

要目

- ❖ 台灣海岸侵蝕保護及工法的演變
- ❖ 日本開創親水海岸的觀念介紹
- ❖ 海洋與深海的最新研究及觀察報告
- ❖ 亞洲地區主要港埠之行銷網頁介紹(II)
- ❖ 港池共振機制探討
- ❖ 孤立波近岸地區溯上之研究

中華民國八十九年四月出版

目 錄

一、台灣海岸侵蝕保護及工法的演變 -----	1
黃金山 經濟部水利處處長	
二、日本開創親水海岸的觀念介紹 -----	6
蔡瑤堂 鼎興工程顧問公司總經理	
三、海洋與深海的最新研究及觀察報告 -----	20
馬益財 經建會簡任技正	
四、亞洲地區主要港埠之行銷網頁介紹(II) -----	26
單誠基 港灣技術研究中心副研究員	
五、港池共振機制探討 -----	30
陳冠宇 港灣技術研究中心助理研究員	
六、孤立波近岸地區溯上之研究 -----	39
王順賢 國立台灣海洋大學海洋科學研究所碩士生	
張國棟 國立高雄海洋技術學院海洋環境工程科副教授	
許明光 國立台灣海洋大學海洋科學系副教授	

台灣海岸侵蝕保護及工法的演變

黃金山 經濟部水利處處長

壹、緒言

海岸為一極其脆弱、敏感而多變的地帶，吾人在此地帶及其邊緣地區的各種活動，均會對海岸的穩定有或多或少的影響。海岸侵蝕已是全世界很多地方的共同現象，事實上，全世界已開發的海岸地區均無法倖免於海灘的被侵蝕困擾。在台灣，吾人的經濟活動大部分集中於西部，已使得原來屬於堆積性的海岸，於近年來也有侵蝕的現象發生。花東海岸由於受到地殼板塊擠壓及濱臨深海的雙重影響，自古以來即是侵蝕性海岸。如為保護村莊部落或重要的開發地區，興建或施設若干海堤及海岸保護工程已是不可避免。

海岸的侵蝕或堆積完全受到近海岸沿岸的水流及風吹的作用，在沿岸流、波浪及強風的影響下，泥沙會沿岸、向岸及離岸而運動。由以上因素運動的結果，對某一海岸區段而言，如收支為正值則造成堆積，形成了陸地的延伸；如為負值，海岸的侵蝕於焉形成。對於海岸侵蝕，直接想到的對策是如何加以保護，如興建海堤、護岸、突堤及

離岸堤等等。但人為的干擾，有時未順應海岸的自然形勢，以致非但無法防止侵蝕，反而造成構造物毀壞，或更甚者反倒造成海岸侵蝕的加劇，不可不慎。

台灣海岸的保護緣起於先民對海埔灘地的開發利用，不論做為魚塭或做為鹽田，主要均為事業性的局部海岸保護。整體性的規劃，以及有系統的海堤及海岸保護始自民國六十年代初期。雖然到目前為止，有必要保護的海岸已興建了近500公里的海堤等各式保護構造物，但台灣海岸保護的問題，如以順乎海岸自然性質及海岸資源永續發展的觀點而言，有待檢討精進之處尚多，今後仍必須積極研究改善，才可臻於至善。

貳、海岸性質及其侵蝕性

海洋與陸地交界的邊緣一般大別可以區分為衝擊型海岸(collision edge coasts)及延伸性海岸(trailing edge coasts)兩類。前者陸地的邊緣常形成一高低不等的不規則懸崖邊緣(cliffs)，海浪直接沖擊崖邊。後者陸側有海岸平原(costal plain)，近海又常會因為由陸地所

輸下泥沙，在沿岸不遠處形成離岸的沙洲(Beach dune)，沙洲與海岸邊緣之間又常見潟湖(shallow lagoon)的形成，為近海魚貝類最佳的生長繁殖場。

台灣海岸如依上述的分類原則加以區分的話，自台北縣金山、野柳開始向東北，繞至宜蘭縣頭城以北均為衝擊性海岸，頭城至蘇澳間則為以蘭陽溪為中心之三角洲，其海岸則屬不明顯的延伸性海岸。蘇澳往南的東部海岸，除花蓮的花蓮溪及吉安溪口三角洲及台東卑南溪、利嘉溪及知本溪的沖積性三角洲海岸也為不明顯的延伸性海岸外，其餘均為沖擊性海岸。台灣南端自屏東縣枋山起至東海岸，除河口沖積性三角洲外，其餘均為衝擊性海岸。西部海岸，北起淡水河口南迄屏東枋山均為延伸性海岸。

如果以海岸侵蝕(erosion)及穩定性而言，約可區分為淡水河口往東北至三貂嶺之間，屬於衝擊性之岩岸，短時間而言，如幾十年內並無顯著的消長，不過如以長期的地質年代而言，當然也是屬於侵蝕性之海岸。東部海岸因直接面臨深海衝擊，又有板塊擠壓的活動之助力，為逐漸被侵蝕之海岸。西部淡水河口至大甲溪口為漸被侵蝕之海岸。大甲溪口以南至二仁溪口之中西部海岸為內灘繼續淤高，外灘漸被侵蝕的狀況。二仁溪口以南至台灣尾端為侵蝕較劇之海岸。澎湖列島部分地區，侵蝕也甚嚴重。

近年來，由於陸側土地利用的

快速而劇烈的變化更加速了海岸的侵蝕。因為任何陸地的土地利用改變都會使到岸的泥沙改變。海岸的各種經濟活動，如海埔地的開發利用、築港及各種海岸的構造物、均因改變了沿岸泥沙移動的機制，常也造成海岸某些相鄰地區侵蝕的惡化，不可不慎。

參、海岸穩定及保護的整體規劃

台灣海岸在過去並無專責的機關加以關心，目前海岸法也尚未完成立法程序，因此嚴格的講，海岸侵蝕的防治尚無法定的專責機關。水利單位，包括從過去的台灣省水利局至目前的經濟部水利處，均依據水利法第三條所訂「禦潮」一項，於村莊部落之處，基於保護民眾生命財產的需要，興建了若干的海堤及海岸保護工程，以盡政府保護民眾及防護國土的責任。

在民國六十五年以前，台灣沿海的海堤或護岸均為各事業機構、地方政府或沿海的居民，視其本身的需要自行興建，工法也極為簡陋，一遇暴潮巨浪常易毀壞成災。民國六十年代初期，由於本身歷經多次颱風侵襲，沿海人民遭受損害極大，中央及所屬各級政府均認為本省的海堤有全面檢討的必要。當時台灣省水利局奉令研擬長程計畫，經呈報中央審議結果，行政院於民國六十三年十一月十四日院會中討論，獲得主要結論如下：

1. 因計畫龐大，以現有人力財力均無法配合在短期內一氣呵成。故

應將計畫期程酌予延長，根據經濟價值與緩急程度，排定次序，分期實施，並擇其緊要者先行處理。

2. 為統一權責，指定省水利局主辦（此為台灣省水利局接辦海堤業務之主要依據的行政命令）。
3. 海堤整建應同時考慮堤內土地之開發利用，並配合海岸林種植，以加強海堤之保養維護。
4. 以往台灣省所建海堤及防潮堤，其效益如何？現存及已沖失者若干？似宜由省府澈底檢討，以其所得經驗作為今後施工之參考。

當時台灣省水利局即遵照院示，積極檢討，最後於民國六十五年十二月提出「台灣省海堤整建計畫案」，當時計畫整建之基準及策略如下：

1. 現有海堤已有相當規模，惟受災嚴重，急待整建，或斷面設計不合標準，損害可能性甚大者。
2. 經濟價值及保護總價值較高者。
3. 海岸侵蝕特別嚴重，為保全國土上有顯著之需要者。
4. 配合事業或其他特殊計畫需建海堤者。
5. 為安定社會，改善民生，而無較佳方案可替代者。

當時台灣省水利局依據以上之基準及策略，考慮工程安全及兼顧經濟之原則，擬定當時海堤設計的原則如下：

1. 堤線：沿現有海岸佈置，儘量求其平順；已建海堤除過分彎曲或簡陋者需予改善外，儘量利用原

有海堤予以加高加強。

2. 堤高：依天文潮、氣壓潮與風揚三者合成之暴潮位，再加推算堤前波浪及其溯升高度而定。另在波浪作用較劇烈處，酌予增加高度以策安全。
3. 斷面：斟酌各區地形、沖淤、潮汐、波浪及保護範圍，價值等狀況而定。原則上海灘平坦之新建海堤，儘量採用外坡1:4~1:7之緩坡式乾砌石護坡。高屏等侵蝕劇烈海岸採用堅強之鋼筋混凝土或混合式斷面海堤，並酌予增加基腳保護工及興建實堤穩定沙灘。中西部等海堤已具規模，且堤前有寬闊淺灘，波浪衝擊力較弱，儘量利用原堤予以加高，外坡仍採用1:0.5~1:2之陡坡式混砌塊石保護，以節省經費，但原堤不堪利用者則改建為緩坡式海堤。

嗣後全省海堤的整建均列入歷次的國家重大建設，於「加速農村建設」之後，陸續經「六年經建」、「十二項重要建設」、「十四項重要建設」及「六年國建計畫」等，均將海堤整建及海岸保護列為重點工作之一予以加強辦理。

肆、防蝕禦潮工法的演變

台灣海岸的保護起源於事業性的需要；如圍墾海埔灘地以做為魚塭及鹽田的使用，必須興築防潮堤。嗣後為生產所需，濱海的村莊部落日益擴大，人口漸多，一遇颱風暴潮常易造成災害，故於光復後不

久，興建海堤之要求漸起，台灣省水利局亦於是時開始參與海岸防護的工作。起初的做法均如建堤壩的方式，其結構體的安定常以重力式壩的計算方式處理；基礎則以鋼筋混凝土板樁的方式支撐及防止堤內土砂的被淘空。當時的最基本理念是想以土木工程的技术，如同建壩一樣的以結構物的安定性及其強度抵抗潮浪的衝擊。如今這些堅實的海堤均已不知去向。

即使於中西部彰雲及嘉南地區，初期的防潮堤也均以修建河堤的觀念，海堤臨海面之坡面有垂直者，有1:0.5者，有1:2者；均為陡坡方式，對於波浪能量之消滅均無助益。民國六十五年所提的海堤整建計畫，不論新建或老舊防潮堤之整建，均逐漸朝向緩坡；如1:4至1:7的緩坡面，並增加多孔的坡面以增加其波浪能量的消滅功效。嗣後，離岸堤、突堤等之引進，也開始以潮浪不直接全面與海堤衝擊，及因集沿岸泥沙以利造灘的方向發展。目前在離岸堤、短突堤群的工法應用上，無論平面布置、斷面設計已更進一步考慮海岸自然條件的特性，並配合若干海岸編籬定砂工、海岸植生等措施，使海岸防護工法又向前跨出一大步。

最近國際的海岸保護趨勢已朝軟性工法、近乎自然工法等發展。希望今後台灣的海岸保護策略也能逐漸的朝此方向調整，漸漸將目前仍大量依賴硬性工法的做法予以改正。

伍、今後的展望

台灣雖小，其海岸線總長度，本島可有1,200公里，如加上澎湖列島可長達1,520公里。依據水利處實地監測資料及各學者專家之研究，西部海岸大多經人為開發利用，原始海灘已消失約70%，自雲林口湖以南之海岸遭受相當程度之侵蝕而退縮；東部海岸雖開發程度較輕，但直接遭受深海巨浪衝擊及板塊運動擠壓，也處於侵蝕狀態。因此，加強台灣海岸防護工作，遏止侵蝕加劇，實為刻不容緩之課題。

如前所述，今後的海岸防護工作，除開防止侵蝕、保全國土、維護沿海居民生命財產安全外，也要兼顧環保、生態、景觀維護的需求，創造更多的親水空間，進而達到「有限資源、永續利用」的長遠目標。

茲就筆者多年實務的經驗，提供若干符合近乎自然及海岸資源永續經營的基本準則(Guidelines)條列如下：

1. 在海岸地帶的建築利用，最好能訂定有一退縮線，直接與海爭地或直接對抗暴潮強浪，不是不可以，而是成本太高，失敗的風險也太大。
2. 在沿海地區的海岸利用，不論如築港、工業區土地開發利用等等，如會造成沿岸泥沙移動的妨礙時，一定要有泥沙之通道系統(Sand-by-passing systems)的安排，否則日後鄰近相關海岸的

侵蝕難以避免，屆時其維護成本恐怕難以想像。

3. 如果可能的話，海岸的保護最好能採用軟性工法“Soft-engineering”予以解決如養灘等，儘量避免用硬性工法(海堤及護岸)，以解決沙灘的侵蝕問題。
4. 離岸的沙洲最好不要加以改變或破壞，因為此種沙洲的消長正反映出沿岸泥沙運動的結果，人為的改變，反而可能造作不良的後果。
5. 海灘、離岸沙洲等近岸地區禁止任何的採沙行為。該地區沙土的移出，勢必造成灘地的泥沙失穩而導致侵蝕的發生。
6. 每年颱風暴潮時，海灘泥沙總會消消長長，自然會循環平衡。除非有長期侵蝕的現象，否則最好是密切監視它，不必加以干預。
7. 海岸侵蝕是不可避免的自然現象，而幾十年來的防蝕措施，事實上尚難稱得上滿意而有效。因此，為避免嚴重侵蝕所造成的鉅大經濟損失，海岸沖淤的動態變化之追蹤觀測研究必須列為最重要的策略性工作，持續性的切實掌握其動態並研究追蹤各種人工防蝕工法在海岸施設的反應，以趨吉避凶，不斷的加以改進，力求進步。
8. 對於人工養灘(Artificial Beach Nourishment)工法，進行更深入的研究，除各項相關資料的調查分析外，並應嚐試以實體模型

的試辦方式，逐漸的訂出適合台灣各段海岸所可能適用的顆粒與坡度的關係。如此才可以減輕目前仍偏重依賴硬性工法如海堤、護岸、離岸堤、突堤以及拋放異型消波塊的做法。

陸、結論

海岸資源經營的最高指導原則當然是資源的永續利用及儘量保育維持其自然的特性，不應隨便加以人為的干預。不過台灣地狹人稠，發展空間有限，如已人口密集及密集的產業發展，為防潮害浪擊，於海岸地帶興建海堤、護岸或各種不同形式之海岸侵蝕保護設施如離岸堤、突堤、拋石堤及拋放各種不同的異型塊以改善或穩定海岸，也是不得不為之的做法。近年來環境、生態保護學者及關心景觀之人士，一直詬病此種海岸設施對景觀之傷害，負責海岸保護者也應加以重視而兼籌並顧。

防治海岸侵蝕目前已成為一世界性的問題，而且由於全球變遷，溫室效應的影響，海面如果持續上升，情況將更不樂觀。況且防治的方法迄今尚無一利而無一害的根本療法，仍有待吾人繼續的努力，深入的探討研究，並以適合台灣海岸特性的方法為目標。相信經由全體關心海岸穩定、景觀自然以及資源永續發展的同好們群策群力的努力，台灣海岸的明天一定會更好。

日本開創親水海岸的觀念介紹

蔡瑤堂 鼎興工程顧問公司總經理

一、前言

本文是依據民國88年12月2日中日工程技術研討會由日本運輸省港灣技術研究所水工部長加藤一正博士所發表之『親水海岸之開創與管理』為主，介紹日本開創親水海岸的最新觀念，其中對於海灘之穩定工法，海岸利用觀念及研究執著精神均有值得我們參考學習的地方，故特在此作介紹，與海岸工程界朋友分享。

日本海岸保護法於1956年5月12日生效，該法案是以藉防止海岸受天然災害破壞以達到保護國土之目的，自此以後，單純的防止天然災害破壞海岸的觀念，雖可達到保護國土的目的，但也導致砂灘海岸全被人造硬體設施所取代，而衍生了幾乎不可收拾的後遺症及付出慘痛的代價。這一點在台灣的我們，也有相同的感受。

在早期為了防止海岸沖刷，都是採用突堤或在海堤前設置消波設施。突堤有阻擋沿岸漂砂的功能，如此使侵蝕變成淤積。但是突堤對於垂直入射波所造成之離岸漂砂不具功效。對突堤研究主要於1960

年代的前期完成，在日本根據研究結果所擬之標準設計法一直沿用至今。約自1970年代起，離岸堤被用來當作防止海岸侵蝕的一種對策。當希望海側之底床漂砂能供給離岸堤陸側以形成繫岸砂洲時，採用跳島式離岸堤，否則採用連續式離岸堤。繼突堤之後離岸堤很快且廣泛的被採用。

採用海岸保護措施的結果，使原沒有需要保護措施的海岸需要儘快的給與保護，在日本很多海岸大多採用離岸堤、突堤、護岸或海堤和消波塊保護。如此，在海岸背後陸地的侵蝕被止住了，但很多砂灘也不見了。

採用海岸保護措施的結果也迫使人們生活在遠離水岸的內陸，而失去親水的空間，海岸地區的視野也變差了。自1960年代以後，自古以來在日本最流行的海水浴場的空間越來越小，而且很多砂灘消失了。隨著生活品質的改善，人們越來越需要較好海岸的視野和多元化海岸活動。基於上述對海岸的需求和砂灘的短缺，廣泛來說日本已意識到砂灘侵蝕是日本最嚴重的環境問題之一。由於這些原因促使日本

港灣研究所發展一種新的海岸保護系統，它必須具有兩種互相對立的功能，即在大風暴時能防止海岸災害，而平時又能提供人們親水的空間。

如上所述，日本根據1956年所制定之海岸保護法，沿海岸建造了大量硬體結構物，以保護海岸背後之土地，而導致大量砂灘的流失及剝奪人們親水的空間，因此在1999年5月修訂了此方案，並將於2000年4月生效，此新法案包括海岸保護、海岸環境改善和海岸空間的利用，依此新法案的精神，將來必須走向軟式的海岸保護措施，而砂灘是最好的軟式海岸保護措施，更是提供人們親水最好的空間，此外尚具有改善水質及提供海生物棲息地的功能。

日本港灣技術研究所於1986年執行一長達25年的研究計畫，此計畫對於砂灘的形成、穩定、消失均有深入的研究及獨特的發現，將對未來軟式海岸保護系統及親水海岸的開創有莫大助益及啟發。以下係就該研究計畫執行成果及海岸空間利用分別作說明。

二、HORS之自然砂灘的研究和新海岸保護系統的發展

為了發展新的海岸保護系統，基本上需要借助砂灘對災害的防禦功能。但為能造就人們所期待的海岸，在技術上仍有很多困難點需要解決。其中最重要的也是最困難的課題是瞭解砂灘在暴風浪中地形變

化的機制，並且需要研究一套可靠的技術去穩定砂灘。首先我們必須瞭解在碎波帶內發生了什麼，碎波帶是介於最外緣碎波線和波浪開始在砂灘上向上溯的界線之間。尤其是在暴風浪中，大量底質被輸送，這是由於在碎波帶內的波浪和波浪所引起之沿岸流的作用，其機制必須理清。不幸地，要進一步瞭解漂砂、波浪和流之動力學仍有重大障礙。由於碎波所產生的強烈亂流會使波浪及近岸流嚴重變形而深具危險性，暴風浪甚至阻止我們去接近碎波帶。在1981年日本運輸省港灣技術研就所(PHRI)決定在碎波帶內建造一座構台，期在暴風時，可安全地觀測碎波帶內的現象。

PHRI於1986年在面對太平洋的一個純自然砂灘上建造了Hazaki海洋研究站(HORS)(見圖一)，HORS包括一個427公尺長的研究構台(見照片一)、辦公室和現場所需之建築物。根據1949至1984年間所拍攝之十一張空照圖，此砂灘之灘線在1974至1979年五年間成長了50公尺，這是由於建造鹿島港的結果。自1979年此灘線就已穩定了。在砂灘上和碎波帶之坡度是平緩的，分別為1/50和1/60，靠近灘線砂樣的中值粒徑為0.18mm(Katoh和Yanagishima, 1995)。

在HORS有兩位研究員，他們不但做他們自己的研究工作，也蒐集如下述之現場資料。從構台的末端至後灘500公尺長之砂灘剖面每天測量一次，其測點間距為5公尺，沿構台之海底剖面是用架設在構

台面板上之聲納測量，而在前灘和後灘的部份則利用經緯儀及標桿測量。在低水位以上之砂灘地形每月測一次。在HORS附近之地形是由一測量艇測量，每年測一至三次，沿構台之底質取樣點間隔為10公尺，每月和暴風過後各取一次。在碎波帶內沿著構台有七個點的波浪每小時各量測一次。

圖二顯示沿著構台約4年間海底剖面的重疊圖。在碎波帶內海底剖面之變化非常顯著，在垂直方向約有4公尺的變化。在前灘灘線之變動寬度約有50公尺。根據這些資料，分析了每天灘線橫向移動位置，如圖三所示。灘線位置是被定義為砂灘剖面和高潮位的相交線，高潮位為基準面上1.4公尺。在三月、四月和八月波浪能量較大之月份，灘線是移向陸側，而從五月至七月之低波浪能量期間，灘線則移向海側。在淤積過程中，灘線向海側緩慢穩定地移動，即0.68公尺/日。而在沖刷過程中，灘線在一、兩天內即快速退縮，如圖二之箭頭所示。Kato和Yanagishima (1988) 根據波能的時序脈動，發展了一套黑箱模式以預測灘線之日變化。

過去，具有最大能量的風浪被認為是在暴風中導致砂灘突然被沖刷的主要外力，但事實上當風浪進入碎波帶時即損耗能量。碎波波高在碎波帶內已達飽和，即在任何一點之波高是受該點水深控制。較大的波浪在較外海碎波，這使碎波帶變寬，但內碎波帶之波高是不變的

，因此很難把砂灘沖刷歸責於風浪。

為了瞭解到底是那一種外力造成砂灘之沖刷，乃沿砂灘橫向量測了海面波能分佈。沿著研究構台裝設了七部常置性的波高計，另外三部波高計則臨時架設在分別離開灘線3.2公里(水深24公尺)、2.1公里(水深14公尺)、及1.3公里(水深9公尺)的位置，這些都設在構台的延伸線上。在暴風時，利用這10部波高計同時觀測波浪(Nakamura和Kato, 1992)。當外海示性波高為3.7公尺時，圖四顯示兩個小時沿砂灘橫向之波能譜密度分佈。在外海邊緣，能譜密度有兩個高峰。第一個最高峰是在頻率0.1Hz，是代表入射風浪能量；第二個高峰是在頻率0.01Hz，被認為是代表亞重力波能量。當風浪前進至灘線，在碎波帶內波能遞減，而亞重力波能量則增加，因為當它向岸邊前進，不會在碎波帶內產生碎波，其能量在灘線上為最大。因此，在研究海灘沖刷的機制，查驗亞重力波是否扮演外力的角色是非常重要的。

照片二是在暴風浪中所拍攝的，雖然設備孤立在海中，兩個研究員當時在那裏工作一點困難也沒有。事實上，一個研究員走出實驗室去拍這張照片，並不是游泳回去的，也不是搭船，而是用徒步的，且他的鞋子也不打濕。當亞重力波溯上砂灘時，拍了這張照片，約一分鐘之後，亞重力波波谷到達砂灘，砂灘露出來，這時他可以徒步回去

。再一分鐘之後，砂灘又被波 43. 覆蓋，他被迫快步後退。

當一個颱風從觀測站附近通過時(Katoh和Yanagishima, 1990, 1992)前灘剖面變化情形示如圖5，平台在1987年9月12日之前形成，但它自9月12日至14日在短短的兩天內被沖刷掉，可發現一個有趣的矛盾現象，當平台被沖刷時，砂淤積在較高的位置，用DL表示此臨界高度。在圖6繪出用圓圈表示的DL值和從觀測所得的波浪溯上高度的關係，其中 $(\eta)_w$ 表示平均水位， $(HL)_a$ 表示亞重力波在灘線的高度。因為用圓圈表示的資料點出後接近一直線，我們可得如下關係式：

$$D_L = (\overline{\eta}_0) + 0.96(H_L)_0 + 0.31(m) \quad (1)$$

在平台形成過程之平台頂高AL用三角形表示在圖6，這些資料幾乎也成一直線，雖然平台沖刷和形成是互相對立的，但AL也可以如式(1)表示。經過仔細分析資料吾人得到如下之結論(Katoh和Yanagishima, 1992)：在暴風浪中當亞重力波溯上超過平台頂部，海水停留在水平之平台頂部相當時間，如此會加速海水滲入砂灘，結果會使地下水位提高，而使水由前灘表面滲出，這是在暴風浪中使前灘產生急速沖刷的原因。

根據這樣的結果，有兩種對策可使砂灘在惡劣的自然環境中保持穩定。一是在外海建如離岸堤之結

構物以減少波能及抑制在砂灘上之波浪溯升高度。另一方法是設法降低地下水位。因此，若在砂灘地下設一層透水層，可把水自然地排向外海。如果重力排水系統能提高砂灘的穩定性，則在砂灘上沒有阻擋視線的人工障礙物，即可保有砂灘美麗的視野，因為整個排水系統是建在地下的。為了檢驗此在前灘地下之透水層的排水功能和在暴風浪時它對砂灘穩定的影響，在HORS作了一個現場試驗。在1994年8月在地面下約3公尺處，設了一個20公分厚的透水層並涵蓋由前灘至後灘的地區，如照片三所示。按裝好透水層之後，把砂覆蓋在透水層上，恢復以前的地形。

照片四是由HORS的實驗室屋頂所拍攝的，顯示在暴風浪中亞重力波正溯上至具有排水系統砂灘的情形。在排水系統區域的中心線沿著灘線的橫方向每5公尺插一根小桿子以顯示排水層之位置。照片五是在照片四的情況發生後約1分鐘拍攝的，即當亞重力波正返回海上，在其兩側用鋼板樁隔斷之排水區變乾了，而自然砂灘卻仍潮濕。圖七為在暴風浪中砂灘剖面的連續時間比較，顯示排水層在暴風浪中有降低砂灘沖刷速度的功能。

三、砂灘的功能

砂灘具有防災、遊憩、改善水質及海生物棲息地供應的功能，這些功能使砂灘成為良好的親水空間。因此在HORS也進行了相關研究

，分別說明如下：

(一)降低災害的功能

海岸結構物和砂灘的反射係數列如表一，砂灘的反射係數比任何結構物都小，換句話說，砂灘所能吸收波浪的能量是最高的。

照片六是一張空照圖，顯示在中央部位的一個堤防遭受到颱風大浪的破壞，這是一個非常好的例子來說明砂灘降低災害的功能。由於在堤前砂灘狹窄，此堤遭受部份的損毀，簡單地說，若堤前有較寬的砂灘，則此堤防不致遭受毀損，甚至堤防斷面可縮小。

如圖五所說明的砂灘在暴風浪中會急速沖刷。暴風浪過後，自然砂灘在較小的浪作用之下會再回復，這樣一個典型的例子也在HORS觀測到了，如圖八所示。在1990年6月12日，一個暴風剛過，約在灘線外60公尺處發現一個內砂洲。它在16天內繼續成長並向岸邊移動，然後併入前灘，也就是說，當砂灘夠寬的話，即使砂灘急速的被沖刷，它仍然會慢慢地回復到它以前的樣子。為了在海岸保護中能利用砂灘降低災害的功能，HORS將繼續研究砂灘沖刷的臨界條件、砂灘變動的特性和砂灘復原的機制。

(二)遊憩利用的功能

任何人在砂灘上都可比較親近海，因在砂灘上是一個安全的地方，波浪從外海進來，在碎波帶內損耗了大部份的能量，故不會直接打

到在砂灘上的人。在砂灘上我們可享受各種運動，其中如游泳、衝浪、風帆、滑水可能不被認為與砂灘有關，但要享受這些運動，我們必須在砂灘上有個基地，而不是在海堤上，這些遊憩利用是顯而易見的，並不需要工程研究。

在砂灘上有一個自然形成的空間，這在其他地方是找不到的，例如圖九說明了在砂灘上大氣環境的基本概念(Nadaoka et.al.1996)。當風吹過海面時，獲得水汽而消耗熱量，空氣變得濕冷，當其通過砂灘時，因砂的幅射熱，靠近地面的空氣被加溫而變乾，在砂灘上方形成一內邊界層。當此空氣通過後灘的樹林，空氣又被冷卻和獲取水汽。也就是說，在砂灘上有一個微小規模的大氣變化。此外，因此邊界層的厚度與動量、氣溫和水汽含量有關，當此邊界層從灘線向岸邊發展，其厚度和人的高度差不多。所以站在砂灘上會經歷到大氣環境的突變，HORS將會對此在砂灘上微型大氣場作研究。

波浪的聲音也會使人心裏感到舒服。去瞭解在怎樣的情況下發生怎樣的聲音是有趣的，因為浪聲與碎波的特性有關。

(三)淨水的功能

海水溯上砂灘後滲入地下，與在後灘的地下水一起排出，經在HORS透水層取樣(如圖10)並分析其水質，各水樣的 i 度、 q_i 濃度列如表2。因為 i 在水中是不會消失的

，在透水層的*i*度大概是海水和淡水以1對1的比率混合，如果氨酸也是不會消失的，在透水層中的濃度應該是 $4.9 \mu\text{M}$ ，但是跟據化學分析結果是 $0.91 \mu\text{M}$ ，這說明了在砂灘上在細菌的氧化過程中約有80%之氮被去除。如在一天內，波浪溯上砂灘1000次，將有大量的海水滲透到砂灘內受到淨化，在HORS將繼續定性地評估砂灘的淨水功能。

此外，在很多情況下很難避免海上漏油漂到海灘，但是自然界存在的細菌及其他微生物會利用自然的過程把油污分解，此稱為生物分解。生物分解速率依當地的條件、油的種類、可供應的氧、營養量和氣溫而不同，這也是砂灘淨化環境的功能之一，均需要作進一步研究。

四、總結

自二次世界大戰之後，日本在海岸建了很多混凝土海岸保護設施，這些設施迫使人們生活在遠離水岸的內陸。隨著生活水準的提高，為滿足對較好的視野景觀及海岸地區使用的需求，日本正在發展一套新的海岸保護系統，即重力排水系統以穩定砂灘，砂灘有兩個相對立的功能，即在大浪時能防止海岸災害，在平時又可讓人們親近海水。因此如何把消失的砂灘再恢復，作為海岸防災系統及提供親水空間是日本目前開創親水海岸的觀念。

參考文獻

- Katoh, K., and Yanagishima, S.
1988 Predictive model for daily changes of shoreline, Proc. of 21st ICCE, pp.1253-1264.
- Katoh, K., and Yanagishima, S.
1990 Berm erosion due to long period waves, Proc. of 22nd ICCE, pp.2073-2086.
- Katoh, K., and Yanagishima, S.
1992. Berm formation and berm erosion, Proc. of 23rd ICCE, pp.2136-2149.
- Katoh, K., and Yanagishima, S.
1995. Changed of sand grain distribution in the surf zone, Coastal Dynamics 95, ASCE, pp.639-650.
- Katoh, K., and Yanagishima, S.
1996. Field experiment on the effect of gravity drainage system on beach stabilization, Proc. of 25th ICCE, pp.2654-2665.
- Nadaoka, K., Y. Uchiyama and T. Yamashita (1996): Analysis of micrometeorological and thermal environments on sandy beaches in summer, Jour. of Hydraulic, Coastal and Environmental Engineering, JSCE, NO.533/II-34, pp.193-204.
- Nakamura, S., and Katoh, K. 1992.

Generation of infragravity
waves in breaking process

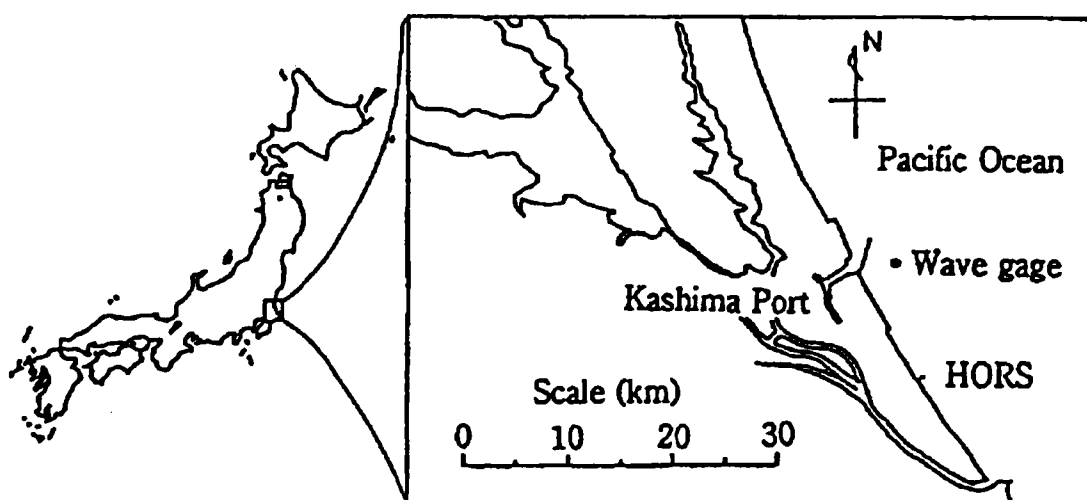
表一 結構物及砂灘之反射係數

結構型式	反射係數
直立牆（露出水面）	0.7~1.0
直立牆（潛式）	0.5~0.7
拋石堤	0.3~0.6
消波塊堤	0.3~0.5
砂灘	0.05~0.2

of wave group, Proc. of 23rd
ICCE, pp.990-1003.

表二 水樣之i度及氨i濃度

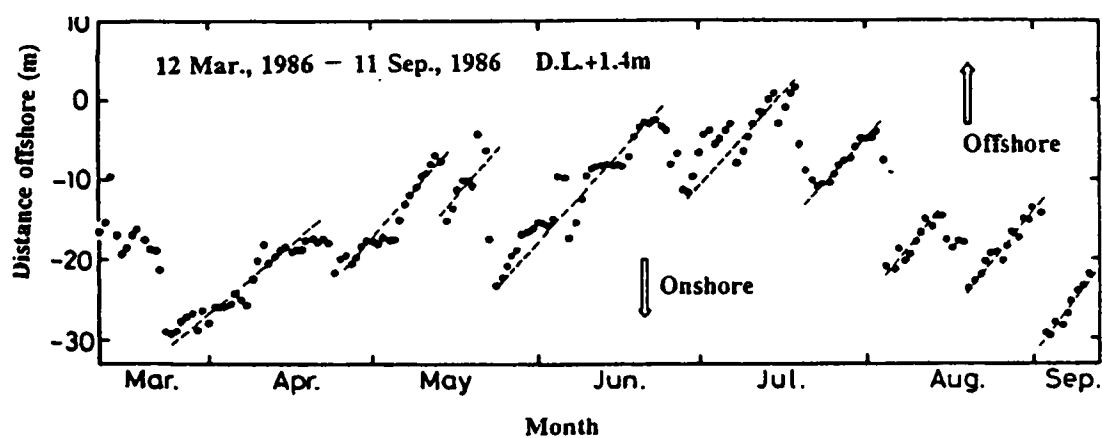
	度(%)	氨i(μ M)
地下水	0.05	0.26
海水	3.10	9.59
透水層水	1.56	0.91



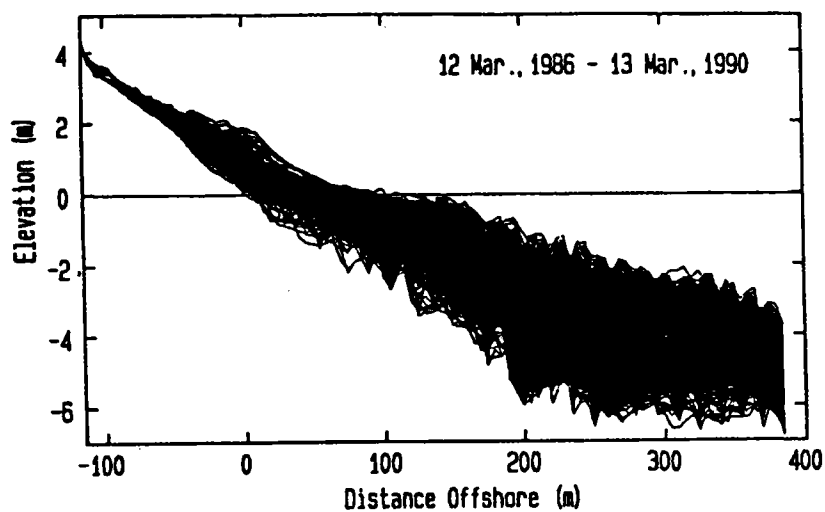
圖一 HORS 位置圖



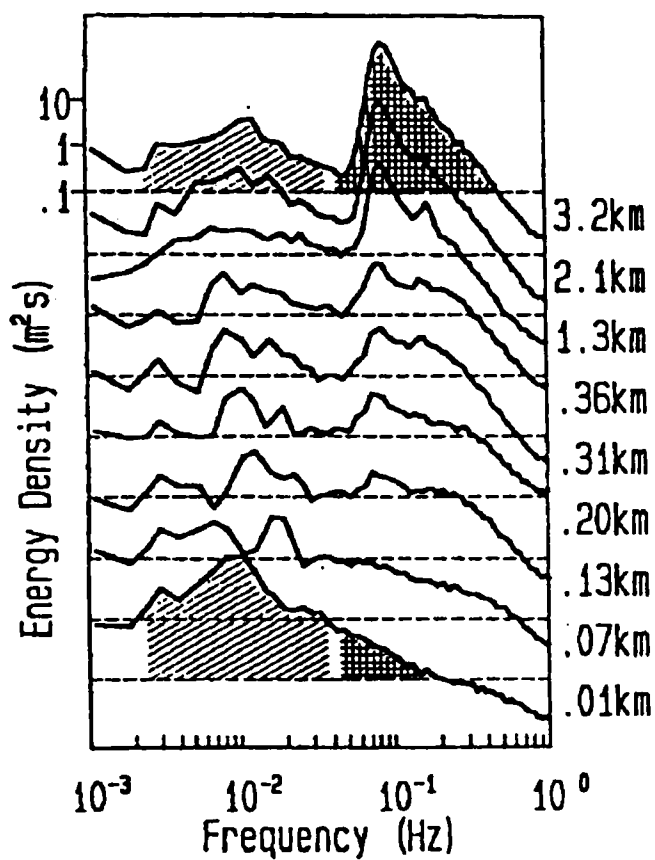
照片一 HORS 側視圖及研究構台



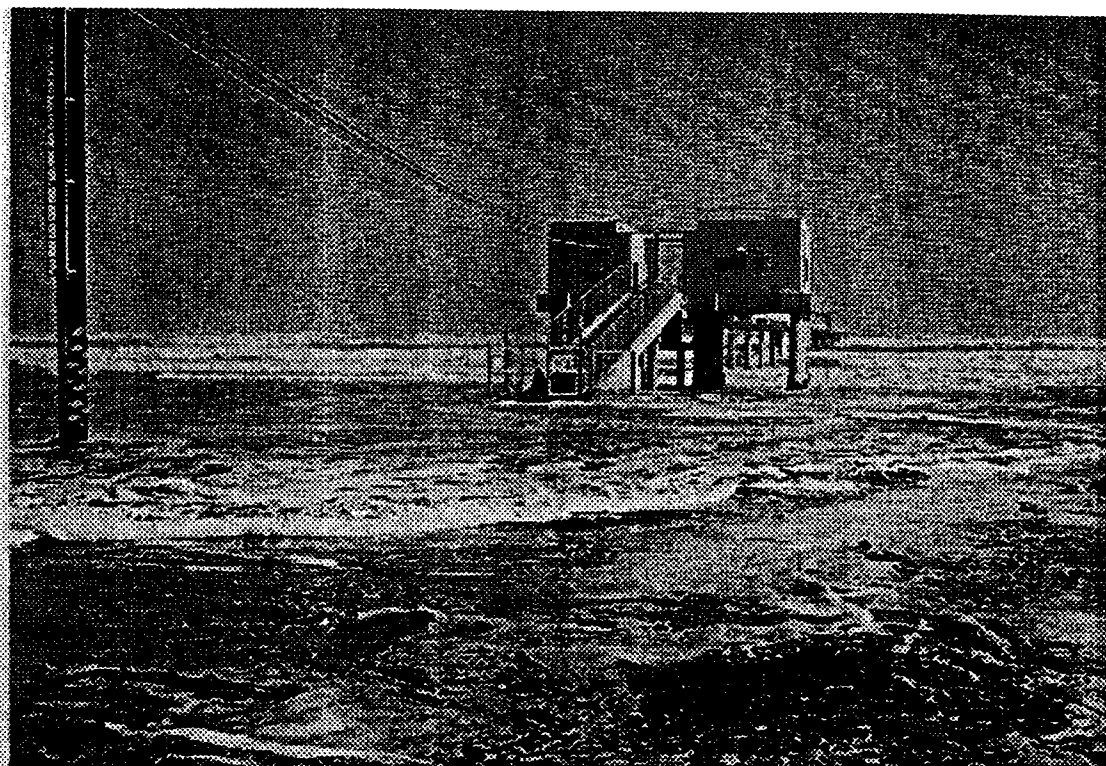
圖二 碎波帶內海底剖面重疊圖



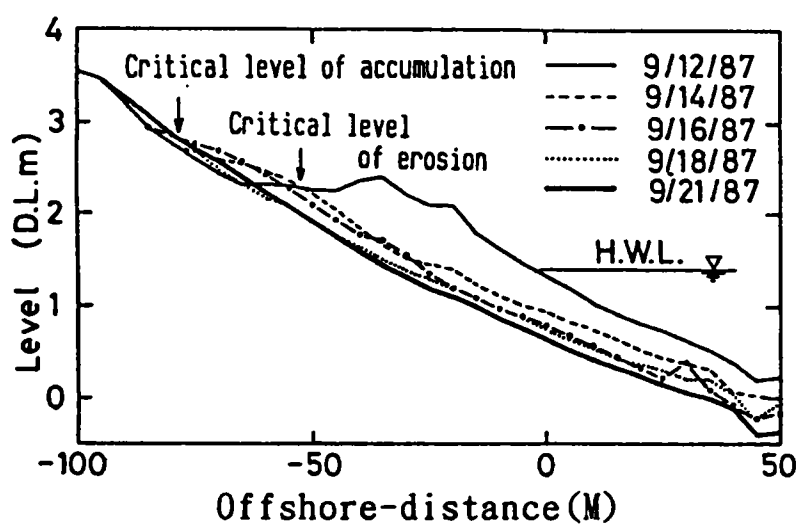
圖三 灘線位置橫向變動圖



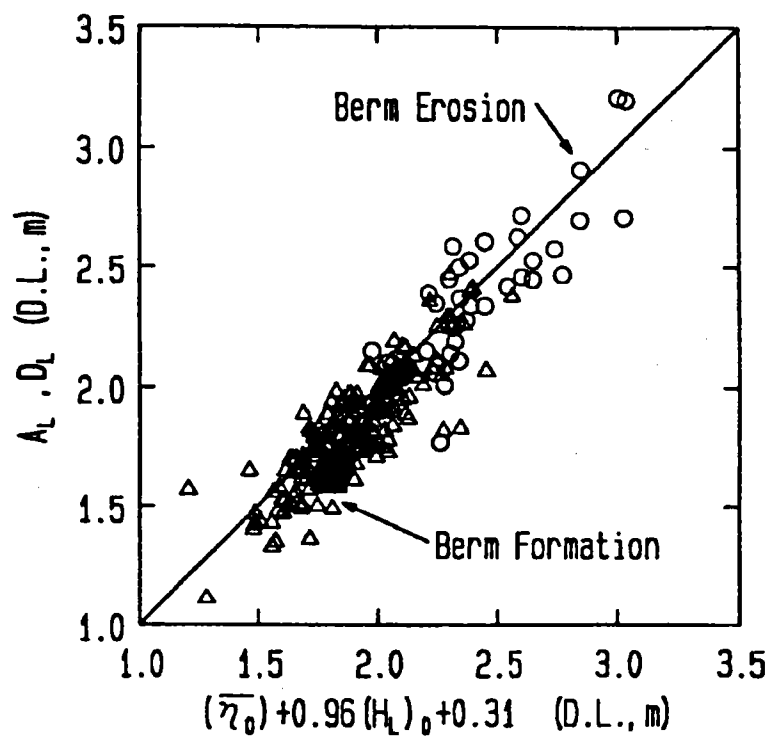
圖四 能譜密度圖橫向分佈圖



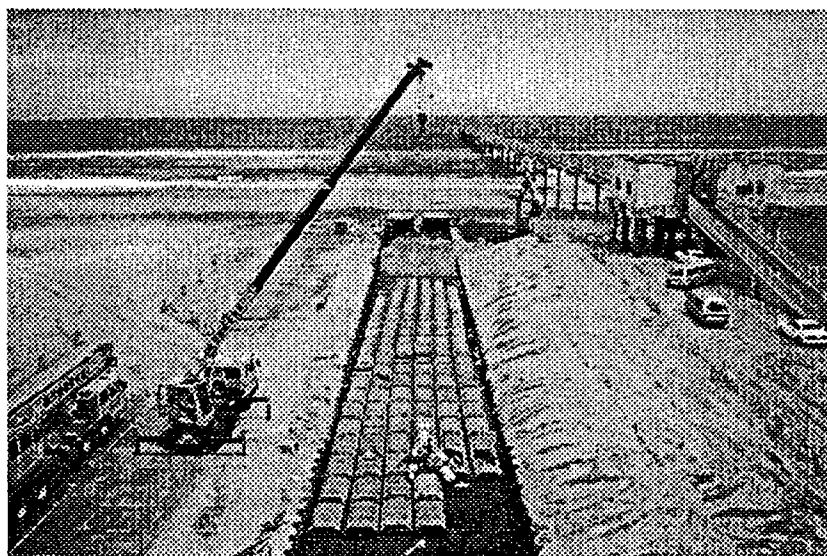
照片二 亞重力波溯上沙灘之情形



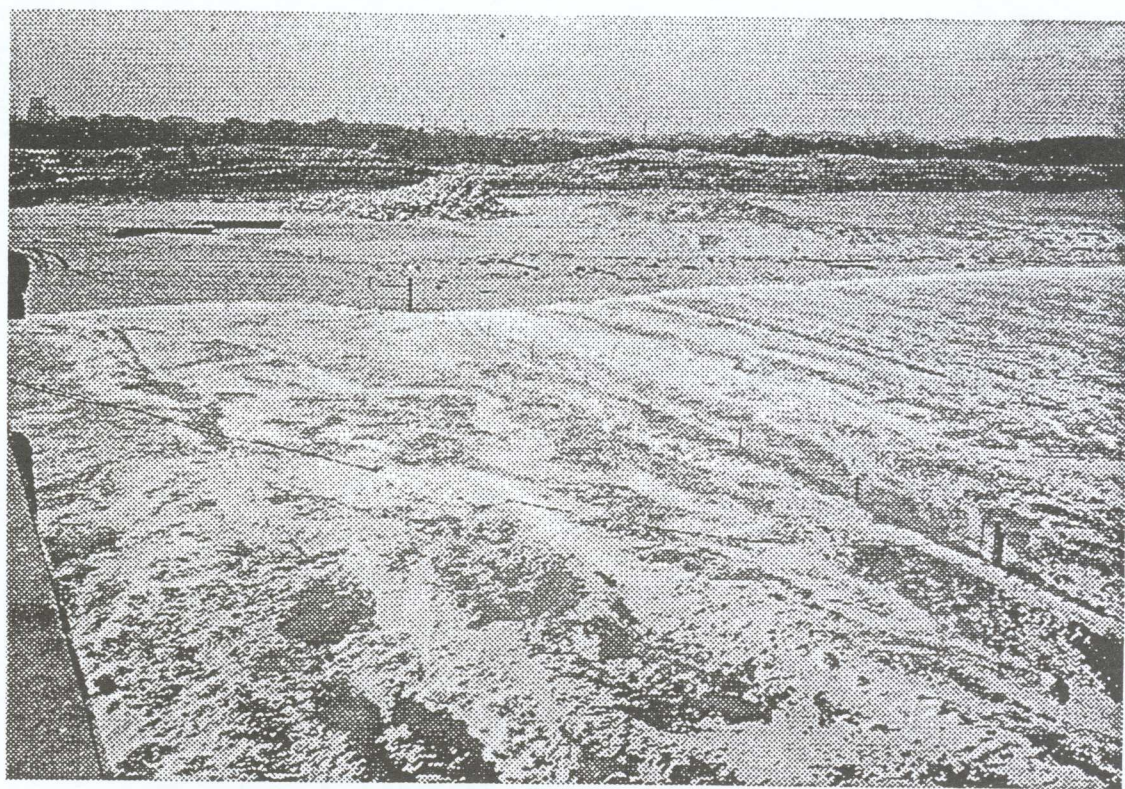
圖五 NO.8713.颱風時平台冲刷情形



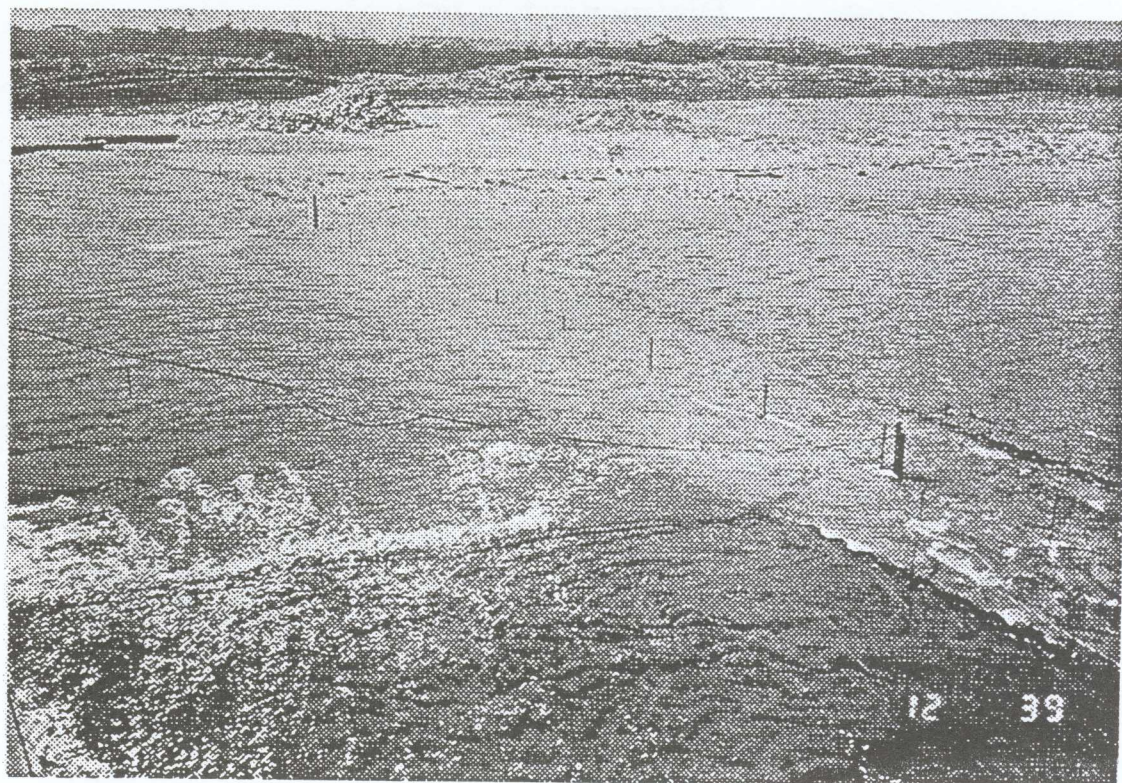
圖六 DL、AL 和波浪溯上高之關係圖



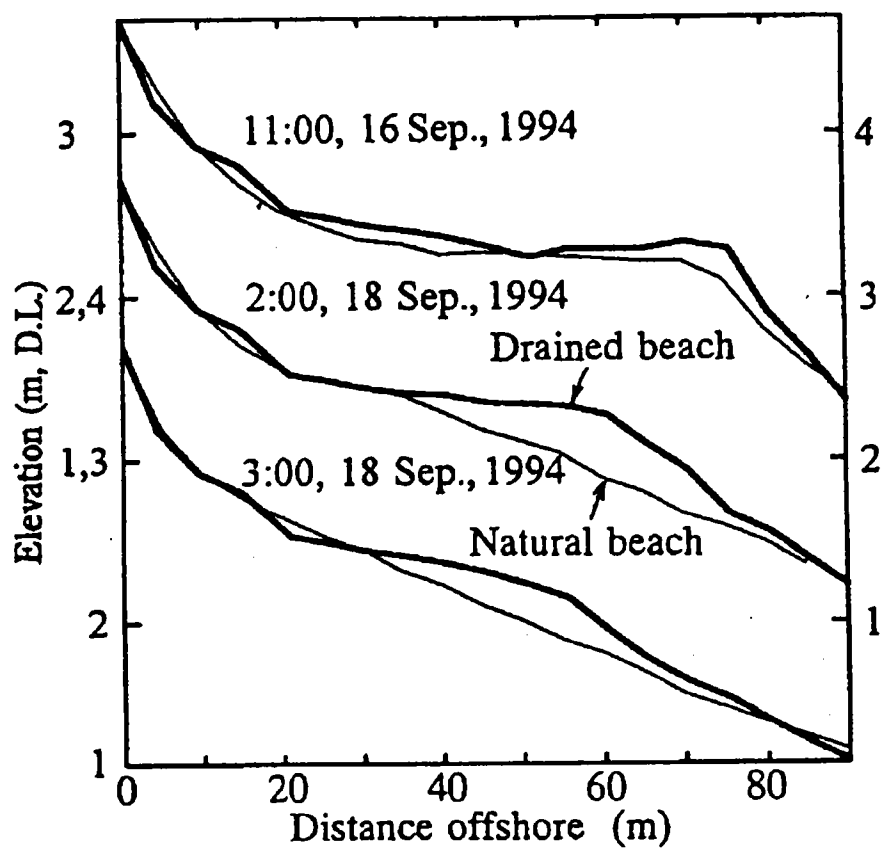
照片三 透水層施工情形



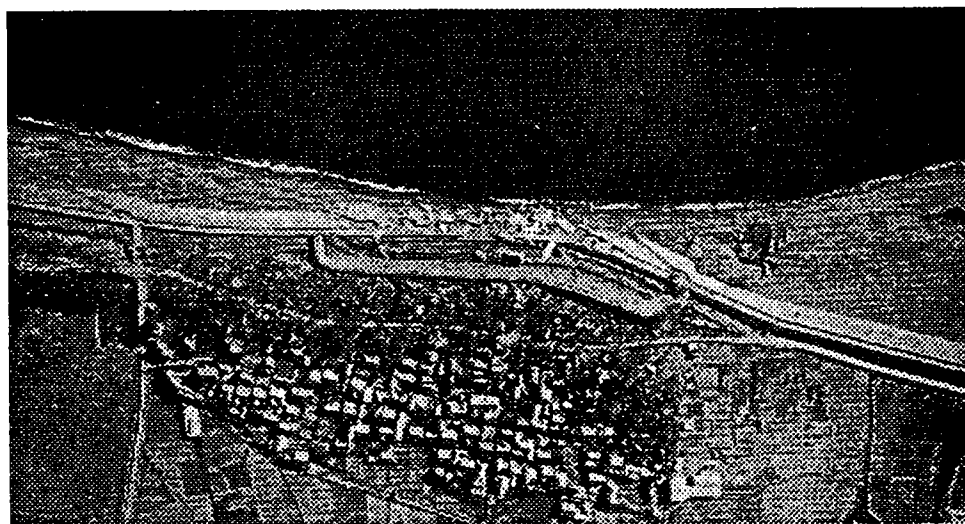
照片四 亞重力波潮排水沙灘



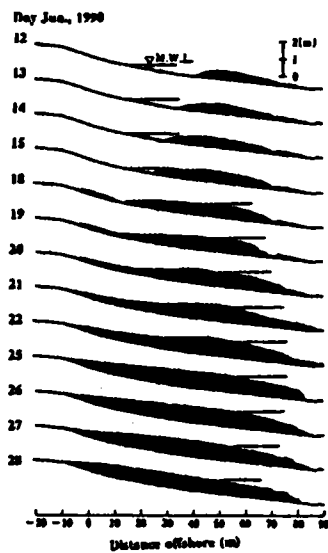
照片五 排水沙灘區水排乾情形



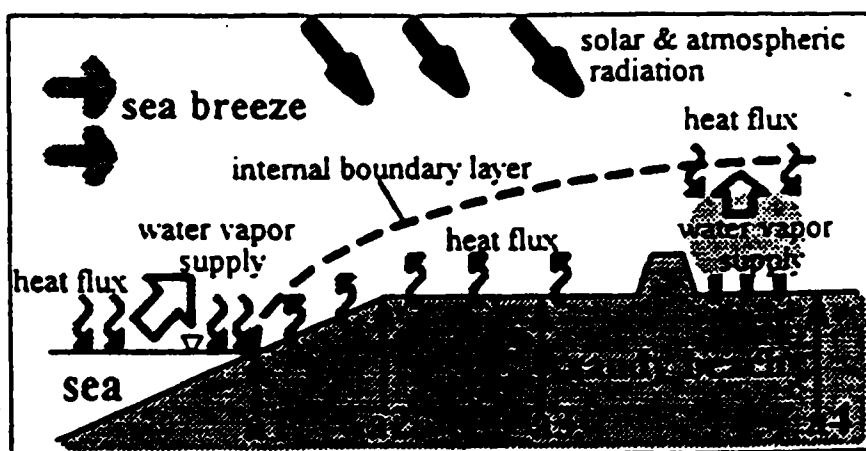
圖七 自然沙灘與排水沙灘剖面比較



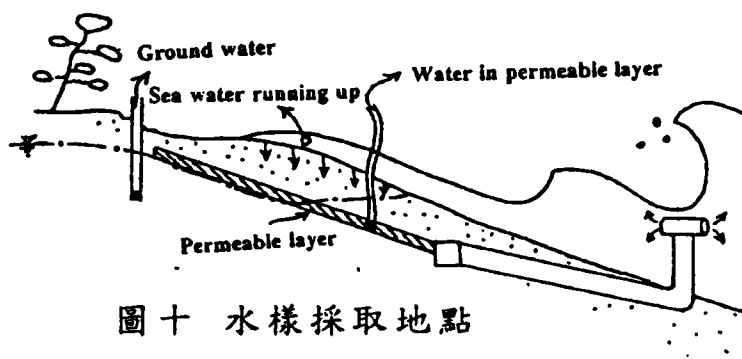
照片六 堤防受損情形



圖八 沙岸向岸邊移動情形



圖九 在沙灘上大氣環境之基本概念



圖十 水樣採取地點

海洋與深海的最新研究及觀察報告

馬益財 經建會簡任技正

(資料來源：1999年加拿大第十八屆國際海岸離岸力學與北極工程學年會，原作者大庭浩博士(Dr. Hiroshi Ohha)目前為日本川崎重工業公司董事長暨日本海洋科技中心理事長)

一、前言

川崎重工業創始於一八七八年，以造船業起家，擁有自己的船塢，一八九六年成立公司，至今有五十個子公司，主要業務為供應空中、陸地及海上之機械產品及服務，每年營業額可達一百億美元，國內員工一、六萬人，國外工廠分散在美、英，重要生產產品有汽車、ATVS、波音767、777噴射機艙、探油機、地下鐵車廂、雙層遊覽車、自動化機具等。

日本海洋科技中心創立於一九七一年，有五艘研究船，人員二二三人，年預算二億五千萬美元，利用可載人潛水研究船、衛星操縱遙測船、可讀性海下電纜測量儀等機具，從事深海探測研究目標為調查、分析與預測深海地殼結構、海洋地質與地理之物理化學特徵、海底動植物生態群落之棲息環境，並已

發現巴布亞新幾內亞海床下活動斷層引起地震並招致海嘯、全球氣候變遷的聖嬰現象造成太平洋海水溫度發生偏離現象，以及發現日本島下方之菲律賓板塊東方之太平洋海底有九百萬噸金屬礦產資源等，未來擬建立海洋資訊監測網，利用海洋科技以保護海域生態資源，期望人類有能力預測未來自然重大災害如地震和颱風等。探測地點從歐非洲的大西洋中央山嶺海脊到南印度洋海脊、東太平洋日本海溝、夏威夷群島海上乃至南美洲之加勒比海，並與美、英、法、德合作，在日本、夏威夷、阿拉斯加設置三個研究基地。

人類要了解海洋乃至於要了解地球，必需將複雜的海洋與大氣圈、地球圈、生物圈合為一個整體地球系統，從宏觀角度加以考量，才能準確及有效解釋地球及地球每一個副系統(如海洋)之形成與機制。因此，生存於地球村的各個國家應該體認海洋是大家共有的，海洋是無國界的，大家應本著命運共同體的胸懷共同合作經營海洋。

一九九八年國際海洋年在葡京里斯本召開之海洋離岸力學與北極

工程學會(OMAE)時，原作者曾發表一篇「日本海洋科學與技術之現狀」，原作者鑑於其本人現為日本海洋科技中心理事長之身份，該中心且為日本重要海洋科技研究機構，乃再發表本文共享成果。

二、海洋科技之重要及其目標

1. 整合各種科技，促進與增強海洋科學研究，尤其對深海之研究，以提昇科技能力。
2. 增進對海洋真實環境之了解，並增加對全球環境變遷之準確預測，諸如研究一九九七年發生在海洋洋流的聖嬰事件，所引起的全球氣候變化，進而可以預測下世紀全球氣候變遷。
3. 有效利用與開發海洋資源與能源，諸如北海油田、加拿大紐芬蘭省之離岸油礦，發現海域新能源的甲烷，其他可用之海洋之糧食資源，並利用海洋科技以保護海域生態資源，俾使資源永續發展。

三、日本海洋科技中心

該中心創立於一九七一年，為日本一般性海洋研究機構，現擁有五艘研究船；二艘屬二千公尺及六千五百公尺級可載人潛水研究船；二艘一萬公尺及三千公尺級之衛星操縱遙測船；有一座七千公尺細長可更新之可讀性海下電纜測量儀，並預計一九九九年設置一艘科學訓練船。

該中心一九九九年預算經費為

美金二億五千萬元，全職人員二二三人，其中研究人員九二人，博士四二人，除在日本進行研究探測外，並且經常與世界各國之海洋研究機構與大學進行調查與探險合作。

該中心在一九九七年與日本國立太空發展局(National Space Development Agency of Japan)合作設立全球氣候變遷先驅研究體系，研究人員一三二人，分別在日本、夏威夷及阿拉斯加設置三個研究基地。

四、日本海洋科技中心之業務範圍

1. 深海調查

(1) 深海調查之重要性

日本海洋科技中心近年來加強利用潛水船在深海裡作海洋物理與海洋化學(如水溫)之研究調查，已關注到大西洋中央山嶺平坦海脊與太平洋海底中央山嶺急速下降海域斜坡之地形，因此，在一九九八年進行之海洋中央山嶺海脊潛式探測(MODE'98)計畫中，範圍包括大西洋與印度洋地區。

(2) 一九九八年海洋中央山嶺海脊潛式探測計畫(範圍包括大西洋中央山嶺海脊與西南印度洋海脊)

從一九九八年五月至十二月日本的探測船橫須賀號和可載人潛水研究船深海號，進行橫越日本、巴拿馬、葡萄牙里

斯本、蘇伊士運河、至印度洋西南方模里西斯島之海洋中央山嶺海脊探測，全長四三、〇〇〇海哩（約八萬公里），大西洋海域與印度洋海域均分二路行腳探測，下潛地點達五十四處。

(a) 大西洋中央山嶺海脊探測，日本與另一研究機構（WHOI）合作進行十四處下潛地點，探測大西洋外殼結構與形成，發現岩漿湧昇與地殼破碎帶發展過程。

(b) 西南印度洋海脊探測，日本與英、法、德合作，設定十四個下潛地點，印度洋有三個中央山嶺海脊系統，每一海脊又有三個不同發展方向，海脊發展十分低度，蘊藏很深的岩漿庫池。

(c) 印度洋生物調查，地球生物圈有百分之九十八蘊藏在大洋裡，水深二百至一千公尺的中層海域與一千至六千公尺底層海域占百分之九十的生物資源，經調查顯示大西洋邊緣因有湧昇流帶來很多營養鹽，因此比附近海域蘊藏更為豐富且具有生產力之初級生物資源。日本深測船收集各處重要海域有關海域垂直分布資料，如海洋物理資料（如水溫、鹽分、

溶解氧、水密度）、海洋地質與海下底質資料，這些資料可供研究、比照參照。

2. 地震研究及觀察

(1) 巴布亞新幾內亞探險結果

一九九八年七月十七日新幾內亞的 Aitape 和 Sissano 沿岸發生芮氏七·一級海上地震，並引起海嘯高達十五公尺，導致二千人死亡，南太平洋大地應用科學委員會 (SOPAC) 要求研究與調查海上地震與海嘯發生原因與過程。因此，一九九九年一月日本深海研究船 Kairei 號進行震央附近，區域性海洋地質與地質物理（尤其地心引力、地磁氣、海洋底質反應等）之調查，經海洋底質地質調查結果顯示，發現在新幾內亞附近海域，可能海下地層斷層和新近之擠離運動而引起海下地質崩塌與形成陡坡斷崖。一九九九年二月由研究船 Natsushima 號和 Dolphin3k 號証實該地海床地質和海底型態改變之事實，海下地質十分鬆軟且發生裂縫，地震活動帶在海床下，且屬活動斷層帶，半徑達八公里之廣，地球外殼發生地震致引起劇烈海嘯。

(2) 在南海之 MUROTO 海角外海進行由一個地殼層邊緣降至另一地殼層邊緣之削低過程（Subduction）的前瞻性研究。

該中心在一九九八年為瞭解大洋深層海溝地區發生大地震時，對地球外殼與岩石圈之結構性影響進行前瞻性之動態模擬研究，曾利用 Kaire 號研究船在南海之深海30公里處，利用聲納調查法，目前仍持續進行深海底層研究。

- (3)利用 Kairei 號和 Kaiko 號研究船進行夏威夷海底火山研究。

該中心於一九九八年八月及九月與夏威夷大學和美國地質調查學會合作，利用二艘研究船，對夏威夷 Oahu 島與 Molokai 島東北海下五千公尺海底火山進行探測研究，目前發現該海域為火山帶，夏威夷島上四千公尺高的 Maura La 火山是從海底五千公尺深噴發形成，Oahu 島北方海域廣布枕狀火山岩，但附著有玄武岩，這些證據，也許可以大膽假設 Oahu 島亦是海底火山噴發形成的，目前仍持續探測中。

- (4)探測新發現海底蘊藏多種金屬硫化物

該中心 Natsushima 號與 Shinkai 號探測船在一九九七年六月至一九九八年五月，於日本島下方菲律賓板塊東方之太平洋海底發現九百萬噸金屬礦產，其中金與銀蘊藏量大於其他海下底層。

3. MIRAI 號海洋研究船在北極海之探測發現

一九九八年七月至九月該中心 MIRAI 號研究船在北極海進行海洋物理、化學、生物與海洋學之基本研究，並針對冰帽會降低海水溫度，而減少海洋熱氣釋放，致增加光放射比率之問題進行研究，本研究船特別在阿拉斯加東北之 Chukchi 海與 Beaufort 海停留十一天，研究發現在北極海之低溫能增加二氧化碳之溶解，北極海海平面有能力吸收大量二氧化碳，Chukchi 海和 Beaufort 海之大氣的二氧化碳比海平面輕，並且當氣壓達一三〇毫巴，氣溫低於攝氏二·二五度時，大氣和海平面之二氧化碳分布殊異。

4. 無疆界之研究體系

該中心進行二項無疆界研究體系：

- (1)全球氣候變遷

該中心在一九九七年一月及十二月將太平洋氣候包括海洋之聖嬰現象的許多資料放入總流通模型去測試，以了解在全球氣候變遷下，太平洋海面溫度所發生之偏離現象及其地理分布，並利用許多資料以數值模型方式藉由大型電腦之操作以預測全球性氣候。

- (2)深洋生態研究

該中心在西太平洋的馬里亞納群島海溝一一、〇〇〇公尺的深海下，利用可潛水的研究船，以探測在深洋底質上，各種海底動植物群落之棲息環境，以及其微小組織內分子裡細

胞受絕對高低溫及壓力影響的
互動機制關係。

5. 科學探測挖掘船

(1) 背景

美國科學挖掘船JOIDES
號在一九九九年六月至八月在
二、一〇〇公尺日本海溝深挖
一、二〇〇公尺之地層，以調
查海溝海下活動地震帶之地質
與地理結構。日本該中心預計
擬訂二十一世紀海洋挖掘計畫
(OD21)，希望以挖掘船用明
管深入一萬公尺海底，以挖掘
海下物質成份，以了解海洋物
理化學結構，計畫目標有四：

- (a) 精準複製過去地球的環境
變遷。
- (b) 建立新而宏觀的地球地殼
形成構造理論。
- (c) 試圖了解地球板塊由一個
地殼邊緣降至另一個地殼
邊緣之削低過程 (Subduc-
tion)，整個地區之動態變
動狀況，並且期望未來人
類有能力預測未來的自然
重大災害（如地震、颱風
等）。
- (d) 經由海洋探測技術之研發
與應用，期能創造新的科
技。

(2) 該中心未來主要技術發展項目

- (a) 在外海探勘石油與天然氣
地層時，利用挖掘循環系
統之技術以管狀挖掘深洞
防止泥崩危險，俾便發展

探採油氣資源。

- (b) 擬建立新而動態的方位系
統，俾能有效固定探測地
點，減低探測定點受潮流
、波浪和風之影響而發生
位移現象。
- (c) 過去在外海探採石油時，
因選定不同之定點挖掘而
發生不經濟現象，自一九
九八年以來即積極強調建
置圓心錐與圓心筒之位置
，經由建立特殊中心點實
例調查系統，俾能有效率
選定挖掘定點。
- (d) 擬針對過去已在海上挖掘
之實例調查井，建立長期
監測網以收集地質資料，
作為了解地球內部之參據
。

五、結論

過去日本為了解海洋，每每僅
針對海洋進行實測與研究，但現在
人們發現要了解海洋乃至於要了解
地球，必需將複雜的海洋與大氣圈
、地球圈、生物圈合為一個整體地
球系統，從宏觀角度加以考量，才
能準確及有效解釋地球及地球每一
個副系統（如海洋）之形成與機轉
。

故該中心在一九九八年提出新
長期研究計畫，軟體係結合日本國
內外之科學家之力量，硬體則利用
日本科學先驅探測船與地球數值模
擬公式來進行，俾達臻下述目標：

- (1) 從過去幾年乃至數十年之時間序

列，加以歸納模擬以了解海洋與氣候變遷。

- (2)了解海洋底層動態結構以及地震發生過程。
- (3)了解海洋生態系及其環境。
- (4)了解地球整個運轉系統。
- (5)為提昇與發展新的海洋技術，需建置一些新的海洋硬體設施。該中心早期進行海洋研究時即覺知，欲進行海洋研究尤其在深海廣洞、黑暗而且大氣壓力很大，無法用聲納測知的海下作研究時，應利用先進海下科技，並且從多種科技整合方面著手始能達到目的。因此，該中心認為生存於地球村的各個國家應該了解海洋是

大家共有的，海洋是無國界的，大家應該本著命運共同體的胸懷共同合作經營海洋，日本願意從全球利益之觀點貢獻自己的成就給國際社會。

該中心從一九九八至一九九九年所屬海洋探測研究船，研究範圍從歐非洲的大西洋中央山嶺海脊到南印度洋海脊、東太平洋日本海溝、夏威夷群島海上乃至南美洲之加勒比海，利用精密儀器與一些國家相互合作，得到許多海洋研究成果，日本誠意貢獻這些成果以及所研發之科技設備成就，與地球村的國際社會共享。

亞洲地區主要港埠之行銷網頁介紹(Ⅱ)

單誠基 港灣技術研究中心副研究員

一、香港

貨櫃裝卸量(14,600,000 teu, 1998)世界上屬一屬二的自由港。有關港口部份的英文網頁是 <http://www.info.gov.hk/mardep/home.htm/>。這是香港特別行政區政府以資訊中心為主幹，連接到海事處的網頁。既是官方網頁，負責公權力行使。主要業務包括船舶交通(VTS)、領航服務、海道測量、危險貨物、海上搜索及救援、颱風時船舶進港繫泊浮筒及一般航政工作。

香港政府沒有港務局。港口規劃部份是非法人，非官方的香港港口及航政局(PMB)為推動單位。如圖1。該單位原為香港港口開發局(PDB)，1998年6月1日更名。主要成員為政府官員及民間航運界重量級人物。官員有經濟局局長、規劃環境地政局局長、海事處處長、規劃署署長、PMB秘書長兼香港政府經濟局副局長，可直接向行政長官報告。

海事處網頁連接到WSA LINES公司的SCHEDNET資料庫查詢系統，可查詢全球船期，貨櫃追蹤，功能強大。如圖2。又連到香港政

府天文台，獲得有關氣象，海象資料。

值得一提，該網頁是七位高階官員在處長領導下完成的，沒有華麗外表，樸素實用。

由於香港港口貨櫃碼頭完全私人擁有、經營。二個主要碼頭公司分別為MTL(現代貨箱碼頭公司)HIT(國際貨箱碼頭公司)。詳述如后：

(一)現代碼頭公司

網址<http://www.mtl.com.hk/>，在葵涌地區(KWAI CHUNG)擁有1,2,5,8(西)號碼頭。1972年成立至今正準備迎接第三千萬個貨櫃到來。如圖。

(二)國際碼頭公司

網址<http://www.hph.com.hk/hit/>，是和記黃埔集團一個事業。在葵涌地區擁有4,6,7,8(東)號碼頭，1996年取得9號碼頭(二座船席)開發營運權。注意，該網頁只能使用IE 4.0以上才能下載或列印。如圖4，圖5。

二、中國大陸

中國大陸港務局，目前沒有網站和網頁。常見的參考資料是香港政府海事處網頁下，過去香港港口開發局整理製作的中國港口 1996 年。共列內有三十一個港口。資料內容新舊雜陳。最體貼的地方是英文地名有繁體字中文對照。如圖 6。

透過數種搜索引擎(search enging)，找到有關港口的網頁如深圳地區鹽田港股份公司和上海地區中遠（太倉）碼頭公司，分別敘述如下：

(一)鹽田港公司

網址 <http://www.yantian-port.com/index.htm/>，該公司是股票上市公司，為深圳港口集團旗下公司。這個網頁是投資人包括香港 PMB，新加坡PSA，鹿特丹港，長堤港，紐約／紐澤西港等，製作宣傳資料向全世界航運界介紹這新營運的港口，主要目的是招商。這是典型行銷網頁。如圖 7。

(二)中遠（太倉）碼頭公司

網址 <http://www.cttnet.com/>，經營碼頭為 COSCO 與江蘇省共同開發新市鎮之主要設施。位於長江下游，崇明島對岸，長 270 公尺，岸壁前水深 12 公尺，可裝卸貨櫃。中英文混合網頁。也是招商用。如圖 8。

五、台灣國際商港（官方網站）

(一)高雄港

網址 <http://www.knb.gov.tw/>。
英文網頁內容為Introduction(介紹)，Port facilities(港埠設施)，ships movement(船舶動態)。有多篇沒有重新排版屬於政策性或規畫內容，比較枯燥。特點是統計資料既新又詳細。船舶預報進出港資訊運作良好。如圖 9。

(二)台中港

網址 <http://www.tchb.gov.tw/>。
英文網頁好像建構中，因為有些內容還是中文的。特點是統計資料非常詳細。即時船舶靠泊資訊運作良好。如圖 10。

(三)基隆港

網址 <http://www.klhb.gov.tw/>，新版內容令人耳目一新。港區地圖清晰，英文標示明確。Information Business（資訊事業）和 Port tariff(港埠費率表)是特色。如圖 11。

(四)花蓮港

網址 <http://www.hlhb.gov.tw/>，首頁設計美觀大方。新版內容編排令人印象深刻，港區圖英文註解清楚明確。尤其是tourist paradise（旅遊者天堂）與地方資源結合，頗具特色。另外與中央氣象局連線，有即時花蓮 0.5 度回波圖更是四港首創。如圖 12。



圖 1 香港港口及航運局



圖 2 WSA LINES 公司的 SCHEDNET



圖 3 香港現代貨櫃碼頭公司



圖 4 香港國際貨櫃碼頭公司(1)

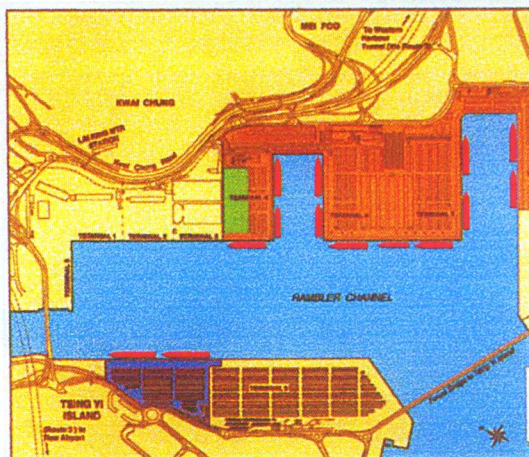


圖 5 香港國際貨櫃碼頭公司(2)

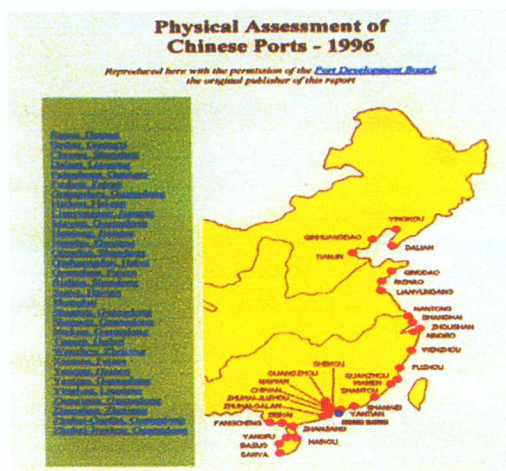


圖 6 中國港口—1996



圖 7 鹽田港股份有限公司



圖 8 中遠(太倉)碼頭公司

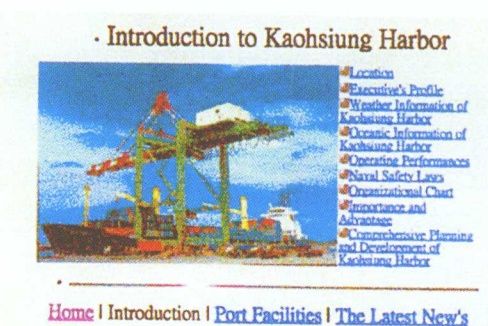


圖 9 高雄港務局



圖 10 台中港務局

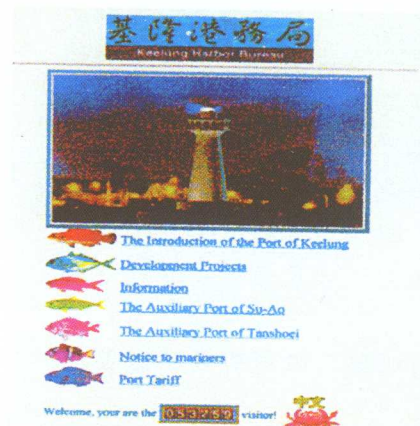


圖 11 基隆港務局

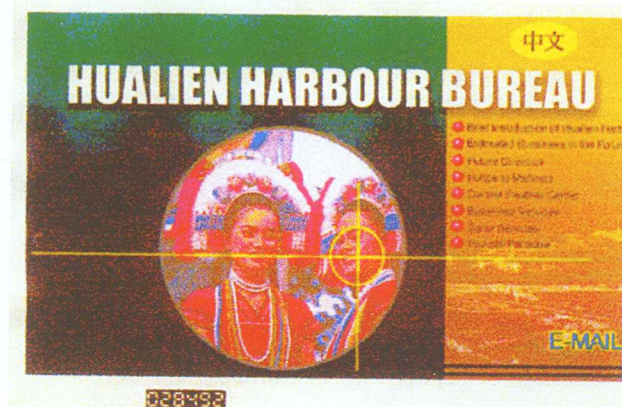


圖 12 花蓮港務局

港池共振機制探討

陳冠宇 港灣技術研究中心助理研究員

前言

本文內容是筆者數年前參與港研所花蓮港港池共振初期研究之心得。該計劃雖然最後提出一套改善方案，但因為種種原因尚未付諸實施。而花蓮港的港池振盪研究迄今仍為國內海洋界矚目的問題。希望本文能為此研究略盡個人一己之力。

一、共振系統概述

當一系統受到週期性的外力作用時，在某些頻率下，外力對系統的振動會產生加強作用，使能量在系統裏一直累積。此時系統的振動比單純受外力時要大得多，這種大幅振盪的情形就叫做共振(resonance)。如果系統本身沒有耗散能量的阻尼(damping)，能量就會不斷的累積，使最終的振幅達到無窮大。然而阻尼在實際的物理世界是存在的，而且隨著系統振幅的增加而增加。因此，當共振發生時，系統振幅會增加到使阻尼耗散的能量與進入系統的能量相等，此時的振幅即為共振的振幅，頻率即為共振頻率。在一線性系統，共振的振幅與外

力大小成正比。

附帶一提的是，實際共振頻率比無阻尼時的共振頻率要低。以一質點振動系統

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\zeta\omega_n\frac{dx}{dt} + \omega_n^2x = F$$

為例，其中 x 是振幅， F 是週期性的外力項， ω_n 是無阻尼時的共振頻率， ζ 為阻尼比(damping ratio)，則實際的共振頻率 ω_r 必較 ω_n 為小：

$$\omega_r = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} < \omega_n$$

對於完全與港池對應的等效振動系統及其在港池共振的應用，可參見 Miles & Munk⁽¹⁾。

二、將港池視為共振系統

對港池系統而言，港內各點的振幅即是系統的振幅；不斷入射的波浪則可視為週期性的外力。水流分離、摩擦損失等都可能造成系統耗散；但是一般而言，由港口向外傳的波，即幅射阻尼(radiation damping)，才是最重要的耗散因素。

如前所述，阻尼引致的能量耗

散與系統本身的振幅呈正比例的關係。假設不同頻率的波浪以同樣振幅入射港內，因振幅相同，則使得進入系統的能量都相同。基於系統的能量平衡，幅射的能量也會相同，但港內的振幅卻會隨頻率的改變而有所改變。為什麼共振時，較大的港內波高幅射的能量與非共振時的較小波高一樣？換句話說，港池為什麼會共振？在什麼樣的條件下共振？要回答這個問題，必須要對港池內的波浪反射機制作一探討。

三、波浪的反射機制探討

波浪引起的水體運動即港池振動系統的振幅，而波浪的傳遞也代表外力作用的傳遞。若要使外力對某一部份的水體產生反覆加強的作用而產生共振，外力就必須重覆傳遞到這塊水體上。也就是說，波浪必須在幾個反射面間重覆地反射。這其中，兩個反射面間的反射是最簡單的情形。利用這個簡單的模型，即可進行港池振盪的探討（參見Ippen書中所述Le Mehaunte的研究）⁽³⁾。以下即分別探討兩個反射面間的共振機制。

3.1 兩個封閉反射面間的共振

如圖1所示，左右兩個反射面反射係數都是1。由左往右傳的波（波(1)）在右反射面與左反射面兩次反射後的反射波為波(3)。如果波(3)與波(1)同相(in phase)，就會對波(1)產生反覆加強，共振現象於是發生。此時共振的條件為

$$\ell = \frac{N}{2}L,$$

其中 ℓ 是兩反射面的距離， N 是正整數， L 是波長。亦即兩個封閉邊界都是環點(antinode)。

3.2 一個封閉反射面與一個開放反射面間的共振

如圖2所示為一開放反射面的示意圖。波浪由寬 b_1 ，深 h_1 的渠道(1)傳向寬 b_2 ，深 h_2 的渠道(2)。波浪在渠道的交界處會有反射波與透過波發生，反射與穿透係數分別為〔參見Dean & Dalrymple〕⁽²⁾。

$$R = \frac{1 - b_2 c_2 / b_1 c_1}{1 + b_2 c_2 / b_1 c_1}$$

$$T = \frac{2}{1 + b_2 c_2 / b_1 c_1}$$

其中 $c_i = \sqrt{gh_i}$ 為長波的波速。如果渠道(2)較渠道(1)寬且深，如(2)是外海而(1)是港池的情形，該交界面即為一開放邊界。此時

$$b_2 c_2 \gg b_1 c_1$$

所以

$$R \rightarrow -1$$

$$T \rightarrow 0$$

即為開放邊界的反射與穿透係數。考慮波浪由開放邊界傳入港池，如圖3的波(1)。波(1)在封閉邊界反射產生波(3)，波(3)再於開放邊界反射產生波(4)，如果開放邊界恰為一節點(node)，而港池長度

$$\ell = \left[\frac{N}{2} + \frac{1}{4} \right] L$$

則波(4)恰與波(1)同相。因此共振發生時開放邊界是節點，而封閉邊界則是環點antinode。進一步考察波(3)在開放邊界的穿透波，可以發現它恰與波(1)在開放邊界的反射波（波(2)）反相（out of phase）。因此由此開放邊界幅射損失的能量較小，能量於是截留在港內。這說明了，當共振發生時港內波浪必須較無共振時為高，才會耗散同樣的入射能量。

以上反射係數的推導並未考慮到封閉邊界的反射，因此也就沒有考慮到輻射阻尼對節點位置的影響。假設節點位置在開放邊界的外部處，由單一質點振動系統的結果

$$\frac{\omega_r - \omega_n}{\omega_n} < 0$$

故知

$$\frac{\Delta \ell}{\ell} = \frac{\omega_r - \omega_n}{\omega_n} > 0$$

因此節點位置必在港口外（但接近港口）。

四、花蓮港港池共振機制探討

一個港池可能在兩個以上的頻率下產生共振，每個頻率的共振都有不同的振態（mode）。這些可能的振態可以歸類為少數幾種機制。對長波而言，花蓮港主要的振態

是沿著港池縱方向的反射。這是因為

- (一)對長波而言，港池形狀的變化對其傳播的影響有限，因此長波可以很容易的傳到內港池並反射產生共振。
- (二)花蓮港的港池屬於狹長形，寬度不足以讓長波形成共振，尤其內港池寬度更小。
- (三)由於內港池的形狀只容許縱方向的共振，因此外港池受到內港池的影響，其主要振態也以縱方向為主。

根據這樣的推論，可以將花蓮港共振的機制分為以下三種：

4.1 一個封閉反射面與一個開放反射面間的共振機制

此開放反射面即港口；封閉反射面則位於內港，可能是七號碼頭、十二號碼頭、或是漁港北端。共振的能量由港口入射的波浪供給，並經由港口的幅射與消波岸壁等予以耗散。此振態與規則的矩形港池類似，可參見圖四、圖五。

4.2 兩個封閉反射面間的共振機制

此時一個封閉反射面仍位於內港，即七號碼頭、十二號碼頭或漁港北端。由此反射的波除了部分仍傳到港口輻射外，部分的波能則傳向二十三號碼頭附近，於是二十三號碼頭成為另一個封閉反射面。參見圖六、圖七。

4.3 其它共振機制

花蓮港由於港池形狀的不規則，除了以上兩種機制外，仍有其它的共振機制產生。這些機制在週期較短的波動下甚至是主要的機制。對於長週期的共振，這些機制則是使縱方向的共振機制略呈不規則的原因。規則港池發生的共振週期在不規則的港池未必會發生，兩者的差異也可能受到這些次要振態的影響。

五、港池共振的改善方案探討

對一個港池的共振機制進行詳細的探討後，自當針對現有情形提出改善方案。改善方案的方向有三，即針對已存在的共振機制設法消波以減少其振幅，或是改變港池形狀以破壞其共振，或者改變入射波浪的週期。以下即就這三個方向進行探討：

5.1 針對已存在的共振機制設法消波

港內的消波式堤岸與氣泡式防波堤可以增加波動能量耗散。港外適當配置的防波堤、潛堤則可以減少系統的外力。這些方法都可以減少港內共振的振幅。

然而一般而言，港內的長波消波效果十分有限。至於港外的遮蔽設施，必須考慮到操船與港外波浪的行進途徑，經過週詳的計劃後，選擇合適的地點設置。

5.2 改變港池形狀

一個港池的形狀可能具有某些

共振週期。如果外力的週期範圍包含部分的港池共振週期，共振就會發生。因此可以開闢另外的港口或以硬體（突堤或閘門）分隔港區來改變港池的共振週期。然而，改變港形後的港池也有本身的共振週期。所以改變港池必須要仔細探討新港形的共振週期與入射波浪週期的關係。此外，這些硬體設施可能嚴重影響港內的操船。

花蓮港之主要振態是南北方向（縱向），因此若欲藉舊東堤的整建一併解決共振問題恐怕收效不大。如第四節所言，縱方向振態又可細分為北方三個反射面與南方兩個反射面間的排列組合，可能的共振頻率包含極廣。若再考慮潮水升降與其他可能的誤差，要避開共振週期並不如想像般容易。再加上更動港形動輒需要大筆經費，這些因素在在都需要嚴肅以對，不容太過樂觀。

最近香港大學章梓雄講座教授在本中心提出以深度變化（如潛堤等）來改變振態的概念。此為本中心同仁未曾思考過的新方向，值得學者進一步探討。一般而言，港灣的設計考慮的是如何“避開”共振週期。但藉由深度變化，或許可以嘗試“產生”相同共振週期下的新振態。如果新振態能與原有振態相抵消，港池共振問題自然能迎刃而解。

5.3 改變入射波浪的頻率

入射波浪頻率除了跟生成波浪

的氣象條件有關外，也與近海地區的地形有關。一般而言改變外海的地形可能性極小，但是由於長週期的波動可能與沿海岸線的邊緣波（edge wave）有關，因此仍有可能藉突堤或離岸堤改變其振幅或頻率，唯須注意改變後的頻率是否仍有可能引起共振。

結語

港池的大小相對而言並不大，因此非線性的累積效應並不顯著。本文所探討的各種振態應能大致描述實際發生之情況。

本文有關花蓮港之探討以縱方向的振態為主。根據港研所於民國八十六年進行的試驗研究顯示，在最寬處，即東防波堤與二十二號碼頭之間，確有可能存在橫方向之振態。惟此振態之影響範圍不若縱方向振盪般包含整個港池，因此重要

性略遜一籌。

然而，此一橫方向振態在之前的數值模擬中並不明顯。其原因乃是為了節省計算空間，未將港外複雜的地形一起考慮所致。因此吾人在進行數值計算時，仍須輔以實驗與觀測，方能臻於完善。

References

- (1) J. Miles and W. Munk. Harbor paradox. ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 87(3):111-130, 1961.
- (2) R.G. Dean and R.A. Dalrymple. Water Wave Mechanics for Engineers. Prentice-Hall, New York, 1984.
- (3) T. Ippen. Estuary and Coastline Hydrodynamics. McGraw-Hill, New York, 1977.

Two Closed Boundaries (e.g. a Closed Basin)

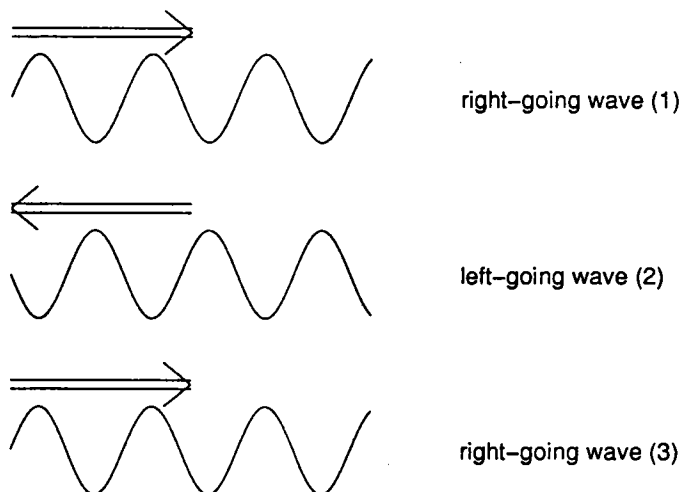


圖 1 兩個封閉邊界之重覆加強

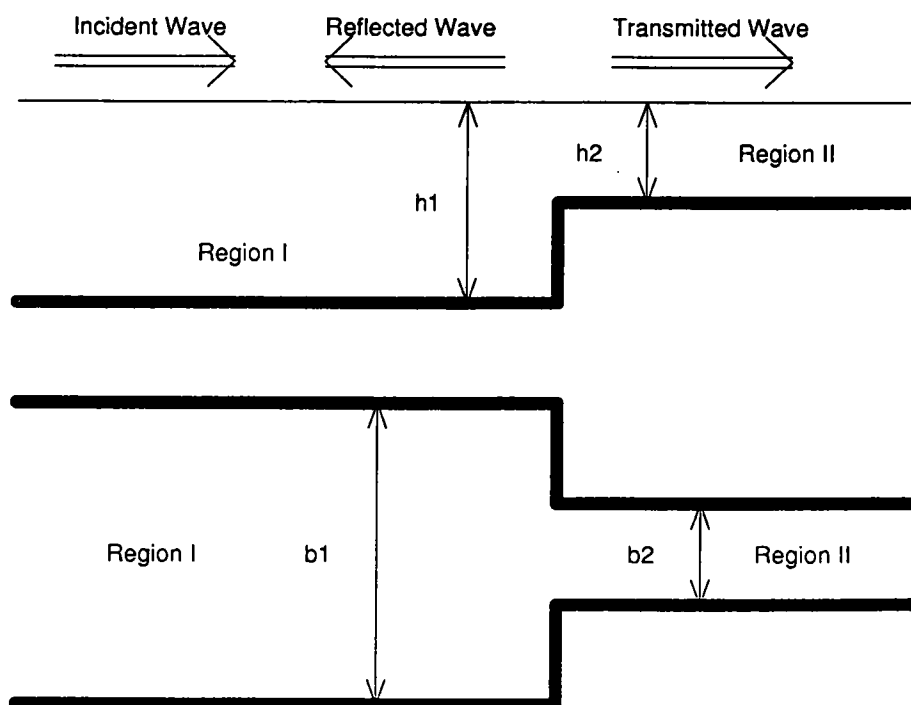


圖 2 渠道斷面急劇變化處之波浪入射、反射及透過示意圖

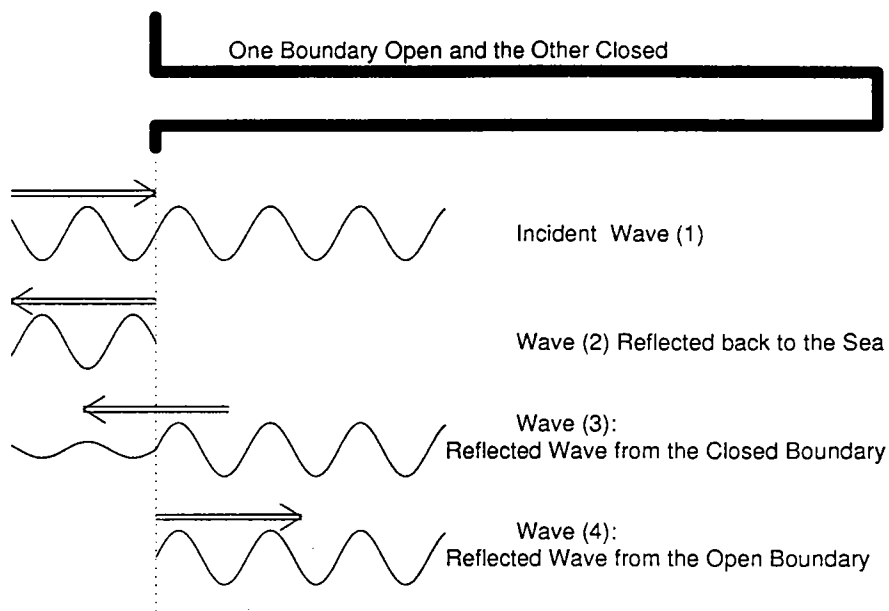


圖 3 一封閉邊界與一開放邊界之重覆加強

11660 || HWA-LIEN HARBOR

HAW-LIEN Harbor(4000 m*200.0m) B

Amplitude(a): $\alpha = 90^\circ$ T=166.00sec $V/L=0.505$ $R_1=1.00$ $R_2=1.00$

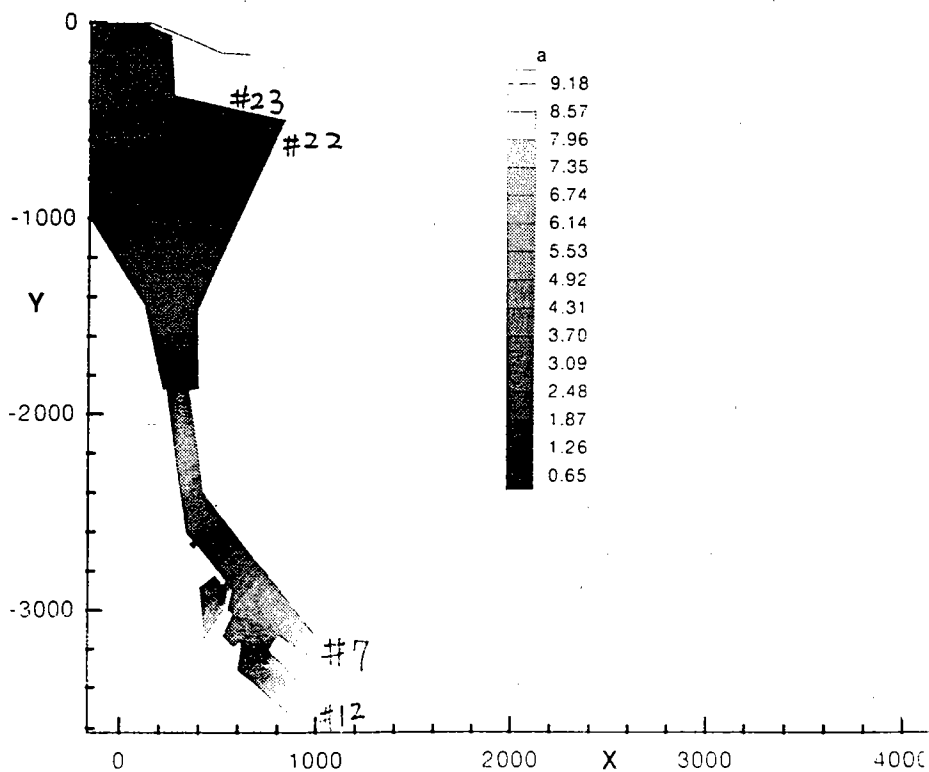


圖 4 週期 166 秒時，花蓮港之波高分佈圖

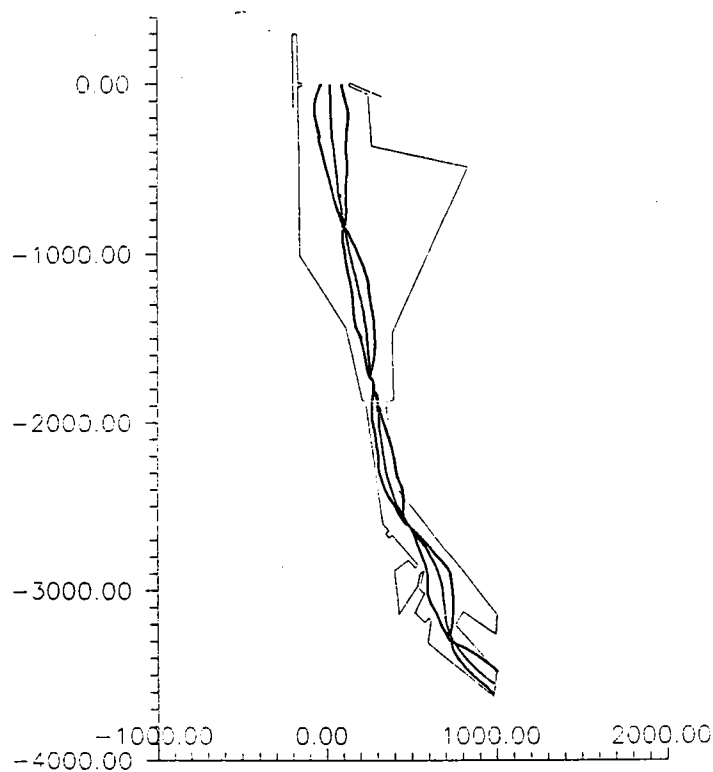


圖 5 對應於圖 4 之花蓮港振態示意圖

int || f10865 || HWA-LIEN HARBOR

HAW-LIEN Harbor(4000 m*200.0m) B

Amplitude(a): $\alpha = 90^\circ$ $V_L = 0.505$ $R_1 = 1.00$ $R_2 = 1.00$

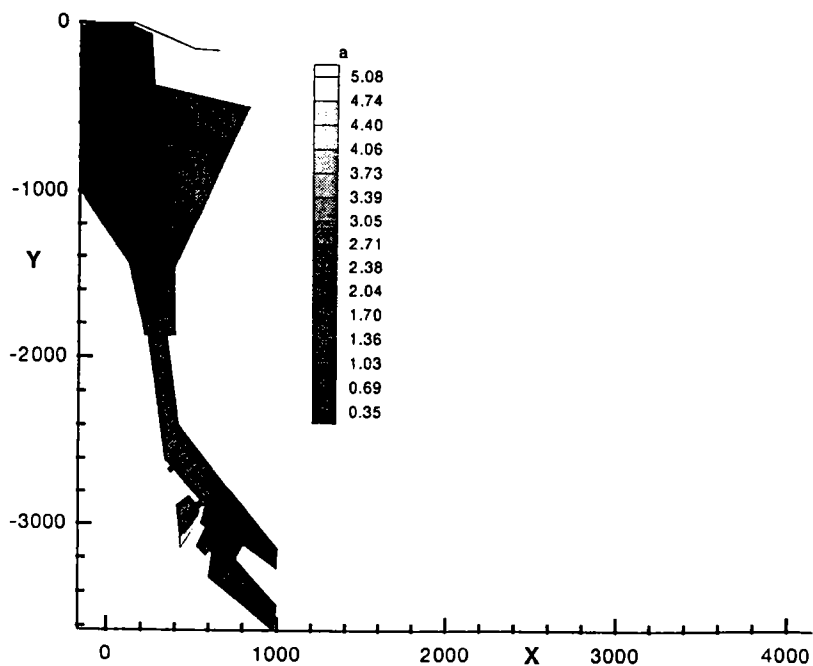


圖 6 週期 86.5 秒時，花蓮港之波高分佈圖

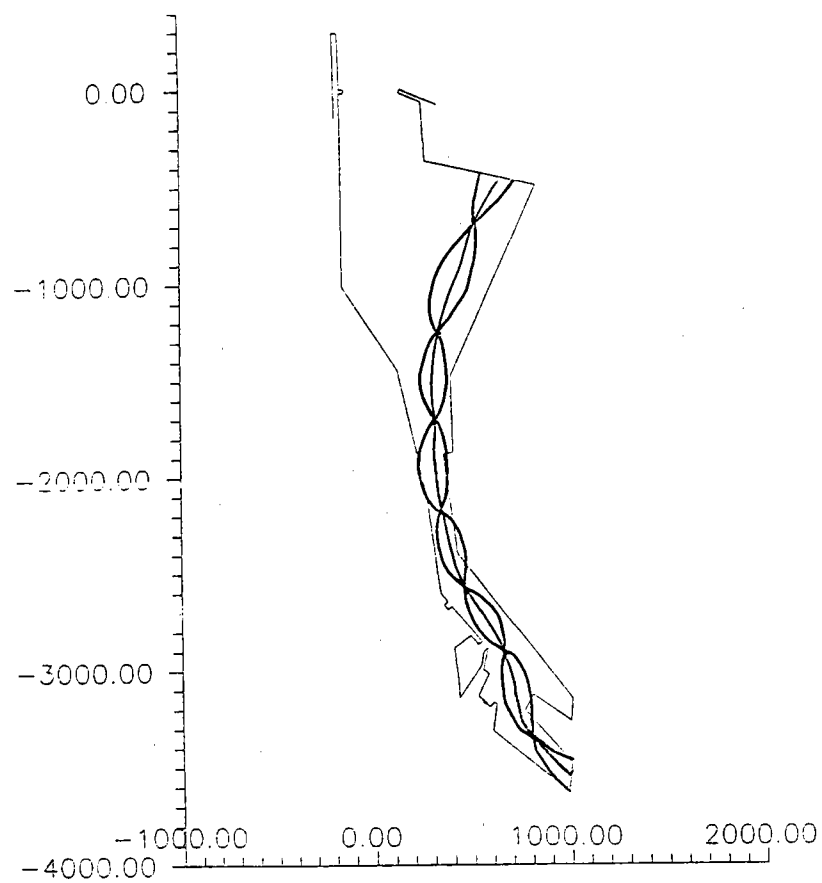


圖 7 對應於圖 6 之花蓮港振態示意圖

孤立波近岸地區溯上之研究

王順賢 國立台灣海洋大學海洋科學研究所碩士生

張國棟 國立高雄海洋技術學院海洋環境工程科副教授

許明光 國立台灣海洋大學海洋科學系副教授

摘要

為研究孤立波的溯上變化，本研究引用 Cho(1995) 所提出之模式，Cho 之模式以非線性波浪理論配合有限差分 Leap-frog scheme，建立一孤立波在近岸地區溢淹數值模式 (Inundation model)，來模擬孤立波在近岸地區溯上的變化情形，並以特殊的移動邊界技術來處理岸線處的溯上溯下動態變化。

本研究於孤立波進入海岸時不考慮碎波的情況下，首先比較孤立波正向入射於不同坡度下在陸域產生的最大溯上高度，並探討孤立波由外海逐漸向海岸推進時，因淺化作用所導致的波形變化過程，進而再嘗試瞭解孤立波在斜向入射近岸地區時，在沿岸方向的溯上變化並以 3D 圖形來觀察波動場在整個區域的特性不同坡度下之變化情形。孤立波為斜向入射時，在 45 度斜向入射條件下，可以注意到隨著坡度愈平緩，緣波 (edge wave) 之成份波數目愈多，而當以不同入射角

度，斜向入射坡度一比一之地形，可以發現在相同沿岸方向距離處，入射角度越小，緣波之成份波數目越多。

一、前言

由於孤立波的外觀特性能適當的模擬海嘯在近岸地區的變化 (Synolakis, 1987)，因此孤立波沿著均勻坡面溯上 (run up) 的模擬，經常被運用在海嘯 (tsunami) 方面的研究。當海嘯越過海岸線後，會對陸地與海岸結構物造成很大的傷害。台灣為海島型國家，且位於環太平洋地震帶，地震頻繁，相較之下，更易於發生海嘯，但卻未受到重視，原因可能是近數十年來台灣地區並無重大的海嘯災害發生。由文獻可知，本世紀內台灣附近發生海嘯的次數高達十八次以上 (許明光與李起彤, 1996)，但這些海嘯造成的波高變化並不太大，因此沒有造成引人注意的災害。其中較明顯的是 1960 年智利海嘯在基隆的波高是 0.66 公尺，花蓮是 0.3 公

尺，1986年在台灣東部發生的海嘯，花蓮港的海嘯波高記錄為2公尺（許明光與李起彤，1996），這些海嘯雖曾造成一些人命及財產的損失，但並不足以引起廣泛的重視。

早期學者研究孤立波多在探討等水深的情況，隨著海岸工程的發展與需要，孤立波受各種海底地形影響的研究亦成為探討的重點。

Kim 等人(1983)以 Boundary Integral Equation Method (BIEM) 模擬孤立波在等水深的條件下產生、傳遞以及溯上變化。Synolakis (1987) 採用線性波浪理論推導出孤立波的溯上表示式。Synolakis (1991) 再以孤立波模擬海嘯在陡坡上溯上。Cho (1995) 提出了一個較合理的孤立波模擬技巧，在近岸地區的孤立波溢淹情況，依據非線性波理論，並使用移動邊界處理，使得孤立波在近岸地區的模擬狀況較為合於實際的情形。本研究以 Cho (1995) 之模式模擬孤立波在近岸地區溯上的變化情形，並以 3D 圖形表現之。期望能正確描述孤立波由外海傳遞至近岸時，在不同的坡度與不同入射角度下波浪演變之情況。

二、數值模擬結果分析

2.1 孤立波正向入射不同坡度之波形變化

本研究以 Cho 之模式模擬孤立波正向入射不同坡度海岸之溯上剖面變化，假設孤立波自外海等水深處正向入射後，沿著一均勻坡面移

動，當孤立波受到海底地形影響產生變化時，觀察孤立波在不同坡度坡面上之溯上行爲，所選擇坡度包括 1/20，1/50 及 1/100。計算條件為波高 1 公尺孤立波先在一等水深（50 公尺）區域進行一個波長以上距離，使其穩定後即進入均勻坡面，如此可得知孤立波在受到地形淺化變形，以及在到達岸線後的溯上變化情形。孤立波在 1/20 坡面上的波形變化示於圖 1，波形變化敘述如下：在時間等於 66 秒時，孤立波接觸到淺水區域後，波長變短、波高變高，此為淺化之情形，且孤立波開始產生溯上運動，在 72 秒時達到最大溯上高度，其後波浪開始溯下，當到達 76 秒時，靠近岸線處之波形已在靜水位以下，由圖中結果可明顯的觀察孤立波在進入一陡坡後，波形迅速變化，其非線性項效果明顯增大，在抵達岸線後，其溯上與溯下的變化過程也極為清晰。

孤立波在 1/50 和 1/100 坡面上的波形變化分別示於圖 2 及圖 3 孤立波在沿岸斜坡地形上的溯上及溯下運動由圖中結果可清晰的顯現出來。圖 1 至 3 中的波形均保持著良好的形狀，表示此模式所選擇的計算條件相當良好，比較圖 1 至 3 可發現，當孤立波在較緩的坡面行進至岸邊時，孤立波波形變化比在較陡的坡面變化還要劇烈，且孤立波在開始溯上前之波高也較高，顯示在較緩坡度下淺化作用對孤立波有較大之影響，同時淺化作用也使得波形的尖銳度較高，非線性效應較為明顯

，另外，由圖中結果也可觀察出在緩坡時孤立波之溯上高度一般較陡坡為高，其他學者，如楊春生(1983)、Synolakis (1987, 1991)所提出之研究結果亦有相同的趨勢。

2.2 斜向入射之3D圖形

二維圖形較不易表現波浪在近岸地區的整體變化，故將孤立波斜向入射均勻坡面後，在沿岸方向之水位變動以3D圖形顯示之。Cho之模式之模擬條件為以入射波高1公尺，45度斜向入射坡度比1比1條件下，在水深為20公尺水域進行，計算之時間間格取0.01秒，網格間距取0.5公尺之情況下，觀察孤立波斜向入射在不同坡度下，模擬近岸處水位變動之情形，由圖4-(a)至(f)模擬近岸處水位變動過程中，顯示當孤立波接觸到岸線後，會沿著岸線繼續前進，在岸線亦會產生溯上與溯下現象，分析圖4-(a)至(f)孤立波波形變化如下：圖4-(a)孤立波接觸到岸線前之波形，圖4-(b)孤立波接觸到岸線後開始產生溯上現象，圖4-(c)當波浪溯上到最大高度後，波浪開始發生溯下之變化，圖4-(d)至(e)為溯下後的波浪沿著岸線往沿岸方向前進之過程，圖4-(f)為孤立波經歷圖4-(a)至(e)變化過程後，孤立波在近岸處水位變化情形，在圖4-(f)中顯示溯下後的波浪與入射波之行進方向保持平行狀態。從圖4-(a)至(f)可以發現斜向入射孤立波之溯上高度隨著時間增加而逐漸降低且溯下後的波浪行進方向最

後會與入射波保持平行。

2.3 斜向入射不同坡度之海岸地形

孤立波斜向入射海岸地區時，在沿岸方向因為地形折射的效果，使得部分能量被捕捉(trapped)在近岸地區，而產生與海岸線平行方向進行的緣波(edge wave)(Chang, 1995)，而緣波的重要性在於緣波會在海岸線上形成最大的溯上高度(Cho, 1995)，Cho之模式之模擬條件皆與前一節相同情況下，觀察孤立波斜向入射在不同坡度下(坡度1比1、1比3、1比5)隨時間之變化，圖5即為由Cho之模式計算孤立波斜向45度入射在沿岸方向的水位歷時剖面(海岸坡度1比1，離岸1.5公尺)在沿岸方向距離處(從孤立波波峰到達岸線後往下游算起50m、200m、350m、500m)的變化，由圖5-(a)至5-(d)中可以發現孤立波斜向入射至岸線後，受到地形折射等的影響會產生一緣波群(edge-wave packet)且當緣波群越往下游其波群範圍越為寬廣，同時波高也隨著迅速減小，圖6、7分別為在同樣波浪入射條件下坡度為1比3、1比5之圖形，比較圖5、6、7緣波在不同坡度下之變化情形，可以注意到隨著坡度愈平緩，成分波數目愈多，此項變化與Ursell(1952)所提出之緣波理論相符，Ursell之理論為緣波之成分波數目與斜坡坡度成反比，故坡度愈平緩，緣波之成分波數目就越多，同時在整個水位變化過程中，隨著緣波群範圍越來

越廣，而波形變動也愈複雜。孤立波45度斜向入射海岸地區時，在靜水位線上之水位上下變動也越趨於平緩之情形，在不同坡度之模擬結果皆相同。

2.4 不同角度入射

為瞭解孤立波以不同入射角度斜向入射海岸地區時，在沿岸方向的波形變化，在圖5中孤立波斜向入射1比1坡度條件下，分別以不同入射角度模擬孤立波斜向入射，圖8與圖9即為由Cho之模式計算之孤立波斜向25度與8度入射在沿岸方向的水位歷時剖面，從圖5、8、9波群在不同入射角度下之變化情形，可以發現在相同沿岸方向距離處，入射角度越小，波群中之組成波數目越多，且波形變化也愈複雜，推究其原因為：

當孤立波以較小入射角度斜向入射海岸地區時，在岸線上相同沿岸方向距離處，地形變化較大，故抵達岸線前較容易產生頻散（frequency dispersion）現象，使得波群中之組成波數目較多，波形變化也較複雜，反之，當孤立波以較大入射角度斜向入射海岸地區時，波群中之組成波數目也較少，波形變化也較簡單。

三、結論與建議

依據Cho之模式推算的結果，得到下列之結論：

1. 孤立波正向入射斜坡及不碎波之情形下，根據Cho之模式計算所

得之溯上高度，與前人研究結果相近，證明Cho之模式在模擬孤立波溯上之可靠性。

2. 孤立波正向入射斜坡及不碎波之情形下，在緩坡面其溯上高度較陡坡面為大，且入射波高愈大，溯上高度愈高。
3. Cho之模式模擬孤立波以45度斜向入射海岸時，在整個波場變化過程中，可發現有波群的產生，同時波群在向下游移動時，其離散效應使得波群範圍愈來愈寬廣，而能量也迅速分散，且隨著坡度愈平緩，波群中之組成波數目愈多。
4. 當孤立波以較小入射角度（如8度）斜向入射海岸地區時，在岸線上相同沿岸方向距離處，海底地形變化較大，故抵達岸線前較容易產生頻散現象，使得波群中之組成波數目較多，波形變化也較複雜。
5. 根據本研究之結果，Cho之模式在模擬孤立波正向與斜向入射不同坡度的海岸地區，均能成功的描述出孤立波到達近岸地區的變化，以及在岸線附近的溯上溯下過程，故Cho之模式有實際應用之價值。
6. 由本文研究之經驗，尚發現若干值得再繼續發展的工作：
 - (1) Cho之模式模擬孤立波溯上之斜坡地形，皆為一坡面坡度固定地形，可進一步嘗試模擬孤立波溯上在坡面非均勻坡度之斜坡地形，使得更接近真實情

況，如台灣東部之海岸地形便是如此。

- (2) Cho之模式之理論部分並不考慮波浪碎波現象，若能在程式中考慮碎波及碎波後之水位變化，當能得到更接近實際狀況的結果，也更有應用價值。

謝誌

感謝行政院國家科學委員會予以資助（計畫編號NSC 86-2611-E-019-025），使得本研究能順利進行。

參考文獻

- Chang, K. T., 1995. "Evolution of Landslide-Generated Edge-Wave Packet," Ph.D. Dissertation, University of Washington, Seattle, pp. 177.
- Cho, Y.S., 1995. "Numerical Simulation on Tsunami Propagation and Run-up," Ph.D. Dissertation, University of Cornell, Ithaca, pp. 264.
- Kim, S. K., Liu, P. L.-F. and Liggett, J. A., 1983. "Boundary integral equation solutions for solitary wave generation, propagation and run-up," Coastal Eng., 7, pp.299-317.
- Synolakis, C.E., 1987. "The runup of solitary waves, " J. of Fluid Mech., 185, pp. 523-545.
- Synolakis, C. E., 1991. "Tsunami runup on steep slopes: How good linear theory really is," Natural Hazards., 4, pp. 221 - 234.
- Ursell, F., 1952. "Edge waves on a sloping beach, " Proc. R. Soc. Lond. A 214, pp. 79-97.
- 許明光、李起彤，1996。“台灣及其鄰近地區之海嘯”，台灣海洋學刊，第35期第1號，pp. 1-16。
- 楊春生、湯麟武、邵建林，1983。“台灣東北海岸地震海嘯數值推算之研究”，行政院國家科學委員會防災科技研究報告72-23號，pp.57。

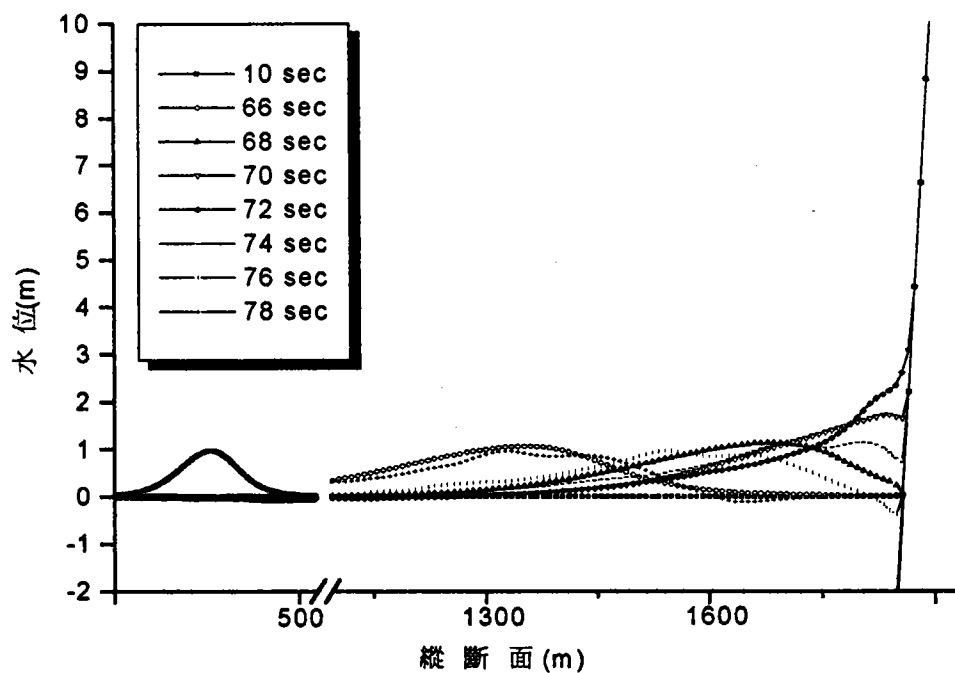


圖 1 孤立波在 1/20 坡面上的波形變化

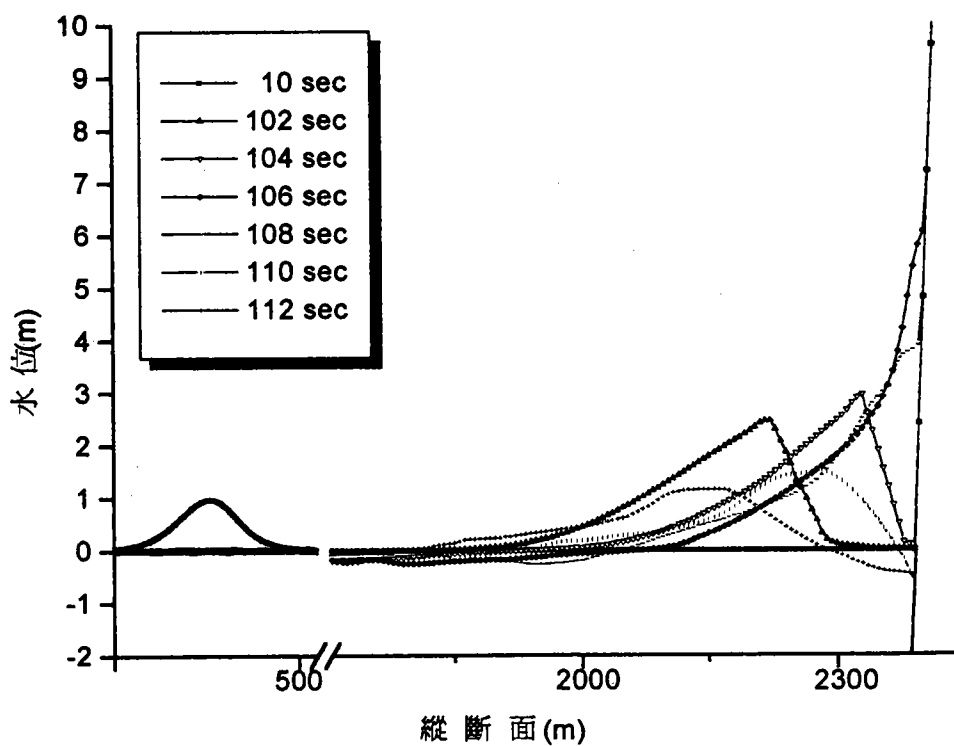


圖 2 孤立波在 1/50 坡面上的波形變化

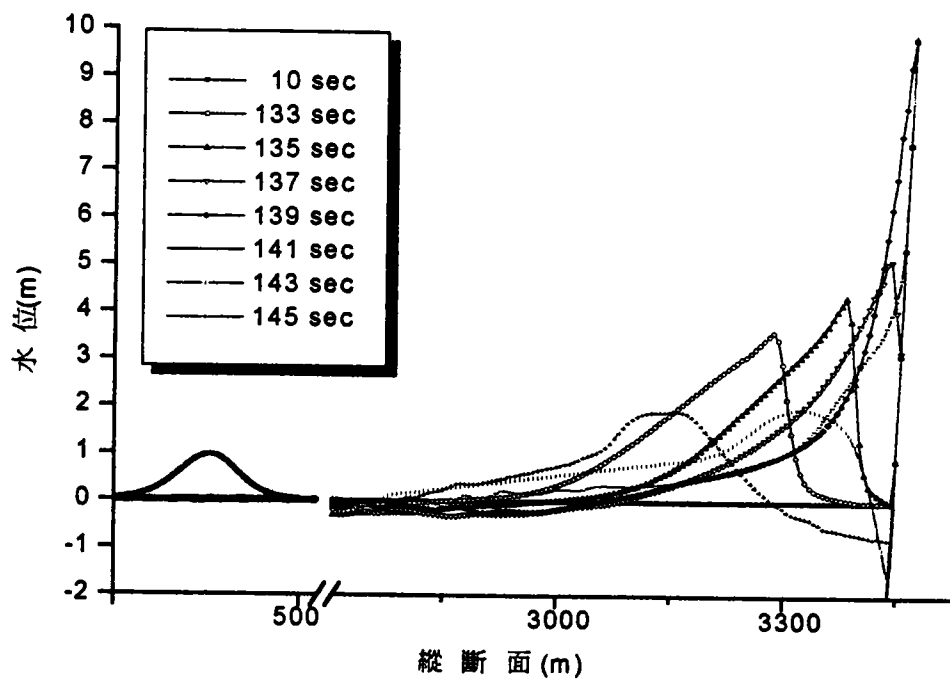


圖 3 孤立波在 1/100 坡面上的波形變化

(a)time=4sec

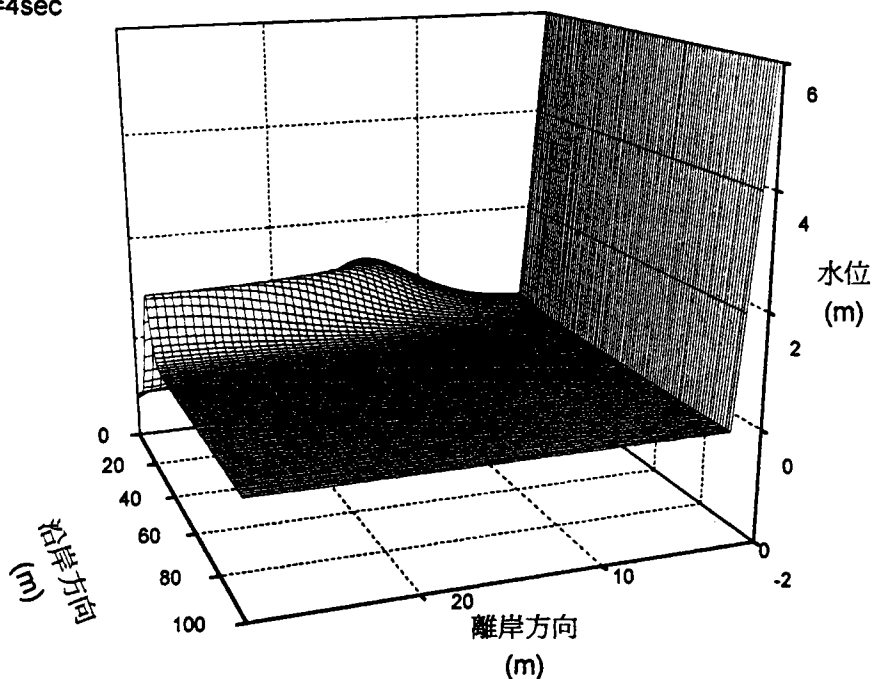


圖4-(a)近岸處水位變化之三維立體圖

(孤立波斜向45度入射坡度1比1之地形，區域範圍 $0 \leq x \leq 100$ ， $0 \leq y \leq 30$ ，時間=4sec)

(b)time=5sec

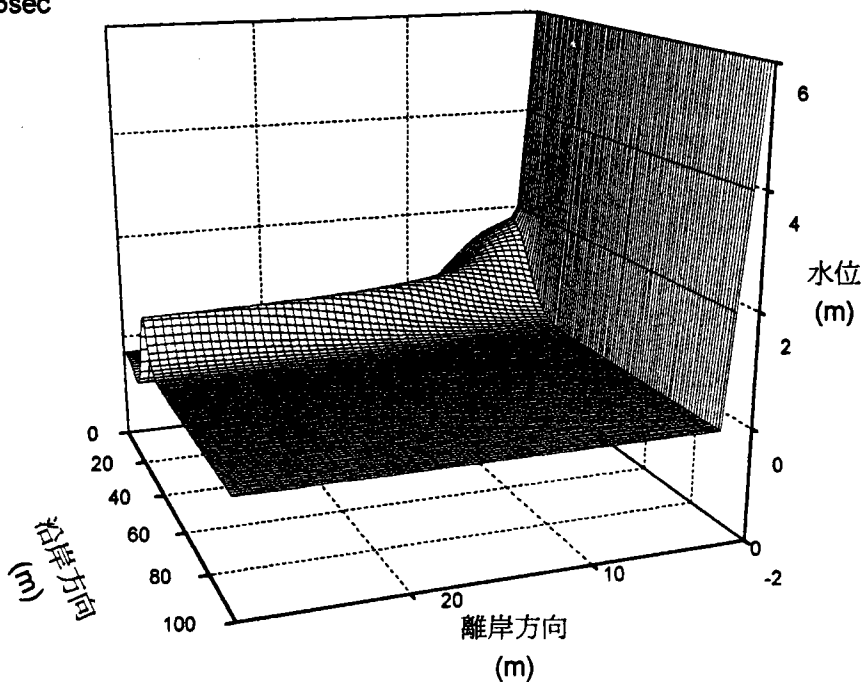


圖4-(b)近岸處水位變化之三維立體圖

(孤立波斜向45度入射坡度1比1之地形，區域範圍 $0 \leq x \leq 100$ ， $0 \leq y \leq 30$ ，時間=5sec)

(c)time=6sec

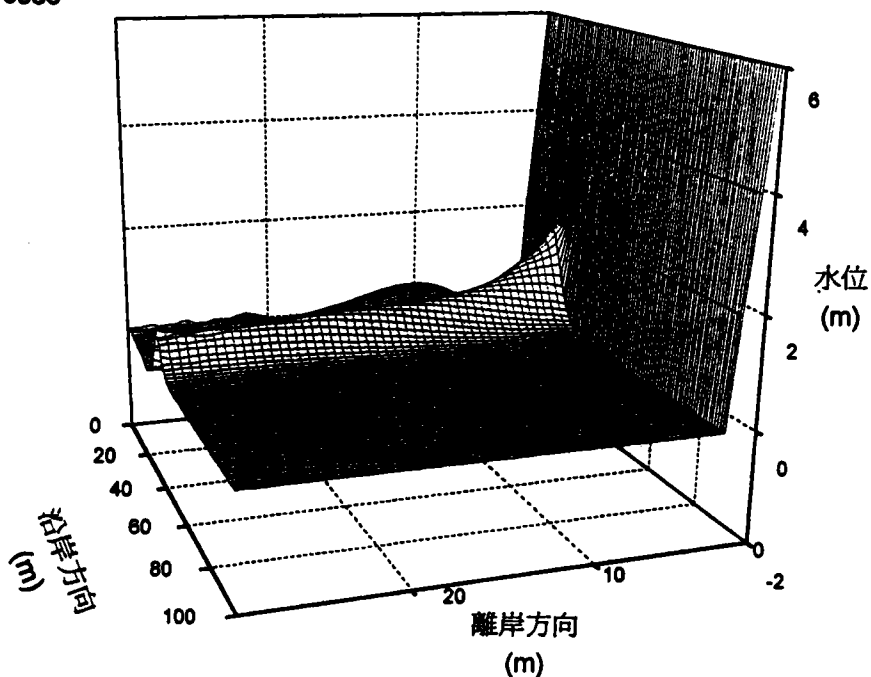


圖4-(c)近岸處水位變化之三維立體圖

(孤立波斜向45度入射坡度1比1之地形，區域範圍 $0 \leq x \leq 100$ ， $0 \leq y \leq 30$ ，時間=6sec)

(d)time=7sec

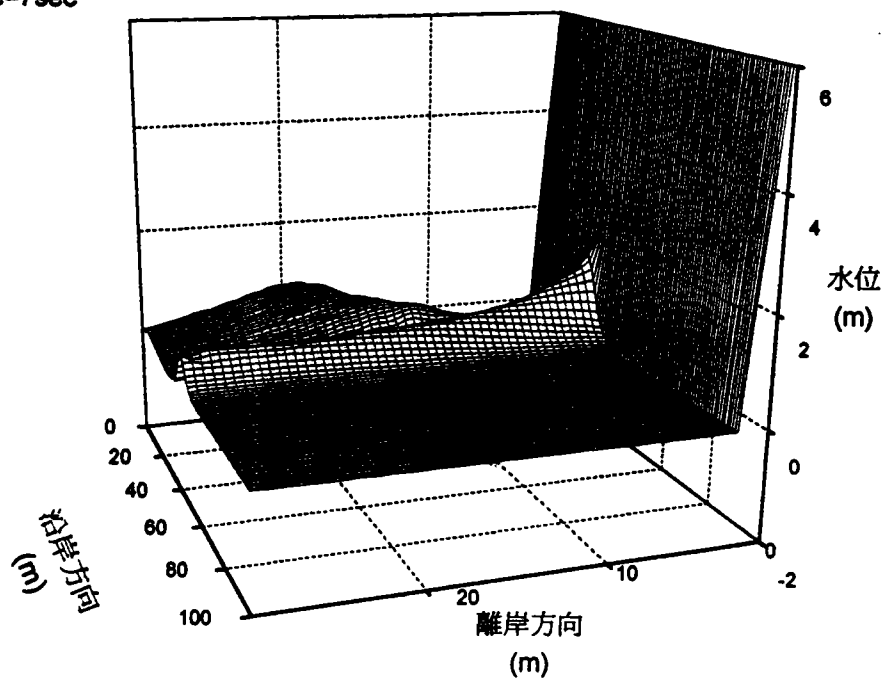


圖4-(d)近岸處水位變化之三維立體圖

(孤立波斜向45度入射坡度1比1之地形，區域範圍 $0 \leq x \leq 100$ ， $0 \leq y \leq 30$ ，時間=7sec)

(e) time=8sec

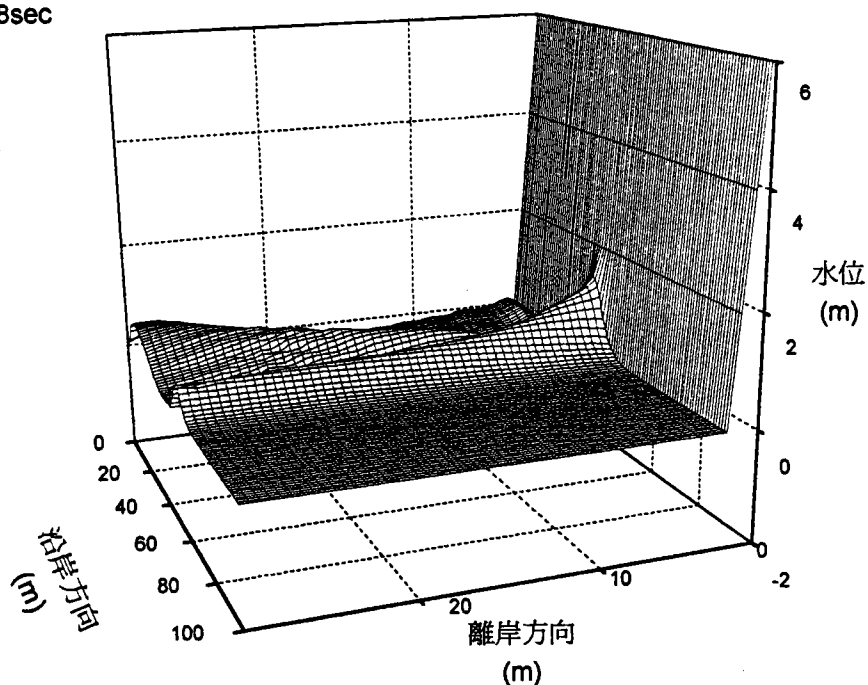


圖4-(e)近岸處水位變化之三維立體圖

(孤立波斜向45度入射坡度1比1之地形，區域範圍 $0 \leq x \leq 100$ ， $0 \leq y \leq 30$ ，時間=8sec)

(f) time=20sec

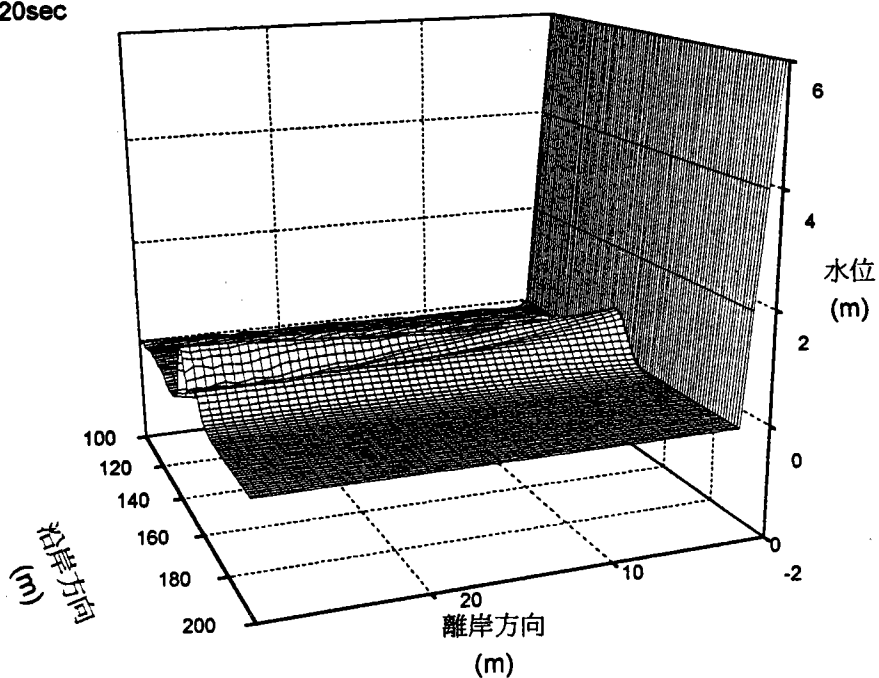


圖4-(f)近岸處水位變化之三維立體圖

(孤立波斜向45度入射坡度1比1之地形，區域範圍 $100 \leq x \leq 200$ ， $0 \leq y \leq 30$ ，時間=20sec)

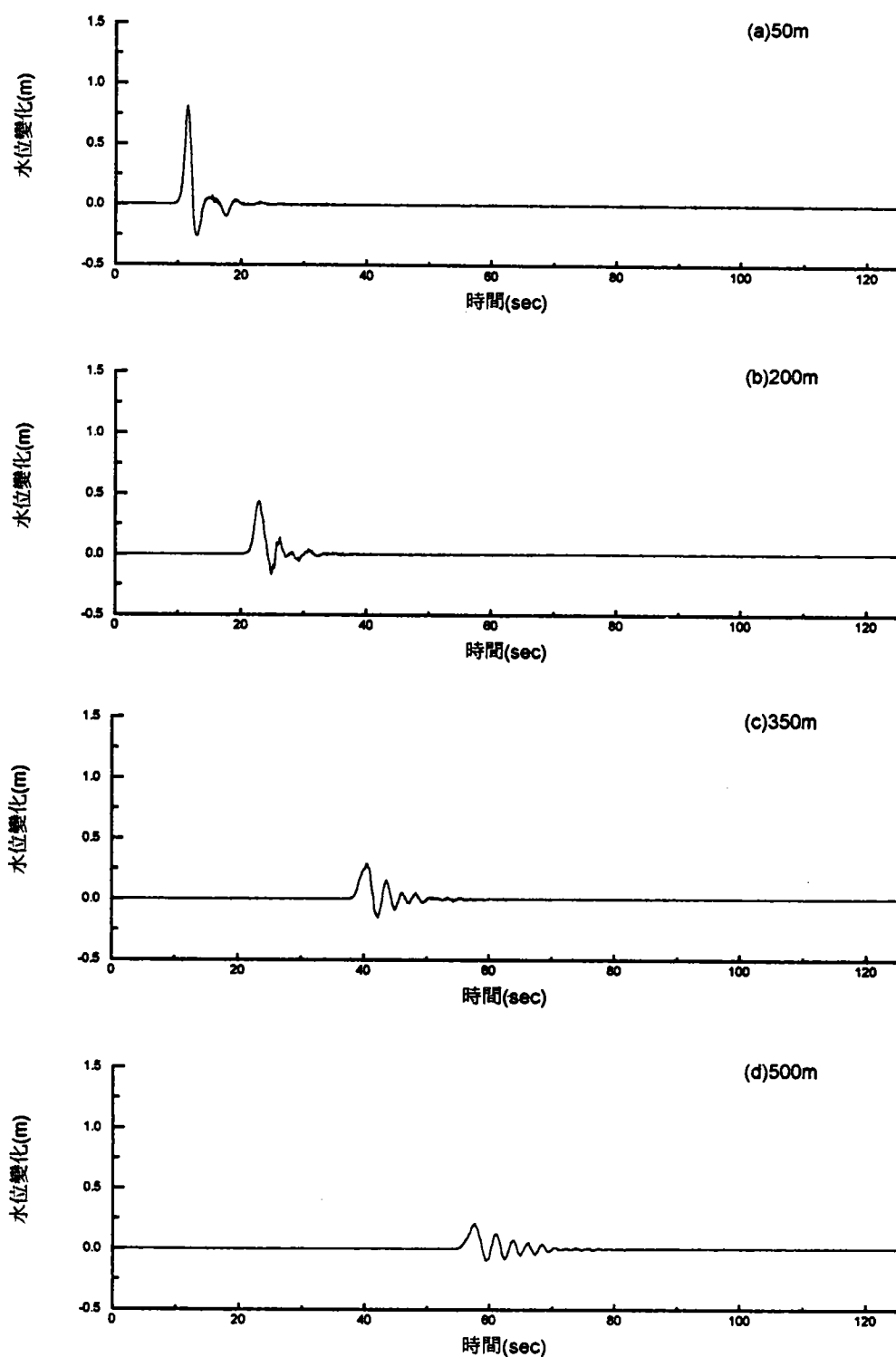


圖5-(a)至5-(d) 坡度1/1之波群組變化圖
 (孤立波斜向45度入射情況下，孤立波波峰到達岸線後，
 往下游算起50m、200m、350m、500m處之水位變化)

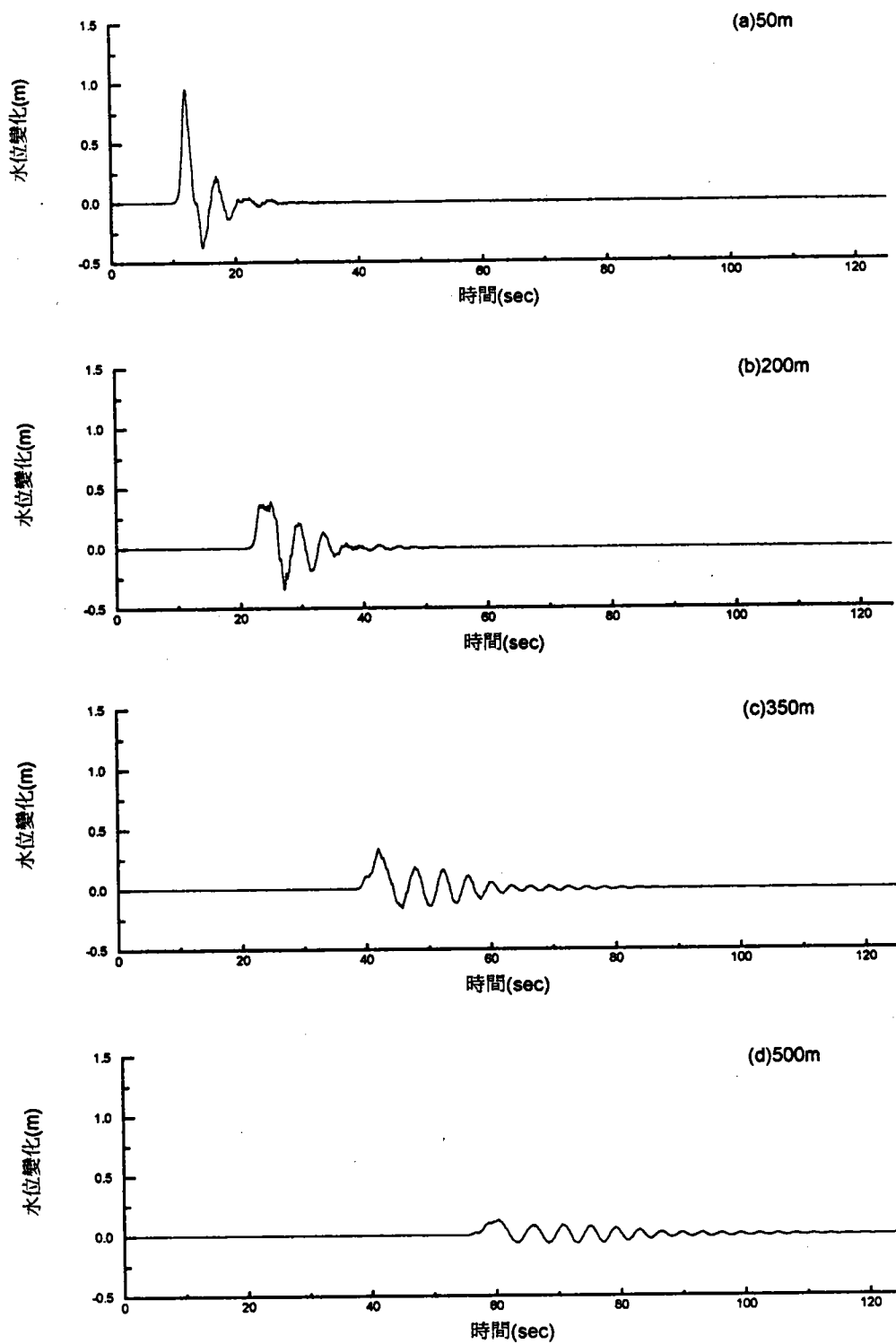


圖6-(a)至6-(d) 坡度1/3之波群組變化圖
 (孤立波斜向45度入射情況下，孤立波波峰到達岸線後，
 往下游算起50m、200m、350m、500m處之水位變化)

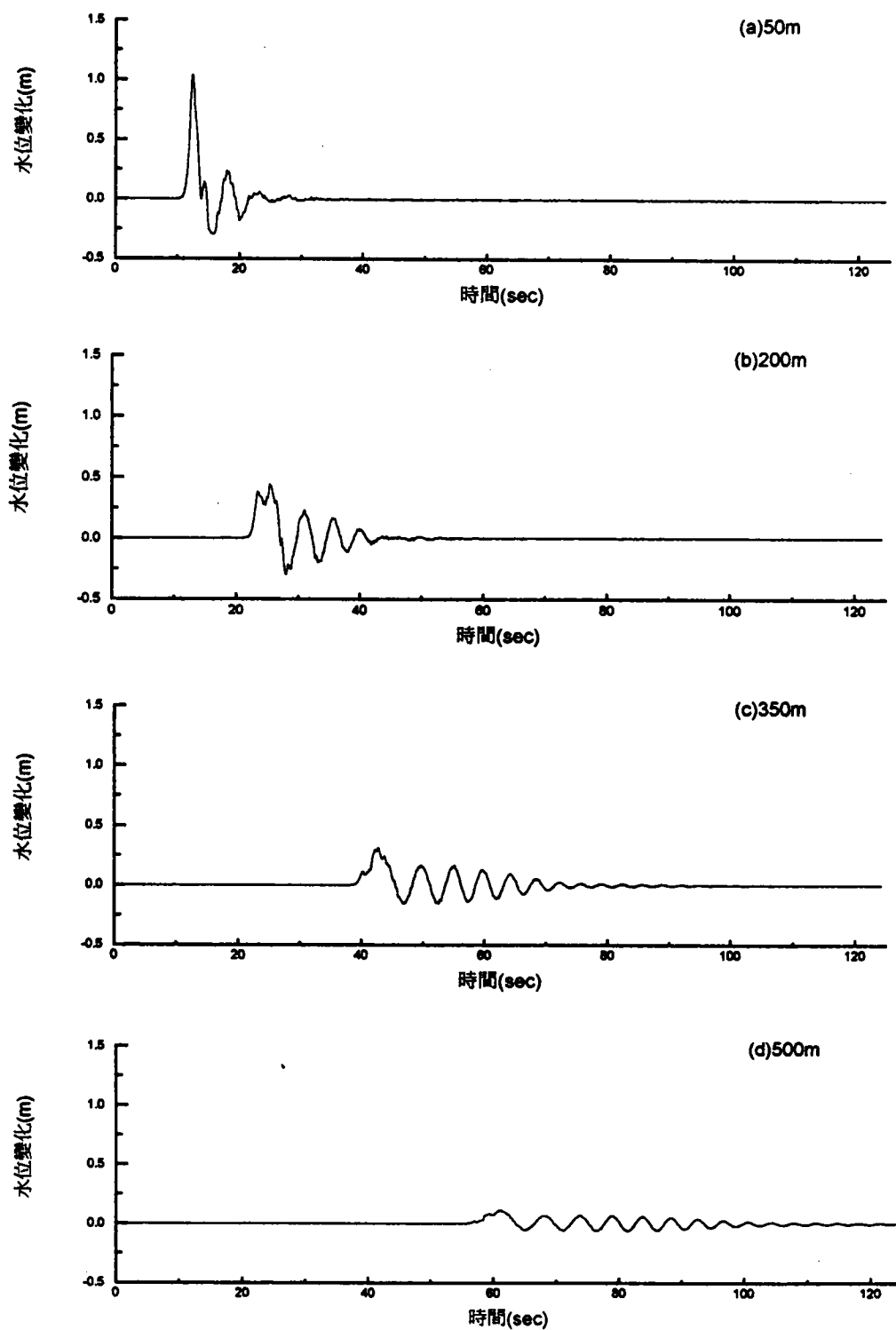


圖7-(a)至7-(d) 坡度1/5之波群組變化圖
(孤立波斜向45度入射情況下，孤立波波峰到達岸線後，
往下游算起50m、200m、350m、500m處之水位變化)

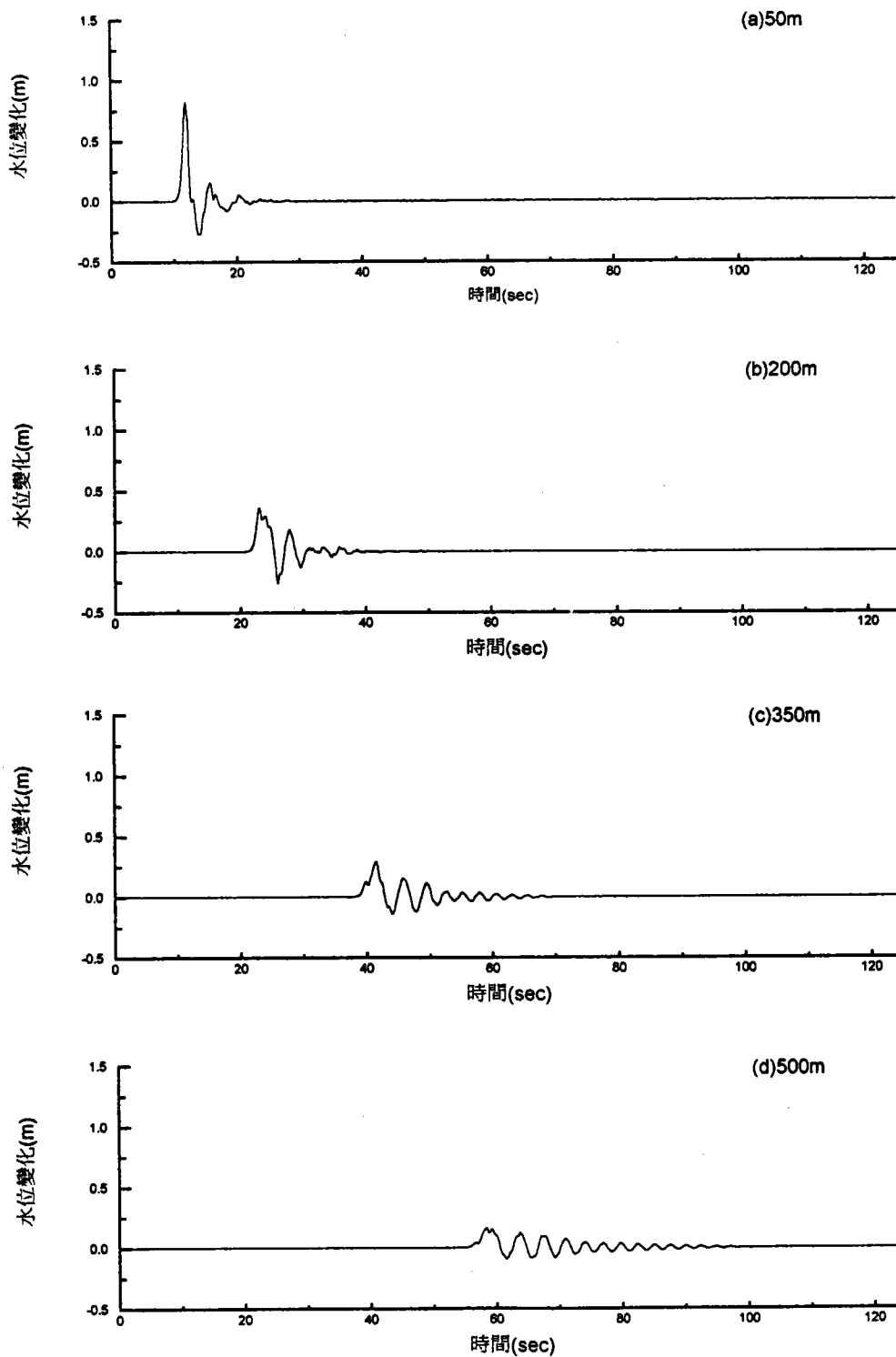


圖8-(a)至8-(d) 孤立波斜向25度入射之波群組變化圖
 (坡度1比1情況下，孤立波波峰到達岸線後，
 往下游算起50m、200m、350m、500m處之水位變化)

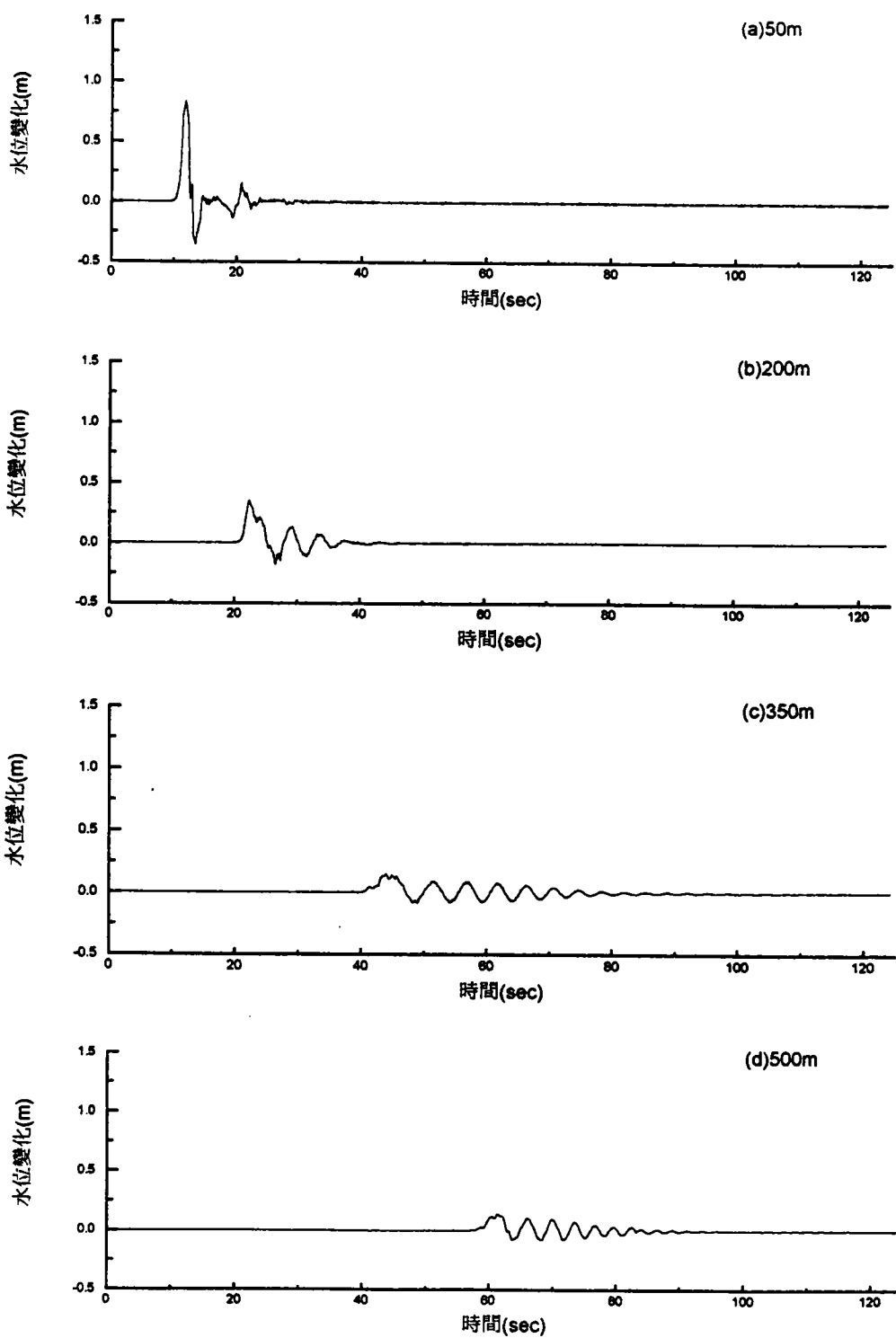


圖9-(a)至9-(d) 孤立波斜向8度入射之波群組變化圖
 (坡度1比1情況下，孤立波波峰到達岸線後，
 往下游算起50m、200m、350m、500m處之水位變化)