット」の耐壓强度に關する試驗。「ブロック」に關する試驗。高知縣黑瀧川產砂に關する試驗。多摩川產砂利及砂に關する調查。石材類試驗成績	同　十一月發行
第十號	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て（第一） 道路橋振動試驗	昭和三年三月發行
第十一號	瀝青滲透ブロック試驗成績。鋪裝工事用サーフエス・ヒーターの碎石に及ぼす影響に關する試驗。常願寺川產砂に關する試驗	同　七月發行
第十二號	アスファルト・ブロック試驗成績。各種アスファルト・ブロック比較試驗成績。石油アスファルトとコール・タール・ピッチとの混合物に關する試驗。瓦斯爐及骸炭爐タール及ピッチに關する試驗成績。コール・タール・ピッチ中の純瀝青に就て。大氣中に於けるアスファルト・セメントの變化。石炭瓦斯のアスファルト・セメントに及ぼす影響。標準砂モルタルの强度に及ぼす火山灰及石粉の影響。	同　四年一月發行
第十三號	ポートランドセメント混凝土鋪裝の磨耗試驗。橋梁用敷板强度試驗。舊厩橋鐵材の腐蝕に關する調查。鋪裝用鑄鐵ブロック磨耗試驗。	同　五月發行
第十四號	瀝青乳劑及ピチュマルス鋪裝に關する試驗 瀝青滲透ブロックに關する試驗 瀝青質材料の滲透性に關する試驗 瀝青質材料の粘度及膨脹係數に關する試驗	同　十二月發行
第十五號	北上川降開式轉動堰模型試驗。電氣鎔接法による鐵筋の接合。現場打混凝土の耐壓試驗報告	同　五年二月發行
第十六號	路面の構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て（第二）。瀝青滲透ブロック鋪裝試驗。工事用石材試驗成績	同　五月發行
第十七號	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て　（第三）	同　五月發行

（注　意）　裏面ニ續ク

第十八號	混凝土鋪裝の粗骨材別磨耗比較試驗。鋪裝混凝土工に及ぼす氣象作用の影響竝に之に應ずる設計及工法に就て(一)。鬼怒川上流改修工事用角礫凝灰岩砂利及砂に關する試驗。鐵筋混凝土道路橋設計資料。各種土木工事用材料試驗成績	昭和五年十月發行
第十九號	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響竝に之に基く道路設計の基本に關する研究（第四）	同　十一月發行
第二十號	東京山手赤土の彈性的性質に關する試驗(一)。基礎の沈下量算定法(一)。岩淵水門に關する水理試驗。單鉸拱橋模型試驗。國道鐵筋混凝土丁桁橋標準設計案	同六年六月發行
第二十一號	背水曲線の一般的解法。單鉸拱の振動に關する理論竝に實驗混凝土鋪裝の繼目に關する試驗。河水のポルトランド・セメントに及ぼす影響。標準砂モルタルの强度に及ぼす石粉の影響。瀝青乳劑試驗成績	同　十二月發行
第二十二號	地震時土壓の實驗的研究 混凝土鋪裝繼目用エラスタイト試驗 高田馬場試驗鋪裝の路床土質に關する試驗 基礎の沈下量算定法(第二) 新土壓計算圖表	同　七年五月發行
第二十三號	簡易鋪裝に關する實地比較試驗 鋼矢板試驗 大和川筋魚ノ瀨地辷に關する調査(第一)	同　七月發行
第二十四號	道路の背向曲線の設計に就て 阻柱に關する試驗 乳劑の粘度に就て 府縣道鐵筋コンクリート丁桁橋標準設計案 碎石の磨損率に關する一試驗 三陸津浪調査報告	昭和八年六月發行

其　他

本邦道路橋輯覽	大正十四年十二月發行
本邦道路橋輯覽（增補）	昭和三年三月發行
第六回國際道路會議に關する報告書	昭和七年四月發行
土木工事用材料標準試驗方法	昭和七年十二月發行

昭和八年十一月二十八日　印刷
昭和八年十一月三十日　發行

内務省土木試驗所
東京市本郷區駒込上富士前町二十六番地
電話大塚(86)自3101番至3103番
印刷者　守岡功
東京市本所區厩橋一丁目二十七番地ノ二

印刷所　凸版印刷株式會社本所分工場
東京市本所區厩橋一丁目二十七番地ノ二