

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

陡坡地形碎波後之波浪特性研究

Reformed Wave Characteristics of Waves Breaking on a Steep-Sloped Step

計畫編號：NSC 90-2611-E-002-018

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：丁肇隆 台灣大學工程科學及海洋工程學系

共同主持人：林銘崇 台灣大學工程科學及海洋工程學系

計畫參與人員：胡惟鈞 台灣大學工程科學及海洋工程學系

謝有信 台灣大學工程科學及海洋工程學系

一、中文摘要

本文目的在透過實驗量測波浪經陡坡底床產生淺化碎波後，其所形成之再生波形。若碎波後為較平坦之底床地形時，波浪在傳遞經過一段距離後，波形會由混亂狀態再重新形成一穩定波或稱之為再生波。本研究針對 1/10 底床坡度之模型進行試驗輔以影像判讀，對波浪經過陡坡底床碎波之型態及波能衰減之變化與再生波之形成過程進行探討。

Abstract

Waves reformed after waves breaking on a steep-sloped step were studied experimentally. Typical uni-frequency waves were chosen as incident waves such that spilling and plunging breaking waves occurred at a 1/10 sloped step. After waves breaking, the broken waves are reformed. The energy dissipation during breaking processes and the reformed wave profiles were analyzed and discussed in this research.

二、緣由與目的

由於海洋結構物大都構築在近岸區，因此在進行工程之規劃設計時，波浪對其所產生的影響是設計時所必須考慮的重點，但此區域卻也是變化最劇烈、水理現象最複雜的水域。當波浪由外海向近岸傳遞時，其變形包含了淺化、折射、繞射、反射、底床摩擦、碎波及與流之間的交互

作用等複雜之機制，而碎波及其伴隨釋放之能量，對地形變化、沿岸流、漂砂及波壓之影響甚巨，因此對於碎波能量消散及其波形變化之情形有必要加以深入探討。碎波後波浪能量的衰減，除因碎波後大量空氣混入形成大型渦旋外，亦有因底床摩擦所形成的小型旋渦，因而造成能量通率 (energy flux) 遞減，也導致了波高急速衰減的變化，Tayfun (1979)。前人針對波浪在淺化碎波後所產生之波浪變形有許多研究成果，如 Battjes and Janssen (1978)、Thornton and Guza (1983)、Basco (1985)，大致上可分為能量通率守恆法、波動控制方程式法、統計方法以及數值方法等。其中以能量通率守恆作為研究基礎者最多，如 Battjes & Janssen (1978) 利用微小振幅波能量通率守恆，再加上因碎波而損失之能量衰減項，將不規則波實驗以平均頻率及均方根波高為代表研究碎波帶之波高變化，並利用動量守恆、輔以輻射應力之觀念研究碎波波揚之大小變化。針對碎波帶內氣泡及能量消散現象之研究如 Hwung, Chyan and Chung (1993)，碎波帶內能量傳遞之數值模式如 Okayasu, Watanabe and Isobe (1990)、Horikawa & Kuo (1966) 之實驗結果顯示，若碎波後為較平坦之底床地形時，波浪在傳遞經過一段距離後，波形會由混亂狀態再重新形成一穩定波或稱之為再生波。本研究透過模型試驗輔以影像分析，對波浪經過陡坡底床碎波後波能衰減之變化與再生波之形成過程進行探討。

三、實驗佈置與方法

本實驗於國立台灣大學工程科學及海洋工程學系基礎流力實驗室進行，因水深、底床坡度、入射波高、週期等均會影響淺化碎波之形式，考量實驗設備及相關試驗條件並參考黃明仁(1998)之研究，以水深 0.4m、坡度 1/10 之底床配置，量測碎波前及再生波形以計算能損，在波高取樣頻率方面，本實驗的入射波浪週期為 0.7、0.9、1.1、1.3 秒，波高計取樣頻率為 100Hz。碎波過程觀測以 KODAK 公司生產之 MOTIONCORDER ANALYZER，SR ULTRA MONO 高速攝影機進行觀測紀錄，取像解析度 512×480pixels，取像速度為每秒鐘 125 張(fps)，全部取像歷程約 4 秒鐘。詳細之實驗佈置如圖 1，試驗條件如表 1。

表 1 實驗條件

水深 40cm, 坡度 1/10, 平台段水深 10cm			
週期	波高(m)	波長(m)	H/L
0.7	0.0526	0.7624	0.0690
0.7	0.0595	0.7624	0.0780
0.7	0.0656	0.7624	0.0860
0.9	0.0544	1.2246	0.0444
0.9	0.0676	1.2246	0.0552
0.9	0.0821	1.2246	0.0670
0.9	0.0906	1.2246	0.0740
0.9	0.0990	1.2246	0.0808
1.1	0.0644	1.7019	0.0378
1.1	0.0853	1.7019	0.0501
1.3	0.0553	2.1653	0.0255
1.3	0.0794	2.1653	0.0367

四、結果與討論

參考在底床坡度 1/10 之碎波型態界定 (Japan Soc. Civil Eng., 1985)，並控制碎波發生 1/10 坡度底床與平台段之轉角處，在

實驗條件中週期 0.7sec 之三組試驗產生之碎波均為 Spilling breaker，其餘之實驗條件則為 Plunging breaker，此與實驗紀錄之碎波影像結果相符。Spilling breaker 入射波形請參考圖 2，其相對之再生波形如圖 3，而 Plunging breaker 入射波形請參考圖 4，其相對之再生波形如圖 5。

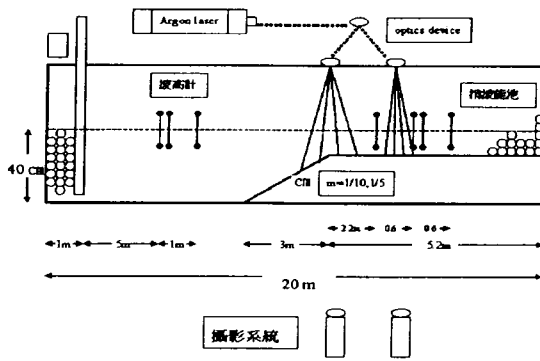


圖 1 實驗佈置圖

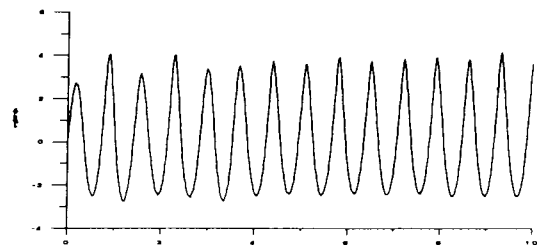


圖 2 入射波波形圖(T=0.7sec, H₀=0.0595m)

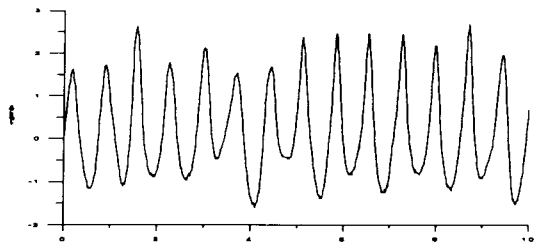


圖 3 再生波波形圖(T=0.7sec, H₀=0.0595m)

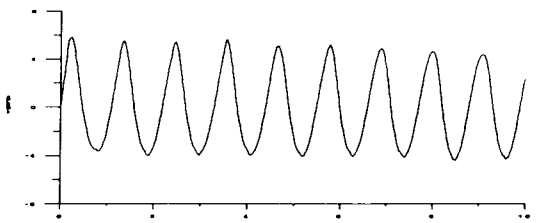


圖 4 入射波波形圖(T=1.1sec, H₀=0.0853m)

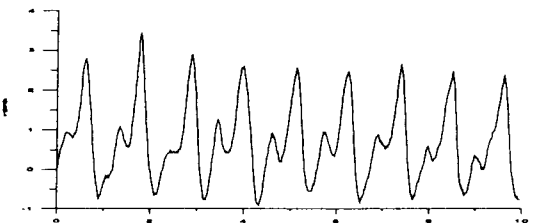


圖 5 再生波波形圖(T=1.1sec, H₀=0.0853m)

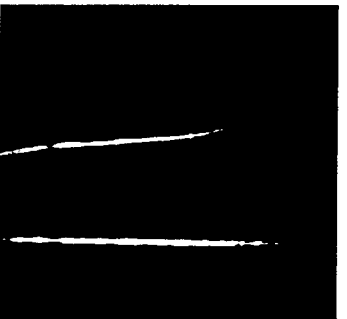
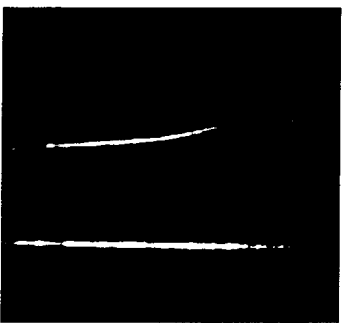
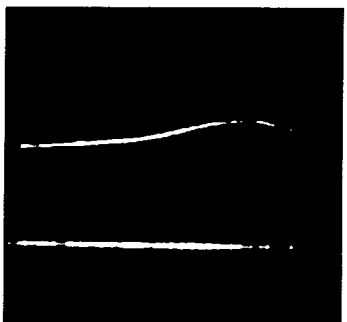
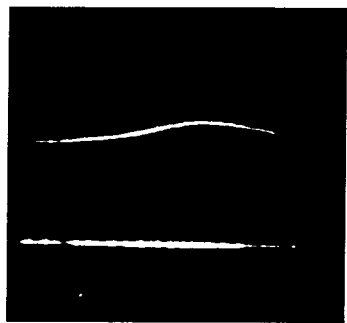
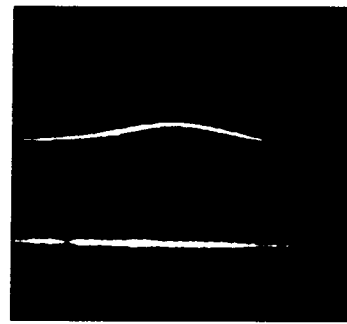
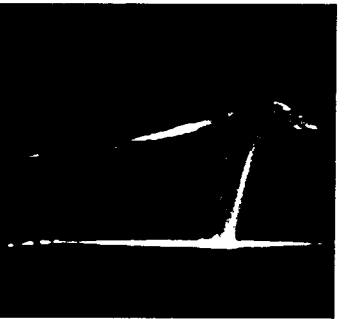
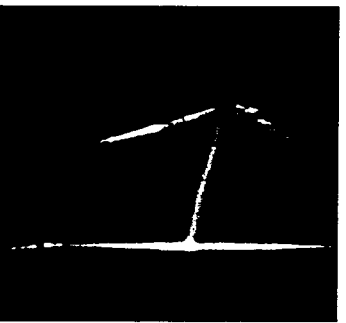
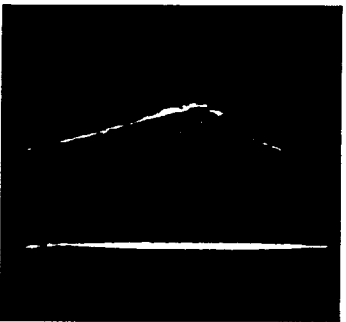
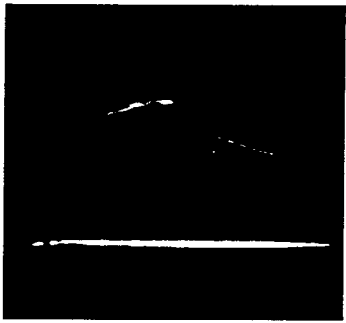
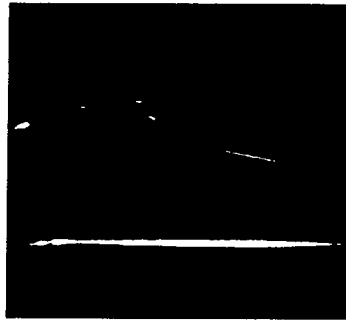


圖 6 Spilling breaker($T=0.7\text{sec}$, $H_0=0.0595\text{m}$)

圖 7 Spilling breaker 之再生波($T=0.7\text{sec}$, $H_0=0.0595\text{m}$)

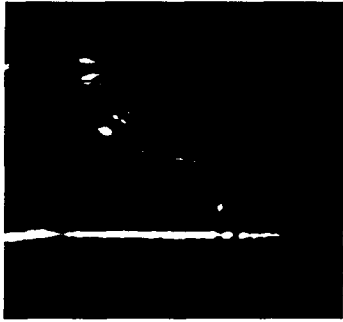
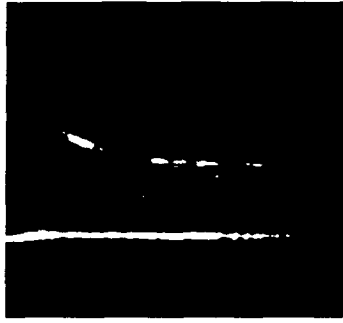


圖 8 Plunging breaker($T=0.11$ sec,
 $H_0=0.0853$ m)

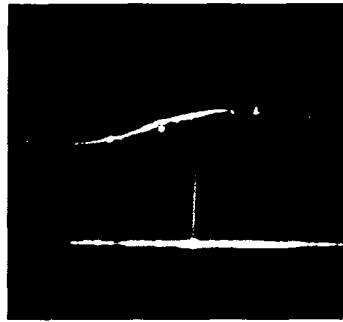
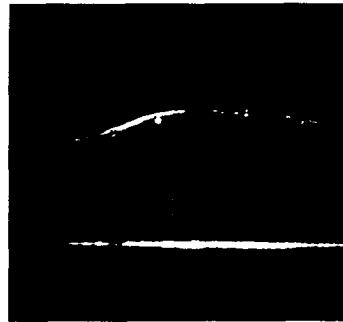
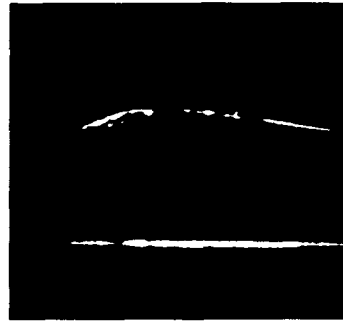
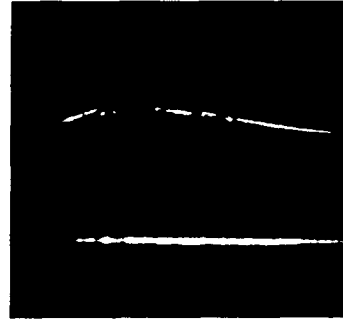
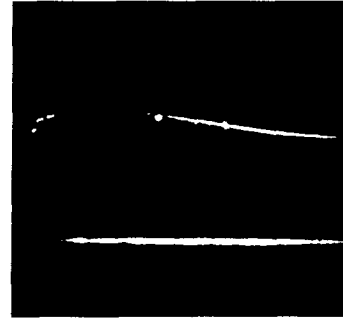


圖 9 Plunging breaker 再生波($T=1.1$ sec,
 $H_0=0.0853$ m)

圖 6、圖 7 為 $T=0.7\text{sec}$, $H_0=0.0595\text{m}$ 時之 Spilling breaker 及其再生波形影像，圖 8、圖 9 為 $T=1.1\text{sec}$, $H_0=0.0853\text{m}$ 時之 Plunging breaker 及其再生波形影像；茲將各實驗條件下再生波形於五號波高計位置之波高試驗資料整理如表 2，並利用所獲得之再生波形資料計算淺化碎波過程之能損，整理如圖 10、圖 11、圖 12，其距離斜坡與平台轉角處分別為 2.2m、2.8m、3.4m。

表 2 實驗結果

週期 (sec)	入射波高 (m)	碎波型態	再生波波高 (m)
0.7	0.0526	Spilling	0.03701
0.7	0.0595	Spilling	0.03171
0.7	0.0656	Spilling	0.03167
0.9	0.0544	Plunging	0.02995
0.9	0.0676	Plunging	0.02844
0.9	0.0821	Plunging	0.02669
0.9	0.0906	Plunging	0.02807
0.9	0.0990	Plunging	0.02874
1.1	0.0644	Plunging	0.03744
1.1	0.0853	Plunging	0.03722
1.3	0.0553	Plunging	0.04489
1.3	0.0794	Plunging	0.04768

對 1/10 之陡坡而言，要發生 Spilling breaker 之波浪尖銳度約需 0.06 以上，本次實驗中僅有週期 0.7 秒之三組實驗條件可產生 Spilling breaker。實驗結果顯示隨著波浪尖銳度由 0.069、0.078、0.086 漸次增加，碎波之能損率亦由 0.57、0.74、0.86 漸次變大。

週期 0.9 秒之五組實驗條件中，雖然後三組之波浪尖銳度均大於 0.06，但由實驗之碎波影像觀察可知應屬於 Plunging breaker，且其能損率與 H/L 之關係和波浪尖銳度小於 0.06 之兩組實驗條件有相當之一致性，隨著隨著波浪尖銳度由 0.0444 漸

次增加至 0.0808，能損率亦由 0.76 漸次變大至 0.93。

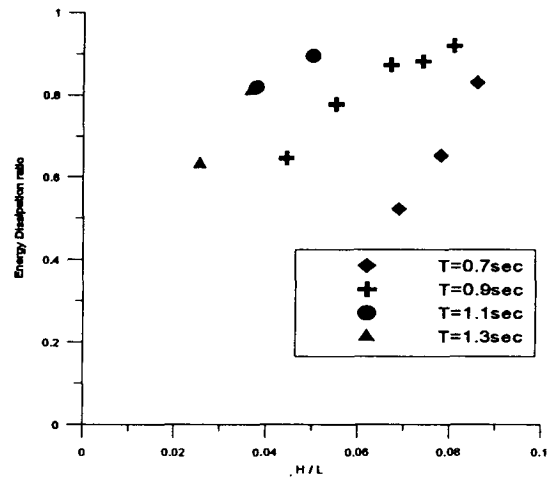


圖 10 四號波高計之能損率與 H/L 關係

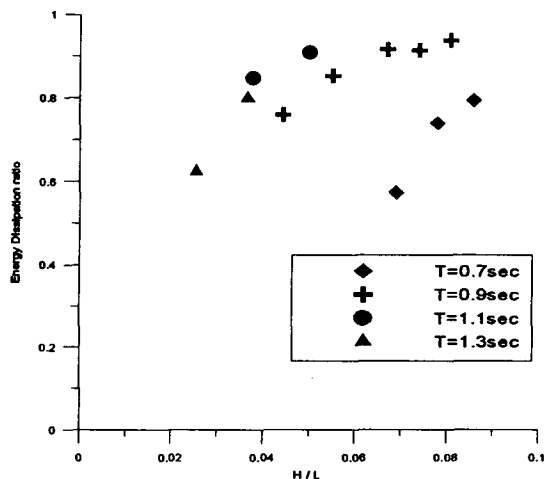


圖 11 五號波高計之能損率與 H/L 關係

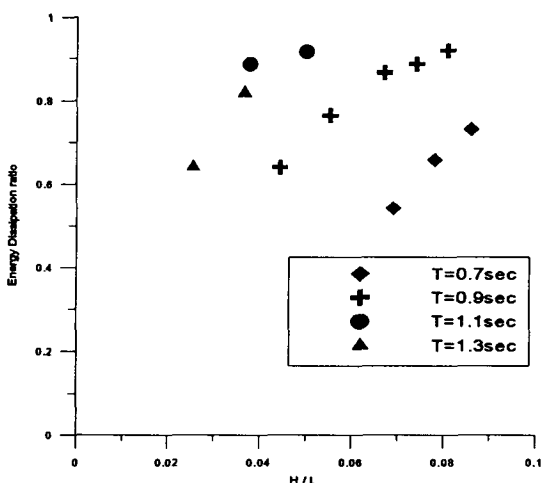


圖 12 七號波高計之能損率與 H/L 關係

週期 1.1 秒及週期 1.3 秒共 4 組實驗條件亦產生 Plunging breaker，其能損率與週

期 0.9 秒時之趨勢大致相同，隨著波浪尖銳度增加而能損率上升。

在相同之波浪尖銳度下，Plunging breaker 之能損率明顯比 Spilling breaker 為大，顯見除底床坡度及波浪尖銳度外，碎波型態亦是能損之一大因素。

隨著波浪之淺化乃至碎波，在再生波中觀察到明顯之高頻成分波，此可能是因水深變淺 Ur 變大，伴隨非線性之效應相對增強所致。目前之實驗結果仍需更多之資料以驗證其重現性，並針對可能影響再生波之各種因素做進一步之探討。

五、參考文獻

- [1] 黃明仁, (1998) “陡坡海床上之波浪變形及碎波能損研究” 國立中興大學土木工程研究所碩士論文。
- [2] Battjes, J.A. and J.P.H.M Janssen(1978)“Energy Loss and Set-up due to Breaking of Random Wave ,”*Proceedings of the Sixteen International Conference of Coastal Engineering*, ASCE, New York,,pp.569-587.
- [3] Basco, D.R. (1985)“A qualitative description of wave breaking,” *J. Waterw. Port Coastal Ocean Eng.* ASCE, 111(2):171-188.
- [4] Horikawa, K., and C. T. Kuo(1996)” A study on wave transformation inside surf zone,”*Proc. 10th Coastal Eng. Conf.*,ASCE,pp.217-233.
- [5] Hwung, H.H., Chyan, J.M. and Chung, Y.C. (1993) “Energy dissipation and air bubbles mixing inside surf zone,” *Proceedings of the 23rd International conference on Coastal Engineering, Venice*,ASCE,New York, pp.308-321.
- [6] Japan Soc. Civil Eng. (1985) *Hydraulic Formulas*, pp616.
- [7] Okayasu A., Watanabe A. and Isobe M.(1990) “Modeling of energy transfer and undertow in the surf zone,”*Proc. Of the 22th Coastal Engineering Conf.*, pp123-135.
- [8] Tayfun M.A.(1979) “Distribution of wave Heights Limited by Breaking,” *Civil Engineering in the Ocean, American Society of Civil Engineers*, 1, pp.336-343.
- [9] Thornton E.B., Guza R.T.(1983) “Transformation of wave height distribution,” *J. Geophysical Res.*, Vol.88, no.C10, pp5925-5938.