

論 說 報 告

土木學會誌 第十卷第二號 大正十三年四月

自成水路内の砂の運動
に關する模型實驗報告

會員 工學博士 中山秀三郎

内 容 梗 概

水樋長三十三尺巾四尺のものをを用ゐ第一に普通の砂、細砂、粗砂、混砂の四種の砂に付き始動に對する限界速度の測定を爲し次に流量、水底勾配及砂の種類等を變更し横斷面の變形を測り同時に以上の變更が水面勾配及流砂量に及ぼす影響を調査し是等材料より最後に流砂量と水面勾配、流量、平均流速及平均限界速度との關係を求めたるものなり。

本文は東京帝國大學工學部紀要第十三冊第六號に掲載せし著者の實驗報告の抄譯なり參考の資となれば幸なり。

實 驗 の 目 的

實驗水樋の水底を移動する砂の現象に關しては既に發表せられたるもの少からざるも其横斷面の變形を流水の作用に自由ならしめたる條件（所謂 Self-formed channel）に於て實驗を試みられたるもの少し著者は以上の如き場合に流砂量を支配する最有力なるものは何なるか又其關係は如何なるものなるかを知らんと欲し各種の實驗に依り次記事項を明らかにせんとせり。

1. 横斷面の變形
2. 水面勾配の變形
3. 流砂量
4. 水面勾配と流砂量との關係

實驗を始めたるは大正四年十月なりしも豫備實驗や設備の改良等の爲め時を費したると頗る多く本實驗を始めたるは同六年以降なり、米國に於ては Grove Karl Gilbert は大正三年に流水が砂を運ぶ能力に就き有益なる實驗を爲し Professional Paper 86 に於て The Transportation of Debris by Running Water の題目を以て其結果を發表せり、著者が此書を得たるは實驗を始めたる年にて既に先鞭を附

けられたりと意思し通讀したるに目的及實驗方法に於て差違あることを發見し本實驗を遂行せり、著者は以上の著書より實驗に關し利益を得たること尠からざることを明記し、茲に同氏に敬意を表す。

實 驗 設 備

附圖第一に實驗設備を示せり、水樋の長は33尺にして室の大きさより制限せられたるを遺憾とす、水の循環は第一にE水槽に校内の給水栓より給水しPポンプMモートルの働きにてH管を経て水はE水槽よりA水槽に送らる、A水槽の水位は一定する必要上水槽一邊に溢流邊ありて同水槽の水位一定以上に昇れば溢流開始し、E管を通り剰水はE水槽に落下す、故に實驗中ポンプ運轉手はK管よりE水槽に復歸する落水量を注意し弁の開閉を加減す、Gは水弁にて豫め其開閉度に對する通水量を測定し、其開閉度により所要の水量を水樋に送ることを得此水弁より出づる水は流速大なる爲め水の動搖を生ず、之れを減殺するにはBなる調節水槽あり、此水槽を通過することにより水は靜に水樋に流入す水樋を通過したる水はD水槽に入り再びE水槽に復歸し水の循環を完成す、E水槽に水多きときはD水槽の水の一部は一邊に設けある溢流口より剰水を室外に排出す

水樋入口形狀は流砂量に影響を及す爲めA, B, C, D,の四種の異りたる形を用ゆ又吐口の高さは水樋内の水の流速に著しき關係を有する故螺旋仕掛にて微動を與へ得る裝置と爲せり(初期實驗に於ては吐口を上に乗せる横軸より吐口を綱にて釣り此釣綱の巻き戻しにて吐口を上下せしも微動を與ふるには適せず如上記するところの螺旋仕掛に改めたり)。

水樋内の砂を一定の水路狀とするには水樋笠木の上にレールを敷き其上を運轉する臺車あり其臺車に一定形の均し型板を取付け水樋内の砂を一定形に均し仕上ぐ。此均し型板の形は豫備實驗の際得たる斷面形を參酌し決定せり、水樋は二個の強き縦桁の上に取付けられ其縦桁は一端を枕木他端を螺旋扛重器にて支ふるにより扛重器の作用にて任意に水樋の傾斜を約1/40迄變更し得る裝置とせり。

實 驗 方 法

水量を一定したる場合(定流)と變じたる場合(不定流)との二種の實驗を爲せり。

定流の場合には第一に吐口高を充分に高き位置に爲し置き、G弁を徐々に開き成る可く水樋水底の砂を攪亂せざる様に注意し所要の水量に達せしめ一定水量の水は完全に循環を爲したるときを見定め下の吐口の水位を下げ水樋下流部に於て

水流の状態は著しき加速も減速も生ぜざる程度に調整し正規の流水の状態に至らしむ、之れに要する時間は2分乃至3分なり、又一實驗の終りに於てGなる弁を閉づるにも徐々と之れを行ひ1分5乃至2分の時間を費す。

不定流の場合には豫め透寫布に時間對水量の曲線を畫き、附圖第二に示す如き装置にて水量の増減を爲す、同圖に示す曲線Aと曲線Bは實驗に用ゐたる二種の曲線なり、之れを運用するには附圖第二に示す如く透寫布の兩端を廻轉軸Aと廻轉軸Bとに巻き付け廻轉軸Aは時計仕掛にて廻轉し此運動に依り透寫布は廻轉軸Bより廻轉軸Aに移動せしむ、又一方に於てG弁を開閉する柄の一端よりP₁ P₂ P₃ P₄の滑車を通過する鐵線と之れに附着する指子とあり、此指子はG弁の閉鎖のとき透寫布の曲線の零線と合置せしむる故に透寫布曲線の移動と同時に此指子を常に曲線と符合せしむる如くG弁の開閉を調節すれば豫定の如き水量の變化を與ふることを得るなり。

水位測定

實驗中水位の測定は主として入口より10尺、14尺、18尺の三箇所にてポイント・ゲージにて測定せり、後に用油差壓計を用ゐる入口より8尺、12尺、16尺、20尺、24尺の五箇所間の水位の差を測定せり、此差壓計に用ゐたる重油の比重は0.89なりし故に水位の差は差壓計に約九倍に擴大されて現れ一層精密に水位の差を測定することを得るに至れり、水位の差及水面勾配の測定は特別の場合を除き5分毎に觀測を行ひたり。

流砂量の測定

各實驗後に1尺の間隔にポイント・ゲージにて横斷面を測定し、之れを實驗前の規定の斷面と比較し實驗中に移動したる流砂量を算定す。

平均流速の算定

實驗中に横斷面は漸次變動を生ずるものなれば流量一定のときと雖も、或る時の平均流速を算出すること難し、故に定流の場合には實驗中横斷面の變化は最初より最後に至る時間に正比するものと假定し、最初の斷面と最後の斷面との差を經過時間に單比により分配す。

水量に増減ある場合には上記の差を實驗最初より各一定時間毎の流量と其一定時間との積に按分して分配せり。

實驗に用ひし砂の種類

教室に持合の篩を利用し砂を A, B, C, D に分類せり篩の目の大きさ及砂粒の大小は次表の如し。

篩の種類	目の数(粗平方内)	線の径(耗)	目の大きさ(耗)
I			6.00
II			4.50
III			2.50
IV			1.50
V	64	$\frac{1}{4}$	1.00
VI	144	$\frac{1}{4}$	0.58
VII	225	$\frac{1}{8}$	0.47
VIII	361	$\frac{1}{8}$	0.36
IX	529	$\frac{1}{8}$	0.26

砂の種類	粒の大きさ		百分率	空隙(百分率)
	篩を通る	篩に止る		
A 種砂(中)	III	IV	18.3	33.4
	IV	V	22.6	
	V	VI	41.5	
	VI	VII	17.5	
		計	99.9	
B 種砂(細)	VII	VIII	63.2	36.3
	VIII	IX	25.1	
	IX		11.7	
		計	100.0	
C 種砂(粗)	I	II	9.0	40.8
	II	III	73.6	
	III	IV	17.5	
		計	100.0	

D 種砂は A, B, C の三種を等分に混用す

限界速度の測定

水底に在る砂に接觸する水の速度が或る限界に達するときは砂は移動を始め、之れを限界水底速度 (V_r) と云ふ。此價値は勿論砂粒の大きさ、形、比重、位置等に依りて差を生ず、其値は既に多くの先輩に依り、實地に又は實驗に於て測定せられたるものあり。

此限界水底速度を其断面の平均速度 (V_r) にて示すことを得ば、實驗上及應用

上利便砂からざるも、 V_r 對 V_r の關係は水路斷面の形狀に依り差あり、又同形水路に於ても水流の状態即ち定流不定流等に依り差を生ずべきものなり。

- 本實驗に於て之れを測定せし方法は第一に吐口高を充分高くし一定流量を流下せしめ、漸次吐口高を低下し水底の砂の移動を始むるに至るときの水位を定む、此水位を測り、此水位に對する横斷面積と一定流量とより V_r を算出す。

以上の方法にて流量を増減し、或は水路水底勾配を改め求め得たる V_r の價は第一表乃至第四表の如し。

第一表 A種の砂の V_r の測定

實驗の 順 番	實 驗 年 月 日	倉 倉 開 度	倉 倉 (每 秒 立 方 尺)	水 底 勾 配	觀 測 水 位 (尺)	中 心 に 於 け る 水 深 (尺)	横 斷 面 積 (平 方 尺)	V_r (每 秒 尺)	H 徑 深 (尺)	實 驗 狀 態
1	26/V/8	2/32	.085	1/150	.084	.081	.185	.459	.069	
2	"	4/32	.162	"	.108	.108	.270	.600	.094	
3	"	8/32	.305	"	.150	.150	.420	.726	.142	
4	"	10/32	.371	"	.180	.180	.540	.687	.163	(-)
5	"	12/32	.432	"	.194	.194	.580	.745	.187	
6	"	9/32	.340	"	.167	.167	.480	.708	.159	
	29/V/8	2/32	.085	1/150	.092	.089	.192	.443	.073	(-)
8	"	4/32	.162	"	.122	.119	.290	.558	.104	
9	"	6/32	.237	"	.146	.143	.373	.638	.131	
10	"	9/32	.340	"	.173	.175	.486	.700	.165	
11	"	12/32	.432	"	.207	.204	.590	.732	.196	(-)
12	2/VI/8	2/32	.085	1/255	.091	.088	.190	.447	.072	(-)
13	"	3/32	.125	"	.101	.098	.220	.568	.082	(-)
14	"	5/32	.200	"	.127	.124	.308	.649	.110	(-)
15	"	8/32	.305	"	.158	.155	.414	.737	.144	(-)
16	"	12/32	.432	"	.193	.195	.558	.774	.187	(-)
17	9/VI/8	3/32	.125	"	.116	.101	.230	.543	.085	(-)
18	"	4/32	.162	1/485	.127	.112	.266	.609	.097	(-)
19	"	4.8/32	.192	"	.137	.122	.300	.640	.107	(-)
20	"	6/32	.237	"	.149	.134	.342	.693	.121	(-)
21	"	8/32	.305	"	.170	.155	.415	.735	.144	(-)
22	"	12/32	.456	"	.221	.206	.598	.763	.198	(-)
23	11/V/10	2/32	.085	1/320	.089	.084	.177	.430	.067	
24	"	4/32	.162	"	.116	.111	.262	.618	.096	(-)
25	"	7/32	.273	"	.152	.147	.334	.711	.133	(+)
26	"	10/32	.371	"	.176	.171	.472	.736	.165	
27	"	13/32	.456	"	.193	.188	.543	.854	.179	(+)
28	"	16/32	.537	"	.210	.205	.597	.900	.198	

(-) 弱 (+) 強

第二表 B種の砂の V_r の測定

実験の 番号	実験 年月日	弁の 開度	流量 (毎 秒 立方尺)	水底 勾配	観測水 位 (尺)	中心に 於ける 水深 (尺)	横断面 積 (平方尺)	V_r (毎秒尺)	H 徑深 (尺)	実験状態
1	20/IX/10	2/32	.085	1/220	.205	.097	.215	.395	.081	(-)
2	"	4/32	.162	"	.235	.127	.315	.514	.113	
3	"	7/32	.273	"	.267	.159	.426	.641	.148	
4	"	10/32	.371	"	.292	.184	.520	.713	.175	
5	"	13/32	.456	"	.324	.216	.640	.712	.209	
6	"	16/32	.537	"	.346	.238	.720	.796	.232	
7	"	3/32	.125	"	.223	.115	.275	.455	.100	

第三表 C種の砂の V_r の測定

実験の 順 番	実験 年月日	弁の 開度	流量 (毎 秒 立方尺)	水底 勾配	観測水 位 (尺)	中心に 於ける 水深 (尺)	横断面 積 (平方尺)	V_r (毎秒尺)	H 徑深 (尺)	実験状態
1	9/XI/10	5/32	.200	1/145	.178	.081	.170	1.18	.064	(-)
2	"	6/32	.237	"	.182	.085	.180	1.32	.068	
3	"	7/32	.273	"	.188	.091	.198	1.38	.074	(+)
4	"	8/32	.305	"	.191	.094	.207	1.47	.078	(+)
5	"	10/32	.371	"	.207	.110	.258	1.44	.095	
6	"	14/32	.486	"	.229	.132	.333	1.47	.119	(-)
7	14/XII/10	2/32	.085	1/85	.155	.055	.095	.900	.037	(+)
8	"	4/32	.162	"	.171	.071	.141	1.15	.054	(+)
9	"	8/32	.305	"	.198	.098	.219	1.39	.082	(+)
10	"	10/32	.371	"	.223	.123	.302	1.23	.109	(-)
11	"	14/32	.486	"	.247	.147	.385	1.26	.136	

第四表 D種の砂の V_r の測定

実験の 順 番	実験 年月日	弁の 開度	流量 (毎 秒 立方尺)	水底 勾配	観測水 位 (尺)	中心に 於ける 水深 (尺)	横断面 積 (平方尺)	V_r (毎秒尺)	H 徑深 (尺)	実験状態
1	26/V/11	2/32	.085	1/265	.075	.075	.153	.555	.058	
2	"	3/32	.125	"	.087	.087	.185	.876	.071	
3	"	4/32	.162	"	.097	.097	.216	.750	.081	
4	"	5/32	.200	"	.108	.108	.252	.794	.093	
5	"	6/32	.237	"	.117	.117	.282	.840	.103	
6	"	7/32	.273	"	.125	.125	.309	.883	.112	
7	"	8/32	.305	"	.131	.131	.326	.935	.113	
8	"	2/32	.085	"	.066	.066	.126	.674	.048	

上表より V_r と H との對數を求め關係圖を作れば附圖第三及第四の如く其關係は次の如し

A種の砂に對しては

$$V_r = 1.875 H^{1.5}$$

B種の砂に對しては

$$V_r = 2.14 H^{0.602}$$

C種の砂に對しては

$$V_r = 2.51 H^{0.565}$$

D種の砂に對しては

$$V_r = 2.467 H^{0.474}$$

大體に於て結果は良好なるも獨りC種の砂に於て稍不統一の結果を示せり、砂粒大なる程始動の機會不規則となるならんか、要するに Kenedy, Thrupp, Parker 等の諸先輩に依りて發表せられたる。

$$V_r = m H^n \quad m, n \text{ は常數}$$

の關係は獨り水樋に於ける實驗のみならず實地の水路に於ても存在するを證するに足れり。

實 験 の 結 果

實驗前後の横斷面の形狀、實驗中の水面勾配の變化及流砂量に付き次に記述す。

横 斷 面 の 形 狀

横斷面の變形には種々の條件に依り差違を生ず、附圖第五に於ては三つの異りたる流量毎秒 0.537 立方尺、0.486 立方尺及 0.371 立方尺を流下せし場合の變化の狀況を測點 10, 14, 18 [の三箇所に於て測りたるものを圖示せり。

附圖第五の第四圖に於ては同一流量のものに對し、之れを測點別に比較せり、一般に上流に於ては中央洗掘され下流に於ては中央埋没する傾向を有す第五圖は同一流量を第一回第二回と反覆したる結果を同一測點に於て測りたるものを示せり、第六圖は水底勾配の影響を圖示せるものなり、無論勾配急なる程洗掘深し。

附圖第五に於て第七圖は實驗中に給砂したる例なり第八圖は入口を一方に偏したるときの結果を示す第九圖は同一流量同一水底勾配に於て異りたる四種の砂の關係を示すものにして細砂は變形大なることを認むることを得。

附圖第五内第十圖及第十一圖は流量の變化少き A 曲線、第十二圖及第十三圖は流量變化多き B 曲線に基き流量を増減したるときの横斷面の變化を示すものにして水底傾斜急なるか流量多きときに多く變形を生ずるものなり。

以上之れを要するに測點 14 に於ては横断面の變形は餘り大ならず、只水底勾配急なるときか、流量大なるときかに於てのみ變形は顯著となる、測點 10 に於ては中央洗掘され測點 18 に於ては中央淺くなり幅大となる傾向あり

水面勾配の變化

附圖第六は、A 種の砂を用ひ同一水底勾配 1/165 に於て異りたる四種の流量毎秒 0.537 立方尺 0.486 立方尺 0.371 立方尺 0.273 立方尺を通過せしむるとき測點 12 と測點 20 との間に於ける水面勾配の變化を示す、第五圖は此四つの場合の比較圖なり最れに由りて觀れば、流量の大小は水面勾配に餘り著しき影響を示さず、最終觀測水面の勾配の處に於て點線にて最初の觀測水面勾配を記入し、其間の變化を比較せり、觀測の結果は第五表に記載せり

附圖第七は水底勾配對水面勾配の關係を圖示せり、流量は毎秒 0.371 立方尺入口形は D 型砂は B 種を用ひたり此實驗より水位の差の測定に用油差壓計を用ひたり、觀測數字は第六表に示す、概括すれば水面勾配は主として水底勾配に依り支配さるゝことは第五圖にて明らかなり、又實驗繼續時間と共に水面勾配の緩和さるゝことは水底勾配急なるときに於て著明なり、(第一圖第二圖参照) 而して水底勾配 1/165 以下の緩勾配に於ては此變化甚少し。

附圖第八の第一圖第二圖に於ては、流量變化の場合、同一流量を反覆したるもの及給砂したる場合の水面勾配の變化を圖示せり、一般に結果は不規則なり、觀測の結果は第七表に掲ぐ。

附圖第八の第四圖及第五圖と第八表には入口を一方に偏したるものを示せり、水底勾配の影響猶著明なり。

附圖第九及第九表に於ては同一水底勾配、同一流量に對する砂粒の大きさの差が如何に水面勾配を支配するかを示すものにして大體に於て B 種(細砂)及 D 種(粗砂)に於ては實驗中長く最初の勾配を維持するに反し、A 種(普砂)及 D 種(混砂)に於ては前記二種より速に水面勾配の變化を生ずるは選砂より混砂の方動き易きことを示すものならんか。

附圖第十には測點第 12 と測點第 16 と 4 尺の間に於ける水面の落差の變化を示せり、即ち第一圖には流量を異にする四つの場合、第二圖に於ては水底勾配を異にする場合、第三圖に於ては砂の種類を異にする場合を示せり、何れの場合に於ても實驗の初期に變化多く後半には稍整調に近づくものゝ如し、然れどもポイント・ゲー

ジを用ゆる場合には精測すること期し難き爲め此誤差より生ずる變動も無論不規則なる變化を助くるものとす。

第十表には水位の差をポイント・ゲージと用油差壓計とにて測りたる結果を載せたり、大體に於て前者に依り測り得たるもの高さ値を與ふ。

不定流の場合、即ちA曲線、B曲線に對し水面落差を測定せしものあるも多くはポイント・ゲージを用ゆる測りたる爲め其結果上記定流の場合よりも一層不整なる爲め掲載することを省略す。

第五表 水位の差 (尺) (ポイント・ゲージを用ゆ)

入口形 A. 砂の種類 A. 水底勾配=1/165											
實 驗 時 間 (分)	$q = .537$		實 驗 時 間 (分)	$q = .486$		實 驗 時 間 (分)	$q = .371$		實 驗 時 間 (分)	$q = .273$	
	19/V/6			9/V/6			15/V/6			25 V 6	
	水位の差	水位の差		水位の差	水位の差		水位の差	水位の差			
	St.16	St.20		St.16	St.20		St.16	St.20		St.16	St.20
	St.12	St.12		St.12	St.12		St.12	St.12		St.12	St.12
3	.0245	.055	3	.0315	.049	3	.018	.0355	2	.0205	.028
5	.0235	.051	6	.0175	.042	6	.022	.0395	4	.013	.051
7	.0175	.040	9	.0235	.043	9	.0205	.0375	6	.0245	.056
9	.0160	.0315	12	.0155	.043	12	.016	.0385	9	.0205	.036
12	.0205	.043	15	.0195	.041	15	.0175	.0335	12	.0125	.033
15	.0235	.042	18	.0215	.045	18	.015	.038	15	.0195	.033
20	.0195	.043	21	.0205	.035	21	.017	.0365	20	.0135	.035
25	.0155	.042	24	.0195	.039	24	.023	.0405	25	.0215	.041
30	.0165	.038	27	.0205	.040	27	.021	.0375	30	.0195	.038
35	.0185	.038	30	.0165	.038	30	.020	.0355	35	.0195	.0395
40	.0185	.038	33	.0175	.037	35	.0165	.033	40	.0235	.038
45	.0195	.035	39	.0175	.033	40	.017	.0365	45	.0205	.035
50	.0145	.035	45	.0170	.0345	45	.014	.0315	50	.0205	.038
55	.0145	.034	51	.0185	.036	50	.016	.0315	55	.0215	.035
60	.0155	.033	57	.0165	.031	55	.016	.0315	60	.0195	.035
			60	.0130	.0335	60	.016	.0325			
平均	.0192	.0379	平均	.0191	.0390	平均	.018	.0354	平均	.0193	.0384

第六表 水位の差(尺)(用油差壓計を用ゆ)

入口形 D. 砂の種類 B. $q=0.371$ 立方尺/秒

實驗時間 (分)	$i = 1/60$					$i = 1/100$					$i = 1/160$				
	St.8-St.12	St.12-St.16	St.16-St.20	St.20-St.24	St.8-St.24	St.8-St.12	St.12-St.16	St.16-St.20	St.20-St.24	St.8-St.24	St.8-St.12	St.12-St.16	St.16-St.20	St.20-St.24	St.8-St.24
5	.0514	.0628	.0617	.0686	.2445	.0344	.0452	.0492	.0433	.1721	.0288	.0281	.0289	.0198	.1056
10	.0490	.0533	.0478	.0691	.2192	.0444	.0380	.0439	.0453	.1716	.0272	.0264	.0228	.0252	.1016
15	.0466	.0537	.0494	.0558	.2055	.0400	.0397	.0417	.0389	.1603	.0311	.0242	.0261	.0267	.1081
20	.0496	.0483	.0556	.0613	.2148	.0453	.0408	.0376	.0403	.1640	.0256	.0314	.0200	.0236	.1006
25	.0479	.0483	.0517	.0547	.2026	.0383	.0444	.0392	.0398	.1617	.0306	.0264	.0256	.0224	.1050
30	.0518	.0458	.0483	.0502	.1961	.0378	.0419	.0390	.0361	.1548	.0283	.0259	.0294	.0213	.1052
35	.0490	.0394	.0517	.0458	.1859	.0394	.0343	.0403	.0331	.1521	.0306	.0298	.0276	.0219	.1099
40	.0473	.0456	.0461	.0413	.1803	.0387	.0334	.0370	.0403	.1494	.0269	.0283	.0274	.0258	.1084
45	.0462	.0422	.0461	.0402	.1747	.0400	.0341	.0309	.0398	.1448	.0224	.0248	.0222	.0258	.0952
50	.0418	.0433	.0450	.0424	.1725	.0387	.0318	.0330	.0340	.1375	.0228	.0259	.0278	.0213	.0978
平均	.0481	.0483	.0503	.0529	.1996	.0393	.0378	.0392	.0396	.1558	.0275	.0271	.0258	.0234	.1038

第六表の續き

實驗時間 (分)	$i = 1/220$ (第一回)					$i = 1/220$ (第二回)				
	St.8-St.12	St.12-St.16	St.16-St.20	St.20-St.24	St.8-St.24	St.8-St.12	St.12-St.16	St.16-St.20	St.20-St.24	St.8-St.24
5	.0183	—	—	.0233	—	.0247	.0194	.0278	.0161	.0880
10	.0226	—	—	.0217	—	.0263	.0208	.0197	.0211	.0879
15	—	—	—	—	—	.0282	.0253	.0163	.0156	.0854
20	.0256	.0372	.0193	.0211	.1031	.0191	.0244	.0233	.0217	.0885
25	.0306	.0231	.0183	.0267	.0987	.0147	.0264	.0222	.0194	.0827
30	.0223	.0231	.0261	.0200	.0920	.0186	.0244	.0211	.0222	.0863
35	.0367	.0222	.0206	.0250	.1045	.0194	.0242	.0193	.0217	.0846
40	.0278	.0222	.0261	.0244	.1005	.0178	.0239	.0198	.0211	.0796
45	.0407	.0267	.0200	.0272	.1146	.0247	.0178	.0222	.0194	.0841
50	.0411	.0267	.0167	.0267	.1112	.0243	.0239	.0211	.0158	.0851
平均						.0218	.0228	.0213	.0194	.0850

第七表 水位の差(尺)(用油差壓計に用ゆ)

入口形 D. 砂の種類 A.																		
實驗時間 (分)	$i = 1/80$					實驗時間 (分)	$i = 1/80$					實驗時間 (分)	$i = 1/60$					
	B 曲線 第一回						B 曲線 第二回						B 曲線 第三回 給砂					
	水位の差						水位の差						水位の差					
	St. 8—St. 12	St. 12—St. 16	St. 16—St. 20	St. 20—St. 24	St. 8—St. 24		St. 8—St. 12	St. 12—St. 16	St. 16—St. 20	St. 20—St. 24	St. 8—St. 24		St. 8—St. 12	St. 12—St. 16	St. 16—St. 20	St. 20—St. 24	St. 8—St. 24	
5	.0501	.0511	.0517	.0528	.2057	3	.0291	.0294	.0367	.0448	.1390	3	.0483	.0561	.0523	.0594	.2166	
10	.0429	.0517	.0528	.0408	.1880	6	.0278	.0347	.0431	.0393	.1454	6	.0383	.0606	.0639	.0563	.2191	
14	.0456	.0406	.0472	.0461	.1795	9	.0288	.0333	.0447	.0370	.1438	10	.0339	.0594	.0611	.0522	.2066	
17	.0401	.0417	.0411	.0478	.1707	12	.0339	.0339	.0437	.0414	.1529	13	.0406	.0528	.0539	.0478	.1951	
20	.0368	.0378	.0439	.0450	.1635	15	.0317	.0328	.0387	.0403	.1435	16	.0406	.0456	.0517	.0500	.1879	
24	.0346	.0383	.0422	.0450	.1601	18	.0289	.0341	.0337	.0420	.1387	19	.0428	.0417	.0500	.0467	.1812	
26	.0346	.0372	.0411	.0444	.1573	21	.0333	.0256	.0414	.0376	.1379	22	.0438	.0489	.0456	.0461	.1844	
30	.0346	.0372	.0394	.0450	.1562	24	.0333	.0272	.0426	.0359	.1390	25	.0444	.0478	.0428	.0439	.1789	
32	.0312	.0372	.0394	.0450	.1528	27	.0306	.0278	.0370	.0481	.1435	28	.0383	.0528	.0378	.0461	.1750	
35	.0329	.0361	.0389	.0450	.1529	30	.0289	.0278	.0523	—	—	31	.0344	.0528	.0433	.0422	.1727	
38	.0279	.0350	.0350	.0444	.1423	33	.0281	—	—	—	—	35	.0344	.0472	.0633	.0311	.1760	
平均	.0374	.0404	.0430	.0456	.1664								.0261	.0567	.0456	.0544	.1828	
													平均	.0349	.0467	.0459	.0432	.1707

第八表 水位の差(尺)(用油差壓計を用ゆ)

入口形 A. 砂の種類 A. $q = 0.371$ 立方尺/秒																	
實驗時間 (分)	$i = 1/60$					$i = 1/60$					$i = 1/100$						
	入口正					入口偏					入口偏						
	水位の差					水位の差					水位の差						
	St. 8—St. 12	St. 12—St. 16	St. 16—St. 20	St. 20—St. 24	St. 8—St. 24		St. 8—St. 12	St. 12—St. 16	St. 16—St. 20	St. 20—St. 24	St. 8—St. 24		St. 8—St. 12	St. 12—St. 16	St. 16—St. 20	St. 20—St. 24	St. 8—St. 24
5	.0491	.0761	.0717	.0438	.2407	.0633	.0700	.0731	.0511	.2575	.0417	.0362	.0322	.0268	.1369		
10	.0556	.0567	.0572	.0493	.2188	.0611	.0650	.0603	.0567	.2434	.0441	.0338	.0322	.0234	.1335		
15	.0500	.0506	.0500	.0499	.2005	.0589	.0572	.0537	.0556	.2254	.0469	.0278	.0318	.0240	.1305		
20	.0461	.0489	.0489	.0449	.1888	.0539	.0500	.0537	.0511	.2087	.0427	.0324	.0250	.0329	.1330		
25	.0450	.0439	.0506	.0499	.1894	.0578	.0506	.0514	.0533	.2131	.0469	.0283	.0267	.0312	.1331		
30	.0428	.0417	.0461	.0521	.1827	.0547	.0506	.0509	.0511	.2173	.0358	.0291	.0247	.0357	.1253		
35	.0444	.0439	.0439	.0443	.1765	.0472	.0528	.0520	.0472	.1992	.0394	.0254	.0222	.0315	.1185		
40	.0428	.0422	.0506	.0371	.1727	.0400	.0502	.0548	.0478	.1928	.0330	.0289	.0178	.0321	.1118		
45	.0306	.0461	.0494	.0466	.1727	.0428	.0483	.0542	.0394	.1847	.0286	.0411	.0156	.0273	.1126		
50	.0267	.0468	.0450	.0493	.1678	.0356	.0439	.0570	.0400	.1765	.0261	.0406	.0161	.0246	.1074		
平均	.0433	.0497	.0513	.0467	.1910	.0515	.0539	.0561	.0493	.2108	.0385	.0324	.0244	.0289	.1242		

第九表 水位の差 (尺) (用油差圧計を用ゆ)

入口形 D $i = 1/100$ $q = 0.371$ 立方尺/秒

実験時間 (分)	A 種砂の水位の差				B 種砂の水位の差				C 種砂の水位の差				D 種砂の水位の差							
	11時 0分	11時 1分	11時 2分	11時 3分	11時 0分	11時 1分	11時 2分	11時 3分	11時 0分	11時 1分	11時 2分	11時 3分	11時 0分	11時 1分	11時 2分	11時 3分				
5	.0368	.0420	.0449	.0362	.1599	.0324	.0452	.0492	.0453	1.721	.0339	.0489	.0433	.0444	1.705	.0322	.0374	.0426	.0310	1.432
10	.0385	.0362	.0403	.0362	1.512	.0444	.0380	.0439	.0453	1.716	.0350	.0478	.0417	.0111	1.636	.0322	.0328	.0357	.0310	1.317
15	.0362	.0397	.0322	.0362	1.443	.0400	.0397	.0417	.0389	1.603	.0402	.0467	.0383	.0375	1.627	.0310	.0328	.0316	.0310	1.264
20	.0325	.0311	.0359	.0362	1.357	.0453	.0408	.0376	.0403	1.640	.0422	.0467	.0317	.0406	1.612	.0299	.0305	.0293	.0310	1.207
25	.0328	.0288	.0351	.0362	1.329	.0383	.0444	.0392	.0393	1.617	.0378	.0474	.0389	.0396	1.547	.0276	.0293	.0282	.0310	1.161
30	.0328	.0276	.0328	.0362	1.294	.0378	.0419	.0390	.0361	1.543	.0406	.0481	.0328	.0344	1.559	.0247	.0282	.0270	.0310	1.109
35	.0205	.0265	.0328	.0362	1.260	.0394	.0343	.0403	.0381	1.521	.0422	.0469	.0317	.0389	1.597	.0247	.0282	.0270	.0310	1.109
40	.0305	.0265	.0305	.0362	1.287	.0387	.0324	.0370	.0403	1.494	.0450	.0444	.0317	.0403	1.619	.0230	.0289	.0270	.0310	1.169
45	.0293	.0265	.0293	.0351	1.202	.0400	.0341	.0309	.0393	1.448	.0422	.0450	.0284	.0333	1.544	.0219	.0289	.0289	.0310	1.047
50	.0293	.0242	.0285	.0351	1.171	.0387	.0313	.0330	.0340	1.375	.0422	.0450	.0233	.0333	1.493	.0219	.0236	.0289	.0310	1.024
平均	.0331	.0309	.0340	.0360	1.340	.0393	.0373	.0392	.0396	1.558	.0404	.0467	.0324	.0394	1.539	.0269	.0295	.0300	.0310	1.174

第十表 ポイント・ゲージ(P. G.)及用油差壓計(D. G.)
を用ひて測りたる各測點水位の比較(尺)

入口形 D. 砂の種類 A, $i = 1/100$ $q = 0.371$ 立方尺/秒 $T = 51$ 分

實驗時間(分)	St. 10		St. 14		St. 18			St. 22		
	P. G.	P. G.	D. G.	差	P. G.	D. G.	差	P. G.	D. G.	差
	5	.186	.150	.147	.003	.105	.103	.002	.060	.063
10	.178	.146	.141	.005	.112	.102	.010	.065	.064	.001
15	.176	.143	.138	.005	.116	.102	.014	.073	.068	.005
20	.173	.143	.140	.003	.117	.108	.009	.077	.073	.004
25	.173	.146	.142	.004	.115	.111	.004	.078	.076	.002
30	.170	.141	.140	.001	.114	.110	.004	.078	.075	.003
35	.167	.139	.139	.000	.114	.109	.005	.075	.074	.001
40	.165	.142	.137	.005	.113	.108	.005	.077	.075	.002
45	.163	.137	.135	.002	.113	.107	.006	.079	.075	.004
50	.162	.138	.135	.003	.112	.109	.003	.080	.077	.003
平均				.0031			.0062			.0022

流 砂 量

流砂量は大體に於て流量の多少に比例するものなるも緩勾配に於ては必しも然らず(附圖第十二の第一圖及第十一表参照)、又水底勾配の緩急に對しては其増減著明なり、同附圖の第二圖及第十二表に之れを示す。

入口形状と流砂量との關係は附圖第十三の第一圖及第十三表に示す實驗成績不完備なるも大體の傾向を窺ふに足らんか、同附圖の第二圖及第十四表には砂粒の細粗の關係を現せり、無論流砂量は同一條件に對し B種の砂(細砂)に最多にして C種の砂(粗砂)に最少なり。

附圖第十四の第一圖及第十五表に於ては水流の方向直なる場合と曲れる場合とを比較せり、其差著明ならざるも曲流の場合には常に流砂量の多きを示す、同附圖の第二圖及第十六表に於ては實驗中給砂したる場合の結果を示すものなり、此等の實驗に於ては吐口の狀況精確に同一ならざりし爲め比較は合理的ならず、然も普通の場合には流砂量の増率一般に下流に於て減ずるもの多きにも拘はらず給砂の場合には各測點に於ける流砂量の増率は稍同量に近きことは注意すべき點なり。

附圖第十五の第一圖及第十七表、第十八表には流量變化の場合の A曲線及 B曲線を反覆せしときの流砂量を示せり、又同じ附圖の第二圖及第十九表、第二十表

に於ては入口形状の異なるものにつき實驗したる結果を示すものなるもこれ等實驗は孰れも初期に行ひ吐口調整装置を改良せざりし時なりし爲め成績精確ならず、従つて比較の結果も亦良好ならず。

第十一表

入口形 A. A種砂, $i=1/165$ $T=62$ 分

流砂量立方尺

St.	$q=.537$	$q=.486$	$q=.371$	$q=.273$ $q=.273$	
				(I)	(II)
12	1.196	1.115	.935	.420	.126
14	1.420	1.309	1.070	.472	.155
16	1.622	1.437	1.172	.506	.178
18	1.778	1.542	1.255	.520	.221
20	1.900	1.653	1.324	.520	.263
22	2.003	1.740	1.378	.512	.275
24	2.104	1.819	1.417	.492	.277

第十二表

入口形 D. B種砂, $q=.371$ $T=51$ 分

流砂量立方尺

St.	$i=1/60$	$i=1/100$	$i=1/160$	$i=1/220$ $i=1/220$	
				(I)	(II)
8	3.426	1.821	1.076	.854	.269
10	4.297	2.226	1.313	1.004	.348
12	5.083	2.640	1.513	1.120	.406
14	5.794	3.008	1.669	1.218	.502
16	6.442	3.333	1.824	1.294	.604
18	7.006	3.604	1.934	1.335	.644
20	7.469	3.844	2.014	1.472	.684
22	7.845	4.029	2.104	1.538	.719
24	8.117	4.146	2.164	1.596	.749

第十三表

A種砂 $i=1/300$

$q=.486$ $T=51$ 分

流砂量立方尺

St.	入口形			
	A	B	C	D
12	.208	.578	1.590	.615
14	.227	.630	1.609	.664
16	.229	.659	1.619	.700
18	.224	.668	1.606	.730
20	.226	.656	1.579	.735
22		.633	1.558	.713
24		.603	1.512	.677

第十四表

入口形 D. $i=1/100$

$q=.371$ $T=51$ 分

流砂量立方尺

St.	砂の種類			
	A	B	C	D
8	1.500	1.821	.294	1.568
10	1.833	2.226	.426	1.918
12	2.111	2.640	.584	2.249
14	2.335	3.008	.744	2.537
16	2.542	3.333	.897	2.781
18	2.704	3.604	1.021	3.006
20	2.848	3.844	1.100	3.171
22	2.981	4.029	1.170	3.226
24	3.045	4.146	1.200	3.231

第十五表

入口形 D. A種砂.
 $q = .371$ $T = 51$ 分

流砂量立方尺

St.	$i=1/60$	$i=1/60$	$i=1/100$	$i=1/100$
		曲流		曲流
8	3.04	3.084	1.500	2.092
10	3.71	3.894	1.833	2.400
12	4.29	4.498	2.111	2.676
14	4.76	5.025	2.335	2.937
16	5.12	5.481	2.542	3.132
18	5.37	5.885	2.704	3.260
20	5.53	6.210	2.848	3.360
22	5.66	6.455	2.981	3.430
24	5.74	6.603	3.045	3.470

第十六表

入口形 D. A種砂. $i = 1/80$
 $q = .486$ $T = 51$ 分

流砂量立方尺

St.	第一回 (I)	(II) (I)	(II)	(II)
			給砂全量 0.98立方尺	給砂全量 0.5立方尺
10	2.230	2.355	1.553	1.344
12	2.528	2.674	1.656	1.500
14	2.746	2.913	1.786	1.590
16	2.924	3.033	1.907	1.776
18	3.046	3.212	2.035	1.929
20	3.098	3.278	2.169	2.028
22	3.050	3.278	2.239	2.150
24	2.910	3.212	2.371	2.306

第十七表

入口形 A. A種砂. B曲線

流砂量立方尺

St.	$i=1/100$	$i=1/100$	$i=1/100$	$i=1/165$	$i=1/165$
	(I)	(II)	(III)	(I)&(II)	(III)&(IV)
12	.960	.900	.621	.487	.335
14	1.106	1.058	.733	.534	.476
16	1.208	1.173	.838	.549	.560
18	1.305	1.225	.931	.559	.632
20	1.373	1.258	1.015	.567	.637
22	1.411	1.294	1.076	.576	.726
24	1.453	1.315	1.152	.582	.756

第十八表

入口形 A. A種砂. A曲線

流砂量立方尺

St.	$i=1/100$	$i=1/100$	$i=1/165$	$i=1/165$
	(I)&(II)	(III)&(IV)	(I)&(II)	(III)&(IV)
12	.745	.631	.184	.130
14	.806	.663	.215	.132
16	.847	.703	.240	.139
18	.865	.758	.259	.141
20	.867	.803	.293	.143
22	.861	.834	.259	.150
24	.834	.877	.256	.152

第十九表

A種砂. B曲線.

流砂量立方尺

入口形 A. 入口形 D

St.	$i=1/55$	$i=1/55$	$i=1/80$	$i=1/80$	$i=1/60$
	(I)	(II)	(I)	(II)	(III)給砂
10			1.531	.814	2.366
12	1.784	1.220	1.754	.961	2.573
14	2.035	1.482	1.965	1.112	2.736
16	2.249	1.639	2.154	1.275	2.867
18	2.406	1.859	2.306	1.406	3.045
20	2.502	2.013	2.418	1.507	3.198
22	2.520	2.119	2.496	1.610	3.293
24	2.502	2.203	2.525	1.714	3.377

第二十表

入口形 A. A種砂.

$i = 1/100$ B曲線.

流砂量立方尺

St.	(I)	(II)	一方入口	
			(I)	(II)
12	.960	.551	.900	.621
14	1.106	.625	1.058	.733
16	1.208	.736	1.173	.838
18	1.305	.827	1.225	.932
20	1.373	.970	1.257	1.015
22	1.412	1.103	1.294	1.076
24	1.453	1.246	1.315	1.152

流砂量と水面勾配、流量、平均流速 及平均限界流速間の關係

佛國ローア河に於て水底流速毎秒0.82呎を超ゆるときは水底の砂（平均直徑0.04吋）移動を始め波状を爲して一定の速度にて下流に移動す、此の波の大きさと移動速度より流砂量を Lechallas は次の如く算出することを發表せり。

$$P = a(V_0^2 - 0.82^2) = a(V_0^2 - 0.67) = bq_s$$

P は流砂動力

V_0 は水底附近の流速（呎、秒）

b 河幅（呎）

q_s は河幅一呎の間を移動する流砂量（立方呎、秒）

a は常數

著者は實驗の成績を比較研究したる結果次の如くこれを變更することを提案す

$$q_s = Aq(V^2 - V_r^2) \text{ or } Q_s = AQ(V^2 - V_r^2)$$

A は常數

q は流量（毎秒立方尺）

Q は T 時間の全流量（立方尺）

V は平均流速（尺、秒）

V_r は砂の平均限界速度（尺、秒）

今 A は果して常數なるか常數ならざれば何に依りて支配さるゝかを知る爲め次の比を求む

$$R_s = A = \frac{q_s}{q(V^2 - V_r^2)} \text{ or } R_s = \frac{Q_s}{Q(V^2 - V_r^2)}$$

種々の實驗の結果より A 即ち R_s は I （水面勾配）に依り常に變化することを發見せり、即ち

$$R_s = \alpha + \beta I$$

故に $Q_s = Q(V^2 - V_r^2)(\alpha + \beta I)$

實驗の結果より R_s の變化を算出する順序は次の如し

第二十一表の(1),(2),(3),(4) は一つの實驗の觀測の結果を一例として載せたり。

第二十二表は以上の實驗の結果より R_s を求むる方法を示せり ($V^2 - V_r^2$) を一々算出せざるも補正平均断面積 S_0 と補正平均水深 H_0 より之れに對する V と V_r とを算出

すれば大差なき値を求むることを得るなり。

又 Q_0 は T 時間實驗の後各測點にて實驗前後の横斷面を比較し、これより求むると得、此の如く Q_0 及 $(V^2 - V_0^2)$ を知る、故にこれを用ゐ R_0 は算出するとを得るなり。

第二十三表、第二十四表、第二十五表、第二十六表は定流の場合に對し上記の方法にて求め得たる R_0 の値を砂の種類別に表示せしものにして附圖第十六に於ては R_0 と I との關係を流量、水底勾配、砂の種類別に圖示せり、又附圖第十七に於ては其平均値を圖示せり。

不定流に對する R_0 の値は第二十七表に A 曲線の場合、第二十八表に B 曲線の場合を載せたり、附圖第十八は以上の結果を圖示せるものなり、一般に評すれば R_0 の同價値に對し定流の場合は不定流の場合より急勾配を要し、不定流の場合にては流量大なる B 曲線の方流量小なる A 曲線より急勾配を要す、之れを同一水面勾配の場合に付き對照すれば R_0 は定流の場合に最小にして流量大なる B 曲線之れに次ぎ流量小なる A 曲線の場合に最大となる。

第二十九表は B の値に於ける α 及 β を表示せしものにて α の値は常に負數なるべきに三つの場合に正數を出せり。此不合理なる成績は觀測の不精密及誤差に基くものなり。

第二十一表 (一)

St.	水底中心 高度		同時觀測の靜水面水位(尺)			平均 差	平均 水底 勾配
	前	後	差	差	差		
10.	0.0	-0.022	.126	.125	.122	.011	1/100
14	+0.001	-0.007	.167	.164	.163	.043	1/93
18	+0.001	+0.029	.210	.208	.206	.043	1/93
22	+0.001	+0.045	.253	.253	.249	.043	1/93

第二十一表 (二)

用油差壓計にて観測水位差 (尺) (擴大比1:8.7)

観測時 (分)	St.8-St.12		St.12-St.16		St.16-St.20		St.20-St.24		St. 8-St.24	
	観測	訂正	観測	訂正	観測	訂正	観測	訂正	観測	訂正
5	.320	.0368	.365	.0420	.390	.0449	.315	.0362	1.390	.1599
10	.335	.0385	.315	.0362	.350	.0403	.315	.0362	1.315	.1512
15	.315	.0362	.345	.0397	.280	.0322	.315	.0362	1.255	.1443
20	.300	.0345	.270	.0311	.295	.0339	.315	.0362	1.180	.1357
25	.285	.0328	.250	.0288	.305	.0351	.315	.0362	1.155	.1329
30	.285	.0328	.240	.0276	.285	.0328	.315	.0362	1.125	.1294
35	.265	.0305	.230	.0265	.285	.0328	.315	.0362	1.095	.1260
40	.265	.0305	.230	.0265	.265	.0305	.315	.0362	1.075	.1237
45	.255	.0293	.230	.0265	.255	.0293	.305	.0351	1.045	.1202
50	.255	.0293	.210	.0242	.248	.0285	.305	.0351	1.018	.1171
總計	2.830		2.635		2.958		3.130		11.653	
平均	.288	.0331	.269	.0309	.296	.0340	.313	.0360	1.165	.1339

第二十一表の (三)

観測時 (分)	ポイント・ゲージにて観測水位 (尺)						水位差 (尺)				
	St.10		St.14		St.18	St.22		St.10-St.14	St.14-St.18	St.18-St.22	St.10-St.22
	観測	訂正	観測	訂正	観測	観測	訂正				
5	.103	.186	.107	.150	.105	.103	.060	.036	.045	.045	.126
10	.095	.178	.103	.146	.112	.108	.065	.032	.034	.047	.113
15	.093	.176	.100	.143	.116	.116	.073	.033	.027	.043	.103
20	.090	.173	.100	.143	.117	.120	.077	.030	.026	.040	.096
25	.090	.173	.103	.146	.115	.121	.078	.027	.031	.037	.095
30	.087	.170	.093	.141	.114	.121	.078	.029	.027	.036	.092
35	.084	.167	.096	.139	.114	.118	.075	.028	.025	.039	.092
40	.082	.165	.099	.142	.113	.120	.077	.023	.029	.036	.088
45	.080	.163	.094	.137	.113	.122	.079	.026	.024	.034	.084
50	.079	.162	.095	.138	.112	.123	.080	.024	.026	.032	.082
平均								.0288	.0294	.0389	.0971

弁の閉塞

51分15秒より始51分30秒にて終る

第二十一表 (四)
中心に於ける水深(尺)

観測時(分)	St. 10		St. 14		St. 18	
	最初	最後	最初	最後	最初	最後
5	.103	.125	.106	.114	.104	.076
10	.095	.117	.102	.110	.111	.083
15	.093	.115	.099	.107	.115	.087
20	.090	.112	.099	.107	.116	.088
25	.090	.112	.102	.110	.114	.086
30	.087	.109	.097	.105	.113	.085
35	.084	.106	.095	.103	.113	.085
40	.082	.104	.098	.106	.112	.084
45	.080	.102	.093	.101	.112	.084
50	.079	.101	.094	.102	.111	.083

第二十二表

実験年月日 5/VII/11
 A種砂
 断面状態 新
 St. 14
 入口形 D.
 水底勾配 1/100
 $q = .371$ 立方尺/秒

観測時(分)	実験前			実験後			補正		平均流速(尺/秒) V	平均限界流速(尺/秒) V_r	V^2	V_r^2	$V^2 - V_r^2$	期間(分)	$t \times (V^2 - V_r^2) \times t$
	中心水深(尺) S_1	断面積(平方尺) H_1	徑深(尺)	中心水深(尺) S_2	断面積(平方尺) H_2	徑深(尺)	断面積(平方尺) S_c	徑深(尺) H_c							
5	.106	.245	.090	.114	.294	.094	.250	.090	1.484	.563	2.2022	.3170	1.885	5	9.425
10	.102	.232	.086	.110	.281	.090	.242	.087	1.533	.554	2.3501	.3069	2.043	5	10.215
15	.099	.222	.083	.107	.271	.087	.247	.084	1.502	.543	2.2560	.2948	1.961	5	9.805
20	.099	.222	.083	.107	.271	.087	.242	.085	1.533	.546	2.3501	.2981	2.052	5	10.260
25	.102	.232	.086	.110	.281	.090	.257	.088	1.443	.557	2.0822	.3102	1.772	5	8.860
30	.097	.216	.081	.105	.265	.085	.245	.083	1.514	.540	2.2922	.2916	.0012	5	10.005
35	.095	.211	.079	.103	.259	.083	.246	.082	1.508	.537	2.2741	.2884	1.986	5	9.930
40	.093	.218	.082	.106	.269	.086	.259	.085	1.432	.546	2.0506	.2981	1.753	5	8.765
45	.093	.205	.077	.101	.252	.081	.247	.081	1.502	.534	2.2560	.2852	1.971	5	9.855
50	.094	.208	.078	.102	.255	.082	.255	.082	1.455	.537	2.1170	.3384	1.829	4	7.316
平均							.249	.0847	1.491	.546					94.436

S_c 及 H_c より求めたる V 及 V_r
 $(1.490^2 - .546^2) = 1.922$

$$T = \frac{\times 3.600}{5.766} \text{ 秒}$$

$$qt(V^2 - V_r^2) = \frac{.371}{2.1392}$$

流砂量 = 2.335

$$R_s = \frac{2.335}{210.21} = .00111$$

$$\Sigma qt(V^2 - V_r^2) = \frac{q \times 371}{2,102.1}$$

$$\times 60 \text{ 秒}$$

$$5662.2$$

第二十三表 (一)

實 驗 順 位	實 驗 年 月 日	水 底 勾 配	入 口 形	水 路 狀 態	A 種 砂				I	R _s	備 考
					Q	T	測 點	Q _s 測 點 を 通 過 し た る 流 砂 全 量 (立 方 尺)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	26/IV/6	1/350	A	I	.432	61	St.16	.254	.00193	.000136	
2	3/V/6	"	"	II	.432	46	"	.103	.00250	.000095	
3	9/V/6	1/165	"	I	.286	61	"	1.437	.00488	.000524	
4	15/V/6	"	"	I	.371	61	"	1.172	.00425	.000558	
5	19/V/6	"	"	I	.537	61	"	1.622	.00469	.000511	
6	25/V/6	"	"	I	.273	61	"	.506	.00464	.000460	
7	29/V/6	"	"	II	.273	41	"	.178	.00335	.000250	
8	18/IV/7	1/300	B	I	.527	66	"	.916	.00369	.000284	
9	24/IV/7	"	"	II	.537	41	"	.414	.00348	.000197	
10	2/V/7	"	C	I	.486	46	"	1.620	.00260	.000908	
11	7/V/7	"	"	II	.486	31	"	.271	.00196	.000234	
12	16/V/7	"	D	I	.486	41	"	.56	.00300	.000344	
13	18/V/7	"	"	II	.486	31	"	.32	.00233	.000200	
14	22/V/7	"	"	III	.486	31	"	.41	.00233	.000252	給砂0.257立方尺
15	4/IX/7	1/485	"	I	.432	51	"	.756	.00150	.000524	
16	13/IX/7	"	"	II	.432	41	"	.227	.00174	.000230	
17	18/IX/7	1/235	"	I	.486	51	St.14	1.236	.00410	.000566	
18	27/IX/7	"	"	II	.486	46	"	.306	.00306	.000147	
19	21/II/8	1/100	"	I	.486	51	"	2.751	.00692	.001020	
20	23/IV/8	"	"	II	.486	41	"	1.673	.00850	.000904	
21	12/V/8	1/50	"	I	.432	40	"	5.305	.01140	.001200	
22	8/X/8	1/180	"	I	.486	51	"	.572	.00354	.000260	吐口改良
23	15/X/8	"	"	II	.486	51	"	.648	.00284	.000312	
24	26/XI/8	"	"	I	.486	51	"	.884	.00280	.000384	一方入口
25	3/XII/8	1/80	"	I	.486	51	St.14	2.746	.00853	.000842	
26	7/XII/8	"	"	II	.371	"	"	1.723	.00628	.000675	給砂0.5立方尺
27	28/IV/9	1/220	"	I	.486	56	St.10	.329	.00273	.000220	用油差壓計を 使用す 吐口を堰上く
28	5/V/9	"	"	II	.486	56	"	.354	.00275	.000210	
29	"	"	"	II	.486	56	St.14	.475	.00323	.000230	
30	12/V/9	"	"	III	.486	56	St.10	.885	.00323	.000271	給砂0.5立方尺
31	"	"	"	"	"	"	St.14	.912	.00367	.000316	
32	"	"	"	"	"	"	St.18	1.059	.00242	.000318	
33	26/V/9	1/100	"	I	.486	56	St.10	1.858	.00601	.000414	

第二十三表 (二)

實驗 順 位	實驗 年 月 日	i 水 底 勾 配	入 口 形 態	水 路 狀 態	q 流 量 立 方 尺 秒	A 種 砂		Q _s 測 點 を 通 過 し た る 流 砂 全 量 (立 方 尺)	I 測 點 に 於 け る 配	R _s	備 考
						T 實 驗 時 間 (分)	測 點				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	26/7/9	1/100	D	I	486	56	St.14	2.048	.00618	.000635	
35	"	"	"	"	"	"	St.18	1.903	.00577	.000587	
36	13/IV/10	1/75	"	I	432	51	St.10	2.141	.00837	.000496	
37	"	"	"	"	"	"	St.14	2.648	.00891	.000849	
38	"	"	"	"	"	"	St.18	2.889	.00876	.001160	
39	20/IV/10	"	"	II	486	51	St.10	1.553	.00600	.000471	
40	"	"	"	"	"	"	St.14	1.786	.00776	.000467	給砂0.98立方尺
41	"	"	"	"	"	"	St.18	2.035	.00772	.000603	
42	20/VI/10	1/60	"	I	305	51	St.10	3.088	.01083	.00109	
43	"	"	"	"	"	"	St.14	3.965	.01241	.00153	新らしき砂を加ふ
44	"	"	"	"	"	"	St.18	4.486	.01283	.00195	
45	27/VI/10	"	"	I	371	51	St.10	3.894	.01288	.00109	
46	"	"	"	"	"	"	St.14	5.025	.01346	.00142	一方入口
47	"	"	"	"	"	"	St.18	5.885	.01403	.00200	
48	5/VII/10	1/100	"	I	371	51	St.10	2.400	.00963	.00106	
49	"	"	"	"	"	"	St.14	2.937	.00309	.00107	同 上
50	"	"	"	"	"	"	St.18	3.242	.00611	.00142	
93	5/VII/11	"	"	I	371	51	St.10	1.833	.00828	.00080	
94	"	"	"	"	"	"	St.14	2.335	.00773	.00111	新造水櫃 新らしき砂
95	"	"	"	"	"	"	St.18	2.704	.00850	.00136	

第二十四表 (一)

實驗 順 位	實驗 年 月 日	i 水 底 勾 配	入 口 形 態	水 路 狀 態	q 流 量 立 方 尺 秒	B 種 砂		Q _s 測 點 を 通 過 し た る 流 砂 全 量 (立 方 尺)	I 測 點 に 於 け る 配	R _s	備 考
						T 實 驗 時 間 (分)	測 點				
51	27/IX/10	1/250	D	I	371	51	St.10	1.004	.00739	.001040	
52	"	"	"	"	"	"	St.14	1.218	.00647	.000748	
53	"	"	"	"	"	"	St.18	1.335	.00506	.000714	
54	4/X/10	"	"	II	"	"	St.10	.348	.00544	.000612	
55	"	"	"	"	"	"	St.14	.502	.00270	.000523	

第二十四表 (二)

實 驗 順 位	實 驗 年 月 日	i		水 路 狀 態	q 流 量 立 方 尺 秒	T 實 驗 時 間 (分)	測 點	Q _s 測 た る 流 砂 全 量 (立 方 尺)	I 測 水 面 に 於 配 け る	R _s	備 考
		水 底 勾 配	入 口 形								
56	4/X/10	1/250	D	II	.371	51	St.18	.614	.00506	.000571	
57	11/X/10	1/160	〃	I	.371	〃	St.10	1.313	.00700	.001060	
58	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.14	1.669	.00392	.000932	
59	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.18	1.934	.00672	.000846	
60	18/X/10	1/100	〃	I	.371	51	St.10	2.226	.01006	.00120	
61	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.14	3.008	.00941	.00116	
62	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.18	3.604	.00952	.00103	
63	2/XI/10	1/60	〃	I	.371	51	St.10	4.297	.01202	.00127	
64	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.14	5.794	.01207	.00162	
65	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.18	7.006	.01258	.00149	

第二十五表

實 驗 順 位	實 驗 年 月 日	i		水 路 狀 態	q 流 量 立 方 尺 秒	T 實 驗 時 間 (分)	測 點	Q _s 測 た る 流 砂 全 量 (立 方 尺)	I 測 水 面 に 於 配 け る	R _s	備 考
		水 底 勾 配	入 口 形								
66	15/XI/10	1/100	D	I	.371	61	St.10	.426	.01014	.000805	
67	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.14	.744	.01125	.000730	
68	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.18	1.021	.00806	.000814	
69	22/XI/10	1/50	〃	I	.432	51	St.10	2.981	.00961	.00119	} 實驗開始後35分に て下層の細砂に洗 滌深達す
70	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.14	3.985	.01433	.00192	
71	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.18	4.746	.01824	.00261	
72	29/XI/10	1/50	〃	I	.432	31	St.10	1.813	.01108	.00212	
73	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.14	2.287	.01856	.00285	
74	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.18	2.689	.01957	.00298	
75	6/XII/10	1/70	〃	I	.371	51	St.10	1.387	.00993	.00143	
76	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.14	1.788	.01204	.00160	
77	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.18	2.000	.01354	.00143	
78	14/XII/10	1/85	〃	I	.432	41	St.10	.903	.01044	.00110	
79	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.14	1.211	.01190	.00133	
80	〃	〃	〃	〃	〃	〃	St.18	1.440	.01148	.00120	

第二十六表

實驗 順位	實驗 年月 日	i		水路 狀態	流量 立方尺 秒	T 實驗 時間 (分)	測 點	Q _s 立方尺 測點を 通過し た全量	I 水面に 於ける	R _s	備 考
		水底 勾配	入口 形状								
81	31/V/11	1/300	D	I	.371	51	St.10	.232	.0025	.00027	新水樋
82	"	"	"	"	"	"	St.14	.443	.0081	.00046	
83	"	"	"	"	"	"	St.18	.605	.0029	.00050	
84	14/VI/11	1/60	"	I	.371	51	St.10	4.025	.0117	.00145	
85	"	"	"	"	"	"	St.14	5.320	.01225	.00254	
86	"	"	"	"	"	"	St.18	6.313	.01368	.00356	
87	21/VI/11	1/100	"	I	.371	51	St.10	1.918	.00673	.00088	
88	"	"	"	"	"	"	St.14	2.537	.00735	.00156	
89	"	"	"	"	"	"	St.18	3.006	.00750	.00117	
90	28/VI/11	1/65	"	I	.371	51	St.10	3.340	.00895	.00112	
91	"	"	"	"	"	"	St.14	4.447	.00985	.00173	
92	"	"	"	"	"	"	St.18	5.204	.01103	.00251	

第二十七表

不定流 A 曲線

實驗 順位	實驗 年月 日	i		水路 狀態	測 點	Q _s 立方尺 測點を 通過し た全量	I (水面 に於ける)	R _s	備 考
		水底 勾配	入口 形状						
1	11/VI/6	1/165	A	I&II	St.16	.240	.00440	.000305	
2	16/VI/6	"	"	III&IV	"	.139	.00411	.000518	
3	20/VI/6	"	"	V&IV	"	.160	.00332	.000580	
4	3/VII/6	1/100	"	I&II	"	.726	.00808	.000174	
5	6/VII/6	"	"	III&IV	"	.703	.00645	.00170	
6	12/IX/6	1/55	"	I	"	.872	.01475	.00431	
7	14/IX/6	"	"	II	"	.885	.01250	.00293	

第二十八表
不定流 B 曲線

實驗 順 位	實驗 年 月 日	i 水 底 勾 配	入 口 形	水 路 狀 態	測 點	Q_s 測 點 を 通 過 し た 全 量 (立方尺)	I 測 水 面 に 於 け る	R_s	備 考
11	4/VI/6	1/165	A	I&II	St.16	.549	.00451	.000707	
12	6/VI/6	"	"	III&IV	"	.561	.00381	.000459	
13	16/VI/6	1/100	"	I	"	1.207	.00749	.00147	
14	20/VII/6	"	"	II&III	"	.736	.00634	.00102	
15	24/VII/6	1/100	"	I	"	1.173	.00720	.00151	
16	27/VII/6	"	"	II	"	.838	.00633	.00105	
17	8/VIII/6	1/55	"	I	"	2.249	.01300	.00327	
18	10/VIII/6	"	"	II	"	1.689	.01375	.00213	
19	16/XI/6	1/230	B	I	"	.256	.00279	.00056	
20	3/XII/6	"	"	II	"	.256	.00254	.00050	
21	15/III/7	1/300	"	I	"	.189	.00300	.00032	
22	19/III/7	"	"	II	"	.224	.00295	.00032	
23	27/III/7	"	"	III	"	.165	.00286	.00023	
24	30/V/10	1/80	D	I	St.10	1.531	.00958	.00125	
25	"	"	"	"	St.14	1.965	.01020	.00124	
26	"	"	"	"	St.18	2.306	.01073	.00227	
27	6/VI/10	1/80	"	II	St.10	.813	.00755	.000733	
28	"	"	"	"	St.14	1.112	.00793	.00097	
29	"	"	"	"	St.18	1.406	.00930	.00126	
30	13/VI/10	1/60	"	III	St.10	2.366	.00970	.00206	
31	"	"	"	"	St.14	2.736	.01295	.00216	
32	"	"	"	"	St.18	3.045	.01275	.00317	

第二十九表 R_s の 値 (一)

(A) 定流の場合

(B) 不定流の場合

砂の 種類	測 點	實 驗 數	R_s の 平 均 値
A	St.10	10	$R_s = .0973I - .00003$
ク	St.14	35	$R_s = .101 I - .00005$
ク	St.18	8	$R_s = .146 I - .00003$
ク	AII	53	$R_s = .113 I - .00001$

砂の 種類	測 點	實 驗 數	R_s の 平 均 値
A	St.16	7	$R_s = .319I - .00066$
B	St.16	13	$R_s = .17 I + .00005$
	St.10	3	$R_s = .453I - .0027$
	St.14	3	$R_s = .24 I - .00103$

第二十九表の値(二)

(A) 定流の場合

砂の種類	測點	實驗點數	R_s の平均値
B	St.10	5	$R_s = .0846I + .00033$
ク	St.14	5	$R_s = .158 I - .00028$
ク	St.18	5	$R_s = .108 I + .00011$
ク	All	15	$R_s = .115 I + .00006$
C	St.10	5	$R_s = .577 I - .00458$
ク	St.14	5	$R_s = .248 I - .00169$
ク	St.18	5	$R_s = .193 I - .00094$
ク	All	15	$R_s = .189 I - .00079$
D	St.10	4	$R_s = .128 I - .00003$
ク	St.14	4	$R_s = .292 I - .00102$
ク	St.18	4	$R_s = .286 I - .00058$
ク	All	12	$R_s = .240 I - .00058$
All	St.10	24	$R_s = .124 I - .00009$
	St.14	49	$R_s = .135 I - .00009$
	St.18	22	$R_s = .159 I - .00012$
All		95	$R_s = .147 I - .00015$

(B) 不定流の場合

砂の種類	測點	實驗點數	R_s の平均値
	St.18	3	$R_s = .547I - .00374$
	All	22	$R_s = .182I - .00008$
A+B	St.16	20	$R_s = .229I - .00018$

結論

以上記するところにて明なる如く本實驗に於ては最大流量毎秒 0.6 立方尺最急水底勾配 50 分の 1 表面最大流速 3 尺を超えず、従つて砂の運動も多くは規則正しき波狀を爲して流下す只水底勾配最急なるとき及砂粒細きときの場合のみ實驗の初期に於て砂の跳動を認めたり、此の如く各方面に範圍を限られたる實驗の結果より得たる關係は次の如し。

$$R_s = \frac{Q_s}{Q(V^2 - V_c^2)} = \alpha + \beta I$$

$$Q_s = Q(V^2 - V_c^2)(\alpha + \beta I)$$

著者は以上實驗の結果を直ちに實際河川の場合に應用すべき程大膽に非ざるも、其處には必ず類似なる關係の存在を確信するものなり、故に著者は一方に於てより廣き範圍に實驗を試みらると同時に他方實地河川工事に關係を有せらるゝ技術者に於ても實驗の結果の如き關係が自然の河川に存在するや否やを調査研

究せられむことを熱望するものなり。

最後に本実験に關し草間教授山口、山崎、關三助教授の與へられたる有力なる援助に對し感謝の意を表す。

附 言

上記實驗報告書印刷中に入手せし Dr. F. Schaffernak 著 “Neue Grundlagen für die Berechnung der Geschiebeführung in Flusslaufen”

には同じ目的の實驗並調査を發表せり、茲に其要項を譯載し參考の資に供す。

著者（以下には此語を Dr. F. Schaffernak の代名詞に用ふ）は或断面に於て水底附近の限界流速に代ゆるべき平均限界速度を誘導することは、其断面の形狀其他より問題を複雑にする恐れあるに依り平均限界底速を用ゐる砂礫の流動量を算出するを基本とし、實驗も水深 5 糎を用ひ、砂礫の大きさも細砂より一片の大きさ—27 耗に至るものにつき平均限界底速及流動力に關する實驗を行へり、砂礫の粒の大小と限界底速との關係は附圖 A の第一圖に示す如く、横軸に粒の大小、縦軸に限界底速を取りて表したる曲線なり、(イ) は砂礫が動き始めんとする時の底速、(ハ) は正に砂礫が轉動するときの底速を示す、同圖中 A, B, C, D の點は譯者が實驗成績より混砂の平均粒大を試算し水深 5 糎のときの平均限界速度を計算したるものを挿入せしものなり。

流動力の實驗には、著者は砂礫の混合の比を次の如く分類せり、方形の横軸に粒の大きさを取り、縦軸に混合百分率を取り、混合の度合を圖示すれば基點よりの對角線は大小等分に混合したるものにて同對角線以下の曲線は粒の大なるもの、混合比大なるを示し、之れに反し對角線以上の曲線は粒の小なるもの、混合比大なるを示す譯なり、此の如く著者は第一選砂、第二等分混合、第三大粒多きもの、第四小粒多きものの四種に區別して測定を爲せり、附圖 A の第二圖は Wien に於ける Donau 河の河底の砂礫の混合度と平均限界底速對流動力の關係圖なり。

平均限界底速 V_{sm} に對しては次の形を用ゐたり

$$V_{sm} = k(t_m J)^\alpha$$

k と α は常數

t_m は平均水深 (米)

J は水面勾配 (千分率)

以上の形に實際河川より求め得たる數字を用ゐる常數を算出せり、其範圍及結果は次の如し。

$$0.5_m < V_{sm} < 1.4_m$$

$$0.6kg/m^2 < t_m J < 6kg/m$$

$$20_m < B(\text{河幅}) < 300_m$$

以上より

$$k = 0.45 - 0.86$$

$$\alpha = 0.45 = 0.5$$

即

$$V_{sm} = 0.63 (t_m J)^{0.5}$$

譯者はこの關係が自然の河川の場合に存在すれば $V^2 - V_s^2$ の形を (KHI - K'/H/V) として實地應用の際に便利多きものと考へ自己の實驗の結果に應用し、之れを確めんと欲せしも不幸にして水面勾配の變化の範圍少なかりし爲め V_s に對し I 項を挿入することの適否を判斷することを得ざりし。

次に著者は Wien に於ける Donau 河の水位對平均限界底速の關係を調べ圖示せるものは附圖 B の第一圖の如し

此の如く或る場所に於て水位對平均限界底速の關係を明瞭にすることを得ば同附圖 B の第二圖に示せる如く、流動力及流砂量を求むることを得るなり。

以上は概要に過ぎず同著書に於て著者は砂礫を捕集する器具を用ゐ Murfluss に於て調査せし流砂量が河幅に對し變化する圖、水深に對し量の増減する圖を始め Wien に於ける Donau 河の一年間の流砂量の變化の取調圖、及流量對流砂量の關係圖、河床の變化に伴ふ夫々の量の補正圖、及堰堤の爲め、上流に堆積すべき砂礫のこと等を説述せるものあり。

著者が示せる如く水位のみより流砂量を誘導することを得ば實地に應用するに當り、至極便利なるも、河川の急流部に於ては出水毎に流砂の爲め河床に變化を生じ従つて水位、水面勾配に異動を生ずる故これを補整するには相當の手數を要する爲め急流部には矢張り I (水面勾配) 項を入れたる次下の如き形を譯者は可なりと考ふ。

$$P. du Boys \text{ の } q_s = \psi \gamma^2 P^2 h (h - h_0)$$

$$q_s = \text{幅}/m \text{ に対する流砂量 (庇、秒)}$$

$$\Psi = \text{常數}$$

γ = 水の比重

I = 水面勾配

h = 水深(米)

h_0 = 砂の流動を始むる水深(米)

以上 = γ_1 = 砂の重量(瓦、立方糎)

q_s = 流砂量(瓦、秒)

h と h_0 各(糎)とし修正したるものは

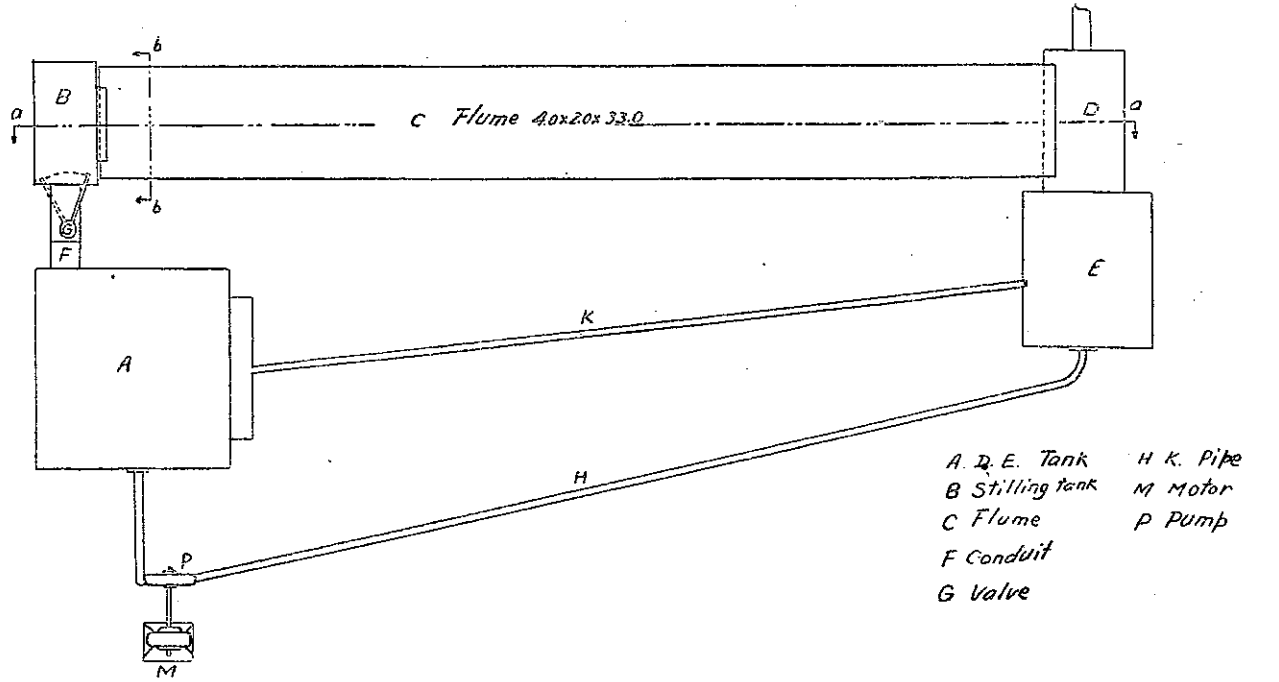
Schoklitsch の

$$q_s = 540 \frac{\gamma_1}{\gamma_1 - \gamma} I^2 h (h - h_0)$$

の如きもの之れなり。

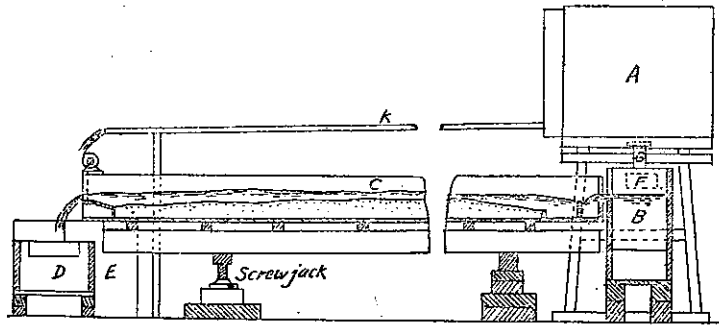
又譯者の實驗の結果より選みたる形も河床に移動する砂礫の大きさ等より V 對水深の關係を推定することを得れば實地河川に於て實測地點を連續して三箇所以上設け出水時中の水位觀測を精確にすることは勿論、出水前後に於て水位對流量の關係を求め、猶出水前後の河床の變化を相當間隔に於て實測したる横斷測量より求むれば夫等の材料より $\alpha\beta$ の常數の値を求むることを得べく、從つて q_s を知ることを得可けん實際河川工事に從事せらるゝ方々は切に以上各種の形に於て發表せられたるものの應用に就き研究あらんことを熱望す。(完)

附圖第一

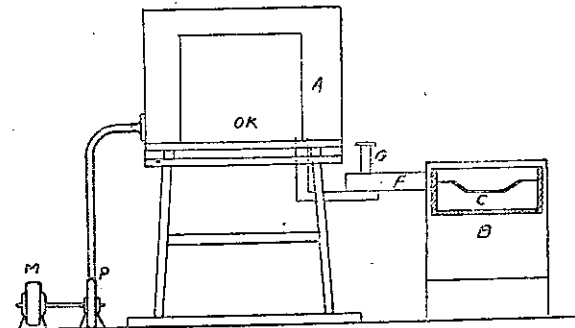


- A D. E. Tank
- B Stilling tank
- C Flume
- F Conduit
- G Valve
- H K. Pipe
- M Motor
- P Pump

(土木學會誌第十卷第二號附圖)



(a a)



(b b)

附圖 第二

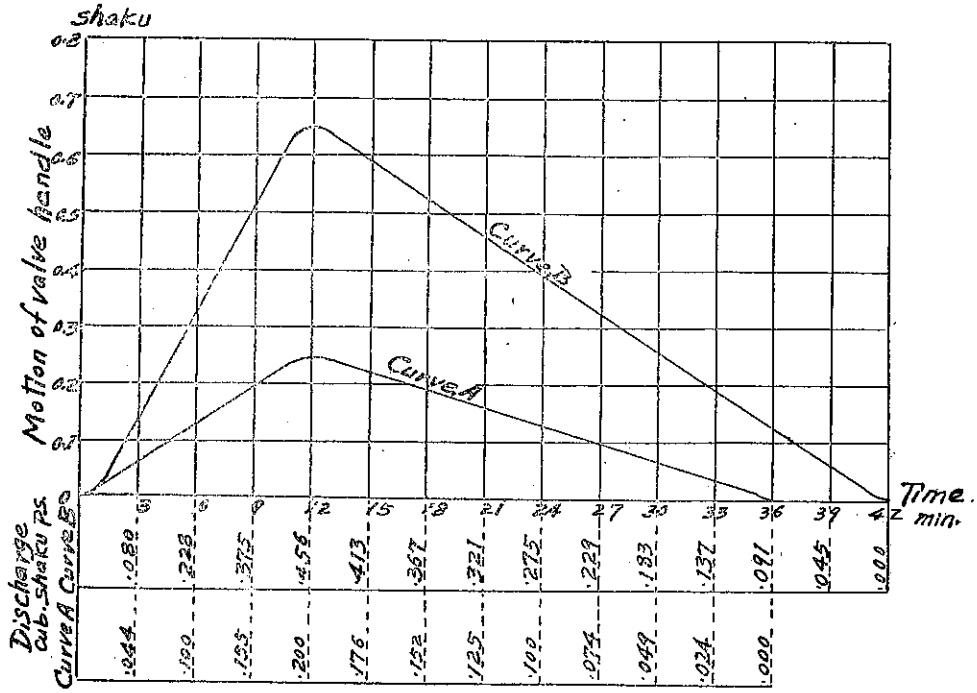


Fig 1.

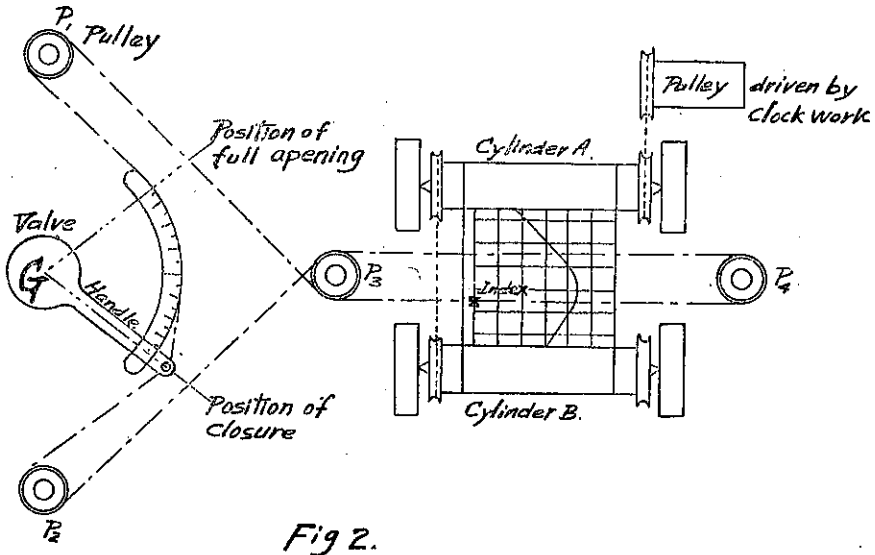
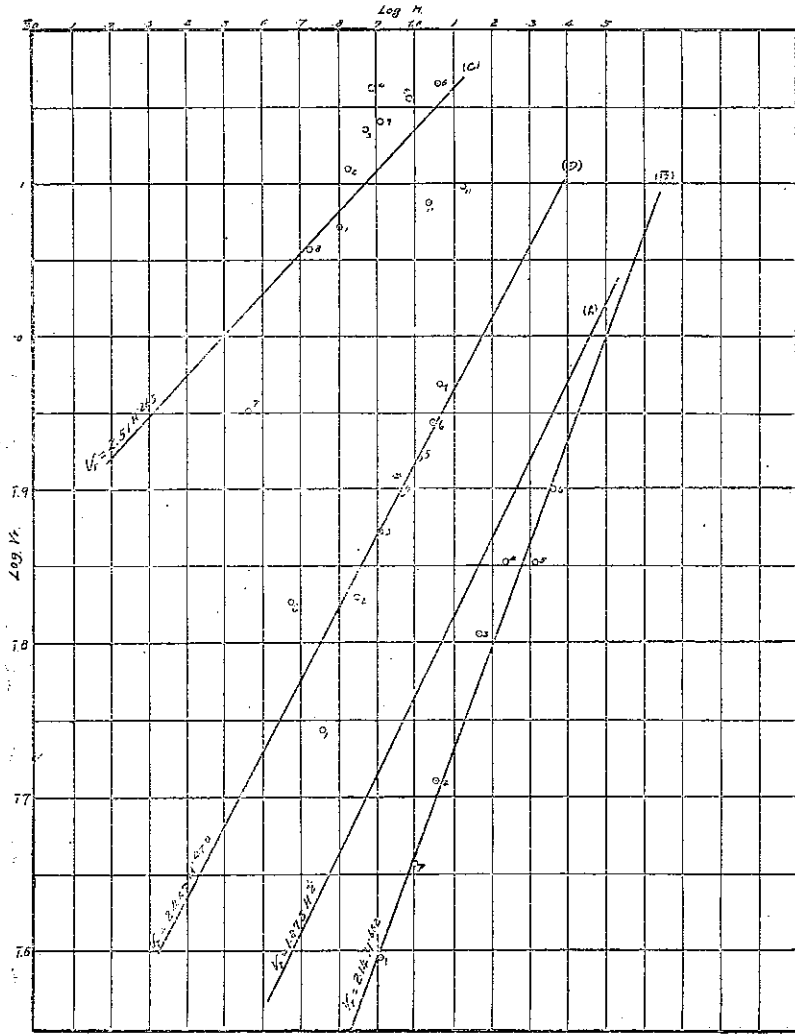


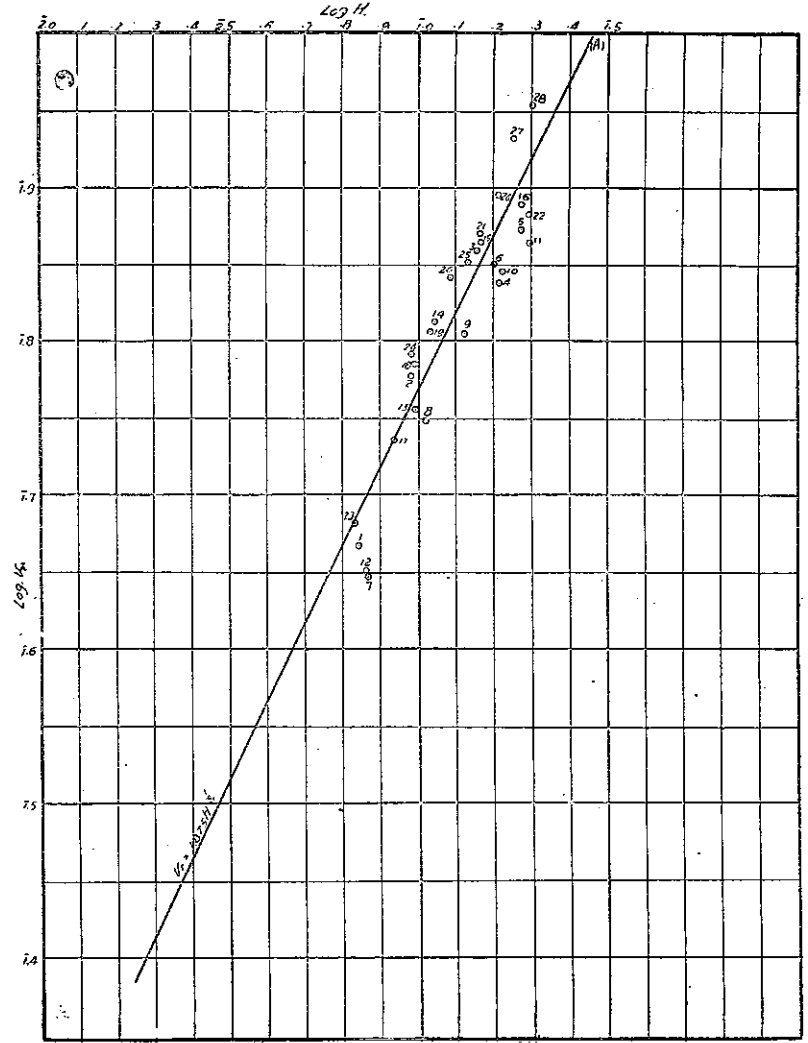
Fig 2.

(出) 本 水 木 海 會 誌 第 十 卷 第 二 圖 (附)

附圖第三

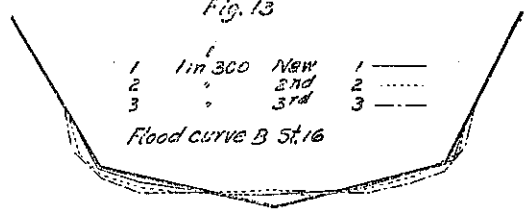
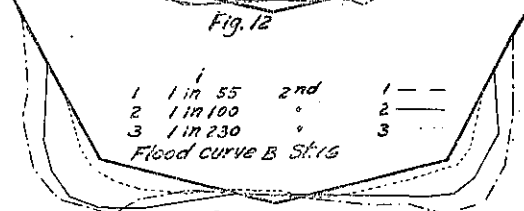
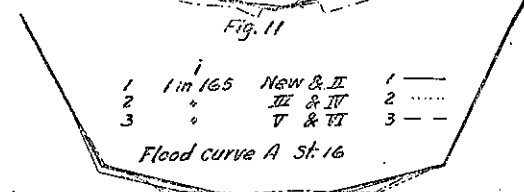
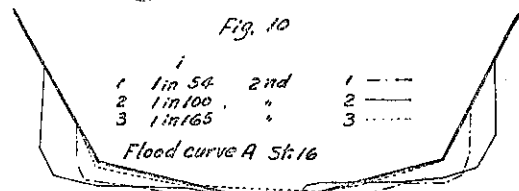
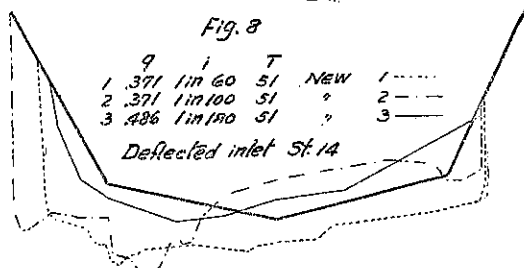
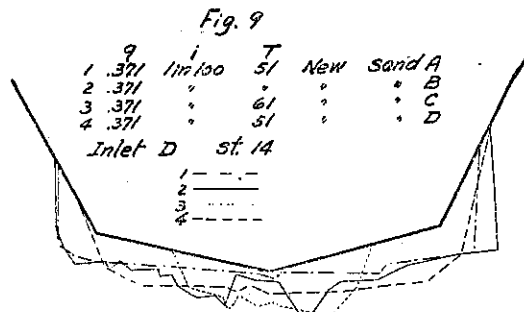
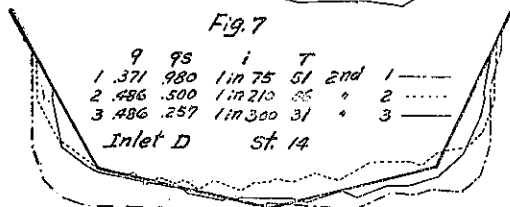
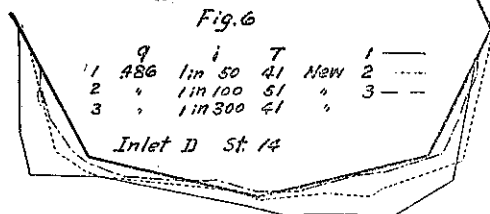
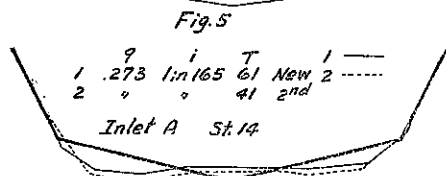
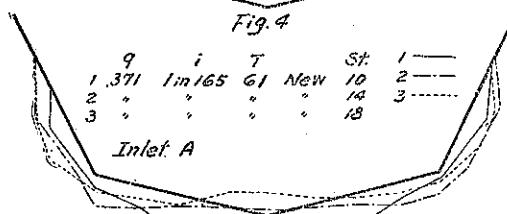
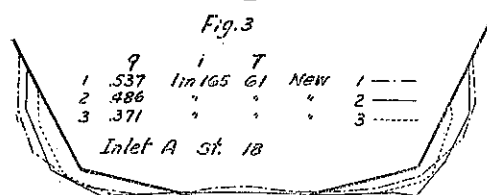
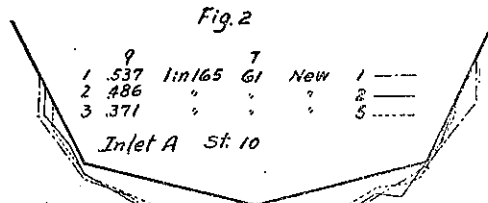
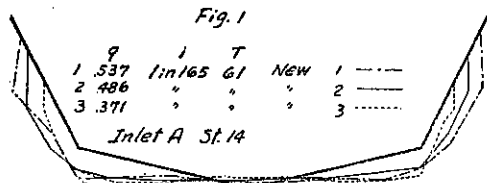


附圖第四



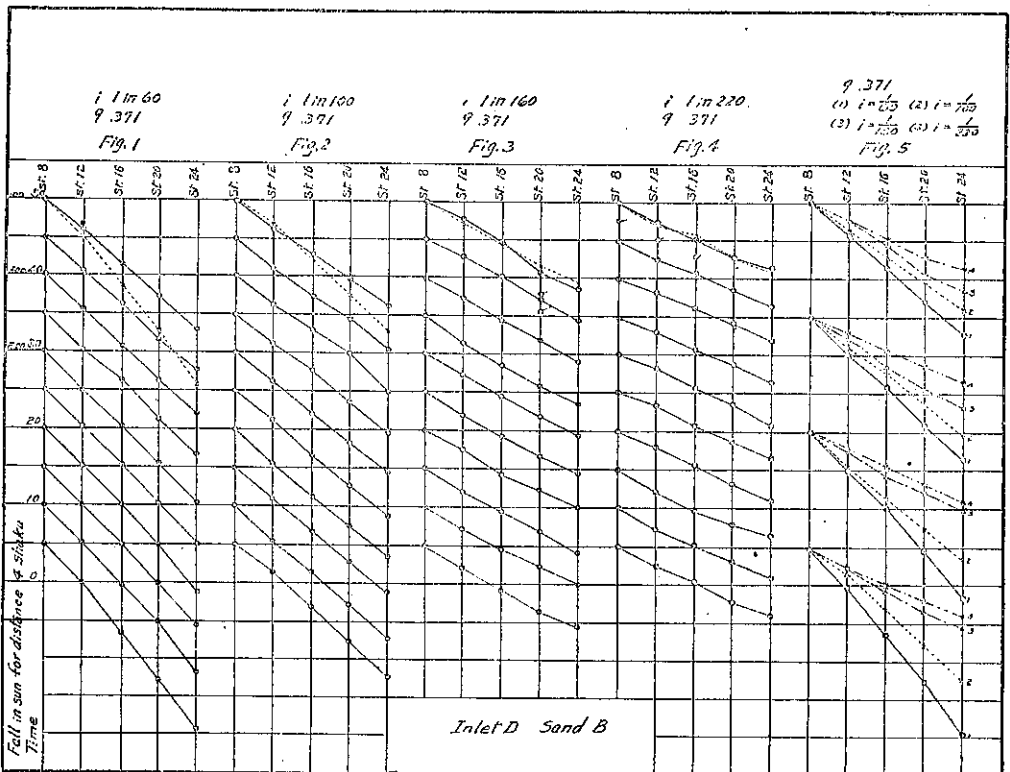
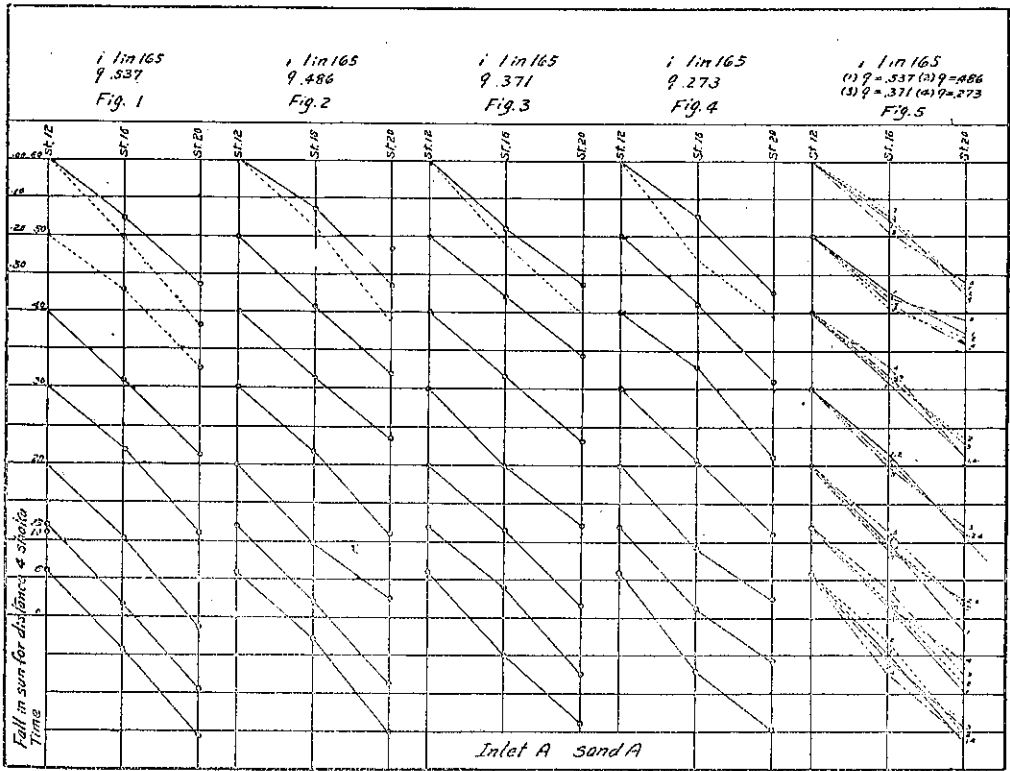
（圖）第三號第十卷水木

附 圖 第 五



土木學會雜誌第十卷第二期

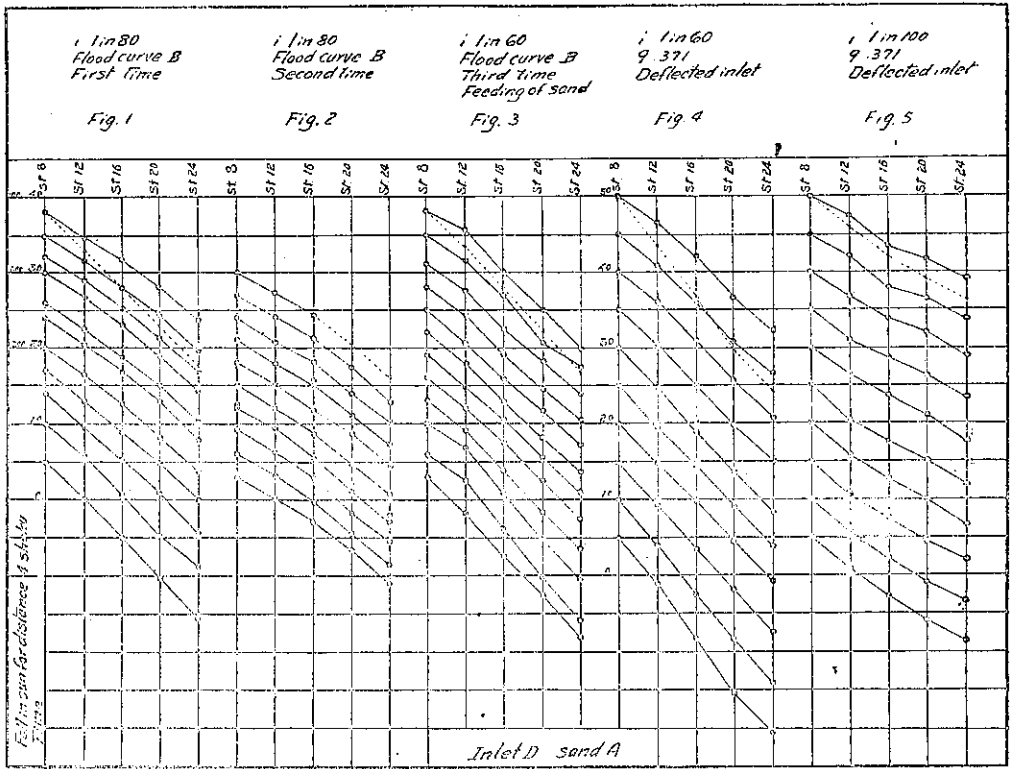
附 圖 第 六



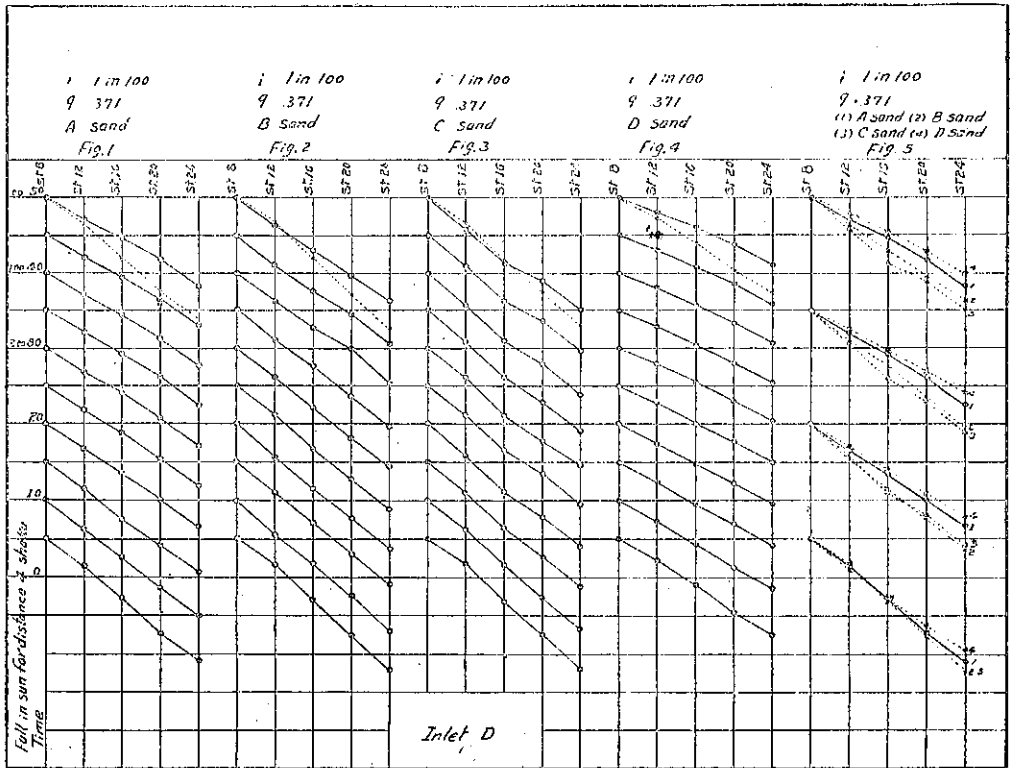
附 圖 第 七

(土木學會雜誌第十卷第二號附圖)

附 圖 第 八



附 圖 第 九



(土木學會誌第十卷第三號附圖)

附圖第十

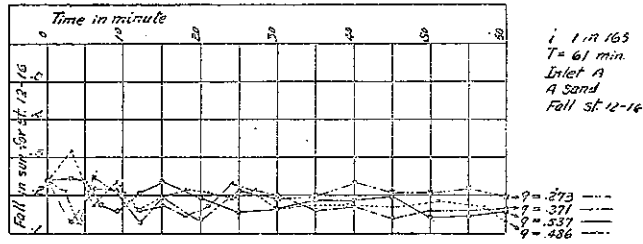


Fig. 1

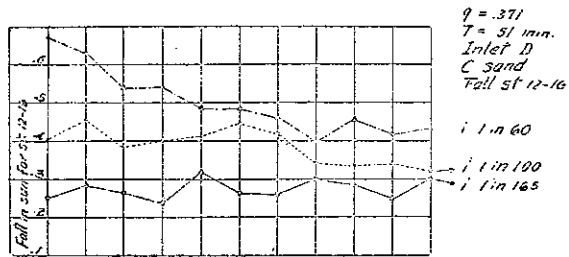


Fig. 2

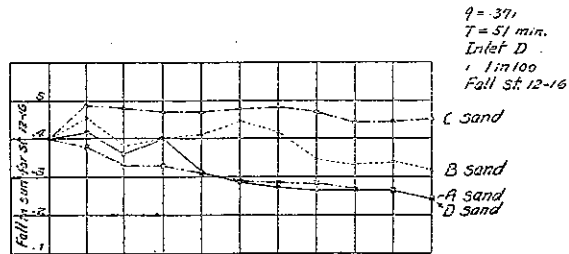
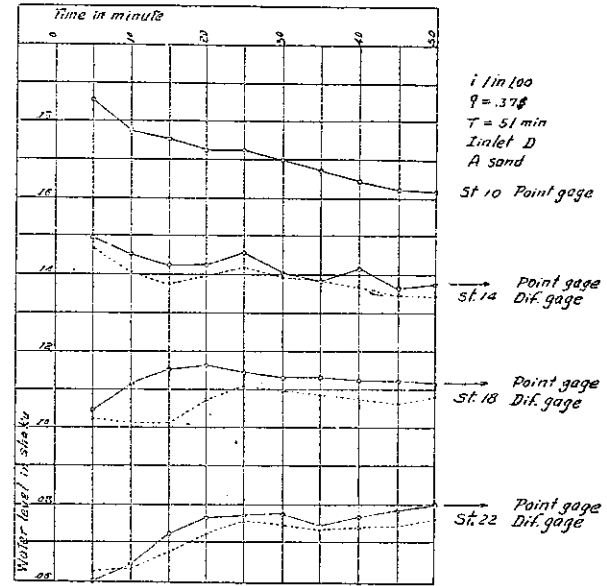


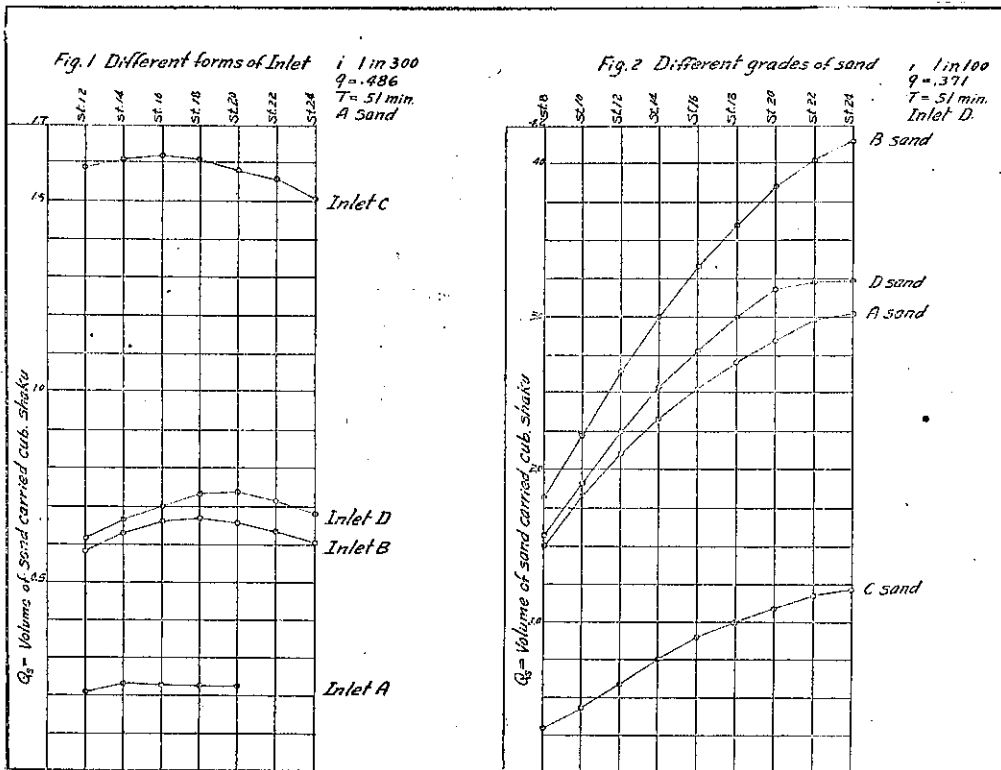
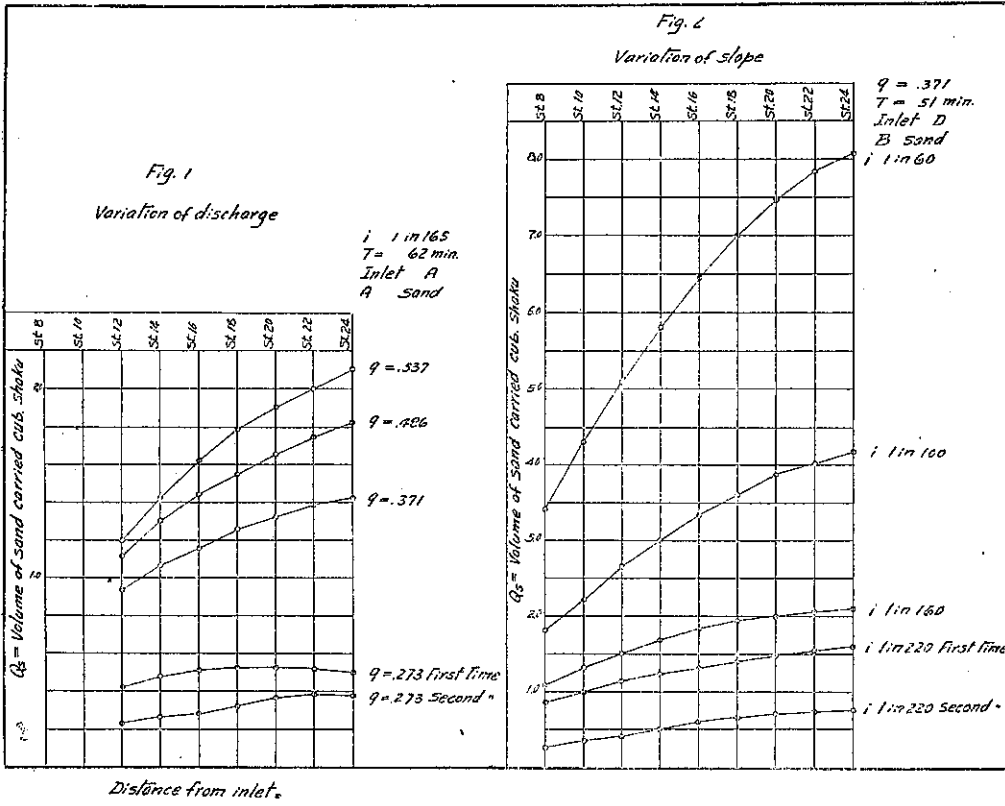
Fig. 3

附圖第十一



(圖三) 水本學會雜誌第十卷三期

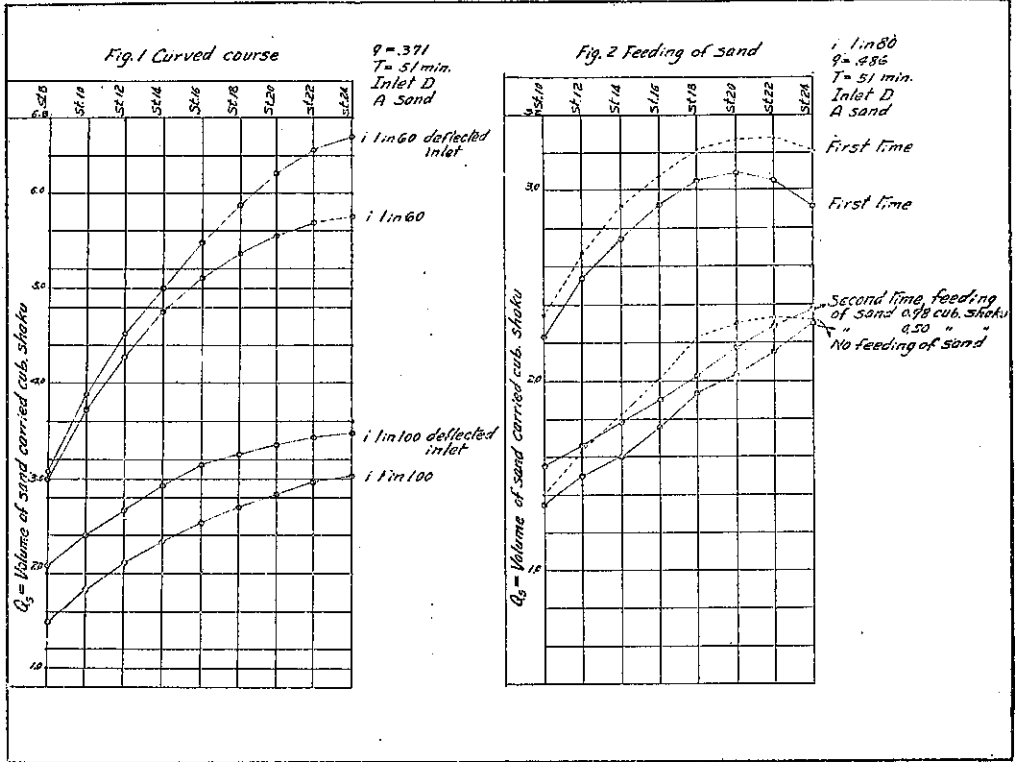
附圖第十二



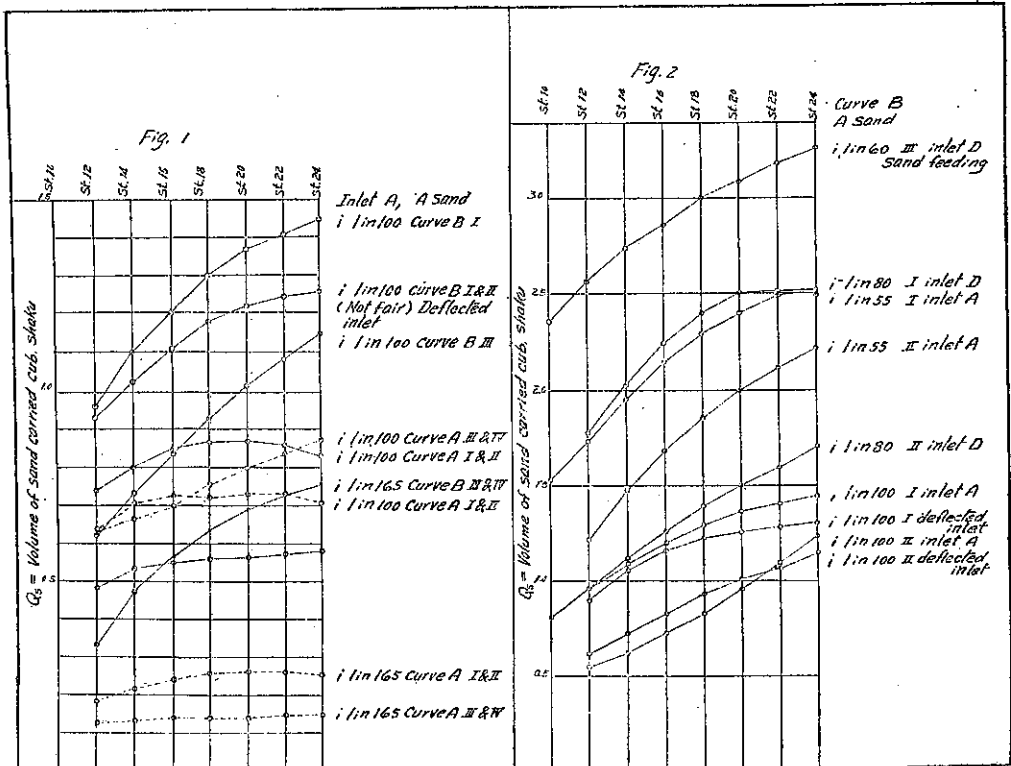
附圖第十三

(土木學會雜誌第十卷第二期附圖)

附圖第十四



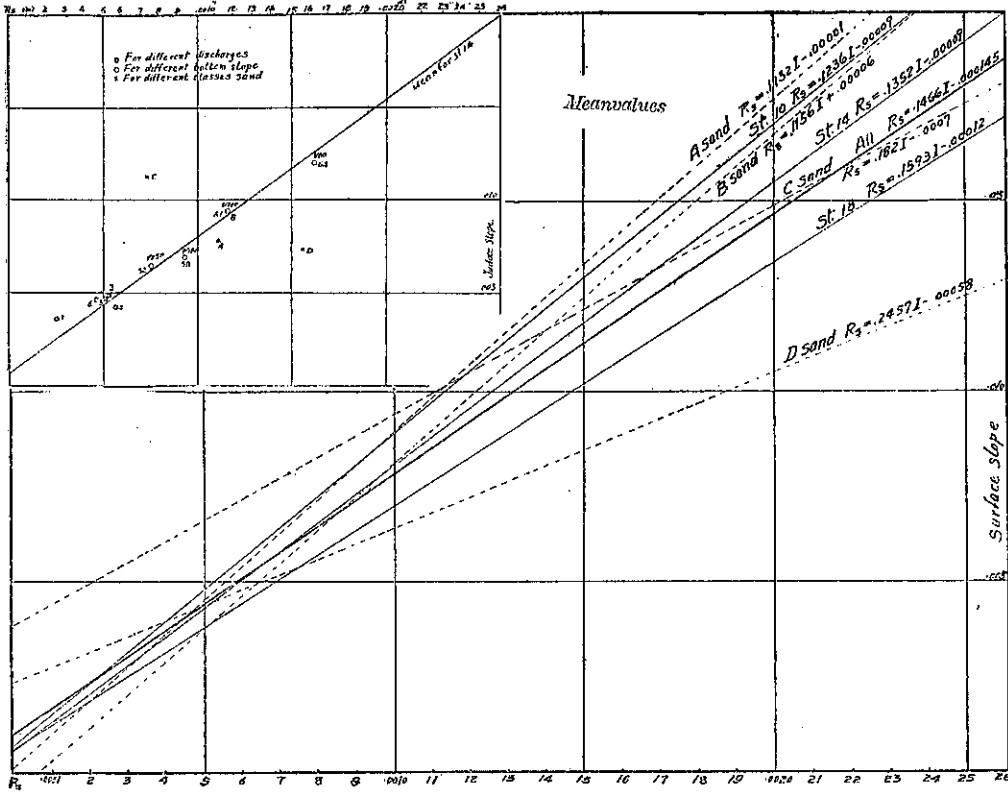
附圖第十五



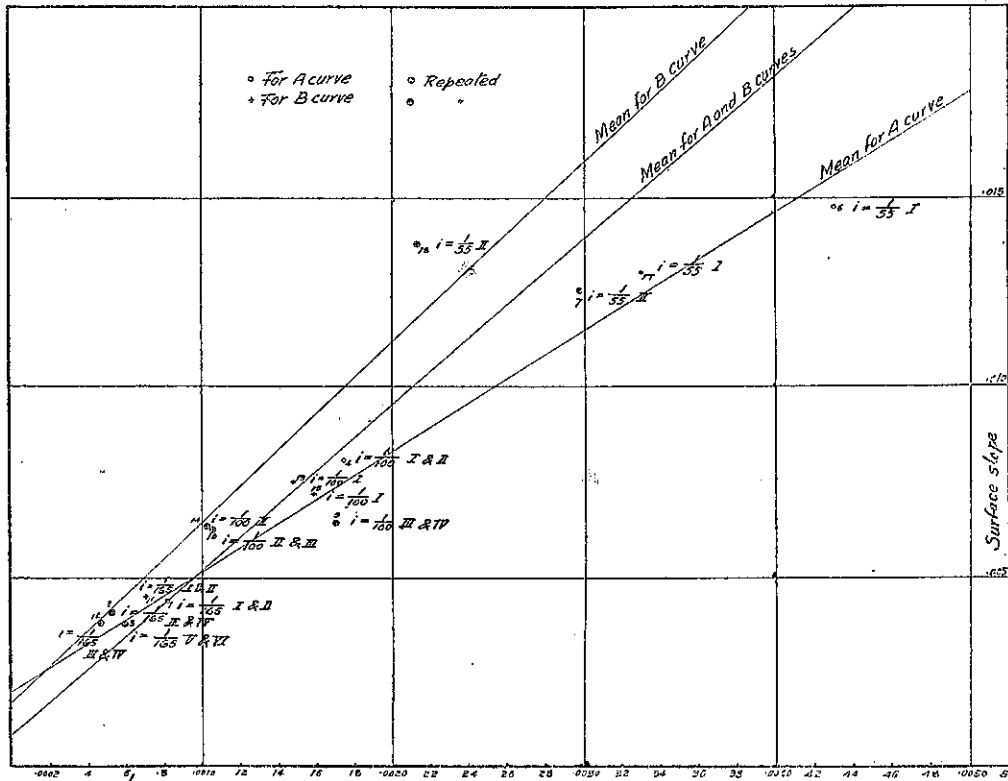
(土木學會誌第十卷第二號附圖)

附圖第十六

附圖第十七



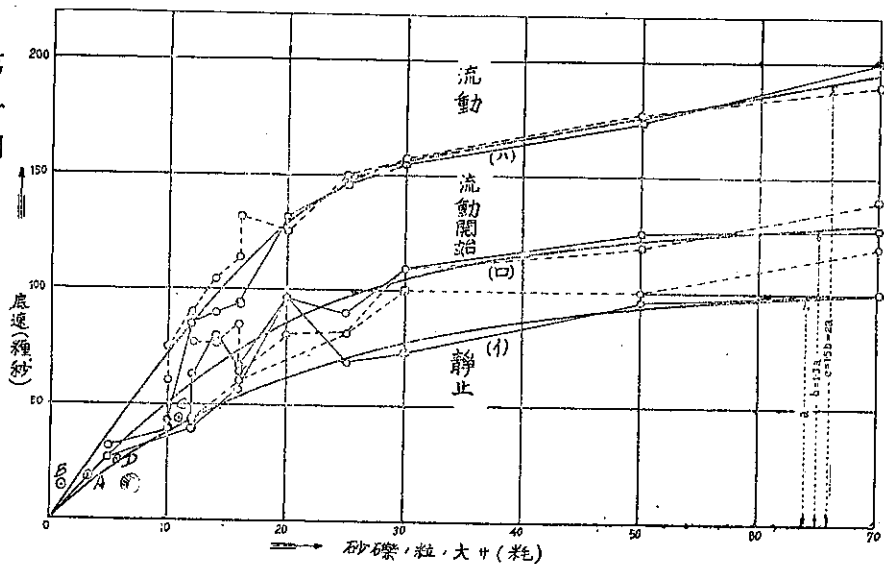
附圖十八



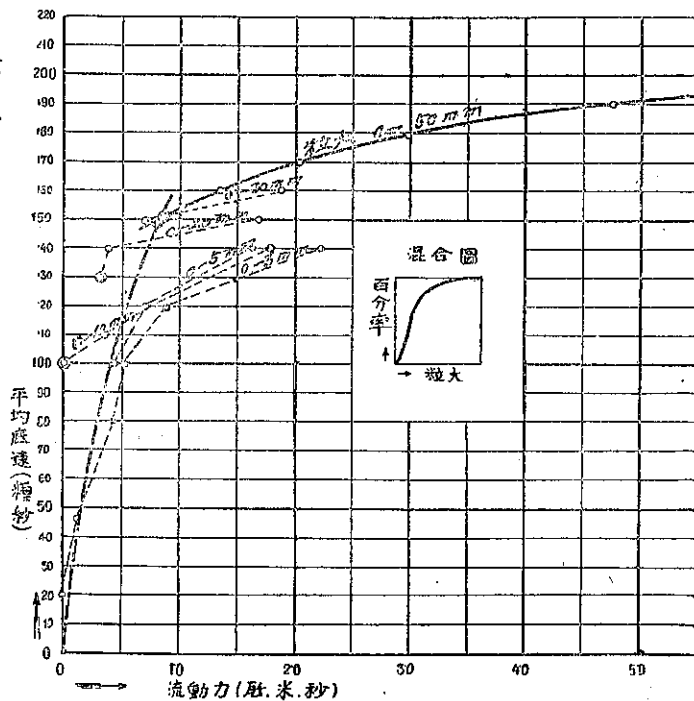
(土木學會雜誌第十卷第二號附圖)

附圖 A

第一圖



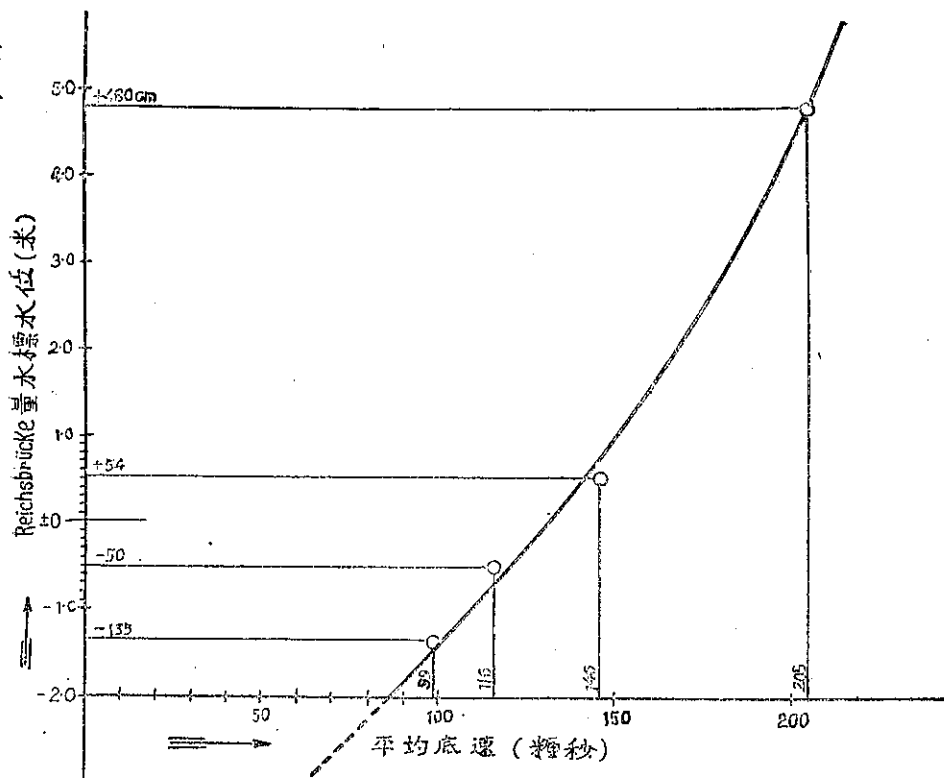
第二圖



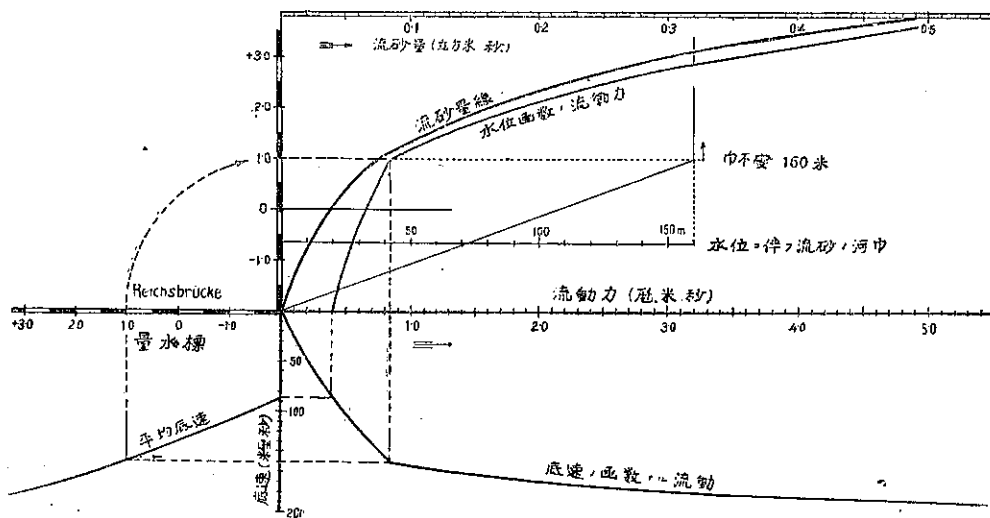
(土木學會誌第十卷第二圖附圖)

附 圖 B

第一圖



第二圖



(圖解圖(卷)第十(本)土)