



《多層式水土感測技術在集水區整治與水庫減淤的應用》

台禹監測科技股份有限公司

莊旭楨 總經理

王建清 專案經理

簡報大綱

一、前言——多層電阻率感測的實現

- 為解決橋墩沖刷監測難題而研製多層電阻率感測尺——電阻率證實可反應各式水土體的物理變化
- 懸浮泥質在『電阻率』測值中幾乎不存在，但換為『電導率』後，可有效辨識水、泥、砂，功用大增。

二、雨水的影響

- 在長期土壤水分變化實驗中發現：雨強及累積雨量造成土體導電度改變，從而【絕對值含水率】不易得
- 雨量強度及累積雨量會影響水體電導度，從而干擾了含砂濃度的判識與換算

三、沖刷與雨強雨量之關連

- 集水區整治後是否降低了沖刷量？降雨出現高含砂水流的時間點或沖蝕情況皆可印證工程目標是否達到？

簡報大綱

四、攔砂壩的堆積動態

- 在逕流匯流路上或攔砂壩設置高精度水土感測尺，其動態資訊，或可提供土石流或堰塞湖潰壩的預警。

五、上游溪流沖入泥砂量的掌握

- 野溪或上游溪流設置較長的【沖淤監測樁】（固裝多層水土感測尺），可由溪床高程變動量的積分而掌握即時的人流泥砂量，並有機會發展高準確度之泥砂濃度動態測站

六、下游排砂機會的早期預警

- 水庫入庫點或上游溪流設置兩站以上的【沖淤監測樁】，可有效掌握水庫來砂情況，可提早排砂；而庫區監測樁可因懸泥沉降的精密監測而可促進高效能的排泥作業。

七、其他可能之應用

- 拋磚引玉，觸發其他各式應用的機會。

前言 — 多層電阻率感測的實現

- 為解決橋墩沖刷監測難題而研製多層電阻率感測尺——電阻率證實可反應各式水土體的物理變化
 - 多層水體感測尺實際在大排中感測水位變化，效果極佳
 - 以監測樁型式插設在河道監測河床沖淤變化，確認了水土界面之優秀表現；濁水溪砂床及大甲溪礫床皆可
 - 懸浮泥質在『電阻率』測值中幾乎不存在，但換為『電導率』後，可有效辨識水、泥、砂，功用大增。



初始，為嘗試解決【橋墩沖刷即時監測】難題，

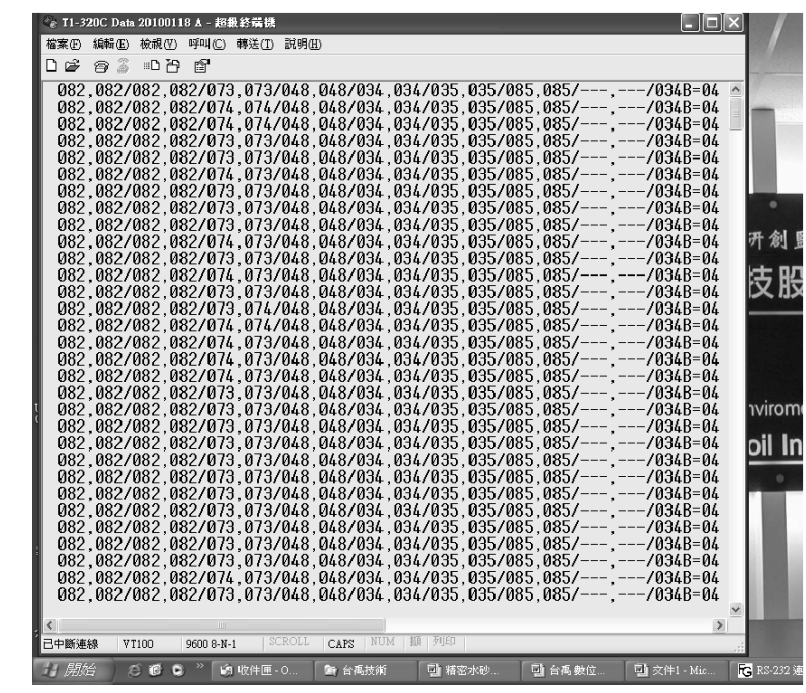
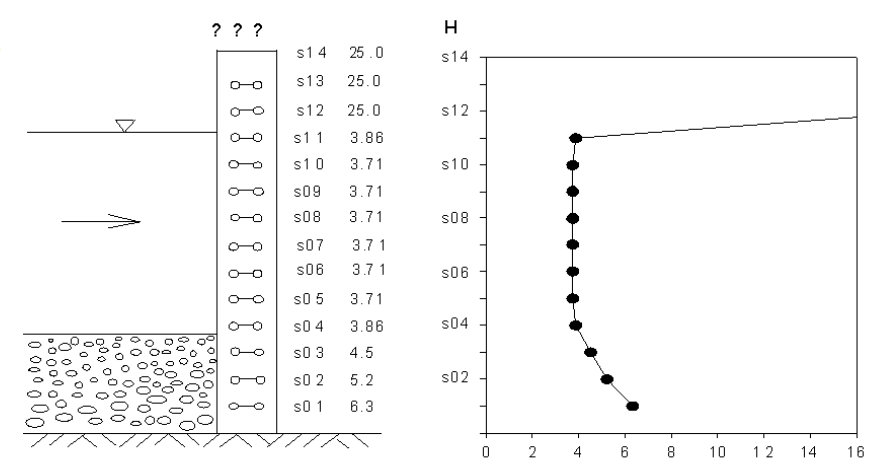
- 設計出『以【電阻率】分辨水砂界面』，進而以精巧電路而製作出可串接式的【多層電阻率監感測尺】；
- 【電阻率感測電路】配上數位化訊號處理模組，經各種測試，發現測值比預期的好，非常精密穩定。



TW-285S數位式 水土介面傳訊器介紹

- TW-285SA以特製電路數位化方式測出兩電極間導電阻值，相當精密穩定，室內試驗驗證，可看出電極間水體之導電特性相當穩定明確，雖會受水中離子濃度影響，但受濁度或流速波動之影響卻極微，且再現性極好（ $<0.1\%$ ），靈敏度極高（ 0.1sec ）

○



感謝逢甲大學王傳益教授提供機會，

讓台禹這項創新技術有機會在濁水溪及大甲溪實地安裝測試取得了豐富的溪流中水土界面及水體電阻率剖面數據，並在持續 6 年的實驗室與野外實場試驗中探索中，掌握了更多的水土環動態訊號，初步歸納出如下在集水區整治相關的監測技術

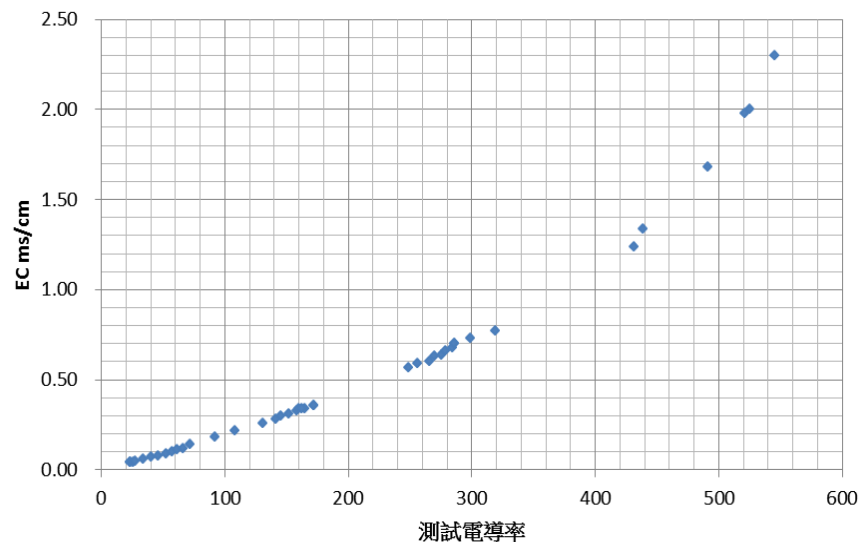


- 4支3測段感測尺(長156cm)串接,鎖固於150x100mm、全長12.8m之型鋼,分4截鍍鋅運至現場,螺固串接而組成一體型12.8m長測樁,
- 感測範圍在測樁上端6.2m(可擴充至7.8m);連同下端無測尺之型鋼樁體,以吊車吊掛而插入預打孔之河床,定位後下押而插入底床下約9m深,其中底床以下之感測尺約5m;
- 各支3測段之感測尺以單一防水電纜連接至樁頂之傳訊站,
- 以每分鐘一次之無線電傳訊至設於北岸之【監測中繼站】,再擴接GPRS設備後,即可在遠方監測中心隨時掌握河川沖淤動態。傳訊站在測樁頂部加高約1m,屋外型儀器盒內之傳訊設備能基本防水防曬;以內建式長效鋰電池,可供無間斷傳訊超過一整年。



多層式水土感測技術在集水區整治 與水庫減淤的應用

原本『電阻率』測值對低 EC 水體的分辨力線性度不佳，改為『電導率』後，效果極佳，可對水中細泥成份做出辨識，即能降低含砂濃度的分辨下限。



TW-284S-EC_TW284MCT

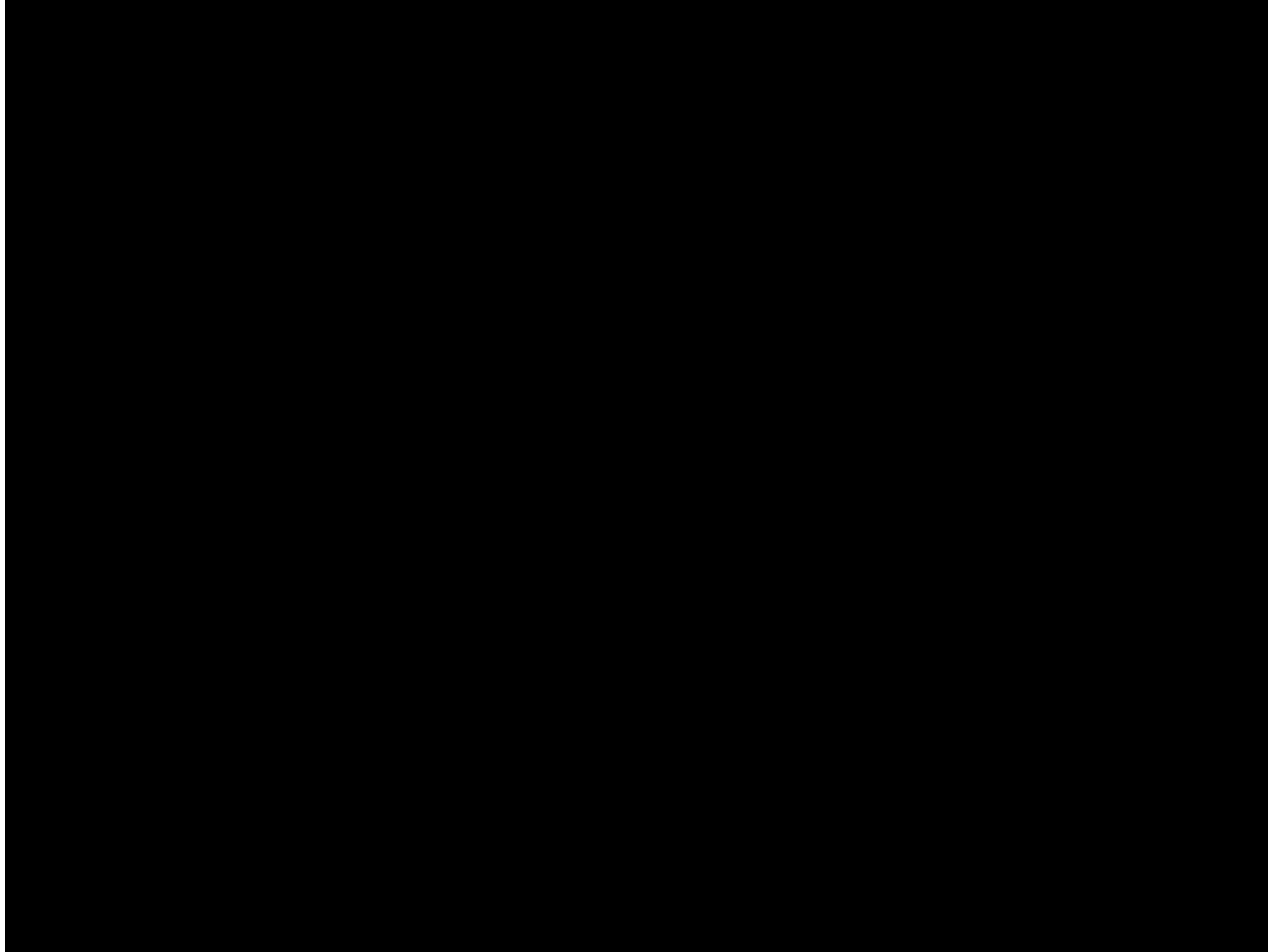
EC率定 電導率分層測值

2017-06-02/03

水深/cm		4	8	12	16	20	24	28	32	水溫	氣溫	風速	感測電導率	EC/ms	調水
'2017/06/02 09:36	0 A	22	23	23	23	22	3	3	3	65	63	216	23	0.04	凝結水
'2017/06/02 09:42	30 A	23	24	23	23	22	3	3	3	61	62	216	23	0.04	凝結水
'2017/06/02 09:42	40 A	23	24	23	23	22	3	3	3	60	62	216	23	0.04	凝結水
'2017/06/02 09:46	20 A	25	26	26	25	25	12	3	3	59	62	216	26	0.04	加入自來水(攪拌)
'2017/06/02 09:50	20 A	27	28	27	27	27	24	3	3	60	62	215	27	0.05	加入自來水(攪拌)
'2017/06/02 09:54	0 A	34	34	34	33	34	33	3	3	59	61	215	34	0.06	加入澄清液(攪拌)
'2017/06/02 10:00	0 A	40	40	41	40	40	40	39	3	59	62	215	40	0.07	加入澄清液(攪拌)
'2017/06/02 10:03	0 A	45	46	46	45	46	46	45	3	59	62	215	46	0.08	抽換—管澄清液(攪拌)
'2017/06/02 10:06	0 A	50	51	52	52	52	50	3	3	60	61	215	52	0.09	抽換—管澄清液(攪拌)
'2017/06/02 10:09	0 A	56	57	57	57	56	57	56	3	59	62	215	57	0.10	抽換—管澄清液(攪拌)
'2017/06/02 10:12	0 A	61	61	63	61	61	61	60	3	60	61	215	61	0.11	抽換—管澄清液(攪拌)
'2017/06/02 10:15	0 A	65	66	67	66	66	67	64	3	59	61	215	66	0.12	抽換—管澄清液(攪拌)
'2017/06/02 09:32	16 A	75	74	72	3	3	3	3	3	64	63	216	72	0.14	自來水
'2017/06/03 09:06	0 A	92	91	93	90	3	3	3	3	60	60	215	92	0.18	
'2017/06/03 14:32	0 A	105	104	108	108	108	108	102	3	59	62	216	108	0.22	
'2017/06/03 14:16	0 A	128	127	132	130	131	131	123	3	61	63	216	131	0.26	
'2017/06/03 14:09	0 A	139	137	142	141	141	142	135	3	61	63	216	141	0.28	
'2017/06/03 09:26	0 A	143	142	147	146	146	146	140	3	59	60	215	145	0.30	抽換—管凝結水
'2017/06/03 09:23	0 A	150	147	153	151	152	152	146	3	59	60	216	152	0.31	抽換—管凝結水
'2017/06/03 09:20	0 A	155	153	159	157	158	158	151	3	60	60	215	158	0.33	加—管凝結水
'2017/06/02 09:40	0 A	169	165	160	3	3	3	3	3	61	63	216	160	0.34	澄清液
'2017/06/03 09:14	0 A	162	160	167	165	165	165	24	3	60	60	215	165	0.34	加—管凝結水
'2017/06/03 09:17	0 A	159	156	163	161	161	161	135	3	60	60	215	162	0.34	加—管凝結水
'2017/06/03 08:38	20 A	169	166	172	171	171	169	3	3	60	63	216	172	0.36	
'2017/06/03 09:10	0 A	167	165	171	170	170	168	3	3	59	60	215	172	0.36	

'2017/06/03 08:28	20 A	246	241	251	249	249	249	246	4	61	63	216	249	0.57	
'2017/06/03 08:25	20 A	252	246	258	255	256	256	253	3	60	63	216	256	0.59	
'2017/06/03 08:21	20 A	260	254	265	263	263	263	259	3	60	63	216	266	0.60	
'2017/06/03 08:18	20 A	266	260	272	269	270	271	266	3	61	63	216	270	0.63	
'2017/06/03 08:15	20 A	271	264	277	275	274	275	270	3	61	63	216	275	0.64	
'2017/06/03 08:11	40 A	276	269	282	279	279	280	267	3	60	62	216	279	0.66	
'2017/06/03 08:08	40 A	280	273	286	284	284	284	229	3	60	62	216	284	0.68	
'2017/06/03 08:05	20 A	280	273	287	285	287	286	97	3	59	63	216	286	0.70	
'2017/06/03 08:06	40 A	280	273	287	286	287	286	98	2	61	63	216	286	0.70	
'2017/06/03 07:57	40 A	298	289	303	299	239	4	3	3	61	62	216	299	0.73	
'2017/06/03 07:54	30 A	319	310	323	297	3	3	3	3	61	61	216	319	0.77	
'2017/06/02 11:47	0 A	427	416	431	429	428	385	3	3	58	57	216	431	1.24	
'2017/06/02 12:02	24 A	454	439	418	3	3	3	3	3	59	57	216	439	1.34	
'2017/06/02 12:09	0 A	435	475	493	489	491	483	4	3	59	56	215	491	1.68	
'2017/06/02 12:12	0 A	377	506	524	521	523	517	9	3	59	56	215	521	1.98	投入海砂
'2017/06/02 12:12	20 A	383	506	525	521	523	518	5	3	59	56	215	525	2.00	投入海砂
'2017/06/02 13:47	12 A	420	529	548	545	546	541	7	3	59	60	215	545	2.30	投入海砂

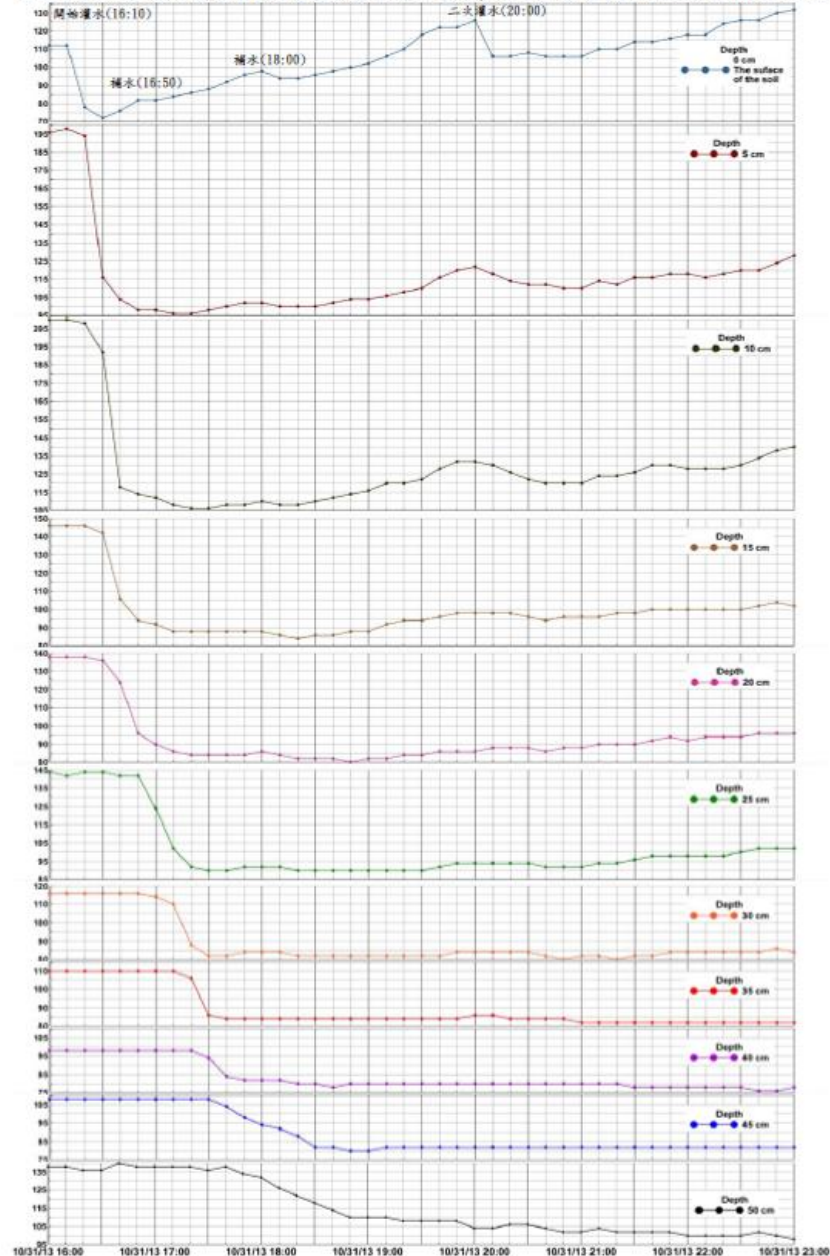
原本『電阻率』測值對低 E C 水體的分辨力線性度不佳，改為『電導率』後，效果極佳，可對水中細泥成份做出辨識，即能降低含砂濃度的分辨下限。



二、雨水的影響

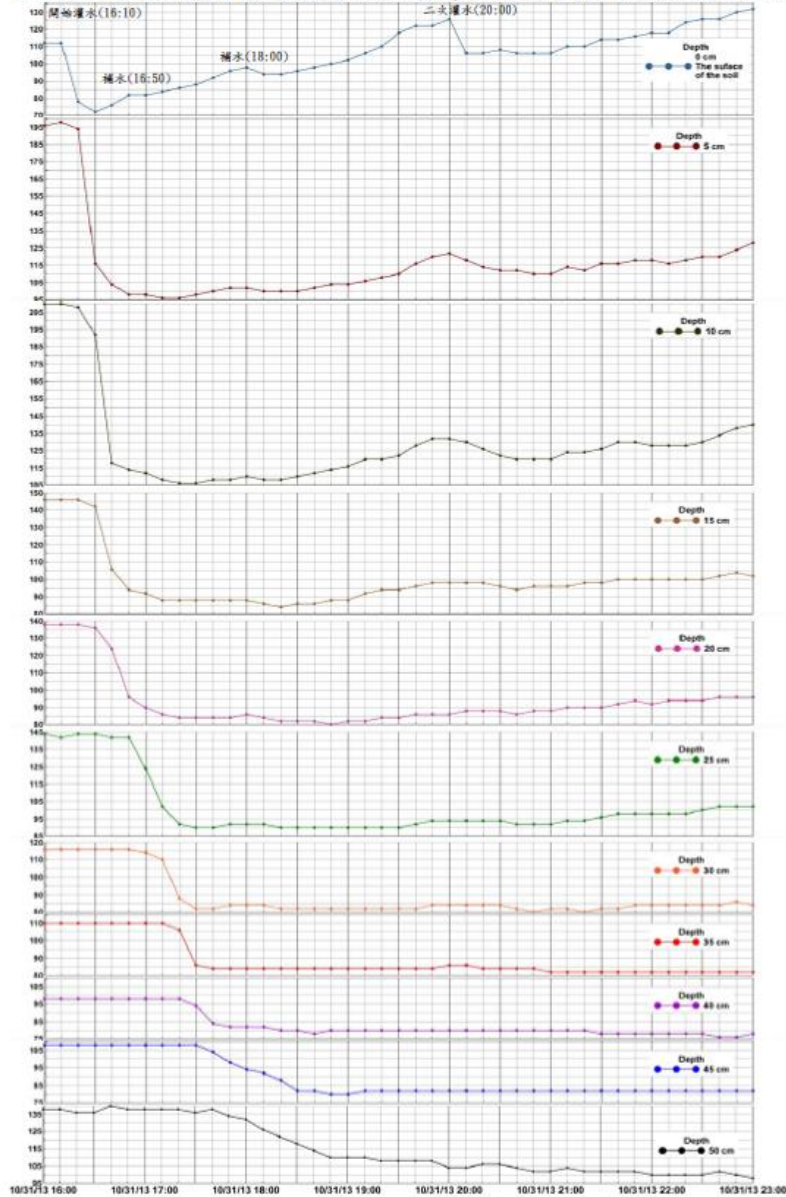
- 在長期土壤水分變化實驗中發現：雨強及累積雨量造成土體導電度改變，從而【絕對值含水率】不易得
- 後來在大甲溪監測河道及堤基沖刷時，發現『雨水稀釋了原來河水，水中電導度顯著降低』，從而高含砂水流的泥砂濃度監測需設法消除水體電導度的影響；
- 發現實務上業界各種土壤水分計及泥砂濃度計同樣因降雨而產生誤差：降雨既會因沖蝕而增加水體導電度，也會因凝結淨雨水量大稀釋而降低了導電度。

台禹 T285-2SC 差分式多層式土壤導電度感測器 土壤入滲觀測紀錄 每 10 min (10/31 16:00-23:00)



多層式水土感測技術在集水區整治 與水庫減淤的應用

台灣 T285-2SC 差分式多層土水導電感測器 土壤入滲觀測紀錄 @ 10 min (10/31 16:00-23:00)





最初(2012年)將『多層電阻率感測尺』
應用於『水位監測』，在都會區大排實裝測試；當時只看到測尺對水位升降反應的穩定，後續工作是將水氣界面自動化換算，並進一步歸納出可將4公分的測點間距希算出1公分的水位分辨力。
當時雖看到了整個水體中電阻率測值的均一性，卻對水位漲升後測值變大的現象沒有正確的認識，誤以為其與地表沖刷有關；

重秀橋 引水		4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	cm	水深
2012/6/19 00:00	A 250 159	48	48	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	96	100	104	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4	
2012/6/19 00:10	A 250 159	48	48	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 00:20	A 250 159	49	49	53	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 00:30	A 250 159	49	49	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 00:40	A 250 159	49	49	61	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 00:50	A 250 159	49	49	69	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 01:00	A 251 159	48	48	78	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 01:10	A 251 159	48	48	102	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 01:20	A 252 159	48	48	159	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 01:30	A 252 159	48	48	395	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 01:40	A 252 159	47	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 01:50	A 252 159	48	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 02:00	A 252 159	48	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 02:10	A 253 159	49	49	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 02:20	A 253 159	49	49	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4
2012/6/19 02:30	A 253 159	49	48</																																							

多層式水土感測技術在集水區整治 與水庫減淤的應用

直到後來在大甲溪監測河道及堤基沖刷時，才發現是『雨水稀釋了原來河水，水中電導度顯著降低』的作用！

肇秀橋外水	A	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	cm	水深																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 09:30	A 260	159	88	87	88	88	88	87	88	88	88	87	88	88	B	86	269	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 09:40	A 259	159	87	85	87	86	86	86	86	86	86	86	86	87	B	108	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 09:50	A 258	160	85	83	85	85	84	84	84	84	84	84	85	87	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 10:00	A 258	159	83	82	83	83	83	83	83	83	83	83	84	319	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 10:10	A 257	159	82	81	82	82	82	82	82	82	81	82	82	89	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 10:20	A 256	159	80	79	81	80	80	80	80	80	80	80	80	801	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 10:30	A 256	159	79	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	86	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 10:40	A 255	159	78	77	78	78	78	78	78	78	78	78	258	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 10:50	A 254	159	77	76	77	76	76	76	76	76	76	78	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 11:00	A 254	159	76	75	76	76	76	76	76	76	76	86	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 11:10	A 253	159	74	73	74	74	74	74	74	74	90	--	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 11:20	A 252	159	75	74	75	74	74	74	74	74	74	75	--	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 11:30	A 252	159	74	73	75	74	74	74	74	74	74	74	162	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 11:40	A 251	159	72	71	72	72	72	72	72	72	72	72	107	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 11:50	A 249	159	72	71	72	72	72	72	72	72	72	72	74	--	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 12:00	A 248	159	72	71	72	72	71	72	72	72	72	72	73	143	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 12:10	A 247	159	72	71	72	71	71	71	71	71	71	71	71	73	102	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 12:20	A 246	159	71	70	71	71	71	71	71	71	71	71	71	73	650	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 12:30	A 245	159	71	70	71	71	71	71	71	71	71	71	71	75	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 12:40	A 245	159	71	70	71	71	71	71	71	71	71	71	71	109	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 12:50	A 245	159	72	71	72	72	72	71	72	72	74	75	81	140	--	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 13:00	A 246	159	75	74	74	74	74	74	74	74	77	84	82	83	B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 13:10	A 247	159	87	86	87	87	86	86	86	87	86	87	91	87	87	B	84	86	86	88	90	106	--	--	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 13:20	A 251	159	104	102	104	104	104	104	104	104	104	104	108	104	104	B	99	103	102	102	102	103	103	104	110	--	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 13:30	A 249	159	90	88	90	89	89	89	89	89	89	89	92	89	89	B	86	89	88	88	88	88	88	88	87	88	89	--	C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 13:40	A 250	159	95	94	95	95	95	95	95	95	95	95	98	96	95	B	91	94	93	93	93	93	93	93	91	93	93	94	C	191	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2012/6/19 13:50	A 250	159	110	108	111	110	111	110	110	110	110	110	110	113	111	111	B	105	110	109	108	108	108	108	109	108	105	108	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	

多層式水土感測技術在集水區整治 與水庫減淤的應用

發現實務上業界各種土壤水分計及泥砂濃度計同樣因降雨而產生誤差：降雨既會因沖蝕而增加水體導電度，也會因凝結淨雨水量大稀釋而降低了導電度。
(水利署，104 年度石岡壩水質濁度、濃度及含砂量監測委託服務_總報告)

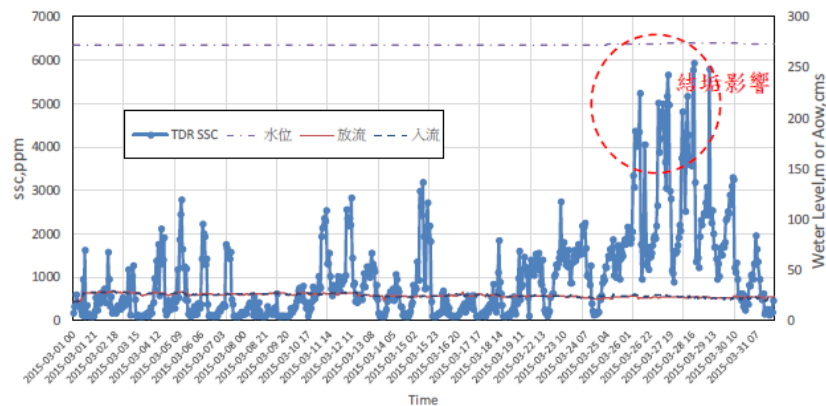


圖 4.14 三月份 TDR SSC 歷線圖

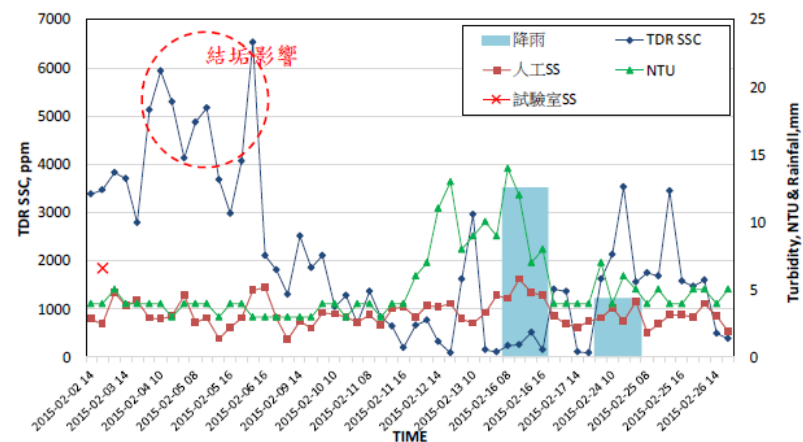


圖 4.16 二月份 TDR、人工 SS、NTU 歷時資料圖

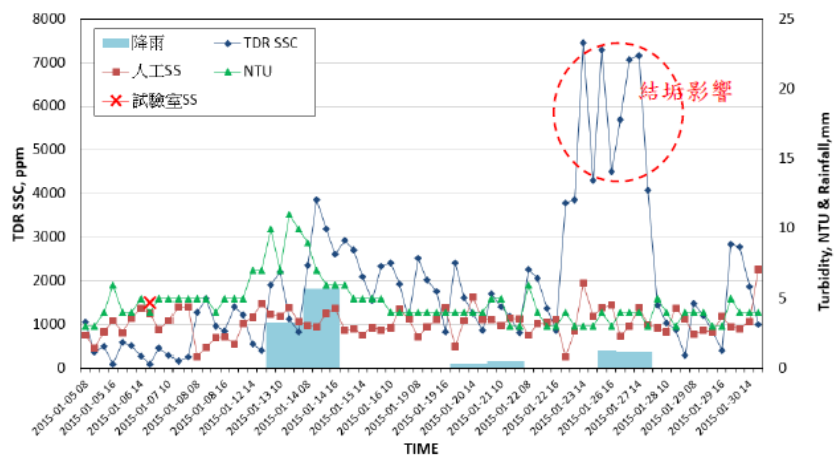


圖 4.15 一月份 TDR、人工 SS、NTU 歷時資料圖

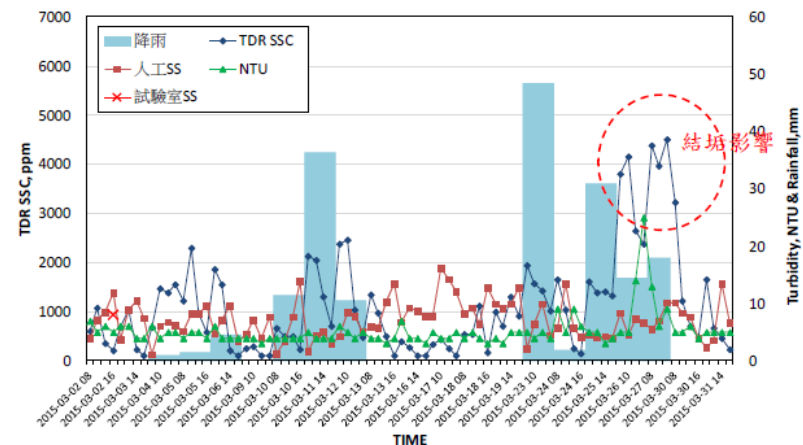
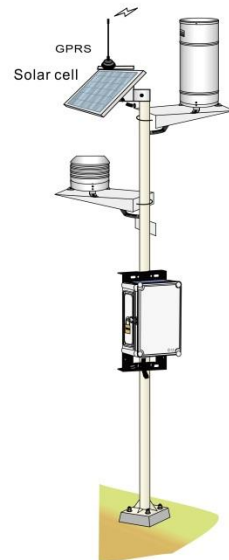
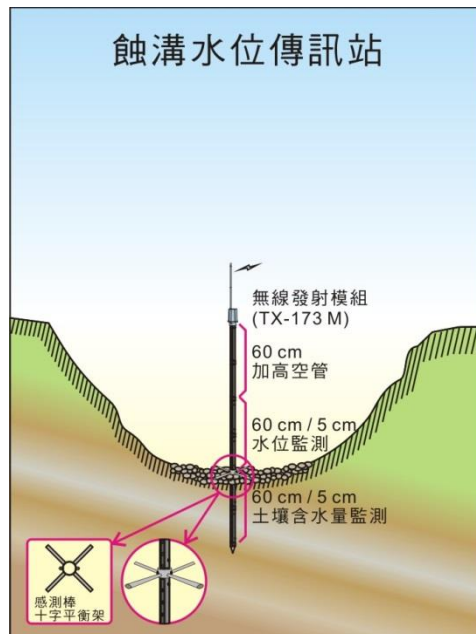


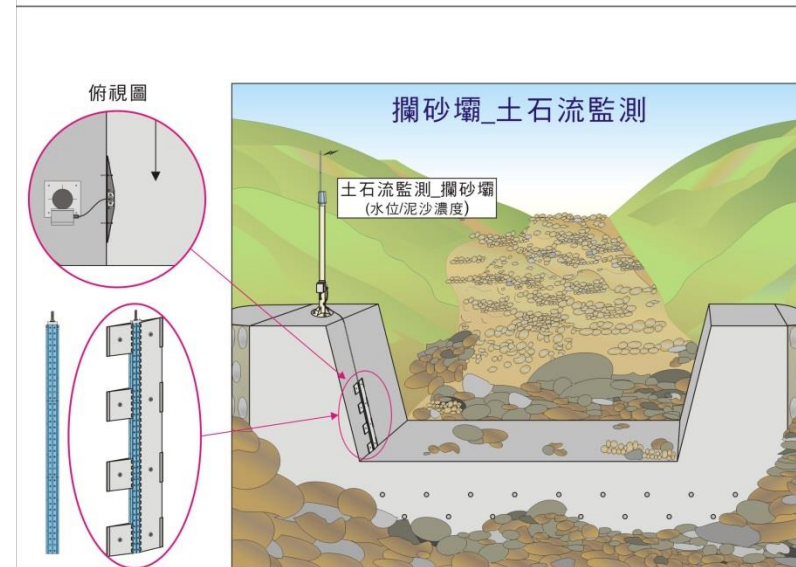
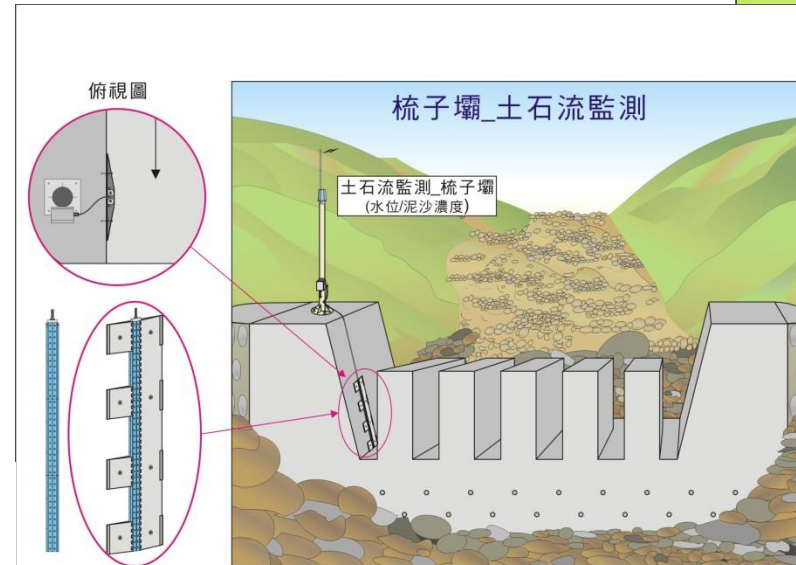
圖 4.17 三月份 TDR、人工 SS、NTU 歷時資料圖

三、沖刷與雨強雨量之關連

- 集水區整治後是否降低了沖刷量？（每次降雨時，開始出現高含砂水流的時間點）
- 理論上可由降雨強度推估是否產生沖蝕，若沖蝕現象超出預期，是否有地表擾動等因素？
- 施作水保整治後，理論上可降低沖蝕，實際是否如此？

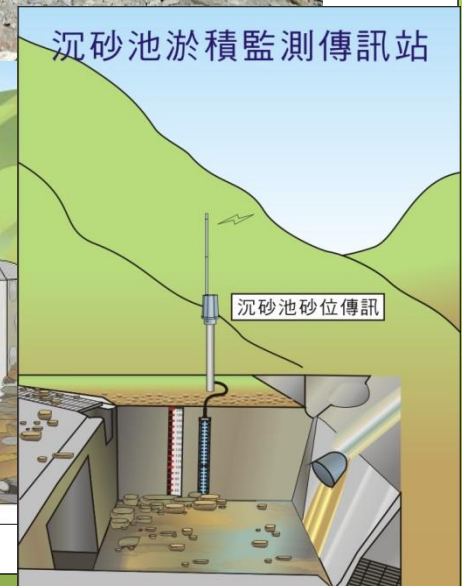
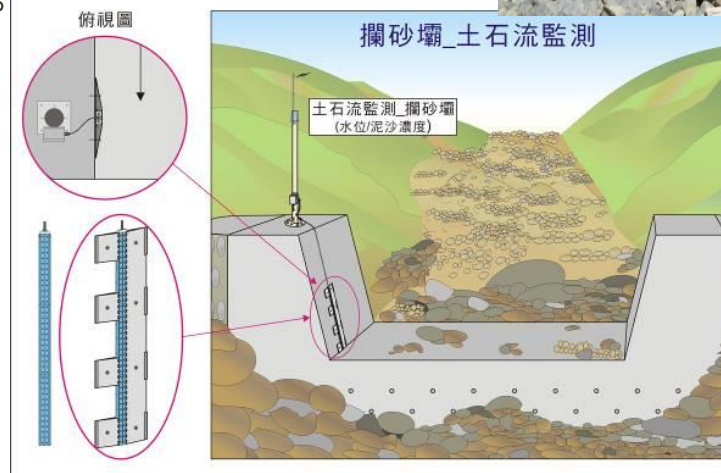


現地降雨監測及多工資料收集站



四、攔砂壩的堆積動態

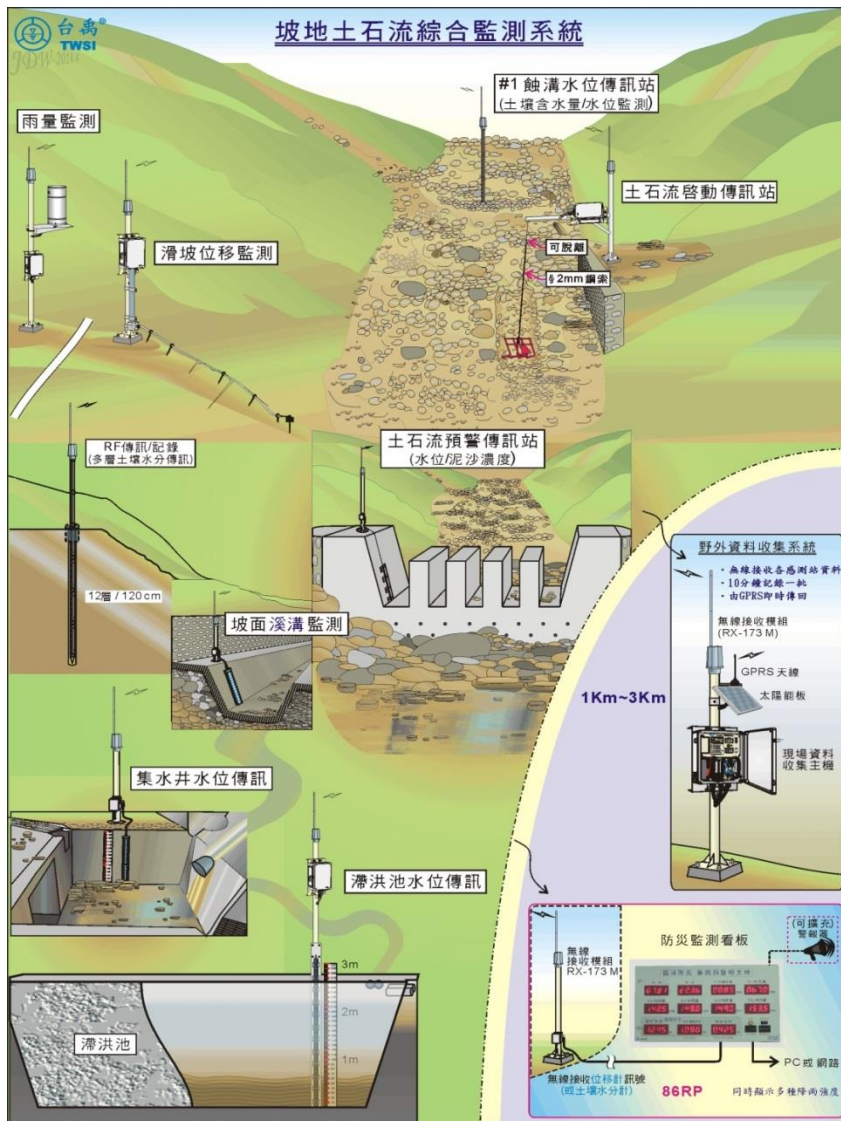
- 在逕流匯流路上或攔砂壩設置高精度水土感測尺，其動態水量及水質測值或可提供多樣式的資訊。
- 清水水位漸升，而後出現濁水；若進而出現不均勻的測值，其係高濁水泥漿或土石流
- 每次降雨後是否出現預期外的沖刷堆積？淤積位量測可自動化。
- 前述的動態資訊，或可提供土石流或堰塞湖潰壩的預警。



集水區保育及效能監測

- 沖刷與雨強雨量之關連——集水區整治後是否降低了沖刷量？
- 攔砂壩的堆積動態——每次降雨後是否出現預期外的沖刷堆積？
- 上游溪流沖入泥砂量的掌握——推移質的有效動態監測
- 下游排砂機會的早期預警——上游沖刷動態資訊可供排砂作業提早準備
- 攔砂壩及沉砂池為集水區土砂管理上常用之土砂攔截設施，在該處設置**多功能水砂監測樁**，可動態掌握：降雨時高含砂狀況（**水位流量**為基本功能）、沖刷土石之淤積、是否已經淤滿待清？
- 測樁在河道中時，可動態監測水位及砂位、藉以算出較準確之流量；搭配妥當時可測出**含砂濃度**；由底床沖淤變動之積分（淤高又被沖走）可大致推估出**通過該斷面的砂石總量**；其中，會持續沖流的**入庫泥砂量**則可由粒徑分析而估出（比現行推估方式有較具體的數據）。
- 在應用上透過台禹**TW-285S智慧型**監測水尺，可即時感測沉砂池淤積情形，整合水、砂位特性即時通報處理，有效控管其土砂溢流之情況。

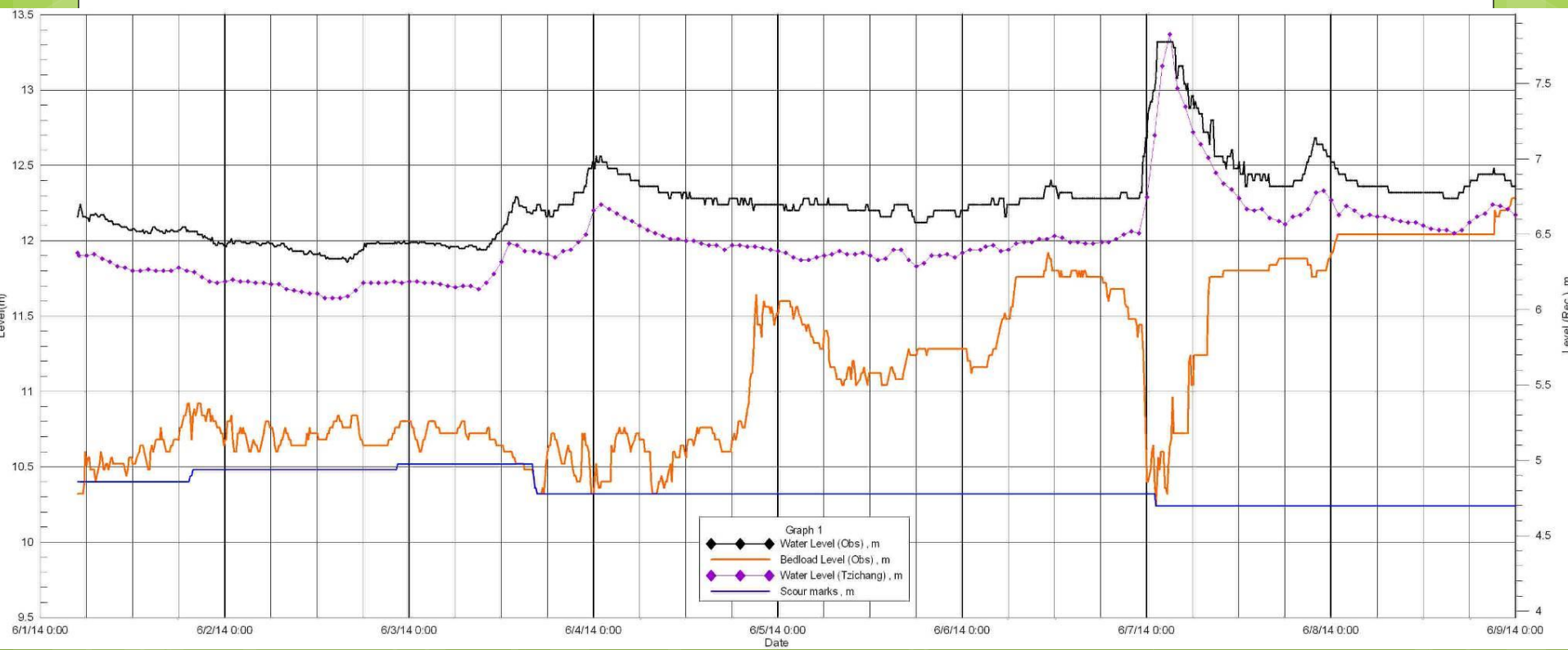
應用方案



台灣監測科技股份有限公司
<http://www.hycom.com.tw>

五、上游溪流沖入泥砂量的掌握

- 野溪或上游溪流設置較長的【沖淤監測樁】（固裝多層水土感測尺），可供精密監測溪流沖入之泥砂量
 - 因能精密監測溪床淤積與刷深（每一分鐘一筆，2cm精度的溪床變動量），將此溪床高程變動量的積分，可推算精度不差的下沖泥砂量。
 - 此一【沖淤監測樁】若擴增水體電導率的自動化測讀機制，其能提供精度不錯之泥砂濃度動態測值。



濁水溪河床界面——沖、 淤變動極為顯著精細 (10分鐘一行，4公分一層)

部分剖面_140527-0607_FCU_TR-WS08_LGP917S7_140625B3_01.xls

1 / 5

剖面時間(+2分)	442	446	450	454	458	462	466	J	470	474	478	482	486	490	494	498	502	506	510	514	518	K	522	526	530	534	538
'2014/06/20 08:02	129	116	116	118	120	120	126	J	147	132	134	138	135	139	177	131	128	131	132	113	67	K	66	66	67	66	67
'2014/06/20 08:12	129	115	116	118	120	120	126	J	146	132	134	137	135	139	177	131	128	132	132	70	66	K	66	66	66	66	66
'2014/06/20 08:22	129	115	116	118	120	120	126	J	146	131	134	137	136	138	177	131	129	132	130	67	66	K	66	66	66	66	66
'2014/06/20 08:32	129	116	116	118	120	120	127	J	146	130	134	137	137	137	177	131	129	132	67	66	66	K	66	66	66	66	66
'2014/06/20 08:42	129	115	116	118	120	119	127	J	146	130	134	137	137	137	178	132	129	115	66	66	66	K	66	66	66	66	66
'2014/06/20 08:52	129	115	116	118	120	120	126	J	146	130	134	137	136	137	178	132	109	66	66	65	66	K	66	66	66	66	66
'2014/06/20 09:02	129	115	116	117	120	121	126	J	147	129	135	140	134	135	186	66	66	66	66	66	66	K	65	66	66	66	66
'2014/06/20 09:12	129	115	116	117	120	121	127	J	147	129	136	139	133	135	162	65	66	66	65	65	66	K	65	66	66	65	66
'2014/06/20 09:22	129	115	116	117	120	121	127	J	147	129	136	137	133	134	190	66	66	65	65	65	66	K	65	66	66	65	66
'2014/06/20 09:32	129	115	116	117	120	121	127	J	148	130	136	136	132	134	184	65	65	65	65	65	66	K	65	66	66	65	66
'2014/06/20 09:42	129	115	116	117	120	121	127	J	148	130	135	136	132	134	143	65	66	65	65	65	65	K	65	66	65	65	65
'2014/06/20 09:52	129	115	116	118	120	120	127	J	148	131	134	136	132	135	158	65	65	65	65	65	65	K	65	65	65	65	65
'2014/06/20 10:02	129	115	116	118	120	120	127	J	147	130	134	136	133	135	175	65	65	65	65	65	65	K	65	65	65	65	65
'2014/06/20 10:12	129	115	117	118	121	119	128	J	147	130	134	136	133	134	199	102	66	65	65	65	65	K	65	65	65	65	65
'2014/06/20 10:22	129	115	117	118	121	119	128	J	146	130	133	135	133	135	201	130	120	66	65	65	65	K	65	65	65	65	65
'2014/06/20 10:32	129	115	117	118	121	119	129	J	146	130	133	135	133	135	205	131	123	94	65	65	65	K	65	65	65	64	65
'2014/06/20 10:42	129	115	117	118	121	119	129	J	146	129	133	135	133	135	207	132	124	127	65	64	65	K	65	65	65	65	65
'2014/06/20 10:52	129	115	117	119	121	119	130	J	145	129	133	135	133	135	208	133	125	129	125	94	65	K	65	65	65	64	65
'2014/06/20 11:02	129	115	117	119	121	119	130	J	145	129	133	135	133	136	207	133	125	129	126	127	107	K	131	69	65	65	65
'2014/06/20 11:12	129	115	117	119	121	120	130	J	144	129	133	136	133	137	205	133	125	130	127	128	128	K	137	67	65	65	65
'2014/06/20 11:32	128	115	117	118	121	119	131	J	144	129	133	136	133	140	202	133	125	130	127	129	129	K	142	72	64	64	65
								J	144	130	133	136	133	140	202	133	125	130	128	129	130	K	144	119	65	64	65
								J	143	130	133	136	133	141	202	133	125	130	128	129	130	K	144	107	65	64	64
								J	143	129	133	135	133	141	201	133	125	130	128	129	130	K	144	71	64	64	64
'2014/06/20 12:02	128	115	118	119	121	120	131	J	143	129	132	135	133	141	200	133	125	130	128	129	130						
'2014/06/20 12:12	128	115	118	119	121	120	131	J																			
								J														K	145	125	67	64	64
								J	143	129	132	135	132	140	200	132	125	130	128	129	131	K	145	70	64	64	64
'2014/06/20 12:52	128	115	118	119	121	121	130	J	143	129	132	135	132	140	199	132	125	130	128	129	130	K	142	66	64	64	64

多層式水土感測技術在集水區整治 與水庫減淤的應用

部分剖面_140527-0607_FCU_TR-WS08_LGP917S7_140625B3_01.xls

2 / 5

剖面時間(+2分)	442	446	450	454	458	462	466	470	474	478	482	486	490	494	498	502	506	510	514	518		522	526	530	534	538
2014/06/20 17:42	127	116	118	119	123	123	124	144	126	129	133	132	63	63	63	63	63	63	63	63	K	63	63	63	63	63
2014/06/20 17:52	127	116	118	119	123	123	125	145	126	129	133	172	115	115	121	123	64	63	63	K	63	63	63	63	63	
2014/06/20 18:02	127	116	118	119	123	123	125	145	126	129	134	173	115	116	122	128	152	64	63	K	63	64	64	63	64	
2014/06/20 18:12	127	116	118	119	123	123	125	145	126	129	134	173	116	116	122	128	165	83	63	K	63	64	64	63	64	
2014/06/20 18:22	127	116	118	119	123	123	125	145	126	129	134	173	116	117	122	129	167	84	63	K	63	64	64	63	63	
2014/06/20 18:32	127	116	118	119	123	123	125	145	126	129	134	174	116	117	122	130	168	67	63	K	63	64	64	64	64	
2014/06/20 18:42	127	116	117	118	122	123	125	145	126	129	134	174	118	117	123	132	90	65	63	K	64	64	64	64	64	
2014/06/20 18:52	127	116	117	118	123	123	125	145	126	129	134	175	118	117	123	135	67	64	63	K	64	64	64	64	64	
2014/06/20 19:02	127	116	117	118	122	123	126	145	126	129	134	175	119	117	123	112	64	64	63	K	63	64	64	64	64	
2014/06/20 19:12	127	116	117	118	122	123	127	145	125	129	133	175	119	117	119	117	84	64	63	K	64	64	64	64	64	
2014/06/20 19:22	127	115	117	118	122	123	128	145	125	129	133	175	119	118	67	64	64	64	64	K	64	64	64	64	64	
2014/06/20 19:32	127	115	117	118	121	123	128	144	125	129	133	176	119	118	117	119	121	119	98	K	64	64	64	64	64	
2014/06/20 19:42	127	115	117	117	121	123	128	144	125	129	133	177	118	119	118	120	123	66	64	K	64	64	64	64	64	
2014/06/20 19:52	128	115	116	117	121	123	129	144	125	129	133	178	118	119	120	123	119	65	64	K	64	64	64	64	64	
2014/06/20 20:02	128	115	117	117	121	123	128	144	125	129	133	178	120	121	121	126	67	64	64	K	64	65	64	64	64	
2014/06/20 20:12	128	114	116	117	120	122	128	144	125	129	133	178	121	121	122	131	100	65	64	K	64	65	65	65	65	
2014/06/20 20:22	128	114	117	117	120	122	128	144	125	129	133	178	121	122	123	134	84	65	64	K	64	65	65	65	65	
2014/06/20 20:32	128	114	117	117	120	122	128	144	125	129	134	179	122	121	123	135	156	125	69	K	76	66	65	65	65	
2014/06/20 20:42	128	114	116	117	119	122	128	143	125	129	134	180	123	120	123	136	157	130	128	K	65	65	65	65	65	
2014/06/20 20:52	128	114	117	117	119	121	128	143	125	129	134	181	122	120	123	136	157	132	129	105	K	65	65	65	65	
2014/06/20 21:02	127	114	116	117	119	121	128	142	125	128	134	183	121	120	123	137	157	133	105	65	K	65	65	65	65	
2014/06/20 21:12	127	114	116	117	119	121	128	142	124	129	135	186	120	121	124	138	157	135	101	65	K	65	65	65	65	
2014/06/20 21:22	127	114	116	117	119	121	128	142	124	128	136	186	120	121	125	139	158	127	66	K	65	65	65	65	65	
2014/06/20 21:32	126	113	116	117	119	121	128	142	124	128	137	185	121	122	125	140	154	94	65	K	66	65	65	65	65	
2014/06/20 21:42	126	113	117	117	118	120	128	142	124	129	138	185	121	122	125	140	156	134	67	K	66	65	65	65	65	
2014/06/20 21:52	125	113	117	118	118	119	128	142	124	129	139	185	121	123	126	141	157	139	69	K	65	65	65	65	65	
2014/06/20 22:02	125	113	117	118	118	119	128	142	124	129	140	185	122	122	126	141	157	140	68	K	65	65	65	65	65	
2014/06/20 22:12	125	113	117	118	118	119	128	142	124	129	140	185	122	122	126	141	155	79	65	K	65	66	65	65	65	
2014/06/20 22:22	125	113	117	118	118	119	128	142	124	129	140	186	122	123	126	141	124	65	65	K	65	66	66	65	65	
2014/06/20 22:32	124	113	117	118	118	119	128	142	124	129	140	185	122	124	124	66	66	65	65	K	65	66	66	65	66	
2014/06/20 22:42	124	113	117	118	118	119	128	143	124	130	185	122	86	65	65	65	65	65	K	65	66	66	66	66	66	
2014/06/20 22:52	125	113	116	117	118	120	128	144	125	134	112	66	65	65	66	66	65	65	K	65	66	66	66	66	66	
2014/06/20 23:02	125	113	116	117	119	121	127	145	130	135	85	66	65	65	66	66	65	65	K	65	66	66	66	66	66	
2014/06/20 23:12	125	113	116	116	119	122	128	149	130	135	104	66	65	65	66	66	65	65	K	66	66	66	66	66	66	
2014/06/20 23:22	125	113	116	116	119	122	128	150	131	136	147	67	65	65	66	66	65	65	K	66	66	66	66	66	66	
2014/06/20 23:32	125	113	116	116	120	122	128	150	130	136	150	124	120	119	67	66	66	65	K	66	66	66	66	66	66	
2014/06/20 23:42	125	113	116	116	120	122	128	150	130	136	151	125	122	124	132	105	66	66	K	66	66	66	66	66	66	
2014/06/20 23:52	125	113	116	116	120	122	128	150	130	135	151	126	123	126	133	141	135	67	66	K	66	66	66	66	66	
2014/06/21 00:02	125	114	116	116	119	122	129	150	130	136	151	126	124	126	134	144	141	76	68	K	67	67	67	66	67	
2014/06/21 00:12	125	113	116	117	119	122	128	150	130	135	151	126	124	127	135	144	145	146	74	K	66	66	66	66	66	
2014/06/21 00:22	125	114	116	117	119	122	128	150	130	135	151	127	124	127	135	145	146	75	66	K	66	66	66	66	66	
2014/06/21 00:32	125	113	116	116	119	122	129	150	130	135	151	127	125	127	135	146	71	67	66	K	66	66	66	66	66	
2014/06/21 00:42	125	114	116	116	119	122	129	150	130	135	151	128	127	128	136	118	66	67	66	K	66	66	66	66	66	
2014/06/21 00:52	124	114	116	116	119	122	130	150	130	135	151	128	127	128	137	67	66	67	66	K	66	67	67	66	66	
2014/06/21 01:02	124	114	116	115	119	122	131	150	130	135	151	129	128	129	131	66	66	67	66	K	66	66	67	66	66	
2014/06/21 01:12	123	114	115	115	118	122	132	149	130	135	151	129	127	129	131	71	66	67	66	K	66	67	67	66	67	
2014/06/21 01:22	123	114	115	115	118	122	131	149	130	135	151	129	128	131	133	134	128	135	136	143	K	67	67	67	67	
2014/06/21 01:32	124	113	115	115	118	122	132	149	130	134	152	129	127	131	136	133	138	135	133	71	K	66	67	66	66	
2014/06/21 01:42	123	114	115	114	118	122	132	149	130	134	153	131	127	132	143	133	134	82	66	K	66	67	67	66	67	
2014/06/21 01:52	123	113	115	114	118	122	132	149	129	134	153	131	128	133	145	136	109	69	66	K	66	67	67	66	67	
2014/06/21 02:02	124	113	115	114	118	123	132	149	129	135	156	132	129	134	95	67	67	67	66	K	66	67	67	66	68	
2014/06/21 02:12	125	113	115	115	118	123	132	149	129	136	157	132	130	135	179	83	67	67	66	K	66	67	67	66	68	
2014/06/21 02:22	125	113	115	114	118	122	132	149	129	137	157	132	131	136	181	153	72	67	66	K	67	67				

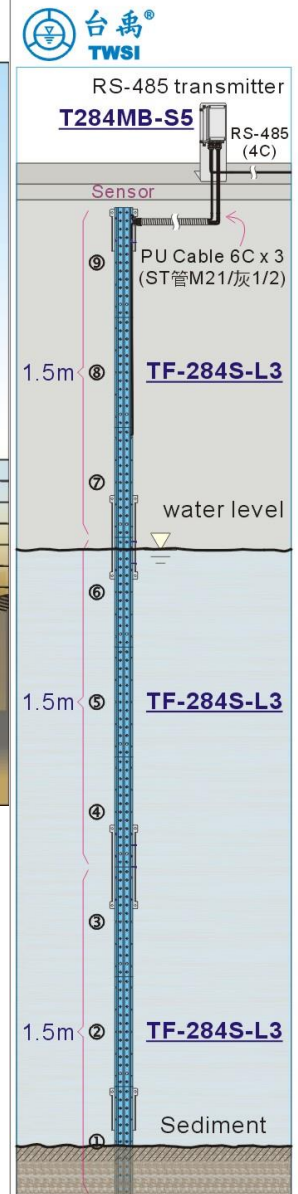
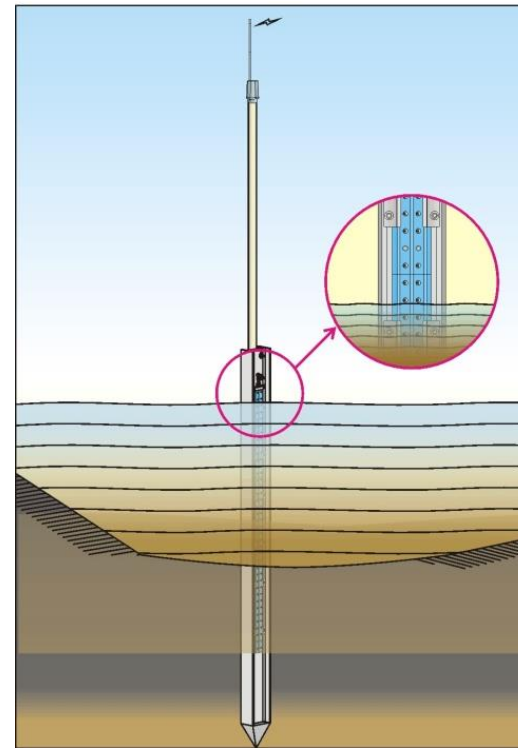
部分剖面_140527-0607_FCU_TR-WS08_LGP917S7_140625B3_01.xls

3 / 5

剖面時間(+2分)	442	446	450	454	458	462	466	470	474	478	482	486	490	494	498	502	506	510	514	518	K	522	526	53
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	----

六、下游排砂機會的早期預警

- 水庫入庫點或上游溪流設置兩站以上的【沖淤監測樁】，可有效掌握水庫來砂情況，可提早因應
- ——上游接連兩站的含砂濃度動態及底床沖淤變動，可較精確掌握水庫入砂動態，可供提早準備排砂作業
- ——若在水庫前庭設置【多層電導率感測尺】，準確提供渾水在庫前的沉降狀況，可供掌握較佳時機以排泥。



《石門水庫垂直分層泥砂濃度監測技術研發及現場測試評估》_水利規劃試驗所_中華民國105年12月

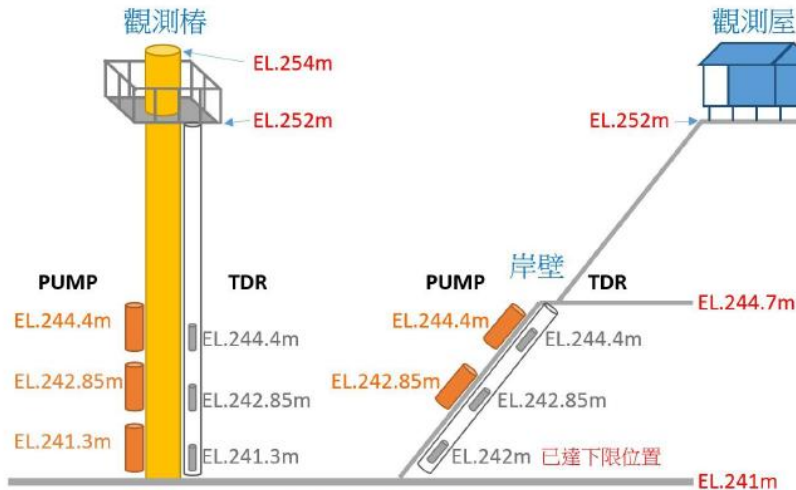


圖 2-11 羅浮站相關設施示意圖



觀測樁鋼管續接



觀測樁上游側



觀測樁下游側

圖 1-2 觀測樁樁體建置過程



圖 2-12 羅浮站泥砂監測系統現況配置

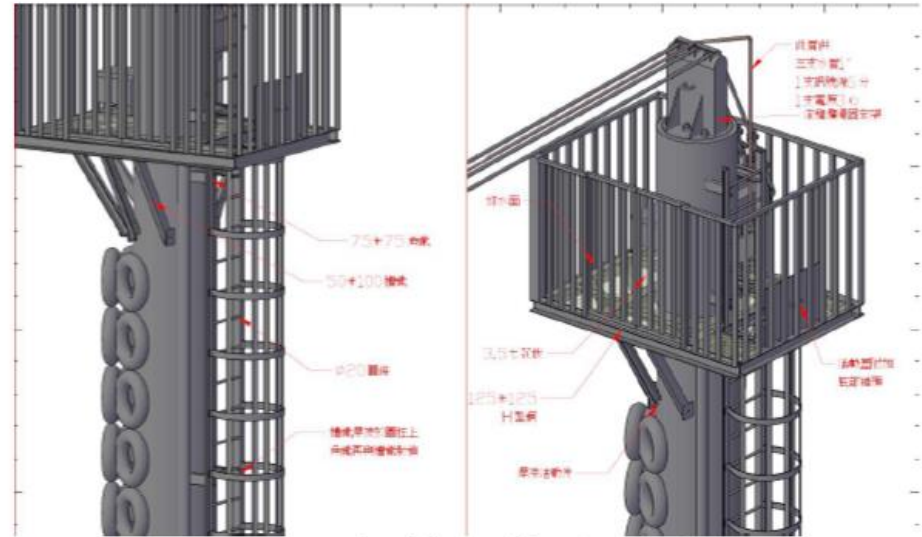


圖 1-3 觀測樁及附屬設施設計圖

多層式水土感測技術在集水區整治 與水庫減淤的應用



摘圖-1 梅姬颱風洪峰流量下觀測樁運作照片(2016/09/27 17 時)



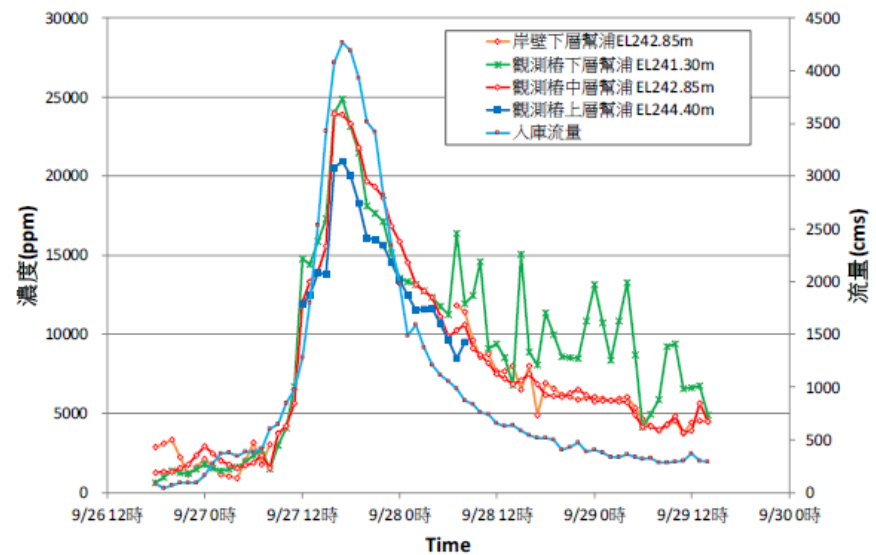
摘圖-2 梅姬颱風過後緩衝材位移照片(2016/09/28 06 時)

16 時)與最高濁度為 14,700NTU(9/27 16 時)。

(4) 觀測樁上層幫浦 (EL244.40m) 最高濃度為 20,955ppm(9/27 17 時)與最高濁度為 13,800NTU(9/27 16 時)。

(5) 入庫最高流量 4,267.62cms(9/27 17 時)。

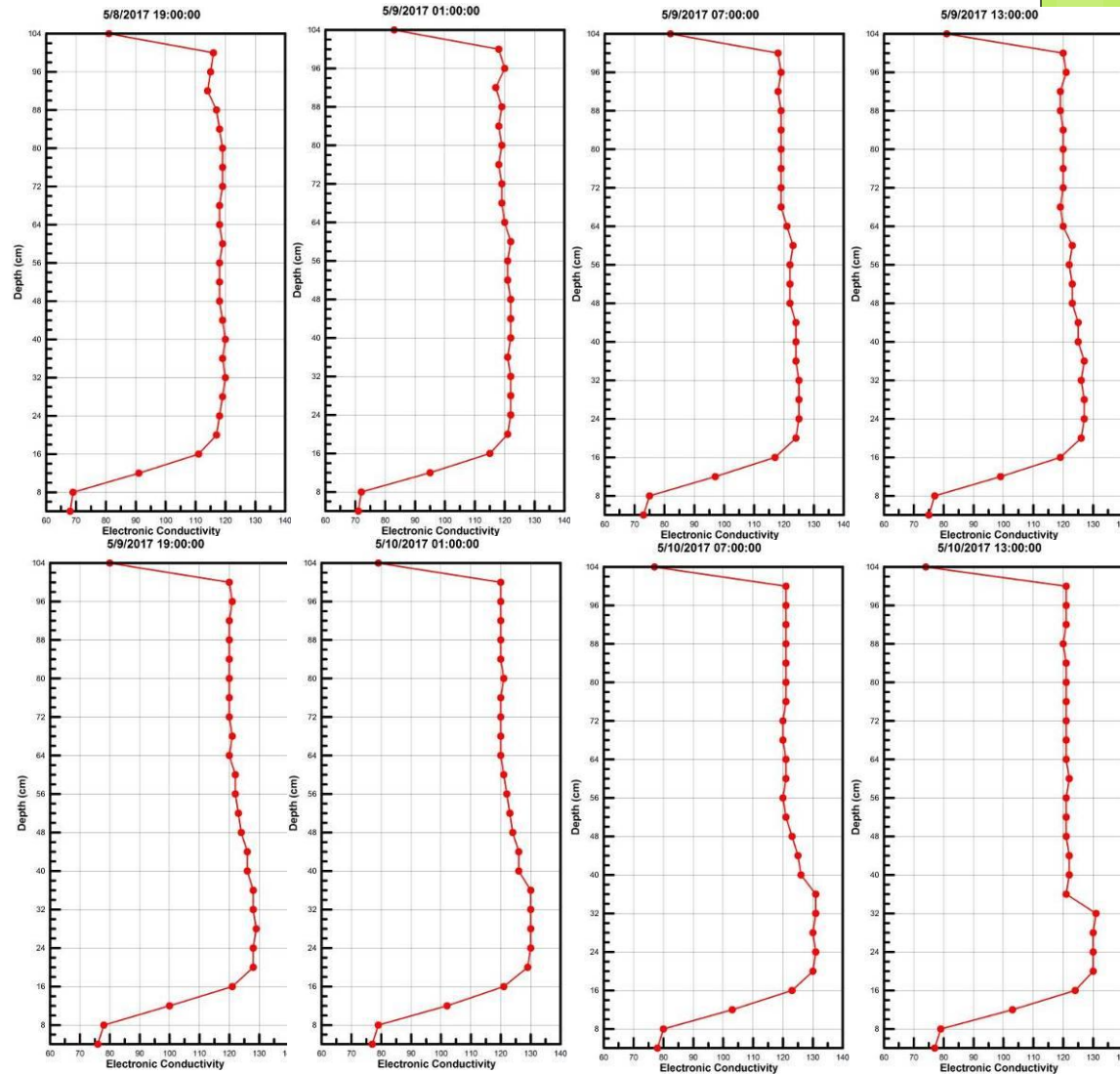
5. 梅姬颱風期間羅浮站含砂濃度與流量歷時曲線。入庫尖峰流量為 4,267.62 cms，羅浮站含砂平均濃度於 27 日 0 時開始升高，並於 27 日 17 時達到尖峰(平均含砂濃度 23,220 ppm)。尖峰入庫砂量發生於 27 日 17 時，每小時入庫砂量為 356,749 噸。此次颱風觀測期間，其入庫總砂量估計為 351 萬噸(乾重)，入庫水量為 24,860 萬立方公尺。



摘圖-7 梅姬颱風羅浮站各垂直分層含砂濃度與入庫流量歷線

高濁度水流感測

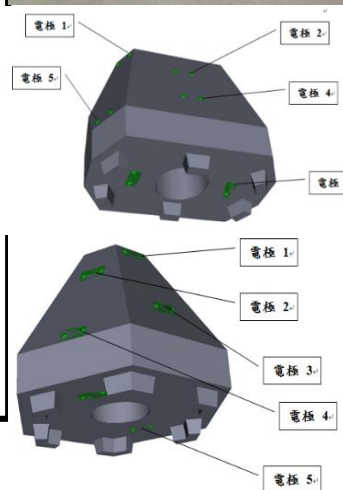
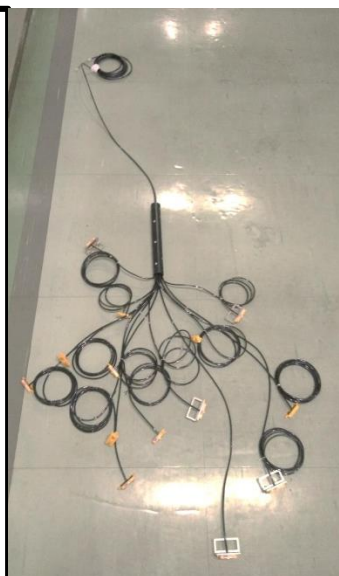
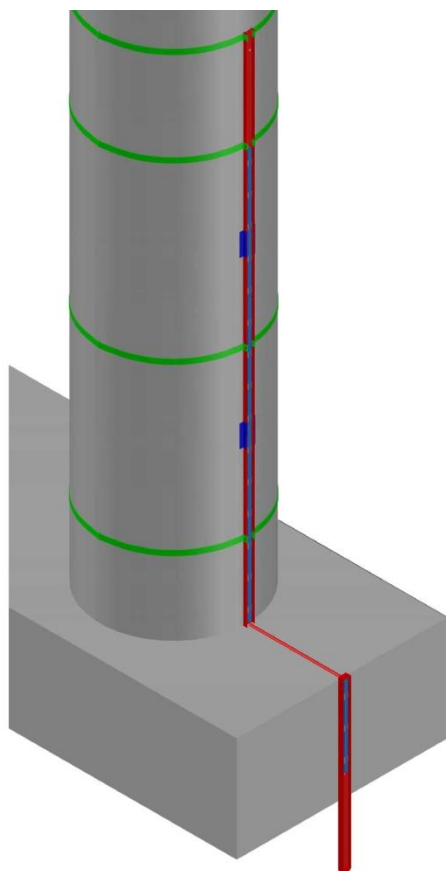
- 高濁度水流到水庫前庭時，流速變慢接近靜止時，懸浮泥質才會緩慢沉降，而推移質砂質顆粒則立即沉降，砂質顆粒會讓電導率降低，而不易沉降的懸浮泥質則會讓電導率提高，沉泥濃度與電導度升高有正向關係。
- 推移砂質可快速沉降而對原水濁度影響較易排除，懸浮泥質則難；從而在水庫前庭，掌握其沉底之泥層密度，可找到最佳之除泥時機。本項多層砂泥監測尺乃有助於水庫排砂清淤之最佳時機掌握。



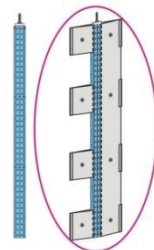
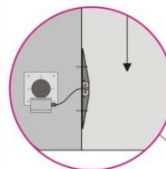
七、其他可能之應用

- 拋磚引玉，觸發其他各式應用的機會。

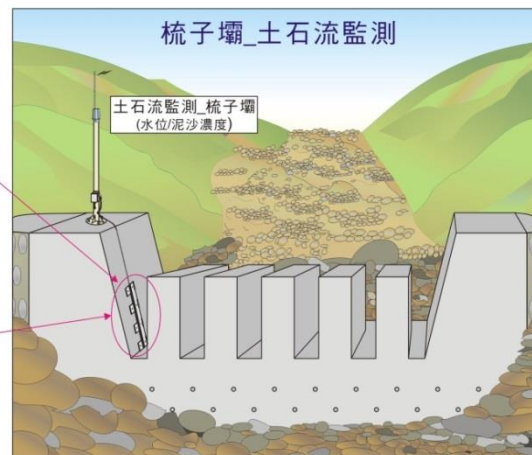
橋墩附靠式沖刷監測
(合宜型、既設墩裝設)



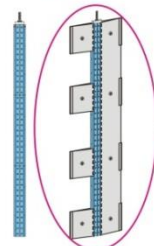
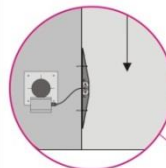
俯視圖



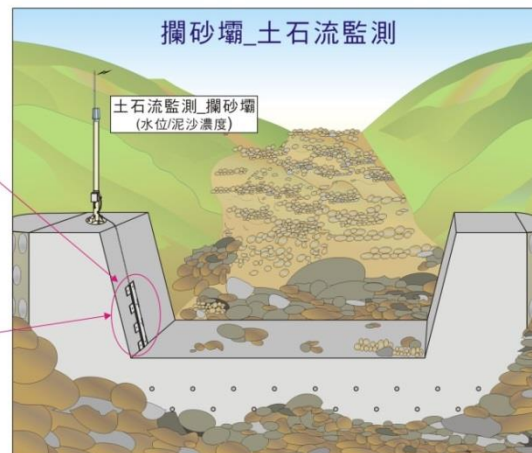
梳子壩_土石流監測



俯視圖



攔砂壩_土石流監測





簡報完畢
敬請指教
