土木試驗所報告

第二十四號

昭和八年六月

道路の背向曲線の設計に就て

阻柱に關する試驗

乳劑の粘度に就て

府縣道鐵筋コンクリート丁桁橋標準設計案

碎石の磨損率に關する一試驗

三陸津浪調査報告

內務省土木試驗所

建設省沼津支所圖書

分類	Ⅱ－K	番号	1－14
購入年月日	年　月　日		

土木試驗所報告

第二十四號

序　　言

本報告は、道路の背向曲線の設計に就ての研究、阻柱に關する試驗、乳劑の粘度に就ての研究、府縣道鐵筋コンクリート丁桁橋標準設計案、碎石の磨損率に關する一試驗、三陸津浪調査報告、本邦產鋪裝用石材等を輯錄せるものである。

道路の背向曲線の設計に就ては、本邦の地況上背向曲線の設定を必要とする場合尠からざるを以て自動車の方向轉換、視距、道路の横斷形狀等の條件を考慮して之が合理的設計方法を研究せるものである。

阻柱に關する試驗は、流勢減殺の目的を以て溢流堤下に設けたる阻柱の効果を實驗的に明かにし、この種構造物の設計に對し一參考資料たらしめんとせるものである。

乳劑の粘度に就ては、アスファルト乳劑の粘性係數と瀝青質物質の濃度との關係を理論的竝に實驗的に研究せるものである。

府縣道鐵筋コンクリート丁桁橋標準設計案は、有効幅員三種、支間七種の設計案にして工事の實施に當る技術者の意見を求めんとするものである。

碎石の磨損率に關する一試驗は、磨損抵抗を比較する爲めに行ふ磨損試驗は碎石の如き形狀、大さ不同なるものに對しては不適當なる所以を述べ、實際の磨損抵抗と現行試驗方法による磨損抵抗との關係を求めん爲めの一試驗である。

三陸津浪調査報告は、本年三月三日の津浪による三陸地方に於ける被害の技術的調査及海岸に於ける津浪の勢力の研究にして、併せて將來の津浪防備施設に言及せるものである。

本邦產鋪裝用石材（別冊附錄）は本年三月迄に施行せる鋪裝用石材及鑛滓の物理的試驗結果を綜合し併せて各種石材の特性に就いて系統的に研究したるものである。

昭和八年六月

內務省土木試驗所長　內務技師　物　部　長　穗

目　次

道路の背向曲線の設計に就て……(1)
内務技師　藤井眞透

阻柱に關する試驗……(19)
本間仁

乳劑の粘度に就て……(57)
内務技師　島田八郎

府縣道鐵筋コンクリート丁桁橋標準設計案……(73)
内務技師　大野博

碎石の磨損率に關する一試驗……(79)
内務技師　高田昭

三陸津浪調査報告……(83)
内務技師　松尾春雄

附　錄（別册）

本邦産鋪裝用石材……
内務技師　高田昭
内務技手　眞崎季隆

土木試驗所報告

第二十四號

道路の背向曲線の設計に就て

內務技師　藤井眞透

目次

I 總說……1
II 自動車の方向轉換より考へたる背向曲線……2
III 視距より考へたる背向曲線……5
　1. 直接に接續する背向曲線の半徑の限度……6
　2. 背向曲線間に挿入すべき直線區間の延長……6
IV 路面橫斷形より考へたる背向曲線……8
　1. 高度を有せざる路面の背向曲線……8
　2. 高度を有する路面の背向曲線間に挿入すべき緩和區間の延長……10
V 背向曲線の設計に就て……13

I 總說

本邦の地況は山岳丘陵に富んで居るから運輸經濟價値の大なる道路線形を定むるは極めて困難であつて曲線及勾配の如き交通量を制限する條件に對しては、特に愼重なる考慮を拂つて設計を立てなければならぬ。

殊に自動車交通路線に對しては、曲線はその經濟價値を支配する最大條件であり、從て曲率半徑の限度を定めて居るが、之が設定を要する區間は山岳地方に多く殊に背向曲線 (Reverse curve) の設定を强制せらるゝ場合少くない。

從て背向曲線の設計を考ふるに當り、1 は自動車の方向轉換より、2 は自動車の運轉に要する安全視距より之を考へ、背向曲線半徑の限度及その間に挿入すべき直線區間の延長を求め、更に路面橫斷形より考へて高度を有せざる曲線の性質と高度を有するものの緩和

區間として必要なる挿入直線區間の延長を求め、之らの條件のもとに背向曲線に對する合理的設計を研究する。

從來背向曲線に關する規定は道路構造令及同細則案に次の如く定められて居る。

道路構造令第七條第三項

「半徑 20 間以下ノ曲線ハ背向直接ヲ避ケ兩曲線間ニ相當ノ直線ヲ設クベシ」。

道路構造に關する細則案第七條

「道路ノ屈曲部中心線ノ半徑 40m 以下ノ曲線ハ背向直接ヲ避ケ兩曲線間ニ 20m 以上ノ直線部ヲ設クベシ」

同第十二條第三項

「前項ノ屈曲部ト直線部トノ横斷勾配ノ擂付ハ特殊ノ箇所ヲ除クノ外長 10m ニ付 0.1m ノ割合ヲ以テ標準トナスベシ」。

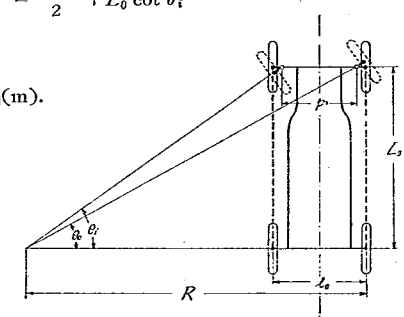
II　自動車の方向轉換より考へたる背向曲線

馬車はその前車軸上のキングボルトで方向轉換を行ひ、自動車はアツカーマン方向轉換裝置で之を行つて居るが、方向轉換は車軸の兩輪が何れも滑らないで純粹の囘轉をなす事卽車輪が總て同一中心の周りを囘轉するを要する、アツカーマンステアリングギヤーは前輪のナツクルスピンドルの軸を延長した場合に後車軸の延長線上で一點に於て交る樣に前車軸に角囘轉をなさしむる構造を有し之によりて前輪が何れも純囘轉をなし得る。

今自動車が曲線部を囘轉する場合の半徑を求むれば第 1 圖に示すが如く、半徑は車輛の構造により異り次式で表はされる

$$R=\frac{l_0-p}{2}+L_0\cot\theta_0 \quad =\frac{l_0+p}{2}+L_0\cot\theta_i$$

第 1 圖



玆に　l_0　軌幅(m).　　L_0　軸距(m).

p　ステアリングのキングピンの間隔(m).

R　外側後輪の囘轉半徑(m).

θ_0　外側前輪の方向角.

θ_i　內側前輪の方向角.

兩車輪の方向角の關係は次の如し。

$$\cot\theta_0-\cot\theta_i=\frac{p}{L_0}$$

貨物自動車と乘用自動車に就きてその回轉半徑を求むれば第1表の如くである。

第 1 表　自動車の最小回轉半徑(m)

種　別	L_0	l_0	p	回轉半徑		
				θ_0 20°	25°	30°
貨物自動車	3.80	1.48	1.28	10.50	8.20	6.65
乘用自動車	3.00	1.45	1.26	8.33	6.54	5.30

方向角は 20°～30° を最大とするからその平均値をとり 25° と考ふれば路線の半徑限度は 8.20 m 以上とすべきもので通常 10 m を絶對限度と考へて設計する。

背向曲線で自動車が1の曲線から他の曲線に進む場合は前記の場合の方向角が他側にあると同樣である。第2圖に於て自動車が背向兩曲線に跨る場合に $P_1\ P_2$ を軸距とすれば方向角は

$$\sin\theta=\frac{P_1P_2}{4}\cdot\frac{1}{R}=\frac{L_0}{4R}$$

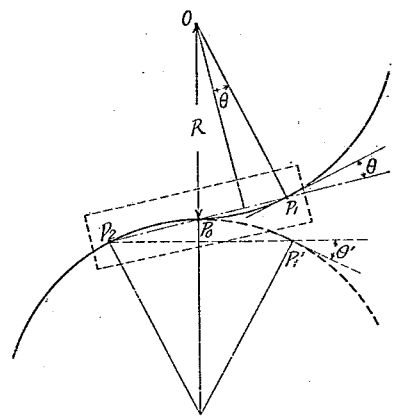
同一曲線を進行する場合は

$$\sin\theta'=\frac{P_1'P_2}{2}\cdot\frac{1}{R}=\frac{L_0}{2R}$$

背向曲線の場合が却て方向角が少い、卽兩曲線の接點に於て方向角を正より負に變へるからその操作に時間を要するも方向角の變化は小である。

貨物自動車で軸距を 4 m として方向角と半徑との關係を求むれば第 2 表の如し。

第 2 圖



第 2 表

半　徑　(m)	10	20	30	40	50	60	80	100
外側車輪方向角	22°00′	11°22′	7°37′	5°44′	4°35′	3°49′	2°52′	2°18′

自動車が方向轉換をなす場合にハンドルの回轉角と前輪の方向角との關係を試驗すれば

第3圖に示すが如く之は次の關係式に導き得る

$$\theta_w \fallingdotseq 1/18\ \theta_h$$

θ_w　車輪の方向角、　θ_h　ハンドルの回轉角、

ハンドルの回轉する角度と之に要する時間との關係は運轉の條件に應じて異り一定し難いが、通常の方向轉換の際各角度につきて10回以上の試驗結果の平均を求むれば第3圖に示すが如くその關係は次の如くである。

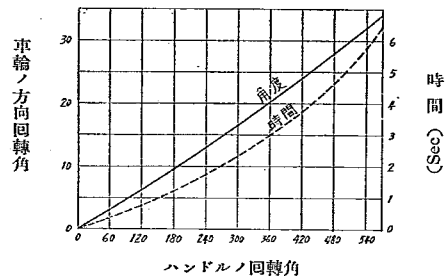
$$\theta_h = 2.30\ t^{4.6}$$

θ_h　ハンドルの回轉角.

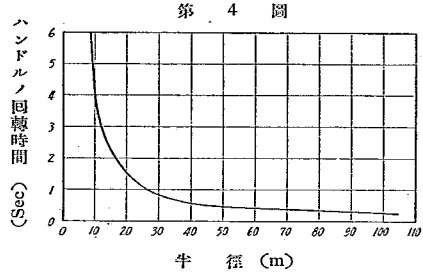
t　所要時間 (Sec).

ハンドルの回轉に要する時間及之に應ずる車輪方向角の變化、更にその方向角に應ずる曲線進路の半徑は第4圖及第3表の如くである、之は貨物自動車をとり軸距 4m のものとして求めた。

第　3　圖



第　4　圖



第　3　表

時　間 (Sec)	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
ハンドルの回轉角	40°	90°	137°.5	160°	220°	270°	360°	440°	503°	550°
車輪の方向角	2°14′	5°00′	7°39′	8°54′	12°12′	15°00′	21°00′	24°30′	28°00′	30°00′
進路曲線半徑 (m)	104.18	47.18	31.08	26.88	19.88	16.28	11.78	10.16	8.91	8.22

之よりある曲率半徑を有する曲線に進路を變更するに要する時間を知る事が出來る。

自動車は半徑に應じて速度を異にするから直線部から一定半徑の曲線進路をとるに要する緩和區間の延長を求むるに當り、此半徑と變更するに要する時間及此時間に進行する延長とを(IV)に述ぶる速度を參照して、半徑に應ずる速度から求むれば第4表の如くである。

第　4　表

半　　徑 (m)	10	20	30	40	50	60	80	100	200	摘　要
所要時間 (sec)	4.0	1.5	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.25	0.15	
高度均一曲線										
速　度 (m/sec)	3.14	4.43	5.43	6.26	7.00	7.68	8.86	9.90	14.00	
緩和區間長 (m)	12.56	6.65	4.35	3.76	3.50	3.07	2.66	2.48	2.10	
高度速度式曲線										
速　度 (m/sec)	3.14	4.05	4.69	5.21	5.66	6.06	6.75	7.35	9.46	
緩和區間長 (m)	12.56	6.07	3.76	3.13	2.83	2.42	2.03	1.84	—	
中高形路面										
摩擦係數 0.10										横勾配 0.04
速　度 (m/sec)	3.66	5.16	6.35	7.30	8.15	8.95	10.4	11.5	—	内側車線
緩和區間長 (m)	14.60	7.25	5.10	4.37	4.07	3.58	3.12	2.88	—	
中高形路面										
摩擦係數 0.30										同　上
速　度 (m/sec)	5.80	8.20	10.0	11.6	13.0	14.1	16.4	18.3	—	
緩和區間 (m)	23.2	12.3	8.0	6.95	6.5	5.65	4.9	4.7	—	

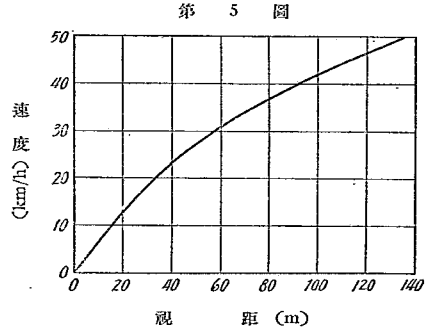
背向曲線間には各曲線に必要なる緩和區間長を要するを以て、同一半徑の背向曲線に要する緩和區間長は之らの二倍値であつて之が背向曲線間に考慮すべき直線長である。

III　視距より考へたる背向曲線

自動車交通の安全を確保する爲には相當の視距を必要とし、その延長と速度との關係は第5圖の如し（内務省土木試驗所報告第十九號參照）。

道路構造に關する細則案では安全視距を國道で 100m 府縣道で 60m としてるから之より自動車の速度は國道で 40 km/h 府縣道で 30 km/h を標準としてる樣である。

第　5　圖



今此視距を得るに必要なる背向曲線の半徑を定める。

1　直接に接續する背向曲線の半徑の限度

背向曲線の限度を求むる爲に同一半徑の曲線が直接に接續するものに就て考へる。

曲線部の道路幅員は半徑に應じて擴幅するも餘裕を有せしむる爲に直線部と同一幅員を有するものとし、二車線道路幅員 6m とすれば視距は第 6 圖に示すが如く次式で表はされる。

（a）　自動車が道路中心線にある場合

$$L=4\sqrt{3(2R-3)}$$

L　視距　(m).　　R　半徑　(m).

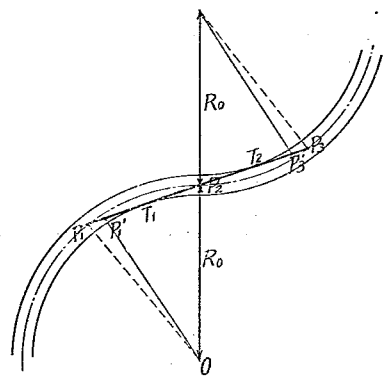
（b）　曲線部に於ては對車線に他の交通車のない場合には自動車は進路曲線半徑を大にとる爲に内側車線をとり從て視距は減少し次式の如くなる。

$$L=2\sqrt{3(2R-3)}+2\sqrt{1.5(2R-4.5)}$$

之らを圖示すれば第7圖の如し。

半徑小なる背向曲線は充分なる視距を得難いからその間に直線區間を挿入しなくてはならぬ。

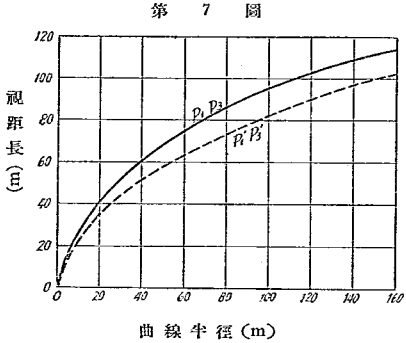
第　6　圖



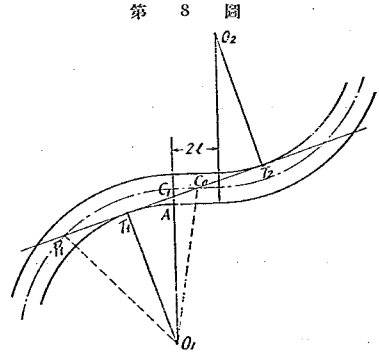
2　背向曲線間に挿入すべき直線區間の延長

第8圖に示すが如く直線區間の延長を $2l$ とすれば視距は次式で表はされる。

第　7　圖



第　8　圖



$$L=2\sqrt{3(2R-3)}+2\sqrt{l^2+3(2R-3)}$$

之より半徑と直線延長との關係を求むれば次式の如し

$$2R-3=\frac{1}{48}\left(L-\frac{(2l)^2}{L}\right)^2$$

$$(2l)^2=L^2-4L\sqrt{3(2R-3)}$$

之を圖示すれば第 5 表及第 9 圖の如し。

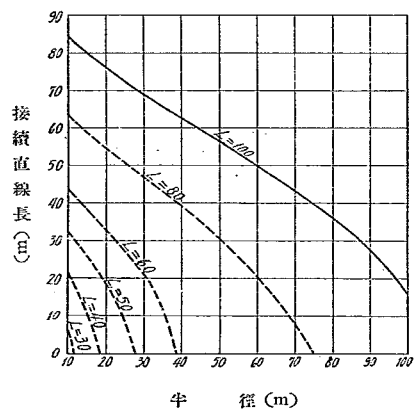
第 5 表　背向曲線間ノ所要直線長

半　徑 (m)	10	20	30	40	50	60	80	100
直接曲線視距長 (m)	28.5	42.0	52.0	60.5	68.0	75.0	86.5	97.0
視距に應ずる挿入直線長 (m)								
視　距　30	6.7	—	—	—	—	—	—	—
40	21.4	—	—	—	—	—	—	—
50	32.8	19.8	—	—	—	—	—	—
60	43.3	32.7	21.2	—	—	—	—	—
80	64.0	55.0	47.0	39.0	30.2	20.5	—	—
100	84.5	76.2	68.7	62.7	56.1	50.1	36.0	1.58 15.8

視距に應じて背向曲線の半徑を限定すべく、半徑小なるものはその間に直線部を挿入するを要し、半徑大なるに從ひ直線延長を減ずる事が出來る。

國道に對し安全視距を 100 m とすれば、曲率半徑は 100 m 以上とするを要し、之以下のものはその間に直線部を挿入すべく、その延長は半徑 50 m のものに對し 55m, 半徑 30m のものに對しては 70m を必要とする。

第　9　圖



府縣道に對し視距を 60m とすれば曲率半徑は 40m 以上とするを要し、之以下のものは同樣に直線部を挿入すべく、その延長は半徑30m のものに對し 21m, 半徑 20m のものに對し 33m を要する。

半徑の異る背向曲線間に挿入すべき直線長の一般式は次式で表される。

$$L=\sqrt{b(2R_1-b)}+\sqrt{b(2R_2-b)}+\sqrt{b(2R_1-b)+A^2}+\sqrt{b(2R_2-b)+B^2}$$

$$A=2l-\frac{bR_1(R_1-b)(2R_2-b)}{R_2\sqrt{\{2R_1^2-b(2R_1-b)\}^2-\{2R_1(R_1-b)\}^2}}$$

$$B=\frac{bR_1(R_1-b)(2R_2-b)}{R_2\sqrt{\{2R_1^2-b(2R_1-b)\}^2-\{2R_1(R_1-b)\}^2}}$$

玆に　L 視距、　R_1, R_2 背向曲線半徑、

b 道路幅員の 1/2.　$2l$ 挿入直線長、

之より視距大なるものは l の延長大となり、半徑大なるものは l を減じ得るを知る。

IV　路面の横斷形狀より考へたる背向曲線

曲線部は自動車の交通量を支配する最大要素であるからその半徑を可及的大とし之に接續して緩和區間を設け更に高度を附して經濟價値を大ならしむべきであるが、背向曲線はその特別の場合であり、地況によりて緩和區間をその間に挿入し得ない場合が少くないから、經濟價値を大ならしむる爲に横斷形に對しても特殊の考慮を要する。

1　高度を有せざる路面の背向曲線

路頂高を有する中高形路面の曲線部では、自動車は外側車線を進行する場合は遠心力の作用を受け一定速度に達すれば横滑りを生ずる。その場合の半徑、速度及横勾配の關係は次の如くである。

外側車線　$v=\sqrt{gR\ (f-i)}$

内側車線　$v=\sqrt{gR\ (f+i)}$

v 速度、　R 曲率半徑、　f 摩擦係數、　i 横勾配.

内側車線は中高形路面の形狀が高度を附したると同樣の結果となり、速度大となり得るが外側車線では路面の横勾配の爲に却て反對の作用を受けるから速度を減じて之に對應しなくてはならぬ、何れの場合も路面は摩擦係數の高きものを必要とし、直線部よりも粗面

たるを要する。

中高形路面の外側車線では摩擦係數を考慮に入れなければ運轉不可能である。高度を有する路面では遠心力と完全に平衡を保たしむる條件のもとに平均速度を定め摩擦係數を考慮して最高速度を限定すべきであるから、今高度を有するものの平均速度と中高形路面の外側車線の速度の限度とを比較すれば

高度を有するもの　$v_0=\sqrt{igR}$

中高形の外側車線　$v=\sqrt{gR(f-i)}$

半徑同一なる場合に横勾配 i が摩擦係數の 1/2 より大なる場合は高度を有する路面の平均速度よりも中高形の速度の限度が大である。

從て中高形路面でも相當の速度を出し得るが氷雪等により摩擦係數減じたる場合は速度を減じて之に對應しなくてはならぬ。

今横勾配を 0.04 としたる路面の摩擦係數に應ずる速度を求むれば第6表の如し。

第 6 表　外側車線に於ける速度 (km/h) の限度
(中高形横勾配 0.04)

半　徑 (m)		10	20	30	40	50	60	80	100
摩擦係數	0.10	8.7	12.4	15.0	17.5	19.5	21.4	24.8	27.6
	0.15	11.8	16.8	20.4	23.7	26.4	29.0	33.3	37.2
	0.20	14.2	20.1	24.7	28.5	32.0	34.8	40.3	45.0
	0.30	18.2	25.7	31.5	36.3	40.7	44.5	51.8	57.3

内側車線では路面の中高形が高度と同様の作用をなし得るから相當大なる速度を出し得る、前記の場合につきてその速度の限度を求むれば第7表の如し。

外側車線よりもその速度大であるから經濟價値も大である。

第 7 表　内側車線に於ける速度 (km/h) の限度
(横勾配 0.04)

半　徑 (m)		10	20	30	40	50	60	80	100
摩擦係數	0.10	13.2	18.6	22.8	26.3	29.4	32.3	37.3	41.5
	0.15	15.5	22.0	26.8	31.1	34.7	38.0	44.0	49.1
	0.20	17.5	24.7	30.2	34.8	39.1	42.7	49.5	55.5
	0.30	20.8	29.4	36.0	41.5	46.5	50.4	58.8	65.5

路線中に於て速度の變化大なるは交通の混亂の原因となるから可及的小にすべきであるが、背向曲線では背曲線で速度大なる車線は向曲線で小であるから背向互に補足し得る、之らの中高形の横斷形狀はその經濟價値に鑑みて混合交通路線に適用すべきものと思はれる。

路線の經濟價値を大にする爲に中高形狀を背向曲線の部分に於て非對稱形とし、內側車線では直線部分と同樣の横勾配を與へ、外側車線では之より緩なる横勾配を與ふればその進行速度を增大せしめ得べく經濟價値を大ならしむる事が出來る。

前記の場合に於て i を 0.025 として外側車線に於ける速度を求むれば第 8 表の如くである。

第 8 表　外側車線に於ける速度 (km/h)

(中高形横勾配 0.025)

半徑 (m)		10	20	30	40	50	60	80	100
摩擦係數	0.10	9.7	13.8	16.9	19.5	22.0	23.9	27.5	30.8
	0.15	12.6	17.8	21.9	25.2	28.2	30.8	35.6	40.0
	0.20	14.9	21.2	25.8	29.8	33.3	36.6	42.2	47.2
	0.30	18.6	26.4	32.4	37.5	41.6	45.8	53.0	59.0

横勾配 0.04 の場合、內外車線に於て速度と之に必要なる視距長を求むれば第 9 表の如し。

第 9 表　速度に應ずる所要視距長 (m)

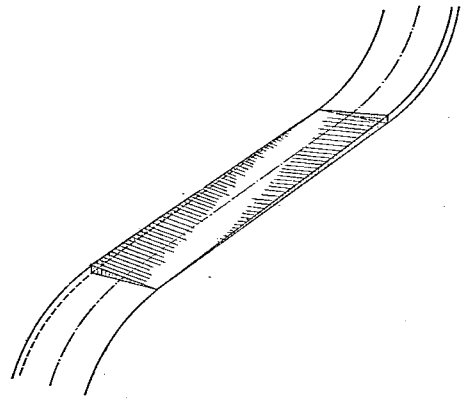
半徑 (m)			10	20	30	40	50	60	80	100
外側車線	摩擦係數	0.10	18	22	24	28	31	36	43	50
	同	0.30	30	46	64	80	96	110	—	—
內側車線	摩擦係數	0.10	22	30	38	48	57	66	84	98
	同	0.30	36	56	80	99	118	136	—	—

2 高度を有する路面の背向曲線間に挿入すべき緩和區間の延長

高度を有する路面を直接背向曲線に設定する事は不可能であるから必ずその間に高度緩和の區間を要し、その間に相當延長の直線區間を挿入しなくてはならぬ。第 10 圖に示すが如し。

背向曲線は之が設定を必要とするが如き地況を考慮して半徑の限度を 10m とし且高度を必要とするが如き路線は自動車交通に對する重要性大であるから本所報告第十九號「道路設計の基本に關する研究」に述べたる方法に基き高度を半徑に應じ 0.04～0.10 と定め、半徑高度及速度の關係式を次の如く導いた、

第　10　圖



$$i=\frac{i_1 R_1^n}{R^n}$$

$$v=\sqrt{g i_1 R_1^n R^{1-n}}$$

$$n=\log\frac{i_1}{i_0}\Big/\log\frac{300}{R_1}$$

R　半徑 (m).　R_1　最小半徑 (m).

i　高度、　i_1　最大高度.

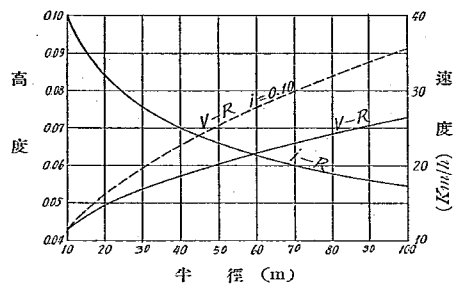
i_0　半徑 300 m の曲線の高度、

之より次の式を得る

$$i=0.1817\ R^{-0.2595}$$

$$v=1.3346\ R^{0.37025}$$

第　11　圖



第 11 圖に示すが如し。

曲線に接續する直線部で此高度を緩和するに當り道路構造に關する細則案第12條の「横斷勾配の摺付は特殊の箇所を除くの外長 10 m に付 0.10 m の割合を以て標準となすべし」。との規定をとり縱勾配 1 %を標準として之より高度緩和に必要なる直線延長を求むれば次の如し

$$i=h/b. \qquad h=ib.$$

h　高さ.　　b　道路幅員の 1/2.

$$l=100h=100ib=18.17bR^{-0.2595}$$

曲線部の擴幅を無視して二車線道路で b を 3m とすれば

$$l=54.51R^{-0.2595}$$

半徑 R_1 及 R_2 を有する背向曲線間の緩和直線長は次式で表される

$$l=54.51\ (R_1^{-0.2595}+R_2^{-0.2595})$$

同一半徑の背向曲線のものは

$$l=109.02\ R^{-0.2595}$$

速度及之に必要なる視距長並に背向曲線間に挿入すべき直線長を求むれば第 10 表の如し。

交通量飽和せざる場合は路面との摩擦係數を利用して高速度を出し得るから、今通常の場合に摩擦係數を 0.3 として之に應ずる速度の限度及その所要視距長を求めて第 10 表に之をあげた。

第 10 表　高度緩和直線長と視距長

半　徑 (m)	10	20	30	40	50	60	80	100	200	300
高度式曲線	0.1000	0.0835	0.0752	0.0725	0.0655	0.0625	0.0582	0.0548	0.0460	0.0400
平均速度 (km/h)	11.3	14.6	16.9	18.8	20.4	21.8	24.3	26.4	34.0	39.6
視　距 (m)	20	25	28	32	35	38	43	48	62	94
高度緩和直線長 (m)	60	50	45	43.4	39.6	37.8	35.0	33.0	27.8	24.6
摩擦係數 0.3 の場合										
最高速度 (km/h)	22.5	31.3	38.0	43.5	49.7	51.0	57.0	67.0	—	—
視　距 (m)	38	62	83	103	—	—	—	—	—	—
高　度 0.10 のもの										
平均速度 (km/h)	11.3	15.9	19.7	22.5	25.2	27.6	31.9	35.7	50.3	61.3
視　距 (m)	20	27	32	38	45	53	64	78	136	—
高度緩和直線長 (m)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
摩擦係數 0.3 の場合										
最高速度 (km/h)	22.5	32.0	39.0	45.0	50.3	55.0	64.0	71.0	—	—
視　距 (m)	38	63	90	112	—	—	—	—	—	—

自動車交通に對し最大速度を與ふる爲に、半徑の大さに係らず最大高度を與ふれば、速度は第 10 表に示すが如く前記の場合よりも增大する、而して此場合の高度の緩和に要する直線延長を求むれば次の如し。

$$l=100\ \mathrm{h}=100\,ib=100\times0.10\times3=30\ \mathrm{m}$$

直線延長は半徑の大さに係らず、總て同一で 30m となり、背向曲線間の延長は 60 m となる。

緩和曲線延長は直線部から曲線部に移る間の速度の變化に應ずる加減速度からも求められるが、背向曲線間の直線部は其延長が短いから、曲線部を離るゝ際に加速度を加へて速度を增しても途中から再び減速度を加へて次の曲線部に向は無くてはならぬ、故に曲線部と同一速度をとると考へても大差なく、從て加減速度からは直線延長を求むる事が出來ない。

V　背向曲線設計に就て

以上述べたる方向轉換、視距及高度の關係から背向曲線設計を考へる。

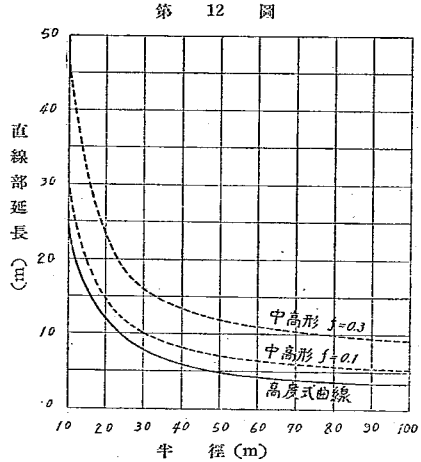
1　方向轉換から考へた背向曲線

自動車が直線部から曲線進路をとる場合はハンドルの回轉に伴ふて次第に回轉半徑を減し所要半徑に應ずるハンドルの位置を一定に保ちて始めて一定半徑の曲線進路を進行する。

直線部から一定半徑の曲線に達する迄の緩和曲線區間は自動車が自由軌道を進むから道路幅員充分にして交通量が多くない場合は容易にその進路をとる事が出來る。

背向曲線に對してもかゝる進路曲線を容易にとり得る限りその間に緩和區間の設定を要しない、只その區間は曲線進路の特質として摩擦が大であるから路面の摩耗量大なる事を考慮に入れて路面の構造を定めなくてはならぬ。

第　12　圖



その間に緩和區間として直線部を挿入する場合は、高度を有する路面に對するのは平均速度から考へ、中高形の路面に對しては路面横勾配を 0.04 とし摩擦係數を利用する速度から考へたるものは第 12 圖の如し。

之らは視距に要する直線長と高度緩和に要するものと比較して半徑に應じて適用すべきである。

2　視距より考へた背向曲線

安全視距は自動車の速度に應ずる運轉に安全と考へらるゝ長である、もし一時的にまた

場合により速度を減ずればその延長を減じ得る、而して一定速度に應ずる視距を路線に設定しても、速度は半徑と高度等により制限されるから、充分の視距を有する區間でも之に應ずる速度を出し得ない場合がある、從て視距からのみ考へて曲線設計を立つる事は出來ない。

今高度を有する路面に就てその高度を半徑に應じて異にせるものと均一にとるものとに對し、速度に應じて必要なる視距長と直接する背向曲線の有する視距との關係を求むれば第 11 表及第 13 圖の如し。

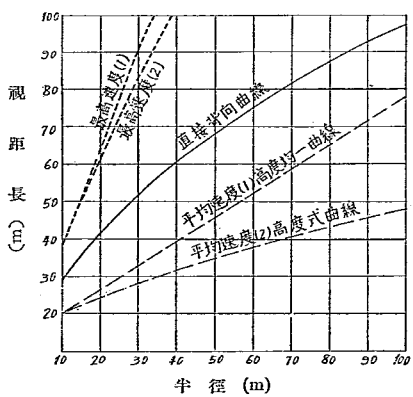
第　11　表

半　　徑(m)	10	20	30	40	50	60	80	100
視 距 長 (m)								
直 接 背 向 曲 線	28.5	42.0	52.0	60.5	68.0	75.0	86.5	97.0
平均速度高度均一曲線	20	27	32	38	45	53	64	78
同　高度式曲線	20	25	28	32	35	38	43	48
最高速度高度均一曲線	38	63	90	112	—	—	—	—
同　高度式曲線	38	62	83	103	—	—	—	—
最高速度の場合の挿入直線長 (m)								
高 度 均 一 曲 線	20	35	58	76	—	—	—	—
高 度 式 曲 線	20	35	48	60	—	—	—	—

一般に平均速度に應ずる視距をとる場合は、背向曲線間に直線部を挿入するの要なく、路面摩擦係數を利用する最高速度に應ずる視距をとる場合は直線部を挿入するを要する、同係數 0.3 の場合の直線延長は第 11 表に示すが如し。

最高速度に應ずる視距長は半徑40m の曲線に對するものが 100m 以上であり、已に視距の限度であり、從て速度も限度であるから、半徑 50m 以上の曲線に對しては視距長 100 m をと

第　13　圖



りて兩曲線間の挿入直線長を求め、半徑 40m 以下の曲線に對しては路面摩擦係數 0.3 を利用する最高速度に應ずる視距をとるものとして挿入直線長を求むれば第 14 圖の如し。

3　路面横斷形狀から考へた背向曲線

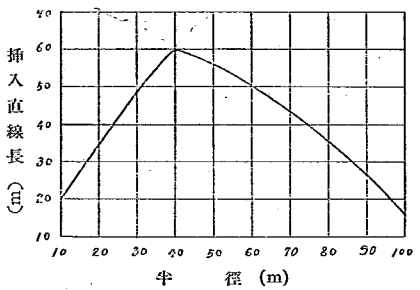
（a）　中高形路面は曲線部で自動車の進行速度を制限されるから混合交通路線に用ふべきものである、その横勾配に應ずる自動車の速度を定めて運轉を行はなくてはならぬ。

内側車線では路頂に向ふ横勾配が高度を有すると同様の作用をなし充分の速度を出し得るも、外側車線では之が爲に却て横滑りを容易ならしめるから、なるべく曲線部では此部分は横勾配を緩にするを要する、之らの運轉は總て路面の摩擦係數を條件として行ふものであるからその一定の限度を失はぬ様に路面の維持を行ふ事が必要である。

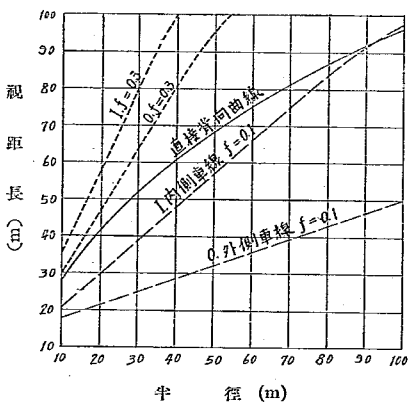
中高形の路面で横勾配 0.04 の場合の速度に應ずる視距長を求むれば第15圖の如し。

摩擦係數 0.10 を利用する場合は、速度に應ずる視距をとる爲に半徑 90～100m の場合に直線を挿入する要あるもその他の場合は之を要しない、然し方向轉換に要する緩和區間を挿入す

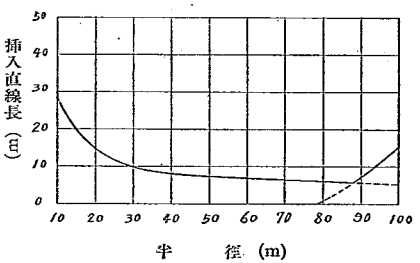
第　14　圖



第　15　圖



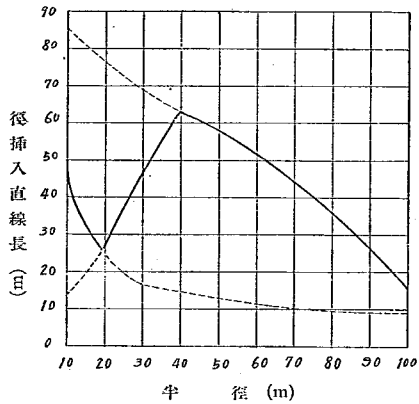
第　16　圖　　摩擦係數 0.10 ノ場合



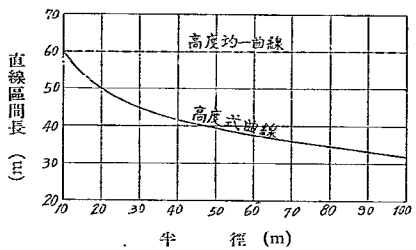
る場合は第 16 圖に示すが如く半徑 80m 以下のものに對して之より定め、半徑 90～100m のものは安全視距 ~~100m~~ をとる樣に直線長を定めなくてはならぬ。

摩擦係數 0.30 を利用する場合は第 17 圖の如く半徑 20m 以下のものは方向轉換に要する緩和區間長をとり同 20～40 m のものは路面摩擦係數を利用する速度に應ずる視距長を保つ爲に直線部の長を定むるを要し、同 40～100m のものは視距 100m を得る爲に必要なる直線長を挿入するの要がある。

第 17 圖　摩擦係數 0.30 ノ場合



第 18 圖



（b） 高度を有する路面は曲線部に於て自動車の速度の低下を可及的減ずる爲に用ふるものであるから自動車交通路線に用ふべく、背向曲線では互に路頂部を反對側に有するから之を緩和する爲に必ず一定の緩和區間を要し、その長は高度を緩和する割合によりて定まる、今高度を半徑に係らず總て 0.10 とせるものと半徑に應じ高度を變更する高度半徑式に從ふものにつきて路端に於ける縱勾配を 1% として求めたものは第 18 圖に示すが如く直線區間の延長は之によりて定まる。

高度式の曲線で路面摩擦係數 0.3 を利用する最高速度に應ずる視距をとる爲に直線部を挿入したるものはその高度を緩和する爲の縱斷勾配は第 12 表の如し。

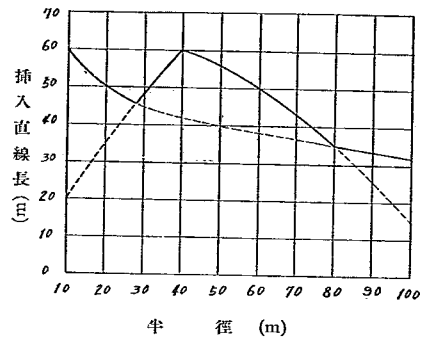
第 12 表　高度式曲線の高度緩和の縱斷勾配

半　徑 (m)	10	20	30	40	50	60	80	100
挿入直線長(m)	20	35	48	60	56	50	35	15
緩和勾配 (%)	3.00	1.42	0.94	0.72	0.70	0.76	1.00	2.10

從て此曲線に於て縱斷勾配 1% とすれば挿入すべき直線長は第 19 圖の如くである。

その直線長は半徑 30m 以下のものに對しては高度緩和より定まり、同 30～40m は最高速度に應ずる視距より定まり、同 40～80m は視距 100m をとるに必要なる長さより定り、同 80m 以上は高度緩和より定まる。

第 19 圖



4 結 論

路線設計に當り曲線々形は永久性のものであり、路面の横斷形及摩擦係數は改良變化し得るものである、之らの變化し得る要素が曲線設計を左右するから當初に於て永久的の曲線々形を定むるは愼重なる考慮を要する。

今路線を自動車交通路線と混合交通路線とに分ちて考ふれば前者に對しては高度を有する路面とし背向曲線間に挿入すべき直線長は、交通經濟價値を高むる爲に路面摩擦係數を考慮したる速度に應ずる視距をとり得る長さと、高度緩和に必要なる長とを半徑に應じて考へてその大なるものをとるべきである。

混合交通路線に對しても同樣であるが排水その他地況に應じ止むを得ざる場合、中高形の路面を與ふるものは路面摩擦係數を考慮したる速度に應ずる視距をとり得る長さと、方向轉換に要する緩和區間長とを半徑に應じて考へてその大なるものをとるべきである。然し此種路面も現代交通機關の發達に伴ふて自動車交通を目的とするに至るべきを以て地況の許す限り前者の設計を設定すべきは路線の永久性なるに鑑み必要である。

阻柱に關する試驗

本　間　仁

内　容　梗　概

本試驗は溢流堤下に設けたる阻柱の効果を實驗的に明かならしめ、この種構造物の設計に當り一參考資料たらしめんとせるものである。從つて種々の形態の阻柱につきて比較試驗を行ひその効果の大小を數量的に示すことに努めた。

内　容　目　次

[1] 概　要 …… 19
[2] 跳水理論概要 …… 20
[3] 試驗設備 …… 26
[4] 阻柱試驗及びその結果 …… 27
[5] 結　論 …… 48
[6] 追　錄 …… 50
(1) 阻柱の實例 …… 50
(2) 阻柱に作用する動水壓 …… 52
(3) 逆勾配副堰堤に關する試驗 …… 54

[1] 概　要

本試驗の對象とする處は河川の横溢流堤 (Deversoir) が洪水時に溢水して游水池に浸水する場合であつて、射流狀態となれる溢流水を速かに常流狀態に變ぜしめ即ち跳水現象 (Hydraulic jump) を起さしめて河床の有害なる洗掘を避くる工作物の水理的性質を明かならしめんと試みたものである。從つて試驗せる溢流堤の高さ、流量等もそれに該當すると思はれる範圍で行つた。跳水を起す目的の爲に溢流堤下の水叩きに設くる構造物を形狀の如何を問はず假りに阻柱 (Baffle pier) と總稱することゝした。

阻柱はその形狀により大略次の如く分類し得る。

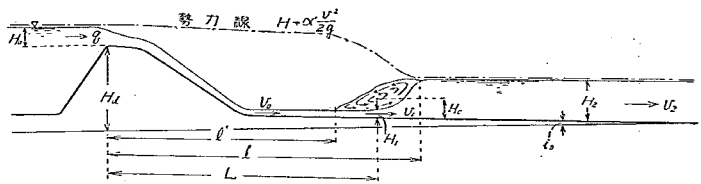
1) 柱狀阻柱　2) 突起狀阻柱　3) Rehbock の齒閘 (Zahnschwelle)

その他柵類、牛類の如きも用ひ方によりては阻柱の用をなさしめることが出來る。本試驗に於ては之等各種阻柱の影響を出來得る限り數量的に比較する事を試みた。

猶、下游洗掘の問題、表面渦 (Deckwalze) 及び底渦 (Sohlenwalze) の詳細に關する問題等も殘されてゐるが、此處には跳水現象に關する部分を主として蒐集した。

[2] 跳水理論の概要

流水が射流狀態より常流狀態に變ずる現象卽ち跳水現象は、射流水が流下と共に次第にその勢力を減少し從つてその有する衝力線の高さ $\alpha'\frac{q^2}{gH_1}+\frac{H_1^2}{2}$ (第 1 圖參照) が減少して下流常流部の衝力線の高さ $\alpha'\frac{q^2}{gH_2}+\frac{H_2^2}{2}$ に等しくなれる時に起る。



第　一　圖

此の問題を解決する爲に先づ水流の一般運動方程式より考察を進める[1]。任意斷面の直線水路に於ける流れを考へ次に列記する符號を用ふる。

u……水分子の流れの方向 (x 方向) の分速度、　v……x 方向の平均流速

A……流水の斷面積、　w……斷面の潤邊長、　C……Chézy の常數

B……水の內部摩擦を表はす常數、　B_0……粗度を表はす常數、　k……常數

f, F……斷面形及び水分子の位置に依て變化する函數で 1 に近き値を持つ

F_1, F_2……流速分布に關する函數で斷面形に依て定まる

i……水面勾配、　ρ……水の比重

之等の記號に尾字 0 を附したる時は潤邊上の値を表はし、尾字 m を附したる時は一斷面につきての平均値を表はすものとする。一斷面內の水平及び鉛直坐標軸を夫々 oy 及び oz とすれば、水の一分子の運動は次の如く表はし得る。

---

1) Boussinesq: Essai sur la theorie des eaux courantes 參照

$$\rho\frac{Du}{Dt}=\frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon\frac{\partial u}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\varepsilon\frac{\partial u}{\partial z}\right)+\rho X-\frac{\partial p_0}{\partial x}\quad\cdots\cdots(1)^{1)}$$

ε は水の攪亂係數 (Coefficient of turbulency), X は外力である。J. Boussinesq は ε を次の如き形で表はした。

$$\varepsilon=\rho g\frac{\sqrt{B_0}}{k}\frac{A}{w}u_0F\left(\frac{wy}{A},\ \frac{wz}{A}\right)\quad\cdots\cdots(2)$$

境界條件は潤邊上にて $\varepsilon\dfrac{\partial u}{\partial n}=-\rho gB_0f\left(\dfrac{wy}{A},\ \dfrac{wz}{A}\right)$ ……(3)

n は潤邊に垂直に測る。(2) と (3) より潤邊上にては

$$F\left(\frac{wy}{A},\ \frac{wz}{A}\right)\frac{d}{d\nu}\left(\frac{u}{u_0}\right)=-k\sqrt{B_0}f\left(\frac{wy}{A},\ \frac{wz}{A}\right)\quad 玆に\quad \nu=\frac{w}{A}n\cdots\cdots(3)'$$

斷面の流速分布を一般的に次の如く表はし

$$\frac{u}{u_0}=1+k\sqrt{B_0}F_1\left(\frac{wy}{A},\ \frac{wz}{A}\right)+\frac{k}{g\sqrt{B_0}u_0^2}\frac{w}{A}F_2\left(\frac{wy}{A},\ \frac{wz}{A}\right)\cdots\cdots$$

……F_1, F_2 は潤邊上にて 0 になる……(4)

k の値は之より逆に定められる。(2) を運動方程式 (1) に代入し更に y, z 方向の分速度が v に比して著しく小なる事實により (1), (3) 及び Euler の連續方程式を變形すれば、定流に於て $\dfrac{\partial}{\partial t}=0$ なるを以て

運動方程式 $\sin i-\dfrac{1}{\rho g}\dfrac{\partial p_0}{\partial x}=\dfrac{Q^2}{A^3}\left(\dfrac{w}{C^2}-\dfrac{\alpha'}{g}\dfrac{dA}{dx}\right)$, 但し $C=\dfrac{1}{\sqrt{B_0f_m}}+k\dfrac{F_{1m}}{\sqrt{f_m}}$

……(5)

連續方程式 $\dfrac{1}{v}\dfrac{dv}{dx}=-\dfrac{1}{A}\dfrac{dA}{dx}$ ……(6)

境界條件、潤邊上にて $C^2B_0\dfrac{u_0^2}{v^2}f_m=1-\dfrac{C^2\beta}{gw}\dfrac{dA}{dx}$ ……(7)

但し $\alpha'=2\alpha-1-\eta$, $\beta=2(\alpha-1-\eta)$, $\alpha=\displaystyle\int_A\frac{u^3}{v^3}\frac{dA}{A}$, $1+\eta=\displaystyle\int_A\frac{u^2}{v^2}\frac{dA}{A}$

α', β, B_0, f 等の諸函數は斷面の形狀に依て夫々に定めらるべきものであるが、廣矩形斷面の場合は

$$C^2\beta=\frac{4}{45}k^2\quad\cdots\cdots(8)$$

自由水面にて p=const. と考へ、水路の水面幅を b とすれば

---

1) 潤邊の影響なき時は Navier-Stokes の運動方程式

$$\rho\frac{Du}{Dt}=\rho X-\frac{\partial p_0}{\partial x}+\mu\Delta^2u,\qquad \mu\ は水の粘性係數$$

$$dA=b(i_0-i)dx$$

從つて運動方程式 (5) は

$$\left(1-\frac{a'}{g}\frac{Q^2}{A^2}\frac{b}{A}\right)\frac{1}{b}\frac{dA}{dx}=i_0-\frac{Q^2}{C^2A^2}\frac{w}{A}\cdots\cdots(9)$$

之は平均流速公式を用ひた場合の不等速定流の水面形を與へる微分方程式であるから、その一般解法は當所報告第 21 號所載論文「背水曲線の一般解法」と同型である。但し射流狀態に於ては $H<H_c$ ...(24) 式參照...である。

跳水位置の前後に於ける諸量を夫々尾字 1 及び 2 を附して區別すれば、跳水前後の運動量の差は (第 2 圖)

$$\left[\int_A u(\rho u dA)\right]_2-\left[\int_A u(\rho u dA)\right]_1$$

即ち

$$\rho Q[(1+\eta_2)v_2-(1+\eta_1)v_1]\cdots\cdots(10)$$

この場合の外力は質量力を無視すれば、壓力差 P_2-P_1 及び摩擦力である。距離 s_2-s_1 の間に作用する摩擦力は

$$-\rho g\int_{s_1}^{s_2}ds\int_w B_3u_0^2dw,\qquad s\text{ は水路床に沿つて測る。}$$

(7) を變形すれば $B_3u_0^2=\frac{v^2}{C^2}+\frac{\beta}{w}\frac{Q}{g}\frac{dv}{ds}$ 之を上の量に代入すれば

$$-\rho g\int_{s_1}^{s_2}\frac{v^2}{C^2}w\,ds-\rho Q\int_{s_1}^{s_2}\beta\frac{dv}{ds}ds$$

然るに跳水の場合は上式の第一項と第二項の比はほゞ $ig(s_2-s_1):\frac{\beta}{2}(v_1^2-v_2^2)$ となり前者は後者に比して微小である。故に

$$\text{摩擦力}=-\rho Q[(\beta v)_2-(\beta v)_1]\cdots\cdots(11)$$

(10), (11) より

$$\rho Q[(1+\eta_2)v_2-(1+\eta_1)v_1]=P_1-P_2-\rho Q[(\beta v)_2-(\beta v)_1]$$

$$\therefore\quad P_2-P_1=\rho Q[(a'v)_1-(a'v)_2]\cdots\cdots(12)$$

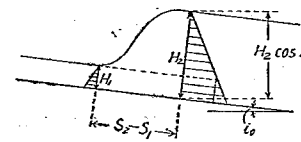
$$\therefore\quad [P+\rho Q(a'v)]_1=[P+\rho Q(a'v)]_2\cdots\cdots(12)'$$

$P+\rho Q(a'v)$ は總ての斷面に於て等しい量であるから、之を勢力水頭と同樣の取扱ひをなし衝力線の高さと呼ぶことゝする。廣矩形斷面に於ては

$$a'=2\int_A\frac{u^3}{v^3}\frac{dA}{A}-\int_A\frac{u^2}{v^2}\frac{dA}{A}\fallingdotseq 1.1$$

次に壓力差 P_2-P_1 を計算する。氣壓 p を一樣とすれば第 2 圖より明かなる如く

$$P_2-P_1=\rho g A_1(H_2-H_1)\cos i_0$$
$$+\frac{\rho g}{2}(A_2-A_1)(H_2-H_1)\cos i_0$$
$$=\frac{\rho g}{2}(A_2+A_1)(H_2-H_1)\cos i_0 \quad\cdots\cdots(13)$$



第二圖

但し $i_0<\frac{q^2}{C^2H_2^2H_2}$, (12) 及び (13) より

$$\frac{g}{2}(A_2+A_1)(H_2-H_1)\cos i_0=Q[(a'v)_1-(a'v)_2]$$

$$\therefore\ \frac{1}{2}\left(1+\frac{A_1}{A_2}\right)(H_2-H_1)\cos i_0=\frac{v_2}{g}[(a'v)_1-(a'v)_2] \quad\cdots\cdots(14)$$

兩邊に $\frac{1}{2g}(a_2'v_2^2-a_1'v_1^2)+\frac{p_1-p_2}{\rho g}$ を加ふれば、但し $p_1=p_2$

$$\left(\frac{a'v^2}{2g}+\frac{p}{\rho g}\right)_2^1-(H_2-H_1)\cos i_0=\frac{a_1'(v_1-v_2)^2+(a_2'-a_1')v_2^2}{2g}+\frac{1}{2}\left(\frac{A_1}{A_2}-1\right)(H_2-H_1)\cos i_0$$
$$=\Delta E=\text{勢力損失}\quad\cdots\cdots(15)$$

$$\therefore\ \Delta E=\frac{a_1'(v_1-v_2)^2+(a_2'-a_1')v_2^2}{2g}+\frac{(a_2'v_2-a_1'v_1)v_2}{g}\cdot\frac{(A_2-A_1)}{(A_2+A_1)}\quad\cdots(16)$$

開渠に於ける跳水現象の場合は $a_1'=a_2'=a'$ と置き得る。故に (16) より跳水に依る勢力損失は

$$\Delta E=a'\frac{(v_1-v_2)^2}{2g}+a'\frac{(v_2-v_1)v_2}{2g}\cdot\frac{A_2-A_1}{A_2+A_1}\quad\cdots\cdots(17)$$

一方 (14) 式より

$$\frac{g}{2}(A_2+A_1)\frac{A_2-A_1}{b}\cos i_0=a'Q^2\left(\frac{1}{A_1}-\frac{1}{A_2}\right)$$

$$\therefore\ A_2^2-A_1^2=\frac{2a'Q^2b}{g\cos i_0}\left(\frac{1}{A_1}-\frac{1}{A_2}\right)\quad\cdots\cdots(18)$$

$$\therefore\ A_1A_2(A_1+A_2)=\frac{2a'Q^2b}{g\cos i_0}\quad\cdots\cdots(18)'$$

(18)′ 式より $$A_2=-\frac{A_1}{2}+\sqrt{\frac{A_1^2}{4}+\frac{2a'Q^2b}{A_1g\cos i_0}}\quad\cdots\cdots(19)$$

(19) は A_1 と A_2 に就き可逆的であり

$1-a'\frac{v^2}{g\cos i_0}\frac{b}{A}>0$ ならば常流

〃 <0 ならば射流である。

勢力損失は $\cos i_0\fallingdotseq 1$ とすれば矩形斷面の場合は

$$\Delta E=\frac{(H_2-H_1)^3}{4H_2H_1} \quad \cdots\cdots(19)$$

(18)′ 式を $A_1=H_1b$, $A_2=H_2b$, $\cos i_0\fallingdotseq 1$ として簡單にすれば

$$H_1H_2(H_1+H_2)=\frac{2a'q^2}{q}, \qquad q=\frac{Q}{b}$$

$$\therefore\ H_2=\sqrt{\frac{H_1^2}{4}+2a'\frac{q^2}{gH_1}}-\frac{H_1}{2} \quad \cdots\cdots(20)$$

同様にして (13) 式より

$$P_2-P_1=\rho gb\frac{H_2^2-H_1^2}{2} \quad \cdots\cdots(21)$$

之を (12)′ に代入すれば

$$\frac{H^2}{2}+a'\frac{qv}{g}=\frac{H^2}{2}+a'\frac{q^2}{gH}=F_i \quad \cdots\cdots(22)$$

(22) は (12)′ を ρgb にて除したる形であるが以後は便宜上 (22) 式の F_i を以て衝力線の高さを表はす。從つて

$$\frac{H^3}{2}-F_iH+\frac{a'q^2}{q}=0 \quad \cdots\cdots(22)'$$

勢力線の高さは $\quad H+\frac{a'}{2g}v^2=H+a'\frac{q^2}{2gH^2}=E \quad \cdots\cdots(23)$

第 3 圖及び第 4 圖は試驗に使用せる流量 $Q=47.5\ l/\mathrm{sec}$ 及び $Q=22.5\ l/\mathrm{sec}$ に對する F_i 及び E の値を示す。F_i を最小ならしむべき H の値（之は E を最小ならしむべき限界水深 H_c に等しい）は

$$\frac{\partial F_i}{\partial H}=0 \quad 又は \quad \frac{\partial E}{\partial H}=0 \quad より$$

$$H_c=\sqrt[3]{\frac{a'q^2}{g}} \quad \cdots\cdots(24)$$

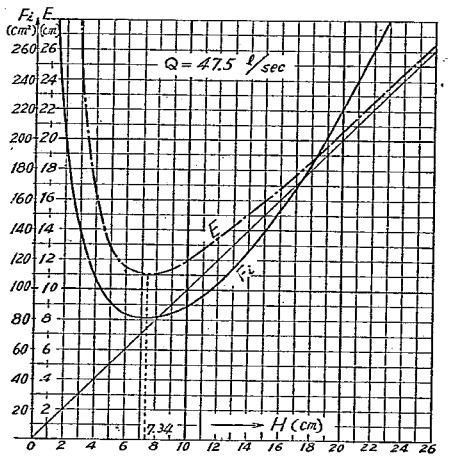
この時の F_i の値は

$$F_{ic}=\frac{3q^2}{2g}\sqrt{\frac{a'g}{q^2}}$$

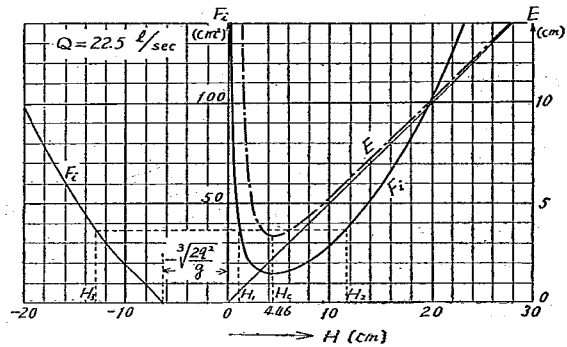
この時の E の値は

$$E_c=\frac{3}{2}\sqrt{\frac{a'q^2}{g}} \quad \cdots\cdots(25)$$

$H>H_c$ ならば常流、$H<H_c$ な



第 三 圖



第　四　圖

らば射流である。

衝力線（第 3 圖、第 4 圖の F_i-H 曲線）及び勢力線 E-H 曲線の詳細は省略する。[1]

第 4 圖より明かなる如く (25)′ は $F_i > F_{ic}$ に於て三つの實根 H_1, H_2, H_3 を持つがその中の一つ H_3 は負である。正根 H_1, H_2 の關係は (20) 式又は根と係數の關係式 $H_1+H_2+H_3=0$, $H_1H_2H_3=-\frac{2a'q^2}{g}$ より H_3 を消去して

$$H_1=-\frac{H_2}{2}\left(1-\sqrt{1+\frac{8a'q^2}{gH_2^3}}\right) \quad \cdots\cdots(26)$$

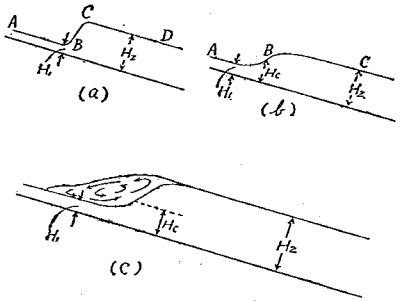
即ち常流水深 H_2 が與へられれば跳水を起すに必要なる射流水深 H_1 を計算し得る。溢流堤の下流が一樣勾配 I なる等斷面水路なる時は跳水を起せる後は等速定流となり

$$\frac{q}{H_2}=v_2=C\sqrt{H_2I} \qquad \therefore \quad H_2=\sqrt[3]{\frac{q^2}{C^2I}}=\text{const.}$$

かゝる場合は H_2 は一定にして之に對して跳水を起すべき射流水深 H_1 が (26) 式より定まる。射流に於ては勢力の減少と共に水深は增大するを以て、水深は流下と共に增加して (26) 式に與へられたる H_1 に達すれば跳水を起す。然し實際には水深 H_1 より H_2 に移る場合に第 5 圖 (a) の如き定狀波 (Standing wave) とはなり得ない。何となれば水面 BC 部は (9) 式にて與へられるものでなく水面としての平衡を保ち得ない。次に (b) 圖の如く變化の過渡期の狀態として射流が一旦限界水深 H_c に達し、此處にて $\frac{dH}{ds}=\infty$ となつて常流狀態となるものと考ふれば、(b) 圖の水面 BC 部は常流としては保ち得ぬもの

1) G. de Marchi: Idraulica 參照。

である。[1] 從つてこの狀態も起り得ない。結局 (a) 圖の BC 部は射流上に崩れ射流の流速の爲に表面渦を生じて、表面渦の靜水壓に依て常流前面の形狀が保たれることゝなる。從つて H_1 の處の靜水壓は增加し (c) 圖の如く射流部が H_1 よりも先まで延長せる形となるも、水深 H_c の處では最早完全なる射流ではないと考へ得る。此の問題に關する詳細なる試驗は他の機會に讓る。



第 五 圖

水路底の粗度大なる程勢力減少の度は大きく、射流水深は速かに增大して跳水の發生を早くする。今 H_2 を $H_2+\Delta H_2$ とせる時に H_1 が $H_1-\Delta H_1$, それに對應する跳水の位置が l より $l+\Delta l$ に移れるものとすれば、$\frac{\Delta H_1}{\Delta l}$ は $\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}$ に比して一般に極めて小である。故に H_2 を少し變ずれば l は著しく變化する。卽ち下流水深 H_2 を出來る限り大きくすれば跳水の位置を著しく上流に移すことを得る。

次に跳水現象に於ける相似律を考ふるに、水平及び鉛直の縮尺を共に n とすれば、H を nH, b を nb, q を $n^{\frac{3}{2}}q$ とせる時の他の量は、堰の溢流公式を $q \propto H^{\frac{3}{2}}$ とすれば (第1圖參照)

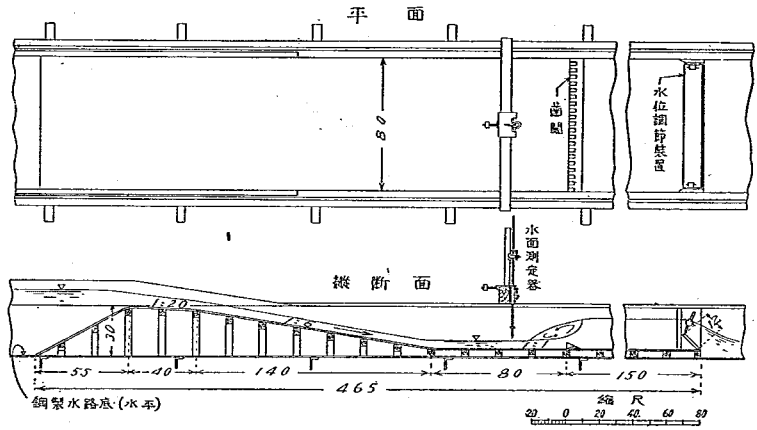
實　際	H_0	$v_0=\sqrt{2g(H_0+H_d)}$	C	ε	v_1	F_i	H_1	H_2	l
模　型	nH_0	$\sqrt{n}\,v_0$	C	ε	$\sqrt{n}v_1$	n^2F_i	nH_1	nH_2	nl

故に表面渦による損失及び鉛直線上の速度分布曲線が相似ならば跳水現象の相似律は成立する。鉛直縮尺が n_1, 水平縮尺が n_2 ($n_1 \neq n_2$) なる時は堰堤溢流公式に於て既に相似律が成立せず、q を $n_1^{\frac{3}{2}}q$ とすれば v_1, H_1 はほゞ $\sqrt{n_1}\,v_1$, n_1H_1 となるも H_2 は $\sqrt[3]{n_1^2n_2}H_2$ となり跳水現象の相似律は成立しない。

[3] 試驗設備

本試驗は當試驗所岩淵分室內設置の鋼製水路 (幅 80 cm, 深さ 30 cm, 延長 16 m) に於て第6圖に示す如き鉋仕上せる木製溢流堤模型を取り付け、一定の流量を溢流せしめて

1) この形の水面は (9) 式にて $H_c>H_2>H$ なる時に起る。



第六圖 阻柱試驗裝置 (單位糎)

觀測を行つた。流量は幅 0,5 m の鋭緣矩形測定堰により、水面は精度 1/10 mm の眞鍮製水面測定器 (第 6 圖參照) に依て測定した。然し常流部水深は不規則なる波動の多き爲に到底この精度の結果は得難い。各試驗毎に一つの木製の阻柱模型 (第 7 圖參照) を溢流堤直下、及び之より 80 cm 下流に取り付けたる二場合につき夫々水を溢流せしめ、下流側水路床は水平であるから下流常流部 (等速定流部) の水深は溢流堤法先より 230 cm の下流に取り付けられた堰板の起伏に依て調節した。この堰板起伏の高さも眞鍮製水面測定器に依て定めた。供給すべき水は一且卵筒によりて容量約 0.84 m^3 の高水槽に上げ、之より給水管にて測定堰上游に導く。高水槽の水位は溢流堰を設けてほゞ一定に保ち、以て流量を不變ならしめる。

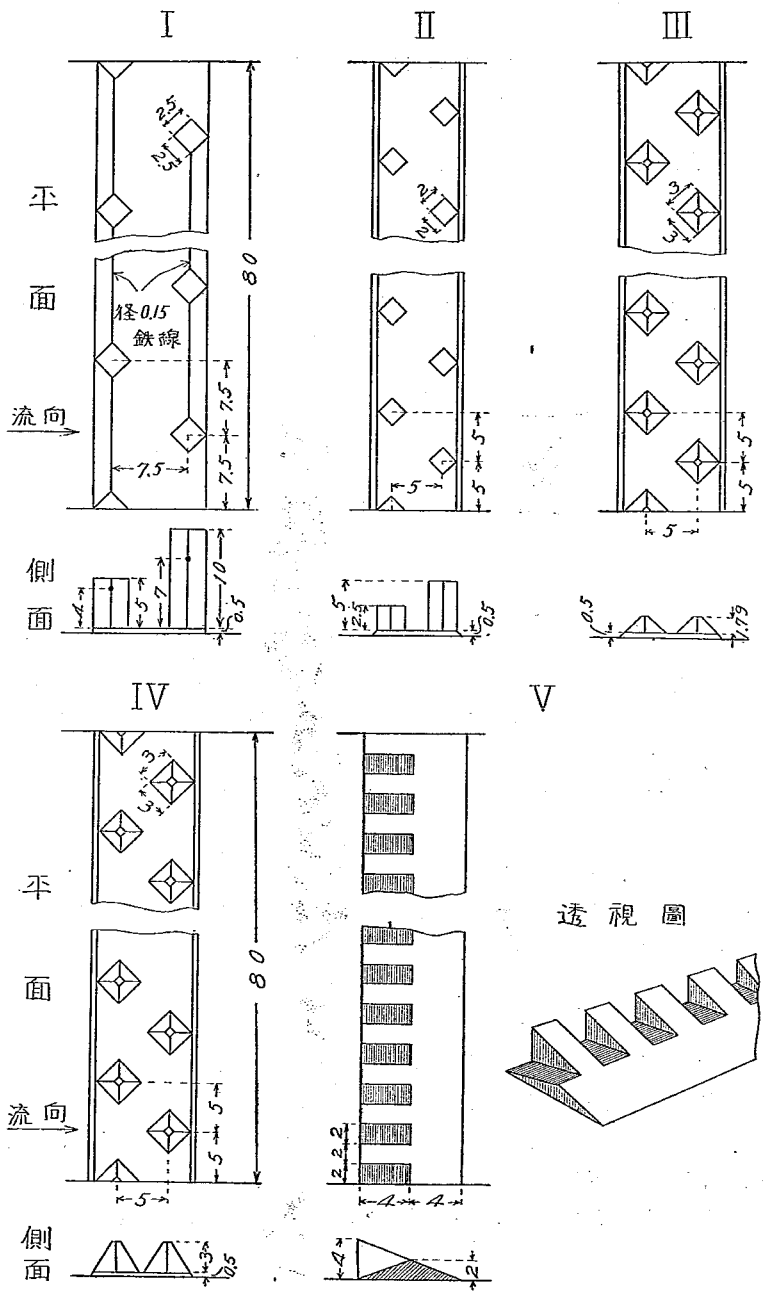
[4] 阻柱試驗及びその結果

試驗は次の各事項に就て觀測を行つた。

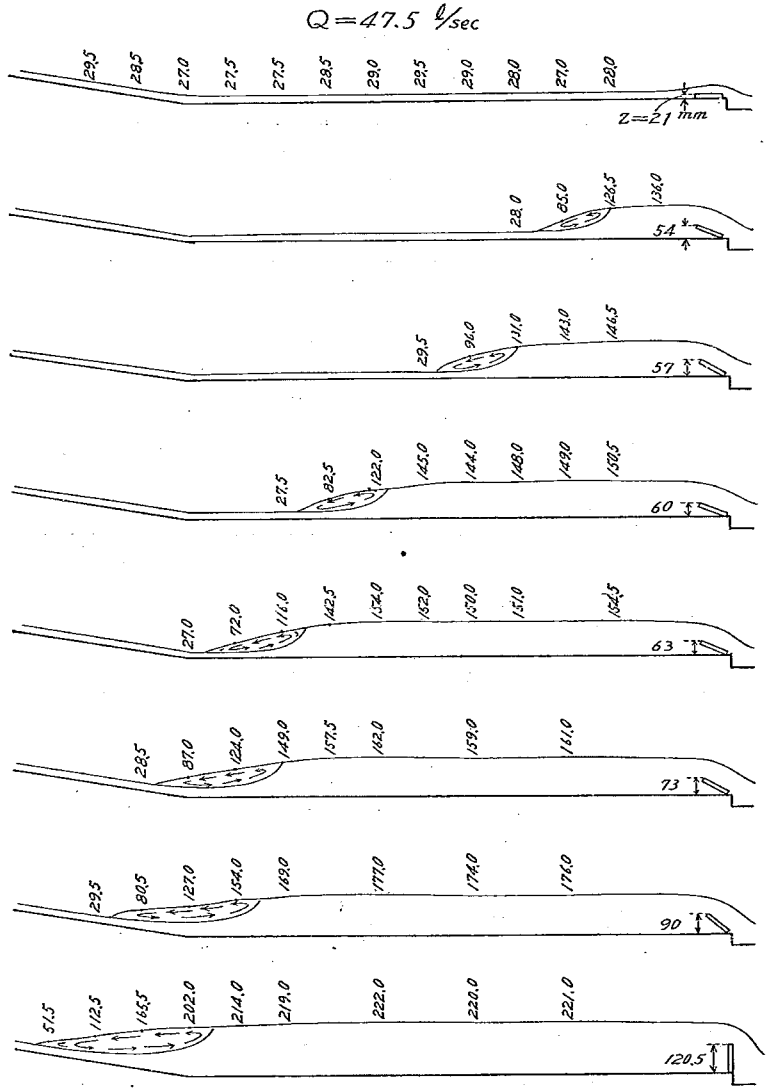
1) 各種阻柱の影響を量的に比較する。

之が爲には各種の模型を同じ個所に取り付けたる場合につき別々に試驗を行ひ、その同一流量、同一水深の場合の水面形狀を比較した。

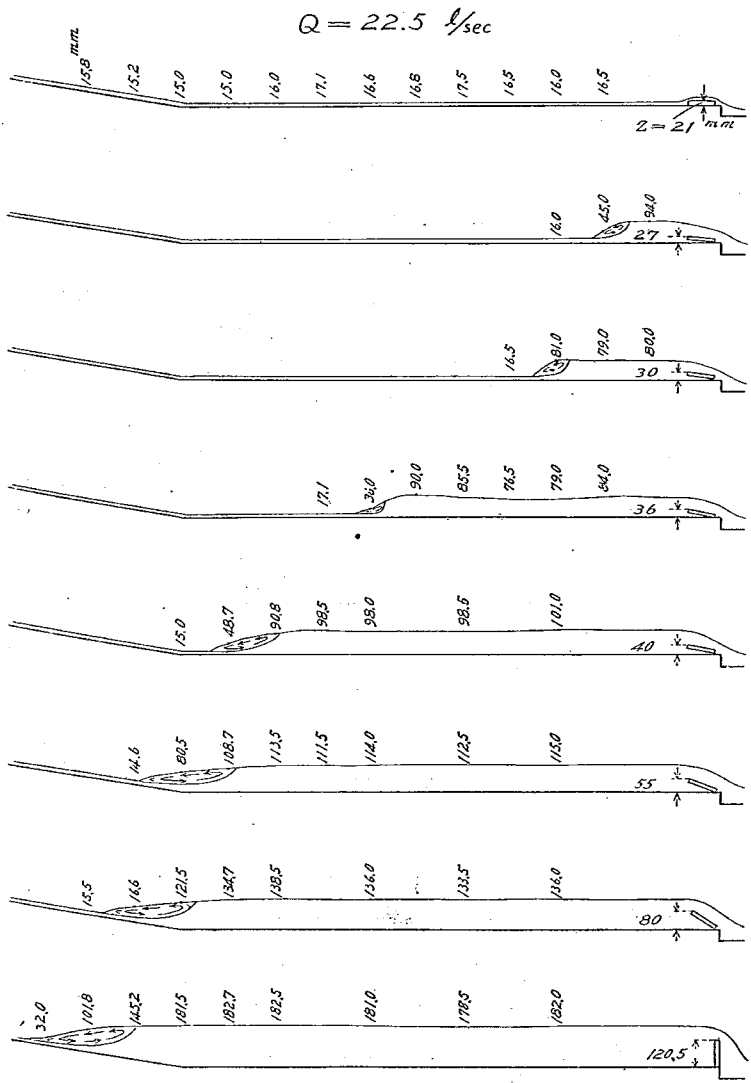
2) 阻柱を溢流堤法先に築造する場合とやゝ下流に築造する場合の比較。



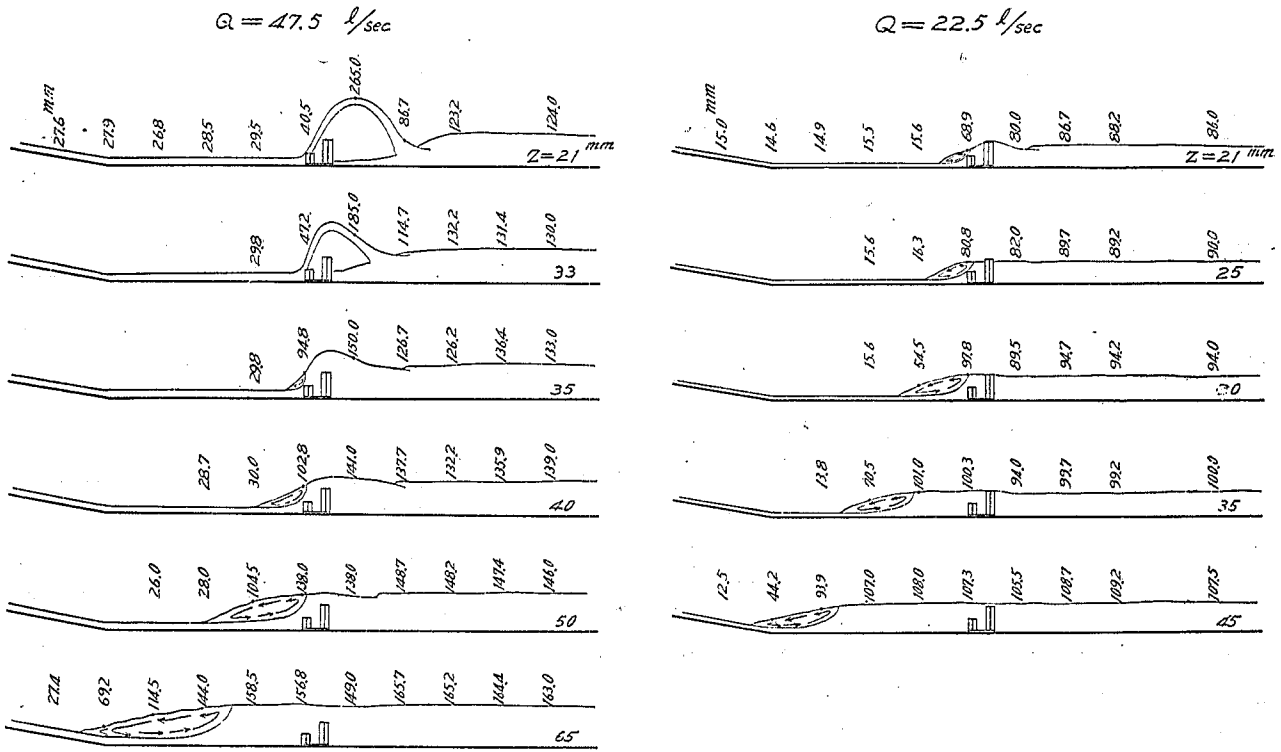
第七圖 阻柱模型



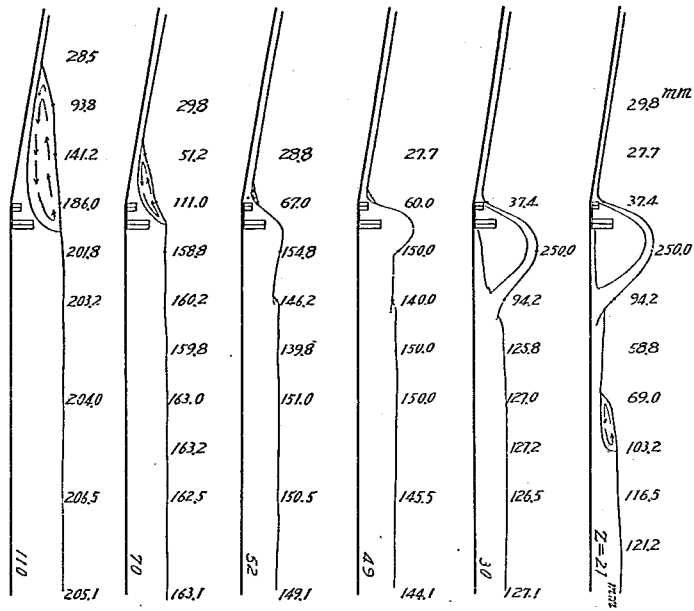
第八圖 a 阻柱なき場合の水面形實測圖



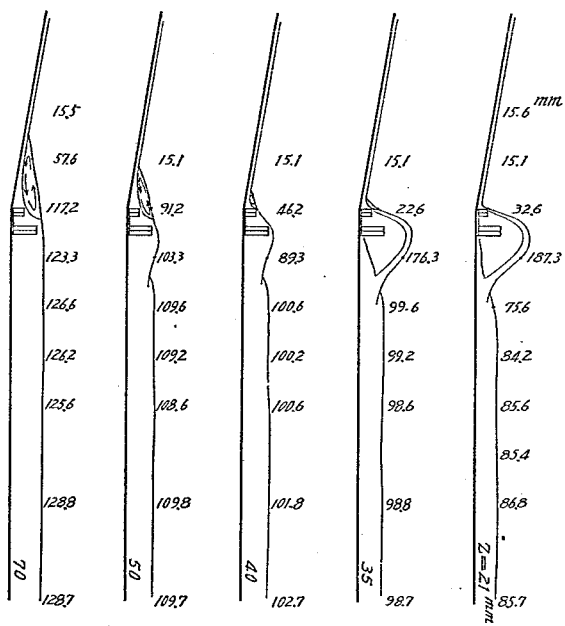
第八圖 b 阻柱なき場合の水面形

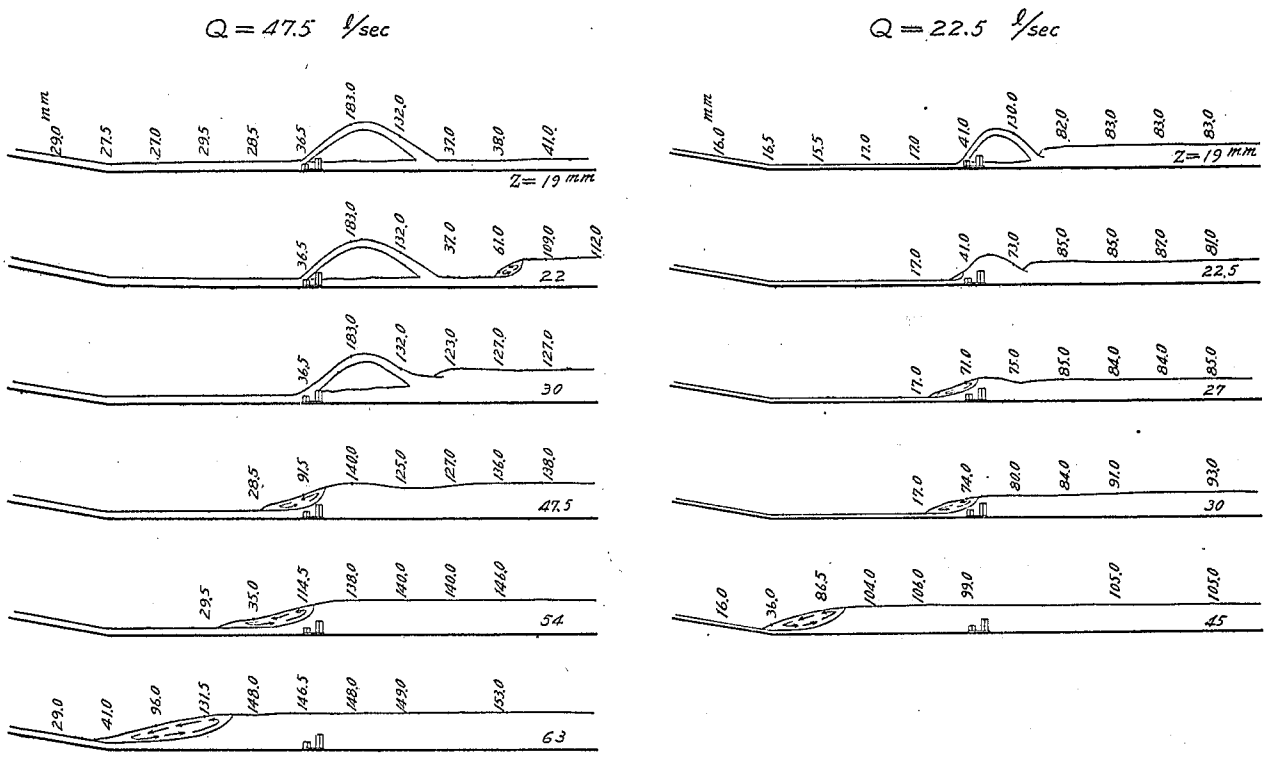


第九圖 a 阻柱模型 I

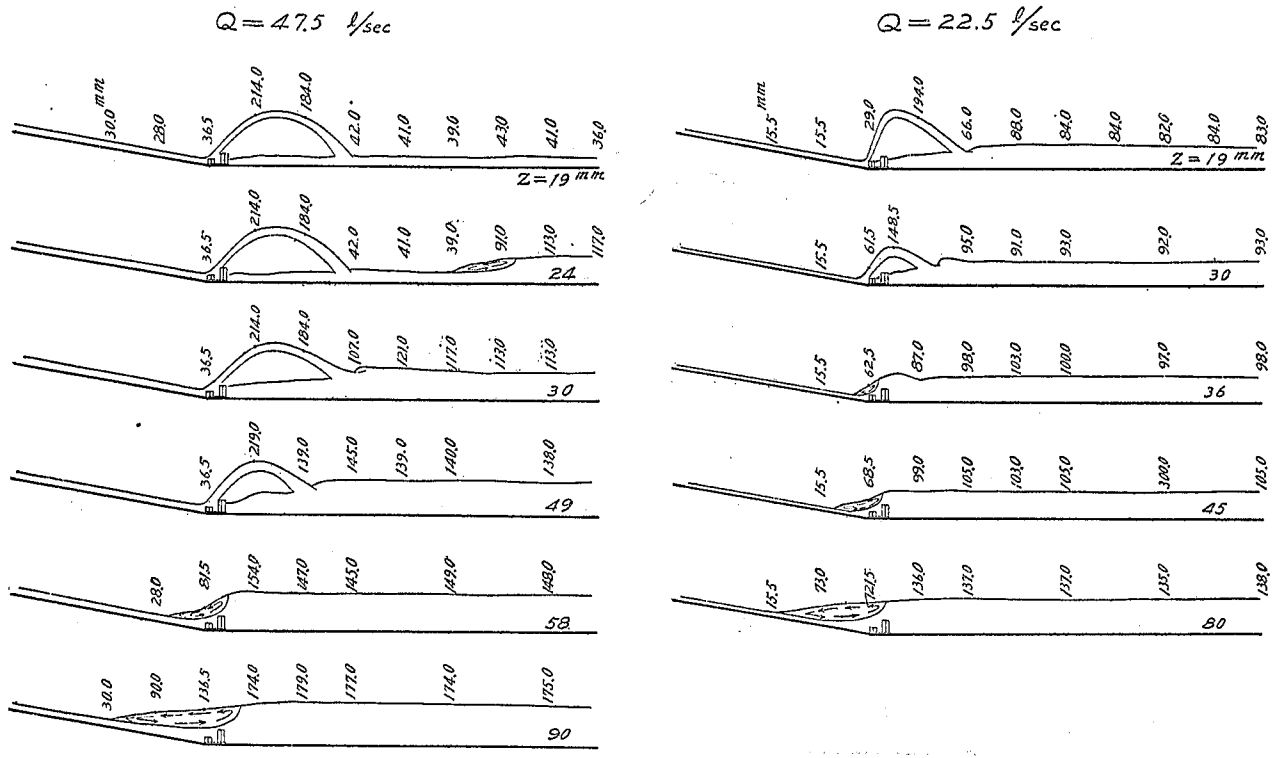

Q=47.5 l/sec
29.8 mm
27.7
37.4
250.0
94.2
58.8
69.0
103.2
116.5
121.2
Z=21 mm
127.1
126.5
127.0
127.2
30
144.1
145.5
150.0
150.0
150.0
140.0
150.0
60.0
27.7
149.1
150.5
151.0
139.8
146.2
154.8
67.0
28.8
163.1
162.5
163.0
163.2
159.8
160.2
158.8
111.0
51.2
29.8
70
205.1
206.5
204.0
203.2
201.8
186.0
141.2
93.8
28.5
110

第九圖 b 阻柱模型 I

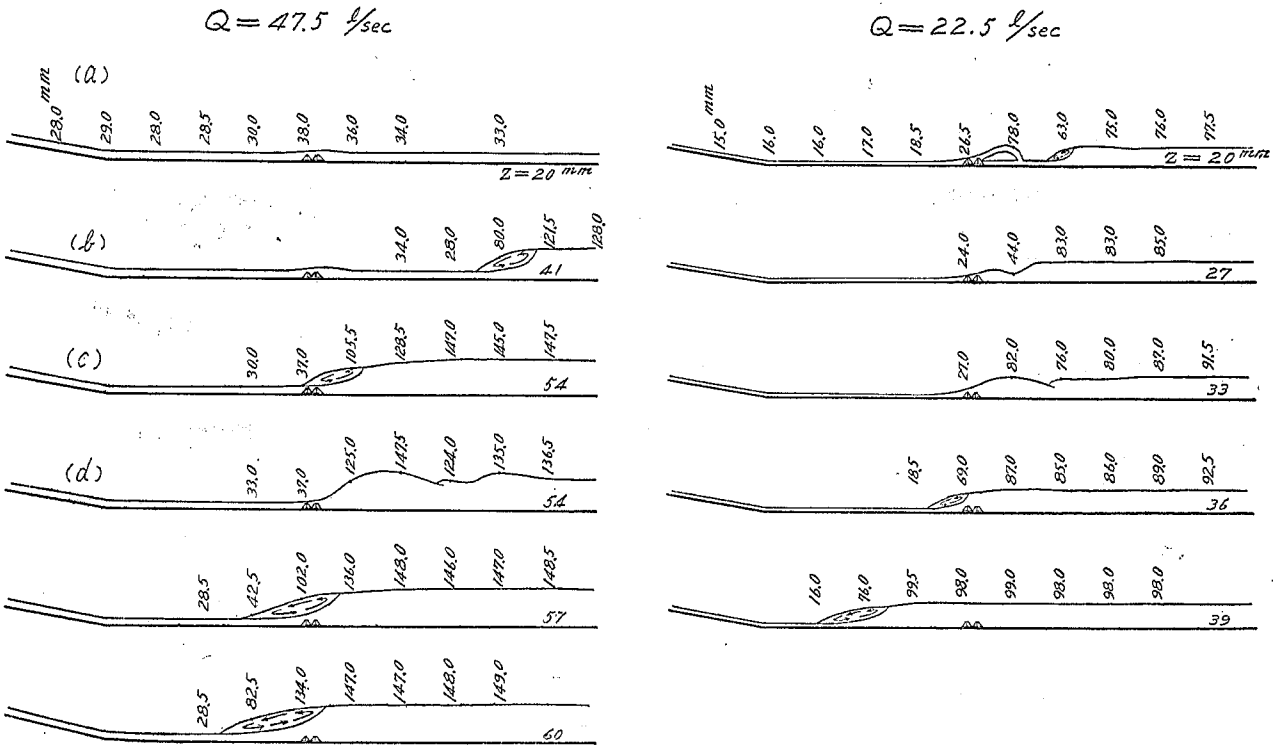

Q=22.5 l/sec
15.6 mm
15.1
32.6
187.3
75.6
84.2
85.6
85.4
86.8
Z=21 mm
85.7
98.7
98.8
98.6
99.2
99.6
176.3
22.6
15.1
35
102.7
101.8
100.6
100.2
100.6
89.3
46.2
15.1
109.7
109.8
108.6
109.2
109.6
103.3
91.2
15.1
50
128.7
128.8
125.6
126.2
126.6
123.3
117.2
57.6
15.5
70


Q = 47.5 l/sec
Q = 22.5 l/sec
mm
29.0 27.5 27.0 29.5 28.5 36.5 183.0 132.0 37.0 38.0 41.0
Z = 19 mm
36.5 183.0 132.0 37.0 61.0 109.0 112.0
22
36.5 183.0 132.0 123.0 127.0 127.0
30
28.5 91.5 140.0 125.0 127.0 136.0 138.0
47.5
29.5 35.0 114.5 138.0 140.0 140.0 146.0
54
29.0 41.0 96.0 131.5 148.0 146.5 148.0 149.0 153.0
63
mm
16.0 16.5 15.5 17.0 17.0 41.0 130.0 82.0 83.0 83.0 83.0
Z = 19 mm
17.0 41.0 73.0 85.0 85.0 87.0 81.0
22.5
17.0 71.0 75.0 85.0 84.0 84.0 85.0
27
17.0 74.0 80.0 84.0 91.0 93.0
30
16.0 36.0 86.5 104.0 106.0 99.0 105.0 105.0
45

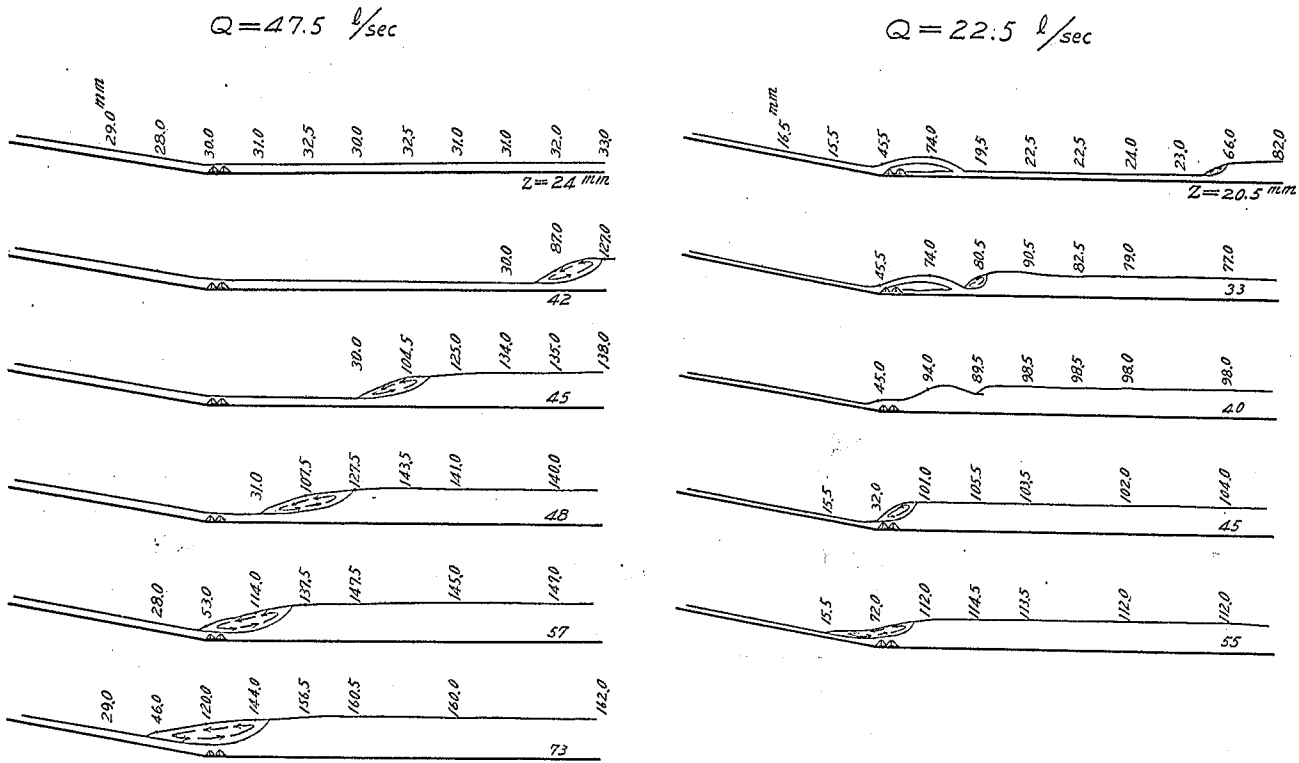
第十圖 a 模型柱阻 II


Q=47.5 l/sec
Q=22.5 l/sec
mm
30.0 28.0 36.5 214.0 184.0 42.0 41.0 39.0 43.0 41.0 36.0
Z=19 mm
36.5 214.0 184.0 42.0 41.0 39.0 91.0 113.0 117.0
24
36.5 214.0 184.0 107.0 121.0 117.0 113.0 113.0
30
36.5 219.0 139.0 145.0 139.0 140.0 138.0
49
28.0 81.5 154.0 147.0 145.0 149.0 148.0
58
30.0 90.0 136.5 174.0 179.0 177.0 174.0 175.0
90
mm
15.5 15.5 29.0 194.0 66.0 88.0 84.0 84.0 82.0 84.0 83.0
Z=19 mm
15.5 61.5 148.5 95.0 91.0 93.0 92.0 93.0
30
15.5 62.5 87.0 98.0 103.0 100.0 97.0 98.0
36
15.5 68.5 99.0 105.0 103.0 105.0 300.0 105.0
45
15.5 73.0 121.5 136.0 137.0 137.0 135.0 138.0
80

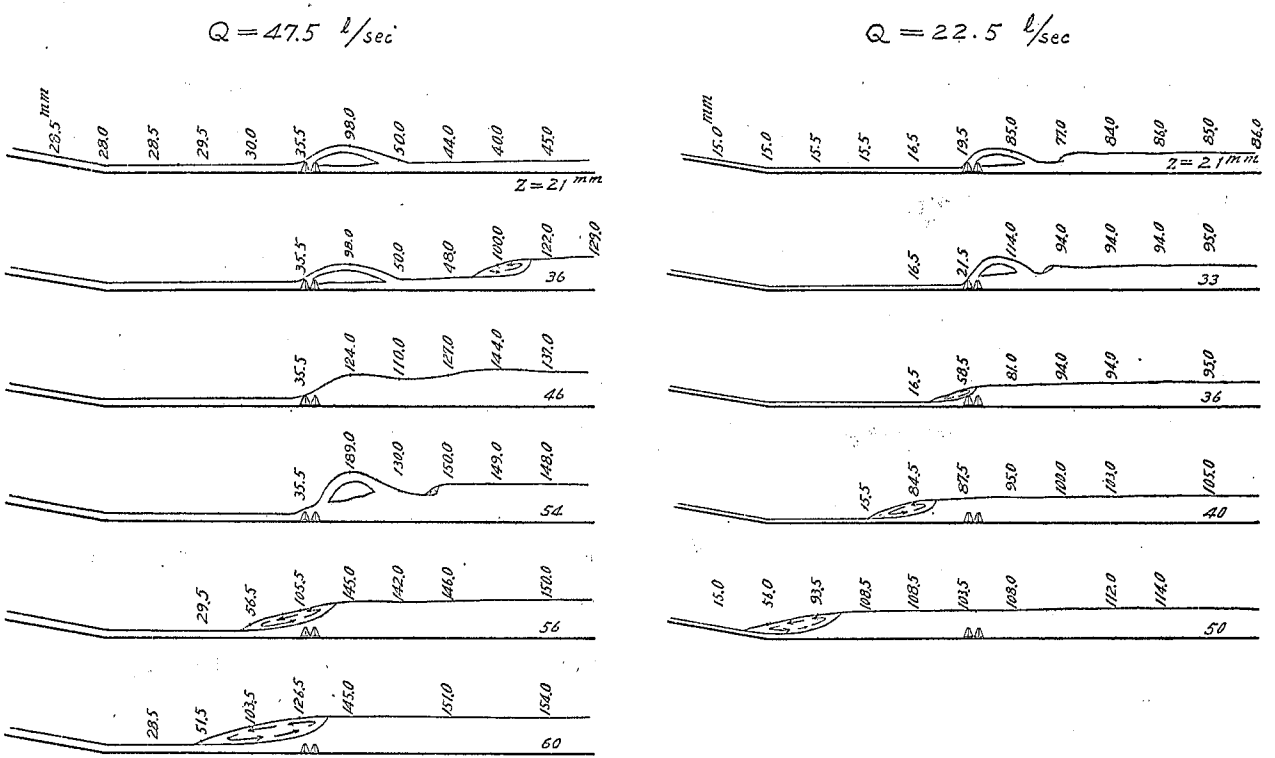
第十圖 b 阻柱模型 II



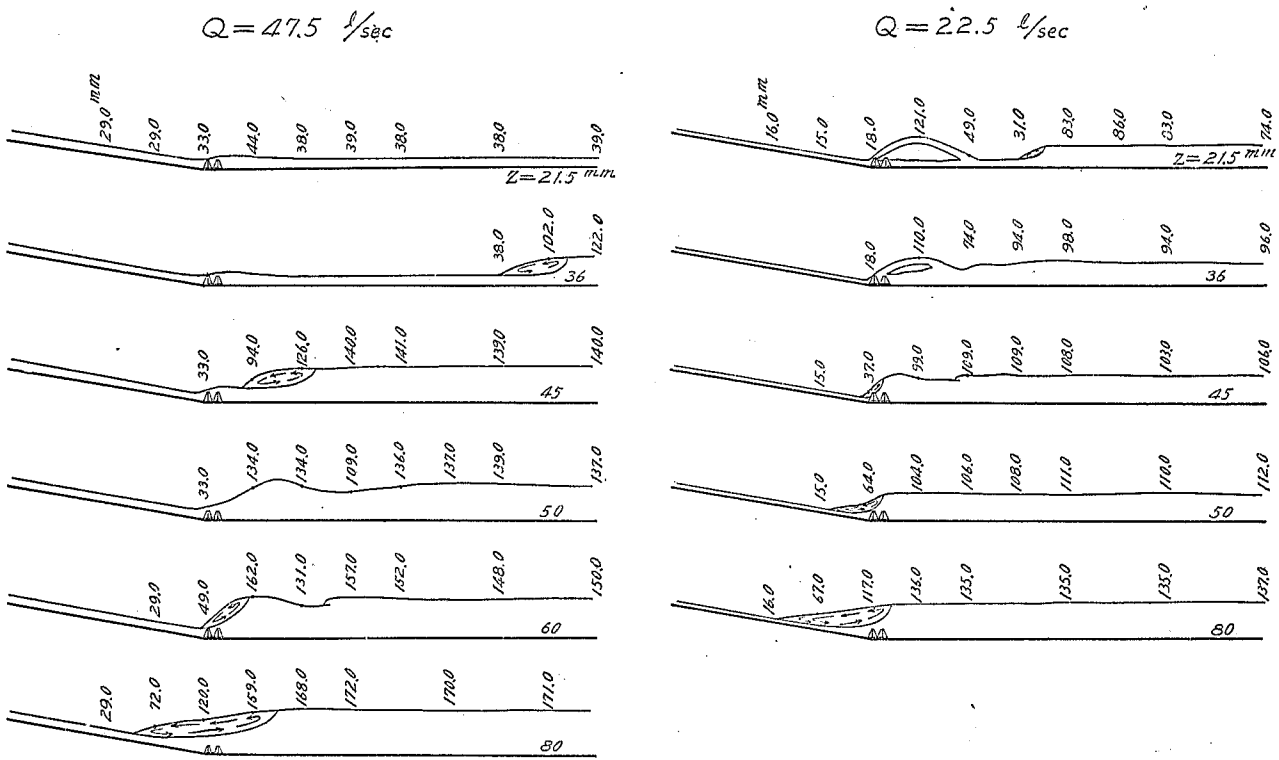
第十一圖 a 阻柱模型 III



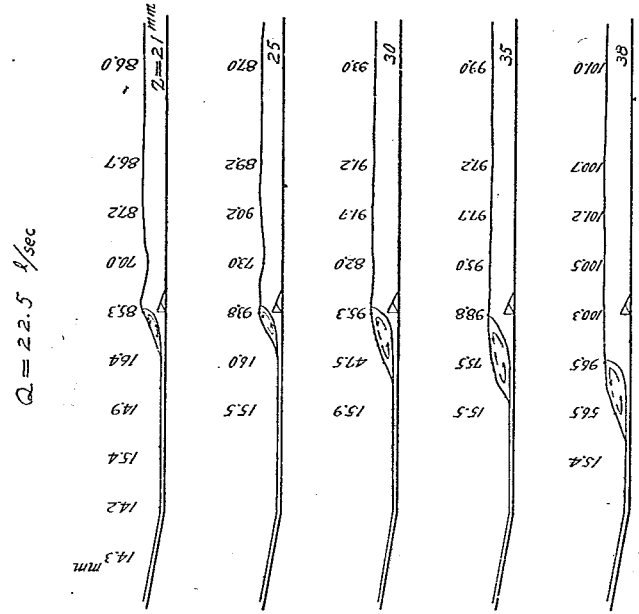
第十一圖 b 阻柱模型 III

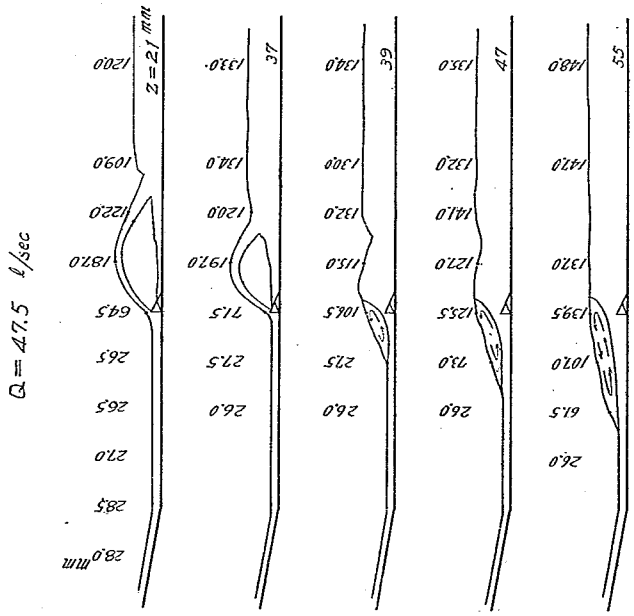


第十二圖 a 阻柱模型 IV

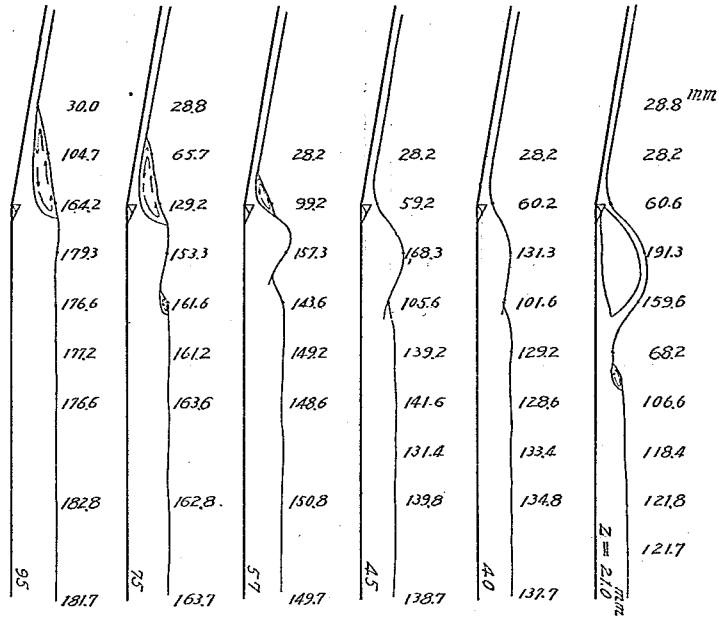


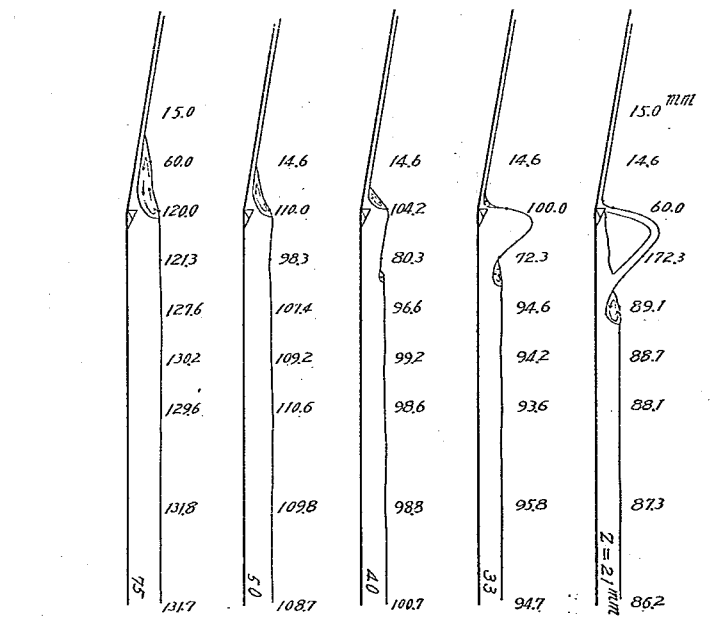
第十二圖 b 阻柱模型 IV


Q = 22.5 ℓ/sec
14.3 mm
14.2
15.4
14.9
16.4
85.3
70.0
87.2
86.7
86.0
Z = 21 mm
15.4
56.5
96.5
100.3
100.5
101.2
100.7
101.0
98
15.5
75.5
98.8
95.0
97.1
97.2
99.0
35
15.9
47.5
95.3
82.0
91.7
91.2
93.0
30
15.5
16.0
91.8
73.0
90.2
89.2
87.0
25


Q = 47.5 ℓ/sec
28.0 mm
28.5
27.0
26.5
26.5
64.5
187.0
122.0
109.0
Z = 21 mm
120.0
26.0
27.5
71.5
197.0
120.0
134.0
133.0
37
26.0
27.5
106.5
115.0
132.0
130.0
134.0
66
26.0
73.0
125.5
127.0
141.0
132.0
135.0
47
26.0
61.5
139.5
137.0
147.0
148.0
55
153.0
115.0
137.5
157.0
161.0
74.2
28.0

十三 阻柱 a 模型 A


Q = 47.5 l/sec
28.8 mm
28.2
60.6
191.3
159.6
68.2
106.6
118.4
121.8
121.7
Z = 21.0 mm
28.2
60.2
131.3
101.6
129.2
128.6
133.4
134.8
137.7
4.0
28.2
59.2
168.3
105.6
139.2
141.6
131.4
139.8
138.7
4.5
28.2
99.2
157.3
143.6
149.2
148.6
150.8
149.7
5.7
28.8
65.7
129.2
153.3
161.6
161.2
163.6
162.8
163.7
7.5
30.0
104.7
164.2
179.3
176.6
177.2
176.6
182.8
181.7
9.5


Q = 22.5 l/sec
15.0 mm
14.6
60.0
172.3
89.1
88.7
88.1
87.3
Z = 21 mm
86.2
14.6
100.0
72.3
94.6
94.2
93.6
95.8
94.7
3.3
14.6
104.2
80.3
96.6
99.2
98.6
98.8
100.7
4.0
14.6
110.0
98.3
101.4
109.2
110.6
109.8
108.7
5.0
15.0
60.0
120.0
121.3
127.6
130.2
129.6
131.8
131.7
7.5

第十三圖 6 阻桂模型 V

3) 常流水深（下流側水深）の影響。

この影響は特に顯著であるから充分の注意を拂つた。之等の他に Water cushon も著しい効果を有するものであるが、之に關しては阻柱試驗とは別個に洗掘等の問題と共に他日試驗を行ひ度いと思ふ。

試驗に用ひた各種阻柱模型の型狀、寸法は第7圖に示す。以後之等を I……大角柱、II……小角柱、III……小角錐（底角 45°）、IV……高角錐（底角 60°）、V……Rehbock の齒閥として區別することゝする。之等の構造物の單位長當りの容積の比は 1.87:1.16:1:1.08:3.83 となる、この比は勿論絕對的のものではないが、ある程度迄參考となる。試驗に於ては模型取付けの都合上薄き臺を付けたが、之を除けば上の比は突起狀構造のもの卽ち III, IV の容積が遙に小さくなる（第 49 頁參照）。

別に全然阻柱を設けざる場合も比較の爲、及び跳水現象の觀察の爲に測定を行つた。試驗の結果は第 8 圖自至第 13 圖に示す。試驗せる溢流水量は 47.5 l/sec 及び 22.5 l/sec 卽ち $q=0.594$ 及び 0.281 l/sec/cm である。この各々に對する限界水深は 73.4 mm 及び 44.6 mm, 之等の流量をこの模型の 20 倍の溢流堤の場合に換算すれば夫々 5.31 及び 2.52 m^3/sec/m となる。

先づ常流水深の影響を見るに何れの場合に於ても常流水深增加と共に跳水の位置は前進するが、射水が阻柱に當り膜（Nappe）狀をなして跳飜する關係は阻柱の形狀に於て同一でない。之を各阻柱につきて觀察すれば

1) 水流が阻柱を通過しても尙射狀流態なる場合

柱狀構造の阻柱に於てはこの程度の流量ならば射流の激突の爲に水は跳飜して膜狀を爲しつゝ落下するを以て砂礫河床に於ては下流部洗掘の惧れを生ずる。落下せる水は多くの場合尙射流狀態を續けるが、跳飜の爲に旣に夥しき勢力を失ひ間もなく常流に變ずる。從つてこの狀態は射流の勢力を消耗せしむる點より見れば有効である。洗堀を防ぐ爲に水の落下する場所を低くして Water cushon とするも一法であるが、水の落下する場所は流量その他の條件に依て變動するが故に注意を要する。齒閥に於てもその水理的性質に大差はないが、その前面が流向に垂直なる爲に水膜の上昇は阻柱の高さの割合に著しく、又背後に生ずる渦に特色がある。

然るに低き突起狀構造の阻柱に於てはやゝ趣を異にし、射流の流速が比較的に大、下流側の水深が小なる場合は、水流は突起上を射流狀態のまゝ通過しその間に流路は屈曲してやゝ長くなりその他攪亂等の爲に相當の勢力損失を伴ひ、常流狀態への變化を早くする。

下流側の水深を漸次に增大すれば跳水の位置はそれに從つて前進し、丁度突起部直後にて跳水を現はすに到れば水は恰も柱狀構造物に激突せるが如き形に近き狀態となりて水膜を生じ（この現象は齒閘の場合にも見られることがある）、落下せる水は射流狀態のまゝ下流側の水中に突入して再び小規模の跳水現象を呈しつゝ完全なる常流となる。（第 11 圖 *a*, *b*, *c*, *d* 參照）。この場合の狀況はやゝ不安定であつて時々 *d* 圖の狀態より *c* 圖の狀態に變化するが、*c* 圖の狀態が最も不安定である。又阻柱としての効より見れば *d* 圖の狀態は *c* 圖の狀態よりも下流の水深大なるにも拘らず却て後者よりも不利益である。

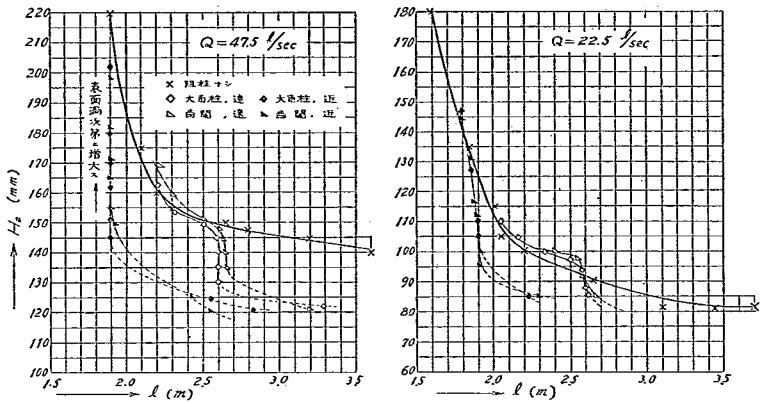
2) 水流が阻柱を通過する間に射流より常流に變ずる場合

この場合は一般に水膜の發生はなく、而も阻柱の前面には相當の流速を持つ射流が當る爲に勢力損失を生ぜしむる目的の爲には相當の効果があるが、流量、流速等の僅かの變化に依てやゝもすれば第 11 圖 *d* の如き水膜を發生する惧れがある。從つてこの狀態のなるべく安定なる如き阻柱を撰び、又跳躍せる射水の落下に對して充分の用意ある時は阻柱は有効に作用せるものと言ひ得る。

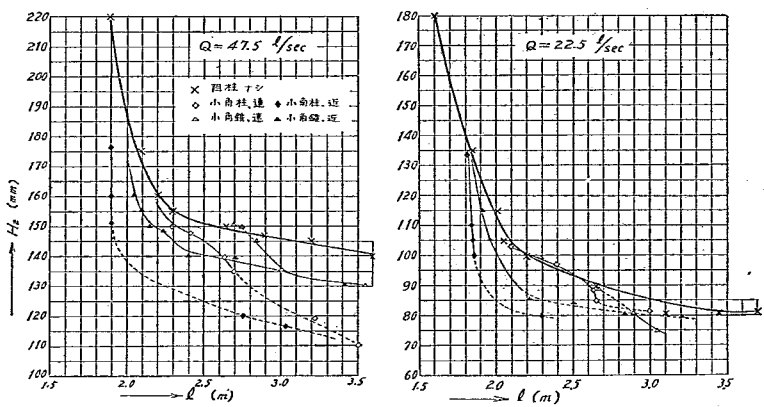
3) 水流が阻柱に達する前に常流に變ずる場合、卽ち阻柱が常流中に在る場合

柱狀阻柱は常流水深を少しく堰き上げる効あるも、跳水の位置が阻柱より遠くなればその効は微々たるものとなる。この場合は何れにしても水流の激突はなく、跳水の位置が阻柱に近ければ、常流水深の僅小の變化も跳水の位置に及ぼす影響の大なることを考へればその作用は微小なるものにあらざる事が推察せられ、又實驗的にも相當の效果ある事が立證される。且阻柱が跳水の位置を比較的安定ならしめ、表面渦の大さを增大せしめることが觀測された。從つてかゝる條件の下にある時は柱狀阻柱は相當有利である。突起狀の阻柱は常流中にある時はその作用する抵抗力の僅小なる爲に効果は殆ど認める事が出來ない。

之等各種の試驗結果より常流水深 H_2 と跳水の起る位置（第 1 圖に於ける l）との關係を摘出すれば第 14 圖自至第 16 圖を得る。圖に示す曲線中、實線の部分は水膜を生ぜぬ場合、點線の部分は水膜を生ずる場合である。跳水位置は射流水深が H_1 となれる箇所を採るべきであるが、觀測の便宜上表面渦の末端の位置 l を用ひた。その結果 H_2 の相當大なる所にては阻柱のある場合に却て l が阻柱なき場合よりも大となることが見られる。之は測定困難の爲の誤差のみでなく既に述べたる如く阻柱が表面渦を增大せしむる影響によるものと考へられる。之等の圖より各阻柱の効果の多少を比較することが出來るが、唯水が膜狀をなして跳躍する場合は第 17 圖に示す如く、たとへ一旦 x_1 にて跳水

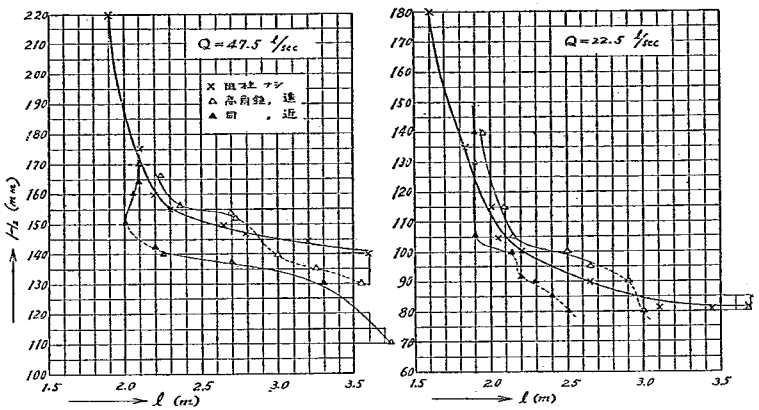


第　十　四　圖



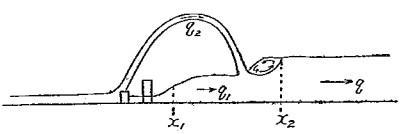
第　十　五　圖

をなすも落下水突入の爲に x_2 にて再度の跳水をなし、その何れの位置も他の場合と比較することは出來ない。何となれば x_1 に於ては流量關係が他の場合と異り、x_2 は本來の跳水とは全然その性質を異にするものである。第 14 圖等より明かなる如く阻柱が全然常流中に沒すれば曲線は殆ど阻柱なき場合と一致するに到り、阻柱は全くその効を失ふ。



第十六圖

第 18 圖は起伏堰板の高さ z と實測下流水深 H_2 の關係及び H_1 と H_2 の計算による曲線を示す。……第 (20) 式參照。



第十七圖

第 19 圖自至第 21 圖に示せるものは内務技師伊藤令二氏が當試驗所に於て昭和 6 年に行へる溢流堤試驗の一部、阻柱に關する試驗の結果であつて、第 19 圖に示す如き溢流堤模型及び第 20 圖以下に各々圖の左側に示す如き阻柱模型による跳水狀況を示す。試驗水路は幅 1 m, 流量は 56 l/sec, 溢流水深は 100 mm である。その結果の大要は(伊藤技師による)

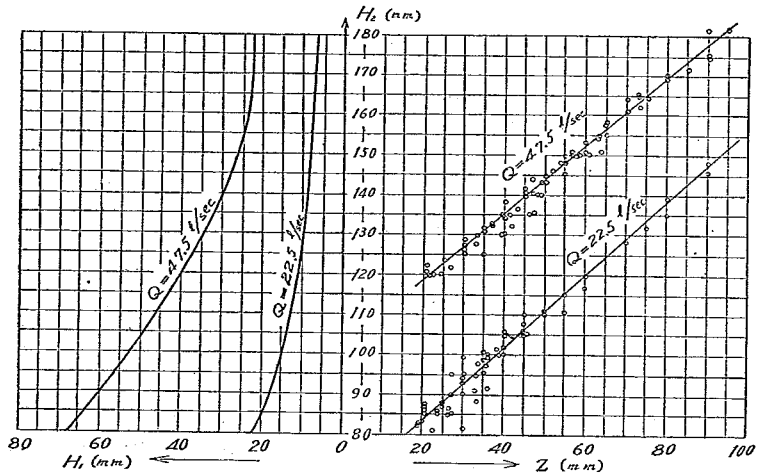
(I) は沈床の上流部が落下水の爲に浸され且跳水が (著しき程度ではないが) 沈床上に起る爲に、その前後の壓力差により沈床下の砂粒が上流に遡り沈床上端部附近にて水中に吸ひ上げられ沈床の沈下を來じた。

(II) は (I) と略々同樣にて結果はあまり良好でない。

(III) は構造複雜なる割合に結果は良好でない。

(IV) (A) 最も良結果を得た。

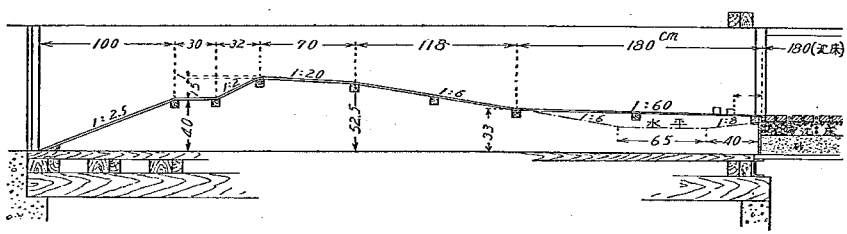
(B) は (A) に劣る。



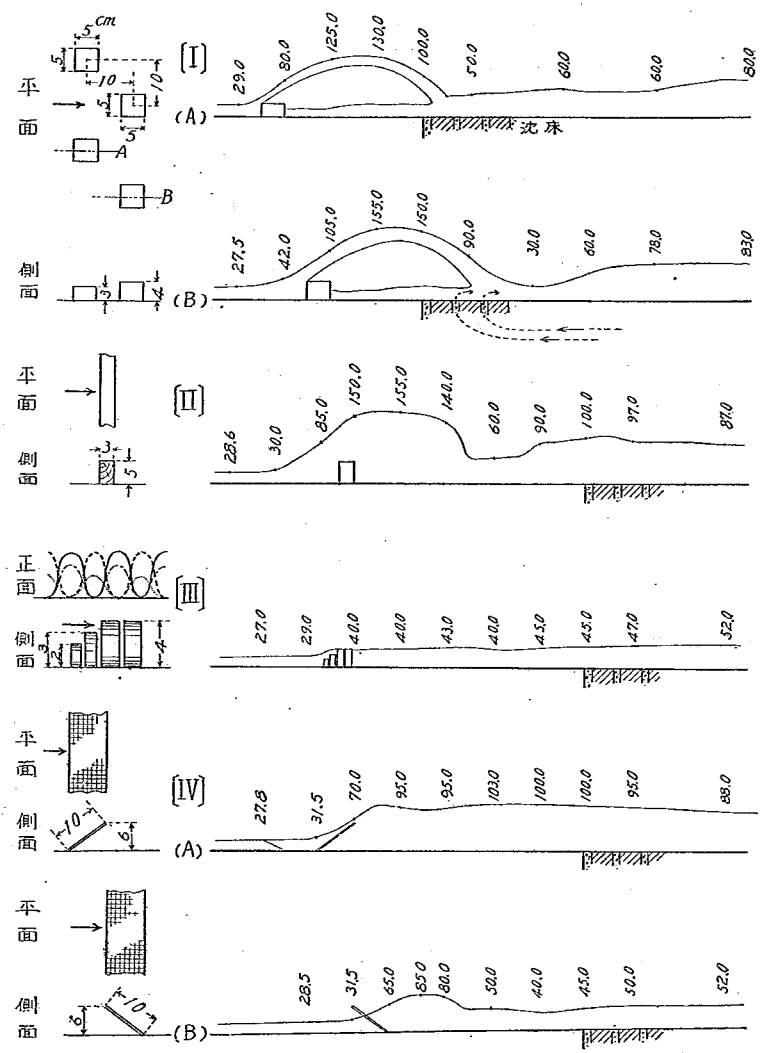
第 十 八 圖

(V) は Rehbock の齒閥、結果は (I), (II) 等と略々同樣で期待された程の好結果を得なかつた。

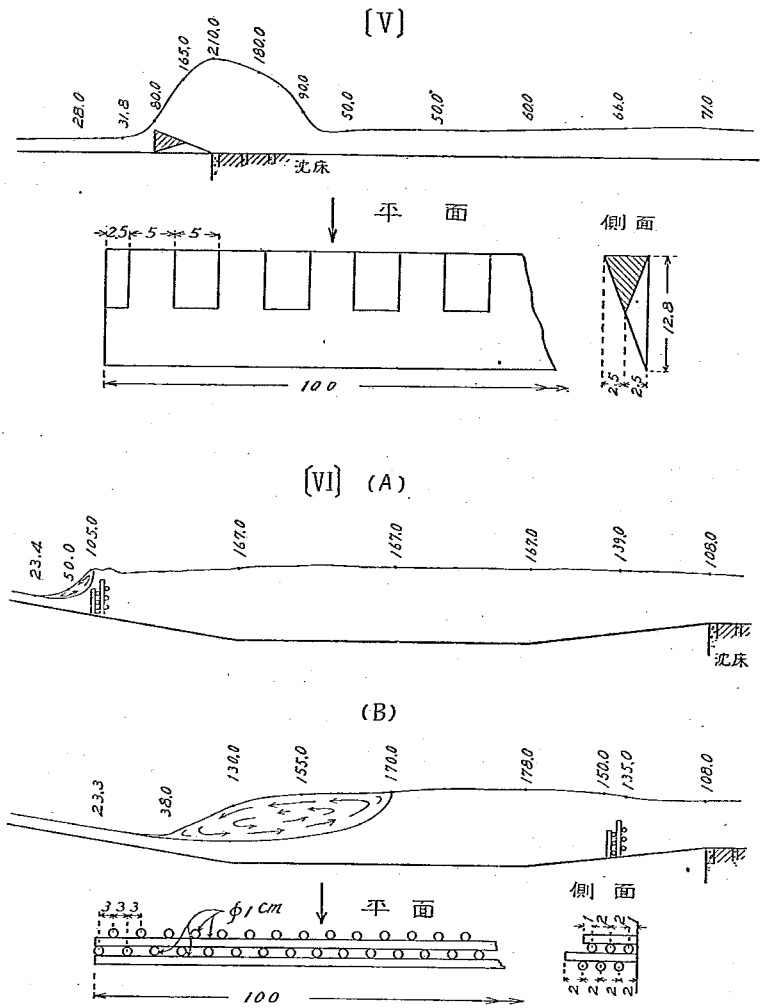
(VI) は Water cushon の効果の大なることを證した。(A) の方が結果好し。



第十九圖　　横溢流提洗掘試驗設備縱斷面圖


cm
平面
側面
正面
(I)
(A)
(B)
(II)
(III)
(IV)
沈床
29.0
80.0
125.0
130.0
100.0
50.0
60.0
60.0
80.0
27.5
42.0
105.0
155.0
150.0
90.0
30.0
60.0
78.0
83.0
28.6
30.0
85.0
150.0
135.0
140.0
60.0
90.0
100.0
97.0
87.0
27.0
29.0
40.0
40.0
43.0
40.0
45.0
45.0
47.0
52.0
27.8
31.5
70.0
95.0
95.0
103.0
100.0
100.0
95.0
88.0
28.5
31.5
65.0
85.0
80.0
50.0
40.0
45.0
50.0
52.0

第二十圖


[V]
28.0
31.8
80.0
165.0
210.0
180.0
90.0
50.0
50.0
60.0
66.0
71.0
沈床
平面
側面
2.5
5
5
100
12.8
2.5
2.5
[VI] (A)
23.4
50.0
105.0
167.0
167.0
157.0
139.0
108.0
沈床
(B)
23.3
38.0
130.0
155.0
170.0
178.0
150.0
135.0
108.0
3 3 3
φ1 cm
平面
側面
100

第二十一圖

[5] 結　論

阻柱を設くる目的は短距離の間に流水に大なる抵抗を與へて勢力の急激なる損失を來たさしめ、從つて出來得るだけ速かに射流狀態の流水を常流狀態に變ぜしめ、以て水叩きの保護工の範圍を短かくし且その構造を輕易ならしめんとするものである。阻柱の形狀、大さとその流水に與ふる抵抗との關係は前節に於て試驗の結果を示したが、之等の阻柱の存在する事に依て起る流水の勢力損失の原因は

1) 流水の攪亂

2) 水の跳飜

3) 渦の成生、表面渦は阻柱の有無に拘らず生ずるが渦の大さは阻柱の存在に依て增大する。

之等の他にも柱狀阻柱には常流中に在る時にその水位を堰き上げて跳水現象を容易ならしめる効がある。之等の作用中にて水の跳飜は下流部の洗掘を伴ひ却て有害なる場合が多く、又渦の發生に關しても柱狀阻柱の背後に生ずる鉛直軸の渦の如きも洗掘を助けるものである。從つて阻柱の種類を選定するには之等の害の最小にして然も最も有効に作用するものを採らねばならない。卽ち阻柱の直前にて跳水現象の現はるゝ如きものが最も有利であると看做し得る。この場合は阻柱に當る動水壓は相當に大きく然も水は跳飛することなくして常流となり且表面渦も安定を增し、從つて阻柱より上流部のみ堅固なる被覆をなせば下流部は輕易なる保護工にて充分である。かゝる條件を滿足する如き阻柱の構造は大なる可透性と大なる抵抗を併有し、而も堅固にて簡易なることが必要である。

然し乍ら之等の點は流量、射流々速等と關聯して愼重に考慮さるべきであり、之等の變化は直ちに水流の狀況に大なる變化を生ずるのであるから一律に定める事は困難である。試驗の結果より見れば阻柱の與ふる抵抗力はその形狀に依て異る處は少く、阻柱の大さが問題となる。流量、河床の粗度その他の條件より阻柱の大さが大體に定まれば、その形狀の問題は唯構造の簡易と發生する渦の性質であるとも言ひ得る。殊に底渦 (Sholenwalze) に關しては設計に際して創案が必要である。又一つの異れる立場より跳水現象を大なる問題とせず、洗掘を出來るだけ下流にて起さしめんとする方法も考へられる。[6] の實例に於ける副堰堤にその例が見られ、又齒閘もそれを一つの目的とするものである。

本試驗に使用せる模型阻柱を大きさの點より見れば

模型 I (大角柱) は法先に直接に置く時は過大である。稍下流に置く場合は効力上相當

の大きさを必要とするも、實際上は猶過大であらう。

模型 II (小角柱) は實驗の結果前者と大差なきことが認められ、流量少き時は却つて前者より有効である。

模型 III (小角錐) は射流中に在れば大流量の場合も相當有効である。

模型 IV (高角錐) は前者と大差が認められなかつた。大さの差もこの程度では著しく現はれぬことを知り得る。

模型 V (齒閾) は他のものに比して過大であつた。この 2/3 位で充分であると思ふ。

之等の點を考慮すれば第 41 頁に擧げた各種阻柱の容量比は次の如く修正されねばならない。又模型取り付けに用ひた薄き臺は柱狀構造物に於ては殆ど影響は考へられないが、突起狀構造に於ては全然無視することは出來ない。且突起狀のものは本試驗の如く二列に設けるのみではやゝ不足の觀があるから、臺を除き三列に設けるものとして單位長當りの容量を比較すれば

$$I:II:III:IV:V=3.6:1.8:1:1.6:4.6$$

但し之等の中にて III 及び IV は他と大にその性質を異にするものであるから、この數値より直ちに優劣を比較することは出來ない。

如上の諸條件は阻柱設計の絶對的の指針を與へるものではないが、唯、一つの主觀的見解として次の如く言ひ度い。

1) 突起狀阻柱は射流中に設けるべきである。たとへ狀況の變化により水膜を生ずるも柱狀構造に比して小規模であるから之を考慮に入れることは比較的容易である。阻柱の下流部を稍々深くして Water cushon とすれば表面渦を大ならしめ、又射流速がやゝ增加する如き場合には常流による背壓 (Backpressure) を增す爲に有利である。

2) 柱狀阻柱はその少し上流にて跳水の起る如き位置に設くべきである。この場合も設計以上の過大の流量に會へば水膜を生ずる惧れがあり、何れかの點に於て餘裕は必要であるが、跳水の起る位置の變動は突起狀構造の場合に比して小であるから、河床保護工の長さを決定する點より見れば有利である。この見地よりすれば l-H_2 曲線 (第 14 圖、第 15 圖) に於て曲線が殆ど鉛直線をなせる部分を取れば H_2 の變化による水流の狀態の變化は極めて小であるから、その中にて最も有利なる部分卽ち成るべく曲線の下方に當る部分にて而も水膜を生ずる惧れなき部分を撰ぶべきである。之等の不可能なる時は Water cushon を伴はねばその作用を全からしむることは出來ない。阻柱形狀には關係する處の少いことは既に述べた。

3) 齒閾は柱狀構造と同樣の注意を拂ふべきであるが、この種の阻柱は相當大ならば副堰堤の作用を兼ねるの効がある。

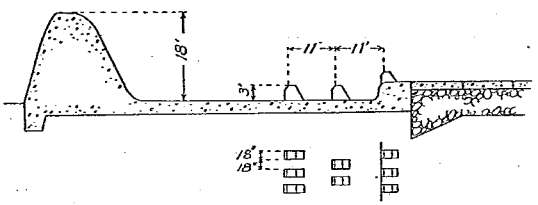
4) 柵類は充分堅固に取り付けられたる時は、射流中に設けてもその可透性の爲に水の跳躍を生ずること少く有効に作用するが、溢流堰の如く流下物の多き場合には適し難く又その構造も困難である。

常流水深を大きくすることの有効なるは既に述べたが、表面渦による勢力損失も (19)式より明かなる如く H_2 を大にすれば著しく大きくなる。又射流部河床の粗度も大なるを可とするが、之等は阻柱の決定に際して常に考慮すべきである。

[6] 追 錄

(1) 阻 柱 の 實 例

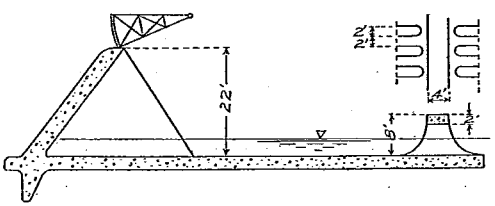
阻柱の實際に築造された例は乏しくないが、築造後の下流部洗堀狀態に關しては不明なる者多く、又之等を比較せんとするも堰堤の形狀、河床の土質その他多くの條件の相違は之を不可能ならしめる。從つて此處には唯數個の實例を列記するに止める。



第 二 十 二 圖

1) Mississippi 大溢流堤中 Bonnet Carré spillway に於ける例 (第 22 圖)

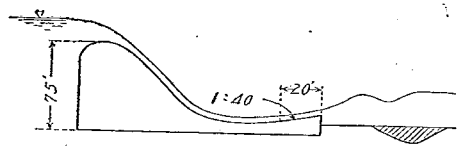
12 分の 1 の模型試驗に依て洗堀狀態を調べて阻柱及び保護工の大さを定めた。



第 二 十 三 圖

2) Georgia 州 Frint 河の例 (第 23 圖)

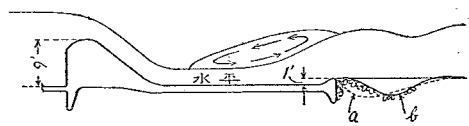
水叩きに阻柱の用をなさしむべき特殊の構造の碎波壁を設けた。洪水時は之が水中に沒して一列の潛射水門となり、上を溢流する水と干渉して洗堀を防ぐと言ふも稍々危險である樣に思ふ。



第 二 十 四 圖

3) Maryland 州 Susquehana 河 Conowingo 堰堤の例 (第 24 圖)

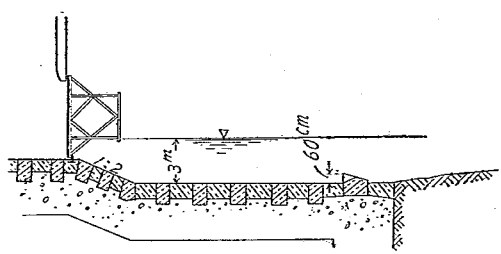
之は副堰堤 (Apron dam) に依て堰堤法先の洗堀を防がんとするもので、Worcester 實驗室に於ける試驗の結果、圖の如く 12° 30′ の逆勾配を附する時に洗堀は最も少く且充分遠くに於て起ることが知られた。



第 二 十 五 圖

4) New Mexico 州 Rio Grande, Cochiti 溢流堰堤の例 (第 25 圖)

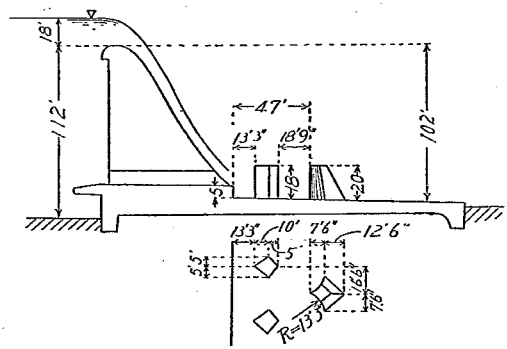
低き堰堤にて流量の多きもの〻例である。構造は 3) に類似の副堰堤であるが之も模型試驗によつて大さが定められた。圖中曲線 a は副堰堤なき時の洗堀狀態、b は副堰堤のある場合の洗堀狀態で何れも試驗に依て得た曲線である。



第 二 十 六 圖

5) Rhein 河 Ryburg-Schwörstadt 水力地點の例 (第 26 圖)

Rehbock の齒閘の例で落差は最大 11 m である。



第 二 十 七 圖

6) California 州 Pit 河の例 (第 27 圖)

1/20 模型を用ひて種々の形狀及び種々の大さの阻柱につきて試驗を行へる結果、第 27 圖に示す如き形が定められた。[1]

7) Iser 河 Pizançon 水力地點の例

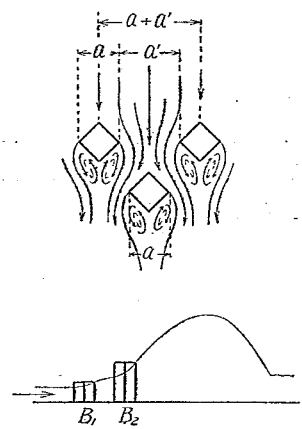
Rehbock 齒閘を用ひたものであるが、諸條件は 5) の例に類似し阻柱の構造もほゞ 5) と同樣である。

(2) 阻柱に作用する動水壓

第 28 圖に示す如き射流を受ける阻柱に作用する動水壓は

$$P=\zeta\rho A\frac{v^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(27)$$

A は水の當る面の水流と垂直なる面上の射影面積、ζ は常數であるが、圖の如き場合は $\zeta=1$ と取つて充分である。阻柱の前面が水流に垂直なる場合は $\zeta=1.2\sim1.3$ 位に取る必要がある。第一列の阻柱 B_1 に作用する壓力を計算する時は



第二十八圖

1) Proceeding of American Society of Civil Engineer 1927 年 11 月

$$P=\rho aH\frac{q^2}{2gH^2}=\rho\frac{aq^2}{2gH}\qquad \text{但し}\quad H<H_c \quad\cdots\cdots(28)$$

射流が阻柱に當る時は B_1 には幅 a の水流が當る時も、B_2 にはそれ以上の水量が當り、從つて B_1 に作用する動水壓の計算には (28) 式を直接に用ひ得ない。阻柱が相當密に並ぶ時は一つの阻柱に $a+a'$ の幅の水流が當るとも考へ得る。その時は q の代りに $\frac{a+a'}{a}q$ を用ひなければならないが、H' に對しては $\frac{a}{a+a'}H$ を用ふればよく、又射流が B_2 に當る時は B_1 に當る時に比して既に勢力の消耗があり、H は幾分增加して居る。若し水が B_1 に當りて跳躍し水膜となりて B_2 を超たる時は (28) 式を用ひても大過はない。二種の場合に就て計算して大なる方を採れば充分である。水の跳躍なき場合の B_2 に作用する水壓は

$$P=\rho\theta\frac{(a+a')q^2}{2gH}\qquad \text{但し}\quad 0<\theta<1 \quad\cdots\cdots(29)$$

$\frac{P}{a}$ 又は $\frac{P}{(a+a')\theta}$ を P_1 とすれば　$P_1=\rho\frac{q^2}{2gH}$ ……(30)

今 $Q=bq=47.5\ l/\text{sec}$ 及び $22.5\ l/\text{sec}$ の場合につき ($b=80$ cm) 夫々 H の 0 より H_c 迄の値に對する P_1 の値を計算すれば第 29 圖の如し。

$Q=47.5\ l/\text{sec}$ に對し

$$P_1=0.180\times\frac{1}{H}\ \text{kg/cm}$$

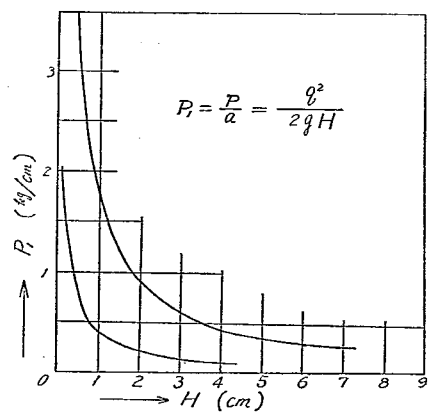
$Q=22.5\ l/\text{sec}$ に對し

$$P_1=0.0403\times\frac{1}{H}\ \text{kg/cm}$$

圖より明かなる如く水深の小さい程 P_1 は大となるが、水深は

$$v_0=\sqrt{2g(H_0+H_d)}$$

に對應する値 $\frac{Q}{v_0}$ 以下にはならない。即ち $H_1>H>\frac{Q}{v_0}$ である。故に B_1, B_2 の何れに對しても $H=\frac{Q}{v_0}$ とし、B_2 に對しては狀況により θ を 0.9 或はそれ以下に取る。第 29 圖を縮尺 n 倍の場合に換算する時は、q は $n^{\frac{3}{2}}q$, P は n^3P となる。又流量 n 倍の場合に換算するには P は n^2 倍すればよい。或は (30) 式を用ふるならば之の Nomogram を作ることも容易である。



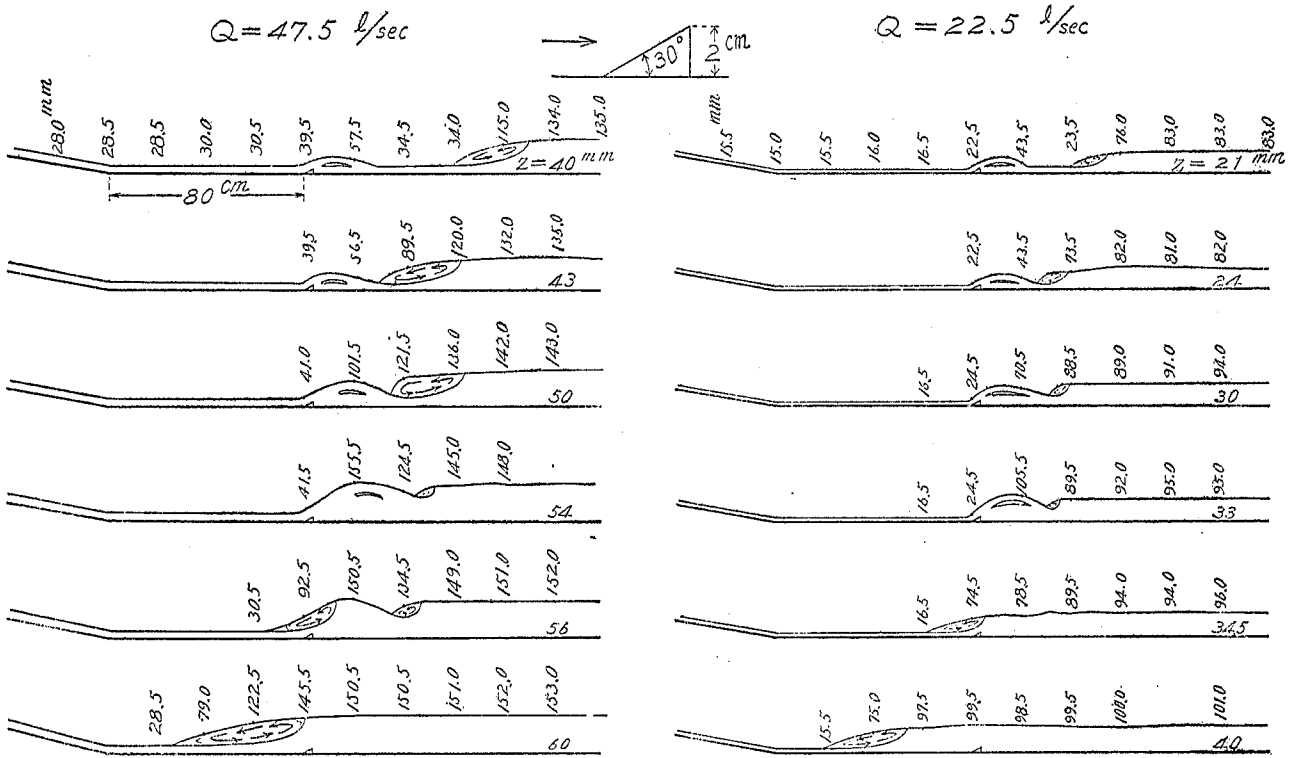
第二十九圖

(3) 逆勾配副堰堤に關する試驗

[6] 節中の實例に於て逆勾配副堰堤の例の二三を示した。之も目的とする處は阻柱と同じであるが、その作用は射流をやゝ下流に落下せしめて工作物法先の洗堀を免れんとするものであるから跳水現象の點より見れば有利ではない。然し比較の爲に第 30 圖に示す如き副堰堤の模型を用ひて [4] 節に述べたるものと同じ方法により、同じ條件の下に試驗を行ひ、その結果を第 31 圖に示す。この結果より明かなる如くかゝる形狀の副堰堤は水流を攪亂すること少く、勢力消耗の比較的輕微なる爲に跳水現象を誘起する點に於ては模型第 III 種 (第 7 圖參照) と大差が認められない。而も洗堀作用は後者を用ひた場合よりも遙に大であるから、跳水現象の點より言へば不利益である。要するに之は試驗の條件が副堰堤を用ふるに不利と言ふべきであつて、[6] 節 4) の例の如く低き堰堤を大流量が超ゆる場合の如きは阻柱を有効に作用せしむるは困難であるから、かゝる場合はむしろ副堰堤が有利であらう。

附 言

本試驗中の測定は昭和7年末より8年初期に涉りて主として八木內務技手によりて行はれたものである。


Q=47.5 l/sec
Q=22.5 l/sec
30°
2 cm
mm
80 cm
z=40 mm
z=21 mm
43
50
54
56
60
24
30
33
34.5
40

第三十圖　副堰堤試驗

乳劑の粘度に就て

内務技師　島　田　八　郎

目　　次

一、緒　　言……57
二、粘性係數—濃度實驗式の誘導竝に其の吟味……58
三、粘性係數—濃度理論式の誘導竝に其の吟味……65
四、結　　論……68

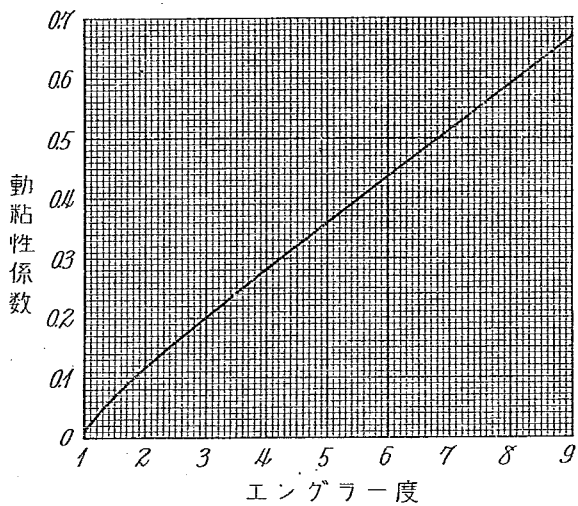
一、緒　　言

土木工事に使用するアスファルト乳劑（Emulsion）に就き其の粘性係數と濃度との實測値よりして分散質（Dispersed Substance）、分散媒（Dispersing medium）よりなる分散系（Dispersed system）内に於ける粘性に對する作用を考察し、膠質（Colloid）物質に於ける Hatschek の粘性係數に對する式の適應性を吟味し理論的考察のもとに新なる半實驗公式を誘導した。本報告に云ふ分散質は瀝青質物質より成るものにて、分散媒は乳化劑（Emulsifier）を含む水溶液より成る。

瀝青乳劑には粘性安定度分解速度等重要なる諸性質があるが、今其の内粘性に就きて論ずる。乳劑は上述の如く瀝青質物質を分散質とし乳化劑の水溶液を分散媒とせる分散系にして、且又分散質を形成せる瀝青質物質を見るに、使用溫度卽ち攝氏 60 度乃至 10 度の範圍に於て其の粘性係數は、C. G. S., 單位にて約 10^3～10^{10} poise の範圍に變る。斯の如き粘性係數を有するを以て溫度により、或は固體或は半固體の狀態にあるものと考へ得。斯く分散系は懸濁液（Suspension）、又は乳濁液（Emulsion）、或は其の中間物と考へらる如きものを形成せるものである。從來所謂乳濁液の粘性に關する研究は寡聞の爲めか餘り行はれてゐない樣である。唯アスファルト乳劑に非らざるもパラフインのオレイン酸曹達溶液（Sodium Oleate Solution）中に分散せる乳劑に就いての研究がある。粘性係數の測定實驗は回轉圓柱の方法に依り、O. Sibree[1] により試みられたもので主に Hatschek の理論及び粘性係數の速度傾度（Velocity gradient）に對する影響を調べて

居る。本報告に於て引用せし實測値は本所永峯技手の實測に依るものである。(本所報告第拾四號藤井技師報告參照)[2] 粘性係數はエングラー粘度計 (Engler viscosimeter) に依り實測されしものなるを以つて全部之を W. H. Herschel[3] の表より求めし比粘度－粘性係數曲線により C. G. S. 單位 (η, poise) に換算した。第一圖に於て、横座標はエングラー度 (Engler degree) を、縱座標は動粘性係數 (Kinematic viscosity) を示す。

第一圖



比粘度－粘度曲線 (W.H. Hershel に由る)

エングラー粘度計による實測値を直ちに本報告の如く、分散系の性質を論ずる場合に引用するは不合理と考へらるゝも、實測範圍の粘性係數約 $\eta=0{,}40$ poise 以下にて粘性係數の値過大ならず、且後述の如く、膨潤比率 (Swelling coefficient, Hydration factor) h の異常點が、粘性係數 $\eta=0{,}08$ 附近にあるを以て、エングラー粘度計の性能 (4.5.6.7) より判斷し、大略平均粘性を表しをるものと考へ得るを以て、エングラー粘度計よりの換算値を用ひて粘性と濃度との關係を論じた。然して分散系の粘度を充分吟味せんには是非速度傾度と粘性係數との關係を求め置く必要がある。[4] 將來機會を得て此の點を一層明かにする積りである。

二、粘性係數－濃度實驗式の誘導竝に其の吟味

分散系の粘性係數と分散質の濃度との關係式は、從來理論的實驗的に懸濁液、乳濁液に就き種々の假定の下に誘導されしものが多數あり。今其等の内にて力學的に現象を取扱ひ

たる代表的のものを擧げ本報告の如き乳劑に付きての適應性を考へて見る。懸濁液と見做し得るものにては、粘性を運動量と仕事の關係による定義に立脚し Einstein[9]が下記(1)式の如きものを求めた。分散系内部に於ける分散質の平行一様な運動機構を考へ、通常用ひられてゐる如き粘性流體力學に於ける概念を其の儘用ひ、粘性係數を求めしものに Hatschek[10] の(2)式の如きものがある。更に分散質の粘性をも考慮し流體力學の式を用ひて、粘性係數を求めしものに Bon,[11] Taylor, [12] の式があるが此等は要するに其の根柢に於て Einstein の公式を用ひてゐる。且誘導された粘性係數は分散質が固體の場合より小である。

$$\eta_s=\eta_0(1+2{,}5\,\varphi)\ldots\ldots\ldots\ldots(1) \qquad \eta_s=\eta_0(1+4{,}5\,\varphi)\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

但し

η_s; 分散系の粘性係數、　　η_0; 分散媒の粘性係數。

φ; 濃度＝分散質の容積/分散系の容積

(1)、(2)、式は共に φ の値小にして、分散質の各粒子は運動中互に影響を及さないとの假定の下に成立してゐるから、本報告の如き φ の比較的大なる場合の實測値と該式とを比較するは不可能なるも、唯實測値が φ の小なる極限に向ふ時斯の如き式が示す如き傾向を呈すや否やを吟味するには役立つものである。更に φ の値が增大し、各粒子は其の運動性を失ふ如く稠密に配置さるゝに至れば、分散質の間に挿入せる、分散媒は變形に對し歪を受ける、斯の如き機構を考ふるに分散質が容易に變形し得る半固體のものなるか否かにより大なる相違を來す、かゝる流動性の停止、及び歪の假定を基として、最も單純な配置の場合に於ける分散系の粘性係數と濃度との關係式は、Hatschek,[13] Hess,[14] により下記(3)(4) 式の如く求めらる。

$$\eta_s=\frac{\eta_0}{1-\sqrt[3]{\varphi}}\ldots\ldots\ldots\ldots(3) \qquad \eta_s=\frac{\eta_0}{1-a\,\varphi}\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

但し、η_0, φ は前述(1)(2)式に於けるものと同じものを示す、(3)式は特に $\varphi>0{,}5$ の場合に適應し得る事は Hatschek の (3) 式を誘導せし假定を見るも、又實驗上多くの研究家に認められてゐる。(4) 式に於ける a は、$\varphi=0{,}10\sim0{,}79$ の範圍に於て φ の値に順應して、$a=2{,}25\sim1{,}15$、の範圍の値をとる。

斯く考ふる時本報告の實測値は $\varphi=0{,}10\sim0{,}55$ の範圍に涉るを以て上述の如く、單純に懸濁液、又は乳濁液と假定せる式卽ち、(1) (2) 式又は (3) (4) 式等と全く一致する事の下可能なるは當然である。

附圖第一は市場にある各種乳劑に於ける動粘性係數(Coefficient of Kinematic Viscosity), η_s/ρ (ρ は密度とす) と濃度 φ との關係を示すものにて、攝氏 25 度に於ける實測値を示す。但し「レイコールド」と稱するものは攝氏 25 度にては粘度大にてエングラー粘度計にては實測不可能なりしを以て攝氏 50 度の測定値を記入した。各實測試料は市場に於ける乳劑を石鹼溶液にて稀釋せるものである。第一圖に記載せしものゝ品名は下記の如し。

ビチュマルス、A, B, M,; アスカル; レイコールド; 實測値は略平滑なる曲線に從つて分布せる如く見ゆるも、實用的意義以上の嚴密な議論の討象としては上述の如く測定條件稍々不完全なるを以て、實測の誤差の範圍に於て以下記述を簡潔にする爲め、乳劑及び散質共に密度を $\rho=1$ と假定した。實測數最も多く且つ不規則分布最も少き「ビチュマルス A」に付き詳細に之を吟味した。濃度 $\varphi=0,5$ 附近の乳劑を顯微鏡下に觀察するに、各粒子は互に密接して配置され Hatschek の (3) 式を誘導せし場合の假定の如き狀況を呈してゐる。之に石鹼溶液を加へ稀釋すれば各粒子は明かに其の運動性を增し Brown 運動をなしてゐる、其の運動度は濃度により大いに影響を受けつゝある事を明瞭に觀察し得る。$\varphi=0,4\sim0,55$ 附近に於ては運動緩慢となる故、先づ (3) 式を適用し分散質なる瀝青質物質の所謂膨潤 (Swelling, Hydration) なる現象を先づ第一に調べた。實際斯の如く分散質を形成せる或る種瀝青類似の物質の呈する現象は Posnjak,[15] F. Kirchoff,[16] O. Mantred, Torbist, 等の理論的及實驗的研究に依り、其の實在性を立證されてゐる。

今膨潤比率 h を (3) 式により粘性係數の實測より計算せる濃度 φ' の値と、分析等により實測せる濃度 φ の値より次の如く定義する。

(3) 式 $\eta_s=\dfrac{\eta_0}{1-\sqrt[3]{\varphi}}$ より計算せる φ を φ' とすれば $\varphi'=\left(\dfrac{\eta'_s-1}{\eta'_s}\right)^3$

但し $\eta'_s=\eta_s/\eta_0$ とす。

斯く φ'; 計算値、φ; 分析による實測値、h; 膨潤比率とすれば、$\varphi'=\varphi h$ の定義を得。第一表は「ビチュマルス A」の粘性係數と濃度との關係を示すものにして分散媒の粘性係數 η_0 を 0,01 と假定した。第一表は本所藤井技師の下にて永峯技手の實測せし結果である。

膨潤比率 h は濃度 φ の 0,404 と 0,420 との間に於て不連續的に變つてゐる。他の乳劑「アスカル」に付きて、同樣なる計算をなすも略々同じ傾向を有し、φ の 0,35 附近の値に對し h の不連續が起つてゐる。第二表は之を示すものにて本所報告、十四號。藤井技師報告中より引用した。第四圖は膨潤比率 h と濃度 φ との關係を示せるものである。

第 I 表

η'_s(實測値)	φ'(計算値)	φ(實測値)	$h=\varphi'/\varphi$
4,5	,475	,350	1,34
4,5	,475	,360	1,32
4,95	,512	,375	1,38
5,5	,551	,389	1,41
6,45	,592	,404	1,48
8,35	,681	,420	1,62
9,75	,730	,437	1,66
10,97	,753	,456	1,64
12,72	,804	,477	1,66
15,50	,830	,488	1,73
17,45	,830	,550	1,66
19,8	,857	,515	1,69
21,8	,870	,515	1,69
23,4	,884	,520	1,70
27,9	,898	,525	1,71

第 II 表

η'_s(實測値)	φ'(計算値)	φ(實測値)	$h=\varphi'/\varphi$
4,00	,75	,30	1,32
6,05	,83	,38	1,51
8,75	,88	,40	1,76
17,90	,94	,45	1,80

斯の如き不連續なる變化は此の點を境として乳劑が懸濁劑液、又は乳濁液の特性を顯著に表しをるものとも考へ得るも、更に速度傾度を考慮に入れた多數の實測と他の物性の實驗とを併行に行ふ事により斯の如き不連續點の物理的意義を明かにする事が出來る。

次に粘性係數實測値と第 (2)、(3)、(4)、式にて示せるものを比較する爲、第 3 圖に「ピチュマルスA」に付き、

$$\eta_s=\eta_0(1+45\varphi)\text{.....(2)},\qquad \frac{\eta_0}{1-\sqrt[3]{\varphi}}\text{.....(3)},\qquad \frac{\eta_0}{1-a\varphi}\text{.....(4)}$$

の諸式による計算値と實測値とを記載した。第三圖によるに濃度 $\varphi=0,35$ 以下にては Hatschek の懸濁液の式(2)と實測値とは一致する如く思はるるも、實測値無き爲め積極的な斷定を下す事の不可能なるを遺憾とするも上述の如き h の變化の有樣とを綜合すれば、少くとも乳劑は φ の小なる範圍に於ては、懸濁液の如き特性を有するものと考へ得る。

Hatschek の式 (3) は膨潤比率 h の補正を爲さゞる時は著しく實測値と一致せざるも膨潤比率 h を考ふる事により實測値と一致せしむる事の可能なる事は既に之を論ぜり。Hess の式 (4) による計算値は實測値と比較的相似の傾向の曲線を與ふ、蓋し、エングラー粘度計の如き管中の流れは Hess の式を求めし場合の分散質の狀態とほゞ同じである。

附圖第三中△印の點は實測値を附圖第二の示す如く η_s の對數と濃度 φ との關係式の直線部分より求めし半實驗式によるものである、此の式は氣體論的の觀察の仕方により粘性なる物性を考へ理論的にも誘導し得るものにて後節詳細に之を述べる。

今 Hatschek の (3) 式を用ひて計算せし膨潤比率 h と各粒子半徑の增加との關係を求める。各粒子は其の表面よりの滲透及び其の他の作用により與へられた分散度(Degree of dispersion) のものに付いて一定の厚さだけ膨大するものと假定す。勿論此の膨大量(δ) は或種平均半徑 (r_0) 卽ち分散度を有する粒子より成る分散質に於て一定と假定するが故に平均半徑 (r_0) の異なる他の系に於ては自ら他の異る一定の厚さをとり得る事勿論である。

乳劑内に於ける粒子の分布狀態は、之を稍ゝ稀釋し顯微鏡寫眞に撮影觀察するに粒子の半徑と數との分布は明かに Maxwell の分布函數 (Distribution function) に從つてゐる事が認めらる。此の事實は又 O. Sibree,[1] M. G. Leoi[18] によりて各種乳劑に於て觀察され、其の適應度が調べられた、特に後者は本報の如き瀝青乳劑に付き調べたものである。

今半徑、r, の粒子の分布函數を

$$\varphi(r^2)=\frac{4\beta^3}{\sqrt{\pi}}r^2e^{-\beta^2r^2} \qquad \text{とすれば}$$

半徑が r と $(r+\Delta r)$ との間にある粒子の數は單位容積に付き、

$$\Delta N_r=N\frac{4\beta^3}{\sqrt{\pi}}r^2e^{-\beta^2r^2}\ \Delta r \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5) \qquad \text{となる。}$$

但し、N は分散系單位容積中に於ける分散質の粒子の總數である。β は $1/r_\omega$ に等しい但し* r_ω は $\varphi(r^2)$ の最大値を與ふるが如き半徑にて確率半徑 (Probable radius) とも稱す可きものである。

---

* 分布函數 $\varphi(r^2)$ の最大値に對する半徑 r は容易に之を求め得る。

$$\frac{\sqrt{\pi}}{4\beta^3}\frac{\alpha\varphi(r^2)}{\alpha r}=e^{-\beta^2r^2}(1-\beta^2r^2)2r=0\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad \text{と置けば、}$$

卽ち $\beta=\dfrac{1}{r_\omega}$ を得、

今任意の半徑の粒子の分散度を求むる爲めには (5) 式を次の如く變形する、卽ち $\gamma>0$ の如き數をとれば、半徑と γr_ω と $(\gamma r_\omega+\Delta r)$ との間にある粒子の數は (5) 式より

$$\Delta N_r=\frac{4}{\sqrt{\pi}}\cdot\frac{N}{r_\omega}\cdot\gamma^2e^{-\gamma^2}\Delta r\text{.....}(6)$$

となる。(6) 式にて γ を $\gamma>0$ の下に任意の値をとる事により種々の半徑に對する分散度を得。今斯の如き分布函數を用ひ、膨潤比率と分散度との關係を論ぜんに、上述の如く或一種の β 卽ち分散度を有する分散係の粒子に於ける半徑の增加を δ とし、各粒子の容積を膨潤の前後に於て夫々 ΔV, $\Delta V'$ とすれば、分析よりの實測に對する粒子の容積は

$$\Delta V=\frac{4}{3}\pi r^3\text{.....となり}$$

粘性係數よりの計算値に對する粒子の容積は

$$\Delta V'=\frac{4}{3}\pi(r+\delta)^3\text{.....となる。}$$

今乳劑單位容積中の粒子容積の總和を實測値、計算値に對し夫々 V, V' とすれば明らかに次の如くなる。

$$V=\int^N\frac{4}{3}\pi r^3dN.\quad,\qquad V'=\int^N\frac{4}{3}\pi(r+\delta)^3dN.$$

但し N; 乳劑單位容積中に於ける粒子の總數.

上式に (5) 式を代入すれば、

$$\left.\begin{aligned}
V&=\frac{4\pi N}{3}\int_0^\infty r^3\left(\frac{4\beta^3}{\sqrt{\pi}}r^2e^{-\beta^2r^2}\right)dr=\frac{16\sqrt{\pi}}{3}\beta^3N\int_0^\infty r^5e^{-\beta^2r^2}dr.\\
&=\frac{16\sqrt{\pi}}{3}\beta^3N\left[\frac{1}{\beta^5}\right]=\frac{16\sqrt{\pi}}{3\beta^3}N,\\
V'&=\frac{4\pi N}{3}\int_0^\infty(r+\delta)^3\left(\frac{4\beta^3}{\sqrt{\pi}}r^2e^{-\beta^2r^2}\right)dr=\\
&\left[\frac{16}{3}\cdot\frac{\sqrt{\pi}}{\beta^3}+\frac{6\pi\delta}{\beta^2}+\frac{6\sqrt{\pi}\delta^2}{\beta}+\text{.....}\right]N
\end{aligned}\right\}\text{.....}(7)$$

今乳劑の分散質分散媒各々の密度を 1 とし且 (7) 式に於て δ^2 次以上の微小なるものを省略すれば、膨潤比率 h は明かに次の如く求め得る。

$$h=\frac{\varphi'}{\varphi}=\frac{V'_1}{V}=1+\frac{18}{16}\sqrt{\pi}(\delta\beta)=1+\frac{18}{16}\sqrt{\pi}\left(\frac{\delta}{r_w}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

今分散質粒子の平均半徑 r_0 を次の如く定義し、簡單の爲め密度を 1 として計算した。卽ち乳劑單位容積中に於ける分散質の容積の値は此の場合濃度と全く同じものにして、

$$\varphi=\frac{4}{3}\pi r^3{}_0N=\int^N\frac{4}{3}\pi r^3dN\cdots\cdots\cdots\cdots\text{となる、}$$

上式に (5) 式を代入すれば、

$$\frac{4}{3}\pi r^3{}_0N=N\frac{4}{3}\pi\beta^3\int_0^\infty r^3\left(\frac{4}{\sqrt{\pi}}r^2e^{-\beta^2r^2}\right)dr$$

$$\therefore\quad r_0{}^3=\frac{4}{\sqrt{\pi}}r_w{}^3 \qquad r_0=1{,}31\ r_w\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

斯くの如くして、平均半徑 (r_0) と確率半徑 (r_w) との關係を得。 *

上記確率半徑 r_w と平均半徑 r_0 と乳劑の分散質粒子分布との關係を圖示すれば普通の乳劑に於ては第二圖に示す如きものである、圖示の記號により容易に判斷し得る故說明は之を省略す、但し A、B 曲線は Maxwell の分布函數を示すものにて各々分散度の異なる場合を示すものにして M. G. Leo[18] の報告中に於ける乳劑も斯の如く分布を明かに示してゐる。(8)式 (9)式 を實測結果と比較する爲め前記永峯技手の測定結果を引用し、

---

* (7) (9) 式を求むる計算は容易なるも便宜上一經めにする爲め先づ、一般に

$$\int_0^\infty x^{2n}e^{-h^2x^2}dx=\frac{1.3\cdots\cdots(2n+1)}{2^{n+1}}\sqrt{\frac{\pi}{h^{2n+2}}},\cdots\cdots(a) \qquad \int_0^\infty x^{2n+1}e^{-h^2x^2}dx=\frac{n!}{2h^{2(n+1)}},\cdots\cdots(b)$$

なる事を證明せんに、

定積分 $\int_0^\infty e^{-x^2}dx=\frac{\sqrt{\pi}}{2}$ に於て $x=t\sqrt{y}$ と置けば、但し y は $y>0$ なる常數とす、

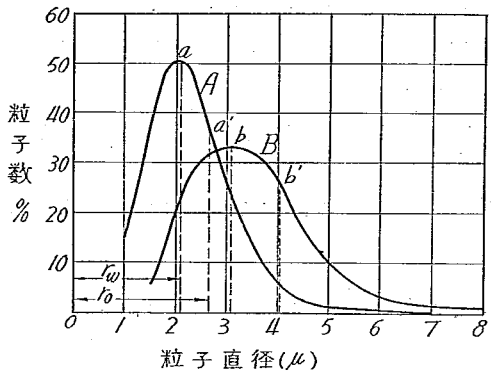
$\int_0^\infty e^{-yt^2}dt=\frac{1}{2}\frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{y}}$ を得。今兩邊を y にて n 回微分すれば

$$\int_0^\infty t^{2n}e^{-yt^2}dt=\frac{1.3\cdots\cdots(2n-1)}{2^{n+1}}\sqrt{\frac{\pi}{y^{2n+1}}}\cdots\cdots\cdots\cdots\text{となり今 } y=h^2,\ t=x \text{ と置けば } (a) \text{ 式を得。}$$

次ぎに $\int_0^\infty x^{2n+1}e^{-h^2x^2}dx$ に部分積分を n 回繰返せば (b) 式を得る。

$$\int_0^\infty x^{2n+1-h^2x^2}dx=-\left|\frac{x^{2n}e^{-h^2x^2}}{2h^2}\right|_0^\infty+\frac{n}{h^2}\int_0^\infty x^{2n-1}e^{-h^2x^2}dx=\frac{n!}{2h^{2(n+1)}}$$

第　二　圖



乳劑の粒子分布曲線

膨潤比率 (h), 及び(8)式より δ を計算し第三表に之等を示す。第三表によれば比較的粒子の大なるもの、即ち確率半徑 (r_w) の大なるものは分散度小にして、且つ然らざるものに比して δ/r_w の比の稍々大となるも略常數なる事を示してゐる。或る乳劑に於て、一定と假定せし膨潤量 δ は大略確率半徑 (r_w) に直線的に比例するとの上述實測的結果は統計的に考察して合理的のものである。

第　三　表

名　稱	ピチュマルス A	アスカル
h (計　算　値)	1,3～1,7	1,4～ 1,8
粒子直徑(實測値)	3,8～2,0	3,0～10,0
δ/r_0 (計　算　値)	0,35	0,40

三、粘性係數—濃度理論式の誘導並に其の吟味

最後に本報告にて實驗値より誘導せし乳劑の粘性係數と濃度との關係式

$$\eta_s=\eta_0 e^{a\varphi} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

但し η_0; 分散媒のみの粘性係數

φ; 分散質の濃度(分散質の容積/乳劑の容積)

a; 或種乳劑にては一定の常數例へば「ピチュマルスA」、の場合には $a=9,3$ である。

を氣體論的根據により求める。

乳劑中に於ける分散質は通常粒子直徑約 1～10μ の範圍に在るもの多く、且つ濃度に應

じ盛に活動し浮遊運動せるものにて明かに Brown 運動を爲すものである。今斯かる分散系中の任意の點に於ける粒子の運動が下記 (11) 式の如く示し得ると假定す。

$$U=u, \qquad V=V_0+v', \qquad W=w' \quad \cdots\cdots(11)$$

但し U, V, W; 粒子の x, y, z 方向の速度成分

u', v', w'; 粒子の分子運動を考ふる場合粒子の平衡位置に對する或瞬間に於ける相對的速度の x, y, z, 方向の成分

V_0; 粒子平衡位置の運動速度の y 方向の成分、但し今 x, z, 方向成分は零とす。

上記の如く置けば明かに、

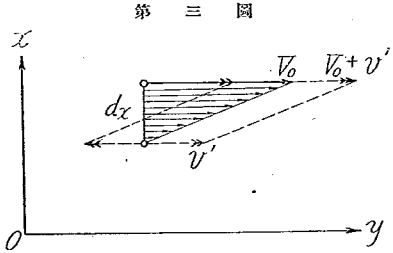
$$\left.\begin{aligned} &\int_0^\tau U d\tau=\int_0^\tau u'\,d\tau=0, \quad \int_0^\tau V d\tau=V_0\tau+\int_0^\tau v' d\tau=V_0\tau, \\ &\int_0^\tau W d\tau=\int_0^\tau w' d\tau=0 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots(12)$$

但し τ は粒子運動周期に比較して大なる或有限時間とす。今最初分散系は全體に於て $V_0=0$ であつたものが或事情の爲め (11) にて示す如き部分が系内に發生したと想像すれば、周圍の粒子は互に衝突の運動量を相互に傳播し從つて系全體が平衡狀態に達するものと考へ得。此際エネルギーの消耗が起り、熱の發生を伴ふ。即ち斷熱的變化に於ては系内に於ける平衡位置の運動量が消費され各粒子は分子運動量を增し溫度の上昇を來すものと考へ得る。

斯かる觀察の下に粘性なる物性を取扱ひ簡單なる關係式を求むるに、一般に粘性流體力學に於て粘性係數の定義は第三圖の如き速度分布を考ふれば下記 (13) 式の如きものにて示される、

$$K=-\eta\frac{\partial V_0}{\partial x} \quad \cdots\cdots(13)$$

第 三 圖



但し η; 粘性係數 C. G. S. 單位(Poise)

$\frac{\partial V_0}{\partial x}$; 速度傾度、C. G. S. 單位,

K; x 方向に直角な單位面積に働く内部摩擦力、C. G. S. 單位 $dyne/cm^2$ を示す。又第三圖にて V_0, v' の關係を容易に洞察する事を得。

斯く粘性係數 η は物質の固有保物性と考へてゐるが氣體論的觀察により粘性を所謂物性

は考へずに物質の熱力學的狀態を直接に示す量と考へる、卽ち η その逆數を ϕ とし、

$$\frac{1}{\eta}=\phi \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(13)$$ と置けば、

ϕ の大なるは分散系の流動性の大なることを意味するものにて、平衡現象の生ずる場合エネルギー消耗の小なる事を示す、ϕ なる分散系の有する流動性は一種の勢力函數と考へ系内に於ける密度、溫度の如きものと類似の擴散法則に從つて系内に傳はると假定し、其の擴散係數を D とすれば

$$D=\frac{1}{\varphi A} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(14)$$ と置く事を得、

但し A; 比例常數　φ: 濃度とす。

今不均一系 (Heterogeneous System) に於ける擴散の式に從つて上述の如く勢力函數 ϕ が擴散すると假定せるを以つて次の如き式を得、

$$\frac{\partial\phi}{\partial t}=D\nabla^2\phi=\frac{1}{A\varphi}\nabla^2\phi, \qquad \nabla^2=\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

今一元的に考ふれば、

$$\frac{\partial\phi}{\partial t}=\frac{1}{A\varphi}\cdot\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(15)$$ を得、

(15) 式は熱傳導式と全く同一なるを以て一般解は (16) 式の如くなる。

$$\phi=\frac{1}{2\sqrt{D\pi t}}\int_{-\infty}^{\infty}\Phi(a)e^{-\frac{(a-x)^2}{4Dt}}da \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(16)$$

但し $\Phi(x)$ は $t=0$ に於ける ϕ の分布を示す、(16) より (15) を滿足する解の一つを考ふれば次式を得る、

$$\phi=\frac{1}{\sqrt{t}}e^{-\frac{(a-x)^2}{4Dt}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(17)$$

(17) に (14) を代入すれば

$$\phi=\frac{1}{\sqrt{t}}e^{-\frac{(a-x)^2}{4t}A\varphi} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(18)\cdots\cdots$$ を得、

a は常數にして、且つ x, t, は ϕ 函數を求めんとする場合其の物質の狀態を示す二つの一般座標 (Generalized coordinates) と考へる事を得、卽ち與へられた物質に付いて明かに或る定つた値を採るものと考へ得る、故に (18) 式に於て、x, t, を更に常數と置き變形すれば (18) 式より

$$\phi=\frac{1}{\eta_0}e^{-k_1A\varphi} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(19)$$ を得、

(13) 式より粘性係數を求むれば、

$$\eta=\eta_0 e^{k_1 A\varphi}=\eta_0 e^{a\varphi}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(20)$$ を得、

但し η_0, a, は共に一般坐標にて示し得る常數である、斯くの如くして (20) なる半實驗式を理論的に求むる事を得、更に實測値 η より常數 η_0, α, を定める事を得。

附圖第二圖、附圖第三により明かなる如く上式は $\varphi=0,5$ 附近より以下にては實測値に一致するも φ の大なる値に對しては偏差を生ず、此の事實は又 ϕ を勢力函數と考へ氣體論的に取扱ふ事が相當の濃度以下にては適用さるゝも φ の値の大なるものに對しては分散系の狀況が Hatschek[14] の假定せし如く各粒子全く運動性を失ひ靜力學的配置に於て變形するものと考へ得、卽ち (20) 式の適用範圍を見るも Hatschek の理論と對照するも假定の適切なる事を示してゐる。

四、 結 論

斯くの如く一般乳劑の粘性係數は Hatschek の式を適用し、膨潤比率の考へに從ふ時或る濃度に於て急激に不連續的の比率變化あるものにて之の事實は分散質の運動性に急變化あるを示す如く思はる。一方氣體論的に導き粘性係數式の適用範圍を吟味するに膨潤比率の場合と相似せる制限ある事を示してゐる。

乳劑中の瀝青質物質粒子の分布狀態と膨潤比率との關係を求めた。氣體論的考察の下に的廣範圍の濃度に涉りて適用し得る示性式を（$\eta_s=\eta_0 e^{\alpha\psi}$）求めた。斯くの如く理論的實驗的に得し粘性係數を示す式 $\eta_s=\eta_0 e^{a\varphi}$は二つの常數 η_0, a を含む。η_0, a は其の乳劑の狀態比較を示す一般座標にて示し得るものなる故、溫度壓力等と密接な關係を保つものと考へ得。唯實測値として嚴密な意味に於ては速度傾度を無視せるエングラー粘度計にて測定せしものを引用せし爲め更に徹底的に結論を下し得ざりしは遺憾であるが、將來機會を得て此點を明かにせんとす。本報告を作成するに當り指導を受けた所長並に所員の方々の有益なる助言に對して深く感謝する。

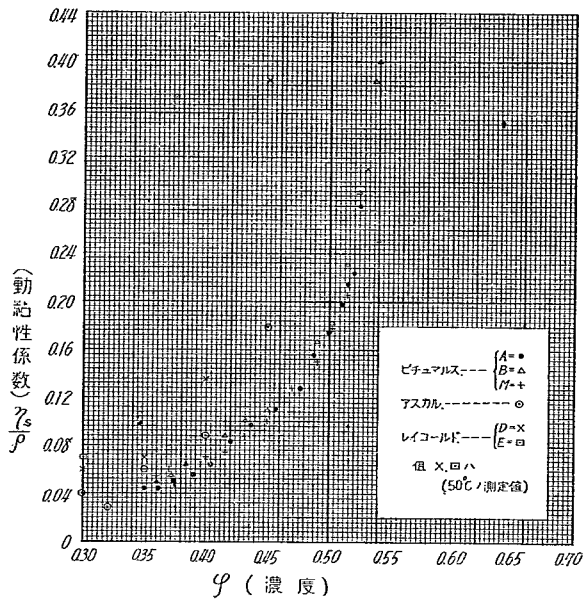
參 考 文 獻

1. The Viscosity of Eemulsion, Part I, II. O. Sibree, Trans, Faraday Soc 26, 26, 1930 27, 161, 1931

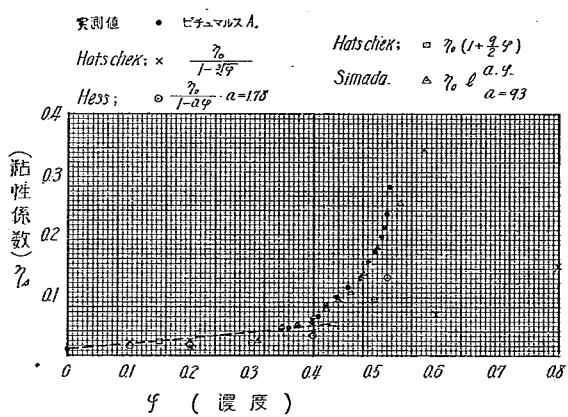
2. 瀝青乳劑及びピチュマルス鋪裝に關する試驗 藤井技師 土木試驗所報告 第十四號

3.	Standardization of Engler Viscosimeter. Standardization of Saybolt Universal Viscosimeter. The Redwood Viscosimeter.	W. H. Herschel, Bur. Stand. Technology Papers, Nr. 100 (1918) ,, 112 (1919) ,, 210 (1922)
4.	Ueber den Englerschen Flüssigkeitsmeter.	R. V. Mises, Physikal. Zt. 12, 813, 1911
5.	Die Entwickelung d. Laminaren Geschwindigkeitsverteilung u. ihre Bedeutung f. Zähigkeit-Messungen.	L. Schiller, Zt. f. angew. Mathematik u. Mech. 2,97,1922
6.	Neues Verfahren zur Messung der absoluten Zähigkeit.	L. Gümbel,Zt. f. Technische Physik, 2,172,1911
7.	Tabellen zun Englerschen Viskosimeter.	Leo Ubbelohde, Leipzig, 1918
8.	Zähigkeit u. Geschwindigkeit との關係論文	多數あるも之を略す
9.	Eine neue Bestimmung d. Molekühl-Dimensionen.	A. Einstein, Annal. d. Physik, 19,1906 34,1911
10.	Die Viskosität d. Dispersoide, I. Suspensoide.	E. Hatschek, Kolloid. Zt. 7,301 1910
11.	Bubbles and Drops, and Stokes' Law.	W. W. N. Bon, Phil. Mag. (7), 4,889,1927
12.	The Viscosity of a Fluid containing small drops of another Fluid.	K. I. Taylor, Proc. of Roy. Soc. (A), Vol. 136, No. 834 p. 41. 1932
13.	Die Viskosität d. Dispersoide, II, Emulsionen u. Emulsoide.	E. Hatschek, Kolloid. Zt. 8, 35, 1911
14.	Beitrag zur Theorie d. Viskosität hetereogener Systeme.	W R. Hess, Kolloid. Zt. 27, 1, 1920
15.	Ueber den Quellungsdruck.	E. Posnjak, Kolloid. Beich., 3,417, 1912
16.	Ueber d. Einfluss des Lösungsmittels auf d. Viskosität v. Kautschukklärungen.	F. Kirchhof Kolloid. Zt. 15, 30, 1927
17.	Ueber d. Einfluss d. Pastizierung auf d. mechanisch-elastisch Eigenschaften plastischer Kunst- und Naturstoffe, Zellstoffmassen.	U. Manfred, J. Obrist, Kolloid. Zt. 43, 43, 1914
18.	Studi e Ricerce sulle Emulsioni Bituminose.	Mario Giacomo Leoi, Annali dei Lav. Publ. Giugno, 1932, Anno 10

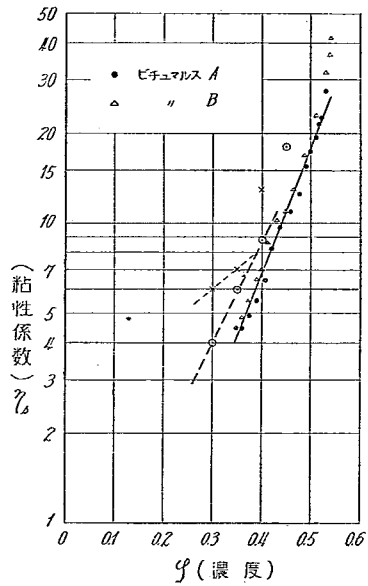
附圖第一


0.44
0.40
0.36
0.32
0.28
0.24
0.20
0.16
0.12
0.08
0.04
0
(動粘性係数) $\frac{\eta_s}{\rho}$
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50
0.55
0.60
0.65
0.70
φ (濃度)
ビチュマルス ---- A=● B=△ M=+
アスカル ---------- ⊙
レイコールド ---- D=× E=□
但 ×,□ハ
(50°C ノ測定値)

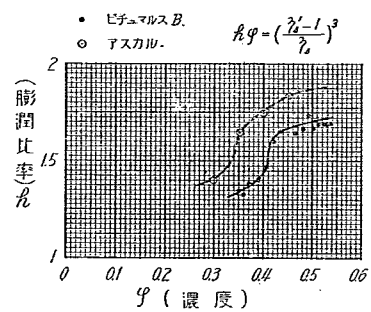
附圖第三


実測値 ● ビチュマルス A.
Hatschek; × $\frac{\eta_0}{1-\sqrt[3]{\varphi}}$
Hess; ⊙ $\frac{\eta_0}{1-a\varphi}$ · a=1.78
Hatschek; □ $\eta_0(1+\frac{9}{2}\varphi)$
Simada. △ $\eta_0 e^{a.\varphi}$ a=9.3
0.4
0.3
0.2
0.1
(粘性係数) η_s
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
φ (濃度)

附　圖　第　二


50
40
30
20
15
10
7
5
4
3
2
1
ビチュマルス A
〃 B
(粘性係数) η_s
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
φ (濃度)

附　圖　第　四


ビチュマルス B.
アスカル.
$k\varphi = \left(\frac{\eta_s' - 1}{\eta_s}\right)^3$
2
1.5
1
(膨潤比率) k
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
φ (濃度)

府縣道鐵筋コンクリート丁桁橋
標準設計案

內務技師　大　野　博

本稿は府縣道に架する鐵筋コンクリート丁桁橋に對する設計案にして、標準設計を確定するに當り先づ架橋工事の實際に從事せらるる技術者の意見を求め、然る後に最適の設計に到達せんとするものなり。

設計概要

標準有效幅員として府縣道橋に於て比較的多く用ひらるる 7.5, 6.0 及 4.5 m を採り、支間は便宜上 5, 6, 7, 8, 9, 10 及 11 m の七種とし、三等橋荷重を以て設計せり。中間支間のものは上位の支間のものに準ずるを可とす。

鋪裝竝に縱橫斷勾配は各架橋地點の狀況に適する樣之を定め、從つて橋上路面の排水設備も亦之に適應する樣定むるものとす。但し本設計に於ては鋪裝及敷コンクリートの重量として 220 kg/m² を假定せり。高欄は設計或は工事擔當者の考案により地方的狀況に適せしむるを可となすを以て、單に其重量を各側 500 kg/m と假定して計算せり。

尙、床版又は主桁に於ける最危險なる荷重の配置は、幅員狹少なる場合には之により制限せらるべきも、將來擴築に當りても補强を必要とせざる樣幅員を無視して定めたり。

1. 主桁中心間隔

所報第十八號[1] 所載の三等橋に對する經濟的主桁中心間隔は次の如し。但し L は支間、l は中心間隔とす。

$$l=0.15L+0.35\ (\mathrm{m})$$

支間 (L)	5	6	7	8	9	10	11	(m)
間隔 (l)	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85	2.00	(m)

而して本設計に於ては設計竝に施工の便を考慮し、夫々の有效幅員に對し附圖に示す如く 1.5 m 乃至 2.0 m の間隔を用ひたり。

---

1) 土木試驗所報告第十八號 115 頁

2. 床 版

所報第十八號 113, 128 及 130 頁參照、尙床版總厚は施工の都合を考慮し 15 cm とせり。

3. 主 桁

彎曲率 計算の結果は桁の絕對最大彎曲率及其の位置は、支間中央及其の最大彎曲率と大差なく、又最大彎曲率の變化は拋物線として設計上差支なきを以て、最大彎曲率圖は所報第十八號[2] 所載の計算による支間中央最大彎曲率を最大縱距とする拋物線と假定せり。第一圖は各支間に對する中央最大彎曲率を示すものなり。

剪力 最大剪力圖も亦支間中央に於ける最大剪力と支點最大剪力を直線を以て結ぶものとして十分なるを以て、普通の計算より第二圖を作製して用ひたり。

腹部の寸法 腹部の高さ z, 及幅 b_0 は所報第十八號[3]により次式を用ひて計算し、設計の都合により附圖に示す如く切捨又は繰上げたり。

$$z=0.12\sqrt{M_r} \qquad b_0=0.16\sqrt[4]{M_r} \qquad (z,\ b_0\ \mathrm{cm})$$

M_r……腹部死荷重以外の總荷重による中央最大彎曲率 (ton m)

4. 橋 臺 頂 部

鐵筋コンクリート丁桁橋の震害は橋臺に於る桁承及胸壁 (Parapet) の部分に最も甚し、故に本設計にはこの點に特別の注意を拂はれたき意味に於て、該部分の圖面を挿入することなしたり。

5. 材 料

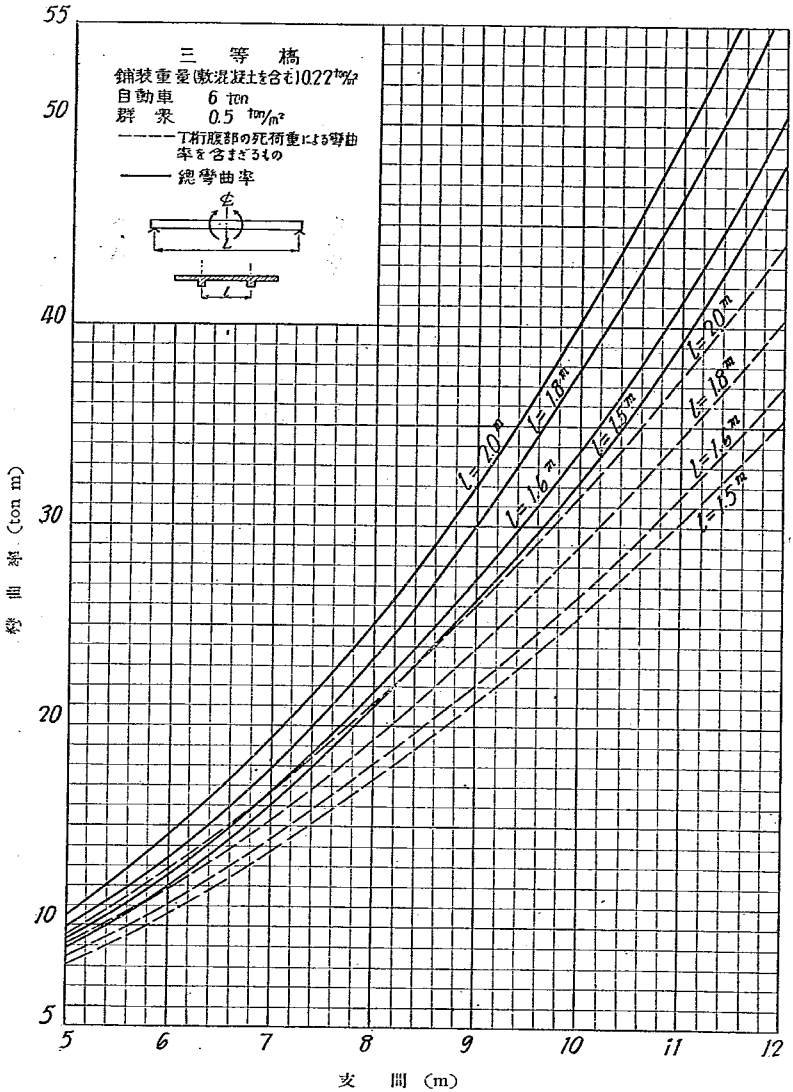
第三圖乃至第五圖は本設計の所要材料を圖示せるものにして、中間支間竝に他の幅員に對する所要材料を本圖より推定することを得べし。但し玆には鋪裝及敷コンクリート、橋臺頂部、高欄、結束用鋼線等を含まず。

(圖面は卷末に添附す。)

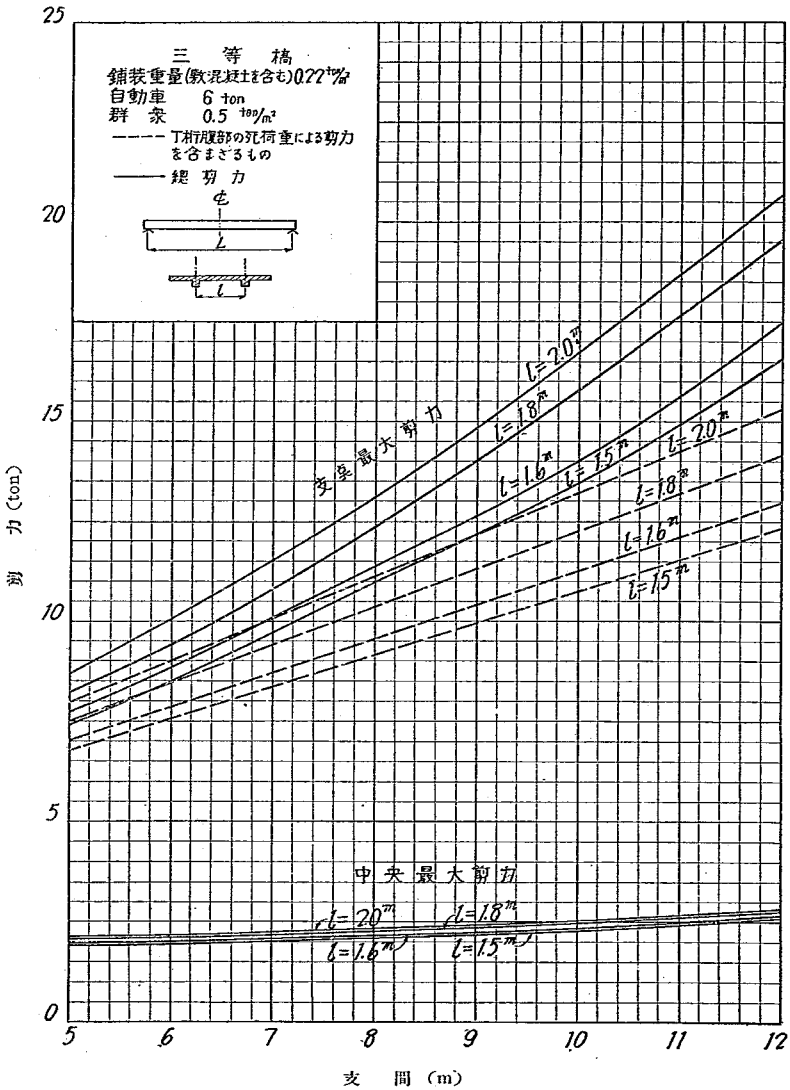
---

2) 土木試驗所報告第十八號 113 頁及 134 頁
3) 同 上 110 頁及 111 頁

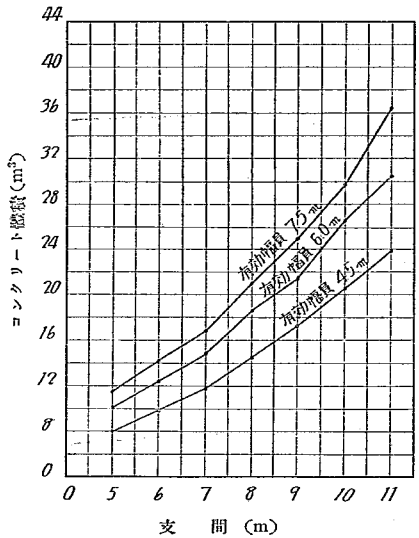
第一圖　丁桁中央最大彎曲率



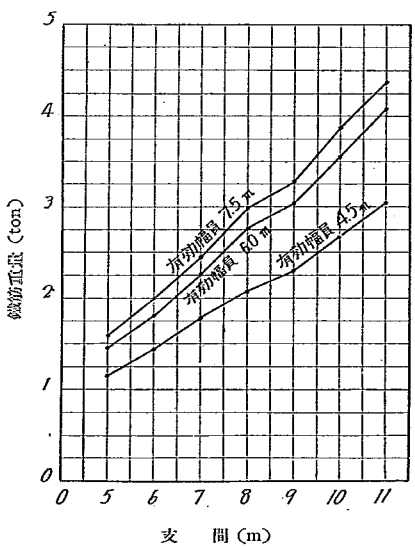
第二圖　丁桁最大剪力


三等橋
鋪装重量(敷混凝土を含む)0.22 t/m²
自動車 6 ton
群衆 0.5 t/m²
丁桁腹部の死荷重による剪力を含まざるもの
純剪力
支点最大剪力
l=2.0m
l=1.8m
l=1.6m
l=1.5m
中央最大剪力
剪力 (ton)
支間 (m)
0
5
10
15
20
25
5
6
7
8
9
10
11
12

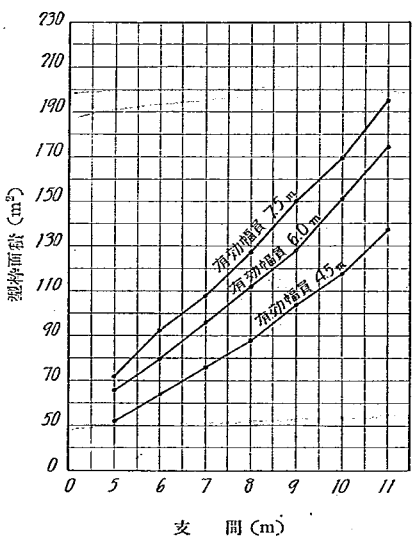
第三圖　所要コンクリート體積（鋪裝用コンクリートを含まず）



第四圖　所要鐵筋重量



第五圖　所要型枠面積



碎石の磨損率に關する一試驗

內務技師　高　田　昭

梗　概

石材の磨損試驗は石質としての磨損抵抗を比較する目的の爲めに行ふものにして碎石の如き形狀及大さの不同なるものの磨損抵抗とは異る所以を述べ、次に市場に在る碎石を用ひて其の磨損抵抗と大さとの關係並に石質試驗に依る磨損抵抗との關係を求むる第一步として試驗したる結果を記述す。

碎石の磨損試驗は前述の如く之れを一定の大さ、形狀及重量を有する供試體 50 個に就きて行ふものにして、其の目的は石質の比較に在り。從つて石質以外の條件は常に能ふ限り一定となして試驗すべきものなり。實際に碎石を使用せんとするに當りては其の石質の程度を豫め定め置く必要あるは一般工事計畫の場合と同樣にして、卽石質は第一義的必須條件にして、人爲的加工によりて變化する形狀及大さとは別個問題に屬するものなり。從つて一般の碎石示方書には石質と共に其の形狀及大さをも指定しあるなり。

碎石の形狀及大さを測定する方法としては單に篩を用ひて所謂機械的分析を行ふに止まり、未だ適當なりと首肯し得る合理的方法の考案されたるものなき狀態に在り。然れども現今一般に使用さるる碎石に就きて見るに形狀に關する示方書中の記載は徒らに空文に過ぎざる觀あり。卽原石を破碎して碎石を造る場合の機械的處理方法に對しては一般に閑却され、總べて之れを生產者の意の儘に放任しあるが如き現狀に於ては、石質の一部として磨損率を明かならしむるとも之れが效果に就きては少なからざる疑問を抱かしむるものなり。

碎石の使用に當り其の石質を明かならしむるには別に原石を求むる必要あり。碎石を直ちに試驗に供して其の目的を達し得ざるが故に之れを極めて不便なりとし、又其の甚だしきは實際に使用せんとする碎石を用ひて磨損試驗を行ふに非ざれば現狀に卽せざるものと考へらるることあり。斯くの如きは石質と形狀及大さとを混淆して區別せざるに基づく考へにして、將來一定の形狀を有する碎石が得らるるに至りたる曉に於て始めて考慮さるべきものなり。

然れども碎石の磨損抵抗が其の形狀及大さに對し如何なる關係を有するものなるかを明

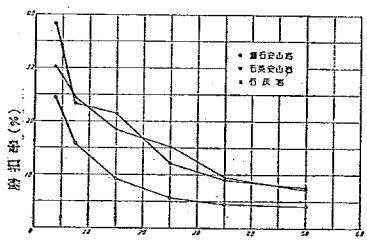
かならしむるは實に必要なる事項にして、俄かに之れを闡明することは望み難からんも追次研究を重ねて之れが目的を達せんとしつつあり。而して次に記すものは其の第一歩として試みたる試驗結果の一部を取り纒めたるものなり。

同一石質より成る碎石に在りても其の磨損抵抗は之れに作用する外力が一定なる場合には塊の大なる程强大なるは容易に推測し得る處なるも、果して如何なる關係を有するか又之れを實驗的に容易に比較し得る方法を求めんが爲め先づ次の如き試驗を行ひたり。

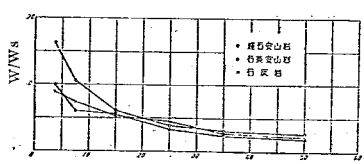
碎石の種類　東京市に於て容易に購入し得るものの内石質試驗の結果磨損率の最大及最小なりと推定さるる安山岩を各1種、及石質の相違せるものとして石灰岩を1種選びたり。是等の碎石は總べて各生產地に於て破碎して碎石となせしものにして、其の石質試驗は別に大塊をなす原石に就きて行ひたり。其の結果は第一表に示すが如し。

實驗方法　本試驗に於ては碎石の形狀に關する問題には全然觸るることなく、之れを圓孔標準篩（本所制定第一種篩）にて篩分けて 60～40, 40～30, 30～20, 20～10, 10～5, 5～2.5 mm の 6 種に區分し、各々を 3,000 g 宛秤取し之れに鐵球（直徑 5 cm）4 個を混じて磨損試驗機の圓筒内に納れ、10,000 廻轉せしめたる後 1.6 mm 篩を通過せしものを磨損量とせり。

結果　試驗の結果は第二表に示すが如し。碎石の大さと磨損率との關係は第一圖に示すが如く、一般に磨損率は細粒なるものに於て大にして粗粒となるに從ひ漸次に減少するものにして、其の傾向は石質の如何に拘らず略々一樣なり。而して曲線中に稍不規則なる箇所あるは大さに因る影響以外に形狀の不同に因る影響を著しく受けたるが爲めなるべし。第二圖は碎石より直ちに求めたる磨損率（W）を原石を用ひたる標準試驗に依る磨損率（W_s）との比と碎石の大さとの關係を示したるものにして大さ 20 mm 以上のものに在



第一圖　碎石の大さと磨損率との關係



第二圖　碎石の磨損率（W）と標準試驗に依る磨損率（W_s）との關係

りては W/W_s と大さとの間には略々一様なる關係あるを認めらる。然るに 20 mm 以下 2.4 mm のものに在りては是等の關係極めて不同なり。

元來本試驗は單なる試みとして行ひたるに過ぎずして、其の方法に於ても將來改良すべき餘地あらんも兎に角以上の結果より見るに次記の如き推定を下し得るなり。

（1） 碎石の磨損抵抗は其の大さと共に增加す。

（2） 大さ 20 mm 以上のものに在りては碎石の磨損率と標準石質試驗に依る磨損率との間には略一定の關係を認め得る。

（3） 大さ 20 mm 以下のものの磨損抵抗は形狀に依る影響を著しく受くるものの如し。

第一表　石質試驗結果

試驗項目＼試料名	輝石安山岩	石英安山岩	石灰岩
比重	2.60	2.49	2.80
吸水率 (%)	1.4	4.6	0.3
磨損率 (W_s) (%)	1.5	3.9	3.4
磨損係數	26.7	10.3	11.8
硬度	18.7	14.8	16.6
磨耗量 (mm)	3.0	13.0	7.8
靱性	28	9	8
締合力	17	475	45
抗壓强度 (kg/cm²)	2,910	1,358	1,400

第二表　碎石の磨損試驗結果

碎石大さ (mm)	試驗前重量 (g)	鐵球重量 4 個 (g)	試驗後重量 (g)	重量減 (g)	磨損率 W (%)	$\frac{W}{W_s}$
輝石安山岩						
60 ～ 40	3,000	2,231	2,877	123	4.1	2.73
40 ～ 30	,,	2,232	2,862	138	4.6	3.07
30 ～ 20	,,	2,212	2,827	173	5.8	3.87
20 ～ 10	,,	2,250	2,725	275	9.2	6.13
10 ～ 5	,,	2,265	2,527	473	15.8	10.53
5 ～ 2.5	,,	2,340	2,269	731	24.4	16.27
石英安山岩						
60 ～ 40	3,000	2,220	2,773	227	7.6	1.95
40 ～ 30	,,	2,221	2,729	271	9.0	2.31
30 ～ 20	,,	,,	2,635	365	12.2	3.13
20 ～ 10	,,	2,222	2,352	648	21.6	5.54
10 ～ 5	,,	,,	2,297	703	23.4	6.00
5 ～ 2.5	,,	,,	1,852	1,148	38.3	9.82
石灰岩						
60 ～ 40	3,000	2,226	2,784	216	7.2	2.12
40 ～ 30	,,	2,236	2,714	286	9.5	2.79
30 ～ 20	,,	2,229	2,541	459	15.3	4.50
20 ～ 10	,,	2,232	2,447	553	18.4	5.41
10 ～ 5	,,	2,200	1,269	731	24.4	7.18
5 ～ 2.5	,,	,,	2,095	905	30.2	8.88

三陸津浪調査報告

內務技師　松　尾　春　雄

內　容　梗　概

昭和 8 年 3 月 3日拂曉に發生した地震に伴ふ津浪の三陸地方に於ける被害狀況調査の命を受け、3 月 3 日より 10 日まで及 5 月 19 日より 6 月 4 日までの間に於て、岩手宮城兩縣下に於て調査した結果、之に依る津浪の性質及勢力に就ての研究及津浪の被害輕減に就ての私見を述べたものである。

目　　次

頁

I 緒　言……1

II 被害の概要……2

1. 地　震……2

2. 津浪の被害……3

3. 各地に於ける津浪の高さ及浸水面積……5

4. 工作物に對する被害……9

III 津浪の性質及勢力に對する考察……10

1. 津浪の形……10

2. 海岸に於ける津浪の高さ及勢力……13

IV 被害輕減の方法及被害防備施設……26

1. 被害輕減の方法……26

2. 防備施設……27

I 緒　　言

從來地震に對する構造物の强度に就ては多くの研究があり、我國に於ては耐震構造が土木建築學の一分科を形成する程度にまで重要視されてゐるに反し、地震に伴ふ津浪に關しては、その起る度數が決して尠くないに拘らず、從來何等この災害防止に關する實際的の研究がなく、我國の主に外側地震帶に面する海岸は、この災害に對しては無防備の狀態に置かれてあつた。今回の津浪は幸か不幸か 37 年以前に大津浪の襲來を受けた三陸地方に

起つた爲に、往時の經驗に依り多くの部落に於ては豫めその襲來を豫知し適當の避難をなした爲に津浪が大なりし割合に生命の損失を著しく尠くする事が出來た。若し同じ程度の津浪が近い過去に經驗を有しない他の地方を襲つたとしたならば、それによる生命の損失の甚大さは今回のものとは程度を異にしたであらう。

今回の津浪の跡を見るにその强さ及高さは地形に依り著しく異り、ある場所に於てはその勢力が餘りにも大なる爲に之を防ぐ事は人智の企て及ぶ可らざる所と考ふるも、他方適當の設備によつて著しくその被害を輕減し得ると考ふる所も多い。しかもこの兩者は震源地の如何に拘らず地形的に區別し得る事が多い。故に津浪の危險ある海岸地方に諸施設をなすに當り、適當の場所を選擇すると同時に之に有効なる防備施設を置き被害を輕減する樣に心掛くる事が最も肝要である。

明治 29 年には大なる津浪が三陸地方を襲つたが當時の技術界は之に對し十分の考慮を費す餘裕がなく、僅に被害甚大なる部落が自發的に高處に移轉した以外は一二防浪堤、防潮林等の設置を見たのみであつて津浪の强さに對する具體的な研究は發表されなかつた。從つて土木工作物に依つて被害を輕減する事に就ては遺憾ながら殆ど考慮を費されず、今回の津浪によつて家屋その他の構造物は 37 年以前と殆ど同樣の災害を繰返した。

本編に於ては津浪の勢力が大となるべき地形、津浪の性質及勢力に就ての私見を述べ、津浪被害の少なかるべき場所の選擇、防浪及耐浪構造設計に對する資料を提供せんとしたものであるが、これは尙多くの研究試驗の結果に俟たなければならない問題であるに拘らず玆に述べたものは匆々の間に纒めたものであつて考慮不十分の點が多々ある事と思ふ。諸家の御叱正を得れば幸甚である。

本調査に當つて內務省仙臺土木出張所、岩手、宮城兩縣土木課各位及行を共にしたる所員八木技手を煩したる事大である。玆に前記各位に對し厚く感謝の意を表する。

II 被害の概要

1. 地震

3 月 3 日午前 2 時 31 分頃に發生した地震を人體に感じた區域は本州中部以北及北海道全部であるが震度は一般に割合に小であつて、岩手縣宮古、釜石、宮城縣石卷、仙臺等は比較的大なる地震を感じたのであるが此等の地に於ても最大加速度は 400～500mm/秒/秒程度であつて中央氣象臺の地震スケールの 5, 卽ち强震（弱き方）に屬する。從つて地震

に依る被害は殆どなく僅に岩手縣兩石灣水海及その西方女遊部を結ぶ線に沿ふて道路切取部に於て最大重量約 10t の巨石が轉落し道路を塞いだ程度である。山形縣に於ては倒潰家屋が7戸あり、又同地方の酒製造所に於ては地震の爲に酒が樽より溢出した爲の被害が多少あつた。

東京市王子區志茂町荒川右岸にある當試驗所分室に備付けた地震研究所の加速度地震計の記錄は次の如くである。これは水平加速度のみを記錄するものであり、その中南北方向の加速度は記錄不完全であつたから東西動のみのものに依る。

初期微動繼續時間	65 秒;	記錄に表はれた總振動繼續時間約 20 分							
初期微動最初より の經過時間(分秒)	秒 秒 0乃至10	秒 分 秒 20乃至1 0	分 秒 1 30	分 2	分 3	分 5	分 7	分 10
最大加速度(mm/秒/秒)	4.5	5.5乃至9.0	220	100	70	30	14	14
振動週期 (秒)	0.4乃至0.5	0.4乃至0.65	0.3	0.77	1.0	4.0	7.0	8.0

之に依ればこの地震は他の一般地震に比し主要動終期に於ける週期が著しく長い。三陸地方に感じた地震も極めて緩漫な振動であつたとの事で津浪を伴ふ地震の特長である。この地震の震源は中央氣象臺發表に依れば東經 144.6° 北緯 39.2° の地點であつて釜石東方約 240km の水深約 7,000m の海底附近である。

2. 津浪の被害

北海道、青森縣、岩手縣、宮城縣及福島縣の太平洋に面した沿岸に於て地震後約 30 分に襲來した津浪の達した高さは各地に於て異るも、最大 29m に及びその有する大なる勢力の爲に多數の家屋その他の工作物を破壞流失し、又多くの死傷者を出した。前記各縣に亘る被害町村の數は 70 に及び中には全部落が殆ど跡形もなく流失したものもある。之を明治 29 年 6 月 15 日午後 8 時頃に同地方を襲つた所謂三陸大津浪に比するに、浪の高さは一般に之より稍低く從つて被害程度も稍尠い。兩度の被害を府縣別に表はせば次の如くである、今回のものは 3 月 15 日內務省警保局發表に依り、明治 29 年のものは震災調査報告第十一號に依る。

下記の表に就て見るに流失倒潰及燒失合計は今回のものは明治 29 年に比し約 47% に當るに拘らず死者及行衞不明（この大部分は死者と見做さるべきもの）の合計は約 14% に過ぎない。之は今回の津浪では以前の經驗に依り地震後故老の言に聞いて早く避難した爲である。

			岩手縣	宮城縣	青森縣	北海道	福島縣	計
昭和八年	人	死	1,316	170	23	13	—	1,522
		行衛不明	1,397	138	7	—	—	1,542
		計	2,713	308	40	13	—	3,064
		傷	823	145	54	—	—	1,092
	家	流失	2,914	950	151	19	—	4,034
		倒潰	1,121	528	113	48	—	1,817[1]
		焼失	216	—	—	—	—	216
		計	4,251	1,478	264	67	—	6,067[1]
	船舶	浸水	2,259	1,520	107	131	1	4,018
		流失	5,860[2]	948	320	162	5	7,295
		破損	—[2]	425	312	44	2	783

			岩手縣	宮城縣	青森縣	計
明治二十九年	人	死	18,158	3,452	299	21,909
		行衛不明	?	—	44	44
		計	18,158	3,452	343	21,953
		傷	2,943	1,241	214	4,398
	家	流失	4,801	3,123	602	8,526
		倒潰	726	854	264	1,844
		焼失	2,532[3]	—	—	2,532
		計	8,059	3,977	866	12,902
	船舶	浸水	1,175	2,426	93	3,694
		流失	4,453	1,145	122	5,720
		破損	1,003	—	207	1,210

1) 表に洩れた山形縣の倒潰家屋 7 戸を計の中に含む。
2) 岩手縣の分は流失及破損兩者合計である。
3) 流失倒潰以外の亡失として擧げられた數字であるが果して焼失か否かは不明。

尙概算に依る今回の地震及津浪に依る被害額は警保局發表によれば約 12,632,979圓であつて縣別にすれば

岩手縣	10,877,741圓	宮城縣	1,306,788圓	青森縣	275,945圓
北海道	168,000圓	福島縣	2,400圓	山形縣	2,305圓

である。

尙津浪による昭和 7 年度災害土木工事費として內務省にて査定されたる額は岩手、宮城兩縣下に於て次の如くである。

		岩手縣		宮城縣	
		箇所數	工費	箇所數	工事
道路	縣工事	74	153,652圓	21	196,065圓
	町村工事	65	277,400	9	27,863
	計	139	431,052	30	223,928
橋梁	縣工事	30	284,494	7	14,460
	町村工事	47	88,275	3	2,123
	計	77	372,769	10	16,583
河川	縣工事	—	—	2	7,620
	町村工事	41	235,515	1	1,521
	計	41	235,515	3	9,141
海岸	縣工事	—	—	53	263,905
	町村工事	41	550,741	23	32,836
	計	41	550,741	76	296,741
合計		298	1,590,077	119	546,393

3. 各地に於ける津浪の高さ及浸水面積

津浪が海岸に於て到達した最高の高さは本編終の附圖第一乃至第五圖に示す如く同一部落に於ても必ずしも同一でないが次に記すものは、その中の最高であつて津浪發生直前のその海岸の靜水面より測定した高さである。

津浪の當日は舊曆 8 日であつて午前 3 時頃には三陸沿岸では干潮より稍上け潮に向つた時であつて、その時の水面の水路部基本水準面上の高さは次の如く、これは略平均海水面に近い。

北海道釧路	+0.92m	宮城縣追波川口月濱	+0.95m
青森縣八戸	+1.07	鹽釜灣頭花淵濱	+0.79

尙此の附近海面の潮汐は

	大潮升	小潮升	平均高潮間隙	平均水面(基本水準面上)
北海道釧路	1.2m	1.0m	3時間40分	0.8m
青森縣八戸	1.3	1.0	3 50	0.9
岩手縣釜石	1.3	1.1	3 45	0.9
宮城縣鹽釜	1.4	1,1	4 50	0.9

次に掲げた三陸沿岸の主要なる各地の津浪の高さは、自ら測定したもの及縣土木課に依賴して得た結果であつて詳細は附圖第一乃至第五に示した、參考の爲に竝記した明治 29 年の中、調査不能の分(* 印)は震災豫防調査報告第十一號伊木氏の報告による。

附圖の中浸水區域調査未了の分は津浪の高さのみを記した。地圖に記入の高さは今回の分は津浪發生當時の水面より、明治 29 年の分は平均水位よりの高さである。今回のものも津浪發生當時の水位は略平均水位に近いから兩方共に平均水位よりの高さとして近似的に差支ない。尙明治 29 年の高さは土地の人の當時の記憶によつたものが多いから必ずしも正確を期し難い。

			昭和8年	明治29年
青森縣		八戸港	4.6	3.0*
岩手縣	九戸郡	八木	7.2	18.3
		久慈湊	8.7	—
		野田	15.6	20.0
		普代	16.9	—
	下閉伊郡	小本	13.4	11.8
	〃	田老	6.4	14.6*
	〃	宮古	8.2	9.1*
	(宮古灣)	金濱	3.5	6.3*
	重茂村	姉吉	14.0	18.8*
	(山田灣)	大澤	4.4	3.9*
	〃	山田	4.2	5.5*
		大槌	3.4	4.2
		兩石	9.5	11.7
		釜石	4.4	6.0
	(唐丹灣)	本郷	9.9	15.3
	〃	小白濱	12.1	17.3
		吉濱	14.6	26.3
		越喜來	6.3	11.3

			昭和8年	明治29年
	(綾里灣)	白濱	29.2	38.2
		大船渡	3.1	5.8
	廣田村	根卯	26.7	—
	(廣田灣)	沼田	3.5	—
	〃	長部	3.6	4.6
宮城縣	〃	只越	8.5	10.5
	(氣仙沼灣)	小々汐	1.6	—
		氣仙沼	1.5	—
		大谷	3.2	9.0
	歌津村	中山	10.5	11.2
		志津川	2.2	3.8
	(追波灣)	月濱	2.7	—
		雄勝	5.7	4.8
		女川	2.5	3.3
	鮫ノ浦灣	大谷川	4.0	2.0
		鮎川	1.3	2.1*
		石巻	1,0	0.6*
		鹽釜	0.2	—
	(鹽釜灣)	花淵濱	1.4	—

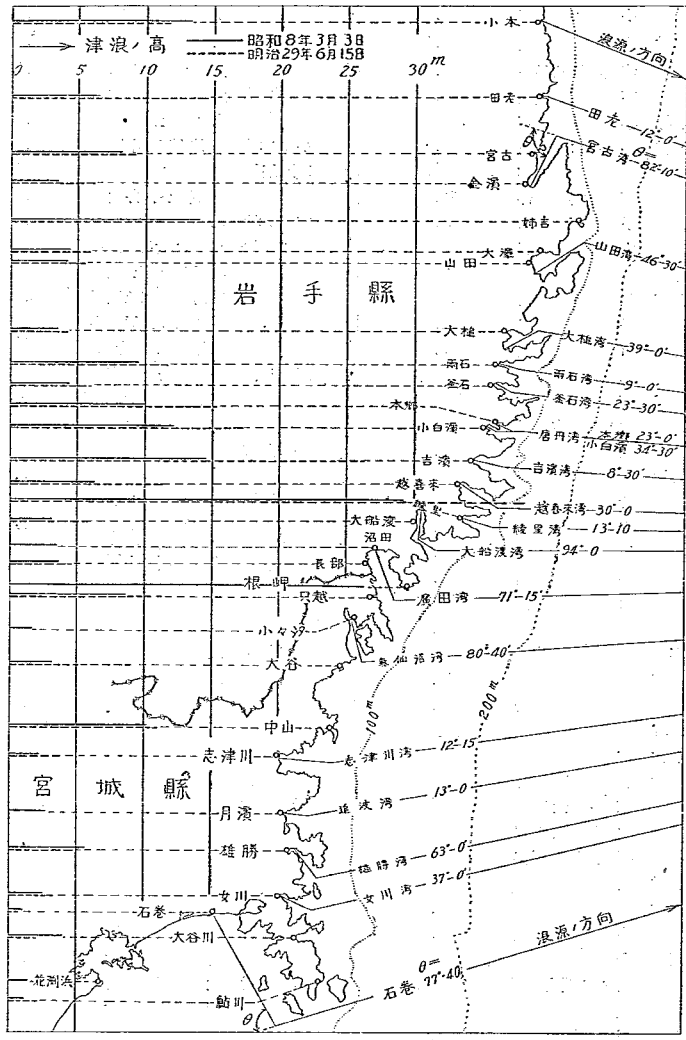
以上第一圖參照。

第一表は縣土木課調査による今回の津浪の各部落別浸水面積であつて宮城縣の一部に就ては明治 29 年の調を( )内に記した。

第一表 浸水面積(單位ヘクタール)

岩手縣 氣仙郡		
氣仙町	長部	30.0
米崎村	沼田及脇ノ澤	127.5
小友村	三日市及兩替	22.5
	鹽谷及鳥島	10.0
	獺澤	5.0
	唯用	20.0
廣田村	長洞	
	根卯	15.0
廣田村	六ケ浦及天王前	20.0
	泊、中澤及久保	25.0
末崎村	泊里	10.0
	小細浦	10,0
	船河原及細浦	45.0
大船渡町	笹ケ崎及下船渡	157.5
赤崎村	生形	
	長濱	30.0
	清水及蛸之浦	37.5

第一圖


津浪ノ高
昭和8年3月3日
明治29年6月15日
0 5 10 15 20 25 30m
小本
浪源ノ方向
田老
田老 12°-0'
宮古
宮古湾 θ= 82°-10'
金濱
姉吉
大澤
山田
山田湾 46°-30'
岩手縣
大槌
大槌湾 39°-0'
兩石
兩石湾 9°-0'
釜石
釜石湾 23°-30'
本郷
小白濱
唐丹湾 本郷 23°-0' 小白濱 34°-30'
吉濱
吉濱湾 8°-30'
越喜來
越喜來湾 30°-0
綾里
綾里湾 13°-10
大船渡
沼田
大船渡湾 94°-0
長部
根岬
只越
廣田湾 71°-15'
小々汐
大谷
無仙沼湾 80°-40'
100m
200m
中山
志津川
志津川湾 12°-15'
宮城縣
月濱
雄波湾 13°-0
雄勝
雄勝湾 63°-0'
女川
女川湾 37°-0'
石巻
大谷川
浪源ノ方向
花渕浜
θ= 77°-40'
石巻
鮎川
θ

綾里村	田濱、石濱及岩崎	42.5
	白濱及野々前	25.0
	小石濱	12.5
越喜來村	崎濱	22.5
	浦濱、泊及杉下	45.0
	下甫嶺	20.0
吉濱村	本郷	35.0
唐丹村	小白濱	20.0
	本郷	32.5
	花露部	10.0
	下荒川	20.0
	大石	7.5
上閉伊那		
釜石町	釜石	75.0
	平田	10.0
	白濱	5.0
	佐須	12.5
大槌町	町方	147.5
	吉里吉里	20.0
	浪板	20.0
鵜住居村	兩石	7.5
	片岸	15.7
	室濱	10.0
	箱崎	10.0
	根濱	95.0
	白濱	7.5
	水海	9.8
下閉伊那		
宮古町	宮古	15.0
	鍬ヶ崎	20.0
山田町		185.0
織笠村	靈屋	
田老村	青砂里、乙部	100.0
	荒谷及大平	
	向新田及水澤	10.0
	攝待及下攝待	60.0
崎山村	宿	5.0
磯鶏村	磯鶏	75.0
	高濱	20.0
津軽石村	金濱	187.5
	法ノ脇、藤畑及赤前	
	堀内	12.5
重茂村	里	20.0
	晉部	17.5
重茂村	與奈	7.5
	姉吉	10.0
	千鶏	12.5
	石濱	5.0
	追切及浦澤	7.5
船越村	大浦	20.0
	山ノ内及田ノ濱	92.5
小本村	小崎濱及中野	97.5
田野畑村	島ノ越	12.5
	羅賀及平井賀	15.0
普代村	堀内	7.5
種市村	八木、大濱	50.0
	吹切及土釜	
	玉川、川畑及濱平	15.0
	平内、川尻、小橋	57.5
	荒津内、小路合及鹿糠	
野田村	下安家	22.5
	港、三日市場及米田	150.0
	廣内	20.0
宇部村	久喜	
	小袖	15.0
長内村	二子	177.5
久慈町	湊及長久寺	
夏井村	半崎及大崎	
中野村	小子内	15.0
	桑畑	5.0
宮城縣 本吉郡		
唐桑村	大澤	12.5(21.2)
	只越	8.3(12.5)
	小鯖	6.7 (7.5)
	宿	4.7 (6.2)
大島村	浦濱	2.9 (8.7)
小泉村	二十一濱	9.25(12.3)
歌津村	名足	7.6(10.2)
	中山	8.9(10.6)
	馬場	9.6(11.3)
	伊里前	10.3(14.0)
	港	10.1(11.4)
志津川町	字町	15.2(33.4)
	清水	9.8(16.1)
戸倉村	波傳谷	9.5(10.1)
	折立	19.2(24.8)
	蘇濱	4.2 (6.8)
十三濱村	根川	28.1

桃生郡			牡鹿郡		
十五濱村	埠勝	37.6	大原村	谷川	16.9
	船越	7.8		鮫ノ浦	5.7
	名振	11.2		大谷川	17.2
女川町	女川濱	31.7		小網倉	9.3
	御前濱	10.6		前網	0.8
	尾浦濱	9.6			

4. 工作物に對する被害

津浪の高さは沖合に於ては割合に小なるも岸に近づくに從つて大となり、殊に津浪の源(以下之を浪源と稱す)に向つて開いた灣に於てこの現象が著しい。先般の津浪は第 III 章に述べる如く海岸線の海に向つて突出した線より數粁離れた、水深約 100 m の場所に於ける波の全體の高さは、約 3 乃至 5m と推定さるるに拘らず、岸に於ては前記の如くその時の水面上 29 m 以上の高さに及んだ所がある。之は水深及地形により浪の勢力が次第に狹い面積に集中する爲である。津浪夫自身の破壞力は水深が小になれば相當大となるが(第 III 章 2 參照) 工作物に最も大なる被害を與へるのは津浪が碎けた後の所謂碎波の勢力であると考へる。この碎波が波よりも流れの狀を呈して陸上の緩斜面に大なる勢力を以て押寄せる場合、此處にある家屋その他の工作物は容易に破壞され木材等は浪と共に陸側に運び去られる。この碎波は相當距離の間猛威を逞しくする間に次第にその勢力を失ひ、次に一旦上昇した水は急な流れとなつて再び海に流れ返る。この返りの流れは前の寄せ波により破損されて僅に殘つた家屋その他の工作物を破壞し、その木材等を海に運び去る作用をなす。この作用の反覆によつて最初の間はよく耐へた工作物も次第に弱められ遂に破壞するに至る。本編終の寫眞第十九及第二十九は田老町及山田町に於て津浪が達した最高地點附近に浪によつて運ばれた家屋の破片である。碎波の作用を受くる事割合に尠く、浸水したるのみにて破壞作用を伴ふ事が尠い場所も多少あるが此等に就ては第 III 章に述べる事とする。

棧橋等は寄せ波の場合には普通設計には殆ど考へない上向の力が働くから、この時に最も危險であるに反し護岸、岸壁等は引き波の時に背面に大なる水壓が働き危險な狀態となる。實際の被害狀況を見るに棧橋は殆ど全部上部の床板を失ひ(寫眞第二十八、三十、三十三、三十八、三十九參照) その跡に亂杭の如き狀態となつて柱のみが殘る。護岸も空積間知は寄せ波及その場合の漂流物により破壞された形跡の認められるものが多いが(寫眞第十一、二十六、二十八、五十四、六十九參照) 比較的堅固な練積間知等は引き波によつ

て被害を受ける(寫眞第三、四、二十七)。練積間知も基礎水面附近の施工不十分の爲にこの部分が空積と同樣の狀態となりこれが原因して全體の倒潰を來したものが所々に見受けられた。寫眞第三は宮古港の鐵筋混凝土角柱の間にスラブを建込んだ構造のものの被害であるがスラブは大部分後方に投出されてゐる中に前方に辷り出してゐるものも認められ前述の二樣の津浪の作用を明に示してゐる。

道路は倒潰家屋及漂流物の爲に路面を塞がれたものが多く特に海岸に沿ふて盛土した道路及海岸棧道が洗ひ流されたものが僅にある。(寫眞第四十七、七十六、七十八參照)

橋梁は津浪により破壞される事は尠く漂流船舶等の激突の爲に或は橋脚を折られ或は上部桁を運び去られたものが多い。(寫眞第二十三、二十四、三十二、五十二、及七十一參照)

III 津浪の性質及勢力に對する考察

1. 津浪の形

(1) 記錄 津浪の形を知るには自記檢潮儀の記錄に依るのが最も確實であるが、岩手縣沿岸の宮古に設けられたものが津浪の爲に流失し宮城縣氣仙沼附近のものが津浪襲來後 2 時間半にして檢潮舍が流材の爲破壞流失した爲、外洋に面した場所の記錄として完全なものは北海道釧路(北海道廳所屬)三陸沿岸では青森縣八戸(縣所屬)及宮城縣追波川口(內務省仙臺土木出張所所屬)のもの、その他北海道では根室、室蘭、函館(北海道廳所屬)のみであるが、三陸附近では青森(縣所屬)石卷、鹽釜灣頭花淵濱、鹽釜(內務省仙臺土木出張所屬)及牡鹿半島鮎川(海洋氣象臺所屬)の記錄がある。

以上の中主なる記錄を同一寸法にして第二圖に示した。尙參考の爲に横濱港、東京靈岸島、淸水港(內務省東京土木出張所及横濱土木出張所所屬)の記錄をも竝記した。

之に依れば津浪の襲來の時刻は八戸に於けるものが最も早く地震後約 36 分であつて距離が大になるに從つて次第に遲くなつてゐる。(氣仙沼のみが時刻と距離との關係が一致しないが、之は記錄の時間が相違してゐた事に因るのではないかと想像される)

津浪襲來の狀態は記錄の大部分は何れも初めに普通の水面より稍高くなり次に著しい引潮がありその後に津浪の頂に相當する部分が來てゐる。一般に最高は初期に現れてゐるが數回目の浪が最高になつてゐる所もある。一つの波の高さとしては記錄された中では氣仙沼の 2.92m が最大であるがその時の靜水面上の高さとしては八戸及氣仙沼の 1.82m が最

大である。檢潮儀記錄による各地の津浪の狀態は次の如くである。下記の中銚子は測候所の記錄、布良は中央氣象臺のものに依る。

		津波到來の時刻[1]	發震時より津波到來までの時間	最初の引き潮の下り高	最初の浪の高さ[2]	津波到來より最大波動を生ずるまでの經過時間	最大波動の全振幅	最高の波の頂とその時の平均水位との高さの差
		時　分	時　分	m	m	時　分	m	m
北海道	根室	3：30	0：58	0.10	0.20	4：50	0.32	0.12
	釧路	3：20	0：48	0.54	1.12	4：25	1.15	0.62
	室蘭	3：55	1：23	0.12	0.14	6：40	0.52	0.25
	函館	3：28	0：56	0.15	0.55	4：10	0.85	0.43
青森縣	八戸	3：08	0：36	1.51	1.76	1：40	2.79	1.82
宮城縣	氣仙沼	3：40	1：08	1.20	1.30	0：30	2.92	1.82
	追波川口月濱	3：29	0：57	0.50	1.50	0：07	1.48	1.02
	鮎川	3：10	0：38	1.20	2.50	0：14	2.87	1.35
	(鮎川)[3]	8：19[3]	0：50[3]	—	—	—	2.48[3]	—
	石巻	3：47	1：15	0.70	1.00	1：30	1.55	0.80
	花淵濱	3：50	1：18	1.50	2.80	0：20	2.82	1.37
	鹽釜	4：08	1：36	0.15	0.30	1：25	0.37	0.22
千葉縣	銚子	3：20	0：48	0.37	0.50[3]	1：28	0.50	0.20
	(銚子)[3]	8：16[3]	0：47[3]	—	0.45	0：06[3]	0.44[3]	0.24[3]
	布良	3：28	0：56	0.20	0.46	8：40	1.03	0.67
神奈川縣	横濱	4：13	1：41	—	0.15	0：57	0.17	—
東京府	東京	5：05	2：33	—	0.08	2：05	0.12	—
靜岡縣	清水	4：00	1：28	0.08	0.22	0：43	0.15	—

1) 最初の著しい引き潮の前稍々高くなつた頂の時を到着の時刻とする。

2) 玆に最初の波の高さとは初めの著しい引き潮の次に來た波の全體の高さである。

3) 明治 29 年の大津浪記錄。震災調査報告第二十九號及第三十四號（今村博士及大森博士）による。この記錄は著しい上げ潮から初まつてゐる。

（2）**振動週期**　外洋に面した場所の記錄を見るに津浪初期の週期及浪の形は割合に良く一致してゐる。就中八戸、氣仙沼、追波川口の三つは浪の初めより一時間半位は明に夫々相當した波を見出す事が出來る。その週期は最初の四つの波に就て見るにその平均は

八戸　12分、　追波川口　12分、　氣仙沼　10.5分

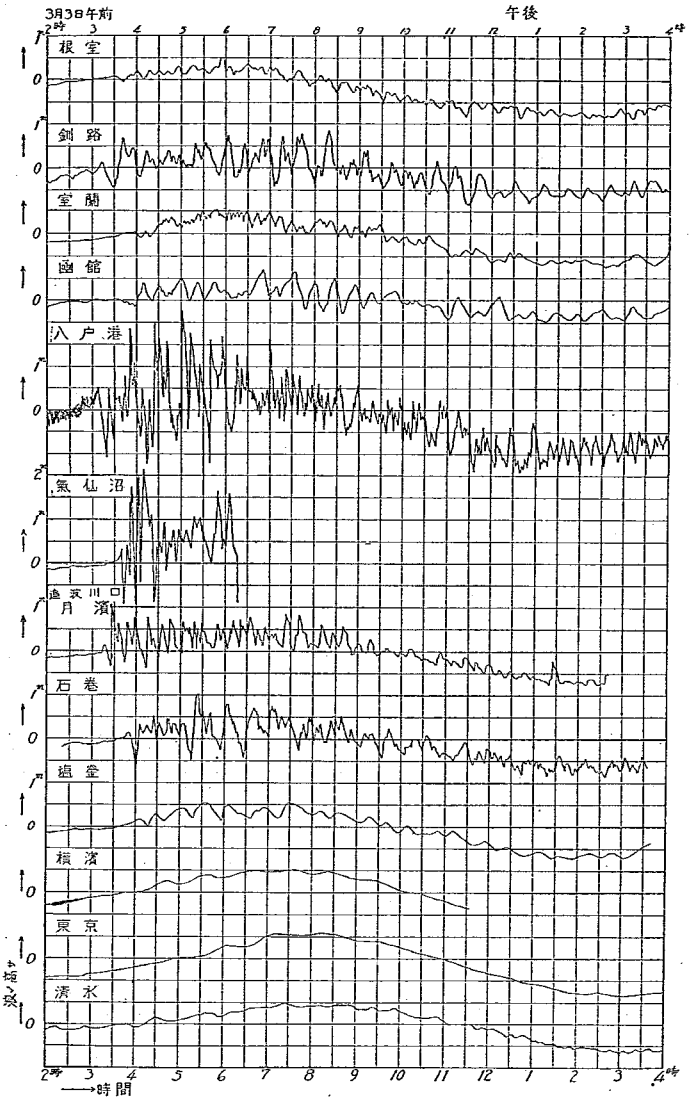
である。

浪源よりの距離が大となるに從つて週期は次第に大となり北海道の檢潮儀記錄の中外洋に面したる釧路に於てはその波の形は初めの間は前記三ヶ所のものと一致し夫々相當した波があるに拘らず週期は著しく大で前記四つの波に就て見るにその平均は

釧路　22.5分

となつてゐる。

第二圖



上記の外に週期は津浪の初期に於て

鮎川　10分、　銚子　12.5分

となつてゐるが距離が大になるに從つて小週期の波が消失し大なる週期が殘り且つ下記の如き大灣内各地に於ては灣の固有振動週期の影響を受けて週期は著しく大となり次の如くなる。

鹽釜　40分、　横濱　60分、　東京　70分、　清水　70分

津浪の波動が反覆される間に灣の固有振動は次第に發達し次の如き主及副振動週期が明に觀測されるに至る。

	主振動週期	副振動週期		主振動週期	副振動週期
根室	21分	10.5分	追波川口月濱	20分	10分
釧路	30	—	石巻	35	12
室蘭	65[1]	—	鮎川	7.3	—
函館	42	—	銚子	27	9
氣仙沼	15	5	布良	20	5

[1] 第　圖に記入した以後に於て此の如き週期が觀測される。

（3）**傳播速度及波長**　S. Russel 氏により $\omega=\sqrt{g\left(H+\frac{h_0}{2}\right)}$ 玆に ω は波の傳播速度 H は水深、h_0 は波の全體の高さ、とし波の高さは前記各地の觀測結果より假に深さによる波高の變化を無視して常に $h_0=6$ m とし各水深に對する波の傳播速度及波長を計算すれば次の如くなる。波長の計算には週期を（1）に述べた八戸、氣仙沼、追波川口の平均をとり 11.5 分とした。

水深 H(m)	3	6	10	20	50	100	200	1,000	3,000	7,000
傳播速度 ω(m/秒)	7.67	9.39	11.29	15.01	22.80	31.78	44.6	99.1	171.6	262.0
波長 (km)	5.29	6.48	7.78	10.38	15.72	21.92	30.8	68.4	118.4	180.8

上の表に就て見るに波長が極めて大であるから傳播に依る勢力の消耗が尠く從つて波動が遠距離まで容易に傳播される。

尙上記の ω に依り浪源より釜石海岸まで約 240km の間傳播するに要する時間を計算すれば約 43 分となる。

2. 海岸に於ける津浪の高さ及勢力

第 II 章に述べた如く海岸に於て津浪が達する高さは各地に於て著しく異り、これは

1. 灣口の浪源に對する方向
2. 海岸に於ける海底勾配

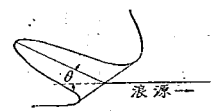
3. 灣の形狀

及その他二三の事柄に原因する。以下此等を項を分つて觀察する。

（1） **浪源よりの距離** 津浪の勢力從つて浪の高さはその源よりの距離に依り異るは勿論であつて第二圖に明らかなる如く遠距離に至るに從ひ次第に小となる。而してその浪の高さは大洋中に於ては傳播の勢力の損失がないものと考ふれば源よりの距離の平方根に逆比例する。實際には淺海に於ては傳播による勢力の損失が相當にあるから、それよりも尙小である。今回の浪源は海岸より非常に遠距離にある爲に三陸各地の浪源よりの距離の相異による影響は次に述べる各種の事柄に比すれば極めて小である。

（2） **灣の方向** 灣が浪源に向つてゐるか否かは灣内の浪の勢力に著しい影響があるが、これを理論的に決定する事は困難であつて模型試驗の結果に俟たなければならぬ。普通の海波に就ては廣井勇博士は次の關係を示されてゐる。

第三圖



$$h=h_0\left(1-\frac{\theta}{240}\right)$$

玆に h_0 及 h は夫々方向を轉換する以前及以後の波の高さ、θ は波の進行方向の轉換したる角、（度にて表はす、第三圖參照）。

この關係を直ちに津浪の如き長波に適用する事に就ては尙攻究の餘地がある。又岸に於て津浪が達する高さは、後に詳述する如く、所謂波の高さとは別の意味を有するのであるが、この岸に於ける高さも畢竟波の有する勢力の發現であり、波の高さも同樣であるから、この意味から岸に於て達したる高さに灣の方向の修正を施す場合に上記の式を適用する。

即ち各灣内に於ける高さを H とし、若しこの灣が浪源に對し $\theta=0$ の方向にあつたとした場合に達すべき高さを H_0 とすれば

$$H=\frac{H_0}{\left(1-\frac{\theta}{240}\right)}$$

である。第 II 章 3. に記したものの中灣の奥にある主要なる各地に就て H_0 を算出すれば次の如くである。表の H はその時の平均水面よりの高さであつて波の全體の高さの半分に相當すべき値である。（各灣の θ に就ては第一圖參照）尙表の右端にある灣内平均海底勾配に就ては後に述べる。

地名	θ	$1-\frac{\theta}{240}$	昭和八年の津浪		明治二十九年の津浪		灣内平均海底勾配 s
			H	$H_0=H/\left(1-\frac{\theta}{240}\right)$	H	$H_0=H/\left(1-\frac{\theta}{240}\right)$	
田老	12°-0′	0.950	6.40	6.74	14.60	15.37	0.01490
宮古灣金濱	82°-10′	0.660	3.50	5.30	6.30	9.55	0.00742
山田	46°-30′	0.810	4.20	5.19	5.50	6.79	0.00835
大槌	39°-0′	0.840	3.40	4.04	4.20	5.00	0.00695
兩石	9°-0′	0.963	9.50	9.87	11.70	12.15	0.01530
釜石	23°-30′	0.902	4.40	4.88	6.00	6.66	0.01210
本郷	23°-0′	0.904	9.90	10.94	15.30	16.94	0.01960
小白濱	34°-30′	0.856	12.10	14.14	17.30	20.22	0.01390
吉濱	8°-30′	0.965	14.60	15.13	26.30	27.29	0.01461
越喜來	30°-0′	0.875	6.30	7.20	11.30	12.91	0.01140
綾里灣白濱	13°-10′	0.945	29.20	30.90	38.20	40.40	0.01640
大船渡	94°-0′	0.608	3.10	5.09	5.80	9.54	0.00500
廣田灣沼田	71°-15′	0.705	3.50	4.97	3.30	5.18	0.00588
氣仙沼	80°-40′	0.664	1.50	2.26	1.50	2.26	0.00244
志津川	12°-15′	0.949	2.20	2.32	3.80	4.01	0.00588
唐勝	63°-0′	0.738	5.70	7.73	4.80	6.50	0.00735
女川	37°-0′	0.846	2.50	2.96	3.30	3.90	0.00476
石巻	77°-40′	0.670	1.00	1.49	0.60	0.90	0.00232

（3） **海底勾配** 海岸附近の海底勾配は津浪の勢力に著しい影響を與へる事を認めたから灣の奥の地點に達する迄の灣内の海底勾配を代表するものとして各灣の口に於ける水深と灣口よりその地點までに至る灣の長さとの比をとり之を平均勾配と考へ（前項（2）の表中の s はその値）之と前に換算した $\theta=0$ とした場合に浪の到達すべき高さ H_0 との關係を今回及明治 29 年の兩津浪に就て見れば第四圖及第五圖の如くなる。

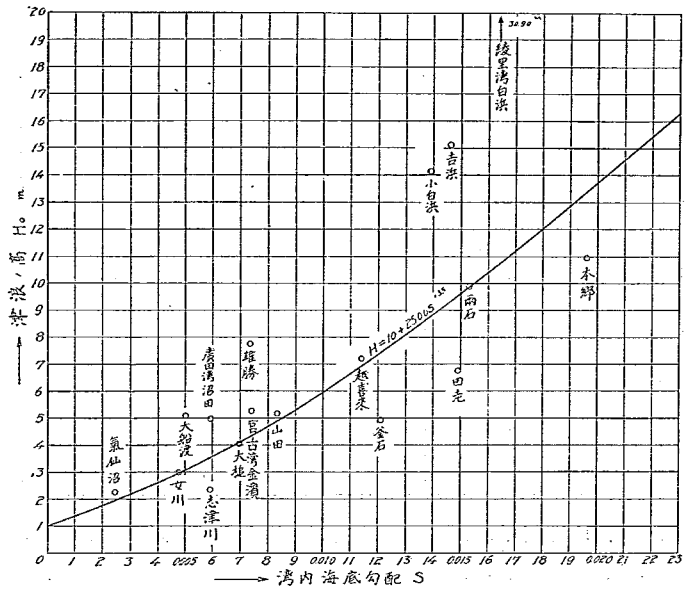
津浪は灣の方向及海底勾配の外に次に述べる諸種の事柄の影響を受けるから尙夫等の修正を施す必要がある爲に上記の圖中の點は必ずしも一つの曲線上には集らないが大體の傾向として

昭和8年の津浪に對しては其の達する高さ H_0 は　$H_0=1.0+2500\,s^{1.35}$（m 單位）

明治 29 年の津浪に對しては　$H_0=1.0+3500\,s^{1.35}$（ 〃 ）

の式を與へる事が出來る。卽ち海底勾配が急なれば津浪の達する高さが著しく大である。綾里等が著しく曲線から離れてゐるのは上記の外に灣形の影響が大きい爲である（次の項參照）。

第　四　圖



（4）**灣の形狀**　V字形をなした灣の奥に於ける浪の高さが U 字形のものよりも一般に大であり、更に中開き形に比し一層著しい差がある事は勿論であるが普通の淺海波に於て波の傳播による勢力の損失がないとした場合に、灣内の幅及水深の變化による波の高さの變化の割合は次の如く表はされる。（物部博士著水理學 536 頁參照）。

$$\frac{h_2}{h_1}=\left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{4}}\left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

玆に B_1 及 B_2 は A_1 及 A_2 に於ける灣の幅である（第六及七圖參照）。

一例を綾里灣にとつて計算すれば

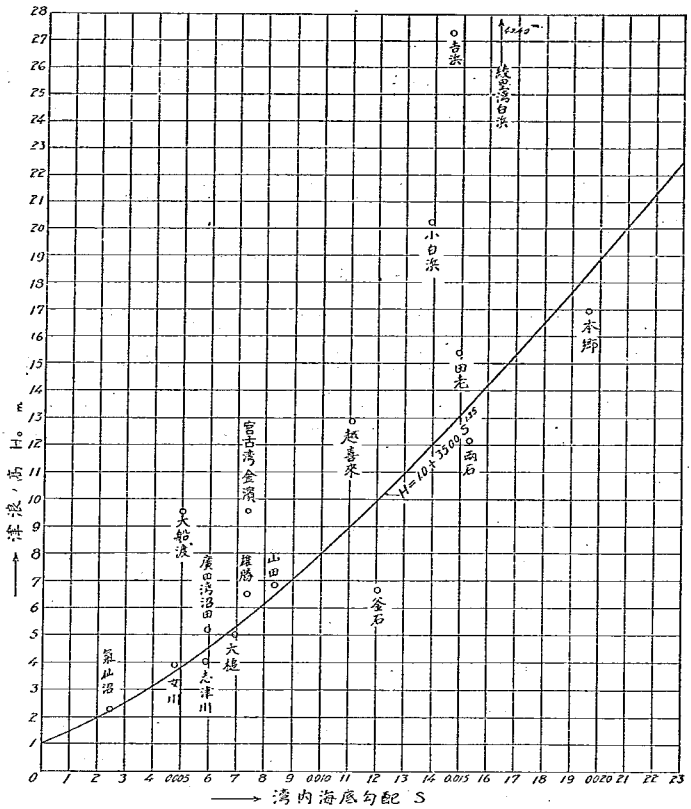
灣口 A_1 の幅 $B_1=2600$ m；水深 $H_1=65$ m；灣の奥の岸より 400 m 卽ち灣口より 3600 m の距離の A_2 點に於て $B_2=750$ m；$H_2=9.0$ m（附圖第五參照）。

灣口 A_1 の波の高さを $h_1=3.0$ m とすれば A_2 に於ける波の高さ h_2 は

$$h_2=3.0\left\{\left(\frac{65}{9}\right)^{\frac{1}{4}}\left(\frac{2600}{750}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}=9.1\text{m}$$

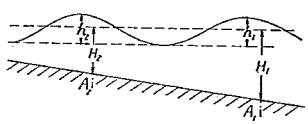
又米國 gaillard 氏の觀測の結果に依れば灣の幅員が口に於て狹く奥に於て廣き場合に

第　五　圖

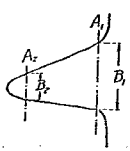


は口に於ける波高 h_1 灣の奥に於て口より l なる距離にある點に於ける波高を h_2 とすれば

第　六　圖



第　七　圖



$$\frac{h_2}{h_1}=\left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{1}{2}}-0.027\left\{1+\left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}l^{\frac{1}{4}}$$

となり灣の奥に於ける波高は灣口に於けるものよりも小となる。これは (1) 式の灣の幅の變化に對する項のみに就て多少の修正を施した形であるがこの場合深さの相異に依る波高の變化は考へてないから實際の場合には更にこの關係が入り灣の奥に於ては上に示された波高よりは大となる筈である。

尙同樣の關係を灣の奥が狹くなつてゐる場合に適用する爲に物部博士は次の式を示されてゐる(水理學 521 頁)。

$$\frac{h_2}{h_1}=\left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{1}{2}}-0.0135\left\{1+\left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}l^{\frac{1}{4}}$$

(5) 水深の變化と津浪の勢力 水深の變化が波高に及ぼす影響は海底勾配が緩なる場合は著しく底面の影響を受け同一の津浪でも場所に依つてその高さに大なる差を生ずる事は本章 (3) に指摘した通りである。津浪を淺海波と考へ底面の摩擦抵抗を無視した場合には (4) に述べた如く水深の變化に依る波高の變化は $\frac{h_2}{h_1}=\left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{4}}$ で表はされる[1]

淺海波理論に依り

$$r=\frac{r_0'}{\sinh\frac{\pi H}{L}}\cosh\frac{\pi}{L}(H-c)\ ,\qquad r'=\frac{r_0'}{\sinh\frac{\pi H}{L}}\sinh\frac{\pi}{L}(H-c).$$

$$v_h=\frac{\pi}{T}r,\qquad b_0=\frac{\pi r_0 h_0}{4L}$$

茲に $L=\omega T,\qquad \omega=\sqrt{g\left(H+\frac{h_0}{2}\right)}$

とし $p_v=n\frac{\gamma v_h}{2g}$ Lira 氏に從ひ $n=4$ とすれば $p_v\fallingdotseq 0.2v^2$ となる。

茲に

r 靜水面より c なる深さにある水分子の楕圓運動の長軸半徑

r' 靜水面より c なる深さにある水分子の楕圓運動の短軸半徑

r_0 水面に於ける水分子楕圓運動の長軸半徑

r_0' 水面に於ける水分子楕圓運動の短軸半徑 $=\frac{h_0}{2}$

v_h 靜水面より c なる深さにある水分子の楕圓運動中の最大速度(水平方向)。

b_0 靜水面と表面分子の楕圓運動中心線との高さの差。津浪の如き長波では表面と底の v_h には殆ど變化がない。

h_0 波の高さ

L 波長の $\frac{1}{2}$ $=\omega T$

ω 波の傳播速度

T 波の週期の $\frac{1}{2}$

H 水深

1) 津浪が淺い海に來た場合には水分子運動の速度が底面附近に於ても大であるから之に對して抵抗を無視する事は出來ないのであるが今は水深の變化による水分子運動の變化を概觀する爲にかく假定したのであつて實際の狀態は之とは多少異つてゐる。

p_v　水分子運動が急に止められた場合に v_h に依つて起る壓力

n　衝突の狀態に依り異る係數。普通 2−4

水深 100 m の場所に於ける波の高さを假りに 3 m として上記に依つて水深の變化による此等の値を $T=345$秒（本章 1（2）參照）として算定する。（第八圖參照）

H (m)	$r_0'=\frac{h_0}{2}$ (m)	ω (m/秒)	L (m)	$r_0 \doteqdot r$ (m)	v_h (m/秒)	p_v (t/m²)
100	1.50	31.5	10 900	52.1	0.475	0.045
80	1.58	28.3	9 760	61.3	0.558	0.062
60	1.70	24.6	8 490	76.6	0.697	0.097
50	1.79	22.5	7 775	88.5	0.805	0.13
40	1.89	20.3	7 000	105.3	0.958	0.18
30	2.03	17.7	6 115	135.0	1.23	0.30
20	2.25	14.8	5 090	182.0	1.66	0.55
10	2.67	11.1	3 845	327.0	2.98	1.78
5	3.18	9.0	3 094	630.0	5.73	6.57

卽ち運動中の水分子が衝突して生ずる壓力は水深の減少に伴つて著しく增大する。

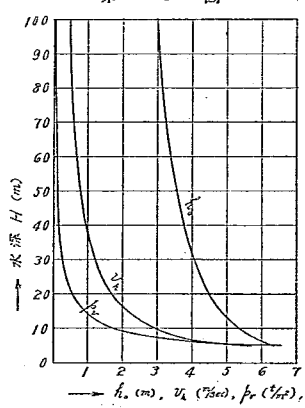
（6）**碎波の勢力**　津浪の高さは水深の減少に從つて大となるが一定の水深以下では波動を繼續する事が不可能となる。普通の淺海波に於てその限度は（物部博士著水理學 519 頁參照）。

$$H=\frac{T\sqrt{g\frac{h_0}{2}}}{2\pi}\ln\frac{T\sqrt{g}+\pi\sqrt{\frac{h_0}{2}}}{T\sqrt{g}-\pi\sqrt{\frac{h_0}{2}}}$$

$$\doteqdot\frac{T\sqrt{g\frac{h_0}{2}}}{2\pi}\ln\frac{T+\sqrt{\frac{h_0}{2}}}{T-\sqrt{\frac{h_0}{2}}}$$

で表はされる。之に依れば津浪の如き長波に於ては $H=\frac{h_0}{2}$ に於て碎波となる事が明であるから各水深に於て $h_0=2H$ の高さの波が碎けた場合の水分子の運動速度 v_h 及之に依る壓力 p_v を計算すれば次の表に示す如くである。尙波が碎けんとする場合には水分子落下の速度により大なる壓力を生ずる。

第八圖

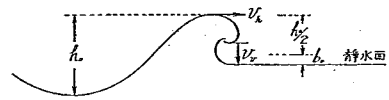


この落下の高さは（第九圖參照）$\frac{h_0}{2}+b_0$ であるから靜水面に於ける落下速度 v_v は

$$\overline{v_v}=\sqrt{2g\left(\frac{h_0}{2}+b_0\right)}$$

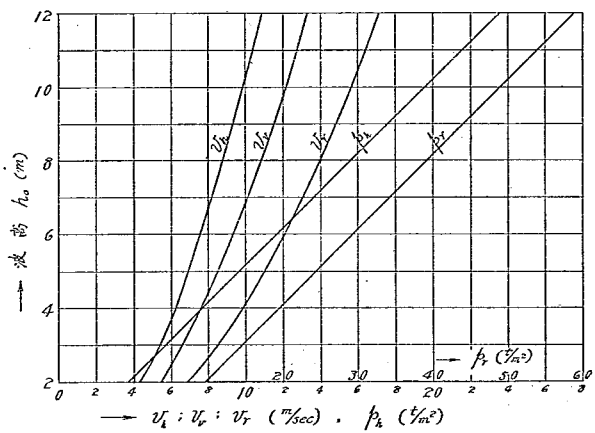
で表はされる。依つて v_h 及 v_v の速度を合成した速度 v_v 及之に依る壓力 p_r を算出して次表に示す。（第十圖參照）

第　九　圖



h_0	2	4	6	8	10	12
H	1	2	3	4	5	6
ω	4.43	6.26	7.67	8.85	9.90	10.84
L	1530	2160	2647	3035	3416	3740
r_0	476	690	833	976	1088	1200
v_h	4.33	6.26	7.58	8.85	9.91	10.84
p_h	3.75	7.84	11.49	15.66	19.64	23.58
b_0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3
$\frac{1}{2}h_0+b_0$	1.5	3	4.5	6	7.5	9
v_v	5.42	7.65	9.39	10.84	12.12	13.29
v_r	6.94	9.89	12.07	13.99	15.66	17.15
p_r	9.63	19.56	29.14	39.16	49.04	58.84

第　十　圖



上記の壓力 p_r は最大勢力を有する部分に就て計算したものであつて一般に碎波を生じた箇所に於て局部的に此の如き壓力を生ずる事を豫期しなければならぬが防波堤の垂直面その他の廣い面積に作用する力は p_v に近いと考へる。

一旦碎波を生じた後は津浪は波の性質よりも流れの性質を帶びて海岸を襲ふ。この流れの勢力は碎波を生じた地點を遠ざかるに從つて小となりその關係を

$$\frac{dv}{dx}=kv^2$$

玆に x は碎波を生じた點より流れの方向に測つた距離, k は常數

で表はせば

$$\frac{1}{v_x}=k_x+\frac{1}{v_0}$$

v_0 は碎波を生じた點の v
v_x は夫より x なる距離の v

となり之に依つて任意の地點の流れの速さ從つて壓力を計算する事が出來る。k は各地點に依り異るべき常數であつて河川敷等に津浪が浸入する場合には小であり森林地帶等に於ては著しく大である。これは地方的に從來の津浪の浸入の高さ等を精細に調査して決定すべき値である。第十一圖は內務省仙臺土木出張所宮古港修築事務所の調査に成る宮古港附近の各地の浸水高の變化であるが此の如き調査に依り各地の k が近似的に決定されると思ふ。

津浪が海岸に襲來する場合には一般に緩勾配を上昇するがこの上昇の爲に勢ひの一部を失ふ事は明らかであるから之を考慮に入れる事は勿論必要である。

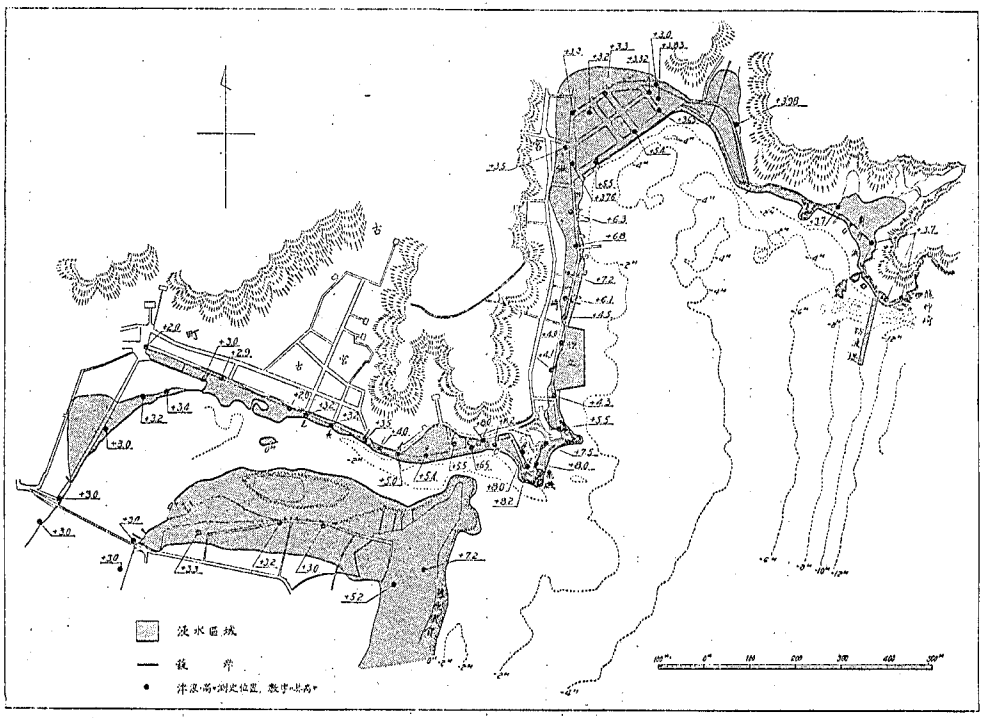
津浪は之が碎波となると否とに拘らず V 字形灣の閉塞した終端に於ては勢力が集中してその高さが著しく大となり又津浪の壓力も大となる。綾里灣白濱、重茂村姉吉、廣田村集等の灣の末端に於て津浪の高さが著しく大であるのは之に依る。

防浪堤設計等に如何なる壓力を採るべきかは尙研究を要する問題であつて、玆にその正確な數字を擧げる事が出來ないのは遺憾であるが、各地に於ける實際の浪の高さ（岸に衝突して跳ね上つた高さでない値）を知る事が出來れば——これは波の進行方向に平行した地點に於て割合に正確に觀測され得ると思ふ——碎波を生ずる水深を知る事となり從つてその附近に於ける壓力は上記に依り近似的に計算する事が出來る。碎破を生ずる地點より一定の距離にある構造物に作用する壓力は距離が大となると共に、又靜水面よりの高さが大となると共に次第に小となるが近似的に上記の値を採れば相當に安全なものとなる。

（7） 工作物の被害程度と津浪の勢力 今回の津浪の被害の數例に就て以下簡單な計算を施し各地の津浪勢力推定の資料とする。

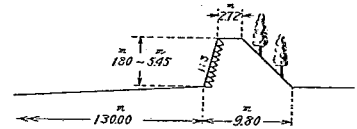
i 吉濱の防浪堤。 岩手縣氣仙郡吉濱村は明治 29 年の津浪の被害が甚大であつた爲に海岸に延長約 420 m の防浪堤を築き將來の津浪に備へた。その斷面は第十二圖に示す如く海に面した部分のみ空積間知を施した土堤であつて、高さは地盤に高低ある爲一端

第十一圖



宮古港附近津浪浸水區域及津浪高

第十二圖



に於て 5.45m 他端に於て 1.8 m である。底部には此の附近の海岸に多くある徑約 15 cm の玉石を多く使用し、目潰しに粘土を含んだ砂を用ひた。この防浪堤は今回の津浪により流失したが（寫眞第四十五參照）その跡に就て見るに、防浪堤底面に於ける土砂の性質は $\tan\varphi=40^\circ$ $s=2.0\ t/m^2$ 程度と推定される。玆に φ は底面に於ける土砂の内部摩擦角、s は粘着力とする。今堤の最高部分に就て計算すれば底面に於ける剪斷抵抗力は $w\tan 40^\circ+s\times 9.8=54.7\times 0.84+2\times 9.8=65.5t$ 玆に w は堤の單位長の重量とする。

之に對してその高さは 5.45 m であるから單位鉛直面に對し $65.5/5.45=12.0\ t/m^2$

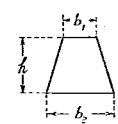
堤の破壞の原因がこの水平壓力であるとすればその壓力は之以上であつたと推定される。但し今回の津浪當時は寒さ甚だしく地表面が一部分凍結してゐたと考へられるがその程度竝に凍結部分の强度が明らでない。

試みに地表面より 30 cm の間凍結しこの凍結部分が $150\ t/m^2$ の剪斷抵抗力を有するとすれば津浪の壓力は次の値より大である筈である。

$$\frac{150\times 0.6+65.5}{54.5}=28.5\ t/m^2$$

ii　各地の土堤　今回の津浪に遭遇した各地にあつた土堤の中あるものは流失したが又よく津浪に耐へて被害輕減の功を樹てたものも多い。次に三四例を採り各地の津浪の勢力の算定を行ふ。此等土堤の中には相當に水を含み凍結してゐたと考へるものもあるがiに述べた如くその程度不明であるから此處には之を考慮に入れず、且つ土砂の性質も一々之を試驗したのではないから極めて概念的な數字である。

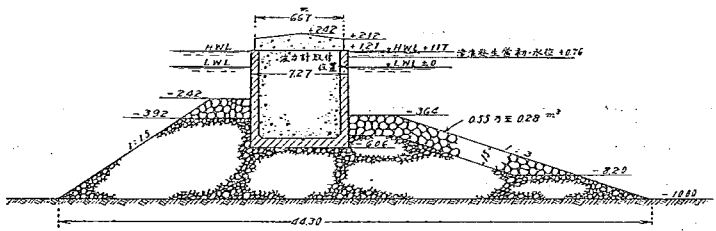
第十三圖



地名	寸法（第十三圖參照） b_1(m)	b_2(m)	h(m)	土の性質 内部摩擦角 φ 粘着力 s (t/m²)	堤の耐へ得る最大壓力 p 堤の垂直面に對し (t/m²)	備考
岩手縣九戸郡八木 鐵道築堤	3.3	15.4	3.9	粘土多し； $tan\varphi=0.58;s=2.0$	16.5	殘存，寫眞第一第二參照
〃　氣仙郡越喜來 道路築堤	3.5	5.5	1.0	砂多し； $tan\varphi=0.7\ ;s=0.1$	5.6	流失，寫眞第四十七參照
九戸郡野田村赤代 民家の防潮堤	0.4	1.0	0.6	粘土多し； $tan\varphi=0.58;s=2.0$	0.0	殘存，寫眞第八參照
氣仙郡米崎村沼田 民家の防潮堤	0.25	0.4	0.6	粘土多し； $tan\varphi=0.58;s=2.0$	1.2	殘存，

iii　防波堤　青森縣八戸港の防波堤は第十四圖の如き斷面を有しその低水面には八

第　十　四　圖



戸港修築事務所の廣井式波力計が取付けてあつたが津浪直後の記錄は　800 #/□′ となつてゐる。同港のこの附近に設置したる檢潮儀記錄等により波力計附近に於ける津浪高は最大 $h_0=3.2$m;　$T=360$ 秒と推定される。その時のこの位置に於ける水深は 4.4 m であるから、浪が防波堤に達する迄は碎波とならず防波堤にて碎波を生ずると考へる。卽ち波力計に作用する壓力は碎波による壓力でないから、前の例に從つて計算を施せば波力計位置に於ては

$$r=318\,\mathrm{m},\qquad r'=1.34\,\mathrm{m},\qquad v_h=2.78\,\mathrm{m/秒}\qquad p_h=0.2v_h^2=1.55\ \mathrm{t/m^2}$$

波力計はこの外に波高による壓力 p' を受ける

$$p'=wh=1.03\times2.65=2.73\ \mathrm{t/m^2}$$

卽ち波力計に作用する壓力は $p_h+p'=1.55+2.73=4.28\ \mathrm{t/m^2}$ となる筈である。これに對し測定値は 3.92 t/m² であるから近似的に一致すると見て差支ないと思ふ。

宮古港の混凝土潛函の防波堤先端に於ては水深約 5.5 m にあつた混凝土方塊（寸法 2.5×1.8×1.1 m（重量 12 t）7個が津浪により舊位置より約 32 m の距離に散亂し潛函基礎の割石（一個の重量 150 kg 内外のもの）は面積約 12.5×5 m に亘り深さ約 1.2 m 洗堀されたが、之に依ればこの水深附近に於て津浪の壓力は尠くとも 1.1 t/m² 以上と計算されるが實際はこの値より相當大であつたと考へる。

iv　岩石等の移動，樹木の倒壞　今回の津浪により水中から大なる岩石が陸上に運ばれたもの多く、此等は又その地に於ける津浪の勢力を推定する資料となるから、次の表に此等の大さ又之を水中にて運ぶに要する壓力を計算して掲げる。岩石は水底にあつたものとし地盤との摩擦係數を 0.7 とする。實際は初め地中に幾分埋つてゐる事もあるから表に算定した値以上の壓力が働いたと考へるのが至當である。此等は必ずしも直六面體をな

してゐる譯ではないが、近似的にかく取扱ひ波がその中どの面に當つたかに依り壓力に相違を生ずるから、その最大及最小値 p_{max} 及 p_{min} を計算した。

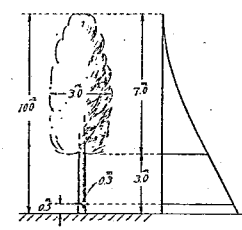
	石の寸法 m m m	重量 t	p_{max} t/m²	p_{min} t/m²	備　考
岩手縣田野畑村平井賀	2.8×2.0×1.8	27.3	3.34	2.15	平水面の汀線より約15m陸上に運ばれる。
唐丹村小白濱	—	15.0	—	2.14[1]	海岸の高さ約 4.5m の護岸の前面、水深約1.5m の箇所に於て岸に平行に移動
綾里村白濱	2.5×1.5×0.8	8.1	2.98	0.95	附近漁夫の言によれば、以前に水深約13m, 岸より約 550 m の場所にあつたものが陸上約 150 m に運ばれる。
吉濱村	1× 1× 1	2.7	—	1.19	此の附近には多數の石が打上げられ此處に擧げたものはこの中の最大
廣田村集	1.5×0.8×6.8	2.6	1.79	0.95	此の附近にも多數にかゝる石がある。
久慈町湊	2.5× 1× 1	6.0	2.55	1.0	混凝土方塊、海岸線より 120 m の距離に約 300 個並べてあつたものが移動(寫眞第六參照)

尙越喜來、綾里湊、末崎村細浦等に於ては金庫が流失したものがあるが、之は中に水が入らなければ大型のものは水に浮く程度のものがあり、小型のものも全體として比重が約 1.5 であるから、水中に於ける移動は極めて容易であつて津浪の勢力算定の好資料とはならない。

綾里村白濱、鵜住居村水海（兩石灣）等に於ては根本の太さ 20～30 cm の樹木が多數に根本から折れてゐる（寫眞三十五及第五十一參照）。

今此等に就て計算を行ふにあたり一本の樹木の寸法が第十五圖の如くであるとし、地上 50 cm の高さにて折れたものとすれば斷面係數 $W=\frac{\pi d^3}{32}=2640\ \mathrm{cm}^3$ であつて σ（抗曲强度）$=460\mathrm{kg/cm}^2$ とすれば枝のある部分の投射面に對し $p_h=0.1\ \mathrm{t/m}^2$ になればこの樹木は折れる。枝の部分は多くの間隙が存するから $p_h=\frac{n\gamma v_h^2}{2g}$ に於て $n=0.5$ とすれば $v_h=2.0\mathrm{m}$/秒となる。樹の列の縱の方向から波の力を受けた場合には數本の樹木にてその壓力を支へる事となるから尙大なる力が必要となる。

第十五圖



（8）**灣內のセイシュ**　常時三陸附近に於て測定された灣のセイシュの現象は

宮古灣	週期 22 分	最大振幅 0.3m	（寺田博士測定）
鮎川	週期 25.2 分及 7.3 分		（大森博士測定）

1) 寸法不明瞭であるから假りに立方體として取扱ふ

である。津浪が襲來すれば初めの間は左程でもないが津浪が、再三反覆する間に灣の固有振動が次第に卓越して、遂にこの灣の固有振動のみが認められるに至る。一度發生したこの振動は永く殘つて數日以上も繼續する。セイシユの影響は灣の形が簡單で殊に奥行が大であるか又は灣口の狹いものに著しい。この形のものは津浪の襲來によつて突然に高い浪が押寄せる事が緩和されるから被害も割合に尠い。

IV 被害輕減の方法及被害防備施設

1. 被害輕減の方法

部落の位置による被害の大小 何れの灣もその奥には相當の部落が發達し、しかもこれ等の部落は兩側にあるものに比し一般に被害を受ける事が大であつて、殊に海底勾配が急な場所に於ける津浪の高さは緩なる場所に比して大であるから特に避難道路を完成し非常の場合に直ちに高地に避難し得る樣に設備することが最も必要である。海底が急勾配であつて灣口が直接外洋に開く所謂 V 字形の奥行が割合に淺い灣の奥では津浪の勢力は最も大であつて、この勢力に對抗して防備施設を施すも効なき場合が多いから、かゝる場所では住宅地の移轉を考慮しなければならぬ。この種類に屬するものとしては田老、綾里灣白濱、兩石灣兩石及水海、唐丹灣小白濱及本郷等である。

海底勾配急なるも V 字形でなく灣の口が割合に狹いものは前者に比し多少勢力が小であつて且つ灣のセイシュの爲に急激な津浪の襲來が緩和されるから津浪防備施設によつて被害を輕減し得る可能性がある。この部類に屬するものは釜石、越喜來等である。

海底勾配が緩なるものは前者に比し更に津浪の勢力は著しく減殺され防備施設は愈々有効に働く。これに屬するものは宮古灣の奥、山田灣山田及織笠、大槌灣大槌及鵜住居、大船渡、廣田灣長部、氣仙沼、志津川、雄勝、女川等である。

此等の大灣内でも地形上外洋に面する箇所があるが此等は海岸勾配も急であつて被害を受け易い狀態にあるから灣内の他の場所と同樣に取扱ふ事は出來ない。

所謂外洋に直面する突出部は勾配が急であつて、津浪はその勢を減殺されることなしに岸に衝突して大なる被害を與へ、又この突出部の裏面に相當する場所もその餘勢を受けて大なる被害を受ける事があるが此等は個々に對策を研究しなければならぬ。

2. 防備施設

（1） **防浪堤** 防浪堤の作用は主に

第一、碎波を海岸より成可遠方に發生せしむる事

第二、既に發生した碎波の勢力を海岸に於て減殺する事

であつて、之に依つて浸水による被害までも防ぐ事を期待することは困難である。

第一の目的の爲には海岸より成る可く遠方に築造するのが有利であるが、水深が大從つて工費も大となつて實現不可能の場合が多い。この目的の爲の防浪堤の高さはその頂が平均水面位まであれば十分である。之に作用する力は第III章2(6)に述べた如く大であるから相當堅固にするを要する。たゞ津浪は一般の場合に比し反覆作用による被害は尠いから安全率は多少低下して差支ない。津浪に對してのみかゝる構造物を築く事は經費の點からも困難であるから港灣の普通の防波堤築造に際し防浪の作用をも兼ねしむる樣設計するのが賢明の策である。

第二の目的の爲には海岸に近い場所に築くのであつて、この場合津浪は浪といふよりも流れの性質を有するから水制工の如き構造が適當してゐる。碎波を生ずる場所は普通の港灣では、水深3乃至4m以下であると推定されるからこれよりも海岸に近く築くを要する。しかも海岸に近い程之に働く力は小となるから簡易な構造で足りる。その最も岸に近いものは堅固な護岸である。第III章2(7) i に述べた吉濱の防浪堤はこの種類に屬するが浪の力に對し堤の力が不足した爲に流失した。

この形の防浪堤はその兩端附近に著しい害を與へるから配置決定には特に注意を要する。又人家よりは數十米離れてゐる事が望ましくその高さはある程度まで高き程有効であるが（例へば尠くも水面上2米）之に働く力は第III章2（6）に依り計算出來る。防浪堤の位置が水面上高い位置にあれば碎波の勢力の一部分が水位を高める事に費され之に作用する力は小となる。

（2） **防浪林** 防浪堤の項に述べた第二の働きをなすものであるから成可く岸に近く、しかも人家等の構造物より數十米離れてゐる方が適當である。流れが甚だ大なる場所では樹木が根本より倒され又折れらる爲に（第III章2(7) iv 及寫眞第三十五及五十一參照）第二第三の浪に對してその効果を發揮する事が出來ない。既に浪の勢が小なる場所卽ち海岸の縱斷底勾配が比較的緩なる部落附近に於てのみ有効である（寫眞第五十八及五十九參照）。但し流れの勢を殺ぐに最も必要な下部に多くの間隙がある場合には効果は著しく減

ずる。

（3） **道路盛土** 浪の高さ及勢力が小なる場所に限り、海岸に沿ふて築かれた道路或は鐵道線路盛土は防浪の効果あるも、浪の勢力の大なる場所に於ては大なる効果を期待出來ないのは防浪林の場合と同樣である。

今回の津浪に於て海岸の築堤が相當浪の勢力が大なる場所に於ても有効に働いたのは土中に含まれてゐる水が凍つてゐた爲に堤の强度を著しく增してゐた事に原因すると思ふ。

（4） **護 岸** 堅固なる護岸は相當に効果あるも護岸附近には多少の被害は免れないから或る距離（例へば 10m）空地を存して、その後方に構造物を置くのが適當である。鐵筋混凝土護岸、練積間知等が適當であるが基礎の施工に充分注意を要する。

山田灣山田町に於ては護岸ある箇所と無き箇所に於ては陸上於ける津浪の勢力に著しい差異が認められる。

（5） **棧 橋** 津浪の勢の最も激しい場所にある棧橋を耐浪的ならしめるには多大の經費を要するから、簡易なる漁港用のものは豫めその破壞を豫期し只之が流失して家屋等を破壞する原因とならない爲に流失を防ぐ程度に止めた方が有利と考へる。

特に重要なる棧橋に對しては防浪堤の項に述べた如き力を豫想し特に上向の力に對し考慮を費す必要がある。上部床板の間に間隙を設くれば作用する力を多少減少することが出來る。

（6） **橋 梁** 津浪に依る直接の被害は尠く漂流物の爲に橋脚等を破壞されることが多いから之に對し豫め計算を施し相當堅固なる構造にするか或は下流側に防舷柱を置く必要がある。又輕い構造の桁は上向の僅かの力で容易に破壞するから之に對し考慮を拂ふ事が必要である。

（7） **建築物** 建築物を耐浪構造とすることは浪の力が弱い場所にのみ適當であつて斯の如き場所に限り耐浪構造（例へば鐵筋混凝土造）を海岸に沿ふて壁狀に設くればその裏の弱い建物をある程度保護する事が出來る。大なる勢力の津浪が襲來する灣內では耐浪建築に依つて津浪を防ぐ事は不可能である。

（8） **船 舶** 碎波を生ずる附近にある船舶が最も危險であつて轉覆或は漂流を免れ難い。津浪を豫知した場合には沖に避難するのが最も安全であるが之が不可能の場合には津浪に依り船に作用する浮力が增加し碇綱に大なる張力が働き之が切斷する事なき樣碇綱を差支なき限り長くしておく事が良策である。今回の津浪では 30 噸位の大きさの船が 20.5 t の重さの石碇と共に移動した例があるが水位が高くなり碇綱の長さが不足した場合

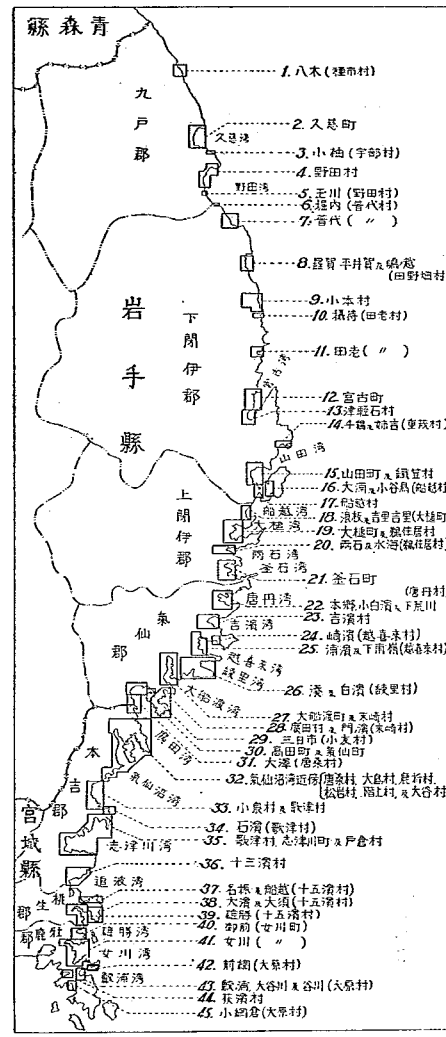
この程度の重りでは船の浮力に打勝つ事は出來ない。

海岸に曳き上げた船は今回の津浪では大部分流失したのであるが、津浪を豫知した場合には陸上のものにも相當の長さの碇綱と丈夫な碇とを附する事に依り流失による被害を輕減する事が出來ると考へる。

（9） **河川及緩衝地帶** 綾里灣等の如く灣の奥が塞つてゐる場合には浪の流れが堰き留められて水位が昇つて甚大な被害を與へる結果となるが、灣内に河川が注ぐか或はその他水を貯溜し得る地帶があれば一部の水が之に入る爲に被害が輕減されることゝなる。

附圖　津浪の高及浸水區域圖

附圖第一

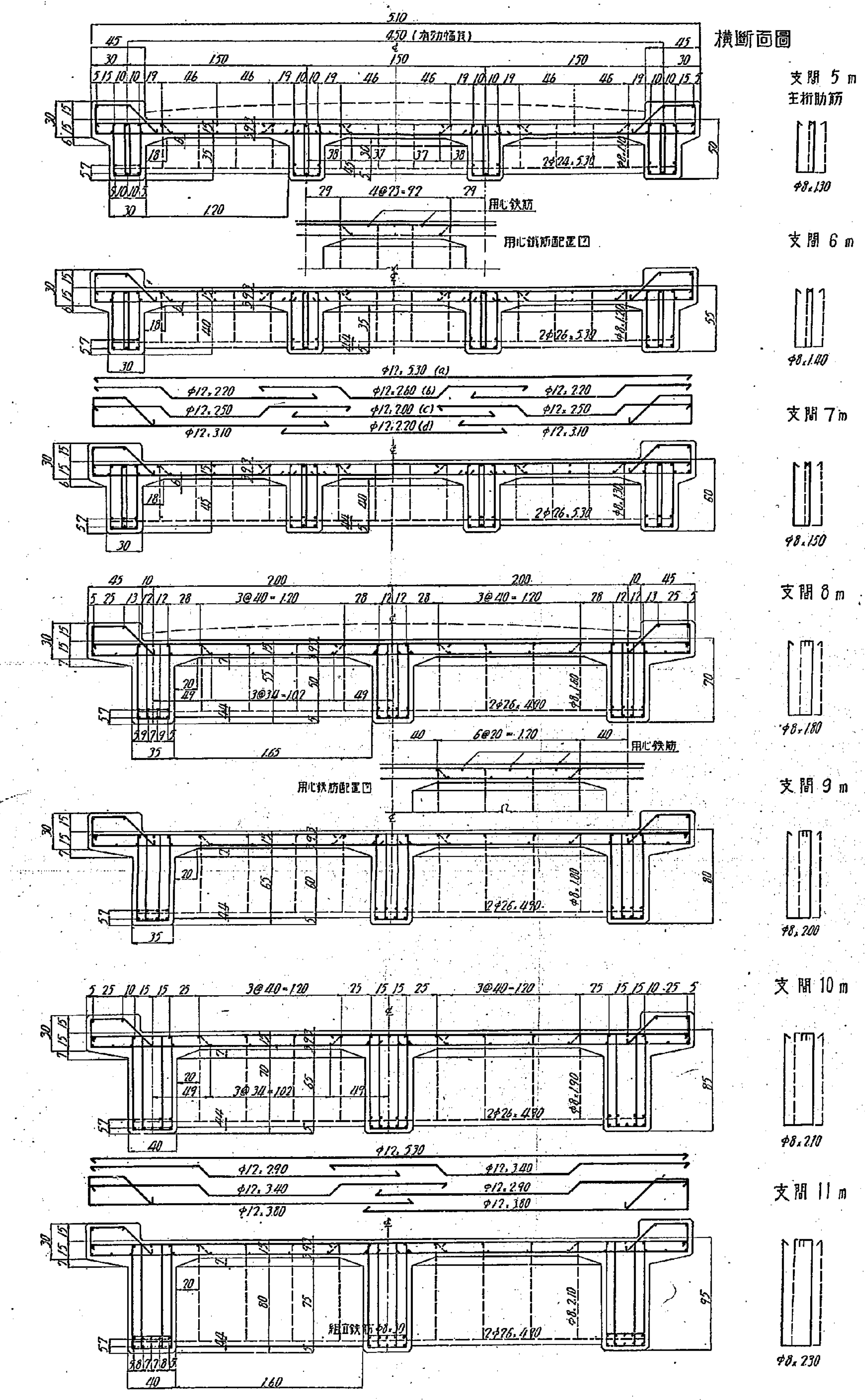


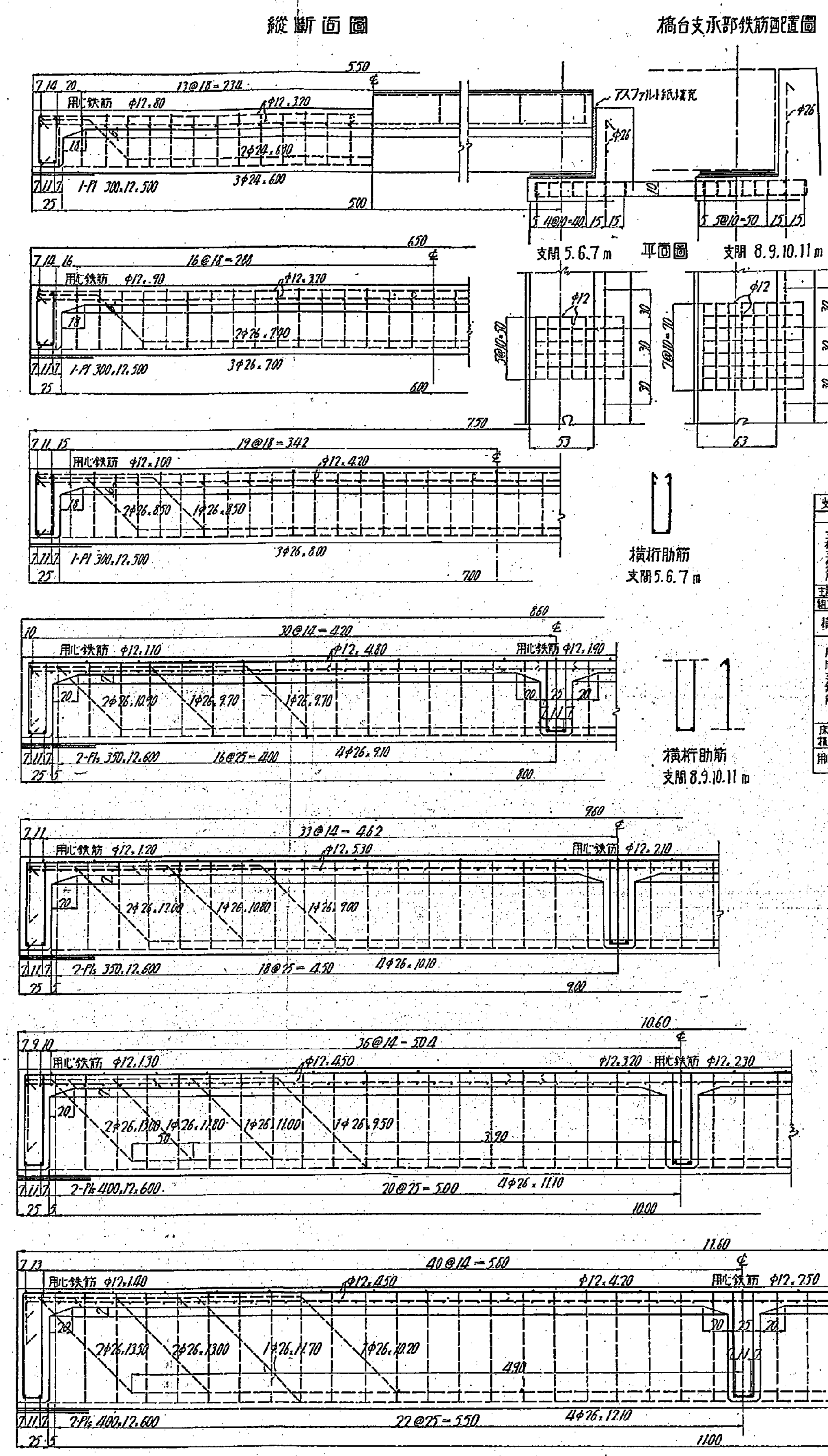
附圖第二乃至第五は本年3月3日及明治29年6月15日の兩度の津浪の高さ及浸水區域を示す、圖中黑點は測定したる箇所、記入の數字は今回の津浪、(　)内數字は明治 29 年の津浪の略平均水面上の高さである、(本文第II章3參照)。又圖に記入した太い實線は今回の津浪の浸水區域太い破線は明治 29 年の夫れを示す。

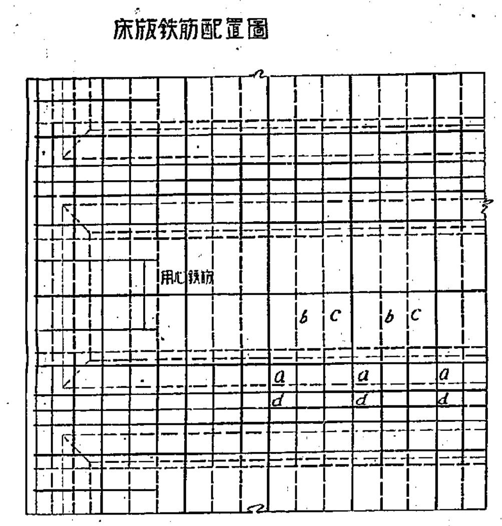
津浪の高さ及浸水線の大部分は岩手、宮城兩縣廳土木課の助力を得て著者が當所八木技手と共に實地に踏査して得たる値である。今回の津浪に就ては能ふる限り殘れる痕跡に基き、之を認め得ざる箇所及明治 29 年の分に就てはその土地の人の言に依り之を實測した。往年のものは地形の變化記憶の不正確等の爲に必ずしも正確を期し難い。

附圖第一は附圖第二乃至第五の圖の位置を示し、その圖の番號を記入したものであつて各圖には下の相當番號の圖を收める

附圖第二	1 ～ 16
第三	17 ～ 27
第四	28 ～ 34
第五	35 ～ 45







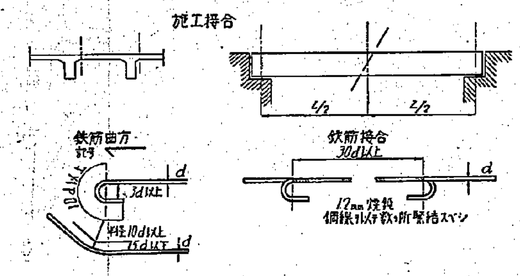
鐵筋表

支間 m	5			6			7			8			9			10			11		
	数	徑mm	長m	数	徑mm	長m	数	徑mm	長m	数	徑mm	長m	数	徑mm	長m	数	徑mm	長m	数	徑mm	長m
主桁主鉄筋	12	24	60	12	26	70	12	26	80	12	26	91	12	26	101	12	26	111	12	26	121
	8	24	63	8	26	74	12	26	85	6	26	109	6	26	120	6	26	130	6	26	135
										6	26	97	3	26	108	3	26	118	6	26	130
													3	26	90	3	26	110	3	26	117
																3	26	95	3	26	102
主桁肋筋	232	8	13	280	8	14	328	8	15	198	8	18	222	8	20	246	8	21	270	8	23
組立鉄筋																			18	8	03
横桁	4	24	53	4	26	53	4	26	53	6	26	49	6	26	49	6	26	49	6	26	49
	24	8	11	24	8	12	24	8	13	24	8	16	24	8	18	24	8	19	24	8	21
床版主鉄筋	11	12	53	13	12	53	15	12	53	21	12	53	23	12	53	25	12	53	29	12	53
	10	12	26	12	12	26	14	12	26	40	12	29	44	12	29	50	12	29	54	12	29
	10	12	20	12	12	20	14	12	20	40	12	34	44	12	34	50	12	34	54	12	34
	11	12	22	13	12	22	15	12	22	42	12	38	50	12	38	54	12	38	58	12	38
	28	12	22	24	12	22	28	12	22												
	28	12	25	24	12	25	28	12	25												
	22	12	31	26	12	31	30	12	31												
床版横鉄筋	88	12	32	88	12	37	88	12	42	82	12	48	82	12	53	82	12	45	82	12	45
																41	12	32	41	12	47
用心鉄筋	12	12	08	12	12	09	12	12	10	12	12	11	12	12	12	12	12	13	12	12	14
										6	12	19	6	12	21	6	12	23	6	12	25

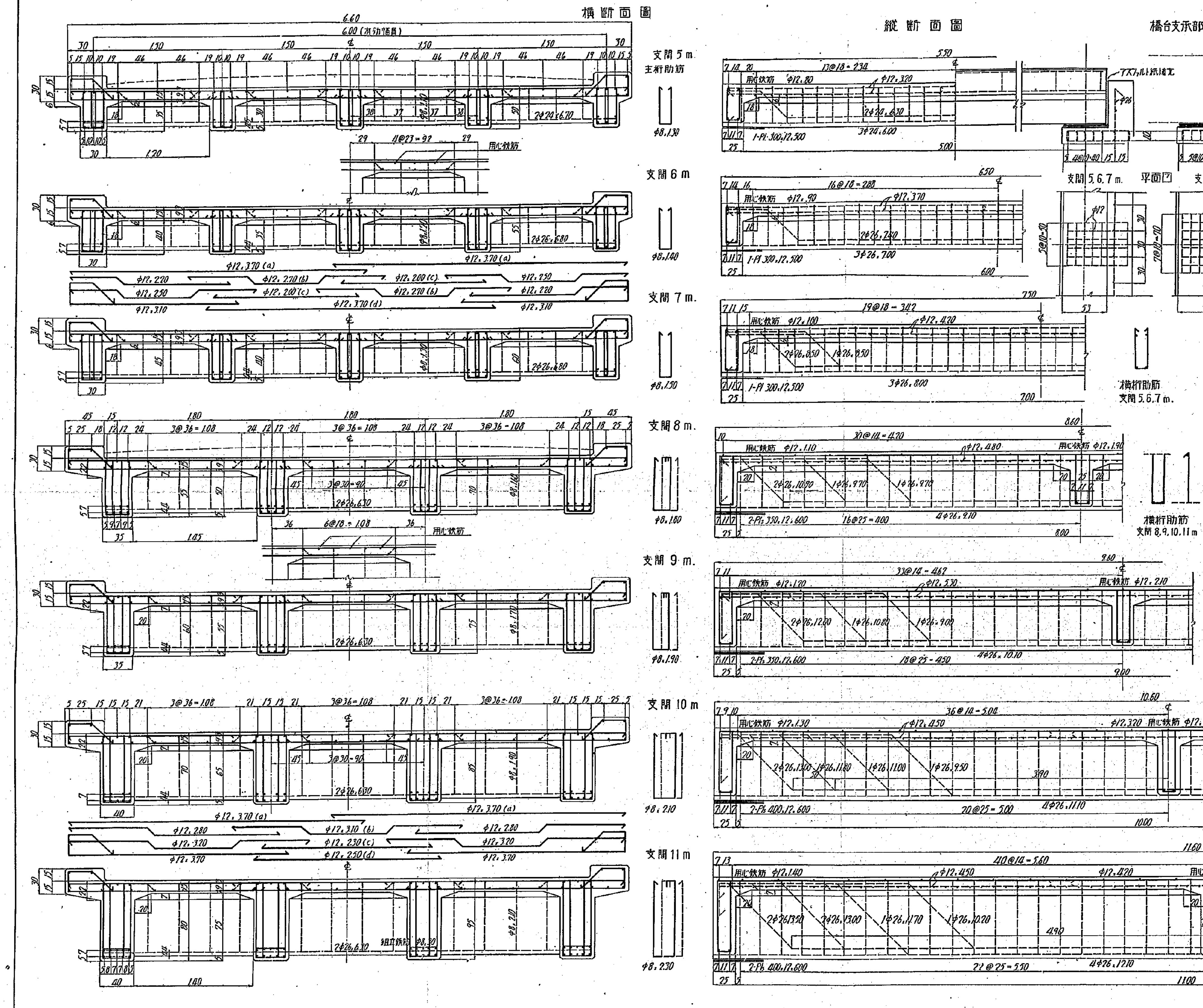
一覽表

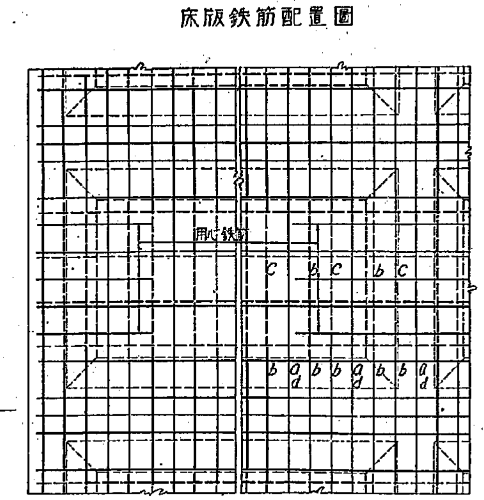
(注意 鉄筋重量中ニ緊結用鋼線ヲ含マズ)

支間 m	主桁間隔 m	主桁寸法 cm	床版厚 cm	混凝土体積 m³	鉄筋重量 t	型枠面積 m²	沓 鈑
5	1.5	30.35	15	8.043	1.158	52.05	8-Pls 300.12.500
6	1.5	30.40	15	9.884	1.454	63.74	8-Pls 300.12.500
7	1.5	30.45	15	11.846	1.812	76.73	8-Pls 300.12.500
8	2.0	35.55	15	14.480	2.081	87.74	12-Pls 350.12.600
9	2.0	35.65	15	17.258	2.298	104.34	12-Pls 350.12.600
10	2.0	40.70	15	20.615	2.674	117.74	12-Pls 400.12.600
11	2.0	40.80	15	24.040	3.068	136.40	12-Pls 400.12.600



標準府縣道橋	
鐵筋混凝土T桁橋	
有効幅員	4.5 m.
支間	5.6.7.8.9.10.11 m
荷重	三等橋荷重
上置層	平均220 Kg/m² 以下
高欄	500 Kg/m 以下
備考	排水設備ヲ適当ニ設クベシ
昭和七年十月	
内務省土木試驗所	





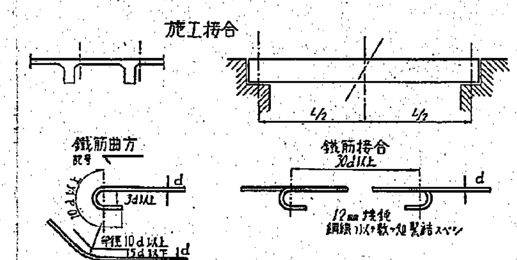
鐵筋表

支間m	5			6			7			8			9			10			11		
	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m
主桁主鉄筋	15	24	60	15	26	70	15	26	80	16	26	91	16	26	10.1	16	26	11.1	16	26	12.1
	10	24	63	10	26	74	15	26	85	8	26	10.9	8	26	120	8	26	130	8	26	135
										8	26	97	4	26	108	4	26	118	8	26	130
													4	26	90	4	26	110	4	26	117
																4	26	95	4	26	102
主桁肋筋	290	8	1.3	350	8	1.4	410	8	1.5	264	8	1.8	296	8	1.9	328	8	2.1	360	8	2.3
組立鉄筋																			24	8	0.3
横桁	4	24	68	4	26	63	4	26	68	6	26	63	6	26	63	6	26	63	6	26	63
	32	8	1.1	32	8	1.2	32	8	1.3	36	8	1.6	36	8	1.7	36	8	1.9	36	8	2.1
床版主鉄筋	22	12	3.7	26	12	3.7	30	12	3.7	42	12	3.7	46	12	3.7	50	12	3.7	58	12	3.7
	20	12	2.7	24	12	2.7	28	12	2.7	20	12	3.1	22	12	3.1	26	12	3.1	28	12	3.1
	20	12	2.0	24	12	2.0	28	12	2.0	20	12	2.3	22	12	2.3	24	12	2.3	26	12	2.3
	11	12	3.7	13	12	3.7	15	12	3.7	21	12	2.5	23	12	2.5	27	12	2.5	29	12	2.5
	20	12	2.2	24	12	2.2	28	12	2.2	40	12	2.8	44	12	2.8	52	12	2.8	56	12	2.8
	20	12	2.5	24	12	2.5	28	12	2.5	40	12	3.2	44	12	3.2	48	12	3.2	52	12	3.2
	22	12	3.1	26	12	3.1	30	12	3.1	42	12	3.7	50	12	3.7	54	12	3.7	58	12	3.7
床版横鉄筋	110	12	3.2	110	12	3.7	110	12	4.2	108	12	4.8	108	12	5.3	108	12	4.5	108	12	4.5
																50	12	3.2	54	12	4.2
用心鉄筋	16	12	0.8	16	12	0.9	16	12	1.0	18	12	1.1	18	12	1.2	18	12	1.3	18	12	1.4
										9	12	1.9	9	12	2.1	9	12	2.3	9	12	2.5

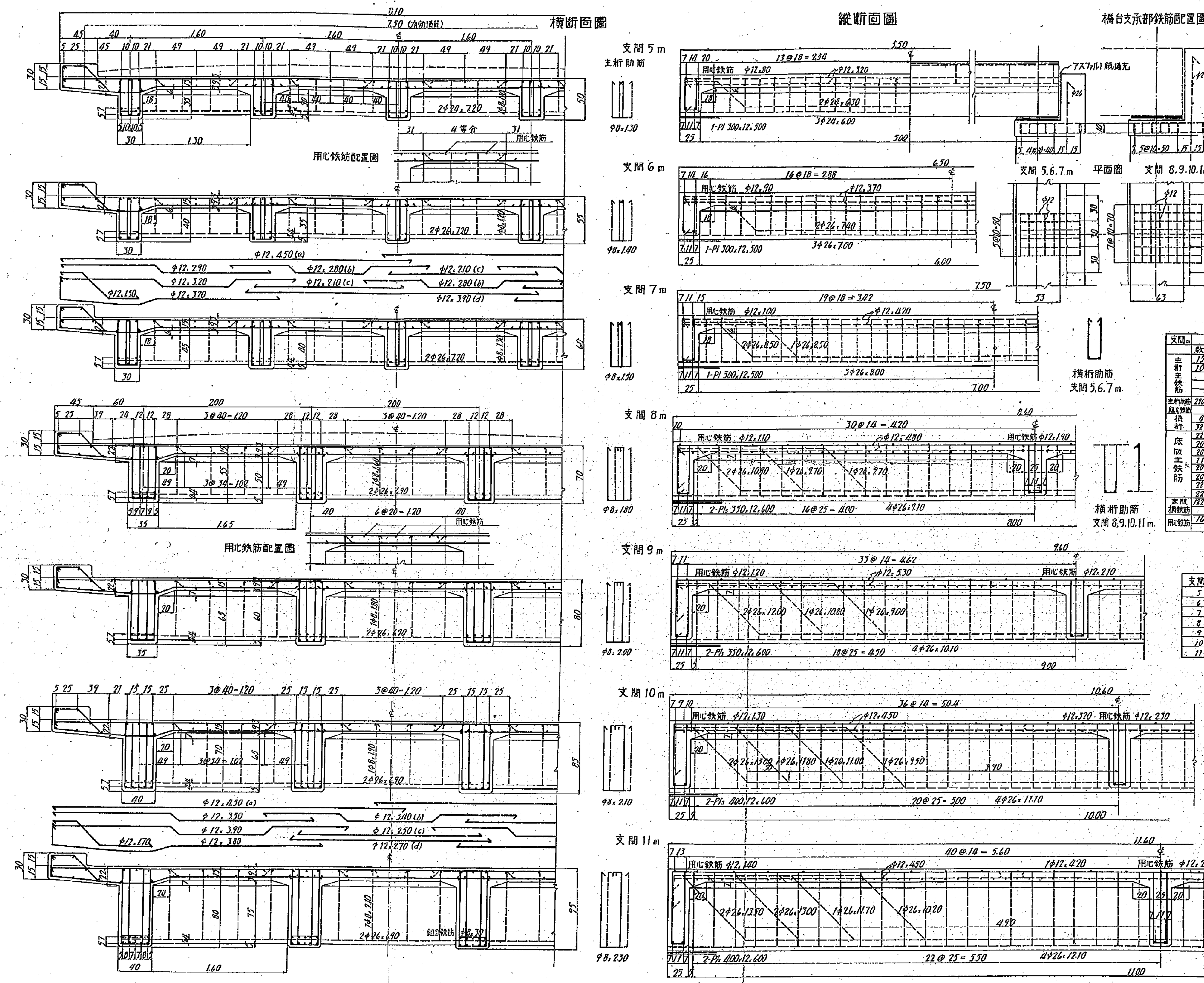
一覧表

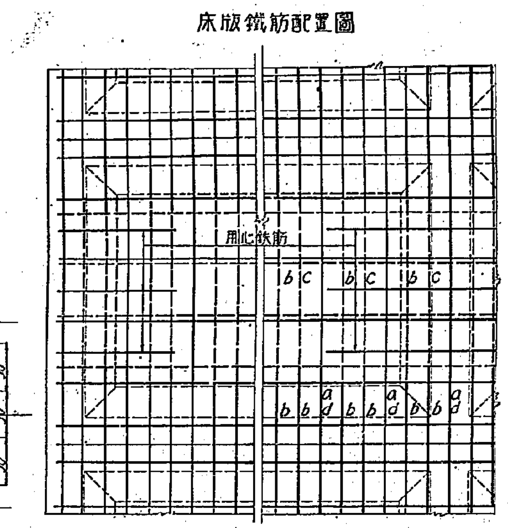
(注意 鉄筋重量中ニ緊結用鋼線ヲ含マズ)

支間m	主桁間隔m	主桁寸法cm	床版厚cm	混凝土体積m³	鉄筋重量t	型枠面積m²	沓鈑
5	1.5	30.35	15	10.102	1.463	65.32	10-Pls 300.12.500
6	1.5	30.40	15	12.412	1.841	79.98	10-Pls 300.12.500
7	1.5	30.45	15	14.872	2.288	95.64	10-Pls 300.12.500
8	1.8	35.55	15	18.614	2.783	112.07	16-Pls 350.12.600
9	1.8	35.60	15	21.416	3.066	128.49	16-Pls 350.12.600
10	1.8	40.70	15	26.650	3.579	150.90	16-Pls 400.12.600
11	1.8	40.80	15	30.585	4.106	175.05	16-Pls 400.12.600



標準府縣道橋	
鐵筋混凝土T桁橋	
有効幅員	6.0 m
支間	5.6.7.8.9.10.11 m
荷重	三等橋荷重
上置層	平均 220 Kg/m² 以下
高欄	500 Kg/m 以下
備考	排水設備適当ニ設クベシ
昭和七年十月	
内務省土木試験所	





鐵筋表

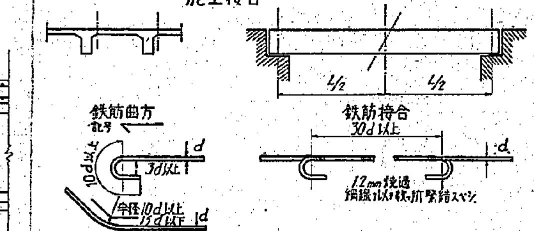
支間m	5			6			7			8			9			10					
	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m	数	径mm	長m
主桁主鉄筋	15	24	6.0	15	26	7.0	15	26	8.0	16	26	9.1	16	26	10.1	16	26	11.1	16	26	12.1
	10	24	6.3	10	26	7.4	15	26	8.5	8	26	10.9	8	26	12.0	8	26	13.0	8	26	13.5
										8	26	9.7	4	26	10.8	4	26	11.8	8	26	13.0
													4	26	9.0	4	26	11.0	4	26	11.7
																4	26	9.5	4	26	10.2
主桁肋筋	290	8	1.3	350	8	1.4	410	8	1.5	264	8	1.8	296	8	2.0	328	8	2.1	360	8	2.3
組立鉄筋																			20	8	0.3
橫桁	4	24	7.2	4	26	7.2	4	26	7.2	6	26	6.9	6	26	6.9	6	26	6.9	6	26	6.9
	32	8	1.1	32	8	1.2	32	8	1.3	36	8	1.6	36	8	1.8	36	8	1.9	36	8	2.1
床版主鉄筋	22	12	4.5	26	12	4.5	30	12	4.5	42	12	4.5	46	12	4.5	50	12	4.5	58	12	4.5
	20	12	2.8	24	12	2.8	28	12	2.8	20	12	3.4	22	12	3.4	26	12	3.4	28	12	3.4
	20	12	2.1	24	12	2.1	28	12	2.1	20	12	2.5	22	12	2.5	24	12	2.5	26	12	2.5
	11	12	3.9	13	12	3.9	15	12	3.9	21	12	2.7	23	12	2.7	27	12	2.7	29	12	2.7
	20	12	2.9	24	12	2.9	28	12	2.9	40	12	3.5	44	12	3.5	52	12	3.5	56	12	3.5
	20	12	3.2	24	12	3.2	28	12	3.2	40	12	3.9	44	12	3.9	48	12	3.9	52	12	3.9
	22	12	3.2	26	12	3.2	30	12	3.2	42	12	3.8	50	12	3.8	54	12	3.8	58	12	3.8
	22	12	1.5	26	12	1.5	30	12	1.5	42	12	1.7	50	12	1.7	54	12	1.7	58	12	1.7
床版橫鉄筋	122	12	3.2	122	12	3.7	122	12	4.2	120	12	4.8	120	12	5.3	120	12	4.5	120	12	4.5
																60	12	3.2	60	12	4.2
用心鉄筋	16	12	0.8	16	12	0.9	16	12	1.0	18	12	1.1	18	12	1.2	18	12	1.3	18	12	1.4
										9	12	1.9	9	12	2.1	9	12	2.3	9	12	2.5

一覽表

（注意 鉄筋重量中ニ緊結用鋼線ヲ含マズ）

支間 m	主桁間隔 m	主桁寸法 cm	床版厚 cm	混凝土体積 m³	鉄筋重量 t	型枠面積 m²	沓鈑 mm
5	1.6	30×35	15	11.586	1.579	74.42	10Pls 300.12.500
6	1.6	30×40	15	14.163	1.979	90.64	10Pls 300.12.500
7	1.6	30×45	15	16.891	2.446	107.86	10Pls 300.12.500
8	2.0	35×55	15	21.061	3.011	127.07	16Pls 350.12.600
9	2.0	35×65	15	24.999	3.321	150.41	16Pls 350.12.600
10	2.0	40×70	15	29.680	3.859	169.57	16Pls 400.12.600
11	2.0	40×80	15	34.467	4.409	195.75	16Pls 400.12.600

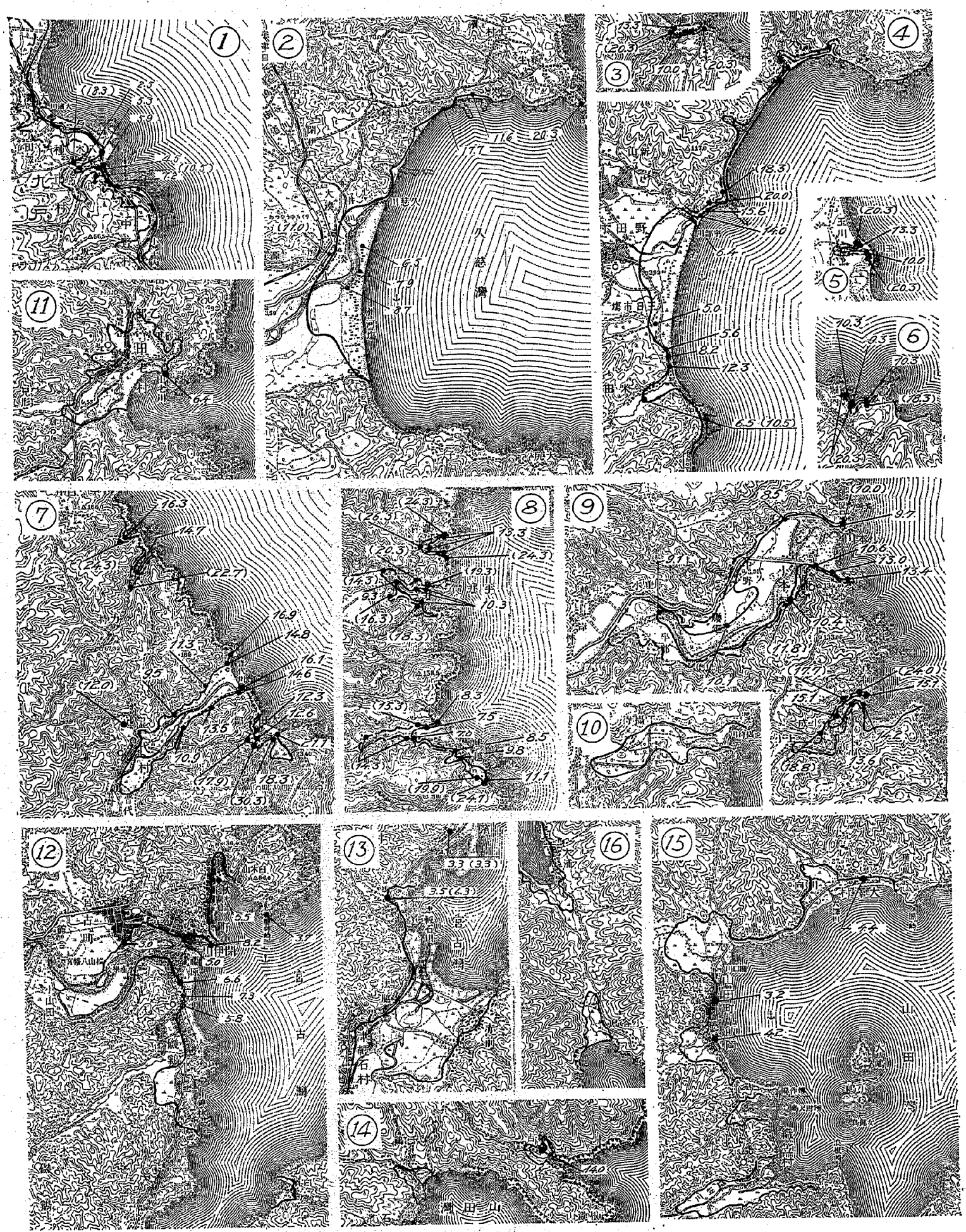
施工接合



標準府縣道橋	
鐵筋混凝土T桁橋	
有効幅員	7.5 m
支間	5.6.7.8.9.10.11 m
荷重	三等橋荷重
上置層	平均 220 Kg/m² 以下
高欄	500 Kg/m 以下
備考	排水設備ヲ適当ニ設クベシ
昭和七年十月	
内務省土木試驗所	

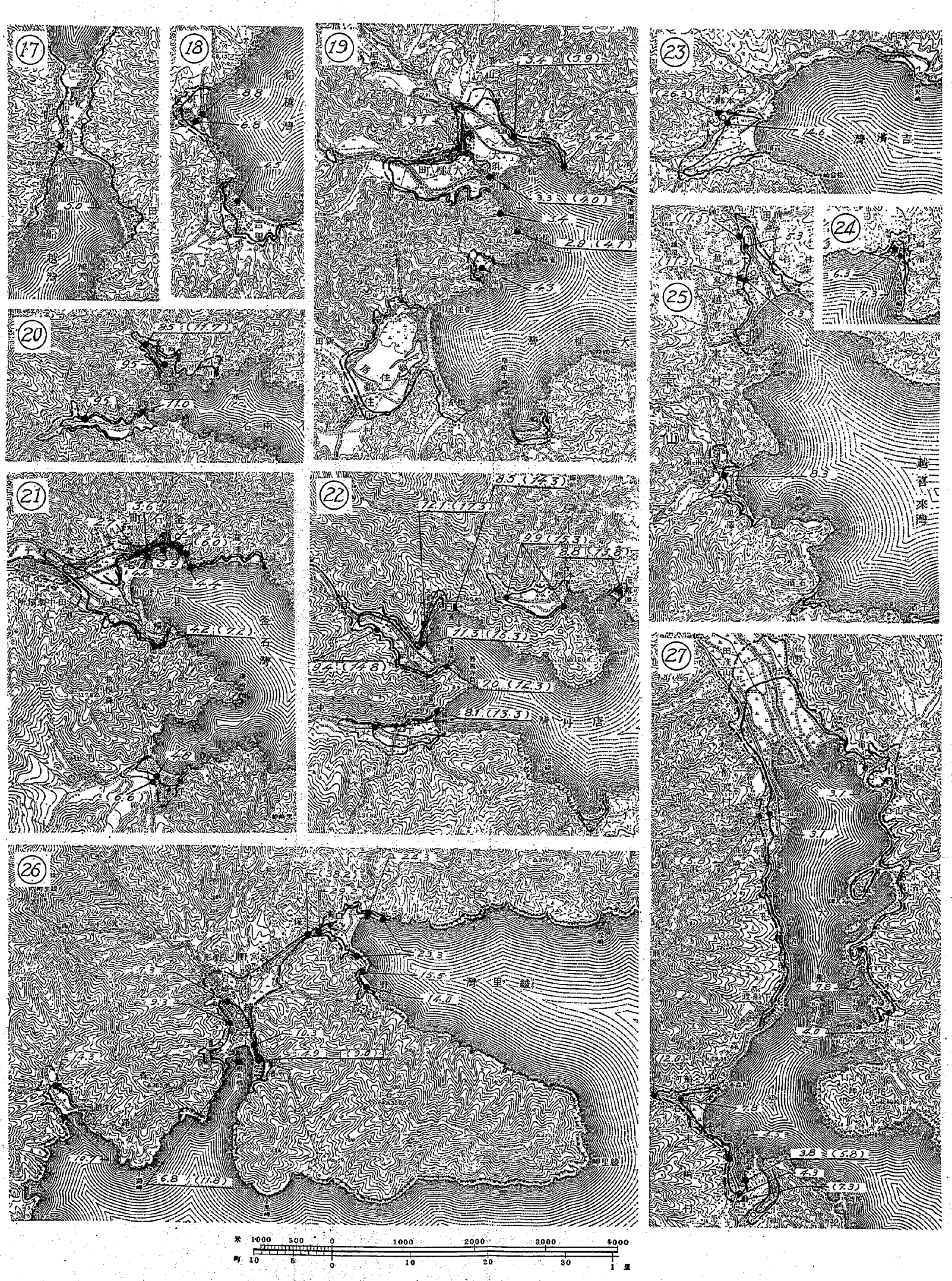
附圖　第二　岩手縣九戸郡及下閉伊郡

1. 種市村八木　2. 久慈町　3. 宇部村小袖　4. 野田村　5. 野田村玉川
6. 普代村堀内　7. 普代村普代　8. 田野畑村羅賀・平井賀及島ノ越　9. 小本村　10. 田老村摩待
11. 田老村田老　12. 宮古町　13. 津軽石村　14. 重茂村千鶏及姉吉　15. 山田町及織笠村
16. 船越村大浦及小谷鳥



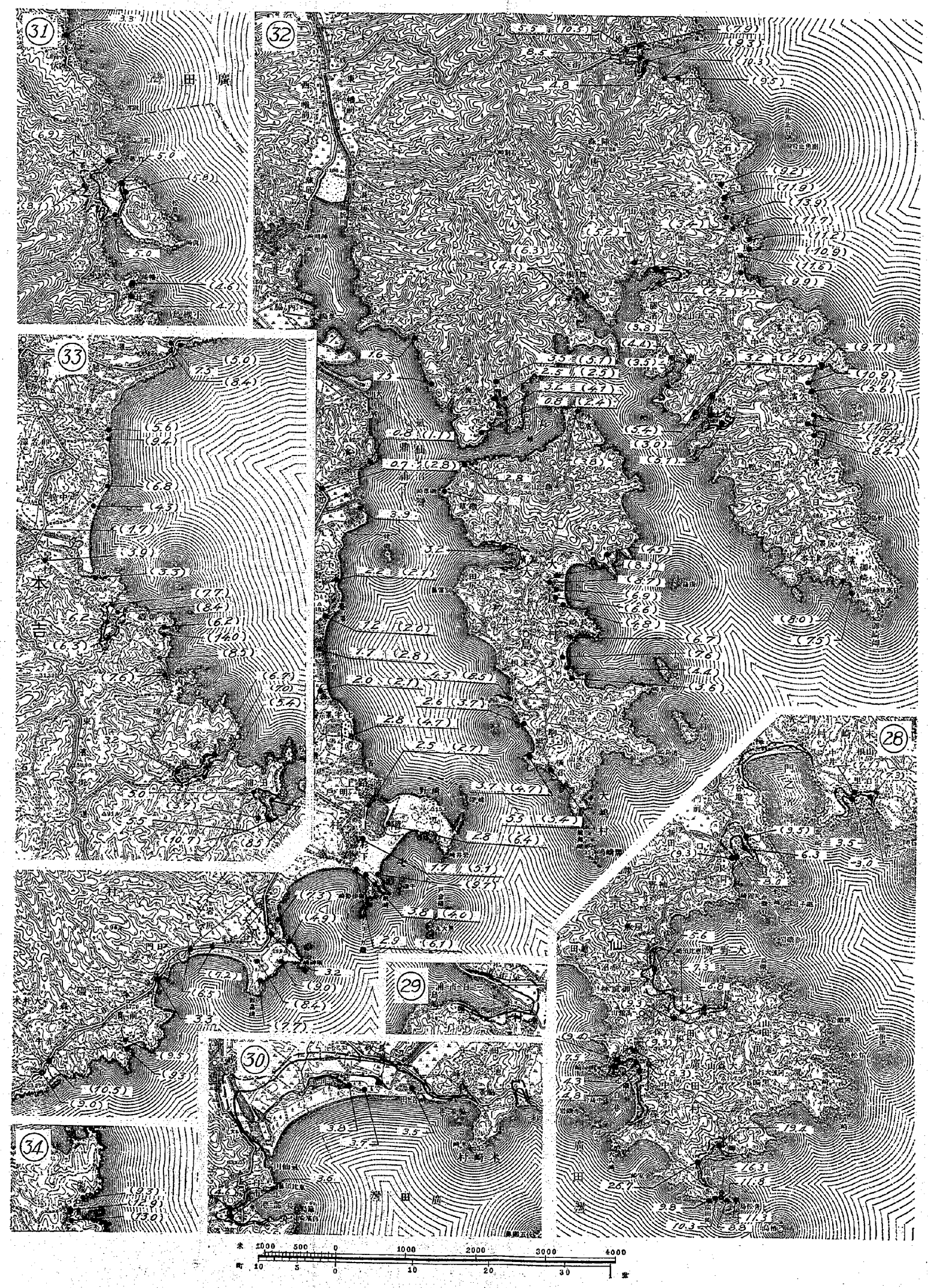
附圖　第三　岩手縣下閉伊郡、上閉伊郡及氣仙郡

17. 船越村　18. 大槌町浪板及吉里吉里　19. 大槌町及鵜住居村　20. 鵜住居村兩石及水海
21. 釜石町　22. 唐丹村本郷、小白濱及下荒川　23. 吉濱村　24. 越喜來村崎濱
25. 越喜來村浦濱及下甫嶺　26. 綾里村湊及白濱　27. 大船渡町及末崎村



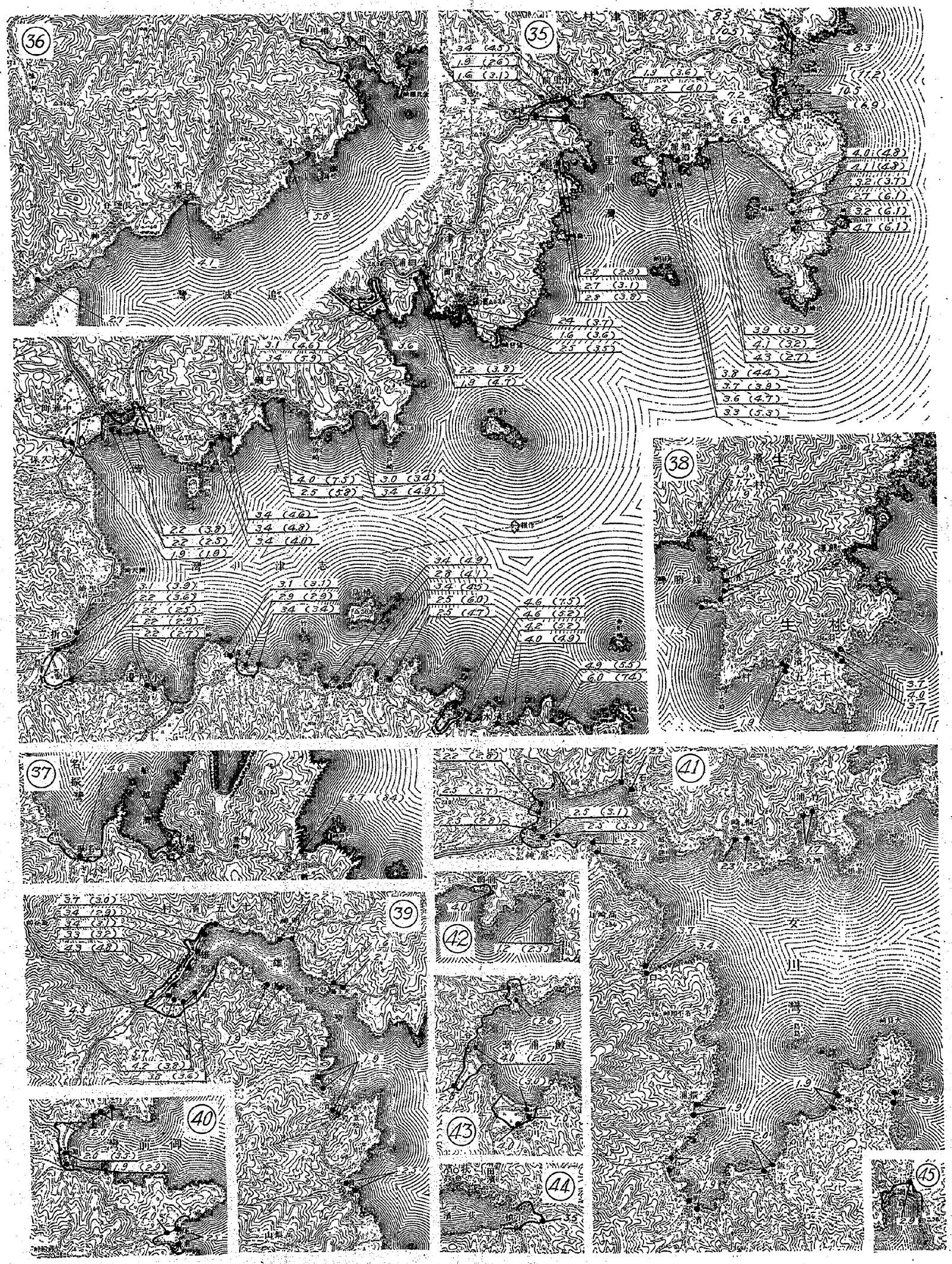
附圖　第四　岩手縣氣仙郡及宮城縣本吉郡

28. 廣田村及末崎村門ノ濱　29. 小友村三日市　30. 高田町及氣仙町　31. 唐桑村大澤
32. 氣仙沼灣近傍。唐桑村、大島村、鹿折村、松岩村、階上村及大谷村　33. 小泉村及歌津村　34. 歌津村石濱

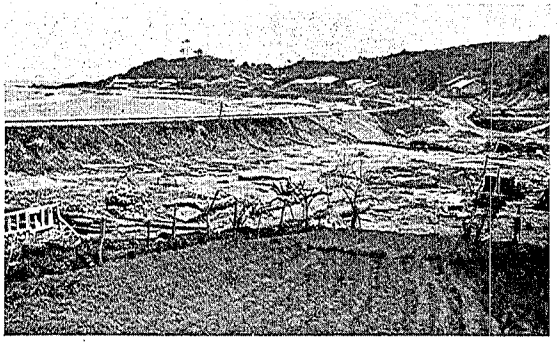


附圖　第五　宮城縣本吉郡、桃生郡及牡鹿郡

35. 歌津村、志津川町及戸倉村　36. 十三濱村　37. 十五濱村名振及船越　38. 十五濱村大濱及大須
39. 十五濱村雄勝　40. 女川町御前　41. 女川町女川　42. 大原村前網
43. 大原村鮫浦、大谷川及谷川　44. 荻濱村荻濱　45. 大原村小網倉

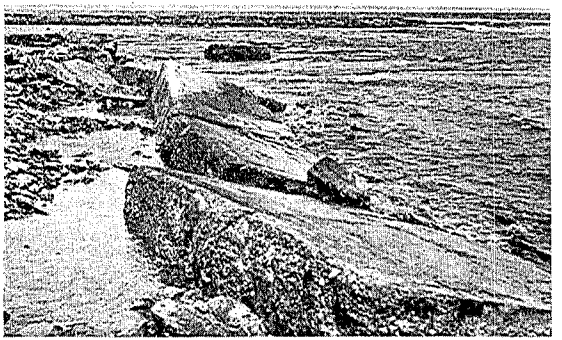


寫眞の順位は岩手縣北方より海岸線に沿ふて順次南下宮城縣に至る

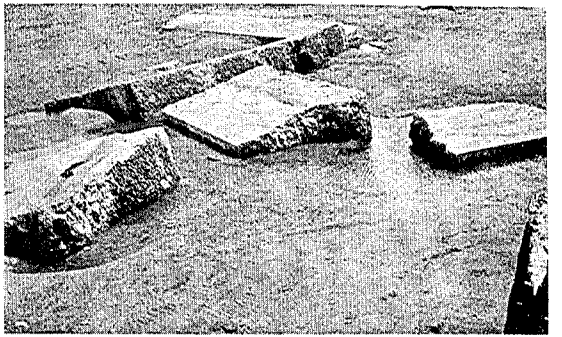


寫眞第一　岩手縣九戸郡種市村八木。明治 29 年の津浪に比し今回の津浪の高さは著しく小であつた。これは寫眞に見える其後に出來た海岸の鐵道線路築堤の爲である。(5月31日撮)

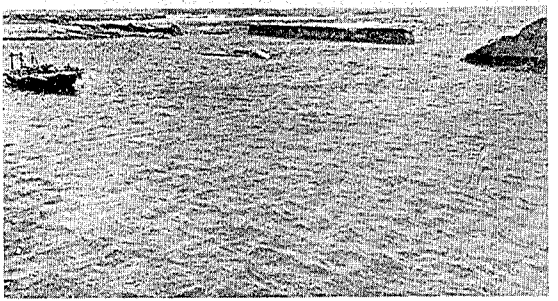
寫眞第二　八木。寫眞の右に見える鐵橋のある築堤の切れ目より津浪の出入があり内部住宅地に相當の被害を與へ且つこの橋臺裏の土が洗はれて鐵道一時不通の原因となつた。



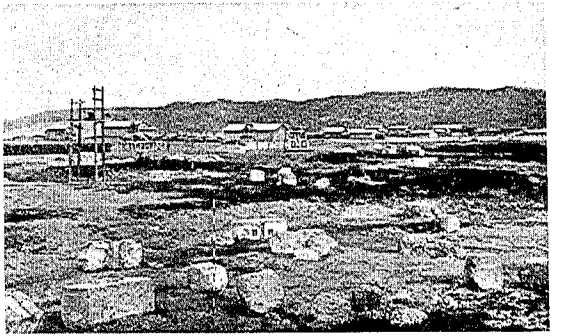
寫眞第三　八木。海岸の町村工事に依つて築造された船溜り用の混凝土護岸(壁の高さ約 1.8 m, 厚さ根本に於て約 1.0 m, 天端に於て 0.5 m) の一部は引き浪の爲に外方に倒された。



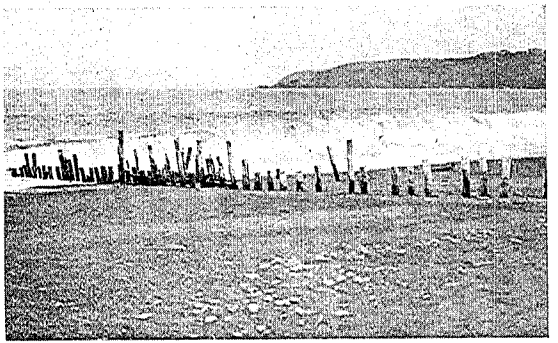
寫眞第四　八木。船溜り用護岸。寫眞の右端前方には海位置に殘つた壁が見える。中央にある混凝土ブロックは引き浪により倒され破壞散亂して流れ出た裏込土砂の中に埋つたもの。



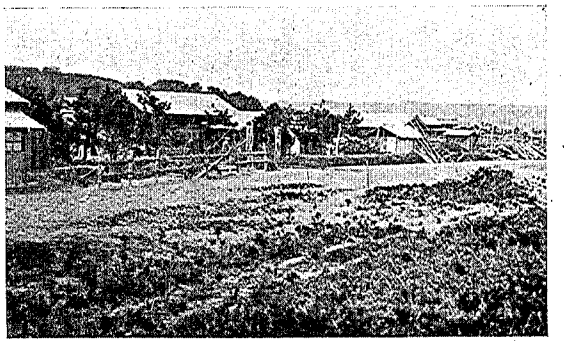
寫眞第五　八木。船溜り外壁及防波堤。寫眞の後方中央に横に長くある防波堤（寸法高 2.0 m 以上、巾天端に於て 1.65 m下部に於て 2.15m）はその儘殘りその内側の船溜り外壁（寸法寫眞第三のものと略同様、但し水深が大なるだけ高さ大）は破壞された。寫眞の右端に殘つた一部を見る。



寫眞第六　九戸郡久慈町浜海岸。岩手縣久慈港工營所の工事用混凝土方塊（重量一個約 6 t）600 個が製作の後海岸の汀線より約 120 m 線に 4 列に平均水面より 6.8 m の高さの砂丘の裏に長く（列の間隔約 1.0m, 横の間隔約 0.3 m）配置してあつたものが散亂摩滅した狀態。（5 月 30 日撮）

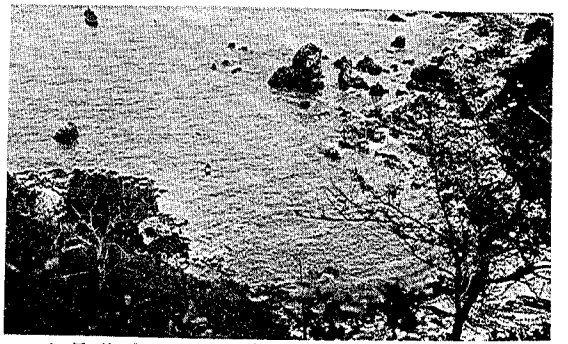


寫眞第七　久慈町海岸。砂の移動多く同地帶鹽製鐵所に於て數十萬圓の工費を投じて築いた久慈川河口の新水路は完成通水後一夜にして埋つた歴史がある。寫眞は津浪の被害ではないがその當時の導流堤の形見である。



寫眞第八　九戸郡野田村赤代海岸。寫眞中央稍左の家は寫眞に見える樣な低い堤防（斷面高さ 0.6 m, 巾 0.4〜1.0m）を平常の暴風の浪を防ぐ目的で築いてあつたので隣の之なき家は家財等が流され僅に柱が殘つたのみであつたがこの家は何等の破壞作用を受けなかつた。

寫眞第九　野田村米田海岸。汀線に沿ふて高さ約 4.5 m の砂丘が發達してゐた爲に內部に於ける津浪の勢力が減殺された。

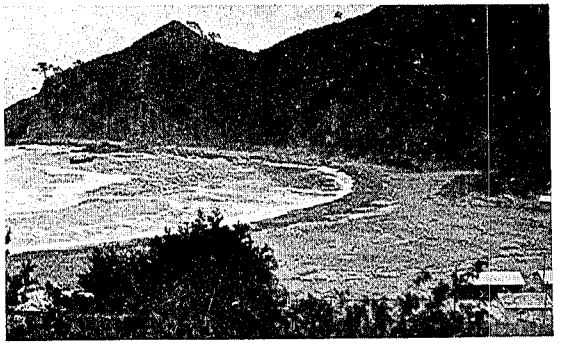


寫眞第十　下閉伊郡普代村堀內前濱。この附近に於ける最も良好なる避難港の一であつて南東の暴風の場合には此處、北東の暴風には北方の久慈が利用される。この灣の奥に於ての津浪の高さ最高 10.3 m。

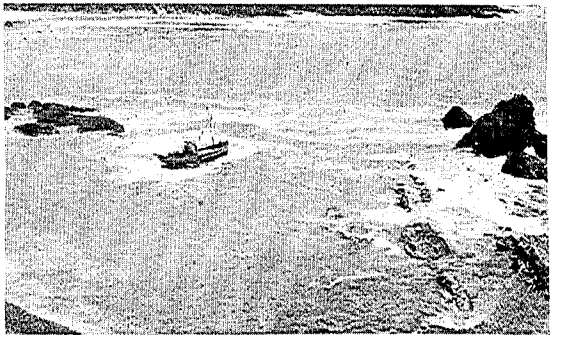
寫眞第十一　普代村普代。茂市川の鐵線蛇籠が寫眞の如く 4 組並置してあつたものが津浪の爲に右岸端の一組が仰向けに上流に倒された。この附近津浪の河底上の高さは約 3.0 m であつて轉覆の原因は漂流物の爲と推定される。

寫眞第十二　九戸郡田野畑村羅賀。寫眞の白い石は津浪にて打上げられたもの。最大のもので一個約 0.15 m³。この海岸汀線より約 100 m の距離に自然勾配にて高さ約 8 m 上つた所に高さ 4 m の練積間知があつて津浪の勢力を大いに弱めた。

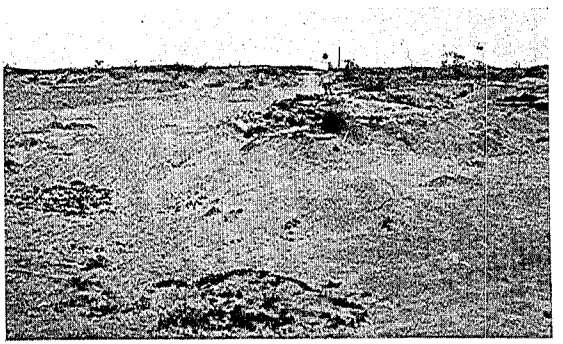
(5 月 29 日撮)



寫眞第十三　田野畑村平井賀。灣の右岸水深約8mの箇所にあつた大きさ約2×2.8×1.8mの石が岸の水面上に移動した。又灣内に碇泊中の30噸位の漁船3艘が一は陸上に一は輝殺右岸の岩の上に一は沖に流され行衛不明になつた。

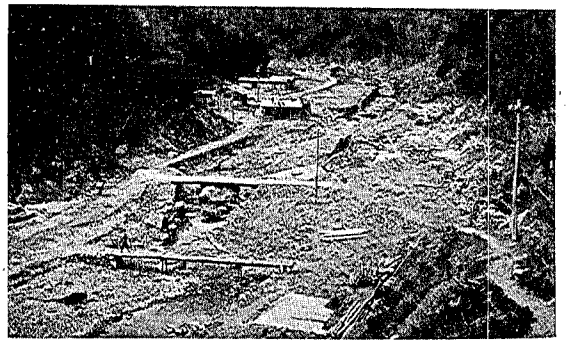


寫眞第十四　田野畑村嶋ノ越。自然の岩石による防波堤により包圍された天然の良泊地、津浪は又この自然の防波堤（天端は畧平均水位）の爲に著しく勢力を減殺された。

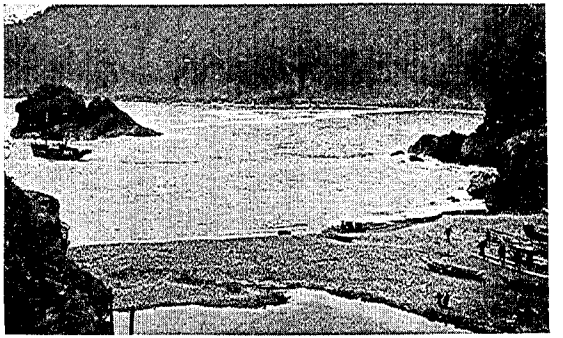


寫眞第十五　下閉伊郡小本村。海岸。「砂の上に建てたる家は顚倒はなはだし」く全部流失、舊部落の道路の配置さへ判別し得ない程度になつてゐる。（5月28日撮）

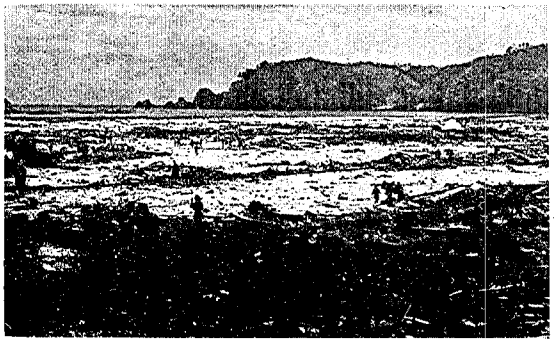
寫眞第十六　小本村海岸。忠魂碑基礎より小本村中心地遠望。樹木は悉く倒され海に向つてゐた碑は再轉して寫眞の如くなつてゐる。



寫眞第十七　小本村茂師。寫眞のバラック及橋梁は共後築造されたもので津浪はその澤の奥深く約 650 m 浸入その間の家屋等悉く流失、津浪の高海岸に於て最大 15.1m(5 月 28 日撮)

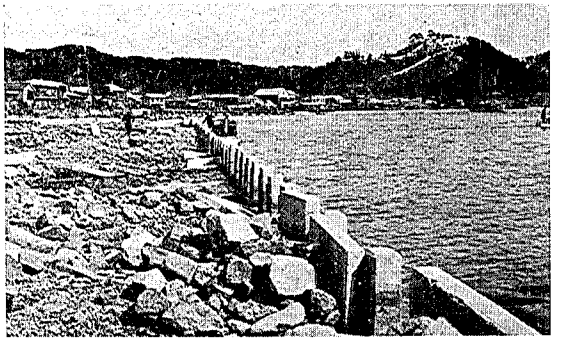


寫眞第十八　茂師海岸。岩手縣茂師港工營所に於て施工中の築港計畫の豫定碇泊水面。左の島の高さ約 14m。津浪は略この高さにまで達した。寫眞に收まつてゐない向つて右の濱には大きさ約 1.5 m³ の石が 10 個以上陸上に打上げられた。

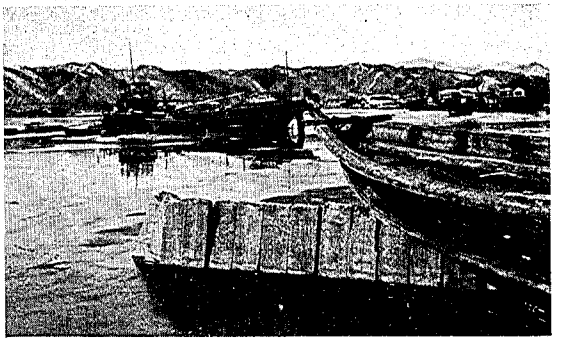


寫眞第十九　下閉伊郡田老村。此の地帶一面に櫛比せる家屋が全部流失した。寫眞の前方の木村は津浪が襲來した最高地點附近に殘されたもの (3 月 6 日撮)

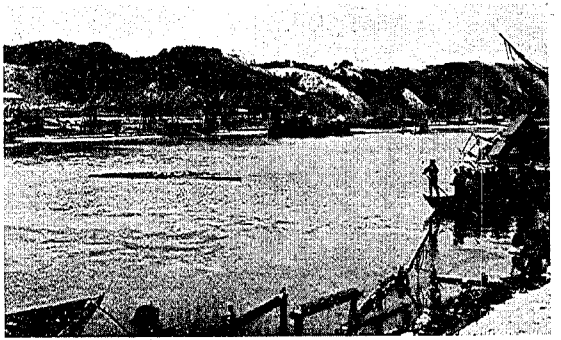
寫眞第二十　田老村。村落中心地附近。



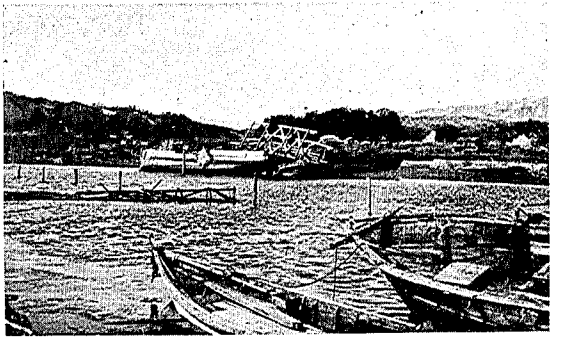
寫眞第二十一　下閉伊郡宮古町宮古港。鐵筋混凝土柱の間にスラブを樹て込んだ構造の物揚場岸壁。裏込が流された爲にスラブの一部が散亂したもの。寄せ波及引き波の兩作用に依つてスラブは或は内に或は外に移動してゐる。(3 月 6 日撮)



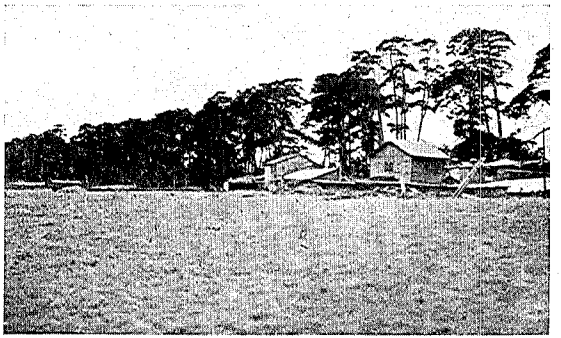
寫眞第二十二　宮古港。工事中の鐵筋混凝土矢板が押し流された舟の爲に水中の根本で折れた。矢板は斷面 50×20 cm (鐵筋は徑 16 mm のもの兩側に 5 本宛) 長 6.50 m 根入約3.80 m.



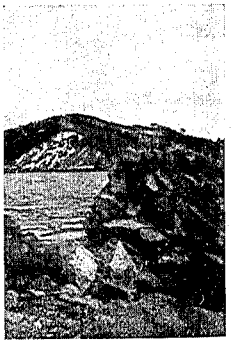
寫眞第二十三　宮古町、宮古橋。橋脚を流失物の爲に破壞された。中央の左にあるは殘された一部の橋桁。



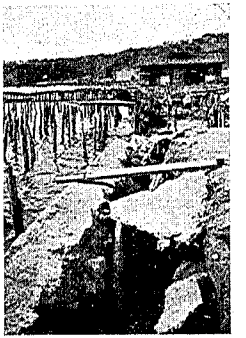
寫眞第二十四　宮古町。宮古橋の橋桁の一部が船に乘つて上流に運ばれたもの。



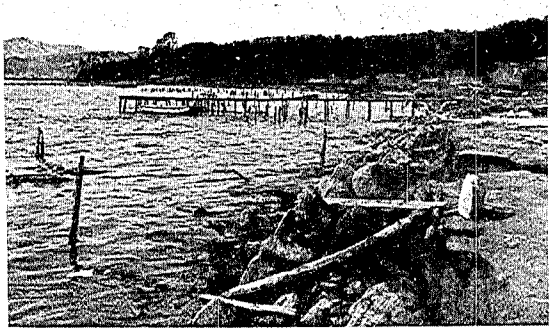
寫眞第二十五　下閉伊郡磯鶏村磯鶏。明治 29 年津浪後に設けられた防浪林の一部。(5 月 27 日撮)



寫眞第二十六　宮古町。埋立護岸練積間知の崩壞。(3 月 6 日撮)

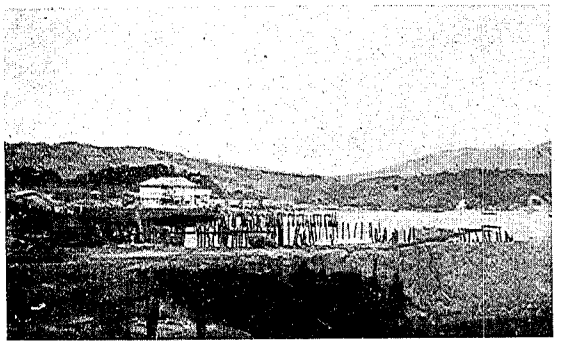


寫眞第二十七　下閉伊郡大澤村練積間知裏込の流失(3月 7 日撮)

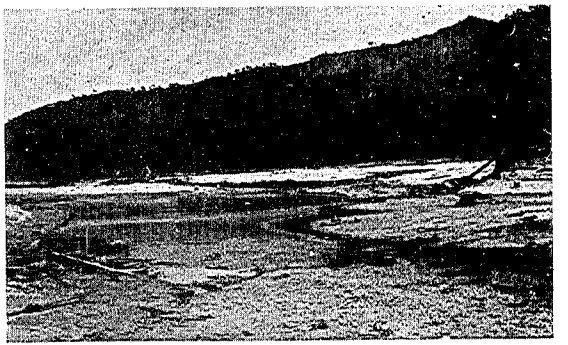


寫眞第二十八　大澤村護岸空積間知の崩壞。後方に見えるは流失した棧橋の杭。

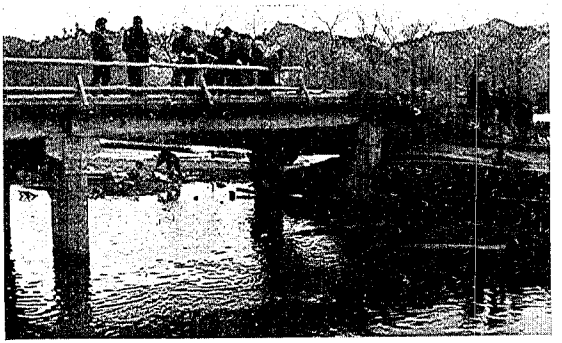
寫眞第二十九　下閉伊郡山田町。津浪が襲來したる最高地點附近に殘された破壞された家屋の殘骸。



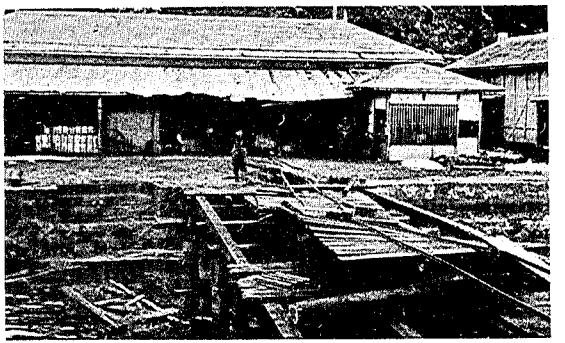
寫眞第三十　山田町棧橋の流失。(3 月 7 日撮)



寫眞第三十一　下閉伊郡船越村。津浪は船越灣より部落のあつた寫眞の場所を高さ約 5m の流れとなつて横斷して山田灣に入り對岸大澤村に大なる被害を與へた。(3 月 8 日撮)

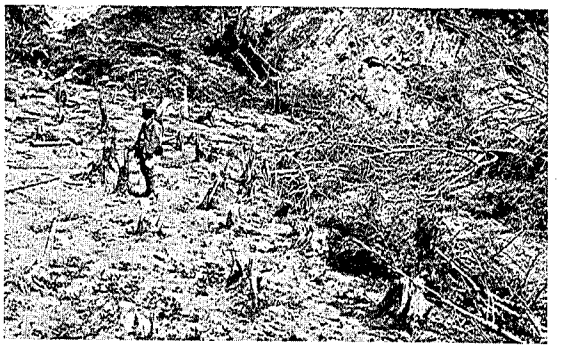


寫眞第三十二　上閉伊郡大槌町。小槌川安渡橋。鐵筋混凝土橋脚が押し流されて來た漁船の爲に破損した。



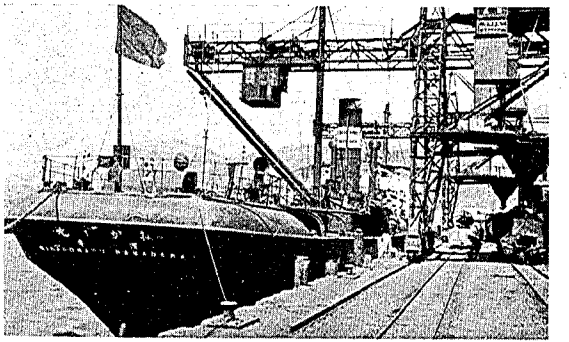
寫眞第三十三　大槌灣大槌町三陸汽船棧橋。(3 月 5 日撮)

寫眞第三十四　上閉伊郡鵜住居村兩石。この附近にあつた部落は全部流失したがその後應急用のバラック建築（主として倉庫及工場）が次第に建てられた。（5 月 27 日撮）

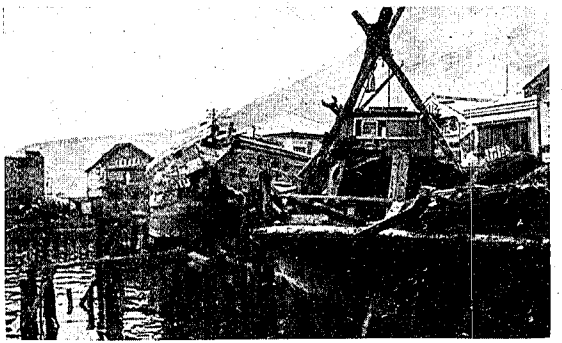


寫眞第三十五　鵜住居村水海。左岸突出部裏にあつた徑20～30cm の樹木が殆ど全部折られてゐる。寫眞には其後鋸にて切り取つたものの切口が 4～5 本明に見えるが他は全部津浪の作用である。

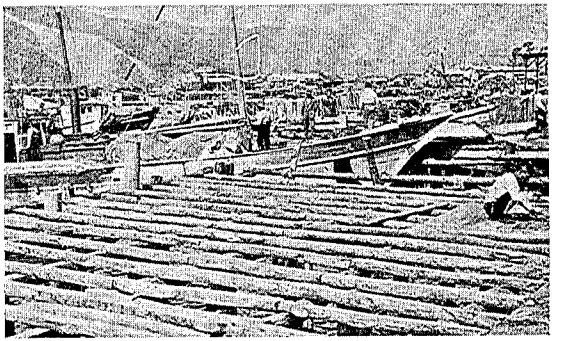
寫眞第三十六　上閉伊郡釜石町。鈴子方面より津浪の被害最大であつた須賀及嬉石を望む。



寫眞第三十七　釜石町鑛山桟橋。灣内に突出してゐるにかゝわらず殆ど被害を受けなかつた。僅に根本に於て多少破損したのみである。



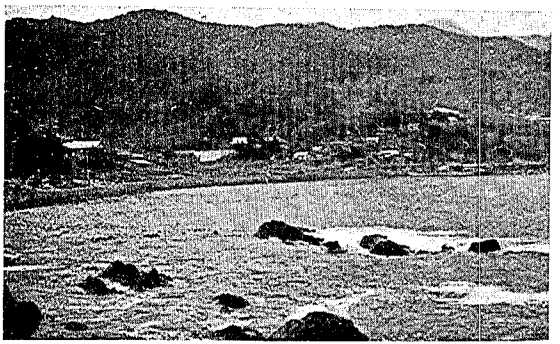
寫眞第三十八　釜石町棧橋。上部板が流失し殘つた杭の上に碇泊中の船舶が乘り上げた。(3 月 8 日撮)



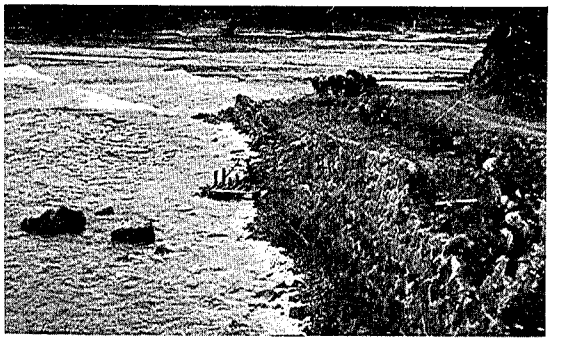
寫眞第三十九　釜石町漁船用棧橋。寫眞は復舊工事中のものであるが同樣の構造のものが津浪の場合には寫眞三十八の如く上部が殆ど全部流失した。(5 月 27 日撮)

寫眞第四十　氣仙郡唐丹村本郷。舊部落位置を裏山より眺む。中央道路兩側の部落は全部流失。寫眞中央左のバラックは應急住宅である。(5 月 26 日撮)

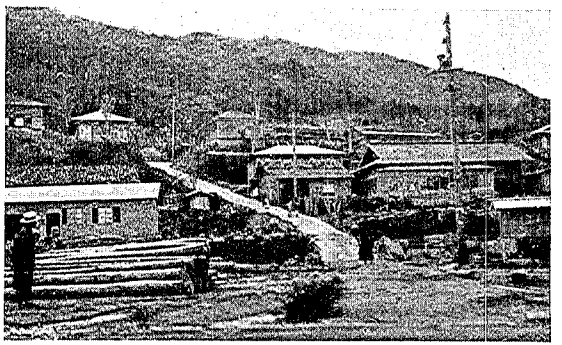
寫眞第四十一　本郷。海岸より舊部落位置を眺む。



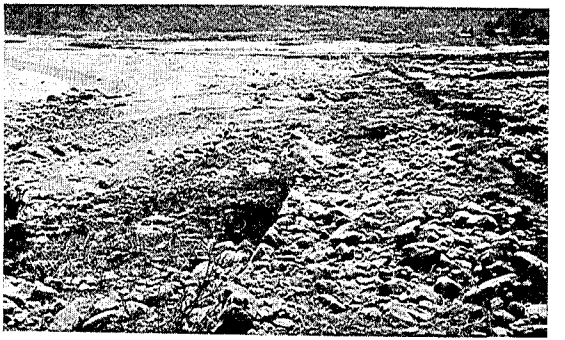
寫眞第四十二　唐丹村小白濱。寫眞の如き高さ約 3.3 m の練積間知護岸は大なる被害は受けなかつたが同時に津浪の勢力が非常に大なるこの土地では大なる功も樹てなかつた。津浪高この附近に於て最大 12.1 m。(5 月 26 日撮)



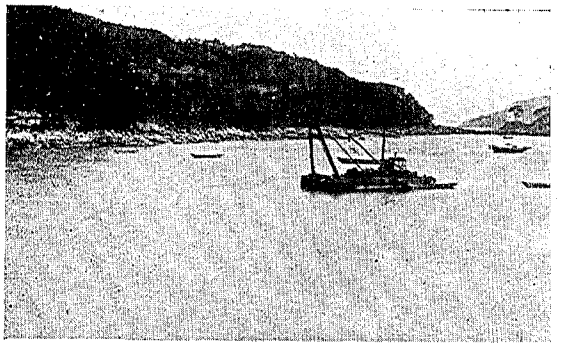
寫眞第四十三　小白濱片岸間知護岸。寫眞四十二の護岸の一端の破壞した一部。



寫眞第四十四　小白濱。理想的な避難道路。巾約 3.6 m, 勾配 1/5。この道路の爲に死傷者が非常に少く流失戸數 88 戸なるに拘らず死人は僅に 6 人であつた。



寫眞第四十五　氣仙郡吉濱村。明治 29 年の津浪の被害甚大なりしに依り築造した防浪堤(斷面底巾 9.8 m, 天端巾 2.7 m 高さ最大 5.5 m 海に面する側は 3 分勾配にて間知積の土堤)は今回の津浪で全部流失。寫眞は長さの方向に撮つたもので右方に一部基礎部分の殘を見る。

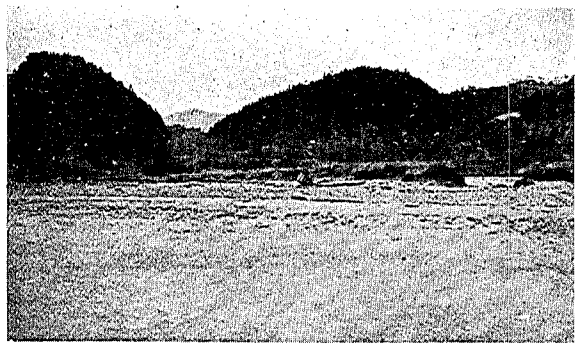


寫眞第四十六　氣仙郡越喜來村崎濱。寫眞の起重機船（揚力30 t）は津浪當時も略この位置に汀線より約 150 m の所に碇泊してゐたが浪の爲一旦岸まで押流されたがエンジンに依り神の碇を卷き第二の波に乘つて元の位置に歸つた。浪の高最大 7.3 m。（5 月 26 日撮）

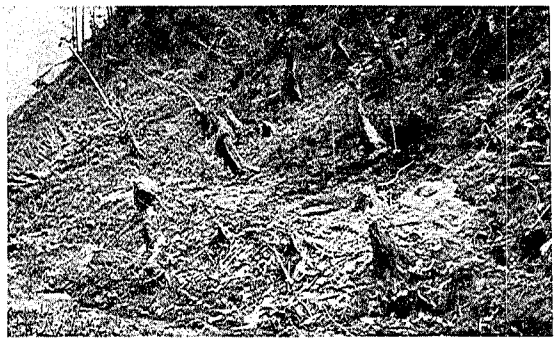
寫眞第四十七　越喜來村浦濱。海岸に沿ふて高さ約 1 m，巾約 3.5 m の道路築堤がありその外側の巾約 4 m の防潮林の松は 20 年位の齡を經たものであつたが寫眞の如く根本から全部洗はれた。津浪高最大 6.3 m。

寫眞第四十八　越喜來村下浦濱。川沿ひに上つた浪によつて折られた樹木。

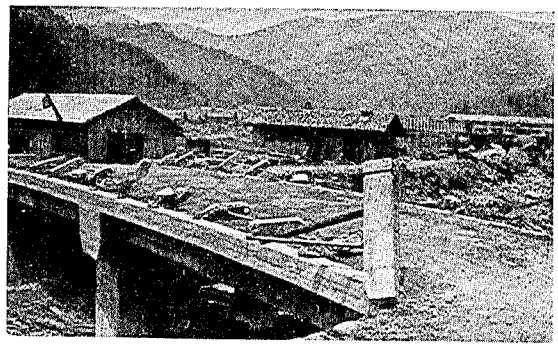
寫眞第四十九　氣仙郡綾里村野々前。綾里灣の奥，白濱に於ては津浪の高さ 29 m 以上に及んだが夫より稍離れて灣の右岸にあるこの地點では浪の高さ最大 15.5 m である。寫眞の前方右の納屋は津浪後に建てたもの。（5 月 25 日撮）



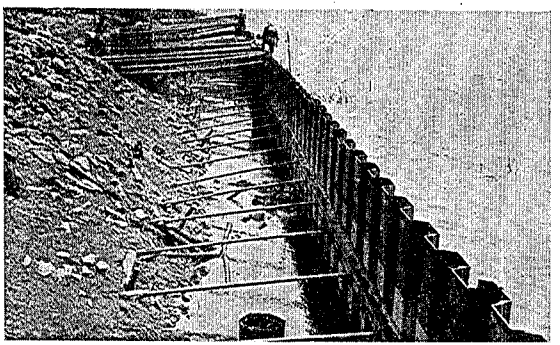
寫眞第五十　綾里村白濱。今回の津浪の高さが最大に達した場所で寫眞の左の澤を奥深く侵入してゐる。津浪の高最大 29.2 m。寫眞右方の丘陵は水面上の高さ 24.5 m であるが浪は之を超へた。この海岸では水深約 13 m の海底にあつた大きさ約 2.5×1.5×0.8 m の石が約 650 m 距つた汀線より 100 m の陸上に押流された。(5 月 25 日撮)



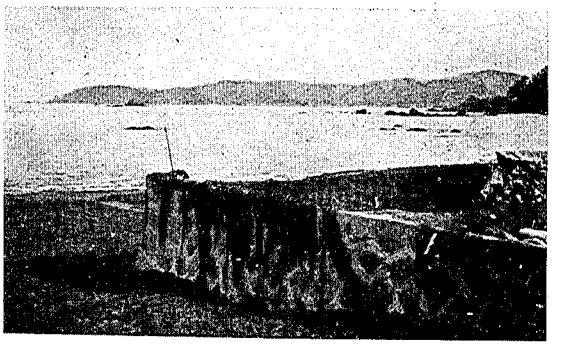
寫眞第五十一　綾里村白濱。澤の右岸傾斜面にある徑約 30 cm の樹木が上流側に折れてゐる。



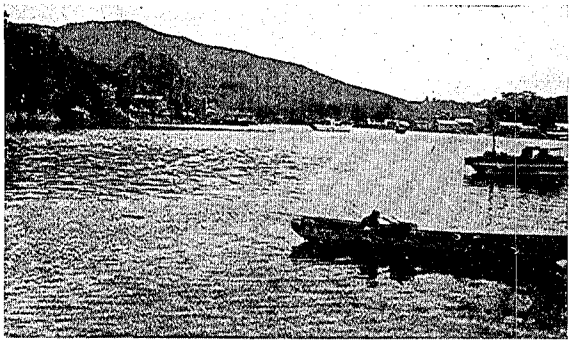
寫眞第五十二　綾里村湊。漂流物の爲に折られた鐵筋混凝土橋の欄干。右端の長い建物はその前方約 150 m まで津浪が來たといふ小學校。



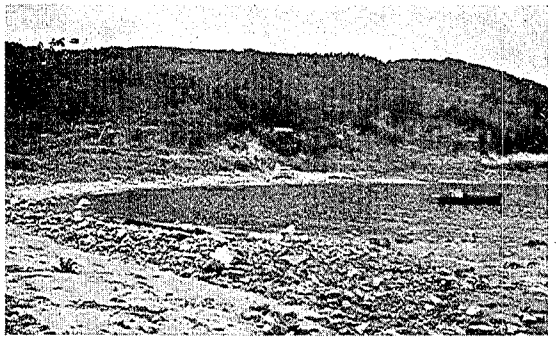
寫眞第五十三　氣仙郡大船渡町海岸。岩手縣大船渡港工事、八幡製鐵所鐵矢板長 9m（水深 4m）は津浪の際寫眞の如き狀態にあり工事中の爲一部分控捍及取付溝形鋼がなかつたものは後方に彎曲した。寫眞後方の支へ木村は之を修正する爲のもの。（5 月 25 日撮）



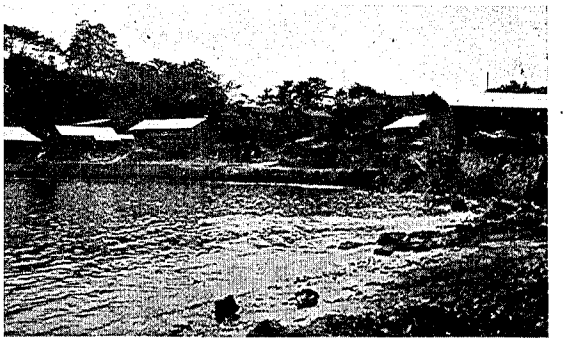
寫眞第五十四　氣仙郡小友村唯出。この附近の他の部落に比し津浪の勢力が特に大であつた。津浪の高 8.0m。對岸は廣田村。砂濱及石垣には此の附近にて多量に採取される海草「わかめ」を乾燥してあるのが見える。（5 月 24 日撮）



寫眞第五十五　氣仙郡末崎村細浦。大船渡灣内に於ては赤崎村長濱と共に流失家屋が最大の部落。此處は引き浪の勢力が相當大であつた。

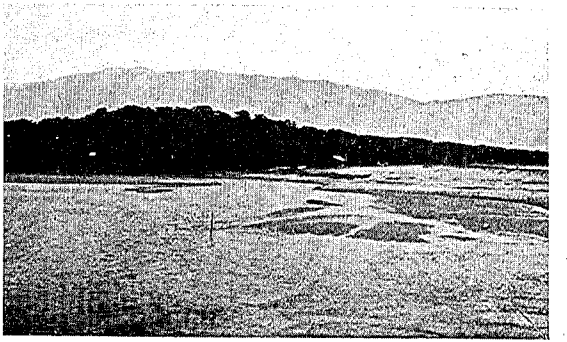


寫眞第五十六　氣仙郡唐丹村根岬。綾里白濱に次で今回の津浪が高かつた根岬及集部落。高さ最大 26.7 m。寫眞の白い石は多く津浪にて打上げられたもの。大きさ最大 1.5×0.8×0.8 m。(5 月 24 日撮)

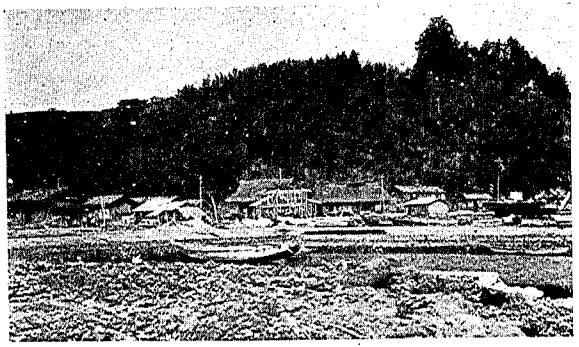


寫眞第五十七　唐丹村泊。寫眞中央護岸の被害は津浪によるもの。

寫眞第五十八　氣仙郡米崎村沼田。海岸に樹木多く之に遮ぎられて浪の勢が小となり家屋は多く倒潰した儘であつて流失したものは尠い。



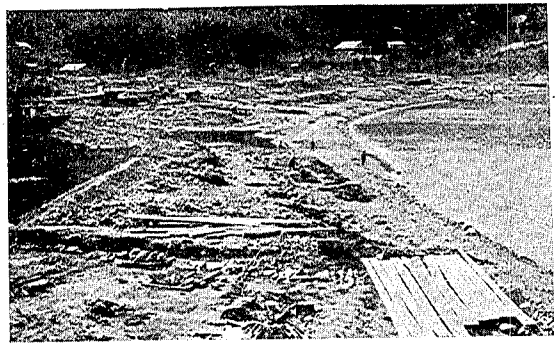
寫眞第五十九　氣仙郡高田町松原。通稱高田松原として日本百景の一に數へられる幅約 200 m の長い松原。この中にあつた三戸の家は被害小であつたが松原の海の方を伐り開いて作つた旅館は死傷者を出した。



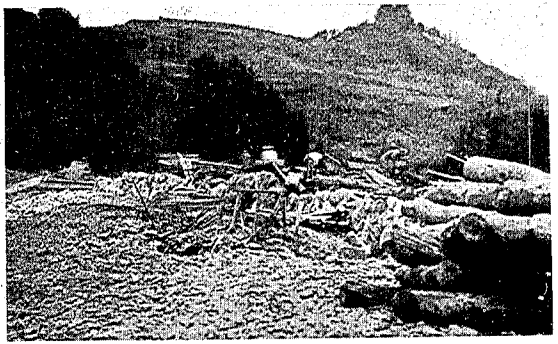
寫眞第六十　氣仙郡氣仙町長部。明治 29 年の津浪に比し高さは稍小であつたが浪の勢力は今回のものの方が大で多くの被害を與へた。今回の津浪では被害家屋は殆ど柱一本一本になつた。(5 月 24 日撮)

〔以 上 岩 手 縣〕

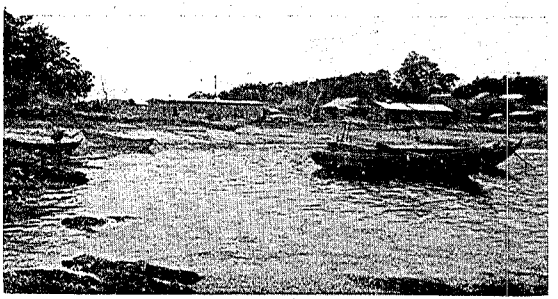
〔以 下 宮 城 縣〕



寫眞第六十一　宮城縣唐桑村大澤。半島の首に相當するこの部落は南よりの浪と北よりの浪とが合してこの首部を横斷した。寫眞は崩壞した北側堆積護岸。(5 月 23 日撮)

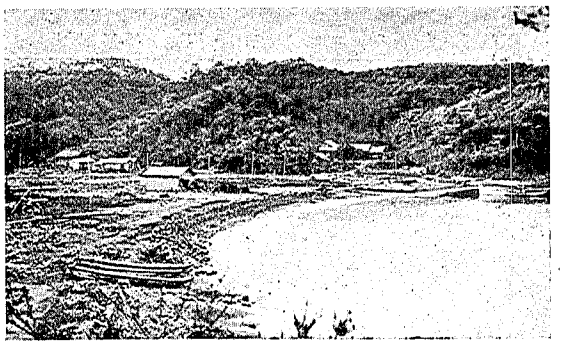


寫眞第六十二　唐桑村只越。流失した部落の中心地。この附近では最大の被害を受けた部落。津浪の高最大 5.5 m。

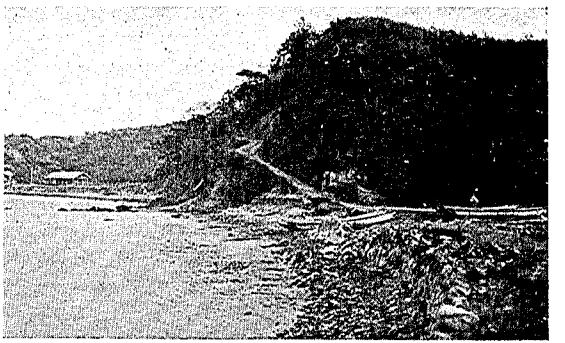


寫眞第六十三　本吉郡大谷村大谷。被害中心地の跡に倉庫工場等が建つてゐる。

寫眞第六十四　大谷に於ける防波堤築造工事。農林省の匡救工事



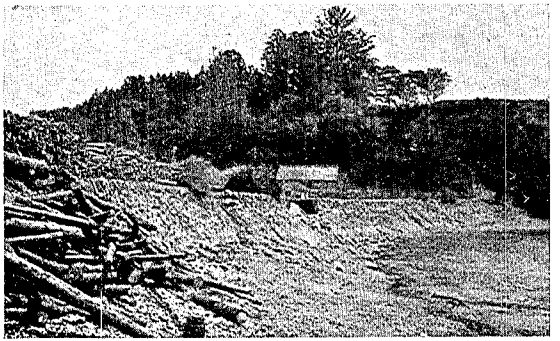
寫眞第六十五　本吉郡歌津村田ノ浦。舊部落中心地大部分流失、低地にある家はその後建てたもの。(5 月 22 日撮)



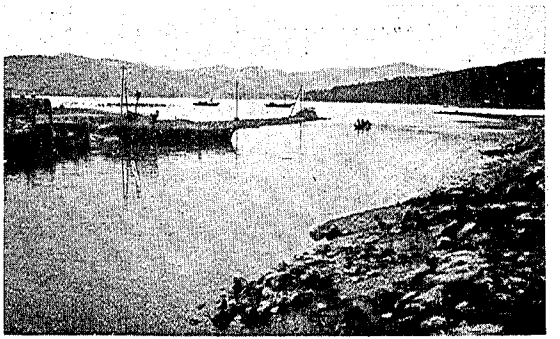
寫眞第六十六　田の浦。堆積護岸一部破壞。

寫眞第六十七　歌津村名足。高 4.5 m の練積護岸一部破壞。この護岸の爲に被害は明治 29 年に比し著しく輕減。(5 月 22 日撮)

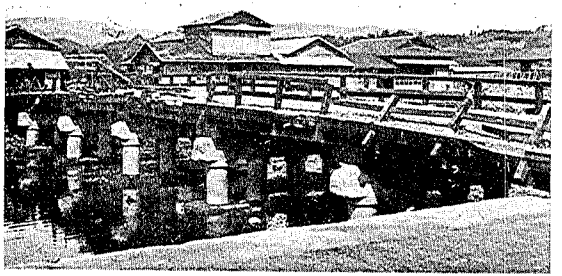
寫眞第六十八　歌津村中山。低地は倒潰家屋のあつた場所。寫眞の後方の松林のある箇所はこの附近での津浪高最大で 10.5 m。



寫眞第六十九　歌津村伊里前。練積護岸（高さ約 3 m）の爲に明治 29 年よりも被害著しく輕減。



寫眞第七十　本吉郡志津川町導流堤。寫眞の前方右の龜服り導流堤の根本は津浪による破壞。

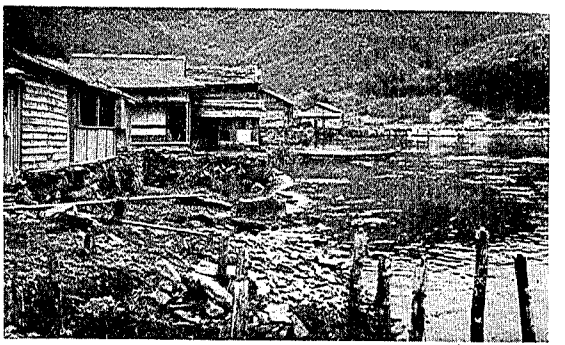


寫眞第七十一　志津川町。橋梁の欄干及橋脚混凝土は漂流物の爲著しく痛められた。(5 月 23 日撮)

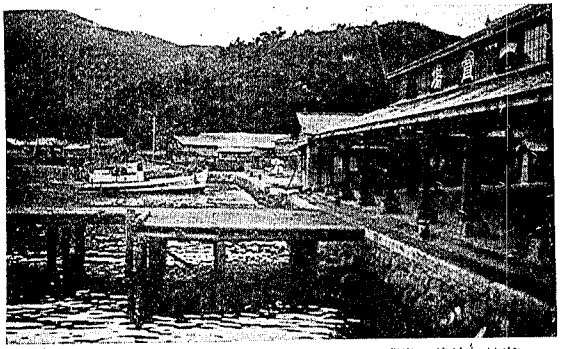
寫眞第七十二　本吉郡戸倉村波傳谷。練積護岸の破壞。

寫眞第七十三　桃生郡十五濱村雄勝。流失した部落の中心地を小學校運動場より望む。バラックは其後の建築。

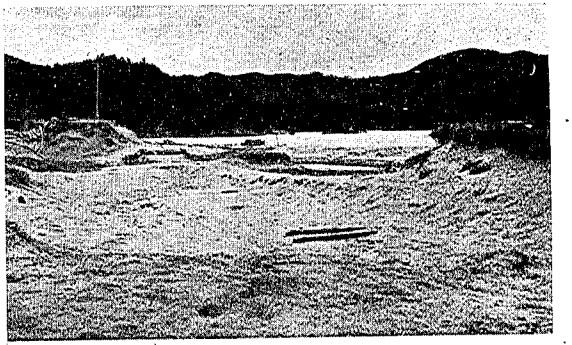
(5 月 22 日撮)



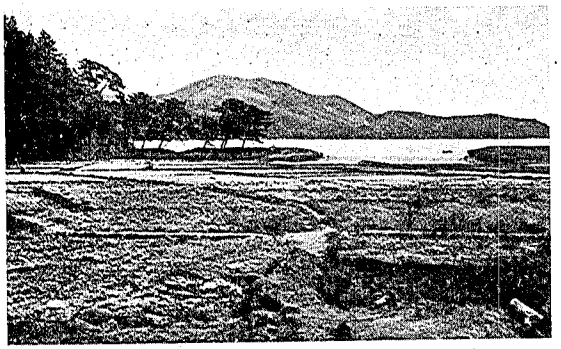
寫眞第七十四　雄勝。この附近に產するスレートに依る空積護岸は大部分破壞を免れた。この部落では寄せ波よりも引き波の勢力が大であつた。



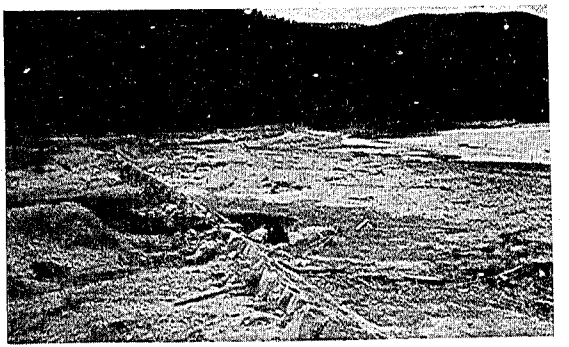
寫眞第七十五　牡鹿郡女川町。整備された護岸は津浪の被害輕減に大なる功を樹てた。(5 月 21 日撮)



寫眞第七十六　牡鹿郡大原村大谷川。海岸道路築堤の一部流失。築堤は粘土分沙なき砂よりなつてゐた爲に津浪により容易に破壞された。



寫眞第七十七　大原村谷川海岸堤防の一部流失。この築堤も寫眞七十六と同樣主として砂利より成つてゐた爲に津浪に對する抵抗力が弱かつた。



寫眞第七十八　大原村谷川。道路兼用の堤防（外面のみ空積間知を施す）殆ど流失。堤體は粘土分沙なき砂より成る。

土木試驗所出版圖書

報告

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

（注　意）　裏面ニ續ク

第十八號	混凝土鋪裝の粗骨材別磨耗比較試驗。鋪裝混凝土工に及ぼす氣象作用の影響竝に之に應ずる設計及工法に就て(一)。鬼怒川上流改修工事用角礫凝灰岩砂利及砂に關する試驗。鐵筋混凝土道路橋設計資料。各種土木工事用材料試驗成績	昭和五年十月發行
第十九號	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響竝に之に基く道路設計の基本に關する研究（第四）	同　十一月發行
第二十號	東京山手赤土の彈性的性質に關する試驗(一)。基礎の沈下量算定法(二)。岩淵水門に關する水理試驗。單鉸拱橋模型試驗。國道鐵筋混凝土丁桁橋標準設計案	同六年六月發行
第二十一號	背水面線の一般的解法。單鉸拱の振動に關する理論竝に實驗混凝土鋪裝の縫目に關する試驗。河水のポルトランド・セメントに及ぼす影響。標準砂モルタルの强度に及ぼす石粉の影響。瀝青乳劑試驗成績	同　十二月發行
第二十二號	地震時土壓の實驗的研究 混凝土鋪裝縫目用エラスタイト試驗 高田馬場試驗鋪裝の路床土質に關する試驗 基礎の沈下量算定法(第二) 新土壓計算圖表	同　七年五月發行
第二十三號	簡易鋪裝に關する實地比較試驗 鋼矢板試驗 大和川筋龜ノ瀬地辷に關する調査(第一)	同　七月發行

其他

本邦道路橋輯覽	大正十四年十二月發行
本邦道路橋輯覽（增補）	昭和三年三月發行
第六回國際道路會議に關する報告書	昭和七年四月發行

昭和八年六月二十八日　印刷
昭和八年六月三十日　發行

內務省土木試驗所
東京市本郷區駒込上富士前町二十六番地
電話小石川(85)(自七九〇〇番 至七九〇二番)

印刷者　守岡功
東京市本所區厩橋一丁目二十七番地ノ二

印刷所　凸版印刷株式會社本所分工場
東京市本所區厩橋一丁目二十七番地ノ二

正　誤　表

頁	行	誤	正
3	12	内	圓
6	下より 7	雪	雲

土木試驗所報告

第二十四號附錄

本邦產鋪裝用石材

內務技師　高田　昭
內務技手　眞崎季隆

目次

一　緒言……1
二　物理的試驗……2
三　各種石材の特性……4
四　試驗結果による性狀の比較……9
五　試驗結果……14
　1.　組織及一般的性狀……14
　2.　物理的試驗成績表……43

一、緒言

本報告は昭和八年三月迄に施行したる土木工事用石材試驗中鋪裝用石材及鑛滓に關する試驗結果を蒐錄したるものにして、其の大部分は諸官公廳の依頼に係るものなるも、特に比較研究の爲め試料を求めて試驗したるものをも包含せり。

鋪裝用石材の需要は近年道路改良工事の普及發達と共に、とみに其の量を增加したるのみならず石質に關しても亦相當に考慮を拂はるるに至りたるも、元來本邦の地質構造は極めて錯雜せるを以て石材の種類も亦地方的に著しく相違し、石質に於ても差異あるを免れざるなり。玆に蒐錄したるものは本邦產石材中の少數を占むるに過ぎざるも之れを以て石質の特性の大要を窺ひ得るのみならず、新しき石材を使用する場合に於ける比較參考資料に供せんとするものなり。

二、物理的試驗

道路鋪裝用石材として最も必要なる性狀は、交通より受くる破壞的作用竝に風化作用に對する抵抗性にあり。本邦に於ける交通の種類を見るに極めて雜多にして、貨物自動車の如き衝擊作用の大なるもの、或は牛馬車の如き鐵輪を有するもの等ありて、彼の米國の如き交通の殆ど全部は自動車なる狀況に比すれば著しき差異を有し、從つて鋪裝用石材に對する考察上に於ても種々複雜せる要素の存するものあるなり。

本邦に於ける鋪裝工法は近年顯著なる發達をなし、其の初期に於ける狀態に比すれば實に隔世の感あり。鋪裝用石材の取扱ひ方も亦之れに伴ひて相當の變遷を見るに至り、殊に其の物理的性狀に對する要求條件も、鋪裝の種類換言せば交通狀態の如何に應じて適當に改變さるるに至れり。鋪裝用石材の物理的試驗として從來施行され居るものには次に記るすが如き種類あるも、之等の中には輓近に於ける諸情勢に鑑みて相當に改變を必要とするもの或は更に新種類の設定を可とするやに考へらるゝものあり、然れども玆には之れを論ずることなく專ら從來取扱はれ居る性狀に就きてのみ記述するに止めんとす。

1 比重及吸水率試驗 比重及吸水率は之れを他の物理的性狀と對比して始めて意味を有するものにして、卽分解程度、龜裂其他間隙の多少等を考察する場合の資料となるも、之れを單獨に切離すに於ては殆ど無價値に近きものなり。比重試驗には重量 20g 以上にして立方形に近き供試體を用ひ、置換法に據りて測定し眞比重に近かき値を求む。吸水率は同一供試體を 96 時間水中に浸漬したる時の吸水量を、其の乾燥重量に對する百分率にて表はす。

2 磨損試驗 磨損試驗は磨損作用に對する抵抗性を比較する爲めに行ふものにして、衝擊及磨耗の二作用を同時に働かしめて之れに對する抵抗性を或る規約に從つて求む。本試驗は嘗て 1878 年に佛人 Deval 氏の考案に係るものにして、後之れに多少の改良を加へて米國に於て採用し、現今に在りては獨逸、墺地利、匈牙利等の諸國に於ても採用され、又英國に在りては之れに類似せる Lovegrove's attrition test を行ひ共に鋪裝用石材中最も重要視され居るものなり。本試驗に用ふる供試體は機械割又は手割にて成る可く等形等大の立方體 50 個、總重量 5,000±10g とし、之れを內徑 20cm、深 34cm を有し、廻轉軸に 30 度の角度を以て取付けたる鑄鐵製圓筒內に納れて蓋を施し、每分 30～33 回の速さを以て廻轉せしむ。各供試體は 1 廻轉に 2 回宛圓筒內の一端より他端に轉落すると共

に各供試體は互に或は圓筒の内壁と摩擦して漸次磨損さるゝなり。10,000 回轉後供試體を取出して孔徑 1.6mm の網目篩にかけ、之を通過する量を磨損量とし、供試體の原重量に對する百分率を以て表はしたる結果を磨損率と稱す。本試驗の結果を表はすに磨損係數(或はフレンチ係數)(French coefficient of wear) を以てすることあり。供試體1,000g に對する磨損量 20g なる場合を標準となし、之れを 20 なる係數にて表はし、且つ磨損量の增減に對し反比例して變ずと定めたるものにして、磨損百分率 (w) との間には

磨損係數$=\frac{40}{w}$ なる關係あり。

3 硬度試驗　磨損作用に對する抵抗性を比較する爲めに行ふ試驗にして、鐵車輪より受くる作用に酷似せる方法に依りて測定す。

試驗には Dorry 硬度試驗機を用ひ、直徑 2.5 cm の圓壔形供試體を同機の一定の位置に取付け、之れに 25g/cm^2 の荷重を加へて磨耗せしむ。又此際一定粒度の石英砂を撒布して磨耗作用を助長せしむ。内板の廻轉數 1,000 回卽供試體の中心を通過せし圓板の走行距離 1,630m に因る供試體の磨耗重量 W(g) を秤り、硬度$=20-\frac{W}{3}$ として表はす。卽斯樣なる方法に據りて磨耗作用を働かしめたる後、供試體の磨耗量皆無なるものを最高硬度のものとなし、之れを 20 と定め磨耗量 60g の場合を硬度 0 と定めたるものなり。

4 靱性試驗　衝擊による破碎作用に對する抵抗性を比較測定する爲めに行ふ試驗にして、或種の路面に在りては常に輓馬の蹄鐵、又は鐵輪帶の跳躍等に依る衝擊作用を受くるものなれば、之れに對する石材の抵抗性を相當重要視さるゝ場合あり。

本試驗は Page 衝擊試驗機を用ひて行ふものにして、直徑 2.5cm、高 2.5cm の圓壔形供試體を同機の鐵床上に据え、ブランヂャーを介して其上に重量 2kg の鐵錘を高さ 1cm より始め順次に 1cm 宛增加して落下せしめ、供試體の破碎せる時の落下の高さを表はす糎數を以て靱性を表はす値となす。

5 締合力　石材が交通車輛の爲めに磨耗、破碎されて粉末となり、水と混じて骨材間を充塡し、且之等を締合する强さを比較測定する爲めに行ふ試驗にして、主に水締マカダム鋪裝用骨材に於て必要とする性狀なり。

本試驗にはボールミルを用ひて試料を粉碎しつつ水と揑混したる後、供試體作製機に依りて直徑 2.5cm、高 2.5cm の圓壔形供試體を作り、之れを締合力試驗用衝擊機に取付け、其の上に重量 1kg の鐵錘を高 1cm より反覆落下せしめ、之れに對する供試體の反力皆無となるに至る迄の落下數を以て締合力を表はす値とす。

三、各種石材の特性

本邦に於て產出する石材の種類は相當多數にのぼり、殊に裝飾用に供せらるるものの如きは同一岩種に在りても其の色調の相違によりて區別するが如きことあるも、鋪裝用石材に在りては專ら物理的性狀と經濟的關係とに基きて使用さるるものなれば、之れが分類は其の物理的性狀と岩石學的分類とに基きて行ふを至當なりとす。

鋪裝用石材として一般に使用さるるものは主として火成岩にして、成層岩に屬するものは僅か數種に限らる。從つて之等の種類は比較的少數にして、從來多く使用さるるもの及び分類上特に必要なりと考へらるるものを合するも約 15 種に過ぎざるなり。次に之等の各種類に就き岩石學的特徵竝に從來行ひたる試驗結果より判明せし物理的特性を併せ記述せんとす。

I. 火成岩

(A) 深成岩

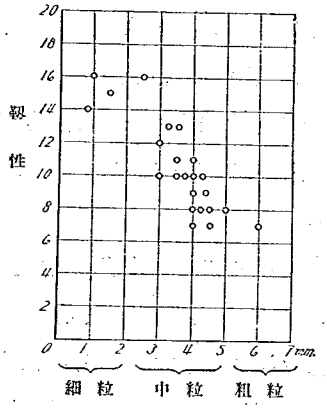
深成岩は完晶質粒狀組織を有するを特徵とし、其の物理的性狀は組織、有色鐵物の含有量及分解の程度によりて甚だしく影響さるものなり。然れども主に大塊をなして賦存し其の周邊部又は特殊なる箇所を除けば、一般に其の性狀に於て略一定せるもの多し。

1. 花崗岩類 主として石英及正長石より成り、黑雲母、白雲母、角閃石の如き有色鑛物の一種若くは數種を含み、又常に多少の斜長石を雜ふ。色調は主に胡麻鹽色を帶ぶるも其の濃淡は有色鑛物の多少に支配され、又正長石中に含まるる酸化鐵によりて淡赤褐色を帶び或は正長石の分解程度大なるものは乳白色味に富む色調を呈す。花崗岩には石目の發達良好なるもの多きを以て特に加工を施す要なくして容易に立方形の石塊を得られ、且其の硬度も高ければ小鋪石として廣く使用さる。

物理的試驗結果を見るに比重は比較的一樣にして 2.6 內外、吸水率は長石の分解程度に影響さるるも、一般に石材として使用し得る性狀を有するものには 1% を超ゆるもの少なし、比較的新鮮なる花崗岩に於て其の性狀に著しき影響を及ぼすは、組織卽組成鑛物の大さにして其の影響の最も顯著なるは靱性にして、磨損率及硬度も亦多少影響さるるなり。卽靱性に及ぼす影響は第一圖に示すが如く細粒組織に在りては 14～16 を示すに反し、中粒となるに從ひ順次に低下す。磨損率も亦細粒なるものに在りては常に 3% 以下なる

も、粗粒となるに從ひて增加す。硬度に於ては前二者に於ける程顯著なる影響を認めざるも長石の大なる結晶を含むが如きもの (No. 245, 246) に在りては明かに之れを認むるなり。又雲母を多量に含有するもの (No. 247) も硬度を低下せしむ。

2　閃綠岩類　主として斜長石及角閃石より成り、少量の黑雲母、稀には輝石を含む。本邦に比較的多量に產するものは石英を含むもの、卽石英閃綠岩にして一般に石材として御影石と稱せらるるものの中に包含さるる場合多し。色は大體に於て花崗岩に酷似せるも、角閃石を含むを以て一般に稍々青綠色調を帶ぶ。



第一圖
花崗岩の組織と靱性との關係

物理的試驗を行ひたるものは總べて石英閃綠岩にして且其の數少なきを以て一般的傾向を充分知り難きも、各試驗結果は孰れも極めて優良なる成績を示し、殊に中粒組織を有するものに在りても花崗岩に於けるが如き著しき影響を認めざるを以て一般に優良なる石材に屬するものと考へらるるなり。然れども其の締合力は花崗岩同樣に極めて僅少なれば、斯かる性狀を必要となすが如き場合には施工上相當に注意を要すべし。

3　斑糲岩及橄欖岩類　斑糲岩は黑色乃至暗綠色を帶び、粗粒乃至中粒組織を有し、主として斜長石及輝石より成り、橄欖石は黑色を帶び粗粒乃至中粒粗織を有し、主として橄欖石より成り、少量の輝石、角閃石等を含み、長石を含まざるを特徵とす。斑糲岩及橄欖岩の產地は極めて少數なるを以て殆ど論ずる必要なきが如き觀あるも、通常見慣れざるの故を以て往々問題視さるゝことあり。本邦に產する是等の岩石を見るに其の新鮮にして毫も分解せざるもの皆無にして一般に相當に分解し、孰れも多量の綠泥石又は蛇紋石の如き二次生鑛物に變じ、其の甚だしきものは蛇紋岩に變ぜしものあり。從つて其の分解程度に依りて物理的性狀に著しき影響を及ぼすものなり。

此の種に屬する石材の試驗は僅かに4種行ひたるに過ぎざるも、斑糲岩(No. 335) の如きは磨損率少なく靱性も花崗岩に匹敵する程度に在り、唯硬度に於て稍遜色を見るに過ぎざるなり。又橄欖岩 (No. 321, 337) 及蛇紋岩 (No. 320) に在りては孰れも相當に分解せるを以て物理的性狀は一般に良好ならざるなり。之れに反し抗壓强度は孰れも相當に强大なるは稍注目に値するものならん。

(B) 火山岩

火山岩は斑狀組織を有するを特徴となし、其の質は完晶質若くは半晶質なり。一般に岩脈、貫入岩床又は熔岩流となりて噴出せしものにして、前二者は其の組織及性狀に於て略一定せるも、熔岩流には厚さ及分布面積等に於て極めて不規則なるのみならず、一見厚層の如き觀あるも、數層相重なり居るもの等ありて、其の組織竝に性狀に於て一定せざるもの多し。火山岩の分類には其の噴出時代の新舊によりて之れを二分し、第三紀前の噴出に拘るものを斑岩及玢岩と呼び、第三紀後の噴出に拘るものを石英粗面岩、安山岩、玄武岩等とす。

4 斑岩及玢岩 斑岩は白色、灰白色、淡灰綠色等を帶び、花崗岩に類似せる外觀を呈するものあるも斑狀組織を有する點に於て相異せり。斑晶は主に正長石にして、黑雲母又は角閃石を少量伴ふことあり。石基は完晶質にして長石、石英、雲母、磁鐵鑛等の微晶より成る。斑晶に石英及正長石を含むものを石英斑岩と呼び、本邦に產するものは主に之れに屬す。

玢岩は暗灰、暗綠、暗褐、黃色等を帶び、細粒緻密にして斑晶は斜長石及有色鑛物より成り、石基も完晶質にして斜長石、有色鑛物、磁鐵鑛等の微晶より成る。一般に多少分解し綠泥石其他の二次生鑛物を含有するもの多し。

物理的性狀は一般に花崗岩中の優良なるもの或は石英閃綠岩に匹敵し、組織中粒なりと雖靱性大にして且締合力の相當大なるものあるは主として斑狀組織を有するに依るものなり。而して比較的少量の二次生鑛物を含有する場合には締合力を大ならしむるのみならず、其他の性狀にも亦稍々好影響を與ふることあるも惡影響を及ぼすが如きことなきものの如し。

5 石英粗面岩 別名を流紋岩と云ひ、色は極めて雜多にして、白、黃、綠、赤、紫、黑等に亘りて一定せず。斑晶は正長石及石英にして少量の黑雲母、角閃石等を雜ふることあり。石基は完晶質乃至半晶質にして一般に磁器に似たる外觀及硬さを有す。一般に流理を呈し剝離性に富むもの多く、從つて地方的に少量使用さるる程度に過ぎず。

6 安山岩類 本邦產新期火山岩中最も多量を占むるものにして、斑晶は常に斜長石及有色鑛物（黑雲母、角閃石、輝石）の一種若くは數種より成り、酸性に近かきものは更に石英を含み、又鹽基性に近きものは橄欖石を含む。石基は斜長石及有色鑛物、磁鐵鑛等の微晶より成るものと、之れに多少の玻璃質物を雜ふるものとあり。

物理的性狀は諸種の原因に依りて必ずしも一定ならざるも、安山岩に在りては一般に其の成分の酸性に近かきもの程劣り、鹽基性に近かきもの或は鹽基性なるもの程優る傾向を充分に認めらる。卽前者に屬するものは石英、黑雲母又は角閃石を多量に含むものにして、其他のものは主に後者に屬す。從つて之れを性狀に從つて類別すれば

（1） 石英安山岩、黑雲母安山岩、角閃安山岩

（2） 輝石安山岩

（3） 橄欖輝石安山岩

（4） 古銅輝石安山岩

安山岩の性狀に最も顯著なる影響を與ふるは其の石基にして、細粒完晶質なるものに比し寧ろ顯晶質乃至少量の玻璃質物を含む程度のもの程優良なる試驗成績を示す。從つて其の分解せるものに在りても、斑晶の分解は甚だしき惡影響を及ぼざさるも、石基の分解甚だしきもの、或は多孔質なるもの (No. 2, 172, 173, 354) は石材としての性狀を低下せしむ。

7　玄武岩及輝綠岩　火山岩中最も鹽基性に富む岩石にして玄武岩は常に斜長石及輝石の斑晶より成り、橄欖石の斑晶を含むものと然らざるものとあり。石基は斜長石、輝石、磁鐵鑛等の微晶よりなり、稀に玻璃質物を雜ふ。輝綠岩は玄武岩と全く同樣の鑛物成分を有するも、斑晶を缺き、石基のみより成る點に於て相異す。一般に暗灰色乃至黑色を帶び、其の分解せるものは綠色調を帶ぶ。本邦に於ける輝綠岩の分布は極めて少なきも玄武岩は各地に分布し、火山地方には相當に多く現はる。

輝綠岩に對する試驗は未だ行はざるを以て其の特性を明かにするに至らざるも、玄武岩に在りては締合力を除けば他の性狀は一般に優良なるもの多し。而して石基の構造に於て著しき流理を呈するものに在りても、薄片に剝離するが如き傾向少なきを以て靱性に於ても僅少なる差を示すに過ぎざるなり (No. 48)。

II. 成　　層　　岩

成層岩には其の種類極めて多數あるも鋪裝用石材として從來使用さるるものは僅かに次の4種に限らるるなり。

8　石灰岩　石灰岩には結晶質なるもの及非晶質乃至微晶質なるものの2種あり、前者を通常大理石と稱し、其の性狀に於て鋪裝用石材としては不適當なるものなり。後者には極めて緻密なるものと多孔質なるものとあり。色は黑色のものと白、淡黃、淡褐色等を帶

ぶるものとあり、又一般に諸種の化石を含有す。

石灰岩の物理的性狀は一般に不定なるも、其の結晶狀態に因りて影響さるること大なり。又其の色調は混有物の爲めに帶ぶるものにして、火成岩に於けるが如く分解作用の進行に從ふ二次生鑛物の成生に基因せるものに非ざれば、其の性狀に對しては全く無關係なり。結晶狀態が石材の物理的性狀に影響を及ぼすは一般的通性なるも石灰岩に於ては特に著しきものあり。卽通常大理石と稱せらるる結晶質石灰岩中、各組成鑛物の平均直徑 1.0mm 內外乃至夫れ以上に及ぶものに在りては硬度及靱性孰れも小にして No. 292, 293, 310 の如きは硬度 13 以下靱性 5 以下なり。之れに反し微晶質乃至半結晶質のもの (No. 269) に在りては安山岩に匹敵するが如き性狀を有す。一般に石灰岩中、肉眼的には殆ど非晶質の如き外觀を有するものに在りても、實は平均徑 0.1mm 內外の微細なる結晶質より成るもの多く、且其の內に比較的大なる結晶又は化石を含むもの、或は方解石の細脈を藏するもの等ありて、之等は孰れも物理的性狀を低下せしむる傾向を有す。

9 砂岩 砂岩は各地質系統に必ず存するも一般に使用さるるは充分に固結せるもの、卽古生層及中生層のものなり。成分は各地一樣ならざるも砂粒の主なるものは石英、正長石、斜長石にして雲母、角閃石、粘板岩、其他諸種の岩片等をも含むものあり。膠結物は粘土、珪酸の他に雲母、綠泥石、綠簾石、沸石、方解石、酸化鐵等の二次生鑛物より成る。

從來試驗せしものは主に中生層砂岩にして其の性狀は膠結物の種類によりて左右され、多量の珪酸にて膠結さるるもの (No. 27, 29, 215) は火成岩中の最も優秀なるものに匹敵する性狀を有す。次に固結程度も亦重要なる條件となるものなれども、相當に固結せるものに在りても膠結物が粘土及酸化鐵の如きもの (No. 277)、或は砂粒に乏しくして膠結物多量なるもの(No. 259)、膠結物少量にして且極めて緻密なるものは相當に二次生鑛物を含む場合にも (No. 257, 262, 290) 可成り優良なる性狀を有するものなり。

10 粘板岩 黑色乃至暗灰色を帶び、主として粘土質物より成るも、少量の雲母、石英、長石、方解石等の微晶又は破片を含む。剝離性に富むものは石材に不適當なるも、相當の大塊をなすものには碎石となし得るものあり。然れども相當に珪酸化されたるものに非ざれば一般に吸水性に富むもの多し。

11 珪岩及角岩 珪岩とは珪酸質砂岩にして珪酸又は石英にて膠結さるるものなり。角岩は總べて珪酸質物より成るも非晶質なる點に於て前者と異るものなり。孰れも其の硬度甚だ大なるも靱性に乏しき缺點を有す。

III. 變　成　岩

變成岩には相當多數の岩種あるも石材として從來使用し居るもの、或は使用し得る可能性あるものは極く少數にして次に記すが如きものに限らる。

12 片麻岩　花崗岩に類似せる外觀を有する完晶質粒狀組織の岩石にして、主として石英、正長石及斜長石より成り、黑雲母、白雲母、角閃石、輝石の一種若くは數種をも含み、一般に片麻構造を有するを特徵とす。片麻岩には火成岩より變じたる正片麻岩と、成層岩より變じたる准片麻岩とあり。前者は花崗岩と同等の物理的性狀を有するも後者は稍脆弱なる砂岩に類する性狀を有するものなり。

13 結晶片岩　完晶質にして石英及有色鑛物より成り、長石を殆ど含有せず且薄片に剝離し易き構造を有するを特徵とす。從つて剝離性に富むものは到底鋪裝用石材には不適當なるも、斯かる性質に乏しきものは經濟上稀に使用さるることあり。

IV. 鑛　滓

14 銅鑛滓　暗黑色を帶び玻璃光澤を有し、鐵分を相當に含有するを以て其の比重極めて大にして 3.3 以上なり。又硬度及靱性共に大なるを以て磨損率も亦極めて僅少なり。

15 鐵鑛滓　淡灰白色を帶び、半結晶質にして其の冷却處理法の如何によりて氣泡を多量に含有するものを生ず。多孔質なるものは其の物理的性狀に於て佳ならざるも緻密なるものは諸性狀に於て石灰岩に酷似せるものなり。從つて一般に石灰岩と同樣に碎石として使用さるるなり。

四、試驗結果による性狀の比較

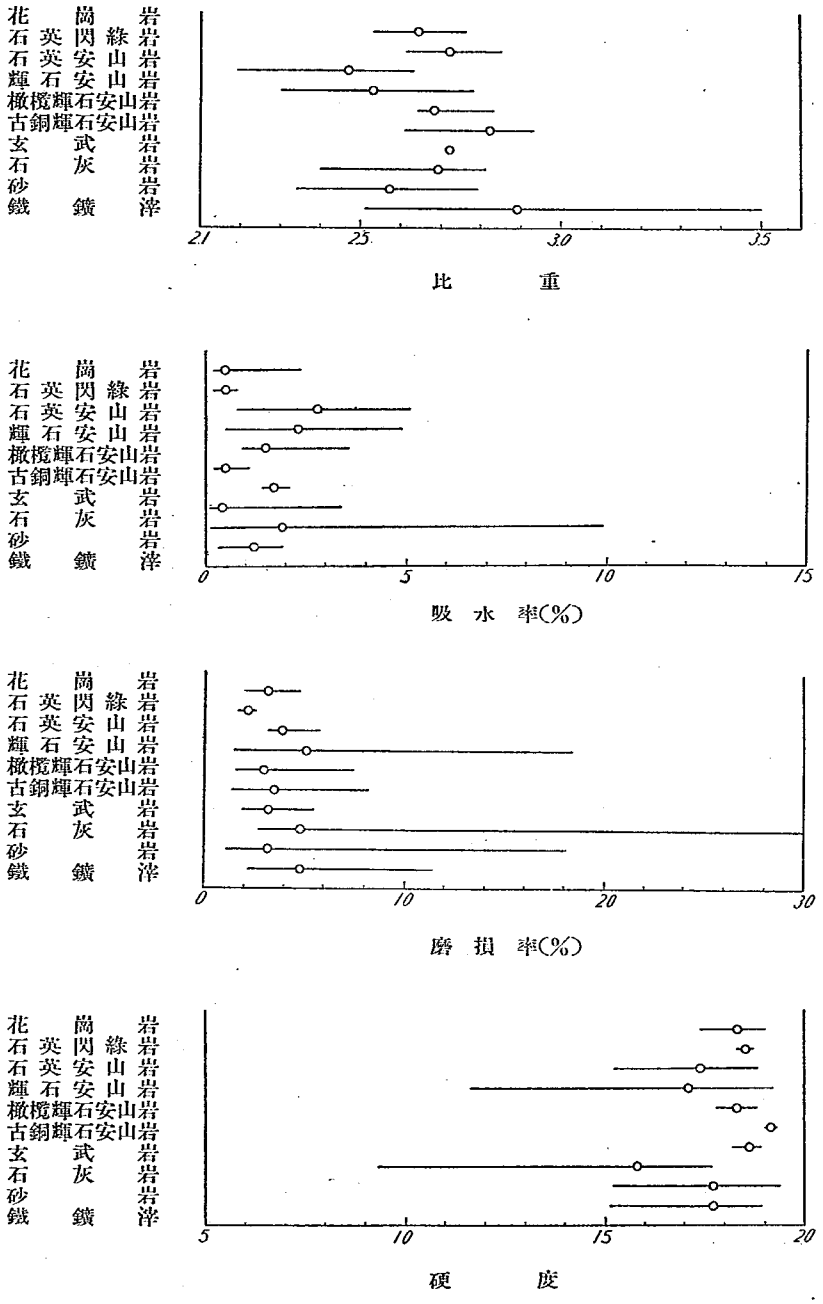
諸種の石材の一般的性狀竝に物理的試驗結果は後章に詳記せるも石材を前章記載の分類に從ひて之を類別し、各々の示したる平均値竝に最大最小値を比較表示せば第一表に示すが如く、又第二圖は之れを圖示せしものなり。

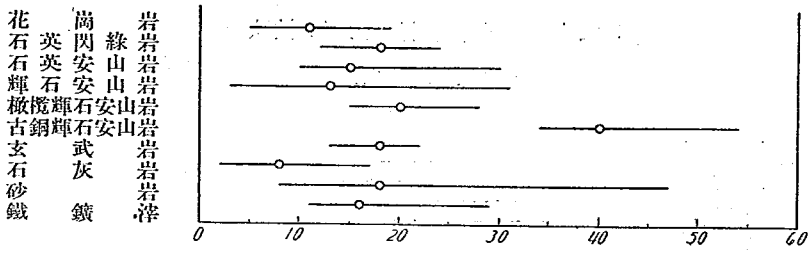
第一表　石材試驗結果表

種類		比重	吸水率(%)	磨損率(%)	硬度	靱性	締合力
花崗岩類	最大	2.76	2.4	2.0	19.0	19	54
	最小	2.53	0.2	4.8	17.4	5	7
	平均	2.64	0.5	3.2	18.3	11	21
石英閃綠岩	最大	2.85	0.8	1.7	18.7	24	18
	最小	2.61	0.2	2.6	18.3	12	12
	平均	2.72	0.5	2.2	18.5	18	16
斑岩及玢岩類	最大	2.82	6.3	1.4	19.6	27	217
	最小	2.53	0.1	2.9	18.6	18	13
	平均	2.64	0.9	2.0	19.2	24	54
石英安山岩	最大	2.63	5.1	3.2	18.8	30	494
	最小	2.19	0.8	5.8	15.2	10	10
	平均	2.47	2.8	3.9	17.4	15	134
輝石安山岩	最大	2.78	4.9	1.5	19.2	31	1245
	最小	2.30	0.5	18.4	11.6	3	3
	平均	2.53	2.3	5.1	17.1	13	142
橄欖輝石安山岩	最大	2.83	3.6	1.6	18.8	28	135
	最小	2.64	0.9	7.5	17.8	15	16
	平均	2.68	1.5	3.0	18.3	20	56
古銅輝石安山岩	最大	2.93	1.1	1.4	19.3	54	110
	最小	2.61	0.2	8.2	19.0	34	5
	平均	2.82	0.5	3.5	19.2	40	37
玄武岩	最大	2.72	2.1	1.9	18.9	22	21
	最小	2.71	1.4	5.5	18.2	13	6
	平均	2.72	1.7	3.2	18.6	18	11
石灰岩	最大	2.81	3.4	2.7	17.7	17	88
	最小	2.40	0.1	30.0	9.3	2	10
	平均	2.69	0.4	4.8	15.8	8	32
砂岩	最大	2.79	9.9	1.1	19.4	47	314
	最小	2.34	0.1	18.1	15.2	2	15
	平均	2.57	1.9	3.2	17.7	18	92
鐵鑛滓	最大	3.50	1.9	2.2	18.9	29	500
	最小	2.51	0.3	11.4	15.1	11	11
	平均	2.89	1.2	4.8	17.7	16	174

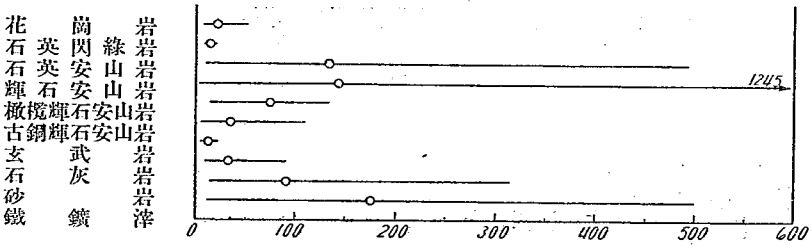
第二圖　各種石材の物理的性狀一覽

（○印は平均値を示す）





靱性



締合力

1. 比重

比重は組成鑛物の種類と量とに依つて定まるものなれば、一面に於ては各石材特有の成分により大體の範圍は限定さるべき筈なるも、斯かる傾向は花崗岩、閃綠岩の如き深成岩に在りては相當に認め得るも、噴出岩及成層岩に在りては極めて不同なり。又分解の程度によりても相當に影響さるる場合あり。比重の大なるものは總べて鹽基性火成岩にして、古銅輝石安山岩、玄武岩及斑糲岩の如きもの之れに屬し閃綠岩、花崗岩は之れに亞ぎ輝石安山岩及石英安山岩は比較的輕量なり。又石灰岩は他の性狀に於て劣るも比重のみは相當に大にして平均 2.69 を示す。鑛滓の比重は其の内に含まるる金屬の量によりて常に不定なるも、一般に 2.5 以上にして其の大なるものには 3.5 に達せしものあり。殊に同一製鐵所より産するものに在りても其の時期によりて一定せざるものあり。

2. 吸水率

吸水率の最も不同なるものは砂岩にして、粘土質又は甚だしく分解せる膠結物を多量に含むものに於て著しく、石英安山岩及輝石安山岩等の如き比較的多孔質乃至分解し易き石基より成るもの之れに亞ぎ、深成岩の新鮮なるものは吸水率最小なり。石灰岩の吸水率も一般に僅少なるも、多孔質なるもの (No. 272) に 3.4% を示すものありたるも斯かるものは他の性狀に於ても亦不良なるものなりとす。

3. 磨損率

磨損率を其の平均値に於て最小なるものより擧ぐれば、石英閃綠岩、橄欖輝石安山岩、玄武岩、花崗岩、砂岩、古銅輝石安山岩、石英安山岩、石灰岩、鑛滓、輝石安山岩の順序にして、其の値の一定せざるものを擧ぐれば石灰岩、砂岩の如き成層岩に於て最も甚だしく、次に安山岩、玄武岩の如き噴出岩にして花崗岩、石英閃綠岩の如き深成岩に在りては比較的一定せる値を示す。輝石安山岩中に磨損率の著しく大なるものあるは極めて多孔質なる熔岩の示したる値を含むが爲めなり。卽一般に肉眼鑑定によりて石材として使用し得る見込あるやに考へらるるものに於ては、其の磨損率は深成岩及噴出岩に在りては豫想外に大なるもの少なきも、成層岩に在りては相當に意外なる試驗結果を示すものあるべきことが推察さるるなり。

4. 硬 度

硬度の最大なるものは 20 を以て表はさるるも此の如きものは存在せず一般に 19 以下なるも、就中19以上の値を示したるものには石英を多量に含む砂岩 (No. 29) 19.4、古銅輝石安山岩 (No. 91, 175, 266) 19.3～19.0、輝石安山岩の一種 (No. 21) 19.2 等あり。概括的に見れば硬度高きものは花崗岩、閃綠岩、橄欖輝石安山岩、古銅輝石安山岩及玄武岩にして、石灰岩は一般に硬度不定なるのみならず其の平均値に於ても最下位に在り。砂岩及鑛滓中相當に硬度の高きものあるも一般には比較的低くして、石英及輝石を含む安山岩と共に石材中の中位を占む。

5. 靭 性

靭性は其の數値高きもの程强靭なるを意味するものなり。古銅輝石安山岩は斷然他の種類より拔出でて 33～54、平均 40 なる値を示すは其の組織に於て斑晶を殆ど缺き、極めて緻密なる微晶質より成るが爲めなり。又其他の安山岩及玄武岩にも比較的强靭なるもの多く、大體 12 以上の平均値を有す。然るに深成岩中石英閃綠岩は總べて 12 以上を示し、平均値 18 なるにも不拘、花崗岩は 5～19 にして平均値 11 なるが如き低位にあるは其の組織に關係あるものにして、卽前者に在りては比較的細長き形狀を有する角閃石及斜長石が互に嚙合するに反し、後者に在りては雲母が各鑛物粒間に介在して之れが剝離を容易ならしむるに因るものなり。石灰岩は靭性に於ても石材中の最下位に在りて總べて 18 以下、平均 8 を示す。然るに同じく成層岩に屬する砂岩に在りては硬度の場合と同樣に優良なる火成岩の列に伍し、更に極めて强靭なるものが相當に存在すること明瞭となれり。

6. 締 合 力

石材の締合力は主として二次生鑛物或は之れに類似せるもの、卽其の粉末が水と作用し

て締合力を發生するものの含有量の多少によりて定まるものにして、之を換言すれば分解の程度によるものなり。從つて新鮮なるものに在りては其の値僅少なりとするも、使用中に速かに分解するが如きものに在りては相當に締合力を期待し得可きなり。締合力の少なきものは一般に石英又は玻璃質物、或は微晶質物を多量に含み且新鮮なるものなれども、石灰岩の如きは一般に大なるものと考へられ居りしに拘らず100以下の値を示すに過ぎざるなり。鑛滓は其の成分に於ても亦之を高爐セメント原料に供せらるる點に於ても相當大なる締合力を有するは當然なるも、屢々 50 以下の値を示すものあるは之れを冷却凝固せしむること急速なりし爲め玻璃質物を相當多量に含有する爲めに因るものの如し。

五、試驗結果

1. 組織及一般的性狀

試料を顯微鏡に依りて其の組織、組成、風化狀態其他一般性狀を檢したる結果及之れに物理的試驗結果を參照して其の用途に對する適否を考察したるものの中主なるものに就きて記述せんとす。

岩石の記述には一般に其の色調を擧ぐるも岩石の特性を示すものには非ずして單に試料を他より區別する場合の參考となるに過ぎざるものなり、然れども一般に火成岩に在りては其の新鮮なるものには特有の色調を帶ぶるもの多きを以て之に比し他の色彩を呈するものは其の變色の程度に應じて風化狀態を察知する一助となる場合あり、例へば褐色を帶ぶるものは含鐵鑛物の酸化、綠乃至青色を帶ぶるものは含鐵苦土珪酸鹽鑛物（輝石、角閃石等）が分解して綠泥石又は蛇紋石等に變化せるを示すが如し。然れども石英粗面岩の如きは新鮮なる場合にも樣々の色彩を帶ぶることあるを以て單に色のみによりては岩石を判定し難き場合多きものなり。

組織の說明中に於て組成鑛物粒を平均大さによりて粗粒（5mm 以上）、中粒（5～1mm）及細粒（1mm 以下）の3種に分ち、火成岩に在りては結晶程度に依りて完晶質、半晶質及玻璃質に分つのみならず結晶の形狀によりて自形、半自形及他形に分つものとす。

粒狀組織とは深成岩に特有のものにして略〻等大の鑛物粒の集合より成るものとす。又斑狀組織とは斑晶及石基より成るものにして、石基とは顯微鏡によりて漸く認め得る程度の微細なる鑛物粒又は玻璃質物より成る部分を云ひ、之に比し格段に大きく一般に肉眼にて認め得る程度の大さを有する鑛物粒を斑晶と呼び、斑晶は石基中に斑狀をなして散在す

るものなり。然して石基と斑晶との容積比によりて之れを次の如き5種に分つ。卽岩石中にある斑晶が 87.5% 以上なるものを多斑晶質 (Persemic), 87.5%～62.5%なるものを過斑晶質 (Dosemic), 62.5～37.5% なるものを等石地質 (Sempatic), 37.5～12.5% なるものを過石地質 (Dopatic), 12.5% 以下なるものを多石地質 (Perpatic) とす。

I. 花崗岩類

69 黑雲母花崗岩　茨城縣眞壁郡眞壁町產　茨城縣土木課長依賴　鋪裝用

一般にコミカゲと稱せらるる灰白色を帶びたる細粒緻密なる岩石にして、主として黑雲母、正長石、斜長石及石英より成り少量の磁鐵鑛、燐灰石等を雜へ、概して各粒の大さ相等しく 0.8mm 內外にして寄木細工狀に聚合す。長石中には多少分解して陶土化し或は鐵分の爲めに淡褐色に染色されたるもの等あるも、其他は一般に新鮮なり。

花崗岩の物理的性質は主として其の組織と風化程度とに關係あるものにして、本試料の如きは細粒緻密且新鮮なるを以て磨損率極めて少なく、硬度及靱性は共に相當大なるを以て一般に鋪裝用骨材又は小鋪石として使用するに適す。

71 黑雲母花崗岩　茨城縣西茨城郡西山內村字稻田產　茨城縣土木課長依賴　鋪裝用

灰白色を帶びたる中粒乃至粗粒緻密なる花崗岩にして、主として 2～5mm の大さを有する黑雲母、正長石、斜長石及石英より成り少量の角閃石、磁鐵鑛、燐灰石等を雜ふ。長石には多少分解して絹雲母或は陶土に化し、角閃石及黑雲母中にも多少分解したるものあるも大體に於て新鮮なるもの多し。

試驗の結果に依れば其の組織比較的粗粒なるを以て他の細粒花崗岩に比すれば其の硬度は僅かに高き傾向を示すも磨損率稍大にして靱性は著しく少なるを以て堅靱なる碎石を得難きも、一般に輕交通量の道路鋪裝には使用し得べし。

176 黑雲母花崗岩　京都府相樂郡笠置村產　京都市土木局長依賴　ソリデチツト　鋪裝用

灰白色を帶びたる粗粒緻密なる岩石にして主に正長石、石英及黑雲母より成り少量の斜長石を雜ふ。長石には多少分解して絹雲母に化せるもの及黑雲母には綠泥石に化せるものあれども一般に新鮮なり。

本試料は混凝土用骨材として使用し得るも之を破碎して小粒なる碎石とせば其の組織粗粒なる爲め長石の劈開の影響により容易に剝離され易き龜裂を藏する虞れあり、從て工事施行中剝離し易きものは豫め碎石のみを立方形又は圓錐形混合機等に入れて之を廻轉せしむるか又は其の他適當の方法に依りて充分剝離せしめたる後に使用するを可とすべし。

198 黑雲母花崗岩 岐阜縣土岐郡釜戸町產 名古屋市役所依頼 小鋪石鋪裝用

淡灰色を帶びたる中粒岩石にして主に正長石、石英及小量の黑雲母より成り極少量の斜長石を雜ふ。正長石は一般に多少分解して陶土化するを以て白色を帶ぶるも岩質は相當に堅硬なり。本試料は多少分解し居るも磨損率稍少なるを以て之れを小鋪石の如き相當に大形を有する鋪裝用材料として使用し得るものと認めらる。

240 黑雲母花崗岩 岐阜縣土岐郡釜戸町產 名古屋市長依頼

淡灰白色を帶びたる中粒岩石にして、主に黑雲母、正長石及石英より成り、極少量の斜長石を雜ふ。正長石は一般に多少分解して陶土化するを以て白色を帶ぶるも、其の硬度及靱性を低下せしむるに至らず。

241 黑雲母花崗岩 愛知縣瀨戸市大字赤津字白山產 愛知縣知事依頼

淡灰白色を帶びたる中粒の黑雲母花崗岩にして粒狀組織をなし、主として正長石、石英、黑雲母及少量の斜長石より成る。長石には多少分解して陶土化するものあるも一般に新鮮なり。

245 黑雲母花崗岩 愛知縣西加茂郡高橋村大字矢並產 愛知縣知事依頼

淡灰白色を帶びたる中粒乃至粗粒の黑雲母花崗岩にして粒狀組織をなし、主として石英、正長石及黑雲母より成り、少量の斜長石、角閃石、磁鐵鑛等を雜ふ。正長石には多少分解して陶土に化したるものあれども大體新鮮なり。然れども其組織粗にして直徑 10mm 以上に及ぶ粗大なる石英及正長石粒を多量に含有するのみならず、細き石英粒が局部的に集合せる傾向を示すを以て磨削作用に對する抵抗力に乏し。

246 黑雲母花崗岩 愛知縣西加茂郡高橋村大字池田產 愛知縣知事依頼

淡灰白色を帶びたる中粒乃至粗粒なる黑雲母花崗岩にして、粒狀組織をなし、主として石英、正長石及黑雲母より成り、少量の斜長石、角閃石及磁鐵鑛等を雜ふ。正長石及角閃石には多少分解せしものあれども一般に新鮮にして且粗大なる鑛物粒の含有稍少なきを以て、No. 245 に比すれば石質も亦稍良好なり。

247 黑雲母花崗岩 愛知縣西加茂郡擧母町長興寺字內山產 愛知縣知事依頼

淡灰白色を帶び稍粗なる中粒の黑雲母花崗岩にして、粒狀組織をなし、主として石英、正長石及黑雲母より成り、正長石及黑雲母中には一部分分解せるものあれども他は比較的新鮮なり。黑雲母の含有量少なけれども、石英及長石は比較的粗大なるを以て石質は一般に强靱性に乏し。

248 黑雲母花崗岩 愛知縣西加茂郡擧母町長興寺字內山產 愛知縣知事依頼

胡麻鹽色を帶びたる中粒の黑雲母花崗岩にして、主として石英、正長石及黑雲母より成り、少量の斜長石、磁鐵鑛、榍石等を雜へ一般に新鮮なり。No. 247 に比すれば黑雲母の含有量著しく多量なるも、其組織細き中粒なるを以て石質一般に强靱なり。

249 黑雲母花崗岩　愛知縣西加茂郡藤岡村大字飯野字大田代產　愛知縣知事依賴

灰白色を帶びたる中粒乃至粗粒の花崗岩にして、徑 20mm 以上に及ぶ粗大なる正長石及徑 5mm 以下の黑雲母が細粒なる石英竝に黑雲母粒によりて膠結さるゝを以て、粗大なる斑狀組織を呈す。石質一般に新鮮なるを以て强靱なり。

250 黑雲母花崗岩　愛知縣東加茂郡阿摺村大字新盛產　愛知縣知事依賴

灰白色を帶びたる中粒乃至粗粒の黑雲母花崗岩にして、粒狀組織をなし、主として石英、正長石及黑雲母より成り、少量の斜長石、角閃石等を雜ふ。石質一般に新鮮なるを以て堅硬なるも粗粒なるを以て靱性に乏し。

251 黑雲母花崗岩　愛知縣寶飯郡西浦村產　愛知縣知事依賴

暗灰色を帶びたる粗なる中粒の黑雲母花崗岩にして、粒狀組織をなし新鮮なり。組織は中粒に屬するも黑雲母が多量に含有せらるゝのみならず局部的に多少集合せる傾向あるを以て一見粗粒の觀あり。

253 黑雲母花崗岩　愛知縣東春日井郡品野町大字中品野產　愛知縣知事依賴

淡灰色を帶びたる細粒の黑雲母花崗岩にして、石英及正長石が 5mm 以上の巨晶をなして散點するも一般に細粒均等なる粒狀組織をなす。主として石英、正長石、斜長石及黑雲母より成り一般に新鮮なり。本石材は巨晶と雖も一般に細粒なるを以て强度、靱性、耐磨損性、耐火性等の石質は花崗岩中優秀なるものに屬す。

256 黑雲母花崗岩　香川縣小豆郡福田村、福田川產　香川縣土木課長依賴　鋪裝用

淡灰色を帶びたる中粒の花崗岩にして、主として石英、正長石、斜長石及少量の黑雲母より成る。概して新鮮にして分解せる個所少く岩質堅硬なるも靱性に乏し。試驗結果に依れば吸水率少なく、抗壓强度相當に大なるも磨損係數竝に靱性の如き衝擊作用を含む外力に對する抵抗力に乏しきを以て、一般に中交通量以下の道路鋪裝に限り使用し得。

263 黑雲母花崗岩　香川縣木田郡庵治村、庵治川產　香川縣土木課長依賴　鋪裝用

淡灰色を帶びたる細粒緻密なる黑雲母花崗岩にして、主として石英、正長石、斜長石及黑雲母より成り、一般に新鮮なり。組織は細粒にして緻密なるを以て一般に花崗岩中强度に於て優秀なるものに屬す。

試驗の結果に依れば吸水率少なく、抗壓强度、磨損係數大にして靱性も亦花崗岩中にて

は強大なるも、締合力小なるを以て水締碎石道には適せざれども一般に重交通量の鋪裝用骨材として適當なるものと認む。

265　黑雲母花崗岩　　香川縣大川郡富田村、津田川產　香川縣土木課長依頼　鋪裝用

淡黃褐色を帶びたる粗粒乃至中粒の黑雲母花崗岩にして、主として石英、正長石及斜長石より成り、少量の黑雲母を含む。一般に相當分解して黑雲母は綠泥石、長石は陶土に變ずるのみならず、各組成鑛物間の膠着力低きものあり。試驗の結果に依れば組成稍粗粒なるのみならず相當に分解するを以て一般に其の成績不良なれば、輕交通量の路面に限り使用するを可とすべし。

291　黑雲母花崗岩　　岐阜縣土岐郡釜戶村字大島產　名古屋市長依頼　鋪裝用

淡灰白色を帶びたる中粒緻密なる花崗岩にして、主として正長石、石英及黑雲母より成り少量の斜長石、磁鐵鑛、燐灰石等を雜ふ。一般に長石類には多少分解せるものあるも比較的輕微にして其他は新鮮なれば石質稍堅硬なり。本試料は磨損率小にして硬度及靱性共に相當大なるを以て小鋪石鋪裝用として使用に適す。

294　黑雲母花崗岩　　愛知郡西加茂郡猿投村大字御船字瀧產　名古屋市長依頼　鋪裝用

灰白色を帶びたる中粒乃至粗粒花崗岩にして主として石英、正長石、斜長石及黑雲母より成り、少量の角閃石、燐灰石等を雜ふ。正長石にては徑 2～3cm に及ぶ巨大なる結晶をなすもの相當に含まるゝのみならず、一般に 5mm 內外の大さを有し、又石英は各粒の大さ 1～3 mm に過ぎざるも 0.5～2 cm 位の集塊をなすを以て石質一般に脆く、又磨耗抵抗も小なり。

316　黑雲母花崗岩　　山梨縣東山梨郡神金村產　內務省横濱土木出張所依頼　鋪裝用

灰白色を帶びたる中粒緻密なる花崗岩にして、主として石英、正長石、斜長石、黑雲母及少量の角閃石より成り、緻密なる粒狀組織をなす。長石中には多少分解せしものあるも一般に新鮮にして岩質堅硬なり。組織中粒にして靱性稍低きも、磨損率少なきを以て鐵車輪の交通量大ならざる路面鋪裝用骨材として使用し得べし。

318　黑雲母花崗岩　　茨城縣西茨城郡西山內村字福原產　東京府土木部道路課依頼　鋪裝用

白色を帶びたる中粒の花崗岩にして主として、石英及黑雲母より成り、少量の斜長石、磁鐵鑛等を含む。長石には多少分解せしものあるも一般に石質新鮮なり。試驗結果に於ては抗壓强度高く磨損率も比較的小なれども中粒組織にして其の靱性稍々低きを以て鐵車輪の交通量大なる路線の鋪裝用骨材として適當せるものとは認め難し。

243　複雲母花崗岩　　愛知縣額田郡常盤村米河內產　愛知縣知事依頼

淡灰白色を帶びたる中粒乃至細粒の複雲母花崗岩にして、粒狀組織をなし、主として石英、正長石、黑雲母及白雲母より成り、少量の斜長石を雜ふ。長石及黑雲母中には多少分解せしものあるも一般に新鮮なり。

244　複雲母花崗岩　愛知縣額田郡常盤村米河内産　愛知縣知事依頼

淡灰黃色を帶びたる中粒乃至細粒の複雲母花崗岩にして、粒狀組織をなし主として石英、正長石、黑雲母及白雲母より成り、少量の斜長石を雜ふ。長石及黑雲母は多少分解し、黑雲母より分解遊離せし酸化鐵が各鑛物粒間又は長石の分解によりて生じたる陶土中等に滲入して、之れに淡黃褐色を呈せしむるものあり。

252　角閃雲母花崗岩　愛知縣南設樂郡千郷村大字片山産　愛知縣知事依頼

暗灰色を帶びたる中粒乃至粗粒の花崗岩にして石英、斜長石、正長石、黑雲母及角閃石より成る。黑雲母及長石中には多少分解せしものあるも石質比較的新鮮なり。然れども組織相當に粗なるを以て石質强靱性に乏し。

II. 閃　綠　岩　類

40　石英閃綠岩　山梨縣東山梨郡神金村産

多少青味を帶びたる灰白色の中粒緻密なる岩石にして主として大さ 0.6～4.0mm の斜長石、角閃石及黑雲母及石英より成り少量の正長石を雜ふ。角閃石及黑雲母は一般に新鮮なるも長石類には多少分解せるものあり。

從來甲州ミカゲとして一般に使用さるゝものにして試驗の結果に依れば磨損率も少く靱性も相當に高きを以て一般に鋪裝用として使用し得べきも、之を碎石となせば内部に相當龜裂を生じ容易に破離するものとなる場合多きを以て其の製作には注意を要す。

41　石英閃綠岩　群馬縣利根郡水上村土合産　明治神宮造營局青山工務所依頼　鋪裝用

青綠色を帶びたる中粒岩石にして主として斜長石、角閃石及是等の間隙を塡充する石英より成り少量の正長石、黑雲母、磁鐵鑛、榍石等を雜へ粒狀組織を呈す。正長石及角閃石には稍變質したるものあれども他は一般に新鮮にして堅硬なり。

本試料は試驗の結果に依れば磨損率少なく靱性著しく大なるを以て一般鋪裝用骨材として重交通量の道路鋪裝に使用するに適す。

304　石英閃綠岩　大阪府北河内郡盤船村字尺治谷産　京阪國道改修土木工營所長依頼　膠石鋪裝用

暗灰色を帶びたる細粒緻密、粒狀組織の閃綠岩にして主として斜長石及角閃石より成り

少量の石英、正長石、黑雲母、磁鐵鑛等を雜ふ。長石は長さ 1.0～0.3mm、平均 0.5mm の拍子木狀をなし輝綠岩的石理を呈するのみならず、一般に比較的新鮮なるを以て石質堅硬なり。

試驗の結果によれば磨損率僅少にして、且硬度及靱性も相當大なるのみならず、粒狀組織をなすを以て膠石鋪裝用石材として使用するに適するものと認む。

III. 斑岩及玢岩類

7 石英斑岩 兵庫縣飾磨郡家島村字西島產 兵庫縣西宮工營所依賴

アスファルトコンクリート用、アスファルトマカダム用

可成り風化したる灰綠黃色を帶ぶる均等中粒なる岩石にして石英、長石及少量の黑雲母竝に角閃石を斑晶とする過斑晶質斑狀組織を呈す。石英は新鮮にして多く融蝕せられ正長石は一般に分解して絹雲母又は陶土に化したるもの多く、斜長石は少量に存し多くは新鮮なれども方解石又は綠簾石に變じたるものあり、而して黑雲母及角閃石は共に綠泥石に化す。石基は顯微鏡的結晶質又は潛晶質にして石英及長石の密集より成り磁鐵鑛及綠泥石を散點す。

本試料は相當に分解するを以て其の新鮮なるものに比すれば物理的性質は著しく低下するも、其の組織斑狀にして石基は緻密なれば試驗の結果に於ては花崗岩又は石英閃綠岩の優良なるものに匹敵する成績を示す。一般に重交通量の道路鋪裝用として使用し得。

11 石英斑岩 兵庫縣飾磨郡家島村西島產 兵庫縣西宮工場營所依賴

アスファルトコンクリート、アスファルトマカダム用

淡灰色を帶ぶる中粒岩石にして石英、長石及極めて少量の黑雲母竝に角閃石を斑晶とする多斑晶質斑狀組織を呈す。其斑晶の大さ及組織は一般に比較的均等の如くなれども石英及長石の顯微鏡的結晶が密聚して或は脈をなし或は塊狀をなして存するものを認めらる。石英は總て新鮮にして片狀或は球狀をなし、長石の多くは自形を有する正長石にして分解したるもの尠く、斜長石は少量にして新鮮なり。黑雲母竝に角閃石は殆んど分解して綠泥石或は綠簾石に化す。副成分として磁鐵鑛及燐灰石を散點す。石基は顯微鏡的結晶質乃至潛晶質にして石英及長石より成り磁鐵鑛及綠泥石を雜ふ。

本試料は其の質極めて堅硬にして磨損率少く、硬度高く、靱性極めて大なるを以て重交通量の道路鋪裝用骨材として適當なるも、稍堅硬に過ぎるを以て之れを破碎すれば扁平なる碎石となる虞れあり。從て良品を得るには碎石機を二基使用し二回に亘りて破碎するを

可とすべし。

10　石英斑岩　兵庫縣有馬郡道場村産　兵庫縣西宮工營所依頼　鋪裝用

相當に變質し帶綠灰色を呈する中粒岩石にして石英及長石を斑晶をする過石地質斑狀組織を呈し石基には不明瞭なれども疎き流理を認めらる。石英は少量に存し、長石は自形を有すれども殆ど分解して陶土、白雲母、綠簾石等に變ず。鐵苦土珪酸鹽鑛物も存在したる痕跡あれども全く分解して多く綠泥石に化す。石基も亦甚だしく變質し玻璃質物の他に二次生の石英、絹雲母、綠泥石、方解石及粘土質物等を多く雜ふ。

本試料は相當に分解するを以て試驗の結果に依れば磨損率相當に低きも、靱性に富むを以て一般鋪裝用として中交通量以下の道路に使用するに適す。

242　石英斑岩　愛知縣葉栗郡淺井町、岐阜縣初島郡川島村（木曾川）産

愛知縣知事依頼　鋪裝用

淡灰白色乃至灰綠色を帶びたる中粒緻密なる石英斑岩にして、斑狀組織をなし、石英、正長石及黑雲母の斑晶が、石英及長石より成る石基によりて膠結さるゝものなり。

一般に相當分解し長石は殆ど陶土に化し、黑雲母は綠泥石に變ずるも石基は石英、長石等の微晶より成り比較的新鮮なるを以て石質は一般に堅靱なり。

199　玢岩　福岡縣鞍手郡古月村字古月産　福岡縣土木課長依頼　鋪裝用

暗綠色を帶びたる細粒緻密なる古期噴出岩にして、主として斜長石及輝石より成るも一般に輝石は著しく分解して綠泥石、綠簾石等に變ずるも石基は比較的硬質なるを以て岩質は相當堅硬にして且比重大なり。一般に重交通量の路面鋪裝に使用し得べし。

200　玢岩　福岡縣鞍手郡岡垣村海老津産　福岡縣土木課長依頼　鋪裝用

暗綠色乃至暗紫色を帶びたる細粒緻密なる古期噴出岩にして、主として斜長石及輝石より成る。斜長石及輝石は著しく分解して高陵土、綠泥石等に變ずるもののみならず酸化鐵を相當に含むを以て岩石は一體に褐色乃至紫色を帶ぶるも石基は比較的堅質なるを以て吸水率大なるにも拘らず相當堅硬なり。然れども吸水すれば多少其の質を軟化せしむべし。一般に重交通量の路面鋪裝に使用し得べし。

201　玢岩　福岡縣鞍手郡岡垣村海老津産　福岡縣土木課長依頼　鋪裝用

暗綠色を帶びたる細粒なる玢岩にして No. 200 に比すれば遙に分解せるを以て吸水率大にして且稍軟弱なり。含水すれば更に軟化すべし。一般に中交通量以下の路面鋪裝に使用し得べし。

IV. 斑糲岩及橄欖岩類

335　橄欖斑糲岩 (No. 2)　　千葉縣鴨川產　千葉縣土木課依賴　道路用

灰綠、灰褐、灰紫色を帶びたる部分が不規則なる縞狀をなし且網目狀をなす白色の細脈を藏す、細粒緻密にして主に橄欖石、輝石及斜長石より成り少量の磁鐵鑛を含む、輝石は殆んど全部分解して綠色を帶びたる蛇紋石、綠泥石に變じ、橄欖石にも亦蛇紋石に變じたるものあり。

試驗の結果に依れば石質稍分解し居るも吸水率比較的少なく磨損抵抗大なるのみならず靱性も亦相當なるを以て比較的新鮮なる箇所を選びて使用するに於ては一般鋪裝用骨材として適當なるものと認む。

321　橄欖岩　　山口縣吉敷郡嘉川村字鳴瀧產　內務省下關土木出張所

山口國道改良事務所依賴　鋪裝用

試驗の結果に依れば本岩は稍粗なる組織を有するも磨損率少なく靱性も亦稍大なるを以て之れを破碎して龜裂なき碎石を得るに於ては道路鋪裝用として一般に使用し得るものと認む。

337　橄欖岩 (No. 4)　　千葉縣鴨川產　千葉縣土木課長依賴　道路用

暗綠色を帶びたる中粒緻密なる岩石にして其の甚だしく分解したるものには黃褐、淡綠、乳白色を帶ぶるものあり。主として橄欖石及輝石より成り橄欖石は著しく分解して蛇紋石に變ずるもの多し。

試驗の結果に依れば組織緻密なるを以て吸水率比較的少なきも硬度、靱性稍低く、且磨損率も亦稍大なるを以て中交通量以下の路線鋪裝用に限り使用し得るものと認む。

320　蛇紋岩　　山口縣吉敷郡嘉川村字鳴瀧產　內務省下關土木出張所

山口國道改良事務所依賴　鋪裝用

試驗の結果によれば外見上堅硬質なる觀を有するも其の磨損率稍大にして靱性も亦稍低きを以て交通量の甚大ならざる路線に限り鋪裝用骨材として使用し得るものと認む。

V. 安　山　岩

26　石英安山岩　　山梨縣北都留郡初狩村產　明治神宮造營局青山工務所依賴

淡灰綠色を帶びたる中粒岩石にして斜長石、普通輝石及石英を斑晶とする過石地質斑

狀組織を呈し石基は斜長石、普通輝石、磁鐵鑛等の顯微鏡的結晶の集合より成り其一部分は分解して粘土質物に變じ、又第二次生として沸石は纖維狀晶簇をなして空隙又は龜裂を塡充して存す。相當に風化して粘土質物に變ずるを以て締合力頗る大なれども比較的脆弱にして磨損に對する抵抗力、硬度及靱性は之に伴はず鋪裝用碎石としては寧ろ中等品に屬す。

163 石英安山岩 北海道龜田郡湯川村產 函館市役所依賴

灰色乃至淡灰色を帶びたる中粒岩石にして主として長石の斑晶と半晶質石基とより成り少量の石英及輝石、磁鐵鑛等の斑晶を雜ふ。一般に新鮮にして且多量の半晶質石基よりなるを以て其の締合力弱小なれば水締マカダム道に使用するには締合用材料を加用する要あるも、アスファルト又はセメントと共に使用するには適當なるものと認む。

輝石安山岩 靜岡縣賀茂郡稻生澤村大字本鄉富士山產

暗灰色を帶ぶる緻密なる岩石にして同色の石基中に細粒乃至中粒の斜長石及輝石を斑晶とする過石地質斑狀組織を呈す。斜長石は多く中性長石に屬し太短き柱狀をなし累帶構造をなし又輝石、玻璃質物等を包裹するもの多し、輝石は普通輝石及紫蘇輝石にして多くは新鮮なれども其の緣邊の些か變化したるものあり。磁鐵鑛は多く融蝕さる。石基は顯微鏡的結晶質にして斜長石、綠泥石化したる輝石及磁鐵鑛よりなる。

本試料は其の質極めて緻密堅硬にて磨損率稍大なるも硬度、靱性及締合力は何れも大なるを以て一般に鋪裝用として重交通量の道路に使用し得るものと認む。

279 角閃安山岩 長崎縣北高來郡古賀村向名淵上(淸心)產

長崎縣內務部土木課依賴 鋪裝用

胡麻鹽色を帶びたる中粒緻密なる安山岩にして、主として斜長石、角閃石及磁鐵鑛の斑晶を斜長石、輝石等より成る完晶質石基によりて膠結す。

石質一般に新鮮なるを以て、安山岩としては硬度稍低きも靱性及磨損係數は比較的大なり。

19 輝石安山岩 神奈川縣足柄下郡眞鶴村產 神奈川縣第一號國道改修事務所依賴 鋪裝用

淡灰色を帶びたる中粒乃至細粒岩石にして緻密堅硬質なり、而して其の組織は斜長石及輝石を斑晶とし灰色を呈する石基中に散點する過石地質斑狀を呈す。又石基は拍子木狀の斜長石、輝石粒、磁鐵鑛及玻璃質物の緻密なる聚合より成り一般に新鮮なり。締合力可成り低きを以て水締マカダム道用としては適せざれども緻密堅靱にして硬度高きを以て其の他の道路用として適當なり。

22 輝石安山岩 山梨縣北都留郡初狩村産 神奈川縣第一號國道改修事務所依頼

暗綠色を帶び斜長石及輝石の斑晶（直徑 5～10糎）を散點し白色を呈する沸石の脈絡或は粒狀をなして存するもの多し。一般に中粒にして斜長石及輝石を斑晶とす過斑晶質斑狀組織を呈す。斑晶の周緣は多く分解し就中輝石は甚だしく變質し綠泥石、方解石となり又長石は粘土質物となる、纖維狀の沸石は放射狀晶簇をなし龜裂又は空隙を充す。本試料は相當に分解するも硬度及靱性は共に比較的大なるを以て中交通量の鋪裝に使用し得べし。

63 輝石安山岩 靜岡縣田方郡小室村川奈字横磯産

灰色を帶ぶる岩石にして灰色石基中に中粒にして略々等量の斜長石及輝石を斑晶とする等石地質なる漸移的斑晶組織を呈す。斜長石は中性長石乃至曹灰斜長石にして雙晶をなし累帶構造をなすものあり、一般に輝石、玻璃質物等を包裹す。輝石は普通輝石及紫蘇輝石にして孰れも多色性に富み磁鐵鑛を包裹す。石基は拍子木狀の斜長石、輝石及磁鐵鑛の顯微鏡的結晶より成り是等の間隙を少量の玻璃質物を以て充す。試驗の結果に依れば締合力小なるも硬度及靱性は共に高く且磨損率小なるを以て重交通量の鋪裝に使用し得るも破碎すれば扁平なる碎石となる虞あれば碎石機を二段に使用するを可とす。

181 輝石安山岩 北海道龜田郡七飯村大字大中山字馬隱産 北海道函館土木事務所依頼 マカダム用

淡灰色を帶びたる中粒乃至細粒なる岩石にして微少なる孔隙を有するもの多し主として斜長石、普通輝石、紫蘇輝石及少量の磁鐵鑛より成り一般に新鮮なり。斑晶は大さ 0.2～5.0mm を有し、石基は横及幅 0.01～0.04mm, 長 0.05～0.10 mm を有する比較的太短き柱狀の斜長石及輝石の集合せるものより成るのみならず相當に孔隙を藏するを以て其の質比較的軟弱なり。本試料は其の質稍軟弱なるを以て一般には基層及中層に使用し得るもマカダム鋪裝の表層用としては大體に於て輕交通の箇所に使用し得るものと認む。但其締合力少なきを以て適當なる締合材又は結合材を用ひ、又施工には 8 噸以上のマカダム轉壓機を使用するを可とす。

208 輝石安山岩 福岡縣八女郡光友村矢部川産 福岡縣土木課長依頼 道路用

暗灰色を帶びたる中粒の安山岩にして主として斜長石、普通輝石及磁鐵鑛より成り石基は半晶質なり、一般に多少分解するのみならず中粒にして氣孔を藏するものあるのみならず岩質一般に不均等なり、一般に中交通量以下の路面鋪裝に使用し得。

172 輝石安山岩 （熔岩） 山梨縣南都留郡福地村新屋檜丸尾産 山梨縣土木課長依頼 鋪裝用

173 同　　同　　富士見千劔丸尾産　同

暗黑色を帶べる鑛滓狀多孔質熔岩にして中粒斑狀組織を呈し、斜長石及少量の輝石が斑晶をなし石基中に散在す、石基は主として細長き斜長石、微細なる輝石、磁鐵鑛及玻璃質物より成る。各產地に於ける試料は總て同一熔岩に屬するもの〻如く磨損試驗の結果に於ても一般に其の質大差なきを見る、然れども同一試料中にも比較的緻密なるものと極めて多孔なるものとあるを以て局部的には品質に差異あるものと認めらる。要するに品質極めて劣等なるを以て一般鋪裝用骨材としては不適當なるものと認む、然れども緻密なる部分を撰取して交通車輛の僅少なる道路をマカダム工法によりて築造するか或は粗粒骨材の空隙塡充材として使用し得べし。

285 輝石安山岩　（島崎石）　熊本市島崎町石神山產　熊本市長依賴　鋪裝用

淡灰白色を帶びたる細粒なる輝石安山岩にして、主として斜長石及普通輝石より成り、相當多量の磁鐵鑛及少量の燐灰石、透輝石等を雜へ一般に新鮮なり。組織は細粒にして斑晶は 1.5mm 以下の大さを有し、平均 0.5mm 內外なるのみならず石基は極めて少量なり。從て相當に靱性を有すと雖、安山岩中に在りては硬度低く磨損率も亦稍大なり。

289 輝石安山岩　熊本縣飽託郡松尾村產　熊本市役所依賴　鋪裝用

淡灰色を帶びたる中粒乃至細粒の緻密なる安山岩にして、一般に石質均等なるも稀に灰白色を帶び、比較的有孔質なる安山岩の破片を混ず。

主として斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、磁鐵鑛及少量の角閃石の斑晶が長石、輝石、磁鐵鑛、燐灰石等より成る石基にて膠結さる。一般に新鮮にして分解せしものなく石質堅硬なり。

295 輝石安山岩　神奈川縣足柄下郡根府川村產　內務省東京土木出張所
府中國道改良事務所依賴　鋪裝用

淡褐暗灰色を帶びたる細粒緻密なる安山岩にして、大さ 2～1mm の斜長石及普通輝石の斑晶が大さ 0.015mm 以下の長石、輝石、磁鐵鑛等より成る石基にて膠結され、過石地質斑狀組織を呈す。一般に新鮮にして分解せるものなく極めて緻密なるを以て石質堅硬なり。

311 輝石安山岩　大阪府南河內郡國分村產　大阪府土木部道路課依賴　鋪裝用

暗灰乃至暗綠色を帶びたる細粒緻密なる安山岩にして斑晶に乏しく、主として長石及輝石より成り、少量の玻璃質物を含有す。其他花崗岩の破碎せる斷片を含有するものあり。

組織緻密にして抗壓强度は極めて大なるも硬度及磨損係數稍低き缺點あり、然れども靱

性著しく大なるを以て鐵車輪の交通量甚大ならざる路線の鋪裝用骨材として使用し得るものと認む。

313 輝石安山岩 (No. 1) 群馬縣碓氷郡坂本町產 內務省東京土木出張所依賴 鋪裝用

淡灰色を帶びたる細粒緻密なる安山岩にして斜長石及輝石の斑晶が極めて微細結晶質なる石基中に散在す。斑晶中には相當に分解せしものあるも大體に於て石質新鮮なり。

石質細粒緻密なるを以て抗壓强度、磨損係數及靱性孰れも大なるを以て一般鋪裝用骨材として使用し得るものとす。

314 輝石安山岩 (No. 2) 群馬縣碓氷郡坂本町產 內務省東京土木出張所依賴 鋪裝用

灰綠色を帶びたる中粒の安山岩にして、斜長石及輝石の斑晶が微細結晶質なる石基中に散點す。石質相當に分解され、就中輝石の如きは其の大部分が分解して綠泥石に變じ又酸化鐵を遊離す。

試驗の結果によれば石質相當に分解するを以て締合力のみ大なるも、抗壓强度、磨損係數及靱性は孰れも小なるを以て、鐵車輪少なき輕交通量の路線に限り使用し得べし。

315 輝石安山岩 (No. 3) 群馬縣碓氷郡坂本町產 內務省東京土木出張所依賴 鋪裝用

灰綠乃至灰褐色を帶びたる中粒にして稍緻密なる安山岩にして、斜長石及輝石の斑晶が黑色を帶びたる細粒石基中に散在す。石質相當に分解され、輝石の如きは殆ど綠泥石に化するも石基の分解程度は餘り大ならず。

石質相當に分解せるを以て磨損係數低きも抗壓强度及靱性稍大なるを以て鐵車輪少なき中交通量以下の路線に限り使用し得るものと認む。

2 複輝石安山岩 鹿兒島縣櫻島產 鹿兒島縣土木課依賴

暗黑色乃至灰黑色を帶べる鑛滓狀多孔質熔岩にして斑狀組織構造をなし複輝石安山岩に屬す。而して白色拍子木狀斜長石、暗綠色柱狀輝石及磁鐵鑛等は斑晶をなし此等を膠結する石基は顯微鏡的大さを有する斜長石、輝石、磁鐵鑛及褐色玻璃質物の緻密なる集合體なり。

本試料は鋪裝用碎石としては頗る劣等に屬するを以て單に品質の點より見れば交通量の小なる道路以外の使用に適せずと認めらるゝも一般的には他に適當なる材料を求め難き場合築造工費及維持費に關する採算上有利なる經濟範圍に限り之を使用するを妨げず、此場合特殊の締合材を加用する等工法上相當の考慮を要すべし、尤も路面以外の基層用材に使用するは敢て不可なし。

20 複輝石安山岩 山梨縣東山梨郡岡部村字松本產 神奈川縣第一號國道改修事務所依賴

暗灰色を帶びたる均等中粒なる岩石にして破面は稍疎なれども比較的緻密にして堅硬質なり。斜長石、普通輝石、紫蘇輝石を斑晶となし灰黑色石基中に點在する等石地質斑狀組織を呈し一般に新鮮なり。石基は斜長石、輝石、磁鐵鑛の微晶の聚合より成り夫等の間隙を玻璃質物を以て充塡す。締合力可成低きを以て水締マカダム道用としては適せざれども比較的緻密堅靱にして且硬度高きを以て其の他の道路用材料として適當なり。

254　複輝石安山岩　鹿兒島縣鹿兒島郡東櫻島村西櫻島村產　鹿兒島縣知事依賴　鋪裝用

灰黑色を帶びたる多孔質熔岩にして斜長石、普通輝石及紫蘇輝石の斑晶を顯微鏡的結晶質なる斜長石、輝石、磁鐵鑛及玻璃質物より成る石基にて膠結す。

本試料中には極めて多孔質にして鑛滓狀をなす軟質なるものと、多孔質なるも相當に硬質なるものとの二種あり。前者は極めて多量の玻璃質物を含み、且海綿狀をなすを以て一般的試驗を行ふこと能はざりしも、後者に就いて行ひたる試驗結果に依れば其の抗壓强度竝に硬度は稍高きも磨損係數及靱性の如き衝擊を伴ふ外力に對する抵抗力に乏しく、且締合力も低きを以て中交通量又はそれ以上の路面鋪裝用には適せざるも、一般基層用又は輕交通量の路面敷砂利代用としては使用し得べし。然れども極めて多孔質なるものは一般に鋪裝用としては不適當なり。

276　複輝石安山岩　長崎縣西彼杵郡喜々津村中里名持田產　長崎縣內務部土木課依賴　鋪裝用

暗灰色を帶び中粒緻密なる斑狀組織を有し、主として斜長石、普通輝石、紫蘇輝石及少量の磁鐵鑛の斑晶を長石、輝石及玻璃質物等より成る石基にて膠結す。相當に新鮮なるも石基は多少分解して稍々有孔質となれるものあり。

6　橄欖輝石安山岩　靜岡縣田方郡田中村大字田京產

灰黑乃至暗綠色を帶び粗なる面を有する岩石にして過石地質斑狀組織を呈し多量の斜長石と少量の橄欖石及輝石の斑晶を暗灰色石基によりて膠結す。斜長石は多く曹灰長石に屬し一般に柱狀をなして一樣に散點し累帶構造をなすもの稀にして輝石又は玻璃質物を包裹するもの多し、橄欖石は新鮮にして球狀或は丸味を帶びたる柱狀をなし反應周緣を有す、輝石は多く普通輝石にして少量の紫蘇輝石を雜へ共に包裹物を有す、石基は拍子木狀斜長石、輝石及磁鐵鑛の集合より成り極少量の褐色玻璃質物を介在す、而して石基は不完全なる流理を示す。

試驗の結果に於ても本試料は硬度及靱性極めて大なるのみならず磨損率も僅少なるを以て鋪裝用材料としては優良なるものにして施工には10瓲以上の輾壓機を用ふるを可とす。

14 橄欖複輝石安山岩 靜岡縣田方郡宇佐美村離山產

灰色を帶び粗面を有する岩石にして暗灰色石基中に中粒乃至粗粒の斜長石、輝石及極めて少量の橄欖石を斑晶とする過石地質漸移的斑狀組織を呈す。斜長石は柱狀にして累帶構造をなし又玻璃質包裹物を有するもの等あり、中性長石乃至曹灰長石に屬す。輝石は普通輝石及紫蘇輝石にして斜長石及磁鐵鑛の小粒を包裹するものあり、橄欖石は圓滑なる面を有して所々に散點し殆ど新鮮なり、石基は斜長石、輝石及磁鐵鑛粒の不規則なる集合より成り少量の玻璃質物によりて間隙を充塡さる。試驗の結果に依れば硬度及靱性は相當にあるも磨損率稍大なるは其の組織比較的粗なるに依るものにして、締合力大なるを以て水締マカダム用に適す。

55 橄欖複輝石安山岩 靜岡縣田方郡多賀村大字中野丁場產

灰色乃至暗黃灰色を呈する岩石にして灰色乃至暗灰色石基中に中粒の斜長石、輝石及極めて少量の橄欖石を斑晶とする過石地質乃至等石地質なる漸移的斑狀組織をなす。斜長石は中性長石乃至曹灰長石にして輝石粒又は玻璃質物を包裹するもの多し、輝石は普通輝石及紫蘇輝石にして反應周緣を有するものあり、橄欖石は稍細長き圓滑なる粒狀をなし其の邊緣は流紋石に化す、石基は拍子木狀斜長石、輝石、及少量の磁鐵鑛との不規則なる集合より成り少量の褐色玻璃質物を以て夫等の間隙を充塡す。本試料は相當に分解するを以て磨損率稍高きも靱性に富むを以て中交通量以下の鋪裝用に適す。

179 橄欖輝石安山岩 長野縣諏訪郡上諏訪町字福澤山產 仙臺市長依賴

電車軌道敷內鋪裝用

灰色を帶びたる中粒緻密なる橄欖輝石安山岩にして主として普通輝石及斜長石より成り少量の橄欖石、紫蘇輝石、磁鐵鑛等を含み其の質一般に新鮮なり。本試料は大さ約 45×31×6cm の敷板にして石目に沿ひて剝離せしめたるものなれども更に 2〜4 枚の薄板に剝ぐる石目を藏せり。又其の組織に於て微晶質石基を約 60% 含有するを以て之を板石鋪裝に供すれば中粒乃至粗粒の花崗岩の場合とは異り其の表面は磨滅するに從ひ次第に平滑となる性質を有す。試驗の結果によれば本試料は堅硬强靱なるを以て板石鋪裝に供し得るものと認めらるゝも其の表面は磨滅するに從ひ次第に平滑となるのみならず數條の石目を藏するを以て車の衝擊又は冬季に於ける霜氷等の作用によりて石目に沿ひ剝離する虞あり。

180 橄欖輝石安山岩 北海道龜田郡七飯村大字大中山字小川產

北海道函館土木事務所依賴 マカダム用

暗灰色を帶びたる中粒乃至細粒緻密なる岩石にして主として斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、少量の橄欖石及磁鐵鑛より成り一般に新鮮なり。斑晶は大さ 0.2～10.0mm を有し石基は横及幅 0.005～0.007 mm, 長 0.010～0.020 mm を有する細長き柱狀の斜長石及輝石の不規則に密集せるものより成り斑晶を膠結するを以て其の質極めて强靱なり。試驗の結果によれば本試料は中交通量以上の一般鋪裝用石材として使用し得るものと認む。マカダム裝鋪に供する場合には其の締合力少なきを以て之を補足し得る目潰材を使用するか或は瀝青等を用ひて塗裝又は透入等を行ひ、又施工には 10 噸マカダム輾壓機を用ふるを可とす。

202　橄欖複輝石安山岩　　福岡縣浮羽郡柴刈村惠利產　福岡縣土木課長依賴　鋪裝用

暗灰乃至灰色を帶びたる中粒安山岩にして斜長石、輝石及紫蘇輝石の斑晶が灰色を帶びたる半晶質石基にて膠結さる、一般に新鮮にして分解せるもの極めて少なきを以て其の質堅硬なるも靱性稍低きもの〻如し。一般に重交通量の路面鋪裝に使用し得。

271　橄欖輝石安山岩　　熊本縣飽託郡池上村字高野邊田產　熊本縣土木課依賴　鋪裝用

灰色を帶びたる中粒緻密なる岩石にして、斑晶は主に斜長石、輝石、橄欖石及磁鐵鑛より成り、之れを膠結する石基は顯微鏡的斜長石、輝石及玻璃質物より成る。岩質一般に新鮮なるも稀には色、組織又は硬さを異にする岩塊を包裹するものあり。

試驗結果によれば吸水率僅かに高きも抗壓强度大にして靱性も相當に有し且磨損率少なきを以て、一般に中交通量以上の道路鋪裝用に適す。

91　古銅輝石安山岩　　香川縣小豆郡三都村海岸產　西宮工營所依賴

アスファルト鋪裝用骨材

讃岐岩 (Sanukite) とも稱せらる〻暗黑色を帶び極めて緻密なる細粒斑晶質岩石にして一般に新鮮なり。斑晶は古銅輝石にして多くは自形をなし聚合すること尠く各粒は比較的平等なる間隔を以て配列す。石基は拍子木狀斜長石、粒狀の輝石及磁鐵鑛の密實なる集合より成り粒各の間は玻璃質物を以て塡充さる。試驗の結果に依れば磨損率僅少にして硬度及靱性共に著しく大なるを以てアスファルト鋪裝用骨材として重交通量の路面に使用し得。然れども扁平なる碎石となる虞あるを以て破碎方法に注意する要あり (175 參照)。

175　古銅輝石安山岩　　香川縣小豆郡三都村字神ノ浦產　京都市土木局土木課長依賴

アスファルト　コンクリート用

暗灰色を帶び細粒緻密にして完晶質過石地質の安山岩にして讃岐岩とも稱せられ、主として古銅輝石、普通輝石、斜長石及磁鐵鑛より成る。古銅輝石は斑晶をなし、之を膠結す

る石基は普通輝石、斜長石及磁鐵鑛にして多少流理を呈す。古銅輝石には多少分解變質するものあれど他鑛物はすべて新鮮なり、試驗結果によれば硬度及靱性は何れも大にして磨損率は極めて少なきを以てアスファルトコンクリート用骨材として使用するに適當にして殊に重量大なる輾壓機を使用して良好なる結果を得るものと認む。

204 古銅輝石安山岩 福岡縣絲島郡今宿村今山產 福岡縣土木課長依賴 鋪裝用

暗灰色を帶びたる細粒緻密なる安山岩にして主として斜長石、古銅輝石、磁鐵鑛等より成り斑晶は殆ど古銅輝石のみより成るを以て通常讃岐岩と稱せらるゝものなり、石基は一般に新鮮なるも堅靱に過ぐるを以て之を破碎すれば多少扁平なる碎石となり易き缺點を有す。一般に重交通量の路面鋪裝に使用し得べし。

266 古銅輝石安山岩 香川縣綾歌郡金山村金山產 香川縣土木課長依賴 鋪裝用

暗灰色を帶びたる極めて緻密堅硬なる安山岩にして、斜長石及古銅輝石の斑晶を、顯微鏡的大さを有する斜長石及輝石より成る石基にて膠結す。一般に新鮮なるも其の質堅緻に過ぐるを以て之を破碎すれば多少扁平なる碎石となり易き缺點を有す。一般に重交通量の路面鋪裝に使用し得。

VI. 玄 武 岩

33, 34 橄欖玄武質安山岩 靜岡縣田方郡對島村字富戸產

灰褐、灰綠乃至暗灰色を帶びたる細粒乃至中粒岩石にして緻密なるもの(34)及長さ 1～3 cm, 幅 0.1～0.8 cm にして略並行に配列するも不規則なるレンズ狀をなす空隙を多量に藏するもの(33)と二種あり、前者は堅靱にして後者は薄片に剝離し易し。一般に灰褐綠乃至暗灰色を呈する石基中に中粒の橄欖石、少量の斜長石を散點する多石地質斑狀組織を呈し粗面岩狀流理をなす。斜長石は太き柱狀をなし輝石は多く粒狀をなし橄欖石は新鮮なるも多少融蝕され粒狀をなす。石基は拍子木狀の斜長石、粒狀或は自形の輝石及磁鐵鑛粒の密集より成り見事なる流狀配列をなすものあり。試驗の結果に於ては緻密にしてレンズ狀空隙を藏せざるもの(34)は其の抗壓强度、硬度及靱性は共に高く且磨損率少なるを以て一般に土木工事用石材として使用するに適するも、空隙を多數に藏し且流狀組織の著しく發達するも(33)のは孰れの試驗結果も低位に在るのみならず風化作用に對する耐久性も著しく劣るべきを以て餘り重要ならざる工事に使用するには差支へなきも鋪裝用としては中交通量以下の路面にのみ使用し得るものと認む。

48 橄欖玄武岩 兵庫縣城崎郡城崎町產 復興局土木部依賴

暗灰乃至灰色を帶びたる細粒緻密なる岩石にして岩塊の表面には稍分解せるものあれども内部は一般に新鮮なり。完晶質にして主として斜長石、輝石、橄欖石、磁鐵鑛、燐灰石等より成り多少流狀組織を呈す。卽ち散點せる橄欖石の間に細長なる斜長石が密集して流狀に配列し輝石は夫等の間隙を充塡す。而して磁鐵鑛、燐灰石等の副成分鑛物の配列は不規則なり。試驗の結果に依れば其の組織細粒緻密なるを以て硬度及靱性は共に大にして磨損率も少なきを以て重交通量の路面鋪裝用に適するのみならず、其他の工事用材として優良なるものなり。

VII. 石　灰　岩

32　石灰岩　栃木縣阿蘇郡葛生町山産　明治神宮造營局青山工務所依頼

暗灰乃至淡灰色を帶び主として方解石より成る細粒緻密の岩石にして多少の粘土及炭素質物を混ずる外方解石又は黃褐色を呈する含鐵粘土質物の不規則なる脈狀をなして存するもの多く海百合、有孔蟲、海綿等の化石を藏するものあり。組織は一般に寄木狀をなせども粒度一定せず、締合力低きを以て水締碎石道には適せざれども磨損係數及靱性は中等以上の結果を、又硬度は上等の結果を示すを以て其他の鋪裝用として適當なり。

15　石灰岩　栃木縣阿蘇郡葛生町産　東京府第二道路改修事務所依頼

アスフアルトマカダム用

暗灰乃至淡灰色を帶ぶる細粒緻密なる岩石にして化石を散點し又方解石の脈をなして縱横に走るものあり、一般に多少の粘土或は炭素質物を含み又黃褐色を呈する含鐵粘土質物の裂隙に沿ひて浸入沈澱したるものあり、組織は一般に糖晶狀をなせども粒度不均一にして直徑 0.1～0.2 mm の方解石結晶の均等なる集合より成れるもの或は其の微晶（直徑 0.02 mm 以下）なるもの竝に少量の粘土質物の密集中に散在するもの等あり、次に第二次生方解石は原存の部分を溶解したる跡に自形をなして沈澱結晶し之に隨伴したる含鐵粘土竝に炭素質物沈澱は結晶粒間を縫合して存す。化石は海百合、有孔蟲、海綿等にして總て方解石によりて置換せらる。而して以上の内組織の微粒緻密なるものにありては相互の結合力大にして龜裂線は多く各粒の劈開面に沿ひ極めて屈曲に富むに反し二次生方解石の多くして他の夾雜物を伴ふものに於ては各粒間の結合力小にして容易に剝離す。試驗の成績を案ずるに磨損率稍大なるの嫌あるも相當の硬度及靱性を有するに鑑みれば道路材料として必ずしも劣等なるものに非ざるを以て重交通量に非らざる限り是をアスフアルトマカダム鋪裝に使用するも敢て差支なきものと認む。

174 石灰岩 埼玉縣秩父郡影森村三ノ輪產 埼玉縣內務部長依頼 道路用

淡灰乃至暗灰色を帶びたる細粒緻密なる石灰岩にして風化せざる新鮮なるものなり、其の間には網狀をなす方解石の細き脈を藏するも本岩は其の質比較的硬堅にして磨損率も比較的少なるを以て一般に瀝青鋪裝骨材として使用し得るものなり。

188 石灰岩 岐阜縣不破郡赤坂町產 岐阜縣知事依頼 鋪裝基層用

灰白色乃至帶黃灰白色を帶びたる極めて細粒緻密結晶質石灰岩にして海白合の化石を含み又二次生方解石の細脈を藏し多少脆弱なるものあるも一般に其の質比較的堅硬なり。試驗の結果に依れば本岩石は其の抗壓强度大なるも其の磨損係數、硬度、靱性は比較的小にして殊に締合力は著しく劣るを以て一般に瀝青鋪裝骨材としては使用し得るも、之れを其の儘使用する場合には鐵輪を有する荷車の交通量相當に多大なる路面鋪裝用としては適ぜざるものと認む。

207 石灰岩 福岡縣田川郡後藤寺町船尾山產 福岡縣土木課長依頼 道路用

白、淡灰、淡灰綠乃至淡黃褐色を帶びたる石灰岩にして相當結晶質なるも細粒緻密なるを以て吸水性に乏しく岩質一般に强靱なり。一般に道路用碎石ととて優良なる岩質を有するものにして白、淡灰色を帶びたるものは最も良質なるも結晶粒の大なるに從ひ其の質を低下するものなり。一般に中交通量以下の路面鋪裝に使用し得。

219 石灰岩（ヂヤミ） 北海道上磯郡上磯町字ガロー山產 函館土木事務所依頼

水締マカダム用

暗灰色を帶びたる微粒乃至非晶質石灰岩にして、其の質極めて緻密堅硬なるも一般に細かき龜裂に沿ひて生じたる二次生方解石、粘土等が脈狀をなして縱橫に發達するを以て之れに沿ひて破壞し易き缺點を有す。試驗の結果、硬度及靱性は普通なるも磨損率相當大にして締合力稍低きを以て水締マカダム鋪裝下層用としては一般に使用し得べし。但上層用としては輕交通路線には使用し得るも、中交通路線に在りては瀝青透入工法を施すを適當とすべし。使用すべき碎石の寸法はマカダム鋪裝標準に從ふべく、其の目潰材としては本石材が分解成生物を相當に含むを以て粘土を用ひず、又細粒材としては石灰岩碎石屑を用ふるを可とす。

220 石灰岩（ズリ） 北海道上磯郡上磯町ガロー山產 函館土木事務所依頼

水締マガダム用

219 と同樣の性狀を有するものなれども、「ズリ」石の儘なるを以て其の表面には相當に黃褐色の粘土を附着す、此の粘土は石灰岩の分解によりたるものなり。試驗の結果は「ヂ

ヤミ」と略同等なるも粘土を附着するを以て締合力は之より稍大なり。本石材は其の粒度をマカダム鋪裝標準寸法に適する樣篩分れば「ヂヤミ」に準じて使用し得べし。

268　石灰岩　岐阜縣不破郡赤阪町金生山乙女坂產　名古屋市長依賴　鋪裝用

淡灰黃色を帶びたる中粒結晶質石灰岩にして、海百合其他の化石を含む。其の組織を見るに中粒なる方解石が寄木細工狀をなして集合するを以て、微粒緻密なる組織を有するものに比すれば、靱性の如き衝擊に對する抵抗力に於て遜色あるを免れず。其の組織、中粒結晶質なるを以て試驗結果に於ては靱性低く、且之れを破碎して碎石とせば、結晶粒間の結合力を相當に弛緩せしめ磨損作用に對する抵抗力を減退する傾向あるものなれば、中交通量以下の道路鋪裝に限り使用し得るものと認めらる。

269　石灰岩　岐阜縣不破郡赤阪町字金生山二ツ塚產　名古屋市長依賴　鋪裝用

暗灰色を帶びたる微粒半結晶質緻密なる石灰岩にして、其の質堅硬なるも中粒の方解石が脈狀をなして縱橫に連亘するものあり。一般に强度、磨損係數、靱性等比較的大なるを以て一般鋪裝用骨材として使用するに適當なるものと認む。但方解石脈多きものは成るべく除去するを可とす。

270　石灰岩　埼玉縣入間郡吾野村產　東京府土木部道路課依賴　道路工事用

淡黃灰色を帶びたる緻密半結晶質石灰岩にして主として非晶質乃至微晶質方解石より成り、シュワゲリナの化石を相當に含む。細小なる龜裂を有するものあるも一般に石質新鮮にして堅硬なり。

磨損係數及靱性は比較的大にして石質極めて緻密なるを以て、瀝青質其他の締合材を添加使用するに在りては、重交通量路線の鋪裝に適す。

272　石灰岩　沖繩縣中頭郡浦添村產　沖繩縣土木課長依賴　鋪裝用

淡黃褐色を帶び極めて多孔質なる珊瑚石灰岩にして、主として珊瑚及諸種の有孔蟲の遺骸の集合より成り、之等の間隙を遊離石灰の粒狀結晶（方解石）にて膠結するを以て、其の質一般に脆弱なり。

273　石灰岩　沖繩縣國頭郡瀨底島產　沖繩縣土木課長依賴　鋪裝用

帶黃白色の珊瑚石灰岩にして、No. 272 に比すれば孔隙尠なく、且緻密なり。主として珊瑚及各種の有孔蟲等の遺骸の集合より成り、之等の間隙を遊離石灰の粒狀結晶にて膠結す。

274　石灰岩　沖繩縣國頭郡本部村產　沖繩縣土木課長依賴　鋪裝用

淡灰色を帶びたる極めて緻密なる石灰岩にして深海成のものに屬す。一般に極めて微細

(直徑 0.01 mm 以下) なる方解石の集合より成り、所々に直徑 0.5 mm 以上の方解石が脈狀をなして連るものあるも之等は其の質一般に堅硬なり。然れども直徑 1mm 以上のものが多量集合するものは其の質脆弱なり。

275 石灰岩 栃木縣阿蘇郡葛生町產 內務省仙臺土木出張所 福島國道改良事務所依頼

暗灰色を帶びたる緻密なる微晶質石灰岩にして、大さ 0.15mm 內外の方解石の寄木狀集合より成り、所々に細き脈狀をなす非晶質石灰を介在す。一般に微粒緻密なるを以て其の質比較的堅硬なり。

281 石灰岩 埼玉縣秩父產 東京府土木部道路課長依頼 鋪裝用

暗灰色を帶びたる微晶質乃至非晶質石灰岩にして、白色の方解石より成る多數の細脈を藏す。組織は元來微晶質乃至非晶質なるも遊離せる方解石脈夥しきを以て磨損及靱性の如き衝擊に對する抵抗性比較的小なり。

282 石灰岩 埼玉縣入間郡吾野產 東京府土木部道路課長依頼 鋪裝用

淡褐灰白色を帶びたる緻密なる石灰岩にして、シュワゲリナの化石、白色の方解石脈及黃褐色を帶びたる遊離方解石を藏す。組織は微晶質乃至細晶質にして方解石脈も比較的少なきを以て靱性稍高し。

283 石灰岩 埼玉縣秩父郡影森村產 內務省東京土木出張所依頼 鋪裝用

淡灰又は灰白色を帶びたる微晶質緻密なる石灰岩にして、主に大さ 0.07～0.20 mm の方解石の微晶より成るも、稍大粒の方解石より成る細脈を多數に藏するを以て比較的に靱性に乏し。

284 石灰岩 栃木縣阿蘇郡葛生町產 高崎國道改良事務所依頼 鋪裝用

淡灰色を帶びたる細粒乃至微粒緻密なる石灰岩にして方解石より成り、屢々 1mm 以上の結晶を散點するも組織は一般に糖晶狀をなし、細脈を藏するもの稀なるを以て石質比較的堅靱なり。

288 石灰岩 宮城縣登米郡綿織村產 內務省仙臺土木出張所依頼 鋪裝用

淡灰白色を帶びたる顯微鏡的結晶質石灰岩にして、幅 10mm 內外の白色方解石より成る脈を藏するも其の質一般に緻密なり。本岩を構成するものは主として、大さ 0.007～0.020 mm の方解石なるも、所々に 0.07 mm 位の結晶を散點するのみならず、0.03 mm 內外のものより成る細脈を多數に藏す。

試驗の結果によれば硬度及靱性は石灰岩としては中間の値を示すも、其磨損率稍大なるを以て中乃至重交通量路線に在りてはシートアスファルト中間層、又は細粒式アスファル

トコンクリート（トペカ式）用として使用し得るも、其他の鋪裝用としては中交通量以下の路線に限り使用するを可と認む。

296　石灰岩（No. 1）　栃木縣阿蘇郡葛生町産　東京府土木部道路課依頼　鋪裝用

淡灰色を帶びたる細晶質石灰岩にして、主として大さ 0.1～0.2 mm の方解石より成り、所々に 2～5 mm のもの或は 0.01 mm 以下のものを散在す。

石質一體に緻密堅硬なるも白色を帶びたる方解石の細脈が網狀をなして縱横に連亘するものあり。

297　石灰岩（No. 2）　栃木縣阿蘇郡葛生町産　東京府土木部道路課依頼　鋪裝用

灰色を帶びたる細晶質石灰岩にして、主として大さ 0.10～0.15 mm の方解石より成り、所々に海百合の化石及黑色を帶びたる石灰岩片を雜ふ、石質緻密にして石灰岩中最も硬質なるものに屬し、且龜裂又は細脈に乏し。

298　石灰岩（No. 3）　栃木縣阿蘇郡葛生町産　東京府土木部道路課依頼　鋪裝用

極めて淡き灰色を帶び硅岩に似たる外觀を有する極めて緻密なる石灰岩にして、主として大さ 0.007 mm 内外を有する方解石の微晶より成り 0.05～0.1 mm のものを少量雜ふ。

石質極めて緻密にして、且龜裂に乏しきを以て相當大なる石塊として用ふる場合には、大なる强度を有するも碎石とすれば著しく其の外觀とは相違して硬度低く、又之れを扁平なる形狀を有するものとなる缺點あり。

299　石灰岩（No. 4）　栃木縣阿蘇郡葛生町産　東京府土木部道路課依頼　鋪裝用

一體に乳白色を帶び、淡灰色のものが縞狀乃至斑紋狀をなすも一體に乳白色を帶びたる細晶質石灰岩にして、主として大さ 0.05～0.10 mm の方解石より成り、厚 0.2 mm 以内の方解石脈を所々に藏す。碎石としては稍々粗面を有し且比較的立方體に近かき形狀を有するものを得らる。

300　石灰岩（No. 5）　栃木縣阿蘇郡葛生町産　東京府土木部道路課依頼　鋪裝用

淡灰白色を帶び白色の網目狀の縞を有する細晶質石灰岩にして、主として大さ 0.05～0.16 mm の方解石より成る、龜裂の中には分解殘渣たる粘土質物を介在するも、岩質一般に緻密にして且比較的堅硬なり、碎石としては稍粗面を有し且比較的立方體に近かき形狀を有するものを得らる。

301　石灰岩（No. 6）　栃木縣阿蘇郡葛生町産　東京府土木部道路課依頼　鋪裝用

灰色を帶びたる緻密細晶質石灰岩にして、主として大さ 0.03～0.16 mm の方解石より成り所々に大さ 1～3 mm のものを散在す。

龜裂又は脈を藏するもの少なきを以て外觀上極めて堅硬なる觀あるも其の磨損抵抗、硬度及抗壓强度は孰れも低し、又之れを碎石とすれば扁平なる形狀を有するものとなる缺點あり。

302 石灰岩 (No. 7) 栃木縣阿蘇郡葛生町產 東京府土木部道路課依賴 鋪裝用

暗灰色を帶びたる緻密細晶質の石灰岩にして、主として大さ 0.03～0.11 mm の方解石より成り、極めて均等なる寄木狀組織をなす。

龜裂又は脈を藏すること尠なく、其の靱性著しく大なるを以て磨損抵抗も比較的少なきのみならず、之れを碎石とすれば比較的粗面を有する立方體に近かき形狀を有するものとなり、碎石としての磨損抵抗は試料7種中最高位に在るものと認めらる。

303 石灰岩 (碎石) 埼玉縣秩父產 內務省横濱土木出張所依賴 鋪裝用

白色乃至淡灰白色を帶びたる石灰岩碎石にして、稜角に富むも稍細長き形狀を有す。

一般に非晶質乃至結晶質にして且緻密なるも、石質に於ては石灰岩中優秀なるものとは認め難し。

305 石灰岩 (A) 岐阜縣不破郡赤阪町產 岐阜縣土木課長依賴 鋪裝用

暗灰色を帶びたる微晶質石灰岩にして、大さ 0.2～0.5 mm を有するシュワゲリナ、海綿其他の化石と大さ 0.05～0.1 mm の方解石とより成る。一般に其の質緻密なるも、所々に細長き孔隙又は白色を帶びたる方解石脈を藏す。

試驗の結果抗壓强度は稍高きも磨損係數、硬度及靱性は比較的低きを以て、鋪裝用石材として優良なるものには非ざるも、中交通量以下の路線の鋪裝には使用し得るものと認む。

306 石灰岩 (B) 岐阜縣不破郡赤阪町產 岐阜縣土木課長依賴 鋪裝用

灰白色を帶びたる細晶質石灰岩にして、極めて多量の化石を藏す。主として大さ 0.04～0.15 mm の方解石と大さ 0.25～10.0 mm を有する海百合、シュワゲリナ、珊瑚等の化石より成り、一般に其の質緻密にして孔隙及方解石脈を藏せず。

孔隙及方解石脈を藏せざるを以て、抗壓强度は大なるも、磨損係數、硬度及靱性は孰れも比較的小なるを以て、中交通量以下の路線鋪裝に限り使用し得るものと認めらる。

試料 (305. A) と比較するに其の試驗結果は殆ど同等なるも、組織稍疎なるを以て碎石として使用する場合には試料 (A) に比し稍劣るものと認む。

307 石灰岩 群馬縣北甘樂郡青倉村產 群馬縣土木課長依賴 鋪裝用

淡灰乳白色を帶びたる微晶質石灰岩にして一般に緻密なるも所々に脈狀をなす小空隙あ

り、之れを構成するものは主として大さ 0.08 mm 内外の方解石にして微小なる有孔蟲の化石を包裹す。

抗壓强度は比較的大にして且其組織緻密なるにも拘らず、磨損係數、硬度、靱性及締合力は孰れも稍低く、鋪裝用石灰岩中優良なるものには屬せざるも、之れに適當せる締合材を加用する場合には鐵車輪の交通量少なき中交通量以下の路線に限り使用し得るものと認む。

310　石灰岩　　新潟縣東蒲原郡揚川村產　新潟縣依賴　鋪裝用

白色乃至灰白色を帶びたる細粒乃至中粒緻密なる石灰岩にして、暗黑色を帶びたるものが脈狀をなして含まるゝものあり。

一般に完全なる結晶質にして細粒なるものは大さ 0.1 mm 内外の方解石より成り、中粒なるものは大さ 2 mm 以上に及ぶものあり、暗黑色を帶ぶるものは主に有機物、鐵、粘土等なり。

組織稍粗にして硬度及靱性小なるも、磨損係數稍大なるを以て鐵車輪の交通量大ならざる中交通量以下の路線鋪裝用骨材として使用し得るものと認む。

312　石灰岩　　福岡縣田川郡後藤寺町船尾山產　内務省下關土木出張所依賴　鋪裝用

灰白色を帶びたる細粒緻密なる石灰岩にして、其の破面は玻璃乃至樹脂光澤を有す。本岩は完晶質にして總べて方解石より成り、其の大さ 1.0 mm 内外のもの及 0.04～0.10 mm のものと二種あり、不規則に混合す。龜裂に沿ひて粘土を介在するものあれど一般に岩質新鮮なり。

本試料は其の外觀に反して抗壓强度稍々低く、又衝擊作用に對する抵抗力(靱性)も稍々小なるも、磨損率比較的小なるを以て鐵車輪少なき中交通量以下の路線の鋪裝用に限り使用し得るものと認む。

292　結晶質石灰岩　　福島縣石城郡大野村八茎產　内務省仙臺土木出張所、
福島國道改良事務所依賴　鋪裝用

白色にして極めて淡き灰色を帶びたる結晶質石灰岩にして大さ 0.8～2.5 mm を有する方解石より成り寄木細工狀組織をなす。

一般に緻密なるも組織比較的粗粒なるを以て石質軟弱なり。

293　結晶質石灰岩　　福島縣田村郡瀧根村神俣產　内務省仙臺土木出張所、
福島國道改良事務所依賴　鋪裝用

白色を帶びたる粗粒結晶質石灰岩にして大さ 2～15 mm を有する方解石より成り、寄木細工狀組織をなす。

一般に緻密なるも組織極めて粗粒なるを以て石質軟弱なり。

VIII. 砂岩其他

257 砂岩 香川縣三豐郡粟井村、祚田川產 香川縣土木課長依頼 鋪裝用

淡灰黄褐色を帶びたる細粒砂岩にして、大さ 0.9～0.15 mm、平均 0.25 mm を有する石英、正長石、斜長石、黑雲母、粘板岩等より成り、之等の間隙を粘土、沸石、方解石及酸化鐵等にて膠結す。長石類は相當に分解して粘土、綠簾石等に變じ、黑雲母は綠泥石に變ずるも組織は一般に緻密なり。

試驗の結果は良好にして甚しく分解せるものを除けば、一般重交通量の路面鋪裝用材料として使用し得るものと認む。

258 砂岩 香川縣三豐郡財田大野村、財田川產 香川縣土木課長依頼 鋪裝用

淡灰乃至淡灰黄色を帶びたる細粒緻密なる砂岩にして、大さ 1.0～0.15 mm 平均 0.3 mm を有する石英、正長石、斜長石、粘板岩等より成り、一般に分解の程度輕少なり。

磨損係數は砂岩中最も低き成績を示すと雖も一般石材に比すれば强大にして其の他の成績も亦良好なるを以て、一般に重交通量の路面鋪裝用骨材として使用し得べし。

259 砂岩 香川縣仲多度郡垂水村、同綾歌郡岡田村、土器川產 香川縣土木課長依頼 鋪裝用

淡灰黄色を帶ぶる細粒なる砂岩にして、大さ 1.1～0.1 mm、平均 0.4 mm を有する石英、長石、粘板岩等の砂粒より成り、之等を粘土、綠泥石等にて膠結す。一般に相當分解するのみならず、膠結物稍多量なるを以て比重竝に磨損係數稍低し。

本試料中には抗壓强度に於て極めて大なる値を示したるものあるも、磨損係數低きを以て一般に中交通量以下の路面鋪裝に使用するを可とすべし。

260 砂岩 香川縣仲多度郡神野村、金倉川產 香川縣土木課長依頼 鋪裝用

淡灰褐色を帶びたる細粒緻密なる砂岩にして、大さ 1.1～0.1 mm、平均 0.25 mm を有する石英、長石、粘板岩等の砂粒より成り、之等を膠結する粘土其他の物質は多少分解し酸化鐵を多量に含むものあり。

吸水率は極めて少なく抗壓强度、磨損係數及靱性大なるを以て、一般に重交通量の路面鋪裝用に使用し得るものと認む。

261 砂岩 香川縣香川郡圓座村、同 同 一ノ宮村 香東川產 香川縣土木課長依頼 鋪裝用

淡灰色を帶びたる細粒緻密なる砂岩にして、大さ 0.8～0.1 mm、平均 0.15 mm を有する石英、長石、輝石、玢岩、粘板岩等の砂粒より成る。膠結物は稍多量なるも一般に分解の程度輕微なり。試驗の結果に於て靱性は他の砂岩に比し稍々低しと雖、概して良好なる成績を示すを以て、一般に重交通量の路面鋪裝に使用し得べし。

262 砂岩 香川縣大川郡福榮村、港川産 香川縣土木課長依頼 鋪裝用

淡灰黄色を帶びたる細粒砂岩にして大さ 1.6～0.1 mm、平均 0.25 mm を有する石英、長石、粘板岩等の砂粒より成り、一般に相當多孔質なるのみならず膠結物は分解して酸化鐵を相當含むものあり。

試料は一般に多孔質にして相當分解するを以て吸水率稍大なりと雖、其他の成績良好なるを以て著しく分解せるものを除けば、一般に重交通量の路面鋪裝用骨材として使用し得べし。

264 砂岩 香川縣大川郡相生村、馬宿川産 香川縣土木課長依頼 鋪裝用

淡灰色を帶びたる細粒なる砂岩にして、大さ 1.6～0.1 mm、平均 0.25 mm を有する石英、長石、粘板岩等の砂粒より成る。一般に膠結物稍多量なるのみならず多少分解せるものあり。一般に重交通量の路面鋪裝用骨材に使用し得べし。

276 砂岩 香川縣綾歌郡羽床上村、瀧ノ宮村、綾川産 香川縣土木課長依頼 鋪裝用

灰色を帶びたる細粒砂岩にして試料中最も多孔質なるものにして、大さ 1.85～0.1 mm、平均 0.4 mm を有する石英、長石、玢岩、粘板岩等の砂粒より成る。一般に膠結物は少量なるも稍多孔質にして相當に分解す。

試驗の結果に依れば磨損係數稍小なりと雖、著しく分解せる軟質なるものを除けば、一般に重交通量の路面鋪裝用骨材として使用し得べし。

277 砂岩 長崎縣北高來郡眞津山村大字久山字名切産 長崎縣內務部土木課依頼 鋪裝用

淡黄褐色を帶びたる細粒砂岩にして、主として大さ 0.15～0.5 mm を有する石英及極めて少量の長石より成り、之等を酸化鐵及粘土質物にて膠結するも其の締合力弱少なり。

278 砂岩 長崎縣北高來郡眞津山村大字久山字古茶屋下産 長崎縣內務部土木課依頼 鋪裝用

淡灰色を帶びたる細粒緻密なる砂岩にして、主として大さ 0.1 mm 內外の石英及少量の長石、綠泥石、黑雲母、粘板岩等の細片より成り、粘土、石灰質物等によりて膠結さる。組織著しく細粒にして緻密なるを以て、硬度低きも靱性及磨損係數は比較的大なり。

280 砂岩 長崎縣北高來郡古賀村中里名井手ノ上產 長崎縣內務部土木課依賴 鋪裝用

暗灰青色を帶び細粒にして極めて緻密なる砂岩にして、主として大さ 0.15 mm 以下の石英粒と少量の長石、綠泥石、磁鐵鑛等より成り、之等を多量の粘土質物にて膠結す。

組織細粒にして極めて緻密なるを以て、砂岩としては硬度及靱性比較的大なり。

290 砂岩 熊本縣天草郡合津村產 熊本市役所依賴 鋪裝用

暗灰色を帶びたる細粒緻密なる砂岩にして、極めて稜角に富む石英、正長石、黑雲母、方解石、磁鐵鑛の砂粒（直徑 0.25～0.01 mm）が粘土、方解石、酸化鐵等にて膠結さる。一般に正長石は相當に分解して絹雲母、綠廉石等に變じ、雲母も綠泥石に變ずるもの多きも石質一般に堅硬なり。

29 硬砂岩 東京府南多摩郡淺川村字落合產 明治神宮造營局青山工務所依賴

暗灰色を帶びたる緻密堅硬なる細粒岩石にして主として石英及正長石の砂粒よりなり其の間隙を二次生石英、粘土質物、水酸化鐵、炭素質物等を以て充塡す。龜裂に沿ひて相當に分解し方解石、沸石等を生ず。硬度、靱性及磨損係數は極めて良好なる結果を示すも締合力可なり低く且、石片中には層理を示し 1～3 cm の板狀に剝離する傾向を有するものを相當含有するを以て水締碎石道には不適當なるは勿論其の他の鋪裝用としても優良品と認め難し。

205 硬砂岩 福岡縣企救郡東鄉村白ノ江產 福岡縣土木課長依賴 道路用

暗綠灰色を帶びたる細粒緻密なる硬砂岩にして古生層中に存するものなり。石英及長石其他諸種の鑛物及岩片が粘土質物にて膠結されたるものなれども極めて古き岩石なれば石英は舊態のまゝに存するも、他は多く分解して綠泥石、綠簾石、雲母、方解石、酸化鐵、高稜土に變ず。一般に龜裂に富むも吸水率小にして岩質極めて堅硬なり。一般に重交通量の路線に使用し得。

215 硬砂岩 京都府久世郡宇治町宇治川筋產 京阪國道改修土木工營所長依賴 鋪裝用

綠灰色乃至暗灰色を帶びたる細粒緻密なる硬砂岩にして主として石英、長石、雲母、粘板岩等の破片より成り極めて硬く結合するを以て岩質一般に堅硬なり。然れども本岩には屢々粘板岩を伴ふことあるを以て使用に當りては之れを除去する要あり。

本試料は鋪裝用骨材として優良なるものと認む。但稍堅硬に過るを以て之れを碎石となせば扁平又は細長なるものと成る虞れあれば碎石機を二段に使用するを可とす。

308 硬砂岩 福岡縣門司市白野江町海岸產 廣島縣廣島土木出張所依賴

灰綠色を帶びたる細粒緻密なる硬砂岩にして、大さ 0.12～0.03 mm の石英、正長石、

黒雲母、燐灰石、磁鐵鑛等の砂粒が粘土、石英、沸石、方解石、綠簾石等によりて膠結さる。又二次的に生じたる細き龜裂内には方解石が脈狀をなして連亘す。一般に龜裂及方解石脈を藏するも石質堅硬なり。

試驗結果に於ては磨損率少なく、硬度及靱性大なるを以て重交通路線の鋪裝用骨材に適するものと認む。

203　綠泥片岩　福岡縣朝倉郡甘木町甘木産　福岡縣土木課長依頼　道路用

暗綠色を帶び細粒緻密なる古生層の綠泥片岩にして主として綠泥石と石英とより成り一般に新鮮にして分解するもの少なけれども、片狀石理に富むのみならず、薄き石英脈を藏するを以て扁平に破碎し易きものあり。綠泥片岩としては岩質堅硬なるものなれば碎石として使用し得るものなり。磨損係數大なれども締合力小なるを以て中交通量以下の路線に適す。

16　角礫岩　山梨縣北都留郡巖村四方津産

白或は綠及黒色の斑紋狀を呈す、白色又は綠色を帶びたる石英粗面岩及黒色を帶びたる燒石の岩片を火山灰を以て膠結す、岩片の大さは一般に 1～2cm にして稀には 3 cm に及ぶものあり。岩片は堅硬なるも火山灰の凝結力弱ければ脆くして吸水する時は特に著し、破碎すれば細粉となるもの可なり多けれども岩片は比較的大形なるを以て稍々堅硬なる碎石となる、然れども吸水性甚だ大なる缺點を有す。

206　砂質粘板岩　熊本縣天草郡樋ノ嶋村産　福岡縣土木課長依頼　道路用

暗灰色を帶びたる細粒緻密なる砂質粘板岩にして大さ 0.15～0.02 mm 位の石英、長石、雲母、方解石等が粘土、綠泥石、酸化鐵等にて膠結さる。一般に吸水性に富み稍軟質なるも板狀石理に乏しきを以て碎石として使用し得るものなり。一般に中交通量の路線に使用し得。

30　碎石（雜岩）　東京府北多摩郡大神村産　明治神宮造營局青山工務所依頼

轉石、砂利等を破碎したるものにして其の質一定せざれども一般に暗灰色乃至灰綠色を帶び主として硅岩、硬砂岩、閃綠岩、安山岩等の堅硬緻密なる岩石より成る。本試料は硅岩及硬砂岩を多量に含有し緻密堅硬にして磨損率小なるを以て大體に於て鋪裝材料として可なれども締合力低きを以て水締碎石道には適當せず。

28　碎石（雜岩）　山梨縣北都留郡富濱村字鳥澤産　明治神宮造營局青山工務所依頼

轉石、砂利等を破碎したるものなれば其質一定せざれども主として硬砂岩、硅岩及閃綠岩より成り少量の砂岩を混ず。風化したる少量の閃綠岩及脆弱なる砂岩を有するも硬砂岩

及硅岩を多量に含み其の大部分は一般に緻密堅硬質なるを以て大體に於て鋪裝材として不可なきも締合力低きを以て水締碎石道には適當ならず。

9 石英斑岩質凝灰岩 兵庫縣有馬郡道場村產 兵庫縣西宮工營所依賴 鋪裝用

珪化作用を受けたる帶黃綠灰白色を呈する中粒乃至細粒岩石にして石英、白乃至淡黃褐色を帶ぶる長石及他岩片の密集より成り是等を淡灰綠色を呈する物質を以て膠結す。石英は多く片狀にして總て新鮮なれども長石は甚しく分解し僅に原形を止むるのみにして陶土、絹雲母、綠簾石及方解石等に變じ膠結物は二次生石英の顯微鏡的結晶、分解成生物たる綠泥石、綠簾石及粘土質物より成る。試驗の結果に依れば硬度は稍低きも磨損率少なく且靱性大なるを以て、均質なるものを多量に採取し得ば鋪裝用骨材として中交通量以上の路面にも使用し得るものと認む。

IX. 鑛 滓 類

213 鑛滓 淺野製鐵所產 神奈川縣知事依賴 鋪裝用

白色乃至淡灰色を帶び一般に多少半結晶質にして緻密なるも玻璃質にして脆弱なるものを少量雜ふ。硬度及締合力は稍低率なるも大體に於て石灰岩に類する性質を有するを以て鋪裝用骨材として使用し得べきも玻璃質なる部分は靱性、磨損係數共に劣るが故に成るべく之を除去すべきものとす。

214 鑛滓 淺野製鐵所產 神奈川縣知事依賴 鋪裝用

暗黑色を帶び比重甚だ大なるも一般に極めて多孔質なり。本試料は平爐鑛滓にして其中には相當に緻密なるものと多孔質なるものとを混合し、前者は適當なる抗壓强度及硬度を有し鋪裝材料として使用し得べきも、多孔質なる部分は磨損率著しく大なるを以て鋪裝材料として使用に適せず。

2. 物理的試驗成績表

I. 花崗岩類

番號	試料名	產地	依頼者	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損係數	硬度	靱性	締合力	抗壓强度 kg/cm²
69*	黑雲母花崗岩	茨城縣眞壁郡眞壁町傳正寺附近	茨城縣土木課長	2.63	0.6	2.0	20.0	18.5	14	23	
70*	同	同　西茨城郡西山內村字福原	同	2.66	0.5	2.4	16.7	18.6	13	18	
71	同	同　同　同　稻田	同	2.62	0.5	2.6	15.4	18.8	9	31	
38	同	同	東京市道路局試驗所長					19.0* 18.9▲	9* 11▲		
76*	同	同　筑波郡小田村		2.63	0.6	3.3	12.1	18.5	8	32	
66	同	中華民國山東省南窒		2.56	0.8	2.7	14.8	18.9	10	7	
67	同	同　流青洞		2.53	1.5	3.9	10.3	18.8	10	11	
68*	同	同　海西		2.59	0.5	2.7	14.8	19.0	11	8	
176	同	京都府相樂郡笠置村	京都市土木局長	2.67	0.3	3.3	12.1	18.6	12	20	1,599
198	同	岐阜縣土岐郡釜戸町	名古屋市役所	2.60	0.6	2.3	17.4	18.6	14		
240	同	同	名古屋市長	2.60	0.6	2.5	16.0	18.4	16	12	2,077
241	同	愛知縣瀨戸市大字赤津字白山	愛知縣知事	2.61	0.5	4.8	8.3	18.5	11	43	1,235
245	同	同　西加茂郡高橋村大字矢並	同	2.62	0.6	4.8	8.3	17.8	7	10	1,324
246	同	同　同　同　池田	同	2.67	0.5	3.3	12.1	17.5	8	18	1,302
247	同	同　同　擧母町長興寺內山	同	2.61	0.5	3.6	11.1	17.8	8	13	872
248	同	同	同	2.69	0.4	3.2	12.5	17.4	10	27	1,289
249	同	同　同藤岡村大字飯野字大田代	同	2.61	0.4	2.9	13.8	18.3	10	17	1,613
250	同	同　東加茂郡阿摺村大字新盛	同	2.70	0.3	3.1	12.9	18.4	8	14	1,389
251	同	同　寶飯郡西浦村	同	2.72	0.2	3.1	12.9	18.3	10	20	1,276
253	同	同東春日井郡品野町大字中品野	同	2.66	0.3	2.2	18.2	17.9	16	54	1,822
256	同	香川縣小豆郡福田村、福田川	香川縣土木課長	2.60	0.5	3.7	10.8	18.0	6	15	1,583
263	同	同　木田郡庵治村、庵治川	同	2.65	0.4	2.3	17.4	18.5	15	16	2,223
265	同	同　大川郡富田村、津田川	同	2.59	0.8	3.7	10.8	18.4	8	25	1,587
291	同	岐阜縣土岐郡釜戸町字大島	名古屋市長	2.61	0.4	2.4	16.7	18.3	12	36	1,657
294	同	愛知縣西加茂郡猿投村大字御船字瀧	同	2.63	0.4	4.6	8.7	17.7	7	13	1,355

番號	試料名	産地	依頼者	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損係數	硬度	靱性	締合力	抗壓强度 kg/cm²
309	黑雲花崗岩	茨城縣西茨城郡西山內村字稻田	東京府土木部道路課	2.63	0.3	3.6	11.1	18.2	7	10	1,865
316	同	山梨縣東山梨郡神金村	內務省横濱土木出張所	2.64	0.6	2.4	16.7	18.2	9	11	1,264
318	同	茨城縣西茨城郡西山內村字福原	東京府土木部道路課	2.62	0.5	3.5	11.4	18.5	9	12	1,502
319	同	同 同 同 稻田	同	2.62	0.4	3.7	10.8	18.5	8	10	1,787
82	複雲母花崗岩	茨城縣西茨城郡東那珂村橋本山	復興局技術試驗所長						12	21	
244	同	愛知縣額田郡常磐村米河內	愛知縣知事	2.62	0.5	3.2	12.5	18.1	11	25	1,441
243	同	同	同	2.62	0.5	2.7	14.8	18.0	10	8	1,410
1	角閃雲母花崗岩	茨城縣		2.74	0.4	2.8	14.4	17.5	12	29	
252	同	愛知縣南設樂郡千郷村大字片山	愛知縣知事	2.76	0.3	3.9	10.3	18.5	10	34	767

II. 閃綠岩類

40	石英閃綠岩	山梨縣東山梨郡神金村		2.61	0.8	2.2	18.2	18.6	12	14	
196	同	同	名古屋市役所	2.71	0.4	2.4	16.7	18.5	17		
197	同	同	同	2.72	0.6	2.3	17.4	18.4	24		
41	同	群馬縣利根郡水上村土合	明治神宮造營局青山工務所	2.73	0.6	1.7	24.1	18.7	20	12	
304	同	大阪府北河內郡磐船村字尺治谷	京阪國道改修土木工營所長	2.85	0.2	2.6	15.4	18.3	22	17	2,156

III. 斑糲岩及橄欖岩類

335	橄欖斑糲岩	千葉縣鴨川	千葉縣土木課長	2.73	1.9	2.9	13.8	16.7	11	83	1,819
337	橄欖岩	同	同	2.74	0.9	4.3	9.3	15.1	8	43	1,513
321	同	山口縣吉敷郡嘉川村鳴瀧	內務省下關土木出張所	3.00	0.3	3.0	13.3	18.5	14	41	2,202
320	蛇紋岩	同	同	2.71	0.4	4.0	10.0	15.7	10	68	2,571

IV. 斑岩及玢岩類

7	石英斑岩	兵庫縣飾磨郡家島村字西島	兵庫縣西宮工營所	2.63	1.8	2.6	15.4	18.7	18	217	
8	同	同	同	2.61	0.6	1.4	28.6	19.4	26	14	
11	同	同	同	2.62	1.3	1.4	28.6	19.6	23	17	
12	同	同	同	2.61	1.3	1.6	24.4	19.6	21	28	
10	同	同　有馬郡道場村	同	2.53	6.3	2.9	14.0	18.6	27	89	
242	同	愛知縣葉栗郡淺井町 岐阜縣羽島郡川島村 } 木曾川	愛知縣知事	2.62	0.5	1.9	21.1	19.3	26	13	2,374
199	玢岩	福岡縣鞍手郡古月村字古月	福岡縣土木課長	2.82	0.9	8.8⊕	4.5⊕			23	
200	同	同　岡垣村海老津	同	2.69	1.4	10.4⊕	3.8⊕			40	
201	同	同	同	2.66	1.7	11.4⊕	3.5⊕			44	

V. 安山岩及玄武岩類

24	石英安山岩	山梨縣北都留郡初狩村	神奈川縣第一號國道改修事務所	2.45	3.7			17.0	10	122	
23	同	同	同	2.54	2.7	3.8	10.4	17.8	13	139	
26	同	同	明治神宮造營局青山工務所	2.38	5.1	3.6	11.1	15.2	11	340	
64	同	靜岡縣賀茂郡宇久須村砥山		2.63	1.5	3.2	12.5	18.0	18	24	
50	同	同　同　三濱村波勝岬		2.55	0.8	4.4	9.1	18.7	10	16	
59	同	同　同　南崎村大瀨		2.47	2.9	4.5	8.9	16.7	17	71	
36	同	同　田方郡田中村神島		2.44	3.4	5.8	6.9	18.3	21	127	
56	同	同　同　江間村横根澤		2.61	0.8	3.4	11.8	16.5	12	11	
162	同	北海道龜田郡湯川村	函館市役所	2.19	2.9	3.7	10.8	17.6	13	10	
163	同	同	同	2.29	4.5	4.0	10.0	18.8	13	494	
279	角閃安山岩	長崎縣北高來郡古賀村向名淵上	長崎縣土木課	2.54	2.4	2.9	13.8	17.2	15	261	1,542
22	輝石安山岩	山梨縣北都留郡初狩村	神奈川縣第一號國道改修事務所	2.61	0.9			18.0	17	60	
57	同	同　同　同　中野丁場		2.63	2.5	2.2	18.2	18.2	23	256	
21	同	同　同	神奈川縣第一號國道改修事務所	2.73	0.5			19.2	27	42	

番號	試料名	産地	依頼者	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損係數	硬度	靱性	締合力	抗壓强度 kg/cm²
172	輝石安山岩(熔岩)	山梨縣南都留郡福地村新屋檜丸尾	山梨縣土木課長	2.40	3.2	17.2	2.3	15.5	3	3	757
173	同 (同)	同 同 富士見千劍丸尾	同	2.31	3.5	18.4	2.2				
19	同	神奈川縣足柄下郡眞鶴村	神奈川縣第一號國道改修事務所	2.62	1.7			18.4	22	13	
25	同	同 同 根府川村	同	2.70	1.2			17.9	17	91	
62	同	靜岡縣田方郡西浦村若松		2.65	1.3	1.5	26.6	18.5	31	13	
51	同	同 同 戸田村井田		2.65	0.5	3.5	11.4	17.8	11	6	
52	同	同 同 同 戸田牛ヶ洞		2.35	1.7	4.1	9.8	18.5	14	8	
63	同	同 同 小室村川奈字横磯		2.78	1.3	1.9	21.1	18.6	22	10	
61	同	同 同 熱海町伊豆山		2.77	1.2	1.6	25.0	18.5	24	15	
54	同	同 賀茂郡安良里村		2.37	4.6	2.8	14.3	17.2	19	1,245	
53	同	同 同 下田町鍋田		2.46	2.0	3.1	12.9	18.3	14	99	
5	同	同 同 稻生澤村富士山		2.71	1.6	2.7	14.8	17.6	23	361	
65	同	同 同 下河津村見高		2.68	1.3	3.1	12.9	18.4	14	659	
13	同	北海道渡島國龜田郡龜田村	函館市役所	2.58	2.2	3.0	13.3	18.3	22	90	
181	同	同 龜田郡七飯村大字大中山	北海道函館土木事務所	2.48	2.8	4.7	8.5	14.8	7	15	
182	同	新潟縣西蒲原郡寺泊町字大野積	信濃川補修事務所	2.53	2.9			15.3	11		423
183	同	同	同	2.40	4.2			16.2	11		369
184	同	同	同	2.56	4.2			15.7	11		462
185	同	同	同	2.39	4.4			14.7	10		229
186	同	同	同	2.43	4.2			15.8	10		372
208	同	福岡郡入女郡光友村矢部川	福岡縣土木課長	2.62	1.4	13.6⊕	2.9⊕			96	
285	同(島崎石)	熊本市島崎町石神山	熊本市長	2.47	3.1	4.6	8.7	14.5	11	33	1,128
289	同	熊本縣飽託郡松尾村	熊本市役所	2.76	0.8	1.7	23.5	18.6	16	26	2,286
295	同	神奈川縣足柄下郡根府川村	東京土木出張所	2.62	1.4	1.8	22.2	18.4	25	10	2,230
311	同	大阪府南河內郡國分村	府中國道改良事務所 大阪府土木部道路課	2.38	2.4	4.3	9.3	11.6	23	126	2,283
313	同(1)	群馬縣碓氷郡坂本村	內務省東京土木出張所	2.33	4.9	3.6	11.1	14.3	19	500	1,312

314	同 (2)	同	同	2.34	4.9	4.9	8.2	15.9	8	336	639
315	同 (3)	同	同	2.44	3.2	4.9	8.2	15.8	13	59	1,054
20	複輝石安山岩	山梨縣東山梨郡岡部村字松本	神奈川縣第一號國道改修事務所	2.72	0.6			18.5	18	12	
58	同	同	同	2.71	1.0	1.9	21.1	19.1	24	14	
2	同	鹿兒島縣櫻島	鹿兒島縣土木課	2.30	1.9	12.8	3.1	16.6	7	8	
254	同	同　鹿兒島郡櫻島村	鹿兒島縣知事	2.31	1.4	13.3	3.0	17.9	6	9	600
276	同	長崎縣西彼杵郡喜々津村中里名持田	長崎縣土木課	2.43	3.5	3.5	11.4	17.8	12	53	1,473
202	橄欖複輝石安山岩	福岡縣浮羽郡柴刈村惠利	福岡縣土木課	2.64	1.0	7.5⊕	5.3⊕			111	
14	同	靜岡縣田方郡字佐美村離山		2.75	1.0	2.6	15.4	18.6	16	135	
55	同	同　同　多賀村中野丁場		2.38	3.6	3.7	10.8	18.4	18	16	
6	橄欖輝石安山岩	同　同　田中村田京		2.83	2.2	1.6	25.0	18.4	27	33	
179	同	長野縣諏訪郡上諏訪町字福澤山	仙臺市長	2.69	1.5	2.0	20.0	17.8※ 17.8▲	21※ 17▲		1,533※ 1,206▲
180	同	北海道龜田郡七飯村大字大中山字小川	北海道函館土木事務所	2.77	0.9	1.6	25.0	18.8	28	17	
271	同	熊本縣飽託郡池上村字高野邊田	熊本縣土木課	2.67	1.2	2.2	18.2	18.4	15	24	2,409
91	古銅輝石安山岩	香川縣小豆郡三都村海岸	兵庫縣西宮工營所	2.83	1.1	1.8	22.2	19.0	34	21	
175	同	同　神ノ浦	京都市土木局土木課長	2.90	0.3	1.4	28.6	19.2	54	5	
204	同	福岡縣糸嶋郡今宿村今山	福岡縣土木課長	2.93	0.4	8.2⊕	4.9⊕			110	
266	同	香川縣綾歌郡金山村金山	香川縣土木課長	2.61	0.2	2.4	16.7	19.3	36	10	2,945
33	橄欖玄武安山岩	靜岡縣田方郡對馬村富戸	靜　岡　縣	2.71	1.4	5.5	7.3	18.2	13	6	1,070▲ 960※
43	同	同	同	2.72	1.5	2.1	19.0	18.3	19	7	1,820
48	橄欖玄武岩	兵庫縣城崎郡城崎町	復興局土木部	2.72	2.1	1.9	21.1	18.9※ 18.9▲	22※ 19▲	21	

VI. 石灰岩

番號	試料名	產地	依頼者	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損係數	硬度	靱性	締合力	抗壓强度 kg/cm²
31	石灰岩	埼玉縣秩父郡武甲山	明治神宮造營局青山工務所	2.70	0.2						
75	同	同 比企郡小川町		2.70	0.4	3.2	12.5	15.6* 13.1▲	12* 5▲	88	
32	同	栃木縣阿蘇郡葛生町山菅	明治神宮造營局青山工務所	2.73	1.6	4.2	9.5	17.3	11	18	
15	同	同	東京府第二道路改修事務所	2.73	1.0	8.8	4.5	16.2	12	37	
92	同	同	同 第四號國道改修事務所	2.78	0.7	3.0	13.3	16.9	10	14	
93	同	東京府西多摩郡青梅町		2.66	0.7	3.8	10.5	15.6	5	35	
72	同	茨城縣久慈郡坂本村字石名坂	茨城縣土木課長	2.72	0.2	3.9	10.3	14.1	4	60	
73	同	關東洲	東京市道路局試驗所長	2.71		3.6	11.2		6		
174	同	埼玉縣秩父郡影森村三ノ輪	埼玉縣內務部長	2.70	0.4	3.1	12.9	17.2	10	18	
188	同	阜岐縣不破郡赤坂町	岐阜縣知事	2.72	0.3	3.3	12.1	16.7	11	13	1,402
207	同	福岡縣田川郡後藤寺町船尾山	福岡縣土木課長	2.71	0.1	17.1⊕	2.3⊕			25	
219	同(ヂヤミ)	北海道上磯郡上磯町字ガロー山	函館土木事務所	2.71	0.1	5.2	7.7	16.9	11	20	1,322
220	同(ズリ)	同	同	2.70	0.2	5.0	8.0	17.7	8	29	760
268	同	岐阜縣不破郡赤坂町金生山 乙女坂	名古屋市長	2.70	0.3	3.7	10.9	16.0	9	37	1,278
269	同	同 同 同 二ツ塚	同	2.66	0.5	3.4	11.7	16.5	12	30	1,390
270	同	埼玉縣入間郡吾野村	東京府土木部道路課長	2.69	0.2	3.2	12.5	16.3	8	31	1,188
272	同	沖繩縣中頭郡浦添村	沖繩縣土木課長	2.40	3.2	5.4	7.4	14.9	6	32	753
273	同	沖繩縣國頭郡瀨底島	同	2.48	1.7	5.2	7.7	15.6	6	32	924
274	同	同 同 本部村	同	2.71	0.3	3.5	11.4	15.8	6	87	1,377
275	同	栃木縣阿蘇郡葛生町	內務省仙臺土木出張所	2.80	0.4	3.0	13.3	17.3	12	25	1,944
281	同	埼玉縣秩父	東京府土木部道路課長	2.71	0.3	4.3	9.3	16.1	6	16	1,524
282	同	同 吾野	同	2.72	0.2	4.2	9.5	16.0	11	45	1,368
283	同	同 秩父郡影森村	內務省東京土木出張所	2.71	0.1	4.3	9.3	15.8	6	21	1,645
284	同	栃木縣阿蘇郡葛生町	高崎國道改良事務所	2.80	0.3	3.1	12.9	15.9	10	20	1,420
288	同	宮城縣登米郡綿織村	內務省仙臺土木出張所	2.71	0.1	4.9	8.2	16.4	9	19	1,399

296	同 (No. 1)	栃木縣阿蘇郡葛生町	東京府土木部道路課	2.79	0.4	3.2	12.5	16.4	10	24	1,570
297	同 (No. 2)	同	同	2.70	0.1	4.2	9.5	17.0	9	45	1,164
298	同 (No. 3)	同	同	2.71	0.2	4.1	9.8	15.9	9	33	2,021
299	同 (No. 4)	同	同	2.78	0.5	2.7	14.8	16.8	8	22	1,864
300	同 (No. 5)	同	同	2.77	0.7	3.0	13.3	16.8	17	26	1,638
301	同 (No. 6)	同	同	2.70	0.4	5.0	8.0	15.7	9	29	963
302	同 (No. 7)	同	同	2.81	0.3	3.6	11.1	16.8	16	35	1,616
303	同	埼玉縣秩父	內務省横濱土木出張所	2.67							
305	同	岐阜縣不破郡赤阪町	岐阜縣土木課長	2.67	0.3	4.1	9.8	16.2	10	28	1,515
306	同	同	同	2.70	0.1	4.2	9.5	16.0	12	34	1,783
307	同	群馬縣北甘樂郡青倉村	群馬縣土木課長	2.71	0.1	4.2	9.5	15.9	7	19	1,294
310	同	新潟縣東蒲原郡揚川村	新潟縣	2.71	0.2	3.9	10.3	12.8	5	59	962
312	同	福岡縣田川郡後藤寺町船尾山	內務省下關土木出張所	2.72	0.1	4.1	9.8	14.6	6	28	956
292	同	福島縣石城郡大野村八茎	內務省仙臺土木出張所	2.71	0.1	5.9	6.8	12.4	4	19	653
293	同	同 田村郡滝根村神俣	同	2.70	0.3	30.0	1.3	9.3	4	37	517

VII. 砂岩其他

257	砂岩	香川縣三豐郡粟井村、祚田川	香川縣土木課長	2.55	1.2	2.3	17.4	17.6	18	106	2,896
258	同	同 同 財田大野村、財田川	同	2.55	1.5	2.4	16.7	18.4	33	69	2,044
259	同	同 仲多度郡垂水村 同 綾歌郡岡田村 } 土器川	同	2.48	1.5	4.3	9.3	18.1	28	79	2,912
260	同	同 仲多度郡神野村、金倉川	同	2.59	0.7	1.8	22.2	18.7	34	23	2,651
261	同	同 香川郡圓座村 同 同 一ノ宮村 } 香東川	同	2.52	1.4	1.8	22.2	18,9	19	60	2,627
262	同	同 大川郡福榮村、港川	同	2.46	2.4	2.4	16.7	17.4	21	86	2,562
264	同	同 同 相生村、馬宿川	同	2.51	1.5	2.3	17.4	18.0	29	93	2,149
267	同	同 綾歌郡羽床上村、綾川	同	2.56	1.2	2.4	16.7	18.3	22	58	2,565
277	同	長崎縣北高來郡眞津山村大字久山字名切	長崎縣內務部土木課	2.34	4.1	18.3	2.2	15.7	8	208	736
278	同	同 同 同 字古茶屋下	同	2.46	2.5	2.7	14.8	15.2	18	137	1,298

番號	試料名	產地	依頼者	比重	吸水率 %	磨損率 %	磨損係數	硬度	靱性	締合力	抗壓强度 kg/cm²
280	砂岩	長崎縣北高來郡古賀村中里名井手ノ上	長崎縣內務部土木課	2.54	2.0			17.4	17	314	1,637
290	同	熊本縣天草郡合津村	熊本市役所	2.72	0.2	2.5	16.0	15.6	24	41	1,380
29	硬砂岩	東京府南多摩郡淺川村字落合	明治神宮造營局青山工務所	2.61	0.3	1.1	36.4	19.4	47	15	
27	同	山梨縣北都留郡初狩村奥四號山	同	2.79	1.6	1.6	25.0	18.8	37	49	
205	同	福岡縣企救郡東郷村白ノ江	福岡縣土木課長	2.72	0.5	4.6⊕	8.7⊕			42	
215	同	京都府久世郡宇治川筋	京阪國道改修土木工營所長	2.67	0.3	1.7	23.5	18.0	25		
308	同	福岡縣門司市白野江町海岸	廣島縣廣島土木出張所	2.76	0.1	2.3	17.4	18.6	33	23	2,482
9	石英斑岩質凝灰岩	兵庫縣有馬郡道場村	兵庫縣西宮工營所	2.41	8.2	2.2	18.4	17.3	24	25	
16	角礫岩	山梨縣北都留郡嚴村四方津		2.61	9.9	3.3	12.1	18.2	10	183	
37	綠岩	東京府西多摩郡青梅町		2.68	1.4	3.8	10.5	17.7	10	36	
203	綠泥片岩	福岡縣朝倉郡甘木町甘木	福岡縣土木課長	2.98	0.5	7.3	5.5			14	
206	砂質粘板岩	熊本縣天草郡樋ノ嶋村	同	2.65	1.0	8.9	4.5			84	
30	碎石(雜岩)	東京府北多摩郡大神村	明治神宮造營局青山工務所	2.69	0.3	1.7	23.5			21	
28	同	山梨縣北都留郡富濱村字鳥澤	同	2.58	1.0					14	

VIII. 鑛滓類

3	鑛滓	秋田縣荒川鑛山		3.48	1.3	6.2	6.5	18.4	26	11
4	同	同 小坂鑛山		3.48	0.5	3.0	13.3	19.2	35	30
44	同	栃木縣足尾鑛山		3.58	0.7	2.3	17.4	18.7	45	5
45	同	茨城縣日立鑛山		3.43	0.6	2.8	14.3	17.6	16	3
46	同	愛媛縣別子鑛山		3.29	0.2	2.4	16.7	18.8	38	4
35	同	福岡縣八幡製鐵所		2.61	1.5	3.2	12.5			50
42	同	同		2.84	1.1	3.3	12.1			73
43	同	岩手縣釜石鑛山		2.87	0.7	4.5	8.9	17.9	13	17
47	同	北海道輪西製鐵所		2.93	0.7	2.6	16.7	17.9	14	11

177	同	日本鋼管株式會社	神奈川縣田浦町第三十一號 國道改修事務所	3.06	1.7	6.3	6.3			40	
255	同	同		3.50	0.3	3.3	12.1	18.9	29	500	1,935
214	同	同	神奈川縣知事	3.20	1.5	11.4	3.5	18.0	11	500	1,209
178	同	淺野造船所製鐵部	神奈川縣田浦町第三十一號	2.56	1.7	7.8	5.1	17.9	14	228	1,361
187	同	同	國道改修事務所	2.84	0.6	2.2	18.2	18.1	20	291	
213	同	同	神奈川縣知事	2.51	1.9	3.2	12.5	15.1	11	27	1,119

備考　＊　石目に垂直
　　▲　石目に並行
　　⊕　砂利の試驗方法に依る

第一圖　黑雲母花崗岩

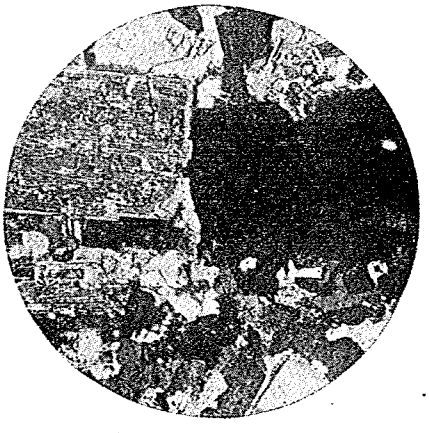
茨城縣眞壁郡眞壁町天目山產

黑雲母、正長石及少量の斜長石が略々等粒をなし、稍不規則なる境を以て互に接合し且之等の間隙は石英にて充塡さる。(×20)

第二圖　黑雲母花崗岩

茨城縣西茨城郡西山內村稻田產

粗粒なる黑雲母、正長石及石英より成り、各粒の接合面は比較的單調にして且正長石は多少分解す。(×20)



第三圖　石英閃綠岩

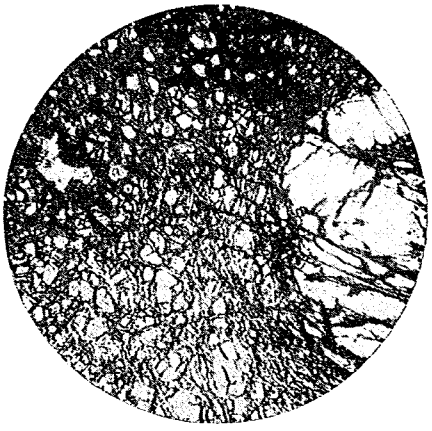
山梨縣東山梨郡神金村產

中粒乃至細粒の角閃石、黑雲母及斜長石より成り、之等の間隙は石英によりて充塡さる。斜長石內の平行せる線條は雙晶を示し、綠澄部が異る色を呈するは成分の相異を示す。(×20)

第四圖　橄欖斑糲岩

千葉縣鴨川產

橄欖石、輝石及斜長石より成り、少量の磁鐵鑛を含む。輝石は分解して蛇紋石、綠泥石に變じ、橄欖石も亦蛇紋石に變ず。(×11)



第五圖　橄欖岩

千葉縣鴨川產

橄欖石より成り、少量の輝石を含む。橄欖石の大部分は分解して網目狀をなす蛇紋石に變じ、其の間に球狀をなして殘存す。(×11)

第六圖　石英斑岩

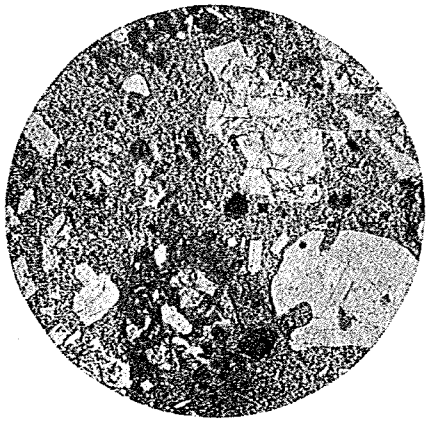
兵庫縣飾磨郡家島村西島產

石英、正長石及角閃石を斑晶とする斑狀組織を呈し、石基は顯微鏡的結晶質にして多少流理をなす。正長石は多少陶土化し、角閃石は綠泥石に變ず。(×20)

第七圖　石英安山岩

山梨縣北都留郡初狩村產

普通輝石、斜長石及石英を斑晶とする斑狀組織を呈し、石基は長石、輝石、磁鐵鑛等より成る。相當に分解し二次生沸石が龜裂に沿ひ脈狀を爲す。(×20)



第八圖　石英安山岩

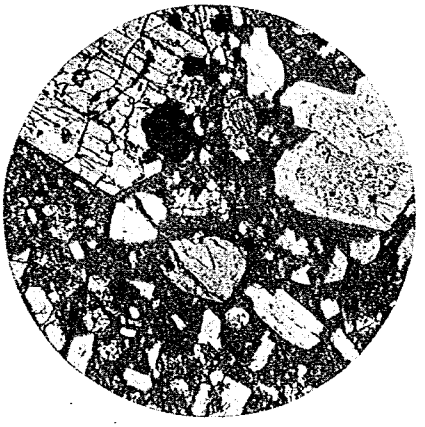
靜岡縣賀茂郡三蕨村波勝崎產

石英、斜長石及角閃石が斑晶を爲し石基は長石、輝石、磁鐵鑛等より成る。石英及角閃石が不整形をなすは晶出當時に融蝕されたるによる。(×20)

第九圖　角閃安山岩

長崎縣北高來郡古賀村產

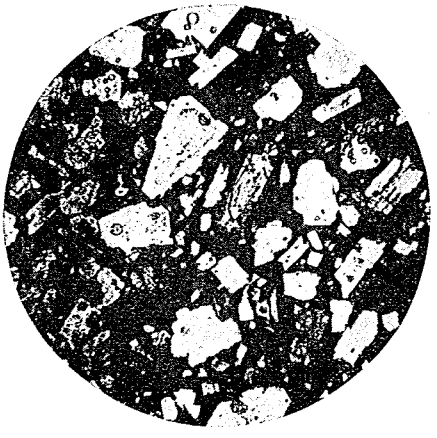
斜長石、角閃石及磁鐵鑛の斑晶が、長石、輝石、磁鐵鑛等より成る石基にて膠結さる。(×11)



第十圖　複輝石安山岩

山梨縣東山梨郡岡部村字松本產

普通輝石、紫蘇輝石、斜長石及磁鐵鑛が斑晶をなし、石基は長石、輝石、磁鐵鑛、玻璃質物より成り、一體に新鮮なり。(×20)



第十一圖　複輝石安山岩

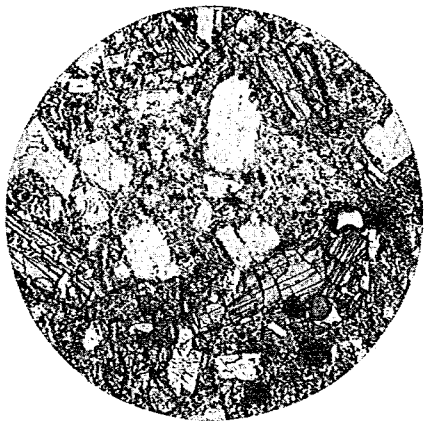
熊本縣飽託郡松尾村產

斑晶及石基の量略同等にして等石地質斑狀組織をなす。斑晶は斜長石、普通輝石、紫蘇輝石及磁鐵鑛より成り、石基は長石、輝石、磁鐵鑛等より成る。(×11)

第十二圖　輝石安山岩

神奈川縣足柄下郡根府川村產

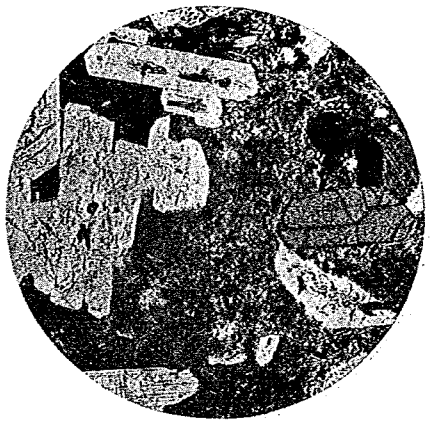
斑晶極めて少量にして石基中に散點し過石地質斑狀組織をなす。斑晶は斜長石及普通輝石より成り、石基は微小なる長石、輝石、磁鐵鑛及玻璃質物より成る。(×11)



第十三圖　橄欖複輝石安山岩

靜岡縣田方郡宇佐美村字離山產

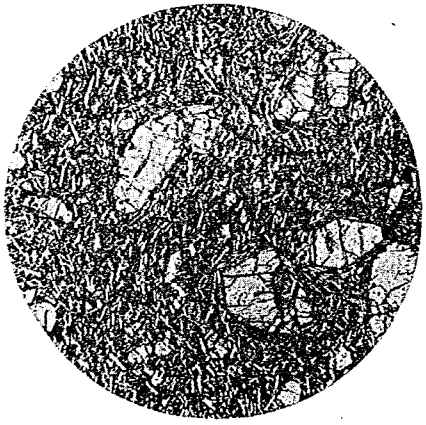
橄欖石、普通輝石、紫蘇輝石、斜長石が斑晶をなし、石基は、顯微鏡的完晶質にして長石、輝石、磁鐵鑛等より成る。(×20)



第十四圖　橄欖輝石安山岩

長野縣諏訪郡上諏訪町福澤山

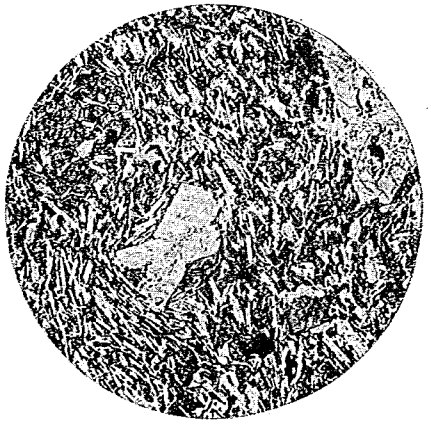
普通輝石、斜長石、橄欖石、(寫眞中になし) が斑晶をなし、石基は微晶質にして少量の玻璃質物を含む。(×20)



第十五圖　古銅輝石安山岩（讃岐岩）

香川縣小豆郡三都村餅浦產

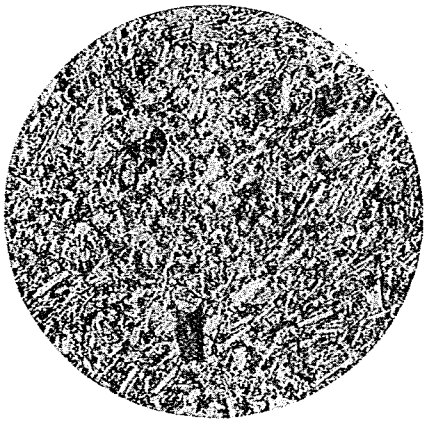
斑晶は古銅輝石のみより成り、石基は顯微鏡的完晶質にして斜長石、輝石、磁鐵鑛等より成り流理を呈す。(×20)



第十六圖　橄欖玄武質安山岩

靜岡縣田方郡對島村富戸產

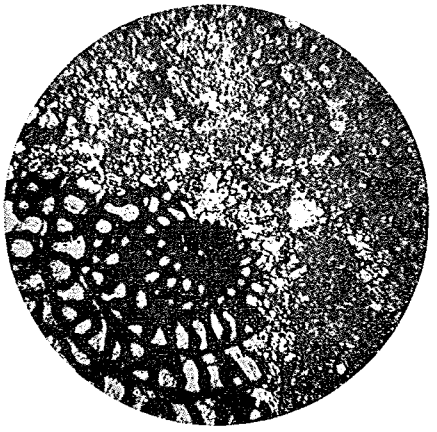
中粒乃至細粒の斜長石及橄欖石が斑晶をなし、顯微鏡的完晶質の石基中に散在す。石基は斜長石、輝石、磁鐵鑛等より成り流理を呈す。(×20)



第十七圖　玄　武　岩

兵庫縣城崎郡城崎町產

斑晶は橄欖石より成り、顯微鏡的完晶質の石基中に散在す。石基は斜長石、輝石、磁鐵鑛等より成り多少流理を呈す。(×20)



第十八圖　石　灰　岩

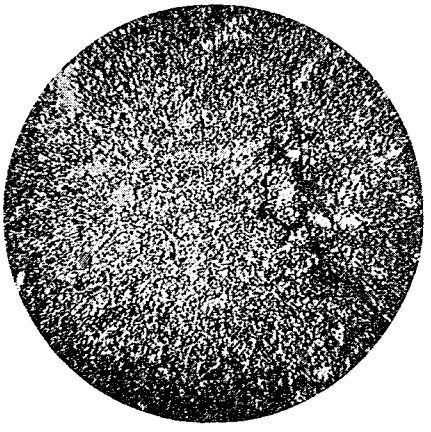
栃木縣阿蘇郡蓊生町山菅產

大體は顯微鏡的微晶質乃至非晶質なるも局部的に脈狀をなして菱形の方解石が發達するを示す。化石はフズリナなり。(×20)

第十九圖　結晶質石灰岩

福島縣石城郡大野村八茎產

完晶質にして大さ 0.8—2.5 mm を有する方解石が密木細工狀組織をなす。方解石は易開完全なるを以て斯の如き組織を有するものは靭性に於て特に低位に在り。(×11)



第二十圖　石　灰　岩

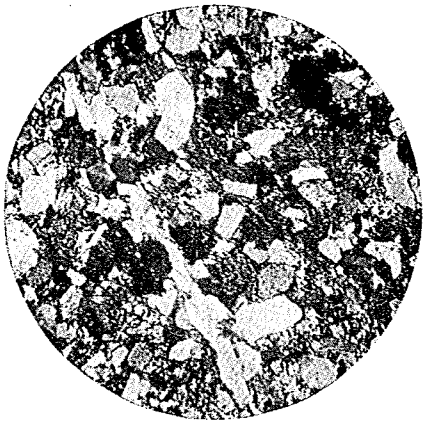
栃木縣阿蘇郡蓊生町產

完晶質なるも大さ 0.03—0.11 mm を有する極めて微小なる方解石より成るを以て、其物理的性狀良好なり。(×11)

第二十一圖　石　灰　岩

岐阜縣不破郡赤坂町產

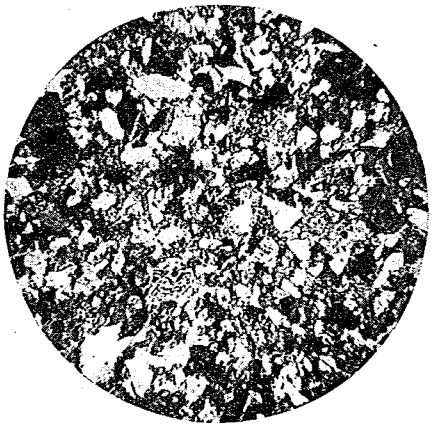
シュワゲリナ、海綿等の化石が非晶質乃至顆晶質石灰にて膠結され、極めて少量の方解石結晶を含む。(×11)



第二十二圖　硬　砂　岩

東京府南多摩郡淺川村落合產

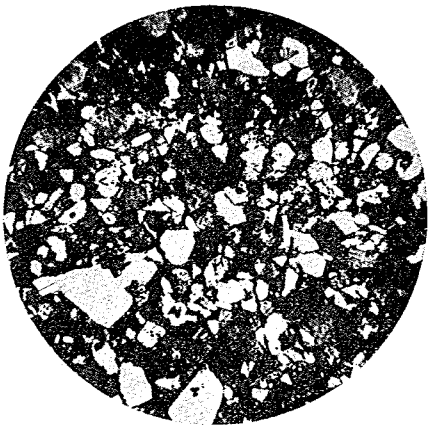
細粒の石英及長石砂が粘土質物、酸化鐵、炭素質物等によりて膠結さるるも相當に分解し沸石が脈狀をなして發達す。(×20)



第二十三圖　砂　　岩

香川縣香川郡圓坐村、香東川產

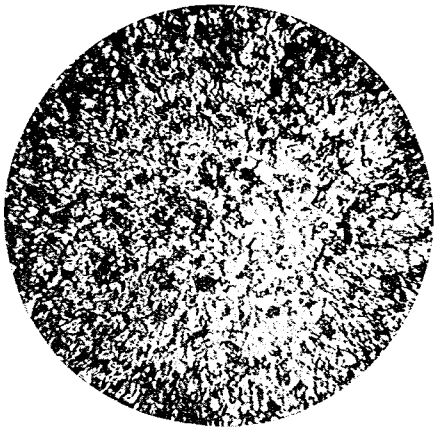
石英、長石、輝石、玢岩、粘板岩等の砂粒が、比較的多量の粘土其他の物質にて膠結さる。(×11)



第二十四圖　砂　　岩

香川縣仲多度郡、金倉川產

石英、長石、粘板岩等の砂粒が極めて密に集合し、其の間隙を酸化鐵を含む粘土、炭酸石灰等にて膠結するを以て石質極めて堅硬なり。(×11)



第二十五圖　砂　　岩

熊本縣天草郡合津村產

極めて稜角に富む細粒なる石英、正長石、黑雲母、方解石、磁鐵鑛等の砂粒が極めて密に集合し、其の間隙を粘土、炭酸石灰、酸化鐵等にて膠結するを以て石質極めて堅硬なり。(×11)

第二十六圖　綠泥片岩

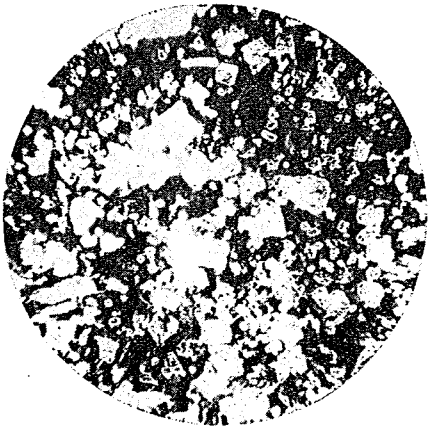
福岡縣朝倉郡甘木町產

主に石英及綠泥石より成り、兩者が薄き層狀をなして交互に累積するを以て剝離し易し。(×20)

第二十七圖　砂質粘板岩

熊本縣天草郡椎島村產

極めて微粒なる石英、長石、黑雲母等が粘土質物、綠泥石、酸化鐵、方解石等にて膠結さるるものなり。(×150)



第二十八圖　鑛　　滓

八幡製鐵所產　(×30)

昭和八年六月二十八日　印　刷
昭和八年六月三十日　發　行

內務省土木試驗所
東京市本郷區駒込上富士前町二十六番地
電話小石川(85) 自七九〇〇 至七九〇三

東京市本所區厩橋一丁目二十七番地
印刷者　守　岡　功

東京市本所區厩橋一丁目二十七番地
印刷所　凸版印刷株式會社本所分工場