

淺談國內漁港之碼頭改建

林東廷

嵩博水利技師事務所技師

摘要

近年來受整體漁業環境變遷之影響，我國漁港建設已由過去追求生產為目的之目標，朝向漁港功能多元化利用，並以整建、修建方式維護現有漁港正常機能。政府自民國 67 年起展開中長期漁港建設方案迄今已逾 40 餘年，原興建之碼頭設施逐漸面臨老舊、耗損及損壞等問題，加上災害及相關功能需求，碼頭改建已成為漁港維護之重要工作。為瞭解近年來國內漁港之碼頭改建情形，本文蒐集 33 處漁港 71 個碼頭改建案例，探討其改建因素、改建前後之結構型式、改建前後之構造差異等改建概況，並分析其改建趨勢、材質與安全性提升、設計手法精進、值得省思與借鏡國外之處等課題，俾供國內未來碼頭改建之規劃設計與維護管理之參考。

一、前言

綜觀我國漁港之建設歷程，早期為發展漁業及追求漁獲量成長，漁港建設主要以新建、擴建及增建為主，漁港數多達 200 餘處，近年來在整體漁業環境變遷下，沿近海漁業面臨資源枯竭及經營瓶頸，故政府在漁業方面除採減船、休漁等措施外，在漁港方面亦採取限增、減港措施，並以整建、修建方式維護現有漁港正常機能。

我國漁港建設主要自民國 67 年起展開中長期漁港建設方案，迄今已逾 40 餘年，除新建碼頭設施外，近年來亦進行既有碼頭之改建更新，以確保碼頭之安全性與功能性，並與時俱進符合時代需求。因此，近年來政府投入碼頭改建建設，改善漁民作業安全與效率，提升漁港環境品質，其工程效益已逐漸顯現。

碼頭屬港灣之繫靠設施，亦是漁港必要之基本設施，依使用功能區分為卸魚、加油、加冰、加水、修護、補給、休息、公務及其他專用碼頭等類別，俾供漁船泊靠作業及休息停靠。碼頭設施興建使用後，因設施老舊、災害或其他功能之需必須進行改建時，其規劃設計除新建碼頭所考慮因素外，尚需考量原有碼頭結構(如構造型式、結構性能及是否拆除等)、新對象船舶之噸級，法線前移對泊地面積影響等問題，以評估改建後之碼頭型式、結構水深及法線位置。為瞭解近年來國內漁港之碼頭改建概況、改建趨勢、設計方式及值得省思與借鏡國外之處，故本文蒐集相關碼頭改建工程實例並進行初步分析，俾供國內未來碼頭改建之規劃設計與維護管理之參考。

二、碼頭改建概況

本文主要蒐集民國 101~112 年之近年碼頭改建工程，並參考「台灣地區漁港基本資料(2012)」之 100 年以前碼頭改建資料，共計蒐集國內 33 處漁港 71 個碼頭改建案例(如表 1)，分析其改建因素、改建前後之結構型式及構造差異等。

2.1 改建因素

依碼頭改建之主要緣由大致可分為設施老舊、災損復建、結構加深及整建需求等因素，其中設施老舊、災損復建等改建屬安全性之確保，結構加深、整建需求等改建屬功能性之確保，如圖 1、圖 2 所示。



圖 1 碼頭改建因素例

1. 設施老舊

碼頭長年累月浸沒於海水中，受海水鹽分腐蝕之影響，其老舊與耗損情形較陸上構造物嚴重，當影響使用功能與安全時致有改建需求，例如，近年南方澳、興達(近海泊區)、蚵子寮漁港等老舊碼頭改善。於所蒐集 71個碼頭改建案例中，因設施老舊因素進行改建者計有 29 例，約佔 40.8%，居碼頭改建之首要因素。

表 1 碼頭改建案例彙整表

縣市別	漁港別	碼頭別	主要改建因素				原碼頭結構			改建後碼頭結構				
			設施老舊	災損復建	結構加深	整建需求	重力式	板樁式	棧橋式	重力式	板樁式	棧橋式	碼頭加深	法賴新移
宜蘭縣	南方澳	第三泊區北碼頭	○				○				○		○	○
		第三泊區西碼頭	○				○				○		○	○
		第三泊區南碼頭	○					○			○		○	○
		第三泊區南碼頭	○				○				○		○	○
		第三泊區三角碼頭	○				○			○			○	○
新北市	南澳	外泊區東突堤碼頭		○			○				○		○	○
		內泊區內堤碼頭		○			○				○			○
	萬里	外泊區東碼頭				○	○			○				○
		南突堤碼頭				○	○				○			○
	野柳	卸魚碼頭				○	○			○			○	○
基隆市	淡水第一後厝	外泊區東碼頭				○	○			○				○
		東、南、北碼頭				○	○			○				○
	正濱	北碼頭				○	○			○			○	○
		拍賣場深水碼頭			○		○			○			○	○
		修護碼頭				○		○			○		○	○
苗栗縣	外埔	南碼頭				○	○			○			○	○
雲林縣	金湖	西碼頭				○	○			○				○
嘉義縣	好美里	東碼頭				○	○			○				○
臺南市	青山	北突堤碼頭	○				○				○			○
		南突堤碼頭	○				○				○			○
		魚市場突堤碼頭				○	○					○	○	○
		南泊區東碼頭				○	○				○		○	○
	下山	東泊區北碼頭				○	○				○			○
高雄市	安平	近海泊區卸魚碼頭	○								○			○
	白砂崙	南碼頭				○	○			○				○
	興達	近海泊區西碼頭	○						○		○			○
		近海泊區南碼頭	○						○		○			○
		近海泊區東碼頭	○						○		○			○
		近海泊區北碼頭	○						○		○			○
	蚵子寮	內泊區北碼頭	○						○		○			○
		內泊區東碼頭	○						○		○			○
		內泊區西碼頭	○						○		○			○
	中芸	檢查碼頭	○						○		○		○	○
		卸魚碼頭	○						○		○		○	○
		西泊區東碼頭	○						○		○		○	○
		西泊區西碼頭	○						○		○		○	○
	前鎮	東泊區北突堤碼頭	○						○		○		○	○
		卸魚碼頭			○			○			○		○	○
		南碼頭			○			○			○		○	○
		第一泊區西碼頭				○		○			○		○	○
	鼓山	第一泊區東、西碼頭				○	○				○		○	○
		第一泊區北碼頭				○	○				○		○	○
		第二泊區北碼頭				○	○				○		○	○
	中洲	內泊區北碼頭	○								○		○	○
		內泊區西碼頭	○								○		○	○
		內泊區西碼頭	○						○		○		○	○
		內泊區南碼頭	○								○		○	○
	旗后	西碼頭	○								○			○
	上竹里	西碼頭	○								○			○
	旗津漁港	東突堤碼頭			○			○			○		○	○
		東突堤碼頭			○			○			○		○	○
		大山頭段東突堤碼頭			○			○			○		○	○
		東港泊區加由突堤碼頭	○					○			○		○	○
屏東縣	東港鹽埔	東港泊區漁會南側碼頭				○					○		○	○
		東港泊區豐漁橋旁北側碼頭				○			○			○		○
		東港泊區櫻花蝦卸魚碼頭	○								○		○	○
		東港泊區北側碼頭			○			○			○		○	○
		東港泊區北側碼頭			○						○		○	○
		東港泊區南側碼頭			○			○			○		○	○
		東港泊區南側碼頭			○						○		○	○
		東港泊區豐漁橋旁南側碼頭	○						○			○		○
	鹽豐	外泊區西碼頭		○							○			○
	大武	北碼頭				○				○			○	○
臺東縣	新港	西碼頭		○							○		○	○
		西泊區北碼頭				○					○			○
	赤崁	東泊區北碼頭			○						○		○	○
		突堤碼頭			○						○		○	○
	風櫃西	北防波堤兼碼頭				○					○			○
澎湖縣	大菓葉	防波堤兼碼頭			○								○	○
	西衛	北防波堤兼碼頭			○								○	○
	七美	內泊區東碼頭				○							○	○
案例數	33	71	29	4	14	24	47	9	15	20	48	3	43	69

2. 災損復建

碼頭構造物受颱風、地震及其他因素作用之影響，發生滑動、傾倒、坍塌、下陷等嚴重損壞狀況時致有改建需求，例如，大武漁港於 102 年天兔颱風侵襲期間，西碼頭發生嚴重坍塌狀況，而進行拆除改建。於 71 個碼頭改建案例中，因災損復建因素進行改建者計有 4 例，約佔 5.6%。

3. 結構加深

因應漁船大型化或泊靠漁船需求，原有碼頭水深不敷漁船停靠所需時，致需加深碼頭結構，例如近年前鎮、旗津、東港鹽埔(東港泊區)漁港等深水碼頭改建。於 71 個碼頭改建案例中，因結構加深因素進行改建者計有 14 例，約佔 19.7%。

4. 整建需求

為改善碼頭法線、碼頭寬度或用地、交通等整建需求，藉由改建調整之，例如民國 80 年代鼓山漁港及近年淡水第一漁港之整建，改善碼頭使用功能、作業空間及周邊環境。於 71 個碼頭改建案例中，因整建需求因素進行改建者計有 24 例，約佔 33.8%。

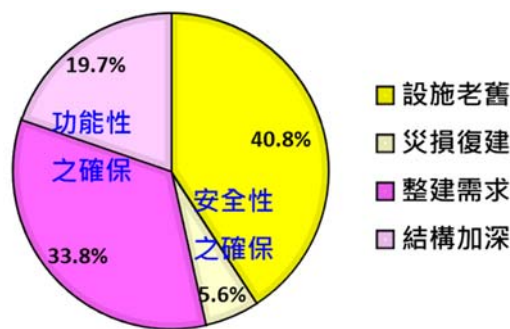


圖 2 碼頭改建因素之比例圖

2.2 改建前後之結構型式

所蒐集 71 個碼頭改建案例中，原結構型式為重力式者計有 47 例、板樁式 9 例及棧橋式 15 例，而改建後之結構型式以板樁式居多計 47 例約佔 66.2%、其次為重力式 21 例約佔 29.6%、棧橋式 3 例約佔 4.2%。各式碼頭改建後之結構型式比例如圖 3，改建前後之碼頭斷面如圖 4、圖 5 所示，茲將各結構型式碼頭之改建情形分述如下：

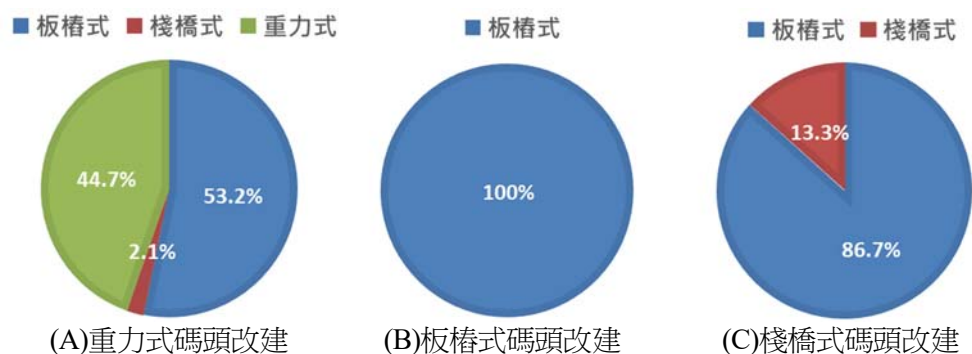


圖 3 各式碼頭改建後之結構型式比例圖

1. 重力式碼頭改建

於 47 例重力式碼頭中，改建後之結構型式仍為重力式者計有 21 例、約佔 44.7%，改建為板樁式者計有 25 例、約佔 53.2%，改建為棧橋式者計有 1 例、約佔 2.1%。

2. 板樁式碼頭改建

於 9 例板樁式碼頭中，改建後之結構型式皆仍維持板樁式，佔 100%。

3. 棧橋式碼頭改建

於 15 例棧橋式碼頭中，改建後之結構型式仍為棧橋式者計有 2 例、約佔 13.3%，改建為板樁式者計有 13 例、約佔 86.7%。

2.3 改建前後之構造差異

由各結構型式碼頭之改建實例顯示，普遍採碼頭加深、法線前移等設計方式，如圖 6 所示。主要改建前後之構造差異如下：

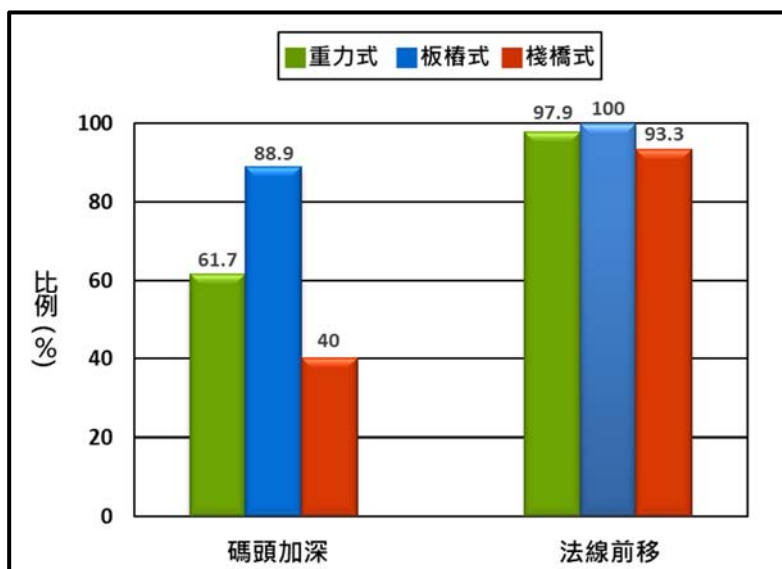


圖 6 碼頭改建前後構造差異之比例圖

1. 碼頭加深

於 71 個碼頭改建案例中，碼頭加深者計有 43 例，約佔 60.6%；如不包括結構加深之改建因素，於 57 個碼頭改建案例中，碼頭加深者亦有 29 例，約佔 50.9%。就各結構型式碼頭而言，以板樁式碼頭改建採碼頭加深者計 8 例約佔 88.9%為最高，其次為重力式碼頭改建採碼頭加深者計 29 例約佔 61.7%、棧橋式碼頭改建採碼頭加深者計 6 例約佔 40.0%。由此顯示，碼頭改建一併加深結構，俾利較大噸級漁船泊靠使用之彈性。

2. 法線前移

於 71 個碼頭改建案例中，碼頭法線前移者計有 69 例，約佔 97.2%。就各結構型式碼頭而言，以板樁式碼頭改建之 9 例皆採法線前移者所佔比例 100%為最高，其次為重力式碼頭改建採法線前移者計 46 例約佔 97.9%、棧橋式碼頭改建採法線前移者計 14 例約佔

93.3%。改建後之碼頭法線前移比例如此高，應與不拆除原有碼頭構造，以節省經費與縮短改建工期有關。

三、碼頭改建初步分析

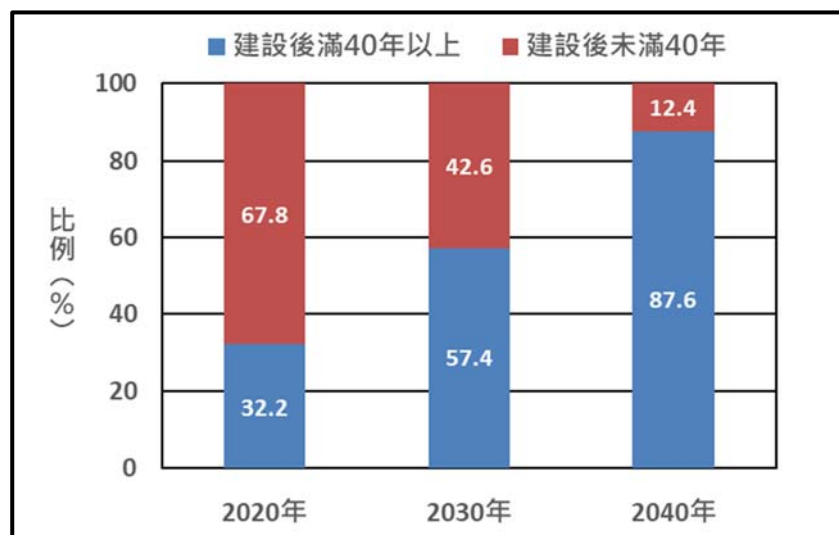
依據上述國內漁港之碼頭改建概況，進一步分析碼頭改建之趨勢、材質與安全性提升、設計手法精進、值得省思與借鏡國外之處。

3.1 改建趨勢

參考近年來碼頭改建之設計實例分析，歸納國內漁港之碼頭改建趨勢如下：

1. 老舊碼頭改善為碼頭改建之主因

我國漁港建設主要自民國 67 年起展開中長期漁港建設方案，迄今已逾 40 餘年，依據「港灣構造物設計基準修訂(2005)」，一般港灣永久結構物之使用年限為 40 年，顯示國內漁港之碼頭設施已面臨老舊及逾使用年限問題。參考「106-109 年度漁港(含魚市場)建設中長程計畫規劃報告書(2016)」對臺灣地區漁港碼頭興建年代之統計，於 69 年以前興建之碼頭長度約 61,040 公尺(約佔 32.2%)、69~79 年興建之碼頭長度約 47,824 公尺(約佔 25.2%)、79~89 年興建之碼頭長度約 57,213 公尺(約佔 30.2%)、89 年以後興建之碼頭長度約 23,758 公尺(約佔 12.5%)等，過去所建設碼頭設施正隨著時間流逝漸逾使用年限，如圖 7 所示。依前述碼頭改建之實例分析，「設施老舊」為碼頭改建之首要因素，可預期未來老舊碼頭改善仍是碼頭改建之主因。



數據來源：106-109 年度漁港(含魚市場)建設中長程計畫規劃報告書(2016)

圖 7 國內漁港碼頭建設時間統計圖

2. 板樁式結構成為碼頭改建之主要型式

依前述碼頭改建之實例分析，各結構型式碼頭改建後約有 66.2%採用板樁式結構，顯

3. 港池水質與環境品質改善

圖 8 碼頭面洩水方向調整往陸側之設計例

3.2 材質與安全性提升

1. 混凝土強度之提高

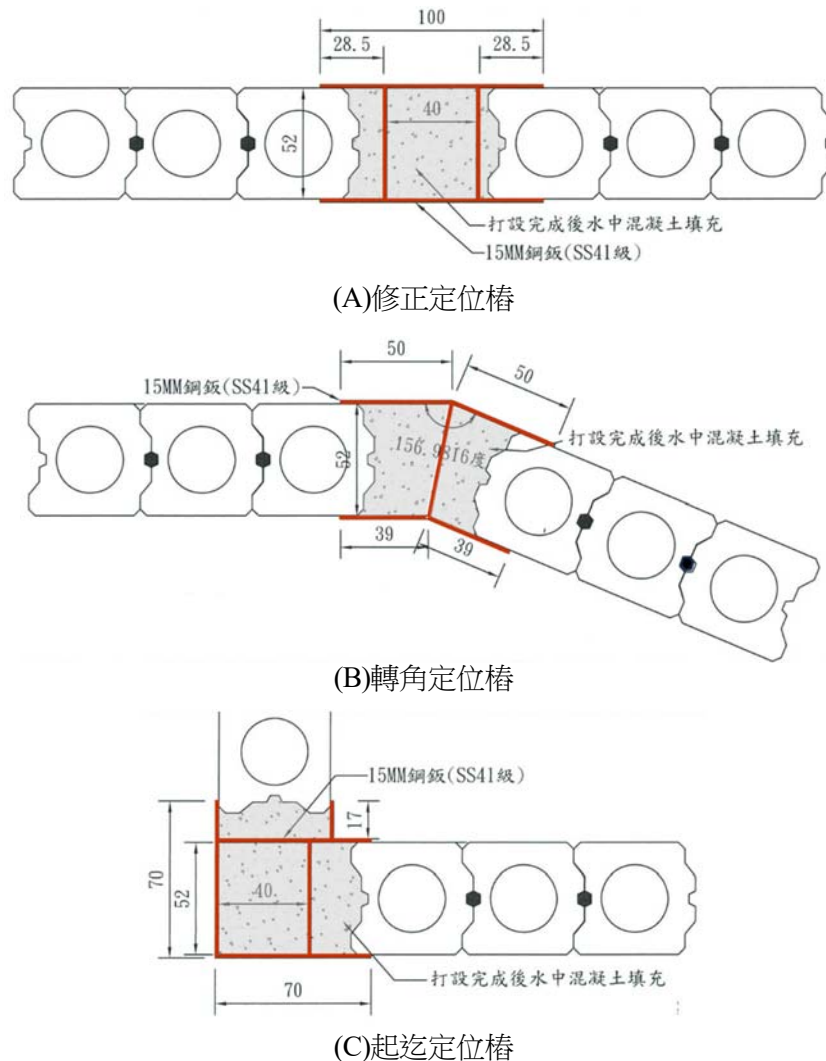
2. 抗震性能之提升

- 9 -

0.33g、0.28g、0.23g 及 0.18g 等，調整為地震甲區與乙區、水平加速度係數分別為 0.33g、0.28g，提高許多縣市地區之地震地表加速度，俾利提升構造物之耐震力。參考「106-109 年度漁港(含魚市場)建設中長程計畫規劃報告書(2016)」對臺灣地區漁港碼頭興建年代之統計，大約 87.6%碼頭係於 921 大地震前所興建，採用原地震設計規範，而近年來碼頭改建已提高地震設計標準，有助提升碼頭之抗震性能。

3.3 設計手法精進

由近年來漁港之碼頭改建實例中亦可發現設計手法之精進，以預力混凝土板樁之打設為例，依據公共工程委員會之施工綱要規範規定「數支板樁之累積傾斜應小於 1 支板樁之寬度，超過時應以異型樁修正。」，如此，配合現場施工狀況再行製作異型樁打設較為耗時，故設計上已有採用預先製作之異型鋼板樁，俾供修正、轉角及起迄定位樁之使用(如圖 9)，並配合防蝕措施與澆置水中混凝土，以縮短板樁傾斜修正之施工時間。



底圖來源：政府電子採購網 <http://web.pcc.gov.tw>

圖 9 預力混凝土板樁結合異型鋼板樁之設計例

3.4 省思與借鏡

由國內進行碼頭改建之設計至完成後作為，初步歸納值得省思與借鏡國外之處如下，俾供主管機關與業界參考。

1. 設計規範

國內有關碼頭設計規範主要有臺灣省政府交通處出版之「港灣構造物設計標準(1981)」、交通部運輸研究所編訂之「港灣構造物設計基準修訂(2005)」及交通部頒布之「港灣構造物設計基準－碼頭設計基準及說明(2013 修訂)」等，惟尚無針對漁船特性所編訂之漁港構造物設計規範。由於漁船之噸級及吃水深差異甚大，小至舢舨(舢舨、漁筏)之滿載吃水深約 0.8~1.0m、大至 CT8(1,000 噸以上)動力漁船之滿載吃水深約 4.5~7.0m(王，2020)，設計上除依據上述國內港灣構造物設計規範外，並可參考日本相關之漁港構造物設計規範加以比較，例如「漁港構造物標準設計法(1990)」、「漁港の技術指針(1999)」、「漁港・漁場の施設の設計の手引(2003)」、「漁港・漁場の施設の設計參考圖書(2015)」等。以碼頭面之設計高程為例，國內港灣構造物設計規範主要考量碼頭水深、潮差等因素(如表 2)，而日本漁港構造物設計規範尚考慮漁船噸級、休息碼頭等因素(如表 3)。

表 2 碼頭面高程參考值

碼頭水深	潮差大於 3.0m	潮差小於 3.0m
大型碼頭 (水深大於 4.5m)	H.W.L 上 0.5~1.5m	H.W.L 上 1.0~2.0m
小型碼頭 (水深小於 4.5m)	H.W.L 上 0.3~1.0m	H.W.L 上 0.5~1.5m

資料來源：港灣構造物設計基準修訂(2005)

表 3 碼頭面高程計算值

潮位差 (H.W.L. - L.W.L.)	對象漁船 (G.T.)			
	0~20 噸	20~150 噸	150~500 噸	500 噸以上
0~1.0m	0.7m	1.0m	1.3m	1.5m
1.0~1.5m	0.7m	1.0m	1.2m	1.4m
1.5~2.0m	0.6m	0.9m	1.1m	1.3m
2.0~2.4m	0.6m	0.8m	1.0m	1.2m
2.4~2.8m	0.5m	0.7m	0.9m	1.1m
2.8~3.0m	0.4m	0.6m	0.8m	1.0m
3.0~3.2m	0.3m	0.5m	0.7m	0.9m
3.2~3.4m	0.2m	0.4m	0.6m	0.8m
3.4~3.6m	0.2m	0.3m	0.5m	0.7m
3.6m 以上	0.2m	0.2m	0.4m	0.6m
休息碼頭餘裕高度	0m	0~0.5m	0.5~1.0m	1.0m

資料來源：漁港・漁場の施設の設計參考圖書(2015)

2. 新舊碼頭之荷重分擔

國內漁港碼頭改建之結構計算係以新建構造物考量，如此設計可確保安全性，惟在舊碼頭設施未拆除狀況下不計其所承擔外力，安全性相對保守，工程費亦不經濟。參考永津(2019)摘述片岡等人(1994)對港灣構造物改良更新之研究成果，指出「一般情況下，設計新建結構時不考慮原有結構，由新建結構來承擔所有的設計荷載，這樣的觀點被廣泛應用。雖然是最安全的方法，但卻要為此付出更高的經濟成本。做為建議的觀點之一，考慮到原有結構的性能，是較為節約成本的改良方案。」。因此，新舊碼頭之荷重分擔情形如何，又受那些因素影響，值得未來深入探討與研究，俾供碼頭改建設計之參考與應用。

3. 板樁式碼頭之消波機能

依前述 71個碼頭改建之實例分析，各結構型式碼頭改建為板樁式碼頭者計有 47 例，約佔 66.2%，成為碼頭改建之主要型式。板樁式碼頭屬直立式岸壁構造，一般不具消波效果，對於原屬於消波式碼頭改建為板樁式碼頭，例如，近年之興達(近海泊區)、蚵子寮、中芸漁港等港區原屬於消波棧橋式碼頭改建為板樁式碼頭，規劃設計上除需考量改建後對港池穩靜度之影響外，如何增加板樁式碼頭之消波機能值得探討與研究，例如，消波式冠牆之開發設計。

4. 碼頭改建設計資料之履歷

碼頭改建之前置作業為瞭解既有碼頭設計資料，如斷面構造、高程系統、設計潮位、設計震度、對象船舶噸級等，惟常因年代久遠、建置或保存不善等因素，而無法考據及調查，徒增設計上困擾。因此，辛苦籌措財源及耗費人力物力情況下，好不容易完成碼頭改建，有必要詳加建置設計資料與妥善保存，俾利後續維護管理之需。參考片岡等人(1994)對港灣構造物改良更新之研究，將改建前後之設計資料加以建置方式值得借鏡，以國內漁港之碼頭改建案例初步編製履歷資料如表 4 所示，俾供國內相關工程之參考。

5. 碼頭改建設施之巡檢

漁港構造物處於嚴峻之自然環境中，加上颱風、地震等侵襲威脅，受材料劣化、基礎沖刷、構造損壞等因素，均會影響其使用年限，必須計畫性進行維護管理。國內漁港多達 200 餘處，不易集中經費維護，加上地方財政普遍拮据，相對在漁港構造物完成後之預防性檢查尚需挹注經費落實。因此，改建後之碼頭設施有必要擬定維護管理計畫，針對碼頭之水上、水下構造定期進行巡檢，及時發現異狀、劣化或損傷狀況加以維護，以滿足使用年限內之性能要求、降低災害修復經費及增加使用壽命。

表 4 碼頭改建履歷表參考例

漁港別：○○漁港		主辦機關：○○○○○	
項 目		改 建 前	改 建 後
設 施 名 稱		-3.5m 碼頭	-6.0m 碼頭
結 構 型 式		預力板樁碼頭	預力板樁碼頭
建 造 年 度		101 年	109 年
規 劃 設 計 條 件	高程系統	築港高程	築港高程(與中潮系統差 0.468m)
	碼頭 高程	板樁冠牆頂部+2.0m	板樁冠牆頂部+1.85m
	上 載 荷 重	平時：1.0 t/m ² 、地震：0.5 t/m ²	平時：1.0 t/m ² 、地震：0.5 t/m ²
	對 象 漁 船	CT5 (200 噸級)以下	CT7 (1,000 噸級)以下
	靠 岸 速 度	0.5 m/sec	0.2 m/sec
	設 計 震 度	水上：0.115、水下：0.23	水上：0.11、水下：0.23
	設 計 潮 位	HWOSt +0.68m、LWOSt -0.02m	HWOSt +1.327m、LWOSt -0.512m
背 填 材 料		碎石級配	混凝土塊、水中混凝土
改 建 內 容		1.因應漁船大型化加深碼頭至-6.0m、2.既有碼頭前側興建板樁式碼頭	

改建前斷面

改建後斷面

四、結論與建議

本文蒐集近年來國內漁港之碼頭改建計 71 個案例，探討其碼頭改建概況，並分析相關碼頭改建之課題，茲將初步之結論與建議分述如下。

4.1 結論

依前述碼頭改建之探討與分析，歸納主要結論如下：

1. 碼頭改建之主要原因包括設施老舊、災損復建、結構加深及整建需求等因素，其中設施老舊約佔 40.8%、整建需求約佔 33.8%、結構加深約佔 19.7%及災損復建約佔 5.6%。
2. 各式碼頭改建後之結構型式以板樁式碼頭居多約佔 66.2%，其次為重力式碼頭約佔 29.6%、棧橋式碼頭約佔 4.2%。
3. 各結構型式碼頭之改建普遍採碼頭加深、法線前移等設計方式，其中碼頭加深者約佔 60.6%、碼頭法線前移者約佔 97.2%。
4. 碼頭改建之主要趨勢包括老舊碼頭改善為碼頭改建之主因、板樁式結構成為碼頭改建之主要型式、港池水質與環境品質改善等。
5. 碼頭改建促進材質與安全性之提升，最為顯著者為混凝土強度之提高、抗震性能之提升等。
6. 碼頭改建欣見設計手法之精進，如預力混凝土板樁之打設結合預製異型鋼板樁，應用於修正樁、轉角樁及起迄定位樁之使用。

4.2 建議

依前述碼頭改建之省思與借鏡，初步建議如下：

1. 國內尚無漁港構造物設計規範，碼頭改建之規劃設計除依據現有港灣構造物設計規範外，並可參考日本相關之漁港構造物設計規範加以比較。
2. 現況碼頭改建之結構計算係以新建構造物考量，如能考慮到原有結構之性能，將可節省建設成本，故有關新舊碼頭之荷重分擔情形及受那些因素影響，值得未來深入探究。
3. 板樁式碼頭為碼頭改建之主要型式，依實例均不具消波效果，如何增加其消波機能值得研究開發。
4. 改建前後之設計資料有必要詳加建置與妥善保存，建立碼頭改建履歷表，俾供未來維護管理之參考。
5. 碼頭改建後應擬定維護管理計畫，針對水上、水下構造定期進行巡檢及維護，以滿足使用年限內之性能要求、降低災害修復經費及增加使用壽命。

參考文獻

1. 臺灣省政府交通處(1981)，「港灣構造物設計標準」。
2. 交通部運輸研究所(2005)，「港灣構造物設計基準修訂」。
3. 行政院農業委員會漁業署(2012)，「台灣地區漁港基本資料」。
4. 交通部(2013)，「港灣構造物設計基準－碼頭設計基準及說明」。
5. 行政院農業委員會漁業署(2016)，「106-109 年度漁港(含魚市場)建設中長程計畫規劃報告書」。
6. 王志成(2020)，「碼頭工程設計常見缺失與改善方法」，109 年度「漁業工程技術輔助計畫」技術審查研討會。
7. 社團法人全國漁港協會(1990)，「漁港構造物標準設計法」。
8. 片岡真二、高橋邦夫、橫田弘、菊池喜昭、石原弘一、梶原修治(1994)，「港灣構造物の改良・更新における技術課題の検討」，港灣技研資料 No.781，運輸省港灣技術研究所。
9. 社團法人全國漁港協會(1999)，「漁港の技術指針」。
10. 社團法人全國漁港漁場協會(2003)，「漁港・漁場の施設の設計の手引」。
11. 社團法人全國漁港漁場協會(2015)，「漁港・漁場の施設の設計參考圖書」。
12. 永津亮祐(2019)，「關於日本港口設施更新的實例研究」，第 33 屆中日工程技術研討會。