應用 Plaxis 進行反算分析在深開挖事故中

擋土補救措施之案例探討

李景亮 中國科技大學專任講師

摘要

地下開挖工程在施工環境之不確定及存著各種危險因子情形之下,使其工程 顯著困難又複雜,在地下工程發生事故時其所採取之開挖擋土補救措施需具有穩 定性及安全性如此才能繼續完成工程。本研究以實際案例因開挖過程連續壁漏水 事故造成施工危機因此需採補強措施以便完成後續工程,本研究依實地資料進行 事故後擋土結構工程穩定性及安全性評估並以PLAXIS進行反算分析事故前、後擋 土支撐結構。本研究針對開挖面下之地質改良範圍及數值分析時對改良體採用事 故側部分改良方式及地中壁以類似厚混凝土版結構強度予以模擬分析,以探究地 質改良之合理模式。

關鍵詞:地下開挖、PLAXIS、地質改良、地中樑

The Application of Plaxis Program in Back Analysis of Deep Excavation Accident Case Study on Solutions of Reinforcement Methods

Abstract

Construction of underground excavation, when in an uncertain environment and situation, under a variety of risk factors, makes construction more difficult and more complicated .This study serves to analysis the stability and security of slurry wall structure, after the deep excavation accident happened, by the use of underground engineering cases for reference. In addition, PLAXIS program has been used in back analysis, before and after the deep excavation accident, to support the reinforcement measures .With this analysis, the evaluation of either building ground beam or reasonable range of ground improvement can be taken into consideration when looking for solutions.

應用 PLAXIS 進行反算分析在深開挖事故中擋土

補救措施之案例探討

一、前言

地下開挖工程在施工環境之不確定及存著各種危險因子情形之下,使其工程 顯著困難又複雜,在地下工程發生事故所採取開挖擋土補救措施之穩定性及安全 性。本研究以捷運地下工程案例,依實地資料進行事故後擋土結構工程穩定性及 安全性評估。運用 PLAXIS 進行反算分析事故前、後擋土支撐結構。

本研究方法首先進行基地工程地質分佈對於本案例有其多大影響及水文概況 了解,事故後調查得知,其地層屬砂性土壤、黏性土壤,地層分佈複雜,雖事故 前後調查結果局部地層略有差異,但其差異不大,不致影響開挖支撐系統反算分 析。反算分析方法,根據原設計之也層簡化參數表,依實際各階段開挖支撐施工 之詳實紀錄,分析連續壁體所受之應力及應變,再比對施工中各項監測反應值資 料,以盡可能客觀及正確的修正反算分析所有可能導致之誤差。

二、 研究案例概述

2.1 事故前之施工現況

本研究案例為地下三層車站,主體結構長約145m,寬約21.6m~38m 不等, 開挖深度為31.65m~35.6m(集水坑)。本工程採明挖覆蓋工法施工,主站區連續壁 厚度1.5m,深度55.0m;站體開挖規劃分為十一次開挖並架設十階支撐,其平面 及剖面圖如圖1 及圖2 所示。



圖 1 事故前之施工現況平面圖

圖 2 事故前之施工現況剖面圖

2.2 事故發生概述:

94年09月8日上午6:40於A11及A12單元附近開挖面及連續壁發現水及砂 由開挖面湧起,連續壁壁面亦出現漏水現象。7:30發現車站北側、鄰接路面及附 近鄰房下陷,如下圖示。



圖 3 All 及 Al2 單元附近開挖面及連續壁漏 圖 4 All 及 Al2 單元附近開挖面及連續壁漏水及 水及漏砂平面位置示意圖 漏砂立面位置示意圖

三、 案例數值分析模型建立參數說明

3.1 PLAXIS 有限元素分析法

有限元素分析法程式PLAXIS,係於1987年在荷蘭的Technical University of Delft 所研發套裝軟體。其最初發展之用意在於因荷蘭地勢低窪,欲藉由易於使 用之二維有限元素,分析在軟弱土壤上構築河堤的相關穩定問題。近年來,PLAXIS 已廣為世界各地之大地工程師接受並使用於各種大地工程問題。

PLAXIS在有關土層、結構物、載重、邊界條件、開挖施工階段…等等之輸入 均以CAD 繪圖方式建立,以獲得分析模型並輸入各相關參數,完成之後可以自動 建立網格來進行分析。建立有限元素單元方面還可以加入高階的單元計算,除了 6 個結點的三角形元素之外,還參入了15 個結點的立體三角元素來分析在軸對稱 狀態下的問題。一些特殊的結構物,例如擋土牆、隧道內部支撐、或是細條形柔 性結構等物,在程式中以樑(beam)的型態來納入計算分析,不但可輸入勁度、剛 度與極限彎矩參數,更能依模擬情形分析與其他結構物的互制行為。

元素計算時會遭遇到土壤與結構物接觸面的問題,所以程式中提供了界面 (interface)選項,可以在一些如基腳、樁基礎、擋土牆等結構物與土壤的接觸面 提供不同於在土壤中時的摩擦角與凝聚力的界面條件。程式中提供了 Mohr-Coulomb模式分析一些較為真實的載重、圓形基腳、短樁等結構物,而且還 可以用 Phi-c reduction模式,以參數強度折減方法來計算安全係數的觀念。

孔隙水壓方面,由於在未排水的載重狀態下的安全係數常常是決定大地工程 案例中的穩定性,程式中亦具備分析不排水土層於接觸載重之下時的超額孔隙水 壓變化,以較真實的模擬水在土壤中所造成的穩定性影響。

建造結構物或是開挖過程中之各階段安全與土層整體的穩定性問題,PLAXIS 程式執行時,即計算在各階段開挖與構築階段之應力與應變,如穩定性有虞慮時, 即會產生發散(Diverge)狀態,而無法繼續下一階段之執行。 安全係數方面,一般常常使用破壞時的載重與工作載重的比值來做判斷,但是這 是比較適用在基礎的結構情況下,如果是路堤或是版樁牆的情況時,使用容許剪 力強度與平衡狀態下之剪力強度的比值較合適,在 PLAXIS 程式中使用了 φ-c 值 折減(phi-c reduction)模式來計算安全係數值。

3.2 有限元素反算分析步驟

本研究之反算分析係根據原設計採用之地層簡化參數表,依實際各階段開挖 支撐施工之詳實紀錄,分析連續壁體所受之應力及應變,再比對施工中之各項監 測反應值資料,以儘可能客觀及正確的修正反算分析所可能導致之誤差。反算分 析步驟說明如下:

- (1)以案例地點位置,依剖面之分析採用之簡化土層為基本資料,採數值分析方法 建立全斷面分析模組。
- (2)根據實地相關資料,採全斷面對稱方式分析,亦即對稱兩側之開挖面下地中壁 改良,因受壁體滲水影響,地層參數產生變化修正,據以分析施工過程中各階 段之兩側壁體所受應力及應變,儘可能符合變形曲線線型與最大變位位置、及 壁體應力之分布與實測值趨勢一致。
- (3)因同一斷面兩側之壁體變形量有一段差距,研判除土層分佈之可能差異性存在 外,亦可能因開挖面下之改良體或壁體之施工瑕疵所導致;故反算分析時,即 一定程度考量弱化事故點開挖面下之土層,以符合實際開挖各階段之監測值反 應。
- (4)在工程事故後以反算分析推算,為維持反算分析之一貫性及合理性,分析所採 用之地層剖面仍與事故前一致。惟事故發生後,採用各項緊急應變措施,導致 壁體之變形及應力變化複雜,為簡化此情形,即依事故後之壁體內外之地層參 數,作一合理之參數折減,求得全斷面兩側事故後之壁體應力與應變,與實際 之監測結果大致符合後,模擬該狀態下之擋土措施(連續壁及支撐等)受力情 形,據以分析採用後續相關補強措施之合理性及必要性。
- (5)反算分析採用之分析基本資料的準確性,足以影響反算分析之關鍵性資料,亦 均予以釐清後修正。若干非關鍵性資料,則依常理及專業推斷假設,不致影響 反算分析之最終結果。
- 3.2.1 幾何模式

為確保數值分析結果不受邊界效應之束制影響,參考區域性開挖深度之影響 範圍經驗,採距離開挖線約四倍開挖深度。根據原設計開挖剖面,配合數值網格 設置以及數值模式計算模式,地下水位分佈線以靜態模式(Steady State,即不隨 時間變化)輸入數值程式作為計算土層初始應力-應變狀態。(幾何模式示意如圖 一)

3.2.2 基本假設

本研究之基地深開挖工程反算分析係基於以下之假設條件為前提:

(1)假設土壤為等向性材料,且不考慮土壤之潛變效應

(2) 土層之簡化及參數,基本上均以原設計之剖面及其簡化參數為準



圖 5: PLAXIS 程式之數值分析幾何模式示意圖

(3)土壤元素參數說明

各土層材料參數,另相關分析所需之參數亦由鑽探報告內容中加以擷取,程式 率定之參數說明如下:

本分析所採用之土壤模式為 Mohr-Coulomb 塑性理論,所需之土壤參數,除飽 和及不飽和統體單位重、波松比(Possion' Ratio)及楊氏模數(Young's Modulus) 外,尚需土壤之剪力強度。為較符合開挖之實際行為,砂性土壤採用有效應力參 數(有效凝聚力 c[']及有效摩擦角 Φ [']),黏性土壤則採用總應力參數(總凝聚力 c 及總摩擦角 Φ)。另分析中參數包括剪力模數(Shear Modulus,G)及體積模數(Bulk Modulus,K), 其分別由下式計算:

 $G = \frac{E}{2(1+\nu)} \qquad , \qquad K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$

挖區內側深度 GL.-31.65m~GL.-34.65m 採地中壁設計,增加被動抵抗力,以 減少壁體之變形量。地中壁屬於三向度之力學行為,簡化為二維度之力學(視凝 聚力及摩擦力)與變形參數(剪力模數及體積模數)。有關地中壁效應簡化之力學 分析參數如下:

將地中壁視為地質改良以提高土壤之等值勁度及強度參數,修正方法如下列 所示:

土體之平均剪力強度 C 為: $C = Cp \times As + \alpha \times C_o \times (1 - As)$ 其中 Cp = 地盤改良體之剪力強度,可考慮為單軸抗壓剪力強度除以適當之係數, t/m², As = 改良率 = Ap / A, Ap = 地盤改良體總面積, m² $A = 基地總面積,包括未改良與改良處,m², <math>\alpha = 應變修正係數, - 般$ 取 0.5, $C_o = 原土壤不排水剪力強度, t/m²$ 地層改良之改良率達 50%,經計算其不排水剪力強度可採用 200t/m²。

3.2.3 結構元素參數

型鋼鋼材 Fy=2400kg/cm², Fb=1440*1.25=1800 kg/cm² (彎曲,臨時) Fs=960*1.25=1200 kg/cm² (剪力,臨時) 混凝土 fc'=280 kg/cm²(28 天抗壓強度,設計使用 fc'=245 kg/cm²) 鋼筋 Fy = 2800 kg/cm² (#3~#5)(SD280), Fy = 4200 kg/cm² (#6~#10)(SD420W) 採彈塑性分析壁體之 EI 值(連續壁 150cm), fc'=245 kg/cm², E=150000 (fc')^{1/2}=150000x(245)^{1/2}=2347871 t/m²

$$\begin{split} &I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1 \times 1.5^3}{12} = 0.08333 \,\text{m}^4 \quad \text{EI} = 2347871 \,\text{x} 0.08333 = 195648 \ \text{t} - \text{m}^2/\text{m}} \\ & \pm \frac{1}{12} = \frac{1}{12} = 0.08333 \,\text{m}^4 \quad \text{EI} = 2347871 \,\text{x} 0.08333 = 195648 \ \text{t} - \text{m}^2/\text{m}} \\ & \pm \frac{1}{12} \exp \left(\left(\frac{1}{10} \alpha + \frac$$

樓板支撐

2.8

fc'=280 kg/cm², E=150000 (fc')^{1/2}=150000x(280)^{1/2}=2509980t/m² 1F&B8 樓版之勁度: α EA=0.6*2509980*0.2=3.0E+05 t α EI=0.6*2509980*0.2³/12=1.0E+03 t/m² B1-B7 樓版之勁度: α EA=0.6*2509980*0.4=6.0E+05 t α EI=0.6*2509980*0.4³/12=8.0E+03 t/m² 基礎版之勁度: α EA=0.6*2509980*1.0=1.5E+06 t α EI=0.6*2509980*1.0³/12=1.3E+05 t/m², α =折減係數,採0.6

3.2.4 地下水壓分佈

地下水位約在地表下 1.1 公尺至 1.8 公尺之間,水壓大致呈靜水壓分佈,但 在於地表下 35 公尺處之地下水水壓略低於靜水壓。

3.2.5地層概述

本標的物座落之地層,於地表下75.0 公尺範圍內可概分為14 個層次,詳如表 1 簡化地層參數表。從兩次之鑽探調查報告成果顯示鑑定標的物之地層主要係由粉土質黏土、粉土質細砂及砂質粉土等互層所組成,且具有薄層或互相交錯沉積之現象。原設計徐匯中學站簡化土層參數如下表:

Layer	深度(m)	土壤	γt	Su	N	ϕ '	Ko*	Ka	Кр	Kr	Е
		種類	KN/m³	KN/m²		deg					KN/m²
1	1.8	SF	19.8	0	18	30	0.5	0.3	6.11	0.43	81000
2	4.2	CL	18.5	40	6	31	0.48	0.29	6.68	0.43	48000
3	11.2	SM	19.7	0	11	31	0.48	0.29	6.68	0.43	49500
4	14.0	CL	18.8	50	7	31	0.48	0.29	6.68	0.43	60000
5	20.0	SM	18.8	0	10	31	0.48	0.29	6.68	0.43	45000

表1 分析用簡化土壤參數表

6	29.5	CL	19.0	70	9	32	0.47	0.28	7.33	0.43	84000
7	32. 3	SM	19.4	0	18	32	0.47	0.28	7.33	0.43	81000
8	36.4	CL	19.3	115	18	32	0.47	0.28	7.33	0.43	138000
9	40.7	SM	19.4	0	21	33	0.46	0.26	8.08	0.43	94500
10	45.7	CL	19.2	130	20	33	0.46	0.26	8.08	0.43	156000
11	52.5	SM	19.5	0	23	33	0.46	0.26	8.08	0.43	103500
12	58.8	CL	19.2	135	21	33	0.46	0.26	8.08	0.43	162000
13	60.0	SM	20.5	0	16	32	0.47	0.28	7.33	0.43	72000
地盤改良	31.65~34.65	JSG	19.3	240			0.73	1.0	1.00	1.0	240000
地盤改良	33. 70~36. 70	JSG	19.3	350			0.73	1.0	1.00	1.0	350000

四、事故前後及補救措施之有限元素分析結果

本研究選擇分析之斷面為最接近事故區之剖面,相關之分析條件及參數設定, 基本上均採用原分析之資料,再根據各階段施工實測之應變及應力結果,合理的 修正相關參數,即在大架構不變的原則下,反算事故前之狀態,包括壁體及支撐 系統之受力情形,地層參數之可能變化等等。以下之分析結果說明事故前之反算 分析結果。

4.1 事故前有限元素分析結果

PLAXIS 反算分析結果,鄰事故側之擋土連續壁 及對稱側(非事故側)之最 終開挖壁體變形曲線與實測結果比較如圖5所示,確立反算分析結果合理後(為 求反算分析之合理性,除以變位曲線相合之原則外,亦考慮鋼筋應力計於壁體各 深度之反應值的一致性,事故前之壁體鋼筋應力,深度25公尺處大於32公尺, 而32公尺大於34公尺,以確保壁體之受力行為與實際之狀況儘可能相符,此亦 為反算分析合理性 重要依據之一);後續之各階段壁體變形量曲線整理如圖6(事 故側),連續壁之各階段支撐軸力與最大壁體變形、彎矩、剪力結果綜整如表 2 及表 3;分析結果顯示,依事故前反算分析結果,並繼續演算構築地下結構體及 拆撐等步驟後,檢核相關擋土措施結果,其結果顯示,在無事故狀況下,可順利 完成地下結構工程,應無安全處慮。



圖 5、剖面兩側連續壁壁體變形量反算分析與實測結果分析比較圖(事故前)

第十二屆營建產業永續發展研討會





圖 6:剖面兩側連續壁壁體變形量反算分析 圖 與實測結果分析比較圖(事故前) 體

圖 6:依反算模式分析之後續各階段連續壁 體變形量(事故後)

表 2 事故側構築及拆撐各階段支撐軸力分析結果綜整表

									支撐軸力								
		第一層	第二層	第三層	第四層	第五層	第六層	第七層	第八層	第九層	第十層	FS版	回撐一層	回撐二層	上軌道版	穿堂層版	頂版
		H350	H400	2H414	2H400	2H414	2H428	2H458	2H428	2H428	2H428	2.2m	H400	H350	0.9m	0.8m	2m
		KN															
	開挖至1.5m																
1	架第一層撐,開挖至4.5m	-850.0															
2	架第二層撐,開挖至7.8m	-1046.2	-1000.0														
3	架第三層撐,開挖至10.5m	-965.0	-933.3	-2750.0													
4	架第四層撐,開挖至13.5m	-950.2	-938.0	-2838.2	-2100.0												
5	架第五層撐,開挖至16.6m	-928.4	-921.7	-2832.9	-2139.2	-2800.0											
6	架第六層撐,開挖至19.7m	-909.1	-893.4	-2746.6	-2052.0	-2716.4	-3450.0										
7	架第七層撐,開挖至22.9m	-905.8	-896.2	-2778.0	-2111.1	-2846.6	-3675.2	-4600.0									
8	架第八層撐,開挖至26.0m	-913.0	-920.5	-2894.4	-2283.8	-3169.3	-4170.0	-5679.9	-3550.0								
9	架第九層撐,開挖至29.1m	-915.2	-934.8	-2970.2	-2399.3	-3388.4	-4511.9	-6445.4	-4319.9	-2600.0							
10	架第十層撐,開挖至31.65m	-917.4	-939.8	-2991.1	-2427.7	-3438.5	-4588.2	-6620.0	-4505.5	-2871.8	-1800.0						
11	施築底版(2.2m),拆第十層撐	-917.2	-940.3	-2995.0	-2434.3	-3451.4	-4607.8	-6660.9	-4542.0	-2912.3		-333.7					
12	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	-915.8	-943.3	-3017.8	-2471.7	-3522.0	-4710.1	-6860.7	-4704.2			-797.7	-36.7				
13	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	-913.6	-957.1	-3107.5	-2610.5	-3769.3	-5045.1	-7457.5				-1401.8	-99.5	-88.0			
14	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層擯	-921.9	-984.6	-3233.1	-2779.9	-4032.5	-5344.0					-1507.6			-1206.7		
15	施築側牆,拆第六層撐	-961.4	-1059.8	-3510.5	-3112.9	-4485.3						-1451.6			-2032.3		
16	施築穿堂層版,拆第五層撐	-1013.2	-1131.8	-3719.6	-3319.2							-1425.7			-2067.8	-749.2	
17	施築側牆,拆第四層撐	-1129.1	-1273.4	-4074.3								-1407.3			-2009.6	-1323.3	
18	施築頂版,拆第三層撐	-1200.5	-1338.5									-1416.8			-1986.7	-1196.1	-916.2
19	回填,拆第二層撐	-1282.8										-1426.1			-1972.0	-1080.4	-1277.0
20	回填,拆第一層撐											-1442.1			-1948.1	-878.9	-1725.8
	最大軸力(KN)	-1282.8	-1338.5	-4074.3	-3319.2	-4485.3	-5344.0	-7457.5	-4704.2	-2912.3	-1800.0	-1507.6	-99.5	-88.0	-2067.8	-1323.3	-1725.8
	單道型鋼最大軸力(ton)	-128.3	-133.9	-203.7	-166.0	-224.3	-267.2	-372.9	-235.2	-145.6	-90.0		-10.0	-8.8			

表 3: 事故側構築及拆撐各階段連續壁壁體彎矩、剪力分析結果綜整表

		壁頂變位	最大變位	深度	正彎矩	深度	負彎矩	深度	正剪力	深度	負剪力	深度
		mm	mm	m	KN-m	m	KN-m	m	KN	m	KN	m
1	架第一層撐,開挖至4.5m	21.14	21.25	2.75	622.02	11.60	-1162.27	32.00	599.75	33.50	-347.23	31.70
2	架第二層撐,開挖至7.8m	36.58	38.88	6.38	1212.14	7.80	-1454.58	32.15	690.78	34.10	-436.89	31.70
3	架第三層撐,開挖至10.5m	29.45	39.66	11.20	1747.03	11.60	-1709.14	32.30	717.10	34.70	-530.06	31.70
4	架第四層撐,開挖至13.5m	27.86	45.34	12.98	2333.64	12.98	-1619.50	32.30	702.26	34.70	-511.85	31.70
5	架第五層撐,開挖至16.6m	25.92	49.18	15.23	2310.05	15.23	-1437.06	32.30	651.95	34.70	-539.25	19.75
6	架第六層撐,開挖至19.7m	24.43	49.38	17.65	1615.26	17.65	-1149.30	32.30	568.95	34.70	-463.89	31.70
7	架第七層撐,開挖至22.9m	24.05	57.06	21.20	1824.13	21.45	-1057.65	32.30	650.39	19.00	-459.87	31.70
8	架第八層撐,開挖至26.0m	24.37	80.05	25.48	2613.18	24.65	-1293.64	41.78	876.66	19.00	-406.05	15.90
9	架第九層撐,開挖至29.1m	24.35	102.28	27.50	4100.35	27.95	-1780.15	41.78	1006.12	19.00	-725.84	31.70
10	架第十層撐,開挖至31.65m	24.48	109.41	28.58	4172.35	29.30	-1690.11	41.78	1019.21	19.00	-760.85	32.30
11	施築底版(2.2m),拆第十層撐	24.45	110.00	28.40	4328.18	28.58	-1684.61	41.78	1031.87	19.00	-719.43	32.30
12	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	24.26	111.55	27.50	4357.74	27.50	-1657.05	41.78	1123.41	22.20	-933.74	30.40
13	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	23.80	115.10	26.30	4344.72	25.83	-1604.17	41.78	1397.71	19.00	-1288.18	30.40
14	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層撐	24.18	116.26	26.00	4107.36	25.83	-1589.03	41.78	1072.35	20.40	-1325.59	30.40
15	施築側牆,拆第六層撐	26.93	116.38	25.65	3739.46	26.45	-1585.48	41.78	1235.78	20.40	-1256.82	30.40
16	施築穿堂層版,拆第五層撐	30.98	116.21	25.83	3689.53	26.60	-1586.34	41.78	1306.64	20.40	-1236.05	30.40
17	施築側牆,拆第四層撐	40.37	116.01	25.83	3677.61	26.60	-1587.89	41.78	1380.24	20.40	-1223.49	30.40
18	施築頂版,拆第三層撐	46.55	116.03	25.83	3695.42	26.60	-1587.70	41.78	1376.86	20.40	-1230.89	30.40
19	回填,拆第二層撐	53.81	116.07	25.83	3710.52	26.60	-1587.36	41.78	1373.11	20.40	-1237.89	30.40
20	回填,拆第一層撐	69.25	116.13	25.83	3735.97	26.60	-2268.33	9.10	1365.83	20.40	-1249.89	30.40
		(負號往開挖	區外側)									

4.2 事故後之有限元素分析結果

分析事故側之對側,相關之分析條件及參數設定,基本上均採用原分析之資料, 事故側之分析條件及參數設定則依事故後之調查成果及合理假設推估地層情況, 據以修正相關參數;但因事故發生後採用及開挖面下地質改良後之開挖面內降水, 理論及分析結果,其壁體變形量應增加,但實測之結果,其變化量卻甚小於量測 值。因此,事故後之反算分析穩定狀態係設定在事故處理過程之降水完成後,反 算事故後之狀態,包括壁體及支撐系統之受力情形,地層參數之可能變化等等。

為瞭解事故後之壁體及支撐受力情形,以及事故後,採開挖面內緊急注水穩 定後,後續若在無任何補強或應變措施下,如繼續施工(抽水、構築地下結構體 及拆撐等),是否可以順利完成本工程?以下為便於說明,茲將分析模式區分為三 種狀況,即

CASEI:支撐補強(7、8&9)及開挖面下之地質改良(地中壁)

CASEⅡ:支撑補強(7、8&9),但未進行開挖面下之地質改良

CASEⅢ:解析地中壁之作用及其成效,分為部份地質改良及類似版支撐之模擬 (一)CASEI分析結果說明:

由PLAXIS 反算分析結果顯示,鄰第一銀行之擋土連續壁(事故側)及對稱側 (非事故側)之最終開挖壁體變形曲線與實測結果比較如圖7所示;其事故側後 續之各階段壁體變形量曲線整理如圖8所示,連續壁之各階段最大壁體變形、深 度及彎矩、剪力、支撐軸力結果綜整如表4及表5,彎矩分布如圖9;根據分析 結果顯示,事故後各種狀態下之反算分析,由事故發生時至處理過程之抽降水完 成後,連續壁體之最大彎矩可能達600~900t-m/m之間,而分析檢核各深度(連續 壁深度25m、32m&34m內外側均埋設鋼筋計)彎矩值與鋼筋應力實測值及其變化趨 勢相當一致圖10;換言之,推估事故後之連續壁最大受力狀態應已達或接近極限 值,後續若無任何支撐補強及開挖面下之地質改良措施下,壁體之最大彎矩將達 1000t-m/m以上。依理論計算,連續壁將無法承受該應力狀態而發生破壞。



圖 7:事故後連續壁壁體變形量反算分析與實測結果分析比較圖(CASE I)

表 4:事故後事故側構築及拆撐各階段支撐軸力分析結果綜整表(CASE I)

										支撐軸	力									
		第一層	第二層	第三層	第四層	第五層	第六層	第七層	第八層	휢層	第十層	7a層	8a層	9a層	FS版	回撐一層	回撐二層	上軌道版	穿堂層版	脈
		H350	H400	2H414	2H400	2H414	2H428	2H458	2H428	2H428	2H428	2H428	2H414	2H414	2.2m	H400	H350	0.9m	0.8m	2m
		KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN								
1	站區抽水至GL-32.5m	-917.3	-1009.3	-3404.6	-2760.0	-3530.3	-4352.5	-6102.3	-4117.4	-2123.8	-657.2	-234.4	-280.0	-343.7						
2	施築底版(2.2m),拆第十層撐	-917.0	-1008.9	-3403.6	-2759.1	-3529.9	-4353.9	-6110.0	-4129.0	-2142.5		-238.2	-287.7	-357.2	-90.3					
3	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	-913.0	-1005.6	-3400.6	-2764.0	-3553.8	-4409.2	-6264.1	-4295.7			-324.8	-409.2		-396.0	-1000.0				
4	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	-903.8	-1005.7	-3440.2	-2845.3	-3729.3	-4689.5	-6858.6				-688.3			-858.1	-1082.8	-1000.0			
5	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層携	-892.4	-1056.2	-3775.8	-3355.5	-4597.2	-5770.4								-1596.2			-1179.1		
6	施築阋牆,拆第六層撐	-922.8	-1147.7	-4182.6	-3891.3	-5396.2									-1767.7			-1786.5		
7	施築穿堂層版,拆第五層撐	-1010.8	-1287.0	-4635.4	-4384.5										-1781.7			-1986.2	-583.2	
8	施築側牆,拆第四層撐	-1208.7	-1545.3	-5336.6											-1765.4			-2090.2	-1064.1	
9	施築頂版,拆第三層撐	-1352.5	-1687.3												-1757.7			-2059.9	-1043.0	-1040.0
10	回填,拆第二、一層撐														-1751.8			-1976.8	-885.5	-1850.5
	最大軸力(KN)	-1352.5	-1687.3	-5336.6	-4384.5	-5396.2	-5770.4	-6858.6	-4295.7	-2142.5	-657.2	-688.3	-409.2	-357.2	-1781.7	-1082.8	-1000.0	-2090.2	-1064.1	-1850.5
	單道型鋼最大軸力(ton)	-135.2	-168.7	-266.8	-219.2	-269.8	-288.5	-342.9	-214.8	-107.1	-32.9	-34.4	-20.5	-17.9		-108.3	-100.0			

表 5:事故後事故側構築及拆撐各階段連續壁壁體彎矩、剪力分析結果綜整表(CASE I)

		壁頂變位	最大變位	深度	正彎矩	深度	負彎矩	深度	正剪力	深度	負剪力	深度
		mm	mm	m	KN-m	m	KN-m	m	KN	m	KN	m
1	站區抽水至GL-32.5m	29.70	248.52	28.58	8909.48	29.95	-4471.00	42.85	1362.74	22.20	-1609.48	34.70
2	施築底版(2.2m),拆第十層撐	29.68	248.90	28.58	8938.49	29.50	-4475.74	42.85	1374.85	22.20	-1607.10	34.70
3	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	29.34	250.76	28.40	8690.49	29.10	-4470.12	42.85	1654.26	22.20	-1551.58	34.70
4	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	28.40	254.35	27.95	8193.67	28.40	-4451.32	42.85	1822.93	19.00	-1431.84	34.70
5	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層撐	26.37	262.23	26.60	7748.00	26.60	-4420.60	42.85	1361.11	20.40	-1376.31	40.70
6	施築側牆,拆第六層撐	27.91	265.47	26.00	7311.05	26.60	-4408.85	42.85	1356.06	20.40	-1368.05	40.70
7	施築穿堂層版,拆第五層撐	34.51	266.19	25.83	7082.16	26.60	-4404.24	42.85	1429.13	20.40	-1368.55	40.70
8	施築側牆,拆第四層撐	50.27	266.30	25.83	6938.55	27.05	-4402.14	42.85	1540.98	20.40	-1372.15	40.70
9	施築頂版,拆第三層撐	62.50	266.10	25.83	6964.27	27.05	-4403.62	42.85	1563.21	20.40	-1374.44	40.70
10	回填,拆第二、一層撐	98.68	265.73	26.00	7052.21	27.05	-4407.76	42.85	1582.23	20.40	-1378.77	40.70
		(負號往開挖	區外側)									





圖 8:事故後後續施工過程各階段之連續 壁壁體變形量分布圖(CASE I)





圖 8:事故後後續施工過程各階段之連續 壁壁體變形量分布圖(CASE I)(續)



依據事故後之反算分析結果,假設僅施作支撐補強措施,而不進行開挖面下 之地質改良,據此分析後續之施工狀態,各階段壁體變形量曲線整理如圖 11,連 續壁之各階段最大壁體變形、深度及彎矩、剪力結果綜整如表 6 及表 7,彎矩分 布如圖 12;分析結果顯示,開挖面下未進行地質改良的結果,連續壁極可能無法 負荷可能產生之最大彎矩。



圖 11:事故後後續施工之壁體各 階段變形曲線分布圖(CASE Ⅱ)



圖 11:事故後後續施工之壁體各階段變 形曲線分布圖(CASE Ⅱ)(續)

表 6:事故後事故側構築及拆撐各階段支撐軸力分析結果綜整表(CASE Ⅱ)

										支撐軸	力									
		第一層	第二層	第三層	第四層	第五層	第六層	第七層	第八層	第九層	第十層	7a層	8a層	9a層	FS版	回撐一層	回撐二層	上軌道版	穿堂層版	頭
		H350	H400	2H414	2H400	2H414	2H428	2H458	2H428	2H428	2H428	2H428	2H414	2H414	2.2m	H400	H350	0.9m	0.8m	2m
		KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN									
1	站區抽水至GL-32.5m	-917.0	-1012.0	-3423.0	-2791.0	-3593.2	-4453.8	-6329.1	-4341.6	-2426.7	-1060.5	-221.5	-222.5	-200.0						
2	施築底版(2.2m),拆第十層撐	-918.3	-1012.0	-3417.5	-2781.5	-3579.6	-4448.2	-6367.6	-4443.4	-2652.2		-233.9	-281.9	-347.3						
3	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	-917.8	-1011.3	-3415.5	-2779.7	-3578.8	-4451.3	-6384.1	-4468.6			-241.9	-298.5		-210.4					
4	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	-913.1	-1007.3	-3411.5	-2785.0	-3606.5	-4516.6	-6568.2				-345.1			-576.5	-1000.0				
5	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層携	-900.8	-1005.4	-3451.9	-2872.7	-3799.6	-4827.1								-1054.0			0.0		
6	施築側牆,拆第六層撐	-881.2	-1052.1	-3798.5	-3412.3	-4727.8									-1815.1			-1274.7		
7	施築穿堂層版,拆第五層撐	-909.5	-1144.5	-4217.2	-3966.5										-1973.3			-1902.7	0.0	
8	施築側牆,拆第四層撐	-999.7	-1287.6	-4682.9											-1986.8			-2107.6	-599.3	
9	施築頂版,拆第三層撐	-1201.4	-1551.1												-1974.8			-2213.6	-1089.5	0.0
10	回填,拆第二、一層撐														-1970.5			-2182.8	-1068.2	-1051.8
	最大軸力(KN)	-1201.4	-1551.1	-4682.9	-3966.5	-4727.8	-4827.1	-6568.2	-4468.6	-2652.2	-1060.5	-345.1	-298.5	-347.3	-1986.8	-1000.0	0.0	-2213.6	-1089.5	-1051.8
	單道型鋼最大軸力(ton)	-120.1	-155.1	-234.1	-198.3	-236.4	-241.4	-328.4	-223.4	-132.6	-53.0	-17.3	-14.9	-17.4		-100.0	0.0			





		壁頂變位	最大變位	深度	正彎矩	深度	負彎矩	深度	正剪力	深度	負剪力	深度
		mm	mm	m	KN-m	m	KN-m	m	KN	m	KN	m
1	站區抽水至GL32.5m	29.63	256.68	28.93	8932.16	30.73	-5280.00	42.85	1373.99	22.20	-1951.69	40.70
2	施築底版(2.2m),拆第十層撐	29.77	264.91	29.50	9459.63	31.05	-5475.71	42.85	1435.70	25.30	-2157.14	40.70
3	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	29.73	265.64	29.40	9379.44	31.05	-5484.69	42.85	1503.52	25.30	-2152.02	40.70
4	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	29.32	267.39	29.10	8904.27	29.40	-5469.21	42.85	1747.91	22.20	-2119.62	40.70
5	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層撐	28.10	270.50	28.40	8303.87	28.75	-5429.96	42.85	1902.96	19.00	-2063.99	40.70
6	施築側牆,拆第六層撐	25.30	277.50	27.05	7810.58	27.05	-5382.90	42.85	1436.39	20.40	-1972.22	40.70
7	施築穿堂層版,拆第五層撐	26.61	280.29	26.60	7375.43	27.05	-5358.27	42.85	1435.06	20.40	-1943.04	40.70
8	施築側牆,拆第四層撐	33.36	280.89	26.60	7161.62	27.05	-5351.79	42.85	1511.50	20.40	-1939.47	40.70
9	施築頂版,拆第三層撐	49.43	280.94	26.60	7014.43	27.50	-5350.49	42.85	1625.71	20.40	-1941.96	40.70
10	回填,拆第二、一層撐	61.79	280.78	26.60	7039.09	27.50	-5352.74	42.85	1647.99	20.40	-1944.28	40.70
		(負號往開挖	區外側)									

表7、事故後事故側構築及拆撐各階段連續壁壁體彎矩、剪力分析結果綜整表(CASEⅡ)

(三)CASEⅢ分析結果說明:

事故後,採開挖面內緊急注水穩定後,除加強支撐穩定性外,主要之補強措施,包括分別於7、8&9 道支撐上方加設一道支撐,以及在開挖面下 (GL.-34.65m~GL.-37.65m)進行地中壁施作(採 Superjet MIDI 工法),為了解 該地中壁施作之作用及其成效,分別對只做事故側部分之地質改良(厚度不變) 及模擬地質改良強度達混凝土強度時可能產生之變化探討,經由監測系統實測結 果比對,藉以評估及了解地質改良之地中壁之實際作用為何?茲說明如下: (1)事故側部分之地質改良(厚度不變)分析結果(CASEIII-1):依據事故後之反 算分析結果,假設施作支撐補強措施外,開挖面下之地質改良僅於事故側進行 (厚度不變),據此分析後續之施工狀態,各階段壁體變形量曲線整理如圖13, 連續壁之各階段最大壁體變形、深度及彎矩、剪力結果綜整如表8及表9,彎 矩分布如圖14;分析結果顯示,開挖面下進行部份地質改良的結果,其與地中 壁之效果比較,連續壁所受之彎矩如圖4-15。

表8、事故後事故側構築及拆撐各階段支撐軸力分析結果綜整表(CASEⅢ-1)

										支撐軸	力									
		第一層	第二回 第二回	第二層	第四層	第五層	第六層	第七層	第八層	第九層	第十層	7a層	8a層	9a層	FS版	回撐一層	回撐二層	上軌道版	穿堂層版	頂版
		H350	H400	2H414	2H400	2H414	2H428	2H458	2H428	2H428	2H428	2H428	2H414	2H414	2.2m	H400	H350	0.9m	0.8m	2m
		KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
1	站區抽水至GL-32.5m	-915.7	-1008.6	-3406.9	-2766.2	-3545.4	-4379.7	-6170.4	-4194.3	-2242.5	-831.1	-229.4	-274.3	-335.6						
2	施築底版(2.2m),拆第十層撐	-915.4	-1008.2	-3405.6	-2765.2	-3545.0	-4381.4	-6179.9	-4208.8	-2265.9		-234.0	-283.8	-352.5	-121.5					
3	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	-911.4	-1004.7	-3402.4	-2770.0	-3569.3	-4438.1	-6338.3	-4380.5			-323.0	-409.0		-437.4	-1000.0				
4	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	-901.9	-1004.8	-3442.6	-2852.5	-3747.4	-4722.7	-6942.2				-692.3			-899.6	-1084.3	-1000.0			
5	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層撐	-889.5	-1054.9	-3780.2	-3367.1	-4623.7	-5814.0								-1630.9			-1189.9		
6	施築側牆,拆第六層撐	-919.9	-1146.9	-4189.8	-3906.8	-5428.4									-1801.0			-1801.3		
7	施築穿堂層版,拆第五層撐	-1008.7	-1287.3	-4645.7	-4403.1										-1816.0			-2001.8	-586.3	
8	施築側牆,拆第四層撐	-1207.4	-1546.8	-5350.0											-1801.5			-2106.2	-1069.1	
9	施築頂版,拆第三層撐	-1351.6	-1689.2												-1794.6			-2075.8	-1048.0	-1042.6
10	回填,拆第二、一層撐														-1790.1			-1992.8	-890.5	-1853.2
	最大軸力(KN)	-1351.6	-1689.2	-5350.0	-4403.1	-5428.4	-5814.0	-6942.2	-4380.5	-2265.9	-831.1	-692.3	-409.0	-352.5	-1816.0	-1084.3	-1000.0	-2106.2	-1069.1	-1853.2
	單道型鋼最大軸力(ton)	-135.2	-168.9	-267.5	-220.2	-271.4	-290.7	-347.1	-219.0	-113.3	-41.6	-34.6	-20.4	-17.6		-108.4	-100.0			

表9、事故後事故側構築及拆撐各階段連續壁壁體彎矩、剪力分析結果綜整表(CASEⅢ-1)

		壁頂變位	最大變位	深度	正彎矩	深度	負彎矩	深度	正剪力	深度	負剪力	深度
		mm	mm	m	KN-m	m	KN-m	m	KN	m	KN	m
1	站區抽水至GL-32.5m	29.56	252.03	28.75	8891.66	30.18	-4434.56	42.85	1364.15	22.20	-1581.25	40.70
2	施築底版(2.2m),拆第十層撐	29.54	252.50	28.75	8905.04	29.73	-4440.55	42.85	1378.85	22.20	-1578.93	40.70
3	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	29.18	254.32	28.58	8645.47	29.10	-4433.61	42.85	1665.92	22.20	-1561.77	40.70
4	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	28.22	257.81	27.95	8143.13	28.40	-4410.70	42.85	1834.24	19.00	-1533.06	40.70
5	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層撐	26.10	265.32	26.60	7694.32	27.05	-4373.60	42.85	1366.51	20.40	-1486.17	40.70
6	施築側牆,拆第六層撐	27.63	268.47	26.15	7258.40	26.60	-4359.41	42.85	1362.13	20.40	-1474.36	40.70
7	施築穿堂層版,拆第五層撐	34.28	269.16	26.15	7032.61	27.05	-4354.13	42.85	1435.80	20.40	-1474.24	40.70
8	施築側牆,拆第四層撐	50.12	269.25	26.00	6887.58	27.05	-4352.07	42.85	1548.17	20.40	-1477.69	40.70
9	施築頂版,拆第三層撐	62.38	269.06	26.00	6912.76	27.05	-4353.62	42.85	1570.43	20.40	-1479.77	40.70
10	回填,拆第二、一層撐	98.54	268.71	26.15	6999.90	27.05	-4357.33	42.85	1589.42	20.40	-1482.88	40.70
		(負號往開挖	區外側)									



圖 13、事故後後續施工之壁體 各階段變形曲線圖



圖 13、事故後後續施工之壁體各階 段彎矩分布圖(CASEⅢ-1)



圖 13、事故後後續施工之壁體各階段變 形曲線圖 (CASEⅢ-1) (續)



圖 13、事故後後續施工之壁體各階段 彎矩分布圖 (CASEⅢ-1) (續)



圖 14、CASE Ⅱ & CASE Ⅲ-1 之壁體開 挖階段彎矩分布比較圖



圖 15、事故後後續施工之壁體各 階段變形曲線圖



圖 4.16、事故後後續施工之壁體各階 段變形曲線圖(CASEⅢ-2)(續)

圖 17、事故後後續施工之壁體各階段彎矩分布 圖(CASEⅢ-2)

(2)模擬地質改良強度達混凝土強度時分析結果(CASEIII-2):依據事故後之反算 分析結果,施作支撐補強措施及開挖面下之地質改良,且假設地質改良強度達 一完全混凝土版之抗壓強度,據此分析後續之施工狀態,各階段壁體變形量曲 線整理如圖 16,連續壁之各階段最大壁體變形、深度及彎矩、剪力結果綜整如 表 10 及表 11,彎矩分布如圖 17;分析結果顯示,如開挖面下之地質改良強度 達類似混凝土版之支撐抗壓強度,因開挖面下形成一有效之支撐,則隨地下結 構體構築及拆撐階段,連續壁所受最大彎矩極易反應於開挖面上,換言之,位 於開挖面上之連續壁體鋼筋應力將隨拆撐而急速增加,然此與實測之結果不相 符合,如圖 18 所示。



表10、事故後事故側構築及拆撐各階段支撐軸力分析結果綜整表(CASEⅢ-2)

Image: Second											文 伊粗	Л									
三 日初0 日400 2H414 2H402 2H428 2H428 2H428 2H428 2H428 2H428 2H448 2H444 2L144			第一層	第二層	第三層	第四層	第五層	第六層	第七層	第八層	휢層	第十層	7a層	8a層	9a層	FS版	回撐一層	回榜二層	上軌道版	穿堂層版	脈
N NN NN<			H350	H400	2H414	2H400	2H414	2H428	2H458	2H428	2H428	2H428	2H428	2H414	2H414	2.2m	H400	H350	0.9m	0.8m	2m
回加水管(L-325m) 914.6 -1008.4 -3408.3 -27652 -352.6.4 4309.6 -590.3 -3787.4 -151.0 -105.4 -211.6 -235.6 U			KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN								
1 超温林天笠仏-32.5m -914.6 -1008.4 -3408.3 -2765.2 -3526.4 4309.6 -590.3 -379.5 -1519.1 302.0 -195.4 -211.6 -235.6 U																					
2 主要展示(2.2m)・折第十層線 -914.8 -1008.5 -3408.8 -2765.6 -352.6.6 4309.0 -5897.0 -3787.4 -1510.8 -193.8 -208.2 -229.6 45.2	1	站區抽水至GL-32.5m	-914.6	-1008.4	-3408.3	-2765.2	-3526.4	-4309.6	-5900.3	-3792.5	-1519.1	302.0	-195.4	-211.6	-235.6						
3) 読柔陽譜、架回操一、折索九層漆 -912.4 -100.6 -3407.3 -2769.0 -3541.7 4343.0 -599.0.3 -3886.9 -246.5 -281.2 -115.7 -1000.0 Image: Constraint of the symbolic of the sym	2	施築底版(2.2m),拆第十層撐	-914.8	-1008.5	-3408.8	-2765.6	-3526.6	-4309.0	-5897.0	-3787.4	-1510.8		-193.8	-208.2	-229.6	45.2					
4 主菜組織、架回操二、折茶八層漆 -904.9 -1006.6 -343.8 -2834.1 -368.6 4568.4 -6469.0 -539.1 444.6 -1066.6 -1000.0 -155.1 -005.6 -1058.7 -3745.8 -3289.7 4452.3 -5528.8 -1151.1 -1050.6 -1089.1 -106.6 -1089.1 -1051.1 -1051.1 -1051.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1 -1081.1	3	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	-912.4	-1006.6	-3407.3	-2769.0	-3541.7	-4343.0	-5990.3	-3886.9			-246.5	-281.2		-115.7	-1000.0				
5 誕菜上前道屬板:折扫樓二、第七幅積 -903.0 -105.1 -105	4	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	-904.9	-1006.6	-3438.9	-2834.1	-3682.6	-4568.4	-6469.0				-539.1			-484.6	-1066.6	-1000.0			
6 主菜饅醬、拆第六層線 -930.0 -1144.4 -4134.3 -3804.2 -5221.7 -1303.0 -1644.0 - 7 蔬菜穿雪腦、拆第五層線 -1015.5 -1279.5 -4572.8 -281.7 -131.37 -1837.7 -566.2 8 蔬菜碗鹽、拆第三層線 -1208.7 -1531.9 -528.5 - - -1295.1 -1999.1 -1037.3 9 蔬菜原鹽、拆第三層線 -130.7 -1672.1 -	5	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層携	-903.6	-1058.7	-3745.8	-3289.7	-4452.3	-5528.8								-1151.1			-1059.1		
7 蔬菜穿雪服板, 折菜五屬摔 -10155 -12795 -4572.8 4281.9 -1313.7 -1837.7 -566.2 8 蔬菜碗罐, 折菜三屬摔 -1208.7 -1531.9 -525.85 -1295.1 -1999.1 -1037.3 9 蔬菜碗罐, 折菜三屬摔 -1350.7 -1672.1 -1672.1 -1285.4 -1909.0 -1016.3 -101.0 10 回媽, 折菜二、一屬摔 -1275.1 -1852.2 -857.1 -18	6	施築側牆,拆第六層撐	-930.0	-1144.4	-4134.3	-3804.2	-5221.7									-1303.0			-1644.0		
8 議業機構・折第四編練 -1208.7 -1531.9 -5258.5 -1295.1 -1999.1 -1097.3 9 議業限版・折第三編排 -1350.7 -1672.1 -1285.4 -1999.0 -1016.3 -100 10 回填・折第二 〜 層排 -1275.1 -1852.2 -857.1 -18 -1285.4 -1999.0 -1016.3 -100	1	施築穿堂層版,拆第五層撐	-1015.5	-1279.5	-4572.8	-4281.9										-1313.7			-1837.7	-566.2	
9 施薬原販・折第三層線 -1350.7 -1672.1 -1285.4 -1909.0 -1016.3 -10 10 回媒・折第二、一層線 -1275.1 -1825.2 -857.1 -18	8	施築側牆,拆第四層撐	-1208.7	-1531.9	-5258.5											-1295.1			-1939.1	-1037.3	
10 回旗, 拆完, 一層操 1275.1 1825.2 457.1 18	9	施築頂版,拆第三層撐	-1350.7	-1672.1												-1285.4			-1909.0	-1016.3	-1025.1
	10	回填,拆第二、一層撐														-1275.1			-1825.2	-857.1	-1838.6
─ 嵌大軸刀(KN) -1350.7 -1672.1 -5258.5 -4281.9 -5221.7 -5528.8 -6469.0 -3886.9 -1519.1 302.0 -539.1 -281.2 -235.6 -1313.7 -1066.6 -1000.0 -1939.1 -1037.3 -18		最大軸力(KN)	-1350.7	-1672.1	-5258.5	-4281.9	-5221.7	-5528.8	-6469.0	-3886.9	-1519.1	302.0	-539.1	-281.2	-235.6	-1313.7	-1066.6	-1000.0	-1939.1	-1037.3	-1838.6
■ 單遊望鏡是大軸力(ton) -135.1 -167.2 -262.9 -214.1 -261.1 -276.4 -323.4 -194.3 -76.0 15.1 -27.0 -14.1 -11.8 -106.7 -100.0		單道型鋼最大軸力(ton)	-135.1	-167.2	-262.9	-214.1	-261.1	-276.4	-323.4	-194.3	-76.0	15.1	-27.0	-14.1	-11.8		-106.7	-100.0			

表11、事故後事故側構築及拆撐各階段連續壁壁體彎矩、剪力分析結果綜整表(CASEⅢ-2)

		壁頂變位	最大變位	深度	正彎矩	深度	負彎矩	深度	正剪力	深度	負剪力	深度
		mm	mm	m	KN-m	m	KN-m	m	KN	m	KN	m
1	站區抽水至GL-32.5m	29.45	230.71	27.50	8420.39	28.75	-3149.98	43.93	1320.71	22.20	-2523.19	34.70
2	施築底版(2.2m),拆第十層撐	29.46	230.53	27.50	8370.85	28.75	-3149.30	43.93	1315.57	22.20	-2524.77	34.70
3	施築側牆、架回撐一,拆第九層撐	29.25	231.88	27.05	8286.97	28.58	-3145.47	43.93	1485.52	22.20	-2494.70	34.70
4	施築側牆、架回撐二,拆第八層撐	28.49	235.79	26.60	8005.92	27.95	-3131.92	43.93	1697.68	19.00	-2401.81	34.70
5	施築上軌道層版,拆回撐一、二、第七層撐	27.47	244.74	25.65	7800.12	26.45	-3103.33	43.93	1275.40	20.40	-2215.55	34.70
6	施築側牆,拆第六層撐	28.70	248.64	25.08	7351.98	26.30	-3091.88	43.93	1264.15	20.40	-2132.84	34.70
7	施築穿堂層版,拆第五層撐	35.11	249.58	24.83	7114.82	26.45	-3088.18	43.93	1332.81	20.40	-2116.13	34.70
8	施築側牆,拆第四層撐	50.50	249.80	24.83	6947.58	26.60	-3086.86	43.93	1440.75	20.40	-2115.99	34.70
9	施築頂版,拆第三層撐	62.58	249.54	24.83	6971.81	26.60	-3088.34	43.93	1462.61	20.40	-2123.37	34.70
10	回填,拆第二、一層撐	99.06	249.03	25.00	7065.31	26.60	-3092.41	43.93	1481.89	20.40	-2137.17	34.70
		(負號往開挖	區外側)									

五、結論

有關事故後採用地質改良方式,於開挖面下進行高壓灌漿,灌漿改良規劃設 計係以地中壁方式模擬計算;而由於事故側之對側連續壁,壁體變形及鋼筋應力 變化幅度並不大,因此對於地中壁設計之考量,應予適度之探討。本研究針對開 挖面下之地質改良範圍及數值分析時對改良體採用事故側部分改良方式及地中壁 以類似厚混凝土版結構強度予以模擬分析,以探究地質改良之合理模式。茲將研 究之結論說明如下:

(1)根據分析結果顯示,地質改良範圍僅限於事故側足夠之被動土壓範圍內時,其 分析之結果與採用地中壁之模擬方式差異相當有限,故以地質改良形成地中壁之 效果與地質改良模擬之結果有異曲同工之行為。如果以改良強度作為變數,即改 良體形成類似混凝土支撐強度,模擬分析其結果,與實際監測壁體應力之行為不 符;反之,其強度愈弱,即視為地質改良體時,與實際之工程行為較為相似。
(2)依據 PLAXIS 分析結果顯示,本案地中樑合理施工範圍不得低於 15m,其目的

(3)依據 PLAXIS 分析,推估事故後之連續壁最大受力狀態應已達或接近極限值, 後續若無任何支撑補強及開挖面下之地質改良措施下,壁體之最大彎矩將達 1000t-m/m 以上。依理論計算,連續壁將無法承受該應力狀態而發生破壞。因此 第7~9支撐之施作補強支撐,其目的係加固已受力較大之水平支撐。

係增加被動土壓避免後續災害修復工程進行時導致連續壁破壞。

六、参考文獻

- 1. PLAXIS_V8 相關參考文件(含 GeneralInformationV8、 MaterialModelsManualV8、 ReferenceManualV8、 ScientificManualV8、TutorialManualV8&ValidationManualV8)
- 2. SIN-MIN WOO 、 ZA-CHIEH MOH , GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF SOILS IN THE TAIPEI BASIN , 1990
- 趙基盛、陳福勝(1983),『標準貫入試驗在基礎設計之應用』,地工 技術,第三期,第63~74頁。
- 4. 謝旭昇、王崑瑞(1997),『地下室開挖地下水之處理』,地工技術, 第六十三期,第5~14頁。
- 5. 闕河淵、黃南輝、郭金源(1997),『台北盆地地下水位分佈與施工 降水影響之探討』,地工技術,第六十三期,第23~32頁。
- 6. 冀樹勇、陳錦清、王建智(1999),『RIDO 程式之最佳化土層參數之 探討』, 地工技術, 第七十五期, 第 61~76 頁。
- 7. 台灣省大地技師公會(2006),『台北捷運蘆洲線CL802標民國94年9月
 8日連續壁滲水意外事故原因調查鑑定報告書』。