論流量小於 3 秒立方公尺混凝土陡槽之設計原則(二)

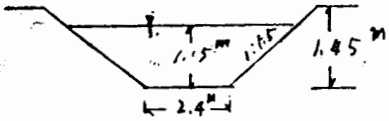
(設 計 例)　　楊 建 業　　林 克 明

(Typical Computation or Concrete Chute Design)

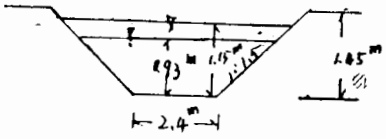
【I】設　計　資　料：

陡槽上下游渠道斷面之水理因素如下：

上　游



下　游



底　寬	$b_0=2.4$m	$b_3=2.4$m	$b_3=2.4$m
水　深	$d_0=1.15$m	$d_3=1.15$m	$d_3=0.93$m
邊　坡	1 : 1.5	1 : 1.5	1 : 1.5
糙　率	$n_0=0.03$	$n_3=0.03$	$n_3=0.02$…（參照農工通訊第九期跌水工設計 106 頁註）
比　降	$S_0=0.00055$	$S_3=0.00055$	$S_3=0.00055$
流　速	$V_0=0.635$ m/sec	$V_3=0.635$m/sec	$V_3=0.85$m/sec
流　量	$Q_0=3.00$ C. M. S	$Q_3=3.00$ C. M. S	$Q_3=3.00$ C. M. S
渠底標高	EL. 98.829	EL. 96.276	EL. 96.276

【II】水　理　計　算：

(一) 入　口：

(1) 設流量爲 $Q=3.00$ C. M. S. 及 0.35 C. M. S，$n=0.03$ 時其各水理因素如下，並求其控制斷面：

		最　大 $Q_1=3.00$ C. M. S.	小 $Q_2=0.35$ C. M. S.
渠底寬	bm	2.40	2.40
水　深	dm	1.15	0.355
斷面積	Am^2	4.73	1.04
潤　邊	Pm	6.55	3.68
徑　深	Rm	0.724	0.283
流　速	Vm/sec	0.635	0.336
流速水頭	h_vm	0.021	0.006
能線高度	Em	1.171	0.361
	$E^{3/2}$	1.267	0.217
	$E^{5/2}$	1.484	0.078

(2) Q_1 及 Q_2 爲已知，求 K 值如下：

$$K_1=\left(\frac{Q_1^2}{g}\right)^{1/3}=\left(\frac{3.00^2}{9.8}\right)^{1/3}=0.972 \qquad K_1^{3/2}=0.958$$

$$K_2=\left(\frac{Q_2^2}{g}\right)^{1/3}=\left(\frac{0.35^2}{9.8}\right)^{1/3}=0.232 \qquad K_2^{3/2}=0.112$$

(3) Q_1 時： $\frac{K_1^{3/2}}{E_1^{3/2}}=\frac{0.958}{1.267}=0.757$ $\frac{K_1^{3/2}}{E_1^{5/2}}=\frac{0.958}{1.484}=0.645$

Q_2 時： $\frac{K_2^{3/2}}{E_2^{3/2}}=\frac{0.112}{0.217}=0.518$ $\frac{E_2^{3/2}}{K_2^{5/2}}=\frac{0.112}{0.078}=1.438$

$$\therefore \quad \frac{M_1}{M_2}=\frac{K_2^{3/2}/E_2^{3/2}}{K_1^{3/2}/E_1^{3/2}}=\frac{0.518}{0.755}=0.688$$

$$\frac{N_2}{N_1}=\frac{K_1^{3/2}/E_1^{5/2}}{K_2^{3/2}/E_2^{5/2}}=\frac{0.645}{1.438}=0.448$$

當 $\frac{M_1}{M_2}=0.688$ 及 $\frac{N_2}{N_1}=0.448$ 時由表一求得 $a_1=0.745$

再由表 2 求得 $M=1.014$ $N=1.162$

$$\therefore \quad B_c=M\left(\frac{K_1}{E_1}\right)^{3/2}=1.014\times 0.757=0.77\ m$$

$$S=N\left(\frac{K_1^{3/2}}{E_1^{5/2}}\right)=1.162\times 0.645=0.75$$

故得控制斷面之底寬爲 $B_c=0.77$ m 其邊坡爲 1:0.75（橫比豎）

(4) 損失水頭：

(a) 控制斷面以上之損失水頭：

臨界水深 $=d_c=aE=0.745\times 1.171=0.872$ m

斷面積 $=A=\left(0.77+\frac{0.872}{0.75}\right)\times 0.872=1.68\ m^2$

$$\therefore \quad V=\frac{3.00}{1.68}=1.78\ m/sec \qquad \therefore \quad h_v=\frac{\overline{1.78}^2}{19.6}=0.162\ m$$

求控制斷面及以上等流渠道之水面坡度如下：（Q=3.00 C. M. S.時）

	上游渠道	控制斷面
水深 dm	1.15	0.872
底寬 bm	2.40	0.77
斷面積 Am^2	4.73	1.68
流速 Vm/sec	0.635	1.78
流速水頭 h_v m	0.021	0.162
渠底以上能高度 Em	1.171	1.034
潤邊 Pm	6.55	3.68
徑深 Rm	0.724	0.456
糙率 n	0.014	0.014
坡度	0.000122	0.00177

註：$\begin{cases} V=\frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2} \\ S=\frac{(vn)^2}{R^{4/3}} \end{cases}$

若控制斷面以前之漸變槽長度 $L_1=3.0$ m

則其摩擦損失水頭 $=h_f={}_1L\times S_{mean}=\frac{0.000122+0.00177}{2}\times 3.0=0.0029$ m

斷面變化損失水頭 $=h_s=0.2\,\Delta h_v=0.2\times(0.162-0.021)=0.0282$ m

故總損失水頭 $=h_f+h_s=0.0311$ m

(b) 控制斷面至下游急流部入口之損失水頭並求得急流部入口點標高：

令此兩點間之距離爲 $L_2=3.0$ m 急流部之寬度爲 1.80 m

		控制斷面	急流槽入口	
水深	dm	0.872	0.40	(註 1)
底寬	bm	0.77	1.80	
斷面積	Am^2	1.68	0.72	
潤邊	Pm	3.68	2.60	
徑深	Rm	0.456	0.277	
流速	Vm/see	1.78	4.17	
流速水頭	h_vm	0.162	0.886	
渠底以上能高度	Em	1.034	1.286	
糙率	n	0.014	0.014	
坡度	S	0.00177	0.0188	

則其摩擦損失水頭 $h_f = L_2 \times S_{mean} = 30 \times \frac{0.00177+0.0188}{2} = 0.031$ m

斷面變化損失水頭 $h_s = 0.2\,\Delta h_v = 0.2\times(0.886-0.162) = 0.145$ m

故總損失頭型 $= h_f + h_s = 0.176$ m

∴ 急流槽入口底標高 $= 100-(0.031+0.176+0.886+0.40) = 98.507$m

註 1： 此斷面要根據地盤情形試算得之，其試算之步驟如下：

吾人任定一適當之渠寬及流速可得一概略之水深，依此水深，求得各水理因素，然後求出其渠底標高，但所求得之標高與地形相差太甚時須重新試算之。

以上所求各斷面之各因素值列表如下：

	能線高度	流速水頭	水面標高	水深	渠度標高
上游漸變槽入口	100.000	0.021	99.979	1.15	98.829
損失水頭	− 0.031				
控制斷面	99.969	0.162	99.807	0.872	98.935
損失水頭	− 0.176				
急流槽入口	99.793	0.886	98.907	0.400	98.507

(5) (a) 入口漸變段之長度：

$$L_1 = 1.22+1.54\,Q = 1.22+1.54\times3.00 = 5.84 \fallingdotseq 6.0 \text{ m}$$

(b) 入口漸變段出水高度根據表 I (註 2) 求得：$F_{b1}=0.3$ m

(註 2： 參照農工通訊第十期一混凝土陡槽設計原則)

(二) 急水槽： (急流槽之水深及流速計算須採用 n=0.008，而計算出水高度時用 n=0.014，因高速水流往往含有空氣致通空斷面膨大之故) 急流槽之長度根據地形及急流槽與靜水池之關係定爲 9.0m 並求出各斷面之水理因素如下：

(1) n=0.014 時……(如註 1 試算之)

		急流槽起點	急流槽末點
水深	dm	0.40	0.37
寬度	bm	1.80	1.80

斷面積	Am^2	0.72	0.665
潤邊	Pm	2.60	2.54
徑深	Rm	0.277	0.262
流速	Vm/sec	4.17	4.515
流速水頭	hm	0.886	1.04
渠底以上能高度	Em	1.286	1.41
糙率	n	0.014	0.014
坡度	S	0.0188	0.0238

出水高度：

急流槽起點： $F_{bc}=0.1(v^2d)^{1/2}=0.1\times(\overline{4.17}^2\times0.40)^{1/2}\fallingdotseq0.3$ m

急流槽末點： $F_{bc}=0.1(v^2d)^{1/2}=0.1\times(\overline{4.515}^2\times0.37)^{1/2}\fallingdotseq0.3$ m

故側壁高 $=d+F_{bc}=0.40+0.3=0.70$ m（起點）

及 $=0.37+0.3=0.67$ m（末點）

（2）n=0.008 時……（如註1試算之）

		控制斷面	急流槽起點	急流槽末點
水深	dm	0.872	0.39	0.315
寬度	bm	0.77	1.80	1.80
斷面積	Am^2	1.68	0.702	0.567
徑深	Rm	0.456	0.272	0.233
流速	Vm/sec	1.78	4.27	5.30
流速水頭	h_v m	0.162	0.930	1.435
渠底以上能高度	Em	1.034	1.320	1.75
糙率	n	0.008	0.008	0.008
坡度	S	0.00058	0.0066	0.0124 0.0119

$S_m=0.0039$ $S_m=0.0095$

$\therefore\ h_f=3.0\times0.0036=0.011$ m $\therefore\ h_f=9.0\times0.0093=0.084$ m

$h_s=0.2(0.93-0.162)=0.154$ m

$\therefore\ h_f+h_s=0.011+0.154=0.165$ m

故控制斷面以下各斷面之標高改正爲

	能線標高	流速水頭	水面標高	水深	渠底標高
控制斷面	99.969	0.162	99.807	0.872	98.935
損失水頭	− 0.195				
急流槽起點	99.804	0.93	98.874	0.39	98.484
損失水頭	− 0.084				
急流槽末點	99.720	0.435	98.285	0.315	97.970

（三）靜水池：

（1）水躍時動能損失高（上下游能高度之差）

於出口下游渠道渠底標高 96.276 m

水深 0.93 m

水面標高　97.206 m
流速水頭　0.037 m
能線高度　97.243 m

∴ F＝99.720 m－97.243 m＝2.477 m

（2）令靜水池之寬度爲 3.0 m

$$\therefore \quad q=\frac{3.00}{3.0}=1.0\ \text{C.M.S/m 寬}$$

$$hc=3\sqrt{\frac{1.0^2}{9.8}}=0.467\ \text{m}$$

（3） $\frac{F}{d_c}=\frac{2.477}{0.467}=5.3$

（4）由 Fig 5（註 3）求得

$$K=\frac{d_2}{d_1}=10.62$$

$$\frac{d_2}{d_c}=0.253$$

（註 3：參照農工通訊第九期傾斜式跌水工之設計）

（5）由 $\frac{d_1}{d_c}=0.253$　　得 $d_1=0.2535\times0.467=0.118$ m

（6）由 $\frac{d_2}{d_1}=10.62$　　得 $d_2=10.62\times0.118=1.255$ m

（7） $V_1=\frac{1.0}{0.118}=8.49$ m/sec　　$h_{v1}=3.675$ m

$V_2=\frac{1.0}{1.255}=0.797$ m/sec　　$h_{v2}=0.032$ m

（8）靜水池標度＝El_p ＝97.243 m－1.287 m＝95.956 m

取用　95.970 m

（9）靜水之長度：

$$\text{Froude Number}=F_r=\frac{v_1}{\sqrt{gd_1}}=\frac{8.49}{\sqrt{19.8\times0.118}}=7.9$$

故可採用第三種靜水池

由 Fig 6（如前註 3）Type Ⅲ Basine 曲線，由 Fr＝7.9 值得

$$\frac{L_p}{d_2}=2.65 \qquad \therefore\ L_p=2.65\times1.255=3.33\ \text{m}$$

採用　4.0 m

(10) Chute Blocks Baffe Blocks 及 End Sill：

（a）Chute Blocks　如 Fig 3（註 3）所示

$h_1=w_1=s_1=d_1=0.118$

但其最小尺寸爲 0.2 m（依規範）

(b) Baffle Bloeks

Fr=7.9　由 Fig 7 (註3) 得

$\frac{h_3}{d_1}=1.9$　　$\therefore\ h_3=1.9\times0.118=0.224$　用 0.25 m

$s_3=w_3=0.75\,h_3=0.75\times0.25=0.19$　用 0.2 m

$0.2\,h_3=0.2\times0.25=0.05$ m　採用 0.10 m

(c) End sill

Fr=7.9　由 Fig 7 (註3) 得

$\frac{h_4}{d_1}=1.45$　　$\therefore\ h_4=1.45\times0.118=0.171$　用 0.2 m

Ene sill 面臨上游之邊坡爲 2：1 (橫比豎)

(11) 靜水池之出水高度：

$$\frac{Qv_1d_1}{A_1}=v_1^2d_1=\overline{8.49}^2\times0.118=8.51$$

由 Fig 4 (註3) 得靜水池出水高度 $F_{bp}=0.6$ m

(12) 靜水池塘高 $=H=d_2+h_{v2}+F_{bp}=1.255+0.0036+0.6=1.887$

用 1.9 m

(四) 拋　射　槽

(1) 拋射底曲線可由下列拋物線公式永之

$$\begin{cases} g=x\tan\phi+\dfrac{kx^2}{4h_v\cos^2\phi} \cdots\cdots\cdots\cdots (1) \\ s=\tan\phi+\dfrac{kx}{2h_v\cos^2\phi} \cdots\cdots\cdots\cdots (2) \end{cases}$$

$\tan\phi=\frac{98.484-97.970}{9}=0.057$　　$\therefore\ \phi=3^{0}16'$

$\therefore\ \cos\phi=0.9984\fallingdotseq1.0$　　$\therefore\ \cos^2\phi\fallingdotseq1.0$

又 $h_v=1.435$ (如前)

上下游落差＝急流槽末點標高－靜水池標高＝y

$=97.970-95.970=2.0$ m

拋射槽末點之坡度定爲 1：2 或 0.5

則得

$$\begin{cases} 2.0=0.057+\dfrac{kx^2}{5,74} \cdots\cdots\cdots\cdots (3) \\ 0.5=0.057+\dfrac{kx}{2.89} \cdots\cdots\cdots\cdots (4) \end{cases}$$

解上列聯立方程式

得　$k=0.177$　　$x=7.2$ m

然得把 $x=7.2$ m 四等分卽每一區間爲 1.8 m 以式 (1) 求得拋射槽上各點之坐標如下

x	1.8	3.6	5.4	7.2
y	0.203	0.606	1.205	2.0

(2) 拋射槽擴大之檢討

	vm/sec	bm	dm
拋射槽起點（急水槽終點）	5.28	1.80	0.315
拋射槽末點（水躍起點）	8.49	3.00	0.118

拋射槽長度＝7.2 m　　k＝0.177

由式 $h_{v2}=\frac{v_2^2}{2g}=\frac{V_1d_2^2(1-k)}{4V_2d_2}-\frac{d_2(1-k)}{4}$ ……（參照農工通訊第十期陡靜設計）

$=\frac{5.28\times0.315^2\times0.823}{4\times8.49\times0.118}-\frac{0.118\times0.823}{4}$

$=0.1077-0.0243\quad=0.0834$

$\therefore\ V_2=(2g\times h_{v2})^{1/2}=(19.6\times0.0834)^{1/2}=1.28$

$T=\frac{2x}{V_1+V_2}=\frac{2\times7.2}{5.28+8.49}=\frac{14.4}{13.77}=1.05$

$\therefore\ b_2=b_1+Tv_{12}=1.8+1.05\times1.28=1.8+1.345\quad\therefore\ b_2=3.145\text{ m}>3.0\text{ m}$（假定者）

又 $Fr=\frac{v}{\sqrt{gd}}=\frac{5.28}{\sqrt{9.8\times0.315}}=3.01$

$\therefore\ \tan\theta=\frac{1}{3Fr}=\frac{1}{3\times3.01}=\frac{1}{9.03}<\frac{1}{9}$　故其寬度仍可採用 3.0 m

（五）出　口：出口漸變段水面變化角度據實驗應爲 22°30′ 以內

故出口漸變段長度定爲 5.0 m　其出水高度據表一（如前註 2）得 $F_{bc}=0.3$ m

訂正：第九期第 131 頁（7）之 n＝0.010 改爲 n＝0.008

第{八/九}期第{107/133}頁{(I)－(c)/(12)}之 公式 $b=\frac{60}{Q+10}\sqrt{Q}$　改爲　$b=\frac{18.5}{Q+10}\sqrt{Q}$

表　　一

兩種流量時控制斷面之底寬與邊坡

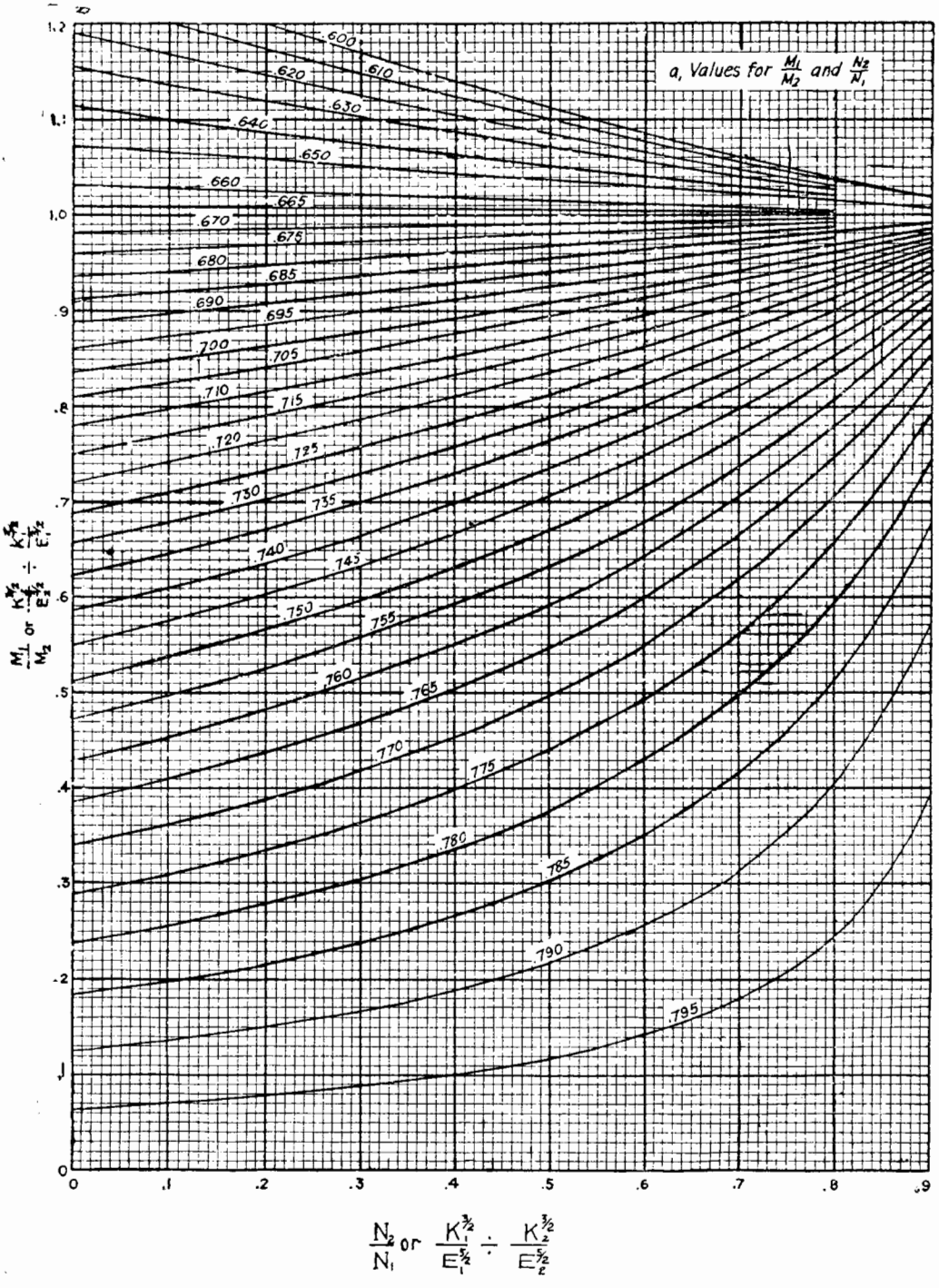


表　二

$M, N, \frac{M^{5/3}}{N} Ma^{3/2}$, 及 $Na^{5/2}$值(a=0.10—0.80)

a	M	N	$\frac{M^{5/3}}{N}$	$Ma^{3/2}$	$Na^{5/2}$	a	M	N	$\frac{M^{5/3}}{N}$	$Ma^{3/2}$	$Na^{5/2}$
.10	14.50	—70.41	— 1.22	.46	—.22	.690	1.633	.301	7.51	.936	.119
.20	7.41	—17.29	— 1.63	.66	—.31	.691	1.623	.315	7.12	.932	.125
.25	5.99	—10.89	— 1.81	.75	—.34	.692	1.614	.329	6.76	.929	.130
.30	5.03	— 7.38	— 2.00	.83	—.36	.693	1.604	.342	6.42	.925	.136
.35	4.34	— 5.23	— 2.21	.90	—.38	.694	1.595	.356	6.11	.922	.142
.40	3.80	— 3.80	— 2.44	.96	—.385	.695	1.585	.370	5.82	.918	.148
.45	3.37	— 2.78	— 2.72	1.02	—.38	.696	1.575	.384	5.55	.915	.155
.50	3.00	— 2.00	— 3.12	1.061	—.354	.697	1.560	.398	5.30	.911	.161
.51	2.93	— 1.86	— 3.22	1.068	—.346	.698	1.556	.412	5.07	.907	.167
.52	2.86	— 1.73	— 3.34	1.073	—.338	.699	1.546	.426	4.85	.903	.173
.53	2.80	— 1.60	— 3.46	1.078	—.328	.700	1.536	.440	4.65	.900	.180
.54	2.73	— 1.48	— 3.61	1.082	—.317	.701	1.526	.454	4.46	.896	.187
.55	2.66	— 1.36	— 3.77	1.086	—.304	.702	1.517	.468	4.28	.892	.193
.56	2.60	— 1.24	— 3.97	1.088	—.290	.703	1.507	.482	4.11	.888	.200
.57	2.53	— 1.12	— 4.20	1.089	—.274	.704	1.496	.497	3.95	.884	.206
.58	2.46	— 1.00	— 4.48	1.088	—.257	.705	1.487	.511	3.79	.880	.213
.59	2.40	— .89	— 4.82	1.087	—.238	.706	1.477	.525	3.65	.876	.220
.60	2.33	— .75	— 5.27	1.083	—.217	.707	1.467	.540	3.51	.871	.227
.61	2.26	— .66	— 5.87	1.078	—.193	.708	1.456	.555	3.38	.867	.234
.62	2.19	— .55	— 6.72	1.070	—.166	.709	1.446	.569	3.25	.863	.241
.63	2.12	— .44	— 8.03	1.060	—.137	.710	1.435	.584	3.13	.858	.248
.64	2.05	— .32	— 10.3	1.048	—.105	.711	1.424	.598	3.02	.854	.255
.65	1.97	— .20	— 15.3	1.033	—.069	.712	1.414	.613	2.91	.849	.263
.660	1.892	— .0819	— 35.3	1.015	—.029	.713	1.403	.629	2.80	.844	.270
.661	1.883	— .0697	— 41.2	1.013	—.025	.714	1.392	.644	2.70	.839	.277
.662	1.875	— .0575	— 49.6	1.011	—.020	.715	1.381	.659	2.60	.835	.285
.663	1.867	— .0452	—662.6	1.009	—.016	.716	1.371	.674	2.51	.830	.293
.664	1.859	— .0329	— 85.4	1.006	—.012	.717	1.360	.690	2.42	.825	.300
.665	1.851	— .0206	—135.	1.003	—.007	.718	1.348	.705	2.33	.820	.308
.666	1.838	.000	00	1.00	0	.719	1.337	.721	2.25	.815	.316
.667	1,835	.00405	679.	1.00	.001	.720	1.326	.737	2.17	.809	.324
.668	1,826	.0166	164.	.997	.006	.721	1.314	.753	2.10	.804	.332
.669	1,818	.0290	93.3	.995	.011	.722	1.303	.768	2.02	.799	.340
.670	1.809	.0418	64.3	.993	.015	.723	1.261	.784	1.95	.793	.348
.671	1.800	.0543	48.9	.990	.020	.724	1.280	.800	1.88	.788	.357
.672	1.792	.0669	39.3	.988	.025	.725	1.268	.817	1.82	.782	.365
.673	1.783	.0795	32.8	.985	.029	.726	1.256	.833	1.75	.777	.374
.674	1.774	.0922	28.1	.983	.034	.727	1.244	.849	1.70	.771	.382
.675	1.766	.105	24.5	.980	.039	.728	1.232	.865	1.64	.765	.391
.676	1.757	.118	21.7	.977	.044	.729	1.220	.882	1.58	.759	.400
.677	1.748	.131	19.4	.975	.049	.730	1.208	.899	1.53	.753	.408
.678	1.739	.143	17.5	.972	.054	.731	1.196	.915	1.47	.747	.417
.679	1.730	.156	15.9	.969	.059	.732	1.184	.932	1.42	.741	.426
.680	1.722	.169	14.6	.966	.064	.733	1.171	.949	1.37	.735	.436
.681	1.713	.182	13.5	.964	.069	.734	1.159	.966	1.33	.728	.445
.682	1.704	.195	12.4	.961	.075	.735	1.146	.983	1.28	.722	.454
.683	1.695	.208	11.6	.958	.080	.736	1.133	1.001	1.23	.715	.464
.684	1.687	.222	10.8	.955	.085	.737	1.120	1.018	1.18	.709	.474
.685	1.678	.235	10.1	.952	.091	.738	1.107	1.036	1.14	.702	.484
.686	1.669	.248	9.47	.949	.096	.739	1.094	1.053	1.10	.695	.493
.687	1.660	.261	8.91	.945	.102	.740	1.081	1.071	1.06	.688	.504
.688	1.651	.275	8.40	.942	.107	.741	1.068	1.089	1.02	.681	.514
.689	1.642	.288	7.94	.939	.113	.742	1.055	1.107	.985	.674	.524

a	M	N	$\frac{M^{5/3}}{N}$	$Ma^{3/2}$	$Na^{5/2}$	a	M	N	$\frac{M^{5/3}}{N}$	$Ma^{3/2}$	$Na^{5/2}$
.743	1.041	1.125	.949	.666	.535	.772	.588	1.722	.240	.400	.902
.744	1.027	1.144	.913	.659	.545	.773	.571	1.745	.225	.388	.917
.745	1.014	1.162	.879	.651	.556	.774	.553	1.769	.210	.376	.932
.746	1.000	1.181	.845	.644	.567	.775	.534	1.793	.196	.365	.948
.747	.986	1.200	.813	.636	.577	.776	.516	1.817	.183	.353	.964
.748	.971	1.219	.781	.628	.589	.777	.497	1.841	.170	.340	.979
.749	.957	1.238	.751	.620	.600	.778	.478	1.865	.157	.328	.996
.750	.943	1.257	.721	.612	.612	.779	.459	1.890	.145	.315	1.013
.751	.928	1.276	.692	.604	.624	.780	.439	1.915	.133	.303	1.029
.752	.914	1.296	.664	.596	.635	.781	.420	1.940	.122	.290	1.046
.753	.899	1.316	.636	.588	.647	.782	.400	1.966	.111	.277	1.063
.754	.884	1.335	.610	.579	.659	.783	.380	1.991	.100	.263	1.080
.755	.869	1.355	.584	.570	.671	.784	.359	2.017	.0903	.250	1.098
.756	.854	1.375	.558	.561	.683	.785	.339	2.044	.0808	.236	1.116
.757	.838	1.396	.534	.552	.696	.786	.318	2.070	.0718	.222	1.134
.758	.823	1.416	.510	.543	.708	.787	.297	2.097	.0632	.207	1.152
.759	.807	1.437	.487	.534	.721	.788	.276	2.124	.0551	.193	1.170
.760	.791	1.457	.465	.525	.734	.789	.254	2.151	.0475	.178	1.189
.761	.776	1.479	.443	.515	.747	.790	.233	2.178	.0404	.163	1.208
.762	.760	1.500	.422	.505	.760	.791	.210	2.206	.0337	.148	1.228
.763	.744	1.521	.401	.495	.774	.792	.188	2.234	.0275	.133	1.247
.764	.727	1.543	.381	.485	.787	.793	.166	2.262	.0220	.117	1.267
.765	.710	1.565	.362	.475	.801	.794	.143	2.291	.0170	.101	1.287
.766	.694	1.586	.343	.465	.815	.795	.120	2.320	.0125	.085	1.308
.767	.677	1.609	.324	.454	.829	.796	.0963	2.349	.0086	.068	1.328
.768	.660	1.631	.307	.444	.843	.797	.0726	2.379	.0053	.052	1.349
.769	.642	1.653	.289	.433	.857	.798	.0487	2.409	.0027	.035	1.371
.770	.625	1.676	.272	.422	.872	.799	.0245	2.440	.0009	.018	1.392
.771	.607	1.699	.256	.411	.887	.800	0	2.471	0	0	1.414

梯形控制斷面解法

梯形控制斷面，有關于六個項目，三項爲已知，三項爲未知，共20種不同配合。此20種配合的解式如下：

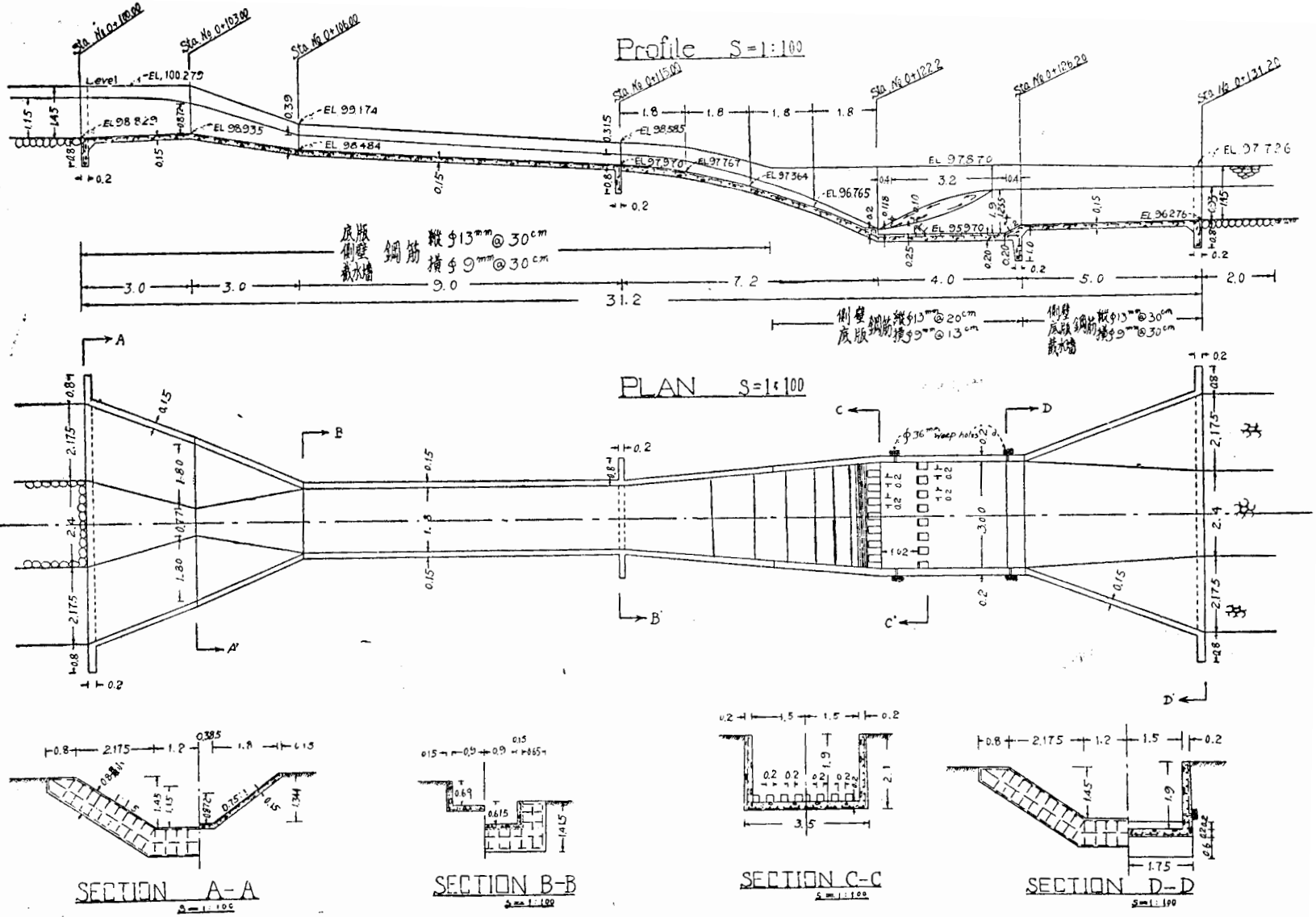
已知	求	解式
Q B_c, E	s.d_c, h_c	用 $B = M\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$ 求 M, a 值可決定 $s = N\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$; $d_c = aE$; $h_c = (1-a)E$
Q, B_c, d_c	s, E, h_c	用 $\frac{B_c d_c^{3/2}}{k^{3/2}} = Ma^{3/2}$ 求 a ; $E = \frac{d_c}{a}$; $h_c = (1-a)E$; $s = N\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$; 有二 a 值可用，即有兩種解答。
Q, B_c .h_c	s, E, d_c	$v = \sqrt{2gh_c}$; $\frac{Q}{v_c} = A_c$; $T_c = \frac{A_c}{2h_c}$ $d_c = \frac{2A_c}{T_c + B_c}$; $s = \frac{T_c - B_c}{2d_c}$; $E = d^c + h_c$

已知	求	解式
Q, s, E	B_c, d_c, h_c	用 $s=N\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$ 求 N 及 a ；
		$B=M\frac{k^{3/2}}{E^{3/2}}$ ； $d_c=aE$ ； $h_c=(1-a)E$
Q, s, d_c	B_c, E, h_c	$\frac{sd_c^{5/2}}{k^{3/2}}=Na^{5/2}$ 求 a ；
		$E=\frac{d_c}{a}$ ； $h_c=E-d_c$ ； $B_c=M\frac{k^{3/2}}{E^{3/2}}$
		負號邊坡有兩個 a 值。
Q, s, h_c	B_c, E, d_c	$v=\sqrt{28h_c}$ ； $\frac{Q}{v_c}=A_c$ ； $T_c=\frac{A_c}{2h_c}$ ；
		$d_c=\frac{2A_c}{T_c+B_c}=\frac{T_c-B_c}{2s}$ ；
		$T_c^2-B_c^2=4A_c s$ ；
		$B_c=\sqrt{T_c^2-4A_c s}$ ； $E=d_c+h_c$
B_c, s, E	Q, d_c, h_c	$\frac{B_c}{sE}=\frac{M}{N}$ 求 $\frac{M}{N}$ 及 a ；
		$v_c=\sqrt{2gh_c}$ ； $Q=(B_c d_c+sd_c^2)v_c$ ；
		$d_c=aE$ ； $h_c=E(1-a)$
B_c, s, d_c	Q, E, h_c	$T_c=B_c+2sd_c$ ； $A_c=B_c d_c+sd_c^2$ ；
		$h_c=\frac{A_c}{2T_c}$ ， $E=d_c+h_c$ ； $v_c=\sqrt{2gh_c}$ ；
		$Q=A_c v_2$
B_c, s, h_c	Q, E, d_c	$2h_c=\frac{A_c}{T_c}=\frac{(B_c+sd_c)d_c}{B_c+2sd_c}$
		$d_c^2+d_c\left(\frac{B_c}{2s}-4h_c\right)=\frac{2h_c B_c}{s}$
		$d_c=\pm\sqrt{\frac{2h_c B_c}{s}+\left(\frac{B_c}{2s}-2h_c\right)^2}-\frac{B_c}{2s}+2h_c$
		如 s 爲“+”號用“+”如 s 爲“−”等用“−”。
		$Q=A_c\sqrt{2gh_c}$ ； $E=d_c+h_c$
Q, B_c, s	E, d_c, h_c	用 $\frac{B_c^{5/3}}{ks}=\frac{M^{5/3}}{N}$ ；求 a
		$E=\left(\frac{M}{B_c}\right)^{2/3}k$ ； $d_c=aE$ ； $h_c=(1-a)E$
Q, E, d_c	B_c, s, h_c	$\frac{d_c}{E}=a$ ； $E-d_c=h_c$ $B_c=M\frac{k^{3/2}}{E^{3/2}}$ ；

已知	求	解法
		$s = N\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$
Q, E, h_c	B, s, d_c	$E-h_c=d_c$; $\frac{d_c}{E}=a$; $B_c=M\frac{k^{3/2}}{E^{2/3}}$; $s=N\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$
B_c, E, d_c	Q, s, h_c	$\frac{d_c}{E}=a$; $h_c=E-d_c$; $k^{3/2}=\frac{B_c}{M}E^{3/2}$; $Q=k^{3/2}\sqrt{g}$; $s=N\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$
s, E, d_c	Q, B_c, h_c	$\frac{d_c}{E}=a$; $h_c=E-d_c$; $k^{3/2}=\frac{s}{N}E^{5/2}$; $Q=k^{3/2}\sqrt{g}$; $B_c=M\frac{k^{3/2}}{E^{3/2}}$
B_c, d_c, h_c	Q, s, E	$d_c+h_c=E$; $\frac{d_c}{E}=a$; $k^{3/2}=\frac{B_c}{M}E^{3/2}$; $Q=k^{3/2}\sqrt{g}$; $s=N\frac{k^{2/3}}{E^{5/2}}$
s, d_c, h_c	Q, B_c, E	$d_c+h_c=E$; $\frac{d_c}{E}=a$; $k^{3/2}=\frac{s}{N}E^{5/2}$; $q=k^{3/2}\sqrt{g}$; $B_c=M\frac{k^{3/2}}{E^{3/2}}$
Q, d_c, h_c	B_c, s, E	$\frac{Q}{\sqrt{g}}=k^{3/2}$; $d+h_c=E$; $\frac{d_c}{E}=a$; $B_c=M\frac{k^{3/2}}{E^{3/2}}$; $s=N\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$
B_c, E, h_c	Q, s, d_c	$E-h_c=d_c$; $\frac{d_c}{E}=a$; $k^{3/2}=\frac{E_c}{M}E^{3/2}$; $Q=k^{3/2}\sqrt{g}$; $s=N\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$
s, E, h_c	Q, B_c d_c	$E-h_c=d_c$; $\frac{d_c}{E}=a$; $k^{3/2}=\frac{s}{N}E^{5/2}$; $Q=k^{3/2}\sqrt{g}$; $B=M\frac{k^{3/2}}{E^{3/2}}$
E, d_c, h_c	Q, B_c, s	$\frac{d_c}{E}=a$; $B_c=M\frac{k^{3/2}}{E^{3/2}}$; $s=N\frac{k^{3/2}}{E^{5/2}}$

Q 值視所用之 k 值而定

註： $k=\frac{Q^{2/3}}{g^{1/3}}$ 流量 Q 流經一單位寬(呎或米)之長方形槽之臨界水深（譯者按，如流水槽爲矩形，則控制處之流速水頭爲臨界深之一半，故 $Q=K\sqrt{2g\frac{K}{2}}$, $K=Q^{2/3}/g^{1/3}$)


Profile S=1:100
Sta No 0+100.00
Sta No 0+103.00
Sta No 0+106.00
Sta No 0+115.00
Sta No 0+122.2
Sta No 0+126.29
Sta No 0+131.20
Level
EL. 100.275
EL 98.829
EL 98.935
EL 99.174
EL 96.484
EL 98.585
EL 97.870
EL 97.767
EL 97.364
EL 96.765
EL 97.870
EL 95.970
EL 96.276
EL 97.726
底版 鋼筋 縱 φ13mm@30cm
側壁 橫 φ9mm@30cm
截水牆
3.0
3.0
9.0
7.2
4.0
5.0
2.0
31.2
側壁 底版 鋼筋 縱 φ13mm@20cm 橫 φ9mm@13cm
側壁 底版 鋼筋 縱 φ13mm@30cm 橫 φ9mm@30cm
截水牆
PLAN S=1:100
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
φ36mm Weep Holes
SECTION A-A
S=1:100
SECTION B-B
S=1:100
SECTION C-C
S=1:100
SECTION D-D
S=1:100