

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：技術考察)

「日本水庫流木、淤砂處理及河川防  
災技術考察」  
出國報告書

出國人：經濟部水利署

吳主任秘書約西

黃科長宏莆

出國地點：日本

出國期間：94年12月16日至12月21日

報告日期：95年3月

# 目 錄

壹、緣起	-----1
貳、行程概要	-----2
參、參訪重點與心得說明	-----3
肆、結論與建議	-----17

## 壹、緣起

本案係緣於日本全國地質調查業協會聯合會為促進台日兩國技術交流，來函邀請本署於本（94）年 12 月 16 日至 21 日派員赴日本東京、長野、新潟等地訪問考察水庫流木及淤砂處理、河川防災及綜合治水等相關業務及工程設施。基於相關行程與主題適切合本署未來重點發展工作 - 老舊水庫活化及易淹水地區綜合治水等，且考量日本水環境問題與台灣相似，其經驗將可提供我推動相關政策之有效參考，安排吳主任秘書約西及黃科長宏莆二位同仁應邀赴日訪問及考察。除藉由訪問考察，了解日本於水庫流木及淤砂處理、河川防災及綜合治水等相關推動策略與經驗，以供本署未來施政參考外，並加強本署與日本之技術合作，以發展國民外交。

## 貳、行程概要

本次訪問、考察主要地點為東京市及長野、新潟兩縣，在東京市由日本全國地質調查業協會聯合會引薦拜會 RAITO 公司及 HOZAMA 公司之技術研究所，希望取得日本最新之河川防災及綜合治水等相關推動策略與經驗，另外參訪長野縣美和水庫針對水庫流木、淤砂處理及綜合治水與國土交通省相關工程技術官員研討並考察現場，最後赴新潟縣考察幾處因前幾年新潟大地震所造成之大片土石及邊坡崩落日本最新之處理方式等行程，細部行程如下表。

表 1 日本考察行程

12 月 16 日	啟程(台北→東京)
12 月 17 日	RAITO 公司及 HOZAMA 公司之技術研究所
12 月 18 日	東京→長野
12 月 19 日	考察美和水庫
12 月 20 日	1. 東京→新潟 2. 考察新潟災害對策工法
12 月 21 日	1. 新潟→東京 2. 返抵台北(東京→台北)

## 參、參訪重點與心得說明

### 一、HOZAMA 公司技術研究所

接待人員 - 技術研究所技術研究第一部長 三原正哉

HAZAMA 公司是日本在工程界有名之大商社，其主要業務為承包政府公共工程及工程顧問，如水庫建設、地下工程、道路及橋樑工程、水源供應及海事工程等，另外承包許多建築之專案，例如馬來西亞著名之 Ptroons Twin Tower 即為該公司之作品。本次由日本全國地質調查業協會聯合會引薦參觀其所屬之技術研究所，該所共有七個實驗館及一處戶外實驗場。

#### (一) 實驗設施及內容

##### 1. 結構工程實驗館

為因應日本多地震之地理特性，有許多結構及設施必須承受極大之振動應力，因此設立本實驗館，其主要實驗設施為反力床及壁、大型三軸振動台（最大載重 82t，最大加速度 Y 軸 3G）。

##### 2. 風洞實驗館

可藉由本實驗館之儀器了解風對許都市高建築、設施或航空器之影響，風洞內風速為 0.5 至 33 m/s，全長 94m，測定面積 2 (H) × 2.4 (W) × 21 (L) m。

##### 3. 水理實驗館

本實驗館可進行大型之水理實驗，實驗水池 35 m × 26 m × 1.5 m，造波機之造波板 0.5 m × 48 units，造波性能 Hmax 40 cm，T = 0.5 - 4 sec，可模擬 2 或 3 次元規則波或不規則波。

##### 4. 環境實驗館

本實驗館有人工氣候室 ( 3.7L × 3.6W × 3.4H，溫度 -30 + 80，溼度 40 - 95% ) 恆溫室 ( 5.5L × 3.6W × 3.4H，溫度 -20 + 80，溼度 40 - 95 )

%) 及空調實驗室 ( 15L x10W x10H , 溫度 + 15 + 35 , 溼度 40 85% ) 等實驗室 , 以模擬各種不同氣候狀況。

#### 5. 音響及電波實驗館

本實驗館包括有音響實驗室、殘響室、音響 - 電波無響室及電磁波計測室 , 主要係研究如何改善音樂廳音效、增進建築物隔音效果及控制電磁波等技術。

#### 6. 岩盤、土質及化學實驗館

本實驗館主要係實際量測岩盤、泥土或建築材料之物理及化學性質 , 設有大型振動三軸試驗室、土質試驗室岩石力學試驗室等。

#### 7. 混凝土及建設機械實驗館

本實驗館主要係實驗混凝土之物理及化學性質 , 並提供配比建議 , 另針對建設機械進行相關之試驗及地下水試驗等。

#### 8. 戶外實驗場

本次正好參觀 HOZAMA 公司所發展之 CPR ( Confining Pile Reinforcement ) 新工法 , 此工法係應用於橋墩或建築之基樁於地震、地盤沉陷或設計有誤無法支撐構造物時所採之方法 , 具有施工期短、花費小之優點 , 對於台灣高鐵經過地層下陷地區之橋墩基樁可參考本工法進行加固 , 減少行車之風險。



結構工程實驗館



水理實驗館



環境實驗館



岩盤、土質及化學實驗館



戶外實驗場 - CPR 新工法

## (二) 參訪心得

- 1 . Hazama 技術研究所除了提供許多基礎研究及實驗之場所外，其最重要之功能係提供 Hazama 公司在實際工程營造時最重要之後勤技術支援之工作，許多實驗數據是提供工程施作時最重要之參考及依據，因此在理論及實際上有相輔相成之效果。
- 2 . Hazama 係一私人企業，而卻願意投資極大之資金成立此一具規模之研究所，值得讓我們省思，在水利工程上面，尤其在「易淹水地區水患治理計畫」即將啟動之際，水利署水規所是否應該積極充實實驗設備及高技術之人力，俾提供最新觀念及技術作為各河川局在推動實際工程上之支援及指導。
- 3 . 在現地實驗場實驗中心之 CPR 工法係針對基礎基樁已不穩固之橋樑墩柱作一補強之有效方式，此種工法讓我們想起在地層下陷區之高鐵沿線之墩柱基礎若真因下陷造成其基樁有剪力支撐不足之虞時，可採用此類工法作有效率之補強，應可有效解決下陷對基樁造成之嚮。

## 二、RAITO 公司

接待人員 - 總經理 佐丸 雄治 (Samaw Yuji)

### (一) 參訪內容

該公司自昭和 18 年 (1943 年) 創業, 在隧道補修, 邊坡保護, 地盤改良等領域上研發獨特技術並予以企業化, 為日本屈指可數之特殊營建工程廠商, 以下選擇幾項該公司發展並可供本署相關計畫參考之工法。

#### 1、地盤改良

##### (1) JEP (Jumbo Eco Pile System) 工法

- 以超高壓大容量噴射之大口徑高壓噴射工法

JEP 工法係同時噴射噴射裝置上段之超高壓水與下段的超高壓硬化材料, 以便將泥漿順利排放地面;繼而將土壤顆粒與硬化材料混合攪拌以形成大口徑(最大口徑 3,500mm)且高品質之改良土體。

##### (2) 展翼式地盤改良工法 (Open Wing System) -

- 實現改良埋設物下方地盤此一需求之狹隘處因應型展翼式地盤改良工法

展翼式地盤改良工法係藉由使用能夠啟閉自如之前端裝置, 有效率地改良埋設物以及鐵公路下方之軟弱土壤, 本工法不但能以小口徑(200mm)鑽孔形成大型改良土體(最大直徑 1,200mm); 且因使用小型機械, 即使在鐵公路上之狹窄處仍能維持良好的機動性。

##### (3) SCM (Surface CompaCt Mixing SyStem) 工法

- 能因應任何作業條件之淺層改良工法

SCM 工法係將粉狀或泥漿狀硬化材料與原土壤強制混合攪拌之工法, 本工法亦分為適用於表層部位改良之 Bucket Mixing 方式與能改良較深層(約 6m 深)之 Rotary Blender 方式等兩種, 可視施工目的及深度予以

擇一採行之可因應廣泛作業條件之工法。

#### (4) RAS Column ( Reliable Accord Soil Column System ) 工法

- 追求經濟性之硬質地盤因應型大口徑地盤改良工法(深層混合處理工法)

RAS Column 工法歸類為"利用機械攪拌而成的水泥系泥漿形成改良土體之工法"，本工法除了能夠獲得大口徑(最大 2,500mm)之改良土體外，由於裝在內管前端的鑽孔攪拌鑽頭與裝在外管前端的攪拌翼之迴轉方向不同(鑽孔攪拌鑽頭採正轉，攪拌翼則為逆轉)，因此不但能將土壤與水泥系泥漿加以高速攪拌混合，尚且解決傳統工法所面對之"切削土砂與鑽掘．攪拌裝置共轉"之問題而終能獲得良好之改良成果.本法較原有之單管式(鑽孔攪拌鑽頭與攪拌翼裝在同一鑽桿上，改良口徑為( 1,400~2,500mm ) 為優越而適用範圍更為廣闊。

## 2、邊坡穩定

### (1) 地錨工法

#### RSI 地錨工法

- 重複注入型地錨

本工法係於錨腱 ( anchor tendon ) 外周套以膠囊型雙重防蝕注入管，並利用該注入管，以二重管雙栓塞工法同樣步驟，重複施行加壓注漿而形成錨碇體。

#### RC Croix Block 工法

- 地錨用預鑄受壓版

地錨工法已蔚為邊坡穩定工程中最重要之工法. RC Croix Block 則業已研發成為高品質，高耐力之地錨反力構件並擁有眾多實績。

#### NSD 系統

- 不需搭架之邊坡補強工法用鑽孔系統

NSD 系統係以安全性，方便性，省事性為目的而研發者，不但能因

應任何坡面形狀及工程規模,而且鑽掘邊坡補強工法用錨碇孔時不需搭建施工架。

以往,進行錨碇孔鑽掘作業時,必須搭建施工架以供安裝鑽機.惟,斜坡上搭架以人工作業為主,因而曠日費時.尤其遇到廣闊斜坡時,不但所需施工架材料龐大而且搭建工費可觀,形成工程管理上之瓶頸.本公司研發之 NSD 系統由於具有"鑽孔不需搭架"之特色,於是上述棘手問題乃迎刃而解。

## (2) RC 覆網工法

### - 高能量吸收型落石覆網

對付落石已有落石防護網及落石防護柵等工法.但,為了順應"期盼能夠對付更大落石之工法出現"的籲求,爾來已有能夠因應高能量落石之各種防護工法陸續問世,本工法即以能夠對付高能量落石為目標而研發出來之落石防護網工法。

本 RC 覆網工法能夠藉由特製的緩衝鐵件吸收落石能量,再者,本工法備有能將落石安全地疏導至目的地及能將落石安穩地留置於原處等兩種型式,可視地形條件及施工目的予以選用。

## (3) 岩盤黏結補強工法

### - 顧全周邊景觀之岩盤崩坍防止工法

本工法乃為了防範岩盤崩坍或落石掉落起見,將特殊水泥砂漿注入岩塊與地盤間之空隙使之一體化,以便能夠達到就地穩定之要求。

## (4) Unirap 工法

近年來要求提昇「噴凝土邊坡框構」品質之呼聲甚高,為了提供高品質、高強度 ( $ck=24N/mm'$ ) 之水泥砂漿,混凝土,利用該公司所發展之「氣壓並用泵壓送工法」,由於本工法能一段直接壓送噴佈材料,遠達水平方向 500m,垂直方向 150m 之多,因此高處邊坡框構也能達成高品質、高強度之要求。再者,本工法亦可適用於一般混凝土澆置以及補強、補

修工程上之需求。

### 3、結構體之補修與補強

時代之腳步已由「新建之時代」走向「維護管理之時代」，隧道、橋樑、上下水道等基礎設施亦除了新建之外，尚須施行適當之維護管理，以確保往後使用之安全性，而擬施行各種結構之補修與補強時，應依據事先實施之現場調查與分析所得結果，選擇能因應結構體之劣化及損傷狀況之最佳工法。

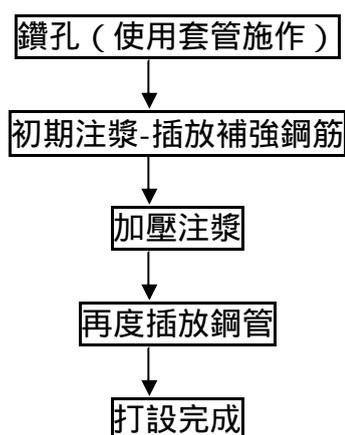
#### (1) 橋樑之補修與補強

##### 高耐力微型樁工法 High Capacity Micro-Pile

本工法係將地錨工法之鑽孔技術及漿料加壓注入技術融入微型樁工法，並藉由使用以竹節鋼筋補強之鋼管而構成具有高耐力，高承載能力之樁體。

於既有基礎外周打設高耐力微型樁以擴大基礎寬度，即可達成橋墩，基礎等之耐震補強目的。

施工流程圖



## (2) 隧道之補修與補強

### Aqua Grout 工法

為了確保隧道穩定，填塞襯砌背後孔洞措施至為重要。由於以輸氣水泥砂漿為首之填料流動性大，容易流竄至地盤中之毛細裂縫或襯砌裂縫；因此有時難以填塞預定施作範圍之孔洞。再者，注入後受地下水等影響發生材料分離或加氣量之管控困難等現象，令人擔心恐會降低施作後之品質。

本工法係使用可克服上述難題之填料來填塞既有隧道襯砌背後的孔洞，由於該填料由特殊吸水性聚合物，水泥、皂土、連凝劑及水等所構成，因此適合採行於湧水多或擬施行限定範圍注漿之地點。

### 優點

1. 適用於施行限定範圍注漿之搖變性填料。
2. 具備填料應有之強度。  
(齡期 28 天之單軸抗壓強度在  $1.5\text{N/mm}^2$  以上)
3. 可調整早期強度，因而能壓抑地下水之洗刷作用
4. 對水離作用抗拒性大，因而可確保品質均一
5. 由於材料均為粉末只要加水混合即可製成，且壓送亦可以 1 系統為之；因此施工及施工管理均甚為容易。
6. 隧道內設備甚為小巧輕便。
7. 以 1 系統壓送之故，可確實執行品管。
8. 比重僅為 1.3~1.4，重量不大。

## 4、資源之有效利用

### ECO CYCLE 綠化工法

是以建設副產物為主，將各式各樣的廢棄物作為坡面綠化工程用的一部份，進行綠化及自然復原的再生綠化工法，本工法適合於水庫流木撈取

後之處理。

### (1) ECO CYCLE 綠化工法之分類

ECO CYCLE 綠化工法有以下代表的工法。以伐木、粉碎的木頭、堆肥化合物為主體，再加上貝殼粉碎物和解體木材的木炭等

「ECO CYCLE SOIL」, 「W CHIP ECO CYCLE 工法」以及伐木木頭粉碎狀態之未分解碎片之「ATTO CYCLE 工法」, 然後還有在有機土壤改良資材中以瀝青碎塊等為主體加上「MIRAICLE SOIL」之「MIRAICLE 綠化工法」。

除了上述之外，混凝土碎塊、玻璃瓶碎塊、淨水場的沉泥、下水道污泥(造粒物)、石灰燒成殼等也可作為生長基盤材來使用。

這些將在各別用途中，將乾燥、堆肥化、過篩、混合的過程作有效利用。

## ECO CYCLE 綠化工法

### 厚層基材噴著

W CHIP ECO CYCLE 工法  
ATTO CYCLE 工法  
MIRAICLE 綠化工法

## W CHIP ECO CYCLE 工法 - 有效利用伐木、粉碎的木頭、堆肥化合物的生長基盤材之綠化工法

工法：

對於在建設現場所產生的伐木木頭和水庫的流木、以及剪下的枝葉等的木質系廢棄物粉碎堆肥化後，加上貝殼粉碎物和解體木材的木炭及生長基盤材「ECO CYCLE SOIL」而來的資源再利用之綠化工法。

### W CHIP ECO CYCLE 工法的特點

1. 能夠有效利用伐木、木頭。
2. 從草本植物到木本植物之生長能夠有廣泛的適應性。
3. 噴著時所添加的熟成調整與保水材「ECONITE」避免發芽和生長的障

礙。

4.噴著時所添加的接合劑『ECO CYCLE SHEET』形成不易被侵蝕的生長基盤。

5.廢棄物排出量的削減而有其優良的經濟特性。

### **MIRAICLE 綠化工法 - 有效利用瀝青碎塊等生長基盤材之綠化工法**

工法：

在樹皮堆肥和泥炭苔等約有機土壤改良資材中,混合了道路補修工程時產生的瀝青碎塊等生長基盤材「MIRAICLE SOIL」之綠化工法。

#### **MIRAICLE 綠化工法的特點**

- 1.能夠有效利用瀝青碎塊等的無機質廢棄物。
- 2.無機質廢棄物混合為營養貧乏的生長基盤，因此適合木本植物的生長。
- 3.生長基盤的保溫性高，並有導入植物之優良的發芽與生長特性。
- 4.接合劑『ECO CYCLE SHEET』能形成不易被侵蝕的生長基盤。

### **ATTO CYCLEE 工法 - 有效利用伐木、木頭碎屑、堆肥化合物(未分解碎片)的生長基盤材之綠化工法**

工法：

將建設現場等所產生的伐木、木頭碎片不堆肥化，而以生長基盤材做有效利用，並適合圓滿順利進行自然復原的資源再利用之綠化工法。

#### **ATTO CYCLE 工法的特點**

- 1.伐木及木頭不必堆肥化也能夠使用。
- 2.綠化進行緩慢，因此周邊植物容易侵入。
- 3.噴著時所添加的熟成調整與保水材「ECONITE」避免發芽和生長的障礙。
- 4.接合劑『ECO CYCLE SHEET』可形成不易被侵蝕的生長基盤。

5.添加物「GREEN CHANGER」能支持導入植物的生長。

### (2) ECO CYCLE 綠化工法之施工流程

高處作業車安裝式鑄口系統能夠對應施工條件及施工規模的噴附系統，高處作業車能夠通行並可確保作業範圍時，使用高處作業車安裝式鑄口系統即可進行大量送入與吐出。

### (3) ECO CYCLE 綠化工法的適用標準

W CHIP ECO CYCLE 工法

能夠確保現場產物堆肥化的時間和場所時 適於急速綠化與覆蓋的時候

ATTO CYCLE 工法

現場產物堆肥化的時間和場所有所限制時。 適於緩慢綠化與覆蓋的時候。  
(原物碎片混合率上限為 70%左右，並再添加副資材)

MIRAICLE 綠化工法

可以取得瀝青碎屑時。(混合與調製在堆肥工廠進行)

## (二) 考察心得

- 1、Raito 公司在地盤改良及在邊坡防護上所具備之技術能力對本署執行中「石門水庫集水區整體治理計畫」應有具體之助益，經日本地質環境協會協助，該公司亦承諾者有機會願意赴石門水庫現場勘並給予建議，回國後於 1 月 24 日該公司即安排三名專家赴石門水庫現勘集水區崩塌地、榮華壩及義興電廠等地之受損狀況，並將正式提出書面建議給本署。
- 2、本署在五月份將主辦一場中日工程技術研討會，Raito 公司將在該研討會中提出數篇論文並作專題演講，該公司亦希望藉由本次研討與從事集水區及水庫保育之本署、水土保持局及林務局就相關議題互相研討，希望能對台灣之水土保持及水庫保育有所幫助。

### 三、國土交通部 中部地方整備局 三峰川総合開發工事事務所

接待人員 - 副所長 伊藤隆盛

本次拜會國土交通部 - 中部地方整備局 - 三峰川総合開發工事事務所主要係為了解天? 川及三峰川綜合治水、開發之現況及策略，並了解三峰川美和水庫在排沙、淤泥及流木之處理方式，希望藉由本次考察吸取經驗作為本署正全力推動中之「易淹水地區整體治理計畫」及「石門水庫集水區整體治理計畫」之參考。以下為本次參訪之重點及心得。

#### (一) 天? 川及三峰川綜合治水概要

天? 川係位於日本九州中部中央及南阿爾卑斯山中間之河川，流域面積 5090 km<sup>2</sup>，長度 213 km，共有 20 餘條支流，三峰川係天? 川之支流之一，三峰川流域面積約 481 km<sup>2</sup>，天? 川及三峰川流域之地形、坡度與台灣之許多河川相似，皆為陡峭、流路短、降雨延時短、迅流入海，流域降雨量每年大約 2000 mm 至 3000 mm 也與台灣近似，因此在上游地區經常因集中之降雨造成流域極大之災害，其治水策略可作為我們之參考。

天? 川流域特徵：

- 1、? 峻地形及脆落之地質構造
- 2、土砂生? 量大
- 3、降水量多
- 4、日本有名之急流河川

????	????	????
?????	5,090km <sup>2</sup>	481km <sup>2</sup>
?????	213km	60km
?????	1/200	1/100
	(???)	

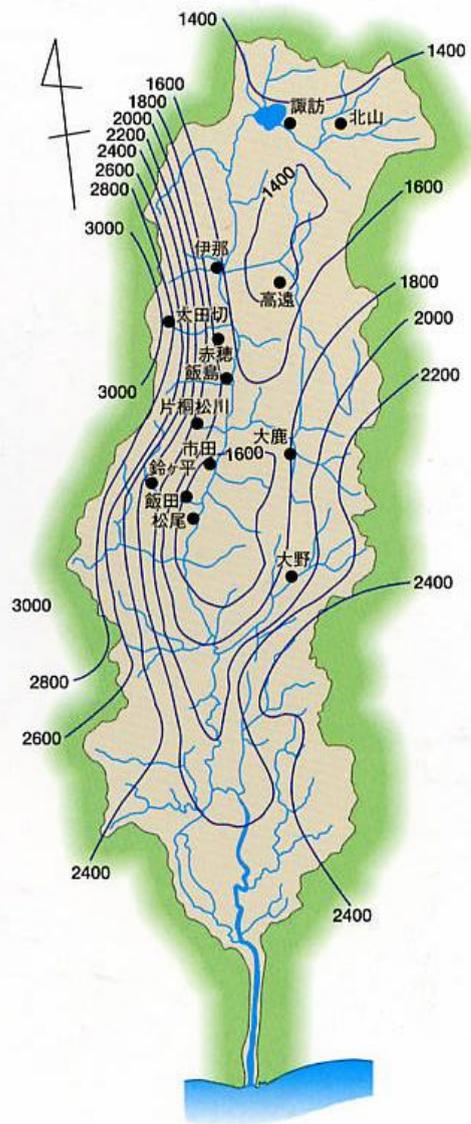
天? 川上游治水對策上目前面臨之課題：

1. 如何提升治水安全度
2. 上游保護標的資? 眾多
3. 河道? 小, 修改河道困難
4. 流域冲刷流出之土砂眾多, 須有綜合之土沙管理及處理? 策

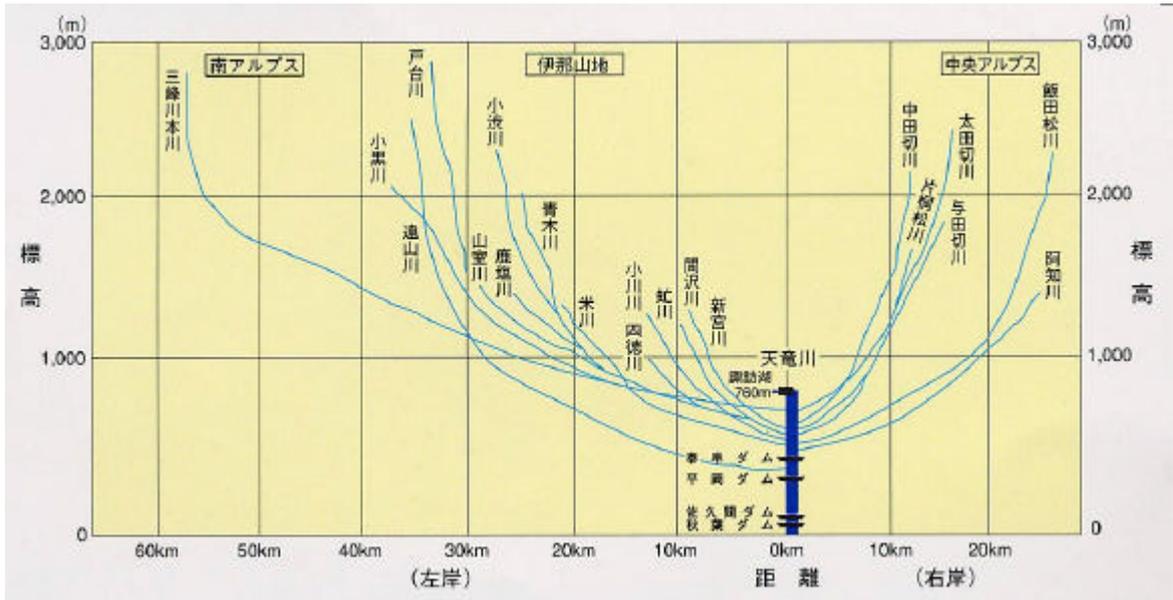
鑒於治水需採綜合策略之方式處理, 因此國土交通部在三峰川擬定總合開發事業, 希望減少災害損失。



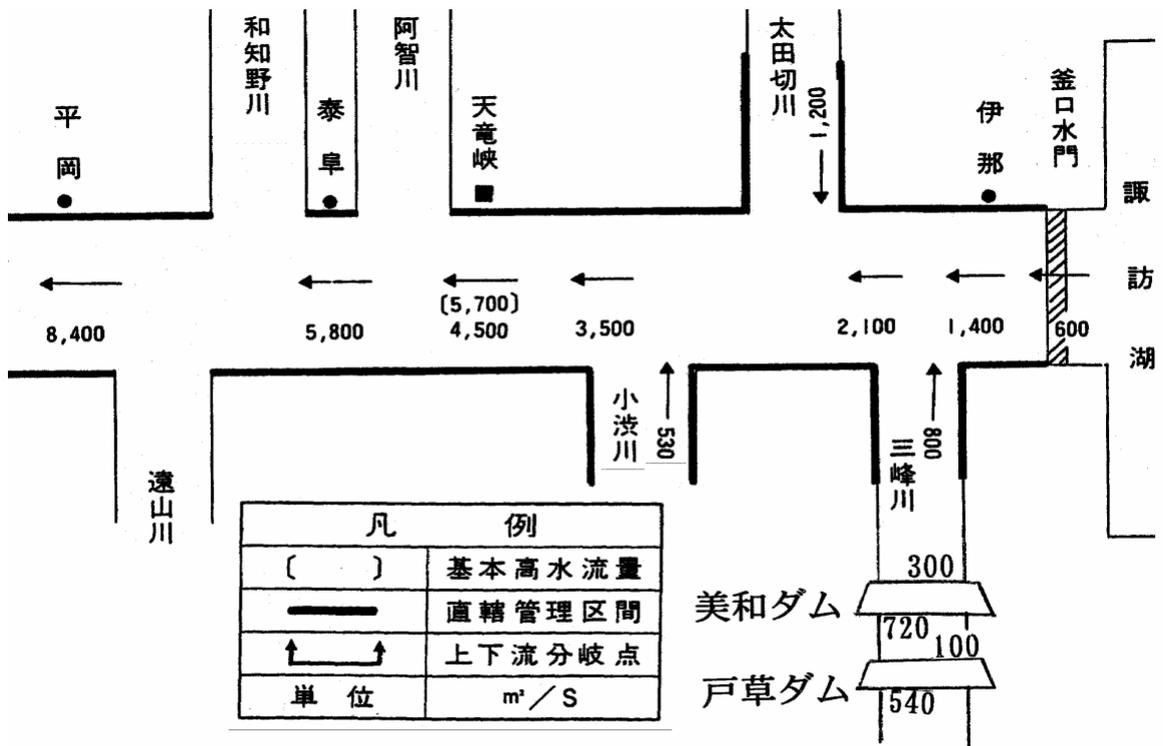
天? 川流域圖



天? 川流域年降雨量圖



天? 川流域各支流坡降狀況圖



天? 川上游計畫洪水流量分配圖

## (二) 三峰川總合開發事業

### 1、事業內容及防洪效益

#### (1) 事業內容

##### 新建戶草水庫

壩高：140m

總蓄水容量：6.1 千萬 $m^3$

形式：混凝土重力式

其主要功能係洪水調節及水環境之改善，希望藉由水庫約 1/3 的容量 2100 萬  $m^3$ ，將水壩地點的洪水 540  $m^3/s$  減少至 100  $m^3/s$ 。

##### 美和水庫再生

壩高：69.1m

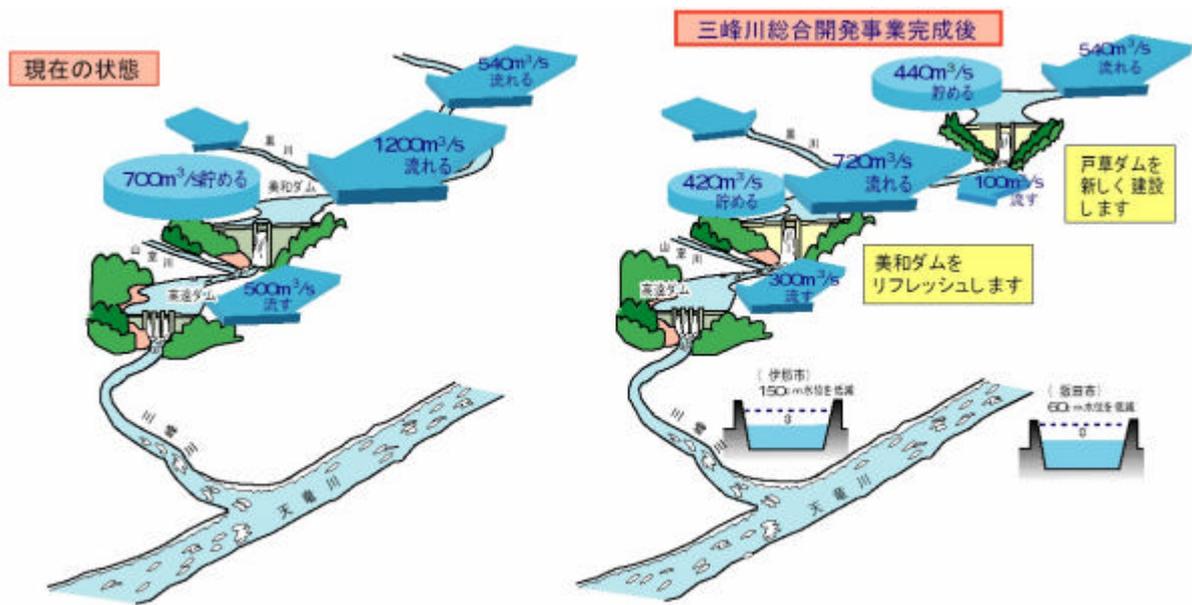
總蓄水容量：3043 千萬 $m^3$

形式：混凝土重力式

其主要功能係洪水調節、供應農業用水及發電，計畫將堆積於水壩的土砂取出使容量恢復及增加蓄水量，並搭配戶草水庫發揮更佳的防洪效果。希望將美和水壩所在地點目前 1200  $m^3/s$  的洪水，會因戶草水庫得以減少至 720  $m^3/s$ ，更因美和水庫而洪水得以少到 300  $m^3/s$ 。

#### (2) 防洪效益

兩水庫工程完工後可使三峰川下游之伊那市河川水位下降 1.5m，天  
? 川下游之飯田市河川水位下降 0.6m，成效卓著。



三峰川総合開発事業防洪效益比較圖

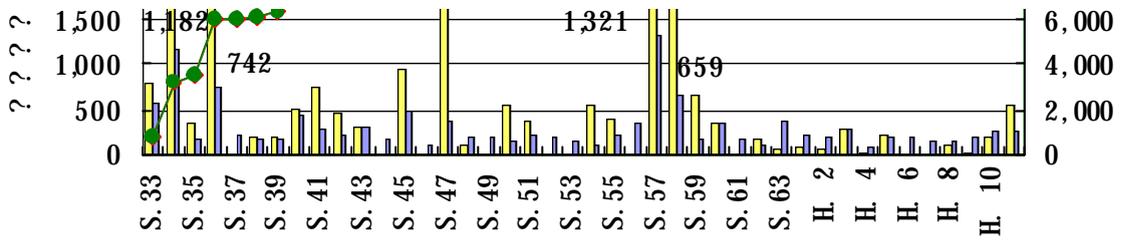
## 2、水資源效益

目前的三峰川之水前主要為農業用水及發電用水，而在高遠水庫下游平常的水流量僅有一些，而藉由新建戶草水庫及美和水庫的再度開發而確保水資源得以使用，在高遠水庫下游最少能保持  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  的水流。且天？川本流的水量少時也可從水庫補給。由此可以再生豐沛的水源。又可以使沿岸的農業用水、發電用水穩定供應。

### (三) 美和水庫再生

#### 1、水庫機能降低的隱憂

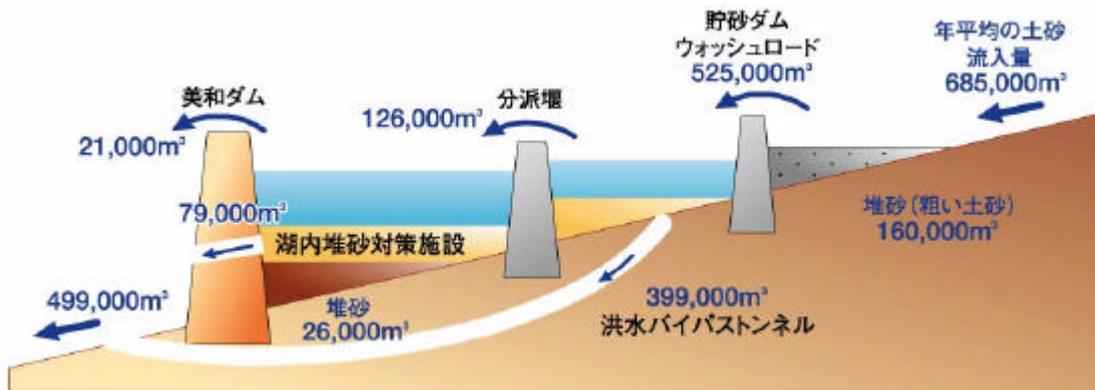
美和水庫在昭和 34(1959) 年竣工的，是流經長野縣南部三峰川的多標的水庫。三峰川集水區的斜面較陡，周邊的地質較脆弱，洪水引發時從上游會有大量的土砂流進庫區。到目前為止所堆積的土砂量約 1450 萬  $\text{m}^3$  (平成 11 年)，而每年之清除量最多不過約 600 萬  $\text{m}^3$ 。就這樣置之不管的話，將會有水庫機能降低的隱憂，因而期望能夠有治本的解決土砂堆積對策。



美和水庫年淤沙量統計圖

## 2、計畫構想

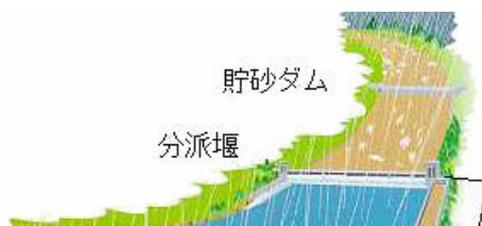
計畫將現有堆積的淤砂取出以恢復並增加庫容量，另避免上游淤泥持續進入庫區，對於較粗土砂會在流進水庫之前設置擋阻設施先行沉澱，而針對較細淤砂則用分洪隧道排入下游河道，其他仍進入水庫之淤泥則利用水庫本身之排沙設施排出，希望水庫年淤積量控制於 26000m<sup>3</sup>。

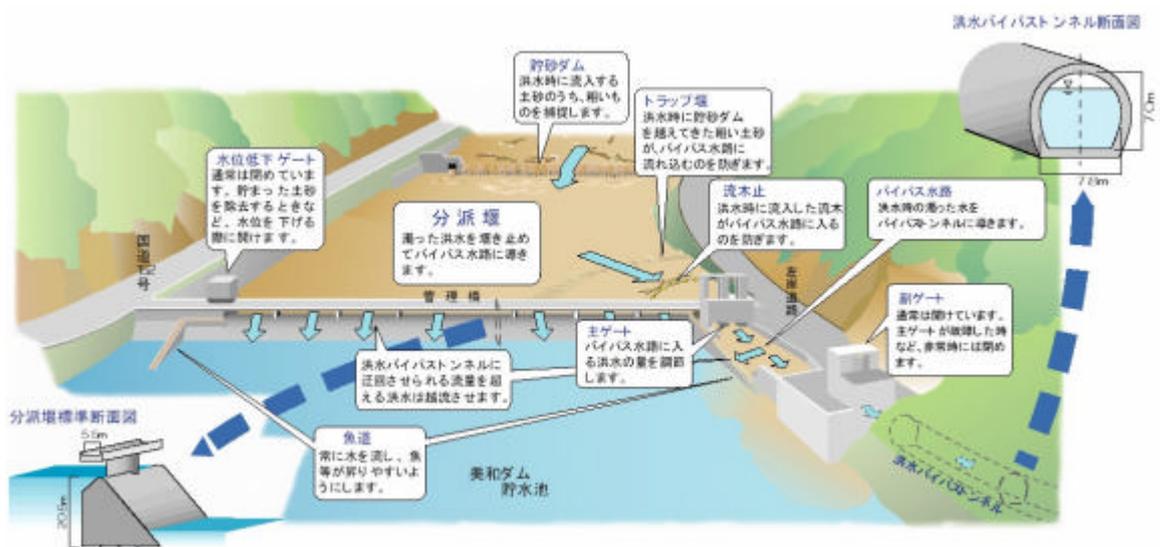


排沙設施構想圖

### (1) 分洪隧道、分水堰及儲沙池工程

排砂對策分兩階段構成。首先在水庫的最上游處，建造匯聚顆粒較大土砂的「儲沙池」。然後，在儲沙池的下游處設置分水堰，再從分水堰建造長 4.3km 的「分洪隧道」到大壩防下方進入河道。分洪隧道的流入口平常關閉，但在有洪水時開啟排除洪水。因為有儲沙池使得流進隧道的土砂顆粒較小，即使流到下游也不需擔心土砂會堆積，而溢流過分水堰進入水庫之砂石顆粒較小，且量亦能有效減少。





分洪隧道、分水堰及儲沙池工程示意圖

(2) 工程概要

工程名稱：美和水庫再度開發之分洪隧道工程

施工場所：長野縣上伊那郡長谷村-高遠鎮

發包：國土交通部 中部地方整備局

設計：國土交通部 中部地方整備局

概要：NATM 工法、延長 4.3km、內部空間剖面積 47m<sup>2</sup>

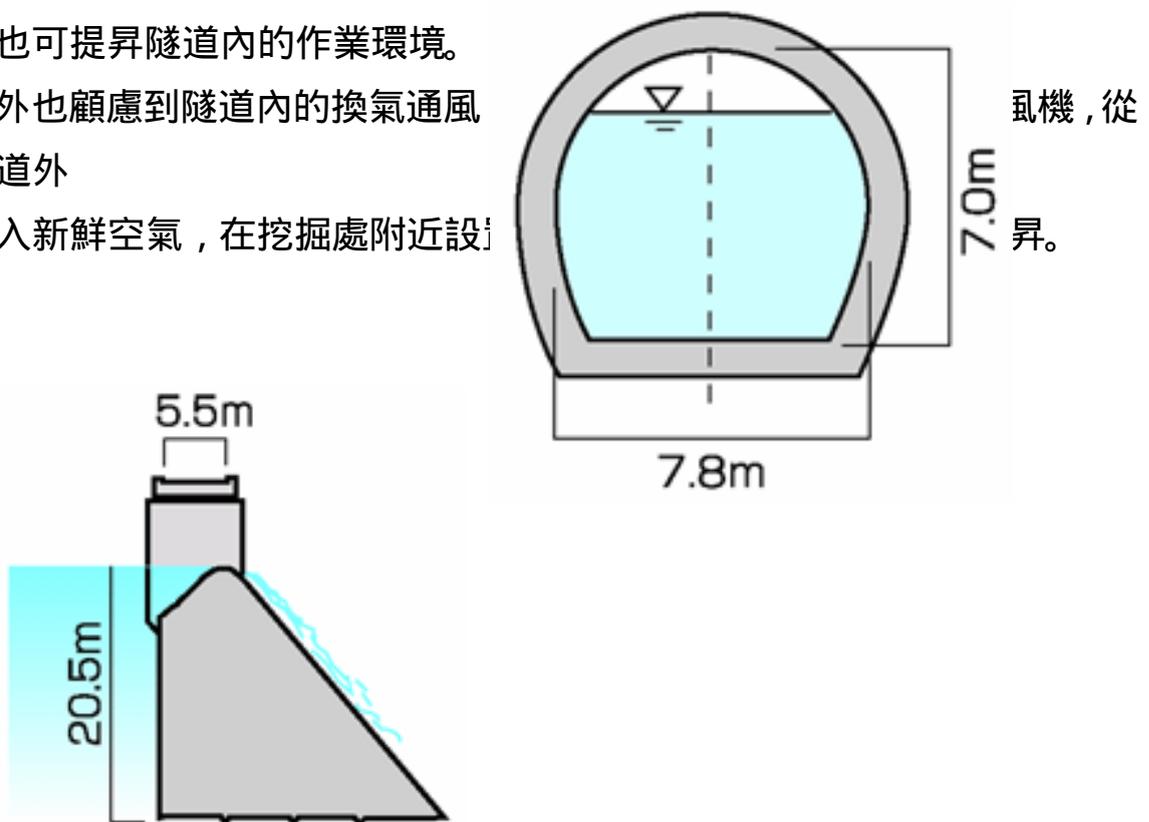
動工：2004 年 3 月

竣工：2005 年 3 月

隧道的開挖是採用 NATM 工法。爆破的岩塊用連續輸送帶搬出。使用輸送帶搬出比用卡車更能達到降低成本。又因為不會產生卡車的廢氣，所以也可提昇隧道內的作業環境。

另外也顧慮到隧道內的換氣通風

送入新鮮空氣，在挖掘處附近設



分洪隧道、分水堰尺寸圖



分洪隧道入口及分水堰鳥瞰照片



分洪隧道出口照片



分洪隧道入口控制閘門及渠道



高遠水庫及攔流木鋼索



魚道



分洪隧道溢流堰及防流木柵



防流木柵



儲沙池



分水堰



分洪隧道入口閘門



控制室控制系統



控制室顯示面板及監視器



儲沙池淤沙清除中



崩塌地地錨工法保護

### 3、開挖土石之活用

在美和水庫再開發事業中，從分洪隧道工程及庫區土砂堆積開挖工程所產生的碎石和土砂，原先亦與台灣相同，挖掘後運往棄土場棄土，不僅在運送過程中引起道路附近居民之抗爭，棄土場也十分難尋，因此日本從再利用和減少成本的觀點與地區的農田水利整備事業之合作做相關之處理，並且已得到可觀之效果。

美和水庫再開發事業與市野獺河原田地區的農田水利整備事業合作，將美和水庫庫區內的淤砂開挖土做有效利用。具體來說，當地原來曾是三峰川的氾濫源頭，因此有豐富之砂石資源可以作為建材利用。開挖這些砂石並移出後，再引進美和水庫儲水池內的開挖土(預測約 100 萬 m<sup>3</sup>)，然後進行填土與農田水利整備。因此，在平成 16 年底約有 25 公頃的新農地重新整理完成。

#### (1) 作業步驟

- 1.採集田地土壤、暫放於臨時放置區。
- 2.採集砂石。
- 3.引進水庫推土。
- 4.將臨時放置的土壤復原，並配合劃分區塊整理。

#### (2) 作業流程及負責單位

租賃合約	1.表面土壤去除	建造場內道路	中電、NTT、有線電視、自來水移除
	2.農地的砂石開挖	3.用美和水庫儲水池內的開挖土盛土	
4.農地復原	臨時利用地的指定	臨時利用地的借貸合約解除	整體完成後土地登記

備註： 表示為國土交通省負責項目，其他為農田水利整備事業負責項目

#### (四) 考察心得

- (一) 美和水庫對於淤砂(泥)的處理，從上游之分水堰、儲砂池，到排砂隧道，最後到淤砂(泥)清除後配合水利會作農田土壤改良。都可作為當前石門水庫活化之借鏡，希望不僅可改善淤砂處理對環境所造成之衝擊確實達到水庫活化、永續經營之目標，但石門水庫與美和水庫在水庫規模與水文、地質及地形條件上仍有很大之差異，就技術層次而言，仍需於石門水庫活化規劃作業時進一步審視可適用之方式。
- (二) 在參觀水庫時，水庫管理單位一直強調，現有之淤砂處理模式仍是治標為多，真正能延長水庫壽命之關鍵仍是集水區的保育工作，在行程中可觀察到日本在水庫集水區之保育工作極為重視，不僅限制集水區作非必要之開發，對於已崩塌地之處理不僅積極處理，在工法上亦有許多可供國內參考借鏡之處。
- (三) 參觀水庫管理中心時，詢知僅有工作人員 6 名，且輪班值勤，該中心皆採自動化監測(包括影像)及操作之方式運作，惟操作人員強調其在作重要操作時(如溢洪道閘門，排砂隧道閘門)，為避免錯誤，仍舊派員至現場一再確認後方正式操作，我國水庫目前正積極辦理之「水庫營運管理計畫」於計畫完成後亦可達到完全自動化之效果，但相關操作之 S.O.P 仍需審慎訂定規劃，避免因系統之盲點造成操作上之錯誤，影響水庫及下游居民之安全。
- (四) 美和水庫主要為防洪水庫，在水資源應用上僅供作少部份之農業用水及下游發電用水，未來戶草水庫完成後亦為防洪水庫，比照在台灣目前水庫皆須擔負防洪、水資源、發電等多目標使用，在水庫操作上任務單純且直接，十分令人羨慕，或許其在水庫建設上之阻力可能未像台灣如此巨大，但台灣未來是否有規劃單純作為防洪功能水庫存在之可能，值得思考。

## 四、新瀉縣現場考察邊坡穩定 UNI-RAP 工法

鑒於石門水庫上游之尖石、五峰於近年來的颱風侵襲下發生嚴重之崩塌，利用傳統之邊坡穩定工法不僅在技術上碰到瓶頸且工程預算上亦花費可觀，而日本新瀉縣中越於 2004 年發生最大震度 7 級之大地震，造成許多坡地發生嚴重崩塌，藉本次考察請日本全國地質調查業協會聯合會帶領我們觀摩由 RAITO 公司發展之 UNI-RAP 工法在波地崩塌上實際使用之案例，希望可作為未來「石門水庫集水區整體治理計畫」執行時之參考。

### (一) 工法說明

遠距離-高揚程材料壓送 UNI-RAP 工法，使高品質與高強度變成可能，從前的 ALL-AIR 噴凝土工法，是利用可搬式的機械，因對於有再凹凸的形狀也可以進行施工，而成為坡面保護工程的主流。但是需要熟練的機械操作人員，以及回彈的混入而造成泥漿混凝土之不均勻性等問題。

近年來，特別要求格框噴凝土工的品質提升，因此為了提供高品質與高強度的泥漿混凝土，而開發空氣併用泵浦壓送工法以解決這些問題。

### 何謂 UNI-RAP 工法

所謂 UNI-RAP 工法就是指空氣併用泵浦壓送工法，由以下四大要素構成。

材料

高揚程壓送泵浦、自動生產設備

材料壓送系統

專用模板

UNI-RAP 的名稱是用泵浦[PUMP]壓送方式，迅速地[RAPID]把均勻的[UNIFORM]泥漿混凝土與空氣[AIR]併用來打設。是由上述單字的第一字母所構成。

## UNI-RAP 工法的特徵

### 高強度水泥漿的實現

使用新的開發材料與規定的配比，能夠以設計基準強度 24N/mm 以上的高強度水泥漿灌漿，並且可以將坡面格框形狀縮小。

### 高品質水泥漿的實現

與從前的 ALL-AIR 噴凝土工法比較，回彈的耗損相當少，所以結果就是介於泥漿混凝土的空洞也會減少，並且能減少不均勻的部份。

### 能夠在水平 660m、垂直高 150m 壓送

由於使用高揚程壓送泵浦和新的開發材料，因此能夠做遠距離及高揚裡的泥漿混凝土壓送。

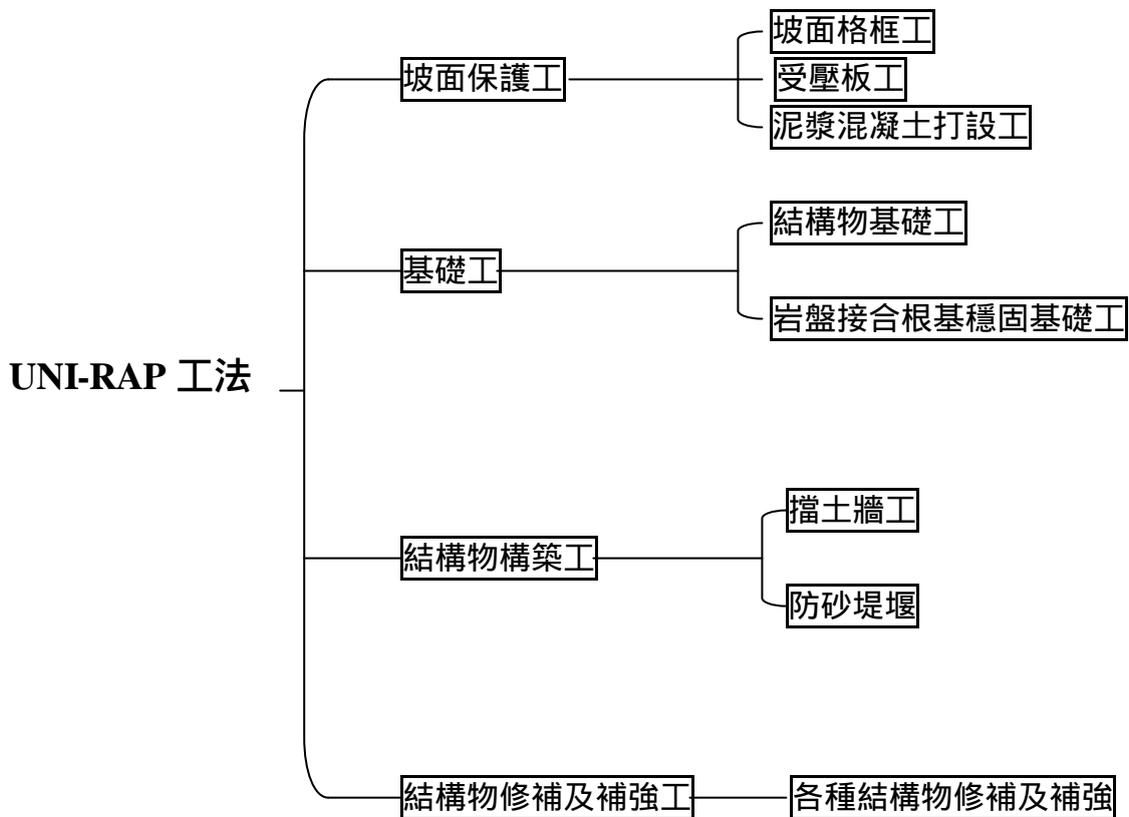
### 以專用模板得以對應地面的凹凸

能夠應付地表的凹凸不平，軟拌材料的流出防止效果也恰到好處。

### 以專用的自動生產設備提升品質管理

使用專用的自動生產設備，從材料的計量到拌合與排出一連的工程都以自動化進行，因此能夠達到確實的品質管理。

## 用途



## 品質的確認

由打設泥漿水泥的切片剖面與鑽心取樣外觀來看，空洞非常少且均勻性優。又在壓縮強度試驗及網筋附著強度試驗時，也得知為高強度物質性的結果。

## 材料

UNI-RAP 工法的材料因是用泵浦壓送，所以使用的是軟拌泥漿水泥。又在壓送途中併用空氣才將材料吐出，因此添加材料分離減低效果和 DR 減低效果以及具有體粘特性的 RSA 劑，加上高性能 AE 水劑是為特點。吐出後的坍度在這些材料效果中屬中程度的坍度。

## 高揚程壓送泵浦與自動設備

為了能夠做長距離及高揚程的壓送，需要較高的吐出壓力，但考慮適用於現場的規模，UNI-RAP 工法的特色是運用小口徑吐出口之 UNI-RAP 泵浦來壓送。又使用自動設備，在各種材料的計量拌合作業之品質管理更加確實。

## 材料壓送系統

泵浦壓送一般使用鋼製配管，但 UNI-RAP 工法會配合現場的狀況，一部份使用內面樹脂加膜之減少摩擦的橡膠管。又利用 Y 字管用空氣來吐出，管制空氣壓力以適切狀態施工為其特點。

相對於從前的 ALL-AIR 噴凝土工法用設備的空氣來搬運材料的方法，UNI-RAP 工法的泥漿水泥搬運全都以 UNI-RAP 泵浦來壓送，並使材料充分填滿於模板，在橡皮管先端附近加壓空氣。同時為了防止材料的亂流及擴散，增加流體力學上的檢討並調整空氣的壓力。

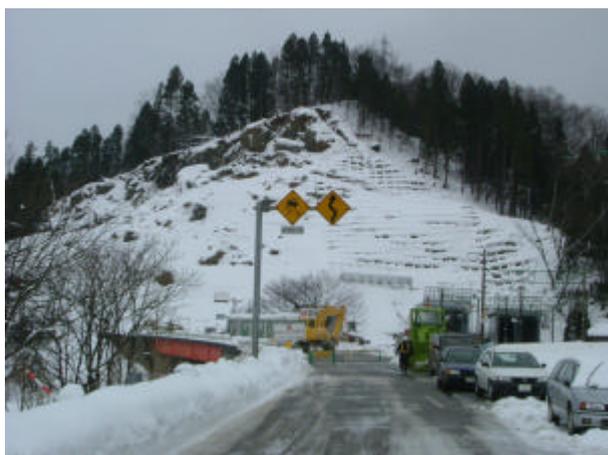
### (二) 參觀地點

新瀉縣 一般縣道 小千古長岡線及新幹線隧道口邊坡崩塌地

### (三) 考察心得

- 1、日本在 94 年新瀉大地震後受創嚴重之交通建設及產生之大量土石崩塌，正逐漸在恢復及復原中，其工法亦為多樣，在數個地點參觀後，發現台灣 921 大地震後相關復建工作之辦理情形並不亞於日本，值得我們驕傲。
- 2、途中與日本人員討論，其復建工程之招標程序，經溝通後發現和台灣並無太大差別，亦是依急要程度分為緊急搶修及復建工程，主要仍是採規劃設計及工程施工兩個階段招標辦理，但較有趣的是，日本工程施工單位亦具備可觀之規劃、設計能力（如 Hazama 及 Raito 公司），因此在規劃設計階段即主動提供工法、材料等等之技術建議給規劃設

計單位，設計完成後再經過公開招標由各營造商投標，取得工程。此種方式在台灣較為敏感，但是否因此而找出解決問題之最佳技術，對整體工程為最好之設計，可值得我們考量。



崩塌地一 處理情形 1



崩塌地一 處理情形 2



崩塌地二 處理情形 1



崩塌地二 處理情形 2

## 肆、結論與建議

經參訪相關政府、民間與研究單位後，將個人心得整理如下：

- 一、日本私人企業願意投資極大之資金成立具規模之研究所，來作為其研發、規劃、設計及實際工程之技術支援基地，我們應省思，在總經費逾 800 億台幣之「易淹水地區水患治理計畫」即將啟動之際，是否應該花費部分經費，積極充實水利署水規所實驗設備及高技術之人力，俾提供最新觀念及技術作為各河川局在推動實際工程上之支援及指導。
- 二、美和水庫對於淤砂（泥）的處理，從上游之分水堰、儲砂池，到排砂隧道，最後到淤砂（泥）清除後配合水利會作農田土壤改良。都可作為當前石門水庫活化之借鏡，但石門水庫與美和水庫在水庫規模與水文、地質及地形條件上仍有很大之差異，就技術層次而言，仍需於石門水庫活化規劃作業時進一步審視可適用之方式。
- 三、為水庫之永續經營，除應積極處理淤砂等治標之工作外，真正能延長水庫壽命之關鍵仍是集水區的保育工作，日本在執行水庫集水區保育工作之確實，在行程中可觀察到，不僅限制集水區作非必要之開發，對於已崩塌地之處理不僅積極處理，在工法上亦有許多可供國內參考借鏡之處。
- 四、本署目前正積極推動中之「石門水庫集水區整體治理計畫」及「易淹水地區水患治理計畫」應可借重「日本全國地質調查業協會聯合會」或「國建協」等日本法人機構積極與日方進行技術交流及引進之工作，應該對本署推動之重大計畫有極大之助益。