

109-014-7B61

MOTC-IOT-108-H1DA001a

土工織物應用於橋墩基礎保護 之可行性研究



交通部運輸研究所

中華民國 109 年 2 月

109-014-7B61

MOTC-IOT-108-H1DA001a

土工織物應用於橋墩基礎保護 之可行性研究

著 者：賴瑞應、胡啟文、曾文傑

交通部運輸研究所

中華民國 109 年 2 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

地工織物應用於橋墩基礎保護之可行性研究 /
賴瑞應, 胡啟文, 曾文傑著. -- 初版. -- 臺
北市 : 交通部運研所, 民 109. 02
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-084-4(平裝)

1. 橋樑工程 2. 施工管理

441.8

109000001

地工織物應用於橋墩基礎保護之可行性研究

著 者：賴瑞應、胡啟文、曾文傑
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)
電 話：(04) 26587170
出版年月：中華民國 109 年 2 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 60 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站
定 價：150 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市:10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1:電話(02)25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1010900170

ISBN：978-986-531-084-4 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自辦研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：地工織物應用於橋墩基礎保護之可行性研究			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 978-986-531-084-4(平裝)	政府出版品統一編號 1010900170	運輸研究所出版品編號 109-014-7B61	計畫編號 MOTC-IOT-108-H1DA001a
本所主辦單位：港灣技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：賴瑞應 研究人員：胡啟文、曾文傑 參與人員：李春榮、何木火、王培源 聯絡電話：04-26587170 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 108 年 1 月 至 108 年 12 月
關鍵詞：地工織物、橋墩基礎、鼎型塊			
摘要： 由於過去地工織物應用於橋墩基礎保護工之案例不多，主要案例是應用在下游潛堰之消能護坦保護及高灘地之保護。本所曾於民國107年因交通部高速公路局中區養護工程分局大甲工務段施作國道3號大甲溪橋橋墩基礎保護工程之際，於P27R~P28R橋墩間及下游的鼎型塊下方試鋪地工織布，爰此，本研究以此案例經驗，來探討地工織物橋墩保護工的經濟性與施工性，以提供未來後續研究及橋管單位未來施作橋墩保護工決策之參考。 研究成果效益： 1. 藉由地工織布之試鋪案例探討，驗證地工織布應用於橋墩基礎保護工之可行性，相關鋪設可能遭遇的問題，可提供後續相關研究之參考。 2. 本研究成果可提供未來橋梁管理單位設置相關保護工決策之參考。 提供應用情形： 1. 本研究研提之鼎型塊及織布鋪設改善方案，將提供國道3號大甲溪橋後續橋墩基礎鼎型塊保護工排置的參考。 2. 相關研究成果可提供本所後續現地試驗規劃的參考。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
109 年 2 月	130	150	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Study on Feasible Application of Geotextiles to the Protection of Bridge Piers Foundation			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-084-4(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010900170	IOT SERIAL NUMBER 109-014-7B61	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-108-H1DA001a
DIDIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIDIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai PPRINCIPAL INVESTIGATOR: Jui-Ying Lai PROJECT STAFF: Chi-Wen Hu, Wen-Chieh Tseng PROJECT TECHNICIAN: Chun-Jung Li, Mu-Huo Ho, Pei-Yuan Wang PHONE: 04-26587170 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2019 TO December 2019
KEY WORDS: GEOTEXTILES , PIER FOUNDATION, TRIBAR ARMOR			
ABSTRACT: There were not many cases of geotextiles application to the bridge foundation protection works in the past, except the energy dissipation of apron on the downstream submerged weir and the protection works of the floodplain. Based on our experience in the tribar armors between piers P27R-P28R and downstream of Da-Jia River on No.3 Freeway, cooperated with the National Freeway Bureau in 2018. The Institute aims to explore the economic efficiency and constructability of geotextiles pier protection works, to provide future reference for future research and decision-making of bridge pier protection works. Benefits of research results: 1. To verify the feasibility of the geotextiles' application to the bridge foundation protection works and the layout problems that may occur through discussion of case study, and to provide reference for subsequent research. 2. The study results may provide reference to the bridge management authority for future decision-making. Applications: 1. The tribar armors and geotextiles layout improvement solution will provide reference for the Da-Jia River Bridge of No.3 Freeway pier foundation protection works. 2. Relevant research results may provide reference to the subsequent on-site test plan of the Institute.			
DATE OF PUBLICATION Feb 2020	NUMBER OF PAGES 130	PRICE 150	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

地工織物應用於橋墩基礎保護之可行性研究

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
圖目錄	V
表目錄	IX
第一章 前 言	1-1
1.1 研究緣起	1-1
1.2 研究目的	1-2
1.3 研究方法	1-2
1.4 研究內容與流程	1-2
第二章 文獻回顧	2-1
2.1 地工織物在山區道路邊坡保護之應用	2- 1
2.2 地工織布於海洋環境中之工程特性	2- 2
2.3 地工合成材料在永續工程之應用	2- 3
2.4 模擬濁流中地工織物損傷之室內試驗	2- 6
2.5 國道 1 號中沙大橋墩基沖刷治理計畫委託技術服務工作	2- 9
2.6 跨河橋梁固床工水工模型試驗-以中沙大橋為例(2/2)	2-10
2.7 橋墩保護工法之研究	2-14
2.8 國道三號大甲溪橋橋墩保護工法研究	2-17
第三章 地工合成材料之種類及特性探討	3-1
3.1 地工織物	3-1
3.2 織物模板	3-4

3.3 加勁格網.....	3-5
3.4 土石籠袋.....	3-7
3.5 沙腸管(袋).....	3-9
3.6 小結.....	3-10
第四章 土工織物之應用案例.....	4-1
4.1 西螺大橋下游潛堰固床工.....	4-1
4.2 中沙大橋下游潛堰固床工.....	4-4
4.3 國道中沙大橋上游高灘地之保護.....	4-7
4.4 國外保護工法資料彙整.....	4-11
4.5 小結.....	4-13
第五章 土工織物橋墩保護工經濟性與施工性探討.....	5-1
5.1 國道3號大甲溪橋橋墩基礎試鋪案例.....	5-1
5.2 土工織物橋墩基礎保護工經濟性探討.....	5-13
5.3 土工織物橋墩基礎保護工施工性探討.....	5-15
第六章 土工織物鋪設方式與未來鋪設橋址規劃.....	6-1
6.1 土工織物鋪設方式.....	6-1
6.2 未來鋪設橋址規劃.....	6-5
第七章 結論與建議.....	7-1
7.1 結論.....	7-1
7.2 建議.....	7-2
7.3 研究成果效益.....	7-2
7.4 提供應用情形.....	7-2
參考文獻.....	參-1
附錄一 期末審查意見及辦理情形說明表.....	附 1-1
附錄二 簡報資料.....	附 2-1

圖目錄

圖 1.1 研究流程圖	1-3
圖 2.1 土木水利工程常見的地工合成材料	2-4
圖 2.2 採用回包式加勁擋土牆之暨南大學邊坡	2-5
圖 2.3 臺中秋紅谷四週加勁擋土牆植生茂密	2-5
圖 2.4 格網箱籠之海岸保護嘗性大型試驗現場	2-7
圖 2.5 箱籠受到海岸礫石之往復磨損而破壞	2-7
圖 2.6 直徑 1.5 m 高 1.0 m 之圓形流槽	2-7
圖 2.7 織布之損傷度(PSR)與顆粒濃度(Pc)及流動延時(T)之關係	2-8
圖 2.8 織布損傷度(PSR)與流速(Vm)及顆粒濃度(Pc)之關係	2-8
圖 2.9 織布在不同流速下損傷度(PSR)與顆粒濃度(Pc)關係	2-8
圖 2.10 地工砂袋與其它保護工法合併應用示意圖	2-10
圖 2.11 一層砂腸袋+織物模板鋪設	2-11
圖 2.12 一層砂腸袋+織物模板鋪設斷面示意圖	2-12
圖 2.13 方案 1 保護工佈設深度(基礎底部往下 8 公分)	2-13
圖 2.14 方案 2 保護工佈設深度(基礎底部往下 13 公分)	2-13
圖 2.15 蛇籠+織物模板+鼎型塊	2-15
圖 2.16 蛇籠+織物模板+鼎型塊斷面示意圖	2-15
圖 2.17 蛇籠+織物模板+鼎型塊基礎沖刷情形	2-16
圖 2.18 蛇籠+織物模板+鼎型塊沖刷深度與範圍 3D 圖	2-16
圖 2.19 現況保護措施鼎型塊鋪設斷面示意圖	2-18
圖 2.20 現況保護措施模型鋪設	2-18
圖 2.21 無保護措施斷面示意圖	2-19
圖 2.22 無保護措施橋墩鋪設	2-19
圖 2.23 現況保護措施基礎上游沖刷情形	2-20

圖 2.24 無保護措施基礎沖刷情形.....	2-20
圖 2.25 一層鼎型塊+織布斷面示意圖	2-21
圖 2.26 一層鼎型塊+織布之鋪設	2-21
圖 2.27 一層鼎型塊+織布保護措施模型鋪設	2-22
圖 2.28 一層鼎型塊+織布保護措施基礎沖刷情形	2-22
圖 2.29 一層鼎型塊+織布+石籠斷面示意圖	2-23
圖 2.30 一層鼎型塊+織布+石籠保護措施模型鋪設	2-23
圖 2.31 一層鼎型塊+織布+石籠沖刷情形	2-24
圖 3.1 地工織布	3-1
圖 3.2 地工不織布	3-2
圖 3.3 織物模板	3-4
圖 3.4 織物模板應用於河岸案例	3-5
圖 3.5 加勁格網	3-6
圖 3.6 土石籠組	3-8
圖 3.7 沙腸管(袋)	3-9
圖 4.1 潛堰固床工配置圖	4-2
圖 4.2 潛堰固床工竣工照片	4-3
圖 4.3 中沙大橋橋墩保護工	4-4
圖 4.4 中沙大橋下游固床工	4-5
圖 4.5 中沙大橋下游固床工配置圖	4-5
圖 4.6 中沙大橋下游固床工斷面示意圖	4-6
圖 4.7 四河局於中沙大橋上游高灘地之保護工施作情形	4-7
圖 4.8 中沙大橋橋基高灘地保護工施工斷面示意圖	4-8
圖 4.9 中沙大橋橋基高灘地之沙腸袋施作情形	4-8
圖 4.10 中沙大橋橋基高灘地之織物模板施作情形	4-9

圖 4.11 中沙大橋橋基高灘地保護工成效.....	4-10
圖 4.12 韓國橋墩保護應用案例.....	4-11
圖 4.13 韓國仁川跨海大橋沙腸管配置示意圖及應用案例.....	4-12
圖 5.1 排置鼎型塊包覆橋墩基礎之保護工法.....	5-2
圖 5.2 織布規格.....	5-3
圖 5.3 織布鋪設平面配置圖.....	5-4
圖 5.4 織布鋪設斷面配置圖.....	5-4
圖 5.5 單元間之搭接方式規劃.....	5-5
圖 5.6 織布鋪設規劃步驟.....	5-7
圖 5.7 織布上游回包示意圖.....	5-8
圖 5.8 開挖現地河床面.....	5-9
圖 5.9 挖土機協助將織布從載運之卡車卸下並於現地展開.....	5-9
圖 5.10 挖土機協助將第一單元的織布拖放至定位並輔以人工整平.....	5-10
圖 5.11 單元間以人工現場綁紮.....	5-10
圖 5.12 上游織布回包錨定作業.....	5-11
圖 5.13 織布上層粒料回鋪作業.....	5-11
圖 5.14 鼎塊吊放排置作業.....	5-12
圖 5.15 鼎塊吊放排置完成下游側.....	5-12
圖 6.1 國道 3 號後龍溪橋鼎型塊降階排置上游面.....	6-2
圖 6.2 國道 3 號後龍溪橋鼎型塊降階排置下游面.....	6-2
圖 6.3 織布上游回包錨定改善方案.....	6-3
圖 6.4 國道 3 號大甲溪橋之鼎型塊排置方式示意圖.....	6-4
圖 6.5 鼎型塊及織布鋪設斷面改善方案示意圖.....	6-4
圖 6.6 海線鐵路橋.....	6-6
圖 6.7 台 1 線大甲溪橋.....	6-6

表目錄

表 3-1 地工織布主要功能	3-3
表 3-2 PET 織布與 PP 織布差異比較.....	3-3
表 5-1 國道 3 號大甲溪橋近 5 年橋墩鼎型塊鋪設數量表	5-14
表 5-2 國道 3 號大甲溪橋近 4 年橋墩鼎型塊吊放排置費用表	5-14

第一章 前言

1.1 研究緣起

臺灣河川多屬坡陡流急，洪水期間，橋墩或橋基附近河床受到劇烈的沖刷，常導致橋梁崩塌斷裂，甚而造成交通中斷。例如 89 年 8 月 27 日碧利斯颱風使高屏溪之高屏大橋第 22 號橋墩基礎受側向洪流淘空下陷，導致橋面塌落，造成 22 人輕重傷及交通中斷數月之事故；90 年 9 月 17 日納莉颱風造成八堵鐵路橋、筏子溪鐵路橋之損壞，南崁溪崁下橋、田底寮橋斷橋及大漢溪武嶺橋下陷等災情；97 年 9 月 14 日辛樂克颱風造成后豐橋斷橋事件，致兩輛汽車墜落大甲溪；98 年 8 月 7 日莫拉克颱風帶來之豪雨，造成中南部約 31 座橋梁沖毀。由以上案例顯示，洪流沖刷導致橋墩基礎之毀壞淘空，實為橋梁破壞之主因。

由於橋梁為交通運輸與民生活動之重要管道，若因災害破壞，勢將對災後之聯絡、急難救助與物資運輸造成重大衝擊，嚴重影響救災工作之進行。因此，橋梁保護工法之研究實為當前之重要課題。

綜觀大甲溪下游流域之橋梁管理單位(國道高速公路局、臺灣鐵路管理局及公路總局)，歷年於非汛期進行橋墩基礎保護工施作時，通常以鼎型塊疊放於橋墩基礎周圍來保護橋墩基礎，由歷年之保護成效評估，鼎型塊已達到保護橋墩基礎免於遭到沖刷破壞的功效，但仍有鼎型塊流失，河床下刷之現象發生。本所近年橋墩基礎保護工之水工模型試驗結果顯示，地工織物結合鼎型塊、石籠等，可達到保護河床(固床)的功效，惟目前針對地工織物應用於橋墩基礎保護之研究及案例較缺乏，多為地工織物應用於邊坡水土保持工程之案例，本研究針對地工織物應用於橋墩基礎保護工以施工性及經濟性進行探討，研析地工織物應用於橋墩基礎保護工之可行性，做為未來橋管單位施設橋墩基礎保護工法之參考。

1.2 研究目的

本研究目的如下：

1. 藉由地工織物可行性探討，提供公路總局、高速公路局、臺灣鐵路管理局以及縣市政府未來設置相關保護工法決策之參考。
2. 提供本所後續橋墩基礎保護工現地試驗之運用。

1.3 研究方法

本研究針對地工織物之種類、材料特性、施工性、耐久性及過去之應用案例，探討其應用於橋墩基礎保護之可行性，並研提保護工方案及其施設方式建議，提供公路總局、高速公路局、臺灣鐵路管理局以及縣市政府等橋梁管理單位未來施政之應用。

1.4 研究內容與流程

本研究之主要工作項目如下所示，其工作流程如圖 1.1 所示。

1. 相關文獻回顧

地工織物之材料特性及相關研究文獻蒐集與彙整。

2. 地工織物之種類及特性探討

國內外地工織物之種類及材料特性分析，探討其材料應用於橋墩基礎保護之適用性。

3. 地工織物之應用案例蒐集與研析

蒐集國內地工織物之應用案例，探討應用於橋墩基礎保護之可行性及鋪設方式。

4. 地工織物橋墩保護工經濟性與施工性探討

針對地工織物應用於橋墩基礎保護之鋪設方式及施工性進行可行性探討，並進行鋪設費用概估，以生命週期維護成本探討其經濟性。

5. 地工織物鋪設方式探討與未來鋪設橋址規劃評估

探討地工織物之鋪設方式及規劃未來可能之試鋪橋址。

6. 結論與建議

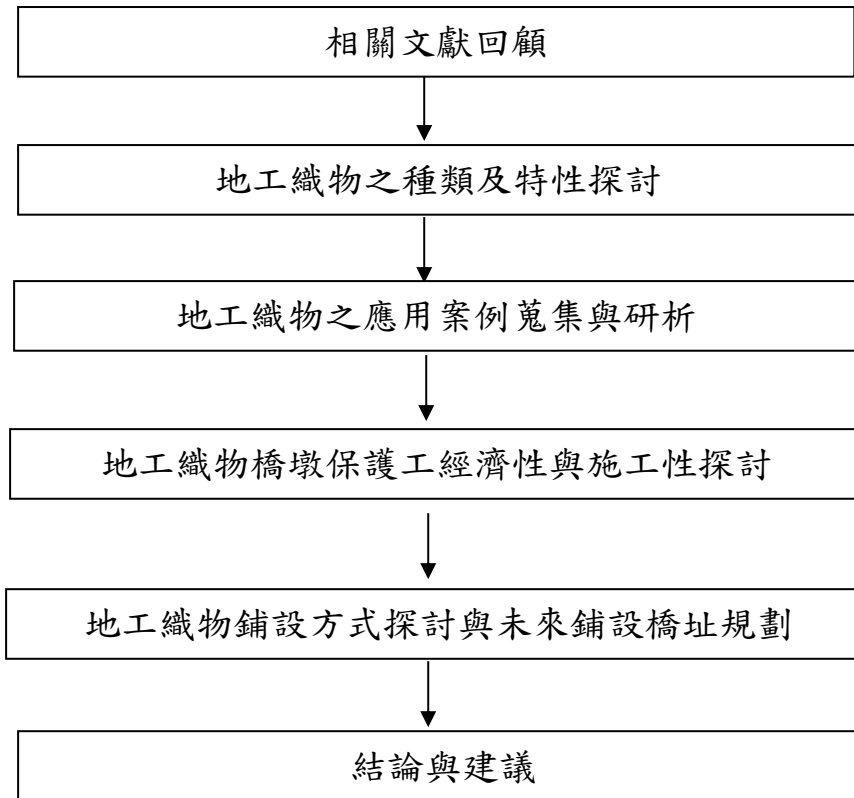


圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本章蒐集地工織物之相關研究文獻做回顧，以供後續研提橋墩基礎保護工之參考。

2.1 地工織物在山區道路邊坡保護之應用

「地工織物在山區道路邊坡保護之應用」^[1]為正修科技大學營建工程研究所單明陽副教授於民國 97 年發表於現代營建之論文，該論文針對地工織物之材料特性、山區道路破壞機制及地工織物應用於山區道路邊坡保護案例做探討，茲摘錄相關研究成果如下：

地工織物(Geotextile)屬於高分子合成材料，統稱為地工合成物(Geosynthetic)，是一種具有透水性之織物，係用於土壤、岩石、地表或其它與地工技術有關之材料，做為人造產品、結構或系統之一部份。臺灣地處板塊交界，地質複雜脆弱，致使天然災害頻繁，而山區闢建道路工程，主要交通設施包括道路、邊坡、橋梁及隧道，常因規劃設計不當或不足造成破壞，損及人民生命財產。本研究以山區道路闢建時考量坡面保護工或擋土工法，選擇符合生態環境與景觀保護的方式，針對高雄市台 20 線、台 21 線山區道路，每逢災害後邊坡復建或新建採用地工織物包括加勁擋土牆、掛網植生及箱型石籠進行修建，各種工法均有其利弊，亦各有成功與失敗案例。本研究進行工法的技術比較與效益分析，研究結果顯示，邊坡保護工法以地工織物掛網植生效果良好，且適用坡度大於 45°的土質邊坡，掛網植生除了可以有效保護坡面防止崩塌，對於坡度小於 45°之崩積土或淺層崩塌坡面有良好抑制效果。地工織物箱型石籠裝填腐質土或現地礫石，設置於路肩邊溝坡趾間其透水性佳，能有效抑制道路下坡段崩塌。擋土工採用加勁擋土牆，其施工快速可做為緊急搶修工法，且可以承受較大不均勻之沉陷，耐震性佳，坡面植生綠化情形良好。

2.2 地工織布於海洋環境中之工程特性

「地工織布於海洋環境中之工程特性」^[2]為屏東科技大學土木工程系碩士班潘坤亮先生於民國 92 年發表之碩士論文，該論文針對地工織布面對海水中或大氣中不同環境因子之作用，對材料之耐久性及工程壽命造成的影響作探討，茲摘錄相關研究成果如下：

地工織布為地工合成材料的一種，主要材料為聚合物，目前已廣泛的被運用於相關工程中，如大地工程、公路工程、環境工程、水利工程及其它與土石、地下水等相關工程。地工織布用於護岸工程可防止水流掏蝕所造成的基腳掏空，但海水中含有許多化學物質或大氣中之溫度、濕度、太陽光之紫外線等均會影響材料之耐久性及工程壽命，尤其是紫外線它對材料的影響最大。然而在施工設計的考量上多採用國外專家建議之安全係數作為規劃設計之依據，但是在國外專家建議之折減因子中並未考慮地工織布受紫外線照射或海水侵蝕或海水潮汐作用後之強度變化情形所造成的強度折減，所以為了更進一步了解織布受紫外線照射或海水侵蝕或海水潮汐作用後之影響，將進行室外試驗及室內對照試驗，以了解兩者之間關係，並推求其折減因子。

本研究採用之材料為國內兩家廠商所提供，分別為 A 廠商 70KN/m(PP 織布)，B 廠商 150KN/m(PET 織布)。室外試驗部份乃根據 ASTM D5970 規定進行，室外試驗地點位於本所港研中心試驗大樓頂樓及地面之海水循環槽中，曝曬試驗區所使用之試驗架需面向正南方與水平線呈 45°角擺置，並且收集試驗區附近之中央氣象局梧棲氣象站及環保署彰化監測站（彰化市中山路二段 678 號）所監測之氣象資料等，並於民國 91 年 6 月 18 日開始試驗，每隔 1、2、4、8、12、18、24 個月將地工織布取回實驗室進行抗拉強度試驗，撕裂強度試驗及抗穿刺強度試驗等，同時於實驗室內儲存區中將所準備好之織布一同進行上述之三種試驗，並比較兩者之差異性。

由實驗結果得知，織布受紫外線照射後，其強度折減最為嚴重，尤其是未加入抗紫外線劑之 PET 織布，於第二個月時強度折減已達一半以上，因此，織布若長期曝曬於太陽光底下，建議使用之折減係數為

1.5~1.7 之間(對織布 PP 而言)，2.0~4.2 之間(對織布 PET 而言)。另外就海水侵蝕及海水潮汐試驗而言，由目前資料顯示織布可能因海水的作用而有收縮的現象，導致織布的強度較對照組來的高，建議繼續觀測。

2.3 土工合成材料在永續工程之應用

「土工合成材料在永續工程之應用」^[3]為臺灣大學土木工程系周南山教授於民國 105 年發表於中華民國環境工程學會之論文，該論文針對土工合成材料因在生產過程中及其生命週期中較傳統土木工程材料(如鋼筋、混凝土)更節能減碳，且具有易植生綠化、耐久性等特性，適合於永續土木工程之應用，並舉相關案例作說明，茲摘錄相關研究成果如下：

所謂土工合成材料(geosynthetics)，根據美國材料試驗協會(ASTM)定義為：利用聚合物原料所製造而成的平面狀產品，可與土壤、岩石等天然材料結合，形成一種人造的工程結構物或系統。土工合成材料可依其產品種類區分為：土工織物(geotextiles; woven & nonwoven)、土工格網(geogrids)、土工格室(geocells)、土工流網(geonets)、垂直排水帶(geodrains)、排水管(geopipes)、土工磚(geofoams)、土工毯 (geomats)、土工止水膜(geomembrances)、土工皂土毯(Geosynthetic Clay Liners, GCL)、土工複合材(geocomposites)及其他新興產品(Geo-others)。

土工合成材料之功能大致可分為：加勁(reinforcement)、過濾(filtration)、排水(drainage)、隔離 (separation)、屏障(barrier)、保護(protection)、沖蝕控制(erosion control)、綜合功能(multiple functions)。在土木、水利、環工常見的地工合成材料如圖 2.1 所示。



圖 2.1 土木水利工程常見的地工合成材料

臺灣流行的回包式加勁擋土牆提供了邊坡綠化的典範(圖 2.2 及圖 2.3)。利用地工合成材料加勁土壤結構以取代傳統 RC 結構，可以減少碳排放量，甚至在生命週期中因植物光合作用釋放的氧氣，可以平衡生產過程中排放的二氧化碳，而達到零排放的目標(即碳中和)，因此是永續且綠色的工法。



圖 2.2 採用回包式加勁擋土牆之暨南大學邊坡



圖 2.3 臺中秋紅谷四週加勁擋土牆植生茂密

2.4 模擬濁流中地工織物損傷之室內試驗

「模擬濁流中地工織物損傷之室內試驗」^[4]為國立成功大學土木工程學系黃景川教授於民國 97 年發表於成大研發快訊之論文，該論文針對地工合成物在濁流中磨損之問題，探討不同粒徑與材質之顆粒對地工織物磨損程度之影響，茲摘錄相關研究成果如下：

模擬濁流中高分子地工材料磨耗損傷為將高分子材料應用於嚴苛環境、配合就地取材、發揮永續環境利用重要工作之一。本研究為「地工合成物箱籠」之海岸保護嘗試性大型計畫之一部份，現地試驗如圖 2.4 所示。在該計畫中高分子材料編織之箱籠受到海岸礫石之往復磨損而破壞(如圖 2.5)。有效率的室內模擬試驗可免除現場觀測之費力、費時過程，為研發抗磨損新材料不可或缺的一環。本研究利用前期研究所研發之圓形流場試驗槽(圖 2.6)，對於一高強度之高分子地工織物，探討濁流中顆粒濃度、流速、延時等因素對地工織物強度損傷之定量影響。研究發現織物之強度折減率與濁流之延時成非線性關係(圖 2.7)，損傷部位集中於立體編織之凸出處。本研究對於流速(V_m)及顆粒濃度(P_c)對強度損減率(P.S.R.)關係之實驗結果顯示 P. S. R. 與 V_m (或 P_c)大略成線性關係(圖 2.8 及圖 2.9)。此一發現亦與前期對高分子地工格網之實驗結果一致。本研究結果提出下列三點供地工合成物箱籠構造物在濁流環境中之設計施工之參考：(1)顆粒之材質對地工合成物磨損之影響可以洛杉磯試驗之重量損失百分比來代表；(2)顆粒之大小與尖銳度在試驗範圍對磨損之影響不明顯；(3)磨耗損傷之時間效應可以「Rt-method」來預測，根據試驗結果， $R_t = 18\% / (\text{對數時間循環})$ 。



圖 2.4 格網箱籠之海岸保護嘗性大型試驗現場



圖 2.5 箱籠受到海岸礫石之往復磨損而破壞

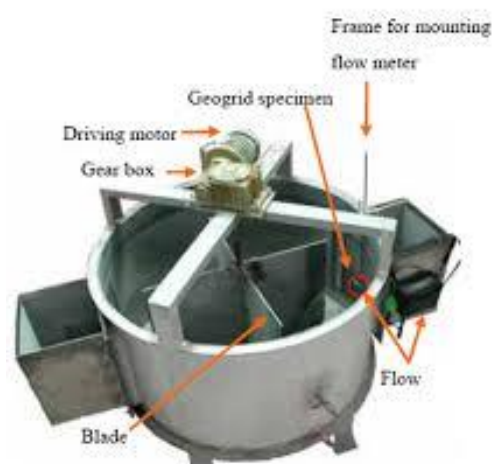


圖 2.6 直徑 1.5 m 高 1.0 m 之圓形流槽

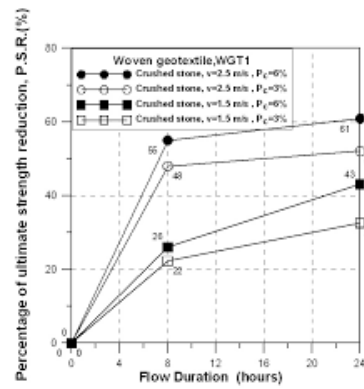


圖 2.7 織布之損傷度(PSR)與顆粒濃度(Pc)及流動延時(T)之關係

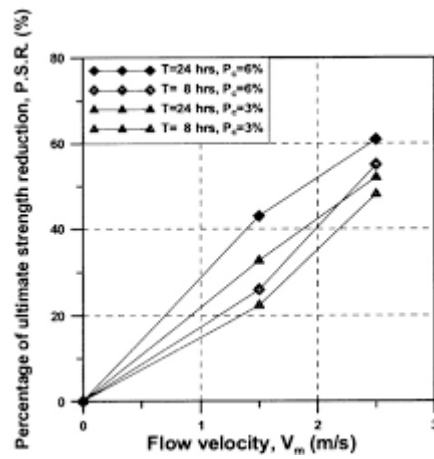


圖 2.8 織布損傷度(PSR)與流速(Vm)及顆粒濃度(Pc)之關係

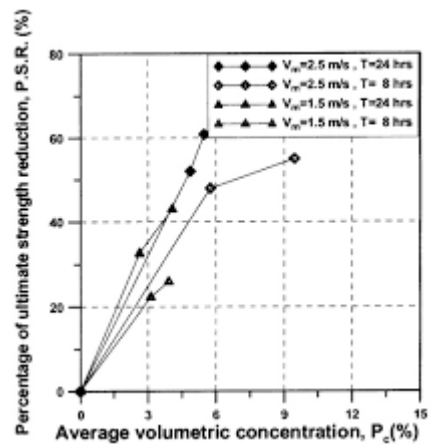


圖 2.9 織布在不同流速下損傷度(PSR)與顆粒濃度(Pc)關係

2.5 國道 1 號中沙大橋墩基沖刷治理計畫委託技術服務工作

「國道 1 號中沙大橋墩基沖刷治理計畫委託技術服務工作」^[5]為交通部高速公路局中區養護工程分局委託國立臺灣大學，於 102 年完成之研究計畫。本計畫主因於國道 1 號中沙大橋自完工後，高速公路局中區養護工程分局即長期投入經費進行橋基保護，以確保橋梁安全，目前存於橋梁下游的固床保護工(潛堰固床保護工)每年均投入相當多之維護費用，惟歷年颱風洪水仍常造成保護工局部有沉陷、掏空及斷裂等損壞現象。為評估可能的保護工法，期能有效減少局部沖刷，並降低維護費用，乃成立本研究計畫。本計畫針對中沙大橋所在位置之濁水溪上下游河川特性分析研判，由理論及實務專家經驗進行方案評估，研議中沙大橋橋基耐洪保護工法暨其配套措施，以經濟方式有效提升國道 1 號中沙大橋橋基中長期耐洪能力。

本計畫觀察濁水溪長期泥沙運移趨勢，實地勘查自強大橋以上至中沙大橋河段現況河床及流路變化情形，比對水利署第四河川局歷年河床大斷面測量資料，並衡量濁水溪上游未來來砂趨勢及河川局管理濁水溪情形，研判西螺大橋至中沙大橋之間的河床已有回淤趨勢。經水理分析，中沙大橋固床保護工現況護坦長度不足，尾端的保護也不夠，底床細料容易流失，影響護坦工的安定。如能在下游河床已漸回淤的基礎上，儘速加長護坦工長度，並強化尾端的保護，使現有固床保護工得以保全，將來視下游回淤情形進一步將固床工缺口加高，則中沙大橋的橋墩安全可保無虞。由於上游來砂量增加，中沙大橋上游面河中形成廣大沙洲，民眾於沙洲上種植西瓜，河流深槽流路分成左右兩股。此種態勢加深部分橋墩的局部沖刷，左右深槽侵蝕兩岸既有高灘地也有不利影響。建議儘速協調水利署第四河川局同意，將上游面河中沙洲整平，使洪水能全面平順通過中沙大橋斷面，除降低單寬流量減少局部沖刷外，尚可促進下游河床的加速回淤。

綜合上述研究成果，本計畫建議措施包括下列事項：1.中沙大橋上游面河中沙洲整平；2.中沙大橋固床保護工護坦加長及強化尾端底床保護；3.評估中油管架橋墩保護工的影響及改善對策；4.視後續橋下

游河段回淤情形，必要時抬高固床保護工缺口高程；5.橋墩及固床工安全巡檢機制的建立；6.西螺大橋下游固床工缺口兩端的殘留部分持續維護；7.辦理中沙大橋上下游河段長期變化趨勢的研究評估。

另外，本計畫也針對北側 P15~P24 橋墩間及南側 P38~P45 橋墩間之橋墩局部沖刷現象，建議可優先考量土工砂袋與其它保護工法合併應用，相關示意圖如圖 2.10 所示。

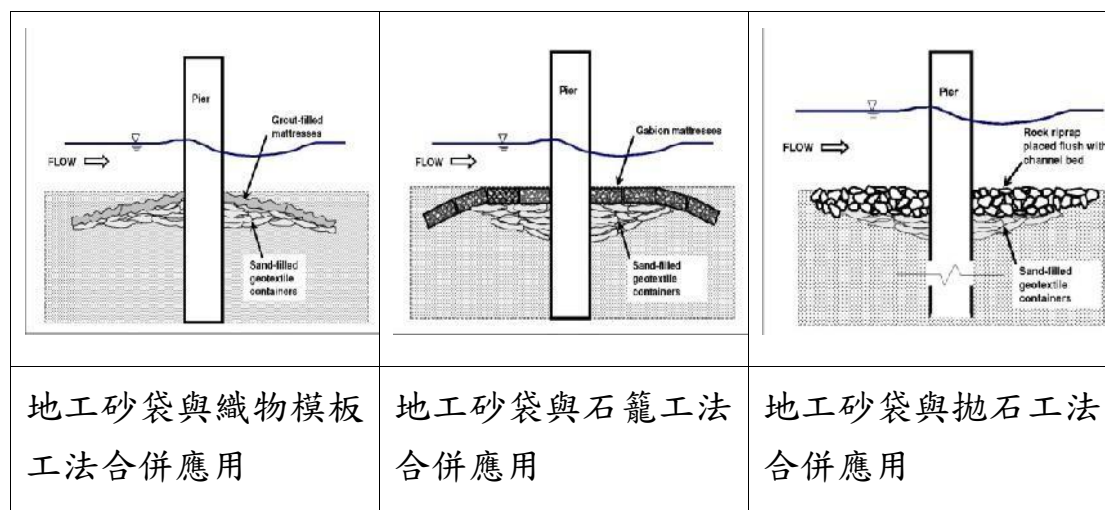


圖 2.10 土工砂袋與其它保護工法合併應用示意圖

2.6 跨河橋梁固床工水工模型試驗-以中沙大橋為例(2/2)

「跨河橋梁固床工水工模型試驗-以中沙大橋為例(2/2)」^[6]為本所於民國 105 年完成之研究計畫。計畫緣起主要為國道 1 號中沙大橋下游潛堰固床工歷年受颱風沖刷影響，造成部份斷面受沖毀而形成缺口，進而影響上游河床高程並造成墩基裸露。為避免影響中沙大橋行車安全，本計畫藉由水工模型試驗，研提合宜的橋基保護方案，供國道高速公路局佈設相關橋基保護工決策之參考。

本研究第一年進行橋墩渠漕水工模型沖刷試驗。不同保護方案之試驗結果顯示，砂腸袋工法結合織物模板為較佳的橋基保護方案。第二年進行大型平面試驗，將中沙大橋及上下游河段完整納入水工模型試驗，考量濁水溪不同洪峰流量，進行橋墩基礎埋入式保護方案試驗。相關研究成果摘要如下：

1. 在渠槽斷面試驗部分，相關研究顯示，保護工宜設置於河床下，以避免增加橋墩基礎之阻水斷面，進而增加沖刷深度，基此，本計畫之保護工法設置方式以埋入河床下之方式來鋪設。
2. 基於現地取材之考量，本計畫以砂腸袋工法進行橋墩保護工之沖刷試驗，經過不同試驗方案試驗結果，以一層砂腸袋(試驗底床下 1.5 公分)+織物模板之鋪設方式保護效果最佳，如圖 2.11~圖 2.12 所示。

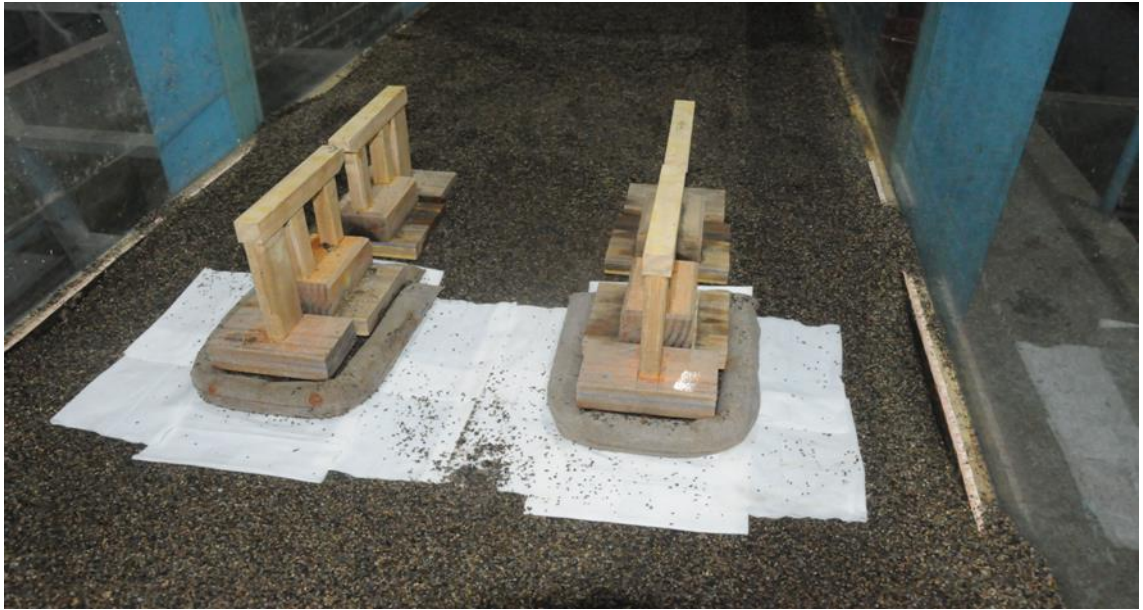


圖 2.11 一層砂腸袋+織物模板鋪設

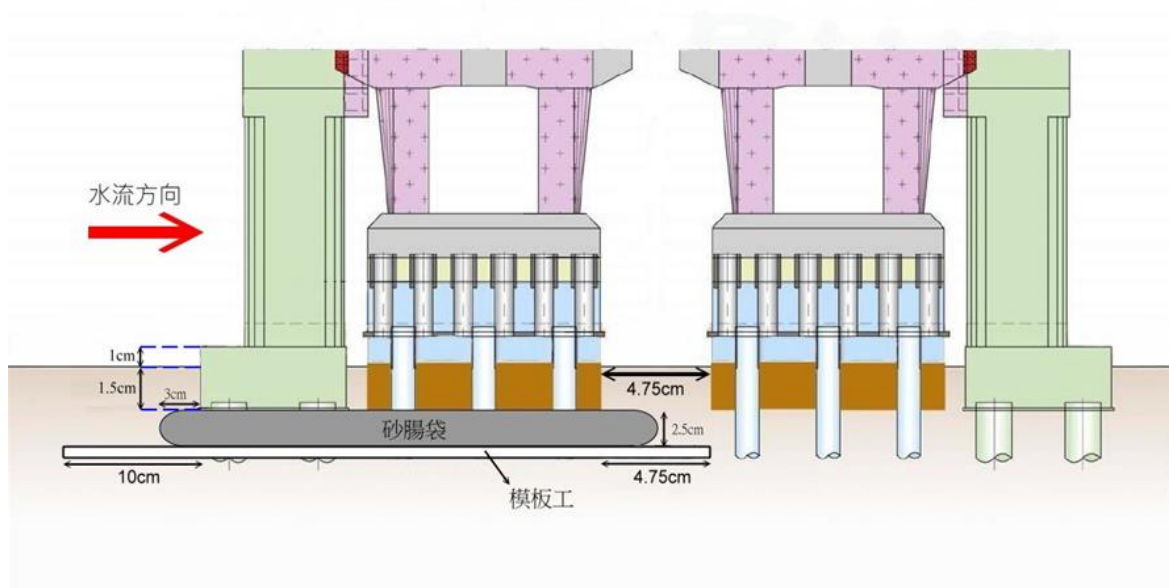


圖 2.12 一層砂腸袋+織物模板鋪設斷面示意圖

3. 在平面水工模型試驗部分，試驗結果顯示，在下游潛堰維持現況之情境下，中沙大橋在 50 年之洪水流量冲刷下，橋墩基礎應無安全疑慮。
4. 在無下游潛堰固床工保護，且假設下游水利署第 4 河川局編號第 55 河床斷面高程下降 3 公尺的情境下，上游中沙大橋遭遇 50 年之洪峰流量冲刷，橋墩基礎可能會發生換算現地最大冲刷 10 公尺之情況，已達橋基安全的臨界冲刷深度，橋梁已有安全疑慮，有必要考慮施加必要之保護工法。
5. 經由保護方案 1(保護工鋪設於橋墩補強基礎底部往下 8 公分，換算現地約 4 公尺，如圖 2.13 所示)及保護方案 2(保護工鋪設於橋墩補強基礎底部往下 13 公分，換算現地約 6.5 公尺，如圖 2.14 所示)的試驗結果顯示，方案 1 在 50 年之洪峰流量冲刷下，保護工全部裸露，因本試驗無法模擬現地材料的磨損破壞，爰此，保守評估於現地保護工應已破壞。而方案 2 在 50 年之洪峰流量冲刷下，大部分橋墩保護工均未露出，僅部分最大冲刷橋墩露出一小部分之砂腸袋及不織布，研判方案 2 之保護工法應屬可行。



圖 2.13 方案 1 保護工佈設深度(基礎底部往下 8 公分)



圖 2.14 方案 2 保護工佈設深度(基礎底部往下 13 公分)

2.7 橋墩保護工法之研究

「橋墩保護工法之研究」^[7]為本所於民國 106 年完成之研究計畫。計畫緣起主要為台 1 線大甲溪橋經過 40 幾年的河床下降及颱洪沖刷，依據歷年的河床斷面測量結果顯示，主深槽之橋墩基礎均有局部裸露，公路總局在此期間，為確保橋梁之結構安全，也進行相關的橋墩基礎保護措施，以滿足運輸安全的需求。另外，台 1 線大甲溪橋與海線鐵路橋之間的客庄堤防曾在莫拉克颱風期間遭河水劇烈淘刷有潰堤之虞，因此水利署於民國 105 年 12 月進行土石培厚防護措施，但土石培厚將造成主深槽區改變及河道束縮，可能也會間接影響台 1 線大甲溪橋其它基礎的沖刷。考量到台 1 線大甲溪橋興建年份、現況及河床沖刷之影響等相關因素，為維護用路人之行車安全，本計畫藉由水工模型試驗，研提合宜橋基保護方案，供橋梁維管單位未來佈設相關橋基保護工決策之參考。相關研究成果摘要如下：

依原保護工鋪設方式及 4 種保護工鋪設方案(不考慮保護工之材料耐久性)的試驗結果，比較其沖刷最大深度及沖刷坑寬度之結果顯示，以蛇籠+織物模板+鼎型塊之鋪設方式為最適宜之方案，如圖 2.15~圖 2.18 所示，其在最大沖刷深度、沖刷坑寬度及沖刷量的結果均為最小。



圖 2.15 蛇籠+織物模板+鼎型塊

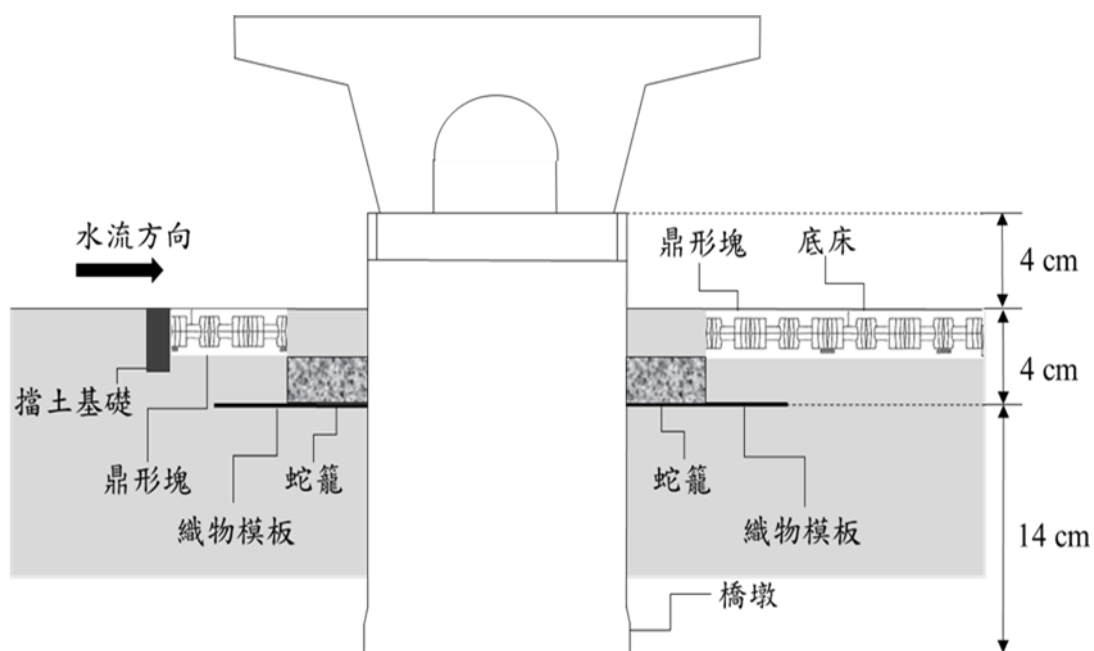


圖 2.16 蛇籠+織物模板+鼎型塊斷面示意圖



圖 2.17 蛇籠+織物模板+鼎型塊基礎沖刷情形

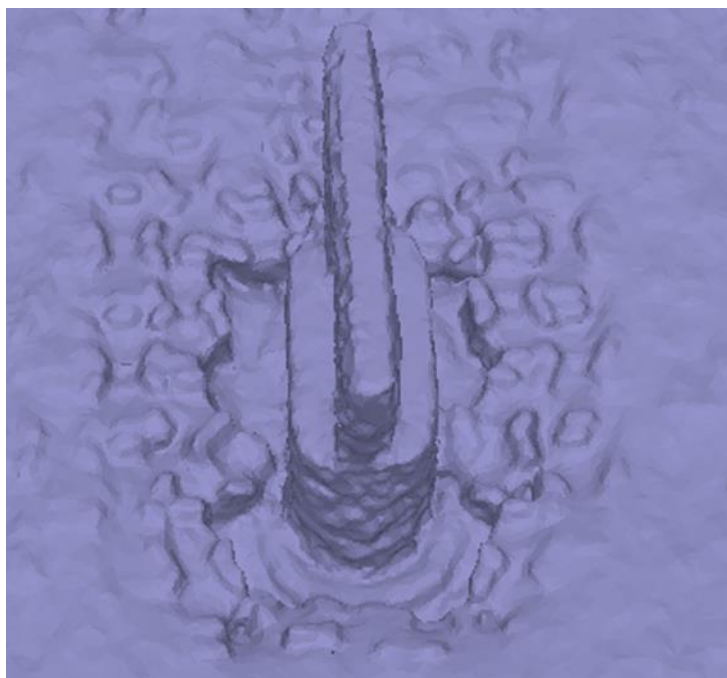


圖 2.18 蛇籠+織物模板+鼎型塊沖刷深度與範圍 3D 圖

2.8 國道三號大甲溪橋橋墩保護工法研究

「國道三號大甲溪橋橋墩保護工法研究」^[8]為本所於民國 107 年完成之研究計畫。計畫緣起為國道三號大甲溪橋之橋墩基礎，近年在颱風期間，均面臨橋墩基礎沖刷之問題，為維護用路人之行車安全，爰辦理國道三號大甲溪橋橋墩基礎水工模型試驗，以提供國道高速公路局未來佈設橋墩基礎保護工法決策之參考。

本研究以原保護工鋪設方式及 4 種保護工鋪設方案(不考慮保護工之材料耐久性)的試驗結果，比較其最大沖刷深度及下游鼎型塊穩定度之結果顯示：1.現況保護措施(如圖 2.19~2.20 所示)與零方案(無保護工，如圖 2.21~2.22 所示)之沖刷結果顯示，現況保護措施最大沖刷深度 7.5cm(如圖 2.23 所示)小於無保護措施最大沖刷深度 8.7cm (如圖 2.24 所示)，顯示現況保護措施有其成效。2. 現況保護措施為達到與橋墩基礎樁帽高程一致，遂鋪設二層鼎型塊，依本所過去的研究結果顯示，相關保護措施若高於現況河床，將會導致橋墩基礎阻水斷面增加，進一步可能增加橋墩基礎之沖刷深度，爰此，本研究將橋墩基礎保護措施降為一層之鼎型塊保護，並在鼎型塊下方鋪設織布以防止下層細粒料的流失(如圖 2.25~2.27 所示)，沖刷試驗結果(如圖 2.28 所示)橋墩基礎最大沖刷深度由 7.5cm 降為 1.4cm，顯示優於現況保護措施。3.為避免下游向源侵蝕的作用，導致鼎型塊的滑落與流失，遂在鼎型塊下游鋪設石籠作為保護(如圖 2.29~2.30 所示)，試驗結果顯示(如圖 2.31 所示)確實對下游鼎型塊的穩定度有很大的成效。

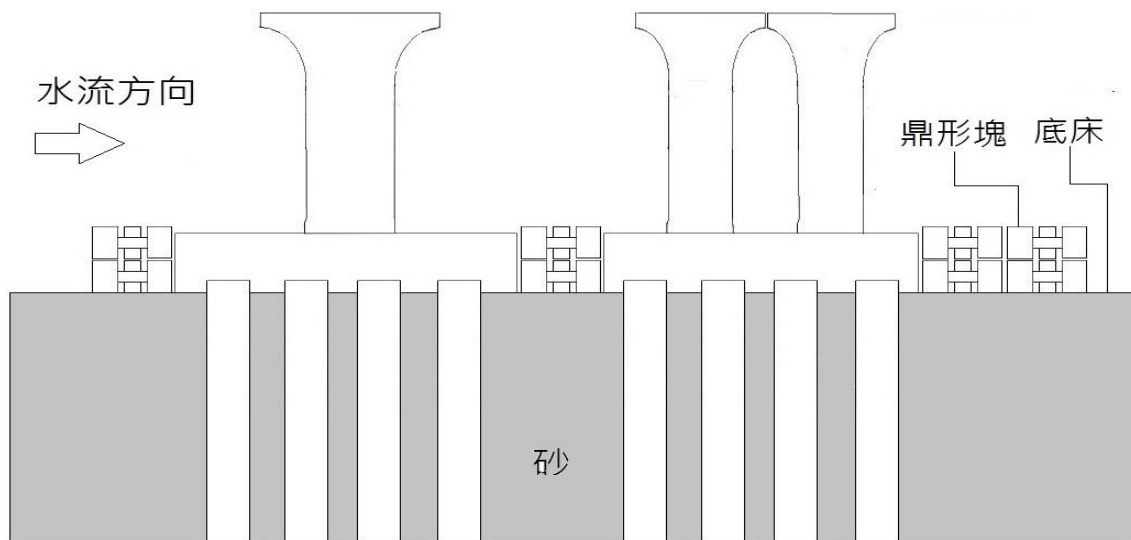


圖 2.19 現況保護措施鼎型塊鋪設斷面示意圖



圖 2.20 現況保護措施模型鋪設

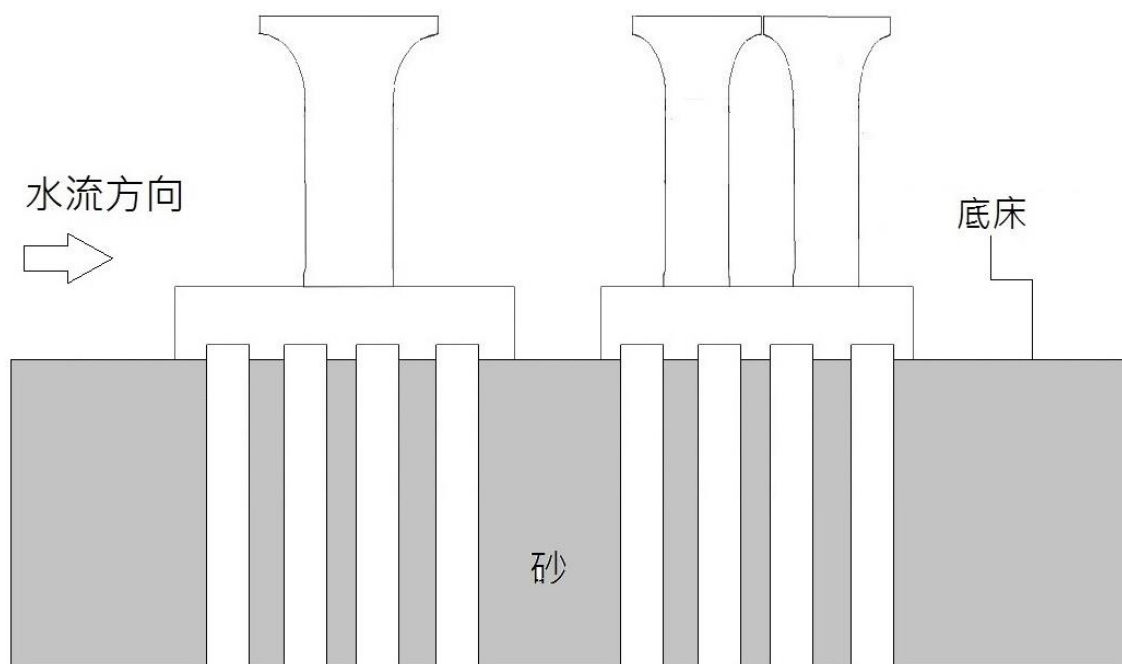


圖 2.21 無保護措施斷面示意圖



圖 2.22 無保護措施橋墩鋪設



圖 2.23 現況保護措施基礎上游沖刷情形



圖 2.24 無保護措施基礎沖刷情形

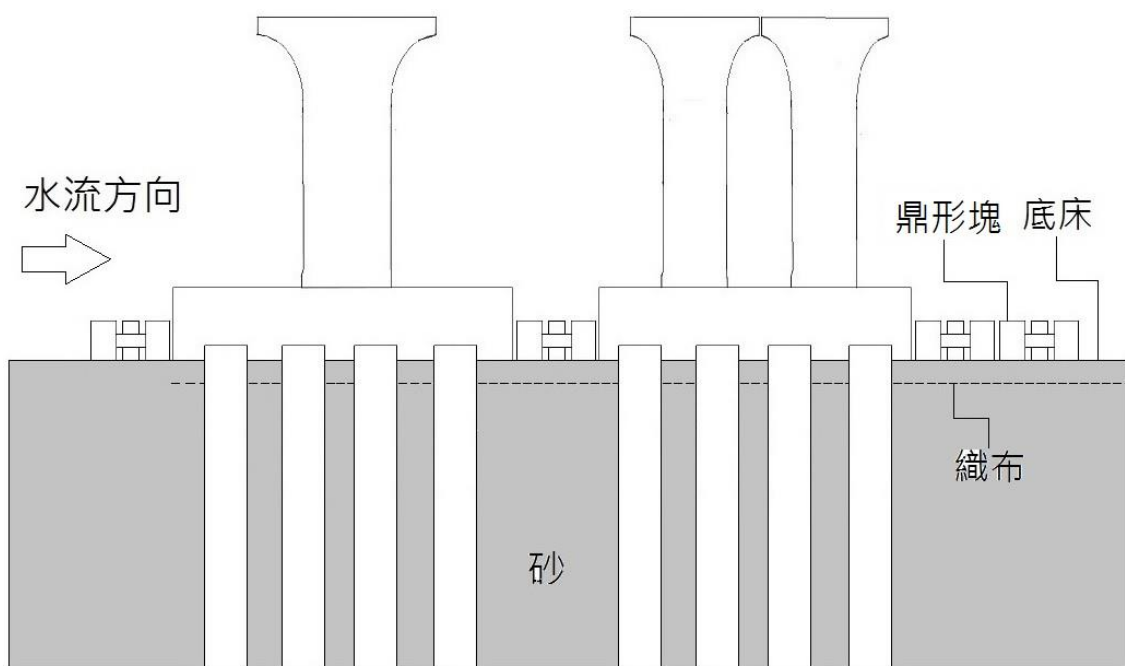


圖 2.25 一層鼎型塊+織布斷面示意圖



圖 2.26 一層鼎型塊+織布之鋪設

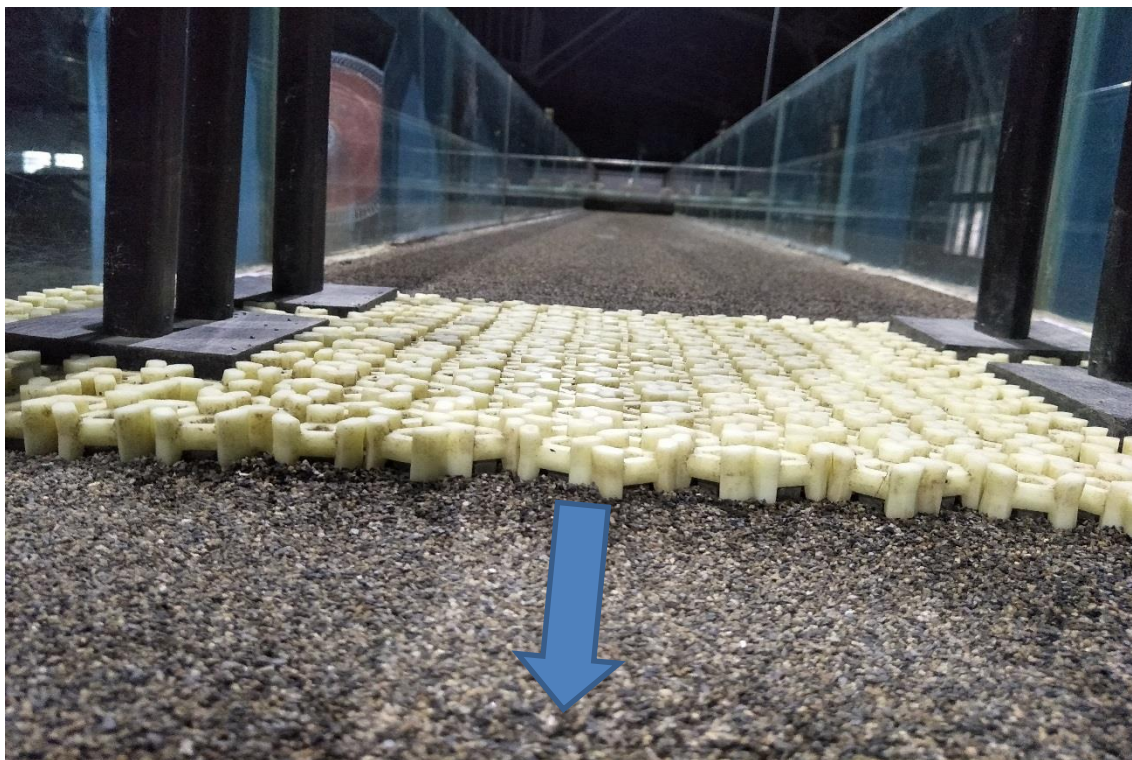


圖 2.27 一層鼎型塊+織布保護措施模型鋪設

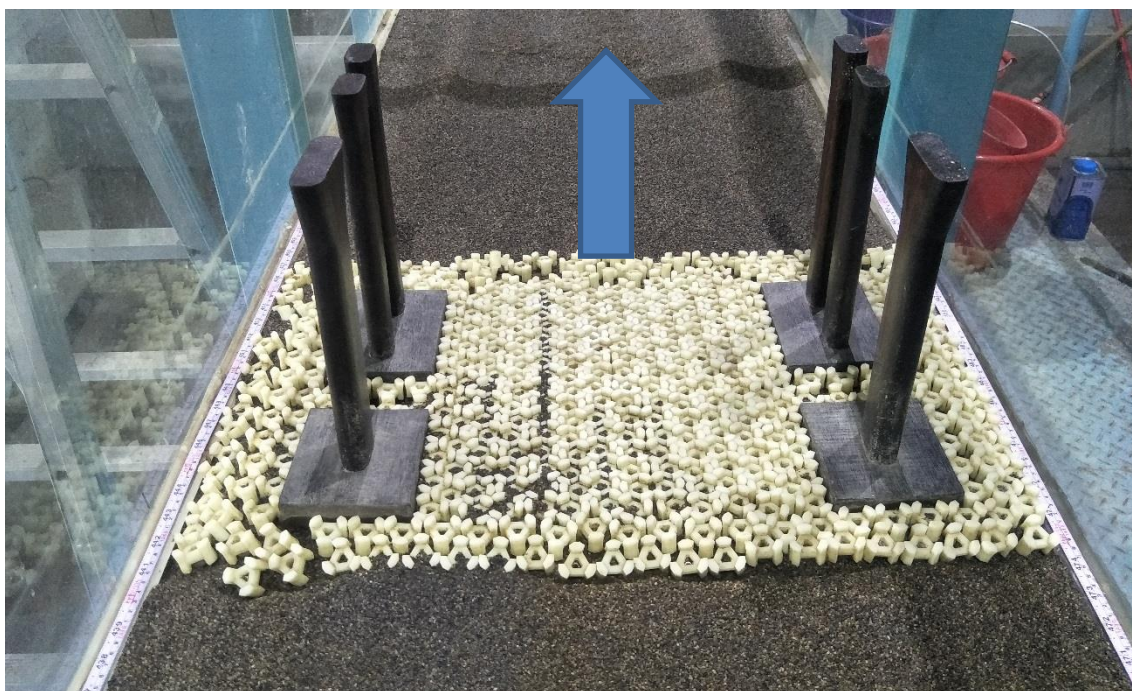


圖 2.28 一層鼎型塊+織布保護措施基礎沖刷情形

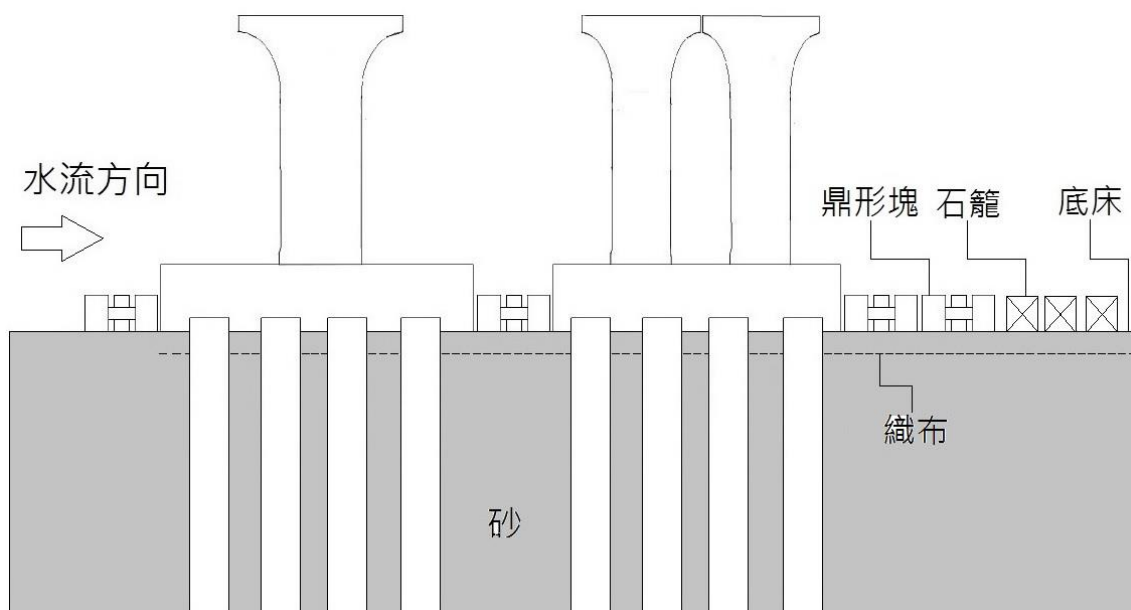


圖 2.29 一層鼎型塊+織布+石籠斷面示意圖

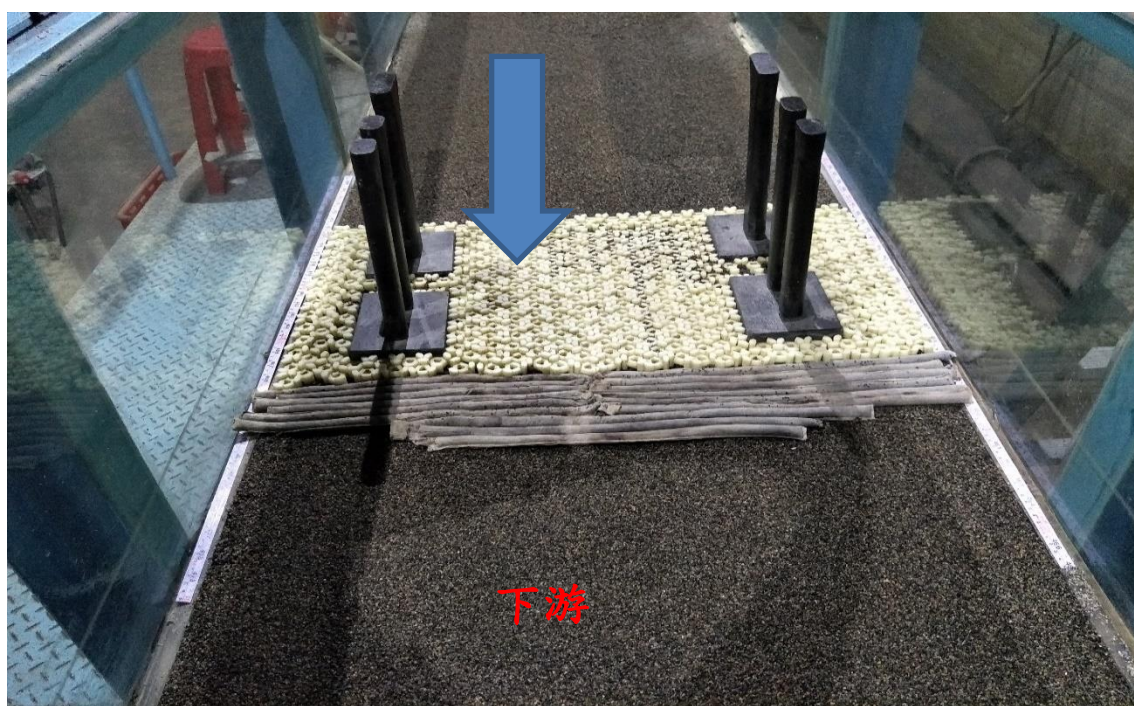


圖 2.30 一層鼎型塊+織布+石籠保護措施模型鋪設



圖 2.31 一層鼎型塊+織布+石籠沖刷情形

第三章 土工合成材料之種類及特性探討

目前土工合成材料依其產品種類大概可區分為：土工織物(geotextiles; woven & nonwoven)、織物模板(fabric form)、加勁格網(geogrids)、土石籠袋(geobags)及沙腸管(袋)(geotextile Tube)。本章針對不同種類之土工合成材料及特性做探討，以利後續研提橋墩基礎保護工之參考。

3.1 土工織物

工程用地工織物概分為織布(圖 3.1)與不織布(圖 3.2)兩類，織布指纖維經傳統經緯方式編織而成，而不織布則是不經梭織、針織或毯合的過程，而是直接將纖維經熱機械或化學方式來加以處理接合在一起。兩者主要差異為織布經過編織在強度及耐久性上較不織布優，在施工性上，因不織布較柔軟，施工性比織布優。因本研究後續之應用主要是抗洪水之沖刷，在上述兩種材料之考量取捨上，強度會優先於施工性，爰此，後續將以土工織布為主要的應用材料。

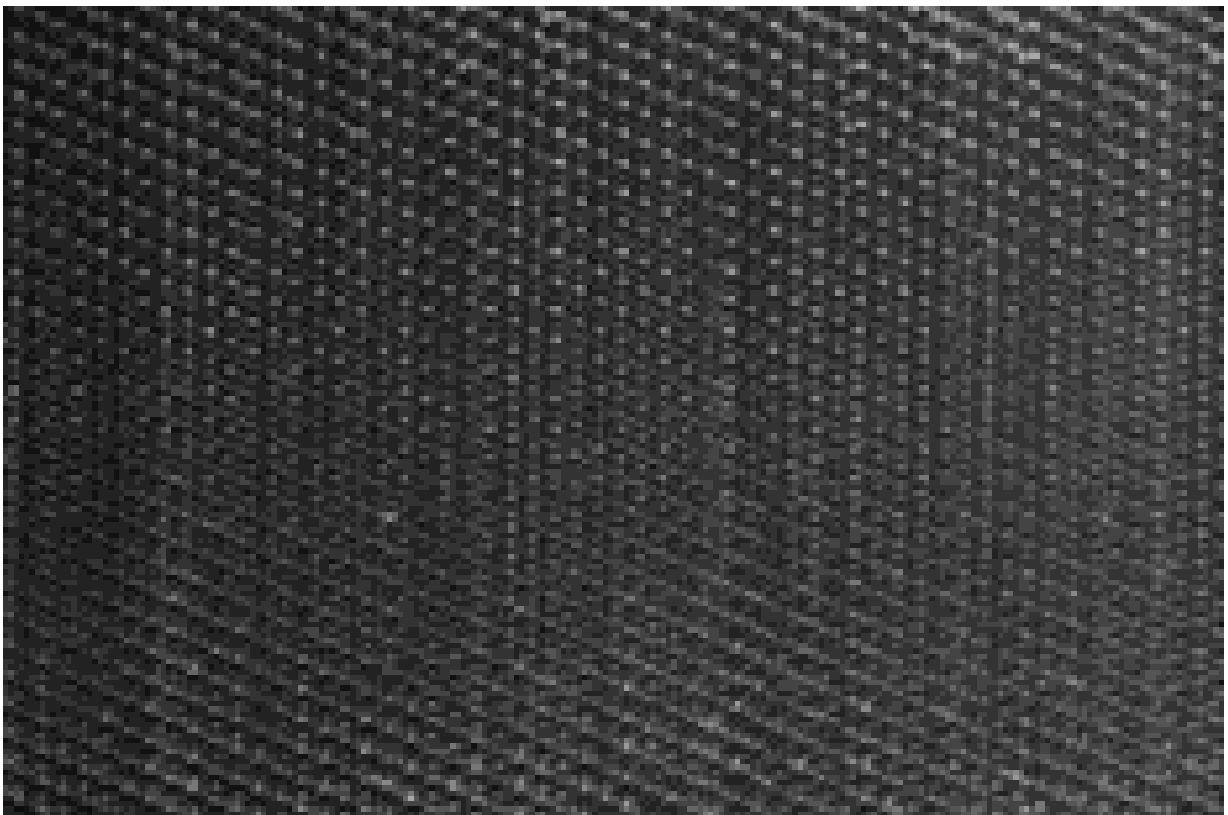


圖 3.1 土工織布



圖 3.2 土工不織布

另外，土工織布具有高抗拉強度、延伸率低、具隔離阻絕過濾及加勁功效、耐腐蝕、透水性佳、抗紫外線等特性，其主要功能如表 3-1 所示，符合未來鋪設於橋墩基礎附近河床，來減少底床之土壤因河水沖刷流失造成橋墩基礎破壞的保護工材料需求。

土工織布之主要材料分聚酯纖維(PET，Polyethylene terephthalate fiber)及聚丙烯纖維(PP，Polypropylene fiber)2 種，兩者所製造出的土工織布差異比較如表 3-2 所示。由表之 PET 織布與 PP 織布差異比較結果顯示，PET 織布比較滑，易產生滑紗，使組織孔隙不均，且因長期浸泡在水中易產生水解作用，耐久性較差，爰此，本研究建議後續之土工織布應用採用聚丙烯纖維(PP)之織布較為適宜。

表3-1 土工織布主要功能

功能	說明
隔離	將兩種相連的材料分隔，防止材料混合造成不穩定。
過濾	利用材料透水性防止土壤流失，同時允許土壤中的水通過織物排出。
排水	將土壤中的水排除，降低土壤水壓。
加勁	限制土壤側向移動，增加土體與材料間的摩擦力進而提高土體承载力。
消能	減緩或分散外力衝擊的影響。
圍束	限制土壤及粒料移動或流失。
抗沖刷	防止邊坡或河川被雨水、河水沖刷，達到保護土壤的目的。

資料來源：盟鑫工業股份有限公司提供及本研究整理

表 3-2 PET 織布與 PP 織布差異比較

特性差異	說明
產品組織	PET 織布比較滑，易產生滑紗，使組織孔隙不均。
耐久性	PET 長期浸泡在水中易產生水解作用(文獻顯示)、PP 有較好的耐化性。
耐熱性	PET 耐熱溫度 60~85 °C，PP 耐熱溫度 100~140 °C。
比重	PET 比重 1.22-1.38，PP 比重 0.91。
強度	PET 常見抗張強度 10~800 單向(kN/m)以下，PP 常見抗張強度 10-300 雙向(kN/m)。

資料來源：盟鑫工業股份有限公司提供及本研究整理

3.2 織物模板

織物模板是利用高強度織布加工縫製而成雙層織布結構，本身具柔性，內充填混凝土砂漿，以低壓灌漿填滿管狀空間可確實貼合地形，成為護坡或護岸結構，如圖 3.3~3.4 所示，織物模板未充填混凝土砂漿之部分為其透水面積，可發揮排水並保留土壤之功能，另也可植生綠化，同時保有防止水流沖刷之剛性護岸效果及植生減碳之效益。

織物模板具有良好透水性及抗拉強度，在未充填水泥砂漿前，僅為雙層織布結構，質輕易搬運、施工方便。內部另可填充植生基材，以穩定坡面並綠化環境，適合邊坡、河岸與海岸堤防等保護工程。

織物模板雖適用於邊坡、河岸與海岸堤防等保護工程，惟應用於橋墩基礎之保護上，恐因河水之沖刷力過大，導致填充其內之混凝土破裂進而刺破或割破織布，而造成整個保護工的損壞，爰此，後續之應用材料將暫時不考慮織物模板。



圖 3.3 織物模板

資料來源：盟鑫工業股份有限公司提供



圖 3.4 織物模板應用於河岸案例

資料來源：盟鑫工業股份有限公司提供

3.3 加勁格網

加勁格網如圖 3.5 所示，其材質特性為具有高抗拉強度、耐酸鹼及化學溶劑侵蝕，加勁格網置於土壤中可與土壤產生互鎖作用，提供土壤承受拉力之機制；另外，其產品規格可依需求不同而調整其經緯向之網目及結構，外層除浸覆抗 UV 保護膜外，亦可添加阻燃成分來提高防火性及耐久性。

加勁格網具有對土壤加勁之功能，可彌補土壤中剪力或張力強度之不足，提高土體之穩定性，另外，加勁牆面可噴植草籽或施工中於層間塞植具生根發芽能力之活枝條，待植物長成時一片綠意盎然，除美觀外，可提供小動物、昆蟲等棲息，亦可防止牆面沖蝕。面牆並可搭配鋼柵面板或預鑄景觀石材，亦適用於親水護岸或水濱環境，加勁工法不僅易於配合現地景觀，造價低廉、工期迅速、並可維持土方平衡，且柔性結構本身所具有之耐震特性更適用在地震頻繁的台灣。

加勁格網常使用於建構加勁擋土牆，利用加勁格網網孔與土壤壓密後結合形成內握裹力錨定，並以加勁格網之優越抗張性，分層消化圓弧破壞應

力，與土壤形成整體結構，對場區土方平衡、綠化，有絕對的效益，加勁格網使用之設計極限強度及深入有效長度視工程環境及條件而定。

加勁格網雖在邊坡的保護上有很多成功的案例，但因其結構組織特性，其網目較地工織布大，對河床質的細粒料可能無法發揮其保護作用，爰此，後續之應用材料將暫時不考慮加勁格網。

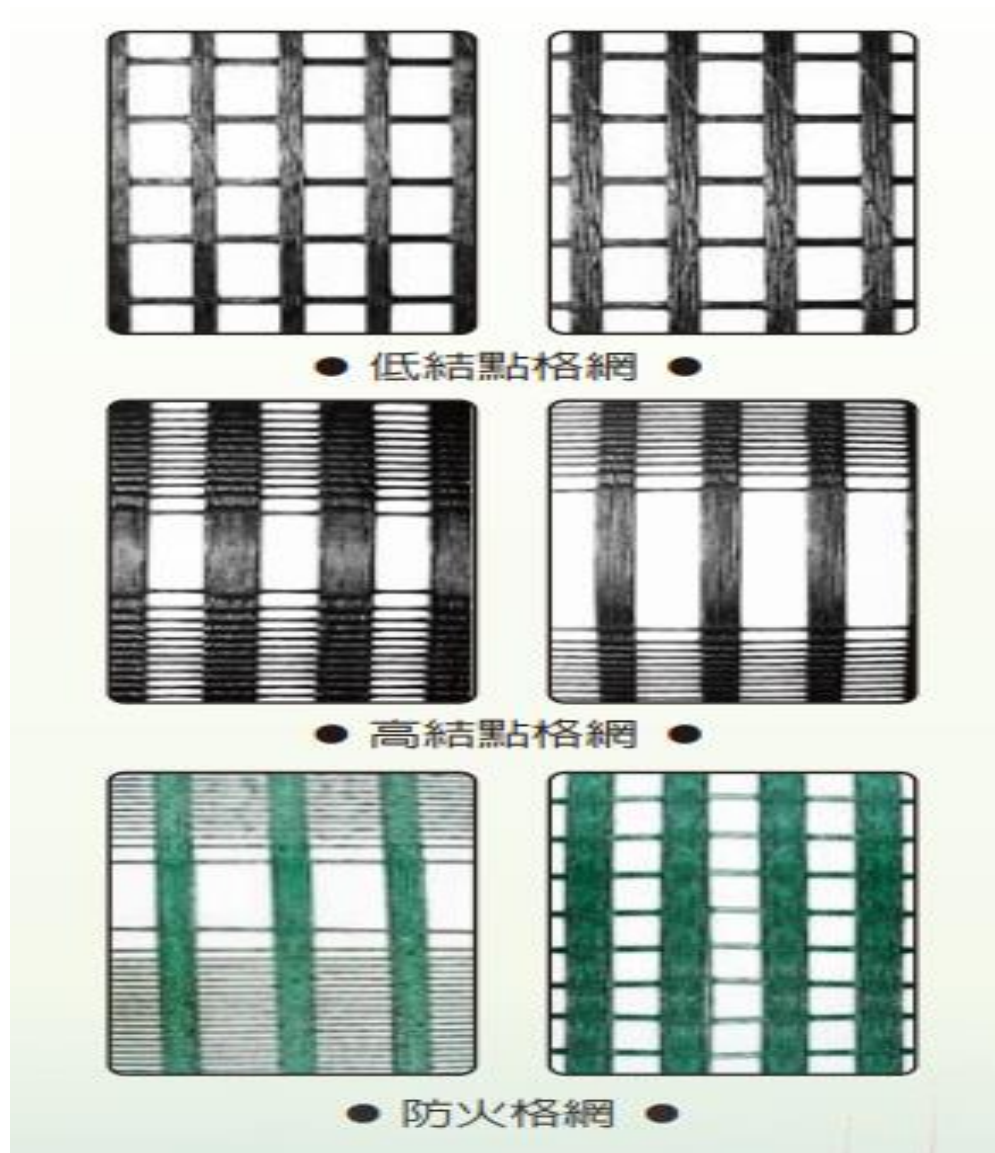


圖 3.5 加勁格網

3.4 土石籠袋

土石籠袋與土石籠網組成土石籠組如圖 3.6 所示，土石籠袋為具有抗紫外線、耐酸性、奈鹼性處理之織布編製而成，其纖維成分為聚丙烯或聚乙烯，具高透水性、耐久性等特性；土石籠網由金屬網線編織箱籠，依國際標準應在其外表鍍鋅，以達到高抗拉性、高抗蝕性、優良的變形性及不易散開等要求。

土石籠組它是屬於柔性的概念設計，可以彌補往昔以重力式擋土牆、混凝土護坡等剛性概念設計的工程缺點。土石籠袋與土石籠網相輔相成，土石籠網以高鍍鋅機編全張石籠網，在其內部四周圍及上下襯以地工織布，可藉由就地取材，填放泥土、沙土、礫土或天然級配快速裝填完成。裝填方式類似太空袋，在內裝填土石並夯實後，並將土石籠袋上蓋緊密黏扣，以防止土料流出，之後再依設計圖說規定或監督工程師之指示分層裝填封蓋、夯實、機具重壓，以確實達到密實效果。土石籠組為韌性結構，富於撓曲性，可對抗水流衝擊，當洪水將河床沖刷時，土石籠組可憑藉其本身的重量而自動變為下沉，如變形蟲般柔性變形，有極佳的穩定性及整體性，並可在水中施工，以吊掛方式簡單迅速施工，對環境衝擊小，快速且安全性高。在邊坡整治、海事工程、景觀工程、水保(利)工程皆會廣泛使用到。

考量土石籠組之製作需先編織石籠網，再於內側鋪設地工織布，且於現場施工時，還需要人工將現地土石料裝填於內夯實後再封上蓋，其材料成本及所需之施工人力均遠高於直接鋪設地工織布之費用，且施工性也較鋪設地工織布繁瑣，爰此，本研究暫時不採用土石籠袋之保護工法。

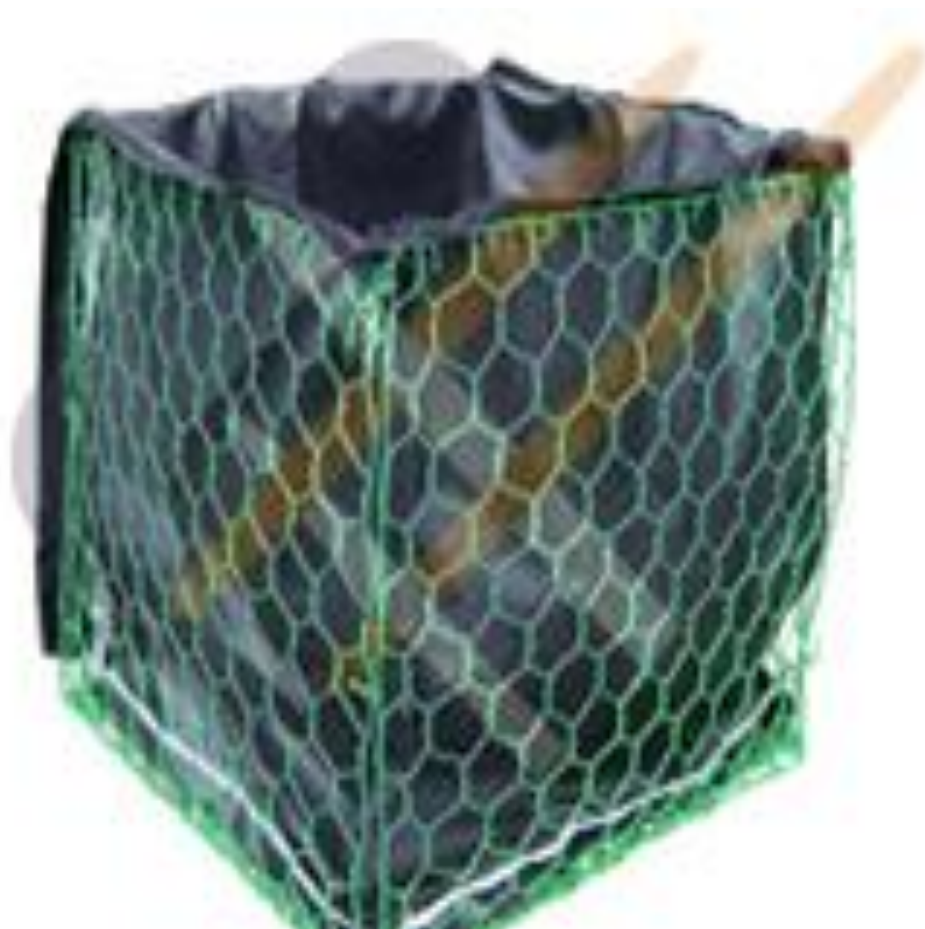


圖 3.6 土石籠組

3.5 沙腸管(袋)

沙腸管(袋)材料為地工織布之一種成品，為具高拉力之透水管狀袋體，其纖維之主要成分為聚丙烯(PP)透水織布，將袋體於現場展開後連接水力輸送管路填充現地疏浚之泥沙(圖 3.7)，纖維孔隙可將水排除而保留砂土於袋體內，成為一穩定之地工織物和土壤複合體，可廣泛應用於水利、河堤、海埔新生地臨時圍堵堤、永久性堤、深水性隔離堤、保護基礎、擋土牆、橋樑引道、固定管線等之大型結構物。

沙腸管(袋)其材料具耐海水腐蝕性、耐酸鹼性及良好的耐化性及抗紫外線特性，以現地材料回填，可取代傳統拋石或消波塊，具備良好的透水性及阻絕泥沙性質，可發揮極大環保效益，且織布材料性質及沙腸(管)尺寸皆可依客製化生產，以符合現地需求。



圖 3.7 沙腸管(袋)

地工沙腸袋工法常見應用於國內外海岸工程，可做為突堤、潛堤、離岸堤或護岸等結構物，具有施工快速、低環境衝擊以及高經濟效益等特性。選用具有施工快速、就地取材、低碳排量、低環境衝擊及低成本的特性的地工

沙腸袋配合拋石構築之複合式拋石防波堤，完工後整體效益良好且於工程經濟性及減碳效益上有相當不錯之成效，也符合目前提倡之工程綠色內涵的精神。整體而言，地工沙腸管(袋)可為海岸工程節能減碳的工法提供一替代性選擇。

因沙腸管需就地取材，以水力輸送管路抽取現地之沙土來填充袋體，爰此，此種保護工法僅能適用於砂質河床之流域，對於卵礫石之流域，因砂源取得不易，若要使用此方式來保護橋墩基礎，可能需花費鉅額的工程費才能完成。

3.6 小結

依據本章針對目前常見的地工合成材料的特性探討結果顯示，地工織布之材料特性符合保護河床質土壤的需求，不論其河床質為砂質河床或礫石河床均適用，其中以強度及耐久性考量，採聚丙烯纖維(PP)之織布較採用聚酯纖維(PET)之織布優。

織物模板雖適用於邊坡、河岸與海岸堤防等保護工程，惟應用於橋墩基礎之保護上，恐因河水之沖刷力過大，導致填充其內之混凝土破裂進而刺破或割破織布，而造成整個保護工的損壞。

加勁格網及土石籠(袋)組在邊坡之保護應用成效都很不錯，惟加勁格網之網目太大，恐無法滿足保護細粒料河床質的需求，而土石籠(袋)組因施工繁瑣，目前暫時先不考慮。

沙腸管因需就地取材，以水力方式抽取現地之沙土來填充袋體，僅能適用於砂質河床之流域，對於卵礫石之流域，因砂源取得不易，恐需花費鉅額的工程費才能完成，較不適用於卵礫石之流域。

第四章 地工織物之應用案例

本章主要針對地工織物過去在河道及橋墩基礎之應用案例作探討，以利後續研提橋墩基礎保護工方式之參考。

4.1 西螺大橋下游潛堰固床工

由林呈教授等(2012)發表之「台 1 線溪州大橋桃芝風災後之緊急應變對策與換底降基施工時封橋水位訂定之研討」^[9]論文提到，濁水溪下游段河道，於民國 76~84 年間，遭受大量砂石的開採與多次洪水沖刷所造成之主深槽嚴重下降，公路總局第二區養護工程處為整體保護台 1 線溪州大橋與 145 線西螺大橋，於民國 84 年起開始規劃於西螺大橋下游側興建潛堰固床工以防治河床的一般沖刷，期能促使原已下降之河床因回淤砂石而抬高、控制河床高程及坡降，達到保護西螺大橋及溪州大橋橋基之作用，於民國 85 年間委託廠商辦理設計西螺大橋下游側潛堰固床工，其深槽配置如圖 4.1 所示，並於民國 87 年 1 月竣工，詳如圖 4.2 所示。

施設潛堰固床工目的在於攔阻上游砂石及防治一般沖刷（general scour），避免河道繼續沖刷淘深，達到穩定河床及保護上游橋墩基礎的功能。由圖 4.1 潛堰固床工縱斷面圖顯示，其斷面可分作下列幾種：（一）五階式混凝土塊陣列堰體，每一階高差為 0.5 公尺，各尺寸依序為 3m×3m×5m、3m×3m×3.5m、3m×3m×3m、3m×3m×3m、3m×3m×5m；（二）由預鑄混凝土塊（蜂巢塊）組合而成之消能護坦，作為消能之設施，而護坦下方鋪設透水之地工織物及拋放卵石，避免河床砂質流失，藉以穩固河床；（三）施打長 15m、斷面 0.5m*0.5m 之預力混凝土基樁陣列所形成之截水牆，並於樁頂配置鋼筋、再澆灌剛性冠牆（即連結梁），加強固床工之穩定性；（四）截水牆下游側鋪設蛇籠保護工，且依消能需要分三階段漸變深入河床，計延伸鋪設 59.5 公尺，其表面層再澆置噴凝土。

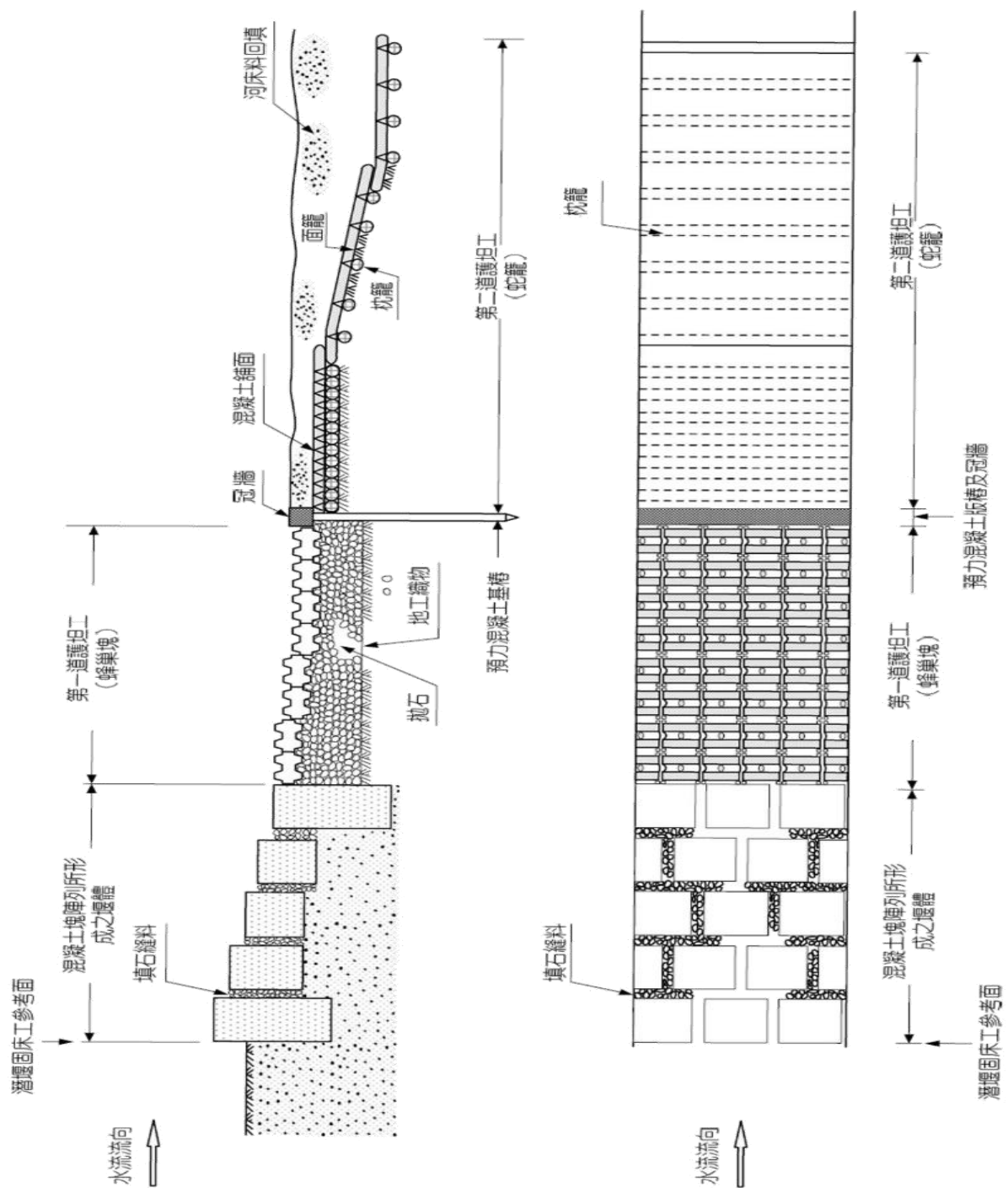


圖 4.1 潛堰固床工配置圖

資料來源：台 1 線溪州大橋桃芝風災後之緊急應變對策與換底降基施工時封橋水

位訂定之研討^[9]

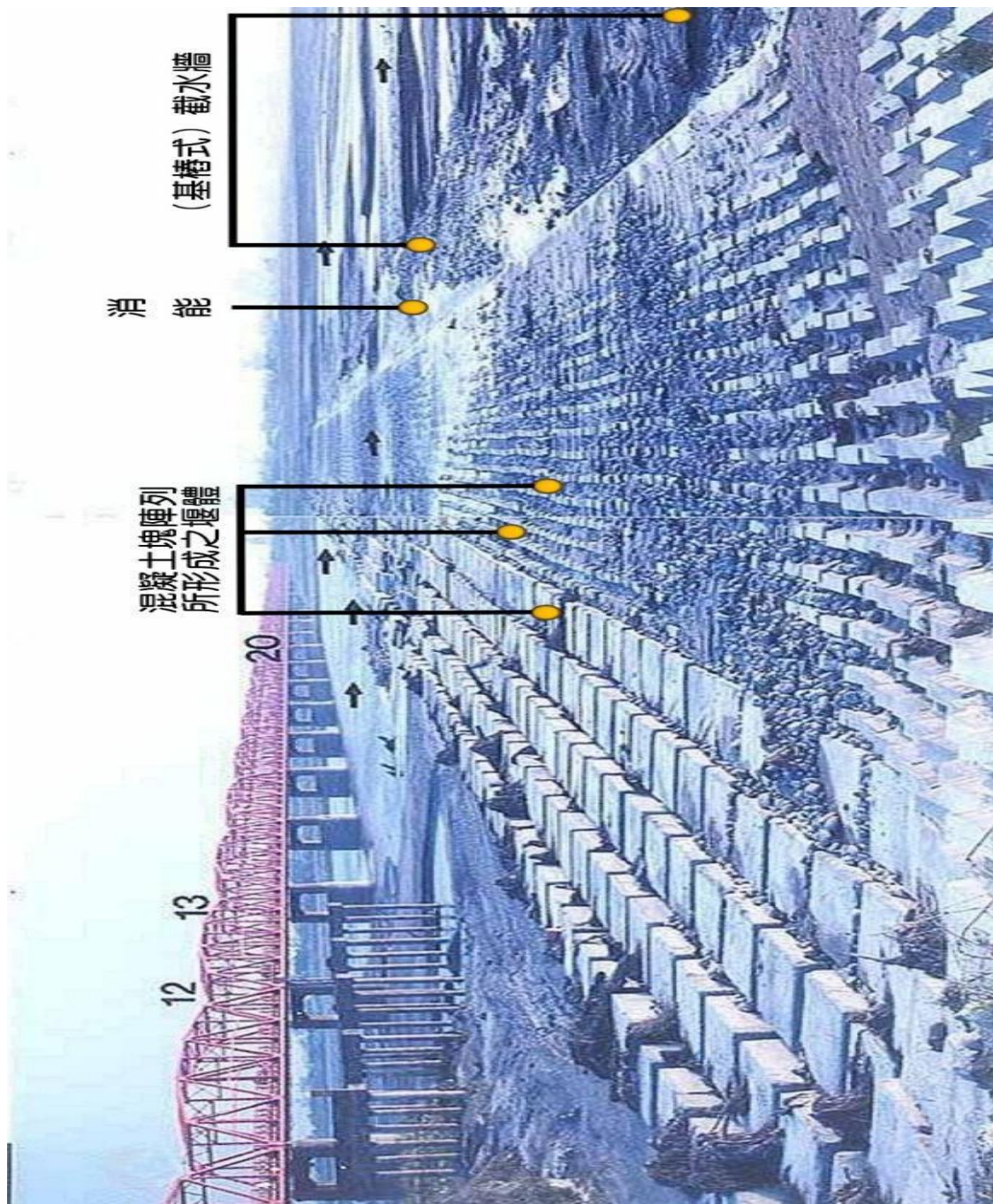


圖 4.2 潛堰固床工竣工照片

資料來源：台 1 線溪州大橋桃芝風災後之緊急應變對策與換底降基施工時封橋水位訂定之研討^[9]

由本案例第一道護坦工(圖 4.1)之組成顯示，蜂巢塊及塊石之下鋪

設地工織布，主要是避免下層的河床砂質流失，影響上層的塊石及蜂巢塊的穩定，進而達到延長整體保護工的耐久性。

4.2 中沙大橋下游潛堰固床工

濁水溪下游段河道，因民國 78 年後北部河川禁採砂石，讓濁水溪濫採情況雪上加霜；民國 80 年艾美颱風，中沙大橋有明顯沖刷，在此之前橋墩沖刷保護以橋墩處之蛇籠、拋石為主，如圖 4.3 所示，之後則規劃設計中沙大橋下游固床保護工。民國 85 年底起中沙大橋橋墩保護除了蛇籠、拋石為主外，固床保護工亦開始擔負重要責任，如圖 4.4 至圖 4.6 所示。



圖 4.3 中沙大橋橋墩保護工

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局斗南工務段



圖 4.4 中沙大橋下游固床工

資料來源：農林航空測量所

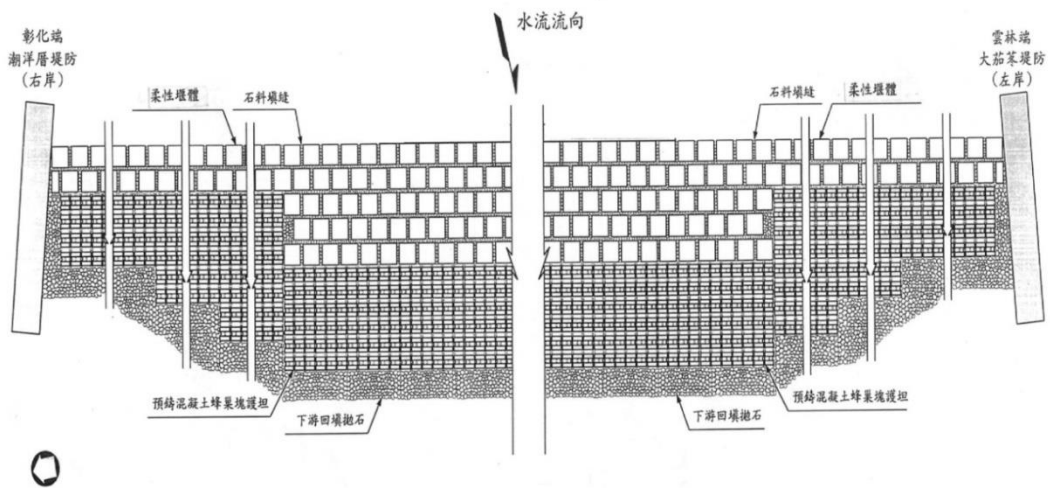


圖 4.5 中沙大橋下游固床工配置圖

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局斗南工務段

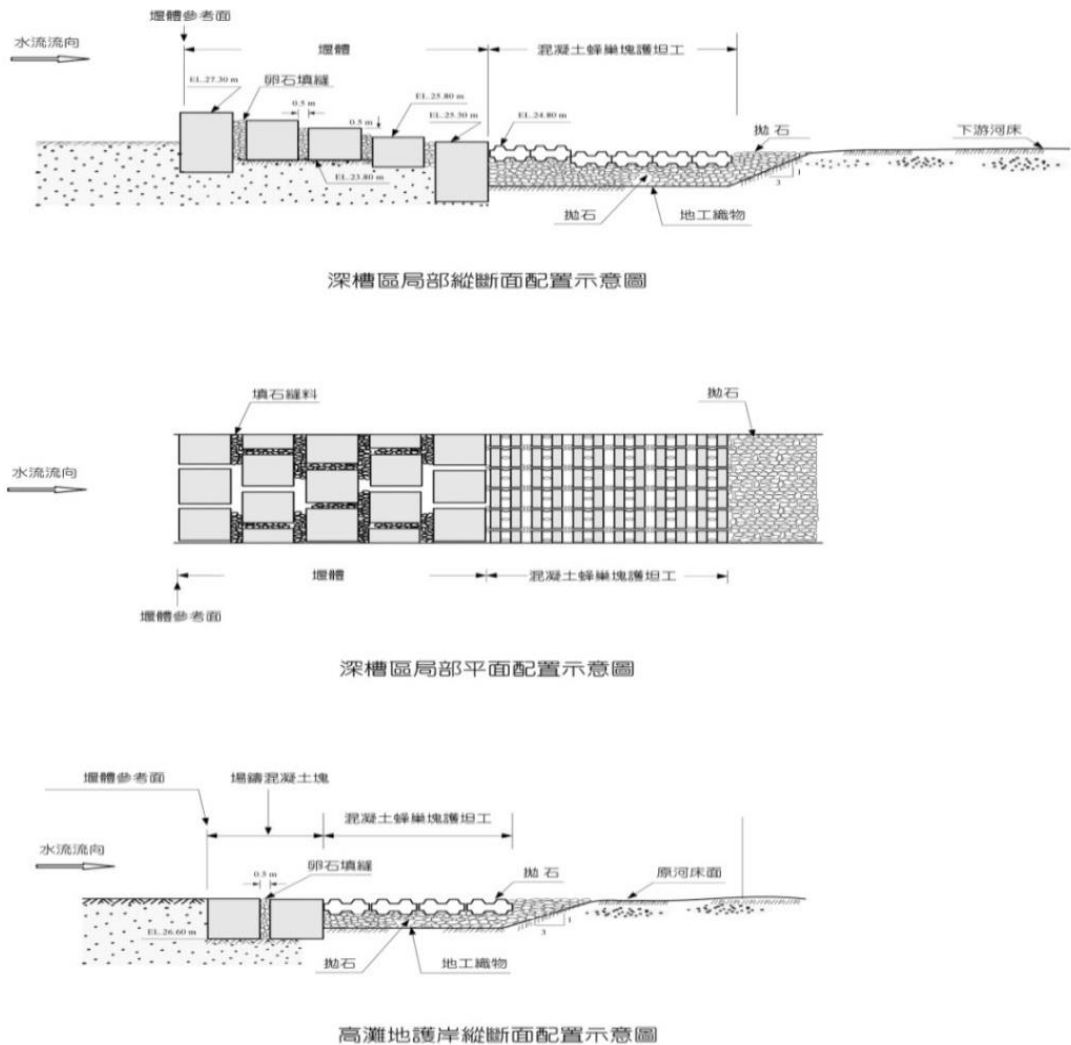


圖 4.6 中沙大橋下游固床工斷面示意圖

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局斗南工務段

由本案例之固床工斷面示意圖(圖 4.6)之組成顯示，混凝土蜂巢塊護坦工及拋石之下鋪設地工織布，其主要目的是避免下層的河床砂質流失，影響上層的塊石及蜂巢塊的穩定，進而達到延長整體保護工的耐久性，此原理與西螺大橋下游潛堰固床工的設計理念一致。因此地工織布在橋墩基礎的保護工應用上，可以利用其透水與過濾的特性，來防止下層河床砂質的流失，進而穩定上層的保護工，增加整體保護工的抗沖刷能力，達到保護橋墩基礎的目的。

4.3 國道中沙大橋上游高灘地之保護

國道 1 號中沙大橋因受濁水溪多主槽河道蜿蜒擺盪變遷之影響，致使該橋上游河道形成彎道，橋墩基礎之高灘地經常直接遭水流沖擊導致覆土流失，為避免危害橋梁基礎結構安全，國道高速公路局中區工程處委託臺灣大學於 102 年辦理「國道 1 號中沙大橋墩基沖刷治理計畫委託技術服務工作」^[5]，以研提較經濟方式提升橋墩基礎耐洪能力，並搭配上流處之經濟部水利署第四河川局辦理之右岸護岸工施作(圖 4.7)，發揮政府一體之橋河共治概念，由該處接續辦理橋墩(右)岸高灘地保護，並於 103 年 5 月完成北(右)岸 P13 及 P14 沙腸管護岸工設置，施工斷面示意圖如圖 4.8 所示，施工圖如圖 4.9 及圖 4.10 所示，藉以加強該橋墩基礎沖刷治理保護工作。



圖 4.7 四河局於中沙大橋上游高灘地之保護工施作情形

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局斗南工務段

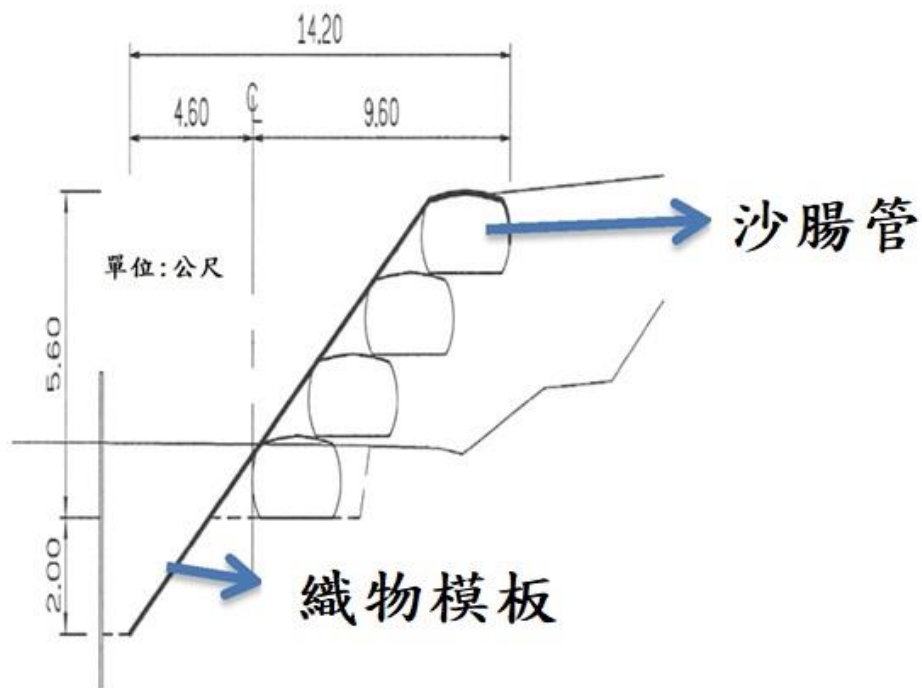


圖 4.8 中沙大橋橋基高灘地保護工程施工斷面示意圖

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局斗南工務段



圖 4.9 中沙大橋橋基高灘地之沙腸管施作情形

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局斗南工務段



圖 4.10 中沙大橋橋基高灘地之織物模板施作情形

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局斗南工務段

本案例之設計理念為利用沙腸管兼具透水與保留土壤功能之特性，將管體於現場展開後，連接水力輸送管路填充現地疏浚之泥砂，在水力填充後，管中水分迅速排除，保留於內部之土壤成為一穩定之地工織物—土壤複合體。而所使用材料為地工合成物織造而成之高拉力纖維透水管狀袋體，其纖維主要成分為聚丙烯(polypropylene 簡稱PP) 透水織布，摺疊後體積、重量皆小，運送輕便。而沙腸管護岸工所使用之地工沙腸管係藉由灌填河床土石料後，交互堆疊成柔性擋土牆(如圖 4.9)，用以保護高灘地，避免土石流失；而表層鋪設織物模板內填水泥砂漿(如圖 4.10)，藉以加強坡面強度，其表面糙度大，能減緩其臨岸水流速度，增加該處河床淤積速率。

本案例護岸工屬柔性堆疊式擋土牆，且透水性佳，經 103 年、104 年施作至今，未有遭沖毀現象發生，充分發揮保護橋墩及高灘地之作用，且避免土石流失，另其沙腸管現地取材抽砂充填，施工迅速且價格較施作蛇籠經濟，亦為其一大優勢。再者織物模板於堆疊之沙腸管表層鋪設並於其內填水泥砂漿，除加強坡面強度，另因表面糙度大，能減緩其臨岸水流速度，增加該處河床淤積速率，如圖 4.11 所示，間接達成河道整理的效果。此工法亦為高公局首創採用此工法辦理橋基護岸保護，未來該局將持續觀察成效並推廣至適合辦理之河段。



圖 4.11 中沙大橋橋基高灘地保護工成效

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局斗南工務段

4.4 國外保護工法資料彙整

1. 織物模板

織物模板是利用高強度織布縫製雙層結構織袋狀物，袋體空間灌注混凝土或植生基材填充固定結構，可做為邊坡、河岸、防蝕堤防等坡面保護，不同組織形式可作為結構穩定或植生綠化之需求。織物模板具有擴張強度大、透水性佳、輕質、方便施工、填充植生基材可綠化環境、地面貼附性佳及填充水泥砂漿可護坡護岸等特性。國內大多應用於區域排水護岸及渠底保護，國外亦有應用於橋墩保護實際案例(詳如圖片 4.12)，惟因材料特性因素，若應用於橋墩基礎保護，恐不適用於河水沖刷力劇烈之區域，因混凝土受過大之沖刷力作用，恐破裂造成織物之破損，進而造成整體保護工破壞。



圖 4.12 韓國橋墩保護應用案例

資料來源：盟鑫工業股份有限公司

2. 沙腸管

沙腸管為兼具透水(Infiltration)與保留土壤(Soil Retention)之袋

體，在水力填充後，袋中水分迅速排除，保留於內部之土壤成為一穩定之地工織物－土壤複合體，在河川，水庫淤泥整治工程中可發揮極大的環保效益。沙腸管材料為地工合成物(Geosynthetics)織造而成之高拉力纖維透水管狀袋體，其纖維主要成分為聚丙烯(polypropylene 簡稱PP)透水織布，摺疊後體積、重量皆小，運送輕便，將袋體於現場展開後連接水力輸送管路填充現地疏浚之泥砂，可作為護堤(Dike)、碎波堤(Breakwater)、丁壩(groin)及邊坡保護(Slop Protection)等。至今於韓國亦有應用於跨海大橋橋墩保護應用實例，詳如圖 4.13，惟因材料特性因素，若應用於橋墩基礎保護，較適用於砂質河床。

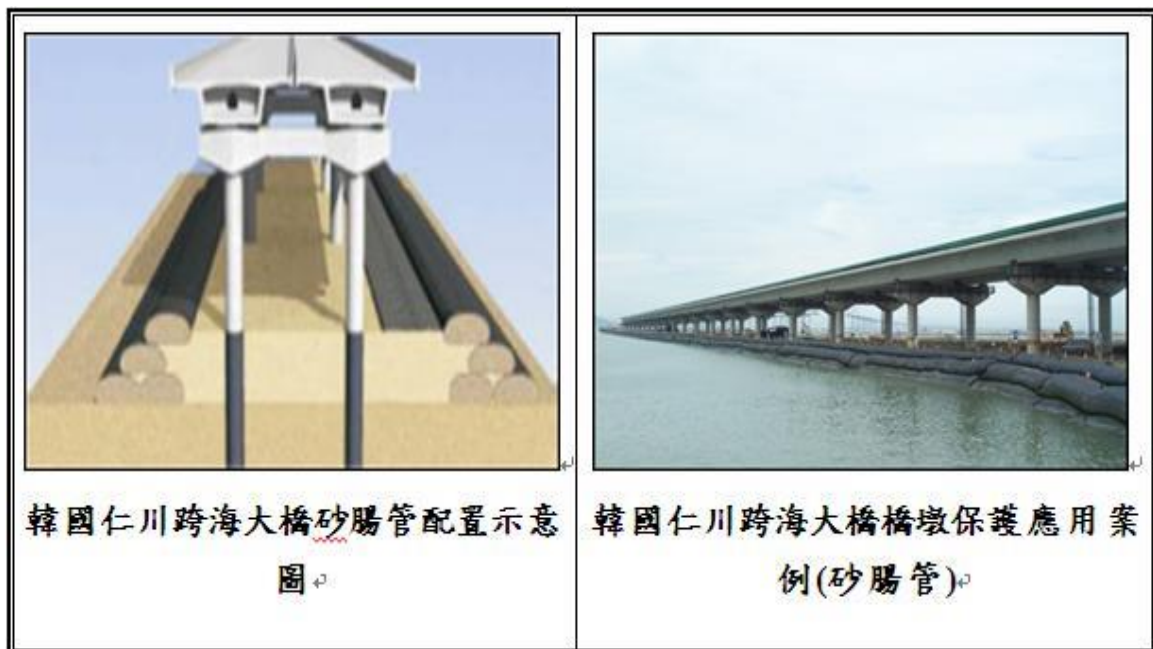


圖 4.13 韓國仁川跨海大橋沙腸管配置示意圖及應用案例

資料來源：盟鑫工業股份有限公司

4.5 小結

水流、河床、橋墩及保護工之互制作用係為一動態過程，施設橋墩保護工時必然會影響河道流況，進而造成橋墩附近河床改變。故橋墩保護工須以全河道之河床穩定為考量。然而，保護工法之選用常因地制宜，且與水流狀況息息相關，並無萬能保護工法可適用於所有橋址。

國內過去利用地工織物應用於橋墩基礎之保護工案例不多，本研究蒐集到的案例主要是應用在下游潛堰之消能護坦保護及高灘地之保護。

國外過去雖有織物模板及沙腸管直接應用於橋墩基礎的保護案例，惟保護工法之選用常需因地制宜，未來應用還是須視環境特性選取適宜之材料來進行相關保護工之施作。

第五章 地工織物橋墩保護工經濟性與施工性探討

由於過去地工織物應用於橋墩保護工之案例不多，經第四章的探討，國內目前主要案例是應用在下游潛堰之消能護坦保護及高灘地之保護。本所曾於民國 107 年因交通部高速公路局中區養護工程分局大甲工務段(以下簡稱大甲工務段)施作國道 3 號大甲溪橋橋墩基礎保護工程之際，於 P27R~P28R 橋墩間及下游的鼎型塊下方試鋪地工織布，爰此，本章將以本所於民國 107 試鋪的案例經驗，來探討地工織物橋墩保護工的經濟性與施工性，以提供未來後續研究及橋管單位未來施作橋墩保護工決策之參考。

5.1 國道 3 號大甲溪橋橋墩基礎試鋪案例

大甲工務段於民國 107 年初針對國道 3 號大甲溪橋主深槽之橋墩基礎施作保護工程，該保護工程是採用排置鼎型塊包覆橋墩基礎以達到保護橋墩基礎的目的，如圖 5.1 所示。本所商請大甲工務段同意本所於 P27R~P28R 橋墩間及下游的鼎型塊下方試鋪地工織布，以驗證本所過去之研究成果，並獲大甲工務段同意，爰此，本所於民國 107 年 3 月在 P27R~P28R 橋墩間及下游的鼎型塊吊放前，利用 1 天的施工空檔，於現地完成地工織布之鋪設，相關鋪設規劃及現地鋪設說明如下：

1. 鋪設規劃

此次鋪設規劃，承蒙國內生產織布之廠商盟鑫工業股份有限公司(以下簡稱盟鑫公司)的陳技術顧問艾文先生的協助，不僅提供本次試鋪的織布(規格如圖 5.2 所示)，也提供相關的織布鋪設建議，經過本所同仁與陳先生討論後，因 P27R~P28R 橋墩墩帽間距約 20 公尺，以織布約 5 公尺的寬度鋪設，規劃約鋪設 4 個單元，長度規劃鋪設約 50 公尺，鋪設面積約 1,000 平方公尺，平面圖如圖 5.3 所示，斷面圖如圖 5.4 所示。織布單元間之搭接方式以束帶或尼龍繩穿過打孔之織布來固定，

如圖 5.5 所示。



圖 5.1 排置鼎型塊包覆橋墩基礎之保護工法

1. 土工織布規格說明(或同等品)：廠商提供之材料符合以下規範要求者皆視為同等品，廠商不得以提供之材料強度大於規範要求而另行追加費用。

項次	性質	單位	規格要求標準	規範依據	抽驗頻率
(1)	材質	—	PP或PE	F.T.I.R 或 燃燒法	1次/10000m ²
(2)	抗拉強度(縱橫向)	kN/m	MD≥250 CD≥250	ASTM-D4595 或 CNS 13300	
(3)	延伸率(縱橫向)	%	≤30	ASTM-D4595 或 CNS 13300	
(4)	正向透水率	1/sec	≥0.4	ASTM-D4491 或 CNS 13298	
(5)	有效開孔徑(AOS)	mm	≤0.425	ASTM-D4751 或 CNS 14262	
(6)	貫入強度	N	≥30000	ASTM-D6241 或 同等規範	

- 本工程所使用之織布需長期曝曬於陽光下，故供料商需提供織布具耐紫外線之物性證明，可提供六年內依照 ASTM D5970 之標準程序由TAF認證實驗室或國立學術單位進行戶外銷曬試驗，經實際戶外銷曬200小時後之縱向強度殘留率需大於90%以上，或其他經監造單位核可之同等級以上可資證明其抗紫外線物性能力之相關試驗或品質證明。
- 承包商於材料施工前應備附織布樣品及一年內之經TAF認證實驗室或國立學術單位檢驗合格之試驗報告(戶外銷曬試驗報告六年內)供監造單位及業主審核，材料進場後於施工前需由監造單位於現場隨機抽樣織布，並送具TAF認證之實驗室進行規範要求之各項物性試驗(戶外曝曬試驗除外)，抽樣頻率為每10000m²抽測一組，不足10000m²亦須抽測一組，各項數值大於規範要求者皆可視為同等品。
- 本工程所使用之土工織布，均須符合織布材料物性及耐久性試驗，供料商需提供材料施工時間內之品質保證，並不得有膠合及滑紗現象，為增加織布間堆疊時之摩擦力，織布需為複紗組織。
- 本工程所使用之土工織布，為確認其承受施工損傷之程度，須符合織布施工損傷試驗殘留強度之要求，故供料商需提供織布受施工損傷之物性證明，可提供六年內依照ASTM D5818 之標準程序由TAF認證實驗室或國外合格實驗室進行施工損傷試驗，縱向強度殘留率需大於70%以上，或其他經監造單位核可之同等級以上可資證明其耐施工損傷能力之相關試驗或品質證明。
- 試驗室可執行之上述項目具一半以上項目有TAF認證者，即視為符合試驗室送驗資格，並可執行所有項目之試驗。

圖 5.2 織布規格

資料來源：盟鑫工業股份有限公司提供

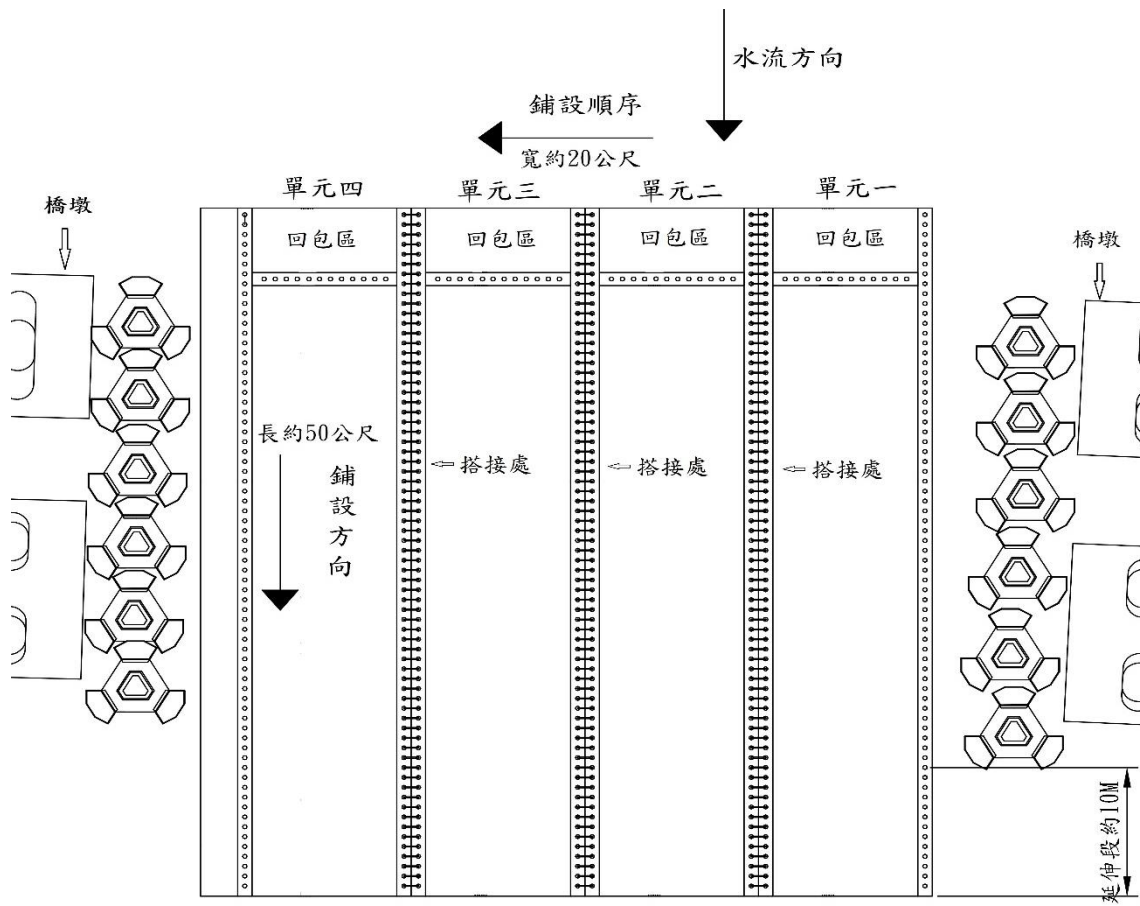


圖 5.3 織布鋪設平面配置圖

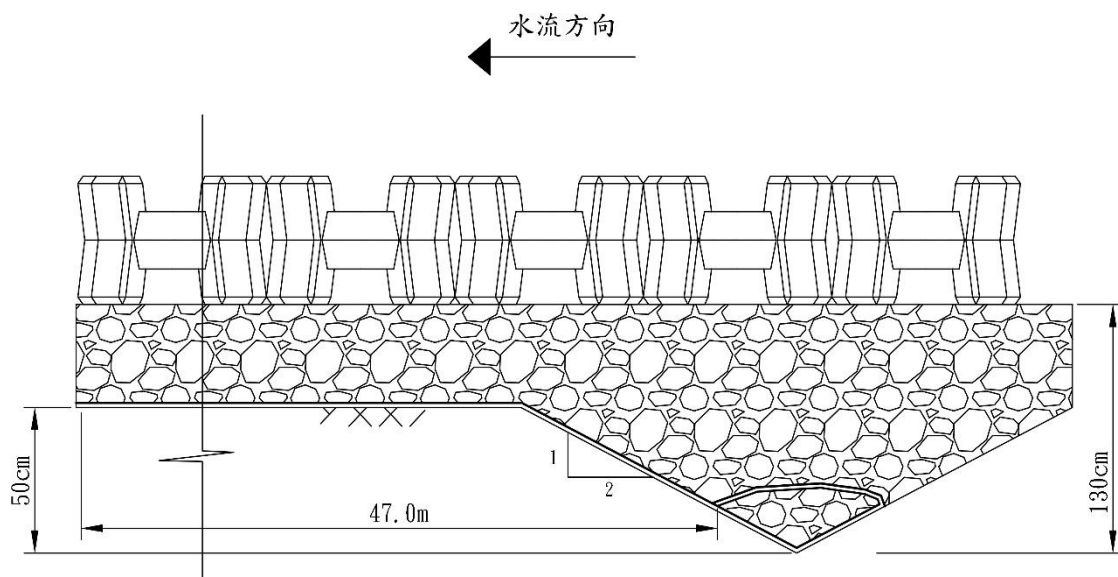
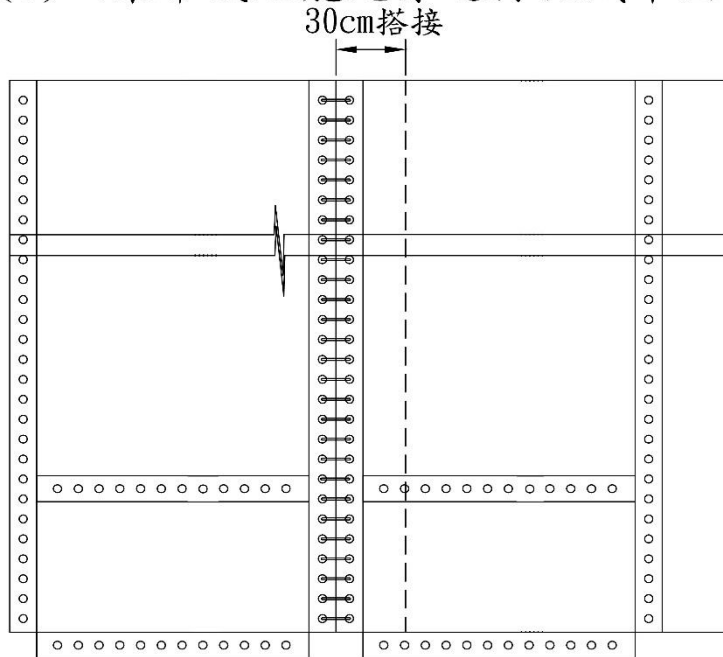


圖 5.4 織布鋪設斷面配置圖

(1)以束帶或尼龍繩穿過打孔織布固定。



(2)搭接細部。

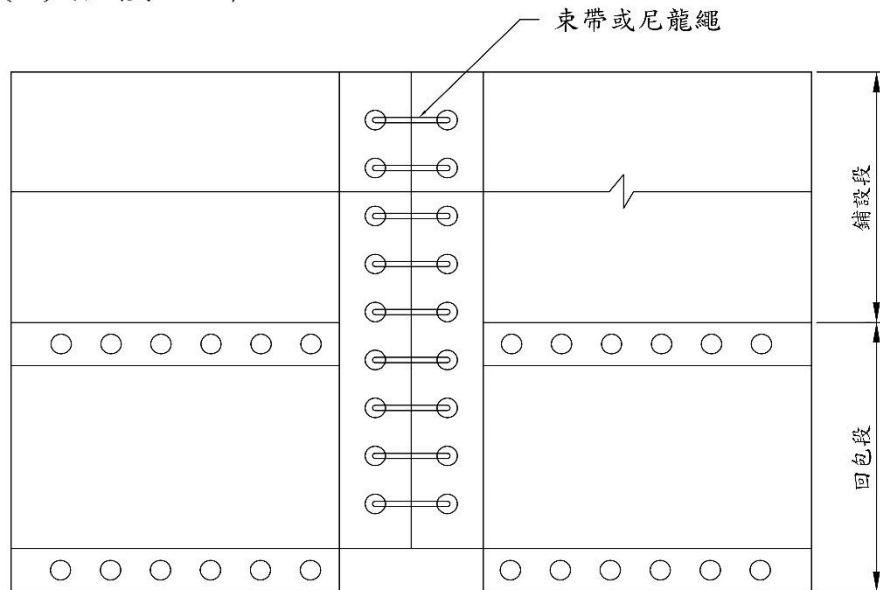
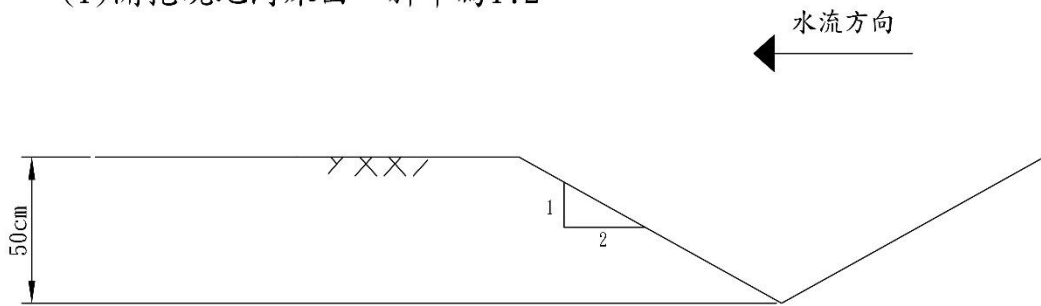


圖 5.5 單元間之搭接方式規劃

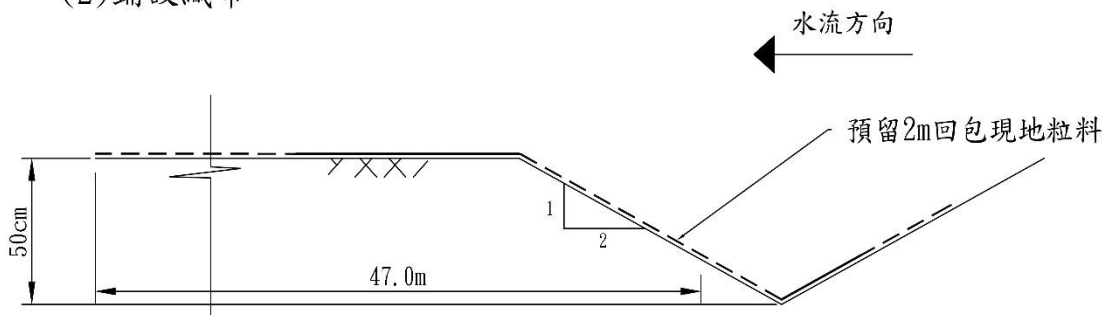
織布鋪設步驟如圖 5.6 所示，主要分為 5 個步驟，步驟(1)開挖現地上游河床面，斜率為 1:2，主要目的是提供上游織布錨定之使用，以避免未來河水沖刷造成織布被掀開沖毀。步驟(2)鋪設織布，並於上游

預留 2 公尺長的織布，提供後續回包現地粒料使用。步驟(3)回包現地粒料，並以束帶或尼龍繩穿過打孔織布固定(如圖 5.7 所示)，來錨定所鋪設之織布。步驟(4)回鋪現地粒料，其作用為隔離後續吊放的鼎型塊，以避免織布被鼎型塊的尖銳部位或其重量刺破，影響未來織布保護下層粒料被沖刷的功效。步驟(5)吊放排置鼎型塊。

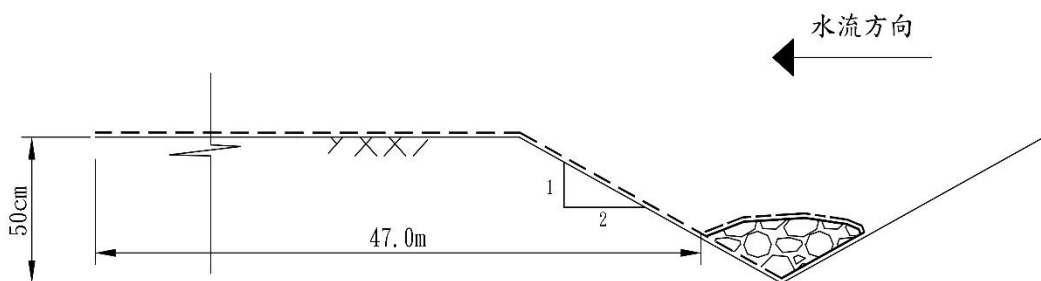
(1)開挖現地河床面，斜率為1:2。



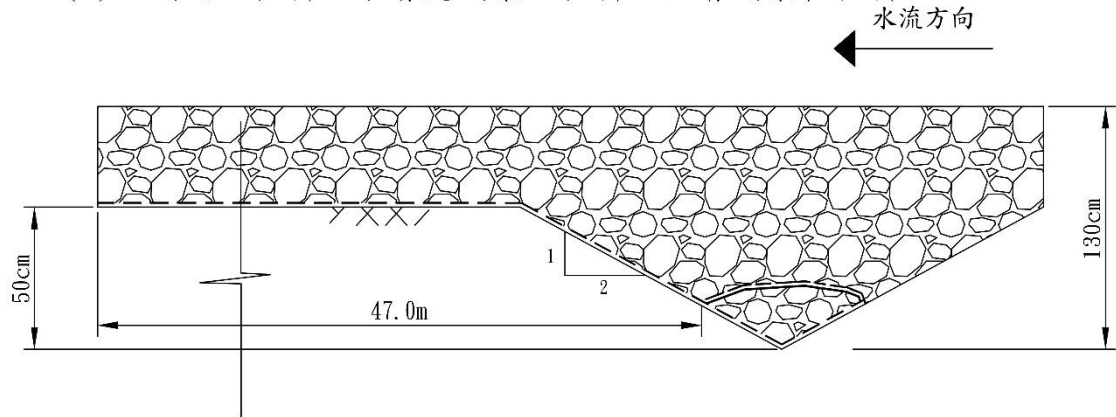
(2)鋪設織布。



(3)回包現地粒料，以束帶或尼龍繩穿過打孔織布固定。



(4)回鋪現地粒料，下層先鋪築細粒料，上層鋪築粗粒料。



(5)放置消波塊。

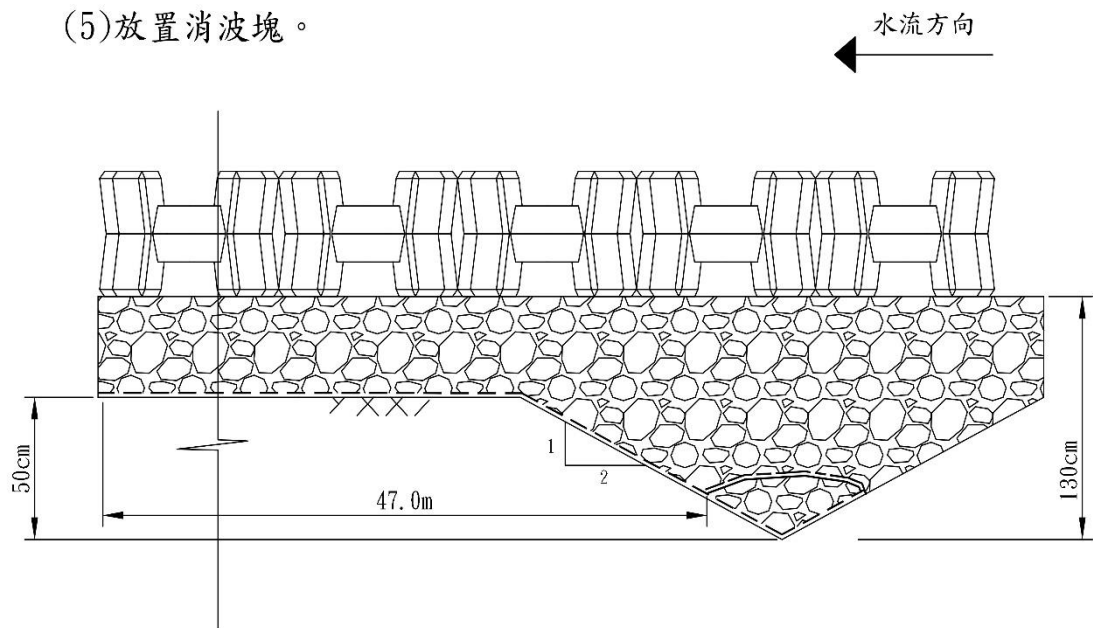


圖 5.6 織布鋪設規劃步驟

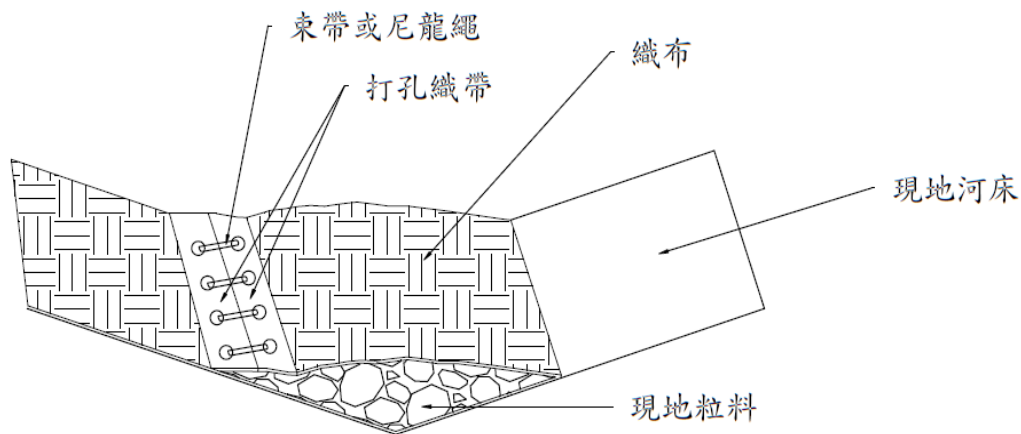


圖 5.7 織布上游回包示意圖

2. 現地鋪設

107 年 3 月本所同仁會同大甲工務段及盟鑫公司之同仁，至國道 3 號大甲溪橋 P27R~P28R 橋墩現地進行織布鋪設，鋪設步驟主要分為 8 個步驟，步驟(1)以挖土機開挖現地河床面，如圖 5.8 所示。步驟(2)以挖土機協助將織布從載運之卡車卸下並於現地展開，如圖 5.9 所示。步驟(3)以挖土機協助將第一單元的織布拖放至定位，並輔以人工將織布整平，如圖 5.10 所示。步驟(4)以挖土機協助將第二單元的織布拖放至定位，並輔以人工將織布整平，織布單元間以人工現場綁紮，如圖 5.11 所示。步驟(5)進行下一個單元織布鋪設及單元間織布綁紮。步驟(6)進行上游織布回包錨定作業，如圖 5.12 所示。步驟(7)以挖土機進行織布上層粒料回鋪作業，如圖 5.13 所示。(8)鼎型塊排置吊放作業，如圖 5.14 及圖 5.15 所示。



圖 5.8 開挖現地河床面



圖 5.9 挖土機協助將織布從載運之卡車卸下並於現地展開



圖 5.10 挖土機協助將第一單元的織布拖放至定位並輔以人工整平



圖 5.11 單元間以人工現場綁紮



圖 5.12 上游織布回包錨定作業



圖 5.13 織布上層粒料回鋪作業



圖 5.14 鼎塊吊放排置作業



圖 5.15 鼎塊吊放排置完成下游側

5.2 土工織物橋墩基礎保護工經濟性探討

針對國道 3 號大甲溪橋 P27R~P28R 橋墩間及下游的鼎型塊下方土工織布試鋪的案例得知，織布的採購費用依盟鑫公司所提供的資料，因此次織布採用高抗拉強度之材料，費用每平方公尺約需新臺幣 300 元，以此次鋪設面積約 1,000 平方公尺計算，織布材料費約需新臺幣 30 萬元，鋪設人力概估約需 10 人次，以 1 人次費用 2,500 元計算，織布鋪設人力約需新臺幣 2.5 萬元，加計 1 日之挖土機費用約需新臺幣 1 萬元，總計鋪設費用概估約需新臺幣 33.5 萬元，換算每平方公尺鋪設費約為新臺幣 335 元。

依據大甲工務段近 5 年(民國 102 年~民國 107 年)之鼎型塊鋪設位置及數量表(表 5-1)得知，P27R~P28R 橋墩間之鼎塊於民國 106 年及民國 107 年總計鋪設 398 顆，以每顆 10 噸重混凝土鼎型塊製作費用新臺幣 1.5 萬元估算，鼎型塊製作費約需新臺幣 597 萬元。另外，以大甲工務段提供的近 4 年(民國 105 年~民國 108 年)之鼎型塊吊放排置費用(表 5-2)得知，每顆 10 噸重混凝土鼎型塊搬移及吊放(有鋼索及鋼索夾連結)，費用約新臺幣 3,000 元，以 P27R~P28R 橋墩為例，橋墩基礎鼎型塊吊放排置費用(398 顆)約需新臺幣 119 萬元，總計鼎型塊製作及吊放排置費用約需新臺幣 716 萬元。

由上述織布鋪設費用(新臺幣 33.5 萬元)與鼎塊的製作及吊放排置費用(新臺幣 716 萬元)比較結果顯示，織布之鋪設費用僅為鼎型塊製作及吊放費用之 4.7%。以經濟性評估，因鼎型塊保護工法之工程費用主要是鼎型塊的製作及吊放排置費用，若鋪設織布的鼎型塊能與對照組(未鋪設織布之鼎型塊)比較，若能比對照組增加 5%之使用年限，或於生命週期能較對照組少補鋪數量達 5%以上，則織布之鋪設有其經濟效益。

表 5-1 國道 3 號大甲溪橋近 5 年橋墩鼎型塊鋪設數量表

年度	橋墩位置	鼎塊數量
102	P29-31L P32-34R	350
103	P502	113
105	P14-18L	
106	P18-19L L21-22R	228
	P27-28L P30-31R	343
	P24-25L P27-28R	104
107	P24-25L P27-28R	294
	P23-24L P26-27R	228

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局大甲工務段

表 5-2 國道 3 號大甲溪橋近 4 年橋墩鼎型塊吊放排置費用表

年度	項目名稱	契約單價	備註
105	混凝土鼎型塊搬移及吊放 10 噸重有鋼索及鋼索夾連結	2,938	含挖土機及 拖板車
	混凝土鼎型塊搬移及吊放 10 噸重無鋼索及鋼索夾連結	2,681	
106	混凝土鼎型塊搬移及吊放 10 噸重有鋼索及鋼索夾連結	2,885	
	混凝土鼎型塊搬移及吊放 10 噸重無鋼索及鋼索夾連結	2,633	
107	混凝土鼎型塊搬移及吊放 10 噸重有鋼索及鋼索夾連結	2,998	
	混凝土鼎型塊搬移及吊放 10 噸重無鋼索及鋼索夾連結	2,737	
108	混凝土鼎型塊搬移及吊放 10 噸重有鋼索及鋼索夾連結	3,025	
	混凝土鼎型塊搬移及吊放 10 噸重無鋼索及鋼索夾連結	2,762	

資料來源：交通部高速公路局中區養護工程分局大甲工務段

5.3 地工織物橋墩基礎保護工施工性探討

由國道 3 號大甲溪橋橋墩基礎試鋪案例分析，原規劃織布之鋪設未考慮到水下施工，雖現場施作時有圍堰，起初施作面還沒有水，但在開挖河床過程中，由於地下水之關係，導致後續的織布鋪設均位於水面下，如圖 5.10 所示，造成單元間之搭接綁紮、鋪布上游之回包作業及織布整平作業等之施工不便，所幸還是在 1 日之工作天下完成鋪設。

由本研究之試鋪案例得知，地工織布之鋪設其施工性是可行的，惟日後針對實務面遭遇的水下施工問題、單元間的搭接及織布上游的回包施作簡化問題，若能尋求相關的解決方案，則能增進地工織布橋墩保護工之施工性。

第六章 土工織物鋪設方式與未來鋪設橋址規劃

本章依據本所過去於國道 3 號大甲溪橋 P27R~P28R 橋墩間及下游的鼎型塊下方試鋪土工織布的案例經驗，配合橋管單位近幾年之鼎型塊鋪設方式，研提土工織物鋪設的方式與未來鋪設的橋址規劃。

6.1 土工織物鋪設方式

由第五章國道 3 號大甲溪橋 P27R~P28R 橋墩間及下游的鼎型塊下方試鋪土工織布的案例經驗得知，針對實務面土工織布之鋪設可能遭遇到水下施工問題、單元間的搭接及織布上游的回包施作簡化問題，若能尋求相關的解決方案，則能增進土工織布橋墩保護工之施工性。另外，參考國道 3 號後龍溪橋近幾年橋墩基礎鼎型塊的排置方式，如圖 6.1 及圖 6.2 所示，由圖顯示，為減少下游鼎型塊之跌水能量，進而減緩下游因向源侵蝕作用導致鼎型塊沉陷、移動及滾落之破壞，下游鼎型塊之排置改採降階方式鋪設，此方式經驗證成效不錯，爰此，本研究後續之土工織布鋪設方式研擬，將配合鼎型塊之降階排置來鋪設。相關鋪設改善方式說明如下：

1. 水下施工問題

為避免水下施工之不便，建議可於上游施作導流及圍堰(排置鼎型塊時也需要施作)，另外，第四章之國道 3 號大甲溪橋鋪設案例，為避免鼎型塊與織布直接接觸造成織布可能穿孔破壞之疑慮，在現地以挖土機降挖約 50 公分之鋪設河床面高程，待織布鋪設完成後，再回填至原鋪設河床面高程，鼎型塊才吊放排置，在降挖過程中，可能導致地下水湧入，此部分可以採用現場以多部抽水機將水抽出，以利織布之鋪設。另外，也可以考慮將鼎型塊之基腳以相關止滑材料包覆，一方面可以防止基腳造成織布之穿孔破壞，也可以增加鼎型塊與織布之摩擦力，進一步提升鼎型塊之抗沖刷穩定度，如此施作，則可考慮無須以挖土機降挖原鋪設河床面之施工步驟。



圖 6.1 國道 3 號後龍溪橋鼎型塊降階排置上游面



圖 6.2 國道 3 號後龍溪橋鼎型塊降階排置下游面

2. 單元間的搭接問題

由於單元間之搭接依國道 3 號大甲溪橋之試鋪案例，若以人工綁紮，需耗費不少時間及人力，未來若能設計以魔鬼氈之方式搭接，或許可以減少時間及人力，惟其黏結力能否符合需求，於未來設計時需進一步考慮。

3. 上游織布回包錨定問題

以國道 3 號大甲溪橋之試鋪案例，上游回包以降挖方式並配合人工綁紮方式回包，如圖 5.12 所示，實務施作費時又費人力。未來可以考慮比原先之回包長度再多預留一些織布，待錨定回填料回填後再回包，此時無須再綁紮，靠預留之織布順下游側回包與下游織布疊接約 1 公尺長，由回填料或鼎型塊的重量達到綁紮的目的，如圖 6.3 所示之回包方式處理，如此可免除人工綁紮的工序。

4. 鋪設斷面改善

過去國道 3 號大甲溪橋之鼎型塊排置方式如圖 6.4 所示，爰此，過去的試鋪案例斷面圖如圖 5.15 所示，參考國道 3 號後龍溪橋近幾年橋墩基礎鼎型塊的排置方式後，爰修正未來之鋪設斷面如圖 6.5 所示。

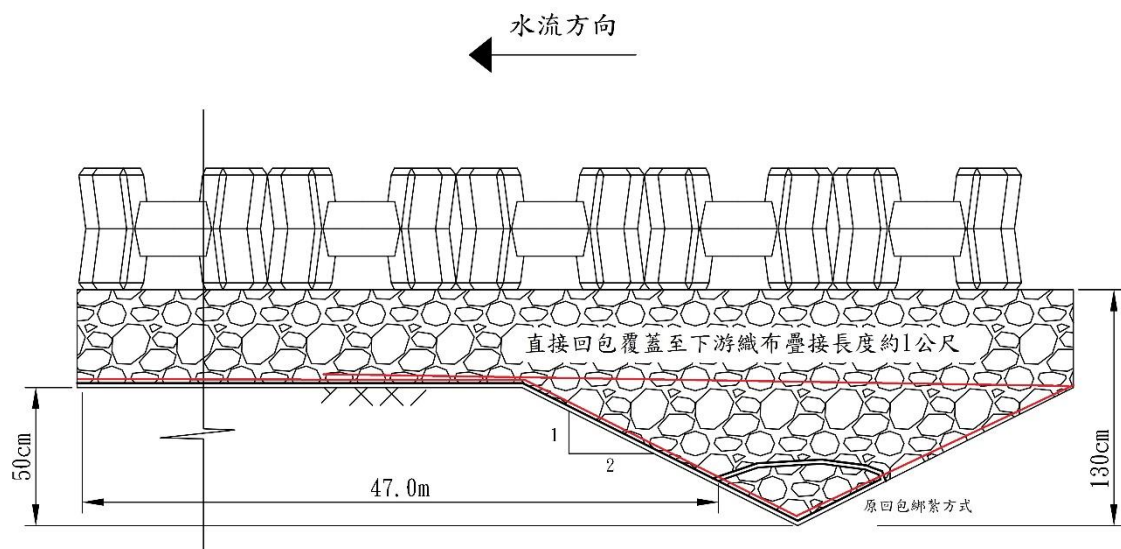


圖 6.3 織布上游回包錨定改善方案

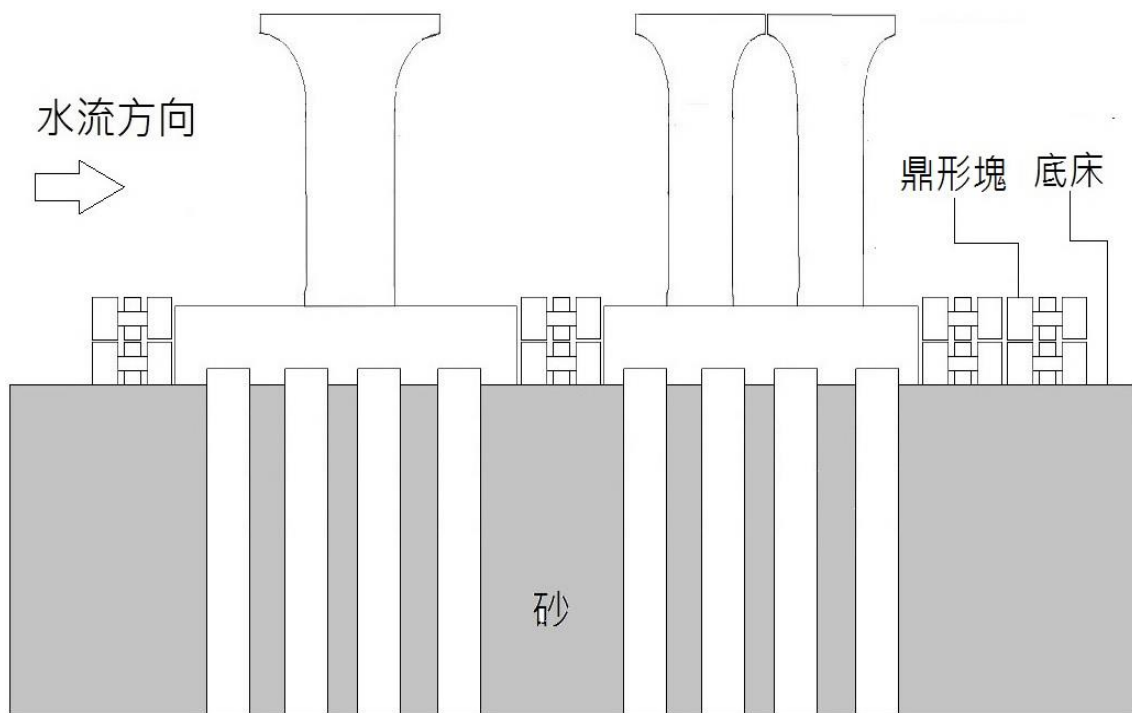


圖 6.4 國道 3 號大甲溪橋之鼎型塊排置方式示意圖

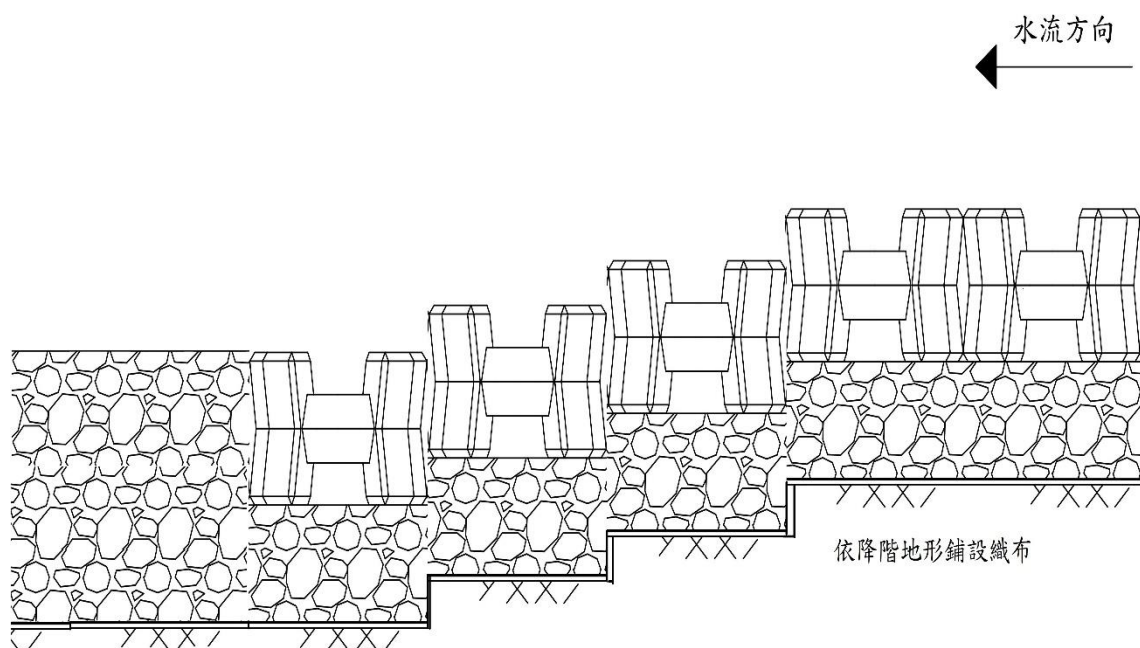


圖 6.5 鼎型塊及織布鋪設斷面改善方案示意圖

6.2 未來鋪設橋址規劃

本研究主要是依據本所過去於國道 3 號大甲溪橋 P27R~P28R 橋墩間及下游的鼎型塊下方試鋪土工織布的案例經驗做探討，爰此，針對後續之鋪設橋址規劃，原則上是以河床質粒徑特性及橋墩基礎保護工型式類似的橋址可能會比較適用本研究規劃之保護工鋪設方式。

基於上述因素，本研究後續規劃現地鋪設的橋址，主要以大甲溪下游之橋梁為主，包括國道 3 號大甲溪橋、海線鐵路橋(圖 6.6)及台 1 線大甲溪橋(圖 6.7)，其中，國道 3 號大甲溪橋橋墩基礎目前正進行耐震補強工程，相關現地之橋墩基礎保護工鼎型塊將先暫時移置，待明年基礎耐震補強工程完成後，則會陸續將鼎型塊吊放回橋墩基礎四周來保護基礎，本所已與大甲工務段協調，在相關橋墩基礎鼎型塊吊放前，將通知本所鋪設織布，以利驗證本研究之成果。惟後續若有合適之鋪設橋址，在年度預算許可之情況下，本所也會考慮鋪設，以驗證研究成果。



圖 6.6 海線鐵路橋



圖 6.7 台 1 線大甲溪橋

第七章 結論與建議

大甲溪下游流域之橋梁管理單位(國道高速公路局、臺灣鐵路管理局及公路總局)，歷年於非汛期進行橋墩基礎保護工施作時，通常以鼎型塊疊放於橋墩基礎周圍來保護橋墩基礎，由歷年之保護成效評估，鼎型塊已達到保護橋墩基礎免於遭到沖刷破壞的功效，但仍有鼎型塊流失，河床下刷之現象發生。本所近年橋墩基礎保護工之水力模型試驗結果顯示，地工織物結合鼎型塊、石籠等，可達到保護河床(固床)的功效，惟目前針對地工織物應用於橋墩基礎保護之研究及案例較缺乏，多為地工織物應用於邊坡水土保持工程之案例，本研究針對地工織物應用於橋墩基礎保護工以施工性及經濟性進行探討，研析地工織物應用於橋墩基礎保護工之可行性，做為未來橋管單位施設橋墩基礎保護工法之參考。。

7.1 結論

1. 由本研究過去於國道 3 號大甲溪橋橋墩基礎鼎型塊下方試鋪織布之案例探討結果顯示，地工織布應用於橋墩基礎保護工是可行的，且不論是砂質河床或礫石河床均可適用。
2. 由過去的試鋪案例經驗，未來地工織布之鋪設實務面可能遭遇的問題有水下施工問題、織布單元間的搭接及織布上游的回包施作簡化問題，若能尋求相關的解決方案，則能增進地工織布橋墩基礎保護工之施工性。
3. 針對地工織布之鋪設實務面可能遭遇的問題，本研究已於第六章研提相關的改善方案，可供未來相關單位施作的參考。
4. 針對地工織布保護工之經濟性分析結果顯示，於原來鼎型塊下方增加鋪設地工織布所增加之費用，約增加原工程經費 5%，若鋪設織布的鼎型塊能與對照組(未鋪設織布之鼎型塊)比較，若能比對照組增加 5%之使用年限，或於生命週期能較對照組少補鋪數量達 5%以上，則織布之鋪設有其

經濟效益。

7.2 建議

1. 未來相關單位在施作鼎型塊保護工時，可參考本研究研提之鼎型塊、織布降階鋪設(示意圖 6.5)及鼎型塊以鋼索連結方式來施作，以驗證本研究之成果。
2. 織布鋪設深度與河床動床之交互影響，可納入未來的研究，以提高保護工之成效。
3. 由於過去地工織物應用於橋墩基礎的保護工案例不多，本研究僅能以本所過去於國道 3 號大甲溪橋橋墩基礎鼎型塊下方試鋪織布之案例做探討，探討鋪設織布之施工性及經濟性，未來後續研究可以以沙腸袋、地工石籠袋等地工織物，來探討應用於橋墩基礎保護工之可行性，以供未來相關橋管單位施政的參考。

7.3 研究成果效益

1. 藉由本所地工織布之試鋪案例探討，驗證地工織布應用於橋墩基礎保護工之可行性，相關鋪設可能遭遇的問題，可提供後續相關研究之參考。
2. 藉由地工織布應用於橋墩基礎保護工之可行性探討，及本研究研提之鼎型塊及織布鋪設改善方案，可提供未來橋梁管理單位設置相關保護工決策之參考。

7.4 提供應用情形

1. 本研究研提之鼎型塊及織布鋪設改善方案，將提供國道 3 號大甲溪橋後續橋墩基礎鼎型塊保護工建置的參考。

2. 本研究所進行的地工織布應用於橋墩基礎保護工之試鋪案例探討，相關研究成果可提供本所後續現地試驗規劃的參考。

參考文獻

1. 單明陽、李振卿，地工織物在山區道路邊坡保護之應用，現代營建第 343 期 p44-48，2008。
2. 潘坤亮，「地工織布於海洋環境中之工程特性」，屏東科技大學土木工程系碩士論文，2003。
3. 周南山，地工合成材料在永續工程之應用，中華民國環境工程學會電子報，2016。
4. 黃景川，模擬濁流中地工織物損傷之室內試驗，成大研發快訊第六卷第八期，2008。
5. 交通部高速公路局中區養護工程分局，「國道 1 號中沙大橋墩基冲刷治理計畫委託技術服務工作」，2013。
6. 賴瑞應、胡啟文、曾文傑，「跨河橋梁固床工水工模型試驗-以中沙大橋為例(2/2)」，交通部運輸研究所，2017。
7. 賴瑞應、胡啟文、曾文傑，「橋墩保護工法之研究」，交通部運輸研究所，2018。
8. 賴瑞應、胡啟文、曾文傑，「國道三號大甲溪橋橋墩保護工法研究」，交通部運輸研究所，2019。
9. 林呈、何宗浚、陳松堂、吳瑞龍，台 1 線溪州大橋桃芝風災後之緊急應變對策與換底降基施工時封橋水位訂定之研討，臺灣公路工程，Vol. 33, No. 4, pp.2-39，2007。

附錄一

期末審查意見及辦理情形說明表

期末審查意見及辦理情形說明表

審查意見	處理情形
朱委員我帆	
1.貴所過去之研究成果,建議使用織物模板搭配鼎型塊來施作保護工,但今年卻以地工織布代替織物模板,建議於報告中說明織物模板之功能及適用性。	1.遵照辦理,詳 P3-4。
2.建議文獻回顧可補充 107 年對國 3 大甲溪橋的斷面水工模型試驗成果(簡報中有),以呼應今年之研究。	2.遵照辦理,詳 P2-17。
3.今年建議之鼎型塊及織布降階鋪設斷面方式,建議後續可以以斷面水工模型試驗驗證後,再進行現地試驗。	3.感謝委員建議,納入後續計畫參考辦理。
4.此研究案頗適合橋梁緊急搶險工法,建議可與本局臺中工務段研議,日後如有所需,可應用鐵路橋基保護。	4.遵照辦理。
5.請以鋪設之單位,說明工法所需之經費。	5.概估每平方公尺鋪設費約為新臺幣 335 元,詳 P5-13。
6.請說明此研究案適合之河床地質。	6.本研究研提之織布保護工法,不論是砂質河床或礫石河床均可適用,詳 P7-1。
饒委員書安	
1. P2-4、P3-5、P5-2 引用圖檔,如果可以建議更新,以利報告閱讀。	1.遵照辦理,詳 P2-4、P3-6、P5-3。

審查意見	處理情形
2.P4-10 頁中沙大橋於 104 年亦完成左(南)岸下游砂腸袋保護工，成效目前良好，近年來亦已完成中央河段護坦長度加長。	2.感謝提供訊息。
3.除地工織布外，上方鼎型塊鍊結，亦為保護工抗冲刷重要因子，建議可補充。	3.遵照辦理，詳 P7-2。
4.有關建議部分，織布護坦深度，建議補充應考慮河床動床問題，以提高成效。	4.遵照辦理，詳 P7-2。
5.報告 P5-3(簡報 P43)、P5-4 織布鋪設示意圖，建議搭接處可標示。	5.照辦理，詳 P5-4、P5-5。
李委員正道	
1. 報告第 5-2 頁：圖 5.2 織布規格之內容資料均不清楚、不易辨讀。	1.已修正，詳 P5-3。
2.報告第五章、第六章及第七章，僅以 107 年於國道 3 號大甲溪橋 P27R~P28R 鋪設唯一案例即評估其具經濟效益或地工織物應用於橋墩基礎保護工是可行的，論述稍為薄弱且可惜。建議後續或另案能針對報告第 5-14 頁可能遭遇問題，例如：水下施工、單元搭接、織布上游的回包施工，以及各種不同橋梁（含基礎型式）座落於不同地形條件、天候條件（含強降雨、豪大雨、颱風等）具體評析，綜整相關建議，以利維管單位參考。	2.納入後續計畫參考辦理。
蔡委員瑤堂	
1.地工織物已廣泛應用於工程上，防止底層泥沙流失。本計畫以國道 3 號大甲溪橋橋墩	1.感謝委員肯定。

審查意見	處理情形
保護工基礎試鋪，是一個最實際直接的現場試驗，此研究方法值得肯定。	
2.建議此現場試驗宜和相鄰 20 公尺之未鋪設地工織物有觀測計錄以做比較，其觀測結果可作為後續研究之依據。因此建議增加現場觀測項目、方法及頻率，作為後續執行現場觀測之依據。	2.由於國道 3 號大甲溪橋橋墩基礎目前正進行耐震補強工程，本所試鋪之織布已被挖除，後續將待明年基礎耐震補強工程完成後，在鼎型塊吊放回橋墩基礎前，本所將與大甲工務段協調，在相關橋墩基礎鼎型塊吊放前，同意本所鋪設織布，並依委員建議規劃現場觀測項目、方法及頻率，以利驗證本研究之成果。
3.P.5-3，圖 5.3，建議用虛線標示橋墩位置，地工織物鋪設範圍長寬亦請標示。	3.遵照辦理，詳 P5-4。
4. P.6-1，水下施工問題，…待織布鋪設完成後，再回填至原鋪設河床面高程，…建議回填時應篩除泥砂，只用中/小塊石/卵石作為鼎型塊基礎，否則泥沙被沖走後，鼎型塊就會下陷恐傷及織物。	4.此建議將增加施工的難度，且中小塊石或卵石在河水沖刷過程中也難保不被沖走，建議維持原方式。
林委員雅雯	
1.報告 2-1 頁參考文獻第 1 個為[7]，建議依照文獻於報告中出現順序編號。	1.將依本所出版品格式辦理。
2.報告 5-12 頁敘述若每年能減少 5%鼎形塊補鋪數量，則織布之鋪設有其經濟效益，建議補充說明實驗室或現場有鋪設織布較未鋪設織布鼎形塊沖刷掉之百分比，較能檢核其經濟性，亦讓報告更完整。	2.由於斷面試驗只是定性試驗，主要是比較何種保護工較優，且考量設備及人力因素，試驗時間僅 8 小時，試驗時間無法做到鼎型塊流失的狀況，而現地因本所試鋪的現場因橋墩基礎耐震補強施工因素，已被挖除，爰此，無法進行

審查意見	處理情形
	相關比對驗證，委員意見將納入後續計畫參考辦理。
柯科長正龍	
1.報告提到以經濟性評估，若每年減少 5%之鼎型塊補鋪數量，則織布之鋪設有其經濟效益，請補充說明鼎型塊數量與鋪設費用及經濟性之關係。	1.因鼎型塊保護工法之工程費用主要是鼎型塊的製作及吊放排置費用，爰此，鋪設費用與鼎型塊數量成正相關，若鋪設織布的鼎型塊能與對照組(未鋪設織布之鼎型塊)比較，若能比對照組增加 5%之使用年限，或於生命週期能較對照組少補鋪數量達 5%以上，則織布之鋪設有其經濟效益，詳 P5-13。
2.若中沙大橋潛堰固床工下游之消能鼎型塊下方有鋪設織布，建議蒐集相關資料，並進行相關變位量測，以利後續驗證或評估鋪設地工織布之成效。	2.感謝委員建議，納入後續計畫參考辦理。

附錄二

簡報資料

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

土工織物應用於橋墩基礎 保護之可行性研究

報告人：賴瑞應

中華民國108年12月9日

大綱

- 1.前言
- 2.文獻回顧
- 3.土工合成材料之種類
- 4.土工織物之應用案例
- 5.土工織物施工性及經濟性探討
- 6.未來鋪設方式與鋪設橋址規劃
- 7.結論與建議



前言(1/27)

沖刷問題



臺1線大甲溪橋鼎形塊沖刷流失狀況 ³

前言(2/27)

沖刷問題



臺1線P27沉箱基礎裸露約6.3公尺 ⁴

前言(3/27)

沖刷問題



國3大甲溪橋墩帽基樁裸露



前言(4/27)

國3大甲溪橋保護措施



民國95年鍍鋅鐵絲蛇籠加鼎形塊保護措施



前言(5/27)

保護措施破壞



鼎形塊流失



7

前言(6/27)

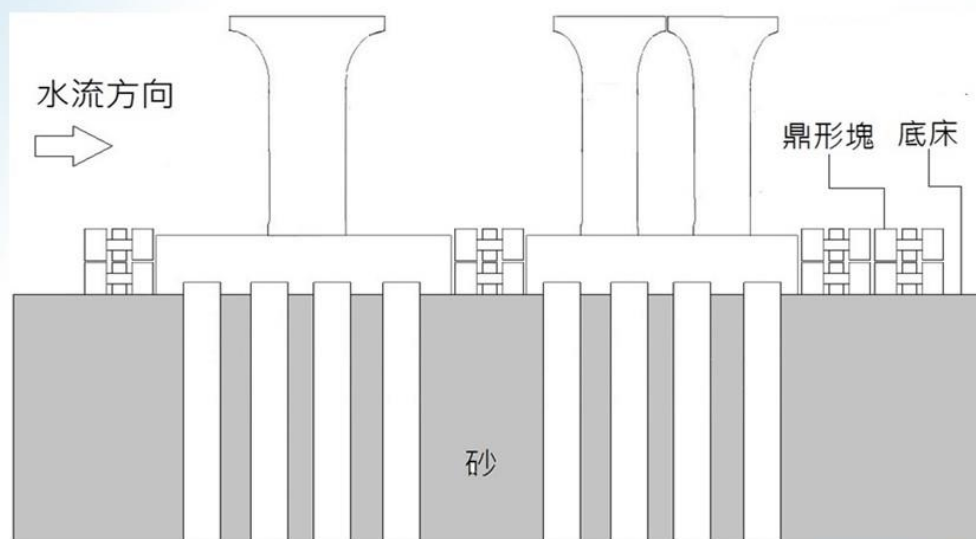


國3大甲溪橋墩民國106年深槽區橋墩及保護工



8

前言(7/27)



深槽區橋墩及保護工斷面示意圖



9

前言(8/27)



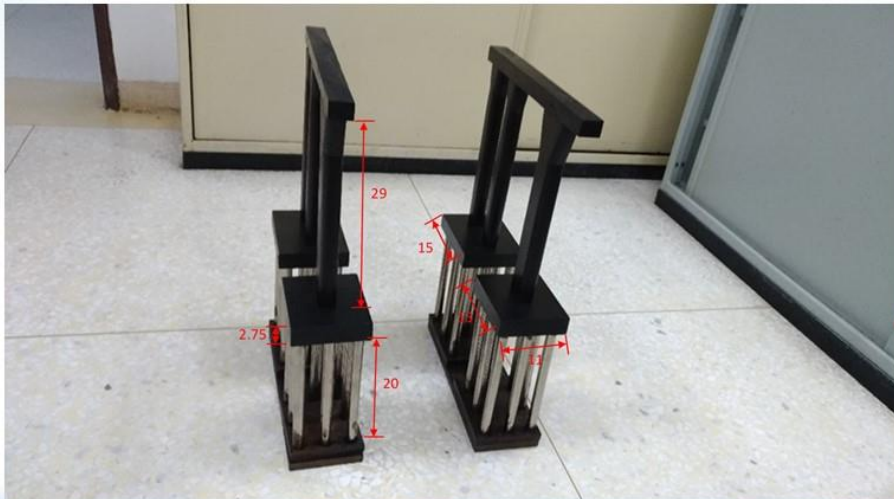
民國107年深槽區橋墩及保護工



10

前言(9/27)

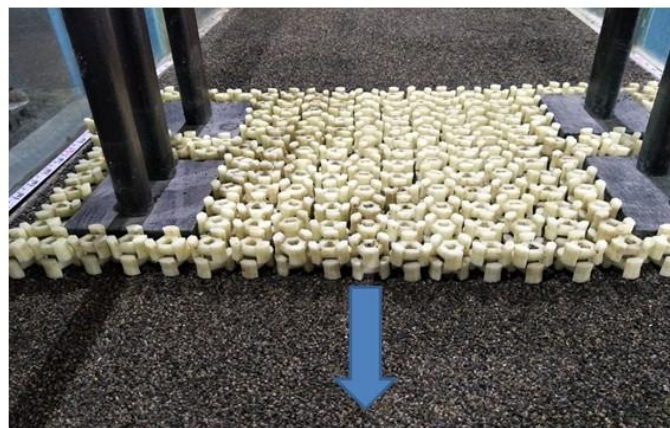
橋墩模型(單位：公分)



11

前言(10/27)

現況保護工鼎形塊鋪設情形
(比例1/100，墩帽高於底床3.8公分)



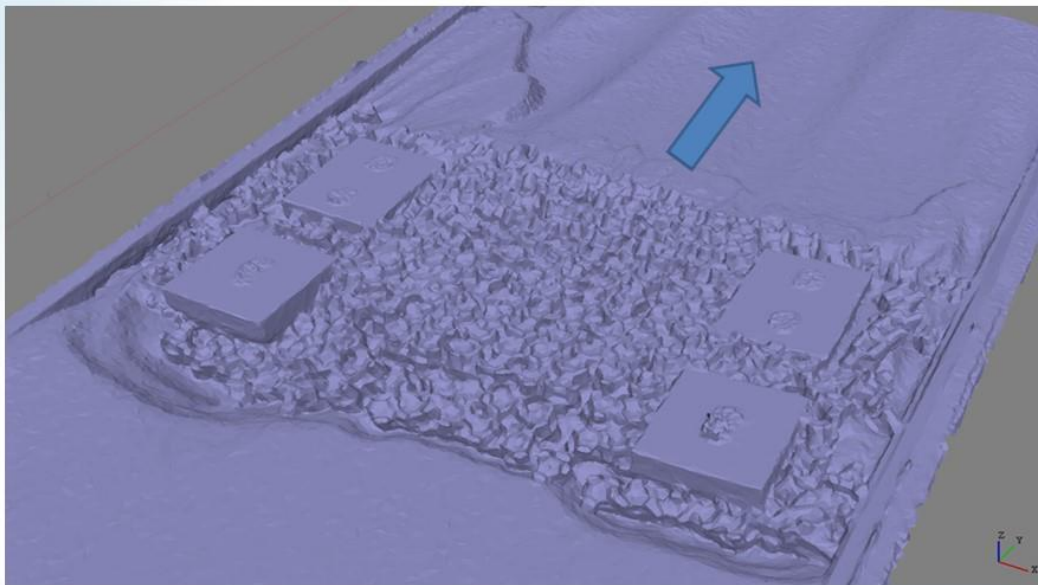
12

前言(11/27)

現況保護工基礎沖刷(8小時)，上下游破壞情形。



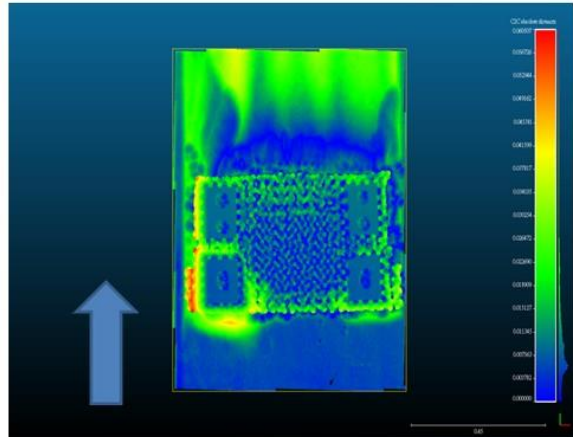
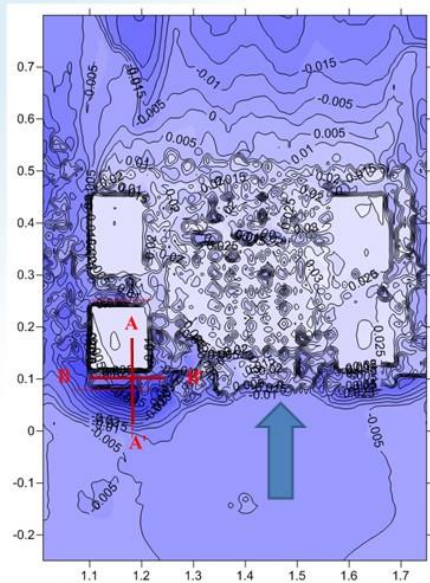
前言(12/27)



現況保護措施沖刷3D模擬

14

前言(13/27)



現況保護措施沖淤狀況

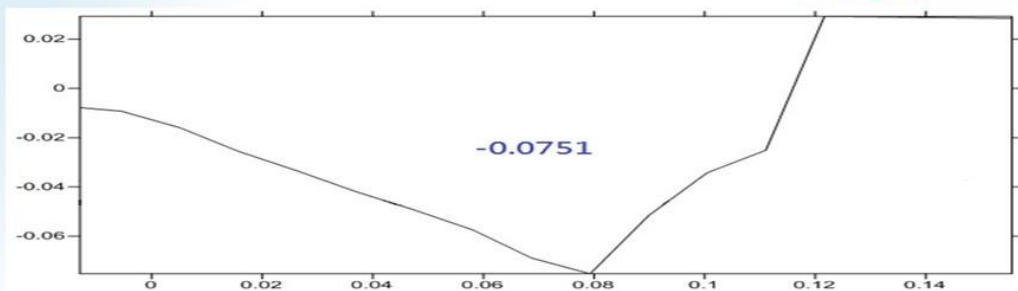
現況保護措施等高線示意圖



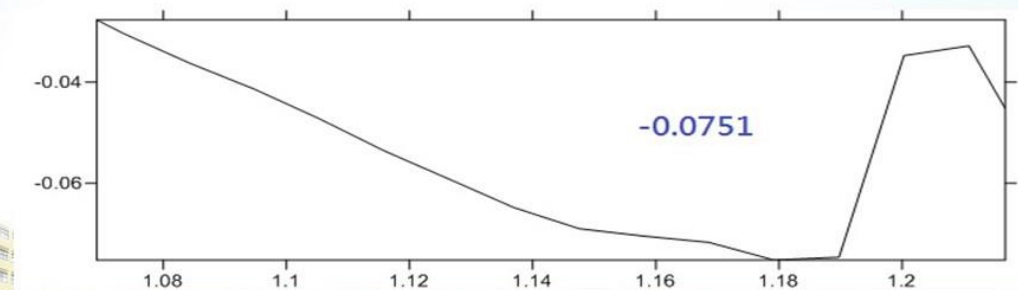
15

前言(14/27)

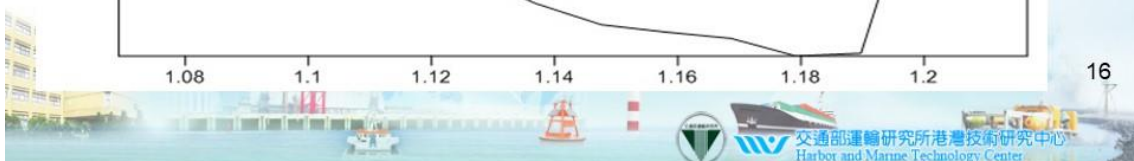
現況保護工基礎沖刷(8小時)，最大沖刷深度**7.5公分**。



縱斷面



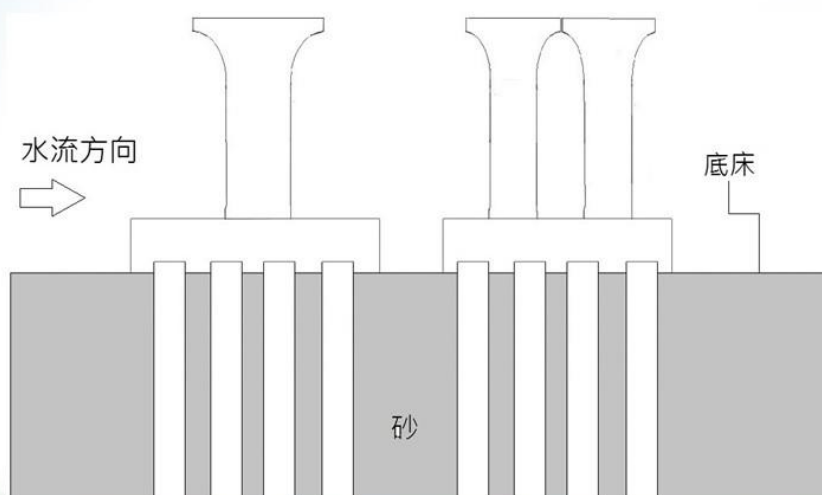
橫斷面



16

前言(15/27)

零方案：無保護工



17

前言(16/27)

零方案：無保護工



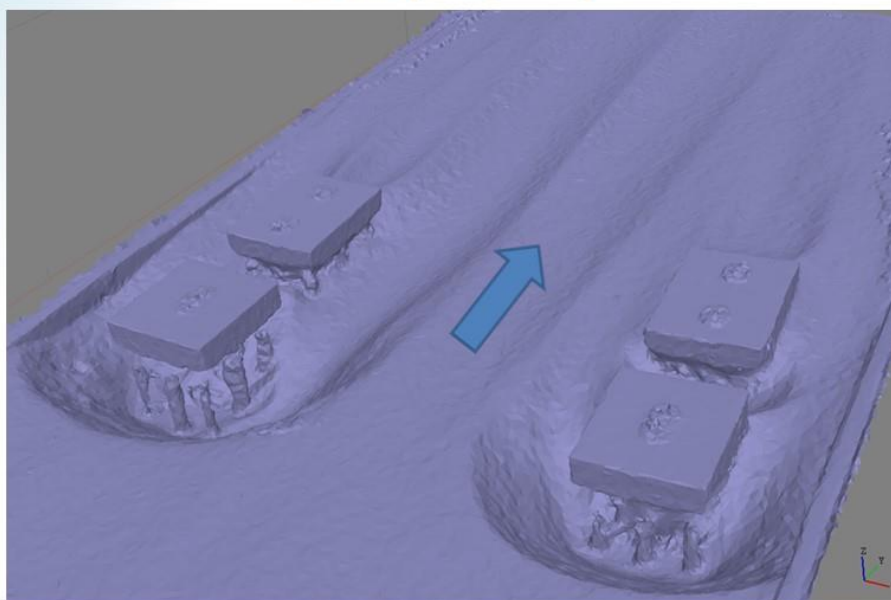
18

前言(17/27)

無保護工沖刷8小時基礎裸露情形



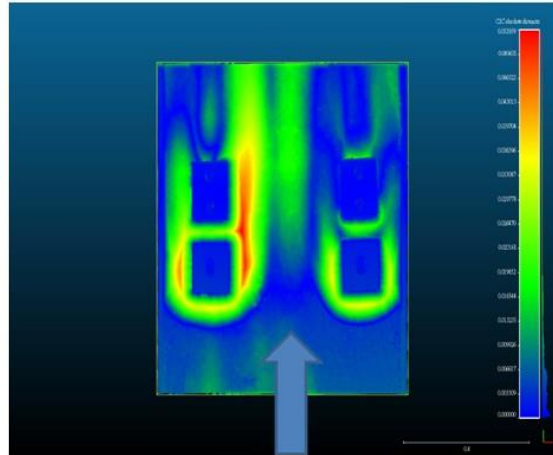
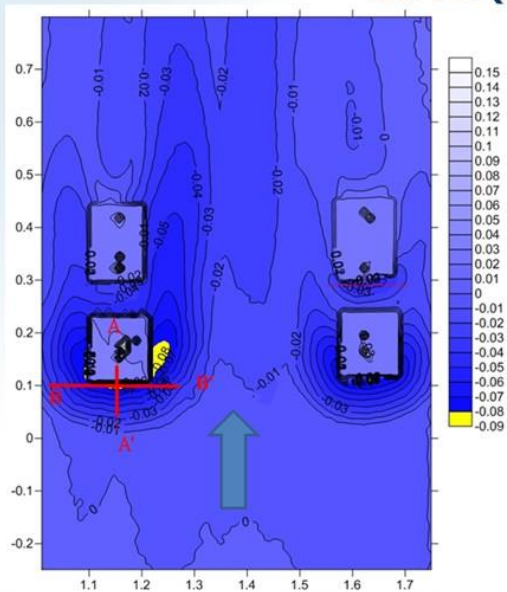
前言(18/27)



無保護工沖刷3D模擬



前言(19/27)



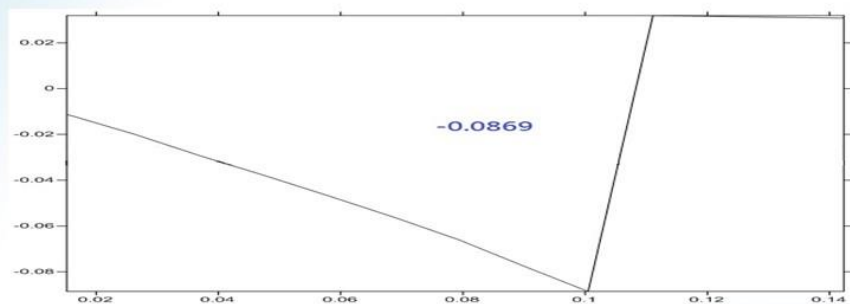
無保護工沖淤狀況

無保護工等高線示意圖

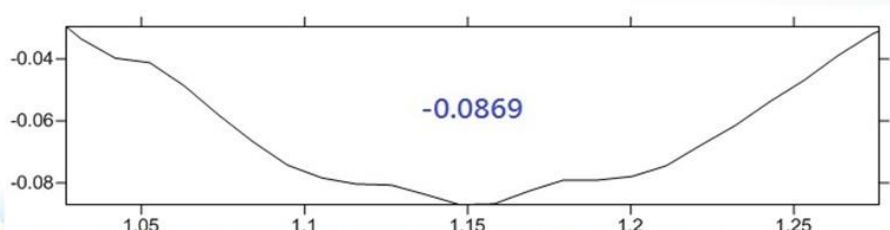
21

前言(20/27)

無保護工基礎沖刷(8小時)，最大沖刷深度8.7公分。



縱斷面

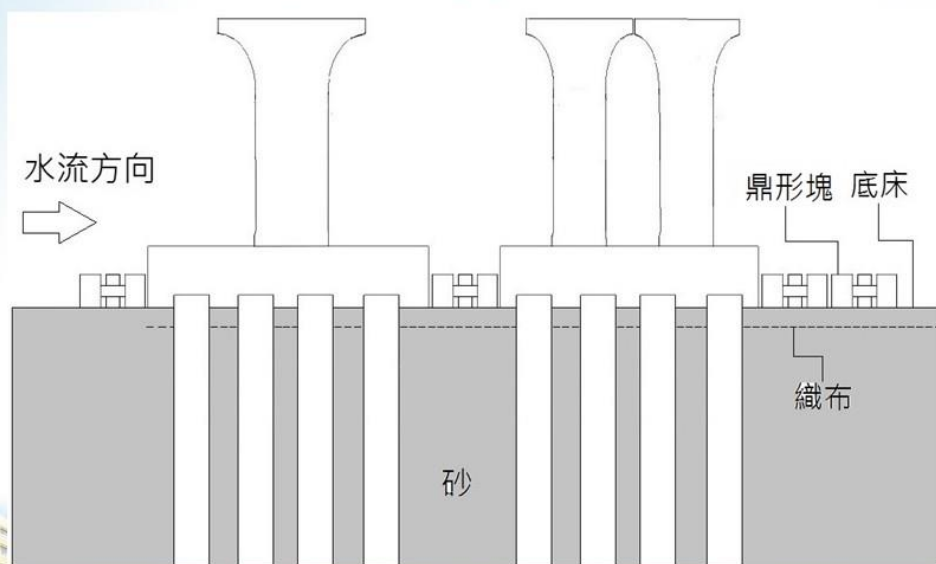


橫斷面

22

前言(21/27)

方案：一層鼎形塊+織布



前言(22/27)

方案：一層鼎形塊+織布

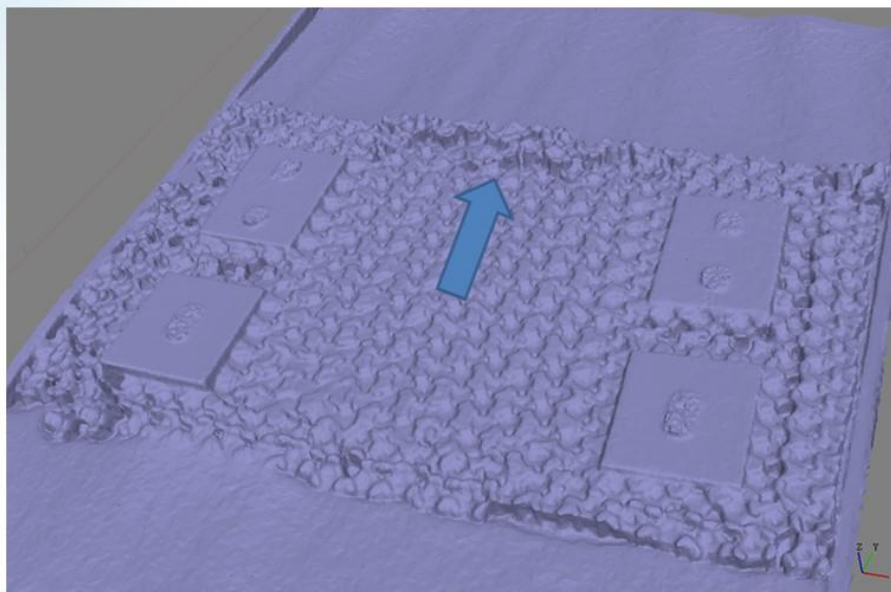


前言(23/27)

方案沖刷8小時，鼎形塊破壞情形，**最大沖刷深度為1.4公分**。



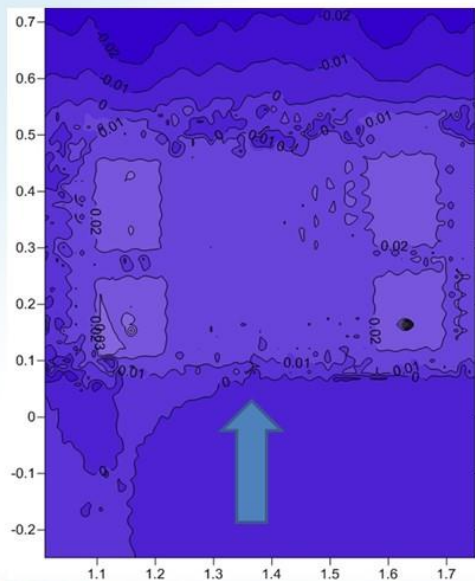
前言(24/27)



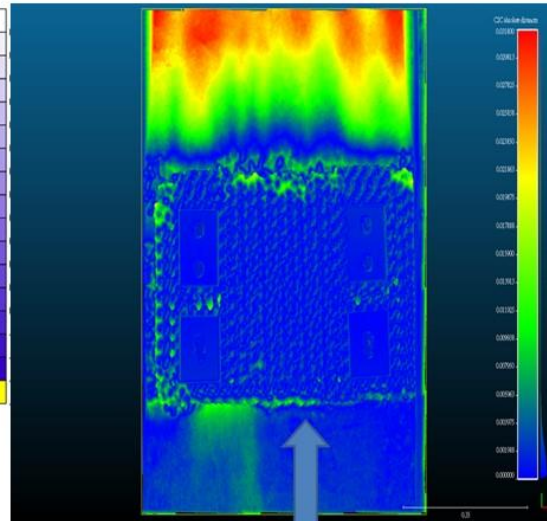
方案沖刷3D模擬

26

前言(25/27)



方案沖刷等高線示意圖



方案沖淤狀況

27

前言(26/27)

鋪設方案	最大沖刷深度 (cm)	下游鼎形塊 穩定度
現況保護措施(二層鼎形塊)	7.5	滾落移動
零方案(無保護工)	8.7	—
方案(一層鼎形塊+織布)	1.4	滾落移動

28

前言(27/27)

目的

1. 藉由地工織物可行性探討，提供公路總局、高速公路局、臺灣鐵路管理局以及縣市政府未來設置相關保護工法決策之參考。
2. 提供本所後續橋墩基礎保護工現地試驗之運用。



文獻回顧(1/2)

年	計畫名稱	摘要
92	地工織布於海洋環境中之工程特性(潘坤亮)	織布受紫外線照射後，其強度折減最為嚴重，尤其是未加入抗紫外線劑之PET織布，於第二個月時強度折減已達一半。
97	地工織物在山區道路邊坡保護之應用(單明陽等)	藉由地工織物(包括加勁擋土牆、掛網植生及箱型石籠)進行山區道路邊坡保護之案例探討，瞭解各種工法均有其利弊，需視不同環境採用不同工法。
97	模擬濁流中地工織物損傷之室內試驗(黃景川)	探討濁流中顆粒濃度、流速、延時等因素對地工織物強度損傷之定量影響。研究發現織物之強度折減率與濁流之延時成非線性關係，損傷部位集中於立體編織之凸出處。顆粒之大小與尖銳度在試驗範圍對磨損之影響不明顯。
105	地工合成材料在永續工程之應用(周南山)	地工合成材料因在生產過程中及其生命週期中較傳統土木工程材料(如鋼筋、混凝土)更節能減碳，且具有易植生綠化、耐久性等特性，適合於永續土木工程之應用。



文獻回顧(2/2)

年	計畫名稱	摘要
102	國道1號中沙大橋墩基冲刷治理計畫委託技術服務工作(臺灣大學)	針對北側 P15~P24橋墩間及南側P38~P45橋墩間之橋墩局部冲刷現象，建議可優先考量土工砂袋與其它保護工法合併應用。
105	跨河橋梁固床工水工模型試驗-以中沙大橋為例(本所)	進行橋墩基礎埋入式保護方案試驗，研究成果顯示，砂腸袋工法結合織物模板為較佳的橋基保護方案。
106	橋墩保護工法之研究(本所)	進行臺1線大甲溪橋橋墩基礎埋入式保護方案試驗，研究成果顯示，以蛇籠+織物模板+鼎形塊之鋪設方式為較佳的橋基保護方案。

土工合成材料在山坡地及海岸的保護已有很多成功的案例，未來在橋梁基礎的保護也可以進一步的推廣應用。



31

土工合成材料之種類(1/7)

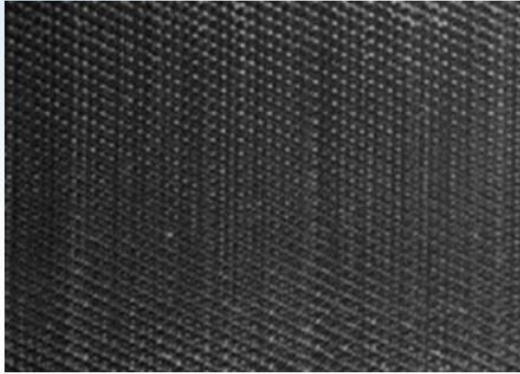
1. 土工織物
2. 織物模板
3. 加勁格網
4. 土石籠袋
5. 沙腸管(袋)



32

土工合成材料之種類(2/7)

土工織物



織布



不織布

兩者主要差異為**織布**經過編織在**強度及耐久性**上較**不織布**優



33

土工合成材料之種類(3/7)



土工織布應用於坡地穩定之鋪設案例



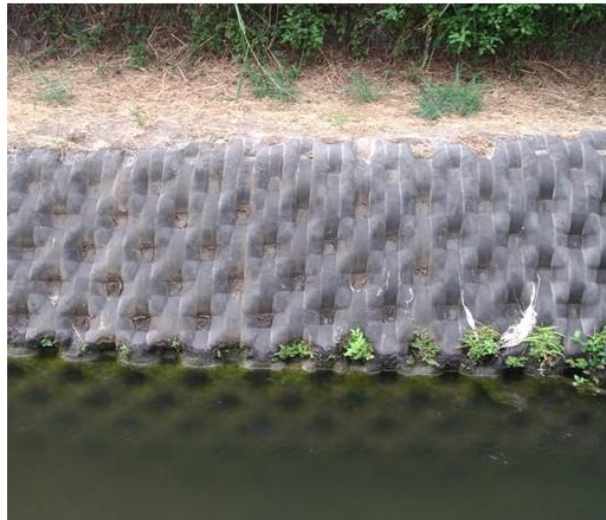
34

土工合成材料之種類(4/7)

織物模板



若河水之沖刷力過大，
恐導致填充其內之混凝土
破裂進而刺破或割破
織布，而造成整個保護
工的損壞。



織物模板應用於河岸保護之案例

35

土工合成材料之種類(5/7)

加勁格網

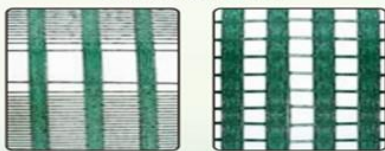
加勁格網應用於坡地穩定之案例



● 低結點格網 ●



● 高結點格網 ●



● 防火格網 ●



網目過大不利細粒料的河床質保護

36

地工合成材料之種類(6/7)

土石籠袋

土石籠袋應用於坡地穩定之案例



工序繁瑣且金屬網可能刺破織布

37



地工合成材料之種類(7/7)

沙腸管(袋)

適用於砂質河床



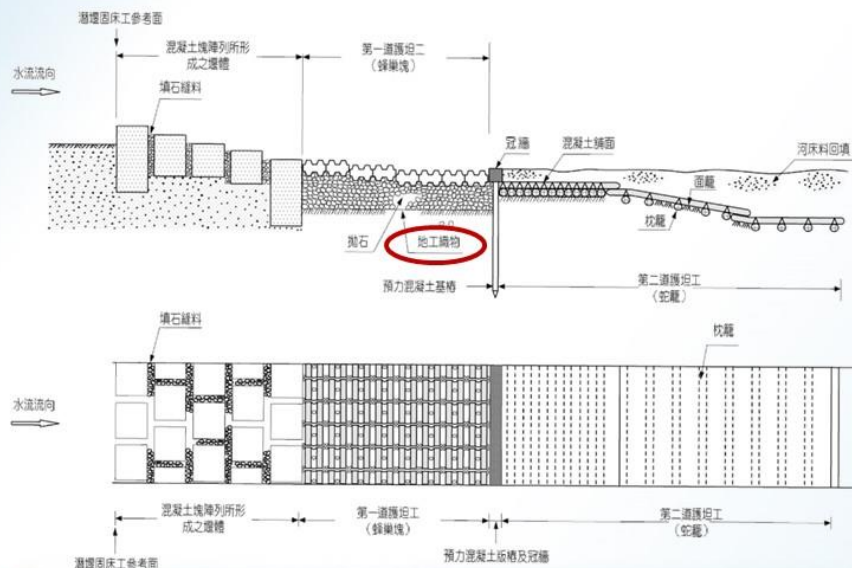
沙腸管應用於海堤之案例

不同的地工合成材料因物理特性不同適用於不同環境的保護工上

38



土工織物之應用案例(1/7)

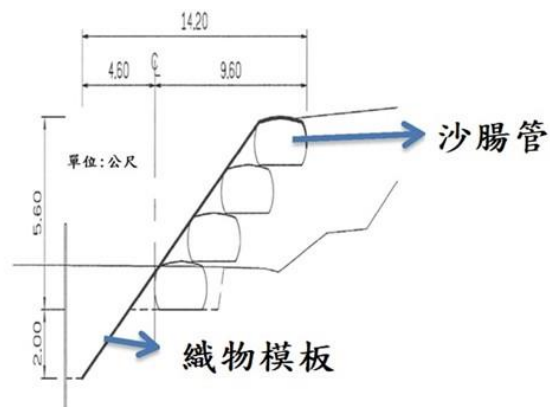


鋪設土工織物減緩下層細粒料的流失

西螺大橋下游潛堰固床工配置圖

39

土工織物之應用案例(2/7)



中沙大橋橋基高灘地保護工施工斷面示意圖

40

土工織物之應用案例(3/7)



中沙大橋橋基高灘地之沙腸管施作情形

41



土工織物之應用案例(4/7)



中沙大橋橋基高灘地之織物模板施作情形

42



土工織物之應用案例(5/7)



中沙大橋橋基高灘地保護工成效



土工織物之應用案例(6/7)



韓國橋墩保護應用案例

利用高強度織布縫製雙層結構織袋狀物，**袋體空間灌注混凝土**或植生基材填充固定結構，做為邊坡、河岸、堤防等坡面保護。



土工織物之應用案例(7/7)



韓國仁川跨海大橋砂腸管配置示意圖



韓國仁川跨海大橋橋墩保護應用案例(砂腸管)

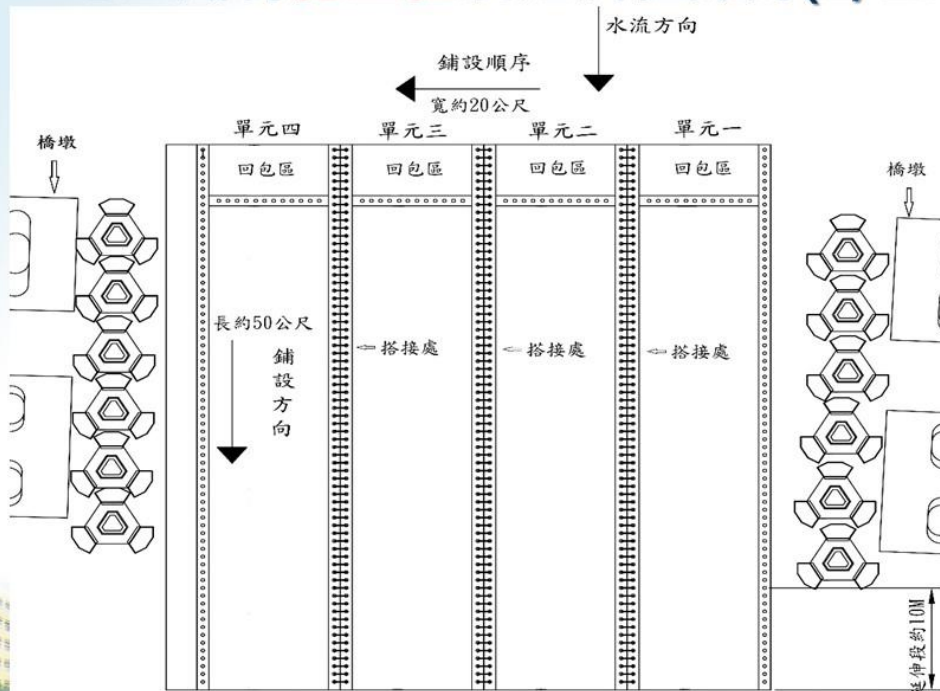
韓國仁川跨海大橋砂腸管配置示意圖及應用案例

砂腸管為兼具透水與保留土壤之袋體，在水力填充後，袋中水分迅速排除，保留於內部之土壤成為一穩定之地工織物。



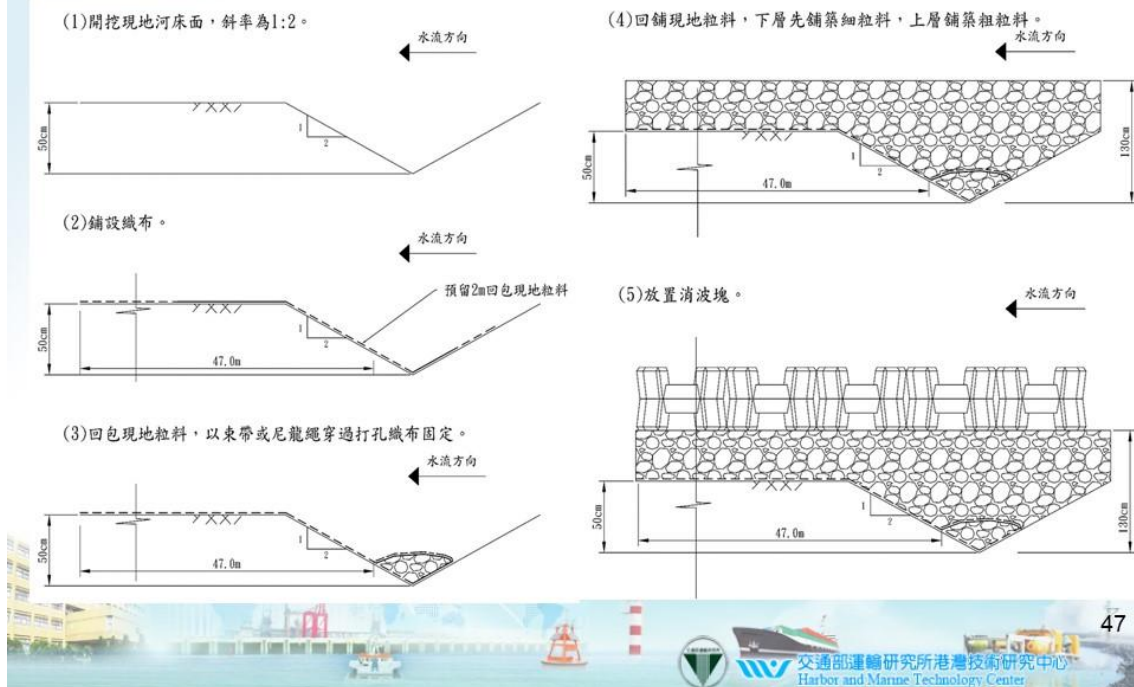
45

土工織物施工性及經濟性探討(1/19)



46

地工織物施工性及經濟性探討(2/19)



地工織物施工性及經濟性探討(3/19)



地工織物**施工性**及經濟性探討(4/19)



開挖完成

49

地工織物**施工性**及經濟性探討(5/19)



織布展開

50

地工織物**施工性**及經濟性探討(6/19)



第一單元織布鋪設



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

51

地工織物**施工性**及經濟性探討(7/19)



第二單元織布鋪設



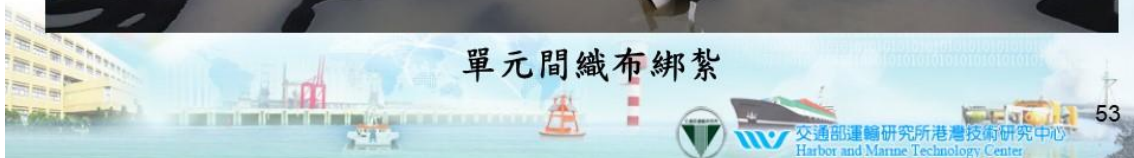
交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

52

地工織物**施工性**及經濟性探討(8/19)



單元間織布綁紮



53

地工織物**施工性**及經濟性探討(9/19)



回填



54

土工織物**施工性**及經濟性探討(10/19)



最後單元鋪設

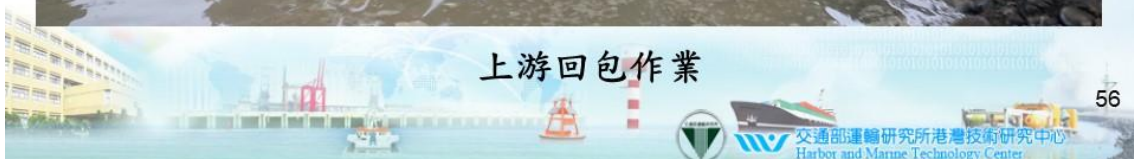


55

土工織物**施工性**及經濟性探討(11/19)



上游回包作業



56

地工織物**施工性**及經濟性探討(12/19)



回填後鼎塊吊放



57

地工織物**施工性**及經濟性探討(13/19)



鼎塊吊放作業完成下游面



58

地工織物**施工性**及經濟性探討(14/19)



107年9月颱風過後



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

59

地工織物**施工性**及經濟性探討(15/19)

- 由本研究之**試鋪案例得知**，地工織布之鋪設其**施工性**是可行的，惟日後針對**實務面**遭遇的**水下施工問題**、**單元間的搭接**及**織布上游的回包施作簡化問題**，若能尋求相關的解決方案，則能增進地工織布橋墩保護工之**施工性**。



60

地工織物施工性及經濟性探討(16/19)

年度	橋墩位置	鼎塊數量
102	P29-31L P32-34R	350
103	P502	113
105	P14-18L	
106	P18-19L L21-22R	228
	P27-28L P30-31R	343
	P24-25L P27-28R	104
107	P24-25L P27-28R	294
	P23-24L P26-27R	228

試鋪橋墩
鼎塊數約
398顆

資料來源：國道高速公路局中區養護工程分局大甲工務段

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

61

地工織物施工性及經濟性探討(17/19)

年度	項目名稱	契約單價(元/每顆)	備註
105	混凝土鼎塊搬移及吊放, 10噸有鋼索及鋼索夾連結	2,938	含怪手及 拖板車
	混凝土鼎塊搬移及吊放, 10噸無鋼索及鋼索夾連結	2,681	
106	混凝土鼎塊搬移及吊放, 10噸有鋼索及鋼索夾連結	2,885	
	混凝土鼎塊搬移及吊放, 10噸無鋼索及鋼索夾連結	2,633	
107	混凝土鼎塊搬移及吊放, 10噸有鋼索及鋼索夾連結	2,998	每顆吊放費約3,000元
	混凝土鼎塊搬移及吊放, 10噸無鋼索及鋼索夾連結	2,737	
108	混凝土鼎塊搬移及吊放, 10噸有鋼索及鋼索夾連結	3,025	
	混凝土鼎塊搬移及吊放, 10噸無鋼索及鋼索夾連結	2,762	

資料來源：國道高速公路局中區養護工程分局大甲工務段

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

62

地工織物施工性及經濟性探討(18/19)

- 每顆10噸鼎型塊製作費約1.5萬元，吊放費約3,000元，每顆10噸鼎型塊製作費及吊放費約1.8萬元，以試鋪案例398顆計，約需新臺幣716萬元。
- 織布費用依盟鑫公司提供的資料，高抗拉強度的織布每平方公尺約300元，鋪設面積約1,000平方公尺，材料費約30萬元，鋪設人力概估約需10人次，每人每次工資以2,500元計，約需2.5萬元，挖土機含操作手需租用1日，約需1萬元，總計鋪設費用約新臺幣33.5萬元，以鋪設面積1,000平方公尺換算，每平方公尺鋪設費用約為335元。



63

地工織物施工性及經濟性探討(19/19)

- 由上述織布鋪設費用(新臺幣33.5萬元)與鼎型塊的製作及吊放排置費用(新臺幣716萬元)比較結果顯示，織布之鋪設費用僅為鼎型塊製作及吊放費用之4.7%。
- 以經濟性評估，因鼎型塊保護工法之工程費用主要是鼎型塊的製作及吊放排置費用，若鋪設織布的鼎型塊能與對照組(未鋪設織布之鼎型塊)比較，若能比對照組增加5%之使用年限，或於生命週期能較對照組少補鋪數量達5%以上，則織布之鋪設有其經濟效益。



64

未來鋪設方式與鋪設橋址規劃(1/5)

■ 水下施工問題

1. 上游施作導流及圍堰、現場以多部抽水機將水抽出，以利織布之鋪設。
2. 鼎型塊之基腳以相關止滑材料包覆，一方面可以防止基腳造成織布之穿孔破壞，也可以增加鼎型塊與織布之摩擦力，進一步提升鼎型塊之抗沖刷穩定度，如此施作，則可考慮無須以挖土機降挖原鋪設河床面之施工步驟。



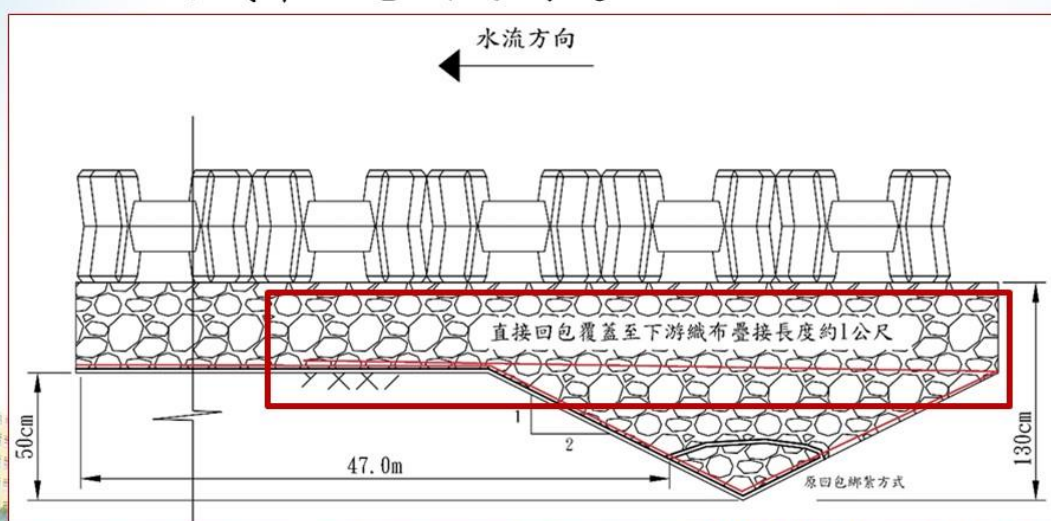
65

未來鋪設方式與鋪設橋址規劃(2/5)

■ 單元間的搭接問題

以魔鬼氈代替人工綁紮之方式搭接。

■ 上游織布回包錨定問題



66

未來鋪設方式與鋪設橋址規劃(3/5)

鋪設斷面改善

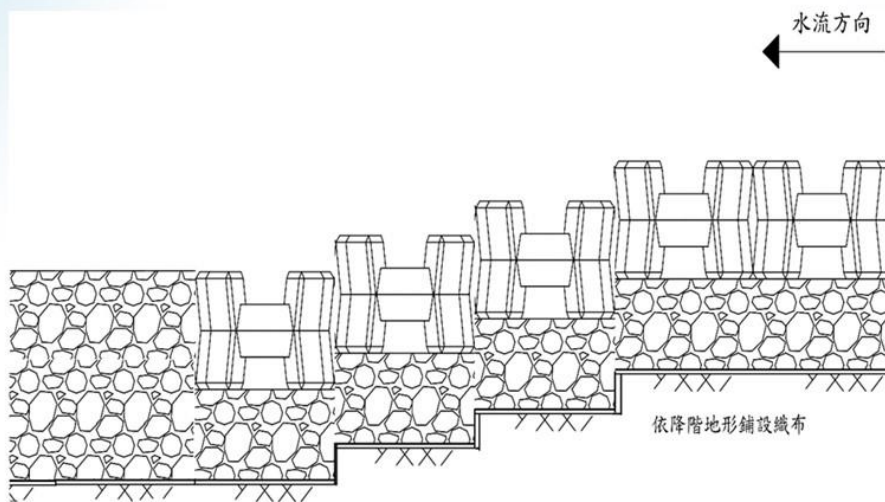


國道3號後龍溪橋鼎型塊降階鋪設減緩下游側的水力坡降



67

未來鋪設方式與鋪設橋址規劃(4/5)



鼎型塊及織布往下游降階鋪設



68

未來鋪設方式與鋪設橋址規劃(5/5)

- 本研究主要是依據國道3號大甲溪橋試鋪地工織布的案例經驗做探討，爰此，針對後續之鋪設橋址規劃，原則上是以河床質粒徑特性及橋墩基礎保護工型式類似的橋址可能會比較適用本研究規劃之保護工鋪設方式。
- 本研究後續規劃現地鋪設的橋址，主要以大甲溪下游之橋梁為主，包括國道3號大甲溪橋、海線鐵路橋及臺1線大甲溪橋。



69

結論與建議(1/2)

- 由本研究探討結果顯示，地工織布應用於橋墩基礎保護工是可行的，且不論是砂質河床或礫石河床均可適用。
- 地工織布之鋪設實務面可能遭遇的問題有水下施工問題、織布單元間的搭接及織布上游的回包施作簡化問題，若能尋求相關的解決方案，則能增進地工織布橋墩基礎保護工之施工性。
- 針對地工織布之鋪設實務面可能遭遇的問題，本研究已研提相關的改善方案，可供未來相關單位施作的參考。
- 鋪設地工織布所增加之費用，約增加原工程經費5%，若因鋪設織布能增加5%之使用年限或生命週期減少5%之鼎型塊補鋪量，即可符合經濟性要求。



70

結論與建議(2/2)

- 未來相關單位在施作鼎型塊保護工時，可參考本研究研提之鼎型塊、織布降階鋪設及鼎型塊以鋼索連結方式來施作，以驗證本研究之成果。
- 本研究以本所過去於國道3號大甲溪橋橋墩基礎鼎型塊下方試鋪織布之案例做探討，探討鋪設織布之施工性及經濟性，未來後續研究可以以沙腸管(袋)、地工石籠袋等地工織物，來探討應用於橋墩基礎保護工之可行性，以供未來相關橋管單位施政的參考。



簡報完畢
敬請指教

