

滔天巨浪

許多人在天氣好的時候喜歡到海邊戲水，消消暑氣，這時候海是多麼地美麗溫柔。但是天氣不好時，滔天巨浪常會帶來巨大的破壞與傷亡，這時候海又是多麼地可畏。

■高家俊



古諺有云：「仁者樂山，智者樂水。」意思是說人們與水相處需要很高的智慧。這句話說得很傳神，君不見平時河上潺潺流水是多麼詩情畫意，人們又用水形容女人的溫柔，更不要說把水和陽光、空氣並列為生物生存的三大基本要素，凸顯了水的重要性。但是當洪水來襲，潺潺流水變成滾滾洪濤時，無堅不摧的威力則令人敬畏。山洪暴發更在瞬間奪人性命，讓人聞之色變。所以說，與水相處需要很高的智慧。

把這句話用於形容海洋更是妥切。許多人在天氣好的時候喜歡到海邊戲水，消消暑氣，這時候海是多麼地美麗溫柔。但是天氣不好時，滔天巨浪常會帶來巨大的破壞與傷亡，這時候海又是多麼地可畏。

滔天巨浪是怎麼形成的呢？當然是從小浪變大的啦！那麼小浪又是從哪裡來的呢？這就得從波浪的生成講起。我們的祖先雖然沒有現代所謂的科學知識，但是他們具體而微的觀察心得確實很有智慧。古語說：「無風不起浪。」這句話雖然在生活中用於表示事出有因，其實它對自然現象的表述即使放在現代科學的框架下檢視，也是全然正確的。

沒錯，波浪確實是因風而起的。現代科學在這句話的基礎上進一步闡述波浪的成長現象：風速愈大，能夠形成的波浪愈大；水面自風獲得能量是一個時間過程，也就是說，在相同的風速條件下，吹拂時間愈久，波浪愈大；波浪受重力作用必須向前運動，因此在風生成浪的過程中需要有空間距離，讓波浪在行進中成長。由此可知，波浪的成長需要三個要素：風速（wind speed），風吹時間（duration）和風吹距離（fetch）。

人類自有航海事業以來，就對風生浪



的關係有所認知。19世紀初葉，英國海軍上將法蘭西斯·蒲福（Sir Francis Beaufort, 1774 – 1857）依據他航海生涯中蒐集的大量觀察紀錄，完成了世界第一個也是至今仍廣泛應用的「蒲福風級表」（Beaufort Wind Scale），把風速分級並描述各種風速作用下海面的狀況。

後來美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）把蒲福風級表中文字描述的海況轉化為波高數字，成為現今中央氣象局引用的蒲福風級浪級表。這個表中所列的浪高是指在大洋上這個風速連續吹拂十數乃至數十小時後的極限浪高，在海洋科學上稱為「完全成熟波」。

不過成功大學近海水文中心分析過去6年在台灣西海岸實測的波浪顯示，在高風速下，實測值普遍小於蒲福風級浪級表所列的波高，也就是說，高風速下，在台灣西海岸發生完全成熟波的機率是非常低的。

用科學方法實際在海洋上量測波浪，始於第二次世界大戰末期，而長期有系統



巨浪拍擊堤防，激起二、三十米高的水柱。



船隻被巨浪沖上碼頭



輪船在巨浪中折斷

風和日麗下的海岸並不是沒有潛藏的危機，三不五時總有人在看似水波不興的海岸邊，被突如其來的大浪吞噬入海而喪命。這種事件往往是大洋遠處颶風吹起的波浪，經過數百、甚至上千公里傳遞後形成長浪，在淺灘前崩潰產生強烈的水流所造成的。

地進行波浪量測，則晚至20世紀70年代由美國國家海洋暨大氣總署開始。國內從事波浪觀測技術研發始於民國70年代末期，由國科會資助成功大學從基礎理論研究做起。第一個我國自產的資料浮標（data buoy）於民國85年在台中下水，開始執行長期作業化的波浪觀測。

資料浮標是一個直徑2.5米、鐵餅型扁平的浮體，在海面上隨著波浪上下運動。位於浮心處有一個加速度感測器，用於量測水面連續的加速度，把連續的加速度值對時間積分兩次就可得到波高的資訊。

資料浮標不只是量測波浪，它是一座浮在海上的無人全自動海氣象觀測站，同

時可以觀測風、氣壓、氣溫、水溫、海流等多項海氣象因子。它利用太陽能發電，可以長期穩定地在海上執行觀測作業，還可以加掛儀器監測水質，為海洋環保把關。

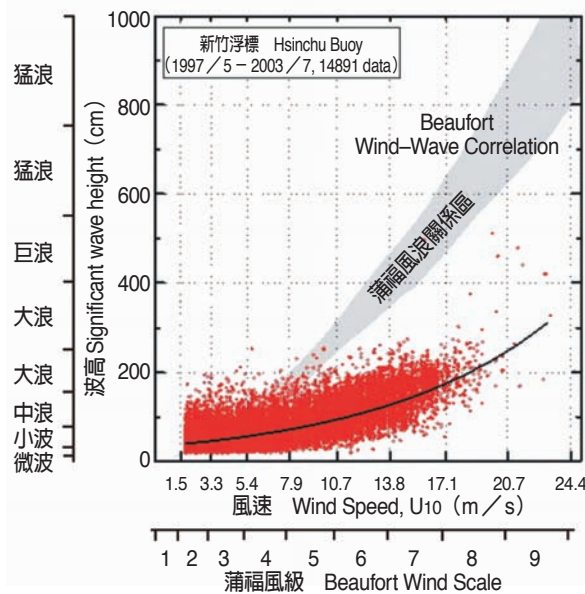
蒲福風級浪級表

風級	浪級	風速		浪高		海況
		每小時海里	每秒米	一般(米)	最高(米)	
0	—	< 1	0.0~0.2			海面平靜如鏡。
1	微波	1~3	0.3~1.5	0.1	0.1	鱗片狀柔和波紋，無白沫。
2	微波	4~6	1.6~3.3	0.2	0.3	玻璃狀的浪峰而不破碎。
3	小波	7~10	3.4~5.4	0.6	1.0	浪峰較大，開始破碎，間中有白頭浪。
4	小浪	11~16	5.5~7.9	1.0	1.5	有小浪，並開始拖長，白頭浪較頻密。
5	中浪	17~21	8.0~10.7	2.0	2.5	有中浪，並顯著拖長，更多白頭浪，間中有浪花。
6	大浪	22~27	10.8~13.8	3.0	4.0	有大浪，浪花較多，白頭浪廣泛出現。
7	大浪	28~33	13.9~17.1	4.0	5.5	海浪堆疊，白沫吹成條紋。
8	巨浪	34~40	17.2~20.7	6.0	7.5	中高浪，海浪更長，條紋更覺顯著。
9	猛浪	41~47	20.8~24.4	7.0	10.0	高浪洶湧，條紋濃厚，視野開始受阻
10	猛浪	48~55	24.5~28.4	9.0	12.5	海面白茫茫，非常大浪，波濤相互衝擊，視野受阻。
11	狂濤	56~63	28.5~32.6	11.5	16.0	有巨浪，白沫遍布海面，波濤澎湃，視野明顯受阻。
12	狂濤	64~71	32.7~41.4	14.0	> 16	有如排山倒海的巨浪，浪花四射，視野嚴重受阻。

蒲福風級浪級圖表與新竹實測結果的比較

目前在水利署、氣象局和觀光局的委託下，成功大學近海水文中心在環島及金門外海布放了14個資料浮標站，全天候監測海氣象，每兩小時透過無線電或衛星回傳資訊，使氣象局更能精確地掌握實際海況。颱風警報時更是每小時連續傳遞資訊給水利署，做為海岸災害搶救的依據。

最近8年，近海水文中心在花蓮、蘇澳等地曾經測到超過11米以上的巨浪。11米還只是統計上的代表值，依照學理，其中最大波高應有代表值的1.7倍，也就是將近18米，足有6層樓高。試想：一個人花6秒鐘從6層樓高落到地面，馬上再花6秒鐘



從地面彈到6層樓高，如此來回運動會是什麼樣的景象！

民國95年5月下旬執筆為文時，近海水文中心的團隊正在前往蘭嶼東方250公里的途中，為氣象局執行深海資料浮標布放的任務。這個布放在西太平洋加呷海脊附近水深4,800米的浮標站，可以在颱風登陸台灣前8~16小時準確掌握颱風結構，對氣象局提高颱風預報準確度有很大的助益。

在西太平洋，滔天巨浪大

海岸變遷固然是常年持續進行，但它是一個緩慢的過程，每年可能只是幾米到幾十米的變動。

可是「滔天巨浪」對海岸變遷的影響卻是快速而巨大的，往往一次巨浪所造成的地形改變，比平常好幾年作用下累積的變化量還大，這是我們必須面對的重大課題。

多發生在颱風來襲時，對來不及返航或避開颱風的船隻確實是極大的威脅。不過，拜氣象預報科技之賜，現在居住在陸地的人們可以提早獲得颱風動態資訊，及時遠離海邊，滔天巨浪尚不至於直接威脅生命安全。

然而風和日麗下的海岸並不是沒有潛藏的危機，三不五時總有人在看似水波不興的海岸邊，被突如其來的大浪吞噬入海而喪命。這種事件往往是大洋遠處颶風吹起的波浪，經過數百、甚至上千公里傳遞後成長浪，在淺灘前崩潰產生強烈的水流所造成的。這時海邊往往沒什麼風，天邊還多半有五彩繽紛的彩霞，使人在欣賞美景中失去了警覺心，單一突來的大浪讓人猝不及防，一瞬間悲劇就發生了。古諺有云：「無風三尺浪。」說的就是這種情形，老祖先早就警告我們了，不是嗎？

滔天巨浪奪人生命是最直接、瞬間看得到的災害，除此之外，滔天巨浪造成海岸地形變化所引起的危害也不容忽視。砂質海灘常年受到波浪、海流和風的作用，砂粒不斷運動，從不間斷。在同一地點不同時間所看到的砂，絕不會是同一堆。有些地方砂跑掉的多、跑來的少，形成侵蝕現象，海岸線向陸地後退。反之，則形成淤積現象，海岸線向大海推進。如果跑掉的砂和跑來的砂一樣多，雖然看起來海灘沒有變化，可是砂粒卻不斷來來去去，不曾停止，在學理上稱為「動態平衡海岸」。

無論海岸線前進或後退都對我們的生活造成影響。海岸侵襲使我們喪失寶貴的土地不說，即使是海岸淤積，如果淤積在核能電廠冷卻水進水口，使電廠抽不到足夠的海水冷卻機組也是一種危害，輕則造

我國第一個自產的資料浮標，也是海上無人全自動海氣象觀測站。

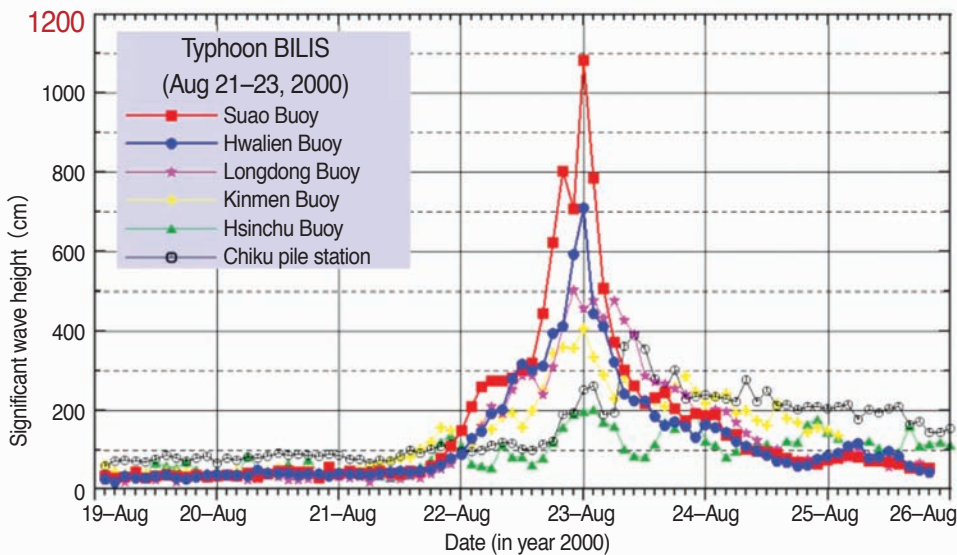


成機組跳機，使供電吃緊，重則造成機組熔毀，形成災難。

根據調查研究顯示，海岸變遷固然是常年持續進行，但它是一個緩慢的過程，每年可能只是幾米到幾十米的變動。可是「滔天巨浪」對海岸變遷的影響卻是快速



成功大學布放的環島資料浮標海氣象觀測站網，共有 11 個浮標站。



民國 89 年畢莉斯颱風在花蓮造成 11 米的平均波高，最大巨浪可達 18 米，足有 6 層樓高。

而巨大的，往往一次巨浪所造成的地形改變，比平常好幾年作用下累積的變化量還大，這是我們必須面對的重大課題。

另一種「滔天巨浪」是海嘯。在外洋發生地震或火山噴發時，往往造成海底地塊的瞬間滑動，使水面形成一個同心圓的波浪向四周傳遞，就像我們丟一個石頭到池塘裡所看到的同心圓漣漪一樣。海嘯波在大洋上只有幾十厘米的波高，航行在外洋的船隻完全感覺不到。但是當海嘯波傳遞到淺海時，受底床摩擦的影響，波前速度減慢，波形產生扭曲，逐漸形成一道高聳的水牆，最大可達二、三十米，足足有 8、9 層樓高。

當這道水牆在近岸處崩潰時，形成一道強勁的水流沖向陸地，速度之快，在岸邊的人根本來不及閃避，瞬間就被吞噬了，車輛、房屋像火柴盒一般隨波逐流。看到 2004 年底南亞大海嘯造成數十萬人失蹤、死亡的災難，整個城鎮消失，真是令人觸目驚心。

台灣近百年來雖然沒有發生災害性的海嘯，但是在歷史上確曾遭受過海嘯肆虐。張國棟引述徐泓的文章，發現 1781 年

高雄曾發生大海嘯。徐泓集編《台灣采訪冊》，其中有關「祥異，地震」的記載：

「鳳港西里有加藤港，多生加藤，可作澀、染，工賴之，故名云。港有船通郡，往來潮汐無異。乾隆四十六年四、五月間，時甚晴霽，忽海水暴吼如雷，巨浪排空，水漲數十丈，近村人居被淹，皆攀援而上至尾，自分必死。不

數刻，水暴退，人在竹上搖曳呼救，有強力者一躍至地，兼救他人，互相引援而下。間有牧地甚廣及附近田園溝壑，悉是魚蝦，撥刺跳躍，十里內村民提籃契筒，往爭取焉……漁者乘筏從竹上過，遠望其家已成巨浸，至水汐時，茅屋數椽，已無有矣。」

他又編輯《清代台灣天然災害史料彙編》，其中引述《淡水廳志》的記載：「同治六年冬十一月，地大震……二十三日，雞籠頭、金包里沿海，山傾地裂，海水暴漲，屋宇傾壞，溺數百人。」在基隆則曾發生「港水似已退落淨盡，船隻被擱於沙灘上；不久，水又復回，來勢猛烈，船被衝出，魚亦隨之而去，沙灘上一切被沖走」的現象。

可見台灣曾遭遇「海水暴吼如雷，巨浪排空，水漲數十丈」且「溺數百人」的海嘯，我們絕不能掉以輕心。當我們在海邊看到海水異常後退，海底露出時，極可能是海嘯來臨的前兆，應立即向高處奔逃，稍有遲疑可能就有生命危險！ □

高家俊

成功大學近海水文中心