

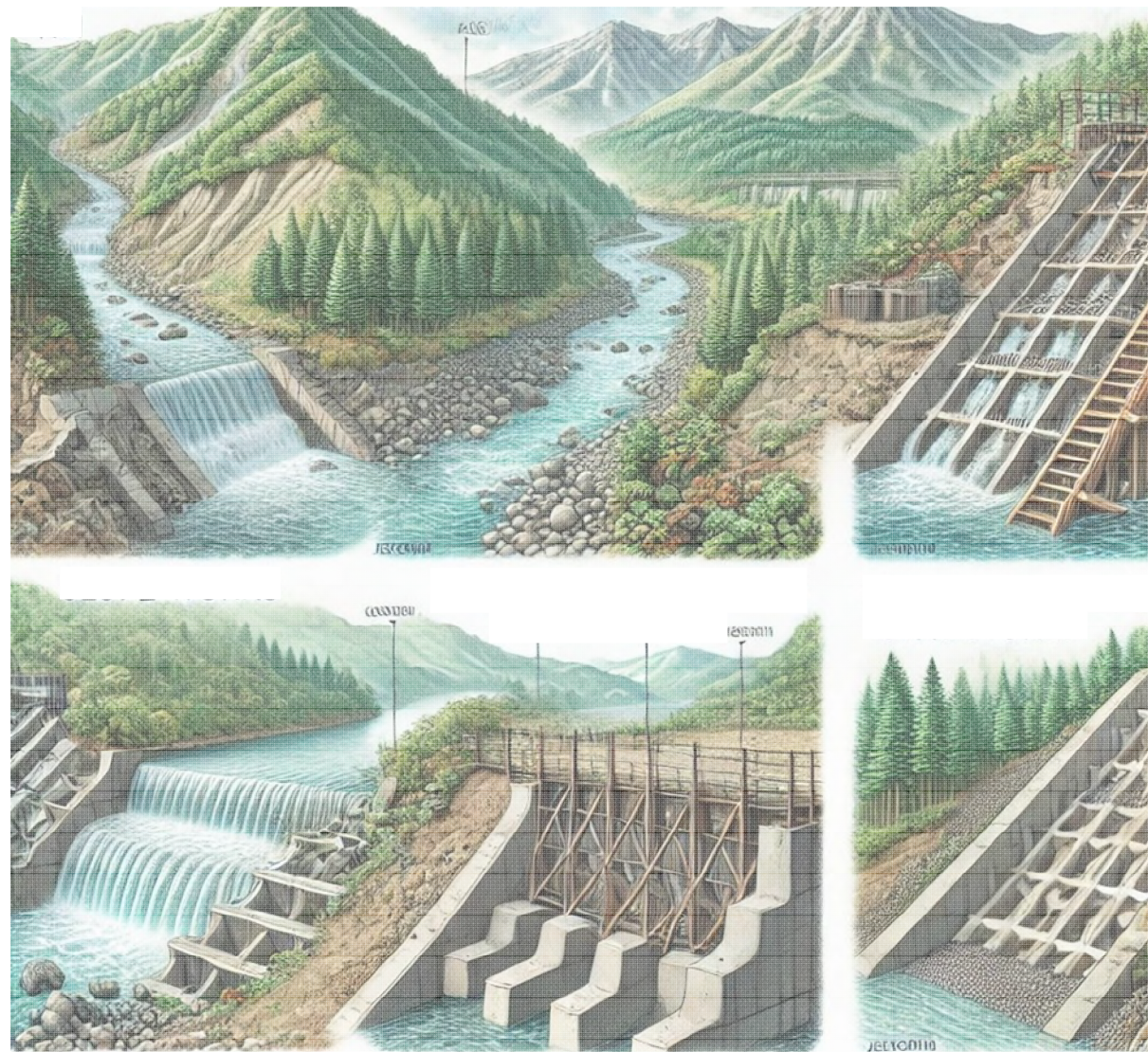


農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development and Soil and Water Conservation, MOA

日本文獻導讀： 「治山設施等巡視檢查、 修補等手法之開發調查研究」

減災監測組 葉雯婷

2024年11月05日



研究單位：森林保護・管理技術研究所

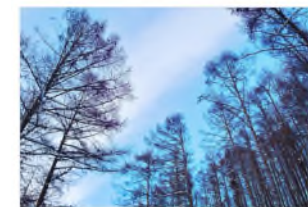
- 透過與森林保護和管理相關的研究、技術開發、累積技術資訊、提高公眾意識等，進行保護國土、發展森林和林業以及提高科學技術的計畫。

JAFEE (公社)森林・自然環境
技術教育研究センター

HOME ABOUT 最新情報 森林分野CPD 事業計画/報告書 認定校紹介 関連サイト ログイン

事業計画・事業報告

(公社) 森林・自然環境技術教育研究センターの事業計画及び収支予算、事業報告及び収支決算



2024年度

□ Mar 26, 2024 | □ 事務局

2024年度(令和6年度)年度事業計画及び収支予算、事業報告及び収支決算。

>> 詳細はこちら



2023年度

□ Mar 30, 2023 | □ 事務局

2023年度(令和5年度)年度事業計画及び収支予算、事業報告及び収支決算。

>> 詳細はこちら



2022年度

□ Mar 31, 2022 | □ 事務局

2022年度(令和4年度)年度事業計画及び収支予算、事業報告及び収支決算。

>> 詳細はこちら

<http://www.jafee.or.jp/plan/plan.html>

補助單位：公益社團法人國土綠化推動機構 綠與水森林基金事業補助

原文文獻：<http://www.jafee.or.jp/plan/files/2016-08-02-tisan-tennkenn-syuhou-houkokusyo.pdf>



內容大綱

1. 何謂治山設施
2. 野溪工程、坡面工程中的治山設施巡視檢查方法
3. 治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因
4. 針對構造物劣化原因再行詳細調查
5. 延長治山設施年限的工法流程與建議措施



何謂治山設施

◆ 依據關鍵基礎設施耐用年限延長計畫(行動計畫)(2014)：

治山設施包括：

1. 保安設施事業相關設施(森林法第41條)-森林之營造、維持事業必要之保安設施
2. 地滑防止設施(地滑等防止法第二條第三項)-地滑防治區域內排水設施、擋土牆、水壩及其他為防治地滑之設施
3. 林業設施災後復原與設施維護工程相關設施(公共土木設施災害復舊事業費國庫負擔法)

設施	管理者	設施數	完工後達五十年之比例		
			今 (2019年底)	10年後	20年後
治山壩	中央政府	56,200座	24%	41%	60%
	都道府縣	393,300座	25%	44%	65%

何謂治山設施

◆ 農村水保署之水土保持工程包括：

1. **野溪治理**-防止或減輕野溪侵蝕、淘刷與溪岸崩塌的工程
2. **崩塌地處理**-減載抑制工程、加固抑止工程
3. **農路改善**-路面與路基改善、上下邊坡穩定設施、排水系統與附屬安全設施
4. **農塘營造**-築壩式農塘、開挖式農塘



野溪工程、坡面工程中的治山設施巡視檢查方法

◆ 治山設施研究對象：

以山地防災為目的，**野溪工程**(溪間工)與**坡面工程**(山腹工)之**混凝土**、**鋼製**、**木製**構造物。



梳子壩(混凝土)



落石防止壁(鋼製)



木格框節制壩(木製)

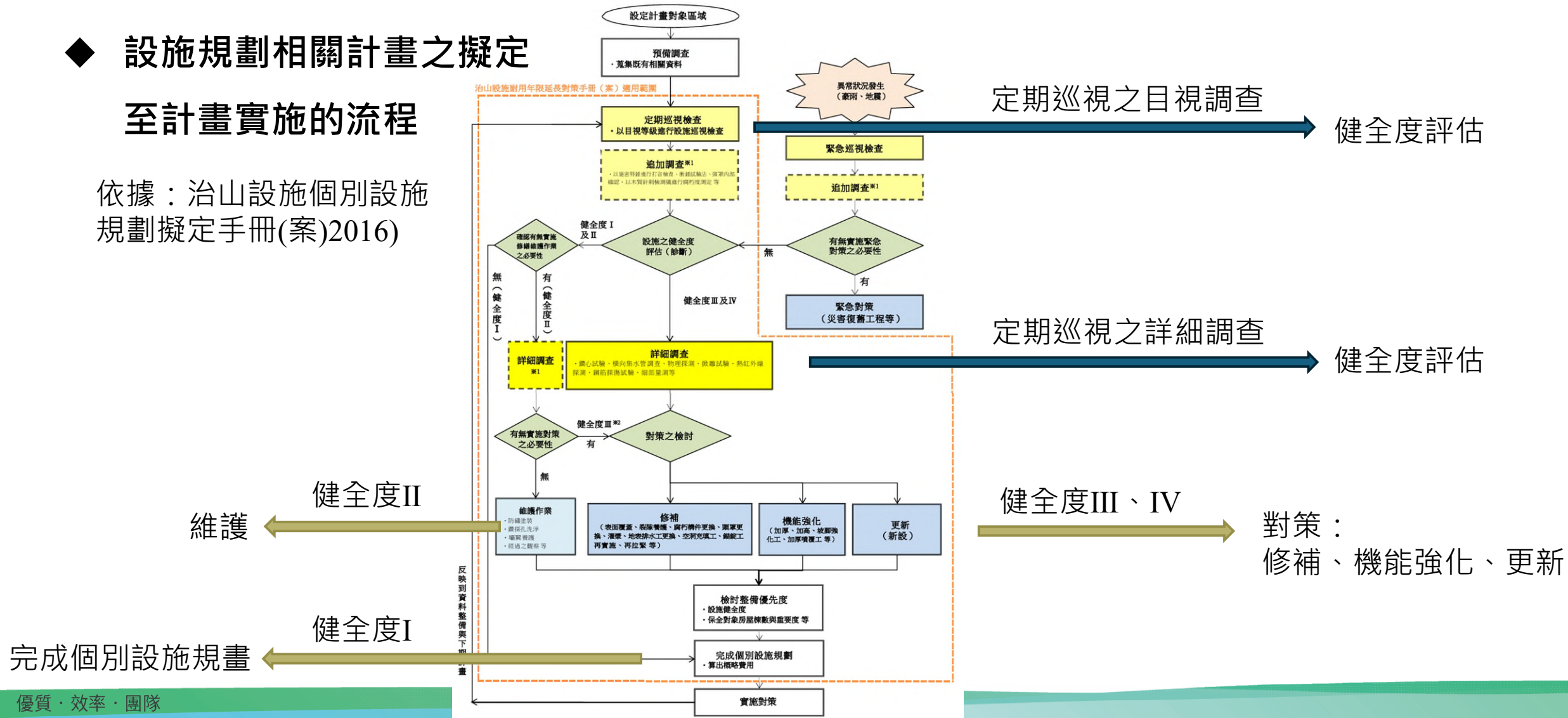


野溪工程、坡面工程中的治山設施巡視檢查方法

◆ 設施規劃相關計畫之擬定

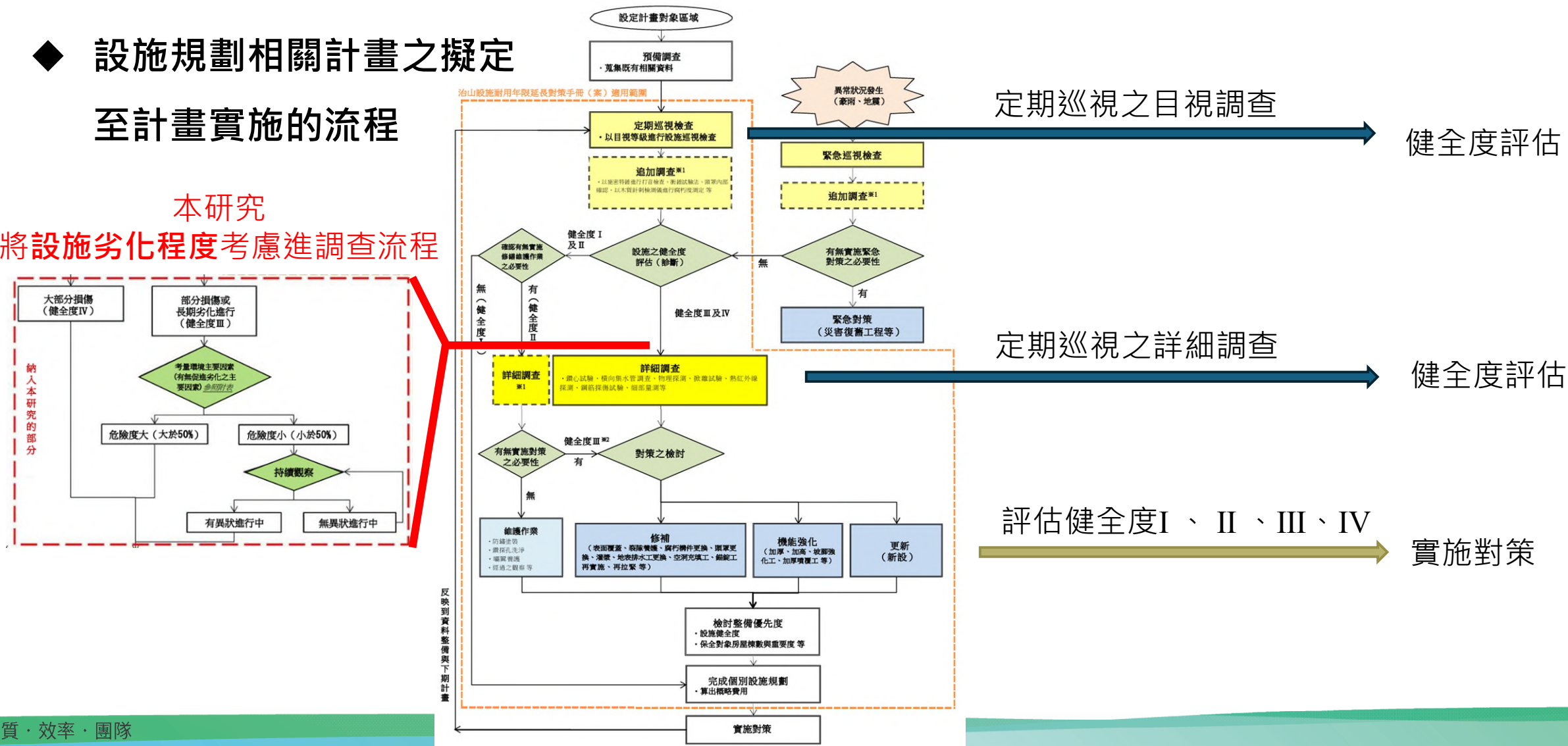
至計畫實施的流程

依據：治山設施個別設施
規劃擬定手冊(案)2016)



◆ 設施規劃相關計畫之擬定 至計畫實施的流程

本研究
將設施劣化程度考慮進調查流程



◆ 定期巡視-改良版現地巡視檢查表



2

容易使用的巡視檢查表

治山設施巡視檢查 評估表																	
承辦工 (即制壩、護岸工程等)																	
調查者所屬單位		巡視檢查單月日															
玉山監理區(分局)		巡視檢查員姓名															
工程種類												No.					
施工年度																	
年度	度	分	秒	緯度	度	分	秒										
施工地點		方位															
橋型		各單元															
工程種類	巡視檢查項目	異常		異常之種類與程度				異常概況	工程種類	巡視檢查項目	異常		異常之種類與程度				異常概況
		有	無	數目	長度	深度	厚度				有	無	數目	長度	深度	厚度	
節制壩 帶工	治理中心線異常								護岸工程 沿路工	治理中心線異常							
	變形									變形							
	傾倒									傾倒							
	淘刷									淘刷							
	壩體塌陷									壩體塌陷							
	異常淤砂									流淤土異常							
	基腳土異常									板材腐蝕等							
	板構件異常									填塞石異常							
	鐵重石異常									假排座漏木							
	漏木									電鍍破損							
	傾倒混凝土施工縫									周邊土砂崩落							
	壩體破損、龜裂									共通	安全設施異常						
	周邊土砂崩落																
	上游異常湧水																
	土砂淤積狀況									其他							
漂流木堆積狀況																	
		淤塞	未淤塞														
打自檢表	正事地點							第(四)章(課課、西條)									
	橋狀地點																
現地巡視檢查表 綜合判定	○S	無緊急修繕						國策	○異常原因、修繕預定時間、修繕方法、概算工程費用、記法的理由等								
	○A	有計畫地針對修繕對策設施進行修繕															
	○B	實施緊急修繕前已維持設施機能															
	○C	無異常															

※異常規模大小之量測項目

編號	數目	總長度	寬度	深度(判定)
壩側	總長度	寬度	深度	
傾倒	傾斜量	沉陷量		
變形	變形量			

總長度以公尺單位記載、寬度與深度以公分單位記載

傾斜狀況記載角度(°)、沉陷量以公分單位記載

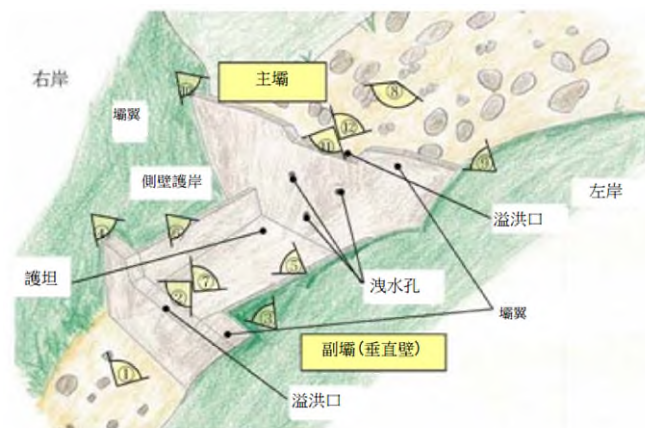
變形量以公分單位記載

實施對策

野溪工程、坡面工程中的治山設施巡視檢查方法

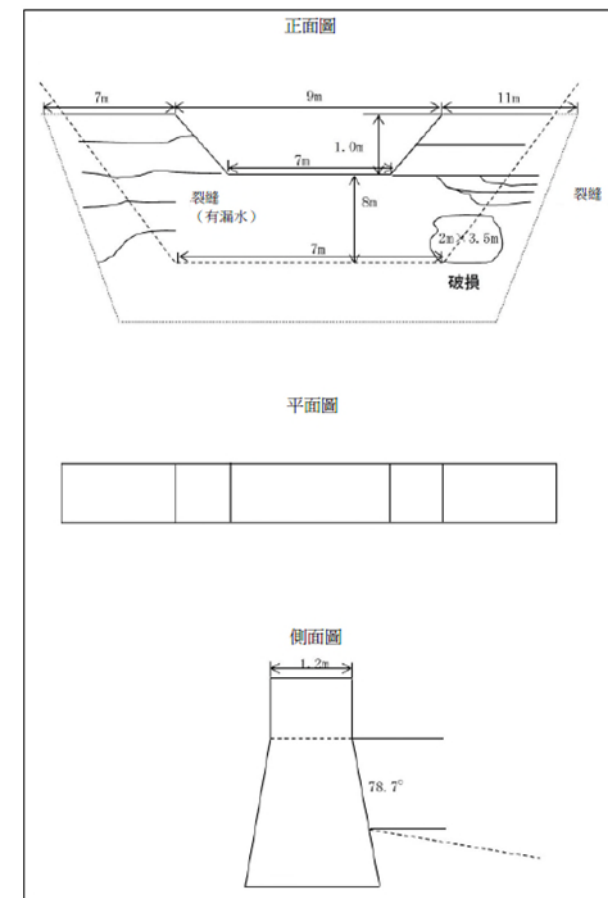
◆ 定期巡視-巡視要領

1. 巡視檢查表附GPS軌跡圖
2. 拍照攝影的重點
3. 檢附構造物素描圖



【拍照攝影地點編號】

編號	攝影位置	攝影對象物	編號	攝影位置	攝影對象物
①	副壩*下游	副壩下游面全景	⑦	主壩下游	主壩下游面全景護坦
②	副壩*上游	副壩上游面全景	⑧	主壩上游	主壩上游面全景副壩溢洪口
③	副壩左岸壩翼	副壩右岸壩翼	⑨	主壩左岸壩翼	主壩右岸壩翼(含溢洪口壩牆或壩翼上部坡面)~上游
④	副壩右岸壩翼	副壩左岸壩翼	⑩	主壩右岸壩翼	主壩左岸壩翼(含溢洪口壩牆或壩翼上部坡面)~上游
⑤	左岸側壁	左岸側壁護岸	⑪	主壩溢洪口	防砂壩下游全景
⑥	右岸側壁	右岸側壁護岸	⑫	主壩溢洪口	防砂壩上游全景



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

野溪工程、坡面工程中的治山設施巡視檢查方法

◆ 定期巡視-目視調查

混凝土
構造物

溢洪口頂端、護坦、側壁護岸**磨損**
壩體、壩翼**裂縫**
主壩基礎淘刷、側壁護岸**淘刷**
漏水



鋼製
構造物

鋼製設施的規模、形狀量測
周邊狀況 - 湧水、淤沙、植生
目視**腐蝕狀況**



木製
構造物

構件變色、異狀
構件損傷
出現**菌類子實體**
蟻道等行跡



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

野溪工程、坡面工程中的治山設施巡視檢查方法

◆ 定期巡視-追加調查

混凝土
構造物

打音調查



© Rutgers University

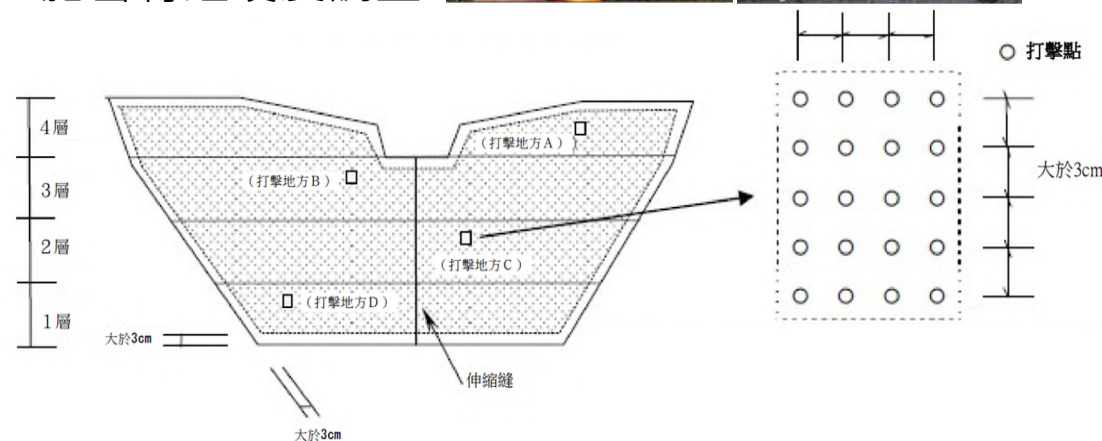
鋼製
構造物

打音調查

木製
構造物

觸診-手指觸摸檢測，必要時可用錐子或螺絲起子刺穿檢測
打診-鐵鎚敲打檢測

施密特錘硬度調查



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策



治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因

混凝土構造物

劣化類型	劣化原因
初期缺陷	蜂窩
	冷縫
	內部缺陷(空洞等)
	起砂
	表面起泡
	裂縫
材料劣化	鋼筋腐蝕先行型/裂縫先行型裂縫
	浮凸、剝落
	鏽汁
	白華
	變色
	磨損、風化
構造劣化	構造型裂縫
	撓曲
	變形
	振動

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

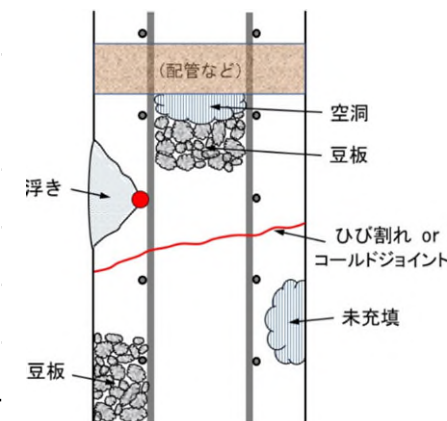
治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因-初期缺陷

混凝土
構造物



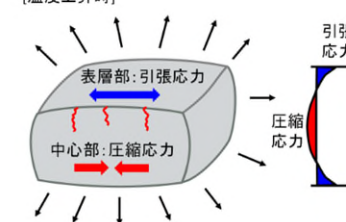
劣化類型	劣化原因
初期缺陷	
蜂窩	混凝土澆置時壓密不足
冷縫	
內部缺陷(空洞等)	混凝土與砂漿、磁磚黏貼之界面或與岩盤界面所形成之空洞
起砂	加太多凝固劑或混凝土過度壓密，使內部水分滲出，表面細粒料露出成條狀
表面起泡	傾斜形模框等形成自由水與空氣，混凝土表面進而起泡
裂縫	乾燥收縮後體積減少、內部或外部溫度差使混凝土膨脹、混凝土泌水使其沉陷



[発熱前]



[温度上昇時]



目視調査

追加調査

設施劣化程度

詳細調査

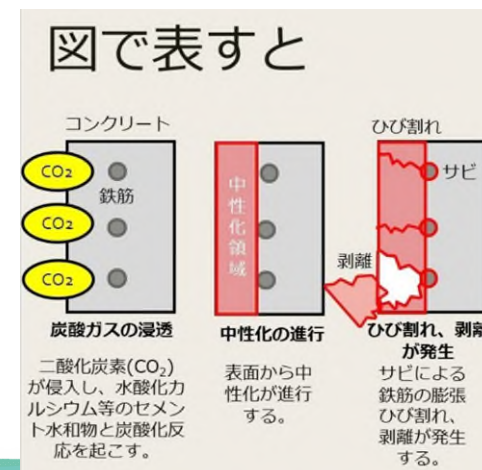
實施對策

治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因-中性化

混凝土 構造物	劣化類型	劣化原因
	材料劣化	鋼筋腐蝕先行型/裂縫先行型裂縫
		中性化、鹽害/鹼粒料反應、凍害、疲勞、化學性浸蝕
	浮凸、剝落	中性化、鹽害、凍害等引致混凝土表面附著力下降，混凝土逐漸從表面剝落
	鏽汁	中性化、鹽害、剝離或裂縫引致
	白華	混凝土內部水分在表面蒸發，其中可溶解成分(鈣)乾燥所形成的白色鹽類析出物
	變色	劣化主要因素鹽害、 中性化 、凍害等作用所致
	磨損、風化	水路經過使水泥質摩擦脫落、工廠煤煙或高硬度水質造成水泥成分溶出而風化

- 原本屬強鹼性(pH>12)的混凝土變成接近中性(pH 8.5 ~ 10)之現象，最常見的狀況是大氣中的二氧化碳侵入混凝土內部，降低混凝土孔隙中水分的pH值。



目視調査

追加調査

設施劣化程度

詳細調査

實施對策

治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因-鹼粒料反應

混凝土
構造物

劣化類型	劣化原因
材料劣化	鋼筋腐蝕先行型/裂縫先行型裂縫
	中性化、鹽害/鹼粒料反應、凍害、疲勞、化學性浸蝕
浮凸、剝落	中性化、鹽害、凍害等引致混凝土表面附著力下降，混凝土逐漸從表面剝落
鏽汁	中性化、鹽害、剝離或裂縫引致
白華	混凝土內部水分在表面蒸發，其中可溶解成分(鈣)乾燥所形成的白色鹽類析出物
變色	劣化主要因素鹽害、中性化、凍害等作用所致
磨損、風化	水路經過使水泥質摩擦脫落、工廠煤煙或高硬度水質造成水泥成分溶出而風化

- 混凝土內部的鈉與鉀等鹼金屬離子(鹼性細孔溶液)與粒料中的特定礦物(反應性粒料)產生反應出現異常膨脹，從而發生混凝土裂縫之現象。

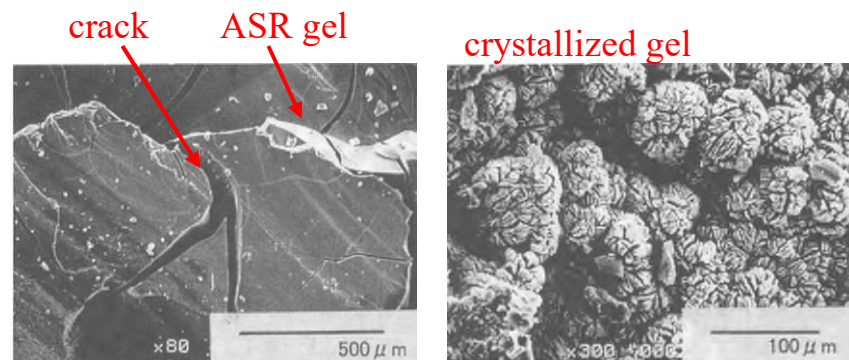


圖 5-12 鹼粒料反應引致治山設施劣化之案例

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因-鹽害

混凝土 構造物	劣化類型	劣化原因
	材料劣化	鋼筋腐蝕先行型/裂縫先行型裂縫
		中性化、 鹽害 /鹼粒料反應、凍害、疲勞、化學性浸蝕
	浮凸、剝落	中性化、 鹽害 、凍害等引致混凝土表面附著力下降，混凝土逐漸從表面剝落
	鏽汁	中性化、 鹽害 、剝離或裂縫引致
	白華	混凝土內部水分在表面蒸發，其中可溶解成分(鈣)乾燥所形成的白色鹽類析出物
	變色	劣化主要因素 鹽害 、中性化、凍害等作用所致
	磨損、風化	水路經過使水泥質摩擦脫落、工廠煤煙或高硬度水質造成水泥成分溶出而風化

- 附著混凝土表面之鹽分滲透內部使混凝土內部鋼材腐蝕、生鏽致鋼材體積膨脹，造成混凝土剝離或裂縫。



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因-凍害

混凝土
構造物

劣化類型	劣化原因
材料劣化	鋼筋腐蝕先行型/裂縫先行型裂縫
	中性化、鹽害/鹼粒料反應、 凍害 、疲勞、化學性浸蝕
浮凸、剝落	中性化、鹽害、 凍害 等引致混凝土表面附著力下降，混凝土逐漸從表面剝落
鏽汁	中性化、鹽害、剝離或裂縫引致
白華	混凝土內部水分在表面蒸發，其中可溶解成分(鈣)乾燥所形成的白色鹽類析出物
變色	劣化主要因素鹽害、中性化、 凍害 等作用所致
磨損、風化	水路經過使水泥質摩擦脫落、工廠煤煙或高硬度水質造成水泥成分溶出而風化

□ 混凝土內部水份凍結膨脹所產生的現象，長期反覆凍結與融解會慢慢造成混凝土劣化。



【輕度】
只損失表面之水泥砂漿

【中度】
損失粗粒料之間的水泥砂漿

【強度】
失去粗粒料周邊水泥砂漿，
骨材裸露

【嚴重劣化】
含粗粒料之混凝土脫落



圖 5-6 凍害引致混凝土剝離現象（長野縣內之節制壩案例）

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因-白華現象

混凝土 構造物	劣化類型	劣化原因
	材料劣化	鋼筋腐蝕先行型/裂縫先行型裂縫
		中性化、鹽害/鹼粒料反應、凍害、疲勞、化學性浸蝕
	浮凸、剝落	中性化、鹽害、凍害等引致混凝土表面附著力下降，混凝土逐漸從表面剝落
	鏽汁	中性化、鹽害、剝離或裂縫引致
	白華	混凝土內部水分在表面蒸發，其中可溶解成分(鈣)乾燥所形成的白色鹽類析出物
	變色	劣化主要因素鹽害、中性化、凍害等作用所致
	磨損、風化	水路經過使水泥質摩擦脫落、工廠煤煙或高硬度水質造成水泥成分溶出而風化



目視調查

追加調查

設施劣化程度

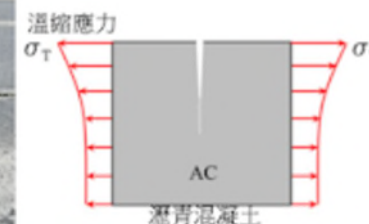
詳細調查

實施對策

治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因-構造劣化

混凝土 構造物	劣化類型	劣化原因
	構造劣化	
	構造性裂縫	構造承受大於設計之荷重或偏荷重
	撓曲	中性化、鹽害、凍害、化學性腐蝕等劣化主因引致構件韌性與剛性降低，撓曲擴大
	變形	外力引致、混凝土本身性質(水和熱上升引致乾燥收縮、膨脹、潛變等)之變形
	振動	構造物劣化會降低構造物剛性，固有振動頻率因此降低



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因

鋼製
構造物

劣化類型	劣化原因
鋼材材質與構造引致劣化	大氣中的腐蝕
鋼材腐蝕與磨損引致劣化	pH值影響之腐蝕

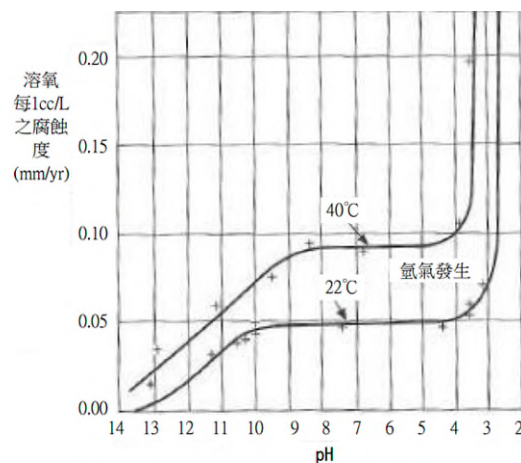


圖5-26 軟鋼腐蝕與水pH值的關聯性

飛來鹽份

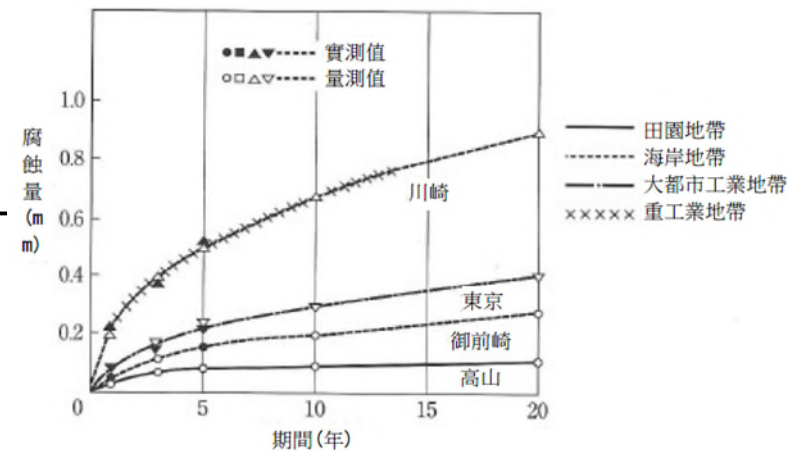


圖 5-25 腐蝕環境別的腐蝕量

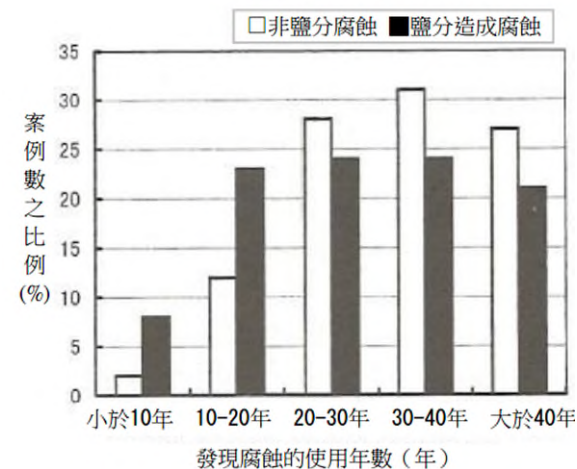


圖 5-27 發現腐蝕為止的使用年數

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

治山設施不同構造物的劣化類型、劣化原因

◆ 劣化類型與劣化原因

木製
構造物

劣化類型	劣化原因
腐朽	折損、磨損或蟻害造成黴菌孢子附著
礫石流下之構件磨損	設置構造物地點流域面積大且有大量礫石流下時， 溢洪道附近的構件可能因此磨損
基部淘刷	構造物落差變大，構造物下游河床淘刷量增加

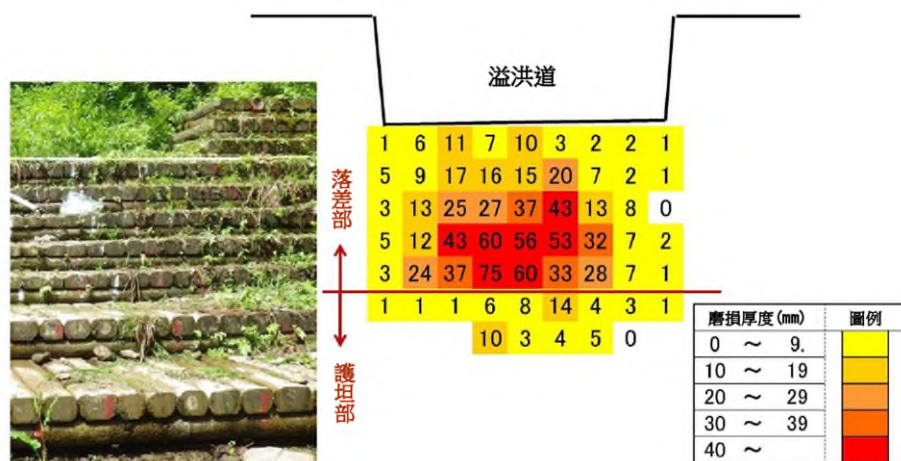


圖 5-31 杉木材做成的治山壩構件磨損案例（人字型：完工超過 9.5 年）

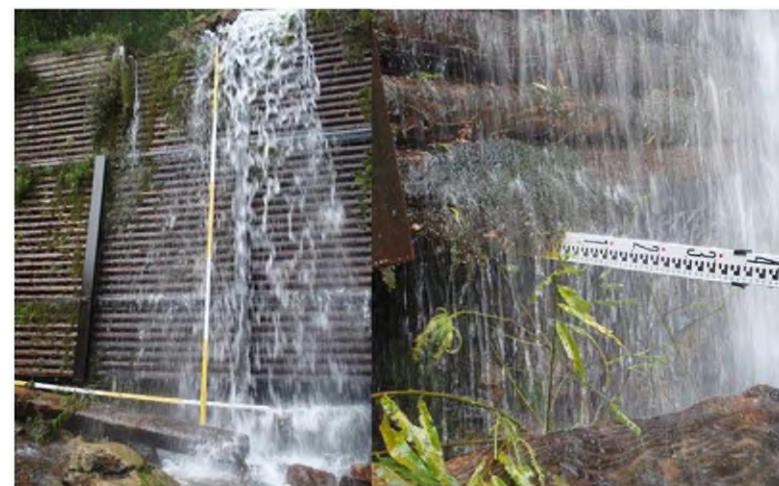


圖 5-34 落差變大、基礎部淘刷引致構造物裸露、損壞之案例

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

◆ 定期巡視-詳細調查

混凝土
構造物

方法

混凝土鑽心試體調查
→當施密特錘換算之構造物
強度低於設計強度85%時

鑽孔掃描觀測

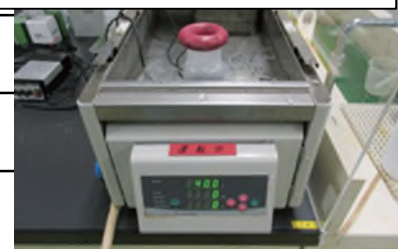
彈性波探測

紅外線檢測

<混凝土強度試驗>



<鹼•氧化矽反應試驗>

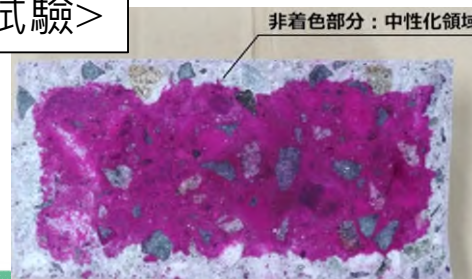


攪拌萃取 (40°C熱水浴)



測量 (原子吸收光度計)

<中性化試驗>



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

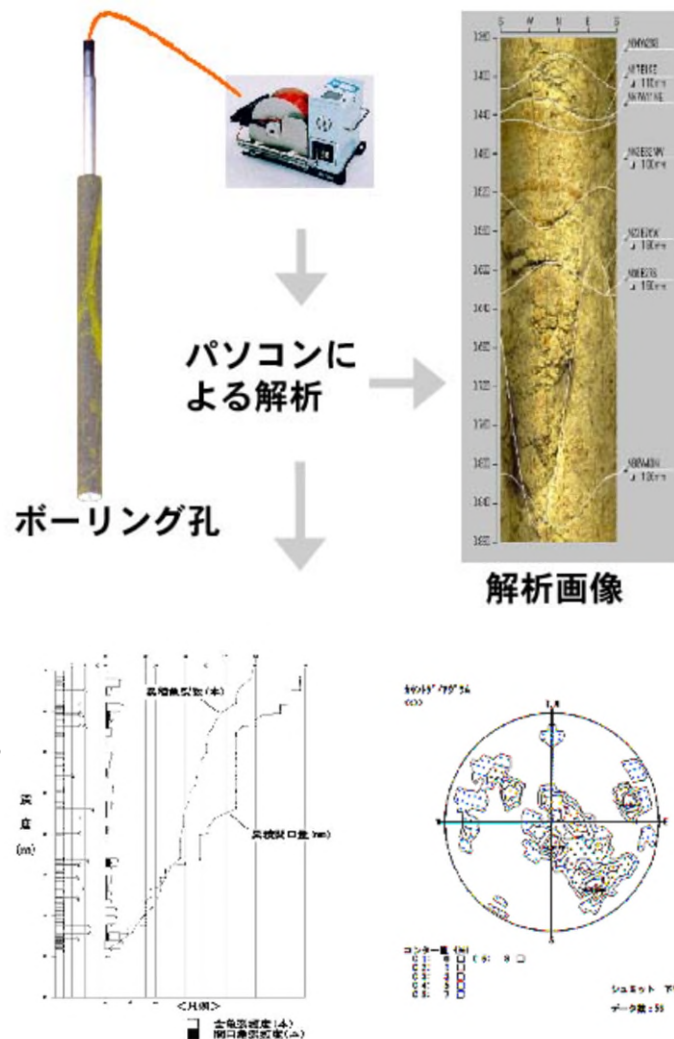
針對構造物劣化原因再行詳細調查

◆ 定期巡視-詳細調查

混凝土
構造物

方法	適用工程種類
混凝土鑽心試體調查 →當施密特錘換算之構造物 強度低於設計強度85%時	野溪工程、擋土工
鑽孔掃描觀測	野溪工程、擋土工
彈性波探測	野溪工程、擋土工
紅外線檢測	噴覆工

□ 透過鑽孔檢視構造物內部的孔隙率以得其強度。



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

◆ 定期巡視-詳細調查

混凝土
構造物

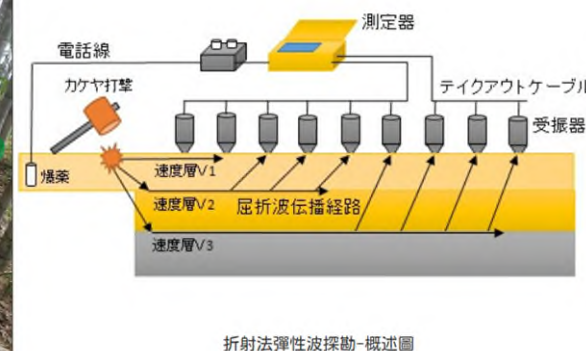
方法

混凝土鑽心試體調查
→當施密特錘換算之構造物
強度低於設計強度85%時

鑽孔掃描觀測

→ 彈性波探測

紅外線檢測



□ 透過爆破或吹動，人為產生彈性波，並利用曲折法算出彈性波速度檢測構造物劣化程度/孔隙多寡。

基準：彈性波傳播速度	小於 2000m/s	大於 2000m/s 小於 2800m/s	大於 2800m/s 小於 3300m/s	大於 3300m/s
健全度評估	不良	些微不良	大致良好	良好
混凝土狀態之推估	明顯異狀	有異狀	稍有異狀	健全
混凝土內部孔隙+角礫岩之比例推估值	大於 20%	10~20%	小於 10%	—

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

◆ 定期巡視-詳細調查

混凝土
構造物

方法

混凝土鑽心試體調查
→當施密特錘換算之構造物
強度低於設計強度85%時

鑽孔掃描觀測

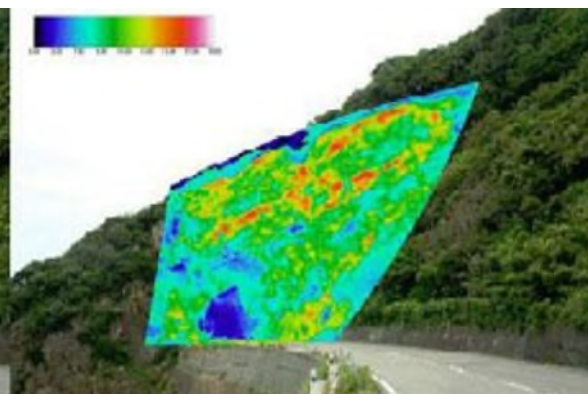
彈性波探測

紅外線檢測

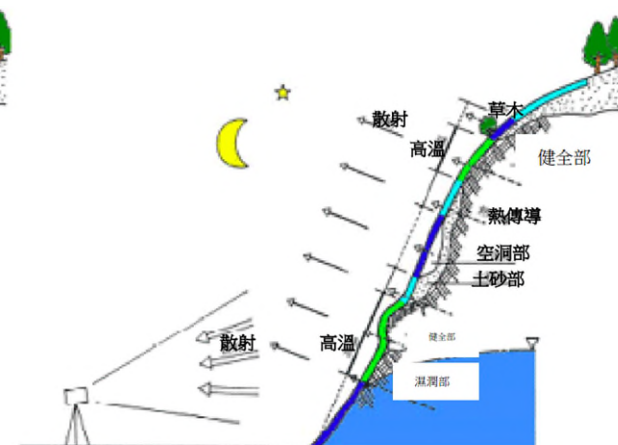
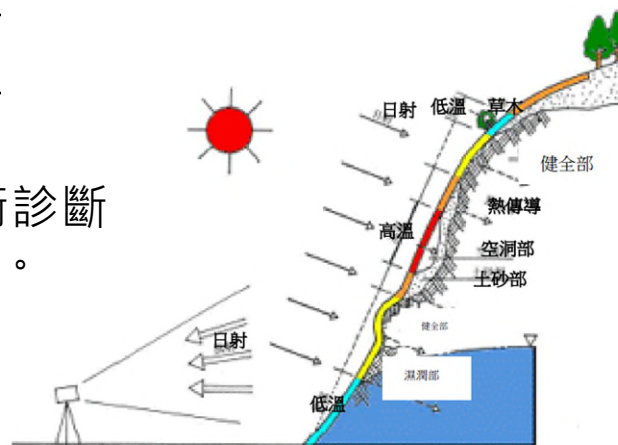
利用紅外線熱成像技術診斷
砂漿噴覆坡面的空洞化。



可見光影像



熱紅外線影像



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

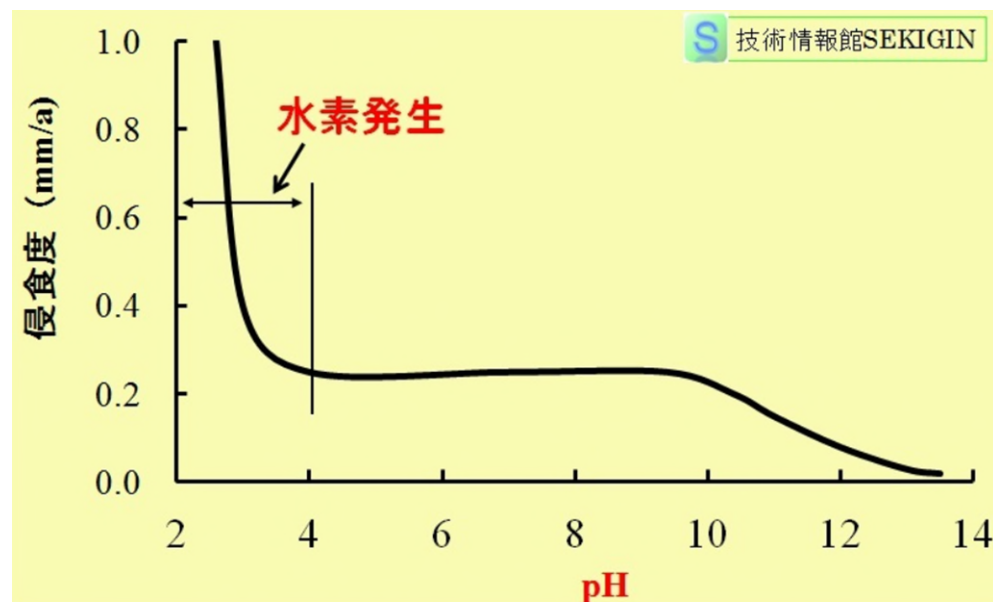
◆ 定期巡視-詳細調查

鋼製
構造物

方法

水流pH值測定

殘存板厚度測定



- 量測構造物周邊水流pH值，確認鋼材腐蝕是否水流所致。若是，則 pH 小於4 時腐蝕速度加快。

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

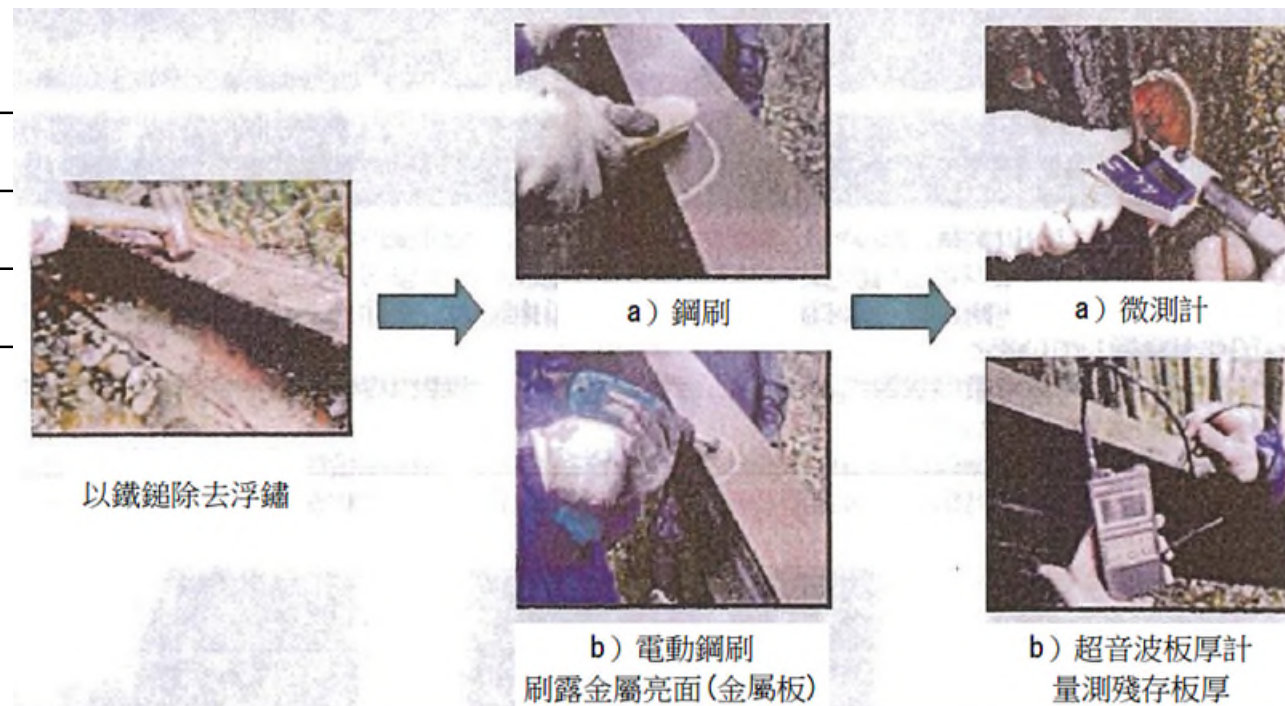
◆ 定期巡視-詳細調查

鋼製
構造物

方法

水流pH值測定

殘存板厚度測定



- 目視選定嚴重腐蝕之構件與部位，利用超音波測厚計量測板厚。

目視調查

追加調查

設施劣化程度

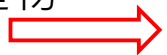
詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

◆ 定期巡視-詳細調查

木製
構造物



方法

針刺檢測

超音波傳播速度法

應力波檢測法

鑽孔阻力檢測法

簡易鑽孔阻力檢測法



- 利用針刺檢測儀以一定能量將特定直徑的鋼針從木材表面打入，量測其打入深度(mm)。

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

◆ 定期巡視-詳細調查

木製
構造物

方法

針刺檢測



超音波傳播速度法

應力波檢測法

鑽孔阻力檢測法

簡易鑽孔阻力檢測法



- 利用讓緊密貼在構造物兩面的器材一方發出超音波訊號，另一方接收訊號，量測兩點間超音波傳播速度。

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

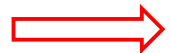
◆ 定期巡視-詳細調查

木製
構造物

方法

針刺檢測

超音波傳播速度法



應力波檢測法

鑽孔阻力檢測法

簡易鑽孔阻力檢測法



- 打擊插入木材之中的感測器，用安裝另一處的感測器測定此訊號以量測二點間的應力波傳播速度。

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

◆ 定期巡視-詳細調查

木製
構造物

方法

針刺檢測

超音波傳播速度法

應力波檢測法



鑽孔阻力檢測法

簡易鑽孔阻力檢測法



- 鑽頭迴轉鑽入木材量測其鑽孔阻力狀況，由不同深度所產生鑽孔阻力變化波形，可推估腐朽部分厚度。

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

針對構造物劣化原因再行詳細調查

◆ 定期巡視-詳細調查

木製
構造物

方法

針刺檢測

超音波傳播速度法

應力波檢測法

鑽孔阻力檢測法



簡易鑽孔阻力檢測法



- 木材預留特定大小導孔，以可量測轉矩的扳手將螺絲(較大直徑的木螺絲或直徑9mm的成長錐)鎖入後量測。

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

延長治山設施年限的工法流程與建議措施

◆ 對策-修補

混凝土
構造物

- 裂縫：表面披覆工法(龜裂寬小於0.5mm 時)
裂隙修補工法(龜裂寬大於0.5mm 時)
斷面修補工法(裂隙擴大可能發生剝離)



照片2.2.1.1-1
無機類被覆工法（水泥匠工法）施工狀況



照片2.2.1.2-1
有機類被覆工法（塗刷型）施工狀況

圖 7-3 表面被覆工施工狀況（農業水利設施修補與補強工程手冊【明渠修補編】（案））



照片4.2.2-2 設置注入用之墊圈
與裂縫表面密封狀況



照片4.2.2-3 以注入器具進行注入



照片4.2.2-4 實施凹切



圖4.2.2-2 塗底漆

圖 7-4 裂縫修復工施工狀況（農業水利設施修補與補強工程手冊【明渠修補編】（案））



照片4.2.1-1 斷面修復材充填



照片4.2.1-2 斷面修復完成

圖 7-5 斷面修復工施工狀況（農業水利設施修補與補強工程手冊【明渠修補編】（案））

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

延長治山設施年限的工法流程與建議措施

◆ 對策-修補

混凝土
構造物

- 內部劣化、漏水：灌漿
- 磨損：巨石鋪面工、多灰混凝土
- 接縫修補：地盤改良工法



圖 8-3 2008年岩手與宮城內陸地震時以節制壩加厚實施之災害復舊案例

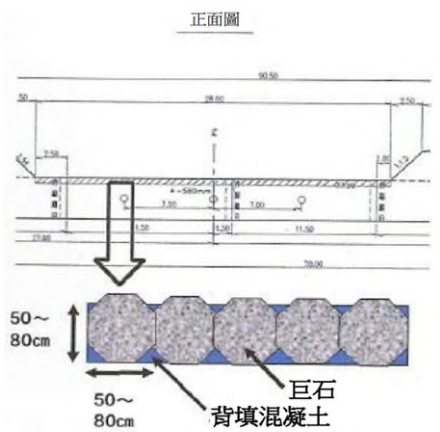
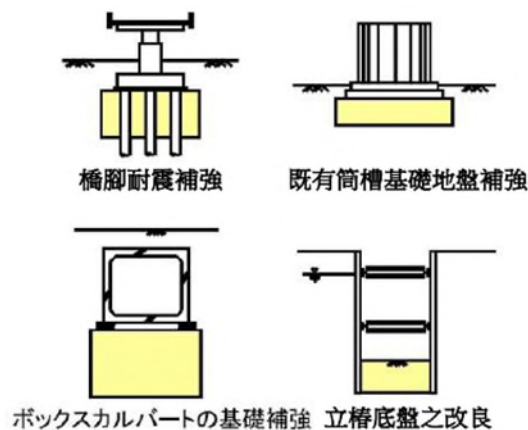


圖2 巨石漿砌鋪石溢洪道橫斷面標準圖



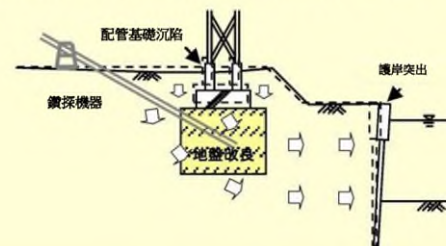
東日本大地震報告⑥ ～復舊案例～

地點：茨城縣臨海部 施工：2011年5月

狀況：土壤液化引致土壤側向流動，出現護岸凸出與構造物基礎沉陷，因此實施地盤改良。

工法：二重管井過濾工法複相型

對象土質：細砂 改良範圍：GL-0.5～-2.5m



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

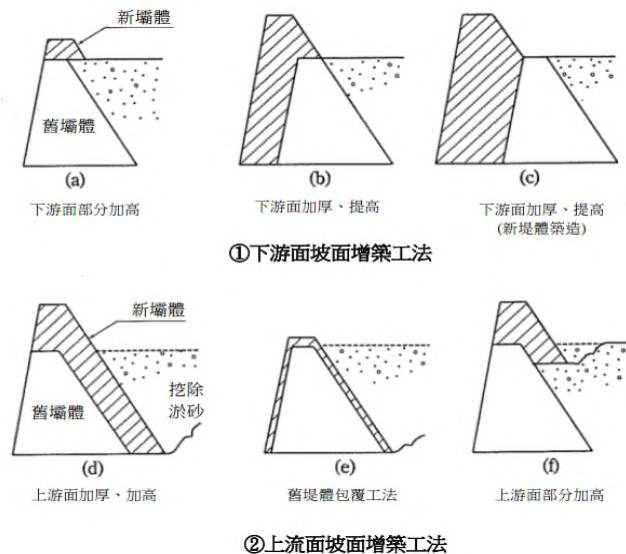
實施對策

延長治山設施年限的工法流程與建議措施

◆ 對策-機能強化、更新

混凝土
構造物

□ 加厚、加高
設置坡腳強化工



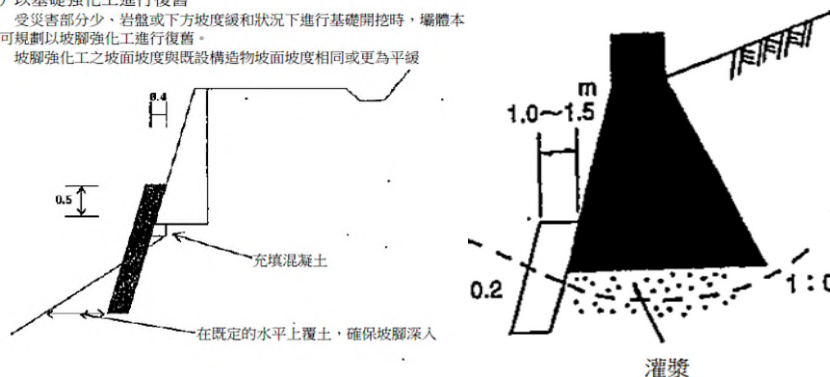
機能強化 前



機能強化 後



A) 以基礎強化工進行復舊
受災部分少、岩盤或下方坡度緩的狀況下進行基礎開挖時，壩體本身可規劃以坡腳強化工進行復舊。
坡腳強化工之坡面坡度與既設構造物坡面坡度相同或更為平緩



機能強化前



機能強化後



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

延長治山設施年限的工法流程與建議措施

◆ 對策-修補、機能強化、更新

鋼製 構造物

- ❑ 除鏽、再塗裝或更換構件。
- ❑ 鋼製構造物實施機能強化之案例較少。
- ❑ 鋼製構造物承受土石流等外力作用常造成整個構造受損，因此與其修補，大多選擇更新。



圖7-7支墩壩式節制壩之修補案例(主鋼材:除鏽作業後再塗裝，壁材:更換成新材)



圖7-8鋼製框固工之加厚、加高案例(壩高5m→8m)

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

腐蝕程度

塗裝剝落

持續觀察

紅鏽浮凸

除鏽、再塗裝

輔助構件(橫棧等)
斷面缺損

構件更換

主要構件(支柱等)
斷面缺損

更新

延長治山設施年限的工法流程與建議措施

◆ 對策-修補、機能強化、更新

木製 構造物

□ 木製構造物幾乎無實施機能強化之案例，幾乎都更換構件。



1. 紅線內為構件更換範圍



2. 木材構件、充填石材之拆除



3. 撤除完畢



4. 組裝、充填(充填石材可再利用)



5. 組裝、充填(充填石材可再利用)



6. 部件更換完畢

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

延長治山設施年限的工法流程與建議措施

◆ 建議措施-針對實施巡視檢查的設施

- 巡視檢查用的通路
- 設置階蹬踏板
- 鋼製設施頂端打設混凝土
- 錨錠工頭部及荷重變動之視覺監測

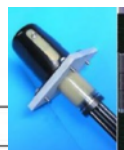
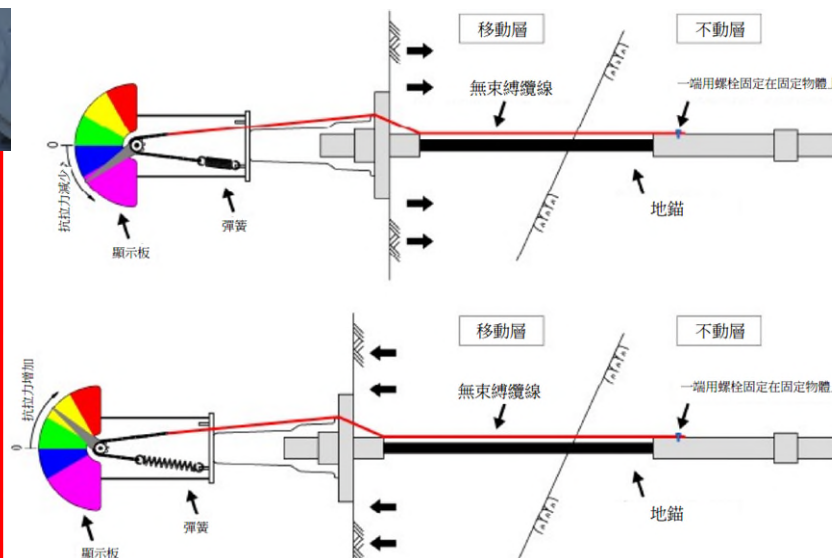


表 9-1 頭部、頭部背面與荷重變動之可視化技術

名稱	KP地錨	看得到的地錨
特徵	• 可目視確認防鏽油充填及劣化狀況	• 以顯示板顏色變化顯示荷重變動 • 可一目瞭然加以確認
構造	• 使用部分透明、有視窗之螺帽 • 使用透明、有視窗之止水具（可使用於無束縛型帶）	• 錨錠材沿無束縛鋼索配置，一端固定在固定物體上，另一端經由齒輪安裝在看得到的地錨彈簧上
判定	• 可依防鏽油是否變色、變質或減少，確認劣化程度 • 確認背面止水具之狀態	• 著色顯示板指針位置從地錨固定時的藍色轉成暖色系時，代表荷重增加；轉成寒色系則可判定為荷重降低



目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

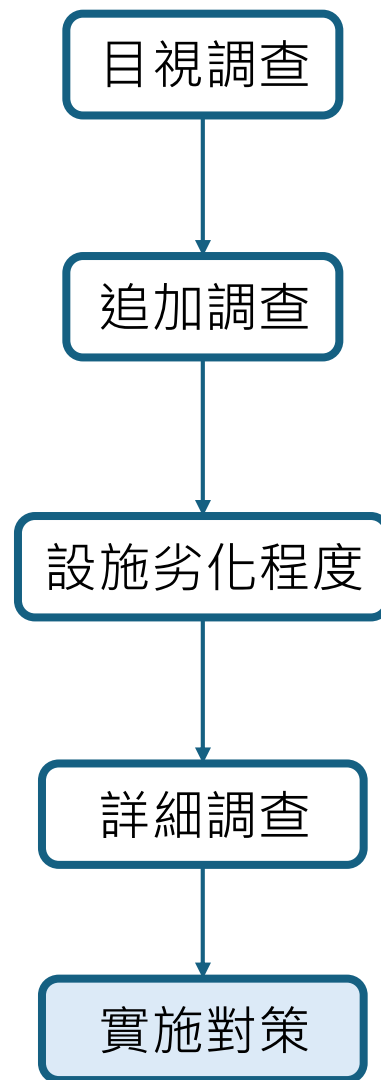
延長治山設施年限的工法流程與建議措施

◆ 建議措施-針對實施詳細調查與修補的設施

- 確保鷹架設置空間
- 設置管理用道路
- 鋼製、木製設施使用易更換的螺栓構造



圖 9-3更換木製構件時容易從一邊鬆開生鏽螺栓、螺栓頭部做成突起之做法



延長治山設施年限的工法流程與建議措施

◆ 建議措施-構築不易損傷的設施

- 節制壩可設置副壩與下游面止水壁(預防基礎部淘刷)
- 節制壩溢洪道頂端以高強度材料施築(預防頂端磨損)
- 節制壩壩翼設緩衝材(填方)
- 鋼製設施使用防鏽熱浸鍍鋅產品
- 坡面格框鋼筋使用防鏽劑(預防鹽害等引致腐蝕)
- 坡面格框工使用高強度混凝土(預防凍害與鹽害)



圖 12 台灣第一座熱浸鍍鋅橋梁—馬槽橋



脫脂 Degreasing

除去被鍍件的表面有機雜質，如油脂等。(操作溫度 60°C~85°C)



酸洗 Pickling

使用鹽酸去除被鍍件的表面鏽蝕。(室溫)



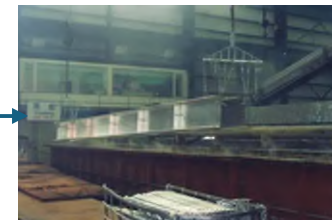
助熔劑 Fluxing

防止鋼材再氧化，並加速鋅與鋼材表面的結合。(氧化鋅氨溶液，操作溫度 60°C~80°C)



熱浸鍍鋅 Galvanizing

作業人員撥除爐面氧化鋅，確保外觀品質。



冷卻 Cooling

鍍鋅完成後將被鍍物送溫度 60°C 冷卻水槽冷卻。

目視調查

追加調查

設施劣化程度

詳細調查

實施對策

參考資料

1. FHWA InfoTechnology. The Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
<https://infotechnology.fhwa.dot.gov/hammer-sound-chain-drag-hscd/>
2. 1分で分かる~コンクリート中性化 https://note.com/civilengineer_kb/n/n2be9232f86bd
3. シュミットハンマーによるコンクリート強度測定調査 <http://www.yoonnet.com/schmit.html>
4. 試験用のコア採取の状況 <https://www.youtube.com/watch?v=BA-1B8Vrxys&t=18s>
5. コンクリートの圧縮強度試験 https://www.youtube.com/watch?v=UT1wn_AO5gI
6. アルカリシリカ反応(ASR) <https://www.taiheiyo-c.co.jp/cement/asr/>
7. コンクリートの中性化試験 <https://concrete-mc.jp/neutralization-test/>
8. ボアホールスキャナー <http://www.chugoku-geo.or.jp/geology/skill/009>
9. 弾性波探査 https://www.jibantansa.com/service/elastic_wave/
10. 鋼の腐食 http://sekigin.jp/03corro/02corro/01cor_steel/cor_steel_02/steel02_34_1.html
11. 応力波速度測定器 <https://www.fts-web.jp/product/?id=1603336464-108894>
12. 穿孔抵抗測定機器 <https://www.arimotokogyo.co.jp/business/wooden-exterior-material/>
13. コンクリートの欠陥 <http://daikaku-saiban.com/contents/archives/515>
14. コンクリートの変状 <https://myppt.cc/LsAbdu>
15. コンクリートの中性化 <https://i-const.jp/problems/neutralization/>



參考資料

16. 各種温度ひび割れ抑制対策の効果の比較 https://www.jci-net.or.jp/j/concrete/technology/202302_article_1.html
17. 101年石門水庫集水區秀巒防砂壩安全檢查及評估作業。2012。經濟部水利署北區水資源局。
18. 行政院公共工程委員會。臉書粉專。 <https://www.facebook.com/ey.pcc>
19. 治山防災木構造物規劃設計與解說資料建置。2012。行政院農業委員會林務局委託研究計畫。
20. 治山施設個別施設計画策定マニュアル（案）。2016。林野庁。
21. 混凝土橋梁常見劣化樣態探討。2017。財團法人中華顧問工程司。
22. 農業部農村發展及水土保持署-農村水保工程。
https://www.ardswc.gov.tw/Home/Seo/prevention_list?id=45ea8c8b98ad443d98c294b261557f25
23. 農業部農村發展及水土保持署-蘇樂野溪囚砂設施治理工程第一期。
https://www.ardswc.gov.tw/Home/About/show_detail?id=71d183238b064b7bb86258a1822eefaa
24. 蔡明達、李祐承。2016。熱浸鍍鋅在土木建築之應用概況。土木水利。43(4): 31-38。
25. 日本文獻「砂防相關設施檢查要領(草案)」導讀。農村水保署技術研究發展平臺。
<https://tech.ardswc.gov.tw/Seminar/FancyBox?id=1472>

報告完畢 敬請指教



農業部農村發展及水土保持署
與您一起打拼



補充資料

◆ 施密特錘強度換算公式(日本材料學會提案，1958)

由基準回彈度 (R_0) 推估試驗錘強度 F 之推估強度公式

$$F \text{ (N/mm}^2\text{)} = [- 18.0 + 1.27 \times (R_0 + R_1 \pm R_2)] \times \alpha$$

F ：推估強度 (N/mm²)

R_0 ：試驗錘之回彈度 (20 個打擊點平均數／水平打擊值)

R_1 ：測定位置濕潤，打擊痕跡呈黑點 … +3 (濕潤補正)

R_1 ：測定位置浸濕時 … +5 (濕潤補正)

R_2 ：角度補正值 (水平打擊時不補正。當然，即使構造物有坡度，只要在混凝土面實施水平打擊，就不補正。)

α ：材齡係數 (只限材齡 10 日～ 27 日之間實施試驗者)



補充資料

◆ 日本治山設施健全度分級-混凝土構造物

治山設施巡視檢查 評估表															
深開工 (節制壩、護岸工程等)															
										巡視檢查 年月日					
調查者所屬 單位										巡視檢查 者姓名					
治山登記簿 Link ID															
工程種類										No.					
施工年度										事業計畫 名稱					
經度										緯度					
度										度					
分										分					
秒										秒					
施工地點										方位					
類別										各單元					
工程 種類	巡視檢查項目	異常		異常之程度			異常概況	工程 種類	巡視檢查項目	異常		異常之程度			異常概況
		有	無	輕微	中等	嚴重				有	無	輕微	中等	嚴重	
節制壩 固床工 帶工	治理中心線異常							護岸工 沉路工	治理中心線異常						
	變形								變形						
	傾倒								傾倒						
	淘刷								淘刷						
	壩體崩塌								壩體崩塌						
	異常淤砂								混凝土異常						
	混凝土異常								板材腐蝕等						
	框構件異常								填塞石異常						
	填塞石異常								銜接部漏水						
	漏水								壩體破損						
	結構混凝土施工縫								周邊土砂崩落						
	壩體破損、龜裂														
	周邊土砂崩落														
	上游異常湧水														
	土砂淤積狀況														
漂流木堆積狀況															
打自檢查	正常地點							共通	安全設施異常						
	異常地點														
現地巡視 檢查者 綜合判定	○S	需緊急修繕						調整	(異常原因、修繕預定時期、修繕方法、概算工程費用、判定理由等)						
	○A	有計畫地針對修繕對策設置進行修繕													
	○B	實施經過觀察已維持設施機能													
	○C	無異常													

※異常規模大小之量測項目					
壩體龜裂	數目	總長度	寬度	深度(推定)	總長度以公尺單位記載，寬度與深度以公分單位記載
	總長度	寬度	深度		
淘刷	總長度	寬度	深度		傾斜狀況記載角度(°)，沉陷量以公分單位記載
傾倒	傾斜量	沉陷量			
變形	變形量				變形量以公分單位記載

健全度評估 (異狀等級)

S：需實施緊急修繕對策

A：實施修繕對策之設施需有計畫地進行修繕

B：確認輕微異常，但能維持設施機能，因此持續觀察

C：無異常



補充資料

◆ 日本治山設施健全度分級-鋼製構造物

腐蝕等級	腐蝕狀況		修補與補強對策
等級1	- 沒有長期變化所產生的腐蝕。 - 仍殘留著初期塗裝、保持健全狀態。 - 接頭部分、螺絲均無腐蝕。		無修補與補強之必要
等級2	- 與完工時相比，出現若干腐蝕。 - 塗膜輕微劣化，紅鏽稍微浮起。		機能及構造無安全疑慮，可重新塗裝，抑制腐蝕惡化
等級3	- 局部腐蝕惡化，出現斷面缺損。 - 腳部、接頭部分出現層狀腐蝕。 - 整體的塗裝都已剝落。		實施局部修補與補強對策。 健全的構件可重新塗裝，抑制腐蝕惡化
等級4	- 構造構件有的出現明顯斷面缺損。 - 以鐵鎚進行除鏽時，可看見鋼材明顯缺損。 - 設施機能及構造安全性明顯受損。		可實施修補與補強對策，確保設施整體之安全性

※等級3與等級4有必要實施詳細檢測。

健全度評估（異狀等級）

- 1: 無修補與補強之必要
- 2: 機能及構造無安全疑慮，可重新塗裝抑制腐蝕惡化
- 3: 實施局部修補與補強對策。
- 4: 實施修補與補強對策，確保設施整體安全性



補充資料

◆ 日本治山設施健全度分級-木製構造物

整理編號		巡視檢查方法： 基本上使用目視、觸診，必要時可用螺絲起子刺診與鐵錘打診		
巡視檢查年月日	年 月 日			
巡視檢查人員				
巡 視 檢 查 項 目				地點（編號） 判定
構造物整體	變形、位移			
	破損、破壞			
木材構件	變色、異狀、異音			
	腐朽			
	蟻害			
	子實體發生			
	損傷、磨損、破裂			
	掉落、破損、折斷			
接頭（金屬）	生鏽、腐蝕			
	鬆脫、位移、變形			
	缺損、掉落			
填塞石（填土）	鬆脫、塌陷、流出			
基礎部	異常侵蝕、淘刷			
淤砂區	異常土砂淤積			
概略巡視檢查之綜合判定		A・B・C・D・E		
詳細巡視檢查之必要性		無(A, B)・有(C, D, E)		
構造圖	構造物整體之構造圖（正面圖、側面圖、平面圖）之中的巡視檢查項目判定為d、c、e時，記載該地點（編號）			
照片	構造物整體之照片、巡視檢查項目判定為c、d、e時，將該部分放大攝影，黏貼在檢核表上			

健全度判定結果為 C、D、E 等級或完工後已經過一定期間，應持續實施定期詳細調查

等級	健全度	對應
A	機能正常，無問題。	無
B	機能大致正常，幾乎無問題。	無需特別對應
C	輕度異常，機能略有問題。	應對狀態監測（一年實施一次以上之詳細調查）
D	有異常，機能出現問題。	應檢討且必要時實施相關之更新、修繕或補強。
E	嚴重異常，機能出現重大問題。	應立刻實施更新、修繕或補強。



補充資料

◆ 臺灣的水土保持工程構造物-種類與作業流程

一、重要防砂構造物

係指長度15公尺，壩高5公尺以上之防砂壩等防砂構造物。

二、重要農路邊坡構造物

指本署所屬分署修築或改善之農路工程，以防災及維生通道所形成路網內之編號農路為優先調查對象，其符合特定條件者。

三、重要水土保持邊坡構造物

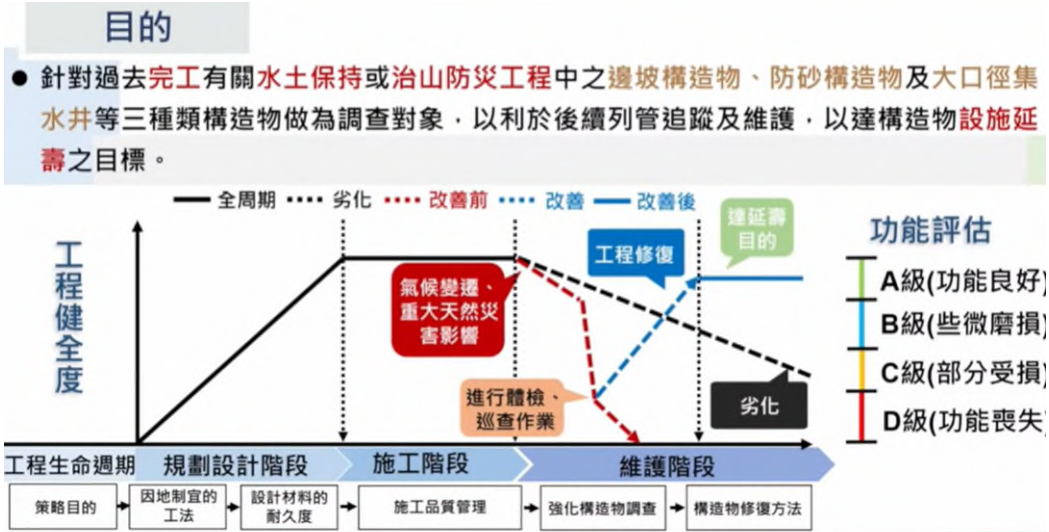
經挖填整地所形成之邊坡，或已構築擋土、護坡、排水、地錨等設施之邊坡。

四、大口徑集水井

指大規模崩塌區之大口徑集水井、排水廊道等相關地下排水處理單元。

五、築壩式農塘

農塘人工土壩及溢洪道，以具致災因子且具致災風險之築壩式農塘為優先對象。



方法與項目

盤點	利用水土保持工程管考系統進行資料查詢，並藉由條件篩選盤點符合執行計畫中的水土保持構造物
體檢	藉由盤點資料清單進行109年以前完工之構造物體檢作業，並進行體檢清冊的建檔。
巡查	依照目前執行計畫之擬定時間，體檢完成之構造物於三年後進行巡查作業，除109年以後完工者，三年後直接納入巡查清單。
修復	在體檢(或巡查)評級為C、D級構造物者，提出修復意見並由各分署規畫修復工程。

達工程延壽目的

藉由不同時期之構造物功能評估，檢測構造物經修復後是否達回復安定土砂之功能，並藉由調查資料彙整出土砂易致災之關注區位。

體檢與巡查評級說明

評級	功能評估
A級	狀況良好
B級	些微磨損，仍可維持原功能
C級	C1：部分磨損，可能影響功能，工程重要性屬一般者。 C2：部分磨損，可能影響功能，工程重要性屬重要者。
D級	D1：全部損毀，或功能喪失工程重要性屬一般者。 D2：全部損毀，或功能喪失，工程重要性屬重要者。



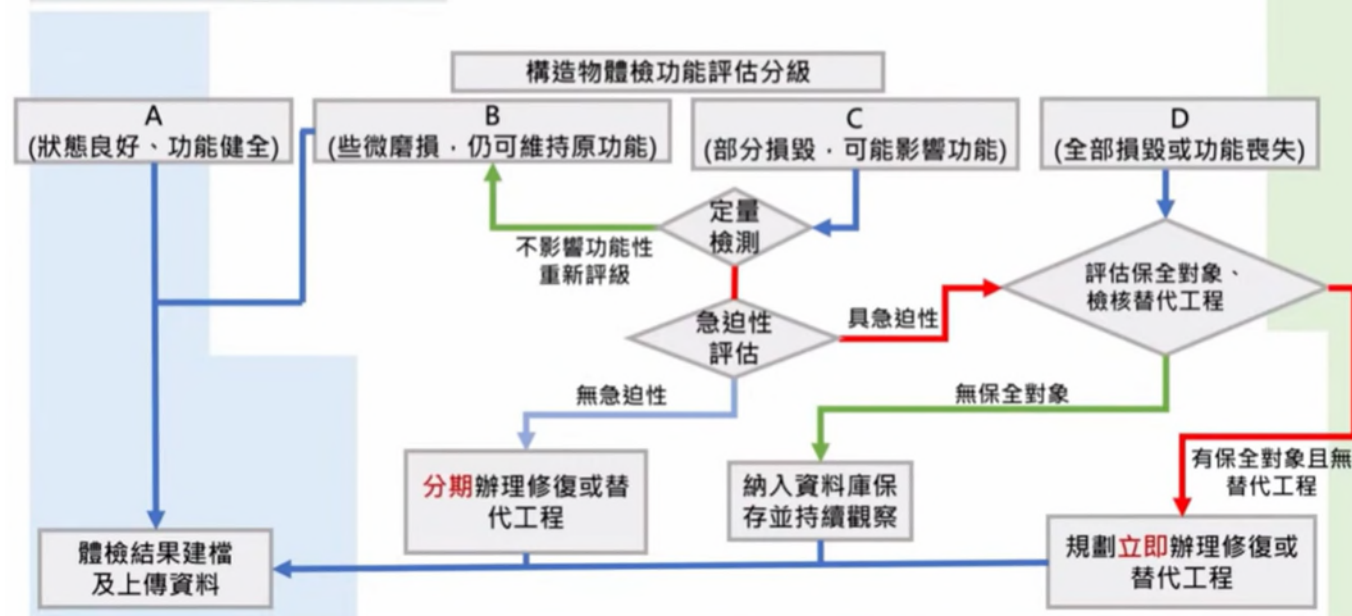
補充資料

◆ 臺灣的水土保持工程構造物-體檢評級作業流程

目前進行現況



體檢評級作業流程

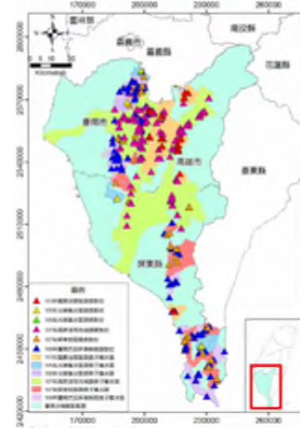


資料來源：20240430 水土保持工程構造物維護管理策略及執行 (吳晉安)



補充資料

◆ 臺灣水土保持工程構造物調查-臺南地區構造物巡查流程



圖片來源：農村水保署(108)

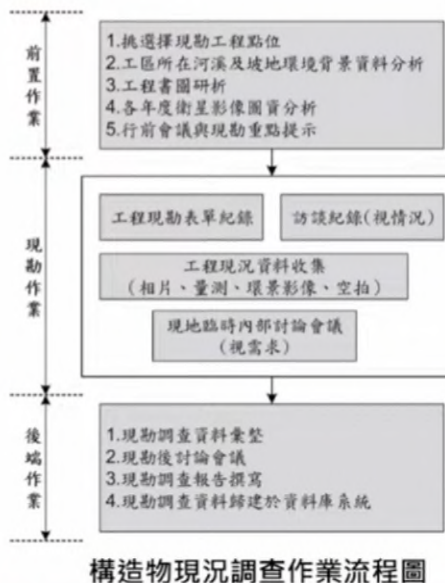


圖片來源：成大水保中心(112)

一、作業程序

(一)作業流程

- 1.前置作業：目標區背景資訊整理分析，以便初步掌握現勘區環境變遷概況，評估並規劃現地勘查區位、路線與人力。
- 2.現勘作業：依規劃現勘點位進行現地調查，並填寫紀錄表，除了表單方式呈現，並輔以照片(徒步、環景、UAV空拍)及觀察量測資訊，加以描述與紀錄。
- 3.後端作業：彙整所有現勘資料，召開現調成果討論會議，數化成果建置及撰寫報告。



二、作業工具

數位測距儀



- 1.測距範圍至1,000公尺，測量精度均達到0.3公尺。
- 2.體積小，重量輕，操作簡便。
- 3.可進行距離、方位角、傾角測量，測量步驟清晰簡單。
- 4.支援ARCpad 數位測距測量。

Autel EVO II (美國) 無人遙控飛機



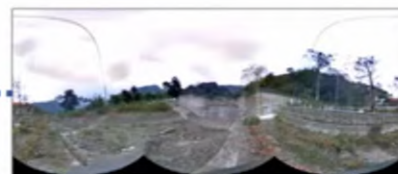
- 1.機體重量(含電池與槳)1,192g
 - 2.具備制空停功能
 - 3.最大滯空時間40分鐘
 - 4.衛星定位模組採用GPS/GLONASS
 - 5.動態解析度5,472x4,320 dpi
- Autel EVO II 系列
- 圖片來源：Autel Robotics 官網

RICOH THETA S 環景影像系統

- 1.F2.0 光圈
- 2.有效像素1400萬
- 3.快門速度60秒-1/6400秒
- 4.最小拍攝距離10公分
- 5.ISO感光度100-1600
- 6.重量125g



UAV空拍照片



環景觀測系統拍攝照片(參考)



登山繩

登山杖

醫藥箱

收起狀態

半開狀態

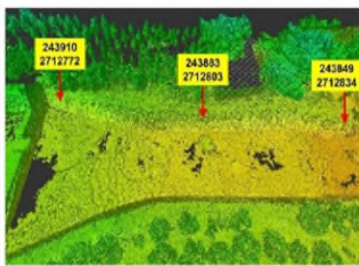
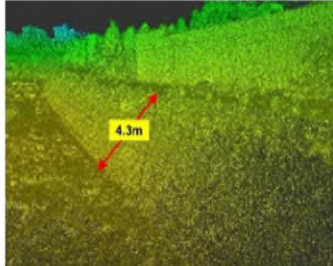
全開狀態

一字梯



補充資料

◆ 臺灣水土保持工程構造物調查表

構造物調查表												
調查人員		唐偉倫		調查日期		1090506		所屬分局		臺中分局		
基本資料	集水區 (含編號)	新店(1350006)			縣(市)及鄉 (鎮、區)		苗栗縣獅潭鄉		工程編號		107-ADE-16-2-001	
	構造物型式	預鑄槽樁式護岸(B13)			附屬設施		無		構造物序號		01	
	構造物坐標 (TWD97)	X: 243849 Y: 2712834		X: 243883 Y: 2712803		X: 243910 Y: 2712772		構造物尺寸	高度: 4.3(m) 總長度: 90(m)			
		起點		中點		末點						
	定位說明											
環境現況	構造物周遭堆積材料粒徑概況 ☐ 多砂質 ☐ 多礫石 ☒ 多塊石 粒徑約: 200 mm			河岸邊坡			☒ 穩定 ☐ 河岸淘刷崩塌(面積約: __m ²) ☐ 山腹崩塌 (面積約: __m ²)					
構造物周遭溪床坡度 ☒ 構造物上游約: 7 % ☒ 構造物下游(含護岸處)約: 7 %												
功能評估	外觀檢視 (可複選)	構造物本體(可複選)		☒ 良好 ☐ 裂縫; ☐ 磨蝕; ☐ 傾倒; ☐ 沉陷; ☐ 錯動斷裂; ☐ 錯動變形; ☐ 位移; ☐ 砌石鬆脫; ☐ 外框損毀; ☐ 基礎掏空; ☐ 沖毀; ☐ 其他() 補充說明(劣化區位與量化資訊):								
		構造物周遭(可複選)		☒ 良好 ☐ 床面淤升(影響通洪断面); ☐ 床面沖降(基礎裸露); ☐ 回填土(石)流失; ☐ 其他() 補充說明(劣化區位與量化資訊): 河道左岸塘基附近有土石淤積。								
	劣化營力 (可複選)	☒ 無(無劣化型態者) ☐ 溪床沖蝕 ☐ 凹岸淘刷 ☐ 溪岸溢流沖刷 ☐ 兩岸邊坡崩塌土石撞擊 ☐ 土石(或洪流)撞擊 ☐ 其他()										
	功能評估	狀況說明			初步處理建議							
		☒ A 級: 構造物狀況良好, 功能健全			☒ A1 級: 無需修復, 持續觀察							
☐ B 級: 些微磨損, 仍可維持原功能			☐ B1 級: 無需修復, 持續觀察									
☐ C 級: 部分受損, 可能影響功能性			☐ C1 級: 經評估, 已明顯影響安全者, 建議優先處理修復或重建。 ☐ C2 級: 經評估, 需修復但無急迫性。 ☐ C3 級: 無明顯需要立即修復者(保全對象消除或工程已有替代者), 建議暫緩修復, 持續觀察。									
☐ D 級: 全部損毀或功能喪失			☐ D1 級: 具有保全對象或工程無替代者, 建議優先修復或打除重建。 ☐ D2 級: 保全對象消除或工程之原有施作目的已有替代者, 建議暫緩修復, 持續觀察。									

資料來源: 水保技術第15卷第1期