

臺中港北側淤沙區第三期整治計畫實例

姚武田

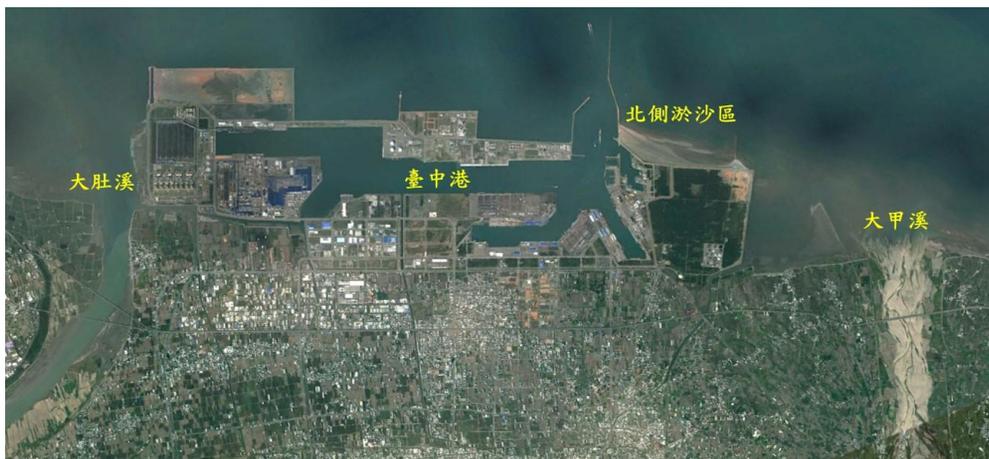
泓海工程顧問有限公司 執業技師

摘要

臺中港海域具有漂沙活動顯著、潮差大、東北季風強勁等環境特性，為提供安全操航環境，港口防波堤設施不得不出海域以提供靜穩水域，並藉由防波堤攔阻及導引漂沙繞開航道水域，但沿岸漂沙部分被北外廓防波堤攔阻於北側，形成廣大之淤沙灘地衍生飛砂現象。漂飛砂為臺中港建港後持續面對之重要課題，臺中港務分公司(前臺中港務局)歷年來持續辦理整治，除維持港口正常運轉外，並運用漂飛砂資源結合柔性工法營造出廣大之港埠綠化林區反饋自然環境，堪為綠色港埠典範，本文整理北側淤沙區漂飛砂整治實例，期供水利工程界處理類似整治工程辦理參考。

一、前言

臺中港位於臺灣西海岸中間區域，北端為大甲溪，南端為大肚溪(烏溪)，地理位置詳圖 1，港區海域直接承受大甲溪及大肚溪輸砂，由於優勢漂砂方向為北向南，臺中港之北外廓防波堤設施對來自大甲溪及其上游(北側)之沿岸漂沙有效發揮攔阻及導引作用，降低進出港航道水深受漂砂淤淺之威脅度，受攔阻之漂沙則沉積於北外廓防波堤北側近岸海域形成「北側淤沙區」，裸露之灘地受東北季風強風吹襲形成飛砂進入港內營運區域造成危害。



底圖來源：GOOGLE EARTH 2010/2/10 圖像。

圖 1 臺中港地理位置示意圖

為減輕漂沙、飛砂影響，臺中港建港初期即配合北防波堤、北海堤等外廓設施，採取於北側淤沙區整地廣植防風林進行防風定沙；於民國 80 年開始辦理北側淤沙區整治第一期工程，區位詳圖 2，紓解臺中港內之梧棲漁港北側區域嚴重且具迫切性之飛沙危害問題；民國 88 年接續辦理北側淤沙區整治第二期工程，將飛沙影響區進一步隔離。同期間，北外廓防波堤在民國 79 及 89 年亦因應營運需求分別進行兩次擴建延長，有效提高北側淤沙區蓄沙容量，並導引漂沙進入深水海域。歷年整治成效使臺中港建港後 30 餘年得以維持正常運轉，並在港口北側成功營造出大面積防風林。

隨著漂沙長期持續供應，北外廓防波及其北側海域攔砂及蓄沙能力將逐年降低，北側淤沙區灘地範圍則逐年擴增，漂、飛沙之威脅始終存在，因此臺中港務分公司(前臺中港務局)於民國 97 年起接續辦理短期整治，加強北側淤沙區陸地區飛沙防治，並於民國 99 年至 103 年辦理北側淤沙區漂飛沙整治第三期工程，除維持漂飛沙整治成效外，順應漂沙趨勢運用土沙資源，進一步擴大飛沙防護範圍，擴展綠色防風林區，改善並提昇營運環境。

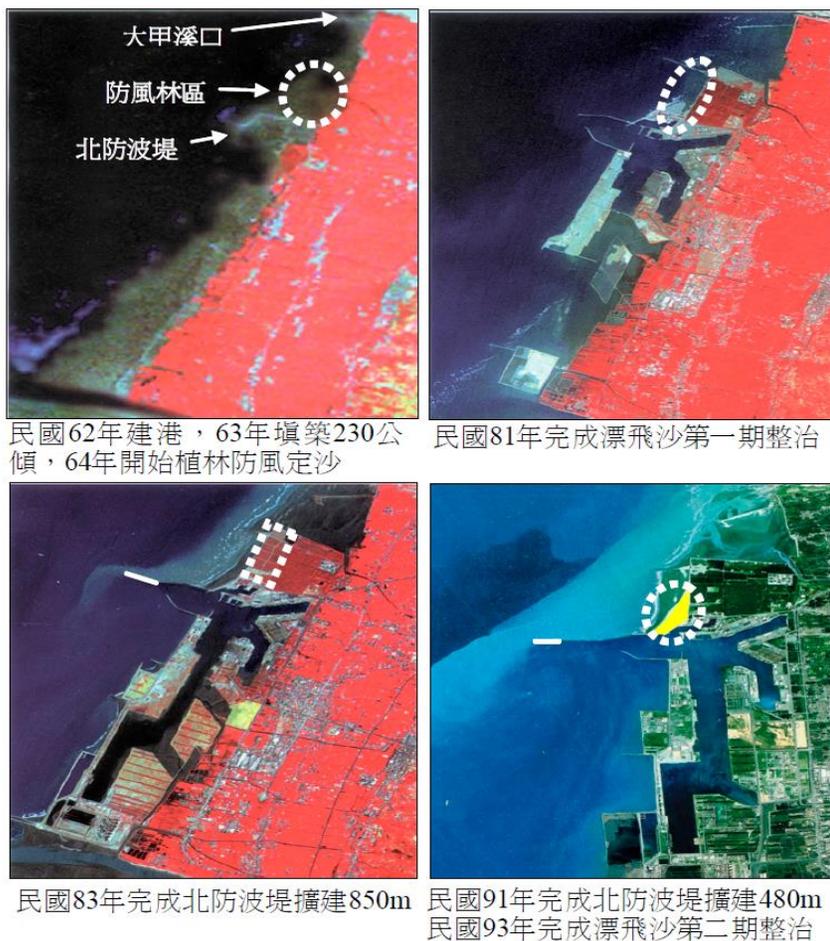


圖 2 臺中港北側淤沙區整治及北防波堤興建區位示意圖

資料來源：第 34 屆海洋工程研討會論文集-臺中港北側淤沙區漂飛沙整治第三期計畫(吳啟東、尤仲卿、姚武田、李大維)。

二、臺中港海域漂沙及地形侵淤現象

漂沙與海域氣海象環境、地質、沿岸漂沙、河川水文及輸砂等諸多因素有關，臺中港海域漂沙探討，歷年來已有諸多研究文獻及理論推算或模擬成果，均有其研究參考價值，本文則主要彙整統計臺中港海域實測地形資料，用以顯現實際漂沙及地形侵淤現象，並作為臺中港北側淤砂區整治規劃之參考依據。

臺中港海域漂沙優勢方向為北向南，優勢漂沙實況現象如圖 3 所示，從臺中港北側上游沿岸及大甲溪輸砂帶往臺中港海域之漂沙，首先為北防波堤攔阻及導引，漂沙主要留滯在北側淤砂區及被帶往北防波堤西側深水海域，少量隨潮流帶往北防波堤南側海域，此種優勢漂沙分布特性也塑造了臺中港海域地形產生相應之侵淤變化。



資料來源：臺中港北側淤砂區漂飛砂第三期整治規劃報告，95 年空拍照片。

圖 3 臺中港海域優勢漂沙方向實況

臺中港自民國 65 年建港以來，基本上每年均有辦理地形水深測量工作，長期累積之豐富實測資料，可充份反應海域侵淤特性。茲整理筆者以往統計民國 60 年至 102 年之海域地形侵淤變化如圖 4、圖 5 所示，北防波堤以北海域歷年來始終維持淤積趨勢，累積之淤積量相當可觀；北防波堤以南海域則出現侵淤互現情況，從累積統計圖顯示約在民國 89 年以前主要呈現侵蝕趨勢，90 年以後則反轉呈現淤積趨勢。

臺中港北防波堤南側及北側海域地形侵淤變化，原因與北防波堤及北側淤沙區攔阻及蓄沙能力有關，圖 6 顯示北側淤沙區海域兩處地形剖面之高程變化情況，北側淤沙區-15m 等深線往深水區移動之速度，平均 30 年間約外移 681m~901m，離北防波堤愈近者，外移距離越大，北側淤沙區海域逐年淤淺後，北側淤沙區海域蓄沙能力隨之降低，而漂沙移動水深界線逐漸接近北防波堤堤頭區，北防波堤可攔阻及導引漂沙之能力亦隨之降低，漂沙更易透過北防波堤進入北防波堤南側海域，淤積情況隨之增加，對港區航道之影響性隨之提高。

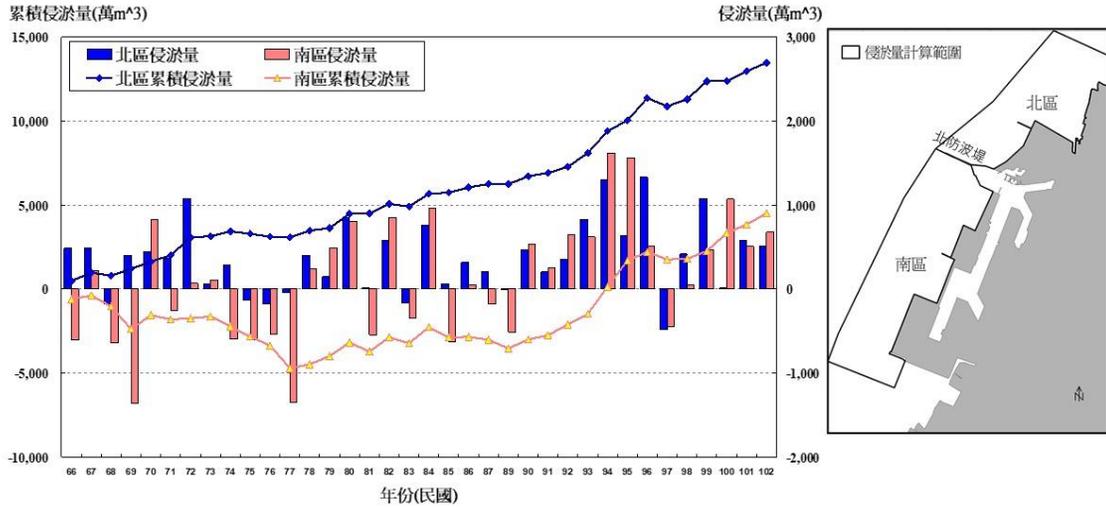


圖 4 臺中港海域民國 65 年-102 年間南、北區各年侵淤量變化

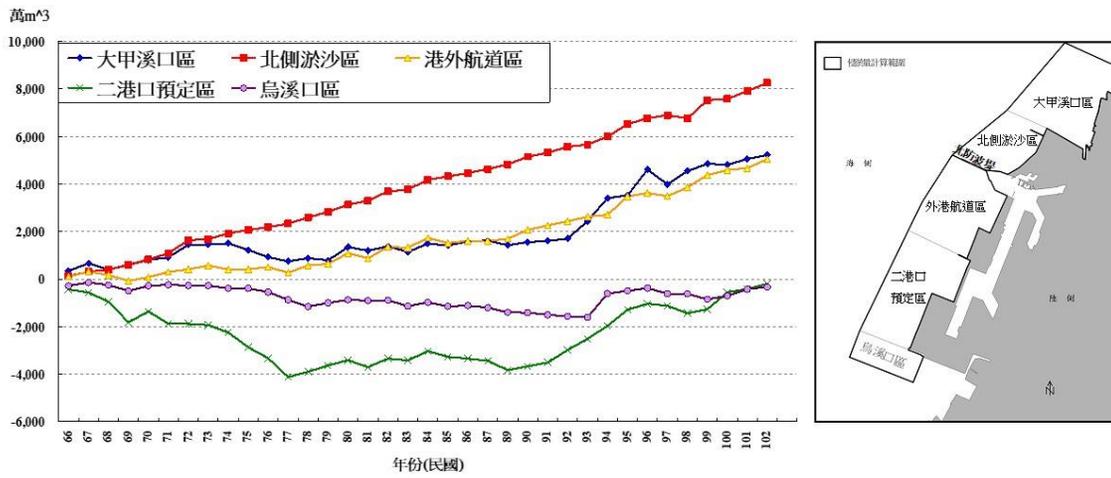


圖 5 臺中港海域民國 65 年-102 年間南、北區各年侵淤量變化

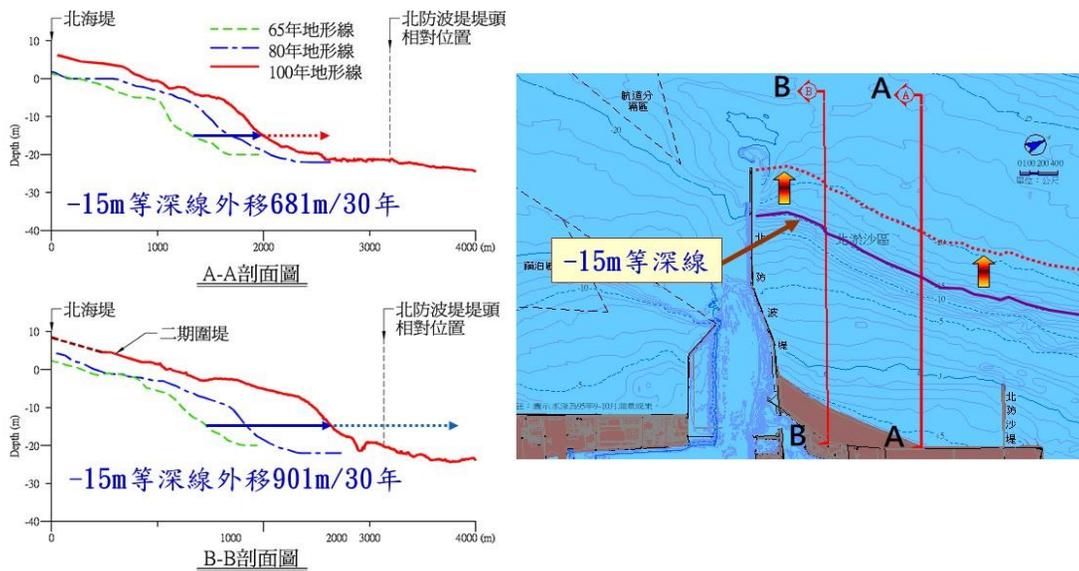
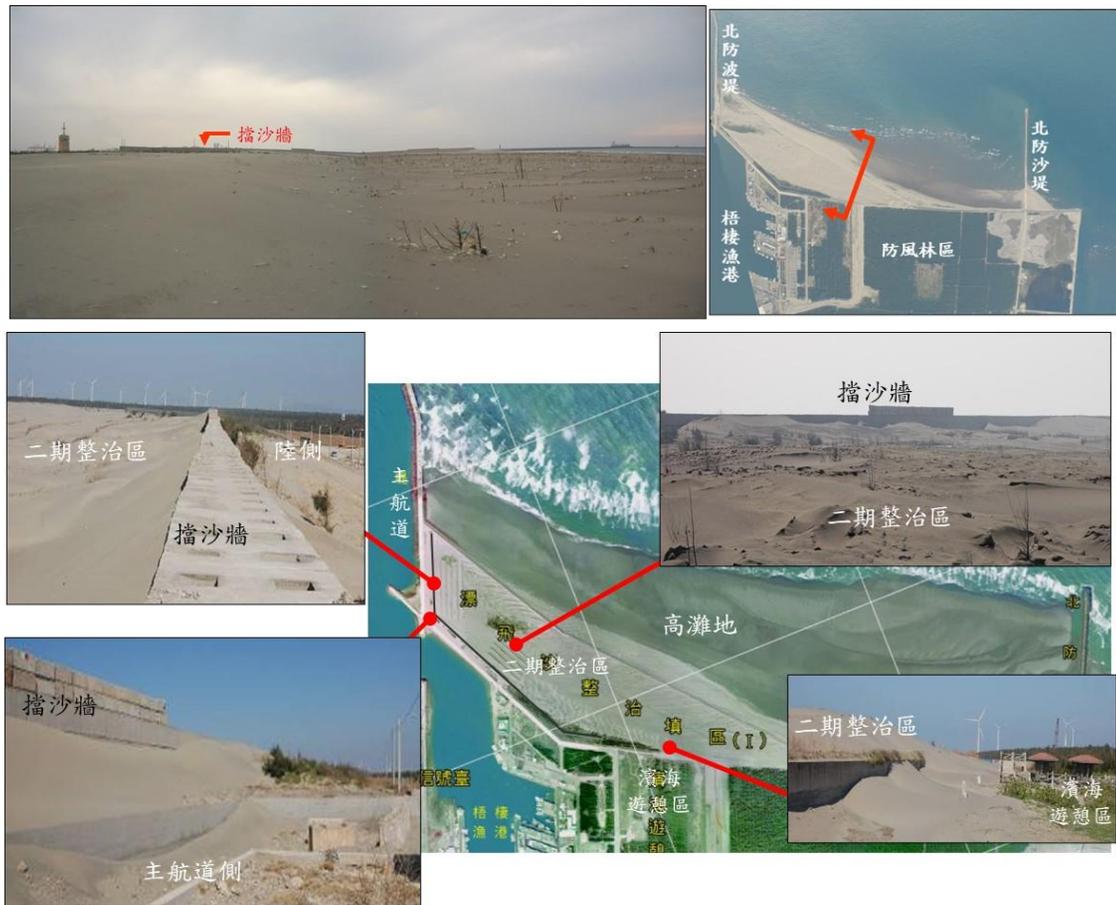


圖 6 臺中港北側淤沙區海域地形剖面變化情形

三、臺中港北側淤沙區飛沙現象

來自臺中港北側上游海岸漂沙及大甲溪輸砂，為北防波堤攔阻後，在北側淤沙區海域形成廣大灘地，裸露灘地受強風吹襲帶往港內航道操航水域及梧棲漁港附近土地，對港區環境及水域深度之維持造成影響，依據歷年地形測量資料及辦理清淤、清砂紀錄，北側淤沙區灘地區域年平均飛沙量約 30 萬方以上。



資料來源：臺中港北側淤沙區漂飛砂第三期整治規劃報告，95 年現場照片。

圖 7 臺中港北側淤沙區飛沙堆積現象

四、北側淤沙區整治規劃設計理念

(一) 北側淤沙區整治漂沙採導引為主

北側淤沙區整治漂沙方法，就港區本身而言，可採行之作法包括延長北防沙堤或新建定沙突堤、疏浚土方資源化、疏浚土方側渡(By-Pass)至下游收容、延長北防波堤等，但在經濟性、技術可行性、環境影響性、海岸保全及適法性、港區發展需求及相容性等諸多層面上均有其待克服因子，加上臺中港漂沙供應源源不絕，非北側淤沙區本身藉由整治手段可完全克服，營運實績顯示即使興建防波堤設施可攔阻漂沙進入港池航道及操航水域，但終有其

極限，攔沙能力將隨著海域淤淺逐漸降低，而蓄積之廣大灘地則衍生飛砂影響環境品質及營運。惟北防波堤所發揮之導引漂沙功能則具有顯著成效，相對於攔沙效應，導引漂沙避開主要操航水域使其順利渡過港區海域進入下游側，漂沙動線可獲得補償復原，對於環境之衝擊可降至最低。

(二) 北側淤沙區疏浚整地可紓緩新灘地生成速度及航道淤淺壓力

北側淤沙區淤積量大，灘地生地速度相當快，往往經過一次東北季風期，海域地形即產生變化，快速擴展之灘地帶來之飛砂量隨之成長，而海域淤淺亦使漂砂移動界線往北防波堤堤頭處移動，漂沙容易繞過堤頭直接進入下游航道水域，在港區範圍內可能採用之各種漂沙整治方法中，疏浚北側淤沙區海域，可立即減緩北側淤沙區海域及下游航道海域淤淺速度，並延長北側淤沙區之蓄沙及導引漂沙能力，且北側淤沙區疏浚完全避開航道水域，對船舶進出港操行營運之影響性遠低於航道浚深。

(三) 運用飛砂資源營造灘地地形，就地作為飛砂防護之基礎設施

北側淤沙區陸上地形堆積之飛砂極易形成揚塵，並隨風侵入營運區域，對環境品質之影響甚大，以往之處理方式多係清運至陸域其他填區或低窪區回填，或直接推回海域隨潮流帶走，但此種做法在環境影響性及經濟性上，逐漸不具可行性。雖然清理飛砂為整治飛砂之必要手段，但飛砂若能妥善規劃直接作為北側淤沙區之地基材料，適度提高地形高程，有助於提高飛砂防治設施之設置可行性。

(四) 穩定淤沙灘地地形，以利設置整治設施

北側淤沙區直接面海，屬於開放性空間，海岸地形易受東北季風強浪及颱風波浪影響，灘地整治營造之海岸地形極易受到破壞，不利飛砂防治設施之設置及維護，尤其定砂成效最有效之植林、植草作業更需有穩定之地形防護方能確保成效，此從臺中港以往整治實績可獲得驗證，無圍堤設施防護之植林往往成效不佳，因此飛砂整治仍需配套設置定沙堤及圍堤設施已穩定地形。

(五) 消滅裸露灘地，攔阻及抑制飛沙

北側淤沙區飛砂來源，包括本身及外圍裸露之灘地、沙地地形，以及堆積之飛砂，防治措施必須同時考量消滅、攔阻及抑制(定沙)方法，其中削減措施為運用堆積之飛砂、疏浚之淤沙，配合圍堤設施整地提高地面高程並削減裸露灘地面積；攔阻措施則係於整地區周圍設置防護設施，擴大飛砂防護緩衝區並提前攔阻飛砂於外圍，以提高定砂設施之耐久性及確保防護成效；

抑制措施則是採取竹梢圍籬定沙、鋪設稻草蓆及植草、植林等覆蓋地表方式。

(六) 採用可反覆回收使用及對環境影響低之綠色材料及工法

面對來自上游源源不絕供應之漂沙及飛砂，北側淤沙區整治必須長期持續性投入，採取具經濟性之整治作法有其必要性，而整治目的除維持港埠營運及環境品質外，本身整治亦須考量友善環境工法以符整治性質及降低對環境之影響性。因此北側淤沙區整治跳脫以往圍堤造地之傳統做法，採取順應漂沙、飛砂淤積趨勢，掌握淤積海岸特性，就地運用砂土資源、選用地工砂腸興設臨時圍堵及回收港區既有消波塊設施再利用於整治工程，不足而需新設之擋沙牆，則從可反覆回收使用、耐久度長且足以提供穩定防護飛砂之角度設想，規劃設置組疊式混凝土重力式方塊擋沙牆建構多重飛砂防護網，再施以全面植林、植草達成最終整治防護目標。

五、北側淤沙區第三期整治計畫內容

(一) 整治計畫目標

1. 持續辦理漂沙整治，減緩港外航道淤淺程度，降低維護浚挖費用，確保臺中港營運不受漂沙影響。
2. 北側淤沙區進一步造林綠化及設置飛沙防護設施，增加港區綠景區，營造親水性海岸環境。
3. 改善飛沙對下風側漁港、北碼頭區、遊憩專業區之影響，促進臺中港發展遊憩產業。
4. 採取自然工法因勢利導，回收港區舊材料，以最低經費營造海岸環境，復育自然優質柔性海岸。

(二) 整治工程內容

北側淤砂區第三期整治工程平面配置如圖 8 所示，主要工程內容如下：

1. 北防沙堤延長工程

北防沙堤朝外海延長 300m，工址水深約 EL.±0.0m~-3.5m，堤頂寬約 8.0m~9.8m，頂部高程約 EL.+6.9~+7.8m，使用材料皆為回收之卵塊石、方塊及消波塊...等。

2. 新建定沙突堤工程

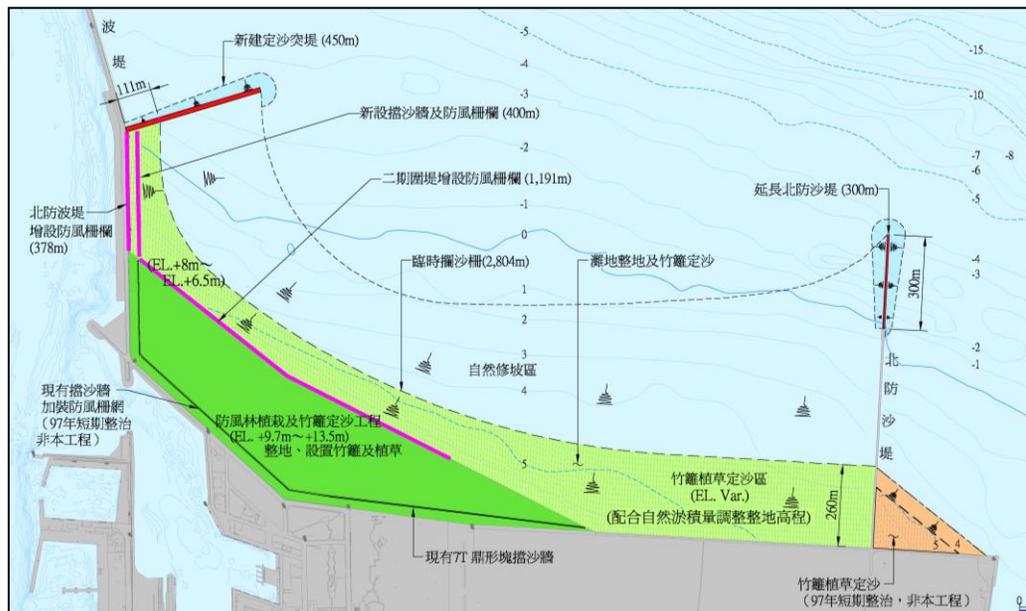
在北防波堤北側第一道轉折處，朝北向設置 1 道 450m 長定沙突堤，約與該處漂沙動線垂直，可穩定灘地地形並提高北側淤沙區攔阻

漂沙能力。工址水深約 EL.±0.0m~-1.5m。堤頂寬約 8m，頂部高程約 EL.+8.1m~+8.4m，使用材料皆為回收之卵塊石及消波塊等。

3. 灘地整地及竹梢圍籬定沙工程

進行高潮位以上灘地整地，整地作業全數利用灘地自然淤積土方。為營造及穩定灘地地形，降低灘地整地區內沙土受潮浪流衝刷後回流至外圍灘地，原計畫於灘地整地區設置定沙柵。經檢討定沙柵抵抗潮波流能力有限，遂修訂於灘地整地區外圍設置長 2,782m 之砂管(腸)臨時柔性圍堵設施。

灘地推整高程採 EL.+7m~+6m，由陸側往臨時圍堵方向採自然坡度平順推整，地面達到設計高程後立即設置竹梢圍籬定沙，再於竹梢圍籬間設置稻草蓆以強化定沙效果。竹梢圍籬採 1m 高，間距 10m 為主要配置，並於間隔 50m 處設置 2m 高竹梢圍籬，以提高定沙能力，竹梢圍籬走向與恒風向垂直。



資料來源：臺中港北側淤沙區漂飛砂第三期整治計畫。

圖 8 臺中港北側淤沙區第三期整治工程平面配置圖

4. 擋沙牆及防風柵欄工程

本計畫雖在二期整治區外圍灘地整地區設置竹梢圍籬及稻草蓆定沙，為避免竹梢圍籬定沙無法攔阻全部飛沙，於二期圍堤處另設置一道 1,591m 長擋沙牆及防風柵欄，接續現有之擋沙牆將二期整治區完全封閉，可提供後續防風林植栽良好之生存環境。

北防沙堤北側三角灘地亦為飛沙來源，故於該區設置一道 172m 長擋沙牆及防風柵欄。另於為防止飛沙侵入航道水域，於北外堤堤頂處設置一道 384m 長、高約 2.7m 之防風柵欄；並於北外堤北側灘地處，增設一道 403m 長擋沙牆及防風柵欄。

灘地整地區雖設置竹梢圍籬等定沙設施，但該區縱深僅 120~260m，防護縱深薄弱，經檢討後於北外堤北側灘地及灘地整地區北側，分別增設兩道-356-長 442m 及 1,732m 長擋沙牆，提高灘地擋沙能力。

未來灘地整地區海側灘地經自然淤積地形抬高，本計畫灘地整地區將趨於穩定，屆時現有最靠陸側之擋沙牆可搬移至灘地整地區海側，並繼續辦理新生灘地之整地定沙工作。故本計畫設置之多道擋沙牆可確保防沙效果，後續可供重複使用。

5. 防風林植栽工程

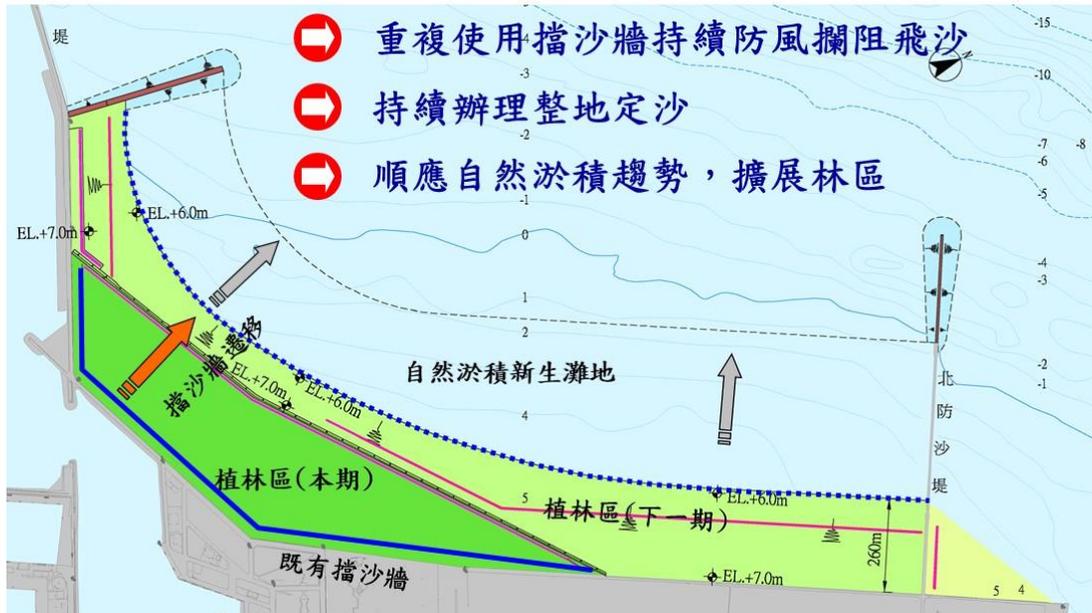
本計畫在二期整治區辦理防風林植栽工程，期藉由防風林永久阻隔飛沙侵入後線漁港及航道水域。在二期整治區外圍灘地地形未具規模前，飛沙會侵入二期整治區，不利植栽作業。

本項工程前期將堆積於二期整治區及其後線之飛沙全面清運至二期整治區內，配合地形全區推整，地面推整完成後全區設置竹梢圍籬及稻草席定沙，竹梢圍籬規格與前節灘地定沙工程相同。

六、北側淤沙區持續整治發展構想

北側淤砂區整治作業需持續性辦理，完成第三期整治工程後需持續監測地形變化、植林及漂飛砂防護成效滾動檢討調整，並據以接續辦理中長期整治工作。在第三期整治計畫規劃設計期間，已研判第三期整治完成後可達到之整治成效並接續規劃中期整治發展方向如圖 9 所示。

中期階段規劃配合第三期整治工程將二期整治區海側擋沙牆及防風柵欄與現有擋沙牆完成封堵，可使飛至二期整治區之飛沙量大幅減少。整治期間持續配合整地及飛沙防護情形進行植樹工作，利用初春時節於整治區內植林，依臺中港多年植生經驗，優先種植木麻黃，俟防風林區順利長成後，再適時辦理林相更新。另於灘地整地區內視灘地定沙成效，適時辦理植草作業，原則上採馬鞍藤、濱刺麥、蔓荊等第一線臨海防風定沙植物混種辦理，種植區域以不易受風沙及潮浪流侵襲位置為主。



資料來源：臺中港北側淤沙區漂飛砂第三期整治計畫。筆者整理。

圖 9 臺中港北側淤沙區整治中期整治發展構想

整體而言，中期整治構想係順應漂沙及飛砂堆積，運用沙土資源配合柔性地工砂腸等臨時圍堵設施進行裸露灘地整治擴展防護區域，重複使用第三期整治設置之擋沙牆搬運至海岸前線攔阻飛砂進入後線，並於後線防護良好區域全面植林及植草覆蓋裸露地表，進而擴展林區達成綠化土地成效。經由持續性的整治，預期北側淤沙區地形景觀願景如圖 10 所示。



圖 10 臺中港北側淤沙區地形景觀願景

七、結論

第三期整治計畫先延長北防沙堤，並於北外堤轉角處朝北向興建一道定沙突堤，再利用灘地自然淤積土方，將高潮位以上灘地推整後，施作定沙設施抑制飛沙，並於後線植林擴大防風林區。第三期整治工程業已順利完成，現況已成功將原裸露灘地營造出綠林有效防阻飛砂，整治效果如下：

1. 延長北防沙堤及新建定沙突堤，短期內達到增加北側淤沙區攔蓄漂沙能力、穩定灘地，降低漂沙大量遶過北防波堤淤積於下游港外航道區，減緩該區海床淤淺速度，避免大型船舶操航遭遇風險。
2. 利用灘地淤積土沙推整後，設置臨時圍堵及竹梢圍籬畜(定)沙，有效抑制灘地飛沙現象。
3. 於灘地整地區內、二期圍堤處以及北防沙堤北側灘地增設擋沙牆及防風柵欄，搭配二期整治區全面植林，以及現有擋沙牆等設施，形成多重飛沙防護線，有效隔離飛沙侵入，擋沙牆及防風柵欄等設施可供後續漂飛沙整治工程重複使用。
4. 北外堤北側植林，可消減第一迴船池、漁港及南北內堤附近風力，提昇船舶進出港操航安全。
5. 利用植林及灘地柔性整治工法，美化現有硬性圍堤海岸，使後線梧棲漁港等區域環境品質大幅提昇。
6. 臺中港北側防風林區規模再擴大，自然生態環境相對增加，淤沙區整治兼具生態保育功能。