

土工砂腸袋應用於阿拉伯養灘工法

簡學揚¹ 曾俊榮² 唐玄蕙³

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 經理

摘要

土工砂腸袋工法近年在國外常見應用於海岸工程，可做為突堤、潛堤、或是護岸等結構物，具有施工快速、低環境衝擊、以及低成本的特性。本案例位於阿拉伯聯合大公國酋長國之一的富吉拉 Al Aqah 沙灘，此沙灘原建設有拋石堤做為沙灘保護，但設計不良導致日漸失去其設計功能，在 2007 年遭受一颶風襲擊後沙灘侵蝕嚴重，對當地觀光業產生嚴重負面影響。因此當地旅館業者考量觀光效益、環保訴求、以及成本因素後，選擇以土工砂腸袋做為材料，新建突堤及潛堤以達到養灘目的。

關鍵詞：土工砂腸袋、海岸侵蝕、突堤、潛堤、養灘

Geotextile Tubes Application on Beach Nourishment in UAE

Andy Chien^{*} Felix Tseng Amy Wang

^{*} Engineer, Department of Technical Support, ACE Geosynthetics

ABSTRACT

The most common application of geotextile tubes is marine engineering, it could be a structure of jetty, submerged breakwater or revetment, with the beneficial features of easy installation, eco-friendliness and cost-effectiveness. This method is boomed in recent years. This project is located in Al Aqah Beach Fujairah, UAE. Rubble groins were there, for lacking substantial protection, it gets weakened gradually. A serious erosion problem was seen after the cyclonic storm Gonu hit. This disaster impact the local tourism, take into consideration of tourist attractions, environmental demands, the client chooses geotextile tubes to rebuild the groin and submerged breakwater achieving the purpose of beach nourishment.

Keywords: Geotextile Tube; Beach Erosion; ; Groin; Submerged Breakwater; Beach Nourishment

一、前言

海岸線的變遷為自然現象，然因人工結構物的構築而會破壞了整體穩定性，使得穩定的海岸線再度變遷；平行海岸線方向的沿岸流可帶來河川輸砂，使海岸線維持穩定，然而颶風引起的向離岸漂砂卻對影響環境甚鉅，2007 年的 Gonu 颶風襲擊了

阿拉伯聯合大公國的富吉拉，造成數公里長海岸沙灘之嚴重侵蝕，其中又以 Al Aqah 海灘受創最為嚴重。雖然當地沿岸流可使沿岸漂砂南砂北運，傳送至海岸線侵蝕區域，然而僅靠自然的漂砂堆積欲還原至原始海灘地貌，需耗時久遠。亦可能因天然災害的再次發生而導致沙灘再次受創。本案欲保護之區域內，南北原各構築一座拋石突堤來保護旅館前

沙灘，但突堤並無設置基礎保護，在長年波浪作用及颶風侵襲情況下，使得突堤逐年沉陷高度下降，長度也逐年縮短，進而失去其截砂的功能，如圖 1。由於旅館業者考量觀光效益、環保訴求、以及成本因素，希望以不影響景觀之前提下重新強化突堤結構，並復育海灘。



圖 1 沉陷後之拋石堤

二、設計理念

此案件設計於海灘欲保護段之南北兩側各建設一道長 200 公尺突堤，而後在兩座突堤頂端加築一座平行海岸線，長度 225 公尺長之潛堤以形成一

字型結構，最後再人工抽沙回填至此 U 型區域內進行人工養灘，利用波浪受地行淺化而碎波的特性，以減低天然災害造成海灘侵蝕之影響。因當地拋石材料昂貴，業主考量成本、環境衝擊、以及施工時間長短等因素後選擇以地工砂腸袋做為突堤與潛堤之材料。

地工砂腸袋工法施工機具簡易，僅需一抽沙泵浦或小型抽砂船即可施工，並且抽取現地沙源填灌袋體，對環境衝擊最小，亦不會影響到景觀。

兩座突堤為貼合地形，分別使用兩種規格之地工砂腸袋，分別為 Type IV，圓周 8.6 公尺，長度 52 公尺，附有單側防淘刷布與錨碇砂腸袋，如圖示 2；與 Type III，圓周 17.2 公尺，長度 77 公尺，附有雙側防淘刷布與錨碇砂腸袋，如圖示 3。

採用地工砂腸袋分析軟體 GeoCoPS 分析在 8.6 公尺與 17.2 公尺圓周情況下所能到達之設計高度。假設抽砂船所抽取之砂水混合填灌物單位重為 15kN/m^3 ，填灌至地工砂腸袋經自然沉降壓密後之填灌物單位重為 18kN/m^3 ，所得結果為圓周 8.6 公尺之袋體其完工後高度為 1.5 公尺。如圖 4 所示；圓周 17.2 公尺之袋體完工後高度為 3 公尺，如圖 5 所示。



圖 2 Type IV 地工砂腸袋示意圖

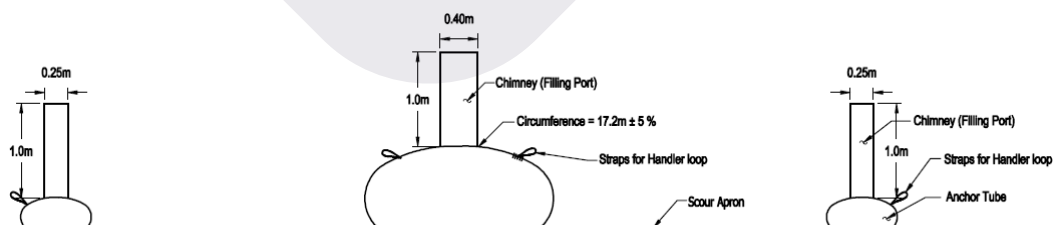


圖 3 Type III 地工砂腸袋示意圖

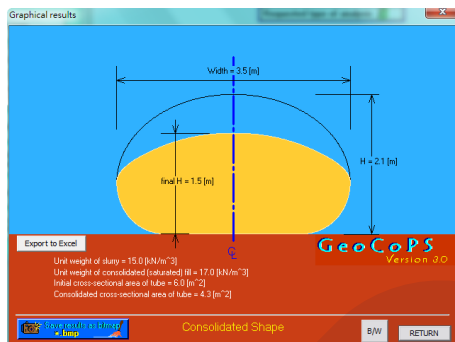


圖 4 GeoCoPS 分析圓周 8.6 公尺地工砂腸袋結果

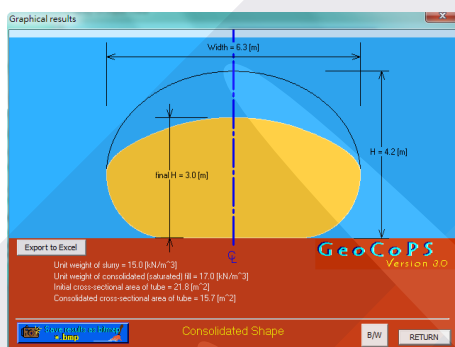


圖 5 GeoCoPS 分析圓周 17.2 公尺地工砂腸袋結果

突堤近岸端以 Type IV 袋體四顆兩兩並排連接成長度 100 公尺，寬度 7 公尺之突堤前半段；突堤向海端以 Type III 袋體兩顆連接成長度 100 公尺，寬度 7.5 公尺之突堤後半段。突堤兩側皆設有防淘刷布以及錨碇砂腸袋保護以防止突堤基礎淘刷，如圖 7。

平行海岸線的潛堤設計兩種不同之地工砂腸袋，一為 Type I，圓周 17.2 公尺，長度 77 公尺，無防淘刷布與錨碇沙腸袋，如圖 6 所示；另一為 Type II，圓周 17.2 公尺，長度 77 公尺，具有單側防淘刷布與錨碇沙腸袋，如圖 8。此二規格之地工砂腸袋圓周與 Type III 相同，其分析高度亦同為 3 公尺。

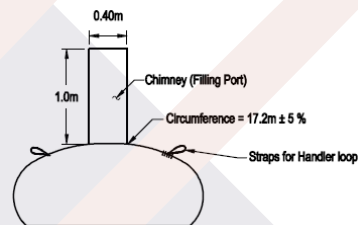


圖 6 Type I 地工砂腸袋示意圖

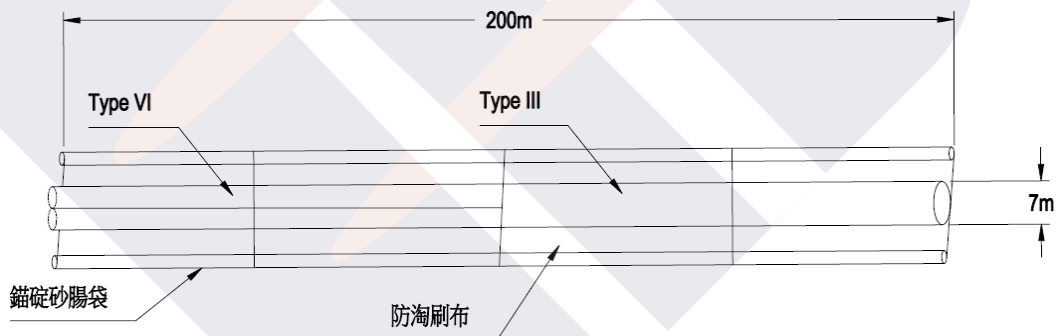


圖 7 設計突堤俯視圖

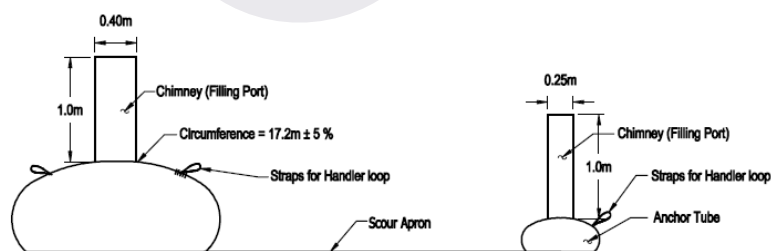


圖 8 Type IV 地工砂腸袋示意圖

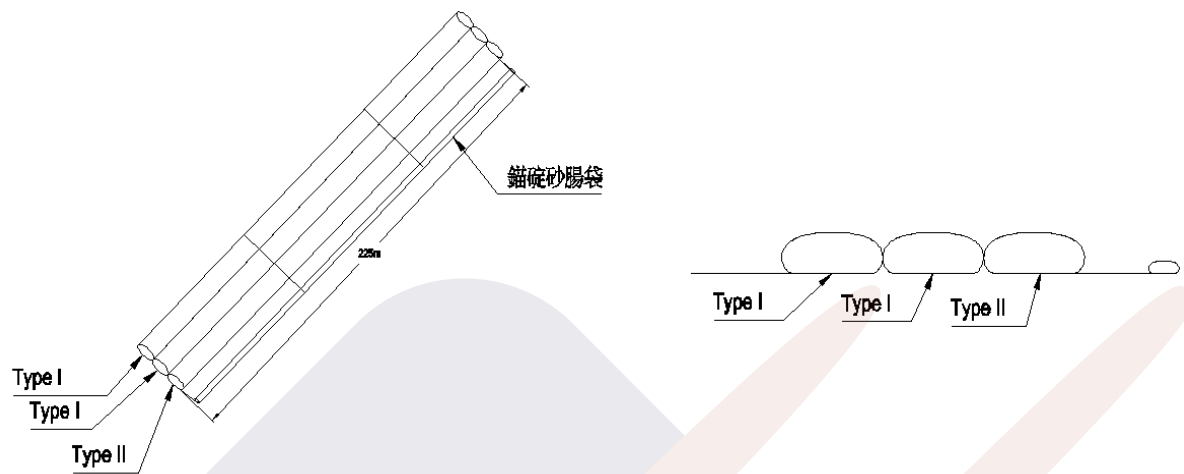


圖 9 設計潛堤示意圖

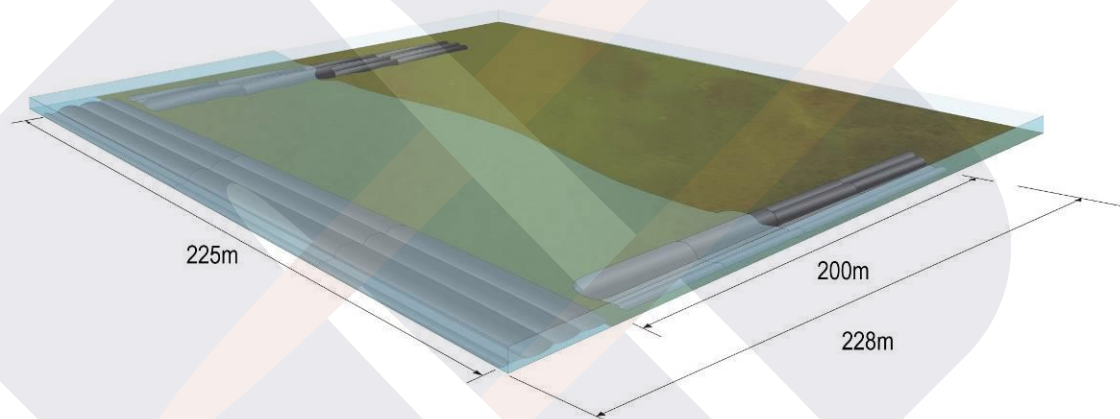


圖 10 設計完工後整體圖示

離岸潛堤使用六顆 Type I 袋體以及三顆 Type II 袋體，三顆並排連接為長度 225 公尺，寬 28 公尺之離岸潛堤，且離岸潛堤外側亦具有防淘刷布與錨碇砂腸袋保護，如圖 9。

離岸潛堤與突堤形成一 228 公尺 x 225 公尺的「」字型結構，並且最後在進行人工抽沙回填至此區域內進行人工養灘，設計完工後如圖 10。

三、施工過程與結果

本案例除局部突堤於沙灘上外，其餘部分皆為在水下，因此需要進行水下施工。將地工砂腸袋由工作船運送到施工位址並由潛水工作人員進行施工位址的整地工作，確保設計鋪設位址無傷及袋體之尖銳異物後，在水下進行袋體定位鋪設以及錨碇工

作。在袋體鋪設並錨碇之後，潛水人員將抽沙船管路與地工砂腸袋之填灌口連接，並進行填灌作業。填灌作業過程中，需注意填灌壓力以及袋體填灌高度，此二點影響地工砂腸袋之內部壓力，地工砂腸袋所能承受之內部壓力有其極限，壓力超過其極限將會對袋體造成破壞，因此填灌時抽砂船的輸出功率控制以及袋體高度的監控為施工之重點。

主要施工機械為抽砂船以及袋體運送之工作船。抽砂船之選擇必須參考袋體的規格以及軟體分析數據，以避免抽砂船功率過大導致袋體破壞或是功率過小導致填灌施工時間延長之情況發生。本案件使用之抽砂船功率約為 350HP，配合 8 inch 直徑之抽砂管路抽取現地砂源進行施工填灌，抽砂船如圖 11 所示。



圖 11 施工用抽砂船

案件施工順序以兩側突堤為先，而後再完成離岸潛堤部分，最後人工抽砂回填至保護區內。其中突堤部分，施工方向從岸線一側往大海一側，先完成近岸端突堤結構，再往外延伸。總計施工期為 12 個月，唯因當地海像因素不穩，造成施工延誤，此案預計於 2012 年 8 月完工。

此案件施工過程中無需大型吊掛機具以及大量車載運拋石，僅工作船與抽砂船於海上進行施工，對於當地觀光旅遊景觀不造成影響。

施工方式簡易且所需人力少，僅需數名潛水人員以及抽砂船操作人員便可順利進行袋體填灌工作。

在施工過程中可發現地工砂腸袋外表已附著大量藻類，以及由以藻類做為食物來源之基本生態係，如圖 12~14，由此可見地工砂腸袋工法對於自然生態的影響甚小，甚至可在沙灘上營造出人工魚礁之效果。



圖 12 水下袋體藻類附著照片



圖 13 岸上袋體藻類附著照片



圖 14 草食性海洋生物與袋體之貼合性

四、結論

地工砂腸袋之施工性良好，施工方式簡易且無需大型施工機械協助，對於對於環境與景觀衝擊幾乎無影響，相對於拋石堤工法，在施工上具有優異經濟性與便利性，且因當地拋石材料昂貴，在成本上更具有優勢。地工砂腸袋對於自然生態環境亦具有極為良好之貼合性，其外表藻類附著生長速度快，提供了一生態系發展的基礎。由結果可證實地工砂腸袋工法為可取代傳統工法之創新應用工法之一。

參考文獻

1. Alvarez, E., Rubio, R., & Ricalde, H. 2005. "Beach Restoration with Geotextile Tubes as Submerged Breakwaters in Yucatan, Mexico". Proceedings of the International Symposium on Tsunami Reconstruction with

Geosynthetics–Protection, Mitigation and Rehabilitation of Coastal and Waterway Erosion Control. Bangkok, Thailand, pp. 123-135.

2. Alvarez, E., & Espinosa, B. 2008. “The role of the Geotextile Tubes in coastal protection and beach restoration. The experience in Yucatan, Mexico”. First Pan American Geosynthetics Conference, Cancun, Mexico
3. Escalante, S ., & Solis , A. 2008. “ Coastal dune stabilization using geotextile tubes at Las Coloradas”. Gesoynthetics magazine, Vol. 26(1), pp. 16-24.
4. Leshchinsky, D., Leshchinsky, O., Ling, H.I., & Gilbert, P.A. 1996. “Geosynthetic tubes for confining pressurized slurry: some design aspects”, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 122(8), pp. 682-690.
5. U.S. Army Corps of Engineers. 2004. “Coastal Engineering Manual”. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Miss. US
6. U.S. Army Corps of Engineers. 2004. “Geotextile Tube Structures Guidelines for Contract Specifications”. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Miss. US