

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

人工沙洲應用於海岸防護可行性研究(II)

Application of artificial bars to countermeasures on coastal protections (II)

計畫編號: NSC 86-2611-E009-002

執行期限: 86年8月1日至87年7月31日

主持人: 張憲國 國立交通大學土木工程

E mail: hkc@cc.nctu.edu.tw

一、中文摘要

本研究主要探討三種不同形狀之人工沙洲上波浪之反射率，其反射率之計算式乃引用 Miles(1981)公式推導所得。選擇正弦型、三角型及矩型之三種人工沙洲，經理論解析發現三者當人工沙洲之間距均為波浪波長之半時，均會產生布雷格反射，此時反射率為最大，且人工沙洲之形狀對於波浪反射率略有影響。在三種人工沙洲形狀相同佈置情況，波浪在布雷格反射率產生條件時，當其反射率以矩形為最佳，而三角型最差。對正弦型及三角型之人工沙洲而言，其基部與間距比值愈大，波浪反射率愈大，而呈單調增加之趨勢，但對矩形人工沙洲，波浪反射率最大值發生在 $B/S = 0.5$ 之情況，呈現下凹曲線現象。

由理論結果發現，因增加水深而改變波浪反射率比水深變淺之影響較為明顯。波浪週期改變在 10% 以內，反射率即改變 20%，如果是週期改變在 20% 以內，反射率急速降至為 0。

關鍵字：人工沙洲、布雷格反射率

Abstract

The formula for the reflection of a surface wave over artificial bars with different shapes placed discretely on the seabed is derived in the present paper based on Miles's (1981) formula. The chosen three kinds of artificial bars are rectangular, triangle and sinusoidal. The reflection coefficient displays a resonant Bragg peak centred around the point where the span of the artificial bars is one-half the surface wavelength for three kinds of artificial bars. When Bragg reflection occurs, wave reflection by rectangular artificial bars is larger than that by the sinusoidal ones or by triangular ones. For both sinusoidal artificial bars and triangular ones the Bragg reflection monotonically increases as the ratio of base to span of bars increases. However, for rectangular artificial bars the Bragg reflection performs a concave downward curve and reaches a maximum value when $B/S = 0.5$.

Based on the wave theory, the wave length relates to water depth and wave period. If artificial bars are applied to the coast, the desired reflection will drop down because of the change of tide level and wave period. It is shown that the increase of water depth has more negative effects on wave reflection than the decrease of water depth and that wave reflection is close to zero when wave period deviates from the specified wave period by 20%.

Key Words: artificial bars, Bragg reflection.

二、計畫緣由與目的

短期海岸侵蝕乃來自侵蝕性波浪之所造成，因而，對於解決海岸侵蝕問題，常利用減少波浪能量及增加砂粒重力之原理，來發展保護海岸之工法。目前保護海岸之工法，多利用沙灘或人工結構物來消減或阻擋波浪入射於近岸之能量，以降低運移砂粒之能力，進而穩定海灘之目的。當沙洲間距為波長之半時，波浪因沙洲影響產生布雷格反射 (Bragg reflection) 現象，而布雷格反射之機制為造成海岸沙洲形成之主要因素。在此自然現象及理論架構下，當沙洲間距為波浪週長之半時，入射波浪大部份能量會被沙洲反射，而透過沙洲之波浪能量銳減，因此降低波浪輸砂之能力，則此可達到穩定海灘之結果，故以人工沙洲當海岸保護之工法為一發展中之新概念。

Kirby 和 Anton (1990) 及 Baillard 等 (1992) 發展以人為結構形狀之人工沙洲 (artificial bars)，來達到降低波浪入射能量之理論及試驗。Baillard 等 (1990) 從事現場試驗，由其結果發現當波浪的週期(可換算成波長)在預期範圍內，波浪反射率明顯提高可達 0.4 以上，在此範圍外，其反射率降低至 0.1 以下。唯其試驗所使用之人工沙洲係附著於平板上，再以平板橫座於海灘上。Baillard 等(1990)由現場結果發現在人工沙洲下之底床會被波浪作用而沖刷，如果沖刷深度及範圍過大，人工沙洲可能有潰倒之疑慮。

倘若人工沙洲之形狀，因沖刷而產生

改變，其產生反射能力是否會降低，甚至人工沙洲形狀並非如 Kirby 和 Anton (1990) 所提之正弦型，其反射效果是否相近，是值得研究之問題。本研究基於上述人工沙洲之理論及試驗結果，探討波浪經不同形狀之人工沙洲及其寬度對波浪反射率之影響，並討論人工沙洲應用至現場可能遇上潮位變化，波浪週期不同等因素，對人工沙洲降低反射率之影響程度。

三、結果與討論

3.1 理論適用性

本文同時利用物理適用性及數學適用性來說明 Miles (1981) 公式之適用性。物理適用性乃以 Kirby 和 Anton (1990) 之試驗結果為比較標準。

數學適用性，本文利用 Copeland (1985) 之數值方法所計算結果當標準。Miles (1981) 之理論解、Copeland (1985) 之數值結果與二組試驗結果比較分別示如圖 1 及圖 2。圖 1 及圖 2 中，“。”為 Kirby 和 Anton (1990) 之試驗值，Miles (1981) 之理論解為實線，而 Copeland (1985) 之數值結果為虛線。圖 1 顯示 Miles (1981) 之理論值與試驗值，二者趨勢大致相似，但有稍微之位相位移，而數值結果雖無明顯之位相位移，但其反射率稍微偏小。此可能因為波長之量測或以微小振幅波計算波長與時實際波長間之誤差，或者此人工沙洲之高度與水深比達 0.33，人工沙洲之高度本身已可能產生反射，及波浪與人工沙洲間之非線性交互作用強，導致理論解與試驗值稍有差別，此種差別造成之因素是值得再進

一步深入探討的。

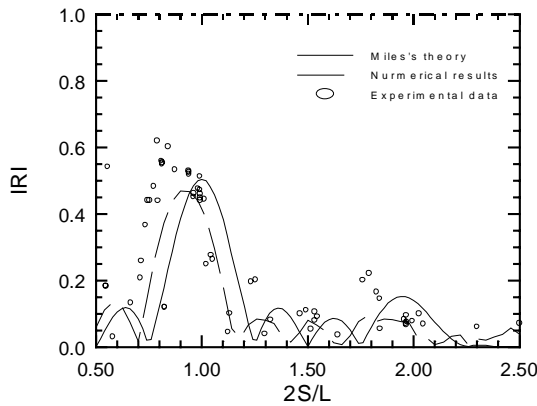


圖 1 正弦型人工沙洲上波浪反射率之理論解、數值解及實驗值之比較 ($d=15cm$, $D=5cm$, $B=50cm$, $S=80cm$, $N=4$)

由圖 1 可知以 Miles (1981) 公式直接計算人工沙洲上波浪反射率，與試驗值及 Copeland (1985) 之數值結果比較，除了稍有位相之位移及反射率偏小外，整體而言，理論值與實驗值及數值結果均頗為吻合，此可說明 Miles (1981) 理論之適用性。另外，其他二種形式人工沙洲之適用性，因無實驗數據以資比較，且由圖 1 顯示 Miles (1981) 之理論解與 Copeland (1985) 之數值解接近 Copeland (1985)，可說明 Miles (1981) 理論解適用在人工沙洲上波浪之反射率。

3.2 沙洲形狀對反射率之影響

圖 2 為以正弦型，三角型及矩形三種不同形狀之人工沙洲，在 $S=80cm$ 間距情形下之表面波浪之反射率，其他人工沙洲之條件及波浪條件均與圖 1 相同。由圖 2 顯示矩形人工沙洲產生反射率較其他二種高，尤其在 $2S/L=1$ 及 2 時更加明顯，此因矩形人工沙洲形狀較其他二種人工沙洲形狀在兩側較高。就正弦型人工沙洲之反射

率，在 $2S/L=1$ 之情況下，三種人工沙洲產生之反射率分別為 0.55、0.50 及 0.42，三者之波浪反射率有稍微之差別。

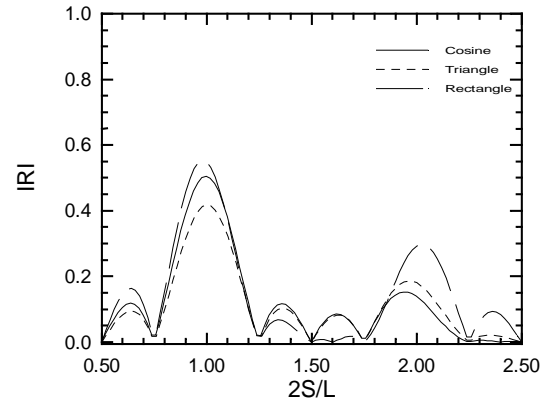


圖 2 不同人工沙洲形狀上之波浪反射率 ($d=15cm$, $D=5cm$, $B=50cm$, $S=80cm$, $N=4$)

緊接著探討人工沙洲之基部寬度及間距對反射率影響，其結果示如圖 3。

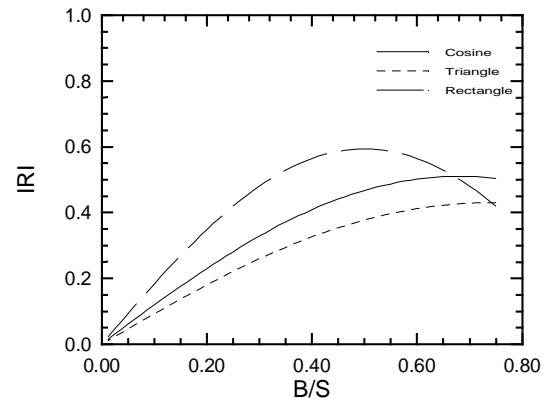


圖 3 不同人工沙洲形狀之基部與間距比與波浪反射率之關係

圖 3 橫軸為人工沙洲之基部寬度與其間距之比值， B/S 。矩形、三角型及正弦型三種人工沙洲上波浪反射率分別以疏虛線、密虛線及實線表示。由圖 3 顯示三角型及正弦型人工沙洲上波浪反射率隨 B/S 單調遞增，但增加之幅度逐漸減小，因而二者逐漸收斂於 0.50 及 0.43。然而，矩形人工沙洲之寬幅比對波浪反射率呈現有極

值之下凹曲線(concave downward)，當 $B/S = 0.5$ 時，有一極值為 0.593。此因當 B/S 大於 0.5，對波浪而言，逐漸可視為波浪通過階梯之反射率，由於人工沙洲間距對波浪產生反射之效果逐漸降低，故而反射率在此部分逐漸降低，但正弦型及三角型二種人工沙洲，其基部增加卻仍有水深之變化，故無矩形人工沙洲有極大值之現象。

現場波浪之波長可能因為潮位之變化及波浪週期改變而變化，因而，當以設計波浪之波長來佈置人工沙洲之間距時，可能因為潮位及波浪週期改變而無法達到預期效果。

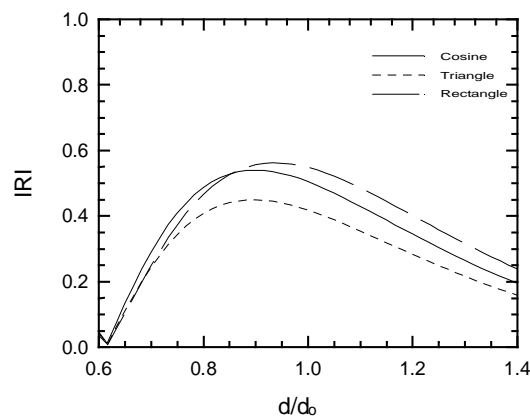


圖 4 水深與不同人工沙洲形狀上波浪反射率之關係 ($d_0 = 15\text{cm}$, $D = 5\text{cm}$, $B = 50\text{cm}$, $S = 80\text{cm}$, $N = 4$)

圖 4 為水深對波浪反射率之影響，圖 4 之計算條件，以人工沙洲佈置為 $D = 5\text{cm}$ ， $B = 50\text{cm}$ ， $S = 80\text{cm}$ 之正弦型人工沙洲，設計基準水深 $d_0 = 15\text{cm}$ ，即為圖 1 之計算條件，若入射波浪保持在上述條件下，且符合 $2S/L = 1$ 之條件，波浪週期需為 $T = 1.392\text{sec}$ 。當波浪週期固定而改變水深，波浪之波長為滿足延散關係(dispersion relationship)會隨水深之改變而改變，故

$2S/L$ 之值會因水深改變而變化。由圖 4 顯示當水深減低至 $d/d_0 = 0.8$ ，波長減少約 10%，但反射率僅降 5%，反之水深加高至 $d/d_0 = 1.2$ 時，波長約增加 8%，反射率卻降低 32%。因波長之增加或減少並不隨者水深之改變呈線性變化，水深減小 20% 但波長僅減小 10%，且由反射率隨 $k\alpha$ 成正比來說明，當水深 $d_0 = 15\text{cm}$ 之 α 及 k 值分別為 0.0148 及 0.0393，並且二者之乘積為 0.000582，而水深 $d_0 = 12\text{cm}$ ，二者之值分別為 0.0190 及 0.0434，乘積值為 0.000825，水深變為 $d_0 = 18\text{cm}$ 時， α 值及 k 值分別為 0.0120 及 0.0362，乘積值為 0.000434。水深變淺使得此人工沙洲雖然並未產生布雷格反射，但 $k\alpha$ 乘積值變大，所以反射率變化不大。水深變深時，此人工沙洲未產生布雷格反射，且 $k\alpha$ 乘積值變小，故反射率必變小。

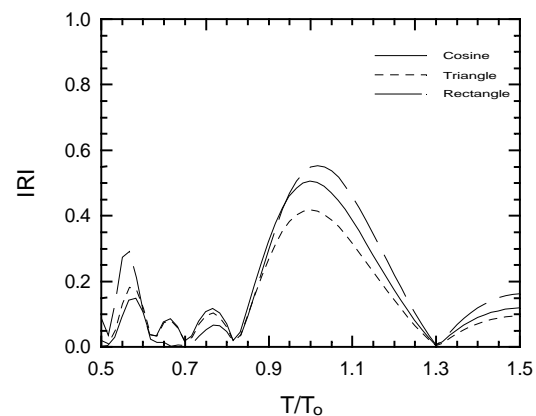


圖 5 波浪週期與不同人工沙洲形狀上波浪反射率之關係 ($d_0 = 15\text{cm}$, $D = 5\text{cm}$, $B = 50\text{cm}$, $S = 80\text{cm}$, $N = 4$)

圖 5 為波浪週期對反射率影響之關係。圖 5 之計算條件以圖 1 之條件為基準，改變波浪週期，以比較不同波浪週期之反射率。由圖 5 顯示波浪週期對於人工沙洲對波浪反射率有明顯之影響，當波浪週期

降低 20% 或增加 30%，則反射率均迅速下降，幾乎至零，此時波浪之波長亦以分別降低約 20% 及提高 30%。若波浪週期變化僅在 10% 以內，則反射率可維持在 80% 以內。

四、計畫成果自評

本研究利用沙洲間距為波浪之半時，能把波浪部分反射之原理，在實際使用人工沙洲時，可能面對人工沙洲之形狀、水深及波浪週期不同而影響波浪反射率的問題，本研究針對上述問題做理論上探討，並獲得下列 5 點結論。

1. 人工沙洲對波浪反射最重要的因子為人工沙洲之間距，當人工沙洲之間距為波浪波長之半時，可產生布雷格反射，此時反射率為最大。
2. 人工沙洲之形狀對於波浪略有影響，在三種人工沙洲形狀中，以矩形為最佳，三角形最差。就經濟而言，矩形人工沙洲之體積為三角形者之二倍，因而欲產生反射率效果和經濟成本之間，如何達到規畫要求，應做個案之計算評估。
3. 對正弦型及三角形之人工沙洲而言，其基部與間距比值愈大，反射率愈大，呈單調增加之趨勢，但對矩型人工沙洲而言，波浪反射率最大發生在 $B/S=0.5$ 情況，呈現下凹曲線之現象。
4. 當波浪波長改變會影響人工沙洲之反射率。水深影響波長方面，增加水深改變波浪反射率比水深變淺之影響較為明顯。波浪週期改變在 10% 以內，波浪反射率即改變 20%，由此顯示規則排列人

工沙洲僅能應用波浪週期變化不大之現場波浪情況。

5. 本研究針對應用人沙洲於海岸防護可行性評估，做理論性探討，已獲證實其理論之適用性，並且考慮實際海洋特性分析，結果與原計劃所提目標均已達成。且本研究已投稿於港灣技術第 12 卷，第 23-38 頁。

五、參考文獻

1. Copeland, G. J. M., " A Practical Alternative to Mild-Slope Wave Equation, " Coastal Eng., Vol. 7, pp. 125-149 (1985).
2. Davies, A.G. and A.D. Heathershaw, " Surface Propagation over Sinusoidally Varying Topography, " J. Fluid Mech., Vol. 144, pp. 419-443 (1984).
3. Kirby, J.M. and J.P. Anton, " Bragg Reflection of Waves by Artificial Bars, " Proc. 22nd Coastal Eng. Conf., ASCE, New York, pp.757-768 (1990).
4. Miles, J.W., " Oblique Surface-Wave Diffraction by a Cylindrical Obstacle, " Dynamics of Atmospheres and Oceans, Vol. 6, pp. 121-123 (1981).