土木試驗所報告

第十八號

昭和五年十月

混凝土鋪裝の粗骨材別磨耗比較試驗

鋪裝混凝土工に及ほす氣象作用の影響
並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

內務省土木試驗所

正　誤　表

頁	行又は欄	誤	正
5	上より1行目	職動	聯動
,,	上より5行目	第2表	第三表
8	第九表中	比重 2.95	比重 2.65
11	上より8行目	第 10 表	第十一表
25	上より1行目	趨勞	趨勢
34	上より11行目	混土	混凝土
45	上より2行目	楕内形	楕圓形
46	上より5行目	可及的にならしむる	可及的小ならしむる
51	下より5行目	減少年	減少率
100	上より3行目	1.700	1,700
,,	下より3行目	$2n\sigma_s$	$2n\sigma_c$
125	上より2行目	P. 115	p. 115

本報告は、昭和二年度乃至五年度に行ひたる、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の研究、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に關する研究及瀝青質材料、塡充材、セメント等の試驗結果等を輯錄せるものなり。

混凝土鋪裝の粗骨材別磨耗比較試驗は、混凝土鋪裝の表層に、砂利、碎石及玉石碎石の何れを擇ぶべきか、碎石種別の影響如何等の問題の解決に資せむが爲に、昭和五年三月より六月に至る間に、實驗せる結果を輯錄せるものにして、曩に發行せる第十三號と併せ參照すれば、混凝土鋪裝の種別選定の一助たり得べし。尙最近に於けるセメント・マカダム鋪裝の勃興に鑑み、二種の鋪裝を造り、其耐力を他の混凝土鋪裝と比較對照せり。

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の研究は、混凝土鋪裝及鋪裝の基礎混凝土に對する氣象の影響の極めて顯著なるに鑑み、合理的に之が對抗工法を解決せむとする研究の一部にして先づ其大綱を明にし、之に準據する解決の第一步として、施工繼目を有するモルタルの强度を實驗測定し、且昭和二年十月以降一ケ年餘に亘りて露出せる混凝土版に及ぼす氣溫の影響を測定し、之より本邦各地に於ける氣溫と混凝土內部の溫度との關係を明にせるものなり。

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は栃木縣鹽谷郡三依村大字五十里字關門に築造せんとする洪水調節用堰堤の地盤たる角礫凝灰岩の抗壓强度竝に風化作用に對する耐久力に就て比較試驗を行ひ、又同工事に使用せんとする混凝土用砂利及砂各6種に就きて其の適否竝に使用方法を研究せし結果を蒐錄したるものなり。

鐵筋混凝土道路橋設計資料は主として、經濟上丁桁の中心間隔を如何に定むべきかにつき考察せるものにして、內務省「道路構造に關する細則」による二等橋及三等橋に對し其計算を試みたり。

各種土木工事材料試驗報告は昭和二年より同四年迄の間に行ひたる、アスファルト、油、タール、ピッチ、アスファルト・ブロック、塡充材、セメント等に關する試驗の成績を分類輯錄せるものなり。但し、旣に發表せるものの中、アスファルト・ブロック(第十二號)、瀝青乳劑(第十四號)、瀝青滲透ブロック(第十四號、第十六號)に關するものは之を含まず。

昭和五年十月

內務省土木試驗所長　物部長穗

内務省土木試驗所報告

第十八號

目　　次

一　混凝土舖裝の粗骨材別磨耗比較試驗

内務技師　山　田　　元
内務技手　船　山　晴　雄

頁

I　總　說 1
II　試驗機械略說 4
III　材料の性質 6
IV　試驗路面 11
V　試驗の施行 13
VI　試驗の結果 14
附錄　セメント・マカダム舖裝試驗 34

二　舖裝コンクリート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)

内務技師　藤　井　眞　透

I　緒　言 43
II　施工繼目を有するモルタルの强度試驗 46

内務技手　永　峯　尙　次

1　試驗の目的 46
2　材料及試驗方法 46
3　軟練りモルタルの繼目强度 47
4　硬練りモルタルの繼目强度 52

5 試驗結果の約說 56
III 鋪裝コンクリート版の溫度に及ぼす氣溫の影響 57
內務技手 船山晴雄
1 試驗の目的 57
2 コンクリート版及試驗方法 57
3 試驗結果 59
4 氣溫とコンクリート版の溫度との關係 71
5 東京と本邦各地との氣溫の比較 74
6 各種鋪裝の溫度測定に關する資料 75
7 試驗結果の約說 77

三 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
內務技師 高田昭
I 角礫凝灰岩に關する試驗 79
一 試驗の目的 79
二 試驗の一般性狀 79
三 試驗の種類及方法 80
四 試驗結果 81
II 男鹿川及湯西川產砂利及砂に關する試驗 84
一 試驗の目的 84
二 試驗の種類及試驗方法 84
三 試驗結果 85
四 施工上の注意 93

四 鐵筋混凝土道路橋設計資料
內務技師 大野博
第一章 鐵筋混凝土床版 98
第一節 許容應力 98
第二節 有効高(d)、鐵筋斷面積(A_s) 100
第三節 二等橋及三等橋に對する計算 101
第二章 鐵筋混凝土丁桁 102
第四節 腹部の巾(b_o) 102

第五節　經濟的主桁間隔の決定 106
第六節　主桁中心間隔が與へられたる場合の腹部寸法 108
第七節　二等橋及三等橋に對する計算 113
床　版 113
主桁彎曲率 113
經濟的主桁間隔 115
備考 1. 床版の許容應力 118
備考 2. 經濟的主桁間隔の決定 119
備考 3. 腹部の寸法 120

五　各種土木工事用材料試驗成績

內務技師　三　木　榮　三

一　アスファルト 137
二　石油系油類 137
三　タール及ピツチ 137
四　アスファルト・ブロック 137
五　塡充材 137
六　セメント類 137

混凝土鋪裝の粗骨材別磨耗比較試驗

內務技師　山　田　　元
內務技手　船　山　晴　雄

I 總　說

ポートランド・セメント混凝土鋪裝の種別選定に關する第一の問題と目すべき配合に關しては砂利を粗骨材とせる場合に就て本所報告第十三號中に報告せしが、次で起る問題は表層に使用すべき粗骨材の種別選定である。本邦現時に於けるが如く、一般に砂利と碎石との間に格段の値開きがあり、且磨耗力比較的大なる鐵輪の交通尠からざる場合に於ては混凝土鋪裝の表層に砂利を使用し得るか、碎石砂利何れを擇ぶべきか、或は兩者の中間にある玉石碎石を用ふべきか、碎石の種別の影響如何等の問題は歐米諸國に比し更に重要且切實である。

斯種の問題の解決の資料たる、混凝土の粗骨材別に據る磨耗の比較研究は、從來其例尠く、其大要を摘記すれば次の加くである。

i　D. A. Abrums 氏實驗[1]

D. A. Abrums 氏が 1920 年 Talbot.-Jone ラトラーを用ひて試驗せる結果は、次の如くである。

（1） 容積比 1：4 耐壓强度略同等なる混凝土に於て、砂利を使用せるものは、花崗岩碎石を使用せるものに比し 57%，トラップ碎石を使用せるものに比し 27% 大なる磨耗を示す。

（2） 磨耗抵抗力は骨材の種別加何よりも、寧ろ混凝土の性質如何に依る、磨耗抵抗比較的大ならざる骨材と雖も他の條件を精選すれば比較的磨耗抵抗力の大なる混凝土を得られる。

ii　米國道路局（U. S. B. P. R）の試驗[2]

米國道路局が Arlington 試驗場に於て自動車輪に鐵輪を捲付け 1:1½:3 の混凝土

1) A. S. T. M. Vol. 21　p 1013—

2) A. S. T. M. Vol 24　Pt. II　p. 885

に就き試驗せる結果は次の如くである。

（1） 氷河性砂利混凝土は碎石混凝土に比して一般に磨耗尠きも不均一の憾がある。

（2） 單に丸みがあり且表面が滑かであると云ふ點のみにては磨耗に關する砂利と碎石との相違は殆んど認められぬ。

（3） 要するに砂利は特に多量に軟質又は風化せるものを含まない限り碎石同樣充分使用するに足りる。

iii H. R. Thomas 及 G. A. Parkinson 兩氏の試驗[3]

1928 年米國 Texas 大學工學實驗所に於て上記兩氏が Tolbot-Jones ラトラーを用ひ、碎石 12 種 砂利 2 種に就て 1:4, 1:5 の配合の混凝土により比較試驗せる結果より磨耗に關する點を摘記すれば大要次の如くである。

（1） 混凝土の磨耗と碎石の磨損率及耐壓强度との間には一定の關係を見出し難い。

（2） 石材の磨耗（ドーリー式硬度試驗機による）を吋にて示せる値は石材の磨損率又は耐壓强度に比し混凝土の磨耗をよりよく表示する。

（3） 混凝土の耐壓强度と磨耗との間には一定の關係を見出し難い。

（4） 配合 1:5 骨材最大寸法 $1\frac{1}{4}''$ のものにつき試驗結果を一括すれば第1表の如くにして、大體に於て砂利は比較的磨耗多く、且磨耗後の表面粗鬆であるが良質の砂利は不良なる碎石に優り、硅質砂利は、石灰岩碎石に比して磨耗尠し。

（5） 粗骨材の最大許容寸法小なるときは（$\frac{3}{4}''$）砂利は碎石に比して大體に於て磨耗尠し。

第 一 表　混凝土の粗骨材別磨耗較比表

（Texas 大學實驗）

（1） 混凝土は配合 1:5

（2） 磨耗高は Talbot-Janes Rattler による

	石質				混凝土性質	
	磨損率	硬度	靱性	耐壓强度（#/□″）	耐壓强度 28日（#/□″）	90日（吋）磨損高
トラップ碎石	1.00	18.34	32.0	33600	4585	0.21

3) "Effect of Physical Properties of Stone Used as Coarse Aggregat on the Wear & Compressive Strengh of Conerete" Univ. of Texas Bull. No. 2814 1928 by H. R. Thomas & G. A. Parkinson Eng. Research Series No. 25

班岩 〃	1.94	18.90	16.0	27750	4665	0.15
砂岩 〃	4.97	17.25	6.5	14125	5330	0.15
砂岩 〃	8.05	10.33	5.5	10200	3130	0.24
赤花崗岩 〃	4.32	18.34	7.0	21850	5210	0.16
灰色花崗岩 〃	2.00	18.34	12.0	27600	5030	0.15
硅質砂利					4860	0.22
白雲岩碎石	2.98	14.65	12.0	25450	5085	0.28
石灰岩 〃	3.80	14.40	6.5	19000	3995	0.28
石灰岩 〃	3.30	11.30	6.5	17000	4295	0.31
石灰岩 〃	2.22	18.17	33.0	27675	4590	0.22
石灰岩 〃	7.88	−12.00	3.0	5930	2790	0.34
石灰岩 〃	4.92	11.34	6.5	10250	4100	0.26
石灰岩砂利					3785	0.36

（3） 要するに砂利は特に多量に軟質又は風化せるものを含まない限り、碎石同様充分使用するに足りる。

iv Prof. Dr. Ing. E. Probst 及 Dr. Ing. H. Brandt 兩氏の實驗[1]

上記兩氏が Böhme 磨耗試驗機を用ひ、略ゝ同様の粒度の碎石又は砂利を粗骨材とせる混凝土を比較せる結果は第1表に示すが如く、兩者殆んど遜庭なしと云ひ得る。

第 二 表 Böhme 機による混凝土の磨耗比較試驗

(Prof. E. Probstに據る)

〔試驗片 10 cm 立方形材齡 28 日，各値は 4 個の平均〕

粗骨材種別	配合（容積比及1立米所要セメント）	番號	稠度	水比（重量）	磨耗量 (cm^3/cm^2)	比率 (2)を1とす
碎石	1:7.3 285 kg.	(1)	硬	0.58	0.132	0.852
		(2)	適	0.67	0.155	1.000
		(3)	軟	0.85	0.173	1.115
砂利	1:8.0 270 kg.	(4)	硬	0.50	0.134	0.865
		(5)	適	0.58	0.153	0.987
		(6)	軟	0.67	0.175	1.130

V 東京府下千住試驗道路の結果[2]

實際に於ける車輪の影響を明にせむがために大正十五年一月東京府下千住町地内第四號國通（交通量換算重量 4117）に砂利・花崗岩碎石二種及安山岩碎石を用ひ、諸種

1) Probleme des Betonstrassenbaues s 77−

2) 本所本報告第五號

配合の混凝土を試驗せる結果は次の如し。

（1） 砂利を粗骨材にするものは碎石を使用するものに比し磨耗不均一にして施行當時に比し著しく粗鬆となるを免れない。

（2） 精確なる磨不量は不明であるが、今日に至るまで磨耗量の大なるため又は其不均一なる爲による支障は發見されない。

以上の諸結果を綜合するに、ii, iv 等の如く衝擊なく從つて磨耗尠き實驗に於ては骨材種別の如何を問はざるを示して居り、之固より當然の事であるが i, iii 等の如き衝擊多く從つて磨耗大なる實驗に於ては其結果必しも一致せず、i に於ては碎石の優れるを示すに反し、iii に於ては、砂利の優る場合あるを示して居る。

併し之等の試驗方法と路面上に於ける實際の鐵輪とは其規模作用著しく相違するから之等の結果は單に當該試驗に使用せる材料の比較上の參考たるに止まり、之等の資料より直に本邦產粗骨材に對する實際的判斷を下すは早計である、又 V の實際的試驗の結果も磨耗以外の諸現象に阻まれて精確なる數量の測定をなす能はず其結果は僅に砂利を使用するも大なる缺陷なきを示す程度に止まり、要するに本邦產粗骨材に對して混凝土鋪裝表層材の經濟的優劣を判定するには資料未だ充分ならざる憾がある。

本報告は之等の點に鑑み、其規模作用共に實際路面上の鐵輪と殆んど異らざる甲種道路試驗機（報告第十三號參照）を用ひ昭和五年三月より六月に亘り配合 1:2 及 1:4 の混凝土に就き、夫々砂利・玉石碎石及花崗岩・安山岩・石灰岩等の碎石等を粗骨材とせる場合に於ける磨耗を比較し之等の混凝土鋪裝表層材としての經濟的價値を明にせるものである。又同時に比較的輕易に斯種の試驗をなし得る乙種試驗機（報告第十三號參照）を用ひて配合 1:2 の混凝土（膠石）に就き、砂利・玉石碎石及花崗岩・安山岩等の碎石等を粗骨材とせる比較試驗を竝行せる結果を附した。

II 試驗機械畧說

甲種道路試驗機と稱するものは、實際道路上を走行する車輪の作用と略々相等しき作用を起さしめ、單に之を狹少なる範圍内に集注反覆せしめて實際上長期に亘る車輪の影響を短期間に明にせむとするものにして本所報告第十三號に其詳細を示せるが如く、試驗せむとする路面上に八個の車輪を同一中心の廻りに平均約 10m の直徑を以て電力に依り回轉走行せしめる裝置にして試驗路面・機體及測定器等より成る。

機體の主要部は車輪及動力裝置にして兩者間の聯動如何によつて任意に車輪をして働輪或は從輪たらしめ且其速度を自由に 1, 3, 6 及 15哩/時 の何れかに擇び得る。本試驗に於ては、終始 No. 1, No. 2, No. 5 及 No. 6（報告第十三號第二圖參照）の四個を働輪とし、他の No. 3, No. 4, No. 7 及 No. 8 を從輪たらしめ、速度は初め 1哩/時 次に 3哩/時 とした。車輪の主要寸法及重量等は第 2 表に示すが如くである。

第 三 表　車輪寸法と荷重

（甲種　道路試驗機）

車輪番號	車輪寸法 (cm) 外側經	內側經	輪帶幅	輪荷重 (kg)	1 粗幅輪壓 (kg/cm)	路面との接觸概況
1	102.24	101.68	7.70	1382	180	內側約 3.5 cm のみ接觸
2	102.08	101.60	7.78	1337	172	〃 5. cm 〃
3	98.98	98.43	7.62	1430	188	〃 4.5 cm 〃
4	98.58	97.39	7.70	1418	184	殆んど全幅にて接觸
5	95.73	95.09	7.62	1350	177	內側約 3.5 cm 完全に接觸
6	95.57	94.93	7.70	1360	177	內側約 6. cm のみ接觸
7	91.12	90.81	7.70	1314	171	〃 4.5 cm 〃
8	91.12	90.49	7.70	1307	170	〃 3.0 cm 〃

卽ち　一粗幅輪壓は荷重が假りに全輪幅に均等に分布すると看做し得る場合に於ても尙遙に道路構造令の標準 120 kg/cm を凌駕する、又現在に於ける鐵輪帶の 1 粗幅輪壓は略々第 4 表の如くてあるから之等に比するも更に遙に大であるが、實際に於ては荷重は第四輪を除く外悉く內側の一部分に分布するのみなるを以て通常の路面に比し更に大なるべく、從つて其磨耗上の影響も亦大なるべきてある。

第 四 表　鐵車輪 1 粗幅輪壓表

（本所報告第 17 號に據る）

車輛種別		前輪 輪幅	重量 空車		盈車		後輪 輪幅	重量 空車		盈車	
		cm	kg	kg/cm	kg	kg/cm	cm	kg	kg/cm	kg	kg/cm
四輪	在來のもの	6.00	88	14.7	317	52.8	6.00	116	19.4	615	102.5
	〃	5.75	101	17.6	330	57.4	6.25	125	20.0	623	99.7

車	取締令によるもの	6.30	89	14.2	318	50.5	9.00	129	14.3	627	69.7
	〃	6.30	94	14.9	327	52.0	9.18	134	14.6	632	68.9
二輪車	小車						3.20	45	14.2	361	112.9
	〃						4.75	59	12.4	375	78.9
	大車						3.30	63	19.2	379	115.0
	〃						6.35	94	14.9	410	64.6

乙種試驗機と稱するは第十三號報告に詳記せるが如く、定置せられたる電動機によつて固定鉛直軸の廻りを回轉せしめられる重き鋼製圓筒管の下部に附したる平均直徑 25.4 cm 輪帶幅 2.54 cm を有する鐵製小車輪四個を試驗路面上に約 3哩/時 及 6哩/時 の線速度を以て回轉走行せしめて其磨耗を測定する設備である。本試驗に於ては第十三號報告の場合と異り、車輪の左右の方向の滑動を禁じ、單に回轉進行運動のみならしめ、速度 3哩/時 を用ひ、荷重は

全荷重＝ 1423 kg, 平均一輪荷重＝356 kg 1 糎幅輪壓＝140 kg/cm

となしたが四個の車輪に依つて圓筒管の重量を支持するを以て路面上の位置に由つて車輪荷重及 1 糎幅輪壓單位輪重を異にするを免れず、從つて同一路面内の磨耗を比較するを得ない。

III 材料の性質

本試驗に使用せる材料の内、試驗結果に直接の影響あるものゝ性質は次の如くである。

セメント は淺野セメント株式會社製品にして其性狀强度第 5 表及第 6 表に示すが如く尙純セメント及モルタルにつきアムスラー機に依つて磨耗を試驗すれば第 7 表の如し。

第 五 表　セメント試驗成績表

其 一 性　狀

粉末度 4900孔 %	比重	凝結 室温 C°	凝結 濕度 %	凝結 水量 %	凝結 始時分	凝結 終時分	安定度 沸煮	苦土 %	硫酸 %	灼減熱量 %
1.8	3.15	16.8	61.5	28	2.54	4.50	完全	1.84	1.21	1.79

第六表　セメント強度試験成績表

			施行前	施行後	
番號			1	2	3
砂種別			標準砂	標準砂	使用砂
耐壓強度 (kg/cm²)	1:3モルタル	水量 %	7.2	6.8	10.8
		3日	333	—	—
		7日	504	431	257
		14日	—	461	300
		28日	625	567	378
		聯結28日	671	—	—
抗張強度 (kg/cm²)	純セメント	水量 %	16.2		
		7日	77.7		
	1:3モルタル	水量 %	6.8	6.8	10.8
		3日	25.5	—	—
		7日	30.0	28.1	31.0
		14日	—	33.3	32.4
		28日	35.2	35.6	36.2
		聯結28日	42.8	—	—
試驗期日		自	3月10日	6月 4日	6月 4日
		至	4月10日	7月 4日	7月 4日
養生温度 °C		氣中	16.5～16.8	—	—
		水中	18.4～18.5	18.5～23.0	18.5～23.0

第七表　セメント磨耗試験成績表

アムスラー磨耗試驗機使用

(數値は試料二個の平均とす)

試驗番號	試料種別	水量 %	金剛砂使用 14日 磨耗厚 (cm)	金剛砂使用 14日 重量減 (gr)	金剛砂使用 28日 磨耗厚 (cm)	金剛砂使用 28日 重量減 (gr)	ドリー硬度試驗用砂使用 14日 磨耗厚 (cm)	ドリー硬度試驗用砂使用 14日 重量減 (gr)	ドリー硬度試驗用砂使用 28日 磨耗厚 (cm)	ドリー硬度試驗用砂使用 28日 重量減 (gr)
1	使用砂 1:3モルタル	10.8	0.615	73	0.495	67.5	1.115	127	1.07	118
2	標準砂 1:3モルタル	6.8	0.19	25.5	0.115	16	0.305	39	0.265	32.5
3	純モルタル	17.5	1.03	117	0.835	92	0.915	100.5	0.765	87.5

砂　は東京府下岩淵町地先荒川産のものにして暗灰色を帯び主として30番乃至100番のもの多く一般に稜角に富み、其性狀第8表に示すが如し。

第八表　砂試驗成績表

比重		2.67
空隙率		43.2
單位重量 (kg/m³)		1515
粘土及泥(%)		1.8
粒度率		1.71
篩分		
通過	殘留	
	4番	
4番	8番	0.64
8番	16番	1.38
16番	30番	7.70
30番	50番	50.18
50番	100番	38.49
100番		1.61

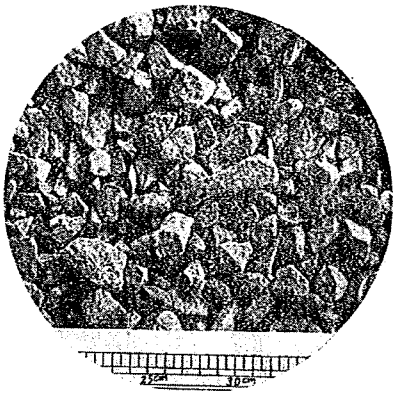
砂利　は東京府下北多摩郡福生村地先多摩川産にして、主として硬砂岩・角岩・硅岩・砂岩及粘板岩より成り、小量の閃綠岩・結晶片岩・石灰岩等を混じ、其性狀第9表及第1圖に示すが如し。

第九表　粗骨材試驗成績表

名稱	砂利	玉石碎石	花崗岩碎石	安山岩碎石	石灰岩碎石	摘要
比重	2.95	2.67	2.64	2.73	2.73	
單位重量 (kg/m³)	1754	1500	1550	1580	1590	標準方法に據る
空隙率(%)	33.7	43.8	41.2	42.1	41.7	〃
吸水率(%)	0.55	0.25	0.60	0.7	0.65	
耐壓强度 (kg/cm²)	—	—	—	2270	1840	
磨損率(%)	—	—	2.0	3.9	3.2	
修正法による磨損率(%)	4.8	4.8	29.1	6.7	15.8	標準方法の寸法を用ひず
硬度	—	—	18.5	16.0	18.4	
靱性	—	—	14	14	11	
締合力	—	—	23	9	17	
粒度率	6.83	6.64	7.04	7.09	6.93	
篩分						
通過 殘留						
1″ ¾″	18.9	4.7	17.6	14.3	15.1	

第一圖　粗　骨　材

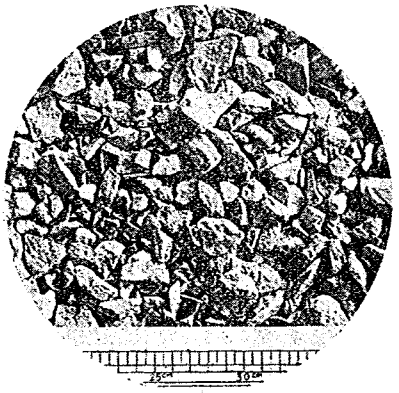
1 花崗岩碎石



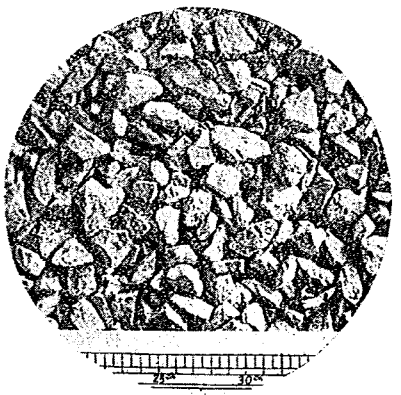
2 砂　　利

3 玉石碎石

4 石灰岩碎石



5 安山岩碎石



3/4″	3/8″	49.0	59.4	69.3	81.3	66.5
3/8″	4番	28.3	31.2	12.8	4.3	14.5
4番		3.8	4.7	0.3	0.1	3.9

玉石碎石　は上記砂利と共に採取せる玉石の平均徑 15 cm 內外のものをヂヤイレトリー碎石機を以て破碎せるものにして、僅少の丸みを帶び　其の性狀　第九表及第一圖に示すが如し。

花崗岩碎石　は茨城縣眞壁町產黑雲母花崗岩にして一般に「小御影」と稱せらるゝものをジョー式碎石機にて破碎せるものにして(本所報告第十六號參照)稜角に富む多面體にして、細長又は偏平なるもの尠く、其性狀第九表及第一圖に示すが如し。

安山岩碎石　は山梨縣東山梨郡岡部村石和產復輝石安山岩をジョー式碎石機を以て破碎せるものにして、暗灰色を帶び　均等中粒　班晶は主として斜長石・普通輝石・紫蘇輝石より成り、之を灰黑色にして緻密なる石基にて膠結し、其質一般に新鮮である。形は略立方形に近く　細長又は偏平なるものを含まず、其性狀第九表及第一圖に示すが如し。

石灰岩碎石　は栃木縣阿蘇郡葛生町山菅產(本所報告第十六號 92 頁參照)のものをジョー式破碎機にて破碎せるものにして、灰色を帶び、多少の粘土或は炭素質物を含むも　一般に細粒緻密にして均等なる糖晶組織をなすを以て、石灰岩中に在りては比較的堅硬質なるものである。形は偏平又は細長なるもの尠く、其性狀第九表及第一圖の如し。

上述の細粗兩骨材を用ひ、容積配合 1:4 の混凝土に要する細粗兩骨材の所要量及混和後の粒度率を示せば第十表の如し。

第十表　骨材配合試驗

番號	名稱		砂利	玉石碎石	花崗岩	安山岩	石灰岩	摘要
(1)	最密混凝材るとすに要する砂の重量比 (%)		45	50	47.5	50	47	
(2)	同上容積比(%)		52	50	48	52	49	
(3)	混凝材容積(立)		12.2	12.3	11.8	12.0	12.2	粗骨材10立を用ふ
(4)	混合前骨材容積和(立)		15.2	15.0	14.8	15.2	14.9	
(5)	減容率(%)		80.2	82.0	80.0	79.0	81.8	(3)/(4)×100
(6)	セメント1立に骨材を容積にとる	砂	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6	配合 1:4
		粗骨材	3.3	3.3	3.4	3.4	3.3	
		各容積比の和	5	4.9	5.0	5.1	4.9	
(7)	混凝材粒度率		5.24	5.00	5.32	5.30	5.26	

IV 試 驗 路 面

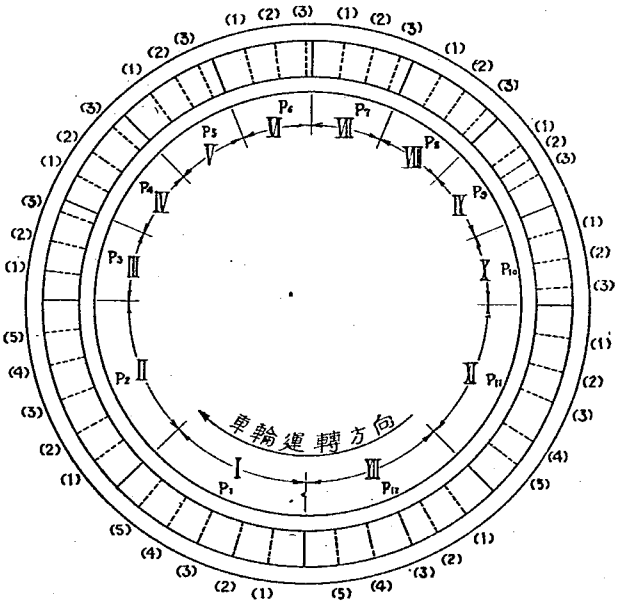
甲種試驗路面　は內外二列の鐵筋混凝土壁內に $1\frac{1}{2}''$ 以下の砂利を填充して路床とし幅員 76.2 cm（2′ 6″），中心線直徑 10.58 m（33′）の環狀に鋪設せられ，中心線周長 31.6 m，面積 24.08 m² である。車輪の通過する部分は　軌道に重復せる部分あり且輪帶と路面との接觸完全ならざるが爲に　外側約 10.4 cm，內側約 5.1 cm，中間約 6 cm を除く幅員約 54.08 cm である。路面は　附近平均地盤より約 90 cm 高く側壁天端以下 5 cm である。

路面は，第二圖及第 10 表に示すが如く，12 區域に分ち I, II, III, IV 及 V の 5 區域に膠石を VIII, IX, X, XI 及 XII の 5 區域に混凝土を，殘る VI 及 VII 2 區域には，セメント•マカダム鋪裝を施行した。

第 二 圖　甲種試驗路面圖

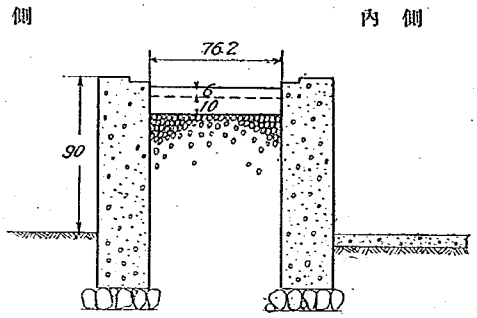
其 一 平 面 圖

(1)　ローマ數字は第 11 表參照
(2)　（ ）內の數字は橫斷測定個所を示す
(3)　P は第 4 圖の寫眞撮影個所を示す



第 2 圖 甲種試驗路面圖

其二 橫斷面圖



鋪裝は 表層 6 cm, 基層 10 cm, 計 16 cm とし、撒水濕潤ならしめたる路床上に配合 1:7 の基層混凝土を施行したる後四日を經て 表層を施行した。混合にはランサム 4 s 型混合機(回轉數 20/分) を用ひ、諸材料塡入後 1.5 分間の後、豫め濕潤ならしめたる基層上に敷均し、重量約 11.4 kg 邊長 10.7 cm の底面正方形の手持撞固器を以て撞固め、重量約 73.1 kg, 徑 30.5 cm, 長 30.5 cm の手動ローラーを以て數回輾壓し、內部より滲み出たるモルタルを鐵鏝にて均し仕上げたる後蓆を以て掩ひ、試驗施行の日まで約二週間日々二回撒水養生せしめた。表面形狀の一部は第 3 圖實線を以て示すが如くである。各種別につき、水比・稠度及四週後の耐壓强度を一括すれば 第十一表の如し、砂中の含水量は約 4% 乃至 5% にして 時々骨材含水量計を以て測定し參考に資した。

第十一表

試驗種別	番號	種別	粗骨材	混凝材粒度率	配合(容積)	水比重量%	稠度 スランプ cm	稠度 フロー %	耐壓强度 (kg/cm²)	摘要
甲種試驗	I	膠石(砂混凝土拔) 1:2	花崗岩	7.04	1 : 0 : 2	30	0.3	110	431.0	
	II		砂利	6.83	〃	〃	0.3	109	447.4	
	III		玉石碎石	6.64	〃	〃	0.2	102	433.2	
	IV		石灰岩	6.93	〃	〃	0.3	102	378.0	
	V		安山岩	7.09	〃	〃	0.4	110	415.1	
	VIII	混凝土 1:4	安山岩	5.30	1:1.7:3.4	50	0	105	356.4	
	IX		石灰岩	5.26	1:1.6:3.3	〃	0	103	324.3	
	X		玉石碎石	5.00	1:1.6:3.3	〃	0	105	383.3	
	XI		砂利	5.24	1:1.7:3.3	〃	4.5	126	383.3	
	XII		花崗岩	5.32	1:1.6:3.4	〃	0	107	387.4	

乙種試驗	1	膠石 1:2	花崗岩	1：0：2	30	0.3	110
	2		砂利	〃	〃	0.3	109
	3		玉石碎石	〃	〃	0.2	102
	4		安山岩	〃	〃	0.4	110

甲種試驗の膠石と同種

乙種試驗路面　は圓環形の鐵型中に設けられ　上幅 17.64 cm, 底幅 19.68 cm, 厚 15.24 cm 中心線直徑 106.68 cm, 面積 5900 cm², 容積 0.095 m³ にして表層 6 cm, 基層 9.24 cm の二層仕上とし、表層は配合 1:2 の膠石、基層は配合 1:7 の混凝土を用ひた。鐵型 4 個を用ひて　表層を 4 種に分ち、骨材は甲種試驗路面に用ひた花崗岩碎石・砂利・玉石碎石及安山岩碎石を用ひた。施工及養生は甲種の場合に準じ、其表層の性質は第十一表に示すが如く、表面形狀は第八圖中の實線に示すが如し。車輪は外側約 4.1 cm, 內側約 5.1 cm を除く中央部約 8.55 cm を走行する。

V 試驗の施行

甲種試驗の施行　甲種試驗は膠石表層完了後二週間を經たる四月十三日より開始し、雨天及故障の日を除き、日々約 2 乃至 5 時間運轉し、總運轉時間 75 時間、日數 62 日の後、六月十四日終了した。

運轉は　終始第一, 第二及之等と直角をなす第五, 第六の四輪を働輪とし　殘り第三, 第四及之等と直角をなす第七, 第八の四輪を從輪とし、先づ 1哩/時（大凡の値にして詳細は第十三號報告參照）の速度を以て開始し、每日一回運轉終了後、充分淸掃し、運轉 25 時間每に　磨耗測定のため第二圖指示の箇所にて橫畫面器を以て橫斷面を畫き、合計 50 時間測定 2 回にして 1哩/時 の速度の試驗を了へ　續いて 3哩/時 の速度を以て　運轉時間 8 時間 20 分每に橫斷面を測定しつゝ計 25 時間測定 3 回にして試驗を終る、3哩/時 の試驗中始めの一回は一日一回淸掃せしも後二回は　一日二回淸掃して　試驗中に生じたる磨耗材の影響を除去した。二種の速度を通じ運轉時間合計 75 時間、橫斷面測定 5 回である。運轉中路面は、常に略々乾燥狀態にあり、降雨後は充分拂拭乾燥せる後運轉した、各種の路面の日射其他の氣象的影響は殆んど同一と看做し得る。

本試驗中に於ける通過荷重量等を一括すれば　第十二表の如くにして　全有效幅員 54.08 cm に對する通過荷重量は 1哩/時 30460 瓲, 3哩/時 46299 瓲, 合計 76759 瓲である。又最終に於ける相當交通量は(幅員 5.5 m の道路に於て　全幅中交通量最密の

部分の通過荷重量が本試驗路面と等しき場合の總交通量）は 約 300,000 噸である。

第十二表　甲種試驗運轉一覽表

車輪作用種別				動輪					從輪					合計
車輪番號				No. 1	No. 2	No. 5	No. 6	計	No. 3	No. 4	No. 7	No. 8	計	
各輪荷重 (kg)				1382	1337	1350	1360	5428	1430	1418	1318	1307	5473	10901
速度	測定番號	運轉時間	通過回數	通過荷重 (噸)										
1哩/時	1	25h	1398	1930	1870	1885	1900	7585	2000	1980	1840	1825	7645	15230
	2	25	1398	1930	1870	1885	1900	7585	2000	1980	1840	1825	7645	15230
	計	50	2796	3860	3740	3770	3800	15170	4000	3960	3680	3650	15290	3046
3哩/時	3	8h20m	1415	1957	1891	1910	1925	7683	2025	2010	1865	1850	7750	15433
	4	8 20	1415	1957	1891	1910	1925	7683	2025	2010	1865	1850	7750	15433
	5	8 20	1415	1957	1891	1910	1925	7683	2025	2010	1865	1850	7750	15433
	計	25	4245	5871	5673	5730	5775	23049	6075	6030	5595	5550	23250	46299
累計		75	7041	9731	9413	9500	9575	38219	10075	9990	9275	9200	38540	76759
相當交通量(噸)				315,942	302,474	311,680	310,877	310,000	330,545	324,351	301,136	298,701	314,000	312,000

乙種試驗の施行　は路面製作後 4週 間を經たる四月二十八日及二十九日兩日に亘り速度 3哩/時 を以て　第一回に一時間施行し、其結果の測定完了せるを待つて五月二十日　第二回 30 分間施行し、次で五月二十七日　第三回 30 分間施行した。各回及合計 2 時間に對する通過荷重を一括すれば　第十七表中に示すが如し。

VI 試驗の結果

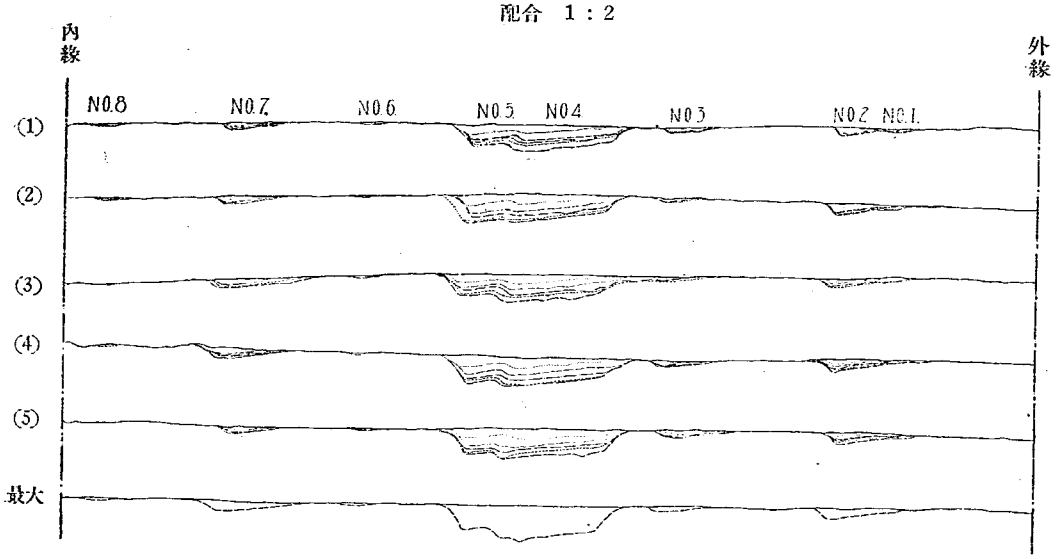
甲種試驗の結果　前述の如く運轉せる後　横畫面器を用ひ　各鋪裝につき 3 乃至 6 ヶ所の横斷面を測定せる結果は　第三圖の如く、又試驗終了後に於ける路面の狀態を示せば　第四圖(卷末)の如くである。

第三圖に據り　磨耗面積及磨耗厚を測定すれば　第十三表乃至第十五表の如くである。但し　最大磨耗部分に於て原形なき部分は　隣接原形部を連結せる線を原形と看做し、平均磨耗厚は　有効幅員 54.08 cm を用ひて算出した。

第 三 圖　セメント・コンクリート磨耗横斷面

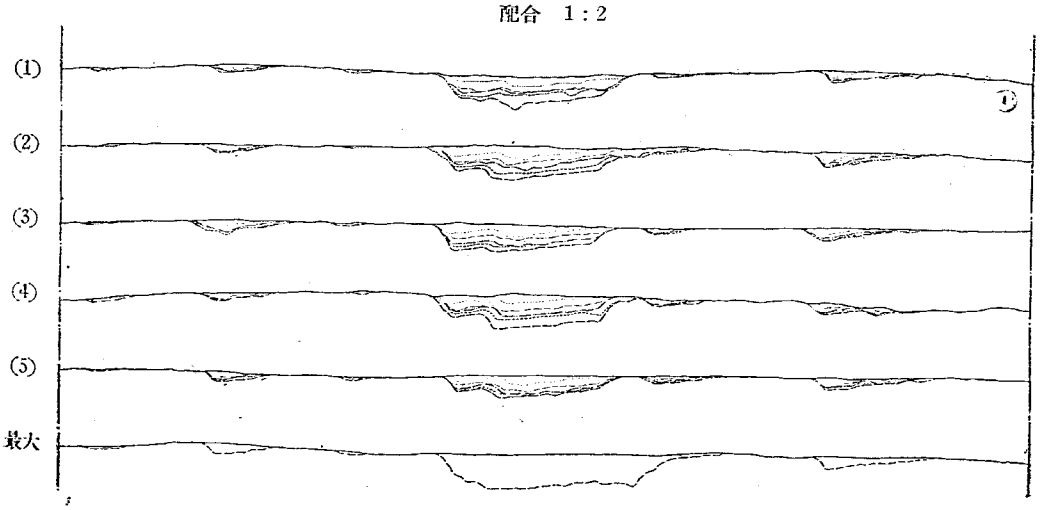
I 花 崗 岩 膠 石

配合 1：2

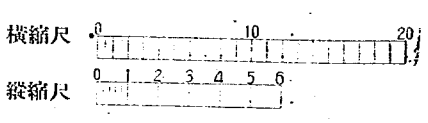


II 砂 利 膠 石

配合 1：2



(No. は車輪の位置を，( ) 内數字は測點を示す)

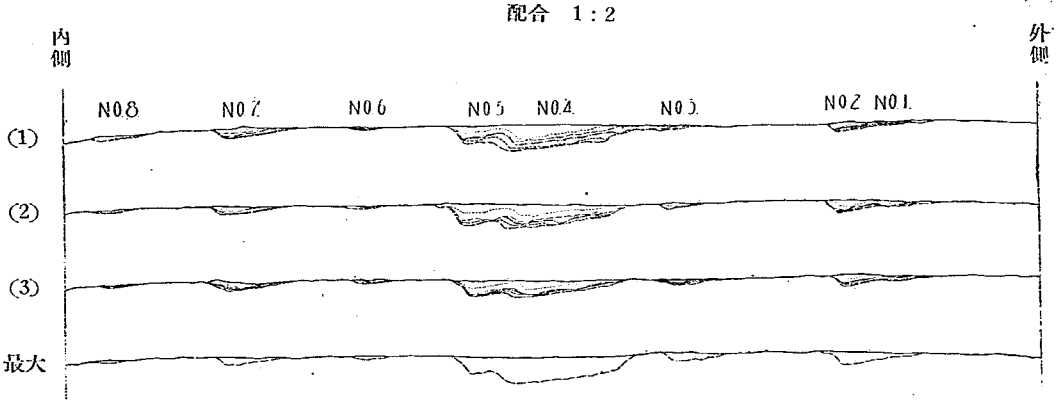


凡例
- 原形
- 一哩 二十五時間
- 一哩 五十時間
- 三哩 八時間二十分
- 三哩 十六時間四十分
- 三哩 二十五時間

（No. は車輪の位置を，（ ）内数字は測點を示す）

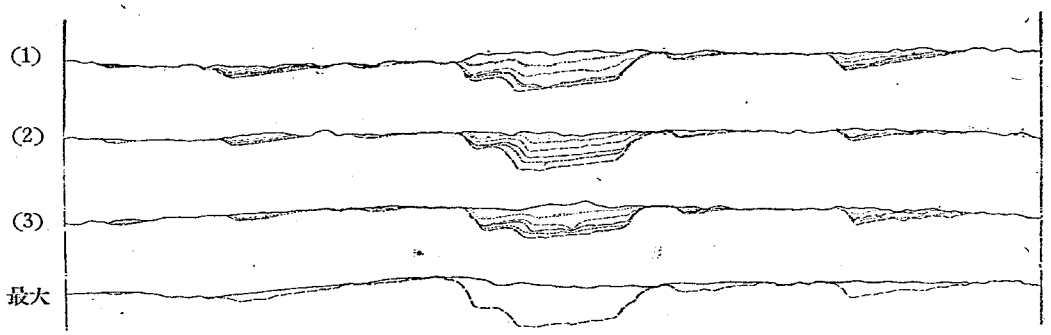
III 玉石碎石膠石

配合 1：2



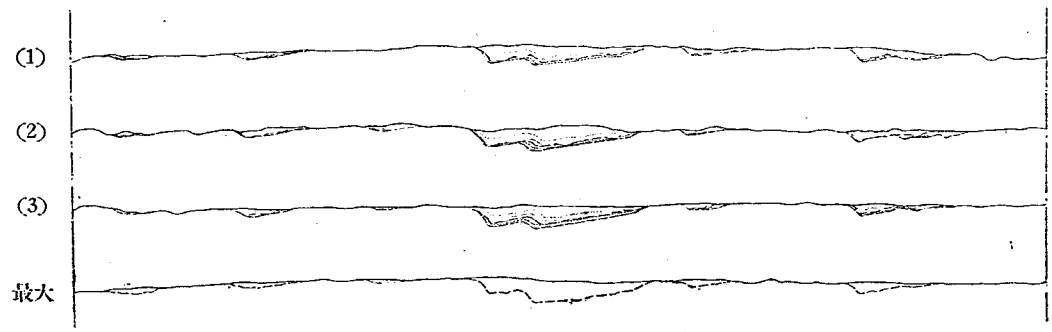
IV 石灰岩碎石膠石

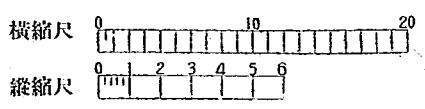
配合 1：2

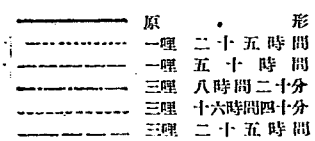


V 安山岩碎石膠石

配合 1：2



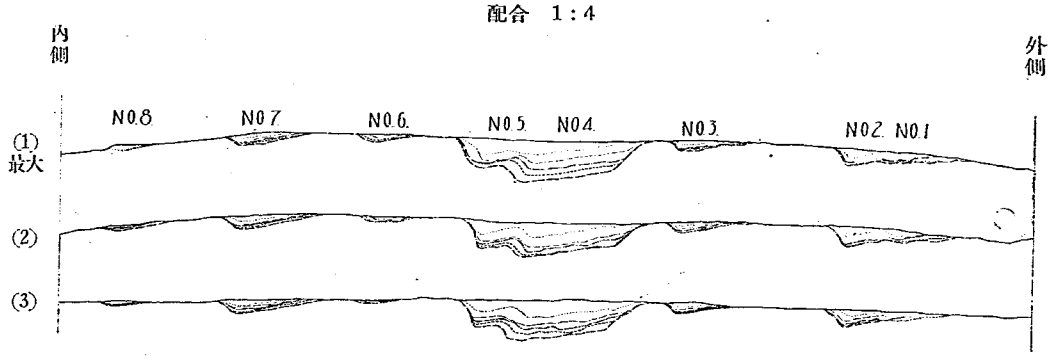




(No. は車輪の位置を，( ) 内数字は測點を示す)

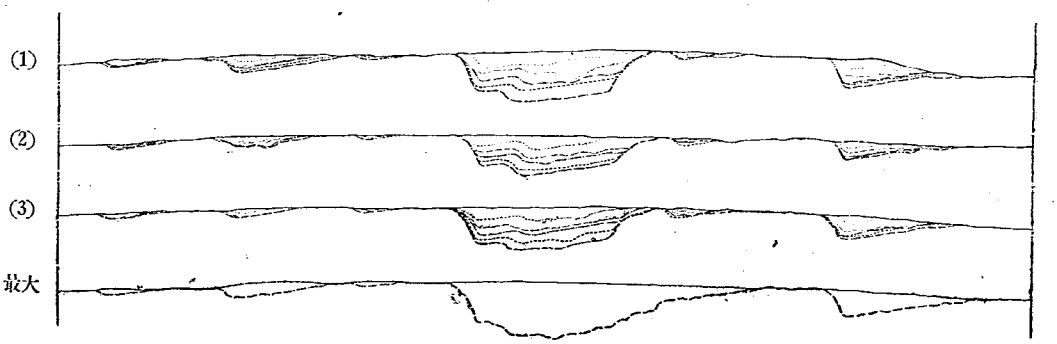
VIII 安山岩碎石混凝土

配合 1:4



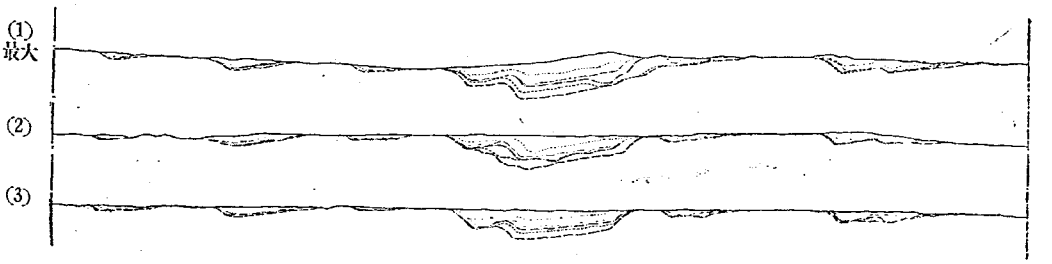
IX 石灰岩碎石混凝土

配合 1:4



X 玉石碎石混凝土

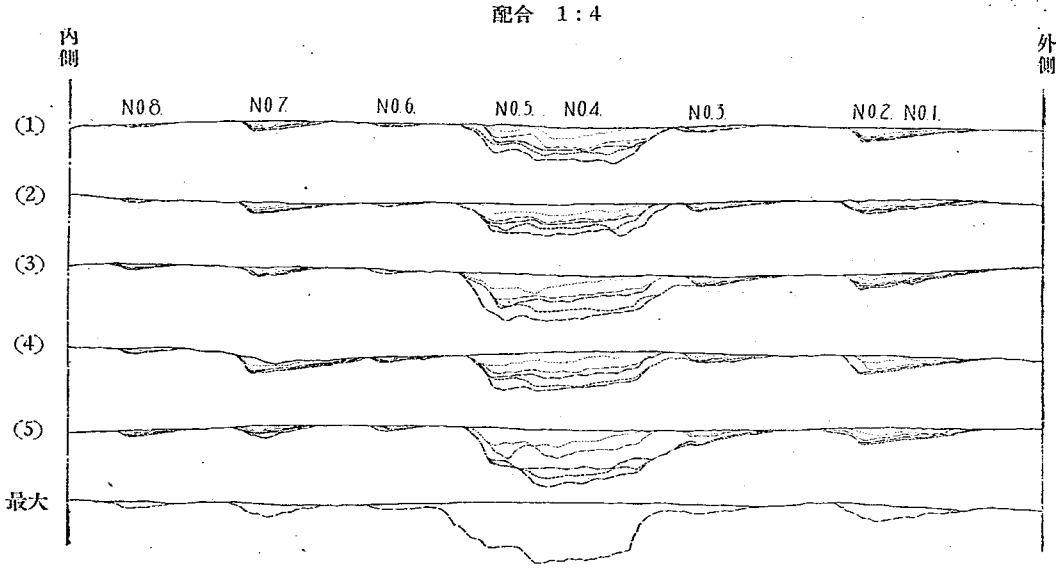
配合 1:4



(No. は車輪の位置を，( ) 内數字は測點を示す)

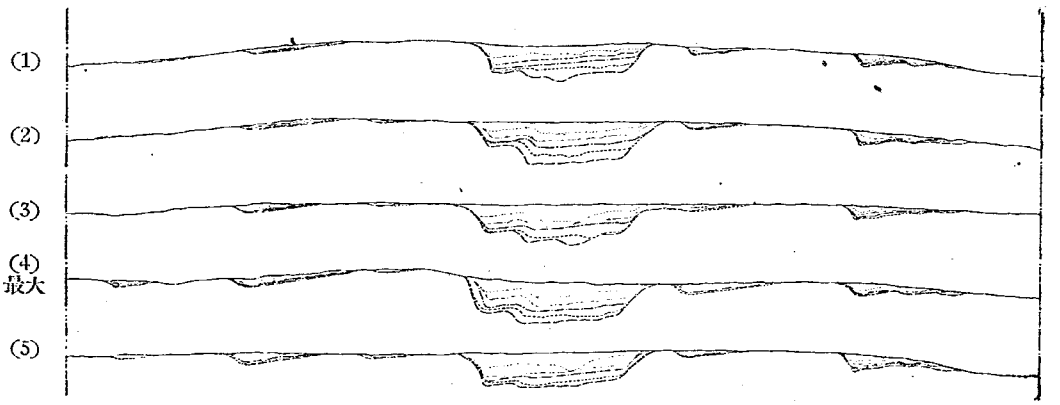
XI 砂 利 混 凝 土

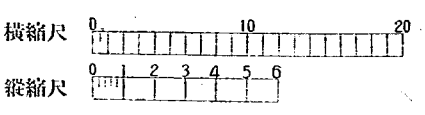
配合 1：4

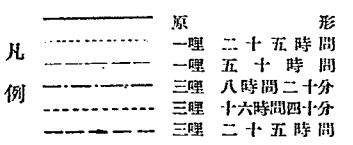


XII 花 崗 岩 混 凝 土

配合 1：4







第十三表　甲種試驗磨耗面積表

（横斷面測定の結果に據る、第三圖參照）

單位；cm²

試驗番號				1	2	計	3	4	5	計	合計
鋪裝種別	區域	名稱	速度(哩/時)	1	1	1	3	3	3	3	1及3
			運轉時間	25	25	50	8-20′	8-20′	8-20′	25	75
			通過荷重(噸)	15,230	15,230	30,460	15,433	15,433	15,433	46,299	76,759
膠	I	花崗岩	五個所中最大	3.62	3.10	6.57	2.15	2.35	1.97	5.92	11.94
			同　最小	2.22	2.80	5.02	0.87	1.07	0.92	3.91	8.93
			同　平均	2.88	2.96	5.84	1.76	1.82	1.55	5.13	10.97
			全區間最大								12.15
	II	砂利	五個所中最大	3.52	3.47	6.47	2.97	2.87	3.32	7.46	13.46
			同　最小	1.87	2.60	4.67	0.62	1.00	1.62	4.34	9.01
			同　平均	2.70	2.92	5.63	1.97	1.79	2.24	6.00	11.63
			全區間最大								16.22
石	III	玉石碎石	三個所中最大	3.15	2.97	6.12	1.47	2.10	1.47	5.04	9.64
			同　最小	1.90	1.75	4.12	0.55	0.85	1.17	2.59	6.71
			同　平均	2.64	2.31	4.95	0.86	1.46	1.29	3.61	8.56
			全區間最大								9.75
	IV	石灰岩	三個所中最大	4.52	4.72	9.24	3.92	2.27	2.52	7.51	16.56
			同　最小	2.52	2.67	5.19	1.82	1.45	1.72	5.81	12.43
			同　平均	3.47	3.54	7.01	2.87	1.95	2.06	6.88	13.89
1：2			全區間最大								16.97
	V	安山岩	三個所中最大	3.72	2.35	6.07	1.50	1.07	1.30	3.77	8.91
			同　最小	2.57	1.37	3.94	0.97	0.70	0.55	2.84	7.69
			同　平均	3.03	1.83	4.86	1.29	0.95	1.00	3.24	8.10
			全區間最大								8.92
	平均			2.94	2.71	5.66	1.75	1.59	1.63	4.97	10.63
混	VIII	安山岩	三個所中最大	5.02	4.90	9.22	3.05	2.77	3.30	8.52	17.39
			同　最小	4.07	3.90	8.87	2.17	2.17	1.40	6.34	15.31
			同　平均	4.69	4.33	9.02	2.46	2.39	2.41	7.26	16.28
			全區間最大								17.39
	IX	石灰岩	三個所中最大	5.10	5.72	10.82	4.10	3.30	5.35	12.65	23.47
			同　最小	3.72	4.27	7.99	2.45	3.12	1.92	7.86	15.85
			同　平均	4.31	4.97	9.28	3.12	3.21	3.55	9.88	19.16
凝			全區間最大								26.45
	X	玉石碎石	三個所中最大	5.62	4.07	9.69	2.02	2.92	4.75	7.65	16.97
			同　最小	4.15	2.15	6.30	1.80	1.10	2.27	5.64	11.94
			同　平均	4.85	3.18	8.03	1.87	1.81	3.19	6.87	14.90
			全區間最大								16.97
土	XI	砂利	五個所中最大	5.47	5.50	9.92	9.27	4.67	4.32	14.94	24.86
			同　最小	2.90	3.62	7.52	1.80	1.87	2.17	7.02	14.87
			同　平均	4.17	4.80	8.97	3.69	3.04	3.28	10.01	18.98
			全區間最大								25.97

1：4	XII	花崗岩	五個所中最大	4.90	4.07	8.79	3.20	3.22	3.20	8.72	17.03
			同 最小	3.42	2.37	5.79	1.67	1.87	1.30	6.30	12.43
			同 平均	4.20	3.33	7.53	2.41	2.74	2.16	7.31	14.84
			全區間最大								17.03
	平均			4.44	4.12	8.57	2.71	2.64	2.92	8.27	16.83
	全平均			3.69	3.41	7.11	2.23	2.11	2.27	6.62	13.73

第十四表 甲種磨耗試驗成積表

鋪裝種別	區域	名稱	平均磨耗 磨耗面積 (cm²)	平均磨耗 百分率 砂利を基とするもの	平均磨耗 百分率 石灰岩碎石を基とするもの	平均磨耗 順位	最大磨耗 磨耗面積 (cm²)	最大磨耗 百分率 砂利を基とするもの	最大磨耗 百分率 石灰岩碎石を基とするもの	最大磨耗 順位
膠石 1：2	I	花崗岩	10.97	94.3	78.9	3	12.15	74.9	71.6	3
	II	砂利	11.63	100.0	83.8	4	16.22	100.0	95.6	4
	III	玉石碎石	8.56	73.6	61.6	2	9.75	60.1	57.5	2
	IV	石灰岩	13.89	119.4	100.0	5	16.97	104.6	100.0	5
	V	安山岩	8.10	69.7	53.4	1	8.92	55.0	52.6	1
	平均		10.63	91.4	76.5		12.80	79.0	75.5	
混凝土 1：4	VIII	安山岩	16.28	85.8	85.0	3	17.39	67.0	65.7	3
	IX	石灰岩	19.16	101.0	100.0	5	26.45	101.9	100.0	5
	X	玉石碎石	14.90	78.5	77.8	2	16.97	65.4	64.2	1
	XI	砂利	18.98	100.0	99.1	4	25.97	100.0	98.2	4
	XII	花崗岩	14.84	78.2	77.6	1	17.03	65.6	64.4	2
	平均		16.83	89.7	88.0		20.76	80.0	78.9	
平均	I. XII	花崗岩	12.90	84.3	78.0	3	14.59	69.2	67.2	3
	II. XI	砂利	15.31	100.0	92.6	4	21.10	100.0	97.2	4
	III. X	玉石碎石	11.73	76.6	71.0	1	13.36	63.3	61.5	2
	IV. IX	石灰岩	16.53	108.0	100.0	5	21.71	102.9	100.0	5
	V.VIII	安山岩	12.19	79.7	73.8	2	13.16	62.4	60.6	1
	平均		13.73	89.7	83.1		16.78	79.6	77.3	

第十五表 甲種試驗磨耗厚表

1. 平均磨耗厚は磨耗面積を有効幅員 54.08 cm にて除せるもの。

鋪裝種別	區域	名稱	平均磨耗厚 (cm) 速度 1 哩/時 荷重 30460 斤 最小	平均	最大	速度 3 哩/時 荷重 46299 斤 最小	平均	最大	合計荷重 76759 斤 最小	平均	最大	最大/最小	最大磨耗厚 (cm) 速度 1 哩/時 荷重 30460 斤 最小	平均	最大	速度 3 哩/時 荷重 46299 斤 最小	平均	最大	合計荷重 76759 斤 最小	平均	最大	最大/最小	最小磨耗路線 最大磨耗厚 (cm) 合計 75 時間 最小	平均	最大
瀝青石 1:2	I	花崗岩碎石	0.093	0.108	0.121	0.072	0.095	0.109	0.165	0.203	0.221	1.339	0.49	0.568	0.64	0.39	0.458	0.50	0.87	0.926	0.99	1.138	0.06	0.07	0.08
	II	砂利	0.086	0.104	0.120	0.080	0.111	0.138	0.167	0.215	0.249	1.491	0.51	0.554	0.64	0.38	0.584	0.74	0.72	0.996	1.13	1.569	0.08	0.10	0.12
	III	玉石碎石	0.076	0.092	0.113	0.048	0.067	0.093	0.124	0.158	0.178	1.435	0.44	0.510	0.55	0.28	0.407	0.55	0.55	0.723	0.85	1.545	0.09	0.11	0.14
	IV	石灰岩碎石	0.096	0.130	0.171	0.107	0.127	0.139	0.230	0.257	0.306	1.330	0.63	0.730	0.80	0.58	0.730	0.96	1.08	1.197	1.26	1.167	0.12	0.13	0.14
	V	安山岩碎石	0.073	0.090	0.112	0.053	0.060	0.070	0.142	0.150	0.165	1.162	0.46	0.510	0.59	0.32	0.367	0.43	0.63	0.703	0.75	1.190	0	0.09	0.19
		平均	0.085	0.105	0.127	0.072	0.092	0.110	0.166	0.197	0.224	1.351	0.506	0.574	0.644	0.390	0.509	0.636	0.770	0.908	0.996	1.322	0.070	0.10	0.34
混凝土 1:4	VIII	安山岩碎石	0.164	0.167	0.170	0.117	0.134	0.159	0.283	0.300	0.322	1.138	0.74	0.777	0.81	0.57	0.680	0.84	1.11	1.270	1.38	1.243	0.10	0.18	0.25
	IX	石灰岩碎石	0.148	0.172	0.200	0.145	0.183	0.234	0.293	0.354	0.434	1.481	0.73	0.810	0.95	0.74	0.857	1.08	1.30	1.417	1.61	1.238	0.12	0.14	0.16
	X	玉石碎石	0.116	0.148	0.179	0.104	0.127	0.141	0.221	0.276	0.314	1.421	0.69	0.657	0.69	0.56	0.630	0.70	0.90	1.070	1.16	1.289	0.12	0.16	0.20
	XI	砂利	0.139	0.166	0.179	0.130	0.185	0.276	0.275	0.351	0.460	1.673	0.61	0.754	0.98	0.67	0.810	1.18	1.04	1.372	1.87	1.798	0.10	0.14	0.19
	XII	花崗岩碎石	0.107	0.139	0.163	0.116	0.135	0.161	0.230	0.274	0.315	1.370	0.61	0.700	0.77	0.50	0.756	0.93	1.10	1.262	1.38	1.255	0	0.09	0.13
		平均	0.135	0.159	0.178	0.122	0.153	0.194	0.260	0.311	0.369	1.417	0.676	0.740	0.840	0.608	0.747	0.946	1.090	1.278	1.480	1.365	0.088	0.121	0.186

試驗結果を通觀するに、各種の鋪裝を通じ 路線卽ち車輪に因つて 磨耗の程度著しく異り、試みに最大磨耗厚を路線別に比較するに (第十五表)最大 1.87 cm に對し最小は僅に磨耗の痕跡を示す程度に止まる、而して 作用(働輪又は從輪の別)同一にして 輪重・1 輻幅輪壓・通過荷重量及速度等略相似たる場合にして 尙著しく相違せる結果を示すは、本試驗機が 車輪により 其衝擊の度を著しく異にするが爲である、從つて本試驗結果を 路線別に比較するは 精確を期し難く、又磨耗量は 主として機體の振動に由る衝擊の最も顯著なる 第四輪及第五輪に因るものなるを以て、本結果を以て 直に鐵車輪の一般の場合を類推するは妥當でない。

今前揭圖表に據つて 試驗結果を要約すれば 次の如くである。

1. 粗骨材又は配合の相違が 鋪裝の磨耗に及ぼす影響は路線卽ち車輪の相違に由るものに比し遙に小である、卽ち各種鋪裝中の平均磨耗厚の最大値對最小値の比が僅に平均 2.36 に過ぎざるに對し、各路線中の最大磨耗厚の最大對最小の比は、平均 9.04 である。

2. 磨耗最小と認められる路線に於ける最大磨耗厚は、通過荷重量 9575 瓲, 相當交通量[1](幅員 5.5 m の道路に於て全路幅中通過荷重量最密の部分が 前揭値と等しき場合の總交通荷重) 310, 877 瓲に對し、最大 0.08 乃至 0.25 cm, 平均 0.07 乃至 0.18 cm, 最小 0 乃至 0.12 cm にして衝擊なき場合 配合 1.2 に對しても尙粗骨材の如何に由つては磨耗の輕視し難きを示して居る。

3. 磨耗最大なる路線に於ける最大磨耗厚は、通過荷重量 9990 瓲, 相當交通量 324.351 瓲に對し、最大 0.75 乃至 1.87 cm, 平均 0.703 乃至 1.417 cm, 最小 0.55 乃至 0.90 cm にして 衝擊大なる場合に於ては 配合及粗骨材の如何に拘はらず磨耗の重視すべきを示して居る。

4. 車輪の從働の作用別に因る相違は認められぬ。

5. 磨耗抵抗力は 大體に於て表面よりの深さと共に增大するが、本試驗の範圍內に於ては 增率は餘り大ならず、粗骨材の種類に依つては却つて減少するものもある。

6. 速度の增加に因る磨耗の增加は認められぬ、本試驗の如く 高速度を後にせる場合に於ては 磨耗と共に抵抗力の增大するが爲か 單位重量に對する磨耗量は却つて減少を示して居る。

7. 本試驗に因る磨耗と 混凝土の耐壓强度との間には 一般的關係は認められぬ。

1) 本所報告 第十三號 P. 17

8. 本試驗による磨耗と 粗骨材の磨損率及修正磨削試驗による磨損率(第九表)との間には、一般的關係は認められず却つて靱性が より密接の關係あるを示して居る。

9. 大體に於ては 膠石 1:2 は 混凝土 1;4 に比し 磨耗小であるが粗骨材の如何に因つては 配合 1:4 を用ひて 1:2 の場合より 最大磨耗厚を尠ならしめ得る。

10. 實際上最初より輪帶接觸幅最大にして 1 cm 幅輪壓最少なる車輪 No. 4 の磨耗は他輪に比して磨耗量遙に大にして、單位幅輪壓より大なる影響を與ふる 他の因子の存在せるを示して居る。

11. 各種粗骨材につき平均せる磨耗面積につき 1:4 混凝土と 1:2 膠石とを對照するに、平均に於ては 膠石は混凝土の 63%、又最大磨耗箇所に於ては 62% である。而して 之等兩種の配合の内 何れが經濟的なるかは 粗骨材とセメントの單價の關係に依るから 各粗骨材に就て判定するの外ない。

12. 膠石の磨耗面積の平均値を 粗骨材別に比較するに、本試驗の範圍内に於ても其の影響極めて顯著にして 最大は石灰岩にして、砂利は其の 84% にして之に次ぎ、最小は安山岩にして僅かに 58%, 玉石碎石は略之に匹敵して 62% である、而して 5 種の粗骨材中何れが最も經濟的なるかはセメント及粗骨材の單價如何に依る。今セメント一樽の單價 3 圓乃至 6 圓の範圍内に於て 膠石に使用せる場合に於ける磨耗量により 砂利を粗骨材とせるものと 經濟的に同等なるために各粗骨材に許容され得る單價の倍率(以下許容單價倍率と略稱する)を算出すれば第五圖其四に示すが如く、安山岩最も高く 3.7 倍乃至 6 倍に達する。

13. 混凝土の磨耗面積の平均値を 粗骨材別に比較するに、其影響膠石に於けるが如く著しからざるも 尙相當の懸隔あり 最大は 石灰岩碎石にして、砂利は略之と等しくして其 99%, 最小は 花崗岩碎石にして僅に 77%, 玉石碎石は略之と同等にして 78% である、而して如何なる粗骨材が最も經濟的なるかはセメント 砂及粗骨材の單價及其比率に係る、今 前項同樣にして 各碎石の砂利に對する 單價の許容倍率を算出すれば 第五圖其一乃至其三に示すが如くにして 花崗岩碎石及玉石碎石最も高く 1.8 乃至 2.6 倍に達する。

14. 本試驗は、總通過荷重僅に 76.759 瓲, 相當交通量平均 312.000 瓲に過ぎざるを以て鐵輪交通頻繁なる部分の長期に涉る磨耗量を推算し難きも 本試驗の範圍内に於ける趨勢を示せば、第六圖の如くにして、膠石及混凝土の何れに於ても砂利及玉石碎石とは 花崗岩及安山岩碎石とに比し 其開きが通過荷重と共に益々擴大されむと

第 五 圖 碎 石 及 砂 利 單 價 比 較 圖

y; 磨耗に關して等値ならしむるために許容し得る碎石單價の砂利單價に對する比

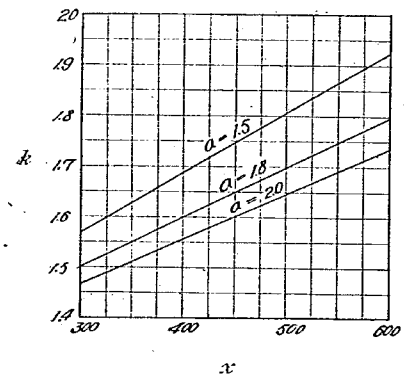
x; セメント一樽の値段 (錢)

k; 砂利を使用せる場合に對する磨耗量の比率

a; 砂利單價の砂單價に對する比

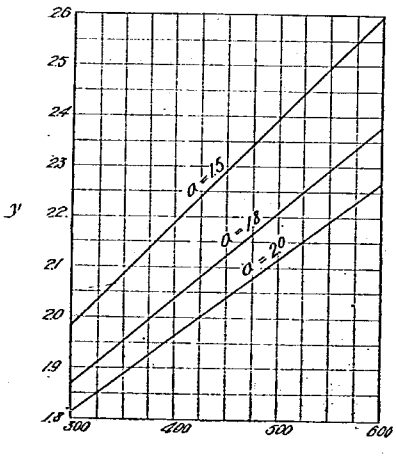
其一 安山岩碎石混凝土

$k_8 = 0.86$



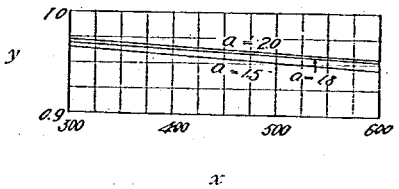
其二 玉石碎石及花崗岩碎石混凝土

k_{10} 及 $k_{12} = 0.78$

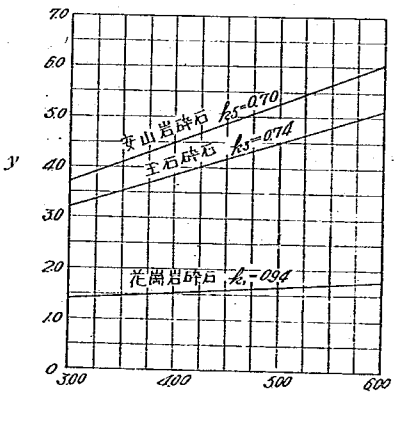


其三 石灰岩碎石混凝土

$k_9 = 1.01$



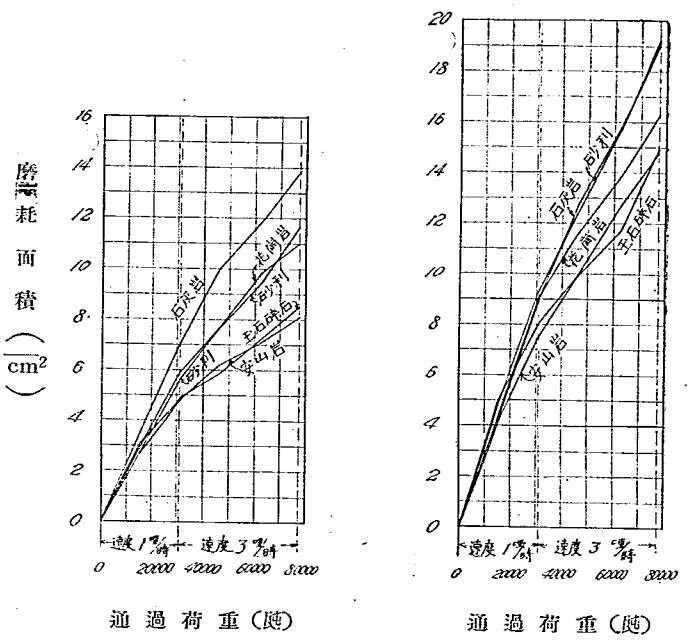
其四 膠 石 (1:2)



する趨勢あるを示して居る。

第 六 圖　甲種試驗磨耗曲線圖

膠　石（1:2）　　混凝土（1:4）



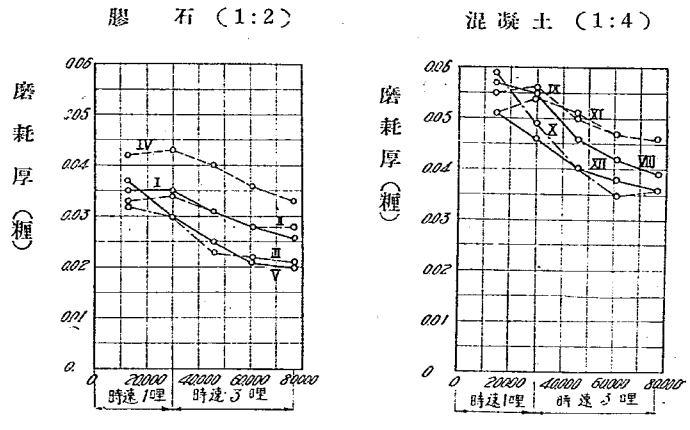
15. 全路線の通過荷重 10,000 瓲に對する平均磨耗厚を算出すれは 第七圖の如く累計によるものは本試驗の範圍内にては大體各種を通じ通過荷重に伴ひ減少する傾向があるが之は磨耗と共に輪帶接觸幅を增加し、從つて實際上 1 cm 幅輪壓を減少するがためと及磨耗と共に 其抵抗力を增すがためとであらう。各回測定値より算出せるものは 試驗回數に依り一定せざるも 第三回以後は 略安定し 碎石類は尙減少の傾向を示すに反し 砂利及玉石碎石の兩者は 增加の傾向を示して居る。

16. 路幅 1 m につき通過荷重 10,000 瓲に達する場合の平均磨耗を 有効試驗路面全幅に對するものと 最大磨耗路線に對するものとを 全通過荷重により算出すれば第十六表に示すが如くにして 之より實際路面上に於ける任意の路幅及荷重に對する磨耗厚を 算定し得る筈であるが 全平均及最大路線平均の兩値の間に著しい懸隔があるより見て 實際上の値は通過荷重の性質に依つて 相當廣範圍に跨るべきは 想像するに難くない。

第七圖 平均單位磨耗厚 (單位 10,000 瓲)

其一 累計によるもの

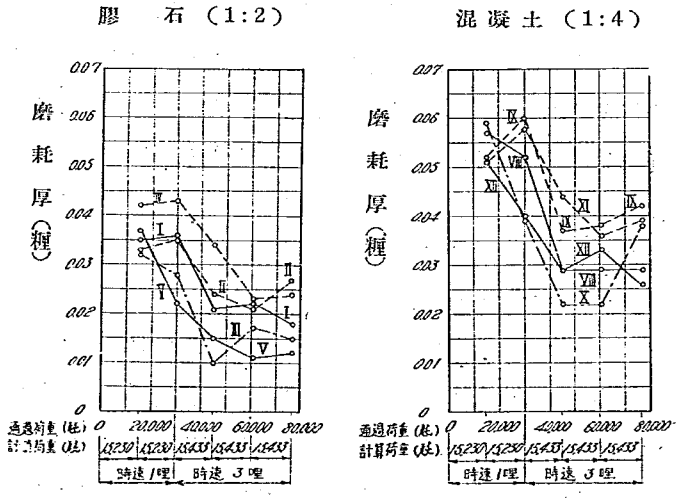
圖中の數字は第 13 表參照



第七圖 平均單位磨耗厚 (單位 10,000 瓲)

其二 各回測定値によるもの

圖中の數字は第十三表參照



第十六表　單位荷重に由る磨耗

1. 最大密度部分の厚は平均磨耗厚の 2.16 倍とす。(第十三號報告 P. 17 參照)

鋪裝種別	區域	名稱	通過荷重 10,000 瓲による磨耗面積 (cm²)			幅 1 m に付き通過荷重 10,000 瓲による平均磨耗厚 (cm)			荷重最大密度部分の磨耗厚 (cm) (幅 1 m に付き通過荷重 10,000 瓲)		
			甲種		乙種平均	甲種		乙種平均	甲種		乙種平均
			平均	最大		平均	最大		平均	最大	
		通過荷重 (瓲)	76,759	9,990	4,100	76,759	9,990	4,100	76,759	9,990	4,100
膠石 1:2	I	花崗岩	1.43	6.01	10.49	0.0143	0.0601	0.1049	0.0309	0.1298	0.2266
	II	砂利	1.51	6.51	9.68	0.0151	0.0651	0.0968	0.0326	0.1406	0.2091
	III	玉石碎石	1.11	4.29	8.76	0.0111	0.0429	0.0876	0.0240	0.0927	0.1892
	IV	石灰岩	1.81	8.24	—	0.0181	0.0824	—	0.0391	0.1780	—
	V	安山岩	1.05	3.67	6.05	0.0105	0.0367	0.0605	0.0227	0.0793	0.1307
		平均	**1.38**	**5.74**	**8.73**	**0.0138**	**0.0574**	**0.0873**	**0.0298**	**0.1240**	**0.1886**
混凝土 1:4	VIII	安山岩	2.12	8.59		0.0212	0.0859		0.0458	0.1855	
	IX	石灰岩	2.50	10.30		0.0250	0.1030		0.0540	0.2225	
	X	玉石碎石	1.94	7.68		0.0194	0.0768		0.0419	0.1659	
	XI	砂利	2.47	10.27		0.0247	0.1027		0.0533	0.2218	
	XII	花崗岩	1.93	8.84		0.0193	0.0884		0.0417	0.1909	
		平均	**2.19**	**9.14**		**0.0219**	**0.0914**		**0.0473**	**0.1974**	

17. 花崗岩を粗骨材とせるものを　砂利を使用せるものに比較するに　膠石に於ては　平均磨耗量は　平均 94%，最大箇所 75%，又最大磨耗厚は　平均 93%，最大 88%，最大と最小との比僅に 1.14 にして　磨耗比較的尠きのみならず其の均等なること　各種鋪裝中第一位である。而して許容單價倍率（磨耗に關し經濟的に同等なる爲に許容し得る　碎石單價の砂利單價に對する倍率）は 1.4 乃至 1.75 である。

混凝土に於ては、粗骨材として極めて優秀なる成績を示し、平均磨耗量は　平均値は各種混凝土中最も尠くして砂利に比し僅に 78%，最大部分にては各種中第二位にして 66%，又最大磨耗厚は　平均 92%，最大 74%，許容單價倍率は 1.8 乃至 2.6 である。

18. 砂利を粗骨材とせるものは　最初は磨耗尠く、第一回試驗結果より見れば　膠石に於て第二位，混凝土に於ては第一位を示して居るが　試驗終了後の結果に於ては磨耗の量に於ては石灰岩を除く他の碎石に比し著しく大であり其分布狀態は他の何れに比しても著しく不均等にして　最大磨耗厚の最大對最小の比率は常に最大にして膠石に於て 1.6，混凝土に於て 1.8 である。之本種は表面に近き部分は磨耗抵抗力大なるも磨耗一旦ある程度を超せば砂利が抽出せられ　爲に磨耗激增するからである。

併し磨耗最小路線 卽ち衝撃なき路線に於ては 通過荷重 9200 瓲, 相當交通量 298.701 瓲に對し、磨耗最大厚 膠石に於て平均 1 mm, 混凝土に於て平均 1.4 mm に過ぎず他に比して決して大ならざるを見れば 通常の道路に於ては充分使用し得る。

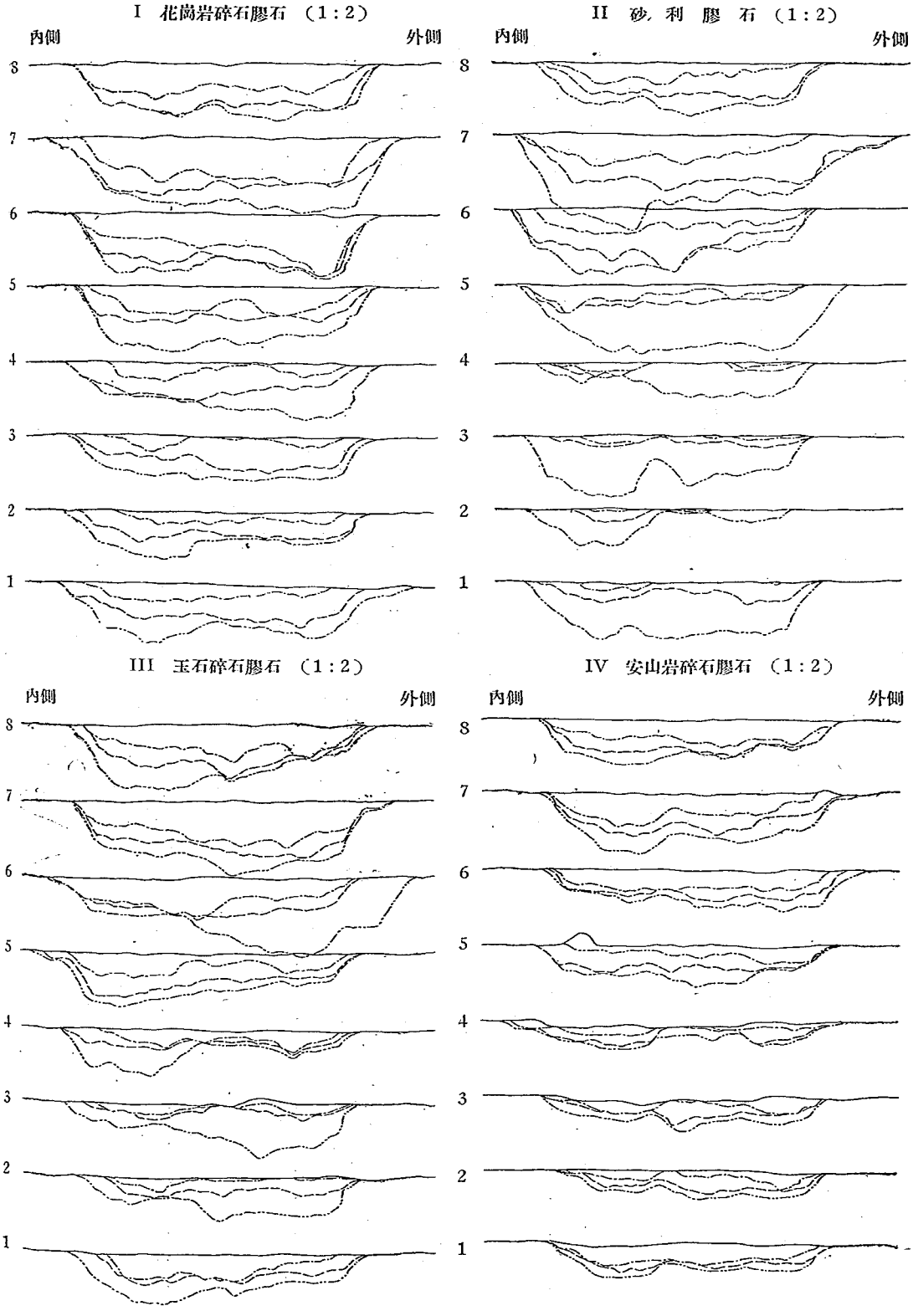
19. 玉石碎石を粗骨材とせるものは 磨耗量數歩く、殊に混凝土に於ては平均磨耗厚最小であるが 分布狀態は 砂利に比すれば優れるも 他の碎石に比しては不均一にして 特に膠石に於て甚しくして略砂利と異らない。磨耗量に就て 砂利と比較すれば 膠石に於ては 平均磨耗厚は平均 74%, 最大 60%, 又最大磨耗厚は平均 73%, 最大 76%, 混凝土に於ては平均磨耗厚は平均 78%, 最大 65%, 又最大磨耗厚は平均 78%, 最大 62% である。許容單價倍率は 膠石に於て 3.2 乃至 5.1, 混凝土に於て 1.8 乃至 2.6 に達し極めて有利なるを示して居る。但し混凝土に於ては荷重に伴ふ磨耗增率が他碎石に比し大なることを考慮する必要がある。

20. 石灰岩碎石を粗骨材とせるものは 磨耗最も均等なるも其量常に他の碎石に比し大にして、砂利に比較するに 膠石に於ては平均磨耗厚は 平均 119%, 最大 105%, 最大磨耗厚は 平均 121%, 最大 112%, 又混凝土に於ては 平均磨耗厚は 平均 101%, 最大 102%, 最大磨耗厚は 平均 103%, 最大 86% にして、僅に混凝土の最大磨耗厚の最大値に於て 稍優れるのみである、從つて 單に磨耗量のみよりすれば、砂利に比し不經濟にして僅に混凝土に於て 砂利單價の 94% 乃至 97% の時有利なるのみである。

21. 安山岩碎石を粗骨材とせるものは 磨耗量歩く其分布も亦比較的均等にして、大體に於て極めて優秀なる成績を示し、特に膠石に於ては 各種中第一位と目すべく、砂利を使用せるものに比較するに 膠石に於ては平均磨耗厚は 平均 70%, 最大 55%, 最大磨耗厚は 平均 71%, 最大 66%, 又混凝土に於ては 平均磨耗厚は 平均 86%, 最大 67%, 最大磨耗厚は 平均 93%, 最大 74% である。許容單價倍率は 膠石に於て 3.7 乃至 6.1 混凝土に於て 1.47 乃至 1.92 である。而して本種の磨耗增率は花崗岩同樣比較的小であるから 荷重增加によつて大なる變化なきは明である。

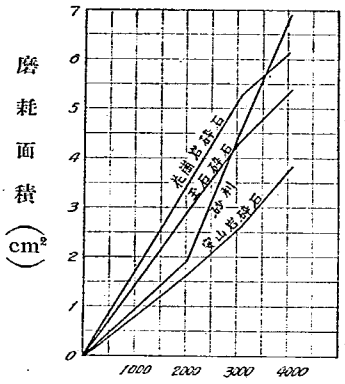
乙種試驗の結果 は第八圖に示すが如く、之より 磨耗面積・厚等を測定すれば第十七表乃至第十九表及第九圖の如し。本機に據る試驗結果は 甲種に比し通過荷重の割に大なる磨耗を示す。之本機が機體の振動のため衝撃を伴ふこと多きと、車輪及其回轉の半徑 甲種に比し極めて小なるが爲めであらう。併し 試驗結果の示す大綱は殆んど甲種試驗機の結果と異ならず、從つて本機を以て甲種に代へ、磨耗に對する良否を比較し得ることを示して居る。但し 兩者の指示する數量の間には 未だ一定の關係を求め難い。

第 八 圖　乙種試驗磨耗橫斷面圖

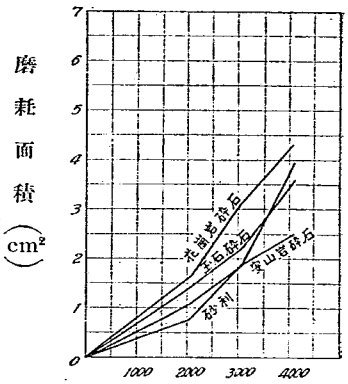


第九圖 乙種試驗磨耗曲線圖 膠石 (1:2)

其一 最大磨耗面積



其二 平均磨耗面積



第十七表 乙種試驗磨耗面積表

1. 膠石配合 1:2
2. 磨耗面積は 8 個所の横斷測定に據る (cm²)
3. 百分率は砂利膠石を基とす

試料番號	名稱 (使用骨材)	種別	試驗番號 1 運轉時間 1時間 通過荷重(噸) 2050 磨耗面積 (cm²)	百分率	2 30分 1025 磨耗面積 (cm²)	百分率	3 30分 1025 磨耗面積 (cm²)	百分率	合計 2時間 4100 磨耗面積 (cm²)	百分率
No. 1	花崗岩砕石	最小	0.48	600	1.02	680	0.48	48	2.90	215
		平均	1.64	208	1.48	147	1.18	54	4.30	108
		最大	3.37	175	1.90	73	1.92	49	6.18	90
No. 2	砂利	最小	0.08	100	0.15	100	1.00	100	1.35	100
		平均	0.79	100	1.01	100	2.17	100	3.97	100
		最大	1.93	100	2.60	100	3.92	100	6.90	100
No. 3	玉石砕石	最小	0.30	370	0.32	213	0.80	80	2.28	169
		平均	1.42	180	0.77	76	1.40	65	3.59	91
		最大	2.98	154	1.35	52	2.58	66	5.35	78
No. 4	安山岩砕石	最小	0.52	650	0.33	220	0.50	50	1.57	116
		平均	1.09	138	0.75	74	0.64	29	2.48	62
		最大	1.68	87	1.20	46	1.18	30	3.87	56

平均	最小	0.34	420	0.45	300	0.69	69	2.02	150
	平均	1.23	156	1.00	99	1.35	62	3.58	90
	最大	2.49	129	1.76	68	2.40	61	5.57	81

第十八表　乙種試驗磨耗厚表

1. 膠石配合　1：2
2. 平均磨耗厚は有効輪帶接觸幅 8.55 cm より算出す
3. 厚は通過荷重 4,100 噸に對するもの(cm)

試料番號	名稱(使用骨材)	種別	平均磨耗厚 厚(cm)	最大/最小	順位	最大磨耗厚 厚(cm)	最大/最小	順位	百分率
No. 1	花崗岩碎石	最小	0.339		4	0.47		4	118
		平均	0.503	2.1	4	0.62	1.7	3	98
		最大	0.723		3	0.80		2	78
No. 2	砂利	最小	0.158		1	0.40		2	100
		平均	0.464	5.1	3	0.64	2.5	4	100
		最大	0.807		4	1.02		4	100
No. 3	玉石碎石	最小	0.267		3	0.45		3	113
		平均	0.420	2.3	2	0.61	1.8	2	95
		最大	0.626		2	0.81		3	79
No. 4	安山岩碎石	最小	0.184		2	0.25		1	62
		平均	0.290	2.5	1	0.39	2.5	1	61
		最大	0.453		1	0.63		1	62
平均		最小	0.237						
		平均	0.419	2.7					
		最大	0.652						

第十九表　乙種試驗單位平均磨耗厚表

1. 膠石配合　1：2
2. 通過荷重 1,000 噸に對する平均磨耗厚(cm)

試料番號	名稱(使用骨材)	試驗番號	1	2	3	累計
		運轉時間	1(時間)	30(分)	30(分)	2(時間)
		通過荷重(噸)	2050	1025	1025	4100
No. 1	花崗岩碎石	平均	0.093	0.166	0.133	0.1227
		最大	0.192	0.214	0.216	0.1763
No. 2	砂利	平均	0.045	0.113	0.244	0.1132
		最大	0.110	0.293	0.440	0.1968
No. 3	玉石碎石	平均	0.081	0.087	0.157	0.1024
		最大	0.170	0.152	0.290	0.1527

No. 4 安山岩碎石	平均	0.062	0.084	0.072	0.0707
	最大	0.096	0.135	0.133	0.1105
平均	平均	0.070	0.113	0.152	0.1022
	最大	0.142	0.198	0.270	0.1590

試驗結果の指示する所大要次の如し。

1. 平均磨耗厚　又は磨耗面積より見るに、其各測點の平均値の最小なるは　安山岩碎石にして　砂利の 62%, 次は玉石碎石の 91% にして　花崗岩は砂利よりも大にして其 108% である。各測點中最大なる點に於ては 安山岩最小にして　砂利の 56%, 次は玉石碎石の 78%, 第三は花崗岩の 90% にして砂利最大である、然るに　各測點中最小なる點に於ては　砂利最小にして花崗岩の如きは其二倍以上に達す　特に第二回測定までは砂利の磨耗著しく小なるは注目すべき現象である。

2. 最大磨耗厚に就て見るに　安山岩は成績最も優秀にして　最小・平均・最大の三値に亘り　其値最小にして砂利の 62 乃至 61% に過ぎず　玉石碎石及花崗岩碎石は略相等しく　共に砂利に比して稍優る　但し兩者共其最小部の値は砂利に比して稍大である。

3. 磨耗後の狀況を明にせむがために　磨耗厚の最大なる測點の値と最小なる測點の値とを比較するに、花崗岩碎石は平均厚さに於ても最大厚に於ても最小にして　玉石碎石之に次ぎて略相等しく、砂利最も悪く殊に平均厚に於て著しく大である。而して　安山岩は第三位であるが　厚の値他に比して極めて小であるから　必しも上述二者に比して不均等であるとは認め難い。

4. 通過荷重 1,000 瓲に對する平均磨耗厚は　第十八表の如く　平均 0.045 乃至 0.244 cm, 最大 0.096 乃至 0.244 cm にして　平均に於ても最大に於ても　花崗岩及安山岩等の碎石は、磨耗深さと共に　單位磨耗厚を殆ど增加せざるに反し、砂利は著しく增加し、將來通過荷重の增加と共に漸增の傾向あるを示し、甲種試驗結果を擴大指示して居る、玉石碎石も亦稍此の傾向あるを示して居る。

5. 路幅 1m につき通過荷重 10,000 瓲に達する場合の平均磨耗厚を算出し　之を甲種の結果と對照すれば　前揭第十六表の如く著しく大にして 5 倍乃玉 8 倍に達し其最大平均磨耗厚に比しても尙遙に大であるが　兩者の指示する所は大體に於て　其傾向を同うして居る。

6. 花崗岩碎石膠石は　平均磨耗量は最大にして　砂利よりも稍大であるが　試驗

の前後(卽ち表面よりの深さ) 測點の位置に拘らず 磨耗最も均等にして 最大の最小に對する比は最小であり 最大厚さは砂利よりも小である、磨耗增加の趨勢を比較すれば 第九圖の如く、荷重增加に伴ひ 磨耗緩和さるゝ傾向最も顯著であるから 長年の使用に對しては 有利なるを示して居る。

7. 砂利膠石は第一回試驗に於ては 他三種に比して著しく優れるも、試驗の進捗と共に磨耗激增し 第三回試驗の結果に於ては 著しき遜色を示し 將來益々其の傾向顯著なるべきを示して居る、本種は 磨耗最も不均一にして 平均磨耗厚の最大對最小比は他に比し遙に大である。

8. 玉石碎石膠石は 略花崗岩膠石と逕庭なく、本試驗の範圍內にては 磨耗稍少なれども增率稍大なるを以て 荷重の增加に伴ひ 却て大となる虞なきにあらず且磨耗稍不均等の慊がある。

9. 安山岩膠石は 第一回試驗に於ける最小及平均磨耗量の他常に磨耗最小にして第三回試驗に於ては 平均磨耗量僅に砂利の 29% である。

平均磨耗量の增率も亦極めて低く 從つて本試驗の結果は 荷重の增加に伴つて渝る事なきは明である。但し磨耗の分布は、花崗岩に比して稍不均等である。

試驗結果の約說 上述の如く本試驗は 骨材の種類僅に 5 種に止まり 其の配合方法も唯一種に過ぎず、通過荷重も亦充分ならず 試驗機は何れも 圓運動をなし 且衝擊作用頗る大なるものあり、一輾幅輪壓も亦過大であるから、直に本試驗結果を以て、實際路面上に於いて長年月に亘る一般の場合を律し難きは勿論であり、殊に其數値に於て然りであるが 上述兩試驗の結果を綜合すれば 混凝土鋪裝の磨耗に對する 粗骨材の種別の影響に關して 大要下の如く云ひ得る。

1. 混凝土鋪裝に對する鐵輪の影響に關して最も決定的の要素と目すべきは衝擊の程度である。

2. 鐵輪の通行頻繁にして 衝擊を伴ふ路線に於ては、配合及骨材の如何を問はず支持力の計算上 磨耗厚を無視するは不安である。

3. 砂利を粗骨材とせるものは 表面に近き部分は 磨耗抵抗力他種に比して大であるが 一定の限度を超過すれば、磨耗激增する、從つて砂利は衝擊又は鐵輪尠き部分に於て最も有利である。

4. 磨耗に關して、如何なる粗骨材が最も經濟的なるかは 骨材及セメントの單價のみならず 配合の如何によつて異る、從つて 配合 1：2 の場合に有利なるもの必

しも配合 1：4 に有利であるとは限らぬ。

5. 玉石碎石は 同質の砂利に比し 配合 1：2 の膠石に於ては 殆んど常に經濟的である。又 1：4 混凝土に於ては 價格 1.8 倍以下ならば殆んど常に經濟的であるが 2.6 倍以上に達すれば不經濟的である。

6. 本試驗に使用せるが如き程度の石灰岩碎石は殆んと常に砂利よりも不經濟である。

7. 花崗岩碎石は 大體に於て 砂利に比し 膠石 1：2 にては不利，混凝土 1:4 にては有利である。

8. 安山岩碎石は 砂利に比し 膠石 1:2 にては常に有利であり、混凝土 1:4 にては大體に於て不利である。

附 セメント・マカダム鋪裝試驗（透入式混土鋪裝）

1. **概說** セメント・マカダム鋪裝は 路床上に於て セメント・モルタルを粗骨材の間隙に透入せしむる鋪裝にして、北米に於ては 嘗て一時其一部に行はれ（所謂 Hassam Pavement は此の一例である）其後セメント・混凝土鋪裝の流行と共に殆ど其影を沒したるも 近時、英獨佛の諸國に於て、其工法の簡易にして 工費低廉なるがために 再び鋪裝界に擡頭し始めし工法である。

本報告は 適々混凝土鋪裝の粗骨別磨耗比較試驗を施行するに當り、其性能の一班を知らむがために、甲種道路試驗機の路面の一部他の通常の混凝土鋪裝の間に 二種の異れる碎石を用ひて、本鋪裝を施して 其耐力を比較試驗せる結果の大要にして參考のため 其抗曲强度試驗の結果を附した。

2. **使用材料** セメント・砂 及水は 本報告 II に記載せるものと同樣とす。

碎石 ほ安山岩碎石及玉石碎石の二種を用ひた。

安山岩碎石は 山梨縣北都留郡初狩村產の石英輝石安山岩をジョー式碎石機を以て破碎せるものにして、淡灰綠色を帶びたる中粒のものにして、斑晶は主として 斜長石・石英及普通輝石より成り、之を灰綠色を帶びたる石基にて膠結し、一般に緻密なる斑狀組織を有するも、相當風化せるが爲粘土質・綠泥石・沸石等の如き第二次鑛物を含有する、形は 第一圖に示すが如く 偏平又は細長のもの尠く、其性狀は第一表に示すが如くである。

玉石碎石は 東京府北多摩郡福生村地內多摩川產の玉石平均徑 15cm 以上のものをヂヤイレトリー碎石機を以て破碎せるものにして、附第一圖に示すが如く、幾部の丸

味を有するも偏平又は細長のものなく、主として 硬砂岩•角岩•硅岩•砂岩及粘板岩より成り、其性狀第一表に示すが如し。

附第一圖　セメント•マカダム用碎石

玉石碎石

安山岩碎石

第一表　セメント•マカダム用碎石試驗成積表

名稱		石英輝石安山岩	玉石碎石
比重		2.44	2.67
單位重量 (kg/m³)		1415	1522
空隙率		42.4	41.7
吸水率		3.0	0.25
耐壓强度 (kg/cm²)		770	—
磨損率		4.0	
修正磨損率		7.5	4.8
硬度		12.5	—
靱性		8	—
締合力		410	—
粘土及泥塊		—	—
粒度率		8.16	8.06
節分			
通過	殘留		
2″	1½	15.5	6.3
1½	1	54.5	75.5
1	¾	30.1	18.2
¾	8	—	—
計		100.1	100

3. **施工**　甲種試驗路面區域 VI VII の間の路床を計畫の高さに敷均し、撒水濕潤ならしめたる上に、配合 1:2, 水比 50% のセメント•モルタルを 4cm の等厚に敷均したる上に　豫め濕潤ならしめたる碎石を約 8cm の等厚に撒布し、重量 11.4 kg

邊長 10,7 cm の底面正方形の手持撞固器を以て撞き固め(實際工事に於ける輾輪の代用) 碎石間にモルタルの充分填充せる後、配合 1:3 水比 65% のモルタルを約 6 cm の等厚に敷均し、更に前同樣碎石を約 8 cm に敷均し 撞き固めたる後 重量 73.1 kg, 徑 30.5 cm 長 30.5 cm の手動ローラーを以て反覆輾壓して所定の厚 15 cm に仕上げ、表面空隙多き部分又は計畫高に達せざる部分には $\frac{3}{8}$″ —4番の細粒玉石碎石を撒布し、配合 1:2 のモルタルを薄く敷均した。區域 VI 內には玉石碎石を、VII 內には安山岩碎石を使用した。

4. 磨耗試驗の結果　甲種試驗機を用ひ本報告 V 中に記載せるが如き方法により、磨耗を試驗せる結果は附第二圖, 附第三圖(卷末)及第二表, 第三表に示すが如く、本試驗の荷重限度に於ては 混凝土又は膠石に比し 平均に於ても最大に於ても 著しく大なる磨耗を示すも、主として表面のモルタル層の磨耗に止まり 骨材の破壞抽出され或は剝脫さるるものなく 又其徵候も認め難く モルタル磨耗後は充分鐵輪の磨耗力に抗し得るを示して居る。

第 二 表　セメント・マカダム磨耗面積試驗成績表

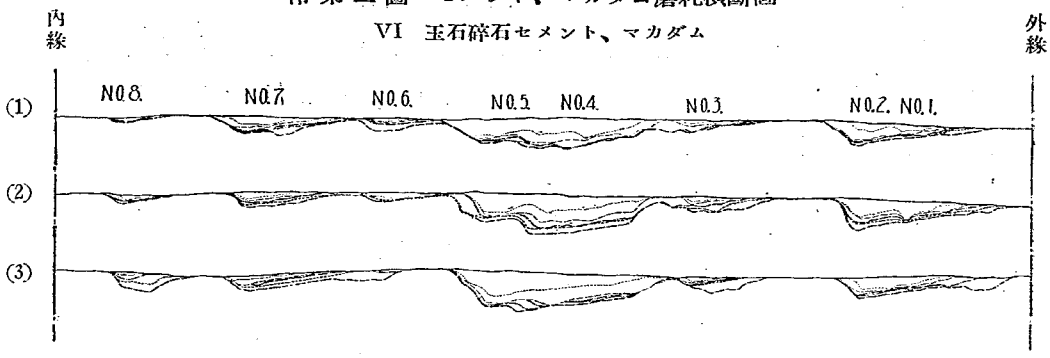
(橫斷面測定の結果に據る。第 二 圖參照)

單位 ; cm²

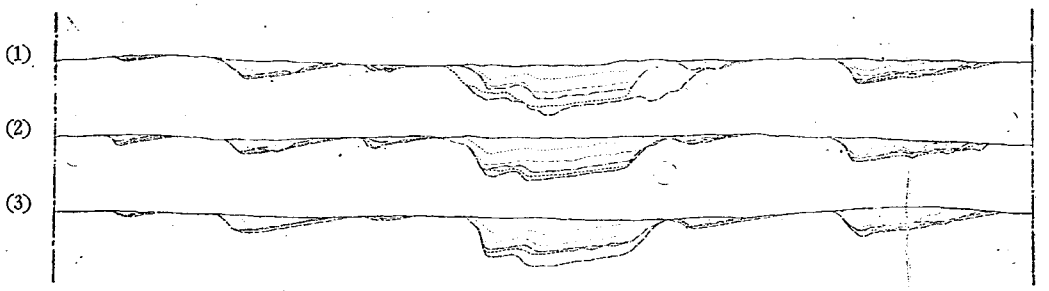
試驗番號			1	2	計	3	4	5	計	合計	摘
區名		速度(哩/時)	1	1	1	3	3	3	3	1&3	
		運轉時間	25	25	50	$8^h20'$	$8^h20'$	8^h20	25	75	
域稱		通避荷重(噸)	15230	15230	30460	15433	15433	15433	46299	76759	要
VI	玉石碎石	(1)	7.90	5.22	13.12	3.30	1.00	2.85	7.15	20.27	
		(2)	8.80	4.62	13.42	3.70	3.32	4.35	11.37	24.79	
		(3)	7.92	6.02	13.94	2.23	2.42	5.25	9.90	23.84	
		平均	8.21	5.29	13.50	3.08	2.25	4.15	9.48	22.98	
		最大								25.92	
VII	安山岩碎石	(1)	6.62	6.95	13.57	3.45	4.85	5.27	13.57	27.14	
		(2)	5.97	7.17	13.14	4.02	3.00	1.92	8.94	22.08	
		(3)	5.65	5.45	11.10	5.82	1,52	5.30	12.64	23.74	
		平均	6.08	6.52	12.60	4.43	3.12	4.16	11.71	24.31	
		最大								33.40	
平均			7.15	5.90	13.05	3.75	2.69	4.16	10.60	23.65	
最大										29.66	

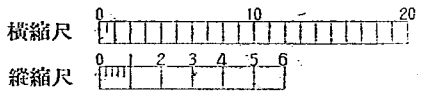
附第二圖 セメント、マカダム磨耗横斷圖

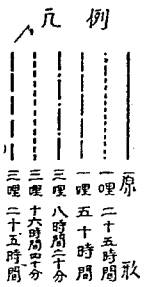
VI 玉石碎石セメント、マカダム



VII 安山岩碎石セメント、マカダム







第三表 セメント・マカダム磨耗厚表

單位；cm

區域	名稱	種別	平均磨耗厚		最大磨耗厚	
		荷重(噸)	76,759	10,000	76,759	10,000
VI	玉石碎石	最大	0.458	0.060	1.31	0.171
		最小	0.375	0.049	1.05	0.137
		平均	0.425	0.055	1.22	0.159
VII	安山岩碎石	最大	0.502	0.065	1.64	0.214
		最小	0.408	0.053	1.40	0.182
		平均	0.449	0.058	1.54	0.201
平均			0.437	0.056	1.38	0.180

5. 抗曲強度試験　試験路面と同一の材料を用ひ　略同様の工法により　厚約　15 cm, 及 12 cm の二種の矩形断面の試験片により　徑間 60 cm の中央に載荷して　其抗曲強度を試験し Von Meng[1] 氏の試験結果及本所に於ける配合 1：7 の混凝土の試験結果とを一括すれば　第四表の如くである。

第　四　表　抗曲強度試験成績比較表

番號		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
名稱		セメントマカダム（試験用）	セメントマカダム（比較用）	セメントマカダム（Von Meng氏）	同　左	混凝土（1:7）
種別	骨材寸法（cm）	5～2	5～2	6～2	6～2	5–
	モルタル配合 上下	1:2	1:2	1:2	1:3	
	モルタル配合 中	1:3	1:3			
寸法（cm）	幅	15.32	15.7	12	12	15.3
	高さ	14.57	12.3	13～14.2	13.0～14.2	15.3
	長さ	75	75	120	120	75
	徑間	60	60	100	100	60
強度 kg/cm²	抗曲	40.2	33.7	34.1	24.1	37.9
	耐壓	—	—	419	306	–
材齡（日）		28	28	180	180	28
見掛比重		2.35	2.31	—	—	2.45
摘要				現場より採取	同　左	(1)と同一セメント使用

表中(1)は　磨耗試験に施工せるもの同様　下層モルタル　配合 1：2 厚 4 cm, 安山岩碎石 8 cm 二層，中層モルタル配合 1：3 厚約 6 cm, 上層モルタル配合 1：2 厚約 0.6 cm, 手持撞固器にて撞き固めたるもの、(2)は同様の工法により玉石碎石を用ひ　モルタルの厚さを　下層 3 cm, 中層 4.5 cm, 碎石層を　各 6 cm とせるもの、(5)は甲種路面基層に使用せる砂利混凝土にして　砂利は 5 cm 以下，粒度率 8.16 のもの　水比 90%　スランプ約 1 cm である。

試験結果を見るに　モルタル配合を　1：2　とするか、或は　中間層モルタルのみ

1) Betonstrasse Juni 1930 s 139.

1：3 とする場合に於ては、セメント•マカダムの抗曲強度は 通常 鋪裝の基礎に使用さるゝ 1：7 の如き砂利混凝土に比して 遜色なし。

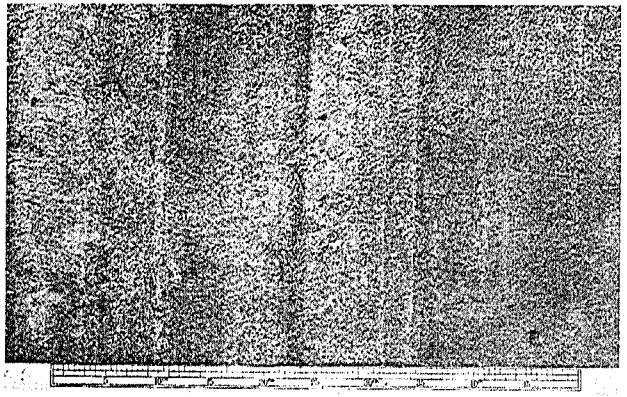
6. 試驗結果概要 上述の試驗結果により見るに 下層モルタルの配合を 1：2, 鋪裝厚を 15 cm とし 前述の工法に據れば 其磨耗は克く鐵輪に耐へ、抗曲強度は通常の混凝土基礎を有するものと多く異らざるを知る。而して 通常の混凝土に於て 玉石碎石は 碎石に比し 其磨耗抵抗力に於ても 抗曲強度に於ても 著しき相違なきより見て、玉石碎石を使用するも毫も支障なきは 推知するに難くない。

本工法の通常の混凝土鋪裝に比して 果して經濟的なるや否やは セメント，碎石及砂利の單價及工事方法，數量等の如何に係る、然るに本試驗に於ては 規模狹少にして施工面積僅に 5 m² に充たず，其工法も僅に一種に止り且實際道路上に於けるものと異なるを以て、之が解決は他日を期するの他ない。

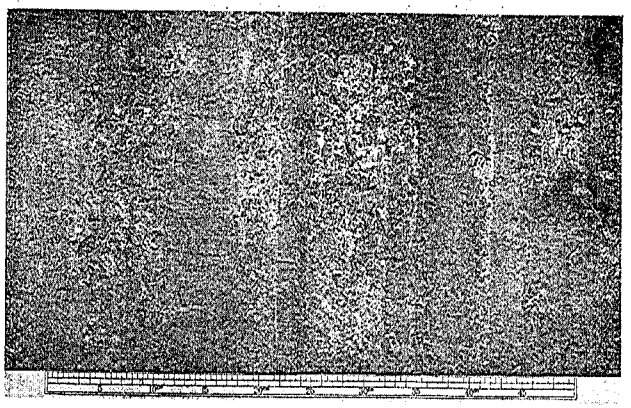
第四圖 試驗後に於ける路面狀態

1. 位置は第二圖に示す
2. 總通過荷重 76759 噸（幅員 1 m 換算荷重 142,000 噸）

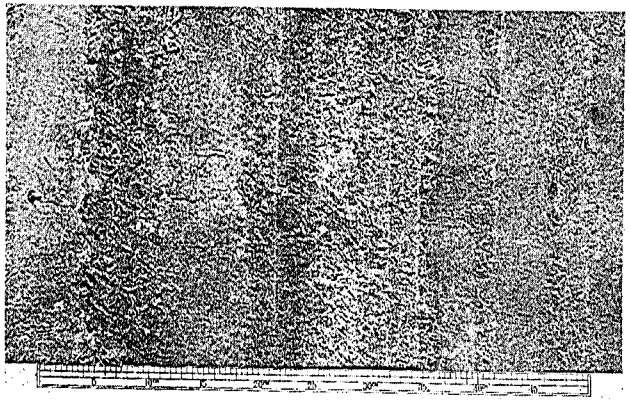
I P_1 花崗岩膠石



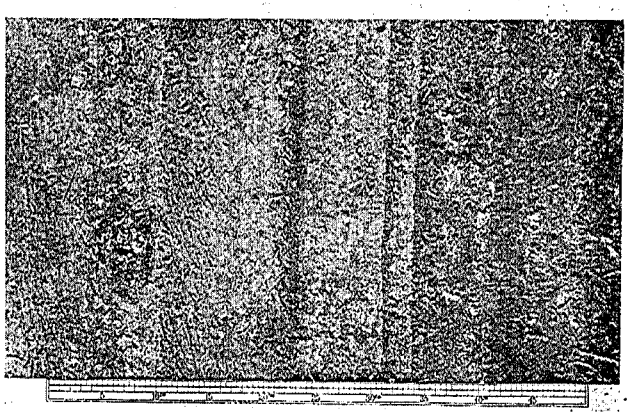
II P_2 砂利膠石



III P_3 玉石碎石膠石



IV P_4 石灰岩膠石



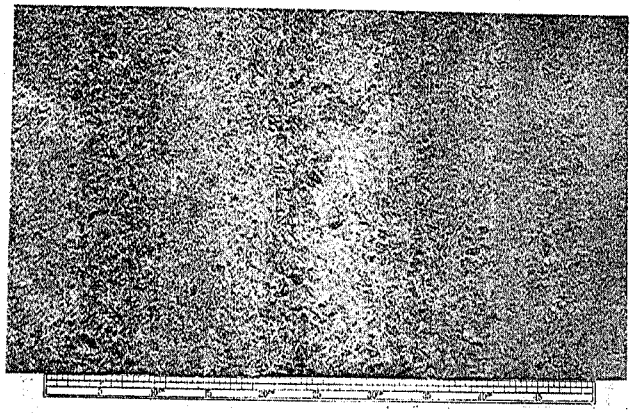
V　P_5 安山岩膠石

VIII　P_8 安山岩混凝土

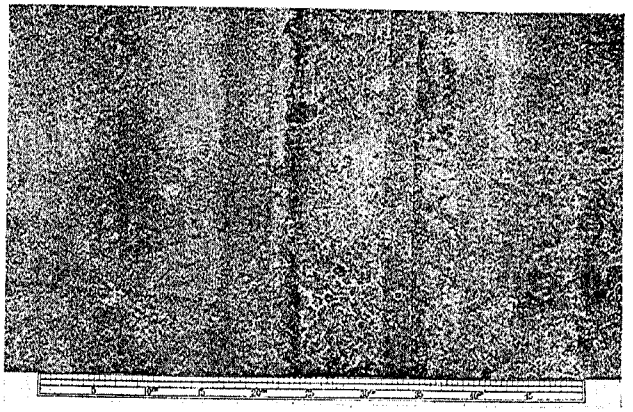
IX　P_9 石灰岩混凝土

X　P_{10} 玉石碎石混凝土

XI P_{11} 砂利混凝土

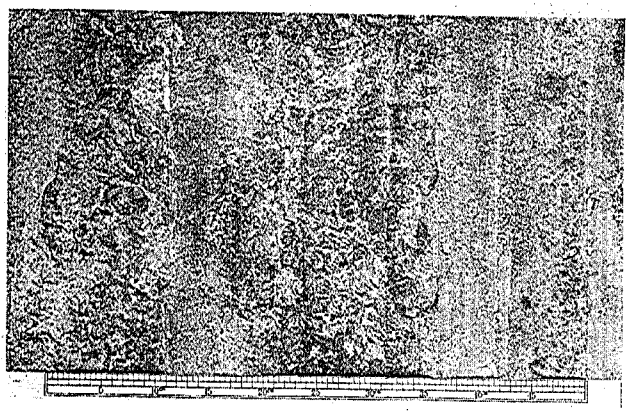


XII P_{12} 花崗岩混凝土

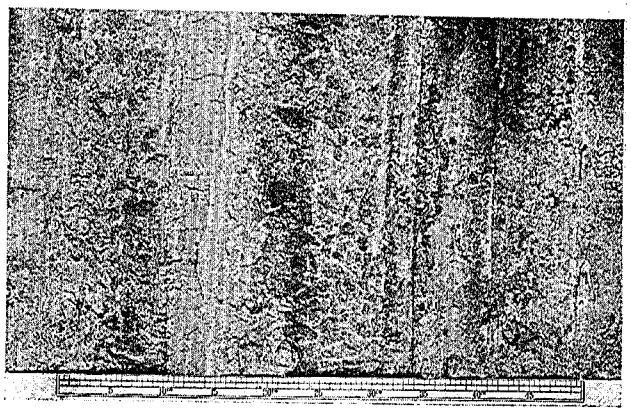


附第三圖　試驗後に於けるセメント・マカダム路面狀態

VI P_6 玉石碎石セメント・マカダム



VII P_7 碎石セメント・マカダム



鋪裝コンクリート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）

内務技師　藤井眞透
内務技手　永峯尚次
内務技手　船山晴雄

Ⅰ緒　言

本編は鋪裝コンクリートの物理的性質に及ぼす氣象作用の影響及之に應ずべき設計及工法に關して研究せむとするものなり。

鋪裝コンクリートはセメントコンクリート、ソリデチツトコンクリート、グラノリシツク等の表層コンクリート及瀝青鋪裝、方塊鋪裝等の基層コンクリートと共に何れも氣象作用の影響により溫度の變化、含水量の增減を生じ變形を强制せられ、爲めに內應力を生じ、之がその强度以上に達する場合には遂に龜裂を生ずるに至るべく、之により鋪裝の耐久性を失ふは交通車輛の及ぼす影響よりも極めて著しく、此種鋪裝の特記すべき事實なり。

從つてコンクリート工の施工に當りては、之等氣象作用の影響を輕減し生ずべき內應力を常にその强度以內にあらしめ、更にその强度を可及的均一且强大ならしむる工法をとるは最も必要なりとす。

基層及表層コンクリートの設計及施工に必要なる要旨は次の如きものたるべし。

1. 鋪裝の基層コンクリート

著者が明治神宮外苑瀝青鋪裝の基層コンクリート施工に於て得たる結果は次の如し。

(1) 基層コンクリートは瀝青質表層の被覆を受くるが故に氣溫の影響を著しく輕減さるゝも、表層施工前の暴露狀態に於ては此種貧配合のものは水分及溫度變化により生ずる內應力がその强度に比し大なる場合を生じ龜裂を生じ易し。

(2) コンクリート施工後時日の經過に伴ひ强度增進するも、凝結硬化に伴ひ混合

水量の蒸發養生水量の吸收、溫度の變化等により生ずる變形に伴ふ內應力が時日に伴ふて硬化するコンクリート材質の變化に從つて增大するが故に經過日數小なる養生期間は强度が內應力より大にして龜裂を生ぜざるも、表層を施工せずして相當日數の間露出せしむればコンクリート硬化の進行による性質の變化により變形增大し、內應力は强度を超えコンクリート版に龜裂を生ずべし。從つて養生期間後は相當期間の間に表層を施工完了するを要す。

(3) 養生期間內に於ては養生水量の及ぼすコンクリートの溫度の低下及吸水により、生じ得べき變形量を相當輕減し得べし。養生によりて露出せしめたる場合の變形量の 20% 以下に輕減し得れば龜裂を防止し得べし。

(4) 龜裂は抗張及抗曲强度の不足の爲に起り最も强度小なる個所に生ず。

(5) 施工中のコンクリートは可塑性のものより剛性のものまで連續するが故にその材質に伴ひ氣象作用の及ぼす影響の程度も異り殊に一日工程の終りの部分は繼目を餘儀なくされ材質强度は漸變せずして激變するが故に施工繼目の部分は最も弱點をなす。

(6) 弱材齡の間繼目强度の小なるを補强する爲に此の部分に接して富配合コンクリートを用ひたるがこの工法の適否は未だ明かならざるも、基層コンクリートと被覆表層との施工の間に相當日數を經過せるものは龜裂を生じ、その場合一日工程の終りの前記工法をとれる繼目に生ぜずして一日作業中の正午に於ける晝食休憩時間の繼目の部分に龜裂を生ぜるものあり、從つて繼目强度の重要なるを知るべし。

2. コンクリート鋪裝

(1) 溫度及吸水量の變化に伴ふ內應力に抗すべき强度を與へ得ざるが故に之に應ずべき伸縮繼手を設くるを要す。

(2) 二層式コンクリート鋪裝に於ては性質及材齡を異にするコンクリートの層間に生ずる剪力を輕減し之に應ずべき强度を有せしむべし。

(3) コンクリートの溫度の上昇を可及的低下せしむる爲に表面被覆の相當厚を必要とすべし。

一般に都市街路に於ける鋪裝コンクリート工は平コンクリート版の網構なりと考へ得べく、一路線鋪裝が氣象作用により受くる變形は之と交叉する他の路線鋪裝に傳はり、更に曲線及勾配の及ぼす影響も加はるが故に極めて複雜なる作用をなすものなり。

明治神宮外苑鋪裝道路に就て考ふるに

（1）　中央部に於ける構內形鋪裝は氣象作用の影響を受けて常に多少の曲線半徑の變化をなし擴大又は縮小するものと考へられ、之に對する最弱點は支派路線の分岐點なるが故に此部分に於て橫斷龜裂を生ずべき筈なりしも、該個所はコンクリート强度比較的大（平均耐壓强度 237 kg/cm²）なりしが爲に何れも分岐點より少しく離れて支派路線中に於て生ぜり。

（2）　鋪裝の交叉點に於ては兩路線の伸縮作用に伴ひ互に剪斷され、此部分に於ては矩形又は方形に橫斷龜裂を生ぜり。

（4）　繪畫館前の步道に於ける基層コンクリートは中心線が竝行せる路線を連續せる部分に於て兩路線の伸縮作用に伴ひ剪斷されたり。

（5）　勾配の部分は繼手の位置によりては突桁の作用をなし、勾配の上部に於ては應曲力のため龜裂を生じ下部は勾配部鋪裝の滑動作用を受くべし。

（6）　曲線部に於てはコンクリートの伸縮作用が直線部より直線的に作用するが故に曲線の起終點に於て剪力による龜裂を生じ、曲線部に於て直線部より龜裂多し。

（7）　步車道の境界をなす緣石はその兩側面に於けるコンクリートの厚を異にするが故に伸縮作用に基づく剪力を受け、花崗岩より成るものも水平面に剪斷さるゝを知るべし。

鋪裝は斯くの如く網構作用をなし氣象作用の影響を受け各部が相關的に作用するが故に之に應ずる設計を必要とすべし。

從つて本編に於ては鋪裝コンクリートの可塑性狀態より硬化增進して剛性となる迄の力學的性質の成長を試驗し、コンクリートに及ぼす氣象作用殊に氣溫及水分（雨水、養生水、撒水、その他を含む）の影響、竝にその影響を輕減すべき工法に關して試驗を行ひ、施工に當り止むを得ずして生じ得べき施工繼目の强度及その工法に關して試驗し、以て鋪裝の基層及表層コンクリート工の合理的設計竝に施工を研究せむとするものなり。

本試驗は廣き範圍に亘るを要するか故に試驗結果は順を追つて發表する事とし、今モルタルに關してその施工繼目の强度及コンクリート版の內部溫度に及ぼす氣溫の影響を發表するものとす。

II　施工繼目を有するモルタルの强度試驗

内務技師　藤井眞透
内務技手　永峯尙次

1. 試驗の目的

本試驗はモルタルの施工繼目の强度、その繼目の强度の減少を可及的にならしむる工法を明かにせむが爲め昭和四年三月より十月に至る期間に於て行ひたるものなり。

コンクリート構造物は特殊の場合を除き施工一日の終り及現場作業の都合により施工繼目の生ずるは餘儀なき所にして、繼目に接する兩部分は各强度を異にし、弱齡期に於て特にその差著しく、コンクリート鋪裝に於ては之等の不均一强度を有する部分が外力殊に氣象作用の影響を受くる場合、その强度弱き個所に於て龜裂を生ずるは實地に於て屢々見る所なり。

從つて一は氣象作用の影響を輕減する工法を行ふと同時に之に應ずべき繼手を設け、更にコンクリート强度を可及的均一ならしめて弱點を生ぜしめざるは極めて緊要なりとす。

今之等施工繼目、卽ち施工時日を異にする接合部の强度をモルタルに就て試驗し繼目を有せざる部分の强度とを比較するに、軟練り及硬練り兩種モルタルに就て之を行ひ、その繼目の强度增進の工法をも試驗せんとす。

2. 材料及試驗方法

モルタルの標準試驗法に則り配合 1:3 に就て試驗を行へり。水量は繼目施工の場合を考究し、軟練りのものとして水量 18% 硬練りのものとして 13% を用ひ、試驗體はセメント標準抗張試驗體を用ひたり。

試驗體製作は繼目製作に當りその半をモルタルを以て塡充し更に後に後半部を塡充するを以て前者に衝擊を與へざる樣ベーメ鐵槌器を用ひずして流込法をとり、木棒徑 2 cm のものを以て均一に三十回搗きたり。

凝結前に試驗體の中央に紙片を垂直に挿入し之を二個に分ち各硬化せしめ翌日除型せり。

繼目製作に當りては前記試驗片を型に入れ後半部を前記同樣に製作しその繼目の部分は之を注意して棒搗きを行へり。

繼目は兩半部の經過日數の差を 1, 2, 3, 5, 7, 10, 14, 21 日とし經過日數の影響を求めたり。

硬練りモルタルの場合はその繼目にセメント糊狀體を用ひたるものと然らざるものを製作し、糊狀體塗付の影響を試驗せり。

セメント糊狀體の水量 35% を用ひたり。

試驗體の養生は製作後一日は空氣中に濕布を以て被ひ、その後水中に放置せり。

コンクリート及モルタルの破壞殊に鋪裝に於ては、その抗張又は抗曲强度の小なるにより起る場合最も多く、繼目を有するものの耐壓强度は然らざるものに比して特に著しき減少を示さゞるを以て本試驗に於ては主として抗張强度を試驗せり。

3. 軟練りモルタルの繼目强度

軟練りモルタル水量 18% のものの標準試驗結果は第一表の如く、繼目を有しその兩部の材齡が異るものの强度は第二表乃至第七表の如し。

第　一　表　　モルタル抗張强度 kg/cm²

水　量 18%

材齡	試驗體 No. 1		同 No. 2		同 No. 3		平　均	
	重量	强度	重量	强度	重量	强度	重量	强度
日	gm	kg/cm²	gm	kg/cm²	gm	kg/cm²	gm	kg/cm²
1		4.82		4.50		4.80		**4.71**
2		5.10		5.86		7.65		**6.20**
3		8.80	155	8.35	158	9.45	**157**	**8.87**
4		9.50		8.82		10.46		**9.39**
5	155	11.22	157	13.02	155	11.83	**156**	**12.02**
6	158	12.85	157	10.55	160	14.32	**158**	**12.57**
7	160	16.00	158	16.05	160	13.37	**159**	**15.14**
10	156	17.85	156	14.68	155	14.09	**156**	**15.53**
14	159	17.90	155	17.38	154	18.72	**156**	**18.00**
21	156	20.82	156	19.32	157	16.02	**156**	**18.72**
24	156	21.80	156	20.40	157	20.29	**156**	**20.83**
28	161	22.13	157	23.22	156	19.57	**158**	**21.64**

第 二 表　1 日經過繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (2日:1日)

材齡 日	試驗體 No. 1	同 No. 2	同 No. 3	同 平均
1	4.59	3.50	4.05	**4.05**
2	5.84	4.80	5.24	**5.29**
3	8.13	7.74	4.40	**6.76**
5	10.12	8.50	9.70	**9.44**
7	9.25	10.75	13.90	**11.30**
10	13.42	11.27	—	**12.35**
14	15.07	14.30	16.30	**15.22**
21	14.42	15.19	17.04	**15.55**
28	17.70	17.85	20.62	**18.49**

第 三 表　2 日經過繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (3日:1日)

材齡 日	試驗體 No. 1	同 No. 2	同 No. 3	同 平均
1	2.04	1.88	2.07	**2.00**
2	4.39	3.75	3.95	**4.03**
3	5.07	4.82	5.54	**5.14**
5	6.09	8.70	6.17	**6.99**
7	11.27	6.62	10.40	**9.43**
10	11.76	10.41	9.83	**10.67**
14	10.55	12.34	—	**11.45**
21	10.56	12.37	13.87	**12.27**
28	12.90	17.40	16.32	**15.54**

第 四 表　3 日經過繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (4日:1日)

材齡 日	試驗體 No. 1	同 No. 2	同 No. 3	同 平均
1	2.10	1.75	1.64	**1.84**
2	2.19	4.17	4.30	**3.55**
3	3.47	3.75	4.07	**3.76**
5	6.97	7.67	4.57	**6.40**
7	6.07	8.04	5.50	**6.54**
10	7.34	6.97	7.90	**7.40**
14	13.44	9.98	8.45	**10.62**
21	10.64	13.40	9.54	**11.19**
28	12.20	16.27	12.12	**13.53**

第　五　表　　7 日經過繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (7日:1日)

材齡	試驗體	同	同	同
日	No. 1	No. 2	No. 3	平均
1	1.94	1.81	1.47	**1.74**
2	3.45	2.79	2.62	**2.95**
3	3.86	2.55	3.72	**3.38**
5	4.57	3.21	3.53	**3.77**
7	4.52	6.87	4.87	**5.42**
10	8.32	6.25	7.52	**7.39**
14	7.77	8.97	10.79	**9.18**
21	9.80	7.34	14.25	**10.47**
28	10.61	10.05	10.85	**10.50**

第　六　表　　14 日經過繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (15日:1日)

材齡	試驗體	同	同	同
日	No. 1	No. 2	No. 3	平均
1	1.72	2.02	—	**1.87**
2	4.87	3.50	—	**4.19**
3	4.68	5.29	—	**4.99**
5	5.25	5.05	—	**5.15**
7	6.55	5.81	—	**6.18**
10	8.07	7.64	6.51	**7.41**
14	7.67	7.40	7.52	**7.53**
21	7.97	8.30	—	**8.14**
28	9.85	10.22	11.10	**10.39**

第　七　表　　21 日經過繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (22日:1日)

材齡	試驗體	同	同	同
日	No. 1	No. 2	No. 3	平均
1	2.77	1.47	2.10	**2.11**
2	1.95	2.10	5.87	**3.31**
3	4.79	4.67	3.75	**4.40**
5	5.84	6.25	4.01	**5.37**
7	6.70	4.91	6.49	**6.03**
10	8.69	6.52	—	**7.61**
14	9.47	7.35	6.80	**7.87**
21	10.12	10.72	6.22	**9.02**
28	10.37	10.33	12.93	**11.21**

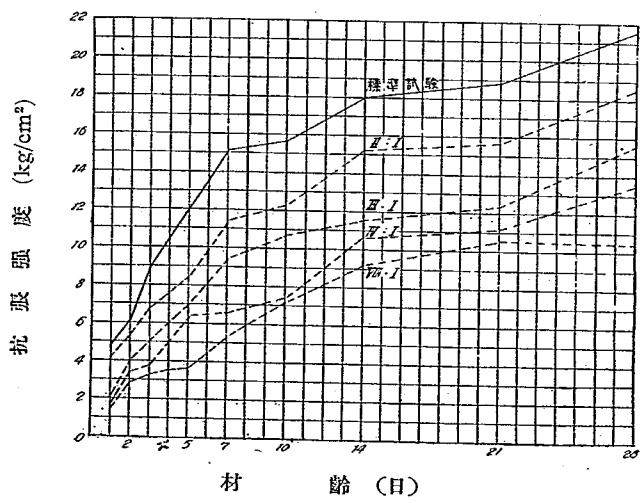
繼目强度と標準强度とを比較すれば第八表第一圖の如し。

第八表

モルタルの繼目を有する試驗體强度 kg/cm²

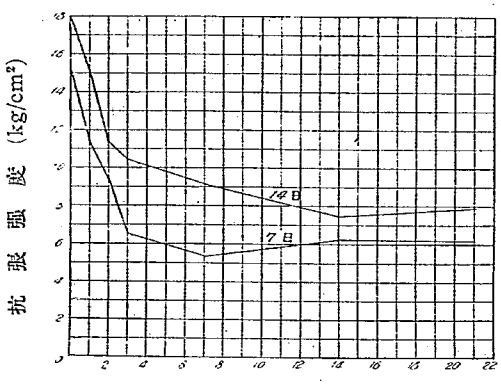
材齡	標準試驗	經過日數					
日	體	1日	2日	3日	7日	14日	21日
1	4.71	4.05	2.00	1.84	1.74	1.87	2.11
2	6.20	5.29	4.03	3.55	2.95	4.19	3.31
3	8.87	6.76	5.14	3.76	3.38	4.99	4.40
5	12.02	9.44	6.99	6.46	3.77	5.15	5.37
7	15.14	11.30	9.43	6.54	5.42	6.18	6.03
10	15.54	12.35	10.67	7.40	7.39	7.41	7.61
14	18.00	15.22	11.45	10.62	9.18	7.53	7.87
21	18.72	15.55	12.27	11.19	10.47	8.14	9.02
28	21.64	18.49	15.54	13.53	10.50	10.39	11.21

第一圖

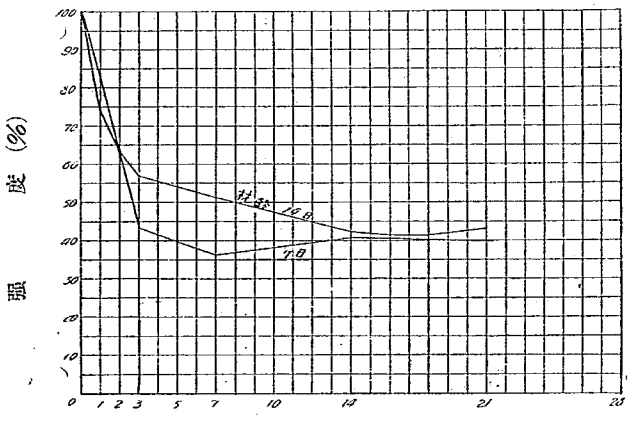


尙後半部製作後の試驗體の材齡 7 日及 14 日に於ける兩側の材齡の差の繼目强度に及ほす影響、更に之等の減少率を圖示すれば第二圖、第三圖の如し。

第　二　圖



第　三　圖



繼目を有するモルタルは一般に强度著しく減少し、材齡1日の差は强度 25% を減少し、2 日のものは 37% を減じ、材齡の差大なるに從ひ減少年大なり。然れどもその差 14 日以上のものは、その減少率略同一にして 60% を減少し、その强度は材齡の差の及ぼす影響少し。

從つて軟練りモルタルは繼目を設くる場合は材齡差7日以內に於ては特に注意すべく、然らざれば弱點を生じ均一强度を害する事大なり。

4. 硬練りモルタルの繼目强度

硬練りモルタルの水量 13% のものの標準試験結果は第九表の如し。繼目を有しその兩側部の材齡の異る試驗體は、繼目にセメント糊狀體を用ふるものと然らざるものとを比較し、その强度は第十表乃至第十四表の如し。

第 九 表　モルタルの抗張强度 kg/cm²

水　量 13%

材齡	試驗體						
日	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	平均
1	5.25	5.21	6.03	5.35	9.77	5.10	**5.62**
2	8.30	8.32	9.14	6.70	9.78	7.14	**8.23**
3	14.93	14.44	12.92	12.22	12.87	16.77	**14.02**
7	16.37	13.50	16.50	17.38	18.80	19.85	**17.07**
10	18.96	17.82	21.03	15.80	18.69	19.00	**18.55**
14	18.34	23.00	20.47	20.22	19.45	19.67	**20.19**
21	19.95	22.35	20.92	21.60	22.12	23.93	**21.81**
28	24.43	26.14	24.88	25.07	21.60	28.75	**25.17**
35	25.81	27.15	23.47	25.47	27.47	28.15	**26.25**
42	35.90	35.54	30.41	24.16	29.64	—	**31.15**

第 十 表　1 日經過の繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (2 日:1 日)

材齡	セメント糊狀體を用ひざるもの				セメント糊狀體を用ふるもの			
日	No. 1	No. 2	No. 3	平均	No. 1	No. 2	No. 3	平均
1	0.97	2.27	0.70	**1.32**	8.45	6.55	3.59	**6.20**
3	6.67	6.97	5.86	**6.50**	11.24	7.54	13.22	**10.70**
7	11.45	9.10	8.48	**9.63**	14.77	14.82	—	**14.80**
14	9.65	9.38	11.27	**10.10**	15.25	17.67	19.82	**17.58**
28	19.90	15.98	17.15	**17.68**	26.75	26.95	20.20	**24.63**

第 十 一 表　2 日經過の繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (3 日:1 日)

材齡	セメント糊狀體を用ひざるもの				セメント糊狀體を用ふるもの			
日	No. 1	No. 2	No. 3	平均	No. 1	No. 2	No. 3	平均
1	1.13	—	—	**1.13**	5.47	6.62	6.34	**5.81**
3	3.73	5.65	4.88	**4.75**	11.50	10.02	9.10	**10.21**
7	6.74	7.95	4.46	**6.38**	10.54	11.72	12.59	**11.62**
14	11.09	6.89	6.45	**8.14**	17.85	14.50	16.02	**16.12**
28	7.55	12.25	10.95	**10.25**	19.32	21.17	19.24	**19.91**

第十二表　3日經過の繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (4日:1日)

材齡	セメント糊狀體を用ひざるもの				セメント糊狀體を用ふるもの			
日	No. 1	No. 2	No. 3	平均	No. 1	No. 2	No. 3	平均
1	0.73	0.96	1.32	**1.00**	4.18	5.39	5.54	**5.04**
3	2.97	4.05	6.67	**4.56**	8.98	10.12	11.67	**10.26**
7	5.16	5.17	5.69	**5.34**	12.57	12.59	12.87	**12.68**
14	7.12	7.42	7.82	**7.45**	15.65	16.67	17.72	**16.68**
28	9.56	11.51	12.42	**11.16**	22.02	22.50	22.52	**22.35**

第十三表　7日經過の繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (8日:1日)

材齡	セメント糊狀體を用ひざるもの				セメント糊狀體を用ふるもの			
日	No. 1	No. 2	No. 3	平均	No. 1	No. 2	No. 3	平均
1	0.50	1.48	—	**0.99**	5.67	6.14	7.99	**6.60**
3	3.14	4.02	—	**3.58**	10.80	11.27	—	**11.03**
7	4.27	5.32	5.65	**5.08**	12.15	13.75	15.45	**13.78**
14	9.75	12.13	—	**10.94**	14.29	18.92	20.85	**18.02**
21	11.47	12.95	—	**12.21**	20.30	20.72	21.99	**20.81**

第十四表　14日經過の繼目を有する試驗體强度 kg/cm² (15日:1日)

材齡	セメント糊狀體を用ひざるもの				セメント糊狀體を用ふるもの			
日	No. 1	No. 2	No. 3	平均	No. 1	No. 2	No. 3	平均
1	1.00	—	—	**1.00**	2.22	4.70	7.12	**4.68**
3	3.15	3.22	3.25	**3.21**	7.03	8.62	12.22	**9.29**
7	5.82	6.45	6.92	**6.40**	10.40	11.25	12.65	**11.43**
14	7.02	7.25	—	**7.14**	12.09	12.67	12.74	**12.50**
21	12.60	14.80	—	**13.70**	16.70	17.10	17.75	**17.18**

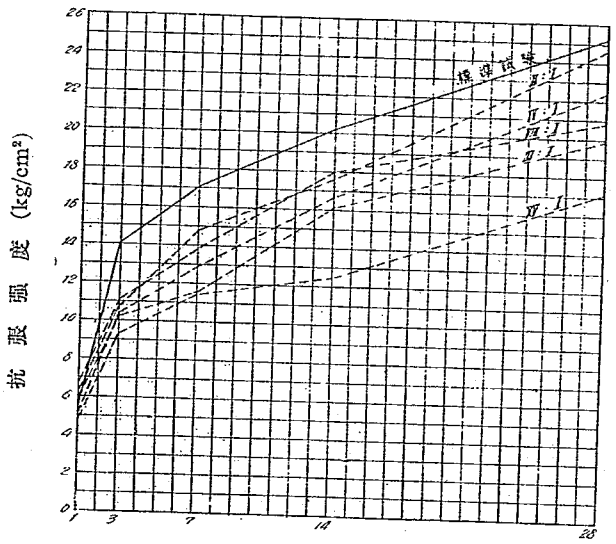
繼目にセメント糊狀體を用ひたるものの試驗結果の平均は第十五表、第四圖、之を用ひざるものの結果の平均は第十六表第五圖の如し。

第十五表　繼目にセメント糊狀體を用ひたるものの强度 kg/cm²

材齡	標準	繼目の經過日數				
日	試驗體	1日	2日	3日	7日	14日
1	5.62	6.20	5.81	5.04	6.60	4.68
3	14.02	10.70	10.21	10.26	11.03	9.29
7	17.07	14.80	11.62	12.87	13.78	11.43
14	20.19	17.58	16.12	16.68	18.02	12.50
21	25.17	24.63	19.91	22.35	20.81	17.18

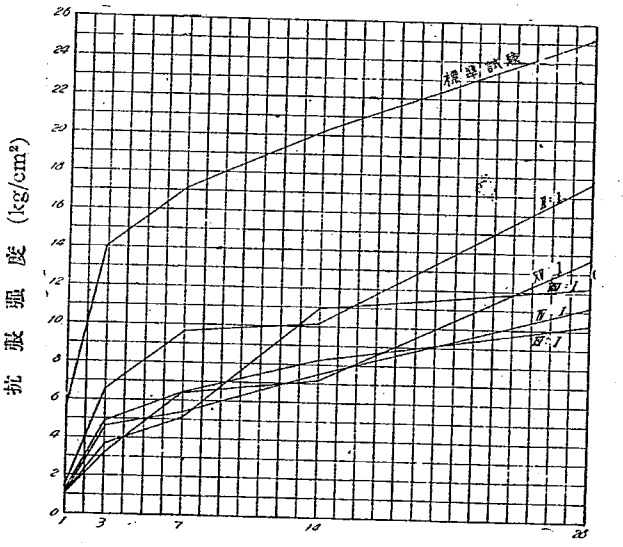
第四圖

縱目にセメント糊狀體を用ひたるもの



第五圖

縱目にセメント糊狀體を用ひざるもの

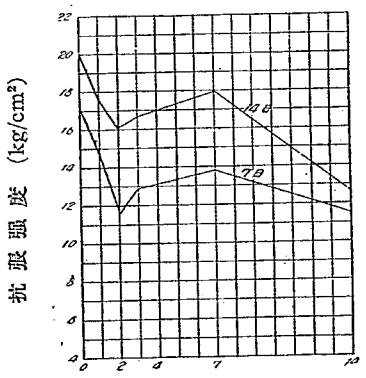


第十六表　繼目にセメント糊狀體を用ひざるものの強度 kg/cm²

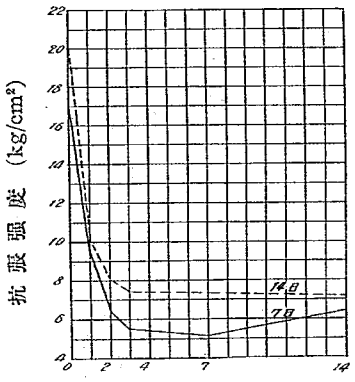
材齡	標準	繼目の經過日數				
日	試驗體	1 日	2 日	3 日	7 日	14 日
1	5.62	1.32	1.13	1.00	0.99	1.00
3	14.02	6.50	4.75	4.56	3.58	3.21
7	17.07	9.64	6.38	5.34	5.08	6.40
14	20.19	10.10	8.15	7.45	10.94	7.14
21	25.17	17.65	10.25	11.16	12.21	13.70

尙材齡7日及 14 日に於ける繼目强度に及ぼす兩側の材齡の差の影響を圖示すれば第六圖、第七圖の如し、更に之等强度の標準强度に對する減少率を求むれば第八圖竝に第九圖の如し。

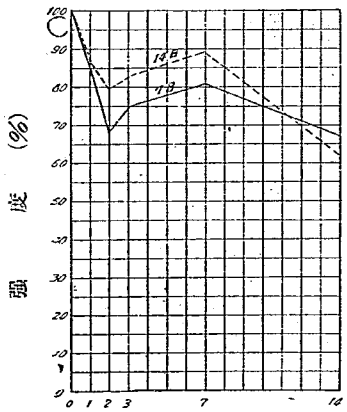
第　六　圖
セメント糊狀體を用ひたるもの



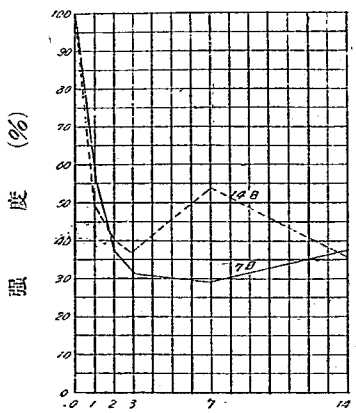
第　七　圖
セメント糊狀體を用ひざるもの



第　八　圖
セメント糊狀體を用ひたるもの



第　九　圖
セメント糊狀體を用ひざるもの



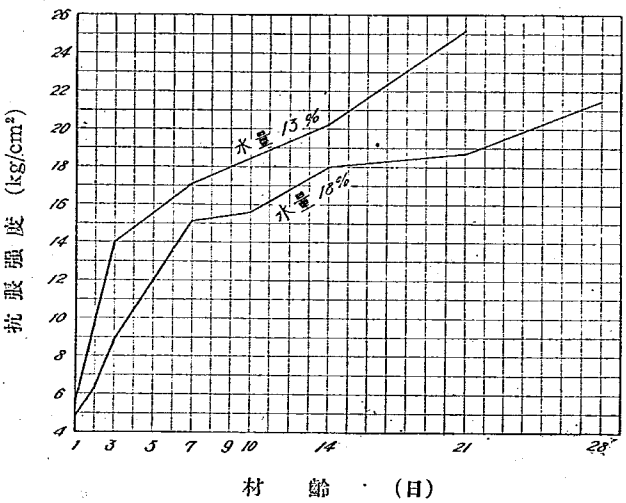
硬練りモルタルは繼目の强度に及ぼす影響特に著しく減少率大なり。

繼目にセメント糊狀體を用ひざるものは、材齡の差 1 日のものは繼目なきものの 50%, 同 2 日のもの 40%, 同 3 日のものの 35%, 7 日のもの 30%, その後のものは材齡差の影響略同一なり。

繼目に糊狀體を用ひたるものは、繼目强度を著しく補强し得られ、繼目なきものに比し、材齡差 1 日のもの强度 85%, 同 2 日 75% にして、軟練りの場合の繼目より却つて强度の減少率小く、糊狀體を用ひざるものに比し遙かに强度大なり。

モルタルの强度に及ぼす水量の影響を求むれば第十圖の如く、コンクリートと同樣に水量小なるものは强度大なるを知るべし。

第　十　圖



5. 試驗結果の約說

軟練りモルタルの繼目强度は次の如し。

(1)　繼目を有するものの强度は之を有せざるものよりも著しく減少す。

(2)　繼目の兩部分の材齡の差大なるに從ひ强度減少率大なり、然れども材齡の差 7 日以內に於ては減少率大なるも、7 日以上に於ては略同樣にして、14 日 21 日のものは 7 日の强度と略同一なり。

硬練りモルタルの繼目强度は次の如し。

(1) 繼目を有するものの强度は、之を有せざるものより著しく減少し、その減少率は軟練りのものより大なり。

(2) 繼目の兩側の材齡の差大なるに從い强度減少率大なり、然れども材齡の差大なるものはその減少率は一定限度に止れり。

(3) 繼目にセメント糊狀體を用ひたるものは、之を用ひざるものより强度相當大にして、軟練りのものよりその減少率小なり。

III 鋪裝コンクリート版の溫度に及ぼす氣溫の影響

內務技師 藤井眞透
內務技手 船山晴雄

1. 試驗の目的

本試驗はコンクリート版の內部の溫度に及ぼす氣溫の影響を試驗し、その最高及最低溫度を求め、路面より內部に至る溫度の變化を知り、以て之により生ずる內應力を求めんが爲に行へるものなり。

コンクリートに及ぼす溫度の影響は、鋪裝コンクリートは勿論その他の一般コンクート構造物に對しても極めて重要にして露出せるものはその內應力に抗し得ずして繼手構造を設くるを要するも、鋪裝にありては繼手が及ぼす影響は極めて大にして衝擊を增大し、牽引抵抗を增大しその附近に於ては著しく路面材質を損傷するは衆知の事實にして從つて、特殊工法を用ひて繼手構造を省略し得れば、鋪裝の耐久性を增加せしむる事大なるべし、此爲に今氣溫の及ぼすコンクリート內部溫度を試驗し、之ら鋪裝に及ぼす氣象作用の影響を求むるは極めて重要なり。

本試驗に於ては露出せるコンクリート版の溫度の表面より內部に至る迄の變化を一ケ年に亘りて試驗し、その溫度變化を求め、東京に於ける氣溫と本邦各地に於ける氣溫とを比較し、前記試驗結果を地方に於て考察する場合の方法を求めたり。

2. コンクリート版及試驗方法

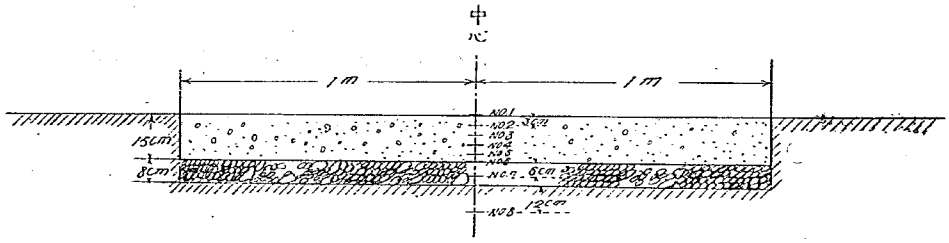
コンクリート版は本所敷地內に之を設け熱電氣式溫度計を用ひて溫度を測定せり。

a コンクリート版試驗體

版は 1:3:6.7 の配合を有するコンクリートを用ひ之をローム質路床上に砂利層厚 8 cm を敷均せる上に鋪設せり、版は長及幅各 2 m 厚 15 cm とし、その中央部分の溫度を測定せり、第一圖に示すが如し。

コンクリートは基層コンクリートとして用ひらるるものを標準とし、その試驗結果は第一表及第二表の如し。

第 一 圖



第 一 表 コンクリート試驗結果

砂		砂利	
比 重	2.62	比 重	2.590
空量率 %	33.16	空隙率 %	31.98
單位重量 kg/m³	1750.5	單位重量 kg/m³	1762.5
粘土及泥 %	1.1	粘土及泥 %	0.3
粒度率	3.235	吸水率	0.682
粒 度	%	粒度率	7.42
No. 4 以上	8.45	粒 度	%
No. 4 —No. 8	12.50	50—38 cm	7.36
No. 8 —No. 16	14.86	38—25 ,,	23.75
No. 16—No. 30	31.36	25—19 ,,	17.13
No. 30—No. 50	25.21	19—9.5 ,,	38.16
No. 50—No. 100	6.24	9.5—No. 4	13.26
No. 100 以下	1.36	No. 4 以下	0.36

第 二 表

配 合	水比	スランプ cm	フロー %	耐壓强度 kg/cm² 7 日	14 日	28 日
1 : 3 : 6.7	1.15	0.90	120	70.4	151.0	204.0

コンクリート版下部の砂利は厚 8 cm にして第一表に示せる砂利を用ひたり。

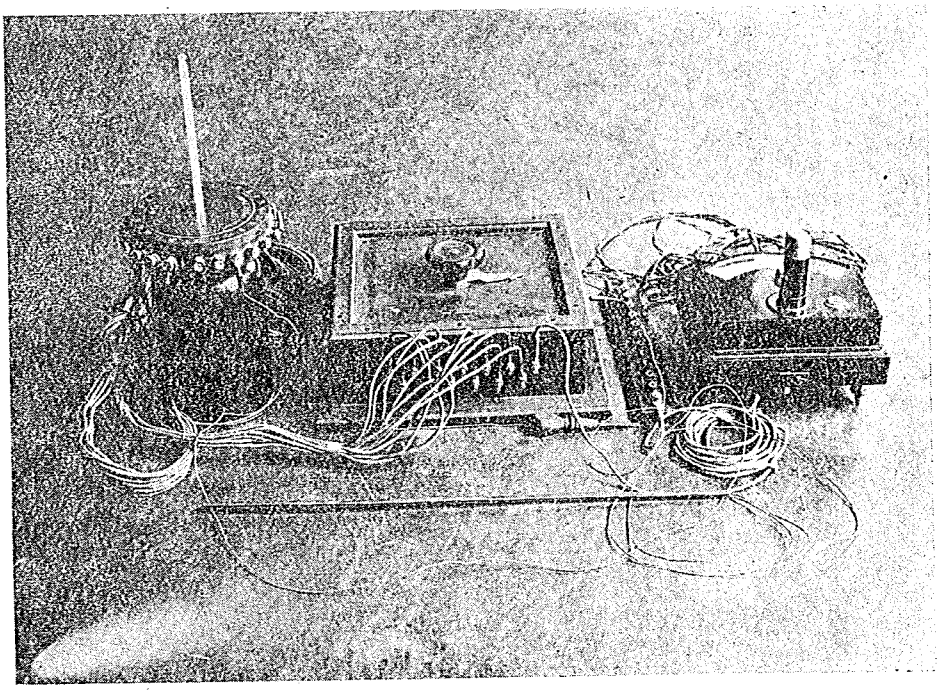
コンクリート版の溫度は深 3 cm 毎にとり砂利層に 1 ケ所、土中に 1 ケ所を測定せり。

b. 熱電氣式溫度計

本器は銅コンスタンタン熱電體を使用し、攝氏 −30° 乃至 +100° 迄の溫度を測定し得るものにして 12 個の熱電體と切換スウヰツチにより 12 個所の溫度の測定を講じ第二圖の如きものを使用せり。

リード線及計器內抵抗の變化等による誤差を生ぜざる樣高抵抗のものを使用し、測定誤差 0.5 度以下のものを用ひたり。

第　二　圖



3. 試 驗 結 果

コンクリート版は昭和二年十月十日之を施工し、溫度測定はその後一ケ年に亘り、本所試驗室增築工事に當り之を除去する迄行ひたり。

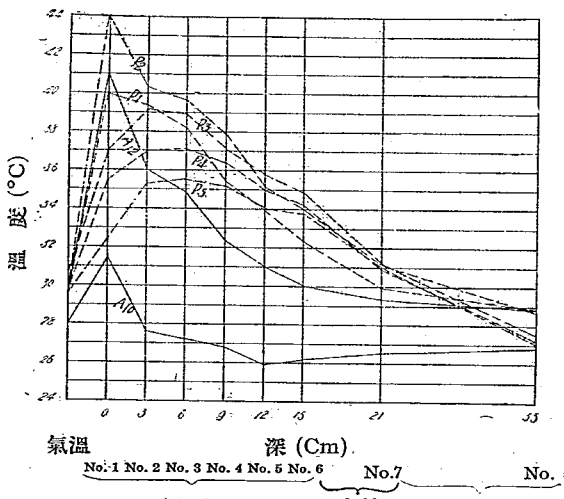
今氣溫と版の內部溫度との關係を、夏季、冬季及春季に亘り之を求め驟雨の影響、弱齡期に於ける關係を求め、版の溫度の一ケ年間の變化を求むれば次の如し。

a. 夏季に於ける氣溫と版の溫度

夏季に於ては氣溫に比し版の溫度は一般に高く．その代表的のものにつき氣溫と版の溫度との關係を求むれば 7 月 28 日、8 月 13 日に於ては、第三圖及第四圖の如く、時間的變化は第五圖及第六圖の如し。

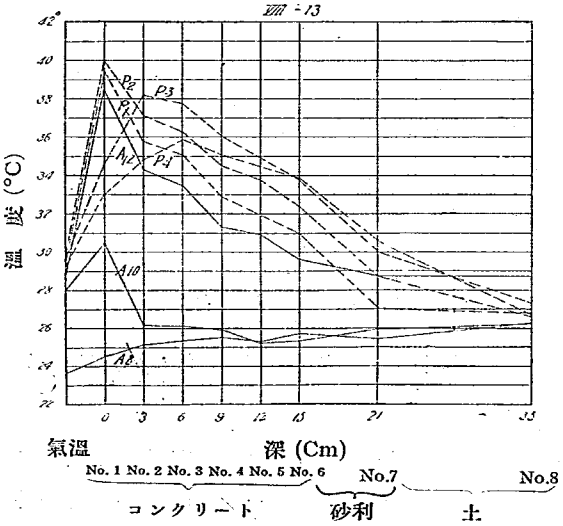
第 三 圖

VII-28



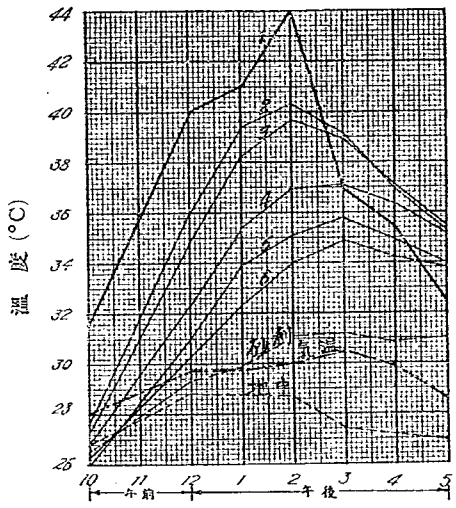
圖中 *A* は午前 *P* は午後、數字は時刻を表す

第 四 圖



第　五　圖

VII-28

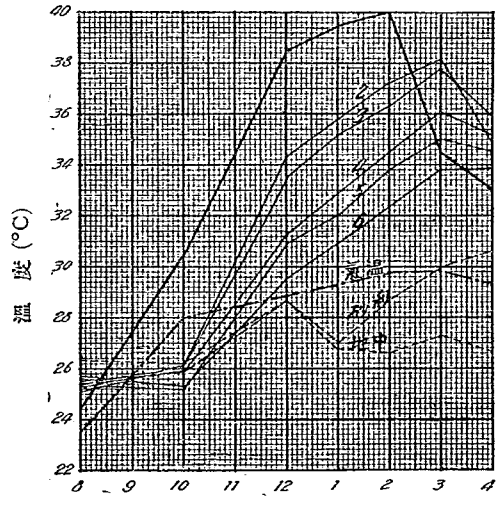


時　刻

圖中の數字は第三圖の測定番號 (No.)

第　六　圖

VIII-13



時　刻

圖中の數字は第四圖の測定番號 (No.)

夏季に於ては、版の表面溫度は氣溫に比して相當に高く、日中直射時間の長きに伴ひて增大す。版の內部溫度は表面溫度に比し午後2時迄は低きも、その後は表面溫度低下するも內部溫度の低下は之に伴はず、却つて表面よりも高溫度を保てり。

版の溫度は日光の直射溫度及その時間により異り、更にコンクリートの比熱により異るが故に今コンクリート及モルタルの比熱を他の材料と比較すれば第三表の如し。

第 三 表

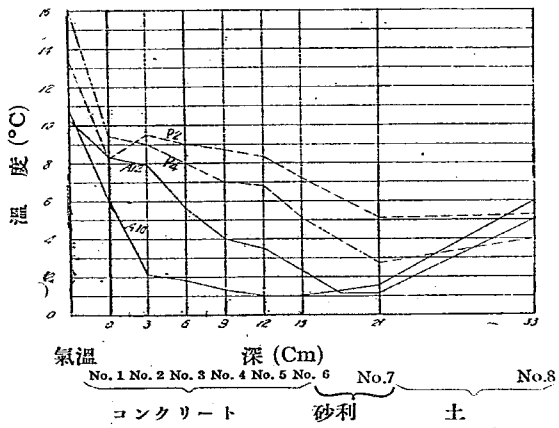
種	別		比熱	熱傳導率 10^{-3}	膨脹係數 10^{-4}/°C
石材	花崗岩		0.195	5.30	0.083
	玄武岩		0.200	—	—
	石灰岩		0.217	10.30	0.080
	砂岩		0.220	—	0.095
	砂		0.195	0.93	—
	石英		0.174	17.30	—
セメント	クリンカー	18°—130°C	0.205	—	—
		18°—230°C	0.223	—	—
		18°—390°C	0.247	—	—
	ニートセメント		0.350	—	—
	モルタル		0.298	—	—
	コンクリート		0.202	0.413	0.104
煉瓦			0.255	3.20	0.095
木材	米松		0.650	0.330 II(平行と云ふ意味のもの) I (直角 ,,)	0.0541 0.341
	アスファルト		—	—	2.230
	パラフィン		0.690	0.350	3.670
	銅		0.114	113.00	0.110
	ゴム		0.270	—	0.770
	水		1.000	1.50	0.434

b. 冬季に於ける氣溫と版の溫度

冬季に於て氣溫と版の溫度との關係をその代表的のものにつき求むれば12月26日、1月13日、1月20日に於けるものは第七圖乃至第九圖の如く、時間的變化は第十圖乃至第十二圖の如し。

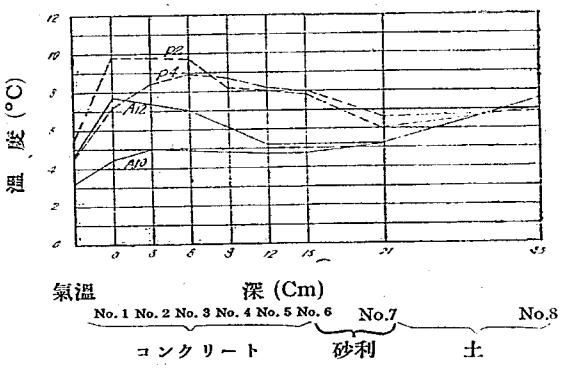
第　七　圖

XII-26



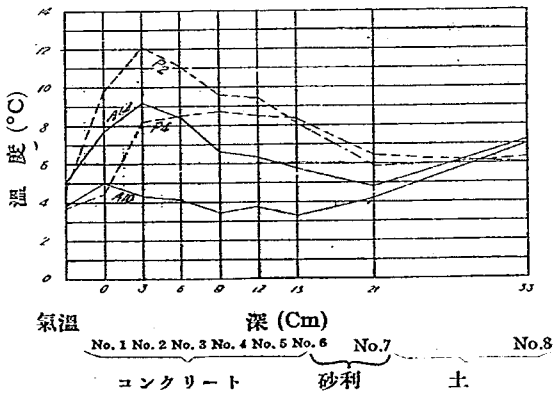
第　八　圖

I-13



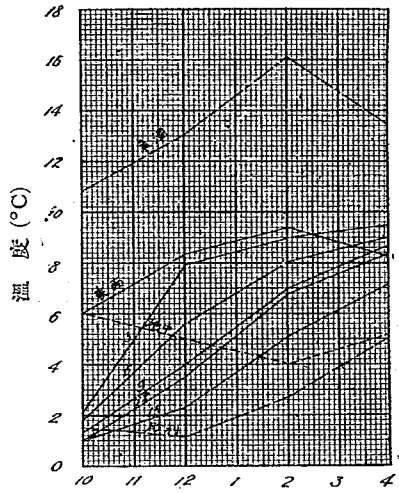
第　九　圖

I-20



第十圖

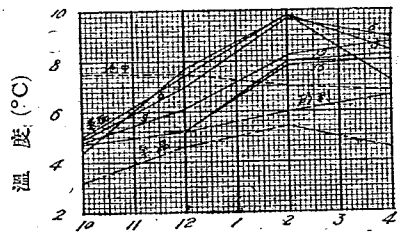
XII-26



圖中の數字は表面よりの深さ(Cm)

第十一圖

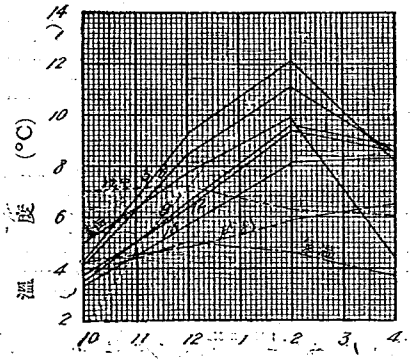
I-13



圖中の數字は表面よりの深さ(Cm)

第十二圖

I-20



圖中の數字は表面よりの深さ(Cm)

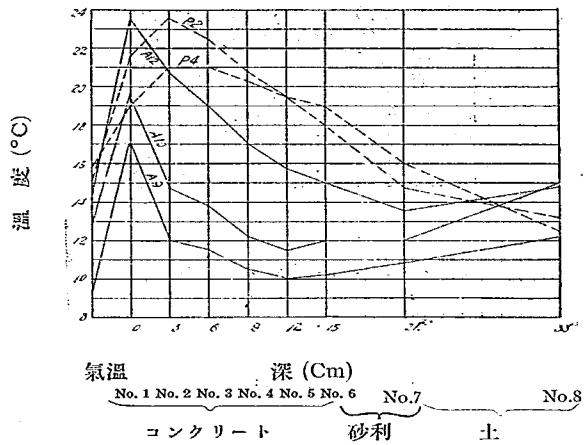
冬季に於ては版の表面溫度は氣溫に比し低き場合あるも一般に快晴の場合には高く、只直射溫度及時間が夏季に比し低く且短きを以てその差は小く、版の内部溫度は一般に表面溫度より高し。

c. 春秋季に於ける氣溫と版の溫度

溫和季に於ける氣溫と版の溫度との關係を求むれば、春季に於て 4月6日、同18日。秋季に於て10月27日、11月22日に於けるものは第十三圖乃至第二十圖の如し。

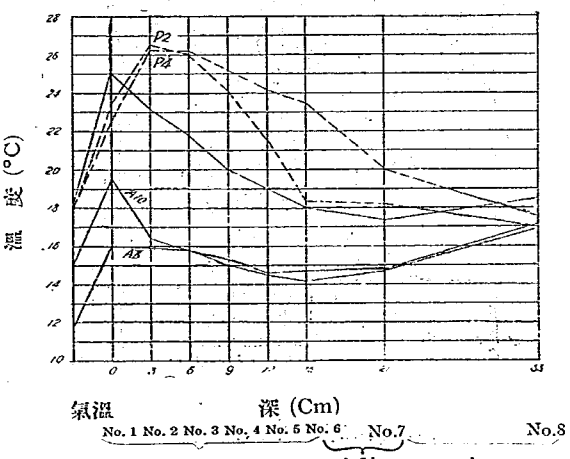
第十三圖

IV-6



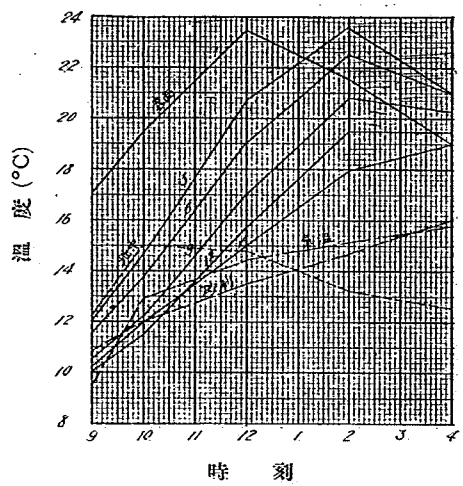
第十四圖

IV-18



第十五圖

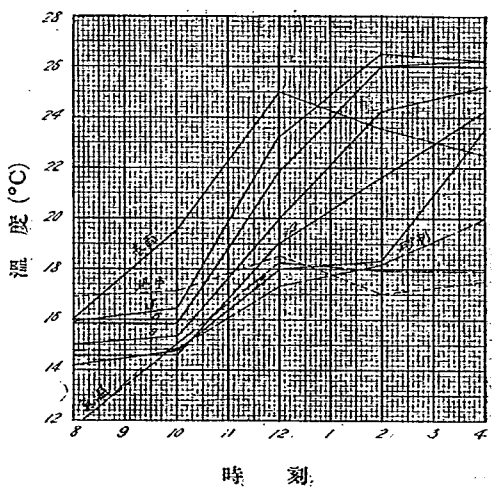
IV-6



圖中の數字は表面よりの深さ(Cm)

第十六圖

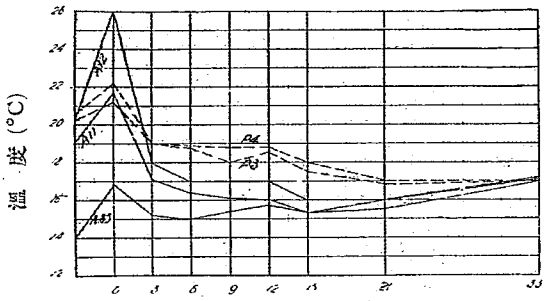
IV-18



圖中の數字は表面よりの深さ(Cm)

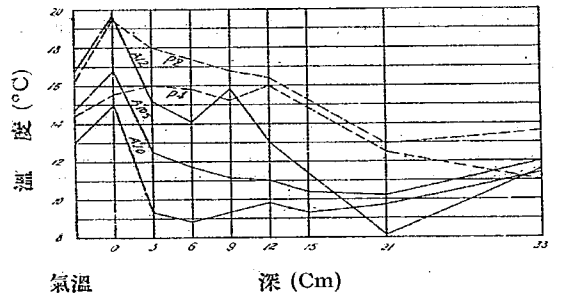
第十七圖

X-27



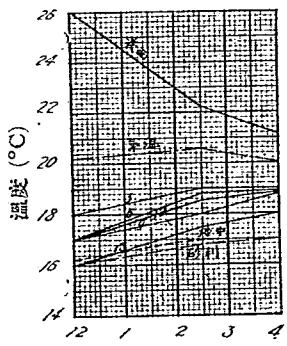
第十八圖

XI-22



第十九圖

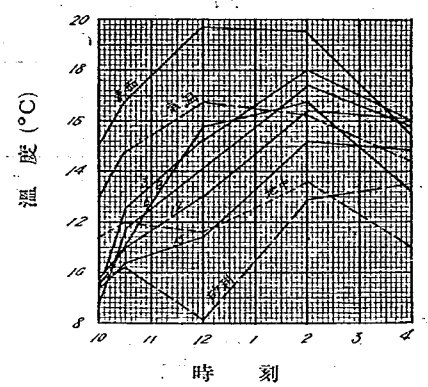
X-29



圖中の數字は表面よりの深さ(Cm)

第二十圖

XI-22



圖中の數字は表面よりの深さ(Cm)

溫度の變化は夏季及冬季の場合と略同樣にして只その變化の割合比較的小なり。

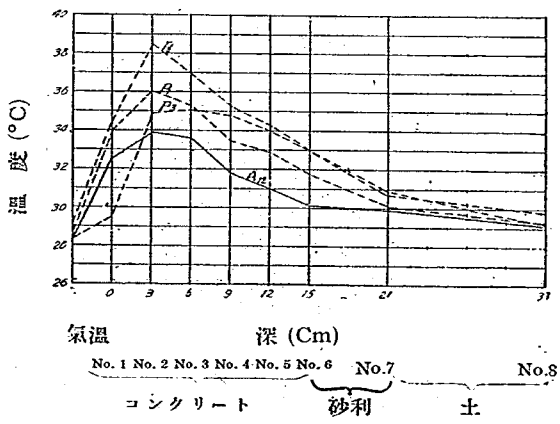
d. 夏季に於て驟雨の版溫度に及ぼす影響。

夏季に於て表面溫度相當高き場合に驟雨を受くれば表面は急に溫度低下し、內部溫度は之に伴はずして依然高く、從つてかゝる場合に表面と內部溫度との差は最も大なり。

9月 10 日午後驟雨の場合の影響は第二十一圖及第二十二圖の如し。

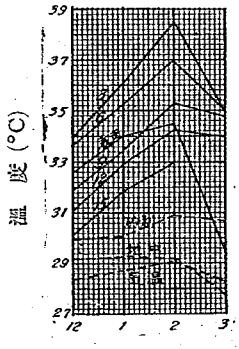
第二十一圖

IX-10



第二十二圖

IX-10



圖中の數字は表面よりの深さ(Cm)

e. 弱齡期に於ける版の溫度

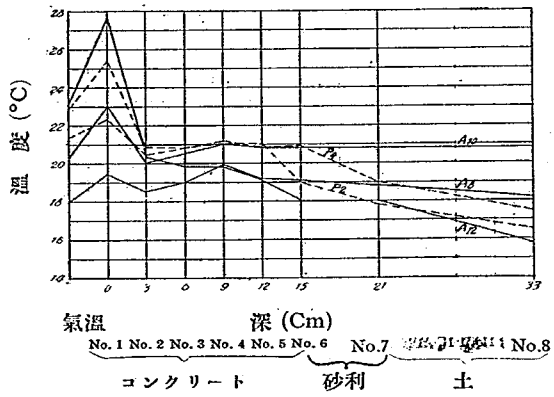
試驗版は 10 月 10 日午後施工し養生を行ひ、施工後 40 時間經過後溫度を測定せり。

コンクリートは施工後凝結に伴ひセメントの化學變化により溫度上昇すべきも試驗版の如く路床上に設置され、その厚比較的薄きものは特に測知し得べき程度の溫度上昇を呈せず、熱電氣式溫度計にてニートセメントを以て作れるコンクリート標準抗壓試驗體（徑 15Cm 高 30Cm 圓壔）の型にとりつけたる儘のものは約 3.0°C の上昇を見たるも、コンクリートに於ては之より著しく小にして測知し得ず。

コンクリート施工後はその混合水量の影響を受けて溫度變化極めて小なるが故に40時間經過後、10 月 12 日に始めて測定せり。

第二十三圖

X-12

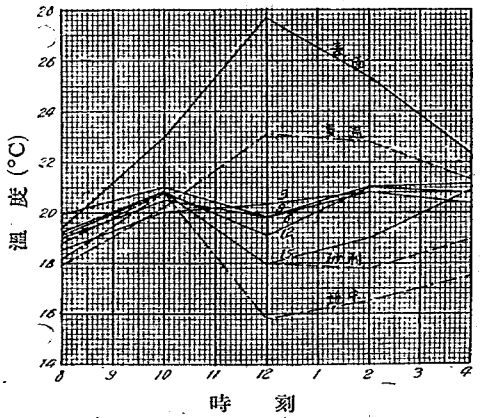


測定結果は第二十三圖及第二十四圖の如し。

表面溫度は氣溫に伴ひ增減するも內部溫度は、セメントの硬化不充分なる爲に遊離含水量多く、從つて略同一にして 19.°5 乃至 21.°0 を保ち變化少し。然れども表面は直射熱を受くるが故に相當に溫度高く 27.°5C に達せり。

第二十四圖

X-12

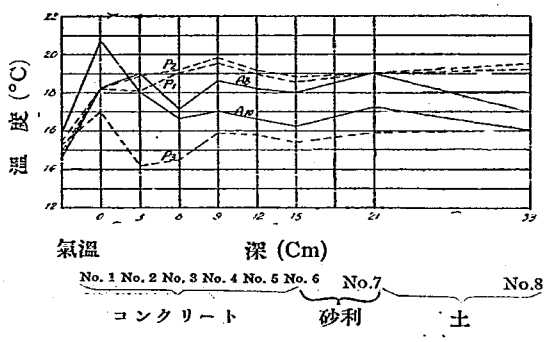


圖中の數字は表面よりの深さ(Cm)

弱齡期に於てはセメントの硬化速かなるが故に施工後 70 時間經過せる 10月 13 日引き續き測定せる結果は第二十五圖及第二十六圖の加く、氣溫に伴ひ、前日よりも內部溫度の變化大なり。

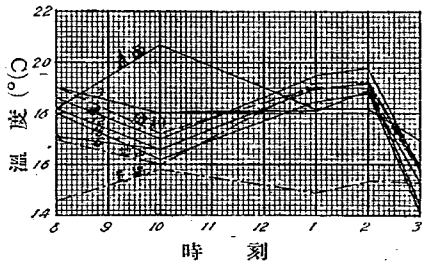
第二十五圖

X-13



第二十六圖

X–13



4. 氣溫とコンクリート版の溫度との關係

氣溫とコンクリート版の平均溫度、及表面溫度との關係を一ケ年に亘り求むれば次の如し。

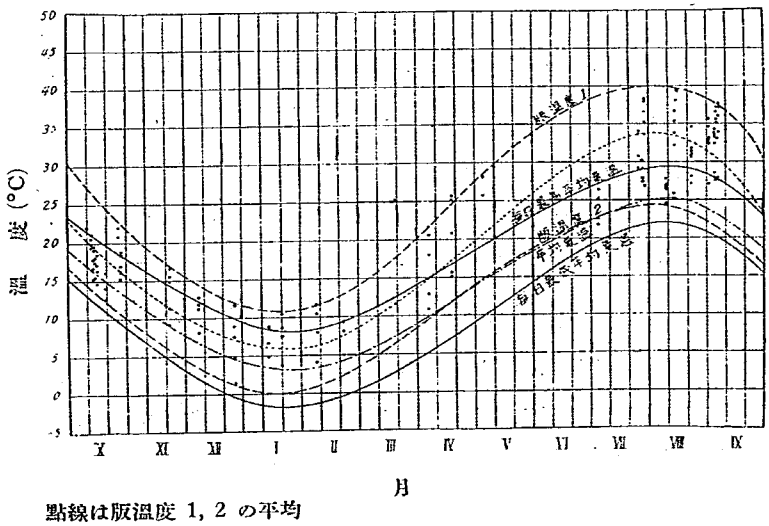
a. コンクリート版の平均溫度と氣溫との關係

版の厚の中央部分の溫度と氣溫との關係を一ケ年に亘りて求むれば第二十七圖の如し。

氣溫は東京中央氣象臺觀測の結果による各年の最高及最低平均、竝に平均氣溫をと

第二十七圖

氣溫とコンクリート版平均溫度



點線は版溫度 1, 2 の平均

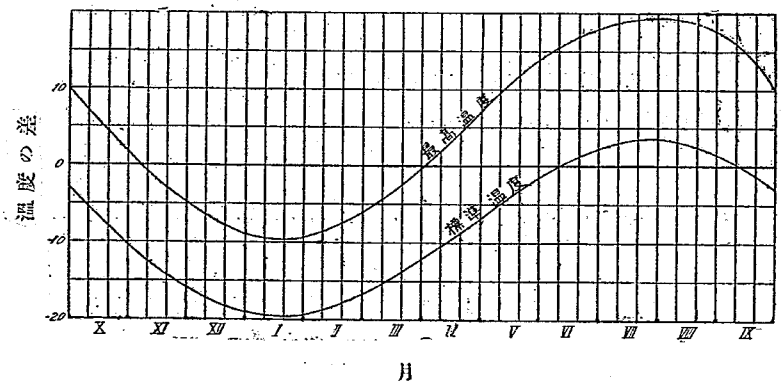
り、版の中央厚の溫度もその最高、及朝夕に於ける標準溫度をとれり。夜間に於ては版の中厚溫度の低下は著しからざるを以て標準速度をとりて版の伸縮作用の程度を考ふる事を得べし。

版溫度1は中央部分の溫度の最高値を示し、同2は朝夕に於ける平均溫度を示せり。

コンクリートの凝結終了し硬化する際の溫度を測定するは困難なるが故に今版の施工後 40 時間を經たる場合の平均溫度 20.°5C に對する、版の中厚溫度の一ケ年に亘る變化の差を求むれば第二十八圖の如し。版の中厚溫度も變化するが故にその最高溫度の差及朝夕に於ける平均溫度の差を求めたり。

第二十八圖

版の中厚の溫度と弱齡期の溫度との差の一ケ年間の變化



之により厚 15Cm を有する版は、施工の際の溫度よりも最高 20.°0 最低 20.°0 の溫度の變化を示すを知るべし。

b. コンクリート版の表面溫度と氣溫との關係

氣溫と版の表面溫度との關係を一ケ年に亘りて求むれば第二十九圖の如し。版の平均溫度よりもその變化著しきを知るべし。

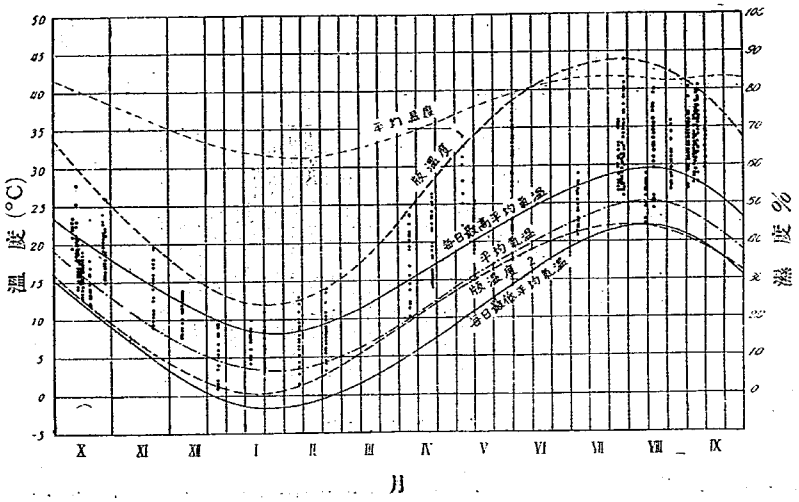
版溫度1は表面の最高溫度を示し同2は朝夕に於ける平均溫度を示すものとす。

c. コンクリート版の表面及底面の溫度の差

版の表面と底面との溫度の差は版の歪曲を生ずる主要なる原因をなすものなるが故に、版の中厚の溫度に對する表面及底面の溫度の差を求むれば第三十圖及第三十一圖の如し。

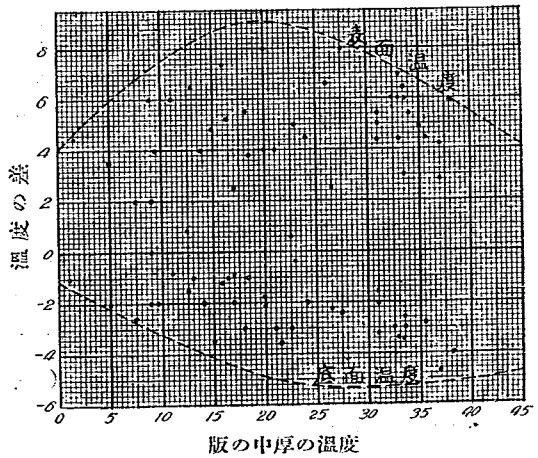
第二十九圖

氣温とコンクリート版の表面温度



第三十圖

表面温度が底面温度より高き場合



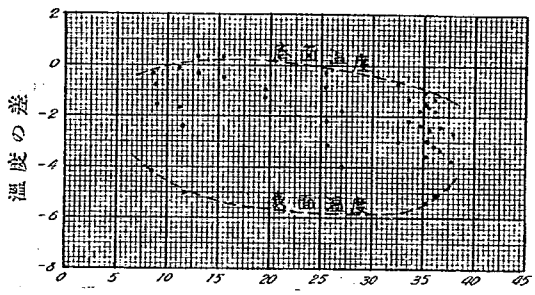
夏季、日中に於ては版の平均温度に比し表面温度は高く、底面温度は低し、從つて版は上面凸形に歪曲を受くべし、版の中厚温度に對し表面温度の最高値 9.5°C 底面温度の最低値 5.4°C なり。

冬季、夜間に於ては版の底面温度は表面温度より高く從つて版は上面凹形に歪曲を

受くべし。然れども此場合に於ては一般に版の中厚部溫度は表面及底面より高く、從つて版は兩形凹形をとり龜裂を生じ易き狀態にあるものとす。

第三十一圖

底面溫度が表面溫度より高き場合



測定期間中に於てコンクリート版の表面と底面溫度の差の最大値は、第四表の如し。

第四表

月日	時	氣溫	表面溫度	底面溫度	差
5月 4日	2.P.M.	18°.3	32°.4	20°.5	11°.9
7月 28日	2.P.M.	30°.0	44°.0	34°.0	10°.0
9月 10日	3.P.M.	28°.3	29°.5	33°.0	−3°.5
1月 20日	4.P.M.	28°.0	4°.4	8°.3	−3°.9
9月 6日	4.P.M.	29°.3	30°.5	34°.7	−4°.2

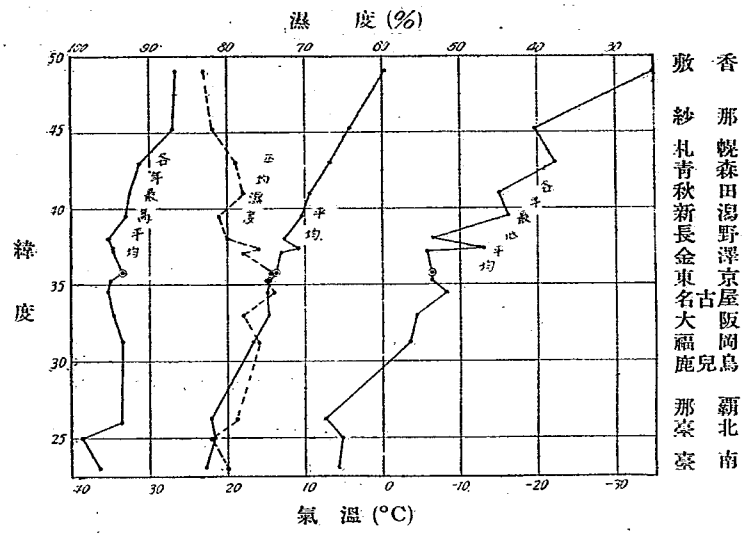
5. 東京と本邦各地との氣溫の比較

本試驗結果は東京に於ける氣溫とコンクリート版溫度との關係を知るに過ぎざるを以て全國各地に於ては直に之をとる能はず、氣溫は緯度、海面上の高、海岸よりの距離及地勢、地況により異るが故に今東京の氣溫と比較する爲に、緯度によりて本邦主要各地の氣溫を圖示すれば第三十二圖の如し。

各年最高溫度の平均は著しき差違を見ざるも同最低溫度の平均は著しく異り從つて平均氣溫も緯度に伴ひ相當の變化を表はし、長野市の如き海岸よりの距離大なる地方に於ては緯度の略々同一なる新潟、金澤に比し相當低溫なり。

從つて、東京の氣溫と比較し各地に於てはコンクリート版溫度を考ふる場合に第三十二圖に應じて相當の考慮を要すべし。

第三十二圖　緯度と氣溫

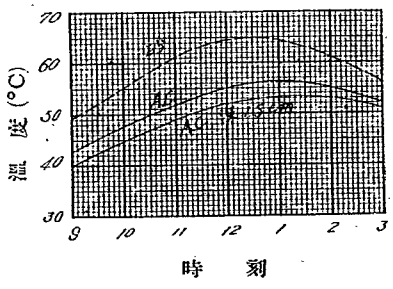


6. 各種鋪裝の溫度測定に關する資料

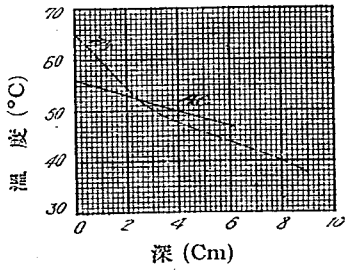
各種鋪裝及材料等に關し東京に於て測定せる結果をあぐれば次の如し。

砂及瀝青鋪裝に關し測定せる結果は次の如し。

第三十三圖



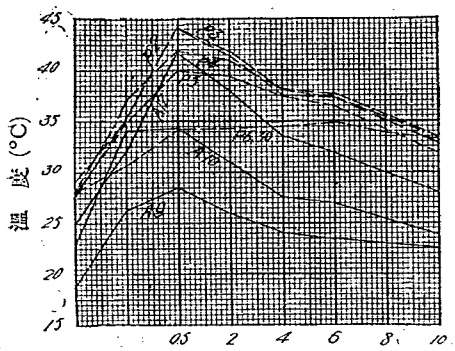
第三十四圖



獨逸ベルリン市ワンゲネル街、及タル街に於て 1928 年七月十一日測定せる結果は第三十五圖乃至第三十八圖の如し。

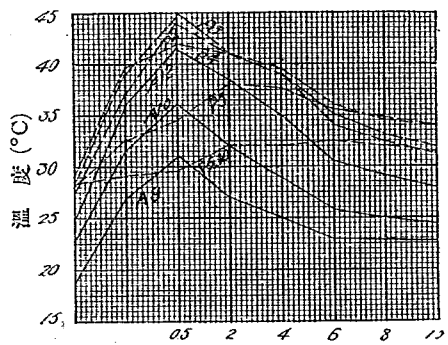
第三十五圖

タール碎石鋪裝



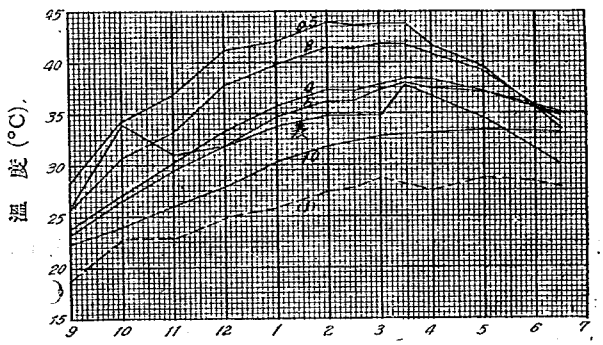
第三十六圖

瀝青コンクリート鋪裝



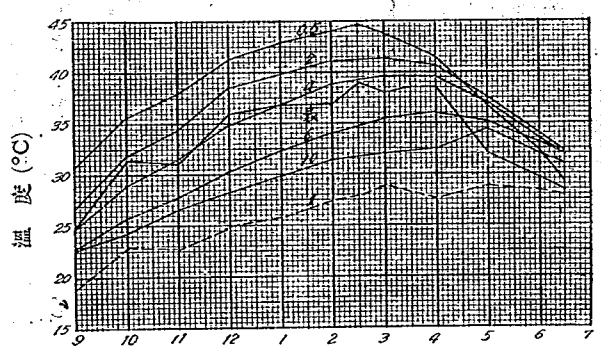
第三十七圖

タール碎石道



第三十八圖

瀝青コンクリート鋪裝



7. 試驗結果の約說

基層用コンクリート版厚 15Cm のものの溫度に及ぼす氣溫の影響は次の如し。

a. 弱齡期に於ては含水量大なるが爲に氣溫の及ぼす影響比較的少く略同一溫度を保ち、試驗版の施工は溫和季に行ひたるが故に氣溫 18° 乃至 23°.C にして、版の內部溫度は 19°.5 乃至 21°.0 を保てり。然れども表面溫度は直射熱を受くるが爲に相當高く 27°.5C に達せり。

b. 夏季は表面溫度極めて高く 44°.0C に達し、內部溫度は之に比し午後 2 時迄は低きもその後は表面溫度低下するも內部溫度の低下は之に伴はずして却つて表面より高溫度を保てり。

c. 冬季は版の表面溫度は氣溫に比し低き場合あるも一般に快晴の場合には高く、只その差は夏季に比し著しく小く、內部溫度は一般に表面溫度より高し。

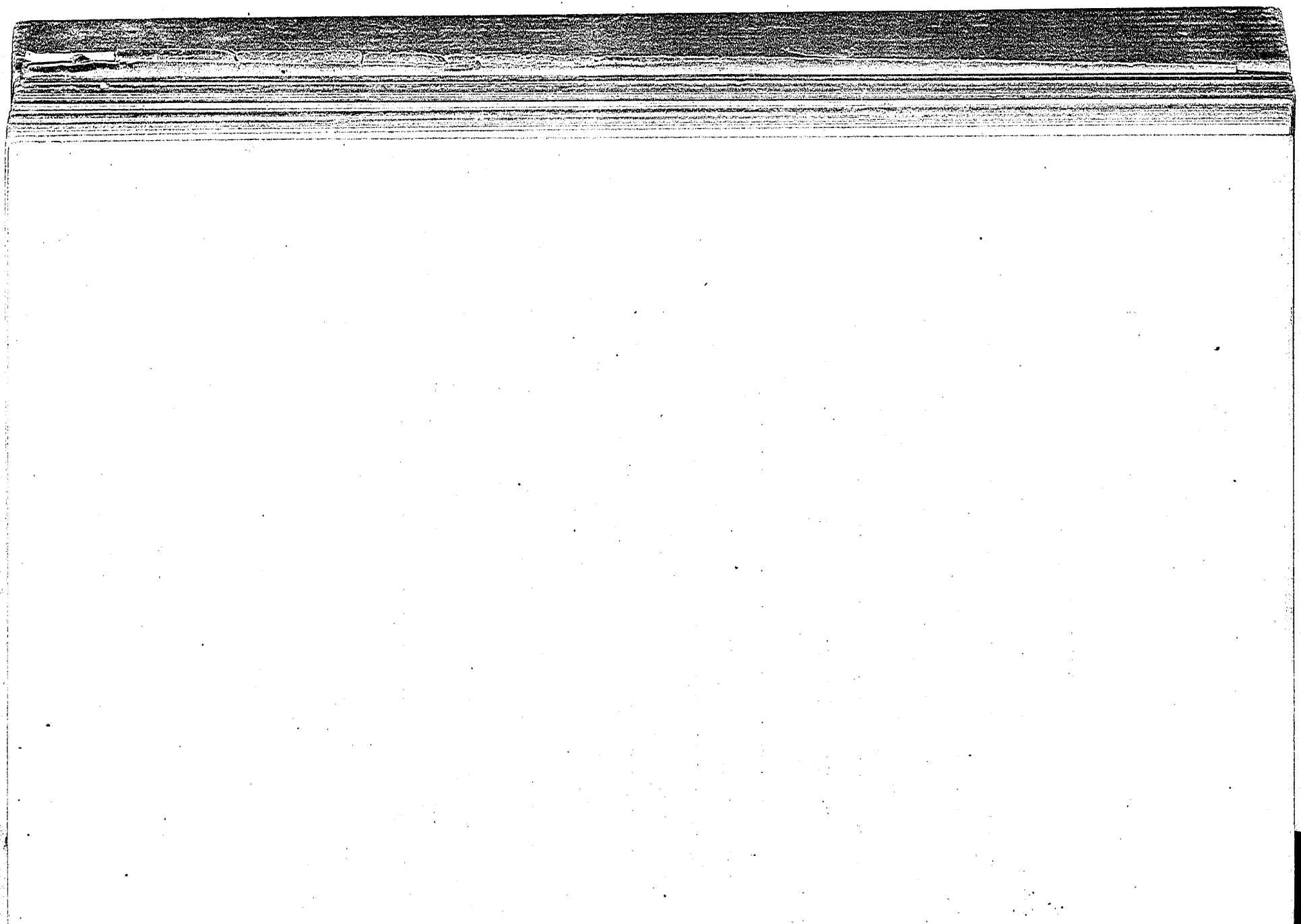
d. 夏季に於て驟雨ある場合は表面溫度急に低下するも內部溫度は之に伴はずして依然高くかゝる場合表面と內部溫度との差は最も大なり。

e. 版の中厚部分の溫度は氣溫に伴ひて變化し、氣溫の變化より更に大にして 0° 乃至 40°C に達し、弱齡期卽施工後硬化の際の溫度 20°.5C に對し最高最低各約 20°.C の變化をなせり。

f. 版の表面溫度は氣溫に伴ひて變化し、之より變化更に大にして 0° 乃至 44°.0C に達せり。

g. 版の歪曲を生ぜしむべき表面及底面溫度の差は、表面の高き場合 12°.0 同低き場合約 −4°.0 に達せり。而してコンクリート硬化の際の溫度 20°.5C に比すれば版の平均溫度が之より 15°C 高き場合、表及底面の溫度は各之よりも +7°C.−5°C に達す。

h. 本測定結果は東京に於けるものなるを以て本邦各地に於てはその氣溫に應じ相當の考慮を要す。



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

內務技師　高　田　昭

本試驗は鬼怒川上流改修工事の中栃木縣鹽谷郡三依村大字五十里字關門に築造せんとする洪水調節用堰堤の地盤たる角礫凝灰岩工事に使用せんとする混凝土用砂利竝に砂に就きて行ひたるものなり。堰堤は男鹿川及湯西川の合流點より稍下流に建設せらるるものにして堰堤敷地は兩岸共に角礫凝灰岩より成るも其の岩質は兩岸竝に場所に依りて多少異なるを以て之れを基礎とし又石材として使用する場合の優劣を比較し(試驗 I)　又兩川より流下する砂利及砂は多少其の質を異にするを以て之を混凝土用骨材として使用する場合の適否を定むると共に其の一般性狀を明かにせり(試驗 II)。

本試驗は內務技手直崎季隆、雇細山角三及中武綠三氏の助力に依りて行ひたるものなり。

I.　角礫凝灰岩に關する試驗

一　試驗の目的

本試驗は洪水調節用堰堤敷地に產する角礫凝灰岩 5 種に就き之を基礎とし又工事用石材として使用する場合の優劣を比較するために行ひたるものなり。

二　試料の一般性狀

試料は第一圖に示すが如く總べて兩岸より採取したるものにして何れも角礫凝灰岩にして主として石英粗面岩質火山灰及同質火山砂より成り其中に稜角に富む花崗岩，石英粗面岩，硅岩，粘板岩，硬砂岩等の破片を雜ふ。然れども其の採取個所に依りて分解の程度を異にするを以て各試料は其の性狀に於て相違あり、之を石質の順序に示せば次の如し。

No. 5　暗灰色を帶びたる緻密堅硬なる岩石にして一見火成岩に類似せる外觀を有し、一般に新鮮にして分解せる部分極めて僅少なり。

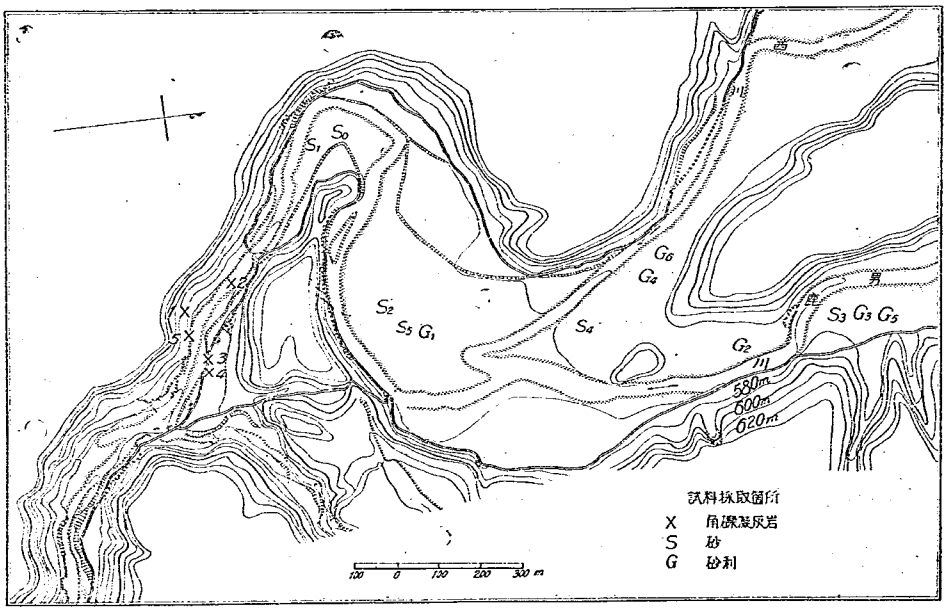
No. 2　淡灰色を帶び其の質緻密なるも No. 5 に比すれば多少分解すると共に其の吸水性も亦稍大なり。

No. 1　No. 2 に比し更に淡き灰色を帶び、膠結物たる火山灰も相當に分解して粘土質物，方解石，沸石等に變ずるを以て其の黑色調を多少減少せるものなり。

No. 3　多少綠色調を帶びたる灰白色の岩石にして膠結物は著しく分解して粘土質物，方解石，沸石等に變ずると共に多少含有せし鐵分は殆ど溶解して流失せしを以て白色を呈するに至りたるものにして、淡灰色を帶ぶるは綠泥岩を含むに因る、從つて本試料は比較的吸水性に乏しきにも拘らず其の質比較的脆弱なり。

No. 4　淡黃褐色を帶び全試料中最も甚だしく分解せるものなり。火山灰の大部分及火山砂の一部は分解して No. 3 に於けると同樣の物質に變移せると共に酸化鐵を殘存するを以て淡黃褐色を呈す。又微細なる孔隙に富むを以て著しく吸水性に富むのみならず、岩質も最も脆弱にして、且耐久性に乏し。

第一圖　試料採取箇所



三　試驗の種類及方法

前記の目的を達せんが爲め下記の如き試驗を施行せり。而して本試驗に於ける供試體は總べて 5 cm 立方體を使用せり。

全部の供試體は寫眞(第一)に示すが如く、研磨機にて水磨をなし、各邊約 5 cm を有する正立方體となしたるものなり。

（1） 比重、吸水試驗　供試體を 100°C にて充分乾燥したる後乾燥器内にて冷却せしめ其の重量を秤り、次に之れを水中に浸漬し、1, 2, 4, 5, 6, 7 及 56 日目に於ける吸水率を測定すると共に比重をも測定せり。

（2） 抗壓試驗　各種の供試體を約 60 日間吸水せしめたる後、水中より取出し表面の水分を拭ひ去りたる後直ちに試驗せり。本試驗には Olsen 100 噸試驗機を使用せり。

（3） 凍結試驗　本試料を使用する地域の氣溫は冬季に於て相當低下し、岩石中に存する水分も多少凍結して之れを破壞する虞れあるものなれば風化作用中、機械的作用に屬するものとして次の如き方法により人工的に凍結及融解作用を反覆して之れに對する抵抗性を比較せり。

5 種の供試體中より夫々 2 個を取り、充分吸水せしめたる後、水を滿たしたるブリキ製容器内に納れ各供試體の間には密着するを防ぐ爲め小形なる碎石を夾在せしめたり。此の容器を更に大型の容器内に入れ、底及四周の間隙には氷，鹽及水より成る寒冷劑を充塡し、上部を木綿布にて被ひて冷藏庫内に約 20 時間放置せり。凍結せしものは寫眞(第三)に示すが如し。凍結後供試體を氷詰めの儘取り出し之れに湯を注ぎて溶融せしめたり。

次に水道の水にて 1 時間以上洗ひたる後、再び上記の方法によりて凍結せしめたり以上の實驗を反復して供試體の表面に龜裂を認め得るに至りたる後更に 2, 3 回反復施行せり。

（4） 分解試驗　風化作用中化學的分解作用に對する抵抗性を比較する爲め、下記の如き方法に依り天然に行はるゝ作用に最も類似せる化學的方法によりて試驗せり。

卽ち Na_2SO_4 の 23.3 % 水溶液中に供試體を 20 時間浸漬したる後取り出して 100°C に於て 4 時間乾燥して冷却せり。此の方法を 5 回反復し、供試體の表面に龜裂其他異狀の生ぜざるや否やを檢せり。

四　試驗結果

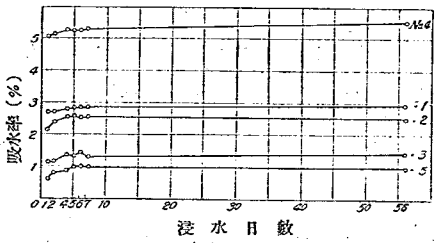
1　比重及吸水試驗結果　試驗結果の平均値は第一表及第二圖に示すが如く、比重

及吸水率は何れも、各試料によりて異るも一般に風化の程度に應じて比重は減少すると共に吸水率は增大せり。

第一表　比重及吸水率

試料番號		No. 5	No. 2	No. 1	No. 3	No. 4
比　重		2.49	2.49	2.51	2.36	2.32
吸水率(%)	1日	0.59	2.13	2.69	1.13	5.05
	2日	0.79	2.38	2.71	1.16	5.13
	4日	0.86	2.53	2.80	1.31	5.27
	5日	0.95	2.56	2.80	1.31	5.25
	6日	0.97	2.53	2.83	1.39	5.25
	7日	0.97	2.54	2.87	1.31	5.29
	56日	1.00	2.56	2.94	1.48	5.51

第二圖　吸水率の比較



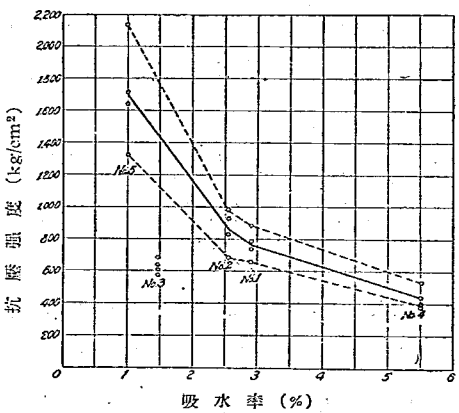
2.　抗壓試驗結果　抗壓試驗結果は第二表及第三圖に示すが如くNo. 3を除くの他は一般に抗壓强度は吸水率と或る程度の關係を有するものなり。然るにNo. 3は吸水率少なきにも拘らず其の抗壓强度低きは稍奇異の觀あるも、凍結及風化試驗の結果に徵すれば內部構造に相當弛緩し居るを認め得べく、唯吸水試驗の場合には他の原因により充分飽和し得ざりしものならん。

第二表　抗壓試驗結果

供試體		高さ (cm)	斷面積 (cm²)	總荷重 (kg)	抗壓强度 (kg/cm²)
No. 5	1	5.02	24.97	53,500	2,142
	2	5.00	25.33	43,500	1,717
	3	5.02	25.08	41,200	1,643
	4	5.03	25.20	33,300	1,321
	平均				**1,706**
No. 2	1	5.01	24.63	23,000	933
	2	4.96	24.40	24,000	983
	3	5.00	25.00	17,130	685
	4	5.00	25.00	21,000	840
	平均				**860**
No. 1	1	5.00	24.90	15,600	962
	2	5.01	24.90	22,250	893
	3	5.02	25.35	20,120	793
	4	4.97	24.55	18,250	743
	平均				**753**
No. 3	1	4.97	24.70	14,800	599
	2	5.03	25.18	15,400	611
	3	5.04	25.35	16,400	646
	4	5.00	25.00	14,700	588
	平均				**611**
No. 4	1	4.99	24.90	9,750	391
	2	5.00	24.88	13,250	532
	3	5.00	25.00	11,100	444
	4	4.98	24.80	9,700	391
	平均				**440**

第　三　圖

抗壓强度及吸水率の比較



3.　凍結試驗結果　凍結試驗は供試體に生じたる龜裂の程度によりて7～13回反復施行せり。其の結果は次表及び寫眞(第二)に示すが如し。卽ち試料 No. 5 に於ては

異狀を認めざりしも No. 3, No. 4 は何れも著しく破壞し、No. 1, No. 2 は輕微なる影響を蒙りたり。

試料番號	試驗回數	摘　要
No. 5	13	異狀を認めず。
No. 1	13	10 回目に微細なる龜裂を生じ、13 回目に稜角部に稍大なる龜裂を生じたる爲め取扱中破損せし個所あり。
No. 2	13	No. 1 の場合と同樣。
No. 3	7	5 回目に微細なる龜裂を所々に生じ、6 回目には相當に大なる龜裂となり 7 回目に至りて稜角部は脫落せり。
No. 4	7	No. 3 の場合と同樣に龜裂は 5 回目に生じ 7 回目に至りて著しく擴大し、稜角部は甚しく脫落せしのみならず、中央部にも供試體を横斷せる龜裂を數個所に生じたり。

4. **分解試驗結果**　試驗結果は數量的には表し得ざるも次表に示すが如く、凍結試驗の結果と同樣の成績を示せり。卽ち試料 No. 5 に於ては異狀を認め得ざりしも、No. 3, No. 4 は著しく分解され、No. 1, No. 2 は多少影響せられたり。

試料番號	摘　要
No. 5	異狀を認めず。
No. 1	龜裂を生ぜざりしも火山灰其の他の膠結物が多少分解されて或は粘土に化し、或は溶解されたるを以て供試體の表面には細小なる凹凸を生ぜり。角礫中黑色を帶びたる粘板岩には相當に分解されたるものあり。
No. 2	No. 1 の場合と同樣なるも分解程度は稍輕微なり。
No. 3	微細なる龜裂を無數に生じたると共に石質は著しく變じて從來の淡黃綠色を失ひ更に白色を帶ぶるものに變ぜり。之れを乾燥狀態に保つときは相當に堅硬質なるも、水中に浸漬すれば著しく脆弱となり表部に在る砂粒は容易に脫落す。
No. 4	最も甚しく分解されたると共に著しく龜裂を生じたり。各砂粒間の膠結物が分解して或は溶解し、或は粘土其他に變じたるを以て內部の構造は著しく弛緩し、水中に浸漬するときは極めて脆弱なるもの

となりたり。

II. 男鹿川及湯西川産砂利及砂に關する試驗

一　試驗の目的

本試驗は第一圖に示すが如く鬼怒川上流の男鹿川、湯西川竝に其の合流點附近6箇所より採取せる砂利及砂に就き混凝土用骨材としての適否、竝に之等を用ひて作りたる混凝土の强度と配合との關係等を明かに爲さんが爲めに行ひたるものなり。

二　試驗の種類及試驗方法

上記の目的を達する爲め次の如き試驗を施行せり。

（1）　砂利及砂の性狀に關する試驗

（a）　篩分試驗(土木試驗所報告第八號所載標準試驗方法に據る)

（b）　比重試驗(同)

（c）　單位重量及空隙率試驗(同)

（d）　砂の含水率と容積の增大との關係

砂は相當の水分を含有すれば其の容積を增加するものにして、本試驗に在りては含水率を重量に於て 2～28 % とし、直徑 7.5 cm. 高 7.5 cm. の鐵製容器を用ひ輕詰め及振詰めの二場合に就きて其の容積の增加率を測定せり。

（2）　モルタル試驗　　各砂を使用せるモルタルの抗壓及抗張强度を比較せんが爲め次の如き2種の試驗を施行せり。

（a）　硬練モルタル試驗

配合は容積に於て 1：2.5 となし試驗方法はセメント規格試驗の場合に準じて施行せり。從つて其の混加水量は極めて少量にして之れを型枠に詰め鐵槌にて 100～110 回敲き供試體の裏面に少しく水分の滲出する程度なれば出來上りモルタルは極めて硬練りなるものなり。

配合は各砂の單位重量に基づき重量によりて行ひたるものにして、セメント 1 立(=1.5 kg)に對する割合は次の如きものなり。

砂	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
重　量 (kg)	3.800	3,659	3,720	3,717

（b） 中練モルタル試驗

配合は(a)の場合と全く同樣なるも混加水量はモルタルのスランプを 20mm となす程度とせり。モルタルのスランプは直徑 5cm, 高 10cm の圓壔形型を用ひ、混凝土のスランプ試驗と同樣の方法にて測定せり。

スランプ 20mm のモルタルは中練に相當するものなれば供試體の製作に當りては氣泡を藏せざる樣注意して型枠に注ぎ込みたる後表面を仕上げたり。

（3） 混凝土試驗　混凝土試驗は次の二種に就きて施行せり。

（a） 各種砂利を用ひたる場合の强度比較試驗

砂利 4 種を用ひ容積配合にて 1：2.5：5 なる混凝土を作り其のスランプの標準を 10cm となし、砂利の相違による强度の影響を比較せり、而して使用せし砂はすべて No. 5 砂に一定せり。材料はすべて乾燥せしものを用ひ、配合には各砂利の單位重量に基づき重量に據りて秤取配合せり。

供試體は直徑 15cm, 高 30cm の圓壔形とし製作後 1 日目に表面の仕上げをなし 2 日目に型を外したる後、水中に貯藏せり。本試驗の結果に依れば 1 立方米の混凝土の製作に要したる各材料は次表に示すが如し。

第三表　1：2.5：5 混凝土 1 立方米當材料配合表

砂利の種類		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
材料	砂利(kg)	1,334	1,296	1,284	1,326
	砂 (同)	568	570	567	579
	セメント(同)	238	239	236	242
	水 (立)	203	211	213	195
W/C	(%)	85.3	88.3	90.3	80.7
スランプ (cm)		10	9	10	9.5

（b） 混加水量と强度との關係

配合を 1：2：4, 1：2.5：5, 1：3：6 の三種となし水セメント比を 70, 80, 100 % となし前記(a)の場合と同樣に試驗して耐壓强度と水量との關係を求めたり。使用せし砂利は No. 5 及 6, 砂は No. 0 にして總べて乾燥せしものを用ひたり。

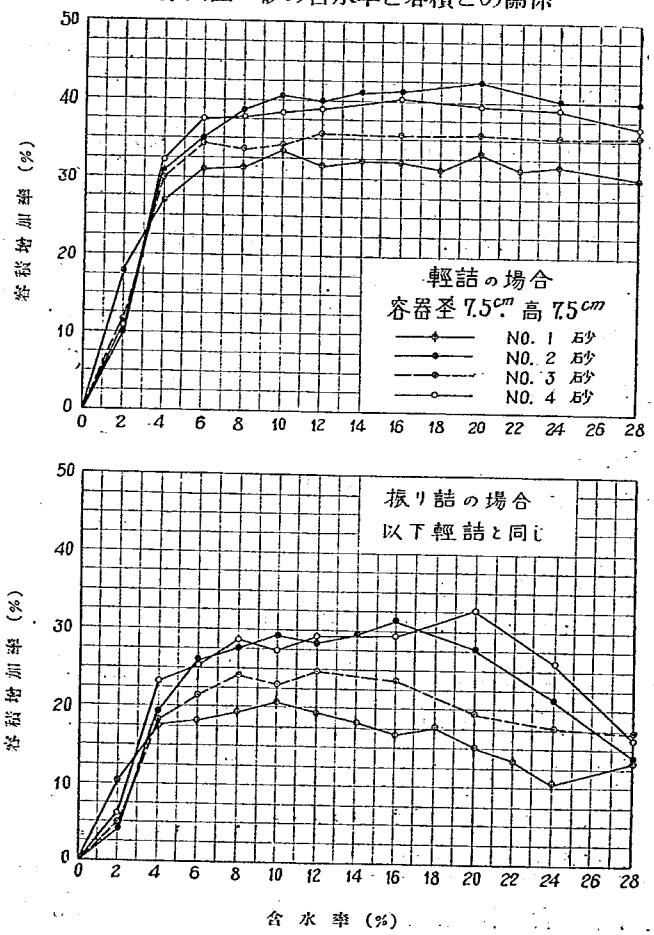
三　試驗結果

1. 砂利及砂の性狀に關する試驗結果　砂利及砂の篩分、比重、單位重量及空隙率は第四及第五表、砂の含水率と容積との關係は第四圖に示すが如し。

第四表 砂試驗成績表

試驗項目	試料番號 No. 0	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
比重	2.67	2.65	2.63	2.63	2.64	2.64
單位重量(kg/m³)	1431.5	1522	1465.3	1489.7	1486.2	1484.3
空隙率 (%)	46.4	42.2	44.3	43.4	43.7	45.5
篩分 8番篩止	0.62	0.32	0.10	0.58	1.41	0.43
篩分 16番 〃	1.39	6.99	1.95	5.88	4.73	3.75
篩分 30番 〃	8.21	56.06	18.68	39.96	19.69	27.73
篩分 50番 〃	67.41	98.77	75.29	90.03	71.17	89.00
篩分 100番 〃	97.48	99.92	96.73	98.46	96.84	99.53
粒度率	1.7484	2.6206	1.9275	2.3491	1.9384	2.2044

第四圖 砂の含水率と容積との關係



（a） **砂**　砂は一般に比較的細粒砂に屬するものなれども、No. 1 最も粗粒にして No. 3 及 5 之れに次ぎ　No. 0 最も細粒なり。然るに空隙率は No. 3 最少にして No. 2 は最大なるも其他は大同小異なり。又各砂の一般性狀は下記の如し。

No. 0 及 No. 1 は其の性狀同一にして稍胡麻鹽色を帶びたる中粒砂にして男鹿川及湯西川より流下せし砂の混合せるものなり。主として長石、石英、石英粗面岩、硅岩、砂岩、凝灰岩等の白色を帶びたるものと黑雲母、輝石、粘板岩の如き黑色を帶びたるものとより成り、黑色砂の混合量は湯西川砂(No. 4)に比すれば遙に少量にして品質上男鹿川砂と略同等なるものと認め得らる。

No. 2 は No. 3 と全く同樣にして男鹿川砂のみより成り湯西川砂を混入せざる白色調に富む中粒砂なり。主として石英、長石、石英粗面岩、硅岩砂より成り少量の黑雲母、粘板岩、凝灰岩、花崗岩、砂岩等の砂を混ず。一般に稜角に富む多面體をなし石英、長石、硅岩は何れも堅硬質なるも石英粗面岩、凝灰岩等には多少分解せるもの又は多孔質にして稍脆弱なるものあり。黑雲母及粘板岩は極少量なれば混凝土用砂として惡影響を及ぼす虞れなきものなり。

No. 4 は黑色調を帶びたるものを多量に含む中粒砂にして主として石英、長石と黑色を帶びたる黑雲母、粘板岩、輝石、角閃石とより成り少量の石英粗面岩、硅岩、砂岩、凝灰岩等を雜ふ。黑雲母の量は男鹿川砂と同樣に極少量なれば混凝土用砂として差支へなきも粘板岩砂稍多量なるを以て男鹿川砂に比すれば品質上稍劣るものと認めらる。

（b） **砂利**　No. 1 は男鹿川及湯西川より流下せし砂利の混合したるものにして主として石英粗面岩、硅岩、粘板岩、砂岩、凝灰岩等より成り、凝灰岩の混合量は男鹿川產のものに比すれば稍少量なるを以て品質上湯西川砂利に次ぐものと認めらる。

No. 2, No. 3, No. 5 は共に白色調を帶びたる砂利にして石英粗面岩、花崗岩、凝灰岩等より成り、少量の硅岩、粘板岩等を雜ふ。石英粗面岩には多少丸味を帶ぶるものあれども他は一般に稜角に富む多面體をなす。一般に緻密堅硬質なるも凝灰岩は全砂利中 20 %內外を占め相當に分解して軟質又は多孔質となるを以て湯西川砂利に比すれば品質上劣るものと認む。

No. 4, No. 6 は孰れも灰色を帶びたる砂利にして主に粘板岩、硅岩、砂岩、石英粗面岩、凝灰岩等より成り、硅岩、砂岩、石英粗面岩は何れも緻密堅硬質にして稜角に富む多面體をなし、粘板岩は多少扁平なる形狀をなすも一般に硬質なり。凝灰岩の

第五表　砂利試驗成績表

試驗項目	試料番號 No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
比重	2.51	2.58	2.40	2.49	2.43	2.52
單位重量(kg/m³)	1683.3	1610	1630	1640	1610	1655
空隙率 (%)	32.6	37.6	32.1	34.1	33.8	34.3
篩分 1½ 吋目篩止	16.9	32.0	24.8	31.3	18.1	9.7
篩分 ¾ 吋目〃	61.2	69.6	71.3	72.6	60.8	48.0
篩分 ⅜ 吋目〃	83.9	86.5	90.0	92.5	81.9	80.0
篩分 4 番〃	95.0	95.9	95.5	99.3	96.2	94.8
篩分 8 番〃	98.7	99.0	97.4	100.0	99.1	99.2
篩分 16 番〃	99.5	99.7	98.3	100.0	99.6	99.8
篩分 30 番〃	99.8	99.9	99.0	100.0	99.8	100.0
篩分 50 番〃	99.9	100.0	99.8	100.0	99.9	100.0
篩分 100 番〃	99.9	100.0	100.0	100.0	99.9	100.0
粒度率	7.548	7.826	7.761	7.957	7.553	7.315

性狀は男鹿川産のものと略同様なるも其の混入量は著しく少量なるを以て品質上比較的良質なるものなり。

2. **セメント試驗結果**　本試驗に使用せしセメントは淺野セメント株式會社川崎工場製品、砂は標準砂にして、セメント規格試驗方法に依りて行ひたるモルタル試驗結果は第六表に示すが如し。

第六表　モルタルの規格試驗結果

配合	W/C %	抗張强度 kg/cm²		抗壓强度 kg/cm²	材齡 日
1：3	25	最大	32.0	380.0	7
〃	〃	最小	28.6	250.0	〃
		平均	**30.6**	**297.4**	
〃	〃	最大	41.8	480.0	28
〃	〃	最小	39.0	406.0	〃
		平均	**39.8**	**445.1**	

備考　標準砂を使用し供試體の製作には鐵槌機を用ふ。
各試驗には供試體5個を用ふ。
$\frac{W}{C}$は水とセメントとの重量比を示す。

3. モルタル試驗結果　砂 No. 1～No. 4 を用ひたる 1：2.5 モルタルの抗壓及抗張試驗中セメント規格試驗に準じて行ひたる硬練りのモルタル試驗結果及多量の水を混加して軟練りとせるモルタルの試驗結果は第七表に示すが如く、之等を圖示すれば第五圖に示すが如し。

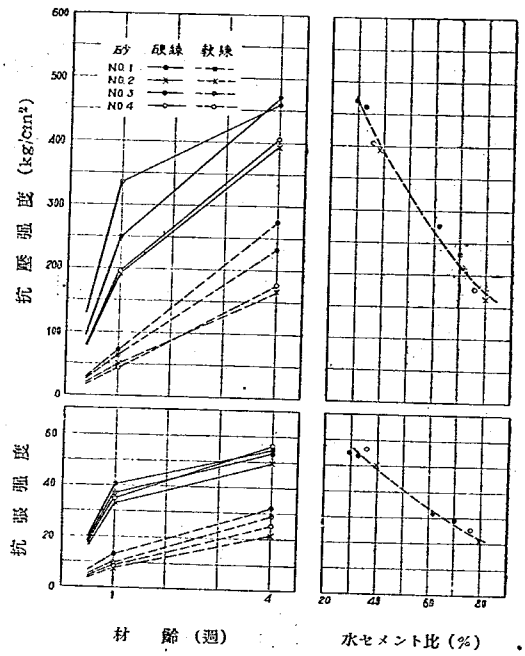
第七表　1：2.5 モルタル試驗結果

砂の種類	材齡 日	硬練 W/C %		抗壓强度 kg/cm²	抗張强度 kg/cm²	軟練 W/C %	スランプ cm	抗壓强度 kg/cm²		抗張强度 kg/cm²
No. 1	7	29.5	最大	309.2	43.2	62	2	最大	72.0	14.0
	〃	〃	最小	184.0	38.2	〃	〃	最小	67.0	12.0
			平均	**247.4**	**40.1**			平均	**70.0**	**12.9**
No. 2	〃	38.9	最大	203.0	37.0	80	〃	最大	50.0	9.0
	〃	〃	最小	174.0	29.4	〃	〃	最小	47.0	7.4
			平均	**191.9**	**32.9**			平均	**48.8**	**8.1**
No. 3	〃	33.4	最大	272.0	38.9	70	〃	最大	67.0	9.9
	〃	〃	最小	204.0	34.2	〃	〃	最小	64.0	7.9
			平均	**236.8**	**37.0**			平均	**65.6**	**9.2**
No. 4	〃	36.0	最大	209.6	37.2	76	〃	最大	50.0	10.7
	〃	〃	最小	176.0	32.9	〃	〃	最小	44.0	7.4
			平均	**193.2**	**35.1**			平均	**46.8**	**9.0**
No. 1	28	29.5	最大	625.0	57.0	62	〃	最大	300.0	33.9
	〃	〃	最小	360.0	53.0	〃	〃	最小	250.0	30.0
			平均	**470.0**	**54.8**			平均	**275.9**	**32.2**
No. 2	〃	38.9	最大	430.0	52.5	80	〃	最大	178.0	23.0
	〃	〃	最小	340.0	44.5	〃	〃	最小	157.0	19.8
			平均	**394.3**	**50.2**			平均	**165.7**	**22.0**
No. 3	〃	33.4	最大	506.0	56.0	70	〃	最大	250.0	30.2
	〃	〃	最小	420.0	50.0	〃	〃	最小	210.0	27.0
			平均	**459.2**	**54.0**			平均	**232.0**	**29.0**
No. 4	〃	36.0	最大	434.0	60.2	76	〃	最大	189.0	28.3
	〃	〃	最小	367.0	54.1	〃	〃	最小	167.0	22.6
			平均	**407.0**	**56.1**			平均	**178.0**	**25.7**

備考　供試體は斷面積 50 cm² の立方體にして、其の製作には硬練モルタルは鐵槌機に依り、軟練モルタルは流込みたり。
各試驗には供試體 5 個を用ふ。
$\frac{W}{C}$ は水とセメントとの重量比を示す。

本試驗の結果によれば抗壓又は抗張强度と水セメント比との關係は一般に良好なるを以て、砂の種類によりて强度の相異する原因は砂質に依るに非ずして寧ろ粒度卽ち表面積と水量との關係に依るものと思惟せらるゝなり。卽ち各試料は何れも混凝土砂としては多少細粒過ぎるも、粗粒なるもの卽ち No. 1 及 3 にありては共に他より稍大なる强度を示せり。

第五圖　1：2.5 モルタルの强度比較



4. 混凝土試驗結果　混凝土の抗壓試驗中、砂利の種類と强度との關係に關する試驗結果は第八表に示すが如く、又配合、水量と强度との關係は第九及第十表に示すが如く之等を圖示すれば第六圖に示すが如し。

本試驗の結果によれば No. 4 砂利を使用せしものは强度最大にして他の 3 種は何れも同等の强度を示したり。又强度と水セメント比との關係に於ては砂利 No. 5 は No. 6 に比し强度稍大なるも之れを實際に使用したる場合には材料の量り方、水量、セメントの質、氣溫其他諸種の影響によりて强度に於ては殆ど大差なきものとなるべし。

第八表　砂利の種類に依る混凝土の抗壓强度比較

砂利種類	配　合	スランプ cm	$\frac{W}{C}$ %	抗壓强度 kg/cm²		材　齡 日
No. 1	1:2.5:5	10	85.3	最　大	26.6	7
〃	〃	〃	〃	最　小	25.5	〃
				平　均	**25.9**	〃
No. 2	〃	9	88.3	最　大	27.2	〃
〃	〃	〃	〃	最　小	24.9	〃
				平　均	**25.9**	〃
No. 3	〃	10	90.3	最　大	27.4	〃
〃	〃	〃	〃	最　小	25.7	〃
				平　均	**26.4**	〃
No. 4	〃	9.5	80.7	最　大	32.3	〃
〃	〃	〃	〃	最　小	28.0	〃
				平　均	**30.8**	〃
No. 1	〃	10	85.3	最　大	87.4	28
〃	〃	〃	〃	最　小	75.0	〃
				平　均	**81.8**	〃
No. 2	〃	9	88.3	最　大	81.2	〃
〃	〃	〃	〃	最　小	75.6	〃
				平　均	**78.3**	〃
No. 3	〃	10	90.3	最　大	88.9	〃
〃	〃	〃	〃	最　小	74.7	〃
				平　均	**81.7**	〃
No. 4	〃	9.5	80.7	最　大	104.1	〃
〃	〃	〃	〃	最　小	102.7	〃
				平　均	**103.6**	〃

備考　砂は總て No. 5 を使用せり。

供試體は直徑 15cm, 高 30cm の圓壔形とす。

各試驗には供試體 3 個を用ふ。

$\frac{W}{C}$ は水とセメントとの重量比を示す。

第九表

No. 5 砂利を用ひたる混凝土の配合及水量に依る抗壓强度の比較

配合	スランプ cm	W/C %	抗壓强度 kg/cm²		材齡 日
1:2:4	7.5	70	最大	74.2	7
〃	〃	〃	最小	62.0	〃
			平均	**66.7**	
〃	18.5	80	最大	37.1	〃
〃	〃	〃	最小	27.2	〃
			平均	**33.4**	
1:3:6	5.0	100	最大	23.2	〃
〃	〃	〃	最小	22.1	〃
			平均	**22.7**	
1:2:4	7.5	70	最大	174.3	28
〃	〃	〃	最小	155.6	〃
			平均	**164.1**	
〃	18.5	80	最大	101.9	〃
〃	〃	〃	最小	94.8	〃
			平均	**99.1**	
1:3:6	5.0	100	最大	69.0	〃
〃	〃	〃	最小	57.5	〃
			平均	**61.9**	

備考 本試驗に使用したる砂利は No. 5, 砂は No. 0 なり。
供試體は直徑 15cm, 高 30cm の圓壔形とす。
各試驗には供試體 3 個を用ふ。
$\frac{W}{C}$ は水とセメントとの重量比を示す。

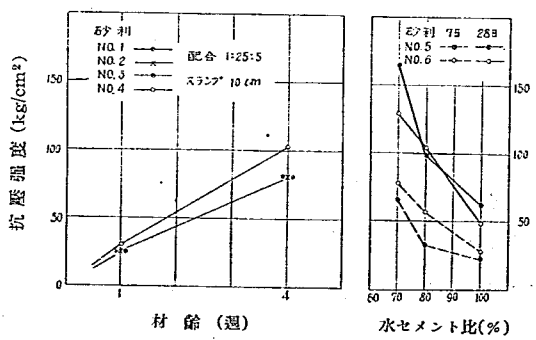
第十表

No. 6 砂利を用ひたる混凝土の配合及水量に依る抗壓强度の比較

配合	スランプ cm	W/C %	抗壓强度 kg/cm²		材齡 日
1:2:4	7.0	70	最大	80.9	7
〃	〃	〃	最小	74.7	〃
			平均	**78.8**	
1:2.5:5	12.5	80	最大	57.4	〃
〃	〃	〃	最小	56.9	〃
			平均	**57.2**	
1:3:6	10.0	100	最大	31.4	〃
〃	〃	〃	最小	25.2	〃
			平均	**29.2**	
1:2:4	7.0	70	最大	146.0	28
〃	〃	〃	最小	125.9	〃
			平均	**139.2**	
1:2.5:5	12.5	80	最大	104.7	〃
〃	〃	〃	最小	102.4	〃
			平均	**103.9**	
1:3:6	10.0	100	最大	53.2	〃
〃	〃	〃	最小	40.2	〃
			平均	**48.9**	

備考 本試驗に使用したる砂利は No. 6, 砂は No. 0 なり。
供試體は直徑 15cm, 高 30cm の圓壔形とす。
各試驗には供試體 3 個を用ふ。
$\frac{W}{C}$ は水とセメントとの重量比を示す。

第六圖 混凝土の抗壓强度



四　施工上の注意

砂　砂は品質に於ては相當に優良なるも一般に細粒物を多量に混ずるを以て混凝土用砂としては使用し得るも、粒度より見れば良好なる砂とは認め難し。

採取箇所の相異によりて多少砂質を異にする場合ありと雖も混凝土の強度に影響を及ぼすは主として粒度にして、モルタル試驗の結果に於ても明かなる如く最も粗粒なるものは最大なる強度を示せり。從つて混凝土工事に使用する場合には採取箇所の如何を問はず專ら粗粒なる砂を採取するか、或は細粒砂を水洗除去したる後使用するを可とす。

砂の容積　現場に於て使用する砂は常に多少の水分を含有するものにして其の容積は乾燥せる場合に比し相當に增加するを以て含水量に應じて量り方を加減するに非ざれば常に一樣なる配合の混凝土を得られず、殊に粗粒なる砂利を多量に使用する場合に砂の量過少なれば混加水量を著しく增加するに非ざれば施行上不便多く從つて强度を低下する虞れあるのみならず、往々にして多量の空隙を藏するものとなるを以て砂の秤量には充分注意する要あり。

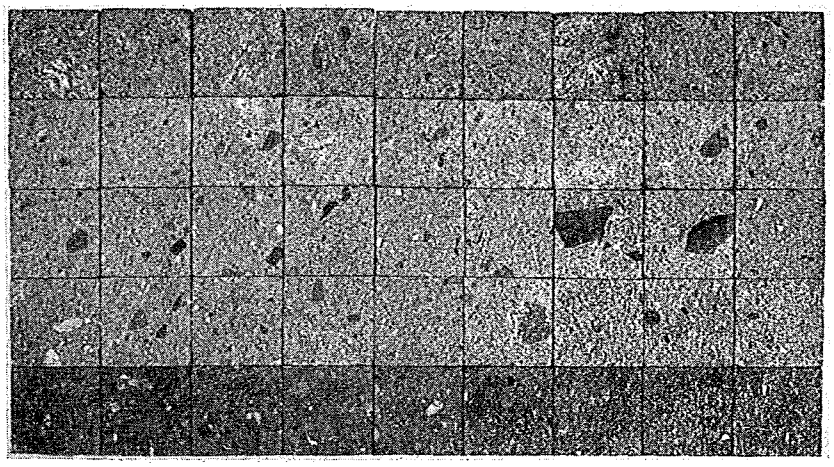
砂利　砂利も砂の場合と同樣に混凝土の强度に及ぼす影響は主として粒度にして殊に堰堤混凝土は水密なるを要するを以て特に注意を要す。然れども分解せる凝灰岩を多量に含む砂利を使用すれば、其の强度及耐久上缺陷を免れざるを以て成るべく男鹿川砂利を避けて湯西川又は合流點より下流に堆積するものを使用するを可とす。

混凝土の軟さ　堰堤の如き塊狀混凝土の施行には成る可く硬練り混凝土を使用し且之れを充分搗き固めて施工するを可とするも、シュートを使用する場合には相當の軟さを必要とす。從つて通常スランプ 5～10cm を標準として施行する場合多きを以て本試驗に於ては最も軟き場合としてスランプ 10cm に就きて試驗せり。然れども同等のスランプを得るに要する水量も砂利及砂の粒度によりて變化するのみならず、スランプを一定とするも强度を一定となすこと能はざるを以て一般に施工上能ふ限り水量に留意するを要す。

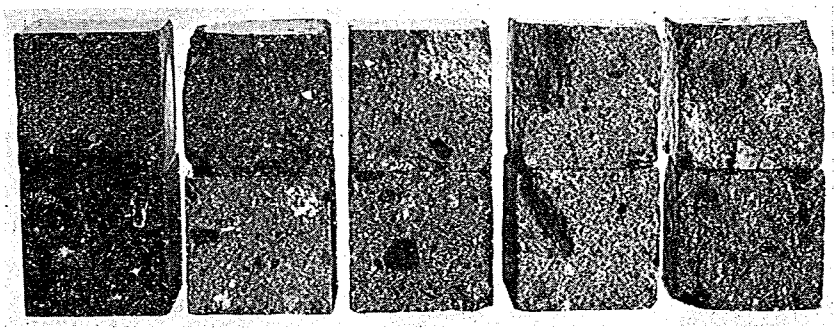
配合　混凝土の强度は主に骨材の粒度と水セメント比とによりて決せらるゝものにして水セメント比は軟さと配合とによりて定めらるべきものなり。

本試驗の結果に依れば配合 1：2.5：5 なる場合に水セメント比を 0.8 となせば

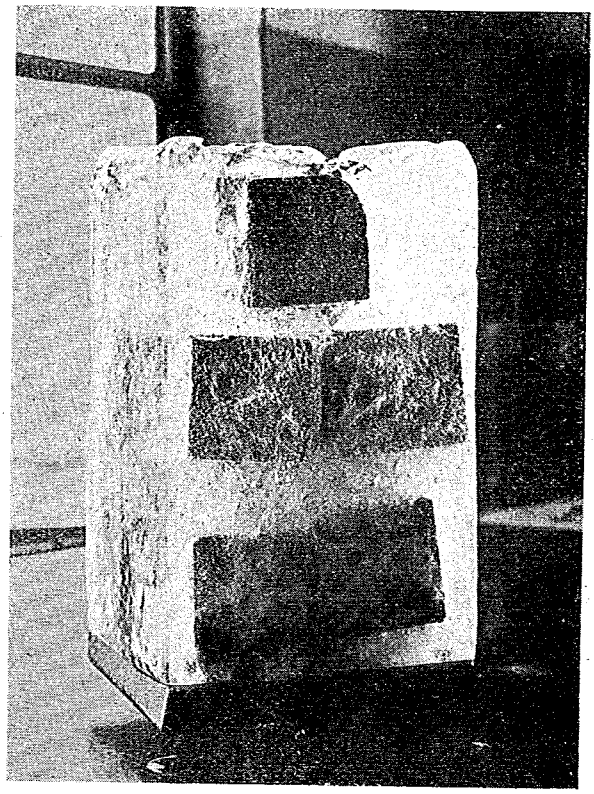
スランプ 10cm 以上となり、材齢 28 日に於て約 100 kg/cm² の強度を有するものなれば此の配合は施行上適當にして且安全なりと思惟せらる。



寫眞第一　角礫凝灰岩の供試體



寫眞第二　凍結試驗後の供試體



寫眞第三　凍結試驗中の供試體

鐵筋混凝土道路橋設計資料

內務技師 大 野 博

鐵筋混凝土丁桁橋の設計に際し、主桁中心間隔を如何に定むべきかは經濟上極めて重要なる問題なり。本稿は主としてこの點につき考察せんとするものにして、內務省「道路構造に關する細則」により二等橋及三等橋に對しこれに關する計算を試みたり。設計に用ひたる荷重、其の分布、負載其他は特に記せざる限り同規定の定むるところに依る。

記 號 表

A_c	混凝土の斷面積
A_s	主鐵筋の斷面積
a	構造細則による輪荷重分布長
b	一般に巾、又は特に構造細則による輪荷重分布巾
b_0	丁桁腹部の巾
b_1	Mayer 式における係數(p. 103 參照)
d	床版有効高、又は構造細則による上置層の厚さ
e, e_1	床版の有効巾
h	丁桁有効高
i	衝撃係數
k_c	混凝土單位體積に對する工費
k_f	型枠單位面積に對する工費
k_s	鐵筋單位體積に對する工費
k_{sp}	丁桁床版における同上
k_{ss}	丁桁腹部における同上
L	丁桁支間
l	床版支間
M	一般に彎曲率(種々の尾號を付して用ふ)
M_1	單位巾に對する彎曲率
M_r	丁桁において腹部の死荷重以外のすべての荷重による單桁としての總彎曲率
N	主鐵筋の數
n	鋼の彈性係數の混凝土の彈性係數に對する比
P	輪荷重
p	單位面積當りの群集荷重

S	一般に剪力(種々の尾號を付して用ふ)
t	床版の厚さ
w	單位面積當り死荷重
w_p	床版に對する總等布荷重、又は總相當等布荷重
x	抗壓側表面より中立軸までの距離
z	抵抗力率の臂長(或は丁桁腹部の高さ)
α	Berger 式における係數(p. 105 參照)
β_1	Mayer 式における係數(p. 103 參照)
γ	鐵筋混凝土單位體積の重量
ε	鉤，上曲，繼手其他を考慮したる平均鐵筋斷面積と計算による所要鐵筋斷面積との比
ε_p	床版に對する同上
ε_s	丁桁腹部に對する同上
θ	例へば單桁において$\frac{1}{8}$の如き彎曲率に對する係數
ξ	抗壓側表面より中立軸までの距離の有効高に對する比
σ_c	混凝土の許容應壓力
σ_s	鐵筋の許容應張力
τ	混凝土の許容應剪力
ϕ	主鐵筋直徑
ϕ'	腹鐵筋直徑

第一章 鐵筋混凝土床版

第一節 許容應力

鐵筋混凝土床版の計算に當り用ふべき許容應力は、必しも規定上の値を用ひて最も經濟的なりと云ふことを得ず、鐵筋及混凝土の工費の相對的變化に伴ひて特別の値を用ふるを可とする場合あり。今單鐵筋を用ひ有効高に制限を受けざる場合 Saliger [1] 氏の研究によれば次の如き關係あり

混凝土の許容應壓力 σ_c の與へらるる場合

$$\frac{\varepsilon k_s}{k_c}=2n\frac{3-2\xi}{9-5\xi}\left(\frac{1-\xi}{\xi}\right)^2$$

鐵筋の許容應張力 σ_s の與へらるる場合

$$\frac{\varepsilon k_s}{k_c}=2n\frac{3-3\xi+\xi^2}{3-2\xi}\,\frac{1-\xi}{\xi^2}$$

} ……(1)

1) R. Saliger "Der Eisenbeton" 1925 s. 390 及備考 1.

茲に $\xi=\dfrac{x}{d}=\dfrac{n}{n+\dfrac{\sigma_s}{\sigma_c}}$

x＝抗壓側表面より中立軸までの距離

d＝有効高

n＝鋼の彈性係數の混凝土の彈性係數に對する比(15 とす)

k_s＝鐵筋の單位體積に對する工費

k_c＝混凝土の單位體積に對する工費

ε＝鉤　上曲、繼手其他を考慮したる平均鐵筋斷面積と計算による所要鐵筋斷面積との比

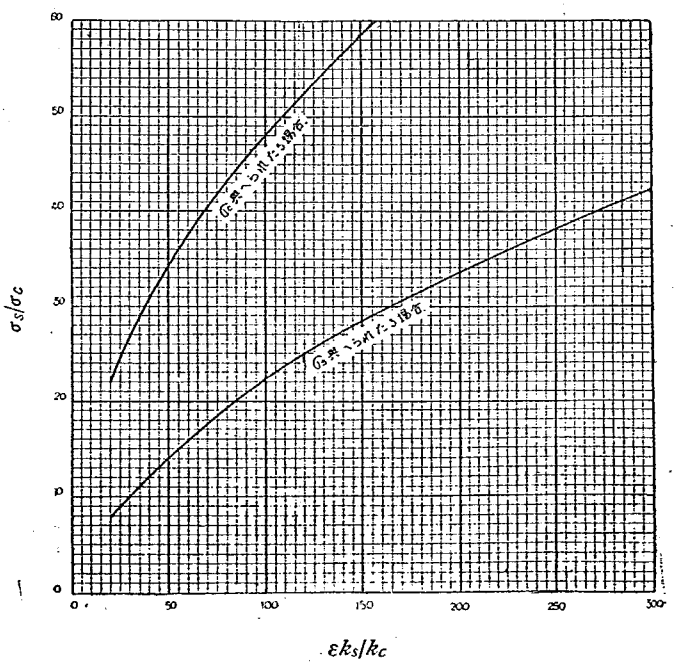
第一圖は (1) 式の關係を示せるものにして、$\varepsilon k_s/k_c$ を與ふれば夫々の場合につき σ_s/σ_c を何程となすべきかを定むることを得。今

k_s＝1,180 圓/m³(150 圓/ton)　k_c＝25 圓/m³　とすれば　k_s/k_c＝47.2

k_s＝746 圓/m³(95 圓/ton)　k_c＝16.5 圓/m³　とすれば　k_s/k_c＝45.2

第　一　圖

經濟的許容應力の比を見出す圖表(Saliger 氏による)



$k_s/k_c=47.2$ を以て $\varepsilon=1.3$ (單桁) 及 $\varepsilon=1.7$ (連桁) の場合を考ふれば

$\sigma_c=45$ kg/cm² なる時

$\varepsilon=1.3$ $\sigma_s=1.700$ kg/cm²

$\varepsilon=1.7$ $\sigma_s=1,350$ kg/cm²

$\sigma_s=1,200$ kg/cm² なる時

$\varepsilon=1.3$ $\sigma_c=74$ kg/cm²

$\varepsilon=1.7$ $\sigma_c=60$ kg/cm²

卽この場合においては何れか一方を構造細則所定の許容應力に等しからしむれば、これに相應ずべき經濟的許容應力は構造細則所定のもの以上となる。又 $k_s/k_c=45.2$ を用ひて計算するも畧々同樣の結果を得るを以て以下の計算にては現定の

$\sigma_s=1,200$ kg/cm² $\sigma_c=45$ kg/cm²

を用ふるの他なし

第二節 有効高 (d), 鐵筋斷面積 (A_s)

單鐵筋を用ふる場合、彎曲率 M に對しては

$$d=\frac{\sigma_s+n\sigma_c}{n\sigma_c}\sqrt{\frac{6n}{3\sigma_s+2n\sigma_c}}\sqrt{\frac{M}{b}}=C_1\sqrt{\frac{M}{b}}$$

但し b は床版の巾にして今之を 1 m とし、M を ton. m を以て表はし、$\sigma_s=1,200$ kg/cm² $\sigma_c=45$ kg/cm² $n=15$ とすれば

$$d=11.84\sqrt{M}\ \text{(cm)}$$ 卽 $C_1=11.84$

又許容應剪力を τ とすれば、剪力 S に對しては

$$d=\frac{S}{b\tau\left(1-\frac{n\sigma_c}{3(\sigma_s+n\sigma_c)}\right)}$$

S を ton を以て表し、$\tau=4$ kg/cm² とすれば

$$d=2.84S\ \text{(cm)}$$

彎曲率より鐵筋斷面積を求むれば

$$A_s=\frac{\sigma_c}{2\sigma_s}\sqrt{\frac{6n}{3\sigma_s+2n\sigma_s}}\sqrt{Mb}=C_2\sqrt{Mb}$$

d の場合と同樣にして

$$A_s=8.01\sqrt{M}\ \text{(cm²)}$$ 卽 $C_2=8.01$

剪力による d が彎曲力率によるものより大なる場合においては、其の有効高を以て A_s を求むるを要す。卽抵抗力率の臂長 z は略々 $0.9d$ に等しきを以て

$$A_s=\frac{M}{0.9d\sigma_s}$$

前同様の單位を用ひ $d=13$ cm とすれば

$$A_s=7.12M \quad (\text{cm}^2)$$

第三節　二等橋及三等橋に對する計算

鋪裝厚さは敷混凝土を含みて 10 cm, 15 cm 及 20 cm とし其の重量は夫々 0.22 ton/m², 0.33 ton/m² 及 0.44 ton/m² と假定せり（混凝土鋪裝に相當す。）

1. 自動車荷重彎曲率 (M_P)（第三圖參照）

$$M_P=\frac{P}{4}\left(l-\frac{a}{2}\right),$$

$$e=\frac{2}{3}l+b\leqq 2\text{ m}$$

但し圖に示す如く、相隣れる輪荷重に對する有効巾が互ひに相重る場合なるを以て、二つの輪荷重に對して次の e_1 を用ふ。

$$e_1=\frac{2}{3}l+b+0.9\leqq 2.9\text{ m}$$

$$i=\frac{20}{60+l}\leqq 0.3$$

2. 群集荷重彎曲率 (M_p)（第四圖參照）

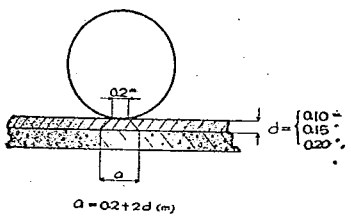
$$M_p=\frac{1}{4}\left(\frac{l}{2}-s\right)^2 p$$

3. 死荷重彎曲率 (M_w)

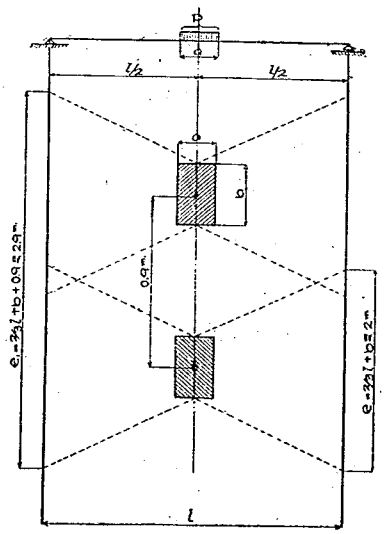
$$M_w=\frac{1}{8}wl^2$$

但し死荷重 w の計算において鋪裝を上記の三樣にとり、又床版の厚さ t としては次の値を用ひたり。

第　二　圖



第　三　圖

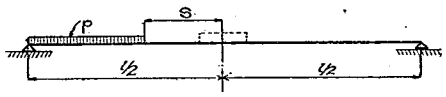


l (m)	1.4 及以下	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
t (cm) 二等橋	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
t (cm) 三等橋	15	15	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

4. 自動車荷重剪力(S_P)(第五圖參照)

$$S_P=\frac{l-\frac{a}{2}}{l}P$$

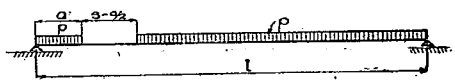
第　四　圖



5. 群集荷重剪力(S_p)(第五圖參照)

$$S_p=\frac{\left(l-s-\frac{a}{2}\right)^2}{2l}p$$

第　五　圖



6. 死荷重剪力 (S_w)

$$S_w=\frac{1}{2}wl$$

以上の式を用ひて計算せる彎曲率及剪力は附圖第一及第二、又之により定められたる床版の寸法は附圖第三及第四に示すが如し。

第二章　鐵筋混凝土丁桁

第四節　腹部の巾 (b_0)

丁桁の經濟的寸法を決定する爲に腹部の巾 (b_0) を如何に表はすべきかは重要なる問題にして之に關する研究も亦尠なからず。就中この問題に用ひて最も便利、且好結果を得るは Max Mayer[2] 氏によりて與へられたる式

$$b_0=b_1+\beta_1 A_s$$

にして、茲に b_1 及 β_1 は鐵筋間隔、混凝土被厚等により定まる係數なり。更に Leopold Berger[3] 氏は

$$b_0=\alpha\sqrt{A_s}$$

なる式を用ひて便利なる近似公式を誘導し以て Mayer 式の使用に便せり。故に本稿

2) Max Mayer "Die Wirtschaftlichkeit als Konstruktionsprinzip in Eisenbetonbau" 1913.

3) Leopold Berger "Die wirtschaftliche Bemessung von Plattenbalken" 1928.

においては主として右二氏の所論に從ひ、本邦示方に適する係數を定めて之を用ひんとす。

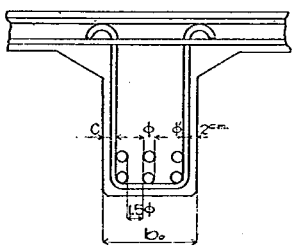
1. Mayer 氏の式　$b_0=b_1+\beta_1 A_s$

土木學會鐵筋混凝土標準示方書(案)によれば、混凝土被厚は版の下側にありては 1 cm 以上、桁にありては 1.5 cm 以上、鐵筋純間隔は鐵筋直徑 ϕ の 1.5 倍或は 3 cm 以上を必要とす。故に第六圖に示す如き配筋をなすものとし、腹鐵筋直徑 ϕ' は主鐵筋直徑 ϕ に對し凡そ次の如く假定す。

ϕ =20 mm.　30 mm.　40 mm.

ϕ'= 6 mm.　8 mm.　10 mm.

第　六　圖



卽　$c=0.2\phi+2.2$ (cm.)

とすれば主鐵筋 N 本を一段に配置する場合は

$$b_0=N\phi+1.5(N-1)\phi+2c$$
$$=(2.5N-1.1)\phi+4.4 \text{ (cm.)}$$

$$A_s=N\frac{\pi\phi^2}{4} \quad \therefore \quad \phi=1.13\sqrt{\frac{A_s}{N}}$$

$$\therefore \quad b_0=1.13\frac{2.5N-1.1}{N}\sqrt{N}\sqrt{A_s}+4.4 \text{ (cm.)}$$

同樣にして主鐵筋 N 本を二段に第六圖の如く配置する場合は

$$b_0=\frac{N}{2}\phi+1.5\frac{(N-2)}{2}\phi+2c=(1.25N-1.1)\phi+4.4 \text{ (cm.)}$$

$$\therefore \quad b_0=1.13\frac{1.25N-1.1}{N}\sqrt{N}\sqrt{A_s}+4.4 \text{ (cm.)}$$

N に種々の値を與ふれば右邊第一項 $\sqrt{A_s}$ の係數は次の如し

一段の場合

N	3	4	5	6
$\sqrt{A_s}$の係數	4.18	5.03	5.76	6.41

二段の場合

N	6	8	10	12	14	16
$\sqrt{A_s}$の係數	2.95	3.56	4.07	4.53	4.95	5.34

以上鐵筋最大直徑 40 mm. を超えざる範圍において b_0 と A_s との關係を示せば第七圖及第八圖の如し。又之を Mayer 氏式に書き換ふれば β_1 b_1 は次の如し。

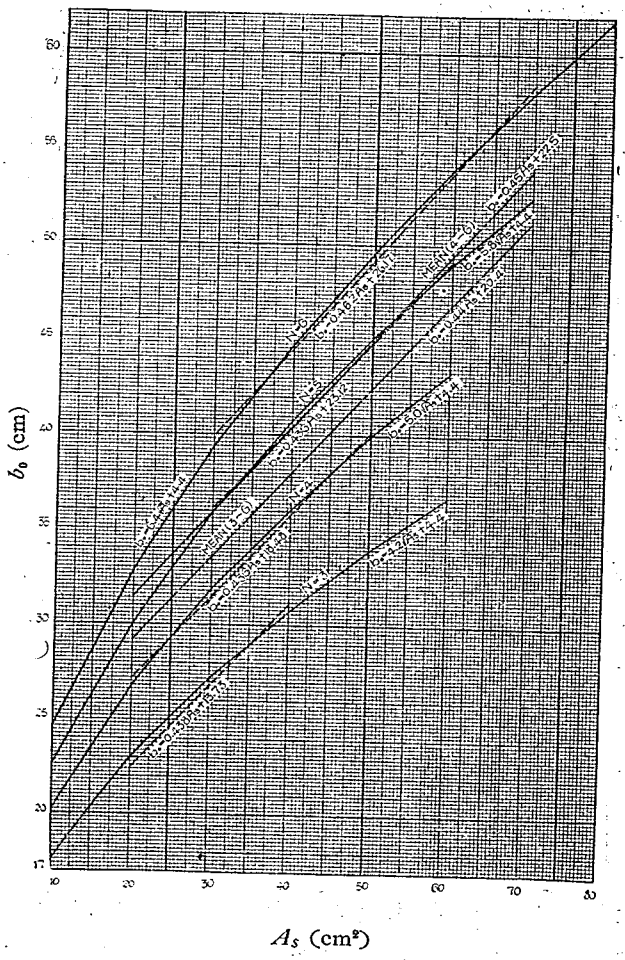
一段の場合

N	3	4	5	6	
β_1	0.438	0.436	0.436	0.462	
b_1	13.73	18.48	23.12	26.17	(cm)

$N=3\sim6$	平均	$b_0=0.44\,A_s+20.4$ (cm)
$N=4\sim6$	平均	$b_0=0.45\,A_s+22.5$ (cm)

第 七 圖

鐵筋斷面積と所要腹部幅との關係(一段の場合)



二段の場合

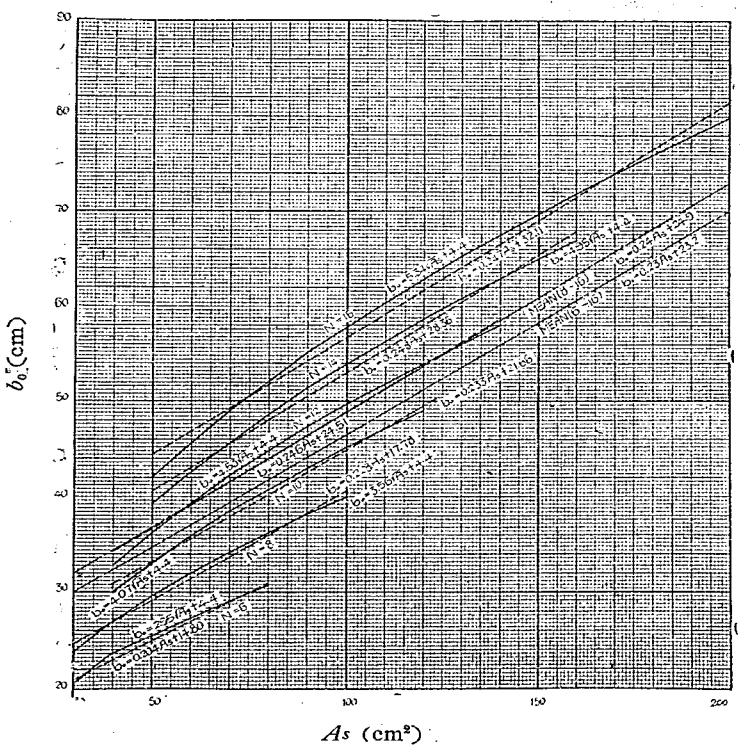
N	6	8	10	12	14	16	
β_1	0.204	0.228	0.233	0.246	0.248	0.247	
b_1	14.80	17.78	21.66	24.51	28.36	32.11	(cm)

$N=6\sim16$　平均　$b_0=0.23\,A_s+23.2$ (cm)

$N=8\sim16$　平均　$b_0=0.24\,A_s+24.9$ (cm)

第　八　圖

鐵筋斷面積と所要腹部幅との關係(二段の場合)



卽 β_1 は一段の場合、二段の場合夫々比較的近き値を取るも b_1 は然らずして其の變化甚しく一般の場合直ちにこの平均値を用ふることは不可なるべし。

2. **Berger 氏の式**　$b_0=\alpha\sqrt{A_s}$

第六圖において $c=1.5\,\phi$ とおけば一段の場合には

$$b_0=N\phi+(N-1)\times1.5\,\phi+2\times1.5\,\phi$$

$$=(2.5N+1.5)\phi$$

$$\therefore \quad b_0=1.13\frac{2.5N+1.5}{N}\sqrt{N}\sqrt{A_s}$$

二段の場合においては

$$b_0=\frac{N}{2}\phi+\frac{(N-2)}{2}\times 1.5\phi+2\times 1.5\phi$$

$$=\frac{1}{2}(2.5N+3)\phi$$

$$\therefore \quad b_0=0.565\frac{2.5N+3}{N}\sqrt{N}\sqrt{A_s}$$

故に α の値を求むれば、一段の場合には

N	3	4	5	6	平均
α	5.88	6.50	7.06	7.61	**6.76**

二段の場合には

N	6	8	10	12	14	16	平均
α	4.15	4.59	5.01	5.39	5.74	6.07	**5.16**

第五節 經濟的主桁間隔の決定

丁桁の支間 (L) に對し腹部の中心間隔卽主桁間隔 (l) を如何に定むべきかにつき Saliger[4] 氏は b_0 に對し Mayer 式を用ひて、等布荷重を受くる場合につき次の關係を示せり。

$$\left.\begin{aligned} &l=\sqrt[3]{a_1^{\,2}\,a_2^{\,4}}\sqrt[3]{M_1}\\ &a_1=\frac{1}{\psi}\sqrt{\frac{\varepsilon_s\dfrac{k_{ss}'}{k_c}}{\left(b_1+2\dfrac{k_f}{k_c}\right)\sigma_s}}=A_1\frac{1}{\sqrt{\sigma_s}}\\ &a_2=\sqrt{\frac{b_1+2\dfrac{k_{ss}}{k_c}}{C_1'+\varepsilon_p C_2'\dfrac{k_{sp}}{k_c}}}\frac{1}{\sqrt[4]{w_p}}=A_2\frac{1}{\sqrt[4]{w_p}} \end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(2)$$

M_1 = 丁桁單位巾に對する總彎曲率

k_{ss} = 腹部における鐵筋の單位體積の工費

4) R. Saliger "Der Eisenbeton" s. 397 及備考 2.

k_{sb}＝床版における鐵筋の單位體積の工費

k_c＝混凝土單位體積の工費

k_f＝型枠單位面積の工費

ε_s＝腹部に對し鈎、上曲、繼手其他を考慮したる平均鐵筋斷面積と計算による所要鐵筋斷面積との比

ε_b＝床版に對する同上

w_b＝床版の計算に用ふべき單位面積當り總等布荷重

$\psi=z/h$　卽丁桁における抵抗力率の臂長と有効高との比

C'_1, C'_2 は次の如き係數なり。

床版に對する單位巾當り彎曲率を M_{b1} とすれば

$$M_{b1}=\theta w_b l^2$$

$$d=C_1\sqrt{M_{b1}} \qquad A_s=C_2\sqrt{M_{b1}}$$

$$\therefore\ d=C_1 l\sqrt{\theta}\sqrt{w_b}=C'_1 l\sqrt{w_b} \qquad \text{卽} \quad C'_1=C_1\sqrt{\theta}$$

$$A_s=C'_2 l\sqrt{w_b} \qquad \text{卽} \quad C'_2=C_2\sqrt{\theta}$$

單位を ton 及 m. を用ふれば C_1, C_2 は第一章第二節の如く、kg. 及 cm. を用ふれば $\sigma_s=1{,}200$ kg/cm² $\sigma_c=45$ kg/cm² に對し

$$C_1=0.375 \qquad C_2=0.00253$$

床板は連續なるものと考へ $\theta=\frac{1}{10}$ とすれば

$$C'_1=0.119 \qquad C'_2=0.0008$$

次に工費を

鐵筋 150 圓/ton　混凝土 25 圓/m³　型枠 1.50 圓/m² とすれば

$$k_{ss}=k_{sb}=\frac{150\times 7.85\times 100\times 100}{100^3}=11.75 \text{ 錢/cm}^2\times\text{m}$$

$$k_c=\frac{25\times 100\times 100}{100^3}=0.25 \text{ 錢/cm}^2\times\text{m}$$

$$k_f=\frac{1.50\times 100\times 100}{100^2}=1.5 \text{ 錢/cm}\times\text{m}$$

故に $\frac{k_{ss}}{k_c}=\frac{k_{sb}}{k_c}=47$　$\frac{k_f}{k_c}=6$　又

鐵筋 95 圓/ton　混凝土 16.5 圓/m³　型枠 0.95 圓/m²　とすれば同樣にして $\frac{k_{ss}}{k_c}=\frac{k_{sb}}{k_c}=45$　$\frac{k_f}{k_c}=5.8$　となる。故にかゝる相對的單價の比として夫々 47, 6

を用ふるも差支えなかるべし。

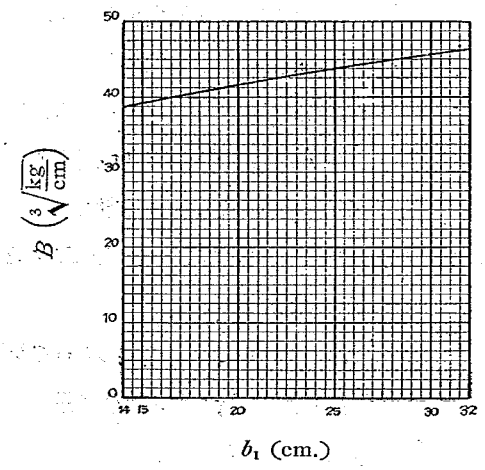
b_1 については第四節に述べたるが如く甚しく異る値をとるも其の影響は著しくは大ならず。今 (2) の右邊を變形すれば

$$l=\sqrt[3]{A_1^2A_2^4}\sqrt[3]{\frac{M_1}{\sigma_s w_p}}=B\sqrt[3]{\frac{M_1}{\sigma_s w_p}}$$

この B につき $\varepsilon_p=1.7$ $\varepsilon_s=1.3$ $\psi=0.9$ として b_1 の種々の値に對し計算せる結果は第九圖に示す如くにして、縱距の大なるに比し甚だ緩なる勾配をなす直線狀をなし、其の平均値は凡そ $43.7(\mathrm{kg/cm})^{\frac{1}{3}}$ なり　故にこの値を用ひ且 $\sigma_s=1{,}200\ \mathrm{kg/cm^2}$ として M_1, w_p 及 l の關係を求むれば附圖第五に示すが如し

第九圖

B の値

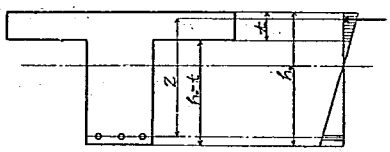


第六節　主桁中心間隔が與へられたる場合の腹部寸法

Berger 氏は抵抗力率の臂長 z が腹部の高さ (h_0-t) に等しきものと假定して次の式を與へたり。

$$\left.\begin{aligned}
z&=\sqrt{\frac{M_r}{\sigma_s}}\sqrt{\frac{\varepsilon_s\frac{k_s}{k_c}}{b_1+2m\frac{k_f}{k_c}}}\\
m&=1-\frac{\beta_1\gamma\theta L^2}{\sigma_s}\\
b_0&=\frac{\frac{\beta_1 M_r}{\sigma_s z}+b_1}{m}\\
M&=M_r+b_0z\gamma\theta L^2\\
A_s&=\frac{M}{\sigma_s z}
\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(3)$$

第十圖



M_r＝丁桁腹部の自重以外の荷重による桁一本の受くる彎曲率

L＝丁桁支間

γ＝腹部單位體積の重量

(其他第五節に同じ)

こゝに β_1 及 b_1 は之を適當に假定せざるべからざるの不便あり、故に氏は更に b_0 に對する簡單なる近似式を導き以て之が推定に便せり。卽

$$b_0=\alpha\sqrt{A_s}=\alpha\sqrt{\frac{M}{\sigma_s z}}$$

故に腹部のみに對する工費を K とすれば

$$K=\alpha\sqrt{\frac{M}{\sigma_s z}}zk_c+\frac{\varepsilon_s M}{\sigma_s z}k_s+2zk_f$$

故に $\frac{dK}{dz}=0$ より

$$z=\sqrt{\frac{M}{\sigma_s}}\sqrt{\frac{\varepsilon_s k_s}{\frac{b_0}{2}k_c+2k_f}}=\mu\sqrt{\frac{\varepsilon_s M}{\sigma_s}}$$

$$\mu=\sqrt{\frac{1}{\frac{b_0}{2}\frac{k_c}{k_s}+2\frac{k_f}{k_s}}}$$

$$\therefore\quad b_0=\alpha\sqrt{\frac{M}{\sigma_s\mu\sqrt{\frac{\varepsilon_s M}{\sigma_s}}}}=\alpha\sqrt{\frac{\sqrt{\frac{M}{\sigma_s}}}{\mu\sqrt{\varepsilon_s}}}$$

卽

$$b_0=\frac{\alpha}{\sqrt{\mu}\sqrt[4]{\varepsilon_s}}\sqrt[4]{\frac{M}{\sigma_s}}\qquad\cdots\cdots(4)$$

今 $\frac{k_c}{k_s}=0.0212$　$\frac{k_f}{k_s}=0.0013$

	混凝土	鐵筋	型枠
	25 圓/m³	150 圓/ton	1.5 圓/m²
又は	16 圓/m³	95 圓/ton	0.95 圓/m² 位の割合

とし $b_0=0.3$ m とすれば

$$\mu=\sqrt{\frac{1}{0.15\times0.0212+2\times0.0013}}=13.15\qquad\sqrt{\mu}=3.63$$

$b_0=0.7$ m　とすれば　$\mu=9.99$　$\sqrt{\mu}=3.16$

故に一段鐵筋を用ひ得る如き比較的小なる桁に對しては第四節によりて $\alpha=6.76$ を用ひ

$$b_0=\frac{6.76}{3.63}\frac{1}{\sqrt[4]{\varepsilon_s}}\sqrt[4]{\frac{M}{\sigma_s}}=\frac{1.862}{\sqrt[4]{\varepsilon_s}}\sqrt[4]{\frac{M}{\sigma_s}}\quad(\mathrm{m})$$

又二段鐵筋を用ふるが如き比較的大なる桁に對しては同様に $\alpha=5.16$ を用ひ

$$b_0=\frac{5.16}{3.16}\frac{1}{\sqrt[4]{\varepsilon_s}}\sqrt[4]{\frac{M}{\sigma_s}}=\frac{1.633}{\sqrt[4]{\varepsilon_s}}\sqrt[4]{\frac{M}{\sigma_s}}\quad(\mathrm{m})$$

ε_s, σ_s に數値を與ふれば

		$\varepsilon_s=1.3$	$\varepsilon_s=1.7$
小なる桁	$\sigma_s=1{,}200$ kg/cm²	$b_0=0.1662\sqrt[4]{M}$	$0.1561\sqrt[4]{M}$
	1,000 〃	0.1740 〃	0.1634 〃
	800 〃	0.1839 〃	0.1727 〃
大なる桁	$\sigma_s=1{,}200$ kg/cm²	$b_0=0.1457\sqrt[4]{M}$	$0.1368\sqrt[4]{M}$
	1,000 〃	0.1526 〃	0.1432 〃
	800 〃	0.1613 〃	0.1514 〃

(但し b_0 は m. M は ton m.)

なほ M は小なる桁において 1.1 M_r 位より大なる桁において 1.5 M_r 位の間にあり、故に小なる桁に對して $M=1.1\,M_r$ とすれば

$$\sqrt[4]{M}=1.025\sqrt[4]{M_r}$$

大なる桁に對して $M=1.5\,M_r$ とすれば

$$\sqrt[4]{M}=1.1\sqrt[4]{M_r}$$

故に次の結果を得

		$\varepsilon_s=1.3$	$\varepsilon_s=1.7$
小なる桁	$\sigma_s=1{,}200$ kg/cm²	$b_0=0.1704\sqrt[4]{M_r}$	$0.1600\sqrt[4]{M_r}$
	1,000 〃	0.1784 〃	0.1675 〃
	800 〃	0.1885 〃	0.1727 〃
大なる桁	$\sigma_s=1{,}200$ kg/cm²	$b_0=0.1603\sqrt[4]{M_r}$	$0.1505\sqrt[4]{M_r}$
	1,000 〃	0.1679 〃	0.1575 〃
	800 〃	0.1774 〃	0.1665 〃

平均	$\sigma_s=1{,}200$ kg/cm²	$b_0=0.16\sqrt[4]{M_r}$
	1,000 〃	$b_0=0.17$ 〃
	800 〃	$b_0=0.18$ 〃

.....(5)

(b_0 m., M_r ton m.)

而して氏によれば $b_1\fallingdotseq b_0/2$ なるを以て M_r 與へらるる場合においては (3) 式の b_1 を推定することを得べし。

又 $\sigma_s=1{,}200\ \mathrm{kg/cm^2}$ $M_r=50$ ton m とすれば $b_0\fallingdotseq 0.42$ m にして卽一段鐵筋 4～5 本の場合に相當す、故に M_r が 50 ton m 以下なる時は一段鐵筋とし $\beta_1=44$ (單位 m. p. 104 參照)を用ふべく、50 ton m 以上なる時は二段鐵筋とし $\beta_1=23$ (單位 m. p. 105 參照) を用ひて計算することを得べし。

(3) 式を變形すれば

$$z=\sqrt{\varepsilon_s M_r}\sqrt{\frac{1}{\sigma_s\left(b_1\frac{k_c}{k_s}+2\,\mathrm{m}\frac{k_f}{k_s}\right)}}=\sqrt{\varepsilon_s M_r}\ C \qquad (6)$$

にして $M_r=50$ ton m. は二等橋及三等橋において凡そ支間 10 m に相當するを以て、

$L\lesssim 10$ m　に對し　$\beta_1=44$

$L>10$ m　に對し　$\beta_1=23$

$\gamma=2.4\ \mathrm{ton/m^3}$　$\theta=\frac{1}{8}$　$\sigma_s=12{,}000\ \mathrm{ton/m^2}$

として m の値を計算すれば次の如し。

L (m)	5	6	7	8	9	10	平均	$M_r\lesssim 50$ ton m.
m	0.9725	0.9604	0.9461	0.9296	0.9109	0.8900	**0.9349**	
L (m)	11	12	13	14	15		平均	M_r 50～100 ton m.
m	0.9304	0.9172	0.9028	0.8873	0.8706		**0.9016**	
L (m)	16	17	18	19	20		平均	M_r 100～200 ton m.
m	0.8528	0.8338	0.8137	0.7924	0.7700		**0.8125**	

故に次の値を用ひて (6) 式 C の値を計算すれば第一表の如し

	M_r	m	b_1
(1)	$\lesssim$50 ton m.	0.935	0.18
(2)	50～100 〃	0.902	0.23
(3)	100～200 〃	0.813	0.28

卽ち近似計算としては z に對し次式を用ひて差支なかるべし。

$$z=\lambda\sqrt{M_r}\qquad \lambda=0.12\sim 0.14 \qquad (7)$$

なほ附圖第六は單桁の場合において M_r を知りて M を求めんとする圖表にして卽ち (3) 式

$$M=M_r+b_0 z\gamma\theta L^2$$

において $b_0=0.16\sqrt[4]{M_r}$　$z=0.14\sqrt{M_r}$　$\theta=\frac{1}{8}$ として計算せるものなり。

第一表 $z=\sqrt{\varepsilon_s M_r}\,C$ における C の値

k_f/k_s \ k_c/k_s		0.015	0.016	0.017	0.018	0.019	0.020	0.021	0.022	0.023	0.024	0.025
0.0010	1	0.135	0.132	0.130	0.128	0.126	0.123	0.121	0.120	0.118	0.116	0.114
	2	0.126	0.123	0.121	0.118	0.116	0.114	0.112	0.110	0.108	0.107	0.105
	3	0.120	0.117	0.114	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.102	0.100	0.098
0.0011	1	0.132	0.130	0.128	0.125	0.123	0.121	0.119	0.118	0.116	0.114	0.113
	2	0.124	0.121	0.119	0.117	0.115	0.112	0.111	0.109	0.107	0.105	0.104
	3	0.118	0.115	0.113	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.101	0.099	0.097
0.0012	1	0.130	0.128	0.125	0.123	0.121	0.119	0.118	0.116	0.114	0.113	0.111
	2	0.122	0.119	0.117	0.115	0.113	0.111	0.109	0.107	0.106	0.104	0.103
	3	0.116	0.114	0.111	0.109	0.107	0.105	0.103	0.101	0.100	0.098	0.097
0.0013	1	0.127	0.125	0.123	0.121	0.119	0.118	0.116	0.114	0.113	0.111	0.110
	2	0.120	0.118	0.115	0.113	0.111	0.110	0.108	0.106	0.104	0.103	0.101
	3	0.115	0.112	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.099	0.097	0.096
0.0014	1	0.125	0.123	0.121	0.119	0.117	0.116	0.114	0.113	0.111	0.110	0.108
	2	0.118	0.116	0.114	0.112	0.110	0.108	0.106	0.105	0.103	0.102	0.100
	3	0.113	0.111	0.109	0.107	0.105	0.103	0.101	0.099	0.098	0.096	0.095
0.0015	1	0.123	0.121	0.119	0.117	0.116	0.114	0.112	0.111	0.110	0.108	0.107
	2	0.116	0.114	0.112	0.110	0.109	0.107	0.105	0.104	0.102	0.101	0.099
	3	0.112	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.097	0,095	0.094
0.0016	1	0.121	0.119	0.117	0.116	0.114	0.112	0.111	0.109	0.108	0.107	0.105
	2	0.115	0.113	0.111	0.109	0.107	0.106	0.104	0.102	0.101	0.100	0.098
	3	0.111	0.108	0.106	0.104	0.103	0.101	0.099	0.098	0.096	0.095	0.093
0.0017	1	0.119	0.117	0.116	0.114	0.112	0.111	0.109	0.108	0.107	0.105	0.104
	2	0.113	0.111	0.109	0.108	0.106	0.104	0.103	0.101	0.100	0.099	0.097
	3	0.109	0.107	0.105	0.103	0.102	0.100	0.098	0.097	0.095	0.094	0.092
0.0018	1	0.117	0.116	0.114	0.112	0.111	0.109	0.108	0.107	0.105	0.104	0.103
	2	0.112	0.110	0.108	0.106	0.105	0.103	0.102	0.100	0.099	0.098	0.096
	3	0.108	0.106	0.104	0.102	0.101	0.099	0.097	0.096	0.094	0.093	0.092
0.0019	1	0.115	0.114	0.112	0.111	0.109	0.108	0.107	0.105	0.104	0.103	0.102
	2	0.110	0.108	0.107	0.105	0.103	0.102	0.101	0.099	0.098	0.097	0.095
	3	0.107	0.105	0.103	0.101	0.100	0.098	0.096	0.095	0.094	0.092	0.091
0.0020	1	0.114	0.112	0.111	0.109	0.108	0.107	0.105	0.104	0.103	0.102	0.101
	2	0.109	0.107	0.105	0.104	0.102	0.101	0.100	0.099	0.097	0.096	0.094
	3	0.106	0.104	0.102	0.100	0.099	0.097	0.095	0.094	0.093	0.091	0.090

第七節　二等橋及三等橋に對する計算

床版

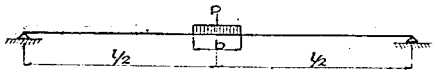
鋪裝厚さは敷混凝土を含みて 10 cm, 15 cm 及 20 cm とし其の重量は夫々 0.22 ton/m², 0.33 ton/m² 及 0.44 ton/m² と假定せり (混凝土鋪裝に相當す)。彎曲率は單桁としての支間中央における最大彎曲率の$\frac{8}{10}$を以て計算せり。

1. 自動車荷重彎曲率 (單桁として)

後輪一個の場合

$$M_{P_1}=\frac{P}{4}\left(l-\frac{b}{2}\right)$$

第 十 一 圖



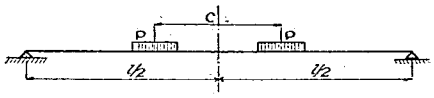
後輪二個の場合

$$M_{P_2}=\frac{P}{2}(l-c)$$

$$e=\frac{2}{3}l+a$$

$$i=0.3$$

第 十 二 圖



2. 死荷重彎曲率 (單桁として)

$$M_w=\frac{1}{8}wl^2$$

但し w の計算において鋪裝を上記の三樣にとり、又床版の厚さ t としては次の値を用ひたり。

l (m)		1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
t (cm)	二等橋	15	16	18.5	21	23.5	26
	三等橋	15	15	16.5	19	21.5	24

計算の結果を示せば附圖第七及第八にして、之より床版の寸法を決定すれば附圖第九及第十に示すが如し。

主桁彎曲率

丁桁腹部の寸法を定め、又は經濟的主桁中心間隔を決定する爲に、種々の間隔 (l) 及支間 (L) につき單桁としての腹部の自重以外の總ての荷重による彎曲率 (M_r) を求めたり。但し絶對最大彎曲率は支間の中央に近く起るを以て、支間の中央における最大彎曲率を用ひて計算することとなしたり。

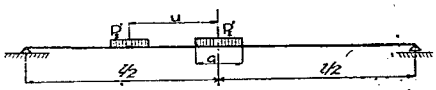
1. 自動車荷重彎曲率

後輪 $M_{PI}=\frac{P'_I}{2}\left(\frac{L}{2}-\frac{a}{4}\right)$

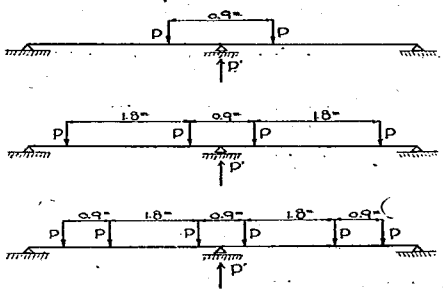
前輪 $M_{PII}=\frac{P'_{II}}{4}(L-2u)$

但し茲に P'_I 及 P'_{II} は夫々後輪及前輪の床版を單桁と考へたる場合における最大反力をとるものとす。卽後輪一個を P_I, 前輪一個を P_{II} とすれば二等橋及三等橋においては（第十四圖參照）

第十三圖



第十四圖



$$P'_{I,II}=\left(2-\frac{0.9}{l}\right)P_{I,II} \qquad l\lesssim 2.25\ \mathrm{m}$$

$$P'_{I,II}=\left(4-\frac{5.4}{l}\right)P_{I,II} \qquad l\ \ 2.25\ \mathrm{m}\sim 3.15\ \mathrm{m}$$

$$P'_{I,II}=\left(6-\frac{11.7}{l}\right)P_{I,II} \qquad l\ \ 3.15\ \mathrm{m}\sim 4.95\ \mathrm{m}$$

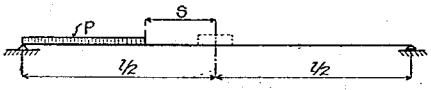
l (m)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
$P'_{I,II}$	1.40	1.55	1.84	2.20	2.66	3.08	$P_{I,II}$

$$i=\frac{20}{60+L}\lesssim 0.3$$

第十五圖

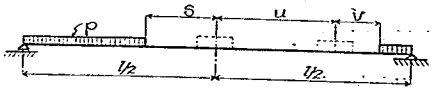
2. 群集荷重彎曲率（單位巾當り）

$$M_p=\frac{p}{4}\left(\frac{L}{2}-s\right)^2$$



又は $M_p=\frac{p}{4}\left(\frac{L}{2}-s\right)^2+\frac{p}{4}\left(\frac{L}{2}-u-v\right)^2$

第十六圖



3. 死荷重彎曲率（單位巾當り）

$$M_w=\frac{1}{8}wL^2$$

但し w の計算においては床版の場合と同樣の假定をなしたり。

附圖第十一乃至第十六は以上の計算による腹部自重を含まざる總ての荷重による桁一本當りの總彎曲率を示せるものなり。

經濟的主桁間隔

第五節において述べたる Saliger 氏の式は等布荷重を受くる丁桁に關するものなるが、次の如くにして之をこの場合に利用するも實用上差支へなかるべし。

(1) 附圖第七及第八における床版彎曲率より逆に $M=\frac{1}{8}w_p l^2$ により相當等布荷重を求む。(附圖第五 w_p 曲線)

(2) 附圖第十一乃至第十六より l を假定して M_r を求む。

(3) 附圖第六より M_r に對する M を求む。

(4) $M_1=\frac{M}{l}$ を計算す。

(5) 附圖第五において、M_1 曲線と w_p 曲線との交點に相當する l を求め、之が初めに假定せる l に等しからざる時は漸近的に之を決定す。

上記の方法により支間 (L) と間隔 (l) との關係を求むれば第十七 b 圖乃至第二十二 b 圖において × 印を以て示せるが如し。

なほ第十七 a 圖乃至第二十二 a 圖は鐵筋 150 圓/ton, 混凝土 25 圓/m³, 型枠 1.5 圓/m² として鋪裝を含まざる丁桁平方米當り工費を概算せるものにして、a 及 b 圖における○, ◎印は夫々對應するものなり。但しこゝに◎印は夫々最低工費、○印は夫々最低ならざるも最低に近き工費を與ふる點にして、○印或は◎印は × 印と共に畧々一列に竝ぶものの如し。而して上記の割合 卽ち

(鐵筋 1 ton の工費) : (混凝土 1 m³ の工費) : (型枠 1 m² の工費)=6 : 1 : 0.06

の割合に近き種々の單價に對しても b 圖における諸點の關係は畧々同一なるを以て、之等の諸點に近き直線を以て其の關係を表はすものとすれば實用上次の關係を用ふることを得べし。

二等橋　$l=0.14L+0.35$ (m)

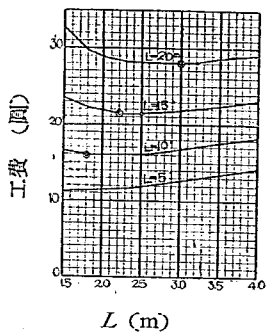
三等橋　$l=0.15L+0.35$ (m)

L=丁桁支間 (m)

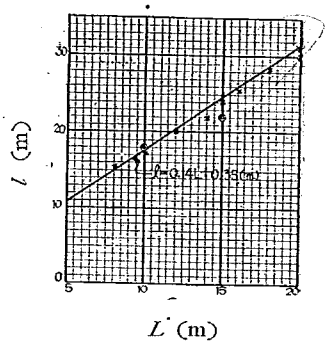
l=經濟的主桁中心間隔 (m)

但し一般に桁高に制限を受けざる場合は、主桁の數少き方經濟的なるを以て、有効巾に從ひ成可く桁數を少なからしむる樣間隔を決定すべし。例へば有効巾 7 m. 二等橋に對して主桁間隔は支間 14 m. 未滿に對し 2.2 m. を、14 m. 以上に對し 3 m を用ふるが經濟的なるべし。

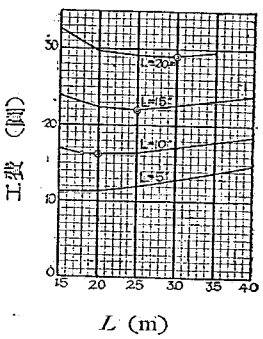
第十七a圖
二等橋における主桁間隔と工費との關係
(鋪裝 10 cm 厚コンクリート)



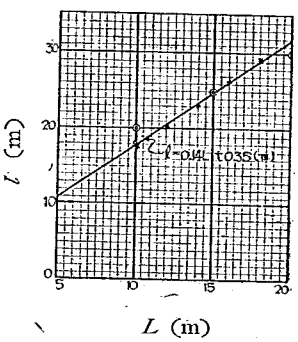
第十七b圖
二等橋における主桁支間と其の經濟的間隔との關係



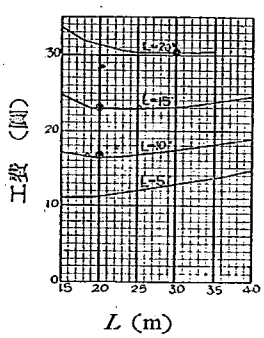
第十八a圖
二等橋における主桁間隔と工費との關係
(鋪裝 15 cm 厚コンクリート)



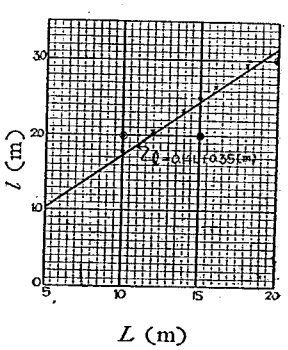
第十八b圖
二等橋における主桁支間と其の經濟的間隔との關係



第十九a圖
二等橋における主桁間隔と工費との關係
(鋪裝 20 cm 厚コンクリート)



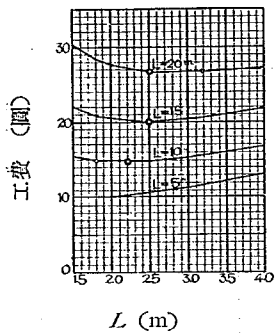
第十九b圖
二等橋における主桁支間と其の經濟的間隔との關係



第二十a圖

三等橋における主桁間隔と工費との關係

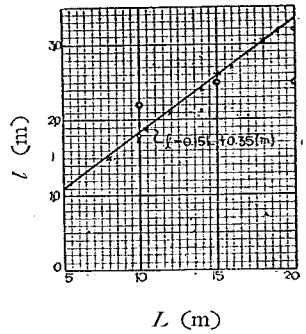
(鋪裝 10 cm 厚コンクリート)



第二十b圖

三等橋における主桁支間と其の經濟的間隔との關係

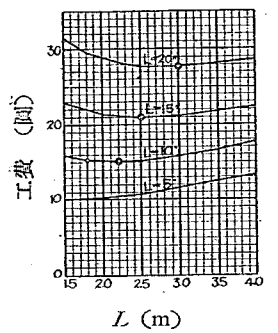
(鋪裝 10 cm 厚コンクリート)



第二十一a圖

三等橋における主桁間隔と工費との關係

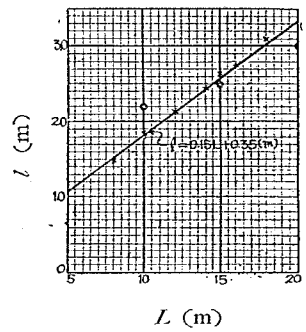
(鋪裝 15 cm 厚コンクリート)



第二十一b圖

三等橋における主桁支間と其の經濟的間隔との關係

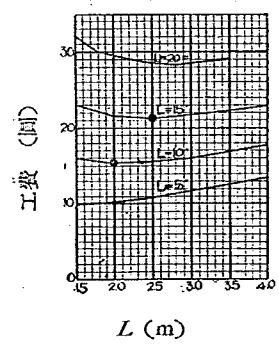
(鋪裝 15 cm 厚コンクリート)



第二十二a圖

三等橋における主桁間隔と工費との關係

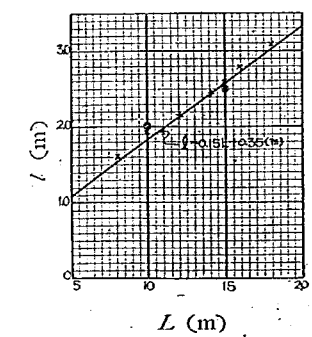
(鋪裝 20 cm 厚コンクリート)



第二十二b圖

三等橋における主桁支間と其の經濟的間隔との關係

(鋪裝 20 cm 厚コンクリート)



備考 1. 床版の許容應力

(R. Saliger "Der Eisenbeton" 1925 s. 390)

床版單位面積當り工費を K とすれば

$$K=A_ck_c+\varepsilon A_sk_s+A_fk_f+k_0$$

今 A_f (型枠面積)及 k_0 (雜費)はほぼ一定と考へらるべきを以て除外し、更に被厚も畧々一定なりとすれば次の如きものにつき考ふれば足る。

$$K=bdk_c+\varepsilon A_sk_s \quad \cdots\cdots(1)$$

又

$$\left.\begin{aligned} \xi&=\frac{x}{d}=\frac{n}{n+\frac{\sigma_s}{\sigma_c}} \\ A_s&=\frac{\xi^2}{2n(1-\xi)}bd \\ M&=\xi(3-\xi)\frac{bd^2}{6}\sigma_c=\frac{\xi^2(3-\xi)}{n(1-\xi)}\frac{bd^2}{6}\sigma_s \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(2)$$

K 最小の條件は (1) より

$$\frac{\partial K}{\partial \xi}=0=\frac{\partial bdk_c}{\partial \xi}+\frac{\partial \xi A_sk_s}{\partial \xi}$$

$$\therefore \quad \frac{\partial A_s}{\partial bd}=-\frac{k_c}{\varepsilon k_s} \quad \cdots\cdots(3)$$

又 (2) より

$$\frac{\partial A_s}{\partial \xi}=\left[\frac{\xi(2-\xi)d}{(1-\xi)^2}+\frac{\xi^2}{1-\xi}\frac{\partial d}{\partial \xi}\right]\frac{b}{2n}$$

$$\frac{\partial M}{\partial \xi}=0=\left[(3-2\xi)d^2+\xi(3-\xi)2d\frac{\partial d}{\partial \xi}\right]\frac{b\sigma_c}{6}$$

又は

$$=\left[\frac{3(1-\xi)\xi(2-\xi)+\xi^2(3-\xi)}{(1-\xi)^2}d^2+\frac{\xi^2(3-\xi)}{1-\xi}2d\frac{\partial d}{\partial \xi}\right]\frac{b\sigma_s}{6n}$$

故に

$$\frac{\partial bd}{\partial \xi}=-\frac{3-2\xi}{2\xi(3-\xi)}bd$$

又は

$$=-\frac{3-3\xi+\xi^2}{\xi(1-\xi)(3-\xi)}bd$$

故に混凝土の許容應壓力 σ_c 與へらるる場合は

$$\frac{\varepsilon k_s}{k_c}=2n\frac{3-2\xi}{9-5\xi}\left(\frac{1-\xi}{\xi}\right)^2$$

鐵筋の許容應張力 σ_s 與へらるる場合は

$$\frac{\varepsilon k_s}{k_c}=2n\frac{3-3\xi+\xi^2}{3-2\xi}\frac{1-\xi}{\xi^2}$$

備考 2. 經濟的主桁間隔の決定

(R. Saliger "Der Eisenbeton" 1925 s. 397)

比較せらるべき工費を K とすれば

$$K\fallingdotseq\Big\{dl+b_0(h-d)\Big\}k_c+\varepsilon_p A_{sp}k_{sp}+\varepsilon_s A_{ss}k_{ss}+2(h-d)k_f$$

$$\therefore\quad K_1=\frac{K}{l}=\Big\{d+\frac{b_0}{l}(h-d)\Big\}k_c+\varepsilon_p A_{sp1}k_{sp}+\varepsilon_s A_{ss1}k_{ss}+\frac{2(h-d)}{l}k_f$$

但し $\quad A_{sp1}=\dfrac{A_{sp}}{l}\qquad A_{ss1}=\dfrac{A_{ss}}{l}$

$$d=C_1\sqrt{\theta w_p l^2}=C_1'\sqrt{w_p}\,l$$

$$A_{sp1}=C_2\sqrt{\theta w_p l^2}=C_2'\sqrt{w_p}\,l$$

$$b_0=b_1+\beta_1 A_{ss}$$

$$\therefore\quad K_1=\Big\{C_1'l\sqrt{w_p}+\frac{b_1h}{l}+\beta_1A_{ss1}h-C_1'b_1\sqrt{w_p}-C_1'l\beta_1A_{ss1}\sqrt{w_p}\Big\}k_c$$

$$+\varepsilon_pC_2'l\sqrt{w_p}k_{sp}+\varepsilon_sA_{ss1}k_{ss}+2\Big(\frac{h}{l}-C_1'\sqrt{w_p}\Big)k_f$$

A_{ss1} は等布荷重の場合 l に無關係なるを以て

$$\frac{\partial K_1}{\partial l}=\Big\{C_1'\sqrt{w_p}-\frac{b_1h}{l^2}-C_1'\beta_1A_{ss1}\sqrt{w_p}\Big\}k_c+\varepsilon_pC_2'\sqrt{w_p}k_{sp}-\frac{2h}{l^2}k_f=0$$

$$\therefore\quad l=\sqrt{\frac{b_1k_c+2k_f}{\{C_1'(1-\beta_1A_{ss1})k_c+\varepsilon_pC_2'k_{sp}\}\sqrt{w_p}}}\sqrt{h}$$

β_1A_{ss1} は 1 に比して小なるを以て之を無視すれば

$$=\sqrt{\frac{b_1k_c+2k_f}{C_1'k_c+\varepsilon_pC_2'k_{sp}}}\frac{\sqrt{h}}{\sqrt[4]{w_p}}=a_2\sqrt{h}$$

又他方より

$$A_{ss}=\frac{M}{z\sigma_s}$$

$$b_0=b_1+\beta_1\frac{M}{z\sigma_s}$$

故に h に關せざる項を除けば

$$K=\Big(b_1+\frac{\beta_1M}{z\sigma_s}\Big)(h-d)k_c+\frac{\varepsilon_sMk_{ss}}{z\sigma_s}+2(h-d)k_f$$

然るに $z \fallingdotseq (h_0 - t) \fallingdotseq (h - d)$

$$\therefore \quad \frac{\partial K}{\partial h} = b_1 k_c - \frac{\varepsilon_s M k_{ss}}{z^2 \sigma_s} + 2k_f = 0$$

$$\therefore \quad z = \psi h = \sqrt{\frac{\varepsilon_s k_{ss}}{b_1 k_c + 2k_f}} \sqrt{\frac{M}{\sigma_s}}$$

$$\therefore \quad h = \frac{1}{\psi} \sqrt{\frac{\varepsilon_s k_{ss}}{b_1 k_c + 2k_f}} \sqrt{\frac{lM_1}{\sigma_s}} = a_1 \sqrt{lM_1}$$

但し $M = lM_1$

即 $h = a_1 \sqrt{lM_1} \qquad l = a_2 \sqrt{h}$

$$\therefore \quad l = \sqrt[3]{a_1^2 a_2^4} \sqrt[3]{M_1}$$

備考 3. 腹部の寸法

(L. Berger "Die writschaftliche Bemessung von Plattenbalken" 1928)

$$h_0 - t \fallingdotseq z$$

$$\therefore \quad M = M_r + b_0 \gamma z \theta L^2$$

故に腹部に要する工費を K とすれば

$$K = b_0 z k_c + \varepsilon_s k_s \left(\frac{M_r}{\sigma_s z} + \frac{b_0 \gamma \theta L^2}{\sigma_s} \right) + 2zk_f$$

$$b_0 = b_1 + \beta_1 A_s = b_1 + \beta_1 \left(\frac{M_r}{\sigma_s z} + \frac{b_0 \gamma \theta L^2}{\sigma_s} \right)$$

$$\therefore \quad b_0 = \frac{\frac{\beta_1 M_r}{\sigma_s z} + b_1}{1 - \frac{\beta_1 \gamma \theta L^2}{\sigma_s}}$$

$$\therefore \quad K = \frac{\frac{\beta_1 M_r}{\sigma_s z} + b_1}{1 - \frac{\beta_1 \gamma \theta L^2}{\sigma_s}} z k_c + \varepsilon_s k_s \left\{ \frac{M_r}{\sigma_s z} + \frac{\frac{\beta_1 M_r}{\sigma_s z} + b_1}{1 - \frac{\beta_1 \gamma \theta L^2}{\sigma_s}} \gamma \frac{\theta L^2}{\sigma_s} \right\} + 2zk_f$$

故に $\dfrac{\partial K}{\partial z} = 0$ より

$$z = \sqrt{\frac{\varepsilon_s M_r}{\sigma_s}} \sqrt{\frac{k_s}{b_1 k_c + 2mk_f}}$$

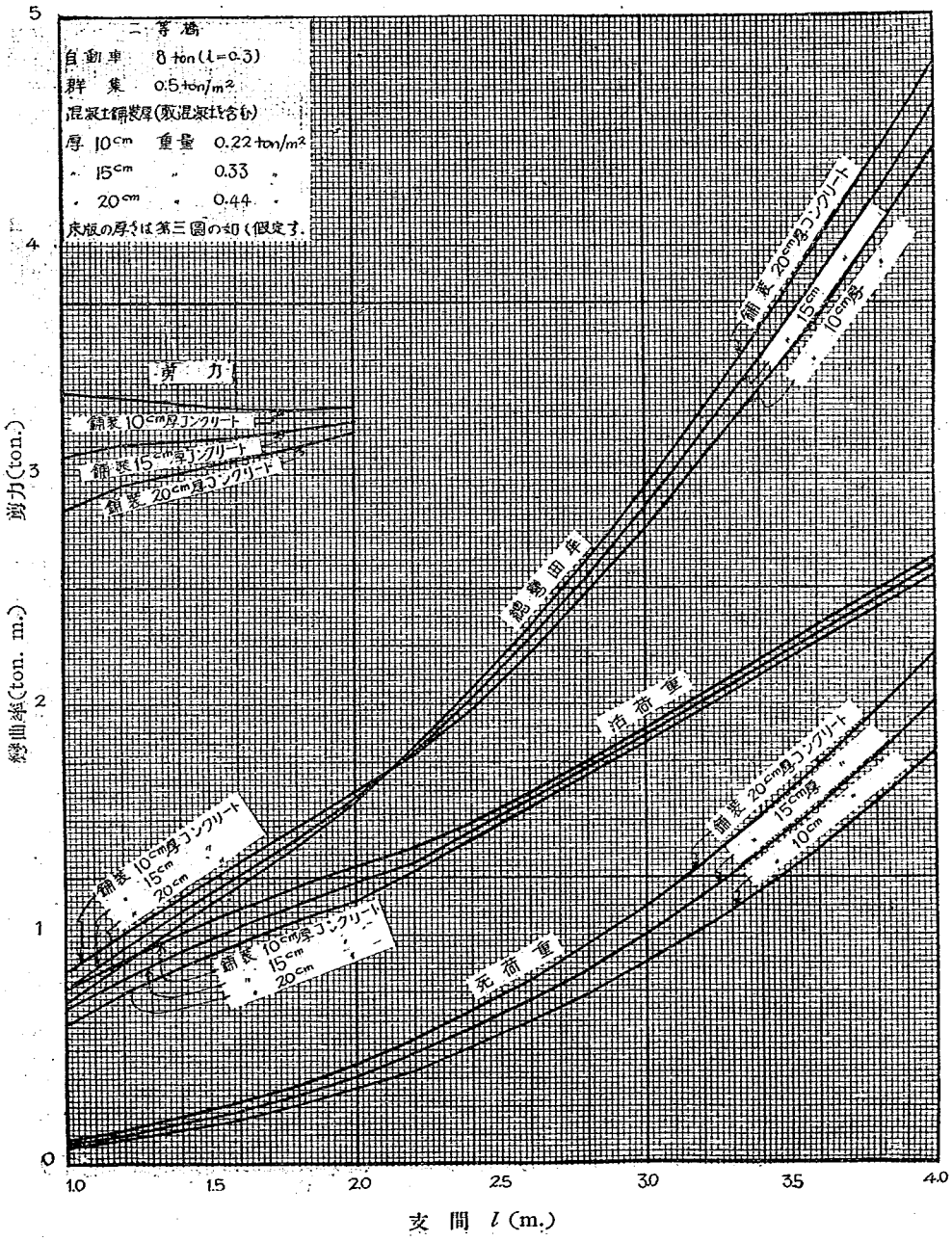
$$m = 1 - \frac{\beta_1 \gamma \theta L^2}{\sigma_s}$$

上式において $M_r = M$ とすれば $m = 1$ となり備考 2 の式と一致す。

附圖第一

床版橋の支間中央における最大彎曲率及支點における最大剪力(單桁 1 m. 巾)

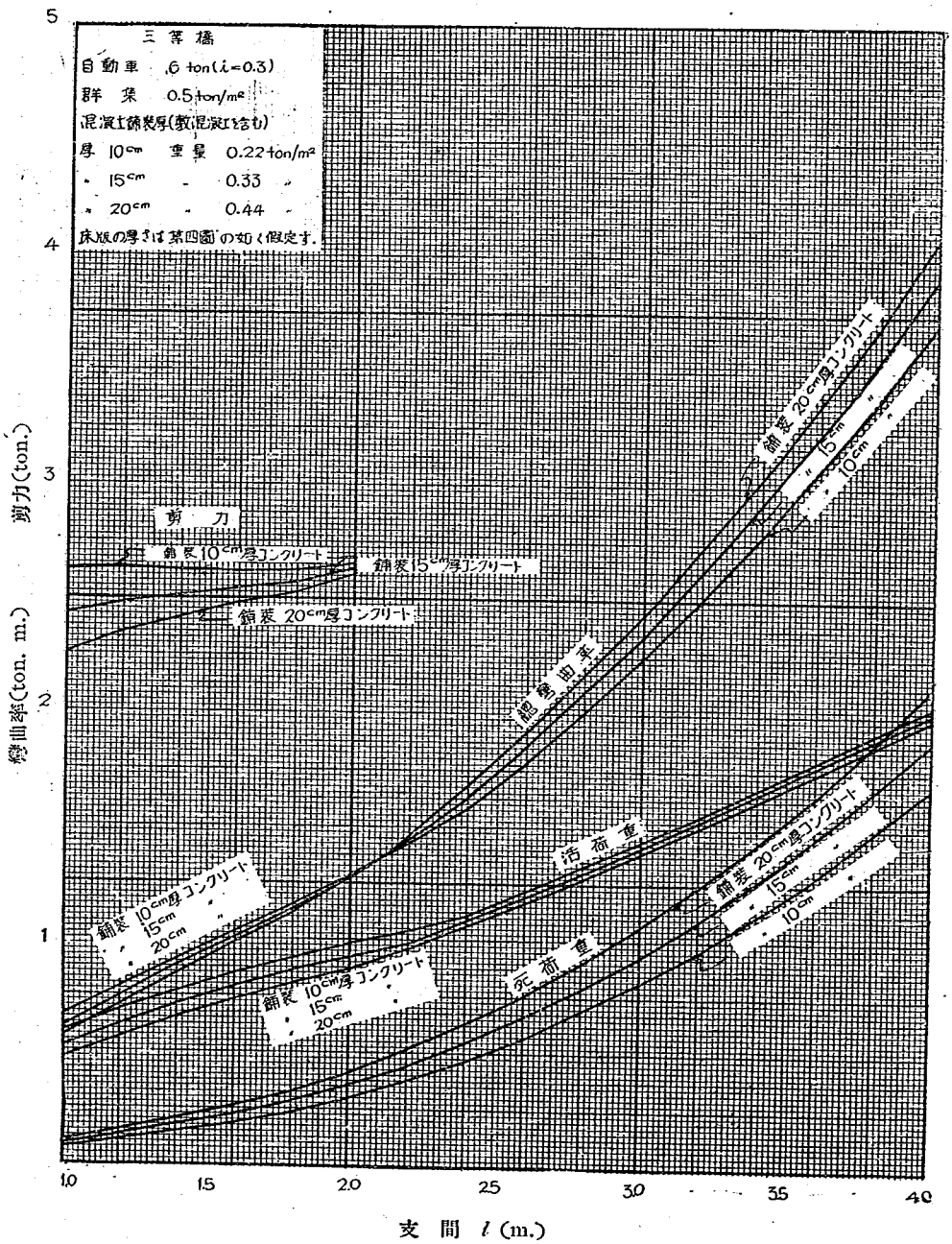
(II—10, 15, 20)



附圖第三

床版橋の支間中央における最大彎曲率及支點における最大剪力(單桁 1 m. 巾)

(III—10, 15, 20)

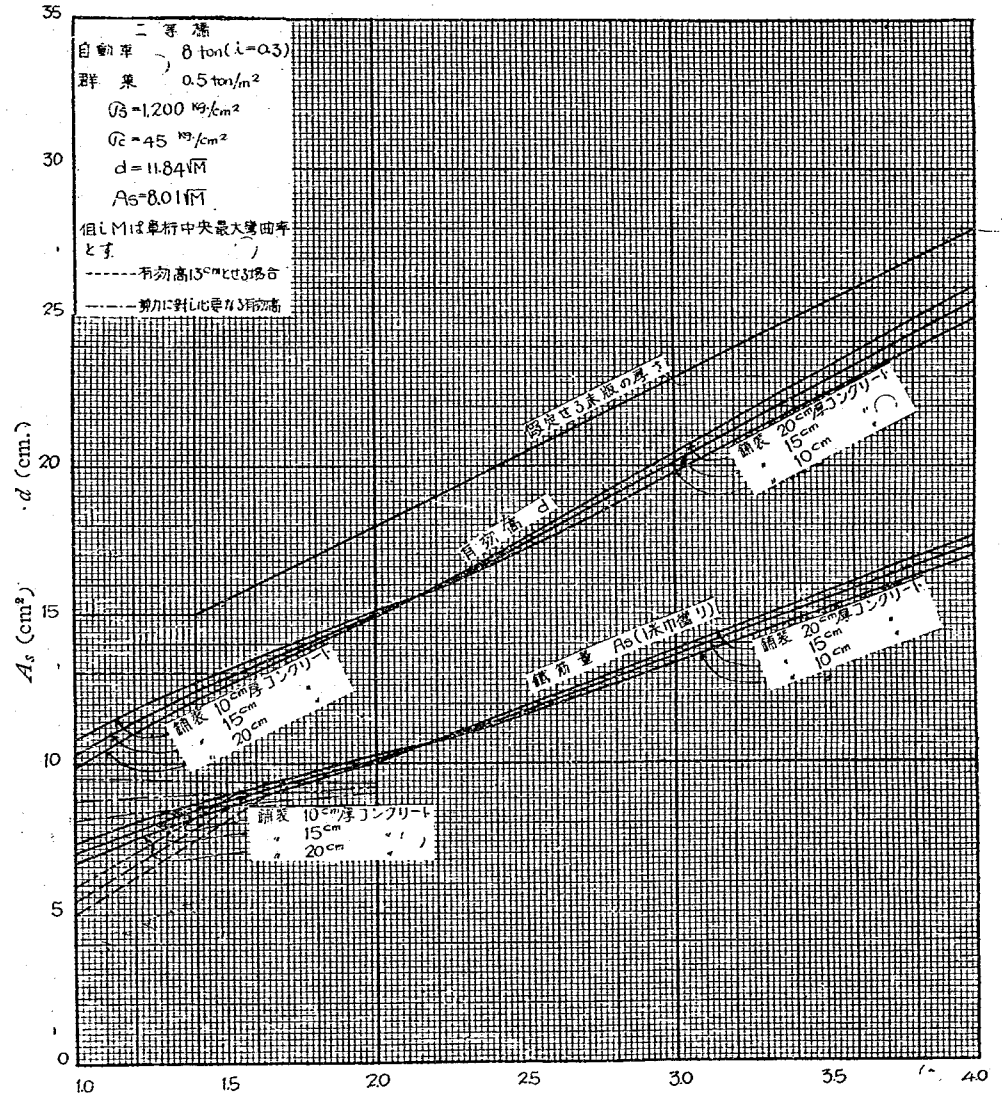


(26)

附圖第三

床版橋の寸法

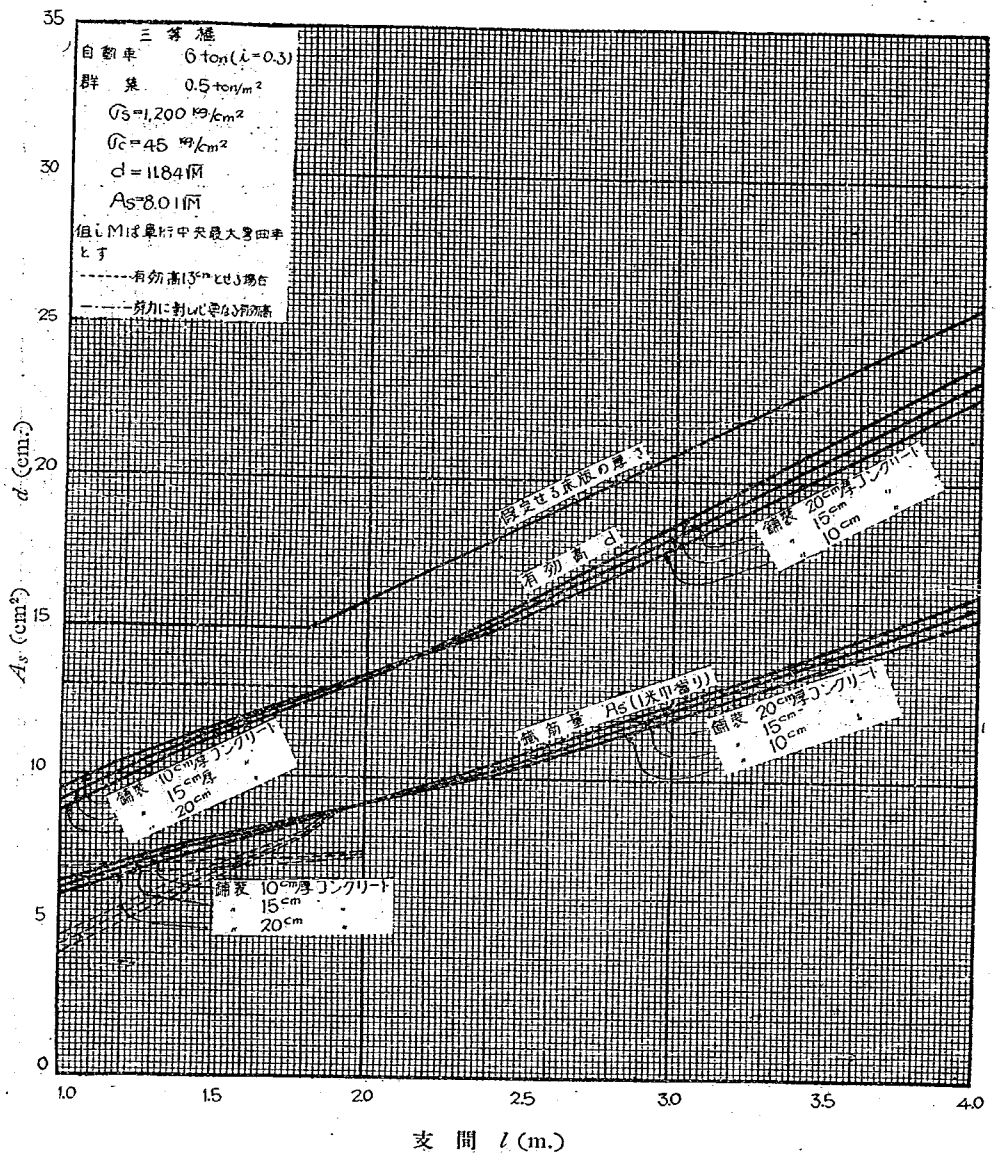
(II—10; 15, 20)



附圖第四

床版橋の寸法

(III—10, 15, 20)



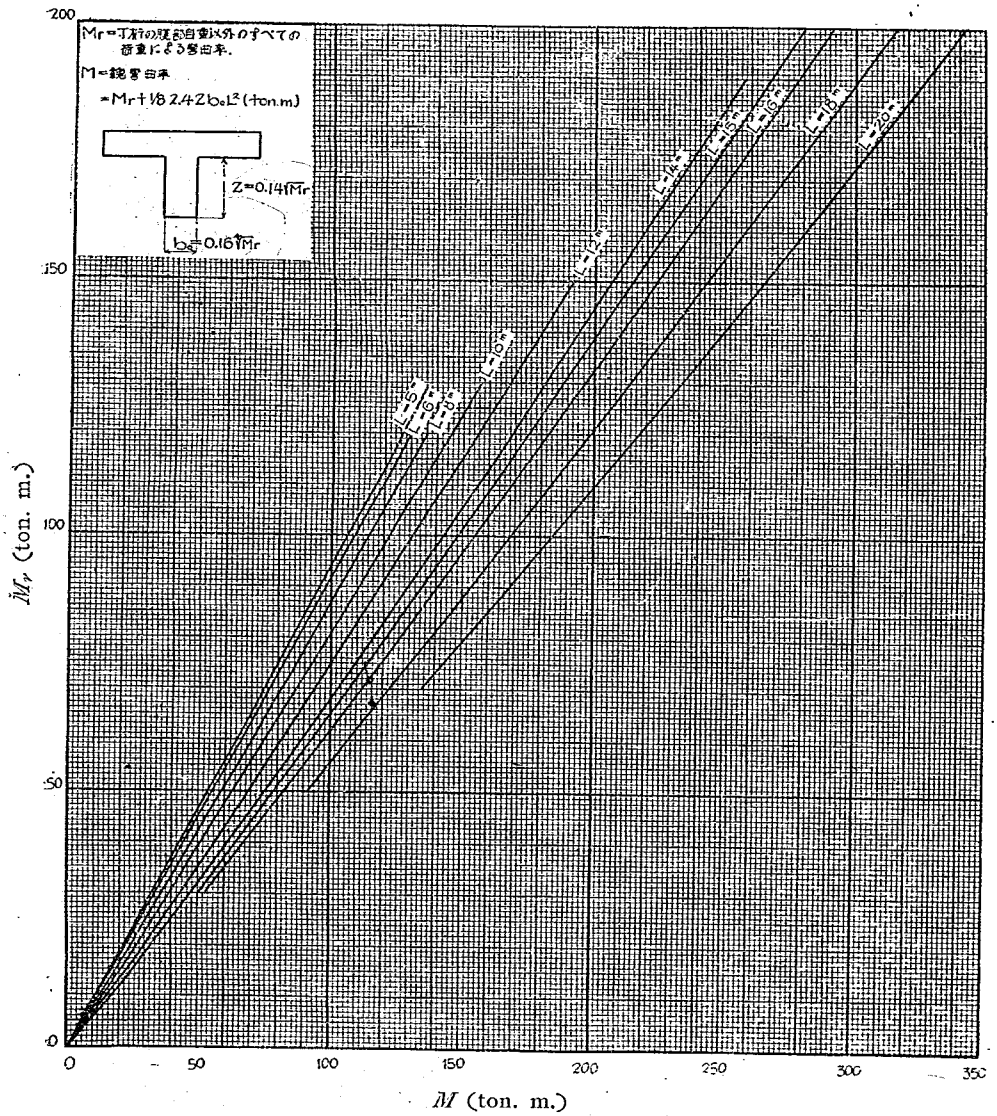
(28)

附 圖 第 五

丁桁橋主桁間隔の決定(P. 115 參照)

附圖第六

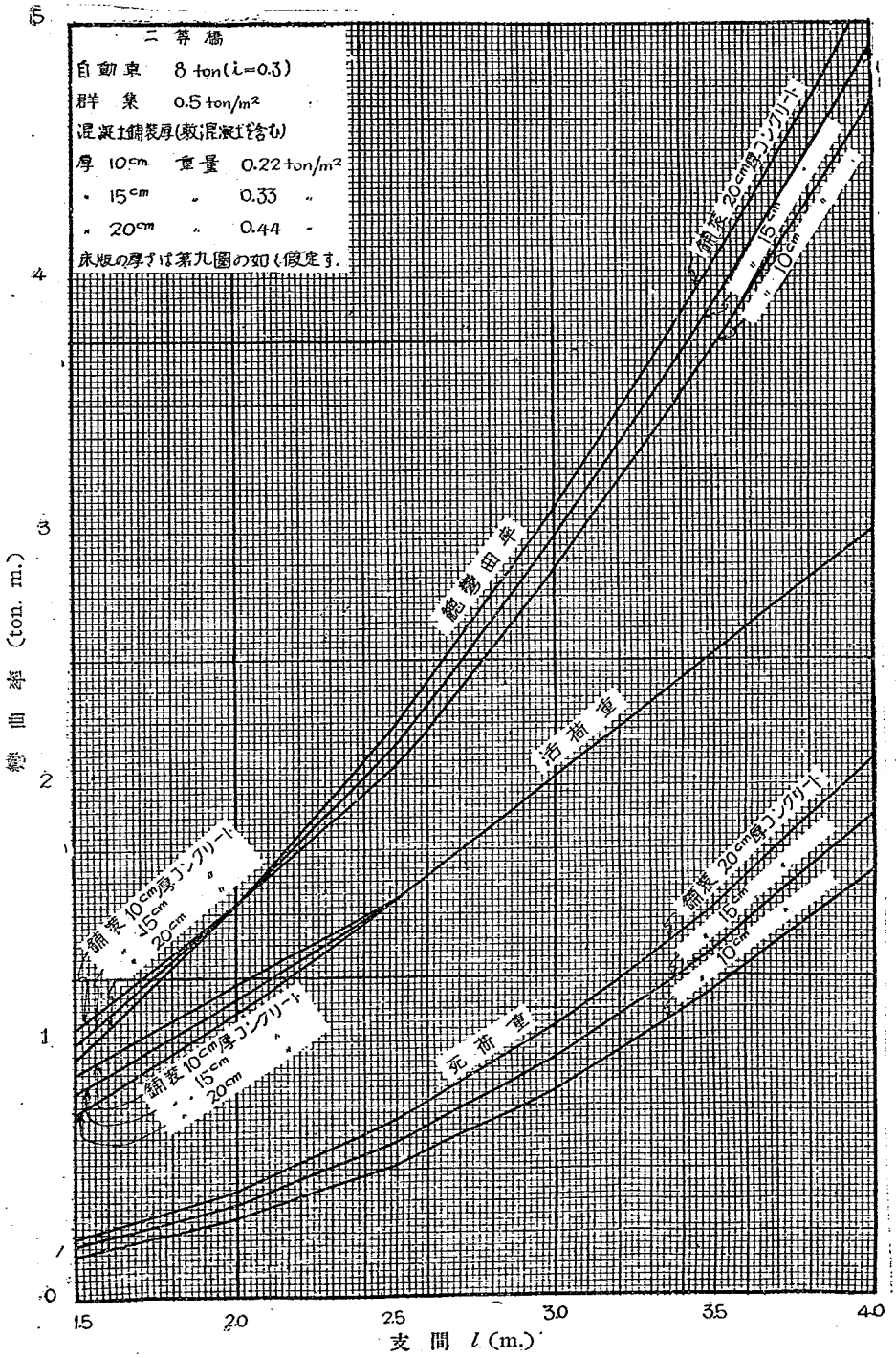
M_r より M を求むる圖表



(30)

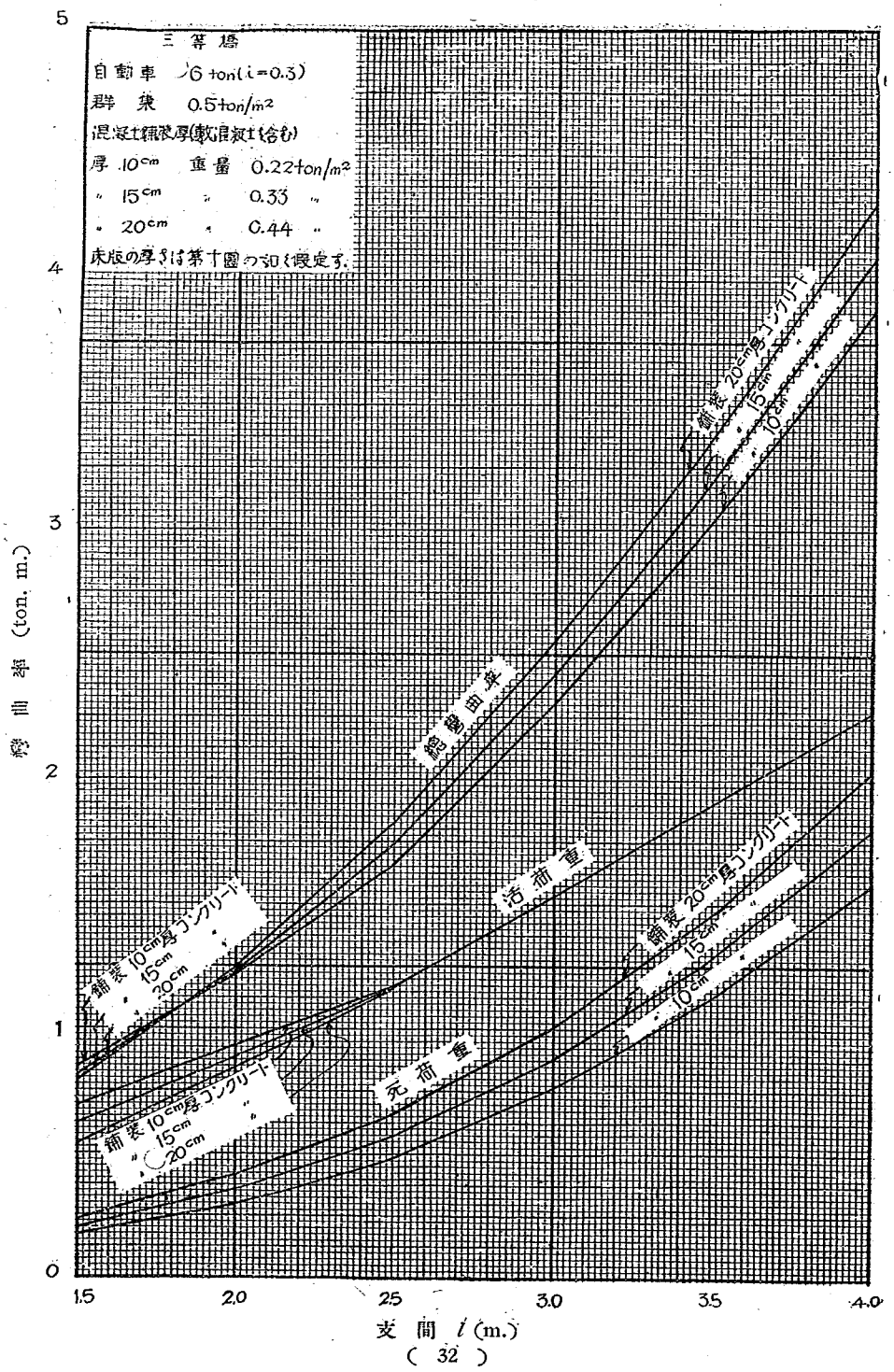
附 圖 第 七

丁桁橋床版支間中央における單桁としての最大彎曲率（1 m. 巾）
(II—10, 15, 20)



附圖第八

丁桁橋床版支間中央における單桁としての最大彎曲率 (1 m. 巾)
(III—10, 15, 20)

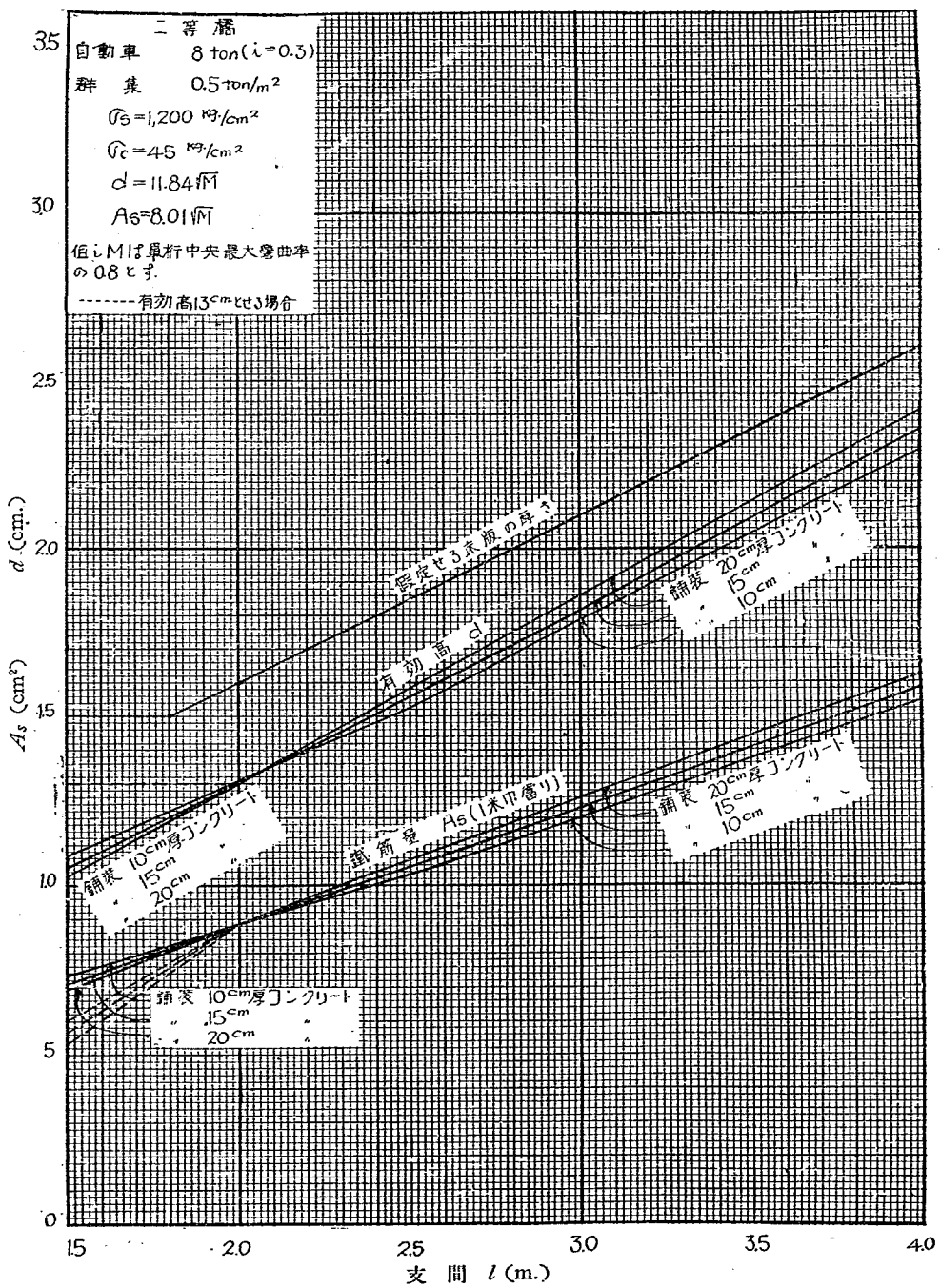


(32)

附圖第九

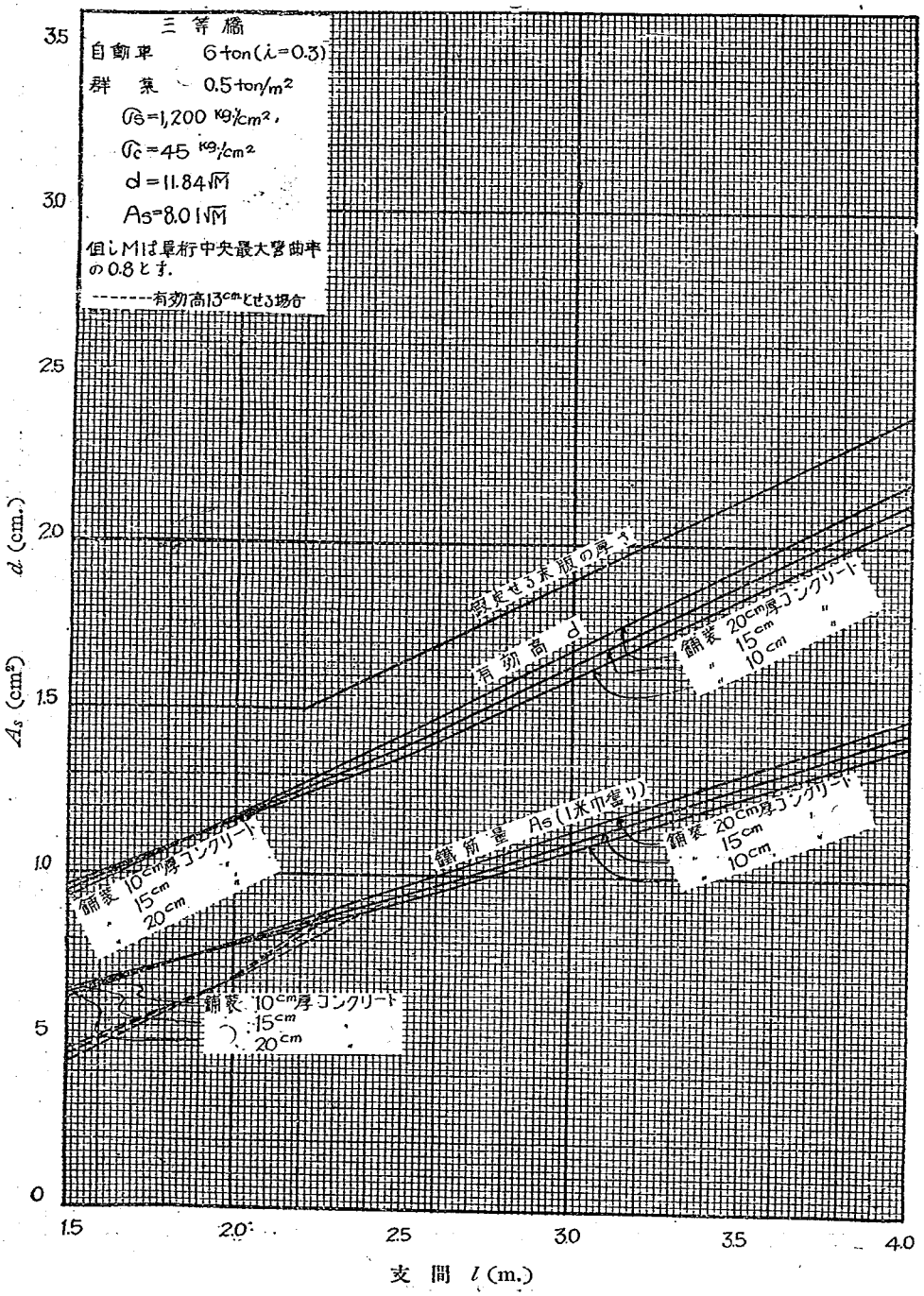
丁桁橋床版の寸法

(11—10, 15, 20)



附圖第十

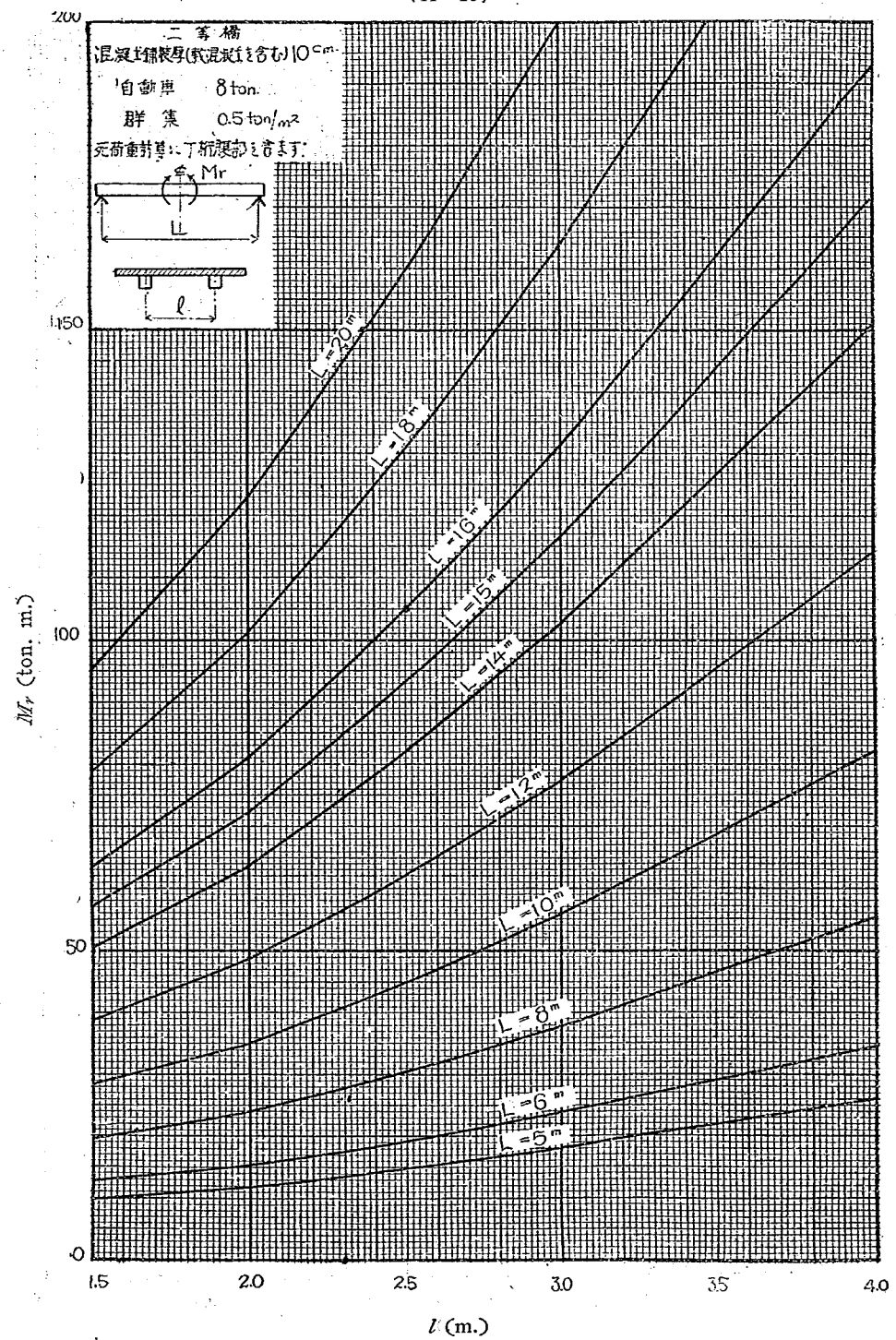
丁桁橋床版の寸法
(III—10, 15, 20)



附圖第十一

丁桁彎曲率(桁1本當り)

(II—10)

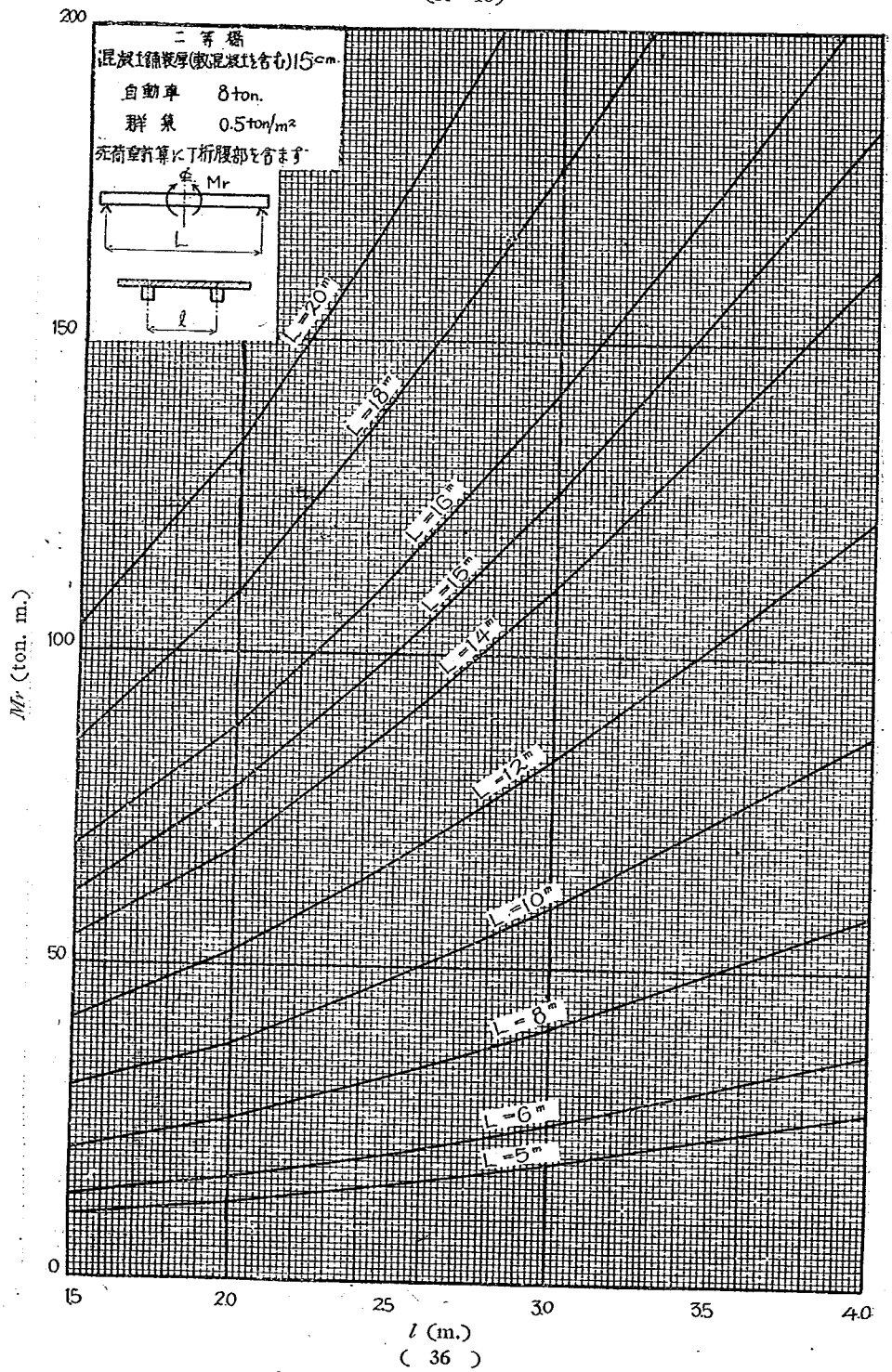


(35)

附圖第十二

丁桁彎曲率(桁1本當り)

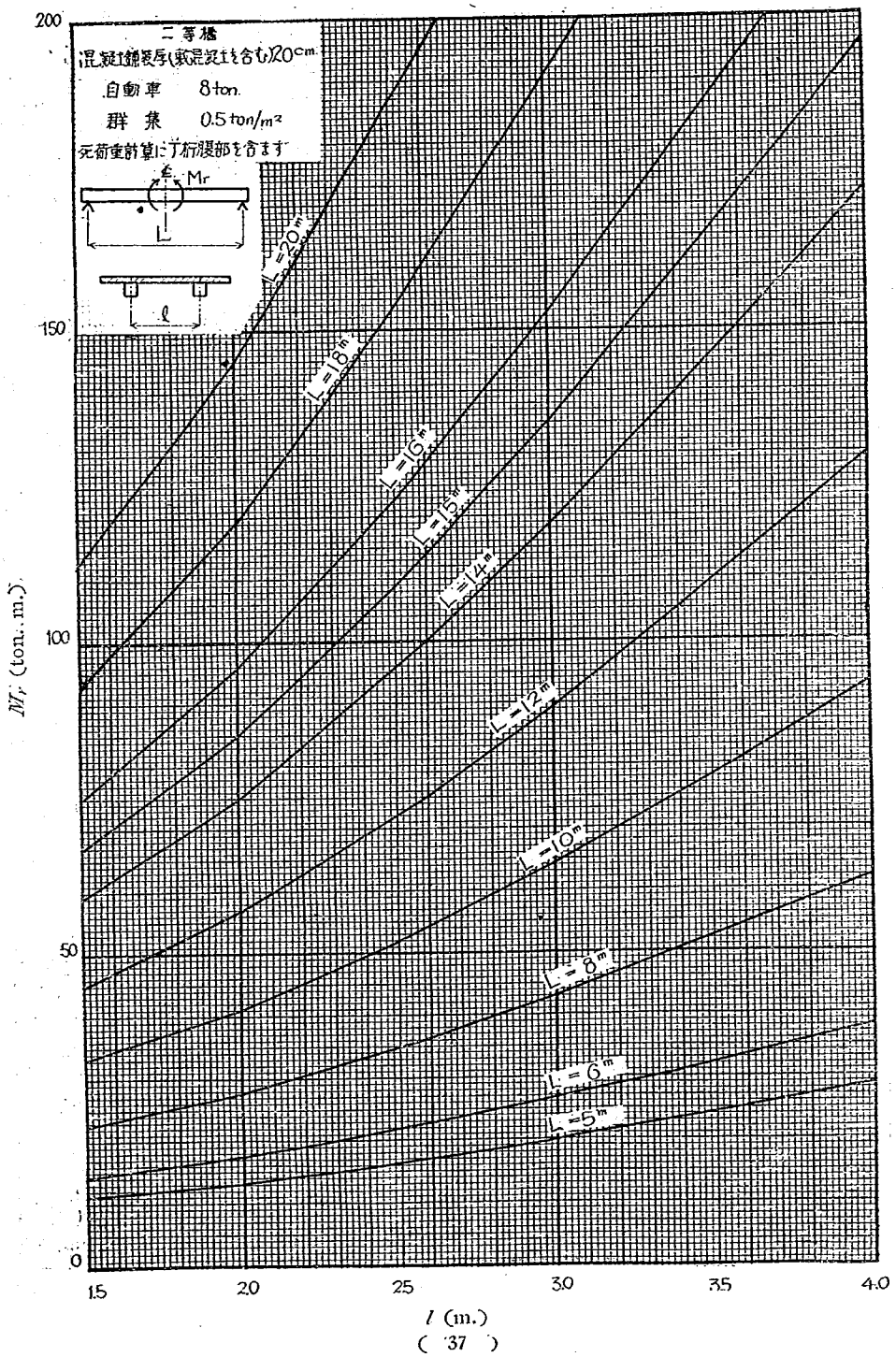
(II—15)



附圖第十三

丁桁彎曲率(桁1本當り)

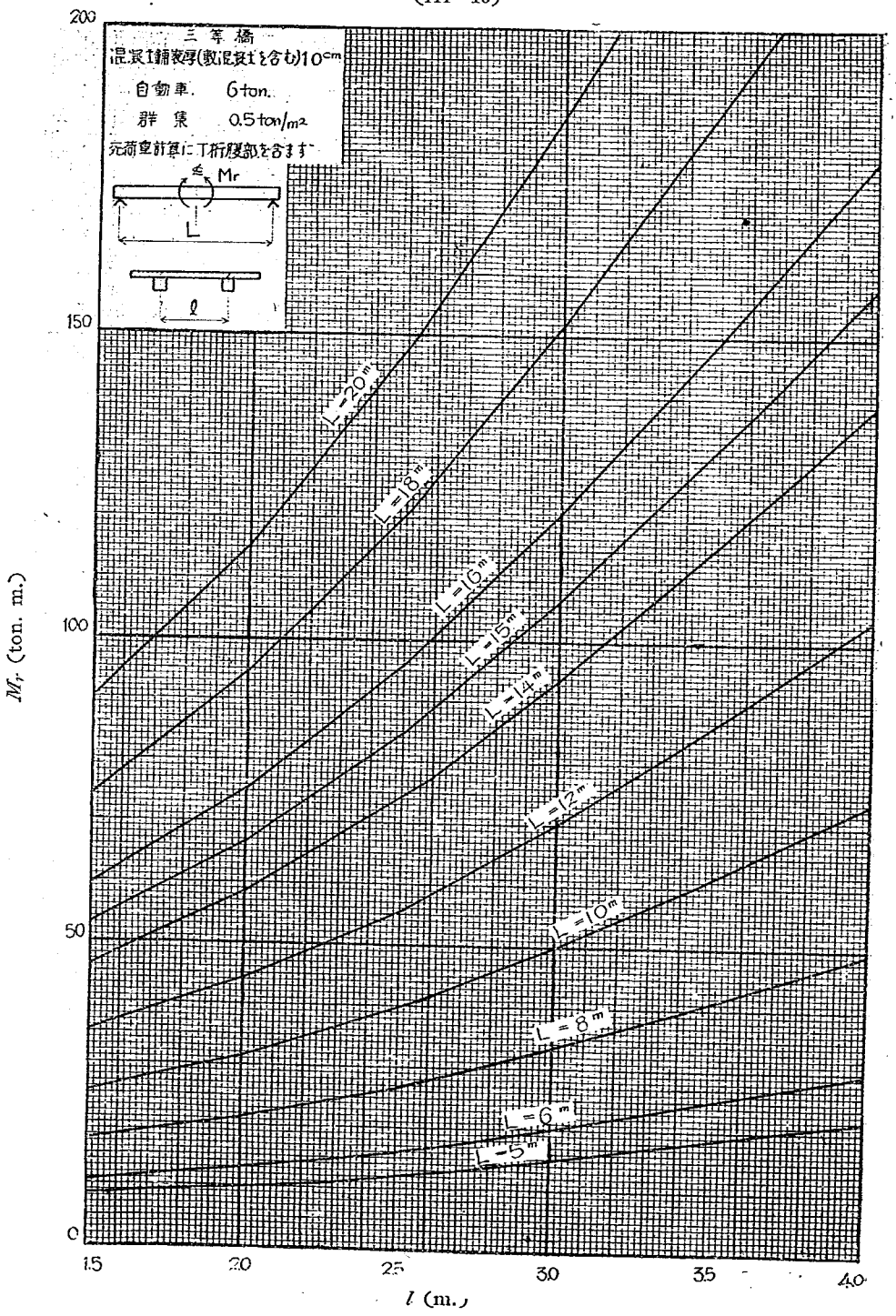
(II—20)



附圖第十四

丁桁彎曲率(桁1本當り)

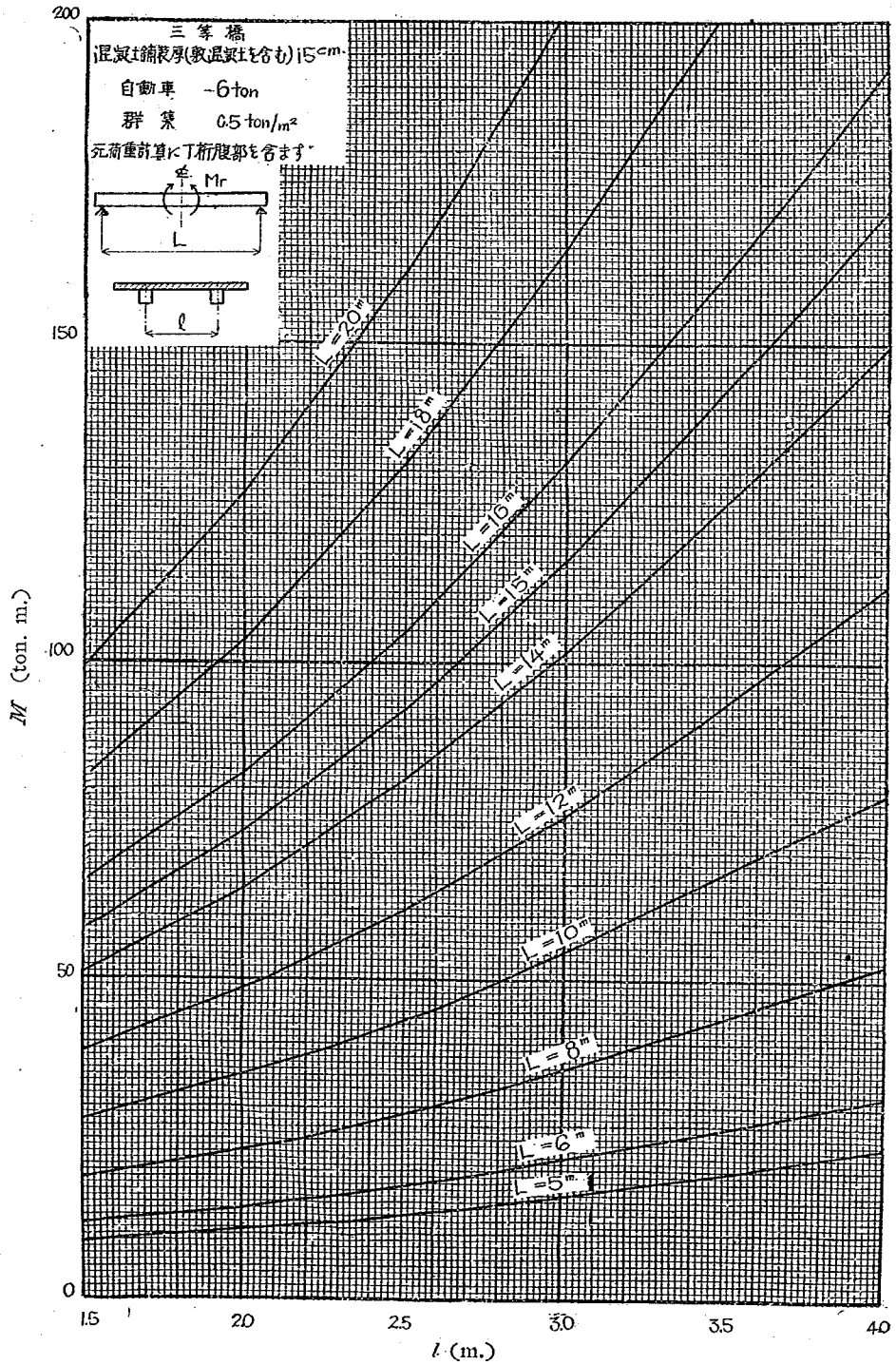
(III—10)



附圖第十五

丁桁彎曲率(桁1本當り)

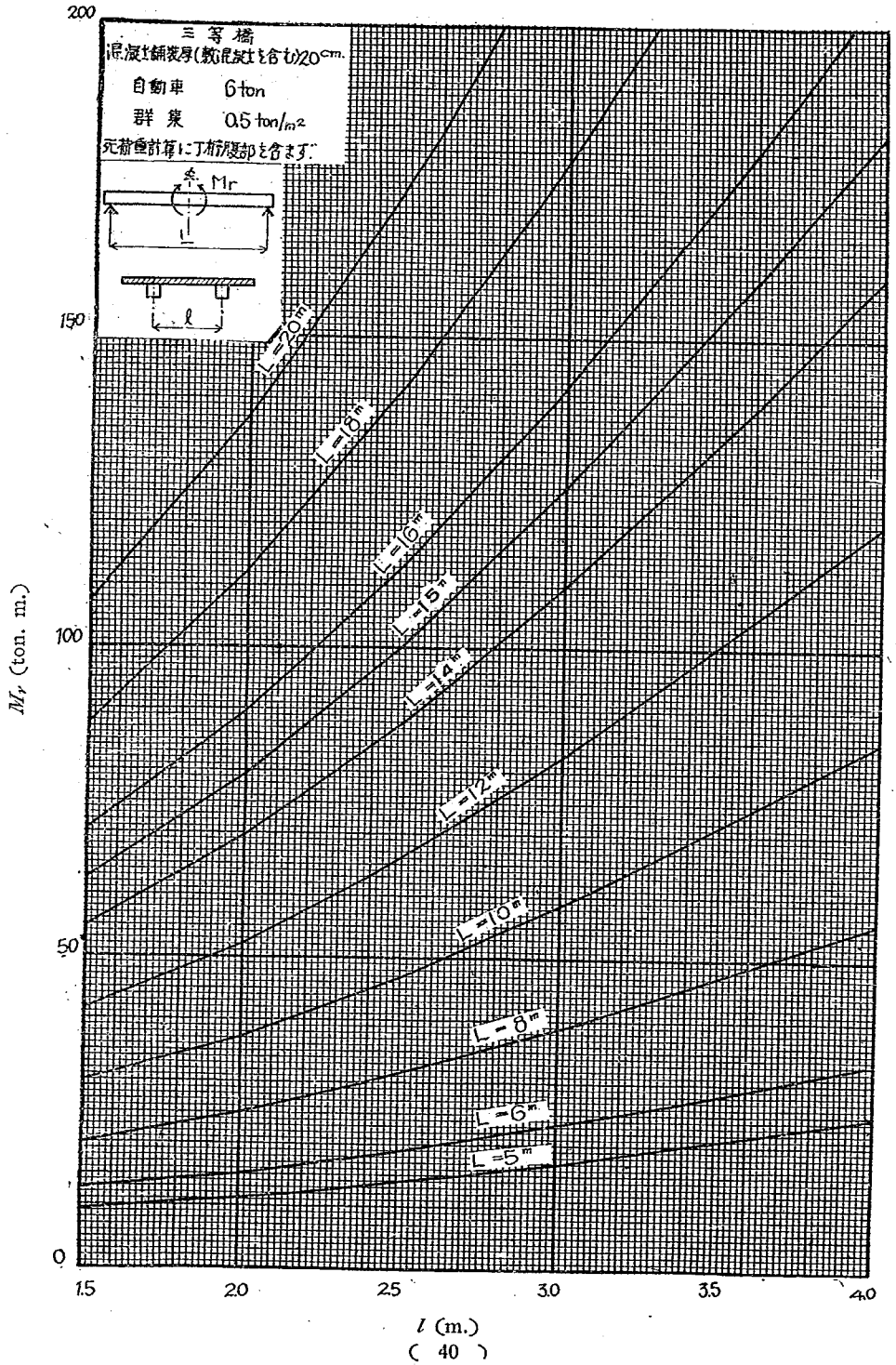
(III—15)



附圖第十六

丁桁彎曲率(桁1本當り)

(III—20)



各種土木工事用材料試驗成績

三 木 榮 三

一、アスファルト

最近道路鋪裝用瀝青質材料としては、ロツクアスファルト、天然アスファルト等の使用少く、主として石油アスファルト、タール製品等が用ゐられて居る。下記の表中に記載せるものは道路用或は防水用に使用せらるゝものである。第一表、第二表は日本石油株式會社製品、千代田石油株式會社製品、小倉石油株式會社製品等の本邦産石油直溜アスファルトに關するものにして、大體其の針度の順位に配置せるものである。第三表及第四表はスタンダードアスファルト、ユニオンアスファルト等の外國産石油直溜アスファルトに關するものにして、第五表はブローンアスファルトに關するものである。

二、石油系油類

フラツクス用油二種に關する試驗成績は第六表の如し。

三、タール及ピッチ

石炭系タール及ピッチに關する試驗成績は第七表の如くにして、東京瓦斯株式會社及横濱瓦斯局の製品を含む。

四、アスファルトブロック

アスファルトブロックに關する試驗成績は第七表の如し。本表中のブロックはロックアスファルト工業株式會社(現今は大日本アスファルト工業株式會社となる)、大日本アスファルトブロック工業所(現今は大日本アスファルト工業株式會社となる)、淺野アスファルトブロック製造株式會社、日本鑛業株式會社等の製品を含み、No. 662は混凝土上にアスファルト混合物を密着せるブロックに關し、アスファルト混合物の部分のみの試驗成績である。

五、塡充材

第九表中には珪酸白土なる名稱の下に、産出せらるゝ塡充材について、國柱合資會社東北石粉株式會社、旭礦末資料株式會社の製品につきての試驗成績を示したものである。

六、セメント類

第十表中には淺野セメント株式會社深川工場、川崎工場試製急硬ポルトランドセメント、同工場普通製品、大阪窯業株式會社、磐城セメント株式會社等の製品、シマンフォンデュ、シューパーセメント、ネオソリヂチット、等に關する試驗成績を記載したものである。

第一表 本邦産石油

試料番號	435	419	420	504	436	576	437	640
試料名	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト
産地或は製造所	秋田A	神奈川縣B	同B	秋田A	同A	同A	同A	同A
試料受入年月日	昭2. 2.26	大15.12.27	大15.12.27	昭2.11. 8	昭2. 2. 2	昭4. 1.17	昭2. 2.26	昭4. 10. 7
試驗年月	昭2. 4	昭2. 1	昭2. 1	昭2.12	昭2. 4	昭4. 3	昭2. 4	昭4.12
比重 25°C/25°C	1.071	1.066	1.070	1.046	1.050	—	1.048	1.029
針度 0°C2 00 g. 60 sec.	3	—	—	10	9	34	10	6
〃 25°C 100 g. 5 sec.	11	13	14	26	27	—	37	42
〃 46°C 50 g. 5 sec.	42	—	—	165	168	100+α	248	250+α
延性 25°C 5 cm/min cm.	100+α	6	6	64	100+α	9.8	100+α	100+α
〃 15°C 5 cm/min cm.	—	—	—	—	—	—	—	100+α
引火點 開放式 °C	239	240	235	210	256	—	237	302
燃燒點 °C	—	—	—	263	—	—	—	353
軟化點 環球法 °C	70	65	66	53	55	—	52.5	52
蒸發減 163°C 50 g. 5 h. %	0.36	0.05	0.08	0.12	0.13	—	0.29	0.03
蒸發殘留物針度 0°C 200 g. 60 sec.	—	—	—	—	—	—	—	6
〃 25°C 100 g. 5 sec.	8	11	11	19	21	—	28	35
〃 46°C 50 g. 5 sec.	—	—	—	—	—	—	—	200+α
瀝青 CS_2 %	99.86	99.87	99.90	—	99.72	—	99.74	—
瀝青 CCl_4 %	99.15	99.82	99.81	99.87	99.88	—	99.85	—
瀝青(石油ナフサ)%	—	—	—	—	—	—	—	—
固定炭素 %	—	17.85	19.10	—	18.23	—	18.28	13.75
灰分 %	—	—	—	—	0.21	—	0.21	0.04
用途	—	防水用	防水用	—	—	シートアスファルト用	シートアスファルト用	シートアスファルト、アスファルトコンクリート用

直溜アスファルト

488	446	438	450a	533	534	577	639	441	529	540	443
アスファルト	アスファルト	テスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト
秋田A	同A	同A	同A	秋田A	秋田A	同A	同A	同A	同A	秋田A	同A
昭2. 8.17	昭2. 8.17	昭2. 2.26	昭2. 3.	昭3. 5.19	昭3. 5.19	昭4. 1.17	昭4.10. 7	昭2. 2.26	昭3. 4.28	昭3. 5.21	昭2. 2.26
昭2. 9	昭2.10	昭2. 4	昭2. 3	昭3. 5	昭3. 5	昭4. 1	昭4 11	昭2. 3	昭3. 5	昭3. 6	昭2. 3
—	—	1.044	—	—	—	—	1.034	1.043	1.046	1.038	1.033
—	—	13	—	10	10	—	16	27	27	22	33
43	44	48	48	48	49	72	80	91	101	112	135
—	—	342	—	—	—	—	260+α	—	—	—	—
100+α	100+α	100+α	100	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α
—	—	—	—	—	—	100+α	100+α	—	—	—	—
—	—	247	—	—	—	—	250	219	210	190	242
—	—	—	—	—	—	—	292	—	262	236	—
55	54.5	51	49	50.5	50.5	—	47	43	43	43	40
0.29	—	0.37	0.22	—	0.12	—	0.04	0.75	0.84	0.14	0.38
—	—	—	—	—	—	—	14	—	—	—	—
38	37	30	38	35	35	—	67	57	65	73	103
—	—	—	—	—	—	—	250+α	—	—	—	—
99.91	99.91	99.90	99.66	99.90	99.93	—	—	99.91	99.92	—	99.91
—	—	99.52	—	—	—	—	—	99.49	—	99.90	99.73
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
防水用(荒玉水道)	シートアスファルト用	シート、アスファルト、アスファルトコンクリート用	防水用	防水用	防水用	アスファルトコンクリート用	—	滲透ブロック用	アスファルトマカダム用	滲透ブロック用	—

第二表 本邦産石油アスファルト（續）

試料番號	631	665	630	649	663	626	655	530
試料名	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト
産地或は製造所	東京C	同C	同C	同C	同C	同C	同C	同C
試料受入年月日	昭 4. 9.12	昭 4.12. 6	昭 4, 9.12	昭 4.10. 8	昭 4.11.28	昭 4. 8.31	昭 4.10.29	昭 3. 5. 3
試驗年月	昭 4. 9	昭 4.12	昭 4. 9	昭 4.10	昭 4.12	昭 4. 8	昭 4.11	昭 3. 5
比重 25°C/25°C	—	1.038	1.036	1.032	1.035	1.032	1.034	1.066
針度 0°C 200 g. 60 sec.	—	—	—	6	—	—	—	23
〃 25°C 100 g. 5 sec.	25	30	33	40	43	45	45	109
〃 46°C 50 g. 5 sec.	—	—	—	300+α	—	—	—	—
延性 25°C 5 cm/min cm.	—	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α
〃 15°C 5 cm/min cm.	—	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	—
引火點 開放式 °C	—	248	247	240	240	245	260	196
燃焼點 °C	—	345	—	345	335	—	355	255
軟化點 環球法 °C	54	54	52	50	52	51	52	44
蒸發減 163°C 50 g. 5 h. %	—	0.39	0.41	0.29	0.28	0.21	0.10	0.96
蒸發殘留物針度 0°C 200 g. 60 sec.	—	—	—	—	—	—	—	—
〃 25°C 100 g. 5 sec.	—	25	25	31	36	35	35	60
〃 46°C 50 g. 5 sec.	—	—	—	—	—	—	—	—
溶青 CS_2 %	—	99.96	99.41	99.47	—	—	—	99.94
溶青 CCl_4 %	—	99.72	—	—	99.73	99.44	99.60	—
溶青(石油ナフサ)%	—	—	—	—	—	—	—	—
固定炭素 %	—	14.85	—	—	—	—	—	—
灰分 %	—	—	—	—	—	—	—	—
用途	シートアスファルト用	シートアスファルト用	シートアスファルト用	シートアスファルト、アスファルトコンクリート用	アスファルトコンクリート用	アスファルトコンクリート用	アスファルトコンクリート用	アスファルトマカダム用

第 三 表　外國產石油直溜アスファルト

試料番號	571	572	573	464	574	575	645	646
試料名	アスファルトD	アスファルトE	アスファルトF	アスファルトF	アスファルトJ	アスファルトK	アスファルトJ	アスファルトK
產地或は製造所	北米S	北米S	北米S	北米S	北米S	北米S	北米S	北米S
試料受入年月日	昭 3.12.19	昭 3.12.19	昭 3.12.16	昭 4.10. 7	昭 3.12.19	昭 3.12.19	昭 4.10. 7	昭 4.10. 7
試驗年月	昭 4. 1	昭 4. 1	昭 4. 1	昭 4.12	昭 4. 1	昭 4. 1	昭 4.12	昭 4.12
比重 25°C/25°C	—	—	—	1.006	—	—	1.012	1.004
針度 0°C 200 g. 50 sec.	—	—	—	7	—	—	12	15
〃 25°C 100 g. 5 sec.	25	32	39	51	74	84	86	100
〃 46°C 50 g. 5 sec.	—	—	—	250+α	—	—	250+α	250+α
延性 25°C 5 cm/min cm.	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α
〃 15°C 5 cm/min cm.	17.5	47.3	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α
引火點 開放式 °C	—	—	—	310	—	—	280	280
燃燒點 °C	—	—	—	340	—	—	328	330
軟化點 環球法 °C	—	—	—	50	—	—	44	44
蒸發減 163°C 50 g. 5 h. %	—	—	—	0.03	—	—	0.03	0.09
蒸發殘留物針度 0°C 200 g. 60 sec.	—	—	—	6	—	—	11	13
〃 25°C 100 g. 5 sec.	—	—	—	47	—	—	84	95
〃 46°C 50 g. 5 sec.	—	—	—	240+α	—	—	240+α	240+α
瀝青 CS_2 %	—	—	—	—	—	—	—	—
瀝青 CCl_4 %	—	—	—	—	—	—	—	—
瀝青(石油ナフサ)%	—	—	—	—	—	—	—	—
固定炭素 %	—	—	—	10.26	—	—	8.78	8.35
灰分 %	—	—	—	0.03	—	—	0.01	0.03
用途	—	—	シートアスファルト用	アスファルトコンクリート用、シートアスファルト用	—	アスファルトマカダム用	同左	同左

第四表 外國産石油直溜アスファルト

試驗番號	597	653 B	642	653 C	643
試料名	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト
産地或は製造所	北米カリフォルニア U	北米カリフォルニア U	北米カリフォルニア U	北米カリフォルニア U	北米カリフォルニア U
試料受入年月日	昭 4. 6. 5	昭 4. 8. 2	昭 4. 10. 7	昭 4. 8. 2	昭 4.10. 7
試驗年月	昭 4. 6	昭 4. 9	昭 4. 12	昭 4. 9	昭 4.12
比重 25°C/25°C	1.037	—	1.023	—	1.028
針度 0°C 200 g. 60 sec.	—	—	7	—	15
〃 25°C 100 g. 5 sec.	28	45	47	93	103
〃 46°C 50 g. 5 sec.	—	—	250+α	—	250+α
延性 25°C 5 cm/min cm.	100+α	100+α	100+α	100+α	100+α
〃 15°C 5 cm/min cm.	—	100+α	100+α	100+α	100+α
引火點 開放式 °C	285	—	240	—	235
燃燒點 °C	—	—	275	—	270
軟化點 環球法 °C	56	—	50	—	44
蒸發減 163°C 50 g. 5 h. %	0.18	—	0.04	—	0.29
蒸發殘留物針度 0°C 200 g. 50 sec.	—	—	6	—	13
〃 25°C 100 g. 5 sec.	21	—	40	—	78
〃 46°C 50 g. 5 sec.	—	—	210+α	—	240+α
溶青 CS_2 %	99.78	—	—	—	—
溶青 CCl_4 %	99.76	—	—	—	—
溶青(石油ナフサ)%	—	—	—	—	—
固定炭素 %	14.03	—	10.97	—	10.93
灰分 %	—	—	0.01	—	0.17
用途	—	—	シートアスファルト、アスファルトコンクリート用	アスファルトマカダム用	同左

第五表　ブローシ、アス

試料番號	522	445	527	430	412	431	449
試料名	ブローンアスファルト	ブローンアスファルト	ブローンアスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト	アスファルト
産地或は製造所	北米U	A	—	A	秋田A	A	A
試料受入年月日	昭 3. 2. 3	昭 2. 2.26	昭 3. 4.16	昭 2. 2. 4	大 15. 9. 1	昭 2. 2. 4	昭 2. 3. 7
試験年月	昭 3. 4	昭 2. 3	昭 3. 4	昭 2. 2	昭 2. 2	昭 2. 2	昭 2. 3
比重 25°C/25°C	1.002	1.017	1.017	1.012	1.028	1.015	1.012
針度 0°C 200 g. 60 sec.	9	14.5	—	—	—	—	—
〃 25°C 100 g. 5 sec.	20	25	30	30	31	31	31
〃 46°C 50 g. 5 sec.	51	62	—	—	—	—	—
延性 25°C 5 cm/min cm.	4	4	5	10	10	9	9
〃 15°C 5 cm/min cm.	—	—	—	—	—	—	—
引火點 開放式 °C	246	248	165	240	253	248	242
燃料點 °C	288	—	205	—	—	—	—
軟化點 環球法 °C	76	71	71	62	61	63	62
蒸發減 163°C 50 g. 5 h. %	0.09	0.08	0.53	0.03	0.35	0.05	0.06
蒸發殘留物針度 0°C 200 g. 60 sec.	—	—	—	—	—	—	—
〃 25°C 100 g. 5 sec.	16	20	27	28	—	28	28
〃 46°C 50 g. 5 sec.	—	—	—	—	—	—	—
遲青 CS_2 %	—	99.70	99.77	99.68	99.89	99.65	99.69
遲青 CCl_4 %	99.93	99.95	99.95	99.59	—	99.56	99.57
遲青（ナフサ） %	—	—	—	—	—	—	—
固定炭素 %	—	14.06	13.95	15.23	15.31	14.92	14.42
灰分 %	—	0.17	—	—	0.09	—	—
用途	滲透ブロック試験用	—	防水用	防水用	防水用	防水用	防水用

ファルト

446	641	590	558
ブローンアスファルト A 昭 2. 2.26 昭 2. 4	ブローンアスファルト A 昭 4.10. 7 昭 4.10	アスファルト 北米U 昭 4. 4.30 昭 4. 5	アスファルト 北米U 昭 3. 9.10 昭 3. 9
1.003	1.017	1.032	1.015
21	17	—	—
44	44	24	28
113	154	—	—
63	14	5	4
—	5	—	—
232	230	225	—
—	262	—	—
63	60	77	74
0.38	0.09	0.15	—
—	15	—	—
35	39	20	—
—	122	—	—
—	—	99.20	99.81
99.95	—	99.05	99.75
—	—	—	—
—	12.23	15.82	16.29
—	0.10	0.08	0.14
—	風化試驗用	防水用	防水用

第六表　石油系油類

試驗番號	407	492
試料名	フラックス	アスファルトフラックス
産地或は製造所	北米S	秋田A
試料受入年月日	大正 15. 9. 3	昭 2. 8. x
試驗年月	昭 2. 1	昭 2. 9
比重 25°C/25°C	—	0.959
引火點 開放式 °C	—	190
蒸發減 163°C 50 g. 5 h. %	—	0.85
溶青 CCl_4 %	—	99.84
粘度 エングラー 100°C 100 cc.	—	7.73
針度 25°C 100 g. 5 sec.	133	—
用途	フラックス	フラックス

第七表　タール及ピッチ

試験番號	421	422	493	423	494	495	528	656	624
試料名	ピッチ 40～70	ピッチ 90～120	ピッチ	一號タール	一號タール	二號タール	二號タール	タール	タール
産地或は製造所	東京A	東京A	同A	同A	同A	同A	同A	同A	横濱市B
試料受入年月日	昭 2. 1.18	昭 2. 1.18	昭 2. 8.ㄨ	昭 2. 1.24	昭 2. 8.ㄨ	昭 2. 8.ㄨ	昭 3. 4.28	昭 4.11. 7	昭 4. 8.31
試験年月	昭 2. 2	昭 2. 2	昭 2.10	昭 2. 2	昭 2.10	昭 2. 8	昭 3. 5	昭 4.11	昭 4. 9
比重 25°C/25°C	1.213	1.246	1.213	1.201	1.201	1.206	1.200	1.209	1.201
稠度 ハッチンソン 25°C	—	—	—	60	52	89	85	93	1
針度 0°C 200 g. 60 sec.	3	10	12	—	—	—	—	—	—
〃 25°C 100 g. 5 sec.	43	92	63	—	—	—	—	—	—
蒸溜試験初溜 °C	220	200	—	95	100	100	159	180	95
〃 初溜～170°C %	—	—	—	水分微量	痕跡(水分)	痕跡(水分)	痕跡	—	3.6(水分)
〃 170～235°C %	—	—	—	13.7	13.7	7.0	14.3	8.2	12.6
〃 235～270°C %	—	—	—	11.2	11.2	10.9		8.9	12.4
〃 270～300°C %	—	—	—	5.4	5.4	4.9	8.8	4.4	14.4
〃 初溜～270°C %	2.0	1.4	—	—	—	—	—	—	—
〃 270～300°C %	2.7	4.2	—	—	—	—	—	—	—
〃 300～350°C %	16.0	11.9	—	—	—	—	—	—	—
〃 殘留物	79.3	77.5	—	69.7	69.7	77.2	76.9	78.5	57.0
〃 殘留物軟化點 環球法 °C	—	—	—	56.5	56.5	57.0	56.5	57	40
〃 溜出物比重 25°C/25°C	—	—	—	1.023	1.023	1.026	1.027	1.020	0.949
遊離炭素 %	26.4	24.8	26.22	11.9	11.92	13.86	13.19	14.30	3.55
瀝青全量 CS_2 %	73.5	75.2	73.78	88.1	88.08	86.14	86.82	85.70	96.45
ナフタリン %	—	—	—	—	—	—	—	2.4	微量
タール酸 %	—	—	—	1.82	1.82	1.82	1.90	2.0	10.8
延性 25°C 5 cm/min cm.	100＋α	100＋α	100＋α	—	—	—	—	—	—
引火點 開放式 °C	130	130	140	—	—	—	—	—	—
燃焼點 °C	—	—	155	—	—	—	—	—	—
軟化點 環球法 °C	50	44.5	47	—	—	—	—	—	—
蒸發減 163°C 50 g. 5 h. %	2.27	1.39	2.03	—	—	—	—	—	—
〃 殘留物針度 25°C 100 g. 5 sec.	24	67	35	—	—	—	—	—	—
用途	歩道用煉瓦目地及クッション用	同左	滲透ブロック試験用	ターマカダム用	同左	同左	同左	同左	道路用に適せず

第八表 アスファルト・

試料番號	519	532	549	561	562	564
試料名	アスファルトブロック	アスファルトブロック	アスファルトブロック	アスファルトブロック	アスファルトブロック	アスファルトブロック
産地或は製造所	大阪A	大阪A	大阪A	大阪A	大阪A	大阪A
試料受入年月日	昭2.12.26	昭3.5.5	昭3.7.3	昭3.10.20	昭3.10.22	昭3.10.22
試驗年月	昭2.12.26	昭3.6.21	昭3.7.16	昭3.11.22	昭3.11.22	昭3.11.22
外觀	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等
寸法 cm	—	24.0×12.0×4.9	24.0×12.0×4.9	24.0×12.0×5.1	24.0×12.0×5.0	24.1×12.1×5.2
比重 25°C/25°C	2.24	2.34	2.20	2.20	2.18	2.31
吸水率 1週 %	0.64	0.03	0.30	0.35	0.43	0.65
瀝青全量 CS_2 %	14.56	9.43	14.72	12.77	13.33	11.37
非瀝青物質 %	85.44	90.57	85.28	87.32	86.67	88.63
同上篩分 1/4″～10番%	0.00	14.95	0.00	0.00	0.00	1.97
10番～40番%	0.00	18.22	0.69	0.20	0.43	22.42
40番～80番%	20.75	5.43	2.26	1.14	2.68	18.07
80番～200番%	20.62	11.26	11.85	15.82	10.72	19.93
200番通過%	44.07	40.61	70.48	70.07	72.84	26.24
計 %	85.44	90.57	85.28	87.32	86.67	88.63
非瀝青質物質(容積率)%	—	—	—	—	—	—
瀝青容積(百分率)%	—	—	—	—	—	—
ブロック空隙率%	—	—	—	—	—	—
靱性 25°C	9	10	9	10.5	11.3	6.7
硬度ドリー式	16.0	17.5	16.7	16.8	17.1	17.1
磨耗量ドリー式 mm	10.0	6.7	0.95	10.5	8.8	7.9
軟化點 °C	80以上	90以上	75以上	76	74	76
耐壓力 kg/cm²	—	—	—	—	—	—
抗曲强度 kg/cm²	—	—	—	—	—	—
ラトラー減率%1800廻轉	—	8.2	5.6	—	—	—
〃 2000廻轉	—	—	—	6.6	4.0	15.6
〃 4000廻轉	—	—	—	9.3	6.8	40.0
〃 10000廻轉	—	—	—	—	—	—
非瀝青物質比重	—	—	—	2.68	2.66	2.69
〃 空隙率%	—	—	—	39.2	38.8	28.5
用途	車道鋪裝	車道鋪裝	車道鋪裝	車道鋪裝	橋面鋪裝	橋面鋪裝

ブ　ロ　ッ　ク

579	580	592	531	535	536	537	538	539
アスファルトブロック 大阪B	アスファルトブロック 大阪B	アスファルトブロック 大阪B	アスファルトブロック 東京C	アスファルトブロック 東京C	アスファルトブロック 東京C	アスファルトブロック 東京C	アスファルトブロック 東京C	アスファルトブロック 東京C
昭 4.1.22	昭 4.1.22	昭 4.5.20	昭 3.5. 5	昭 3.5.29	昭 3.5.29	昭 3.5.29	昭 3.5.29	昭 3.5.29
昭 4.2.25	昭 4.2.25	昭 4.6.18	昭 3.5.18	昭 3.6.	昭 3.6.	昭 3.6.	昭 3.6.	昭 3.6.
黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等
23.9×11.9×5.0	23.9×11.9×5.0	24.0×12.0×5.1	29.6×29.6×3.95	23.9×11.9×4.9	24.0×11.9×5.0	24.0×12.0×5.0	24.0×11.9×5.0	24.0×12.1×4.9
2.31	2.44	2.42	2.24	2.25	2.22	2.27	2.23	2.16
0.03	0.05	0.03	0.13	0.03	0.07	0.04	0.04	0.19
9.50	8.37	9.16	14.28	—	—	—	—	—
90.50	91.63	90.84	85.72	—	—	—	—	—
0.76	6.32	12.04	0.00	—	—	—	—	—
25.48	29.61	39.96	9.95	—	—	—	—	—
20.91	13.58	1.34	20.61	—	—	—	—	—
21.21	13.22	16.37	13.53	—	—	—	—	—
22.13	28.90	21.13	41.63	—	—	—	—	—
90.50	91.63	90.84	85.72	—	—	—	—	—
—	—	77.7	—	—	—	—	—	—
—	—	21.4	—	—	—	—	—	—
—	—	0.8	—	—	—	—	—	—
8.2	9.0	9.5	9	13	16	12	14	11
15.7	16.9	17.4	15.8	15.5	16.8	15.8	16.6	17.3
10.0	7.7	5.9	11.3	12.0	8.1	11.7	8.9	8.2
81	88	68	65 以上	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.6	10.5	3.7	—	—	—	—	—	—
12.6	12.1	5.3	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.71	2.76	2.84	—	—	—	—	—	—
27.4	22.9	26.9	—	—	—	—	—	—
車道舗装	車道舗装	車道舗装	歩道舗装	車道舗装	車道舗装	車道舗装	車道舗装	車道舗装

第八表 アスファルト・ブロック

試料番號	563	591	654	633	652	662
試料名	アスファルトブロック	アスファルトブロック	アスファルトブロック	アスファルトブロック	アスファルトブロック	アスファルトブロック
産地或は製造所	東京 C	東京 A	東京 A	茨城 D	茨城 D	横濱 E
試料受入年月日	昭 3. 10. 22	昭 4. 5. 14	昭 4. 10. 28	昭 4. 9. 19	昭 4. 10. 18	昭 4. 11. x
試驗月日	昭 3. 11. 22	昭 4. 6. 4	昭 4. 11. 29	昭 4. 9. 30	昭 4. 10. 30	昭 4. 12. 17
外觀	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等	黒色均等
寸法 cm	24.2×12.1×5.0	30.4×12.9×5.2	23.0×11.5×2.0	30.5×12.8×5.1	30.4×12.7×5.0	23.0×11.6×6.5
比重 25°C/25°C	2.26	2.26	2.21	2.91	2.93	2.21
吸水率 1週 %	0.15	0.17	1.24	0.08	0.13	—
瀝青全量 CS_2 %	12.01	9.84	11.61	8.19	8.25	15.81
非瀝青質物質 %	87.99	90.16	88.39	91.81	91.75	84.19
同上篩分 1/4″～10 番%	0.00	7.50	0.00	17.12	11.66	0.00
10 番～40 番%	9.36	34.75	2.14	35.02	35.46	0.00
40 番～80 番%	9.45	10.78	21.90	13.73	14.86	1.32
80 番～200番%	30.87	6.28	19.53	13.25	14.17	15.83
200 番通過 %	38.81	30.85	44.82	12.69	15.60	67.19
計 %	87.99	90.16	88.39	91.81	91.75	84.19
非瀝青質物質(容積率)%	—	—	—	74.9	76.2	—
瀝青容積(百分率)%	—	—	—	22.9	23.2	—
ブロック空隙率 %	—	—	—	2.2	0.6	—
靱性 25°C	10.4	9.3	—	—	—	—
硬度ドリー式	15.4	17.6	—	—	—	17.1
磨耗量ドリー式 mm	13.0	5.1	—	—	—	8.5
軟化點 °C	71	74	92	85	78	68
耐壓力 kg/cm²	—	—	—	—	—	139.0
抗曲强度 kg/cm²	—	—	—	—	—	—
ラトラー減率%1800廻轉	—	—	—	—	—	—
〃 2000 廻轉	4.6	12.4	—	5.1	4.3	—
〃 4000 廻轉	6.7	16.7	—	7.2	5.7	—
〃 10000 廻轉	—	—	—	—	—	—
非瀝青物質比重	2.70	2.65	—	3.57	3.53	—
〃 空隙率 %	28.8	28.8	—	26.6	23.1	—
用途	橋面鋪裝	車道鋪裝	防水用	軌道間鋪裝	軌道間鋪裝	車道鋪裝

第九表　瀝青質鋪裝填充材

試驗番號	384	383	451
試料名	珪酸白土	珪酸白土	珪酸白土
産地或は製造所	A	B	C
試料受入年月日	大正15. 4. 23.	大正15. 4. 23.	昭和 2. 3. x
試驗年月	大正15. 6.	大正15. 7.	昭和 2. 5.
比重 25°C/25°C	—	—	2.75
篩分 10番～40番 %	—	—	0.00
篩分 40番～80番 %	—	—	0.98
篩分 80番～200番 %	—	—	13.14
篩分 200番以下 %	—	—	85.88
水分 105°C %	—	—	0.16
灼熱減量 %	42.40	5.66	42.86
珪酸類（HCl不溶分） %	1.23	67.20	1.36
酸化カルシユーム %	—	—	51.88
同 マグネシユーム %	0.77	0.38	1.11
硫酸 %	—	—	0.00
アルミユーム Al_2O_3 %	1.01	17.75	—
鐵 Fe_2O_3 %	0.54	1.79	—
其他 %	—	—	2.63
用途	シートアスファルト用	同上	同上

第十表 セ

試驗番號		382	393	409	410	411	417
試料名		ポートランドセメント	ポートランドセメント	急硬セメント	急硬セメント	急硬セメント	ポルトランドセメント
產地或は製造所		東京 A	東京 A	神奈川縣 A	神奈川縣 A	神奈川縣 A	神奈川縣 A
試驗受入年月日		大正 15. 4. 20.	大正 15. 4. 27.	大正 15. 8. 16.	大正 15. 8. 16.	大正 15. 8. 16.	大正 15. 11. 24.
試驗年月		大正 15. 6.	大正 15. 6.	大正15. 10	大正15. 10.	大正15. 10.	大正15. 11.
比重		3.15	—	—	—	—	3.14
粉末の程度	900 孔 %	0	0	—	—	—	—
	200 番 %	5.55	4.82	—	—	—	0.79
	200～250 %	—	—	2.04	—	—	2.13
	250～300 %	—	—	4.08	—	—	4.80
	300 %	—	—	96.95	—	—	92.28
凝結時間	水量 %	25.75	27.0	—	—	—	—
	始結 %	2時12分	2時43分	—	—	—	—
	終結 %	5時 3分	6時19分	—	—	—	—
膨脹性龜裂（煮沸法）		完全	完全	—	—	—	—
抗張力純セメント 1週 kg/cm²		74.2	61.1	75.8 (14.0)	83.5 (14.0)	89.0 (14.0)	91.4 (15.0)
抗張力 1:3 モルタル 3日 kg/cm²		—	—	31.7 (6.4)	30.2 (6.4)	33.3 (6.4)	32.9 (6.4)
抗張力 1:3 モルタル 7週 kg/cm²		74.2	31.2	39.6 (6.4)	40.6 (6.4)	39.8 (6.4)	42.6 (6.4)
抗張力 1:3 モルタル 4週 kg/cm²		39.1	33.6	41.6 (6.4)	40.3 (6.4)	40.6 (6.4)	42.0 (6.4)
耐壓力 1:3 モルタル 3日 kg/cm²		—	—	—	—	—	—
耐壓力 1:3 モルタル 1週 kg/cm²		—	—	—	—	197 (6.5)	95 (6.6)
耐壓力 1:3 モルタル 4週 kg/cm²		358	294	—	—	397 (6.5)	349 (6.6)
灼熱減量 %		0.95	1.49	—	—	—	—
苦土 %		1.04	1.54	—	—	—	—
硫酸 %		1.28	1.63	—	—	—	—
用途		—	—	—	—	—	—

備考　強度試驗結果中括孤內の數字は水量 (%) を示す。

メ　ン　ト　類

433	434	491	584	381	415	589	659	
ポートランドセメント 大阪府 B	ポートランドセメント 同　B	ポートランドセメント 同　B	ポートランドセメント 福島縣 C	シーマンホンデュ 佛　D	シユーパーセメント 瑞典　E	ネオソリデチツト 東京 F	ポートランドセメント A	
昭 2. 2. 18.	昭 2. 2. 18.	昭 2. 8. 4.	昭 4. 3. 15.	大正 15. 4. 16.	大正 15. 7. 29.	昭 4. 4. 13.		
昭 2. .5	昭 2. 5.	昭 2. 9.	昭 4. 3.	大正15. 10.	大正15. 10.	昭 4. 5.	昭 4. 12.	昭 4. 12.
—	—	—	—	—	—	3.04	—	—
—	—	—	—	—	—	0.595	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	3.95	2.68	—	—	—
—	—	—	—	5.63	3.83	—	—	—
—	—	—	—	82.59	90.87	—	—	—
—	—	—	—	—	—	30.0	〃	—
—	—	—	—	—	—	2時 55 分	—	—
—	—	—	—	—	—	5時 38 分	—	—
—	—	—	完　全	—	—	完　全	—	—
—	—	—	—	90.0 (16.0)	61.8 (15.0)	—	—	—
26.9	32.1	35.3	14.6	38.7 (7.0)	32.9 (6.5)	32.1	15.7 $\left(\frac{w:c}{0.6}\right)$	15.3 $\left(\frac{w:c}{0.6}\right)$
32.0	33.9	32.2	25.4	38.5 (7.0)	40.0 (6.5)	30.0	24.1	24.9
36.0	34.9	34.2	—	35.5 (7.0)	40.3 (6.5)	44.1	24.7	26.9
251	315	379	97	—	—	—	165	98
327	354	485	219	275 (7.2)	205 (6.7)	545	236	226
449	492	490	240	435 (7.2)	388 (6.7)	648	294	309
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	〃	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	橋梁用	—	—	—	—	建　築　用
							濃度 3.23 % の $CaCl_2$ 液と 0.6 : 1 の割合に混合し Na_2SiO_3 溶液と中に浸漬したるもの	

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。瀝青質材料並瀝青質混合物に關する研究第一報	大正十四年三月發行
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。「ソリデイテイット」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。合種アスファルト・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	瀝青乳劑及ビチユ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

（注　意）裏面ニ續ク

第十七號 {路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て(第三)} 昭和五年五月發行

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} 同 十月發行

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

昭和五年十月十日　印刷
昭和五年十月十五日　發行

内務省土木試験所
東京市本郷區駒込上富士前町二十六番地
電話小石川(85)五五〇〇番

東京市本所區厩橋一丁目二十七番地ノ二
印刷者　井上源之丞

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