

MOTC-IOT-IHMT-CE8804

台中港港口第二期擴建工程 --防波堤斷面安定及消波水工模型試驗

著者：邱永芳、徐如娟、廖慶堂

交通部
運輸研究所 港灣技術研究中心

中華民國八十八年十二月

交通部運輸研究所港灣技術研究中心出版品摘要表

| | | | |
|---|---------------------------|---------------------------------------|--|
| 出版品名稱：台中港港口第二期擴建工程-防波堤斷面安定及消波水工模型試驗 | | | |
| 國際標準書號（或叢刊號） | 政府出版品統一編號 009254880036 | 港灣技術研究中心出版品編號 MOTC-IOT-IHMT-CE8804 | |
| 主辦單位：海岸工程組 主管：邱永芳 計畫主持人：邱永芳 研究人員：徐如娟 廖慶堂 地址：台中縣梧棲鎮中橫十路 2 號 聯絡電話：04-6564216 轉 323 傳真號碼：04-6571329 | | | 研究期間 自 88 年 6 月 至 88 年 12 月 |
| 關鍵詞：安定性、模型試驗、開孔式防波堤 | | | |
| 摘要： 台中港二期擴建延長北外堤480公尺，採用消波式沉箱防波堤來減低入射波浪沿北防波堤引導入港內之波能，本研究即針對防波堤之穩定性與在不同開孔率下消波式沉箱之反射率。經本研究之結果發現防波堤之設計應屬安全，開孔率在0.3和0.4時其反射率在0.4左右。同時防波堤沒有發生移動和位移之現象。 | | | |
| 出版日期 | 頁數 | 工本費 | 本出版品取得方式 |
| 88 年 12 月 | 122 | 300 | 凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本中心免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。 |
| 機密等級： <input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密【限】條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通 | | | |
| 備註：本研究之結論與建議不代表交通部運輸研究所之意見。 | | | |

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF HARBOR & MARINE TECHNOLOGY
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

| | | | |
|--|---|---|---|
| TITLE: STABILITY AND REFLECTION COEFFICIENTS TEST ON CELLULAR BREAKWATERS | | | |
| ISBN(OR ISSN) | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 009254880036 | IHMT SERIAL NUMBER MOTC-IOT-IHMT-CE8804 | |
| DIVISION: Coastal Engineering DIVISION CHIEF: Yung-Fung Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yung-Fung Chiu PROJECT STAFF: Ju-chuan Hsu , Ching-Tarn Liaw PHONE: (04)6564216 ext.323 FAX: (04)6571329 | | | PROJECT PERIOD FROM: June 1999 TO: December 1999 |
| KEY WORDS: stability , model test, Breakwater cellular type | | | |
| ABSTRACT: <p>The outer north breakwaters of the second times extension length on Taichung harbor is 480 meters. The dispersion wave energy by cellular breakwater is used. The wave energy that incident wave along the north breakwater are going to the inner harbor , are sunk by cellular breakwater. Therefore, Both problems of the breakwater stability and reflection coefficients for the different perforation ratio are discussed in this study. Experimental results show that the reflection coefficients are about 0.4 for the 0.3 and 0.4 perforation ratio. Observations also show that there is no movement or displacement of the cellular breakwater. Overall, the cellular breakwaters are functionally safe.</p> | | | |
| DATE OF PUBLICATION December 1999 | NUMBER OF PAGES 122 | PRICE 300 | CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> UNCLASSIFIED |
| The views expressed in this publication are not necessarily those of the Institute of Transportation. | | | |

目 錄

| | |
|-------------------------|----|
| 圖目錄..... | 1 |
| 照片目錄..... | V |
| 壹、前言..... | 1 |
| 貳、實驗過程..... | 5 |
| 2-1 試驗設備..... | 5 |
| 2-2 實驗佈置..... | 14 |
| 2-3 模型製作..... | 14 |
| 2-4 試驗條件..... | 15 |
| 2-5 資料擷取與處理..... | 18 |
| 2-6 反射率計算法..... | 19 |
| 參、試驗結果與分析..... | 24 |
| 3-1 護基方塊與基礎護面方塊之安定..... | 24 |
| 3-2 反射率..... | 24 |
| 3-3 波壓力..... | 35 |
| 肆、結 論..... | 47 |

圖目錄

| | | |
|------|-----------------------------------|----|
| 圖 1 | 消波結構開孔率為 0.3 示意圖 | 2 |
| 圖 2 | 消波結構開孔率為 0.4 示意圖 | 3 |
| 圖 3 | 水工模型斷面佈置圖 | 7 |
| 圖 4 | 消波實測波壓量測位置示意圖 | 8 |
| 圖 5 | 外海側(北側)波壓量測位置示意圖 | 9 |
| 圖 6 | 試驗結構體斷面圖 | 10 |
| 圖 7 | 反射率量測示意圖 | 19 |
| 圖 8 | 高水位開孔率為 0.4 反射率比較圖 | 27 |
| 圖 9 | 高水位開孔率為 0.3 反射率比較圖 | 27 |
| 圖 10 | 中水位開孔率為 0.4 反射率比較圖 | 28 |
| 圖 11 | 中水位開孔率為 0.3 反射率比較圖 | 28 |
| 圖 12 | 低水位開孔率為 0.4 反射率比較圖 | 29 |
| 圖 13 | 低水位開孔率為 0.3 反射率比較圖 | 29 |
| 圖 14 | 高水位不同開孔率之反射率比較圖 | 30 |
| 圖 15 | 中水位不同開孔率之反射率比較圖 | 30 |
| 圖 16 | 低水位不同開孔率之反射率比較圖 | 31 |
| 圖 17 | 不同水位時小艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)..... | 36 |
| 圖 18 | 不同水位時小艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)..... | 37 |
| 圖 19 | 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)..... | 38 |
| 圖 20 | 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)..... | 39 |
| 圖 21 | 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)..... | 40 |
| 圖 22 | 不同水位時小艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)..... | 41 |
| 圖 23 | 不同水位時小艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)..... | 42 |
| 圖 24 | 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)..... | 43 |
| 圖 25 | 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)..... | 44 |
| 圖 26 | 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)..... | 45 |
| 圖 27 | 波壓分佈圖 | 48 |

| | | |
|------|------------|----|
| 圖 28 | 波壓分佈圖..... | 49 |
| 圖 29 | 波壓分佈圖..... | 50 |
| 圖 30 | 波壓分佈圖..... | 51 |
| 圖 31 | 波壓分佈圖..... | 52 |
| 圖 32 | 波壓分佈圖..... | 53 |
| 圖 33 | 波壓分佈圖..... | 54 |
| 圖 34 | 波壓分佈圖..... | 55 |
| 圖 35 | 波壓分佈圖..... | 56 |
| 圖 36 | 波壓分佈圖..... | 57 |
| 圖 37 | 波壓分佈圖..... | 58 |
| 圖 38 | 波壓分佈圖..... | 59 |
| 圖 39 | 波壓分佈圖..... | 60 |
| 圖 40 | 波壓分佈圖..... | 61 |
| 圖 41 | 波壓分佈圖..... | 62 |
| 圖 42 | 波壓分佈圖..... | 63 |
| 圖 43 | 波壓分佈圖..... | 64 |
| 圖 44 | 波壓分佈圖..... | 65 |
| 圖 45 | 波壓分佈圖..... | 66 |
| 圖 46 | 波壓分佈圖..... | 67 |
| 圖 47 | 波壓分佈圖..... | 68 |
| 圖 48 | 波壓分佈圖..... | 69 |
| 圖 49 | 波壓分佈圖..... | 70 |
| 圖 50 | 波壓分佈圖..... | 71 |
| 圖 51 | 波壓分佈圖..... | 72 |
| 圖 52 | 波壓分佈圖..... | 73 |
| 圖 53 | 波壓分佈圖..... | 74 |
| 圖 54 | 波壓分佈圖..... | 75 |
| 圖 55 | 波壓分佈圖..... | 76 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 圖 56 | 波壓分佈圖..... | 77 |
| 圖 57 | 波壓分佈圖..... | 78 |
| 圖 58 | 波壓分佈圖..... | 79 |
| 圖 59 | 波壓分佈圖..... | 80 |
| 圖 60 | 波壓分佈圖..... | 81 |
| 圖 61 | 波壓分佈圖..... | 82 |
| 圖 62 | 波壓分佈圖..... | 83 |
| 圖 63 | 波壓分佈圖..... | 84 |
| 圖 64 | 波壓分佈圖..... | 85 |
| 圖 65 | 波壓分佈圖..... | 86 |
| 圖 66 | 波壓分佈圖..... | 87 |
| 圖 67 | 波壓分佈圖..... | 88 |
| 圖 68 | 波壓分佈圖..... | 89 |
| 圖 69 | 波壓分佈圖..... | 90 |
| 圖 70 | 波壓分佈圖..... | 91 |
| 圖 71 | 波壓分佈圖..... | 92 |
| 圖 72 | 波壓分佈圖..... | 93 |
| 圖 73 | 波壓分佈圖..... | 94 |
| 圖 74 | 波壓分佈圖..... | 95 |
| 圖 75 | 波壓分佈圖..... | 96 |
| 圖 76 | 波壓分佈圖..... | 97 |
| 圖 77 | 波壓分佈圖..... | 98 |
| 圖 78 | 波壓分佈圖..... | 99 |
| 圖 79 | 波壓分佈圖..... | 100 |
| 圖 80 | 波壓分佈圖..... | 101 |
| 圖 81 | 波壓分佈圖..... | 102 |
| 圖 82 | 波壓分佈圖..... | 103 |
| 圖 83 | 波壓分佈圖..... | 104 |
| 圖 84 | 波壓分佈圖..... | 105 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 圖 85 | 波壓分佈圖..... | 106 |
| 圖 86 | 波壓分佈圖..... | 107 |
| 圖 87 | 波壓分佈圖..... | 108 |
| 圖 88 | 波壓分佈圖..... | 109 |
| 圖 89 | 波壓分佈圖..... | 110 |
| 圖 80 | 波壓分佈圖..... | 111 |
| 圖 91 | 波壓分佈圖..... | 112 |
| 圖 92 | 波壓分佈圖..... | 113 |
| 圖 93 | 波壓分佈圖..... | 114 |

照片目錄

| | | |
|------|--------------------------|----|
| 照片 1 | 試驗佈置照片..... | 11 |
| 照片 2 | 消波室開孔率為 0.3 試驗佈置照片 | 12 |
| 照片 3 | 波壓計佈置照片..... | 13 |
| 照片 4 | 開孔率 0.3 消波照片..... | 14 |
| 照片 5 | 開孔率 0.4 消波室佈置照片 | 15 |
| 照片 6 | 開孔率 0.4 試驗情況..... | 16 |
| 照片 7 | 最高高潮位與最低低潮位安定試驗 | 24 |
| 照片 8 | 安定試驗造波前後比較..... | 25 |

壹、前言

台中港港口第二期擴建工程係將南外堤拆除 93 公尺，內堤拆除 50 公尺，北外堤以 WNW 方向延長 480 公尺。為減低防波堤延長後導浪效果及確保航道及內港的水域穩靜度，依第一期擴建延長北防波堤 850 公尺的經驗，擬採用消波式防波堤來減低斜向入射波浪沿防波堤而導入港內的波能。宇泰顧問公司設計採用直立開孔合成式沉箱堤做為延長段的防波堤斷面，其消波孔洞之孔率採用 0.3 和 0.4 二種，斷面尺寸為胸牆頂高程+11.0 公尺，沉箱安放水深為-16.0 公尺，基腳 1.5 公尺，其斷面型式如圖 1 和圖 2 所示。為確保宇泰顧問公司設計之斷面的穩定性，並進一步了解其消波能力、沉箱堤體波壓分佈、沉箱護基方塊及基礎護面截頭塊安定等，乃委託本中心辦理水工模型試驗，做為設計斷面再確認之依據。

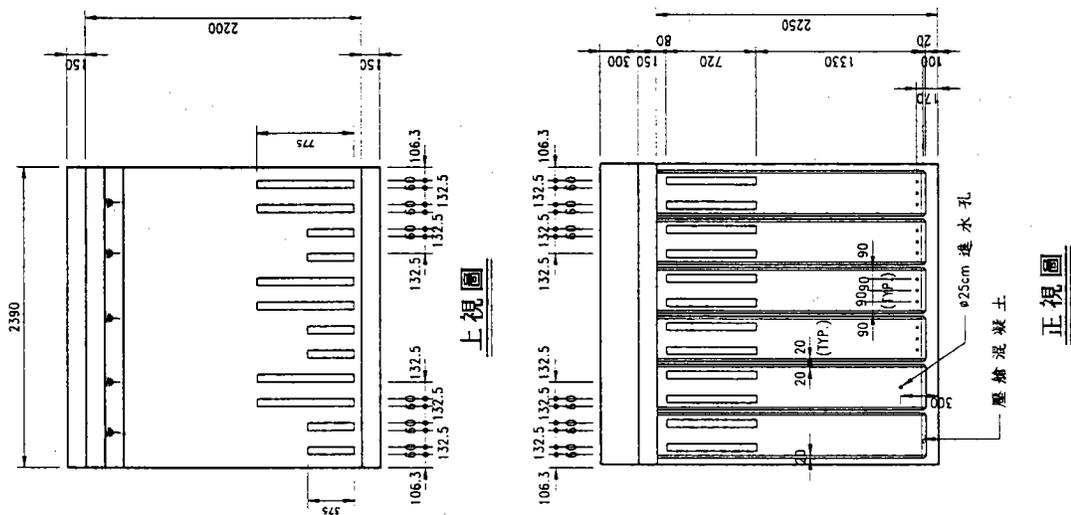


圖 1 消波結構開孔率為 0.3 示意圖

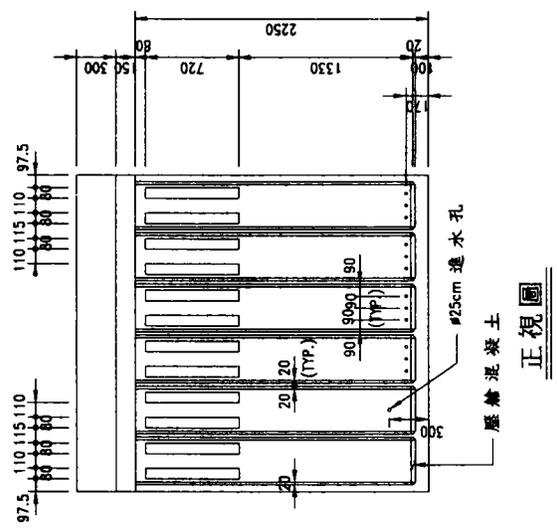
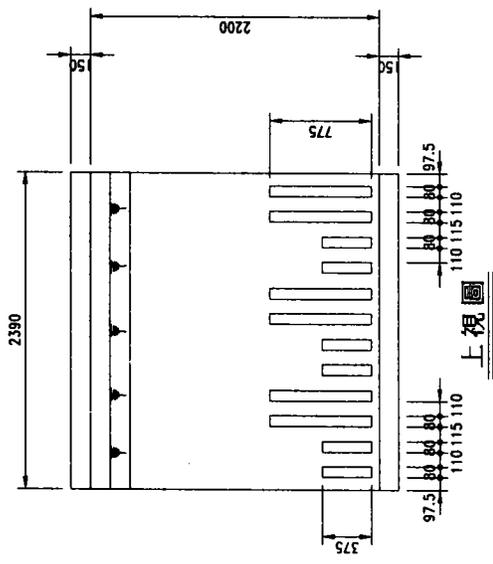


圖 2 消波結構開孔率為 0.4 示意圖

貳、試驗過程

本試驗於港灣技術研究中心風洞斷面水槽執行，試驗設備、條件與過程詳述：

2.1 試驗設備

1. 風浪流水槽

本試驗水槽為斷面二維造波水槽，水槽長 100m, 寬 1.5m, 高 2m, 首端安裝鼓風機及不規則波造波機, 末端為消波設施, 並分別於首端 35m 及 75m 兩處設置各長 15m 玻璃觀測段, 底部設有環流系統。如圖 3。

2. 不規則造波機

為丹麥 DHI 水工試驗所製造, 裝置於水槽首端鼓風機下方, 可造規則波與不規則波浪。不規則波可依特定頻譜(如 JON SWAP 波譜及 Brescheider 波譜)轉換成波浪時間序列造波或由自製波譜造波。

3. 容量型波高計

為日本計測技研株式會社出品，為試驗用波浪測定儀器，係將量取波動之水位變化，以電腦變化經放大器將測取之電壓訊號放大同時輸入個人電腦儲存記錄。

4. 波壓計

波壓計型式為日本製 SSK P310-02 及 P310-01，為試驗用壓力測定儀器，其最大量測壓力分別為 200g/cm² 和 100g/cm²，波壓訊號經增幅後透過 AD 卡送入電腦分析，儲存並記錄之。

5. 攝影系統

波浪作用下，防波堤之穩定性，沉箱護基方塊及基礎護面截頭塊安定等現象，皆由攝影機立即拍成錄影帶，及同時輔以現場人工觀測方式來監測，錄影結果可供事後及分析時參考。

2.2 試驗佈置

探討合成式沉箱體之穩定性、波壓力分佈、護基方塊與基礎護面截頭塊安定性等為本試驗之主要工作，因此本試驗採用定床試驗，並於第二觀測段距造波機約 51 公尺處，設置 1 支容量式波高計量測入射波波高，結構物設在距造波機 85 公尺處，而於結構前設置 4 支波高計量測水位變動，用來計算反射。其距離分別為 0.8 公尺、1.04 公尺、1.31 公、1.61 公尺，其佈置如圖 3 所示。

為量取沉箱結構物所受波浪作用力共在試驗斷面上設置 10 個壓力計。在消波試驗時其波壓計主要量直立面上之波壓力及大艙斜坡上之波壓力上，消波艙內頂板之作用力及小艙內直立波壓力，消波艙內頂板受力等，壓力計設置位置分佈圖如圖 4 所示。安定試驗時由於壁面至胸牆皆為直立式非開孔式，因此將 10 個壓力計平均分佈設置在整個斷面量測全面性的波壓力分佈，其佈置圖如圖 5 所示。

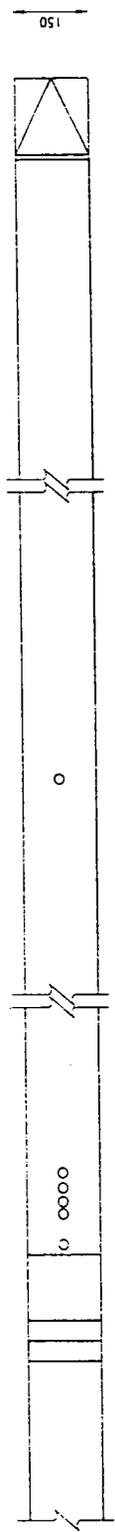
護基方塊與基礎護面截頭塊之安定性試驗主要以錄影機與人工監測方式來監測，因此在水槽玻璃段外以高畫質錄影機對準結構物做全程錄影。

2.3 模型製作

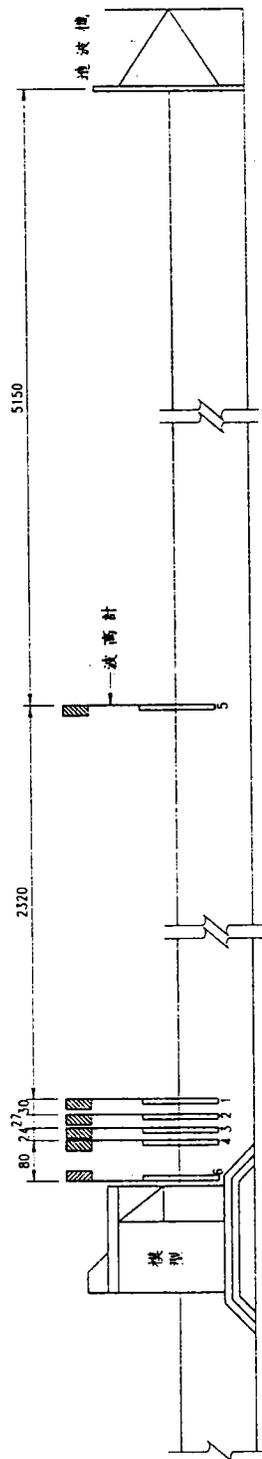
本試驗為求試驗可靠性採用等比縮尺，長度縮尺採 1/36。模型製作以混凝土依照設計圖灌注而成，沉箱內以砂來填充，並控制模型的重心使其與寬體重心位置相同。消波構造部份以本制，但內填使用鉛塊，仍以重心來控制結構體。護基方塊與基礎護面截頭塊以三種顏色塗裝做為區分，使其方便於塊體之觀測。模型試驗斷面如圖 6 所示。

2.4 試驗條件

本試驗影響各參數之模型效應以重力因素為控制實驗最重要的參數，因此依福祿數來考量模型與實體間之物理量的轉換。為求得模型趨於實體，又使得造波機與實驗設做精確的模擬，而取得最佳模型縮尺，本實驗之模型縮尺用等尺，其水平與垂直之縮尺皆為 36 比 1。



俯視圖
U=cm



側視圖
U=cm

圖 3 水工模型斷面佈置圖

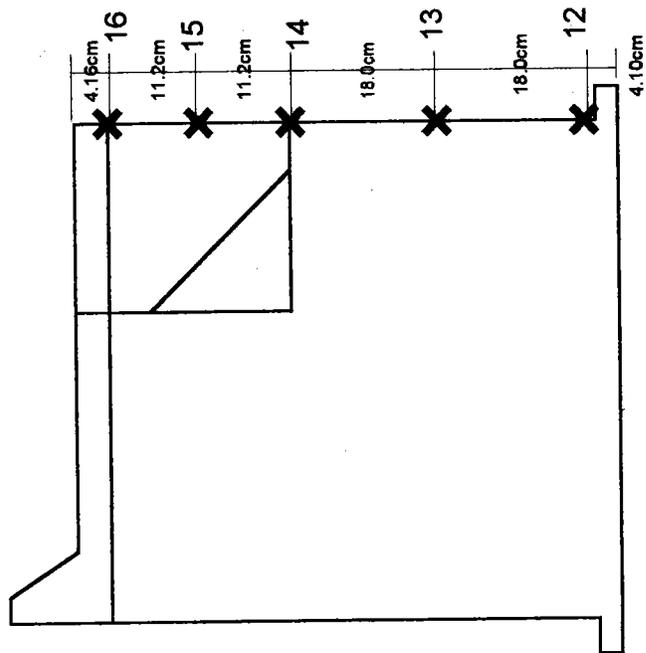
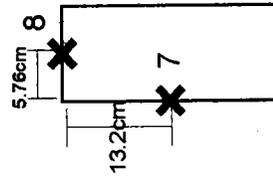
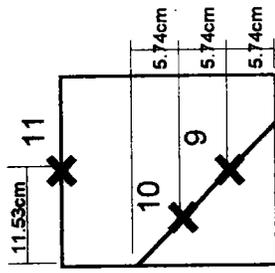


圖 4 消波實測波壓量測位置示意圖

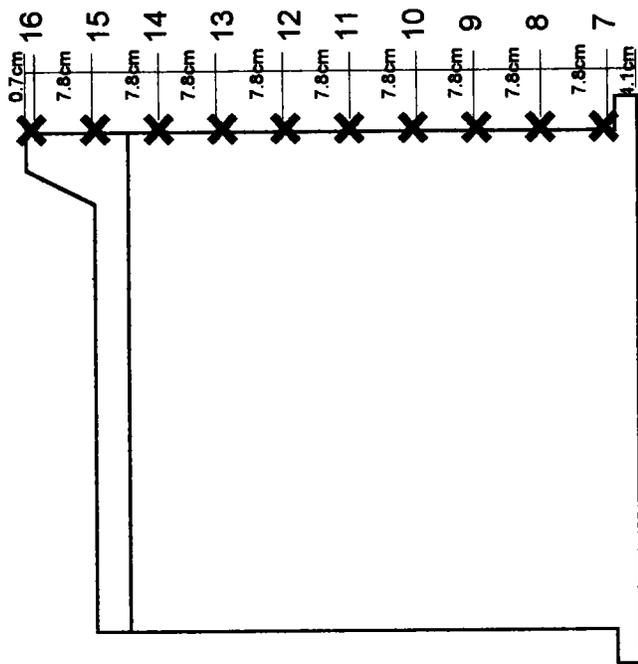
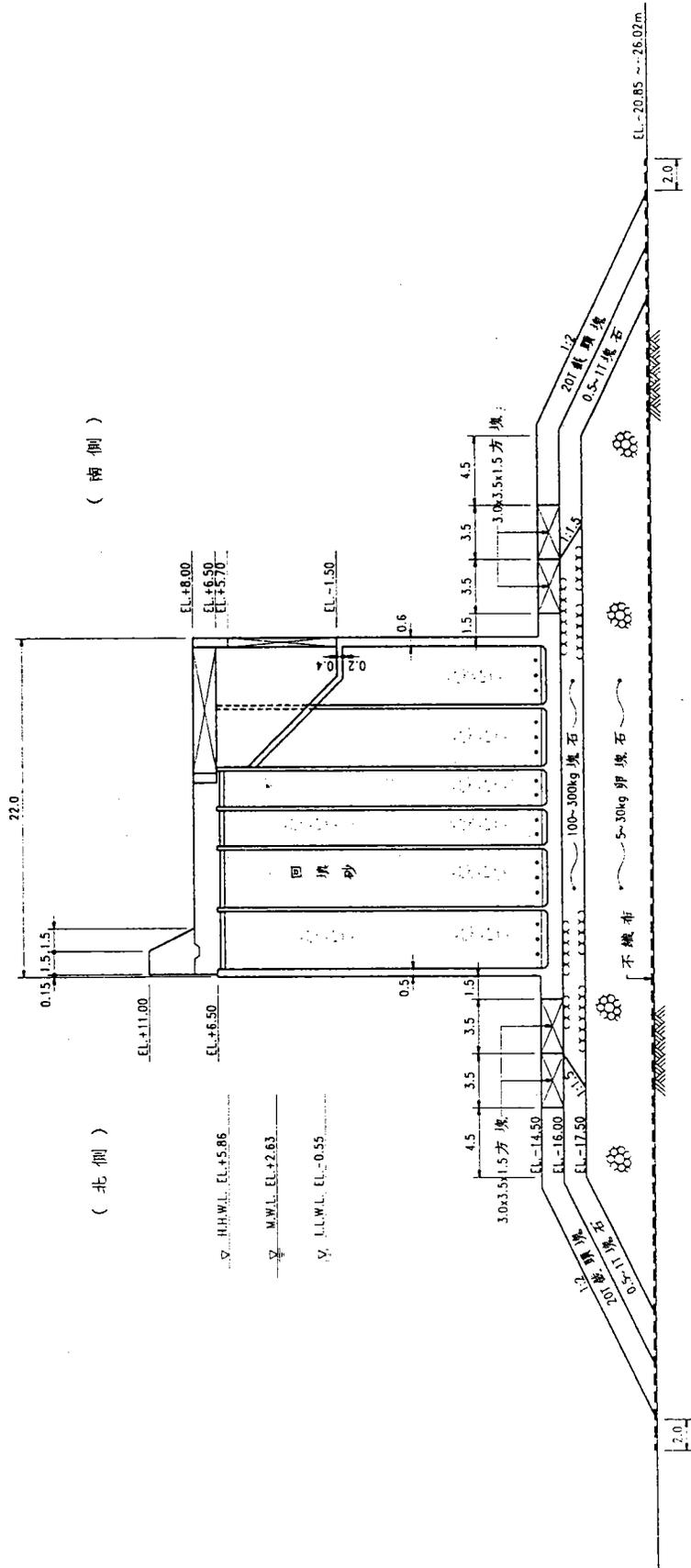


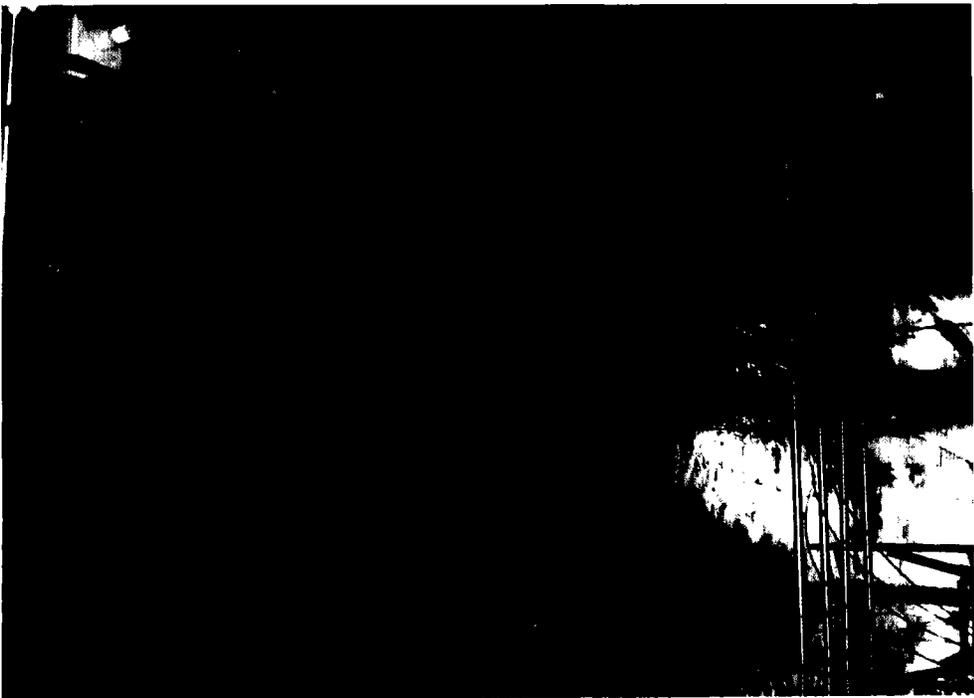
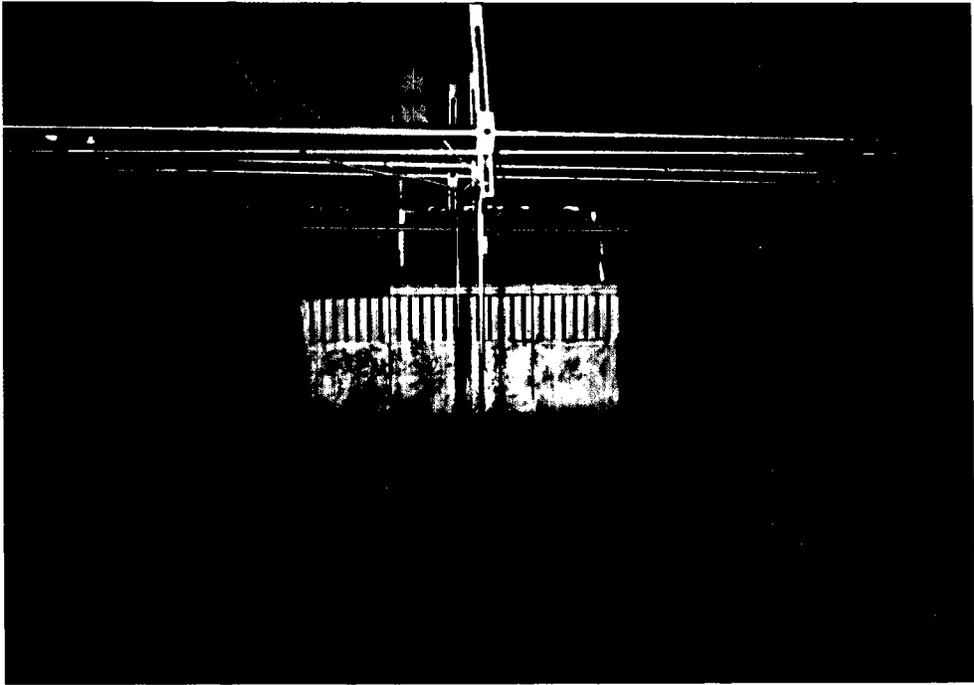
圖 5 外海側(北側)波壓量測位置示意圖

5-5.grf

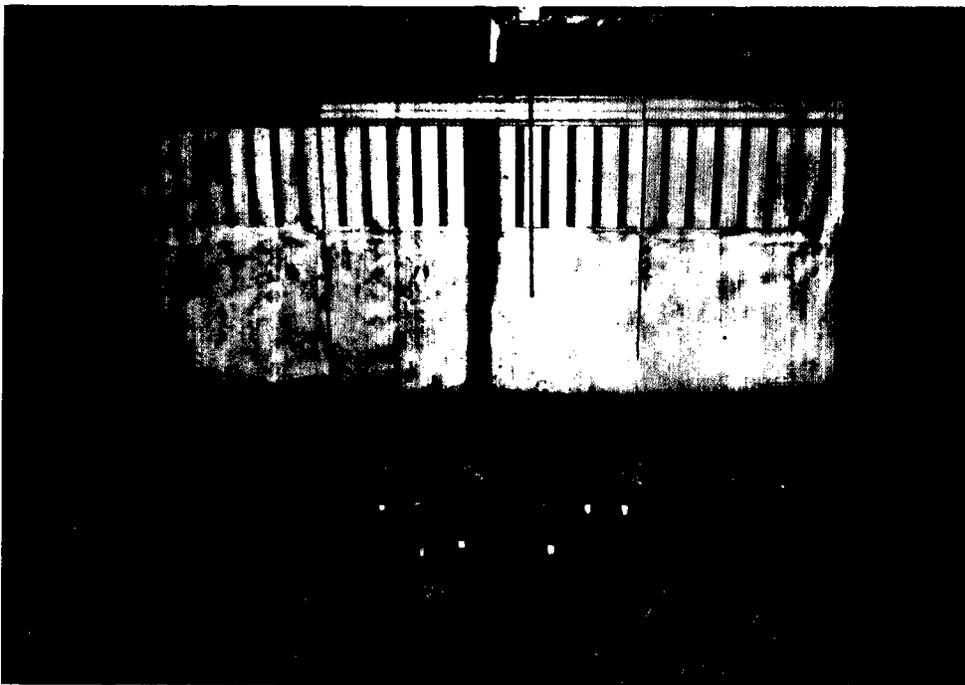
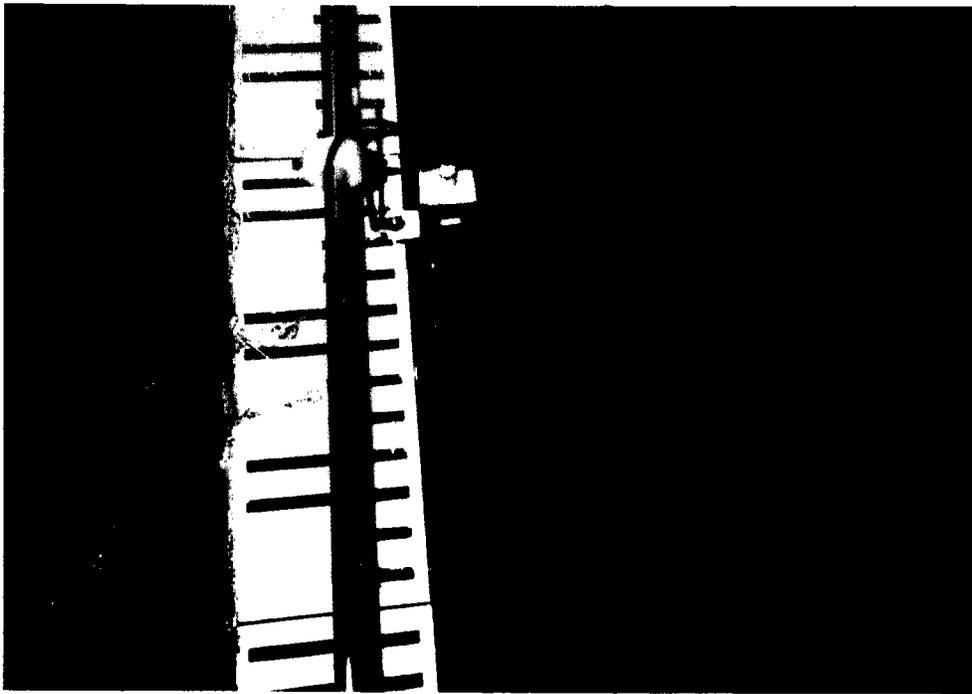


• U=M

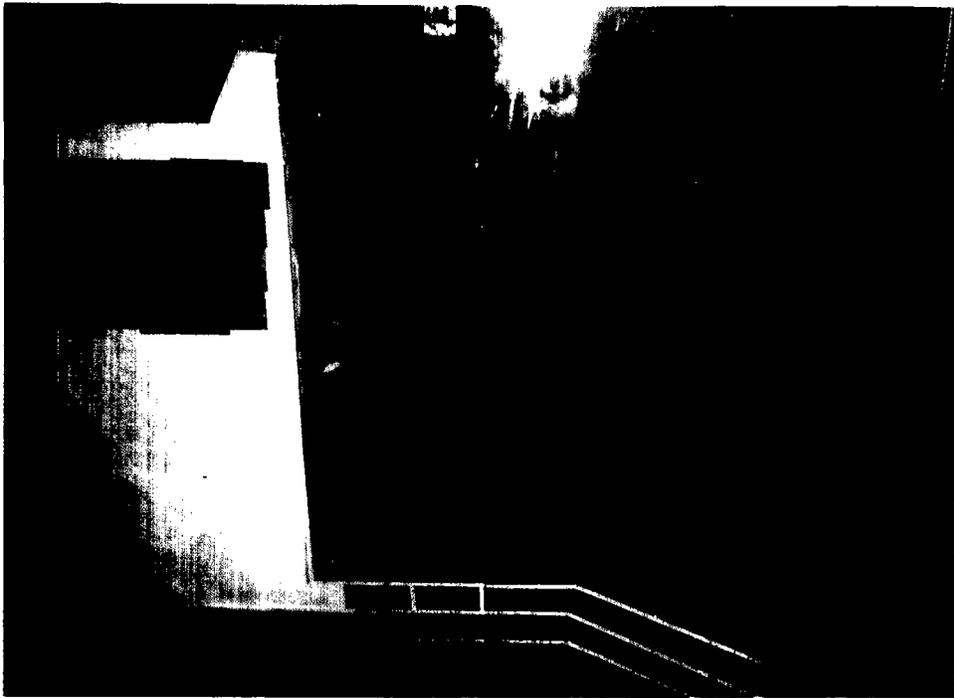
圖 6 試驗結構斷面圖



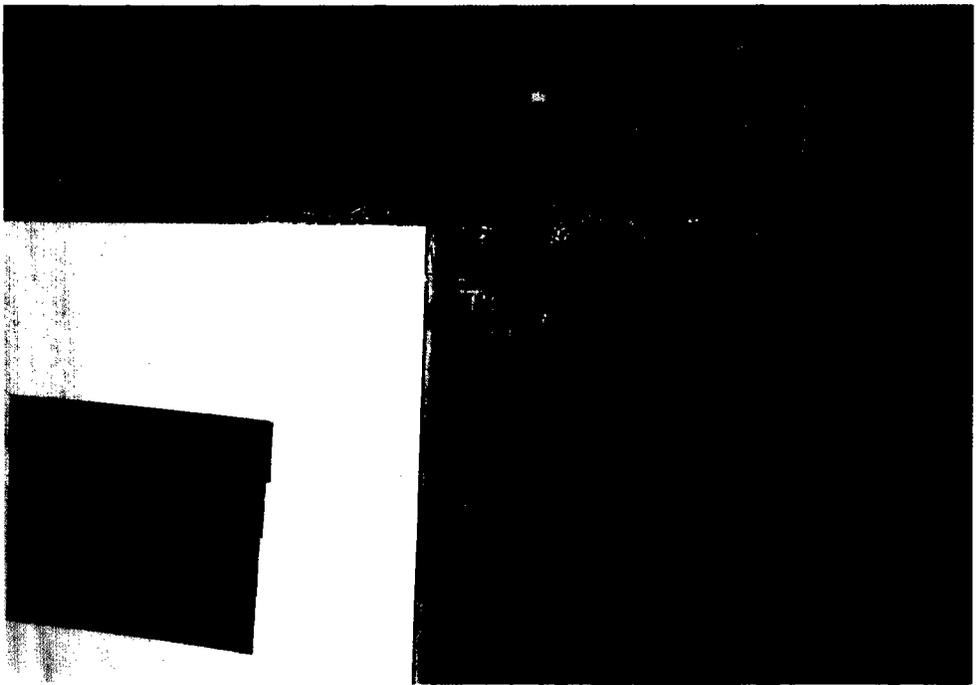
照片 1 試驗佈置照片



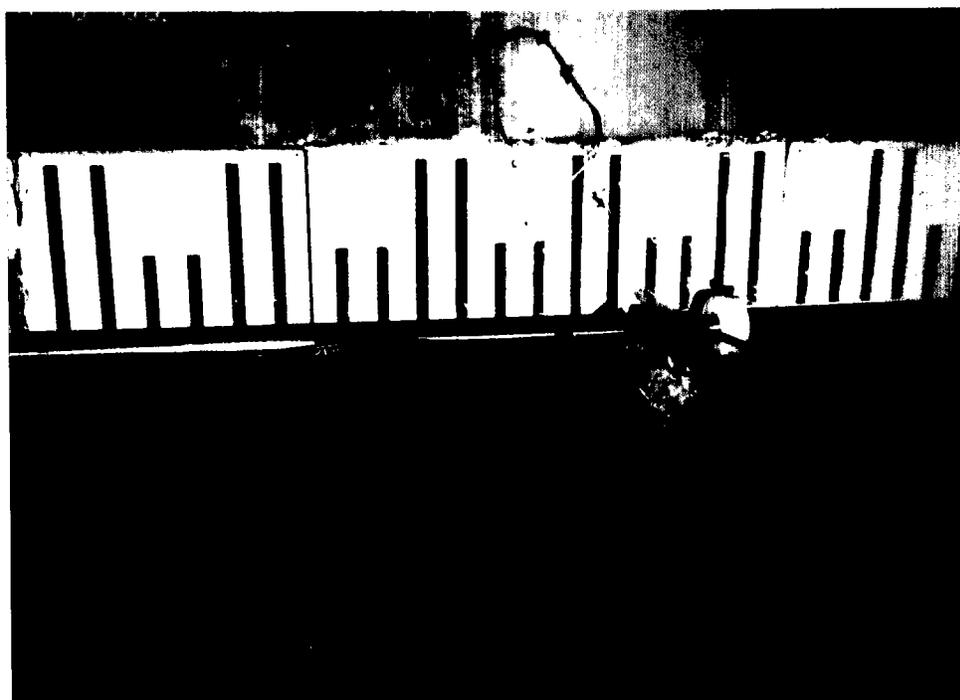
照片 2 消波室開孔率為 0.3 試驗佈置照片



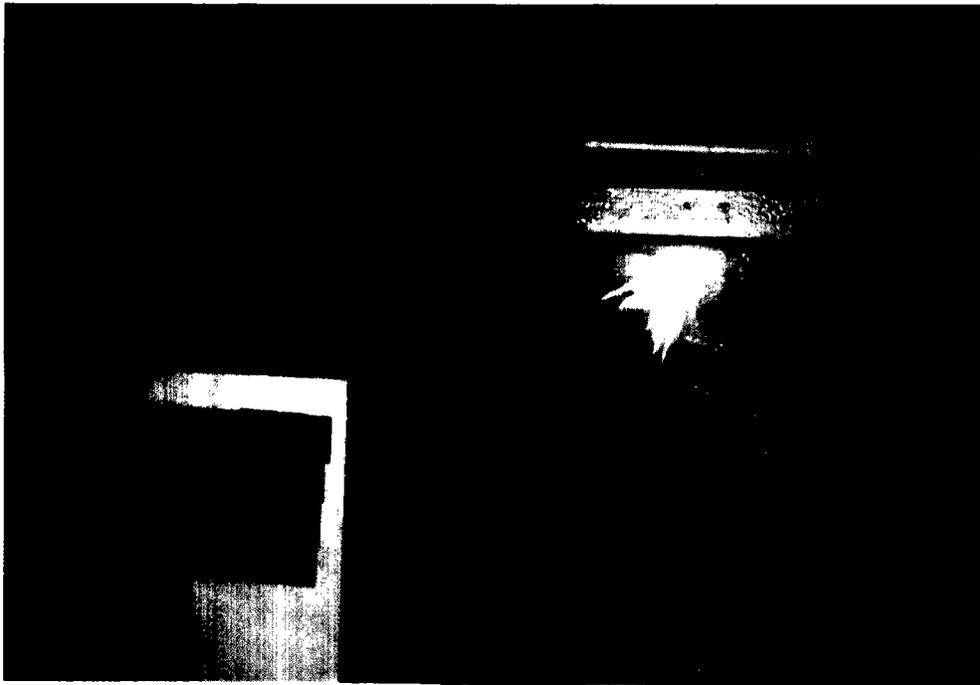
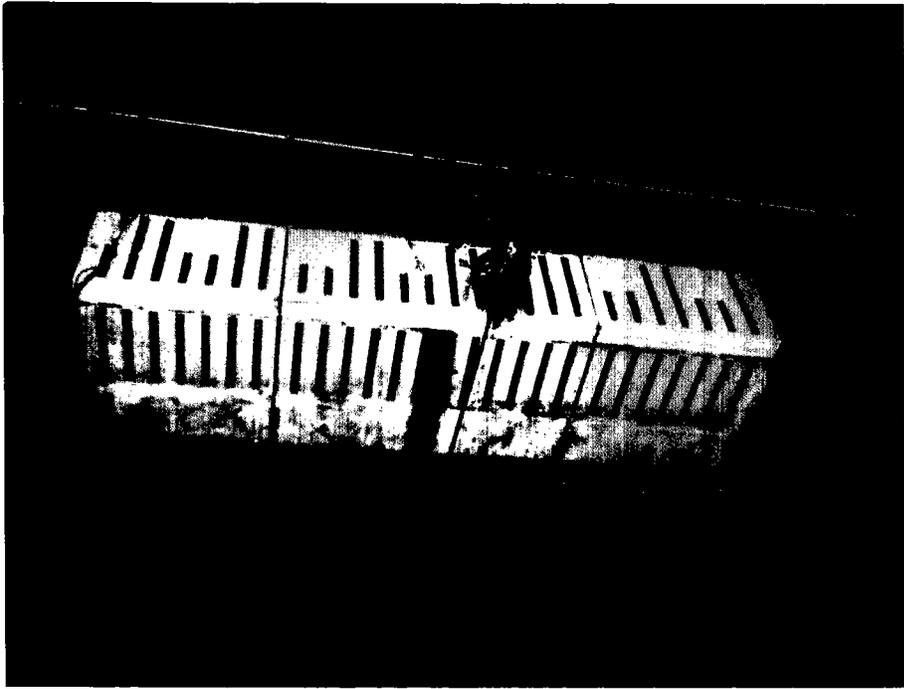
照片 3 波壓計佈置照片



照片 4 開孔率 0.3 消波照片



照片 5 開孔率 0.4 消波室佈置照片



照片 6 開孔率 0.4 試驗情況

1. 試驗水位

試驗水位共計五種, 分別採用

- (1) 最高高潮位 H. H. W. L =+5.86m
- (2) 大潮平均高潮位 M. H. W. O. S. T. =+4.93m
- (3) 平均潮位 M. H. W. L. =+2.63m
- (4) 大潮平均低潮位 M. L. W. O. S. T. =+0.09m
- (5) 最低低潮位 L. L. W. L. =-0.55m

2. 試驗條件組合:

(1) 安定試驗

| $H_{1/3}$ (m) | $T_{1/3}$ (sec) | 試驗水位(m) |
|---------------|-----------------|---------|
| 5.84 | 10.98 | +5.86 |
| 5.79 | 10.98 | -0.55 |
| 4.86 | 11.06 | +5.86 |
| 4.86 | 11.06 | -0.55 |

(2) 消波試驗

| $H_{1/3}$ (m) | $T_{1/3}$ (sec) | 試驗水位(m) |
|---------------|-----------------|----------------------|
| 1.00 | 6.00 | EL.+4.93 +2.63 +0.09 |
| 1.50 | 6.00 | EL.+4.93 +2.63 +0.09 |
| 2.00 | 7.00 | EL.+4.93 +2.63 +0.09 |
| 2.50 | 7.00 | EL.+4.93 +2.63 +0.09 |
| 3.00 | 8.00 | EL.+4.93 +2.63 +0.09 |

註: 每一波浪條件, 將搭配三種試驗水位進行試

2.5 資料擷取與處理

(1) 護基方塊及基礎護面截頭塊之安定

護基方塊及基礎護面截頭塊依照設計採一層亂拋方式排列，為便於判別消波塊是否有發生移動變位，護基方塊以紅色，消波塊再分層以藍、黃、綠等三顏色來區分。整個試驗過程再以 V8 錄影機做試驗全程監測，試驗結束時退水後再觀測有否移位。

(2) 波壓力

由 SSK 波壓計量測波壓變化後，經由放大器將放大訊號輸入個人電腦儲存。本試驗在量測時取樣頻為 30Hz，其連續量測 90 秒鐘紀錄。為求錄精確反應波壓特性，分析時紀錄前秒，記錄不同，而後取 3072 點資料。頻譜分析時每樣本採 1024 點，3 個樣本平均並取 7 條平均。示性波壓取相同之壓力記錄，採用零上切法(zero up-cross method)，每一波如在 3 個紀錄點以下即視為假性波而忽略。每一試驗條件皆從事 3 次試驗，再由 3 次試驗性統計結果與頻譜能量間之關係亦為量測資料評選的主要依據。

(3) 反射率之量取

本試驗反射率之量取理論係採用 Mansard & Funk(1980)之三支波高計法。本試驗在結構物前設置不同間距之 4 支波高計同時量測結構物前之水位變動，利用 4 支波高計之記錄分別取三支波高計紀錄來計算反射率。由於本試驗佈置 4 支波高計，因此任選三支波高時可能有組的組合方式，利用 4 組資料分別計算出其反射率，如計算結果相近時即以 4 組反射率之平均值為其反射率，如三組相近一組差異較大時即以三組平均視為其反射率，超過二組時即放棄本試驗。由於每一波浪皆從事三次試驗，故最後的反射率結果再依三次試驗結果來評選。如三次試驗結果的反射率相似時，再取平均值視為最後的反射率實驗結果。

2.6 反射率計算法

本試驗之反射率計算採用 Mansard & Funk(1980)之三支波高計法，詳述如下：

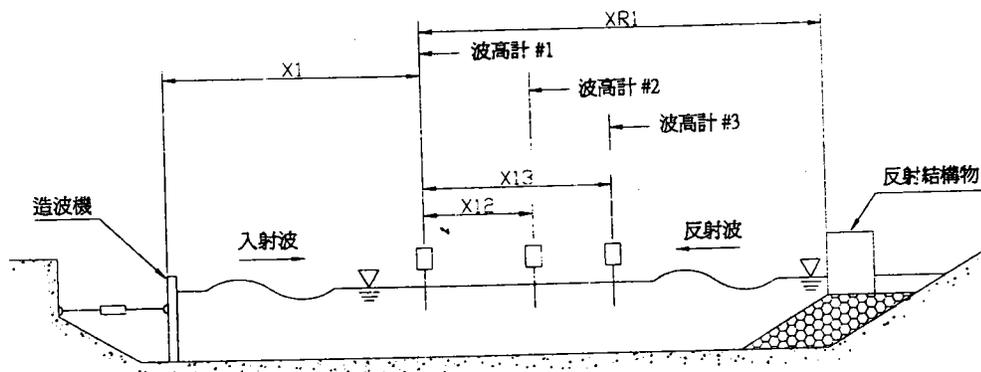


圖 7 反射率量測示意圖

任一波高計之水位觀測值以分割方式來表示時可以級數表示式如下：

$$\eta_p(t) = \sum_{k=1}^N A_{p,k} \cdot \sin \left[\frac{2\pi k \cdot t}{T} + \alpha_{p,k} \right] \quad (1)$$

其中： $A_{p,k}$ ：傅利葉係數

T ：波浪水位長度

$\alpha_{p,k}$ ：相對於原始時間之相位

N ：累積上限，最大示性頻率成份

組合成各隻波高計時，其觀測訊號可表示成：

$$\begin{aligned} F[\eta_p(t)] = \beta_{p,k} = & C_{l,k} \exp \left[i \cdot \frac{2\pi \cdot (x_1 + x_{1p})}{L_K} + i \cdot \theta_K \right] \\ & + C_{R,k} \cdot \exp \left[i \frac{2\pi \cdot (x_1 + 2 \cdot x_{R1} - x_{1p})}{L_K} + i(\theta_K + \phi_k) \right] \\ & + Y_{p,k} \cdot \exp \cdot i(\rho_{p,k}) \end{aligned} \quad (2)$$

令

$$\begin{aligned}
 Z_{I,K} &= C_{I,K} \cdot \exp\left(i \cdot \frac{2\pi \cdot x1}{L_K} + i \cdot \theta_K\right) \\
 Z_{R,K} &= C_{R,K} \cdot \exp\left(i \cdot \frac{2\pi \cdot (x1 + 2 \cdot xR1)}{L_K} + i(\theta_i + \phi_K)\right) \\
 Z_{N,P,k} &= Y_{p,k} \cdot \exp \cdot i(\rho_{p,k})
 \end{aligned} \tag{3}$$

以滿足線性疊加及分散關係式二個基本條件，並以最小二乘方來取入反射波之分離，其結果如下：

$$\begin{aligned}
 Z_{I,K} &= \frac{1}{D_k} \cdot \{B_{1,k} \cdot (R1 + iQ1) + B_{2,k} \cdot (R2 + iQ2) \\
 &+ B_{3,k} \cdot (R3 + i \cdot Q3)\} \tag{4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{R,K} &= \frac{1}{D_k} \cdot \{B_{1,k} \cdot (R1 - iQ1) + B_{2,k} \cdot (R2 - iQ2) \\
 &+ B_{3,k} \cdot (R3 - i \cdot Q3)\} \tag{5}
 \end{aligned}$$

此處

$$D_k = 2 \cdot (\sin^2 \beta_k + \sin^2 \gamma_k + \sin^2(\gamma_k - \beta_k))$$

$$R1_k = \sin^2 \beta_k + \sin^2 \gamma_k$$

$$Q1_k = \sin \beta_k \cdot \cos \beta_k + \sin \gamma_k \cdot \cos \gamma_k$$

$$R2_k = \sin \gamma_k \cdot \sin(\gamma_k - \beta_k)$$

$$Q2_k = \sin \gamma_k \cdot \cos(\gamma_k - \beta_k) - 2 \cdot \sin \beta_k$$

$$R3_k = -\sin \beta_k \cdot \sin(\gamma_k - \beta_k)$$

$$Q3_k = \sin \beta_k \cdot \cos(\gamma_k - \beta_k) - 2 \cdot \sin \gamma_k$$

解方程式(4)和方程式(5)可依下列步驟

以三支波高計之訊號 $\eta_1(t)$, $\eta_2(t)$, $\eta_3(t)$ 計算

$$S1(k, \Delta f), S2(k, \Delta f), S3(k, \Delta f) [\text{auto-spectral density analysis}]$$

振幅頻譜

$$A1(k, \Delta f) = \sqrt{2 \cdot S1(k, \Delta f) \cdot \Delta f}$$

$$A2(k, \Delta f) = \sqrt{2 \cdot S2 \cdot \Delta f}$$

$$A3(k, \Delta f) = \sqrt{2 \cdot S3 \cdot \Delta f}$$

(三)利用 $\eta_1(t)$ 和 $\eta_2(t)$

$$\eta_1(t) \text{ 和 } \eta_3(t)$$

計算 cross-spectral density

(四)計算相位

$$PH12(k, \Delta f)$$

$$PH13(k, \Delta f) \quad \text{for all } k.$$

$$PH11(k, \Delta f)$$

(五)振幅和相位配對

$$A1(k, \Delta f) \text{ 和 } PH11(k, \Delta f)$$

$$A2(k, \Delta f) \text{ 和 } PH12(k, \Delta f)$$

$$A3(k, \Delta f) \text{ 和 } PH13(k, \Delta f)$$

(六)座標轉換

$$\beta1(k, \Delta f) = \text{Rec} \{A1(k, \Delta f) \cdot \exp(PH11(k, \Delta f))\}$$

$$\beta2(k, \Delta f) = \text{Rec} \{A2(k, \Delta f) \cdot \exp(PH12(k, \Delta f))\}$$

$$\beta_3(k, \Delta f) = \text{Re}c\{A_3(k, \Delta f) \cdot \exp(PH_{13}(k, \Delta f))\}$$

(七)求

$$\beta(k, \Delta f) = \frac{2\pi X_{12}}{L_k}$$

$$\gamma(k, \Delta f) = \frac{2\pi X_{13}}{L_k}$$

(八)計算方程式(6)

(九)計算方程式(4)、(5)

(十)計算 S_I 和 S_R (頻譜密度)

$$S_I(k, \Delta f) = |Z_I(k, \Delta f)|^2 / 2\Delta f$$

$$S_R(k, \Delta f) = |Z_R(k, \Delta f)|^2 / 2\Delta f$$

(十一)計算反射係數

$$R(k, \Delta f) = |Z_R(k, \Delta f)| / |Z_I(k, \Delta f)|$$

(十二)計算相關係數

$$CF_{12}(k, \Delta f) = |S_{12}(k, \Delta f)| / (S_1(k, \Delta f) S_2(k, \Delta f))^{1/2}$$

$$CF_{13}(k, \Delta f) = |S_{13}(k, \Delta f)| / (S_1(k, \Delta f) S_3(k, \Delta f))^{1/2}$$

本試驗利用 4 支波高計同時量測沉箱前同一時間不同位置之水位變化訊號，再由 4 支波高計中任選三支波高計之訊號利用 Mansard & Funk 之理論計算其反射率與相關係數，再由相關係數來判斷反射率之選取。水位訊號取穩定段 2048 點資料，以 1024 點為一樣本來計算。

量測沉箱前同一時間不同位置之水位變化訊號，再由 4 支波高計中任選三支波高計之訊號利用 Mansard & Funk 之理論計算其反射率與相關係數，再由相關係數來判斷反射率之選取。水位訊號取穩定段 2048 點資料，以 1024 點為一樣本來計算。

參、試驗結果與分析

3.1 護基方塊與基礎護面方塊之安定

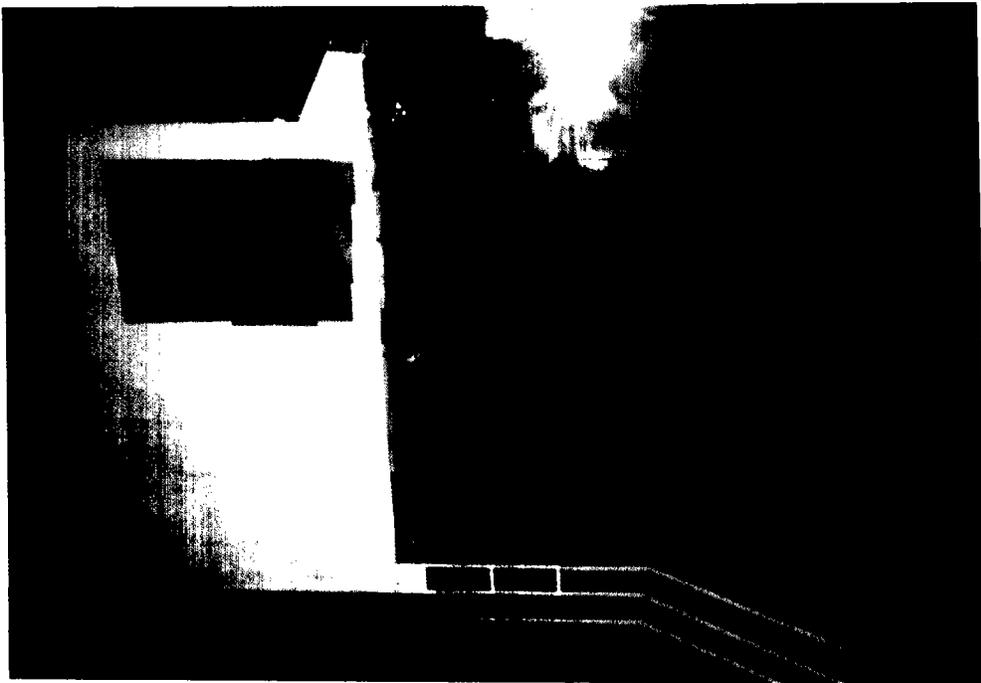
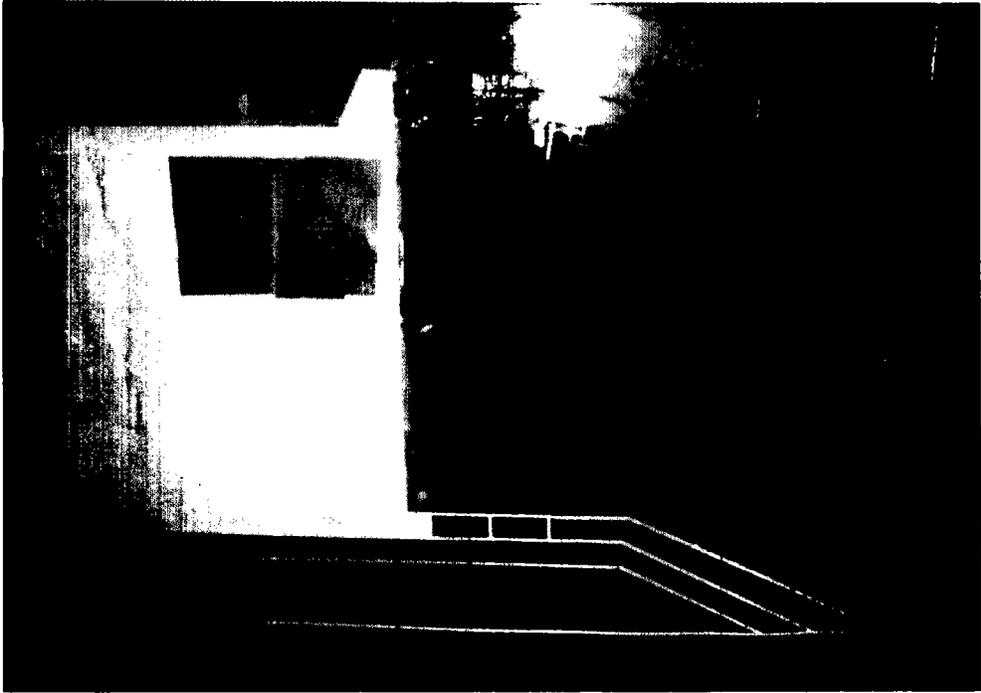
由於本試驗波浪條件係以深海設計波波向為 NNW 向。NNW 向波浪係作用於沉箱堤北側，故大有關沉箱、護基方塊及基礎護面消波塊之安定試驗即以此為試驗條件。由於波浪不大由堤水深達 25 公尺至 30 公尺之間，因此波浪用力對底床附近之消波塊體與護基方塊之作用不大。由照片 7 至照片 9 及錄影帶皆可很明顯的發現護基方塊皆無移動的現象出現相當安定。堤趾前之消波塊體亦沒有明顯下陷及變位的情況出現。由近 100 次實驗過程發現，皆沒有造成基礎塊體的變位，故本設計斷面護基方塊與基礎護面方塊為穩定狀態。

3.2 反射率

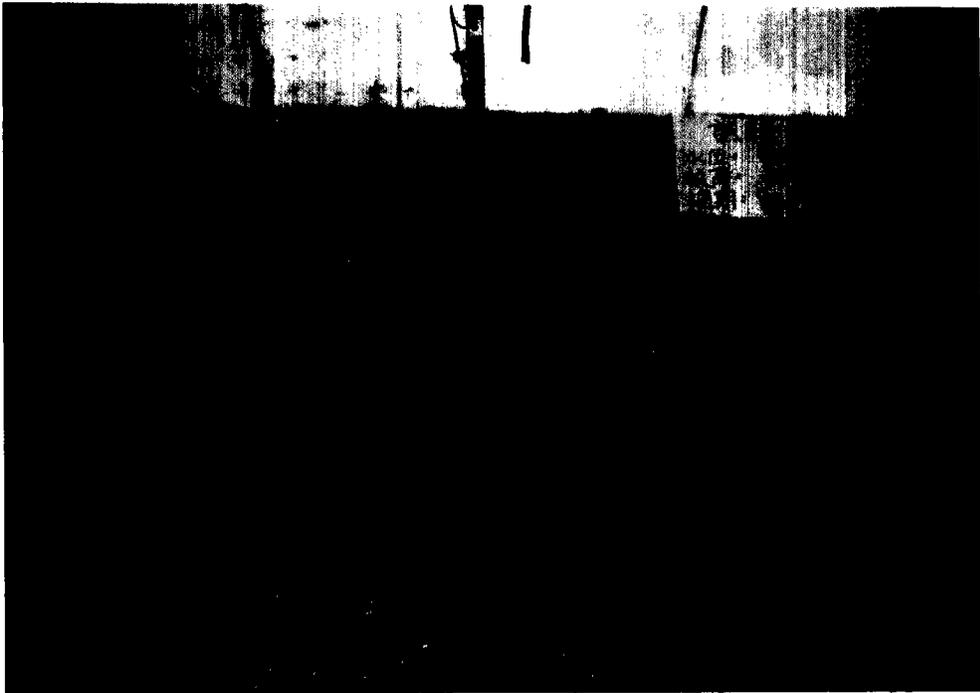
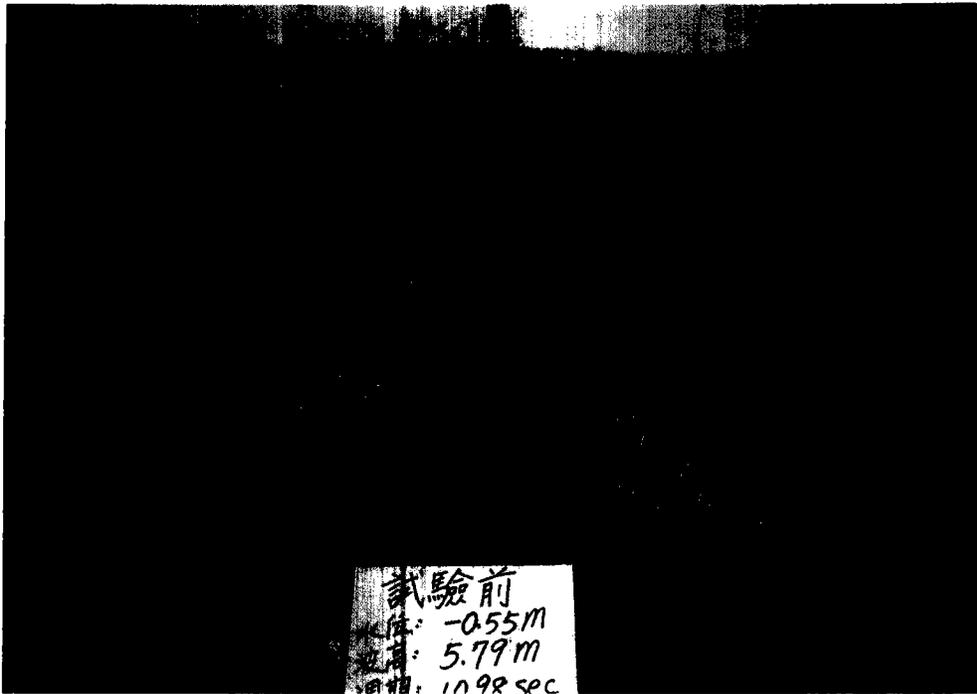
本試驗沉箱開孔率為 0.3 和 0.4，其開孔型態相似，僅有外壁上開孔寬度不一樣而已，同時本試驗採用 3 種不同水位試驗，以下將依不同水位分別討論不同開孔率的反射率。說明如下：

1. 高水位(E.L.+4.93m)

圖 8 和圖 9 分別表示開孔率為 0.4 和 0.3，不同波浪條件下之反射率比較圖，由圖 8 中可明顯發現孔隙率 0.4 時，在短週期波高較小的情況下，其反射率較低，如週期 6 秒的 Case1 和 Case2 其反射率皆在 0.28 至 0.3 之間，週期在 0.7 秒以上，其三個 Case 之反射率皆在 0.4 以上，顯示週期長時孔隙率 0.4 有 40% 以上之波能反射。由圖 9 開孔隙為 0.3 時，各不同波浪條件的反射率分別佈性和開孔率為 0.4 時相似，表示相同的結構斷面僅在開孔上變化而沒有改變消波艙的長度，無法明顯改變消波特性。圖 14 表示不同開孔率時不同波浪條件比較圖。由圖中很明顯發現，雖然二種不同開孔率其反射率會有不同，但趨勢相近，但亦有開孔率較大時反射率較小的趨勢。綜合以上結果可知在高水位時，開孔率 0.4 時，其反射率約為 0.3 至 0.45 之間，開孔率為 0.3 時，其反射率約為 0.29 至 0.43 之間，二者差距不大，但皆有開孔率較大，反射率較小的現象。



照片 7 最高高潮位與最低低潮位安定試驗



照片 8 安定試驗造波前後比較

2. 中水位(E.L.+2.63m)

圖 10 和圖 11 表示中水位時不同開孔率不同波浪條件下反射率之比較圖，由圖中顯示亦有高水位時之現象，但在週期為 6 秒時波高較小的情況其反射率很小，為 0.2 左右，即消波能力相當好。但在週期為 7 秒以上時其反射率即與高水位時相差無幾，在不同開孔率時的變化趨勢亦相似。週期在 7 秒以上時其反射率約在 0.45 左右。由圖 15 二者不同開孔之各不同波浪條件下之比較圖中亦發現在中水位時開孔率較小時其反射率較大。

3. 低水位(E.L.+0.09m)

圖 12 和圖 13 表示低水位時不同開孔率不同波浪條件下反射率比較圖，由圖中可明顯發現與中水位和高水位不同之處為週期 6 秒，小波高時其反射率較其他二水位時高出很多，此即顯示在低水位時波浪進入消波艙內之水體較少，消波能力大減低，反射波能增大，其餘不同週期亦有較高反射率的現象，開孔率在 0.4 時，其反射率分佈在 0.42 至 0.47 之間，開孔率在 0.3 時，其反射率分佈在 0.44 至 0.52 之間。由圖 16 亦可明顯發現在 7 秒大波高以上，在低水位時開孔率 0.3 和 0.4 其反射率相差無幾，但尚以開孔率最大者反射率較小，小波高時此現象更明顯。

3.3 波壓力

3.3.1 消波艙室內壁受力

本結構為一消波合成式沉箱體，其消波構造主要為直立開孔式，同時消波艙分為大艙和小艙間隔組成，小艙為一消波室，大艙內構築一斜坡壁面，為探討此二艙各壁面之受力，設置 5 個壓力計同時量測壁面上之受力，其中小艙內壁設置 1 個壓力計 ch7，頂板內壁 ch8，大艙斜坡上為 ch9 和 ch10，頂板內壁 ch11，以下分別說明各部位之受力特性。

1. 小艙消波室

圖 17 表示開孔率為 0.3 時，小艙消波室內壁所受波力在不同

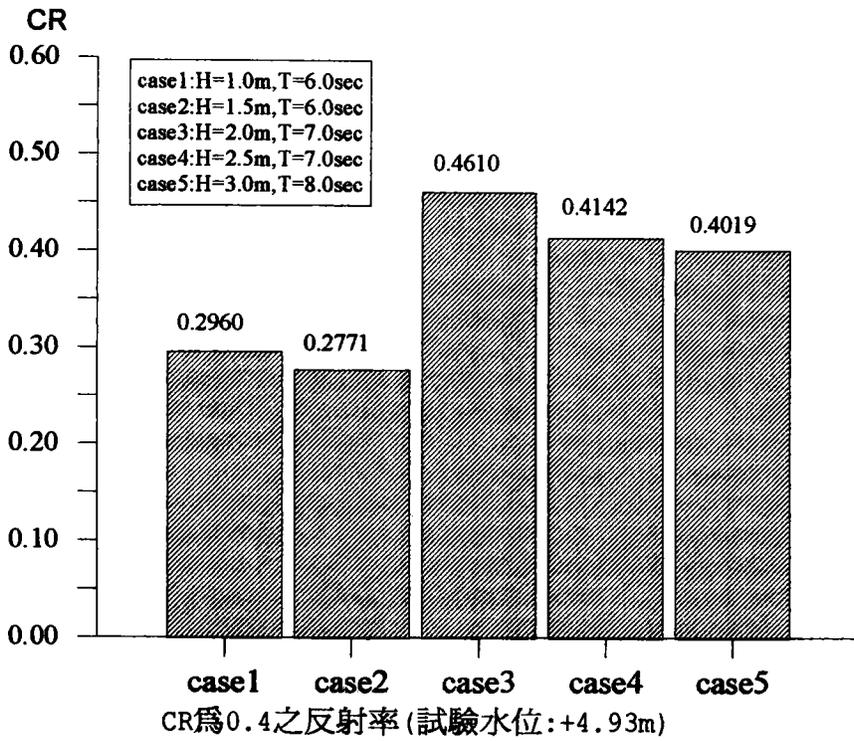


圖 8 高水位開孔率為 0.4 反射率比較圖

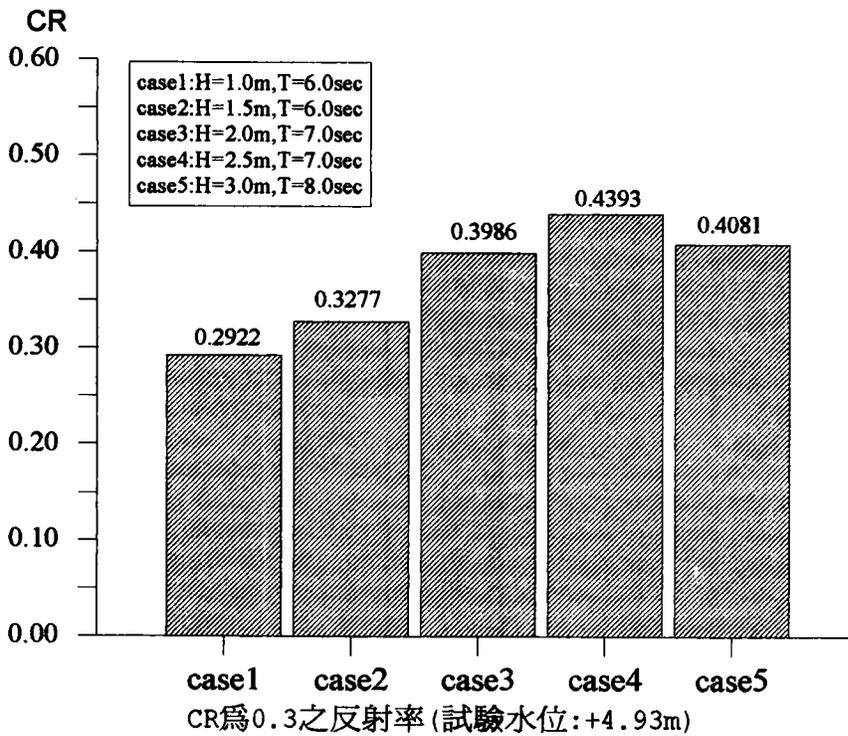


圖 9 高水位開孔率為 0.3 反射率比較圖

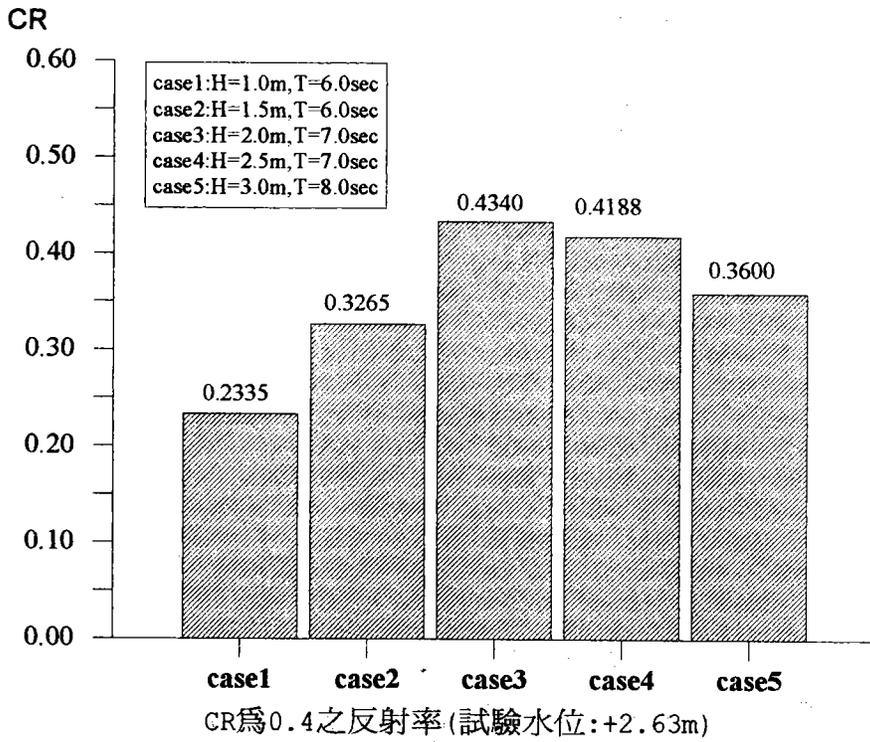


圖 10 中水位開孔率為 0.4 反射率比較圖

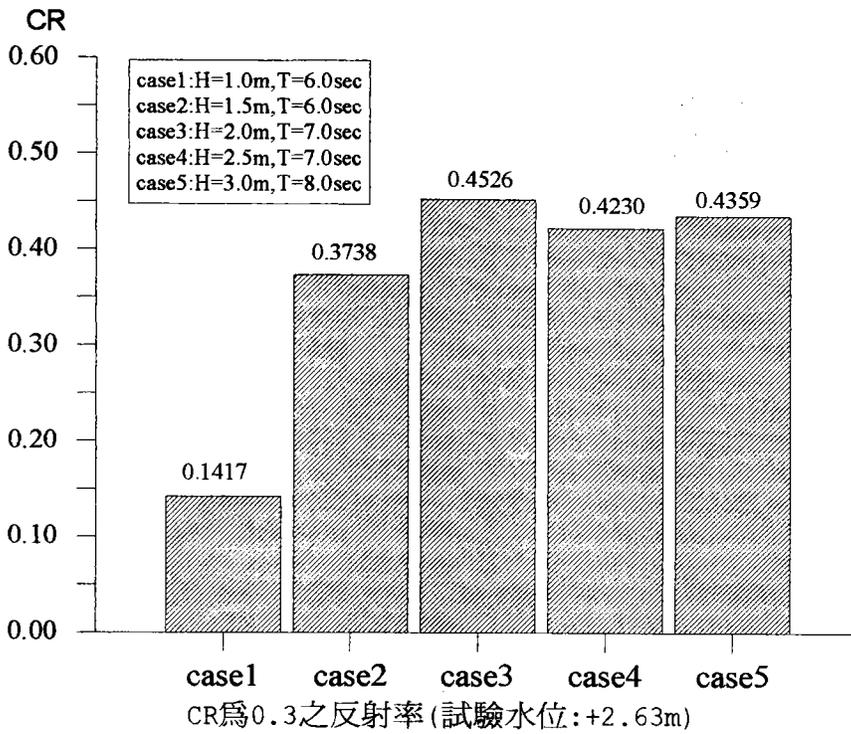


圖 11 中水位開孔率為 0.3 反射率比較圖

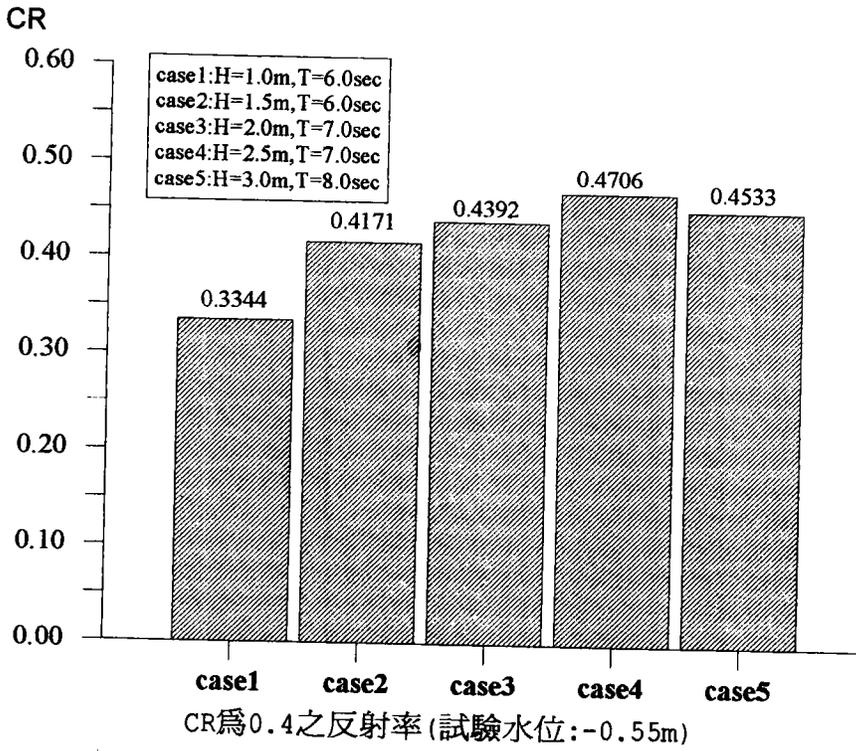


圖 12 低水位開孔率為 0.4 反射率比較圖

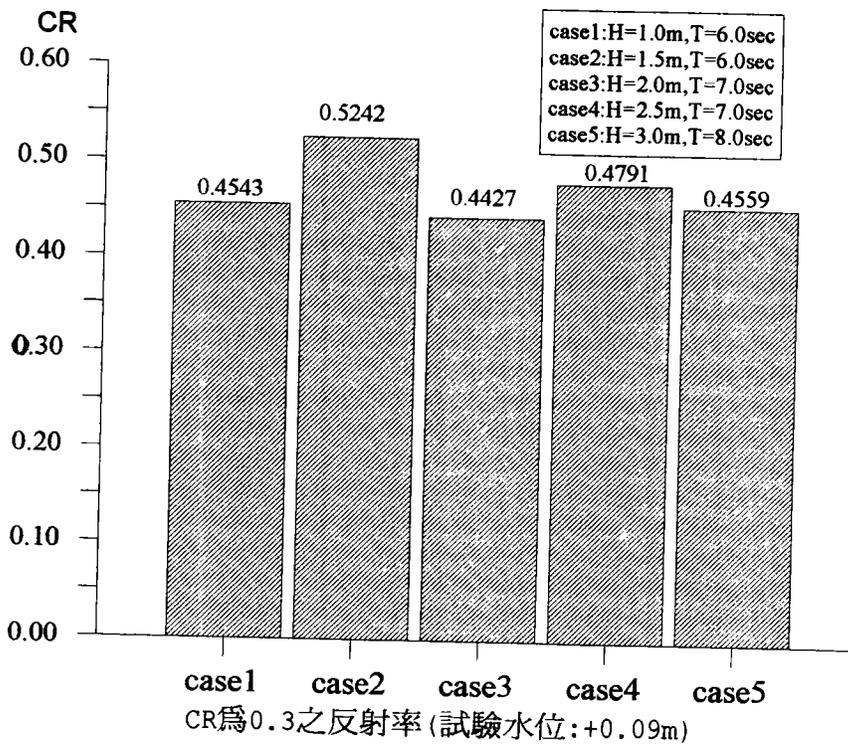


圖 13 低水位開孔率為 0.3 反射率比較圖

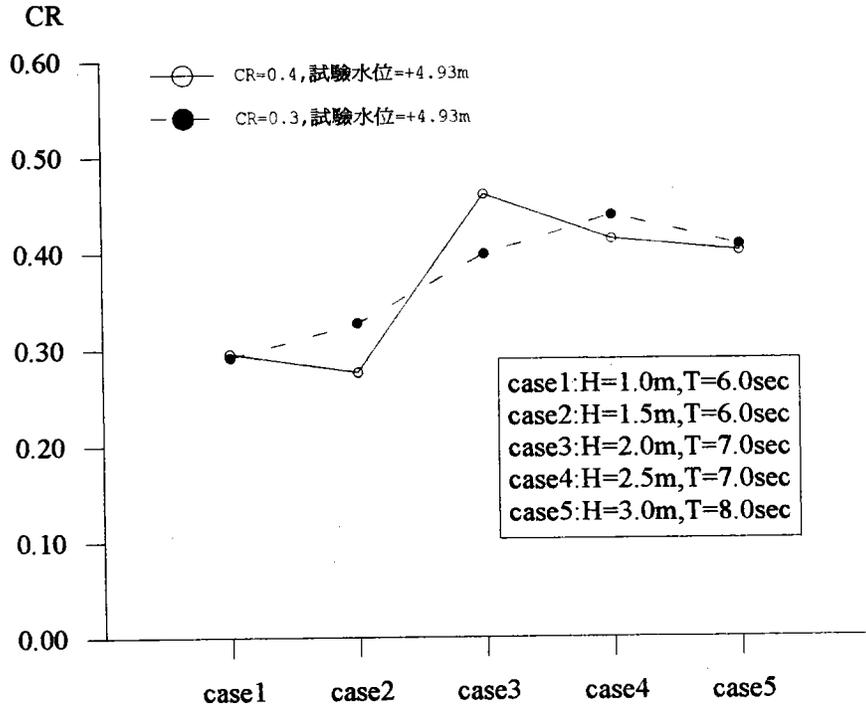


圖 14 高水位不同開孔率之反射率比較圖

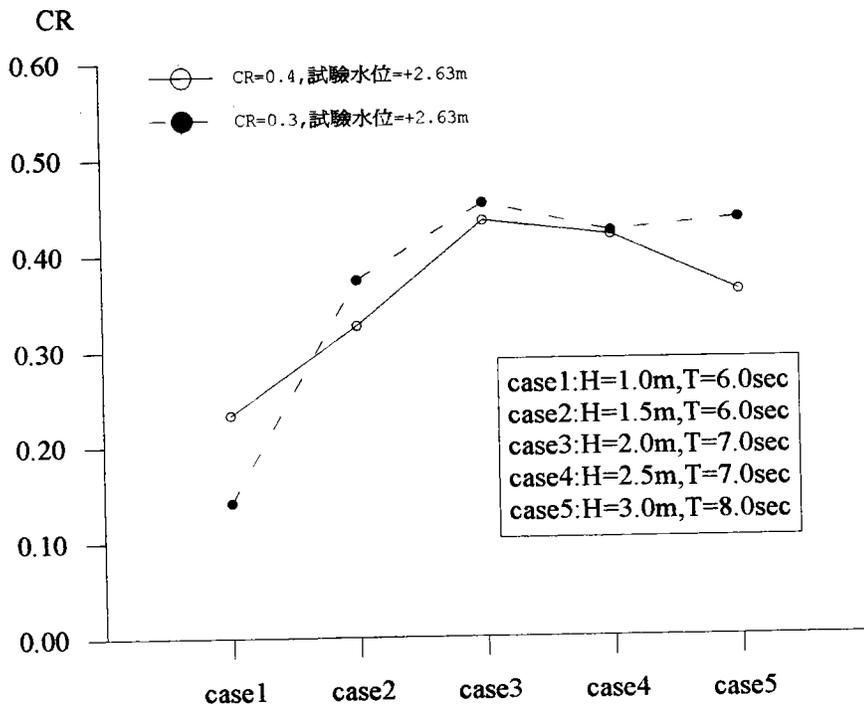


圖 15 中水位不同開孔率之反射率比較圖

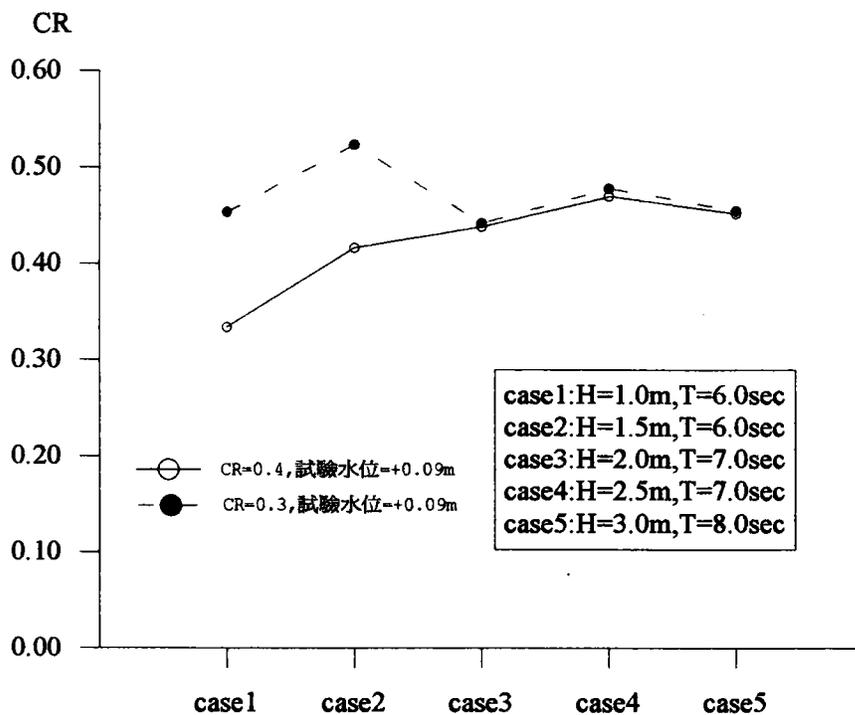


圖 16 低水位不同開孔率之反射率比較圖

波浪條件下，波壓與波高比值比較圖，在高水位時其波壓和波高之比值分佈 1.27 至 1.70 之間，以短週期之比值較大，在中水位時亦以週期較長時比值較小，低水位情況其比值皆在 0.01 左右，其比值很小。最大值之波高和波壓之比值其結果亦相似。

圖 22 表示開孔率為 0.4 時，波壓與波高比值在各種波浪條件下之比值比較圖，由圖中很明顯發現其比值之分佈與開孔率為 0.3 時相類似。

圖 18 和圖 23 分別表示孔率為 0.3 和 0.4 時，小艙消波室頂板內壁波壓與波高比值比較圖，由各圖中可發現，低水位時波浪對頂板沒有作用僅在中高水位時其比值皆在 0.5 以上，每一水位上皆有長週期比值較小趨勢，此即消波艙室之長度對較長週期時稍有不足。

2. 大艙消波室

圖 19 至圖 21 為開孔率 0.3，三個不同位置之波壓與波高在不同波浪條件下比較圖，由圖中顯示不同水位時皆以 ch9 艙內斜坡上之受力為最大，ch10 受壓力與波高間比值皆在 0.2 左右，長週期之比值較短週期為大，顯示消波艙室有足夠空間來消能，因此 ch10 之壓力皆有小於 ch9 之趨勢，而在各不同水位 ch11 之比值皆在 0.2 以下，似乎頂板皆少受波浪作用。

圖 20 至圖 26 為開孔率 0.4，三個不同位置之波壓與波高在不同波浪條件下比較圖，由各圖比較之結果發現與孔率 0.3 有相似之結果出現。

3.3.2 壁面上之波壓力

圖 27 至圖 93 分別表示不同波浪條件之有義波壓力或最大波壓力作用下，各實測點之波壓力分佈、波力作用點及整個沉箱壁面之受力總合力，各消波艙壁之受力等。以下將依沉箱港側受力特性、長短艙內總受力、颱風條件之沉箱受力等特性分述如下：

1. 港側受力特性分析

圖 27 至圖 31 表示港側消波室開孔率為 0.3 高水位時,不同波浪條件下有義波壓力之實測結果與 Goda 理論值之比較圖,圖中實黑點表示實測值,細線表示 Goda 理論值,由各圖中可發現實測結果遠小於 Goda 理論,此係 Goda 理論值以設計條件來計算之結果。圖 32 至圖 36 在最大波壓力時亦得相同結果。再由有義波壓分佈圖中可發現實驗結果之合力作用位置稍高於理論結果,雖重心有往上移之現象但作用力遠小於設計,故不影響沉箱之穩定性。圖 32 至圖 36 即顯示理論與實驗結果之重心位置相近,即壓力分佈型態相似僅大小有不同而已。圖 57 至圖 66 在消波室開孔率為 0.4 時,其波壓分佈與合力作用位置之實驗結果與 Goda 理論結果之比較獲得與開孔率為 0.3 時相似之結果。再由不同開孔率在高水位時沉箱壁面上之合力比較,獲得開孔率較大(即 0.4)時其合力稍小於開孔率較小者。

圖 37 至圖 41 表示在平均水位開孔率為 0.3 時,有義波壓力分佈圖,圖 42 至圖 46 為平均水位開孔率為 0.3 時最大波壓力分佈圖,由以上各圖可發現,其合力作用位置皆較高水位時為低,即沉箱穩定度較高水位時安全,圖 47 至圖 56 分別表示在低水位開孔率為 0.3 時之有義波壓和最大波壓分佈圖,由各圖亦得到相似於平均水位時之結果。圖 67 至 76 為平均水位開孔率為 0.4 時,有義波壓與最大波壓力分佈圖,圖 77 至圖 86 為低水位開孔率為 0.4 時,有義波壓與最大波壓力分佈圖。由以上各圖皆發現沉箱壁面上之合力作用點皆比 Goda 理論結果低,沉箱較不受傾覆之威脅。在各種波浪條件作用下,無論開孔率為 0.3 或 0.4,其港側之壁面受力皆低於設計條件時之 Goda 理論值,即沉箱對港側之設計外力皆大於實驗結果實屬安全。

由不同開孔率在平均水位時之有義波壓或最大波壓分佈圖中(圖 37 至圖 46 與圖 67 至圖 76)之合力比數可明顯發現在開孔率為 0.4 平均水位時,其合力皆大於開孔率為 0.3,合力作用位置有義波壓時數相近,最大波壓時波高愈大,開孔率為 0.4 時其作用點

亦較高，顯示在平均水位時在靜水位附近之波壓力受開孔率影響較大，較大開孔率受力反而較開孔率小時為大。在低水位時由圖 47 至圖 56 與圖 77 至圖 86 可發現合力作用點亦比開孔率為 0.4 者較高於開孔率 0.3 者。

2. 消波艙內之受力

由圖 27 至圖 86 各圖示之右上圖表示消波艙內壁之實驗觀測點及其壓力分佈，在下圖表示消波小艙之實驗結果。由以上各圖可發現在平均水位或低水位分別在不同開孔率時，消波艙內壁或蓋板內壁受力與港側相同位置之受力相差無幾。在高水位時消波艙內蓋板內壁及隔艙內壁，無論在開孔率為 0.3 或 0.4 時，最大波壓力時，其受力皆有稍大於同一位置處之港側沉箱壁面之受力的趨勢，但仍小於設計外力之 Goda 理論值。

3. 颱風條件之沉箱受力

圖 87 至圖 89 為颱風條件中在不同水位時，開孔率皆為 0.4 的條件下，港側沉箱壁面上之波壓力分佈圖。圖 87 表示最低低水位時，波浪條件為颱風條件，沉箱消波艙開孔率為 0.4 時，其港側沉箱在靜水位附近設計壓力小於 Goda 理論值，而在接近底床上方，實驗值與理論相接近，合力作用點低於設計值，即抵抗傾覆應無問題，同時消波艙內壁及蓋板頂內壁受力皆小於同位設置之設計外力。圖 88 表示在高水位颱風條件開孔率 0.4 時，由圖中可明顯發現在最大波壓力作用時實驗值僅略小於設計值，消波艙之長艙斜坡上之受力約大於壁面上設計受力之 1.3 倍左右，頂內壁受力接近設計外力，小艙內壁受力約為設計外力之 1.5 倍左右，蓋板頂內壁之外力約為設計外力之 1.3 倍左右，值得注意颱風期間高潮位時之消波艙室之受力。

圖 90 至圖 93 為海側沉箱壁面上之波壓力分佈圖，由圖 90 和圖 92 分別在最高水位與最低水位時，沉箱海側壁面上有義波壓力和設計條件時 Gode 的理論值比較，發現實驗結果與理論值相接近，合力作用點數理論值低，沉箱穩定度較好。圖 91 和圖 93 分

別為最高水位和最低水位最大波壓力和設計值之比較，由各圖發現在靜水位附近實驗值設計值小，在較靠近底床上之波壓力反而實驗值有略大於設計值之現象，合力作用點皆較設計值低，在防止傾覆上有其功能。

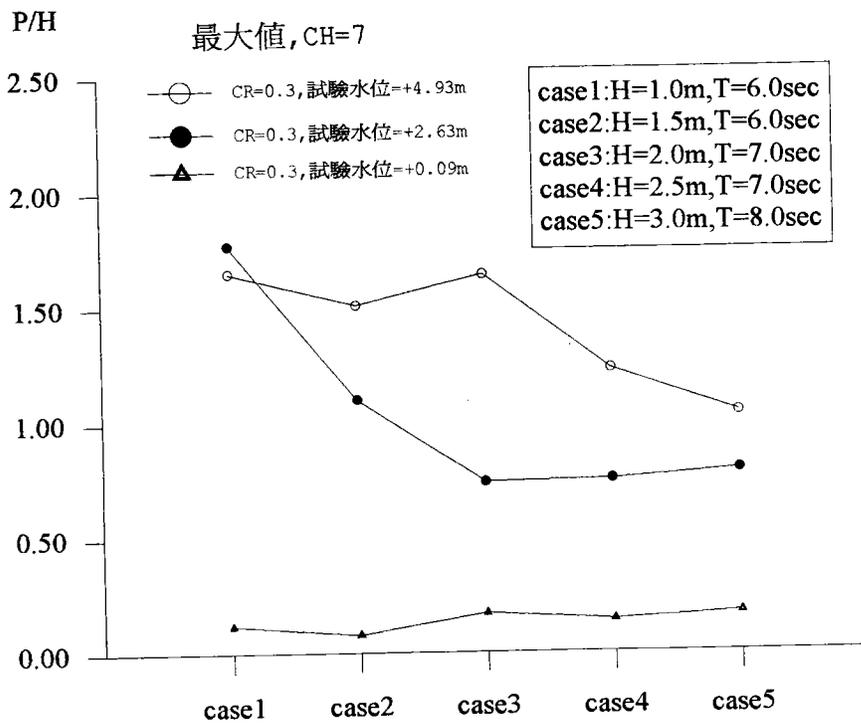
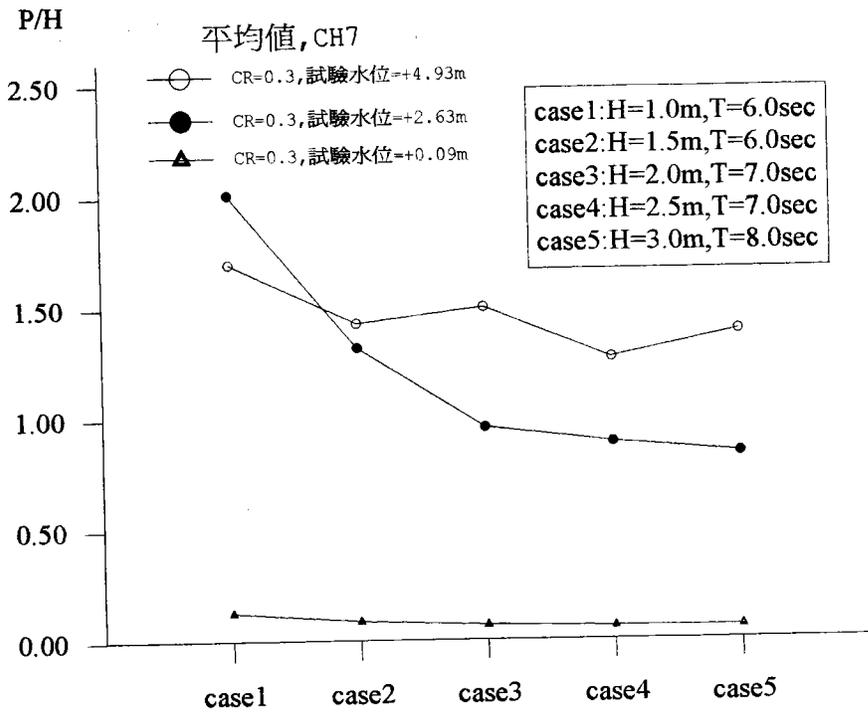


圖 17 不同水位時小艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)

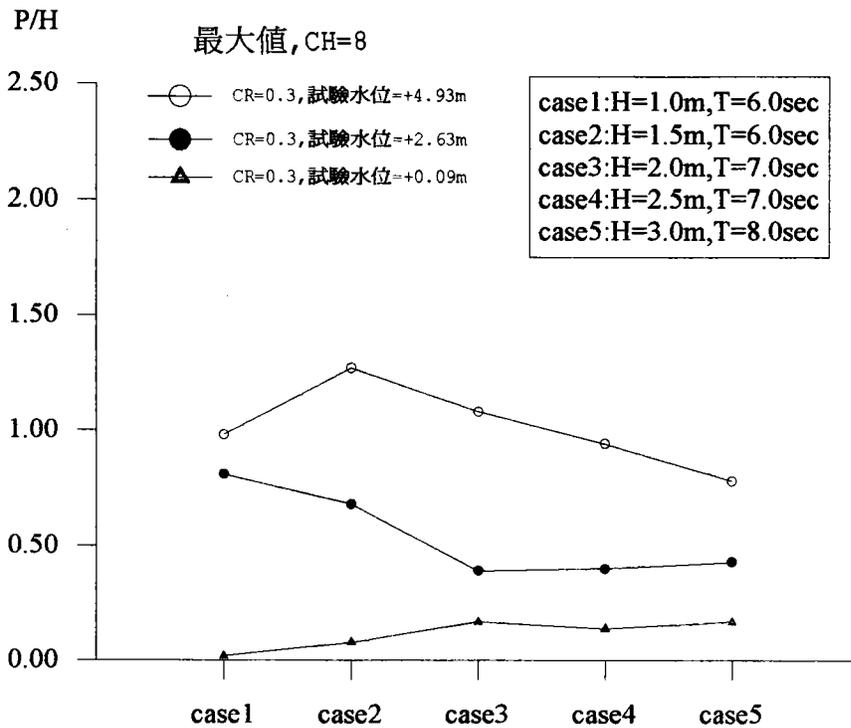
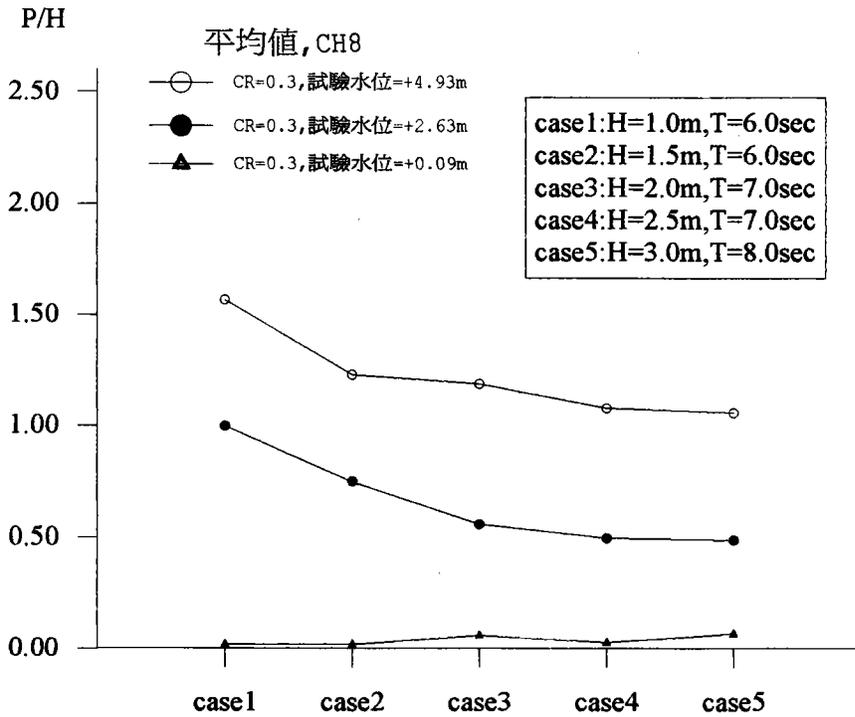


圖 18 不同水位時小倉內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)

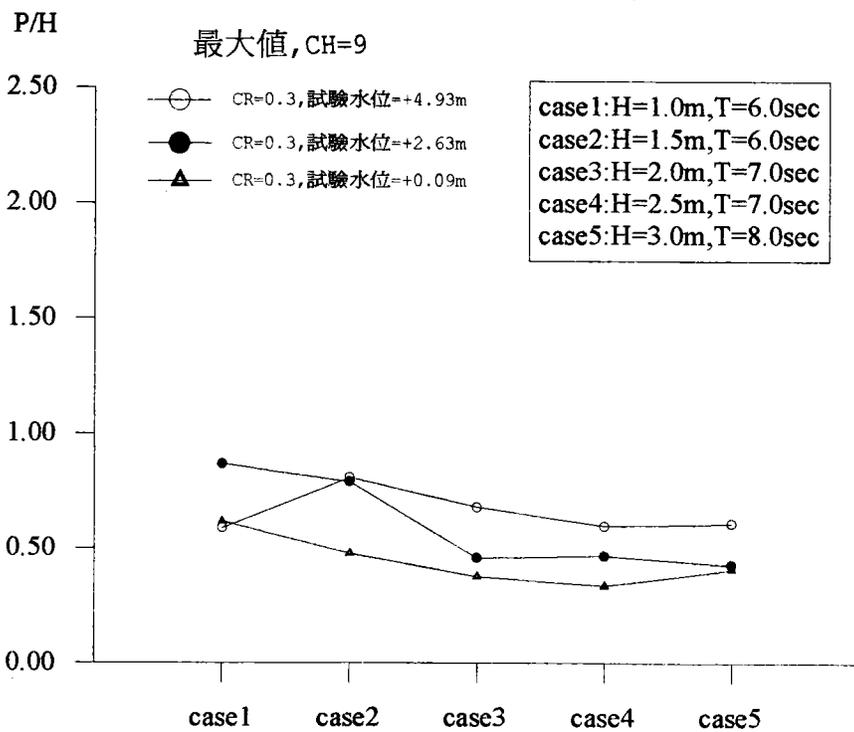
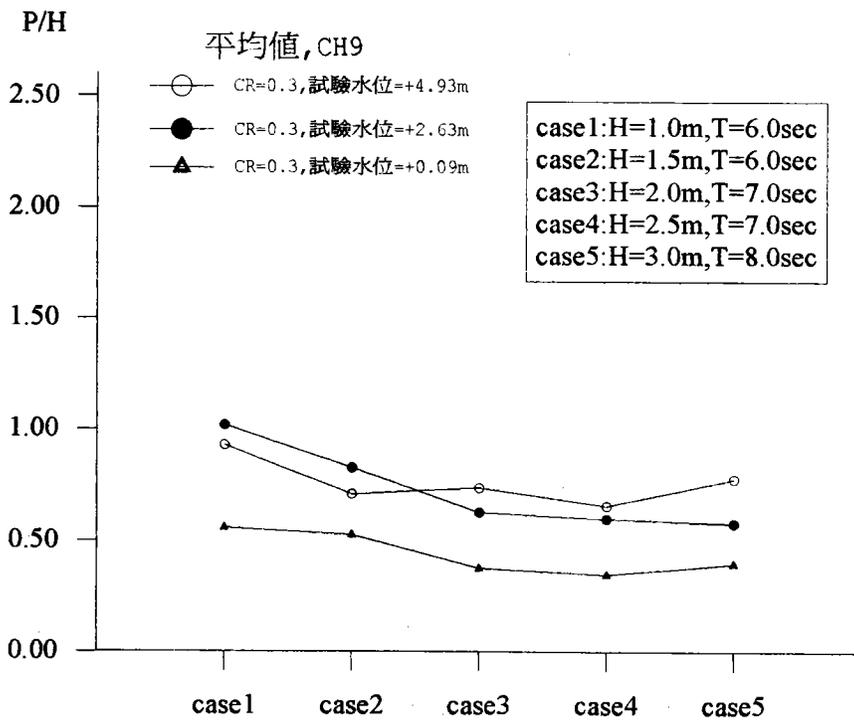


圖 19 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)

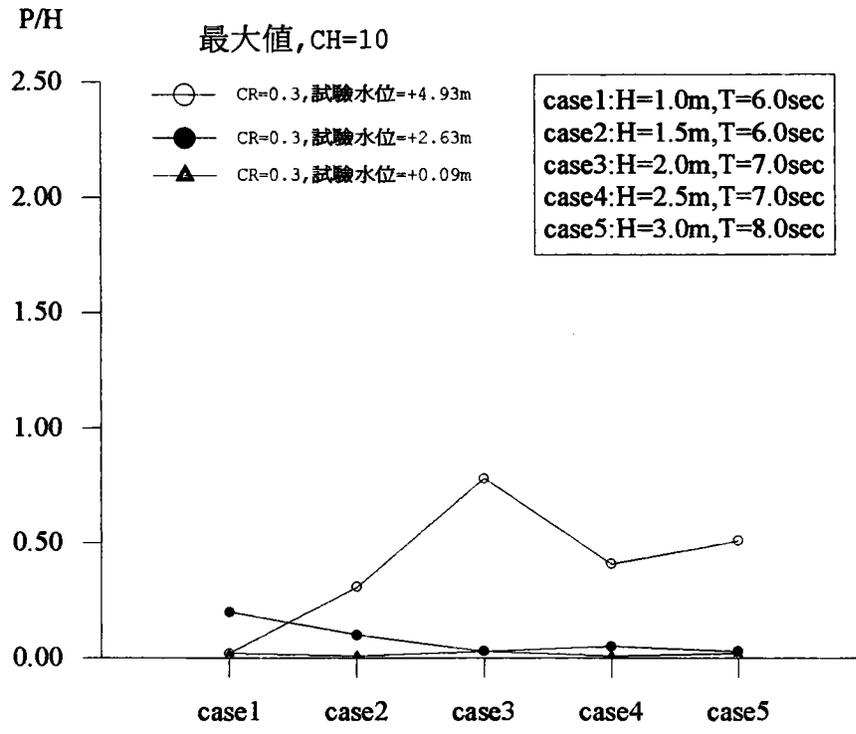
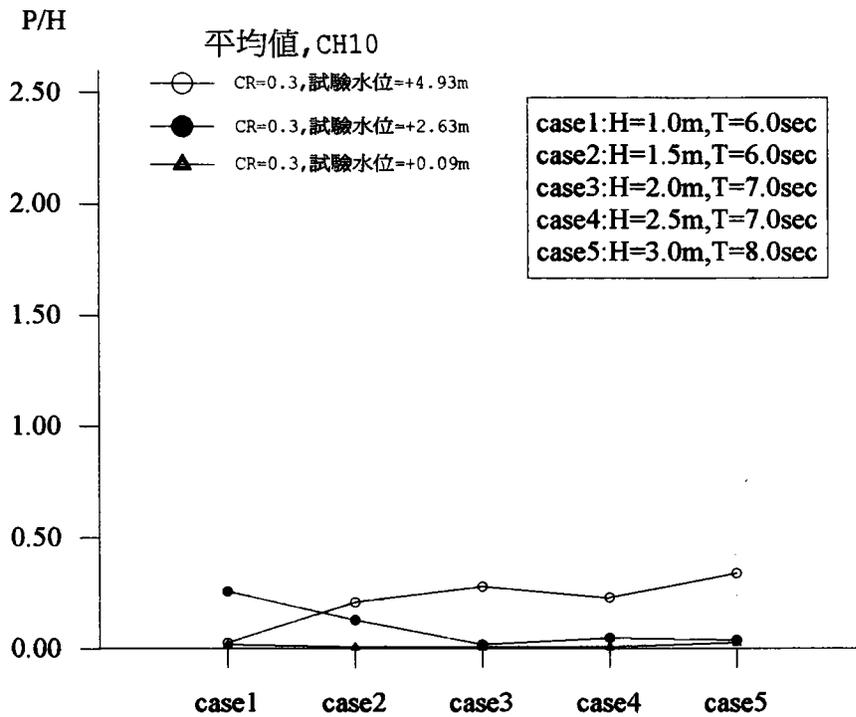


圖 20 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)

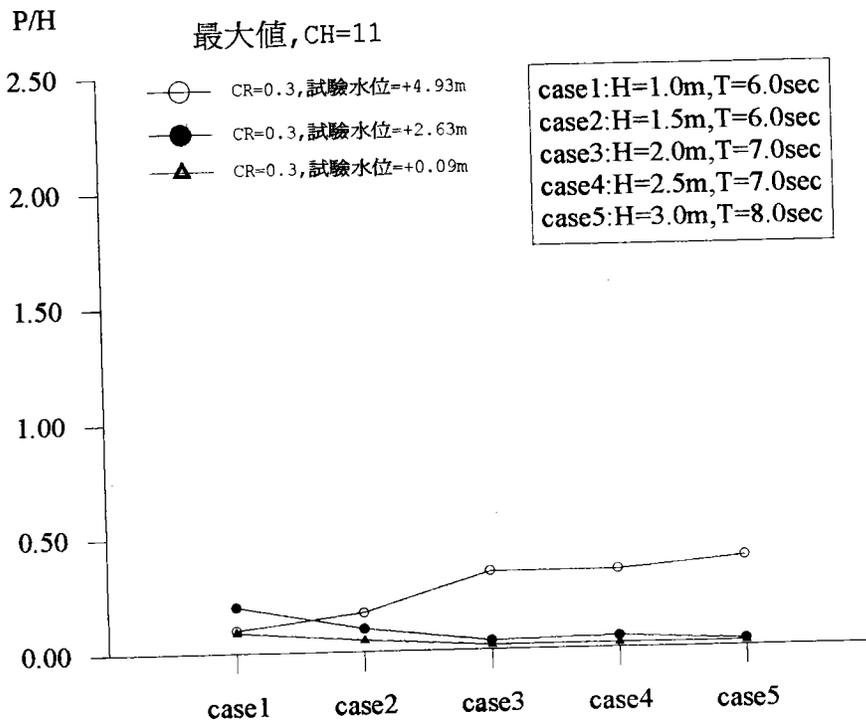
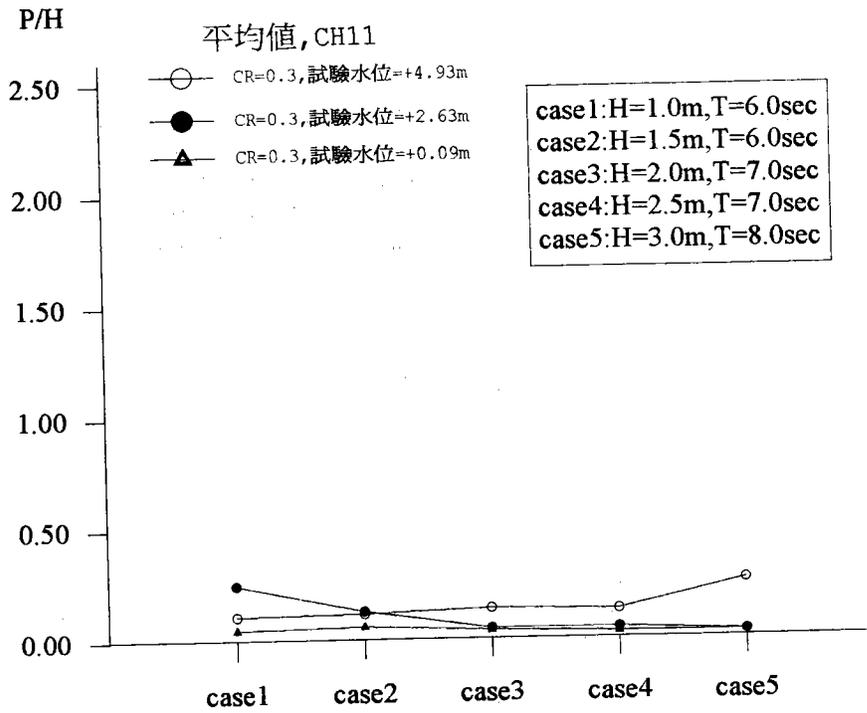


圖 21 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.3)

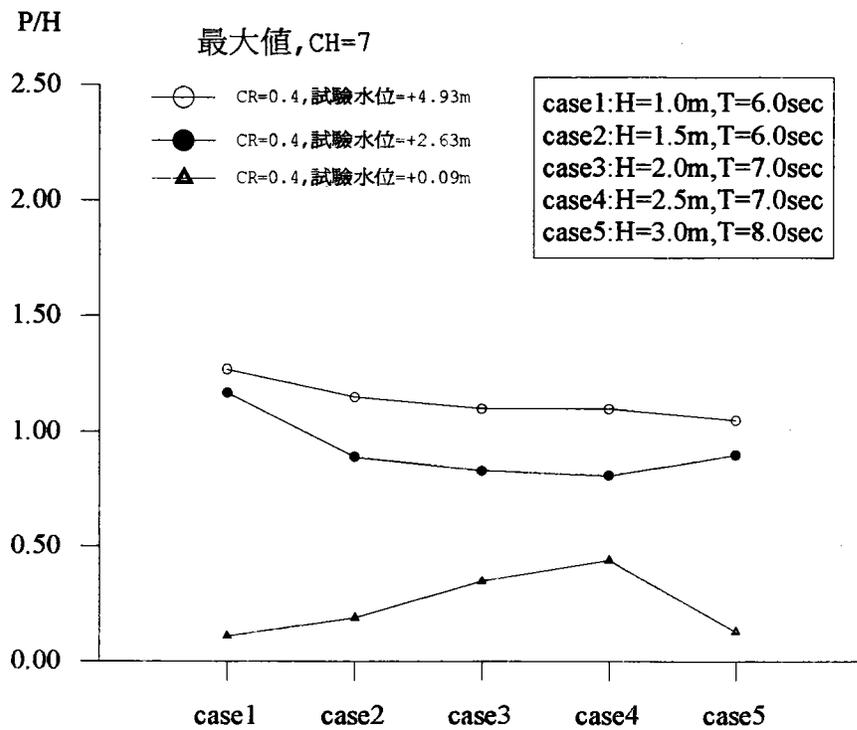
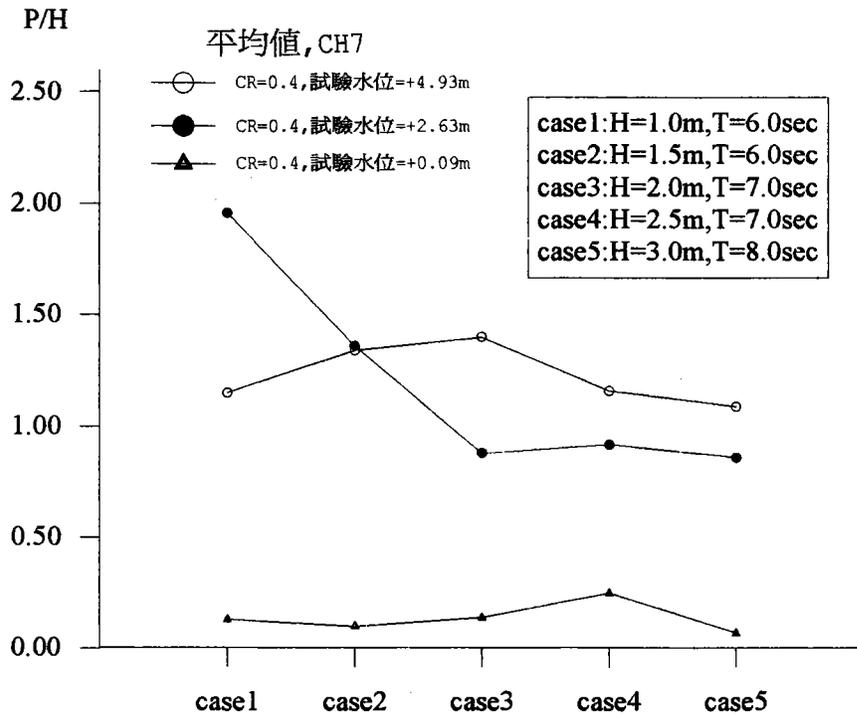


圖 22 不同水位時小艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)

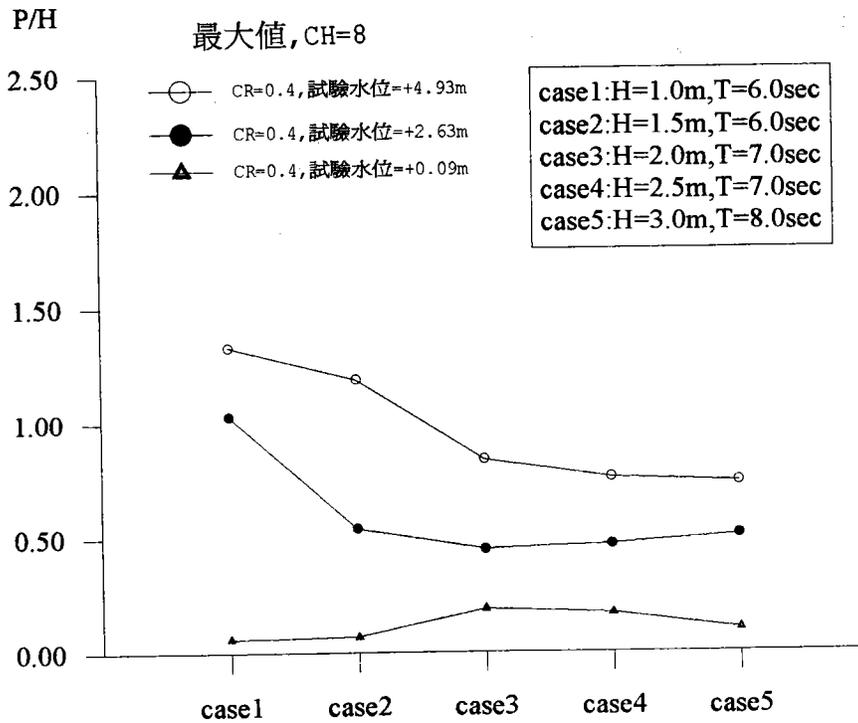
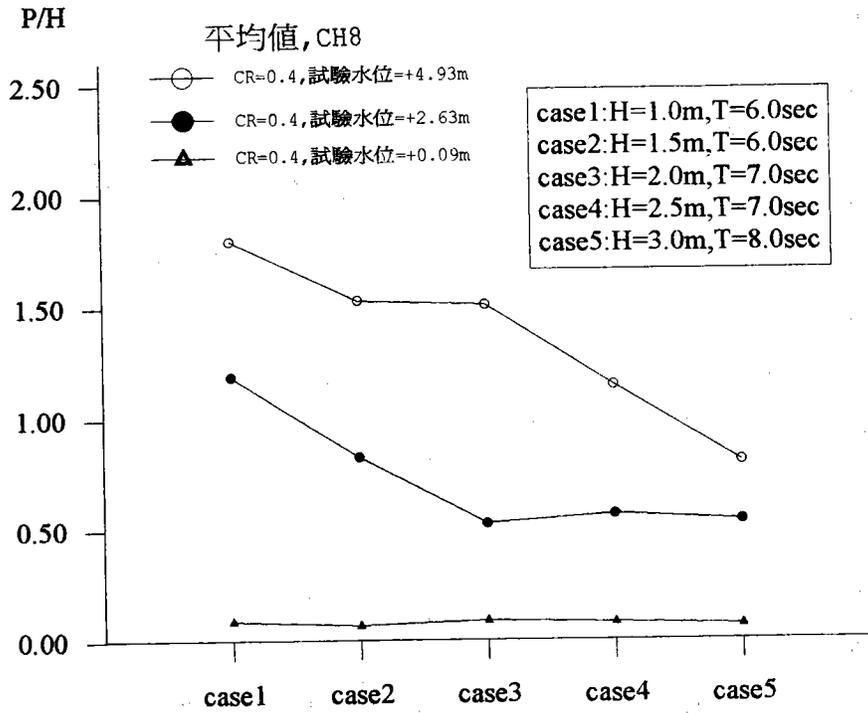


圖 23 不同水位時小艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)

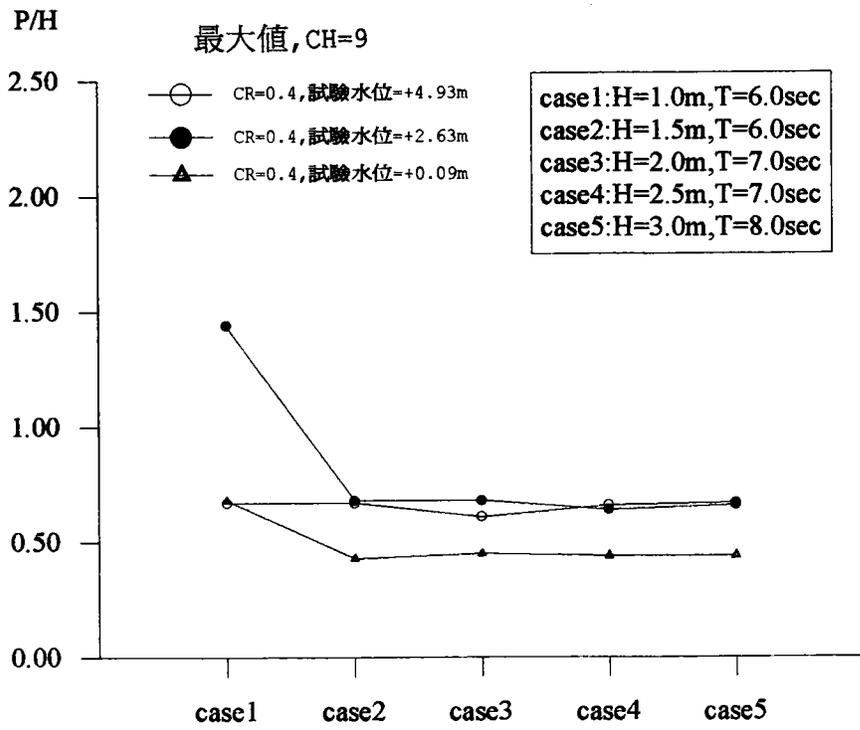
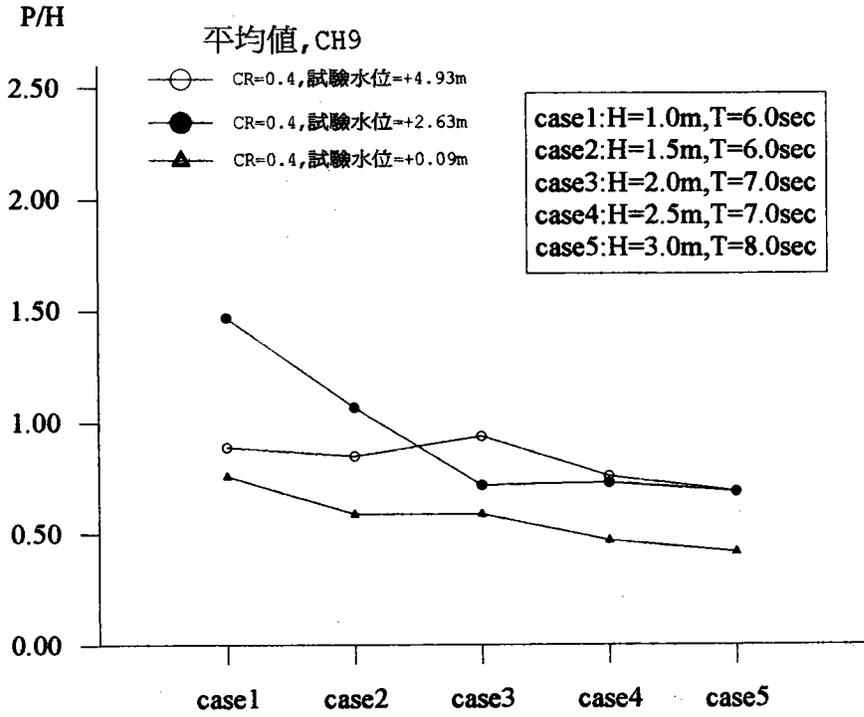


圖 24 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)

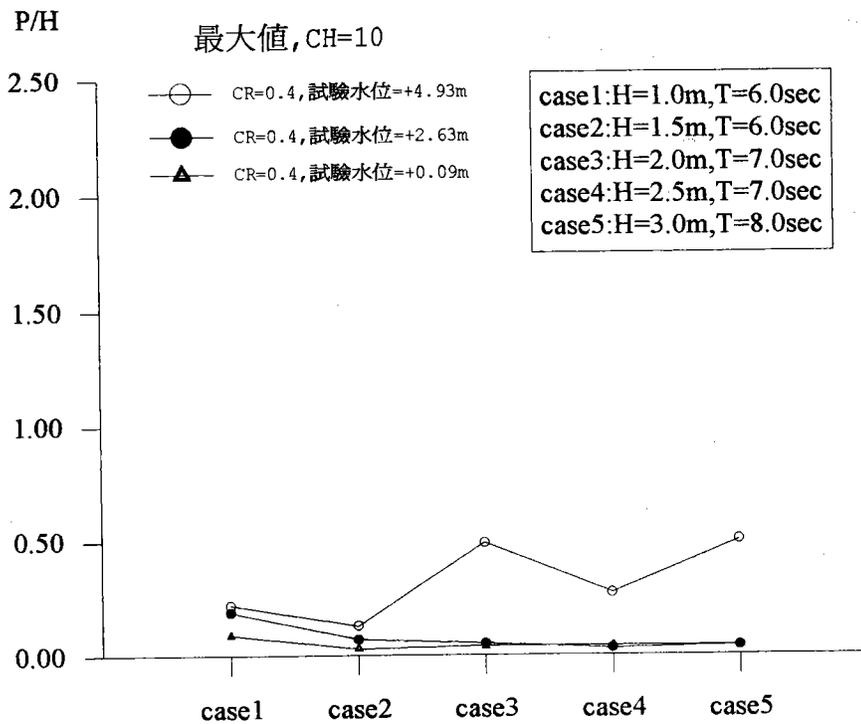
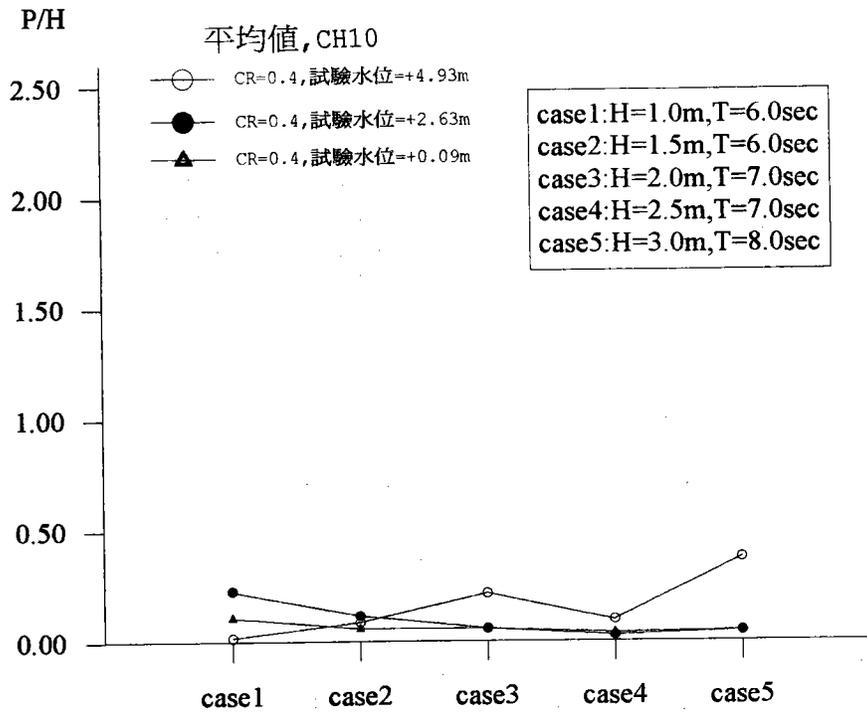


圖 25 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)

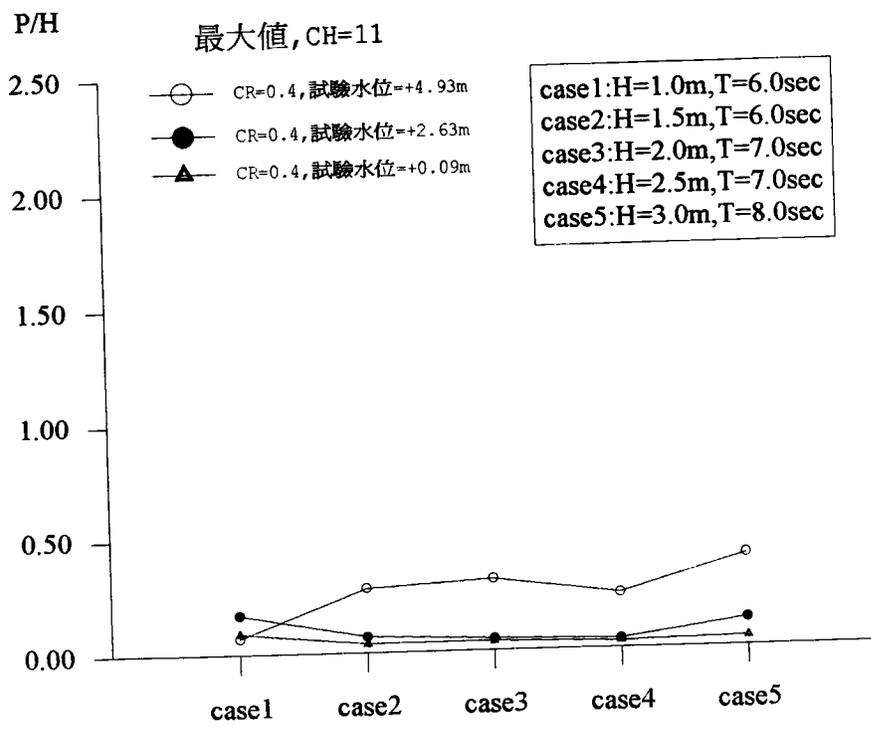
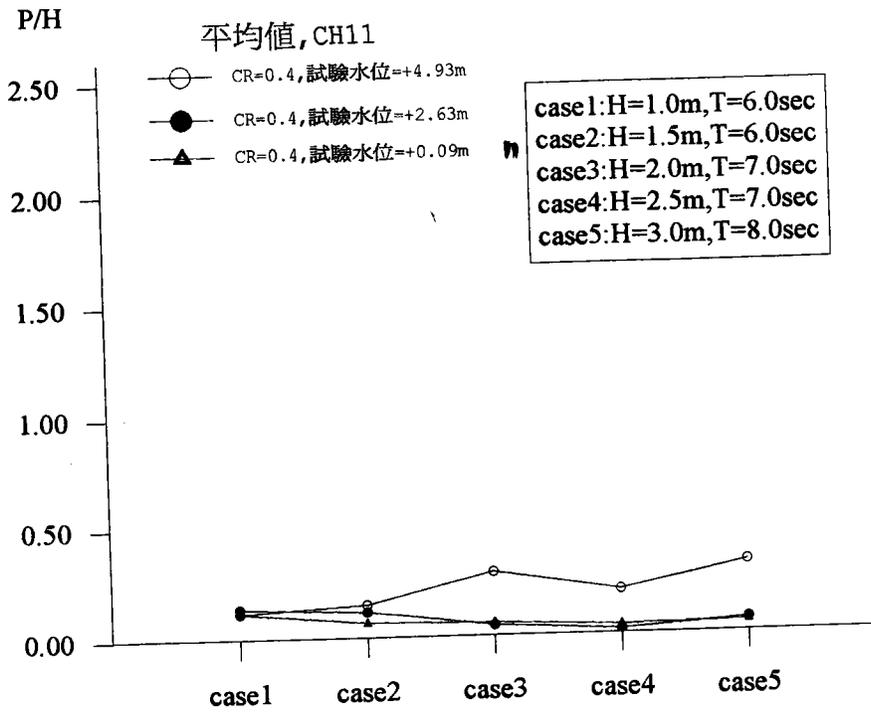


圖 26 不同水位時大艙內壁波壓與波高比值比較圖(開孔率 0.4)

肆、結 論

依據本試驗結果的分析比較，可得到如下之結論：

- 1.護基方塊與基礎護面方塊經由各種波浪條件作用後，皆沒有造成變位，故本設計斷面護基方塊與基礎護面方塊為穩定狀態。
- 2.開孔率為 0.3 高水位時週期為 6 秒時，其反射率約為 0.3；7 秒以上之反射率為 0.41 左右；中水位反射率約為 0.42 左右；低水位時約為 0.46 左右。
- 3.開孔率為 0.4，高水位週期 6 秒時，其反射率約為 0.29 左右；7 秒以上之反射率約為 0.42 左右；中水位週期 6 秒時反射率約為 0.28 左右；7 秒以上時約為 0.41 左右；低水位時反射率約為 0.4 左右。
- 4.消波室側之波壓力實驗值比小於設計值，設計應屬安全。消波艙分成二種型態，一為小艙，在低水位時頂板受波浪作用很小，高水位時頂板及內壁受波浪作用力較大，大艙消波室其斜坡下方受波壓力較大，斜坡有朔上作用頂板受上頂力較小。在颱風條件作用時應注意小艙蓋板上頂力之作用及消波艙室內壁之受壓力。
- 5.消波合成式沉箱體在整個試驗過程，由錄影中皆無發現有變位及異動之現象出現，整個結構體之重量足夠抵抗波力作用。

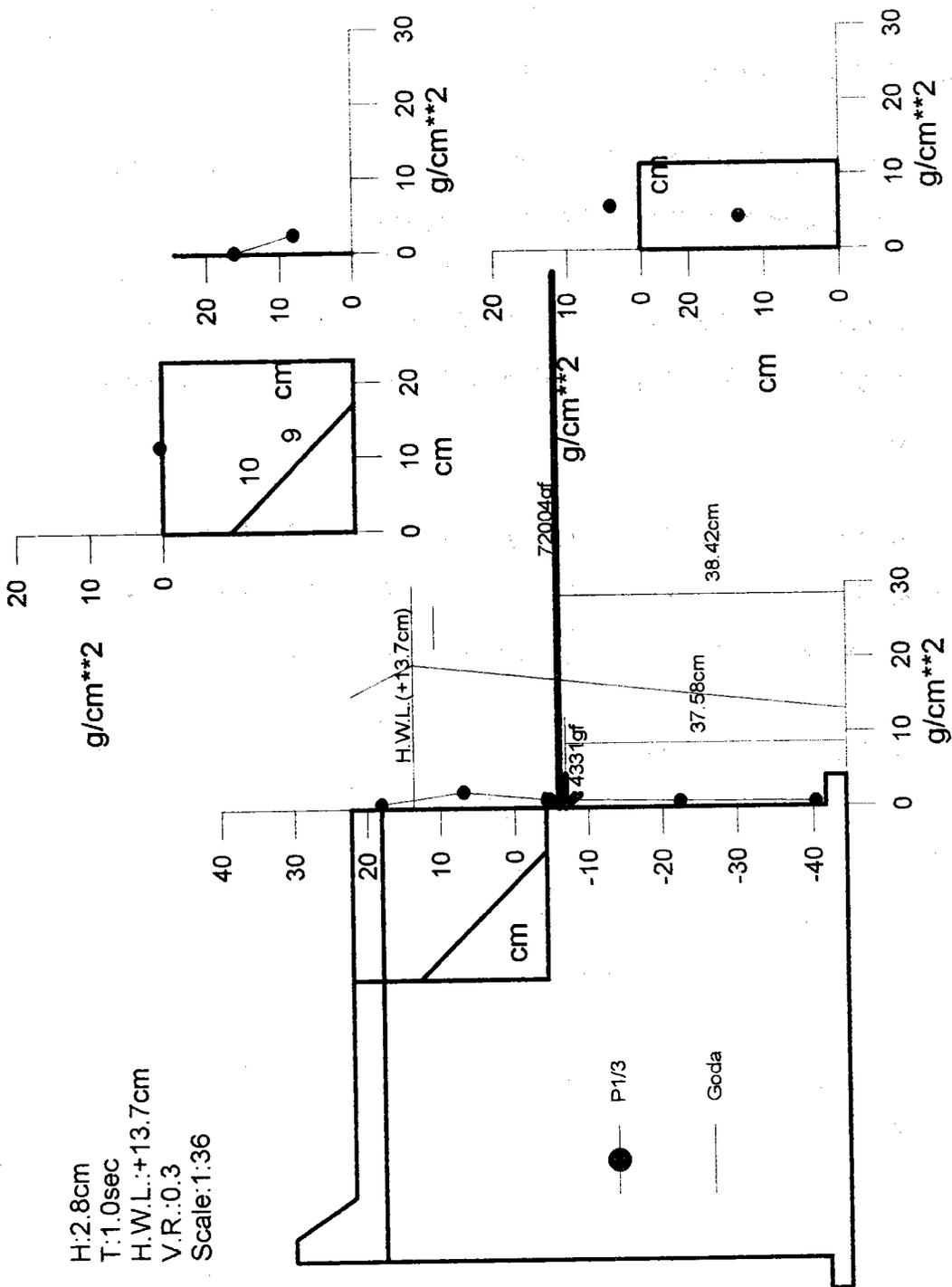


圖 27 波壓分佈圖

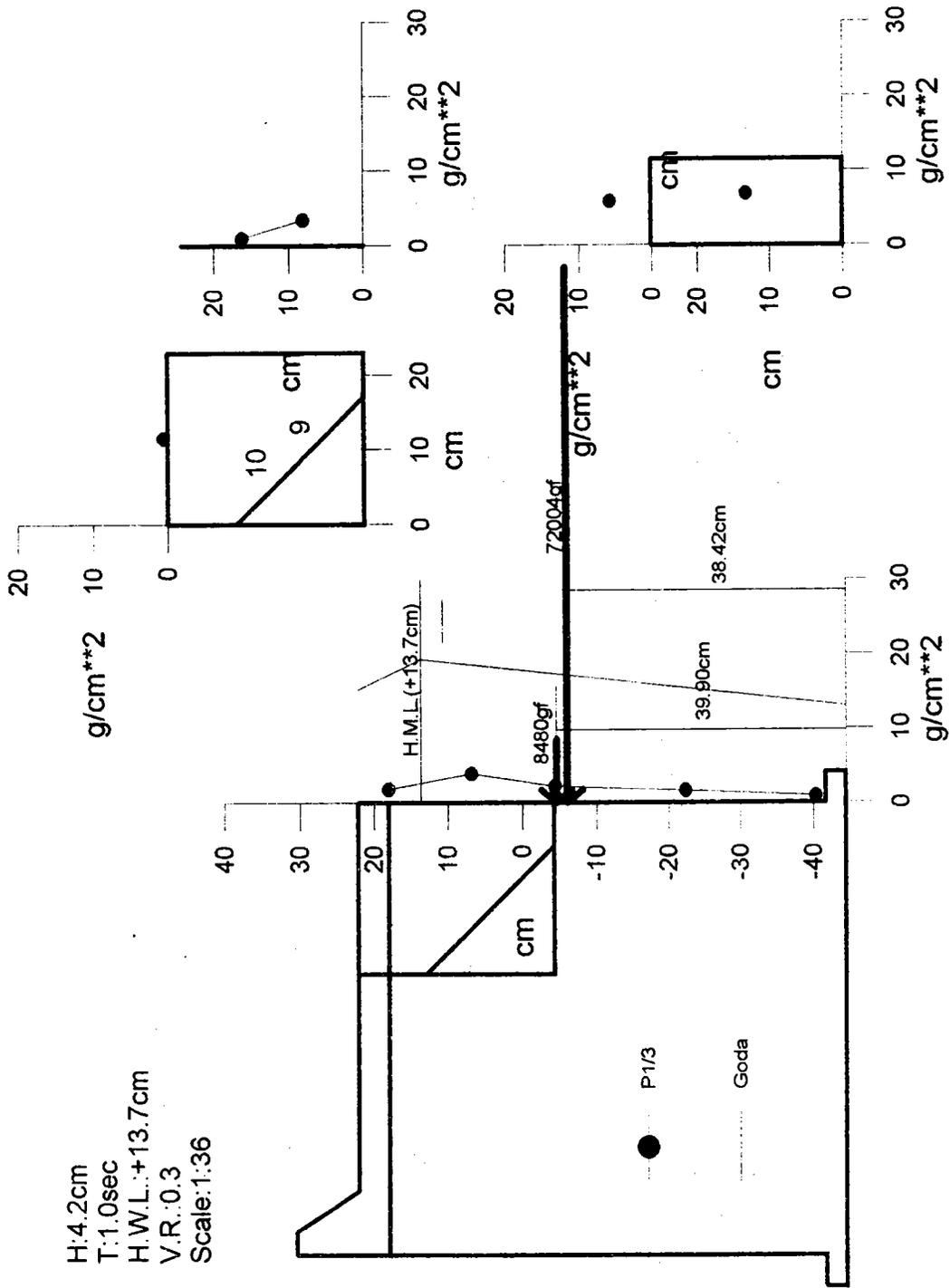


圖 28 波壓分佈圖

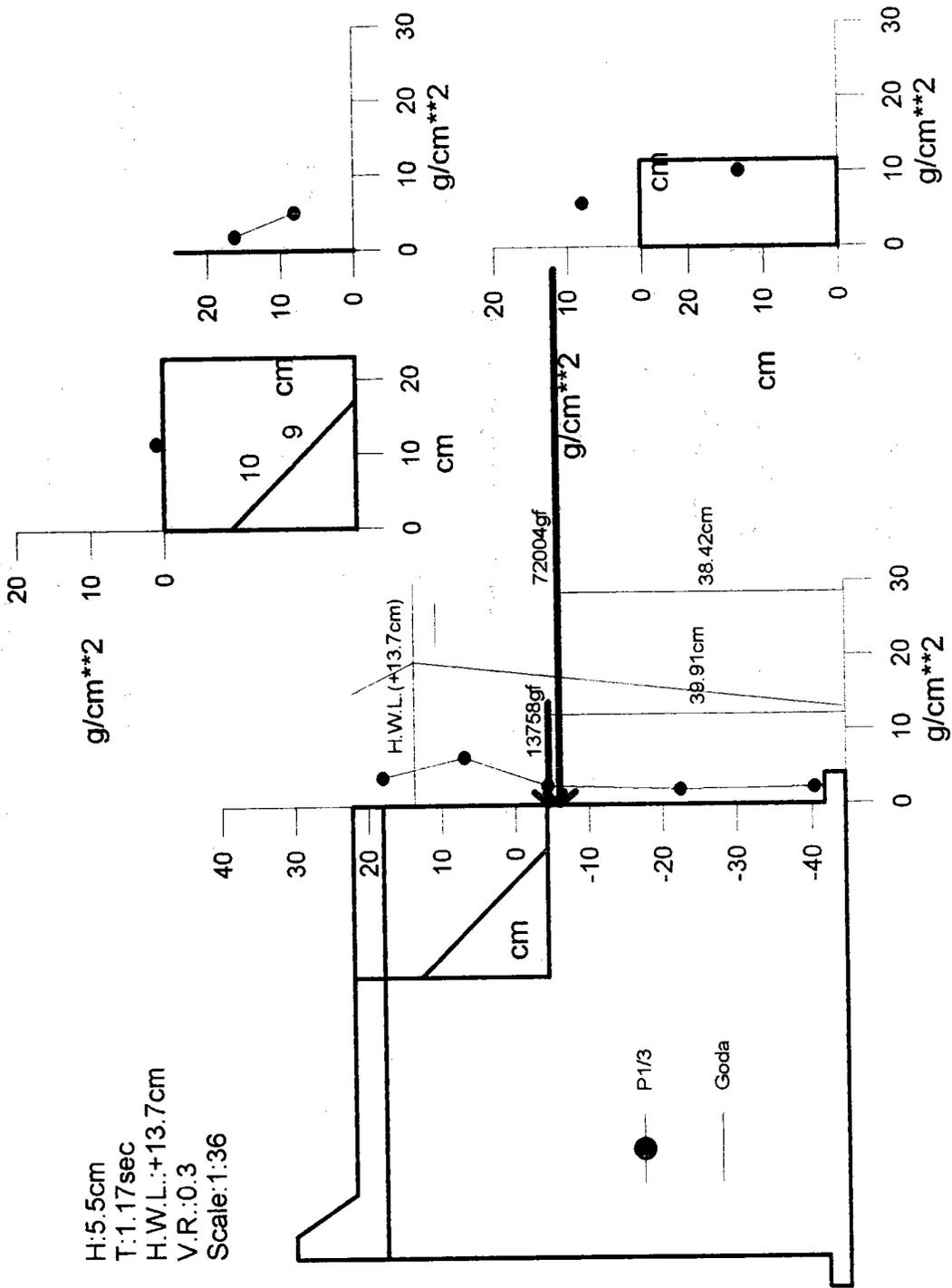


圖 29 波壓分佈圖

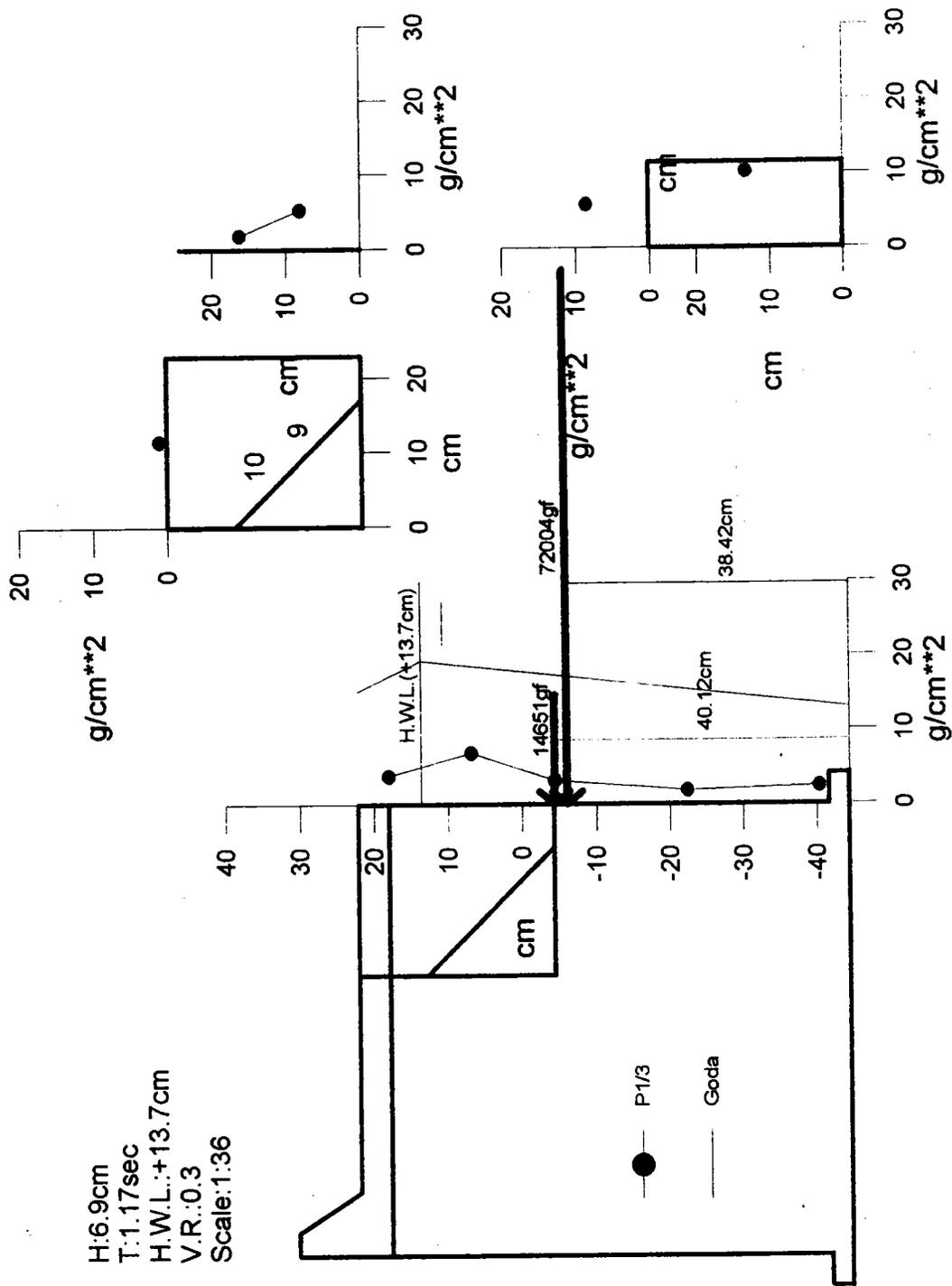


圖 30 波壓分佈圖

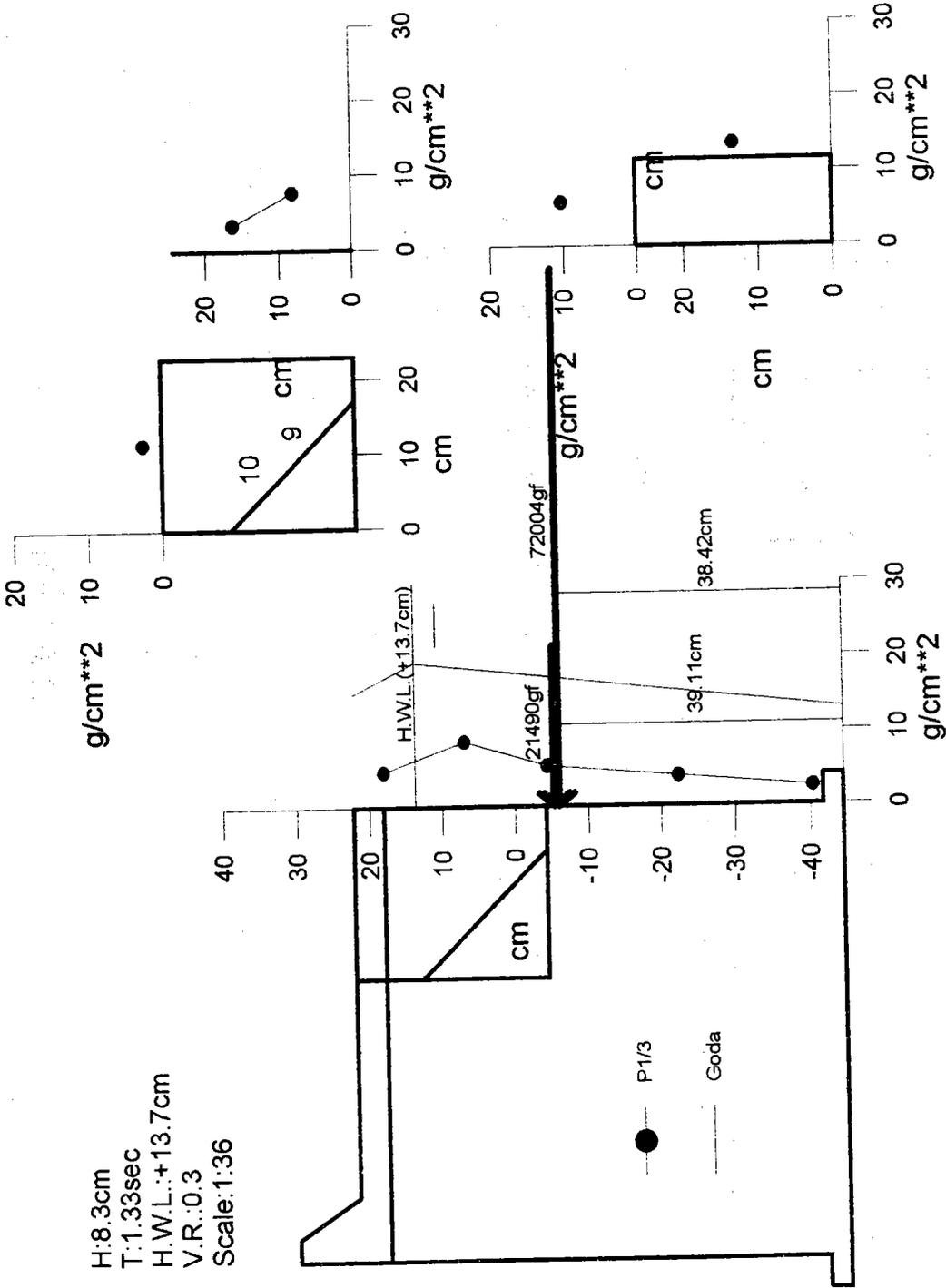


圖 31 波壓分佈圖

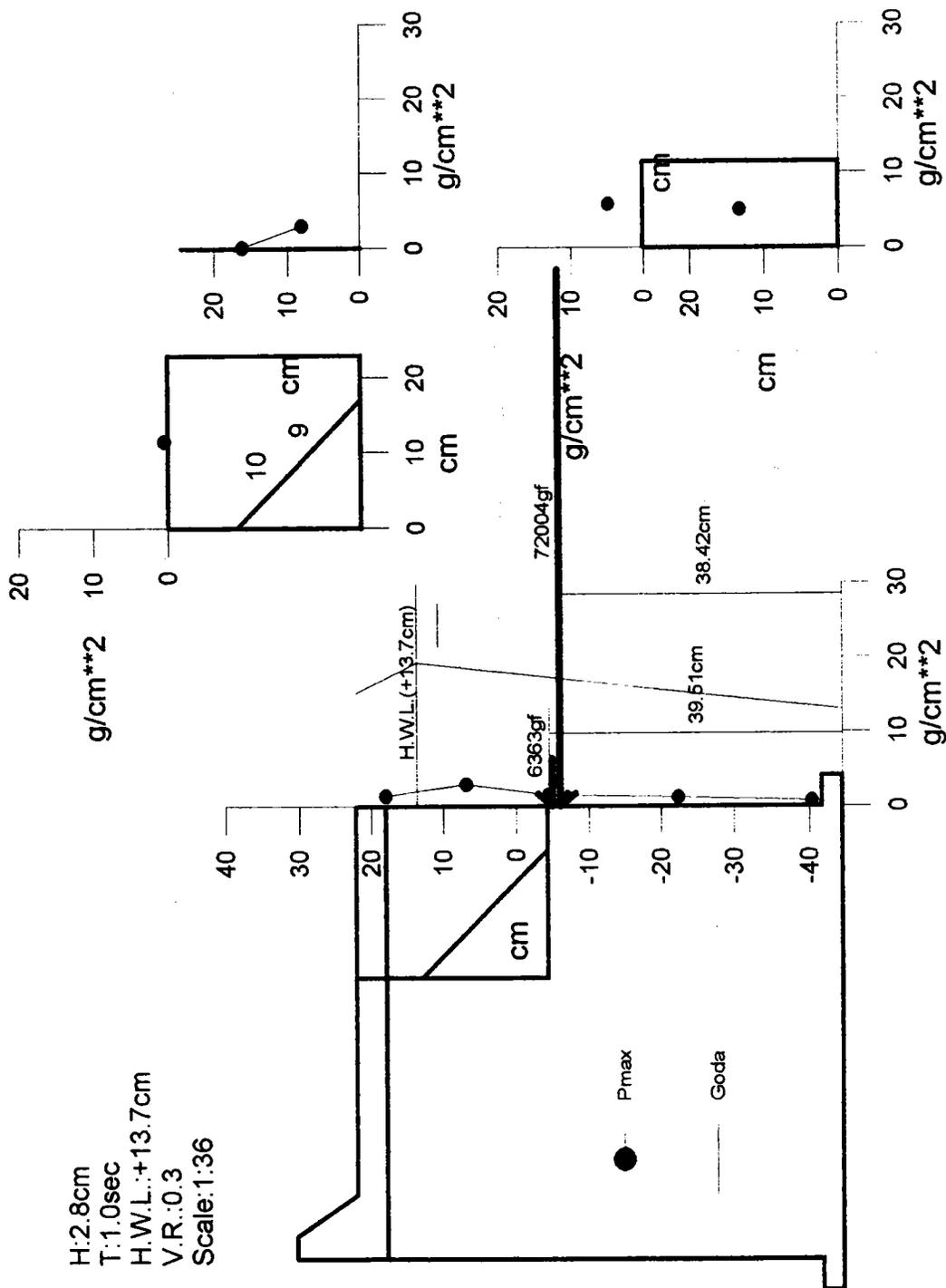


圖 32 波壓分佈圖

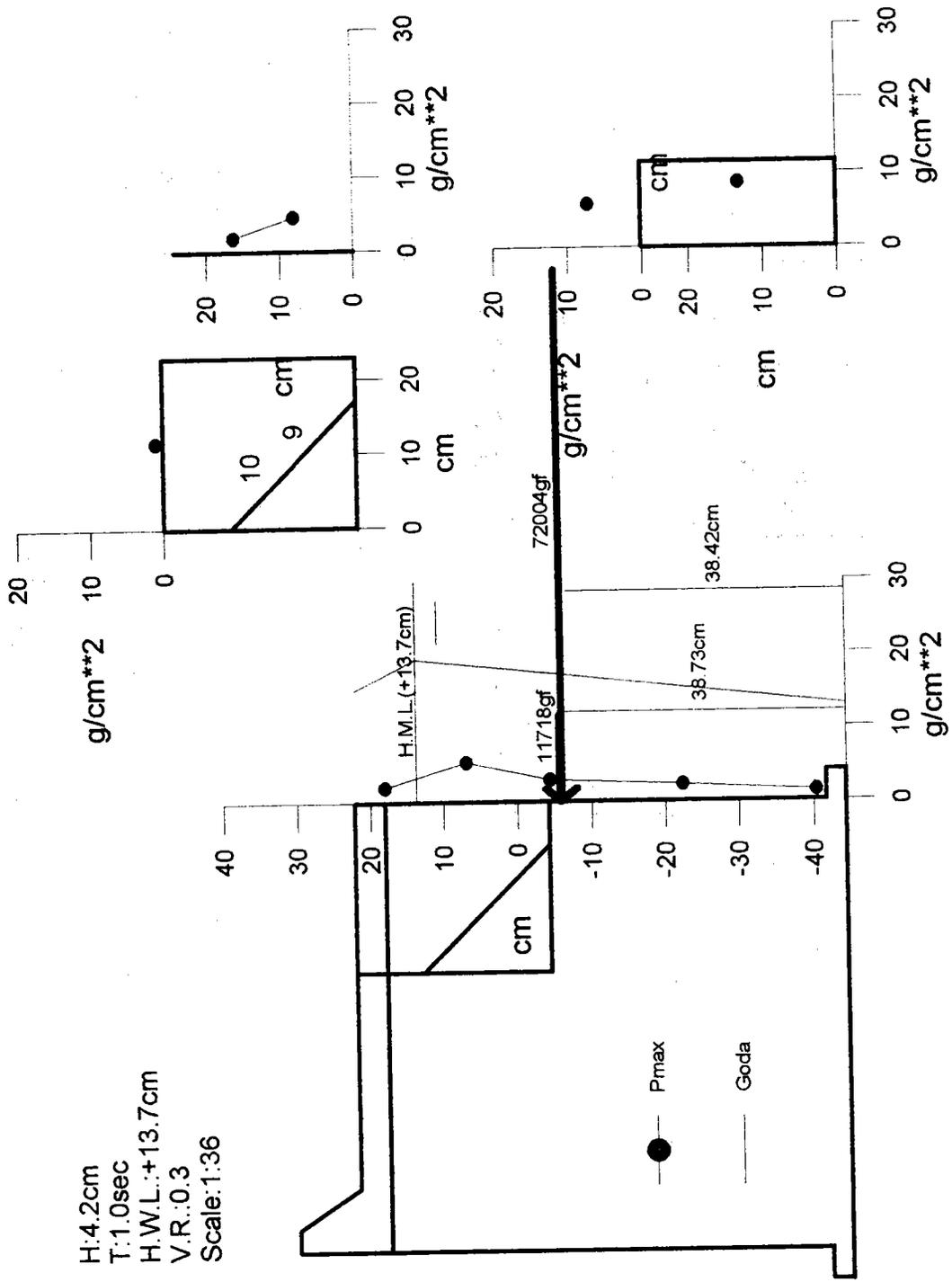


圖 33 波壓分佈圖

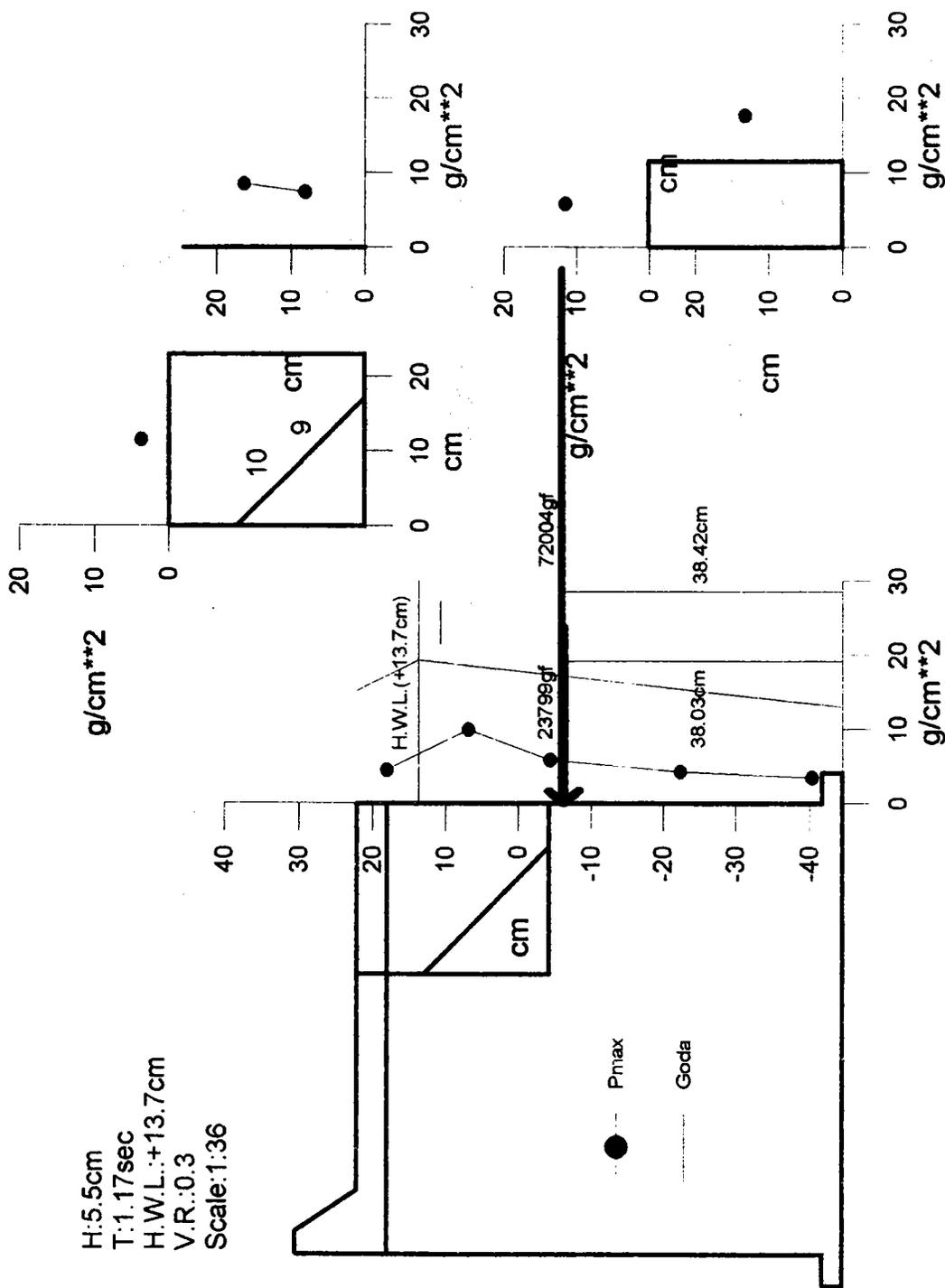


圖 34 波壓分佈圖

H: 6.9cm
 T: 1.17sec
 H.W.L.: +13.7cm
 V.R.: 0.3
 Scale: 1:36

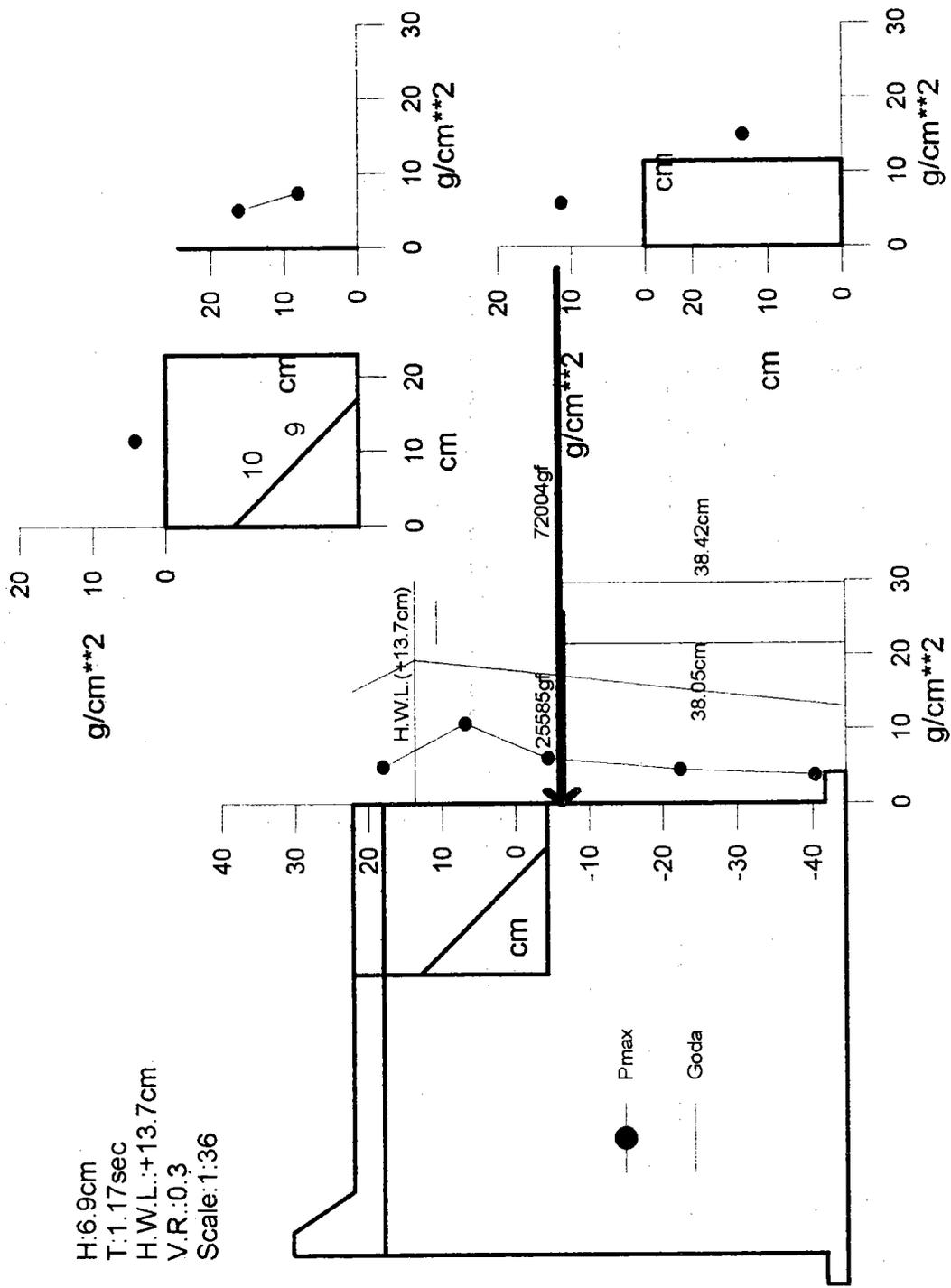


圖 35 波壓分佈圖

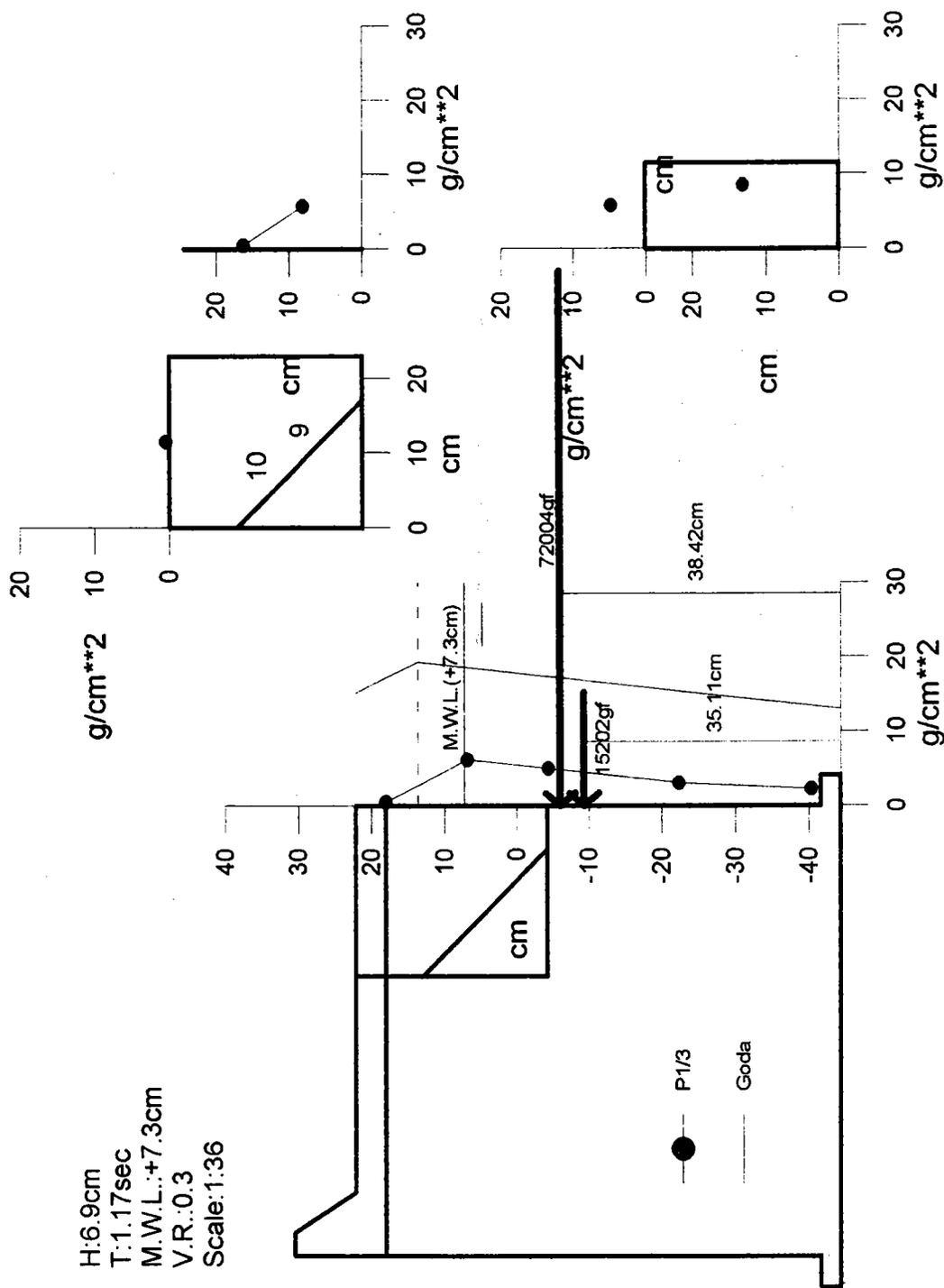


圖 40 波壓分佈圖

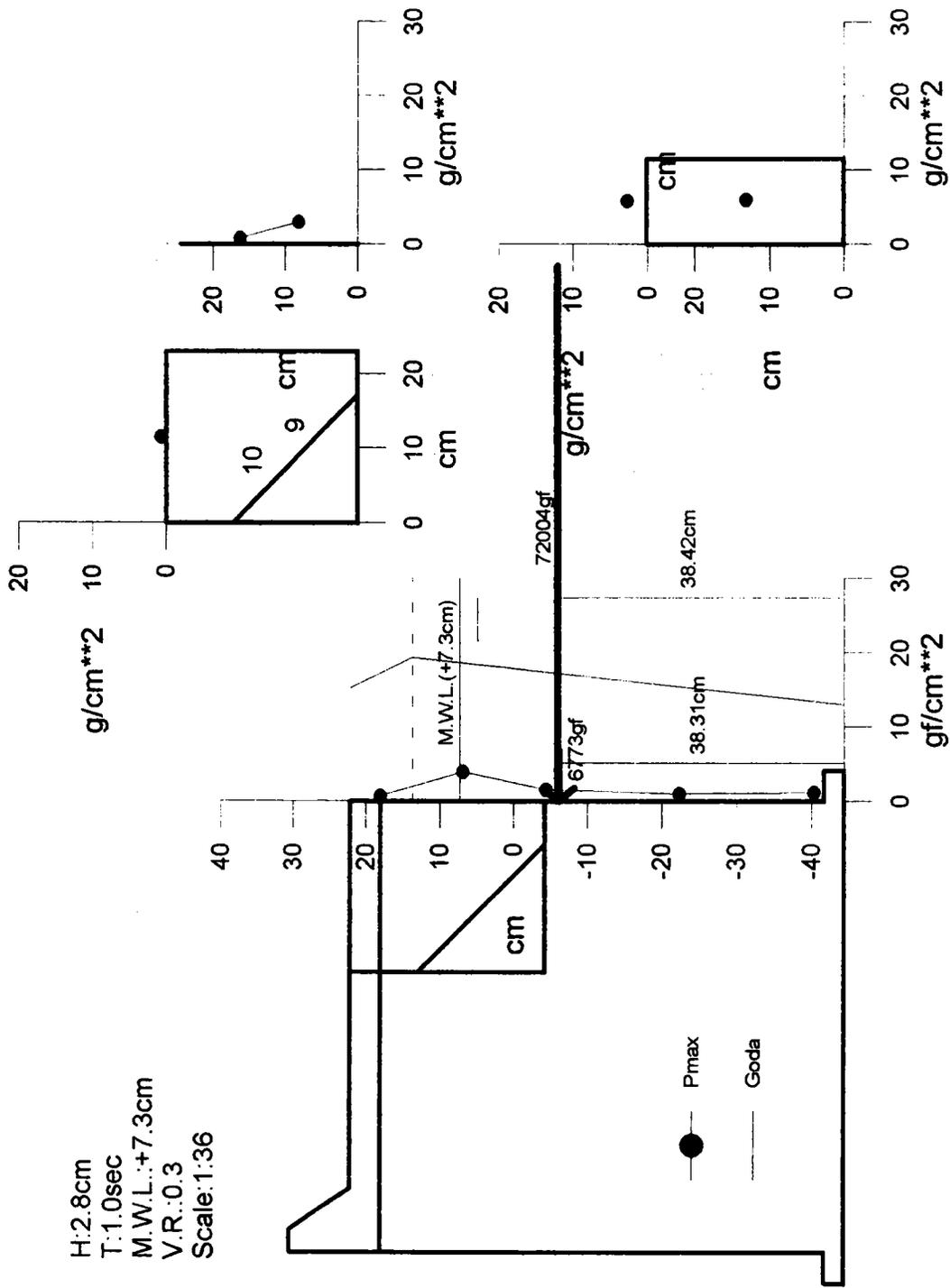


圖 42 波壓分佈圖

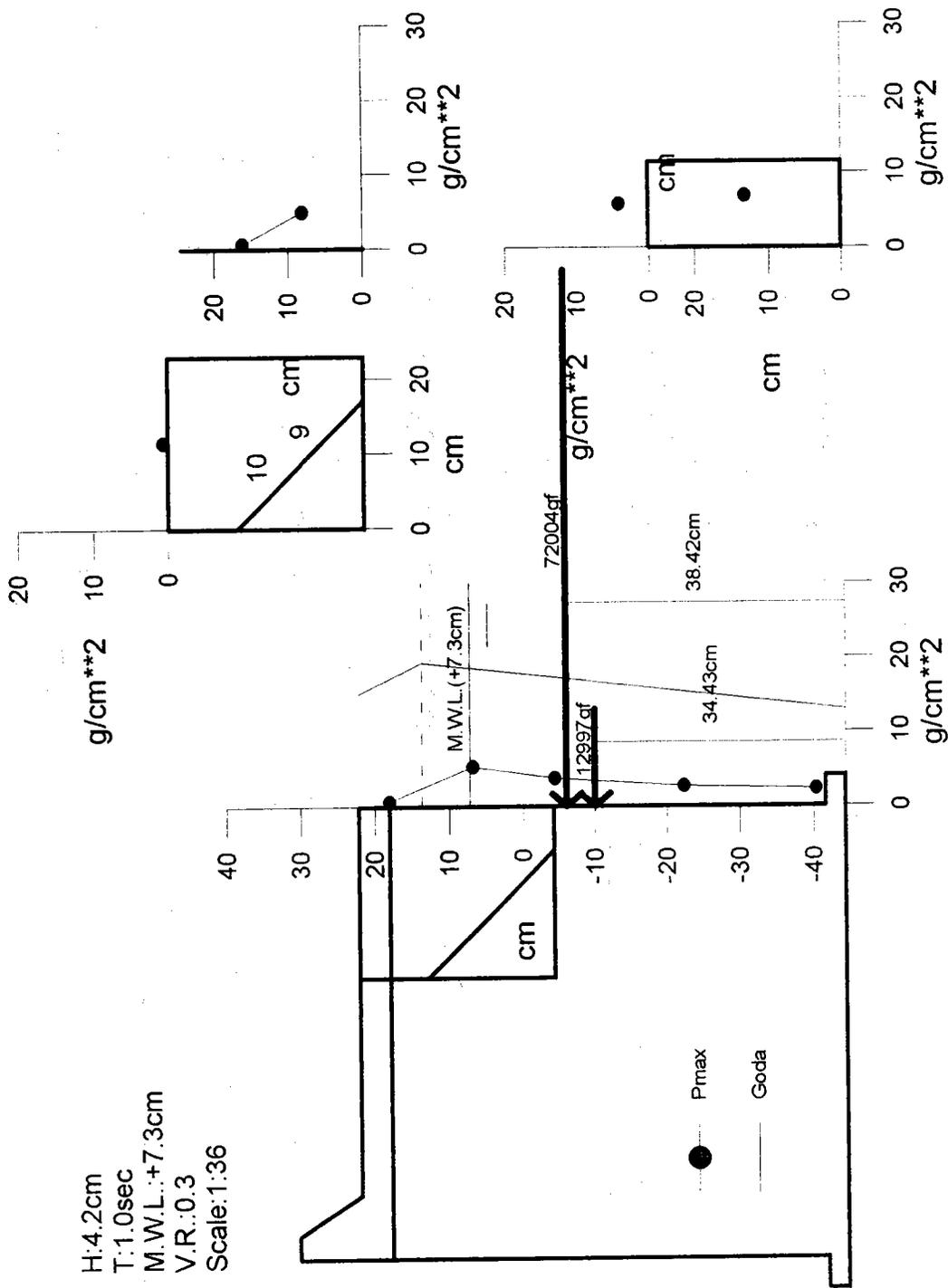


圖 43 波壓分佈圖

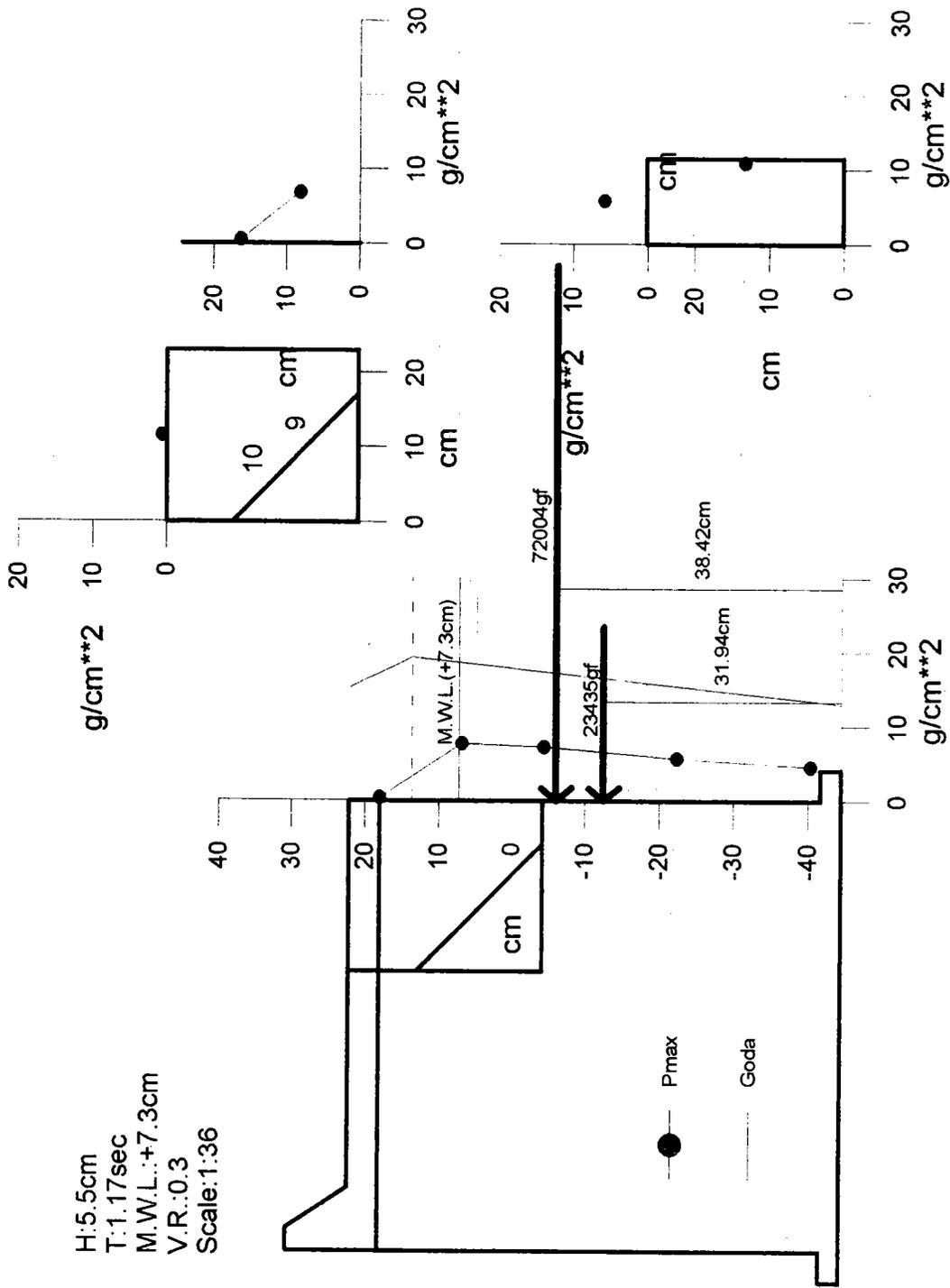


圖 44 波壓分佈圖

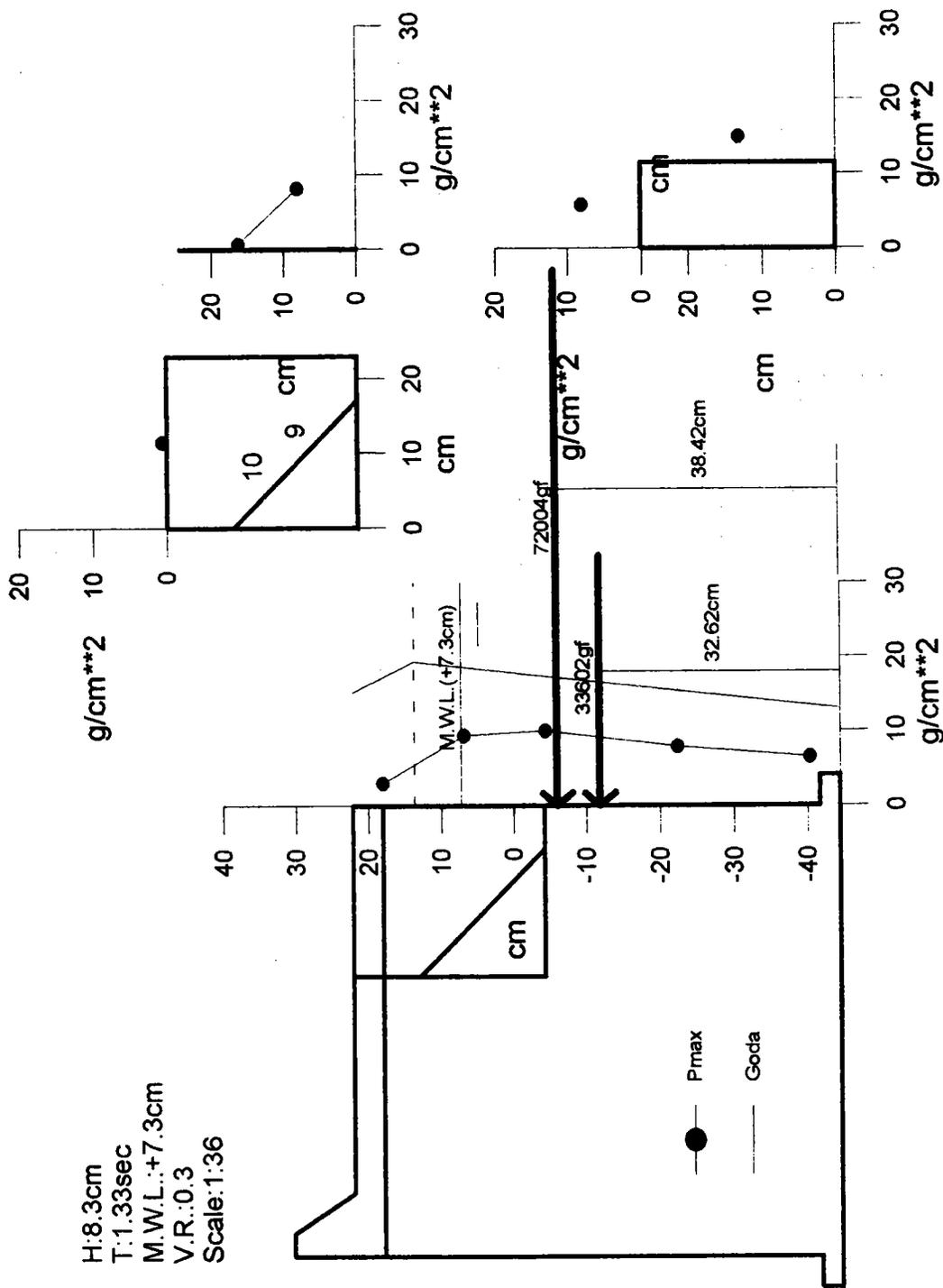


圖 46 波壓分佈圖

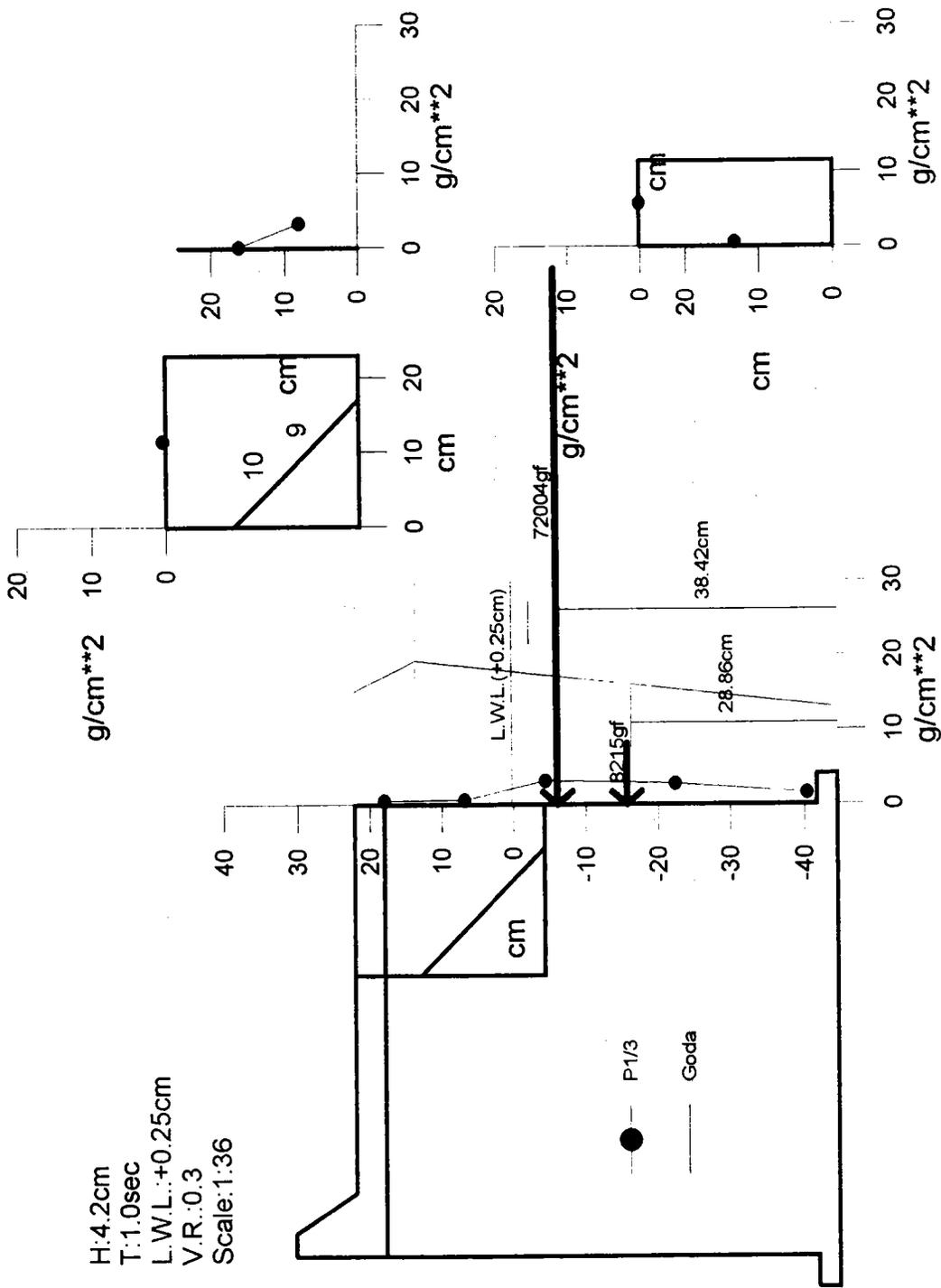


圖 48 波壓分佈

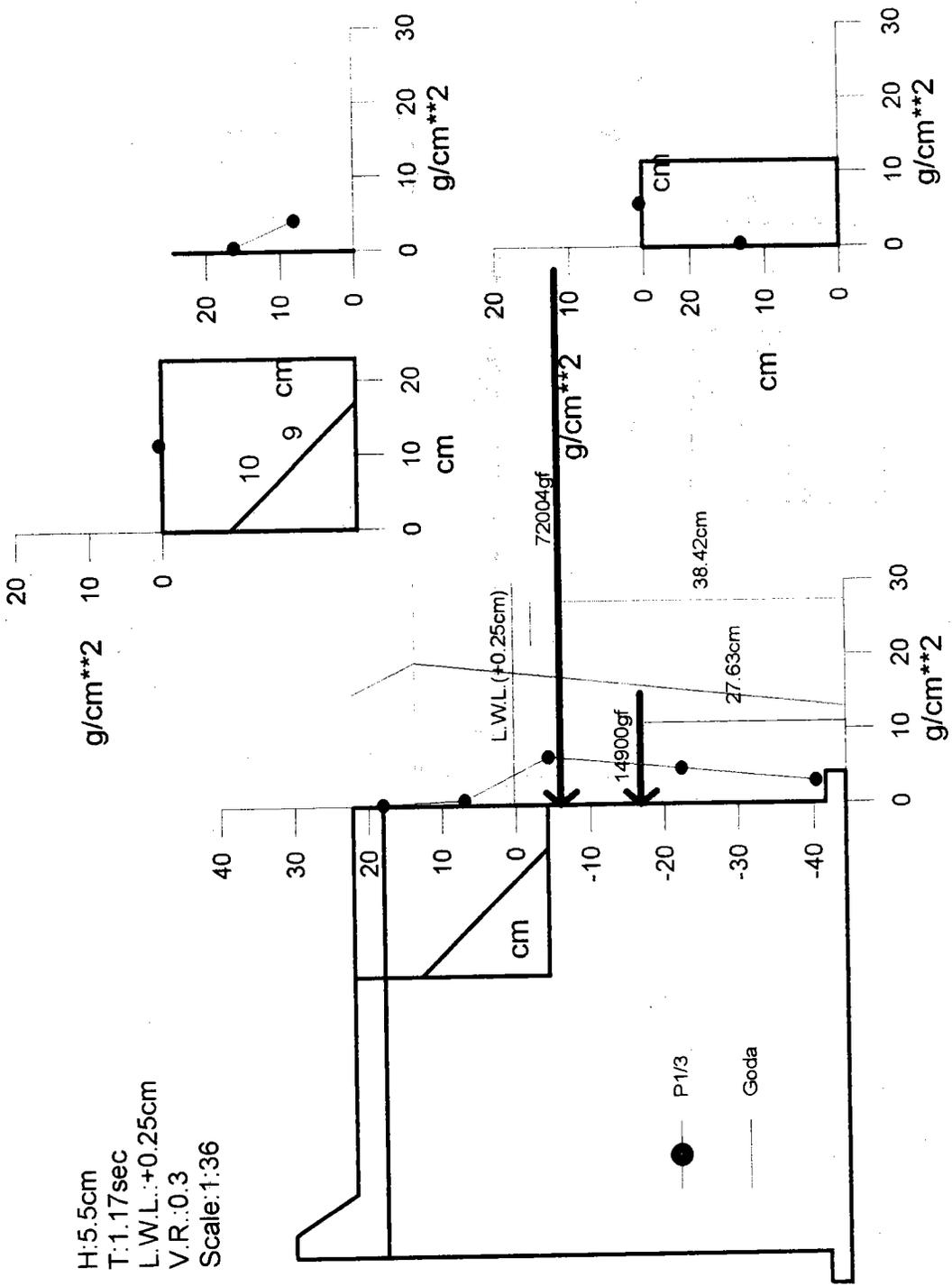


圖 49 波壓分佈圖

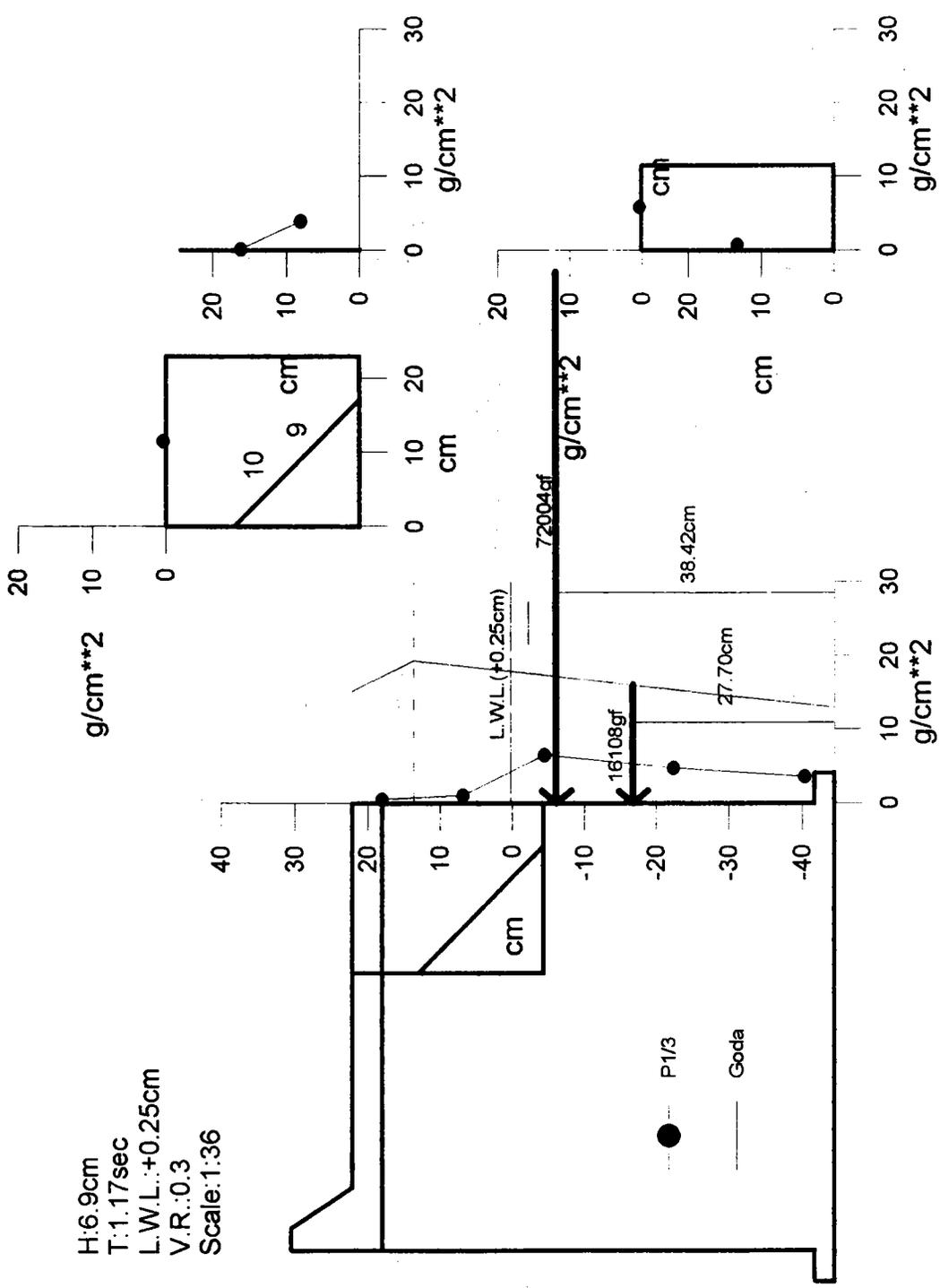


图 50 波壓分佈圖

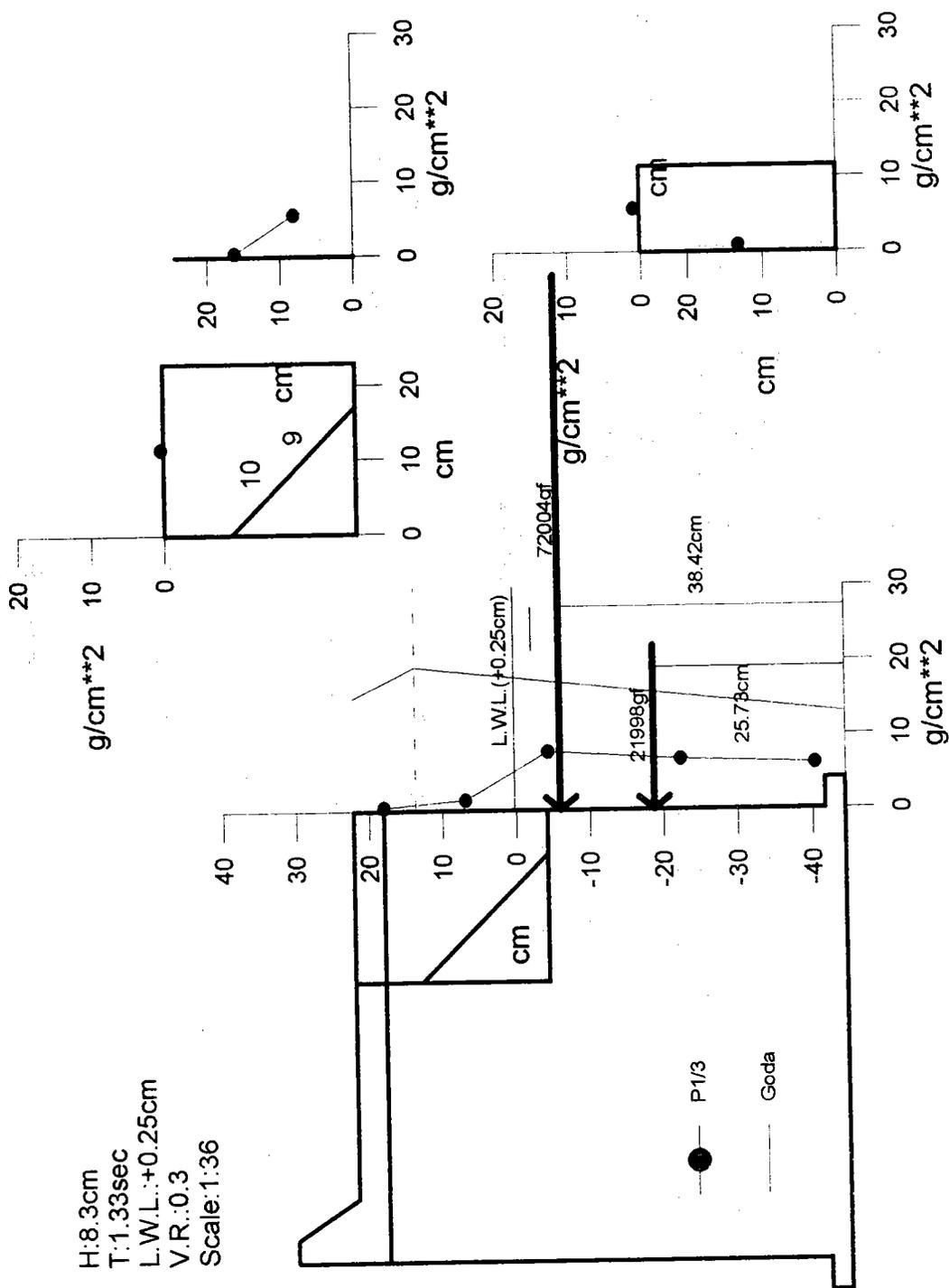


圖 51 波壓分佈圖

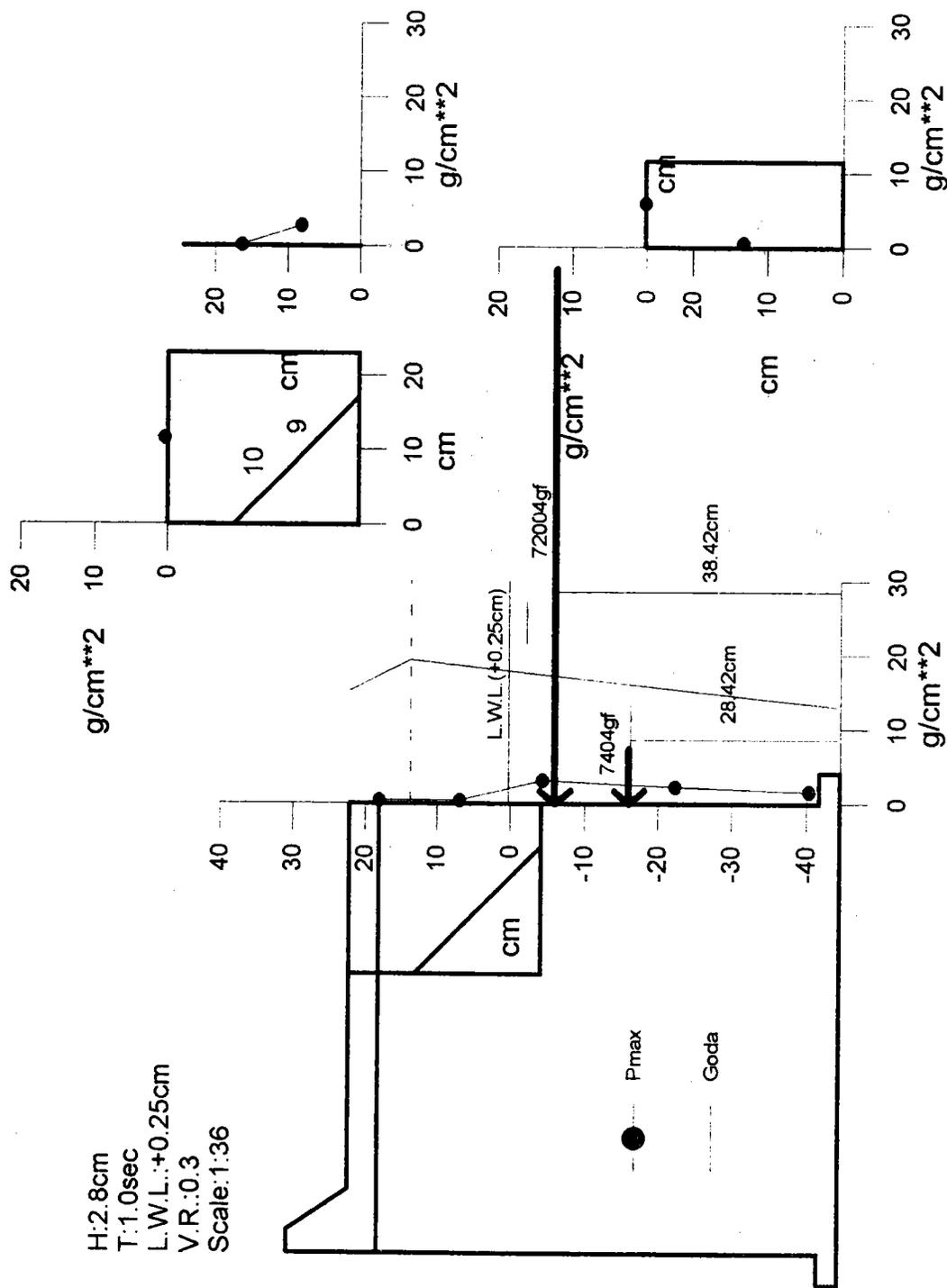


圖 52 波壓分佈圖

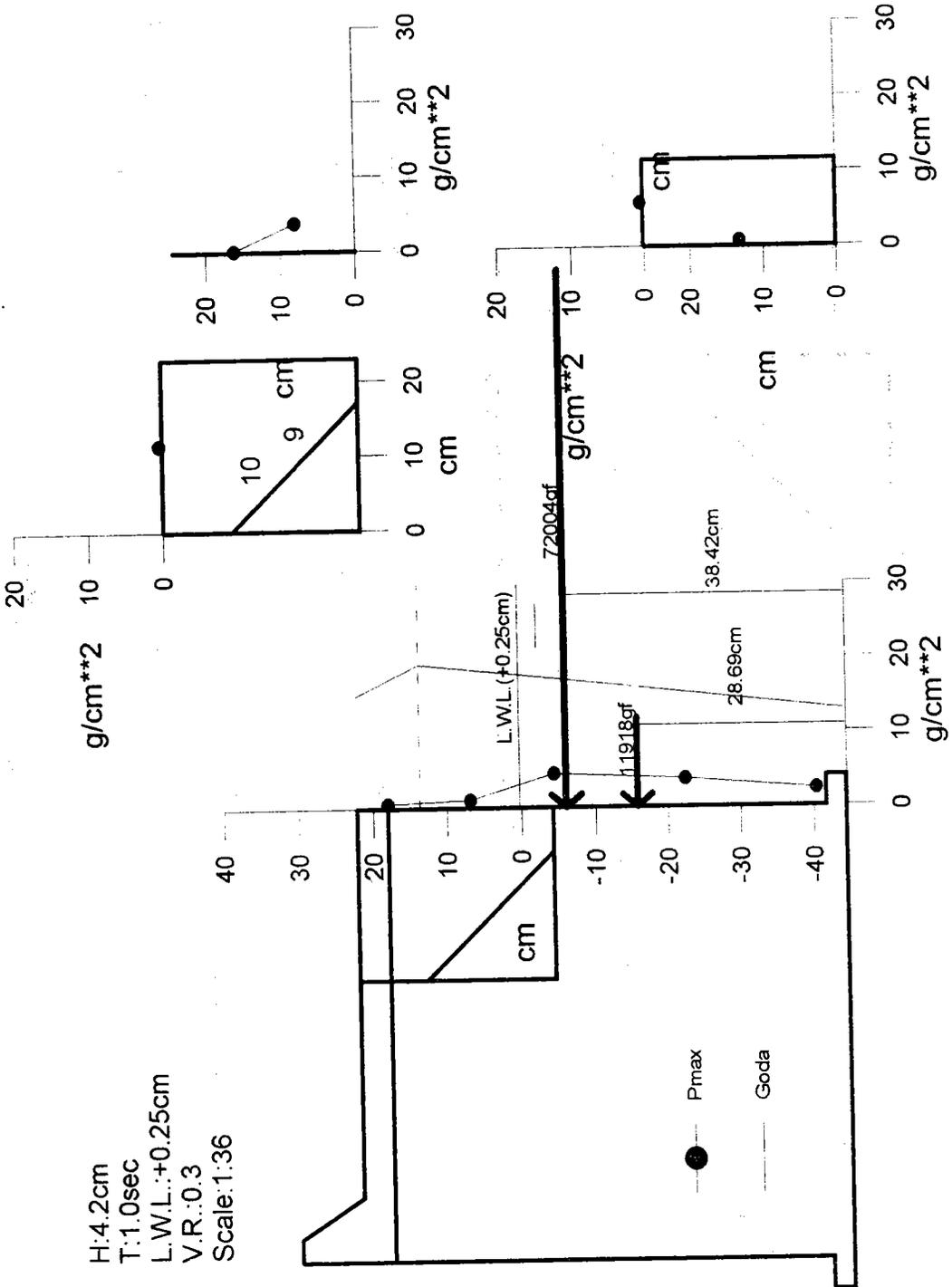


圖 53 波壓分佈圖

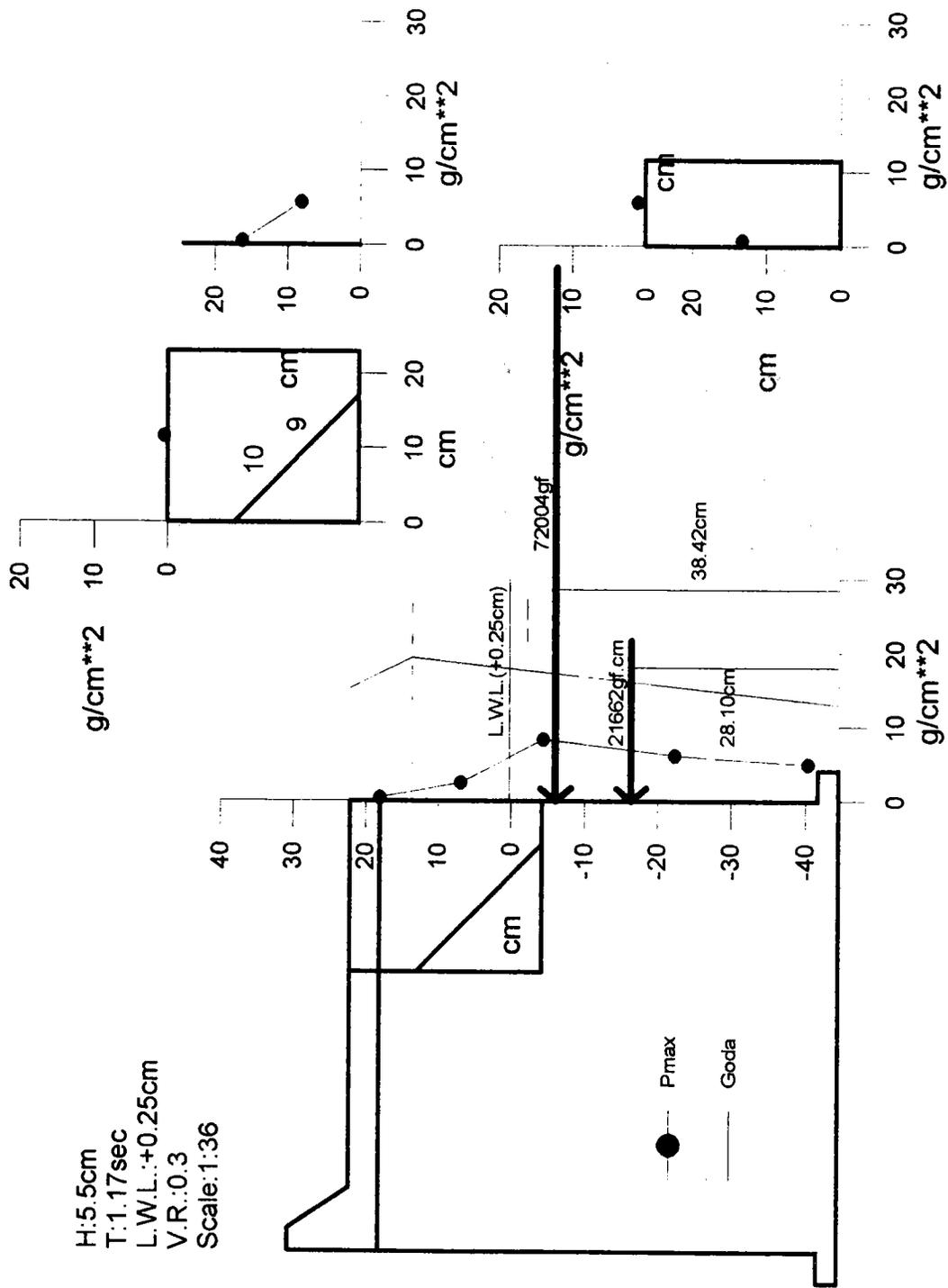


圖 54 波壓分佈圖

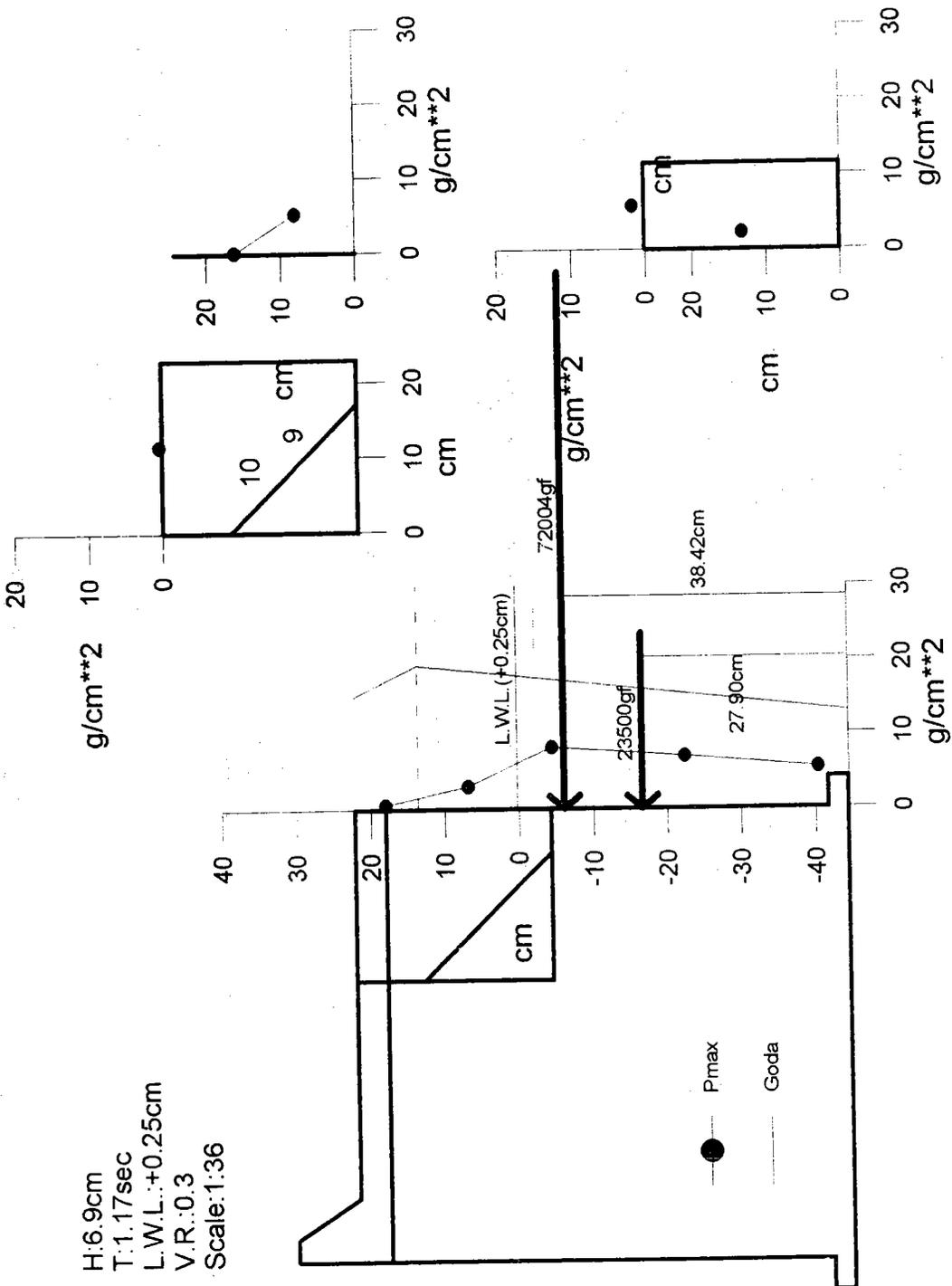


圖 55 波壓分佈圖

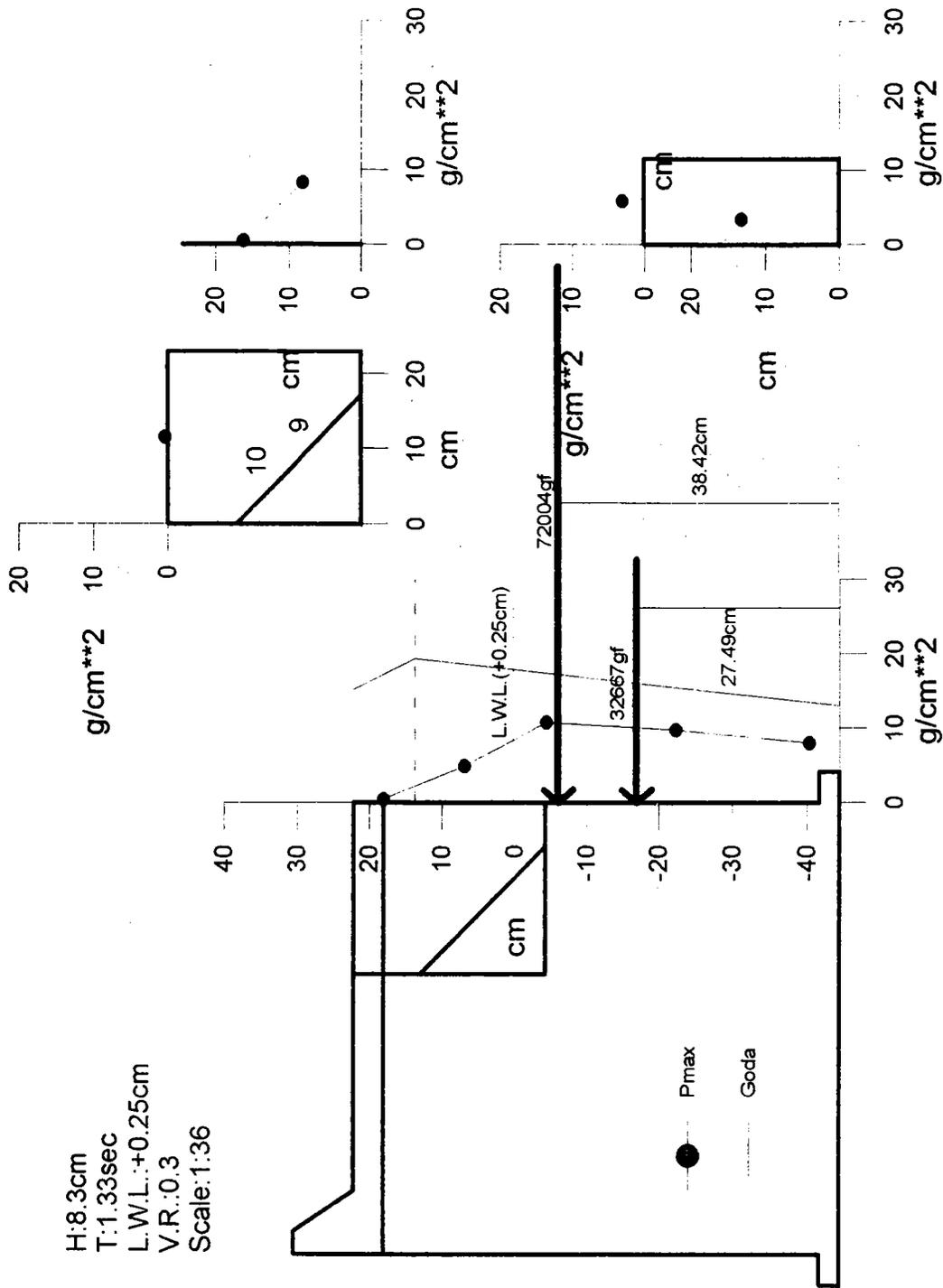


圖 56 波壓分佈圖

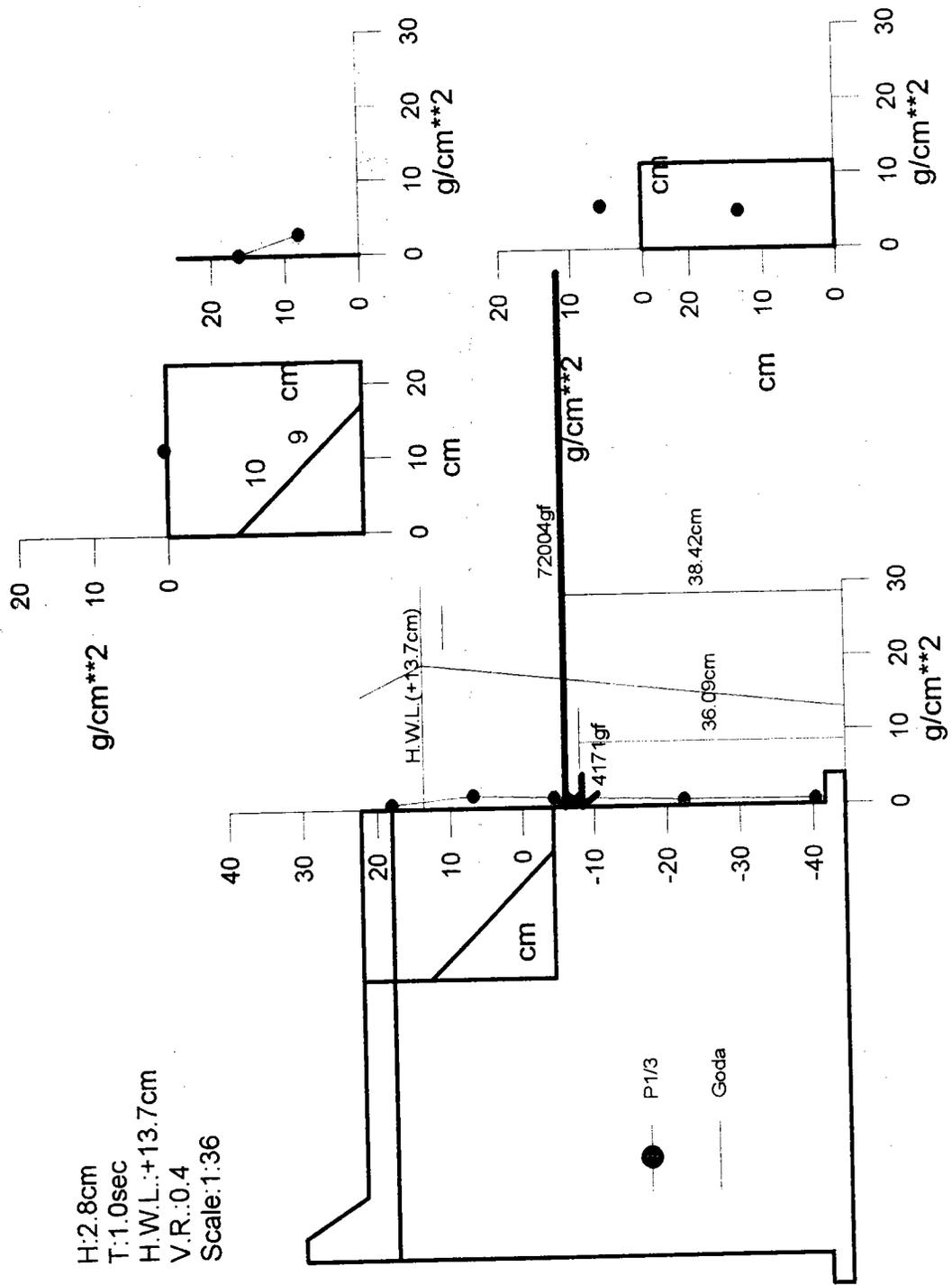


圖 57 波壓分佈圖

H: 4.2cm
 T: 1.0sec
 H.W.L.: +13.7cm
 V.R.: 0.4
 Scale: 1:36

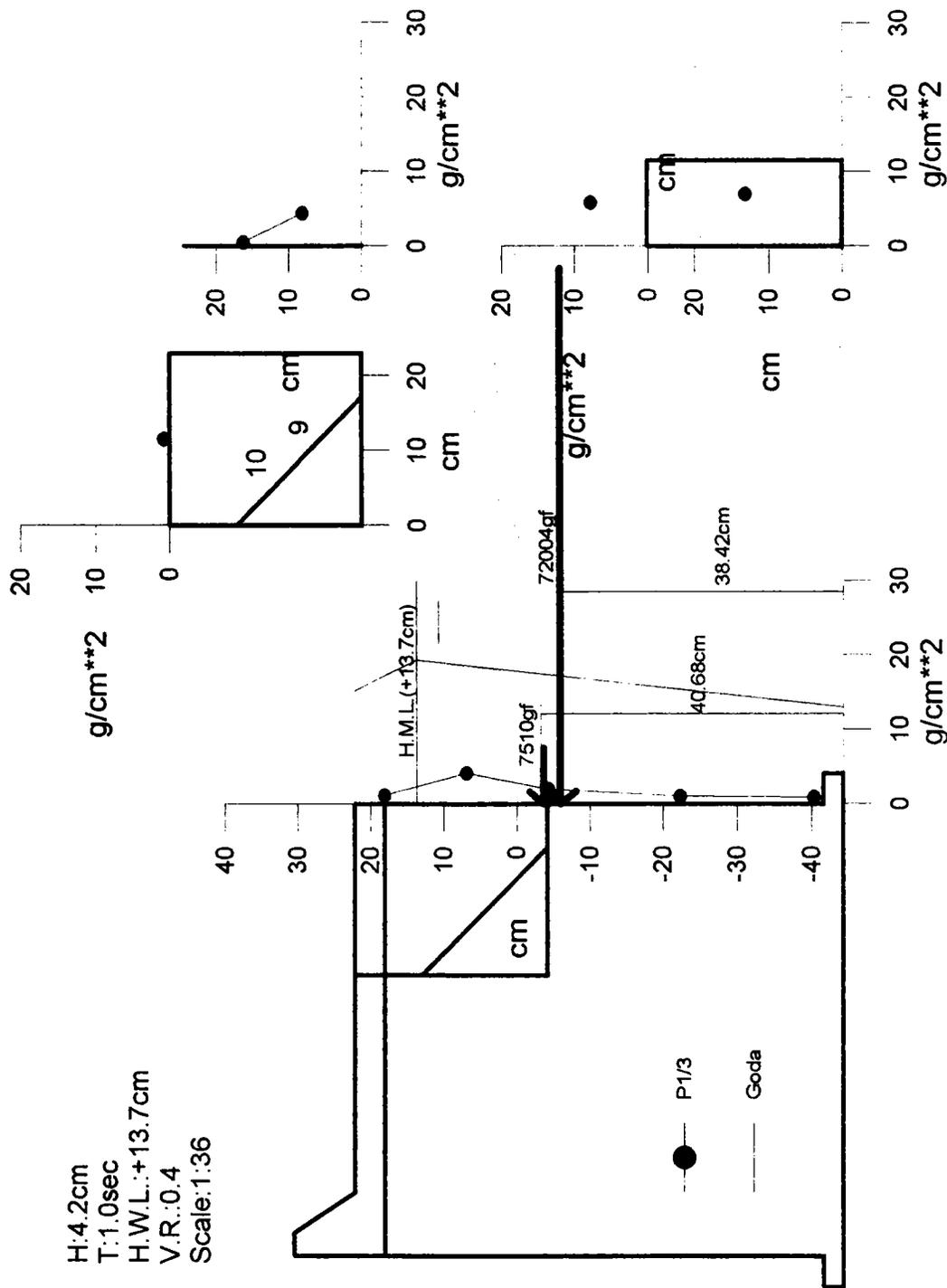


圖 58 波壓分佈圖

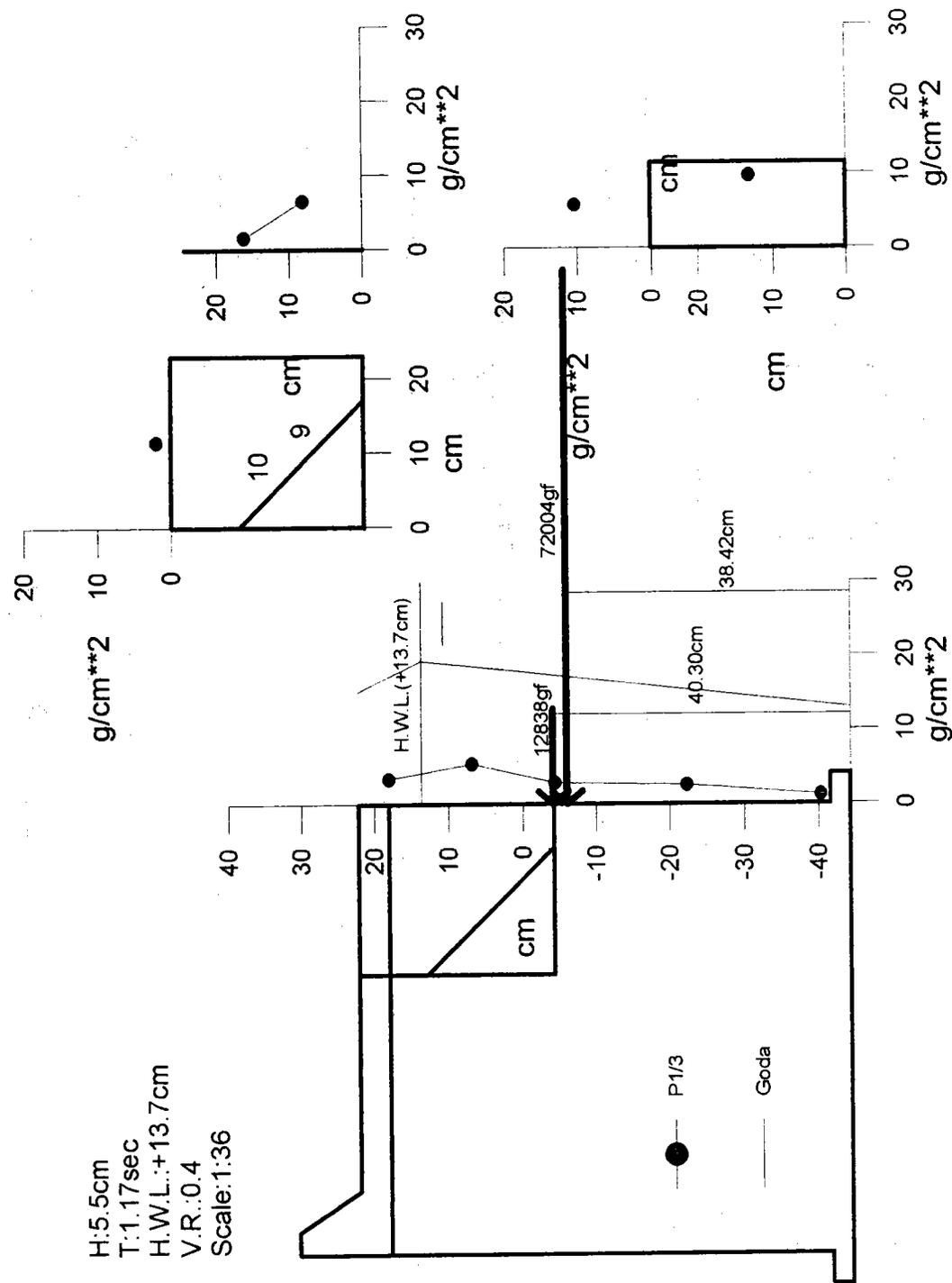


圖 59 波壓分佈圖

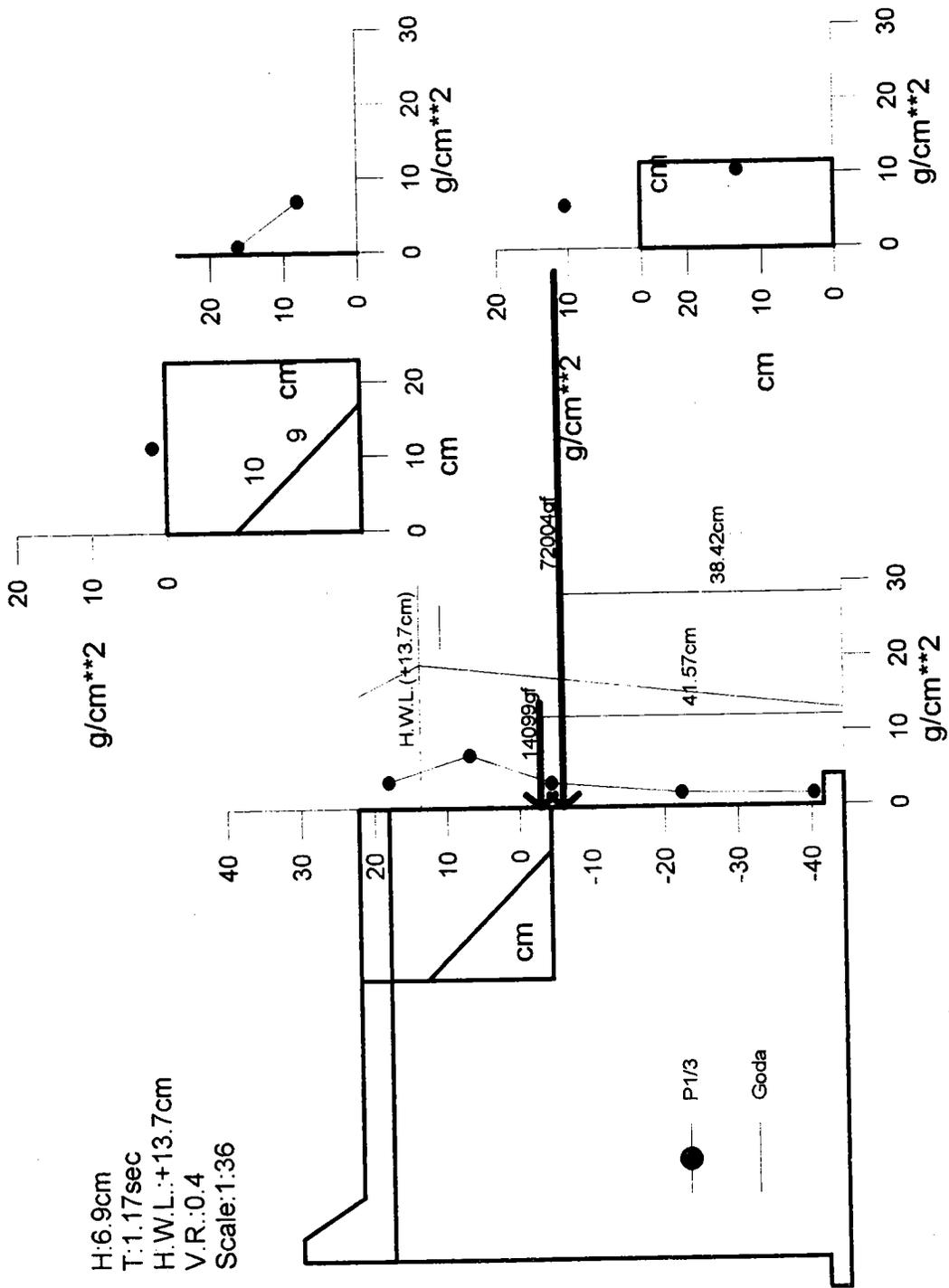


圖 60 波壓分佈圖

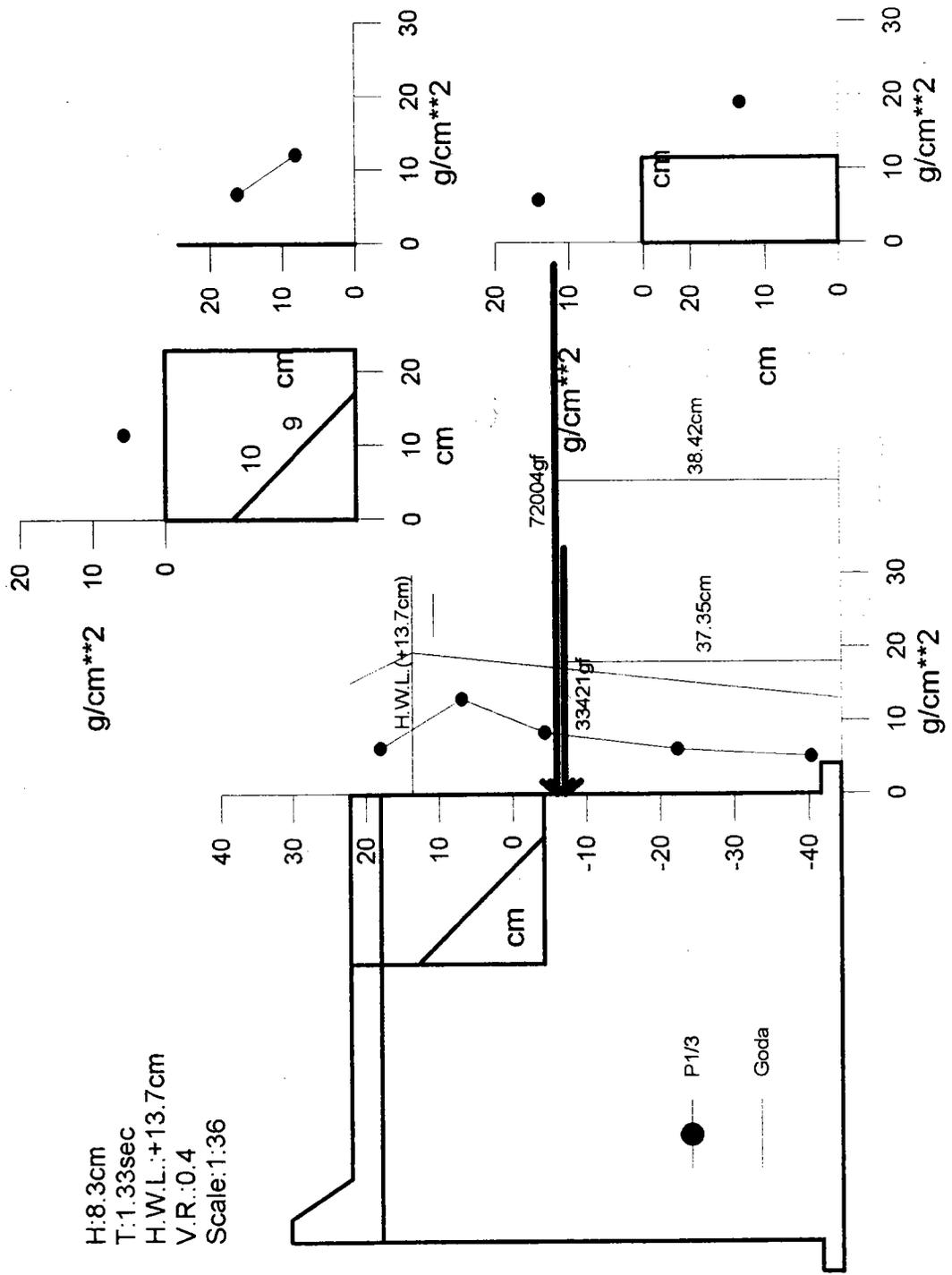


圖 61 波壓分佈圖

H: 2.8cm
 T: 1.0sec
 H.W.L.: +13.7cm
 V.R.: 0.4
 Scale: 1:36

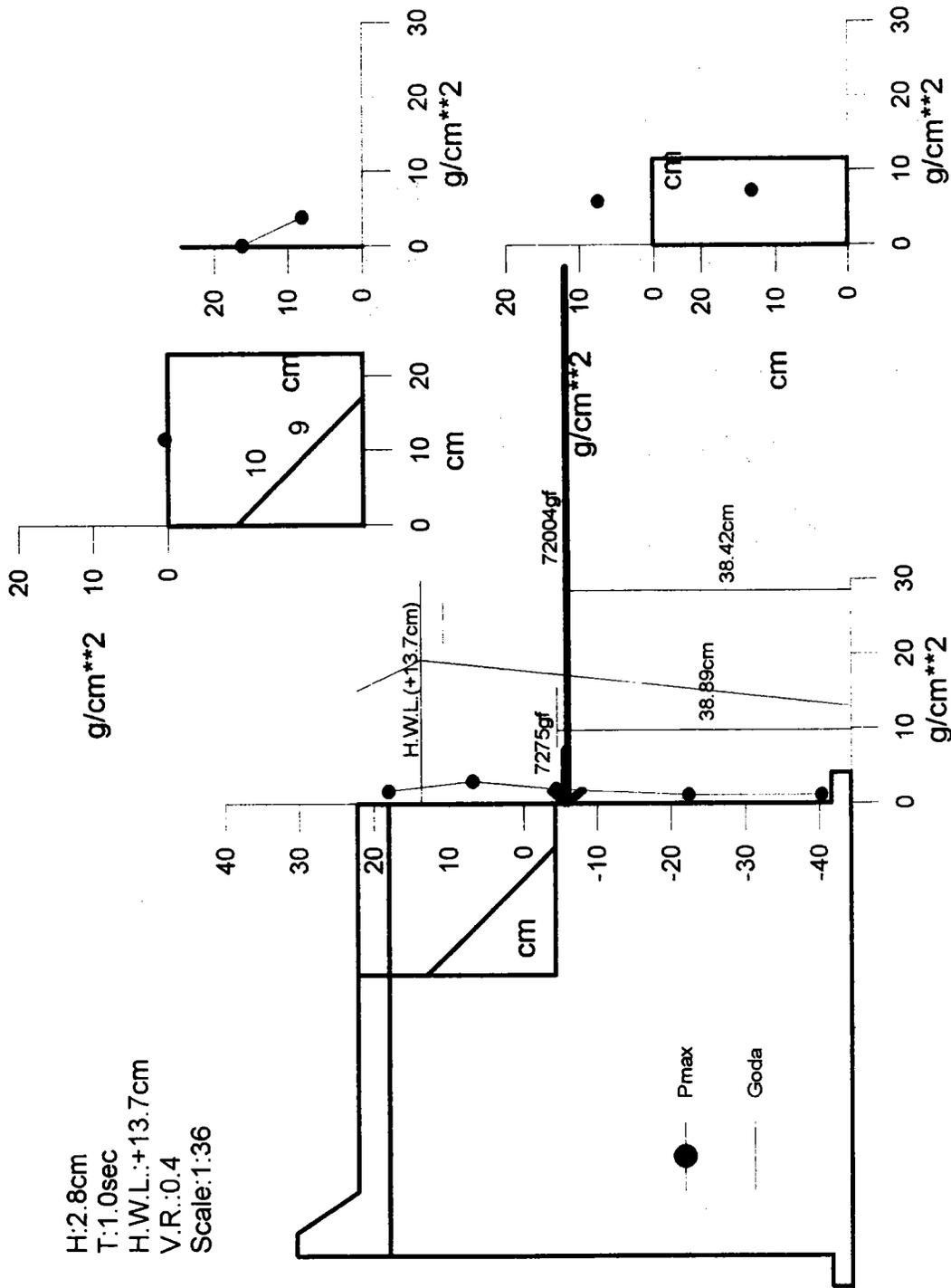


圖 62 波壓分佈圖

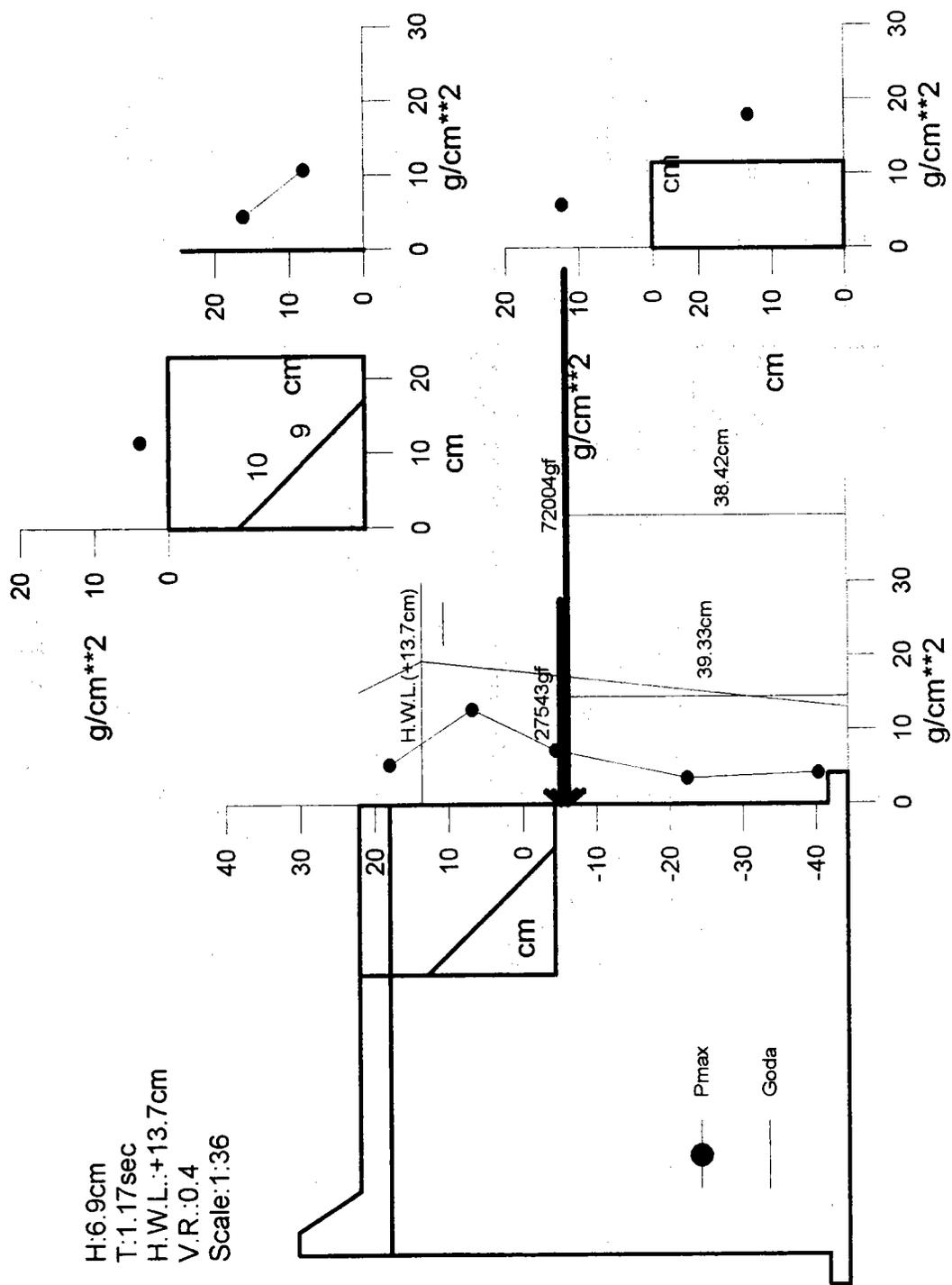


圖 65 波壓分佈圖

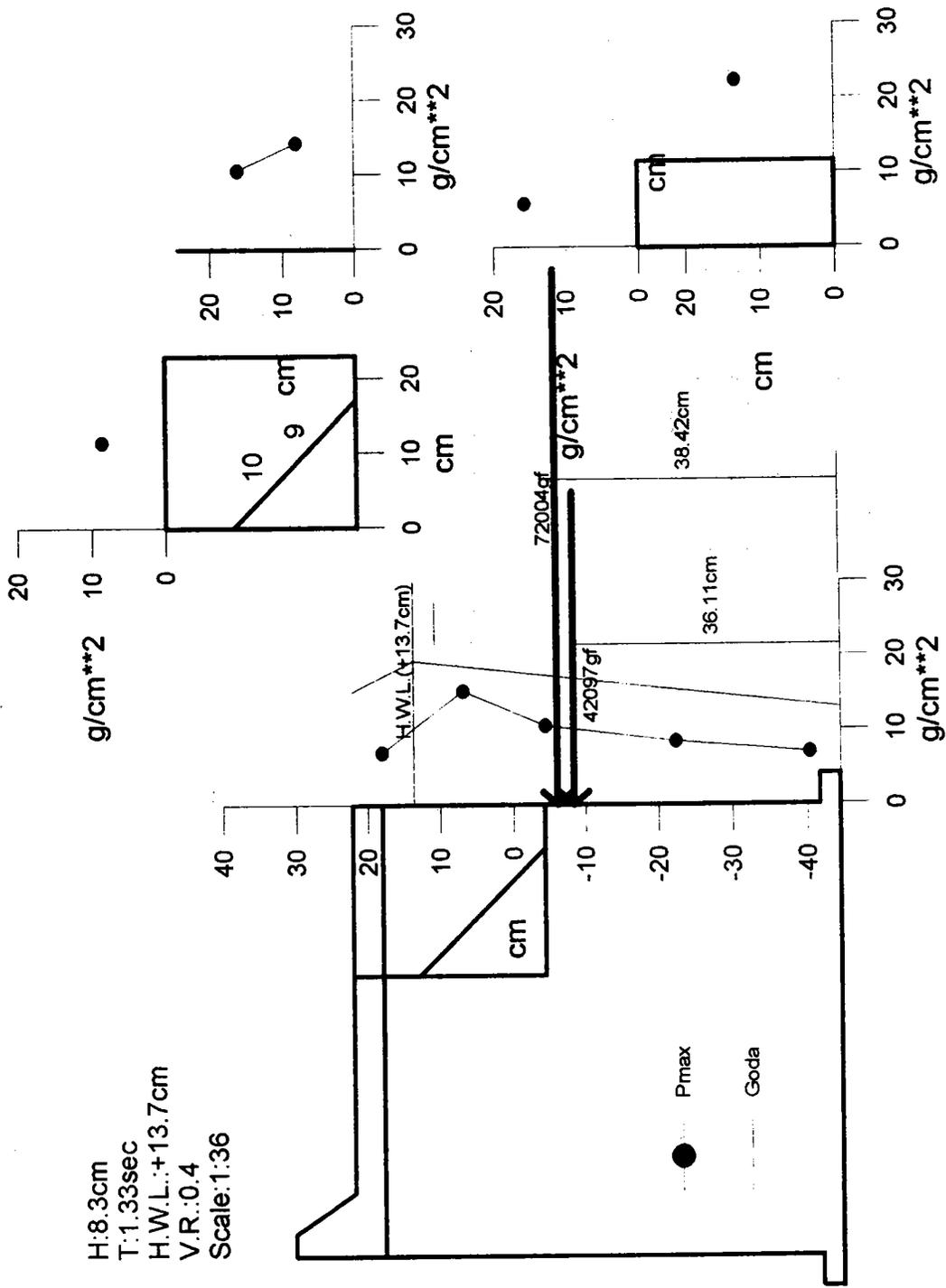


圖 66 波壓分佈圖

H: 2.8cm
 T: 1.0sec
 M.W.L.: +7.3cm
 V.R.: 0.4
 Scale: 1:36

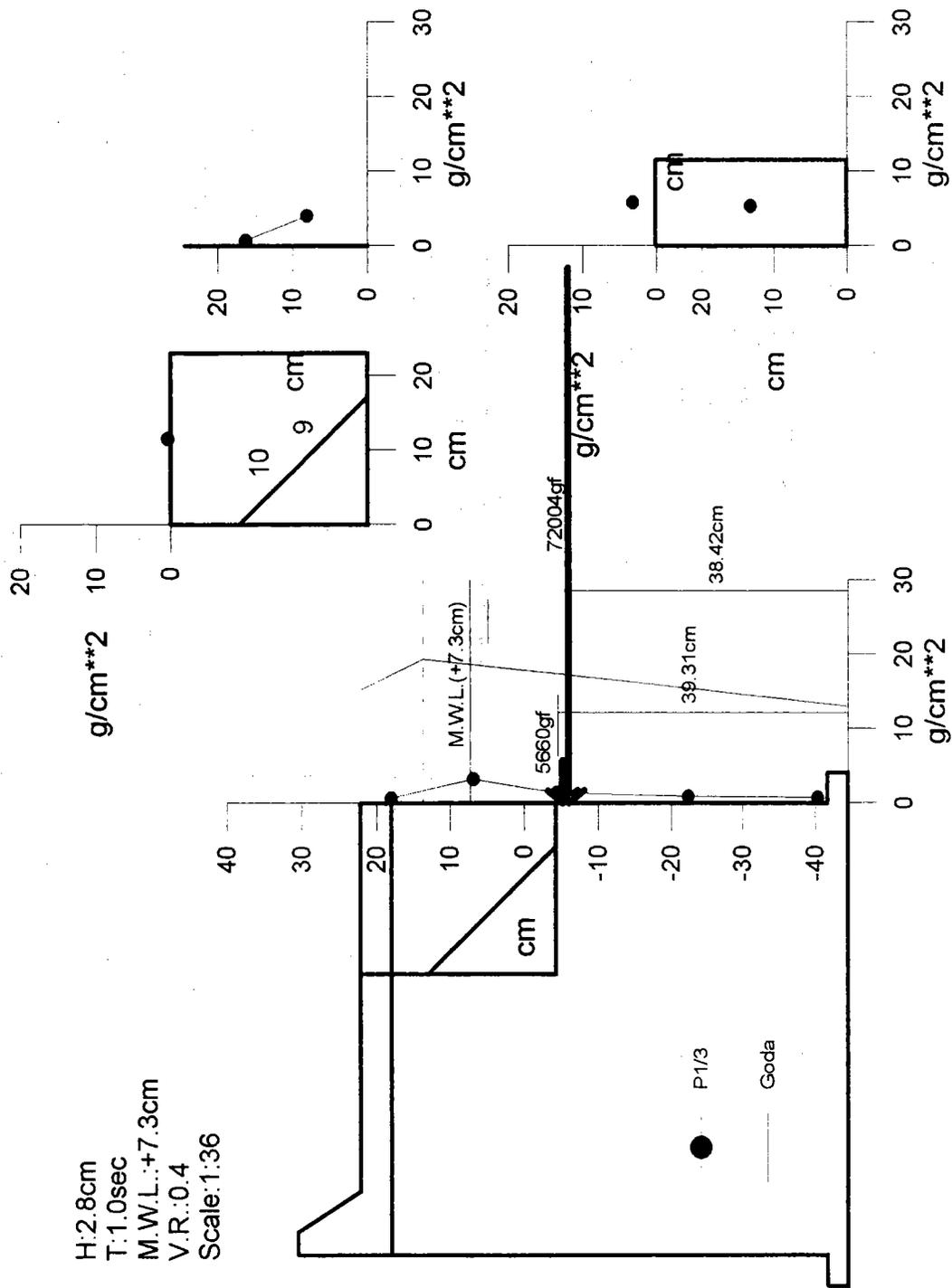


圖 67 波壓分佈圖

H: 6.9cm
 T: 1.17sec
 M.W.L.: +7.3cm
 V.R.: 0.4
 Scale: 1:36

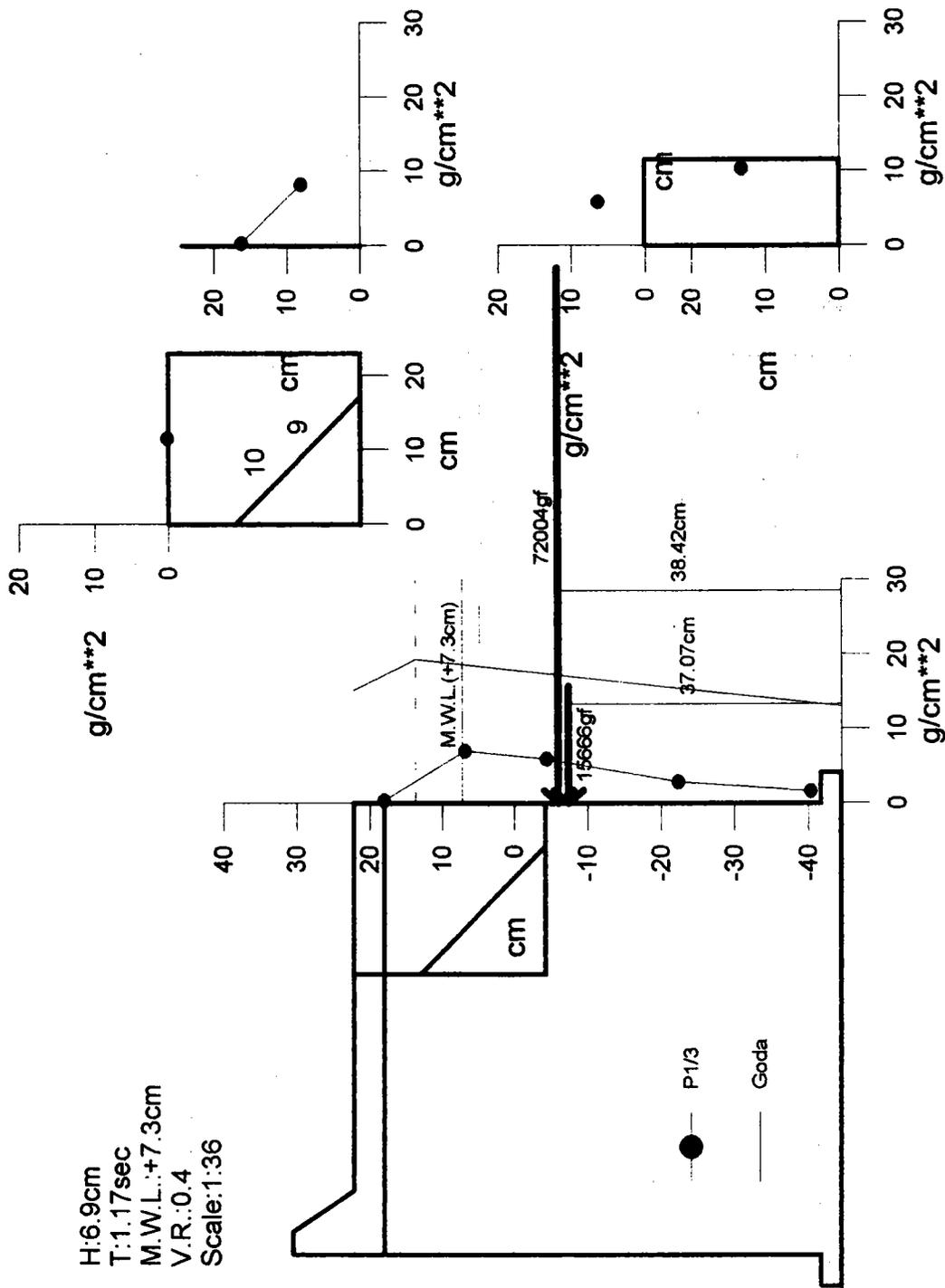


圖 70 波壓分佈圖

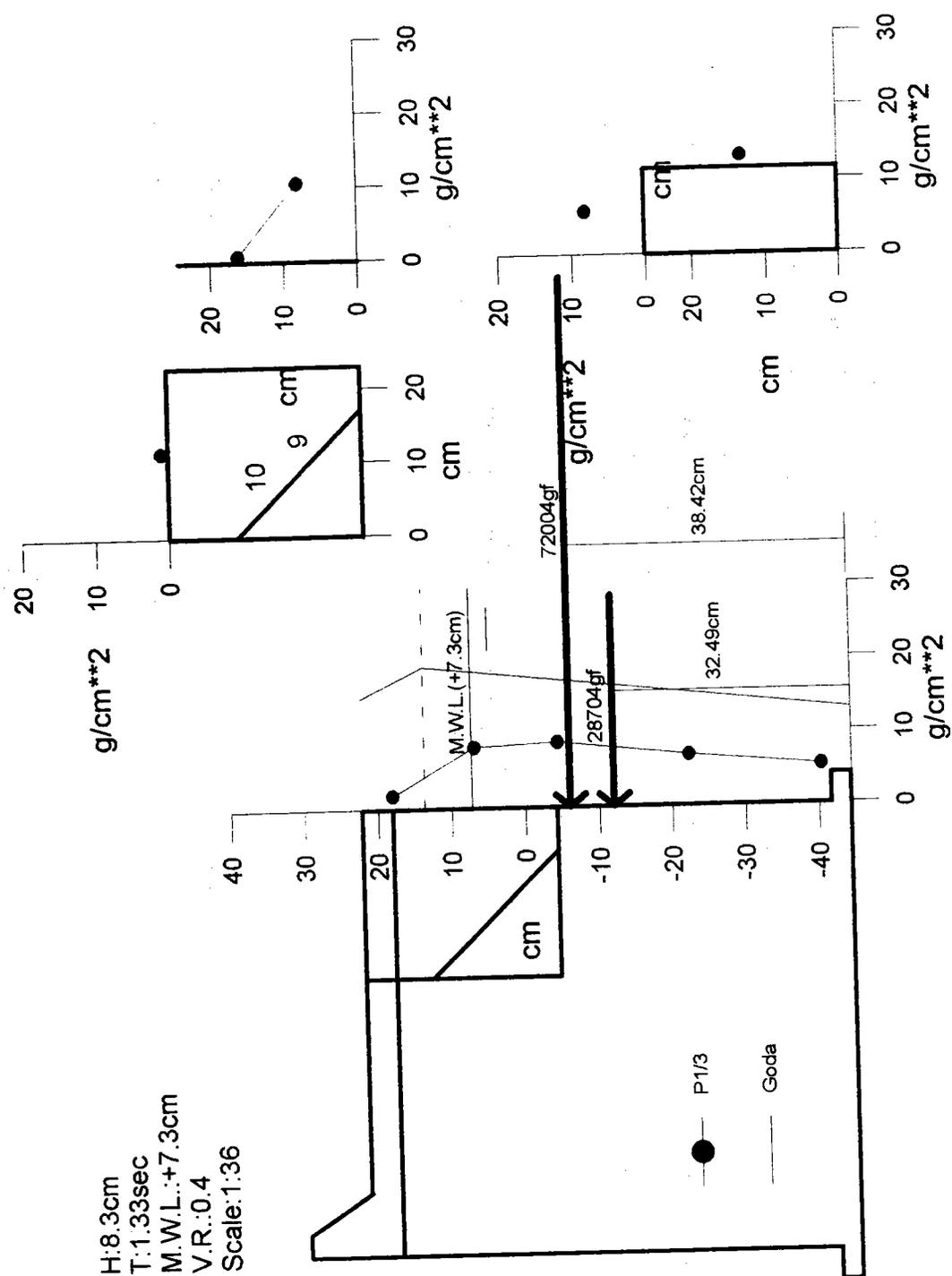


圖 71 波壓分佈圖

H: 2.8cm
 T: 1.0sec
 M.W.L.: +7.3cm
 V.R.: 0.4
 Scale: 1:36

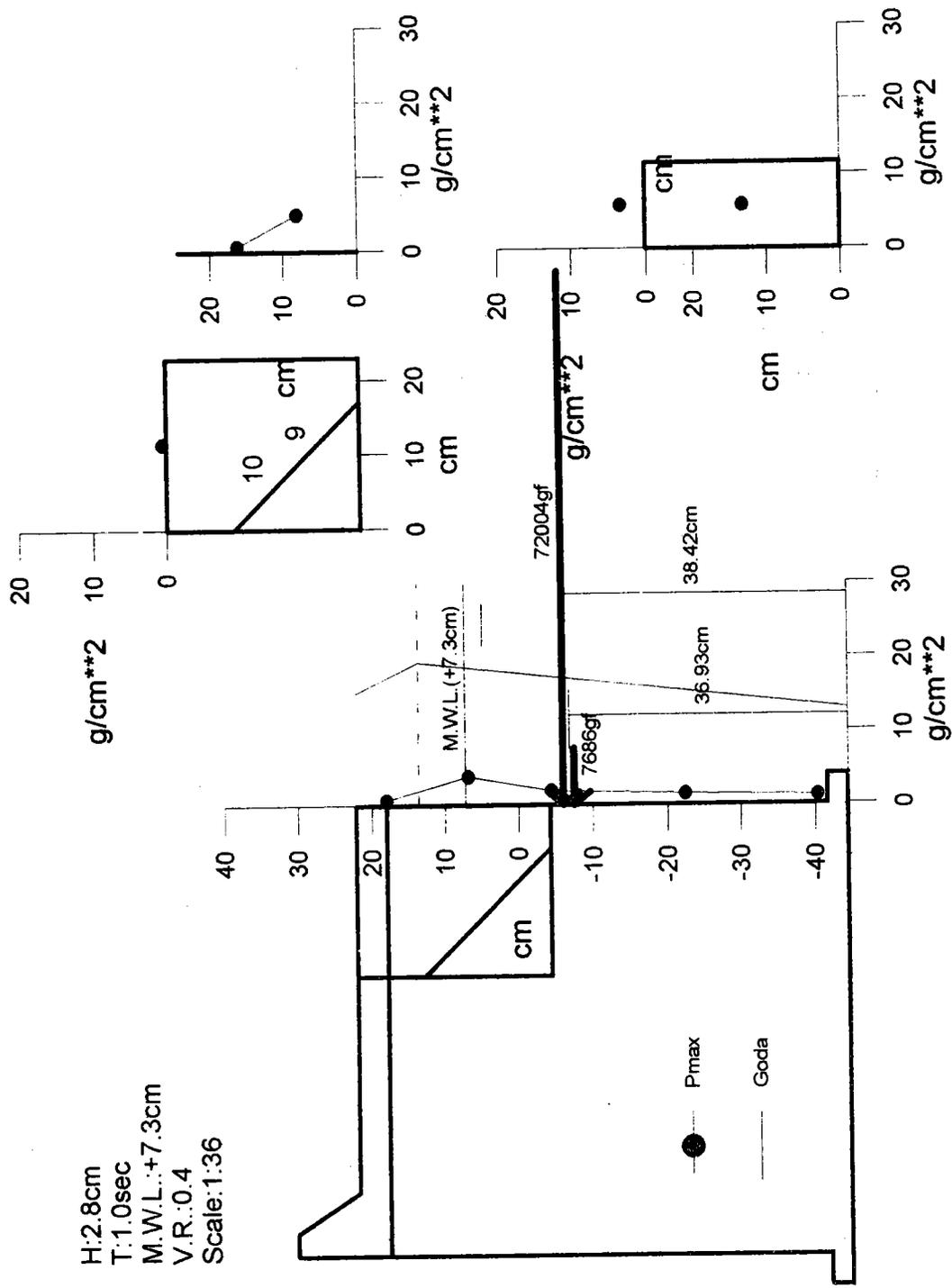


圖 72 波壓分佈圖

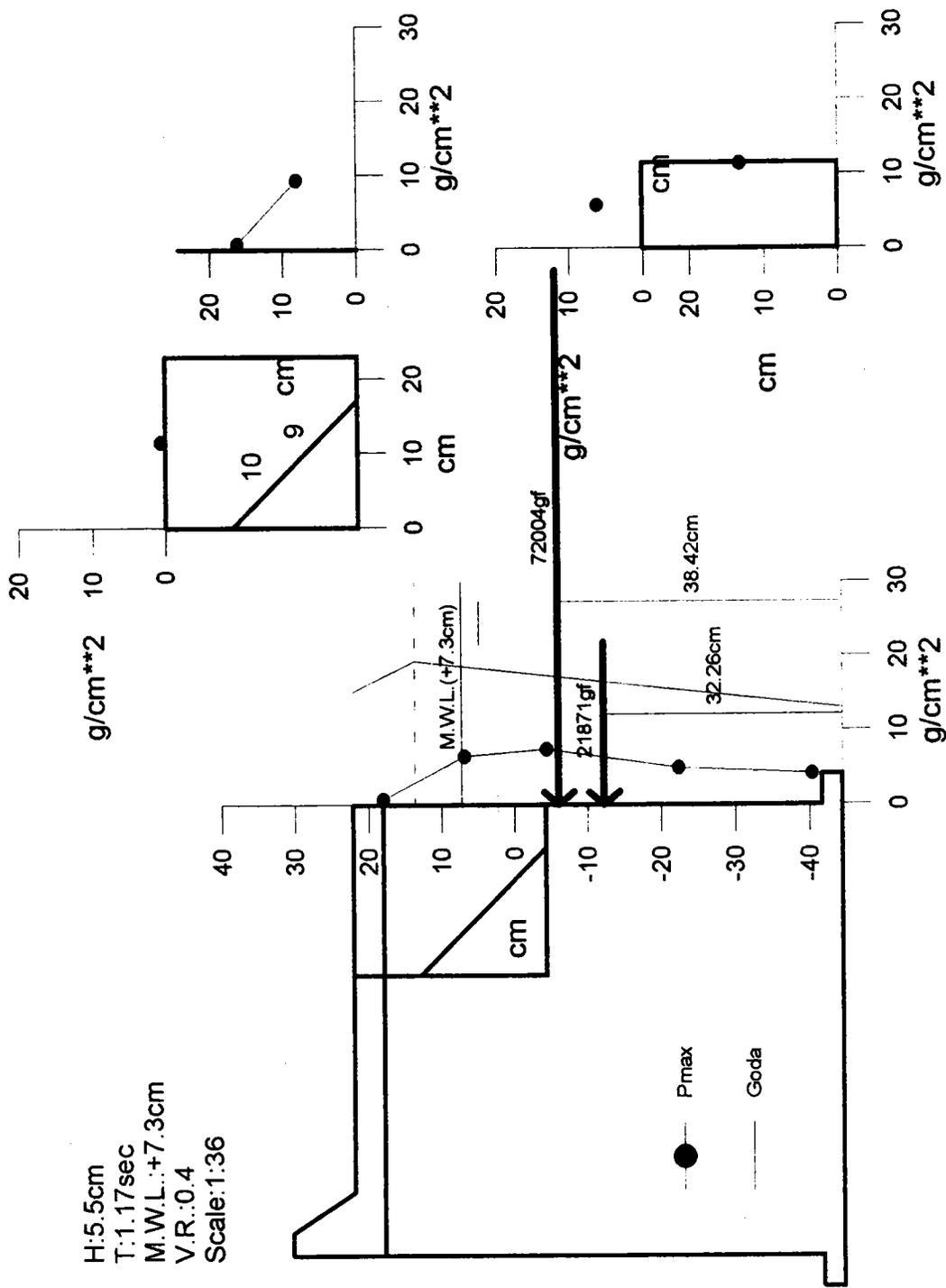


圖 74 波壓分佈圖

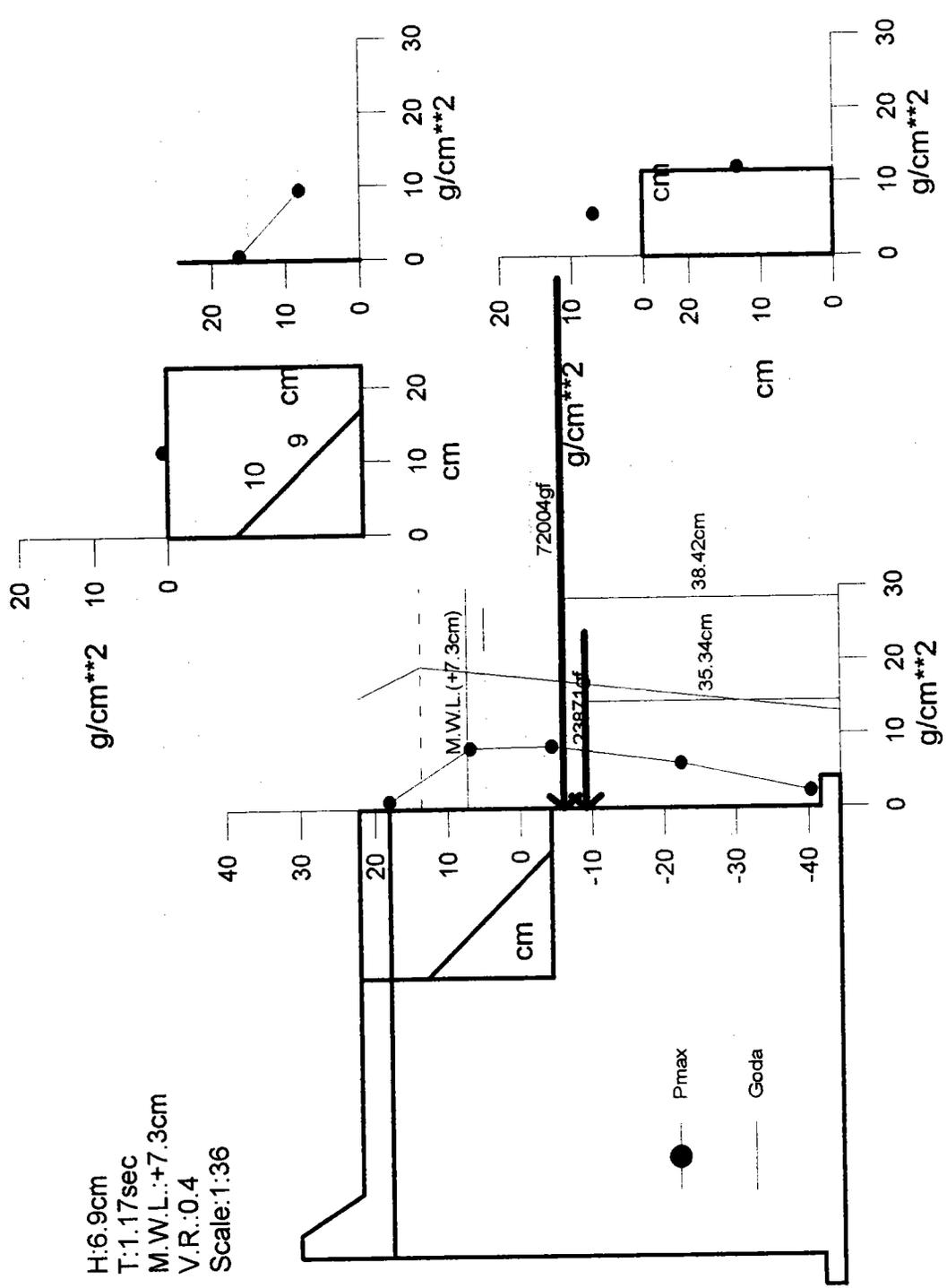


圖 75 波壓分佈圖

H: 8.3cm
 T: 1.33sec
 M.W.L.: +7.3cm
 V.R.: 0.4
 Scale: 1:36

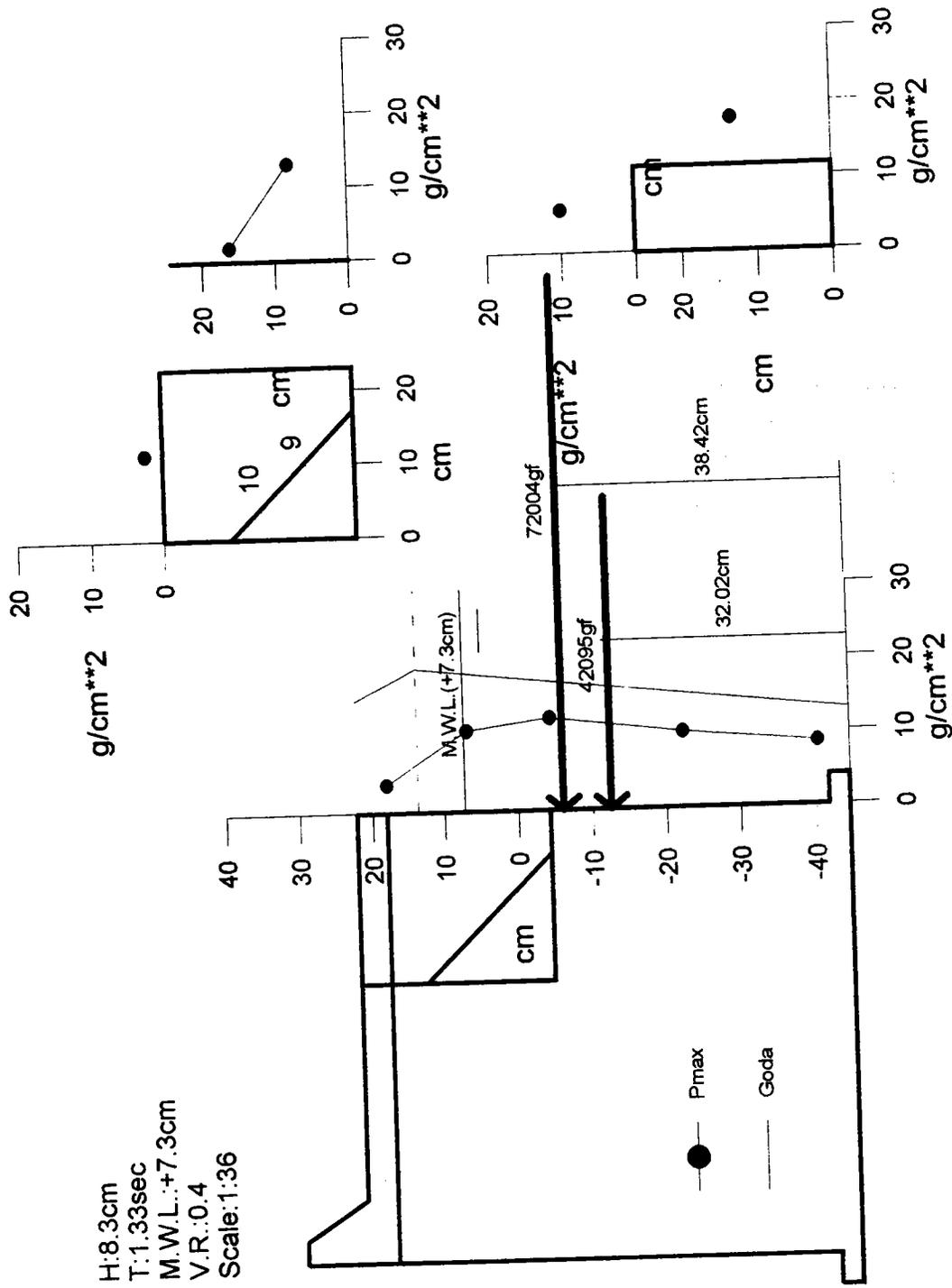


圖 76 波壓分佈圖

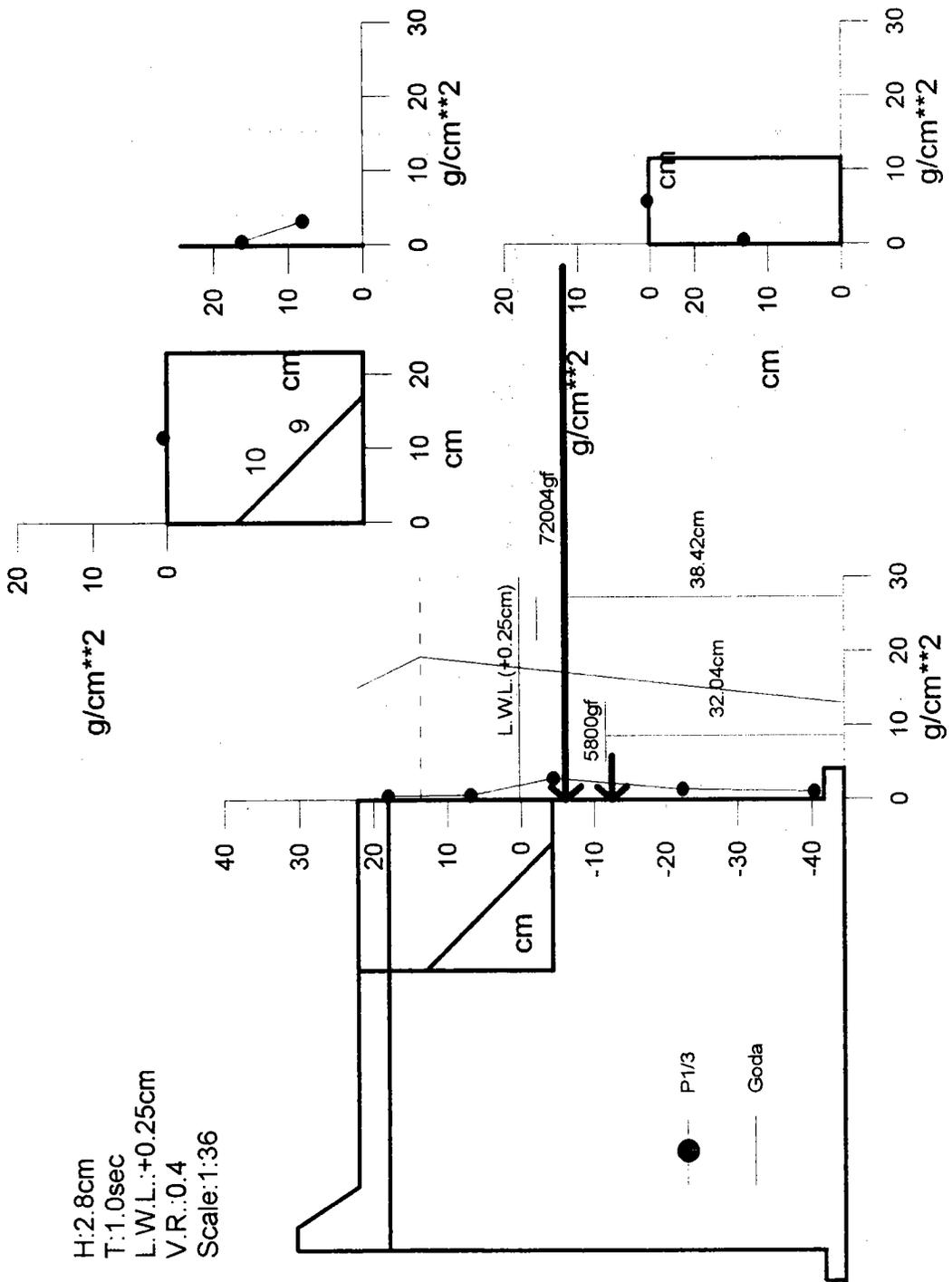


圖 77 波壓分佈圖

H: 4.2cm
 T: 1.0sec
 L.W.L.: +0.25cm
 V.R.: 0.4
 Scale: 1:36

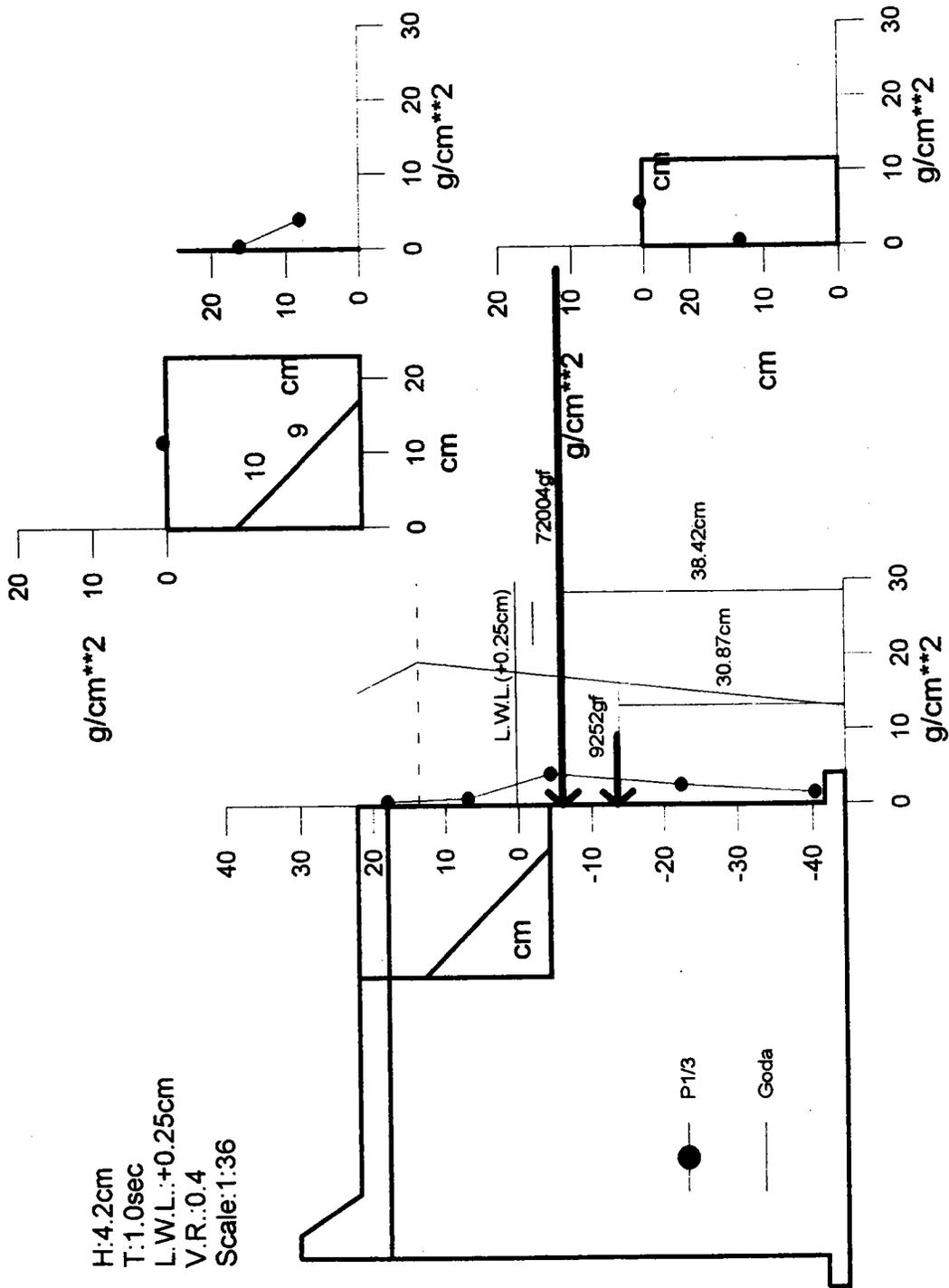


圖 78 波壓分佈圖

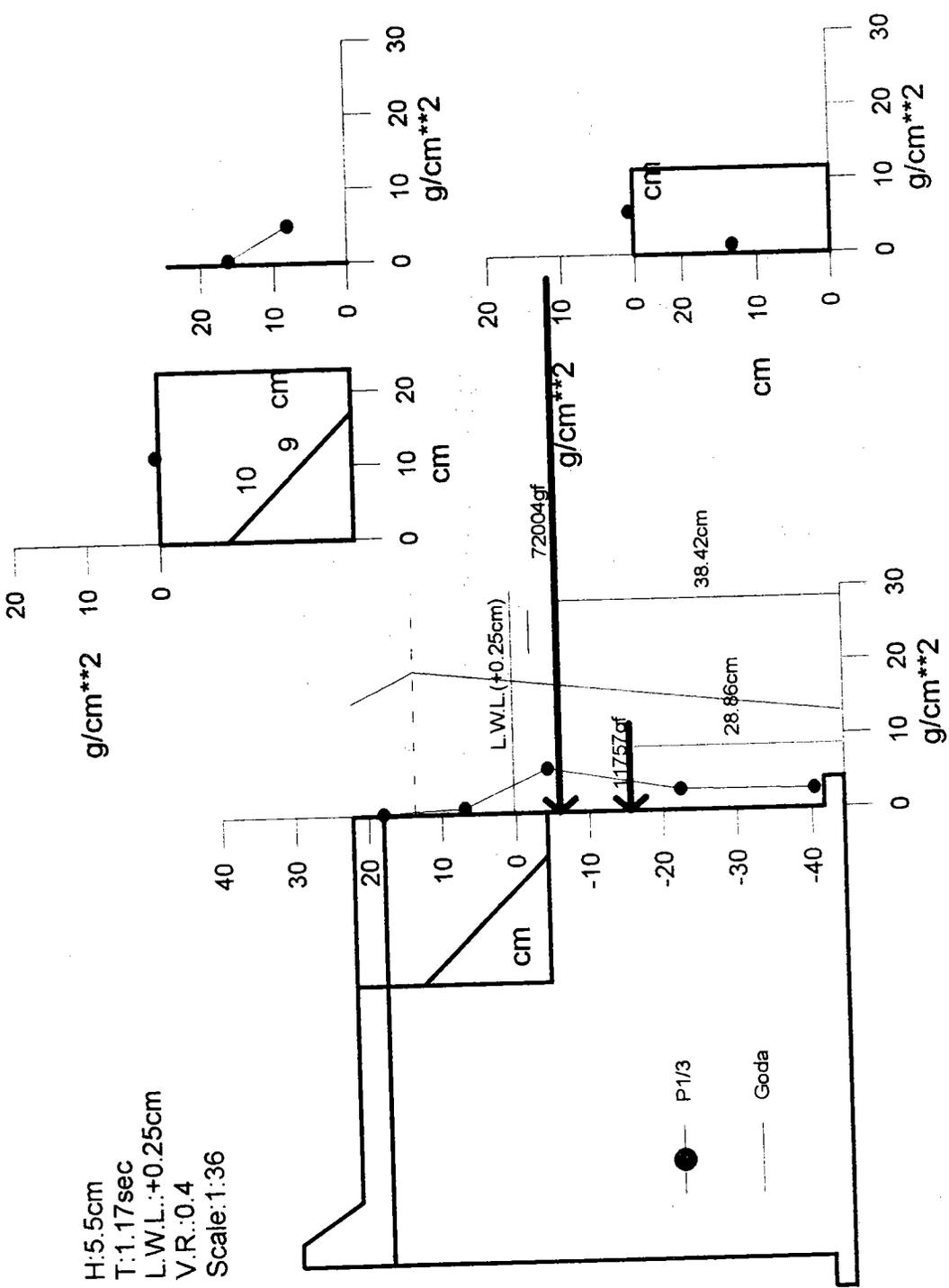


圖 79 波壓分佈圖

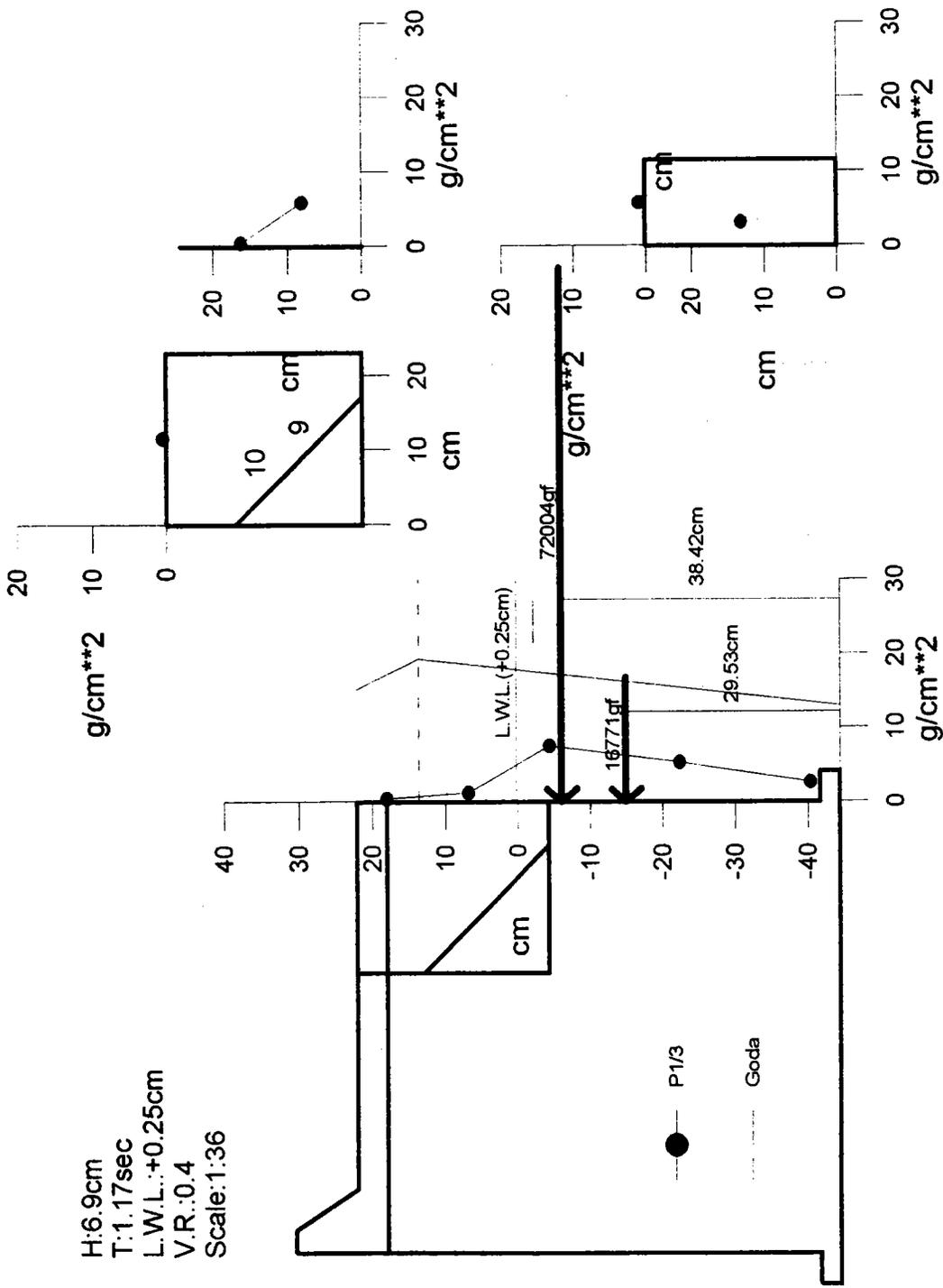


圖 80 波壓分佈圖

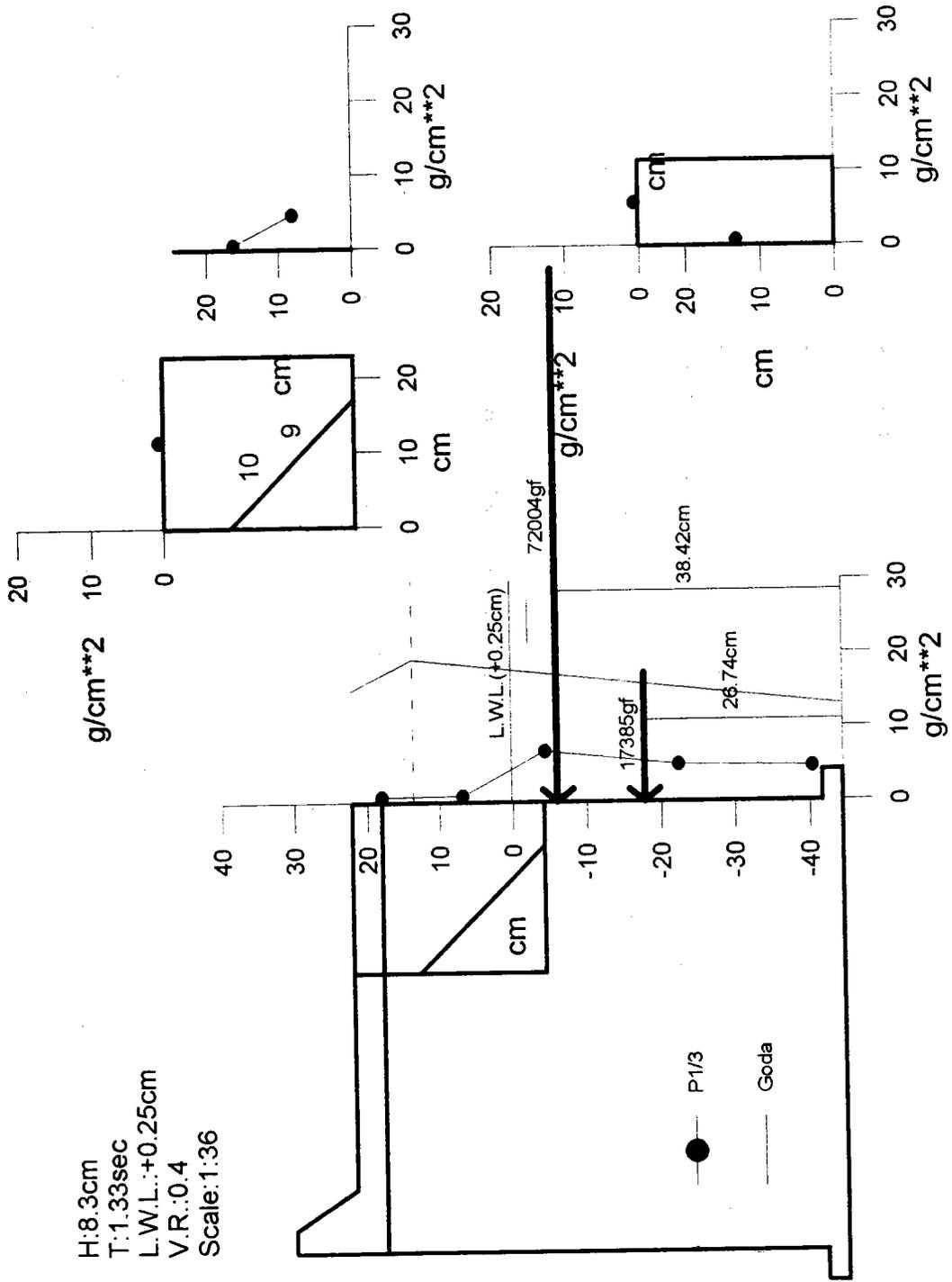


圖 81 波壓分佈圖

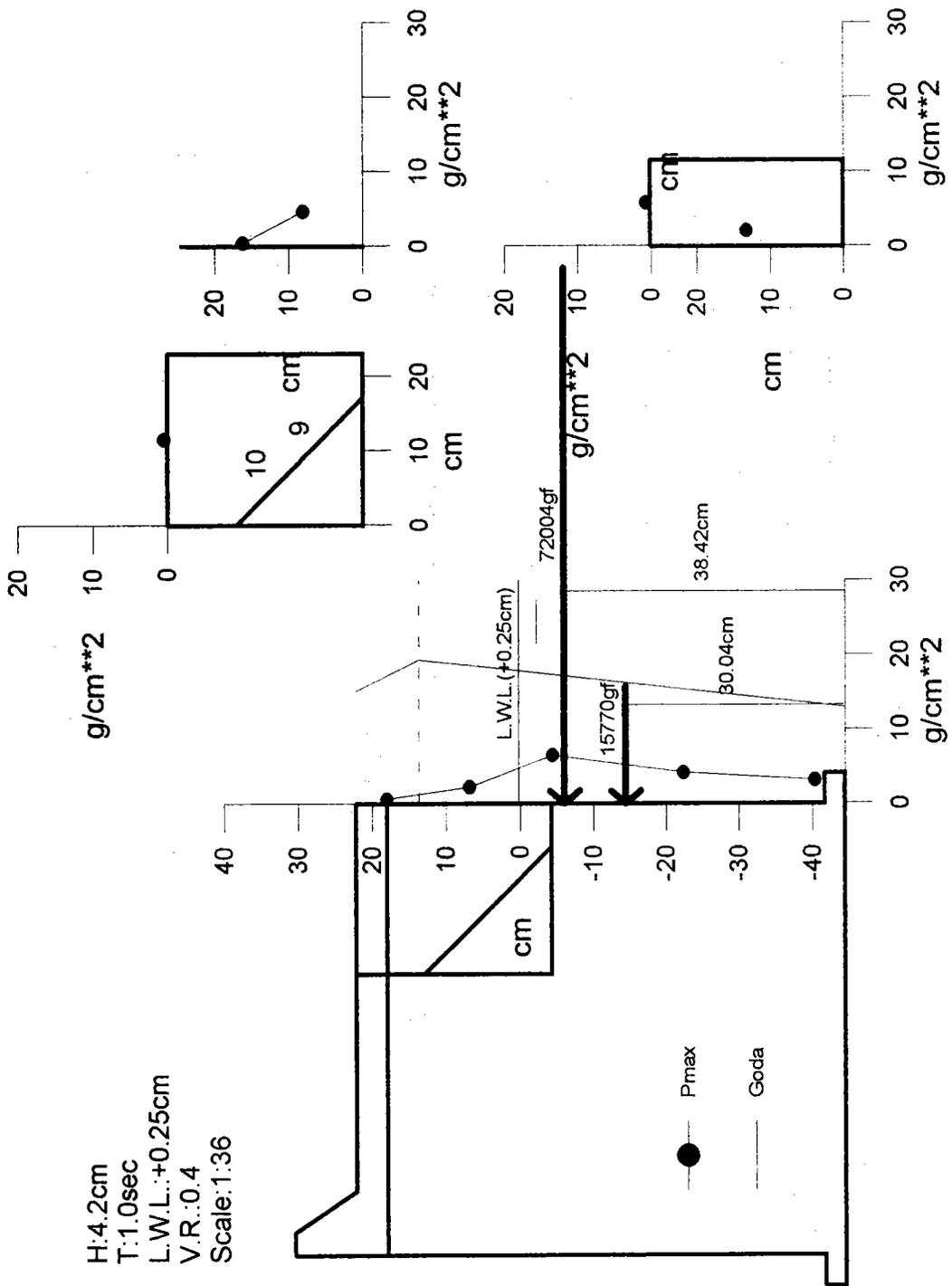


圖 83 圍標分壓波壓

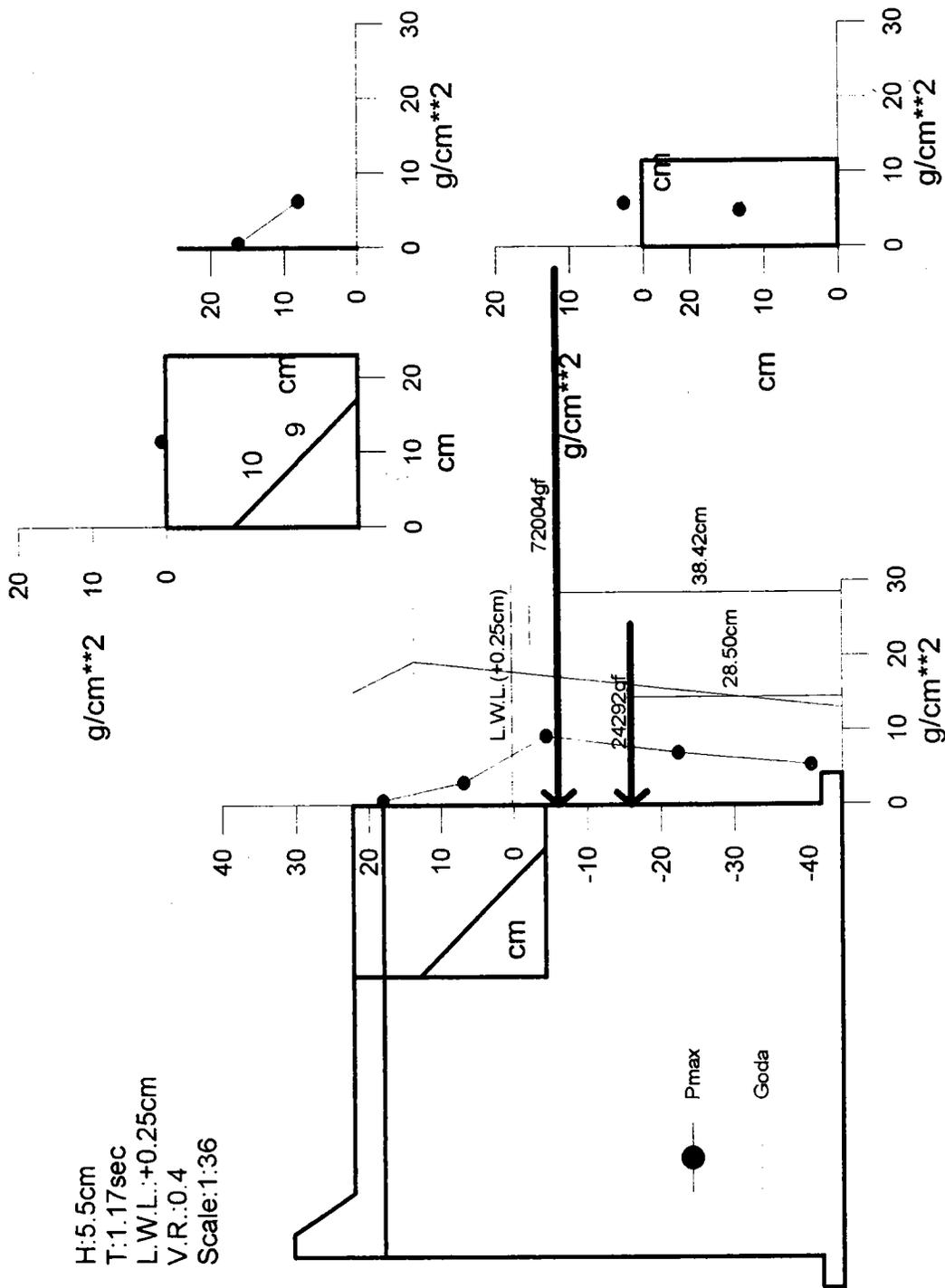


圖 84 波壓分佈圖

H: 6.9cm
 T: 1.17sec
 L.W.L.: +0.25cm
 V.R.: 0.4
 Scale: 1:36

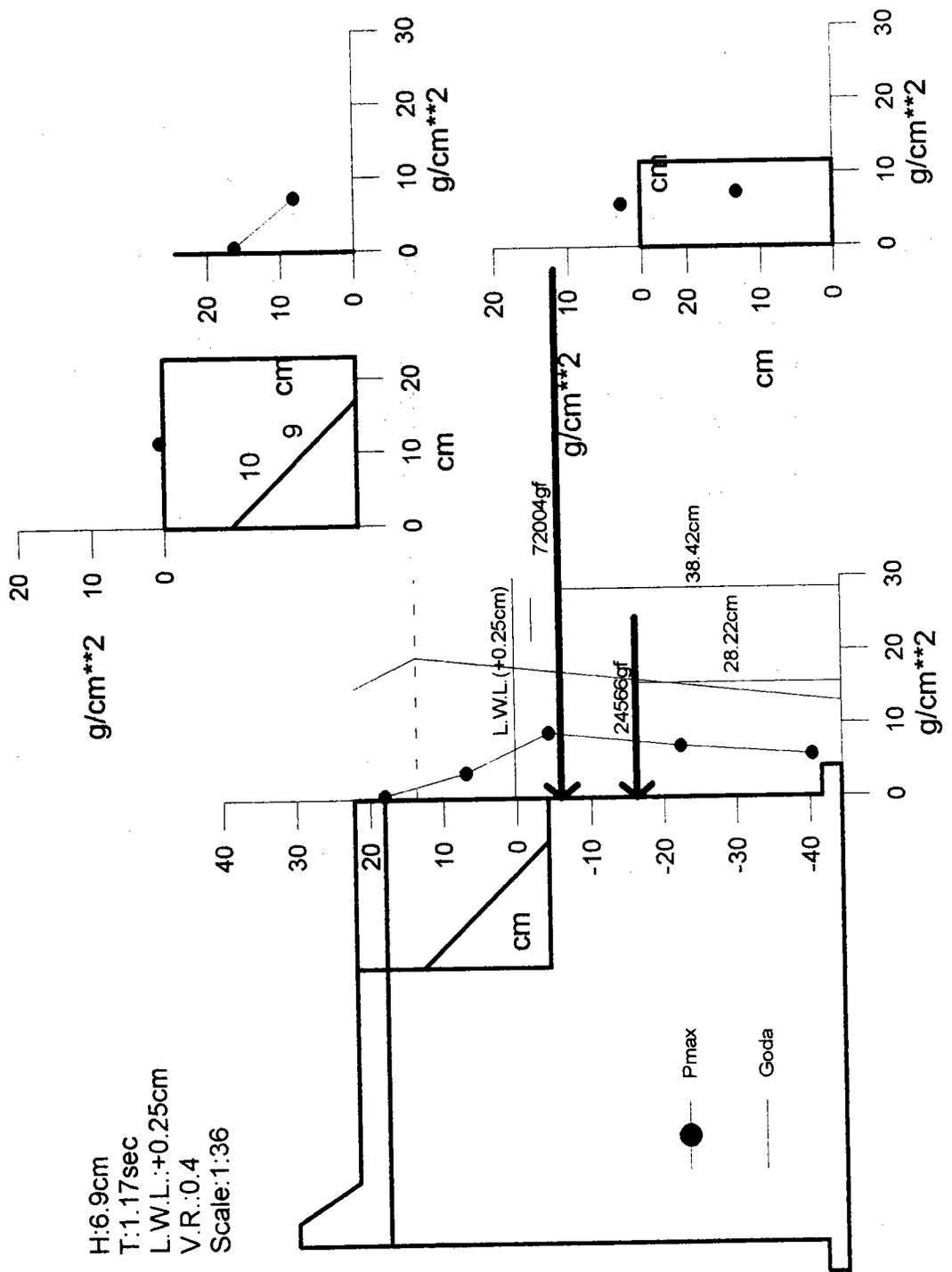


圖 85 圓筒分壓圖

H: 8.3cm
 T: 1.33sec
 L.W.L.: +0.25cm
 V.R.: 0.4
 Scale: 1:36

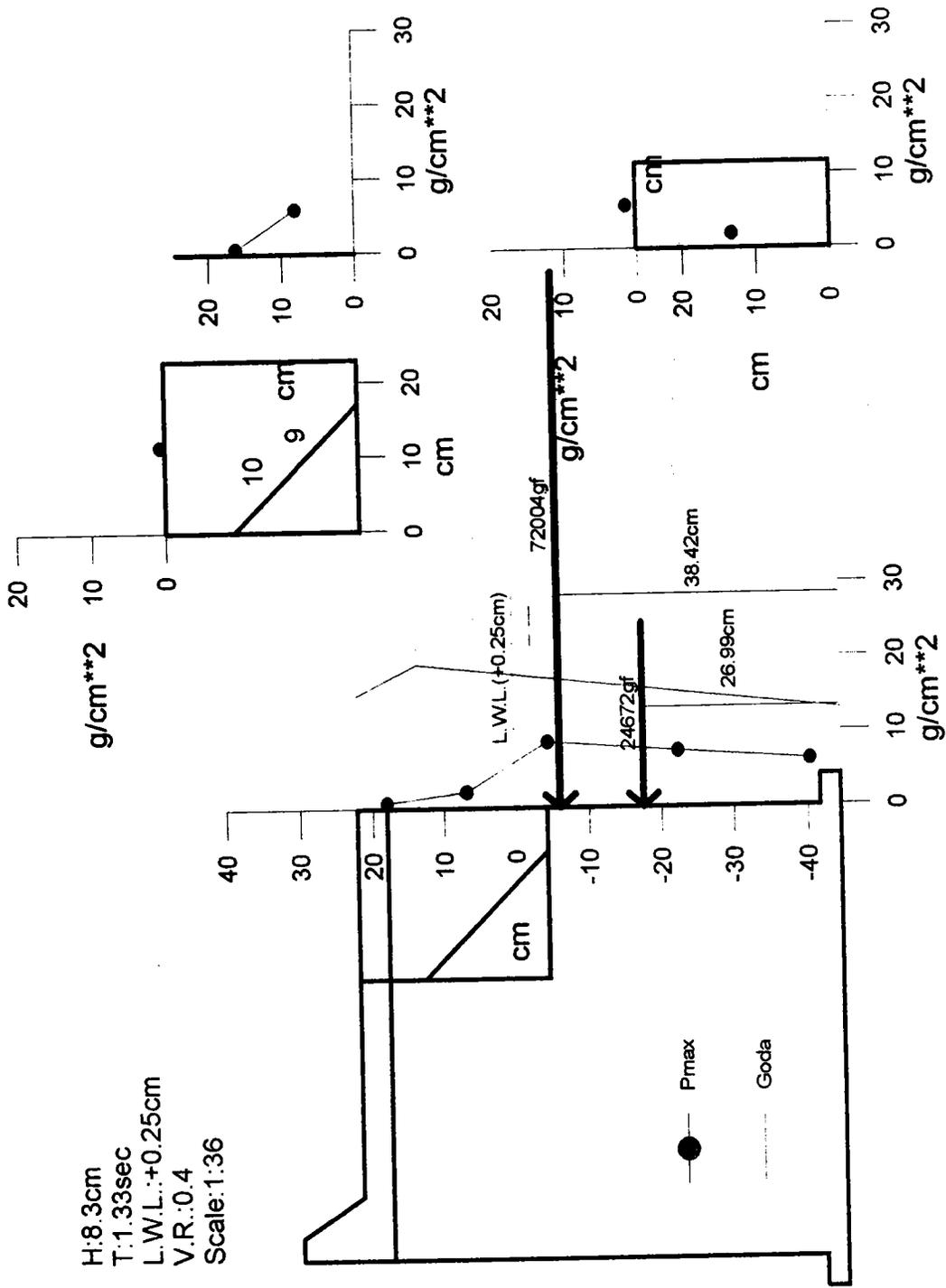


圖 86 波壓分佈圖

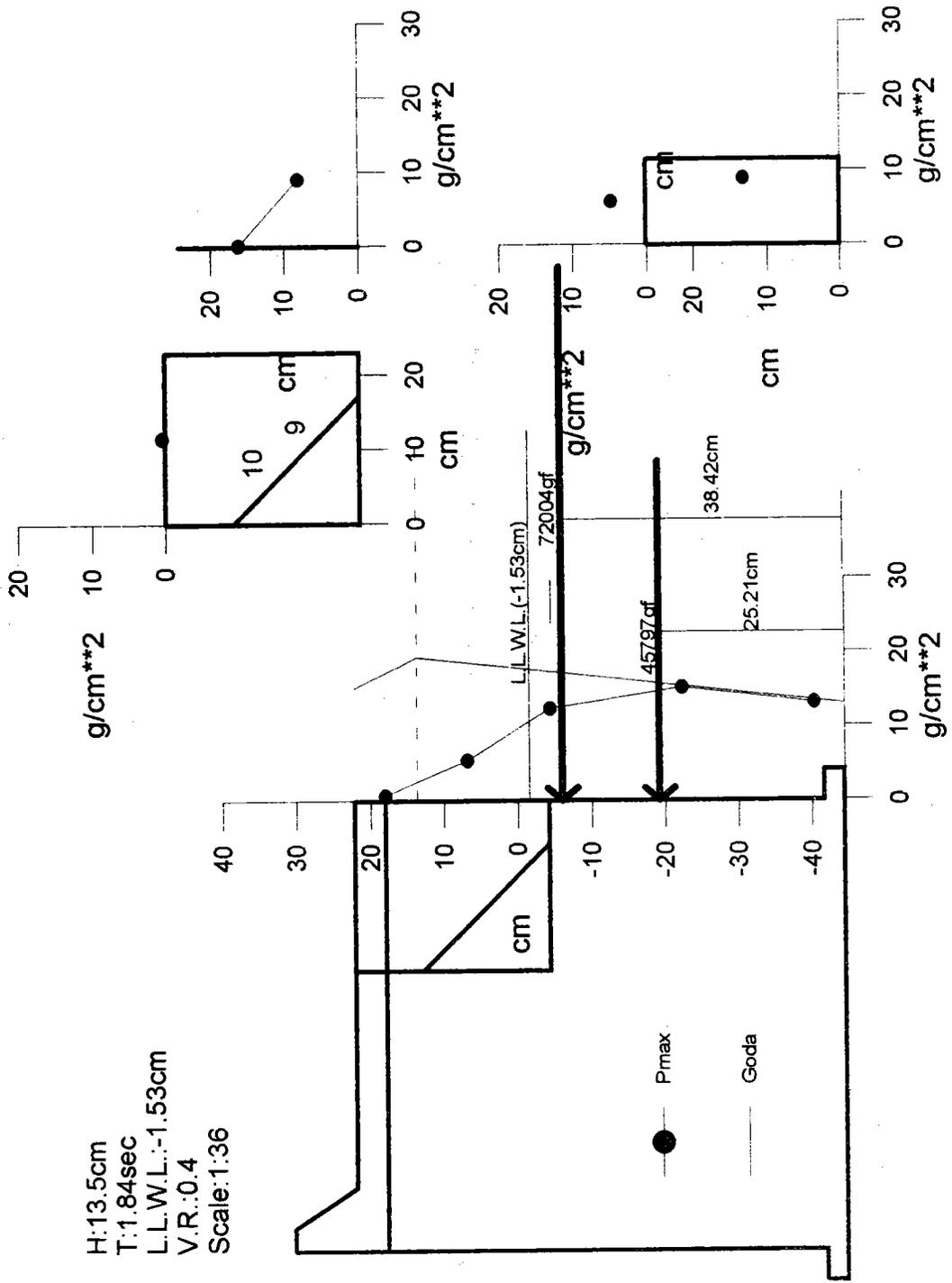


圖 87 波壓分佈圖

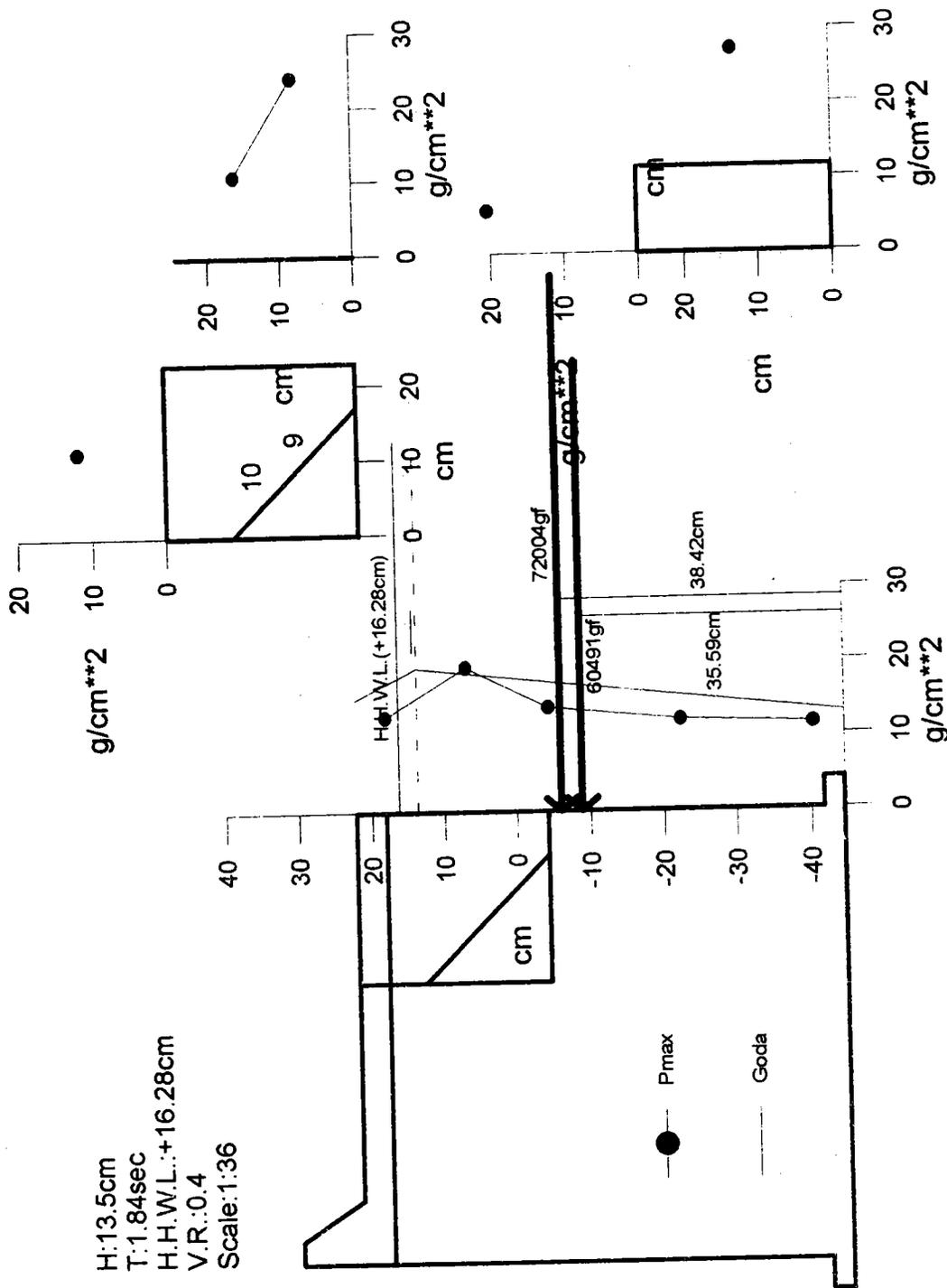


圖 88 圍堤外圍斷面

4b2a-max.grf

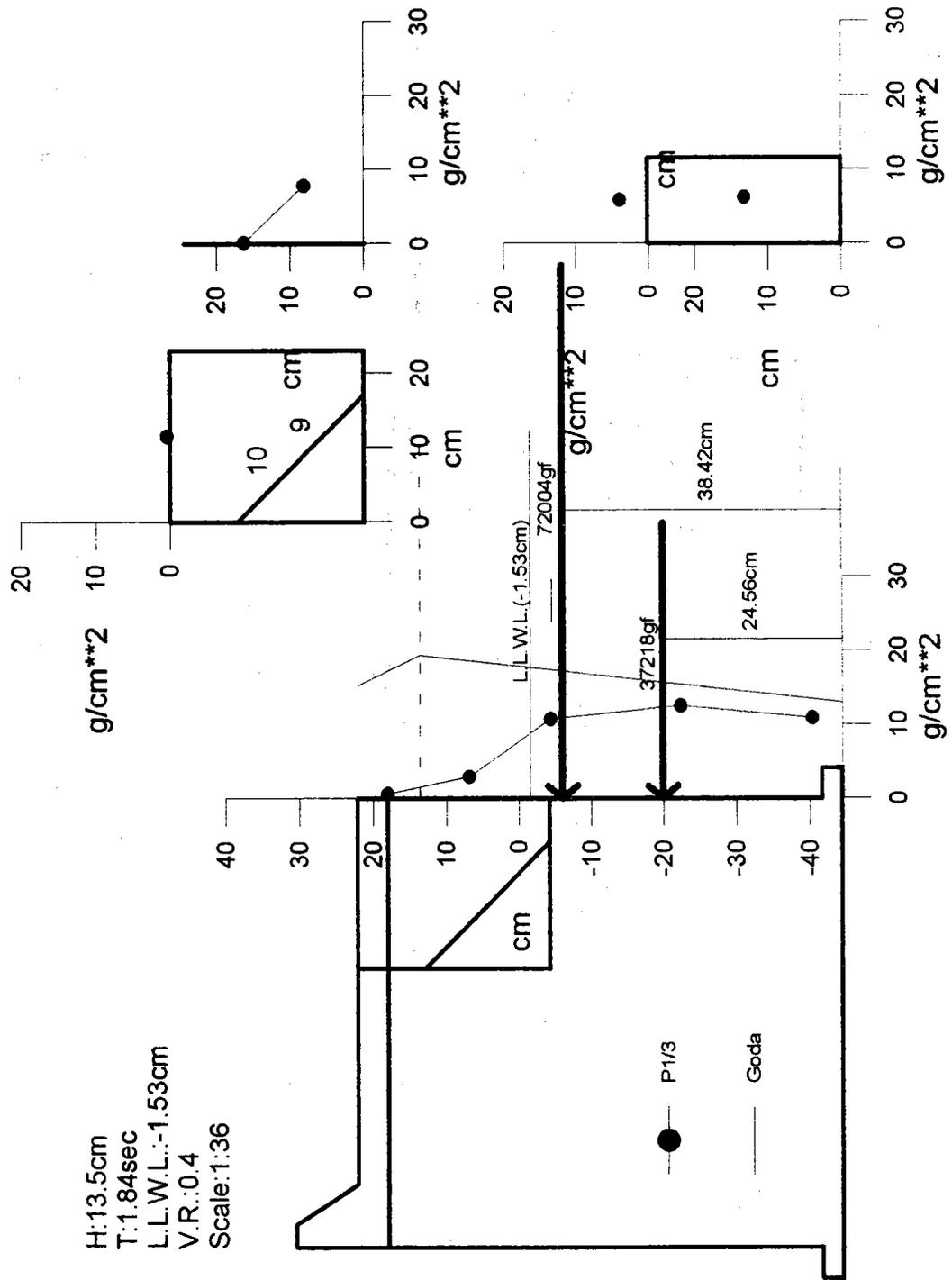


圖 89 波壓分佈圖

H: 16.22cm
 T: 1.83sec
 H.H.W.L.: +16.28cm
 Scale: 1:36

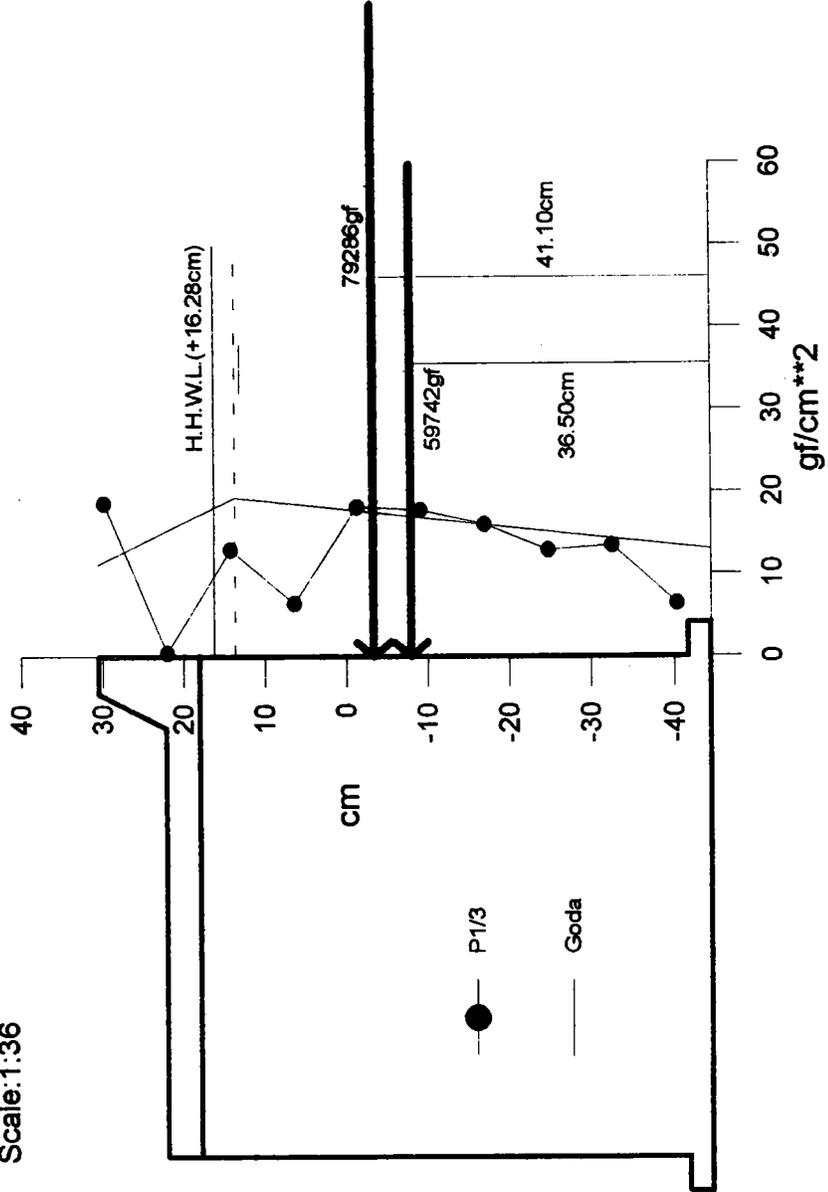


圖 80 波壓分佈圖

H: 16.22cm
 T: 1.83sec
 H.H.W.L.: +16.28cm
 Scale: 1:36

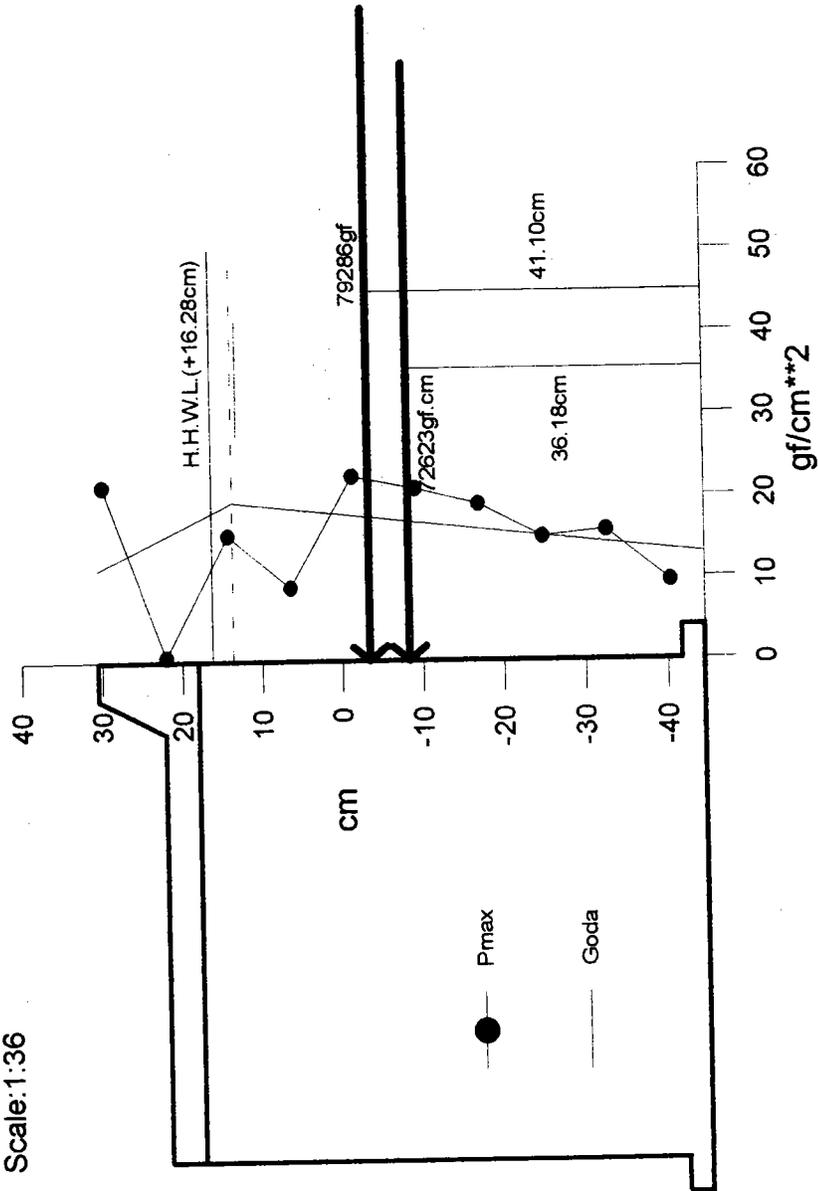


圖 91 波壓分佈圖

H:16.08cm
 T:1.83sec
 L.L.W.L.: -1.53cm
 Scale:1:36

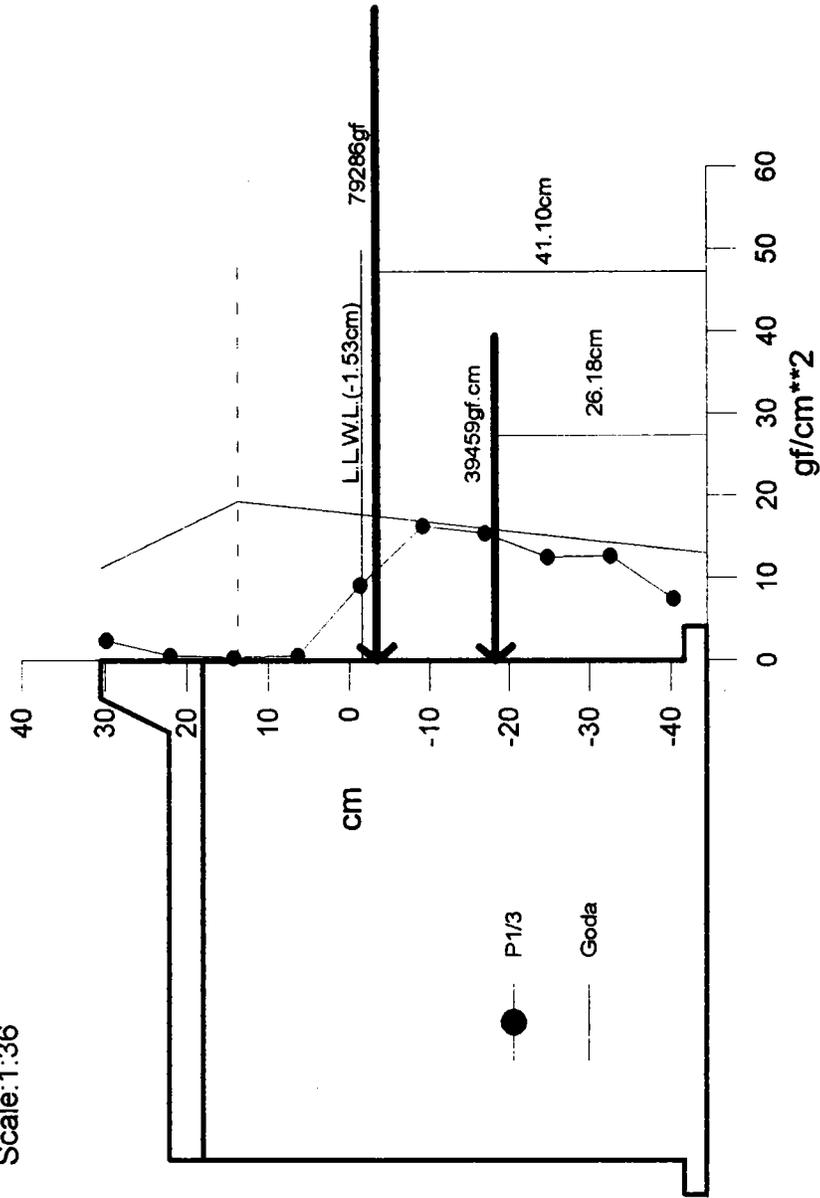


圖 92 波壓分佈圖

H: 16.08cm
 T: 1.83sec
 L.L.W.L.: -1.53cm
 Scale: 1:36

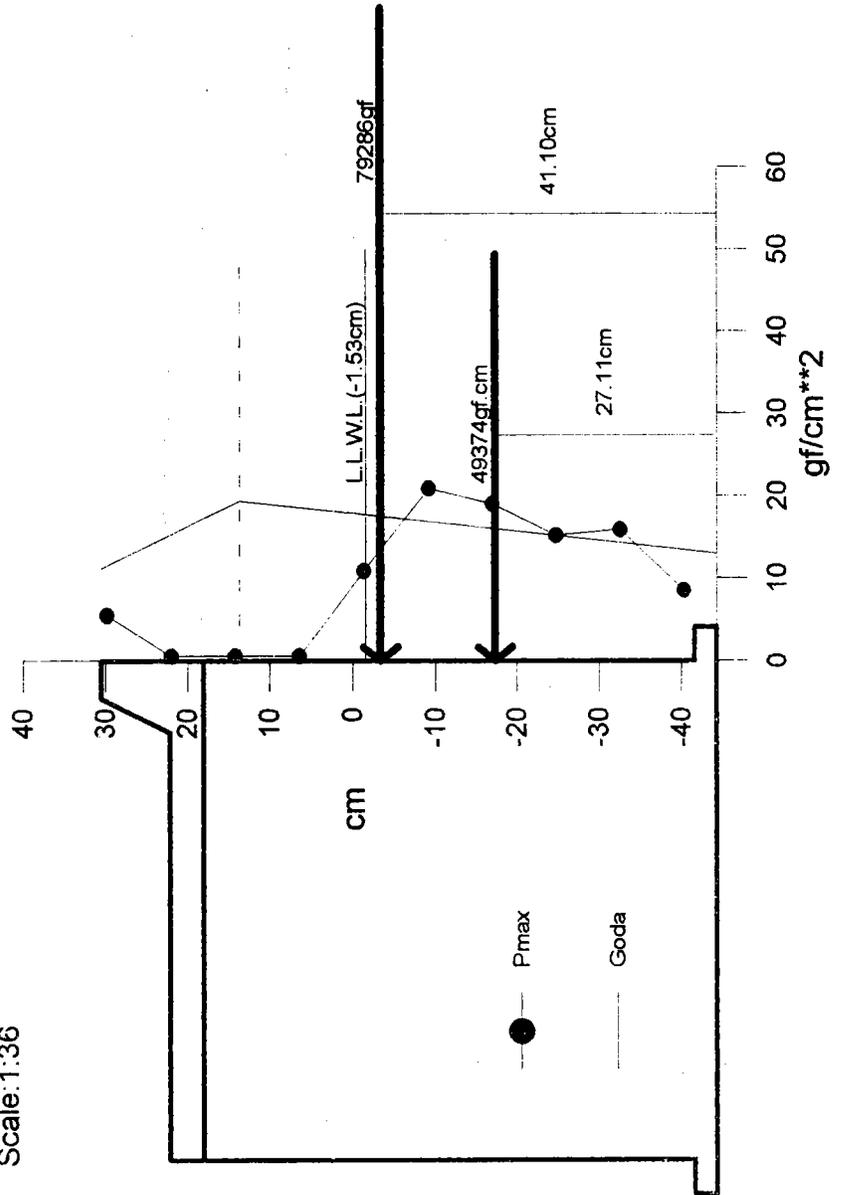
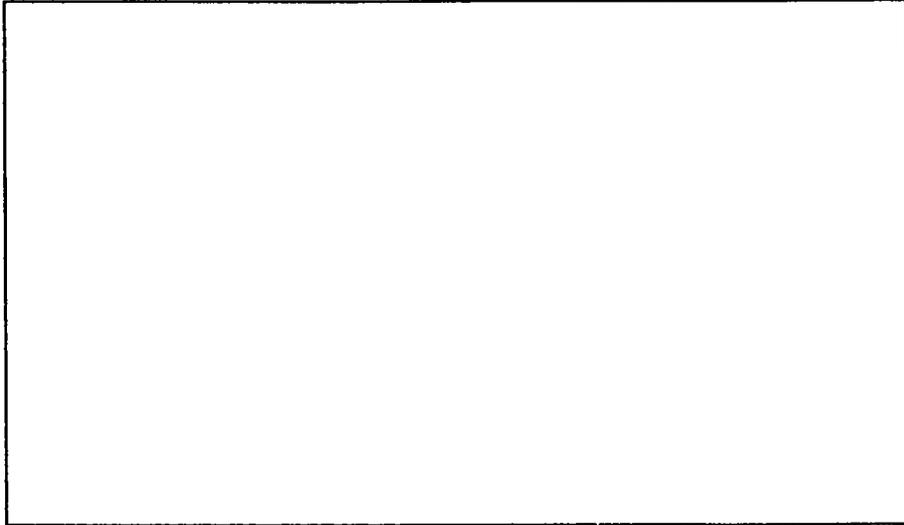


圖 93 波壓分佈圖

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料



台中港港口第二期擴建工程—防波堤斷面安全及消波水工模型試驗
著者：邱永芳、徐如娟、廖慶堂
出版機關：交通部運輸研究所臺灣技術研究中心
地址：台中縣梧棲鎮中橫十路二號
網址：xxx@mail.ihmt.gov.tw
電話：(04)6564216
出版年月：中華民國八十八年十二月
印刷者：建州企業有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 120 冊
工本費：300 元
展售處：
交通部運輸研究所臺灣技術研究中心 電話：(04)6564216

GPN : 009254880036

ISBN :