大會召集人 序

台灣 EPS 土木施工法協會於民國 101 年 6 月 21 日成立迄今，每年均與日本互相交流以提升地工泡棉在工程上的應用；而今年(113 年)4 月 3 日花蓮地震的災情，再次突顯落石防護的重要性，因此台灣 EPS 土木施工法協會乃於 113 年 11 月 1 日在國立台北科技大學共同科館 B1 會議廳舉辦本「台日 EPS 應用與道路落石防災之國際華語研討會暨台灣 EPS 土木施工法協會第四屆第三次會員大會」，以交流相關的道路防災專業資訊。

過往國際研討會均以英文為主要語言，然全世界使用華語的人數是最多的，因此，本年度之研討會為首創訂名為國際華語研討會。本研討會衷心感謝 EDO 事務局窪田達郎先生，亞柏顧問公司酈寶成總經理與鍾明劍博士，以及臺北科技大學陳立憲教授等貴賓的蒞會發表專題演說；另外，還要特別感謝清水純子小姐與梁壽政監事的專業日文翻譯，使會議的文稿展現高品質的成果。

本國際華語研討會亦要感謝，台灣世曦工程顧問股份有限公司，台灣米亞瑪股份有限公司，中興工程顧問股份有限公司，和建工程顧問有限公司，亞新工程顧問有限公司，臺鍍科技股份有限公司，武恩德營造股份有限公司，林同棪工程顧問股份有限公司，蘭陽開發工業股份有限公司，國清土木技師暨營建管理顧問公司（籌備處），亞柏技術顧問股份有限公司(以上是依截至 113.10.17 為止，依所確認廣告或贊助匯款之完成順序排列)等公司之大力贊助，促使本次研討會得以順利進行。

本首創國際華語研討會之舉辦過程，實遭遇到諸多瑣碎事務的困擾，自然也造成所有工作團隊成員的巨大壓力；然本研討會最後所展現出來的成果，是所有參與工作團隊人員的心血成果，尤其是瑞旂與以倩的辛勞，確實值得肯定，亦請各位與會來賓能不吝給予掌聲；最後，要再次感謝所有與會貴賓蒞臨與台灣 EPS 土木施工法協會第四屆理監事及洪秘書長等人的指導，並感謝所有參與協助單位與企業，本人謹致上最高的謝意!

召集人　**林利國**　敬上 113.10.17

目錄

壹、 大會手冊 - 1 -
1.1 會議須知 - 2 -
1.2 議程 - 3 -
貳、 參與單位與籌備團隊 - 4 -
2.1 主辦單位 - 5 -
2.2 協辦單位 - 5 -
2.3 執行團隊 - 5 -
2.4 贊助單位 - 5 -
參、 會務報告 - 6 -
3.1 112 年度收支報告 - 7 -
3.2 113 年度收支報告(113 年決算數截至 10/17)) - 8 -
3.3 114 年度收支預算表 - 9 -
3.4 113 年度工作報告 - 10 -
3.5 114 年度工作計畫書 - 11 -
肆、 獲獎論文摘要 - 14 -
EPS 生產製造至使用階段之能源使用碳排量分析研究 - 15 -
地工泡棉(EPS)複合板帷幕牆之隔熱性能分析 - 16 -
伍、 簡報輯 - 17 -
日本 EPS 工法近年的演進 - 18 -
台北市山坡地邊坡改善與設施 維護精進作為 - 39 -
道路落石防護之研究 - 60 -
EPS 落石之防護與模擬測試研究 - 70 -
陸、 公共工程施工綱要規範-「第 02334 章 發泡聚苯乙烯」 - 95 -
柒、 贊助單位 - 106 -

壹、 大會手冊

1.1 會議須知

1. 為尊重演講者與其他參與人員「聽」的權利，進入會場前請將手機關機或調整為靜音，並保持安靜。
2. 會議期間各場次主持人及發表者，請於會議開始前二十分鐘抵達會場。發表者並請於前一休息時段確認簡報檔案。
3. 會議當天於 13:00～13:30 進行簽到。
4. 會議期間請務必全程參與，並請依會議時間準時入座，且避免中途離席。
5. 會議時間均請配戴名牌。
6. 會場內全面禁菸。
7. 請將垃圾分類並共同維護場地清潔。
8. 緊急連絡電話:

   0906-475117 蔡瑞旂

   0933-711378 陳以倩

若有其他問題請您向現場工作人員洽詢，感謝您!

1.2 議程

時間	議事程序		主持人/主講人
13:00~13:30	會員大會報到		
13:30~14:30	會員大會	主席致詞	林利國理事長
		介紹與會來賓	
		主管機關、與會貴賓致詞	
		會務報告、提案討論、臨時動議	
14:30~14:45	頒發 113 年優秀論文獎學金		何泰源常務理事
14:45~15:00	中場休息		
15:00~15:50	日本 EPS 工法近年的演進(含 Q&A) (暫定)		EDO 事務局 窪田達郎先生
15:50~16:30	臺北市山坡地邊坡改善與設施維護精進作為(含 Q&A)		亞柏顧問 鍾明劍博士 酈寶成總經理
16:30~17:10	道路落石防護之研究(含 Q&A) (暫定)		臺北科技大學 陳立憲教授
17:10~17:50	EPS 落石之防護與模擬測試研究(含 Q&A)		林利國 理事長
17:50~18:00	頒發感謝獎牌/圓滿閉幕		

時間:113/11/01

地點:臺北科技大學 共同科館 B1 演講廳

貳、 參與單位與籌備團隊

2.1 主辦單位

台灣 EPS 土木施工法協會

2.2 協辦單位

國立臺北科技大學營造業工地主任班 220 小時職能訓練班

國立臺北科技大學公共工程品質管理訓練班

2.3 執行團隊

召集人：林利國

執行秘書：蔡瑞旂

行政作業組：蔡瑞旂(組長)、陳以倩、陳奕豪、林彥廷、程子瑋、王梓燐。

設計組：陳以倩(組長)、王梓燐。

場務組：蔡瑞旂(組長)、陳奕豪、林彥廷、程子瑋。

2.4 贊助單位

國立臺北科技大學營造業工地主任班 220 小時職能訓練班

國立臺北科技大學公共工程品質管理訓練班

台灣世曦工程顧問股份有限公司

台灣米亞瑪股份有限公司

中興工程顧問股份有限公司

和建工程顧問有限公司

亞新工程顧問有限公司

臺鍍科技股份有限公司

武恩德營造股份有限公司

林同棪工程顧問股份有限公司

蘭陽開發工業股份有限公司

國清土木技師暨營建管理顧問公司（籌備處）

亞柏技術顧問股份有限公司

參、 會務報告

3.1 112 年度收支報告

科目				112 年度	112 年度	決算數與預算數增減數		備註
款	項	目	名稱	決算數	預算數	增加	減少	
1			本會經費收入	88,720	165,000		76,280	
	1		會員收入	56,000	105,000		49,000	
		1	入會費	4,500	5,000		5,000	
		2	常年會費	51,500	100,000		48,500	
	2		計畫委託收入	29,990	60,000		30,010	
	3		其他捐助收入	2,730	0	2,730		
2			本會經費支出	193,257	165,000	28,257		
	1		人事費	0	0			
	2		辦公費	42,850	16,000	26,850		
		1	文具、書報、雜誌費	705	5,000		4,295	
		2	印刷費	2,830	5,000		2,170	11/07 會員大會手冊
		3	郵資	240	3,000		2,760	
		4	其他辦公費	39,075	3,000	36,075		
	3		業務費	150,407	120,000	30,407		
		1	會議費	69,709	60,000	9,709		03/08 理監事會議 07/04 理監事會議 11/07 會員大會
		2	業務推廣費	7,630	24,000		16,370	07/04 誌慶花籃
		3	接受委託業務費	2,030	10,000		7,970	11/07 陳駿演講費
		4	內部作業組織業務費	0	2,000		2,000	
		5	研究發展費	5,030	24,000		18,970	11/27 學生會員禮券
		6	其他業務費	26,760	0	26,760		03/08 新年禮盒 10/02 中秋文旦禮盒
		7	專案計畫支出	0	0			
		8	雜費支出	39,248	20,000	19,248		11/27 協會贈品(不鏽鋼杯)
	4		預備金	0	0			
	5		提撥基金	0	9,000		9,000	
3			本期餘絀	-104,537			104,537	

秘書長：　　(簽章) 製表人：蔡瑞旂　　(簽章)

常務監事：　　(簽章) 出納：　蔡瑞旂　　(簽章)

理事長：　　(簽章)

日期: 2024.10.15

3.2 113 年度收支報告(113 年決算數截至 10/17))

科目				113 年度	113 年度	決算數與預算數增減數		備註
款	項	目	名稱	決算數	預算數	增加	減少	
1			本會經費收入	114,803	150,000		35,197	
	1		會員收入	18,000	80,000		62,000	
		1	入會費	1,000	10,000		9,000	
		2	常年會費	17,000	70,000		53,000	
	2		計畫委託收入	5,000	50,000		45,000	
	3		其他捐助收入	91,803	20,000	71,803		
2			本會經費支出	82,022	175,000		92,978	
	1		人事費	0	0	0		
	2		辦公費	8,454	26,000		17,546	
		1	文具、書報、雜誌費	1129	5,000		3,871	
		2	印刷費	0	15,000		15,000	
		3	郵資	1,120	3,000		1,880	
		4	其他辦公費	6,205	3,000	3,205		03/26 網站架設費
	3		業務費	73,568	140,000		66,432	
		1	會議費	3,975	60,000		56,025	04/17 理監事會議
		2	業務推廣費	0	24,000		24,000	
		3	接受委託業務費	0	10,000		10,000	
		4	內部作業組織業務費	5,490	2,000	3,490		04/30 會員大會籌備餐會
		5	研究發展費	24,060	24,000	60		06/11 獎學金*2
		6	其他業務費	18843	0	18,843		
		7	專案計畫支出	0	0	0		
		8	雜費支出	21,200	20,000	1,200		02/19 藝術花架 04/17 弔唁花籃 06/11 弔唁花籃
	4		預備金	0	0	0		
	5		提撥基金	0	9,000		9,000	
3			本期目前餘絀	32,781		32,781		

秘書長：　　(簽章)　製表人：蔡瑞旂　　(簽章)

常務監事：　　(簽章)　出納：　蔡瑞旂　　(簽章)

理事長：　　(簽章)

日期: 2024.10.17

3.3 114 年度收支預算表

台灣 EPS 土木施工法協會

收　支　預　算　表

中華民國 114 年 1 月 1 日至 114 年 12 月 31 日止　　第 1 頁

科目				114 年度	113 年度	114 年度宇 113 年度比較增減數		備註
款	項	目	名稱	預算數	預算數	增加	減少	
1			本會經費收入	178,000	150,000	28,000		
	1		會員收入	108,000	80,000	28,000		
		1	入會費	10,000	10,000	0		
		2	常年會費	98,000	70,000	28,000		
	2		計畫委託收入	50,000	50,000	0		
	3		其他捐助收入	20,000	20,000	0		
2			本會經費支出	161,480	175,000	26,480		
	1		人事費	0	0	0		
	2		辦公費	37,480	26,000	11,480		
		1	文具、書報、雜誌費	1,000	5,000		4,000	
		2	印刷費	5,000	15,000		10,000	
		3	郵資	1,000	3,000		2,000	
		4	其他辦公費	30,480	3,000	27,480		
	3		業務費	115,000	140,000	15,000		
		1	會議費	50,000	60,000	10,000		
		2	業務推廣費	10,000	24,000		14,000	
		3	接受委託業務費	10,000	10,000	0		
		4	內部作業組織業務費	1,000	2,000		1,000	
		5	研究發展費	24,000	24,000	0		
		6	其他業務費	0	0	0		
		7	專案計畫支出	0	0	0		
		8	雜費支出	20,000	20,000	20,000		
	4		預備金	0	0	0		
	5		提撥基金	9,000	9,000	0		

理事長：　　秘書長：　　會　計：　　製　表：蔡瑞旂

3.4 113 年度工作報告

台灣 EPS 土木施工法協會 一一三年度工作報告		自 113 年 1 月 1 日起 至 113 年 12 月 31 日止	
類別	主要項目	工作內容與日期	執 行 人 員
會議	1.會員大會 2.理監事會議	一、4 月中旬：第四屆第四次理監事會議 二、11 月上旬：第四屆第三次會員大會暨第五次理監事會議	理監事 秘書處 會務人員
會務	1.財務處理 2.年會工作小組	一、5 月下旬：整理協會收支，並至國稅局報稅 二、8 月上旬：年會工作小組會前會 三、8 月中旬：年會工作小組會前會	會務人員
業務	1.學術交流 2.其他	一、4 月中旬：協助辦理「太魯閣國家公園管理處」0403 地震災所情形視察 二、4 月中旬：弔唁亞新莫總裁公祭 三、4 月下旬：至行政院拜訪秘書長，並爭取日後於交通部辦理技術會報 四、5 月中旬：弔唁張安泰理事公祭	學術委員會 秘書處

理事長：　　秘書長：　　製　表：蔡瑞旂

3.5 114 年度工作計畫書

台灣 EPS 土木施工法協會 一一四年度工作計畫			自 114 年 1 月 1 日起 至 114 年 12 月 31 日止	
類　別	主要項目	工　作　內　容	預計工作內容與日期	執 行 人 員
會議	1.會員大會 2.理監事會議	一、理監事會： 1. 定期會議。 2. 臨時會議。 二、會員大會： 1. 定期會議。 2. 臨時會議。	一、3 月上旬：第六次理監事會議 二、6 月下旬：第七次理監事會議 三、10 月下旬：第五屆第一次會員大會暨第五次理監事改選	理監事 秘書處 會務人員
業務	學術交流	一、辦理研討會 二、工程探訪	一、3 月上旬：參訪三峽東眼橋 EPS 工程 二、7 月下旬：辦理技術會報(交通部) 三、10 月下旬：於第五屆第一次會員大會辦理專題演講	學術委員會

台灣 EPS 土木施工法協會一一四年度工作計畫		自 114 年 1 月 1 日起 至 114 年 12 月 31 日止		
類　別	主要項目	工　作　內　容	預定完成時間	執 行 人 員
會議	各種會議	一、理監事會： 1. 定期會議。 2. 臨時會議。 二、會員大會： 1. 定期會議。 2. 臨時會議。	1. 半年一次 2. 不定期 1. 每年一次 2. 不定期	理監事 秘書處 會務人員
會務	會籍管理	一、召開會員大會前總清查會員會籍。 二、除登記列冊外，會員資料均輸入電腦建檔管理。 三、 理監事異動之函報。	一、經常性工作 二、經常性工作 三、經常性工作	秘書處 會務人員
	文書處理	一、文書收發登記，簡化公文處理。 二、慎重整理檔案，並分類保管。	一、經常性工作 二、經常性工作	會務人員
	財務處理	一、徵收會費，嚴格執行預算收支平衡。 二、按期編製收支報告，並編列年度預決算。	一、經常性工作 二、經常性工作	常務監事 秘書處 會務人員
	健全組織	一、擴大徵求會員。 二、會員編列小組。	一、經常性工作 二、經常性工作	會務人員
	會員服務	幫助會員維護權益。	不定期工作	理監事 會務人員
業務	學術交流	一、辦理研討會 二、頒發 EPS 學生學術論文獎學金 三、相關國際間 EPS 之學術交流與合作事項。 四、至政府機關辦說明會。	一、預計下半年 二、預計上半年 三、不定期工作 四、預計下半年	學術委員會
	爭取 新會員	一、募集新會員，歡迎大專院校師生、學術研究人員、環檢從業人員、政府相關部門官員及民營	一、經常性工作 二、經常性工作 三、預計下半年	

台灣 EPS 土木施工法協會一一四年度工作計畫			自 114 年 1 月 1 日起 至 114 年 12 月 31 日止	
類　別	主要項目	工　作　內　容	預定完成時間	執 行 人 員
		單位加入。 二、114 年度新會員招募目標訂為 10 名、團體會員二家，並增加永久會員之招募。 三、配合研討會及相關活動，辦理現場新會員入會。		秘書處 服務委員會 企劃委員會
	財務規劃	一、經費收入：研討會、儀器展、廣告、報名費等收入，公、民營機關補（贊）助、專案計畫收入等。 二、經費支出：例行性支出、研討會支出等之財務應用規劃。	一、經常性工作 二、經常性工作	秘書處 會務人員

理事長：　　秘書長：　　製　表：蔡瑞旂

肆、 獲獎論文摘要

EPS 生產製造至使用階段之能源使用碳排量分析研究

林利國 [1]、吳峙叡 [2*]

[1] 國立臺北科技大學土木工程與防災所, 教授

[2] 國立臺北科技大學土木工程與防災所, 碩士生

* t110428040@ntut.org.tw

摘要

在全球經濟與科技快速發展下，導致地球上生態遭到嚴重破壞，造成二氧化碳排放量持續增加，進而引發全球暖化、氣候變遷等嚴重問題，地球上災害頻繁發生，對人民的生命及財產受到巨大威脅。目前台灣也面臨著全球氣候變遷的考驗，因此台灣政府正積極進行重大改革，改善過去的營建觀念，讓建築與自然生態能夠相互適應和融合，並致力於實現節能減碳的永續發展目標。這也是當前營建工程人員應該深思熟慮的目標之一。

發泡聚苯乙烯（EPS）是利用從石油中提取的液態苯乙烯單體，經過重合反應形成固態苯乙烯，再加入發泡劑製成塊狀形體產品。EPS 通過發泡、融合等製程，具有輕量化、高緩衝性、耐水性優、自立性佳、卓越的隔熱性能，並且施工簡單迅速。在歐美國家，工程師常使用地工泡棉（Geofoam）作為土木工程中砂土回填的替代材料。地工泡棉主要由 EPS 製成，本研究的主要目的是探討 EPS 在生產和 EPS 及各種建材在現場使用階段中的碳排放情況，並經由 SimaPro 生命週期評估軟體與碳足跡評估法模擬計算後，不論是 ReCipe2016 或 IPCC2021 GWP100 的分析模式均顯示在 $1m^3$的材料中，RC 之碳排放量大於 EPS 所導致人體健康損害之衝擊效應為 17.19 Pt，及二氧化碳排放為 76.236703 kgCo_2eq，臭氧消耗為 2.26E-06 kg CFC11 eq，人類非致癌毒性為 9.7897488 kg 1,4-DCB，礦產資源稀缺為 0.014895875 m^3。與 RC 和 EPS+RC 相比，EPS 在這些指標上表現較低。

地工泡棉(EPS)複合板帷幕牆之隔熱性能分析

林利國 [1]、毛婕霖 [2**]

[1] 國立臺北科技大學土木工程與防災所, 教授

[2] 國立臺北科技大學土木工程與防災所, 碩士生

* t110428038@ntut.org.tw

摘要

隨著人類社會不斷發展和進步,臺灣土地也逐漸開發殆盡,建築物設計趨於向上發展,近幾年帷幕牆普及於各都市,帷幕牆之材料常見為玻璃及金屬,皆為容易傳熱之材料,因此隔熱議題逐漸受到關注。石材其具有堅硬之質地、穩定性及其獨特之自然花紋為人們愛用建材;發泡聚苯乙烯(EPS)為保溫隔熱之材料,因其具有質量輕、經濟性佳、緩衝性佳等優點,因此本研究期望以三種石材及兩種磁磚結合發泡聚苯乙烯作為帷幕牆之複合材料,探討其隔熱性能。

本研究係使用兩公分之花崗石、大理石、人造石;一公分之石英磚及石質磚作為表面材料,配合密度為 15K、20K、25K 之 EPS,厚度分別為 1、2 及 3 公分,利用鹵素燈具模擬日照八小時後讓其自然冷卻,配合使用 K 型電熱偶感溫線量測各層之溫度,並透過數據統整及分析探討其隔熱性能。

經實驗結果顯示,單一材料第一類中以花崗石隔熱效能最佳,第八小時溫度差達 11.6 度;於相同厚度條件下之複合材料中,隔熱效果最優異者為花崗石配合 25K2 公分之 EPS 及石英磚配合 25K3 公分之 EPS,溫度差可達 51.3 度;隨著 EPS 厚度及密度之提升,對於隔熱之效能亦有正向之助益。

伍、 簡報輯

日本 EPS 工法近年的演進

主講人：EDO 事務局　窪田達郎　先生

EDO-ＥＰＳ工法

（2014年 上次參訪台灣以後的動向
以及損傷等問題案例為主）

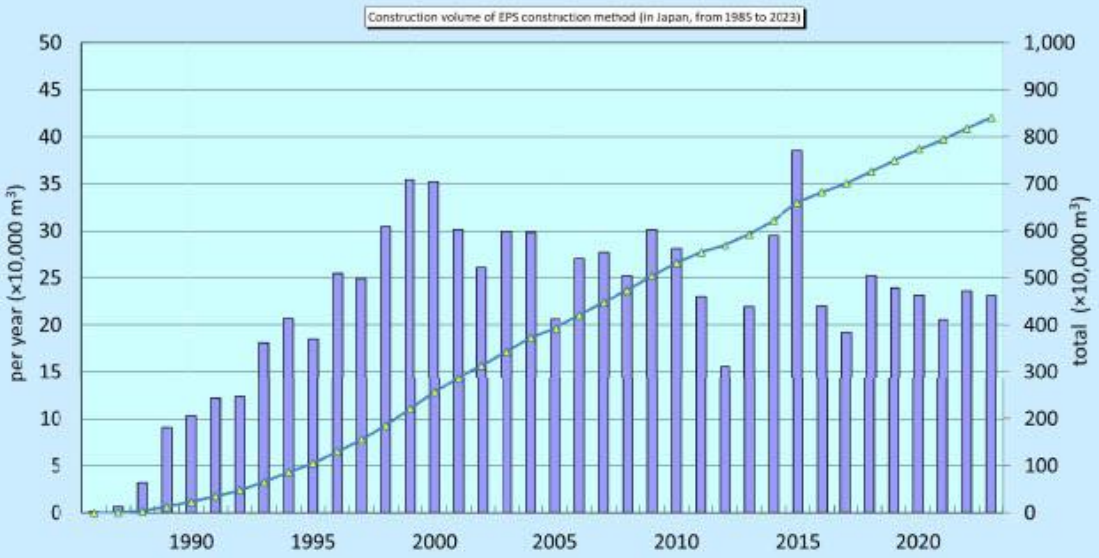
發泡聚苯乙烯土木工法研發機構（EPS研發機構）
Expanded PolyStyrol Construction Method Development Organization

Contents

1. EPS研發機構簡介
2. 活用EPS工法特徵之施工案例
3. 新的另件
4. 損傷等問題之案例

1. EPS研發機構簡介

- 簡稱：EDO（Expanded PolyStyrol Construction Method Development Organization）
- 1986年設立
- 會長：安原一哉（茨城大學名譽教授）
- EPS製造廠商、相關資材公司、工程業者、工程顧問公司（共有40公司）組成的工法協會
- EPS工法技術之確立及主要推動之活動
- 工法發祥之地－與挪威政府機關合作
- EPS工法之設計・施工標準之制定

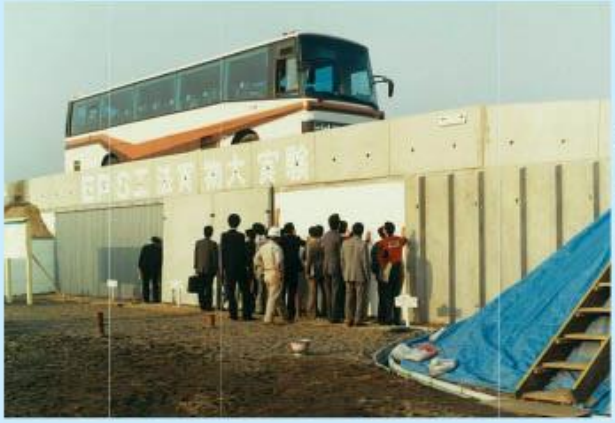


Total by the end of 2023：8.41million m³

其中約80%為道路建設用途

實驗・研究開發

1987年　在建設省土木研究所場地實施成品實驗



實驗・研究開發

2001～2005年　與北海道開發土木研究所進行共同研究

拓寬填土振動台實驗

保護牆耐久性試驗

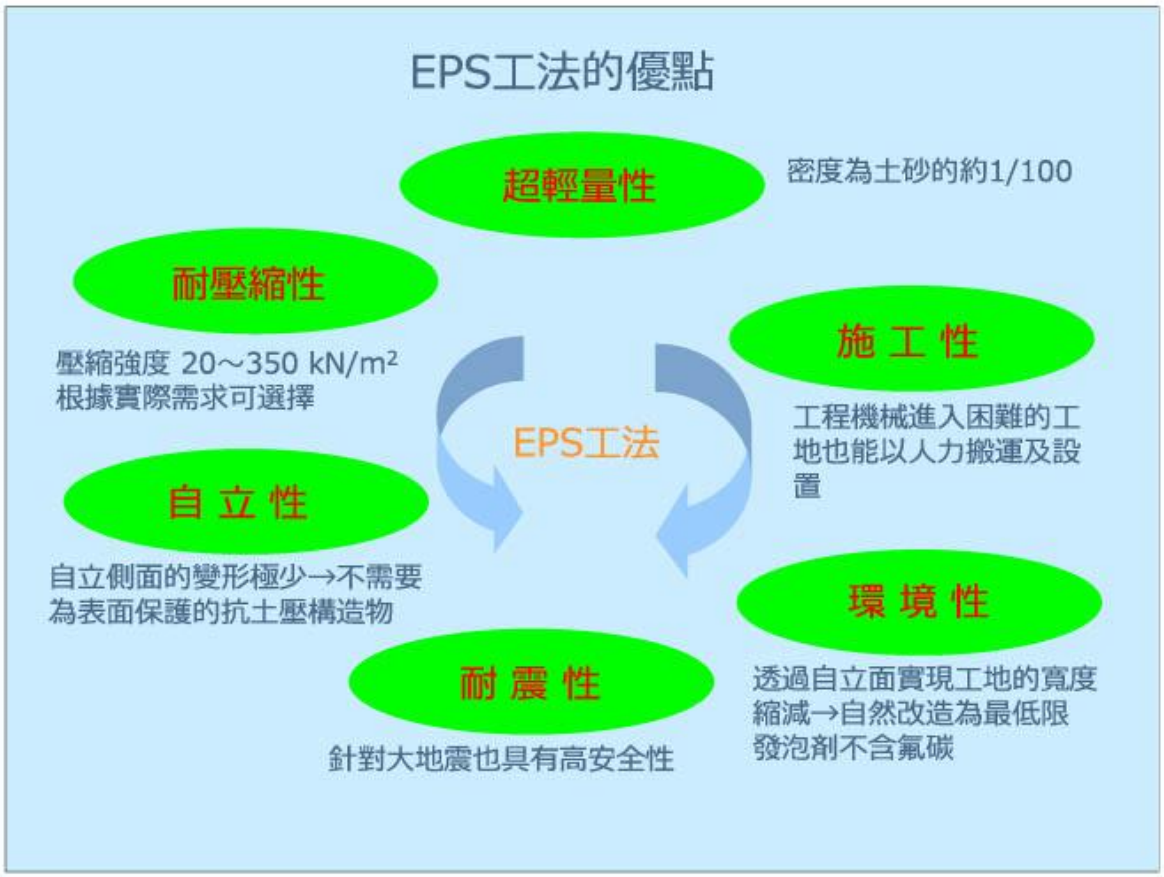
實驗・研究開發

2018年　大型兩直立面填土（高度為最大8m）成品的耐震實驗

在於防災科學技術研究所的設施進行實施

Contents

1. EPS研發機構簡介
2. 活用EPS工法特徵之施工案例
3. 新的另件
4. 損傷等問題之案例



原2車道高速公路採用EPS工法擴增為4車道

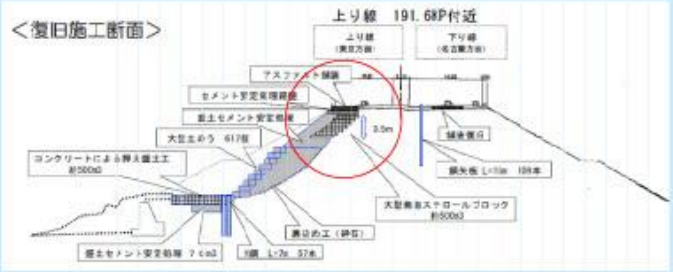
橋台背面近沉區填土
鐵路跨線橋 → 側面移動對策

崩塌地之填土
在原有供用EPS填土上再加EPS填土拓寬

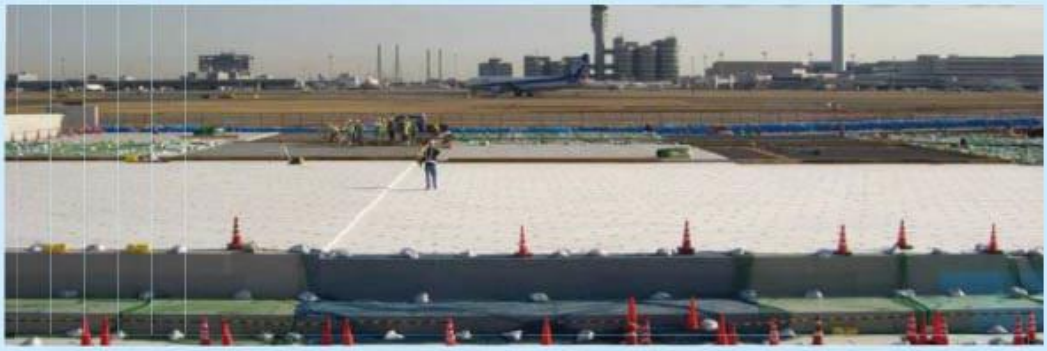
剛發生後的災情

EPS施工當中

搶修恢復完成



受震災高速公路以EPS工法復原



機場平行滑行道的新建

鐵路站月台提高工程

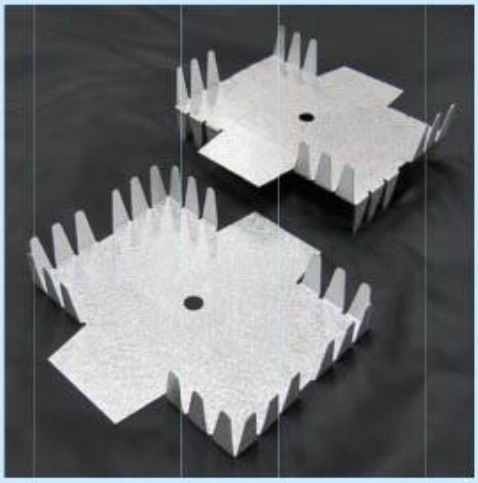
使用578個EPS板塊。形狀及尺寸都不一樣。

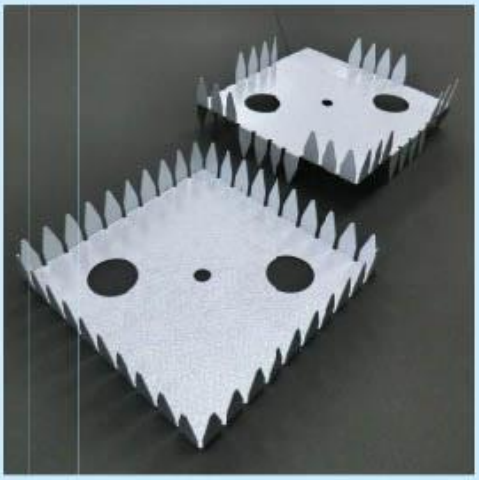
出典：日本經濟新聞電子版（2018年9月12日）

Contents

1. EPS研發機構簡介
2. 活用EPS工法特徵之施工案例
3. 新的另件
4. 損傷等問題之案例

連接金屬另件（Galvalume：55%Al-Zn coated steel）





- 左：舊型　右：新型（自2019年4月起開始流通）
- 2011年在東北地區發生的311大地震及2016年在熊本地震為契機開始研發。

新型連接金屬另件效果的評估及檢測

2018年　成品大兩直壁形填土（高度為最大8m）的耐震實驗

使用新型金屬另件時，能減少EPS板塊之間的移位或間隙等問題。

保護牆壁（支柱＋面板）

以前…H型鋼＋押出形成水泥板
施工時需要施工機械
破損時很難更換另件

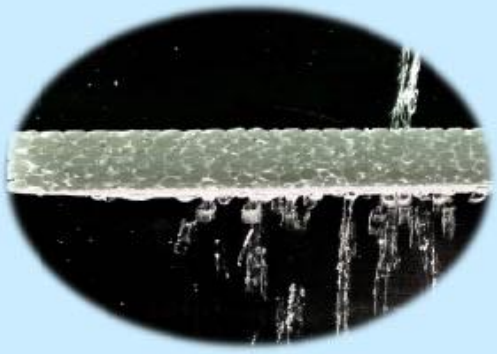
新型…C型鋼＋輕量面板
施工時不需要施工機械
容易更換損傷處的另件

護牆（簡易）

- 省略支柱,護牆直接設置在EPS板塊的表面「簡易壁體」的採用案例有增加。

具有透水性EPS的開發

- EPS填土背面的排水(輕量骨材的替換),利用暗渠排水等

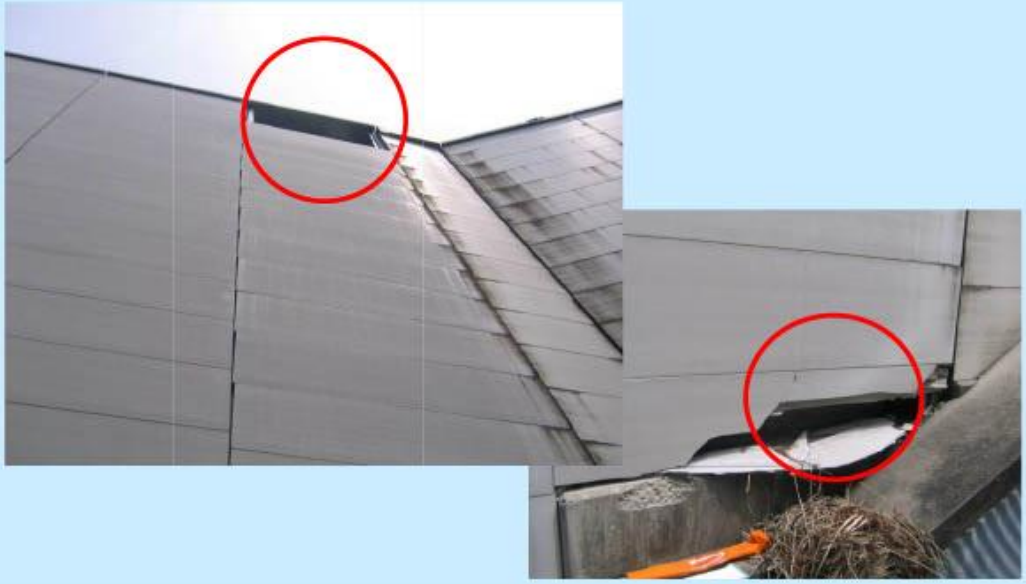


Contents

1. EPS研發機構之簡介
2. 活用EPS工法特徵之施工案例
3. 新的另件
4. 損傷等問題之案例

水壓造成牆壁面板的破損_2006年7月

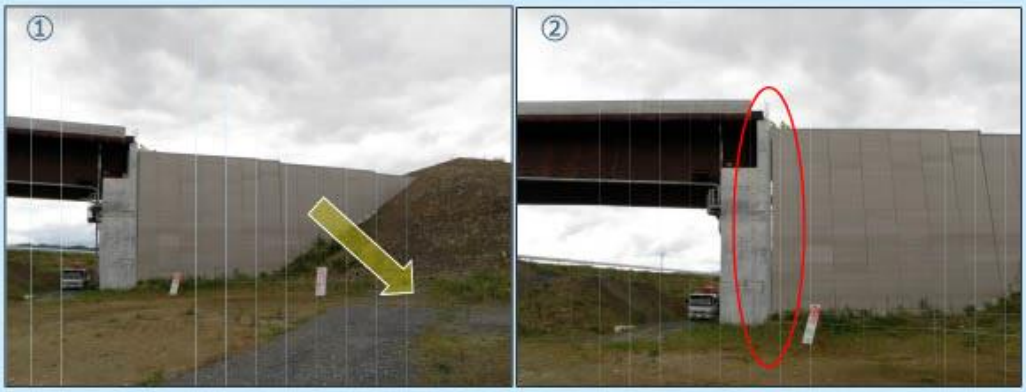
- 水流入至EPS和面板之間的空隙,其水壓造成面板的破損及脫落



防止面板破損之對策

- 在樁基礎水泥裡設置排水設施

背面填土承重造成拉扯而沉陷_2009年5月

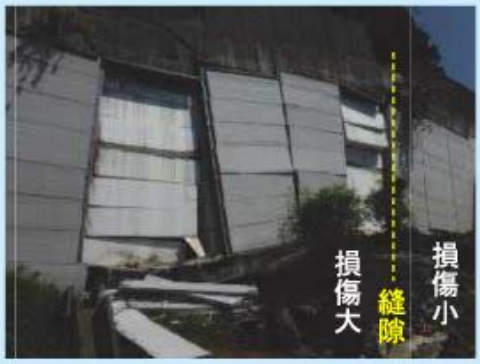


- ① 一般填土的承重造成樁基礎地盤沉陷、 EPS填土往一般填土方向被拉扯而沉陷。
- ② 橋台和EPS填土之間發生幾cm的間隙。
- 緊急對策 ①在一般填土的上部更換成EPS・以輕量化來抑制進行沉陷情況。
- ②在間隙處用水泥漿來封閉。
- 恒久對策 要確認基礎地盤的壓密沉陷是否有停止之後才能進行EPS填土施工。

豪雨造成EPS填土受災情況_2013年7月

- 河川水位暴漲造成EPS填土下部疊板塊壁崩塌、而失去了支柱導致EPS填土崩落。
- 基礎地盤周圍加強固定之後以EPS工法重建完成。

熊本地震造成EPS填土受災情況_2016年4月



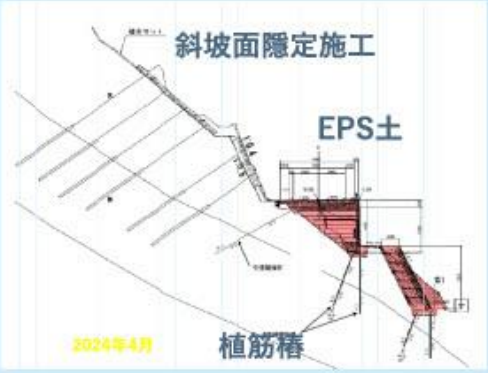
- 由於旁邊斷層的變位產生了約80cm的斷差以及因突出而變形。牆壁面也脫落了很多。所幸無人員傷亡。
- EPS填土由直立方向連接,但幸而有被認為工地境界線的縫隙存在,另一邊只受到輕微的損傷。

熊本地震導致EPS填土受災情況_2016年4月

臨時修復

↑雖然發生路面的斷差及開裂，但EPS填土沒有完全崩壞,由於單線供雙向通行能提早恢復通車。

正式重建_2020年1月

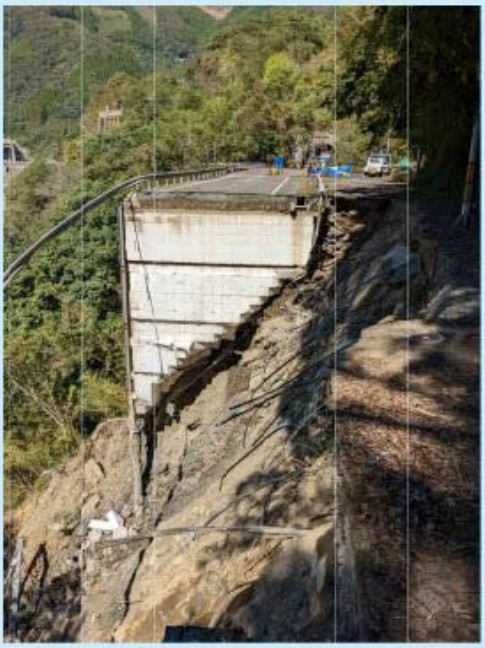


→使背後斜坡面穩定及確保前面支撐力這兩工法併用之後再做EPS填土把正式重建完成。

水位上升導致EPS板塊浮上_2022年8月

- 人行道的拓寬採用EPS工法。位於被兩條河夾著的地方。
- 豪雨產生水位上升,導致EPS板塊浮上來。幾乎沒使用浮力對策板塊。
- 因為錯在EPS設置基礎面比設計提高,所以產生了承受力不足（導致厚度變薄）等可能性？
- 以EPS復原重建。

豪雨產生EPS填土受災情況_2022年9月



- 由於豪雨引起大量的水(從照片後方的隧道)繞到EPS填土和背面斜坡面之間,斜坡面和EPS填土都坍塌。
- 採用其他工法（鋼製棧道橋）來進行修復施工當中。
- 教訓,今後課題…如何考量豪雨造成在路面及地下水暫時增加浸透水帶來的影響。若有影響,在設計・施工・維護管理方面應如何對應?

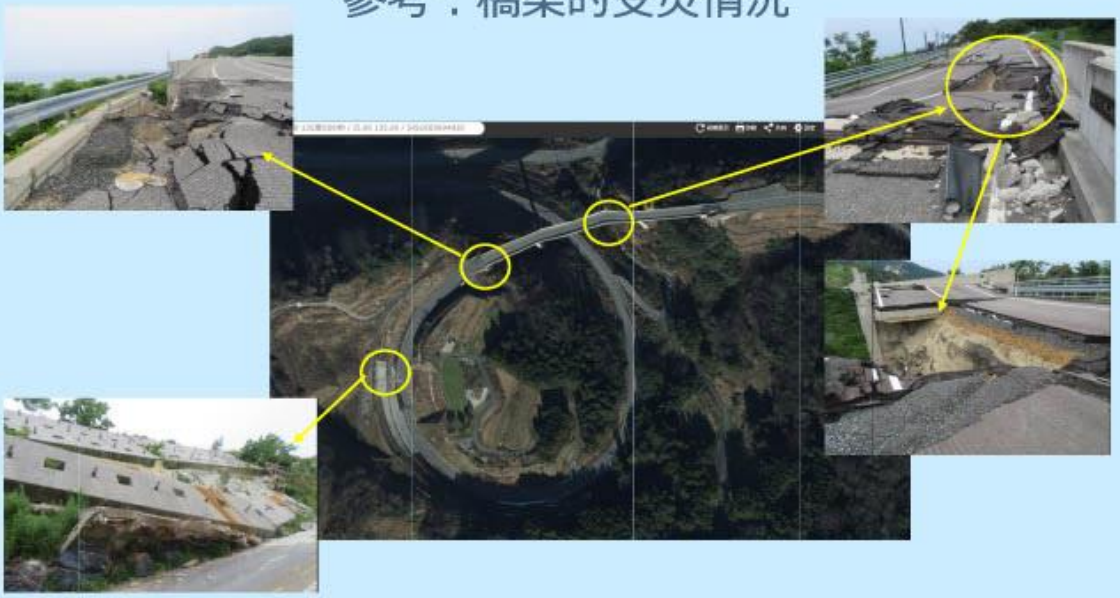
能登半島地震造成EPS填土受災情況_2024年1月

- 位置於日本海沿岸的斜坡山腰設置的EPS填土。由於地震斜坡移位,EPS填土也被押出而傾斜。往海邊（右照片的下方）方向以水平位移約85cm。雖然車輛能通行,但是前面的路面有嚴重裂開及落石等的關係,目前禁止通行。

能登半島地震造成EPS填土的受災情況_2024年1月

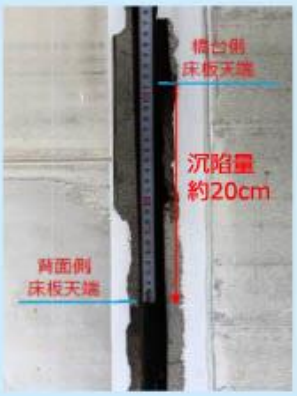
- EPS填土旁的路面狀況。隨者坍塌路面被押出導致路面抬升。其他也有大量的落石,因此車輛禁止通行。

參考：橋梁的受災情況



- 在坍塌地區建造的環狀橋。在橋台背面補強的擋土牆也受到重大損傷。斜坡穩定工程所使用的地錨也被拔出,連同鞏固施工處也一起崩落。

橋台背面EPS填土的損傷情況_2024年8月確認



- 擴展基礎上設施的EPS板塊為後續施工的,在後踵處被整個填土高覆蓋而且有出現縫隙（和背後的EPS沒有一體成形）。
- 背面填土承重造成基礎地盤沉陷,EPS填土也被同方向拉到而沉陷。所以在擴展基礎後踵處出現垂直方向之相對移位及縫隙張開的情況。

施工當時_2000年

- 疑似避免影響到防落橋裝置才做後續施工？

橋台背面EPS填土之損傷情況_2024年8月確認

- 為了防護欄天端要恢復到原先的高度而提高。

針對EPS填土發生的問題及損傷

- 從來…每次損傷等發生時, 以個別件案處理。
  （搶修復原, 推求調查原因,防止再發生）

- 今後…劣化及損傷發生前的先行對策是很重要,
  導致退化或損傷的原因和誘因是什麼？
  這些問題排除之後、如何保護這些？
  透過點檢等檢查事先了解退化及損傷,
  退化和損傷的程度以及與構造物功能的關係。
  （退化和損傷能允許到什麼程度?）
  在設計時先考慮為點檢或補修等容易做的構造

⬇

將這些知識體系化,並廣泛應用作為目標。

台北市山坡地邊坡改善與設施維護精進作為

主講人：亞柏顧問 鍾明劍 博士、
酈寶成 總經理

TEPSA國際研討會
臺北市山坡地
邊坡改善與設施精進作為
簡報人：鍾明劍 博士/技師
作者：酈寶成、吳維揚、鍾明劍
中華民國113年11月1日
臺北市政府工務局大地工程處
亞柏技術顧問股份有限公司

1
簡報大綱
01 臺北市山坡地概述
02 專案工程設計理念
03 貓纜T16塔柱地錨邊坡
04 文山區指南路三段邊坡
05 工程效益

臺北市山坡地概述

3

◆ 面積

➢ 臺北市面積271.8 km^2，山坡地面積150.0 km^2，約佔55.21%

◆ 降雨特性

➢ 北臺北

✓ 8～10月受颱風影響

✓ 10～2月受東北季風影響

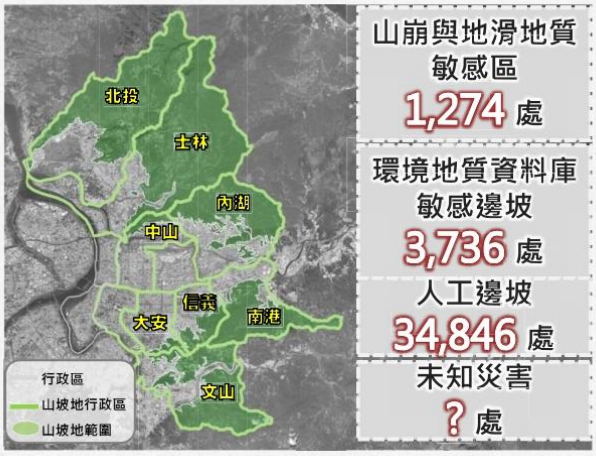
➢ 南臺北

✓ 5～6月受梅雨鋒面與西南氣流影響

✓ 8～10月受颱風影響

各行政區建議引用測站一覽表

測站	適用行政區	15年平均降雨量(mm)
竹子湖	北投、士林	4,181
文山	文山	2,433
臺北	信義、大安、中山	2,279
內湖	內湖、南港	2,209

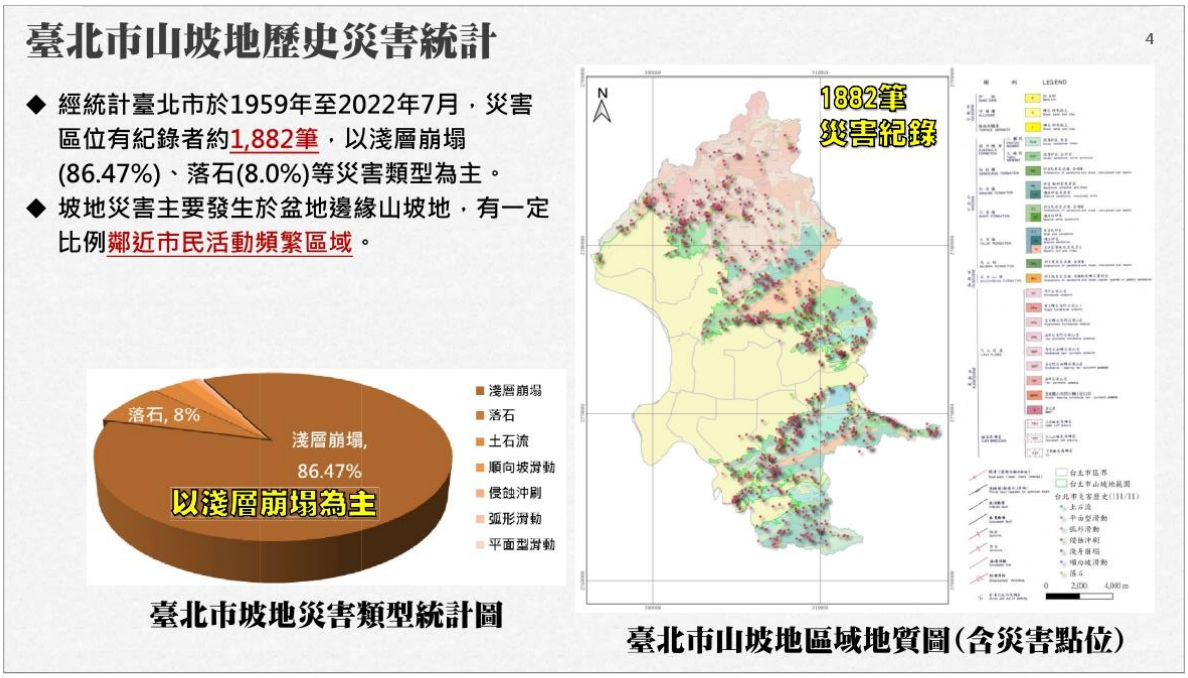


山崩與地滑地質敏感區 1,274 處

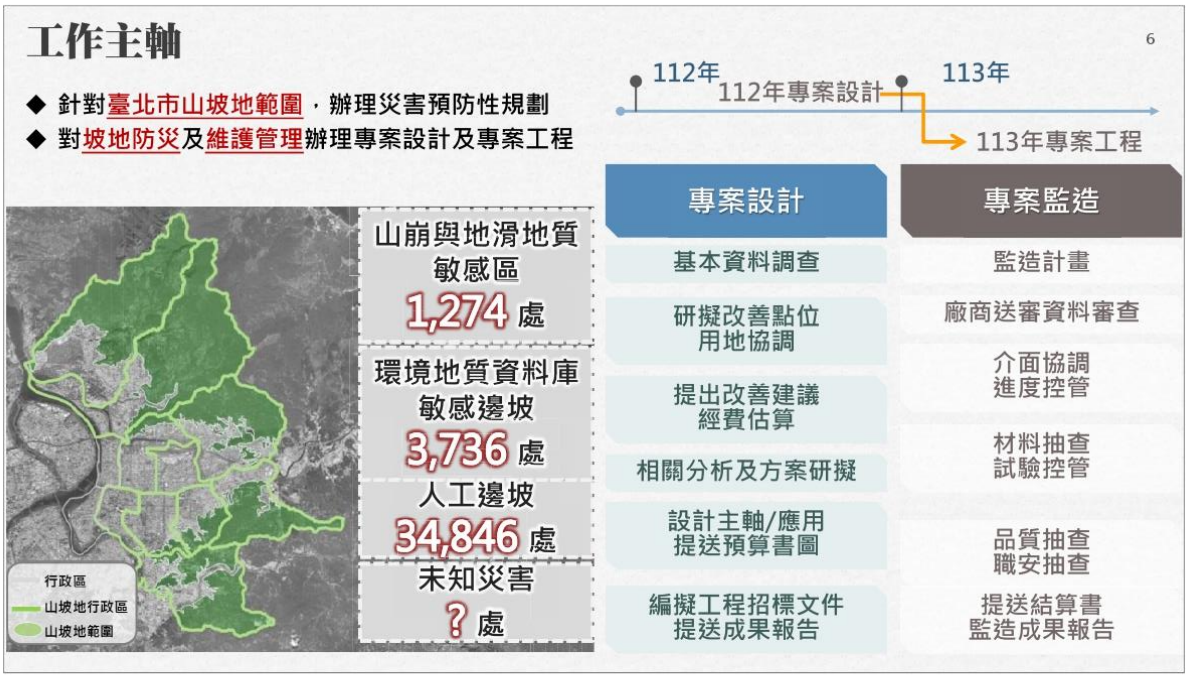
環境地質資料庫敏感邊坡 3,736 處

人工邊坡 34,846 處

未知災害 ? 處

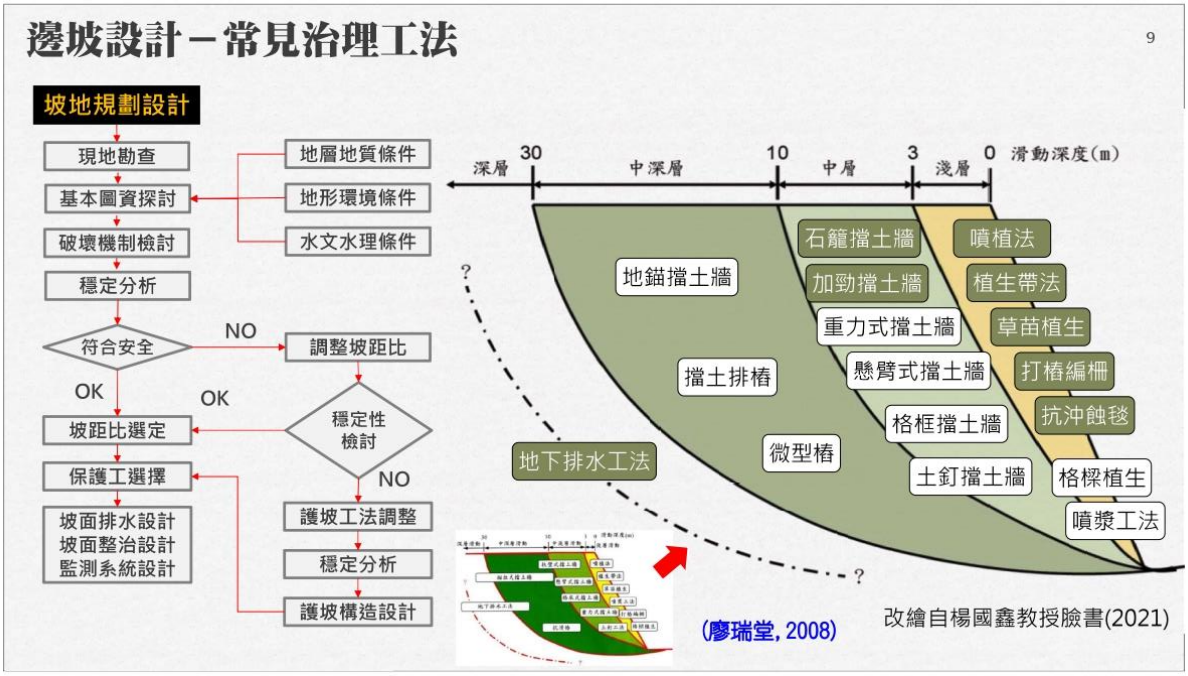

臺北市山坡地歷史災害統計
4
◆ 經統計臺北市於1959年至2022年7月，災害區位有紀錄者約1,882筆，以淺層崩塌(86.47%)、落石(8.0%)等災害類型為主。
◆ 坡地災害主要發生於盆地邊緣山坡地，有一定比例鄰近市民活動頻繁區域。
落石, 8%
淺層崩塌, 86.47%
以淺層崩塌為主
淺層崩塌
落石
土石流
順向坡滑動
侵蝕沖刷
弧形滑動
平面型滑動
臺北市坡地災害類型統計圖
N
1882筆
災害紀錄
LEGEND
臺北市山坡地區域地質圖(含災害點位)

5
02
專案工程設計理念


工作主軸
6
◆ 針對臺北市山坡地範圍，辦理災害預防性規劃
◆ 對坡地防災及維護管理辦理專案設計及專案工程
112年
112年專案設計
113年
113年專案工程
山崩與地滑地質敏感區
1,274 處
環境地質資料庫敏感邊坡
3,736 處
人工邊坡
34,846 處
未知災害
? 處
行政區
山坡地行政區
山坡地範圍
專案設計
基本資料調查
研擬改善點位用地協調
提出改善建議經費估算
相關分析及方案研擬
設計主軸/應用提送預算書圖
編擬工程招標文件提送成果報告
專案監造
監造計畫
廠商送審資料審查
介面協調進度控管
材料抽查試驗控管
品質抽查職安抽查
提送結算書監造成果報告

錄案來源-三大來源
7
預防
應變
復健
減災
1 潛在及列管敏感邊坡
2 已發生崩塌(非緊急)
3 既有邊坡設施維護管理
-環境地質-
-遙測快篩-
-陳情案件-
-現生崩塌-
-既有設施-
-列管邊坡-
地質敏感區
環境地質災害
邊坡
D-InSAR
變位潛勢圖
空拍調查
落石防護網
排水設施
擋土牆裂隙
列管邊坡
順向坡
敏感邊坡

邊坡設計－六大面向全面把關
8
01 護坡設施
02 坡面排水
03 生態檢核
04 植生工法
05 多元監測
06 維護管理


邊坡設計－常見治理工法
9
坡地規劃設計
現地勘查
基本圖資探討
破壞機制檢討
穩定分析
符合安全
NO
OK
OK
坡距比選定
保護工選擇
坡面排水設計
坡面整治設計
監測系統設計
地層地質條件
地形環境條件
水文水理條件
調整坡距比
穩定性檢討
NO
護坡工法調整
穩定分析
護坡構造設計
深層
30
中深層
10
中層
3
淺層
0
滑動深度(m)
地錨擋土墻
石籠擋土墻
加勁擋土墻
重力式擋土墻
懸臂式擋土墻
格框擋土墻
土釘擋土墻
擋土排樁
微型樁
噴植法
植生帶法
草苗植生
打樁編柵
抗沖蝕毯
格樑植生
噴漿工法
地下排水工法
(廖瑞堂, 2008)
改繪自楊國鑫教授臉書(2021)

溪溝設計－透水性、生態、減法工程
10
零方案
優先考量非工程方案可行性，避免對環境生態造成衝擊。以自然復育為原則，替臺灣山林保留秘境。
源頭處理
以溪溝整理方式，創造低水流路及多孔隙滲透環境，同時發揮逕流分擔效果。
取之於自然 用之於自然
將採現地堆置護坡方式處理，避免運棄。溪溝內大塊石不搬動或打除，取中小塊石填塞大塊石底部穩固基礎。
順勢疊砌營造自然景致
天然洪水管理 (NFH)
多孔隙營造空間
河岸有侵蝕風險
已建護岸?
是
否
評估移除
配套措施
護岸仍不可或缺? 1.位於潛在攻擊岸 2.有重要保全對象
可容許河岸自行穩定?
零方案 (自然復育)
河岸財產可用非工程方法處理?
非工程方案 (擺移、換地等)
評估進一步改善
護岸符合河相原則? 1.具自然粗糙度 2.具自然透水性
植生工法可行?
依現地條件選擇植生工法*
護岸值得改善?
有空間施做緩坡護岸?
緩坡護岸 (可配合植生)*
*考慮丁壩、固床工等替代方案
改善方案(增加粗糙度、透水性等)
陡坡護岸 (可配合植生)*
ANR 輔助天然更新
LID低衝擊開發
景觀
透水
生態
保水
微型地滯洪沉砂空間
原地形線

設計原則 | 山林美學、永續發展
11
安全
生態
永續
山林美學
由心做起
低調
平衡
大地工程 設計美學
生態
減碳
永續
轉型 公正轉型
風/光 風電/光電
綠金 綠色金融
氫能 氫能
綠活 淨零綠生活
前瞻 前瞻能源
碳匯 自然碳匯
儲能 電力系統與儲能
循環 資源循環零廢棄
節能 節能
無碳 運具電動化及無碳化
碳存 碳捕捉利用及封存
2050 Net Zero
森林碳匯
由低碳工法做起
視覺景觀
邊坡自然復育

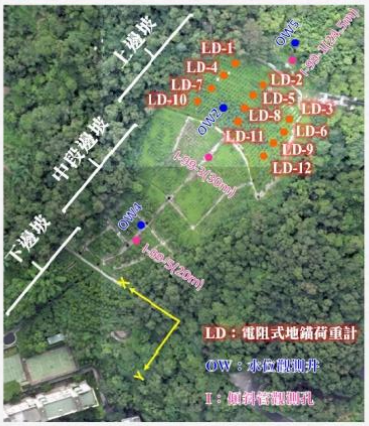
12
03
貓纜T16塔柱地錨邊坡

背景概述
13
民國97年(9月薔蜜颱風致災)
民國99年(8月復建工程完工)
民國104年(9月監測系統建置完成)
9/30
滑動範圍約1.2公頃
(運移土石量約30000m³)
災害
擋土牆和微型樁
格梁式地錨
土釘加型框
掛網噴植
排樁和帽梁
掛網噴植
整治
上邊坡
中段邊坡
下邊坡
LD-1
LD-2
LD-3
LD-4
LD-5
LD-6
LD-7
LD-8
LD-9
LD-10
LD-11
LD-12
LD：電阻式地錨荷重計
列管
99年啟動巡勘作業
104年啟動監測作業
邊坡安全檢核管理

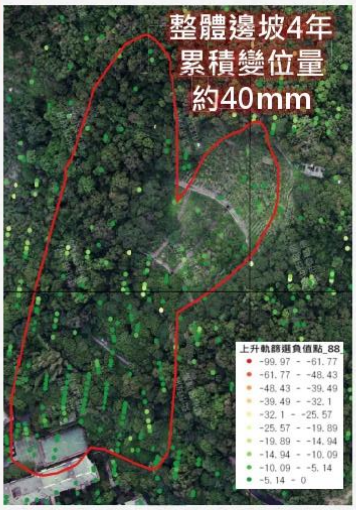
邊坡潛移及預力異常

14

108年發現邊坡潛移及預力部分異常，啟動地錨檢測評估



D-InSAR遙測分析(105~108年)



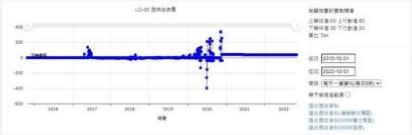
電阻式地錨荷重計數據摘錄(既存荷重Tr)

時間 編號	104 (9月)	105 (9月)	105 (9月)	107 (9月)	108 (9月)	判讀
LD-01	39.93	37.48	34.75	33.64	21.90	<0.5Tw
LD-02	40.86	41.19	41.21	41.53	41.76	正常
LD-03	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
LD-04	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
LD-05	42.3[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	跳動
LD-06	32.[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	法讀值
LD-07	44.86	45.06	44.65	44.53	44.35	正常
LD-08	46.09	45.88	45.27	44.99	44.87	正常
LD-09	45.21	45.06	44.84	44.61	44.68	正常
LD-10	43.11	43.17	42.60	42.64	42.62	正常
LD-11	39.51	39.43	39.12	38.98	54.32	>1.2Tw
LD-12	40.61	41.15	41.31	41.29	41.64	正常

12支有1/3地錨荷重計的數據或荷重異常

地錨荷重計已屆工作年限，建議維護校正及建立汰換機制

設計荷重Tw = 40T



T16邊坡地和荷重計自動化觀測回傳
(網頁查詢及查詢時間：104/10~111/10)

抽測地錨功能性不佳、須全面性檢測及補強工程

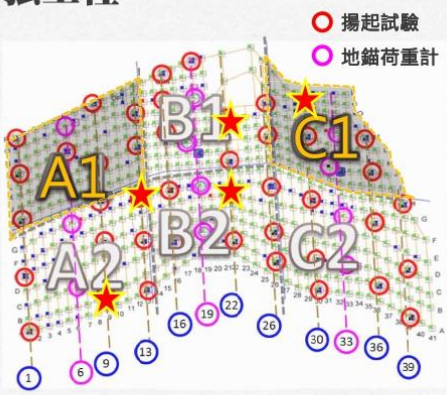
15

109年揚起試驗約11%地錨功能性不佳進行全面性檢測及補強工程

地錨功能檢測結果和分級數量統計表

檢測分級	地錨保護蓋外觀		錨頭組件		內視鏡檢視		既存荷重(揚起試驗)	
	支數	百分比	支數	百分比	支數	百分比	支數	百分比
X（喪失功能）	1	0%	0	0%	0	0%	2	4%
A（極差）	6	1%	0	0%	0	0%	0	0%
B（不佳）	0	0%	5	11%	4	9%	3	7%
C（尚可）	103	17%	40	89%	16	36%	36	80%
D（正常）	509	82%	0	0%	25	56%	4	9%
合計	619	100%	45	100%	45	100%	45	100%

檢測數量(45支)>邊坡地錨總數5%



地錨檢測選孔原則：

依高工局養護手冊辦理，原則採均佈分配。

經109.7.31處內會議結論，地錨選點以分析軸線為佈設原則。

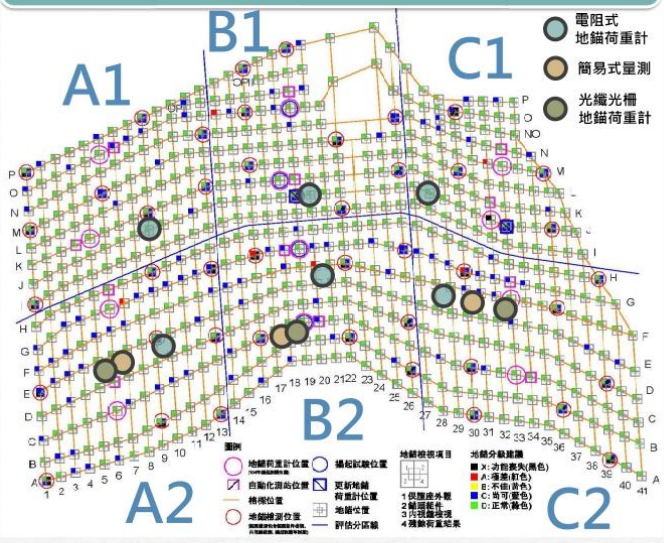
全生命週期工程履歷

16

全生命週期工程履歷

年份	維護管理工作
99	啟動邊坡巡勘作業
104	啟動邊坡監測作業
108	啟動D-InSAR遙測分析，發現邊坡潛變 約1/3的地錨荷重計的數據或荷重異常
109	地錨檢測(分區、剖面法) 抽測45支地錨，約11%地錨功能性不佳 建議進行全面性檢測及補強工程
110	第一期補強工程(A2、B2、C2及B1) 地錨複拉417支、新設面板地錨8支
111	第二期補強工程(A1及C1) 地錨複拉180支、新設面板地錨39支 新設電阻式地錨荷重計6組、簡易式量測3組
112	新設光纖光柵地錨荷重計3組
113	電阻式地錨荷重計6組、簡易式量測3組，更新為自記式量測系統

貓纜T16塔柱邊坡展開圖



四大創新技術

17

地錨全生命週期維護管理原則

地錨週期

精確 補強方案因地制宜
安全 提升邊坡穩定性
完善 地錨邊坡維管手冊
範例 地錨邊坡複拉補強案

延伸地錨揚起試驗、評估錨碇健全度

地錨複拉

對象 複拉對象不同
標準 施工過程SOP
紀錄 錨定端健康度探討
分析 空間分佈成果及應用

新式全浪管預力地錨、加強防蝕保護

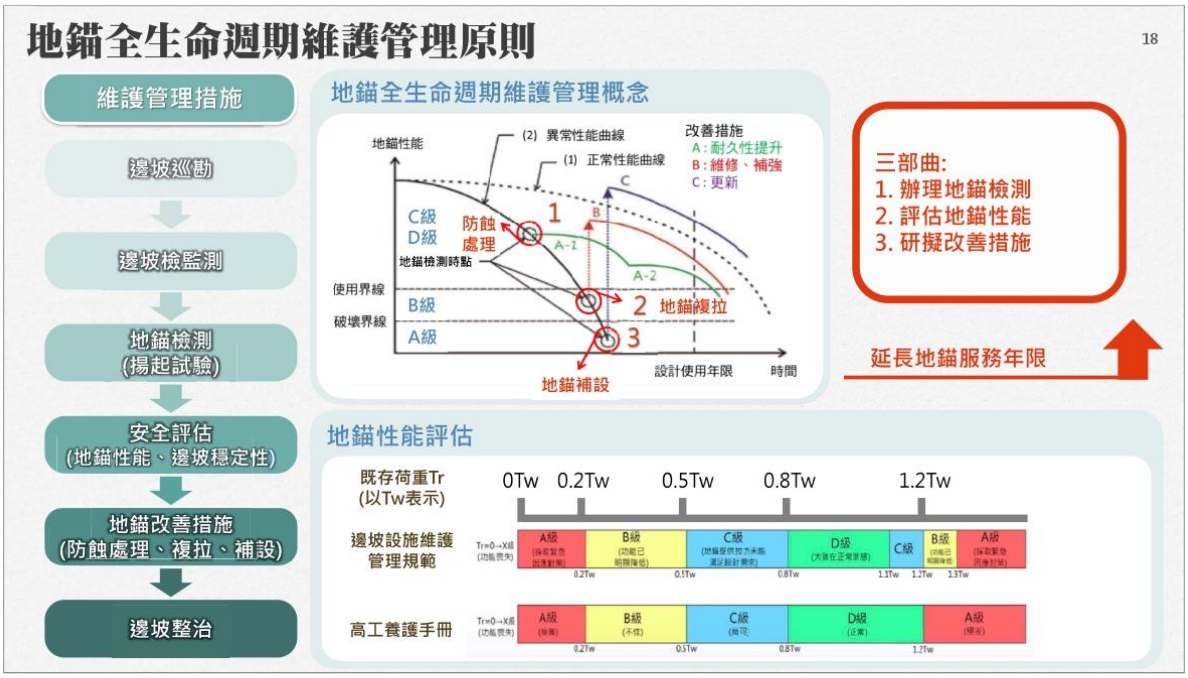
新式地錨

修訂 預力地錨標準圖說
調整 預力地錨府頒單價
協助 編修地錨施工規範
提升 永久性地錨防蝕技術

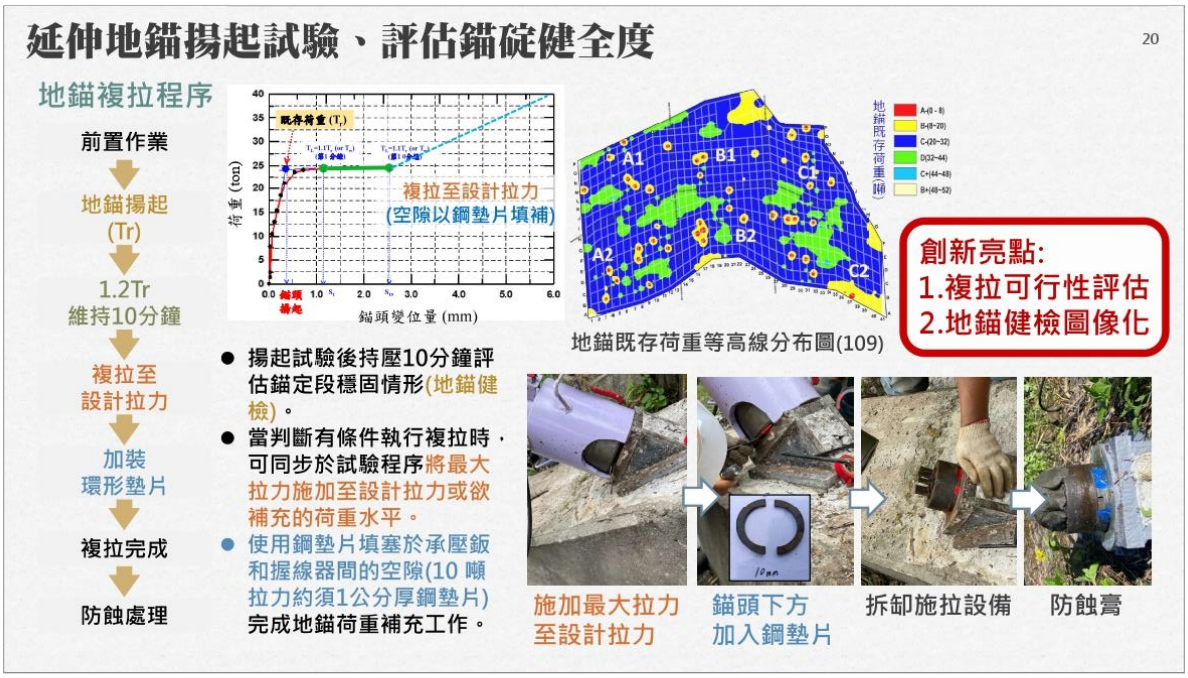
多元化觀測系統、全面掌握邊坡狀況

多元化觀測

全面 D-InSAR查看坡面變化
定期 巡勘觀測掌握變異
細微 電子式荷重計、簡易式量測、光纖光柵地錨荷重計追蹤地錨預力變化

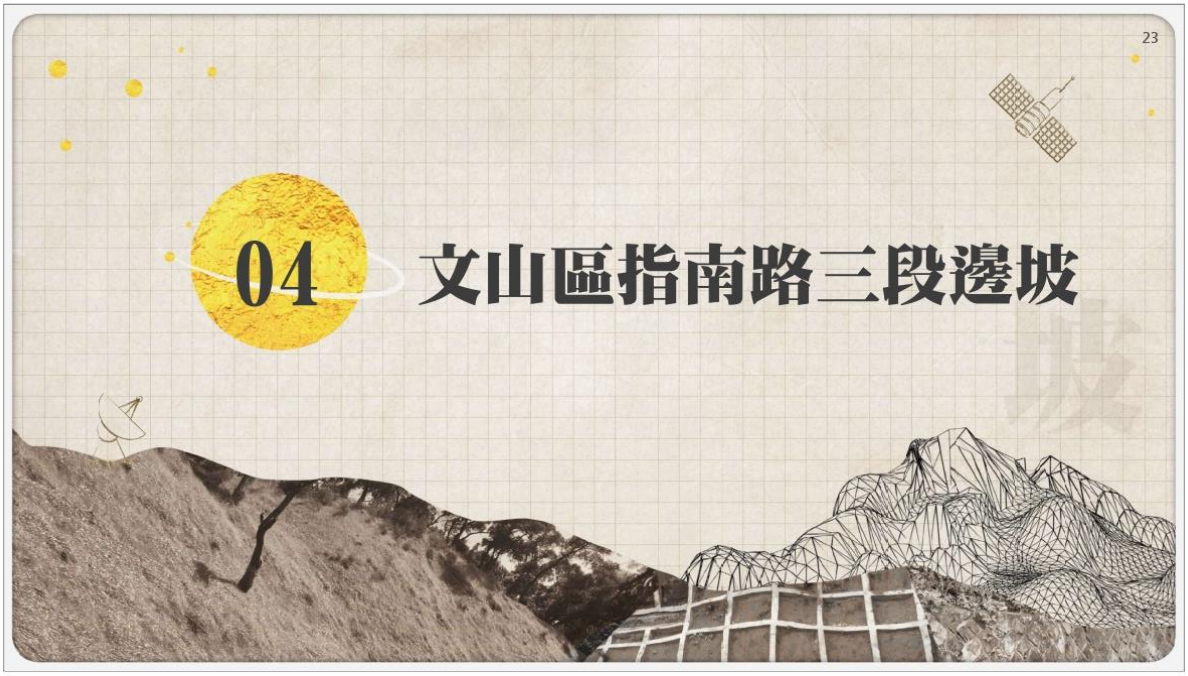

地錨全生命週期維護管理原則
18
維護管理措施
邊坡巡勘
邊坡檢監測
地錨檢測
(揚起試驗)
安全評估
(地錨性能、邊坡穩定性)
地錨改善措施
(防蝕處理、複拉、補設)
邊坡整治
地錨全生命週期維護管理概念
地錨性能
(2) 異常性能曲線
(1) 正常性能曲線
改善措施
A：耐久性提升
B：維修、補強
C：更新
C級
D級
防蝕
處理
地錨檢測時點
使用界線
B級
破壞界線
A級
A-1
A-2
地錨複拉
地錨補設
設計使用年限
時間
三部曲:
1. 辦理地錨檢測
2. 評估地錨性能
3. 研擬改善措施
延長地錨服務年限
地錨性能評估
既存荷重Tr
(以Tw表示)
0Tw
0.2Tw
0.5Tw
0.8Tw
1.2Tw
邊坡設施維護
管理規範
高工養護手冊

新式全浪管預力地錨、加強防蝕保護
19
一般地錨
永久性地錨1.0
國內常見傳統預力地錨
錨頭段
封漿器
錨碇段浪管
封漿器
自由段護管
地錨導尖開口
錨頭及錨頭下方
無防蝕保護
易造成鏽蝕
防止在錨碇段浪管內
部灌漿時，水泥漿流
入自由段護管內
防蝕效果有限
地錨孔灌漿
可能沿此路徑將地
下水由鋼絞線往上
吸造成鋼腱鏽蝕
新式全浪管預力地錨
密合防蝕阻絕水氣
熱縮管增加防水
錨頭段
補漿檢視加強
防水防蝕
自由段
錨定段
熱縮管
全浪管構件
銜接段熱縮管
砂漿加固
閉口導尖
阻孔內水入侵
錨頭段
暫置防蝕保護
鐵管確保內部
灌漿管功能
全浪管式地錨材料組成

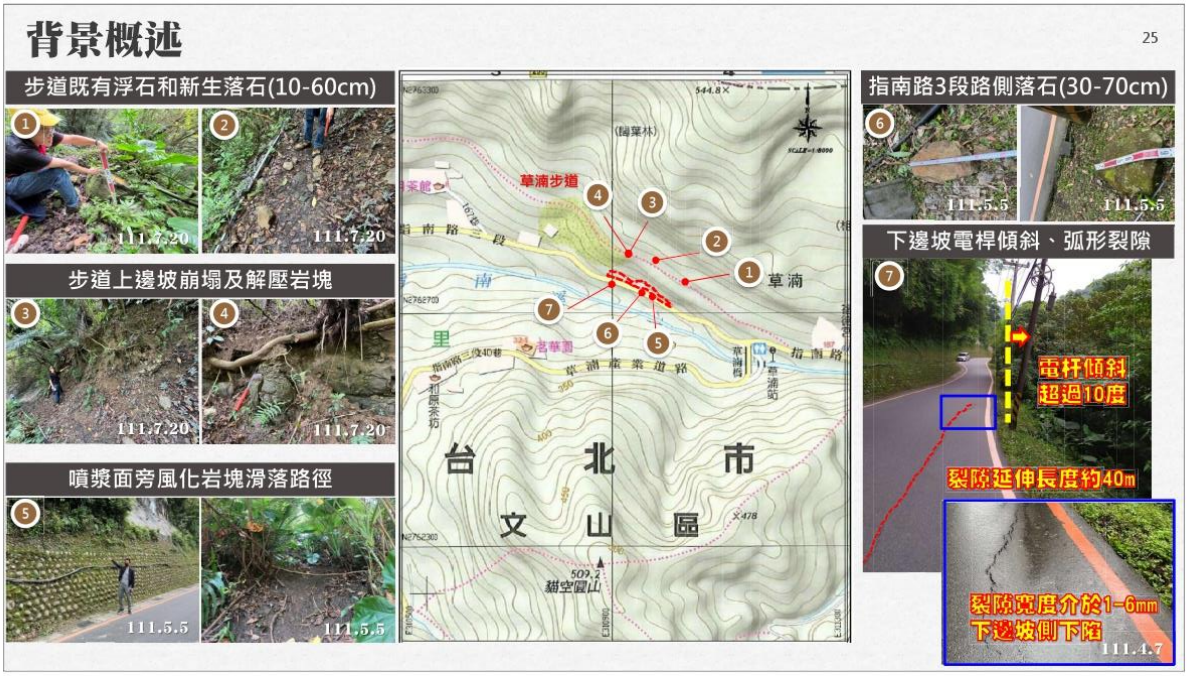

延伸地錨揚起試驗、評估錨碇健全度
20
地錨複拉程序
前置作業
地錨揚起 (Tr)
1.2Tr 維持10分鐘
複拉至設計拉力
加裝環形墊片
複拉完成
防蝕處理
既存荷重 (Tr)
複拉至設計拉力
(空隙以鋼墊片填補)
荷重 (ton)
錨頭變位量 (mm)
錨頭揚起
A1
B1
C1
A2
B2
C2
地錨既存荷重等高線分布圖(109)
創新亮點:
1.複拉可行性評估
2.地錨健檢圖像化
● 揚起試驗後持壓10分鐘評估錨定段穩固情形(地錨健檢)。
● 當判斷有條件執行複拉時，可同步於試驗程序將最大拉力施加至設計拉力或欲補充的荷重水平。
● 使用鋼墊片填塞於承壓鈑和握線器間的空隙(10 噸拉力約須1公分厚鋼墊片)完成地錨荷重補充工作。
施加最大拉力至設計拉力
錨頭下方加入鋼墊片
拆卸施拉設備
防蝕膏

多元化觀測系統、全面掌握邊坡狀況
21
多元化觀測
D-InSAR
範圍大
具週期性
光纖光柵地錨荷重計(3處)
精度高
耐候性佳
簡易式量測(3處) 一支鋼絞線不上夾片
內化構件
人工量測
簡單判讀
電阻式地錨
荷重計(18組)
光纖光柵地錨荷重計監測箱

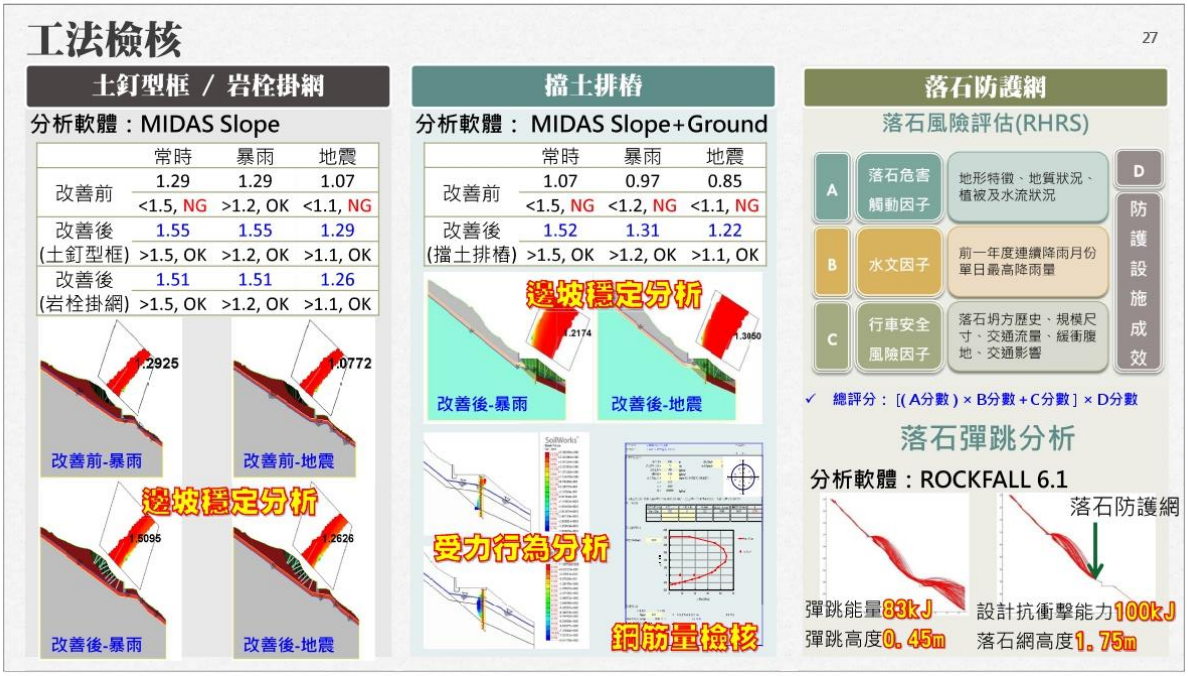
111年度大地工程技術獎—技術創新獎
22
第十四屆第一次會員大會暨專題演講
111年度大地工程技術創新獎
得獎單位：臺北市政府工務局大地工程處(圍30)
112.04.08
112.04.08
受邀至大地工程學會進行專題演講
地工技術
SINO-GEOTECHNICS 173
貓纜T16塔柱下邊坡整治後之地錨荷重觀測和預力複拉
A1 B1 C1
A2 B2 C2
112年4月8日於中華民國大地工程學會授獎
111/9發表期刊論文

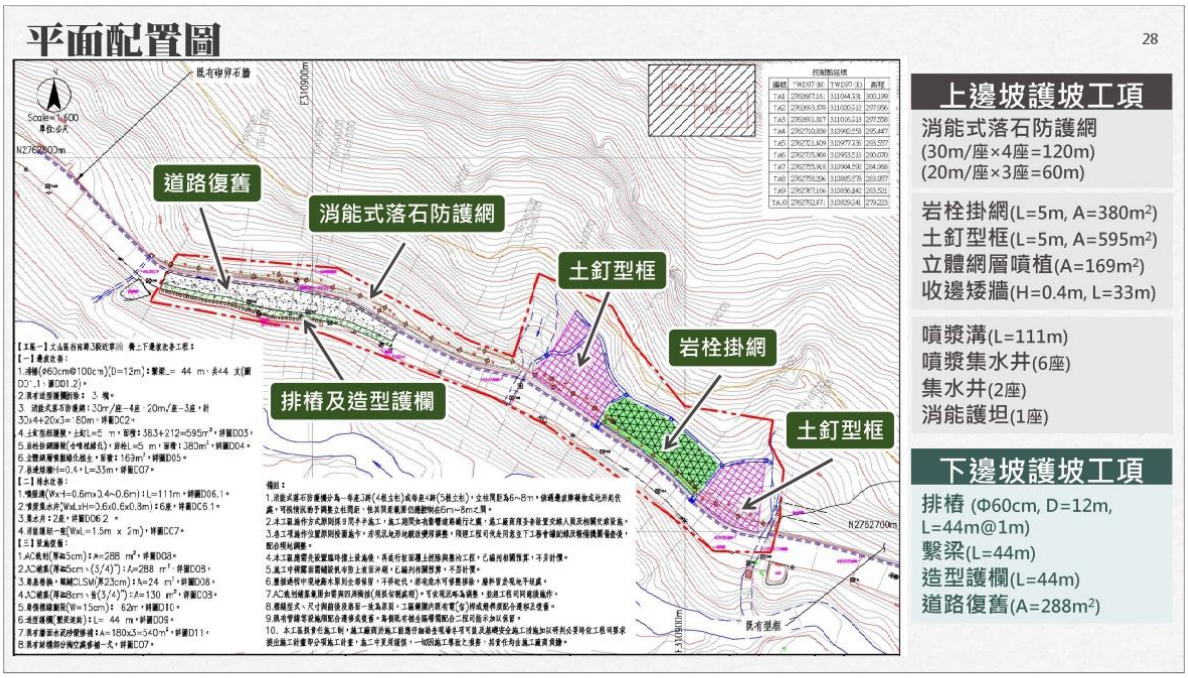

23
04
文山區指南路三段邊坡

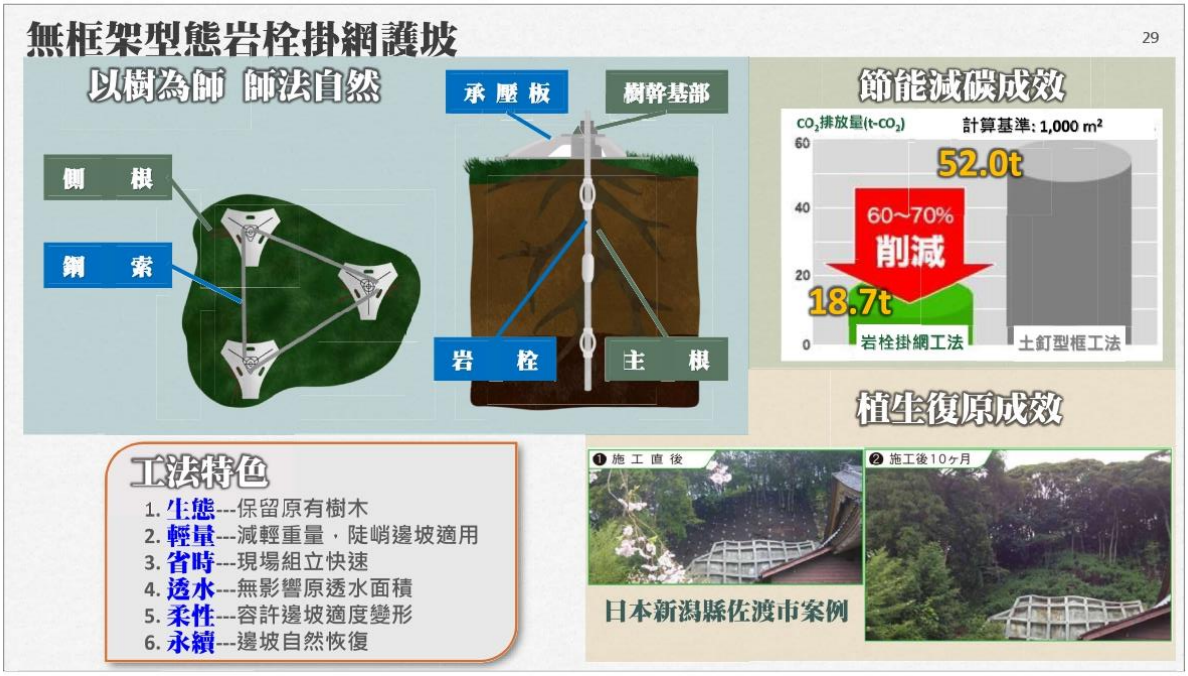
背景概述
24
108年緊急通報落石及處理
108.5.13
108.5.13
109年上邊坡崩塌及處理
109.3.13
109.3.14
109年二次崩落岩塊及處理
109.3.29
109.3.29
災害熱區
草滿步道
草滿
台北市
文山區
109年緊急搶修-噴凝土
109.4.2
前期崩塌坡面整治-防落石柵
111.4.2

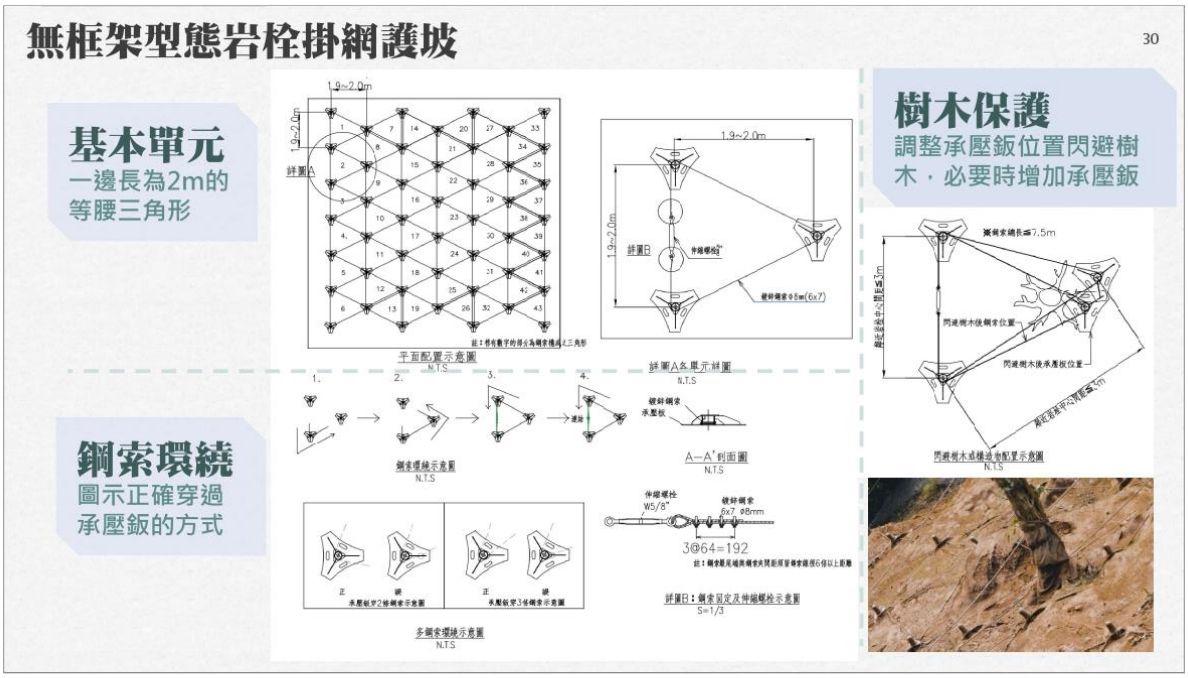

背景概述
25
步道既有浮石和新生落石(10-60cm)
111.7.20
111.7.20
步道上邊坡崩塌及解壓岩塊
111.7.20
111.7.20
噴漿面旁風化岩塊滑落路徑
111.5.5
111.5.5
草滿步道
草滿
台北市
文山區
指南路3段路側落石(30-70cm)
111.5.5
111.5.5
下邊坡電桿傾斜、弧形裂隙
電杆傾斜
超過10度
裂隙延伸長度約40m
裂隙寬度介於1~6mm
下邊坡側下陷
111.4.7

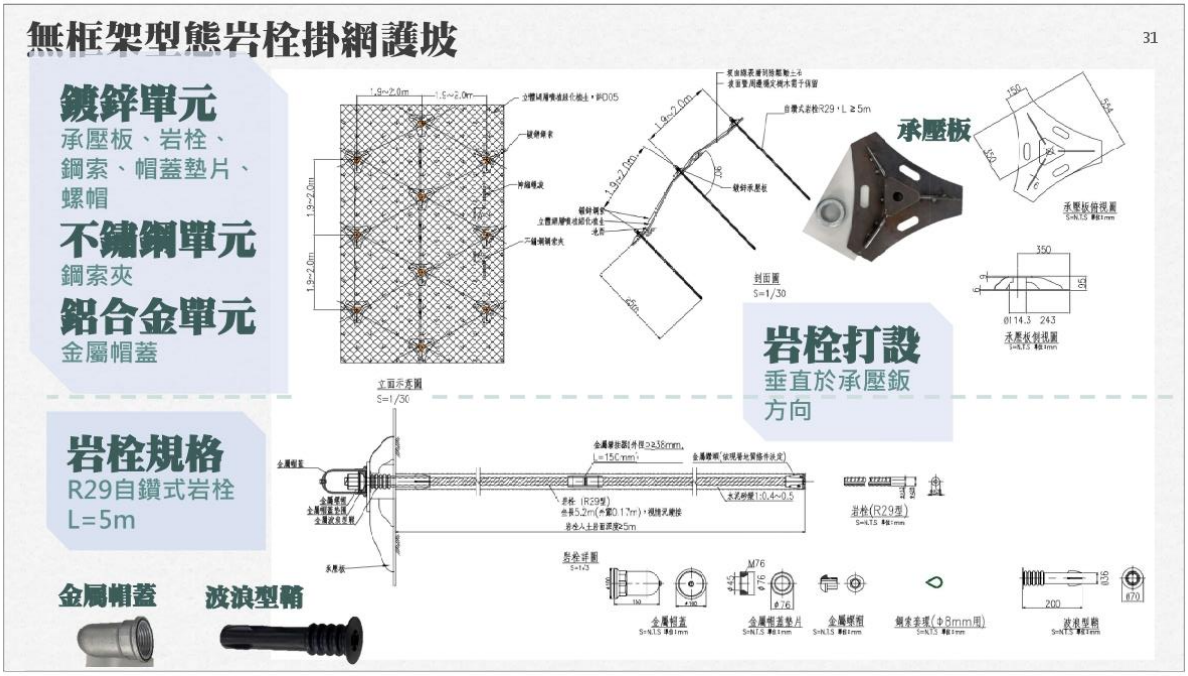
複合破壞機制研判
26
區位
課題
對策
工法
上邊坡
100.3.13
表層不穩
有多次邊坡崩塌紀錄、採噴凝土搶災
表層加固
淺中層抑止工法
增加地層韌性
土釘型框
岩栓掛網
110.2.21
風化浮石
多次落石通報紀錄
攔阻設施
減少坡面擾動
被動落石攔阻
落石防護網
下邊坡
111.5.5
弧形裂隙
潛在滑動面
地層破碎
表土潛移影響
下邊坡
穩固設施
道路側下方高保全
下坡路基中層滑動
工法避免邊坡致災
擋土排樁


工法檢核
27
土釘型框 / 岩栓掛網
分析軟體：MIDAS Slope
常時 暴雨 地震
改善前 1.29 1.29 1.07
<1.5, NG >1.2, OK <1.1, NG
改善後 (土釘型框) 1.55 1.55 1.29
>1.5, OK >1.2, OK >1.1, OK
改善後 (岩栓掛網) 1.51 1.51 1.26
>1.5, OK >1.2, OK >1.1, OK
1.2925
1.0772
改善前-暴雨
改善前-地震
邊坡穩定分析
1.5095
1.2626
改善後-暴雨
改善後-地震
擋土排樁
分析軟體： MIDAS Slope+Ground
常時 暴雨 地震
改善前 1.07 0.97 0.85
<1.5, NG <1.2, NG <1.1, NG
改善後 (擋土排樁) 1.52 1.31 1.22
>1.5, OK >1.2, OK >1.1, OK
邊坡穩定分析
1.2174
1.3850
改善後-暴雨
改善後-地震
受力行為分析
鋼筋量檢核
落石防護網
落石風險評估(RHRS)
A 落石危害 觸動因子
地形特徵、地質狀況、植被及水流狀況
B 水文因子
前一年度連續降雨月份單日最高降雨量
C 行車安全 風險因子
落石坍方歷史、規模尺寸、交通流量、緩衝腹地、交通影響
D 防護設施成效
✓ 總評分：[(A分數)×B分數+C分數]×D分數
落石彈跳分析
分析軟體：ROCKFALL 6.1
落石防護網
彈跳能量83kJ
彈跳高度0.45m
設計抗衝擊能力100kJ
落石網高度1.75m


平面配置圖
28
道路復舊
消能式落石防護網
土釘型框
岩栓掛網
排樁及造型護欄
土釘型框
上邊坡護坡工項
消能式落石防護網
(30m/座×4座=120m)
(20m/座×3座=60m)
岩栓掛網(L=5m, A=380m²)
土釘型框(L=5m, A=595m²)
立體網層噴植(A=169m²)
收邊矮牆(H=0.4m, L=33m)
噴漿溝(L=111m)
噴漿集水井(6座)
集水井(2座)
消能護坦(1座)
下邊坡護坡工項
排樁 (Φ60cm, D=12m, L=44m@1m)
繫梁(L=44m)
造型護欄(L=44m)
道路復舊(A=288m²)


無框架型態岩栓掛網護坡
29
以樹為師 師法自然
承壓板
樹幹基部
側棋
鋼索
岩栓
主棋
節能減碳成效
CO₂排放量(t-CO₂)
計算基準: 1,000 m²
52.0t
60~70%
削減
18.7t
岩栓掛網工法
土釘型框工法
植生復原成效
工法特色
1. 生態---保留原有樹木
2. 輕量---減輕重量，陡峭邊坡適用
3. 省時---現場組立快速
4. 透水---無影響原透水面積
5. 柔性---容許邊坡適度變形
6. 永續---邊坡自然恢復
❶ 施工直後
❷ 施工後10ヶ月
日本新潟縣佐渡市案例


無框架型態岩栓掛網護坡
30
基本單元
一邊長為2m的
等腰三角形
樹木保護
調整承壓鈑位置閃避樹
木，必要時增加承壓鈑
鋼索環繞
圖示正確穿過
承壓鈑的方式
平面配置示意圖
N.T.S
詳圖A各單元詳圖
N.T.S
鋼索環繞示意圖
N.T.S
A—A'剖面圖
N.T.S
多鋼索環繞示意圖
N.T.S
詳圖B：鋼索固定及伸縮螺栓示意圖
S=1/3
閃避樹木或構造物配置示意圖
N.T.S


無框架型態岩栓掛網護坡
31
鍍鋅單元
承壓板、岩栓、
鋼索、帽蓋墊片、
螺帽
不鏽鋼單元
鋼索夾
鋁合金單元
金屬帽蓋
承壓板
立面示意圖
S=1/30
剖面圖
S=1/30
岩栓打設
垂直於承壓鈑
方向
岩栓規格
R29自鑽式岩栓
L=5m
金屬帽蓋
波浪型鞘

擋土排樁—價值工程

32

邊坡穩定分析

安全係數對照表

分析情境	常時	暴雨	地震
規範要求	1.50	1.20	1.10
原地形	1.44(NG)	1.06(NG)	1.07(NG)
間距1.0m	1.87	1.51	1.38
間距1.2m	1.78	1.42	1.31
間距1.4m	1.71	1.36	1.26
間距1.6m	1.66	1.31	1.23

基樁受力分析-剪力

基樁剪力對照表(單位: tf)

分析情境	常時	暴雨	地震
容許值	18.81	18.81	18.81
原地形	-	-	-
間距1.0m	1.73	1.33	4.34
間距1.2m	2.30	1.78	11.78
間距1.4m	3.14	2.32	15.67
間距1.6m	4.11	3.02	19.94(NG)

基樁受力分析-彎矩

基樁彎矩對照表(單位: tf-m)

分析情境	常時	暴雨	地震
容許值	27.7	27.7	27.7
原地形	-	-	-
間距1.0m	4.60	3.47	11.10
間距1.2m	6.06	4.55	27.22
間距1.4m	7.64	5.70	35.43(NG)
間距1.6m	9.33	6.91	44.27(NG)

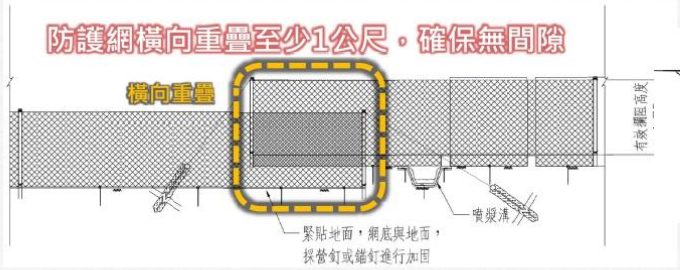
評估結果說明

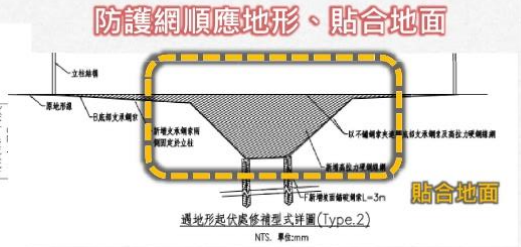
- 內湖路1段91巷218號邊坡現況之安全係數均低於規範要求，顯示需進行必要之整治工程。
- 由貫入深度檢核，本工區排樁長度建議採10m。
- 規設階段所採排樁間距1.0m，建議可適度放寬至1.2m。
  - 排樁間距為1.0m及1.2m，均符合相關規範及設計要求。
  - 排樁間距為1.4m，基樁所受彎矩將超過容許值。
  - 排樁間距為1.6m，基樁所受剪力及彎矩均超過容許值。

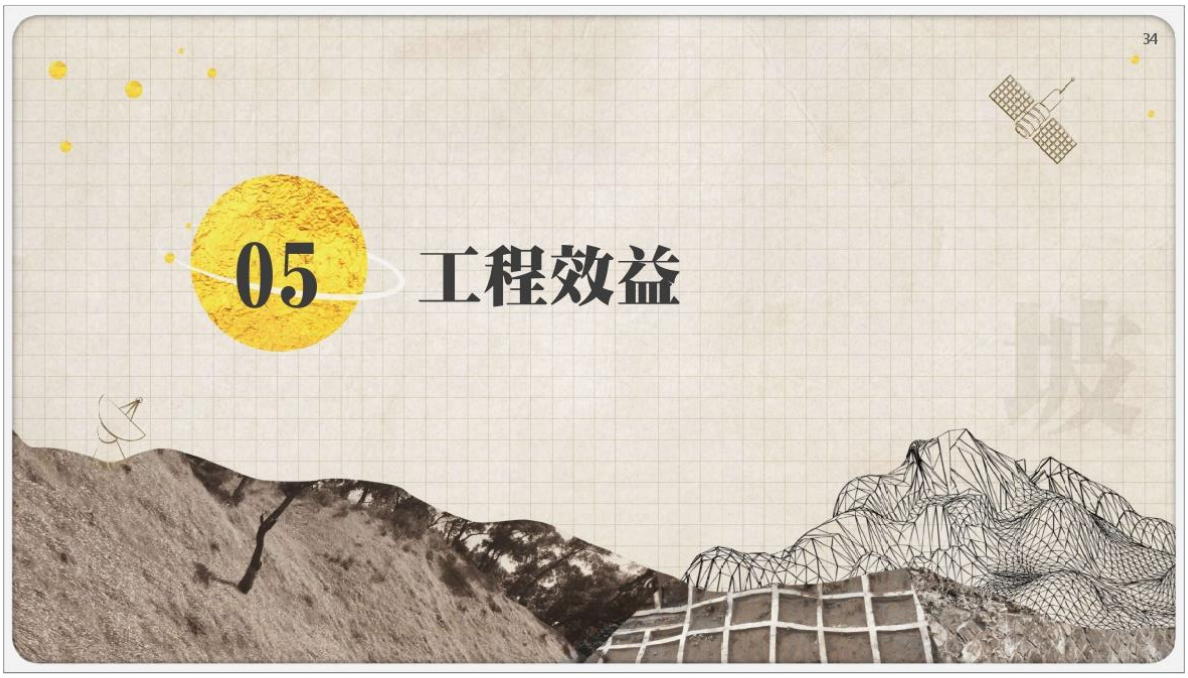
節省151萬工程費

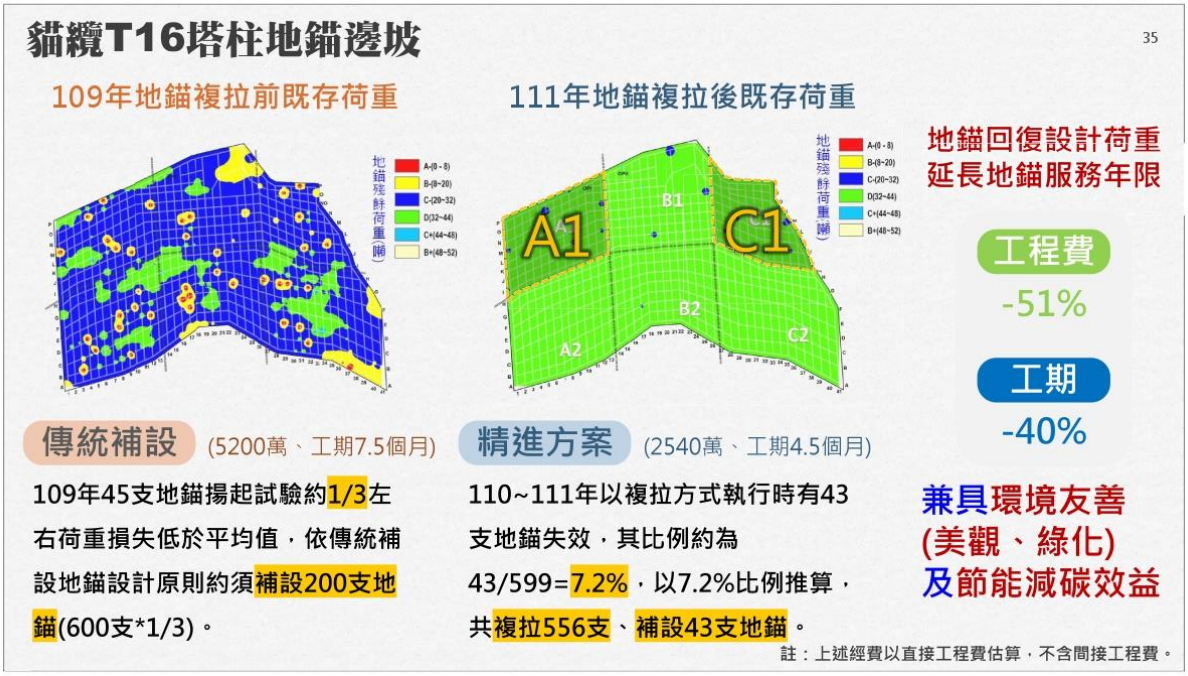
消能式落石防護網—精進設計

33






34
05
工程效益


貓纜T16塔柱地錨邊坡
35
109年地錨複拉前既存荷重
111年地錨複拉後既存荷重
地錨殘餘荷重(噸)
A-(0~8)
B-(8~20)
C-(20~32)
D(32~44)
C+(44~48)
B+(48~52)
A1
B1
C1
A2
B2
C2
地錨回復設計荷重
延長地錨服務年限
工程費
-51%
工期
-40%
傳統補設 (5200萬、工期7.5個月)
109年45支地錨揚起試驗約1/3左右荷重損失低於平均值，依傳統補設地錨設計原則約須補設200支地錨(600支*1/3)。
精進方案 (2540萬、工期4.5個月)
110~111年以複拉方式執行時有43支地錨失效，其比例約為43/599=7.2%，以7.2%比例推算，共複拉556支、補設43支地錨。
兼具環境友善
(美觀、綠化)
及節能減碳效益
註：上述經費以直接工程費估算，不含間接工程費。

文山區指南路三段邊坡
36
創新、挑戰、周延
1. 以岩栓掛網工法取代土釘型框護坡，透過減少混凝土使用量，大幅減少13.12 T-CO2e碳排量。
2. 岩栓掛網工法之岩釘施工困難度較高，採取大量人力克服施作，並將保留樹木做好完善樹木保護措施達到生態與工程雙贏。
3. 為求良好施工品質，建議施工廠商邀請日方資深經理至工區進行技術指導，並提交維護管理手冊以利後續維護管理。
4. 精進措施：輔以立體網並噴灑混合草籽之植生基材，加速植生演育。
減碳方案
減碳量
岩栓掛網取代土釘型框
13.12 T-CO2e
樹木保護措施
無框架工法
維護管理手冊
施工中
112.8.26
竣工時
112.12.8
竣工後3個月
113.2.20

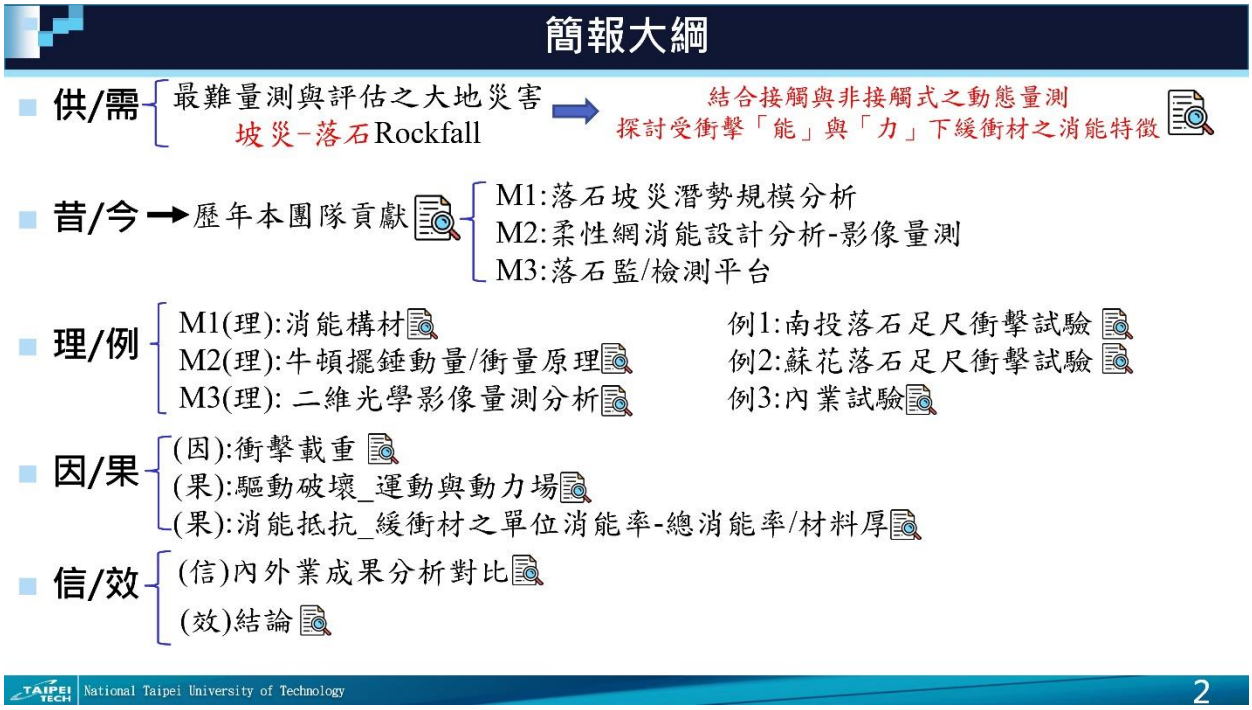
37
Arbel
亞柏榮耀
Engineering Consultants, Company Ltd
近5年查核平均
84.9分
累積獎座肯定
54座
豐富工作經驗
20年
山坡地邊坡設計監造、緊急搶災、敏感區調查、地錨補強
金質獎
・110年 橡膠瀝青道路 佳作
・111年 小觀音山木棧道 特優
(水源町公園)
・104年 仙樹公園 優等
公共工程卓越獎
113年 文山區指南路三段邊坡
112年 貓纜T16塔柱地錨邊坡
111年 內湖區康寧天闊地錨擋土牆
110年 山區道路改善及維護工程(第二期)
109年 山區道路改善及維護工程
108年 山區道路改善工程
國家卓越建設獎
優質獎
IFLA國際景觀大賞
佳作獎
...more

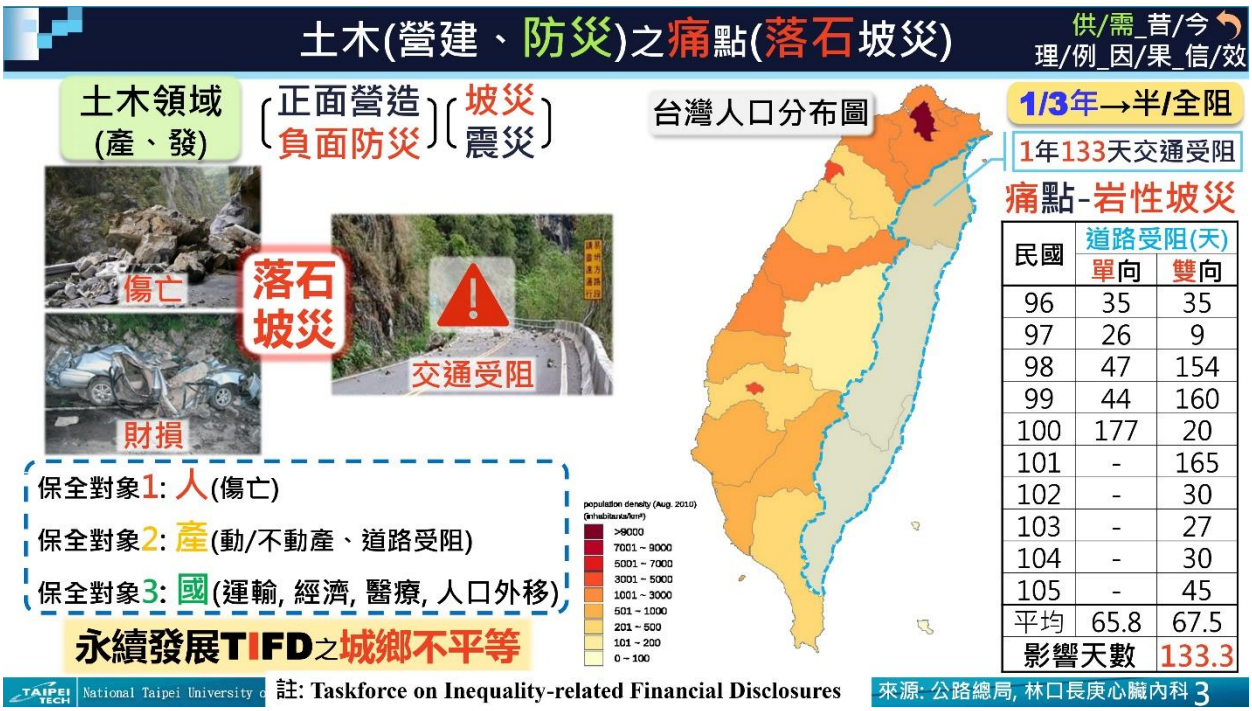
臺北市政府工務局大地工程處
THE END
簡報結束 敬請指教
亞柏技術顧問股份有限公司

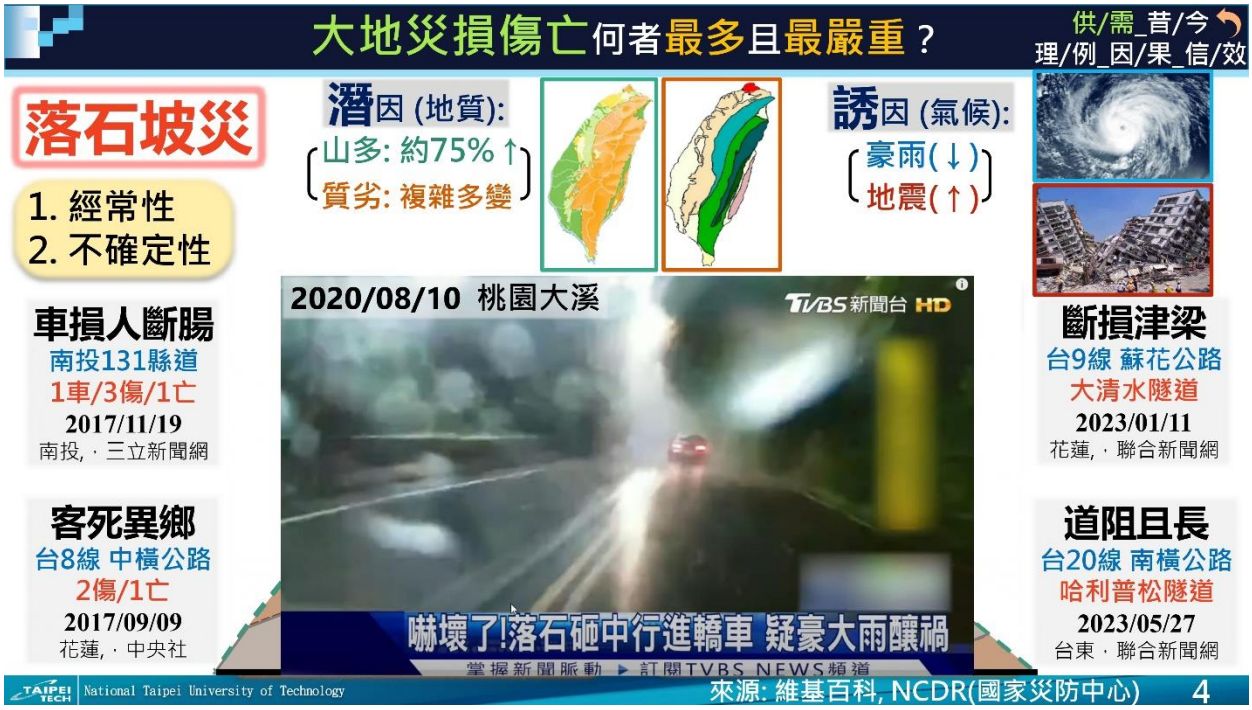
道路落石防護之研究

主講人：台北科技大學 陳立憲教授

台日EPS應用與落石防災國際研討會
暨台灣EPS土木施工法協會第四屆第三次會員大會
M1+M2
EPS於落石衝擊緩衝之驗效
M3(D2+D3)
兼顧快與準之動態影像判識之
D3
智化物聯網
於
M1+M2
落石坡災
D2
之即時告警與運動/動力場研析
M1+M2: Material + Method
M3: Measure/ Monitor
D2: Data Analysis
D3: Database/ Data Mining
講者：陳立憲 博士
TAIPEI TECH 國立臺北科技大學 National Taipei University of Technology
2024/10/21


簡報大綱
供/需
最難量測與評估之大地災害
坡災-落石Rockfall
結合接觸與非接觸式之動態量測
探討受衝擊「能」與「力」下緩衝材之消能特徵
昔/今
歷年本團隊貢獻
M1:落石坡災潛勢規模分析
M2:柔性網消能設計分析-影像量測
M3:落石監/檢測平台
理/例
M1(理):消能構材
M2(理):牛頓擺錘動量/衝量原理
M3(理): 二維光學影像量測分析
例1:南投落石足尺衝擊試驗
例2:蘇花落石足尺衝擊試驗
例3:內業試驗
因/果
(因):衝擊載重
(果):驅動破壞_運動與動力場
(果):消能抵抗_緩衝材之單位消能率-總消能率/材料厚
信/效
(信)內外業成果分析對比
(效)結論
TAIPEI TECH National Taipei University of Technology
2


土木(營建、防災)之痛點(落石坡災)
供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效
土木領域
(產、發)
正面營造
負面防災
坡災
震災
傷亡
財損
落石
坡災
交通受阻
保全對象1: 人(傷亡)
保全對象2: 產(動/不動產、道路受阻)
保全對象3: 國(運輸, 經濟, 醫療, 人口外移)
永續發展TIFD之城鄉不平等
台灣人口分布圖
population density (Aug. 2010)
(inhabitants/km²)
>9000
7001 ~ 9000
5001 ~ 7000
3001 ~ 5000
1001 ~ 3000
501 ~ 1000
201 ~ 500
101 ~ 200
0 ~ 100
1/3年→半/全阻
1年133天交通受阻
痛點-岩性坡災
民國 | 道路受阻(天) 單向 | 雙向
96 | 35 | 35
97 | 26 | 9
98 | 47 | 154
99 | 44 | 160
100 | 177 | 20
101 | - | 165
102 | - | 30
103 | - | 27
104 | - | 30
105 | - | 45
平均 | 65.8 | 67.5
影響天數 | 133.3
TAIPEI TECH National Taipei University of
註: Taskforce on Inequality-related Financial Disclosures
來源: 公路總局, 林口長庚心臟內科
3


大地災損傷亡何者最多且最嚴重？
供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效
落石坡災
1. 經常性
2. 不確定性
潛因 (地質):
山多: 約75%↑
質劣: 複雜多變
誘因 (氣候):
豪雨(↓)
地震(↑)
2020/08/10 桃園大溪
TVBS新聞台 HD
嚇壞了!落石砸中行進轎車 疑豪大雨釀禍
掌握新聞脈動 ▶ 訂閱TVBS NEWS頻道
車損人斷腸
南投131縣道
1車/3傷/1亡
2017/11/19
南投, · 三立新聞網
客死異鄉
台8線 中橫公路
2傷/1亡
2017/09/09
花蓮, · 中央社
斷損津梁
台9線 蘇花公路
大清水隧道
2023/01/11
花蓮, · 聯合新聞網
道阻且長
台20線 南橫公路
哈利普松隧道
2023/05/27
台東 · 聯合新聞網
TAIPEI TECH National Taipei University of Technology
來源: 維基百科, NCDR(國家災防中心)
4

傷亡狀況-16死/1,155傷

參考: 內政部消防署

縣市	死亡人數	受傷人數
新北市		292
花蓮縣	16	251
臺中市		38
宜蘭縣		81
南投縣		10
屏東縣		1
苗栗縣		16
嘉義市		4
嘉義縣		1
桃園市		127
基隆市		18
臺北市		215
高雄市		2
新竹縣		30
新竹市		43
彰化縣		20
臺東縣		3
雲林縣		3
合計	16	1,155

排序	地點	死亡人數
1	台8線183K，刷坡工程人員遭落石砸中	1
2	台8線181.5K開車遭落石砸中	1
3	秀林鄉富世得卡倫步道300公尺處1行7人遭落石砸傷，3死	3
4	欣欣和仁礦區	1
5	秀林鄉大清水休憩區（台9線161.3K）小客車	1
6	秀林鄉	1
7	天	
8	小	
9	砂	

	因落石致死	其他
比例(%)	94	6

昔/今: 歷年相關創新研用

供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

類別	團隊內外	年分	屬性	題目	作者	連結
碩士論文	內	**2015**	**M1**	**發泡聚苯乙烯(EPS)作為明隧道落石緩衝消能構材之成效驗證**	**李建輝**	🔗
		2015	**M1**	**多功能牛頓擺錘結合影像分析於防落石衝擊構材之初探**	**陳勛銓**	🔗
		2017	M1	研製牛頓擺錘機構驗證發泡無機聚合材之落石衝擊消能效果暨其複合型非破壞檢測	林哲毅	
		2017	M1	多功能牛頓擺錘衝擊試驗儀與多重物理檢測於落石消能材料之驗效	許嘉勛	
		2019	M1	以牛頓擺錘衝擊試驗儀驗證水庫淤泥發泡無機聚合材之落石衝擊消能效果暨其複合型檢測	戴君霖	
		2019	M1	以牛頓擺錘衝擊試驗儀驗證下水污泥發泡無機聚合材之落石衝擊消能效果暨其多重物理檢測	游喬安	
		2020	**M1**	**以聲-光非破壞檢測估算落石坡災潛勢暨其柔性網設計-以原址足尺三案場為例**	**田　珉**	🔗
		2020	**M2**	**以動態光學影像估算運動與動力分析於落石坡災緩衝網之研調-南投原址足尺試驗為例**	**王又德**	🔗
		2020	**M3**	**物聯網於永續韌性城市之研用-以建置坡災監測與綠智營建平台為例**	**劉得臣**	🔗
		2023	**M3**	**整合一維與二維時空資訊之智化物聯網於落石坡災之研用**	**邱苣富**	🔗
		2024	**M1**	**震測法於岩坡落石潛勢之現場調研暨其牛頓擺於衝擊消能防護之實驗估量**	**李文甄**	🔗
	外	2016	M2	建構立體數位影像相關法之基礎理論並應用於結構靜態與動態三維變形精密測量	陳亮至	
		2024	M2	明隧道之二維鋼構架有限元素非線性分析	王暐智	
專題報告	內	2024	M2	結構動力分析與設計於傳統明隧道之檢討與芻議	高筠筑	
			M3	耦合體-表波之非破壞檢測技術(NDTs)於RC構材之諸項弱化判識	陳映璇 王尹蓁	
			M1	兼容去化汙泥與去水泥化之綠建材於韌性防災的永續當用	江詠祺 陳怡君 謝亭芸	

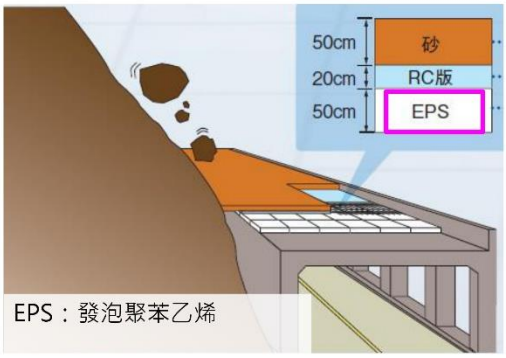
理/例:消能構材(M1)

供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

行 救災落石明隧道

本研究以M1發泡聚苯乙烯_EPS/無機大地聚合M2牛頓擺消能率實驗

三層式緩衝明隧道構造(JSP株式會社)



衝擊能量75%OFF

[岩土]

$$\text{衝擊能量}E=(1+\beta)\left(1-\frac{\mu}{\tan\theta}\right)mgh$$

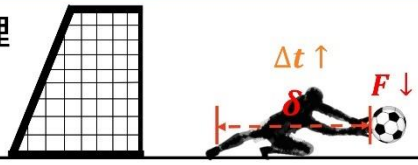
$$\text{衝擊力}P=2.108(mg)^{2/3}(\lambda)^{2/5}(h)^{3/5}$$

β:旋轉與平移運動能量之比值 μ:摩擦係數
m:落石質量 λ: 拉梅常數 θ:坡角 h:落距(m)
(日本落石對策便覽，2000)

理/例:牛頓擺錘動量/衝量原理(M2)

供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

衝擊原理



Δt增加，F降低

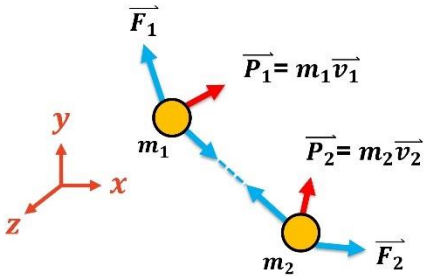
動量：$P=mv$

衝量：$J=\Delta P=F\Delta t=m\Delta v$

m：質量，v：速度
F：衝擊力，Δt：作用時間

動量守恆定律:
假設質點之初、末速已知，則:

$$\overrightarrow{P_1}+\overrightarrow{P_2}=m_1\overrightarrow{v_1}+m_2\overrightarrow{v_2}$$



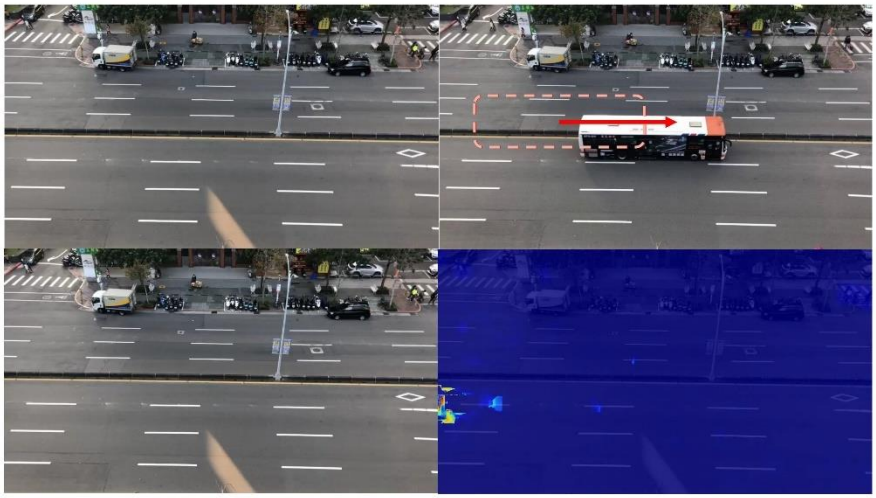
互為影響之兩質點: $\overrightarrow{F_{12}}=-\overrightarrow{F_{21}}$ (Boresi, 2004)

$\overrightarrow{P_1}$、$\overrightarrow{P_2}$: 動量。 m_1、m_2: 質量。 $\overrightarrow{v_1}$、$\overrightarrow{v_2}$: 初、末速度。

理/例: 二維光學影像量測分析(M3)

供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

光流法 (Optical flow, OF)

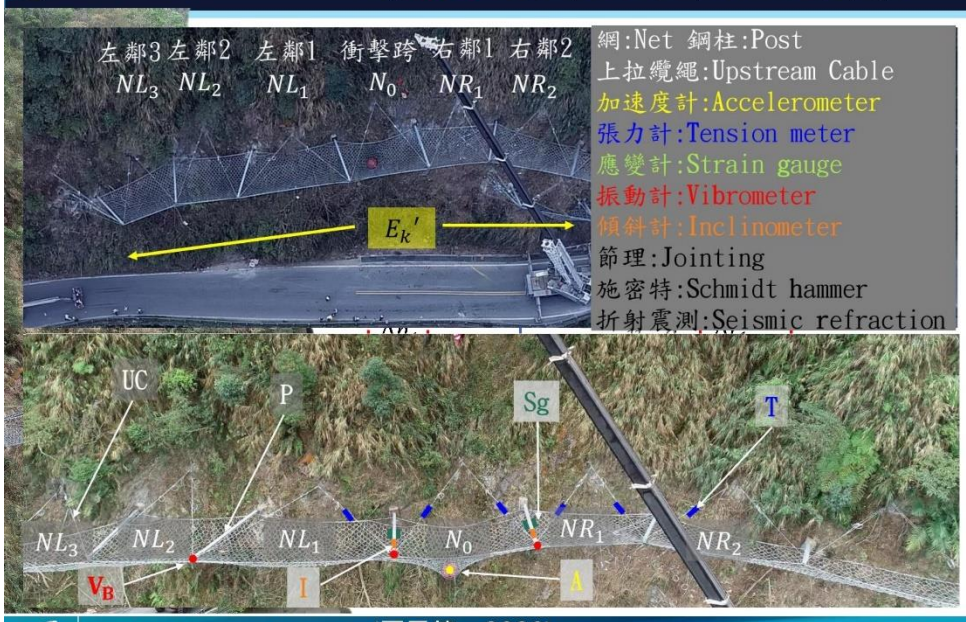


光流場是運動場在二維平面圖像上之投影

National Taipei University of Technology (Black, 1992) 9

理/例1:南投落石足尺衝擊試驗

供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效



National Taipei University of Technology (王又德，2020) 10

理/例2:：蘇花落石足尺衝擊試驗

供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

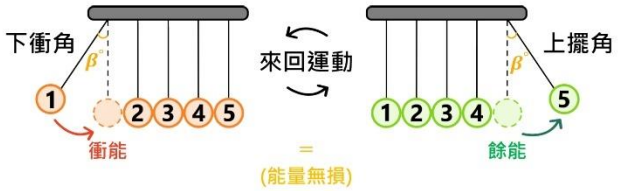
National Taipei University of Technology (田珉，2020) 11

理/例3:內業試驗_牛頓擺錘模型試驗

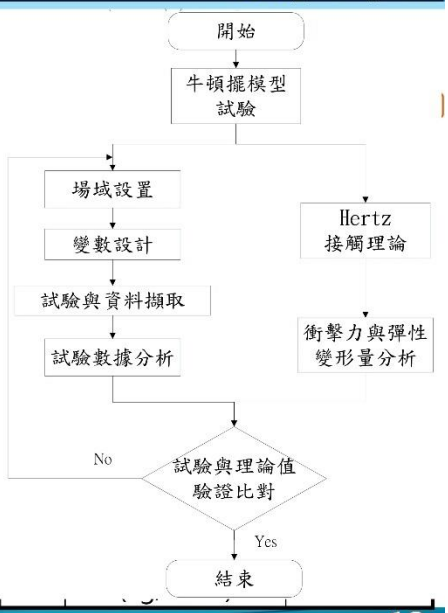
供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

- 牛頓擺錘模型試驗 (Newton Pendulum Model Test, NPMT)
  - 使擺錘做一維彈性碰撞
  - 因動量守恆定律多次來回運動系統無能量損耗，可得多次試驗之平均衝擊力
  - 將消能材(EPS/GEO)放置4、5擺球間，測得消能率。

拍攝範圍



擺球性質	
材質	鋼
楊氏模數 E (GPa)	200 (一般:190~210)
柏松比 μ	0.3



National Taipei University of Technology 12

因/果: 衝擊載重

供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

原址足尺衝擊試驗

$$U_{free-fall} = m \times g \times \Delta h$$

M3 例1　　M3 例2

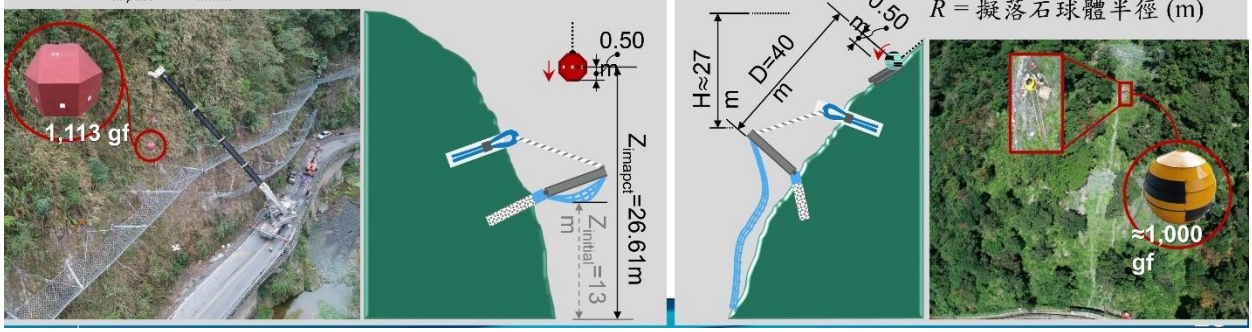
$$U_{roll-off} = \frac{1}{2} m V_i^2 + \frac{1}{2} \times \frac{2}{5} m R^2 \times \left(\frac{V_i}{R}\right)^2$$

$U_{free-fall}$ = 自由落體位能 (J)
m = 擬落石質量 (kgf) = 1113 kgf
$g = a_{free-fall}$ (m/s^2) = 9.81 m/s^2
$\Delta h = Z_{impact} - Z_{initial}$ (m) = 13.61 m

$U_{free-fall}$ = 147.15 kJ

$U_{roll-off}$ = 264.85 kJ

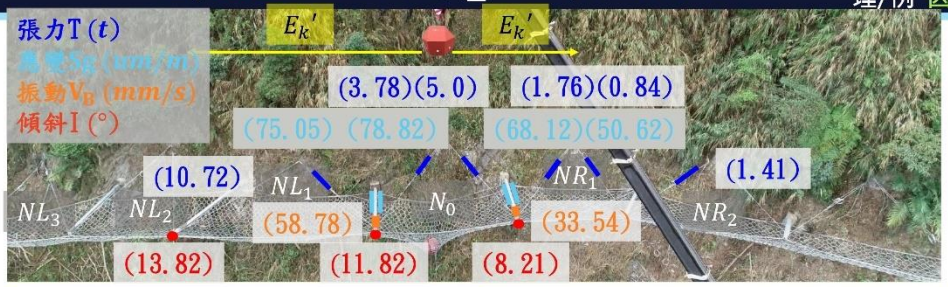
$U_{roll-off}$ = 擬落石滾落位能 (J)
m = 擬落石質量 (kgf)
V_i = 觸網瞬時速度 (m/s)
R = 擬落石球體半徑 (m)

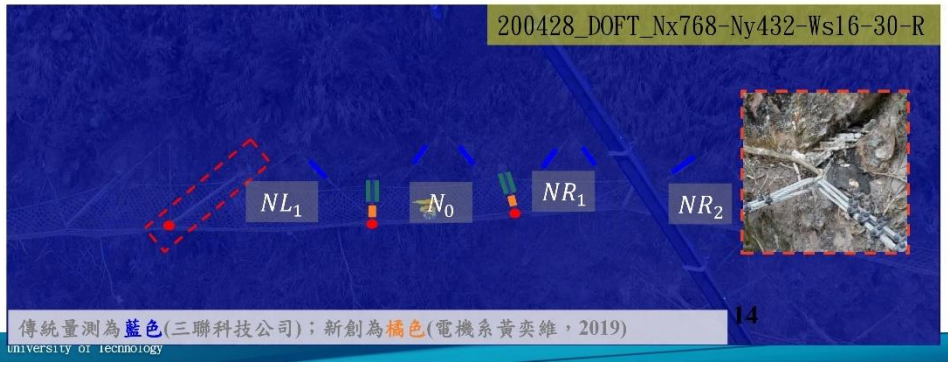


因/果1: 驅動破壞_運動與動力場

供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

運動
變形場

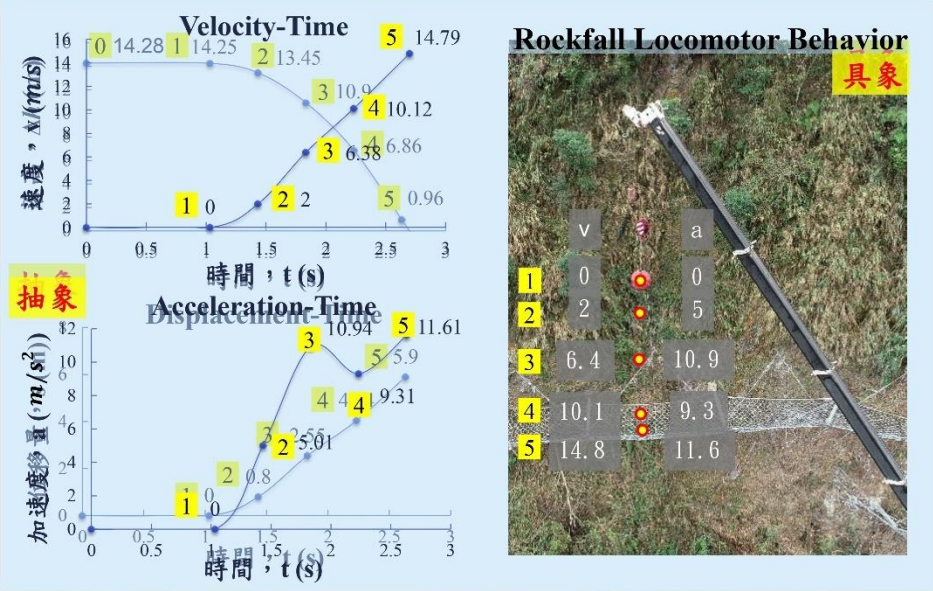




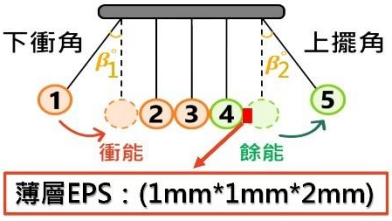
因/果1: 驅動破壞_運動與動力場

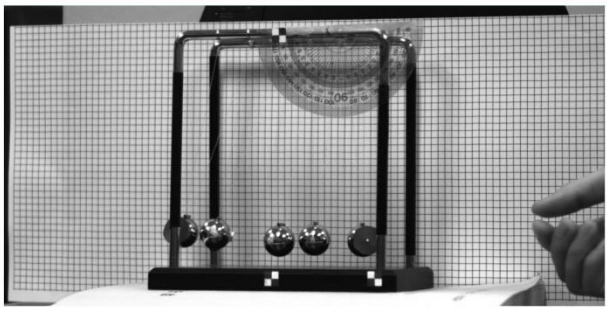
供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

動力
能量場



因/果2: 消能抵抗_緩衝材之單位消能率-總消能率/材料厚





無EPS

試驗 下衝角(°)	影像分析		牛頓擺運動之能量損失(一回運動)
	下衝角(°)	上擺角(°)	
45	40.57	39.21	3.4 %
60	67.3	63.4	5.4 %

有EPS

影像分析		牛頓擺運動之能量損失(一回運動)
下衝角(°)	上擺角(°)	
45	10	80 %
60	15	75 %

信度/效度: 內/外業成果分析對比

供/需_昔/今
理/例_因/果_信/效

無EPS　重力式

陳勁銓，2015

試驗下衝角(°)	影像分析 下衝角(°)	影像分析 上擺角(°)	牛頓擺運動之能量損失(一回運動)
45	40.57	39.21	3.4 %
60	67.3	63.4	5.4 %

邱苣富，2023

試驗下衝角(°)	影像分析 下衝角(°)	影像分析 上擺角(°)	牛頓擺運動之能量損失(一回運動)
45	45.495	42.582	5.8 %

李文甄，2024

試驗下衝角(°)	影像分析 下衝角(°)	影像分析 上擺角(°)	牛頓擺運動之能量損失(一回運動)
30	29.17	28.23	3.2 %
45	45	44	2.2 %

結論

一. 模擬**落石衝擊**與**防護消能**之**試驗新法**

對比**牛頓擺錘**之**實驗**與**理論**(**動量-衝量**)，驗證此法可**測試落石消能構材之力學特徵**

二. **落石緩衝消能構材**之**快速驗效，與費時費力裝置習見之足尺構件相符**

由創新之**牛頓擺錘衝擊**試驗，**EPS**作為**消能構材**之**緩衝消能率達75%以上，與文獻之足尺試驗結果相符**

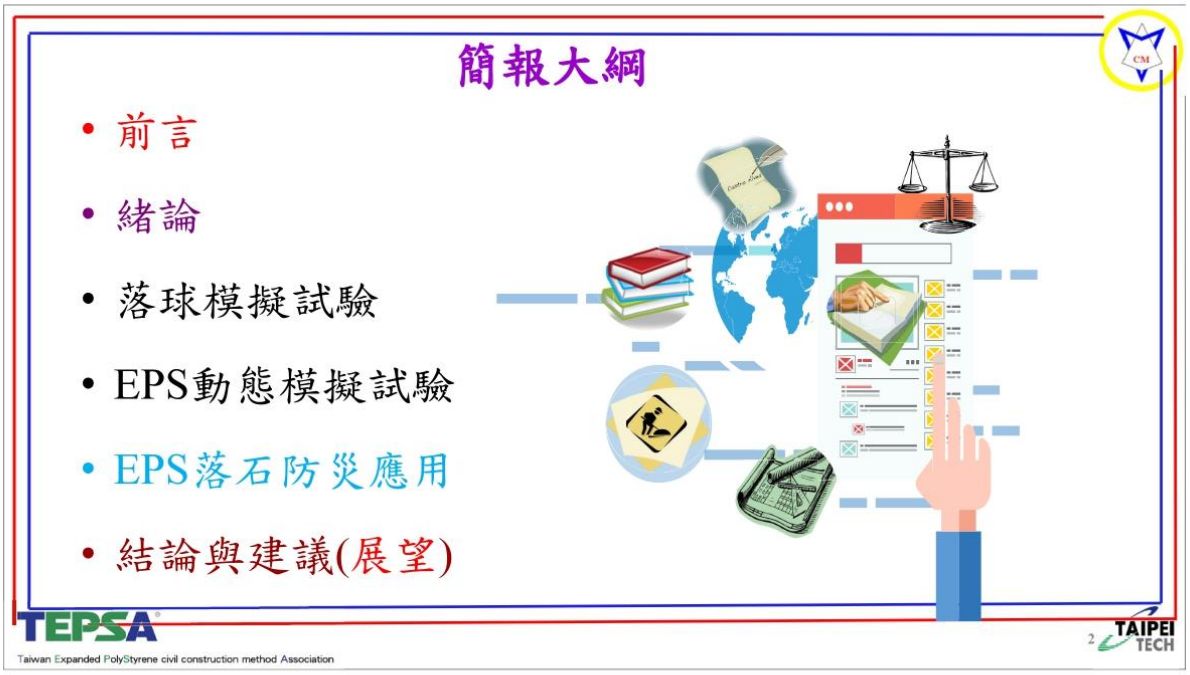
三. **同步耦合接觸**與**非接觸式之自動化監/檢測物聯網即時推播告警系統建置**

1) **接觸式感測**為動態**荷重計**與內嵌式**加速度規**
2) **非接觸式感測**為(光學/聲學)
3) **全域**分析能量消散趨勢(波傳型**落石網變位**)，**局部**元件檢測破壞(**錨碇變形/鬆脫**)
4) 推估**落石衝擊能量與攔網變形**，檢討**破壞**端與**抵抗**端是否設計合宜
5) 以文獻對比得知: **光流法**於**牛頓擺錘模型試驗**適確可行

EPS 落石之防護與模擬測試研究

主講人：林利國 理事長

台日EPS應用與道路落石防災之國際華語研討會
（台灣EPS土木施工法協會第四屆第三次會員大會）
EPS落石防護與模擬測試研究
林利國 主講
國立臺北科技大學
土木系暨土木與防災研究所兼任教授
兼台灣EPS土木施工法協會理事長
TEPSA
台灣EPS土木施工法協會
TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
1
TAIPEI TECH


簡報大綱
• 前言
• 緒論
• 落球模擬試驗
• EPS動態模擬試驗
• EPS落石防災應用
• 結論與建議(展望)
TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
2
TAIPEI TECH

EPS落石防護與模擬測試研究

前言

一、X建築XX協會 V.S. 台灣 EPS土木施工法協會
=> 約1XX人 V.S. 46人
=>約2X2X萬 V.S. 45萬
=>、、、。

二、20120621成立大會(籌備約三年，日本參與&協助)
=>1.6篇/年。

三、土木特質 =>又土又木。

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
TAIPEI TECH

迄今之EPS研究

共20篇
- EPS材料性質5篇
- EPS應用10篇
- EPS發展現況2篇
- EPS生產製造3篇

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
4
TAIPEI TECH

國立臺北科技大學

土木與防災研究所論文報告

EPS之防災應用性探討

指導教授：林利國 老師
研 究 生：黃柏維

中華民國 九十三年 七月

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
TAIPEI TECH

國立臺北科技大學

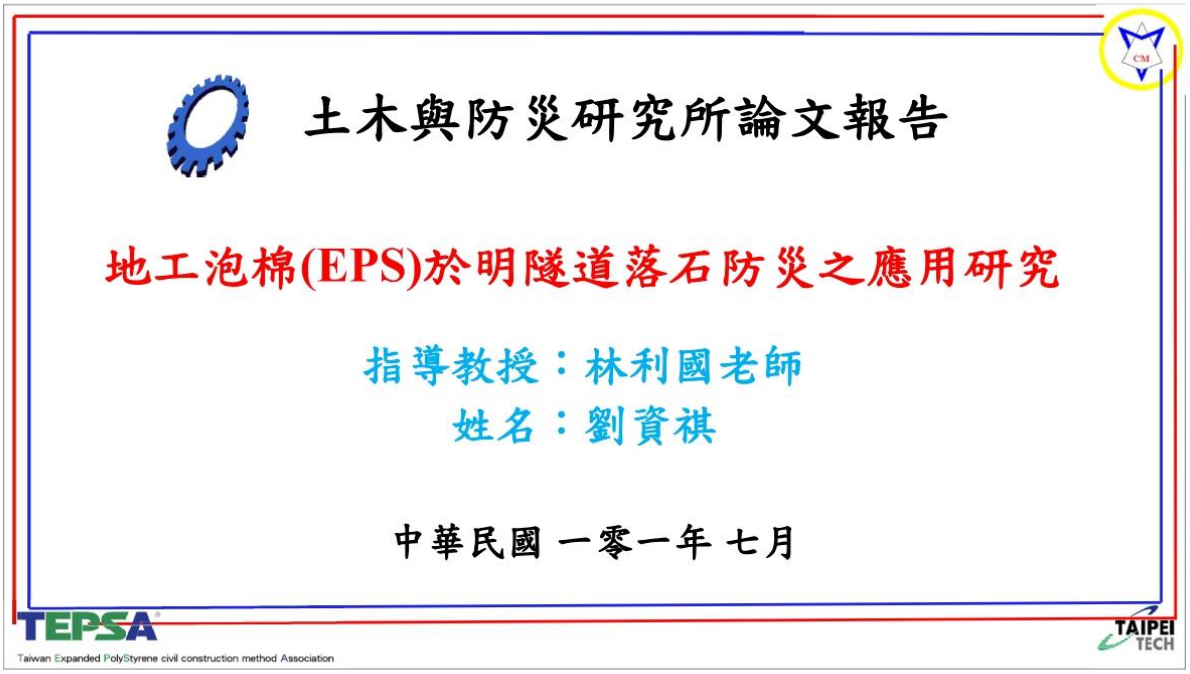
土木與防災研究所論文報告

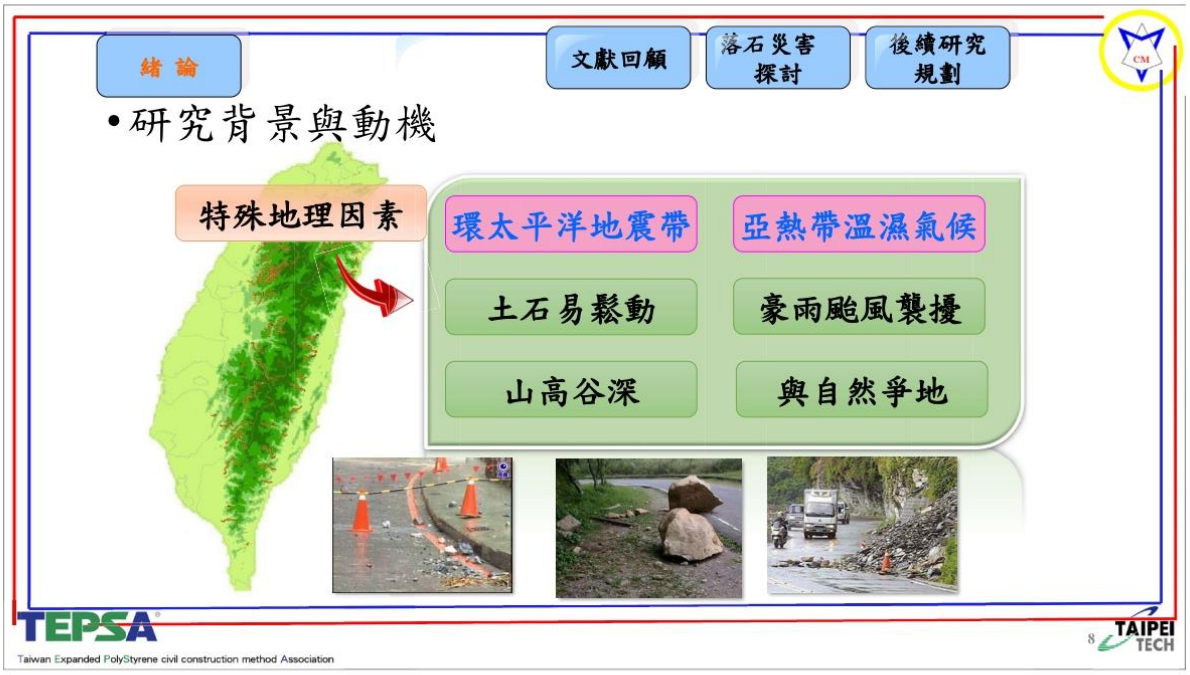
EPS運用於落石防護工法之模擬測試研究

指導教授：林利國 老師
研 究 生：鄭卓仁

中華民國 一百年 七月

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
TAIPEI TECH


土木與防災研究所論文報告
地工泡棉(EPS)於明隧道落石防災之應用研究
指導教授：林利國老師
姓名：劉資祺
中華民國 一零一年 七月
TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
TAIPEI TECH


緒 論
文獻回顧
落石災害探討
後續研究規劃
•研究背景與動機
特殊地理因素
環太平洋地震帶
亞熱帶溫濕氣候
土石易鬆動
豪雨颱風襲擾
山高谷深
與自然爭地
TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
8
TAIPEI TECH

緒 論 | 文獻回顧 | 落石災害探討 | 後續研究規劃

❖落石災害探討

統計1964年至2010年01月間國內落石災害。

共有17次落石災害(有紀錄)。

致死案例計9件，造成46人死亡。

1986年5月；太極峽谷(南投竹山)落石死亡人數達28人，為最大罹災案件。

TEPSA Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

9 TAIPEI TECH

落石高致災潛勢區域

區域	落石高敏感區域(公頃)	落石災害數量(處)	落石災害面積(公頃)
北部地區	4490.00	2042.00	1363.70
中部地區	6108.70	1390.00	2514.99
南部地區	788.20	163.00	366.40
東部地區	13150.80	3437.00	3365.00
合計	24537.70	7032.00	7610.09

TEPSA Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

10 TAIPEI TECH

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

11

中橫公路易落石 公路總局盤點34處危險路段

2017/09/12

自由時報
Liberty Times Net

公路總局今年盤點出轄內34處易落石路段，迄今已改善19處，但似乎仍有「漏網之魚」，近期內將再以空拍機具勘查高處山壁岩層覆蓋情形，並研擬工法進行後續相關保護工程，盼能有效降低落石致災率。

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

12

遊花蓮九曲洞遭落石擊中日籍車友搶救4日不治

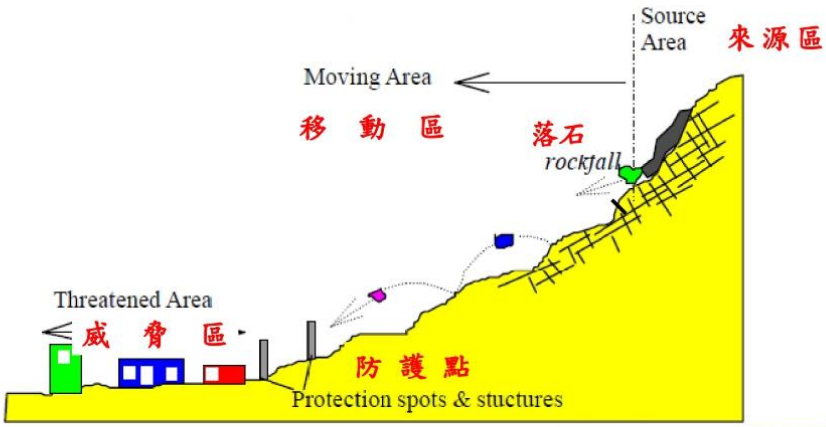
花蓮台8線中橫公路174.45公里九曲洞西端隧道口，9/9下午傳落石砸傷3名遊客意外，一對來自台北母女受輕傷送醫無礙已出院，但其中1名單車騎士傷勢嚴重，花蓮警方經查男子為日籍遊客Shirai Hiroyuki係持觀光簽證獨自入境，被落石擊中傷勢嚴重，送醫時呈現昏迷狀態。台灣車友這幾天幫他集氣祈福，可惜仍因傷重在9/12晚間傷重不治。

蘋果日報

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
13 TAIPEI TECH

緒 論 | 文獻回顧 | 落石災害探討 | 後續研究規劃

❖落石防護工法



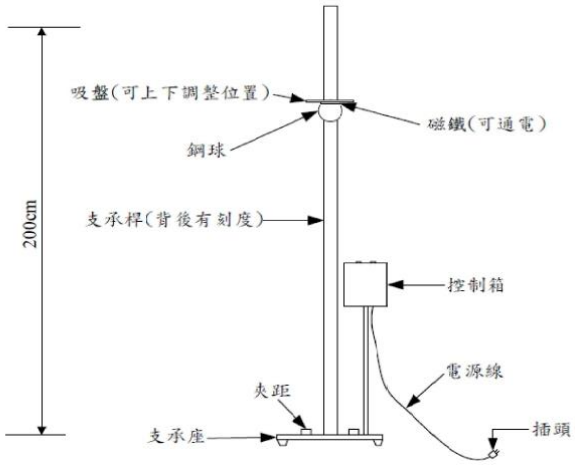
TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
14 TAIPEI TECH

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

15

落球模擬撞擊試驗

實驗原理乃為透過通電以磁鐵吸附住鋼球，經由控制按鈕使鋼球自所設定之高度自由落下，支架上有刻度可以控制所需之高度，落球之最大落距為2公尺，利用不同的高度及重量搭配不同厚度及密度之試體，藉以測試EPS 的防撞性質。



Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

16

落球模擬試驗－防撞能力測試

落球試驗

以落球試驗儀進行模擬撞擊測試，求得EPS受落球撞擊時所受之撞擊力量以及試體本身之變化情形，進而可提供做為防撞工程之應用參考。使用之儀器-落球試驗儀主要可以分為架台、支柱、電源開關、磁鐵以及鋼球等四個部分，利用通電時磁鐵之電磁力吸附鋼球，切斷電源後鋼球即受重力自由落下，擊向目標試體。

TEPSA Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association 17 TAIPEI TECH

緒論 文獻回顧 落球撞擊緩衝試驗 案例介紹與數據模擬 結論與建議

試驗設備

落球粒徑與重量			落下高度 (mm)
項次	落球直徑 (cm)	落球重量 (g)	
1	8.0	2076.80	1000.00
2	7.0	1390.40	1500.00
3	5.0	508.60	2000.00

落球試驗儀

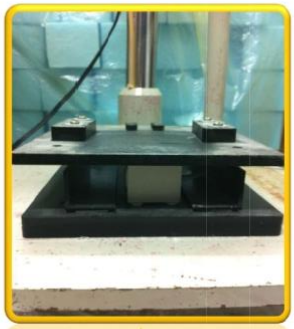
鋼球

（謝分期付款）

TEPSA Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association 18 TAIPEI TECH

緒論 文獻回顧 落球撞擊緩衝試驗 案例介紹與數據模擬 結論與建議

試驗設備



特製衝擊力量測儀

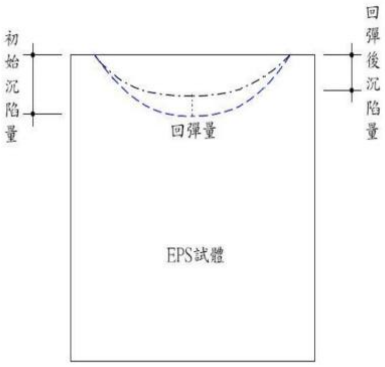
資料擷取器與顯示屏

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

19 TAIPEI TECH

落球模擬撞擊試驗

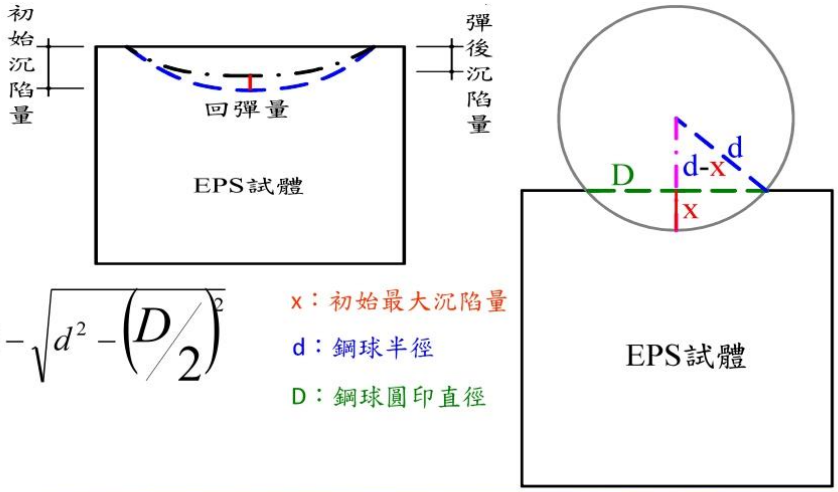
落球模擬試驗乃係以$(100mm)^3$之各種EPS立方塊試體安置於落球試驗儀之基座上並加以固定，分別以重量為2.08kg、1.39kg、0.51kg及0.26kg之鋼球，從高度1000mm、1500mm以及2000mm之距離使其自由落下，觀察EPS受落下撞擊之狀況，同時依能量定理推算落下衝力與試體本身受衝擊力所產生之凹陷面積，以做為研究EPS 抗衝擊能力之分析依據。



Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

20 TAIPEI TECH

落球模擬撞擊試驗-試體沉陷量計算



$$x = d - \sqrt{d^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

x：初始最大沉陷量

d：鋼球半徑

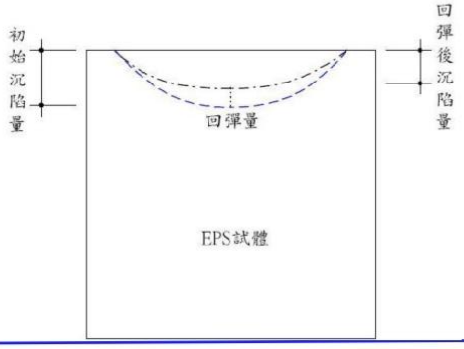
D：鋼球圓印直徑

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

21 TAIPEI TECH

試體沉陷量計算

- 當落下的鋼球擊中EPS 試體時，由於EPS 材料本身之高孔隙特性，使得試體會產生相當程度之回彈情況（參考下圖），採於鋼球塗紅墨水，並藉由試體受鋼球撞擊後，於表面所留下之紅墨水印來推估其最大沉陷量。



Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

22 TAIPEI TECH

落球模擬撞擊試驗

EPS試體之定心

鋼球周圍塗佈紅墨水

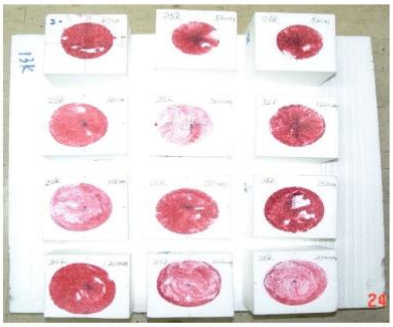
接住落下後鋼球

量測鋼球印痕直徑

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
23 TAIPEI TECH

落球模擬撞擊試驗

因電鍍鋼球表面光滑異常， 經嘗試數種顏料發覺紅墨水之效果較優，故採用之



受鋼球撞擊後之試體

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
24 TAIPEI TECH

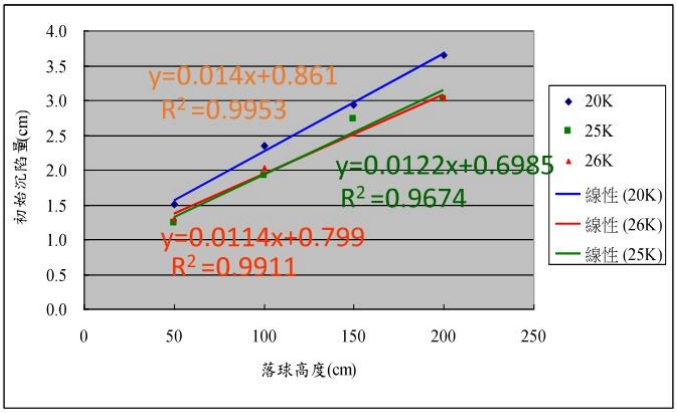
落球模擬撞擊試驗-試體沉陷量計算

初始最大沉陷量與落球高度之線性迴歸計算

單位重(K值)	落球高度	初始最大沉陷(cm)	線性迴歸方程	R^2值
20K	50cm	1.510	$y = 0.014x + 0.861$	0.9953
	100cm	2.352		
	150cm	2.939		
	200cm	3.650		
25K	50cm	1.246	$y = 0.0122x + 0.6985$	0.9674
	100cm	1.915		
	150cm	2.735		
	200cm	3.010		
26K	50cm	1.303	$y = 0.0144x + 0.799$	0.9911
	100cm	2.031		
	150cm	2.523		
	200cm	3.039		

TEPSA Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association 25 TAIPEI TECH

落球模擬撞擊試驗



初始最大沉陷量與落球高度之線性迴歸線

TEPSA Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association 26 TAIPEI TECH

由上述之初始沉陷量將之除以試體厚度再乘以100%
可得沉陷百分比，如下表3所示。

表3 試體沉陷百分比

	20K	25K	26K
50cm	15.10%	12.46%	13.03%
100cm	23.52%	19.15%	20.31%
150cm	29.39%	27.35%	25.23%
200cm	36.50%	30.10%	30.39%

由此測試結果可得知EPS具備緩衝消能特性，可做為防撞材料。

TEPSA Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association 27 TAIPEI TECH

緒論 文獻回顧 落球撞擊緩衝試驗 案例介紹與數據模擬 結論與建議

落石影響因子

落石靜止之位能

$$E = m \times h \times g$$

E:能量
m:落石質量
h:距接觸坡面高度
g:加速度
v:速度
I:轉動慣量
w:角速度

落石墜落動能

$$E = mv^2/2 + Iw^2/2$$

由動能公式可知落石衝擊量大小與質量、高度有最直接關係。

TEPSA Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association 28 TAIPEI TECH

EPS動態模擬試驗

試驗設備係為美國MTS 500KN高變率材料試驗機，主要分為動態與靜態兩種試驗方式，動態是以氮氣驅動衝擊；靜態則是以油壓驅動衝擊，數值之讀取主要係以電壓值表示，需經過轉換才能變成位移與力量，進而求出應力和變位值，求得EPS受高變率材料試驗機施以靜態衝擊時所受之衝擊力量以及試體本身之變化情形，進而做為防撞工程之應用參考。
本試驗將所設定的靜態衝擊歷時為600~700 秒左右。

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
29

EPS動態模擬試驗

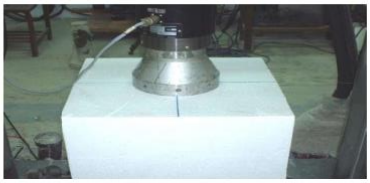
MTS控制面板

加載用之衝頭

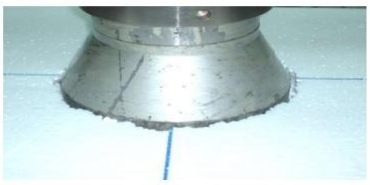
動應變放大器

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
30

衝擊過程

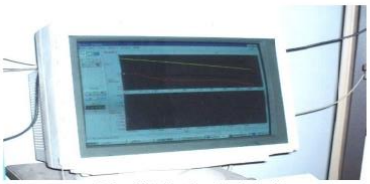


衝擊-初



衝擊-中

衝擊-後

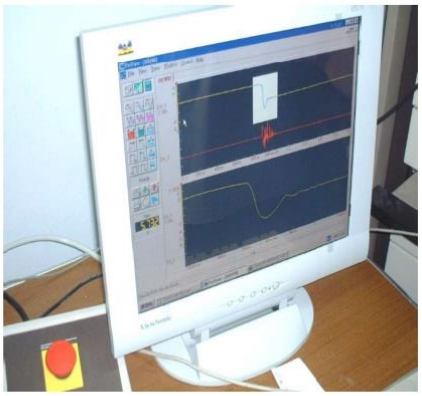


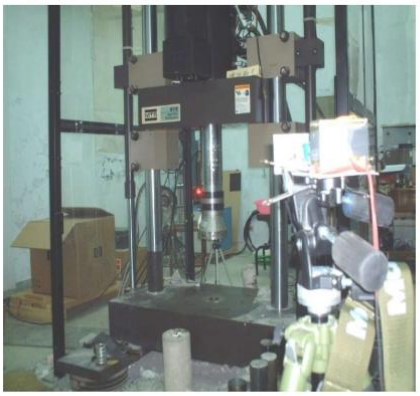
電腦讀取電壓值

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

31

動態衝擊試驗





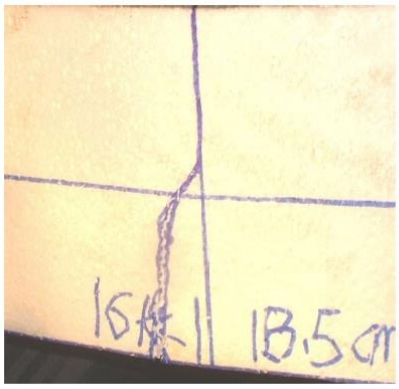
進行MTS空打測試調整至實驗研究所需之速度

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

32

動態衝擊試驗

衝擊後之試體側面情況

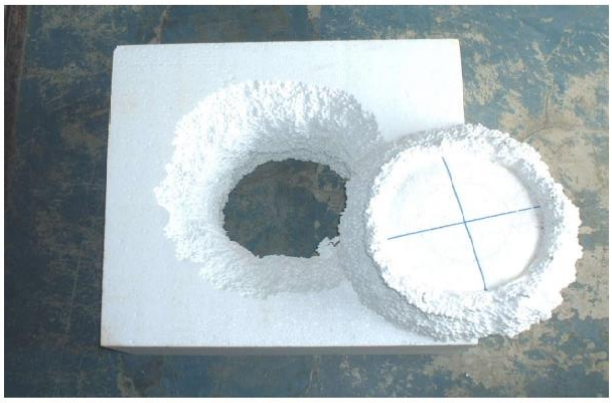


衝擊後之試體頂部情況

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

33 TAIPEI TECH

動態衝擊試驗

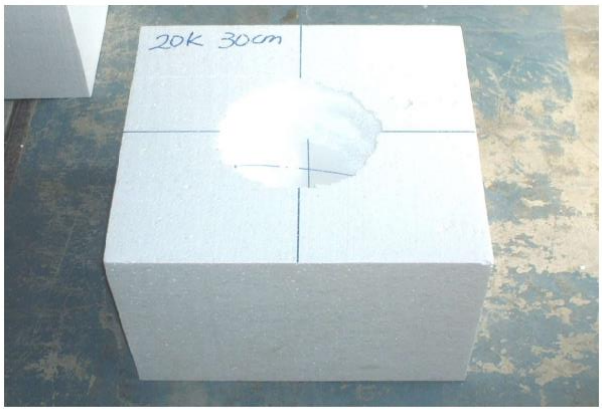


EPS受集中荷重之破壞形式(1/2)

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

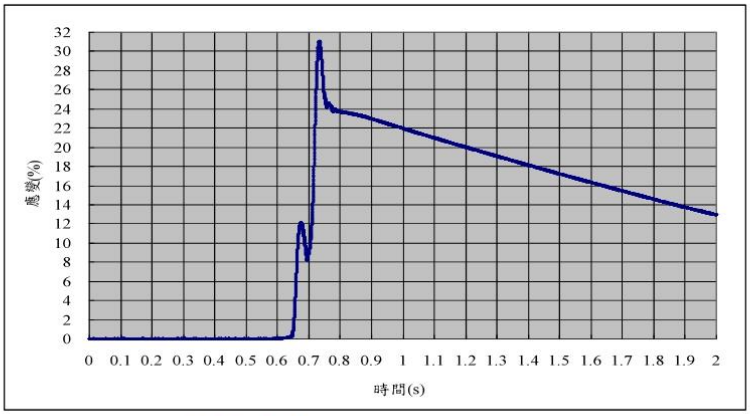
34 TAIPEI TECH

動態衝擊試驗



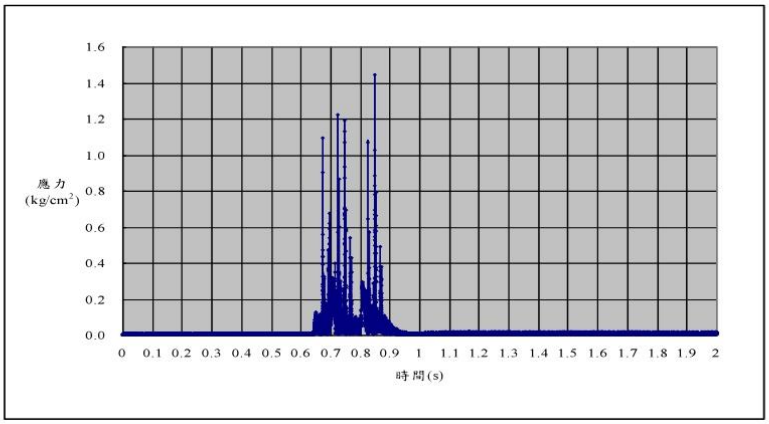
EPS受集中荷重之破壞形式(2/2)

衝擊試驗



25 K-18.5cm厚-應變-時間曲線

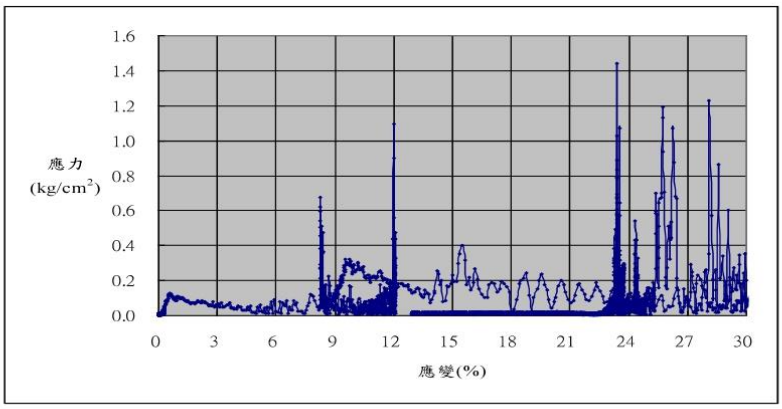
靜態衝擊試驗



25 K-18.5cm厚-應力-時間曲線

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
37 TAIPEI TECH

靜態衝擊試驗



25 K-18.5cm厚-應力-應變曲線

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
38 TAIPEI TECH

4.1防撞應用與測試模擬-衝擊試驗

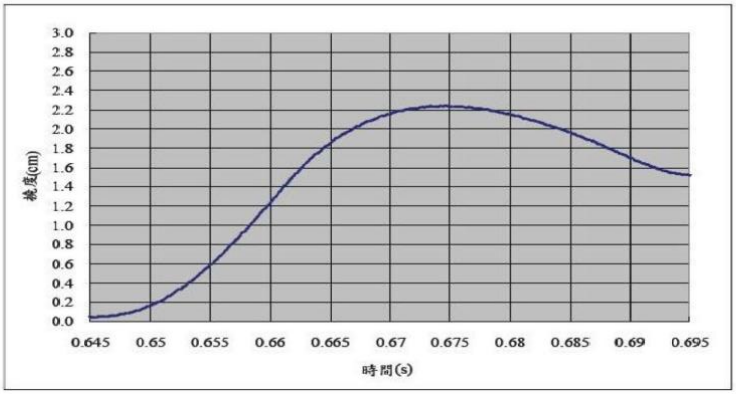
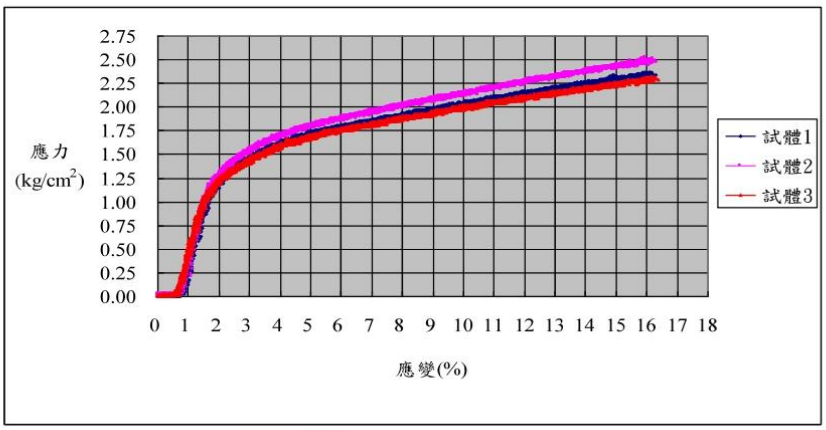
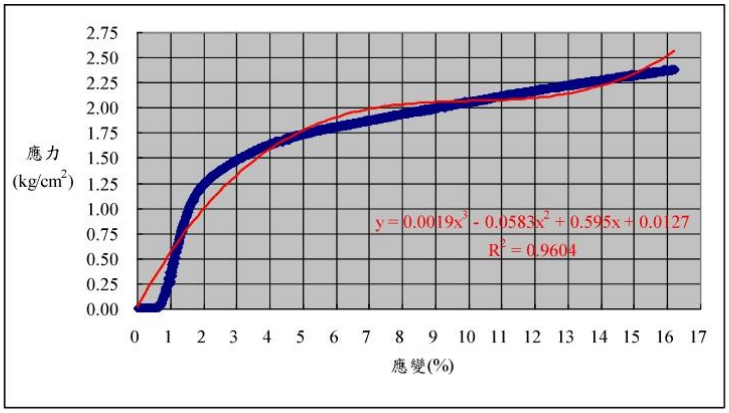


圖4.9 25K18.5cm厚EPS試體濾除雜訊後動態衝擊所測出之撓度-時間曲線



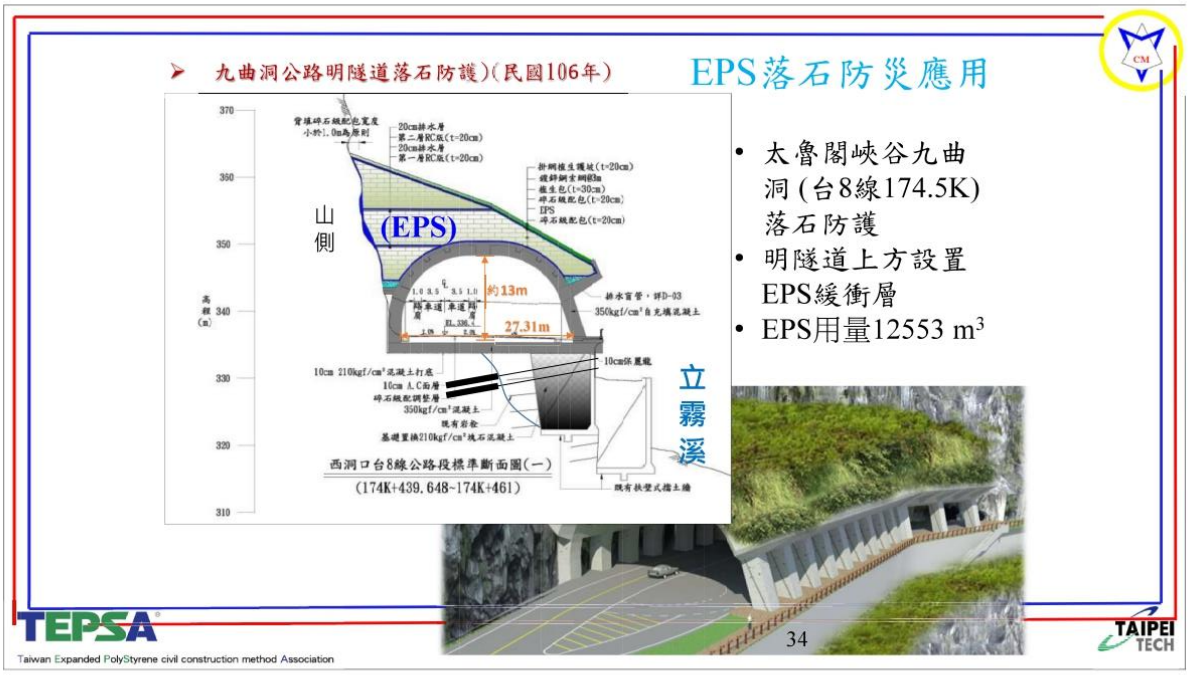
25 K-18.5cm厚-EPS應力-應變曲線



25 K-18.5cm厚-試體平均應力-應變曲線加繪迴歸曲線

Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association

41



災害實例
2024年4月3日花蓮規模7.2強震，造成太魯閣國家公園嚴重受損。
TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
43
TAIPEI TECH

太魯閣明隧道EPS落石防護工程
TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
44
TAIPEI TECH

落石災害防護實例
2024年4月3日花蓮規模7.2強震，造成太魯閣國家公園嚴重受損。
EPS落石防災應用實證
TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
45
TAIPEI TECH

結論與建議(展望)
日本落石対策施工事例
三原洞門落石対策工事
TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
46
TAIPEI TECH

歡迎加入，
一起加油!

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
47 TAIPEI TECH

簡報結束

敬請指正

TEPSA
Taiwan Expanded PolyStyrene civil construction method Association
48 TAIPEI TECH

陸、 公共工程施工綱要規範-

「第 02334 章 發泡聚苯乙烯」

第 02334 章 V1.0

發泡聚苯乙烯

1. 通則

1.1 本章概要

發泡聚苯乙烯(Expanded Poly-Styrorene，簡稱 EPS)係指使用大型發泡聚苯乙烯型塊(EPS 型塊)做為土木結構物填築材料或回填材料，適用於公路、鐵路、堤防或土地開發等土木建築或園藝工程。

1.2 工作範圍

本章包含 EPS 型塊及配合工作之材料、準備工作及施工方法等相關規定。為有效利用 EPS 型塊之超輕質性、自立性及施工性等特性，其產品及施工應依照設計圖說及本章相關規定辦理。

1.3 相關章節

1.3.1 第 01330 章--資料送審

1.3.2 第 01521 章--施工中安全防護網

1.3.3 第 02240 章--祛水

1.3.4 第 02321 章--基地及路幅開挖

1.3.5 第 02331 章--基地及路堤填築

1.3.6 第 02336 章--路基整理

1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準(CNS)

(1) CNS 1244 熱浸鍍鋅鋼片及鋼捲

(2) CNS 1247 熱浸法鍍鋅檢驗法

(3) CNS 2536 泡沫聚苯乙烯隔熱材料檢驗法

(4) CNS 6919 銲接鋼線網

(5) CNS 8499 冷軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶

(6) CNS 15237 熱浸鍍 55%鋁-鋅合金鋼片及鋼捲

1.5 資料送審

1.5.1 承包商應於施工前一個月提送詳細之施工計畫，包含品質管制計畫、施工安全計畫、材料運搬計畫及施工製造圖等，並須符合第 01330 章「資料送審」之規定，送交工程司審查核可後方可施工。

1.5.2 承包商應提供產品資料送工程司審查，包含樣品(應符合本章之第 2.1.1 款及 2.1.2 款所述之實品大樣尺寸)、產品資料、產品出廠證明及檢驗報告等。

1.5.3 承包商提送之施工安全計畫，內容應至少包含防火、防上浮、防強風等防災措施及必要消防器材，以及防災計畫。

1.5.4 承包商提送之材料運搬計畫，內容應至少包含搬運方式、材料儲存場及小搬運路徑之動線安排等。

1.6 儲存及處理

1.6.1 承包商應掌握工程進度狀況，決定其現場儲存量。

1.6.2 儲存場地之相關注意事項如下：

(1) 避免接近火源、發熱源、石油類化學物品及菸火，且應設置消防設施。

(2) 應定期巡邏警戒，以防止不明火源及人為縱火。

(3) 應使用防護網等防止強風吹飛散之措施。

(4) EPS 會因陽光紫外線照射而變色變質，故應使用黑色或不透明之塑膠布等加以覆蓋。

(5) 放置時間較長時，應儘量將其放置於平坦處所，並適當架高，以防止雨水浸泡。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 EPS 型塊定義

EPS 型塊係利用發泡聚苯乙烯材料，並以[模內發泡法][擠出發泡法]製造而成，形狀為[矩形]

(1) 外觀

基於 EPS 型塊堆疊時之精度及施工性等要求，須使用各面均為平整且邊角為直角者，不得使用外觀有凹凸、變形或破斷面者。

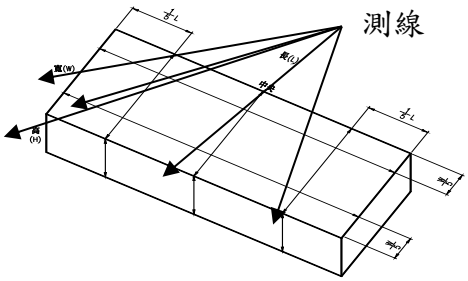
(2) 形狀及尺寸

A.為利施工性及品質管理，原則上採用尺寸為[2,000mm(長)×1,000mm(寬)×500mm(高)][ ]之 EPS 型塊，體積為[1m3][ ]，並繪製施工製造圖，如表一所示。如承包商欲採用其他形狀及尺寸之 EPS 型塊，應先經工程司同意。

表一 EPS 型塊之標準尺寸表

項目	尺寸(mm)	許可差
長	[2,000][ ]	[±0.5%][ ]
寬	[1,000][ ]	[±0.5%][ ]
高	[500][ ]	[±0.5%][ ]

B.尺寸之檢驗方式採最小刻度為 1mm 之捲尺，隨機選取 1 個 EPS 型塊，於長、寬、高各面選取 4 處、6 處、6 處測線進行量測，求取平均值計之。量測之位置可參考圖一或依工程司指示辦理。



圖一 EPS 型塊尺寸檢驗參考位置圖

(3) 密度

A. EPS 型塊應依據 CNS 2536 規定之密度試驗方法，且每處均符合表二之規定。每一試體型塊之檢驗採樣位置，如圖二所示，每一試體型塊計採 6 處施作。

B. 檢驗時隨機選取 1 個 EPS 試驗型塊，採樣位置為 EPS 型塊之對角及中央位置截取長 100mm×寬 100mm×高 500mm 之試體 6 處，如圖二所示，再由上述 6 處試體中選取試驗所需尺度之試體，其切割方式及工具應使用熱金屬線或工程司認可之方式進行。

(4) 抗壓強度

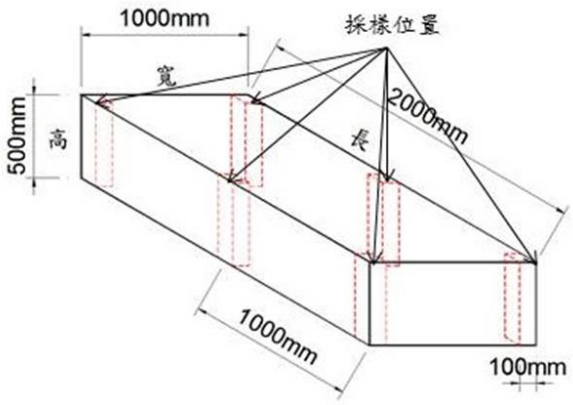
EPS 型塊應依據 CNS 2536 規定之抗壓強度試驗方法，且每處均符合表二之規定。每一試體型塊之檢驗採樣位置，如圖二所示，每一試體型塊計採 6 處施作。

(5) 燃燒性

EPS 型塊應依據 CNS 2536 規定之燃燒性試驗方法，且符合表二之規定。每一試體型塊之檢驗採樣位置，如圖二所示，每一試體型塊採 6 處中之 1 處施作。

(6) 吸水量

EPS 型塊應依據 CNS 2536 規定之吸水量試驗方法，且符合表二之規定。每一試體型塊之檢驗採樣位置，如圖二所示，每一試體型塊採 6 處中之 1 處施作。



圖二 EPS 型塊之檢驗採樣參考位置圖

表二 EPS 型塊之試驗方法及材料規格

項目	試驗方法	單位	製造方法					
			模內發泡法					擠出發泡法
			D-30	D-25	D-20	D-16	D-12	DX-29
密度	CNS 2536	kg/m^3	30±2.0	25±1.5	20+1.5/-1.0 (19.0~21.5)	16±1.0	12±1.0	29±2.0
抗壓強度 1		kgf/cm^2	0.9 以上	0.7 以上	0.5 以上	0.35 以上	0.2 以上	1.4 以上
抗壓強度 2		kgf/cm^2	1.8 以上	1.4 以上	1.0 以上	0.7 以上	0.4 以上	2.8 以上
燃燒性		難燃	難燃	難燃	難燃	難燃	—	難燃
吸水量		$g/100cm^2$	1.0 以下	1.0 以下	1.5 以下	1.5 以下	—	1.0 以下

註:1.參考型號 D-20 代表其密度為 $20kg/m^3$，DX-29 亦同。

2.抗壓強度 1 係採用方塊試體進行單軸壓縮試驗於彈性範圍時之強度。

3.抗壓強度 2 採用方塊試體進行單軸壓縮至 5%壓縮應變時之強度。

(7) 檢驗頻率

依工程司核可之施工計畫所預定之進料數量，應於首批進料時即進行第一次檢驗。其後每[1,000m3][　　]，於施工前進行現場抽樣檢驗一次，且應於 EPS 型塊料源供應商或製造工廠變更時，增加檢驗一次，以確保材料品質。

(8) 經檢驗或施工截取試體之 EPS 型塊應予以資源回收，不得使用。

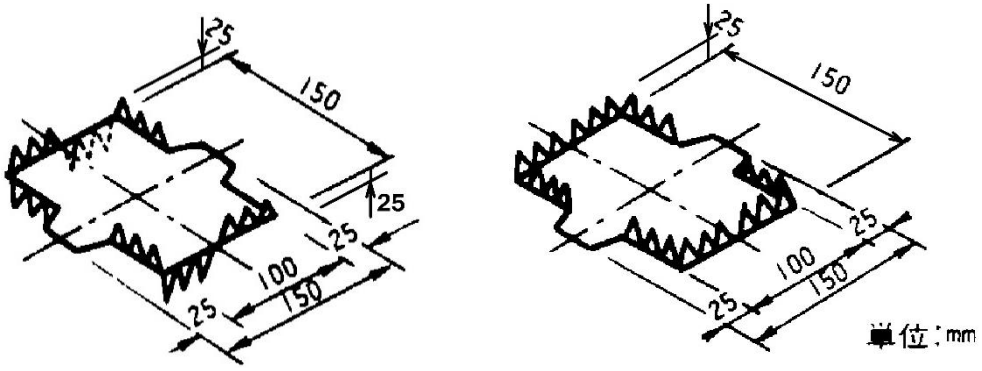
2.1.2 連接器

(1) 連接器係為將 EPS 型塊加以上下層相互結合之五金零件，其材質應為[鍍鋅鋼板][鍍鋅鋁鋼板][不銹鋼板][　　]，材料規格如表三所示，連接器示意圖如圖三所示，[其形狀及尺寸應依設計圖說之規定辦理]。

(2) 如採用熱浸法鍍鋅鋼板須符合 CNS 1244 及 CNS 1247 之規定，熱浸鍍鋅鋁鋼板須符合 CNS 15237 之規定。鋼板應於成型後再施作防蝕處理，以確保切斷面之防蝕性。

(3) 不銹鋼板須符合 CNS 8499 之規定。

(4) 承包商於施工前須提送其材料規格檢驗報告，必要時再於施工中依工程司指示增加檢驗頻率。



(雙面爪型)　　(單面爪型)

圖三 連接器示意圖

表三 EPS 型塊連接器之材料規格

材質	最小附著量	降伏點或 降伏強度	抗張強度	厚度
[鍍鋅鋼板] [鍍鋅鋁鋼板]	[170g/m^2][150g/m^2] [　　]	[20.9kgf/mm^2] [　　]以上	[27.6kgf/mm^2] [　　]以上	[0.6~1.0mm] [　　]
[不銹鋼板]	—	[20.9kgf/mm^2][ ]以上	[53kgf/mm^2] [　　] 以上	[0.6~1.0mm] [　　]

2.1.3 混凝土之 28 天抗壓強度，應符合設計圖說或契約之規定。其所用之水泥、粗細粒料、水、化學摻料及所拌混凝土之品質，均應符合契約或本章相關規定。

2.1.4 銲接鋼線網應符合 CNS 6919 之規定。

2.1.5 如有任一檢驗項目未符合表二之規定時，應於同一批材料加倍抽樣，所有檢驗項目再檢驗 1 次，須全數合格方得使用，否則該批材料視為不合格，不得使用。

3. 施工

3.1 準備工作

3.1.1 依工程特性設置臨時水準點、中心樁及控制樁等，並進行必要之檢測。

3.1.2 依工址狀況設置場內施工道路，以維持施工良好動線。

3.1.3 EPS 型塊材料放置場所及施工場所，須設置安全措施、警告標語及臨時設備等，以避免接觸汽油、重油等溶劑及接近火源，且應避免長時間之紫外線照射。

3.2 施工方法

3.2.1 開挖

(1) 開挖時應注意地表水及地下水之排除，並維持開挖地盤之坡面穩定。地下水祛水系統及地面排水設施與施作應符合第 02240 章「祛水」之規定

(2) 開挖區應設置排水溝，並準備抽水幫浦等機具，其基本要求為於不積水狀態下進行開挖。為避免降雨時來自基地周邊的雨水流入開挖區內，宜採取土堆等阻水對策。

(3) 工程中基地及路幅開挖之施工須符合第 02321 章「基地及路幅開挖」之規定。基地及路堤填築滾壓須符合第 02331 章「基地及路堤填築」

(4) 之規定。路基整理須符合第 02336 章「路基整理」之規定。

3.2.2 施工基面工

「施工基面工」係指設置 EPS 型塊之施工基面及基礎地盤整地之施工。施工基面的調整一般使用鋪砂或碎石進行，其品質應符合設計圖說或契約之規定。如遇到軟弱地盤或特殊狀況時，則依設計圖說或工程司指示辦理。

3.2.3 安裝

(1) 進行最下層區塊設置時，須確實維持施工基面及型塊頂面之表面平整性，應符合設計圖說或契約之規定。

A. 曲線區間等超過標準值以上時，應使用 EPS 型塊裁切方式進行接縫。

B. EPS 型塊之最下層設置面必須保持不積水狀態。

C. EPS 型塊之接縫位置不得設置於相同橫斷面或縱斷面。

D. 於進行 EPS 型塊設置時，如發生不平整時，應使用 EPS 型塊裁切方式進行界面調整。裁切之 EPS 殘塊應資源回收，不得任意丟棄或當回填料。

E. EPS 型塊與人孔、結構物等之連接部，儘可能於人孔及小型構造物周邊設置，並使用土砂、碎石等可對其周邊空隙進行充填夯實。

(2) 連接器之安裝要求

A. 連接器之標準設置數量依設計圖說規定辦理，如設計圖說未規定則參考表四辦理。

B. 如承包商所採用之 EPS 型塊尺寸與設計圖說不同，則連接器之配置方式與數量應併施工計畫書送工程司審查核可後始可施工。設置位置依設計圖說或核准之施工製造圖所示辦理。

表四 連接器之設置數量表

條件	個數	參考型塊尺寸
EPS 每 $1m^3$	2 個	2,000mm×1,000mm×500mm
經工地切割之型塊為每 1 型塊至少使用 1 個		

(3) EPS 型塊之加工，原則上應依照設計圖說或核准之施工計畫書所示之預定材料表於工廠中加工。現地切割應使用熱金屬線進行，確保型塊之平整。

(4) 鋼筋(或鋼線網)混凝土板係配合設置於 EPS 型塊頂面及設計圖說之設置高度，其目的於分散上部載重，及修正 EPS 型塊設置產生之不平整、防止有害物質滲透侵蝕等，並成為錨筋(栓)、壁面工、拉桿等固定處，以及覆土、路基材料等施工基盤面。

(5) 外側面版係為防止 EPS 型塊因陽光(紫外線)照射而變色、火災之燃燒防護，及防止因外力衝擊等所造成之破損。外側面版應依設計圖說所示設置。

(6) EPS 型塊頂面上方進行覆土時，應依設計圖說所示辦理。覆土目的為保護 EPS 型塊(對有害滲透物質防護、火災防護、紫外線遮蔽等)及 EPS 型塊之頂壓荷重效果，同時，供作植生之用。覆土應用挖土機等進行堆高後，再使用滾壓機等進行充分滾壓。壓實度應依設計圖說或工程司指示辦理，覆土厚度至少須於[25cm][　　]以上。

(7) 如 EPS 型塊頂面上方有混凝土版，則須等混凝土強度足夠才可回填，滾壓機要視覆土厚度採用適當重量之機具，以避免破壞混凝土版。如 EPS 型塊頂面上方無混凝土版，則與 EPS 接觸面之土質應特別注意，不可含超過[5cm][　　]以上之卵(礫)石，以免貫入破壞 EPS 型塊。

(8) 其他注意事項

A. EPS 施工中，卡車及其他重機械不得於 EPS 型塊上直接行走。為預防摔落事故，當堆疊高度超過[2.0m][　　]以上時，即須採取摔落防止措施。施工時為防止人員墜落及物體飛落所需之防護網應符合第 01521 章「施工中安全防護網」之規定。

B. 嚴禁煙火。

C. 尚未完成處所，應使用砂袋等壓重處理，以免因風吹散。

D. 連接器應於鋪設 EPS 型塊之前才可安裝。

E. 施工時應注意地下水位及雨水產生之上浮。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 本項工作應按設計圖說或核可之施工製造圖施工，以現場實際施作數量計量。

4.1.2 EPS 型塊設置以[立方公尺][m^3]計算數量。

4.2 計價

EPS 型塊設置以[立方公尺][ ]按契約單價計量給付，該單價包括型塊設置前之鋪砂整平、型塊相互連接器設置、搬運、切斷加工及損失率，及其他一切必要之人工、材料、機具、設備、材料檢驗、運輸及其他附屬雜項工作費用等。

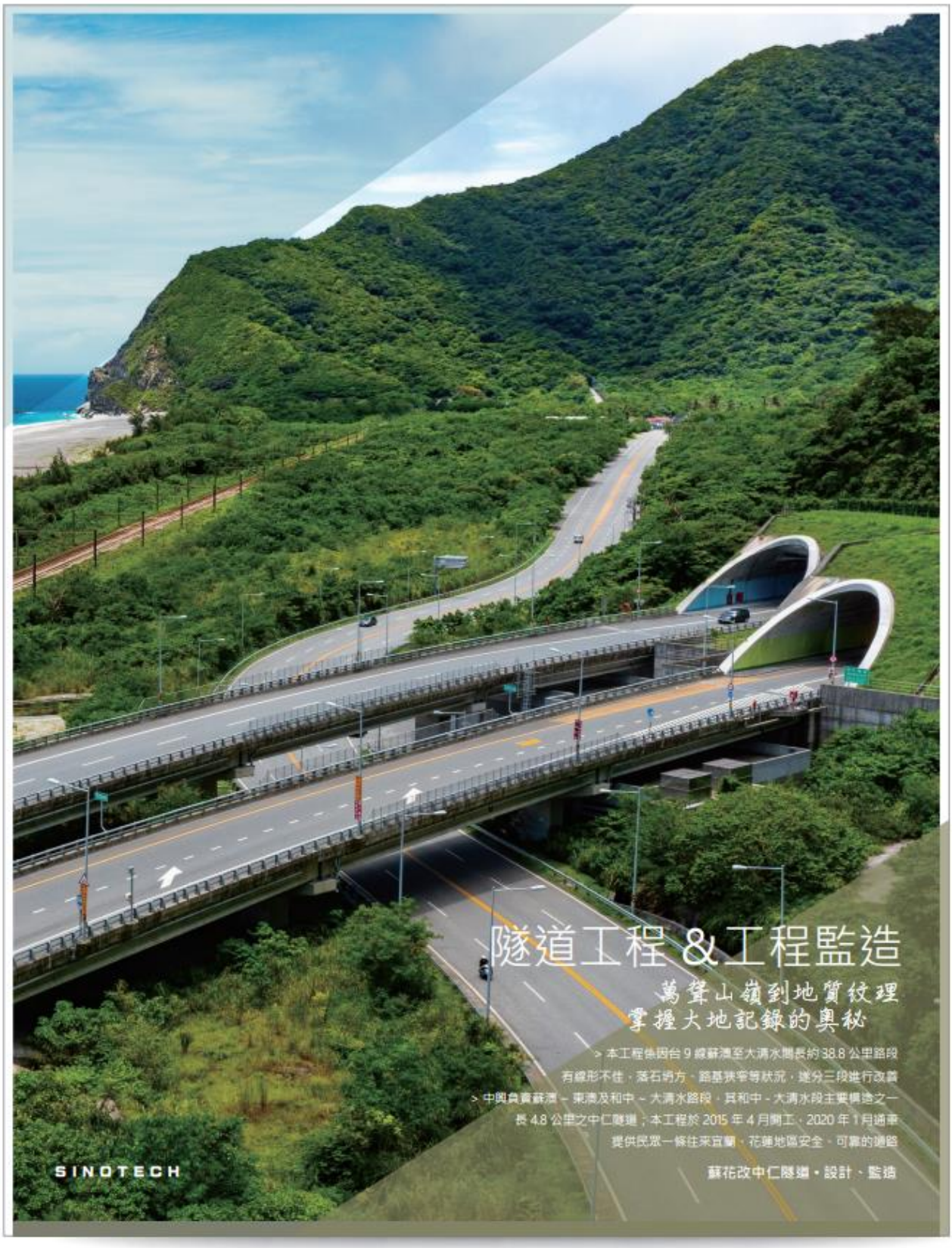
工作項目名稱	計價單位
EPS 型塊填築	[立方公尺][m^3]

<本章結

柒、 贊助單位

TAIPEI TECH
國立臺北科技大學
National Taipei University of Technology
營造業工地主任220小時
職能訓練講習課程
招生中
洽詢電話：(02)2771-2171轉1747 劉小姐
搜尋FB粉絲專頁〝北科大品管班/工地主任班〞

TAIPEI TECH
國立臺北科技大學
National Taipei University of Technology
公共工程品質
管理人員訓練班
國立臺北科技大學
招生中
洽詢電話：(02)2771-2171轉174 蔡先生
搜尋FB粉絲專頁〝北科大品管班/工地主任班〞



本廣告圖文未經同意不得轉載
中興工程顧問集團廣告

正派經營 品質保證 追求卓越 創新突破
中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.

亞新工程顧問股份有限公司
MOH AND ASSOCIATES, INC.
台北｜台中｜高雄｜仰光｜曼谷｜新加坡｜香港｜澳門｜北京
大地工程｜運輸工程｜數位工程｜結構工程｜環水工程｜專案及施工管理｜建築、都市計劃、景觀及室內設計｜機電工程
Our World Our Work
亞新集團創業於 1975 年，多年來的經營發展，已逐漸成為亞洲地區居於領先地位的國際工程顧問公司。亞新集團主要是為東亞及東南亞地區政府及私人企業提供包括基礎建設、土地開發、建物結構、環境工程及資訊科技等綜合性國際化技術與管理的全方位專業服務。
目前，亞新集團有一千二百餘位具有不同專業領域的技術人員，分公司及關係企業依地理位置主要分布於大中華地區（台北、台中、高雄、香港、澳門、北京），東南亞地區（仰光、曼谷、新加坡），藉著從事專業活動的溝通與互動，將這些地區緊密的結合創造一個共同體，建構分享一個完整的專業服務網絡。
221411新北市汐止區新台五路一段112號22樓(東方科學園區A棟)
Tel: (886-2) 2696-1555 Fax: (886-2) 2696-1166 Website: www.maaconsultants.com
E-mail: maagroup@maaconsultants.com

臺鍍科技股份有限公司
tg co., ltd.

ISO 9001 品質認證專業熱浸鍍鋅廠商

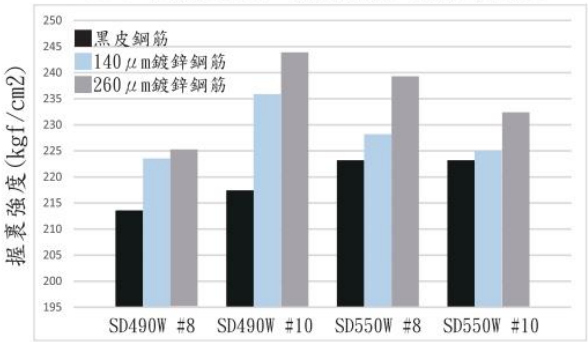
防蝕專家
三重保證

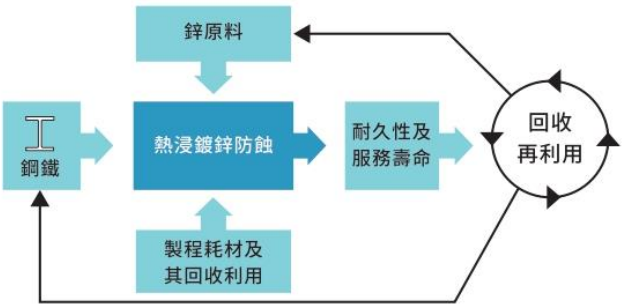
品質・服務・創新

熱浸鍍鋅特點

- 耐用年限長
- 經濟效益高
- 週期成本低
- 環境衝擊少

91天齡期熱浸鍍鋅鋼筋與黑皮鋼筋握裹強度





鍍鋅爐尺寸

觀音廠：16.0m×1.8m×3.0m ／ 3.0m×0.7m×1.0m
高雄廠：12.5m×1.5m×2.3m
台南廠： 4.5m×1.2m×1.8m ／ 3.8m×0.8m×1.2m
單件最大荷重能力→觀音廠：40噸／高雄廠：10噸

總公司 台北市大安區和平東路一段117號2樓
Tel:02-25617665 Fax:02-27123686

觀音廠 桃園市觀音區成功路二段919號
Tel:03-4837966 Fax:03-4837735

高雄廠 高雄市路竹區中山路259號
Tel:07-6973181 Fax:07-6966311

台南廠 台南市山上區北勢洲76號
Tel:06-5783702 Fax:06-5783550

https://www.tgnet.com.tw E-mail:info.tg@tgnet.com.tw

關係企業

隆燿營造 LONGYAO CONSTRUCTION

YUNHE 允赫工業

武恩德
營造股份有限公司

核心價值

「堅守品質、承擔責任、維護誠信、服務社會」

經營理念

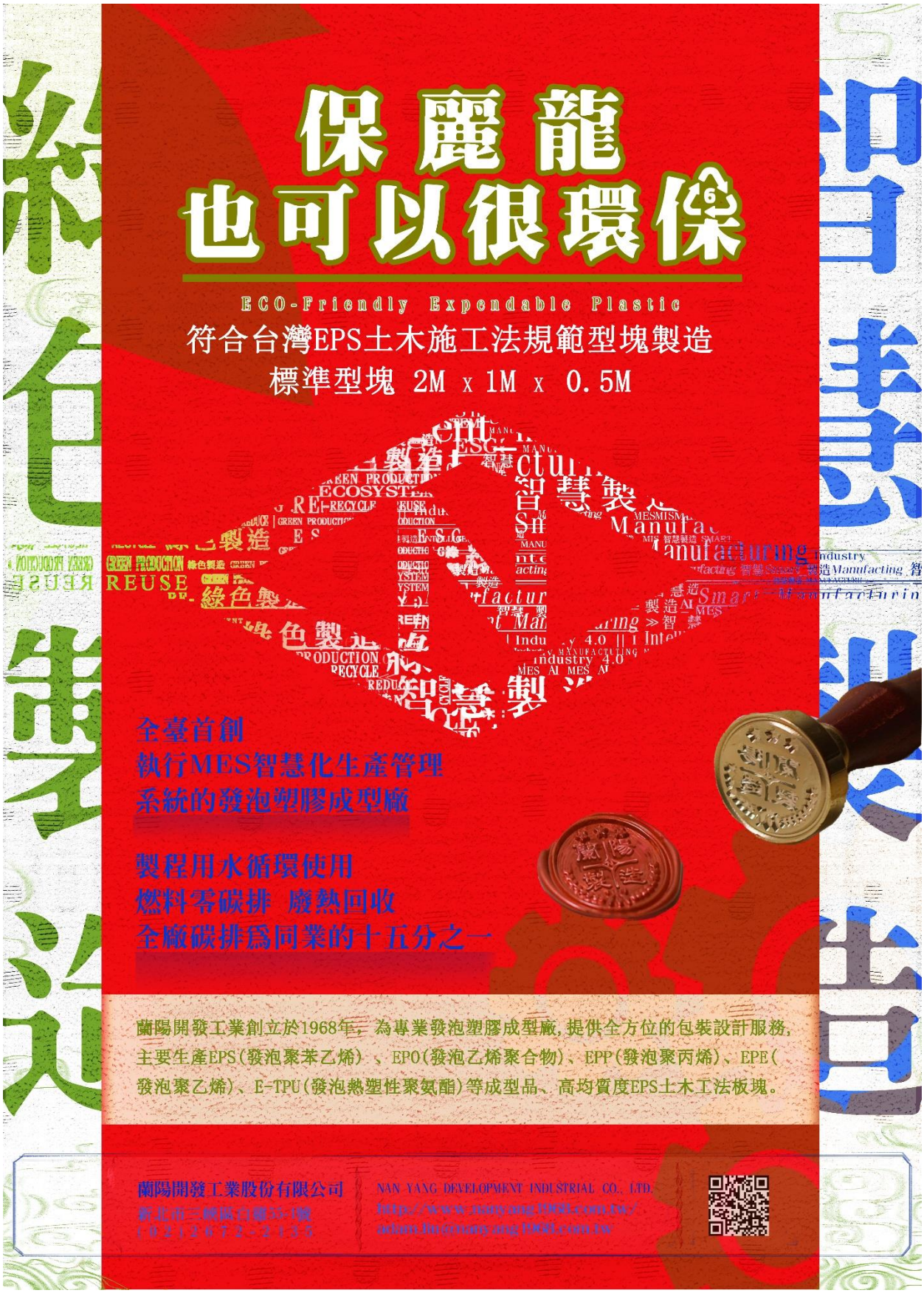
故貴以身為天下，若可寄天下；愛以身為天下，若可託天下

在建工程

- 交通部高速公路局國道後續路段橋梁耐震補強工程第M38G標-國10里港旗山段
- 交通部高速公路局國道1號三線路及舊社路跨越橋改建工程
- 交通部高速公路局113年～114年南投段轄區橋梁伸縮縫更換工程

亞柏技術顧問股份有限公司
ARBEL Engineering Consultants,Company Ltd
山坡地邊坡設計監造｜緊急搶災
敏感區調查｜地錨補強
234新北市永和區中和路345號15樓之1
(02)8921-5333 pao.tech@msa.hinet.net
深耕臺灣工程
35年
豐富工程實績
1000件↑
累積獎座肯定
54座
掃QRCODE看更多
無框架型態岩栓掛網護坡
竹子湖地區落石防護網工程
貓纜T16地錨補強工程
多時序遙測分析

TYLin Connecting — PEOPLE, PLACES, & IDEAS
國道1號新增大雅系統交流道(第186標)
113年 結構工程學會結構工程技術獎
113年 台灣混凝土學會混凝土工程優良獎「優良」
112年 交通部公共工程優良工程獎「優等」
112年 勞動部職安署優良工程金安獎「佳作」
林同棪工程顧問股份有限公司
中棪工程顧問股份有限公司
美商同棪國際工程顧問股份有限公司 台灣分公司
tylin.com tylin.com.tw
台北市大安區仁愛路三段136號12樓1202室
02-27840988
02-27071430
高雄市新興區中正三路2號6樓A室
07-2356956
07-2356959
橋梁工程 / 隧道工程 / 公路工程 / 鐵路工程 / 捷運工程
水利工程 / 建築工程 / 大地工程 / 都市工程 / 土地開發
景觀工程 / 水土保持 / 營建管理 / 安全檢測 / 交通工程
測量鑽探 / 高科技廠房 / BIM / 風電綠能生態鏈整合設計


保麗龍
也可以很環保
ECO-Friendly Expendable Plastic
符合台灣EPS土木施工法規範型塊製造
標準型塊 2M x 1M x 0.5M
全臺首創
執行MES智慧化生產管理
系統的發泡塑膠成型廠
製程用水循環使用
燃料零碳排 廢熱回收
全廠碳排為同業的十五分之一
蘭陽開發工業創立於1968年，為專業發泡塑膠成型廠，提供全方位的包裝設計服務，主要生產EPS(發泡聚苯乙烯)、EPO(發泡乙烯聚合物)、EPP(發泡聚丙烯)、EPE(發泡聚乙烯)、E-TPU(發泡熱塑性聚氨酯)等成型品、高均質度EPS土木工法板塊。
蘭陽開發工業股份有限公司
NAN YANG DEVELOPMENT INDUSTRIAL CO., LTD.