

土工沙腸袋應用於阿拉伯防波堤工程

蔡繼章¹ 陳奕旻¹ 蔡嘉仁² 張美雯³ 陳衍舜⁴

¹盟鑫工業股份有限公司工程師

²盟鑫工業股份有限公司主任工程師

³盟鑫工業股份有限公司助理工程師

⁴中華土工材料協會學術委員

摘要

土工沙腸袋工法常見應用於國外海岸工程，可做為突堤、潛堤、離案堤或護岸等結構物，具有施工快速、低環境衝擊以及高經濟效益等特性。本案例位於為阿拉伯聯合大公國 RAK City，一處船舶碼頭興建工程，在綜合環境生態的永續發展、成本經濟及工程整體安全等考量後，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地工沙腸袋配合拋石構築長約 700m、高約 9m 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。

關鍵詞：土工沙腸袋、綠色內涵、碳足跡

Breakwater Made of Geotextile Tubes in Ras al-Khaimah City, UAE

Chi-Chang Tsai Yi-Min Chen Chia-Jen Tsai* Mei-Wen Chang Yan-Shun Chen

Engineer, Gold-Joint Industry Co., Ltd.

Chief Engineer, Gold-Joint Industry Co., Ltd.*

Assistant Engineer, Gold-Joint Industry Co., Ltd.

Member of Academic Committee, Chinese Geosynthetics Association

ABSTRACT

Geotextile tubes are commonly seen in coastline construction projects overseas. They can be used to build groynes, jetties, submerged breakwaters, detached breakwaters or any other structures for shore protection. Such materials are popular for quick installation, low environmental impact and high cost-effectiveness. The given project is about building a fishing port in Ras al-Khaimah City, UAE. Considering environmental sustainability, budget limit and overall construction safety, the local authorities decided to go for geotextile tubes which were cheaper and easier to work with, allowed in-situ sand to be utilized, and had less carbon emissions and lower environmental impact in comparison to traditional breakwater materials. Hence, a complex breakwater structure of about 700m long and 9m high was built. It was mainly made of sand-filled geotextile tubes covered with rubble mound on the outside. The overall efficiency of the finished structure was satisfactory and the reduction of carbon footprint conformed with the spirit of green connotation.

Keywords: Geotextile Tube; Green Connotation; Carbon Footprint

一、前言

2011 年，阿拉伯聯合大公國 RAK City 因應建

設需求，預定施作新的防波堤結構，總長度達約 700m(圖 1 工程位置)，本工程範圍區域地形情況如圖 2 所示。在配合當地政府希望降低工程成本支

出、具施工可行性及兼顧環境效益的目標下，開始尋求有別於傳統拋石堤的替代方案。綜合考慮各方面因素，採用土工沙腸袋作為堤心並於外部複合拋石的防波堤設計方案。在土工沙腸袋設計共採兩種尺寸設計，長度主要設計 50m 長，分成 4 層圍堤施作。

總工程規模部分，本案防波堤從現有的海岸線向外延伸 147m 後轉 90 度到東北方向的 524m 連接到既有的防波堤。防波堤總長約 700m。



圖 1 工程位置圖

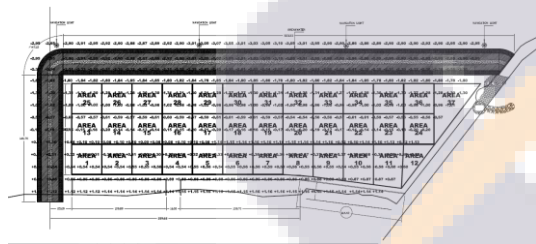


圖 2 區域地形圖

二、設計理念

本區域最高潮位 M.H.W.L 為+2.5m，颱風暴潮波高可能達 3.5m，在綜合本區波潮流資訊及沿岸結構物等因素後，堤頂高程要求為+6.0m，防波堤最終設計高度約 9m，總長約 700m(詳圖 3 斷面配置圖及圖 4 平面配置圖)。考慮抗浪性及高度需求土工沙腸袋設計採用兩種圓周尺寸，頂層採用 Type A 施作一階，其餘下方共計三階採用 TypeB(圖 5 沙腸斷面示意圖)。由於配合搭接及轉角設計，長度設部分在 10m~50m 之間(圖 6 尺寸示意圖)。考量工程耐久性及施工極限受力狀態，沙腸織布設計考量時參考 GeocCoPS 分析成果及 GRI GT-7 採用強度及各項特性要求如表 1。另為了防止在施工期間底床基礎遭受侵蝕與沖刷，另於最底層設計防掏刷織布與錨定

沙腸。

外覆拋石部分則採兩層設計，設計重量與厚度則有三種，內層設計重量為 50~500kg 厚度 0.5m，外層設計重量與厚度則分堤內與堤外分別為重 300~1000kg 厚 1.0m 及重 3~6T 厚 1.5m。

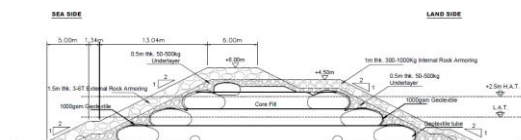


圖 3 本工程斷面配置圖(改)

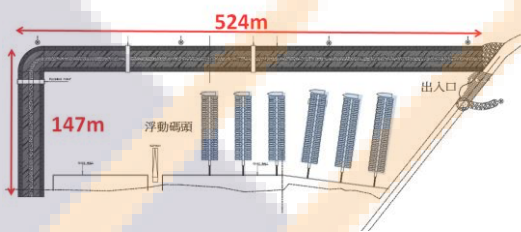


圖 4 工程配置平面圖

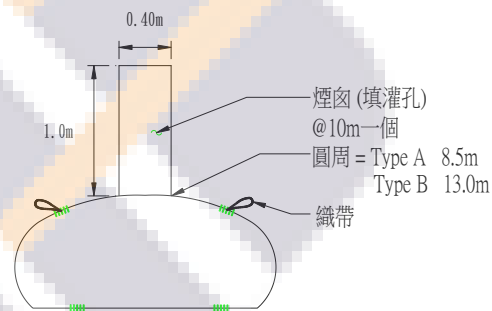


圖 5 土工沙腸斷面示意圖

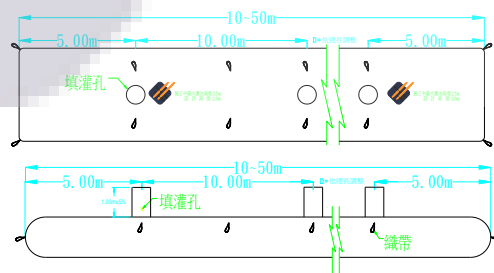


圖 6 土工沙腸尺寸示意圖

表 1 本工程沙腸袋設計規格要求

項目	規範依據	單位	要求
材質	F.T.I.R	-	聚丙烯
抗拉強度	ASTM D 4595	kN/m	MD \geq 70 CD \geq 120
正向透水率	ASTM D 4491	1/S	\geq 0.4
有效開孔徑	ASTM D 4751	mm	\leq 0.425
抗紫外線*	ASTM D4355 或 ASTM D5970	%	\geq 90
耐化學性能	ASTM D5322 或 ISO/TR 13434	%	\geq 90
抗氧化性能	ISO 13438	%	\geq 90
縫接強度	ASTM D 4884	%	\geq 60

*備註:抗紫外線要求為現場抽驗 500hr，工廠試驗證明 3000 hr。

三、施工過程

本方案依沙腸袋圍堤施作、堤心回填沙、外覆拋石等流程進行(圖 7~12)。

施工初期先由機具先行整地至施工高程，並確保該高程上無尖銳物以防土工沙腸遭受穿刺破損；鋪設過程中以施作人員搭配機具展鋪，並視選定沙腸之灌注口位置佈設抽沙管線(圖 7)。

因土工沙腸為柔性結構物施工時易造成翻滾而偏離定線位置，施工時需加以控制，必要時仍需輔以固定樁助填定位(圖 8)。填灌施工時應注意排水及流沙狀況，控制其填灌速率及水沙比含量，於沙腸限制灌注高度下進行填灌，避免沙腸因超出極限負荷而產生破壞。填灌後期建議應適時挪移孔位灌注，避免沙腸明顯高低差並以利施工後之整體整齊度(圖 9)。

本工程實際採用的土工沙腸袋共計 286 件，使用沙腸織布約 57,000m²，總計全線沙腸總灌沙量約 37,000m³，單組機具施工所費工期約 60~80 工作天。



圖 7 土工沙腸袋鋪設過程



圖 8 土工沙腸袋輔助固定設施



圖 9 土工沙腸袋灌注過程



圖 10 土工沙腸袋堤心施作過程



圖 11 外覆拋石施作過程

沙腸袋圍堤完成後配合回填沙可一併兼作施工便道使用(圖 11)，無須額外施作假設工程或採用工作船施作，對施工效率亦有大幅提升。防波堤工程於 2013 年 9 月完工 (圖 12)，整體近 700m 複合拋石堤構造約自 2012 年 6 月~2013 年 9 月完成(圖 13，興建過程圖截自 Google Earth)。

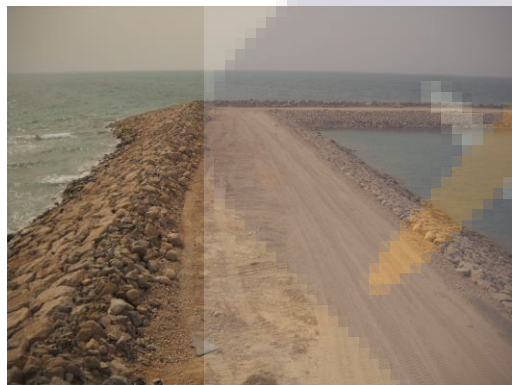


圖 12 防波堤構造完成(2013)

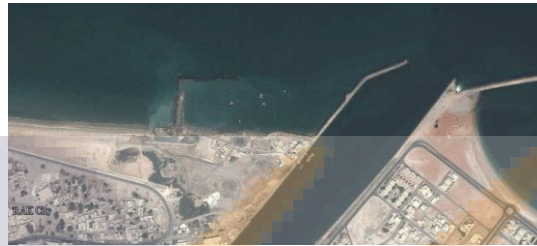
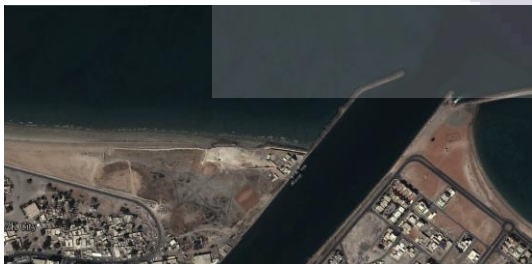


圖 13 防波堤興建過程(Google Earth)

四、效益與成果

本防波堤建設完成後，我們不難看出，土工沙腸袋於防波堤工程應用之施工方便及快捷。而且本設計由於大量降低外購拋石用量(由 18.5 萬降低至 7 萬立方)減量達六成以上且取用現地海沙，工程預算成本僅需一般設計方案之半以內，由 2.6 億降低至 1.3 億左右，具有相當優越之經濟性(圖 14 方案成本比較)。

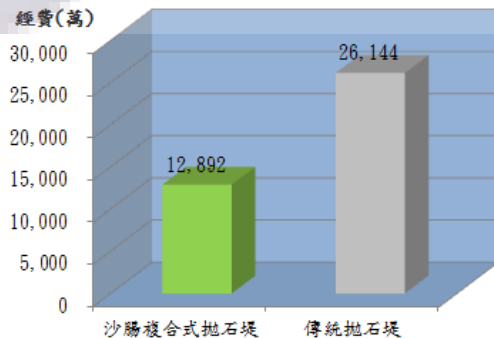


圖 14 方案成本比較

另外由於地工沙腸袋之複合方案，主要採用現地海沙材料及輕質地工織物加工成之袋體等，可大幅降低傳統作法拋石開採及輸運需求或消波塊等材料使用，在工程生命週期中材料及運輸兩過程中降低效益顯著，碳排量僅為傳統 50% 左右，減碳量高達 283.00 T-CO₂e，具有相當優越之減碳效能(圖 15 方案碳排效益比較)。

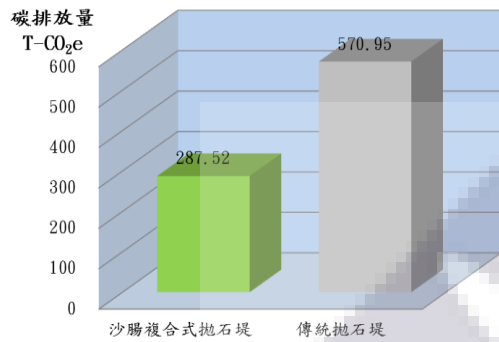


圖 15 方案碳排效益比較

備註:數據引用「研訂公共工程計畫相關審議基準及綠色減碳指標計算規則」委託研究案-成果報告「減碳規則篇」。

本防波堤建設完成後，內部遊艇浮動碼頭共設計 250 泊位，可提供 500 艘遊艇停靠，提供後續碼頭營運規劃及遊憩休閒空間使用(圖 16~18)。

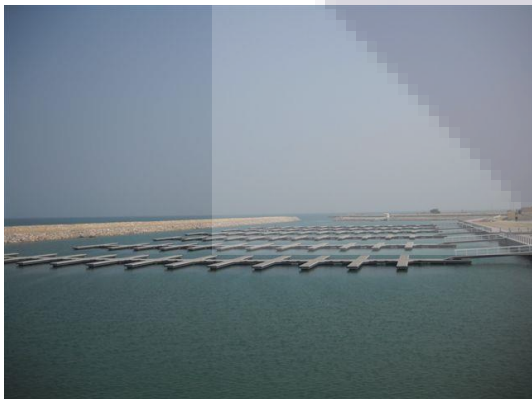


圖 16 防波堤內遊艇浮動碼頭配置



圖 17 防波堤內遊艇浮動碼頭

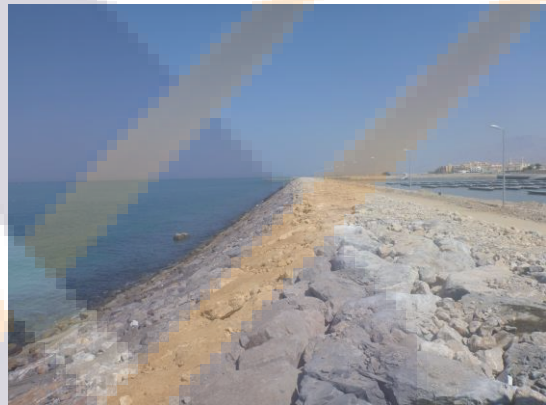


圖 18 防波堤現況

五、結論與建議

近年來全球暖化造成重大氣候變遷問題已逐漸受到重視，為減緩地球暖化速度各國大力提倡符合綠色內涵的工法，以土工沙腸袋之工法於海岸建構防波堤設施結構，與傳統拋石堤相較之下，在減碳部分，本工程採用現地沙土材料可大量減少車輛運輸所產生額外公害與污染，且施工簡易無須大量施工機具之協助可有效降低整體工程碳排達 50%，對於環境與景觀之衝擊性近無影響。在經濟部分，本方案採就地取採之作法工程預算經費可由 2.6 億下降至 1.3 億左右，成效顯著。可為海岸工程節能減碳的工法提供一替代性選擇。

參考文獻

1. 張又升（2002），「建築物生命週期二氧化碳減量評估」。
2. 第三十二屆海洋工程研討會(2010)「土工砂腸袋養灘工法應用於墨西哥海岸侵蝕保護」。
3. 行政院公共工程委員會委(2012)「研訂公共工程計畫相關審議基準及綠色減碳指標計算規則」減碳規則篇。
4. 第三十四屆海洋工程研討會(2012)「土工砂腸袋應用於阿拉伯養灘工法」。
5. 第三十五屆海洋工程研討會(2013)「土工沙腸應用於王爺港汕沙洲潮口復育之案例」。
6. 第三十六屆海洋工程研討會(2014)「土工沙腸袋應用於臺中港北側淤沙區漂飛沙整治工程」。
7. Krystian Pilarczyk (2000)「*Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering*」
8. US Army Corps of Engineers (2006)「*Geotextile Tube Structures Guidelines for Contract Specifications*」。
9. Robert M. Koerner (2012)「*Designing With Geosynthetic*」。
10. Andy, C., Felix, T. Amy, T. (2013)「*Geotextile tubes application on beach nourishment in UAE*」
11. GRI Test Method GT10. *Test Method, Properties and Frequencies for High Strength Geotextile Tubes used as Coastal and Riverine Structures.*

Geosynthetic Institute, Kedron Avenue, Folsom, USA

12. GRI Test Method GT11. USA *Installation of Geotextile Tubes used for Coastal and Riverine Structure.* Geosynthetic Institute, Kedron Avenue, Folsom, USA