

雙道連續壁開挖側向土壓變化之探討
**LATERAL EARTH PRESSURES ON PARALLEL
TWIN WALLS IN STEPPED EXCAVATION**

陳伯興，李健榮，王復國
B. C. Chen, C. J. Lee and F. G. Wang

原著載於第七屆大地工程學術研究討論會
1997年8月28~30日，第一冊，第585~592頁

*Reprinted from Proceedings of 7th Conference on Current
Researched in Geotechnical Engineering
Chinshan, Taiwan
August 28~30, 1997, Vol. 1, pp.585~592*

雙道連續壁開挖側向土壓變化之探討

陳伯興

李健榮 王復國

台北市政府捷運局東區工程處

亞新工程顧問公司

摘要

本文根據台北捷運南港線中山學園通廊於開挖施工期間，藉由雙道連續壁內監測儀器土/水壓計之量測結果，顯示外道連續壁內側土壤可能於開挖中間區域時呈主動狀態，研判應係雙道連續壁間土壤有往開挖區移動趨勢所致；另針對本案例，在外道連續壁主動側側向位移達40至50mm間，土壤主動土壓力始能完全發揮，而被動側位移量則約於50至60mm時，被動土壓力才達到極值。

一、前言

深開挖工程中側向土壓之估計及模擬一直為擋土及支撐系統設計者急欲掌握之課題，為達到該目的一般除了採用地質調查試驗參數與土壤力學相關理論或國外經驗公式推導外，實有賴施工期間完整監測資料之回饋驗證。而目前一般回饋案例大都著重於傳統單道連續開挖模式，如因基地開挖深度不一，為配合階梯式開挖而採雙道連續壁設計案例則甚為少見。

本文係為介紹台北捷運南港線中山學園通廊之施工案例，中山學園通廊為國父紀念館與中山學園(松山菸廠用地)間穿越忠孝東路之地下通道，捷運隧道穿越其下方因而有雙道連續壁之設計，中山學

園通廊開挖寬度與深度分別為36.2公尺及11.1公尺，而捷運隧道則分別為21.5公尺及17.8公尺，本文將根據施工期間安裝於雙道連續壁內土/水壓計之監測資料，詳細說明該區域側向土壓隨開挖施工變化情形，並與傳統單道連續壁反應行為之差異性進行探討，期能對後續擋土支撐系統設計工作者有所助益。

二、工程概述

2.1 基地概況

如前言所述，本案工程位於國父紀念館與中山學園(松山菸廠用地)間忠孝東路上。其下方則為南港線 CN256標潛盾隧道。本工區長約83公尺，寬約38公尺，採明挖覆蓋順打工法施工，南北兩側開挖深度較淺約11.2公尺，中間區域較深，最終開挖深度為17.8公尺，採階梯式開挖，而地下擋土結構東西端因考量潛盾機到達與發進需求，採1公尺厚35公尺深之連續壁，南北兩側則各包含兩道0.8公尺及0.6公尺厚連續壁，其深度分別為26公尺及27公尺(詳圖 1及圖 2所示)。工區開挖作業分為七階段開挖及五層支撐架設，支撐間距約4公尺，每階段開挖於上層支撐架設預壓後進行[1]。

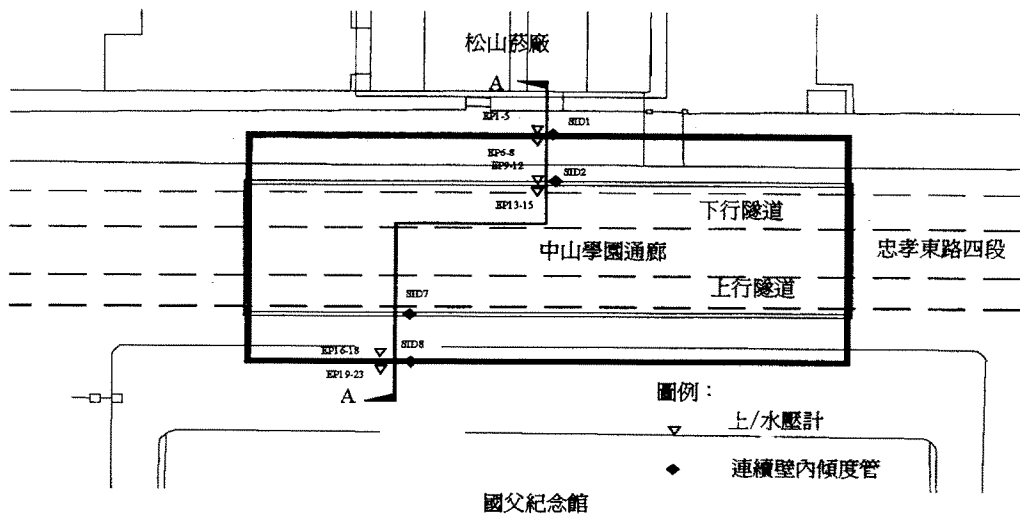


圖 1 工區平面位置及監測儀器配置圖

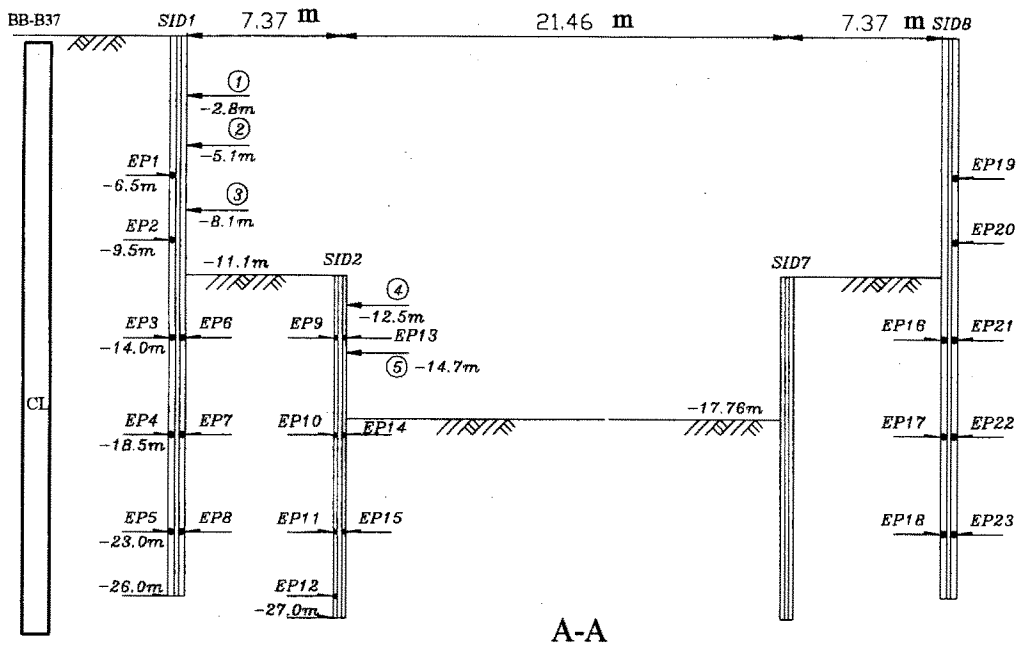


圖 2 工區監測儀器安裝位置剖面圖

2.2 土層概況

本基地位於台北盆地之K1區，屬典型之松山層，其中松六層厚度有12公尺，土壤性質具低塑性 (I_p 約13%)且非常軟弱。於此區域之松五層業已尖滅不復見，而松四層則為粉質粘土厚度約20公尺。松三層由粉質砂組成，厚度約4公尺，松二層則為中等至堅實稠度之粉質粘土，厚度為6公尺，其與松三層之界面並不明顯。松一層則為薄層之粘土質緊

密砂土，厚度僅為1.5公尺。底下則屬景美礫石層 [2]。

三、監測儀器配置情形

本案例在施工區中共裝設了23組土/水壓計，以瞭解開挖過程中各側土、水壓反應行為，其分別位於3個連續壁單元內(包括兩個外道連續壁及1個內道

連續壁)，安裝深度於地表下6.5公尺、9.5公尺、14公尺、18.5公尺、23公尺、26公尺等深度，另有3支壁內傾度管配合監測作業，安裝深度與該單元連續壁一致，即26公尺及27公尺深。有關監測儀器配置平面及剖面圖，可參考圖1及圖2所示。施工中不可避免的，仍有部份監測儀器遭受損壞，尤其於內道連續壁處更為顯著，甚而有一開挖即功能喪失情形，殊為可惜，茲將施工過程中之量測結果整理於后。

四、觀測結果與討論

4.1 作用於壁體之土壓力

一般土壓力係數計算係由有效側向土壓 σ'_h 與有效垂直向壓力 σ'_v 之比值求得，其中 σ'_h 等於該深度土壓計量得之總土壓力(σ_h)扣除該深度水壓值(u)，而 σ'_v 則經由計算該深度覆土載重(即該深度土壤單位重乘以覆土深度)(γH)扣除該深度測得水壓值(u)而得。今假定上述比值為R值，採用傳統單道連續壁視開挖側區域為被動側，背側區域為主動側之劃分方式，而 R_a 表主動土壓力係數、 R_p 表被動土壓力係數，茲依據本工區內、外雙道共23組土/水壓計量測結果求得其R值，列表如表1所示，其中開挖前土壓力係數 R_o 值分佈範圍在0.6至1.9間，與理論值公式 $1-\sin\phi$ 之約0.4至0.6間比較，相對偏高，此可能與安裝時千斤頂施壓過高導致接觸應力超出過高有關，但在開挖過程中，各深度土壓計之主、被動反應趨勢仍相當明顯，由於安裝於淺層之儀器較易受支撐預壓影響，反應較為複雜，今以較深層之儀器編號EP4、EP7(外道連續壁)及EP11、15(內道連續壁)為例進行說明。圖3至圖4為EP4及EP7之量測值與開挖時程關係圖，其中圖4顯示隨開挖愈深，內側土壓呈被動狀態，其 R_p 值由1.2上升至13.7，但在內道連續壁開挖側進行開挖時， R_p 值即逐漸減少轉為主動狀態，研判應係雙道連續壁間土壤往開挖區移動所致，另安裝於內道連續壁外側、內側之EP11及EP15(圖5、6)則隨開挖過程分別呈主動及被動趨勢，與傳統單道連續壁反應行為一致。

表1 土/水壓計裝設資料及 R_a 與 R_p 極值一覽表

土/水壓計編號, EP	內/外道連續壁	主/被動側	安裝深度	開挖前 R_o	R_a	R_p	ϕ'
1	外	主	-6.5	1.35	1.0		30
2	外	主	-9.5	1.6	0.6		30
3	外	主	-14	1.38	0.7		32
4	外	主	-18.5	1.15	0.52		27
5	外	主	-12	1.28	0.82		27
6	外	被	-14	1.4		—	32
7	外	被	-18.5	1.2		13.7	27
8	外	被	-23	1.3		2.53	27
9	內	主	-14	1.5	1.35		32
10	內	主	-18.5	1.3	1.17		27
11	內	主	-23	0.56	0.56		27
12	內	主	-26	1.59	—		32
13	內	被	-14	1.89		—	32
14	內	被	-18.5	1.3		3.65	27
15	內	被	-23	1.4		5.21	27
16	外	被	-14	0.7		1.72	32
17	外	被	-18.5	0.8		2.95	27
18	外	被	-23	1.0		2.67	27
19	外	主	-6.5	0.9	0.64		30
20	外	主	-9.5	1.0	0.48		30
21	外	主	-14	1.34	0.71		32
22	外	主	-18.5	0.7	0.46		27
23	外	主	-23	0.9	0.58		27

另不同開挖階段作用於連續壁體之總土壓力分繪於圖7至圖8中。首先以外道連續壁處之圖7為例，最終開挖面以上之主動側土壓力未隨開挖深度增加逐漸降低，研判應係支撐預壓效果使壁體產生束制作用，甚而有往外側增加趨勢，而開挖面下土壓則明顯隨開挖深度漸增而減少，顯示壁體側向位移造成主動側土壤側向解壓之效果顯著。而被動側土壓力之量測值亦隨著開挖深度增加而減少，其主要原因應係覆土載重解壓之故。另，內道連續壁處

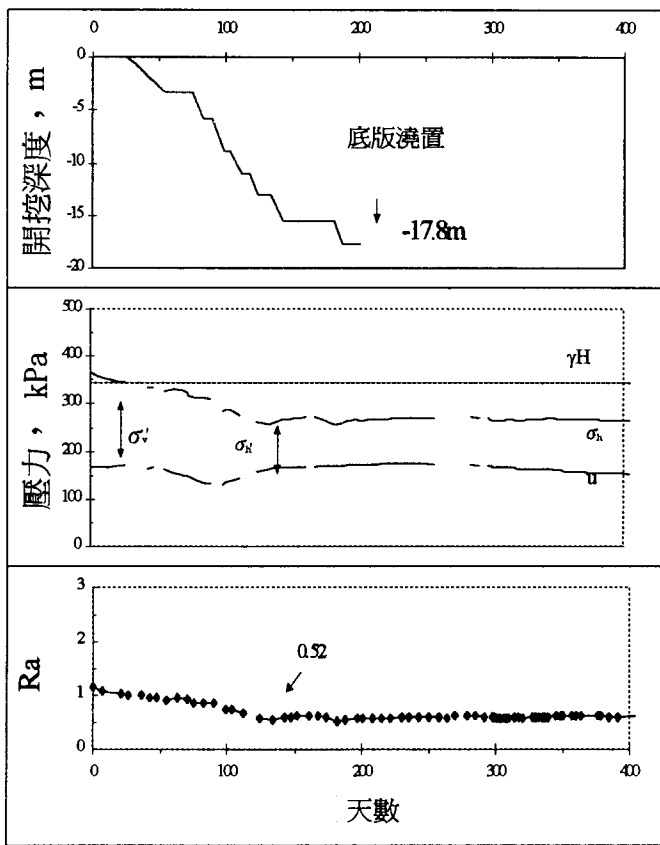


圖 3 土壓計 EP4 量測值與開挖時程關係
(外道連續壁主動側深度-18.5m處)

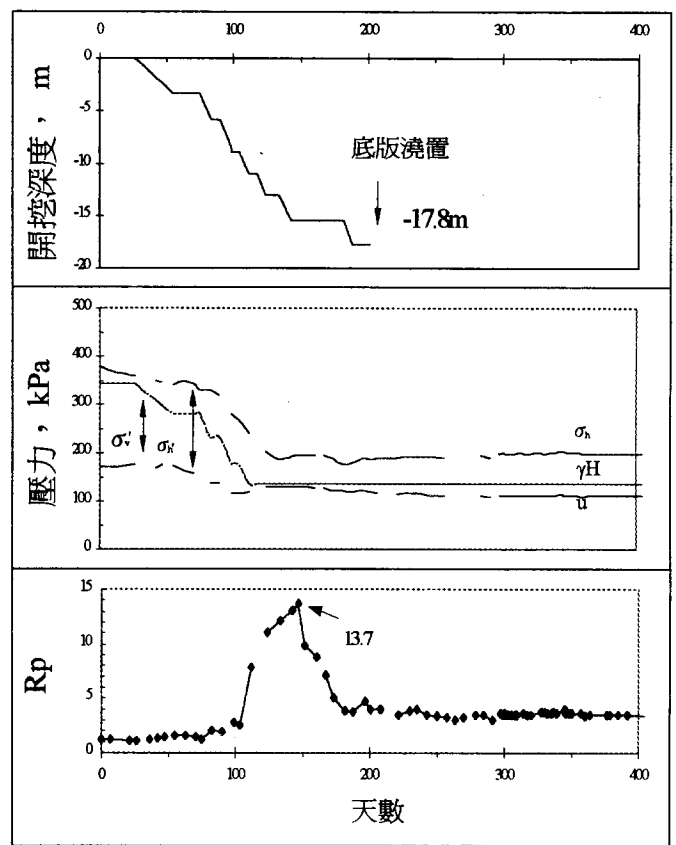


圖 4 土壓計 EP7 量測值與開挖時程關係
(外道連續壁被動側深度-18.5m處)

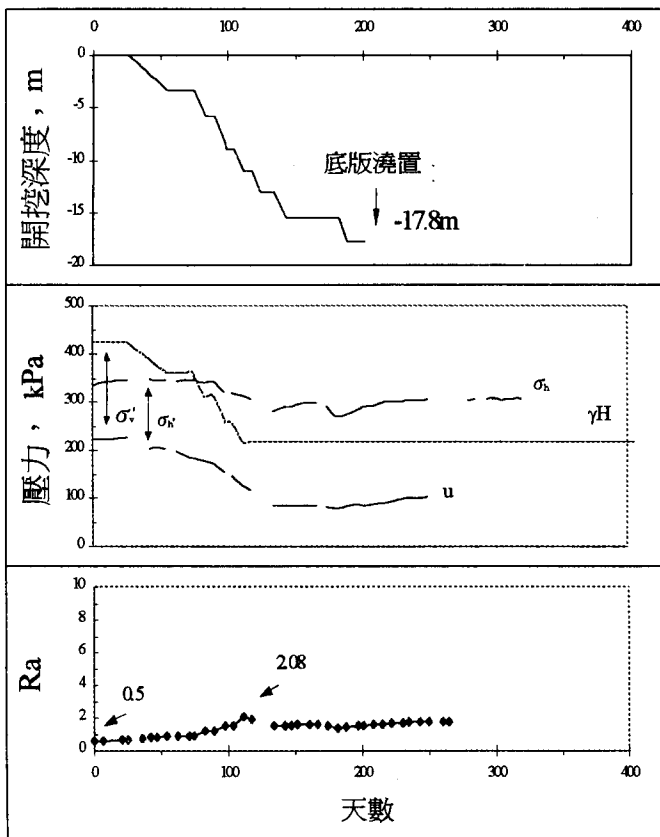


圖 5 土壓計 EP11 量測值與開挖時程關係
(內道連續壁主動側深度-23m處)

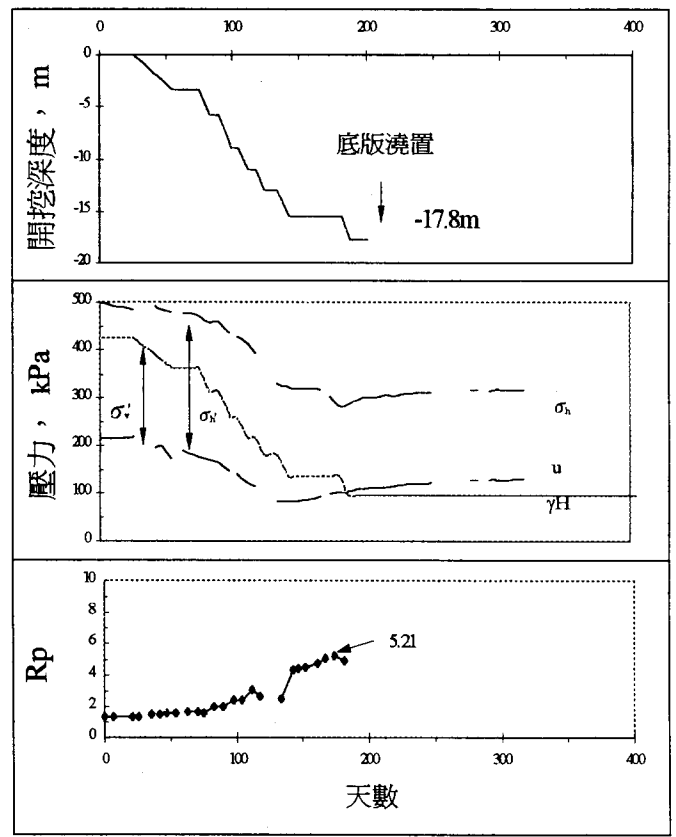


圖 6 土壓計 EP15 量測值與開挖時程關係
(內道連續壁被動側深度-23m處)

之圖 8 顯示工區第 4 階開挖前，內、外側土壓主要受覆土載重減少影響而逐階降低。至工區開挖第 4 階後，內、外兩側土壤始有主被動側之分，但由於部

份資料闕如，僅能大致看出兩側土壓隨後續開挖逐漸減少現象。

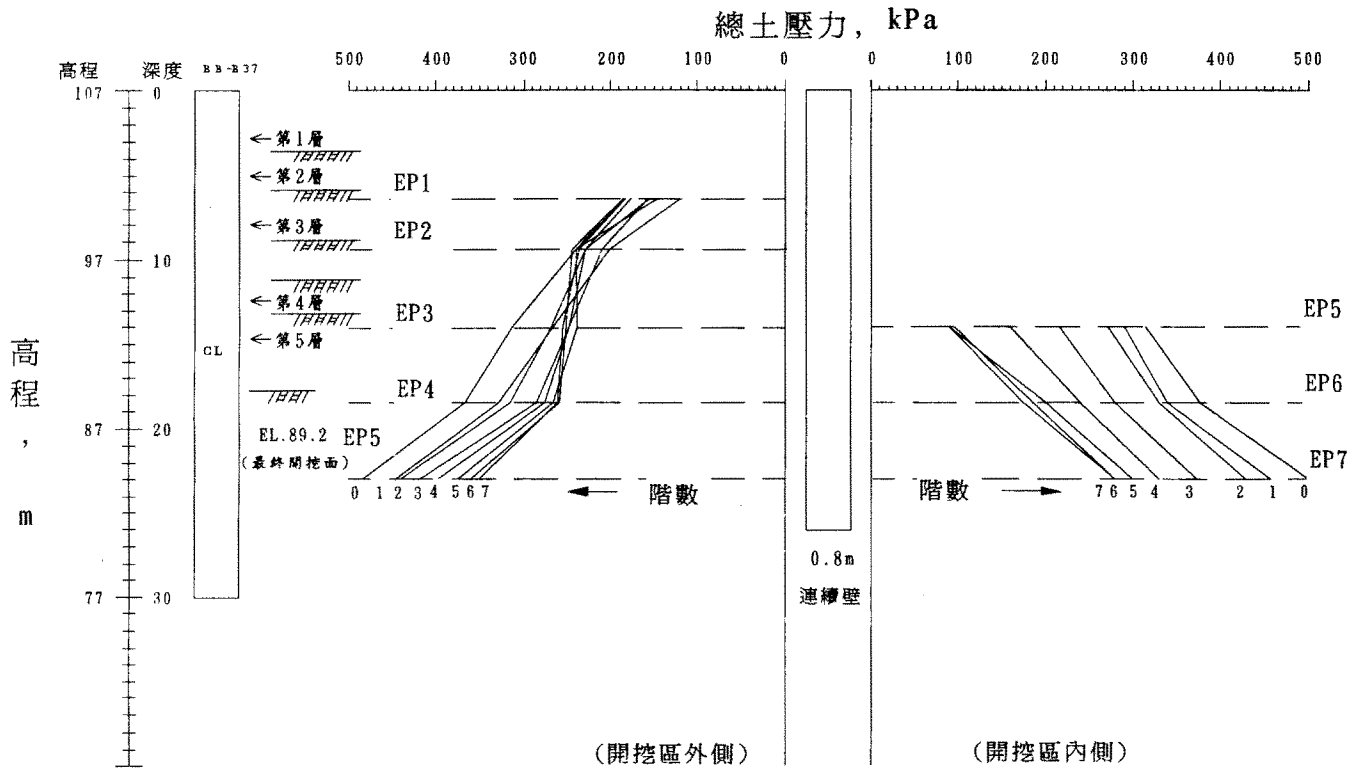


圖 7 各階段總土壓力變化情形(EP1-8)

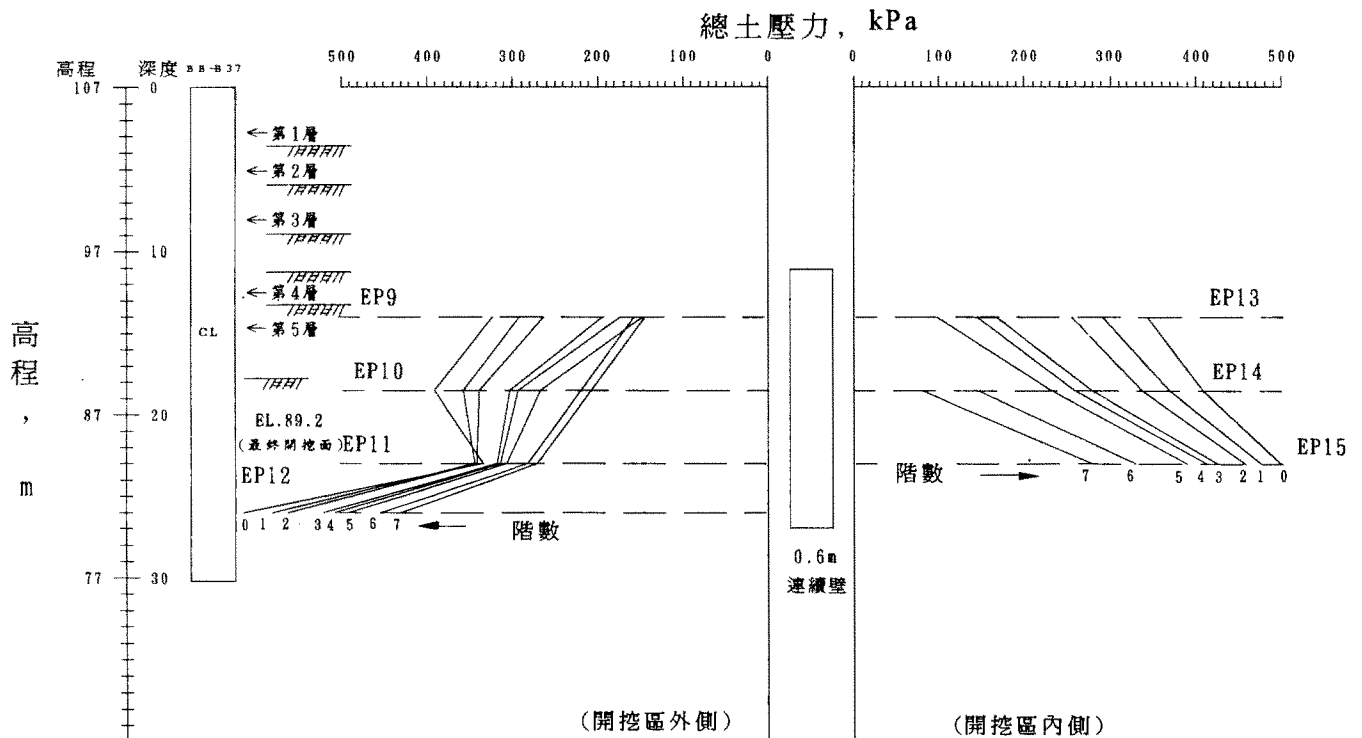


圖 8 各階段總土壓力變化情形(EP9-15)

4.2 土壓力與擋土壁體變位之關係

如前所述，本基地有3支壁內傾度管配合土壓計進行量測，由原始監測資料顯示壁體底部可能有移動情形，為瞭解開挖過程中引致之壁體位移與土壓變化之關係，遂進行適度的修正，以趨合理，修正原則係將原始位移曲線以該階最下層支撐位置為

支點進行平移，且假設最大位移處逐階往下降，但在架設第四、五層支撐階段因支撐架設位置未在外道連續壁體上，因此針對外道連續壁傾度管而言，其支點處稍有差異，茲將傾度管隨開挖變化曲線修正如圖 9所示。

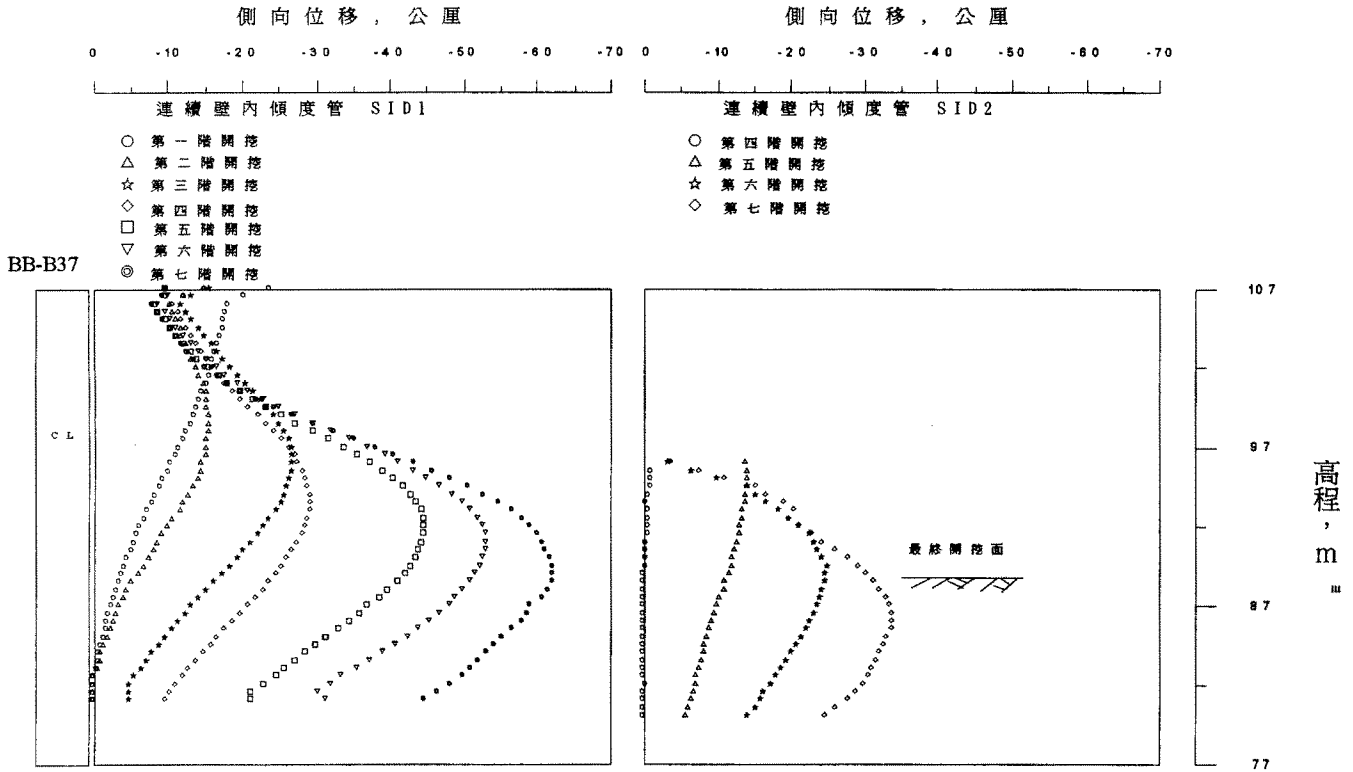


圖 9 雙道連續壁傾度管各階段變形曲線圖

本文進一步以各深度土壓計量測結果換算之 σ'_h 與 σ'_v 比值為縱軸，該深度側向位移量為橫軸，繪圖如圖 10至圖 11所示，以圖10為例，外道連續壁主動側區域上層(最終開挖面以上)受支撐預力影響，牆後土壓隨開挖過程而改變可能大於靜止土壓，而下層(最終開挖面以下)則呈隨位移增加， σ'_h 與 σ'_v 比值逐漸降低，側向位移至40至50mm時達到最小，即主動土壓力得以完全發揮。另，圖 11為被動側區域之反應情形，圖中顯示被動土壓力大致於側向位移達50至60mm時始完全發揮。而內道連續壁因變形量小且量測資料明顯不足，尚看不出 R_p 極值與側向位移之關係。

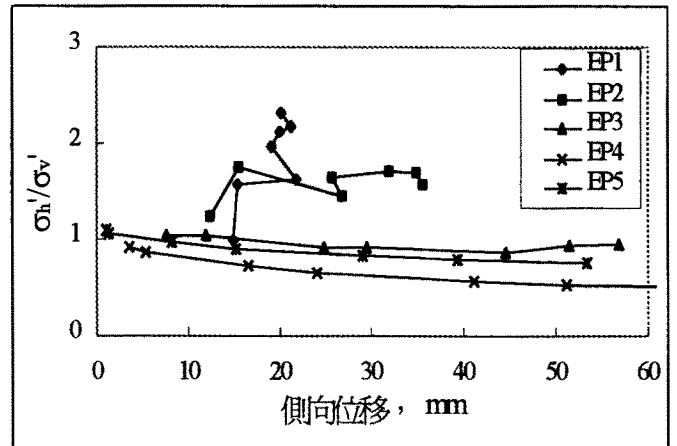


圖 10 各深度最大側向位移與 R 值之關係圖(EP1-5)

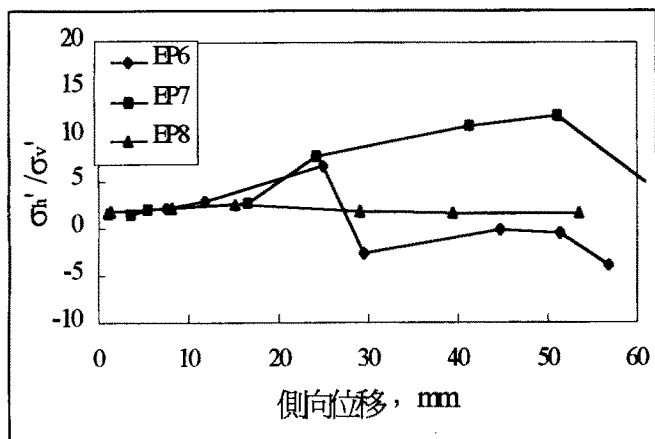


圖 11 各深度最大側向位移與 R 值之關係圖(EP6-8)

五、結論

1. 由量測結果顯示外道連續壁被動側區域土壓初期隨開挖愈深雖呈被動狀態，但在內道連續壁開挖側區域進行開挖時， R_p 值即逐漸減少轉為主動狀態，研判應係雙道連續壁間土壤往開挖區移動所致。而內道連續壁主、被動側反應行為則與一般單道連續壁一致。

2. 針對本案例而言，當外道連續壁主動側儀器所在位置對應壁體位移達40至50mm時，主動土壓得以完全發揮，而被動側則約在50至60mm時，被動土壓才能達到極值。

3. 由於類似本案例之雙道連續壁施工方式尚屬少見，仍須蒐集更多的監測資料以為驗證。

誌謝

本文於撰寫期間承蒙亞新工程顧問公司莫若楫博士與黃南輝博士等人提供寶貴意見，謹誌謝忱。

參考文獻

- [1] 亞新工程顧問股份有限公司(1995), "台北都會區捷運系統南港線CN256標國父紀念館站及敦化站至市政府站間隧道工程觀測結果總報告", 台北。
- [2] 亞新工程顧問股份有限公司(1992), "台北都會區大眾捷運系統南港線CN256標大地工程設計審查報告", 台北。

Lateral Earth Pressures on Double Parallel Diaphragm Walls in Stepped Excavation

B.C. Chang
EDPO, DORTS,
Taipei

C.J. Lee and F.G. Wang
Moh & Associates, Inc.
Taipei

ABSTRACT

This paper discusses the earth pressures on double diaphragm walls in a stepped excavation with benches on both sides. The soil below the two benches was first in a passive state when excavation was carried to the depth of the benches and turned to an active state when the soil in front of the benches was removed. It has been found that a wall movement of an order of 40mm to 50mm is sufficient for the soil to reach an active state while a larger movement is required for the passive state to reach.