

流出抑制設施排放口對滯洪體積影響之研究

余 濬

台灣省水利技師公會常務理事
(博士、水利技師、水土保持技師)

摘要

依據臺北市政府工務局水利工程處於民國102年10月8日公告「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準」之附件「臺北市基地開發逕流排放量計算表」，流出抑制設施以堰構造控制排放量之種類，計有直角三角堰與矩形堰兩種，本文以Puls水文方程式探討在相同入流量以及相同最大排放量之條件下，直角三角堰與矩形堰兩者之流出抑制設施所需體積之差異，可供日後工程師們之設計參考之用。由本研究可知，於三角形入流量歷線之基期為60分鐘，尖峰到達時間為5分鐘，演算時距 $\Delta t=1$ 分鐘，水深分別以 $y=1.0\text{m}$ 、 $y=2.0\text{m}$ 與 $y=3.0\text{m}$ 時，當洪峰調節係數 $S=90\%$ ，直角三角堰流出抑制設施所需體積為矩形堰流出抑制設施之1.293倍，當 $S=80\%$ ，則為1.214倍，而當 $S=70\%$ ，則為1.168倍。

一、前言

臺北市政府工務局水利工程處於民國102年10月8日公告「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準」，規定除了位於山坡地之建案因已有水土保持計畫必需施作滯洪設施外，其餘位於平地之面積大於 150m^2 以上建案，無論新建、改建或增加建築物第一層樓地板面積行為皆需設置流出抑制設施。流出抑制設施之逕流排放方式，主要分為自然重力式與機械抽排式兩種，其中自然重力式常見以孔口作為排放量控制，依據「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準」之附件「臺北市基地開發逕流排放量計算表」另提及直角三角堰與矩形堰兩種構造，其中直角三角堰作為排放量控制較為少見，而矩形堰則常設置於泥砂較多之地區，因泥砂淤積時係逐漸增高，不會立刻將矩形堰全部填滿，直角三角堰亦有此相同功能，但在相同之滯洪效率下(亦即在相同之水深時，有相同之最大排放量)，何者所需之體積較小，較為節省工程費與用地，此即本文所探討之目的，俾可作為日後工程師們設計之參考。

二、直角三角堰與矩形堰

直角三角堰之流出抑制設施，其構造如圖1所示，流出抑制設施本體為一中空槽體，

上游為流入渠，經過開口形狀為一直角三角形之堰後，最後下游為流出渠，圖2所示為橫斷面圖。至於，矩形堰之流出抑制設施構造與前者大致相同，僅其開口形狀與直角三角堰不同，係呈狹長之矩形，其平面如圖3所示，橫斷面如圖4所示。

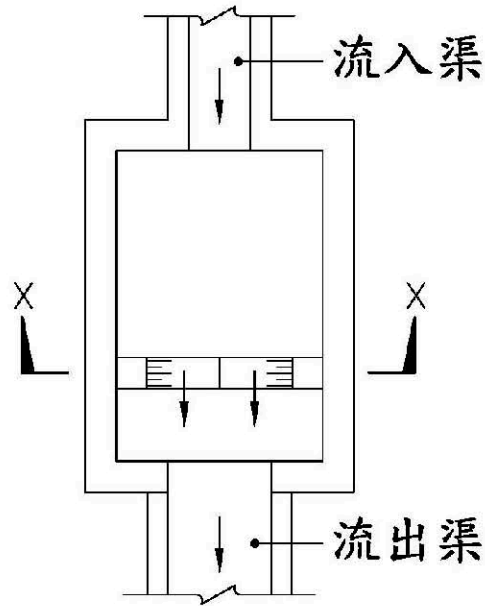


圖1 直角三角堰流出抑制設施平面圖

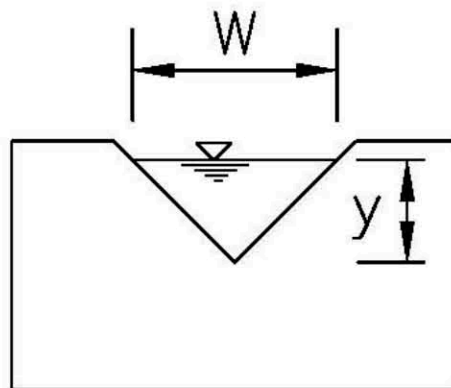


圖2 直角三角堰流出抑制橫斷面(X-X)圖

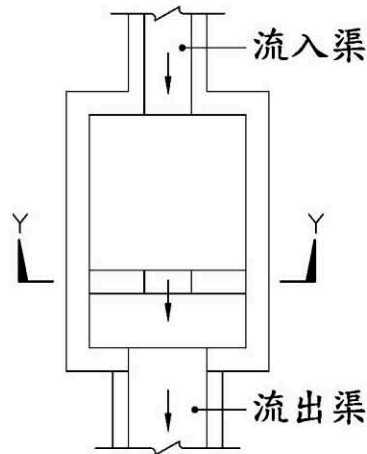


圖3 矩形堰流出抑制設施平面圖

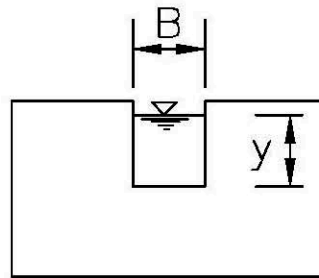


圖4 矩形堰流出抑制橫斷面(Y-Y)圖

三、水理計算方式

3.1 排放量

依據民國102年10月8日「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準」之附件「臺北市基地開發逕流排放量計算表」，直角三角堰之排放量

$$Q=1.47y^{2.5} \quad \dots (1)$$

式中：Q=直角三角堰排放量(cms)，y=水深(m)，

矩形堰之排放量

$$Q=1.767By^{1.5} \quad \dots (2)$$

式中：Q=矩形堰排放量(cms)，B=矩形堰寬度(m)，y=水深(m)，

(A) 當y=1.0m

直角三角堰排放量 $Q=1.47y^{2.5}=1.470$ cms，矩形堰排放量 $Q=1.767By^{1.5}=1.767B$ ，當兩者最大排放量相同時，則 $B=0.832m$ 。y≤1.0m，直角三角堰與之矩形堰之排放量如圖5所示。

(B) 當y=2.0m

$Q=1.47y^{2.5}=8.316$ cms， $Q=1.767By^{1.5}=4.998B$ ，當兩者最大排放量相同時，則 $B=1.664m$ 。

y≤2.0m，直角三角堰與之矩形堰之排放量如圖6所示。

(C) 當 $y=3.0\text{m}$

$Q=1.47y^{2.5}=22.915\text{ cms}$ ， $Q=1.767By^{1.5}=9.182B$ ，當兩者最大排放量相同時，則 $B=2.496\text{m}$ 。

$y \leq 3.0\text{m}$ ，直角三角堰與之矩形堰之排放量如圖7所示。

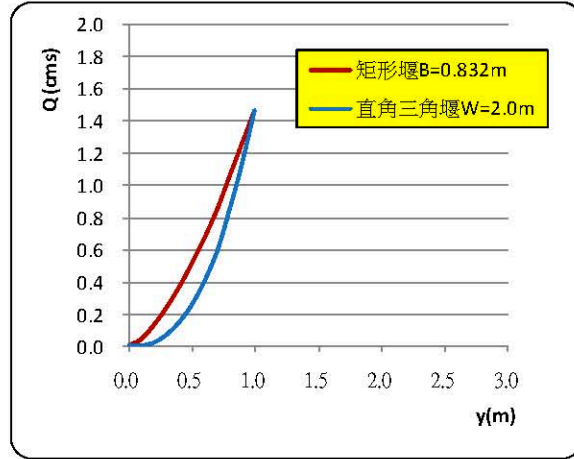


圖5 $y=1.0\text{m}$ 直角三角堰與矩形堰排放量圖

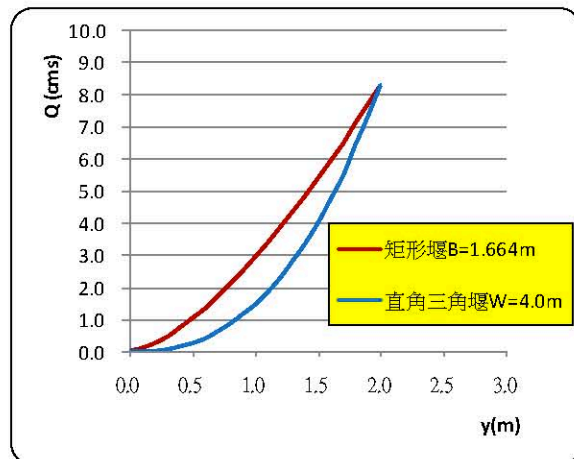


圖6 $y=2.0\text{m}$ 直角三角堰與矩形堰排放量圖

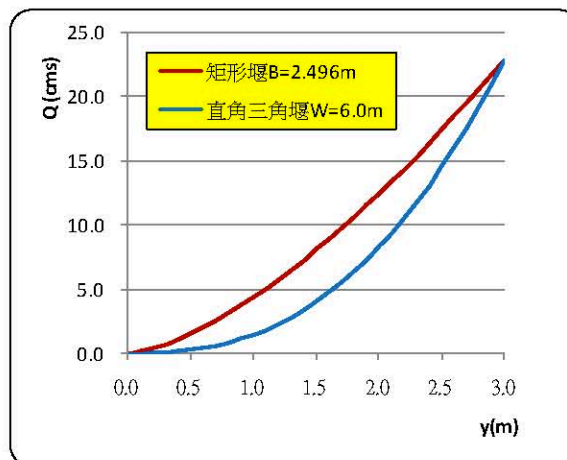


圖7 $y=3.0\text{m}$ 直角三角堰與矩形堰排放量圖

3.2 水文方程式

水理計算採用 Puls 水文方程式，其方程式如下，

$$\frac{dS}{dt} = I - Q \quad \dots (3)$$

式中：S=流出抑制設施體積(或稱貯留量，m³)， I=入流量(cms)， Q=排放量(cms)， t=時距，

$$\frac{S_2 - S_1}{\Delta t} = \frac{I_2 + I_1}{2} - \frac{Q_2 + Q_1}{2}$$

$$\left(\frac{I_2 + I_1}{2}\right)\Delta t + \left(S_1 - \frac{Q_1 \times \Delta t}{2}\right) = S_2 + \frac{Q_2 \times \Delta t}{2} \quad \dots (4)$$

(4)式左邊項為已知值，可求得右邊項，再以先行計算好的

$$\left(S - \frac{Q \times \Delta t}{2}\right) \sim S \sim \left(S + \frac{Q \times \Delta t}{2}\right)$$

之關係求得排放量 Q₂，以此類推重複計算，直至排放量 Q₂ 為 0 或接近 0。

四、水理計算條件

4.1 入流歷線

入流量歷線簡化為三角形，延時為 60 分鐘，尖峰入流量為 I_p，尖峰到達時間為 5 分鐘，演算時距 Δt=1 分鐘。

4.2 洪峰調節係數

洪峰調節係數係指最大排放量與尖峰入流量之比值，本文分別探討為 S=90%、80%、70%三種，亦即當 y=1.0m 時最大排放量為 1.470cms，則尖峰入流量分別為 I_p=1.470÷90%=1.633 cms，I_p=1.470÷80%=1.838cms，I_p=1.470÷70%=2.100 cms。另當 y=2.0m 與 y=3.0m 時，同樣可計算得洪峰調節係數分別為 90%、80%、70%之尖峰入流量如表 1 所示。

表 1 尖峰入流量與排放量表

y(m)	尖峰入流量 I _p (cms)			最大排放量(cms)
	S=90%	S=80%	S=70%	
1.0	1.633	1.838	2.100	1.470
2.0	9.240	10.395	11.880	8.316
3.0	25.461	28.644	32.736	22.915
備註	洪峰調節係數 S=90%	洪峰調節係數 S=80%	洪峰調節係數 S=70%	

4.3 流出抑制設施形狀

流出抑制設施形狀，設定為側壁垂直之槽體。

五、水理計算結果

5.1 當洪峰調節係數 $S=90\%$

A. 當 $y=1.0m$ ，直角三角堰之流出抑制設施面積為 $335m^2$ ，其水理計算結果詳表 2，矩形堰之流出抑制設施面積為 $259m^2$ ，其水理計算結果詳表 3，兩者排放量比較詳圖 8。

表 2 $y=1.0m$ 直角三角堰水理計算表

t(min)	I	I1+I2	2S/t+Q	Q	2S/t-Q	y(m)
0	0		0.000	0	0.000	0.000
1	0.327	0.327	0.327	0.000	0.326	0.029
2	0.653	0.980	1.306	0.007	1.293	0.116
3	0.980	1.633	2.926	0.049	2.827	0.257
4	1.306	2.286	5.113	0.189	4.736	0.440
5	1.633	2.939	7.675	0.487	6.700	0.643
6	1.603	3.236	9.937	0.871	8.195	0.811
7	1.574	3.177	11.372	1.171	9.031	0.913
8	1.544	3.118	12.148	1.348	9.452	0.966
9	1.514	3.058	12.510	1.437	9.636	0.991
10	1.485	2.999	12.634	1.466	9.702	0.999
11	1.455	2.939	12.641	1.470	9.701	1.000
12	1.425	2.880	12.581	1.455	9.670	0.996
13	1.395	2.821	12.491	1.434	9.624	0.990
14	1.366	2.761	12.385	1.408	9.569	0.983
15	1.336	2.702	12.270	1.380	9.511	0.975
16	1.306	2.642	12.153	1.352	9.450	0.967
17	1.277	2.583	12.033	1.324	9.385	0.959
18	1.247	2.524	11.909	1.293	9.323	0.950
19	1.217	2.464	11.787	1.266	9.255	0.942
20	1.188	2.405	11.660	1.236	9.188	0.933
21	1.158	2.346	11.533	1.206	9.121	0.924
22	1.128	2.286	11.407	1.177	9.052	0.915
23	1.099	2.227	11.279	1.149	8.982	0.906
24	1.069	2.167	11.150	1.120	8.909	0.897
25	1.039	2.108	11.017	1.092	8.833	0.888
26	1.009	2.049	10.881	1.065	8.752	0.879
27	0.980	1.989	10.741	1.035	8.671	0.869
28	0.950	1.930	10.601	1.005	8.590	0.859
29	0.920	1.871	10.461	0.976	8.508	0.849
30	0.891	1.811	10.320	0.948	8.424	0.839

註：限於篇幅， $t=30$ 分鐘以下之水理計算結果不予列出。

表 3 $y=1.0\text{m}$ 矩形堰水力計算表

t(min)	I	I1+I2	2S/t + Q	Q	2S/t - Q	y(m)
0	0		0	0	0	0.000
1	0.327	0.327	0.327	0.010	0.307	0.036
2	0.653	0.980	1.286	0.077	1.132	0.140
3	0.980	1.633	2.765	0.233	2.299	0.293
4	1.306	2.286	4.585	0.481	3.623	0.475
5	1.633	2.939	6.562	0.801	4.960	0.667
6	1.603	3.236	8.197	1.096	6.005	0.822
7	1.574	3.177	9.182	1.285	6.613	0.914
8	1.544	3.118	9.731	1.394	6.943	0.965
9	1.514	3.058	10.001	1.448	7.105	0.990
10	1.485	2.999	10.104	1.470	7.164	1.000
11	1.455	2.939	10.103	1.468	7.167	0.999
12	1.425	2.880	10.047	1.457	7.133	0.994
13	1.395	2.821	9.954	1.439	7.075	0.986
14	1.366	2.761	9.836	1.415	7.006	0.975
15	1.336	2.702	9.708	1.389	6.929	0.963
16	1.306	2.642	9.571	1.361	6.849	0.950
17	1.277	2.583	9.432	1.333	6.765	0.937
18	1.247	2.524	9.289	1.306	6.677	0.924
19	1.217	2.464	9.142	1.276	6.589	0.910
20	1.188	2.405	8.994	1.249	6.496	0.897
21	1.158	2.346	8.842	1.218	6.406	0.882
22	1.128	2.286	8.693	1.189	6.315	0.868
23	1.099	2.227	8.542	1.160	6.221	0.854
24	1.069	2.167	8.389	1.132	6.125	0.840
25	1.039	2.108	8.233	1.102	6.030	0.825
26	1.009	2.049	8.078	1.074	5.931	0.811
27	0.980	1.989	7.920	1.044	5.832	0.796
28	0.950	1.930	7.762	1.015	5.733	0.781
29	0.920	1.871	7.603	0.986	5.632	0.766
30	0.891	1.811	7.443	0.957	5.529	0.751

註：限於篇幅， $t=30$ 分鐘以下之水理計算結果不予列出。

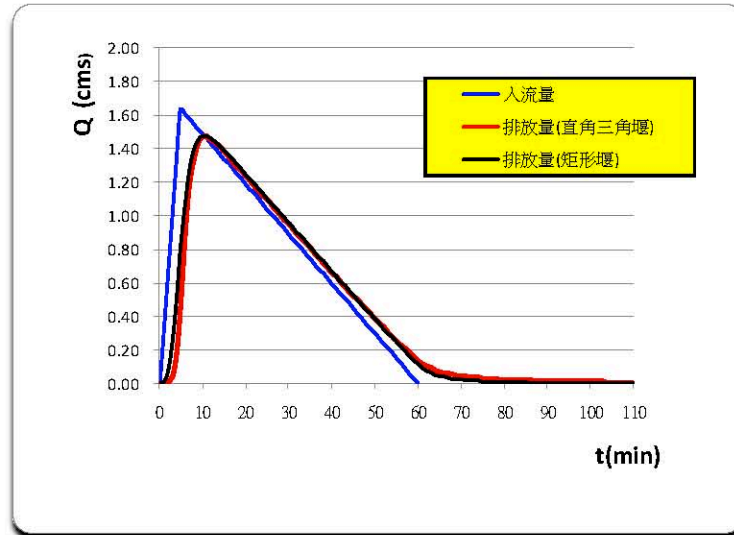


圖 8 直角三角堰與矩形堰排放量圖(S=90%，y=1.0m)

B. 當 $y=2.0\text{m}$ ，直角三角堰之流出抑制設施面積為 944m^2 ，矩形堰之流出抑制設施面積為 730m^2 (其水理計算結果似同表 2、表 3，限於篇幅不予列出，以下同)，兩者排放量比較詳圖 9。

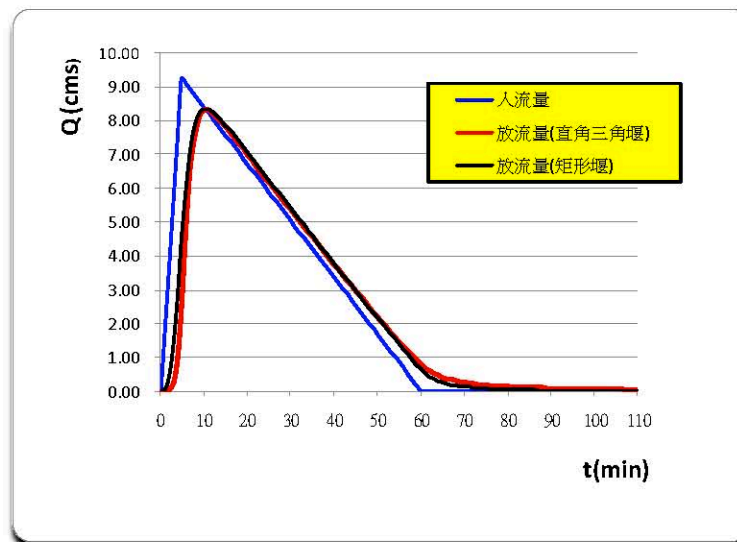


圖 9 直角三角堰與矩形堰排放量圖(S=90%，y=2.0m)

C. 當 $y=3.0\text{m}$ ，直角三角堰之流出抑制設施面積為 1732m^2 ，矩形堰之流出抑制設施面積為 1340m^2 ，兩者排放量比較詳圖 10。

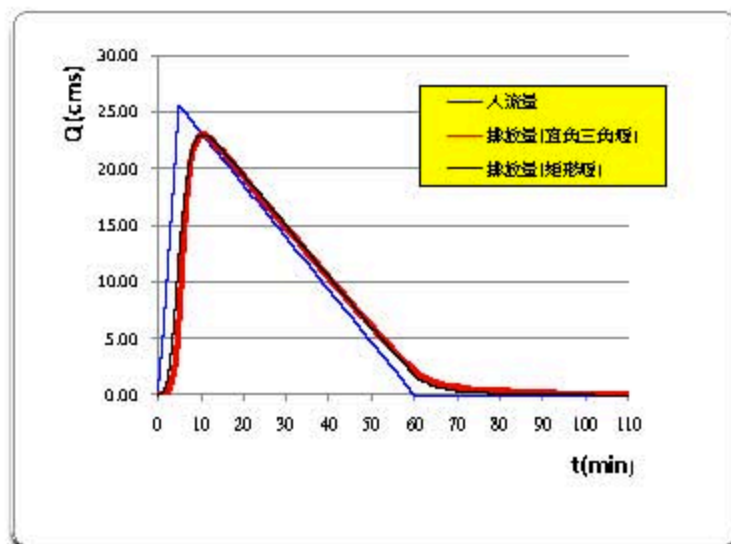


圖 10 直角三角堰與矩形堰排放量圖($S=90\%$ ， $y=3.0\text{m}$)

5.2 當洪峰調節係數 $S=80\%$

A. 當 $y=1.0\text{m}$ ，直角三角堰之流出抑制設施面積為 686m^2 ，矩形堰之流出抑制設施面積為 565m^2 ，兩者排放量比較詳圖 11。

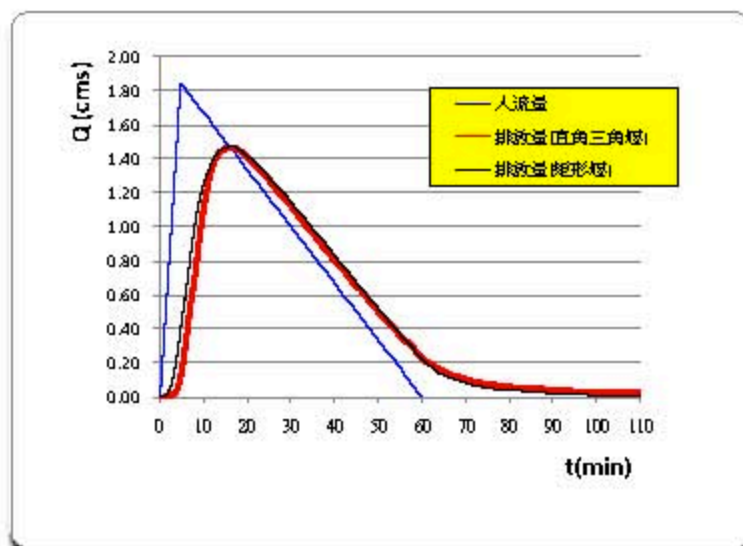


圖 11 直角三角堰與矩形堰排放量圖($S=80\%$ ， $y=1.0\text{m}$)

B.當 $y=2.0\text{m}$ ，直角三角堰之流出抑制設施面積為 1946m^2 ，矩形堰之流出抑制設施面積為 1603m^2 ，兩者排放量比較詳圖 12。

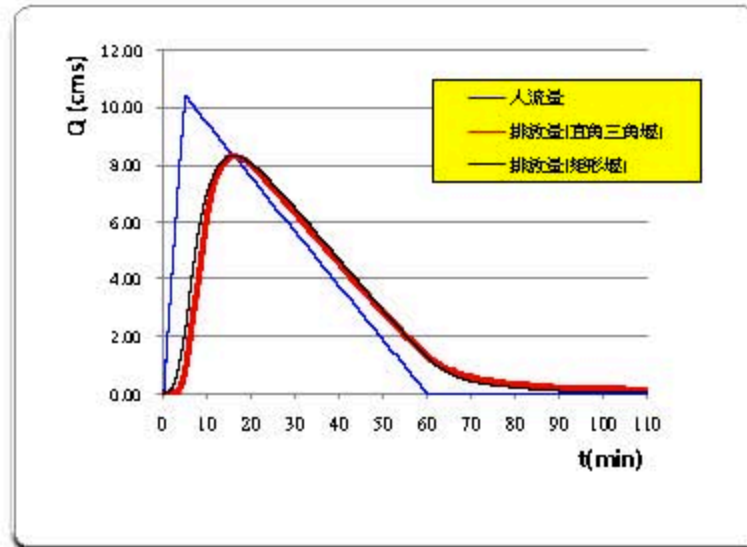


圖 12 直角三角堰與矩形堰排放量圖($S=80\%$ ， $y=2.0\text{m}$)

C.當 $y=3.0\text{m}$ ，直角三角堰之流出抑制設施面積為 3568m^2 ，矩形堰之流出抑制設施面積為 2940m^2 ，兩者排放量比較詳圖 13。

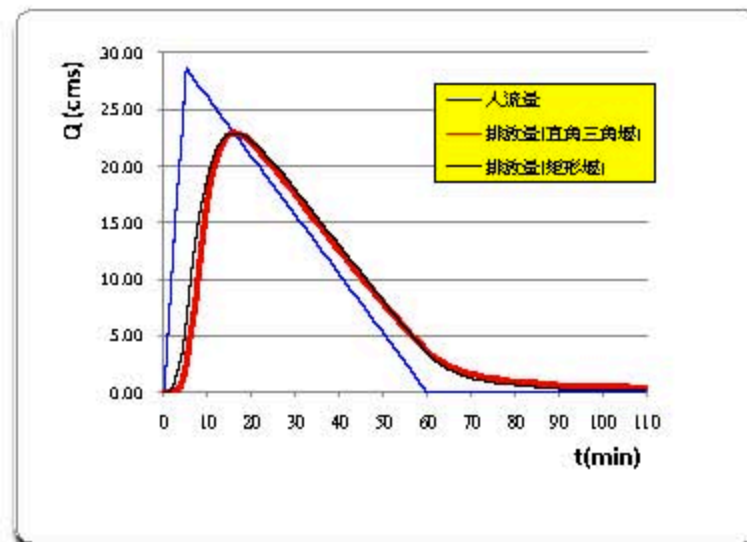


圖 13 直角三角堰與矩形堰排放量圖($S=80\%$ ， $y=3.0\text{m}$)

5.3 當洪峰調節係數 $S=70\%$

A. 當 $y=1.0\text{m}$ ，直角三角堰之流出抑制設施面積為 1150m^2 ，矩形堰之流出抑制設施面積為 985m^2 ，兩者排放量比較詳圖 14。

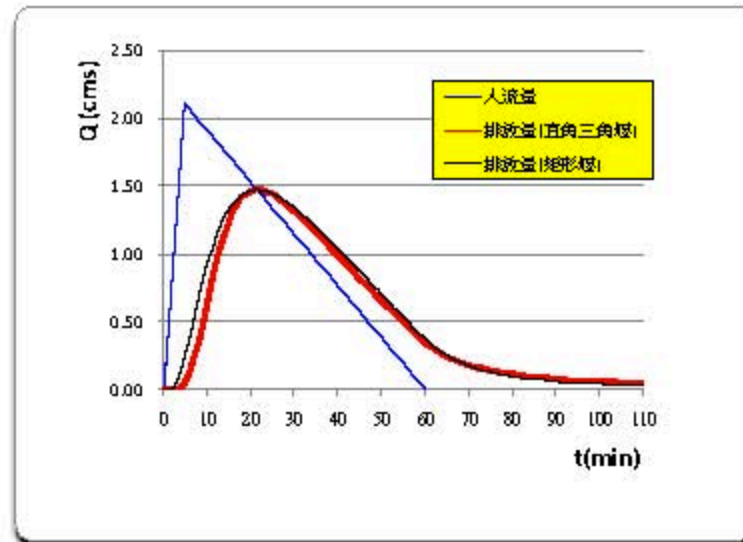


圖 14 直角三角堰與矩形堰排放量圖($S=70\%$ ， $y=1.0\text{m}$)

B. 當 $y=2.0\text{m}$ ，直角三角堰之流出抑制設施面積為 3260m^2 ，矩形堰之流出抑制設施面積為 2790m^2 ，兩者排放量比較詳圖 15。

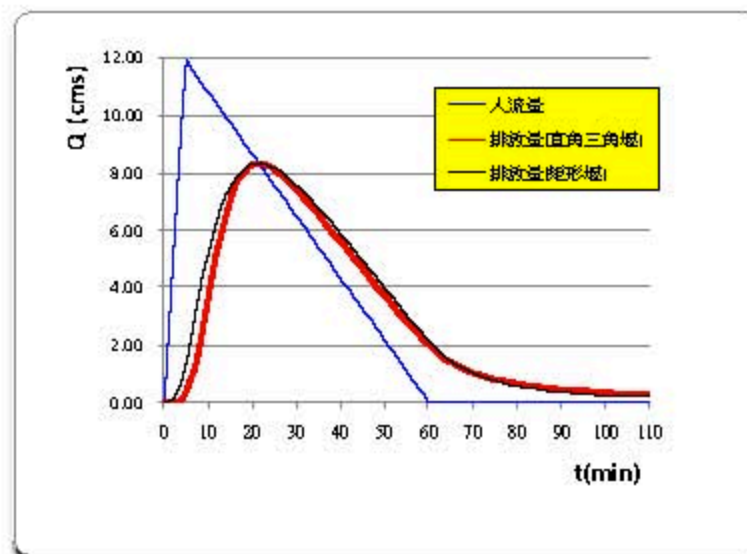


圖 15 直角三角堰與矩形堰排放量圖($S=70\%$ ， $y=2.0\text{m}$)

C.當 $y=3.0\text{m}$ ，直角三角堰之流出抑制設施面積為 5980m^2 ，矩形堰之流出抑制設施面積為 5120m^2 ，兩者排放量比較詳圖 16。

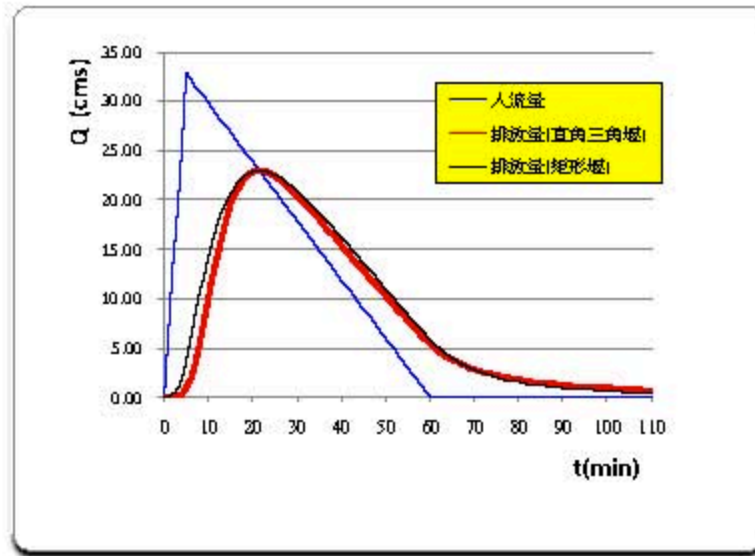


圖 16 直角三角堰與矩形堰排放量圖($S=70\%$ ， $y=3.0\text{m}$)

5.4 水理計算結果整理

茲將5.1節~5.3節水理計算結果，並計算其體積比，列於下表4。

表4 直角三角堰與矩形堰之流出抑制設施體積比表

水深 $y(\text{m})$	洪峰調節係數 $S=90\%$			洪峰調節係數 $S=80\%$			洪峰調節係數 $S=70\%$		
	直角三角堰	矩形堰	體積比	直角三角堰	矩形堰	體積比	直角三角堰	矩形堰	體積比
1.0	335	259	1.293	686	565	1.214	1150	985	1.168
2.0	944	730	1.293	1946	1603	1.214	3260	2790	1.168
3.0	1732	1340	1.293	3568	2940	1.214	5980	5120	1.168

六、 結論與建議

1. 由圖 5~圖 7 可知，矩形堰於相同水深時較直角三角堰有較多之排放量，亦即於相同之條件下，直角三角堰流出抑制設施所需之體積較矩形堰流出抑制設施為多。
2. 依據水理計算結果與表 4 所示，直角三角堰流出抑制設施所需之體積，在洪峰調節係數 $S=90\%$ 時為矩形堰流出抑制設施之 1.293 倍，在 $S=80\%$ 時為 1.214 倍，在 $S=70\%$ 時則為 1.168 倍，隨著洪峰調節係數 S 減低，比例逐漸減少。
3. 在相同之洪峰調節係數 S 時，直角三角堰流出抑制設施所需之體積較矩形堰流出抑制設施增加之比例，與水深無關。
4. 本文僅探討尖峰入流量之到達時間為 5 分鐘，在延時為 60 分鐘中，屬前峰段較大，更進一步之探討可考慮尖峰入流量之到達時間在中間段以及在後峰段之影響與變化。

七、 參考文獻

1. 吳瑞賢、余濬(1996)，「台灣地區山坡地滯留池容量計算方法之比較研究」，台灣水利季刊，第 44 卷第 1 期，pp.53-63。
2. 鄭克聲、陳華庭、葉惠中(1999)，「坡地開發滯留池之水文設計探討」，台灣水利季刊，第 47 卷第 4 期。
3. 行政院農業委員會(2013)，水土保持技術規範。
4. 臺北市政府(2013)，「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準」。
5. 余濬(2014)，山坡地排水與滯洪設計(三版)，科技圖書股份有限公司。
6. Akan, A. O. (1990), "Single-Outlet Detention-pond Analysis and Design," J. Irrigation and Drainage Engrg., ASCE, 116(4), pp.527-536.
7. 下水道雨水調整池技術基準 (案) (昭和 59 年)，日本下水道協會。
8. 雨水貯留施設之計畫與設計(昭和 61 年)，都市水文研究，山海堂。
9. 調節池之計畫與設計(昭和 63 年)，都市水文研究，山海堂。

投稿 106.04.21
校稿 106.04.24
定稿 106.04.26