

## 影響棧橋式碼頭上揚力因素之研究

周宗仁\* 邱國瑞\*\* 韓文育\*\*\*

### 摘 要

本文將針對影響作用於棧橋式碼頭上揚力之諸因素，如碼頭底面與靜水面之間距離、波浪週期、波形尖度、海底坡度及海底拋石狀況等，以實際之棧橋式碼頭模型進行實驗。

由實驗結果發現，在所有影響結果之因素中以碼頭底面與靜水面間之距離最為重要；而海底之拋石對於降低上揚力亦具功效。

### 一、前言

有關作用於棧橋之揚壓力已有數種研究被發表，如合田良實(1967)<sup>(1)</sup>、谷本勝利(1978)<sup>(2)</sup>、Verhagen(1967)<sup>(3)</sup>及Massel(1978)<sup>(4)</sup>等考慮波浪形態或是採取各種相似模式以解析之，均有提出結論。另外作者亦分別對棧橋式碼頭，當海底拋置消波塊及無拋置消波塊時，利用實驗瞭解波浪特性、海底坡度及碼頭底面與靜水面間之距離等因素對作用於碼頭底面上揚力之影響<sup>(5)(6)</sup>。本文之目的係綜合分析上述實驗結果並說明消波塊對上揚波壓力之削減效果提出研究結果。本研究之另一目的為希望先由實驗現象瞭解及結果歸納，有助於將來以理論解析作用於棧橋式碼頭上揚力之研究。

### 二、實驗設備與方法

#### 2.1 模型斷面

本實驗所用之模型斷面如圖1所示，消波塊係採用縮尺為1/50之40<sup>T</sup>雙T塊一層亂拋。水深為50公分；碼頭面長1公尺，為能夠觀測瞭解波浪作用於面版之上揚力作用情形，特別以1公分厚之無色透明壓克力版製成，固定於八根鋼棒上，可適度地調整其高度。碼頭下方之海底地形係以3公分厚木板構成，可任意調整其坡度。又為測定作用於碼頭底面之上揚力，故在壓克力版之中線沿波浪進行方向，每間隔5公分鑽一測孔，以便安裝應變壓力計。

本實驗係在本學院造船工程學系之長27公尺，寬1.8公尺，深1.5公尺之斷面造波水槽進行，造波機為5馬力無段變速馬達驅動之規則造波機。

\* 國立台灣海洋學院河海工程學系教授，工學博士

\*\* 國立台灣海洋學院河海工程研究所畢業，工學碩士

\*\*\* 國立台灣海洋學院河海工程研究所研究生

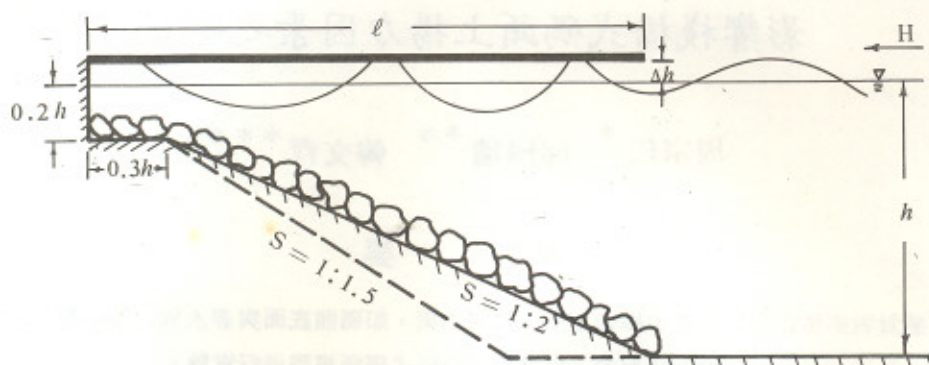


圖 1 棧橋式碼頭断面示意圖

## 2.2 實驗儀器

本實驗之波高測定係使用容量式波高計，並將波形經增幅器放大後，紀錄於線性筆式紀錄器。波壓之測定係使用應變壓力計，同時將波壓波形經增幅器放大後，紀錄於線性筆式紀錄器。

## 2.3 實驗方法與步驟

1) 波壓測定 本實驗首先對海底坡度  $S = 1:1.5$ ，不拋置消波塊之條件，固定造波機偏心距，對不同之  $\Delta h/h$  值 ( $\Delta h$  表示碼頭底面至靜水面間之距離， $h$  表示水深)，調整入射波週期。實驗中因造波機性能之限制，僅能對  $\sigma^2 h/g = 1.0 \sim 3.0$  之間週期較短之波進行實驗 ( $\sigma = 2\pi/T$ ， $T$  表示入射波週期)。對每一週期之波分別測定各測點之波壓三次，每次取十個有效波之上揚波壓平均值為測定值。隨後調整偏心距，進行與上述同樣條件之實驗。再者變換海底坡度  $S = 1:2$  進行同樣程序之實驗。對在海底拋置消波塊亦進行與上述同樣條件之實驗。

2) 反射率之測定 將兩只間距約 5 公分之波高檢出器合成一組，共使用兩組。將此兩組波高檢出器置於電動測定台車上，使兩組間之距離保持約為該測定波波長之  $1/4$  (或  $3/4$ )，以測取最大水面變位及最小水面變位，再用 Healy 公式求出反射率。

## 三、實驗結果

本實驗係分別對海底坡度拋置消波塊與不拋兩種情形，各以 120 種情況進行上揚波壓之測定，圖 2、3 分別表示海底坡度  $S = 1:1.5$ ， $\sigma^2 h/g = 3.0$ ， $\Delta h/h = 0$  海底拋置消波塊及未拋消波塊所測定之上揚波壓結果。圖中橫軸表示測點位置  $x/\ell$  ( $\ell$  表示碼頭面版長)，縱軸表示最大波壓值  $|h/\rho g H|$ ， $\rho$  為水之密度， $H$  為入射波之波高。

當海底拋置消波塊， $\Delta h/h = 0$  各週期之上揚波壓比較圖如圖 4、5 所示，圖 4 為海底坡度  $S = 1:1.5$  之情況，圖 5 為  $S = 1:2$  時。由圖中發現，當碼頭底面與靜水面一致時 (即  $\Delta h/h = 0$ )，各測點均受到上揚波力所作用，且波力分佈除  $\sigma^2 h/g = 1.0$  外，約略呈直線變化，在碼頭面版前端所受

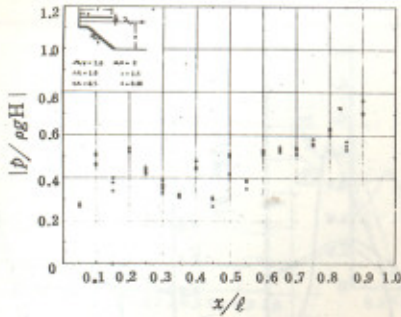


圖 2 拋置消波塊時上揚力之測定結果

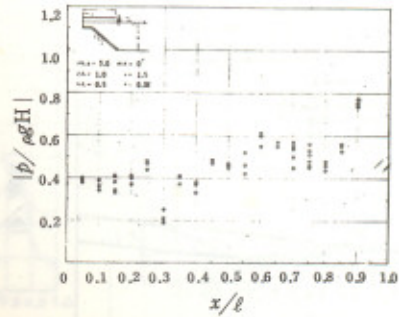


圖 3 拋置消波塊時上揚力之測定結果

波力最大，岸壁端為最小。而  $\sigma^2 h/g$  大者（即波長短者）所作用之上揚力較小，隨着  $\sigma^2 h/g$  之降低上揚力逐漸增大；海底坡度較緩者（圖 5）所受之上揚壓力比地形較陡者（圖 4）分佈較均勻且其值略小。

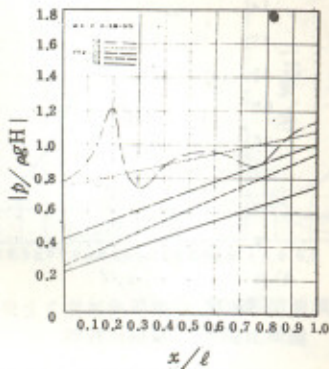


圖 4 拋置消波塊  $\Delta h/h = 0$  之上揚力之測定結果 ( $s = 1:1.5$ )

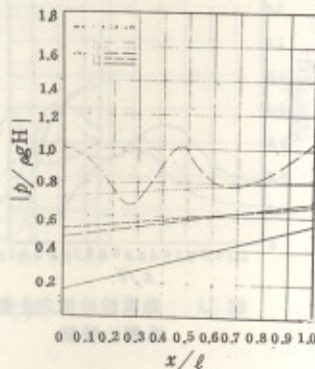


圖 5 拋置消波塊  $\Delta h/h = 0$  之上揚力之測定結果 ( $s = 1:2$ )

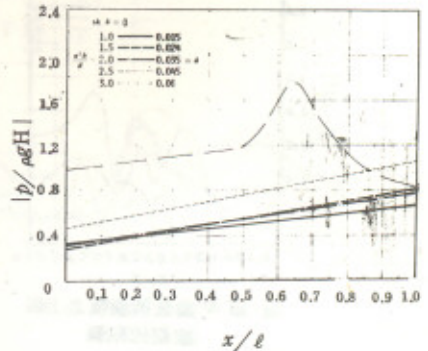


圖 6 無拋置消波塊  $\Delta h/h = 0$  之上揚力之測定結果 ( $s = 1:1.5$ )

圖 6、7 分別為海底無拋置消波塊， $\Delta h/h = 0$ ； $S = 1:1.5$  及  $S = 1:2$  之上揚波壓實驗結果比較圖。由圖中發現，其結果與拋置消波塊時之情況相似，但其值略大，且不同週期對上揚波壓之影響小於拋置消波塊時。

當碼頭底面與靜水面間有空隙時，由於入射波之水面波形得以進入碼頭區域下方水域，且與反射波形成重複波形態，其形成隨着空間  $\Delta h$  之增大而逐漸顯著。因而波浪作用於碼頭底面之上揚力形態將異於碼頭底面與水面一致者。這時碼頭除波腹形成處受上揚波壓作用外，波節處不受波壓作用，因而波壓之分佈將因位於波腹產生位置而出現尖峯值。將海底拋置拋石，各週期對不同  $\Delta h/h$  值之實驗結果繪如圖 8 ~ 圖 17 所示。圖 8 ~ 圖 12 為  $S = 1:1.5$  時，圖 13 ~ 圖 17 為  $S = 1:2$  者。由圖發現，當  $\Delta h/h$  較小時，上揚波壓之作用範圍較大，然其波壓尖峯值亦較不突出。當  $\Delta h/h$  的增大，重複波之波腹及波節的存在顯著時，波壓作用範圍逐漸縮小，波壓尖峯的存在更加明顯而達最大波壓值。當  $\Delta h/h = 0.04 \sim 0.08$  作用於碼頭底面之上揚波壓將達到極大值。本實驗產生最大上揚波壓之條件為

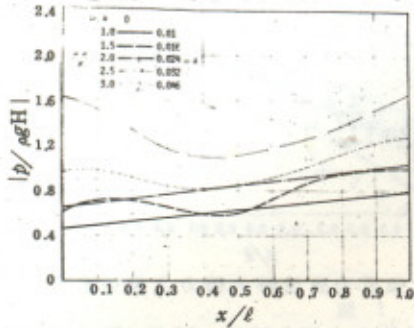


圖 7 無拋置消波塊  $\Delta h/h = 0$  之上揚力之測定結果 ( $s = 1:2$ )

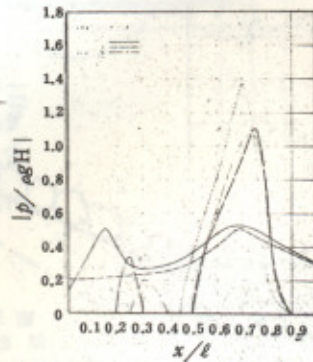


圖 8 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

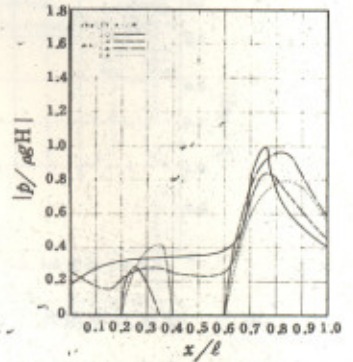


圖 9 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

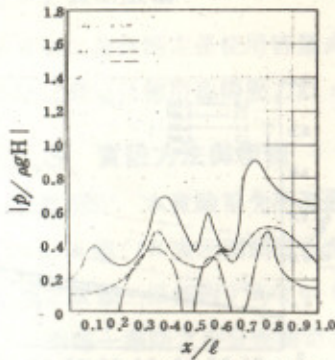


圖 10 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

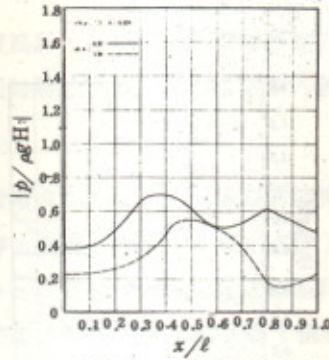


圖 11 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

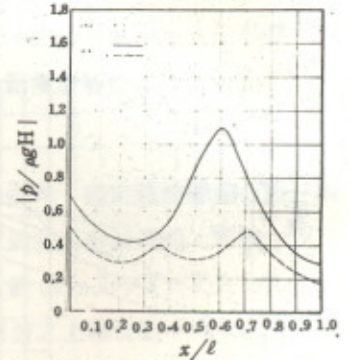


圖 12 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

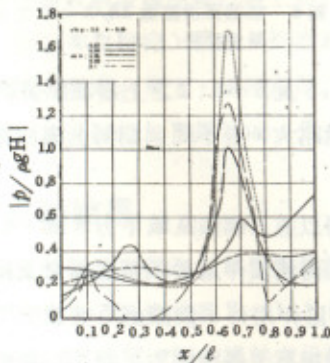


圖 13 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

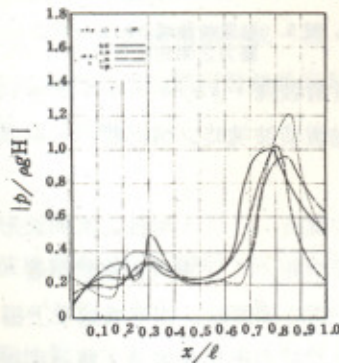


圖 14 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

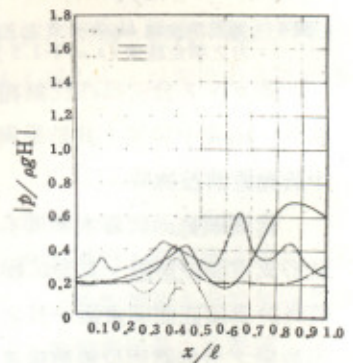


圖 15 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

$S = 1:2$ ， $\sigma^2 h/g = 3.0$ ， $\Delta h/h = 0.08$ ， $x/l = 0.65$  時，其時  $|p/\rho g H| = 1.7$ 。波形尖度在  $S = 1:1.5$  時對實驗結果並無顯著之影響。而當  $S = 1:2$  時波形尖度小者所作用之上揚力大於波形尖度大者。由於波形尖度之影響結果並無甚顯明，本文將不贅列不同波形尖度所產生之不同結果。

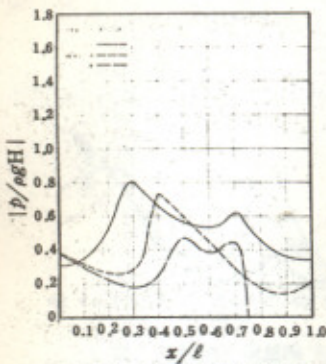


圖 16 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

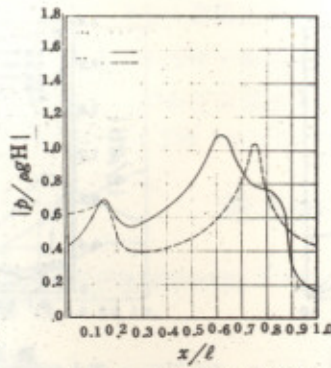


圖 17 拋置消波塊之上揚波壓比較圖

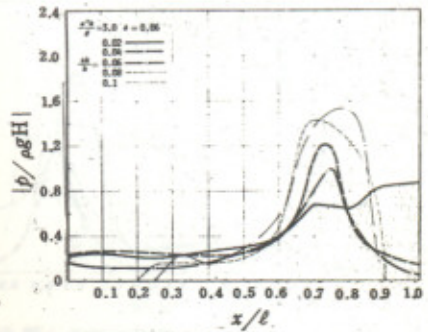


圖 18 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

將海底未拋消波塊， $\Delta h/h \neq 0$  各週期不同  $\Delta h/h$  對實驗結果比較圖描繪如圖 18 ~ 圖 27 所示。

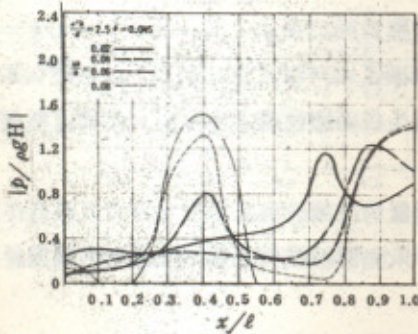


圖 19 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

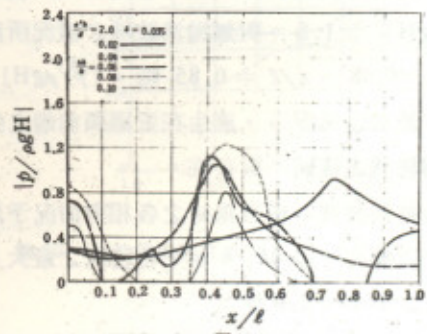


圖 20 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

其中圖 18 ~ 圖 22 為  $S = 1:1.5$  時，圖 23 ~ 圖 27 為  $S = 1:2$  者。由圖中發現當海底未拋置消波塊時波腹存在的位置約與拋置消波塊時之情形相近。然而當拋置消波塊時許多無法作用到碼頭底面的波浪

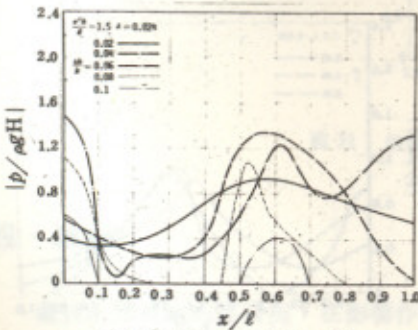


圖 21 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

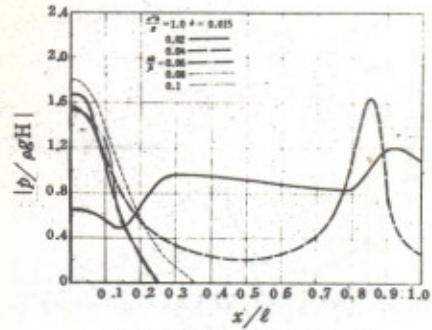


圖 22 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

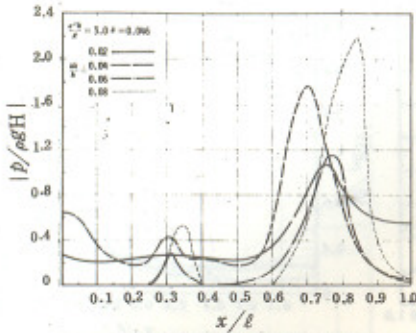


圖 23 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

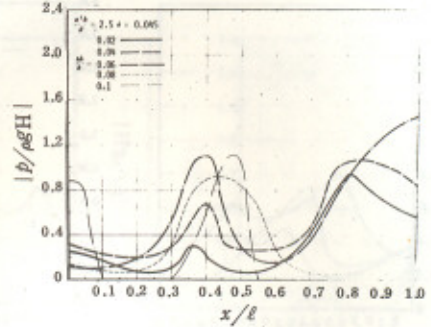


圖 24 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

條件在除去消波塊時却可產生極大的上揚壓力。當較長週期的入射波在  $\Delta h/h$  大時，往往只能作用於岸壁一處且波壓值甚大。在岸壁處之最大上揚波壓如圖22所示， $S = 1:1.5$ ， $\sigma^2 h/g = 0.08$ ， $|p/\rho g H| \doteq 1.8$ 。對無拋消波塊之情況所產生最大上揚波壓為圖23所示， $S = 1:2$ ， $\sigma^2 h/g = 3.0$ ， $\Delta h/h = 0.08$ ， $x/l \doteq 0.85$  時， $|p/\rho g H| \doteq 2.2$ 。又當碼頭區域內存在著一個以上的波壓尖峯時，拋置消波塊之情況下，產生在近碼頭前端之尖峯值將大於產生在碼頭後端之尖峯值，然而這種趨勢在除去消波塊之後將不復存在。

若將消波塊存在有無時之各相對情況予以比較發現，拋置消波塊於海底坡度地形可以減低作用於碼頭之上揚力。以  $\Delta h/h \neq 0$  各情況之最大上揚波壓而言，未拋置消波塊之最大上揚壓力為拋置消波塊情況之 1.2 ~ 2.0 倍。

將反射率  $K_r$ ，入射波週期  $\sigma^2 h/g$  及  $\Delta h/h$  實驗測定相關曲線繪如圖 28 ~ 圖 31 所示。圖 28, 29 為拋置消波塊之反射測定情況。水平軸表示  $\sigma^2 h/g$ ，垂直軸表示  $K_r$ ，並將相同之  $\Delta h/h$  值聯成曲線。由圖中發現，拋置消波塊之棧橋式碼頭反射率值約在 0.3 ~ 0.8 之間，未拋消波塊時反射率約為 0.4 ~ 1.0 之間，而均以  $\Delta h/h = 0.02 \sim 0.04$  時為最小。

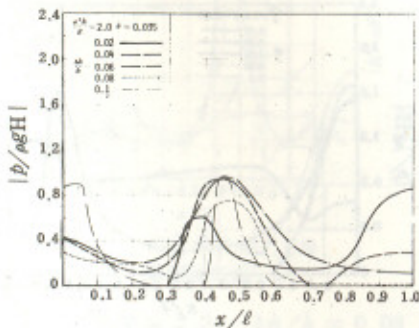


圖 25 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

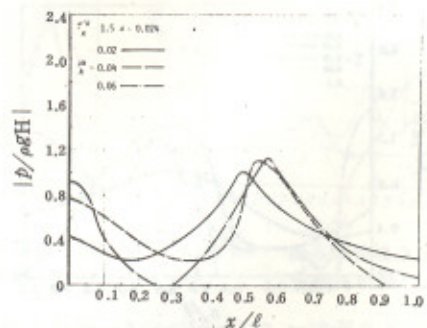


圖 26 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

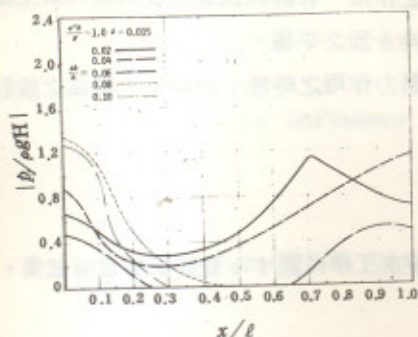


圖 27 無拋置消波塊之上揚波壓比較圖

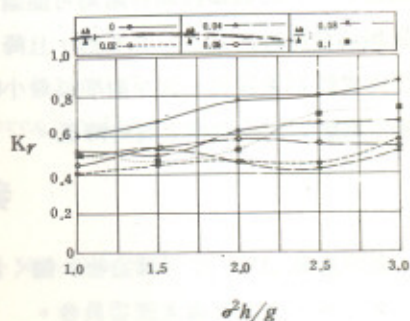


圖 28 拋置消波塊  $s = 1:1.5$  之反射率曲線圖

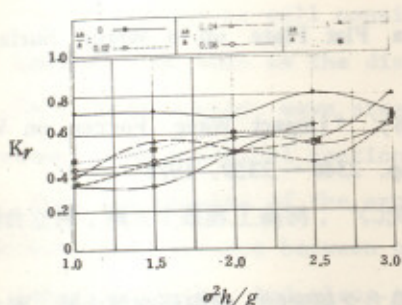


圖 29 拋置消波塊  $s = 1:2$  之反射率曲線圖

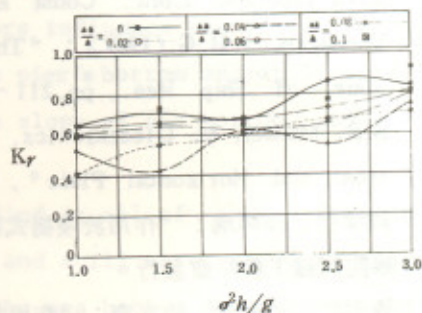


圖 30 無拋置消波塊  $s = 1:1.5$  之反射率曲線圖

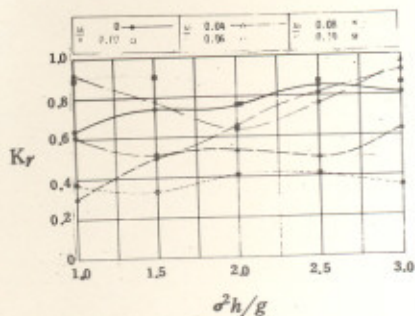


圖 31 無拋置消波塊  $s = 1:2$  之反射率曲線圖

#### 四、結論

綜合上述實驗結果發現，在影響作用於棧橋式碼頭之上揚力諸因素中，以碼頭底面與靜水面間之距離為最重要因素。在本實驗範圍內，不論海底是否拋置消波塊，對各週期而言，產生最大上揚壓力之時機均在  $\Delta h/h = 0.04 \sim 0.08$  之間。而最大上揚壓力之作用位置則將因海底坡度及入射波之週期

之不同而異，因而碼頭底面各處均可能遭受最大上揚壓力之作用。在海底拋置消波塊後可將上揚力降低為未拋消波塊時之 0.5 ~ 0.8 倍，且降低反射率，可保持水面之平穩。

又由實驗結果發現，當反射率為最小時正是最大上揚壓力作用之時機，故棧橋式碼頭之設計將無法兼顧上揚壓力及反射率之同時降低。

### 參考文獻

- 1) 合田良實(1967): "構造物に働く波力", 1976年度水工学に関する夏期研修會講義集, Bコース, 土木學會水理委員會。
- 2) 谷本勝利・高橋重雄・和泉田芳和(1978): "水平版に働く揚壓力に関する研究", Proc. 25th Japanese Conf. Const Eng.
- 3) Verhagen, J.H.G.(1967): "The Impact of a Flat Plate on a Water Surface", Jour. of Ship Res., pp.211 ~ 223, 1967
- 4) S.R. Massel, M. Oleszkiewicz, W. Trapp(1978): "Impact Wave Forces on Vertical and Horizontal Plate", Coastal Eng. pp. 2340 ~ 2359, 1978
- 5) 周宗仁, 邱國瑞: "作用於棧橋式碼頭上揚力之研究(一)", 河海工程第十五期, 國立台灣海洋學院河海工程學會發行。
- 6) 周宗仁, 邱國瑞, 韓文育: "作用於棧橋式碼頭上揚力之研究(二)", 河海研究第十號, 國立台灣海洋學院河海工程學系。



The Factors Influence The Uplift Force on Landing Pier

by

Chung-Ren CHOU\*, Gwo-Ruey CHIOU\*\*, Wen-Yuh HARN\*\*\*

Abstract

In this paper we will consider the factors influence the uplift force on landing pier such as the distance between pier's bottom and still water surface, wave period, wave steepness and the slope of sea bottom, by experiment with practical section:

From the results of the experiment, we find in all of the influence factors, the distance between pier's bottom and still water surface play an important role. And place the Dolos on the sea bottom will reduce the uplift force on landing pier effectively.

THE FACTORS INFLUENCING THE GILTS FORCE ON LEADING LINES

The factors influencing the Gilts force on leading lines

1. The distance between the leading lines

In this paper we will consider the factors influencing the Gilts force on leading lines and the distance between the leading lines and still water surface. The distance between the leading lines and the slope of the bottom by the surface will be considered. The results of the experiment, we find in all of the experiments, the distance between the leading lines and still water surface is an important factor. And also the slope of the bottom by the surface will be considered. The results of the experiment, we find in all of the experiments, the distance between the leading lines and still water surface is an important factor. And also the slope of the bottom by the surface will be considered.