

突破舊地下室三層及連續壁之大廈更新 連續壁施工案例

尹衍樑 許進乾
潤泰營造股份有限公司

施紹琪 林永光
磐碩工程股份有限公司

郭晉榮 呂芳熾
磐工工程顧問股份有限公司

摘 要

本案例位於台北市東區，原為一地上十四層、地下三層之建築物，原有擋土結構物為60cm厚之連續壁，擬更新為地上二十二層、地下六層，其擋土結構物採用120cm厚之連續壁。本文介紹之案例為目前國內大樓更新案中基礎施工相當困難之案例，新設計連續壁除需通過約12m深之舊地下室外，尚有兩處需突破深約24m之舊連續壁，由於基地並不寬敞，穩定液槽及棄土坑均考慮地下化；另於基地內需施作三道深45m之壁樁，增加施工作業之困難度與工期之增加，本案連續壁及逆打壁樁施作工期僅約為假設工程工期之一半。本文將詳述新連續壁與舊地下室及舊連續壁間相互衝突處，各種不同衝突處突破的施工規劃及方法，希望能提供各位讀者及工程先進在遭遇類似工程時之參考。

關鍵字：舊建物拆除、地下障礙物、連續壁、壁樁、假設工程、導溝、導牆。

CASE STUDY OF DIAPHRAGM WALL CONSTRUCTION FOR RENEWAL OF AN OLD BUILDING WITH THREE-STORY BASEMENT AND DIAPHRAGM WALL

YIN Y. L. HSU C. C.
RUENTEX CONSTRUCTION CO. LTD.

SHIEH S. C. LIN Y. K. KUO C. J. LU F. C.
GROUNDMASTER ENG. CO. LTD. MICE CONSULTANTS, CO. LTD.

ABSTRACT

The case is located at eastern urban of Taipei City. The old building was a 14-story office building with a 2-level basement using 60cm thick diaphragm wall as its retaining structure. A new 22-story building with a 6-story basement is planned at the same site. A 120cm thick diaphragm wall is used as the retaining structure.

This project can be regarded as the most difficult renewal project at present. Not only over 12 meter deep guide walls were to be installed for the construction of perimeter diaphragm wall and three barrette piles. Besides, old diaphragm wall with a depth of 24 meter must be demolished at some locations. Due to limited site space, slurry and waste pits must go underground. In particular, time required for preliminary works substantially increases, almost twice that of diaphragm wall construction.

According to the plan layout, new diaphragm wall will intersect the old diaphragm wall. In some areas, new diaphragm wall will be built right next to the interior face of the old diaphragm wall, this is the most difficult part of diaphragm wall construction. This paper will describe the problems encountered in this renewal project. How to overcome these problems by well planned and executed construction methods are also discussed in detail. We hope experiences gained in this project will provide useful guides for readers.

KEY WORDS : demolition of old building , underground obstacle, diaphragm wall 、 diaphragm wall pile,
preliminary work, guide trench, guide wall.

地工技術

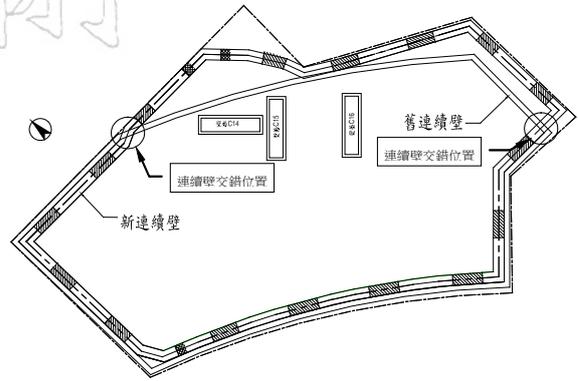
一、前言

都市中由於建物老舊，兼用地取得不易，常常必須在原有建築物之建地上進行改建。在台北市早期的大樓建築物，基於建物老舊或因天然災害如地震、火災等因素損害，漸漸開始出現改建需求。具有深基礎之舊結構物在原工址改建時，新設計之基礎與原有舊基礎不論是深度、範圍或是型態通常會有差異。故在規劃新建物之基礎施工時，舊有基礎以及其地下室極可能影響整個工程之困難度、工期、成本甚至施工之成敗。尤其在新、舊建物兩者之擋土結構相衝突時，順利進行地下障礙物移除，即是左右新擋土結構施工是否可順利成功之關鍵。

本案例假設工程(含深導溝、鋪面、穩定液池、棄土坑等)之工期約為5個月，連續壁工期約為三個月。案例中的舊建築物，地下室周長約為151.3m、面積約為1309m²。基礎型式為地下三層之筏式基礎，深度約為12.0m；其舊有擋土結構為60cm厚、24m深之連續壁，於建物更新時需予以拆除。新設計建築物之地下室周長為153.7m、面積為1401m²，基礎型式為地下六層之筏式基礎，深度24.0m，開挖擋土結構為120cm厚、38.7m深之連續壁。新舊建物地下室結構相關位置如圖一所示。

在基地內另外設計有三處壁樁，提供逆打施工大樓結構體重量承載之需求，其厚度為150cm，長度為6.5m，深度為45m。

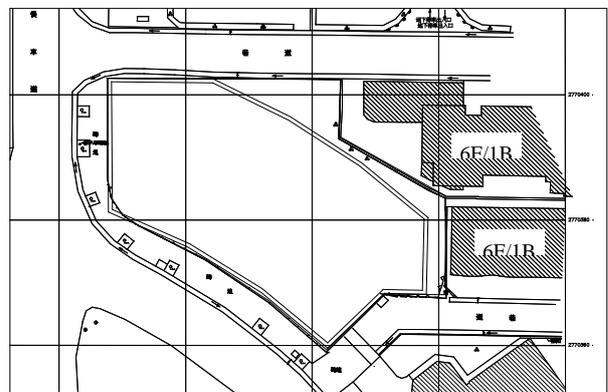
在整個工程進行期間，假設工程之成敗，將直接影響後續連續壁及壁樁之施工，由於大部分導溝深度達12.0m以上，導溝施作需破壞舊有基礎樑版等結構，除需考慮舊連續壁可能之變形外，過深的導溝也可能會因為舊地下室回填土的壓力造成變形，故深導溝的施工便須考慮到舊基礎敲除時的整體穩定性。本文將介紹本案例施工之特性，特別針對深導溝的施工考量，並提出檢討與建議，以作為後續其他類似工程之參考。



圖一 新舊建物地下室結構相關位置圖

二、基地鄰房及地層狀況

本案例位於台北市東區，與附近鄰房建物的相關位置如圖二所示，基地東側緊臨地下一層、地上六層之建物，該建物基礎與本案連續壁最近的距離約為90cm，基地東北側有地下一層、地上六層之建物，並於地界處有一道圍牆緊貼基地，如圖二所示。



圖二 基地及鄰建物相關位置圖

依據本案例地基鑽探資料研判，在連續壁挖掘範圍內之土層以粉土質黏土及粉土質砂土為主，在地表下34.0m以下至37.0m左右出現一層紅棕色黏土，以下到51.2m則為卵礫石層，各層次土層大略描述如下，其建議之分析用土層參數簡化表如表一(磐工工程顧問，2005)所示：

1. 回填層及粉土質砂土層：分佈於地表至地表下11.5m，主要以疏鬆至中等緊密程度之粉土質砂土所組成，大部分區域為舊大樓之地下室結

構物。N值介於3~18，平均為8。總單位重平均約為1.99 t/m³，自然含水量約為20%，孔隙比約為0.61。

2. 粉土質黏土層：分佈於地表下11.5m至21.5m，呈灰色，主要以低塑性之粉土質黏土所組成，極軟弱至軟弱稠度。N值介於1~4，平均為3。總單位重平均約為1.76 t/m³，自然含水量約為37%，液性限度及塑性指數分別約為36%及15%，孔隙比約為1.12。

3. 粉土質黏土層：分佈於地表下21.5m至30.4m，呈灰色，主要以低塑性之粉土質黏土所組成，中等堅實至堅實稠度。N值介於5~11，平均為7。總單位重平均約為1.85 t/m³，自然含水量約為31%，液性限度及塑性指數分別約為35%及14%，孔隙比約為0.92。

4. 粉土質砂土夾粉土質黏土層：分佈於地表下30.4m至37.0m，呈灰色至紅棕色，主要以疏鬆至中等緊密程度之粉土質砂土所組成，部分夾0.5~2.4m厚之粉土質黏土層。N值介於9~19，平均為14，總單位重平均約為1.90 t/m³，自然含水量約為26.0%，孔隙比約為0.78。

5. 卵礫石夾黃棕色粉土質砂土層：分佈於地表下37.0m至51.2m，呈黃棕色，主要卵礫石夾黃棕色粉土質砂土所組成，其中在地表下39m~45m間砂土含量較多，部分深度間礫石含量極少，其標準貫入N值亦較低，N值介於13~50，平均為37，總單位重平均為1.99 t/m³，自然含水量約為21%。

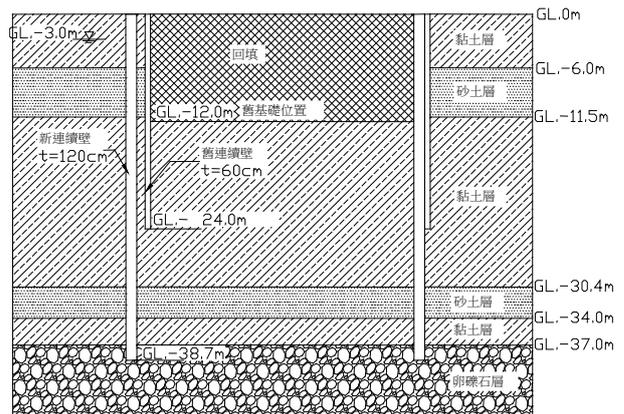
根據鑽探資料顯示，本基地之地下水位約位於地表下3.0m左右。

表一 分析用土層參數簡化表(營工工程顧問，2005)

層次	分佈深度 (m)	土層說明	N 值	γ_s (t/m ³)	w_n (%)	s_u (t/m ²)	\bar{c} (t/m ²)	$\bar{\phi}$ (deg.)	c_c	c_r	E^* (t/m ²)
I	0.0 ~ 11.5	SM/SF	3~18 (8)	1.99	20.0	-	0	29*	-	-	2400
II	11.5 ~ 21.5	CL	1~4 (3)	1.76	37.0	4.3~6.0*	0	30*	0.3	0.03	2200~3000
III	21.5 ~ 30.4	CL	5~11 (7)	1.85	30.6	6.0~7.8*	0	30*	0.25	0.02	3000~3900
IV	30.4 ~ 37.0	SM/CL	9~19 (14)	1.90	26.0	-	0	32*	-	-	2700~5700
V	37.0 ~ 51.2	GW/SM	13~50 (37)	1.99	21.0	-	0	33~40*	-	-	3900~15000
VI	51.2 ~ 76.3	CL	13~32 (22)	1.92	28.0	14.4~20.8*	0	32*	0.2*	0.02*	7200~10000
VII	76.3 ~ 82.1	SM	26~50 (40)	2.03	21.0	-	0	35*	-	-	7800~15000
VIII	82.1 ~	GW	>50	2.20*	-	-	0	40*	-	-	>15000

註：* 為建議值
() 為平均值

由於大部份面積屬於舊建築物範圍，故基地內大部份區域於地表下12m內屬於舊建築物之基礎。在基地內亦有厚度為60cm、深度達24m之連續壁，新設計連續壁厚度為120cm，部份緊貼於舊連續壁內側，部份位於舊連續壁外側，新舊連續壁之位置如圖一所示。鑽探結果之基地地層剖面狀況詳如圖三所示。



圖三 基地地層分佈剖面圖

三、工程特性概說

就深導溝之施工來說，由於導溝深度甚深，若是在導溝施作時有瑕疵，則可能會在後續連續壁施工時，造成無法彌補的影響(因深導溝無法敲除重新施作)，所以在假設工程施工前，就必須詳細考慮所有可能發生的問題，加以詳細規劃及設計，並將問題在假設工程施工時同時解決。

本案例較一般連續壁工程複雜，主要是因為舊地下室深度甚深，同時舊擋土結構物為連續壁，而新連續壁不僅需緊貼舊連續壁內側施做，有二處還必須穿越舊連續壁施作，更增加工程上的複雜與挑戰性。就本案例之工程上有下列幾點較為特殊：

1. 新連續壁與舊連續壁位置交錯，部份新連續壁緊貼舊連續壁內側施作，部份新連續壁位置位於舊連續壁外側，故新連續壁有兩處會與舊連續壁交錯，施作新連續壁時，必須先將舊連續壁清除。
2. 淺導溝緊貼鄰房施作，故須對鄰房及其附屬建物(如圍牆)進行保護。尤其是基地東北側之

圍牆，外導牆施作位置已經緊貼圍牆，故維持圍牆穩定成為淺導溝施作之重點。

3. 靠圓環側的舊連續壁呈弧形，新連續壁深導溝施作必須考慮到舊連續壁單元分割以及其轉折角。另外舊連續壁施作之品質、有無凸出之混凝土、有無偏斜都需要在施作深導溝時同時調查清楚。

4. 由於施作深導溝時，必須將舊地下室樑柱系統打除，故深導溝施作後，舊連續壁已無樑柱系統支撐，所以結構體的打除順序、深導溝之施工順序、補強之臨時性支撐材以及回填材料都可能對於舊連續壁之位移造成影響。

5. 深導溝是從基礎版開始向上構築，所以地下室下層的樑柱系統會先行破壞，故需先考慮到樑柱系統之補強方式，以維持整個地下室結構的穩定性。

6. 舊地下室回填量大，回填材料多屬黏性土，且考慮到可能對導溝造成不良影響，所以無法確實對回填土滾壓夯實。在新連續壁施工時，鋪面下方回填土即開始沈陷，對工程上造成不良之影響。

四、假設工程施作介紹

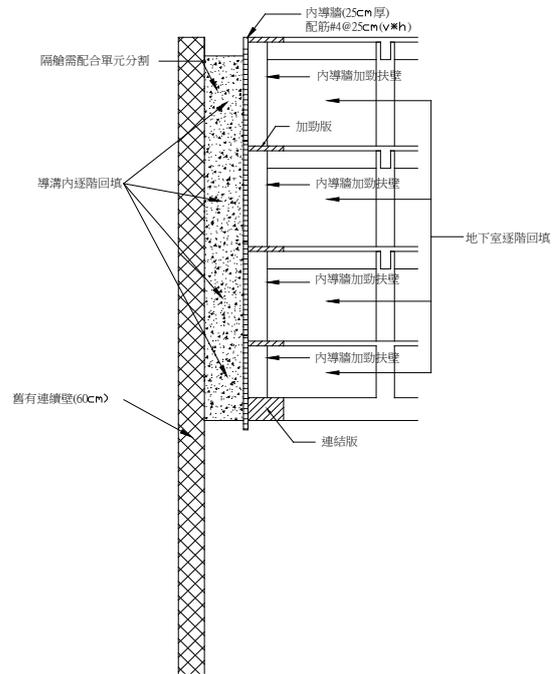
(一)淺導溝施作

淺導溝位於舊連續外側，長度約為58.5m。淺導溝施做深度約為1.8~3.0m左右，部份位置因為有舊大樓之化糞池，故導溝深度較深。在導溝開挖前，為避免損及鄰建物，故於鄰房側分別施做微型樁以及使用角鋼進行保護，如照片一及照片二。部份淺導溝位置因鄰房之圍牆緊貼地界，需敲除部份圍牆以利導溝施做。

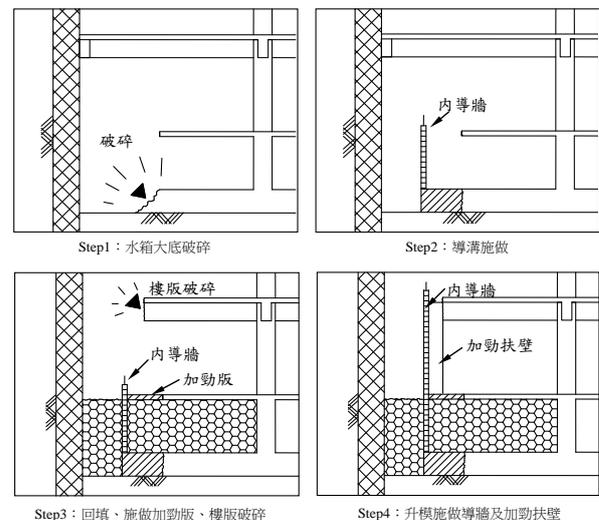
(二)深導溝施作

深導溝深度達12.0m，約為舊地下室基礎的深度，施做時先將舊基礎水箱大底敲除後，從基礎底板位置往上逐層施做，舊基礎破除時樑柱暫不敲除，以圍維持地下室結構之穩定性，俟完成內導牆與及基礎底板及各層樓版連結後，再行敲導溝內之地下室結構樑。在導溝內為預防因地下室回填土壓力過大導致導牆內擠，故約每3~6m

間視新連續壁單元分割位置施作隔艙。同時為避免內導牆垂直方向發生彎曲變形，於內導牆外側配合舊地下室樑柱系統位置施做加勁扶壁，本案例中加勁扶壁厚度為25cm，間距約5~7m左右，寬約1~1.5m之間，加勁扶壁扶壁的配筋與內導牆相同，採#4@20cm單層雙向。深導溝之施工示意圖如圖四所示，施工順序如圖五所示。實際施工情形如照片三至照片五，壁樁深導溝施工情形則如照片六及照片七。



圖四 深導溝施工剖面圖



圖五 深導溝施工順序



照片一 微型樁鄰房保護措施



照片五 深導溝與樓版連結



照片二 使用角鋼保護圍牆



照片六 壁樁深導溝施作



照片三 舊大底破碎打除



照片七 壁樁深導溝與棄土坑施作



照片四 深導溝施作(大底)

深導溝施作時，考慮下列幾點因素：

1. 新連續壁緊貼舊連續壁內側施作時，外導牆以舊有地下室外牆(即舊連續壁)取代，內導牆則自地下室水箱起逐階往上施作。
2. 導溝必須與舊基礎大底連結，以避免內導牆因回填或其他外力導致位移變形。
3. 導溝內、外回填同時進行，以避免導牆因受力不均勻，產生張力裂縫並導致導溝變形。

4. 舊地下室各層樓版與導牆連結，以加強導牆的勁度。

5. 導溝內及舊地下室回填逐階進行，以利導溝及隔艙的升模作業。

6. 壁樁導溝施作及回填步驟與連續壁導溝相同。

7. 導溝內回填材料使用棄土為佳，避免使用建築廢棄物，以免日後抓掘困難

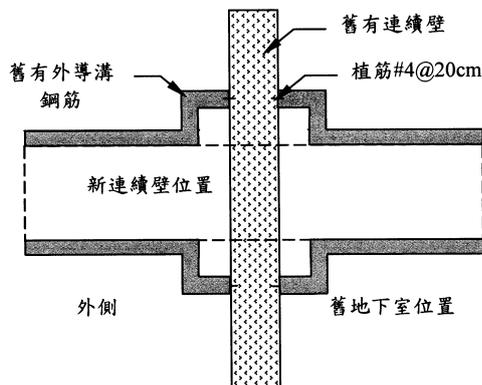
8. 在導溝施工時，於內導牆施作加勁扶壁，增加內導牆與地下室舊結構物間之穩定性。

9. 由於舊結構物施作基礎時，會先將擋土措施之瑕疵(如舊連續壁壁面凸出或歪斜)修整。若施工允許，導溝深度應深入至大底下方50cm至1.0m，以探查是舊連續壁否有施工上之瑕疵，以期在導溝施作時進行修正與補救。

(三)新舊連續壁交錯位置之處理

新舊連續壁交錯位置處，導溝之施作需考慮到兩項因素，第一，內側深導牆與外側淺導牆連結之精確度，第二、考慮連續壁破除鑽掘時不可使導牆受損。由於深導溝是在基礎版處由下往上施作，導溝之垂直度與放樣位置若有些微誤差，則升模到地表時，將會與外側導牆無法連結。另在施作導溝時，若不考慮到舊連續壁破除鑽掘之寬度，可能會在舊連續壁鑽掘時，同時破壞導牆，造成日後連續壁施作時，基地內回填土由導溝外滑入導溝內，不僅造成抓掘困難，在灌漿時也可能造成混凝土逸流到導溝外。新舊連續壁交錯位置導溝處理如圖六所示。

本案例依照建築設計，新連續壁將有兩處會穿越舊連續壁，如圖一所示。

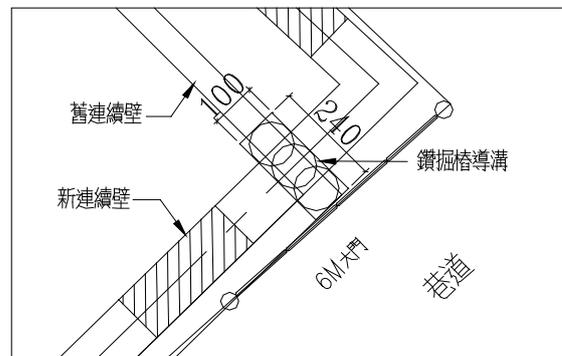


圖六 新舊連續壁交錯位置導溝處理

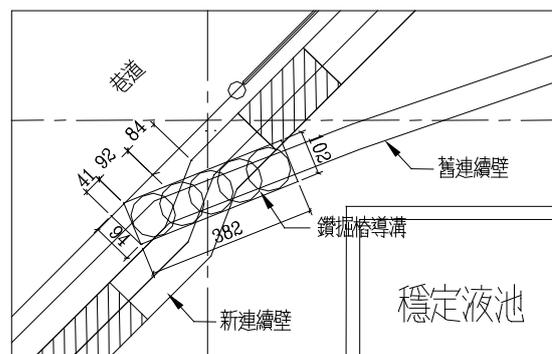
由於連續壁抓掘機具無法破除舊連續壁，本基地採用RT-200搖管器，在連續壁抓掘前，先行將舊連續壁鑽除，再將鑽掘孔回填，並重新施作此部份之連續壁導溝。RT-200機具包括有直徑1.0m之套管、搖管器、發電機以及控制單元，另外再加上撞桿以及蛤型抓斗清除套管內混凝土碎塊。

舊連續壁需於導溝施作完成後，新連續壁施作前先行處理，而在RT-200鑽掘前，為增加鑽掘時之垂直度，必須先行施作鑽掘導溝，待鑽掘完成即回填後，再行施作連續壁導溝。鑽掘導溝施作位置如圖七及圖八所示，實際施作之情形如照片八及照片九，RT-200搖管器如照片十，其施工情形如照片十一。

破除舊有連續壁時，採用搖管器將1.0m直徑的套管往下鑽掘，套管鑽掘進行至一定深度後(一般建議不可超過8m)，即以撞桿將套管內舊連續壁混凝土塊撞碎，並以蛤型抓斗清除套管內混凝土碎塊及鋼筋。如此程序反覆施作直至將舊連續壁完全鑽破，總計斜交處之舊連續壁破除共花費18天，正交處舊連續壁破除共花費11天。



圖七 斜交位置舊連續鑽掘規劃



圖八 正交位置舊連續鑽掘規劃



照片八 斜交處RT-200導溝



照片九 正交處RT-200導溝



照片十 RT-200搖管器



照片十一 斜交處舊連續壁鑽掘

(四)連續壁施作前其他處理措施以CCP灌漿及低壓灌漿為主，主要施做地點及目的說明如下：

1. CCP灌漿：

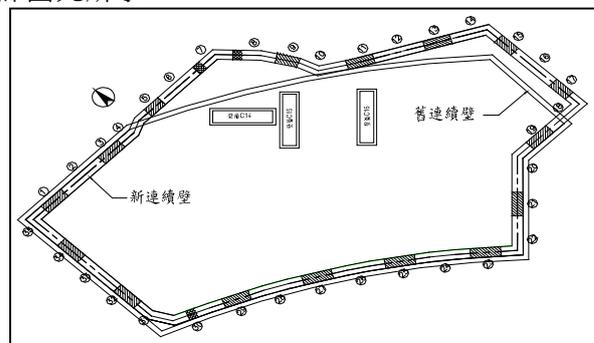
施作在新舊連續壁之間，主要為保護新舊連續壁間較薄的土壤不致因連續壁抓掘而崩落。

2. 施作在舊連續壁破除鑽掘位置附近，主要目的為穩定舊連續壁破除鑽掘處附近的地層，避免崩坍。

3. 低壓灌漿：使用RT-200進行舊連續壁破除鑽掘時，因為機具過重導致回填土層下沉，造成鋪面下陷，故於鋪面下方進行低壓灌漿，將鋪面抬昇，並維持穩定。

五、連續壁工程施工

本案例新建物連續壁周長為153.7m，厚度120cm，深度38.7m；共分割成35單元施作，連同壁樁3個單元，共計施作38單元，單元分割圖詳圖九所示。



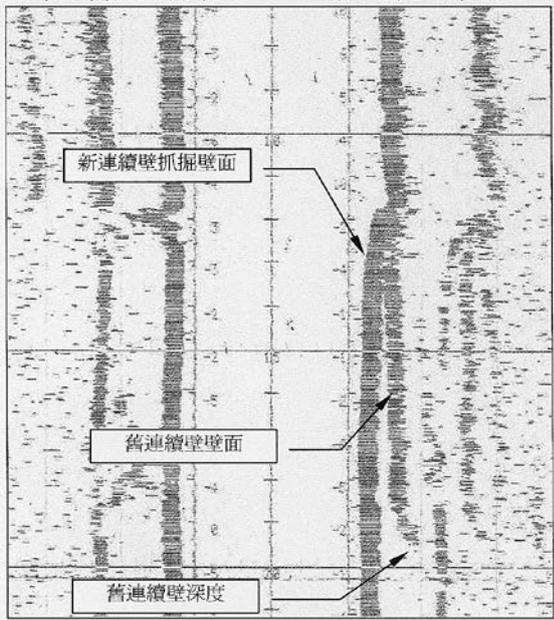
圖九 連續壁單元分割圖

本案例主要階段為假設工程施作，連續壁施工時，舊連續壁的存在對新連續抓掘之影響至為重大，尤其新連續壁施作位置在舊連續壁外側時，舊連續壁的施工品質操控著新連續壁的抓掘成果，在整個連續壁施工過程中，主要分為兩項，一為連續壁施作過程，一為150cm厚之壁樁施作過程。兩個階段施作過程中所遭遇之問題提出如下：

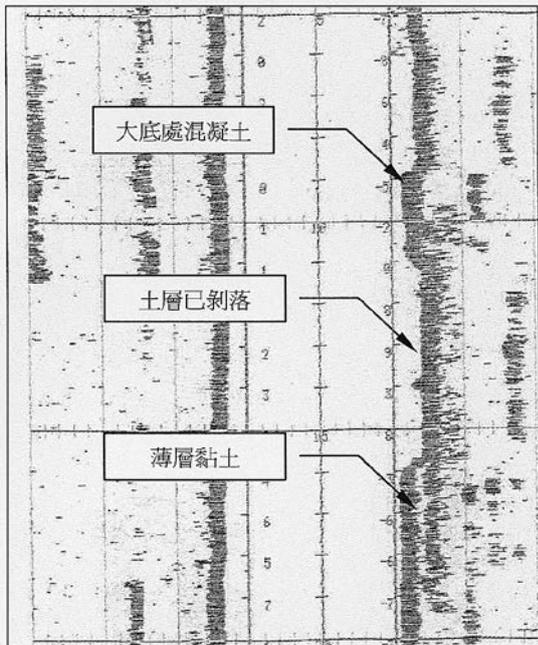
(一) 在連續壁施作過程中，所遭遇之問題如下：

(1) 抓掘時抓斗碰觸到舊連續壁，因舊連續

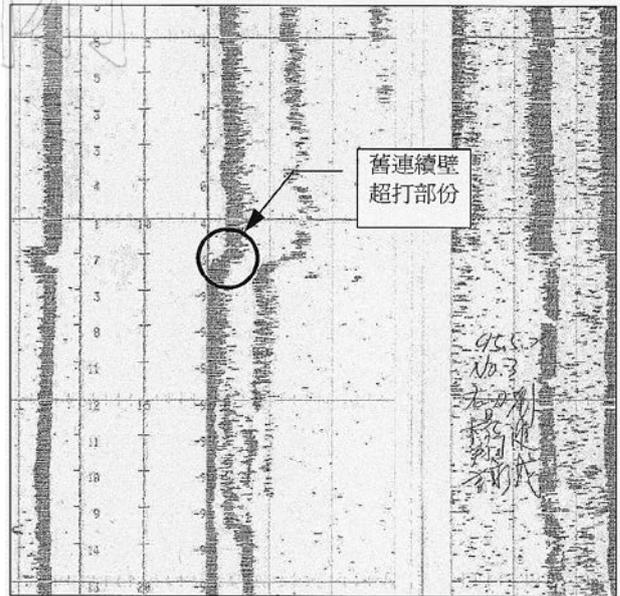
壁較土層堅硬，故在舊連續壁深度內即開始偏斜，但是到深度大於舊連續壁之後，連續壁之垂直度又恢復正常值，如圖十及圖十一所示。此種情形大部份會在舊連續壁側夾有一層黏土薄層，部份會因撞擊而掉落，部份卻因與舊連續壁間凝聚力良好而不易脫落，可由超音波檢測紀錄明顯看出。



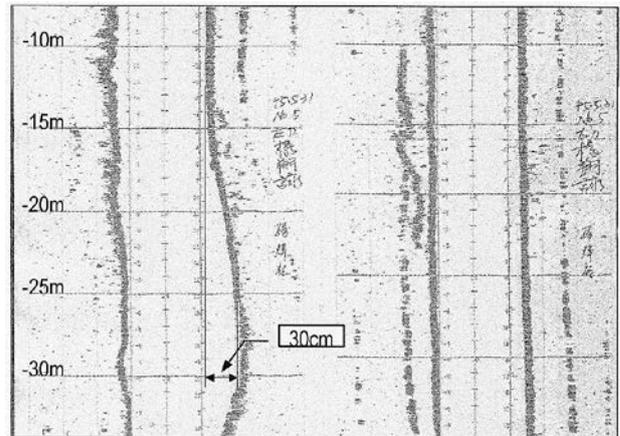
圖十 新舊連續壁間夾薄層黏土



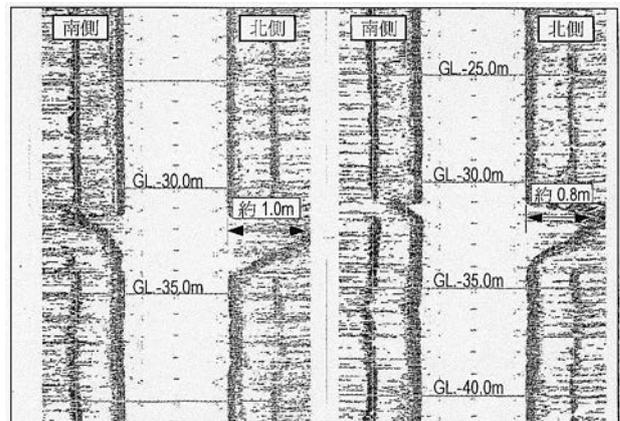
圖十一 新舊連續壁間夾薄層黏土



圖十二 舊連續壁超打造成偏斜



圖十三 舊連續壁外側凸出混凝土體造成新連續壁偏斜之情形



圖十四 壁樁處砂性土層崩孔情形

(2) 施作深導溝時，舊連續壁面打除過多，造成連續壁抓掘時，在導溝底部會有階梯式的槽溝出現，容易造成連續壁抓掘偏斜，如圖十二所示。

(3) 舊連續壁外側的凸出混凝土體，由於在施做假設工程時無法先行排除，故在抓掘時遭遇即會造成連續壁偏斜，如圖十三所示。在No.05單元抓掘時，在地表下16m處遭遇舊連續壁凸出混凝土體，造成左刀往外偏斜約有30cm，經過處理後，偏斜修正到10cm左右。

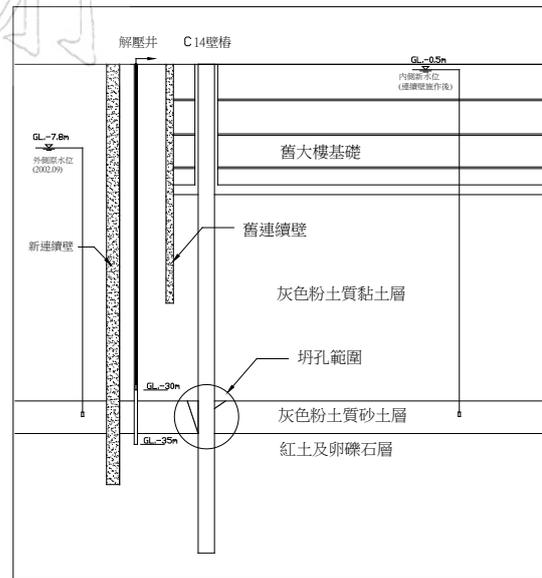
(4) 本案例在連續壁灌漿時，出現有幾次的漏漿現象，漏漿之單元皆在深導溝施做位置，且漏漿都在母單元外側，研判是在鋼筋籠吊放時，母單元帆布被舊連續壁之鋼筋或端版劃破所致。

本案例施作之連續壁除深導溝處因漏漿造成灌漿量異常外，其餘灌漿量皆在正常範圍內，舊連續壁外側淺導溝處的超音波檢測及灌漿量顯示並無土壁崩坍之現象，在新舊連續壁交錯之單元(No.04處為斜交，No.18處為正交)，其灌漿量較大，乃是因為受到RT-200鑽掘擴孔之影響，就整體而言，CCP灌漿已達到穩定土壤之效果。

(二) 在壁樁施作過程時，外側連續壁已施作完成並達到38.7m深，依照圖三基地地層分佈剖面圖顯示，地表下30.4~34.0m之砂性土層已由新連續壁所圍束，故在施作第一片之壁樁時，由於並未對此層次解壓，故基地內地表下31.0m~34.0m之砂性土層地下水位已上升至與導溝內水位相等(地表下0.5m)。在壁樁抓掘時，因此層次水位過高，導致砂性土層崩坍，如圖十四所示。為避免後續施作之壁樁抓掘發生同樣之狀況，故在95年6月24日到95年6月26日施作基地內解壓井，解壓井施作剖面如圖十五。解壓井施作並進行抽水後，後續壁樁於抓掘時，在同一深度內之土層即未再有坍塌現象發生。

六、結論

本案例為地下室三層之舊建物重建，舊地下室深達12.0m，在如此深的地下室進行假設工程，首重即為施工之安全性；舊地下室結構物的



圖十五 基地內解壓井剖面示意圖

打除，極可能破壞原本結構行為之穩定性，造成鄰房安全上之顧慮。另外人員在地下室施工，除視線不良外，維持結構體的穩定更形重要。在進行假設工程時，最需要注意的就是對於舊地下室樑柱系統的打除順序與補強措施，打除順序錯誤將使地下室施工動線變差，而且將會危及地下室施工機具的安全，而且由於施工機具必須在樓板上活動，樑柱打除後，必須在適當處進行補強以增加樓版穩定性。

在本案例中，除了深導溝深度達12.0m以外，最主要之特點即是新連續壁必須穿越且破除舊連續壁施作，此為前所未有之工程經驗。舊連續壁的破碎鑽除若有偏斜，在新連續壁施工時，可能因為破碎鑽除偏斜而無法抓掘。另外，基地內地下室回填深度過深，導致連續壁施作時鋪面下陷，亦是困擾施工之因素。

在本案例施作前，雖經詳細評估計劃，但是意外之狀況也是時有發生，首先，舊連續壁的端版及鋼筋劃破帆布，造成母單元漏漿之現象；另外，抓斗碰撞到堅硬的舊連續壁壁體，造成新連續壁之偏移亦是設計規劃初期無法預期之影響。就整體而言，淺導溝位置連續壁抓掘之垂直度優於深導溝處的連續壁垂直度。

由深導溝抓掘後的超音波檢測顯示，在舊連續壁與新連續壁間所夾之黏土，並不會因為土層

太薄而完全剝落，在許多的超音波檢測中，新舊連續壁之間，都會夾有一層10cm左右的黏土薄層，從舊基礎底部一直延伸到舊連續壁底部為止。此種現象在以往的經驗中並未出現，正由於本案例的特殊施工條件，可讓我們重新思考黏性土壤與擋土措施之間的關係。

在壁樁的施作中，可以明顯看出基地內水位高低對連續壁施工的影響，不論砂性土層深度為何，若使其水壓力大於其正常水壓，在連續壁抓掘時即可能造成嚴重之坍孔。本案例中，在連續壁圍束的條件下，對於基地內砂土層的解壓降水效果顯著。

致謝

舊建物改建在台北市進行都市更新腳步以來，本案例雖然不是首件，卻屬複雜與困難。在整個工程而言，所花費之工期，尤其是假設工程，實數倍於以往。本案在以安全為首要條件下，能夠順利完工，實賴整體團隊之努力，對本工程盡心付出。在此感謝所有協力廠商之協助。

參考文獻

磐工工程顧問股份有限公司(2005),”潤泰創新國際仁愛路集合住宅重建工程基地基礎分析報告”。