

## 箱涵底部兩側截角對流速流量影響之研究

余 濬

台北市水利技師公會顧問  
(博士、水利技師、水土保持技師)

### 一、前言

雨水下水道幹線主要有箱涵與涵管兩種構造，其中涵管通常全為預鑄成品，施工較為快速，常見使用之尺寸在直徑 2.0 m 以下，超過直徑 2.0 m 時，一般改為採用箱涵。箱涵之斷面多為正方形，或因地勢坡度或水位關係亦有採用矩形者。早期國內箱涵底部兩側大多無三角形截角，最近則改為有三角形截角，且佈設有鋼筋，對於箱涵結構安全更有助益。

箱涵底部兩側如有三角形截角，除了加強結構安全之考量外，由於箱涵斷面之局部改變，將也影響流速與流量之變化，於做水理計算時，即應依照實際斷面求算流速與流量，但常見有以無截角之斷面(亦即矩形)來計算流速與流量之簡便法，本文即是以政府機關公布之箱涵標準圖其中常見之箱涵斷面以及三角形截角尺寸，探討當箱涵底部兩側有三角形截角之流速與流量，若以無截角斷面(亦即矩形)之簡便法來計算流速與流量，並分析流速之差異百分比與流量之差異百分比；此外，本文亦探討當箱涵底部兩側之三角形截角，若改換成矩形截角時，其流速與流量之變化情形；最後，由於箱涵之設計常受到最大流速之限制，像是雨水下水道設計規範就規定  $V_{max} \leq 3.0$  m/s，因此本文於箱涵底部兩側有矩形截角之情況下，假設再於底部中間另增加一相同斷面之截角，同樣探討其流速與流量之變化情形，尤其流速之降低幅度，是否對於對箱涵之設計有所幫助，可作為工程師規劃設計時之參考。

### 二、箱涵底部兩側三角形截角

早期國內有些雨水下水道箱涵構造，其底部兩側並無三角形截角，詳見圖 2.1，台灣省交通處公路局之箱涵構造詳見圖 2.2，底部兩側有三角形截角，其三角形截角寬與高皆為箱涵寬之 1/10，近些年內政部營建署與台北市政府工務局公布之箱涵構造標準圖，底部兩側亦皆有三角形截角，詳見圖 2.3，內政部營建署之箱涵頂厚  $H_1$ =壁厚  $W_1$ ，其三角形截角寬  $W_1$ =截角高  $H_1$ ，而台北市政府工務局公布之箱涵，未必全都  $H_1=W_1$ ，而係與覆土深度、箱涵寬與箱涵高等因素變化而有所不同。

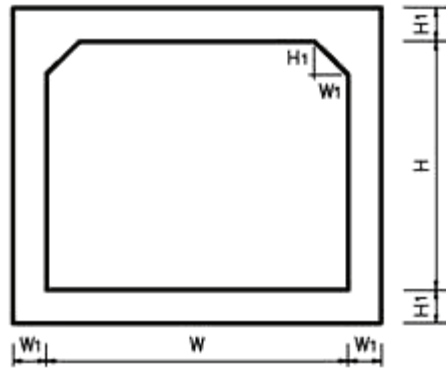


圖 2.1 箱涵構造圖(底部無三角形截角)

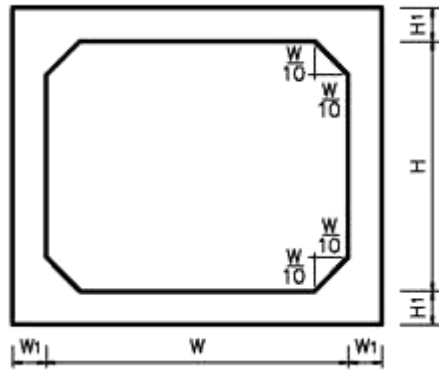


圖 2.2 箱涵構造圖(底部有三角形截角，寬與高皆為箱涵寬之 1/10)

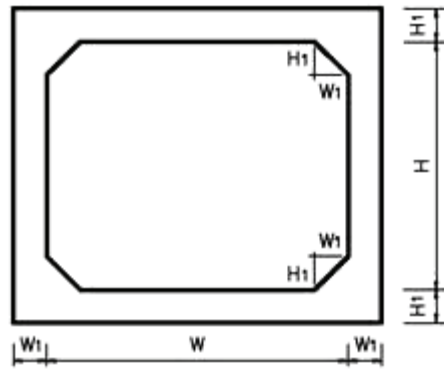


圖 2.3 箱涵構造圖(底部有三角形截角，寬與高非固定值)

### 三、水理計算參數

國內等速流多以曼寧(Manning)公式計算平均流速，以及連續方程式計算流量，曼寧公式如下：

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (3.1)$$

式中，V：流速 (m/s)

n：曼寧粗糙係數，或稱粗糙率、曼寧糙度

P：潤週 (或稱潤周長、濕周，m)

A：通水斷面積 (m<sup>2</sup>)

R：水力半徑 R=A/P

S：渠道坡度

，連續方程式如下：

$$Q=AV \quad (3.2)$$

式中，Q：流量 (cms)

V：流速 (m/s)

A：通水斷面積 (m<sup>2</sup>)

#### 3.1 有三角形截角箱涵之水理參數

有三角形截角箱涵其圖形與尺寸如圖 3.1 所示，

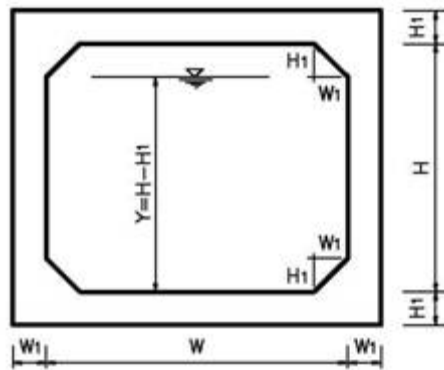


圖 3.1 有三角形截角箱涵圖

圖中符號：箱涵寬=W，箱涵高=H，三角形截角寬=W<sub>1</sub>，三角形截角高=H<sub>1</sub>，其中設計水深係計算至頂部之三角形截角底端，亦即 Y=H-H<sub>1</sub> (以下同)，

$$\text{通水斷面積 } A = W \times Y - 2 \times \frac{W_1 \times H_1}{2} = WY - W_1 Y_1 \quad (3.3)$$

$$\text{潤周長 } P = 2Y + W - 2W_1 - 2H_1 + 2(W_1^2 + H_1^2)^{0.5} \quad (3.4)$$

### 3.2 無三角形截角箱涵之水理參數

底部無三角形截角箱涵其圖形與尺寸如圖 3.2 所示，

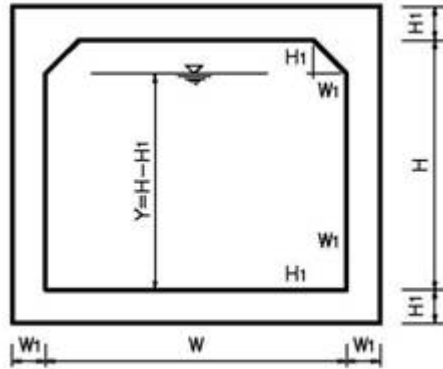


圖 3.2 無三角形截角箱涵圖

$$\text{通水斷面積 } A = W \times Y = WY \quad (3.5)$$

$$\text{潤周長 } P = 2Y + W \quad (3.6)$$

### 3.3 矩形截角箱涵之水理參數

三角形截角若改成矩形截角，較易施工，矩形截角箱涵其圖形與尺寸如圖 3.3 所示，

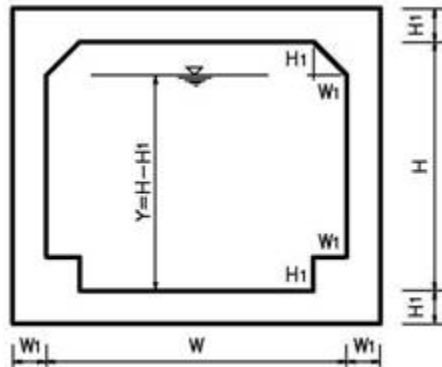


圖 3.3 矩形截角箱涵圖

$$\text{通水斷面積 } A = W \times Y - 2 W_1 \times Y_1 = WY - 2W_1Y_1 \quad (3.7)$$

$$\text{潤周長 } P = 2Y + W \quad (3.8)$$

### 3.4 矩形截角另增加中間截角箱涵之水理參數

當箱涵有矩形截角又增加一個中間截角，其圖形與尺寸如圖 3.4 所示。

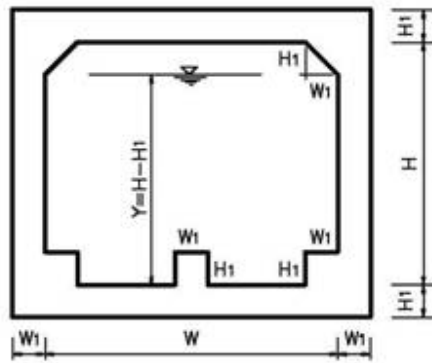


圖 3.4 矩形截角又增加一個中間截角箱涵圖

$$\text{通水斷面積 } A = W \times Y - 3 W_1 \times Y_1 = WY - 3W_1Y_1 \quad (3.9)$$

$$\text{潤周長 } P = 2Y + W + W_1 + Y_1 \quad (3.10)$$

#### 四、水理計算結果與比較

依據台北市政府工務局公布之箱涵構造標準圖，選用七種箱涵斷面(覆土深 0~0.99m 時)與截角之尺寸如下，並以渠道坡度  $S=0.001$ ，粗糙率  $n=0.015$  為例，

- (1)  $W \times H = 2.0 \times 2.0\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.33 \times 0.32\text{m}$ ，
- (2)  $W \times H = 2.5 \times 2.5\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.35 \times 0.35\text{m}$ ，
- (3)  $W \times H = 3.0 \times 3.0\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.37 \times 0.37\text{m}$ ，
- (4)  $W \times H = 3.5 \times 3.5\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.42 \times 0.42\text{m}$ ，
- (5)  $W \times H = 4.0 \times 4.0\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.46 \times 0.46\text{m}$ ，
- (6)  $W \times H = 4.5 \times 4.5\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.50 \times 0.50\text{m}$ ，
- (7)  $W \times H = 5.0 \times 5.0\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.52 \times 0.52\text{m}$ ，

A. 利用 (3.1) ~ (3.2) 式及 (3.3) ~ (3.4) 式計算底部兩側有三角形截角箱涵之流速  $V$  與流量  $Q$ ，結果如表 4.1.1。

表 4.1.1 三角形截角箱涵流速、流量計算表

粗糙率 n	坡度 S	箱涵寬 W(m)	水深 Y(m)	截角寬 $\Delta W_1$ (m)	截角高 $\Delta Y_1$ (m)	流速 V(m/s)	流量 Q(cms)
0.015	0.001	2.0	1.68	0.33	0.32	1.588	5.168
0.015	0.001	2.5	2.15	0.35	0.35	1.850	9.717
0.015	0.001	3.0	2.63	0.37	0.37	2.095	16.243
0.015	0.001	3.5	3.08	0.42	0.42	2.323	24.632
0.015	0.001	4.0	3.54	0.46	0.46	2.541	35.443
0.015	0.001	4.5	4.00	0.50	0.50	2.750	48.813
0.015	0.001	5.0	4.48	0.52	0.52	2.953	65.349

B.利用 (3.1) ~ (3.2) 式及 (3.5) ~ (3.6) 式計算底部兩側無截角 (亦即矩形) 箱涵之流速  $V_1$  與流量  $Q_1$ ，結果如表 4.2.1、表 4.2.2，並將表 4.2.2 結果繪成圖 4.1.1 與圖 4.1.2。

表 4.2.1 無截角箱涵流速、流量計算表

粗糙率 n	坡度 S	箱涵寬 W(m)	水深 Y(m)	截角寬 $\Delta W_1$ (m)	截角高 $\Delta Y_1$ (m)	流速 $V_1$ (m/s)	流量 $Q_1$ (cms)
0.015	0.001	2.0	1.68	0	0	1.544	5.188
0.015	0.001	2.5	2.15	0	0	1.802	9.686
0.015	0.001	3.0	2.63	0	0	2.045	16.135
0.015	0.001	3.5	3.08	0	0	2.268	24.449
0.015	0.001	4.0	3.54	0	0	2.483	35.159
0.015	0.001	4.5	4.00	0	0	2.688	48.384
0.015	0.001	5.0	4.48	0	0	2.889	64.714

表 4.2.2 無截角箱涵流速、流量比較表

箱涵寬 W(m)	水深 Y(m)	流速比 $V_1/V$	流量比 $Q_1/Q$
2.0	1.68	0.972	1.004
2.5	2.15	0.974	0.997
3.0	2.63	0.976	0.993
3.5	3.08	0.976	0.993
4.0	3.54	0.977	0.992
4.5	4.00	0.977	0.991
5.0	4.48	0.978	0.990

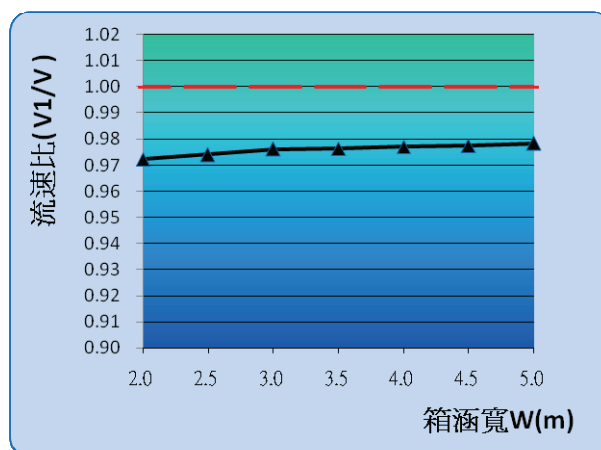


圖 4.1.1 無截角箱涵流速比較圖

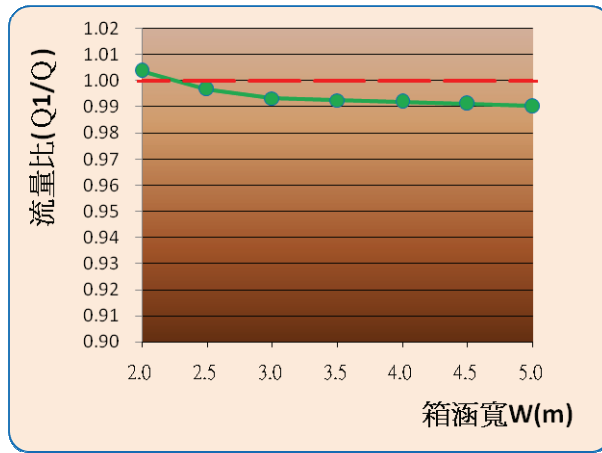


圖 4.1.2 無截角箱涵流量比較圖

C.利用 (3.1) ~ (3.2) 式及 (3.7) ~ (3.8) 式計算底部兩側有矩形截角箱涵之流速  $V_2$  與流量  $Q_2$ ，結果如表 4.3.1、表 4.3.2，並將表 4.3.2 結果繪成圖 4.2.1 與圖 4.2.2。

表 4.3.1 矩形截角箱涵流速、流量計算表

粗糙率 n	坡度 S	箱涵寬 W(m)	水深 Y(m)	截角寬 ■W1(m)	截角高 ■Y1(m)	流速 V2(m/s)	流量 Q2(cms)
0.015	0.001	2.0	1.68	0.33	0.32	1.479	4.657
0.015	0.001	2.5	2.15	0.35	0.35	1.747	8.962
0.015	0.001	3.0	2.63	0.37	0.37	1.997	15.210
0.015	0.001	3.5	3.08	0.42	0.42	2.218	23.128
0.015	0.001	4.0	3.54	0.46	0.46	2.433	33.422
0.015	0.001	4.5	4.00	0.50	0.50	2.638	46.165
0.015	0.001	5.0	4.48	0.52	0.52	2.843	62.146

表 4.3.2 矩形截角箱涵流速、流量比較表

箱涵寬 W(m)	水深 Y(m)	流速比 V2/V	流量比 Q2/Q
2.0	1.68	0.931	0.901
2.5	2.15	0.944	0.922
3.0	2.63	0.953	0.936
3.5	3.08	0.955	0.939
4.0	3.54	0.957	0.943
4.5	4.00	0.959	0.946
5.0	4.48	0.963	0.951

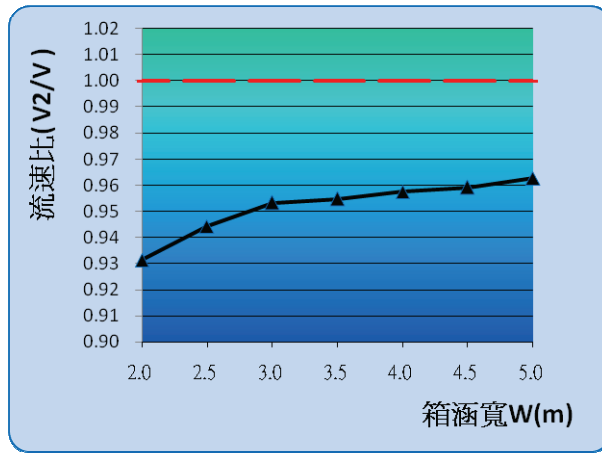


圖 4.2.1 矩形截角箱涵流速比較圖

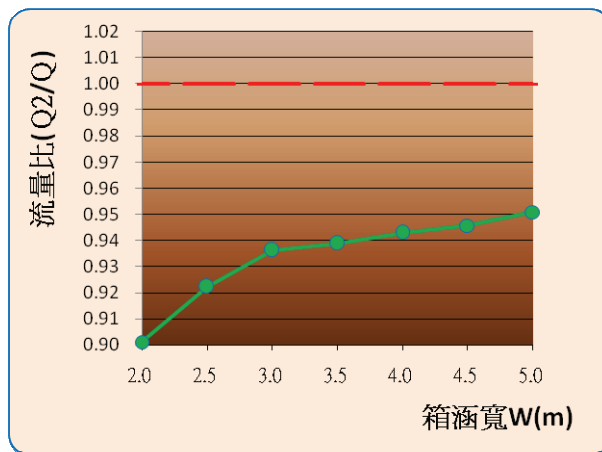


圖 4.2.2 矩形截角箱涵流量比較圖

D.利用 (3.1) ~ (3.2) 式及 (3.9) ~ (3.10) 式計算底部兩側有矩形截角並於中間又增加一個截角(亦即三個截角)箱涵之流速  $V_3$  與流量  $Q_3$ ，結果如表 4.4.1、表 4.4.2，並將表 4.4.2 結果繪成圖 4.3.1 與圖 4.3.2。

表 4.4.1 三個矩形截角箱涵流速、流量計算表

粗糙率 n	坡度 S	箱涵寬 W(m)	水深 Y(m)	截角寬 3■W1(m)	截角高 3■Y1(m)	流速 V3(m/s)	流量 Q3(cms)
0.015	0.001	2.0	1.68	0.33	0.32	1.341	4.081
0.015	0.001	2.5	2.15	0.35	0.35	1.610	8.062
0.015	0.001	3.0	2.63	0.37	0.37	1.863	13.934
0.015	0.001	3.5	3.08	0.42	0.42	2.075	21.270
0.015	0.001	4.0	3.54	0.46	0.46	2.283	30.878
0.015	0.001	4.5	4.00	0.50	0.50	2.482	42.815
0.015	0.001	5.0	4.48	0.52	0.52	2.687	58.009



表 4.4.2 三個矩形截角箱涵流速、流量比較表

箱涵寬 W(m)	水深 Y(m)	流速比 V3/V	流量比 Q3/Q
2.0	1.68	0.844	0.790
2.5	2.15	0.870	0.830
3.0	2.63	0.889	0.858
3.5	3.08	0.893	0.864
4.0	3.54	0.898	0.871
4.5	4.00	0.903	0.877
5.0	4.48	0.910	0.888

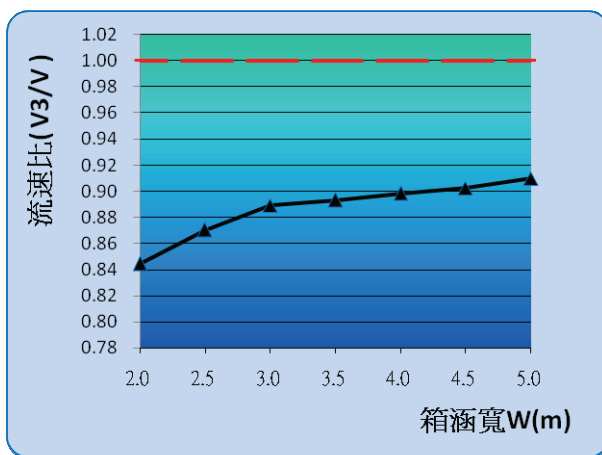


圖 4.3.1 三個矩形截角箱涵流速比較圖

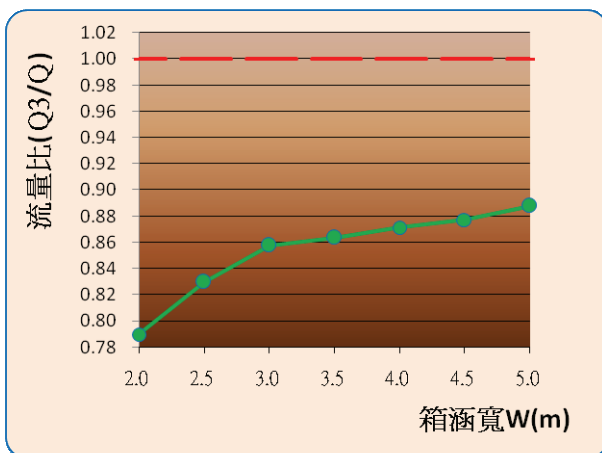


圖 4.3.2 三個矩形截角箱涵流量比較圖

## 五、結論與建議

1. 早期國內箱涵底部兩側大多無三角形截角，近些年則改為有三角形截角，三角形截角之功能主要為加強箱涵結構安全，並非以改善流速與流量為目的，惟由於箱涵斷面之局部改變，將也影響流速與流量之變化。本文以台北市政府工務局公布之箱涵構造標準圖，選用以下當覆土深 0~0.99m 時七種箱涵斷面（ $W$  為箱涵寬  $H$  為箱涵高）與截角之尺寸：
  - (1)  $W \times H = 2.0 \times 2.0\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.33 \times 0.32\text{m}$ ，
  - (2)  $W \times H = 2.5 \times 2.5\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.35 \times 0.35\text{m}$ ，
  - (3)  $W \times H = 3.0 \times 3.0\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.37 \times 0.37\text{m}$ ，
  - (4)  $W \times H = 3.5 \times 3.5\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.42 \times 0.42\text{m}$ ，
  - (5)  $W \times H = 4.0 \times 4.0\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.46 \times 0.46\text{m}$ ，
  - (6)  $W \times H = 4.5 \times 4.5\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.50 \times 0.50\text{m}$ ，
  - (7)  $W \times H = 5.0 \times 5.0\text{m}$ ， $W_1 \times H_1 = 0.52 \times 0.52\text{m}$ ，並以以渠道坡度  $S = 0.001$ ，粗糙率  $n = 0.015$  為例，計算其流速與流量。
2. 以有三角形截角箱涵之流速與流量為基準比較，由圖 4.1.1 可知，若以無三角形截角箱涵計算（亦即常見之簡便法），其流速較小，流速比在 0.972~0.978（詳表 4.2.2），差異最大約 3%；另由圖 4.1.2 可知，流量亦較小（除了  $W \times H = 2.0 \times 2.0\text{m}$  之 1.004 為稍大外），流量比在 0.997~0.990（詳表 4.2.2），差異不大僅約 1% 以下。
3. 同樣以有三角形截角箱涵之流速與流量為基準比較，由圖 4.2.1 可知，若以矩形截角箱涵計算，其流速變小，流速比在 0.931~0.963（詳表 4.3.2），差異最大約 7%；另由圖 4.2.2 可知，流量亦變小，流量比在 0.901~0.951（詳表 4.3.2），差異最大約 10%。
4. 仍然以有三角形截角箱涵之流速與流量為基準比較，由圖 4.3.1 可知，若以矩形截角箱涵於中間又增加一個中間截角（亦即三個截角），其流速變小，流速比在 0.844~0.910（詳表 4.4.2），差異最大約 16%；另由圖 4.3.2 可知，流量亦變小，流量比在 0.790~0.888（詳表 4.4.2），差異最大約 21%。
5. 就降低箱涵流速之觀點而言，矩形截角箱涵  $W \times H = 2.0 \times 2.0\text{m}$  較三角形截角箱涵之流速降低可達 7%，且箱涵斷面愈小，流速降低愈多，依據內政部營建署「下水道工程設施標準」，箱涵最小之寬、高不得小於 1.2m，但台北市政府工務局公布之箱涵構造標準圖卻缺少  $W \times H = 2.0 \times 2.0\text{m}$  以下之斷面與截角之尺寸，建議台北市政府工務局能補上  $W \times H = 2.0 \times 2.0\text{m}$  以下之斷面與截角之尺寸，除了可供設計時參考之外，亦可供作進一步分析矩形截角箱涵之降低流速功能。

參考文獻

內政部(2009)，市區道路及附屬工程設計規範。

內政部營建署標準圖（2002），基層公共工程基本圖彙編-單孔鋼筋混凝土箱涵鋼筋表，圖號 DR-005。

內政部營建署標準圖（2003），基層公共工程基本圖彙編-單孔鋼筋混凝土箱涵，圖號 DR-004。

內政部營建署（2009），下水道工程設施標準。

內政部營建署（2010），雨水下水道設計指南。

內政部營建署（2010），雨水下水道系統規劃原則檢討。

台北市政府工務局工程標準圖（2009），類別：水利工程，圖名：單、雙孔鋼筋混凝土箱涵詳圖，圖號 21/B。

台北市政府工務局工程標準圖（2009），類別：水利工程，圖名：單孔鋼筋混凝土箱涵鋼筋表，圖號 22/B。

台北市政府（2010），臺北市下水道工程設施標準。

台北市政府（2010），臺北市雨水下水道設施規劃設計規範。

台灣省交通處公路局（1983），道路工程標準圖。

投稿 104.03.17

校稿 104.04.24

定稿 104.05.07