No. 66 ~ 70

土木試驗所報告

第六十六號

木材割裂試驗片の形狀とこれが試驗成績に及ぼす影響に就いて……內務技師 青木楠男…(1)
內務技手 鈴木倫虎

コンクリート洗ひ分析現場試驗標準方法案の作製に就いて……內務技師 一木保夫…(25)

路面の色光反射に關する試驗並に燈火管制への寄與……內務技師 島田八郎…(35)

堰堤の溢流係數に關する模型實驗……囑託 山本弘之…(75)

鐵筋コンクリート片持版の載荷試驗並に之に基く設計示方……內務技師 齋藤義治
內務技師 一木保夫…(93)
內務技手 池田克己

堰堤の溢流係數に關する模型實驗(追報)……內務技師 佐藤清一…(113)
囑託 山本弘之

5105
4860

昭和十七年十一月

內務省土木試驗所

木材割裂試驗片の形狀とこれが試驗成績に及ぼす影響に就いて

内務技師　青木楠男
内務技手　鈴木倫虎

目次

I 緒言
[1] 木材の割裂性……(1)
[2] 木質と割裂性……(2)
II 割裂試驗方法
[3] 試驗方法の種類……(2)
[4] 試驗片の形狀……(3)
[5] 割裂强度……(3)
III 割裂試驗片の形狀に關する考察
[6] 試驗片の龜裂狀況……(5)
[7] B.S.S. 割裂試驗片に關する Coker の實驗……(5)
[8] B.S.S. 割裂試驗片と材料研究會試驗片との比較……(6)
IV 著者の實驗
[9] 比較試驗片の形狀……(7)
[10] No. 1 試驗片實驗成績……(7)
[11] No. 2 試驗片實驗成績……(11)
[12] No. 3 試驗片實驗成績……(13)
[13] No. 5 試驗片實驗成績……(17)
[14] No. 4 試驗片實驗成績……(18)
V 總括
[15] 割裂點の傾倚……(21)
[16] 試驗片の形狀と割裂强度……(22)
[17] 木理傾倚並に割裂强度より見たる試驗片の比較……(23)
[18] 割裂面の相違による割裂强度の變化……(23)
[19] 材料の比重と割裂强度……(23)
[20] 割裂試驗載荷方法……(23)

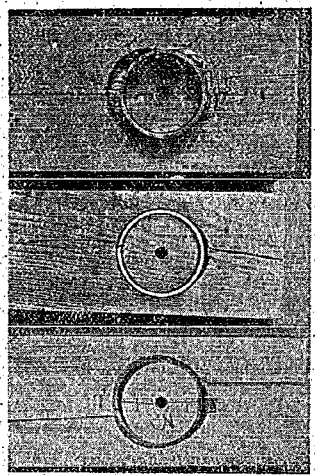
I 緒言

[1] 木材の割裂性

多くの木材が其纖維の方向に裂け易い性質を有することは周知の事柄であつて，屋根葺に使用される柿板，折

箱物に使用される剥板，桶，樽類の材料たる寸甫，樽丸，桶丸等總べて木材の割裂性を利用したものであるが，この割裂性の大なることは構造用材として木材を利用する場合には，木材の剪斷强度の低い事と共に，木材の最大弱點として各種の困難の原因をなすものである．

圖—1　輪形デュベル使用接手の端部に生じた龜裂



釘打ちにあたつての割裂は，輪形デュベル使用の場合接手端部に生じ易い龜裂等總べて木材割裂性の大なることに基因してをる．

［2］ 木質と割裂性

材種に依つて割裂性に大小のあることは當然であり，同種にありても割裂の方向，含水量の多寡，温度の高低等に依つて其大さを異にする．今日まで木材の割裂性について調べられてをることを要約すると次の様になる．

（a） 木材纖維に平行方向の割裂性は年輪に切線方向のものと半徑方向のものとに區別されるが髓線を多數に有する材種では切線方向の割裂性が半徑方向のものより低い．

（b） 割裂性の大小は主として木材纖維に直角方向の引張强度に左右される．しかもこの場合の應力は纖維に於ける局部應力である．

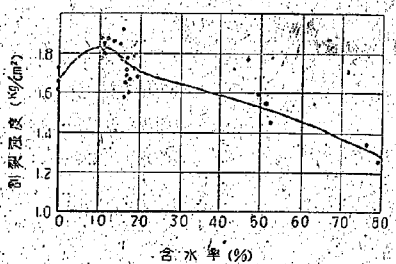
（c） 一般に剛性の大なる，硬質の材種ほど割裂性は低い．

（d） 節其他木材纖維の不均等は割裂性を著しく低下せしめる．

（e） 温度高きほど割裂性は大となる．

（f） 一般に割裂性はある一定の含水率の時に最大値を示す．Stoy 氏の實驗では含水率約 10% の時最大値を現してをる．

圖—2　木材含水率と割裂强度との關係



II　割裂試驗方法

［3］ 試驗方法の種類．

木材の割裂性の試驗方法として行はれて來たものに2種類ある．一つは角柱狀の試片の木口面へ楔を押し込み割裂時の荷重の大さと楔の侵入深とを求めこれをもつて割裂性の大小を判斷したもの，一つは 圖-3 に示す如き形狀の試片を用ひ，これが切込み部を引き擴げて割裂時の荷重の大さを比較するものである．今日では後者の方法を用ゆる場合多く

P：割裂時の荷重 (kg)

a：割裂面の幅員 (cm)

A：割裂面の面積 (cm²)

とするとき

$$\text{割裂强度}\quad F=\frac{P}{a}\ (\text{kg/cm})$$

$$\text{又は}\quad =\frac{P}{A}\ (\text{kg/cm}^2)$$

にて示してをる．

[4] 試驗片の形狀

前揭切込み部の引き擴げによる割裂試驗片の形狀には大體獨乙系のものと英米系のものとがある．圖-3 (a) は Nördlinger による獨乙型のもの，(b) は英國標準規格 (B.S.S.) 及米國材料試驗協會 (A.S.T.M.) の採用せるもので，(c) は本邦材料研究會が，昭和14年3月に決めた形で大體英米系に類似してをる．

[5] 割裂强度

以上各國とも割裂試驗方法に一定の規準を決定してはをるが，これが試驗結果の發表されたものは比較的少く殊に本邦産木材に關するものは極めて稀である．[1] に說きだるが如く木材接手强度上から見て極めて重大視せらるべき割裂强度が未だ充分に討究されてをらぬ事を遺憾とするものである．表-1 乃至 表-5 は割裂强度の二三の例である．

圖-3 割裂試驗片の形狀

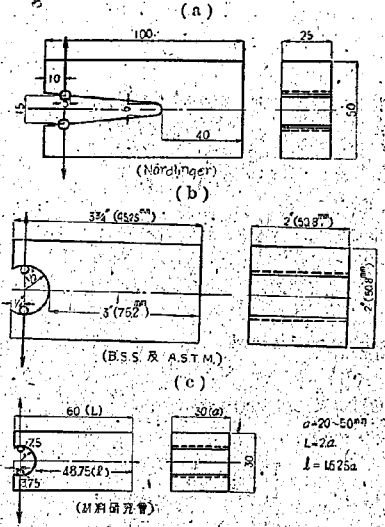


表-1 Stoy 氏による割裂强度試驗成績 (Kollmann に依る)

材種	單位重量 g/cm³	含水率 %	割裂强度 kg/cm²	割裂面	材種	單位重量 g/cm³	含水率 %	割裂强度 kg/cm²	割裂面
Fichte A		0	1.66		Fichte C		14.4	1.87	
		11	1.82		Fichte D		15	2.45	
		11.5	1.85				15	2.31	
		15	1.77		Oregon pine	0.665	13	2.21	柾目
		17	1.72				13	2.77	板目
		51	1.53		Eiche	0.705	17	4.27	柾目
		78	1.30				17	6.44	板目
Fichte B	0.385	12	2.00	柾目					
	0.417	12.8	2.58	板目					

表-2 U.S. For. (1913) に於ける割裂强度試驗成績 *

材種	單位重量 g/cm³	含水率 %	割裂强度 (kg/cm) 柾目	割裂强度 (kg/cm) 板目	材種	單位重量 g/cm³	含水率 %	割裂强度 (kg/cm) 柾目	割裂强度 (kg/cm) 板目
Abies concolor	0.437	156	25.9	33.4	Acer saccharum	0.643	57	67.2	91.6
Abies lasiocarpa	0.321	47	23.2	23.8	Betula lutea	0.661	72	52.5	51.3
Larix laricina	0.558	52	29.8	28.4	Celtis occidentalis	0.576	50	52.4	77.9
Picea engelmanni	0.359	45	19.7	24.1	Fagus atropunidea	0.669	61	60.6	94.1
Pinus contorta	0.415	44	25.4	25.0	Fraxinus americana	0.640	38	59.5	61.8
Pinus lambertiana	0.386	123	30.0	33.8	Gleditsia triacanthos	0.759	53	98.6	109.0
Pseudotsuga taxifolia	0.458	32	24.8	22.7	Nyssa aquafica	0.545	121	49.5	67.9
Taxodium distichum	0.513	79	29.8	27.5	Platanus occidentalis	0.526	81	47.3	75.9
Thuja occidentalis	0.315	55	26.4	24.8	Quercus alba	0.704	58	63.2	81.6
Tsuga canadensis	0.394	129	30.0	27.0	Ulmus pubescens	0.639	57	71.6	75.7

* 關谷文彥著，木材强弱論に據る．

表-3　スマトラ産材割裂強度試驗成績 *

材種		比重 (×100)	含水率 %	割裂強度 kg/cm²	材種		比重 (×100)	含水率 %	割裂強度 kg/cm²
プナ	最大	78.0	33.8	5.00	メランチ・メラ	最大	64.6	33.8	7.26
	最小	76.4	32.9	4.09		最小	58.0	27.2	4.39
	平均	77.0	30.4	4.52		平均	60.6	30.3	6.15
スンテイ	最大	59.6	25.9	7.59	メランテ・プテ	最大	46.7	26.4	4.81
	最小	53.3	16.3	4.11		最小	44.6	22.1	4.38
	平均	57.9	23.2	6.17		平均	45.3	24.7	4.65
メランチ	最大	75.5	28.9	6.80					
	最小	65.5	23.9	4.90					
	平均	73.0	26.8	5.99					

* 材料試驗所彙報第37號，森三郎氏による．最小割裂面積 (5.0×7.5=37.5 cm²)

表-4　滿洲産闊葉樹割裂強度 *

材種		含水率平均 (%)	比重平均	割裂強度(kg/cm) 最大	最小	平均	材種		含水率平均 (%)	比重平均	割裂強度(kg/cm) 最大	最小	平均
オノエレカンバ	(鴨)	10.4	0.946	142	100	121	カウライ	(吉)	9.6	0.738	112	41	76
							ミズナラ	(海)	10.0	0.668	107	49	73
オニグルミ	(吉)	9.6	0.763	174	58	116							
	(海)	8.0	0.707	97	72	85	テリハニレ	(吉)	9.8	0.616	84	48	60
	(鴨)	8.9	0.702	130	32	68		(海)	10.3	0.545	94	40	64
								(鴨)	8.4	0.601	84	64	74
コオノエレ	(海)	8.4	0.717	121	81	98							
							オボミノニレ	(吉)	10.2	0.562	61	42	50
イタヤカエデ	(吉)	11.4	0.722	104	85	94		(鴨)	7.6	0.635	75	42	45
	(海)	9.0	0.718	141	60	97							
							オヒョウニレ	(吉)	8.8	0.534	82	39	64
テツセン	(吉)	9.1	0.735	131	20	75		(海)	8.3	0.576	83	40	67
ミネバリ	(海)	8.2	0.733	128	54	101		(鴨)	8.0	0.504	46	24	37
ヤチダモ	(吉)	9.2	0.688	98	56	79							
	(海)	9.8	0.655	89	24	66	マンシウグルミ	(吉)	8.9	0.466	71	23	46
								(海)	9.6	0.492	76	30	51
モンゴリナラ	(吉)	9.9	0.744	120	54	79		(鴨)	8.8	0.540	39	21	33
	(海)	8.8	0.666	99	80	92							
	(鴨)	9.9	0.742	89	44	66	ハルニレ	(吉)	8.8	0.536	97	33	61
								(海)	10.1	0.483	74	55	63
マンシウカヘデ	(吉)	9.2	0.629	161	39	98		(鴨)	7.9	0.603	59	34	45
	(鴨)	7.9	0.634	37	24	30	キハダ	(吉)	8.2	0.456	69	28	48

備考　滿鐵鐵道研究所試驗報告第191號(昭和15年6月)「滿洲産闊葉樹の強度試驗報告」に依る．
試驗片 $L=95$, $l=76$, $a=50$, $\gamma=12.5$ mm，割裂面板目，(吉)吉林産，(海)海林産，(鴨)鴨緑江産

表-5　滿洲産針葉樹割裂強度 *

材種		産地	含水率 %	氣乾比重	割裂強度 (kg/cm)	材種		産地	含水率 %	氣乾比重	割裂強度 (kg/cm)
テウセンマツ		奉天	12.4	0.459	34.9	テウセンハリモミ		奉天	13.2	0.477	22.9
		冷山	11.0	0.410	25.5	エゾマツ		奉天	11.2	0.441	29.9
		三性	11.3	0.403	24.0			樺太	11.7	0.430	34.3
		滿洲	11.9	0.439	30.8	タウシラベ		奉天	10.7	0.394	25.7
		鴨緑江	11.4	0.384	32.4	ダフリカカラマツ		甲列克得	13.0	0.586	40.3
テウセンモミ		奉天	10.7	0.394	30.5	テウセンカラマツ		鴨緑江	11.9	0.537	41.0
		冷山	11.4	0.369	23.6	樟子松		黒河	12.2	0.444	29.9
		滿洲	10.9	0.388	28.8	米松		ワシントン	11.7	0.515	33.8
		鴨緑江	12.0	0.393	34.8						

備考　滿鐵鐵道技術研究所發行，布施忠司著「土木工事用滿洲産木材に就いて」(昭和15年5月)に依る．
試驗片 $L=93$, $l=75$, $a=50$, $\gamma=12.5$ mm

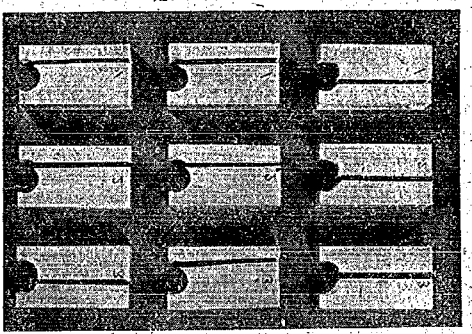
III. 割裂試驗片の形狀に關する考察

[6] 試驗片の龜裂狀況

獨乙系の試片形に於ても英米系のものに於ても試驗片の割裂は切込みの尖端に發生することを期待したものであることは勿論であり，獨乙系試片はこの點に於て何等の困難を起さゞるものと考へるが，英米系の試片に於ては其龜裂が切込みの尖端に發生せず側部に起る機會の頗る多きことをこれが缺點としてをる．

圖-4 は著者が材料研究會の試驗片を用ひ樅材につき柾目，板目，追柾の3種について行つた試驗片の龜裂狀況である．

圖-4 樅材割裂試驗片の龜裂狀況



(A) 割裂面 板目　(B) 追柾　(C) 柾目

今切込の中央と割裂點とが切込圓の中心に含む角を割裂偏倚角 α とするとき，これが平均値は柾目試片にて $\alpha=16°\,30'$，追柾試片にて $\alpha=31°\,50'$，板目試片にて $\alpha=43°\,0'$ に達してをる．

然らばこの割裂の偏倚が如何なる原因によつて生ずるか，この問題については B.S.S. の試驗片形狀に就いて行つた E. G. Coker の實驗報告がある．

[7] B.S.S. 割裂試驗片に關する Coker の實驗*

E. G. Coker 教授が 圖-5 に示した割裂試驗片に就いて 光彈性實驗によつて求め得た結果を要約すると次の如くである．

圖-5 B.S.S. 割裂試驗片切込部の應力分布圖

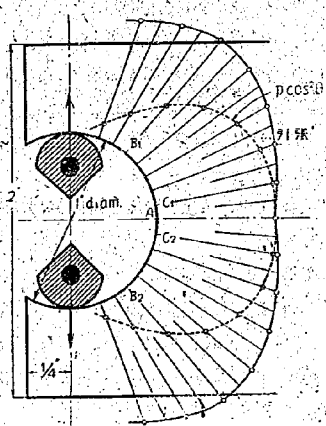
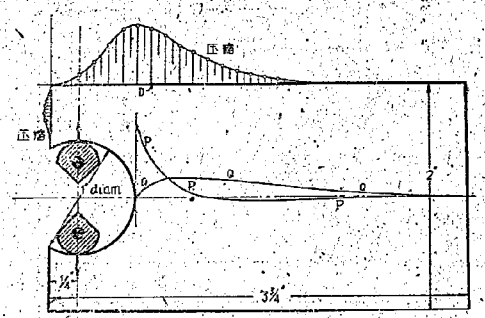


圖-6 B.S.S. 割裂試驗片中心線上應力分布圖



(1) 切込部圓周に沿ひての纖維應力 p は偏倚角 $\alpha=50°$ の B_1 及び B_2 にて最大である．(圖-5)

* Proceeding of the Royal Society, Series A, Vol. 128, August 5, 1930

圖-7　長さを短縮せる割裂試驗片に於ける應力分布圖

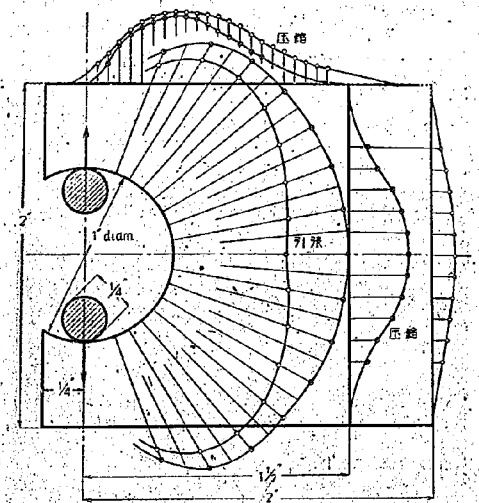
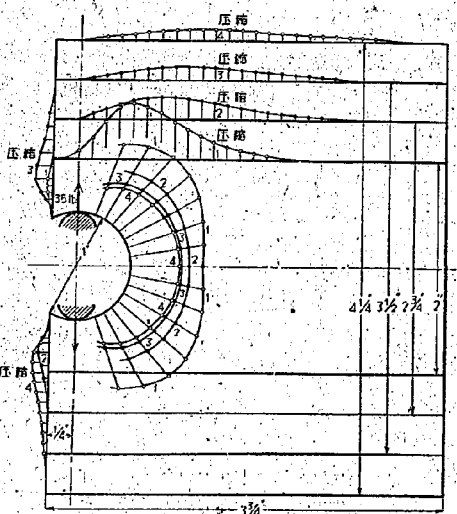


圖-8　高さを增大せる割裂試驗片に於ける應力分布圖



して見たいと思ふ.

先づ切込部半徑 r と試片の高さ a との關係を見るに,

（2）纖維應力の木纖維に直角方向の應力（$P\cos^2\alpha$）は $\alpha=10°$ の C_1 又は C_2 にて最大である.（圖-5）

（3）割裂試驗片の龜裂が試片中心線上に起らざる理由は（1）（2）の結果によつて充分證明せられる.

（4）試驗片中心線上のこれに直角方向の應力は，切込纖維にて最大の引張を示しこれより急激に減少し，やがて輕微なる壓縮を示すに至り試片の右端部は切込部に龜裂の發生するまで殆ど遊びの狀態に置かれてをる.（圖-6）

（5）試片の右端を 1½ 吋まで切落しても切込部圓周，並に試片上下緣邊の應力分布には原形の場合と著しい變化は認められない.（圖-7）

（6）試片右端を 2 吋切落した場合切込部圓周纖維應力は試片中心線上にて最大となりこの形狀のもの割裂試驗に於ては龜裂が中心線に生ずる可能性の大なることが推定される.（圖-7）

（7）B.S.S. 試驗片の高 2 吋を漸次增大することによつても長 3¾ 吋を漸次減少して行つた場合と類似の傾向が認められ，高 3½ 吋に達すると切込部圓周にて最大纖維應力が中心線に發生する．但しこの場合中心部より應力の減少度は極めて微々たるものである.（圖-8）

（8）切込部圓弧の半徑を短縮することが又前揭の諸項の場合と同樣の效果を生ずべきも半徑の短縮は割裂試驗裝置の取付上に種々な困難を齎らす憾れがある.

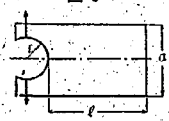
［8］B.S.S. 割裂試驗片と材料研究會試驗片との比較

兩試驗片とも同一系統のものに屬してをるが，これらを（7）に示した Coker 敎授の實驗結果に鑑み，其試片の長さ，高さ並に切込部圓弧半徑の相互關係から見て切込部圓周の最大纖維應力の偏倚を生ずべき傾向の大小如何を比較

	B.S.S.	材料研究會
r	½″	7.5 mm
a	2″	30 mm
$\frac{a}{r}$	¼	¼

にて兩者全く同一の條件にある.

圖-9



次に試験片長 l と試片高 a との關係を見るに

	B.S.S.(A.S.T.M)	材料研究會
l	3″	48.75 mm
a	2″	30 mm
$\frac{l}{a}$	1.5	1.625

にて材料研究會のものが B.S.S. のものに比して更に長さ大に過ぐるの感がある.

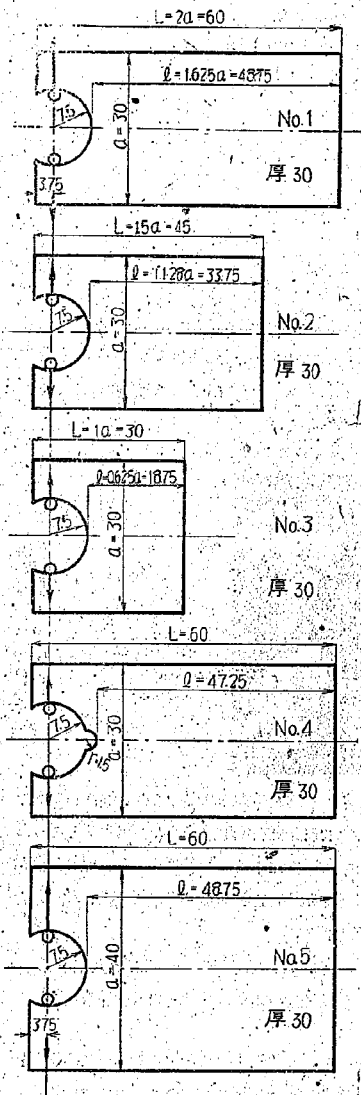
IV　著者の實驗

[9] 比較試驗片の形狀

著者が木材接手試驗に引き續き行ひたる割裂強度試驗に於て材料研究會の標準試驗片を用ひ, これが割裂發生が試片の中心線上に起らざる事實に鑑み, これが形狀の變更を試みんがため Coker 教授の實驗結果等を參考とし比較試驗片として選定した形狀は圖-10 の 5 種であつた.

以下はこれらの試驗片に就いて行つた實驗成績の比較である.

圖-10　割裂試驗比較試驗片の形狀



No. 1 材料研究會標準試驗片

No. 2 No.1 の $L=2a$ を $L=1.5a$ に改めたるもの

No. 3 $L=1.a$ と改めたるもの

No. 4 No. 1 の切込部に更に $r=1.5$ mm の複切込を附したるもの

No. 5 No.1 の $a=30$ mm を $a=40$ mm に改めたるもの

[10] No. 1 試驗片實驗成績

(a.) 光彈性實驗　先づ No. 1 試驗片について光彈性實驗により絲雜應力及主應力線の測定を行つた. 試片にはフェノライト板を用ひ大さは割裂試驗片の寸大, 厚さは 5 mm とした.

圖-11 は實測の等傾曲線, 圖-12 はこれを基とした主應力線である. これによると切込圓部に近く 3 箇の特異

點の存在することがわかり，切込部兩側の突出部に曲げ作用が大きく働いてをることが推定され，これが寫切込圓周の中心線をはなれて引張繊維應力が大きく發生し，試片の內側部には壓縮繊維應力の發生が推定される．

圖-11　No. 1 試片等傾曲線

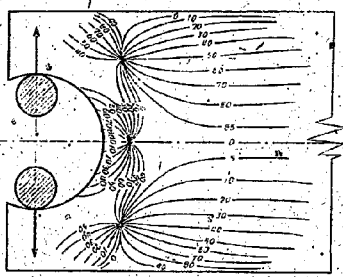


圖-12. No. 1 試片主應力線

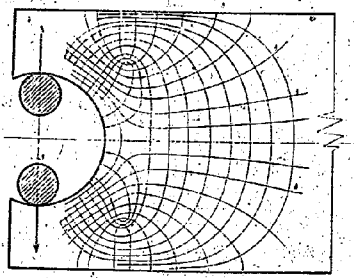
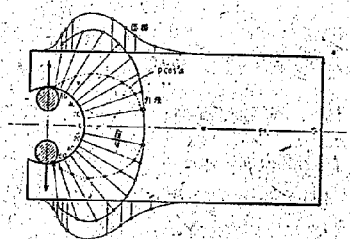


圖-13 の等明曲線に於て上述の關係は明瞭に認められ，これ等を基とした圖-14の繊維應力分布圖に於て切込圓周にて中心線より偏倚角 $\alpha \fallingdotseq 55°$ 附近に最大繊維應力が起り，これが木材繊維に直角方向の分力又 $\alpha = 10°$ にて最大となることがわかる．

圖-13　No. 1 試片等明曲線

圖-14　No. 1 試片繊維應力分布圖



（b）實物試驗　No. 1 割裂試驗片を用ひての實物試驗には材種として，檜，椹，杉，松，朴，桂，檜，米松等を使用した．何れも材料研究會標準試驗法の指示するところに從ひ割裂面の柾目，追柾，板目のものにつき各3個の試片を採つた．表-6 はこれらの割裂強度，並に割裂偏倚角 α を示したものである．偏倚角 α は試片の表裏によつて著しい相違を示すことがある．追柾にてはこの傾向が殊に顯著であつた．表-6 に示す値は主にこれら兩面の平均偏倚角である．

表-6 に示された成績に基いて先づ實物試驗に示された龜裂發生箇所の偏倚角と，光彈性實驗にて求められた切込圓周の最大繊維應力發生點の偏倚角 55° 及試驗片木質繊維に直角方向分力の最大點の偏倚角 10° との比較を試みた．

割裂試驗片の龜裂は木質繊維に沿つて發生するが故に，試片を假りに均等質なりと假定した場合龜裂は繊維に直角方向の分力の最大點に發生すべきものかとも考へられるが，一面又この分力に比して遙かに大なる値を有する切込部圓周繊維應力を思ふとき龜裂の最初のきつかけはこれが最大應力點に生ずべきものとも考へられ判然としない．加ふるに木質は決して均等でなく各部が其質を異にしてをるが爲に龜裂の發生も應力分布の關係と木質の局部的弱點の位置とに支配せらるゝものと考へねばならぬ．

表-6 No. 1 試片割裂試験成績

材種	割裂面	試片番號	氣乾比重	年輪幅 (mm)	含水率 (%)	割裂強度 (kg/cm)	割裂角度 表	割裂角度 裏	割裂角度 平均
檜	柾目	1		1.4	10.6	21.0			9 0
		2		2.0	10.1	21.7			22 0
		3		1.3	11.2	21.7			22 30
		平均	0.400	1.5	10.6	21.5			17 50
	追柾	1		1.4	10.5	27.3			17 30
		2		1.2	10.0	24.7			10 30
		3		1.4	13.3	25.3			44 30
		平均	0.400	1.3	11.3	25.7			24 10
	板目	1		2.0	10.1	36.0			70 0
		2		2.0	10.6	39.3			48 0
		3		1.4	10.7	35.0			55 0
		平均	0.400	1.8	10.5	36.8			57 40
椹	柾目	1		3.0	11.5	24.0			27 30
		2		3.0	10.9	28.0			17 0
		3		3.0	10.9	28.3			5 0
		平均	0.403	3.0	11.1	26.8			16 30
	追柾	1		2.2	11.1	30.0			29 30
		2		2.2	10.4	28.3			25 30
		3		3.3	10.4	24.7			40 30
		平均	0.403	2.6	10.6	27.7			31 50
	板目	1		2.0	11.2	40.0			55 0
		2		2.0	11.1	44.0			50 30
		3		2.2	10.6	42.3			23 30
		平均	0.403	2.1	11.0	42.1			43 0
杉1	柾目	1				15.0	5° 0′	24° 0′	14 30
		2				17.0	32 0	13 0	22 30
		3				16.0	18 0	19 0	18 30
		平均				16.0			18 30
	追柾	1				17.0	32 0	12 0	22 0
		2				17.0	50 0	4 0	23 0
		3				20.0	64 0	13 0	38 30
		平均				18.0			27 50
	板目	1				24.0	33 0	39 0	61 0
		2				25.3	38 0	54 0	46 0
		3				28.7	56 0	32 0	44 0
		平均				26.0			50 20
杉2	柾目	1		2.0	14.6	16.3			29 0
		2		2.0	14.0	17.3			36 0
		3		2.0	14.1	17.3			27 30
		平均	0.350	2.0	14.2	17.0			30 50
	追柾	1		4.0	13.6	20.7			6 0
		2		2.8	14.3	20.3			25 0
		3		2.5	14.5	17.7			39 0
		平均	0.350	3.1	14.1	19.8			23 20
	板目	1		2.2	12.9	21.0			48 0
		2		2.2	13.6	20.7			62 0
		3		1.8	14.1	26.7			23 0
		平均	0.350	2.1	13.5	22.8			48 20

材種	割裂面	試片番號	氣乾比重	年輪幅 (mm)	含水率 (%)	割裂强度 (kg/cm)	割裂角度 表	割裂角度 裏	割裂角度 平均
松	柾目	1				26.0	36° 30′	18° 30′	27° 30′
		2				28.0	13 0	10 0	11 30
		3				29.0	21 0	23 0	22 0
		平均				27.7			20 20
	追柾	1				28.0	13 0	41 0	27 0
		2				31.0	34 0	5 0	14 30
		3				34.0	34 0	28 0	31 0
		平均				31.0			24 10
	板目	1				24.0	36 0	61 0	48 30
		2				34.7	79 0	29 0	54 0
		3				29.0	38 0	66 0	52 0
		平均				29.2			51 30
朴	柾目	1		2.5	11.1	38.0			65 30
		2		3.0	11.0	38.7			66 30
		3		2.5	11.5	36.7			70 30
		平均	0.477	2.7	11.2	37.8			67 20
	追柾	1		3.3	11.2	47.0			39 30
		2		2.3	11.0	45.3			67 30
		3		3.0	10.7	43.3			28 0
		平均	0.477	2.9	11.0	45.2			45 0
	板目	1		2.8	11.0	61.3			17 30
		2		2.7	11.0	62.7			56 0
		3		2.2	10.6	61.0			57 0
		平均	0.477	2.6	10.9	61.7			43 30
欅	板目	1				93.7	14 0	0 0	7 0
		2				90.7	50 0	47 0	48 30
		3				83.7	46 0	58 0	52 0
		平均				89.4			35 50
桂	柾目	1				37.0	76 0	48 0	62 0
		2				34.0	60 0	70 0	65 0
		3				41.0	75 0	73 0	74 0
		平均				37.3			67 0
	追柾	1				47.0	2 0	76 0	39 0
		2				45.0	5 0	75 0	40 0
		3				49.0	78 0	5 0	41 30
		平均				47.0			40 10
米松	柾目	1		1.1	12.1	16.7			32 0
		2		1.4	12.1	16.7			40 0
		3		1.4	11.8	20.7			17 0
		平均	0.444	1.3	12.0	18.0			29 40
	追柾	1		1.7	11.7	20.3			15 0
		2		1.7	11.7	21.3			18 0
		3		1.5	11.1	22.0			34 0
		平均	0.444	1.6	11.5	21.2			22 20
	板目	1		1.3	12.1	27.3			54 0
		2		1.4	11.6	23.3			52 0
		3		1.4	11.6	25.0			25 0
		平均	0.444	1.4	11.8	25.2			43 40

實際表-6に示した偏倚角を見ても特定の角度に於て特に龜裂を發したとは考へられない. 圖-15は偏倚角の大さにより割裂試片數を分類したもので 15°～24° の間のものが最も多いがこれに對しての確定的な說明は出來ない.

次は材種と割裂面の相違とによる偏倚角の變化であるが圖-16に示した處によると軟材（松柏科）に於ては柾

目に於て大體偏倚角最小であり，追柾，板目と漸次增加するが，其大さの材種による變化は甚だ僅少にして一二の例外を除けば柾目にて 15°～25°，追柾にて 20°～35°，板目にて 40°～60° の間に存

圖-15　試片割裂箇所偏倚狀況

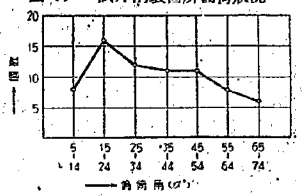


圖-16　No. 1 試片に於ける材種と割裂面の相違に依る偏倚角の變化

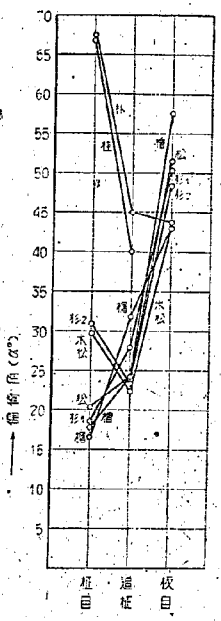
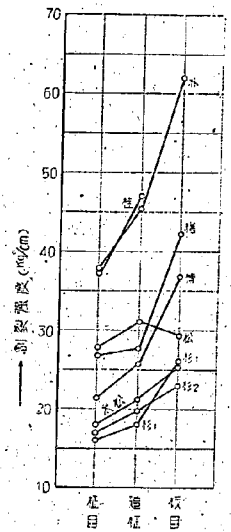


圖-17　No. 1 試片の割裂面の相違に依る割裂强度の變化

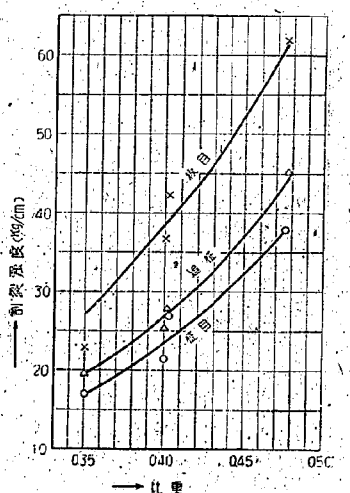


してをる．然るに朴，桂の如き硬材（闊葉樹）に於ては全く反對の傾向を示し柾目に於て偏倚角最大となる．闊葉樹に對する資料少きを以て一般的の傾向を結論し得ざるも軟材と著しく特性を異にすることは疑ひ得ざる處である．

次に割裂面の相違による割裂强度の變化を求むるに圖-17 に示せるが如く各材種とも板目の割裂强度最大にして柾目が最小，追柾のものは多く兩者の中間に位してをる．

割裂强度の大小を比較するに朴，桂類の闊葉樹が松柏科類に比して斷然强度大なることが窺れる．この關係を氣乾比重の大小に結びつける

圖-18　木材氣乾比重と割裂强度との關係

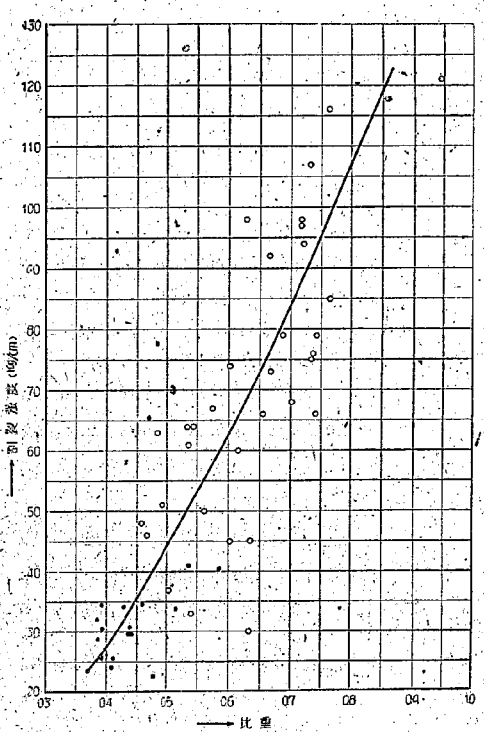


と圖-18 が得られる．割裂强度以外の機械的性質が比重に支配せらるること大なる例に漏れず割裂强度亦比重の大さに密接なる關係を有することが知られる．同樣の關係が表-4 及表-5 に示した滿洲產木材に對しても明かに認められる．圖-19 はこれを圖示したものである．

[11]　No. 2　試驗片實驗成績

（a）光彈性實驗　圖-20 乃至 圖-22 は光彈性實驗にて求められた No. 2 試驗片に對する等傾曲線，主應力曲線，及等明曲線である．これによつて No. 1 試片に於ける $L=60$ を No. 2 試片に於て $L=45$ に短縮したる影響を見るに No. 1 試片にて等傾曲線に現はれた 3 つの特異點は No. 2 試片に於ても同樣に認められたが其位置が試片の中心軸に接近してきた．從つて切込部圓周の緣

圖-19　湍洲産木材の氣乾比重と剪斷強度との關係



維應力最大點が中心軸に接近することを期待したのであるが等明曲線から求められた結果は其接近極めて僅少で最大應力點は中心軸より $\alpha=50°$ 附近にある．但し應力度の變化は甚だ少く，試片纖維に直角の方向の分力の最大は中心軸上に存することがわかる．圖-23はNo. 2 試片の纖維應力分布圖である．

圖-20　No. 2 試片等傾曲線

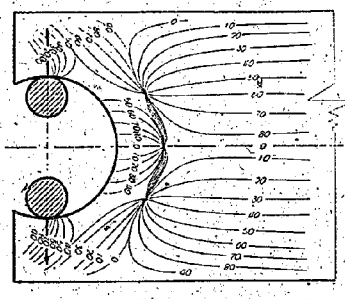


圖-21　No. 2 試片主應力線

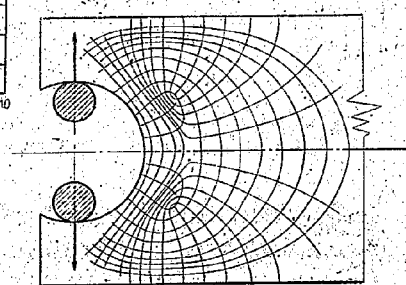


圖-22　No. 2 試片等明曲線

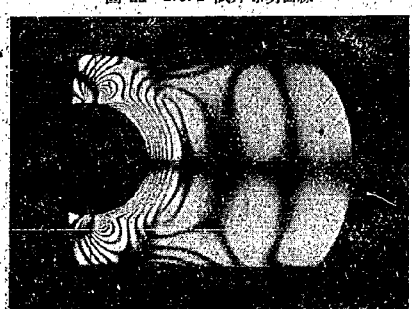
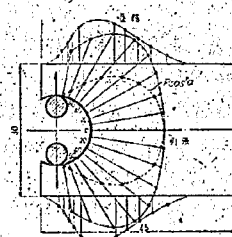


圖-23　No. 2　試片纖維應力分布圖



(b). 實物試驗　本試片についての實物試驗は杉，松，米松，朴の4種材について割裂面板目の場合についてのみ行つた．實驗の結果は光彈性實驗の結果より豫想せらるゝが如く長さ短縮の偏倚角遞減に對する效果はあまり認められなかつた．表-7 は其試驗成績を示す．

表-7 の成績並に 圖-24 に示す割裂狀況よりこれを No.1 試片に於ける結果と對照するに，同種材，同一割裂面のものについては割裂偏倚角，割裂强度並に一二の例外を除けば其平均値は低下してをる．偏倚角の幾分の減少は光彈性實驗の結果からも想定せらるゝことであり，割裂强度の低下は試片の長の短縮が大いに影響してをるものと信ずる．

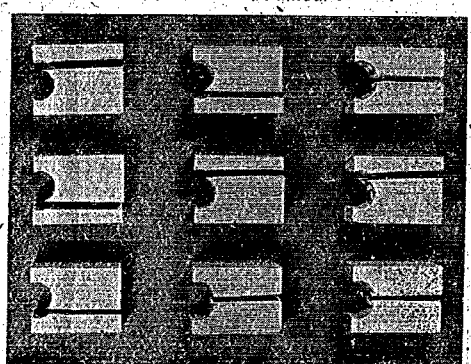
表-7　No.2 試片割裂試驗成績

材種	割裂面	試片番號	荷重 (kg)	割裂强度 (kg/cm)	割裂偏倚角 表	割裂偏倚角 裏	割裂偏倚角 平均
杉	板目	1	70	23.3	23°	10°	16° 30′
		2	70	23.3	72	71	71 30
		3	62	20.6	42	66	54 0
		平均		22.4			47 20
松	板目	1	114	38.0	8	13	10 30
		2	94	31.3	59	54	56 30
		3	116	38.6	15	0	7 30
		平均		36.0			24 50
朴	板目	1	116	38.6	27	27	27 0
		2	108	36.0	41	39	40 0
		3	117	39.0	74	52	63 0
		平均		37.9			43 20
米松	板目	1	60	20.0	51	67	59 0
		2	84	28.0	72	74	73 0
		3	77	35.6	16	0	8 0
		平均		24.5			46 40

[12]　No. 3 試驗片實驗成績

(a)　光彈性實驗　圖-25及圖-26に示す等傾曲線並にこれによる主應力線によれば No.1 及 No.2 試片に現はれた3つの特異點は試片中立軸に集合し切込部圓周の中立軸上以外の點に最大纖維應力を生ずべき原因が除かれたるが如く見受けられる．

圖-24　No. 2 試片割裂狀況



朴　　米松　　松

圖-27 及圖-28 に示す等明曲線並にこれによる纖維應力分布圖に明かなるが如く，割裂が中心線外に生ずべき原因たる最大應力の偏倚は除かれ，切込部の纖維應力及びこれが木質纖維に直角方向の分力共に最大値を試片の中心軸に持つことがわかる．

(b)　實物試驗　本試片での實物試驗には No.1 試片について用ひたと同樣の材種及び割裂面を使用した．試驗成績は表-8 の如くである．

圖-25 No. 3 試片等傾曲線

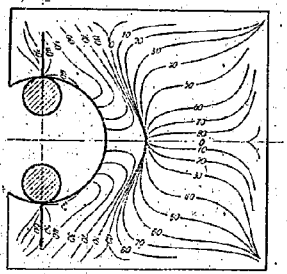


圖-26 No. 3 試片主應力線

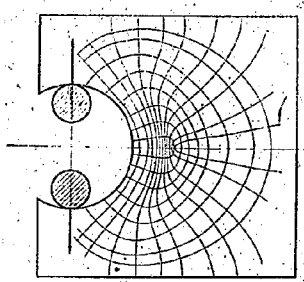


圖-27 No. 3 試片等明曲線

圖-28 No. 3 試片纖維應力分布圖

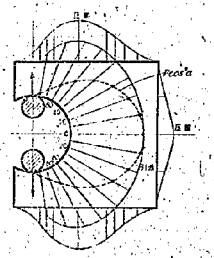


表-8 No. 3 試片割裂試驗成績

材種	割裂面	試片番號	氣乾比重	年輪幅 (mm)	含水率 (%)	割裂强度 (kg/cm)	割裂角度 表	割裂角度 裏	割裂角度 平均
檜	柾目	1		0.7	10.3	10.7			10° 30′
		2		0.7	11.5	12.3			22 0
		3		0.7	10.0	13.7			2 30
		平均	0.400	0.7	10.6	12.2			11 40
	追柾	1		2.0	10.0	20.3			42 30
		2		2.0	11.0	20.3			40 0
		3		2.0	8.6	12.7			31 30
		平均	0.400	2.0	9.9	17.8			38 0
	板目	1		0.8	10.3	21.7			11 0
		2		0.7	11.4	20.0			11 0
		3		0.8	13.9	23.7			11 0
		平均	0.400	0.8	11.9	21.8			11 0
椹	柾目	1		2.2	11.0	10.0			11 30
		2		2.4	12.5	10.0			22 0
		3		2.5	11.2	10.7			20 0
		平均	0.403	2.4	11.6	10.2			17 50
	追柾	1		2.0	10.8	12.3			42 0
		2		2.0	10.7	16.7			13 0
		3		2.0	10.8	12.0			50 0
		平均	0.403	2.0	10.8	13.7			35 0

材種	割裂面	試片番號	氣乾比重	年輪幅 (mm)	含水率 (%)	割裂強度 (kg/cm)	割裂角度 表	割裂角度 裏	割裂角度 平均
檜	板目	1		2.4	12.5	25.3			2° 30′
		2		2.5	11.2	26.0			29 0
		3		2.5	11.0	25.3			31 30
		平均	0.403	2.5	11.6	25.5			21 0
杉1	柾目	1		2.8	14.1	8.7			18 0
		2		3.0	14.1	9.3			27 0
		3		2.0	14.1	6.7			13 0
		平均	0.350	2.6	14.1	8.2			19 20
	追柾	1		3.3	12.3	12.7			27 0
		2		3.3	12.5	9.3			22 0
		3		3.5	12.5	12.3			27 0
		平均	0.350	3.4	12.4	11.4			25 20
	板目	1		3.3	13.9	22.0			19 30
		2		3.3	12.5	17.3			7 0
		3		3.3	12.5	17.3			30 0
		平均	0.350	3.3	13.0	18.9			18 50
杉2	板目	1				16.3	8° 0	13° 0	10 30
		2				19.0	0 0	7 0	3 30
		3				18.3	6 0	6 0	6 0
		平均				17.9			6 40
松	板目	1				28.0	6 0	5 0	5 30
		2				30.0	5 0	0 0	2 30
		3				28.6	0 0	3 0	1 30
		平均				28.9			3 10
朴1	柾目	1		3.0	11.2	20.3			2 30
		2		2.6	11.2	20.3			9 0
		3		2.6	11.2	21.7			22 0
		平均	0.477	2.7	11.2	20.8			11 10
	追柾	1		3.0	11.2	31.0			31 0
		2		3.0	11.2	33.3			32 0
		3		3.0	11.2	30.7			29 0
		平均	0.477	3.0	11.2	31.7			30 40
	板目	1		2.2	11.1	38.0			7 0
		2		2.4	11.1	35.7			8 0
		3		2.8	12.4	38.0			3 0
		平均	0.477	2.5	11.5	37.2			6 0
朴2	板目	1				31.0	5 0	13 0	9 0
		2				35.3	0 0	9 0	4 30
		3				32.6	0 0	0 0	0 0
		平均				33.0			4 30
米松1	柾目	1		2.0	11.2	13.0			29 0
		2		2.0	11.0	11.3			20 0
		3		3.0	10.1	9.7			25 0
		平均	0.444	2.3	10.8	11.3			24 40
	追柾	1		2.8	11.1	9.0			17 0
		2		2.0	10.1	10.3			15 0
		3		2.0	11.2	11.0			12 0
		平均	0.444	2.3	10.8	10.1			14 40
	板目	1		2.0	11.1	14.7			0 0
		2		2.0	11.1	16.0			11 0
		3		2.0	11.0	15.3			4 30
		平均	0.444	2.0	11.1	15.3			5 10

材種	割裂面	試片番號	氣乾比重	年輪幅 (mm)	含水率 (%)	割裂强度 (kg/cm)	割裂角度 表	裏	平均
米松	板目	1				19.6	7° 0′	10° 0′	8° 30′
		2				20.0	5 0	0 0	2 30
		3				15.0	10 0	0 0	5 0
		平均				18.2			5 20

圖-29　No. 3 試片の割裂箇所偏倚狀況

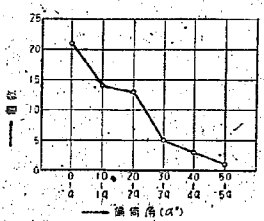


圖-30　No. 3 試片に於ける材種と割裂面の相違に依る偏倚角の變化

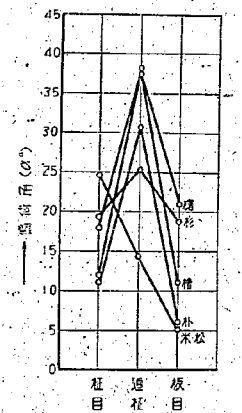


圖-31　No. 3 試片の割裂面相違に依る强度の變化

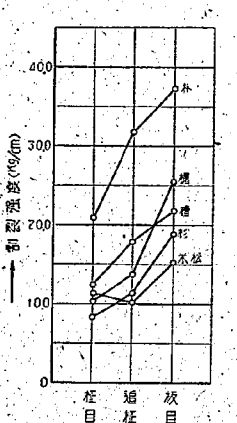


表-8 に示した試驗成績について先づNo. 3 試片に於ける割裂箇所の偏倚狀況を見るに 圖-29 に示す如く偏倚角が10° 未滿のもの最も多く，これを 圖-15 に示した No. 1 試片の場合に比すとき遙かに優良な結果が現られてをることがわかる．

次に割裂面の相違による偏倚度の變化を見るに 圖-30 に示す如くで殆ど各材種とも追柾に於て最大偏倚を示してをる．これを 圖-16 に示した No. 1 試片の場合に比べると甚しい傾向の相違が見受けられるが其原因としては

圖-32　No. 3 試片に於ける材種比重と割裂强度との關係

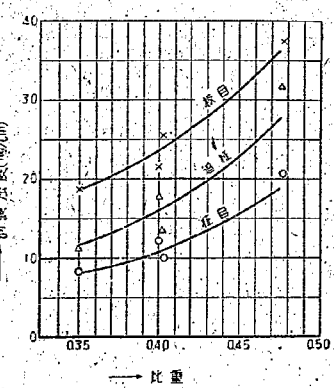
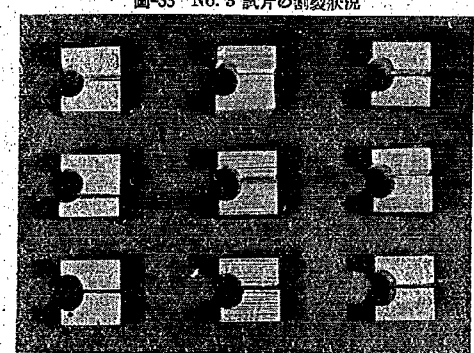


圖-33　No. 3 試片の割裂狀況



試片形狀の改變による纖維應力分布狀態の變化以外には考へられない.

割裂面の相違による割裂强度の變化は圖-31 に示す如くであつて其大さが柾目, 追柾, 板目の順序に增大してをることは圖-17 に示した No. 1 試片の場合と全く同樣である.

材種の比重の變化による割裂强度の增減は, 圖-32 の如くであつて No. 1 試片の場合と全く同一傾向を示してをる.

圖-33 は No. 3 試片中主なるもの丶割裂狀況である.

[13] No. 5 試驗片實驗成績

(a) 實物試驗　No. 5 試驗片は No. 1 試驗片の幅員 30 mm を 40 mm に擴大したものである. この方法によつて No. 3 試驗片に於ける試片長の短縮と同樣の效果の得らるべきことを豫期したものである. 試驗は主として實物について行ひ光彈性實驗を行ばなかつた. 表-9 は其實物試驗成績である. 使用材種は日本松, 日本杉, 米松, 桂の 4 種, 割裂面は板目, 追柾, 柾目の 3 種である.

表-9 No. 5 試片割裂試驗成績

材種	割裂面	試片番號	荷重 (kg)	割裂强度 (kg/cm)	割裂面傾倚角 表	裏	平均	
日本松	柾目	1	78	26.0	26°	28°	27°	
		2	78	26.0	2	30	16	
		3	69	23.0	6	24	15	
		平均		25.0			19	20
	追柾	1	99	33.0	72	42	57	
		2	92	30.7	68	10	39	
		3	106	35.3	76	44	60	
		平均		33.0			52	
	板目	1	138	46.0	70	60	55	
		2	124	41.3	66	50	58	
		3	102	34.0	44	52	48	
		平均		40.4			53	40
日本杉	柾目	1	66	22.0	10	30	20	
		2	54	19.7	2	24	13	
		3	55	18.3	12	0	6	
		平均		20.0			13	0
	追柾	1	58	19.3	16	10	13	
		2	54	18.0	30	28	29	
		3	56	18.7	14	16	15	
		平均		18.7			19	
	板目	1	81	27.0	46	74	60	
		2	90	30.0	44	68	56	
		3	72	24.0	58	68	63	
		平均		27.0			59	40
米松	柾目	1	70	23.3	30	44	37	
		2	62	20.7	34	36	35	
		3	68	22.7	26	20	23	
		平均		22.2			31	40
	追柾	1	50	16.7	20	20	20	
		2	54	18.0	2	14	8	
		3	60	20.0	18	22	20	
		平均		18.2			16	
	板目	1	88	29.3	0	34	17	
		2	114	38.0	40	68	54	
		3	106	35.3	66	48	57	
		平均		34.2			42	40

材種	割裂面	試片番號	荷重 (kg)	割裂強度 (kg/cm²)	割裂面偏倚角 表	割裂面偏倚角 裏	割裂面偏倚角 平均	
桂	柾目	1	130	43.3	72°	66°	69°	
		2	100	33.3	2	14	8	
		3	108	36.0	58	68	63	
		平均		37.5			46	40
	追柾	1	134	44.7	22	68	45	
		2	135	45.0	36	32	34	
		3	122	40.7	44	36	40	
		平均		43.5			39	40
	板目	1	208	69.3	72	74	73	
		2	180	60.0	66	28	47	
		3	195	65.0	54	66	60	
		平均		64.7			60	

圖-34　No. 5 試片割裂箇所の偏倚狀況

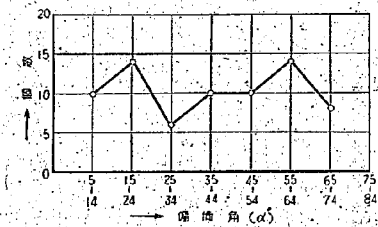
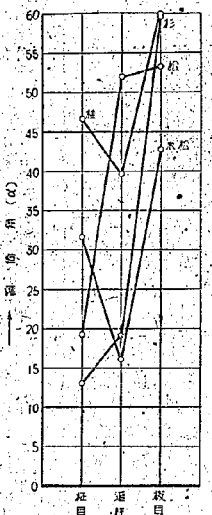


圖-35　No. 5 試片に於ける割裂面の相違に依る偏倚角の變化



No. 5 試片の試驗成績に就いて見るに先づ其偏倚角であるが試片の厚さを增加した事によつて試片 No. 3 の示せる程度の減少の見らるべき事を豫想したのであるが，結果はこれに反し圖-34 に示すが如き不成績に終つた．圖に明かなるが如く偏倚角 15°～24° のものと 55°～64° のもの幾分多數なるが大體に於て各大さのものが混交してをり試片 No. 1 の場合よりも不成績ではないかと考へられる．これは試片幅の增大による割裂强度の增加が主なる原因をなしてをると推察する．

偏倚角の割裂面の相違による變化は圖-35 に示す如くで，大體に於て板目が最大，柾目，追柾が材種によつて大小あること試片 No. 1 の場合に類似し，試片 No. 3 の場合とは大なる相違がある．

次に割裂面の相違による割裂强度の變化であるが，これは試片 No. 1 及 No. 3 の場合と同樣，大體に於て柾目最小，板目最大，追柾が其中間に位してをる．

[14]　**No. 4 試驗片實驗成績**

(a)　光彈性實驗　本試驗片は No. 1 試驗片の圓形切込部の中央に更に複切込を設け，この點に應力集中を起さしめ試驗片の割裂位置を中央に確保せんとしたものである．この複切込によつて應力分布の狀況が No. 1 試驗片に比較して如何樣に變化するかは圖-36 乃至 圖-39 の光彈性實驗結果から明かである．

先づ等傾曲線と主應力線とを見るに複切込附近に於て不明瞭な點を見るも其他に於ては No. 1 試驗片の場合と

圖-36　No. 4 試片等傾曲線

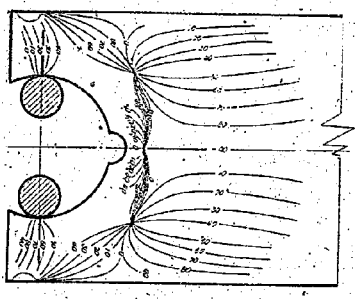


圖-37　No. 4 試片主應力線

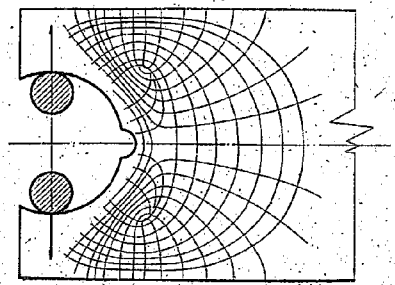


圖-38　No. 4 試片等明曲線

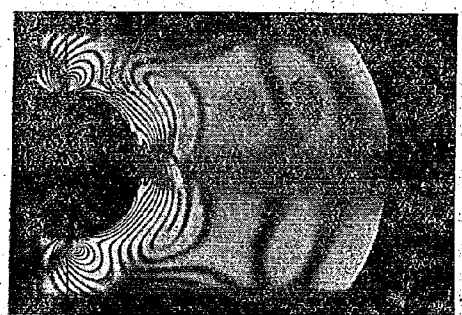
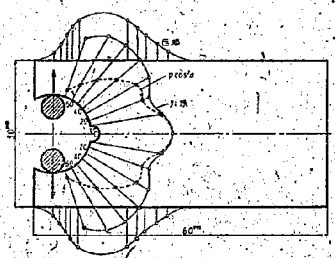


圖-39　No. 4 試片纖維應力分布圖



著しい變化は認められない．次に等明曲線を見るに複切込部に高度のフリンヂの發生が顯著であつて複切込を設けたる目的が充分達せられてをる．同圖によつて求めた纖維應力分布圖を見るに複切込部中央に於ける應力は主切込部の最大應力（發生點 $\alpha=50°$）に比較するとき幾分低きも，これらより木材纖維に直角方向の分力を求むるとき，複切込部中央に於て最大應力の發生せることがわかる．

（b）　實物試驗　この試驗に用ひた材種並に割裂面の種類は No. 1 及 No. 3 試驗片の場合と全く同樣である．試驗成績は表-10 に掲げた如くである．

表-10　No. 4 試片割裂試驗成績

材種	割裂面	試片番號	氣乾比重	年輪幅 (mm)	含水率 (%)	割裂强度 (kg/cm)	割裂角度 表	割裂角度 裏	割裂角度 平均
檜	柾目	1		2.0	10.1	15.7			6° 0′
		2		1.4	10.6	18.0			3 30
		3		2.0	10.6	18.7			3 30
		平均	0.400	1.8	10.4	17.5			4 20
	道柾	1		1.3	10.6	20.7			9 0
		2		1.4	10.5	24.7			1 0
		3		1.3	10.4	20.7			8 0
		平均	0.400	1.3	10.5	22.3			6 0
	板目	1		2.0	9.6	28.3			4 0
		2		1.4	10.0	29.3			4 0
		3		1.4	10.2	26.7			3 30
		平均	0.400	1.6	9.9	28.1			3 50

材種	割裂面	試片番號	氣乾比重	年輪幅 (mm)	含水率 (%)	割裂强度 (kg/cm)	割裂角度 表	割裂角度 裏	割裂角度 平均
椴	柾目	1		3.3	11.2	21.7			3° 0′
		2		3.3	11.6	20.0			0 30
		3		3.3	11.5	20.7			3 0
		平均	0.403	3.3	11.4	20.8			2 10
	追柾	1		2.4	11.5	31.3			26 30
		2		3.3	11.7	30.7			51 0
		3		3.7	11.0	35.3			12 30
		平均	0.403	3.1	11.4	32.4			30 0
	板目	1		1.7	11.0	34.0			3 30
		2		1.9	11.1	30.0			3 0
		3		1.9	11.2	28.0			7 0
		平均	0.403	1.8	11.1	30.7			4 30
杉	柾目	1		2.0	14.0	13.7			5 0
		2		1.8	11.8	12.7			4 0
		3		1.8	13.8	14.7			2 0
		平均	0.350	1.9	13.2	13.7			3 40
	追柾	1		2.5	14.6	15.3			5 0
		2		4.0	14.4	19.3			4 0
		3		4.0	13.8	21.7			23 0
		平均	0.350	3.5	14.3	18.8			10 40
	板目	1		2.0	13.9	19.7			1 0
		2		2.1	13.0	20.7			5 0
		3		2.0	13.2	22.0			5 0
		平均	0.350	2.0	13.4	20.8			3 40
朴	柾目	1		2.8	11.1	37.0			61 0
		2		2.8	11.4	25.3			4 0
		3		3.3	10.7	27.0			4 30
		平均	0.477	3.0	11.1	29.8			23 10
	追柾	1		2.4	11.0	38.7			5 0
		2		3.3	11.2	38.3			20 30
		3		2.0	10.4	43.3			5 30
		平均	0.477	2.6	10.9	40.1			10 20
	板目	1		2.8	10.9	51.0			3 30
		2		3.0	11.3	37.0			0 0
		3		3.0	11.1	51.0			0 30
		平均	0.477	2.9	11.1	46.3			1 20
米松	柾目	1		1.4	11.5	14.7			0 30
		2		1.3	11.4	17.3			4 0
		3		1.4	11.6	16.0			0 0
		平均	0.444	1.4	11.5	16.0			1 30
	追柾	1		1.5	11.6	21.3			13 0
		2		1.6	11.7	20.3			20 0
		3		1.6	11.7	18.3			5 30
		平均	0.444	1.6	11.7	20.0			12 50
	板目	1		1.3	11.6	14.7			5 0
		2		1.3	11.3	20.3			2 30
		3		1.4	11.5	18.7			5 30
		平均	0.444	1.3	11.5	17.9			4 20

前揭の試驗結果を通覽するに全試片を通じて割裂偏倚角の顯著なる減少が認められる．圖-40 はこれを圖示したもので試片總數 45 中の 80% は 10° 以下の偏倚角を示し 圖-29 に示した試片 No. 3 の成績をはるかに凌駕してゐる．

更に割裂面の相違による偏倚の變化を見るに各材種とも柾目，板目試片に於ける偏倚は殆ど 5°.以下に止つて

をり，追柾の試片に於てのみ 10° 以上の偏倚を示し，其割裂面も甚しい不規則形を現はしてをるものが多い．圖-41 は割裂面の差異による偏倚角の變化を示したものである．

圖-40　No. 4 試片割裂箇所の偏倚狀況

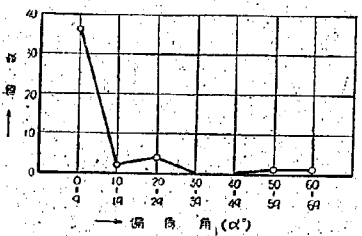
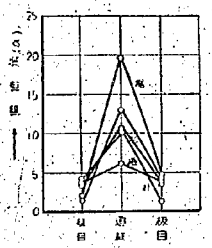


圖-41　No. 4 試片の割裂面の相違による偏倚角の變化



次に割裂面の差異と割裂强度との關係であるが圖-42 に示すが如く多くの材種に於て柾目强度が最小で板目强度が最大である．一二の材種に於て追柾强度の最大なるものが混じてをる．

各材種を通じて比重と割裂强度との關係は大體に於て圖-32 に示した No. 3 試片の場合と同樣である．

圖-43 は No. 4 試片の代表的割裂狀況を示す．

圖-42　No. 4 試片の割裂面の相違による割裂强度の變化

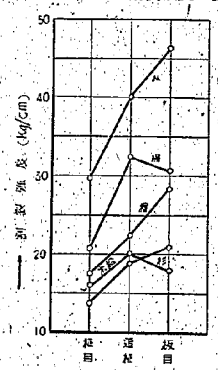
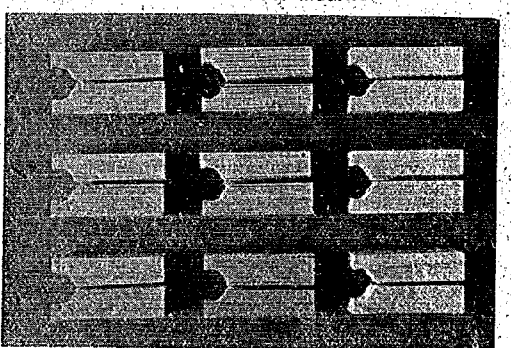


圖-43　No. 4 試片の割裂狀況



朴　　杉　　檜

V　總　　括

前揭 5 種の試驗片について行つた實驗成績から次の樣なことが要約される．

[15]　割裂點の偏倚

試驗片の割裂を必ず圓形切込部の中央に發生せしむると云ふ事は木質の不均等性から見て困難であるが，これをなるべく中央部近く起さめんが爲には，先づ試驗片は割裂試驗荷重をうけた時其木材纖維に直角方向の纖維應力分布が中央部に於て最大であるが如き形狀をもたねばならぬ．

この意味に於ては No. 1 試片の形狀が充分滿足出來るものでないことは圖-11 乃至 14 の應力分布狀況並に實物試驗についての成績 圖-4，圖-16 によつて明かである．

次に切込部の最大纖維應力を中央部に集中せしめんが爲に試片の長さを短縮せしめた No. 2 及 No. 3 試片について其實驗成績を見るに，試片 No. 2 に於ては未だ充分に所期の目的を達するに至らぬ事が圖-20 乃至 23 の光彈性實驗結果並に 圖-24, 表-7 の實物試驗成績によつてわかる．これに反して試片 No. 3 は光彈性實驗に於ても實物試驗に於ても極めて優良な結果を示してをる．（圖-25 乃至 29 參照）

切込部最大纖維應力を中央に生ぜしむる目的で試片の幅員を增加せしめたものが試片 No. 5 であるが，實物試驗の成績から見ると充分なる結果が求められなかつた．表-9 及 圖-35 が其成績を示してをる．

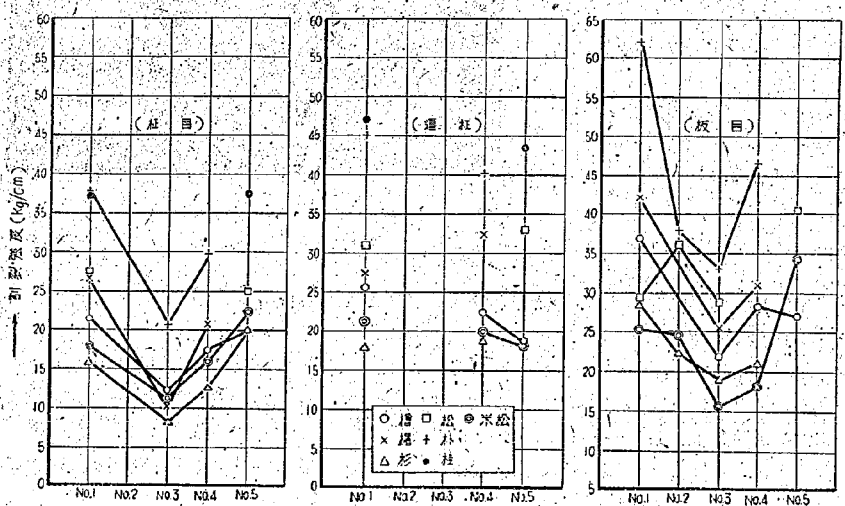
試片 No. 4 は No. 2, No. 3, 及 No. 5 と同樣の目的を達成する爲に試片 No. 1 の圓形切込部の中央に更に複切込を設けたものであるが，これによつて中央部の纖維應力の增大を來たし，割裂線裂の中央部發生を促催せしめた事は極めて顯著であつて 圖-26 乃至 41 は其結果を示したものである．

以上を要約するときこれら 5 種の試驗片中割裂を中央に起さしむる目的に充分添ひ得るものとしては試片 No. 3 及 No. 4 を擧げることが出來其他のものは割裂點偏倚の見地から割裂試驗片として滿足出來ぬ形狀を有するものと考へる．

[16] 試驗片の形狀と割裂强度

現在一般に使用せられてをる割裂强度は割裂荷重を試驗片の幅員又は割裂面の面積で除したものであることは [3] に說きたる如くであつて，この數値は試片の形狀寸法を離れては全然意味のないものである．從つて著者の行つた 5 種の試片に於ても實驗の結果に現はれた割裂强度は各々に違つた値を示してゐる．圖-44 は割裂面別に 5 種の試驗片の示した割裂强度を表したものである．これによると厚さの最も大なる試片 No. 5 が最大の數値を示してをり，厚さの同一なる No. 1 乃至 No. 4 に於ては長さの最大なる No. 1 が最も大なる割裂强度を示し，長さの短縮するにつれ No. 2, No. 3 と强度は低下してゆき No. 3 は No. 1 の ½ 程度の强度を示すに過ぎない．No. 4 は No. 1 と試片の長さは同一であるが複切込を有するもので其割裂强度は大體 No. 2 程度のものと考へられる．

圖-44　試驗片の種類による割裂强度の相違



[17] **割裂偏倚並に割裂強度より見たる試驗片の比較**

[15] に述べたるところにより割裂點偏倚の最小なるものは試片 No.3 及び No.4 なることが明かになつた．次に兩者の示す割裂强度を比較するとき可成の開きのあることがわかる．割裂强度のあまりに低きことは實驗結果の影響を大ならしめるものであり，又材種による强度の相違を求むる上にも不便なことが多い．從つてなるべく割裂强度の大きく出る形で偏倚の少いものを可とする．この意味から考ふるとき No.4 試片が最も適應性大なりと認める．殊にこの試片が現行の標準試驗片に比べて單に複刃込を設けるだけで他に形狀寸法上の變更を要しない點も便宜である．

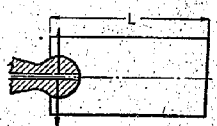
[18] **割裂面の相違による割裂强度の變化**

試驗片 No.2 を除き他の各試驗片は孰れも其割裂面に柾目，追柾，板目の 3 種を用ひた．今これら試驗片の成績に現はれた割裂面相違の影響を見るに，其强度に於ては各試片とも柾目强度が最小であり，板目强度が最大，追柾强度が兩者の中間に位してをる．この原因は主として髓線の在存に基くことは明かであつて，髓線の顯著な材に於てこの傾向は特に明瞭である．

次に試驗片割裂點の偏倚度であるが偏倚傾向の著しい試驗片 No.1 及 No.5 等に於ては割裂面の相違による偏倚の大小は甚だしく不規則であつて，材種により板目材，或は柾目材の偏倚が最大であつて，追柾材は多くの場合中間に位してをつた．然るに偏倚の傾向の少ない試驗片 No.3 及 No.4 に於ては柾目材及追柾材に於ける偏倚は極めて僅少で，大なる偏倚を示すものは板目材に限られる狀態であつた．孰れの種類の試片をとはず一般に板目材の割裂は斷面不規則形にして所定の割裂面に斜交する階段狀斷面を示す場合が多い．從つてこれらの試片に就いて求めた所定の計算法による割裂强度に對しては幾分の疑ひをもたざるを得ない．

[19] **材料の比重と割裂强度**

圖-45



木材の割裂强度も亦他の諸强度と同樣，材種を超越して木材の見掛比重の函數として表はさるべきものと考へるがこれが數式を求むるには資料の不充分さを感ずるものである．圖-18，圖-19 は兩者の關係を圖示したものである．

[20] **割裂試驗載荷方法**

本試驗に於ては試片の載荷にすべて圖-10 に示せるが如く集中荷重を用ひてをるが，試驗の方法としては其外に圖-45 に示す如き分布荷重による載荷方法があるわけである．この方法による時は割裂點の偏倚が起りにくく，割裂が多くの場合中央部に發生すべきことは其載荷狀況からも推測せらるゝところであり，實驗結果に現はれたところも極めて良好である．併しこゝに甚だ疑問とせらるゝところは載荷金物と試片との接觸部の荷重分布狀況であつて試片切缺部の形狀は木材の本質上乾燥其他の關係上試片製作後相當變形するものと考へねばならず，從つて載荷金物との接觸狀況は試片毎に幾分づつの相違あるべく，荷重分布の一定を期することは不可能と信ずるその結果として荷重の割裂に及ぼす作用が試片毎に變化するのではないかを憂ふるものである．

以上の如き理由から試片への載荷には集中荷重法をとり，試片の形狀を割裂點偏倚の少きものとすることを最も適當なりと信ずるものである．

コンクリートの洗ひ分析現場試験
標準方法案の作製に就いて

内務技師　一　木　保　夫

要　旨

現場コンクリートの配合及び水量が規定通りになつてをり，その強度が豫定のものに達してゐるか否かを確かめる方法として從來現場コンクリートの強度試驗を行つてゐるが，強度は材齡 28 日（或は少くとも 7 日）を待つて初めて判明するが故に，打込みの際に現場で直ちに配合及び水量を知る方法があれば，現場に於けるコンクリートの示方配合の確保が一層確實となり，之により強度の豫想に資するところ大である．依つてこの方法として現場に於けるコンクリートの洗ひ分析試驗方法を玆に提案したのである．之に就き各條毎に解說を附して案の主旨を明らかにし本案に基いて行へる試驗の例を述べた．

目　次

Ⅰ 總　說……（1）
Ⅱ コンクリートの洗ひ分析現場試驗標準方法案並びに解說……（3）
Ⅲ 本案に基き行へる試驗の例……（7）
Ⅳ 結　言……（8）

Ⅰ 總　說

土木學會コンクリート調査委員會に於て堰堤コンクリート標準示方書の制定が企圖され目下原案に基き審議を進めつゝあるが，原案中に「コンクリート打ち」の章で「打込みコンクリートの品質檢定」として，

コンクリート打込み中試料を採取し，强度，單位容積重量，配合及び水量等に就き試驗を行ひその品質を檢定すべし．試料の採取に就いては責任技術者の指示を受くべし．試驗は「堰堤用コンクリートの壓縮强度試驗標準方法」（案）（附錄第　章），「コンクリートの洗ひ分析現場試驗標準方法」（案）（附錄第　章）等によるべし．

と云ふ條項がある．

之等の試驗方法案の作製を當試驗所で受持つことになつたのであるが（當試驗所からは高田，福島，一木各技師が委員會に加はつてゐる），この內壓縮强度試驗方法に就いては鐵筋コンクリート用コンクリートの場合の標準方法を基として，之に A. S. T. M. の “Standard method of making and storing compression test specimen of concrete in the field”（C 31—33）及び “Standard methods of making compression tests of concrete”（C39—33）を參考とし，更に堰堤コンクリートでは一般に粗骨材の大さが大きいことゝ現場の實狀等を考慮して案を作製し，委員會で幾分の變更が加へられて委員會としての案は一應出來上つたのである．

併し洗ひ分析試驗方法に就いては，鐵筋コンクリートの場合にも未だ之に類する試驗方法は制定されてをらず，又現場で實際に之を行つた資料も少いために，外國文獻の調査並びに之に對して實驗を加へることが必要になつ

たのである．我國の現場ではたゞ塚原堰堤の工事に當つて，九州帝國の材料試驗室でこの試驗を實施した例がある．

洗ひ分析試驗の目的は，ミキサから排出された，又は型枠内に打込まれて未だ凝結を始めないコンクリートの配合及び水量を檢定することがその本來の目的である．從つてその應用としては次のものが考へられる．

（1） コンクリートの均等性を確保する．即ち打込みコンクリートの配合不同の程度及び材料分離の程度の範圍を決定し，之によつて現場に於けるコンクリートの示方配合の確保を一層確實ならしめる．

（2） セメント糊中の正しい水セメント比を求め，水セメント比と强度との關係を正確に求めることが出來る．從つて强度の調節を正確になし得る．

（3） 强度は材齡28日を待つて試驗しなければ判明しないが，豫め水セメント比と强度との關係を求めておけば，コンクリート打ちの際に直ちに28日强度を想定することが出來る．

（4） 種々の型式のミキサ又は輸送裝置等の能率を決定することが出來，之等の優劣を比較することが出來る．

洗ひ分析試驗方法に就いて研究したのは米國の Iowa State College の W. M. Dunagan であつて (A. S. T. M., Proceedings, 1931)，要するに篩で洗ひ分けたコンクリート中の各固形物の絕對容積を測ればよいのであるが，之を測るには浮力の原理によるのが一番良いことを見出し，この方法によつて多くの實驗を進めたのである．

浮力の原理による方法 (Buoyancy method) を採用した理由としては次のものが擧げられてゐる．

（1） この方法によれば凡ての試驗操作が統一されて特別な器具を必要としない．

（2） 試驗が簡單に然も正確に出來る．

（3） 水の蒸發の影響が入らないから，試驗の時間を延ばすことが出來る．

（4） 照査として骨材を乾燥して空氣中での重量を測ることが出來る．

（5） 試料の量の多い時は，幾つかに分けておいて別々に試驗することが出來る．

（6） 比較的高價でない器具で試驗して，相當に正確な結果が得られる．

以上の理由から Dunagan は浮力の原理による方法を提案したのであるが，A. S. T. M. の C-9 委員會（委員長 Cloyd M. Chapman）で 1931 年に發表した「コンクリートの洗ひ分析現場試驗標準方法案」もこの方法をそのまゝ採用してゐる．

併しながらこの A. S. T. M. の試驗方法案は普通の鐵筋コンクリート用コンクリートを對象として作つたものであるから，堰堤コンクリートの如き粗骨材の大きなものに對しては特に次の事項を考慮しなければならない．

（1） 骨材が大きいから，代表的な試料を採るためには試料の量を增さなければならない．從つて試驗器具も大きなものが必要である．

（2） 現場で行ふ試驗であるから，試驗の結果にあまり大きな影響を及ぼさない事項は總て省略し，出來るだけ試驗を簡易なものにしたい．

Dunagan の研究と A. S. T. M. の試驗方法案とを參考にして，之に上述の堰堤用の大きな骨材を使用したコンクリートを現場で試驗するのであると云ふことを考慮して案を作り，之により試驗を行つたのであるが，先づ本案とそれに對する解說を述べて要案の主旨を明らかにし，次に本案に從つて行へる試驗の例を記して試驗の順序を明瞭ならしめる．

II　コンクリートの洗ひ分析現場試験標準方法案並びに解説

Dunagan の研究と A.S.T.M. の試験方法案とを參考にし，之に現場用の大きな骨材を使用したコンクリートを現場で試驗するのであると云ふことを考慮して作製した案と之に對する解說を述べる．

第1條　總　　則

現場に於て，未だ凝結を始めざるコンクリート中のセメント，細骨材，粗骨材及び水の量を洗ひ分析により試驗するには，本標準方法（案）に依るべし．

解　說

本標準方法(案)は設備の整つた試驗所に於ける如く比較的正確な操作をなし得ない現場の試驗室に於て之を適用せんとするものである．從つて試驗の結果にあまり大きな影響を及ぼさない事項は凡て省略し，試驗を出來るだけ簡易化することに努めた．

本試驗は要するに篩で洗ひ分けたコンクリート中に於ける各固形物の絕對容積を測るのであるが，之を測る方法としては Dunagan の推奬してゐる浮力の原理によることゝした．A.S.T.M の試驗方法案でもこの方法を採用してゐる．水で洗ふのであるからコンクリートは凝結を始めてゐないものでなくてはならない．

洗ひ分析試驗の本來の目的は，ミキサから排出されたコンクリート又は型枠内に打込まれて未だ凝結を始めないコンクリートの配合及び水量を檢定することであるが，この應用としては次のものが考へられる．

（1）　コンクリートの均等性を確保する．

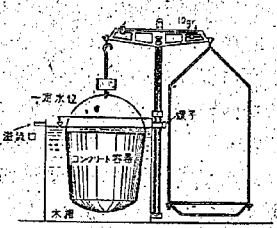
（2）　水セメント比と强度との關係を正確に求め得る．之によつて材齡 28 日を待たずして，打込みの際に直らに 28 日强度を略々豫知することが出來る．

（3）　種々の型式のミキサ又は攪拌裝置等の能率を決定し又之等の優劣を比較する．

第2條　器　　具

本試驗に用ふる器具は次の如し（圖-1 參照）．

圖-1．試驗器具



（1）　天秤（秤量 10 kg，感度 1/1000 以上）

（2）　コンクリート容器（容量約 7 l）

（3）　水槽

（4）　板篩 5 及び網篩 0.15

（5）　洗ひ用容器

解　說

試驗に使用する器具の主なるものを列記したのであるがこの外に攪拌用鐵棒，メスシリンダー等が必要である．

（1）に就いて

天秤の秤量を 10 kg と定めたのは，この程度のものが手頃だからである．天秤は 10 gr まで正確に讀み得ることが必要である．又同じ天秤で試料の空氣中重量と水中重量とを測り得る裝置を具へてゐることが必要である．圖-1 に示す樣な裝置とすれば便利である．

（2）に就いて

金屬製容器で，水中重量を測る場合に底面に氣泡の殘ることを防ぐため圖-1 に示す樣に底に丸味を附けたものがよい．

第5條の試驗方法で述べる如く，この容器に約 4 l の試料を入れて空氣中重量を測り，之に約 1.5 l の水を加へて攪拌してから水中重量を測るのであるから，攪拌する場合に更に容器に相當の餘裕が必要である．それで約 1.5 l の餘裕をとつて容器の容量を約 7 l としたのである．

(3) に就いて

水槽はコンクリート容器を完全に水中に入れて水中重量を測り得る大きさのものが必要である．圖-1 の如く溢流口を設けるのがよい．

(4) に就いて

篩は JES 第238號 A 12 コンクリート骨材試驗篩として規格されたもの、中板篩 5 と細篩 0.15 を使用する．

(5) に就いて

篩を通して洗ひ分ける場合，板篩 5 を通過した砂，セメント及び水を受ける金屬製の容器が必要である．

第3條 豫備試驗

本試驗を行ふに先立ち，使用材料に就き次の豫備試驗を行ふべし．

(1) セメントの比重試驗

(2) 細骨材の表面乾燥飽和狀態に於ける比重試驗

(3) 粗骨材の表面乾燥飽和狀態に於ける比重試驗

試驗方法は夫々責任技術者の指示する方法に依るべし．

解 說

各材料の水中重量より空氣中重量を求める場合に比重が必要になつて來る．

(1) に就いて

セメントの比重はルシャテリー比重瓶によつて測定する．

(2) に就いて

表面乾燥飽和狀態と云ふのは，骨材粒の內部は水によつて飽和し表面は乾燥してゐる狀態を云ふのである．

細骨材の表面乾燥飽和狀態を得ることは普通の方法では非常に困難であるので，A.S.T.M. では C 128—39 で，上面內徑 1½in，底面內徑 3½in，高さ 2⅞in の金屬製截頭圓錐形型に，濕潤狀態から順次表面が乾燥せる狀態の細骨材を詰めて，型を靜かに引上げ形がくづれるときを以て細骨材の表面乾燥飽和狀態であると規定してゐる．C 128—39 に規定された方法によれば細骨材の表面乾燥飽和狀態に於ける比重は直接容易に測定することが出來る．

從來の方法によつて乾燥狀態に於ける比重と吸水率が測定されたときには，之等より表面乾燥飽和狀態に於ける比重を計算で出してもよいが C 128—39 の方法による方が正しい結果が得られる．

乾燥狀態に於ける比重と表面乾燥飽和狀態に於ける比重とは，小數點以下2位の値が僅かに異なる程度が普通である．

嚴密に云へば，比重，吸水量の外に板篩 5 殘留量及び細篩 0.15 通過量の試驗が必要であるが，之等は省略してよい．

(3) に就いて

粗骨材の表面乾燥飽和狀態は得易いので，之より直接比重を測定することが出來るが，乾燥狀態に於ける比重と吸水率とが分つてゐるときには之等から計算で出してもよい．乾燥狀態に於ける比重と表面乾燥飽和狀態に於ける比重とは小數點以下2位の値が僅かに異なる程度が普通である．

嚴密に云へば，比重，吸水量の外に板篩5及び網篩0.15通過量の試験が必要であるが，之等は省略してよい．

第4條　試料の採取

（1）試料は責任技術者の指示する箇所の代表となるものを採取すべし．

（2）試料は，粗骨材の最大寸法を mm にて示せる數の200倍を gr にて表はせる重量以上を採取すべし．

解　說

（1）に就いて

試料を採取すべき箇所の選定及び試料の採取方法は責任技術者の指示に從ふべきであつて，檢定せんとするコンクリートを代表するのを採取しなければならない．

（2）に就いて

A.S.T.M. の案では試料の量を 3～4 kg と定めてゐるが，堰堤コンクリートの様な骨材の大きなものに對しては之では少な過ぎる．又試料の量は骨材の大きさによつて變へるのが妥當である．

粗骨材又は細粗混合骨材の篩分け試驗の場合の試料の量は，最大寸法を mm にて示せる數の100倍を gr にて表はせる重量以上を採ることに定められてゐるが，骨材とコンクリートとの單位容積重量の差異を考慮して，洗ひ分析試驗に於ては最大寸法を mm にて示せる數の200倍を gr にて表はせる重量以上とすることにしたのである．即ち重量で云へば骨材篩分け試驗の場合の2倍であるが，容積で云へば約1.3倍程度である．

例へば粗骨材の最大寸法 80 mm の場合には 16 kg 以上，100 mm の場合には 20 kg 以上の試料を採る．

第5條　試驗方法

試料の量に應じ，數回に分ちて試驗を行ふべし．

試驗の順序は次の如し．

（1）約 4 l の試料をコンクリート容器に入れ，コンクリートの空氣中重量を測定すべし．

（2）容器に入れたるコンクリートに約 1.5 l の水を加へ，攪拌してコンクリート中の空氣を完全に排除し2分間以上靜置したる後，其の儘之を水槽中に吊下げてコンクリートの水中重量を測定すべし．

（3）水中重量の測定を終れる試料は，板篩5及び網篩0.15にて洗ひ分析し，網篩0.15を通過せる材料は之を捨て，各篩殘留量の水中重量を前號と同樣にして測定すべし．

洗ひ分析の際，骨材を流失せざる樣注意すべし．

（4）檢算の必要ある場合には各篩に殘留せる骨材を乾燥し，空氣中に於ける重量を測定すべし．

解　說

天秤の秤量が 10 kg であるから，試料の量が多いときには數回に分けて試驗しなければならない．

（1）に就いて

天秤の秤量が 10 kg であるから，1回に試驗する試料の量は約 4 l とした．

試料を數回に分けて試驗する場合には，幾つかに分けた各々の試料の部分の空氣中重量を先づ測つておき，あとは水を加へてセメントの凝結を防ぎ順次に洗ひ分析試驗を進めて行くのである．

（2）に就いて

攪拌に都合のよい樣に，水を加へてからよく攪拌し，コンクリート中の空氣を完全に排除しなければならない．この空氣の排除が完全でないときは試驗の結果に大きな誤差を生じて來る．

攪拌してからコンクリートの各材料が落着くまでの靜置時間は A.S.T.M. の案では1分間となつてゐるが，こゝでは試料の量が多いので試驗の結果2分間とした．

次に容器の上端まで水を充たして之を水槽中に靜かに吊下げコンクリートの水中重量を測定するのであるが，この場合容器の底或は側面に氣泡が附着してゐると大きな誤差の原因となるので，氣泡が附着しない樣に十分注意しなければならない．これには容器の底及び側面を豫め水でぬらしておき，更に水槽中に入れてから手でこすつて氣泡を完全に除く．

（3）に就いて

先づ試料を少しづゝ板篩で水を注いで洗ひ分ける．板篩5を通過したものは別の容器に受け，更に之を網篩0.15で洗ひ分けセメントを完全に洗ひ流す．但し，檢算のため各材料を乾燥して重量を測るときは，網篩0.15を通過したセメントもとつておかなければならない．板篩5に殘留した粗骨材を容器に入れて（2）と同樣にして水中重量を測定し，次いで網篩0.15に殘つた細骨材に加へて網篩0.15殘留量の水中重量を測定する．かくして細骨材とセメントの水中重量が間接に測られる譯である．

洗ひ分析の際，十分注意して，骨材を流失しない樣にしなければならない．

（4）に就いて

各篩に殘留した骨材及び網篩0.15を通過したセメント糊を乾燥して空氣中の重量を測れば，正確な結果が得られ照査とすることが出來るが之には相當な時間を要する．

第6條　結果の計算

（1）各材料の重量を計算するには次式に依るべし．

$$\text{セメントの重量}=\{(\text{試料の水中重量})-(\text{網篩0.15殘留量の水中重量})\}\times\frac{(\text{セメントの比重})}{(\text{セメントの比重})-1}$$

$$\text{細骨材の重量}=\{(\text{網篩0.15殘留量の水中重量})-(\text{板篩5殘留量の水中重量})\}\times\frac{(\text{細骨材の比重})}{(\text{細骨材の比重})-1}$$

$$\text{粗骨材の重量}=(\text{板篩5殘留量の水中重量})\times\frac{(\text{粗骨材の比重})}{(\text{粗骨材の比重})-1}$$

$$\text{水の重量}=(\text{試料の空氣中重量})-\{(\text{セメントの重量})+(\text{細骨材の重量})+(\text{粗骨材の重量})\}$$

（2）同一試料を數回に分ちて行ひたる試驗の結果は各材料別に之を加算すべし．

（3）必要ある場合には，粗骨材の板篩5通過量，細骨材の板篩5殘留量，骨材の網篩0.15通過量等に就いての補正をなすべし．

解　說

（1）に就いて

第5條の方法によつて測定した各材料の水中重量から空氣中重量を求める一般式は

$$\text{空氣中重量}=(\text{水中重量})\times\frac{(\text{比重})}{(\text{比重})-1}$$

である．セメント，細骨材，粗骨材の各々に就いて式を示したのであるが，玆に骨材の比重は豫備試驗で求めた表面乾燥飽和狀態に於ける比重を使用する．

網篩0.15を通過したものは總てセメントと見做し，板篩5を通過し網篩0.15に殘留せるものは總て細骨材，板篩5に殘留せるものは總て粗骨材と見做すのである．

嚴密に云へばセメントに就いては，細粗骨材の網篩0.15通過量（－）の補正，細骨材に就いては粗骨材の板篩5通過網篩0.15殘留量（－），細骨材の板篩5殘留量（＋），細骨材の網篩0.15通過量（＋）及び細骨材の吸水量（－）の補正，又粗骨材に就いては粗骨材の板篩5通過量（＋），細骨材の板篩5殘留量（－）及び粗骨材の吸水

量（－）の補正をしなければならないが，之等の補正量は總て省略してよい．

（2）に就いて

試料を數回に分けて試験する場合には，各々の部分に就いて，セメント，細骨材，粗骨材及び水の重量を求め，之等を加算して一試料に就いての最後の結果を求めるのである．加算は各材料の水中重量のまゝ加算しても，空氣中重量を出してから加算しても，結果は同じである．

（3）に就いて

省略した補正量の内，普通の場合比較的影響の大きなものは，粗骨材の板篩5通過量，細骨材の板篩5殘留量及び細粗骨材の網篩0.15通過量である．普通の現場試験に於ては之等の補正量を省略してよいのであるが，更に正確な結果を得る必要のある場合には之等に就いての補正をしなければならない．骨材の吸水量の補正は殆んど影響がない程小さい．

第7條　報　　告

（1）　前條の計算に依りて得たる結果は，之を重量配合比にて表はすべし．

（2）　水量はセメント水重量比又は水セメント重量比にて表はすべし．

解　　說

試験の順序及び計算方法を一括して示すために試験の例を附する（II参照）．

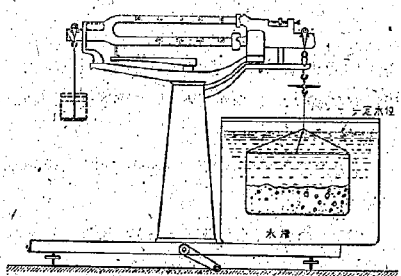
III　本案に基き行へる試験の例

試験の順序及び計算方法を一括して示すために，次に試験の例を示す．

試験に用ひた裝置は圖-2に示す如くで，天秤は秤量 10 kg，0.5 gr まで讀みをとることが出來る．

コンクリートの使用材料に就いての豫備試験の結果は次の如くである．

圖-2　試驗裝置



セメントの比重	3.10
砂の表面乾燥飽和狀態に於ける比重	2.65
砂利の表面乾燥飽和狀態に於ける比重	2.62
砂の板篩5殘留量	4.0%
砂の網篩0.15通過量	0.2%
砂利の板篩5通過量	2.5%
砂利の網篩0.15通過量	0%

砂利の最大寸法は 100 mm である．

第5條の方法により試驗せる結果は表-1の如くである．約 20 kg の試料を採り，之を3回に分つて試驗した．

表-1　試驗の結果（單位 gr）

	1	2	3	計
試料の空氣中重量	6570	7310	6720	20600
試料の水中重量	3830	4300	3950	12080
板篩5殘留量の水中重量	2120	2470	2430	7020
網篩0.15殘留量の水中重量	3300	3710	3540	10550

表-1の合計した水中重量より，第6條に依つて各材料の空氣中重量を計算する．

セメントの重量＝{(試料の水中重量)－(網篩0.15殘留量の水中重量)}×$\frac{(\text{セメントの比重})}{(\text{セメントの比重})-1}$

＝(12080－10550)×$\frac{3.10}{3.10-1}$＝2259 gr

細骨材の重量＝{(網篩 0.15 殘留量の水中重量)－(板篩 5 殘留量の水中重量)}

$$\times\frac{(\text{細骨材の比重})}{(\text{細骨材の比重})-1}=(10550-7020)\times\frac{2.65}{2.65-1}=5669\ \text{gr}$$

粗骨材の重量＝(板篩 5 殘留量の水中重量)$\times\frac{(\text{粗骨材の比重})}{(\text{粗骨材の比重})-1}$＝$7020\times\frac{2.62}{2.62-1}=11353$ gr

水の重量＝(試料の空氣中重量)－{(セメントの重量)＋(細骨材の重量)＋(粗骨材の重量)}

＝20600－(2259＋5669＋11353)＝1319 gr

故に

重量配合比＝2259 : 5669 : 11353＝1 : 2.51 : 5.03

水セメント重量比＝$\frac{1319}{2259}\times100=58.4$ %

次に第 6 條 (3) に從つて，粗骨材の板篩 5 通過量，細骨材の板篩 5 殘留量及び細粗骨材の網篩 0.15 通過量に就いて補正を行ふときは次の如くである．

セメントの重量＝$2259-5669\times\frac{0.2}{100}=2248$ gr

細骨材の重量＝$5669-11353\times\frac{2.5}{100}+5669\times\frac{4}{100}+5669\times\frac{0.2}{100}=5623$ gr

粗骨材の重量＝$11353-5669\times\frac{4}{100}+11353\times\frac{2.5}{100}=11410$ gr

水の重量＝20600－(2248＋5623＋11410)＝1319 gr

故に

重量配合比＝2248 : 5623 : 11410＝1 : 2.50 : 5.08

水セメント重量比＝$\frac{1319}{2248}\times100=58.7$ %

又，第 5 條 (4) に從ひ各材料を乾燥して其の空氣中重量を測定した結果は表-2の如くである．但し網篩 0.15 を通過せる材料は，之を一纏めにして重量を測定した．

表-2 乾燥後の重量 (單位 gr)

	1	2	3	計
板篩 5 殘留量	3420	3970	3920	11310
板篩 5 通過網篩 0.15 殘留量	1890	2000	1790	5680
網篩 0.15 通過量	—	—	—	2270

表-2 より

水の重量＝20600－(2270＋5680＋11310)＝1340gr

故に

重量配合比＝2270 : 5680 : 11310＝1 : 2.50 : 4.98

水セメント重量比＝$\frac{1340}{2270}\times100=59.0$ %

VI 結　　言

現場に於けるコンクリートの配合及び水量檢定方法としてのコンクリートの洗ひ分析試驗方法を提案し，之に對して解說を附し，提案の主旨を明らかにし，本案に基いて行へる試驗の例を述べたが，之を結言すれば次の如くである．

(1) コンクリート洗ひ分析試驗によつて，現場コンクリートの配合及び水量を知ることが出來る．從つて之により現場コンクリートの均等性を確保し，材齡 28 日を待たずして，打込みの際に現場で直ちに 28 日强度を

略々想定することが出来る.

（2） 洗ひ分析試験方法は，粗骨材の最大寸法を mm にて示せる數の 200 倍を gr にて表はせる重量の試料を採取し，浮力の原理により，各材料の水中重量を測定し，比重より空氣中重量を算出する．本案は現場用コンクリートの如き大きな粗骨材を使用したものを現場で試験することを特に考慮して製案したものであるが，小さな粗骨材を使用した場合にも勿論適用し得る.

（3） 試験を行はんとするときは，Ⅲに示した試験の例によれば，順序が明瞭に判る.

路面の色光反射に關する試驗
並に燈火管制への寄與

內務技師　島　田　八　郎

目　次

Ⅰ 緒　言……（1）
Ⅱ 路面の光反射特性並に吸收性に就いて……（3）
Ⅲ 實驗供試體並びに實驗裝置……（4）
［1］實驗供試體……（4）
［2］實驗算定式並に實驗裝置の概要……（7）
［3］實驗方法……（8）
Ⅳ 光反射實驗結果……（10）
［1］乾燥狀態（1：1.7 膠石コンクリート，1：2：4 碎石コンクリート，貧配合コンクリート，シートアスファルト）……（10）
［2］流水及び濕潤狀態（1：2：4 コンクリート，貧配合コンクリート，トペカ式アスファルトコンクリート，シートアスファルト）……（20）
Ⅴ 實驗結果に基く光反射特性……（38）
［1］乾燥狀態……（38）
［2］流水及濕潤狀態……（38）
Ⅵ 要　約……（39）

Ⅰ 緒　言

高速度交通の發達に關聯し街路照明の問題が論ぜられ夜間に於ける道路機能の充分なる利用並に交通事故防止の觀點より數多の研究が行はれ，道路照明に關する規準を吾人は一應得てゐる．此等の規準は路面種別によりても異るもので本邦に於ける實例に就いて筆者も二三の研究を行ひ，從來一般に使用されてゐる白色光に對しては其の性狀を明かにした．本邦に於ける照明學會による道路（街路）照明規格案をみるに主要交通，商業，住宅街路に對する平均水平照度は夫々 3, 2, 1 Lx（ルクス）にて稍々低照度の感あるも諸外國の實例をみるも要するに眩輝等有害なる影響を防止しつつ經濟の許す範圍にて高照度を得んとする傾向を採つて來た．然るに最近戰爭樣式の變遷に伴ひ必然的に從來の照明基準に全く別個の基準を更に加へる事が必要となつて來た．慣用されてゐる言葉を使用するならば，燈火管制時に於ける道路照明の問題である．現在燈火一般に關し既に燈火管制規則により其の要綱が定められ，警戒管制（甲，乙）空襲管制時に於ける燈火條件其の他遮光條件等が規定されてゐる．從つて街路照明と一般燈火管制との問題は具體的には警戒管制時に於けるものを論ずれば良い．更に緊急時に於けるものは夜間自然天空照度とも密接な關係を有するし，且つ交通問題以外防空上百般の問題に關聯するものである．今燈火管制規則中一般街路燈類の光の秘匿に關する部を拔萃するに 表-1 の如し．

表-1 （燈火管制規則第一號抜萃）

種類		管制 乙	管制 甲	空襲管制	遮光條件
街路燈類	街路燈 橋梁燈 （橋梁標示燈を除く） 其他之に類する燈火（省略す） 註：隧道内の燈火及街路の一部を成す廣場の照明燈を含む	減光且遮光 街路面100平方米に付1.5燭光以内，1燈16燭以下とすること	消燈 但し迅速に消燈し得る處置を構じたるものは許可を受け最大照度を0.15「ルクス」以下に減光し且遮光して残置することを得	消燈	光源の下端より遮光具の下端に引きたる線が光源の下方に向ひ且水平面と20度以上の角をなすこと

其の他特種のものとして，諸種の標識燈，交通信號燈が透視距離として 500 m 以下が認められ，更に透視距離確認距離と標識燈の形式，光度等の關係が研究され，此種の問題と關聯し色光の大氣中の透過率並に透視に關する特性に就き考察されてゐる．此等の研究は，要するに實際上近距離に於て大なる照明能力を有し遠距離に對し減衰大なる色光を得るとすれば，襲來し來る敵飛行機に對しては燈火による目標を與へる事少く，一方交通用照明としては有效に利用し得る事となる．斯かる見地よりして色光に關する二三の研究結果を引用す．以下諸家の研究によるものは勿論，色光による光源を對照として論ぜられたものである．然るに交通照明としての其の性能を判定するには，必然的に此等色光と路面との關係が第一義的に解決さるべきものとなる．

本研究は此種の問題に一應の解答を得んと試みたものである．

Ricco 法則によれば發光面に對する角度即ち視角1分以下の場合該面の輝度と面積の乘積を以て光度を示し得るもので，斯かる條件の下に實驗されたもの多く，尚 Ricco によるに視角小なる場合絶對暗黑中に光源を認識し得る爲めには網膜上に於て光源による照度が 0.002×10^{-6} Lx 以上なる事を必要とすると云はれてゐる．又實際上，防空上透視範圍の實驗より P. J. Boum は路面の認められない爲めには，路面の輝度平均 3.4×10^{-8} Sb* 以下なる事を要すと述べてゐる．石川安太郎氏の研究による透視輝度と視角の關係をみるも視角2分(？)～80分範圍に於ける透視制限輝度を 1.5×10^{-7}～1.75×10^{-9} Sb. と得てゐる．此等の數字は量的に可成り確認されてゐる．從つて此等の數値を基準とすれば，路面の反射係數並に反射特性に應じて許さるべき路面の照度が定まる．例へば路面平均輝度 8×10^{-7} Sb. とし完全擴散面の如き反射特性を有し該反射率を15％とすれば，許容さるべき照度は約 0.15 Lx となる．色光に關する透視距離と光度等の關係に就ては竹山說三，內田幸夫兩氏並に山內二郎，岡松正泰兩氏等の研究あり．例へば光覺の刺戟閾とし竹山氏等は白色，赤色，綠色に對し夫々 2.7×10^{-8} Lx., 7.5×10^{-8} Lx., 1.3×10^{-8} Lx., を得てゐる．山內氏等は色光の可視限度とし白色，赤色，綠色，青色等の光度比を 1：3：0.4：0.3 と得てゐる．兩者は略々類似の値を示してゐる．其の後山內氏等は上記の比率に二三の訂正を加へられ，可視限度として白色，赤色，綠色，青色に就き 1：10：0.9：0.4 の値を得た．Arndt も此等の色光に就き可視光度比として 1：15：¼：½ の値を得てゐる．數値は實驗者により稍々異るも傾向は在來一般に認められてゐた結果と一致せるもので K. S. Weaver の研究にも其の一端を窺ひ知り得．

盛し上記最近の防空照明上の實驗にては透視距離を種々變化し試みられた點に特長がある．

---

* Sb（スチルブ）は輝度の單位燭/單位面積＝C./cm² である．尚輝度 B，光の發散又は反射面 dS，觀測方向光度 dI，dS 面法線と觀測方向との角度 θ との間には $B=\frac{dI}{dS\cos\theta}$ の關係があり，完全擴散面に於ては發散光束密度 L（Lambert, Lx/cm²）と輝度の間には $1L=\frac{1}{\pi}$ C/cm² の關係がある．

要するに色光は其種別により可視限度に可成の差異を有するもので青色系は其の小なる分類に屬する事が分る．更に大氣中の透過率の大小により遠距離よりの透視に及ぼす影響が著しく異るものと推測さるも此點に關し筆者該開の爲め光色の差異を判然と論ずる事能はざるも，稍に引用した山內，石川諸氏の論文に就き關聯せる二三の結果を見るに綠色系（青色系）の場合に透視距離の增加に伴ひ可視光度が增加してゐる．此等の現象は空氣の分子又は空氣中の細靈水滴等懸濁質の爲めの光の散亂現象による結果と解し得．又 2km 透視距離に於ける透過率測定によるも色による差異の有ど無き事を山內氏等の報告は報じてゐる．更に室內及び野外實驗的に環境條件を嚴密に與へ研究する事も必要である．以上手近に繹讀し得る研究の結果等によるも色光の近距離可視限度並に透率により推察するに，青色系の防空的に有利なりと推測す．實際上は資材，其の他經濟的の問題を伴ふも少くとも色光の差異により防空照明上影響する所あるもの〻如し．本邦燈火管制規則中警戒管制甲中に最大照度 0.15 ルクスとあるは，該法の適用上より云ふも若し特種の色光を使用する場合路面の該光に對する反射特性を明かに知り置く必要がある．白色光に就いては筆者既に路面の乾燥濕水兩狀態に於て反射特性を試驗し其の特性を明かにした．本試驗は其れに倣ひ類似の試驗を行ひ二三異る色光に對する鋪裝路面の光の反射に關する特性を明かにせるもので之により色光照明使用の場合に於ける利用判斷の一資料を得んと試みたものである．

II　路面の光反射特性並に吸收性に就いて

元來道路照明の基準としては投下光量の利用價値より道路面の種別が論ぜられてゐた．その著しきものとし，例へばコンクリート系並にアスファルト系鋪裝に就き考察すればよい．其の後高照度への變遷に伴ひ，路面に於ける輝度が重視さるに至り高速度自動車交通の發達普及に伴ひ其の傾向は著しく增大するものである．一方燈火管制時に於ける低照明の場合に於ても類似の問題が起る．殊に暗夜路面が濕水狀態にある場合豫期せざる光の反射率增大を呈す事あるは想像に難くない事である．卽ち道路面の乾燥及び濕水狀態又は濕潤狀態に於ける光の反射特性を明かにをく事は頗る緊要の事である．其の詳細は旣に報告せるを以て省略するも其の內實用を主眼とし二三重要な特性を明かにせんとした．卽ち，

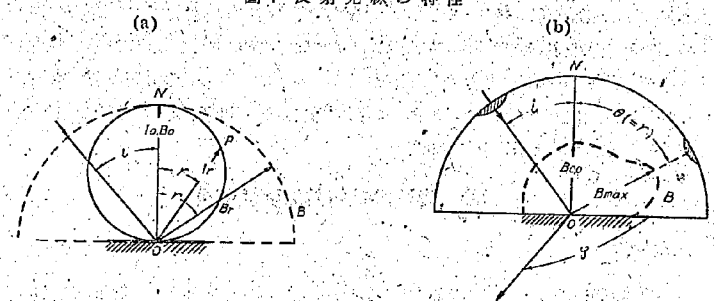
1)　路面の反射に關する其の擴散性を吟味し整反射的傾向の分布を明かにし，路面の輝度の觀點より其の差異を論ず．

2)　概括的に照明工學上使用されてゐる所謂利用率（Coefficent of Utilization）に相當する能率値を定す．

3)　1), 2) 項の特性は總て道路の乾燥濕潤狀態並に濕水狀態により著しく異るもので差異を明かにす．

上記の特性を數量的に指示する爲め本報告に使用せる反射特性に對する用語の一，二を說明す．其の詳細は筆

圖-1　反射光線の特性



者前論文を參照され度し.

圖-1 (a) (b) は完全擴散面及び非擴散面に於ける反射狀況の一を示すもので入射光及び反射面の垂直線を含む面に於けるもので (a) は反射方向に拘らず常に輝度一定にて光度は $I_\theta=I_0\cos\theta$ に從ひ分布せる完全擴散面の場合で (b) は輝度一樣ならずB曲線の如く分布してゐる. 斯く反射方向により偏倚せるもので一般には球面座標 (θ,φ) にて與へられる方向により異るもので下記 (1) 式で完全擴散反射より偏倚せる程度を示す場合がある. (Halbertsma)

$$\sigma=\frac{\int_0^{2\pi}d\varphi\int_0^{\pi/2}B(\theta,\varphi)\cos\theta\sin\theta d\theta}{\pi B(0,0)} \qquad \cdots\cdots(1)$$

但し $B(\theta,\varphi)$; θ,φ 方向の輝度, $B(0,0)$; $\theta=0,\varphi=0$ 方向輝度……を示す. σ は 1~0 の値をとる, 1 は完全擴散反射, 0 は鏡反射の場合を示す. 實驗上半球面上に於ける反射分布を測定する事は困難にて本實驗にては總て入射光線と反射面垂直線を含む平面內に於けるものを測定し反射面の擴散化の比較に充つ.

等價完全擴散反射率; 完全擴散反射面にて測定方向 (r) に拘らず反射率等しき場合反射面の照度 $E(lx)$ と輝度 $B(C./cm^2)$ より容易に反射率 ρ_d を (2) 式の如く求め得.

$$\rho_d=\frac{\pi B\cdot 10^4}{E} \qquad \cdots\cdots(2)$$

非完全擴散反射の場合は測定方向により輝度異るものなるも該方向の輝度に相當する $\pi B'$ なる光束を假定し照度との比率を (2) 式より求めこれを等價完全擴散反射率 η_{Ed} と稱ふ. (3) 式は此等の反射率及び輝度の關係を示す.

$$\left.\begin{aligned}\frac{\eta_{Ed}\cdot E}{10^4}&=\pi B''\\ \frac{\eta_d\cdot E}{10^4}&=\pi B'+\left(\frac{\eta_{Ed}\cdot E}{\pi}\right)\sin\theta_1\cos\theta_1\Delta\theta_1\Delta\varphi_1\end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots(3)$$

但し B'' は輝度分布中完全擴散反射によるものと見做し得る部分, θ_1,φ_1 は輝度分布偏倚せる方向, E は常に面の水平照度 (入射垂直照度 × $\cos i$) を示す. 反射面の光度は方向により異るもので常に $B\cos r$ ($B\cos\theta$) に從つて變る. 上記の反射率 η_{Ed} を用ふる時反射面が完全擴散面に近き反射傾向をとる場合には η_{Ed} は利用率の意味に於ける反射率に近き値をとり勿論 1 より小なれども鏡反射的傾向をとる場合には 1 より大なる値をもとり得. 後者の場合利用率的意味の反射率 η_d の値を得んには是非輝度分布曲線を求め所在範圍を明かにしをく必要がある.

道路面は常に非完全擴散反射的傾向をとるものなれば入射光線の方向の變化に應じ輝度分布を測定し輝度分布曲線を求め等價完全擴散反射率を算定する必要がある. 殊に特定方向に顯れる異常反射を警戒する爲めには頗る重要なる係數である. 一方降雨中の如き路上流水狀況を呈する場合には鏡の如き鏡反射を示し輝度著しく增大するもので別個の反射率を測定しをく事を必要とす. 本實驗に於ては上記諸性質の鋪裝種別並に表面狀況に依る影響は勿論の事, 色光の差異による影響をも明かにす.

III　實驗供試體並に實驗裝置

[1] 實驗供試體

參照: "路面の光反射に關する試驗並に之に基く道路照明基準に就いて" 土木試驗所報告, 39號.

燈に白色光にて實驗せる場合，實驗室内並に野外にての結果は全く同じ傾向を示したるに鑑み，今回は鋪裝路面より切取りし試料を用ひ野外實驗は省略した．試料は東京府二階堂技師*の格別なる御厚意によるもので各種鋪裝の大部分を蒐集し得．表面の狀態により二三特種のものは試驗を行はず．試驗せし試料に就き主として表面狀態に基き下表の如く分類す．其の他の事項は別に記載す．

コンクリート系（C）

試料番號	試料名	表面狀況
No. 2	1：2：4 碎石コンクリート	施工後時の經過僅少の爲め，表面はセメントペースト分離せる如く，粗面を示してゐる．（道路中央部）
No. 3	1：1，7 膠石コンクリート	未だ磨損による膠石コンクリートの特長を示さざるも表面には骨材の分離せるものがある．
No. 4	1：1，7 膠石コンクリート	No. 3 と同じものなるも，路端の爲めか，骨材の露出程度 No. 3 のものに比較して少い．
No. 8	1：2：10 碎石コンクリート	施工後，五年經過せる爲めか表面磨損され，骨材が顯れてゐる．No. 2 の場合と比較せよ．

アスファルト系（A）

試料番號	試料名	表面狀況
No. 9	トペカ式アスファルトコンクリート	表面に 3 mm 級の大さの骨材が散顯してゐる．
No. 14	シートアスファルト	表面に稍〻小なる凹凸が刻れてゐる．路端資料なれば歩行の爲めか．
No. 11	シートアスファルト	道路中央試料なれば表面平滑である．（コンクリートの本資料の場合と趣を異にす）

上記資料に就き抜取位置並に施工年月等を參考の爲め記載してをく．

No. 2

種別	コンクリート鋪裝
形狀	基礎　1:4:8（砂利）厚　13.5 cm 上層　1:2:4（碎石）厚　1.5 cm
施工場所	荏原區中延町 6 丁目地内
施工年月	昭和 15—12—3
抜取年月	昭和 16—7
抜取位置	中央

No. 3

種別	膠石コンクリート鋪裝
形狀	基礎　1:3:6 コンクリート厚 15 cm 上層　1:1.7 膠石コンクリート厚 6cm
施工場所	杉並區和泉町地内
施工年月	昭和 6—11
抜取年月	昭和 16—7
抜取位置	中央

* 特に鋪裝切取資料を提供されしもので茲に厚く感謝の意を表す．

No. 4

種別	膠石コンクリート鋪裝
形狀	基礎 1:3:6 コンクリート厚 15 cm 上層 1:1.7 膠石コンクリート厚 6 cm
施工場所	杉並區和泉町地內
施工年月	昭和 6—11
拔取年月	昭和 10—7
拔取位置	路端

No. 9

種別	トペカ式アスファルトコンクリート鋪裝
形狀	基礎 1:3:6 コンクリート厚 15 cm 上層 トペカ式アスファルトコンクリート 厚 5cm
施工場所	澁谷區自福山町至代々木富ヶ谷町地內
施工年月	昭和 14—12
拔取年月	昭和 16—7
拔取位置	路端

No. 8

種別	貧配合コンクリート鋪裝
形狀	1:2:10 碎石コンクリート厚 15 cm
施工場所	杉並區高圓寺自一丁目至二丁目地內
施工年月	昭和 10—6
拔取年月	昭和 16—7
拔取位置	中央

No. 14

種別	シートアスファルト鋪裝
形狀	基礎 1:3:6 コンクリート厚 15 cm 上層 シートアスファルト厚 15 cm
施工場所	澁谷區幡ヶ谷自原町至笹塚町地內
施工年月	昭和 10—11
拔取年月	昭和 16—7
拔取位置	路端

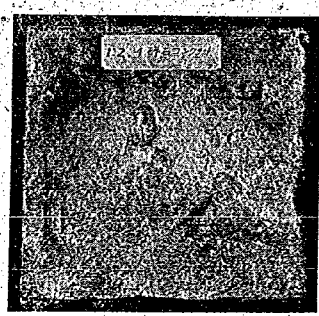
No. 11

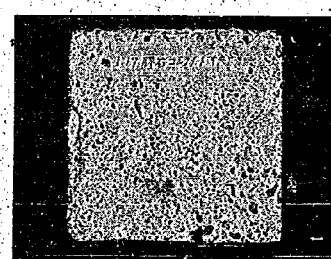
種別	シートアスファルト鋪裝
形狀	基礎 1:3:6 コンクリート厚 15cm 上層 シートアスファルト厚 7cm
施工場所	澁谷區幡ヶ谷自原町至笹塚町地內
施工年月	昭和 10—11
拔取年月	昭和 16—7
拔取位置	中央

此等の供試體の寫眞を掲げ表面判斷の資料とす.

寫眞-1　鋪裝面光反射試驗資料

C

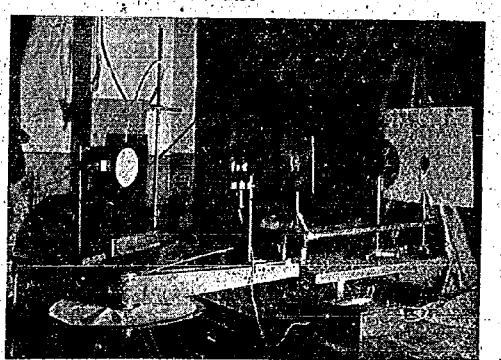




[2] 實驗算定式並に實驗裝置の概要

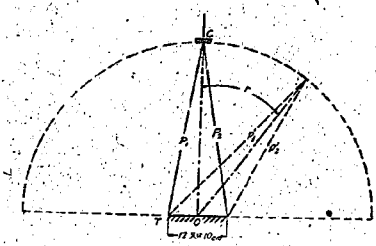
詳細は省略するも 寫眞-2 に示す如く供試體は受光面を垂直となし廻轉軸を含む線スペクトロメーター式目盛り付き廻轉臺上にのせ，マツダ 500 C. P. 活動寫眞映寫用電球を焦點距離 (f) 7cm のアポクロマートレンズにて可及的に平行光線ならしめ黒ビロード布にて覆ひ圓形（直徑 12cm）の部分のみに投光し入射角 (i) を變じつゝ中心より約 31 cm 距離に直徑 35 mm の受光面を有する堰層光電池又は同じ程度の有效受光面を有する光電管にて反射角 (r)

寫眞-2



を變じつゝ反射光束を測定す．此等の關係を圖-2に示す．

圖-2



今同圖 C なる堰層光電池上の平均照度を E_C，入射光束に垂直面の平均照度を E_m，a を受光面半徑とすれば下記（4）式にて反射率 η_{Ed} を求め得．

$$E_C=\left[E_m\frac{a^2}{p_1\cdot p_2}\right]\cos r,\ \cos i,\ \eta_{Ed} \quad \cdots\cdots(4)$$

但し η_{Ed} は等價完全擴散反射率に相當するものである，（4）式は反射輝度分布が擴散性を有する場合にて流水狀態の如く整反射の場合は簡單に（5）式にて反射率 η_r を求め得．

$$\frac{E_C}{E_C'}=\eta_r \quad \cdots\cdots(5)$$

但し E_C, E_C' は反射光及び入射光の測定部距離に於ける照度とす．　E_C 値より光度 I_θ の分布從つて又輝度分布 $B(\theta)$ をも容易に求め得．

［3］ 實驗方法

使用堰層光電池の性能は前回可成り詳細に調査せるを以て省略するも略ゝ肉眼と同樣の比感度を有するものである．今回は堰層光電池の外に光電管を使用しガルバノメーターの振れにて測光す．本實驗にて色光にする場合光度減少し使用堰堤光電池にては實驗困難の場合，上記光電池を通常行はれてゐる方法に據り一段增幅した．特に說明を要せざるも結線圖のみ 圖-3 に示す．

使用光電管はマツダセシュウム（C_s）眞空光電管（P. G.-65-V.）にて，カリウム光電管と濾光板の組合せの場合の如く比感度曲線は視感曲線と一致せず，青色偏りに比感極大値存在す．此點不充分なるも供試體反射面に於て分散現象無きものとして測光に使用した．堰層光電池は受光面直徑 3.5 cm，光電池は直徑約 3.2 cm の窓を有する箱には 圖-4 の如く覆ひしものなるを以て光源よりの距離と感度との間に二乘逆比例の成立する範圍に測定範

圖-3　光電管使用の場合の結線圖

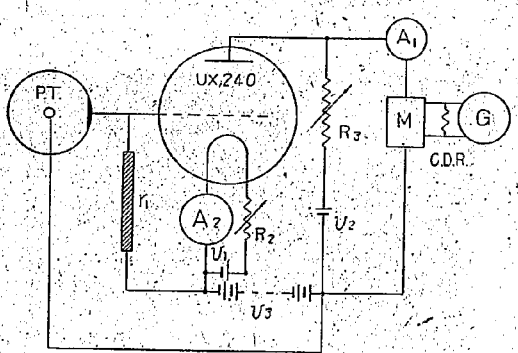
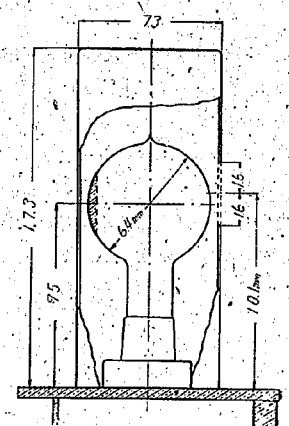


圖-4　光電管カバー



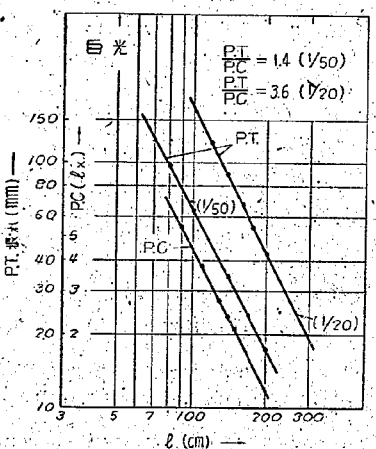
圖が存在する必要がある．距離と垂層光電池照度 (Lx) と光電池使用の場合に於ける電流計振れ (cm,) の關係を吟味す．電流計使用の場合は電流計スケール距離一定 (約1米) とし感度を 1/20, 1/50 と調節し使用す．圖-5 の振れを示す直線に 1/20, 1/50 の數字あるは此意味である同圖に示す如く本實驗範圍では常に二乘逆比例の關係が成立つてゐる

使用色光；ゼラチン紙フィルターの赤橙綠青の4色のものを使用す特に透過光線特性を調査せず大體下記の如きものとして取扱つた．

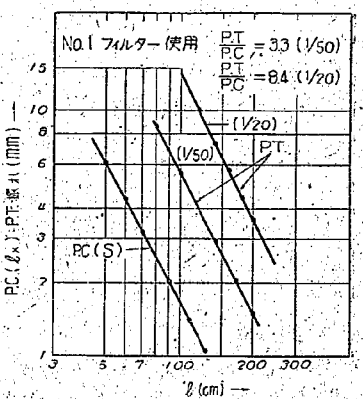
フィルター色相	假定波長	記號
赤	677 mμ	No. 1
橙	607 〃	No. 2
綠	523 〃	No. 3
青	474 〃	No. 4

圖-5　光電管及び垂層光電池感度比較

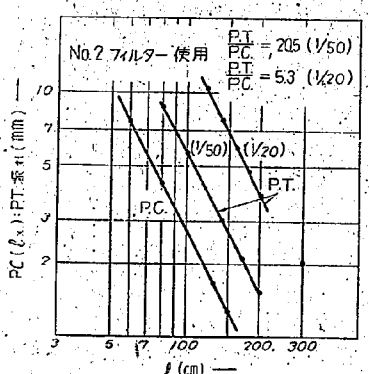
(1)



(2)



(3)



(4)

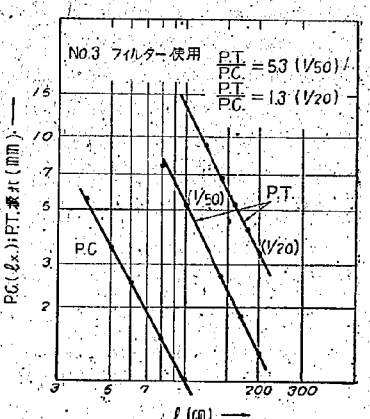
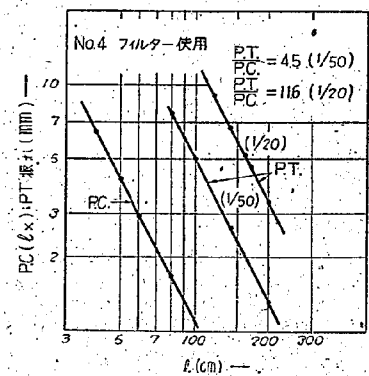


圖-5 に示す試験結果より して，電流計振れ (mm) 數と照度*(Lx) の比率を電流計倍率 1/20, 1/50 の場合に就き求めんに下記の如く兩者同様の傾向にある．

電流計振れ (mm)/照度

ガルバ倍率 ＼ 色相	白光	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
1/50	14	33	20.5	53	45
1/20	38	84	53	130	116

但し此等の値は光電管増幅電池電壓其の他些細の變化により變るものであるが或一の實驗中は變動無き事を必要とする．



又擴散反射率の測定に際し (4) 式より η_{Ed} を誘導せんに堰層光電池及び光電管に使用の場合共に受光面の距離等を嚴密に指示する事困難にて，從つて算出されて來る反射率 η_{Ed} が異るものである．光電管及び光電池を用ひた場合に算出される反射率を夫々 $\eta_{E.P.T.}$, $\eta_{E.P.C.}$ とし，$\eta_{E.P.T.}/\eta_{E.P.C.}$ 比を求むに，1 より小である．即ち光電管の場合有效測定部が指示距離より後方にある．從つて $\eta_{E.P.T.}$ は小さく算出される事となる．但し其の影響が全く幾何學的の配置關係によるものなれば色光の種類に拘らず一定となる筈である．實驗中屢〻此等關係を吟味する必要がある．

Ⅳ　光反射實驗結果

[1] 乾燥狀態

一定の入射角 (i) にて投光し受光面の反射光度 (I_r) を測光角 (r) を變じつゝ測定する．光電池又は光電管により照度 E_0 を求め反射光度 I_r の概略値は $E_0 \times$(試料中心～光電池又は光電管中心距離)^2 より求め得．(4) 式は試料受光面照度 E_m 一樣としての計算値であるが實際は，其都度偏倚値を記入せるも，2～4 % 前後の變動があるも一樣と見做した．以下各種料に就き試驗結果を述べる．光源により平均垂直照度 E_m を常に測定した．

白光での實驗の場合入射角を 0° より 75° まで種々變じ實驗せるも色光に種類あれば入射角の變化を減じ，其の傾向を明かにする事とした．實驗は概に述べし試料總てに就き行はざるも玆に終了せし若干のものに就き報告す．此等により色光の影響及び擴散性特性等は推測し得．

(1) 1 : 1.7 膠石コンクリート (No. 3)

膠石コンクリートなれども可成り粗面を呈す．入射角 i=0° のみ實驗す．

實驗結果下記の如し．(距離 P_1, P_2=36cm, a=6cm, (4) 式參照)

白光　光電池使用

E_m=3.9[S_{100}]**=341, L_x.

入射角(i)=0°　　測定照度 E_0

---

* 實際測定せし照度は玆に示せしものゝ 3 倍である測定器の都合上其の儘記載す．

** [S_{100}] [S_{10}] 等の數字は測定器の目盛の倍數を示すものであるが，實際カリブレイションの結果により換算す．

測定角 (r)	+15°	+30°	+45°	+60°	−15°	−30°	−45°	−60°
$E_O(L_X)$	3.0	2.54	2.05	1.35	2.95	2.5	1.95	1.3

No. 1　フィルター使用

$E_m=14.6[S_{10}]^*=119.7\ L_X$

入射角 $i=0°$　　測定照度 E_O

測定角 (r)	+15°	+30°	+45°	+60°	−15°	−30°	−45°	−60°
$E_O(L_X)$	1.07	0.93	0.72	0.5	1.07	0.93	0.7	0.5

No. 2　フィルター使用

$E_m=26.7[S_{10}]=218.9\ L_X$

入射角 $i=0°$　　測定照度 E_O

測定角 (r)	+15	+30	+45	+60	−15°	−30	−45	−60
$E_O(L_X)$	1.94	1.67	1.34	0.88	1.94	1.66	1.3	0.9

白光；光電管 (P.T.)　　プレート電壓　$V_p=135$ v

グリッド電壓　$V_g=0$

フィラメント電流　$i_f=0.2$Å

先づ II 章 [3] 節に述べた光電管感度振れ (mm) と光電池照度 (L_X) との比率を求む．P.T./P.C.=16 (ガルバ倍率 1/50)，試料面よりの距離 $P_1, P_2=36$ cm.

$E_m=2.49[S_{100}]=255\ L_X$

入射角 $i=0°$　　測定照度 E_O (振れ mm)

測定角 (r°)	+15°	+30°	+45	=60
E_O(振れ)mm	24.7	21.5	17.2	11.3

No. 1　フィルター使用

同様，光電管及び光電池感度比 P.T./P.C.=22(mm./L_X) を求む．

$E_m=17[S_{10}]=139.4\ L_X$

入射角 $i=0°$,　　測定照度 E_O (振れ mm)

測定角 (r)	+15	+30	+45	+60
E_O(振れ mm)	18.6	16.6	13	8.5

No. 2　フィルター使用

* 前頁脚註參照．

同様，光電管及び光電池感度比 P.T./P.C.=22(mm./L_X) を求む．

E_m=9.25[S_{100}]=759 L_X

入射角 i=0°,　　測定照度 E_o (振れ, mm)

測定角 (r)	+15	+30	+45	+60
E_o(振れ mm)	19.4	16.5	13.5	9.2

No. 3　フィルター使用

光電管及び光電池感度比 P.T./P.C=55(mm./L_X) (ガルバ倍率 1/50) を求む．

E_m=7.6][S_{10}]=62.3 L_X

入射角 i=0°,　　測定照度 E_o (振れ, mm)

測定角 (r)°	+15	+30	+45	+60
E_o(振れ mm)	16.5	14.5	11.0	7.2

No. 4　フィルター使用

光電管及び光電池感度比 P.T./P.C.=47(mm./L_X) ガルバ倍率 1/50, を求む．

E_m=10.1[S_{10}]=82.8 L_X

入射角 i=0°,　　測定照度 E_o (振れ mm)

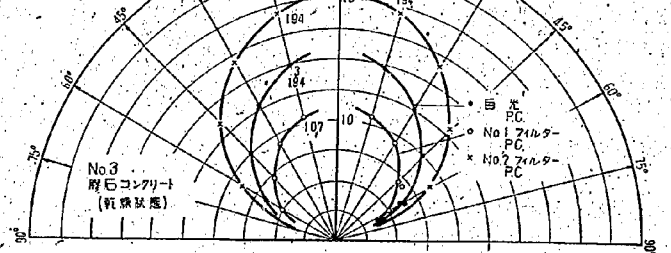
測定角 (r)°	+15	+30	+45	+60
E_o(振れ mm)	16.2	13.6	1.07	0.67

念の爲め No. 3, No. 4 フィルター使用の場合は實驗三回反復せるも實驗誤差範圍内にて一定の結果を得．

此等の結果より容易に等價完全擴散反射率を算定し得るも先づ輝度分布を求めん爲め反射光度分布を圖示す．

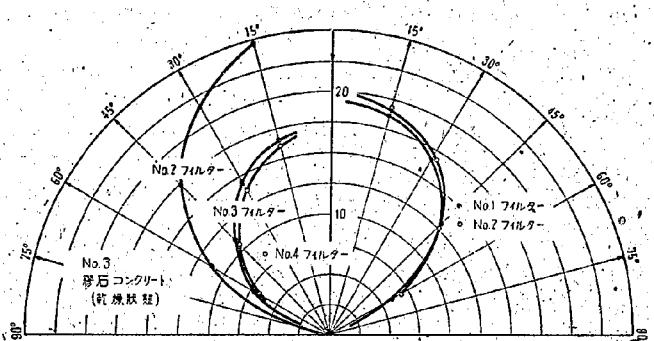
絶對値の比較の爲めならず分布を知らん爲めの故に測定値を其の儘に記入す．圖-6 (a) の測點に 1.94 : 1.07 等

圖-6(a)　1:1, 7 膠石コンクリート反射光度分布



の如き記入は該點の座標が 1.94 : 1.07 L_X なる反射測定照度 E_C を示すものである．圖-6 (b) の場合は E_C をガルバノメーター振れ (mm) にて表示せるものである．反射測定角による分布は色光如何に拘らず略々完全擴散反射を爲すものゝ如く反射率算定には (4) 式を其の儘適用し得るものである．

圖-6 (b)



反射測定角 30° に對する測定照度 E_C より (4) 式から等價完全擴散反射率 η_E を算定す．但し光電管による場合既に前章にて述べし如く幾何學的形狀の爲め算定 $\eta_{E,P,T.}$ は光電池の場合より小さい．光電池の場合の値 $\eta_{E,P,C}$ との比率は略々一定値を示すべきで，逆に $\eta_{E,P,T.}$ より $\eta_{E,P,C}$ 値を算定し得．

下記表中，括弧內のものは斯くの如くして得たものである．

No. 3; 膠石コンクリート/等價反射率 η_E ($i=0°$, $r=30°$)

色光 ＼ η_E	$\eta_{E,P,C.}$	$\eta_{E,P,T.}$	$\eta_{E,P,C.}/\eta_{E,P,T.}$
白　　光	31	22	1.44
No. 1 フィルター	34	24	1.40
No. 2 フィルター	33	23	1.43
No. 3 フィルター	(28.4)	20	—
No. 4 フィルター	(22.7)	16	—

(距離 P_1, P_2=36 cm, a=6 cm. (4) 式參照)

No. 2 裏面とは舖裝面の反對側をセメントペーストにて金鏝仕上げせし面を云ひ，汚點少く且粗度少きものである．光電池のみにて實驗す．

白光

E_m=28.2±0.3[S_{10}]=231.4 L_X.

入射角 $i=0°$,　測定照度 E_C

測定角 (r°)	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_C(L_X)$	1.9	1.66	1.32	0.92	0.4	1.87	1.58	1.27	0.88	0.36

稍に白色光にて實際せし場合には膠石コンクリートは可成り非擴散性を示せしも本試料は施工後新しく表面未だ粗狀を呈してゐる．反射率値は一般コンクリート系のものと同程度のものである．色光による影響は著しからざるも青色系統に於て反射率減少する傾向を示す．

(2) 1:2:4 碎石コンクリート (No. 2)

實驗結果下記の如し．

$E_m=28[S_{10}]=229.6\ L_X$

入射角 $i=60°$, 測定照度 Ec

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$Ec(L_X)$	0.94	0.93	1.02	1.07	0.87	0.56	0.94	0.9	0.75	0.35

No. 1 フィルター

$E_m=8.9\pm0.2[S_{10}]=73\ L_X$

入射角 $i=0°$, 測定照度 Ec

測定角 (r°)	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$Ec(L_X)$	0.7	0.6	0.5	0.33	0.14	0.7	0.58	0.47	0.33	0.14

$E_m=9.0\pm[S_{10}]=73.8\ L_X$.

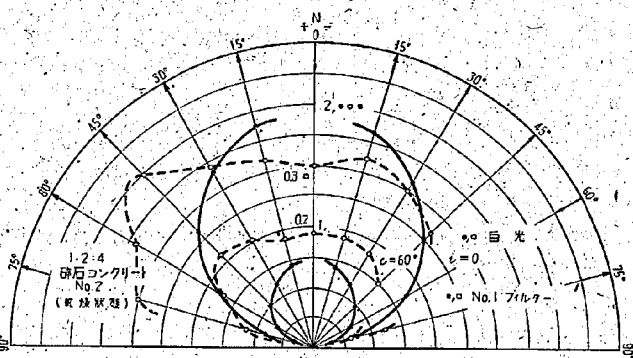
入射角 $i=60°$, 測定照度 Ec

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$Ec(L_X)$	0.3	0.32	0.34	0.4	0.34	0.3	0.33	0.3	0.27	—	0.12

No. 3, No. 4 フィルター

の場合も全く同様に實測せしもので以下省略するも測定照度 Ec による分布のみ取纏め圖示す.

圖-1 1:2:4 碎石コンクリート反射光度分布



No. 2 裏面は特にセメントペーストにて仕上げしもので反射率も增大し且反射特性も完全擴散性に近い. 實測値並に反射照度分布は省略し計算せる等價擴散反射率の一部を No. 2 の場合と共に取纏め表示す.

No. 2 1:2:4 碎石コンクリート等價

反 射 率 η_E %

入射角 ($i°$)	0°		60°			
測 定 角 ($r°$)	15°	30°	0°	30°	45°	60°
白　　光	30.9	29.1	29	37	48	55
No. 1 フィルター	35.7	33.5	29.5	38	55	66
No. 2 フィルター	32.4	31.7	31	41	54	71
No. 3 フィルター	28.7	26.8	29.5	37.5	60	69
No. 4 フィルター	26	24	24	34	44	78

No. 2 裏面 η_E % 表 (入射角 $i=0°$)

測定角($r°$) / 色光	15°	30°
白　　光	52	45
No. 1 フィルター	53	48
No. 2 フィルター	51	44
No. 3 フィルター	51	45
No. 4 フィルター	45	40

本資料の裏面は可成り大なる反射率を有するものである.

(3) 貧配合コンクリート (No. 8)

入射角 $i=0°$, 60° の2種とす.

實驗結果下記の如し.

(距離 $P_1, P_2=36$ cm, $a=6$ cm (4) 式參照)

光電池使用

白光

$E_m+27.6[S_{10}]=226.3\ L_X$.

入射角 $i=0°$,　測定照度 E_O

測 定 角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_O(L_X)$	1.52	1.3	1.0	0.73	0.34	1.5	1.26	0.95	0.72	0.34

No. 1 フィルター

$E_m=9.0[S_{10}]=77.9\ L_X$.

入射角 $i=0°$　測定照度 E_O

測 定 角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_O(L_X)$	0.54	0.48	0.35	0.29	0.14	0.53	0.47	0.34	0.28	0.13

No. 2 フィルター

$E_m=16.4[S_{10}]=134.5\ L_X$.

入射角 $i=0°$　測定照度 E_O

測 定 角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_O(L_X)$	0.94	0.8	0.67	0.48	0.27	0.93	0.78	0.65	0.46	0.25

No. 3 フィルター

$E_m=7.9[S_{10}]=64.8\ L_X$.

入射角 $i=0°$　測定照度 E_0

測定角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_0(L_X)$	0.42	0.35	0.3	0.23	0.13	0.43	0.38	0.3	0.22	0.13

No. 4 フィルター

$E_m=8.9[S_{10}]=72.6\ L_X$.

入射角 $i=0°$　測定照度 E_0

測定角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_0(L_X)$	0.45	0.34	0.30	0.2	0.12	0.42	0.33	0.27	0.2	0.1

(距離 $P_1, P_a=36$ cm, $a=5.7$ cm (4) 式参照)

白光

$E_m=27.1[S_{10}]=222.2\ L_X$.

入射射 $i=60°$,　測定照度 E_c

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.73	0.74	0.85	1.0	0.95	0.72	0.73	0.7	0.6	0.3

No. 1 フィルター

$E_m=8.73[S_{10}]=71.6\ L_X$.

入射角 $i=60°$　測定照度 E_c

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.25	0.26	0.3	0.35	0.35	0.33	0.26	0.25	0.2	0.12

No. 2 フィルター

$E_m=15.9[S_{10}]=130.4\ L_X$.

入射角 $i=60°$　測定照度 E_c

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.46	0.49	0.54	0.72	0.73	0.68	0.46	0.43	0.35	0.17

No. 3 フィルター

$E_m=7.8[S_{10}]=64.0\ L_X$.

入射角 $i=60°$　測定照度 E_c

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.25	0.26	0.3	0.34	0.36	0.35	0.25	0.23	0.2	0.11

No. 4 フィルター

$E_m=8.9[S_{10}]=73.0\,L_X$.

入射角 $i=60°$　　測定照度 E_e

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_e(L_X)$	0.25	0.26	0.3	0.35	0.34	0.3	0.26	0.23	0.2	0.12

此等の實測値より反射光度分布を求め得．圖-8 に白光及び No. 1 フィルターの場合に就き入射光方向夫々 $i=0°$, 60° に對する反射光分布を示す．其の他の色光に就ても略々類似の傾向を示すものなれば省略す．$i=60°$ に對しては鏡反射的傾向を混ずるも擴散性反射面と見做し得．尚算定せる等價擴散反射率と測定角との關係を下記に表示す．

圖-8　貧配合コンクリート反射光度分布

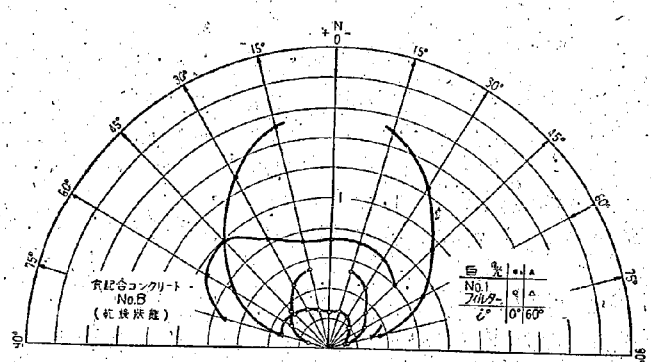


表　(No. 8) 貧配合コンクリートの等價擴散率 η_E

色光 ＼ 入射角($i°$) ＼ 測定角($r°$)	0°		60°		
	30°	60°	30°	60°	75°
白光	24	23	32	62	90
No. 1 フィルター	25	25	35	72	130
No. 2 フィルター	25	24	34	80	145
No. 3 フィルター	24	22	45	96	180
No. 4 フィルター	22	19	37	74	120

本實驗によるも入射角 $i=0°$ に對しては色光の差異による影響殆ど無く，$i=60°$ に對しては白色の場合一番小なる η_E を示してゐる．

(4)　シートアスファルト　(No. 14)

入射角 $i=0°$ のみ實驗す.

實驗結果下記の如し.

(距離 $P_1, P_2=36$ cm, $a=6$ cm (4) 式參照)

光電池使用

白光

$E_m=3.7[S_{100}]=324.6\ Lx.$

入射角 $i=0°$, 測定照度 E_c

測定角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60	−15	−30	−45	−60
$E_c(Lx.)$	1.52	1.3	1.07	0.77	1.45	1.2	0.95	0.72

No. 2 フィルター

$E_m=24\pm0.2[S_{10}]=195.8\ Lx.$

入射角 $i=0°$, 測定照度 E_c

測定角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60	−15	−30	−45	−60
$E_c(Lx.)$	0.93	0.85	0.7	0.53	0.9	0.74	0.65	0.47

光電管使用, 條件光電池の場合に同じ.

プレート電壓 $v_p=135\ v$, グリッド電壓 $v_g=0$, フイラメント電流 $i_f=0.2A$

白色

$E_m=3.71[S_{100}]=325.5\ Lx.$

入射角 $i=0°$, 測定照度 E_c (振れ, mm)

測定角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60
E_c (振れ, mm)	17.6	15.6	13.1	9.6

但し P.T./P.C.=16 (mm/$Lx.$) とす.

No. 1 フィルター

$E_m=11.5[S_{10}]=94.3$

入射角 $i=0°$ 測定照度 E_c (振れ, mm)

測定角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60
E_c (振れ, mm)	13.2	11.8	9.9	7.5

但し P.T./P.C.=38 (mm/Lx) とす.

No. 2 フィルター

$E_m=20.5\pm0.5[S_{10}]=166.1\ Lx.$

入射角 $i=0°$,　測定照度 E_c (振れ, mm)

測定角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60
E_c (振れ, mm)	13.8	12.5	10.5	7.8

但し, P.T./P.C.=23 (mm/L_X) とす.

No. 3 フィルター

$E_m=8.5\pm0.2[S_{10}]=69.7\ L_X$

入射角 $i=0°$,　測定照度 E_c (振れ, mm)

測定角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60
E_c (振れ, mm)	10.7	9.7	8.2	5.5

但し, P.T./P.C.=59 (mm/L_X) とす.

No. 4 フィルター

$E_m=13.1[S_{10}]=107.4\ L_X$.

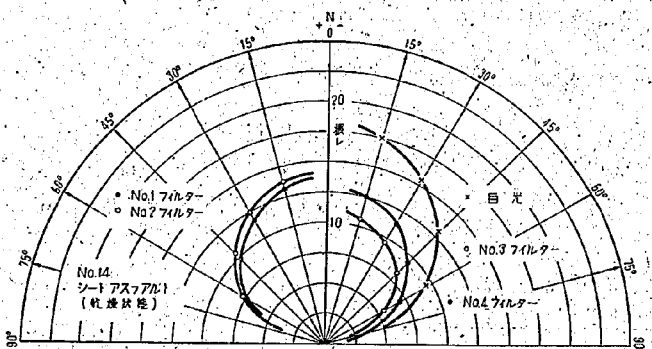
入射角 $i=0°$,　測定照度 E_c (振れ, mm)

測定角 ($r°$)	+15	+30	+45	+60
E_c (振れ, mm)	12.6	11.4	9.5	7.1

但し, P.T./P.C.=50 (mm/L_X) とす.

此等の結果より反射光度分布を圖示するに 圖-9 (a), (b) の如く垂直投下光に對しては略々擴散反射性を呈す. 從つて容易に等價擴散反射率 η_E を算定し得.

圖-9　シートアスファルト反射光度分布



光電池, 光電管使用の場合の反射率 $\eta_{E.P.C}$, $\eta_{E.P.T.}$ は前者大きく兩者の比は本實驗では 1.28 となり, 算定値正確なる $\eta_{E.P.C}$ を必要に應じ算定した. 下表括弧内のものは斯くして得たものである.

No. 14; シートアスファルト等價反射率 η_E ($i=0°$, $r=30°$)

色光 ＼ η_E	$\eta_{E\cdot P\cdot C\cdot}$	$\eta_{E\cdot P\cdot T\cdot}$	$\eta_{E\cdot P\cdot C\cdot}/\eta_{E\cdot P\cdot T\cdot}$
白光	17	13	1.28
No. 1 フィルター	(17)	14	—
No. 2 フィルター	17	14	1.28
No. 3 フィルター	(12)	10	—
No. 4 フィルター	(10.5)	8.6	—

以上の如く乾燥狀態に於ける路面の各色光に對する反射狀況を明かにした. 殊にアスファルト系の場合白光以外のものでは測光器の感度少くシートアスファルトの入射角 $i=0°$ 場合のみ試驗せしも其の後資材の關係上試驗に頓挫を來せるを遺憾とす. 元來鋪裝の光反射の特性は摩挍散布狀態等により一般に白色化し著しく變化するものなるも其の定性的趨勢は本試驗結果より推定し得.

[2] 流水及び濕潤狀態

流水狀態に於ては路面上の水膜の厚さにより反射率異るも, 一般に完全整反射を爲すもので, 反射率 η_r は既に說明せし如く $\eta_r=E_c/E_c'$ 式により簡單に算定す. 入射角 30°, 60°, 75° と一定値を與へ測定角 (r) を變じつゝ實驗す. 流水量は反射率 (η_r) を最大に與ふる樣調節した. 反射率 η_r は Fresnel の式の示す傾向をとり入射角の大なる方著しく增大するものである. 濕潤狀態とは流水試驗後未だ表面乾燥せざる間に試驗を行ひしもので反射傾向は乾燥狀態のものに近き程擴散性整反射をする. 以下實驗結果を列擧す.

(1) 1:2:4 コンクリート (No. 2, 路端)

入射角 $i=30°$, 60°, 75° の3種とす.

實驗結果下記の如し.

(距離 $P_1P_2=36$ cm, $a=5.5$ cm)

光電池使用

入射角 $i=30°$ に就き實驗す.

白光

$E_m=26.6\pm0.3=218.3\,Lx$. $E_c'=184$

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_c(Lx)$	0.7	1.52	2.4	0.84	0.33	0.12	0.7	—	0.34	0.34	0.13

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_c(Lx)$	0.85	0.9	1.04	0.83	0.53	0.25	0.8	—	0.6	0.38	0.15

No. 1 フィルター

$E_m=9.0\pm0.2[S_{10}]=81.2$　　$E_c'=70.4$

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_c(Lx)$	0.32	0.7	0.93	0.38	0.2	0.1	0.3	—	0.25	0.13	0.06

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	+45	−60	−75
$E_c(Lx)$	0.37	0.45	0.5	0.37	0.26	0.14	0.34	—	0.27	0.16	0.07

No. 2 フィルター

$E_m=18.2\pm0.3[S_{10}]=149\ Lx.$　　$E_c'=128\ Lx$

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15°	−30°	−45°	−60°	−75°
$E_c(Lx)$	0.53	0.84	1.87	1.16	0.35	0.25	0.53	—	0.40	0.26	0.1

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15°	−30	−45	−60	−75
$E_c(Lx)$	0.5	0.8	0.85	0.73	0.5	0.3	0.55	—	0.40	0.28	0.13

No. 3 フィルター

$E_m=8.7\pm0.2[S_{10}]=71.4\ Lx.$　　$E_c'=62\ Lx$

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_c(Lx)$	0.2	0.43	0.73	0.34	0.13	0.1	0.17	—	0.13	—	—

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_c(Lx)$	0.25	0.28	0.32	0.3	0.2	0.13	0.2	—	0.15	—	—

No. 4 フィルター

$E_m=10.3\pm0.2[S_{10}]=84.5\ Lx.$　　$E_c'=73\ Lx$

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_c(Lx)$	0.2	0.4	0.85	0.4	0.12	0.07	0.2	—	0.13	—	—

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.25	0.3	0.32	0.28	0.15	0.1	0.2	—	0.13	0.1	—

更に入射角 $i=60°$ に對するものを記載す.

白光

$E_m=26.2\pm0.3=215.6\ L_X$. $E_c'=16.0[S_{10}]=131.6\ L_X$

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−75
$E_c(L_X)$	0.44	0.45	0.5	0.1	6.6	2.37	0.45	0.13

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−75
$E_c(L_X)$	0.45	0.5	0.66	1.2	3.1	2.4	0.46	0.15

No. 2 フィルター

$E_m=16.5\pm0.2[S_{10}]=135.3\ L_X$. $E_c'=10.8\pm0.1[S_{10}]=88\ L_X$

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−75
$E_c(L_X)$	0.3	0.32	0.4	0.92	3.24	1.55	0.3	0.1

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45
$E_c(L_X)$	0.32	0.34	0.44	0.8	1.95	1.55	0.3	0.3	0.2

No. 1 フィルター

$E_m=8.8\pm0.2[S_{10}]=72.2\ L_X$. $E_c'=5.1\sim5.5[S_{10}]=44.3\ L_X$

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.2	0.24	0.63	0.65	1.6	0.6	0.2	0.2	0.15	—	—

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.23	0.25	0.3	0.6	1.4	0.6	0.2	0.23	0.15	—	—

No. 3 フィルター

$E_m=7.4\pm0.1[S_{10}]=60.7\,L_X$.　$E_c'=4.53\sim4.67[S_{10}]=37.9\,L_X$

流水狀態

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.14	0.16	0.2	0.45	1.22	0.55	0.14	0.14	0.1	—

濕潤狀態

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45
$E_c(L_X)$	0.15	0.2	0.25	0.4	0.67	0.6	0.16	0.14	0.1

No. 4 フィルター

$E_m=8.6\pm0.1[S_{10}]=70.5\,L_X$.　$E_c'=5.18\sim5.37[S_{10}]=43.3\,L_X$

流水狀態

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45
$E_c(L_X)$	0.15	0.15	0.16	0.47	1.35	0.33	0.13	0.12	—

濕潤狀態

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45
$E_c(L_X)$	0.15	0.17	0.23	0.47	1.03	0.7	0.14	0.13	—

更に入射角 $i=75°$ に對するものを記載す.

白光

$E_m=25.3\pm0.2[S_{10}]=207.5\,L_X$.　$E_c'=15.9\sim16.0[S_{10}]=132.2\,L_X$

流水狀態

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.25	0.2	0.2	0.25	1.14	6.4	0.2	0.18	0.15	0.15

濕潤狀態

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.27	0.2	0.27	0.36	1.15	4.1	0.2	0.17	0.2	0.3

No. 1 フィルター

$E_m=8.4\pm0.1[S_{10}]=68.9\,L_X$.　$E_c'=5.3\sim5.2[S_{10}]=43.5\,L_X$

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	—	—	0.12	0.15	0.50	2.14	0.12	—	—	—

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15
$E_c(L_X)$	—	—	0.12	0.2	0.56	1.25	0.12

No. 2 フィルター

E_m=15.4±0.2[S_{10}]=126.3 L_X. E_c'=9.7~9.9[S_{10}]=80.4 L_X

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.15	0.15	0.2	0.3	0.74	5.1	0.13	0.13	0.12	0.13

No. 3 フィルター

E_m≒7.0±0.1[S_{10}]=57.4 L_X. E_c'=36.1 L_X

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75
$E_c(L_X)$	—	0.1	0.12	0.16	0.46	2.2

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	+30°	+45	+60	+75
$E_c(L_X)$	0.12	0.2	0.45	1.2

No. 4 フィルター

E_m=8.1±0.1[S_{10}]=66.4 L_X. E_c=5.0~5.15[S_{10}]=41.8 L_X

流水狀態

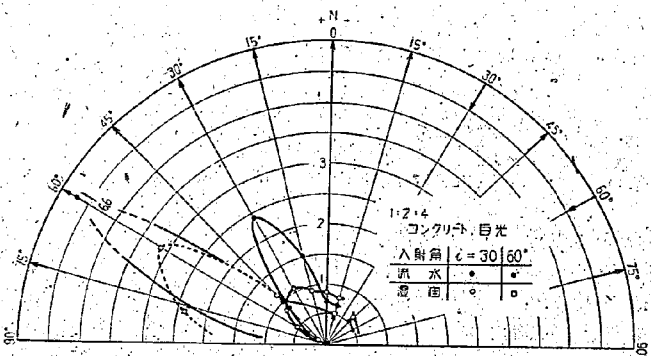
測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75
$E_c(L_X)$	—	—	—	—	0.25	2.33

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75
$E_c(L_X)$	—	—	—	0.13	0.4	1.06

流水の場合は勿論艶反射を爲すものであるが黒色系のものに比較し幾分擴散性を伴ふものである事は實驗値を參照すれば明かである. 圖-10 に一二の場合の反射配光曲線を示す. (白光以外省略す)

圖-10　1:2:4 コンクリートの流水，濕潤狀態に於ける反射光度分布



又入射角 (i) の增大に伴ひ整反射率 η_r の增大する事は他種鋪裝の場合と類似の傾向をとるもので下記に各入射角に對する整反射率 η_r 表を揭ぐ．黑色系に比し η_r 値其のものも少い．

η_r 表　1:2:4 (砂利) コンクリート，流水狀態

色光 ＼ 入射角 ($i=r$)，測定角	30°	60°	75°
白光	1.5	5.1	4.9
No. 1 フィルター	1.3	3.6	4.9
No. 2 フィルター	1.5	3.7	6.3
No. 3 フィルター	1.2	3.2	6.1
No. 4 フィルター	1.16	3.1	5.6

(2)　貧配合コンクリート　(No. 8)

入射角 $i=60°$, 75° の 2 種とす．

實驗結果下記の如し．

(距離 $P_1, P_2=36$ cm, $a=5.5$ cm　(4) 式參照)

光電池使用

白光

$E'_m=27.6[S_{10}]\fallingdotseq 226.3\ Lx.$　$E_0=17.9[S_{10}]\fallingdotseq 146.0\ Lx.$

入射用 $i=60°$, ∴ 測定照度 E_0

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_0(Lx)$	0.34	0.34	0.45	0.6	8.3	0.2	0.4	0.36	0.31	0.13

濕潤狀態；實測値省略す．配光曲線參照

No. 1 フィルター

$E_m=7.3[S_{10}]=60.0\ L_X$. $E_c=4.6[S_{10}]=37.7\ L_X$.

入射角 $i=60°$ 測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.12	0.12	0.14	0.25	2.27	0.15	0.13	0.13	0.1	0.06

濕潤狀態; 實測値省略す. 配光曲線參照

No. 2 フィルター

$E_m=13.5[S_{10}]=110.7\ L_X$. $E_c'=8.5[S_{10}]=70.1\ L_X$.

入射角 $i=60°$ 測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.2	0.2	0.27	0.34	4.25	0.3	0.2	0.2	0.14	0.09

濕潤狀態; 實測値省略す. 配光曲線參照

No. 3 フィルター

$E_m=7.0[S_{10}]=57.4\ L_X$. $E_c'=4.3[S_{10}]=34.9\ L_X$.

入射角 $i=60°$ 測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.08	0.08	0.13	0.17	2.15	0.2	0.08	0.08	0.06	0.05

濕潤狀態; 實測値省略す. 配光曲線參照

No. 4 フィルター

$E_m=7.6[S_{10}]=62.3\ L_X$. $E_c'=4.9[S_{10}]=40.2\ L_X$.

入射角 $i=60°$ 測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+60	+75	−15	−30	−45	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.07	0.07	0.1	0.14	2.46	0.1	0.08	0.08	0.07	0.05

濕潤狀態; 實測値省略す. 配光曲線參照

更に入射角 $i=75°$ の場合を記述す.

(距離 $P_1, P_2=36$ cm, $a=5$ cm (4) 式參照)

白光

$E_m=27.9[S_{10}]=228.8\ L_X$. $E_c'=17.9[S_{10}]=146.8\ L_X$.

入射角 $i=75°$　測定照度 E_c

濕水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.27	0.2	0.2	0.24	0.34	20.2	0.2	0.15	0.14	0.2

濕潤狀態; 實測値省略す. 配光曲線參照

No. 1 フィルター

$E_m=8.0[S_{10}]\doteqdot 65.6\ L_X$.　$E_c'=5.1[S_{10}]=41.7\ L_X$.

入射角 $i=75°$　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.1	0.1	0.11	0.13	0.2	6.0	0.07	0.07	0.07	0.09

濕潤狀態; 實測値省略す. 配光曲線參照

No. 2 フィルター

$E_m'=15.4[S_{10}]=126.3\ L_X$.　$E_c'=9.6[S_{10}]=78.9\ L_X$.

入射角 $i=75°$　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.13	0.13	0.2	0.26	0.43	11.4	0.12	0.1	0.08	0.1

濕潤狀態; 實測値省略す. 配光曲線參照

No. 3 フィルター

$E_m'=7.3[S_{10}]=59.9\ L_X$.　$E_c'=4.6[S_{10}]=37.1\ L_X$.

入射角 $i=75°$　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.07	0.08	0.1	0.13	0.26	5.2	0.06	0.06	0.05	0.05

濕潤狀態; 實測値省略す. 配光曲線參照

No. 4 フィルター

$E_m=8.2[S_{10}]\doteqdot 67.2\ L_X$.　$E_c'=5.1[S_{10}]=41.6\ L_X$.

入射角 $i=75°$　測定照度 E_c

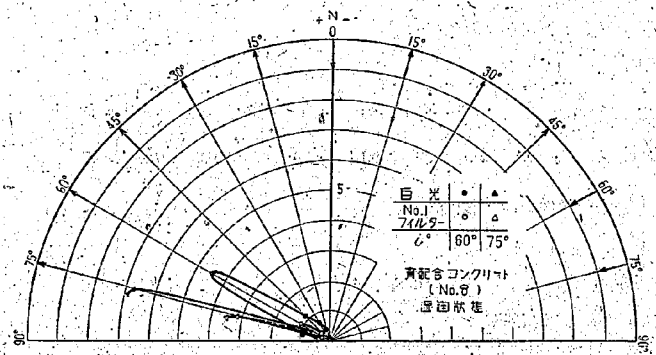
流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_x)$	0.06	0.06	0.07	0.07	0.1	5.85	0.05	0.06	0.04	0.04

濕潤狀態；實測値省略す．配光曲線參照

本實驗に於ける濕潤狀態にては未だ水膜の存在せる爲めか可成り著しき整反射的傾向を示してゐる．實測値省略せるも下記 圖-11 により其の傾向を知り得．

圖-11　貧配合コンクリート　(No. 8)　濕潤狀態に於ける反射光度分布



流水狀態に就ては全く整反射をなすもので下記に其の反射率 η_r を示す．

η_r表　貧配合コンクリート，流水狀態

入射角($i=r$) / 測定角 / 色光	60°	75°
白光	5.6	13.8
No. 1 フィルター	6	14.4
No. 2 フィルター	6	14.5
No. 3 フィルター	6.3	14
No. 4 フィルター	6.1	14.1

(3)　トベカ式アスファルトコンクリート　(No. 9)

入射角 i=30°, 60°, 75° の3種とす．

實驗結果下記の如し．

(距離 P_1, P_2=36 cm,　a=6 cm　(4) 式參照)

光電池使用

白光

E_m=24.7[S_{In}]=202.5 L_x.　　E_c'=15.5[S_{In}]=120.5 L_x.

入射角 $i=30°$　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.13	0.35	3.2	0.3	0.1	0.06	0.13	0.1	0.05	0.03

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.25	0.53	0.7	0.5	0.27	0.13	0.2	0.12	0.07	0.03

No. 1 フィルター

$E_m=7.9[S_{10}]=65.6\,L_X$.　$E_c'=5.04[S_{10}]=41.3\,L_X$.

入射角 $i=30°$,　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.08	0.14	1.1	0.12	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.02

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.1	0.2	0.27	0.18	0.13	0.1	0.1	0.1	0.05	0.03

No. 2 フィルター

$E_m=14.8[S_{10}]=121.3\,L_X$.　$E_c'=9.4[S_{10}]=77.6\,L_X$.

入射角 $i=30°$,　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.13	0.3	1.93	0.2	0.12	0.1	0.12	0.1	0.07	0.05

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.2	0.3	0.47	0.34	0.2	0.15	0.17	0.1	0.1	0.02

No. 3 フィルター

$E_m=7.2[S_{10}]=59.1\,L_X$.　$E_c'=4.5[S_{10}]=36.8\,L_X$.

入射角 $i=30°$　測定照度 E_c

流水状態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	+60	+75
$E_c(L_X)$	0.05	0.13	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.01	0.01

濕潤状態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.1	0.14	0.2	0.15	0.1	0.08	0.07	0.06	0.04	0.01

No. 4 フィルター

$E_m=7.9[S_{10}]=64.8\,L_X$. $E_c'=5.05[S_{10}]=41.6\,L_X$.

入射角 $i=30°$ 測定照度 E_c

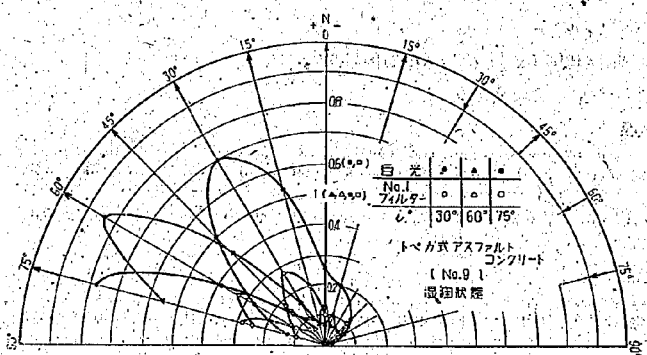
流水状態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.08	0.15	1.2	0.14	0.1	0.07	0.08	0.06	—	—

濕潤状態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−45	−60	−75
$E_c(L_X)$	0.1	0.16	0.27	0.17	0.1	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05

図-12 トペカ式アスファルトコンクリート濕潤状態に於ける反射光度分布



更に入射角 $i=60°$ に對する反射光度分布を吟味す.

(距離 $P_1, P_2=36$ cm, $a=5.5$ cm (4) 式參照)

白光

$E_m=25.4[S_{10}]=208.4\,L_X$. $E_c'=16.0[S_{10}]=131.2\,L_X$.

入射角 $i=60°$　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(Lx)$	0.1	0.12	0.14	0.52	6.9	0.15	0.16	0.13	0.12	0.07

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

No. 1　フィルター

$E_m=7.9[S_{10}]=64.8\,L_X$.　$E_c'=5.09[S_{10}]=41.7\,L_X$.

入射角 60°，　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(Lx)$	0.06	0.07	0.1	0.15	2.35	0.15	0.07	0.07	0.07	0.05

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

No. 2　フィルター

$E_m=15.5[S_{10}]=127.1\,L_X$.　$E_c'=8.5[S_{10}]=69.7\,L_X$.

入射角 $i=60°$　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(Lx)$	0.08	0.08	0.13	0.3	5.5	0.3	0.12	0.1	0.07	0.05

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

No. 3　フィルター

$E_m=7.2[S_{10}]=59.0\,L_X$.　$E_c'=4.45[S_{10}]=36.5\,L_X$.

入射角 $i=60°$　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(Lx)$	0.07	0.1	0.13	0.2	2.05	0.26	0.08	0.07	0.07	0.07

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

No. 4　フィルター

$E_m=7.9[S_{10}]=64.8\,L_X$.　$E_c'=[S_{10}]=42.0\,L_X$.

入射角 $i=60°$　測定照度 E_c

洗水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
$E_c(L_X)$	0.1	0.08	0.1	0.15	2.34	0.1	0.07	0.06	0.06	0.04

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

更に入射角 $i=75°$ に對し反射光度分布を實測す．

（距離 $P_1, P_2=36$ cm，$a=5$ cm （4）式參照）

白光

$E_m=24.2[S_{10}]=203.4\,L_X$．　$E_c'=15.6[S_{10}]=127.8\,L_X$．

入射角 $i=75°$　測定照度 E_c

洗水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.25	0.15	0.14	0.17	0.25	12.9	0.13	0.12	0.12	0.16

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

No. 1 フィルター

$E_m=7.9[S_{10}]=64.8\,L_X$．　$E_c'=50[S_{10}]=42.0\,L_X$．

入射角 $i=75$　測定照度 E_c

洗水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.12	0.1	0.12	0.14	0.22	4.35	0.07	0.1	0.1	0.12

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

No. 2 フィルター

$E_m=15.0[S_{10}]=123.0\,L_X$．　$E_c'=9.4[S_{10}]=77.5\,L_X$．

入射角 $i=75°$　測定照度 E_c

洗水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
$E_c(L_X)$	0.14	0.13	0.15	0.23	0.36	8.54	—	—	—	—

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

No. 3 フィルター

$E_m=7.1[S_{10}]=58.2\,L_X$．　$E_c'=4.4[S_{10}]=35.8\,L_X$．

入射角 $i=75°$．　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
E_c(Lx)	0.08	0.1	0.1	0.13	0.23	3.85	0.05	0.05	0.05	0.05

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

No. 4 フィルター

$E_m=7.9[S_{10}]=64.8$ Lx.　$E_c'=5.0[S_{10}]=42.0$ Lx.

入射角 $i=75^\circ$　測定照度 E_c

流水狀態

測定角 (r°)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−60
E_c(Lx)	0.08	0.07	0.07	0.07	0.13	4.3	0.05	0.05	0.05	0.05

濕潤狀態，實測値省略す．配光曲線參照

流水狀態に於ては實用上全く整反射をなすと見做し得るもので斯かる場合反射率 η_r は容易に求め得．濕潤狀態に於ては整反射的傾向を有する擴散反射にて反射光度分布を 圖-12 に示す．

下記表は此等 η_r の値を示す．

η_r-表　No. 9 アスファルトコンクリート

色光 ＼ 入射角 $i^\circ(=r^\circ)$	30°	60°	75°
白光	2.7	5.1	11.2
No. 1 フィルター	2.7	5.7	10.4
No. 2 フィルター	2.5	7.9	10.2
No. 3 フィルター	2.8	5.6	10.2
No. 3 フィルター	2.9	5.6	10.8

上記に示す η_r 値は實驗の誤差範圍内で色光の差異に無關係の樣である．又反射測定照度は流水量により異る樣である．其の一例を下記に示す．

流水量による反射照度變化

(No. 2 フィルター，$i=60^\circ$ の場合，面積約 15 cm²)

流水量 C.C./min	測定照度 E_c(Lx)
140	5.45±0.05
180	5.5 ±0.02
340	5.7 ±0.02
680	4.85±0.05
1370	3.75±0.05

即ち流水量の大小により流水狀況を異にする爲めである．本試驗は常に可及的極大 E_c を與ふる狀態に調節し實驗す．

(4) シートアスファルト (No. 14)

入射角 $i=60°$, $75°$ の2種とす．

實驗結果下記の如し．

(距離 $P_1, P_2=36$ cm, $a=5.5$ cm. (4) 式參照)

光電池使用

白光

$E_o=18.0[S_{10}]=148.4$ Lx.

入射角 $i=60°$, 測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
E_c(Lx)	0.13	0.13	0.25	0.47	8.9	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
E_c(Lx)	0.14	0.16	0.35	1.05	2.6	1.32	0.2	0.2	0.1	0.1

No. 1 フィルター

$E_m=7.5[S_{10}]=61.5$ Lx. $E_c=4.7\sim4.63[S_{10}]=38.1$ Lx.

入射角 $i=60°$, 測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	0	+15°	+30	+45	+60	+75	−15	−30	−45	−75
E_c(Lx)	0.1	0.1	0.1	0.15	2.5	0.15	∠0.1	∠0.1	∠0.1	∠0.1

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	0	+15	+30	+45	+60	+75	−15	以下
E_c(Lx)	∠0.1	∠0.1	0.12	0.35	1.04	0.4	∠0.1	同ヒ

No. 2 フィルター

$E_m=13.75\pm0.3[S_{10}]$, $E_c=8.5\sim8.75[S_{10}]=75.3$

入射角 $i=60°$ 測定限度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	30	45	60	75	其の外
E_c(Lx)	0.16	0.32	4.6	0.33	∠0.1

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	30	45	60	75	其の外
E_c(Lx)	0.25	0.52	2.1	0.72	<0.1

No. 3 フィルター

$E_m=7.15\pm0.2[S_{10}]=59$ Lx. $E_c=4.4\sim4.54[S_{10}]=36.8$ Lx.

入射角 $i=60°$. 測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	30	45	60	75	其の外
E_c(Lx)	0.13	0.2	2.34	0.127	<0.1

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	30°	45	60	75	其の外
E_c(Lx)	0.14	0.35	0.94	0.5	<0.1

No. 4 フィルター

$E_m=8.0\pm0.2[S_{10}]=65.6$ Lx. $E_c=4.8\sim5.10[S_{10}]=41.0$ Lx.

入射角 $i=60°$, 測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	30	45	60	75	其の外
E_c(Lx)	0.12	0.16	2.55	0.14	<0.1

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	30	45	60	75	其の外
E_c(Lx)	0.15	0.33	0.95	0.95	<0.1

更に入射角 $i=75°$ に對して實驗す.

白光 (以下 $a=5$ cm)

$E_m=28.5\pm0.2[S_{10}=234.0$ Lx. $E_c'=17.5\sim18[S_{10}[=153.8$ Lx.

入射角 $i=75°$, 測定照度 E_c

流水狀態

測定角 ($r°$)	30°	45	60	75	其の外
E_c(Lx)	0.14	0.2	0.77	13.6	<0.1

濕潤狀態

入射角 i=75°, 測定照度 E_c

測 定 角 (r°)	30	45	60	75	0	其 の 外
E_c(Lx)	0.2	0.5	1.9	4.3	0.2	0.1～0.2 程度

No. 1 フィルター

E_m=7.9[S_{10}]=64.5 Lx E_c=5.0[S_{10}]=4.10 Lx.

入射角 i=75°, 測定照度 E_c(Lx)

流水狀態

測 定 角 (r°)	45	60	75	其の外
E_c(Lx)	0.13	0.26	4.65	<0.1

濕潤狀態

測 定 角 (r°)	30	45	60	75
E_c(Lx)	0.12	0.15	0.45	2.3

No. 2 フィルター

E_m=15.05[S_{10}], E_c=9～9.4[S_{10}]=75.3 Lx.

入射角 i=75°, 測定照度 E_c(Lx)

流水狀態

測 定 角 (r°)	45	60	75	其 の 外
E_c(Lx)	0.24	0.46	8.5	0.1～0.2 程度

濕潤狀態

測 定 角 (r°)	45	60	75	其 の 外
E_c(Lx)	0.27	0.82	4.0	0.1～0.2 程度

No. 3 フィルター

E_m=7.4[S_{10}]=57.5 Lx E_c=4.55～4.65[S_{10}]=37.8 Lx.

入射角 i=75°, 測定照度 E_c

流水狀態

測 定 角 (r°)	45	60	75	其 の 外
E_c(Lx)	0.14	0.3	4.3	0.1～0.2 程度

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	45	60	75	其の外
E_c(Lx)	0.13	0.44	2.0	0.1～0.2 程度

No. 4 フィルター

$E_m=8.2\pm0.2[S_{10}]$,　$E_0=5.0\sim5.25[S_{10}]=42.2$ Lx.

入射角 $i=75°$,　測定照度 E_c

流水狀態

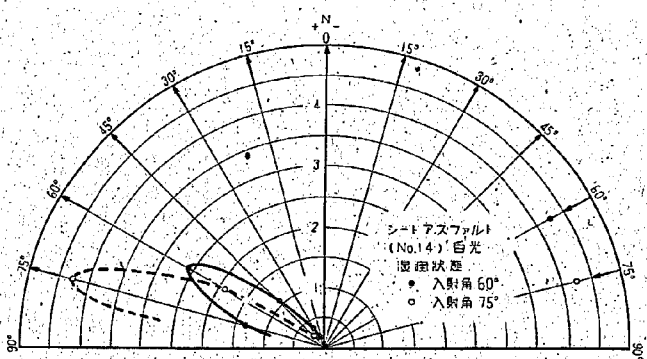
測定角 ($r°$)	60	75	其の他
E_c(Lx)	0.15	4.8±0.1	<0.1

濕潤狀態

測定角 ($r°$)	60	75	其の他
E_c(Lx)	0.3	2.8	<0.1

以上の如く濕潤狀態にては未だ可成整反射傾向を示すものである．實驗値より反射配光分布圖を求め得るも他の資料と類似の傾向を示すを以て白色光の場合のみを圖示し其の他の場合を省略す．

圖-13　シートアスファルト濕潤狀態に於ける反射光分布



流水狀態にては全く整反射をなすもので下記に其の反射率 η_r を示す．

η_r表　シートアスファルト，流水狀態

色光 ＼ 入射角($i=r$) 測定角	60°	75°
白光	5.8	8.4
No. 1 フィルター	6.4	11.0
No. 2 フィルター	5.9	10.9
No. 3 フィルター	6.1	11.2
No. 4 フィルター	6.2	11.4

V 實驗結果に基く光反射特性

[1] 乾燥狀態

IV-(1) 節に詳細報告せし如く乾燥狀態に於てはコンクリート系, アスファルト系共に特に入射角小なる場合は實用上完全擴散面の近き反射特性を示すもので添附圖に示せる反射光度 (I_r) 分布より輝度分布 $B_r(I_r/\cos r)$ を求め得るは勿論, 受光面照度 E 及び同價擴散反射率 η_{Ed} より輝度 $B_r=\frac{E\eta_{Ed}}{\pi}$ を求め得るものなれば, 完全擴散反射に近き場合には添附表に示したる η_{Ed} 數値にて特定方向の輝度は勿論利用率としての反射狀況をも推測し得.

一般に光波の減少に伴ひ卽ち青色系の場合反射率減少せるも其の程度僅少である. 上記結果中より主要なる二三のものを列擧す.

左記列擧せし如く C系A系を通じ一般に承認されてゐる値を示してゐる. 入射角=60° 以上の場合測定角が入射角に近ければ可成り整反射的傾向をとるもので η_{Ed} は 100% 近くの値をとる. で防空上遮光角度を規定する必要ある所由にて光現行法に於ては入射角 80° 度に相當するもので周圍地域の狀況により開方地帶の路面に於ては光源配光曲線によつて更に角度を減少する方が安全である.

石膠コンクリート

入射角 $i=0°$, 測定角 $r=30°$

	赤	橙	白光	綠	青
η_{Ed} %	34	33	31	28	23

1:2:4 碎石コンクリート

入射角 $i=0°$, 測定角 $r=30°$

	赤	橙	白光	綠	青
η_{Ed} %	33.5	32	29	27	24
表面モルタル仕上	48	44	45	45	40

貧配合コンクリート

入射角 $i=0°$, 測定角 $r=30°$

	赤	橙	白光	綠	青
η_{Ed} %	25	24	23	22	19

シートアスファルト

	赤	橙	白光	綠	青
η_{Ed} %	17	17	17	10	8.6

[2] 流水及び濕潤狀態

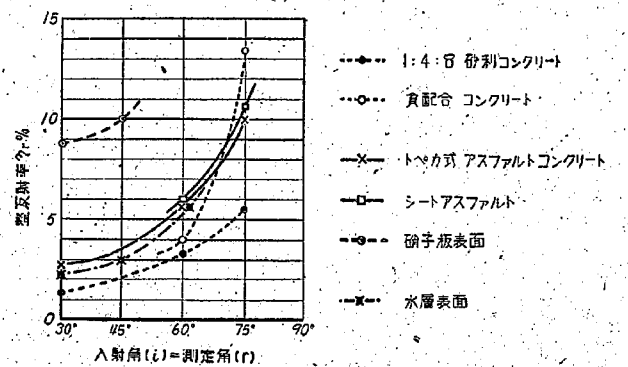
流水の場合は流水量の大小により若干の差異あるも整反射を示すもので, 且つ鋪裝種別並に色光差異による影響は乾燥狀態の場合に比較し更に少い. 反射率 η_r は入射角 (i), (反射角(r)) により異るもので今各試料の結果の色光に對する平均値と此等の角度と關係を圖示す.-(圖14)

η_r 率の增加傾向は水層表面の狀況によるものでアスファルト系の場合は水層に於ける Fresnel の計算式の與ふ結果と似てゐる: コンクリート系の場合は流水表面に凸凹流を生ずる爲めか又は白色を帶びてゐる爲め整反射率 η_r が少い樣である. 殊に入射角大なる場合では測定誤差が著しく大である.

要するに入射角70~80° 附近は可成り整反射率の急劇に增大する範圍にて色光の如何に拘らず注意すべき所である.

濕潤狀態に於ては實驗結果に添附せる圖面により明かなる如く, 整反射的擴散反射をなし反射傾向を示すには

圖-14　流水狀態に於ける整反射率 η_r と入射角（＝測定角）との關係



爰に引用せる反射擴散能（σ）の如き數値あるも實用上安全の見地より論ずるに整反射率として換算すればよい．乾燥流水兩狀態のものにて充分目的を達し得るものなれば，本報告に於ては乾燥狀態等價反射率 η_{Ed} 及び流水狀態整反射率 η_r のみを報告する事とした．

VI 要　約

燈火管制特に警戒管制時に於ける道路照明の基準を定めんとするに際し，特に色光使用時に對する路面反射特性を明かにせんと各種主要舖裝に就き室內實驗を行つたもので，色光に對する透視距離に關する二三の研究結果をも引用し青色系統の利用價値の大なる傾向にあるを推論した．二三のコンクリート系アスファルト系舖裝に就き赤，橙，綠，青，白光の5色の光に對する乾燥狀態，流水狀態に於ける反射特性を實驗的に研究せるものである．

路面反射特性を指示する等價反射率等の特定用語を引用し，尙測定に關しては光電池の外光電管を使用し光電管使用に關する特性を明かにした．

資料種類以下の如し．

1) 砂利コンクリート，碎石コンクリート，膠石コンクリート

2) トペカ式アスファルトコンクリート，シートアスファルト

實驗結果に關する事項は IV, V 章に取纏めて記載せるを以て省略するも，本實驗結果により色光を使用せる場合の路面反射傾向を明かに知り得るを以て，本實驗に於て得たる等價反射率 η_d，整反射率 η_r 等の値よりして與へられた照度に對する測定方向による輝度變化を推定し得．例へば緖言に於て許容照度 0.15 Lx に對し推定擴散反射率を 15% と述べしも，本實驗によるに等價反射率 15% は青色系光に對するシートアスファルト舖裝のものでコンクリート系にて開方地域に於ては單に反射率のみにて判定すれば，更に照度を減少する事の必要を示す．

上記の如く色光使用に於ける路面照度を定むるに必要なる基準並に橫光線等特種照明法を使用せんとする場合俯瞰輝度等を定むるに必要なる特性を明かにせるものである．

本實驗を行ふに當りては委員齋井博士の御指導の下日本學術振興會の援助を得たるもので茲に錄して感謝の意を表す．

堰堤の溢流係數に關する模型實驗

嘱託　山本弘之

まへがき

本實驗は，內務技師横田周平氏御指導の下に，內務省土木試驗所赤羽分所內 1m 工法試驗槽を用ひて，昭和 15 年 12 月より本年 6 月に亘り模型實驗をした報告である．

本稿を草するに當り，御指導並びに貴重なる御助言を賜つた横田技師，佐藤技師，竹內學士，八木技手及び實驗を手傳つて下さつた須野助手に對し深甚なる感謝の意を表する次第である．

要　旨

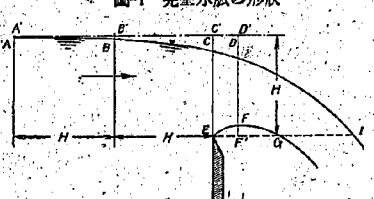
本文は代表的斷面形と思はれる堰堤の模型に就いて溢流量が下流水位に影響されない樣な狀態で溢流幅 B と溢流深 H を種々變へて溢流係數——本實驗に於ては接近流速を考慮した堰堤の流量公式 $Q=CB\left\{(H+h_a\frac{a}{g})+h_a\frac{a}{g}\right\}$ に於ける C——が如何に變化するかを實驗した結果，並に既往の實驗實測例を摘記したものである．

目　次

Ⅰ 緒　言……（1）
Ⅱ 實　驗……（3）
［1］模　型……（3）
［2］實驗設備……（4）
［3］實驗結果……（5）
Ⅲ 相似律……（7）
Ⅳ 既往の模型實驗並に實測例……（8）
［1］Keokuk 堰堤……（8）
［2］Madden 堰堤……（9）
［3］粗山堰堤（庄川）……（10）
［4］其　他……（10）
Ⅴ 結　言……（11）

Ⅰ 緒　言

圖-1 完全水脈の形狀



銳緣矩形堰より溢流する水脈の形は Rehbock, Scimemi が精密に測定して水頭の如何に拘らず大體次の如くであるとしてゐる．[1]

$AA'=0.01\,H$,　　$DD'=0.23\,H$
$BB'=0.04\,H$,　　$EF'=0.25\,H$
$CC'=0.15\,H$,　　$FF'=0.11\,H$
$CE=0.85\,H$,　　$EG=0.7\,H$
$DF=0.66\,H$,　　$EI=1.40\,H$

Bazin は水脈内に於ける流速及水壓の分布を實測して堰長 1m に對する流量は

$$Q=1.89\,H^{\frac{3}{2}}$$

とし,[15] Francis は

$$Q=1.84\,H^{\frac{3}{2}}$$

なる式を公表した．是等は何れも端收縮なき場合である．

一般に溢流堰堤に於ける流量公式も之と同型を用ひ

$$Q=CBH^{\frac{3}{2}}$$

とされてゐる．此の場合には H の取り方は堤頂より貯水池水面までの深さである．若し今 H を以て鋭緣堰より溢流する場合の水脈下面に全然合致した斷面形を有する堰堤を作つて而も堤面の摩擦を全然無視出來るとしたら此の堰堤の溢流係數は Bazin 式に代入すれば

$$Q=1.89\,H^{\frac{3}{2}}=C(0.89\,H)^{\frac{3}{2}}$$

$$C=2.25$$

即ち之は端收縮及び堤面の摩擦を考へない場合の値であつて E 附近（圖-2）の形を改良し，H が增量水位より更に大きくなると堤面と水脈下面との間に低壓を生じ C は增大するが實際問題としては此の邊が上限ではないかと思はれる．[2]（圖-3, 4）

圖-2

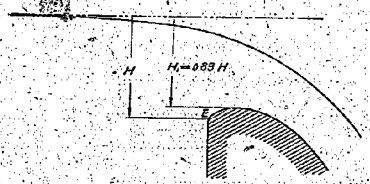


圖-3

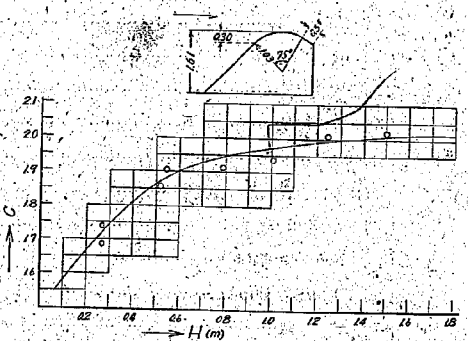


圖-4

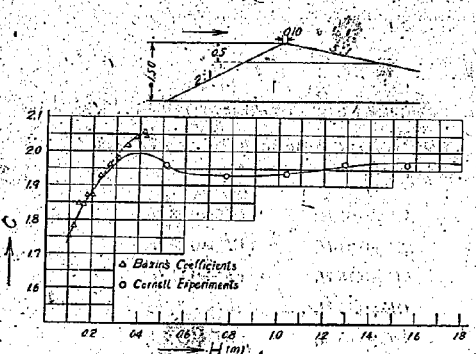
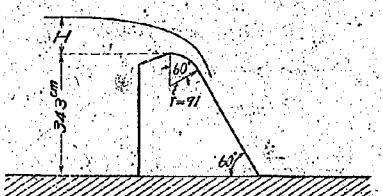


圖-5



次に H が小い場合には計畫水位の場合に適した堤頂形では廣頂堰の流況に似て來るから Bélanger の公式に依れば

$$Q=1.70\,BH^{\frac{3}{2}}$$

又 Williams の大規模な實驗結果[2]を見ても H≒5cm では C≒1.70 であつて，結局 C は 1.70～2.25 であらうが，是が次の如き色々な要因に左右されて變化するであらう事は想像に難くない．

A．堰堤頂部の形

B．溢流水深

C．橋脚の形と徑間

D．門扉開放の狀況

等であらう．

堰堤頂部の形　堰堤の斷面形は溢流水に對する水理的條件と構造物としての安定との二條件に依つて定められ，普通溢流頂より下方水頭 H の 1.5 倍までの部分の形は溢流水脈の下面に低壓の生ぜざる如き形狀を用ふる．而して此の合理的形狀として計畫水頭に對し銳緣矩形堰の水脈下面に接近した Creager, Morrison & Brodie 及び Scimemi 等の提案した形があるが最も下流面勾配の緩な Creager の形でさへも安定條件を滿足するためには一層緩なる勾配を必要とし，又其の頂部に相當大なる水壓を支持する橋脚等を設くる場合堤頂は上記の合理的形狀よりも重厚なものとなり，從つて溢流係數は構造上制限を受ける．

溢流水深　計畫水頭に對して最適なる堤頂形を決定した場合でも或る水頭に對する水脈下面の線形は唯一であるからそれ以下の水頭に對しては堤面の摩擦抵抗が效いて係數は小となり反對に水頭が大となれば水脈下面と堤頂面の間に低壓を生じ C は增大するが更に水頭大となれば堤頂部を剝離する危險を生ずるのみならず，激しい渦を生じて却つて C は減少するものと思はれる．

橋脚の形と徑間　溢流の全有效幅が等しくても橋脚の數が增せばそれだけ流線を亂し摩擦抵抗が增し溢流を阻害されるであらう事は容易に考へられる．而も同數の橋脚を配置するにしても其の形を所謂流線型に近くすればば C は增大する譯であるが實際には構造施工其他の理由で單純なものが用ひられてゐる．

門扉開放の狀況　非常洪水時に於ける如く全門扉を全開する場合と，其の中の若干を全開する場合では C は同一 H に對しても等しくない．此の事は Keokuk の實驗實測に依つても明らかであつて前者の方が幾分大きい．本實驗に於ても參考のため No. 4 の場合に兩側を閉めて中央二徑間に就て測定した結果は C 四徑間の場合よりも約 3.2% 少い値を示した．是は端收縮に依る流況の變化が著しい原因と思はれる．門扉を半開した場合に就ては實驗を行はなかつたから玆には省略する．

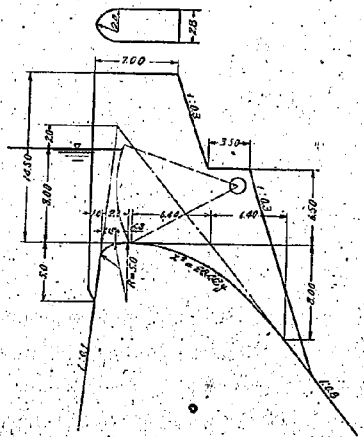
其の他 Bazin, Fresc, Rehbock 及び Kinzer 等の銳緣矩形堰に於ける流量公式を見れば其の係數が溢流水深 H のみならず堰の上流側に於ける底から堰堤までの水深に依つて變化する事が示されてゐるから堰堤の場合にも上流側水深に影響される事と思はれる．

II 實　驗

[1] 模　型

本實驗に用ひた模型は 圖-6 の如き最も代表的と思はれる斷面形を有する堰堤を縱橫共 1/50 に縮尺したものである．大體の形を木材で組み其の上に鏝層モルタル（セメント：砂：鏝層＝1：2：3）で下地を拵へ堰堤表面約

圖-6



1 cm を 1：2 モルタルで入念に仕上げ橋脚の部分は木製として埋込んだ. (圖-7)

斯様な斷面形を有する堰堤頂に同種の橋脚を次の如く配置して

實驗番號	1	2	3	4	5
B	94.0	44.2	27.6	19.3	11.0
$B/B+b$	0.9437	0.8875	0.8313	0.7751	0.6626

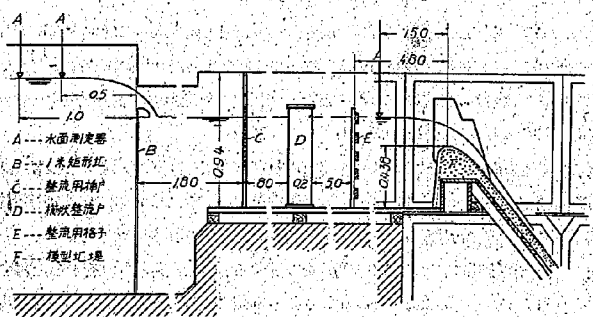
但し　B=徑間 (cm)

b=橋脚幅 (cm)

$B/B+b$=絞り度 (と假稱す)

各場合に就て溢流深は約 3～20 cm の範圍內で實驗した. 即ち實物の 1.5～10 m に相當する譯である. 其の理由は模型表面を前述の如く仕上げた爲め模型と實物に就て堤表面の粗度を相似關係に保つ事が困難なのと實物と同じ水を使ふため其の粘性が相似關係にないから溢流深小なる

圖-7



場合は摩擦と粘性が效いて急減する傾向があつたので最小溢流深は 3 cm (實物では 1.5 m) とし又設備の關係上流量は 150 l/sec. 以上を流す事は困難で最も流れの狀態の惡い No. 6 に於ては 20 cm 位で約 140 l/sec. であつたので最大溢流深は 20 cm (實物の 10 m) にせざるを得なかつた.

[2] 實驗設備

本實驗に於て計量すべきものは堰堤上を溢流する流量と其の場合の水深である.

流量は上流にある 1 m 銳緣矩形堰の水深を 2 個の point-gauge, 1 個の hook-gauge に依つて測り其の平均の値に對する流量を旣に檢定濟の水位——流量曲線より求める. 此の流量が堰堤を溢流する場合の水深は, 模型堰堤天端より上流約 1.5m に備へた 1 個の point-gauge に依り觀測した. 而して此の場合觀測回數は必ず 3 回以上行つて其の平均値を採つた.

水位測定用 gauge は何れも精度 0.1mm であつて流量の少い時は殆んど同じ讀みを繰返すに過ぎなかつたが

流量の大きい場合には水面の動搖が著しく平均値との差は約 ±2mm に達するものもあつた.

［3］ 實驗結果

流量調節用バルブを加減してから少くとも5分以上を經過して流れが定常狀態になつてから測定を開始し一回の觀測を終るのに所要時間は 20~30 分であつた. その結果は圖-8 の如くで, 之を

$$Q=CnB\left\{(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}\right\}$$

但し　Q=全流量 (m³/sec)

B=純徑間 (m)

H=溢流深 (m)

h_a=接近流速水頭$=\frac{v^2}{2g}$ (m)

n=徑間數

に代入し, C と B, H の關係を示せば 圖-9, 10 の如くである. (表-1, 2, 3, 4, 5 參照)

圖-8

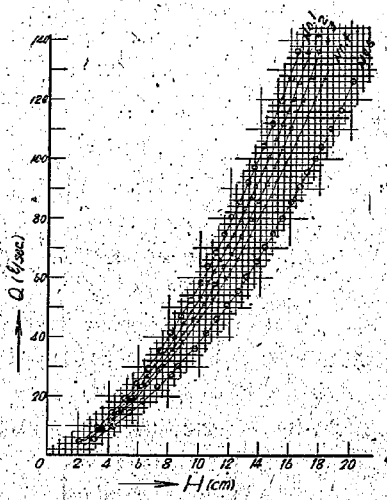


圖-9

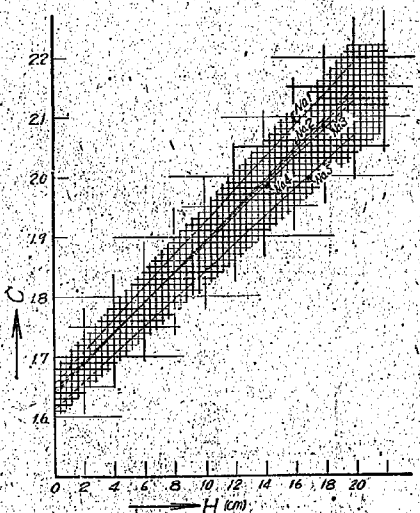
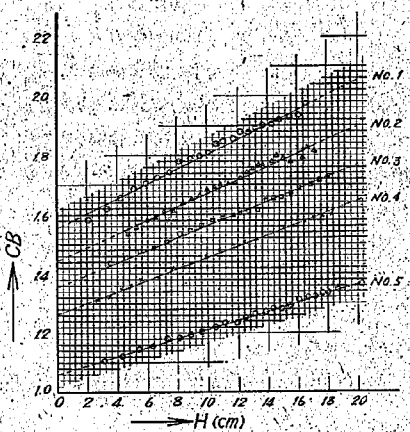


圖-10



卽ち各場合に就て C の變化は實驗の範圍内では, H に對して殆んど直線的と考へて差支ない. 依而是を

$$C_n=Y_n+X_n\cdot H$$

と置いて, 最小二乘法に依り計算すれば

$$X_n=\frac{m[H\cdot C]-[H][C]}{m[H\cdot H]-[H]^2}$$

$$Y_n=\frac{[H\cdot H][C]-[H][H\cdot C]}{m[H\cdot H]-[H]^2}$$

但し m=觀測回數

より

$$\left.\begin{aligned}C_1&=1.65523+0.053755\,H\\C_2&=1.63679+0.051229\,H\\C_3&=1.64539+0.049144\,H\\C_4&=1.64359+0.048450\,H\\C_5&=1.61381+0.045749\,H\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(1)$$

を得る. H が小なる時は流況は廣頂堰の如き場合に相當し絞り度の大小には殆んど影響されず, 從つて上記 Y_n の項は是を平均して 1.63897 と考へてもよい. 即ち

$$C_n=1.63897+X_n'\cdot H$$

として各實驗の X_n' を計算（算術平均）すれば次の如くなる. (表-6)

$$\left.\begin{aligned}C_1&=1.63897+0.056977\,H\\C_2&=\ 〃\ +0.050537\,H\\C_3&=\ 〃\ +0.050356\,H\\C_4&=\ 〃\ +0.049216\,H\\C_5&=\ 〃\ +0.040538\,H\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(2)$$

扨て此の X_n' は Y_n を平均した爲めに X_n が X_n' となつたもので X_n は絞り度を變へた事に依り斯樣な値を示すものであると考へられる. 即ち X_n は絞り度に對して直線的に變化してゐる (圖-11). 此の考へから X_n' も直線變化と見做して

$$X_n'=M+N\left(\frac{B}{B+b}\right)$$

として, M, N を求めると

$$M=0.0069,\quad N=0.0519$$

となる. 依つて C は

$$C=1.64+\left[0.007+0.052\left(\frac{B}{B+b}\right)\right]H\quad\cdots\cdots(3)$$

の如く表はされ得る. (圖-12)

圖-11

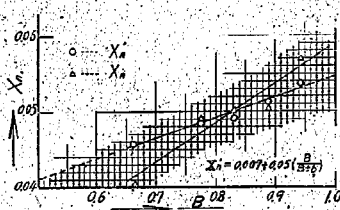
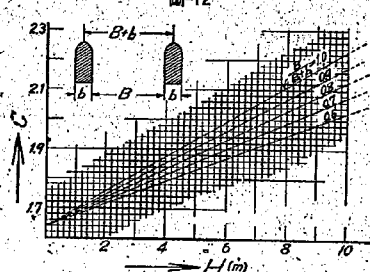


圖-12



序に接近流速を考慮しない一般に用ひられてゐる堰の流量公式 $Q=CBH^{\frac{3}{2}}$ に依り計算すると

$$\left.\begin{aligned}C_1'&=1.6510+0.05849\,H\\C_2'&=1.6167+0.05797\,H\\C_3'&=1.6327+0.05452\,H\\C_4'&=1.6348+0.05278\,H\\C_5'&=1.6014+0.04969\,H\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(1)'$$

を得るが（1）に比して $H=10\,m$ に於て2％位大きい値を示す．即ち本計算に依り求めた値を $Q=CBH^{\frac{3}{2}}$ に用ふる時は安全側になる．

III 相 似 律

	長	面積	速度	流量	水頭	係數	溢流幅
模型	1	a^2	V_m	Q_m	H_m	C_m	B_m
實物	n	$A=n^2\cdot a$	V	Q	H	C	B

とせば

$$V=\sqrt{2gH}\quad,\quad V_m=\sqrt{2gH_m}$$

$$\therefore\quad V=\sqrt{n}\cdot V_m$$

又

$$\frac{Q}{Q_m}=\frac{A\cdot V}{a\cdot V_m}=\frac{n^2\cdot a\cdot\sqrt{n}\cdot V_m}{a\cdot V_m}=n^{\frac{5}{2}}$$

$$=\frac{CBH^{\frac{3}{2}}}{C_m\cdot B_m\cdot H_m^{\frac{3}{2}}}=\frac{C\cdot n\cdot B_m\cdot(n\cdot H_m)^{\frac{3}{2}}}{C_m\cdot B_m\cdot H_m^{\frac{3}{2}}}=\frac{C}{C_m}\cdot n^{\frac{5}{2}}$$

$$\therefore\quad \frac{C}{C_m}=1 \qquad \cdots\cdots(4)$$

即ち模型實驗に依り得たる C_m は模型の縮尺に無關係に其の儘實物に適用出來る事を示すものである．此の事は鋭緣矩形堰等の如く堰を離れた水が自由落下する場合には適用出來る．即ち重力の影響のみ働いて摩擦力が作用しない場合である．堰堤の場合には重力が主なるものであるが水脈下面の形が自由な形を取り得ないから C が何れの水頭に對しても定數とならず殊に模型に於て實物と同性質の水を使つた場合に其の縮尺の大小にも依るが堤面の粗度及水の粘性が效いて（4）の關係は成立しない．多くの模型實驗の結果から定量的な結論を下す事は困難であるが定性的である點に本實驗の範圍では C は H の增大と共に殆んど直線的に增大してゐる事及び後述の例にも見る如く Keokuk, Madden 兩堰堤の實驗實測に於ても C は H と共に增大してゐる事から實際の場合にも此の傾向にあるものと思はれるから若し模型に就て

$$Q_m=(Y_m+X_m\cdot H)B_m\cdot H_m^{\frac{3}{2}}$$

で表はされるとすれば實物に對しては

$$Q=(Y+X\cdot H)B\cdot H^{\frac{3}{2}}$$

$$\frac{Y+X\cdot H}{Y_m+X_m\cdot H_m}=\frac{Q/B\cdot H^{\frac{3}{2}}}{Q_m/B_m\cdot H_m^{\frac{3}{2}}}=\frac{Q}{Q_m}\cdot\frac{B_m\cdot H_m^{\frac{3}{2}}}{B\cdot H^{\frac{3}{2}}}=n^{\frac{5}{2}}\cdot\frac{1}{n^{\frac{5}{2}}}=1$$

$$Y+X\cdot H=Y_m+X_m\cdot H_m$$

然るに Y, Y_m は水頭小なる場合即ち潛頂堰の場合の係數に相當するものであつて

$$Y\fallingdotseq Y_m \qquad \therefore\quad X\cdot H=X_m\cdot H_m$$

然るに $H_m=\frac{1}{n}\cdot H$ $\qquad\therefore\quad X=\frac{1}{n}\cdot X_m$

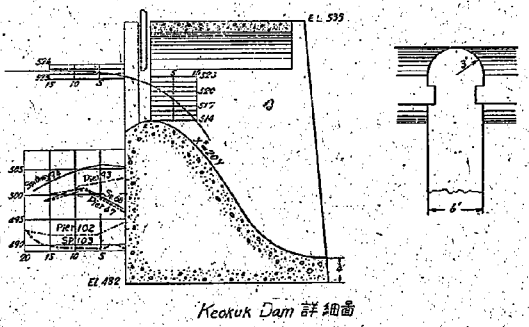
である．前述（1）式の X_m 項は模型の縮尺で除した値である．

IV　既往の模型實驗並に實測例

[1] Keokuk 堰堤[5]

A. 實測　堰堤は 圖-13 に示す如き形狀を有し幅 30′ の spillway が 119 門ある．堤頂は以前の自然河床上 30′ の高さに設けられたのであるが沈泥のため上流の河床は測量の結果圖-13 の如くであつた．係數の實測を行つた場所は其の代表的なものとして堰堤の中央にある No. 68 を主扉として其の近接の門扉を種々な組合せで開放し又右岸發電所の近くは水深が大であつて其の代表的なものとして No. 103 に就て實測した．

圖-13



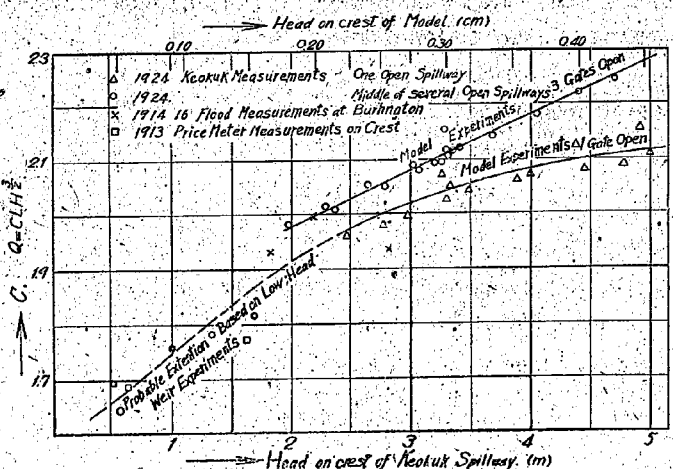
Keokuk Dam 詳細圖

水位は Girley の水位記錄計を用ひて 15 分毎に測定したが一回の實測に 3～9 時間を要したにも拘らず貯水池面積が頗大なため水位の變化は極めて僅であつて 8 回の實測に於て最大 0.35′ で全體の平均は 0.18′ であつた．

各流量を測定するに當つては流速計を用ひて各 pier 間の 15 個所に就て各個所毎に鉛直には 1′ 毎に，pier の近くでは ½′ 毎に測定を行つた．斯して得た各鉛直線の流速曲線を 20 等分して Simpson's Rule を適用し平均流速を求め間接に流量を測定した．實測結果は 表-7 の如くである．

B. 模型實驗　Iowa 州立大學の水理研究室に於て 3-spillways を取入れて米杉を以て 1/n の模型を作り

圖-14



溢流水深 0.4′～1.5′ に就て行ひ，又他に 1-spillway を開放し標準狀態 1′ に近い水深を以て

1. 堰堤表面を平滑にし其の上流に沈泥なき場合
2. 表面を平滑にし沈泥を入れて現場の狀況を複製したる時
3. 表面を shellac 塗り仕上げとし沈泥を置いた場合
4. 表面に砂を吹き付けて仕上げ現場の狀況を複製したる時

に就て實驗した．其の結果は圖-15 の如くである．

又橋脚の形に依る C の變化を參考のため圖-16, 17 に示す．

［2］ Madden 堰堤[6]

Panama 地峽 Chagres 河が運河に注ぐ地點から上流約 10 哩に在る．堰堤の長さ 974′，高さ 220′ あり，其の稍右岸寄りに徑間 100′ の Spillway 四門，

圖-15

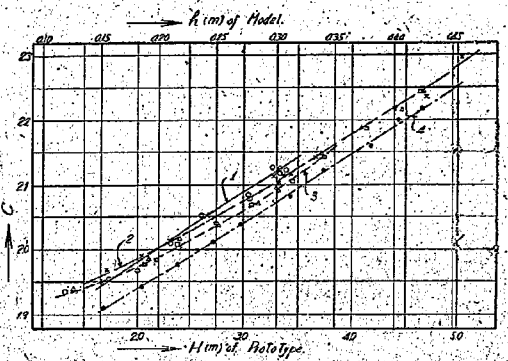


圖-16

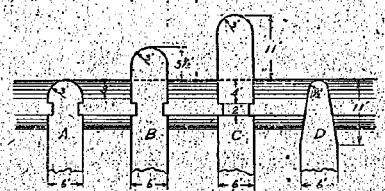
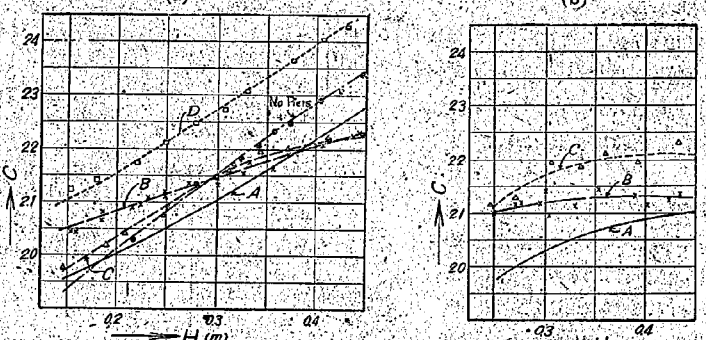


圖-17



厚さ 12′ の橋脚があつて堰堤頂部には引込み裝置の drum-gate が設けられてある．(圖-18)

A. 模型實驗　Colorado 農業大學の水理研究室で縮尺 1：72 の模型を作つて種々の項目 (Dentated Sill Apron, Level Apron, Sloped Apron, Deflector; Sill, Toe に於ける磨滅損失，其他 Tail-Race Wall, 水叩下流の洗掘，Drum-gate の操作及流量，堤頂の水脈及壓力，Spillway の Retaining wall 等) に就て實驗

をした．其の中 C に關しては

$$C=1.347\,h_e^{0.20}\quad(\text{m 單位})$$

を得た(圖-19)．又 gate の crest の高さに依る C の變化は 圖-20 の如くであつた．

B. 實測　½ 哩下流の地點に於て流速計を用ひて深さ 1′ 毎に測り平均流速を求めた．其の結果

$$C=1.485\,h_e^{0.091}\quad(\text{m 單位})$$

を得た．最高水頭 7.78′(≒2.37 m) まで實測したが此の時の流量は模型實驗の結果豫想した流量よりも 13 %多かつた．是は水位觀測に於ての誤差及び平均流速を求めるに當り修正値 0.9 を用ひたのであるが此値は少流量の場合には信賴出來るが大流量の場合には可成りの誤差が入つて來るのに幾分原因してゐる．

然し乍ら明らかに 圖-19 の表はす二つの曲線は違つた性質を表はしてゐる．が是を比較研討するには餘りに資料が貧弱で，模型の流れに影響を及ぼした素因は毛管作用，粘性の如きものであらうと思はれるが充分認識されなかつた．

又 gate の crest の高さに依る C の變化は圖-20 の如くであつた．

［3］ 祖山堰堤[7]

堤頂の構造 $y^2=16.47\,x$ なる拋物線斷面を有する堤頂上に純徑間 7.6m，厚さ 1.8m の橋脚があり此の橋脚の上流端は圓弧狀をなしてゐる(圖-21)．

發電所放水路の直く下流に量水標があり此所の各水位に就ては多數の流量觀測の結果水位流量曲線を得てゐるので之に依り水位さへ觀測すれば直ちに流量を知る事が出來る．堰堤溢流部の流量係數は發電所の使用水量が零の時に前記曲線の示す流量を基として計算した結果は表-8の如くである．

［4］ 其　　他

A. O'shaughnessy Dam[8]

1913 年 3 月 25 日の實測に依れば溢流幅

圖-18

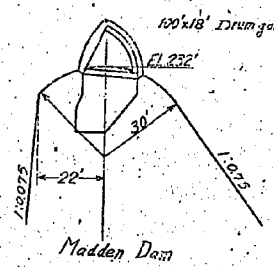


圖-19

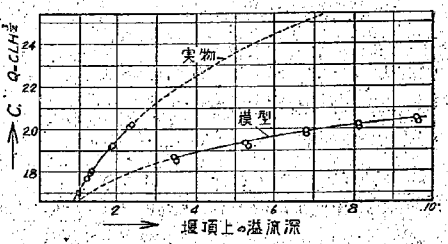


圖-20

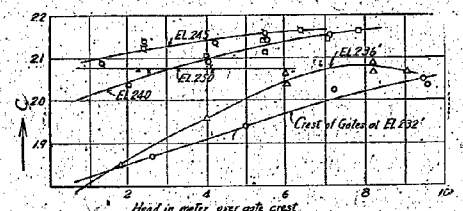
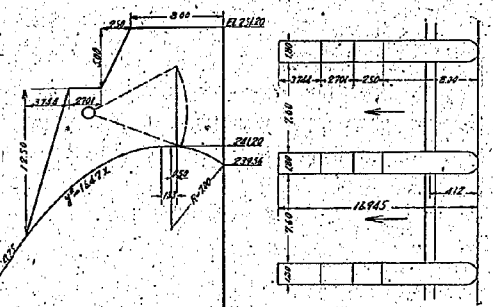


圖-21



500′ より溢流したる量は約 80,000 呎³/秒 で，其の時の溢流水深は 12.8′ (3.9 m) であつた．

之を $Q=CBH^{\frac{3}{2}}$ に代入すれば

$C=3.494$ ($\fallingdotseq 1.93$)　　(　) 內米單位

となる．

B, Willson Dam[9]

$B=38'$ ($\fallingdotseq 11.6$ m)　　$b\fallingdotseq 8'$ ($=2.44$ m)

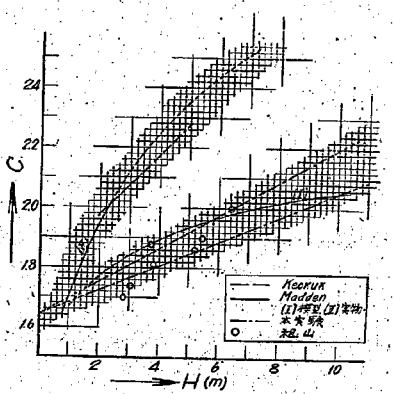
堤頂形 $\frac{x^2}{36}+\frac{y^2}{9}=1$ ， $y^2=42.585x$

橋脚の上流端は $R=4'$ の半圓形

なる斷面を有する堰堤に於て，$H=4.51$ m の場合 $C=2.21$ を示せり．

圖-22 は上記の C と H の關係を全部纏めたものであつて，圖中太線の部分は實驗及實測の範圍內である．

圖-22



V 結　　言

1. C は本實驗及び既往の實驗並に實測の結果から得られた如く一定値をとるものでなく，變化するものである．

2. 此の變化に與かる主なる要因は前述の如く，

　A. 堰堤頂部の形

　B. 溢流水深

　C. 橋脚の形と絞り度

　D. 門扉開放の狀況

　等である．

3. 溢流水深 H に關しては (圖-22)

　本實驗，Keokuk……直線的

　Madden……直線に近い指數曲線

　祖山……大體本實驗の範圍內

Keokuk Dam は 圖-13 に示す如く溢流水深 H に比して堰堤上流の水深が著しく淺いから接近流速が非常に大きく，從つて此の實驗並に實測から得られた C は直ちに他に適用出來ないが唯 H の增大と共に C が直線的に增大する點に於ては本實驗と同一傾向である．又 Madden Dam は堤頂部の形が半圓形であつて是を直ちに他の拋物線形斷面を有するものと比較するのは無理であるが直線に近い指數曲線を示してゐる．

之を要するに C は H に關して直線的に變化するものと見做してよい．

4. 而して (1) に依れば C は

$$C=f(B/B+b)+g(B/B+b)H$$

に依つて表はされ得るが H が僅めて小なる場合には前述の如く絞り度の影響は殆んどないものと考へられるから

$$f=(B/B+b)=\text{const.}$$

として差支へない.

5. 絞り度 $B/B+b$ に關しては (圖-11)

X_n は絞り度の或る函數となるべきもので前述の如く是を本實驗の範圍內に於て實用上直線的と見做す事が出來るから, 或る H に對して X_n' の形を

$$X_n'=M+N(B/B+b)$$

とした.

此の樣にした爲めの C の誤差は $H=10$ m に對しても表-9 の如く極めて小さく 1.3～0.2 % の範圍にある. 故に下記の如き諸條件を滿足するならば C の實驗式として充分の精度を以て

$$C=1.64+[0.007+0.052(B/B+b)]H$$

を採用する事が出來る.

a. 橋脚及堰堤頂部の形が本實驗のものに似てゐる事.

b. $H=1.5$～10 m.

c. 門扉を多數全開した場合である事.

d. 堰堤上流側の水深が H に比して相當大である事.

參考文獻

物部長穗　水理學　218 頁

2) G. W. Rafter: "On the Flow over Dam," Trans. A.S.C.E., 1900, p. 220.

3) 物部長穗　水理學　225 頁

4) 〃　〃　215 頁

5) F. A. Nagler and A. Davis: "Experiments on Spillway Discharge of the Keokuk Dam." Proc. A.S.C.E., 1929, p. 303.

6) R. R. Randolph: "Hydradic Tests on the Spillway of the Madden Dam," Proc. A.S.C.E., 1937, p. 850.

7) 稻葉重治: "庄川祖山堰堤に於ける水理實驗報告" 水利と土木, 第9卷, 第3號, 75頁.
今野彦貞: "越頂堰の流量係數に就て" 仙臺高工紀要, 第15册 (昭16. 3)

8) J. H. Gregory: "The Oshaughnessy Dam and Reservour." Proc. A.S.C.E., 1929, p. 793.

9) 物部長穗　水理學　231 頁

表-1

No.	H	Q	v	$h_a=\frac{v^2}{2g}$	$(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}$	$C\cdot B$	C
1	0.0211	0.0048	0.010564	0.0000057	0.0030662	1.58177	1.68274
2	0.0327	0.0096	0.020395	0.0000212	0.0059188	1.62194	1.72547
3	0.0424	0.0145	0.030183	0.0000465	0.0087447	1.65814	1.76398
4	0.0510	0.0195	0.039877	0.0000811	0.0116442	1.68916	1.79698
5	0.0589	0.0245	0.049306	0.0001240	0.0143384	1.70870	1.81776
6	0.0666	0.0298	0.059057	0.0001779	0.0172540	1.72714	1.83738
7	0.0745	0.0357	0.069659	0.0002476	0.0204321	1.74725	1.85878
8	0.0817	0.0418	0.080431	0.0003301	0.0234881	1.77962	1.89321
9	0.0880	0.0471	0.089544	0.0004091	0.0262790	1.79231	1.90671
10	0.0944	0.0526	0.098798	0.0004980	0.0292227	1.79997	1.91486
11	0.1006	0.0583	0.108244	0.0005978	0.0321790	1.81174	1.92738
12	0.1057	0.0638	0.117344	0.0007025	0.0348891	1.83919	1.95659
13	0.1105	0.0686	0.125068	0.0007981	0.0371080	1.84866	1.96666
14	0.1164	0.0746	0.134560	0.0009238	0.0401583	1.85765	1.97622
15	0.1214	0.0805	0.143904	0.0010566	0.0428179	1.88006	2.00006
16	0.1265	0.0855	0.151462	0.0011704	0.0455779	1.87591	1.99565
17	0.1319	0.0920	0.161432	0.0013296	0.0485812	1.89374	2.01462
18	0.1362	0.0970	0.168931	0.0014560	0.0510176	1.90130	2.02266
19	0.1427	0.1043	0.179611	0.0016459	0.0547744	1.90417	2.02572
20	0.1482	0.1115	0.190208	0.0018459	0.0580421	1.92102	2.04364
21	0.1546	0.1195	0.201654	0.0020747	0.0619207	1.92989	2.05307
22	0.1605	0.1267	0.211696	0.0022865	0.0655698	1.93229	2.05563
23	0.1655	0.1360	0.224979	0.0025824	0.0687790	1.97735	2.10356

$C_1=1.65528+2.68777\,H$

表-2

No.	H	Q	v	$h_a=\frac{v^2}{2g}$	$(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}$	$C\cdot B$	C
1	0.0471	0.0157	0.032364	0.0000534	0.0102389	1.53337	1.73458
2	0.0534	0.0193	0.039174	0.0000783	0.0123664	1.55664	1.76091
3	0.0600	0.0233	0.046787	0.0001117	0.0147368	1.58108	1.78855
4	0.0657	0.0269	0.053405	0.0001455	0.0168945	1.59224	1.80118
5	0.0708	0.0305	0.059945	0.0001833	0.0189094	1.61296	1.82461
6	0.0783	0.0355	0.068758	0.0002412	0.0220076	1.61308	1.82475
7	0.0838	0.0400	0.076658	0.0002998	0.0243837	1.64044	1.85570
8	0.0897	0.0447	0.084707	0.0003661	0.0270227	1.65416	1.87122
9	0.0946	0.0488	0.091532	0.0004275	0.0292848	1.66469	1.88313
10	0.1000	0.0537	0.099814	0.0005083	0.0318527	1.68588	1.90711
11	0.1054	0.0584	0.107471	0.0005893	0.0344916	1.69317	1.91535
12	0.1092	0.0620	0.113804	0.0006550	0.0363940	1.70358	1.92712
13	0.1137	0.0660	0.119630	0.0007302	0.0386892	1.70590	1.92976
14	0.1182	0.0705	0.126753	0.0008197	0.0410374	1.71794	1.94338
15	0.1219	0.0743	0.132613	0.0008973	0.0430043	1.72657	1.95314
16	0.1262	0.0792	0.140376	0.0010054	0.0453370	1.74692	1.97615
17	0.1298	0.0832	0.146530	0.0010955	0.0473210	1.75821	1.98892
18	0.1343	0.0869	0.151843	0.0011763	0.0493246	1.74412	1.97299
19	0.1367	0.0907	0.157821	0.0012708	0.0512032	1.77138	2.00382
20	0.1424	0.0965	0.166265	0.0014104	0.0544833	1.77119	2.00360
21	0.1459	0.1008	0.172461	0.0015175	0.0565418	1.78098	2.01469
22	0.1505	0.1068	0.181478	0.0016803	0.0592971	1.80110	2.03744
23	0.1556	0.1117	0.188174	0.0018066	0.0623735	1.79083	2.02582
24	0.1595	0.1156	0.193473	0.0019098	0.0647643	1.78493	2.01916
25	0.1628	0.1198	0.199401	0.0020286	0.0668275	1.79267	2.02791
26	0.1655	0.1253	0.207622	0.0021993	0.0685716	1.82729	2.06707
27	0.1712	0.1312	0.215364	0.0023664	0.0721949	1.81730	2.05577

$C_2=1.63679+2.561446\,H$

表-3

No.	H	Q	v	$h_a=\frac{v^2}{2g}$	$(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}$	$C\cdot B$	C
1	0.0355	0.0096	0.020275	0.0000210	0.0066945	1.43400	1.73189
2	0.0461	0.0144	0.029746	0.0000451	0.0099123	1.45273	1.75451
3	0.0554	0.0193	0.039015	0.0000777	0.0130663	1.47325	1.77929
4	0.0643	0.0243	0.048377	0.0001194	0.0163490	1.48633	1.79509
5	0.0728	0.0297	0.058144	0.0001725	0.0197101	1.50684	1.81986
6	0.0818	0.0360	0.069257	0.0002447	0.0234966	1.53213	1.85041
7	0.0894	0.0416	0.078878	0.0003174	0.0268673	1.54835	1.86999
8	0.0958	0.0466	0.087299	0.0003888	0.0298246	1.56247	1.88704
9	0.1028	0.0525	0.097078	0.0004808	0.0331812	1.58222	1.91090
10	0.1100	0.0585	0.106752	0.0005814	0.0367585	1.59147	1.92206
11	0.1166	0.0642	0.115759	0.0006837	0.0401479	1.59906	1.93126
12	0.1212	0.0688	0.122943	0.0007712	0.0425763	1.60716	1.95018
13	0.1270	0.0742	0.131327	0.0008799	0.0457042	1.61167	1.96073
14	0.1336	0.0800	0.139958	0.0009994	0.0493500	1.61043	1.95782
15	0.1385	0.0860	0.149176	0.0011354	0.0521404	1.64939	1.99202
16	0.1442	0.0915	0.157162	0.0012602	0.0554327	1.65065	1.99341
17	0.1494	0.0972	0.165475	0.0013970	0.0585062	1.66136	2.00648
18	0.1554	0.1040	0.175261	0.0015672	0.0621269	1.67399	2.02173
19	0.1608	0.1107	0.184870	0.0017437	0.0654600	1.69111	2.04240
20	0.1685	0.1199	0.197692	0.0019940	0.0703095	1.70552	2.05956
21	0.1746	0.1275	0.208129	0.0022101	0.0742426	1.71734	2.07409
22	0.1811	0.1360	0.219674	0.0024621	0.0786234	1.73197	2.09175

$$C_3=1.64539+2.45722\,H$$

表-4

No.	H	Q	v	$h_a=\frac{v^2}{2g}$	$(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}$	$C\cdot B$	C
1	0.0275	0.0060	0.012899	0.0000085	0.0045625	1.3150	1.70343
2	0.0433	0.0122	0.025244	0.0000325	0.0090201	1.3470	1.74491
3	0.0557	0.0182	0.036864	0.0000693	0.0131696	1.3820	1.79012
4	0.0672	0.0244	0.048199	0.0001185	0.0174650	1.3942	1.80598
5	0.0773	0.0300	0.059383	0.0001799	0.0215643	1.4190	1.83810
6	0.0893	0 0384	0.072824	0.0002706	0.0268025	1.4327	1.85583
7	0.0990	0.0458	0.085196	0.0003703	0.0313175	1.4608	1.89229
8	0.1081	0.0529	0.096869	0.0004788	0.0357676	1.4790	1.91579
9	0.1165	0.0599	0.108025	0.0005954	0.0400546	1.4954	1.93712
10	0.1240	0.0663	0.117883	0.0007090	0.0440210	1.5050	1.94944
11	0.1332	0.0745	0.130427	0.0008680	0.0490638	1.5184	1.96688
12	0.1432	0.0843	0.145045	0.0010734	0.0547646	1.5393	1.99393
13	0.1507	0.0924	0.156956	0.0012569	0.0591907	1.5610	2.02209
14	0.1576	0.0989	0.166051	0.0014068	0.0633522	1.5611	2.02217
15	0.1646	0.1066	0.176900	0.0015966	0.0676899	1.5748	2.03993
26	0.1718	0.1147	0.188094	0.0018051	0.0722575	1.5874	2.05619
17	0.1767	0.1201	0.195380	0.0019476	0.0754225	1.5923	2.06265
18	0.1830	0.1272	0.204831	0 0021406	0.0795632	1.5987	2.07089
19	0.0356	0.0089	0.018792	0.0000180	0.0067220	1.3240	1.71503
20	0.0490	0.0150	0.030763	0.0000483	0.0110623	1.3560	1.75644

$$C_4=1.64359+2.42294\,H$$

表-5

No.	H	Q	v	$h_a=\frac{v^2}{2g}$	$(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}$	$C\cdot B$	C
1	0.0308	0.0060	0.012798	0.0000084	0.0054076	1.10956	1.68115
2	0.0432	0.0101	0.020989	0.0000225	0.0089859	1.12399	1.70301
3	0.0539	0.0144	0.029274	0.0000437	0.0125286	1.14937	1.74148
4	0.0634	0.0185	0.036897	0.0000695	0.0159894	1.15702	1.75306
5	0.0726	0.0232	0.045437	0.0001053	0.0196031	1.18349	1.79316
6	0.0814	0.0276	0.053138	0.0001440	0.0232839	1.18537	1.79601
7	0.0864	0.0305	0.058162	0.0001726	0.0254702	1.19748	1.81436
8	0.0964	0.0363	0.067927	0.0002354	0.0300367	1.20852	1.83109
9	0.1046	0.0415	0.076484	0.0002985	0.0339694	1.22169	1.85104
10	0.1113	0.0462	0.084107	0.0003609	0.0373054	1.23843	1.87640
11	0.1190	0.0510	0.091562	0.0004277	0.0412634	1.23596	1.87267
12	0.1253	0.0559	0.099148	0.0005015	0.0446087	1.25200	1.89697
13	0.1310	0.0605	0.106327	0.0005768	0.0477137	1.26798	1.92118
14	0.1378	0.0656	0.113928	0.0006622	0.0515055	1.27365	1.92977
15	0.1434	0.0704	0.121087	0.0007481	0.0547060	1.28688	1.94982
16	0.1491	0.0746	0.127065	0.0008238	0.0580268	1.28561	1.94780
17	0.1554	0.0802	0.135153	0.0009320	0.0617899	1.29795	1.96658
18	0.1608	0.0857	0.143120	0.0010450	0.0650764	1.31691	1.99532
19	0.1665	0.0903	0.150124	0.0011499	0.0686054	1.32278	2.00422
20	0.1717	0.0953	0.156306	0.0012465	0.0716790	1.32584	2.00885
21	0.1764	0.0999	0.162598	0.0013497	0.0748904	1.33395	2.02114
22	0.1803	0.1041	0.168229	0.0014439	0.0777451	1.33899	2.02877
23	0.1866	0.1098	0.175792	0.0015767	0.0815672	1.34613	2.03959
24	0.1932	0.1164	0.184411	0.0017351	0.0865944	1.34420	2.03666
25	0.2018	0.1258	0.196624	0.0019725	0.0918977	1.36891	2.07411

$$C_5=1.61381+2.28747\,H$$

表-7

番號	開放門扉	水頭 H (m)	C
1	68	3.32	2.020
2	68	3.31	2.065
3	68, 69	3.30	2.005
4	67, 68, 69	3.28	2.087
5	67, 68, 69	3.24	2.037
6	68, 69, 70, 71, 72	3.20	2.054
7	65, 66, 67, 68, 69, 70, 71	3.35	2,153
8	10.3	3.35	2,048

(太字は實測扉)

表-6

No.	No. 1			No. 2			No. 3			No. 4			No. 5		
	C_1	$X_1'H$	X_1'	C_2	$X_2'H$	X_2'	C_3	$X_3'H$	X_3'	C_4	$X_4'H$	X_4'	C_5	$X_5'H$	X_5'
1	1.6827	0.0483	2.0741	1.7346	0.0956	2.0298	1.7319	0.0929	2.6174	1.7034	0.0645	2.3440	1.6811	0.0422	1.3693
2	1.7255	0.0865	2.6450	1.7609	0.1219	2.2834	1.7545	0.1155	2.5063	1.7448	0.1068	2.4443	1.7030	0.0640	1.4825
3	1.7640	0.1250	2.0483	1.7885	0.1496	2.4929	1.7793	0.1403	2.5828	1.7901	0.1512	2.7136	1.7415	0.1025	1.9017
4	1.7970	0.1580	3.0982	1.8012	0.1622	2.4688	1.7951	0.1561	2.4279	1.8060	0.1670	2.4852	1.7531	0.1141	1.7995
5	1.8178	0.1788	3.0355	1.8246	0.1856	2.6220	1.8199	0.1809	2.4847	1.8381	0.1991	2.5761	1.7932	0.1542	2.1238
6	1.8374	0.1984	2.9791	1.8248	0.1858	2.3727	1.8504	0.2114	2.5848	1.8558	0.2169	2.4285	1.7960	0.1570	1.9292
7	1.8588	0.2198	2.9504	1.8557	0.2167	2.5862	1.8700	0.2310	2.5841	1.8923	0.2533	2.5587	1.8144	0.1754	2.0300
8	1.8932	0.2542	3.1119	1.8712	0.2323	2.5892	1.8870	0.2481	2.5894	1.9158	0.2768	2.5608	1.8311	0.1921	1.9930
9	1.9067	0.2677	3.0425	1.8831	0.2442	2.5809	1.9109	0.2719	2.6452	1.9371	0.2981	2.5592	1.8510	0.2121	2.0274
10	1.9149	0.2759	2.9226	1.9071	0.2681	2.6814	1.9221	0.2831	2.5826	1.9494	0.3105	2.5037	1.8764	0.2374	2.1382
11	1.9274	0.2884	2.8669	1.9153	0.2764	2.6222	1.9313	0.2923	2.5068	1.9669	0.3279	2.4617	1.8727	0.2337	1.9639
12	1.9566	0.3176	3.0049	1.9271	0.2882	2.6387	1.9502	0.3112	2.5678	1.9939	0.3550	2.4788	1.8970	0.2580	2.0590
13	1.9667	0.3277	2.9655	1.9298	0.2908	2.5575	1.9607	0.3218	2.5335	2.0221	0.3831	2.5423	1.9212	0.2822	2.1543
14	1.9762	0.3372	2.8973	1.9434	0.3044	2.5753	1.9578	0.3188	2.3866	2.0222	0.3832	2.4314	1.9298	0.2908	2.1103
15	2.0001	0.3611	2.9744	1.9531	0.3142	2.5772	1.9920	0.3530	2.5491	2.0399	0.4010	2.4360	1.9498	0.3108	2.1677
16	1.9956	0.3567	2.8196	1.9762	0.3372	2.6718	1.9935	0.3546	2.3733	2.0562	0.4172	2.4285	1.9479	0.3089	2.0719
17	2.0146	0.3756	2.8479	1.9889	0.3499	2.6960	2.0065	0.3675	2.4599	2.0626	0.4237	2.3977	1.9666	0.3276	2.1082
18	2.0227	0.3837	2.8171	1.9730	0.3340	2.4871	2.0217	0.3828	2.4630	2.0709	0.4319	2.3602	1.9953	0.3563	2.2161
19	2.0257	0.3867	2.7102	2.0038	0.3648	2.6090	2.0424	0.4034	2.5089	1.7150	0.0761	2.1366	2.0042	0.3652	2.1937
20	2.0436	0.4047	2.7305	2.0036	0.3646	2.5606	2.0596	0.4206	2.4961	1.7564	0.1175	2.3683	2.0088	0.3699	2.1542
21	2.0531	0.4141	2.6785	2.0147	0.3757	2.5751	2.0741	0.4351	2.4921				2.0211	0.3822	2.1665
22	2.0556	0.4167	2.5960	2.0374	0.3985	2.6476	2.0917	0.4528	2.5001				2.0288	0.3898	2.1560
23	2.1036	0.4646	2.8072	2.0258	0.3868	2.4862							6.0396	0.4006	2.1469
24				2.0192	0.3802	2.3886							2.0367	0.3977	2.0584
25				2.0279	0.3889	2.3891							2.0741	0.4351	2.1563
26				2.0671	0.4281	2.5867									
27				2.0557	0.4168	2.4346									

$\Sigma X_1' = 65.5234$

$\frac{\Sigma X_1'}{23} = 2.8488$

$\Sigma X_2' = 68.2655$

$\frac{\Sigma X_2'}{27} = 2.5284$

$\Sigma X_3' = 55.3921$

$\frac{\Sigma X_3'}{22} = 2.5178$

$\Sigma X_4' = 49.2156$

$\frac{\Sigma X_4'}{20} = 2.4608$

$\Sigma X_5 = 50.6729$

$\frac{\Sigma X_5'}{25} = 2.0269$

表-8　龍山堰堤實測値

實測月日	實測番號	貯水池水位	門扉開閉狀況番號	門扉開き h	流量 Q	$\frac{C}{(Q=\frac{2}{3}CLH^{\frac{3}{2}})}$
4/17	1	4.95	5. 6. 7	各 1.67	237	2.05
18	2	5.48	5	溢流	185	1.90
19	3	4.48	7. 8. 9	各 1.10	151	2.02
20	4	3.53	7. 8. 9	〃 1.10	129	1.98
〃	5	3.64	1. 2	〃 1.86	131	1.89
〃	6	3.83	2	溢流	103	1.81
21	7	2.69	7. 8. 9. 10	各 1.10	129	1.92
〃	8	2.82	7. 8	溢流	123	1.70
〃	9	3.04	7	〃	70	1.74
22	10	3.74	7	〃	103	1.88
〃	11	3.04	3. 5. 7. 10	各 1.10	144	1.98
〃	12	3.28	7	2.00	70	2.05
23	13	5.19	7	溢流	167	1.86
〃	14	5.61	7	3.00	181	1.90
24	15	6.55	7	3.00	151	1.98
〃	16	6.40	6. 7. 8	各 1.00	176	2.12
〃	17	6.28	7	3.00	144	2.00
〃	18	6.17	7. 10	各 1.52	165	2.05
25	19	6.41	7	3.00	144	1.91
〃	20	6.42	7	2.00	103	1.95
〃	21	6.41	5. 8. 11	各 1.00	169	2.03
〃	22	6.30	7	4.00	205	2.12
26	23	6.27	5 8	1.00 2.00	171	2.14
〃	24	6.31	8	2.00	116	2.22
〃	25	6.40	7	溢流	244	2.00
〃	26	6.18	5. 7	各 1.00	116	2.14
27	27	6.34	7. 8. 9	〃 1.00	190	2.30
〃	28	6.29	7. 8	〃 1.00	123	2.22
〃	29	6.27	7	3.00	155	2.03
〃	30	6.19	7	4.00	196	2.13
28	31	6.23	7	1.52	95.5	2.35
5/20	32	6.53	7	1.00	59.1	2.10
21	33	6.40	7	1.00	59.3	2.14

表-9

	(1) より	(2) より	(2)−(1)	$\frac{(2)-(1)}{(1)}$ (%)
C_1	2.19283	2.20874	+ 0.01591	+ 0.726
C_2	2.14908	2.14464	− 0.00444	− 0.207
C_3	2.13683	2.14253	+ 0.00570	+ 0.267
C_4	2.12818	2.13113	+ 0.00295	+ 0.139
C_5	2.07130	2.04435	− 0.02695	− 1.301

鐵筋コンクリート片持版の載荷試驗並びに之に基く設計示方

内務技師　齋藤義治
内務技師　一木保夫
内務技手　池田克己

要旨

昭和14年内務省土木局（現國土局）制定の鋼道路橋設計示方書案に從ひ，集中荷重 2 t に對して設計せる，全厚 12.5 cm，幅 3 m，張出し長さ 1.2 m の鐵筋コンクリート片持版に就き載荷試驗を行ひ，版の各點に於ける撓み及び鐵筋の應力度，龜裂の進行狀態及び破壞の狀態を試驗し，該示方書案に規定せる有效幅の妥當なること及び之により設計せる片持版が十分なる安全性を有することを見出し，集中荷重による鐵筋コンクリート片持版の破壞の狀況を明らかにし，以て片持版設計の基準を求めた．

本試驗に當り，供試片持版の設計は元土木局齋藤技師之を擔當し，試驗は一木技師，池田技手之を擔當した．

目次

Ⅰ 緒　言……（2）
Ⅱ 得たる結論……（2）
Ⅲ 供試片持版の設計及び製作……（3）
〔1〕設計（齋藤技師）……（3）
〔2〕製作……（4）
〔3〕養生……（4）
Ⅳ 試驗方法……（4）
〔1〕載荷方法……（5）
〔2〕撓み測定方法……（5）
〔3〕鐵筋應力度測定方法……（5）
〔4〕破壞試驗……（6）
Ⅴ 構成コンクリートの力學的性質……（6）
〔1〕壓縮强度及びヤング係數……（6）
〔2〕曲げ强度……（6）
〔3〕鐵筋とコンクリートとの附着强度……（7）
Ⅵ 版の撓み……（8）
〔1〕荷重 1 t による撓み……（8）
〔2〕破壞に至るまでの撓み……（9）
Ⅶ 鐵筋の應力度……（11）

〔1〕荷重 1 t による鐵筋の應力度 ……(11)
〔2〕破壞試驗の際測定せる鐵筋の應力度 ……(11)
Ⅷ 版の破壞狀態 ……(12)
Ⅸ 撓みと應力並びに之等に基く版の有效幅に關する考察 ……(13)
〔1〕載荷 1 t の場合（龜裂發生前の狀態）に對する考察 ……(13)
〔2〕載荷 4 t の場合（龜裂進行中の狀態）に對する考察 ……(16)
〔3〕載荷 8 t の場合（中立軸まで龜裂が進行せる後の狀態）に對する考察 ……(16)
〔4〕破壞荷重 8.9 t の場合に對する考察 ……(17)
〔5〕有效幅に關する考察 ……(18)
Ⅹ 要 約 ……(18)

I. 緒 言

昭和14年內務省土木局（現國土局）にて制定せる鋼道路橋設計示方書案中，第24條に鐵筋コンクリート床版に於ける輪荷重分布の有效幅に關する規定が設けられてゐる．この規定は從來各國の示方書に於て採用せるものと略々同じであるが，たゞ荷重の分布を床版全厚の中心までと假定せる點が異つてゐる．然るに未だ之に對する實驗的根據に乏しく，この規定により設計せる床版が如何なる程度の安全率を有するかは明らかでなかつた．

かゝる理由より，玆に該案に從ひ第一種自動車荷重により設計せる 4 邊自由支持の正方形床版に就き載荷試驗を行ひ，この種床版の設計に對する基準を求めたが* 更に進んで，該案に從ひ集中荷重 2 t に對して設計せる全厚 12.5 cm，幅 3 m，張出し長さ 1.2 m の鐵筋コンクリート片持版に就き載荷試驗を行ひ，版の各點に於ける撓み及び鐵筋の應力度，龜裂の進行狀態及び破壞の狀態を試驗し，以て集中荷重による鐵筋コンクリート片持版の性質及び破壞の狀況を明らかにすると共に，片持版設計の示方を得んとしたものである．

II. 得たる結論

鋼道路橋設計示方書案に準據し，集中荷重 2 t に對して設計せる，全厚 12.5 cm，幅 3.0 m，張出し長さ 1.2m の鐵筋コンクリート片持版に關して材齡50日で載荷試驗を行ひ（脣長さ 1 m とす），版の撓みと鐵筋應力度を測定し破壞狀況を觀察せる結果次の結論を得た．

1. 試驗に供せる片持版は設計荷重に對して 4 倍の安全率を有してゐた．從つて鋼道路橋設計示方書案に準據して設計せる本試驗片持版は設計荷重に對して十分なる安全率を有する．試驗に供せる片持版には，片持版の性質を明瞭ならしめるためにハンチをつけなかつたが，實際の構造物に於ては常にハンチをつけるのであるから，安全度は更に增加するものと考へる．

2. 有效幅に關しては，荷重の小なる間即ちコンクリートに龜裂を生じない前の狀態に於ては，有效幅は鋼道路橋設計示方書案に與へられてゐるものよりも實際には小さいが，設計の基準となるべき破壞に近い狀態に於ては，示方書案に與へられてゐる有效幅は實際上妥當なものである．即ち鐵筋コンクリート片持版の設計に當つては，示方書案に示されてゐる有效幅によつて設計してよいことが明らかになつたのである．

3. 版は設計荷重までは殆んど彈性的な性質を有するものと考へてよい．

---

* 土木試驗所報告第50號 "鐵筋コンクリート床版の載荷試驗並びに之に基く設計示方"（齋藤，一木，池田）

III. 供試片持版の設計及び製作

(1) 設計（齋藤技師）

設計條件は次の如し.

設計荷重. $P=2{,}000$ kg （衝撃は考慮せず）

輪帶幅 20 cm（荷重の强度を輪帶幅 1 cm 當り 100 kg とする）

輪帶接觸長 20 cm

支間 $l'=1.0$ m

版の幅 $l_1=3.0$ m

上置鋪裝厚 5 cm

許容應力度 $\sigma_{ca}=65$ kg/cm², $\sigma_{sa}=1{,}300$ kg/cm²

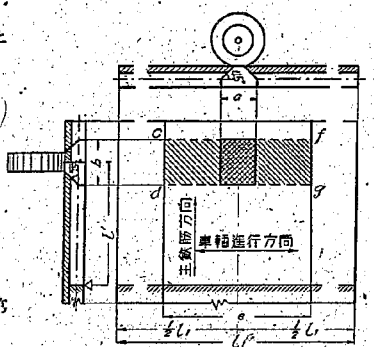
$\tau_a=4.5$ kg/cm²

版の全厚を 12.5 cm と假定すれば，鋼道路橋設計示方書案第24條により

有效幅 $e=1.4\,l'+a$ $(a=20+22.5=42.5\text{ cm})$

$=1{,}825$ m （圖-1 參照）

圖-1 有效幅 e



以上に依り設計せる供試片持版は 圖-2 に示す如くであるが，今之に就いて抵抗モーメントを檢算してみる.

外力によるモーメントは

$$M_l=2{,}000\times\frac{1}{1.825}\times1.0=1{,}095\text{ kg. m/幅 1 m}$$

$$M_d=2{,}400\times0.125\times1.0\times\frac{1.2}{2}=180\text{ kg. m/幅 1 m}$$

（鋪裝の重量は，試驗の際入らぬ故に除外する）

版の全厚は 12.5 cm，有效高さ $d=10$ cm，鐵筋斷面積 $A_s=11.31$ cm²/幅 1 m であるから

$$\frac{1}{2}bx^2-nA_s(d-x)=0\quad\text{より}$$

$$x=4.4\text{ cm}$$

$$z=d-\frac{x}{3}=8.54\text{ cm}$$

從つて抵抗モーメントは

$$C_Z=65\times100\times4.4\times\frac{1}{2}\times8.54=122{,}100\text{ kg. cm}=1{,}221\text{ kg. m/幅 1 m}$$

$$T_Z=1{,}300\times11.31\times8.54=125{,}600\text{ kg. cm}=1{,}256\text{ kg. m/幅 1 m}$$

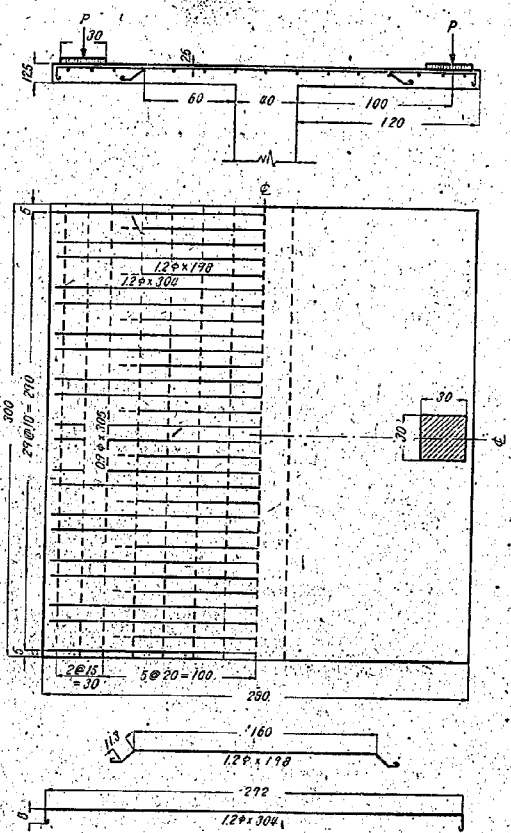
故に動荷重に對する抵抗モーメントは

$$1{,}221-180=1{,}041\text{ kg. m}\quad\text{である.}$$

外力によるモーメント 1,095 kg. m には多少及ばないが，全然餘分のない出來るだけ薄い版とするため，この斷面を採用することにした.

支柱の撓みの影響を除くため左右對稱に版をつくり同時に載荷することとした.

圖-2 供試片持版設計圖



寫眞-1 コンクリート打ち直前の狀況

尙，片持版の性質を明瞭にするために，ハンチはつけない．

〔2〕 製作

基礎のコンクリートは豫め打つておき，版のコンクリートは昭和15年12月19日（室內氣溫 10°C，濕度65%）に打つた．

セメントは淺野セメント，砂は多摩川産，比重 2.64，單位容積重量 1,760kg/m³，空隙率33.0%，粗粒率 2.80 のもの，砂利は荒川産 25mm 以下，比重 2.60，單位容積重量 1,742 kg/m³，空隙率 33.0%，粗粒率 6.77 のものを使用した．

配合は容積比 1:2:4，水セメント比はスランプ8~10 cm を得る樣 62%とした．

混合にはランサム型4回練りミキサを使用し，11回に分けて練つた．混合時間は材料を全部供給せる後2分間とした．

版の兩側より中央に向つてコンクリートを打ち進み，直徑 16 mm 及び 30mm の鐵棒で十分突固めを行つた．

コンクリート打ちの際，ミキサの各練りより壓縮强度試驗標準供試體を1個づつ製作した．又曲げ試驗供試體及び鐵筋の引拔試驗供試體をも適宜製作した．

寫眞-1 は鐵筋の組立てを終り將に版のコンクリート打ちにかゝらんとするところ，寫眞-2 はコンクリート打ち中の狀況である．

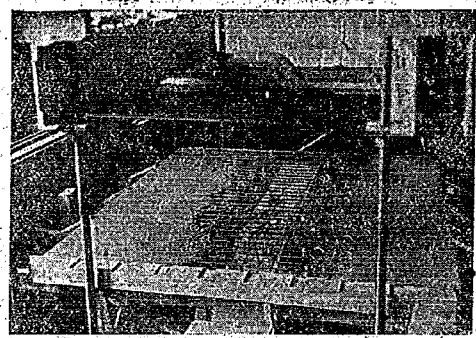
〔3〕 養生

コンクリート打ち後，筵にて被覆し隨時散水して養生を行つた．冬季低溫時であるため型枠の存置期間を幾分永くし，材齡2週で型枠を除去した．型枠除去後も材齡3週まで同樣の養生を續けた．養生中の氣溫は 7~11°C であつた．

IV. 試驗方法

圖-3　傳壓用コンクリート塊
(配合 1:1:2)[mm]

寫眞-2　コンクリート打ち中の狀況



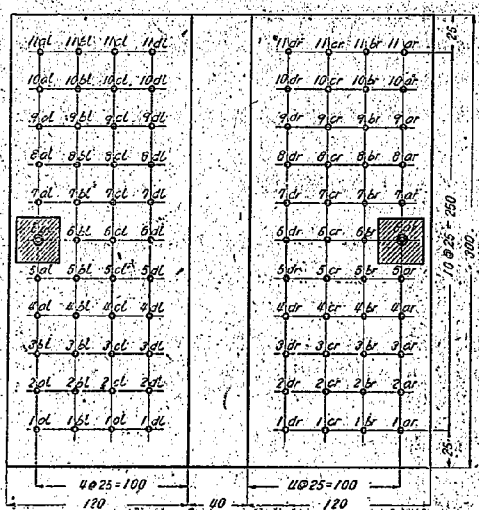
寫眞-3　試驗機及び載荷方法

〔1〕 載荷方法

本所考案の 75t 床版試驗機を使用し，載荷面は設計の條件と一致せしめるため，圖-3 の如き 30 cm×30 cm の底面を有するコンクリート塊(重量約 40 kg)によつて荷重を版に傳へた．コンクリート塊と床版表面との接着を出來るだけ均等ならしめるため，この間に新聞紙を約 20 枚敷いた．

寫眞-3 は試驗機及び載荷方法を示す．

圖-4　撓み測定點の位置及び符號



〔2〕 撓み測定方法

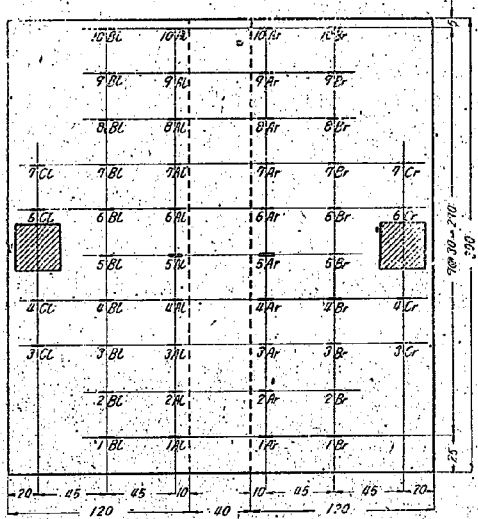
版の下面に 圖-4 に示す如く測點を設け，撓み測定器 (Rectus $\frac{1}{100}$ mm 讀み)を取付けて，荷重に應ずる版の撓みを測定した．撓み測定器の接觸を良好ならしめるため，測點には 15 mm×15 mm 厚さ 2 mm の鋼片を石膏ではりつけた．

撓みの測定値は何れも3回の平均をとつた．各回測定値の間の關係を明らかにするため測點 6al 及び 6ar を基準點として各測定毎にこの點の撓みをとつた．

〔3〕 鐵筋應力度測定方法

コンクリート打ちの際 圖-5 に示す位置の鐵筋を露出せしめておき，寫眞-3 及び 4 に見る如く歪測定器 (Huggenberger $\frac{1}{1,000}$ mm

圖-5　鐵筋應力度測定點の位置及び符號



寫眞-4　鐵筋歪測定裝置

讀み）を標點距離 10 cm として取付け，荷重に應ずる鐵筋の歪を測定し之より鐵筋應力度を算出した．

歪の測定値は何れも3回の平均をとつた．各回測定値の間の關係を明らかにするため，測點 5 Al 及び 5 Ar を基準點として各測定毎にこの點の讀みをとつた．

〔4〕 **破壞試驗**

龜裂の發生を容易に認め得る樣，版の表面に稍め石膏の溶液を薄く塗つた．

荷重を漸次增して，龜裂發生狀態及び進行狀態を觀察しつゝ，同時に數個所の主要點の撓みと鐵筋の歪を測定しつゝ，破壞狀態に達して荷重の上昇が止むまで載荷を續けた．

破壞試驗の際の撓みの測定には，撓みの量が大きいので本所考案の撓み測定器（$\frac{1}{10}$mm讀み）を使用した．

V.　構成コンクリートの力學的性質

コンクリート打ちの際ミキサの各練りより製作せる供試體に就いての，版の破壞試驗と略ゝ同時期に於ける試驗の結果は次の如くである．何れの供試體も供試版と略ゝ同一條件のもとで養生を行つたものである

〔1〕 **壓縮强度及びヤング係數**

壓縮强度試驗供試體はミキサの各練りより1個づゝ製作したが，その强度試驗の結果は 表-1 の如くである．供試體の寸法は直徑 15 cm，高さ 30 cm の標準形であり，製作は標準方法に據つたものである．

壓縮强度は平均 222 kg/cm² である．

又壓縮强度試驗供試體に就き測定したヤング係數の値は 圖-6 の如くである．

〔2〕 **曲げ强度**

15 cm×15 cm×75 cm の曲げ試驗供試體に就き試驗せる結果は 表-2 の如くである．供試體番號の 4 或は 9

表-1　コンクリートの壓縮強度

供試體番號	配合（容積比）	水セメント重量比 %	スランプ cm	フロー	製作年月日	試驗年月日	材齡 日	單位重量 kg/m³	壓縮強度 kg/cm²
1	1:2:4	62	9	210	15.12.19	16.2.3	46	2311	222
2	〃	〃	11	220	〃	〃	〃	2290	194
3	〃	〃	9	190	〃	〃	〃	2311	225
4	〃	〃	〃	200	〃	〃	〃	2307	216
5	〃	〃	〃	190	〃	〃	〃	2279	191
6	〃	〃	〃	215	〃	〃	〃	2286	173
7	〃	〃	8	200	〃	〃	〃	2305	265
8	〃	〃	10	220	〃	16.2.4	47	2316	259
9	〃	〃	11	205	〃	〃	〃	2305	237
10	〃	〃	9	200	〃	〃	〃	2297	252
11	〃	〃	8	〃	〃	〃	〃	2290	212
平均								2300	222

等は，混合の際の第4番目或は第9番目のバッチから採つたコンクリートなることを示す．供試體製作に當つての突固めは標準方法に準じ，2層に填充し每層50回宛直徑30mmの鐵棒にて突固めた．

曲げ強度は平均 36.2 kg/cm² である．

〔3〕 **鐵筋とコンクリートとの附着強度**

直徑 20 cm，高さ 20 cm のコンクリートの中心に，版に使用せると同一直徑の鐵筋 ϕ 12 mm を埋込長 l=20 cm として埋込み（鐵筋端には鈎を附せず），引拔試驗によつて附着強度を求めた．

圖-6　コンクリートのヤング係數

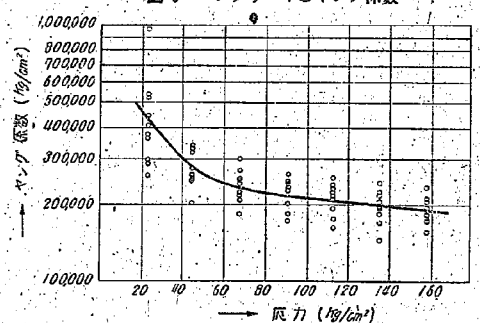


表-2　コンクリートの曲げ強度（15cm×15cm×75cm 供試體による）

供試體番號	配合（容積比）	水セメント重量比 %	スランプ cm	フロー	製作年月日	試驗年月日	材齡 日	單位重量 kg/m³	曲げ強度 kg/cm²
2	1:2:4	62	11	220	15.12.19	16.2.5	48	2311	33.3
4	〃	〃	9	200	〃	〃	〃	2335	36.0
7	〃	〃	8	〃	〃	〃	〃	2355	40.0
8	〃	〃	10	220	〃	〃	〃	2329	30.1
9	〃	〃	11	205	〃	〃	〃	2336	40.7
10	〃	〃	9	200	〃	〃	〃	2330	37.3
平均								2333	36.2

荷重は鐵筋が滑り始めたときの荷重をとり，次式により附着強度を算出した．

$$\tau_0 = \frac{P}{Ul}$$

茲に　τ_0=附着強度 (kg/cm²)

P =滑出しの際の荷重 (kg)

U =鐵筋の周長 (cm)

l =埋込長 (cm)

試驗の結果は表-3 の如くである．供試體番號の 4 或は 9 等は，混合の際の第 4 番目或は第 9 番目のバッチから採つたコンクリートなることを示す．

附着強度は平均 41.8 kg/cm² である．

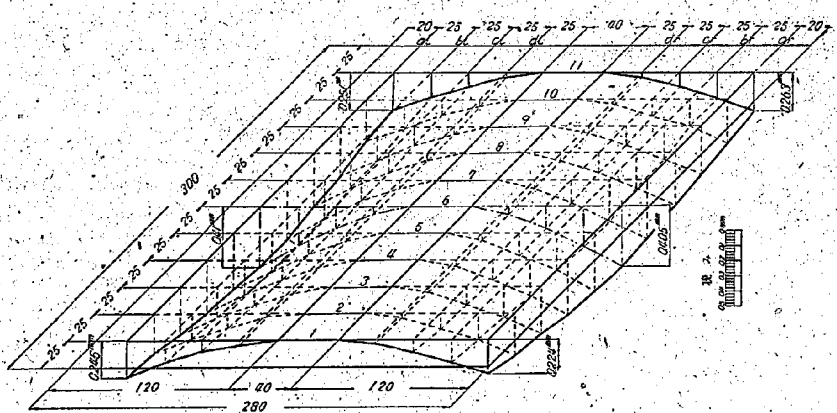
表-3　鐵筋とコンクリートとの附着強度

供試體番號	配合 (容積比)	水セメント重量比 %	スランプ cm	フロー	製作年月日	試驗年月日	材齡 日	附着強度 kg/cm²
2	1:2:4	62	11	220	15.12.19	16.2.4	47	47.9
4	〃	〃	9	200	〃	〃	〃	47.1
7	〃	〃	8	〃	〃	〃	〃	47.7
8	〃	〃	10	220	〃	〃	〃	35.8
9	〃	〃	11	205	〃	16.2.5	48	33.6
10	〃	〃	9	200	〃	〃	〃	33.7
平均								41.8

VI. 版の撓み

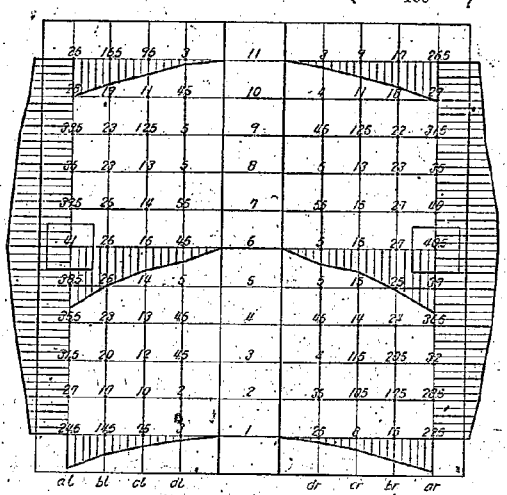
(1) 荷重 1 t による撓み

圖-7　荷重 1 t による版の撓み



昭和16年1月16日（材齢28日）より，荷重 1 t による版の撓みの測定を開始した．1.5 t まで載荷を繰返して各點に於ける撓みを測定し，1月25日に測定を終了した．測定器及び測定方法による誤差を少くするために，0.5 t のときの撓みと 1.5 t のときの撓みとの差をとつて，荷重 1 t による版の撓みとした．尚 0.5 t～1.5 t の間では 0.25 t を増す毎に讀みをとつた．

圖-8　荷重 1 t による版の各點の撓み（単位 $\frac{1}{100}$ mm）



測定の結果は 圖-7 及び 8 に示す如くである．載荷點の眞下の測點で最大の撓みを示し，6 *al* では 0.41 mm，6 *ar* では 0.405 mm を示してゐる．4 隅の測點では，1 *al* が 0.245 mm，1 *ar* が 0.224 mm，11 *al* が 0.251 mm，11 *ar* が 0.263 mm を示してゐる，左側の版と右側の版とは大差ない撓みを示してゐる．

〔2〕 破壞に至るまでの撓み

昭和16年2月7日（材齢50日）に破壞試驗を行つたが，その際左右の版に於ける主な測點即ち左側の版では 6 *al*, 6 *cl*, 8 *al* 及び 10 *al*，右側の版では 6 *ar*, 6 *cr*, 4 *ar*, 2 *ar* の撓みを測定した．その結果は 圖-9, 10, 11, 及び 12 に示す如くで之は唯1回の載荷（破壞に至るまで載荷す）による讀みであつて，荷重 0.25 t を増す毎に讀みをとつた．

荷重 8 t のとき 6 *al* では 13.6 mm, 6 *ar* では 12.2 mm の撓みを示し，この場合にも左右の版の對稱の測點

圖-9　左側 $\frac{1}{4}$ 版の撓み

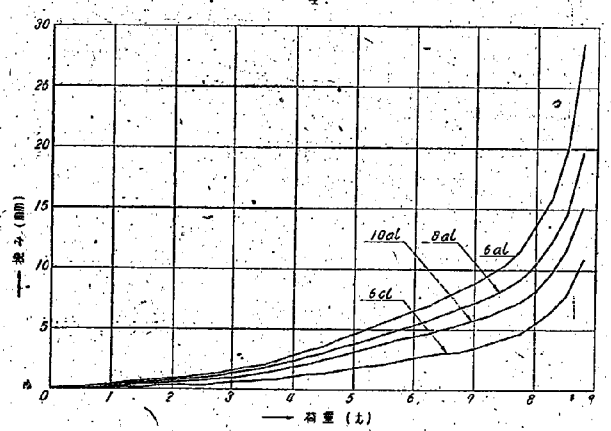


圖-10 左側 $\frac{1}{4}$ 版の荷重 8 t までの撓み

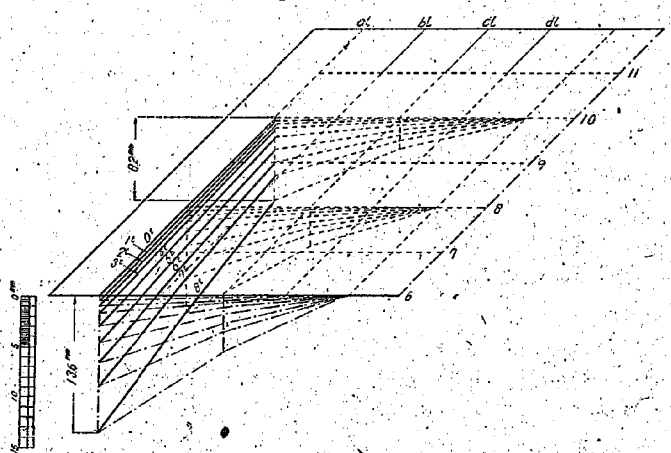


圖-11 右側 $\frac{1}{4}$ 版 の 撓み

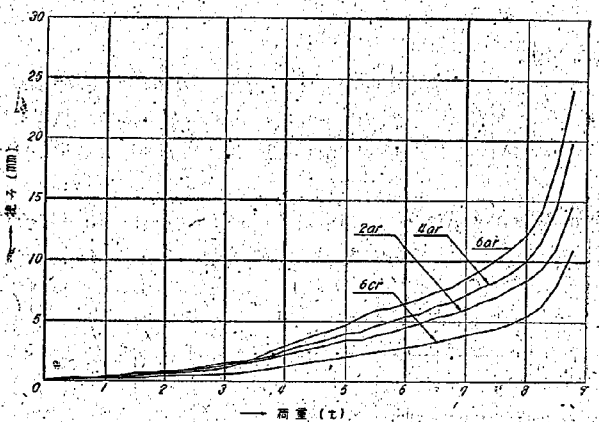
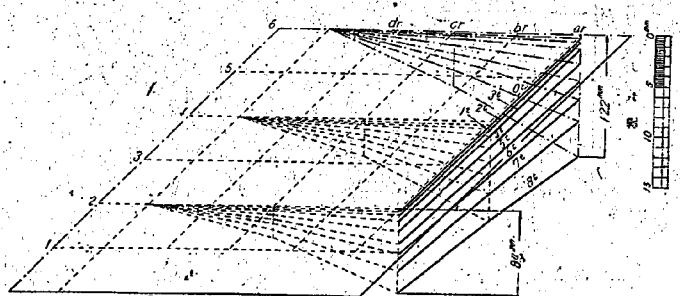


圖-12 右側 $\frac{1}{4}$ 版の荷重 8 t までの撓み



では大差ない値を示してゐる.

破壞荷重 8.9 t に於ける撓みは 6 *al* で約 35 mm, 6 *ar* で約 30 mm であつた.

VII. 鐵筋の應力度

[1] 荷重 1 t による鐵筋の應力度

昭和16年1月27日（材齡39日）より，荷重 1 t による鐵筋の歪の測定を開始した. 1.5 t まで繰返して載荷し 2 月 2 日に測定を終了した. 撓み測定のときと同様に 0.25t を增す毎に讀みをとり，0.5 t のときと 1.5 t のときの差をとつて荷重 1 t による鐵筋の歪とし，之より E_s=2,100,000 kg/cm² として應力度を算出した.

歪測定の結果は圖-13 の如くであり，之より應力度を算出せる結果は圖-14 の如くである. 應力度の最大は，左側の版では 5 *Al* にて 115.5 kg/cm², 右側の版では 5 *Ar* にて 94.5 kg/cm² である. 又左右の版の夫々對稱の點では略ゝ大差なき値を示し，大體豫想される傾向を示してゐるが，稀にむしろ壓縮の應力を示してゐる點もある.

[2] 破壞試驗の際測定せる鐵筋の應力度

破壞試驗の際，主な測點即ち左側の版では 5 *Al*, 7 *Al* 及び 9 *Al*, 右側の版では 5 *Ar*, 3 *Ar* 及び 1 *Ar* に於ける鐵筋の歪を測定し，之より應力度を求めた. その結果は圖-15 の如くである. 荷重 0.25 t を增す毎に讀みをとつたが，測定器の目盛が少いために，鐵筋の歪が一番大きい 5 *Al*, 5 *Ar* 點では荷重約3.75 t まで，又歪が比較的少さい 9 *Al*, 1 *Ar* 點では約 4.5 t までしか讀みをとることが出來なかつた.

荷重約 2.0 t までは鐵筋の應力は略々直線的な增加を示してゐるが，2.0 t 以後では應力の增加の割合が段々大きくなつてゐる. 之は荷重約2.0 t にて既にコンクリートに微細な，肉眼では認め難い龜裂

圖-13　荷重 1 t による鐵筋の伸び $\left(\text{單位 } \frac{1}{1000}\text{mm}\right)$

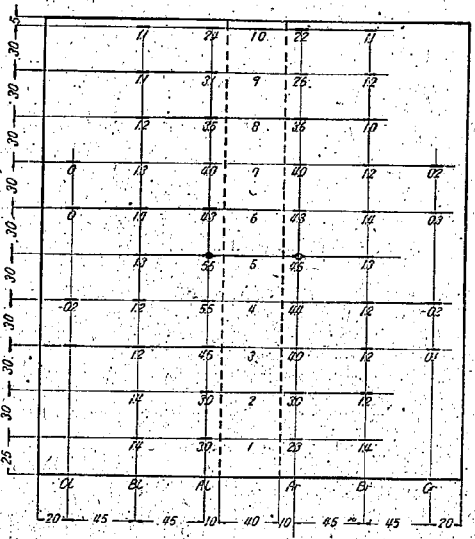


圖-14　荷重 1 t による鐵筋の應力度 (kg/cm²)

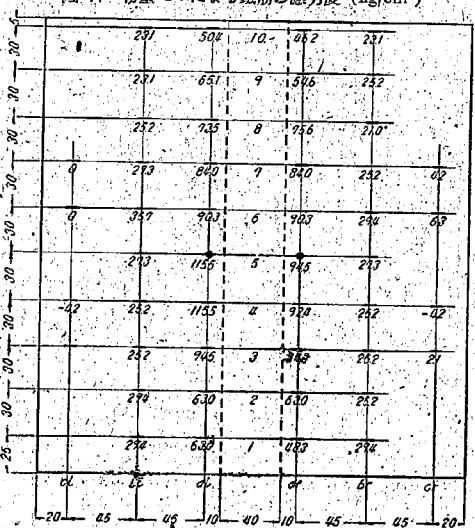
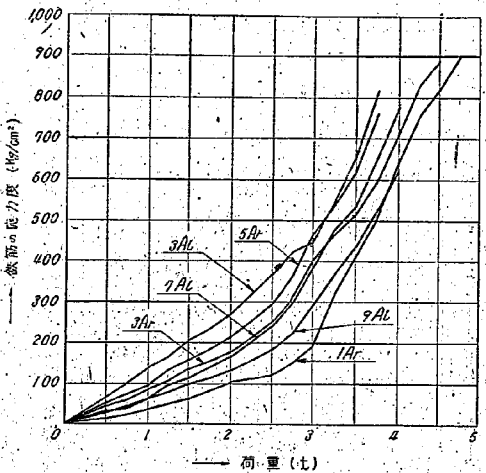


圖-15　破壞試驗の際測定せる鐵筋の應力度



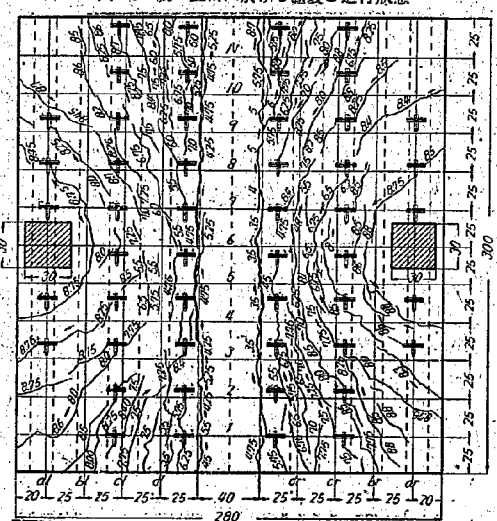
を生じ，そのために鐵筋が龜裂を生ずる前よりも大きな應力を負擔しなければならなくなつたと考へることが出來る（後に述べる計算の結果からみれば或はもつと以前に龜裂を生じてゐたと考へられる）．龜裂を肉眼で最初に認めたのは荷重 3.5 t のとき，5 *Ar* 附近の版の上面に認めたのであるが，實はそれ以前に微細な龜裂が發生してゐたであらうことは容易に想像出來る．

荷重 2.0 t にて，5 *Al* では 270 kg/cm²，5 *Ar* では 215 kg/cm²，7 *Al* では 170 kg/cm²，3 *Ar* では 180 kg/cm²，9 *Al* では 135 kg/cm²，1 *Ar* では 105 kg/cm² の應力度を示してゐる．

VIII. 版の破壞狀態

昭和16年2月7日，材齡50日で破壞試驗を行つた．右側の版では荷重 3.5 t で版の固定端附近上面に初龜裂を認め，左側の版では 4.25 t で初龜裂を認め，荷重 8.9 t で破壞狀態に達し荷重の上昇が止つた．版の上面に於ける初龜裂發生より破壞に至るまでの龜裂進行狀態は圖-16 に見る如くである．版の固定端附近に發生した初龜裂は兩端に向つて進行し，之がある程度進行すると次の列の龜裂が生じ，それが又兩端に向つて延び，かくして圖に見る如く荷重を中心として同心狀に進行して行つた．龜裂の各列の發生は配力鐵筋に沿ふて，又は鐵筋の歪測定のために貼つておいた凹所より發生したものが多い．龜裂の幅については，最初に發生した基礎と版とのつぎ目附近の龜裂の幅が最も大であるが，荷重 8.6 t で最大幅 1.5 mm，8.75 t で 2 mm，破壞荷重 8.9 t で約 4 mm であつた．

圖-16　版の上面に於ける龜裂の進行狀態



版の下面に於ては破壞に達するまで何ら龜裂は認めなかつた．

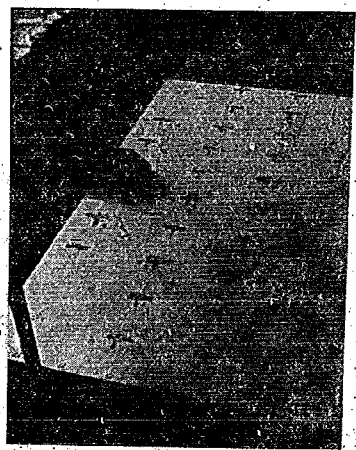
床版試驗機の構造が，1 つのポンプによ

る油壓が分れて兩方の版にかゝるのであるから，破壊荷重は夫々の版に就いては求められず，荷重 8.9 t で何れか一方の版が破壊狀態に達し，殆んど同時に他方の版も破壊に達したと見るべきである．

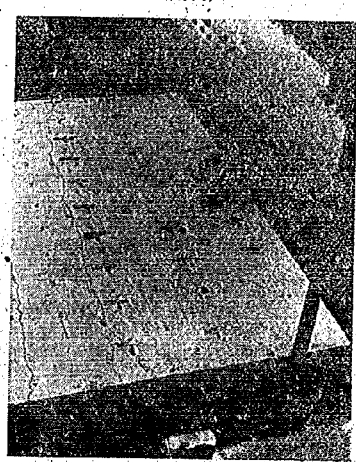
寫眞-5 は破壊試驗終了後龜裂を墨汁でかいて撮影せるものであるが，細い線はよく表はれてゐない．

寫眞-5 破壊後の狀態

(左側)



(右側)



尙，破壊試驗の際測定せる撓みと鐵筋の應力については前述の通りである．

IV. 撓みと應力並びに之等に基く版の有效幅に關する考察

以上の試驗結果より，撓みと應力並びに版の有效幅に關して，龜裂發生前の狀態と，龜裂進行中の狀態と，中立軸まで龜裂が進行せる後の狀態とに分けて考察を加へてみる．

(1) 載荷 1 t の場合（龜裂發生前の狀態）に對する考察

先づ版の有效幅を設計の際使用した 1.825 m として，動荷重 1 t による版の撓みを計算してみる．

荷重 1 t の場合 $\sigma_c \fallingdotseq 35\ \mathrm{kg/cm^2}$（靜荷重及び動荷重による σ_c）と推定されるので，このときの E_c（は試驗の結果より平均して $E_c \fallingdotseq 331{,}200\ \mathrm{kg/cm^2}$ である．從つて $n = 6.34 \fallingdotseq 6.5$ となる．

版の幅 1 m をとつて考へる（圖-17 參照）．

圖-17

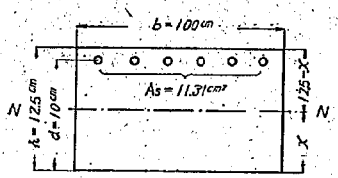
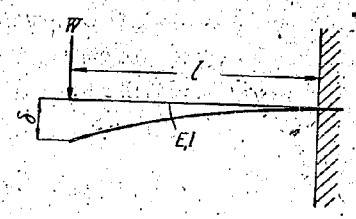


圖-18 撓 み



$$x = \frac{\frac{1}{2}bh^2+nA_sd}{bh+nA_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\times 100\times 12.5^2+6.5\times 11.31\times 10}{100\times 12.5+6.5\times 11.31}$$

$$= 6.46\ \text{cm}$$

$$\fallingdotseq 6.5\ \text{cm}$$

$$I = \frac{b}{3}\left[x^3+(h-x)^3\right]+nA_s(d-x)^2$$

$$= \frac{100}{3}\left[6.5^3+(12.5-6.5)^3\right]+6.5\times 11.31(10-6.5)^2$$

$$= 17{,}255\ \text{cm}^4$$

撓みは次式により計算する.

$$\delta = \frac{1}{3}\frac{Wl^3}{EI}\quad (\text{圖—18 參照})$$

玆に $W = \frac{1{,}000}{1.825} = 548\ \text{kg}$, $l = 100\ \text{cm}$,

$E = E_c = 331{,}200\ \text{kg/cm}^2$, $I = 17{,}255\ \text{cm}^4$

故に動荷重 1 t による撓みは

$$\delta = \frac{1}{3}\times\frac{548\times 100^3}{331{,}200\times 17{,}255} = 0.032\ \text{cm}$$

然るに實測の結果は $\delta = 0.041\ \text{cm}$ の撓みを示してゐる.

次に有效幅 1.825 m として動荷重 1 t による應力度 σ_c, σ_{ct}, σ_s を計算してみる.

モーメントは

$$M = \frac{1000}{1.825}\times 100 = 54{,}800\ \text{kg·cm}$$

故に

$$\sigma_c = \frac{M}{I}x = \frac{54{,}800}{17{,}255}\times 6.5 = 20.6\ \text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = \sigma_c\frac{h-x}{x} = 20.6\times\frac{12.5-6.5}{6.5} = 19.0\ \text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_s = n\sigma_c\frac{d-x}{x} = 6.5\times 20.6\times\frac{10-6.5}{6.5} = 72.2\ \text{kg/cm}^2$$

σ_s の實測の結果は之よりも大きな値を示してゐる.

以上の如く撓みも鐵筋應力度も實測にもよるものゝ方が, 有效幅 1.825 m として計算した値よりも大きな値を示してゐるのであるから, 荷重 1 t の場合には有效幅は 1.825 m よりも小さいと考へることが出來る. それで次に動荷重 1 t による撓みを實測の結果より $\delta = 0.041\ \text{cm}$ と置いて, 逆に I を出し之より有效幅 b (設計の場合には有效幅を c とした) を計算しみる.

$$\delta = \frac{1}{3}\frac{Wl^3}{EI}\ \text{より}\ I = \frac{1}{3}\frac{Wl^3}{\delta E}$$

$W = 1000\ \text{kg}$, $l = 100\ \text{cm}$, $E = E_c = 331{,}200\ \text{kg/cm}^2$, $\delta = 0.041\ \text{cm}$ を入れいば

$$I = \frac{1}{3} \times \frac{1000 \times 100^3}{0.041 \times 331,200} = 24,547 \text{ cm}^4$$

$$I = \frac{b}{3}\left[x^3 + (h-x)^3\right] + nA_s(d-x)^2$$

$A_s = \frac{b}{10} \times 1.131$, $x = 6.5$ cm なる故に

$$b = \frac{I}{\frac{1}{3}\left[x^3 + (h-x)^3\right] + \frac{n}{10} \times 1.131 \times (d-x)^2}$$

$$= \frac{24,547}{\frac{1}{3}\left[6.5^3 + (12.5-6.5)^3\right] + \frac{6.5}{10} \times 1.131 \times (10-6.5)^2}$$

$$= 132 \text{ cm} = 1.32 \text{ m}$$

次に有效幅を 1.32 m として再び動荷重 1 t による應力度 σ_c, σ_{ct}, σ_s を計算してみる.

モーメント　$M = \frac{1000}{1.32} \times 100 = 75800 \text{ kg·cm}$

從つて　$\sigma_c = 23.5 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{ct} = 26.3 \text{ kg/cm}^2$

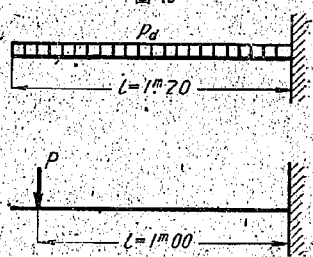
$\sigma_s = 99.7 \text{ kgc/m}^2$

實測による σ_s は 5 *Al* にて 115.5 kg/cm², 5 *Ar* にて 94.5 kg/cm² であり, 上に求めた値と非常に接近してゐる.

以上の考察により, 荷重 1 t の場合即ち未だコンクリートに龜裂が入らない前の狀態に於ては, 有效幅として實際には示方書案に規定されてゐる有效幅よりもかなり小さな幅で働いてゐると考ふべきであることが結論される.

尙この場合の, 動荷重及び靜荷重全體による應力を求めるときは次の如くである (圖-19 參照).

圖-19



靜荷重によるモーメント (幅 1 m をとる)

$$p_d = 0.125 \times 1.00 \times 2,400 = 300 \text{ kg/m} = 3 \text{ kg/cm}$$

$$M_d = \frac{pl^2}{2} = \frac{3 \times 120^2}{2} = 21,600 \text{ kg·cm}$$

動荷重によるモーメント (載荷用コンクリート塊の重量 40 kg によるモーメントも含めて計算する)

$$M_l = Pl = \frac{1040}{1.32} \times 100 = 78,750 \text{ kg·cm}$$

故に全モーメントは

$$M = 21,600 + 78,750$$

$$= 100,350 \text{ kg·cm}$$

從つて　$\sigma_c = 37.5 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{ct} = 34.6 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_s = 131 \text{ kg/cm}^2$

〔2〕 載荷 4 t の場合（龜裂進行中の狀態）に對する考察

この場合には $\sigma_c \fallingdotseq 130\ \mathrm{kg/cm^2}$（靜荷重及び動荷重による σ_c）と推定されるから，このときの E_c は試驗の結果より平均して $E_c \fallingdotseq 202{,}800\ \mathrm{kg/cm^2}$ である．從つて $n=10.36 \fallingdotseq 10.5$ とする．

4 t の場合には未だコンクリートに完全に龜裂が入つてゐないのであるが，その狀態が分らないがコンクリートの引張應力を全然無視して考へると

$$x = \frac{nA_s}{b}\left[-1+\sqrt{1+\frac{2bd}{nA_s}}\right]=\frac{10.5\times 11.31}{100}\left[-1+\sqrt{1+\frac{2\times 100\times 10}{10.5\times 11.31}}\right]$$

$$= 3.81\ \mathrm{cm} \fallingdotseq 3.8\ \mathrm{cm}$$

$$I = \frac{bx^2}{2}\left(d-\frac{x}{3}\right)=\frac{100\times 3.8^2}{2}\left(10-\frac{3.8}{3}\right)=6{,}303\ \mathrm{cm^4}$$

有效幅を 1.825 m として動荷重 4 t による撓みを求めると

$$W = \frac{4000}{1.825}=2192\ \mathrm{kg},\quad E_c=202{,}800\ \mathrm{kg/cm^2},$$

$I = 6303\ \mathrm{cm^4}$ なる故

$$\delta = \frac{1}{3}\times\frac{2192\times 100^3}{202{,}800\times 6303}=0.57\ \mathrm{cm}$$

實測値は 6 *al* で 0.29 cm，6 *ar* で 0.20 cm であり，上記の計算値は實測値の約 2 倍も大きな値を示してゐるが，之は實際に於ては上記計算に於て假定した樣に完全には龜裂が入つてゐないことに因るのである．

δ の實測値 $\delta=2.9\ \mathrm{mm}=0.29\ \mathrm{cm}$ とおいて之より逆に I を求めてみると

$$I = \frac{1}{3}\times\frac{4000\times 100^3}{0.29\times 202{,}800}=22{,}671\ \mathrm{cm^4}$$

x の値は荷重 1 t の場合に 6.5 cm，8 t の場合に 4.3 cm であるから，4 t の場合には $x \fallingdotseq 5.0$ cm と假定すると

$$\sigma_c = \frac{M}{I}x=\frac{4000\times 100}{22{,}671}\times 5.0=88.2\ \mathrm{kg/cm^2}$$

$$\sigma_s = n\sigma_c\frac{d-x}{x} \fallingdotseq 10.5\times 88.2\times\frac{10-5}{5} \fallingdotseq 917\ \mathrm{kg/cm^2}$$

となり，この樣に考へると σ_s の實測値と大體に於て合致するが，之から有效幅 b に就いて云々することは出來ない．

〔3〕 載荷 8 t の場合（中立軸まで龜裂が進行せる後の狀態）に對する考察

破壞荷重は 8.9 t であるが，約 8 t で撓みが急激に增大してゐるので，破壞荷重を考へる前に荷重 8 t の場合に就いて考へてみる．この場合は既に破壞に近いのであるから，試驗の結果より $E_c \fallingdotseq 150{,}000\ \mathrm{kg/cm^2}$ と推定されるので $n=14$ とする．中立軸まで完全に龜裂が入つてゐるからコンクリートの引張應力は全然無視する．然るときは

$$x = \frac{nA_s}{b}\left[-1+\sqrt{1+\frac{2bd}{nA_s}}\right]$$

$$=\frac{14\times 11.31}{100}\left[-1+\sqrt{1+\frac{2\times 100\times 10}{14\times 11.31}}\right]=4.26\ \mathrm{cm} \fallingdotseq 4.3\ \mathrm{cm}$$

從つて

$$I = \frac{bx^2}{2}\left(d-\frac{x}{3}\right)=\frac{100\times 4.3^2}{2}\left(10-\frac{4.3}{3}\right)=7{,}927\ \mathrm{cm^4}$$

有效幅 1.825 m として動荷重 8 t による撓みを計算してみると

$$W=\frac{8000}{1.825}=4{,}384\ \mathrm{kg},\quad E=E_c=150{,}000\ \mathrm{kg/cm^2},\quad I=7{,}927\ \mathrm{cm^4}$$

なる故

$$\delta=\frac{1}{3}\times\frac{4384\times\overline{100}^3}{150{,}000\times7927}=1.23\ \mathrm{cm}$$

撓みの實測値は 6 al で 1.36 cm, 6 ar で 1.22 cm であり，上記の計算値は實測値と非常に接近した値を與へてゐる．

次に同じく有效幅を 1.825 m として靜動荷重全體による應力度 σ_c, σ_s を求める．

靜荷重によるモーメント

$$M_d=21{,}600\ \mathrm{kg\cdot cm}$$

動荷重によるモーメント（載荷用コンクリート塊の重量 40 kg によるモーメントも含めて計算する）

$$M_l=Pl=\frac{8040}{1.825}\times100=440{,}500\ \mathrm{kg\cdot cm}$$

故に全モーメントは

$$M=21{,}600+440{,}500=462{,}100\ \mathrm{kg\cdot cm}$$

從つて之より

$$\sigma_c=\frac{M}{I}x=\frac{462{,}100}{7927}\times4.3=251\ \mathrm{kg/cm^2}$$

$$\sigma_s=n\sigma_c\frac{d-x}{x}=14\times251\times\frac{10-4.3}{4.3}=4{,}653\ \mathrm{kg/cm^2}$$

この値はコンクリートの可塑性を考へれば大體豫想される値である．

以上より，載荷 8 t 附近では示方書案に示されてゐる有效幅の假定が，實際とよく合致することが判る．

次に載荷 8 t の場合の鐵筋とコンクリートとの附着應力度に就いて調べてみる．

附着應力度　$\tau_0=\dfrac{S}{Uz}$

$$S=4{,}384+\frac{40}{1.825}+360=4{,}766\ \mathrm{kg}$$

$$U=37.7\ \mathrm{cm}$$

$$z=d-\frac{x}{3}=10-\frac{4.3}{3}=8.6\ \mathrm{cm}$$

從つて　$\tau_0=\dfrac{4766}{37.7\times8.6}=14.8\ \mathrm{kg/cm^2}$

附着强度は試驗の結果 41.8 kg/cm² であるからまだまだ十分である．從つて版の破壞は，壓縮によるコンクリートの破壞か，引張による鐵筋の降伏によつて生じたことを知ることが出來る．

〔4〕 **破壞荷重 8.9 t の場合に對する考察**

破壞の場合の靜荷重動荷重全體による σ_c と σ_s を計算してみると次の様になる．

$$M=\frac{8940}{1.825}\times100+21{,}600=511{,}500\ \mathrm{kg\cdot cm}$$

從つて　$\sigma_c=\dfrac{511{,}500}{7927}\times4.3=278\ \mathrm{kg/cm^2}$

$\sigma_s = 5{,}151\ \mathrm{kg/cm^2}$

非常に大きな値を示してゐるが，この狀態では相當に可塑的な狀態に入つてゐるので，普通の彈性的な假定のもとに算出した値がこの程に大きく出て來るのである．

〔5〕 有效幅に關する考察

以上3つの狀態に分けて撓みと應力に就いて考察を加へたが，之より有效幅に關する考察をまとめるときは次の如くになる．

卽ち，荷重の小さい間は，有效幅は示方書案に示されてゐる假定よりも實際には小さいが，設計の基準になるべき破壞に近い狀態に於ては，假定せる有效幅は實際的に妥當なものであると云ふことが出來る．その中間の狀態に於てはコンクリート內部の龜裂の進行狀態が明かでないために，有效幅に就いて云々することは出來ない．

X. 要　　約

鋼道路橋設計示方書案に準據し，集中荷重 2 t に對して設計せる，全厚 12.5 cm，幅 3.0 m，張出し長さ 1.2 m の鐵筋コンクリート片持版に關して材齡50日で載荷試驗を行ひ，版の撓みと鐵筋應力度を測定し，破壞狀況を觀察せる結果を要約すれば次の如くである．

1. 破壞荷重は 8.9 t で設計荷重 2 t の約 4.5 倍であり，撓みの急激に增加せるときの荷重は 8.0 t で，設計荷重 2 t に對し4倍の安全率を有してゐる．從つて鋼道路橋設計示方書案に準據して設計せる本供試片持版は設計荷重に對して十分なる安全率を有する．

2. 版の撓みと應力と破壞狀況より有效幅に關し考察すれば，荷重の小なる間卽ちコンクリートに未だ龜裂の生じない前の狀態に於ては，有效幅は鋼道路橋設計示方書案に示されてゐる假定よりも實際には小さいが，設計の基準となるべき破壞に近い狀態に於ては，示方書案に假定せる有效幅は實際上妥當なものであると云ふことが出來る．卽ち鐵筋コンクリート片持版の設計に當つては，示方書案に示されてゐる有效幅によつて設計してよいことが明らかになつた．

3. 撓みは荷重 2 t～2.5 t までは荷重の增加に對して略々直線的關係で增加してゐるが，その後は增加の割合が漸次大となる傾向を示し，荷重約 8.0 t で撓みは急激に增加した．荷重 8.0 t のとき $6\,al$ では 13.6 mm，$6\,ar$ では 12.2 mm の撓みを生じ，破壞荷重 8.9 t に於ける撓みは $6\,al$ で約 35 mm，$6\,ar$ で約 30 mm であつた．尙測定せる撓みは動荷重のみによるものである．

4. 動荷重のみによる鐵筋應力度は，荷重約 2 t までは略々直線な增加を示してゐるが，その後は應力の增加の割合が段々大きくなつてゐる．尙，鐵筋應力度は測定器の目盛が少いために途中までしか測れなかつた．

5. 撓みも鐵筋應力度も荷重約 2 t までは略々直線的增加を示したのであるから，版全體を考へれば設計荷重までは殆んど彈性體に近いものと考へてよいことになる．

6. 撓みも鐵筋應力度も荷重約 2 t 以後に直線的關係が次第に破れたのは，このとき既に引張側のコンクリートに肉眼では認め難い毛狀の龜裂を生じ，そのためにコンクリートの引張强度が役立たなくなり從つて撓みの增加の割合が大となり，又鐵筋は龜裂發生前よりも大なる應力を負擔しなければならなくなつたと考へられる．計算によれば荷重 2 t 以前に既に龜裂は入つてゐたものと考へられる．

7. 龜裂を最初に肉眼で認めたのは，左側の版では荷重 3.5 t で版の固定端附近上面に，右側の版では 4.25 t で左側と略々對稱の位置に認めた．版の固定端附近に發生した初龜裂は兩側に向つて進行し，之がある程度進行

すると次の列の龜裂を生じ，それが又兩側に向つて延び，かくして荷重を中心として同心狀に進行して行つた．龜裂の幅の最大は，破壞荷重 8.9 t で約 4 mm であつた．

版の下面には破壞に達するまで何ら龜裂を認めなかつた．

8. 荷重 8.9 t で破壞に達したが，破壞は壓縮によるコンクリートの破壞か，引張による鐵筋の降伏によつて生じたものであつて（尤もその何れによるものであるか，又何れも同時に破壞點に達したものであるかは判然しない），鐵筋とコンクリートとの附着が破れたことによるものではない．

但し玆に注意すべきは，床版試驗機の構造が，1 つのポンプによる油壓が分れて兩方の版にかゝるのであるから，破壞荷重は夫々の版については求められず，荷重 8.9 t で何れか一方の版が破壞しそれと殆んど同時に他方の版も破壞に達したと見るべきである．

9. 試驗に供した片持版には，片持版の諸性質を明瞭に知るためにハンチをつけなかつたが，實際の構造物ではハンチをつける．ハンチの影響に關しては試驗を行はなかつたが，ハンチによつて版の安全度はいくらか增すものと考へられる．

溢流係數に關する模型實驗 (追報)

内務技師　佐　藤　清　一
囑　託　山　本　弘　之

まへがき

前に溢流係數に關する模型實驗の結果を發表したが，其の後之の補足として

(1) 橋脚の形による C の變化

(2) 橋脚の先端位置による C の變化

について引續き實驗的に研究を行つた．之の研究中擔當者たる山本囑託が應召されたので佐藤技師が之を纒めたものである．

目　次

〔1〕 標準溢流水深を考慮に入れた溢流係數の式……(1)
〔2〕 橋脚の形による C の變化……(2)
〔3〕 橋脚の先端位置による C の變化……(2)

〔1〕 標準溢流水深を考慮に入れた溢流係數の式

前報告に於ては委員會側より提出されたる圖-6の如き一標準型に就てその溢流係數を模型實驗に依り求めた．此の堤頂形は標準溢流深を 8 m とせる故，その他の標準溢流水深に對しても適用可能なる樣溢流係數の式を改整しておかなければならない．

即ち前報告に於ける堤頂形は溢流水深 8 m を標準とせる故，之以外の標準溢流水深に對しては，同一絞度に於て各溢流水深について同一溢流係數を得んためには，堤頂の形は直線的に縮小又は擴大さるべきで，例へば堤頂下流面の曲線

$$x^2=20.48\,y$$

の如きも，H_s を以て標準溢流水深とするならば上式右邊に $H_s/8$ を乘じて

$$x^2=2.56\,H_s y \quad\cdots\cdots(1)$$

としておかなければならない．即ち例へば 6 m を以て標準溢流水深とするならば堤頂下流面の曲線は $H_s=6$ m として

$$x^2=15.36\,y$$

となる．

此の樣にして C の式も一般の標準溢流水深 H_s に對して書き直して置かねばならない．之は次の如くに表はされる．

$$C=1.64+\left[0.056+0.416\left(\frac{B}{B+b}\right)\right]\frac{H}{H_s}$$

但し　$\dfrac{1}{6}<\dfrac{H}{H_s}<\dfrac{5}{4}$

H, H_0, B, b の單位は米

［2］ 橋脚の形による C の變化

前報告は，圖-23，①の如き2つの圓弧と尖點を有する橋脚についてのみの研究であつた．之に對し今回は此の形を一つの半圓にせる場合(圖-23．②)，及び矩形にして角を落した場合(圖-23，③) につき C の變化を調べる事にした．それには之等の型3種の中後の2種につき各 $\frac{B}{B+b}$，各 H について實驗を行へば完璧であるが，特に橋脚の形狀のみの影響を調べるといふ見地より，絞度=0.775 の場合に就てのみ C と H との關係を實驗により研究した．從つて他の絞度の場合には之によつて類推しなければならない．

圖-23　前實驗及び今度の實驗に使用せる橋脚の形とその位置

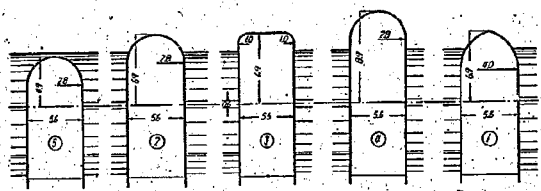
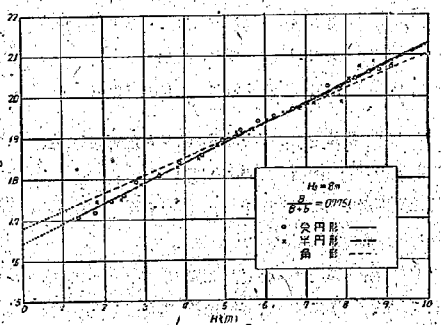


圖-24　型 1.2.3 に對する C と H の關係



斯くて求められた C と H とに關する實驗結果は 圖-24 の如くである．圖中白點は橋脚型-1のものであり，×は橋脚型-2のものである．之によれば之等兩型に就ては何等差異が認められない．

結局，橋脚の形は①の如き尖圓とするも，又②の如き半圓とするも，橋脚形狀が此の程度である限り又橋脚の先端位置を變へざる限り溢流係數には何等影響を及ぼすものではないと，斷じて宜しい．

因に之等兩實驗を最小自乘法により比較すれば次の如くである．

尖圓 (型-1)　　$C=1.644+0.0485\,H$

半圓 (型-1)　　$C=1.645+0.0480\,H$ (表-10)

次に型-3，即ち角を落した矩型橋脚に就て見れば 圖-24 破線の如くである．之に依つて見れば溢流水深の小なる間は前2者に比して却て溢流狀態良く，溢流水深の大なるに及んで惡くなる傾向がある．

之に就ての測點は 附圖-6 の如く，圖-24 にはまぎらはしくなるので入れないでおいた．此の場合の C の式は

$$C=1.680+0.0425\,H$$

となつた．(表-11)

［3］ 橋脚の先端位置による C の變化

次に橋脚の先端位置を變へた場合の C の變化について調べてみた．

橋脚の先端形狀は 圖-23, 5, 2, 4 に示す如く半圓形とし，其の位置は 圖-25 の如くに變へた．之を便宜上型

表-10

No.	H (m)	Q (m³/sec)	$v=Q/A$ (m/sec)	$h_a=v^2/2g$ (m)	$(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}$	C
1	0.0365	0.0094	0.02087	0.000 023	0.006 9796	1.7446
2	0.0482	0.0143	0.03141	0.000 051	0.010 5983	1.7478
3	0.0580	0.0193	0.04193	0.000 090	0.013 9998	1.7858
4	0.0470	0.0243	0.05222	0.000 140	0.017 3950	1.8096
5	0.0766	0.0300	0.06369	0.000 207	0.021 2834	1.8259
6	0.0872	0.0369	0.07721	0.000 304	0.025 8794	1.8470
7	0.0967	0.0439	0.09053	0.000 419	0.030 2572	1.8794
8	0.1060	0.0513	0.10420	0.000 554	0.034 7690	1.9112
9	0.1141	0.0575	0.11535	0.000 679	0.038 8683	1.9163
10	0.1208	0.0635	0.12587	0.000 808	0.042 3847	1.9407
11	0.1284	0.0703	0.13750	0.000 965	0.046 4990	1.9584
12	0.1365	0.0775	0.14947	0.001 140	0.051 0257	1.9674
13	0.1438	0.0845	0.16080	0.001 319	0.055 2346	1.9817
14	0.1505	0.0914	0.17168	0.001 504	0.059 2044	1.9998
15	0.1576	0.0973	0.18076	0.001 667	0.063 4926	1.9851
16	0.1614	0.1038	0.19053	0.001 852	0.065 8815	2.0409
17	0.1670	0.1112	0.20138	0.002 070	0.069 4237	2.0748
18	0.1740	0.1188	0.21222	0.002 298	0.073 9135	2.0820
19	0.1828	0.1276	0.22442	0.002 570	0.079 6797	2.0744

$$C=1.644\,893+0.048\,070\,H$$

圖-25

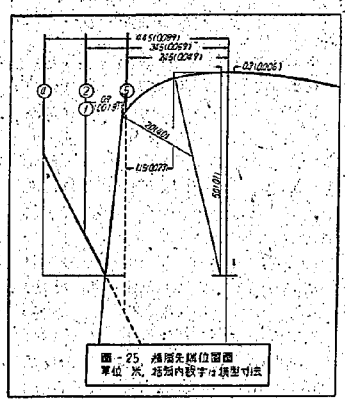
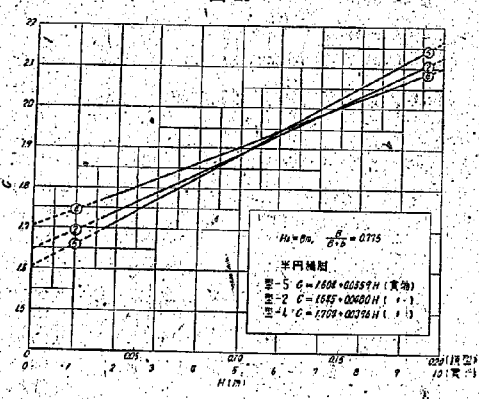


圖-26



-5, 型-2, 型-4 と呼ぶ事とする.

之等3者について, 前と同様 $\frac{B}{B+b}=0.775$ の場合について C と H との關係を實驗により求むれば次の如くになる.

型-5　$C=1.604+0.0559\,H$　(附圖-10, 表-13)

表-11

No.	H	Q	$v=Q/A$	$h_a=v^2/2g$	$(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}$	C
1	00.398	0.0107	0.02225	0.000 025	0.007 9574	1.7418
2	0.0505	0.0156	0.03174	0.000 051	0.011 3655	1.7779
3	0.0602	0.0207	0.04130	0.000 087	0.014 8017	1.8115
4	0.0686	0.0255	0.05004	0.000 128	0.018 0162	1.8334
5	0.0772	0.0306	0.05905	0.000 178	0.021 5217	1.8417
6	0.0867	0.0370	0.07012	0.000 251	0.025 6356	1.8696
7	0.0953	0.0432	0.08055	0.000 331	0.029 5671	1.8926
8	0.1034	0.0493	0.09056	0.000 418	0.033 4426	1.9095
9	0.1110	0.0550	0.09964	0.000 506	0.037 2286	1.9139
10	0.1178	0.0610	0.10916	0.000 608	0.040 7296	1.9400
11	0.1250	0.0672	0.11873	0.000 719	0.044 5568	1.9536
12	0.1328	0.0743	0.12949	0.000 855	0.048 8379	1.9707
13	0.1414	0.0817	0.14028	0.001 004	0.053 7063	1.9705
14	0.1481	0.0884	0.15006	0.001 149	0.057 6199	1.9873
15	0.1545	0.0954	0.16020	0.001 309	0.061 4548	2.0108
16	0.1626	0.1036	0.17163	0.001 503	0.066 4192	2.0205
17	0.1708	0.1127	0.18421	0.001 731	0.071 5921	2.0132
18	0.1773	0.1216	0.19667	0.001 973	0.075 8178	2.0775
19	0.1865	0.1306	0.20813	0.002 210	0.081 8732	2.0663

$$C=1.6795+0.042\,466\,H$$

表-12

No.	H	Q	$v=Q/A$	$h_a=v^2/2g$	$(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}$	C
1	0.0506	0.0156	0.03173	0.000 051	0.011 391	1.7740
2	0.0600	0.0206	0.04112	0.000 086	0.014 729	1.8117
3	0.0686	0.0255	0.05004	0.000 128	0.018 016	1.8334
4	0.0767	0.0306	0.05911	0.000 178	0.021 314	1.8597
5	0.0867	0.0373	0.07068	0.000 255	0.025 637	1.8846
6	0.0953	0.0439	0.08186	0.000 342	0.029 572	1.9230
7	0.1040	0.0501	0.09193	0.000 431	0.033 789	1.9235
8	0.1118	0.0563	0.10185	0.000 529	0.037 636	1.9377
9	0.1208	0.0635	0.11303	0.000 652	0.042 309	1.9441
10	0.1280	0.0706	0.12408	0.000 785	0.046 195	1.9797
11	0.1360	0.0770	0.13345	0.000 909	0.050 630	1.9700
12	0.1445	0.0840	0.14347	0.001 050	0.055 495	1.9607
13	0.1498	0.0908	0.15369	0.001 205	0.058 638	2.0058
14	0.1570	0.0980	0.16388	0.001 370	0.062 974	2.0158
15	0.1639	0.1052	0.17391	0.001 543	0.067 233	2.0268
16	0.1708	0.1122	0.18339	0.001 716	0.071 583	2.0303
17	0.1765	0.1181	0.19239	0.001 888	0.075 262	2.0447
18	0.1843	0.1285	0.20550	0.002 155	0.080 412	2.0700

$$C=1.703\,570+0.039\,641\,H$$

表-13

No.	H	Q	$v=Q/A$	$h_a=v^2/2g$	$(H+h_a)^{\frac{3}{2}}-h_a^{\frac{3}{2}}$	C
1	0.0254	0.0052	0.01115	0.000 006	0.004 050	1.6633
2	0.0387	0.0100	0.02085	0.000 022	0.007 607	1.7029
3	0.0497	0.0150	0.03057	0.000 048	0.011 095	1.7512
4	0.0596	0.0199	0.03975	0.000 081	0.014 579	1.7681
5	0.0684	0.0248	0.04868	0.000 121	0.017 935	1.7911
6	0.0767	0.0299	0.05776	0.000 170	0.021 310	1.8174
7	0.0857	0.0359	0.06816	0.000 237	0.025 189	1.8462
8	0.0954	0.0431	0.08035	0.000 329	0.029 613	1.8853
9	0.1034	0.0493	0.09056	0.000 418	0.033 443	1.9095
10	0.1112	0.0552	0.09996	0.000 510	0.037 325	1.9157
11	0.1184	0.0614	0.10976	0.000 615	0.041 043	1.9378
12	0.1253	0.0674	0.11902	0.000 723	0.044 718	1.9523
13	0.1332	0.0747	0.13009	0.000 863	0.049 061	1.9723
14	0.1412	0.0832	0.14291	0.001 042	0.053 613	2.0102
15	0.1478	0.0897	0.15234	0.001 184	0.057 465	2.0220
16	0.1546	0.0967	0.16236	0.001 345	0.061 533	2.0356
17	0.1613	0.1043	0.17317	0.001 530	0.065 646	2.0581
18	0.1676	0.1110	0.18239	0.001 697	0.069 589	2.0662
19	0.1744	0.1193	0.19386	0.001 917	0.073 971	2.0891
20	0.1828	0.1288	0.20648	0.002 175	0.079 454	2.0998

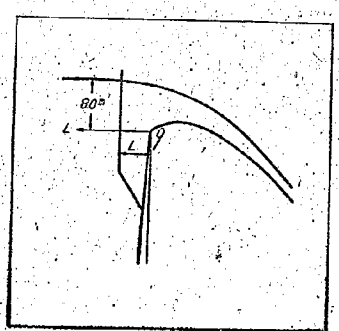
型-2　$C=1.645+0.0480H$　(附圖-4, 表-10)

型-4　$C=1.704+0.0396H$　(附圖-8, 表-12)

此の關係を圖に示せば圖-26の如く，橋脚先端が上流側に出れば出る程，標準溢流水深の約3/4の溢流水深を略々限界として，之より小なる溢流水深に對しては C は增加し，之より大なる溢流水深に對しては減少する傾向がある．

之を更に溢流係數實驗式の係數について數字的に調べてみるに次の如くである．

圖-27



前に C の H に關する一次的表示式として用ひられた

$$C=Y+XH$$

に於て，標準溢流水深 H_s を導入して

$$C=Y+Z\frac{H}{H_s}$$

と書き直せば，

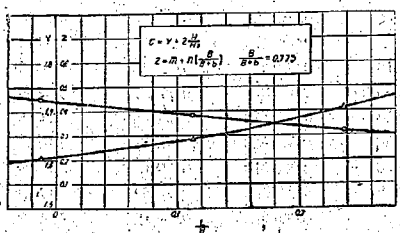
$$Z=8.X$$

である．之に對し圖-27に示す如き橋脚先端の位置を表はす長さ L を標準溢流水深 .8 m にて除したる値について關係を求むれば圖-28の如くである．

即ち溢流係數 C の H に對する直線式の傾きは，橋脚先端位置の前方に出るに從つて直線的に減少する．而して此の式の $H=0$ に對する常數は略々直線的に增加する．

橋脚位置番號	L (實物) (m)	$\frac{L}{\delta}$	$C=Y+XH$	Y	X	$Z=8X$
5	−0.1	−0.0125	$C=1.604+0.0559H$	1.604	0.0559	0.447
2	0.9	0.1125	$C=1.645+0.0480H$	1.645	0.0480	0.384
4	1.9	0.2375	$C=1.704+0.0396H$	1.704	0.0396	0.317

圖-28



即ち云ひ換へれば溢流の狀態は橋脚先端位置を上流方向に出せば溢流水深の小なる時は良好であるけれども，標準溢流水深の約¾の溢流水深を限界として之より溢流水深が增加するに從つて不良となる．

その割合は，此の與へられた堤頂形について，

$$\frac{B}{B+b}=0.775$$

の場合に對しては，

$H<\frac{3}{4}H_s$ なる時は $\frac{H}{H_s}=\frac{1}{4}$ にて $C_5=0.975C_2$

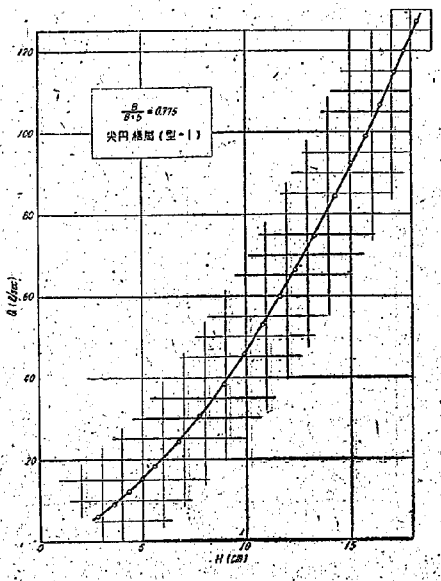
$C_4=1.027C_2$

$H>\frac{3}{4}H_s$ なる時は $\frac{H}{H_s}=\frac{5}{4}$ にて $C_5=1.018C_2$

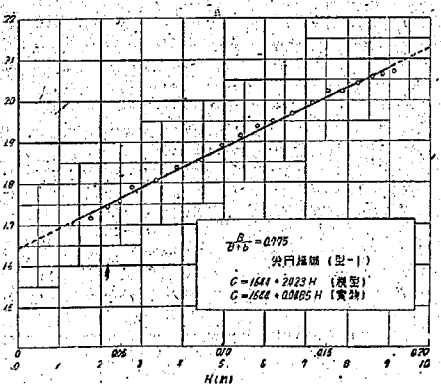
$C_4=0.988C_2$

となり，C_2 即ち前報告に於て研究せる橋脚の標準位置に對する溢流係數に比して，最大に於て ±2 又は 3% の差がある事が認められる．

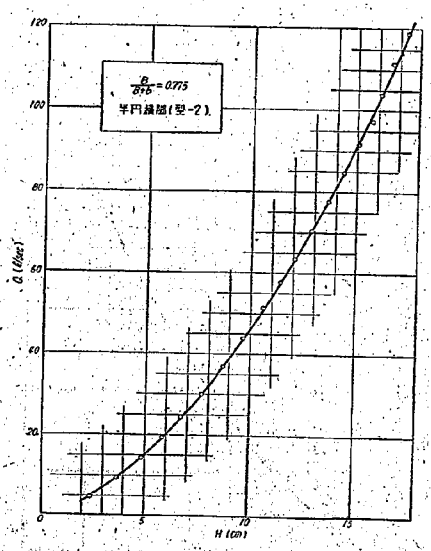
附 圖-1


$\frac{B}{B+b}=0.775$
尖円縮堀（型-1）
Q (ℓ/sec)
H (cm)

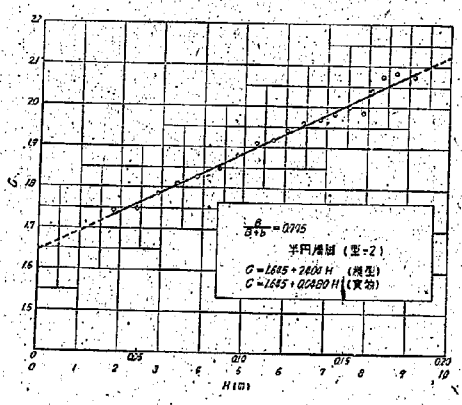
附 圖-2


$\frac{B}{B+b}=0.775$
尖円縮堀（型-1）
C = 1644 + 2023 H （模型）
C = 1644 + 0.0485 H （實物）
C
H (m)

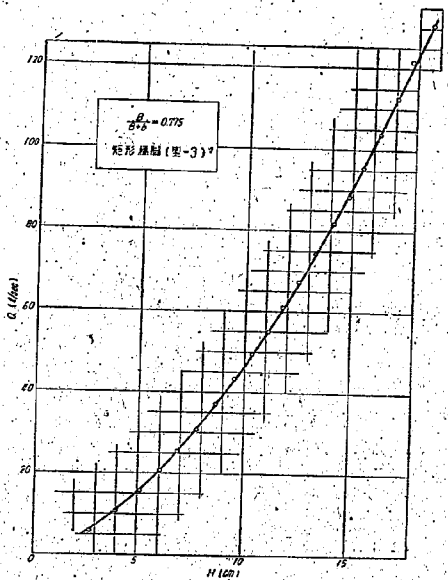
附圖-3


$\frac{B}{B+b}=0.775$
半円堰脚(型-2)
Q (ℓ/sec)
H (cm)

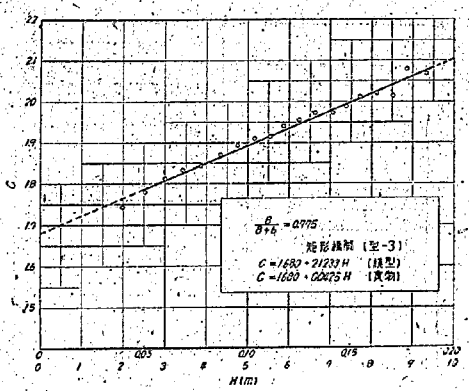
附圖-4


$\frac{B}{B+b}=0.775$
半円堰脚 (型-2)
C = 1.645 + 2.404 H (模型)
C = 1.645 + 0.0480 H (實物)
C
H (cm)

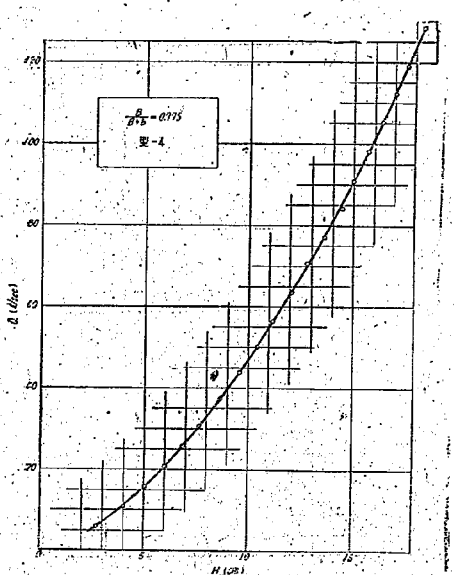
附 圖-5


$\frac{B}{B+b}=0.775$
矩形縮幅(型-3)
Q (l/sec)
H (cm)
0
5
10
15
20
40
60
80
100
120

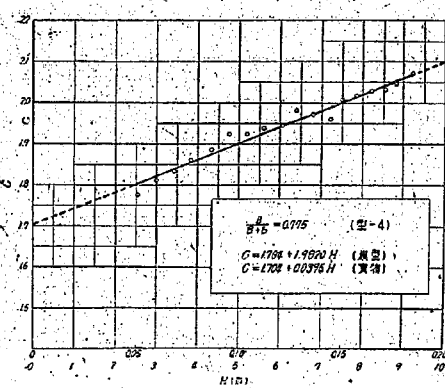
附 圖-6


$\frac{B}{B+b}=0.775$
矩形縮幅 (型-3)
C = 1680 + 21233 H (模型)
C = 1680 + 00425 H (實物)
C
H (m)
0
0.05
0.10
0.15
0.20
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
15
16
17
18
19
20
21
22

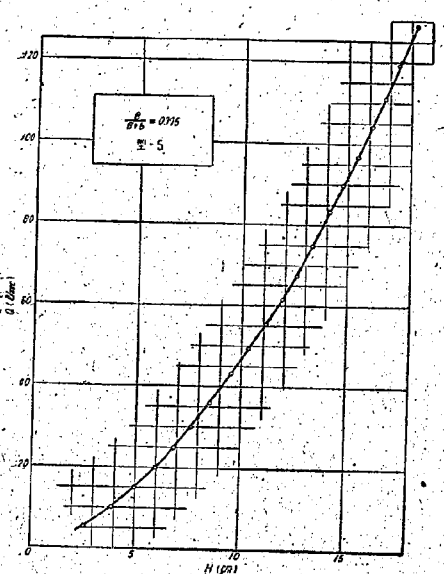
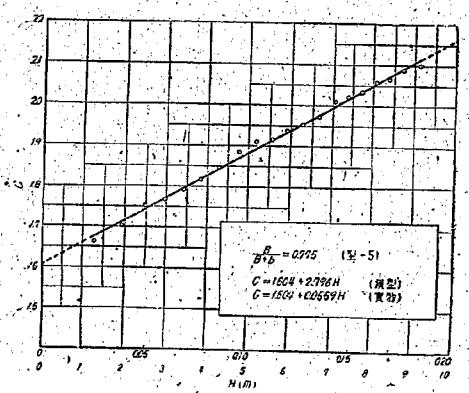
附圖 7


$\frac{B}{B+b}=0.775$
型-4
Q (l/sec)
H (cm)

附圖-8


$\frac{B}{B+b}=0.775$ (型-4)
C=1.784+1.9820 H (無型)
C=1.704+0.0395 H (實物)
C
H (cm)

附 圖-9



附 圖-10