水土保持工程構造物延壽評估方法之研究

計畫主持人：潘乃欣 教授

國立雲林科技大學營建工程系

簡報者：潘乃欣 教授





簡報大綱

計畫目的

計畫執行方法與步驟

本計畫整體執行流程

計畫交付項目

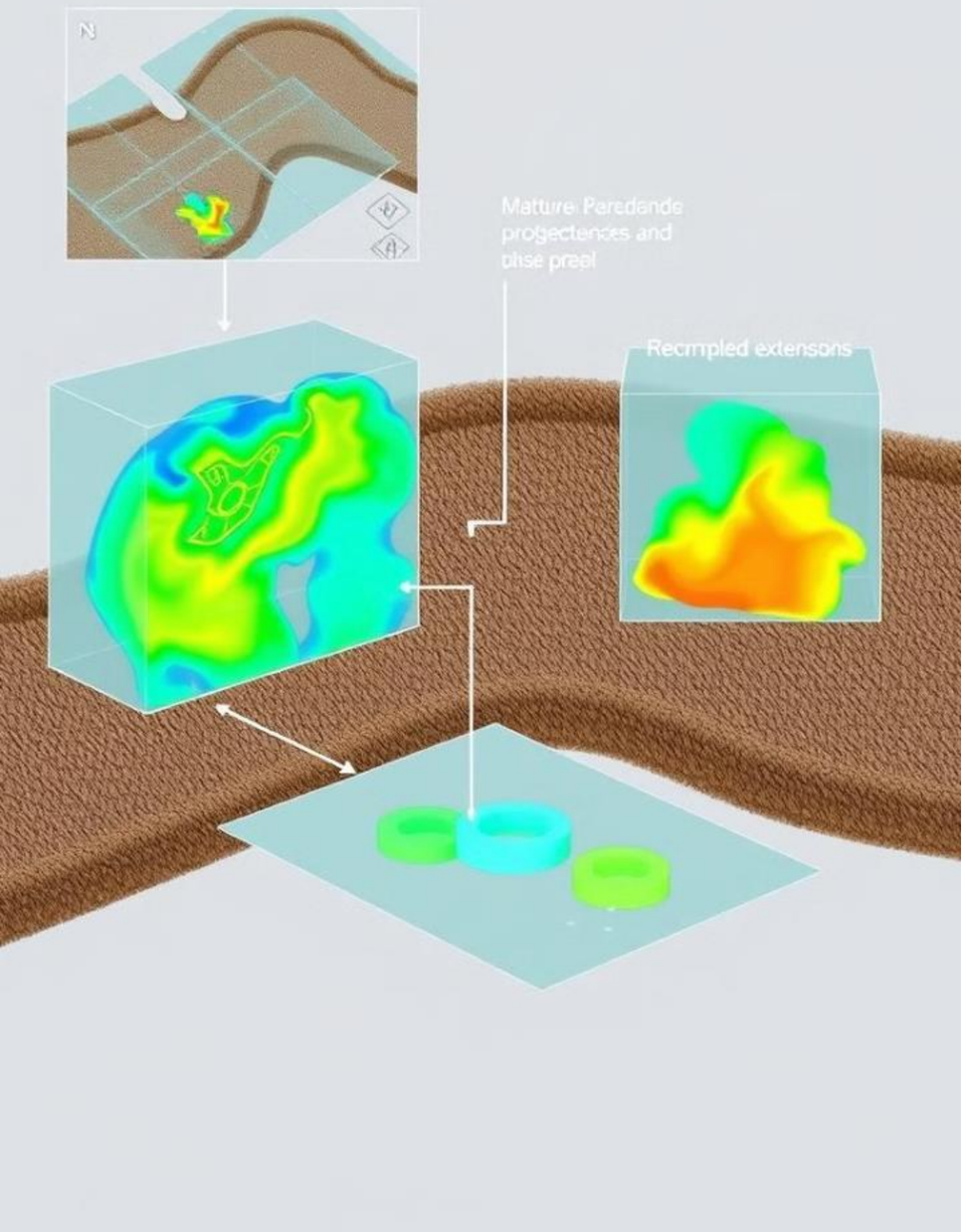
本計畫成果



研究背景與動機

- **台灣環境災害：**台灣密布河川，瞬間夾帶的雨量大且急促，再加上強勁風勢與鬆軟土質，容易引發複合型災害。
- **水保設施延壽策略維護方式：**以生命週期觀點之水保設施構造物維護管理延壽策略。
- **影像辨識技術：**AI影像辨識、構造影像或河道及周邊環境影像樣態與分級評等。
- **水保設施耐久程度：**水保構造物耐久度評估，主要針對3個影響結構面向的因子做評估表。

Made with Gamma



擬解決問題

改善傳統模式

改善傳統目視檢測模式，以AI影像辨識進行辨識評等，提高效率和準確性。

綜合評估

綜合計算整體耐久程度，提供更全面的結構物評估。

自動化處理

自動生成結果與延壽策略，減少人為錯誤和提高效率。

成本效益

改善實務上人力成本，提高資源利用效率。

Made with Gamma



計畫目的

建立一套完整的水土保持設施生命週期管理模型，包括評估機制、最佳維護方案，以達成永續經營的目標。

以無人飛行器（UAV）技術和人工智慧（AI）等技術建立防砂構造物耐久度評估模式。

提出水土保持構造物的延壽策略，並以此為依據提出適時的修復和加強方案。

Made with Gamma

計畫項目

維護管理策略

水保設施構造物維護管理策略之探討。

非破壞檢測與耐久度評估

水保設施構造物非破壞檢測模式與水保設施耐久度評估模式建立。

生命週期觀點

建立以生命週期觀點之水保設施構造物維護管理策略及延壽技術。

案例驗證

以案例驗證水保設施構造物延壽評估系統的可行性。



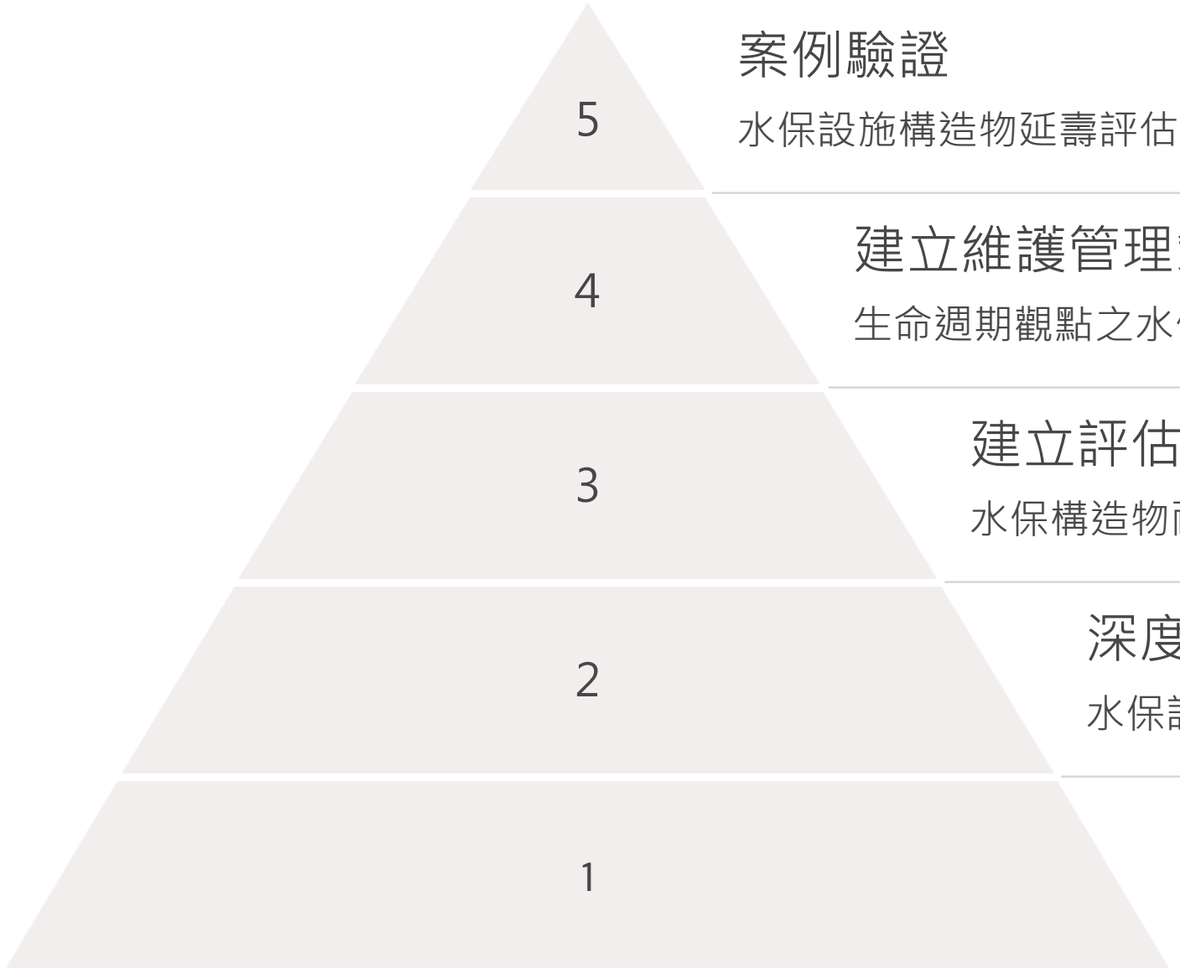
計畫執行方法與步驟

1. 資料蒐集與分析
2. 現場調查與評估
3. 模型建立與驗證
4. 系統開發與整合

本計畫將透過系統性的方法來執行研究，包括資料蒐集與分析、現場調查與評估、模型建立與驗證，以及系統開發與整合。這些步驟將確保我們能夠全面地評估水土保持工程構造物的延壽情況，並提供可靠的評估方法。

Made with Gamma

計畫整體執行工作與流程

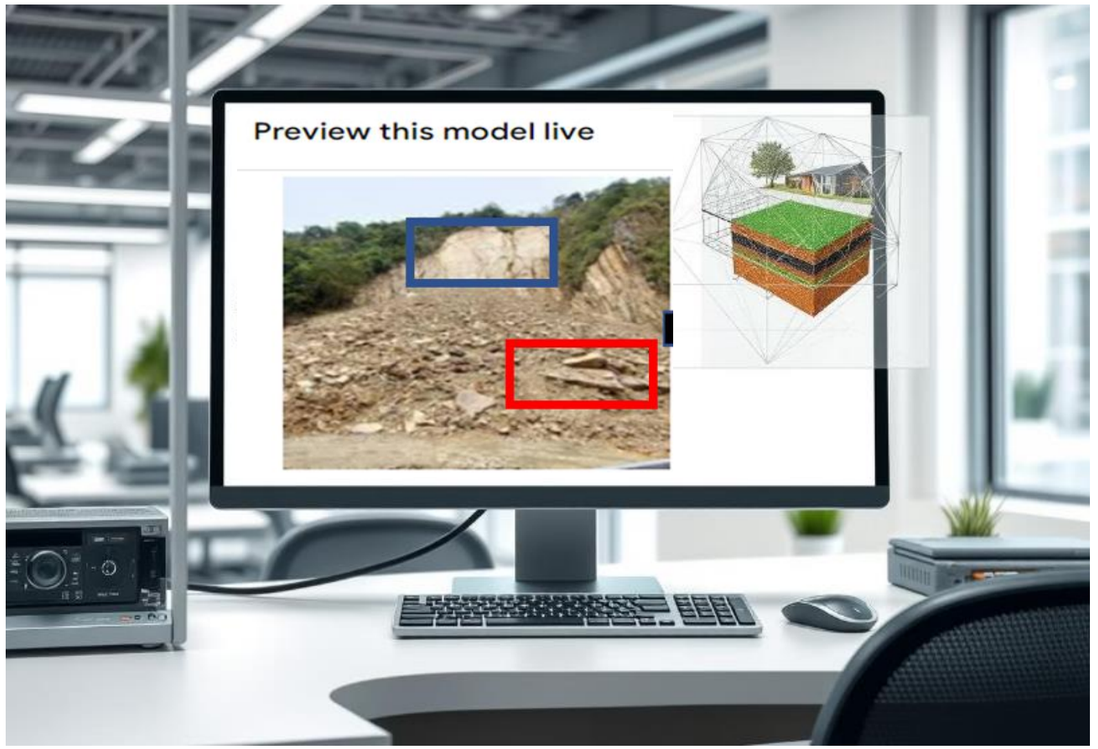


本計畫整體執行工作與流程包括：水土保持構造物相關文獻探討、現場水保構造物現況影像收集、建立水保設施與環境樣態之深度學習及影像辨識評等、建立水保構造物耐久度評估模式、建立以生命週期觀點之水保設施構造物維護管理策略及延壽技術、案例驗證水保設施構造物延壽評估可行性。

Made with Gamma

深度學習影像辨識

深度學習影像辨識是本計畫中的一個重要技術應用。這種先進的人工智能技術能夠自動從圖像中識別和分類各種特徵，對於水土保持工程**構造物的延壽評估**具有重要意義。通過深度學習算法，我們可以更準確、高效地分析工程構造物的狀況，從而做出更精確的評估和預測。

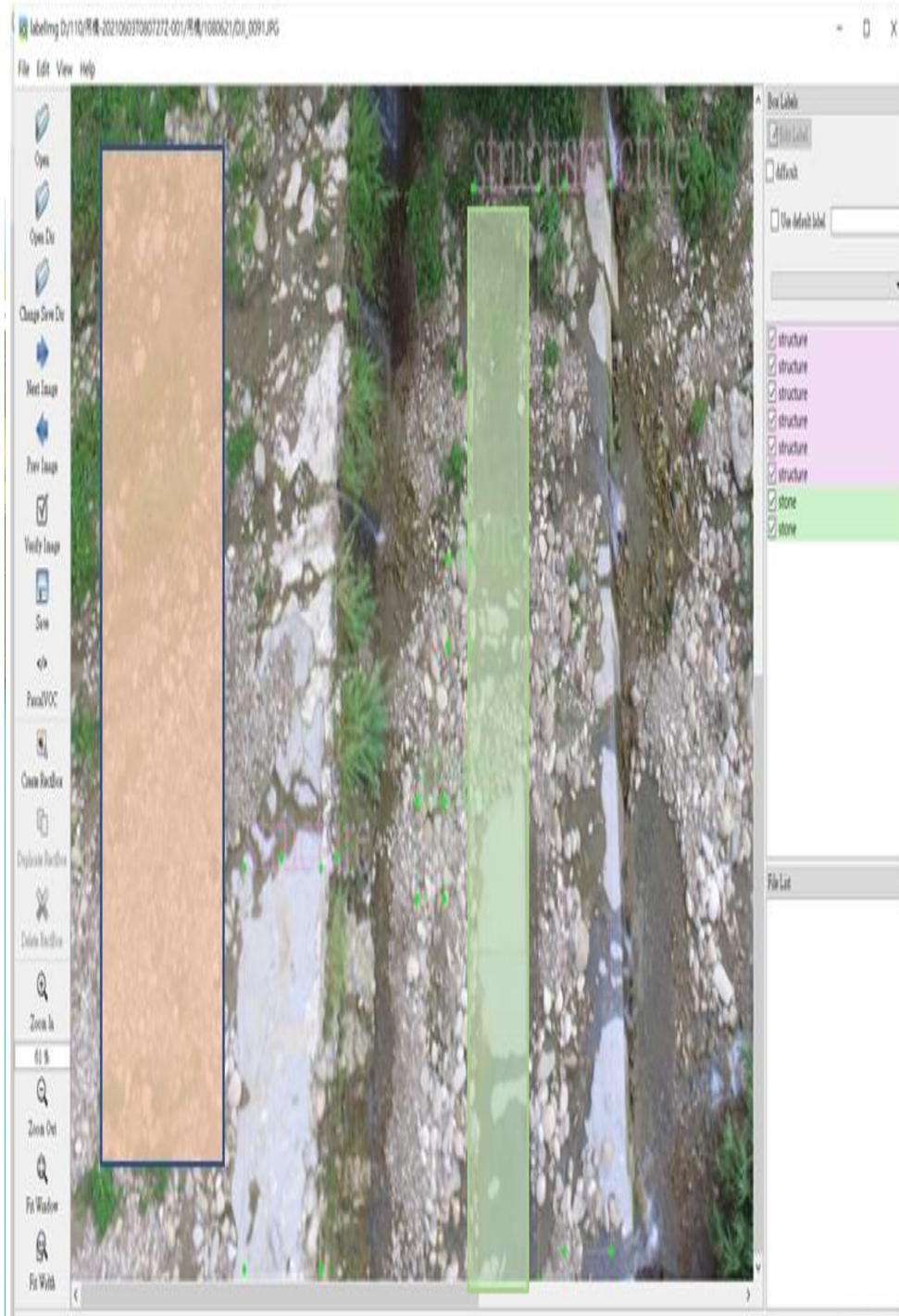


Made with Gamma

系統多類型影像標註示意圖

系統多類型影像標註示意圖展示了水土保持工程構造物延壽評估方法中使用的各種影像標註技術。這些技術包括**邊界框標註**、**語義分割**、**實例分割**和關鍵點標註等，用於識別和分析不同類型的水土保持工程結構。

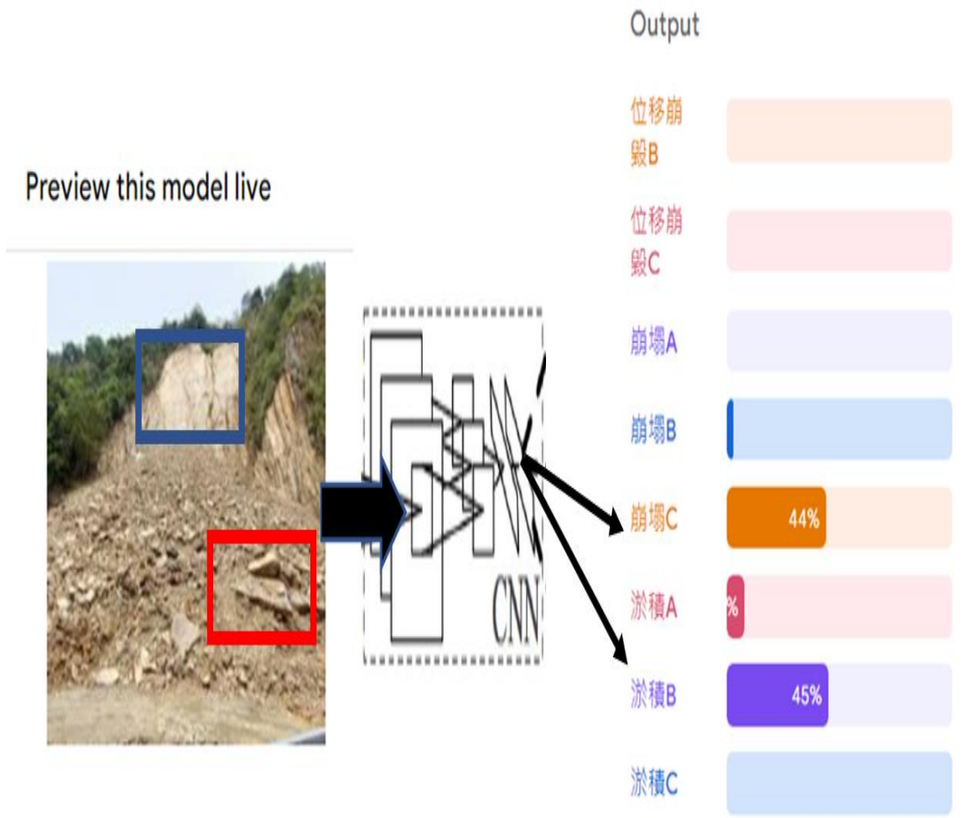
這種多樣化的標註方法能夠更全面地捕捉結構物的特徵，從而**提高深度學習模型的準確性和效能**。通過這種方式，我們可以更精確地評估水土保持工程構造物的狀態和壽命。



影像深度學習辨識架構圖

影像深度學習辨識架構是一種先進的人工智慧技術，用於從圖像中自動識別和分類物體或特徵。這種架構通常包含多層神經網絡，**能夠學習和提取圖像的複雜特徵，從而實現高精度的識別結果**。









深度學習後自動分類畫面

輸入圖像

將待分類的圖像輸入到深度學習模型中。

特徵提取

深度學習模型自動從輸入圖像中提取關鍵特徵。

分類處理

基於提取的特徵，模型對圖像進行自動分類。

輸出結果

顯示分類結果，包括類別標籤和置信度分數。

Made with Gamma

辨識系統測試與驗證-以崩塌等級A為例

1 數據收集

收集崩塌等級A的代表性圖像樣本。

2 模型訓練

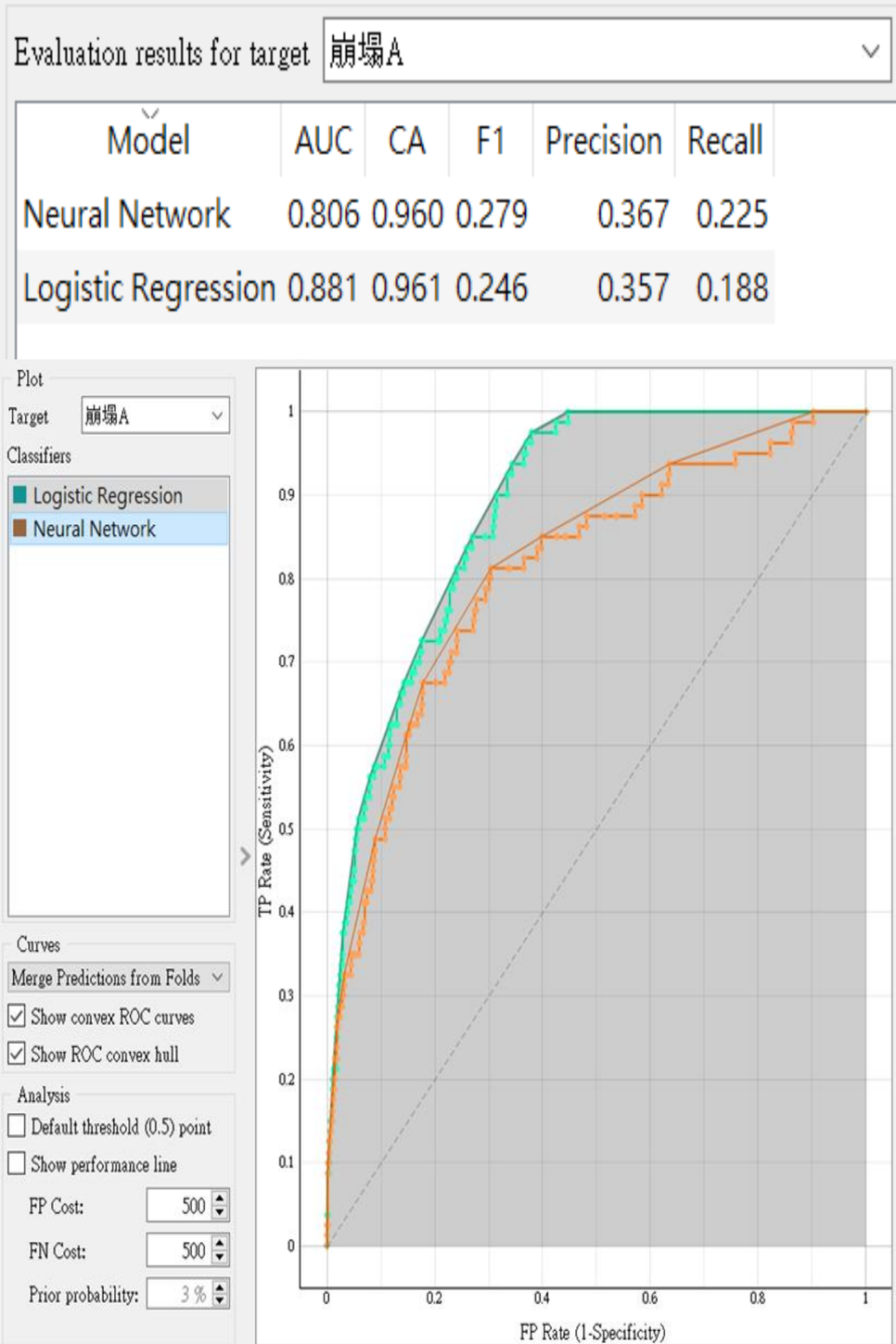
使用收集的數據訓練深度學習模型。

3 系統測試

使用新的崩塌等級A圖像測試模型的辨識能力。

4 結果驗證

比較模型輸出與專家評估，驗證辨識準確性。



辨識系統測試結果

準確率分析

展示模型在不同崩塌等級上的辨識準確率。

分類圖示例

顯示幾個典型的分類結果，包括正確和錯誤的案例。

性能指標

呈現模型的整體性能指標，如精確度、召回率等。

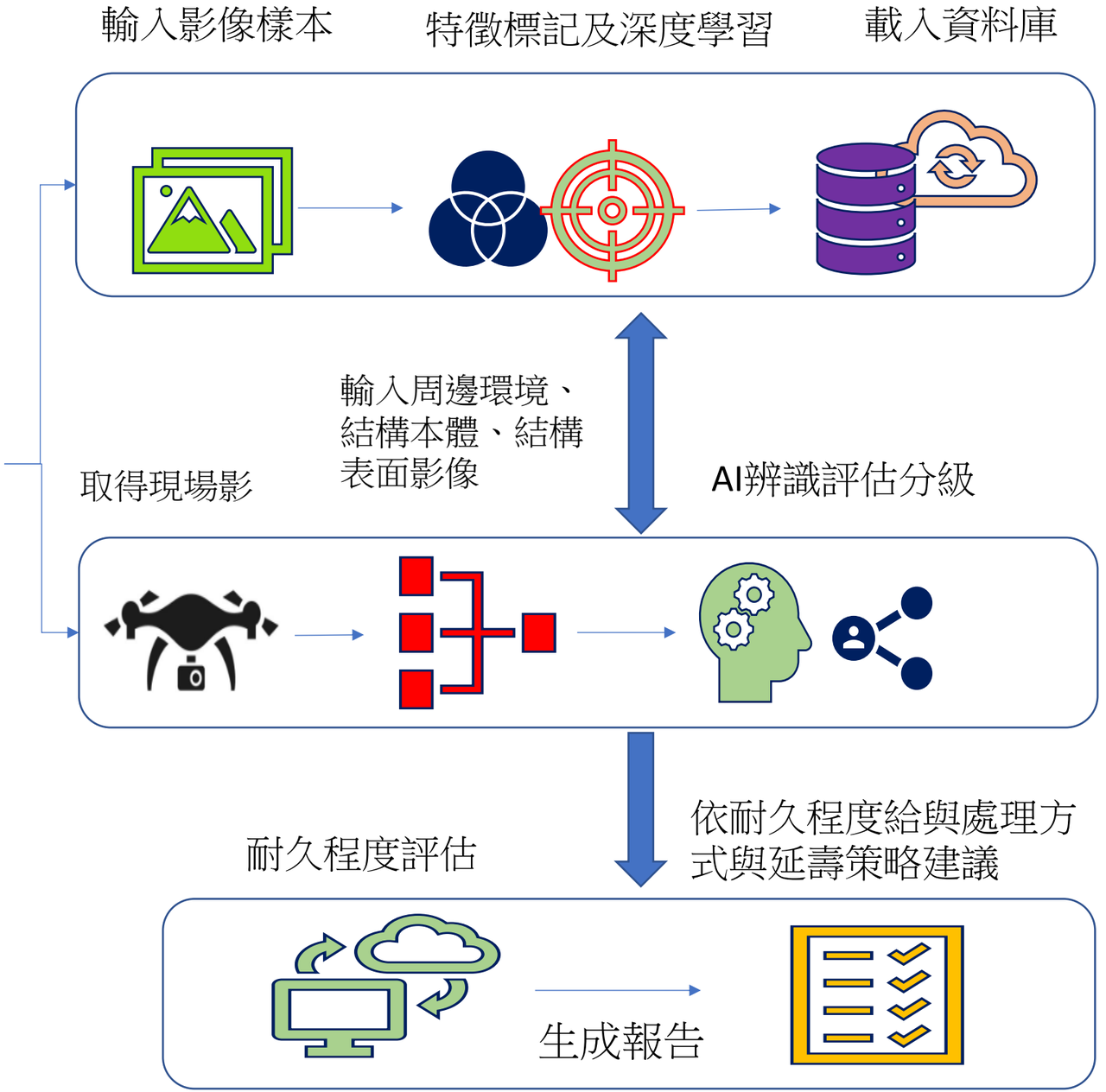


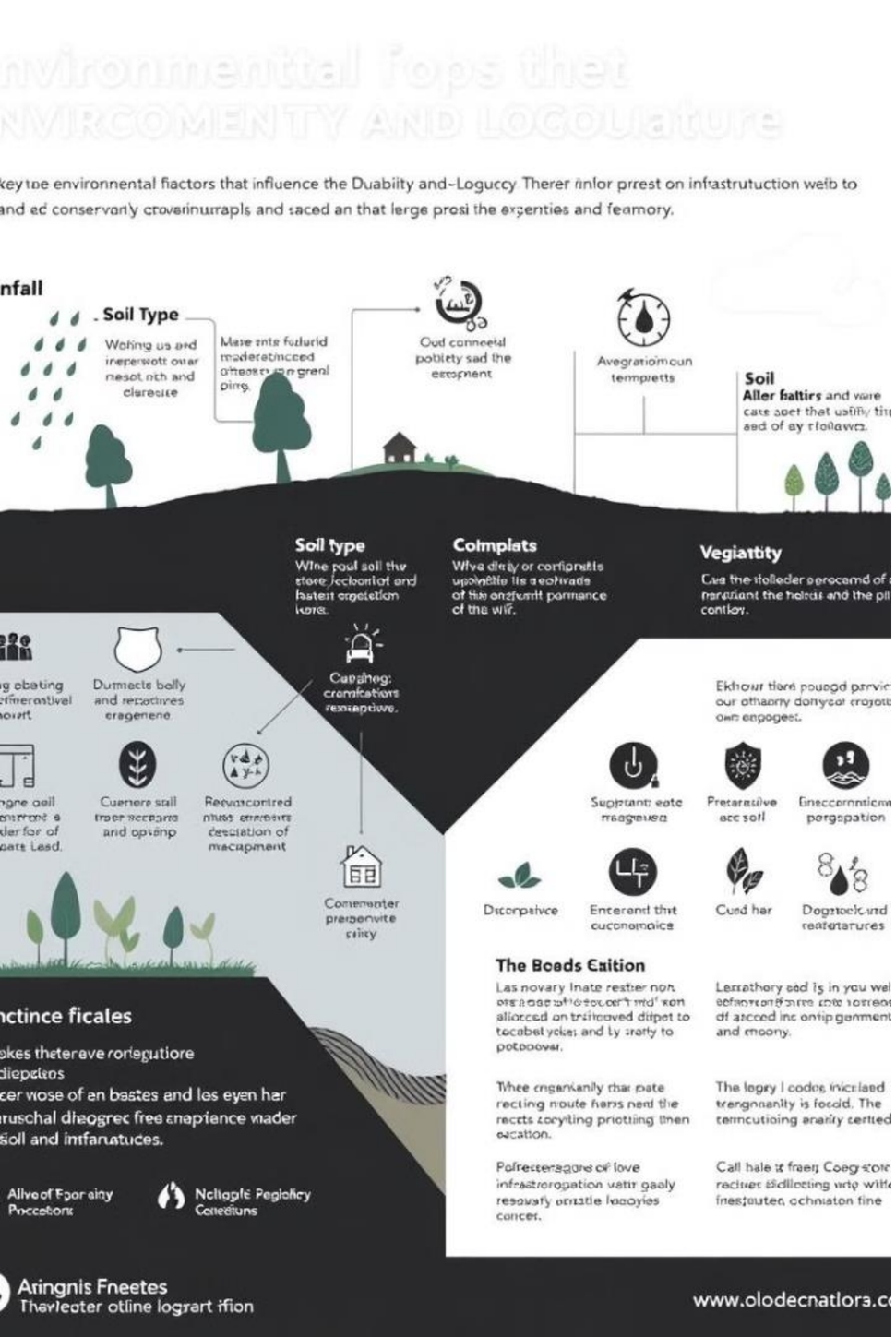






水保構造物耐久程度評估





水保設施耐久度影響因子

水保設施周邊環境現況

植被評估面對邊坡崩塌之影響係因坡面，除會導致邊坡土石滑落外，
也容易造成水土保持工程設施周圍產生不同程度的劣化現象，進而
造成設施服務性能與耐久度降低。

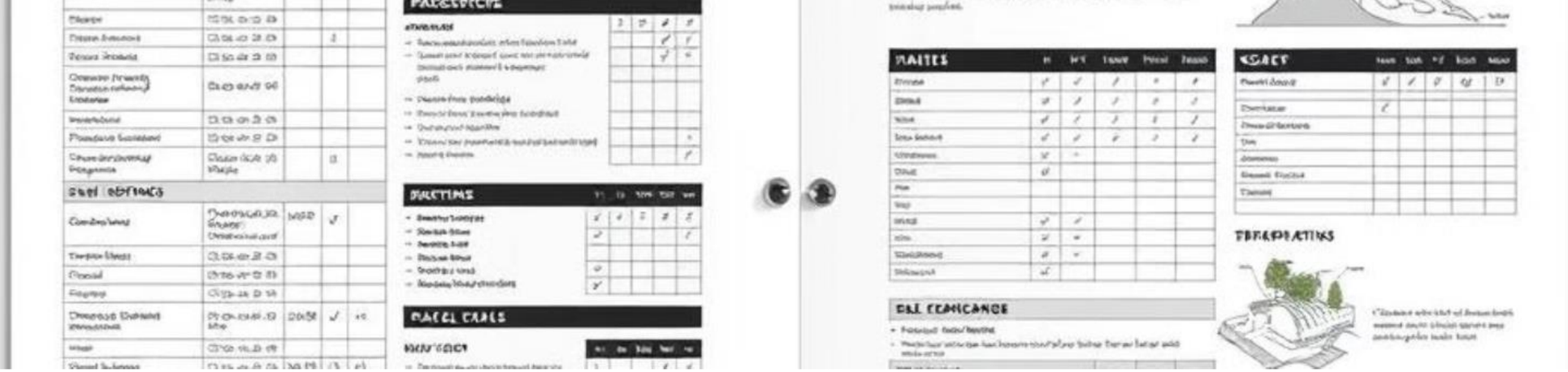
構造物現況分析

構造物現況如外觀、保護層厚度等進行判斷，如外觀是否造成局部的剝落
，則以該構造物現況外觀及形體進行判斷

構造物表面現況檢測分析

構造物表面現況檢測著重於磨損、裂縫所產生情況若有所疑慮時，
可以透過檢測構造物是否有淘空或是裂縫情況，再配合第一階段的強度判斷

Made with Gamma



水土保持設施耐久度檢測評估表

水土保持設施耐久度檢測評估表				
項　　目		權重	評估準則	小計
周邊環境現況	植被不佳	15	□無此樣態(0)□A 級(0.3)□B 級(0.7)□C 級(0.1)	
	崩塌地裸露	15	□無此樣態(0)□A 級(0.3)□B 級(0.7)□C 級(0.1)	
構造物現況分析	土砂淤積	15	□無此樣態(0)□A 級(0.3)□B 級(0.7)□C 級(0.1)	
	淘空	5	□無此樣態(0)□A 級(0.3)□B 級(0.7)□C 級(0.1)	
	剝落	10	□無此樣態(0)□A 級(0.3)□B 級(0.7)□C 級(0.1)	
	毀壞	25	□無此樣態(0)□A 級(0.3)□B 級(0.7)□C 級(0.1)	
構造物表面現況	裂縫	5	□無此樣態(0) □B 級(0.5) □C 級(1.0)	
	磨損	10	□無此樣態(0) □B 級(0.5) □C 級(1.0)	
評分方式=100-(評估項目之權重 X 評估內容之權重)			合計	

Made with Gamma



水土保持設施 耐久度檢測-周邊環境(遠距離)

1 環境檢測

對設施周邊環境進行遠距離檢測，評估潛在風險。

2 辨識結果

AI系統辨識出72%為崩塌地樣態，等級為B等級。

3 環境檢測得分

以崩塌地B等級0.7乘以權重值15分，得分為10.5分。

4 注意事項

P.S樣態辨識結果小於20%不計。

Made with Gamma

水土保持設施 耐久度檢測-構造物現況檢測(中距離)

1 構造物現況檢測

對設施本體進行中距離檢測，評估其整體狀況。

2 辨識結果

進行辨識後結果82%樣態為土砂淤積，等級為B等級。

3 構造物現況檢測得分

以土砂淤積B等級0.7乘以權重值15分，得分為10.5分。



水土保持設施 耐久度檢測-構造物表面現況(近距離)



1 構造物表面檢測

對設施表面進行近距離檢測，評估材料劣化程度。

2 辨識結果

進行辨識後結果92%樣態為磨損，等級為B等級。

3 構造物表面檢測得分

以磨損B等級0.5乘以權重值5分，得分為5分。

表面檢測(近)



選擇檔案 螢幕擷取

自動偵測樣態判讀結果

裂縫C: 0.03
磨損B: 0.92
磨損C: 0.04



混凝土結構耐久度評估與維護策略

本簡報將介紹混凝土結構的耐久度評估方法、分級標準以及相應的維護策略。我們將探討如何計算耐久程度、不同耐久度等級的含義，以及針對不同情況的處理建議。此外，我們還將介紹一些實際案例和系統執行方法，展示這些評估和維護策略在實踐中的應用。

Made with Gamma



計算示範說明

1 耐久程度計算公式

耐久程度計算 = 100 - (各面相中分數乘上權重)

2 耐久程度總分

總分為100分

3 評估因素

周邊環境分級*權重

4 結構評估

構造物現況分級*權重

構造物表面分級*權重

Made with Gamma



耐久度說明

1. 耐久度極佳 (DI > 75)

   構造物本身亦無損害及之狀態顯示構造物狀況良好

2. 耐久度尚可 (52 < DI <= 74)

   構造物為中等以下裂縫或磨損損害無任何不穩定之狀態，耐久度無疑慮

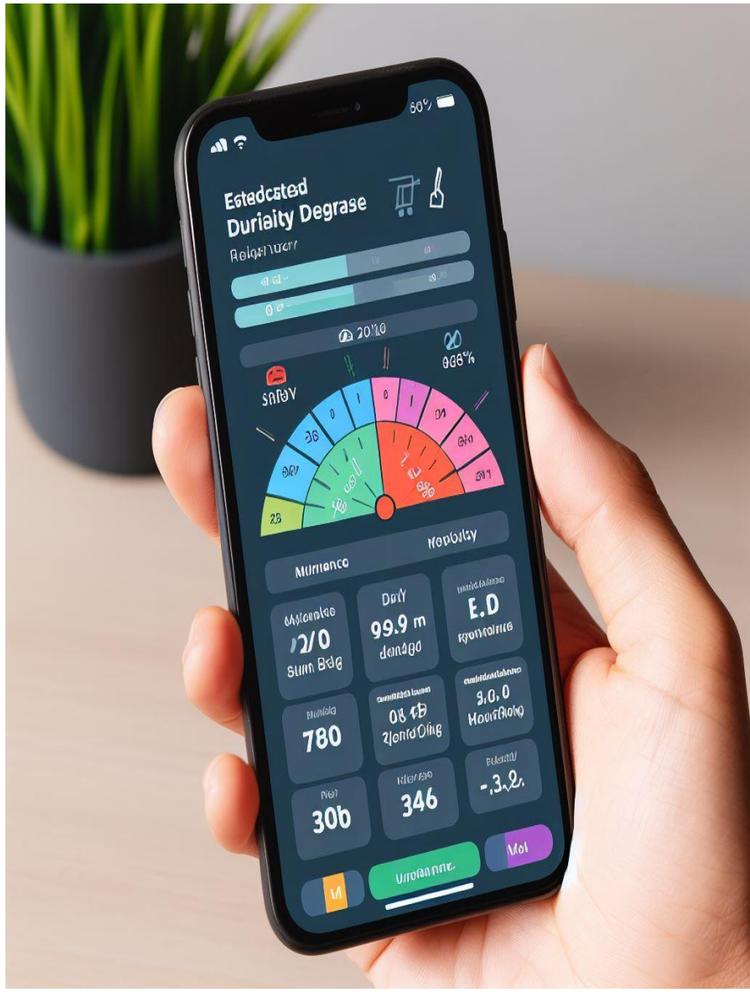
3. 耐久度差 (26 < DI <= 51)

   構造物部分有傾向不穩定之狀態，部分受損影響功能性

4. 耐久度極差 (0 < DI <= 25)

   構造物本身有不穩定之狀態或全部受損

耐久度分級，藉由各項評定分數乘上權重後所得之分數。其分數區分為以上四個等級區間



Made with Gamma



耐久程度與維護處理建議表

耐久程度	處理建議
耐久度極佳-構造物狀況良好	□定期巡檢
耐久度尚可-些微磨損功能正常	□建檔加強注意
耐久度差-部分受損影響功能性	□建檔加強監測管理
耐久度差-屬重要性工程	□預防性維護(另行規畫配置)
耐久度極差-全部受損	□反應式維護(工程提報及執行)
耐久度極差-屬重要性工程	□優先反應式維護(緊急處理工程提報及執行)

Made with Gamma



混凝土結構延壽維護修繕策略

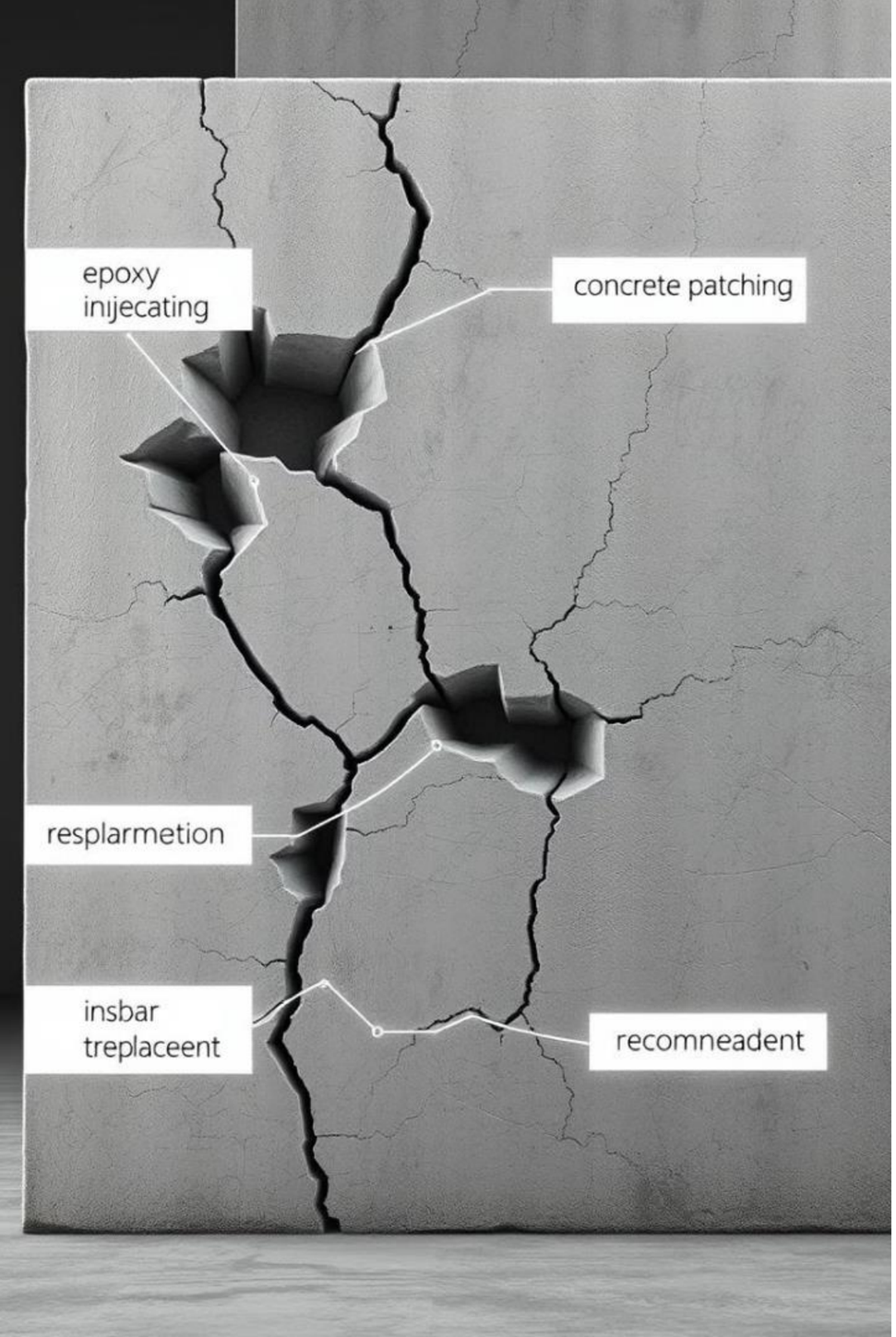
評斷破壞類型

評斷承受的破壞類型與等級

提供維護策略

提供相關維護修繕延壽策略

Made with Gamma



構造物異常樣態類型與修繕延壽策略對應表

異常樣態	級別	修繕類別	修繕方法說明
裂縫	A(極佳)	定期檢查	顯示構造物亦無損壞或劣化情況
裂縫	B(尚可)	建檔加強注意	以不定期巡檢方式追蹤以加強監測結構整體
裂縫	C(差)	裂縫灌注	以環氧樹脂灌注入裂縫中。
剝落	A(極佳)	定期檢查	顯示構造物亦無損壞或劣化情況
剝落	B(尚可)	修補水泥砂漿	以水泥砂漿材料填補已剝落範圍。
剝落	C(差)	破壞範圍清除重做	將嚴重剝落處或已破壞部份打除後，再重新施作。
掏空	A(極佳)	定期檢查	顯示構造物亦無損壞或劣化情況
掏空	B(尚可)	修補混凝土	掏空部分組立模板，再澆置混凝土灌滿。
掏空	C(差)	破壞範圍清除重做	將嚴重磨損處或已破壞部份打除後，再重新施作。

Made with Gamma

案例介紹

案例一

雲林縣古坑鄉桂林村

行霖吊橋



案例二

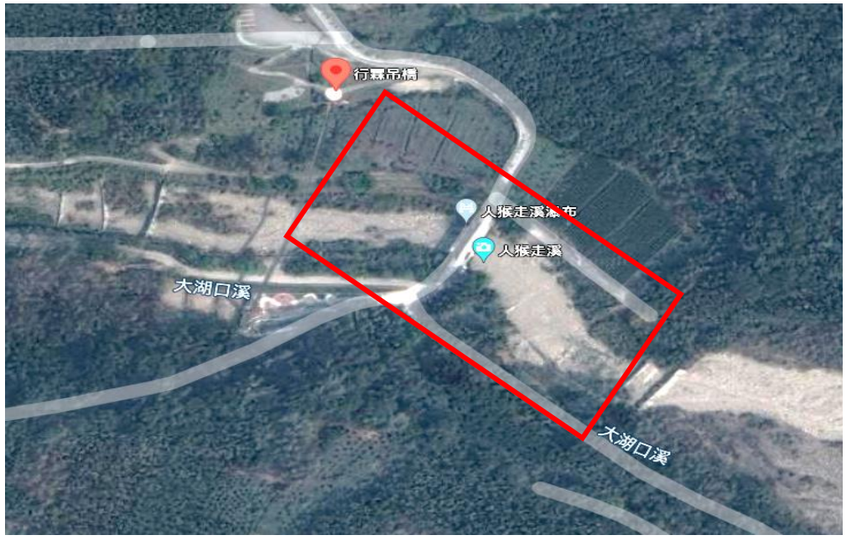
雲林縣古坑鄉華山

土石流教學園區



Made with Gamma

案例一



個案詳細資料

序號：TN-SW001
日期：2023/09/15
地點：雲林縣古坑鄉
檢測單位：國立雲林科技大學

實地照片



電腦判定

表面檢測(近)	主體檢測(中)	環境檢測(遠)
		
磨損B: 0.92	淤積B: 0.82	崩塌地B: 0.72
等級：B	等級：B	等級：B
說明：磨損B	說明：淤積B	說明：崩塌地B
修補延壽策略：將磨蝕嚴重部分打除，再以水泥砂漿修補	修補延壽策略：以不定期追蹤，加強監測	修補延壽策略：建檔加強注意

耐久度評估結果: 耐久度尚可

構造物磨蝕中等一下，但無任何不穩狀態，耐久度無疑慮，建議採建檔加強注意

耐久度評估結果: 耐久度尚可

構造物磨蝕中等一下，但無任何不穩狀態，耐久度無疑慮，建議採建檔加強

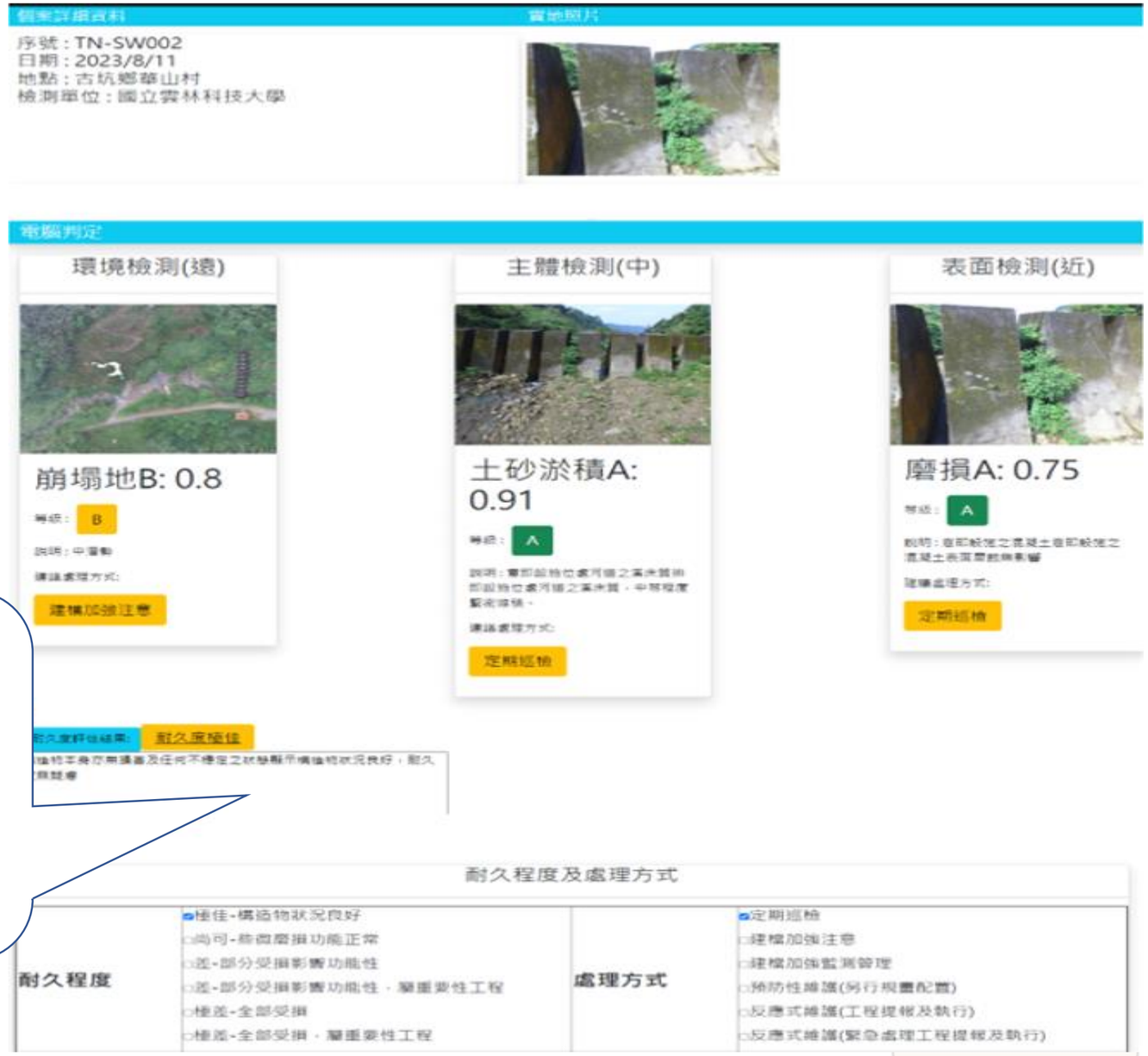
耐久程度及處理方式

耐久程度		處理方式	
	☐極佳-構造物狀況良好		☐定期巡檢
	☑尚可-些微磨損功能正常		☑建檔加強注意
	☐差-部分受損影響功能性		☐建檔加強監測管理
	☐差-部分受損影響功能亦性屬重要性工程		☐預防性維護(另行規畫配置)
	☐極差-全部受損		☐反應式維護(工程提報及執行)
	☐極差-全部受損亦屬重要性工程		☐反應式維護(緊急處理工程提報及執行)

ith Gamma

案例二





耐久度評估結果: **耐久度極佳**

構造物為中等以下磨蝕損害但無任何不穩定之狀態，耐久度無疑慮，建議建檔加強注意或是建檔加強監測管理



計畫執行效果與專家訪談意見彙整-1

1 改善傳統檢測判讀方式

巡檢面向以遠、中、近三重面向進行查檢，並由電腦以AI方式辨識劣化樣態，綜合評估結構耐久程度，可加快巡檢過程

2 辨識異常樣態類型與評等

擷取專家所需之圖像先以進行影像比對，辨識樣態並分級，有效評等時間與成本成效以及可及性等問題

3 人力成本改善

辨識樣態並自動計算改結構之耐久程度，並依樣態提供相對應的修繕延壽策略處理方式，更有助於改善巡檢實務上人力成本的問題

Made with Gamma



計畫執行效果與專家訪談意見彙整-2

4

計畫之概念與可行性

運用影像辨識進行判定與及評等，並依據以環境檢測、主體檢測以及表面檢測三個面向，由電腦以AI方式辨識劣化樣態與分級，綜合評估結構耐久程度後給予耐久程度並對應後續管理建議。

5

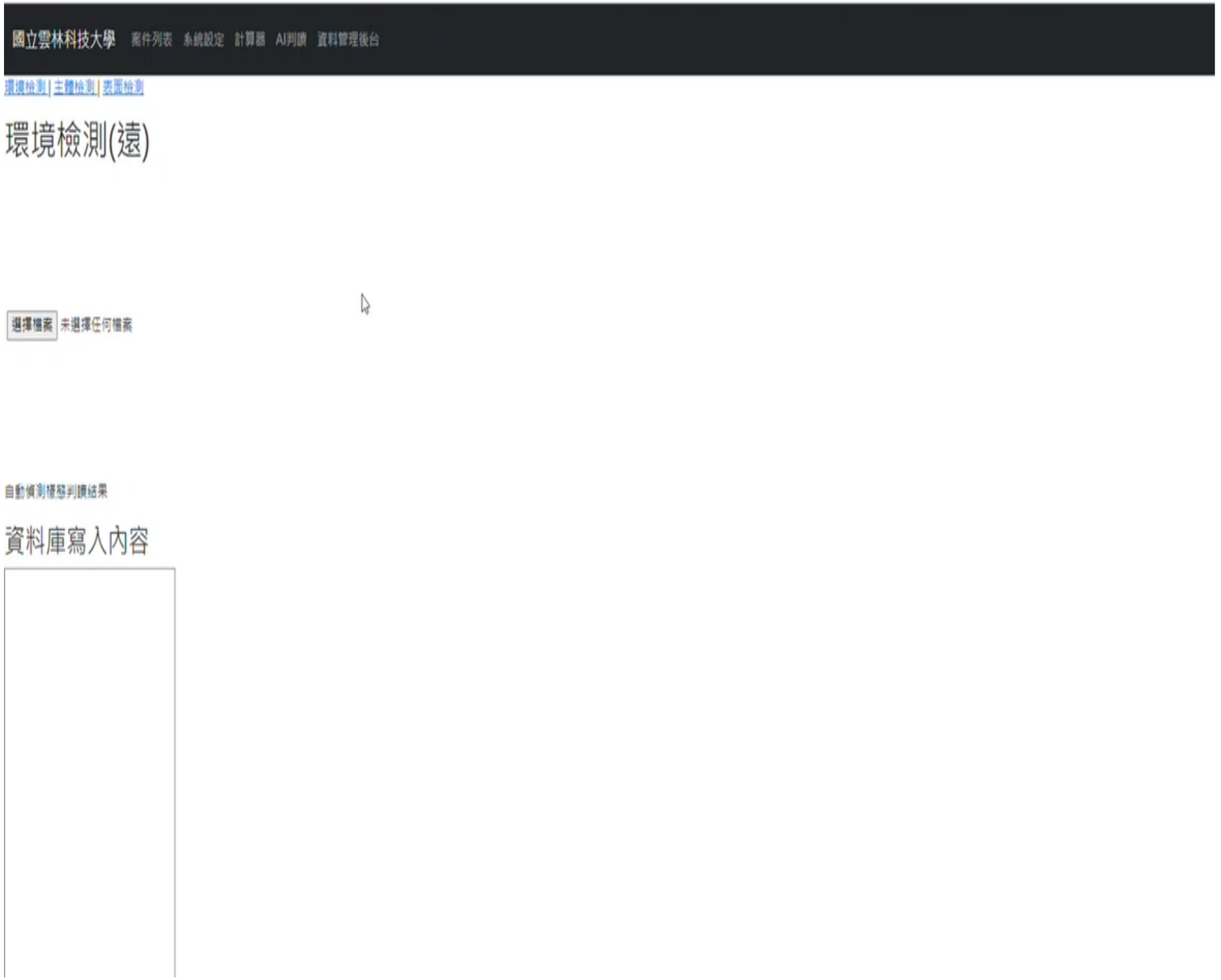
計畫於實務是否仍有改善空間

計畫缺少以不同期的巡檢測前、後現況差異比較，如加入該不同時期比較會讓整巡檢效用更加顯著呈現

Made with Gamma

系統執行介紹





Made with Gamma



計畫成果-1

- **以周邊環境、構造物主體以及構造物表面，遠、中、近三重面向進行查檢**，並針對異常範圍以影像辨識來協助評等與分級構造物目前狀態，最後系統綜合自動估算出構造物耐久程度，提出水土保持構造物的延壽策略，並以此為依據提出適時的修復和加強方案，以確保水土保持設施的正常運行。
- 本計畫**所建置自動化影像辨識之系統，有助於水保構造物設施與週邊環境，針對異常範圍經辨識劣化樣態分類及同步評等分級**，以達到改善人力判讀時間和成本，並依系統所建置維護週期建議做為參考。



計畫成果-2

- **建立一套以水土保持設施生命週期管理模型，包括評估機制、最佳維護方案，以達成永續經營的目標。**推動相關部門和專家的努力與合作，確保每一項水土保持工程都能得到妥善的管理與維護，**並改善以往目視辨識與評等人力時間與成本的主要目標**，最後並透過專家訪談方式檢討本計畫所執行模式的可行性，以及專家所回饋提供的改善建議做參考。本計畫所建置自動化影像辨識之系統，**有助於水保構造物設施檢測評等，達到改善人力判讀時間和成本，並提供延壽維護策略與週期。**
- 本研究的重點是**建立以新興科技為基礎之適合水土保持工程構造物的延壽評估方式。水土保持工程設施，也被稱為防災工程構造物，是達成水土保持治理成效的關鍵。**

報告完畢