

MOTC-IOT-IHMT-ME8801

# 蘇澳港南外堤沉箱灌漿試驗研究



交通部基隆港務局

委託

交通部  
運輸研究所 港灣技術研究中心辦理

中華民國八十九年二月二日

# 蘇澳港南外堤沉箱灌漿試驗研究

著作：饒 正、陳圭璋、洪憲忠、邱永芳、陳桂清、柯正龍  
賴瑞應、林受勳、張道光、羅建明

交通部基隆港務局

委託

交通部  
運輸研究所 港灣技術研究中心辦理

中華民國八十九年二月二日

## 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：蘇澳港南外堤沉箱灌漿試驗研究			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號 009254890023	港灣技術研究中心出版品編號 MOTC-IOT-IHMT-ME8801	
主辦單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心 主管：張金機 計畫主持人：饒 正  研究人員：陳圭璋、洪憲忠、邱永芳、陳桂清、柯正龍、賴瑞應 林受勳、張道光、羅建明 蘇澳港分局參與人員：馬肇南、林勝 聯絡電話：(04)6564216 轉 407 傳真號碼：(04)6571329			研究期間 自 88 年 2 月 至 89 年 2 月
關鍵詞：沉箱、灌漿、導管灌漿			
摘要：蘇澳港南防波堤之沉箱於颱風時易受波浪力作用而破壞，為解決前述問題，提出多種方案，經研究後認為在沉箱內回填之砂石級配予以灌漿是較可行之方法，本研究為決定何種灌漿方法成效最佳且最經濟，經以五種不同施工方法加以試驗研究，試驗結果顯示導管灌漿是最佳之方法。			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
89 年 2 月	252	415 元	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： 限閱 密 機密 極機密 絕對機密 (解密【限】條件： 年 月 日解密， 公布後解密， 附件抽存後解密， 工作完成或會議終了時解密， 另行檢討後辦理解密) 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: A study on cassion grouting on south breakwater of SU-Ao harbor			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 009254890023	IHMT SERIAL NUMBER MOTC-IOT-IHMT-ME8801	
DIVISION: INSTITUTE OF HARBOR & MARINE TECHNOLOGY DIVISION CHIEF: Chang Chien-Kee PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jao Cheng PROJECT STAFF: Chen Kuei-Chang, Horng Shiann-Jorng, Chiu Yung-Fang Chen Kui-Ching, Ko Jeng-Long, Lai Juy-Ying Lin So-Shin, Chang Tao-Chang, Lo Chien-Ming PHONE: (04)6564216-407 FAX: (04)6571329		PROJECT PERIOD FROM Feb.1999 TO Feb.2000	
KEY WORDS: cassion, grout, sleeve grouting			
<p>ABSTRACT:</p> <p>Some cassions of south breakwater on Su-Ao harbor are damaged by wave force during typhoon period. Some improvement projects are suggested to resolve this problem. It is thought that to grout the backfilled soil which consisted of gravel and sand inside the cassion is more feasible than other suggested methods after study. This study is to determine the best economic and efficient grouting method to reinforce the cassions. Five methods are adopted to investigate the efficiency of reinforcing cassions. The study result indicated that the sleeve grouting is the best construction way.</p>			
DATE OF PUBLICATION Feb.2000	NUMBER OF PAGES 252	PRICE 415	CLASSIFICATION SECRET CONFIDENTIAL UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Institute of Transportation.			

# 目 錄

目錄.....	
表目錄.....	
圖目錄.....	
第一章 前言 .....	1
第二章 研究方法.....	3
2.1 試驗前沉箱斷面及現況調查 .....	3
2.2 海象與基本資料之觀測與搜集 .....	3
2.3 沉箱面海五艙以不同灌漿方式固結沉箱內填料 .....	3
2.4 評估各種灌漿試驗之效應 .....	3
2.5 灌漿後整體效益評估 .....	4
2.6 綜合評估.....	4
第三章 海象與基本資料之觀測與搜集.....	5
3.1 沉箱堤面之水位波高與波壓之觀測 .....	5
3.2 入射波浪之觀測 .....	5
3.3 沉箱之振動特性量測與分析 .....	8
3.4 沉箱現況調查 .....	8
3.5 沉箱內填料之物理特性分析 .....	8
第四章 沉箱固結灌漿.....	11
4.1 地盤之空隙與灌漿形態.....	11
4.2 灌漿材料之分類.....	12
4.3 灌漿材料的選定.....	13
4.3.1 黏性土 .....	13
4.3.2 砂質土 .....	13
4.4 注入率 .....	14
4.5 灌漿工法.....	15
4.5.1 藥液注入工法 .....	15
4.5.2 各種藥液灌漿工法之特點 .....	17

4.5.3 噴射攪拌工法 .....	21
4.6 現地灌漿試驗 .....	24
4.6.1 傳統式鑽桿灌漿工法 .....	26
4.6.2 導管式灌漿工法(馬歇爾管).....	27
4.6.3 高壓噴射工法(C.C.P).....	28
4.6.4 空氣、高壓噴射工法(J.S.P 雙重管、加空氣).....	30
4.7 現地灌漿過程 .....	31
4.7.1 第一艙(JSP 工法)灌漿過程.....	31
4.7.2 第二艙(導管工法)灌漿過程.....	34
4.7.3 第三艙(JSP+鑽桿工法)灌漿過程.....	34
4.7.4 第四艙(鑽桿工法)灌漿過程.....	34
4.7.5 第五艙(CCP 工法)灌漿過程.....	35
<b>第五章 現地灌漿效應之評估.....</b>	<b>37</b>
5.1 成效檢測項目 .....	37
5.2 現地鑽心採取試樣 .....	38
5.3 現地超音波檢測試驗 .....	41
5.4 現地透水試驗 .....	42
5.5 室內超音波與抗壓試驗.....	46
5.6 注入率之決定 .....	47
5.7 建議之灌漿工法 .....	47
5.8 施工經費之估算 .....	48
<b>第六章 結論與建議.....</b>	<b>51</b>
6.1 結論 .....	51
6.2 建議 .....	52

# 表 目 錄

表 3.2.1 88 年 9 月- 88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期統計值 .....	7
表 3.2.2 88 年 9 月- 88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期聯合分佈.....	7
表 3.5.1 試驗土樣顆粒分析結果表.....	10
表 3.5.2 試驗土樣物理特性結果表.....	10
表 4.4.1 各種土質之填充率及注入慮之參考值 .....	15
表 4.6.1 SB16 沉箱第一艙灌漿試驗計畫表 .....	24
表 4.6.2 SB16 沉箱第二艙灌漿試驗計畫表 .....	25
表 4.6.3 SB16 沉箱第三艙灌漿試驗計畫表 .....	25
表 4.6.4 SB16 沉箱第四艙灌漿試驗計畫表 .....	25
表 4.6.5 SB16 沉箱第五艙灌漿試驗計畫表 .....	25
表 4.6.6 SB16 沉箱面海五艙灌漿試驗明細表 .....	25
表 4.6.7 高壓噴射灌漿施工機具及附屬設備 .....	30
表 4.7.1 低壓灌漿現地試驗數據總表 .....	32
表 4.7.2 高壓灌漿現地試驗數據總表 .....	33
表 5.1.1 沉箱灌漿成效檢驗試驗次數明細表 .....	38
表 5.2.1 沉箱灌漿成效岩心取樣檢測結果表 .....	39
表 5.4.1 灌漿前沉箱內砂礫級配層透水試驗結果表 .....	44
表 5.4.2 灌漿後沉箱內砂礫級配層滲漏試驗結果表 .....	45
表 5.5.1 蘇澳港沉箱灌漿試驗鑽心試體超音波速與抗壓試驗結果 .....	46
表 5.8.1 沉箱導管灌漿施工經費估算表.....	49



# 圖目錄

圖 3.1.1 沉箱壁波壓計裝設圖 .....	53
圖 3.1.2 沉箱壁波壓計感應器及容量式波高計固定架.....	54
圖 3.1.3 沉箱壁容量式波高計 .....	54
圖 3.1.4 沉箱壁波壓計及容量式波高計之資料擷取系統 .....	55
圖 3.1.5(a) 沉箱壁 88.9.19 13 時最深處波壓計波壓時序圖.....	55
圖 3.1.5(b) 沉箱壁 88.9.19 13 時次深處波壓計波壓時序圖 .....	56
圖 3.1.5(c) 沉箱壁 88.9.19 13 時第三深處波壓計波壓時序圖 .....	56
圖 3.1.5(d) 沉箱壁 88.9.19 13 時第四深處波壓計波壓時序圖 .....	57
圖 3.1.5(e) 沉箱壁 88.9.19 13 時第五深處波壓計波壓時序圖 .....	57
圖 3.1.5(f) 沉箱壁 88.9.19 13 時第六深處波壓計波壓時序圖 .....	58
圖 3.1.5(g) 沉箱壁 88.9.19 13 時次淺處波壓計波壓時序圖 .....	58
圖 3.1.5(h) 沉箱壁 88.9.19 13 時最淺處波壓計波壓時序圖 .....	59
圖 3.1.6 沉箱壁 88.9.19 13 時容量式波高計時序圖 .....	59
圖 3.1.7(a) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時最深波壓計波壓時序圖 .....	60
圖 3.1.7(b) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時次深波壓計波壓時序圖 .....	60
圖 3.1.7(c) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時第三深波壓計波壓時序圖 .....	61
圖 3.1.7(d) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時第四深波壓計波壓時序圖 .....	61
圖 3.1.7(e) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時第五深波壓計波壓時序圖 .....	62
圖 3.1.7(f) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時第六深波壓計波壓時序圖 .....	62
圖 3.1.7(g) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時次淺波壓計波壓時序圖 .....	63
圖 3.1.7(h) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時最淺波壓計波壓時序圖 .....	63
圖 3.2.1 陣列排列方式之壓力式波高計裝設圖.....	64
圖 3.2.2 陣列排列方式之壓力式波高計 .....	64
圖 3.2.3 壓力式波高計海下固定方式 .....	65
圖 3.2.4(a) 88 年 9 月蘇澳港港外波高、週期 .....	66
圖 3.2.4(b) 88 年 9 月蘇澳港港外波高、週期 .....	67

圖 3.2.5(a)	88 年 10 月蘇澳港港外波高、週期	68
圖 3.2.5(b)	88 年 10 月蘇澳港港外波高、週期	69
圖 3.2.6(a)	88 年 11 月蘇澳港港外波高、週期	70
圖 3.2.6(b)	88 年 11 月蘇澳港港外波高、週期	71
圖 3.2.7(a)	88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期	72
圖 3.2.7(b)	88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期	73
圖 3.2.8(a)	蘇澳港港外波向	74
圖 3.2.8(b)	蘇澳港港外波向	74
圖 3.3.1	沉箱振動監測微振動儀	75
圖 3.3.2	沉箱振動位移時序圖	75
圖 3.3.3	沉箱振動加速度時序圖	76
圖 3.3.4	沉箱施工前振動頻譜分析	77
圖 3.3.5	沉箱施工中振動頻譜分析	78
圖 3.3.6	沉箱施工後振動頻譜分析	79
圖 3.4.1	蘇澳港南外堤 SB16 沉箱壁完整性檢測結果示意圖	80
圖 4.6.1	蘇澳港南外防波堤之斷面圖	81
圖 4.6.2	沉箱各隔艙之相關位置圖	82
圖 4.6.3	第一艙灌漿孔配置圖	83
圖 4.6.4	第二艙灌漿孔配置圖	84
圖 4.6.5	第三艙灌漿孔配置圖	85
圖 4.6.6	第四艙灌漿孔配置圖	86
圖 4.6.7	第五艙灌漿孔配置圖	87
圖 4.6.8	導管式灌漿流程示意圖	88
圖 4.6.9	CCP 灌漿試驗設備配置示意圖	89
圖 4.6.10	CCP 灌漿試驗流程示意圖	90
圖 5.3.1	音波檢測試驗儀器配置圖	91
圖 5.5.1	岩心試體波速與抗壓強度之關係圖	92
圖 5.8.1	沉箱中間隔艙灌漿孔之佈置圖	93
圖 5.8.2	沉箱兩端隔艙灌漿孔之佈置圖	94

## 第一章 前言

蘇澳港南防波堤近幾年來受颱風波浪作用造成多起沉箱破壞斷裂現象，嚴重危害防波堤安全及港區之遮蔽效應與安全靠泊，八十五年蘇澳港分局曾委託本所針對南防波堤損壞原因，做深入探討並提出改善方法。在該研究認為蘇澳港防波堤產生的七種破壞情況，下列三點可能為其主要成因。

- 1.原始設計外力考量不足造成沉箱之位移、擠壓及震動，引致沉箱內級配料的壓密沉陷而使被動土壓減少，海側沉箱牆之厚度不足以抵抗波力，因之沉箱牆版容易造成震動而破壞。
- 2.受地形與防波堤佈置的影響，造成波浪集中，加速防波堤之破壞。
- 3.混凝土之骨材隱含有潛在性鹼骨材反應，使具有潛在膨脹性的危險。

為解決上述防波堤沉箱遭受破壞之問題，該研究認為可以下列方式加以改善。

- 1.謀求防止鹼性骨材反應的方式。
- 2.裂縫修補。
- 3.防波堤前加消浪設施。
- 4.海側側牆加厚。
- 5.沉箱灌漿。

惟上述各方法經研討後除沉箱灌漿外其他各法可行性不高。沉箱灌漿是以陸上施工方式，將靠海側第一列隔艙用水泥硬化劑等加以灌注，固結沉箱內之級配料，灌漿後沉箱重量之增加可改善原始設計重量不足之問題，故沉箱灌漿方式之可行性被認為較其他工法為佳。

蘇港局鑑於沉箱灌漿之改善方法眾多，不同方法之成效又受現地地質情況

甚大之影響，為期望尋得最佳與最經濟的改善方法，蘇港局委託本中心裡辦理本研究計畫，藉以獲得最佳之沉箱灌漿施工方式，做為進一步全面改善之依據。

本研究選蘇澳港南防波堤 SB16 沉箱做為研究對象，探討該座沉箱經不同灌漿方式改善前後效益之比較，期以本研究提出符合經濟效益的改善工法。

## 第二章 研究方法

### 2.1 試驗前沉箱斷面及現況調查

僱請潛水人員清洗經選定作為研究試驗沉箱 SB16 之沉箱壁，將壁面附著物清除，以方便發現沉箱是否有裂縫，同時可量測沉箱各部尺寸及沉箱基礎量測，整個調查過程皆需照相及錄影。

### 2.2 海象與基本資料之觀測與搜集

在沉箱上裝設波壓計及容量式波高計，同時量測壁面上之波壓與水位以監測在本研究計畫進行期間壁面之受力情況，並可做為比對之基本資料。此外，也進行沉箱之振動量測，找出其自然振動頻率，了解沉箱之振動特性。在沉箱每個隔艙內先進行一孔鑽探調查試驗與取樣，以瞭解沉箱內土層之各種基本物理特性。

### 2.3 沉箱面海五艙以不同灌漿方式固結沉箱內填料

根據沉箱鑽探調查試驗結果，建立未來灌漿效果比較之基礎，並可做為研判選定灌漿工法及設計灌漿試驗之依據，而於沉箱面海五艙以不同灌漿方式固結沉箱內填料。

### 2.4 評估各種灌漿試驗之效應

此項為本研究最難與最重要之部份，為了解灌漿後沉箱內填料固結是否確實，土層內有無蜂巢狀等孔洞出現，於灌漿試驗後 28 天，以鑽孔採取試體之方式來評估土層固結程度，並利用取樣後留下之檢驗孔進行各種灌漿成效檢測

之試驗，藉以了解各種灌漿方式對固結土層級配料之效應。

## 2.5 灌漿後整體效益評估

根據所量測沉箱灌漿後其自然振動頻率之變動情形探討沉箱結構體灌漿後力學特性之差異，並探討受力與振動之間的關係，除此再對各種灌漿方式之施工經費與施工管理再作進一步之分析估算與研討。

## 2.6 綜合評估

- 1.各種灌漿方式之綜合評估與比較。
- 2.透過諮詢程序，綜合學者專家及相關研究人員之經驗與建議作成改善方案之建議書，提供基隆港務局及蘇澳港分局作沉箱改善決策之參考。

## 第三章 海象與基本資料之觀測與搜集

### 3.1 沉箱堤面波壓與水位之觀測

在沉箱上裝設波壓計及容量式波高計，同時量測壁面上之波壓與水位以監測在沉箱灌漿施工中壁面之受力情況，並可做為灌漿前、灌漿中及灌漿後比對之基本資料。沉箱壁波壓計裝設圖，如圖 3.1.1 所示；沉箱壁波壓計感應器及容量式波高計固定架，如圖 3.1.2 所示；沉箱壁容量式波高計，如圖 3.1.3 所示；沉箱壁波壓計及容量式波高計之資料擷取系統圖，如圖 3.1.4 所示；沉箱壁 88.9.19 13 時，非鑽探時各不同深度波壓計波壓時序圖，如圖 3.1.5(a)至圖 3.1.5(h)所示；沉箱壁 88.9.19 13 時容量式波高計時序圖，如圖 3.1.6 所示；沉箱壁 88.11.5 9 時，鑽探時各不同深度波壓計波壓時序圖，如圖 3.1.7(a)至圖 3.1.7(h)所示。

波壓計共 8 組，波高計 1 組。波壓計、波高計設定為每小時準點連續取樣 20 分鐘，頻率為 10 Hz。

比較 88.9.19 13 時沉箱非鑽探時段及 88.11.5 9 時沉箱鑽探時段各不同深度波壓計波壓，可知沉箱鑽探時段波壓變大且頻率有降低的現象。但是沉箱鑽探時波壓變大且頻率降低並未造成沉箱破壞。

### 3.2 入射波浪之觀測

為了解入射波浪之大小及方向，在量測沉箱上波壓及水位之同時，也於沉箱之海側以陣列排列方式設置壓力式波高計量測波高。陣列排列方式之壓力式波高計裝設圖，如圖 3.2.1 所示；陣列排列方式之壓力式波高計，如圖 3.2.2 所示；壓力式波高計海下固定方式，如圖 3.2.3 所示；88 年 9 月至 88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期，如圖 3.2.4(a) 至圖 3.2.7(b)所示；88 年 9 月至 88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期統計值，如表 3.2.1 所示；蘇澳港港外波高、週期聯

合分佈，如表 3.2.2 所示。蘇澳港港外波向，如圖 3.2.8(a)及圖 3.2.8(b)所示。

波高計共 9 個，如圖 3.2.1 所示。波高計設定為每小時準點連續取樣 20 分鐘，頻率為 2Hz。

蘇澳港港外最大波高、相對週期各為 940cm、8.4sec；最大示性波高、相對週期各為 759cm、9.8sec。示性波高以介於 150 cm 200 cm 最多，約佔 23%，其次為 200 cm 250 cm，約佔 22%。週期主要分佈於 6 sec 8 sec，約佔 61%，其次為 8 sec 10 sec，約佔 37%。蘇澳港港外波向為 135 度。波向定義取正北為零度，順時針為正，表示波浪之來向。

表 3.2.1 88 年 9 月至 88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期統計值

TAMSHUI HARBOR WAVE H & T STATISTICAL RESULTS  
1999

	MAX.	MEAN	MIN.	STAND DEVIATION
Hmax(cm )	940.0	345.6	91.0	150.0
Tmax(sec)	8.4		9.7	
H1/10(cm )	758.8	285.9	85.8	119.9
T1/10(sec)	9.8		7.3	
H1/3(cm )	576.7	218.9	70.1	89.9
T1/3(sec)	9.2		7.1	
Hmean(cm )	345.4	140.5	47.3	56.4
Tmean(sec)	7.5		5.7	

表 3.2.2 88 年 9 月至 88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期聯合分佈

SUAO HARBOR WAVE HEIGHT & PERIOD DISTRIB. (%)  
1999

WAVE HT (CM)	WAVE PERIOD (S)								%
	0-2S	2-4S	4-6S	6-8S	8-10S	10-12S	12-14S	>14S	
0- 50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50-100	0.00	0.00	0.00	5.42	0.28	0.00	0.00	0.00	5.70
100-150	0.00	0.00	0.00	15.48	2.81	0.00	0.00	0.00	18.30
150-200	0.00	0.00	0.07	17.38	5.91	0.00	0.00	0.00	23.36
200-250	0.00	0.00	0.14	14.43	7.18	0.14	0.00	0.00	21.89
250-300	0.00	0.00	0.14	6.05	6.62	0.14	0.00	0.00	12.95
300-350	0.00	0.00	0.00	1.20	6.83	0.14	0.00	0.00	8.16
350-400	0.00	0.00	0.00	0.35	3.73	0.63	0.00	0.00	4.71
400-450	0.00	0.00	0.00	0.35	2.60	0.28	0.00	0.00	3.24
450-500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.35	0.00	0.00	1.06
500-550	0.00	0.00	0.00	0.07	0.49	0.00	0.00	0.00	0.56
550-600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.07
>600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	0.00	0.00	0.35	60.73	37.23	1.69	0.00	0.00	100.00

### 3.3 沉箱之振動特性量測及分析

在沉箱灌漿施工前量測沉箱之振動特性並找出其自然振動頻率。沉箱振動監測微振動儀，如圖 3.3.1 所示；沉箱振動位移時序圖，如圖 3.3.2 所示；沉箱振動加速度時序圖，如圖 3.3.3 所示。沉箱振動頻譜分析，如圖 3.3.4 所示，沉箱施工中振動頻譜分析，如圖 3.3.5 所示，沉箱施工後振動頻譜分析，如圖 3.3.6 所示。

加速度計共 5 個，加速度計設定為每小時準點連續取樣 20 分鐘，頻率為 100Hz。

經分析施工前、中、後沉箱之振動特性，可知施工前後，沉箱之主要振動週期與波浪週期相近，約 8 秒(頻率約 0.12207 Hz)，沉箱之振動主要由波浪所引起。但施工中，沉箱之振動受鑽探之影響，沉箱之主要振動週期約 41 秒(頻率約 0.02441 Hz)，沉箱之主要振動頻率有降低的現象。但是施工中沉箱主要振動頻率降低並未造成沉箱破壞。

### 3.4 沉箱現況調查

本研究選蘇澳港南防波堤 SB16 沉箱做為研究對象，為瞭解其現況由潛水人員將沉箱壁表面之附著物刮除，實地量測其尺寸並檢測其完整性，其檢測結果如圖 3.4.1，整個沉箱並未發現破損現象，僅在靠近 SB15 沉箱於水面下約 7 米處，有一上下長 4.6 米寬 1.1mm 而深度為 2.5-3.0mm 之裂縫，我們認為該裂縫為沉箱混凝土澆置時之收縮縫而非由波浪外力所造成。

### 3.5 沉箱內填料之物理特性分析

一個灌漿工程之進行，其在規劃設計階段首在了解施工區域之地質狀況，以便能選擇一較經濟有效之施工方式，亦便於推估注入率而估算工程經費，於

本研究計畫，於面海之五個艙，每個艙均進行一個鑽探孔，以了解土壤之粒徑分佈、比重、孔隙率、N 值、含水量、滲透係數等資料，其試驗工作項目如下：

1. 為使鑽孔能作為灌漿孔使用，5 個鑽孔均選在灌漿孔位上。
2. 使用大型鑽機鑽孔，每個鑽孔於土層之適當位置進行 2 次透水試驗。
3. 使用 NX 三層岩心管作連續取樣。
4. 於每 4 公尺或土層有變化處，以短套管採取擾動試樣，並進行一次標準貫入試驗 N 值之測定。
5. 取得之岩心管及擾動試樣送回試驗室進行顆粒分析、孔隙比、比重、單位重、含水量等試驗分析。

鑽探試驗初期 A2 及 B2 兩個探測孔之探測過程均按照預定計畫進行，土樣之採取是以三種方式配合進行，即以三層岩心管、標準貫入試驗劈管取樣及乾鑽三種方式，惟在執行三層岩心管取樣時，因土層屬砂礫級配層，大都為 5 公分以下粒徑之礫石與砂之級配料，於取樣過程其所含之砂及細礫石易隨試驗水流流失，最後岩心管內僅取得部份 2 至 4 公分左右之礫石。至於標準灌入試驗之劈管取樣，則因取樣口受大礫石之阻擋未能取到樣，或因進入劈管內者僅為細料部份，其土樣與實際狀況有相當大之差異。

為對試驗土層有較清楚之瞭解，最後 C2、D2 及 E2 三個鑽探孔放棄使用三層岩心管取樣，採用乾鑽方式取樣，即將 11.4 公分管徑之套管直接打入級配土層內，除少部份較大之礫石被排除及土層受擠壓結構改變外，其土樣組成分佈之代表性較劈管取樣好很多，土樣之顆粒分析結果如表 3.5.1，顯示試驗土層其所含卵礫石佔一半以上，砂土佔約 40%，其它沉泥及黏土成份僅約 8%，而砂土是屬於含粒徑 30 號篩以上較多之粗砂。土樣之組織結構於採取過程由於承受嚴重之擾動，部份物理性質因此也改變，尤其含水量因取樣過程水份之流失變得偏低，也使得土樣變成非飽和狀態，試驗土樣之物理特性結果如表 3.5.2 所示，孔隙比之平均值為 0.39，實際之孔隙比可能較此值為高。

表 3.5.1 試驗土樣顆粒分析結果表

取樣方式	卵礫石 (%)	砂土 (%)	沉泥/黏土 (%)
劈管取樣	0~62.8 *(34.8)	31~87 *(55.5)	6~18 *(9.7)
套管擠壓	43~67 *(52.9)	26~47 *(38.9)	4~13 *(8.2)

\*表所有土樣之平均值

表 3.5.2 鑽探試驗土樣物理特性結果表

取樣方式	含水量 (%)	孔隙比	單位重 (T/M <sup>3</sup> )	比重
劈管取樣	5.9~22.8 *(9.5)	0.21~0.67 *(0.39)	1.91~2.36 *(2.14)	2.65~2.7 *(2.67)
套管擠壓	7.7~11.3 *(9.7)	****	****	****

\*表所有土樣之平均值

## 第四章 沉箱固結灌漿

地盤灌漿係屬於地盤改良工法之一種，是將水泥漿或化學藥品等灌漿材料，以壓力或其他適當方法灌注到地盤之孔隙內或與原土壤攪拌，以增加地盤之強度及止水功能，因之實施灌漿設計與施工時，首先應對灌注地盤之土壤力學特性有明確之了解。

### 4.1 地盤之空隙與灌漿形態

地盤內之空隙大致可分成下列幾種：

- (1) 土壤粒子間之空隙
- (2) 土層之間隙(此稱為層界)
- (3) 礫石周圍
- (4) 空洞
- (5) 夯實或固結到某種程度之砂層內，局部含細粒量少之部份、或破碎之部份。
- (6) 已達某種程度硬實或固結之黏土層內，龜裂或破碎之部份。

這些空隙中(2)~(6)若是存在地下水位下則成為水道，而出現在開挖作業時之開挖面，則形成湧水或土砂流出。一般來說(2)~(6)之空隙是較(1)為大，且灌漿材料之壓入亦較為容易。灌漿作業一般是分成一次灌漿與二次灌漿兩種，一次灌漿是指以類似(2)~(4)之較大空隙為對象的灌漿，而二次灌漿則指以(1)為對象之灌漿。

灌漿依形態可分為下列五種類型：

- (1) 滲透灌漿:是指在壓力作用下，使漿液充填土壤粒子之空隙和岩石之裂隙，將孔隙中存在的自由水和氣體排擠出去，而基本上不改變原料土的結構和體積，所用的灌漿壓力相對較小，這種灌漿一般適用於中砂以上的砂性土

和有裂隙之岩石，砂性土壤的灌漿大都屬於這種灌漿。

- (2)填充灌漿:是指用於地層內之大孔隙、大空洞的灌漿，如卵石、砂礫層及隧道回填灌漿都屬於這類灌漿。
- (3)割裂灌漿:或稱為脈狀灌漿是指在壓力作用下，漿液克服地層的初始應力和抗拉強度，引起土體和岩石結構的破壞和擾動，使地層中原有的裂隙或孔隙張開，形成新的裂隙或孔隙，促使漿液的可灌性和擴散距離增大，一般所使用灌漿壓力相對較高。
- (4)界面灌漿:不同之二層堆積之狀況下，不論使用割裂灌漿或滲透灌漿，灌漿材料一定會先在層面上呈板狀注入。
- (5)擠壓灌漿:是指用較高的壓力灌入濃度較大之水泥漿或水泥砂漿，使黏性土體變形後在灌漿管端部形成漿泡，由漿泡擠壓土體，並向上傳達反壓力進而使地層上抬，硬化的漿液混合物是一個堅固壓縮性小的球體，它可用於調整不均勻沉陷，以及在大開挖或隧道開挖時對臨近土壤進行加固。

## 4.2 灌漿材料之分類

灌漿材料係流動性物質，利用灌漿泵將其壓送到預定之地盤空隙內，經一定時間，會產生凝結或硬化的情形，灌漿材料達到凝結或硬化的時間，稱為凝結時間或硬化時間，亦稱為膠凝時間。在灌漿材料中，其中一部份使用化學藥品，而依藥品特質能對灌漿材料性質有很大影響者，稱為藥液。

灌漿材料種類繁多，但若以流動性及主要材料來區分，則可分為下列三種：

- (1)水泥、黏土或皂土及水泥、皂土懸濁液型灌漿材料。
- (2)溶液型水玻璃系灌漿材料。
- (3)高分子系灌漿材料。

其他尚有尿脂系等之灌漿材料。其中(2)(3)是一般所稱之藥液。懸濁液型

灌漿材料亦包含有(1)添加水玻璃等之材料在內。高分子系灌漿材料包括尿素系、亞克力系、尿脂素、及鉻酸木質系等在內。

在灌漿工程上所使用之灌漿材料不得造成地下水污染等公害，根據日本建設省所發表之藥液灌漿工法之暫定指針規定，除緊急狀況外，「藥液灌漿工法所使用之藥液，目前暫限採用水玻璃系之藥液(主劑為矽酸鈉之藥液)，且不得含劇毒物或氟化合物等者」。

## 4.3 灌漿材料的選定

### 4.3.1 黏性土

應用灌漿工法改良黏性土層時，以普通的注入壓力和吐出流量且不擾亂土壤粒子排列的條件下，是無法灌漿的，因此對於黏性土的注入，是屬於排擠注入，藥液在土中是以脈狀存在，因此以使用純膠體強度高的灌漿材料為佳，通常懸濁型藥液的使用較多。

### 4.3.2 砂質土

砂質土壤一般組成粒子較大，且成接觸排列，並不會因灌漿材料之注入而有排列的變化，因此灌漿材料為了要均勻地滲透到粒子間，必須要有良好的滲透性，而低黏性是必要的基本性質，通常使用溶液型藥液。

對於壓縮性的黏性土，懸濁型的灌漿材料較適合，而對非壓縮性砂質土則溶液型較適合。但地盤一般都較複雜，並非純黏性土或砂質土，因此必須充分瞭解土層組成及粒徑分佈後，才能選擇適當的灌漿材料。

實際施工通常是混雜有相當大範圍粒徑的土壤，在灌漿工程上對這類土壤，較重視的是細粒土的含量，一般認為含黏性土壤超過 15% 以上就不易完全的滲透，因此含黏性土 15% 以上的砂質土，在工程實務上不易判定是滲透或是脈狀形態，因此必須考慮使用兼有兩種機能的改良方法，而應使用懸濁型

與溶液型併用的複合灌漿工法。此種灌漿是先將懸濁液型藉脈狀注入補強層界面或夾心層等處。或者對其壓縮性的砂層先強制使其壓密形成均勻的地層後，再以溶液型材料作滲透注入。

#### 4.4 注入率

灌漿工程設計所使用之注入率是為達成灌漿目的所需注入改善土層內之漿液量，而以百分比表示的體積比。因此注入率並非固定不變，會隨著灌漿效果的期望度而變動。通常須根據下列諸因素來決定注入率：

- (1) 注入率不等於土壤的注入有效孔隙率。
- (2) 隨注入機制(mechanism)的不同，注入率也有差異。
- (3) 灌漿材料通常具有壓縮性。
- (4) 不同的施工方法會產生不同的效果。

在黏性土中，漿液的注入將造成快速荷重狀態，其局部孔隙水壓會因而上昇，而呈不排水剪斷現象，因此不易做到定量的掌握。而且因為注入機構是屬於排擠注入，因此自然孔隙率在決定注入率上並無參考價值。因此黏性土必須就其加壓排水，或壓縮的難易決定其注入率。反之，砂質土在注入時，粒子的排列構造幾乎不變，因此可以自然孔隙率為基本數據，再配合因注入壓力導致的材料壓密性來決定注入率。

因此不能對所有土壤種類都訂定相同注入率，只能說隨灌漿效果的期望度加以人為的制定。工程上，一般多在現地實施灌漿試驗，以求取適當的注入率數值。表 4.4.1 為各種土質填充率與注入率之參考值。

表 4.4.1 各種土質之填充率及注入慮之參考值

土質	N 值	孔隙率 %	藥液 種類	填充率, (1+ ),%		注入率,n (1+ ),%		
				地層強化	止水	地層強化	止水	
砂礫層	疏鬆	4-10	45-50	懸濁型	80	95	36-40	43-48
				溶液型	-	96	-	43-48
	中等 緊密	10-30	35-40	懸濁型	65	-	23-26	-
				溶液型	70-80	90	26-32	32-36
	緊密	30-50	30-35	懸濁型	60	-	18-21	-
				溶液型	65-70	80	20-25	24-28
砂土層	疏鬆	4-10	45-50	懸濁型	50	-	23-25	-
				溶液型	60-65	80	27-33	36-40
	中等 緊密	10-30	35-40	懸濁型	50	-	20-23	-
				溶液型	60-65	75	24-29	30-34
	緊密	30-50	30-40	懸濁型	50	-	18-20	-
				溶液型	60	65	21-24	23-26
黏土層	軟弱	0-4	60-75	懸濁型	40	-	24-30	-
				溶液型	45	-	27-34	-
	中等 稠度	4-8	50-60	懸濁型	30	-	15-18	-
				溶液型	30	-	15-18	-

n : 土壤孔隙率

: 孔隙填充率

: 藥液流失係數

: 注入率,  $= n (1+ )$

## 4.5 灌漿工法

灌漿工程之施工，一般將之區分成二大類，一是藥液注入工法，另一是噴射攪拌工法，而前者便是俗稱之傳統工法。現將二者分別說明如下：

### 4.5.1 藥液注入工法

藥液灌漿工法之分類，通常依照下列四種方式來分類：1. 依灌注管方式而分類，2. 依灌漿材料(藥液)之混合方式而分類，3. 依灌注管操作方式而分類，4. 依灌注管設置方法而分類。

## 1.灌漿工法依灌注管方式而分類:

- (1)鑽桿工法(Rod method) :此種工法是直接將鑽桿轉用成灌注管，原理是鑽桿方式鑽孔作業完成之同時，即可開始實施灌漿。
- (2)多孔管注入工法(Strainer method) :將口徑 1"~1.5"之瓦斯管或 PE 管加工成多孔管，而將其埋入預定深度與位置，經由多孔管噴口使灌漿材料噴入地盤。孔管噴口配置有 360° 全面噴射、雙面噴射、單面噴射等。
- (3)二重管注入法(Double-tube method) :此工法係為了要瞬間固結，或由於較大之灌注深度，為防止灌漿材料在灌注管內膠凝而發展的新工法。其特點在藥液混合方式是 A 液由內管 B 液由外管分別壓送到灌注管前端，再由前端之噴漿口或噴出後立即混合而灌注到地盤內，本工法基本設備與鑽桿工法相同，所不同者為其灌入管是雙重管並有轉環(Swivel)及噴漿口設備，且施灌段之間隔較短，可用於密集灌漿。

## 2.灌漿工法依灌漿材料之混合方式分類

- (1) 1.0 Shot 方式灌漿工法 :A 液、B 液放置於同一台拌合機(Mixer)混拌，使用一台灌漿泵灌漿。在拌合機混拌之時，膠凝即已開始，因此膠凝時間(Gel Time)之管理困難。膠凝時間若非十分鐘以上，施工即有困難。
- (2) 1.5 Shot 方式灌漿工法 :A 液、B 液分別混拌，使用兩台灌漿泵輸送漿液至灌漿管端之前，兩液方行混合後灌注。膠凝時間雖縮短至 1 分鐘左右，亦不致在混拌機，泵，管路(Hose)內膠凝。但是 A、B 兩液之比重，粘度相差太大時，灌漿泵之吐出量有時會變化，此點應小心管理，務使吐出量一致，否則混拌不佳會導致膠凝時間不一致。
- (3) 2.0 Shot 方式灌漿工法 :A 液、B 液分別在不同的拌合槽混拌，並使用兩台灌漿泵分別輸送，直至灌漿管終端，二液方行混合。使用於膠凝時間縮短至 20 秒以內之瞬結工法。灌漿管之設置方法，有兩根灌漿管相併插入，或使用二重管桿之方式，最近多使用二重管桿之方式。由於具有瞬結膠凝，因此對有地下水流動之地層，止水效果較佳。

過去灌漿工法一般是採用 1.5 Shot 方式，最近使用的 2.0 shot 方式(二重管瞬結灌漿工法)逐漸增多。灌漿方式之選定，應於計畫之時，依地盤土質

及改良目而決定。

### 3.灌漿工法依灌注管操作方式而分類

- (1) 上昇式灌注工法(Back step) :此種工法是由鑽孔完成後，由下部逐段施灌之方法。本工法特點是從設置灌注管到灌漿結束為一貫作業，其作業簡便操作容易，而且在灌漿階段無需再灌送水，因此藥液不會有被稀釋之虞。
- (2) 下降式灌注工法 :此種工法灌注程序是由上部向下部移動，利用上部施灌段之藥液抑止下部灌漿時藥液向上逆流，而順次發揮環塞效果。
- (3) 複合式灌注工法 :為折衷上述二種方法而彌補其缺點之工法。

### 4.灌漿工法依灌注管設置方式而分類

- (1) 鑽孔式 :一般都採用旋轉式鑽孔機鑽孔，鑽桿前端安裝鑽頭，高速旋轉鑽頭用油壓施加壓力而鑽壓，此時利用鑽桿內輸送水以排除開挖土砂及冷卻鑽頭，到達預定深度後即將鑽桿轉為灌注管，而由鑽桿前端灌漿，此乃鑽桿工法所採用之設置方式。
- (2) 插入式(貫入式) :利用打平或振動之方式而設置灌注管。
- (3) 噴射式 :由灌注管前端壓送空氣、水的混合氣壓而將管插入地盤之工法。

#### 4.5.2 各種藥液灌漿工法之特點

##### 1.鑽桿工法

此種工法是直接將鑽桿轉用成灌注管，原理是鑽桿方式鑽孔作業完成之同時即可開始實施灌漿。

##### (1)優點

- ①作業較其他工法簡單容易。
- ②極為經濟之工法。

- ③任何土質均可適用。
- ④設備密集、空間小亦可作業。

## (2) 缺點

- ①灌漿材料容易沿著鑽桿與地盤間之空隙溢流出地面。
- ②因使用鑽桿來灌漿，故灌漿材料之噴射方向受限制。
- ③漿液流向甚難在地面上予以控制。
- ④漿液之滲透容易受地盤構造所影響，灌漿材料易集中於地層之疏鬆處，層面無法均勻灌漿。

## 2. 多孔管注入工法

將口徑 1"~1.5" 瓦斯管或 PE 管加工成多孔管，而將其埋入預定深度與位置，經由多孔管噴口使灌漿材料噴入地盤。多孔管噴口配置有 360° 全面噴射、雙面噴射、單面噴射等。

### (1) 優點

- ①在軟弱地盤可用振動錘等插入式來設置灌注管，因而不會擾動地盤，故藥液沿管面噴出之現象少。
- ②土層結構複雜之地盤，施灌段可按土層狀況而作適當的分割，並採用合適之灌漿方式，複合灌漿之施灌上亦較容易。
- ③平面範圍廣闊之作業上，在同一改良深度能確實由上部逐次向下部實施地盤改良。
- ④藥液是由多數孔口噴射而出，且能水平噴射，故噴漿材之滲透面積大，適合於均質之滲透灌漿。
- ⑤灌注管之設置與灌注各為獨立作業，施工管理上容易。

⑥噴孔開口斷面積較鑽桿大，因此施灌之阻力小，一般祇須採用小灌漿壓力即可，而且壓力沒有急劇變化，故灌漿壓力管理較容易。

## (2) 缺點

①灌注管之加工與設置，費時間且不經濟。

②灌注管不易收回，且造成日後施工之障礙。

③灌注深度受限，設置可能深度受水沖作業之限制約 20~30m。

④水沖作業費時間，並須有污排水處理。

## 3. 二重管注入工法(Double-tube method)

本工法因所使用設備及施工方式之不同又可分成三大類，分別是二重管雙環塞法、二重管複合工法及二重管瞬結工法，今分別說明其特點如下：

### (1) 二重管雙環塞法(Double packer method)

本工法設備之不同點是使用馬歇爾管來施灌，在馬歇爾管與鑽探套管間使用水泥皂土漿進行套筒灌漿，填塞馬歇爾管與孔壁間之縫隙，其具有止水作用，且在灌注內管(Injection pipe)設置有兩個環塞(Packer)使灌漿材料能在某一限定範圍內向外灌注滲透。本工法尚有下列特點：

①可改變環塞位置，反覆施灌。

②一般用於膠凝時間長之灌漿、吐出量小。

③因有止水灌漿，可防止灌漿材料溢流。

④鑽孔口徑較其他工法大。

⑤灌注管是埋置地中，分段灌注費時費工成本較高。

⑥灌漿後由於不擾動地盤，若有必要時容易再行施灌。

## (2) 二重管鑽桿複合工法

此種工法係屬於雙重管鑽桿複合灌漿工法，其施工原理為利用雙重管鑽桿灌注瞬結性灌漿材料，使其在灌注管周圍形成瞬結環塞之效用，而後再灌注滲透性灌漿材料貫穿瞬結環塞，在每一預定深度確實滲透到土粒子間而固結之複合灌漿方法。本工法之特點如下：

- ①採用雙重管鑽桿，能在一個製程內實施瞬結性及滲透性之灌漿。瞬結性灌漿材料填充孔隙與脈狀固結致成環塞效果，滲透性灌漿材料滲透入土粒子間產生限定固結效果，這些機能可自動分擔，而在簡單之作業下得到高的灌漿效果。
- ②因屬於鑽桿式灌漿工法，故施工簡易而且有效率，可達經濟性之複合灌漿作業。
- ③因是複合灌漿，對所有地盤均可適用，特別是採用滲透性灌漿材料滲透土粒子間隙而固結，故土粒子間之連續性佳。
- ④灌漿材料之複合比照率可任意改變以適應地盤之變化，故適合於複雜地盤之改良。
- ⑤因是採用膠凝時間長之滲透性灌漿材料，故對構造物下方，鐵軌下面，道路下均可施工。

## (3) 二重管鑽桿瞬結工法

本工法之基本原理係將具有瞬間固結性的二種藥液藉二重管及一種特殊的施灌裝置灌入土層，使土層的某一特定範圍確確實實達到改良目的的一種土壤穩定施工法。因有多種具專利之藥液及施灌裝置被發展出來而均有特有之名稱如 LAG(Limited Area Grouting)工法、D.D.S.(Double-tube Drilling Seepage) 工法及 S.G.R. 工法等等，今僅就 LAG 工法說明其特點：

- ①使用一種特殊的尖端裝置，此裝置能使兩種藥液在雙重管的尖端部合流。

- ②依施工狀況施行壓力控制。
- ③在低噴射量下施行灌注工作。
- ④固結藥液除可防止藥液之溢流外，尚能使灌注管四周因鑽孔及灌注作業而生之鬆動予以密封。
- ⑤對於具有各種滲透性的複雜土層，亦可產生均一的滲透徑路。
- ⑥採用傳統灌注法不易收到改良效果之沉泥質細砂或粘土，可藉微細之灌注脈路而收到預期的效果。
- ⑦可施行水平灌注及斜向灌注。

### 4.5.3 噴射攪拌工法

噴射攪拌工法係利用噴射混合攪拌灌漿材料之施工方法，此種方法是以超高速噴射水或灌漿液，在極短時間切削地盤，此切削部份之土砂用灌漿液混合使其膠凝硬化，其結果能使預定之方向或範圍內形成灌漿硬化物。噴射攪拌工法依所使用灌漿管之不同可分成三種工法(1)C.C.P. 工法,因灌漿管為單管又稱單管工法(2) J.S.P 工法,其灌漿管為同心雙層管噴射水泥漿及空氣又稱雙重管工法或空氣噴射灌漿工法(3) J.G 工法,因使用同心三層管噴射水、水泥漿及空氣又稱為三重管工法或水、空氣噴射灌漿工法。今分別說明如下:

#### 1.C.C.P 工法

CCP 工法(Chemical Churning Pile method)包含(1)下鑽桿至預定深度(2)定速旋轉、提桿灌漿。此法為漿液經泵浦加壓後經過鑽桿，由噴嘴(一或二個)直接橫向噴射並破壞土體，再次迴轉時，部份土粒被漿液推擠至樁體外圍，三次迴轉時，更多之土粒被漿液推擠至外圍，外側之壓縮圈更為擴大，漿液並可能滲透出圈外，而灌漿之中心部份，漿液密度較高，土粒最少。單管工法之樁徑視壓力之不同可達 30 至 80cm。此種工法適用於埋設物之防護、鋼版樁缺口部之止水，工作井周圍之止水與地盤強化，隆起之防止，潛盾推進到

達部之地盤改良以及構造物基礎強化等作業。

流體之所以能夠切割土體是因為受流體沖擊影響之地層內，其土壤顆粒被迫移動，並由超高壓噴射水流所攜有的動能迫使土壤組織分離而產生空隙。至今，土壤破壞機制理論尚未完全釐清，一般來說，它與下列數點有關：

- (1) 噴射水流之動壓(Dynamic Pressure)
- (2) 噴射水流之脈動載重(Pulsating Load of Jet Water)
- (3) 水劈(Water Wedge)效果
- (4) 水槌(Water Hammer)的撞衝

以上的幾個過程或單獨或共同作用，原則上其破壞過程為，噴射流撞衝土體，分離土壤顆粒，同時在噴射流之周圍產生一真空效應，將周邊之土壤顆粒吸引過來，顆粒就被噴射水之作用力迅速推離。

CCP 工法之特點包括下列數項：

- (1) 由超高壓噴射施加動壓，使硬化劑產生方向性，俾能在預定範圍內構築成均一圓柱狀之固結物。
- (2) 對於一般灌漿工法不易構成固結體之沉泥或粘性土等軟弱土質，亦能形成固結物。
- (3) 改良範圍僅限於高壓噴射破壞之部份，故硬化劑無向預定範圍外溢流之虞。
- (4) 機械設備與一般藥液灌漿工法相同，小型輕量，作業容易。
- (5) 由於是採取高壓噴射故樁徑為 100cm~200cm。

## 2. 空氣噴射灌漿工法(J.S.P.)

JSP 施工法與單管法之差別係利用雙層同心管，將高壓水泥漿(內管)及空氣(外管)經同心環狀噴嘴同時橫向噴出，水泥漿外圍形成空氣膜，噴射流範圍

加大。換言之，相對增加切削能力，形成之樁徑約在 80 至 200cm 之間。本工法之特點包括下列數項：

- (1) 處理深度可隨意選擇：地盤內軟硬土層參差不齊，可依實際需要改良之範圍施噴硬化劑，以達某深度土壤之改良效果。
- (2) 任何土壤皆可適用：超高壓噴流水可沖刷任何土壤，不僅軟弱地盤，甚至堅實砂質亦可適用。
- (3) 改良後之土壤強度及截水性甚佳：採用本法改良後之圓柱體單軸抗壓強度  $q_u$ ，粘土為  $5\sim 40\text{kg/cm}^2$ ，砂質土為  $30\sim 100\text{ kg/cm}^2$ ，透水係數  $K=10^{-6}\sim 10^{-8}\text{ cm/sec}$ ，較其他施工法高出甚多。
- (4) 改良範圍廣：若在高壓噴流水中一併摻噴壓縮空氣，則可較一般單用高壓噴流水之沖能力增強數倍，可使改良範圍增大。
- (5) 無公害、無噪音：所用硬化劑為水泥類，在硬化後不溶解於水，故不污染地下水，施工時亦不發生振動及噪音，在市區內亦可應用。
- (6) 機械自動化施工：施工時均以自動化之機械辦理，施工人員只須注意高壓噴流水之壓力、流量、空氣輸出量、噴嘴轉數及上升速度即可，故施工較易控制。惟土壤類別不同，應依土壤之軟硬程度適當修正上述操作，此為管理上較需注意之處。

### 3.水、空氣噴射灌漿工法(J.G.)(Jet Grout)

此工法是經由同心三重管，分別將高壓水、空氣噴射及漿液灌注固結土體的方法。施工時，高壓水及空氣同時橫向噴射(類似雙重管工法，但以清水代替漿液)，並切削周圍土體，藉空氣之上升力將部份泥漿由鑽孔排出，同時在鑽管之較下端另一噴嘴將水泥漿以低壓注入殘餘泥漿中，使兩者混合凝固成樁體。

本施工法之特點為形成水平截水膜，此種施工法比之於過去在開挖面截水或防止管湧所用的藥液灌漿法或凍結施工法經濟的多。由於所使用之藥液係一種膠質狀，對於震動之吸收特性大，故今日工廠的震動污染問題可予以減弱，可形成一種防止震動污染的吸收膜。其他像具方向性、經濟性、高效率、高可靠性、及無公害、污染亦均為其優點。

## 4.6 現地灌漿試驗

本計畫選定南外廓堤防 SB16 沉箱進行研究，該防波堤之斷面如圖 4.6.1 所示，而 SB16 沉箱面海之五個艙依合約被選為試驗場址，沉箱各艙之相關位置如圖 4.6.2，根據本中心前研究在南外廓堤防#22 及#24 消波室所作鑽探試驗結果，顯示礫石含量為 45-75%，砂石含量為 25-45%，而細砂之含量為 20% 以上，此種變化甚大之試驗結果，亦可能由於在砂礫層鑽探取樣困難、而取得之試樣未具有代表性。

本研究在選定灌漿工法上，根據鑽探結果知道 SB16 沉箱內回填之砂礫石級配土層其礫石含量超過 50%，而砂土和小於#200 篩之細料含量分別為 38.9% 和 8.2%，所含砂土又是大於#30 篩佔多量之粗砂，屬於滲透灌漿之傳統鑽桿灌漿工法及導管灌漿工法應該可以適用，加上鑽桿灌漿工法費用較低，導管灌漿工法又有可以重復灌漿之優點，但兩種工法灌漿後土體改善之均勻度如何尚須加以試驗研究。CCP 噴射灌漿雖然改善均勻度之效果在一般土層比傳統灌漿好，但沉箱內之砂礫石級配料含有較大之礫石，將影響灌漿液之噴射效果，而高壓噴射灌漿又擔心影響沉箱之安全，另外 JSP 噴射灌漿工法由於多施加空氣壓力，通常較 CCP 噴射灌漿工法有較佳之改良成效，因之在此南防波堤沉箱之灌漿試驗，甚難認定何種灌漿方式為最佳工法，最後本研究選定鑽桿、導管、CCP 及 JSP 等四種工法進行研究。將沉箱內之砂礫石級配層固結灌漿為國內首見，為使本灌漿研究試驗能得到較好結果，因此本研究先以幾種不同之灌漿壓力，佈置間隔及設計樁徑進行研究，再由灌漿試驗進行過程所顯現之各種現象調整試驗數據進行最後之灌漿設計。面海沉箱 5 艙灌漿工法與灌漿孔之佈置如圖 4.6.3~4.6.7 所示，而表 4.6.1~4.6.7 則為各艙各工法灌漿孔之明細。

表 4.6.1 SB16 沉箱第一艙灌漿試驗計畫表

	灌漿工法	灌漿孔數	設計樁徑	鑽孔間距	灌漿壓力	備註
海側	J.S.P 工法	4	80cm	60/90cm	200kg/cm <sup>2</sup>	
港側	J.S.P 工法	3	100cm	80/120cm	300kg/cm <sup>2</sup>	

表 4.6.2 SB16 沉箱第二艙灌漿試驗計畫表

	灌漿工法	灌漿孔數	設計樁徑	鑽孔間距	灌漿壓力	備註
海側	導管工法	4	80cm	80/100cm	10kg/cm <sup>2</sup>	
港側	導管工法	3	80cm	80/120cm	12kg/cm <sup>2</sup>	

表 4.6.3 SB16 沉箱第三艙灌漿試驗計畫表

	灌漿工法	灌漿孔數	設計樁徑	鑽孔間距	灌漿壓力	備註
第一排	J.S.P 工法	6	80cm	80cm	200kg/cm <sup>2</sup>	
第二排	鑽桿工法	4	80cm	120cm	7kg/cm <sup>2</sup>	

表 4.6.4 SB16 沉箱第四艙灌漿試驗計畫表

	灌漿工法	灌漿孔數	設計樁徑	鑽孔間距	灌漿壓力	備註
左側	鑽桿工法	3	80cm	80cm	7kg/cm <sup>2</sup>	
右側	鑽桿工法	3	80cm	80cm	10kg/cm <sup>2</sup>	

表 4.6.5 SB16 沉箱第五艙灌漿試驗計畫表

	灌漿工法	灌漿孔數	設計樁徑	鑽孔間距	灌漿壓力	備註
左側	C.C.P 工法	3	80cm	60/90cm	200kg/cm <sup>2</sup>	
右側	C.C.P 工法	2	100cm	80cm	300kg/cm <sup>2</sup>	

表 4.6.6 SB16 沉箱面海五艙灌漿試驗明細表

	鑽桿工法	導管工法	C.C.P 工法	J.S.P 工法	備註
第一艙				7 孔	
第二艙		7 孔			
第三艙	4 孔			6 孔	
第四艙	6 孔				
第五艙			5 孔		
合計	10 孔	7 孔	5 孔	13 孔	

現將本研究所採用四種工法之試驗設備，灌漿材料及試驗方法等說明如下：

#### 4.6.1 傳統式鑽桿灌漿工法：

##### 1. 施工材料

- (1) 水須使用清潔淡水，不得含有防礙水泥凝固、強度及耐久性之油、酸鹼等有機物或其他有害物質，以使用自來水為原則。
- (2) 水泥須符合 CNS-61-R2001 規定之波特蘭水泥。
- (3) 漿液為水泥與水之混合物，每立方公尺漿液之配合比如下，但得依現場監造工程師指示調整之。

鑽桿灌漿配合比		
水 泥	760 KG	1000 L
水	760 L	

##### 2. 施工機械

鑽桿灌漿施工機械：

機械名稱	規 格	用 途	數量
鑽 孔 機	油壓式鑽孔深度 200M	鑽孔用	3 台
攪 拌 機	800 公升拌合槽	配料用	1 台
灌 漿 機	往復式灌漿幫浦	鑽孔灌漿用	2 台
壓 力 計	0 - 30 kg/cm <sup>2</sup>	測壓用	3 台
水 表	Q <sub>min</sub> 150L/min	貯流量用	3 台
水 槽	1m <sup>3</sup> 水槽	貯水用	2 台
抽 水 機	直徑 50mm, 揚水高 20m	供水用	2 台
發 電 機	100HP	供電用	1 台
流量壓力自動記錄儀	壓力範圍: 0-30 kg/cm <sup>2</sup> 流量範圍: 0-120 L/min	自動記錄流量及壓力	1 台

##### 3. 試驗步驟

- (1) 鑽孔機定位後，需以水平器或量角器校正鑽桿鑽孔角度。
- (2) 利用鑽孔機，鑽桿前端裝置合金鎢碳鋼鑽頭，以旋轉法掘削至預定深度。

- (3) 鑽孔完成後，幫浦由送水改為輸送漿液，固結灌漿之灌漿壓力設定為 7 或 10 公斤/平方公分，如灌漿壓力超過 7 或 10 公斤 / 平方公分，則需提升鑽桿，鑽桿提升高度以 50 公分為限，直至 1 孔完成，灌漿時沈箱壁外側需派潛水偵查勘若有漏漿時應堵漏或停灌。
- (4) 在正常狀況下，任何孔之灌漿作業應繼續施灌漿以迄灌孔溢出漿液方得認定施灌完成。
- (5) 灌漿時須使用流量壓力自動記錄儀作記錄。

#### 4. 試驗記錄

鑽桿灌漿施工應有詳細之試驗記錄，試驗記錄至少包含：

- (1) 孔號
- (2) 深度
- (3) 壓力
- (4) 配合比
- (5) 壓力變化記錄

#### 4.6.2 導管式灌漿工法(馬歇爾管)

本工法使用之試驗設備、灌漿材料及試驗記錄與鑽桿工法大致相同，導管式灌漿流程示意圖如圖 4.6.8。

試驗步驟：

- (1) 灌漿孔鑽孔，並於鑽孔同時下放套管(114 公厘)。
- (2) 填灌膨土水泥漿,埋設 50mm 灌漿導管後拔出套管。
- (3) 俟膨土水泥漿凝固後，以清水快速高壓方式擊破導管封漿層,均勻開裂灌漿通路。

- (4) 安裝雙緊圈及灌漿管，灌漿程序採逆級灌漿或照指示。
- (5) 最終灌漿壓力為  $10\text{kg/cm}^2$  及  $12\text{kg/cm}^2$  兩種得依現場工程師指示工程師指示調整之。
- (6) 清洗灌漿導管內漿液，準備復灌或下一級之灌漿。
- (7) 本施工法灌漿機具皆與鑽桿式工法相同。

#### 4.6.3 高壓噴射工法(C.C.P)

C.C.P 高壓噴射灌漿工法之施作，係利用前端裝設有 N.C.V. 高壓噴嘴之鑽桿，鑽入土層內至預定深度後，再利用高壓幫浦以  $200\text{-}300\text{ kg/cm}^2$  之高壓力將水泥漿液或加藥劑之固化材噴射到土層內，使土壤形成一固結柱狀體。

##### 1. 灌漿材料

- (1) 水須使用清潔、無色無臭之淡水，不得含有防礙水泥凝固、強度及耐久之泥污、油、酸、鹼等有機物或其他有害物質。如有自來水之地區，以使用自來水為原則。
- (2) 水泥除須符合 CNS-61- R2001 規定之波特蘭水泥。

漿液配比漿液為水泥與水混合,每立方公尺漿液之配合比如下:得依現場監造工程師指示調整之

CCP 灌漿配合比		
水 泥	760 KG	1000 L
水	760 L	

##### 2. 試驗設備

CCP 高壓灌漿使用之機械設備如表 4.6.7 所示，設備配置示意圖如圖 4.6.9 所示，試驗流程示意圖如圖 4.6.10。

##### 3. 試驗步驟

- (1) 鑽孔機定位後需以水平器校正鑽桿垂直穩定度。

- (2) 先利用鑽孔機鑽孔，鑽桿前端裝設有噴射裝置(N.C.V.) 防逆流裝置之鎢鋼鑽頭，以旋轉法掘削至設計深度處，鑽孔時幫浦壓力保持在 30 kg/cm<sup>2</sup> 左右。
- (3) 鑽孔完成後，保持鑽桿之迴轉速度在 10-15 RPM 左右，並將鑽桿軸心孔底端封閉，幫浦送水壓力提高至 200 或 300 kg/cm<sup>2</sup> 並測試壓力是否正常，試壓中若無異常變化，則將導向閥開啟導入水泥漿液。
- (4) 漿液由高壓幫浦輸送，經高壓輸送管及鑽桿，由噴嘴噴出藉超高壓力切削土壤後，與土壤強制混合攪拌。
- (5) 鑽桿一面噴射硬化劑漿液一面迴轉上昇，直至鑽桿前端噴射嘴到達設計高程。鑽桿之上昇速度保持在 5 公分/15-30 秒，並應有自動控制器，控制鑽桿上昇速度。
- (6) 當鑽桿前端噴嘴上昇至頂部之設計高程後，停止噴射水泥漿液，並一面抽出鑽桿一面以水泥漿液填充所留孔洞。
- (7) 灌漿時如發現注入壓及注入量有大幅差異之情況時，立即停止灌漿，調查其原因並採適當之措施後，始繼續施工。

#### 4. 施工記錄

每處高壓噴射灌漿均應有詳細之施工記錄，施工記錄至少應包含：

- (1) 孔號。
- (2) 鑽孔位置。
- (3) 鑽桿之迴轉速度。
- (4) 鑽桿上昇之速度。
- (5) 漿液開始噴射及停止噴射之深度。
- (6) 配合比。
- (7) 噴射壓力。

(8) 計量。

(9) 壓力變化之記錄。

(10) 灌注時漿液流出設計範圍外之記事。

表 4.6.7 高壓噴射灌漿施工機具及附屬設備

	規 格	用 途	容 量	數 量	單 位
120M 超 高壓幫浦	最高壓力 350kg/cm <sup>2</sup>	噴射水泥漿液，切削土壤及 鑽孔之用途。	0-120L/ 分	1	台
鑽 機	78-NK 自動上昇 控制型	鑽孔及灌漿時控制上昇旋轉 速度造成口徑。	7.5KW	2	台
拌漿桶	250L 雙邊型	攪拌水和水泥漿。	250L*2 桶	1	台
發電機	自動防音型	產生動力供全部機組馬達電 力照明施工等。	250HP	1	台
超高壓鎢 碳鋼噴嘴	2.5mm 2.8mm 型 3.0mm 3.2mm	高壓噴射出口使高壓幫浦達 成壓力切削土壤。		12	只
鎢碳鋼昌 超硬鑽頭	50mm 口徑	藉以磨擦鑽穿土壤達到預定 深度。		6	只
掃漿桶	500L 單桶 慢速型	攪拌已混合之水泥漿使不致 在短時間內造成顆粒或硬 化。	500L	1	台
超高壓 輸漿管	壓力 600kg/cm <sup>2</sup> 以上	輸送水泥漿至鑽桿。		150	米
壓力錶座	500kg/cm <sup>2</sup> 型壓力表	顯示灌注及清洗壓力。	最高壓力 500kg/cm <sup>2</sup>	1	台
空壓機	750 型	J.S.P 施工, 增加切削力擴大 樁徑	容量 10m <sup>3</sup> /分	1	台
流量計		自動記錄流量	流量 0-150L/min	1	台
水平儀、鑽桿、抽水桶及其他手動工具					

#### 4.6.4 空氣、高壓噴射工法(J.S.P 雙重管、加空氣)

##### 1. 施工說明:

本施工法係以雙重灌漿管施工，內管輸送漿液，外管輸送空氣，於鑽桿下端

噴嘴同步噴出漿液與空氣(利用高壓力及空氣滲透性特質擴大噴射範圍)，將土層攪亂噴碎，噴碎之土砂與硬化劑混合攪拌，使土粒與硬化劑緊密混合，做成固結體的一種施工法。

## 2. 施工機械：

本施工法與 C.C.P 高壓噴射灌漿工法不同之點在於鑽桿使用雙重管、噴嘴另加用一台 750 型空壓機，餘施工方式如漿液配比、壓力、提升速度、轉速等大都相同。

## 4.7 現地灌漿過程

沉箱各隔艙現地灌漿試驗，低壓與高壓之試驗數據總表如表 4.7.1 及表 4.7.2，今就各隔艙現地試驗時之種種現象說明如下：

### 4.7.1 第一艙(JSP 工法)灌漿過程

- (1) 灌漿試驗過程曾遭遇多次灌漿管被地層之砂土束縛住而無法轉動，甚至管子之接頭螺紋損壞而必須起管重新來過，因此此種施工方式需由具豐富經驗之領班擔任，否則試驗過程斷斷續續不但造成器材之損耗，也使灌漿之成效受影響。
- (2) 設計灌漿深度為 20 米，由底部往上施灌，於施灌下半部時水泥漿未溢流出灌漿口，該時非常擔心是否因沉箱本身或因高壓灌漿造成之沉箱壁破裂而有漏漿現象，但海面並未發現水泥漿之漏出，施灌至深度 6 米以上之部份才開始有溢漿之現象，我們研判可能下面地層孔隙率較大致使設計之漿液量不足。
- (3) 於施灌 A5 孔時，當灌漿管提升至深度 7 米以後，在 A1 孔附近沉箱外壁海水面上下處之小孔有漿液噴出之現象，我們研判是灌漿時施加之空氣壓力，將水泥漿順著砂礫層內相通之孔隙擠壓至遠處，因此在此種地質條件下難以掌控其改良區域，高壓噴射灌漿之適用性不佳。

表 4.7.1 低壓灌漿現地試驗數據總表

灌漿孔號	施工方式	預定樁徑 (cm)	灌漿深度 (m)	灌漿壓力 (kg/cm <sup>2</sup> )	水泥用量 (包/支)	水灰比	施工順序	備註
B1	導管灌漿	80	20	10	57	1:1	4	
B2	導管灌漿	80	20	10	0.8	1:1	7	
B3	導管灌漿	80	20	10	319	1:1	2	
B4	導管灌漿	80	20	10	96	1:1	5	
B5	導管灌漿	80	20	12	284	1:1	3	
B6	導管灌漿	80	20	12	1	1:1	6	
B7	導管灌漿	80	20	12	899	1:1	1	
C7	鑽桿灌漿	80	20	7	264	1:1	1	
C8	鑽桿灌漿	80	20	7	120	1:1	3	
C9	鑽桿灌漿	80	20	7	120	1:1	4	
C10	鑽桿灌漿	80	20	7	120	1:1	2	
D1	鑽桿灌漿	80	20	7	318	1:1	1	
D2	鑽桿灌漿	80	20	7	30	1:1	2	
D3	鑽桿灌漿	80	20	7	54	1:1	3	
D4	鑽桿灌漿	80	20	7	90	1:1	6	
D5	鑽桿灌漿	80	20	7	354	1:1	4	
D6	鑽桿灌漿	80	20	7	204	1:1	5	

表 4.7.2 高壓灌漿現地試驗數據說總表

灌漿孔號	施工方式	預定樁徑 (cm)	灌漿深度 (m)	灌漿壓力 (kg/cm <sup>2</sup> )	噴嘴口徑 (mm)	提升速度 (cm/sec)	迴轉速度 (r.p.m.)	水泥用量 (包/支)	水灰比	備註
A1	JSP	80	20	200	2.5	5cm/25sec	8	160	1:1	
A2	JSP	80	20	200	2.5	5cm/25sec	8	161	1:1	
A3	JSP	80	20	200	2.5	5cm/25sec	8	148	1:1	
A4	JSP	80	20	200	2.5	5cm/25sec	8	152	1:1	
A5	JSP	100	20	300	3.0	5cm/25sec	8	205	1:1	
A6	JSP	100	20	300	3.0	5cm/25sec	8	200	1:1	
A7	JSP	100	20	300	3.0	5cm/25sec	8	208	1:1	
C1	JSP	80	20	200	2.8	5cm/23sec	8	203	1:1	
C2	JSP	80	20	200	2.8	5cm/23sec	8	163	1:1	
C3	JSP	80	20	200	2.8	5cm/23sec	8	160	1:1	
C4	JSP	80	20	200	2.8	5cm/23sec	8	200	1:1	
C5	JSP	80	20	200	2.8	5cm/23sec	8	160	1:1	
C6	JSP	80	20	200	2.8	5cm/23sec	8	160	1:1	
E1	CCP	80	20	200	2.5	5cm/29sec	8	152	1:1	
E2	CCP	80	20	200	2.5	5cm/29sec	8	150	1:1	
E3	CCP	80	20	200	2.5	5cm/29sec	8	150	1:1	
E4	CCP	100	20	300	3.0	5cm/25sec	8	204	1:1	
E5	CCP	100	20	300	3.0	5cm/25sec	8	203	1:1	

#### 4.7.2 第二艙(導管工法)灌漿過程

- (1) 灌漿順序為 B7(899 包) B3(319 包) B5(284 包) B1(57 包) B4(95 包) B6(1 包) B2(0.8 包)，根據灌漿之試驗數據，發現順序在前之灌漿孔有較大之吃漿量，尤其第一個灌漿孔之吃漿量特別大，顯示漿液之滲透範圍很廣，並非限於灌漿孔附近。
- (2) B2 及 B6 為位於中間之灌漿孔，當其兩端之灌漿孔施灌完成後，便難以將水泥漿灌入其中，此種現象說明灌漿施工時，灌漿孔之佈置間隔應可大於 B1 與 B3 之距離 1.8 米。
- (3) 於 B5 孔施灌時，B3 孔雖已完成灌漿，但卻有冒水現象，研判是 B 孔之終灌壓力為  $10\text{kg}/\text{cm}^2$ ，其施灌時並未將附近之孔隙填滿，因此在 B5 孔較大壓力施灌下，孔隙水便被趕出，但理論上，若導管之材質良好，且裝設過程適宜，此種冒水現象不應發生，研判可能是導管施設及每階段灌漿後之清洗導管不確實所引致。

#### 4.7.3.第三艙(JSP+鑽桿工法)灌漿過程

- (1) 與第一艙相同，JSP 之灌漿均在施灌至每孔之上半部份時才有溢漿現象。
- (2) 施灌 C7 孔之鑽桿灌漿時，C4、C5、C6 三個灌漿孔雖已完成灌漿多日，卻有冒水現象發生，顯示該等孔灌漿效果不佳，其內仍存有相通孔隙，因此雖然與 C7 灌漿孔相距數米，卻仍在鑽桿灌漿之滲透影響範圍內。
- (3) 施灌 C6 孔時，C5 孔會冒水，此種現象除了可能是 C5 孔灌漿效果不佳外，亦可能是 C6 與 C5 為隔鄰孔，相距近且施灌時間僅相差一天，C5 孔之水泥漿尚未凝固所致。

#### 4.7.4.第四艙(鑽桿工法)灌漿過程

- (1) 灌漿順序為 D1(318 包) D2(30 包) D3(54 包) D5(354 包) D6(204 包) D4(90 包)，由試驗結果顯示，除 D1 孔為首孔灌漿吃漿量較多外，其相鄰 D2 及 D3 吃漿量降為很少，其它 D5 及 D6 吃漿量與 D1 相差不多，本工法在首孔灌漿時，因灌漿阻力之關係，漿液無法以整個隔艙為其滲透範圍。

圍，介於兩孔中間之 D4 孔，也未因最後施灌而無法吃漿，因此整體說來鑽桿工法不適用在此種地層灌漿。

- (2) 本艙 D1~D3 原計畫使用  $7 \text{ kg/cm}^2$  之終灌壓力，而 D4~D6 之終灌壓力為  $10 \text{ kg/cm}^2$ ，但現地實際施工時，所有孔均在灌漿壓力未達  $7 \text{ kg/cm}^2$  之前，漿液便沿孔壁與管間之孔隙流至地表，因而須停止灌漿。

#### 4.7.5 第五艙(CCP 工法)灌漿過程

- (1) 本艙 CCP 工法與 JSP 工法相似，於施灌過程易發生灌漿管卡管現象，漿液內若添加少量膨脹土，似乎可改善該等狀況。
- (2) 施灌過程與 JSP 工法類似，在施灌至上半部時才會有溢漿現象發生。



## 第五章 現地灌漿效應之評估

### 5.1 成效檢測項目

為了解灌漿工程之改良成效，一般最佳之方法為以開挖方式直接確認，惟本研究試驗是灌漿改良沉箱內之砂礫石級配層，因沉箱深度大，加上沉箱上面有甚厚由混凝土澆置而成之胸牆，故只能用其他鑽探或非破壞檢測之方式為之，於本試驗計畫擬以下列數種方法來檢測固結灌漿之改善成效。

- 1.連續岩心取樣:此法可由鑽探取出之岩心試樣，目睹灌漿之改善成效，理論上是很好之方式，惟檢測孔之鑽孔費用昂貴，改良土體之強度不大，岩心試樣採取困難，此現象在傳統灌漿方式尤其明顯，故在岩心試樣採取率低時需以其他方式加以補救。
- 2.透水試驗:比較灌漿前後透水係數之差異研判灌漿之改善成效。
- 3.超音波檢測試驗:此為利用土體愈緊密音波傳遞速率愈大之原理，檢測灌漿改善前後音波速度之差異，研判灌漿之改善成效。

本研究試驗本來計畫在在岩心試樣採取率低時，以孔內影像攝影設備直接拍攝孔壁之影像，以了解孔壁是否有孔洞裂縫，或以珈瑪射線密度井測儀直接量測孔壁附近之珈瑪射線密度，研判灌漿之改善成效，惟現地因為無法克服孔壁坍塌會埋沒試驗設備之困難，最後只得放棄該兩項檢測試驗。但我們增加室內超音波與抗壓試驗，以便與現地超音波試驗結果作比對，並瞭解沉箱內砂礫石層級配經灌漿改良後之強度特性。

今將沉箱各艙預定進行灌漿成效檢驗試驗次數之明細詳列如表 5.1.1。而各檢測試驗之基本原理及試驗方法則於以後諸節說明之。

表 5.1.1 沉箱灌漿成效檢驗試驗次數明細表

	鑽心取樣	透水試驗	音波檢測	備註
第一艙	6 孔	9 組	10 組	
第二艙	4 孔	9 組	2 組	
第三艙	3 孔	4 組	9 組	
第四艙	2 孔	3 組	5 組	
第五艙	5 孔	5 組	9 組	
合計	20 孔	30 組	35 組	

## 5.2 現地鑽心採取試樣

- 1.原理:利用鑽探的方式直接取出灌漿後之岩心樣品，加以比較其固結成效。
- 2.目的:了解灌漿後所取出岩心之抗壓強度與緊密度。
- 3.試驗步驟:使用 NX 之金鋼鑽頭和三層岩心管進行岩心連續取樣。岩心鑽探過程中，每次岩心採取率應予記錄。岩心取出時，應附以永久及明晰之標籤，註明(a)孔號(b)標本箱號(c)深度及(d)取樣日期等。所有完整岩心及破碎岩心應全部按其正確之位置，取樣次序排列，置於岩心標本箱內予以保存。鑽探取樣時應減少鑽機之鑽桿擺動，以避免岩心因鑽頭過份幌動而破裂。
- 4.檢測結果:以三層岩心管在五個沉箱隔艙分別進行二至六個試孔之連續取樣，各孔成型岩心之平均 RQD 如表 5.2.1 所示，此處 RQD 為岩心管取樣時所取得固結成型岩心試樣長度與岩心管長度之比值，結果顯示除採用導管工法之第二艙固結成效較好外，其它各艙之成效並不佳，今就各艙說明如下:

表 5.2.1 沉箱灌漿成效岩心取樣檢測結果表

檢查孔 編號	沈箱 艙號	灌漿 工法	設計 樁徑	灌漿 壓力	與灌漿孔之 距離	成形岩心 平均 RQD	備註
AH1	1	JSP	80 cm	200 kg/cm <sup>2</sup>	40cm	11.5%	
AH2	1	JSP	80 cm	200 kg/cm <sup>2</sup>	50cm	22.0%	
AH3	1	JSP	80 cm	200 kg/cm <sup>2</sup>	60cm	34.5%	
AH4	1	JSP	100 cm	300 kg/cm <sup>2</sup>	60cm	5.5%	
AH5	1	JSP	100 cm	300 kg/cm <sup>2</sup>	45cm	16.0%	
AH6	1	JSP	100 cm	300 kg/cm <sup>2</sup>	50cm	16.3%	
BH1	2	導管	80 cm	10 kg/cm <sup>2</sup>	40cm	42.8%	
BH2	2	導管	80 cm	10 kg/cm <sup>2</sup>	50cm	54.8%	
BH3	2	導管	80 cm	12 kg/cm <sup>2</sup>	50cm	60.0%	
BH4	2	導管	80 cm	12 kg/cm <sup>2</sup>	40cm	80.5%	
CH1	3	JSP+鑽桿	80 cm	200 kg/cm <sup>2</sup>	40cm	30.5%	
CH2	3	JSP+鑽桿	80 cm	200 kg/cm <sup>2</sup>	45cm	10.3%	
CH3	3	JSP+鑽桿	80 cm	200 kg/cm <sup>2</sup>	50cm	16.0%	
DH1	4	鑽桿	80 cm	7 kg/cm <sup>2</sup>	40cm	8.0%	
DH2	4	鑽桿	80 cm	7 kg/cm <sup>2</sup>	40cm	14.5%	
EH1	5	CCP	80 cm	200 kg/cm <sup>2</sup>	30cm	36.0%	
EH2	5	CCP	80 cm	200 kg/cm <sup>2</sup>	40cm	4.5%	
EH3	5	CCP	80 cm	200 kg/cm <sup>2</sup>	50cm	11.0%	
EH4	5	CCP	100 cm	300 kg/cm <sup>2</sup>	45cm	34.0%	
EH5	5	CCP	100 cm	300 kg/cm <sup>2</sup>	40cm	30.5%	

### (1) 第一艙(JSP 工法)

本隔艙有兩組檢查孔，AH1~AH3 之灌漿壓力為  $200\text{kg}/\text{cm}^2$ ，設計樁徑為  $80\text{cm}$ ，AH4~AH5 之灌漿壓力為  $300\text{kg}/\text{cm}^2$ ，設計樁徑為  $100\text{cm}$ ，在第一組之檢查孔，與灌漿孔距離較遠之 AH3 其 RQD 為  $34.5\%$ ，而距離較近之 AH2 其 RQD 為  $22\%$ ，此種不合理之現象是由於 JSP 工法施工時施加氣壓力，漿液可順著孔隙被擠壓至遠處，但 AH3 靠近沉箱壁，漿液受阻擋而停留該孔附近，使得該孔之固結效果較好。第二組之檢查孔便顯示檢查孔與灌漿孔之距離與 RQD 成反比，就整個艙來講，我們認為 JSP 工法之成效並不好。

### (2) 第二艙(導管工法)

終灌壓力為  $10\text{kg}/\text{cm}^2$  之檢查孔 BH1 及 BH2 其 RQD 分別為  $42.8\%$  及  $54.8\%$ ，但終灌壓力為  $12\text{kg}/\text{cm}^2$  之檢查孔 BH3 及 BH4 其 RQD 分別為  $60.0\%$  及  $80.5\%$ ，此種結果顯示導管工法之終灌壓力對灌漿成效有顯著之影響，實際施工時終灌壓力若能稍為提高，其灌漿成效將更好。

### (3) 第三艙(JSP+鑽桿工法)

本艙除了在 JSP 灌漿孔之後加一排四孔之鑽桿灌漿外，其它條件與第一艙之前排相同，但似乎鑽桿灌漿並未能很均勻滲透至 JSP 工法未填滿之孔隙，三個檢查孔之 RQD 為  $10.3\% \sim 30.5\%$ ，與第一艙之成效差不多。

### (4) 第四艙(鑽桿工法)

兩個檢查孔之 RQD 分別為  $8.0\%$  及  $14.5\%$ ，砂礫層內之大小孔隙分佈不均，大孔隙鑽桿灌漿可以將漿液滲透進入，但小孔隙其灌漿阻力仍大，因此在未達終灌壓力之前，漿液便順著孔壁向上流出孔外，此種工法在此種孔隙並非很大之沉箱級配地層並不適合。

### (5) 第五艙(CCP 工法)

CCP 工法為單管式灌漿，沒有施加空氣壓力，其漿液之流動範圍較受限制，因此漿液較能固結成型，本艙檢查孔之 RQD 約可達  $30\%$ ，較 JSP 工法為佳，但我們認為 CCP 工法仍然不適合沉箱內砂礫級配層之灌漿。

## 5.3 現地超音波檢測試驗(SONIC CORING TEST)

### 1.基本原理

各種土層其音波傳遞速度是一固定值，音波檢測試驗乃依據此種不同土層具有不周之音波傳遞速度的現象，利用特殊儀器設備量測沉箱內土層之音速，以檢測級配土層經灌漿改良之效應。

### 2.試驗設備

本試驗所需之儀器設備主要包括下列各項：

- (1) 發波器(Transmitter)
- (2) 收波器(Receiver)
- (3) 絞盤(Winch):可以控制測管內探測器之高度
- (4) 發生器(Generator):提供發波器產生頻率 5-10 Hz 之脈動
- (5) 示波器(Oscilloscope)
- (6) 速拍攝影器(Polaroid Type Camera)

### 3.試驗方法

- (1) 試驗前所有儀器設備將先行檢查，確定其功能符合要求後，開始進行試驗，試驗時測管內均須充滿水，圖 5.3.1 為音波檢測試驗儀器配置圖。
- (2) 試驗時將發波器及收波器分別放入兩檢測孔內，並放至測孔底端。
- (3) 調整發波器與收波器之高度，使其在同一水平面上。
- (4) 轉動絞盤，將發波器及收波器由測孔底端以約 20 cm/sec 的速度拉起，音波將以每秒 10 個波動穿過土層，由另一檢測孔內之收波器接收到。
- (5) 收波器所收到之音波，經訊號發生器傳送到示波器顯現出來，並以速拍

攝影器記錄之，每個訊號今均以線條表示，水平軸代表音波之傳遞時間，垂直軸表示探測器歷經之深度。

#### 4. 檢測結果

灌漿前於五個沉箱隔艙分別進行一次超音波量測，試驗結果均顯示信號微弱無法判讀波速，此因地層內存有甚多孔隙，影響波之傳遞，也加快波能量之衰減。灌漿後亦分別於各艙進行共 35 組之超音波量測，結果顯示信號之傳遞較灌漿前有顯著之改善，全部現地超音波檢測結果如附錄 E。

進行音波檢測之兩孔，若相距較近則試驗時，整個測試斷面波之傳遞效果非常好，波到達之時間也相差不多，此可能是在灌漿孔近距離範圍內之孔隙大都被漿液填滿，但檢測之兩孔若相距較遠時，便有部份深度之土層其波傳遞較慢，甚至信號微弱無法判讀。所有能判讀之試驗結果，顯示測試地層之波速約介於 2500m/sec 與 3800m/sec 之間，而一般均質之混凝土其波速為介於 3800m/sec 與 4000m/sec。

### 5.4 現地透水試驗

一般土壤之透水係數受土壤顆粒大小、成份組織、飽和度等因素之影響，現場透水試驗主要分為定水頭及變水頭試驗，而本研究試驗於灌漿前採變水頭試驗方式，灌漿後因透水量顯著減少改用定水頭試驗。

#### 1. 變水頭試驗方法

- (1) 以沖鑽法將內經 10.8 公分套管沖洗到預定試驗位置上方約 1.5 公尺處，灌入稠皂土漿(Bentonite)以填充套管與孔壁之空隙，再以油壓靜力將套管壓入 50cm 以確保套管與孔壁間接觸良好。
- (2) 此時套管底端位置在試驗位置上方約 1 公尺，使用鑽頭沖洗至套管底端以下 1 公尺(試驗位置)，沖洗過程中，鑽頭不斷旋轉儘量避免擾動試驗位置之土壤。

- (3) 待迴水穩定後，將透水管連接內徑 6.5 公分之進水管，並放至試驗位置，外套管底端及透水管頂部間之適當的裝置封住，避免進水管與外套管產生流通之現象。
- (4) 當孔內水位達到平衡時，突然以抽水或灌水方式降低或升高孔內水位，然後任其自然回升或下降，讀取不同歷時之水位。
- (5) 試驗資料之處理，將水位變化和經歷時間繪於半對數紙上，求出每一經歷時間  $t$  與  $H_t/H_0$  之關係，便可利用下列公式求出透水係數  $K$  值。

$$K = A/F(t_2 - t_1) \cdot \ln(H_1/H_2)$$

$K$  = 透水係數 (公分/秒)

$t_1, t_2$  = 水位回升或下降之歷時(秒)

$H_1, H_2$  = 歷時  $t_1, t_2$  時相對應水位差(公分)

$A$  = 外套管內截面積(平方公分)

$F$  = 進水口位置之形狀因子

## 2. 定水頭試驗方法

- (1) 以沖鑽法將內徑 7.8 公分套管沖洗到預定試驗位置上方約 1.5 公尺處，灌入稠皂土漿(Bentonite)以填充套管與孔壁之空隙，再以油壓靜力或輕擊方式將套管壓入 50 公分，以確保套管與孔隙間接觸良好。
- (2) 此時套管底端位置在試驗位置上方約 1 公尺，使用外徑 8.3 公分鑽頭沖洗至套管底端以下 1 公尺之試驗位置，沖洗過程中，鑽頭不斷旋轉儘量避免擾動試驗位置之土壤。
- (3) 待迴水穩定後，將栓塞管連接進水管，並放入至試驗位置，外套管底端以水壓膨脹栓塞封住，避免進水管與外套管產生流通之現象。
- (4) 採以定壓( $2\text{kg}/\text{cm}^2$ )灌水方式注水，並分別依 30、60、120、240、480、960 及 3600 秒記錄不同歷時之注水量。
- (5) 根據美國墾牧局所建議之下列公式可求出透水係數  $K$  值:

$$K=Q/(2* \pi H*L)/\text{Log}(L/r)$$

式中:

K=透水係數

Q=流入鑽孔內之注入量

L=試驗孔之長度

r=鑽孔之半徑

H=水頭差,  $H=H_{\text{重力}} + H_{\text{壓力}}$

### 3.試驗結果

灌漿前五個沉箱隔艙於鑽探時，分別在上下兩個深度進行地層滲透係數之測定，結果顯示滲透係數相差不大為  $1.17 \times 10^{-3} \sim 8.33 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 。灌漿後在各個沉箱隔艙分別就 1 米、10 米或 20 米厚之地層進行滲透試驗，其滲透係數較灌漿前有大幅度之降低，約變為原來之 1/10 或 1/100。此次之灌漿試驗整體成效雖不佳，但由滲透係數之大幅降低，可知有甚多之孔隙為水泥漿液所填滿。表 5.4.1 及表 5.4.2 為灌漿前與灌漿後沉箱內砂礫級配層透水試驗結果。

表 5.4.1 灌漿前沉箱內砂礫級配層透水試驗結果表

試孔編號	試驗編號	試驗時間	試驗深度	地質狀況	滲透係數 (cm/sec)
A2	A2-1	88/10/11	4 5 米	碎石級配夾卵礫石	$2.91 \times 10^{-3}$
A2	A2-2	88/10/12	14 15 米	碎石級配夾卵礫石	$2.83 \times 10^{-3}$
B2	B2-1	88/10/13	8 9 米	沈泥質砂夾卵礫石	$1.51 \times 10^{-3}$
B2	B2-2	88/10/14	16 17 米	碎石級配夾卵礫石	$1.17 \times 10^{-3}$
C2	C2-1	88/10/15	4 5 米	沈泥質砂夾卵礫石	$1.71 \times 10^{-3}$
C2	C2-2	88/10/15	14 15 米	沈泥質砂夾卵礫石	$4.01 \times 10^{-3}$
D2	D2-1	88/10/17	3 4 米	沈泥質砂夾卵礫石	$8.33 \times 10^{-3}$
D2	D2-2	88/10/17	13 14 米	沈泥質砂夾卵礫石	$3.42 \times 10^{-3}$
E2	E2-1	88/10/17	5 6 米	沈泥質砂夾卵礫石	$3.65 \times 10^{-3}$
E2	E2-2	88/10/17	15 16 米	碎石級配夾卵礫石	$4.22 \times 10^{-3}$

表 5.4.2 灌漿後沉箱內砂礫級配層滲漏試驗結果表

試孔編號	試驗編號	試驗時間	試驗深度	級配層膠結狀況	滲透係數 (cm/sec)
AH1	AH1-1	88/12/03	4 5 米	膠結差	$264 \times 10^{-4}$
AH1	AH1-2	88/12/03	14 15 米	膠結差	$2.18 \times 10^{-4}$
AH1	AH1-3	88/12/04	0 20 米	膠結差	$3.41 \times 10^{-5}$
AH3	AH3-1	88/12/04	5 6 米	膠結良好	$3.30 \times 10^{-4}$
AH3	AH3-2	88/12/07	15 16 米	膠結差	$4.50 \times 10^{-4}$
AH3	AH3-3	88/12/07	0 20 米	大部份膠結差	$8.42 \times 10^{-5}$
AH5	AH5-1	88/12/10	6 7 米	膠結差	$2.92 \times 10^{-4}$
AH5	AH5-2	88/12/11	16 17 米	膠結差	$4.42 \times 10^{-4}$
AH5	AH5-3	88/12/11	0 20 米	大部份膠結差	$7.84 \times 10^{-5}$
BH1	BH1-1	88/12/02	8 9 米	約 50% 膠結差	$6.34 \times 10^{-5}$
BH1	BH1-2	88/12/04	15 16 米	約 40% 膠結差	$1.47 \times 10^{-4}$
BH1	BH1-3	88/12/04	19 20 米	膠結差	$3.53 \times 10^{-4}$
BH1	BH1-4	88/12/04	0 20 米	約 60% 膠結差	$3.92 \times 10^{-5}$
BH3	BH3-1	88/12/05	0 10 米	膠結尚可	$2.53 \times 10^{-5}$
BH3	BH3-2	88/12/06	0 20 米	膠結尚可 (RQD=60%)	$1.64 \times 10^{-5}$
BH4	BH4-1	88/11/23	5 6 米	膠結良好	$2.05 \times 10^{-5}$
BH4	BH4-2	88/11/24	10 11 米	膠結良好	$1.59 \times 10^{-5}$
BH4	BH4-3	88/11/25	19 20 米	膠結良好	$1.82 \times 10^{-5}$
CH1	CH1-1	88/11/26	4 5 米	膠結差	$1.32 \times 10^{-4}$
CH1	CH1-2	88/11/27	14 15 米	膠結差	$1.27 \times 10^{-4}$
CH1	CH1-3	88/11/28	19 20 米	膠結差	$1.14 \times 10^{-4}$
CH1	CH1-4	88/11/28	0 20 米	膠結差	$5.47 \times 10^{-5}$
DH2	DH2-1	88/11/22	3 4 米	約 50% 膠結差	$1.99 \times 10^{-4}$
DH2	DH2-2	88/11/24	13 14 米	膠結差	$1.99 \times 10^{-4}$
DH2	DH2-3	88/11/26	18 19 米	膠結差	$2.49 \times 10^{-4}$
EH1	EH1-1	88/11/18	5 6 米	膠結良好	$3.86 \times 10^{-5}$
EH1	EH1-2	88/11/20	15 16 米	膠結差	$1.70 \times 10^{-4}$
EH1	EH1-3	88/11/21	19 20 米	膠結尚可	$1.09 \times 10^{-4}$
EH5	EH5-1	88/11/29	7 8 米	膠結差	$2.32 \times 10^{-4}$
EH5	EH5-2	88/11/30	12 13 米	膠結良好	$1.02 \times 10^{-4}$

## 5.5 室內超音波與抗壓試驗

為了解沉箱內砂礫級配層經灌漿改良後之強度特性，我們將第二艙所取得之成型岩心，裁成 5x10cm 之圓柱形試體，進行室內之超音波量測與抗壓強度試驗，試驗結果顯示雖然均為固結成型之試體，但因試體所含成份之不同，其強度與波速有很大之差異。就所有試體加以觀察分析，可知含礫石較多或較重之試體，有較高之抗壓強度及波速。17 組試體之試驗結果如表 5.5.1 所示，其波速為 2500m/sec~3900m/sec，抗壓強度為 98~494kg/cm<sup>2</sup>，圖 5.5.1 為岩心試體波速與抗壓強度之關係圖，顯示其間並未有良好之線性關係。

表 5.5.1 蘇澳港沉箱灌漿試驗鑽心試體超音波速與抗壓試驗結果

試體編號	試樣深度 (m)	試體長度(cm)	音波傳遞時間 (10 <sup>-6</sup> sec)	波速 (m/sec)	抗壓強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	備註
BH1-1	3.0~6.85	9.8	27.6	3551	494	
BH1-2	3.0~6.85	9.8	29.0	3379	420	
BH1-3	7.0~8.5	9.7	29.1	3333	293	
BH2-1	0.0~2.0	9.5	28.6	3322	332	
BH2-2	3.4~4.8	9.6	25.0	3840	428	
BH2-3	5.0~6.3	9.7	27.8	3489	255	
BH2-4	7.6~9.5	9.6	28.3	3392	122	
BH2-5	13.8~14.5	9.6	24.4	3934	108	
BH2-6	17~18.6	9.5	33.9	2802	98	
BH3-1	2.7~3.7	10.0	32.6	3067	162	
BH3-2	7.3~8.0	10.1	36.5	2767	169	
BH3-3	14.3~15.3	9.8	30.0	3267	250	
BH3-4	17.0~20.0	10.0	38.7	2584	265	
BH4-1	0.0~1.0	9.8	33.4	2934	170	
BH4-2	2.2~3.6	9.6	28.6	3357	151	
BH4-3	5.4~7.0	9.8	28.4	3451	108	
BH4-4	16.5~20.0	10.0	27.5	3636	202	

## 5.6 注入率之決定

灌漿工程注入率之決定，一般先根據鑽探試驗結果估量，然後再由現地試灌之結果加以修正，本研究地層由於鑽探試驗時土樣採取不易，因此鑽探試驗結果可能與實際情形有些許差異，試驗土樣之孔隙比為 0.21~0.67，其平均值為 0.40，孔隙率約為 29%。

於本研究試驗若以現地施灌較良好之第二艙試驗結果反推灌入率，其實際之灌入率為 27.3%，但若考慮本試驗灌漿孔並非就整個艙作均勻佈置，加上試驗時使用之終灌壓力並未使整個隔艙獲致均勻且良好之固結成效，因此若考慮此次現地試驗整艙之灌滿率僅達成 70%~75%，則整艙之灌入率應修正為 36.4%~39%，前述推求之灌入率並未考慮沉箱內級配層之沉陷體積，若該沉陷體積於將來施工時亦採用灌漿方式，則整艙之灌入率又必須根據各個沉箱之實際沉陷狀況加以調整。

## 5.7 建議之灌漿工法

本研究以五種灌漿工法進行研究試驗，灌漿後經以岩心取樣、超音波檢測及滲透係數檢測等方法比較其灌漿成效後，我們認為在此種沉箱內砂礫級配層之灌漿，灌漿材料若使用 1:1 純水泥漿而不添加任何化學藥劑或使用超細水泥時，最佳工法應是導管工法。

由試驗過程可以了解在該種砂礫級配層以導管工法灌漿，其漿液之滲透距離應可達 2 米以上，為達到較好之灌漿成效，其終灌壓力應提高至 15~25kg/cm<sup>2</sup>。而施工品質之檢驗我們認為不必採用需耗費甚多經費與時間之岩心取樣方法，根據本研究結果認為可考慮使用經濟方便省時之超音波檢測，該法只須利用灌漿之導管來進行檢測試驗，由查核超音波檢測所量測之音波圖形是否均勻來研判地層是否需要補灌。導管灌漿施工時對下列各項應多加注意，才能獲得較好之施工品質與成效。

- 1.灌漿順序:正確之灌漿順序將可增進灌漿之成效，灌漿孔順序之安排，原則上應以能減少灌漿時水泥漿需滲透之距離為宜。
- 2.透氣孔之設置:沉箱為一密閉空間，若未有透氣孔之設置，漿材將難以灌入。
- 3.適宜 C/B 漿配比:配比應使水泥膨土漿凝固後有相當之強度，以利超音波檢測時波之傳遞，且能於灌漿壓力下破裂，形成通路以利灌漿實施。
- 4.保護蓋之設置:保護蓋可防止雜物掉入導孔內，妨礙灌漿工作之進行。
- 5.完成條件之遵守:灌漿時終灌壓力與流量應符合完成條件時，才能停止灌漿否則將影響灌漿成效。
- 6.導管材質與裝設過程之品質:導管之材質與施工若不佳，將造成導管於灌漿階段損壞及無法形成逆止閥之作用。
- 7.洗管應徹底:導管於各階段灌漿後，若未能徹底清洗乾淨，將妨礙重復灌漿之執行。
- 8.工作人員應具純熟之技術與經驗:唯有具純熟技術與經驗之工作人員，才能應付各種突發狀況，並確保施工之品質。

## 5.8 施工經費之估算

蘇澳港南防波堤沉箱灌漿之施工，若採用經本研究建議之導管灌漿工法，灌漿材料使用 1:1 之純水泥漿，為使灌漿孔均勻分佈整個沉箱隔艙，以利較佳之灌漿成效，沉箱中間隔艙與兩端隔艙灌漿孔之佈置建議如圖 5.8.1 及圖 5.8.2 所示，假設每個隔艙均有四個灌漿孔位在沉箱頂上，另有三個灌漿孔位在胸牆上，灌入率若定為本研究建議之 36.4% 或 39%，而各項灌漿工程之施工單價按照本中心執行本試驗工程之單價來估算，則不考慮沉箱內級配料沉陷體積之情況下，每個沉箱之總灌漿費用依灌入率為 36.4% 或 39% 而分別為新台幣 513 萬或 542 萬，其各項費用估算如表 5.8.1，惟前項費用未包含沉箱壁之檢測費用。

表 5-8-1 沉箱導管灌漿施工經費估算表

灌入率	鑽孔費(1)	鑽孔費(2)	灌漿費	水泥費	總費用	備註
36.4%	34 萬	70 萬	265 萬	144 萬	513 萬	
39.0%	34 萬	70 萬	284 萬	154 萬	542 萬	

鑽孔費(1):RC 層鑽孔費用

鑽孔費(2):卵礫石層鑽孔費用



## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

1. JSP 工法施灌沉箱內之砂礫土層時，其施加之空氣壓力，將促使灌入之水泥漿受擠壓而順著相通之孔隙流至較遠處，因此 JSP 灌漿工法不易將灌入之漿液聚集固結成型，導致灌漿成效不佳。
2. CCP 灌漿工法用於一般砂土或黏土層之地質改良灌漿，其成效通常較 JSP 工法為差，但本研究於沉箱內砂礫石級配土層之灌漿卻產生相反結果，但 CCP 工法之噴射漿液易受大型礫石之阻擋，而使灌漿成效不是很好。
3. 鑽桿工法施灌於砂礫石級配土層時，由於土層內大小顆粒分佈不均勻，孔隙小之區域其灌入阻力較大，使得漿液不易滲入，造成灌漿成效不均勻。
4. 本研究試驗認為導管灌漿工法是將沉箱內砂礫層固結灌漿之最佳工法，其灌漿孔若佈置適宜且間隔不大於 1.8 米，終灌壓力使用  $15\sim 25\text{kg/cm}^2$ ，將可獲致良好之灌漿成效，其經固結後之固結體抗壓強度應可達  $100\text{kg/cm}^2$  以上，至於現地灌漿施工之成效檢測可使用經濟方便省時之超音波檢測，該法只須利用灌漿之導管來進行檢測試驗，由查核超音波檢測所量測之音波圖形是否均勻來研判地層是否需要補灌。
5. 若不考慮沉箱內級配料沉陷之體積，蘇澳港南防波堤沉箱內砂礫石級配地層之灌入率約為 36.4%~39%。
6. 沉箱鑽探時段，波壓變大且頻率有降低的現象。但是沉箱鑽探時波壓變大且頻率降低並未造成沉箱破壞。蘇澳港港外最大波高、相對週期各為 940cm、8.4sec；最大示性波高、相對週期各為 577cm、9.2sec。示性波高以介於 150 cm 200 cm 最多，約佔 23 %，其次為 200 cm 250 cm，約佔 22 %。週期主要分佈於 6 sec 8 sec，約佔 61 %，其次為 8 sec 10 sec，約佔 37 %。蘇澳港港外波向為 135 度。
7. 施工前後，沉箱之振動週期與波浪週期相近，約為 8 秒，沉箱之振動主要由

波浪所引起。但施工中，沉箱之振動受鑽探之影響，沉箱之主要振動週期約為 41 秒，沉箱之主要振動頻率有降低的現象，但是施工中沉箱主要振動頻率降低並未造成沉箱破壞。

## 6.2 建議

1. 導管工法之現地施工要獲得良好之品質，除須確實遵守施工規範外，操作工人也應有豐富之經驗及熟練之技巧，因此建議承商應有實績經驗，同時若能聘請顧問協助處理工地遭遇之各種因特殊地層狀況引致之問題，將對工程之施工有相當之助益。
2. 本研究試驗執行時，因執行多種不同試驗狀況，又進行較多之試驗孔數，但因受限於經費，灌漿試驗所使用之水泥僅為一般水泥，將來實際執行蘇澳港南防波堤沉箱灌漿施工時，若經費允許，水泥不妨考慮使用二型之抗硫水泥，以增強其抵抗海水侵蝕之能力。
3. 考慮南防波堤過去遭受颱風破壞之情況及分析波浪作用力之分佈，進行蘇澳港南防波堤沉箱灌漿改善工程之順序，我們建議以曾經遭受破壞之#23 及#19 兩座沉箱附近之沉箱優先。
4. 為有助於蘇澳港務分局制定沉箱灌漿之施工規範，本研究於附錄 F 提供一導管式固結灌漿之施工細則。

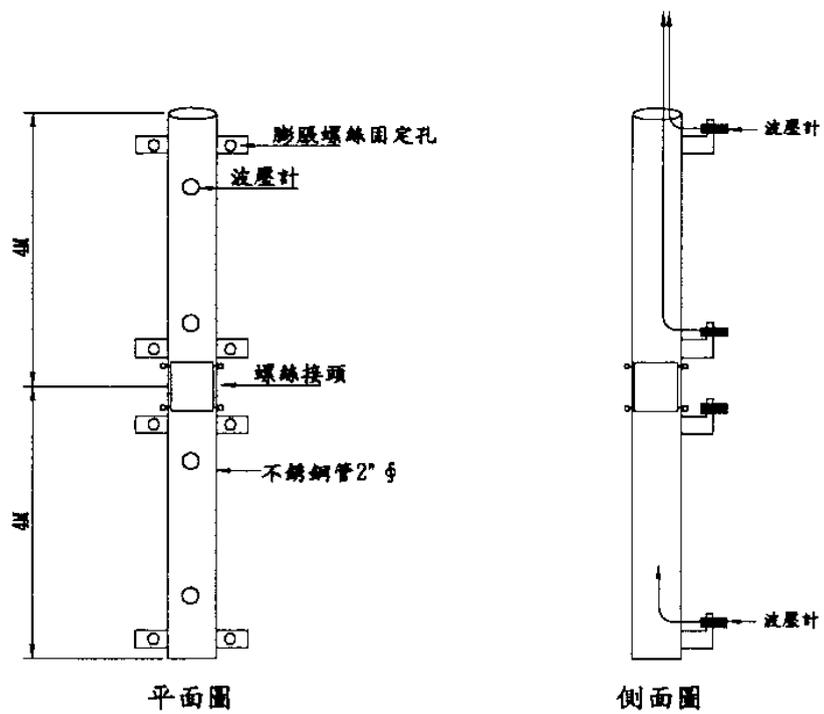
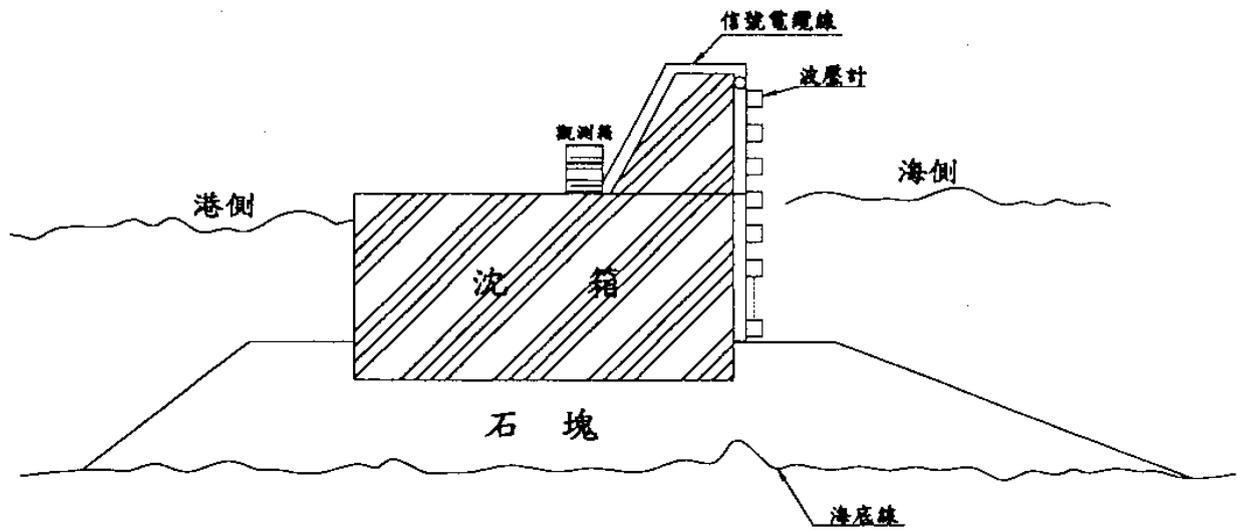


圖 3.1.1 沉箱壁波壓計裝設圖



圖 3.1.2 沉箱壁波壓計感應器及容量式波高計固定架



圖 3.1.3 沉箱壁容量式波高計



圖 3.1.4 沉箱壁波壓計及容量式波高計之資料擷取系統

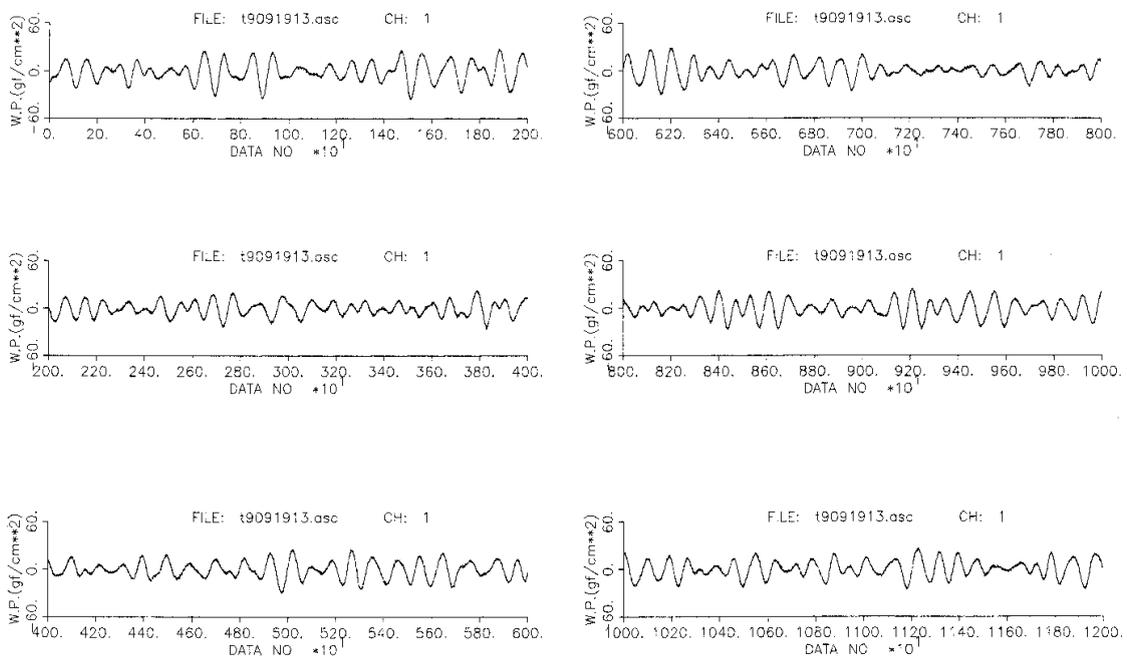


圖 3.1.5(a) 沉箱壁 88.9.19 13 時最深處波壓計波壓時序圖

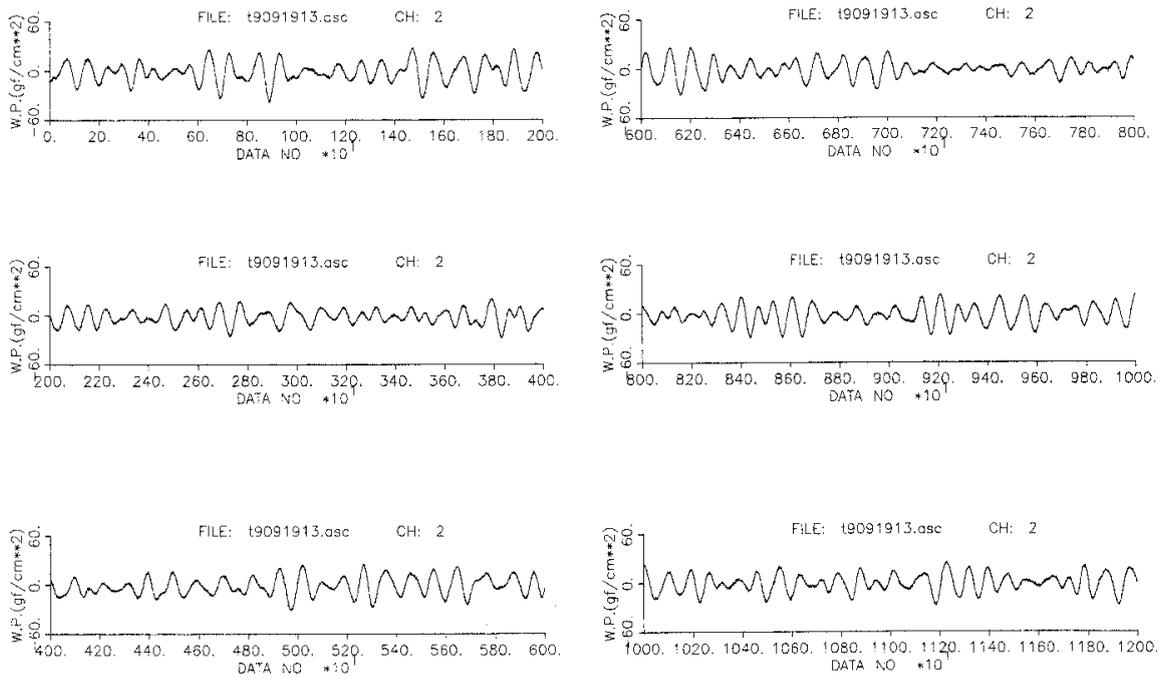


圖 3.1.5(b) 沉箱壁 88.9.19 13 時次深處波壓計波壓時序圖

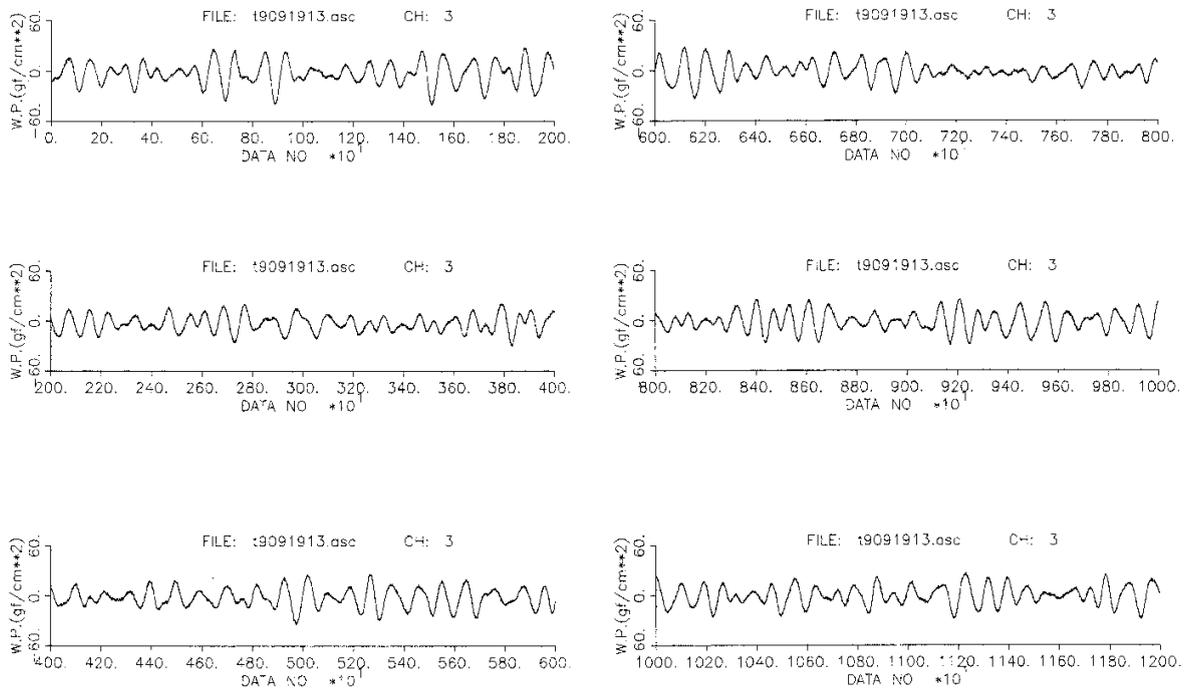


圖 3.1.5(c) 沉箱壁 88.9.19 13 時第三深處波壓計波壓時序圖

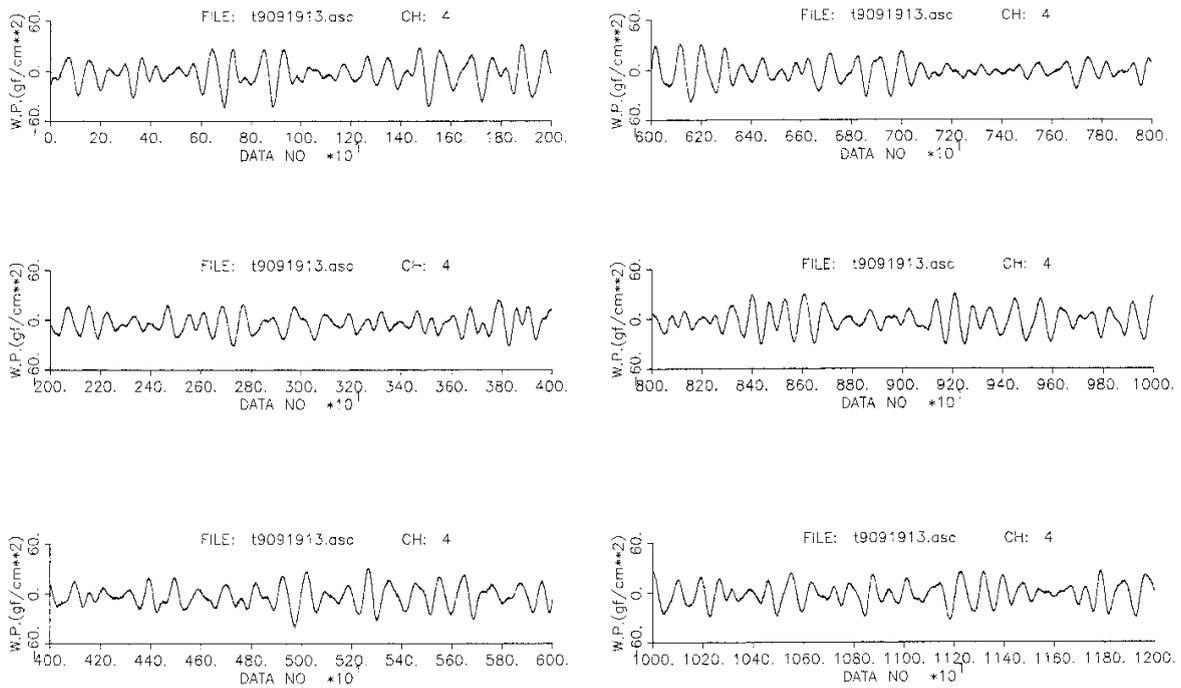


圖 3.1.5(d) 沉箱壁 88.9.19 13 時第四深處波壓計波壓時序圖

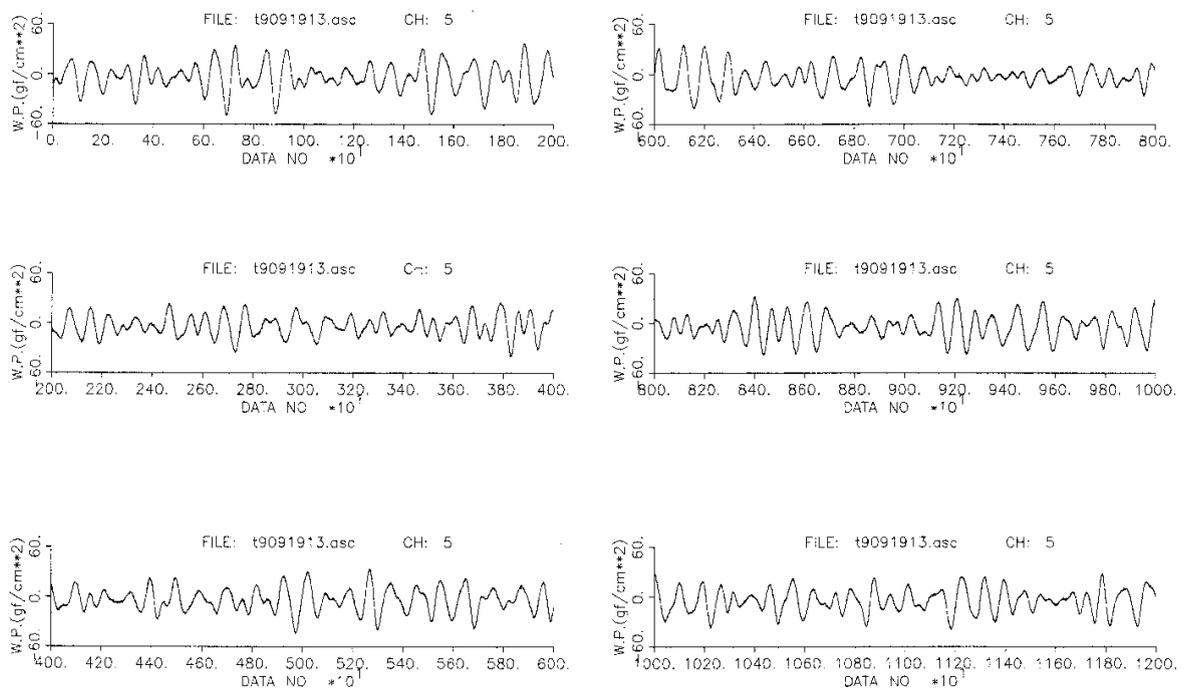


圖 3.1.5(e) 沉箱壁 88.9.19 13 時第五深處波壓計波壓時序圖

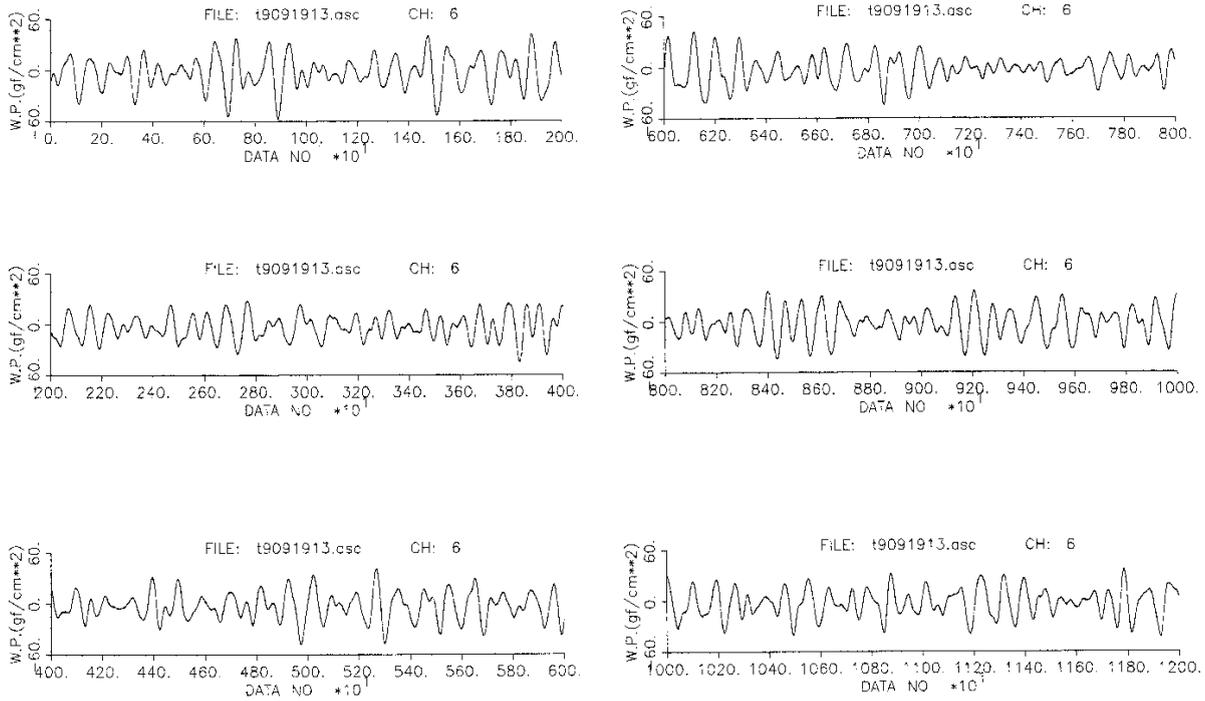


圖 3.1.5(f) 沉箱壁 88.9.19 13 時第六深處波壓計波壓時序圖

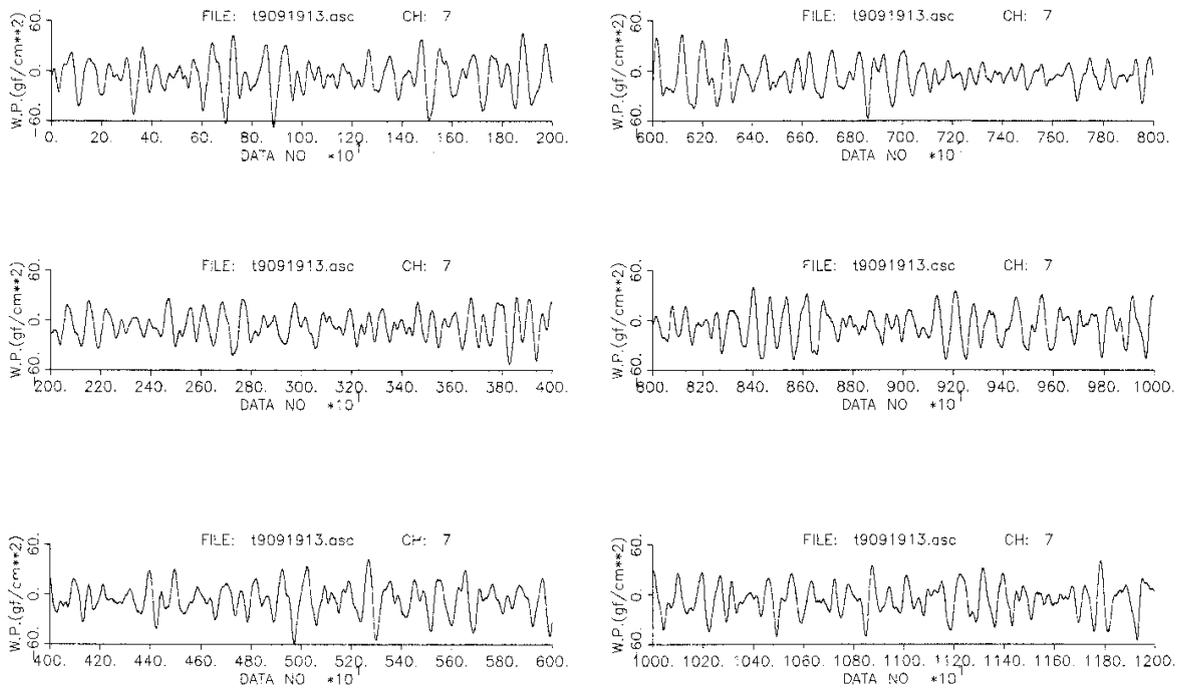


圖 3.1.5(g) 沉箱壁 88.9.19 13 時次淺處波壓計波壓時序圖

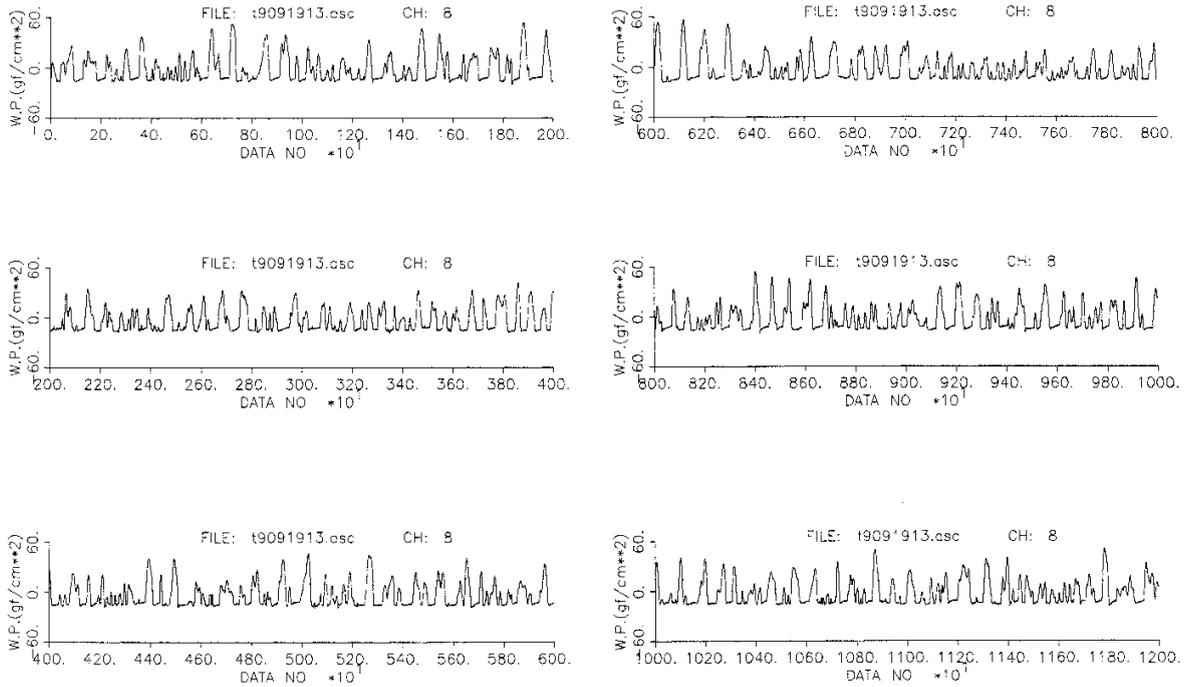


圖 3.1.5(h) 沉箱壁 88.9.19 13 時最淺處波壓計波壓時序圖

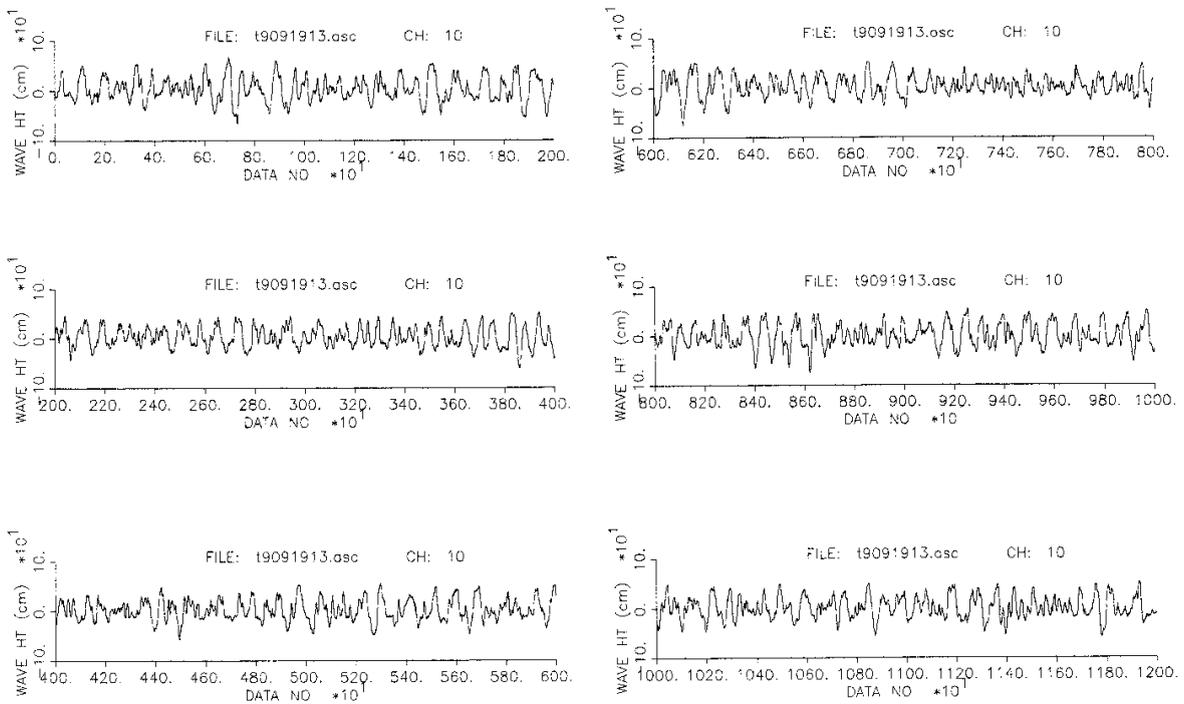


圖 3.1.6 沉箱壁 88.9.19 13 時容量式波高計時序圖

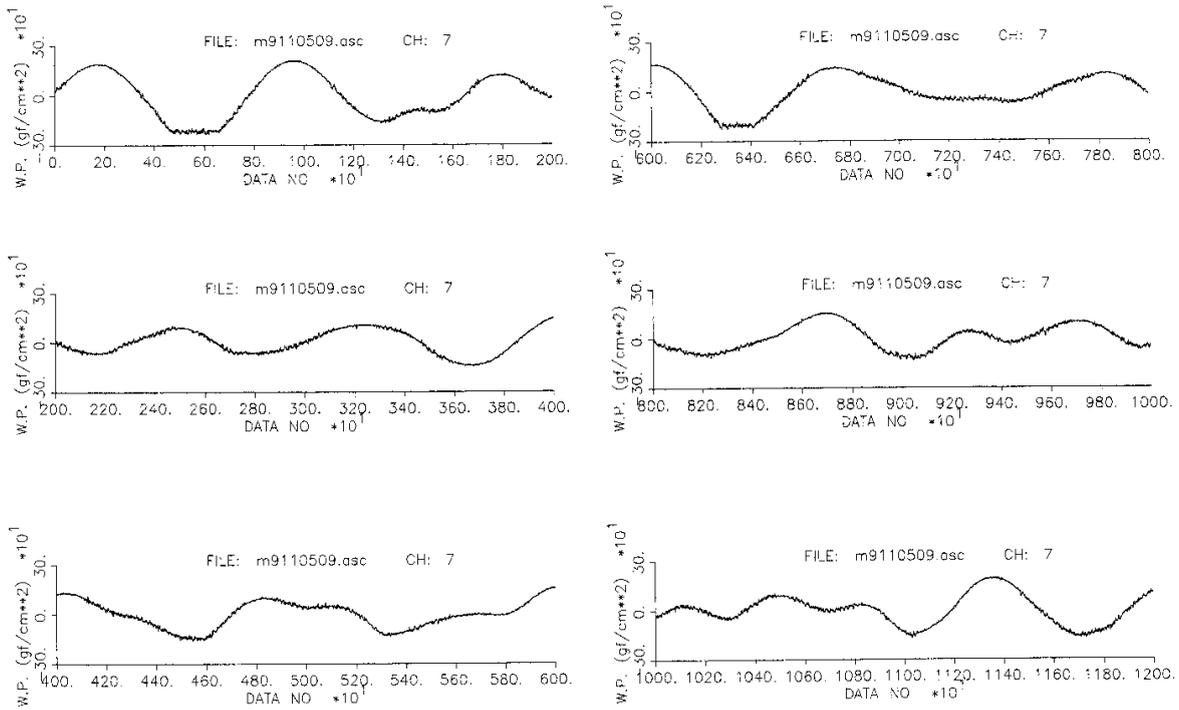


圖 3.1.7(a) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時最深波壓計波壓時序圖

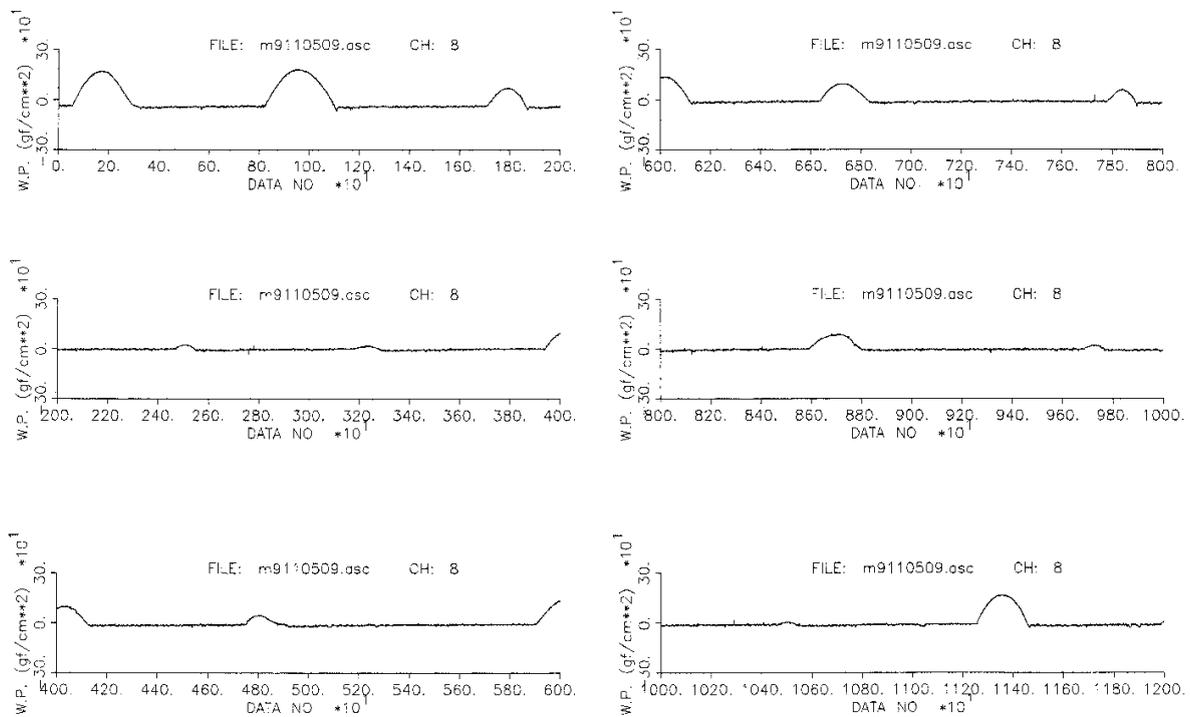


圖 3.1.7(b) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時次深波壓計波壓時序圖

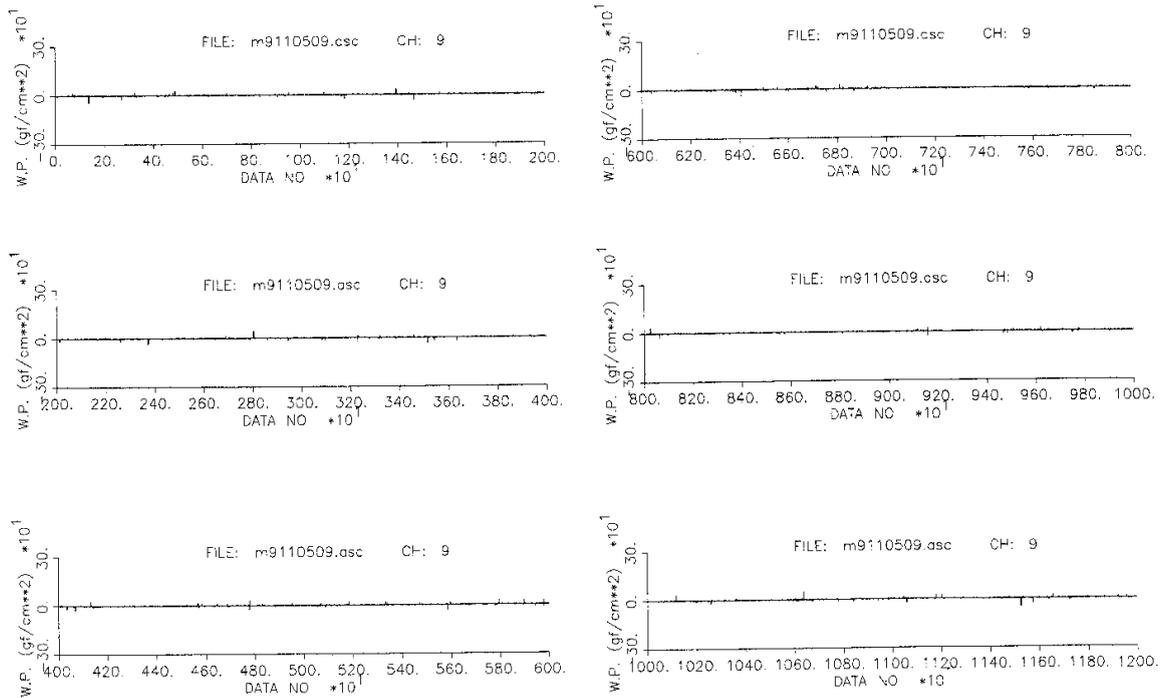


圖 3.1.7(c) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時第三深波壓計波壓時序圖

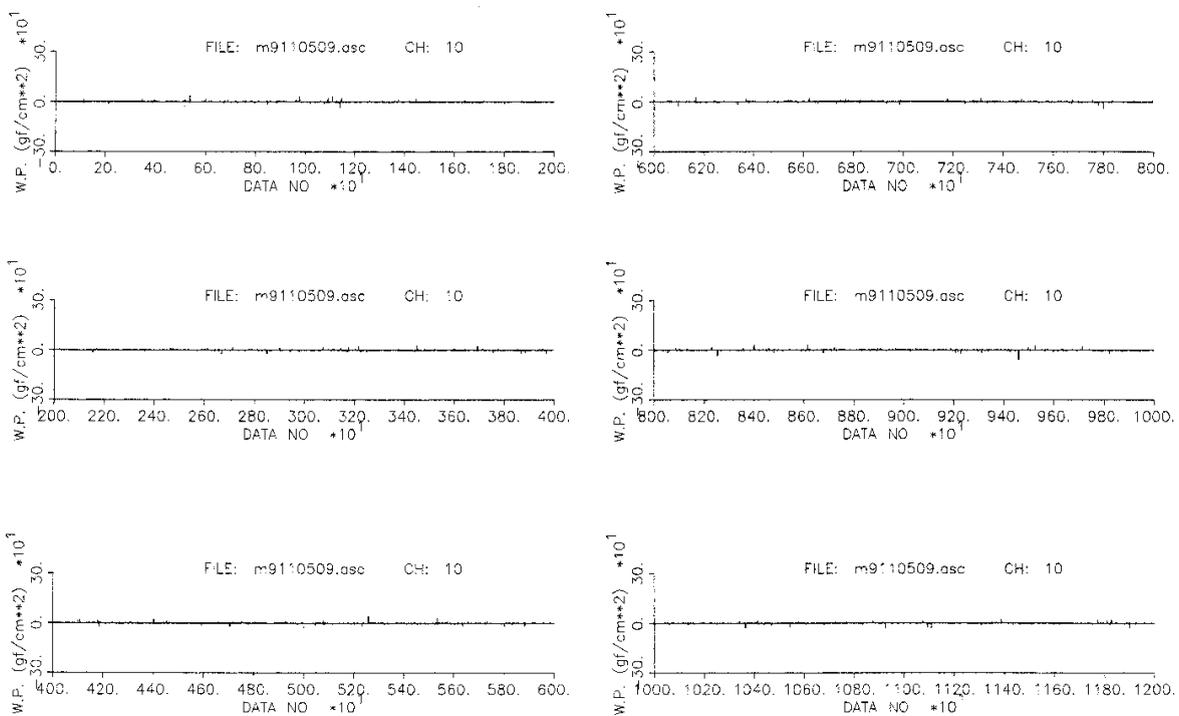


圖 3.1.7(d) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時第四深波壓計波壓時序圖

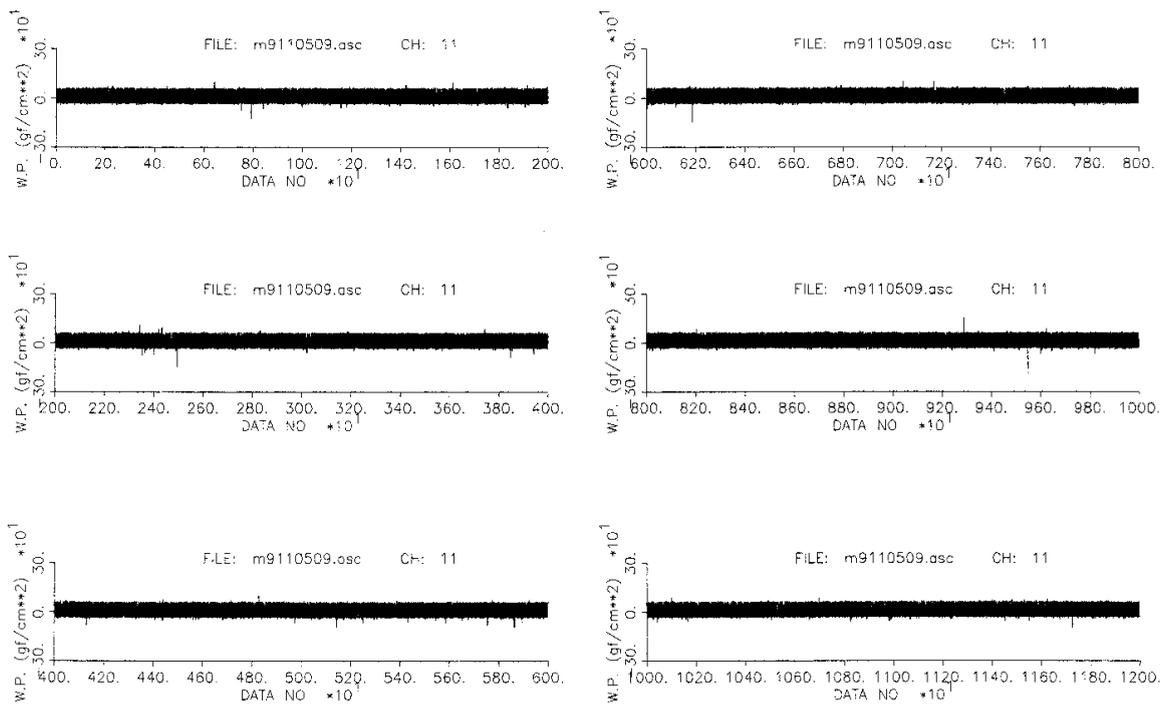


圖 3.1.7(e) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時第五深波壓計波壓時序圖

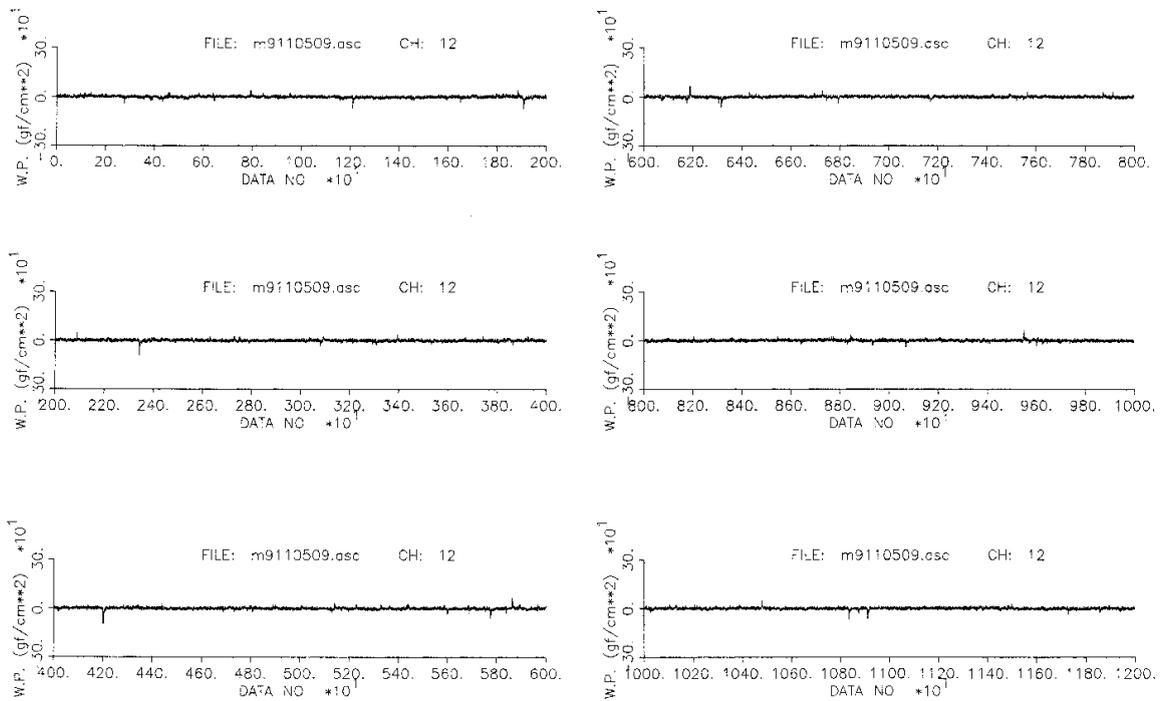


圖 3.1.7(f) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時第六深波壓計波壓時序圖

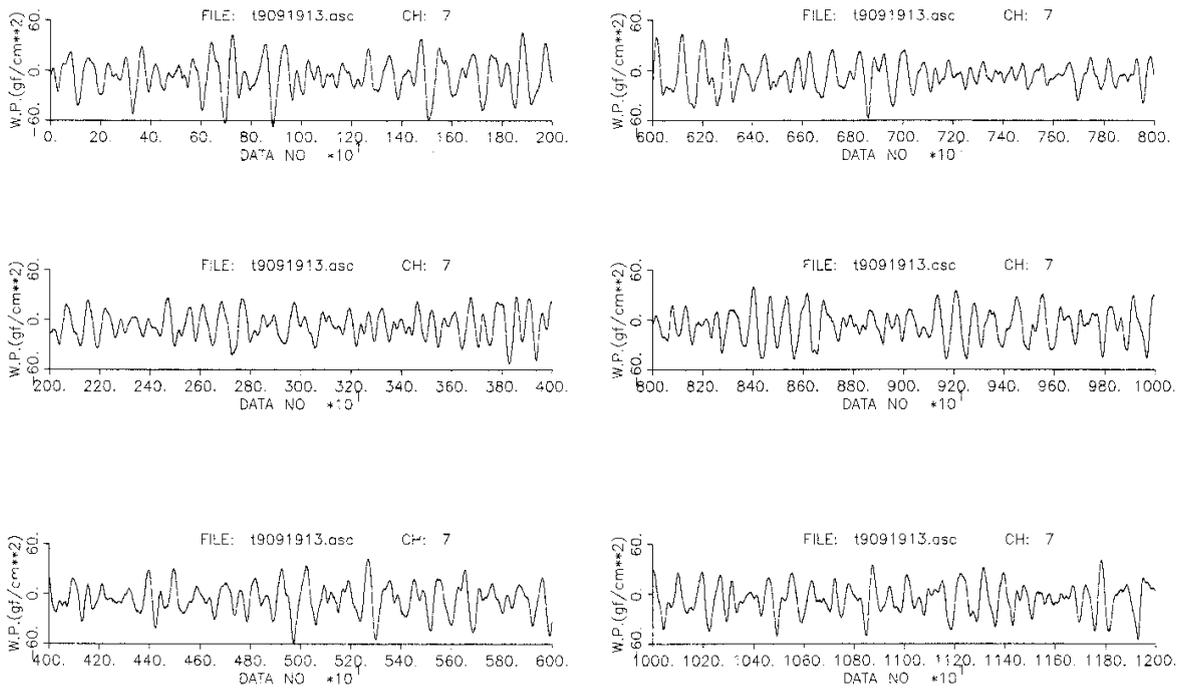


圖 3.1.7(g) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時次淺波壓計波壓時序圖

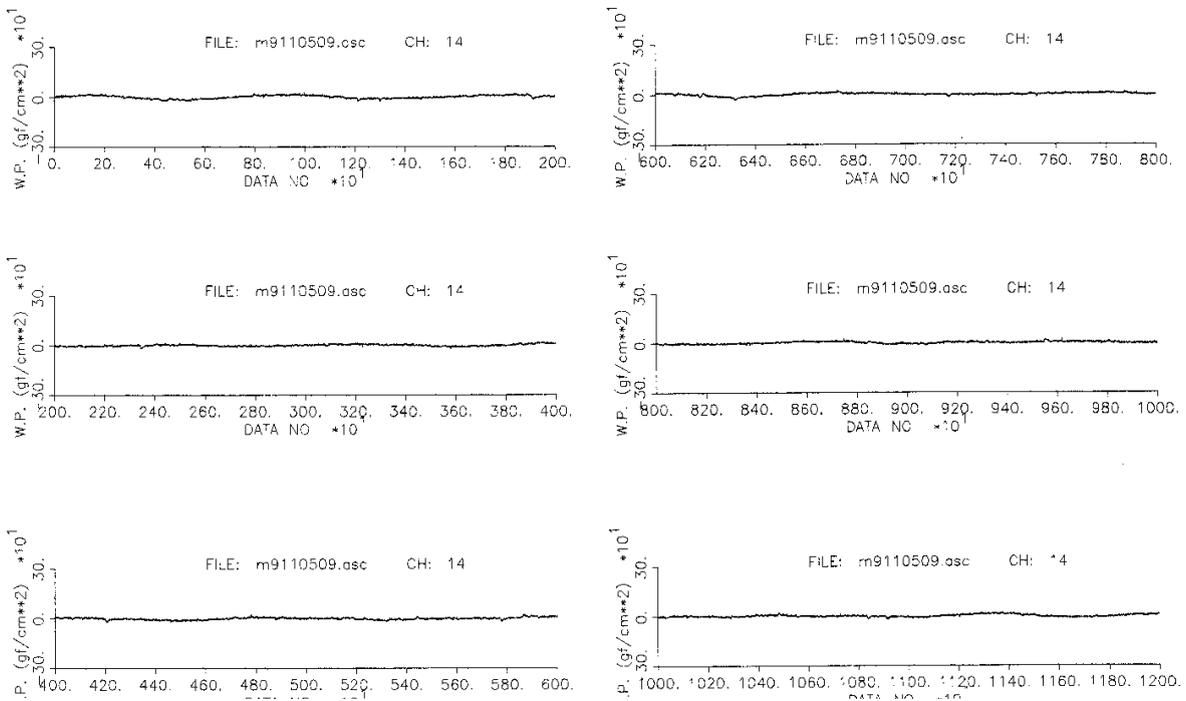


圖 3.1.7(h) 沉箱壁 88.11.5 9 時鑽探時最淺波壓計波壓時序圖

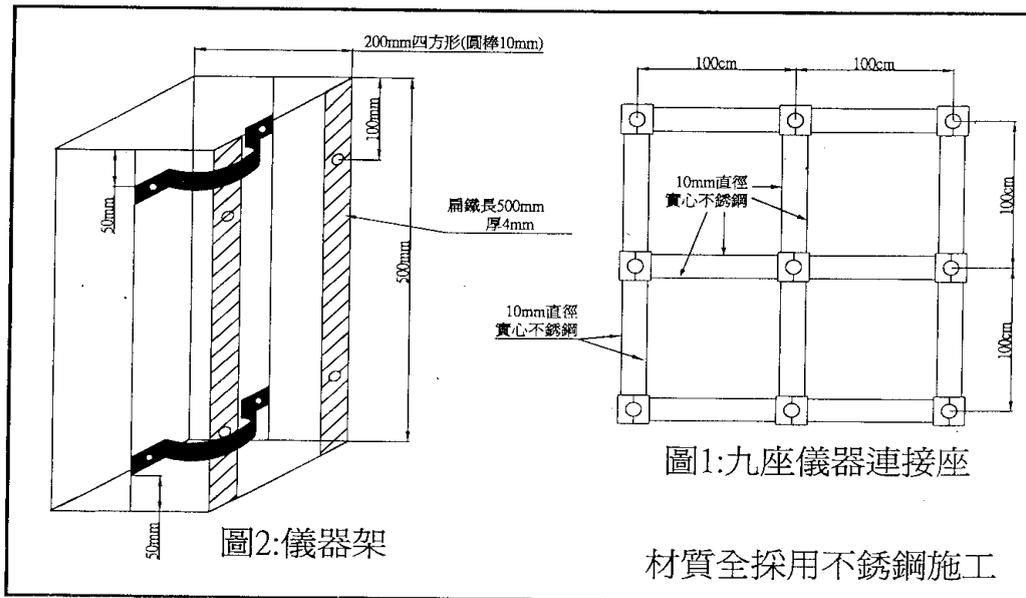


圖 3.2.1 陣列排列方式之壓力式波高計裝設圖



圖 3.2.2 陣列排列方式之壓力式波高計

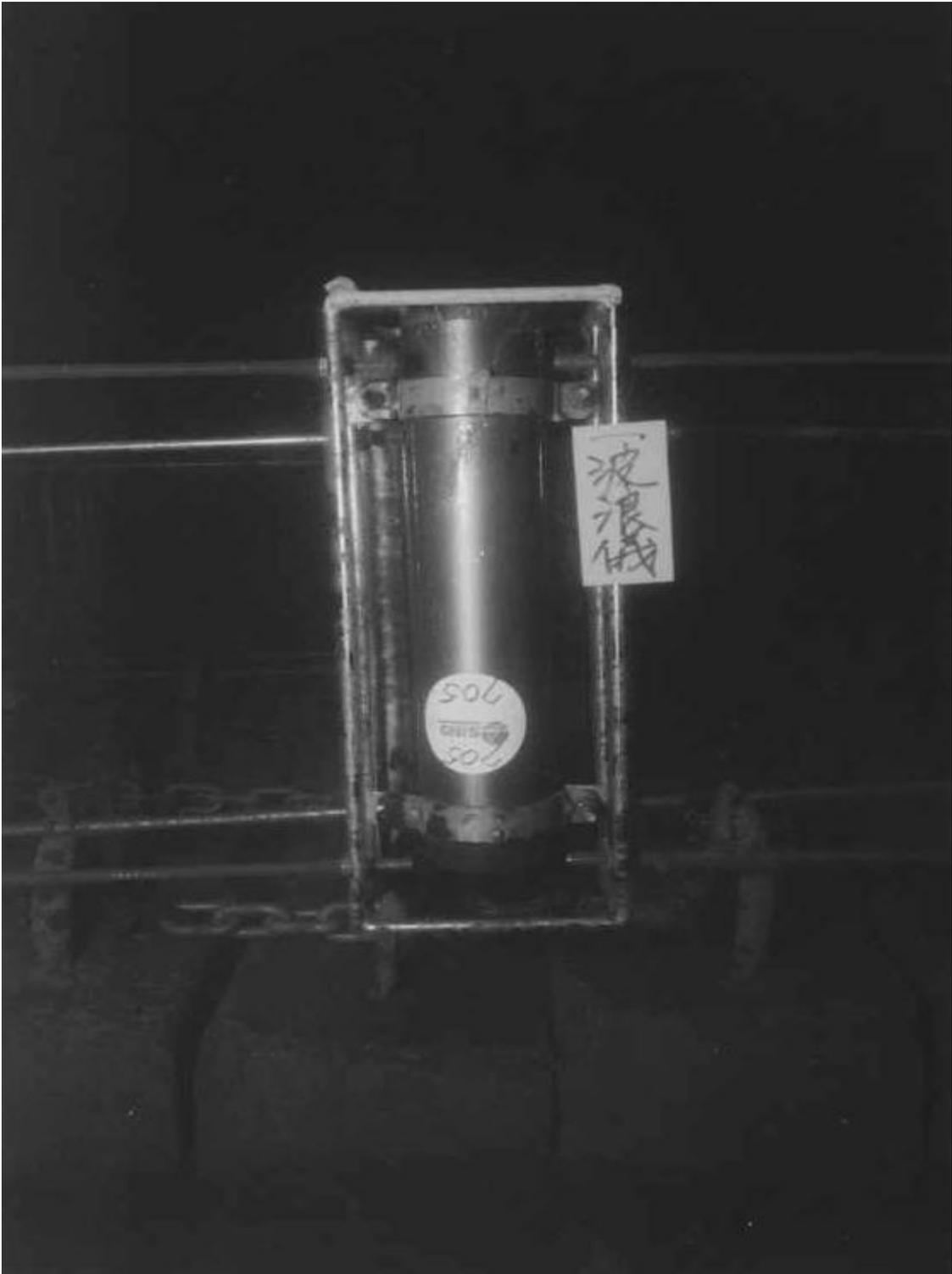


圖 3.2.3 壓力式波高計海下固定方式

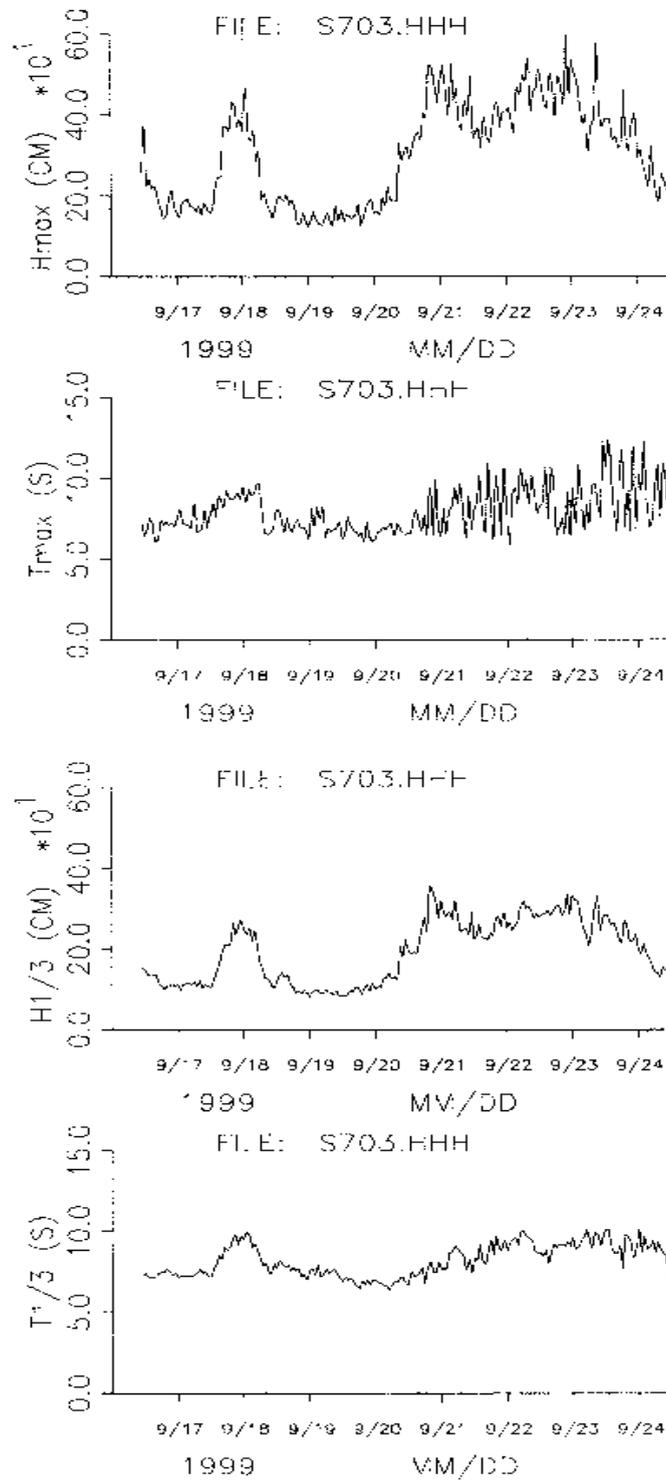


圖 3.2.4(a) 88 年 9 月蘇澳港港外波高、週期

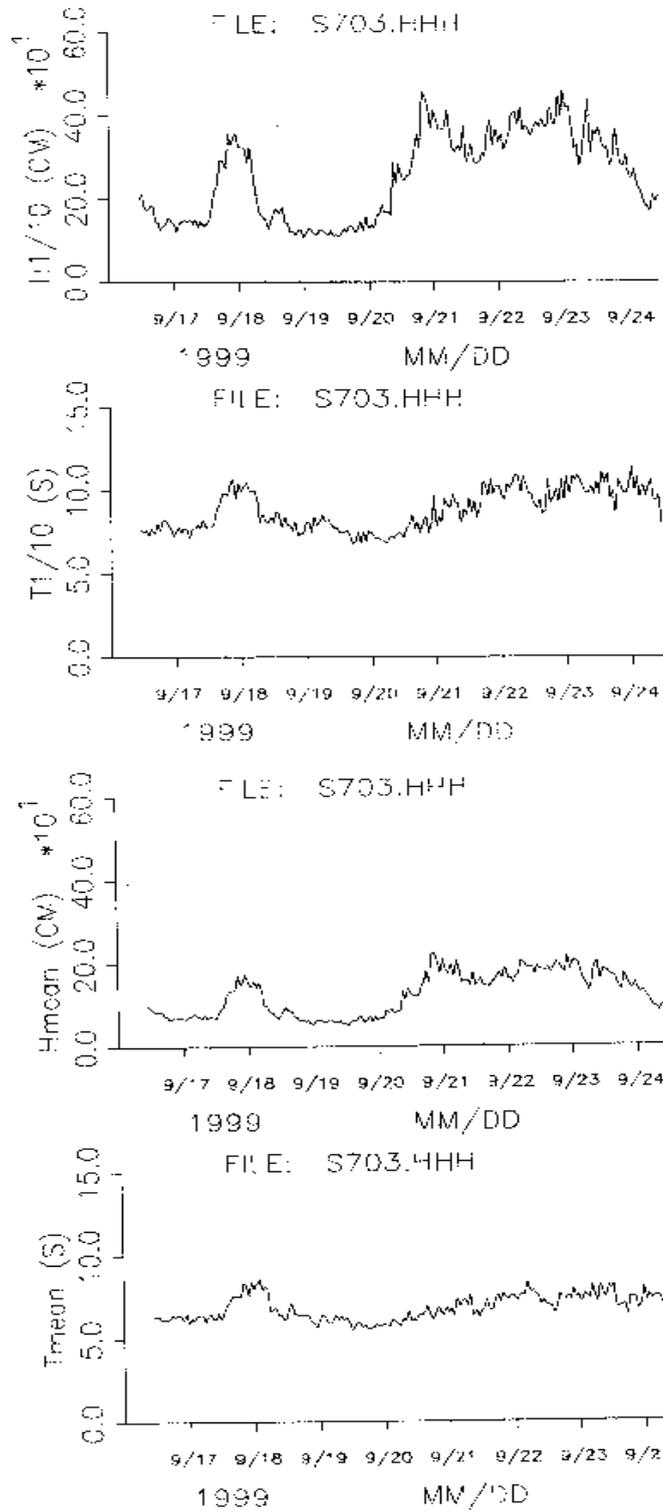


圖 3.2.4(b) 88 年 9 月蘇澳港港外波高、週期

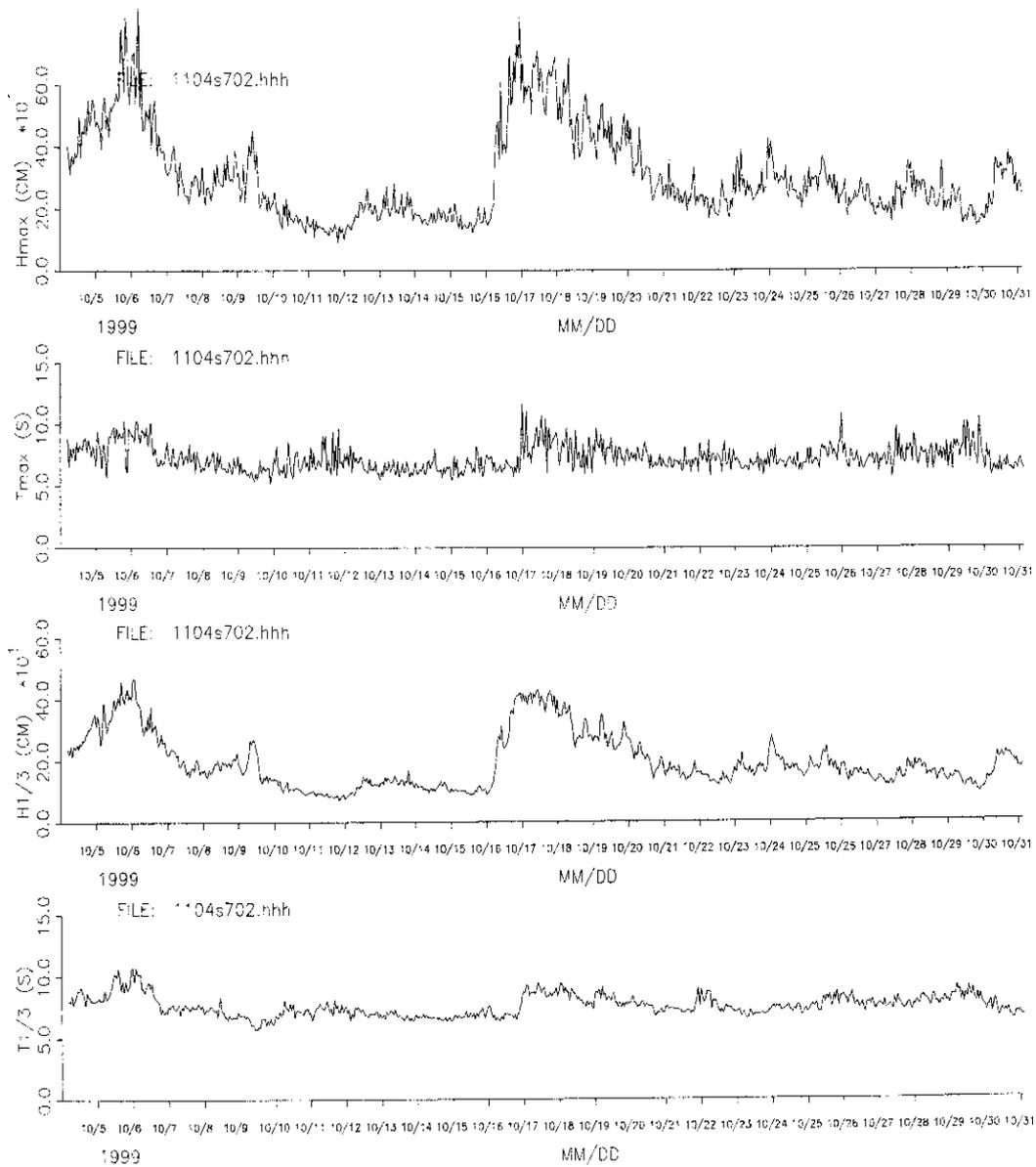


圖 3.2.5(a) 88 年 10 月蘇澳港港外波高、週期

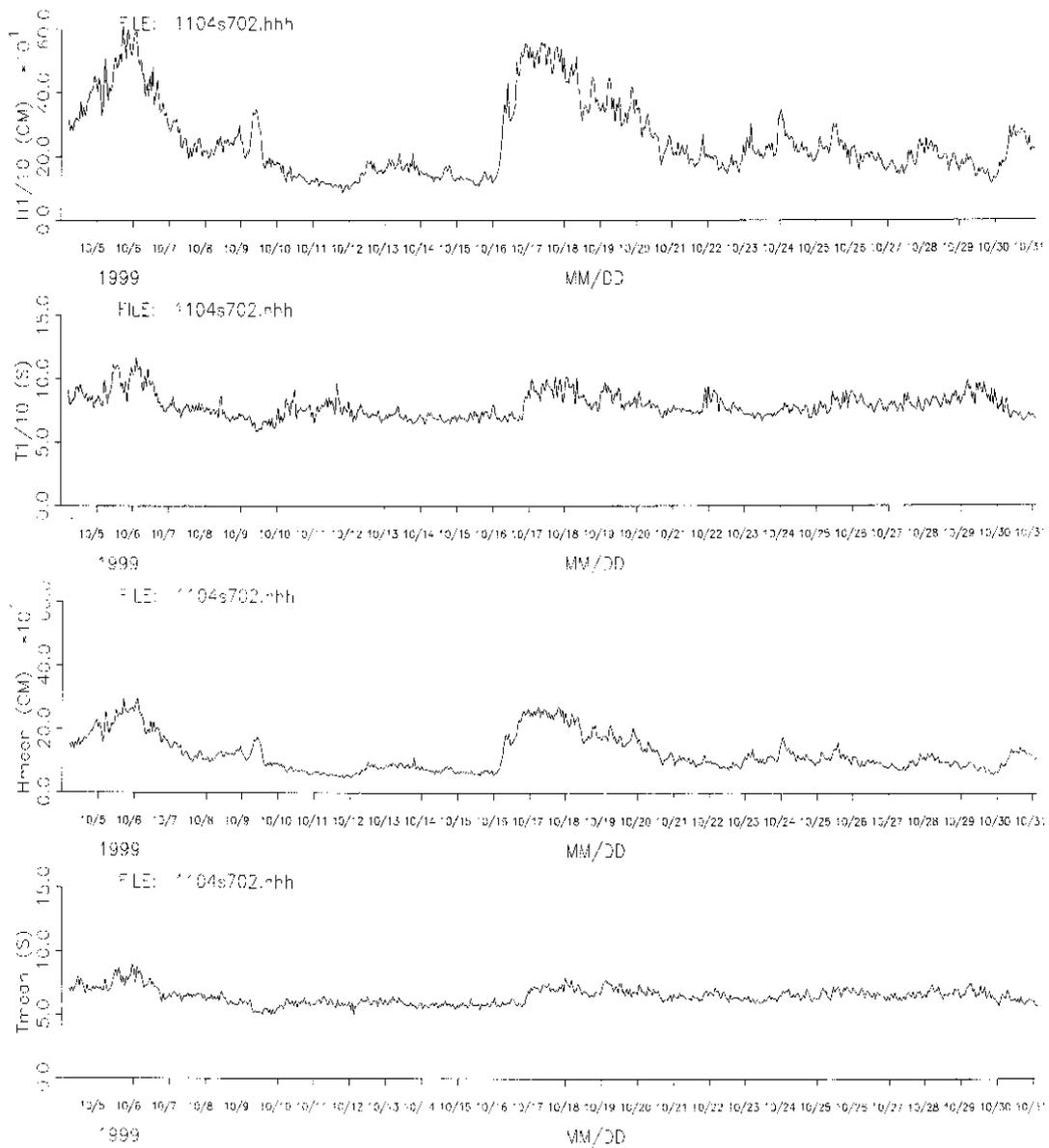


圖 3.2.5(b) 88 年 10 月蘇澳港港外波高、週期

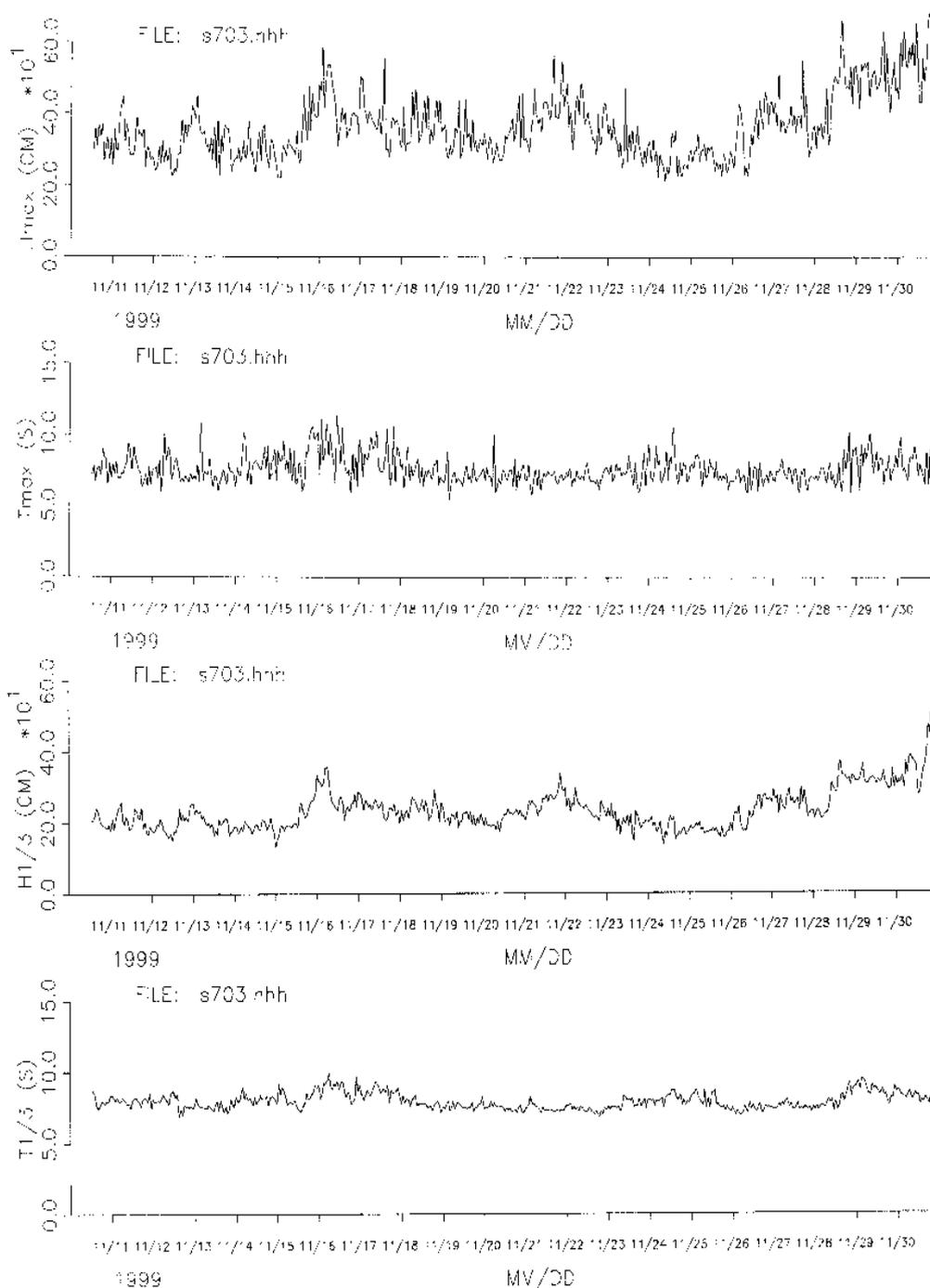


圖 3.2.6(a) 88 年 11 月蘇澳港港外波高、週期

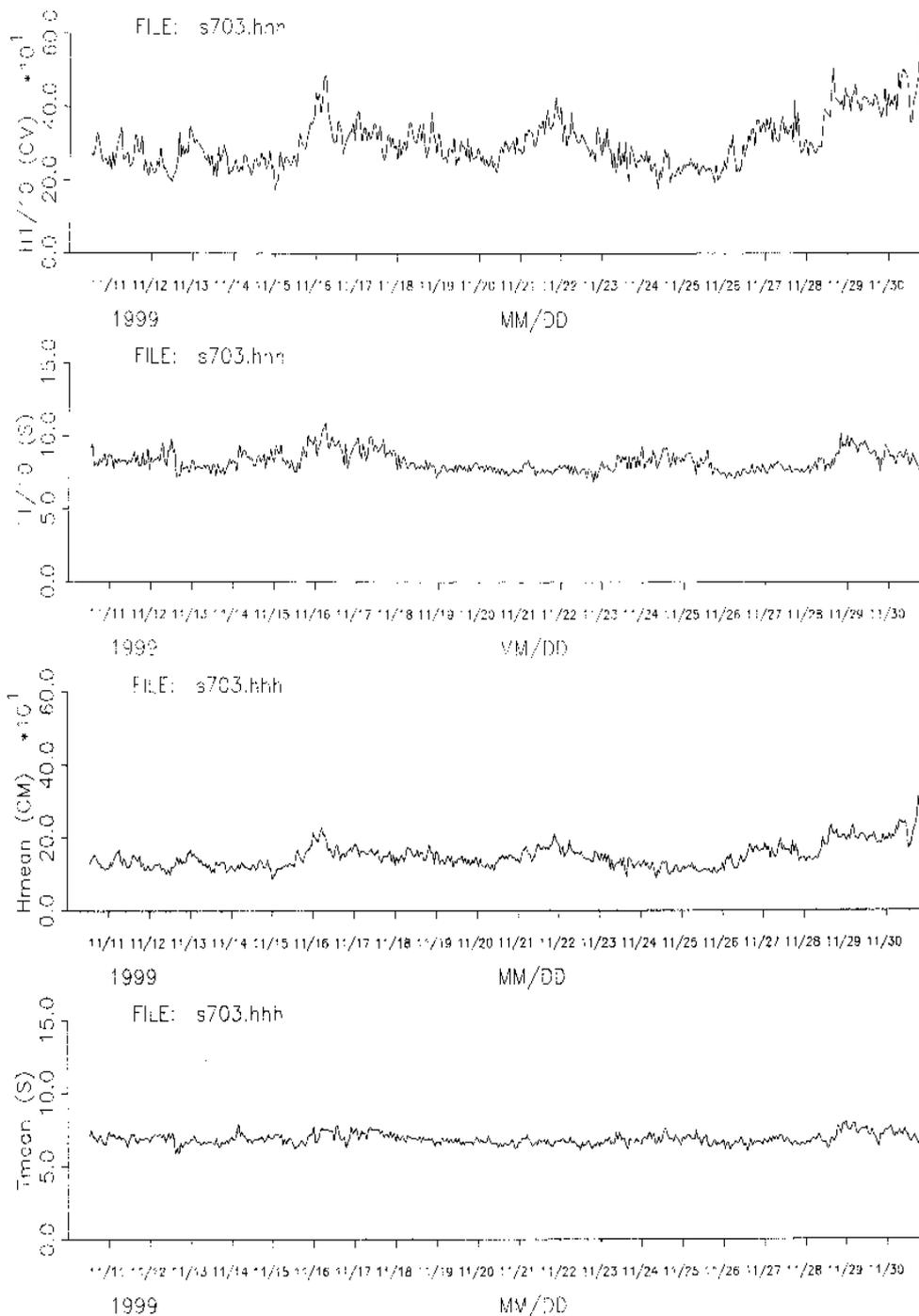


圖 3.2.6(b) 88 年 11 月蘇澳港港外波高、週期

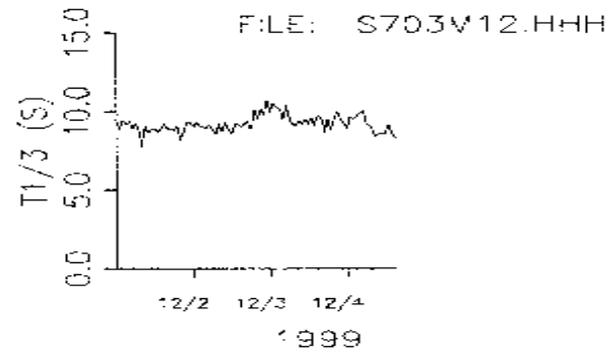
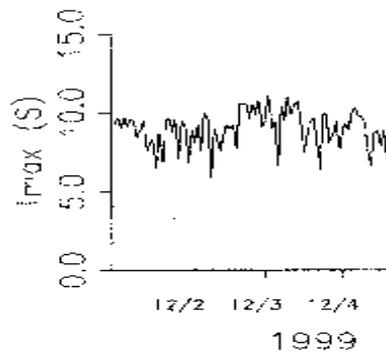
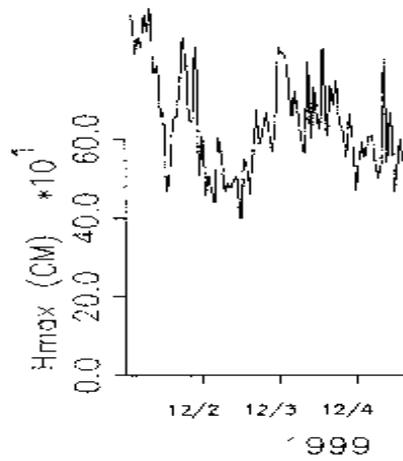
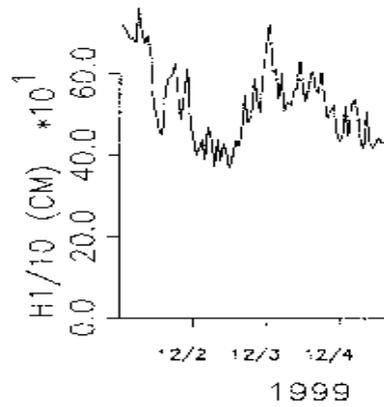
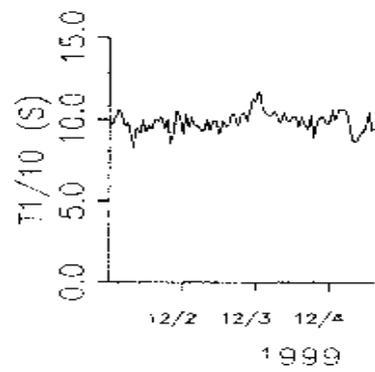


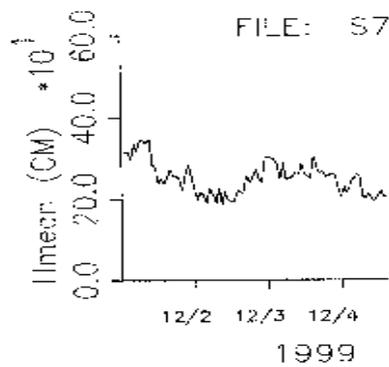
圖 3.2.7(a) 88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期



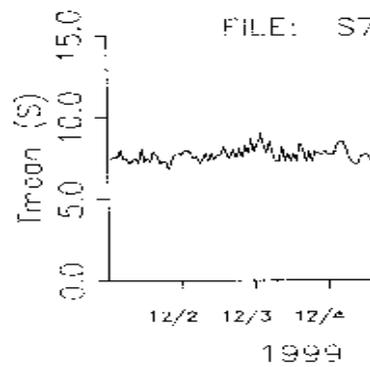
FILE: s703m12.hhh



FILE: s703m12.hhh



FILE: S703M12.HH



FILE: S703M12.HH

圖 3.2.7(b) 88 年 12 月蘇澳港港外波高、週期

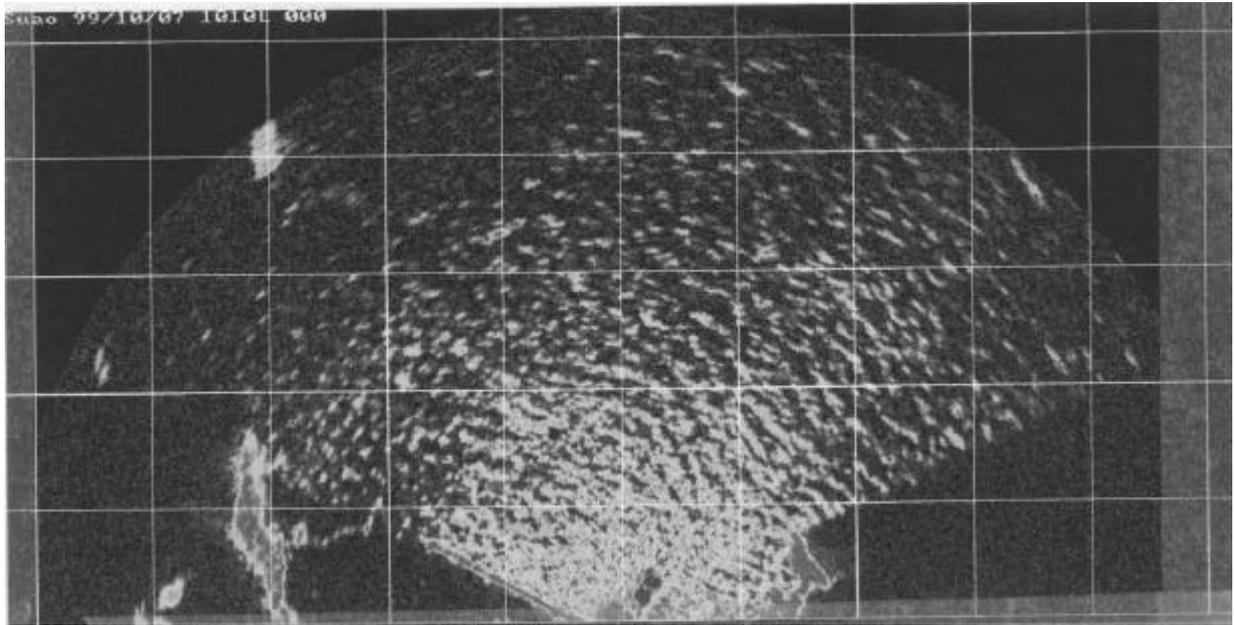


圖 3.2.8(a) 蘇澳港港外波向

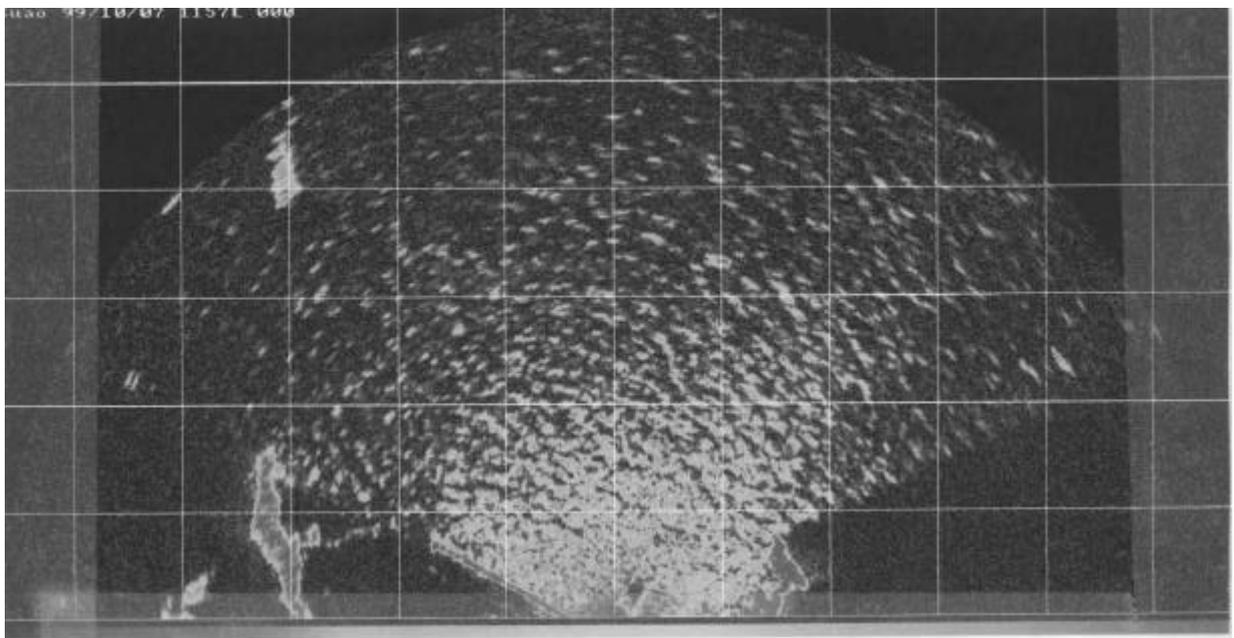


圖 3.2.8(b) 蘇澳港港外波向

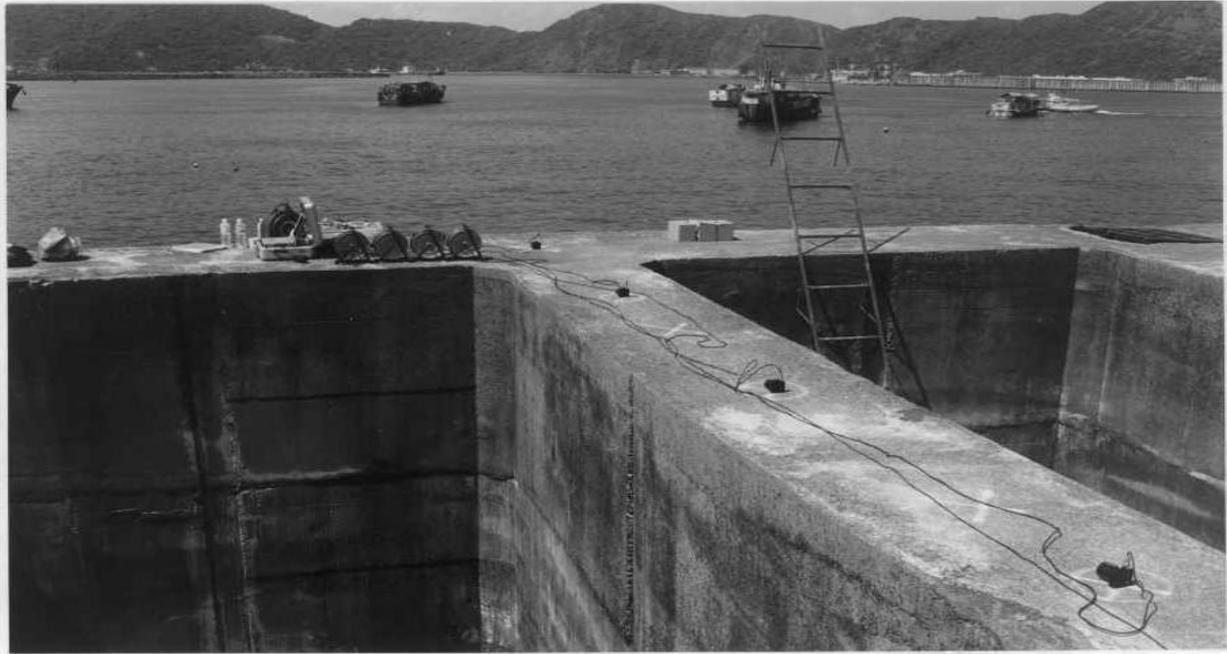


圖 3.3.1 沉箱振動監測微振動儀

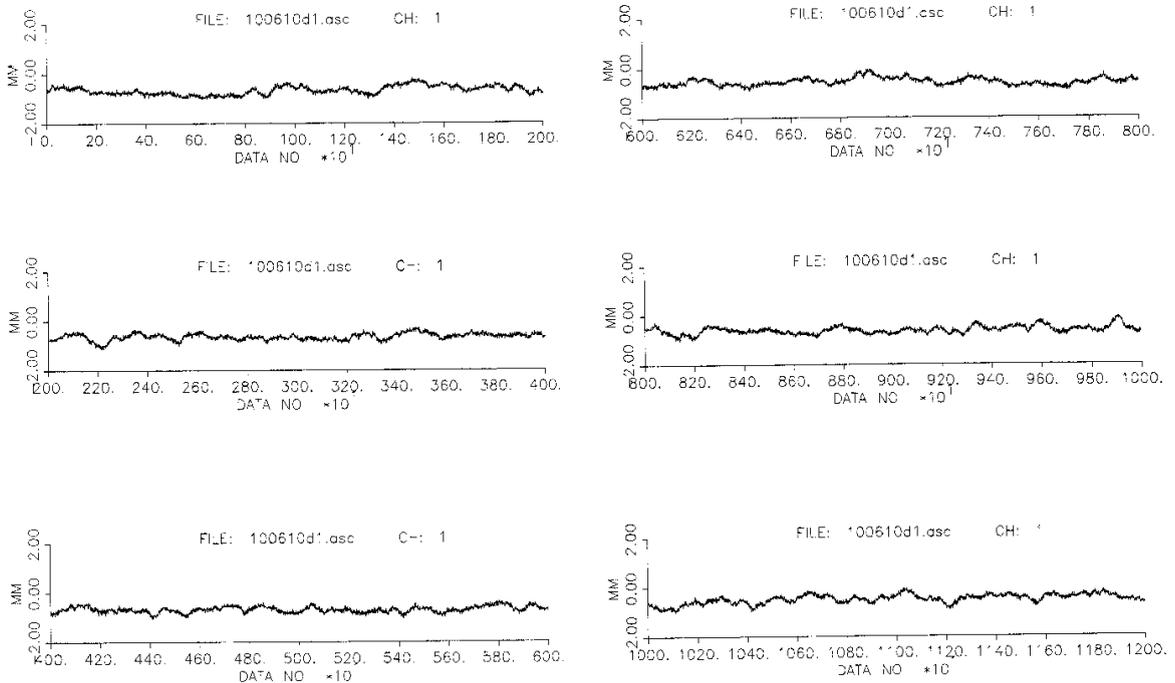


圖 3.3.2 沉箱振動位移時序圖

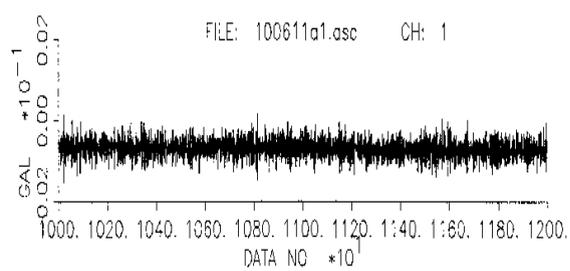
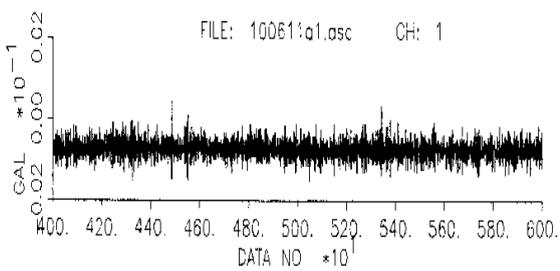
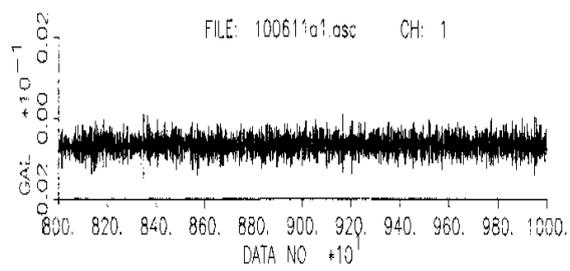
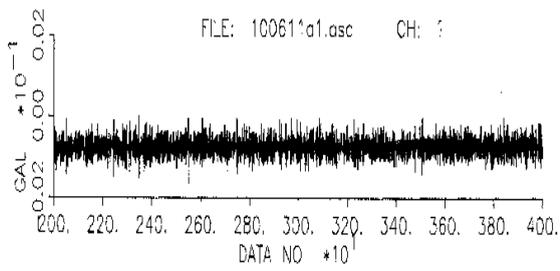
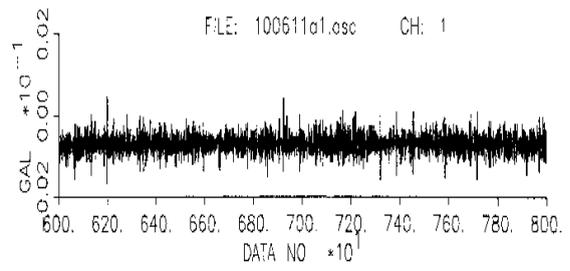
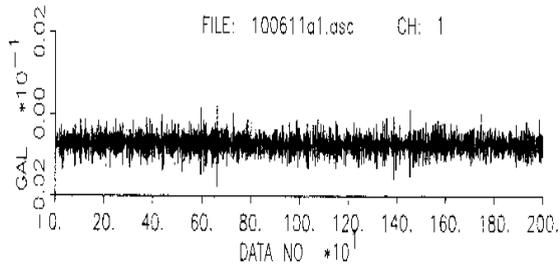


圖 3.3.3 沉箱振動加速度時序圖

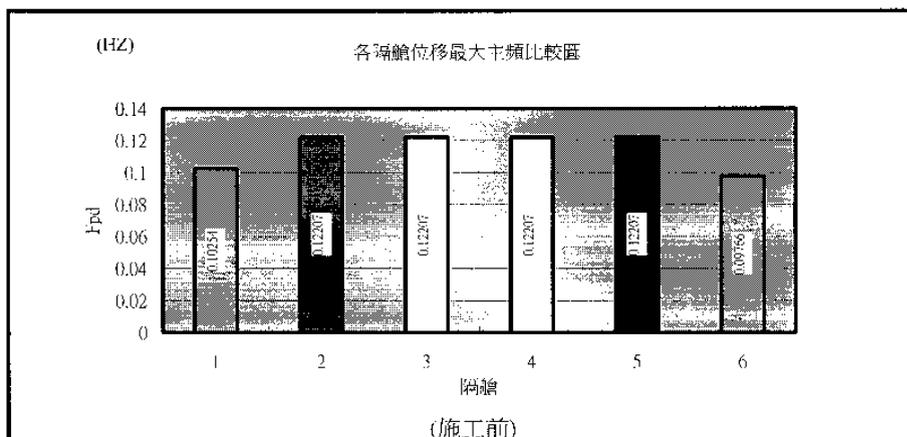
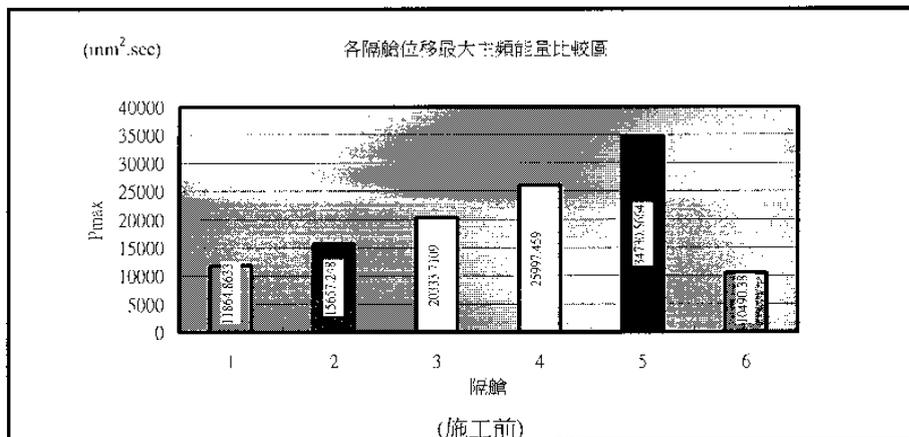
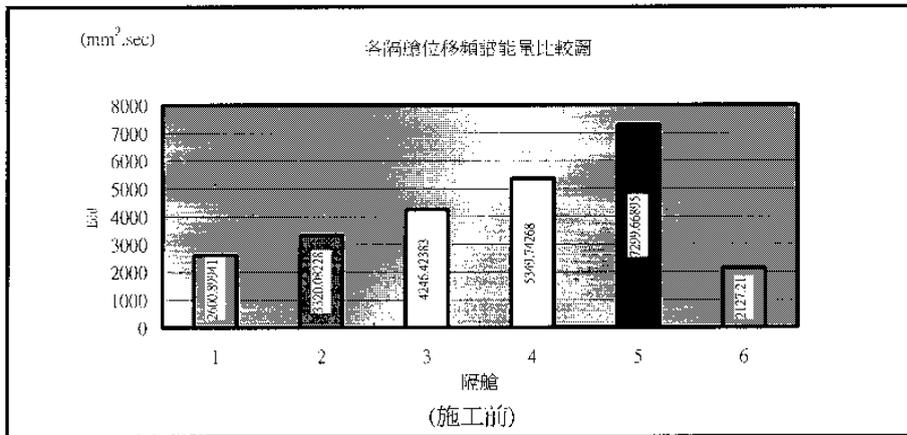


圖 3.3.4 沉箱施工前振動頻譜分析

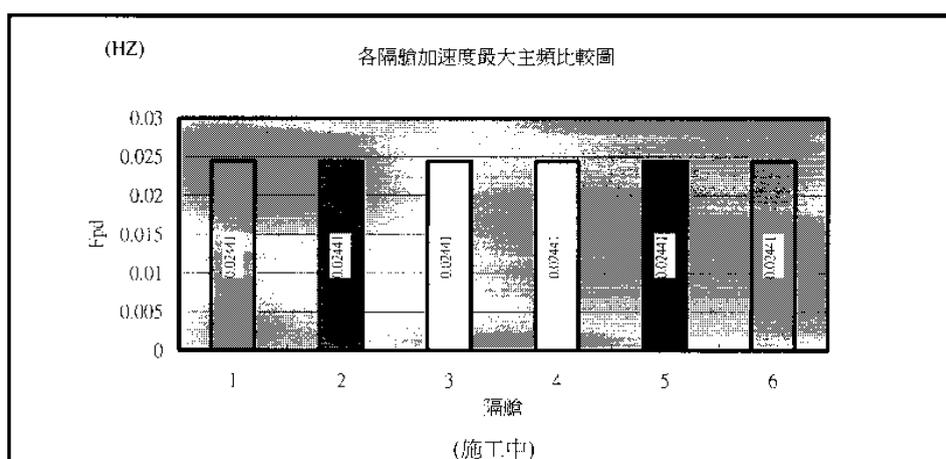
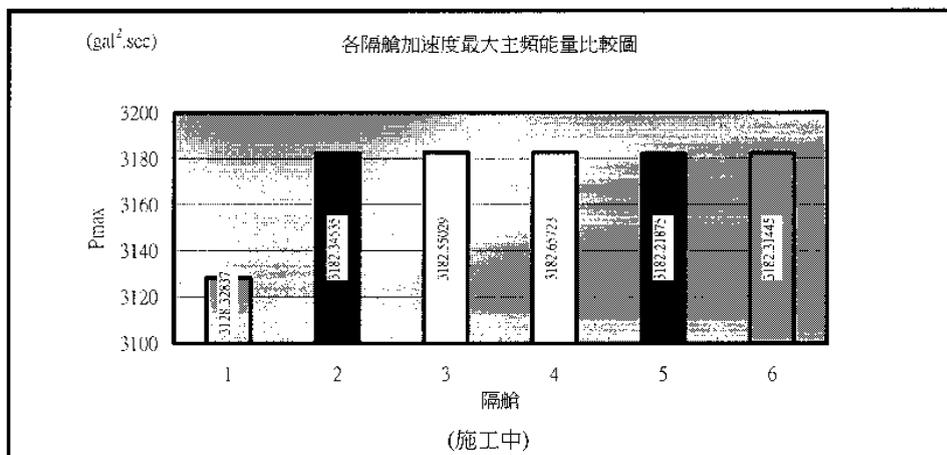
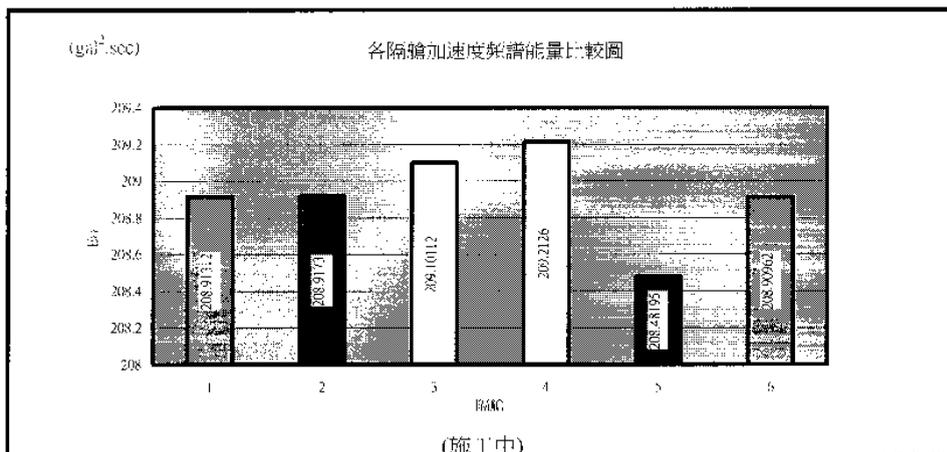


圖 3.3.5. 沉箱施工中振動頻譜分析

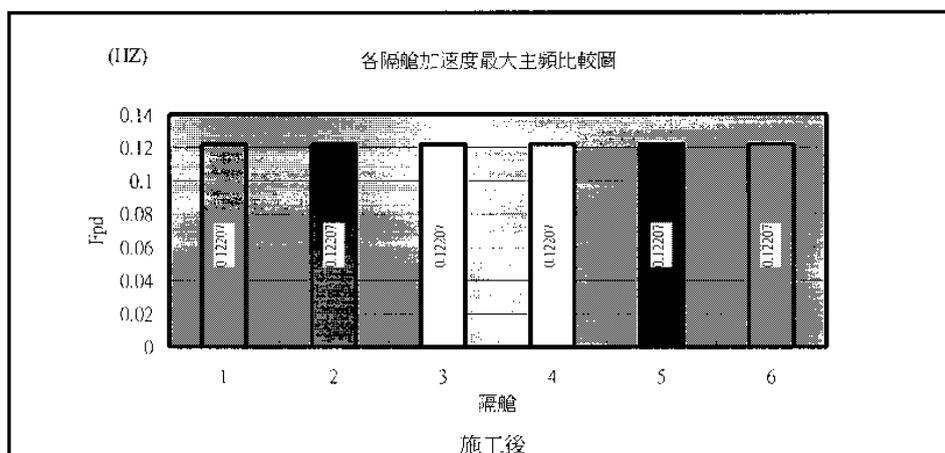
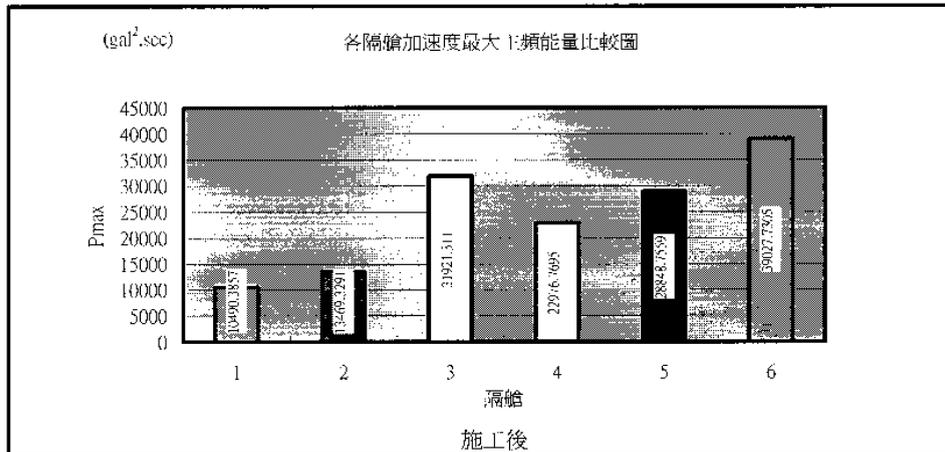
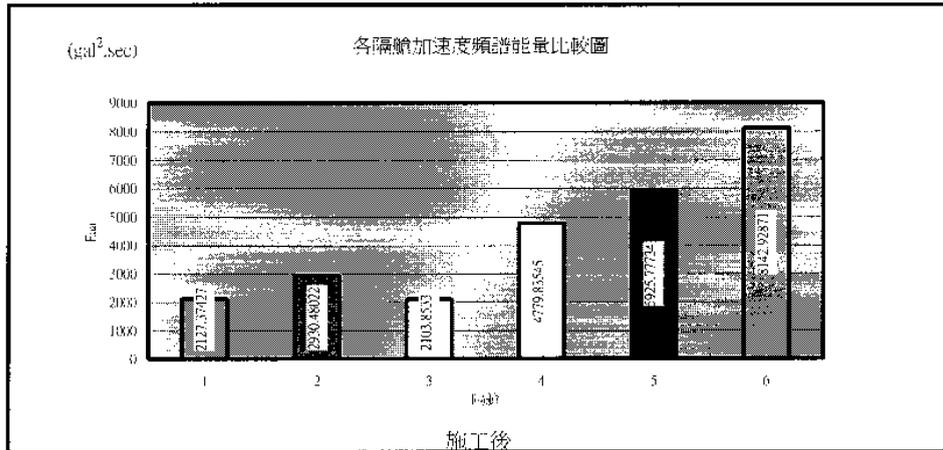


圖 3.3.6 沉箱施工後振動頻譜分析

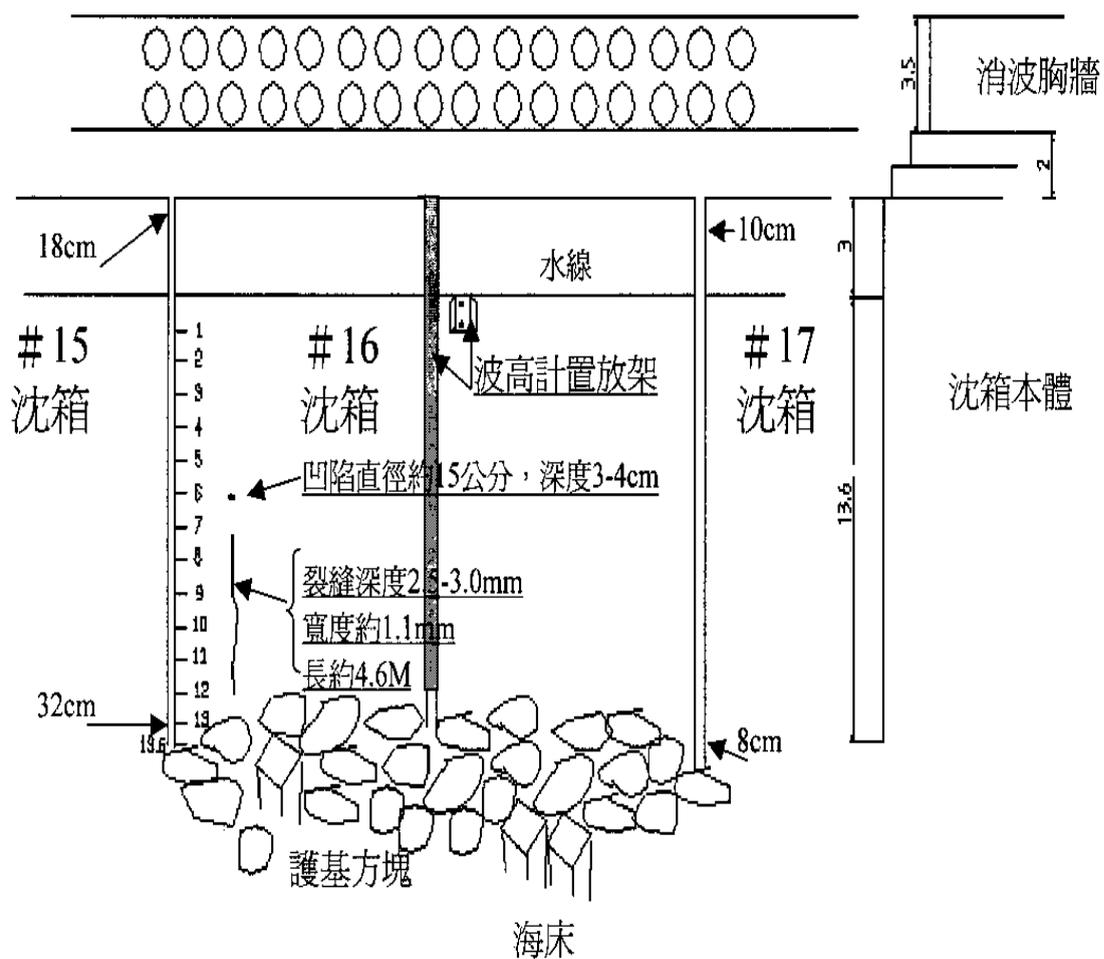
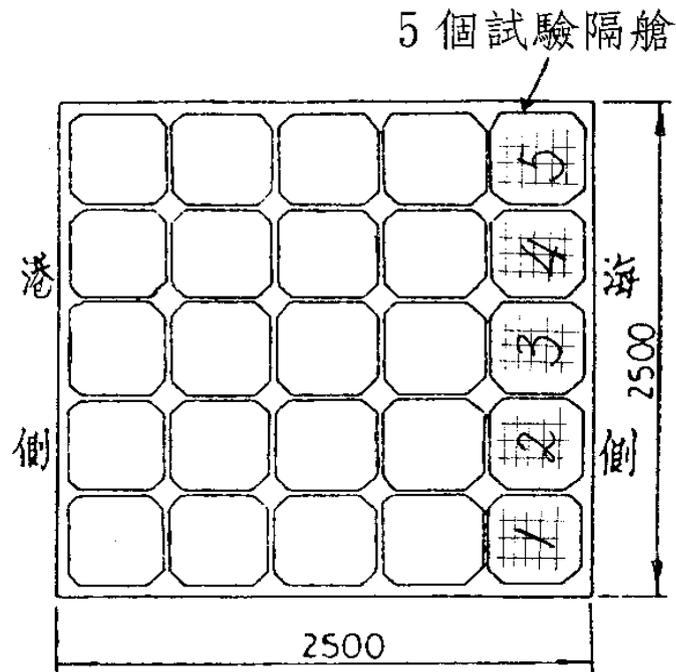
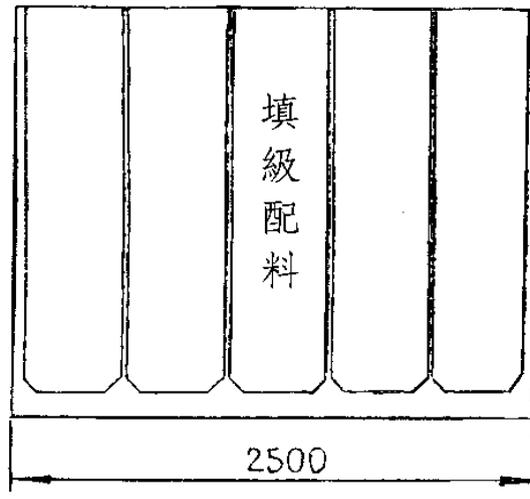


圖 3.4.1 蘇澳港南外堤 SB16 沉箱壁完整性檢測結果示意圖





平面圖 (U: CM)



剖面圖 (U: CM)

圖 4.6.2 沉箱各隔艙之相關位置圖

### 第一艙 (JSP工法)

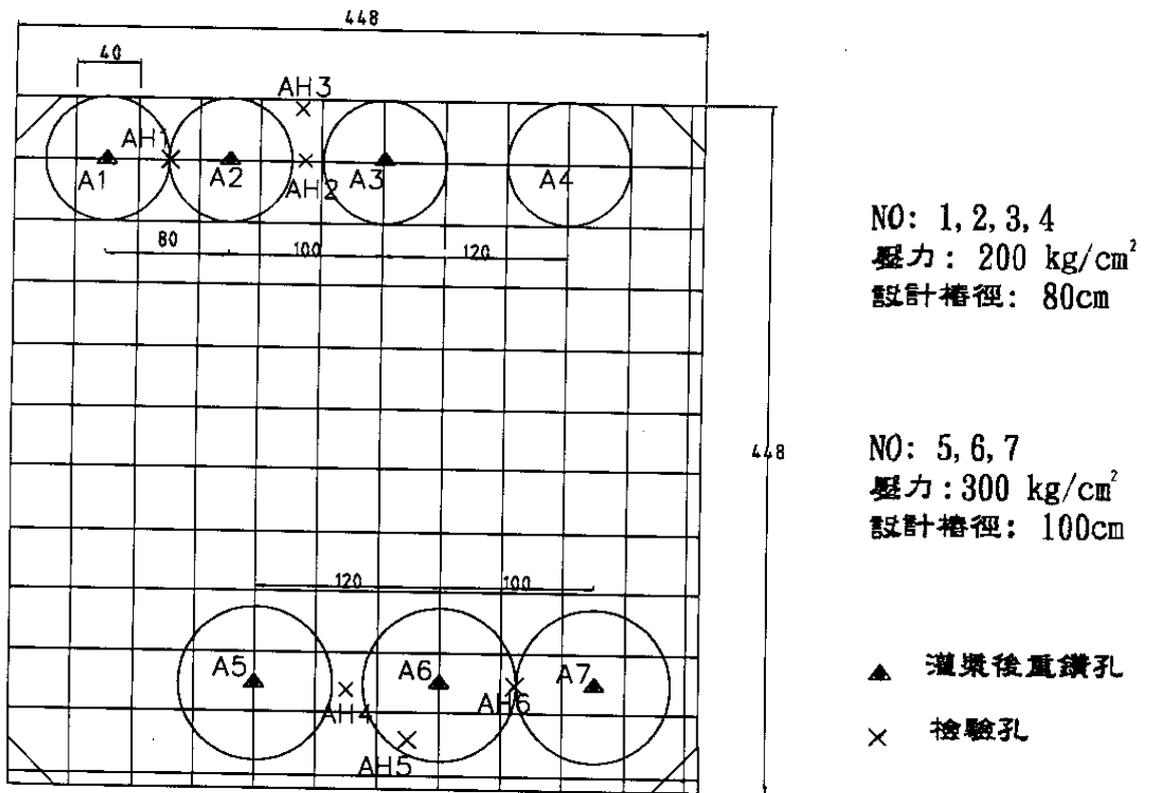
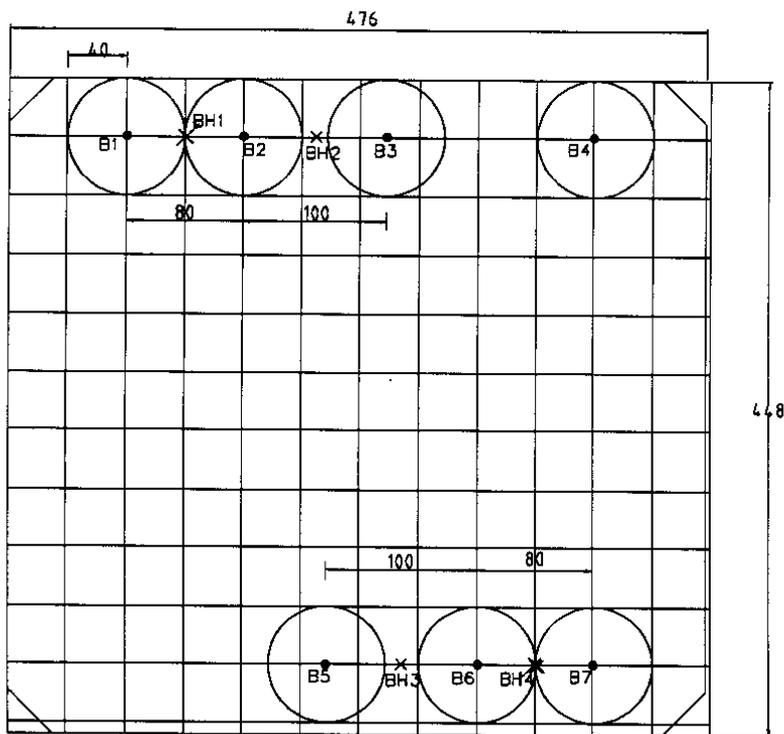


圖 4.6.3 第一艙灌漿孔配置圖

## 第二艙 (導管工法)



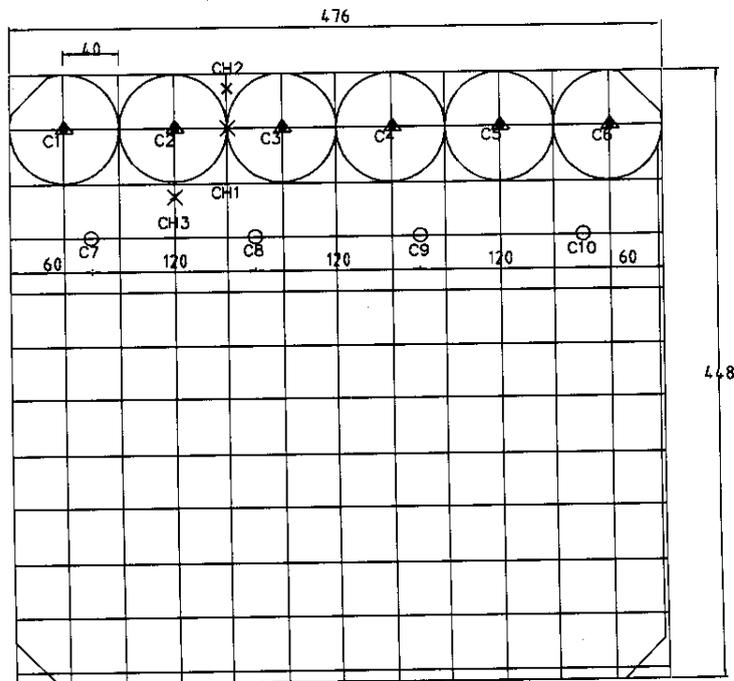
NO: 1, 2, 3, 4  
壓力: 10 kg/cm<sup>2</sup>

NO: 5, 6, 7  
壓力: 12 kg/cm<sup>2</sup>

- 灌漿孔
- × 檢驗孔

圖 4.6.4 第二艙灌漿孔配置圖

### 第三艙 (JSP+鑽桿)工法



NO: 1, 2, 3, 4, 5, 6  
 工法: JSP  
 壓力: 200 kg/cm

NO: 7, 8, 9, 10  
 工法: 鑽桿  
 壓力: 7 kg/cm<sup>2</sup>

- 鑽桿工法灌漿孔
- ▲ JSP工法灌漿後置鑽孔
- × 檢驗孔

圖 4.6.5 第三艙灌漿孔配置圖

### 第四艙（鑽桿工法）

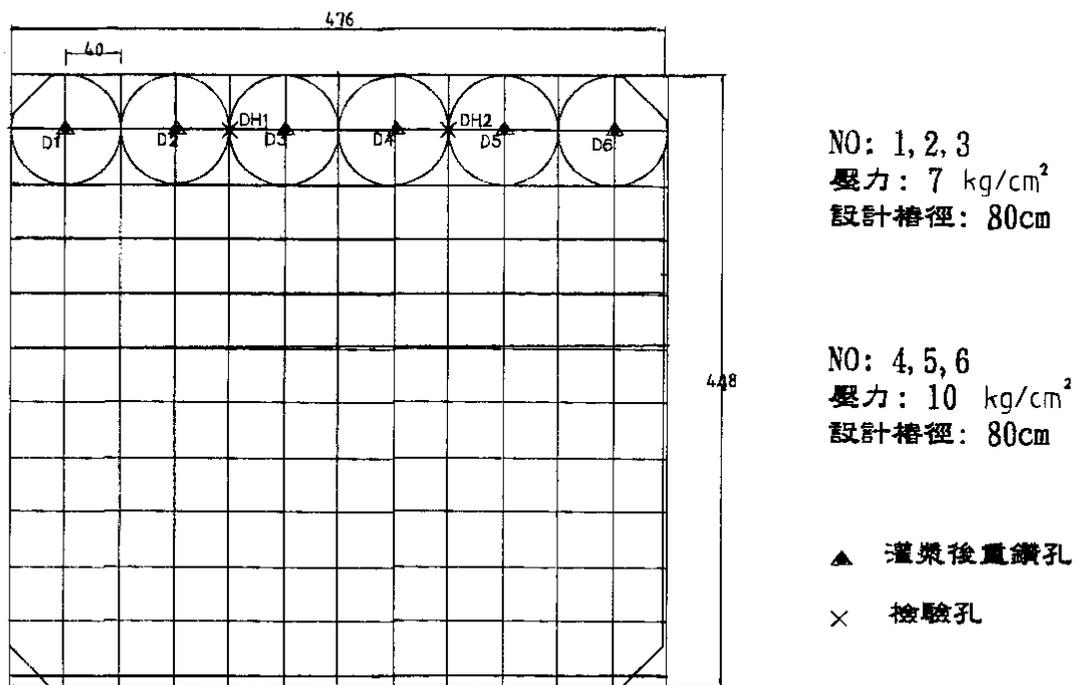


圖 4.6.6 第四艙灌漿孔配置圖

### 第五艙 (CCP工法)

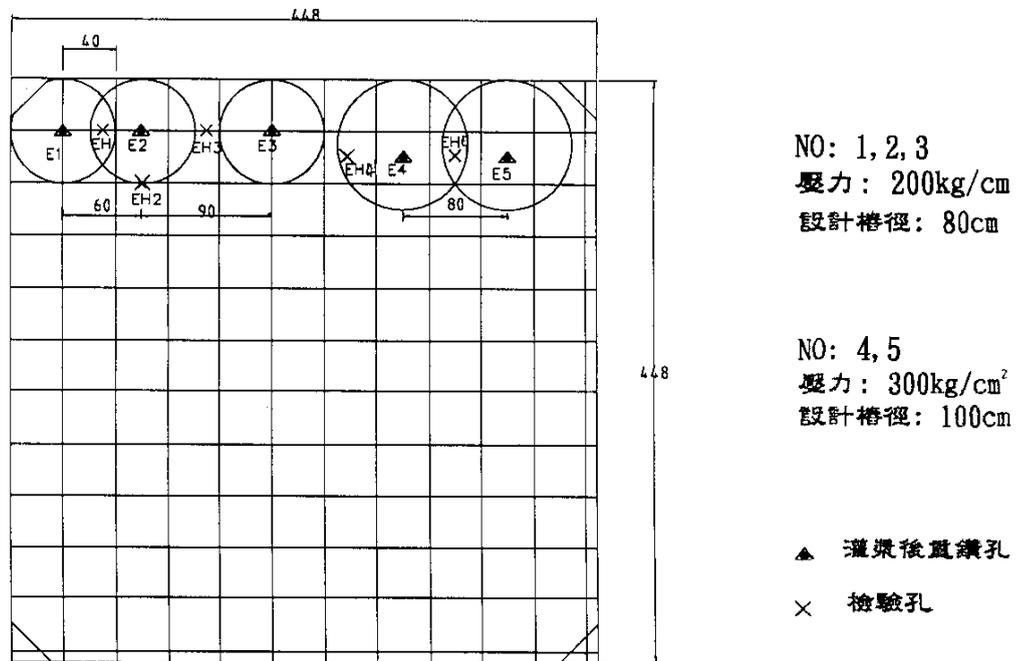


圖 4.6.7 第五艙灌漿孔配置圖

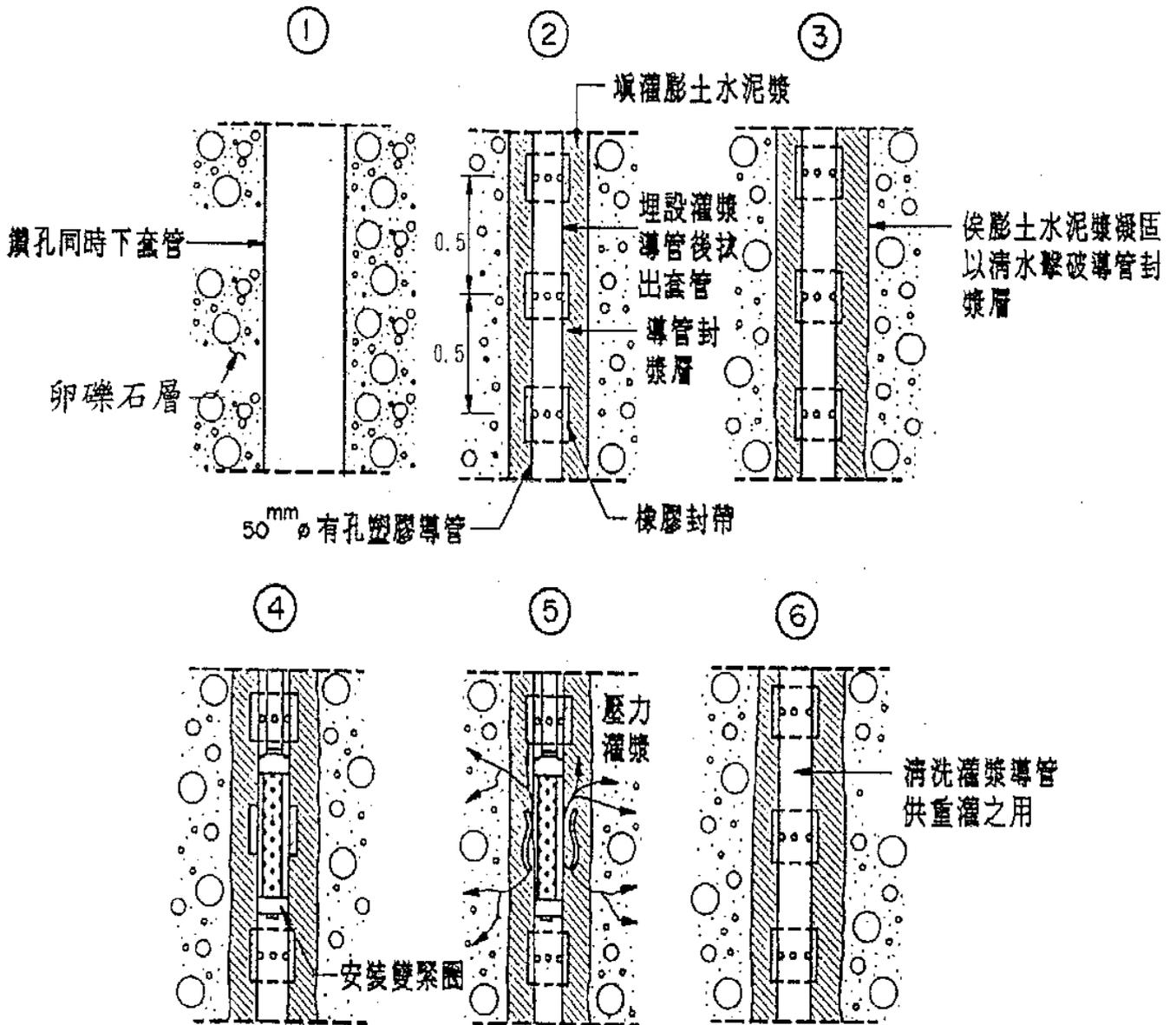


圖 4.6.8 導管式灌漿流程示意圖

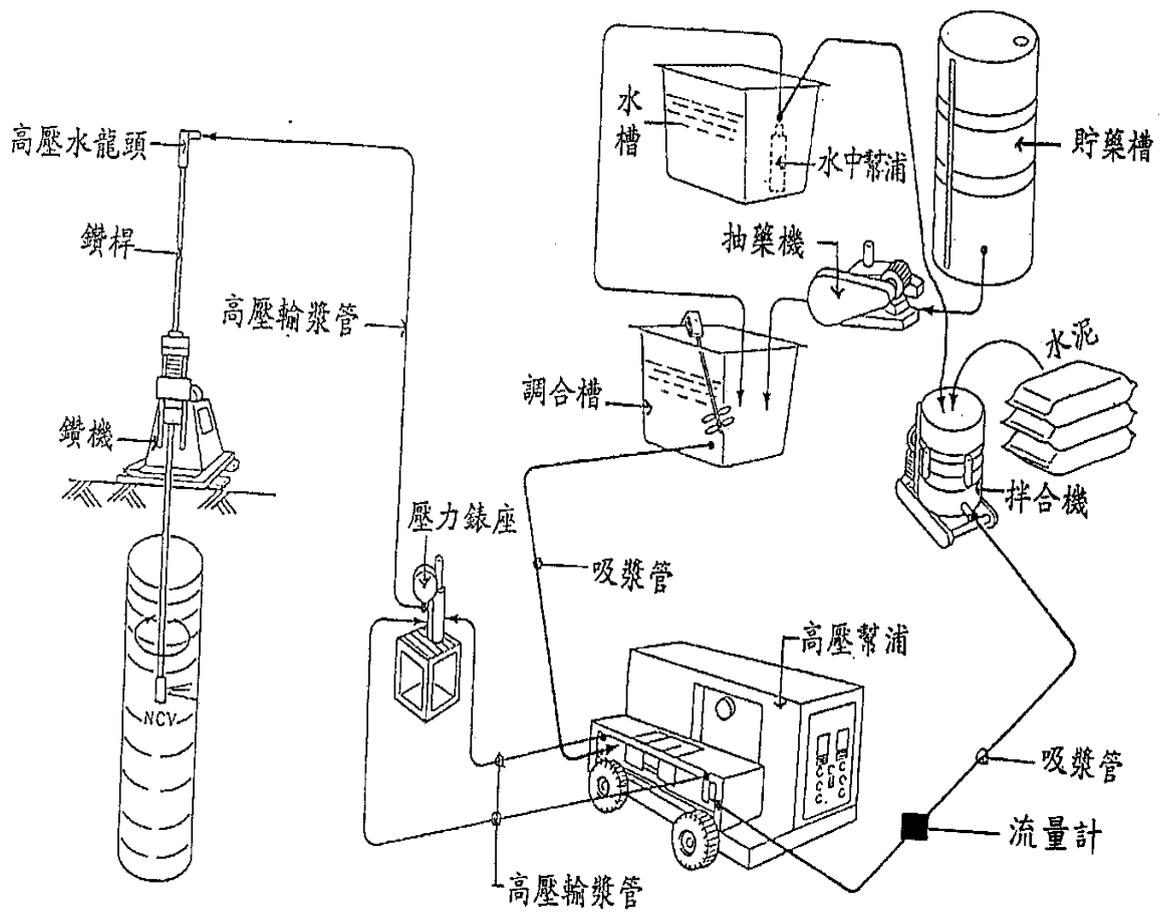


圖 4.6.9 CCP 灌漿試驗設備配置示意圖

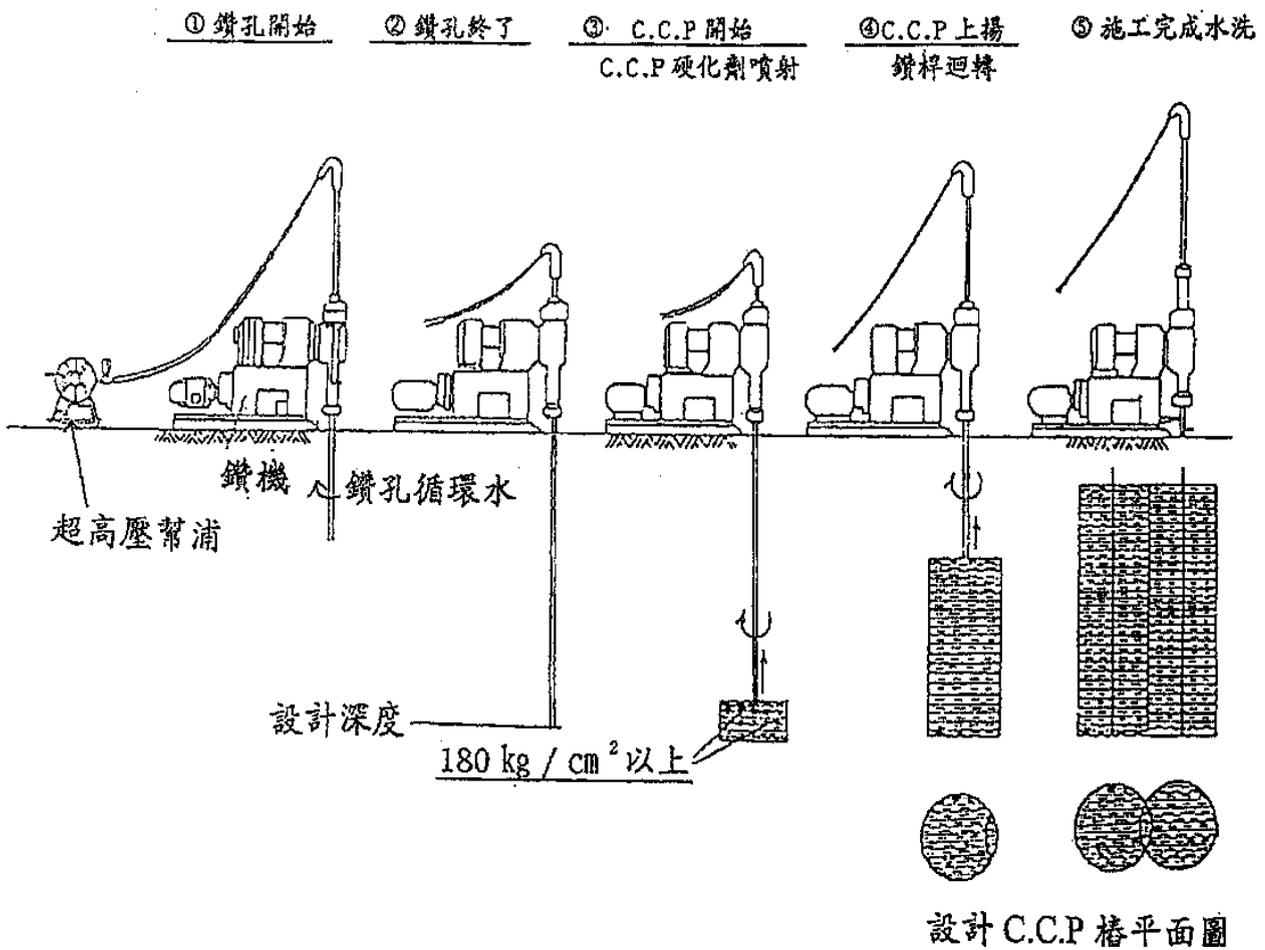


圖 4.6.10 CCP 灌漿試驗流程示意圖

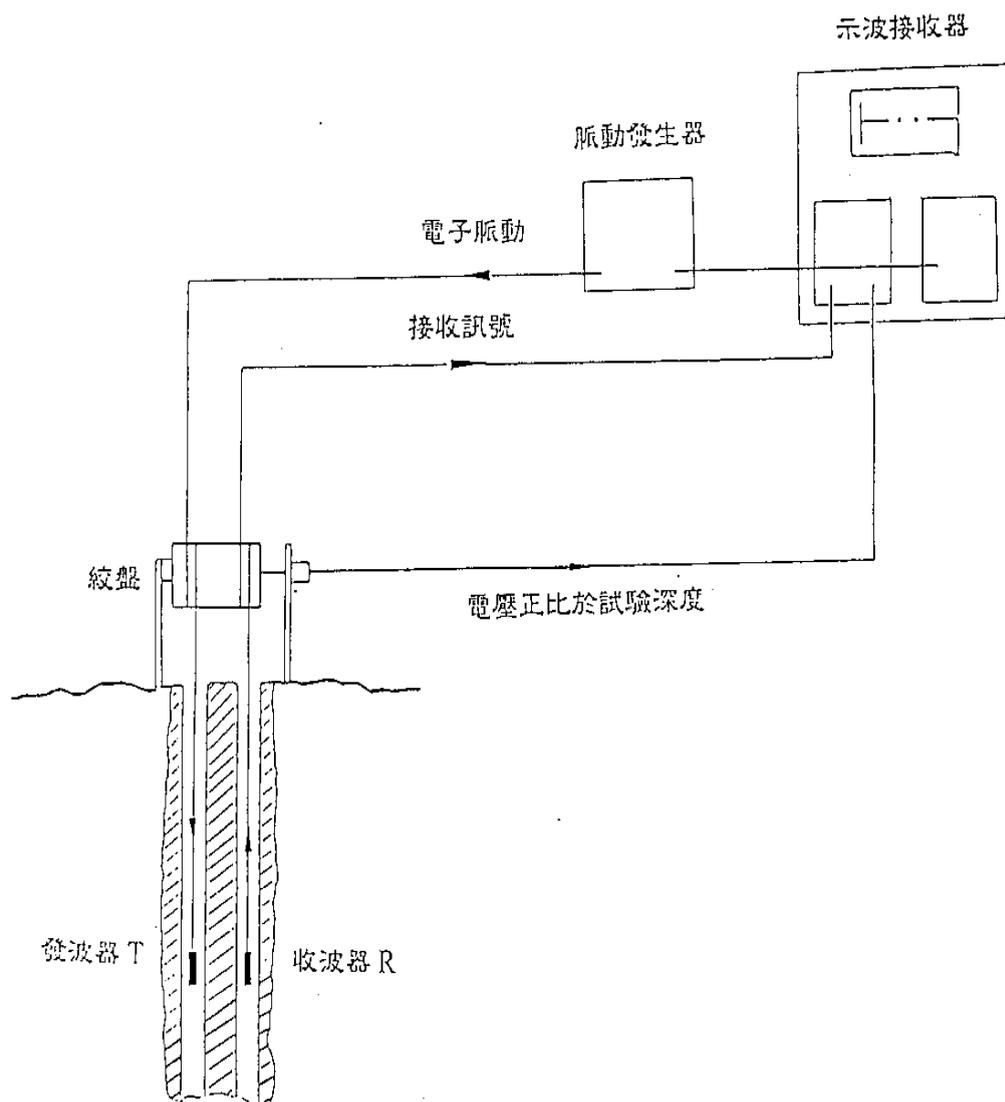


圖 5.3.1 音波檢測試驗儀器配置圖

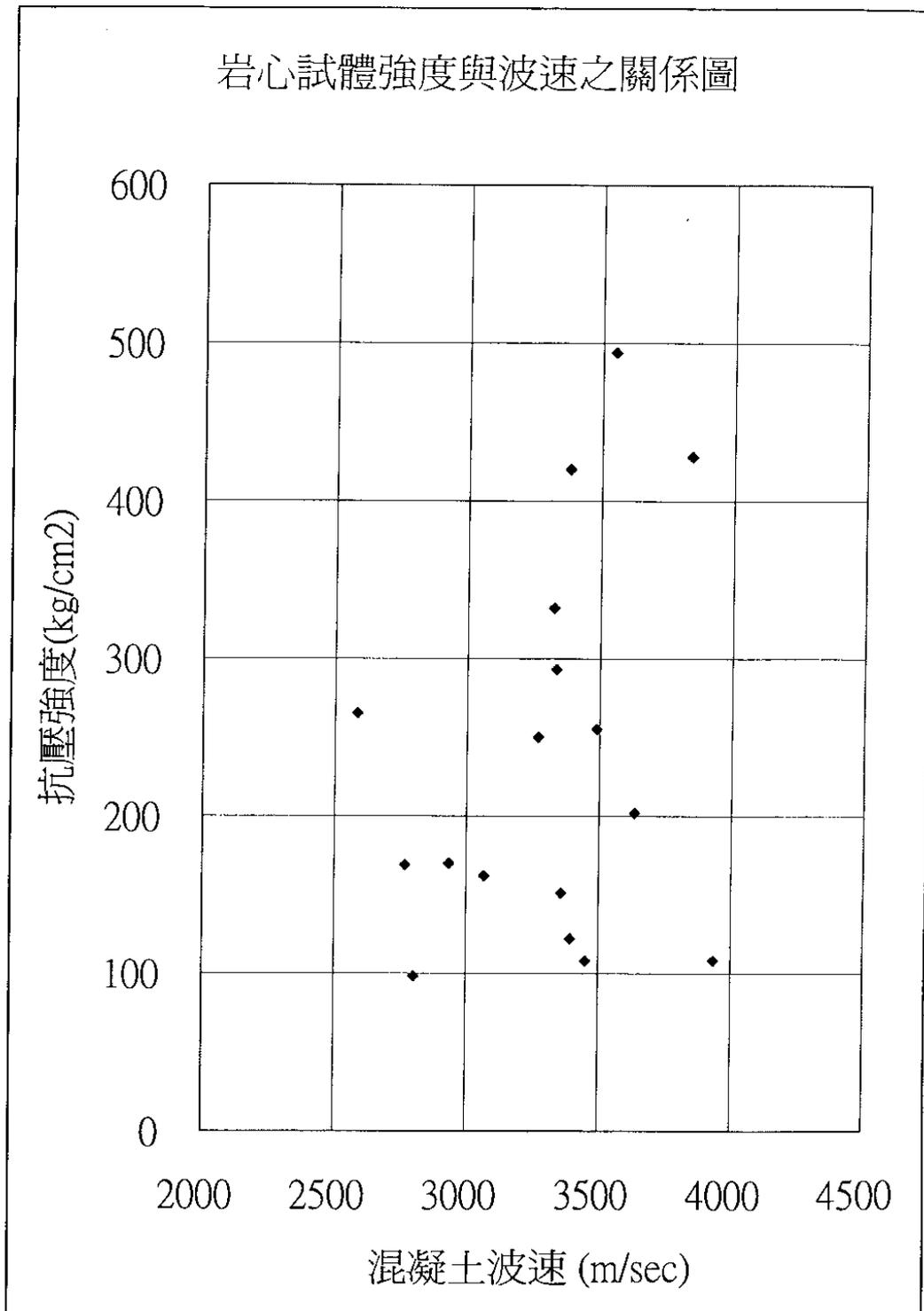


圖 5.5.1 岩心試體波速與抗壓強度之關係圖

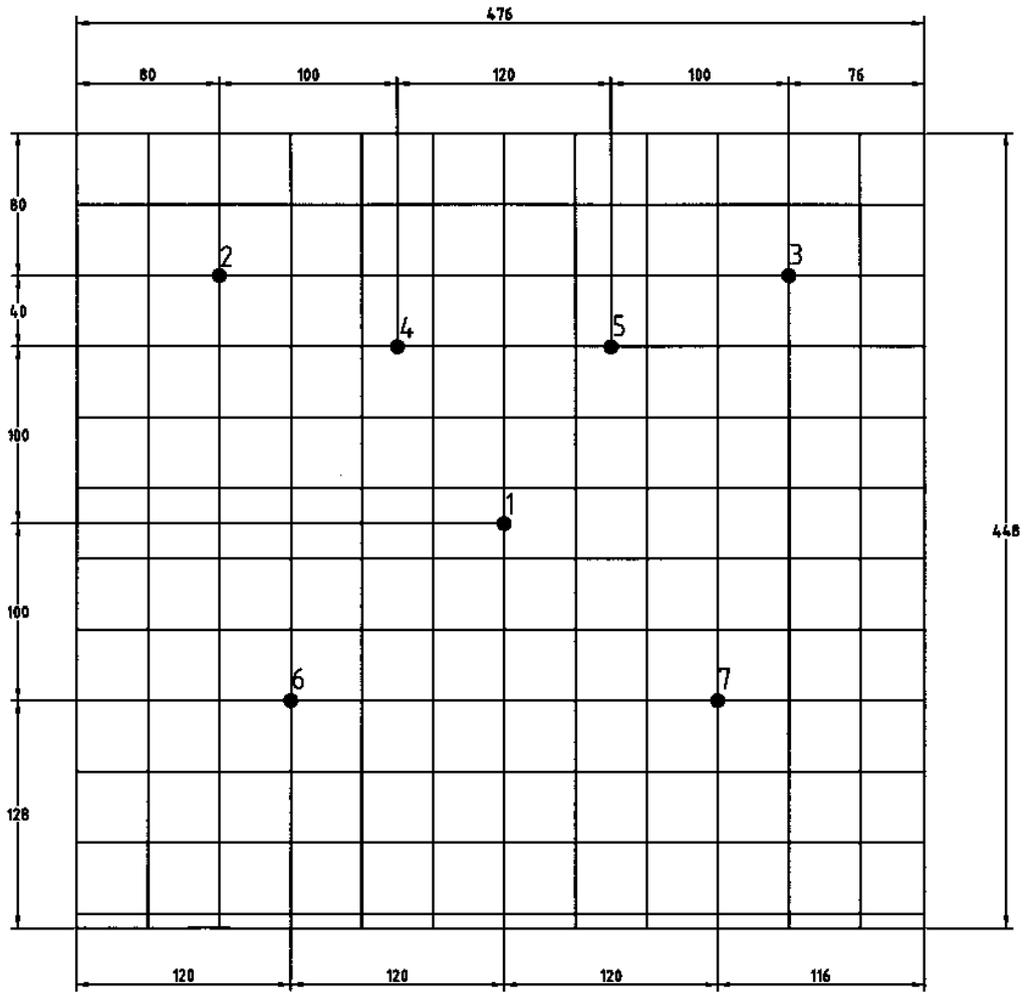


圖 5.8.1 沉箱中間隔艙灌漿孔之佈置圖

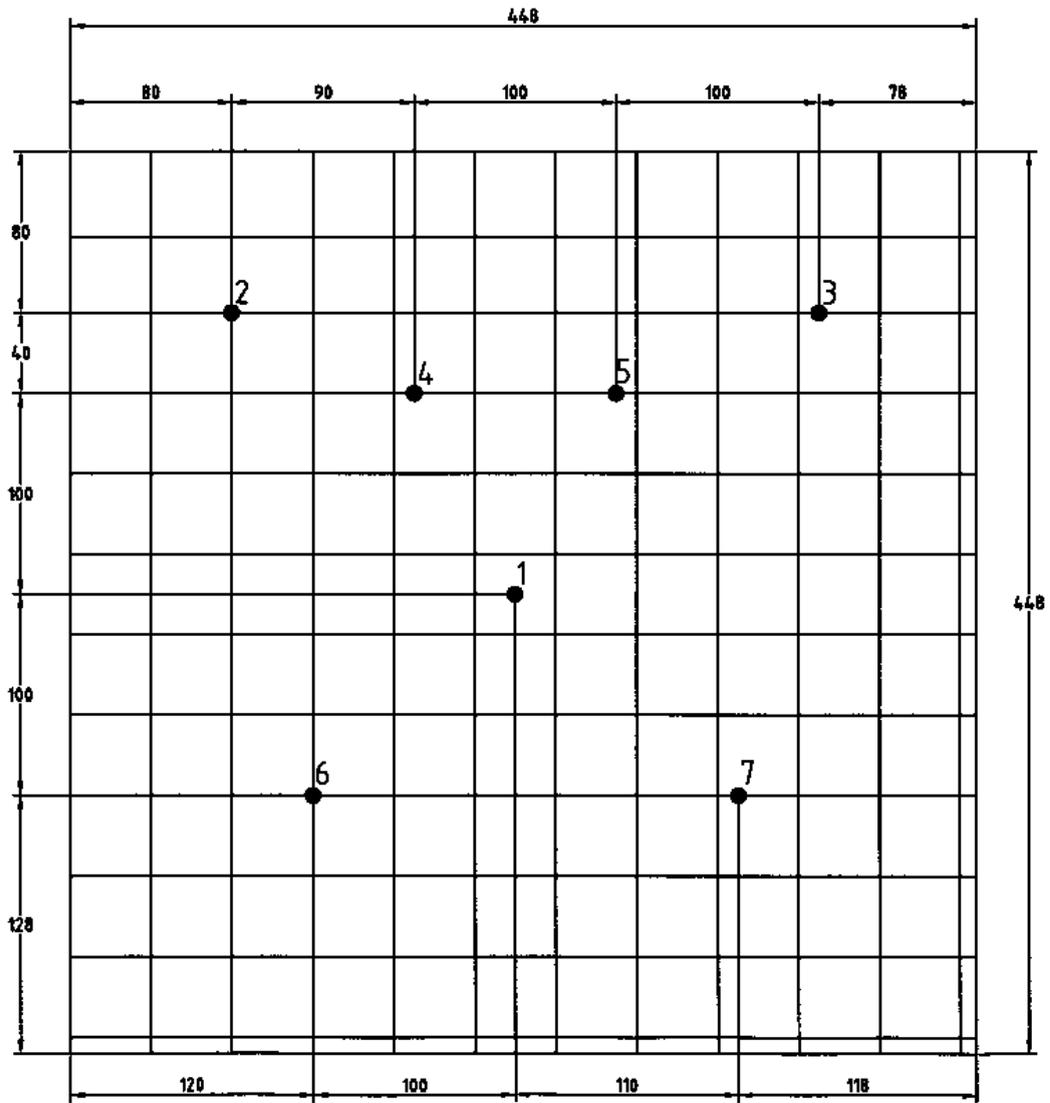


圖 5.8.2 沉箱兩端隔艙灌漿孔之佈置圖

# 附錄目錄

A. 現地鑽探試驗結果

B. 土樣粒徑分析結果

C. 現地透水試驗結果

D. 現地岩心取樣結果

E. 現地超音波試驗結果

F. 導管式固結灌漿施工細則

G. 蘇澳港南外堤沉箱灌漿試驗工程研究諮詢會議會議記錄

# 附 錄 A

## 現地鑽探試驗結果

## 地質鑽探及土壤試驗結果報告表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與現地檢測試驗工程 孔 號：A-2

鑽探日期：88/10/11

工程地點：蘇澳港

地下水位：GL.- 2.60 m

鑽探深度：20.60m

鑽探記錄 Boring Data						試驗結果 Testing Results								
深度	土樣編號	土樣深度 m	迴水率 %	錘擊數	柱狀圖	土層狀況說明	土壤分類	顆粒分析			含水量 (W) %	單位重 (rt) t/m <sup>3</sup>	孔隙比 (e) %	比重 Gs
								卵礫石	砂	沉泥/ 黏土				
1		0.00-1.00	50			0.3-1.0m灰白色水泥砂漿 灰白色迴水								
		1.00-2.00	0			棕灰色碎石級配 最大粒徑2cm								
2		2.00-3.00	0			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑3cm								
		3.00-4.00	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑1.5cm								
3		4.00-4.27	SPT	50/ 27cm		棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑1.5cm	SP-SM	36.0	56.2	7.8	10.8	2.36	0.25	2.66
		4.27-4.50	乾鑽			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
4	S-1 A2-1	4.50-5.00	0			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
		5.00-6.00	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑4cm								
5		6.00-7.00	60			棕黑色迴水最大粒徑4cm								
		7.00-8.00	0			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑3cm								
6		8.00-8.07	SPT	50/ 7cm		棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑20cm	礫石	粒徑大於	取樣	管徑	無法	取得	土樣	
		8.07-8.20	乾鑽			棕黑色迴水最大粒徑3cm								
7	S-0 A2-2	8.20-9.00	30			棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm								
		9.00-10.00	30			棕黑色細砂夾卵礫石 最大粒徑1.5cm								
8		10.0-11.00	40			棕黑色迴水最大粒徑2cm								
		11.0-12.00	30			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
9		12.0-12.11	SPT	50/ 11cm		棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑7cm	礫石	粒徑大於	取樣	管徑	無法	取得	土樣	
		12.11-12.3	乾鑽			棕黑色迴水最大粒徑3cm								
10	S-0 A2-3	12.3-13.00	50			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑3cm								
		13.00-14.0	40			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑3cm								
11		14.00-15.0	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑3cm								
		15.00-16.0	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑3cm								
12	S-0 A2-4	16.0-16.05	SPT	50/ 5cm		棕灰色碎石級配夾卵礫石 清色迴水最大粒徑2cm	礫石	粒徑大於	取樣	管徑	無法	取得	土樣	
		16.05-16.2	乾鑽			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
13		16.2-17.00	20			棕灰色碎石級配夾卵礫石 清色迴水最大粒徑2cm								
		17.00-18.0	20			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2.5cm								
14		18.00-19.0	10			棕黑色迴水最大粒徑2.5cm								
		19.00-20.0	20			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑5cm								
15	S-2 A2-5	20.0-20.45	SPT	40		棕黑色沉泥質砂夾卵礫石	SM	0.0	81.8	18.2	11.4	2.33	0.28	2.68
		20.45-20.6	乾鑽			棕黑色迴水最大粒徑5cm								
16		20.6				孔底								

A-1

## 地質鑽探及土壤試驗結果報告表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤SBI6沉箱補強與現地檢測試驗工程 孔 號：B-2 鑽探日期：88/10/13  
 工程地點：蘇澳港 地下水位：GL.- 2.60 m 鑽探深度：20.40m

鑽探記錄 Boring Data						試驗結果 Testing Results								
深度	土樣編號	土樣深度 m	迴水率 %	錘擊數	柱狀圖	土層狀況說明	土壤分類	顆粒分析			含水量 (W) %	單位重 (rt) t/m <sup>3</sup>	孔隙比 (e) %	比重 Gs
								卵礫石	砂	沉泥/ 黏土				
1		0.00-1.00	20			棕黑色碎石級配夾卵礫石 棕黑色迴水最大粒徑1.5cm								
2		1.00-2.00	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
3		2.00-3.00	20			棕黑色碎石級配夾卵礫石 棕黑色迴水最大粒徑2cm								
4	S-1	3.00-4.00	0			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm	SP-SM	37.4	53.1	9.5	8.5	2.29	0.27	2.67
	A2-1	4.00-4.14	SPT	50/14cm		棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm		55.7	37.8	7.5	11.2			
		4.14-4.30	乾鑽			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
		4.30-5.00	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
5		5.00-6.00	0			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
6		6.00-7.00	0			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
7		7.00-8.00	40			棕灰色碎石級配夾卵礫石 棕灰色迴水最大粒徑2cm	礫石	粒徑大於	取樣管徑	無法	取得	土樣		
	S-0	8.00-8.07	SPT	50/7cm		棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm		52.5	43.1	4.4	8.9			
	A2-2	8.07-8.20	乾鑽			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
		8.20-9.00	20			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑1cm								
10		9.00-10.00	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑3cm								
11		10.0-11.00	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
12	S-2	11.0-12.00	30			棕黑色碎石級配夾卵礫石 棕黑色迴水最大粒徑2cm	SM	2.8	82.1	15.1	22.8	1.96	0.66	2.65
	A2-3	12.0-12.14	SPT	50/14cm		棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm		43.7	48.6	7.7	9.2			
		12.14-12.3	乾鑽			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
		12.3-13.00	20			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
14		13.00-14.0	30			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑5cm								
15		14.00-15.0	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑1cm								
16	S-3	15.00-16.0	0			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm	SP-SM	43.8	47.8	8.4	8.2	1.95	0.48	2.67
	A2-4	16.0-16.21	SPT	50/21cm		棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm		50.5	41.2	8.3	10.1			
		16.21-16.4	乾鑽			棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2.5cm								
		16.4-17.00	40			棕黑色碎石級配夾卵礫石 棕黑色迴水最大粒徑3cm								
18		17.00-18.0	30			棕黑色碎石級配夾卵礫石 棕黑色迴水最大粒徑2.5cm								
19		18.00-19.0	40			棕黑色碎石級配夾卵礫石 棕黑色迴水最大粒徑3cm								
20	S-4	19.00-20.0	40			棕黑色碎石級配夾卵礫石 棕黑色迴水最大粒徑2.5cm	SP-SM	6.7	86.7	6.6	15.5	2.03	0.51	2.67
	A2-5	20.0-20.21	SPT	50/21cm		棕黑色沉泥質砂夾卵礫石		49.5	41.3	9.2	13.6			
21		20.21-20.4	乾鑽			孔底								

A-2

## 地質鑽探及土壤試驗結果報告表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與現地檢測試驗工程 孔 號：C-2

鑽探日期：88/10/15

工程地點：蘇澳港

地下水位：GL.- 2.60 m

鑽探深度：20.40m

鑽探記錄 Boring Data						試驗結果 Testing Results								
深度	土樣編號	土樣深度 m	迴水率 %	錘擊數	柱狀圖	土層狀況說明	土壤分類	顆粒分析			含水量 (W) %	單位重 (rt) t/m <sup>3</sup>	孔隙比 (e) %	比重 Gs
								卵礫石	砂	沉泥/ 黏土				
1	S-1 A2-1	0.00-1.00	乾鑽	50/ 20cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm	SM	38.0	49.4	12.6	7.7	2.15	0.34	2.66
		1.00-2.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm								
2	S-1 A2-1	2.00-3.00	乾鑽	50/ 20cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑5cm	SM	38.0	49.4	12.6	7.7	2.15	0.34	2.66
3		3.00-4.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm								
4	S-1 A2-1	4.00-4.20	乾鑽	50/ 20cm	[圖示]	棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑5cm	SM	48.5	43.9	7.6	9.3	2.15	0.34	2.66
5		4.20-4.40	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm								
6	S-1 A2-1	4.40-5.00	乾鑽	50/ 20cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm	SM	38.0	49.4	12.6	7.7	2.15	0.34	2.66
7		5.00-6.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm								
8	S-0 A2-2	6.00-7.00	乾鑽	50/ 7cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm	礫石	粒徑	大於	取樣	管徑	無法	取得	土樣
9		7.00-8.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm								
10	S-0 A2-2	8.00-8.07	乾鑽	50/ 7cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm	礫石	57.4	39.0	3.6	8.8	無法	取得	土樣
11		8.07-8.20	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm								
12	S-0 A2-3	8.20-9.00	乾鑽	50/ 3cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm	礫石	51.5	41.3	7.2	9.1	無法	取得	土樣
13		9.00-10.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
14	S-0 A2-3	10.0-11.00	乾鑽	50/ 3cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	礫石	51.5	41.3	7.2	9.1	無法	取得	土樣
15		11.0-12.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
16	S-2 A2-4	12.0-12.03	乾鑽	50/ 14cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑5cm	GP-GM	49.9	41.2	8.9	6.4	2.03	0.40	2.68
17		12.03-12.2	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑5cm								
18	S-2 A2-4	12.2-13.00	乾鑽	50/ 14cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	GP-GM	67.4	25.5	7.1	7.8	2.03	0.40	2.68
19		13.00-14.0	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
20	S-3 A2-5	14.00-15.0	乾鑽	50/ 14cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm	GP-GM	49.9	41.2	8.9	6.4	2.03	0.40	2.68
21		15.00-16.0	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
22	S-3 A2-5	16.0-16.14	乾鑽	50/ 14cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑5cm	GP-GM	67.4	25.5	7.1	7.8	2.03	0.40	2.68
23		16.14-16.3	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑5cm								
24	S-3 A2-5	16.3-17.00	乾鑽	50/ 14cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm	GP-GM	49.9	41.2	8.9	6.4	2.03	0.40	2.68
25		17.00-18.0	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm								
26	S-3 A2-5	18.00-19.0	乾鑽	50/ 14cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm	GP-GM	49.9	41.2	8.9	6.4	2.03	0.40	2.68
27		19.00-20.0	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm								
28	S-3 A2-5	20.0-20.21	乾鑽	50/ 21cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm	SP-SM	37.6	53.3	9.1	5.9	2.16	0.31	2.67
29		20.21-20.4	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm								
30	S-3 A2-5	20.4	乾鑽	50/ 21cm	[圖示]	孔底	SP-SM	47.0	44.0	9.0	8.7	2.16	0.31	2.67

A-3

## 地質鑽探及土壤試驗結果報告表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與現地檢測試驗工程 孔 號：D - 2

鑽探日期：88/10/17

工程地點：蘇澳港

地下水位：GL.- 0.30 m

鑽探深度：20.50m

鑽探記錄 Boring Data						試驗結果 Testing Results								
深度	土樣編號	土樣深度 m	迴水率 %	錘擊數	柱狀圖	土層狀況說明	土壤分類	顆粒分析			含水量 (W) %	單位重 (rt) t/m <sup>3</sup>	孔隙比 (e) %	比重 Gs
								卵石	砂	沉泥/ 黏土				
1	S-1 A2-1	0.00-1.00	乾鑽	50/ 21cm	[圖示]	棕黑色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑3cm	SM-SP	40.3	51.0	8.7	6.7	2.27	0.25	2.66
2		1.00-2.00	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑3cm								
3		2.00-3.00	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑5cm								
4		3.00-4.00	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑3cm								
5	S-2 A2-2	4.00-4.21	SPT	50/ 16cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑5cm	SM-SP	41.5	49.6	8.9	7.5	1.91	0.50	2.67
6		4.21-4.40	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑5cm								
7		4.40-5.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑4cm								
8		5.00-6.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑3cm								
9	S-0 A2-3	6.00-7.00	乾鑽	50/ 9cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑4cm	礫石	54.7	36.8	8.5	8.1	無法	取得	土樣
10		7.00-8.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑4cm								
11		8.00-8.16	SPT			棕灰色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑3cm								
12		8.16-8.30	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑2cm								
13	S-3 A2-4	8.30-9.00	乾鑽	50/ 15cm	[圖示]	棕黑色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑2cm	SM	38.2	49.7	12.1	7.9	2.37	0.21	2.67
14		9.00-10.00	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑2cm								
15		10.0-11.00	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑2cm								
16		11.0-12.00	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑2cm								
17	S-4 A2-5	12.0-12.09	SPT	66/ 30cm	[圖示]	棕灰色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑5cm	GP-GM	62.8	30.9	6.3	9.6	1.74	0.67	2.65
18		12.09-12.2	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑5cm								
19		12.2-13.00	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑2cm								
20		13.00-14.0	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑4cm								
21	S-4 A2-5	14.00-15.0	乾鑽	66/ 30cm	[圖示]	灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑2cm	GP-GM	61.3	29.8	8.9	11.3			
22		15.00-16.0	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑2cm								
23		16.0-16.15	SPT			灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑2cm								
24		16.15-16.3	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑5cm								
25	S-4 A2-5	16.3-17.00	乾鑽	66/ 30cm	[圖示]	灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑5cm	GP-GM	62.8	30.9	6.3	9.6	1.74	0.67	2.65
26		17.00-18.0	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑4cm								
27		18.00-19.0	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑4cm								
28		19.00-20.0	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑3cm								
29	S-4 A2-5	20.0-20.30	SPT	66/ 30cm	[圖示]	灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑3cm	GP-GM	62.8	30.9	6.3	9.6	1.74	0.67	2.65
30		20.30-20.5	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵石 最大粒徑3cm								
31	S-4 A2-5	20.50	乾鑽	66/ 30cm	[圖示]	孔底								

A-4

## 地質鑽探及土壤試驗結果報告表

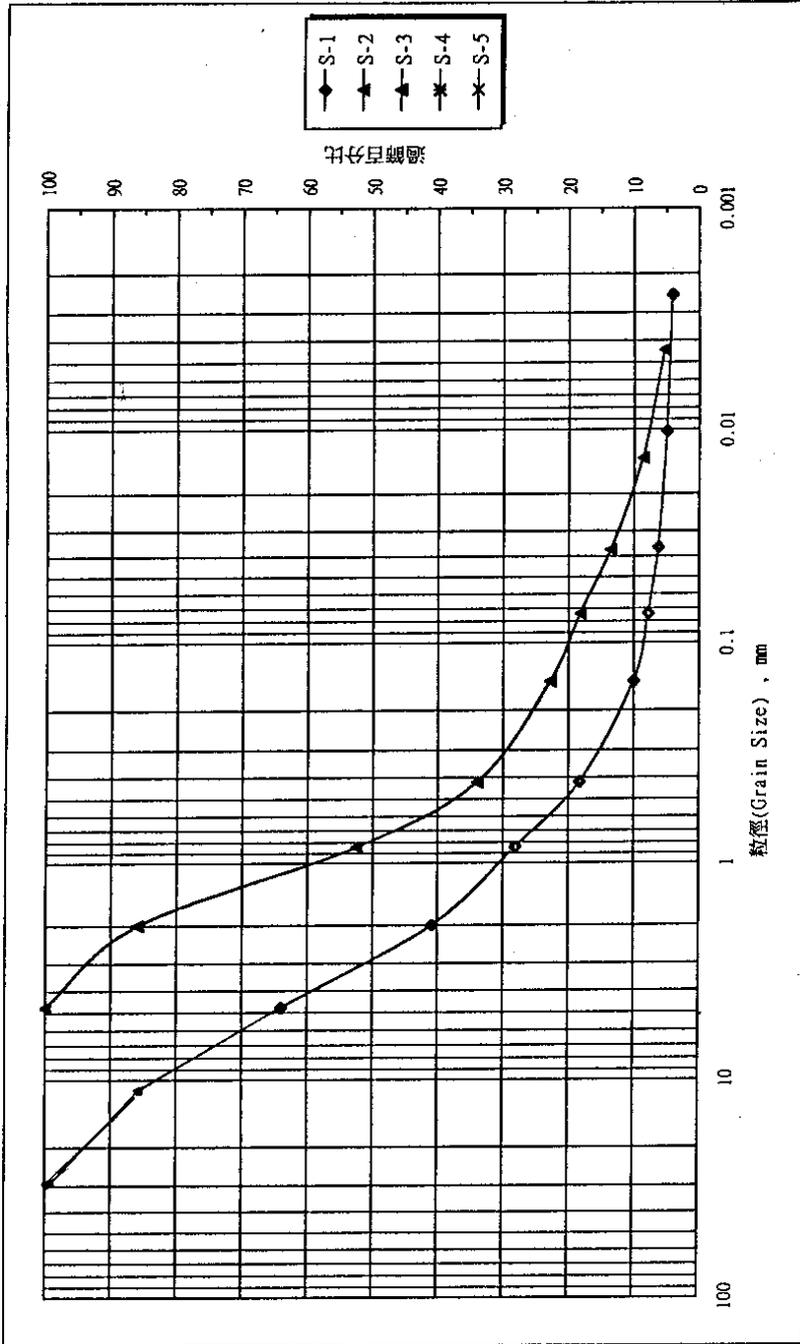
工程名稱：蘇澳港南外防波堤SBI6沉箱補強與現地檢測試驗工程 孔 號：E-2 鑽探日期：88/10/17  
 工程地點：蘇澳港 地下水位：GL.- 1.90 m 鑽探深度：20.40m

鑽探記錄 Boring Data						試驗結果 Testing Results								
深度	土樣編號	土樣深度 m	迴水率 %	錘擊數	柱狀圖	土層狀況說明	土壤分類	顆粒分析			含水量 (W) %	單位重 (rt) t/m <sup>3</sup>	孔隙比 (e) %	比重 Gs
								卵礫石	砂	沉泥/黏土				
1	S-1 A2-1	0.00-1.00	乾鑽	50/ 20cm	[圖]	棕黑色碎石級配夾卵礫石 棕黑色迴水最大粒徑2cm	SP-SM	38.3	52.5	9.2	8.9	2.13	0.38	2.70
		棕黑色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑1cm												
2	S-1 A2-1	1.00-2.00	乾鑽	50/ 20cm	[圖]	棕灰色碎石級配夾卵礫石 棕黑色迴水最大粒徑2cm	SP-SM	38.3	52.5	9.2	8.9	2.13	0.38	2.70
3		2.00-3.00	乾鑽			棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm								
4	S-1 A2-1	3.00-4.00	乾鑽	50/ 20cm	[圖]	棕灰色碎石級配夾卵礫石 最大粒徑2cm	SP-SM	38.3	52.5	9.2	8.9	2.13	0.38	2.70
4		4.00-4.20	SPT			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm								
5	S-1 A2-1	4.20-4.40	乾鑽	50/ 20cm	[圖]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm	SP-SM	38.3	52.5	9.2	8.9	2.13	0.38	2.70
5		4.40-5.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm								
6	S-1 A2-1	5.00-6.00	乾鑽	50/ 20cm	[圖]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm	SP-SM	38.3	52.5	9.2	8.9	2.13	0.38	2.70
6		6.00-7.00	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm								
7	S-1 A2-1	6.00-7.00	乾鑽	50/ 20cm	[圖]	棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm	SP-SM	38.3	52.5	9.2	8.9	2.13	0.38	2.70
7		7.00-8.00	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
8	S-0 A2-2	7.00-8.00	乾鑽	50/ 10cm	[圖]	棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	礫石	57.7	33.4	8.9	9.3	無法	取得	土樣
8		8.00-8.10	SPT			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
9	S-0 A2-2	8.10-8.20	乾鑽	50/ 10cm	[圖]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	礫石	57.7	33.4	8.9	9.3	無法	取得	土樣
9		8.20-9.00	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
10	S-0 A2-2	9.00-10.00	乾鑽	50/ 10cm	[圖]	棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	礫石	57.7	33.4	8.9	9.3	無法	取得	土樣
10		10.0-11.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2.5cm								
11	S-0 A2-2	10.0-11.00	乾鑽	50/ 10cm	[圖]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2.5cm	礫石	57.7	33.4	8.9	9.3	無法	取得	土樣
11		11.0-12.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
12	S-2 A2-3	11.0-12.00	乾鑽	50/ 14cm	[圖]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	SP-SM	31.9	62.3	5.8	7.8	2.03	0.42	2.68
12		12.0-12.14	SPT			棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑10cm								
13	S-2 A2-3	12.14-12.3	乾鑽	50/ 14cm	[圖]	棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑10cm	SP-SM	31.9	62.3	5.8	7.8	2.03	0.42	2.68
13		12.3-13.00	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
14	S-2 A2-3	13.00-14.0	乾鑽	50/ 14cm	[圖]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	SP-SM	31.9	62.3	5.8	7.8	2.03	0.42	2.68
14		14.00-15.0	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
15	S-2 A2-3	14.00-15.0	乾鑽	50/ 14cm	[圖]	灰白色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑4cm	SP-SM	31.9	62.3	5.8	7.8	2.03	0.42	2.68
15		15.00-16.0	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
16	S-0 A2-4	15.00-16.0	乾鑽	50/ 10cm	[圖]	灰白色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	礫石	59.5	32.2	8.3	9.2	無法	取得	土樣
16		16.0-16.10	SPT			灰白色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑15cm								
17	S-0 A2-4	16.10-16.2	乾鑽	50/ 10cm	[圖]	灰白色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑15cm	礫石	59.5	32.2	8.3	9.2	無法	取得	土樣
17		16.2-17.00	乾鑽			灰白色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
18	S-0 A2-4	17.00-18.0	乾鑽	50/ 10cm	[圖]	灰白色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	礫石	59.5	32.2	8.3	9.2	無法	取得	土樣
18		18.00-19.0	乾鑽			棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm								
19	S-0 A2-4	18.00-19.0	乾鑽	50/ 10cm	[圖]	棕灰色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑3cm	SP-SM	43.7	48.5	7.8	5.8	2.14	0.31	2.66
19		19.00-20.0	乾鑽			棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm								
20	S-3 A2-5	19.00-20.0	乾鑽	50/ 24cm	[圖]	棕黑色沉泥質砂夾卵礫石 最大粒徑2cm	SP-SM	43.7	48.5	7.8	5.8	2.14	0.31	2.66
20		20.0-20.24	SPT			棕黑色沉泥質砂夾卵礫石								
21	S-3 A2-5	20.24-20.4	乾鑽	50/ 24cm	[圖]	棕黑色沉泥質砂夾卵礫石	SP-SM	43.7	48.5	7.8	5.8	2.14	0.31	2.66
21		20.4-20.4	乾鑽			孔底								

A-5

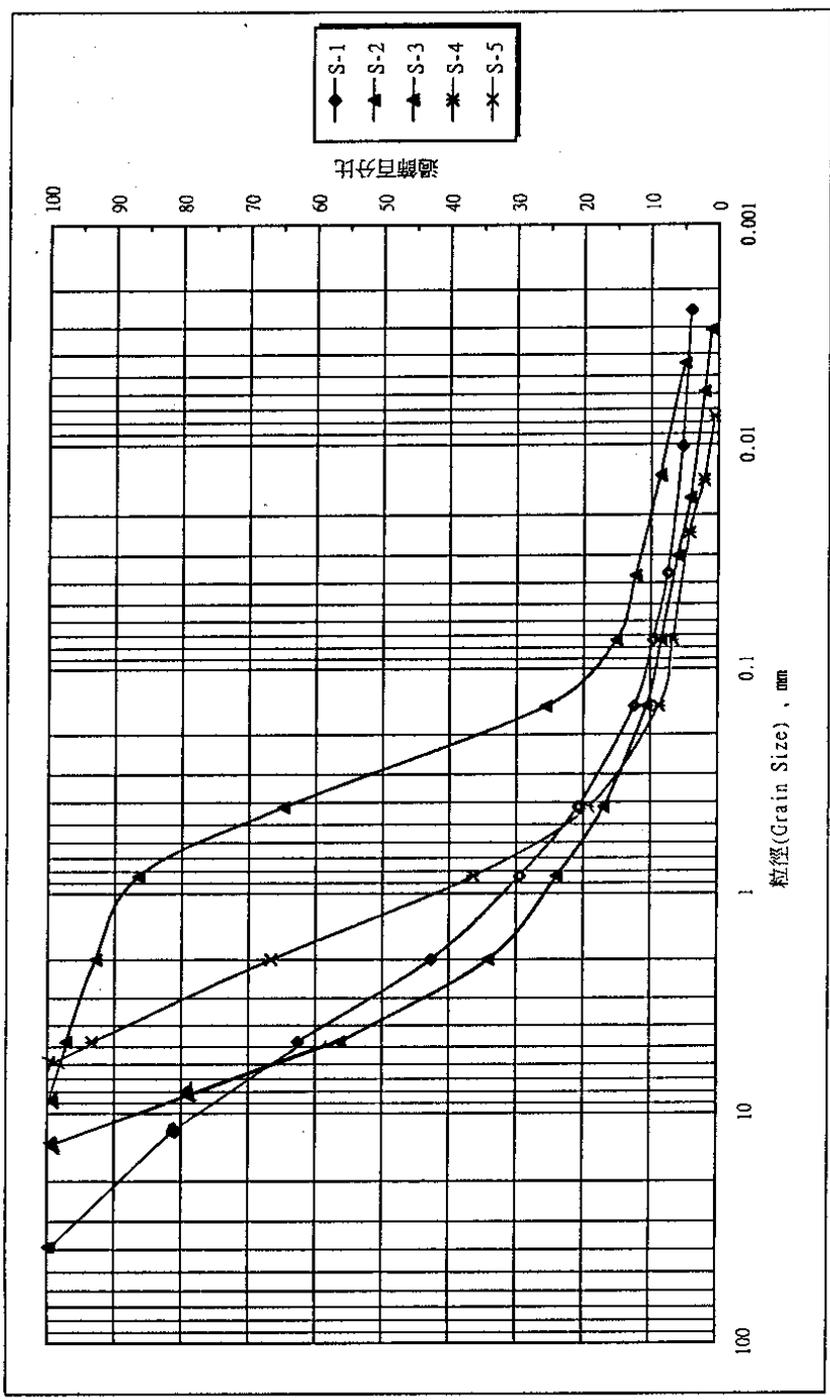
# 附 錄 B

## 土樣粒徑分析結果



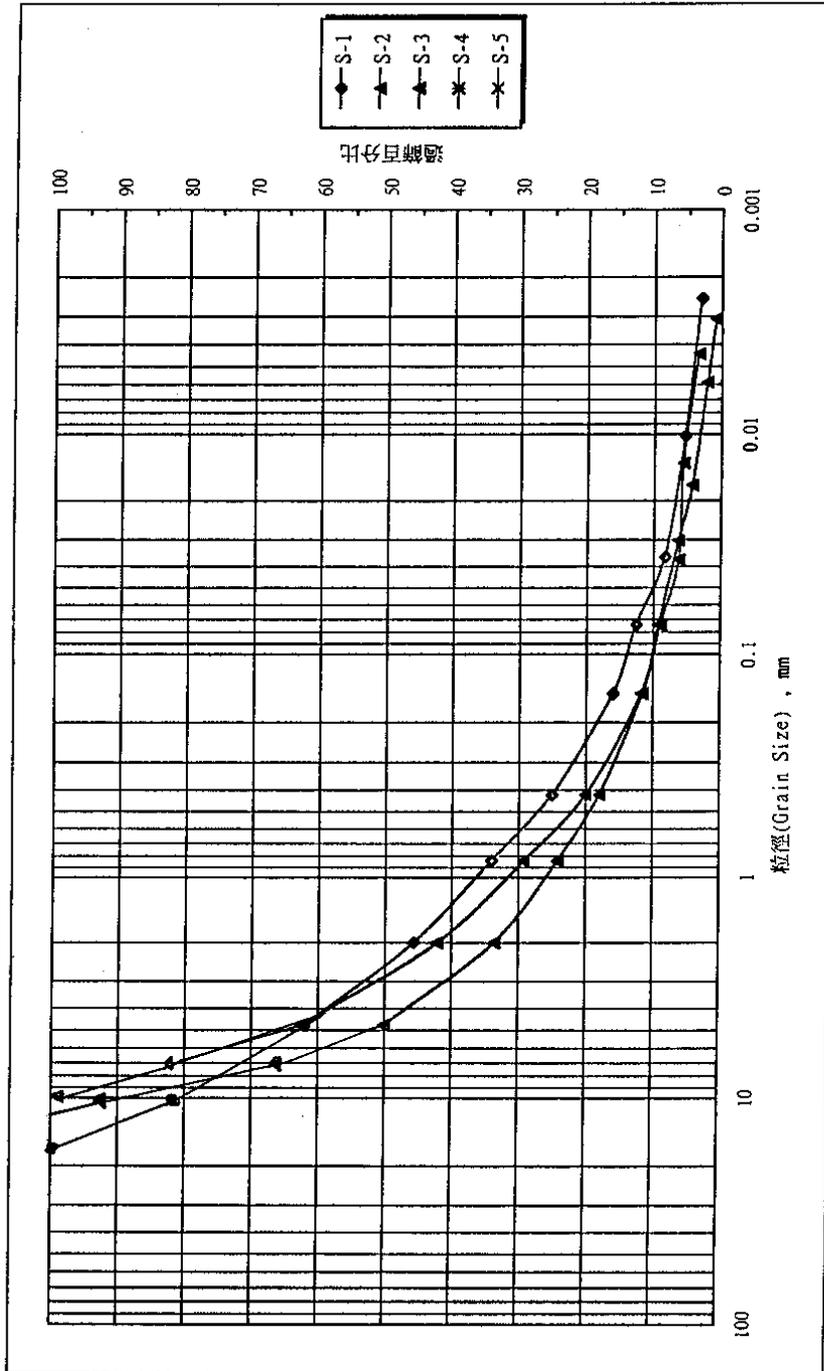
PROJECT :	HOLE NO. : A2
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	
	DATE : 88.11.01

B-1



PROJECT :	HOLE NO. : B2
	DATE : 88.11.01
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	

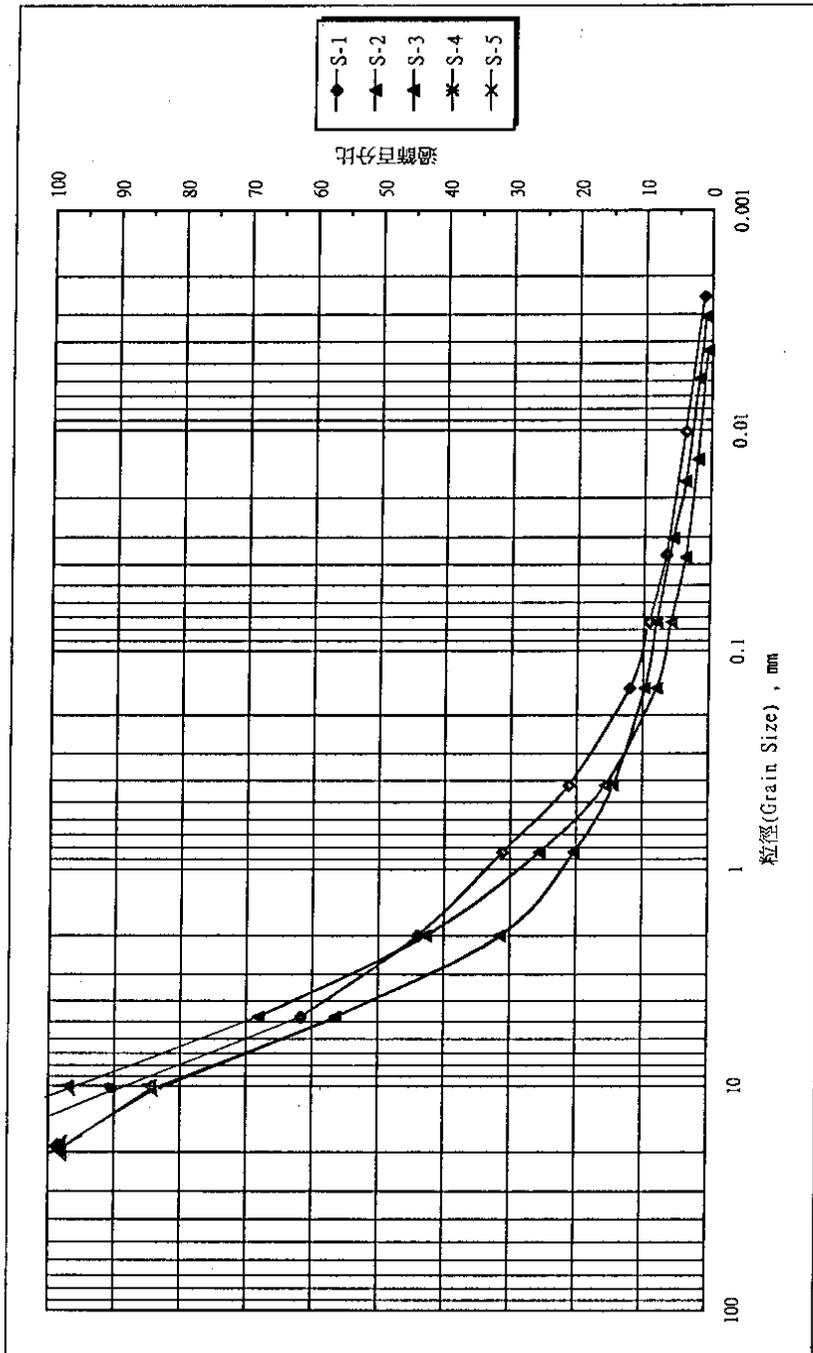
B-2



PROJECT :	HOLE NO. : C2
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	
	DATE : 88.11.01

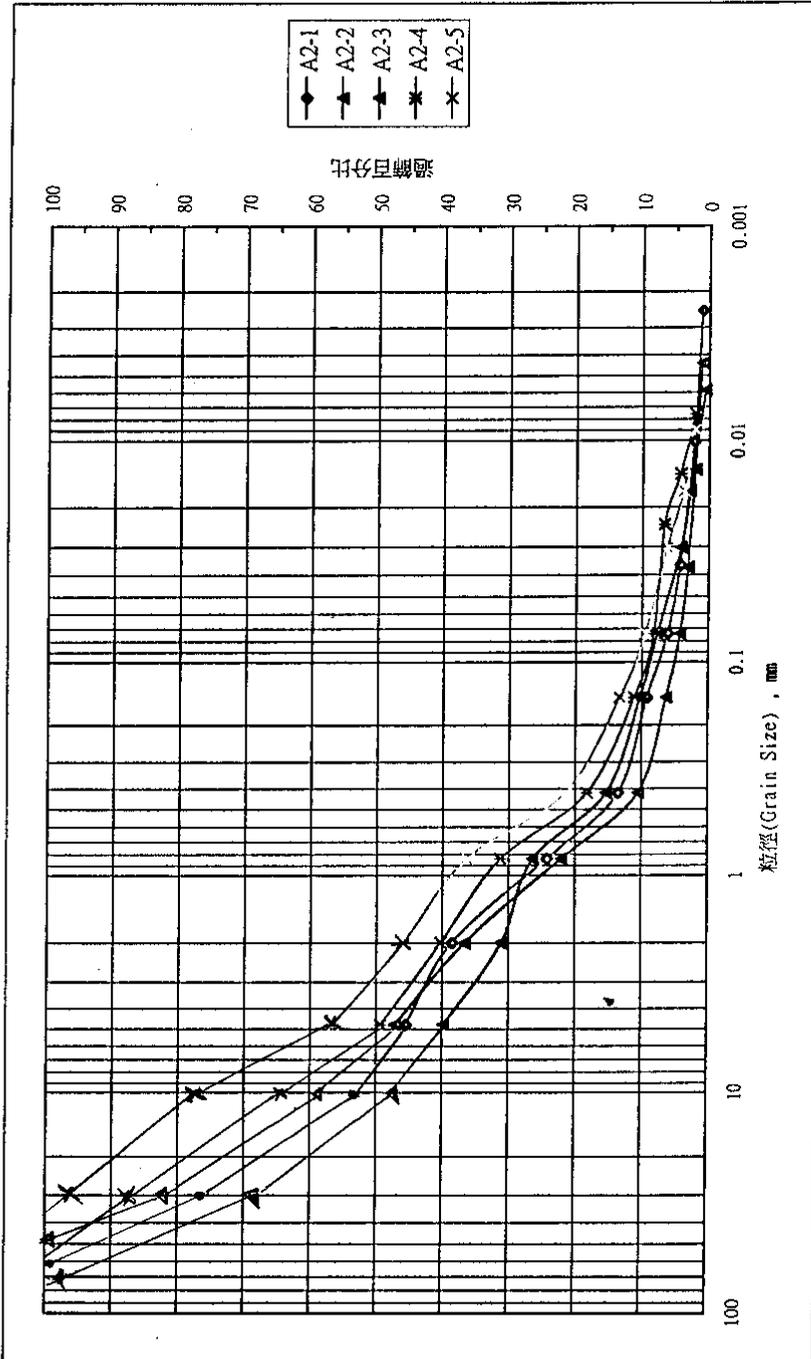
B-3





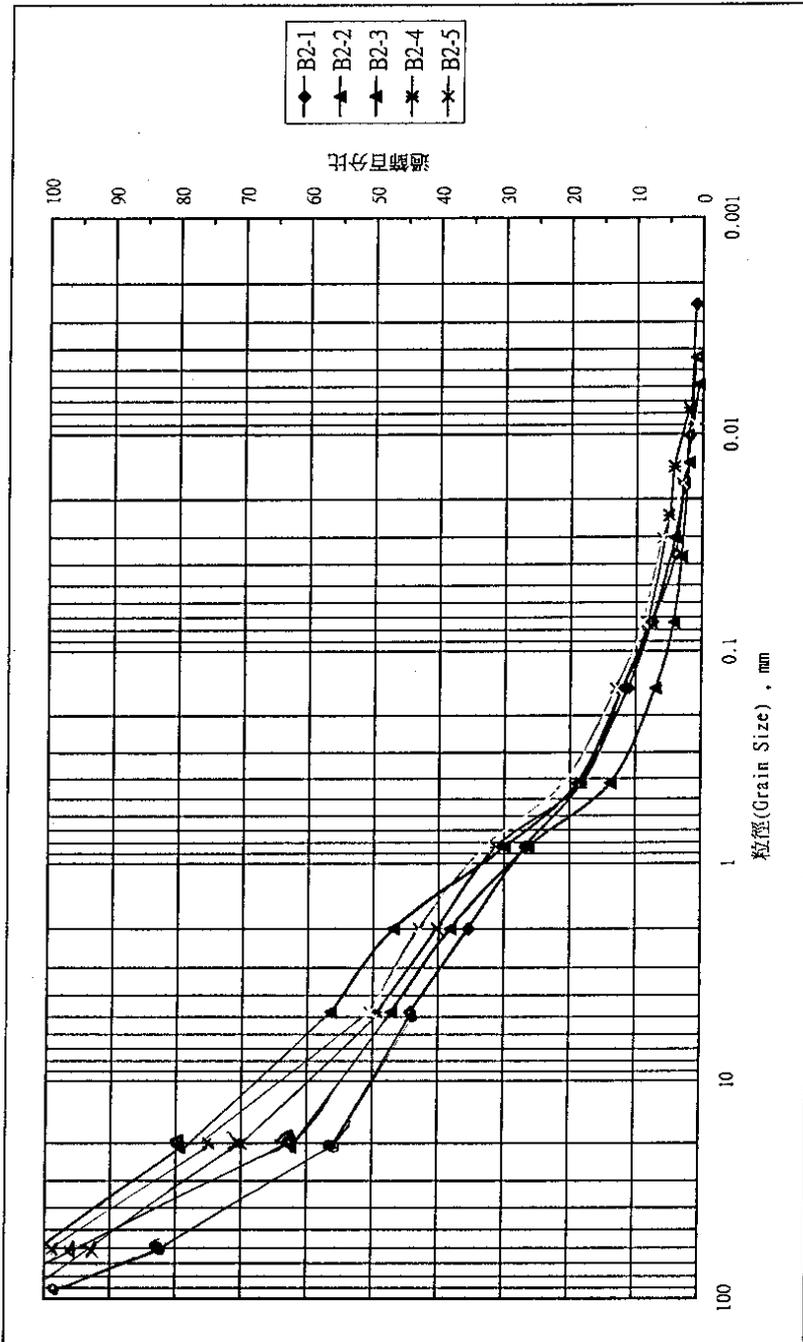
PROJECT :	HOLE NO. : E2
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	
	DATE : 88.11.01

B-5



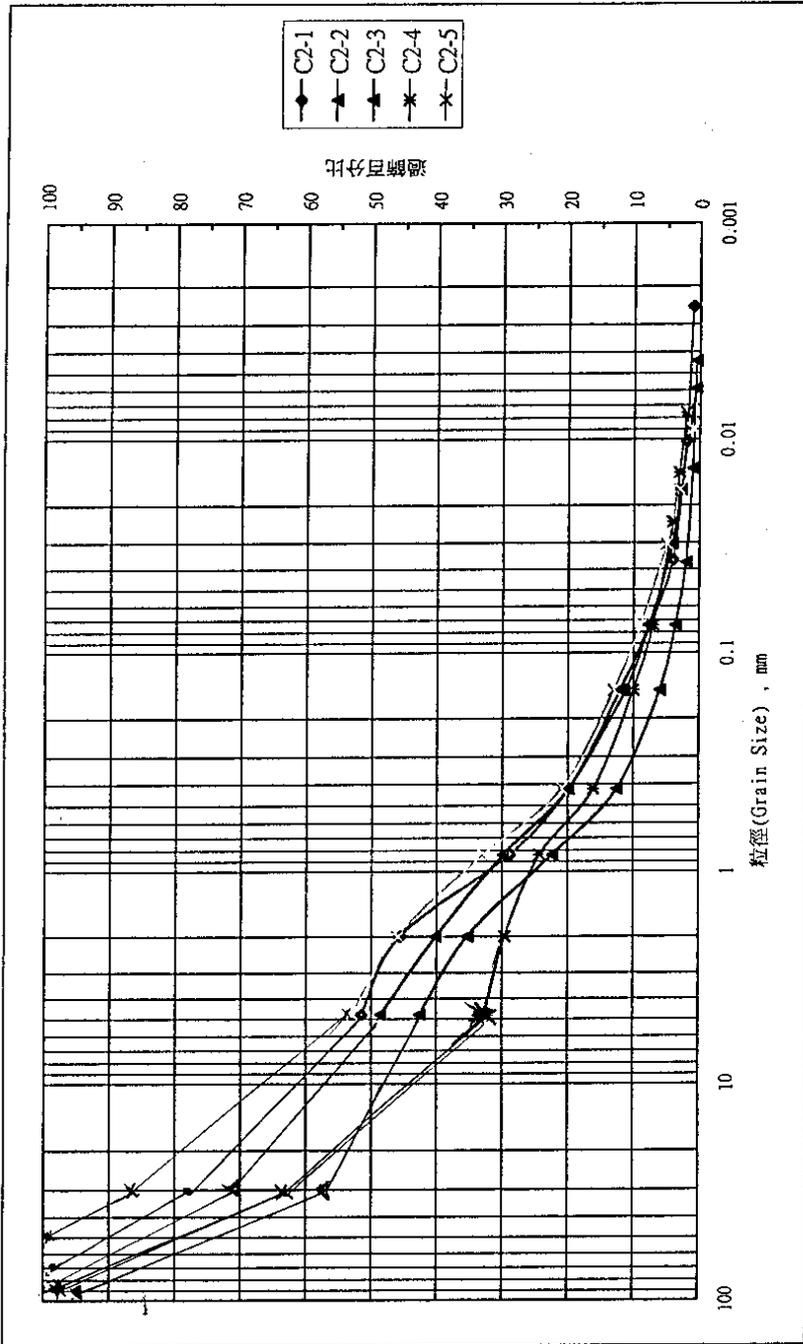
PROJECT :	HOLE NO. : A2
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	
	DATE : 88.11.01

B-6



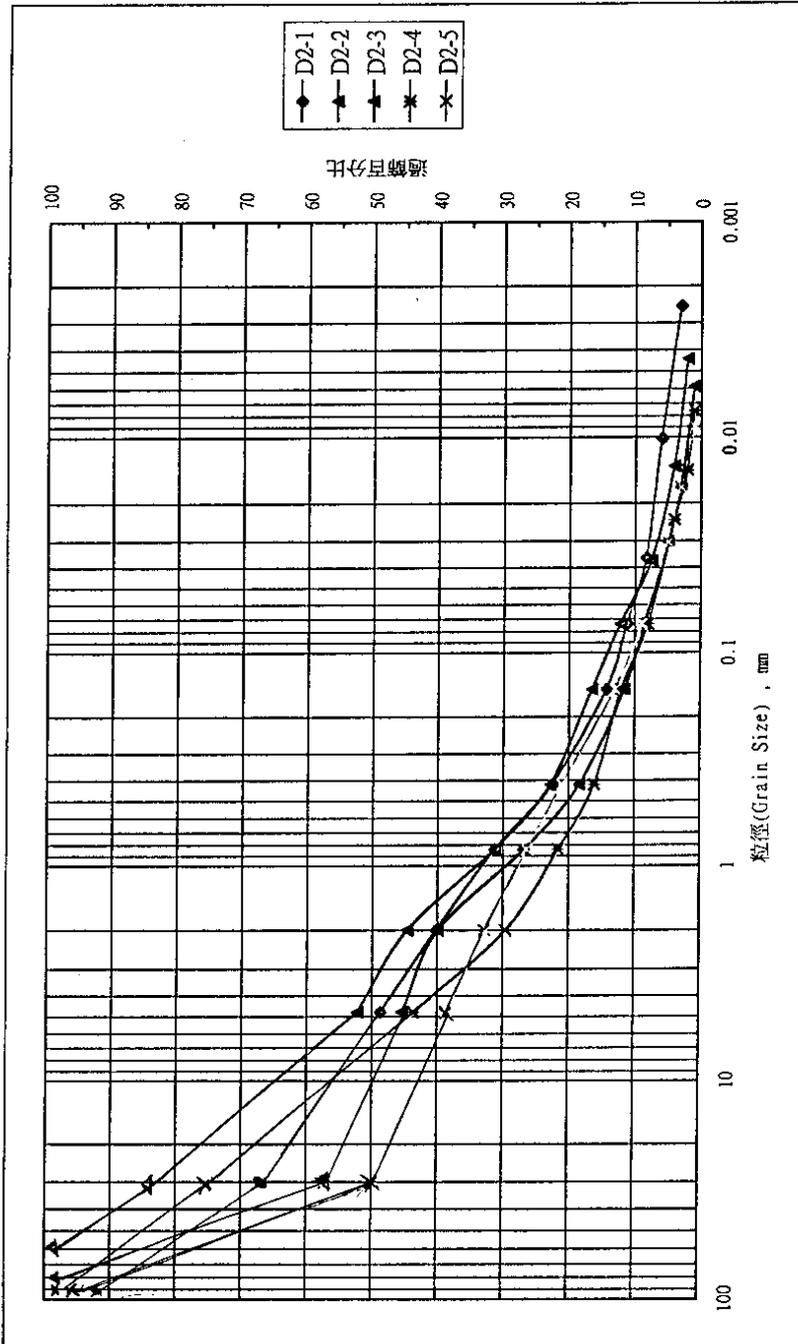
PROJECT :	HOLE NO. : B2
	DATE : 88.11.01
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	

B-7



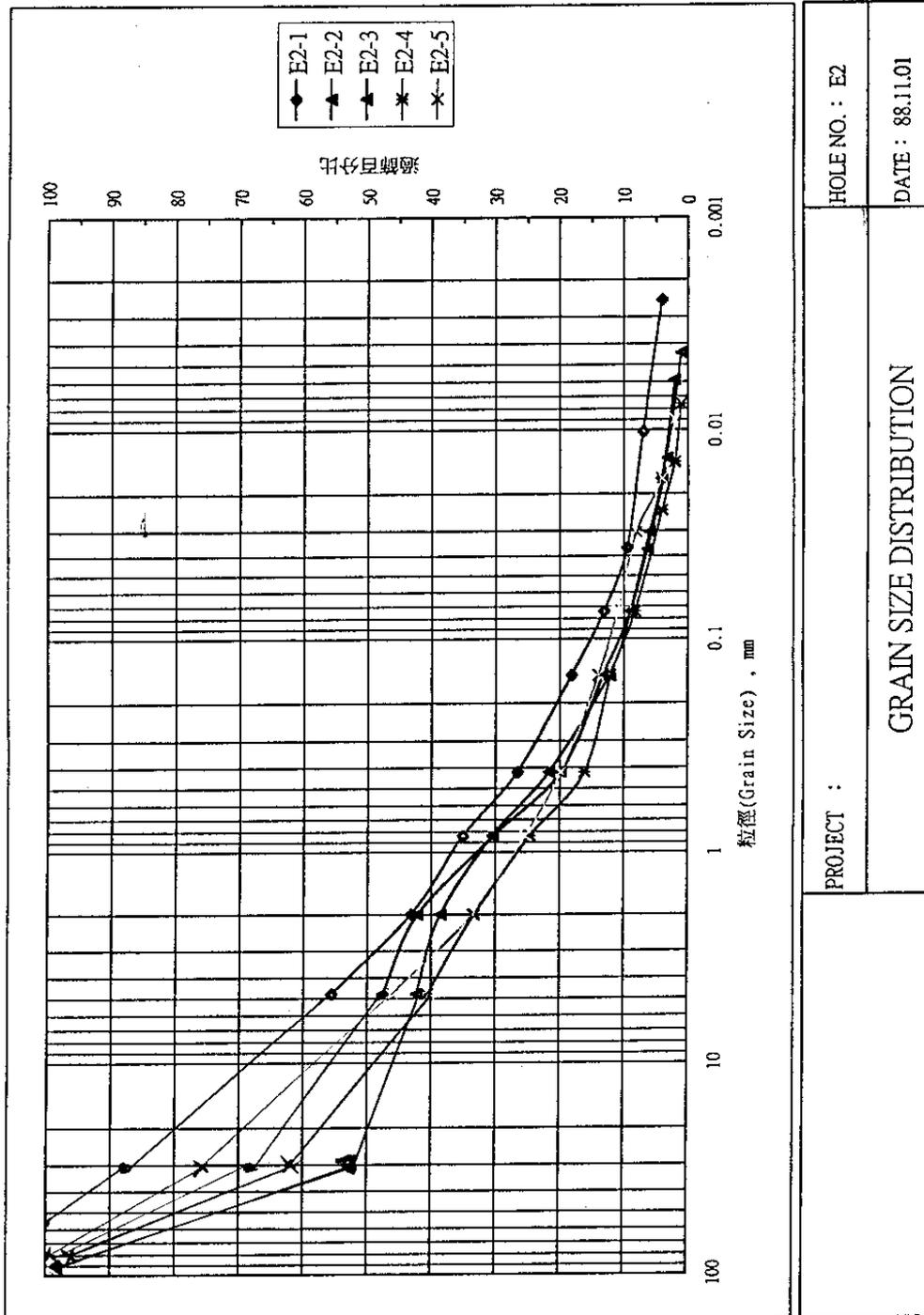
PROJECT :	HOLE NO. : C2
	DATE : 88.11.01
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	

B-8



PROJECT :	HOLE NO. : D2
	DATE : 88.11.01
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	

B-9



PROJECT :	HOLE NO. : E2
GRAIN SIZE DISTRIBUTION	
	DATE : 88.11.01

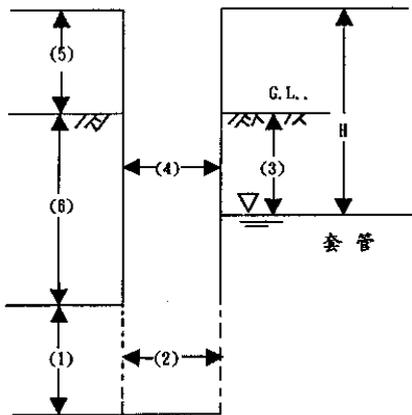
B-10

# 附 錄 C

## 現地透水試驗結果

### 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



- 孔 號： A-2.1  
 試驗日期： 88.10.11  
 試驗方法： ( ) 定水頭 ( \* ) 注水  
 ( \* ) 變水頭 ( ) 抽水
- (1) 試驗長度(L)： 1.0 m  
 試驗深度： -4.0 m 至 -5.0 m  
 (2) 試驗孔徑(D)： 11.8 cm  
 (3) 地下水位： -2.4 m  
 (4) 套管內徑(d)： 8.8 cm  
 (5) 套管長度；孔口以上長度 5.0 m  
 (6) 套管長度；孔口以下長度 4.0 m  
 (7) 地質狀況： 碎石級配夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 Hi(cm)	水頭 Ho(cm)	水頭比 Hi/Ho	K 值 (cm/sec)
0	0	500	740	740	1.0000	0.00263
30	100	400	640		0.8648	0.00285
60	200	300	540		0.7297	0.00379
120	420	80	320		0.4324	0.00236
240	480	20	260		0.3514	因沉箱屬封
480	500	0	240		0.3243	閉性滲透區
960	620	-120	120		0.1622	域較小，以
1920	700	-200	40		0.0541	下數據不具
3840	720	-220	20		0.0270	意義。
7680	730	-230	10		0.0135	

平均 K 值 (cm/sec)： 0.00291

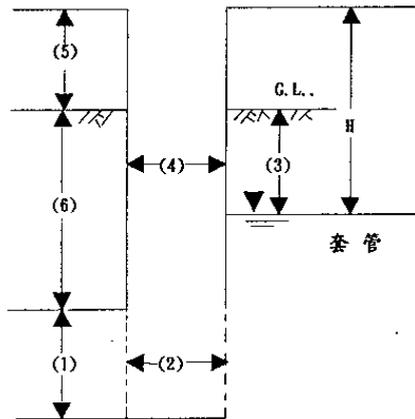
$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1 / H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

C-1

### 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



孔 號： A-2.2

試驗日期： 88.10.12

試驗方法：( )定水頭 (\*)注水

(\*)變水頭 ( )抽水

(1) 試驗長度(L)： 1.0 m

試驗深度： -14.0 m 至 -15.0 m

(2) 試驗孔徑(D)： 11.8 cm

(3) 地下水位： -2.6 m

(4) 套管內徑(d)： 8.8 cm

(5) 套管長度；孔口以上長度 5.0 m

(6) 套管長度；孔口以下長度 14.0 m

(7) 地質狀況： 碎石級配夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 Hi(cm)	水頭 Ho(cm)	水頭比 Hi/Ho	K 值 (cm/sec)
0	0	500	760	760	1.0000	0.00207
30	100	400	660		0.8684	0.00252
60	200	300	560		0.7368	0.00326
120	400	100	360		0.4737	0.00349
240	600	-100	160		0.2105	因沉箱屬封
480	700	-200	60		0.0789	閉性滲透區
960	720	-220	40		0.0526	域較小, 以
1920	750	-250	10		0.0132	下數據不具
3840	750	-250	10		0.0132	意義.
7680	750	-250	10		0.0132	

平均 K 值(cm/sec)： 0.00283

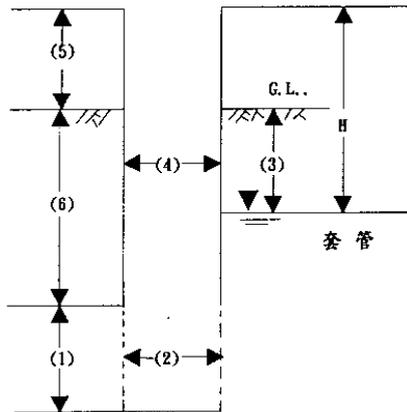
$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1 / H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

C-2

## 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



孔 號： B-2.1

試驗日期： 88.10.13

試驗方法：定水頭 注水

變水頭 抽水

- (1) 試驗長度(L)： 1.0  m  
 試驗深度： -8.0  m 至  -9.0  m  
 (2) 試驗孔徑(D)： 11.8  cm  
 (3) 地下水位： -2.6  m  
 (4) 套管內徑(d)： 8.8  cm  
 (5) 套管長度；孔口以上長度  5.0  m  
 (6) 套管長度；孔口以下長度  8.0  m  
 (7) 地質狀況： 沉泥質砂夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 Hi(cm)	水頭 Ho(cm)	水頭比 Hi/Ho	K 值 (cm/sec)
0	0	500	760	760	1.0000	0.00123
30	50	450	710		0.9342	0.00148
60	115	385	645		0.8787	0.00171
120	240	260	520		0.6842	0.00163
240	390	110	370		0.4868	因沉箱屬封
480	440	60	320		0.4211	閉性滲透區
960	480	20	280		0.3684	域較小, 以
1920	500	0	260		0.3421	下數據不具
3840	510	-10	250		0.3289	意義.
7680	535	-35	225		0.2961	

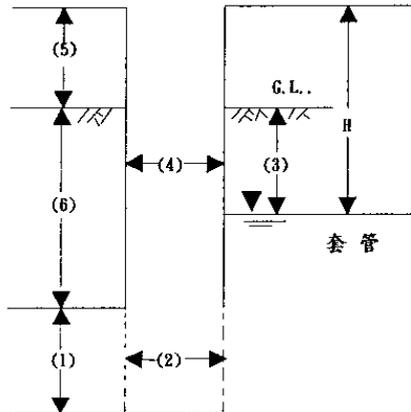
平均 K 值 (cm/sec)： 0.00151

$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1/H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

### 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



孔 號： B-2.2

試驗日期： 88.10.14

試驗方法：( )定水頭 (\* )注水

(\* )變水頭 ( )抽水

(1) 試驗長度(L)： 1.0 m

試驗深度： -16.0 m 至 -17.0 m

(2) 試驗孔徑(D)： 11.8 cm

(3) 地下水位： -2.6 m

(4) 套管內徑(d)： 8.8 cm

(5) 套管長度；孔口以上長度 5.0 m

(6) 套管長度；孔口以下長度 16.0 m

(7) 地質狀況： 碎石級配夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 $H_i$ (cm)	水頭 $H_o$ (cm)	水頭比 $H_i/H_o$	K 值 (cm/sec)
0	0	500	760	760	1.0000	0.00149
30	60	440	700		0.9211	0.00127
60	100	400	660		0.8684	0.00114
120	170	330	590		0.7763	0.00077
240	220	280	540		0.7105	因沉箱屬封
480	300	200	460		0.6053	閉性滲透區
960	400	100	360		0.4737	域較小，以
1920	430	70	330		0.4342	下數據不具
3840	450	50	310		0.4079	意義。
7680	460	40	300		0.3947	

平均 K 值 (cm/sec)： 0.00117

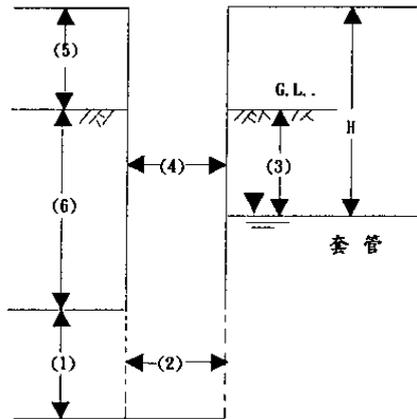
$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1/H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

C-4

### 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



孔 號： C-2.1  
 試驗日期： 88.10.15  
 試驗方法：( )定水頭 (\*)注水  
 (\*)變水頭 ( )抽水  
 (1) 試驗長度(L)： 1.0 m  
 試驗深度： -4.0 m 至 -5.0 m  
 (2) 試驗孔徑(D)： 11.8 cm  
 (3) 地下水位： -2.6 m  
 (4) 套管內徑(d)： 8.8 cm  
 (5) 套管長度：孔口以上長度 5.0 m  
 (6) 套管長度：孔口以下長度 4.0 m  
 (7) 地質狀況： 沉泥質砂夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 $H_i$ (cm)	水頭 $H_o$ (cm)	水頭比 $H_i/H_o$	K 值 (cm/sec)
0	0	500	760	760	1.0000	0.00097
30	70	430	690		0.9079	0.00184
60	140	360	620		0.8158	0.00227
120	300	200	460		0.6053	0.00175
240	410	90	350		0.4605	因沉箱屬封
480	480	20	280		0.3684	閉性滲透區
960	520	-20	240		0.3158	域較小, 以
1920	550	-50	210		0.2763	下數據不具
3840	630	-130	130		0.1411	意義.
7680	670	-170	90		0.1184	

平均 K 值(cm/sec)： 0.00171

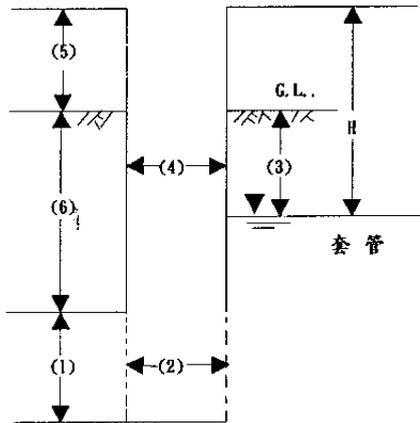
$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1/H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

C-5

### 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



孔 號： C-2.2

試驗日期： 88.10.15

試驗方法：( )定水頭 (\*)注水

(\*)變水頭 ( )抽水

(1) 試驗長度(L)： 1.0 m

試驗深度： -14.0 m 至 -15.0 m

(2) 試驗孔徑(D)： 11.8 cm

(3) 地下水位： -2.4 m

(4) 套管內徑(d)： 8.8 cm

(5) 套管長度；孔口以上長度 5.0 m

(6) 套管長度；孔口以下長度 14.0 m

(7) 地質狀況： 沉泥質砂夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 $H_i$ (cm)	水頭 $H_o$ (cm)	水頭比 $H_i/H_o$	K 值 (cm/sec)
0	0	500	740	740	1.0000	0.00458
30	150	350	590		0.7973	0.00495
60	300	200	440		0.5946	0.00406
120	430	70	310		0.4189	0.00242
240	480	20	260		0.3514	因沉箱屬封
480	550	-50	190		0.2568	閉性滲透區
960	610	-110	130		0.1757	域較小,以
1920	690	-190	50		0.0676	下數據不具
3840	720	-220	20		0.0270	意義.
7680	730	-230	10		0.0135	

平均 K 值(cm/sec)： 0.00401

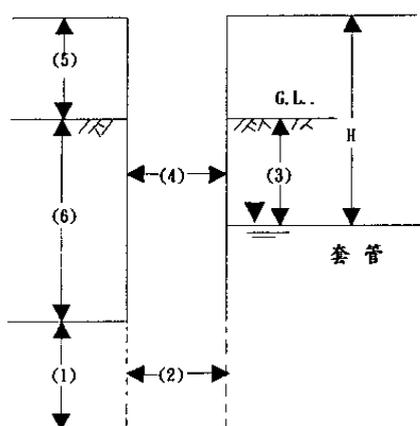
$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1/H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

C-6

### 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



孔 號： D-2.1  
 試驗日期： 88.10.17  
 試驗方法：( )定水頭 (\* )注水  
 (\* )變水頭 ( )抽水  
 (1) 試驗長度(L)： 1.0 m  
 試驗深度： -3.0 m 至 -4.0 m  
 (2) 試驗孔徑(D)： 11.8 cm  
 (3) 地下水位： -0.3 m  
 (4) 套管內徑(d)： 8.8 cm  
 (5) 套管長度；孔口以上長度 5.0 m  
 (6) 套管長度；孔口以下長度 3.0 m  
 (7) 地質狀況： 沉泥質砂夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 Hi(cm)	水頭 Ho(cm)	水頭比 Hi/Ho	K 值 (cm/sec)
0	0	500	530	530	1.0000	0.00378
30	100	400	430		0.8113	0.00756
60	300	200	230		0.4340	0.01301
120	500	0	30		0.0566	0.00899
240	520	-20	10		0.0189	因沉箱屬封
480	520	-20	10		0.0189	閉性滲透區
960	520	-20	10		0.0189	域較小, 以
1920	520	-20	10		0.0189	下數據不具
3840	520	-20	10		0.0189	意義.
7680	520	-20	10		0.0189	

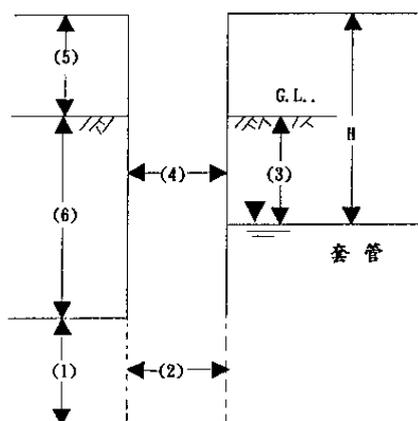
平均 K 值 (cm/sec)： 0.00833

$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1/H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

### 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



- 孔 號： D-2.2  
 試驗日期： 88.10.17  
 試驗方法： ( ) 定水頭 ( \* ) 注水  
 ( \* ) 變水頭 ( ) 抽水
- (1) 試驗長度(L)： 1.0 m  
 試驗深度： -13.0 m 至 -14.0 m  
 (2) 試驗孔徑(D)： 11.8 cm  
 (3) 地下水位： -0.3 m  
 (4) 套管內徑(d)： 8.8 cm  
 (5) 套管長度；孔口以上長度 5.0 m  
 (6) 套管長度；孔口以下長度 13.0 m  
 (7) 地質狀況： 沉泥質砂夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 Hi(cm)	水頭 Ho(cm)	水頭比 Hi/Ho	K 值 (cm/sec)
0	0	500	530	530	1.0000	0.00179
30	50	450	480		0.9057	0.00429
60	200	300	330		0.6226	0.00441
120	330	170	200		0.3774	0.00318
240	400	100	130		0.2453	因沉箱屬封
480	420	80	110		0.2075	閉性滲透區
960	480	20	50		0.0943	域較小，以
1920	500	0	30		0.0566	下數據不具
3840	520	-20	10		0.0189	意義。
7680	520	-20	10		0.0189	

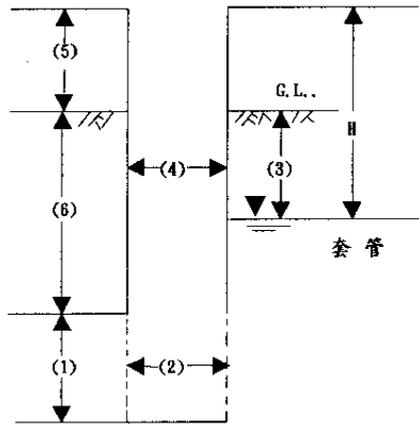
平均 K 值 (cm/sec)： 0.00342

$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1/H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

### 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



孔 號： E-2.1

試驗日期： 88.10.17

試驗方法： ( ) 定水頭 (\*) 注水

(\*) 變水頭 ( ) 抽水

- (1) 試驗長度(L)： 1.0 m
- 試驗深度： -5.0 m 至 -6.0 m
- (2) 試驗孔徑(D)： 11.8 cm
- (3) 地下水位： -1.9 m
- (4) 套管內徑(d)： 8.8 cm
- (5) 套管長度；孔口以上長度 5.0 m
- (6) 套管長度；孔口以下長度 5.0 m
- (7) 地質狀況： 沉泥質砂夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 Hi(cm)	水頭 Ho(cm)	水頭比 Hi/Ho	K 值 (cm/sec)
0	0	500	690	690	1.0000	0.00283
30	100	400	590		0.8551	0.00516
60	300	200	390		0.5352	0.00392
120	400	100	290		0.4203	0.00269
240	480	20	210		0.3043	因沉箱屬封
480	550	-50	140		0.2029	閉性滲透區
960	620	-120	70		0.1014	域較小, 以
1920	658	-158	32		0.0464	下數據不具
3840	672	-172	18		0.0261	意義.
7680	680	-180	10		0.0145	

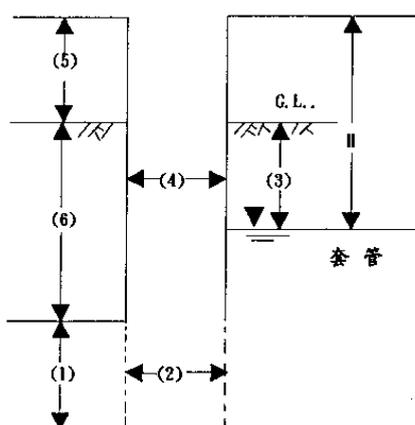
平均 K 值 (cm/sec)： 0.00365

$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1/H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

### 透水試驗現場檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤 SB-16 沉箱補強與現地檢測試驗



孔 號： E-2.2

試驗日期： 88.10.17

試驗方法：( )定水頭 (\*)注水

(\*)變水頭 ( )抽水

(1) 試驗長度(L)： 1.0 m

試驗深度： -15.0 m 至 -16.0 m

(2) 試驗孔徑(D)： 11.8 cm

(3) 地下水位： -2.1 m

(4) 套管內徑(d)： 8.8 cm

(5) 套管長度；孔口以上長度 5.0 m

(6) 套管長度；孔口以下長度 15.0 m

(7) 地質狀況： 沉泥質砂夾卵礫石

時間 (sec)	水位下降 (cm)	水位高度 (cm)	水頭高 $H_i$ (cm)	水頭 $H_o$ (cm)	水頭比 $H_i/H_o$	K 值 (cm/sec)
0	0	500	710	710	1.0000	0.00378
30	150	350	560		0.7887	0.00471
60	300	200	410		0.5775	0.00538
120	500	0	210		0.2958	0.00301
240	528	-28	182		0.2563	因沉箱屬封
480	600	-100	110		0.1549	閉性滲透區
960	655	-155	55		0.0775	域較小,以
1920	680	-180	30		0.0423	下數據不具
3840	685	-185	25		0.0352	意義.
7680	700	-200	10		0.0141	

平均 K 值 (cm/sec)： 0.00422

$$K = R^2 / [F * (t_2 - t_1) * \ln(H_1/H_2)]$$

$$F = 2\pi L / \ln(L/r)$$

### 滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.03  
補強與現地檢測試驗  
 位置: 南堤SB16沉箱 A 沉箱 第 1 次試驗  
 孔 號: AH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 1 M  
 試驗深度 -4 M至-5 M  
 2. 試驗孔徑 7.5 CM  
 3. 地下水位 -2.4 M  
 4. 套管內徑 7.8 CM  
 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 4 M  
 7. 地質概述: 卵礫石夾水泥塊  
 8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	48	48	0.322222222	0.000263703	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	80	80			
120	120	120			
240	240	240			
480	540	540			
960	890	890			
3600	1160	1160			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.03  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 A 沉箱 第 2 次試驗

孔 號: AH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -14 M 至 -15 M
- 地下水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  孔口以下 14 M
- 地質概述: 碎石級配夾卵石, 夾少量水泥
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均滲水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	50	50	0.266666667	0.000218237	$K = Q / (2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H = H(\text{gravity}) + H(\text{pressure})$
60	100	100			
120	150	150			
240	240	240			
480	350	350			
960	590	590			
3600	960	960			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.04  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 A 沉箱 第 3 次試驗

孔號: AH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 20 M  
 試驗深度 0 M 至 -20 M
- 試驗孔徑 7.5 CM
- 地下水水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 0 M
- 地質概述: 碎石級配夾卵礫石夾水泥
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	120	120	0.433333333	3.41055E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	248	248			
120	540	540			
240	790	790			
480	100	100			
960	1200	1200			
3600	1560	1560			

### 滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與現地檢測試驗      試驗日期: 88.12.05

位 置: 南堤SB16沉箱 A 沉箱      第 1 次試驗

孔 號: AH-3

試驗方法:  定水頭     抽水  
 變水頭     注水

1. 試驗長度 1 M  
試驗深度 -5 M至-6 M
2. 試驗孔徑 7.5 CM
3. 地下水位 -2.4 M
4. 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 5 M
7. 地質概述: 水泥漿柱體
8. 壓 力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	76	76	0.402777778	0.000329629	$K = Q / (2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H = H(\text{gravity}) + H(\text{pressure})$
60	120	120			
120	240	240			
240	450	450			
480	630	630			
960	980	980			
3600	1450	1450			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.07  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 A 沉箱 第 2 次試驗

孔 號: AH-3

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -15 M 至 -16 M
- 地下水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  孔口以下 15 M
- 地質概述: 碎石級配夾少量水泥
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	65	65	0.55	0.000450114	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	120	120			
120	240	240			
240	360	360			
480	720	720			
960	1340	1340			
3600	1980	1980			

### 滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.07  
補強與現地檢測試驗  
 位置: 南堤SB16沉箱 A 沉箱 第 3 次試驗  
 孔 號: AH-3

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 20 M
- 試驗深度 0 M至-20 M
2. 試驗孔徑 7.5 CM
3. 地下水位 -2.4 M
4. 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 0 M
7. 地質概述: 碎石級配及卵石及水泥
8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	70	70	1.069444444	8.41706E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	140	140			
120	280	280			
240	560	560			
480	1560	1560			
960	2700	2700			
3600	3850	3850			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.10  
 補強與現地檢測試驗  
 位置: 南堤SB16沉箱 A 沉箱 第 1 次試驗  
 孔 號: AH-5

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M  
試驗深度 -6 M 至 -7 M
- 試驗孔徑 7.5 CM
- 地下水位 -2.5 M
- 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  孔口以下 6 M
- 地質概述: 碎石級配夾少量水泥
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	40	40	0.358333333	0.00029219	$K=Q/(2*\pi *H*L)*\text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	110	110			
120	220	220			
240	320	320			
480	590	590			
960	860	860			
3600	1290	1290			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.11  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 A 沉箱 第 2 次試驗

孔 號: AH-5

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -16 M至 -17 M
2. 試驗孔徑 7.5 CM
3. 地下水水位 -2.5 M
4. 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  孔口以下 16 M
7. 地質概述: 碎石級配少量水流。
8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	60	60	0.541666667	0.000441682	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	120	120			
120	240	240			
240	420	420			
480	800	800			
960	1230	1230			
3600	1950	1950			

### 滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱      試驗日期: 88.12.11  
補強與現地檢測試驗

位 置: 南堤SB16沉箱 A 沉箱      第 3 次試驗

孔 號: AH-5

試驗方法:  定水頭     抽水  
 變水頭     注水

1. 試驗長度 20 M  
 試驗深度 0 M至-20 M

2. 試驗孔徑 7.5 CM

3. 地下水水位 -2.5 M

4. 套管內徑 7.8 CM

5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 0 M

7. 地質概述: 碎石級配夾少量水泥

8. 壓 力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	120	120			$K = Q / (2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H = H(\text{gravity}) + H(\text{pressure})$
60	240	240			
120	360	360			
240	960	960			
480	1200	1200			
960	2400	2400			
3600	3600	3600			
				1. 7.84188E-05	

### 滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.02  
補強與現地檢測試驗

位 置: 南堤SB16沉箱 B 沉箱 第 1 次試驗

孔 號: DH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 1 M
- 試驗深度 8 M 至 9 M
2. 試驗孔徑 7.5 CM
3. 地下水位 2.5 M
4. 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 8 M
7. 地質概述: 水泥漿柱體夾卵礫石
8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

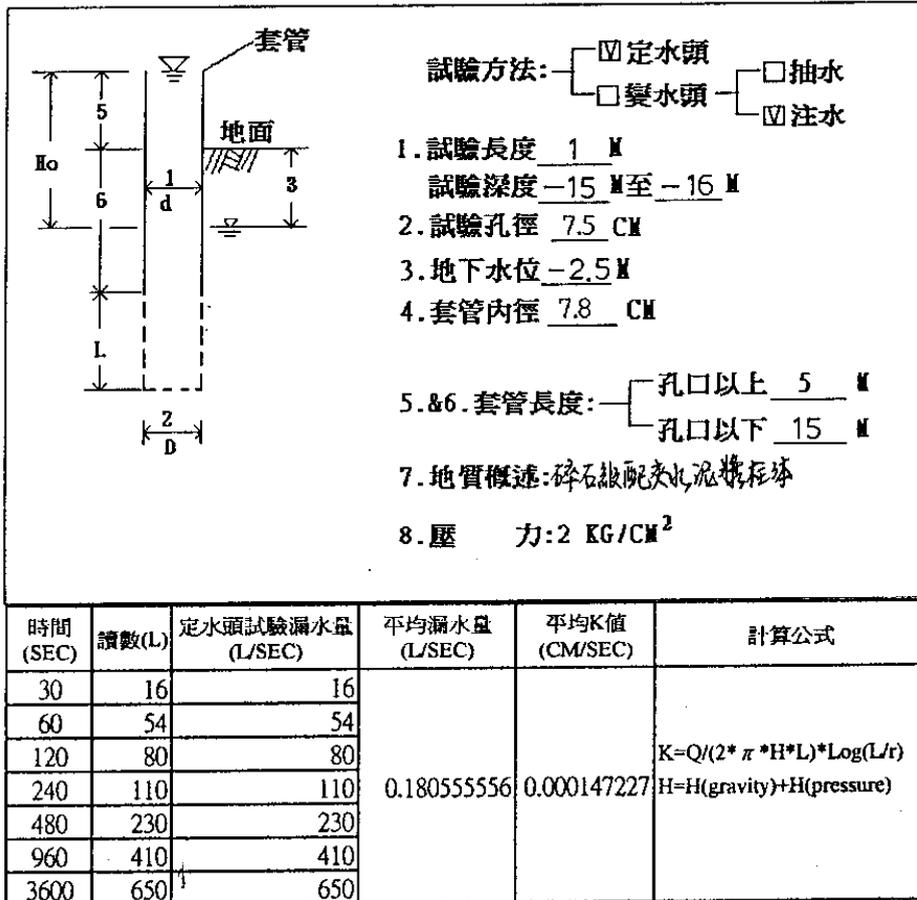
時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	8	8	0.077777778	6.3421E-05	$K=Q/(2 \cdot \pi \cdot H \cdot L) \cdot \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	24	24			
120	54	54			
240	78	78			
480	100	100			
960	150	150			
3600	280	280			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.04  
補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 B 沉箱 第 2 次試驗

孔 號: BH-2



滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.04  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 B 沉箱 第 3 次試驗  
 孔 號: DH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -19 M至 -20 M
- 地下水水位 -2.5 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  孔口以下 19 M
- 地質概述: 碎石級配夾少量水泥。
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	48	48	0.433333333	0.000353346	K=Q/(2*π *H*L)*Log(L/r) H=H(gravity)+H(pressure)
60	80	80			
120	120	120			
240	240	240			
480	540	540			
960	890	890			
3600	1560	1560			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.04  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 B 沉箱 第 4 次試驗

孔 號: DH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 20 M  
 試驗深度 0 M至-20 M
- 試驗孔徑 7.5 CM
- 地下水位 -2.5 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 0 M
- 地質概述: 碎石級配灰泥夾卵礫石
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

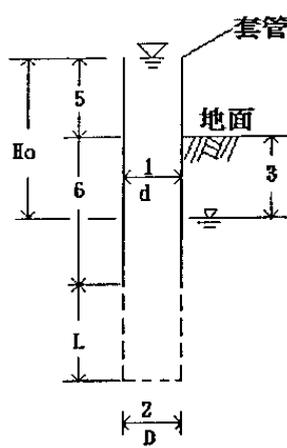
時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	54	54	0.5	3.92094E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	130	130			
120	260	260			
240	570	570			
480	890	890			
960	1200	1200			
3600	1800	1800			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.05  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 B 沉箱 第 1 次試驗

孔 號: BH-3



試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 10 M
- 試驗深度 0 M至-10 M
- 地下水水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  孔口以下 0 M
- 地質概述: 碎石級配夾卵礫石, 夾淤泥
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	16	16	0.180555556	2.52641E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	30	30			
120	48	48			
240	90	90			
480	120	120			
960	240	240			
3600	650	650			

### 滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.12.06  
補強與現地檢測試驗  
 位置: 南堤SB16沉箱 B 沉箱 第 2 次試驗  
 孔 號: BH-3

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 20 M
- 試驗深度 0 M至-20 M
2. 試驗孔徑 7.5 CM
3. 地下水位 -2.4 M
4. 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 0 M
7. 地質概述: 碎石級面及卵石碎石, 灰水泥
8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	36	36	0.208333333	1.63969E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/i)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	60	60			
120	90	90			
240	140	140			
480	280	280			
960	390	390			
3600	750	750			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.23  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 B 沉箱 第 1 次試驗

孔 號: DH-4

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 1 M  
 試驗深度 - 5 M 至 - 6 M

2. 試驗孔徑 7.5 CM

3. 地下水位 -2.4 M

4. 套管內徑 7.8 CM

5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 5 M

7. 地質概述: 卵礫石夾泥漿柱體

8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	6	6	0.025	2.04597E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	8	8			
120	9	9			
240	20	20			
480	25	25			
960	70	70			
3600	90	90			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.24  
 補強與現地檢測試驗  
 位置: 南堤SB16沉箱 B 沉箱 第 2 次試驗  
 孔 號: BH-4

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 1 M  
試驗深度 -10 M至-11 M
2. 試驗孔徑 7.5 CM
3. 地下水位 -2.4 M
4. 套管內徑 7.8 CM
5. & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 10 M
7. 地質概述: 水泥漿柱体
8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗滲水量 (L/SEC)	平均滲水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	2	2	0.019444444	1.59131E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	3	3			
120	5	5			
240	8	8			
480	14	14			
960	35	35			
3600	70	70			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.25  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 B 沉箱 第 3 次試驗

孔 號: BH-4

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -19 M至 -20 M
- 地下水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  孔口以下 19 M
- 地質概述: 水泥散粒土
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	4	4	0.022222222	1.81864E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	6	6			
120	9	9			
240	20	20			
480	24	24			
960	56	56			
3600	80	80			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.26  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 C 沉箱 第 1 次試驗

孔 號: CH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 1 M  
 試驗深度 -4 M至-5 M

2. 試驗孔徑 7.5 CM

3. 地下水水位 -2.4 M

4. 套管內徑 7.8 CM

5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 4 M

7. 地質概述: 卵礫石夾水泥塊

8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗滲水量 (L/SEC)	平均滲水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	50	50	0.161111111	0.000131852	$K=Q/(2*\pi *H*L)*\text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	70	70			
120	100	100			
240	130	130			
480	250	250			
960	360	360			
3600	580	580			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.27  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 C 沉箱 第 2 次試驗

孔 號: CH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M  
試驗深度 -14 M 至 -15 M
- 試驗孔徑 7.5 CM
- 地下水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 14 M
- 地質概述: 碎石級配夾少量水泥
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

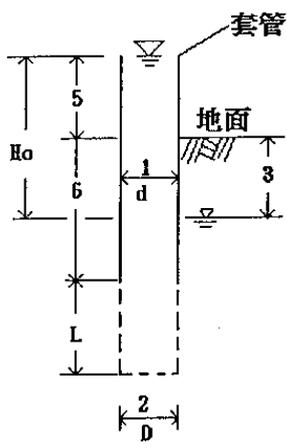
時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	55	55	0.15555556	0.000127305	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	80	80			
120	110	110			
240	150	150			
480	190	190			
960	330	330			
3600	560	560			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.28  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 C 沉箱 第 3 次試驗

孔 號: CH-1



試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -19 M 至 -20 M
- 地下水水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  孔口以下 19 M
- 地質概述: 碎石級配及小泥塊
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	60	60	0.138888889	0.000113665	K=Q/(2*π *H*L)*Log(L/t) H=H(gravity)+H(pressure)
60	80	80			
120	120	120			
240	160	160			
480	250	250			
960	300	300			
3600	500	500			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.28  
 補強與現地檢測試驗  
 位置: 南堤SB16沉箱 C 沉箱 第 4 次試驗  
 孔 號: CH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 20 M  
試驗深度 0 M至-20 M
- 試驗孔徑 7.5 CM
- 地下水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 0 M
- 地質概述: 碎石級配夾卵礫石夾小泥塊.
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	36	36	0.694444444	5.46562E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	127	127			
120	290	290			
240	580	580			
480	980	980			
960	1350	1350			
3600	2500	2500			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.22  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 D 沉箱 第 1 次試驗

孔 號: DH-2

Diagram labels: 套管 (Casing), 地面 (Ground), Ho, 5, 6, L, d, 3, 2, D.

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -3 M至-4 M
2. 試驗孔徑 7.5 CM
3. 地下水位 -2.5 M
4. 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 3 M
7. 地質概述: 水泥漿柱夾砂層.
8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

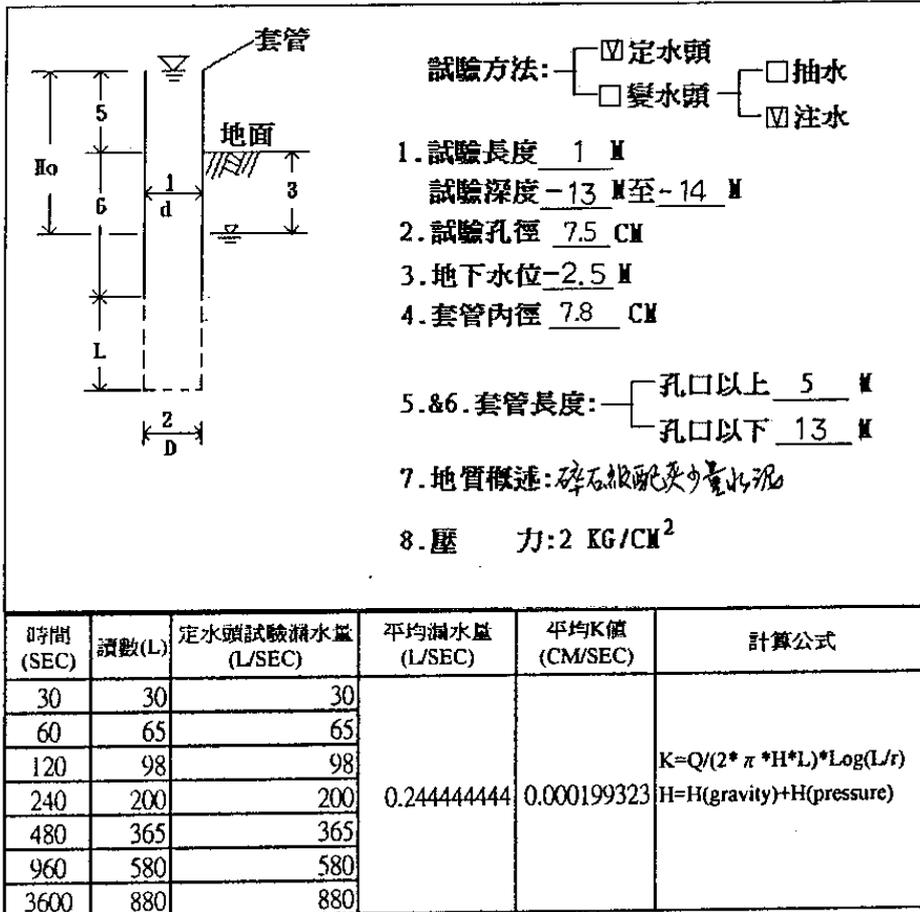
時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	25	25	0.244444444	0.000199323	K=Q/(2*π *H*L)*Log(L/r) H=H(gravity)+H(pressure)
60	48	48			
120	95	95			
240	190	190			
480	350	350			
960	480	480			
3600	880	880			

滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.24  
補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 D 沉箱 第 2 次試驗

孔 號: DH-2



滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.26  
 補強與現地檢測試驗  
 位 置: 南堤SB16沉箱 D 沉箱 第 3 次試驗  
 孔 號: DH-2

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M  
試驗深度 -18 M 至 -19 M
- 試驗孔徑 7.5 CM
- 地下水位 -2.5 M
- 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 18 M
- 地質概述: 碎石級配夾少量水泥
- 壓 力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	40	40	0.305555556	0.000249154	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	75	75			
120	110	110			
240	230	230			
480	400	400			
960	600	600			
3600	1100	1100			

### 滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱：蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與現地檢測試驗      試驗日期：88.11.18

位 置：南堤SB16沉箱 E 沉箱      第 1 次試驗

孔 號：EH-1

試驗方法： 定水頭     抽水  
 變水頭     注水

1. 試驗長度 1 M  
 試驗深度 -5 M至-6 M

2. 試驗孔徑 7.5 CM

3. 地下水位 -2.4 M

4. 套管內徑 7.8 CM

5.&6. 套管長度： 孔口以上 5 M  
 孔口以下 5 M

7. 地質概述：卵礫石夾泥塊

8. 壓 力：2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	8	8	0.047222222	3.86461E-05	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	12	12			
120	16	16			
240	24	24			
480	56	56			
960	70	70			
3600	170	170			

### 滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與現地檢測試驗      試驗日期: 88.11.20  
 位置: 南堤SB16沉箱 E 沉箱      第 2 次試驗  
 孔 號: EH-1

試驗方法:  定水頭       抽水  
 變水頭       注水

1. 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -15 M 至 -16 M
2. 試驗孔徑 7.5 CM
3. 地下水位 -2.4 M
4. 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 15 M
7. 地質概述: 砂层夹泥塊 及卵石
8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	30	30	0.208333333	0.000170498	$K=Q/(2*\pi *H*L)*Log(L/r)$ $H=H(gravity)+H(pressure)$
60	60	60			
120	125	125			
240	240	240			
480	330	330			
960	550	550			
3600	750	750			

### 滲漏試驗檢驗記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.21  
補強與現地檢測試驗  
 位置: 南堤SB16沉箱 E 沉箱 第 3 次試驗  
 孔 號: EH-1

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

1. 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -19 M至-20 M
2. 試驗孔徑 7.5 CM
3. 地下水位 -2.4 M
4. 套管內徑 7.8 CM
- 5.&6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 19 M
7. 地質概述: 砂層及水泥漿柱体.
8. 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	14	14	0.133333333	0.000109118	$K=Q/(2* \pi *H*L)*Log(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	28	28			
120	30	30			
240	56	56			
480	90	90			
960	220	220			
3600	480	480			

滲漏試驗檢核記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.29  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 E 沉箱 第 1 次試驗

孔 號: EH-5

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M
- 試驗深度 -7 M至-8 M
- 地下水水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
- & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  孔口以下 7 M
- 地質概述: 碎石級配夾少量水泥
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗漏水量 (L/SEC)	平均漏水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	60	60	0.283333333	0.000231877	K=Q/(2*π *H*L)*Log(L/r) H=H(gravity)+H(pressure)
60	120	120			
120	240	240			
240	360	360			
480	480	480			
960	680	680			
3600	1020	1020			

滲漏試驗檢核記錄表

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱 試驗日期: 88.11.30  
 補強與現地檢測試驗

位置: 南堤SB16沉箱 E 沉箱 第 2 次試驗

孔 號: EH-5

試驗方法:  定水頭  抽水  
 變水頭  注水

- 試驗長度 1 M  
 試驗深度 -12 M 至 -13 M
- 試驗孔徑 7.5 CM
- 地下水位 -2.4 M
- 套管內徑 7.8 CM
5. & 6. 套管長度:  孔口以上 5 M  
 孔口以下 12 M
- 地質概況: 水泥漿柱填碎石級配.
- 壓力: 2 KG/CM<sup>2</sup>

時間 (SEC)	讀數(L)	定水頭試驗滲水量 (L/SEC)	平均滲水量 (L/SEC)	平均K值 (CM/SEC)	計算公式
30	30	30	0.125	0.000102299	$K=Q/(2 * \pi * H * L) * \text{Log}(L/r)$ $H=H(\text{gravity})+H(\text{pressure})$
60	54	54			
120	78	78			
240	110	110			
480	180	180			
960	250	250			
3600	450	450			

# 附 錄 D

現地岩心取樣結果



# 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: AH-2      平均: RQD% 22%      孔位標高: Ground EL.  
 鑽孔深度: 20.0M      地下水位: G.W.L. -2.4M      鑽孔日期: Date Drilled 88.12.8-88.12.10

取樣深度 depth (M)	取樣率 Recovery %	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀 圖 Log	地質情形 geological description	
0.00	85	65				水泥漿塊(內含砂), 膠結尚可	0.25 M
0.00	85	65				水泥漿柱(內含砂), 膠結良好	0.90 M
1.00	90	85				水泥漿塊(內含砂), 膠結差	1.00 M
1.00	90	85				水泥漿塊(內含砂), 膠結尚可	1.15 M
2.00	40	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	2.00 M
2.00	40	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	2.90 M
3.00	40	0				水泥漿塊(內含砂), 膠結差	3.00 M
3.00	40	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	4.00 M
4.00	90	60				水泥漿塊(內含砂), 膠結差	4.30 M
4.00	90	60				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	4.90 M
5.00	60	20				水泥漿塊(內含砂), 膠結差	5.00 M
5.00	60	20				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	5.30 M
6.00	40	0				卵石夾水泥塊, 膠結尚可	5.60 M
6.00	40	0				水泥漿柱(內含砂), 膠結良好	5.80 M
7.00	40	0				卵石夾水泥塊, 膠結尚可	6.00 M
7.00	40	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	8.20 M
8.00	60	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	8.50 M
8.00	60	70				卵石	8.80 M
9.00	30	15				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	9.00 M
9.00	30	15				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	9.75 M
10.00	40	0				水泥漿柱(內含砂), 膠結良好	9.90 M
10.00	40	0				卵石	10.00 M
11.00	50	20				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	11.00 M
11.00	50	20				卵石	11.20 M
12.00	40	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	11.40 M
12.00	40	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	12.00 M
13.00	40	0				砂夾碎石級配夾少量水泥, 膠結差	14.00 M
14.00	60	35				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	14.50 M
14.00	60	35				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	15.00 M
15.00	50	0				碎石夾水泥塊, 膠結尚可	15.70 M
15.00	50	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	16.00 M
16.00	50	10				水泥漿柱(內含砂), 膠結良好	16.15 M
16.00	50	10				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	17.50 M
17.00	50	35				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	18.00 M
17.00	50	35				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	18.65 M
18.00	50	25				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	19.00 M
19.00	40	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	20.00 M

SHEET NO. 1-1

鑽孔結束

宗賢營造有限公司

工程名稱: Project 蘇澳港南外防護堤SB16沈箱補強與  
 現地檢測工程

D-2

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: AH-3		平均: RQD% 34%		孔位標高: Ground EL				
鑽孔深度: 20.0M		地下水位: G.W.L. -2.4M		鑽孔日期: 88.12.5-88.12.7 <				
取樣 自 from	施鑽深度 至 to	取樣 率 Recovery	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱 狀 圖 Log	地質情形 geological description	
0.00	1.00	80	65				水泥漿塊(內含砂), 膠結尚可	0.35 M
							水泥漿柱(內含砂), 膠結良好	1.70 M
1.00	2.00	80	70				水泥漿塊(內含砂), 膠結尚可	2.00 M
							水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	2.45 M
2.00	3.00	50	45				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	3.65 M
3.00	4.00	40	0				水泥漿塊(內含砂), 膠結尚可	4.00 M
							砂礫石夾少量水泥, 膠結差	4.35 M
4.00	5.00	40	55				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	4.80 M
							砂礫石夾少量水泥, 膠結差	5.00 M
5.00	6.00	80	75				水泥漿柱(內含砂), 膠結良好	6.25 M
							水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	6.25 M
6.00	7.00	40	25				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	8.15 M
7.00	8.00	50	0					
8.00	9.00	60	85				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	10.00 M
9.00	10.00	90	90					
10.00	11.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	12.35 M
11.00	12.00	40	0					
12.00	13.00	30	50				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	13.55 M
13.00	14.00	60	40				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	17.00 M
14.00	15.00	40	0					
15.00	16.00	40	0					
16.00	17.00	40	0					
17.00	18.00	70	65				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	18.30 M
18.00	19.00	60	20				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	20.00 M
19.00	20.00	30	0					

SHEET NO. 1-1

鑽孔結束

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project

蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與  
現地檢測工程

D-3

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: Hole No. AB-4	平均: RQD% 6%	孔位標高: Ground El.
鑽孔深度: Depth of Hole 20.0M	地下水位: G.W.L. -2.4M	鑽孔日期: Date Drilled 88.12.7-88.12.9 <

取樣 自 from	施鑽深度 至 to	取樣 率 Recovery %	岩心 類型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀圖 Log	地質情形 geological description	
0.00	1.00	50	35				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	0.15 M
							碎石級配夾少量水泥, 膠結差	0.45 M
1.00	2.00	50	10				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	0.70 M
							碎石級配夾少量水泥, 膠結差	1.40 M
2.00	3.00	30	0				卵礫石夾水泥塊, 膠結尚可	2.00 M
							碎石級配夾少量水泥, 膠結差	4.45 M
4.00	5.00	40	35				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	5.00 M
							碎石級配夾少量水泥, 膠結差	
5.00	6.00	30	0					
6.00	7.00	30	0					
7.00	8.00	30	0					
8.00	9.00	30	0					
9.00	10.00	30	0					
10.00	11.00	30	0					
11.00	12.00	30	0					
12.00	13.00	30	0					
13.00	14.00	30	0					
14.00	15.00	30	0					
15.00	16.00	30	0					15.75 M
							卵礫石夾水泥塊, 膠結差	18.00 M
16.00	17.00	30	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	
17.00	18.00	30	0					
18.00	19.00	30	0					19.00 M
19.00	20.00	40	30				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	19.60 M
							水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	20.00 M

SHEET NO. 1-1	鑽孔結束
宗賢營造有限公司	工程名稱 Project 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與 現地檢測工程

D-4

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: AB-5      平均: 16%      孔位標高: Ground EL.  
 Hole No.      RQD%  
 鑽孔深度: 20.0M      地下水位: -2.5M      鑽孔日期: 88.12.9-88.12.11  
 Depth of Hole      G.M.L.      Date Drilled

取樣深度 depth (M)	取樣率 Recovery %	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀圖 Log	地質情形 geological description
0.00	1.00	80				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
1.00	2.00	90				2.00 M
2.00	3.00	30				碎石較配夾少量水泥, 膠結差
3.00	4.00	30				
4.00	5.00	30				
5.00	6.00	30				
6.00	7.00	30				
7.00	8.00	30				
8.00	9.00	30				
9.00	10.00	30				
10.00	11.00	30				
11.00	12.00	30				
12.00	13.00	30				
13.00	14.00	40				13.80 M
14.00	15.00	80				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
15.00	16.00	30				15.00 M
16.00	17.00	30				碎石較配夾少量水泥, 膠結差
17.00	18.00	30				
18.00	19.00	70				17.90 M
19.00	20.00	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好      18.00 M 卵石夾水泥漿塊, 膠結差      18.60 M 卵石      18.95 M 水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好      19.00 M 卵石夾水泥漿塊, 膠結差      19.35 M 水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好      20.00 M

SHEET NO. 1-1

宗賢營造有限公司

鑽孔結束  
 工程名稱: 珠澳港南外防波堤SBIG沉箱補強與  
 Project: 現地檢測工程

D-5

# 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: AB-6      平均: RQD% 18%      孔位標高: Ground EL.  
 鑽孔深度: 20.0M      地下水位: G.W.L. -2.4M      鑽孔日期: 88.11.12-88.11.15

取樣深度 depth (M)	取樣率 recovery %	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀圖 Log	地質情形 geological description	
0.00	1.00	90	60			水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	0.45 M
1.00	2.00	90	85			水泥漿塊(含砂、礫石), 膠結尚可	0.50 M
2.00	3.00	90	45			水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	0.70 M
3.00	4.00	70	25			卵石夾水泥漿塊, 膠結尚可	1.00 M
4.00	5.00	70	15			水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	1.50 M
5.00	6.00	50	0			水泥漿塊(含砂、礫石), 膠結尚可	1.60 M
6.00	7.00	50	5			水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	1.80 M
7.00	8.00	50	10			碎石夾水泥塊, 膠結尚可	1.90 M
8.00	9.00	60	10			水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	2.00 M
9.00	10.00	60	35			碎石夾水泥塊, 膠結尚可	2.10 M
10.00	11.00	40	0			水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	2.50 M
11.00	12.00	40	0			碎石夾水泥塊, 膠結尚可	2.70 M
12.00	13.00	40	0			水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	2.80 M
13.00	14.00	40	20			碎石夾水泥塊, 膠結尚可	3.30 M
14.00	15.00	40	0			水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	3.55 M
15.00	16.00	40	5			碎石夾水泥塊, 膠結尚可	4.00 M
16.00	17.00	40	5			水泥塊夾砂, 膠結差	4.70 M
17.00	18.00	40	5			水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	4.90 M
18.00	19.00	40	0			碎石夾水泥塊, 膠結差	5.00 M
19.00	20.00	40	0			卵石夾水泥塊, 膠結差	5.50 M
						水泥塊夾砂, 膠結差	6.00 M
						碎石夾水泥塊, 膠結差	6.45 M
						水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	6.50 M
						水泥漿塊夾碎石, 膠結差	7.00 M
						碎石夾水泥塊, 膠結差	7.40 M
						水泥塊, 膠結尚可	7.60 M
						卵石夾水泥塊, 膠結差	8.00 M
						碎石夾水泥塊, 膠結差	8.15 M
						水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	8.25 M
						水泥塊夾卵石, 膠結差	9.00 M
						碎石夾水泥塊, 膠結差	9.45 M
						水泥漿柱(含砂、礫石), 膠結良好	9.85 M
						碎石夾水泥塊, 膠結差	10.00 M
						碎石夾水泥塊, 膠結差	

SHEET NO. 1-1      鑽孔結束

**宗賢營造有限公司**      工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與  
 Project: 現地檢測工程

D-6

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: BH-1      平均: RQD% 43%      孔位標高: Ground EL.  
 鑽孔深度: 20.0M      地下水位: G.W.L. -2.5M      鑽孔日期: 88.12.1-88.12.4  
 Depth of Hole      G.W.L.      Date Drilled

取樣 depth CD	鑽探深度 depth CD	取樣率 Recovery %	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀圖 Log	地質情形 geological description	
	0.00	1.00	90	15			卵石石灰水泥塊, 膠結尚可	0.70 M
	1.00	2.00	90	50			水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	2.00 M
	2.00	3.00	80	20			卵石石灰水泥塊, 膠結尚可	3.00 M
	3.00	4.00	90	70			水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	
5	4.00	5.00	90	80				
	5.00	6.00	90	95				
	6.00	7.00	85	85				6.85 M
	7.00	8.00	80	90			卵石石灰水泥塊, 膠結差	7.05 M
	8.00	9.00	80	50			水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	8.50 M
10	9.00	10.00	90	55			卵石石灰水泥塊, 膠結差	9.00 M
	10.00	11.00	60	50			水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	9.70 M
	11.00	12.00	60	10			卵石石灰水泥塊, 膠結差	10.00 M
	12.00	13.00	60	25			水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	10.35 M
	13.00	14.00	60	40			卵石石灰水泥塊, 膠結差	10.80 M
15	14.00	15.00	50	20			水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	11.00 M
	15.00	16.00	70	50			卵石石灰水泥塊, 膠結差	11.50 M
	16.00	17.00	60	30			碎石級配夾少量水泥, 膠結差	11.90 M
	17.00	18.00	60	10			水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	12.00 M
	18.00	19.00	60	10			卵石石灰水泥塊, 膠結差	12.30 M
	19.00	20.00	60	5			水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	12.45 M
		20.00					碎石級配夾少量水泥, 膠結差	12.70 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	13.45 M	
						卵石石灰水泥塊, 膠結差	14.00 M	
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	14.80 M	
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	15.50 M	
						碎石級配夾少量水泥, 膠結尚可	16.00 M	
						卵石石灰水泥塊, 膠結尚可	16.30 M	
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	16.65 M	
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	17.00 M	
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	18.60 M	
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	18.70 M	
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	19.00 M	
						卵石石灰水泥塊, 膠結差	19.90 M	
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	20.00 M	

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project

蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與  
現地檢測工程

D-7

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: BH-2      平均: 55%      孔位標高: Ground EL.  
 鑽孔深度: 20.0M      地下水位: G.W.L. -2.4M      鑽孔日期: 88.11.25-88.11.27

取樣 深度 depth (M)	自 from	至 to	取樣 率 Recovery	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱 狀 圖 Log	地質情形 geological description	
	0.00	1.00	90	95				水泥柱漿(內含砂), 膠結良好	
	1.00	2.00	90	95					2.30 M
	2.00	3.00	80	30				砂夾水泥塊, 膠結差	3.00 M
	3.00	4.00	70	55				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	3.40 M
	4.00	5.00	90	80				水泥柱漿(內含砂), 膠結良好	
	5.00	6.00	90	95					4.85 M
	6.00	7.00	80	80				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	5.00 M
	7.00	8.00	80	85				水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結良好	6.30 M
	8.00	9.00	90	95				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	6.40 M
	9.00	10.00	60	45				水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結良好	7.55 M
	10.00	11.00	50	35				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	7.60 M
	11.00	12.00	40	20				水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結良好	9.15 M
	12.00	13.00	30	0				碎石級配夾水泥柱, 膠結尚可	10.00 M
	13.00	14.00	40	25				卵石夾水泥塊, 膠結尚可	10.20 M
	14.00	15.00	50	50				水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結良好	10.40 M
	15.00	16.00	60	10				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	10.80 M
	16.00	17.00	60	10				水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結良好	11.00 M
	17.00	18.00	90	90				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	11.25 M
	18.00	19.00	80	65				水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結尚可	11.45 M
	19.00	20.00	60	35				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	13.75 M
								水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結良好	14.50 M
								碎石級配夾少量水泥, 膠結差	15.00 M
								卵石夾水泥塊, 膠結差	15.55 M
								水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結良好	16.45 M
								碎石級配夾少量水泥, 膠結差	16.55 M
								水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結良好	17.00 M
								碎石級配夾少量水泥, 膠結差	18.85 M
								水泥柱漿(內含砂、礫石), 膠結良好	19.55 M
								碎石級配夾少量水泥, 膠結差	20.00 M

SHEET NO. 1-1

鑽孔結束

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project

蘇澳港南外防護堤SB16沉箱補強與  
現地檢測工程

D-8

# 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: BU-3      平均: 60%      孔位標高: Ground EL.  
 Bore No. BU-3      RQD% 60%  
 鑽孔深度: 20.0M      地下水位: -2.4M      鑽孔日期: 88.12.5-88.12.6  
 Depth of Hole 20.0M      G.W.L. -2.4M      Date Drilled 88.12.5-88.12.6

取樣深度 depth (M)	取樣 Recovery 率	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱 狀 圖 Log	地質情形 geological description	
0.00	80	60				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	0.45 M
0.00						砂夾水泥塊, 膠結差	0.85 M
1.00	80	55				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	2.20 M
2.00	50	50				砂夾水泥塊, 膠結差	2.70 M
3.00	80	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	3.70 M
4.00	90	95				碎石級配夾水泥塊, 膠結差	4.00 M
4.00						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	5.20 M
5.00	80	60				砂夾水泥塊, 膠結差	5.60 M
6.00	70	45				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	6.25 M
6.00						砂夾水泥塊, 膠結差	6.75 M
7.00	85	85				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	7.20 M
7.00						砂夾水泥塊, 膠結差	7.35 M
8.00	85	80				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	8.05 M
8.00						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	8.20 M
9.00	90	95				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	10.00 M
10.00	40	15				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	10.75 M
11.00	50	60				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	11.60 M
12.00	60	60				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	12.00 M
13.00	60	45				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	12.40 M
13.00						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	12.80 M
14.00	70	65				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	13.30 M
14.00						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	13.55 M
15.00	70	30				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	13.70 M
15.00						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	14.00 M
16.00	60	40				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	14.05 M
16.00						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	14.30 M
17.00	60	25				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	14.80 M
17.00						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	15.00 M
18.00	90	90				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	15.15 M
18.00						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	15.30 M
19.00	70	35				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	15.60 M
19.00						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	20.00 M

SHEET NO. 1-1

鑽孔結束

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project

蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與  
現地檢測工程

D-9

# 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: Hole No. BH-4	平均: RQD% 81%	孔位標高: Ground EL
鑽孔深度: Depth of Hole 20.0M	地下水位: G.W.L. -2.4M	鑽孔日期: Date Drilled 88.11.22-88.11.25

取樣 自 from	施鑽深度 至 to	取樣 率 Recovery	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀 圖 Log	地質情形 geological description
0.00	1.00	90	90				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
1.00	2.00	90	90				2.00 M
2.00	3.00	90	80				卵石夾少量水泥, 膠結差
3.00	4.00	70	65				3.65 M
4.00	5.00	90	90				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
5.00	6.00	80	55				5.45 M
6.00	7.00	90	95				卵石夾水泥塊, 膠結差
7.00	8.00	70	60				7.30 M
8.00	9.00	80	75				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
9.00	10.00	80	75				9.45 M
10.00	11.00	90	95				卵石夾水泥塊, 膠結差
11.00	12.00	80	70				11.70 M
12.00	13.00	80	80				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
13.00	14.00	90	90				12.00 M
14.00	15.00	80	75				卵石夾水泥塊, 膠結差
15.00	16.00	80	85				14.40 M
16.00	17.00	80	65				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
17.00	18.00	90	90				15.65 M
18.00	19.00	80	90				水泥柱塊夾卵石, 膠結尚可
19.00	20.00	90	95				16.00 M
							碎石級配夾水泥塊, 膠結差
							16.15 M
							水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
							16.30 M
							水泥柱塊夾卵石, 膠結尚可
							16.50 M
							水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
							20.00 M

SHEET NO. 1-1

鑽孔結束

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project 蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與  
現地檢測工程

# 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: CH-1      平均: RQD% 31%      孔位標高: Ground EL.  
 鑽孔深度: 20.0M      地下水位: G.W.L. -2.4M      鑽孔日期: 88.11.26-88.11.28  
 Depth of Hole      G.W.L.      Date Drilled

取樣深度 depth (M)	取樣率 Recovery %	岩心 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀 Log	地質情形 geological description	
0.00	1.00	99				水泥塊夾卵礫石, 膠結差 水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	0.30 M
1.00	2.00	96					2.00 M
2.00	3.00	89				碎石級配夾水泥塊, 膠結差 水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	2.15 M
3.00	4.00	80					3.85 M
4.00	5.00	80				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	5.00 M
5.00	6.00	80				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	5.70 M
6.00	7.00	70				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	7.30 M
7.00	8.00	80				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	7.40 M
8.00	9.00	70				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	7.60 M
9.00	10.00	60				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	8.00 M
10.00	11.00	60				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	8.60 M
11.00	12.00	60				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	9.00 M
12.00	13.00	70				水泥塊夾卵礫石, 膠結差	9.20 M
13.00	14.00	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	9.50 M
14.00	15.00	70				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	10.50 M
15.00	16.00	60				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	11.00 M
16.00	17.00	60				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	11.30 M
17.00	18.00	60				碎石級配夾水泥塊, 膠結差	12.00 M
18.00	19.00	60				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	12.60 M
19.00	20.00	70				大理石柱	13.00 M
						卵礫石夾水泥塊, 膠結差	14.00 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	15.90 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	16.00 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	17.90 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	18.00 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	18.10 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	18.40 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	19.00 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	19.20 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差	19.60 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	20.00 M

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project

鑽孔結束  
蘇澳港南外防波堤SBI6沉箱補強與  
現地檢測工程

D-11

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: CB-2 Hole No. CB-2	平均: 10% RQD%	孔位標高: Ground EL.
鑽孔深度: 20.0M Depth of Hole 20.0M	地下水位: -2.4M G.W.L.	鑽孔日期: 88.11.28-88.12.2 Date Drilled

取樣 深度 depth (M)	取樣 率 Recovery %	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀 圖	地質情形 geological description	
0.00	70	50				水泥漿塊(內含砂、礫石), 膠結尚可	0.50 M
1.00	70	20				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	0.70 M
2.00	60	30				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	1.00 M
3.00	60	10				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	1.50 M
4.00	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	1.70 M
5.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	2.35 M
6.00	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	2.45 M
7.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	2.80 M
8.00	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	3.00 M
9.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	3.50 M
10.00	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	3.60 M
11.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	4.00 M
12.00	60	0				卵石夾少量水泥, 膠結差	4.45 M
13.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	5.40 M
14.00	60	0				卵石夾少量水泥, 膠結差	6.00 M
15.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	6.30 M
16.00	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	6.40 M
17.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	9.20 M
18.00	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	9.25 M
19.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	10.80 M
20.00	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	11.00 M
	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	12.95 M
	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	13.00 M
	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	13.70 M
	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	14.00 M
	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	18.75 M
	60	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	19.00 M
	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	20.00 M

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project

蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與  
現地檢測工程

D-12

# 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: CH-3      平均: RQD% 17%      孔位標高: Ground EL.  
 鑽孔深度: 20.0M      地下水位: G.W.L. -2.4M      鑽孔日期: 88.11.22-88.11.25

取樣深度 depth (M)	取樣率 Recovery %	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀圖 Log	地質情形 geological description
0.00	1.00	90				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
1.00	2.00	90				2.00 M
2.00	3.00	80				卵礫石夾少量水泥, 膠結差 碎石級配夾少量水泥, 膠結差
3.00	4.00	80				3.60 M
4.00	5.00	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 碎石級配夾少量水泥, 膠結差
5.00	6.00	60				4.00 M
6.00	7.00	70				4.55 M
7.00	8.00	70				卵礫石夾少量水泥, 膠結差 碎石級配夾少量水泥, 膠結差
8.00	9.00	60				5.00 M
9.00	10.00	70				5.25 M
10.00	11.00	70				卵礫石夾少量水泥, 膠結差 碎石級配夾少量水泥, 膠結差
11.00	12.00	70				5.50 M
12.00	13.00	40				5.85 M
13.00	14.00	60				卵礫石夾少量水泥, 膠結差 水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
14.00	15.00	30				7.00 M
15.00	16.00	30				7.40 M
16.00	17.00	30				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 卵礫石夾少量水泥, 膠結差
17.00	18.00	30				7.80 M
18.00	19.00	50				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
19.00	20.00	40				8.00 M
						8.45 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 卵礫石夾少量水泥, 膠結差
						9.00 M
						9.90 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結尚可 卵礫石夾少量水泥, 膠結差
						10.00 M
						10.70 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差 碎石級配夾少量水泥, 膠結差
						11.15 M
						11.45 M
						13.00 M
						卵礫石夾少量水泥, 膠結差
						18.00 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差
						16.60 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 碎石級配夾少量水泥, 膠結差
						18.40 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
						19.00 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差
						19.75 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
						20.00 M

SHEET NO. 1-1

鑽孔結束

**宗賢營造有限公司**      工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與現地檢測工程  
 Project

D-13

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: DII-1      平均: 8%      孔位標高:      鑽孔日期: 88.12.5-88.12.7  
 Bore No:      RQD%:      Ground EL:      Date Drilled:      鑽孔深度: 20.0M      地下水位: G.W.L. -2.4M

取樣深度 depth (M)	取樣率 Recovery %	岩心 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀圖 Log	地質情形 geological description	深度 (M)
0.00	90	0				砂夾水泥塊, 膠結差	0.65 M
1.00	90	0				卵礫石夾少量水泥, 膠結差	1.00 M
2.00	70	0				砂夾水泥塊偶夾卵礫石, 膠結差	2.00 M
3.00	70	0				砂夾水泥塊, 膠結差	3.00 M
4.00	60	0				砂夾水泥塊偶夾卵礫石, 膠結差	5.00 M
5.00	40	0				砂夾水泥塊, 膠結差	7.00 M
6.00	40	0				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	8.30 M
7.00	50	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	8.45 M
8.00	60	15				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	9.10 M
9.00	50	40				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	9.25 M
10.00	30	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	9.50 M
11.00	30	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	9.80 M
12.00	30	0				卵礫石夾水泥塊, 膠結差	10.00 M
13.00	40	10				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	13.70 M
14.00	30	10				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	13.80 M
15.00	50	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	14.10 M
16.00	60	15				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	14.20 M
17.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	15.00 M
18.00	60	0				砂夾水泥塊, 膠結差	16.00 M
19.00	80	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	16.40 M
						砂夾水泥塊, 膠結差	17.00 M
						卵礫石夾少量水泥, 膠結差	17.35 M
						砂夾水泥塊, 膠結差	18.00 M
						卵礫石夾少量水泥, 膠結差	18.55 M
						砂夾水泥塊, 膠結差	19.00 M
						卵礫石夾少量水泥, 膠結差	19.35 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	20.00 M

宗賢營造有限公司

工程名稱: 蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與  
 Project: 現地檢測工程

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: DB-2 Hole No.		平均: 15% RQD%		孔位標高: Ground EL.				
鑽孔深度: 20.0M Depth of Hole		地下水位: G.W.L. -2.5M		鑽孔日期: Date Drilled 88.11.24-88.11.25				
取樣 深度 depth (M)	自 from	至 to	取 樣 率 Recovery %	岩 心 成 型 RQD %	樣 號 Sample No.	RQD 斷面	柱 狀 圖 Log	地 質 情 形 geological description
	0.00	1.00	90	90				水泥漿柱(內含砂), 膠結良好 1.55 M
	1.00	2.00	90	50				砂夾水泥塊, 膠結差 2.00 M
	2.00	3.00	90	80				水泥漿柱(內含砂), 膠結良好 2.80 M
	3.00	4.00	80	50				砂夾水泥塊, 膠結差 2.85 M
	4.00	5.00	80	50				水泥漿柱(內含砂), 膠結良好 3.65 M
	5.00	6.00	60	0				砂夾水泥塊, 膠結差 4.00 M
	6.00	7.00	30	0				卵石石夾少量水泥, 膠結差 5.00 M
	7.00	8.00	30	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差
	8.00	9.00	30	0				
	9.00	10.00	30	0				
	10.00	11.00	30	0				
	11.00	12.00	30	0				
	12.00	13.00	30	0				
	13.00	14.00	30	0				
	14.00	15.00	30	20				
	15.00	16.00	40	0				
	16.00	17.00	30	0				
	17.00	18.00	30	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 18.00 M
	18.00	19.00	30	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差
	19.00	20.00	30	0				卵石石夾少量水泥, 膠結差 19.50 M
SHEET NO. 1-1								鑽孔結束
宗賢營造有限公司						工程名稱 Project	蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與 現地檢測工程	

D-15

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: EB-1 Hole No.		平均: 40% RQD%		孔位標高: Ground EL.		
鑽孔深度: 20.0M Depth of Hole		地下水位: G.W.L. -2.4M		鑽孔日期: Date Drilled 88.11.18-88.11.21		
取樣深度 depth (M)	取樣率 Recovery %	岩心 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀圖 LOG	地質情形 geological description
0.00	90	55				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 0.50 M
1.00	90	85				水泥塊夾礫石, 膠結尚可 1.00 M
2.00	90	90				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 3.35 M
3.00	80	80				卵石夾水泥塊, 膠結差 3.45 M
4.00	80	75				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 3.55 M
5.00	80	65				水泥柱夾礫石, 膠結尚可 3.79 M
6.00	80	25				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 4.30 M
7.00	90	50				卵石夾水泥塊, 膠結差 4.50 M
8.00	80	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 5.00 M
9.00	80	40				卵石夾水泥塊, 膠結差 5.20 M
10.00	90	5				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 6.20 M
11.00	90	20				水泥塊夾礫石, 膠結尚可 6.40 M
12.00	90	0				卵石 6.75 M
13.00	90	70				卵石夾水泥塊, 膠結差 7.20 M
14.00	80	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 7.70 M
15.00	80	0				卵石夾水泥塊, 膠結差 8.00 M
16.00	80	0				砂夾水泥塊, 膠結差 8.40 M
17.00	90	50				卵石夾水泥塊, 膠結差 9.00 M
18.00	90	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 9.35 M
19.00	90	70				砂夾水泥塊, 膠結差 9.70 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 10.00 M
						卵石夾少量水泥塊, 膠結差 10.35 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差 13.70 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 10.40 M
						卵石夾少量水泥塊, 膠結差 11.25 M
						卵石夾水泥塊, 膠結差 12.00 M
						砂夾水泥塊, 膠結差 12.55 M
						卵石夾水泥塊, 膠結差 13.00 M
						砂夾水泥塊, 膠結差 13.20 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 14.00 M
						砂夾水泥塊, 膠結差 14.70 M
						卵石夾水泥塊, 膠結差 15.90 M
						砂夾水泥塊, 膠結差 15.50 M
						卵石夾水泥塊, 膠結差 16.00 M
						砂夾水泥塊, 膠結差 16.60 M
						卵石夾水泥塊, 膠結差 17.00 M
						碎石級配夾水泥, 膠結差 17.30 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 18.00 M
						砂夾水泥塊, 膠結差 18.80 M
						卵石夾水泥塊, 膠結差 19.00 M
						砂夾水泥塊, 膠結差 19.20 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 20.00 M

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project 蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與  
鑽孔結束  
現地檢測工程

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: EB-2 Hole No.		平均: 5% RQD		孔位標高: Ground EL			
鑽孔深度: 20.0M Depth of Hole		地下水位: -2.4M G.W.L.		鑽孔日期: 88.12.2-88.12.4 Date Drilled			
取樣 自 from	施鑽深度 至 to	取樣 率 Recovery	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱狀圖 LOG	地質情形 geological description
0.00	1.00	90	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 0.80 M
1.00	2.00	50	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 卵石夾少量水泥, 膠結差 1.00 M
2.00	3.00	50	0				3.00 M
3.00	4.00	50	0				砂夾少量水泥, 膠結差 3.30 M
4.00	5.00	40	0				卵石夾少量水泥, 膠結差 3.45 M
5.00	6.00	40	0				砂夾少量水泥, 膠結差 3.60 M
6.00	7.00	50	0				卵石夾少量水泥, 膠結差 4.00 M
7.00	8.00	60	0				砂夾少量水泥, 膠結差 5.45 M
8.00	9.00	40	10				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 6.40 M
9.00	10.00	40	10				砂夾水泥塊, 膠結差 7.00 M
10.00	11.00	60	0				砂夾少量水泥, 膠結差 8.00 M
11.00	12.00	30	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 8.90 M
12.00	13.00	30	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 9.00 M
13.00	14.00	30	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 9.90 M
14.00	15.00	40	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 10.00 M
15.00	16.00	30	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 14.00 M
16.00	17.00	30	0				卵石 14.25 M
17.00	18.00	30	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 14.60 M
18.00	19.00	30	0				卵石夾少量水泥, 膠結差 15.00 M
19.00	20.00	30	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 19.70 M
							卵石夾少量水泥, 膠結差 20.00 M

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project

蘇澳港南外防波堤SB16沉箱補強與  
現地檢測工程

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: Hole No. EH-3	平均: RQD% 11%	孔位標高: Ground EL.
鑽孔深度: Depth of Hole 20.0M	地下水位: G.W.L. -2.4M	鑽孔日期: Date Drilled 88.11.29-88.12.1

取樣 深度 depth (M)	取樣 率 Recovery %	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱 狀 圖 Log	地質情形 geological description
0.00	1.00	90				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
1.00	2.00	90				1.86 M
2.00	3.00	90				即礫石夾水泥, 膠結尚可
3.00	4.00	60				即礫石夾少量水泥, 膠結差
4.00	5.00	50				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
5.00	6.00	40				即礫石夾少量水泥, 膠結差
6.00	7.00	40				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
7.00	8.00	40				即礫石夾少量水泥, 膠結差
8.00	9.00	40				
9.00	10.00	40				
10.00	11.00	40				
11.00	12.00	40				
12.00	13.00	40				
13.00	14.00	40				
14.00	15.00	40				
15.00	16.00	40				砂夾水泥塊, 膠結差
16.00	17.00	40				
17.00	18.00	40				碎石級配夾少量水泥, 膠結差
18.00	19.00	40				
19.00	20.00	40				

SHEET NO. 1-1

鑽孔結束

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project

蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與  
現地檢測工程

D-18

## 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔 號: Hole No. EB-4	平均: RQD% 34%	孔位標高: Ground EL.
鑽孔深度: Depth of Hole 20.0M	地下水位: G. W. L. -2.4M	鑽孔日期: Date Drilled 88.11.27-88.11.28

取 樣 施 鑽 深 度 depth (M)	取 樣 率 Recovery %	岩 心 成 型 RQD %	樣 號 Sample No.	RQD 斷 面	柱 狀 圖 Log	地 質 情 形 geological description
0.00	90	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好
1.00	90	85				
2.00	90	85				
3.00	80	70				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 3.30 M
4.00	80	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 3.60 M
5.00	50	20				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 5.00 M
6.00	60	20				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 5.80 M
7.00	80	60				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 6.20 M
8.00	60	40				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 7.00 M
9.00	70	60				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 7.20 M
10.00	60	50				水泥柱, 膠結良好 7.60 M
11.00	60	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 8.25 M
12.00	60	5				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 8.80 M
13.00	50	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 9.60 M
14.00	50	0				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 10.50 M
15.00	50	10				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 11.00 M
16.00	50	0				水泥漿塊(內含砂、礫石), 膠結尚可 12.75 M
17.00	50	20				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 13.00 M
18.00	50	0				水泥塊(內含砂、礫石), 膠結差 13.80 M
19.00	50	15				碎石級配夾少量水泥, 膠結差 14.00 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差 14.85 M
						水泥漿塊(內含砂、礫石), 膠結差 15.00 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差 15.75 M
						水泥漿塊(內含砂、礫石), 膠結差 16.00 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差 17.80 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 18.00 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差 18.85 M
						水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好 19.75 M
						碎石級配夾少量水泥, 膠結差 20.00 M

SHEET No. 1-1

宗 賢 營 造 有 限 公 司

鑽 孔 結 束  
工程名稱  
Project 蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與  
現地檢測工程

# 地質鑽探柱狀圖 SUBSURFACE EXPLORATION LOG

孔號: EH-5                      平均: RQD%                      31%                      孔位標高: Ground EL.  
 鑽孔深度: 20.0M                      地下水位: G.W.L.                      -2.4M                      鑽孔日期: Date Drilled 88.11.29-88.11.30

取樣 自	取樣深度 depth (M)		取樣 率 Recovery	岩心 成型 RQD %	樣號 Sample No.	RQD 斷面	柱 狀 圖	地質情形 geological description
	至	至						
0.00	1.00	90	90				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	
1.00	2.00	80	80				碎石級配夾水泥塊, 膠結差	1.75 M
2.00	3.00	70	50				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	2.50 M
3.00	4.00	50	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	
4.00	5.00	50	0					5.00 M
5.00	6.00	90	80				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	
6.00	7.00	80	50					6.75 M
7.00	8.00	50	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	
8.00	9.00	50	0					
9.00	10.00	50	0					10.00 M
10.00	11.00	80	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	11.00 M
11.00	12.00	50	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	
12.00	13.00	80	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	12.30 M
13.00	14.00	80	50					13.60 M
14.00	15.00	50	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	
15.00	16.00	90	70				水泥漿柱(內含砂、礫石), 膠結良好	15.00 M
16.00	17.00	40	0					16.00 M
17.00	18.00	40	0				碎石級配夾少量水泥, 膠結差	
18.00	19.00	40	0					
19.00	20.00	30	0					20.00 M

SHEET NO. 1-1

鑽孔結束

宗賢營造有限公司

工程名稱  
Project

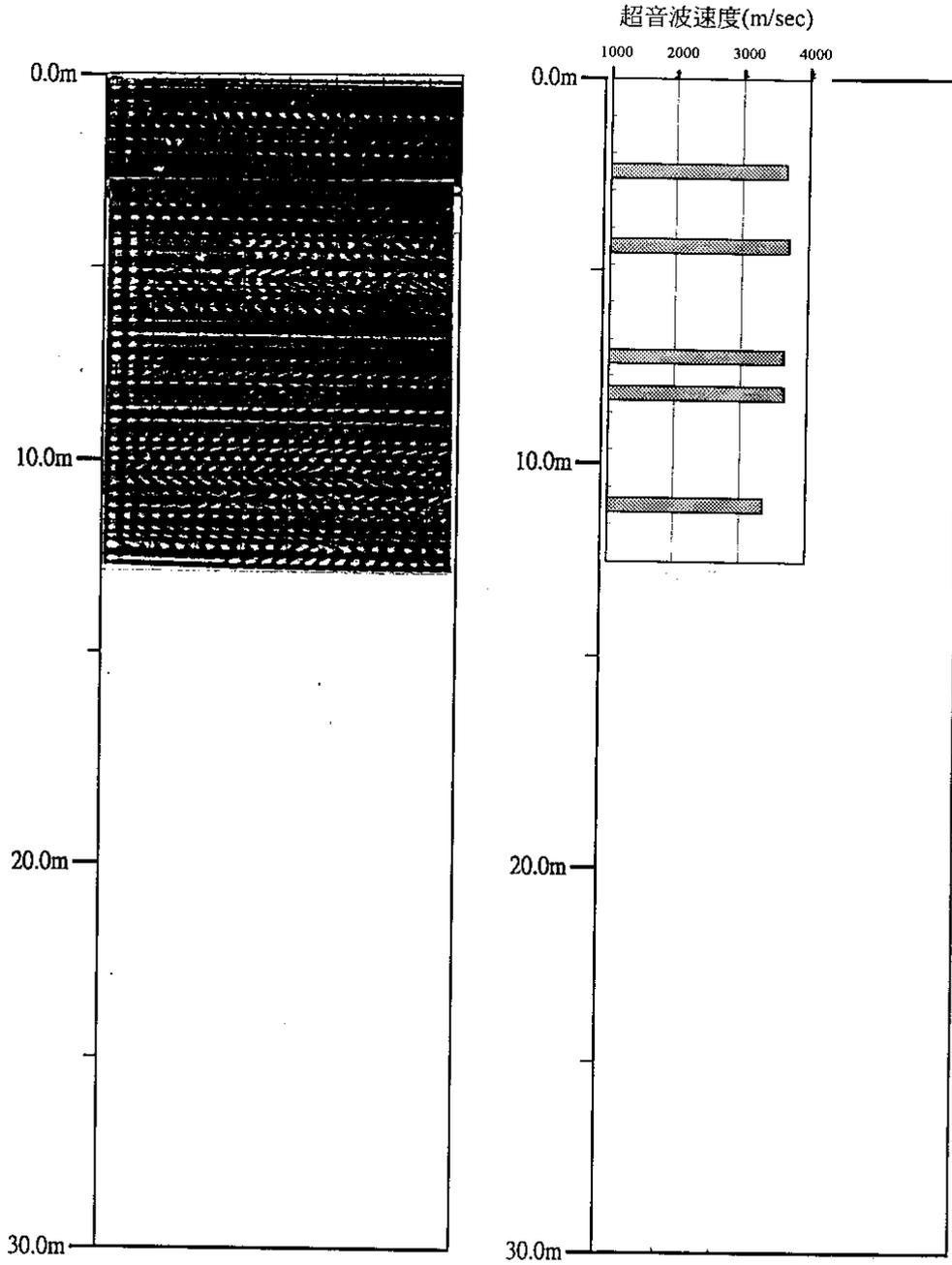
蘇澳港南外防波堤SB16沈箱補強與  
現地檢測工程

D-20

# 附 錄 E

現地超音波試驗結果

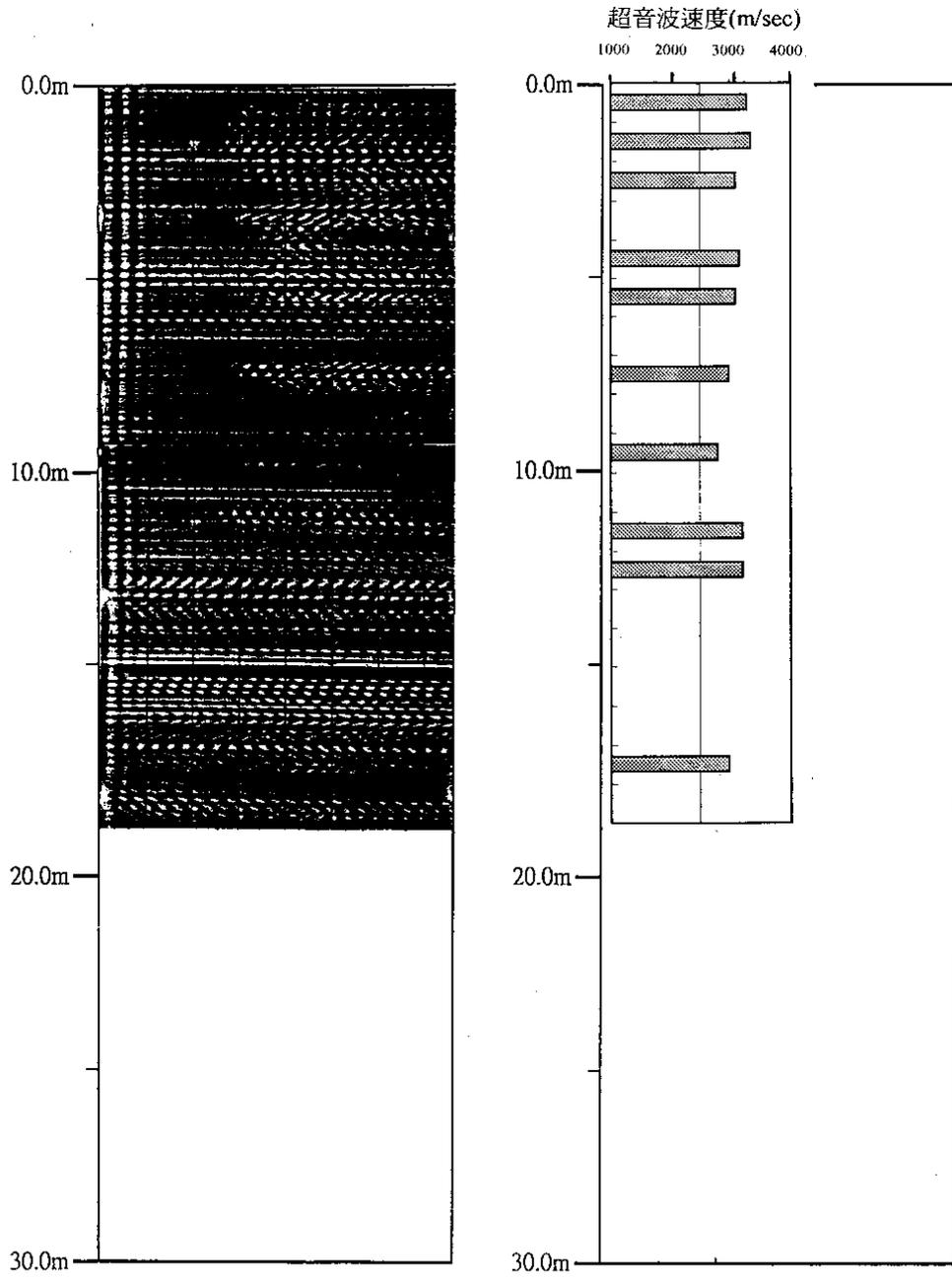
A1-A2



灌漿後 A1A2 断面超音波量測結果圖

E-1

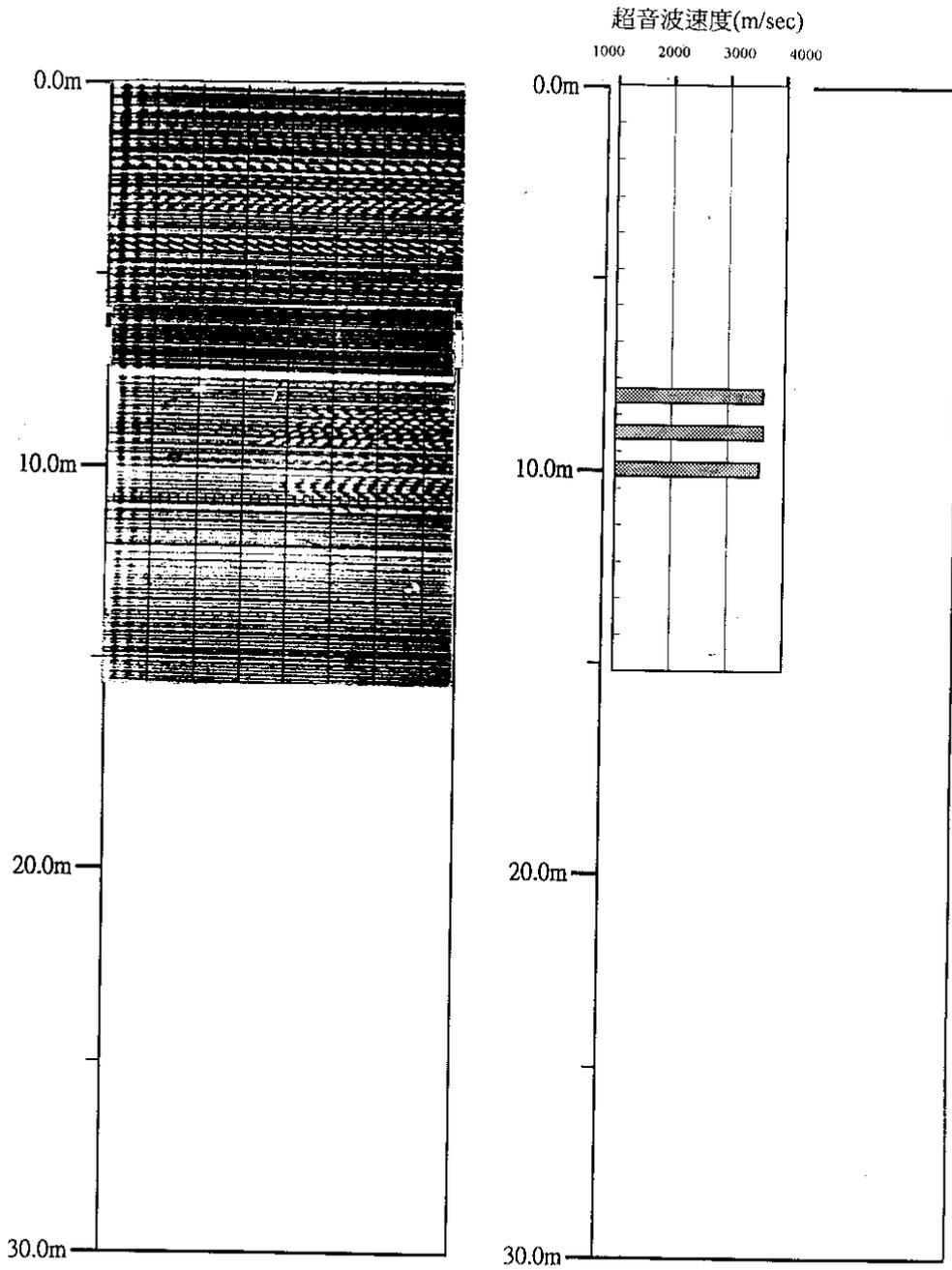
A2-A3



灌漿後 A2A3 断面超音波量測結果圖

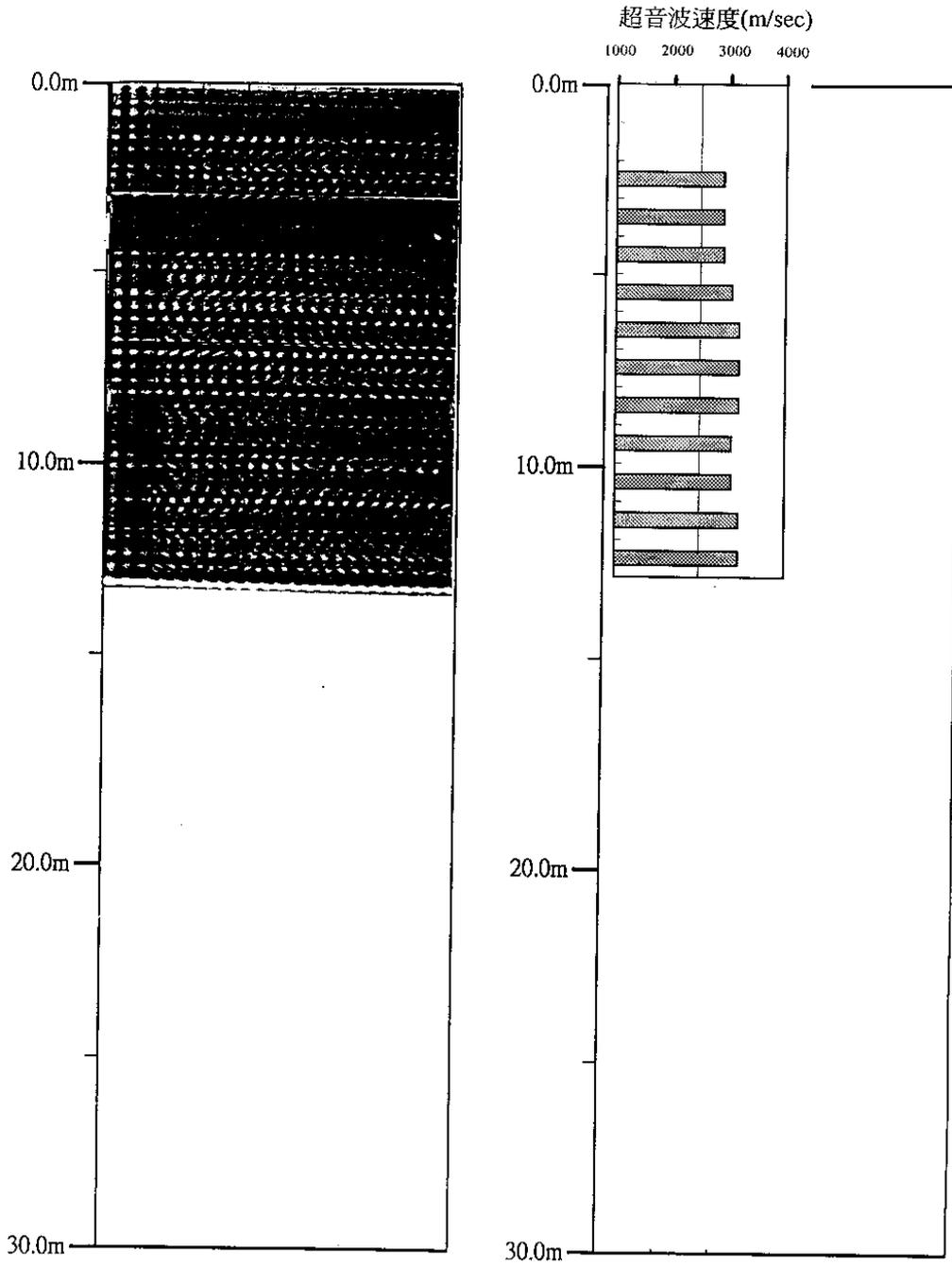
E-2

A6-A7



灌漿後 A6A7 断面超音波量測結果圖  
E-3

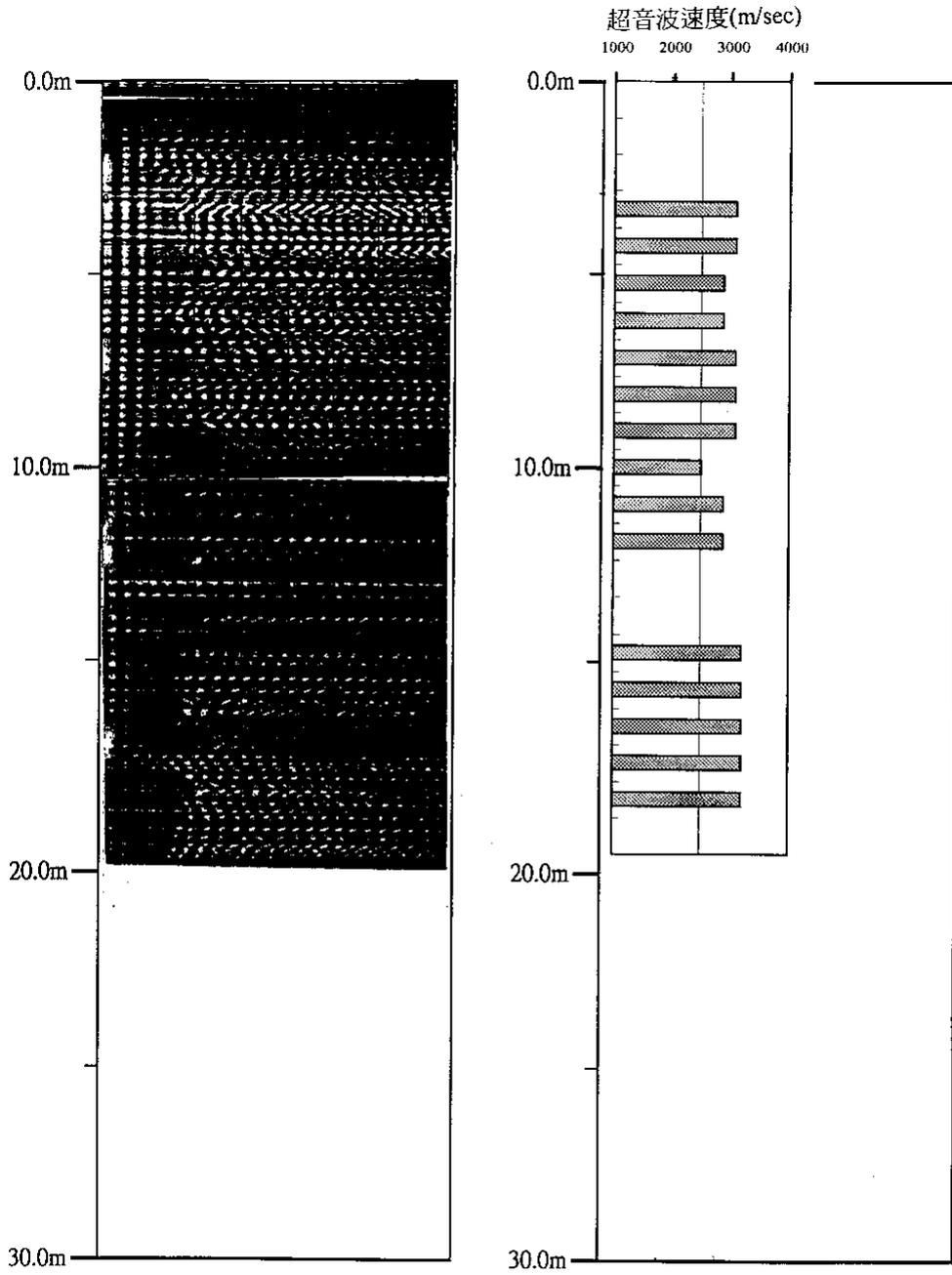
A1-AH1



灌漿後 A1AH1 断面超音波量測結果圖

E-4

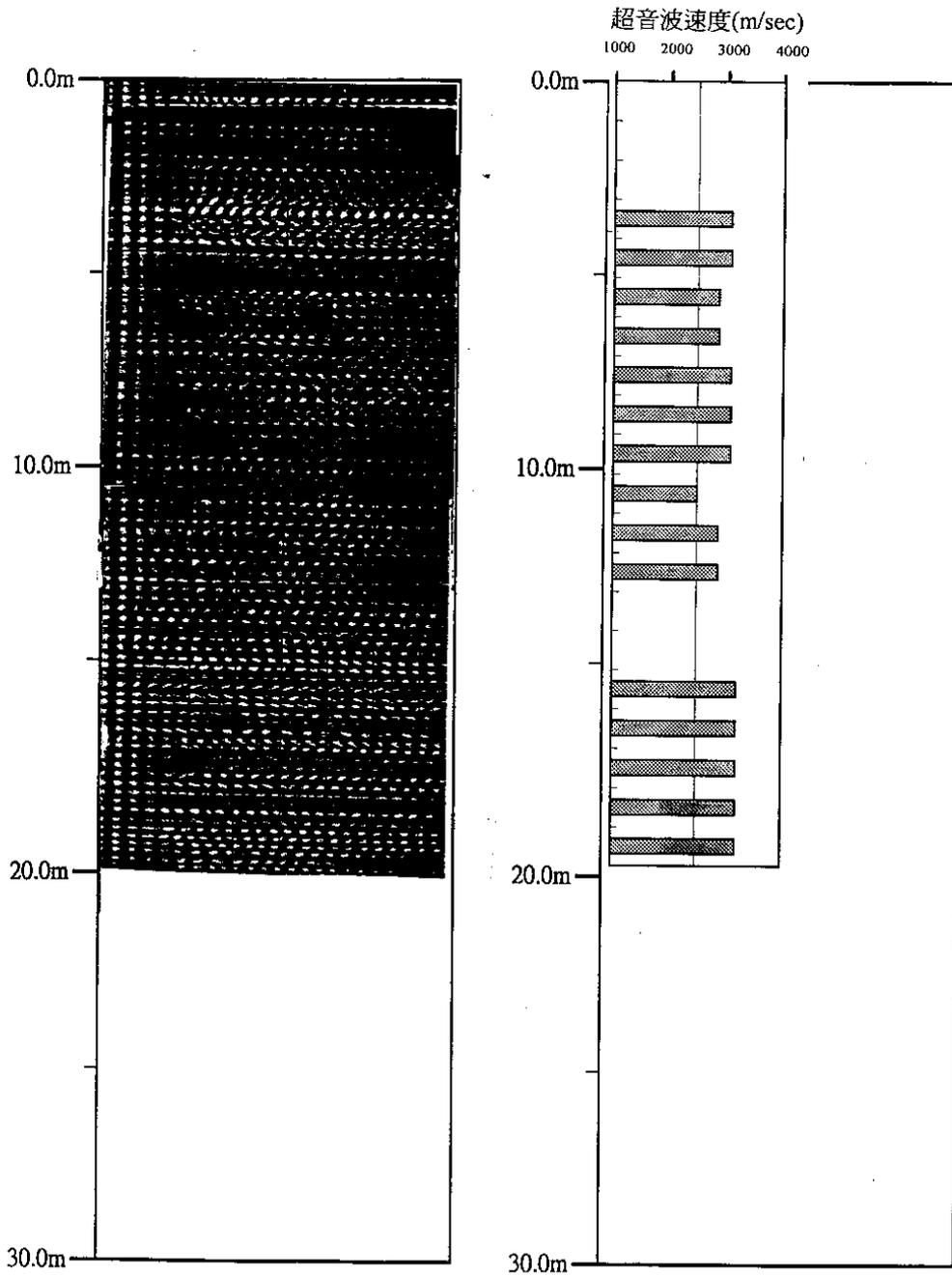
A2-AH2



灌漿後 A2AH2 断面超音波量測結果圖

E-5

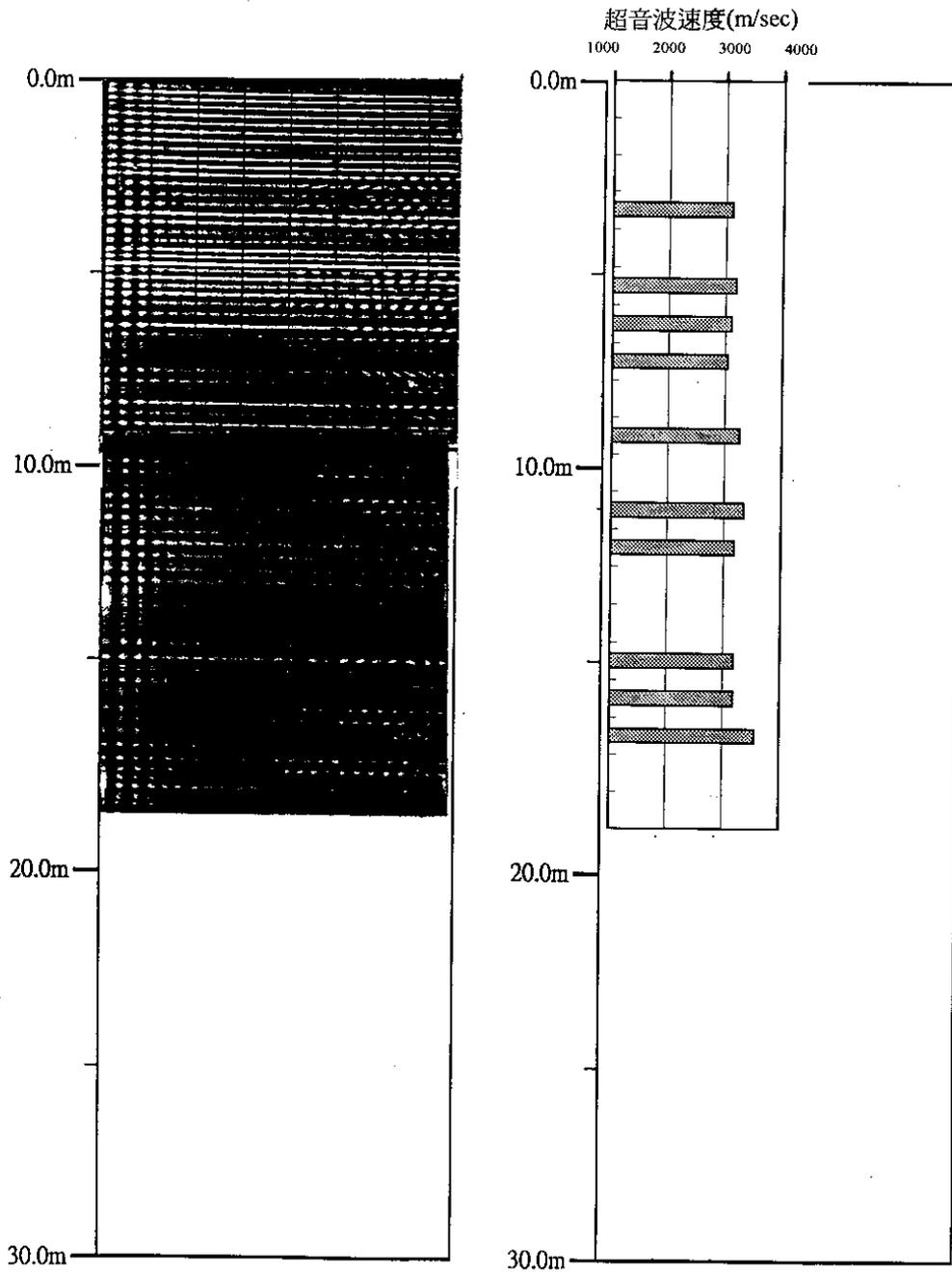
A2-AH3



灌漿後 A2AH3 斷面超音波量測結果圖

E-6

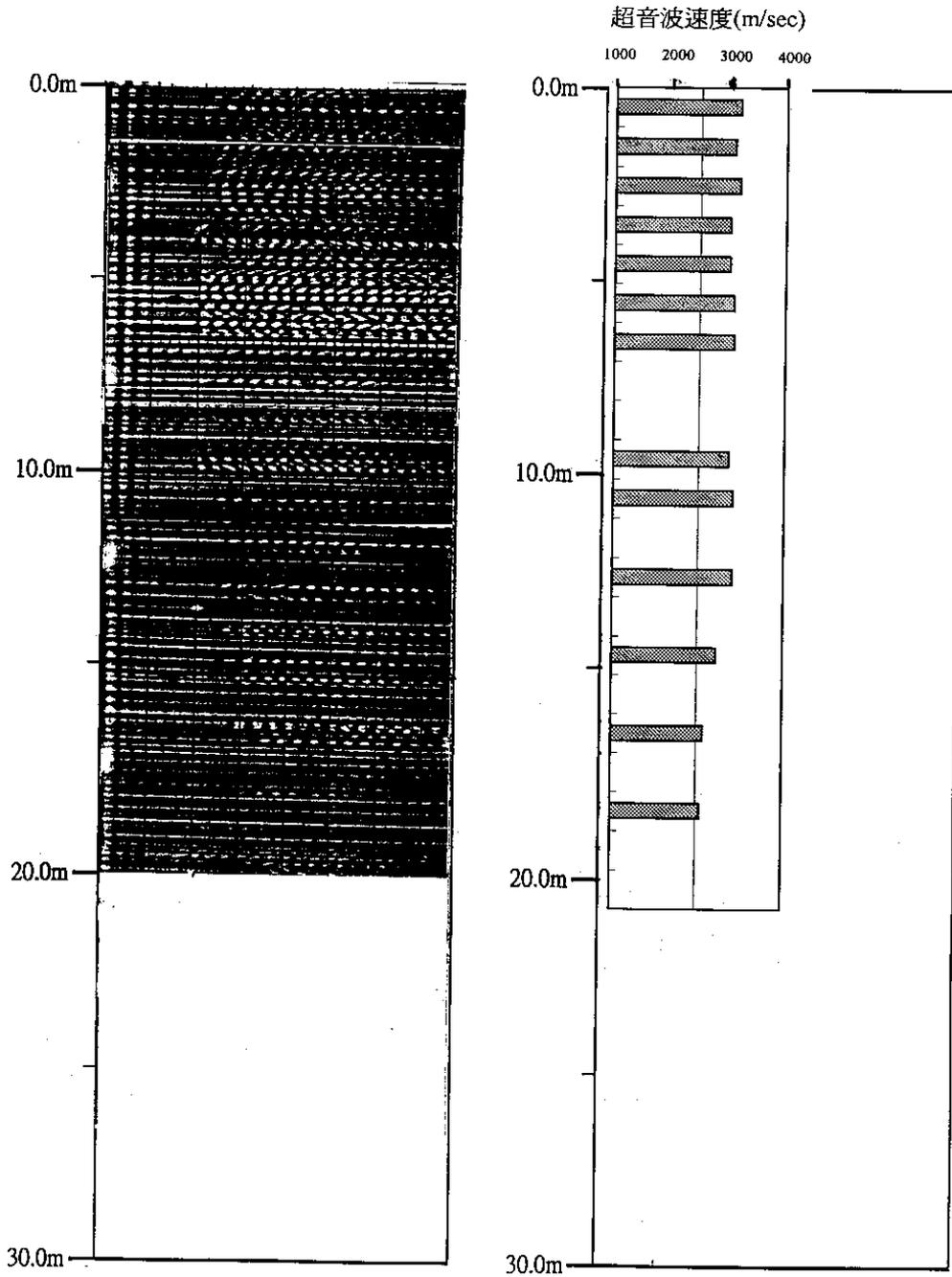
A3-AH3



灌漿後 A3AH3 斷面超音波量測結果圖

E-7

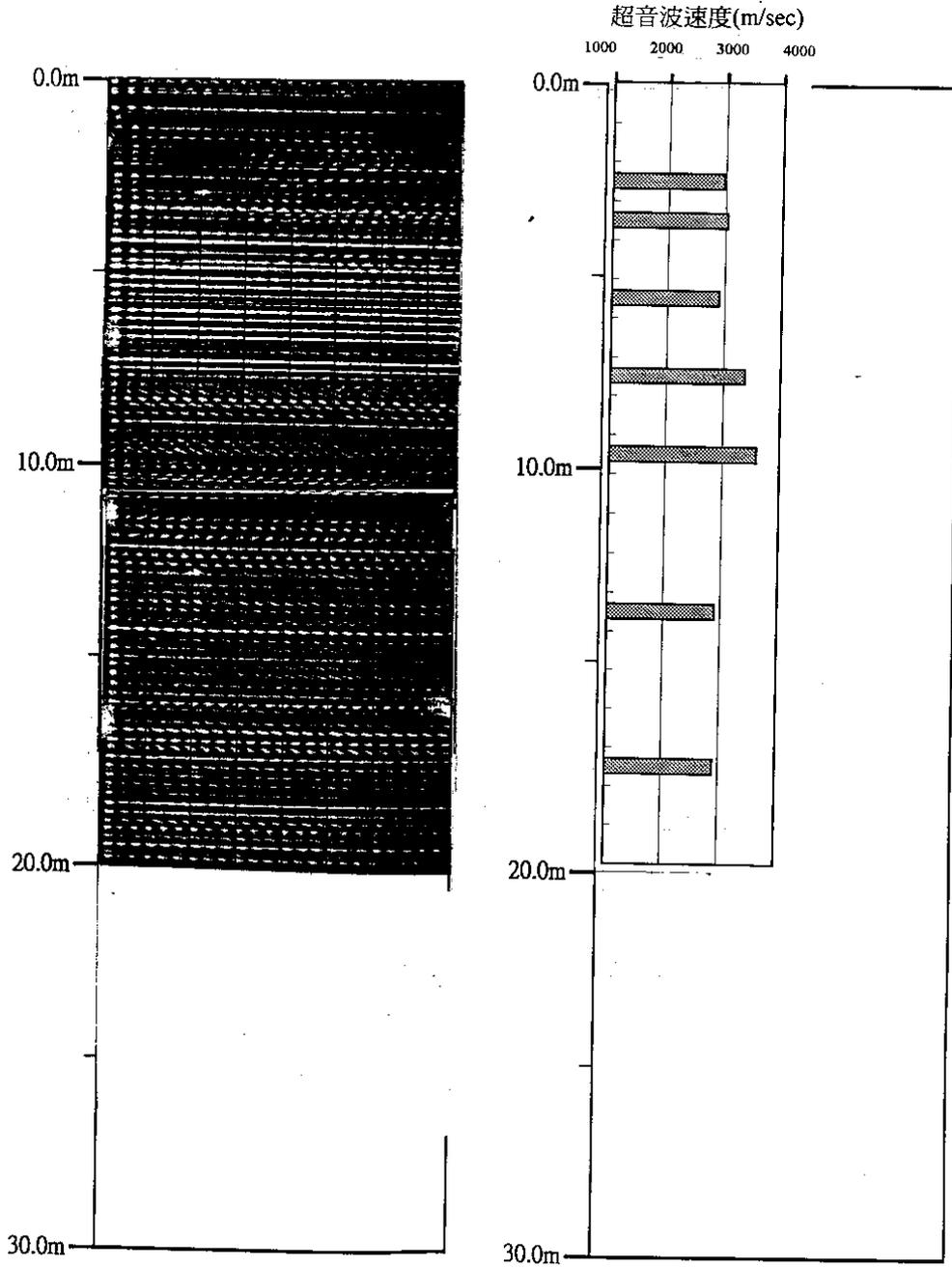
AH4-AH5



灌漿後 AH4AH5 断面超音波量測結果圖

E-8

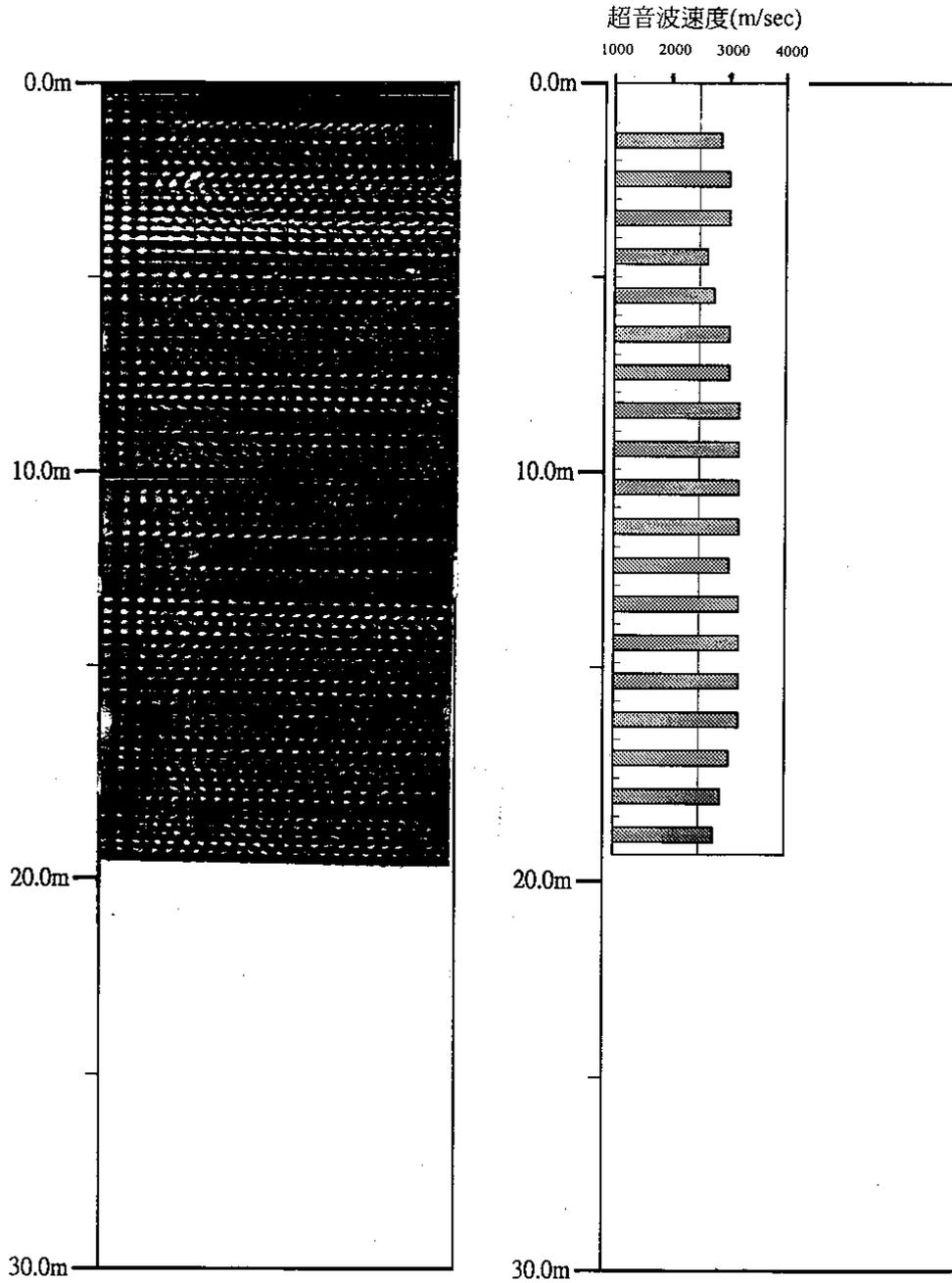
AH5-AH6



灌漿後 AH5AH6 斷面超音波量測結果圖

E-9

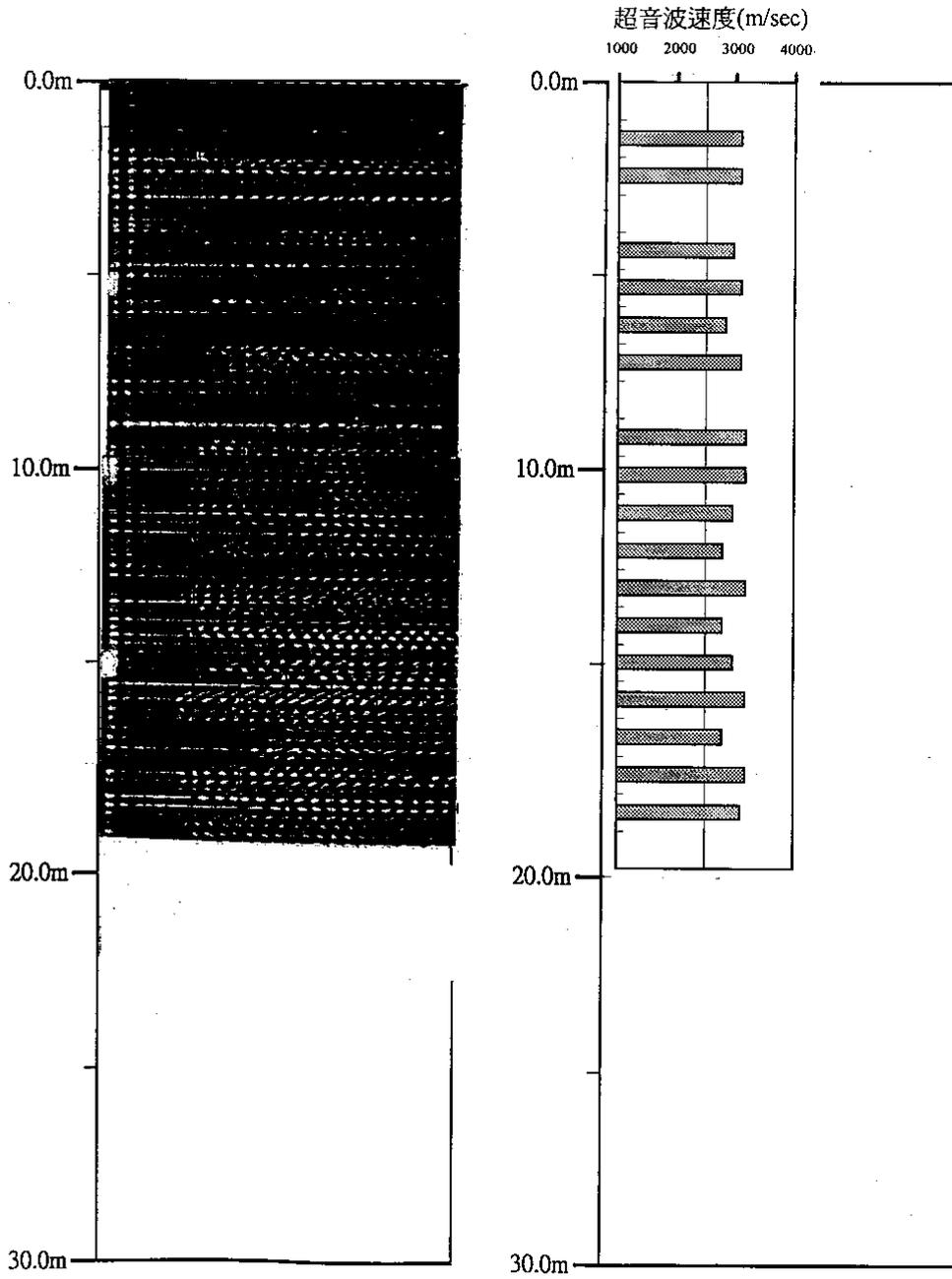
AH2-AH3



灌漿後 AH2AH3 断面超音波量測結果圖

E-10

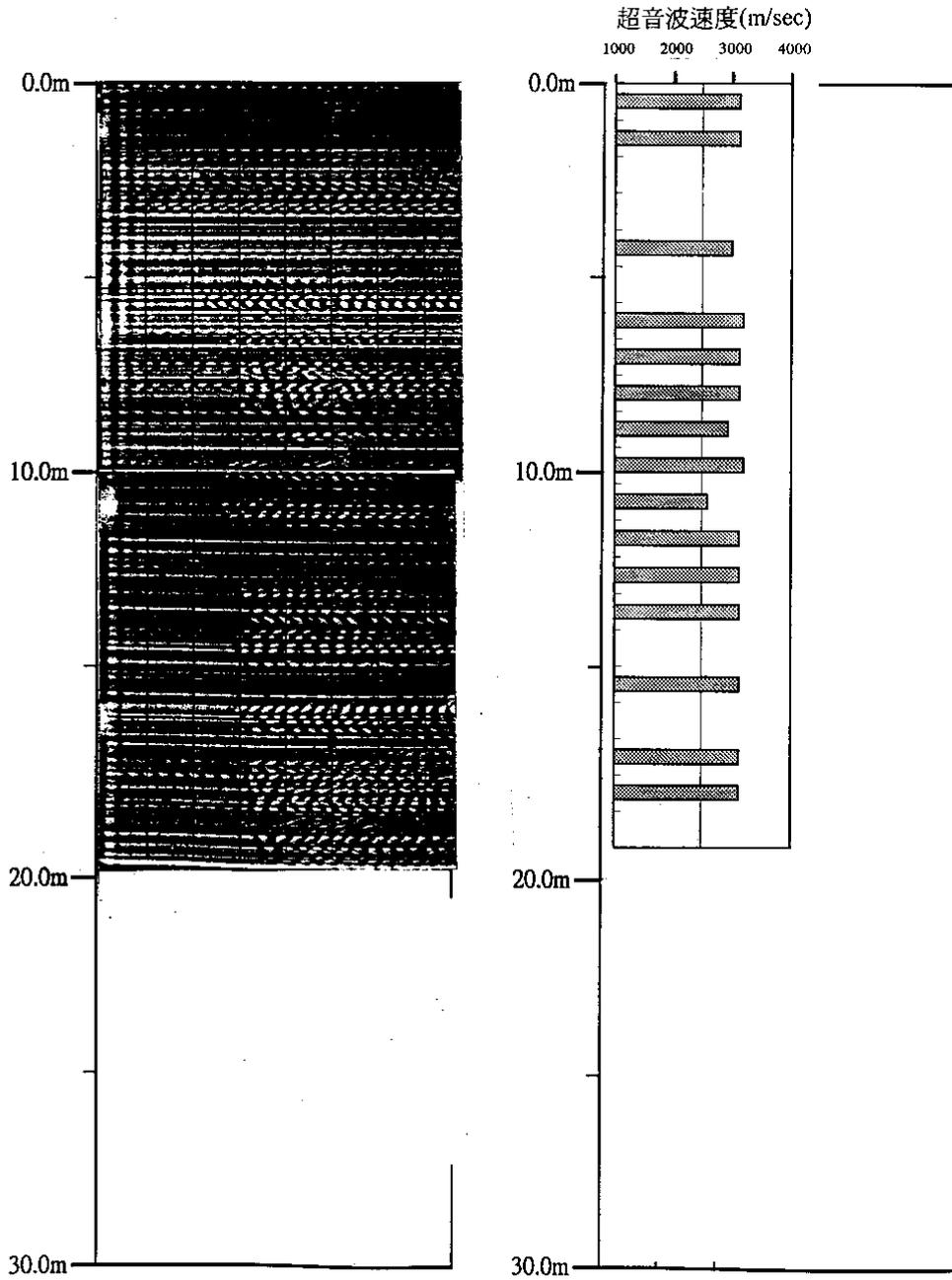
BH1-BH2



灌漿後 BH1BH2 斷面超音波量測結果圖

E-11

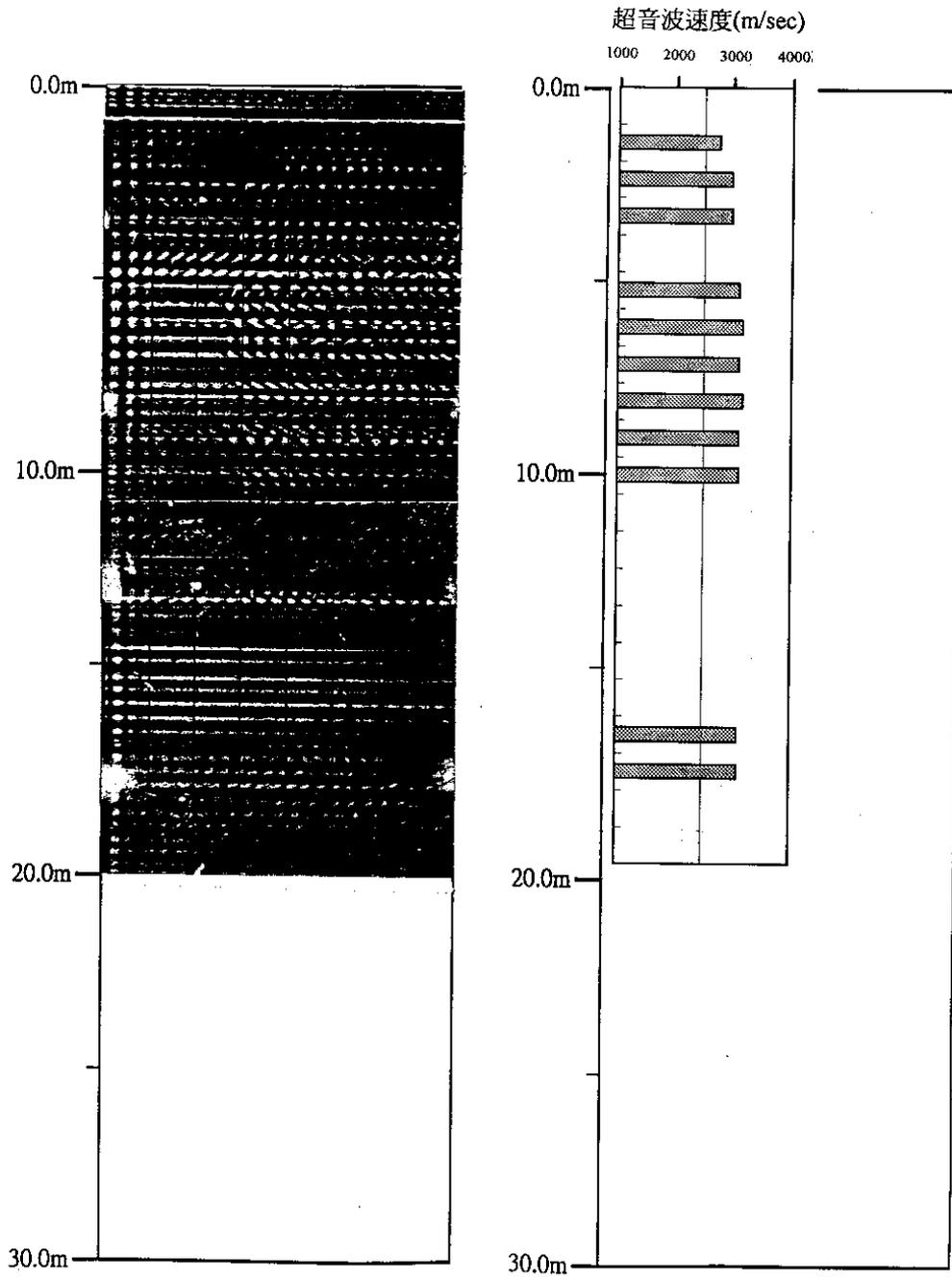
BH3-BH4



灌漿後 BH3BH4 斷面超音波量測結果圖

E-12

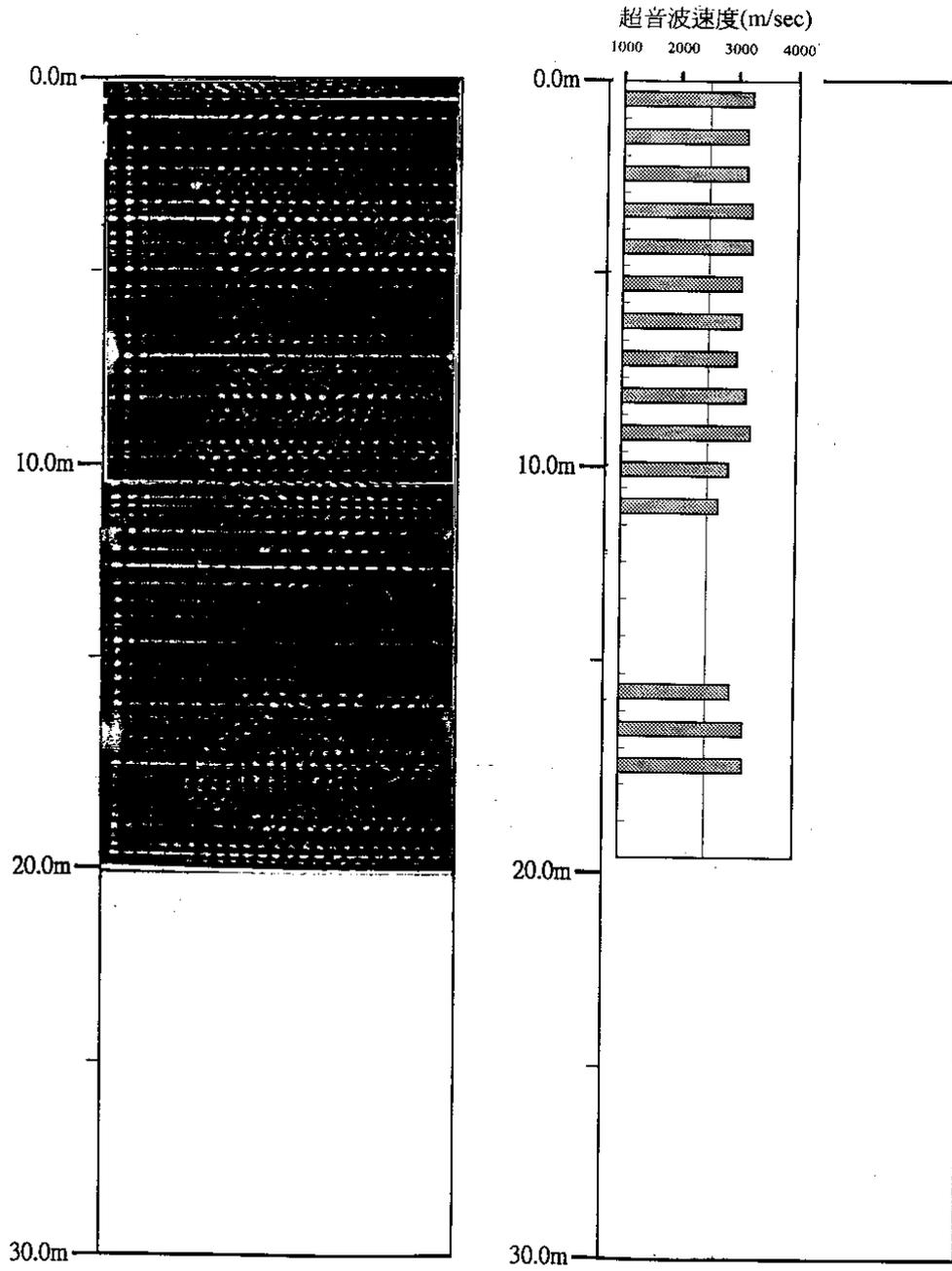
C1-C2



灌漿後 C1C2 断面超音波量測結果圖

E-13

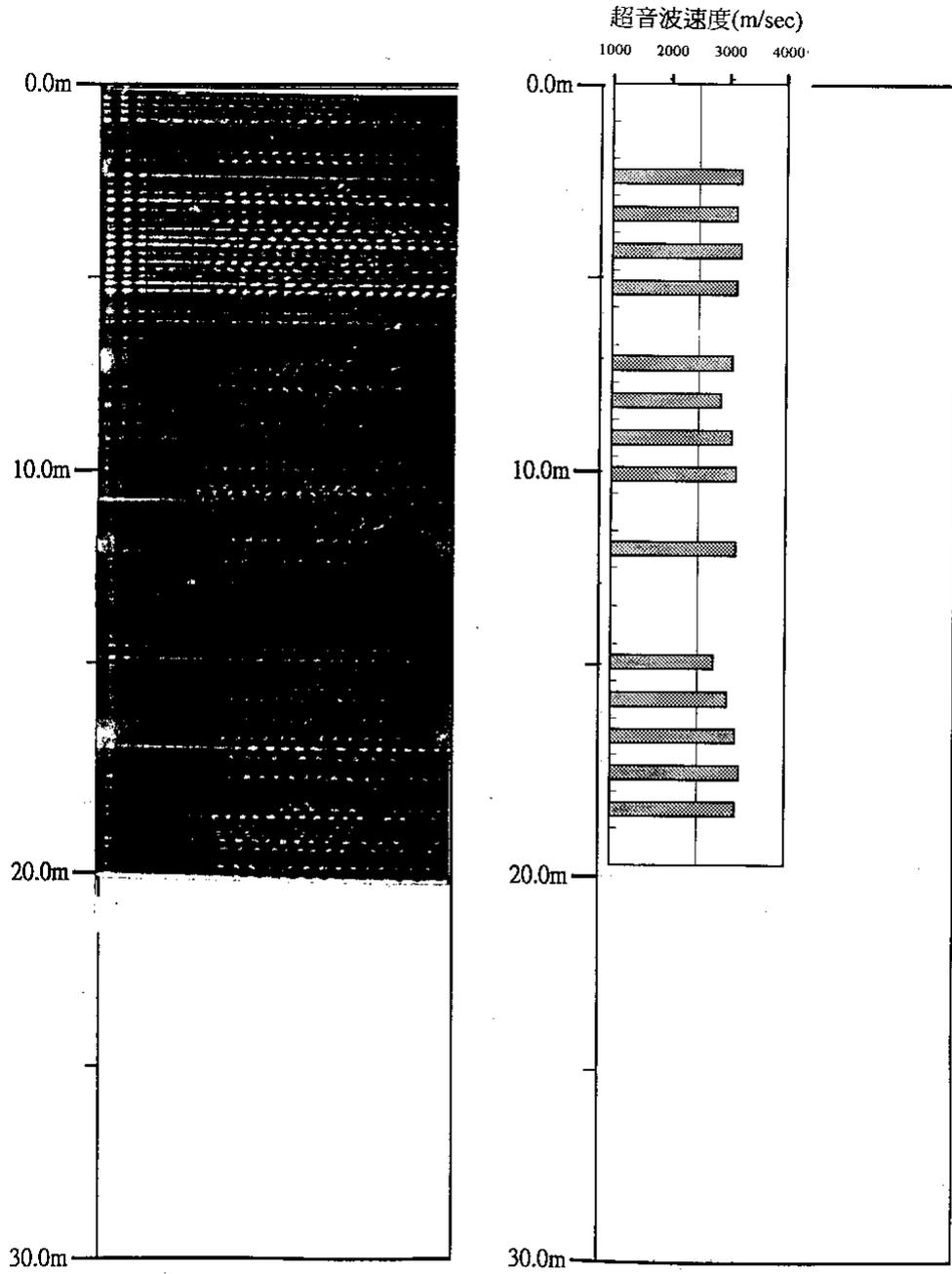
C2-C3



灌漿後 C2C3 斷面超音波量測結果圖

E-14

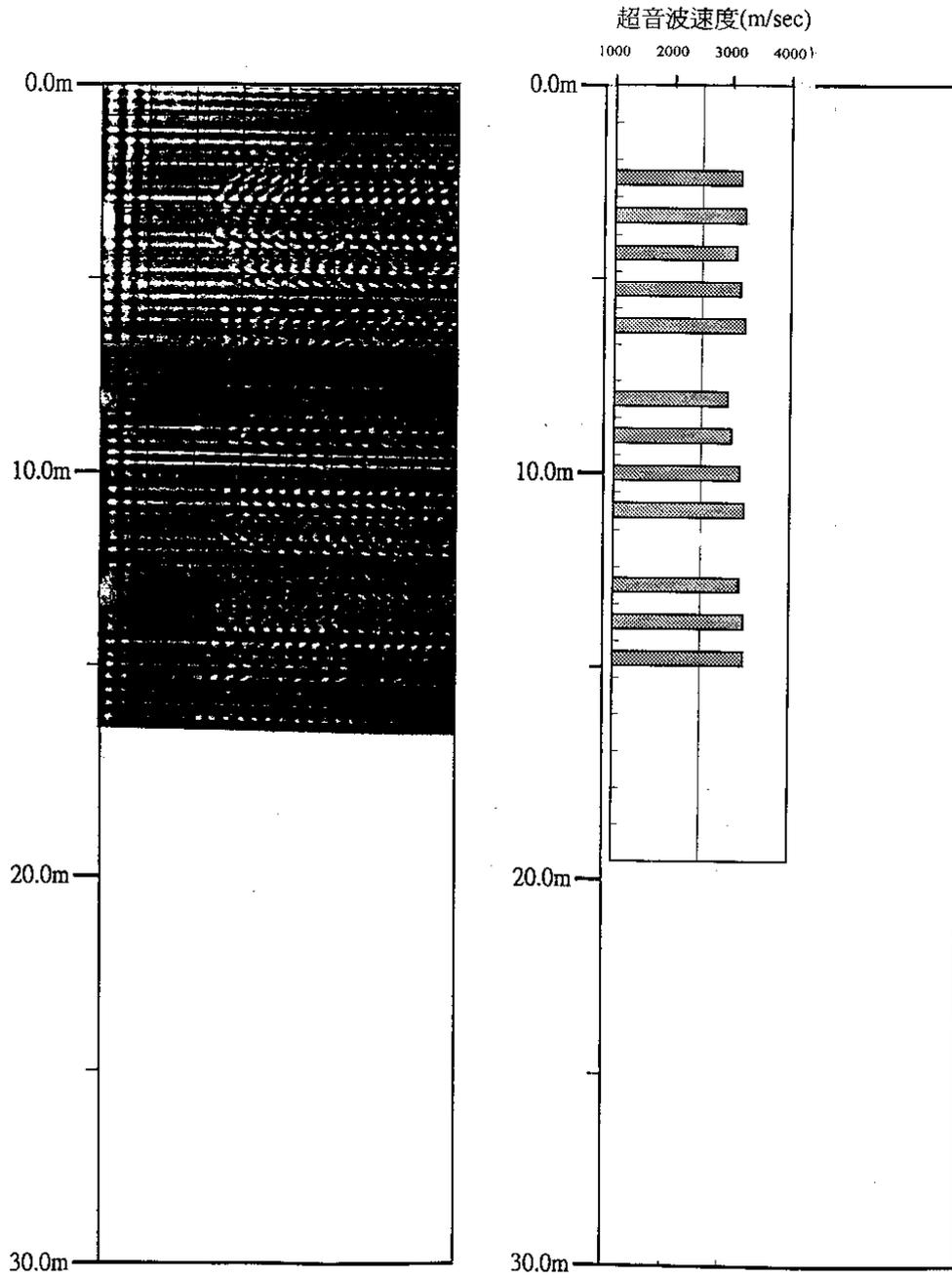
C3-C4



灌漿後 C3C4 斷面超音波量測結果圖

E-15

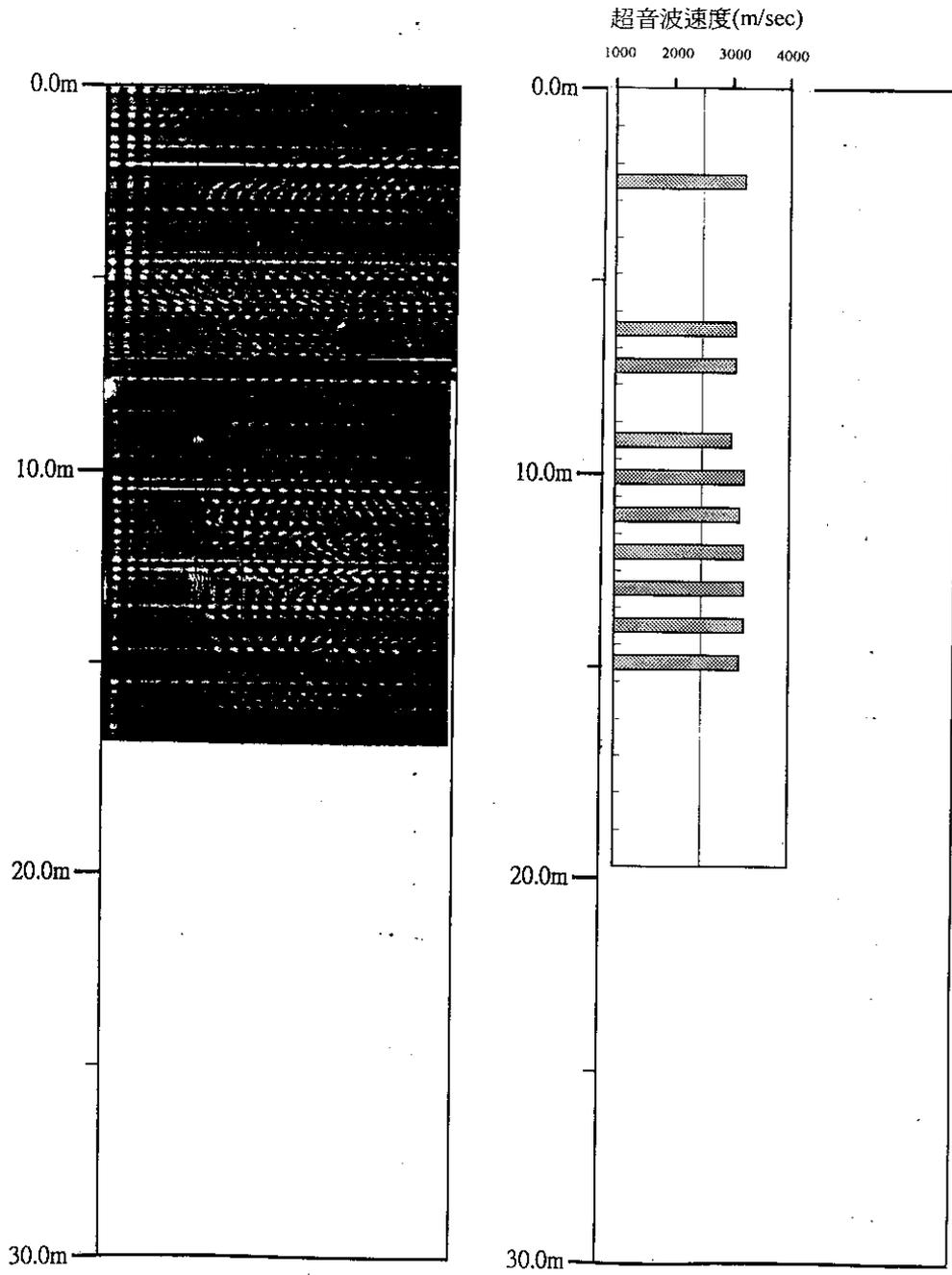
C4-C5



灌漿後 C4C5 斷面超音波量測結果圖

E-16

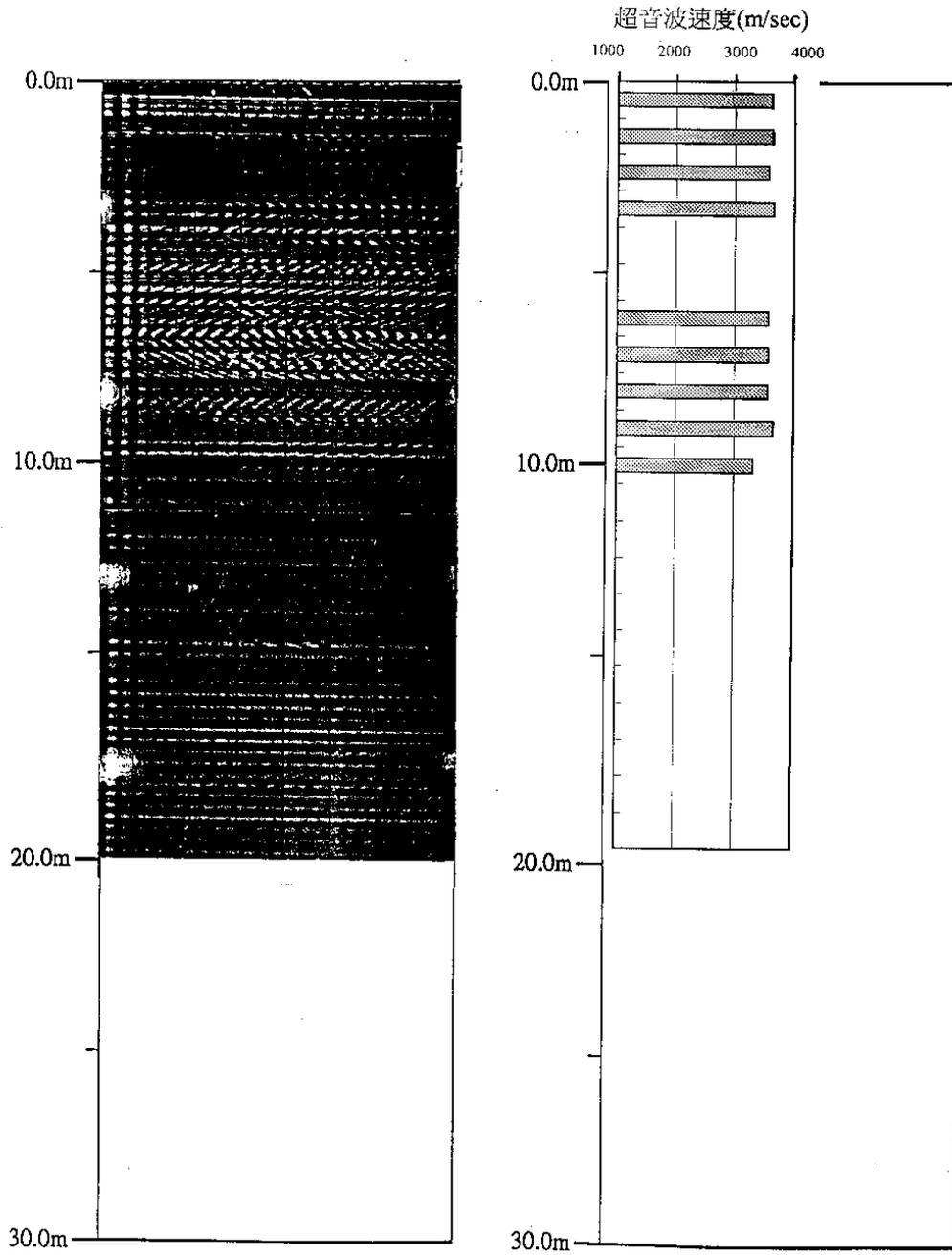
C5-C6



灌漿後 C5C6 断面超音波量測結果圖

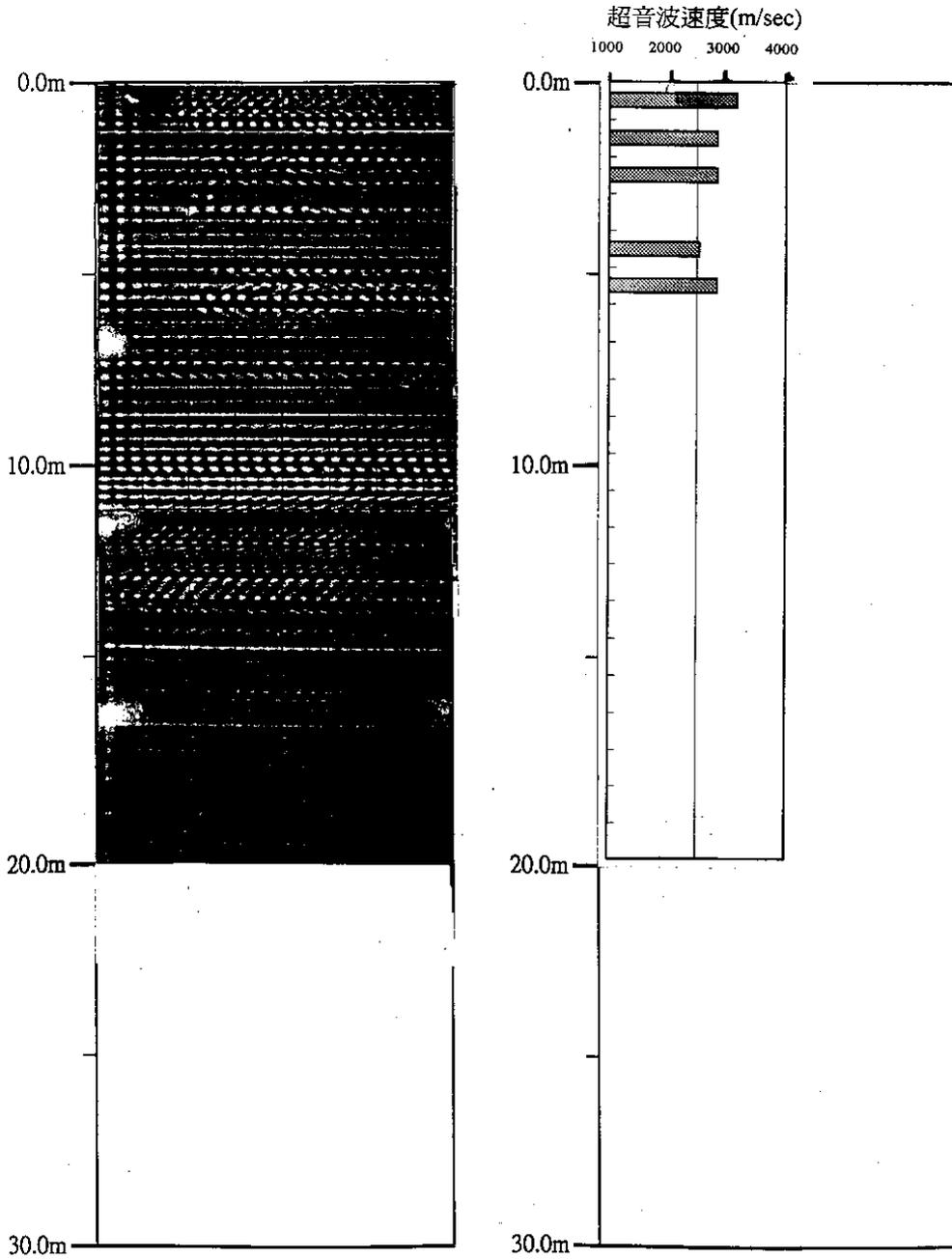
E-17

C2-C8



灌漿後 C2C8 断面超音波量測結果圖  
E-18

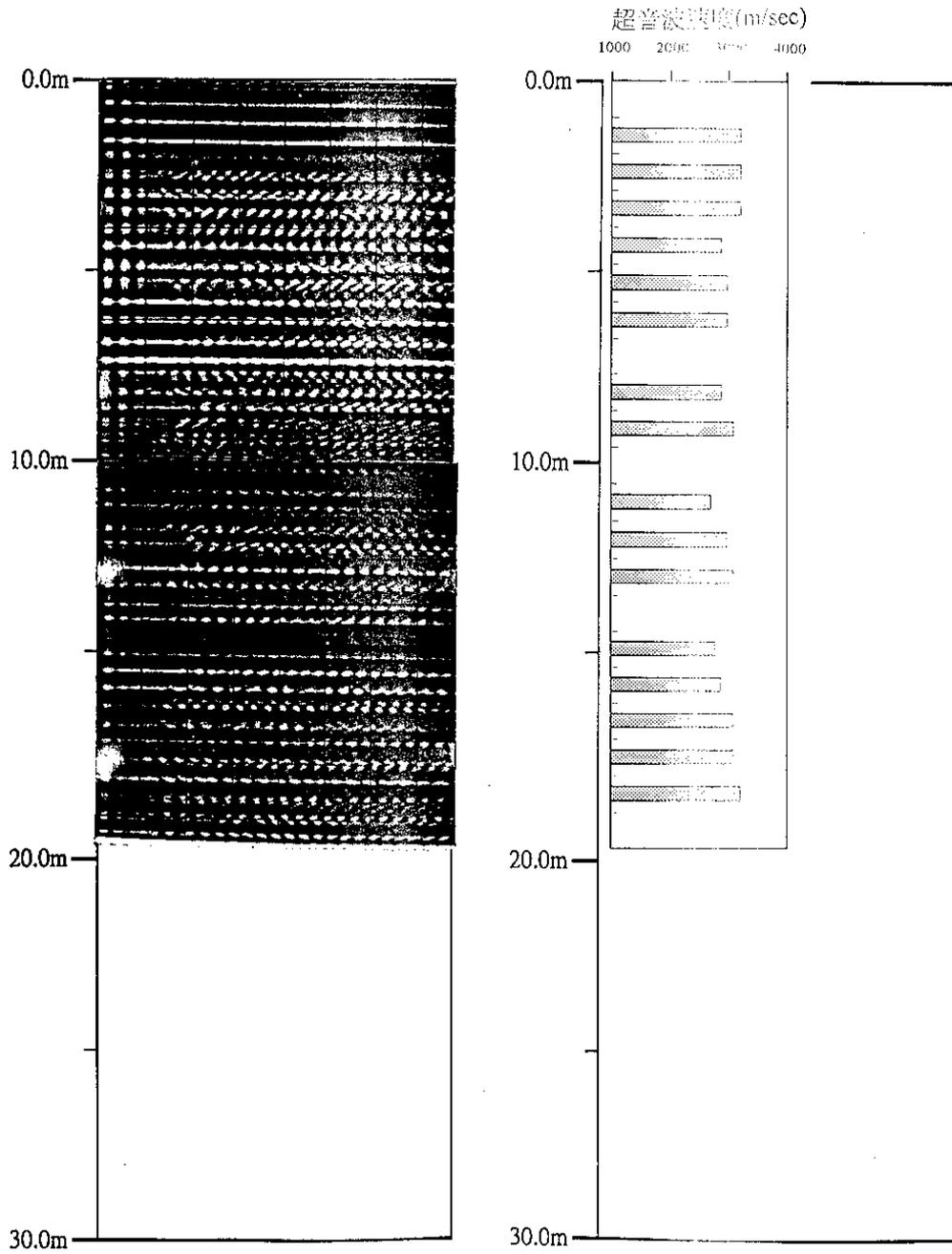
C3-C8



灌漿後 C3C8 断面超音波量測結果圖

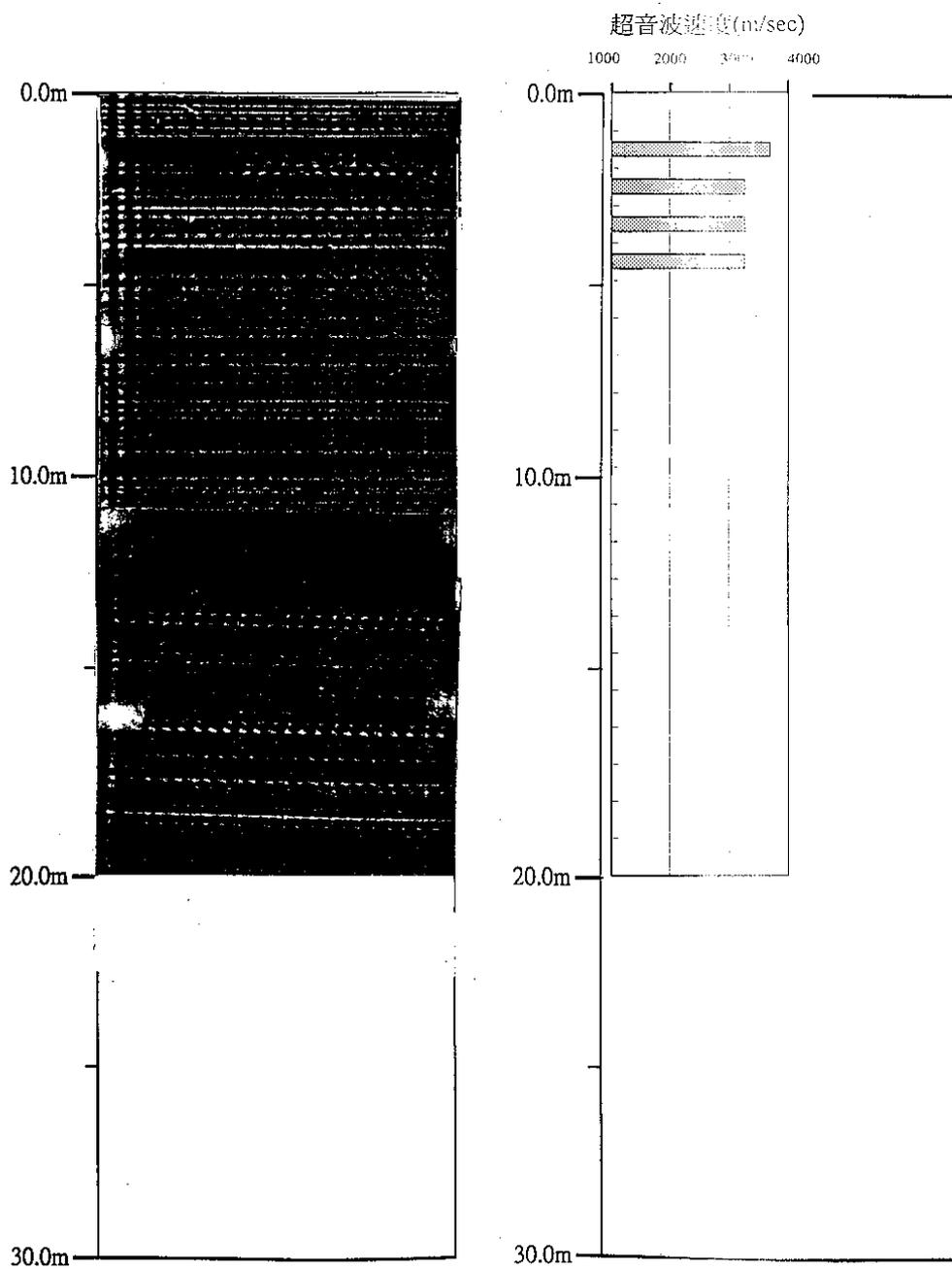
E-19

C2-CH2



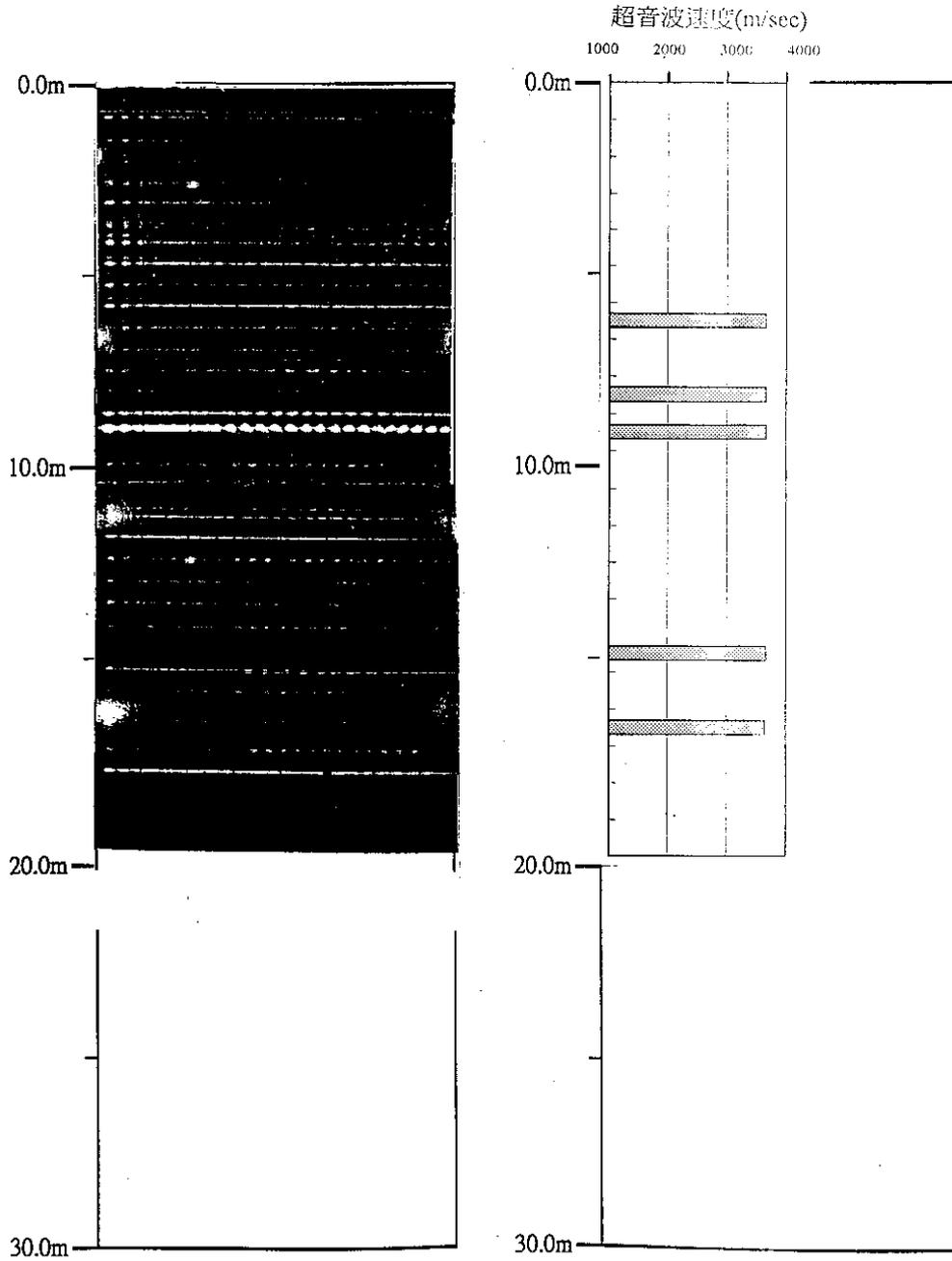
灌漿後 C2CH2 断面超音波量的結果圖  
E-20

C8-CH2



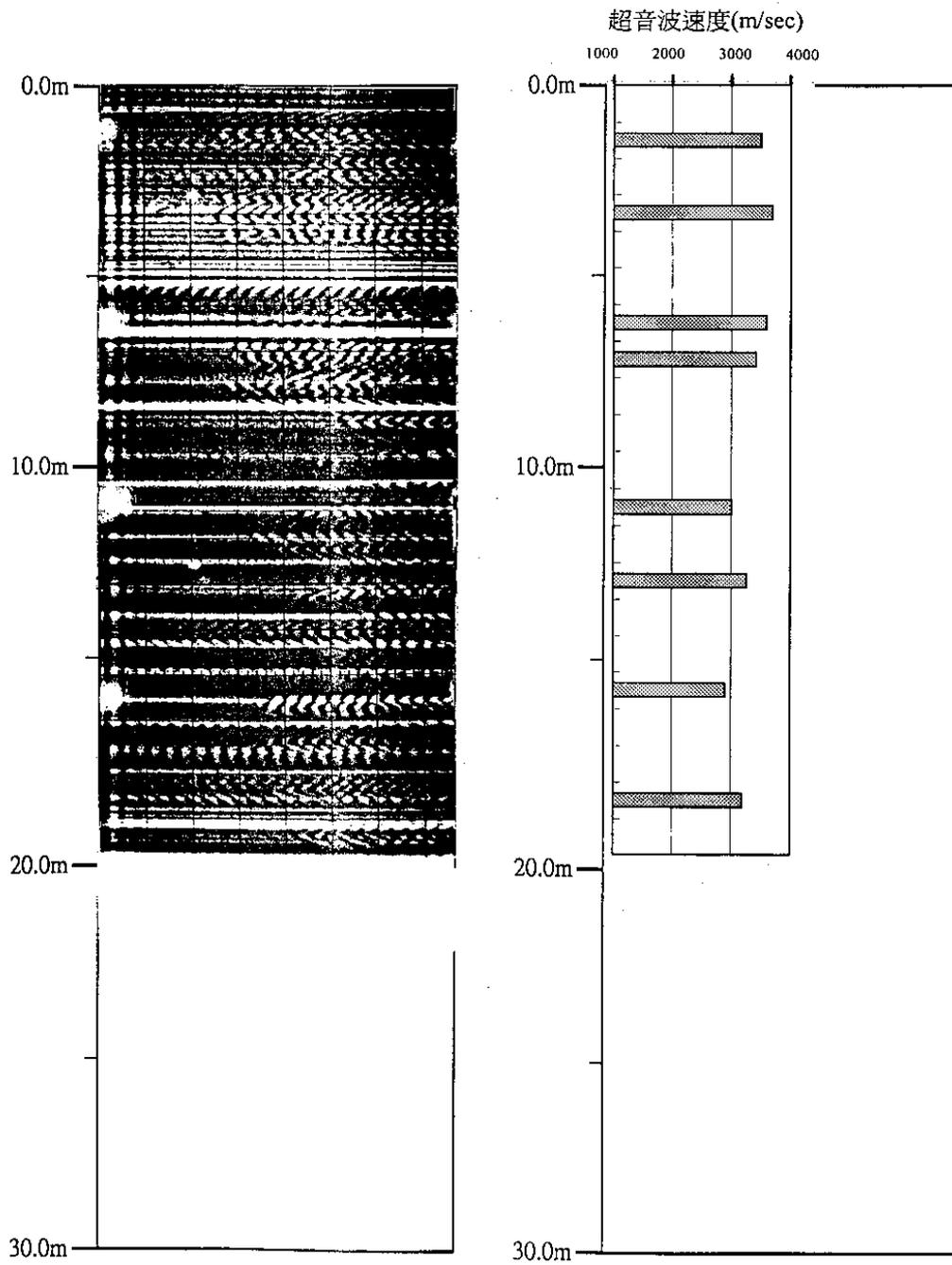
灌漿後 C8CH2 断面超音波量測結果圖  
E-21

D1-D2



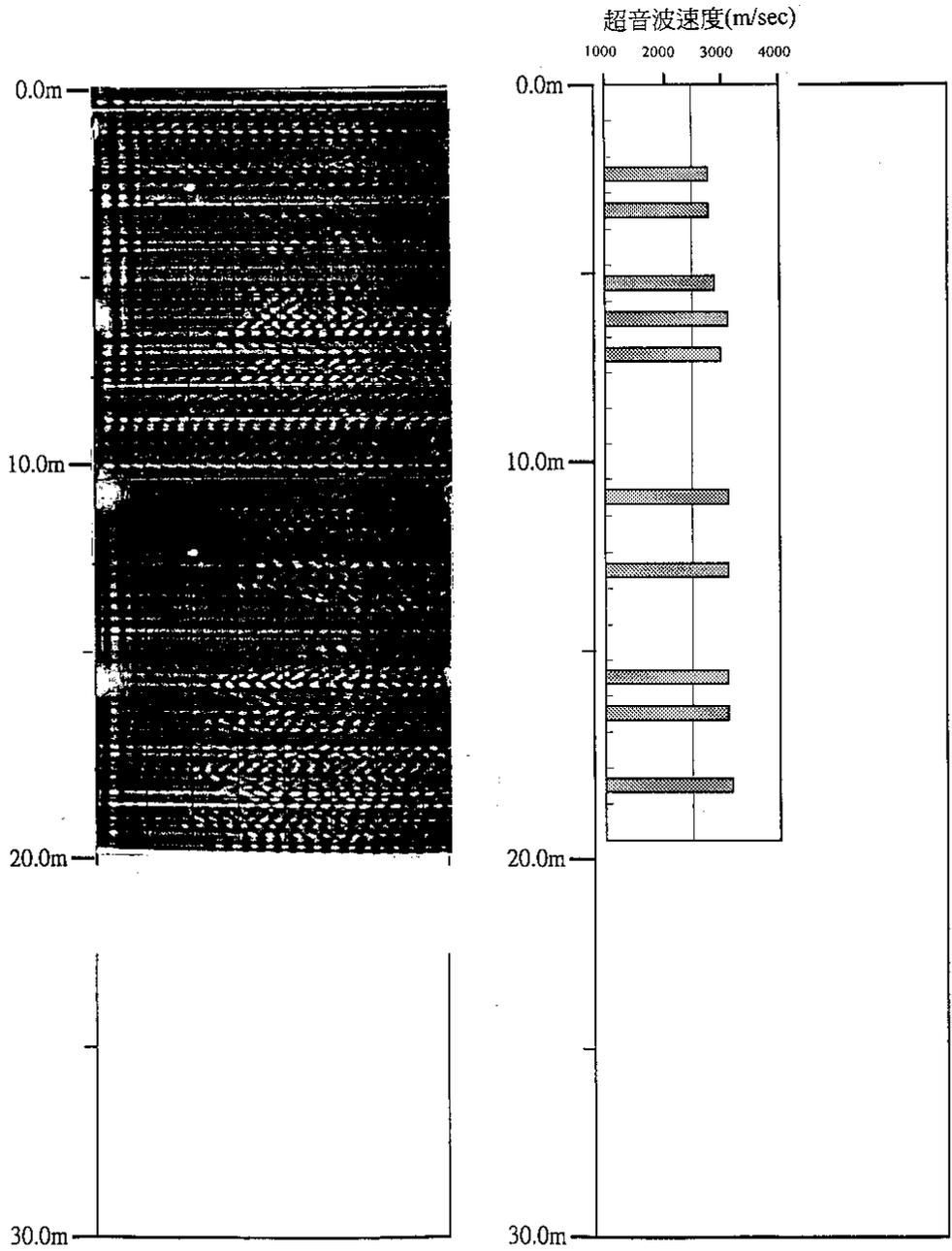
灌漿後 D1D2 断面超音波量測結果圖  
E-22

D4-D5



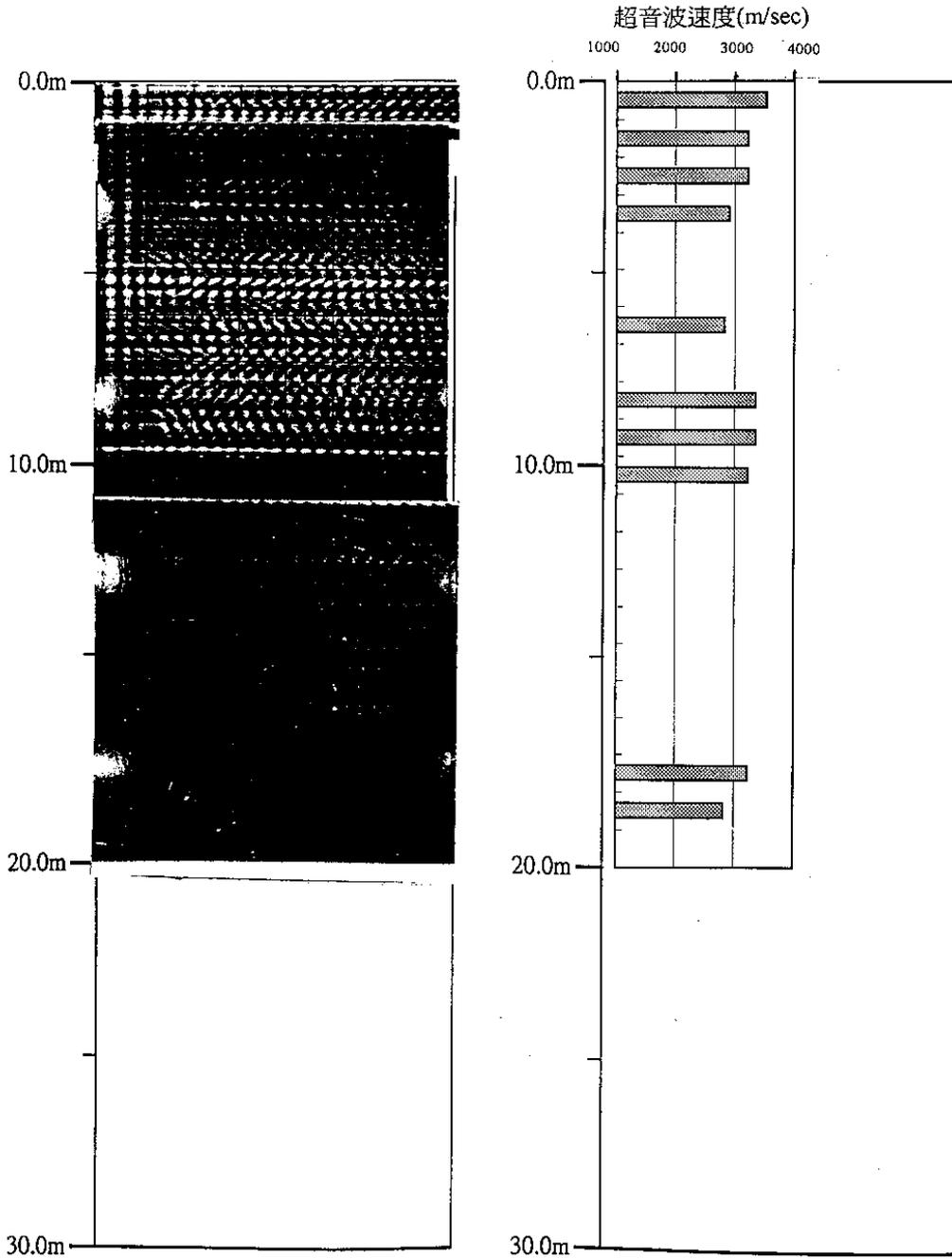
灌漿後 D4D5 断面超音波量測結果圖  
E-23

D5-D6



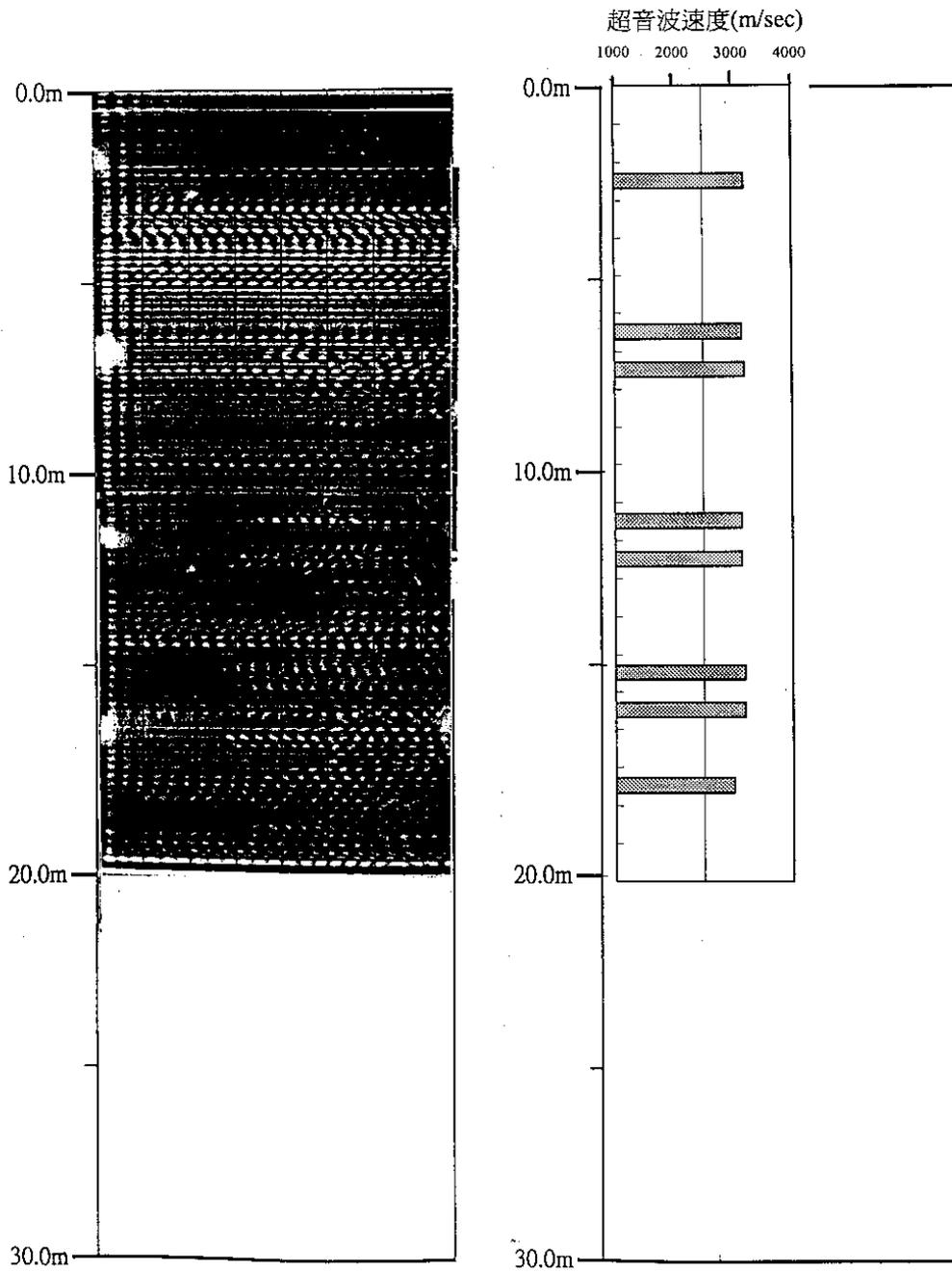
灌漿後 D5D6 断面超音波量測結果圖  
E-24

D2-DH1



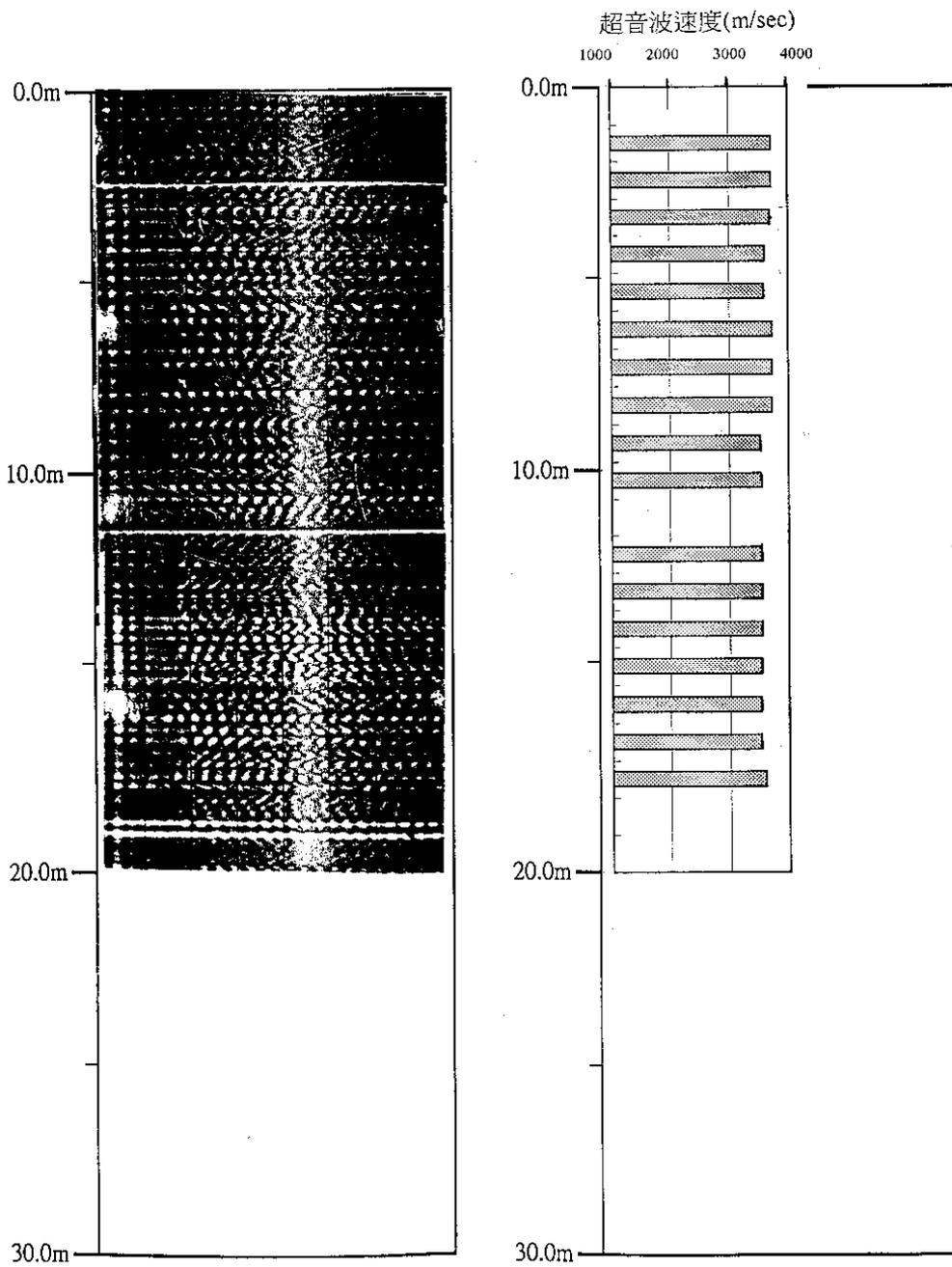
灌漿後 D2DH1 断面超音波量測結果圖  
E-25

D4-DH1



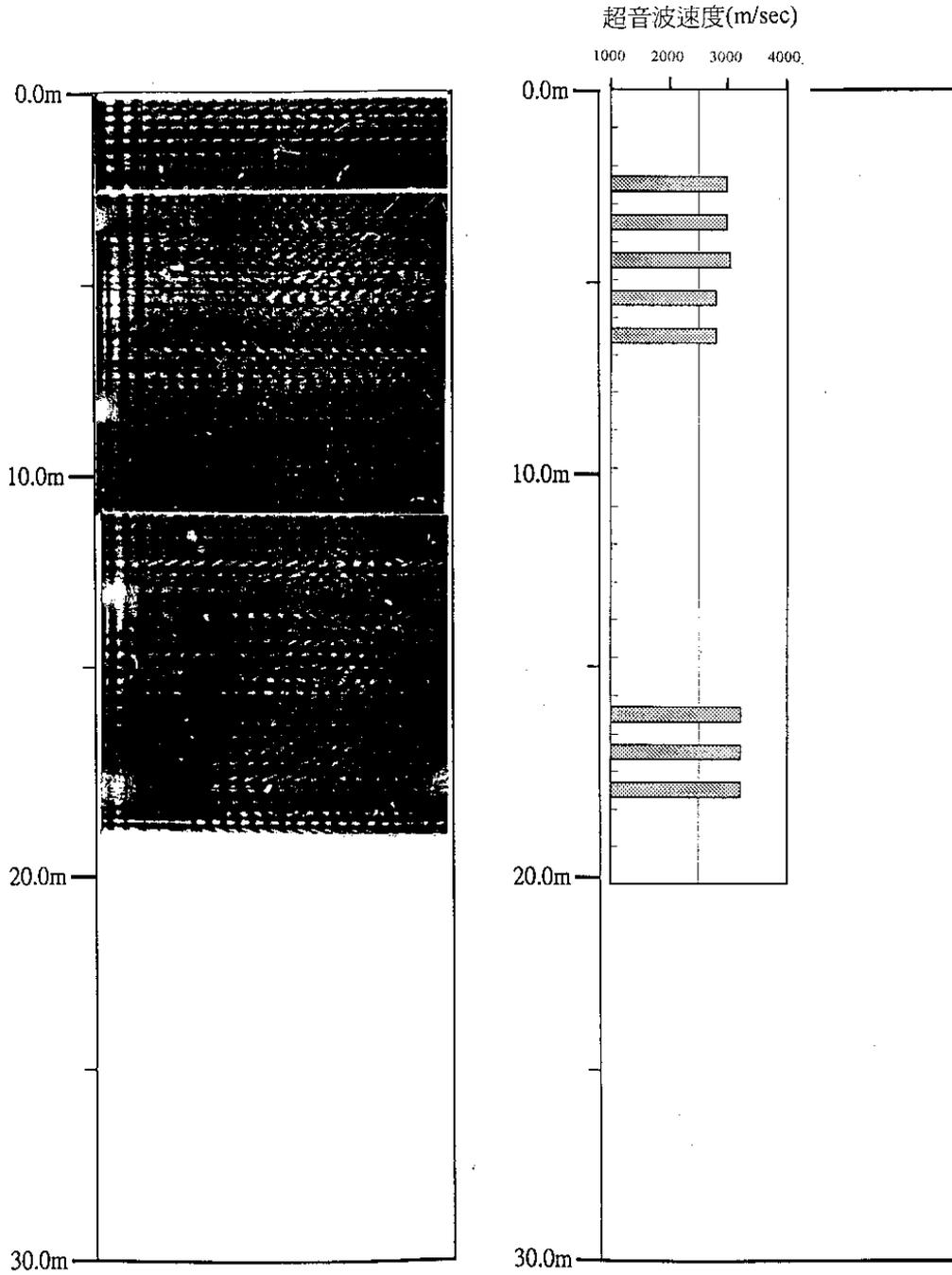
灌漿後 D4DH1 斷面超音波量測結果圖  
E-26

E1-E2



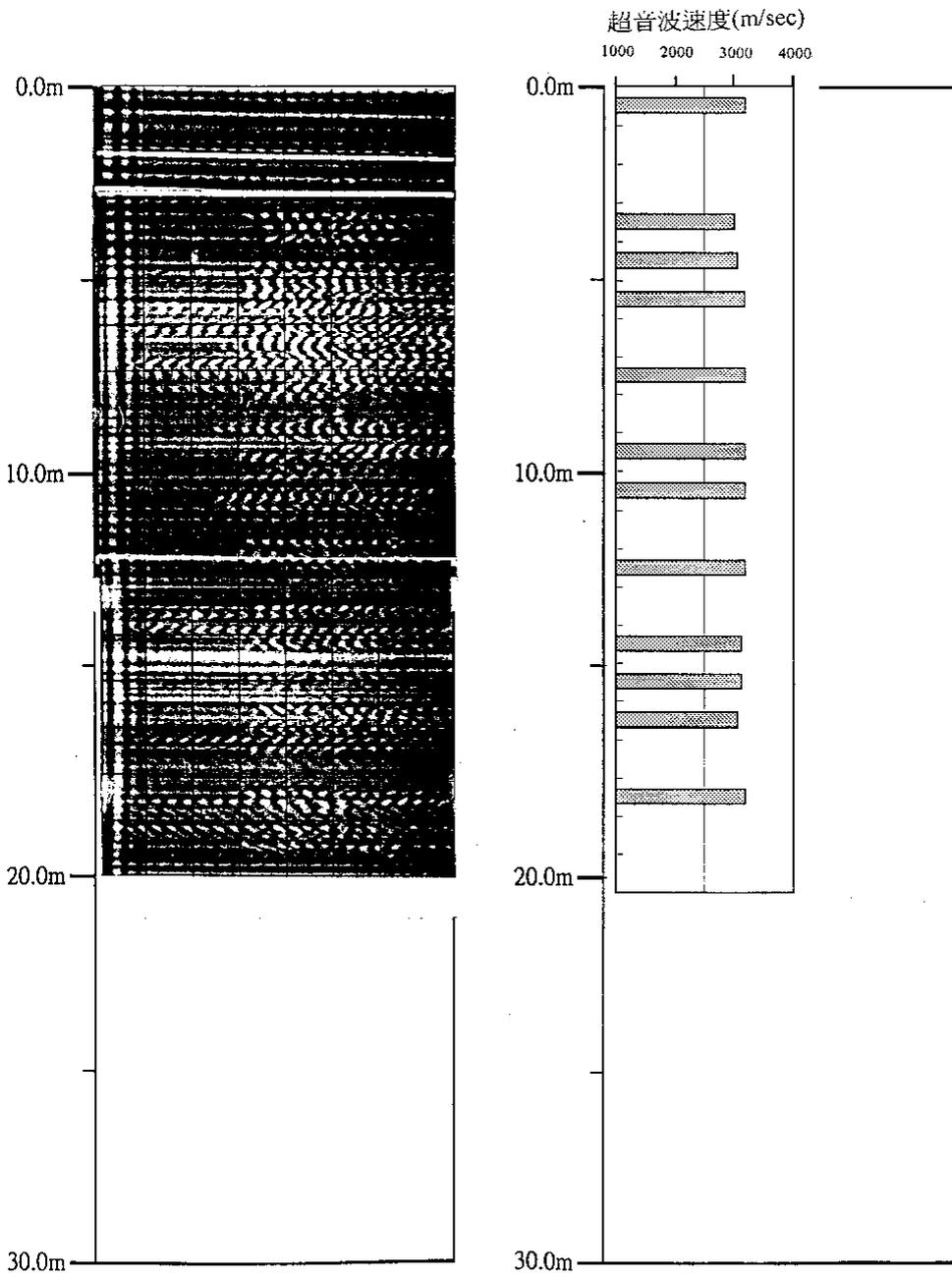
灌漿後 E1E2 断面超音波量測結果圖  
E-27

E2-E3



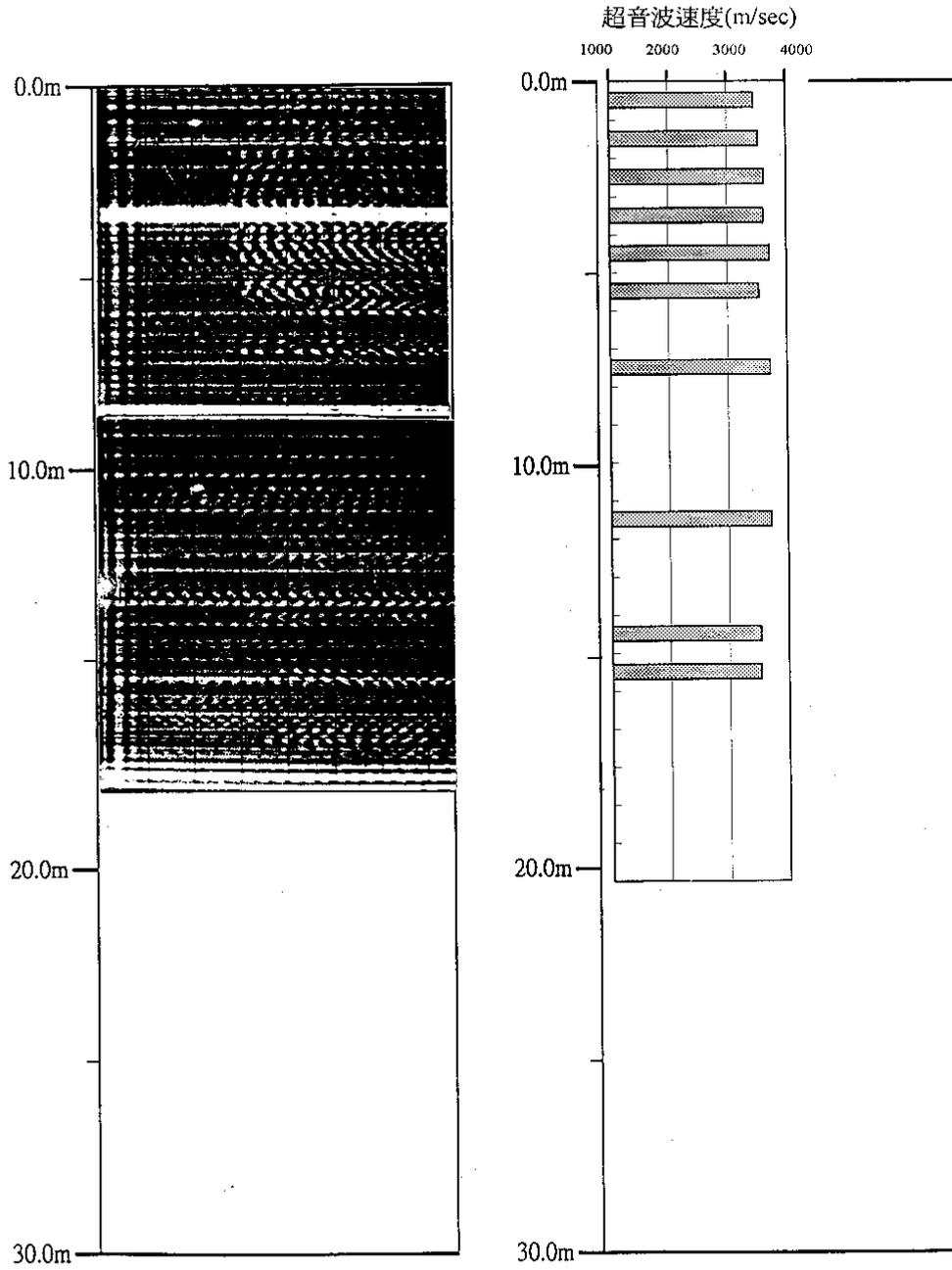
灌漿後 E2E3 斷面超音波量測結果圖  
E-28

E3-E4



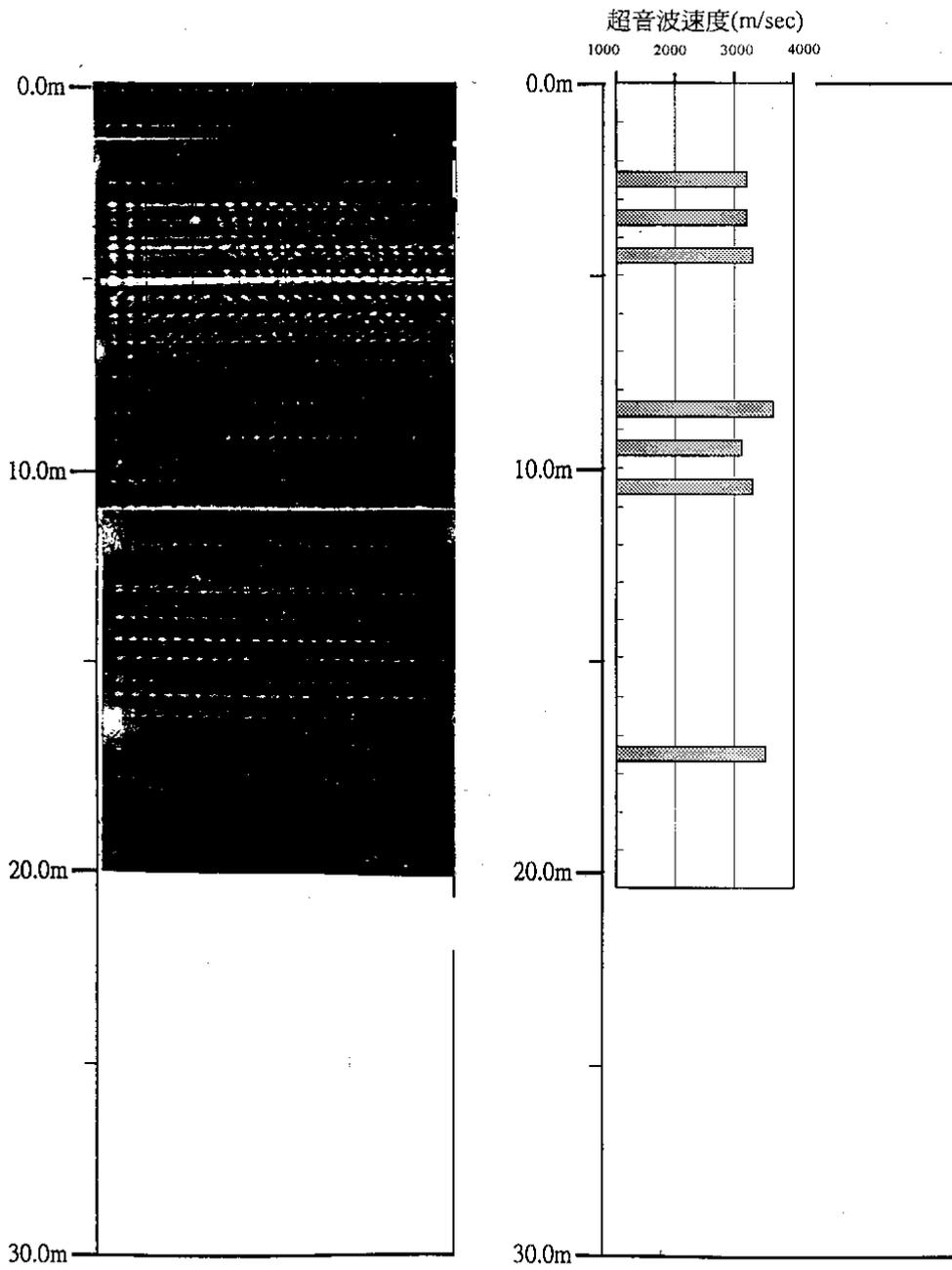
灌漿後 E3E4 斷面超音波量測結果圖  
E-29

E4-E5



灌漿後 E4E5 断面超音波量測結果圖  
E-30

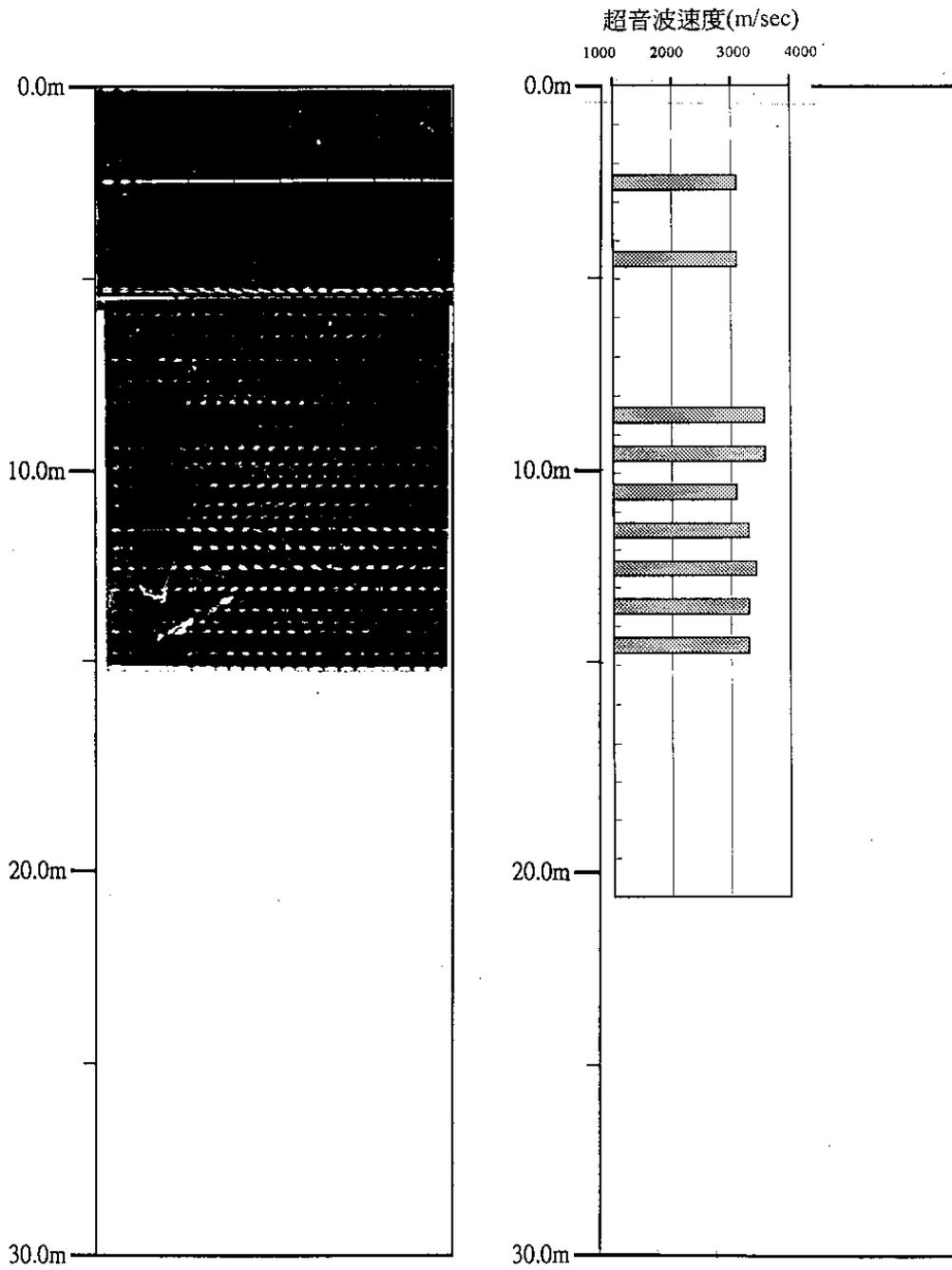
E3-EH4



灌漿後 E3EH4 断面超音波量測結果圖

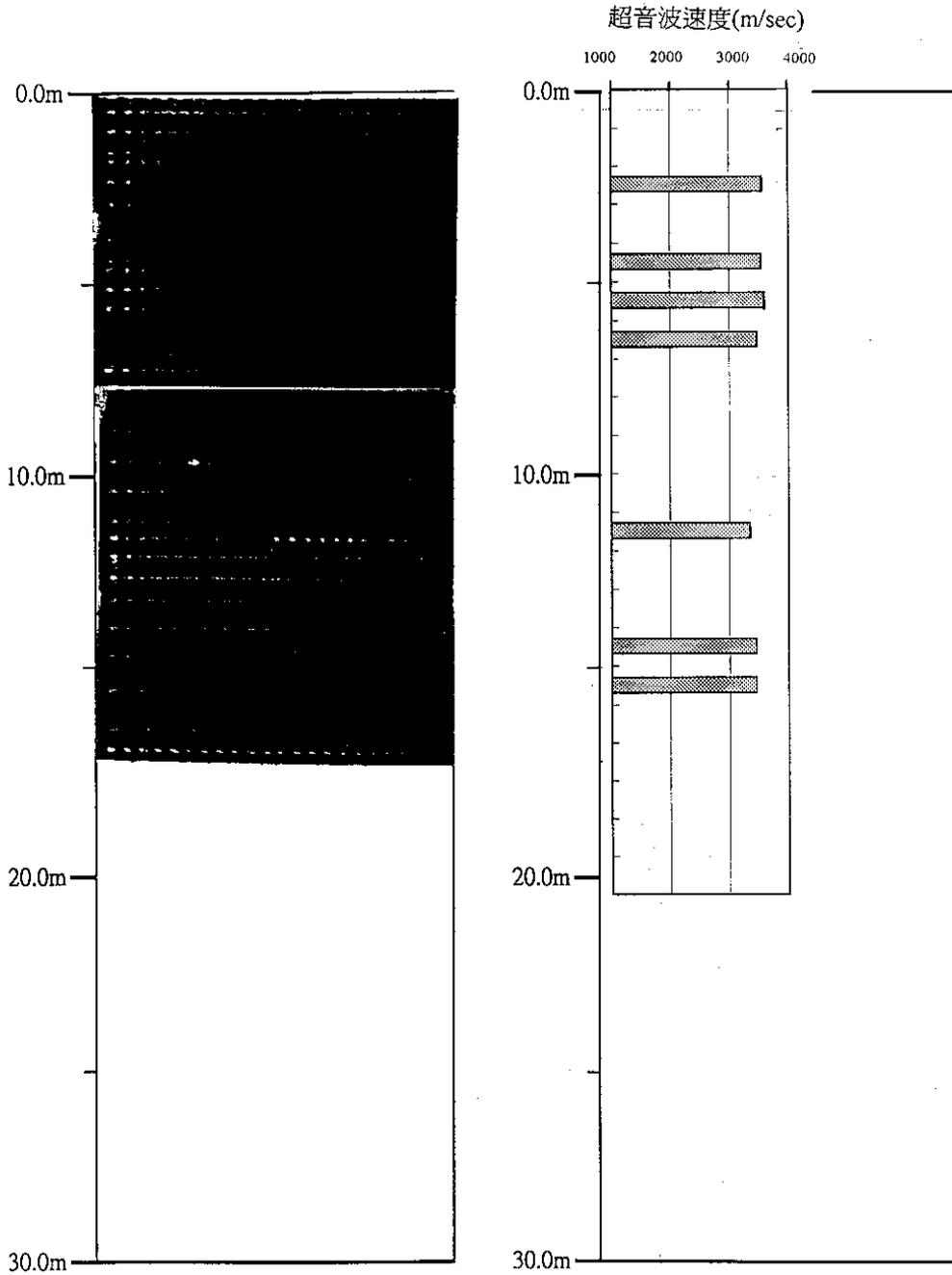
E-31

EH1-EH2



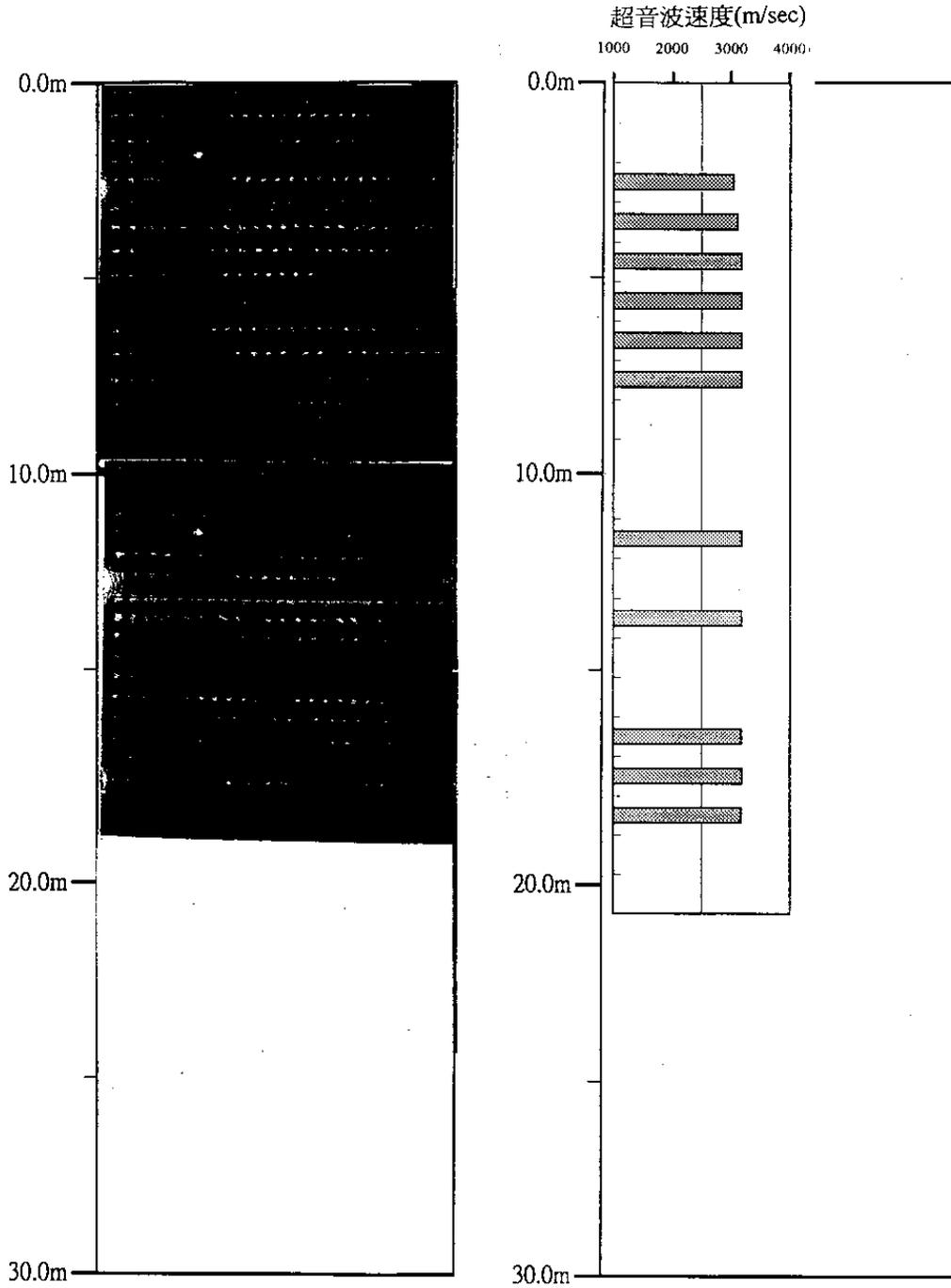
灌漿後 EH1EH2 断面超音波量測結果圖  
E-32

EH3-EH4

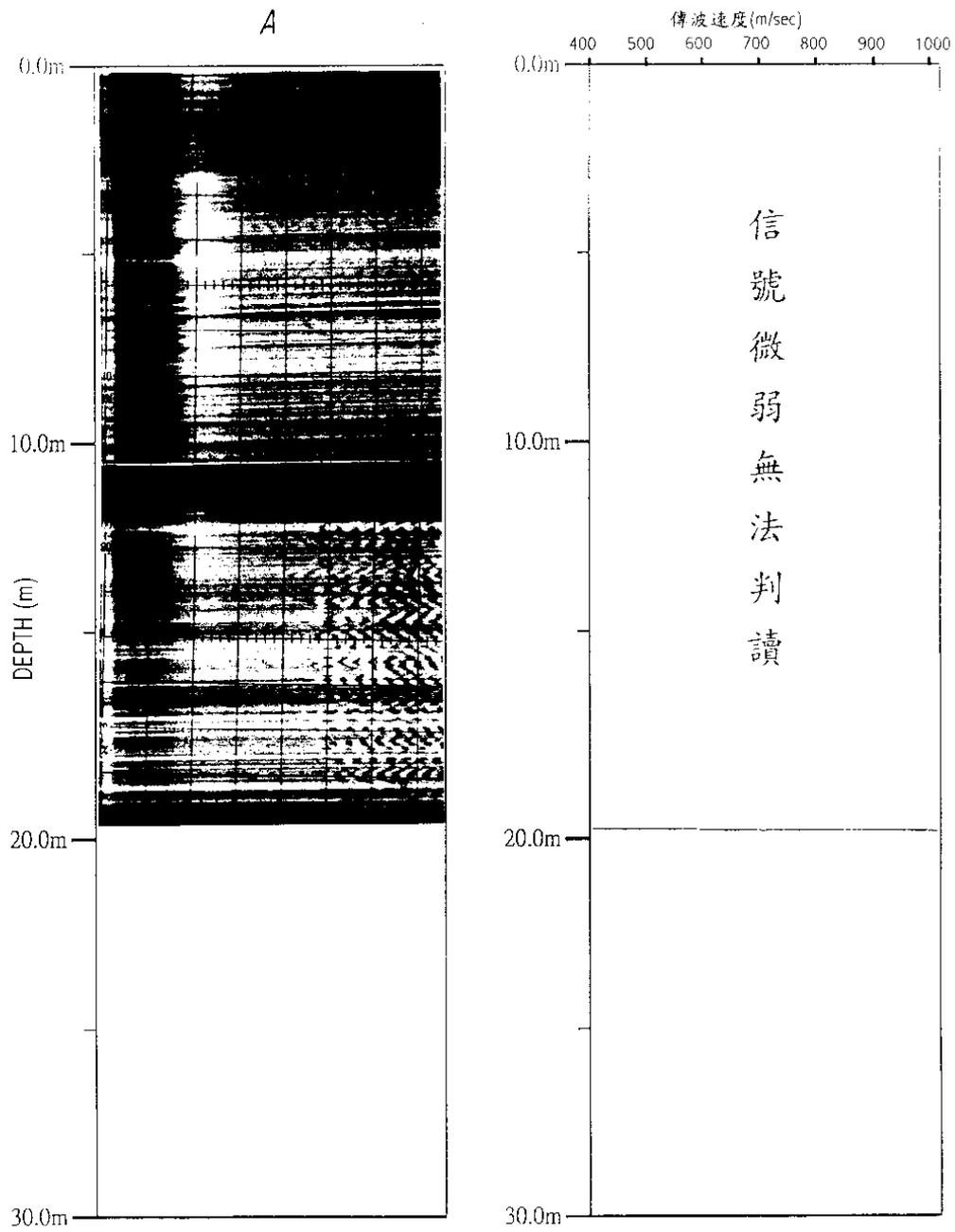


灌漿後 EH3EH4 断面超音波量測結果圖  
E-34

EH4-EH5

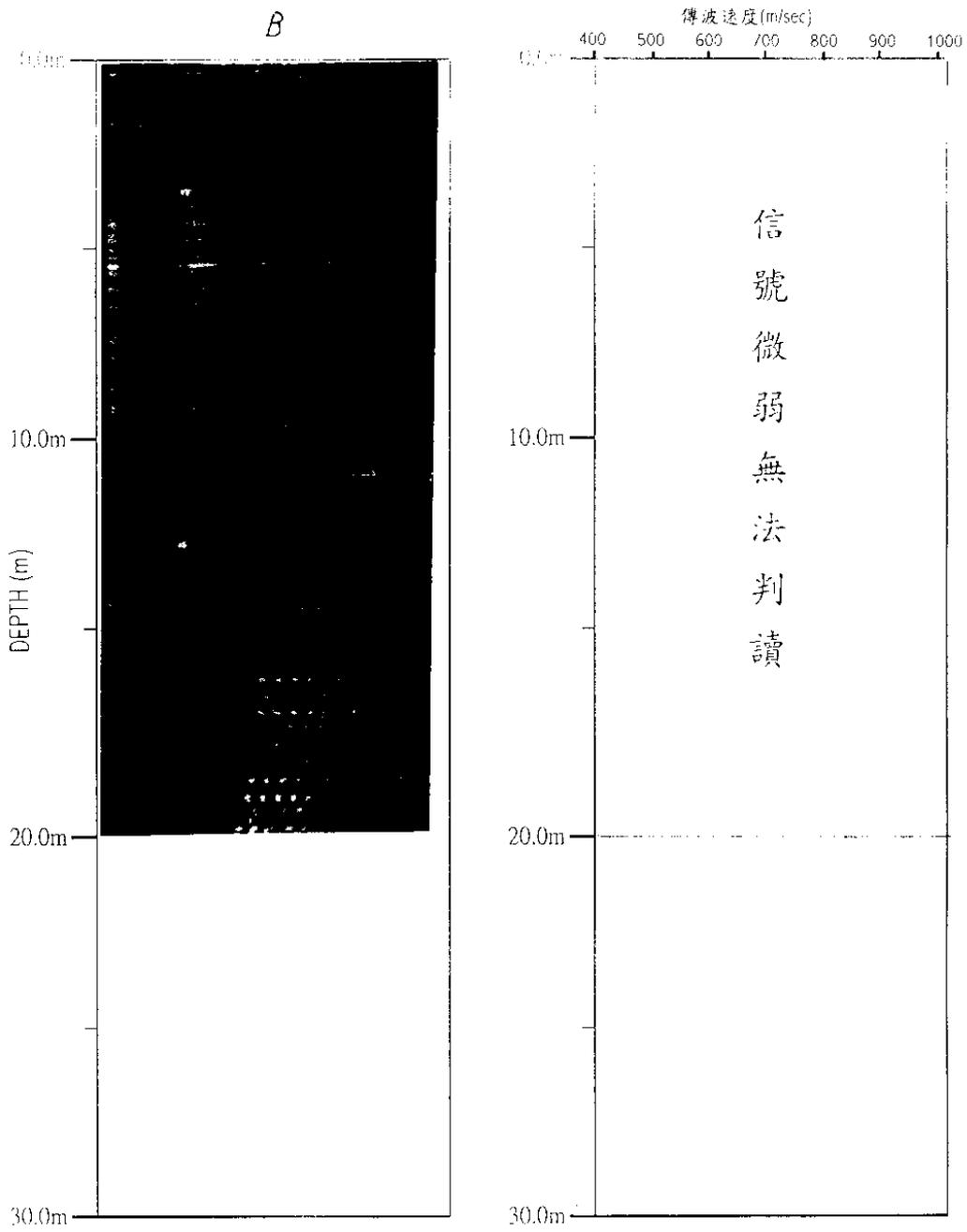


灌漿後 EH4EH5 斷面超音波量測結果圖  
E-35



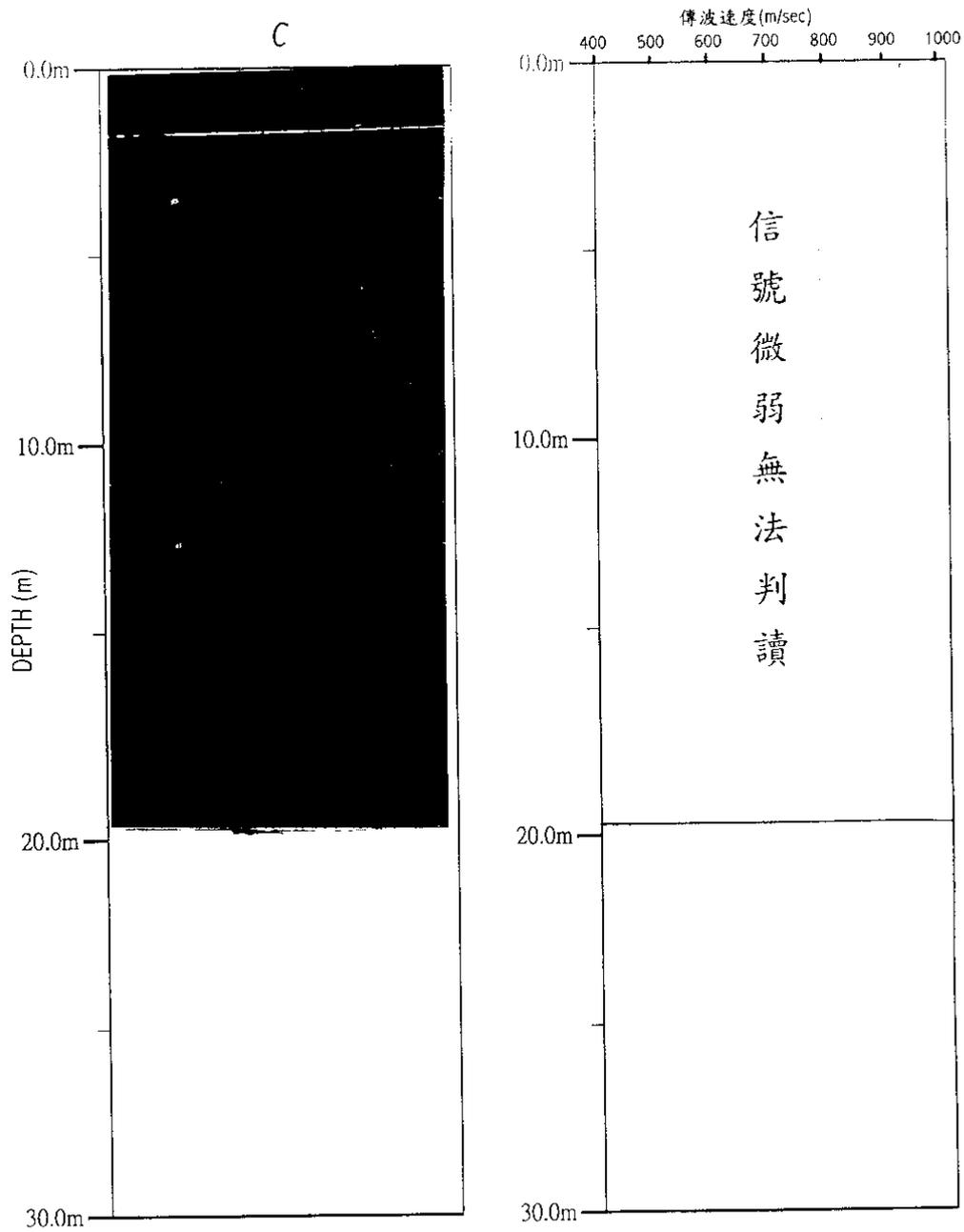
灌漿前 A 断面超音波量測結果圖

E-36



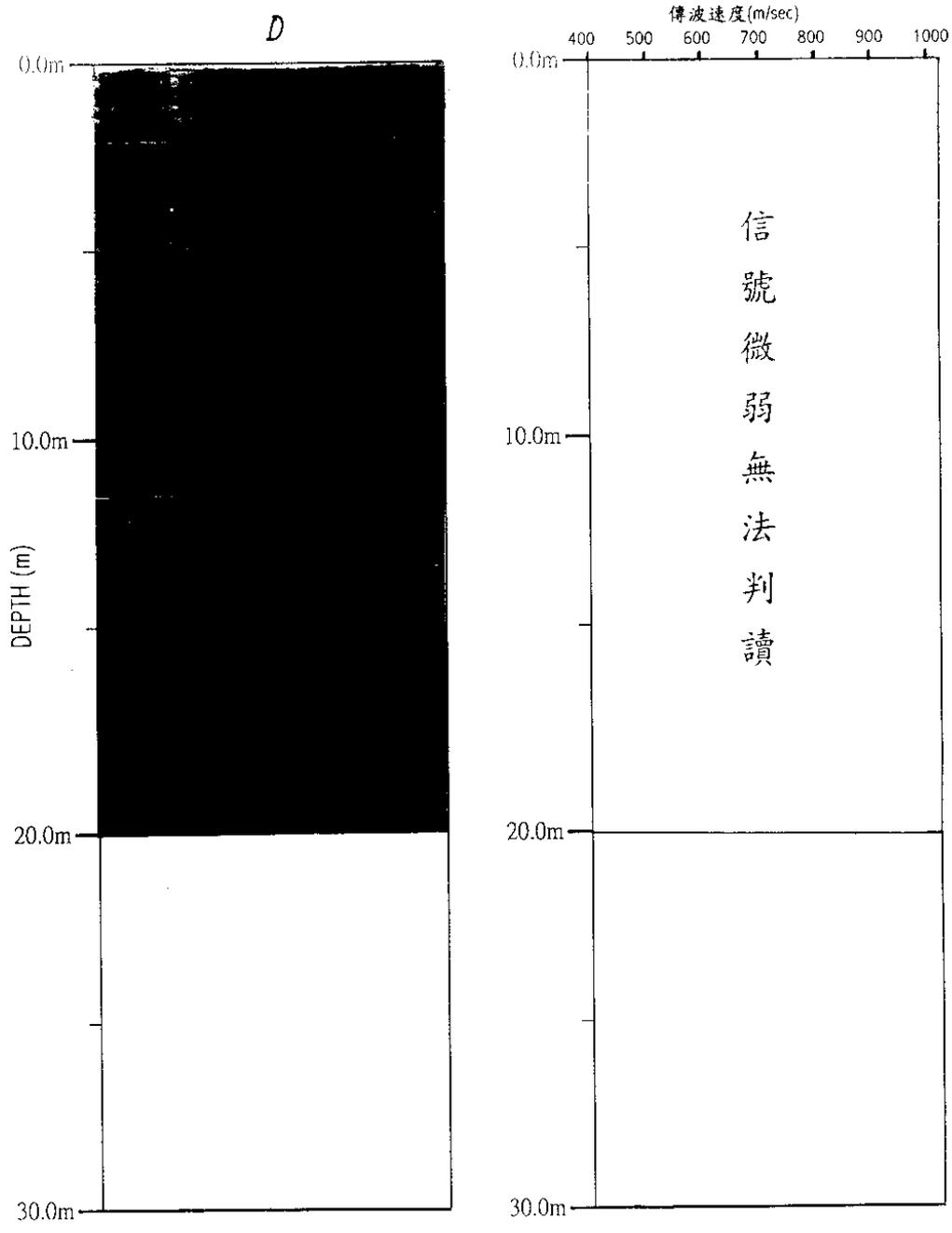
灌漿前 B 断面超音波量測結果圖

E-37



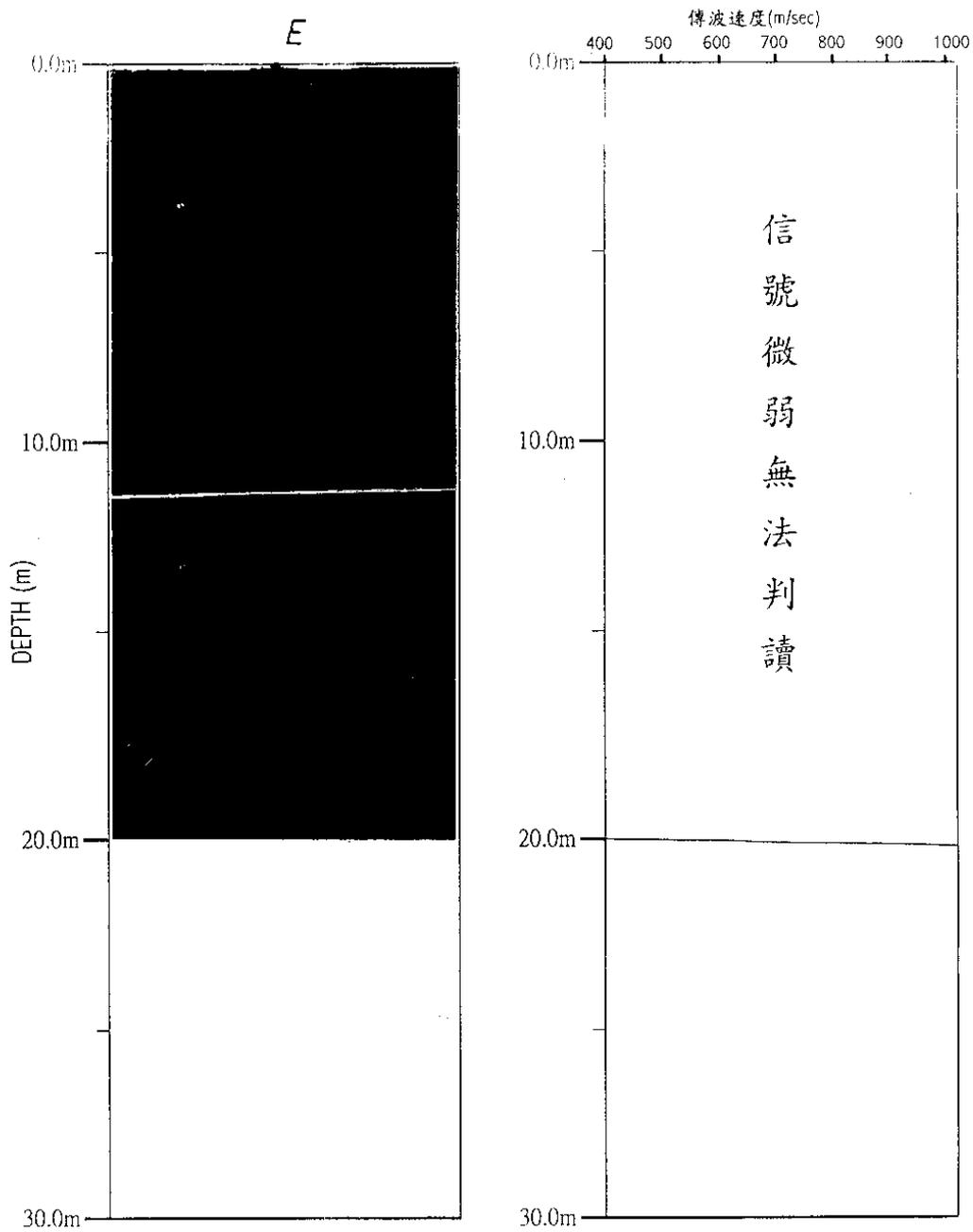
灌漿前 C 断面超音波量測結果圖

E-38



灌漿前 D 断面超音波量測結果圖

E-39



灌漿前 E 斷面超音波量測結果圖  
E-40

# 附 錄 F

## 導管式固結灌漿施工細則

# 導管式固結灌漿施工細則

## (一) 施工說明

導管灌漿其要點是將灌漿材料(水泥漿)自雙栓塞間之出漿口噴出,藉由將雙栓塞之提升或下降,可自由選擇灌漿材料注入之土層深度,日後並可重複注入,因為灌漿材料流度甚高,可循阻力最小之方向擴散是本施工法之特性。

## (二) 施工材料

(1) 水須使用清潔淡水，不得含有妨礙水泥凝固、強度及耐久性之油、酸鹼等有機物或其他有害物質，以使用自來水為原則。

除工地工程司另有指示或規定者外，水泥使用「波特蘭第一型」，其品質應符合 CNS61-R2001 之規定之波特蘭水泥。

水泥膨土漿(CB 漿) 配比:(水:水泥:膨土)=3:1:0.15~0.2，水泥膨土漿凝固後應有相當之強度，且能於灌漿壓力下破裂，形成通路以利灌漿實施，為施工之需要甲方得調整水泥膨土漿之配比，乙方應照辦。

(2) 灌漿導管為直徑 50mm 厚度 3.0mm 以上且為正字標記之 PVC 管，每 33 公分鑽孔一環，每環 4 孔成十字交叉，孔徑 1 公分，孔外包紮 2mm 厚 8 公分彈性橡膠封帶，此膠帶為特製品能耐多次之鬆緊作用，此導管於灌漿時須能形成一單向閥，阻止漿液回流，在灌漿壓力作用下又能順利注出漿液。

(3) 漿液為水泥與水混合，每立方公尺漿液之配合比如下：

導管固結灌漿配合比	
水泥 760 KG	1000 L
水 760 KG	

\*承商為促進漿液之灌入經本局現地工程司的同意得以飛灰或膨脫土取代部份水泥

### (三) 施工機具

- (1) 鑽機(鑽堡):180 型 1 台
- (2) 拌合機: 配料用, 800 公升拌合槽 1 台
- (3) 灌漿機:雙連往復式每分鐘流量 150 公升, 壓力 30 公斤/平方米 2 台
- (4) 壓力錶:測定灌漿壓力, 30 公斤/平方米 2 台
- (5) 發電機:100 馬力 1 台
- (6) 量桶:100 公升 2 只
- (7) 抽水機、水管、水槽、水錶等附件
- (8) 自動壓力及流量記錄器

乙方應在每台灌漿機配備一套自動記錄器連線使用, 此項自動記錄器應為電力驅動, 其性能及精度須符合下列規定

- ①須能設定施灌壓力, 並附有自動迴漿裝置, 當注入壓力超過設定壓力時, 迴漿裝置即自動控制迴裝量, 保持在設定壓力下連續施灌, 以確保灌漿之安全及品質。
- ②壓力測定範圍:0 – 30 公斤/平方公分, 最小刻劃不得大於 0.5kg/cm<sup>2</sup>;
- ③流量測定範圍:0 – 120 公升/分鐘, 最小刻劃不得大於 1 公升/分鐘;
- ④累積流量顯示器之顯示值以公升為單位, 至少應有 5 位數;量測精度應在最大值之 2%以內;
- ⑤施灌過程之壓力及流量, 應以不同顏色繪在記錄紙帶上, 記錄速度至少須有三種變換之速度;
- ⑥記錄器之供應廠商, 應提供甲、乙雙方工作人員對儀器性能及操作及維

修之講解與訓練。

#### (9) 超音波檢驗分析系統

超音波檢測儀器之發射能量強度及接收靈敏度需能滿足工程需求，檢測結果需能現場立即研判並提供完整資料，包含立即顯示全程檢測深度內經濾波處理後之所有壓力波及後續剪力波，不得以單一線條或只顯示壓力波方式顯示，同時儀器須具備將檢測資料進行數位化分析之能力。施工前並需會同甲方人員進行儀器之性能檢核試驗，確定該儀器用於混凝土結構物完整性檢測試驗，測距可達 1.5 米以上，且具有清晰分辨混凝土缺陷之性能，該儀器性能經甲方認定合格後方能施工，該性能檢核試驗亦可以過去之工程實績資料代替。並於施工前先提送施工計畫書經業主審核核可後方可施工。

### (四) 施工步驟

- (1) 沉箱外壁調查及裂縫補強:沉箱灌漿前承包人應雇用持有合格証照之潛水人員調查沉箱外壁之完整性,調查過程須以水中攝影機錄影存證，若發現有裂縫或破損須繪製詳細之平面位置圖，本工程主管工程司認為需要補強之裂縫，承包人應先將裂縫處理乾淨開鑿成深 3 公分之 V 型槽狀以防 水環氧樹脂填補。
- (2) 混凝土鑽孔:沉箱灌漿孔位置放樣經本分局確認後，以鑽石鑽頭鑽孔機將胸牆及堤面混凝土鑽出直徑 5 吋孔洞到達卵礫石層面，鑽孔時務必保持鑽孔機垂直以免偏離，不得使用振動鑽孔機以免破壞混凝土。
- (3) 導管式灌漿:
  - ①各灌漿孔之灌漿順序須依設計圖面之孔號順序或現場工程師之指示，在同一沉箱隔艙內，灌漿孔之鑽孔、埋設導管及灌漿須逐孔為之，某孔灌漿時其它各孔不可同時進行導管埋設或導管已埋設完成在等待灌漿，否則易造成導管之阻塞。
  - ②灌漿孔內卵礫石層之鑽掘:鑽堡鑽孔機鑽孔機定位後，需以水平器或量

角器校正鑽桿鑽孔角度，在卵礫石層之鑽孔過程須置入外徑 11.4cm 之鋼套管以防止孔壁坍塌，孔洞須鑽到卵礫石層底面，然後封底並將注滿清水之 50mm PVC 灌漿導管置入套管內，其長度須達卵礫石層底面，在灌漿與套管間須注入水泥皂土漿(CB 漿)，徐徐拔除套管並補充水泥皂土漿(CB 漿)，而導管須設置保護蓋，防止雜物掉入阻塞導管。待水泥皂土漿(CB 漿)凝固後，於導管內安裝雙栓塞(Double Packcr)，並以清水快速高壓方式分層擊破導管封漿層，均勻開裂灌漿通路。

- ③導管內置入具備雙緊圈之灌漿管，灌漿材料(水泥漿)可自雙栓塞間之出漿口噴出，待灌漿壓力達到  $15\text{kg}/\text{cm}^2\sim 25\text{kg}/\text{cm}^2$  最終灌漿壓力時(此最終灌漿壓力由甲方工程司視現地情況決定)，在該壓力下，3 分鐘之吃漿量若小於 1 公升/分鐘時，認定完成該級之灌漿，關閉灌漿材料並以清水清洗灌漿導管內及漿液噴出口之漿液，將雙栓塞提升或下降進行次一級灌漿。灌漿程序採逆級灌漿或照指示。某孔之灌漿作業一旦開始，應一氣呵成，不得半途中斷，如有任何理由導致灌漿中斷時，乙方應立即以抽水機抽送壓力水，徹底沖洗有關灌孔及灌漿管路，以確保於恢復施灌該孔時可繼續進漿。
- ④灌漿時須使用流量壓力自動記錄儀作記錄，並以此記錄作為計價依據，否則不予計價。
- ⑤灌漿過程其壓力與送漿速率不得驟然增減，以免水錘作用造成管路阻塞。
- ⑥某孔灌漿時若已完成灌漿之導管會流出水或水泥漿，則表示導管防止逆流之橡皮環品質不佳或導管埋設過程有瑕疵，灌漿後承商應將會冒水或漿液之導管沖洗乾淨，否則造成妨礙補灌時，承商須在該導管附近應重埋一孔導管，其費用由承商自行負責，甲方不另給價。
- ⑦灌漿時沈箱壁外側需派潛水偵查若有漏漿時應設法堵漏或停灌，並應清理漿液污染範圍。

#### (4) 施工記錄

鑽桿灌漿施工應有詳細之施工記錄，施工記錄至少包含：

- ①孔號
- ②深度
- ③壓力
- ④配合比
- ⑤壓力變化記錄
- ⑥流量與累積流量

(5) 超音波檢測:承商於每壹沉箱隔艙灌漿完成 7 天後需會同本分局主管工程師等人員作超音波檢測以查驗沉箱內級配料之密實度，檢測記錄應送請現場工程司存查，檢測費用由承商負擔，檢測之結果波形其壓力波到達時間應相近且不能有嚴重波形滑移或信號微弱現象，每一檢測斷面音波傳遞良好之總合高度應達總灌漿深度之 70%以上，且每單一不良音波傳遞高度不得高於 100 公分，如灌漿效果未達設計標準，則承商需補強灌漿直至檢測合格。

# 附 錄 G

蘇澳港南外堤沉箱灌漿試驗工程  
研究諮詢會議會議記錄

## 蘇澳港南外堤沈箱灌漿試驗工程研究諮詢會議會議記錄

一、時間：八十九年一月二十四日上午十時 0 分

二、地點：港灣技術研究中心二樓簡報室

三、主持人：張主任金機

紀錄：柯正龍

四、出席人員：如附件簽到冊

五、主席致詞：(略)

六、簡報：(略)

七、諮詢意見：

李賢華教授：

- 建議比對不同施工方法完工後檢測與原有狀況差別。
- 灌漿前應先考量水泥漿配比、摻加添加劑。
- 水泥漿凝結時間有否預估？
- 灌漿過程有否使用振動方式，壓力是否固定？
- 施工方法應整體考量經濟效益、成本、時間、承包商施工經驗。

李釗教授：

- 導管工法可以重複施工，應可考量使用。
- 建議在海洋環境下，水泥使用 型水泥，抵抗海水侵蝕。
- 材料使用前，應進行相關試驗，以得到最佳流動性與黏結性。
- 材料特性需能掌握。

楊潔宗所長：

- 檢測方法井測、透地雷達、VSP 等方法應可採用。(簡答：因經費關係，實際有困難)

林炳森教授：

- 鑽探工法在礫石層取樣實際上較為困難。
- 建議灌漿時應注意灌漿速率、分層高度。
- 施工時須注意使用材料特性與附水土壓、水壓影響。

工研院董倫道博士：

- 成本效益分析應可再多著墨。
- 比對資料，應可提供較多量化具體結果。
- 超音波檢測工法請說明。
- 礫石層鑽探取樣不易，工研院目前已發展出一套可行工法，可供參考。

郭來松主任：

- 所用五種工法中原始資料、RQD、滲透率等，請說明。
- 不同深度，壓力應力不同，同一深度亦可能差異，基準條件應予建立。
- 皂土添加後，檢測時滲透率可能較小。
- 土層現況需確實掌握。

王慶福組長：

- 胸牆破損情形，應可參酌設計基準，酌予說明。

- 有關防波堤補強工法應可參考日本等國家現行方法。

李豐博研究員：

- 五種工法，僅各依據單一艙檢測結果直接判斷，較缺說服力。
- 成本效益與工法優先順序可否列出。

李延恭研究員：

- 灌漿時，需多考量孔隙率影響。
- 灌漿方法應更明確說明及現場施工注意事項。

郭建華課長：

- 沈箱灌漿，確為有效之改善方案。
- 實務上之建議：
  1. 蘇澳港預算金額內，分期辦理改善。
  2. 施工規範補充
    - ①沈箱壁封漏措施。
    - ②承包商施工鑽探、探測規範。
    - ③承包商可提替代工法。
    - ④驗收計量與計價標準。

黃副分局長：蘇澳港外堤改善將於 89 年 4 月開工。

林正坪課長：

- 檢測試驗請說明部分無法執行原因。
- 灌漿布置案修正，請再多提供寶貴意見。
- 水泥使用 型水泥建議可否列入報告內。

馬肇南主任：

- 建議提供檢驗量化方法，作為付款依據。
- 施工時可否請陳副研究員隨時蒞臨指導。

林健明技正

- 請港研中心將研究結果提供各港務局參考。
- 使用材料在經費許可下，請考量使用水玻璃等。
- 招商條件，可否考慮政府採購法第 36 條規定投標廠商之特定資格，以確保施工品質。

八、 主席裁示：

1. 建議提供不同材料配比作為施工參考。
2. 建議施工成本及經濟效益、時效列入報告參考。
3. 水泥可考量使用 型水泥。
4. 灌漿壓力與土壓、水壓關係施工時應多考量。
5. 施工控制條件可再加說明。
6. 檢測技術可列入建議事項，以增加改善之可靠性。
7. 可案預算之多寡，提供施工優先順序。

8. 檢驗方法可量化，作為驗收之依據。
9. 提出現場施工注意事項、檢驗方法、承包商之特定資格，供蘇澳港務分局參考。

蘇澳港南外堤沉箱灌漿試驗研究

著者：饒正、陳圭璋、洪憲忠、邱永芳

出版機關：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

地址：台中縣梧棲鎮中橫十路二號

網址：[www.ihmt.gov.tw](http://www.ihmt.gov.tw)

電話：(04)6564216

出版年月：中華民國八十九年二月

印刷者：建州企業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 140 冊

工本費：415 元

展售處：

交通部運輸研究所港灣技術研究中心 電話：(04)6564216

GPN : 009254890023