

地下連續壁之設計基本理論及其設計規範  
THE DESIGN APPROACHES AND SPECIFICATIONS  
OF DIAPHRAGM WALL

歐 晉 德

亞新工程顧問股份有限公司協理

CHIN-DER OU, Vice President.

Moh and Associates, Inc.

Taipei

本文為七十二年台灣大學與營建中心  
合辦之深開挖與土壤改良講習會專題演講

原載於講習會講義上冊

Reprinted from  
*Proceedings, Seminar on Deep Excavation  
and Soil Improvement, Taipei, 20-24 June, 1983*  
National Taiwan University  
and  
Taiwan Construction Technology  
Research Center

## 地下連續壁之設計基本理論及其設計規範

歐晉德博士

## 一、前言

地下連續壁之應用早在 1946 年即已開始，早期多半用於水壩之截水牆 ( *Cut-off wall* )，截水牆之目的僅在於地下鑿出一溝渠，回填以混凝土或泥漿與混凝土混合液以造成一透水性甚低之薄膜以達成阻水效果，由於其主要目的僅在止水，因而對牆面之垂直、平整度、混凝土與穩定液之混合限制以至混凝土強度之要求較不嚴格，主要控制僅在水密性而已，較高精度之連續壁設計與施工之控制，在世界工程界中還是最近十年中由於建築工程深開挖中大量運用而被重視，在我國建築工程中，於 1971 年台北市吉林路中國國際銀行大樓工程中首次使用，由郭茂林建築師事務所設計，崇民工程處負責施工，採用日本利根製造之 *BW 5580* 機械，完成厚度 55 公分，深度 15 公尺之連續壁，完工面積達 1619 平方公尺，該工程將連續壁分成 48 個單元施工，其中 45 個單元順利於 53 個工作天內完成，不但是我國建築工程上之創舉，更是東南亞地區首先完成之地下連續壁，自此工程以後，國內建築工程界對地下連續壁漸有認識，施工能力漸增，至 1970 年代末期，幾達可謂對地下連續壁迷信之程度，以為使用連續壁則深開挖之施工絕無問題，事實上，地下連續壁為擋土設施之一種，僅為深開挖工程之一環，不但本身應有嚴格之施工控制，其設計亦應考慮開挖工程各階段變化，否則仍將導致工程之失敗，近年來由於施工監測工作之發展，獲得甚多施工過程之資料，使不論國內外對地下連續壁之認識加深，亦使得設計理論漸有進展，固然目前連續壁設

計理論仍在發展階段，惟無統一之理論，為求我國工程界在此方面之發展，本文就現有之設計理論及設計應注意事項作一整理，以為工程界之參考。

## 二、設計理論模式

### 2.1 彈性法

連續壁完成後，於開挖期，其承受側向壓力因開挖深度之漸深而逐漸變化，相伴亦發生持續性之變形，就其受力情況而言，於開挖面以上部份，利用內撐或背拉方式，形成支點屬集中荷重，而土壤則視開挖之變形情況，對牆面產生不均勻荷重，開挖面以下部份，則需利用土壤之被動土壓力形成阻力面，惟土體係屬彈塑性材料，其作用力與阻力發生程度受牆位移量直接影響，因此連續壁設計，必須能直接涵蓋其變形，彈性理論為連續壁設計法中屬較早期發展之方法（*James & Jack, 1975*），將連續壁視為一安置於彈性基礎上之樑，如圖 1 所示，支撐及開挖面下之土壤阻力均以一系列彈簧表示，而開挖區外圍之側向壓力，如主動土壓、水壓、地表之可能超載壓力，均視為作用力，此設計利用基本式為

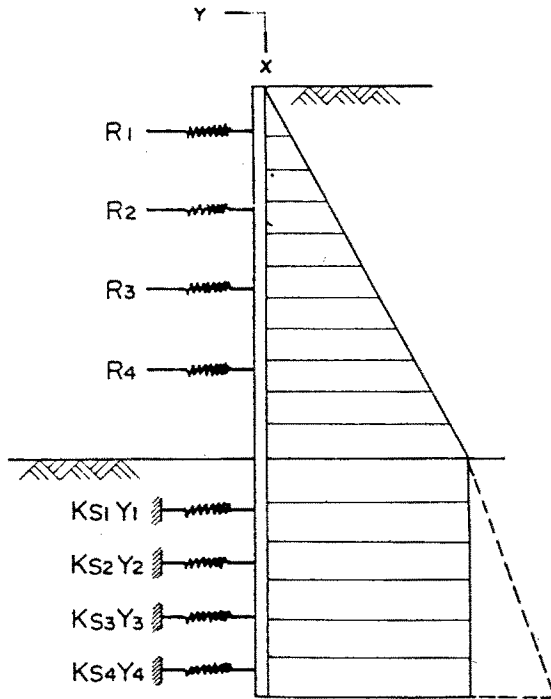
$$P = \frac{d^4 y}{dx^4} EI$$

上式中， $P$  代表側向力，或支點之反力，與各支點之位移量  $Y$  直接關連， $E$ 、 $I$  則代表連續壁本身之彈性模數及慣性矩，彈性理論在設計上，主要假設開挖面以下之土層屬完全彈性體，於受力情況下，反力與應變量成正比增加，即各點之阻止值  $R$  等於位移量  $Y$  乘以地盤反力

係數  $K_s$  值。

此簡化之計算式，可利用有限要素法，視連續壁為一連串之單元，於接點銜接，側壓力作用於節點上，利用電腦迅速求得各點位移，應力及力矩值用以決定配筋量，確有其簡便之處。

如圖 2 所示，應用彈性法之最大缺點在阻力發生值與事實不能符合，因實際上開挖面以下有限深度內能獲得之阻力常較小，而彈性法之推求方式自然假設土壤之反力以彈性體方式無限延伸，計算常求得較大之反力值，對開挖面以下土壤強度較低時，發生誤差值較大，屬較不理想之設計理論。



ELASTIC METHOD

圖 1 彈性分析模式

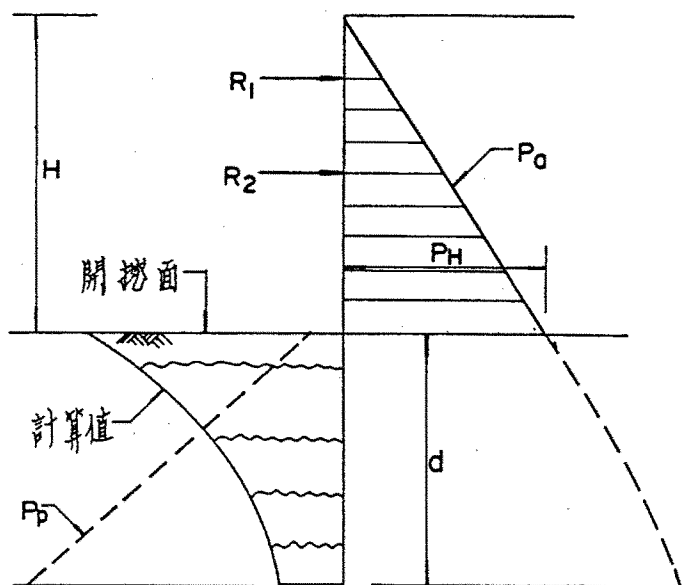
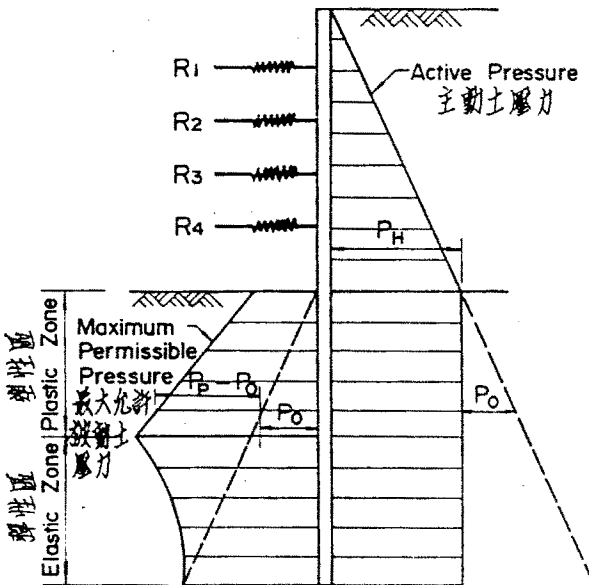


圖2. 彈性法設計應力狀況

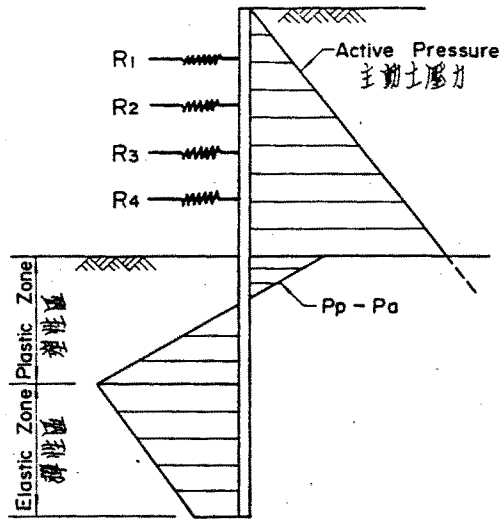
## 2.2 彈塑性法

為彌補上述彈性法之缺點，可考慮對開挖面以下土層可能發生之阻力值加以限制，即定出一塑性區，塑性區內土層於壁體發生側向變形時，產生反作用力，不得超過預先判定之界限，僅於彈性區內，土壤符合彈性狀態，適用一般彈性原則，彈塑性法較彈性法切合事實，應用時僅在判定塑性區範圍上，因假設作用力與最大允許阻力值狀況

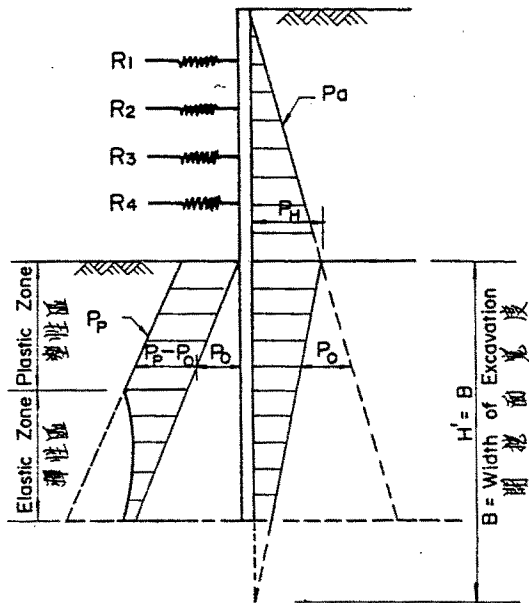
而不同，如圖 3 中，若作用力方面，於開挖面上方採主動土壓力，開挖面下方採等 $P_H$ 值， $P_H$ 為開挖面外側之最大主動土壓力，於塑性區內之允許最大阻力為被動土壓力  $P_p$  扣除部份折減力  $P_o$  值， $P_o$  為任意點之主動土壓力  $P_a$  減除  $P_H$  之值，此處相當於開挖面以下之主動土壓力，圖 4 則於作用力方面採實際之  $P_a$  值，而於塑性區之阻力限制為最大被動土壓力，圖 5 分析，於開挖面下方作用力假設逐漸減少，作用力至抵達與開挖寬度相等之深處為零，即  $H = B$  處（ $H$  為開挖面以下深度， $B$  為開挖寬度），此區間相等於主動土壓力之減少壓力為  $P_o$ ， $P_o$  於被動區內亦先行扣除後以推求最大阻力值， $P_a$  數字較圖 3



ELASTO - PLASTIC ANALYSIS I  
圖 3 彈 塑 性 分 析 I



ELASTO-PLASTIC ANALYSIS II  
圖 4 彈塑性分析 II

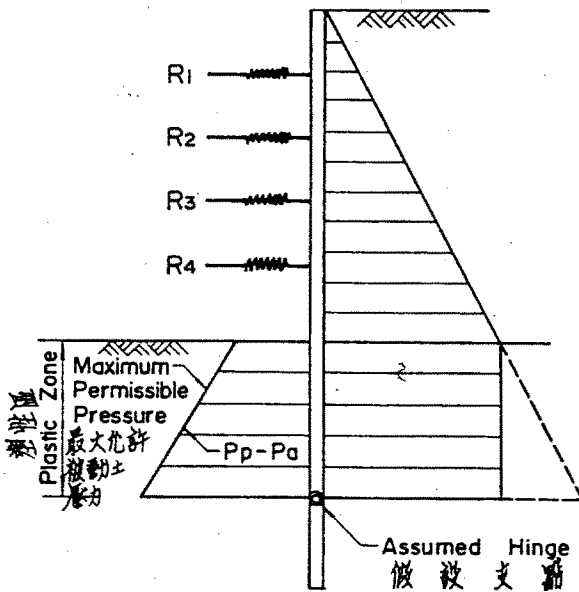


ELASTO-PLASTIC ANALYSIS III  
圖 5 彈塑性分析 III

之情況為高，塑性區內之允許最大被動土壓力則較圖 3 情況為小。此種假設各有其符合實際工程狀況之處，難以判別究竟何者較適用，原則上應就工程之實測結果，配合土壓力觀測值綜合研究評估之，彈塑性法較彈性法長處在對開挖面下淺層土壤之低強度性質可涵蓋其影響。

### 2.3 塑性分析法

塑性法將上述之計算予以簡化，計算僅分析至塑性區，如圖 6，將塑性區之最大深度點視為鉸接，彎矩為零，而以  $(P_p - P_a)$  為塑性區間最大阻力值，鉸接點以下部份之擋土設施應力均不再予以考慮，此法較不能符合連續壁等高剛性度擋土設施之實際情況，因連續



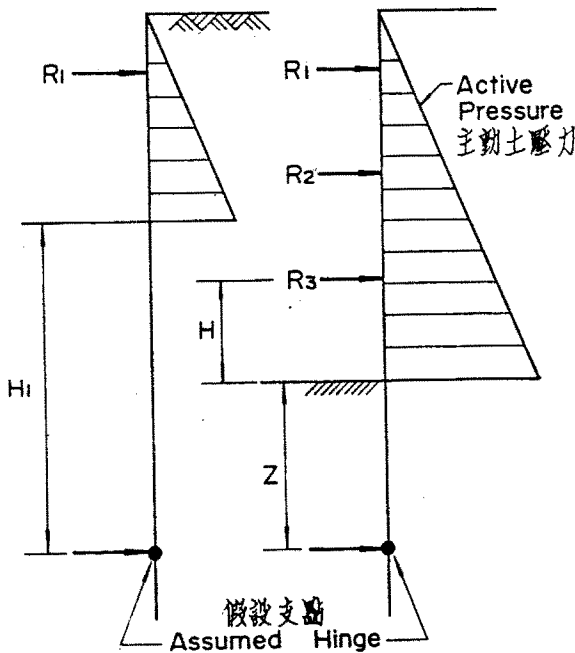
## PLASTIC ANALYSIS

圖 6 塑性分析

壁貫入深度超過鉸接點，配筋亦延伸至鉸接點以下，受力後，其剛性緣故，彎矩在鉸接點上下方均重行分配。

#### 2.4 假設支點法

前述之三種基本分析皆可到用電腦程式迅速求得，各點變形可視單元之分割求得較精確結果，而假設支點法（圖7）則屬於近似解，其將支撐點均視為固定，再將擋土設施入土部份選取一適當位置視之為另一支點，整體擋土結構考慮為簡支樑，直接進行計算求得其變位及應力，使用本法分析，假設支點位置應根據地質狀況適當選擇，日本地下鐵協會建議，置於開挖面下 $N$ 值大於10之砂土層或 $N$ 值大於4之黏土層中，於軟弱地層中，則取開挖面下 $0.25H$ 處， $H$ 為最下



HINGE METHOD  
圖7 假設支點法

層支撐與開挖面之距離，表 1 為日本國鐵建議之假設支點深度區與開挖期間擋土設施之可能最大無支撐長度  $H$  間關係，如最大之無支撐長度為 4 公尺時，於極軟弱黏土層，假設支點位置則在開挖面下 1.6 至 2 公尺，由此可按施工階段分析各階段之應力狀況。此法固然計算較簡化，但對各支點之側位移影響並未考慮，較難符合實際。

砂質土	粘質土	假設支點深度 $Z$
	$N < 2$	$0.4 H$
$N < 15$	$2 \leq N < 10$	$0.3 H$
$15 \leq N < 30$	$10 \leq N < 20$	$0.2 H$
$N \geq 30$	$N \geq 20$	$0.1 H$

表 1 假設支點深度

連續壁之設計，理論言之，以彈塑性法分析法較為合理，而作用力之假設情況則因工程狀況而異，宜將土質及水文狀況支撐形式等作適當假設，現場宜配合土壓計觀測以證實之，計算中需注意地層反力係數  $K_S$  值選擇，以三軸剪力試驗或無圍壓縮試驗之結果彈性係數  $E_s$  以推求  $K_S$  值，難免有所誤差，而利用孔內側壓試驗 (*Borehole Pressuremeter Test*) 直接測定其  $K_S$  值較為適宜，輸入  $K_S$  值時應特別注意施工中地層之干擾度，開挖作業由於機械震動，地下水影響，挖掘之攪動，溫度等等因素常使開挖底面下 1 至 2 公尺深度內之軟弱土層強度降低，因此設計時，應視土層狀況，將該 2 公尺深度內土層  $K_S$  折減，甚至折半使用。

無論使用以上任意一種方法，均應特別注意開挖面上、下方作用力輸入值，作用力之來源主要為土壓、地水水壓及地表之超加載重等傳達至牆面之水平側壓力等，設計者應了解開挖區在未開挖前，連續壁

體之兩側受力接近於靜止土壓狀況，但因兩側受力之平衡關係，於壁體並不發生多量之剪力或彎曲力矩，開挖過程中，一側壓力解除，連續壁體開始承受剪力及彎曲力矩之作用，其大小視土體之側壓狀況而變動，土體側壓力由原始接近靜止土壓力之狀況，因位移之發生而逐漸下降至接近主動土壓狀況，圖 8 即為台北某工地實測所得之土壓變動情況，開挖面上方淺層部份變動較小，接近靜止土壓，而以下部份變化較大，接近主動土壓狀況，因此言之，根據經驗判別，設計之輸入值固然採主動土壓力值時，仍屬安全，惟若工程設計對側位移之限制較嚴者，仍以採用靜止土壓為宜，至於開挖面以下之作用力輸入值，原則上以採用平衡後之壓力值，即牆後方主動土壓力與牆前方之靜止土壓力差值為基準似較合理，而以假設常數為保守，目前國內此類之觀測值尚屬缺乏，宜進一步研究。

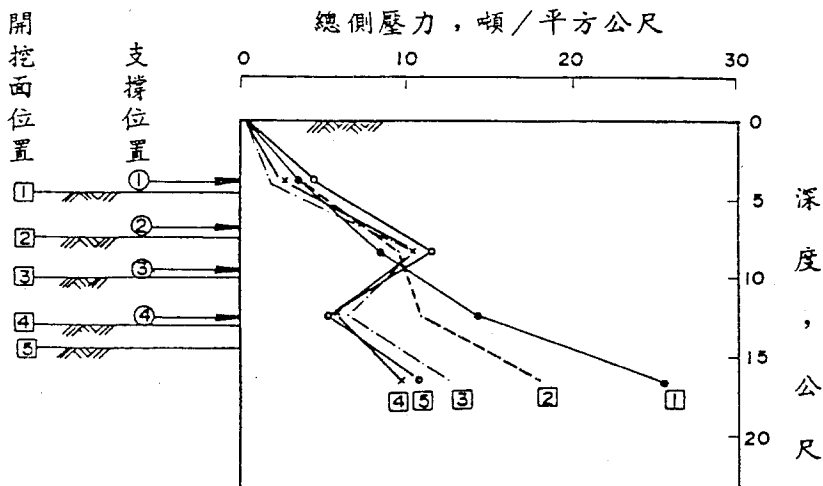


圖 8 台北某一深開挖工程各階段開挖實測得之總側壓力

### 三、設計相關問題

連續壁係屬地下結構物，其施工法與一般傳統之建築結構不同，必需完全於地下進行開挖，放置鋼筋籠，澆鑄混凝土，多數均需於地下水水位下，泥漿液中進行，且其完成後若有缺失甚難於事後進行補救或補強，因而設計中必需特別注意施工因素而產生之品質控制問題。

#### 3.1 混凝土

混凝土之設計強度一般採用ACI 或英國CP2004 之標準，惟應考慮泥漿液對混凝土可能造成污染的影響，設計採用之混凝土抗壓強度 $f'_c$  值應予以折減，折減值至少應採0.85，在台北市工程中，筆者即曾發現強度低於 $0.85f'_c$  之情況，必要時可採用0.8，同時水泥含量最低不得少於 $400\text{ kg/m}^3$ ，水灰比不得超過0.60，以確保工程設計所需之強度。

#### 3.2 鋼筋

一般採用普通竹節鋼筋，為考慮泥漿液對握裹應力之影響，設計允許之握裹應力應折減為80%，一般建議考慮0.6至0.8之值，光面鋼筋宜避免採用，高拉力鋼筋固然可使用，但因其質脆，於採來結構體銜接之預留筋部份，如需彎折時，宜避免採用，預留鋼筋宜選擇5至6號（即 $16\text{ mm} \sim 19\text{ mm}$ ），以避免折斷。連續壁體保護層原則上不得小於 $75\text{ mm}$ ，鋼筋排列之淨間距不得小於 $100\text{ mm}$ ，以保證混凝土能順利通過，其他國家亦有允許至 $50\text{ mm}$ 者，但危險性較高，保護層之維持，通常利用護耳，將護耳直接銲於鋼筋籠上，目前國內使用者泰半為 $5\text{ cm}$ 寬度之鋼片，常無法完全保證其效果，應考慮使用 $10$ 至 $15\text{ cm}$ 寬度之護耳，可銲接在2至3根以上相鄰主筋上。為保證鋼

筋籠整體之勁度以防止吊放時鋼筋籠之崩離，鋼筋籠前後主動間需加鉚斜向加強筋 ( *Diagonal Bracing* )，此加強筋因橫跨前後二主筋，於施工中，由於部份泥漿沉澱可能堆積其上，完工後具形成漏水通路之潛能，因此原則上加強筋數量應儘可能減少，採用少量大號鋼筋較採多數小號鋼筋為佳，如屬特殊重要工程，連續壁用為永久結構，內部無其他間壁防水之情況下，斜向加強筋部份應考慮加設止水環帶。

#### 四、施工問題及規範

除設計外，施工中應注意之間之問題大致為

- (1) 開挖槽溝之垂直度
- (2) 超挖的限制
- (3) 槽溝之穩定性
- (4) 鋼筋籠放置之精確性及搭接
- (5) 混凝土之澆灌
- (6) 單元之銜接

目前使用以挖掘連續壁槽溝之施工機械種類甚多，各方法均在垂直度之精準上作改進，施工規範除規定寬度、深度限制外，亦應要求連續壁施工之垂直度，此限制大致上以建築、結構之需求為標準，一般而言  $1/80$  至  $1/100$  可符合建築之需要，於特殊深度開挖工程，精度應予提高，甚至要在  $1/300$  以上，目前已有許多施工機械可超過此精度。至於底部的超挖，宜規定在  $75$  至  $100mm$  以內。

鋼筋籠之製作應力求平直，宜以工作台為之，鉚接點均應特別檢

核，避免吊起時崩離，鋼筋籠之放置橫向誤差不得超過 7.5 公分，頂部豎向誤差不得超過 5 公分，鋼筋籠之吊放，原則上儘可能一次吊放完成，儘可能減少搭接，鋼筋籠如因吊放過重必需分段搭接時，搭接長度應按一般結構體搭接規定，加以放長 1.5 至 2 倍，但應特別注意搭接處之淨空，必免阻礙混凝土之通過，搭接宜注意避免在最大應力發生處，此點應於施工前由設計單位審核，搭接時為避免槽溝內之黏土懸濁膠體因電流影響而吸附於鋼筋上，宜採用鉗接或壓接方式。

混凝土之澆灌，因係於水中進行，需利用特密管將混凝土送至水下，以避免混凝土之污染，澆鑄過程中，特密管管口應隨時保持至少 1 至 1.5 公尺之埋入深度，施工時若需上下抽動特密管以利混凝土落下時，則特密管底部應埋入混凝土中 2 公尺以上。澆鑄混凝土之坍度通常規定在 150 mm 以上，較理想之坍度在 175 mm 至 200 mm 間。

澆鑄混凝土前，槽溝內含砂量嚴重影響成品品質，規範中固然規定穩定液之最大含砂量限制，但按目前之施工情況而言，挖掘機械離開槽溝，吊放鋼筋籠，以至放置特密管進行澆鑄工作，此期間均長達 30 分鐘至 1 小時，槽溝已發生大量沉澱，嚴重者可達 50 公分以上，若將來連續壁體將承受荷重，則在載重情況生大量沉陷，不能不預先處理，現行處理法，如利用 BW 工法者，可將鑽機靜置溝底 10 至 15 分鐘，俟沉澱發生再行吸取一次，亦可利用岸斗沉至溝底撈起沉澱物，對採用抓斗式施工機械，如穩定液控制良好，沉澱可小至 10 公分以內，總而言之，沉澱嚴重影響壁體品質，必需予以清理，目前工程界對沉澱量之限制及最佳處理時機，缺乏深入探討，宜在短期內設法研究解決之。

穩定液之控制在連續壁工程中屬極重要之一環，許多學者專家均已明文說明，（林耀煌 1983），穩定液控制不良時，不但影響槽溝之穩定，同時嚴重破壞混凝土品質，因而規範中對穩定液之標準，施工之控制法均應有明確規定，附錄檢附亞新工程顧問公司使用之連續壁工程施工規範為範例，其穩定液品質標準大致符合台北市地層之需求。

連續壁因係單元式施工，單元與單元間之銜接良好度直接影響將來牆體之水密性，目前工程界通用之單元銜接形式甚多，其中以端管式（*End Pipe Joint*）較易施工，惟對地震帶區域，牆體需適度銜接以傳遞應力場合較不適用，此方面筆者有另文介紹，不再贅言（*OU, 1982*）

## 五、結 語

本文重點在介紹連續壁之設計法，並兼述設計時應就施工觀點考慮之因素，以期使設計者有所了解，以免疏忽，否則輕者造成工程進展之不便，嚴重者導致工程品質之不良，施工單位亦可藉此了解設計之觀點，以期配合之，連續壁設計施工均在發展階段，進展日新月異，筆者疏漏在所難免，謹以此文為工程界參考。

## 參 考 資 料

- Federation of Piling Specialists, (1973), "Specification for Cast in Place Concrete Diaphragm Walling", Ground Engineering, Vol. 6, No. 4.
- FLEMING, W.G.K., FUCHSBERGER, M., KIPPS, O. and SLIWINSKI, Z., (1975), "Diaphragm Wall Specification", Proc., of the Conference on Diaphragm Walls and Anchorages, ICE, London.
- JAMES, E.L. and JACK, B.J., (1975), "A design Study of Diaphragm Walls", on Diaphragm Walls and Anchorages, Proc. of the Conference, ICE, London.
- MILLET, R.A. and PEREZ, J.Y, (1981), "Current USA Practice Slurry Wall Specifications", Journal of the Geotechnical Engineering Division, Proc., of ASCE, Vol. 107, No. GT 8.
- OU, C.D., (1982), "Underground Diaphragm Wall Construction by BW Technique for Supporting of High Rise Buildings", Proc., of Conference on Diaphragm Walling Techniques, May, Singapore.
- XANTHAKOS, P., (1979), Slurry Walls, McGraw-Hill, Book Co., Inc., New York, N.Y.
- 日本建築學會，(1974)，建築基礎構造設計規準。同解說。
- 林耀煌，(1983)，"穩定液開挖工法—壁面穩定理論解析之研討"，地工技術雜誌，第一期。

## 附錄一 亞新工程顧問公司地下連續壁施工規範

### 一、施工圖

1. 承包商應依設計圖及現場監督工程師之要求，依據現場狀況檢送施工圖，施工圖至少應包括施工計劃，棄土計劃，抽用水計劃，預定進度，各種機具配置略圖、連續壁單元分割情況，施工順序圖，各類型單元鋼筋詳圖及計算書、接縫形式、牆柱搭接之預留筋位置詳圖、各類型單元鋼筋形狀及數量統計表等，須經監督工程師認可後，方得照圖施工。
2. 若因實際情況限制，每單元鋼筋籠需以分段方式始可吊放入槽溝內者，則承包商必須檢送接駁施工詳圖，經監督工程師認可後，始可施工。

### 二、放樣

1. 導牆開挖前承包商應確實按設計圖所標示之尺寸及位置進行放樣，並用小木樁、木板、水準繩等將槽溝中線及導牆標高標示清楚，必經監督工程師覆核認可後方可開始挖掘。
2. 連續壁槽溝挖掘前應先將每單元之詳細位置標示於導牆上，經監督工程師覆核無誤後方可開始挖掘工作。

### 三、穩定液

1. 承包商必需具備之調製及輸送機具包括穩定液拌合機 ( Mixer ) 一部、離心式旋轉分離機 ( Cyclone ) 一組、振動篩 ( Vibrating Mud Screen ) 一部、強力吸取泵浦 ( Suction Pump ) 一部、沉水式抽水機浦至少三具、穩定液儲存槽一組、輸送管一組。( \* 如不採用 BW 機械施工，此部份應更改 )
2. 承包商應具備有粘滯性測定儀 ( Funnel Viscosimeter )、

比重器 (Mud Balance) 、過濾壓試器 (Filter Press Tester) PH 值顯示儀、二〇〇號篩、1000C.C. 量筒、深水取樣器等試驗儀器。

3. 對於本工程所使用之穩定液材料包括皂土 (Bentonite) C.M.C. 及 F.C.L. 等, 承包商必須提出各種材料製造商或供應商之證明書 (試驗報告書), 並經認可後方可使用。證明書上應詳細說明材料之規格及穩定液適用範圍; 若欲變更材料亦必須提出相同之證明書。(註: C.M.C., F.C.L. 為穩定液附加劑)
4. 穩定液必須用清潔水調配, 水中不得含有油質、酸鹼物、有機物或其他雜質。穩定液拌合後放置於 1000C.C. 量筒內一〇小時後水之分離度應保持在五%以內, 同時液體亦須保持均勻。
5. 穩定液性質均須按規定方法檢核其品質, 並記錄之; 檢驗法, 測定次數及檢驗標單如表一所示。穩定液控制記錄至少應包括試驗時間、取樣地點、土質狀況、天候、比重、粘滯性、濾過量、漿膜厚度、含砂量及其他有關記錄。
6. 穩定液灌入槽溝內六小時後, 其液面下降應保持在二〇公分之內, 若大於二〇公分, 監督工程師得視狀況指示增加穩定液濃度。
7. 穩定液經使用後其比重, 粘滯性及污染度都會相對偏高, 若欲再度使用必須經過沉澱淨化處理, 並重新做品質試驗, 若污染度過高必須將其廢棄重新調配。為處理使用後之穩定液, 降低其粘滯性得加入 F.C.L. 但 F.C.L. 之用量必須在工程師之監督下進行控制, 不可加入過高。
8. 穩定液廢料應立即運棄, 不得堆放工地中以免影響施工。

表 一

項 目	合格標準 (以 21 ℃ 為準)	檢 驗 法	測定時間及次數
比 重	1.02 ————— 1.10	漿密度天秤 (Mud Balance)	鑽挖前後、下雨後 、混凝土澆灌前
粘 滯 性	有地下水時 23 ——— 65 秒 無地下水時 21 ——— 45 秒	漏斗粘滯性儀 (500/500 C.C. sec. Marsh Funnel Viscosimeter)	每 日 測 定 情 況 同 前
濾 過 度	濾過量小於 25 cc；泥漿膜厚小於 2 公厘 。在易崩潰土層濾過量應小於 15 cc。	過濾壓試器 (Filter Press Tester)	至少每三日一次
PH 值	8.5 ————— 11.7	PH 值顯示儀	混凝土澆灌前後
含 砂 量	7% 以下	200 號篩	每 日 測 定
<p>附註：(1)穩定液品質控制之各項細節，以工地監督工程師為準。</p> <p>(2)在特殊情況下，例如下雨前後、久置後、停工後、土壤情況改變等，必須依工地監督工程師指示做必要之試驗。</p>			

\* 表一應配合土質情況調整。

#### 四、開挖

1. 機具：垂直鑽掘機一部（必需備垂直度精密指示儀器及垂直度校正設備）、抓斗式掘土機一部、挖掘深度測定索至少一部、聲波測定儀一部。
2. 地下連續壁牆面挖掘垂直度必須精確，誤差不得大於  $1 / 300$ ，牆厚誤差不得大於五公分，挖掘深度不得超過設計深度五〇公分，開挖過程如發現誤差超過  $1 / 300$  時，應立即校正。
3. 開始挖掘的同時應注入穩定液，穩定液之高度以能確保槽溝不致崩塌為原則，穩定液水面應高出地下水位一公尺以上直至混凝土澆灌完成。開挖中如發現穩定液突然消失滲入地下，承包商應立即採取應變措施將土砂回填，並立即報告現場監督工程師。
4. 承包商應負責保持工地及環境之清潔，挖出之廢土及廢液應立即清除運棄。
5. 連續壁槽溝之挖掘不得造成地表土壤移動或鄰近建築物之破壞，挖掘時必須使地面振動至最低程度，如有任何災害發生，承包商負賠償責任。
6. 連續壁鑽挖前必須在槽溝兩側築造混凝土導牆，導牆最少深度規定為至少一·五公尺，但必須達到回填土層以下，實際深度及配筋依設計圖為原則，如有改變須經現場監督工程師核准。導牆外線回填時應先於導牆面間使用適當木材加以支撐，再以良好級配料回填其中並緊密壓實。導牆面間之距離應較連續壁厚度略大，其超出範圍應在五公分內。
7. 施工期間，承包商應隨時具備聲波測定儀，視槽溝開挖情況必要時監督工程師得要求承包商施行檢測槽溝壁之崩塌情況。在正常情況下每六至八個單元檢測一單元，但除前述之抽檢外第

一及第二單元則必須檢測，並提出記錄交由監督工程師收存。

## 五、鋼筋籠

1. 製造工具：鋼筋切斷器、鋼筋彎曲加工器（台）電焊機具。
2. 吊放機具：三五噸以上長臂大吊車（至少一部）。
3. 鋼筋材料：由業主提供，但若承包商實際使用量超出其所提鋼筋數量統計表所列總數量之百分之三時，其超出部份之費用由承包商負擔。本工程結束時承包商應繳回下腳料不得少於百分之一。
4. 鋼筋籠製作場應以鋼樑架設平台於混泥土地坪上，以求鋼筋籠之平整。
5. 鋼筋籠製造時鋼筋加工切斷必須使用鋼筋切斷器，不得以「熱切」方式行之，以免影響鋼筋強度。
6. 鋼筋籠製造必須準確堅固，保證吊起時不會變形，橫筋、豎筋、腹筋和預留筋之每一連接點必須加以焊接，A型鋼筋籠兩側之鋼板與止水鋼片焊接部份必須完全焊滿，本工程鋼筋籠以兩段施工，分段處如設計圖示，搭接時其搭接長度須符合設計圖之要求及經現場工程師之認可，但必須以電焊駁接，拉力強度應達到鋼筋規定降伏應力之1.25倍。若製造不符規定或強度不夠應予拆除重做不得異議。
7. 每片鋼筋籠完成後；均應經監督工程師檢核，始准吊放。預留筋之位置必須焊接準確，否則若導致日後連續壁與樑（版）之接頭無法施工，承包商應負補救之全部責任。
8. 鋼筋籠製作完成後兩側所包裹之帆布應確實包紮穩當，以免混泥土澆灌時漏漿。
9. 鋼筋籠吊放前，承包商應先行檢定槽溝內之沉澱情形及採取距

- 槽溝底部 1 / 3 深度之穩定液樣品檢定含砂量，含砂量超過 7 % 時應重新清洗溝底，至符合標準。
10. 鋼筋籠吊放必須以自重慢慢放入槽溝內，若遇到無法完全放入之情形應重新吊起，重新挖掘清理槽底之沉澱物及砂土等廢料後再行吊放，絕對不得將鋼筋籠切割。
  11. B 型鋼筋籠吊放前，應使用特製鋼刷仔細清洗先前 A 型鋼筋籠之節點 (Over Lapping Joint) 位置，以保持節點之清潔，必要時得經工程師指示利用壓縮空氣沖洗 (Air Lift) 節點。
  12. 若因實際情況限制，每單元鋼筋籠需以分段方式始可吊放入槽溝內者，則接駁方式及施工過程必須經工地監督工程師之認可。
  13. 鋼筋籠吊放橫向誤差不得超過  $\pm 7.5$  公分，頂部豎向誤差 (以導牆為準) 不得超過  $\pm 5$  公分。若誤差太大必須重新吊放時承包商不得異議。
  14. 其他規定應符合本工程施工說明書「混凝土工程」用鋼筋之有關規定。

## 六、混凝土

1. 澆灌機具：特密管 (Tremie Pipe) 至少二組，高壓力空壓機 (Air Compressor)、截止管至少一組。
2. 混凝土品質
  - (1) 骨材：應包含各種符合級配條件之骨材，但最大骨材粒徑不得超過二公分。
  - (2) 水灰比：最大 0.48。
  - (3) 塌度：十七公分至二十公分為限不得過大或過小。
  - (4) 七天標準試柱強度：最小 170 kg/cm<sup>2</sup>。
  - (5) 廿八天標準試柱強度：最小 245 kg/cm<sup>2</sup>。

- (6)其他性質應符合CNS 3090預拌混凝土之規定。
3. 混凝土抗壓試驗及塌度試驗依本工程施工說明書「混凝土工程」用混凝土之試驗規定辦理。
  4. 混凝土一律採用預拌混凝土，由承包商指定兩家以上廠牌供業主選擇洽購。
  5. 預拌混凝土之供輸管理由承包商負責指揮，預拌混凝土車輛每車次之間隔不得超過二十分鐘，但也不允許兩部車以上同一時間到達。混凝土澆灌時限於拌合後三十分鐘內為限，凡已初凝之混凝土不得使用，如因上述原因所需之補救責任，由承包商負擔。
  6. 混凝土澆灌前應先將槽溝內之沉澱物、塌落之砂土等雜物以及循環方式處理清潔後再行澆置，原則上應於吊放鋼筋籠之前及吊放之後檢測沉澱厚度各一次，若吊放之前沉澱厚度超過公分，或吊放之後沉澱厚度超過公分，則監督工程師得要求承包商處理改善。若未處理完善即行澆灌，則日後若嚴重影響混凝土強度導致連續壁沉陷或失敗，承包商應負補救責任。
  7. A型連續壁澆灌混凝土前應先將接縫兩端以截止管封住以免漏漿，如萬一處理不慎而致漏漿，應立即以空壓機將水打入混凝土漿中使之稀化，再以強力吸取泵浦吸出漏出之混凝土漿。
  8. 特密管必須保持清潔及不漏水，同時直徑大小應足以使混凝土保持自由落下。特密管必須延伸至槽溝底部，同時在第一次澆灌時必須先放入與管徑同大小之硬質柱塞(Plunger)，再灌入混凝土以確保特密管內穩定液完全擠出。混凝土澆灌進行中特密管底部必須保持埋入混凝土中至少一公尺，以保證完整的澆灌。施工時若需上下移動特密管以利混凝土落下，則特密管需

埋入混凝土中二公尺以上以確保穩定液不致倒灌入管內。特密管抽動時要小心，不要碰到槽溝壁，以免砂土崩落與混凝土混淆，而影響連續壁品質。

9. 混凝土澆灌應當使用兩個或兩個以上之特密管澆灌，澆灌所有管內之混凝土面均應保持同等高度，即每車次混凝土應按量平均澆注於各特密管內，兩特密管之最大間距不得超過四公尺。
10. 混凝土澆灌過程中，鋼筋籠須保持固定，不得有移動現象混凝土保護層應保持在 7.5 公分以上。
11. 每片連續壁單元混凝土實際用量與設計量誤差不得超過百分之五，若混凝土用量未達標準，由設計工程師決定補救及處理方法，但補救及處理費用應由承包商完全承擔。若每一單元混凝土用量超出設計數量百分之五以上，則超用之混凝土費用亦應由承包商負擔。
12. 每片連續壁單元澆灌必須至原地面高度。

## 七、其他規定

1. 如甲方供應之混凝土強度，經試驗後已符合設計標準時，承包商應對完成後連續壁之不透水性及強度負完全責任，經監督工程師認定連續壁因灌鑄不良有漏水之可能位置，承包商應按監督工程師指示，於地基開挖前先行補救處理不得異議，地基開挖後接合部位或其他牆面發生漏水現象，承包商應立即修補；若牆面凹凸不平，承包商亦應負責整平。若連續壁強度不夠，應依現場監督工程師之決定以適當方式補強。
2. 若遇無法連續施工預期放置時間在三天以上之連續壁單元接頭應以經監督工程師認可之碎石級配料回填。
3. 承包商應按監督工程師之指示辦理本工程觀測系統安裝之配合

工作，並應預先準備有關配合工作所需之器材，因此項配合工作所增加之工料費已包括在承包各項相關單價內。

4. 如承包商對本工程監督工程師之指示有爭議，而未於本規範中明確說明時得請求業主聘請之工程顧問公司之解釋與仲裁，該工程顧問公司之仲裁為最後之決定，承包商應不得再有異議。