

# 蘇澳港防波堤改善工程規劃

## 第十一子計劃

### 受損防波堤之改善方法探討

邱 永 芳

委託單位：省交通處基隆港務局蘇澳港分局

承辦單位：省交通處港灣技術研究所

中華民國八十六年二月

# 第十一子計劃

## 受損防波堤之改善方法探討

計劃主持人：港研所海岸工程組  
研究員 邱永芳博士

## 摘 要

本研究針對防波堤損壞現況提出各種改善方式之探討與比較，發現各種修補方式僅有海側第一倉灌漿為最可行，故本研究提出三種灌漿方法來比較其工程經濟性及可行性，借由灌漿試驗選取最佳灌漿方法，本研究並提出灌漿試驗計劃及施工規範。

# 目 錄

摘要	I
目錄	II
圖目錄	III
第一章前言	1
第二章鹼骨材反應維修方法評估	2
第三章裂縫修補	5
第四章防波堤前加消波設施	6
第五章海側側牆加厚	7
第六章沉箱海側第一艙灌漿（安全檢驗）	15
第七章結論與建議	24
7-1 結論	24
7-2 建議	24
附錄：(一)沉箱修復—灌漿試驗工作計畫書	25
(二)灌漿試驗工作施工技術規範	34

## 圖 目 錄

圖 2-1 -南外廓防波堤 SB20~SB22 破壞示意圖-----	4
圖 5-1 -鑽探及試驗報告 -----	8
圖 5-2 -鑽探及試驗報告 -----	9
圖 5-3 -鑽探及試驗報告 -----	10
圖 5-4 -鑽探及試驗報告 -----	11
圖 5-5 -鑽探及試驗報告 -----	12
圖 5-6 -鑽探及試驗報告 -----	13
圖 5-7 -鑽探及試驗報告 -----	14
圖 6-1 -波壓分佈 -----	15
圖 6-2 -波力分佈 -----	16

# 第一章 前言

蘇澳港防波堤經由調查發現了七種破壞的情況，而其成因可能為

- (一)原始設計外力考量不足造成沉箱重量不足夠形成位移擠壓，震動引起沉箱內填材料的重新排列，更相對顯現海側牆的厚度不足，容易造成牆版震動而破壞。
- (二)波浪因地形與防波堤的設置位置的關係，造成波浪集中，更加速防波堤破壞。
- (三)混凝土之骨材隱含有潛在性鹼骨材反應，具有潛在膨脹性的危險。

基於解決破壞不再使破壞加速，其改善方法大致如下列方式：

- (一)謀求防止鹼性骨材反應的方式
- (二)裂縫修補
- (三)防波堤前加消浪設施
- (四)海側側牆加厚
- (五)沉箱灌漿

以下各章針對以上四種改善方式分別討論其使用方法與可能性。

## 第二章 鹼骨材反應維修方法評估

當混凝土已發生鹼骨材反應現象時，屬於施工時的預防措施已無法進行，僅能運用防水的策略，以阻止鹼骨材反應繼續造成危害，目前混凝土發生鹼骨材反應的維修方法包括了下列幾種：

### (1) 表面被覆法

由於鹼矽膠體吸水膨脹是造成混凝土破裂的關鍵因素，因此採行表面封阻法，防止鹼矽膠體吸水，使鹼骨材反應減緩或停止，但是若防水失效，水份再度進入後，鹼骨材反應即會恢復，因此表面封阻的有效性以及封阻材料的耐久性的重要關鍵。對於已經產生鹼骨材反應的混凝土構造物在早期而言對於防止混凝土劣化有其成效，然而當混凝土因鹼骨材反應已經使構造物強度急遽下降及彈性模數降低時，即使表面封阻已有成效，但是結構上的安全考量會是最重要的指標，也就是結構上的安全評估已符合要求後，再行評估改善的可行性，始有成效。目前表面封阻法所使用的材料在文獻中以環氧樹脂以及高分子材料加水泥漿居多。

### (2) 裂縫封阻法

當混凝土構造物由於鹼骨材反應，其於混凝土表面會產生裂縫，本法係以加壓的方法將封阻材料灌入裂縫中，其目的之一為防止水份進入混凝土構造物內部，以免內部之膠體吸水而膨脹，此外本法對於已降低強度之混凝土構造物，有提升的作用，目前文獻中大部分使用的裂縫封阻材料包括：環氧樹脂（epoxy）、高分子水泥漿（polymer cement paste）、兩液型或單液型填縫膠等。

### (3) 裂縫封阻法加表面被覆法

本法係以前述兩種方法合併使用，先行以灌入的方法將裂縫填塞，再以覆面材料將表面被覆，使用的材料亦如前述，由於封阻和被覆同時施做，因此對於防止水份的進入有較佳的效果。

經由以上三種方法的討論以裂縫封阻加表面被覆法為最佳，但此法運用於海上結構物，將會遇到波浪作用及水中施工的困難，雖然目前蘇澳港防波堤僅為潛在性鹼骨材反應，只要表面被覆阻止水份再進入結構體內與活性矽化物( $\text{SiO}_2$ )作用即可防止鹼骨材效應的加劇反應。考慮防波堤整體阻水施工，似乎不太可能，故往後在建造海中結構物前應詳細檢測骨材特性，預防於先方為良策，事後是乎很難再補救。

85年10月第二次調查時  
 85年6月第一次調查時  
 發現混凝土剝落及裂紋  
 裂紋有變長增大之現象

85年10月第二次調查時  
 發現混凝土剝落及裂紋  
 (85年6月第一次調查時尚未發生)

消波胸牆  
 堤面混凝土

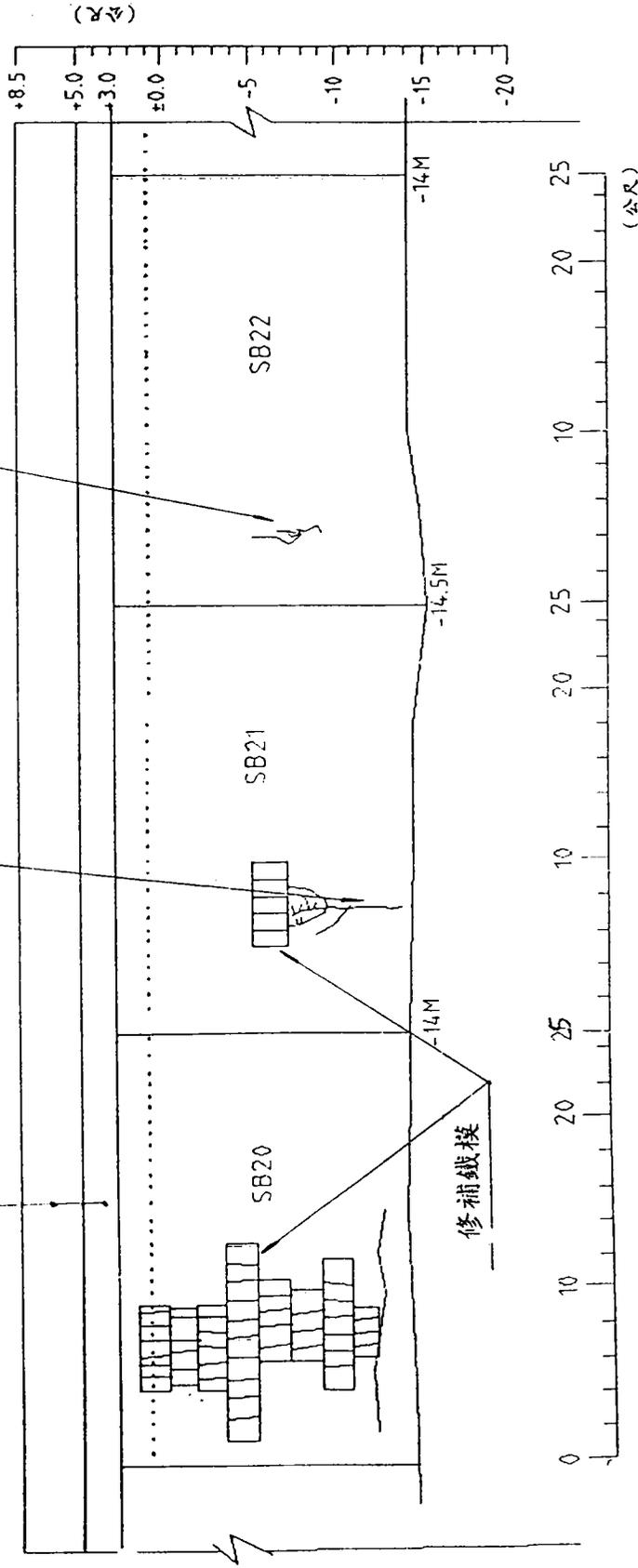


圖 2-1 南外廓防波堤 SB20 ~ SB22 破壞示意圖

## 第三章 裂縫修補

目前應用在鋼筋混凝土結構修復工作之方法，大略為環氧樹脂灌注法，原結構體之修補，鋼板修復。但考慮使用在海洋環境下，鋼筋混凝土結構之修復方法是乎無法找到實際操作可用之工法。目前可能使用的方法為：

### 1. 環氧樹脂塗蓋方法

使用稠度低而強度高之聚合樹脂，表面塗抹方式填充空隙及造成一層保護層，防止破壞擴大及鋼筋腐蝕效應之產生，但當超載(大波力)發生時破裂可能再次出現，因此，此方法僅能短暫的改善，無法一勞永逸。

### 2. 鋼版覆蓋填充法

本方法係在沉箱破洞或龜裂處以壁釘將鋼板固定在沉箱壁上蓋住破洞，同時在鋼板上打一小洞，將水泥砂漿加上藥劑由鋼板上之小洞加壓灌注，將破洞內之空隙填滿。使用此種方法必須考量鋼板與混凝土間之一體性，可能使沉箱壁面由拉力破壞轉變成壓力破壞而減低其韌性。

蘇澳港務局曾於SB21沉箱運用此方法修補破洞，目前已發現修補處之下方發生垂直裂縫，有持續擴大之趨勢。SB22亦以鋼板補修下方也出現裂縫，故此種方法不是用於沉箱修補的適合方式，如圖2-1所示。

## 第四章 防波堤前加消波設施

沉箱鋼筋混凝土的改善似乎無法找出一個良善對策，為減低波浪之直接衝擊破壞，便僅有考慮消波來降低波力作用，拋置消波塊是一種降低波力保護沉箱的方式，但在蘇澳港南防波堤平常冬季堤面波高平均值即達 2 公尺左右，週期亦較長，消波塊要能有效消波較難，功能亦較弱。另一消波方式經在防波堤前設置離岸潛堤令其在堤前碎波來保護南外廓防波堤使其受波壓力消弱，但蘇澳港外側海域水深很深，設置離岸潛堤並不是很好的方法，因其斷面需很大而且位於颱風經常出沒的路徑上，消波塊所需的噸位必然很大。經由以上討論改善波壓力作用的可能性亦不是最經濟有效的方法。

## 第五章 海側側牆加厚

在蘇澳港南外廓防波堤外側以H型鋼釘打入地盤在H型鋼中間加入水泥板，再以水中混凝土澆注充填空隙，讓水泥板與原堤面密接增加其側牆版厚，防止堤面破壞，危及防波堤之安全，SB19號沉箱即是用此法來修復。目前其餘防波堤尚沒有斷裂，又底床為岩盤沉箱基礎僅有5公尺左右，H型鋼無法貫入，如圖5-1至圖5-2所示。同時新灌水中混凝土與舊堤面間能否密接，而且能抵抗負壓的吸力亦是一大問題，水深又很大，H型鋼必須有錨錠才能固定住，錨座位置如何設立亦是另一問題，綜合判斷此種方式雖可達到提高抵抗波力之能力，防止沉箱發生破洞，但是施工上相當難，工程的成功率不是很高，工程經濟尚未評估，是否符合經濟性不得而知。



圖 5-2 鑽探及試驗報告

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

工程名稱:	直屬蘇澳港	孔位標高:	孔號: 水壓計(港內)地下水位:				鑽孔時間:						
			分	類	顆粒分析	含水量 w%	液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重量			
樣	深	柱	地質說明	類	礫石	砂	粉土	黏土	孔	比	承	岩	
號	度	狀	Description						隙	重	載	心	
NO.	M.	圍							比	力	力	取	
									e	Qa	Qa	樣	
												D	
	16	XXXX	16.00										
	17	OO	砂礫夾土岩塊	18.0									
	18	OO											
	19	OO											
	20	OO	砂礫夾土岩塊	23.00									
	21	OO											
	22	OO											
	23	OO	岩層 鑽探終止	24.0									
	24	OO											
	25												
	26												
	27												
	28												
	29												
	30												

圖 5-3 鑽探及試驗報告

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

工程名稱: 直轄蘇澳港	孔位標高:	地質分析			液性限度	塑性指數	單位重 $\gamma$	孔隙比 $e$	比重	承載力 $Q_a$	岩心取樣 R Q D
		礫石	砂	粉土 黏土							
鑽探	深度 M	分	類	地質說明 Description	擊數 N	柱狀圖	擊數 N	柱狀圖	擊數 N	柱狀圖	擊數 N
1											
2											
3				預埋管							
4											
5											
6				5.80							
7											
8											
9											
10				混凝土(鋼筋)							
11											
12											
13											
14											
15											

圖 5-4 鑽探及試驗報告

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

工程名稱:	宜蘭蘇澳港	孔位標高:	顆粒分析			含水量 w%	液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重量 $\gamma$	孔隙比 e	比重	承載力 Qa	岩心取樣 R Q D
			礫石	砂	粉土									
樣號 NO.	16													
深度 M	17													
柱狀圖		15.70												
地質說明 Description	沉箱, 絨配(鋼筋混凝土)	18.0												
擊數 N	100/7cm		34.2	65.8	0.0	15.3	—	—	—	2.17	0.42	2.68	OVER 30	
	100/9cm		35.6	64.4	0.0	17.6	—	—	—	2.15	0.47	2.69	OVER 30	
	100/6cm	岩塊夾礫石	31.9	68.1	0.0	16.9	—	—	—	2.1	0.5	2.69	OVER 30	
	100/9cm		33.6	66.4	0.0	18.0	—	—	—	2.14	0.48	2.68	OVER 30	
	100/6cm	21.00	35.1	64.9	0.0	16.5	—	—	—	2.12	0.47	2.67	OVER 30	
	100/8cm	22.0	38.7	61.3	0.0	17.4	—	—	—	2.13	0.47	2.68	OVER 30	
		23.0												
		岩層												
		鑽探終止												
	24													
	25													
	26													
	27													
	28													
	29													
	30													

圖 5-5 鑽探及試驗報告

鑽探及試驗報告																			
BORING AND TEST DATE																			
工程名稱: 宜蘭蘇澳港																			
鑽探 號 NO.	深度 M	柱 狀 圖	擊 數 N	地質說明 Description	分 類	顆粒分析			含水量 w%	液 性 限 度	塑 性 指 數	塑 性 限 度	單 位 重 $\gamma_t$	孔 隙 比 e	比 重	承 載 力 Qa	岩 心 取 樣 R Q D		
						礫 石	砂	粉 土 黏 土											
	1			混凝土(鋼筋)															
	2																		
	3																		
	4																		
	5																		
	6																		
	7																		
	8																		
	9																		
	10																		
	11																		
	12																		
	13					13.50													
	14																		
	15																		

圖 5-6 鑽探及試驗報告

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

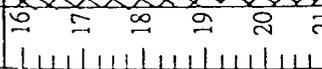
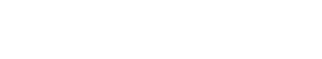
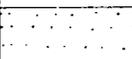
孔名稱:	宜蘭蘇澳港		孔位標高:		孔號: 水壓計(外港) 地下水位:				鑽孔時間:				岩心取樣率 R Q D			
	深度 M	柱狀圖	擊數 N	地質說明 Description	分類	顆粒分析		含水量 w%	液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重 $\gamma$		孔隙比 e	比重 $\gamma_s$	承載力 Qa
						礫石	砂	粉土	黏土							
16																
17																
18																
19																
20																
21					21.00											
22																
23																
24					24.00											
25																
26			100/6cm			38.7	61.3	0.0	15.8	—	—	2.11	0.47	2.68	OVER 30	
27																
28																
29			100/9cm			31.6	68.4	0.0	16.4	—	—	2.16	0.44	2.68	OVER 30	
30					30.00											

圖 5-7 鑽探及試驗報告

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

工程名稱	直隸蘇澳港		孔位標高		孔號: 水壓計外港		地下水位:		鑽孔時間:							
	樣號 NO.	深度 M	柱狀圖	擊數 N	地質說明 Description	分類	顆粒分析	含水量 w%	液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重 $\gamma$	孔隙比 e	比爪	承載力 $Q_u$	岩率 R Q D 心取樣
	31				岩層		礫石 砂 粉土 黏土									
	32															
	33				鑽探終止											
	34															
	35															
	36															
	37															
	38															
	39															
	40															
	41															
	42															
	43															
	44															
	45															

## 第六章 沉箱海側第一艙灌漿

根據上述 4 種方法，從鋼筋混凝土本身改善及減低外力之情況似乎皆有其基本弱點無法經濟又有效的方法去改善，因此從另一觀點來處理，即先將沉箱靠近外海側之隔艙之所有裂縫予以封堵後，再以灌漿方法用水泥漿灌入沉箱隔艙內之回填砂石料中，使砂石料固結成實心體之方法最為簡單確實。從施工觀點來看在防波堤上灌注水泥砂漿不同於水中作業，在施工安全性與難易度上即佔了很大好處。如灌漿效果良好灌漿填充骨材完全凝結成一體，側牆壁厚無形中變成 5 公尺厚，即可抵抗相當大的外力不受損害，亦可增加防波堤之重量改善原設計重量不足之問題。

灌漿後沉箱安全檢驗如下：

依 Goda 計算外力來考量防波堤之受力

依興建工程報告設計條件為

$$\beta = 17^\circ$$

$$H_t = 9.0M$$

$$T = 13\text{sec}$$

$$H_{\max} = 1.63H_t = 14.67^M$$

$$S = \frac{1}{92}$$

$$L_0 = 1.56T^2 = 264M, \quad L = 183.25^M$$

波力計算

$$\eta^* = 0.75(1 + \cos \beta) H_{\max} = 0.75(1 + \cos 17^\circ) 14.67 = 2152$$

$$\frac{4\pi h}{L} = \frac{4\pi \cdot 25}{18325} = 1.71$$

$$\cosh\left(\frac{4\pi h}{L}\right) = 2.85$$

$$\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right) = 1.39$$

$$\sinh\left(\frac{2\pi h}{L}\right) = 2.67$$

$$h_b = h + 5H_{1/3} \tan \theta = 25 + 5 \cdot 9 \cdot \frac{1}{92} = 25.5$$

$$h' = 215$$

$$hc = 6$$

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left[ \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right]^2$$

$$= 0.6 + \frac{1}{2} \left[ \frac{1.71}{2.67} \right]^2 = 0.805$$

$$\alpha_2 = \text{Min} \left[ \frac{h_b - d}{3h_b} \left( \frac{H_d}{d} \right)^2 \cdot \frac{2d}{H_d} \right]$$

$$= \text{Min} \left[ \frac{25.5 - 19.5}{3 \times 25.5} \left( \frac{14.67}{19.5} \right)^2 \cdot \frac{2 \times 19.5}{14.67} \right]$$

$$= \text{Min}[0.0442, 2.66]$$

$$= 0.0442$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left[ 1 - \frac{1}{\cosh \left[ \frac{2\pi h}{L} \right]} \right] = 1 - \frac{21.5}{25} \left[ 1 - \frac{1}{1.39} \right] = 0.76$$

$$P_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) (\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta) \gamma H_d$$

$$= \frac{1}{2} (1 + \cos 17^\circ) (0.805 + 0.0442 \cos^2 17) 1.03 * 14.67 = 12.46 t/m^2$$

$$P_2 = P_1 / \cosh(2\pi h/L) = \frac{12.46}{\cosh \left[ \frac{2\pi h}{L} \right]} = \frac{12.46}{1.39} = 8.96 t/m^2$$

$$P_3 = \alpha_3 P_1 = 0.76 * 12.46 = 8.47 t/m^2$$

$$P_4 = P_1 \left( 1 - \frac{hc}{\eta^*} \right) = 12.46 \left( 1 - \frac{6}{21.52} \right) = 8.99$$

$$P_u = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) \alpha_1 \alpha_3 \gamma H_{\max} = \frac{1}{2} (1 + \cos 17) 0.805 * 0.76 * 1.03 * 14.67 = 9.04 t/m^2$$

	F	D	M <sub>B</sub>
1	$8.99 \times 6 = 53.94$	$3 + 19.5 = 22.5$	1213.65
2	$(12.46 - 8.99) \times 6 \times 1/2 = 10.41$	$2 + 19.5 = 21.5$	223.82
3	$8.96 \times 19.5 = 174.72$	9.75	1703.52
4	$(12.46 - 8.96) \times 19.5 \times 1/2 = 34.13$	13.0	443.63
5	$8.47 \times 2 = 16.94$	1	-16.94
6	$(8.96 - 8.47) \times 2 \times 1/2 = 0.49$	1/3	-0.16

$$\Sigma F_g = 290.63$$

$$\Sigma M_{Bg} = 3567.52$$

$$h_0 = \frac{3567.52}{290.63} = 12.28$$

① 沉箱

$$\text{沉箱總重} = 5662.49T$$

$$\text{力矩} = 70781.12T\text{-m}$$

## ②沉箱內之填充砂

第一艙之體積

$$\begin{aligned} &= \left[ (24 - 0.24 \times 4) * 4.38 - \frac{0.3^2}{2} \times 4 \times 5 \right] \times (18.8 - 0.7) \\ &= 181.028 \end{aligned}$$

第二艙到第五艙體積

$$\begin{aligned} &= \left[ (24 - 0.24 \times 4) * 4.38 - \frac{0.3^2}{2} \times 4 \times 5 \right] \times (18.8 - 0.7) \\ &\quad + \left[ (24 - 0.24 \times 4) * 4.76 - \frac{0.3^2}{2} \times 4 \times 5 \right] \times (18.8 - 0.7) \times 3 \\ &= 7716.51 \end{aligned}$$

$$\text{灌漿重} = 2.35 \times 1810.28 = 4254.16\text{T}$$

$$\text{填充砂重} = 2.0 \times 7716.51 = 15433.02\text{T}$$

$$\text{合計} : 4254.16 + 15433.03 = 19687.18\text{T}$$

$$\text{力矩} : 4254.16 \times \left( \frac{4.38}{2} + 0.5 \right) = 11443.69\text{T-m}$$

$$\text{砂} : 15433.02 \times (4.88 + 10.06) = 230569.32\text{T-m}$$

$$\text{合計} : 11443.69 + 230569.32 = 242013.01\text{T-m}$$

## ③澆注混凝土重

$$\text{現場混凝土重} = 4582.50\text{t}$$

$$\text{抵抗力矩} = 66096.48\text{T-m}$$

#### ④沉箱堤身浮力

$$\text{浮力} = 14182.13\text{t}$$

$$\text{浮力矩} = 181140.33\text{T-m}$$

#### ⑤單位長度之堤身淨重

	$\omega(\text{t})$	$M_R(\text{T-m})$
沉箱	5662.49	70781.12
填充料	19687.18	242013.01
現場混凝土	4582.50	66096.48
浮力	-14182.13	-181140.33
合計	15749.86	197750.28
單位長	629.99	7910.01

#### 安全檢驗

##### ①滑動

$$(SF_s)_c = \frac{\mu(\omega - U)}{290.63} = \frac{0.6(629.99 - 113)}{290.63} = 1.07 < 1.2 \quad N.G$$

但  $1.07 > 1.015$

稍有改善重量不足之情況

## ② 傾覆

$$(SF_0)_c = \frac{7910.01}{3567.52 + 113 \times \frac{1}{3} \times 25} = \frac{7910.01}{4809.19} = 1.75.6 < 2.0 \quad N.G.$$

但  $1.75 > 1.72$  稍有改善

經由以上安全檢驗發現，雖然灌漿後尚無法滿足滑動與傾覆 2 項規定，但已達提高其抗滑動之安全係 50%，抗傾覆安全係數 2%。

沉箱灌漿的方式將決定其成功與否的重要關鍵，本研究提出灌漿方式即鑽桿灌漿工法(Rod Grouting Method)、導管式灌漿工法(Sleeve Grouting Method)及噴射灌漿法(Jet Grouting Method)。來做先期試驗以了解灌漿可行性、工法及經濟性，方能在最經濟最有效的情況下完成蘇澳港防波堤安全性的改善，灌漿試驗計畫方法如附錄所示。

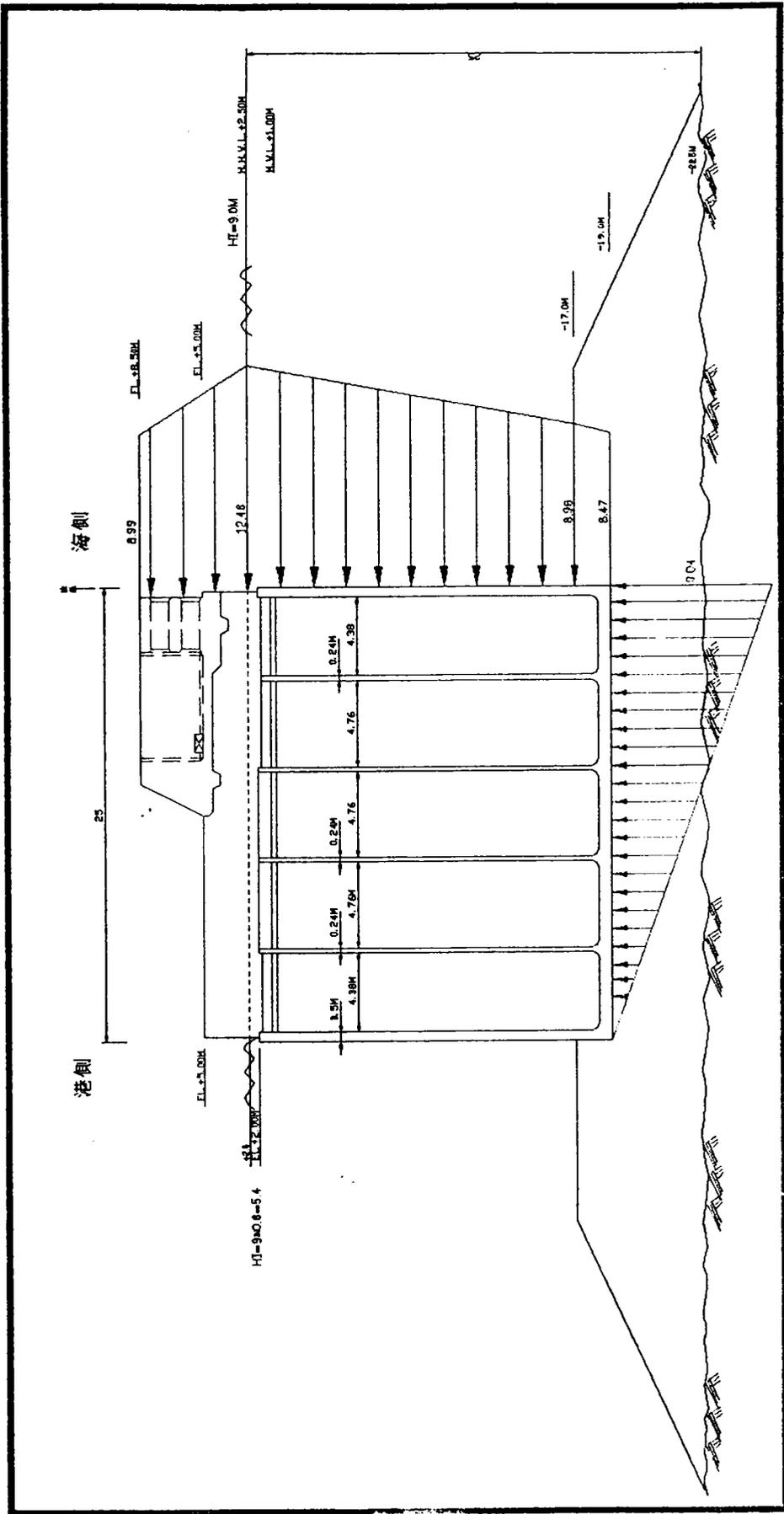


圖 6-1 波壓分佈圖

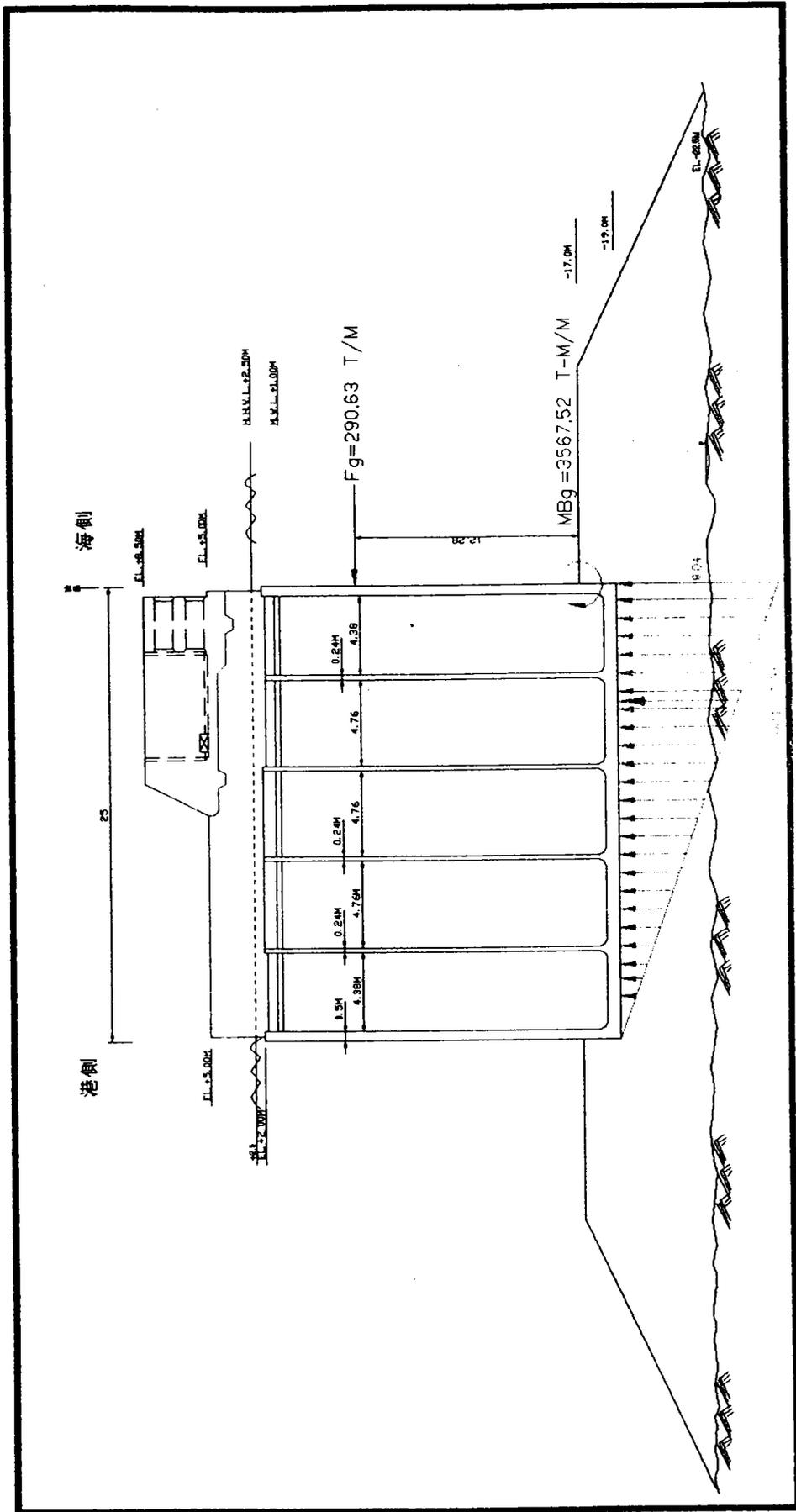


圖 6-2 波力分佈圖

## 第七章 結論與建議

### 7-1 結論：

1. 考量鋼筋混凝土骨材之修補是似乎找不到相關文獻論及海洋環境上鋼筋混凝土結構物之修補，本文依陸上工法來評估結果發現環氧樹脂塗抹法、鋼板覆蓋填充法皆不可行。
2. 依消波之觀點來減低防波堤之波力，即增加堤前消波堤或設立離岸潛堤等方式，在蘇澳港之地形環境，海氣象條件下，似乎可行性不高。
3. 以陸上施工方式，使用灌漿方式將靠海側第一隔倉用水泥砂漿灌注令其固結，增加海側側牆厚度，無形中即增加抵抗波力之能力，又可增加沉箱重量改善原始設計重量不足之問題，故灌漿方式經評估其施工可行性較其他工法為佳。

### 7-2 建議：

灌漿在施工可行性上較其他工法為佳，但應再進一步評估何種灌漿工法最佳及較經濟性，如能先期評估將能獲得最佳解決方式，故本研究提出灌漿試驗工作計畫表如附錄，建議基隆港務局能編列預算先行灌注 SB22 沉箱，一方面做灌漿工法之評估作為往後全面施灌之依據。另一方面 SB22 已有裂縫出現，應儘早改善趁此亦能達維護 SB22 沉箱之目的，否則可能在往後颱風期間會使裂縫變成破洞，那修復將再花費不貲。

## 附錄(一)

# 沉箱修復—灌漿試驗工作計畫書

## I、計畫內容：

### 1.1 試驗目的

蘇澳港外廓防波堤基礎為沉箱及回填砂石料所構成，惟沉箱因面對太平洋經長時間海浪之衝擊，或因沉箱基礎自然壓密而產生之應力集中，以致沉箱外部呈露有數條裂縫，其裂縫寬窄程度不一。然此等裂縫可能導致箱內細料流失，並危害沉箱強度及耐久性，進而影響外廓防波堤之安全，因此必須作適當之修復處理。

尋求沉箱修復之適當方法與步驟，係以改善防波堤基礎沉箱之強度和耐衝擊性等為基本要件。然沉箱裂縫之處理，不論從改善強度、和耐衝擊性等而言，以先將沉箱靠近外海側之隔艙之所有裂縫予以封堵後，再以灌漿方法用水泥漿灌入沉箱格倉內回填之砂石料中，使砂石料固結成實心體之方法最為簡單確實；但其可灌性及處理後之強度是否能夠達到要求，同時符合經濟性，有待辦理現地試驗，並依據試驗之結果，尋求有效處理方法之必要。

本試驗工作計畫，係針對改善沉箱之強度、及耐衝擊性而辦理現地灌漿試驗，以確定修復沉箱裂縫最適宜之方法，以及探討其效果與經濟性，並以確定最適宜之灌漿方法、孔距、及灌漿壓力與漿液配比，同時瞭解所需工料及預估工程數量，俾供設計之依據及施工之參考。

## 1.2 試驗方法

灌漿工法(Grouting)是改善地質狀況的最佳方法。係將一種液體(水或化學藥液)與另一種固體(水泥或其他化學藥品)拌合成流體糊狀物的漿，以適當之方法注入於人所不能達到的地方，如結構物下方基礎岩石裂縫或砂礫石中之空隙，及結構物中人為之空隙等，使漿液在空隙內凝固，稱之為“灌漿”(見圖1所示)。

針對沉箱隔艙內回填砂石料之固結灌漿，可行方法中有利用傳統工法『鑽桿灌漿法』，和針對顆粒狀砂石料灌漿之『導管式灌漿法』，以及另外一種方法是最近幾年所引進之『高壓噴射灌漿法』等三種工法較為可行，三種工法各有優劣點，茲簡介如下：

### 試驗一：「鑽桿灌漿工法」(Rod Grouting Method)：

此工法開發最早，係以鑽孔機及前端裝設有鑽頭之鑽桿，鑽孔至所定深度，利用鑽桿將水泥漿等固化材料用泵浦灌入基礎空隙。此種傳統方法最為簡單，但係以自由流動方式注入空隙中，若漿液遇有阻力時，容易由阻力最小之鑽桿周圍間隙向上冒出地面而無法灌入地盤。此方法適用於大卵石大孔隙基礎，若有細砂時則擴散範圍有限。針對沉箱內回填之砂石料之固結處理，是否能夠達到均勻度、及高強度之要求，必須慎重求証。

### 試驗二：「導管式灌漿工法」(Sleeve Grouting Method)：

此種工法係針對顆粒狀砂石料基礎之灌漿而開發之工法，灌漿導管之構成詳見圖2所示。導管式灌漿工法施工程序詳見圖3所示。施工方法簡述如下：

- (a)完成鑽孔後，在套管(Casing Pipe)拔出前，埋設灌漿導管(Sleeve pipe)。導管每 33 公分鑽孔 1 環，每環 4 孔，孔徑 1 公分，孔外包紮彈性橡膠封帶。
- (b)套管與導管間之空隙填充封堵材料後，拔除套管。
- (c)待封堵材料凝固後，於導管內安裝雙栓塞(Double Packer)，以加壓水分層破壞封堵材，並加以沖洗和試水。
- (d)以相同栓塞，分層泵送水泥漿液等固化材料。
- (e)必要時二次灌注。

**此種工法之優劣點為：**

- (a)灌漿導管與孔壁間之空隙全被封堵，漿液得以確實滲透於各層次之地層內。
- (b)地層內較大之空隙，因有先行一次灌注使其成為拘限地層，若遇有細砂層水泥漿無法進入情況，必要時得以實施二次灌注，施灌超細水泥漿或化學漿材，使預定計劃範圍均勻滲透。
- (c)分批作業過程中，由試水結果可以研判確定灌注效果，不足部份更可補灌，從而可以獲致較均質之改良效果。
- (d)因埋設灌漿導管鑽孔需要較大孔徑，分層灌漿作業煩重，因此需要較高工料是其缺點。

此種工法對砂石料之固結處理，其效果是否能夠達到均勻度及高強度之要求，必須試驗求証。

### 試驗三：「噴射灌漿法」(Jet Grouting Method)：

此種工法是利用超高壓泵浦，和特殊噴射裝置，射出具有超強運動能量之噴射流，以強勁之動水壓、水劈、衝擊力、旋渦和脈動等作用，將水泥漿或硬化材料射入顆粒地層予以攪拌混合固結，此工法對於細顆粒之天然砂料較為確實可靠，但是，沉箱內回填料若有很多分佈不均之粗顆粒大卵石時，則會大大地影響噴射灌漿效果，其能否達到均勻度及高強度之要求，則需要加以試驗探討，以資比較。噴射灌漿工法施工程序詳見圖 4 所示。

#### 1.3 試驗工作概述

- (1) 「試驗位置」：本計畫擬於現地做上述三種不同試驗，試驗擬於外廓防波堤現有沉箱中選擇較據代表性之沉箱五個隔艙辦理，除鑽桿灌漿之法採用一個隔艙，其餘每二個隔艙採用一種工法試驗。
- (2) 「試驗步驟」：於灌漿試驗前、後，必須在沉箱上做衝擊震動試驗加以檢查，以瞭解灌漿處理前、後之結構體之振動自然頻率，進而確定灌漿處理效果之比較。全部灌漿試驗孔處理完成，待漿液有充份強度後（至少 21 天），於兩排四孔中間施鑽檢查孔，鑽取“NX”岩心、並做透水試驗加以檢查，以瞭解灌漿處理效果。
- (3) 「試驗孔佈置」：三種工法之灌漿試驗孔佈置均相同，係採用棋盤方格佈置，每個格倉佈置 25 孔：  
排距為： $0.44+0.90+0.90+0.90+0.90+0.44 = 4.48\text{m}$ ，  
孔距為： $0.48+0.95+0.95+0.95+0.95+0.48 = 4.76\text{m}$ 。

於位置選定後，先按照灌孔佈置現地放樣，灌漿試驗孔佈置詳見圖 5 所示。

- (4) 『試驗深度』：上半段防波堤混凝土之部份不做試驗，其下半段沉箱回填砂石料部份，則作為灌漿試驗。

試驗全深為： $E1.-19.0m \sim E1.+8.5m = 27.5m$ 。

混凝土之部份為： $E1.+8.5m \sim E1.+3.0m=5.5m+0.2m = 5.7m$ 。

回填砂石料部份為： $27.5m-5.7m=21.8m-0.6m = 21.2m$ 。

- (5) 『施工批次』：橫向及豎向灌漿孔各 5 孔，分成四批次 (Sequence) 施工，以此中間插入法縮小間距以達灌漿效果。

(a) 第一、三、五排之 #1, #3, #5 孔為第一批次；

(b) 第二、四排之 #2, #4 孔為第二批次；

(c) 第一、三、五排之 #2, #4 孔為第三批次；

(c) 第二、四排之 #1, #3, #5 孔為第四批次。

- (6) 『灌孔作業程序』：各灌孔作業程序為---鑽孔、灌漿前透水試驗 (Lugeon test 或壓力試水)、壓力沖洗、和灌漿，按此步驟施做至全部試驗孔完成為止。

- (7) 『效果檢查』：三種工法試驗孔全部完成後，每種選擇任何四孔中間施鑽檢查孔，鑽取“NX”岩心、做透水試驗與強度試驗，並實施灌漿後之衝擊振動試驗、孔內攝影、密度電井測量密度、透地雷達探測裂縫、電子顯微鏡與 X 光繞射儀做微觀分析加以檢查，以瞭解灌漿後處理效果。

## II、施工技術規範：

三種灌漿工法施工技術規範，詳見附錄。

## III、施現場之技術指導：

灌漿試驗時現場應聘請具本試驗三種方法之灌漿經驗五年以上之專家或學者現場指導。

## IV、工作項目及數量：

本灌漿試驗工作項目及數量，如表一。

表一、灌漿試驗工作項目及數量表

工 作 項 目	說 明	單 位	試驗一	試驗二	試驗三	合 計
EX 旋轉式或 45mm $\phi$ 衝擊式鑽孔	不分地層	m	672.5	-	-	672.5
砂石層鑽孔(114mm $\phi$ )	不分地層	m	-	672.5	672.5	1,345.0
定水頭透水試驗 (每批次選 1 孔和檢查孔)	每孔 3 次	次	15	15	15	45
灌漿	按各種工法灌	包	1,800	1,800	1,800	5,400
水泥 (每包 50kg 袋裝)	含購運至工地	包	1,800	1,800	1,800	5,400
震測試驗 (每格倉灌漿前後)	含成果報告	次	2	2	2	6
檢查孔鑽孔 (鑽取“NX”岩心)	含心箱和照相	m	27.5	27.5	27.5	82.5
潛水夫堵漏	含潛水用具	天	1	1	1	3
技術顧問及試驗成果分析報告	含三種工法	式	1	1	1	1

圖 1、灌漿示意圖

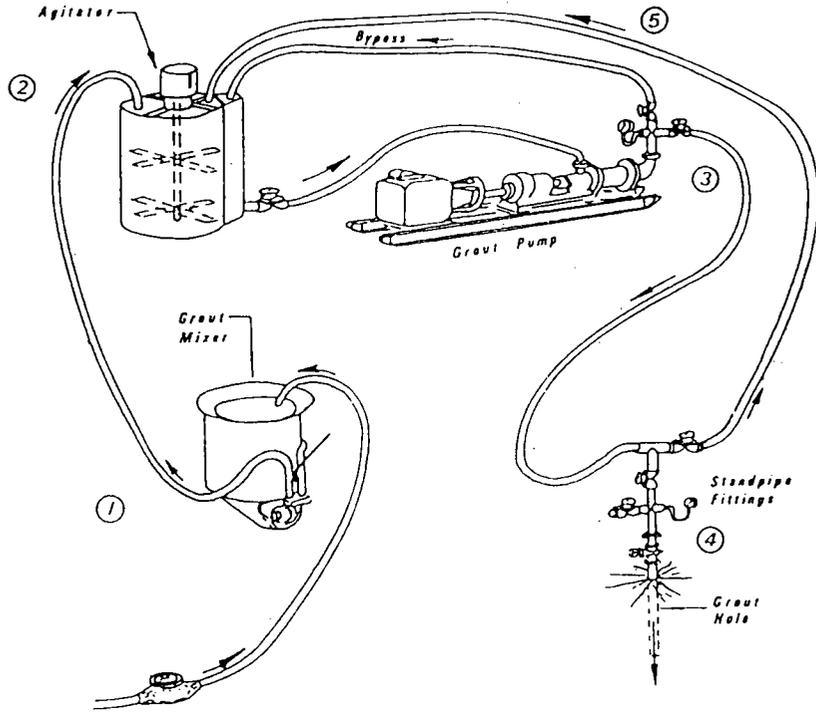


Figure 2.1-0A. Gear layout

圖 2、灌漿導管構成

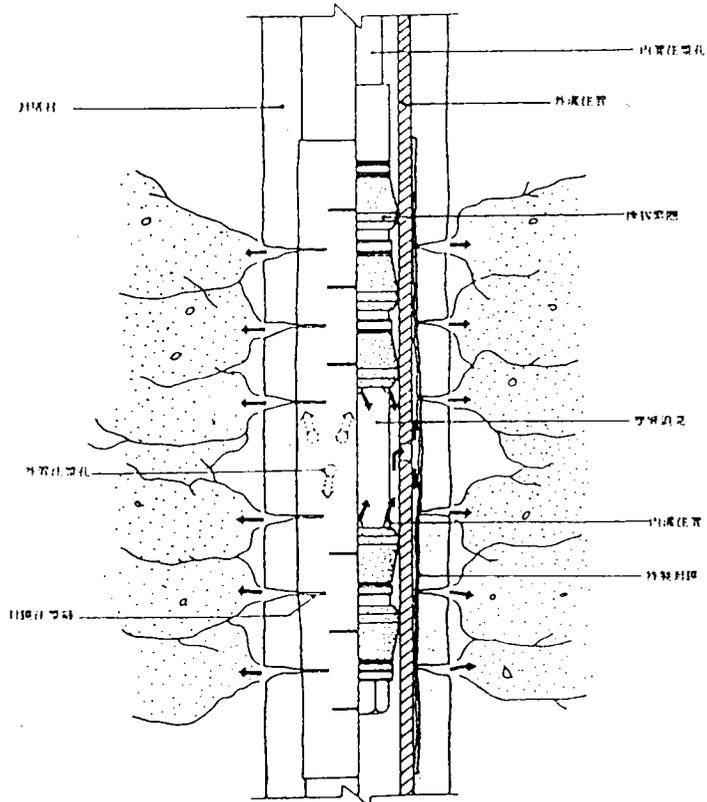
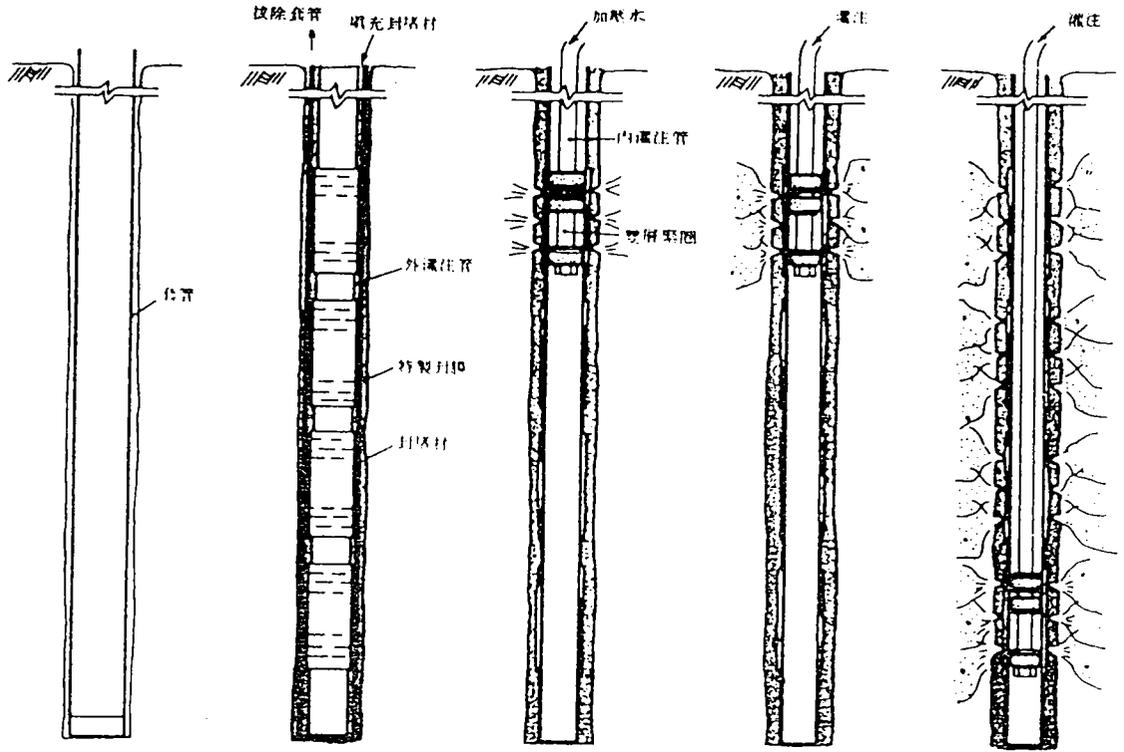


圖 3、導管式灌漿工法施工程序



① 钻孔  
將套管埋至規定之深度

② 外灌裝置安裝  
外灌裝置裝入鑽孔內，與鑽孔間之空隙填充封堵材料後，拔除套管。

③ 封填材料研填  
將內灌裝置插進外灌裝置內，以加壓水研填到堵材

④ 灌注  
加壓灌入地層內。

⑤ 分層灌注  
按設計之步驟分層把漿液灌入地層內。

圖 4、噴射灌漿工法施工程序

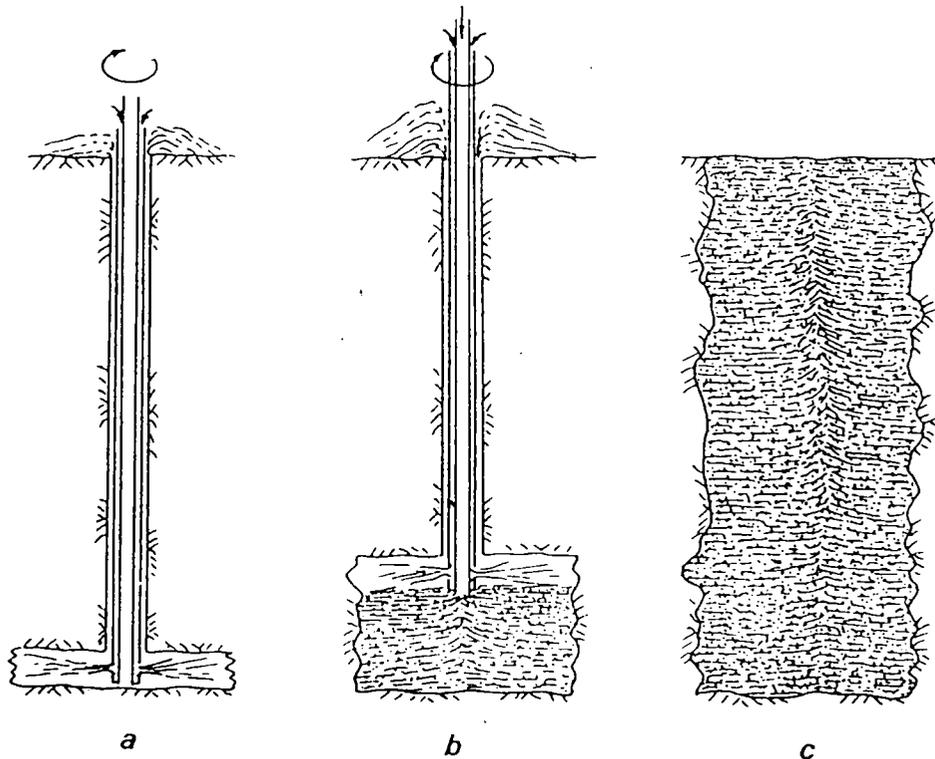
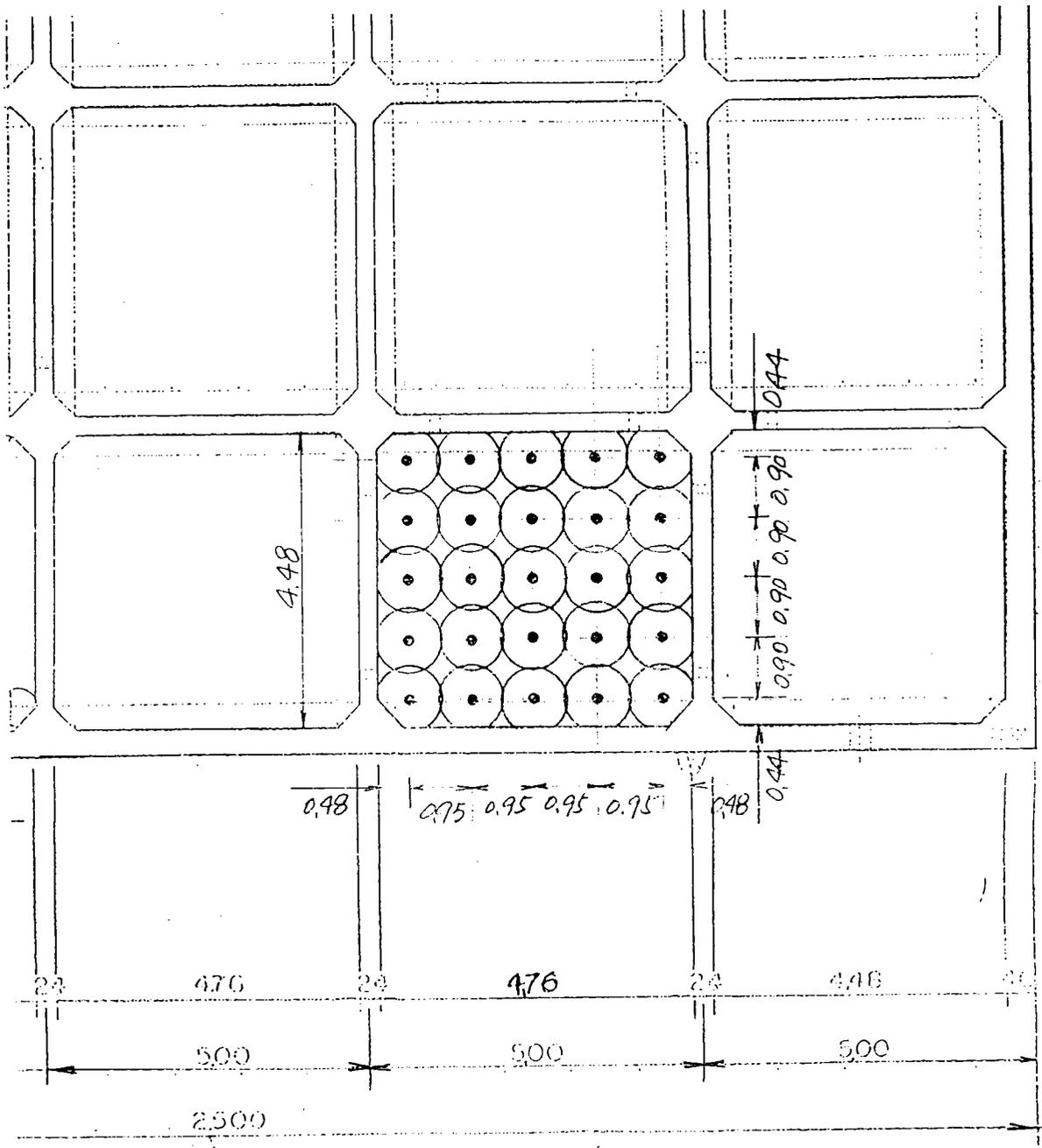


圖 5、灌漿試驗孔佈置



## 附錄(二)

# 灌漿試驗工作 施工技術規範

### 一、通則

本規範涵蓋三種灌漿工法之現地試驗工作有關各項作業之實施。至於實施細節如孔數、詳細位置、深度、灌漿材料和配比、壓力、注漿速率、灌漿程序及其他類似項目等，應於工作進行中由聘請專家或學者視實際情況決定並指示，乙方應嚴格遵照甲方指示履行工作，但不得要求契約單價以外之任何額外補償。

本灌漿試驗應辦理之工作項目如下：

- (1)以『鑽桿灌漿工法』施灌沉箱隔艙內回填之砂石料，使其成為固結體。
- (2)以『導管式灌漿工法』施灌沉箱隔艙內回填之砂石料，使其成為固結體。
- (3)以『噴射灌漿工法』施灌沉箱隔艙內回填之砂石料，使其成為固結體。
- (4)灌漿前、後實施沉箱隔艙內之滲漏試驗。
- (5)灌漿前、後實施沉箱隔艙內之震測試驗。

(6)灌漿後實施沉箱隔艙內實施各項檢驗工作(如計畫書之規範)。

(7)灌漿試驗成果報告。

所有鑽灌工作之實施，必須有聘請之專家在場。在鑽灌工作開始前，乙方應依契約於規定期限內將預定之『施工計畫書』送請工地工程司認可。於該計劃中應包括所擬使用施工機具之類型、鑽機和灌漿機之數目、擬採行之工作班數、如期完工進度表、及各期施工機具和設施之一般佈置圖等。施工期間如有跡象顯示乙方無法達到預定進度時，工地工程司得指示增加額外設備，或採取其他必要措施趕工，但乙方不得以此為藉口而要求加價或給予補償。

## 二、設 備

乙方應依試驗工作及下述規定，自行選用適當類型設備及足夠數量，以圓滿實施所有工作：

### 2.1 鑽 孔

應視工作需要，分別選用衝擊式或旋轉式鑽機。必要時須於鑽孔同時下套管。

### 2.2 壓力試水及灌漿站基本設備

#### (1)一般

除工法特殊需要之機具外，每一工作至少應包括下列器材：

- 水槽一座；
- 水錶一只；
- 壓力錶數只；
- 試水泵浦一台；
- 拌漿機一台；

- 攪拌機二台（拌漿廠及灌漿站各一台）；
- 量水箱二具（拌漿廠及灌漿站各一具）；
- 灌漿泵一台另加備份一台；
- 自動壓力及流量記錄器一套；
- 洗孔及試水設備各一套；
- 大小不同栓塞各數支；
- 岐管一組；
- 控制閥及逆止閥、必要之管路、灌漿軟管、配件及堵漏材料和工具等。

## (2) 水 錶

水錶應為青銅製品且為單盤型式，有長短針各一，長短針旋轉一周水量分別為 10 公升及 100 公升，或為數字式水錶，其個位及十位數迴轉一周之水量分別為 10 公升及 100 公升，並須附有歸零設定鈕。水錶面盤直徑不得小於 10 公分。為避免砂粒或雜物流入水錶中，在水錶前端應裝設可清理之過濾器，水錶進口先端則應以急閉閥控制。乙方應定期校核水錶精度，其誤差不超過流量之 2%。

## (3) 壓力計

乙方應備有大小不同壓力錶，其最大指示壓力應視各灌漿工作而定，最高不得超過指定最大灌漿壓力之 2~3 倍。壓力錶之刻度應配合所需最大壓力，如灌漿最大壓力為 5.0 公斤／平方公分時，其刻度不得大於 0.5 公斤／平方公分，刻度盤直徑不得小於 10 公分。壓力錶之管材應為磷質青銅。除上述規定外，壓力錶應設有適當保護措施，以防止漿液流入。壓力錶一只裝在灌漿泵，另一只裝在孔口，並須經常檢查壓力錶之靈活精確，其誤差應不超過最大刻劃之 2%。

#### (4) 壓力試水泵

試水泵應具備最大壓力達 30 公斤／平方公分，輸送率不得小於 100 公升／分鐘，且保持壓力及流量之穩定為原則。

#### (5) 拌漿機及攪拌機

拌漿機應為機動高速，足能夠拌合膠狀漿液者，其高速拌漿機件應為槳葉、輪葉型、或渦流型為原則。葉型拌漿機轉速，應達每分鐘 800 轉以上；渦流型之轉速，於壓力為 2 公斤／平方公分時應達每分鐘 1,500 轉以上。拌漿機（單桶或雙桶）最小拌漿容量應為 400 公升，並須附有精確的量水設備，以控制漿液之用水量，量水設備讀數應由 10 公升至 300 公升。拌漿機亦應有容量相匹配之機械式攪拌桶。每一拌漿機須有各種材料秤量設備、輸送帶及方眼篩等，以便機動調整不同配比之材料拌合量。

#### (6) 灌漿機

(a) 用於『鑽桿灌漿工法』和『導管灌漿工法』之灌漿泵，應具備在最大輸漿壓力可達 30 公斤／平方公分，且泵送速率不得小於每 100 公升／分鐘者為原則。灌漿泵並應裝有控制壓力及流量之裝置。

(b) 用於『噴射灌漿工法』之灌漿泵，應具自動設定壓力裝置，並具有隨時調整出漿量及出漿壓力之設備，以符合實際需求。噴漿設備所能提供之最大噴漿壓力應可達 400 公斤／平方公分以上，其泵送速率不得小於每 60 公升／分鐘。

### (7)止漿閘

應使用黃銅質球型閘以控制供氣管，其他各類閘應屬快速開關、直通式。在輸、迴管路上，對水、氣、或漿之工作壓力為 50 公斤／平方公分。

### (8)灌漿軟管

泵之吸入管應為重型管，標稱直徑在 5 至 10 公分之間。聯至注入器之輸漿管應為高壓抗磨損之軟管，標稱直徑為 1 至 2 吋，工作壓力應達 50 公斤／平方公分，爆裂壓力應達 100 公斤／平方公分以上。噴射灌漿所用之高壓鋼線軟管，標稱直徑不得小於 25 公厘，爆裂壓力強度應在指定最大灌漿壓力 2 倍以上。記錄器至孔口之注入軟管長度不得大於 3 公尺。

### (9)工作台架

所有灌漿工場之工作台架，應能承載有關設備之全部重量，以及可承受灌漿泵及拌漿機所產生之震動，且在不規則面上從事重型工作仍堅固如恆。供工作人員操作之台架表面應有防滑措施，且四周應設置欄杆及良好照明設備。

### (10)栓塞

乙方應配合工作進展供應足量及適用之栓塞，供試水和灌漿之用。一般而言，栓塞應由橡膠、皮革或其他適宜材料製成可膨脹管或盤圈組成，並安置於注入管尾端。栓塞之設計，應於指定之孔深藉膨脹封隔灌漿孔，且經膨脹後應能承受與灌漿最大壓力相等之水壓而不漏水。此外，乙方應另供應氣壓式栓塞、或其他特殊栓塞，以應特殊地質情況之需，俾使灌漿工作得以順利進行。

## (11) 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：

(a) 用於『鑽桿灌漿工法』和『導管灌漿工法』之記錄器，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漿量，保持在設定壓力下連續施灌，以確保灌漿之安全及品質。

---- 壓力測定範圍：0 ~ 30 公斤／平方公分，最小刻劃不得大於 0.5 公斤／平方公分；

---- 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；

---- 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；

---- 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可變換之速度；

---- 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。

(b) 用於『噴射灌漿工法』之記錄器，除應具備在最大輸漿壓力可達 400 公斤／平方公分以上，最小刻劃不得大於 10 公斤／平方公分。

## (12)空壓機

噴射灌漿施噴時，輸至工作面之壓縮空氣量及其工作壓力，分別不得小於 4.5 立方公尺/分及 6 公斤/平方公分。

## (13)拌漿廠

為施行灌漿，乙方應提供整套之小型拌漿廠，其生產容量最少需要 3,600 公升/小時。此拌漿廠應設有水泥和其他材料倉貯、材料磅秤、量水箱或水錶、附加劑計量器等。

## 三、灌漿材料

### 3.1 通 則

水泥漿液係由水泥及水混合而成，並可加其他附加劑。漿液之配比須視各孔所遭遇之實際地質情況而定。漿液之基本成份、配比及稠度、以及所應添加之其他物料或附加劑應由工地工程司指定。為保持漿液品質，乙方應嚴格遵照工地工程司所指示配比及程序進行拌合。除工地工程司批准者外，凡經拌合後之漿液，不論原因，如未能於二小時內施灌者須將其廢棄。

### 3.2 水

用於鑽孔、沖洗、試水及拌漿之水，應為淡水，須相當潔淨，且不含油、鹽、鹼、糖、酸、污泥、有機物、及其他雜物等。

### 3.3 水 泥

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 CNS 61-R2001 之規定，且符合下列限制：

—— 水泥假凝結試驗之最終貫入度不得小於 50%。

### 3.4 附加劑

#### (1) 一般

附加劑得加入水泥漿液中使用，所需使用附加劑之類別由工地工程司決定。凡未經工地工程司認可之附加劑概不准使用。

#### (2) 速凝劑

速凝劑之耐久性不得有劣化現象，特別在硬化時應為中性反應為原則。

#### (3) 著色劑

著色劑為查漏時使用，須為“Iron Oxide Yellow-910 - 黃色氧化鐵”（Bayer A. G. 公司製造）或無毒性之同等品，並須符合下列要求：

顏 色：	黃色
基 底：	氧化鐵
物理形狀：	粉末

著色劑須由氧化鐵類顏料所製成，並應具備抗光線、抗風化及抗水侵蝕之功能，且於混入水泥中時可保持安定。

#### (4) 膨 土

拌入漿液內之膨土應為粉末狀，其品質須符合下列要求：

細度：通過美國 200 號標準篩	90%
液限：	200%~ 500%
塑限：	50%~ 80%
塑性指數：	150%~ 420%

除工地工程司核准者外，膨土須於拌入漿液前經 24 小時之水化。

#### (5) 水玻璃

灌漿用水玻璃溶液之品質須符合日本工業標準 K 1408-1966，#3 或其同等品。使用於有流動地下水之灌漿。

#### 3.5 砂

灌漿砂之品質須符合混凝土所用之規定，其級配應符合下列要求：

<u>美國標準方眼篩</u>	<u>通過重量百分率</u>
8	100
16	95 ~ 100
30	60 ~ 85
50	20 ~ 50
100	10 ~ 30
200	0 ~ 5

砂之細度模數應在 1.4 ~ 2.1 之間。

### 3.6 超細水泥(Micro Cement)

於細砂層或土層之地區，普通水泥無法注入達到灌漿目的時，經甲方指示得使用『超細水泥』替代。超細水泥之品質應由乙方提出製造廠商之證明，符合下列要求：

外觀：灰白色超細粒粉狀。

比重： $3.0\pm 0.1$ 。

細度：約  $8,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ (Blaine 比面積)。

超細水泥使用前，乙方應超細水泥樣品及灌漿之完整規箱如配比、凝結時間與詳細灌注方法，及有關詳細資料包括物理性及化學性、試驗成果及灌注實例等提請甲方認可。

## 四、各項作業規定

### 4.1 灌漿設備之佈置及其操作

不論吃漿量如何，灌漿設備之佈置應能使漿液在全套系統中連續循環，並能調整迴漿管路上之閘門，以精確控制灌漿壓力。設備及管路應經常循環漿液，及定時用水沖洗，不得發生堵塞現象。沖洗管路時，應關閉進漿閘，打開供水閘，全速運轉灌漿機。

### 4.2 保護及清理

若有漿液漏至地表，乙方應依照指示，立即封堵或停灌，並應清理漿液污染至工地工程司認可為止，惟不另給價。在鑽灌進行之際，乙方並應預防鑽孔之碎屑、機具廢油、污水及漿液污損永久性結構物。必要時，承包商應自備泵，抽除廢水及廢漿。鑽灌告一段落及完竣後，乙方應自費清除由其施工所造成之有礙觀瞻及妨礙本工程有效作業之一切廢物。

於工程進行期間，乙方須提供充分設備，以處置所有沖洗水及廢水。在工程驗收前，混凝土面應將清理乾淨，使其恢復舊觀，至工地工程司認可為止。

#### 4.3 記錄

乙方應每日詳細填寫鑽灌作業日報表，及試驗之全部記錄表，由雙方當場簽署。其記錄內容應包括：埋管、鑽孔、使用套管內、外徑、套管深度、地下水位、鑽孔用水及迴水情形、鑽進率，並須記錄所遇困難；灌漿孔之壓力沖洗、壓力試水及灌漿之情況記要，泵送速率、灌漿壓力、水灰比之改變、各種材料使用量（包括合理廢漿量）、地表冒漿、與他孔相通情形、漏漿處理、和自動記錄表，以及其他工地工程司必要記載之任何施工細節和資料等。所有鑽灌記錄表及自動記錄表之原件須當日經由工地工程司簽署後交甲方收存。

#### 4.4 通訊設備

當乙方為求其工作之方便，而將其灌漿場各部份分設於不同位置，致無法以正常話聲連繫時，則應裝設性能優越之通訊設備，如對講機、電話或其他適當之聯絡設備。

#### 4.5 中斷

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。

#### 4.6 檢(探)查孔之施鑽

灌漿前為瞭解基礎狀況之探查孔，或灌漿完成後為檢查效果之檢查孔，概由乙方依工地工程師指示進行鑽孔。除甲方另有指示外，檢(探)查孔限使用旋轉式鑽機與取岩心鑽頭施鑽。乙方應使用標準軸承旋轉式三層岩心管和鑽石頭及標準岩心提取器鑽取岩心。

檢(探)查孔之施鑽位置、數量、方向、角度、及深度由甲方指示辦理，孔徑應為“NX”，鑽頭約為 75 公厘(或 2-15/16 吋)，取得岩心直徑約為 52 公厘(或 2-1/16 吋)。所有岩心鑽取應以卓越方法及富有經驗之人員施鑽；取岩心時尤應小心，儘可能獲得完整之岩心，鑽取各種未曾料及之軟碎地層最為重要。其岩心提取率須儘量達到 90%以上，若岩心提取率在 90%以上時，則其計價按契約單價付給；岩心提取率在 50%~90%之間者，按契約單價之半價付給；岩心提取率在 50%以下者，不予計價，且該段必須補鑽，補鑽孔位應在原孔周圍 2 公尺以內。若遇地質變化段，如斷層、破碎帶、極風化軟弱地層、大量湧水、地下坑洞等非技術所能克服，以致岩心提取率仍在 50%以下，經甲方工程師同意者，得不補鑽，但按契約單價之半價付給。至於卵礫石層之岩心鑽取，其岩心提取率須儘量達到 70%以上，若岩心提取率在 70%以上時，則其計價按契約單價付給，岩心提取率在 70%以下者，按契約單價之半價付給。

乙方應提供所有檢(探)查孔之詳實柱狀圖，並依甲方認可之方式作記錄。鑽孔柱狀圖應包括：地層之詳細類別說明，及其特殊地質情況的位置如泥層、開口裂縫、軟弱碎岩層、不正常漏水或湧水，及其他與檢(探)查孔施鑽目的有關之事項。

乙方應提供經甲方認可之岩心箱，將所鑽得之岩心按深度順序盛入箱，並以隔板記錄其起訖深度，各孔岩心分別放置，每一岩心箱不得放置一孔以上之岩心，岩心箱蓋應妥予釘牢，於箱蓋內外標明孔號、起訖深度，於封箱後送至甲方指定地點存放。每箱岩心應拍彩色照片一張。必要時，檢(探)查孔須依甲方指示施作壓力灌漿，或以水泥砂漿回填。

#### 4.7 滲漏試驗

##### (1) 通則

於灌漿前後分別自灌漿孔、或檢(探)查孔施行滲漏試驗，其目的主要係為偵測及瞭解處理區域內未灌漿前及實施灌漿後之漏水情形。除工地工程司另有指示者外，滲漏試驗之實施須依據下述之規定及要求辦理。

##### (2) 設備

###### (a) 栓塞

用於滲漏試驗之栓塞應屬雙圈型式，或經認可之單圈型式，並須可承受大於 20 公斤／平方公分之壓力。所用之栓塞須符合本章 2.2(10)項之規定。

###### (b) 壓力計

壓力錶之量測精度須在 0.2 公斤／平方公分以內。所用之壓力計須符合本章 2.2(3)項之規定。

###### (c) 水錶

除工地工程司另有規定外，所用之水錶須符合本章 2.2(2)

項之規定。

(d) 注水管

介於孔口及栓塞間之注水管須為尺寸一致之光滑鋼管其內徑為 19 公厘(3/4 吋)或 25 公厘 ( 1 吋)。為使注入之壓力水不致因水流阻礙而產生亂流起見，注入水管之聯接應採用平接頭。

(e) 水泵

所使用之水泵須具有穩定之流量。當壓力為 10 公斤／平方公分時泵之輸水量不得小於 150 公升／分鐘。

(f) 記錄器

當採用自動壓力及流量器記錄時，須符合本章 2.2(11) 項之規定。

(3) 試驗程序

(a) 本小節所述之滲漏試驗得於逐孔段鑽孔完成後採分階方式施行，或任一孔施鑽完成後採由孔底逐步向上分段方式施行。於施行滲漏試驗期間，須將栓塞固定於該孔段試水之頂部，待滲漏試驗完成後始得進行下一步之工作。此項步驟須重覆施行直至所需之深度。

(b) 完成鑽孔後以鑽桿或沖管，用水將孔內石粉岩屑沖除乾淨，隨後再以壓縮空氣將孔內餘水全部吹出。

(c) 在施行滲漏試驗之前應先量測地下水位，地下水位之量測須採用導電式水位探測器，每隔 10 分鐘探測一次，連續三次量測結果相同（最後三次差值在 10 公分以內者可認為相

同)，即為該孔段之地下水位。

(d) 滲漏試驗於過程中應維持一定試驗壓力，直至其漏水量穩定十五分鐘，記錄其五分鐘之漏水量，然後依同樣步驟進行其餘之試驗壓力。

(e) 滲漏試驗之最大壓力得為 10 公斤／平方公分，但不得超過該孔級之最大灌漿壓力。

#### (4) 滲漏試驗壓力

須依下列順序及數值逐步施行，或照工地工程司指示辦理。滲漏試驗注水壓力變換最少分為 7 階，除特殊地層另行指示外，一般情形按照下列壓力 ( $\text{kg} / \text{cm}^2$ ) 規定壓力試驗：

第 1 段(0 ~ 5m):	0;	0.5;	1.0;	1.5;	1.0;	0.5;	0
第 2 段( 5 ~ 10m):	0;	1.0;	2.0;	3.0;	2.0;	1.0;	0
第 3 段(10 ~ 15m):	0;	1.5;	3.0;	4.0;	3.0;	1.5;	0
第 4 段(15 ~ 20m):	0;	2.0;	4.0;	5.0;	4.0;	2.0;	0

註：試驗深度超過 20m 之孔段，試驗壓力依其上覆荷重增加。

(5) 滲漏試驗記錄項目為：孔號、傾角（與垂線夾角）、試驗孔段深度、注入管內徑、注入管地面長度、注入管地下長度、地下水深度（自地面起算）及各階壓力和注入水量等資料，以供計算該孔段之透水值(Lugeon Value)。

(6) 若試驗孔段之地層鬆散、破碎、或卵礫石層中，栓塞無法固定或不適合施行上述滲漏試驗時，經工地工程司決定改以“定水頭法”試驗，參照 USBR, Earth Manual Designation E-18 之

規定試驗之，乙方應遵照工地工程司之指示辦理。所謂定水頭法，係使設於高處之水槽於恆定水位進行量測其漏水量。試驗時，孔口須裝設一水錶以記錄實際漏水量。

#### 4.8 漿液混合

漿液配比應依甲方指示，在灌漿進行中，工地工程司將隨時根據各灌孔之情況作必要改變。之水灰比(W/C)以重量計，亦應根據灌漿作業中，各灌孔之實際情況依指示改變之，約在 5.0 至 0.4 之間。漿液之種類及組成依下列規定：

---- 水 泥 漿：由水泥、水及(或)必要之附加劑組成。

---- 水泥砂漿：由水泥、水、砂、及(或)必要之附加劑組成。  
除有較大之空隙外，水泥砂漿不用於砂礫地層中以防阻塞。

---- 化 學 漿：由一種化學藥品加水泥、或加多種化學藥品、或加附加劑及水組成。本工程暫不採用。

漿液拌合應依其顆粒最細者先置入拌漿機內，俟全部材料置入拌漿機後，水泥漿至少拌合 2 分鐘，水泥砂漿至少 3 分鐘。

#### 4.9 孔之編號

所有灌孔須依照圖示或工地工程司之指示，於孔口裝一金屬吊牌，或其他認可之方法予以編號。

## 五、『鑽桿灌漿工法』作業規定

### 5.1 一般規定

所需之鑽孔及灌漿數量，以及接灌次數均屬原則性，其數量須視實際工作所遭遇之情形而決定。

灌漿孔在防波堤構造物混凝土之部份不灌漿，在沉箱回填砂石料部份施行灌漿，必須依照設計圖或工地工程司指示或本節之規定辦理。

構造物設置有排水設施或觀測儀器，若漿流有堵塞排水設施或危害構造物安全之顧慮時，應照工地工程司之指示辦理。

各孔之施鑽位置、方向、順序及深度均應照設計圖示或工地工程司視鑽孔、試水、灌漿工作所遭遇之實際地質情況隨時修正之。契約圖中所載之灌孔施鑽數量均屬未定，乙方不得以實鑽數量之增減或施鑽位置之變更而在契約單價以外要求額外之補償。

### 5.2 灌漿孔施鑽

#### (1) 概要

灌漿孔在混凝土覆蓋之處時，該處之灌孔須經由混凝土面施鑽。鑽孔深度預料不超過 30 公尺，但如因實際需要，鑽孔深度須超過 30 公尺時，超過 30 公尺部份另以協商單價付給。

固結灌漿孔須鑽入沉箱回填砂石料中至沉箱底板面止，灌漿孔可用旋轉式或衝擊式鑽機施鑽。

## (2) 鑽孔操作

旋轉式鑽孔最小孔徑不得小於商用標準 EX 鑽頭約 38 公厘 (1-1/2 吋)；衝擊式孔徑由 45 公厘 (1-3/4 吋) 至 76 公厘 (3 吋)，可由乙方自行選擇以符合工地情況。

同一批次同一孔段之鑽孔得以數部鑽機同時施鑽。鑽孔之用水中，不得使用油脂潤滑劑或其他油脂。

鑽孔作業進行時，乙方應依指示於適當位置依照 4.7 節之規定進行滲漏試驗或試水，以瞭解地層滲漏情形，作為灌漿作業之參考。

除非另有指示，灌漿孔段施鑽完成後至灌漿之前，其孔口應加蓋保護，以防孔段被堵塞，若發生堵塞情形，乙方應在灌漿前負責將其清除，其費用由乙方負擔。

當某地區鑽灌完成後，通常必須增加額外孔或檢查孔，甚或兩者皆要。除另有規定外，所有取岩心鑽孔應依照 4.6 節之規定，隨後予以灌漿。此種額外孔依照契約單價不因增加鑽灌及機具之遷移而另外給價。

### 5.3 灌漿作業方法

鑽桿灌漿工法名符其實係利用鑽桿在鑽孔內施灌，以克服在砂礫層崩孔之困擾。灌漿時，由鑽孔底部向上提昇慢慢施灌，至全部孔深完成為止。灌漿作業有下列兩種方法：

#### (1) 階段灌漿法(Downstage grouting method)

一般而言，鑽灌工作應以階段灌漿法，其作業程序為施鑽該孔至某一深度，然後以鑽桿進洗孔、試水、灌漿；待灌漿孔

內之漿達到初凝時，以沖孔或其他方法清洗已灌之孔段，以免因漿過份硬化而須重鑽。當孔周圍之漿達到初凝，然後繼予施鑽至更深之孔段，再依上法連續作業；如此直至全孔深鑽灌完成。通常為控制上舉力及表面漏漿必須在上階段孔之底端裝設栓塞。

如乙方未能在漿凝結前將灌孔沖洗潔淨，則重鑽費用由乙方自行負擔。但如係工地工程司授意者，則重鑽部份依契約單價百分之十(10%)給付。鑽孔雖分段施鑽，亦以合約單價付給，不另給價，其他諸如上階段孔井之清洗，設備之遷移等亦不另給價。

## (2)逆級灌漿法(Upstage grouting method)

鑽灌作業亦可照工地工程司之指示採行逆級灌漿法，其有關之操作如下所述：

灌漿孔之鑽孔應逐孔段進行鑽孔、洗孔、及試水以迄其全孔深；再自灌孔之最下孔段進行灌漿；俟孔段內之漿液有反壓力後，提昇至其上層孔段再行灌漿；準此作業程序由下往上逐段施灌，以迄全孔深灌漿完成為止。

上述作業方法之採行，概由工地工程司決定之。

## 5.4 洗孔

各孔段於鑽孔完成後，在鑽桿未拔出前，即利用鑽桿以壓力空氣、水進行洗孔，沖洗孔內石粉及污泥，至迴水轉清為止。洗孔時若發現有泥層（有黃色或灰色迴水之情形），則須進行壓力沖洗。

壓力沖洗時，應以壓力空氣、水，將基盤縫隙內所含粘土、泥層及其他能洗除之雜物，儘可能沖洗除淨。實施壓力沖洗時，至少同批次孔之最鄰近兩孔必須施鑽至同一深處，若與鄰近孔相通情形，須交互沖洗，以利含泥、雜物之沖洗。沖洗時，以壓力水、空氣交替沖洗各 3 ~ 5 分鐘，重複沖洗至迴水轉清為止；沖洗時若遇壓力為零或無迴水之情形，則須連續注入壓力水、和空氣沖洗 30 分鐘。但沖洗壓力不得超過該孔段之試水及灌漿規定壓力。

### 5.5 灌漿壓力

灌漿工作所應使用之壓力端視各孔所遭遇之地質情況和上覆體荷重而定，並須依工地工程司所指示之壓力進行灌漿。預期之灌漿壓力約介於 0.5~5.0 公斤／平方公分，但任何狀況下不得大於 5.0 公斤／平方公分。

一般而言，經由設在孔口之壓力錶所測得之平均灌漿壓力須介於 0.2~0.4 公斤／平方公分／公尺孔深。前述孔深係指灌漿孔口至該出漿點而言。

在頭兩批次孔之灌漿，採用低壓先行灌漿，其後續之批次孔則用較高壓灌漿為原則。

### 5.6 漿液配比

漿液類型之採行，概由工地工程司視灌孔內孔隙情況決定之，應依照 5.8 節之規定辦理。在施灌期間，工地工程司得隨時依照各灌孔實際之情況，及灌漿情形予以變更漿液之配比。

## 5.7 注漿

完成鑽孔後，即利鑽桿由鑽孔底部慢慢施灌，慢慢向上提昇，至全部孔深完成為止。一般而言，如灌孔經壓力試水後被判定為一緊密孔，則應以稀漿施灌。凡因鑽孔時之漏水、或沖洗時無法聚蓄壓力等現象所判定之開放孔應以濃漿施灌，並儘可能使灌漿泵維持恆速運轉；必要時得降低水灰比，以期獲致所需之灌漿壓力。若經此措施尚無法產生所需之灌漿壓力，則應改以可達預期效果之砂漿配比施灌。於灌漿壓力有過度升高跡象時，應據實際需要增大水灰比值及（或）變更或終止砂漿之配比以利灌漿效果，如有必要應定時加注清水，以免過早導致阻塞。無論任何狀況下均不得將灌漿壓力或送漿速率驟然增減，俾不致產生水錘作用而導致阻塞。

於無法聚蓄所需灌漿壓力之大規模鬆散地層，須以適量具有工作性之最低水灰比之砂漿施灌，其流值應介於 15～21 秒。

於完成任何孔段之灌漿，應於孔口裝設止漿閘補灌並保持壓力，直至孔內漿液凝固為止。

## 5.8 灌漿完成條件

在正常狀況下，任何孔段之灌漿作業應繼續施灌以迄鑽桿全部拔出後，於孔口安裝栓塞續灌加壓，以迄灌孔達到壓力 5.0 公斤/平方公分及時間 10 分內吃漿率少於 1 公升/分鐘時方得施灌完成。或連續灌漿一小時，其吃漿量未達 70 公升者。

## 5.9 漏漿控制

在灌漿進行中，若發現地表或沉箱外有漏漿現象時，乙方應即遵照甲方指示指示方法迅速認真堵漏，或停灌。

在灌漿進行中，發現漿由鄰近孔或相通處流出，且漿量足以嚴重干擾工作或造成相當量之損失，則該孔或相通處必須要暫時予以關閉止漿閘，若以栓塞施灌而漿液由鄰孔流出時，則在相通孔栓以栓塞並控制使壓力低於該孔該段之容許施灌壓力。無相通之未灌孔須使其繼續打開，以利空氣、水之排逸。在相通孔之漿液未凝結前，可用規定壓力施灌該等孔。

## 六、『導管式灌漿工法』作業規定

### 6.1 一般規定

一般規定應依照 5.1 節辦理。

### 6.2 灌漿孔施鑽

#### (1) 概要

導管式灌漿孔之鑽孔應依照 5.2(1) 節之規定辦理。

#### (2) 鑽孔操作

除另有指示外，導管式灌漿孔應以衝擊式鑽孔，孔徑規定為 114 公厘，並於鑽孔之同時應下放套管，套管之最小內徑為 90 公厘，乙方得自行選擇鑽機以符合工地情況。

同一批次同一孔段之鑽孔，得以數部鑽機同時施鑽。但同一格倉內鑽孔與灌漿作業不得同時進行。

各孔段於鑽孔完成後，即利用鑽桿以壓力空氣、水進行洗孔，沖洗孔內石粉及污泥，至迴水轉清為止。

其他事項應依照 5.2(2) 節之規定辦理。

### 6.3 埋設灌漿導管

完成鑽孔後，在拔出套管前，應於套管內施灌水泥膨土漿（作為封漿帶），及埋設直徑 50 公厘之有孔 PVC 灌漿導管（每 33 公分鑽孔一環，每環 4 孔，孔徑 1 公分，孔外包紮至少 8 公分之彈性橡膠封帶），然後拔出套管。

水泥膨土漿為膨土加水後添加水泥拌合而成者，其凝固後應具有相當之強度，且能於灌漿壓力下破裂，形成通路以利灌漿。

灌漿導管應為有《正》字標記之 PVC 管。橡膠封帶之寬度及彈性，須足以形成一單向閥，阻止漿液回流，同時，在灌漿壓力作用下亦能順利注出漿液。

### 6.4 洗孔

待填補於灌漿導管與孔壁間之水泥膨土漿封漿帶凝固後，全孔深即以 1 公尺長雙栓塞，自孔口逐級向下，以清水加壓擊破封漿帶，形成通路，並且以壓力水、氣沖洗地層。沖洗時，壓力水和空氣交替沖洗各 1~2 分鐘，連續注入沖洗 10 分鐘，將地層縫隙內所含粘土、泥層及其他能洗除之雜物，儘可能沖洗除淨，以利水泥漿液滲入地層中。

各孔段須在灌漿前或洗孔後進行試水，試水方法有兩種情況：

- (1) 定量試驗：每環一試之注水率大於 15 L/min 時，以固定注入流量在 15 L/min，維持穩定流量 10 分鐘，記錄其所反映之壓力(Pd)，作為決定該孔級灌漿壓力之依據。

(2)定壓試驗：每環一試之注水率小於 15 L/min 時，以固定注水壓力，維持穩定流量 5 分鐘，記錄其 10 分鐘之注入流量 (Q)及壓力(Pd)。

## 6.5 灌漿壓力

灌漿工作所應使用之壓力端視各孔所遭遇之地質情況和上覆體荷重而定，並須依工地工程司所指示之壓力進行灌漿。

一般而言，經由設在孔口之壓力錶所測得之平均灌漿壓力。灌漿壓力依照下列公式求得：

$$\text{施灌壓力：} PG = \alpha * H + Pd ;$$

$\alpha$  = 係數 (由地層之狀況、注入目的、期待之灌漿效果而定，約在 0.5~1.2 之間，由工地工程師決定)；

H = 注入深度之水頭壓力 ( 10m = 1.0 kg/cm<sup>2</sup> )；

Pd = 試水時所求得之壓力 ( kg/cm<sup>2</sup> )；

求得之 PG 為施灌壓力之設定值。

灌漿完成壓力(終灌壓力)：各灌漿孔最後一次之終灌壓力為：

第一、二批次孔以不高於 7 kg/cm<sup>2</sup>；

第三、四批次孔以不低於 10 kg/cm<sup>2</sup> 為原則。

在頭兩批次孔之灌漿處理時，採用低壓先行灌漿，其後續之批次孔則用較高壓灌漿為原則。

## 6.6 漿液材料及配比

施灌材料以水泥為主，除有較大之空隙外，水泥砂漿不用於砂礫地層中之導管式灌漿以防阻塞。於細砂層或土層之地區，普通水泥無法注入達到灌漿目的時，經甲方指示得使用『超細水泥』。

漿液類型之採行，概由工地工程司視灌孔內孔隙情況決定之，應依照 4.8 節之規定辦理。在施灌期間，工地工程司得隨時依照各灌孔實際之情況，及灌漿情形予以變更漿液之配比。

## 6.7 注漿

灌漿作業以每 33 公分一級為原則，或經甲方同意得每 1 公尺一級，並依甲方指示由上而下，或由下而上以雙栓塞施灌。

實際灌漿時，水泥漿每三環一灌之注入率，設定在 20~30 L/min；慢慢注入，使漿液能以滲透方式形成均勻之灌漿。

其他灌漿事項應參照 5.7 節之規定辦理。

## 6.8 灌漿完成條件

各孔級灌漿完成條件達到灌漿壓力下 10 分鐘吃漿率少於 1 公升／分鐘時方得施灌完成。

## 6.9 漏漿控制

漏漿控制應依照 5.9 節之規定辦理。

## 七、『噴射灌漿工法』作業規定

### 7.1 一般規定

依圖或甲方指示範圍之灌漿孔以高壓噴射灌漿進行沉箱格倉內回填之砂石料之灌漿，內容包括灌漿孔鑽孔與其重鑽、滲漏試驗，灌漿及檢查孔鑽孔等有關高壓噴射灌漿需之一切工作。其他事項依照5.1節之規定辦理。

高壓噴射灌漿作業之細節如詳細位置、深度、方向、施工方法、灌漿材料配比、壓力、注漿速度、灌漿管旋轉速率、提升速率、施工程序及其他相關項目，須由甲方工程師視現地情況決定並作指示。乙方應嚴格遵守甲方指示履行工作，並不得以任何理由要求契約單價以外之任何額外補償。

### 7.2 灌漿孔施鑽

#### (1) 概要

高壓噴射灌漿灌漿孔之施鑽，依照 5.2 (1) 節辦理。

#### (2) 鑽孔操作

噴射灌漿孔之鑽孔應依照 6.2 (2) 節之規定辦理。灌漿孔之傾斜度一般不得大於 1.5%。

### 7.3 放入噴嘴及灌漿管

完成鑽孔後，在拔出套管前，應於套管內放入噴嘴及灌漿管，然後拔出套管。

## 7.4 灌漿方法

依甲方指示採用高壓噴射灌漿工法時，乙方於灌漿操作前後應確實清洗，檢查各設備，並負責做好安全防護措施，確保施工安全。

各排鑽灌作業甲方得視現地施工狀況分為若干段，各段灌孔再分成數批序組，分別施鑽及噴灌。第一批次灌漿孔先施作鑽孔及灌漿，再施作第二批次孔，按批次順序施工。

高壓噴射灌漿作業方法，應視已知地質資料或於工作進行中所遇情況之不同，在不同深度，針對不同地層特性選用合適之施噴參數，調整灌漿壓力、流量、灌漿管旋轉率及提升率。

## 7.5 漿液材料及配比

高壓噴射灌漿之漿液材料一般為水泥漿，一般而言，水泥漿配比3-0.5(w/c)，視現地各孔級吃漿情形依甲方指示調整之。

## 7.6 噴射灌漿

高壓噴射灌漿作業原則上應俟該灌漿孔之施鑽完成後，始得進行。高壓噴射灌漿管應視需要採用單重管、二重管或三重管，灌漿管底端配合合適之側向噴嘴以進行灌漿作業，噴射過程中應防止噴嘴被堵塞。

高壓噴射灌漿作業應由下往上施作，其中灌漿管之上升、回轉、須由自動控制裝置控制，其上升之速率須為平順、連續、不得有跳升之情形，並應防止灌漿管在噴漿作業中扭斷。自動控制裝置應可依需要調整灌漿管之上升及回轉速率。

灌漿作業時，高壓噴射灌漿之壓力、流量，提升速率及回轉速率應按現地地質情形並依甲方指示辦理。一般而言，其提升速率約為10公分/每分鐘，回轉速率約為10r.p.m，而使用之漿液之噴射壓力應達400kg/cm<sup>2</sup>以上，噴射量則應在60公升/每分鐘以上。乙方並須於灌漿作業進行中隨時檢查漿流量及壓力、壓縮空氣壓力、灌漿管回轉速率及提升速率等作業細節是否合於需求，並依灌入情況如地表冒漿，地表變位等狀況，依甲方指示做適當調整，以獲得較佳之效果。

灌漿作業中，不得有任何灌漿中斷之情形，若有因拆卸灌漿管而暫時中斷時，在繼續噴漿時，應於中斷位置至少10公分以上長度覆噴灌，不得因而使噴射固結體分段、脫節。

### 7.7漏漿控制

漏漿控制應依照5.9節之規定辦理。

### 7.8冒漿處理

噴漿過程中，灌漿管壁周圍一般均有部份之冒漿現象，若於噴漿過程中發現有完全不冒漿或冒漿量過大時，即可能顯示地層有較大空隙或為噴射注漿量不合宜所致，乙方應依指示採取必要處理之措施，以期能達到較佳之噴射效果。任何冒出地面之漿液必須經過濾，去除污物及重新調整配比後，並經甲方同意後，始得回收使用，否則一概廢棄。

## 八、灌漿效果檢查

沉箱灌漿處理後其各種工法之成果比較應採用下列各種檢驗比較之：

- (1)鑽取試體每一公尺取一截試體作強度試驗。
- (2)透水性試驗，做滲漏性檢驗。
- (3)衝擊振動試驗，測自然振動頻率。
- (4)孔內攝影。
- (5)密度電井法，測各層密度。
- (6)透地雷達，測量裂縫。
- (7)電子顯微鏡及 X 光繞射儀做骨材特性微觀分析。

## 九、灌漿名詞之定義

### 9.1 一般

一般常用灌漿名詞之定義，於下列各條闡明，並將其引用於工地執行或有關報告與文件中。

### 9.2 幕段(Section)

所謂幕段係指沿灌漿幕之某一範圍，於其範圍內，灌漿作業不得與鑽孔同時進行。但如情況許可，灌漿幕可細分為小幕段以加速承包商之作業。

### 9.3 幕區(Zone)

所謂幕區係在灌漿幕內預經指定之部份深度。各幕區之深度應由工地工程司依照實際地質情況決定之。

### 9.4 批次(Sequence)

所謂批次係在指定區域內將全部灌漿孔分成數批施工順序，第一批次孔應拉大距離並須鑽灌完成後，再進行中間之次一批次孔之鑽灌，如此鑽灌直至達到灌漿效果所須之最後間距為止。各批次之間距應由工地工程司依照實際地質情況決定之。

### 9.5 孔段(Stage)

在各幕區深度範圍內，將灌漿孔分段施工，謂之孔段。各孔段之實際深度，將隨所遇地質情況而異，可為幕區深度之一部份或其全部。

## 9.6 壓力沖洗(PressureWashing)

以壓力水、氣注入孔中，沖除鑽孔中之岩屑，或洗除其縫隙中所含之鬆動物質。

## 9.7 試水(Water test)或壓力試水(Pressure test)

以壓力水注入孔中，俾探測可能之漏水及滲水區域，進而評估縫隙之滲透性。

## 9.8 洗漿

本項工作係以低壓水沖洗灌漿孔中尚未凝固之漿液。

## 9.9 重鑽

本項工作係於灌漿孔中將整個孔段已凝固之漿柱以鑽孔法鑽除。

## 9.10 劈距

在已灌兩灌孔之中央，增一新孔之步驟謂之劈距。

## 9.11 探查孔

凡非為壓力灌漿，而於任何地區為探查所進行之鑽孔均稱之。探查孔之施鑽可以包括為壓力試水、為裝設孔隙壓力計或上舉壓力計，以及為確定堆積層或岩盤性質之目的所施鑽之孔。

## 9.12 檢查孔

檢查孔係基盤經灌漿處理後，為確定灌漿成效之鑽孔，通常得包含滲漏試驗，並依工程師指示施行再灌漿。

### 9.13 旋轉式鑽孔

旋轉式鑽孔係指在岩面或混凝土面上，以旋轉式鑽機及鑽石鑽頭連續旋轉和加壓方式進行其鑽孔謂之。

### 9.14 衝擊式鑽孔

鑽頭間歇旋轉或全無旋轉，以鑽頭錘擊或本身落差衝擊岩層、混凝土、或礫石層以進行其鑽孔者，謂之衝擊式鑽孔。

### 9.15 取心鑽孔

屬旋轉式鑽孔法，藉取心之鑽石鑽頭及岩心管於進行鑽孔之同時，採取連續之岩心。

### 9.16 不取心鑽孔

不取岩心鑽孔亦屬旋轉式鑽孔，係藉實心之圓柱型或閉塞型之鑽石鑽頭於孔中進行不取岩心之鑽孔。

# 灌漿試驗工作 施工技術規範附則

## 一、施工地點：

蘇澳港外廓防波堤。

## 二、施工範圍：

外廓防波堤沉箱任選三格倉。

## 三、施工概要：

本工程係於沉箱格倉回填砂礫料之部份，按圖示及甲方工程師指示之位置，以『鑽桿灌漿工法』、『導管式灌漿工法』及『噴射灌漿工法』等三種工法實施現地灌漿試驗，固結格倉內砂礫料，使之增加被動土壓及承載力，以增加沉箱強度及耐久性。

主要工程內容為：

1. 鑽桿灌漿工法鑽孔總長度約 672.5 公尺。灌漿之長度約 530 公尺，施灌水泥數量約 1,800 包。
2. 導管式灌漿工法鑽孔總長度約 672.5 公尺。灌漿之長度約 530 公尺，施灌水泥數量約 1,800 包。

3.噴射灌漿工法鑽孔總長度約 672.5 公尺。灌漿之長度約 530 公尺，施灌水泥數量約 1,800 包。

#### 四、施工期限：

簽約後 15 天內開工並提施工計畫書，全部現地試驗 4.0 個月完成，試驗成果分析評估報告 1.5 個月完成，全部工作共計六個月 180 日曆天完成。

#### 五、承商資格：

承包商必須在最近四年內至少完成上述工法之一種，類似規模之工作，且總造價須達新台幣 5,000,000 元以上者。

#### 六、承商駐工地代表人：

為確保工程品質，承包商應指派對本項工作熟習且現場經驗豐富之代表人(工程師)，常駐工地負責策劃、執行、安全管理及連繫工作，並全程督導所有鑽灌作業。該代表人至少須具備三年以上之灌漿經驗，該員如須暫時離開工地時，應指派適當之代理人接替。代表人或其臨時代理人之指派均須事先通知甲方工程師。

#### 七、品質控制：

承包商須提供所有必要之現場品質控制試驗之儀器，以進行材料及品質控制試驗，灌漿品質控制試驗，及完工後之試驗。

## 八、地表及鄰近結構物之變位規定：

- (1) 承商須確保灌漿進行中及完成後，地表及結構物不得變位。
- (2) 灌漿工作開始前，承商須於現場設置一組監測點，於灌漿過程中及灌漿後，監測灌漿工作對週遭環境之影響情形。

若地表或結構物之移動時，承包商必須立即停工，並向甲方工程師報告，經得到甲方工程師之同意後才可繼續施工。

## 九、施工計畫：

承包商於簽約後 15 天內須提出詳細施工計畫，包括本工程之執行計畫及試驗等事項，經甲方工程師認可。其內容應包括下列各項：

### (1) 施工方法

承商須提交詳細之施工步驟，其內容須包括：

- (a) 擬使用之施工機具型式、數量、性能及其一般佈置等。
- (b) 鑽孔之尺寸，施灌壓力，轉速及提升速度。
- (c) 擬施灌之漿液材料配比及施工順序。
- (d) 監測系統使用儀器及設置地點。
- (e) 緊急情況之應變方法及補救措施。
- (f) 工作記錄內容及報表格式。

### (2) 施工進度

承商須將擬採行之工作班數、預計之工時，及預定進度表等詳細列明於施工計畫書。

## 十、其他：

承包商若因工作而拆除或破壞地上結構物(含埋設於地下之管線等)或損壞地面，於工程結束時應由承包商負責修復或復舊。該項費用已列入有關單價內，不另計價。