

臺灣海域夏季颱風與冬季季風波浪之近岸觀測特性

莊文傑¹ 曾相茂¹

交通部運輸研究所港灣技術研究中心/研究員¹

摘 要

基於風域與區域地形水深對波浪生成與傳播之綜合影響效應，本研究應用交通部運輸研究所港灣技術研究中心在國內五大商港海域所建置之海氣象(風、浪、潮、流)即時監測與傳輸顯示系統(曾 等, 2015)，針對2013年7月至2016年2月期間，分月檢視海氣象測站間之觀測時序紀錄，藉以揭示臺灣海域夏季颱風與冬季季風波浪近岸觀測之關聯特性。首先，就夏季颱風波浪而論，當太平洋海域有颱風形成時，則不論其行進路徑，亦不論其是否為發佈颱風警報，只要臺灣東部海岸相對於颱風中心居處在同一象限中，颱風所衍生之長浪，在蘇澳港與花蓮港近海，均可透過示性波高(H_s)及尖峰週期(T_p)，清楚地陳現其極相近似之逐時演化歷程；隨後，就冬季季風波浪而論，受相同鋒面或季風系統之影響，位處臺灣北部之基隆港與位處中西部之臺中港，僅管兩港距離遙遠(沿海約200公里)，但季風波浪所衍生之示性波高及尖峰週期，仍皆具有極相近似之逐時變化歷程，特別是在臺中港，因在季風期中，該港明確比國內其他各大商港具有較強風速，因此，該港之風速，不僅可用以作為推衍冬季季風波浪之代表風速，尚可據以作為冬季季風強盛性之研判指標。綜合上列夏季颱風與冬季季風波浪在臺灣近岸海域所陳現之觀測特性，本研究結果，可進一步應用以作為不同海象測站間監測紀錄之品質管，特別是作為交互檢校及補遺之參考依據。

關鍵字：季風、颱風、長浪、風浪、尖峰週期

一、前言

波浪，通常係因風而興起，因此，有「風生水起」、「無風不起浪」之俗諺。在波浪學中，此種因移動風暴、颱風、或強盛季風等風力作用所衍生之波動，統稱為風浪(wind waves)。風浪之大小或所挾帶能量之高低，主要取決於風域之範圍、風速之強弱、及風力之持續吹襲時間，主要週期大多小於30秒(Munk, 1951)。而當風浪離開原生風域或失去風力之影響，則通稱為湧浪(swells)或“長浪”，且常與“瘋狗浪”產生關聯(莊、曾, 2014; 莊 等, 216)。

臺灣位處亞洲大陸東緣，且面對西太平洋，在每年之冬季，不僅有強勁盛行東北季風之作用；在夏季，更經常必須面對颱風之影響(氣象局, 2014)。

為科學研究與工程應用之需要，交通部運輸研究所港灣技術研究中心(港研中心)，自2000年後，即針對國內五大商港海域，積極構建海氣象(風、浪、潮、流)即時監測與傳輸顯示系統(曾 等, 2015)，並先後採用挪威NORTEK公司出品之超音波式波向波高與剖面海流儀(AWCP)進行波浪與海流之監測，且陸續採用美國Gill廠牌WindObserver™型式之二維超音波風速風向計進行風力之觀測。現今，風速與風向量測之取樣頻率為1 Hz，並以每小

時整點前連續10分鐘之量測平均值作為逐時紀錄；而波浪逐時紀錄係從每小時第十分鐘開始，以1 Hz之取樣率連續施測2048筆，各筆量測紀錄，隨後經儀器自身之後處理功能，即可解算、分析並透過顯示系統陳現出示性波高(H_s)、尖峰週期(T_p)與二階譜週期(T_{m02})等逐時之波動資訊(莊 等, 2015)。

基於風域之大尺度特性與區域地形水深對波浪生成與傳播之綜合影響效應(莊、曾, 2015a、b；2016a、b)，本研究主要目的在應用港研中心在國內五大商港海域所構建之海氣象即時監測與傳輸顯示系統，針對2013年7月至2016年2月期間，以分月方式總體檢視並分析波浪與風速觀測時序紀錄，藉以揭示夏季颱風與冬季季風波浪在臺灣環島近岸海域測站間之關聯特性。

二、夏季颱風波浪特性與關聯

針對臺灣環島海域海氣象監測特性之研究，莊、曾(2015a、b)曾論述：無論是在夏、秋季(6月~11月)颱風期或冬季(12月~2月)東北季風期，位處臺灣東部之蘇澳港與花蓮港，所監測之風浪與長浪，皆具有極相似之逐時變化歷程。因此，為總體性揭示夏季(6月~8月)颱風期之波浪監測特性，再次

應用港研中心之海氣象即時監測與傳輸顯示系統，可廣泛綜整蘇澳港與花蓮港在2013年8月、2014年與2015年7月、8月之波浪與風速分月逐時變化歷程，分別如圖1至圖5所示。圖中，蘇澳港與花蓮港，分別以藍色及紅色實線表示；波浪之波高與週期，係指示性波高(H_s)與尖峰週期(T_p)；而風速，係為10分鐘平均風速。



圖1 蘇澳港(藍)與花蓮港(紅)在2013年8月夏季颱風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

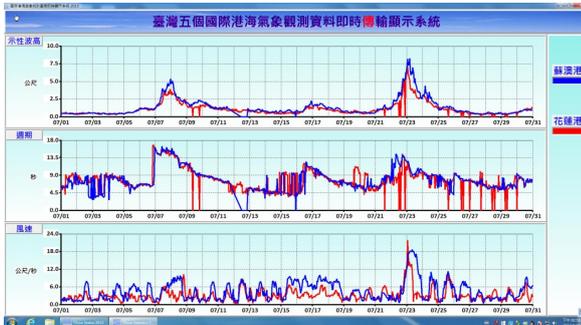


圖2 蘇澳港(藍)與花蓮港(紅)在2014年7月夏季颱風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較



圖3 蘇澳港(藍)與花蓮港(紅)在2014年8月夏季颱風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

觀察圖1至圖5，首先，對照比較波高與週期時變歷程可見，在夏季颱風期中，儘管蘇澳港與花蓮港之地理區位不同，近海地形水深具差異，但在相同之天氣系統與風域影響下，波浪彼此仍具有極為一致之時變特性。其中，特別值得注意的是，夏季波浪之週期，普遍均低於12秒，而波高大多小於1.5公尺；但有颱風侵襲或僅有颱風長浪影響期間，例

如：2013年8月9日至15日無警報颱風_尤特(UTOR)與8月18日至22日發佈警報颱風_潭美(TRAMI)、2014年7月4日至11日無警報颱風_浣熊(NEOGURI)及7月17日至25日發佈警報颱風_麥德姆(MATMO)、2014年7月29日至8月3日無警報颱風_娜克莉(NAKRI)與8月7日至12日無警報颱風_金娜薇(GENEVIEVE)、2015年6月30日至7月13日發佈警報颱風_昌鴻(CHAN-HOM)及蓮花(LINFA)與7月3日至26日無警報颱風_南卡(NANGKA)及哈洛拉(HALOLA)、2015年7月30日至8月9日發佈警報颱風_蘇迪勒(SOUDELOR)及2015年8月14日至8月26日發佈警報颱風_天鵝(GONI)等等，波浪週期一般均有突昇變動現象，且會高於12秒，波高亦可能會超過1.5公尺。因此，莊、曾(2014；2015a、b)曾依據此一颱風波浪波高與週期所具有之特殊時變性，應用以辨識颱風長浪的侵襲影響期間，並將颱風波浪之演化歷程，詳細區分為(1)啟始到達；(2)群聚成長；(3)堆疊擁積；(4)發達成熟；及(5)減衰消退等五個重要階段，同時，研提瘋狗浪之預警基準。

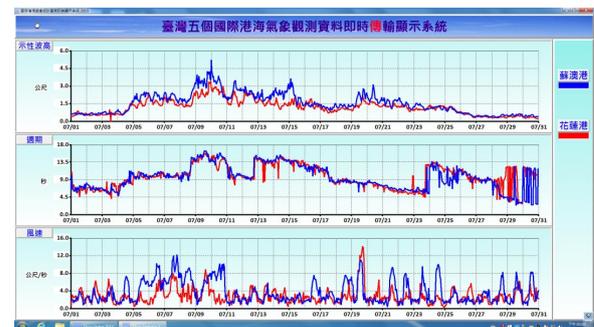


圖4 蘇澳港(藍)與花蓮港(紅)在2015年7月夏季颱風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

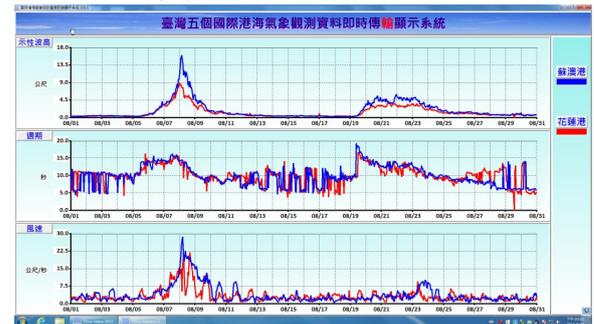


圖5 蘇澳港(藍)與花蓮港(紅)在2015年8月夏季颱風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

其次，就風速時變性而論，蘇澳港與花蓮港風速，雖然彼此存在有強弱之差異，但在夏季，由於天氣經常晴朗、陽光普照，故陳現日週期變動性之海陸風會特別明顯，其風速之大小，一般均會低於5級或8.0~10.7 m/s；因此，在夏季期間，若風速大小超過5級或11 m/s時，通常意謂臺灣東部海岸在該

期間正面對異常風暴或在颱風侵襲之警報期間。

接著，為檢視夏季期間蘇澳港與花蓮港波浪之關聯性，進一步可將兩測站各分月逐時序之示性波高(Hs)、尖峰週期(Tp)與二階譜週期(Tm02)分別綜整如圖6，而對應之相關係數，計算如表1所示。

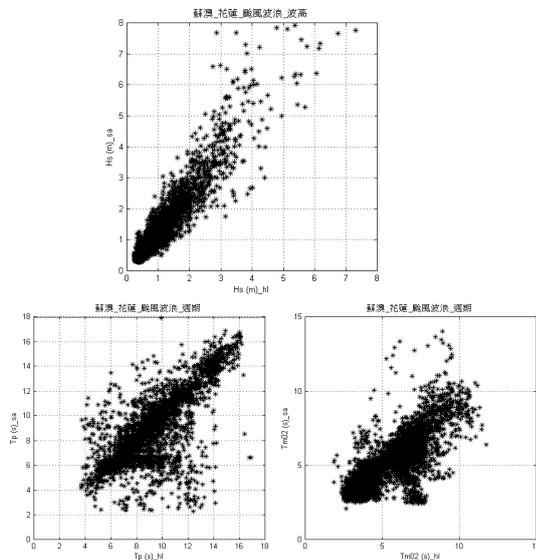


圖6 蘇澳港與花蓮港自2013年至2015年7月與8月夏季颱風期監測波浪之示性波高Hs(上)、尖峰週期Tp(下左)及二階譜週期Tm02(下右)之關聯性

表1 蘇澳港與花蓮港2013至2015年颱風期分月監測波浪示性波高(Hs)、尖峰週期(Tp)及二階譜週期(Tm02)之相關係數

項目 年/月	H _s	T _p	T _{m02}
	相關係數	相關係數	相關係數
201307	0.872	0.802	0.759
201308	0.926	0.483	0.647
201407	0.962	0.758	0.901
201408	0.928	0.838	0.881
201507	0.891	0.618	0.670
201508	0.963	0.681	0.768

綜合觀察圖6及表1可見，在夏季颱風期間，蘇澳港與花蓮港之波浪，示性波高(Hs)的相關係數普遍均甚高，約介在0.872~0.963間；尖峰週期(Tp)與二階譜週期(Tm02)的相關係數亦甚良好，最高分別可達0.838與0.901，最低仍有0.483與0.647。因此可據以確認，蘇澳港與花蓮港之波浪，彼此確實皆具有極高之關聯性，且可進一步應用以作為不同海象測站間颱風波浪監測紀錄之品管，特別是作為交互檢校及補遺之參考依據。有所差別的，僅是蘇澳港觀測的示性波高，一般略大於花蓮港而已。

三、冬季季風波浪特性與關聯

針對臺灣環島海域海氣象監測特性之研究，莊、曾(2016a、b)曾論述：於冬季(12月~2月)東北季風期，分別位處在臺灣北部及中西部之基隆港與臺中港，所監測之風浪，皆具有極相似之逐時變化歷

程。因此，為總體性揭示東北季風波浪之監測特性，延續應用港研中心之海氣象即時監測與傳輸顯示系統，可廣泛綜整基隆港與臺中港在2014年1、2月、2015年1月、12月及2016年2月之波浪與風速分月逐時變化歷程，分別如圖7至圖12所示。圖中，基隆港與臺中港，分別以藍色及紅色實線表示；波浪之波高、週期及風速，係指示性波高(Hs)、尖峰週期(Tp)及10分鐘平均風速。

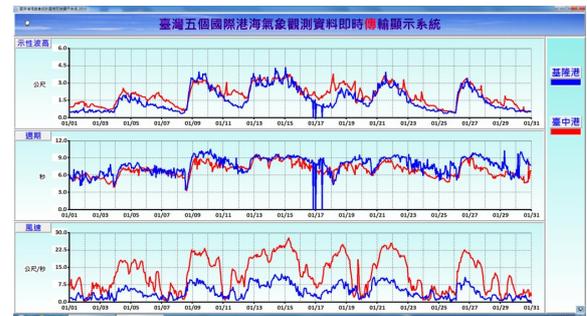


圖7 基隆港(藍)與臺中港(紅)在2014年1月冬季季風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

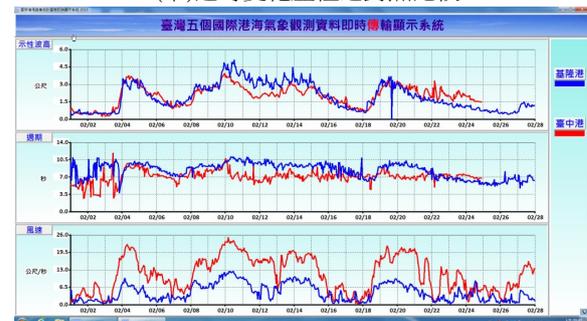


圖8 基隆港(藍)與臺中港(紅)在2014年2月冬季季風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

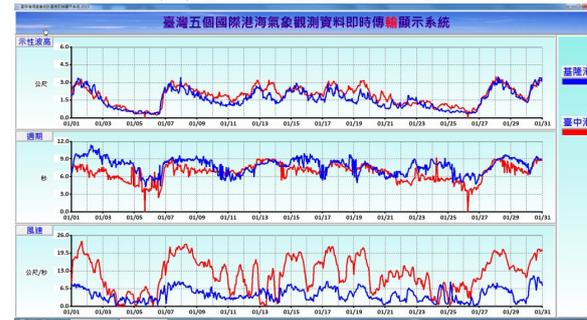


圖9 基隆港(藍)與臺中港(紅)在2015年1月冬季季風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

觀察圖7至圖12，首先，就風速時變性綜合而論，受大陸冷高壓天氣系統發展之總體影響，基隆港與臺中港冬季之季風，由於地理區位不同，外加區域地形遮蔽效應，風速之強弱，雖然彼此間存在明顯差異，惟起伏變動趨勢，兩港仍約略相近似。其中，在季風盛行期間，臺中港之風速，通常會較

基隆港強勁，一般可大於5級或8.0~10.7 m/s，較強勁之風速，甚至可達10級或24.5~28.4 m/s。因此，臺中港雖然位處在臺灣之中西部，且位在基隆港南側，但其冬季風速之強弱，實際可應用以作為東北季風強盛性之簡易判別指標。另外，若欲藉風速以充分反映東北季風影響臺灣海域之程度，或據以估算季風波高，則臺中港實際上亦優於基隆港。

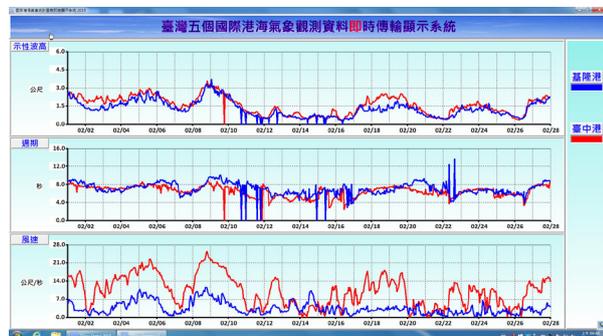


圖10 基隆港(藍)與臺中港(紅)在2015年2月冬季季風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

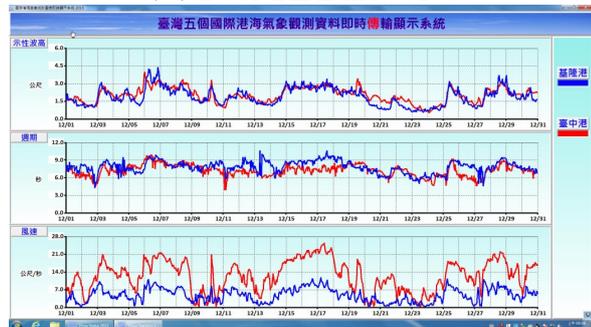


圖11 基隆港(藍)與臺中港(紅)在2015年12月冬季季風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

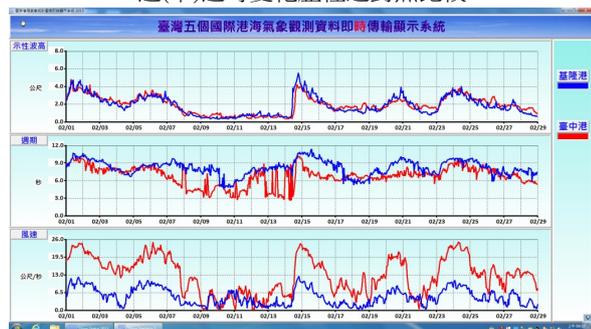


圖12 基隆港(藍)與臺中港(紅)在2016年2月冬季季風期監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)逐時變化歷程之對照比較

其次，對照比較波高與週期時變歷程可見，在冬季季風期中，儘管基隆港與臺中港沿海距離遙遠，相隔約200公里，但其波浪皆會伴隨臺中港風速強弱而陳現近乎一致之時變特性，可見，臺灣北部及中西部海域冬季之天氣系統與季風長浪，明確具有總體性，且季風及對應衍生風浪之特性，兩港實際上彼此可互補替代，並可以臺中港作代表。另

外，特別值得注意的是，基隆港冬季之季風風速，雖然不及臺中港強勁，但兩港較大風浪之波高，皆可超過3.0公尺，甚至可達4.5公尺；惟波浪之週期，即使在高達10級之強烈季風作用下，仍普遍均低於12秒，且不會陳現像颱風波浪週期所特殊具有之突昇變動現象。所以，波浪尖峰週期之時變特性，尚可應用以研判季風波浪與颱風長浪之差異。

接著，為檢視冬季季風期間基隆港與臺中港波浪之關聯性，進一步可將兩測站各分月逐時序之示性波高(Hs)、尖峰週期(Tp)與二階譜週期(Tm02)分別綜整如圖13，而對應之相關係數，計算如表2所示。

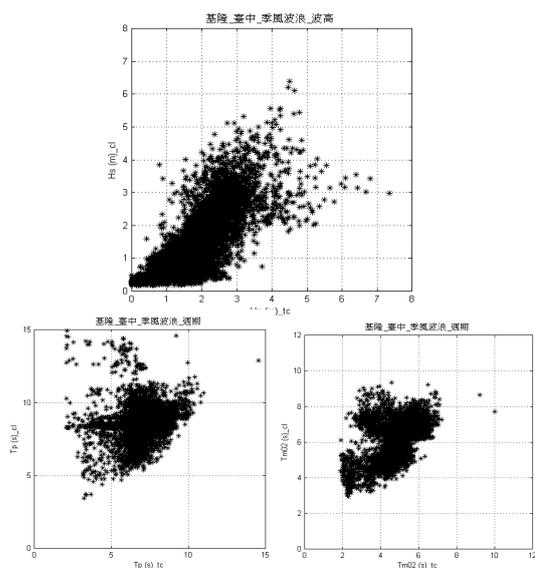


圖13 基隆港與臺中港自2013年12月至2016年2月冬季季風期監測波浪之示性波高(上)、尖峰週期(下左)及二階譜週期(下右)之關聯性

表2 基隆港與臺中港2013至2016年季風期分月監測波浪示性波高(Hs)、尖峰週期(Tp)及二階譜週期(Tm02)之相關係數

項目 年/月	Hs	Tp	Tm02
	相關係數	相關係數	相關係數
2013/12	0.734	0.135	0.241
2014/01	0.836	0.362	0.288
2014/02	0.766	-0.015	0.162
2014/12	0.813	0.007	-0.066
2015/01	0.801	0.101	-0.337
2015/02	0.728	-0.198	-0.455
2015/12	0.826	0.476	0.648
2016/01	0.843	0.399	0.735
2016/02	0.900	0.482	0.573

綜合觀察圖13及表2可見，在冬季季風期間，基隆港與臺中港之波浪，由於示性波高(Hs)相關性尚稱良好，相關係數，約介在0.900~0.728間；而尖峰週期(Tp)與二階譜週期(Tm02)，由於週期值較集中，長短差異低，一般不及12秒，以致相關係數普遍偏低，儘管在部分月份，最高分別仍可達0.482

與0.735，但最低卻只有0.007，甚至是負相關。儘管如此，單純依據波高相關性，依舊可判定基隆港的季風波浪仍與臺中港彼此充分關聯。所以，與蘇澳港及花蓮港具良好關聯性之颱風波浪類似，各自在冬季季風期之波浪監測紀錄，進一步亦可應用以作為之品管，特別是作為交互檢校及補遺之參考依據。有所差別的，僅是基隆港觀測的波高與週期，皆略大於臺中港而已。

六、結論

基於大尺度天氣系統、風域及區域地形水深對波浪生成與傳播之綜合影響效應，本研究應用交通部運輸研究所港灣技術研究中心在國內五大商港海域所建置之海氣象(風、浪、潮、流)即時監測與傳輸顯示系統，針對2013年7月至2016年2月期間，分月廣泛檢視海氣象測站間之示性波高(H_s)、尖峰週期(T_p)與二階譜週期(T_{m02})等觀測時序紀錄，並計算分析其相關係數，進而可確認臺灣海域夏季颱風與冬季季風波浪在近岸觀測之主要關聯特性如后。

首先，就夏季颱風波浪而論，當太平洋海域有颱風形成時，則不論其行進路徑，亦不論其是否為發佈颱風警報，只要臺灣東部海岸相對於颱風中心居處在同一象限中，颱風所衍生之長浪，均可在蘇澳港與花蓮港近海，透過示性波高及尖峰週期，清楚地陳現其極相近似之逐時演化歷程。其中，特別值得注意的是，夏季波浪之尖峰週期，普遍均低於12秒，示性波高大多小於1.5公尺；而當有颱風侵襲或僅有颱風長浪影響期間，波浪尖峰週期一般均有突昇變動現象，且會高於12秒，示性波高亦可能會超過1.5公尺，甚至高達15公尺以上(參見圖5之蘇澳港於2015年7月30日至8月9日受發佈警報颱風_蘇迪勒侵襲歷程紀錄)。

隨後，就冬季季風波浪而論，受相同鋒面或季風系統之影響，位處臺灣北部之基隆港與位處中西部之臺中港，儘管兩港距離遙遠(沿海約200公里)，但季風波浪所衍生之示性波高及尖峰週期，仍皆具有極相近似之逐時變化歷程。較大之波高，可超過3.0公尺，甚至可達4.5公尺。惟波浪之週期，即使在高達10級或24.5~28.4 m/s之強烈季風作用下，仍普遍均低於12秒，且不會陳現像颱風波浪週期所特殊具有之突昇變動現象。此外，在季風盛行期間，臺中港之風速，通常會較基隆港強勁，一般可大於5級或8.0~10.7 m/s，較強勁之風速，甚至可達10級。因此，臺中港之風速，不僅明確可據以作為冬季季風強盛性之研判指標，尚可用以作為推衍冬季季風波浪之代表風速。

基於以上夏季颱風、冬季季風及波浪在臺灣近岸海域所綜合陳現之觀測特性，再結合相關性之驗證，深信本研究結果，應可進一步應用以作為不同

海象測站間監測紀錄之品管，特別是作為交互檢校及補遺之參考依據。

參考文獻

1. 氣象局, 2014a: 氣象百科 海象問答 波浪, 中央氣象局編印。(http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/marine/wave001.htm)
2. 氣象局, 2014b: 氣象百科 颱風百問, 中央氣象局編印。(http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/typhoon.pdf)
3. 莊文傑、曾相茂, 2014: “淺談瘋狗浪之預警”, 第36屆海洋工程研討會論文集, 第95-100頁。
4. 曾相茂、何良勝、曾俊傑, 2015: 103年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(2/4), MOTC-IOT-103-H2DA001a 基本研究報告, 交通部運輸研究所, 共373頁。
5. 莊文傑、曾相茂, 2015a: “臺灣五大商港海域之波浪觀測與長浪之辨識”, 104年天氣分析與預報研討會論文集, A5海象測報與應用, 中央氣象局, 5-11_L。
6. 莊文傑、曾相茂, 2015b: “臺灣東海岸颱風長浪演化歷程之共通特性”, 第37屆海洋工程研討會論文集, 第83-88頁。
7. 莊文傑、曾相茂、張憲國, 2015: “AWCP之波浪監測紀錄分析與其統計特性”, 第37屆海洋工程研討會論文集, 第77-82頁。
8. 莊文傑、曾相茂, 2016a: “臺灣海域之東北季風與國內五大商港海域之長浪特性”, 105年天氣分析與預報研討會論文集, A5海象測報與應用, 中央氣象局, A5-17。
9. 莊文傑、曾相茂, 2016b: “東北季風期基隆港與臺中港長浪之關聯性”, 第38屆海洋工程研討會, 第5-10頁。
10. 莊文傑、曾相茂、張憲國, 2016: “颱風長浪演化與瘋狗浪之預警”, 海洋及水下科技季刊, 26(4), 第22-31頁。
11. Munk, W. H., 1951: Origin and generation of waves, *Proc. 1st Conf. on Coastal Eng.*, pp.1-4.