

## 第五章 河川水理特性分析

### 一、河川型態特性分析

磺溪主流發源於大屯火山群七星山北麓(標高約 1,120 公尺)，幹流長約 13.75 公里，流域面積 50.8 平方公里，其中標高 100 公尺以上山區約佔全流域面積 83%，治理河段平均坡度約為 0.01743，屬急流型之河川。本次規劃河段自上磺溪橋至河口全長約 10.8 公里之河川型態，採用民國 78 年、95 年及 97 年之斷面測量資料以及民國 65 年、73 年、80 年及 95 年航空照片等資料，本次檢討依據「台灣地區河川型態分類技術手冊」之五層分類方式，針對第二層主流特性、第三層縱橫剖面特性等方面進行探討：

#### (一)第二層主流特性

本節係從正射角度觀察分析主流之平面特性。河川主流之河相演變係由「來水來砂條件、侵蝕基準面條件及河床邊界條件」等三種條件為基礎，依地質營力、地形區位、數十年重現期距之洪水與岩石泥沙，經過長時間的交互作用及人為工程的干預，逐漸發展出不同的地形特性及河床質特性，此二種特性彼此間之互相調整，而形成目前河川主流所展現之河相。據此，本次檢討就磺溪依地形特性及河床質特性分別探討如下：

#### 1.地形特性

本治理規劃檢討河段地形特性，依據「台灣地區河川型態分類技術手冊」地形區分表(如表 5-1)來劃分不同之地形區位；依表，治理起點上磺溪橋(斷面 26)至無名橋上游(斷面 16-11)屬丘陵地形，無名橋上游(斷面 16-11)以下至治理終點河口(斷面 0)屬平原地形。

表 5-1 地形區分表

地形	高程	平均坡度
山地	>1000 公尺	—
丘陵	100~1000 公尺	>5%
台地	100~1000 公尺	<5%
平原	<100 公尺	—

摘自：「台灣地區河川型態分類技術手冊」

## 2.河床質特性

本溪河床岩石因受硫磺質浸染而成黃褐色，為本溪之特色亦因此而命名為磺溪；有關河床質特性代表河床質的組成，主要受河床邊界條件影響，即不同地質條件下發展出不同的河床質。依據美國地球物理學會(AGU) 的泥砂粒徑分類標準，利用 D50 將河床質分成岩床(bedrock)、塊石(boulder)、卵石(cobble)、礫石(gravel)、砂粒(sand)與粉土/粘土(silt/clay)等六大類，分級標準如表 5-2 所示。

表 5-2 河床質粒徑分類表

河床質類型	D <sub>50</sub>	粒徑範圍 (mm)	形體描述
粉土 / 粘土 (silt/clay)	<0.062	<2 <sup>-4</sup>	細料，踩踏或壓揉有黏性
砂粒(sand)	0.062~2	2 <sup>-4</sup> ~2	細料，搓揉時有砂質感
礫石(gravel)	2~64	2~2 <sup>6</sup>	長度小於雞蛋之石頭
卵石(cobble)	64~256	2 <sup>6</sup> ~2 <sup>8</sup>	長度大於雞蛋、小於手肘之石頭
塊石(boulder)	256~4096	2 <sup>8</sup> ~2 <sup>12</sup>	長度大於手肘之石頭
岩床(bedrock)	—		—

本次河床質粒徑分析係根據民國 97 年 11 月完成之『礮溪治理規劃檢討—外業測量』中河床質採樣分析成果，其河床質採樣粒徑分析結果如表 5-3、5-4，採樣位置圖如圖 5-1；由河床質分佈縱向變化可知，河床質粒徑由上游往下游逐漸變小。現場河床質採樣分析結果上游上礮溪橋(斷面 26)至無名橋(斷面 15-01)平均粒徑(dm)介於 34~120mm 間，中游無名橋(斷面 15-01)至礮溪中橋(斷面 08)平均粒徑(dm)介於 98~136mm 間，下游礮溪中橋(斷面 08)至河口(斷面 0)平均粒徑(dm)介於 0.3~49.87mm 間。

河床質的組成粒徑大小，代表河床受水流沖擊時，其抵抗沖蝕之能力或輸砂的程度，粒徑越大，則其越不容易受水流帶動；而組成粒徑越小，越容易受到水流帶動，含砂量越容易提高。依據 78 年及 97 年河床質粒徑分析資料，78 年自斷面 2-11 以下至河口河段，河床質粒徑  $D_{50}$  介於 0.40~0.58mm，型態分類為砂粒；斷面 2-11~7 河段， $D_{50}$  介於 2.4~43mm，分類為礫石，自斷面 7 以上至上礮溪橋河段， $D_{50}$  介於 40~145mm，分類為礫石-卵石。97 年自斷面 4-11 以下至河口，河床質代表性採樣粒徑  $D_{50}$  約為 0.29mm，型態分類為砂粒；自斷面 4-11 以上至斷面 7-1 河段， $D_{50}$  介於 10.52~36.07mm，型態分類大部份為礫石；自斷面 7-1 以上至上礮溪橋河段， $D_{50}$  介於 24.51~104.73mm，型態分類大部份分類為礫石，少數幾個斷面為卵石-塊石。由上述結果顯示，自斷面 15 以下至河口河段，河床質有逐漸細化現象，其抗沖蝕之能力略有逐漸降低趨勢；惟在 78~97 年間僅有兩組資料，其河床質是否依此特色變化，有待更多資料加以佐證，其縱向變化比較詳如圖 5-2。

表 5-3 礮溪主流河床質各粒徑停留百分率分析表

斷面	河心累 距	粒 徑 別 (mm)														
		No. 200	No. 100	No. 60	No. 40	No. 20	No. 10	No. 4	3/8"	3/4"	1 1/2"	3"	6"	8"	12"	18"
01-01	396	2.48	32.2	62.29	1.84	0.06	0.02	0.42	0	0	0	0	0	0	0	0
04-11	1679	0.5	1.31	2.71	6.42	8.07	7.17	3.97	7.47	13.31	26.13	15.23	5.6	1.63	0	0
07-1	2796	0.74	3.72	8.79	18.07	10.66	4.98	1.82	7.54	14.1	18.58	6.19	4.1	0	0	0
11	4319	0.7	1.96	2.97	5.67	6.21	5.14	2.22	4.93	8.15	14.65	19.38	7.95	5.98	13.34	0
12-01	4976	0.39	0.87	1.3	2.55	3.58	4.79	2.35	5.03	6.97	12.23	25.49	10.63	5.71	17.71	0
14-01	5899	0.39	0.92	1.64	4.09	6.53	8.85	4.56	8.26	10.64	14.54	12.68	10.04	6.19	10.34	0
15-1	6572	0.38	0.88	1.55	3.62	5.41	6.05	2.76	7.28	11.21	17.73	21.66	7.98	7.28	5.89	0
16-1	6873	0.46	1.34	2.63	5.9	6.72	6.41	3.54	6.72	8.69	13.01	17.26	7.89	10.23	8.94	0
18-12	7751	1.07	4.03	7.78	15.11	21.3	12.44	3.17	4.57	5.21	6.16	11.05	4.89	2.87	0	0
25-11	10849	0.08	0.36	0.87	1.9	11.17	8.76	3.13	7.41	10.26	13.53	10.43	9.91	2.59	19.57	0
26-1	10955	0.49	1.27	2.13	4.52	11.32	9.02	3.04	13.39	16.33	19.63	13.85	3.67	1.19	0	0

~5-4~

表 5-4 磺溪主流河床質平均粒徑及代表粒徑

斷面 (採樣編號)	採樣位置 (M)	粒徑別(mm)									
		d 10	d 20	d 30	d35	d 40	d 50	d 65	d 75	d 90	d m
01-01 (HR97001)	14.5	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.29	0.33	0.36	0.40	0.31
04-11 (HR97002)	42.1	0.33	2.19	7.44	15.08	21.76	36.07	57.91	72.49	138.52	49.87
07-1 (HR97003)	24.2	0.34	0.56	0.80	1.18	1.73	10.52	30.29	46.86	85.66	30.26
11 (HR97004)	41	0.69	2.93	17.98	29.45	41.48	67.49	122.00	166.88	342.94	111.59
12-01 (HR97005)	32	2.53	16.67	43.62	59.20	74.78	104.73	149.58	195.69	371.17	136.57
14-01 (HR97006)	21.3	1.31	3.90	12.63	18.39	26.98	48.02	101.73	160.34	309.84	98.17
15-1 (HR97007)	22	1.54	7.86	22.03	30.53	39.27	60.76	103.68	138.86	247.46	91.81
16-1 (HR97008)	29.6	0.80	3.16	13.42	21.31	32.26	51.16	117.38	165.70	294.27	102.43
18-12 (HR97009)	19.6	0.35	0.61	0.93	1.20	1.48	2.08	9.15	37.94	136.94	34.11
20-11 (HR97SS1)	表面法	18.05	65.02	76.41	79.95	83.48	90.71	135.30	181.36	318.09	142.73
21-1 (HR97SS2)	表面法	3.68	15.47	32.89	41.16	51.12	70.78	86.97	128.00	328.69	116.77
24 (HR97SS3)	表面法	1.63	11.65	20.47	30.44	38.29	59.18	84.43	202.01	400.31	116.29
25 (HR97SS4)	表面法	14.29	43.08	70.10	79.23	85.00	109.25	258.04	343.65	560.18	211.05
25-11 (HR97010)	19.1	1.54	3.76	14.29	21.45	30.74	55.09	130.99	188.62	379.32	119.90
26-1 (HR97011)	5	0.99	2.04	6.51	11.71	15.27	24.51	44.60	64.00	124.14	41.86

備註：採樣位置係以大斷面左岸基樁為零點起之距離表示之。

~5-6~

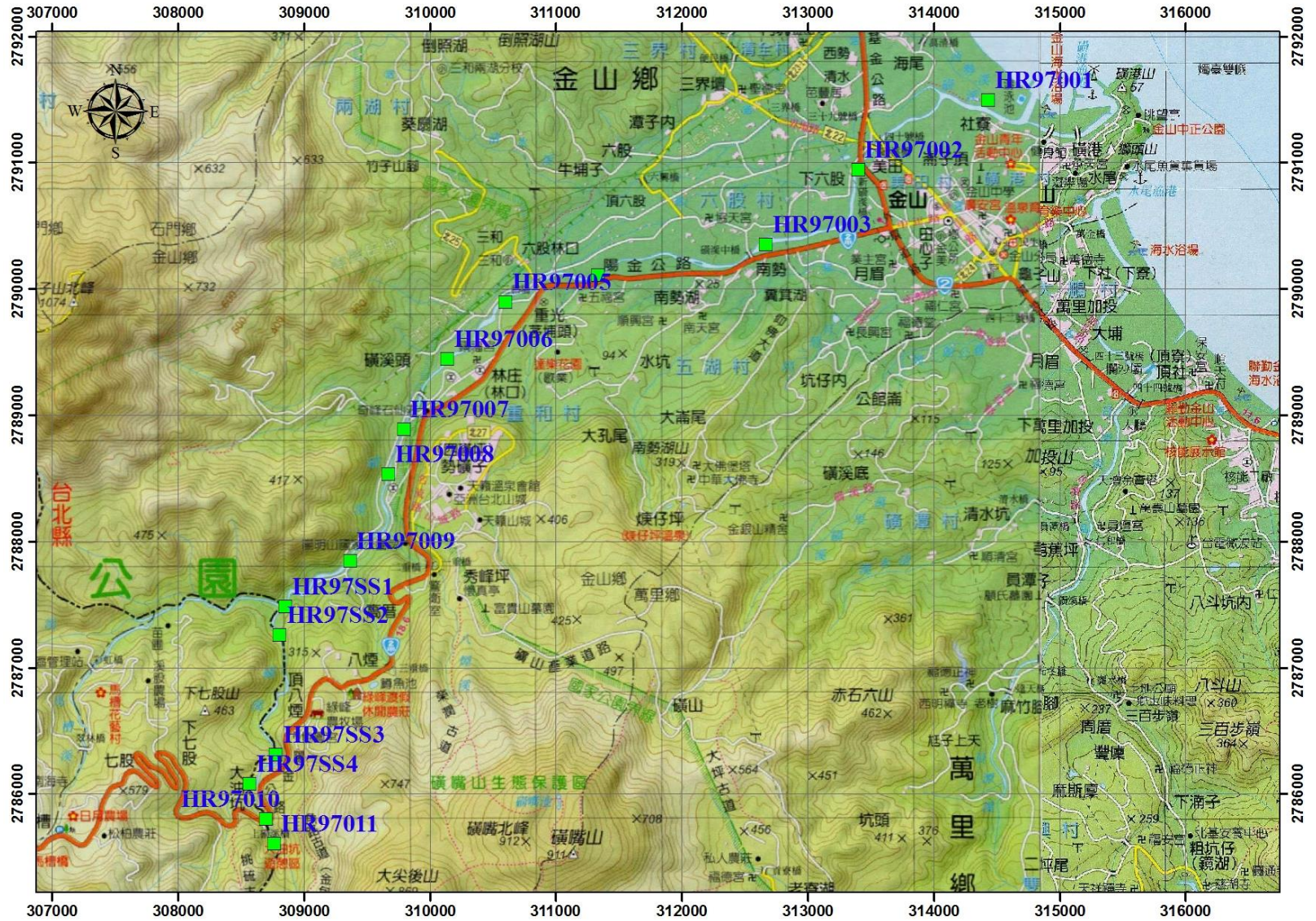


圖 5-1 磺溪主流河床質採樣位置圖

~5-7~

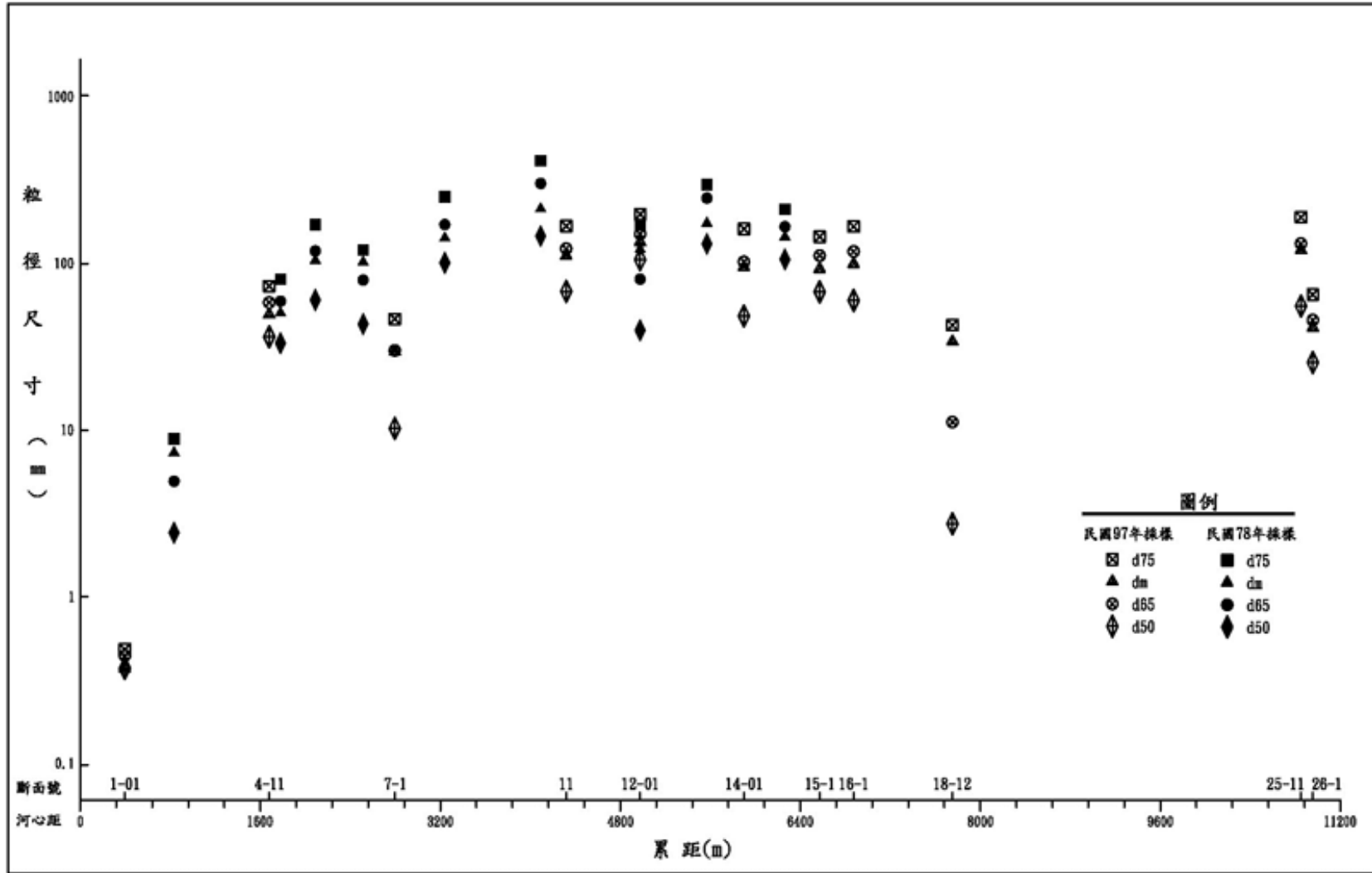


圖 5-2 磺溪主流各斷面河床質粒徑分佈比較圖(民國 78 年、民國 97 年)

## (二)第三層縱橫剖面特性

本節係從側視角度瞭解河川主流，從主流縱向之沖淤趨勢及橫向所展現之沖淤或擺盪特性，區分縱剖面特性與橫剖面特性兩方面探討；其中縱剖面特性以歷年河道坡降變化及歷年沖淤情形的趨勢來探討，橫剖面特性以橫斷面型態說明，有關河流擺盪情形以本溪主流流路變遷加以探討。

### 1.縱剖面特性

#### (1)河道坡降

礮溪主流發源於大屯火山群七星山北麓(標高約 1,120 公尺)，上游蜿蜒曲折於山林中，匯納鹿角坑溪、大油坑溪後，順流而下至中上游三和橋河谷漸見開闊，河床標高降至約 45 公尺；再流入金山沖積平原，於礮溪中橋處河床標高已降至 14 公尺；在海尾附近，納入支流清水溪、西勢溪後，流入東海，全長約 13.75 公里，治理河段自上礮溪橋至河口平均坡降約 0.01743。

依 97 年斷面測量資料分析，本計畫河段自計畫起點上礮溪橋至河口，現況全河段平均坡度約為 1/57；民國 78 年礮溪出海口為礮港漁港，後於民國 84 年起開始進行出海口改道計畫，致今出海口位置不同，改道起始點約於西勢溪匯流前(斷面編號 02)，故本次檢討整合 78 年、95 年及 97 年測量斷面資料位置，區分 5 個區段及全河段分析比較，以瞭解歷年來河段坡度變化，詳見表 5-5。

#### (2)河道沖淤趨勢分析

為瞭解自民國 78 年至今十幾年來，本計畫河段之河床沖淤變化情形，故將民國 78、95 及 97 年等斷面測量資料，計算各斷面之河床平均高度，再彙整比較列於表 5-6。



表 5-5 磺溪主流歷年河道平均坡度分析比較表

河段	斷面	河道平均坡度					
		78 年 谿線高	78 年 平均高	95 年 谿線高	95 年 平均高	97 年 谿線高	97 年 平均高
本次檢討治理全河段	0~26	-	-	1/56	1/56	1/58	1/57
78 年治理全河段	2~15-11	1/117	1/119	1/115	1/113	1/111	1/110
西勢溪匯流前至新磺溪橋	2~5	1/694	1/625	1/505	1/709	1/568	1/513
新磺溪橋至三和橋	5~12	1/99	1/104	1/101	1/108	1/112	1/114
三和橋至 78 年治理終點	12~15-11	1/39	1/39	1/52	1/50	1/49	1/47
78 年治理終點至清水坑匯流處	15-11~20-11	-	-	1/25	1/25	1/27	1/26
清水坑匯流處至上磺溪橋	20-11~26	-	-	1/13	1/13	1/13	1/13

依表 5-6 中顯示，民國 78 與 95 年比較結果，計畫河段斷面 2~斷面 7 一號攔水壩，大部份斷面屬沖刷現象，沖刷深度約為 0.54~2.49 公尺，係因民國 84 年起礮溪河口改道，致使下游段縮短，坡度增加，故有較大的沖刷情形；另斷面 11 之二號攔水壩約於民國 80 幾年完成第二層靜水池，最後一次是在民國 91 年完成最後三層靜水池，故其斷面平均高度變化有 5.14~6.19 公尺的明顯落差。

民國 95 與 97 年比較結果，計畫河段上游斷面 15-1~斷面 26-1，因蜿蜒於山林內，兩岸屬較原始之山坡地，偶時遇邊坡坍塌，偶時又因坡度陡，沖刷情形較明顯，河床平均高較不穩定；計畫河段中下游斷面 15-01 無名橋~斷面 12 三和橋間，沖淤情形尚屬穩定，平均高度變化在-0.12~0.62 公尺之間；斷面 11 二號攔水壩~斷面 8 礮溪中橋間，沖淤現象較為明顯，平均高度變化在-2.25~2.99 公尺之間；斷面 8 礮溪中橋~斷面 4.1 礮溪橋間則呈淤積現象，淤積高度為 0.26~1.69 公尺；斷面 4 四十號橋~河口段，因已接近出海口，沖淤現象不大，沖淤高度在-0.65~0.17 公尺間。

因本計畫河段十幾年來，歷經民國 80 年~90 年間攔水壩興建工程、上游邊坡因大雨偶發坍塌及砂石開採等天然及人為干擾，故上述歷年河道沖淤分析成果，無法顯現本溪河性天然之演變，然隨著時間仍將依理論朝沖淤動態平衡之趨勢發展，未來需持續觀察本溪各河段之沖淤情形，以了解其河性之天然演變趨勢。

## 2. 橫斷面特性

斷面型態為河川之重要特徵，乃決定河流輸水輸砂能力及河道通暢穩定之主要因素。由地理條件與水流侵蝕作用的差異，可區分為山區河段與平原河段不同之斷面型態。山區

表 5-6 礮溪主流歷年河道沖淤分析比較表(1/2)

斷面	河心距 (m)	河床平均高(m)			河床平均高差異(m)		備註
		97年	95年	78年	97-95	97-78	
1	199	-0.34	-0.52		0.17		
1.01	396	-0.12	0.28		-0.40		
2	533	-0.14	-0.18	1.28	0.04	-1.42	
2.1	674	-0.59	0.05		-0.65		
2.11	834	-0.12		1.20		-1.32	
3	901	-0.47	0.14		-0.61		
3.01	1036	-0.59		1.89		-2.48	
3.1	1198	0.02	0.58		-0.56		
3.11	1302	0.29		2.78		-2.49	
3.12	1465	1.23	1.30	2.87	-0.07	-1.64	四十號橋
4	1476	1.23	1.42		-0.19	1.23	
4.01	1522	1.74	1.36	3.08	0.37	-1.34	礮溪橋
4.1	1529	2.66	1.47		1.19		
5	1780	3.41	2.54	3.95	0.87	-0.54	
5.1	1949	3.68	3.34	4.32	0.35	-0.64	
6	2089	4.85	3.97	5.55	0.88	-0.70	
6.1	2353	6.55	4.86	5.00	1.69	1.55	
7	2514	7.15	6.89	7.40	0.26	-0.26	
7.1	2796	9.15	8.77	8.20	0.38	0.95	1號攔水堤
7.101	2935	13.51		13.90		-0.40	
7.12	3036	14.41	13.43	14.69	0.98	-0.28	礮溪中橋
8	3179	14.27	13.54		0.73		
8.01	3240	13.92		15.33		-1.42	
8.1	3329	13.77	15.27		-1.51		
9	3569	14.36	16.61	15.69	-2.25	-1.33	
9.01	3694	16.44	17.82	16.47	-1.38	-0.03	
10	3883	21.07	19.57	18.64	1.50	2.43	
10.01	4092	25.09		22.56		2.53	
10.1	4228	26.89	23.91	26.65	2.99	0.24	
11	4319	29.85	27.41		2.44		
11.01	4452	32.64		34.73		-2.09	
11.1	4589	32.97	39.37	38.11	-6.40	-5.14	
11.11	4757	36.97		42.90		-5.93	2號攔水堤
11.111	4760	39.51		45.70		-6.19	
11.12	4840	45.39	45.25	45.81	0.13	-0.43	三和橋
12	4845	45.51	45.34		0.17		
12.01	4976	48.81		48.00		0.81	

表 5-6 礮溪主流歷年河道沖淤分析比較表(2/2)

斷面	河心距 (m)	河床平均高(m)			河床平均高差異(m)		備註
		97年	95年	78年	97-95	97-78	
12.1	5182	47.58	48.03	48.87	-0.45	-1.29	
13	5326	52.42	51.80	51.34	0.62	1.08	
13.01	5439	54.70		54.97		-0.27	
13.1	5570	56.96	56.65	57.94	0.31	-0.98	
14	5783	64.28	64.39	66.04	-0.12	-1.76	
14.01	5899	68.02		69.05		-1.03	林莊橋
14.11	6186	76.22	76.56	72.14	-0.34	4.08	
15	6263	78.20	77.75	75.85	0.45	2.35	
15.01	6455	84.81		84.70		0.11	無名橋
15.1	6572	87.08	83.85		3.23		
16	6726	94.43	94.89		-0.46		
16.1	6874	98.13	97.08		1.05		
17	7118	108.20	103.58		4.61		
17.1	7273	113.64	115.94		-2.30		
18	7447	119.22	118.69		0.52		
18.1	7548	123.44	126.62		-3.18		
19	7829	132.22	138.77		-6.55		
19.1	8021	141.32	142.12		-0.79		
20	8249	151.05	145.31		5.74		
20.1	8477	161.57	153.65		7.91		
21	8673	173.51	162.18		11.34		
21.1	8932	190.45	179.44		11.01		
22	9181	207.53	204.55		2.97		
22.1	9372	225.36	223.05		2.31		
23	9569	239.37	244.03		-4.67		
23.1	9843	261.11	257.26		3.85		
24	10138	278.90	294.42		-15.53		
24.1	10245	303.00	304.32		-1.32		
25	10541	329.48	318.29		11.18		
25.1	10742	346.21	334.65		11.56		
25.11	10849	357.88	357.73		0.14		上礮溪橋
26	10859	359.50	358.89		0.62		
26.1	10955	368.29	360.00		8.29		

河流位於地殼抬升地區，其河床演變的發展趨勢是以侵蝕下切為主，橫斷面多呈 V 型或 U 型。V 型河道以發育史來說比較年輕，且河槽狹窄，在枯水期時無依附一岸的邊灘；而 U 型河道則相較成熟，河槽相對寬廣，枯水期時會有基岩或卵石形成的邊灘露出。平原河流不受橫向山勢之約束，水流開始向平面擴散，再加上坡降迅速減緩，導致水流速度減低，泥砂大量落淤。平原河川一般都處在堆積抬高的狀態，常在河道中形成深厚的沖積層，在河口地區淤積成廣闊的三角洲，且河槽也較山區河川之河槽來的寬淺。

本計畫河段在地形區位上，分屬丘陵地形及平原地形，尚未達到山區河川之分區標準，故利用寬深比做為平原河川橫斷面型態之分類標準。依前人之研究，當寬深比(W/H) $<$ 40 屬於窄深河型，寬深比(W/H) $>$ 40 屬於寬淺河型。一般而言，窄深型河槽多呈現拋物線型或不對稱三角型之外貌，其水流對河床下刷能力較強；而寬淺型則呈現馬鞍型或多汊型或杓型之外貌，其水流對兩岸之沖蝕能力較強。

將民國 78、95 及 97 年等斷面測量資料，計算各斷面之寬深比，並研判其型態列於表 5-7。由表中顯示，歷年橫斷面型態，除斷面 3、6、13 及 23 稍有變化外，其餘斷面其型態較無變化。自斷面 12 上游至上礮溪橋，其橫斷面型態多為窄深型；而斷面 12 以下至河口，其橫斷面型態為寬淺型與窄深型互有交替。

### 3. 主流流路變遷

為瞭解本次檢討之礮溪主流流路變遷變化情形，故利用民國 65、73、80 及 95 年等行政院農委會林務局農林航測所發行之台灣地區像片基本圖資料，將其主流流路數化後套疊

表 5-7 礮溪主流歷年各斷面主深槽寬度比較表

斷面	97年		95年		78年	
	寬深比	型態	寬深比	型態	寬深比	型態
2	31.2	窄深型	29.2	窄深型	36.3	窄深型
3	19.0	窄深型	57.9	寬淺型	-	-
4	38.1	窄深型	29.3	窄深型	31.4	窄深型
5	49.7	寬淺型	48.8	寬淺型	51.7	寬淺型
6	43.1	寬淺型	53.7	寬淺型	32.3	窄深型
7	28.9	窄深型	30.2	窄深型	37.4	窄深型
8	42.9	寬淺型	45.3	寬淺型	40.1	寬淺型
9	9.5	窄深型	22.0	窄深型	26.3	窄深型
10	25.2	窄深型	32.9	窄深型	47.5	寬淺型
11	69.6	寬淺型	71.5	寬淺型	-	-
12	21.6	窄深型	15.9	窄深型	24.0	窄深型
13	24.3	窄深型	33.4	窄深型	61.5	寬淺型
14	22.8	窄深型	23.9	窄深型	25.4	窄深型
15	28.0	窄深型	25.2	窄深型	18.8	窄深型
16	11.9	窄深型	16.7	窄深型	-	-
17	40.2	寬淺型	53.0	寬淺型	-	-
18	28.3	窄深型	21.1	窄深型	-	-
19	7.7	窄深型	14.4	窄深型	-	-
20	12.6	窄深型	22.0	窄深型	-	-
21	15.2	窄深型	11.4	窄深型	-	-
22	2.1	窄深型	20.4	窄深型	-	-
23	33.0	窄深型	42.6	寬淺型	-	-
24	21.4	窄深型	11.4	窄深型	-	-
25	15.5	窄深型	9.7	窄深型	-	-
26	6.6	窄深型	3.8	窄深型	-	-

並進行比較，礮溪主流流路歷年變遷詳圖 5-3。

由圖 5-3 顯示，礮溪主流自上游上礮溪橋至下游西勢溪匯流前之歷年流路擺盪情形不明顯，僅部分河段河幅因歷年水文、人文情形、地形及地勢等因素互有縮小或擴大之變化；下游西勢溪匯流前至出海口部份，河道經由於民國 84 年起開始進行出海口改道計畫，由原出海口礮港漁港自西勢溪匯流前改道至(95 年流路)今現況出海口。

## 二、現況水理分析

### (一)起算水位

目前礮溪出海口無潮位站設置，經檢討鄰近之中央氣象局麟山鼻潮位站(石門鄉)與基隆潮位站於民國 94~97 年間最大之大潮平均高潮位值分別為 1.15 公尺及 1.63 公尺，均較民國 79 年內插分析此二潮位站之礮溪出海口暴潮位 1.685 公尺為低，故本計畫沿用礮溪出海口暴潮位 1.685 公尺為河道各重現期距洪水位計算之起算水位。

### (二)河道粗糙係數

採用本所民國 97 年完成之河床質調查成果，以 Lane、Sanluis River、Einstein、Strickler 等經驗公式及理論公式計算各河段之粗糙係數，示如表 5-8。

本溪目前無流量站設置，無法依實測流量驗證河道粗糙係數，經考慮現況河道植生覆蓋之狀況及斟酌實際河況，擬訂各河段之粗糙係數採用如表 5-9；其中斷面 13 以上至斷面 26-1 之上游河段已漸入山區，由於該河段實際河床卵礫巨石甚多，河床質採樣多為可採取攜回實驗室之河床質，故由表 5-8 可知依經驗公式及理論公式計算之粗糙係數值偏小，因此斟酌實際之河況，自斷面 13 以上河段之粗糙係數擬定為 0.045。

### (三)流量分配

計畫洪水量採用 50 年重現期距之洪峰流量，各主要河段之計畫洪水量分配詳見表 4-27 及圖 4-21。

### (四)水面曲線演算

水面曲線演算係依據前述各項水理要素及各河段流量分配情形，起算水位採用礮溪河口暴潮位 1.685 公尺，並配合河道斷面資料，採用美國陸軍工程師團水文工程中心(Hydrologic Engineering Center,U.S.Army Corps of Engineers)所發展計算水面剖線之數值模式 HEC-RAS 4.0 版進行水理分析，其模擬演算係設定亞臨界/超臨界流之混合流況利用能量方程式以標準步驟推求各斷面之水位、流速等水理狀況。有關水理演算之基本理論及水頭損失、彎道及橋梁壅高之考量分述如下：

#### 1.基本理論

本模式採用之控制方程式為能量方程式：

$$Z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + H_T$$

$y_1, y_2$ ：水深

$Z_1, Z_2$ ：底床高程

$v_1, v_2$ ：流速

$\alpha_1, \alpha_2$ ：能量係數

$g$ ：重力加速度

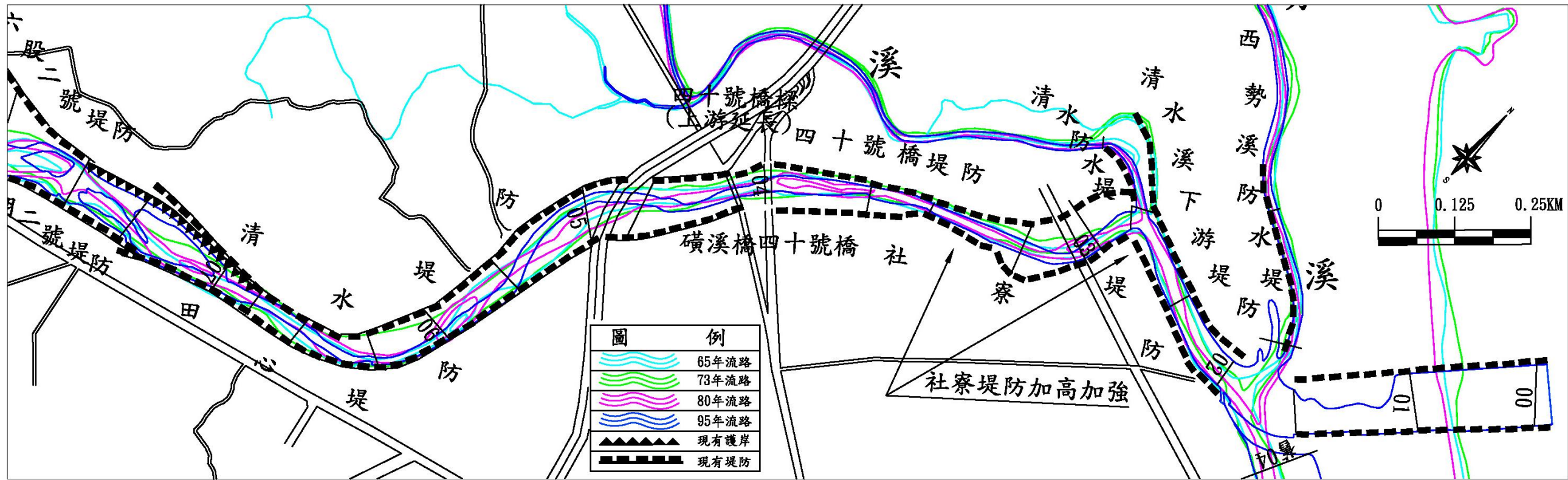
$H_T$ ：能量水頭損失

$$H_T = L\overline{S_f} + C \left| \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right|$$

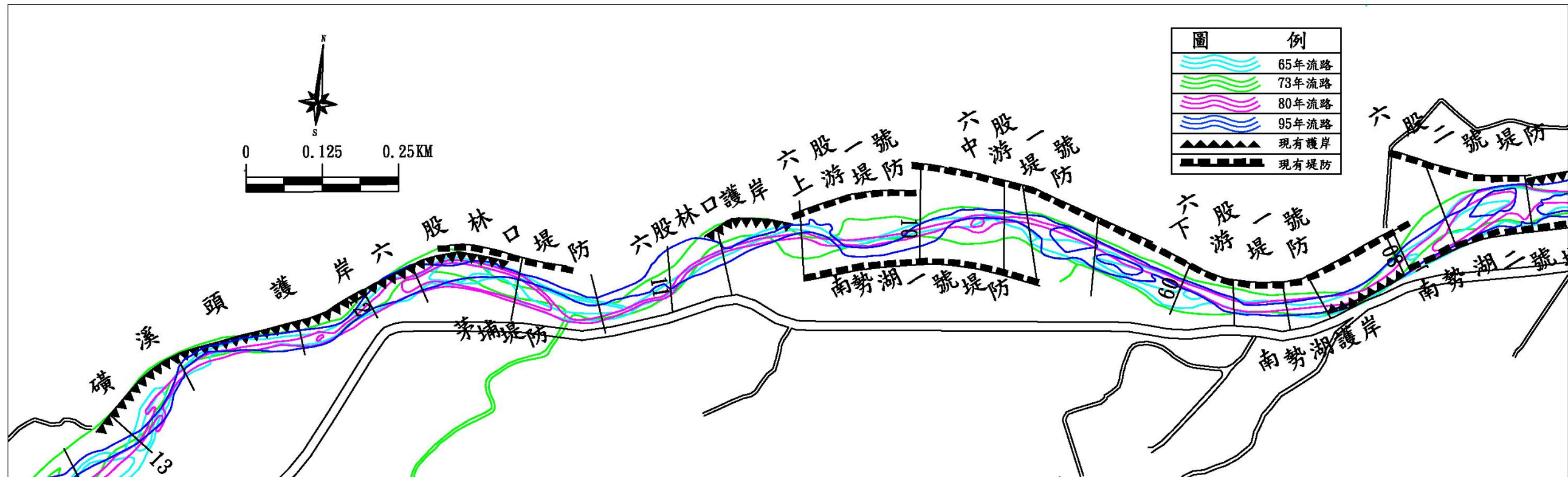
$C$ ：突縮或突擴損失係數

$S_f$ ：兩斷面間摩擦坡降





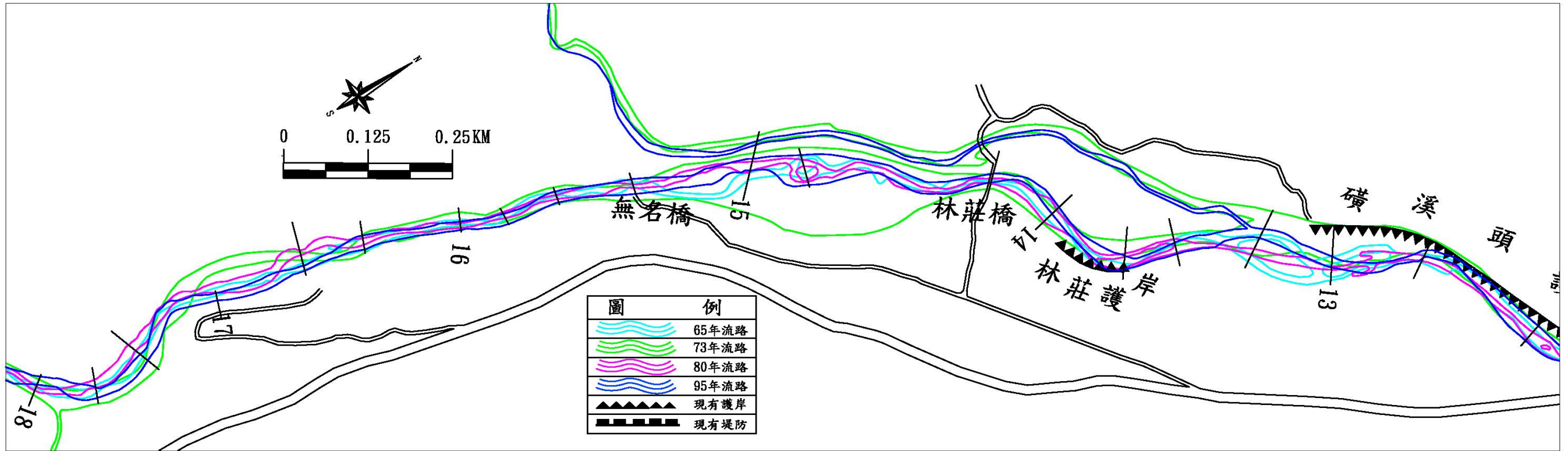
下游断面0~07河段



中下游断面08~12河段

圖 5-3 礮溪主流歷年(65,73,80,95 年)流路變遷圖(1/2)





中上游斷面12~18河段



上游斷面19~26河段

圖 5-3 礮溪主流歷年(65,73,80,95 年)流路變遷圖(2/2)



表 5-8 礮溪粒徑資料各斷面河床粗糙係數推算表

斷 面	經驗公式				理論公式					一 般 值	採 用 值
	Lane 公 式	Sanluis River公式	Einstein 公 式	Strickler 公 式	$n = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{G^{0.5 \times (\frac{V^*}{V})}}$						
	$n = 0.015 \times D_{75}^{\frac{1}{6}}$	$n = 0.0142 \times D_{75}^{\frac{1}{6}}$	$n = 0.0132 \times D_{65}^{\frac{1}{6}}$	$n = 0.015 \times D_m^{\frac{1}{6}}$	R=1m	R=2m	R=3m	R=4m	R=5m		
01-01	0.013	0.013	0.011	0.013	0.020	0.021	0.022	0.023	0.023	0.023	0.025
04-11	0.031	0.029	0.026	0.029	0.010	0.011	0.011	0.011	0.027	0.027	0.030
07-1	0.028	0.027	0.023	0.026	0.030	0.036	0.035	0.035	0.034	0.034	0.035
11	0.035	0.033	0.029	0.033	0.010	0.034	0.038	0.040	0.042	0.042	0.042
12-01	0.036	0.034	0.030	0.034	0.010	0.032	0.037	0.040	0.042	0.042	0.042
14-01	0.035	0.033	0.029	0.032	0.010	0.034	0.038	0.040	0.041	0.041	0.045
15-1	0.034	0.032	0.029	0.032	0.010	0.034	0.038	0.040	0.040	0.040	0.045
16-1	0.035	0.033	0.029	0.032	0.009	0.034	0.038	0.040	0.042	0.042	0.045
18-12	0.028	0.027	0.020	0.027	0.031	0.034	0.032	0.032	0.032	0.032	0.045
25-11	0.036	0.034	0.030	0.033	0.008	0.031	0.037	0.039	0.041	0.041	0.045
26-1	0.030	0.028	0.025	0.028	0.031	0.036	0.034	0.033	0.033	0.033	0.045

備註：一般值係參考 VEN TE CHOW, 1969, " OPEN CHANNEL HYDRAULICS " PP106~123求得

~5-19~

表 5-9 礮溪主流河道粗糙係數採用表

河段斷面	採用 n 值		
	左岸灘地	低水河槽	右岸灘地
0~4	0.030	0.025	0.030
4~6	0.035	0.030	0.035
6~8	0.040	0.035	0.040
8~13	0.045	0.042	0.045
13~26.1	0.045	0.045	0.045

$L$ ：兩斷面間長度

$$L = \frac{L_{lob}\overline{Q_{lob}} + L_{ch}\overline{Q_{ch}} + L_{rob}\overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}}$$

$L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$ ：兩斷面間主渠道與左、右溢岸距離

$Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob}$ ：兩斷面間主渠道與左、右溢岸平均流量

## 2. 水頭損失

應用此系統之水面曲線演算程式計算，水頭損失僅考慮摩擦損失及渦流損失兩種。

(1) 摩擦損失：

$$H_f = L\overline{S_f}$$

其中兩斷面間摩擦坡降  $(\overline{S_f})$  應用方程式如下：

平均傳輸方程式：
$$\overline{S_f} = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

平均摩差擦坡降方程式：
$$\overline{S_f} = \frac{S_{f_1} + S_{f_2}}{2}$$

幾和平均坡降方程式：
$$\overline{S_f} = \sqrt{S_{f_1} + S_{f_2}}$$

調和平均坡降方程式：
$$\overline{S_f} = \frac{2S_{f_1} \times S_{f_2}}{S_{f_1} + S_{f_2}}$$

(2) 渦流損失：

$$H_o = C \left| \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right|$$

其中  $C$  為突縮或突擴損失係數，一般而言，突縮係數介於 0.1~0.6 間，突擴係數介於 0.3~0.8 間。HEC-RAS 模式對各種流況之建議如表 5-10 所示。

**表 5-10 局部損失係數參考表**

流況	突擴係數 $C_e$	突縮係數 $C_c$
漸變	0.3	0.1
橋梁	0.5	0.3
劇變	0.8	0.6

### 3. 橋梁壅高：

橋梁壅高之計算在低流量流況係採 Yarnell 公式、美國聯邦道路管理局(FHWA) WSPRO 方法及動量平衡方法，高流量流況採能量方程式。

#### (1) 低流量流況

可區分 A、B 與 C 三類渠流，可由橋下游之福祿數(F3) 研判

$$\sigma = (2 + 1/\sigma)^3 F_L^4 / (1 + 2F_L^2)^3$$

$$\sigma = 1 - \sigma$$

#### A.A 類渠流：

採 Yarnell 公式：

$$H_{3-2} = 2k(k + 10w - 0.6)(\alpha + 15\alpha^4) \frac{v_2^2}{2g}$$

$H_{3-2}$ ：束縮段上、下游水面之落差(呎)

$K$ ：試驗之橋墩形狀係數

$W$ ：速度水頭與束縮段下游水深之比

$\alpha$  : 水平束縮比

$v_2$  : 束縮段下游之流速 (呎/秒)

$g$  : 重力加速度 (呎/秒<sup>2</sup>)

採 FHWA WSPRO 方法:

$$h_4 + \frac{\alpha_4 v_4^2}{2g} = h_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_{L(4-1)}$$

$h_1$  : 上游斷面水位高程

$v_1$  : 上游斷面流速

$h_4$  : 下游斷面水位高程

$v_4$  : 上游斷面流速

$h_{L(4-1)}$  : 上下游斷面能量損失

$$h_{L(4-1)} = h_{f(1-2)} + h_{f(BU-BD)} + h_{f(3-4)}$$

B.B 類渠流 :

採動量平衡公式:

第一步驟: 平衡下游斷面至下游橋面動量平衡。

$$A_{BD} \overline{Y_{BD}} + \frac{\beta_{BD} Q_{BD}^2}{g A_{HD}} = A_2 \overline{Y_2} - A_{PBD} \overline{Y_{PBD}} + \frac{\beta_2 Q_2^2}{g A_2} + F_f - W_x$$

$A_2, A_{BD}$  : 下游斷面至下游橋面通水面積

$A_{PBD}$  : 下游邊橋梁阻塞面積

$\overline{Y_{BD}}, \overline{Y_2}$  : 水面至  $A_2, A_{BD}$  重力中心垂直距離

$\overline{Y_{PBD}}$  : 水面至  $A_{PBD}$  重力中心垂直距離

$\beta_2, \beta_{BD}$  : 動量方程式係數

$Q_2, Q_{BD}$  : 下游斷面至下游橋面流量(相同)

$g$  : 重力加速度

$F_f$  : 外在摩擦力

$W_x$  : 水重力

第二步驟: 平衡下游橋面至上游橋面動量平衡。



$$A_{BU} \overline{Y_{BU}} + \frac{\beta_{BU} Q_{BU}^2}{g A_{BU}} = A_{BD} \overline{Y_{BD}} + \frac{\beta_{BD} Q_{BD}^2}{g A_{BD}} + F_f + W_x$$

第三步驟：平衡上游橋面至上游斷面動量平衡。

$$A_3 \overline{Y_3} + \frac{\beta_3 Q_3^2}{g A_3} = A_{BU} \overline{Y_{BU}} + \frac{\beta_{BU} Q_{BU}^2}{g A_{BU}} + A_{PBU} \overline{Y_{PBU}} + \frac{1}{2} C_D \frac{A_{PBU} Q_3^2}{g A_3^2} + F_f - W_x$$

$C_D$ : 曳引力係數

C.C 類渠流：

以動量方程式或能量方程式推求。

(2) 高流量流況

以能量方程式推求。

(五) 現況輸洪能力檢討

本計畫河段  $Q_{50}$  計畫流量之現況各斷面水理因素成果列如表 5-11，另將各重現期距洪水位計算成果及兩岸高程彙整於表 5-12，以利檢討現況河道通洪能力。

由表 5-12 顯示，50 年重現期距計畫洪水發生漫溢堤頂或岸頂之斷面河段，左岸有四十號橋堤防(下游延長)(斷面 2.11~3.11)、清水堤防(斷面 4.12、6、6.11)、六股二號堤防(斷面 7.11)等；右岸有社寮堤防(斷面 2.11~3.11)等。

(六) 現況輸砂能力檢討

本次現況輸砂能力採用一維流水面剖線演算模式(WSED)，檢討本溪新河口改道起點至上游治理計畫線劃設終點(即斷面 02~斷面 15.1)，借以瞭解各斷面在不同流量之輸砂能力，供河道治理規劃之參考；依本次檢討採用蕭克力胥(Schoklitsch)公式計算推移質之輸砂能力，而懸浮載之輸砂能力則採用張氏公式(Chang, H.H.)推算，並由實測河床質資料與水理因子，求得現況各頻率年洪峰流量下之輸砂能力，列表如 5-13 及圖 5-4。輸砂公式如下：

表 5-11 磺溪現況河道計畫洪水量水理因素成果表(1/3)

斷面 編號	河心距(公尺)		計畫洪水位( Q <sub>50</sub> )水理因素						備註
	單距	累距	洪水位 (公尺)	福祿數	平均流速 (公尺/秒)	水面寬 (公尺)	通水面積 (平方公尺)	能量坡降	
0	0	0	1.68	0.30	1.66	110.90	324.92	0.00039	
1	199	199	1.68	0.61	2.67	107.05	202.60	0.00184	
1.01	197	396	2.61	2.41	7.54	71.97	71.66	0.03611	
2	137	533	3.22	0.97	5.38	66.12	200.81	0.00552	
2.1	141	674	4.00	0.83	5.05	58.48	213.77	0.00388	
2.11	160	834	5.56	0.24	1.37	219.00	787.87	0.00029	
3	67	901	5.56	0.29	1.56	182.00	595.42	0.00043	
3.01	135	1035	5.69	0.20	1.05	284.00	883.55	0.00022	
3.1	162	1198	5.71	0.26	1.28	253.23	728.58	0.00035	
3.11	104	1302	5.71	0.33	1.61	214.63	577.18	0.00059	
3.12	163	1465	4.88	1.18	5.73	71.05	162.44	0.00943	
4	11	1475	5.91	0.69	3.94	71.43	235.99	0.00290	四十號橋
4.01	46	1522	6.11	0.61	3.68	67.98	252.67	0.00215	磺溪橋
4.1	7	1528	6.14	0.66	3.81	71.64	244.35	0.00250	
4.11	150	1679	6.85	0.46	2.32	171.18	401.30	0.00113	
4.111	29	1708	7.13	0.24	1.43	206.04	650.79	0.00043	新磺溪橋
4.12	47	1755	7.20	0.20	1.18	243.14	790.98	0.00030	
5	25	1780	7.02	0.43	2.58	102.61	360.63	0.00159	
5.1	169	1949	7.11	0.95	5.27	59.82	176.61	0.00792	
6	140	2089	8.65	0.63	3.66	72.98	254.12	0.00326	
6.01	124	2213	8.33	1.15	5.66	68.32	164.25	0.01236	
6.1	140	2353	9.93	0.96	5.36	56.74	173.62	0.00788	
6.11	88	2441	10.74	0.82	4.96	55.32	187.55	0.00566	
7	73	2514	11.74	0.55	3.53	64.45	263.82	0.00236	
7.01	171	2685	12.33	0.60	3.24	95.43	286.63	0.00313	
7.1	111	2796	10.38	3.21	11.05	70.08	84.17	0.12244	一號 攔水堤
7.101	17	2813	16.26	1.00	5.17	65.75	179.84	0.01233	
7.11	122	2935	17.92	0.35	1.90	160.18	488.71	0.00133	
7.12	88	3024	17.75	0.67	3.76	75.73	247.62	0.00525	磺溪中橋
8	13	3037	17.94	0.58	3.41	76.57	272.60	0.00380	
8.01	143	3180	18.13	0.86	5.00	55.72	185.86	0.00808	
8.1	61	3241	18.87	0.72	4.55	50.56	204.57	0.00548	
8.11	89	3330	19.40	0.65	4.28	54.45	217.27	0.00452	
9	89	3418	19.24	1.01	6.05	48.17	153.62	0.01140	
9.01	151	3569	21.75	0.45	3.07	65.32	302.85	0.00208	
9.1	125	3694	20.96	1.45	6.14	88.56	151.56	0.02970	
9.11	41	3735	21.84	1.43	6.66	64.11	139.56	0.02651	
10	148	3883	24.82	1.00	5.94	42.91	156.68	0.01114	
10.01	209	4092	27.85	0.85	4.38	79.77	212.57	0.00904	
10.1	136	4228	28.68	1.36	6.08	74.93	152.89	0.02659	
11	91	4319	31.15	2.66	9.50	75.33	97.91	0.11357	

表 5-11 磺溪現況河道計畫洪水量水理因素成果表(2/3)

斷面 編號	河心距(公尺)		計畫洪水位( Q <sub>50</sub> )水理因素						備註
	單距	累距	洪水位 (公尺)	福祿數	平均流速 (公尺/秒)	水面寬 (公尺)	通水面積 (平方公尺)	能量坡降	
11.01	133	4452	36.93	0.88	5.27	51.18	176.63	0.00774	
11.1	137	4589	37.21	1.18	6.84	47.98	135.95	0.01613	
11.11	168	4757	38.80	2.90	12.06	43.67	77.09	0.06523	
11.1101	1	4758	41.57	2.19	9.80	46.77	94.90	0.03404	
11.111	29	4786	41.20	2.96	11.97	46.62	77.71	0.06601	
11.1111	1	4787	43.43	2.34	10.16	47.68	91.57	0.03896	
11.112	11	4797	43.28	2.66	11.06	47.61	84.09	0.05567	二號
11.1121	1	4798	44.56	2.26	9.86	48.30	94.28	0.03553	攔水堤
11.113	4	4801	44.47	2.40	10.29	48.24	90.34	0.04387	
11.1131	1	4802	45.84	1.99	8.85	52.39	105.05	0.02711	
11.114	7	4808	45.69	2.19	9.55	51.50	97.41	0.03727	
11.115	1	4809	47.71	1.59	7.38	58.17	126.03	0.01811	
11.12	32	4841	49.31	0.98	5.82	45.22	159.86	0.01093	三和橋
12	5	4846	49.92	0.83	5.24	43.98	177.58	0.00775	
12.01	131	4977	49.77	1.64	7.38	68.08	113.79	0.03665	
12.1	206	5183	54.30	0.82	4.97	51.25	169.00	0.00805	
13	144	5327	56.13	0.56	3.35	73.25	251.04	0.00387	
13.01	113	5440	56.18	1.92	8.19	55.59	102.60	0.06039	
13.1	131	5571	61.02	1.18	7.08	33.31	118.57	0.01832	
13.11	81	5651	62.34	1.51	7.98	37.77	105.24	0.03152	
14	132	5784	66.95	1.74	8.72	39.16	96.37	0.04470	
14.01	116	5900	71.72	1.22	7.13	36.26	117.76	0.01996	林莊橋
14.02	3	5903	73.08	0.84	5.39	37.17	155.96	0.00941	
14.11	284	6187	78.54	1.37	6.49	56.61	129.38	0.02997	
15	77	6264	79.76	2.74	11.28	42.99	74.47	0.13434	
15.01	192	6456	89.69	0.99	6.63	27.97	126.70	0.01181	無名橋
15.02	4	6460	90.37	0.84	5.68	30.23	147.90	0.00874	
15.1	113	6573	90.33	1.87	10.30	26.36	81.57	0.04716	
15.11	86	6658	94.84	1.76	9.98	26.93	84.19	0.04534	
16	68	6726	99.07	1.13	7.25	37.42	115.90	0.01640	
16.1	148	6874	102.26	0.96	5.85	40.16	143.57	0.01193	
16.11	105	6979	102.25	2.31	8.91	62.12	94.25	0.10031	
17	139	7118	110.68	1.24	6.02	57.87	139.43	0.02397	
17.1	155	7273	115.45	1.79	7.31	68.38	114.89	0.05472	
17.11	89	7362	118.65	1.57	8.14	42.05	103.21	0.03559	
18	85	7447	121.38	2.04	9.79	46.86	85.76	0.07362	
18.1	101	7548	128.33	1.18	6.74	35.30	124.72	0.01917	
18.11	91	7639	131.04	1.48	6.49	63.35	129.41	0.03505	
18.12	113	7752	133.82	1.82	9.42	39.99	89.20	0.05201	
19	77	7829	136.92	1.50	9.46	23.99	88.75	0.03104	
19.01	89	7918	140.48	1.79	8.87	40.51	94.74	0.04466	

表 5-11 磺溪現況河道計畫洪水量水理因素成果表(3/3)

斷面 編號	河心距(公尺)		計畫洪水位( $Q_{50}$ )水理因素						備註
	單距	累距	洪水位 (公尺)	福祿數	平均流速 (公尺/秒)	水面寬 (公尺)	通水面積 (平方公尺)	能量坡降	
19.1	103	8021	144.99	1.55	8.87	28.71	94.66	0.03261	
19.11	63	8084	147.10	1.72	8.96	38.51	93.78	0.04076	
20	165	8249	154.55	1.95	10.06	30.88	83.52	0.05768	
20.01	101	8350	159.81	1.64	9.09	31.08	92.41	0.03743	
20.1	127	8477	164.72	1.77	9.63	28.30	87.27	0.04445	
20.11	106	8583	170.53	1.62	8.18	46.74	102.74	0.04443	
21	90	8673	175.00	2.39	8.70	18.43	24.14	0.10176	
21.01	107	8780	184.04	1.48	6.13	24.84	34.28	0.04162	
21.1	152	8932	191.88	2.08	7.79	19.10	26.97	0.08218	
22	249	9182	210.51	2.57	13.37	5.55	15.71	0.10762	
22.1	191	9373	228.70	1.30	6.48	13.25	32.42	0.02987	
23	197	9570	240.16	3.56	9.82	28.07	21.38	0.28516	
23.1	274	9844	262.71	1.26	4.70	33.34	44.64	0.02927	
24	295	10139	279.08	4.34	12.66	18.88	16.59	0.39398	
24.1	107	10246	304.73	2.91	10.51	16.09	19.98	0.14269	
25	296	10542	331.66	1.65	6.59	20.80	31.85	0.04744	
25.1	201	10743	347.34	3.45	11.25	17.42	18.67	0.24209	
25.11	107	10850	360.26	1.92	8.90	10.09	23.58	0.05475	
26	10	10860	361.45	2.13	9.02	12.47	23.28	0.07235	上磺溪橋
26.1	96	10956	370.14	2.31	8.84	16.23	23.76	0.10434	



表 5-12 磺溪現況河道計畫洪水量水理因素及各重現期距洪水位表(2/2)

斷面 編號	河心距(公尺)		渠底高程 (公尺)	河道寬度 (公尺)	左岸高程 (公尺)	右岸高程 (公尺)	各重現期洪水位(公尺)							溢岸水位		備註
	單距	累距					Q <sub>2</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	左岸	右岸	
16.11	105.1	6979	98.83	91.48	115.44	108.12	100.90	101.39	101.67	101.94	102.03	102.25	102.41			
17	139.2	7118	105.85	65.59	112.81	121.20	109.09	109.70	110.05	110.34	110.43	110.68	110.90			
17.1	155.2	7273	111.82	73.80	118.51	118.22	114.58	114.97	115.15	115.28	115.33	115.45	115.55			
17.11	88.78	7362	114.34	48.47	123.61	121.47	117.05	117.69	118.02	118.31	118.40	118.65	118.87			
18	85.05	7447	117.04	51.02	129.10	125.50	119.68	120.56	120.89	121.12	121.19	121.38	121.55			
18.1	100.9	7548	123.01	35.44	133.50	131.50	125.84	126.77	127.29	127.74	127.89	128.33	128.71			
18.11	90.89	7639	126.6	67.62	134.55	133.73	129.91	130.41	130.64	130.82	130.88	131.04	131.18			
18.12	113.4	7752	129.7	48.98	139.03	140.10	132.42	133.05	133.35	133.56	133.63	133.82	134.00			
19	76.62	7829	131.4	31.47	139.34	141.05	134.17	135.21	135.81	136.32	136.46	136.92	137.31			
19.01	89.43	7918	136.21	42.76	142.17	142.23	138.85	139.53	139.88	140.15	140.26	140.48	140.67			
19.1	103	8021	140.88	31.86	145.87	146.64	142.95	143.73	144.15	144.51	144.63	144.99	145.29			
19.11	63	8084	143.22	42.73	150.20	150.32	145.48	146.11	146.45	146.78	146.87	147.10	147.30			
20	165	8249	150.65	32.19	159.94	160.42	152.59	153.42	153.84	154.20	154.29	154.55	154.77			
20.01	100.6	8350	154.89	33.66	165.00	167.00	158.07	158.80	159.17	159.46	159.56	159.81	160.03			
20.1	127.4	8477	160.91	29.87	170.00	170.00	162.82	163.49	163.89	164.25	164.37	164.72	165.04			
20.11	106	8583	165.43	70.32	173.63	173.48	168.79	169.55	169.91	170.18	170.27	170.53	170.73			
21	90.08	8673	172.91	29.12	180.00	178.89	174.32	174.60	174.74	174.87	174.91	175.00	175.13			
21.01	107.1	8780	180.6	37.29	189.33	187.47	182.92	183.41	183.64	183.85	183.92	184.04	184.20			
21.1	151.9	8932	189.49	21.86	195.03	195.05	191.33	191.60	191.71	191.80	191.83	191.88	191.94			
22	249.4	9182	207.17	6.61	218.68	215.05	208.69	209.37	209.76	210.14	210.27	210.51	210.87			
22.1	191	9373	224.15	14.58	235.67	235.63	227.21	228.01	228.26	228.49	228.56	228.70	228.89			
23	197	9570	239.09	39.68	245.44	243.28	239.70	239.87	239.97	240.07	240.10	240.16	240.25			
23.1	274	9844	260.32	38.90	270.00	265.00	261.99	262.30	262.45	262.59	262.63	262.71	262.82			
24	295	10139	277.82	37.58	283.02	283.26	278.63	278.82	278.91	279.00	279.03	279.08	279.15			
24.1	107	10246	302.85	25.52	310.00	310.00	303.90	304.23	304.41	304.58	304.63	304.73	304.88			
25	296.4	10542	329	26.07	336.96	335.00	330.66	331.12	331.32	331.50	331.56	331.66	331.80			
25.1	200.9	10743	345.6	24.86	355.00	355.00	346.78	347.00	347.12	347.24	347.27	347.34	347.43			
25.11	106.9	10850	357.33	10.42	366.19	365.82	358.88	359.47	359.75	360.02	360.10	360.26	360.50			
26	9.98	10860	359.45	14.85	366.15	366.04	360.48	360.86	361.07	361.26	361.33	361.45	361.62			上磺溪橋
26.1	96	10956	367.66	28.04	375.22	372.95	369.28	369.64	369.83	369.99	370.04	370.14	370.27			

表 5-13 礮溪現況河道各斷面各重現期洪水量輸砂能力成果表(1/2)

斷面 編號	總輸砂量 (kg/sec)							備註
	Q100	Q50	Q25	Q20	Q10	Q5	Q2	
2	3974	3114	2433	2213	1533	928	327	
2.1	1837	1536	1334	1238	967	693	366	
2.11	2839	2282	1851	1721	1190	737	209	
3	1476	1335	1039	919	784	725	826	
3.01	141	138	122	115	118	140	336	
3.1	15041	12842	9678	8399	6176	3596	752	
3.11	2113	1716	1310	1204	892	673	223	
3.12	1906	1513	1081	946	633	453	230	
4	1768	1396	1016	871	578	415	206	四十號橋
4.01	1931	1382	817	654	397	231	68	礮溪橋
4.1	1911	1526	923	829	567	421	216	
4.11	2065	2393	2719	2996	2396	2078	1140	
4.115	3673	3231	2610	2402	2251	1240	216	新礮溪橋
4.12	1537	1454	1244	1177	1208	1097	398	
5	1301	1109	828	710	510	343	158	
5.1	30410	26683	20427	18534	15023	10634	4283	
6	22128	20806	17357	15548	11695	8407	4769	
6.01	62834	50856	42366	39237	28190	18213	7078	
6.1	117368	101460	84196	76808	44843	26042	7444	
6.11	41203	34565	27750	24059	18883	10858	3178	
7	15988	11741	7695	7152	5593	3822	1432	
7.01	11299	10330	9906	10229	11861	11606	8894	
7.1	26783	20886	15783	13966	10403	5384	702	一號
7.101	38088	32876	26458	24034	18221	12946	5897	攔水壩
7.11	226	199	171	162	127	91	36	
7.12	4525	3560	2625	2299	1519	869	208	礮溪中橋
8	3039	2352	1701	1503	956	528	117	
8.01	11274	8778	6361	5624	3698	2117	551	
8.1	9925	7708	5560	4890	3167	1742	404	
8.11	7569	6159	4721	4259	3001	1923	352	
9	12645	11266	10005	9601	7082	4651	1983	
9.01	3614	2914	2132	1859	1512	1159	646	
9.1	7508	8186	8444	8452	9568	9745	6240	
9.11	89087	67644	48182	41230	25170	13037	6201	
10	48377	40339	32206	29437	22029	15459	3822	

表 5-13 礮溪現況河道各斷面各重現期洪水量輸砂能力成果表(2/2)

斷面 編號	總輸砂量 (kg/sec)							備註
	Q100	Q50	Q25	Q20	Q10	Q5	Q2	
10.01	12324	12219	11776	11499	10368	8346	5874	
10.1	31391	26703	20738	18534	12533	7462	1232	
11	118449	96161	73828	66357	46570	29404	11436	
11.01	24951	21214	17237	15889	12327	8876	4834	
11.1	6561	5666	4618	4226	3086	1989	635	
11.11	90360	85080	79142	74660	67614	58386	47787	二號 攔水壩
11.115	36488	29089	22324	19962	13727	8102	1269	
11.12	43478	36137	28908	26703	20560	14277	6707	三和橋
12	26399	22233	17774	16437	12416	8729	4011	
12.01	1434	1545	1730	1763	1930	1878	1077	
12.1	4305	3647	2970	2964	2432	1779	1163	
13	12246	11260	10028	9428	9709	9987	7095	
13.01	222968	180530	137313	127868	91620	57355	18703	
13.1	49349	42202	36493	29169	22251	15854	6959	
13.11	153263	131060	112957	102826	76151	58271	25434	
14	205852	165811	129135	119188	88581	46534	16296	
14.01	114553	113258	95485	87438	71601	66698	25111	林莊橋
14.02	75458	83222	69505	64482	51663	42825	17478	
14.11	48139	27714	22862	21435	19970	12252	6392	
15	312428	267096	212166	193969	143083	89031	26913	
15.01	41685	35344	42586	39208	29890	26730	18476	無名橋
15.02	23259	17104	22462	21331	20080	19921	8471	
15.1	317238	270628	227226	211790	168716	123401	54202	



~5-31~

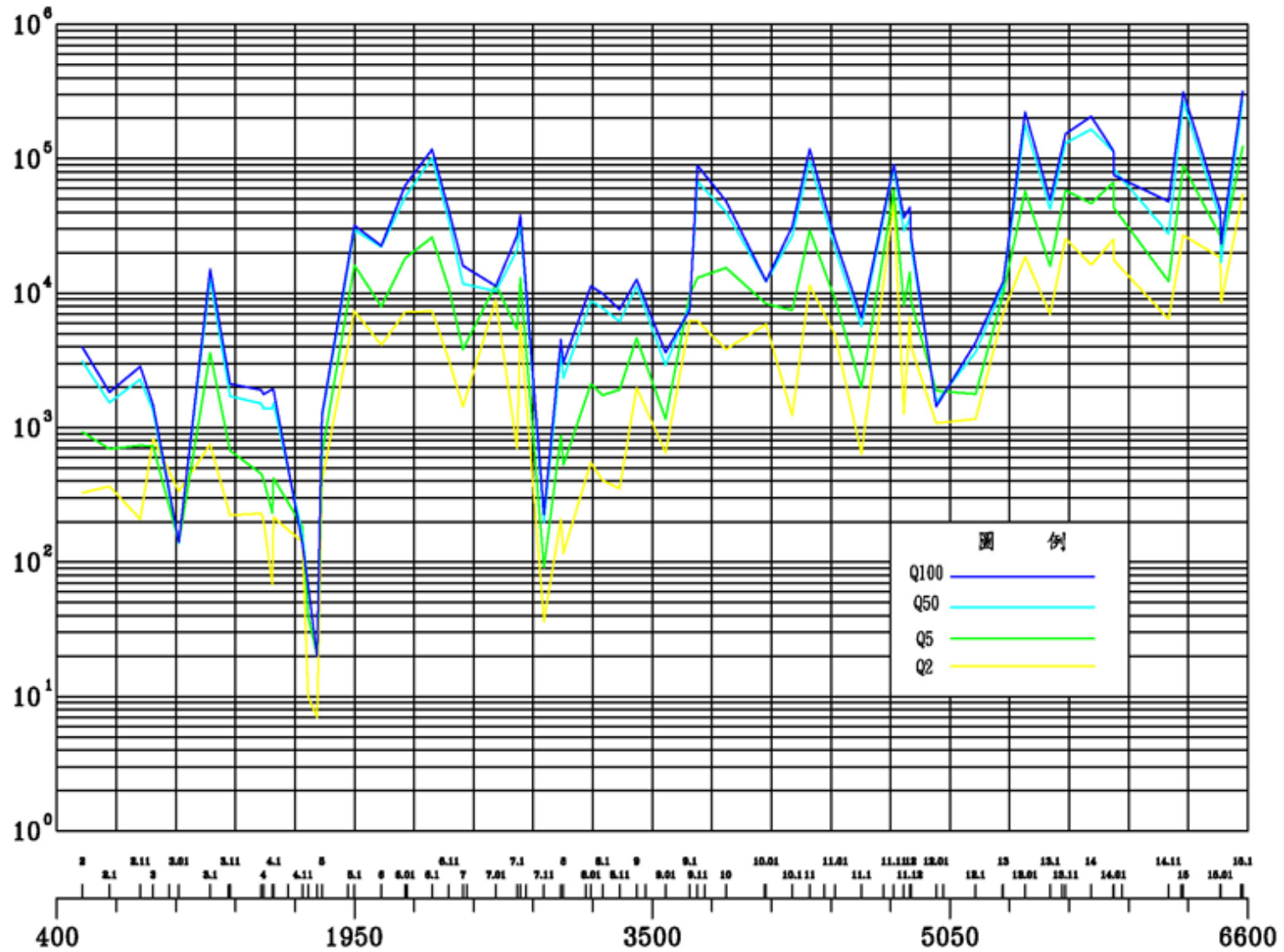


圖 5-4 礮溪現況河道各斷面各重現期洪水量輸砂能力成果圖

1. 推移質推算公式：

$$G_s = \frac{7,000}{d^{1/2}} S_e^{2/3} (Q - Bq_0)$$

$$q_0: 0.0000194/S_e^{4/3}$$

式中， $G_s$ : 推移質輸砂能力（公斤/秒）

$Q$ : 流量（秒立方公尺）

$S_e$ : 水面坡降或能量坡降

$B$ : 水面寬（公尺）

$d$ : 推移質粒徑 (mm)

$q_0$ : 單位水面寬之輸砂臨界流量 (M<sup>3</sup>/SEC/M)

2. 懸浮載推算公式：（張氏法）

$$q_s = q_{sb} + q_{ss} = \int_0^a C_b U_b dh + \int_a^y C_s U_s dh$$

$$q_s = q_{sb} + q_{ss} = q_{SB}(1 + R_s)$$

$$R_s = (y/a r_2 U_*) [V_* I_1(a/y) - U_* (2/K) I_2(a/y)]$$

$$Q_s = B \cdot q_{SS}(1 + R_s)$$

式中  $C_b, C_s$ : 推移載、懸浮載之濃度

$U_b, U_s$ : 推移載、懸浮載之速度

$Q_s$ : 整個河寬為  $B$  之斷面總輸砂量

$V_*$ : 斷面平均流速

$U_*$ : 底床剪力速度

$K$ : Von Karmann 係數，採用 0.4

$a$ : 推移載運行厚度 =  $10(Y - Y_{Cr}) / [(1-P)\tan\psi]$

$Y$ : 無因次剪應力 =  $\rho U_2 / r_s d$

$Y_{Cr}$ : 0.05

$P$ : 孔隙率

$\psi$ ：水中沉之摩擦角

$r_2$ ：懸浮載係數，用實驗值為為 0.8

$y$ ：水深

本次檢討輸砂演算為定床模式，各斷面輸砂計算成果僅供研判河道輸砂能力趨勢。整體而言，各斷面之輸砂能力隨流速之增加而增大，大致可發現上游輸砂能力較下游大之趨勢；惟局部斷面易受通洪河幅大小及攔水壩上游迴水、下游跌水等因素導致輸砂能力急遽上升或下降，如斷面 3.1 因受現有堤防侷束形成通洪瓶頸，河道束縮導致輸砂能力相對較大，另斷面 7.11 因受攔水壩上游迴水及左岸開口堤河幅較寬等因素，斷面輸砂能力急遽降低，結果與現地狀況相差不大。

### 三、河川特性綜論

綜合以上河川型態變異趨勢之定性檢討，現況水理、輸砂能力之定量分析結果，可將本溪計畫河段內之河川特性，所衍生之河防安全問題及現況治理重要課題綜合檢討如下：

#### (一)河口至磺溪中橋(斷面 00~08)

本河段為下游平原河川，於斷面 02 有支流西勢溪匯入，於斷面 02-11 有支流清水溪匯入，河床質為砂質與礫石，自下遊往上游有趨粗之勢，平均坡度在 1/114~1/513，河道大致呈冲刷現象，近年(95~97 年)冲淤情形較過去(78~97 年)相對穩定；橫斷面型態窄深型與寬淺型互現；水流大致為亞臨界流況，50 年重現期洪水量之平均流速大致在 5.5m/sec 以下，僅局部橋梁附近斷面及一號攔水壩流速超過 5m/sec。現況僅左岸斷面 02-11~03-1 四十號橋堤防(下游延長)尚未完成施設外，其餘兩岸防洪工程大致皆已有布設。

本河段尚存河防安全問題，社寮堤防高度不足，部分河寬

通洪斷面不足，局部河道束縮導致上游水位壅高，另部分橋梁通洪能力亦顯不足，危害河防安全。

另現今河口已由磺港漁港改道至現況新河口，新河口兩岸均已施設導流堤，目前新河道於西勢溪匯流後左岸有泥沙淤積現象，其河道通洪情形亦為本次檢討重要課題之一。

### (二)磺溪中橋至無名橋(斷面 08~15)

本河段屬中下游，右岸屬較高之台地，左岸農作居多；本河段河床質主要為礫石及卵石，平均坡度在 1/47~1/114 有趨陡之勢，河道沖淤變化相對較大；橫斷面型態多屬窄深型；水流為亞臨界至超臨界流況交互變化，50 年重現期洪水量之平均流速大致在 5.5m/sec 以上，局部攔水堤及橋梁高達 12m/sec 以上。現況左岸防洪工程皆已完成，右岸屬較高台地，局部河段如磺溪中橋上游、斷面 10 上下游及斷面 12-1 上游有構築堤防護岸保護。

本河段尚存河防安全問題，除局部高度不足之堤防護岸需加高外，其餘河寬輸洪能力經檢討大致尚稱足夠。

### (三)無名橋至上磺溪橋(斷面 15~26)

本河段為中上游陡坡山區河川，河道受兩岸高山範束蜿蜒曲折，於斷面 20-11 有支流清水坑溪匯入，平均坡度在 1/13~1/26，並有趨陡之勢，河床質為卵礫石及塊石夾雜，並有漸粗之趨勢，本河道位於陡坡山區沖淤變化較不穩定；橫斷面型態大致為窄深型；水流為多屬超臨界流況，50 年重現期洪水量之平均流速大致在 6.5m/sec 以上，部分河段甚達 13.3m/sec。

本河段尚存河防安全問題，因兩岸山坡陡峻，易因洪水侵蝕邊坡而崩坍，河幅原屬不足，若再受人為開發，恐加重洪流沖蝕能力，應加以管制。

第伍章 河川水理特性分析.....	5-1
一、河川型態特性分析.....	5-1
二、現況水理分析.....	5-15
三、河川特性綜論.....	5-33
表 5-1 地形區分表.....	5-2
表 5-2 河床質粒徑分類表.....	5-2
表 5-3 礮溪主流河床質各粒徑停留百分率分析表.....	5-4
表 5-4 礮溪主流河床質平均粒徑及代表粒徑.....	5-5
表 5-5 礮溪主流歷年河道平均坡度分析比較表.....	5-9
表 5-6 礮溪主流歷年河道沖淤分析比較表(1/2).....	5-11
表 5-6 礮溪主流歷年河道沖淤分析比較表(2/2).....	5-12
表 5-7 礮溪主流歷年各斷面主深槽寬度比較表.....	5-14
表 5-8 礮溪粒徑資料各斷面河床粗糙係數推算表.....	5-19
表 5-9 礮溪主流河道粗糙係數採用表.....	5-20
表 5-10 局部損失係數參考表.....	5-21
表 5-11 礮溪現況河道計畫洪水量水理因素成果表(1/3).....	5-24
表 5-11 礮溪現況河道計畫洪水量水理因素成果表(2/3).....	5-25
表 5-11 礮溪現況河道計畫洪水量水理因素成果表(3/3).....	5-26
表 5-12 礮溪現況河道計畫洪水量水理因素及各重現期距洪水位表(1/2).....	5-27
表 5-12 礮溪現況河道計畫洪水量水理因素及各重現期距洪水位表(2/2).....	5-28
表 5-13 礮溪現況河道各斷面各重現期洪水量輸砂能力成果表(1/2).....	5-29
表 5-13 礮溪現況河道各斷面各重現期洪水量輸砂能力成果表(2/2).....	5-30
圖 5-1 礮溪主流河床質採樣位置圖.....	5-6
圖 5-2 礮溪主流各斷面河床質粒徑分佈比較圖(民國 78 年、民國 97 年).....	5-7
圖 5-3 礮溪主流歷年(65,73,80,95 年)流路變遷圖(1/2).....	5-17
圖 5-3 礮溪主流歷年(65,73,80,95 年)流路變遷圖(2/2).....	5-18
圖 5-4 礮溪現況河道各斷面各重現期洪水量輸砂能力成果圖.....	5-31