

地下連續壁 施工法

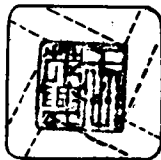
理論及實務

王茂興編著

大事業出版社

江苏工业学院图书馆
藏书章

版權所有



翻印必究

中華民國六十八年十月出版

地下連續壁施工法——理論與實務

著者：王茂興
發行人：張魯生
地址：台北市襄陽路 31 號 4 樓
出版者：大事業出版社
地址：台北市襄陽路 31 號 4 樓
登記：局版台業字第 1905 號
電話：3311544、3115308
郵撥：第 133500 號
排印者：禾年實業有限公司
地址：台北市昌吉街 26 巷 28 號
電話：591-0401·594-8428

大業
工程經營管理
技術研究中心

定價：■元

360

目 錄

第 一 章 緒 論	1
1.1. 地下連續壁之發展歷史	1
1.2. 地下連續壁施工法之優點	2
1.3. 地下連續壁使用之限制	3
1.4. 施工必備條件	5
第 二 章 施工計劃	7
2.1. 單元之分割	7
2.2. 工地調查及施工準備	8
2.2.1. 工地調查方法	8
2.2.2. 施工所需面積	10
2.2.3. 施工計劃概要	12
2.3. 導牆或導溝	12
2.4. 連續壁厚度及形狀	14
2.5. 機具與設備	15
第 三 章 穩定液之使用	17
3.1. 穩定液及其功效	17
3.2. 穩定液之材料	18
3.3. 穩定液之配製及使用計劃	19
3.3.1. 地層及施工條件	19

3.4. 穩定液性能之決定	20
3.5. 穩定液需要量之估計	21
3.6. 穩定液之配製及使用	22
3.7. 穩定液之試驗	23
3.7.1. 粘性試驗	24
3.7.2. 比重測定	27
3.7.3. 酸鹼度試驗	28
3.7.4. 濾過度及泥漿膜試驗	29
3.7.5. 含砂量之測定	30
3.7.6. 分離度之測定	30
3.7.7. 塩份含量之測定	31
3.8. 穩定液之流體性質	31
3.9. 穩定液之再生處理	32
3.10. 穩定液性能之調整	35
3.11. 穩定液使用界限之判定	40
3.12. 穩定液之廢棄	42
3.12.1. 廢液性質及數量	42
3.13. 穩定液之管理	43
3.14. 穩定液與土壤之關係	44
第 四 章 壁溝之穩定	47
4.1. 粘土層中之壁溝	47
4.1.1. 不使用穩定液之場合	47
4.1.2. 使用穩定液之場合	48
4.2. 乾砂土層中之壁溝	49
4.3. 含地下水之砂層	52
4.4. 沉泥與沉泥質砂層	53
4.5. 拱作用	53
4.6. 壁溝之穩定分析	53
4.7. 影響穩定之因素	56
4.8. 周圍地面之沉陷	57
4.9. 穩定液對壁面土壤之保護	58
4.10. 穩定液之滲漏	59

第 五 章 壁溝之鑽掘	63
5.1. 鑽掘設備.....	63
5.1.1. 迴轉式鑽掘系統—BW施工法.....	64
5.1.2. I.C.O.S. 施工法.....	72
5.2. 鑽掘前準備工作.....	76
5.3. 鑽掘作業.....	76
5.3.1. BW系統之鑽掘.....	76
5.3.2. 衝擊式機械之挖掘.....	80
5.3.3. 蚌殼式抓斗之挖掘.....	80
5.4. 地層種類與挖掘界限深度.....	82
5.5. 壁厚與超挖.....	82
5.6. 鑽掘速率.....	83
5.7. 地面上荷重與震動之影響.....	85
5.8. 單元之鑽掘.....	85
5.9. 塌 陷.....	85
第 六 章 鋼筋籠之製作與吊放	87
6.1. 導 論.....	87
6.2. 鋼筋籠之製作.....	87
6.3. 接 頭.....	93
6.4. 鋼筋籠之吊放.....	100
第 七 章 混凝土	105
7.1. 導 論.....	105
7.2. 混凝土之拌合.....	105
7.3. 混凝土之澆灌.....	107
7.4. 穩定液與混凝土之相互影響.....	114
7.5. 預鑄混凝土連續壁.....	114
第 八 章 施工程序與管理	119
8.1. 施工程序.....	119
8.2. 施工管理概要.....	119
8.2.1. 鑽掘作業之管理.....	123

8.2.2. 鋼筋籠製作與吊放之管理	125
8.2.3. 澆灌混凝土作業之管理	125

第九章 壁前開挖與壁體支撐系統 127

9.1. 壁前開挖	127
9.2. 支撐系統	127
9.3. 側向斜支撐	128
9.4. 橫支撐	129
9.5. 錨碇拉桿支撐系統	129
9.5.1. 錨碇拉桿之施工	131
9.5.2. 腐蝕防護及臨時性拉桿之拔除	132
9.5.3. 其他型式之拉桿	132
9.5.4. 設導管及施預力	133
9.6. 大廈地下室周牆之支撐系統	133

第十章 規劃與設計 137

10.1. 規劃	137
10.2. 設計條件	138
10.3. 地下連續壁設計例	138
10.3.1. 開挖時之支撐設計	139
10.3.2. 貫入深度之決定	144
10.3.3. 壁體之細部設計	150

第十一章 地下連續壁之應用 151

11.1. 房屋建築	151
11.1.1. 地下停車場施工例	152
11.1.2. 大廈地下室施工例	153
11.2. 地下道及地下鐵工程	153
11.2.1. 地下鐵施工例	163
11.3. 地下車道工程	164
11.3.1. 地下車道施工例	166
11.4. 水利及衛生工程	167
11.4.1. 土堤之截水牆	167

11.4.2. 截水牆施工例.....	169
11.4.3. 抽水站施工例.....	170
11.4.4. 集水豎井施工例.....	170
11.5. 港灣工程.....	171
第十二章 地下連續壁施工規範	179
參考資料	

第一章 緒 論

地下連續壁簡稱連續壁或地中壁，英文名稱有二，一是 Slurry wall，意為泥漿牆，以其挖掘壁溝時，溝內充滿特別調製之泥漿，以保持壁溝之穩定，挖掘至相當深度仍不塌陷之故，利用此法可免除結構支撐。另外一種英文名稱是 diaphragm wall，意為隔膜牆，因挖掘時在充滿泥漿之溝內土壤面上形成一層薄膜，此種薄膜有相當強度，能承受張力作用，又可防止地下水與泥漿之滲透，確保溝壁之安定。英文中又有 fluid trench method, slurry trench method，即泥漿壕溝法，其意與前述者相同。中國土木水利名詞修訂委員會將 slurry wall 譯為揚鑄牆，但以稱為地下連續壁為宜。地下連續壁施工係挖掘壁溝至預定深度，吊放已製作妥當之鋼筋籠，然後灌注壁體之混凝土。鋼板樁之打設產生很大噪音與震動，地下連續壁施工則否；預疊樁之施工與反循環式連續壁施工法類似，但係圓形斷面銜接。預疊樁與鋼板樁只作臨時擋土之用；而地下連續壁不但可抵擋側向壓力，亦能承受垂直荷重並作為永久結構物。

1.1. 地下連續壁之發展歷史

地下連續壁施工法之最大特點是挖掘時溝內充滿穩定液，此種觀念起源於鑽井技術，古代即知使用泥漿注入鑽孔，來鑽深井，以免井孔塌陷。在西元 1500 年中國人即曾利用此種技術鑽過 600m 之深井。在西元 1845 年法國人最早利用水流經由空心管循環之裝置鑽挖 170m 深之井；同時在英國亦有類似之設備，這是今日迴轉式鑽掘機之先驅。

至於穩定液，於西元 1901 年在美國 Gulf Coast 鑽一口深 300m 之井，即利用泥漿，泥漿係在土坑中，以馬為動力拌合之。1901 年後穩定液在美國即被廣泛使用，且有許多人專門研究穩定液之性質及配製方法，Marsh 之粘滯性試驗用漏斗即在此時期內發明設計出來

的。

第二次世界大戰後，西元 1946 年美國工程師兵團在一土堤上施工，首以乾挖方式，挖掘至 2.7m 深度，即發生局部塌方，而後在已挖掘溝內注滿泥漿，以挖溝機挖至 6m，再續以拖斗挖泥機一直挖至 10m 深度，均未再發生塌方。溝挖好後，以推土機將粘土填入溝內，形成土堤之截水牆。堤址基礎為沖積土壤時，利用此法挖掘甚為經濟，此種截水牆施工法亦同樣用於堤防工程。

1954 年歐洲國家最早將連續壁施工法應用於大廈之地下室周牆；美國與加拿大在 1960 年引進，1968 年紐約曼哈頓世界貿易中心大廈地下室周牆即採用地下連續壁施工法。國內之地下連續壁施工法於民國 60 年由榮工處引進，用於榮華大樓；其後台中港新建工程中，又首次將地下連續壁應用於港灣工程，即台中港工作船渠之防波堤；台北市迪化街污水處理廠之大型水池亦採用地下連續壁施工。民國 66 年海陸工程公司跟進，該公司目前擁有兩組 BW 鑽機，另外天工工程公司亦有獨家自製之反循環式鑽機；此外，目前國內其他地下連續壁施工承包商大部份採用 I.C.O.S. 抓斗式挖掘法。僅以抓斗挖掘，無法控制挖掘溝之垂直度，以致影響日後連續壁壁面之平整；BW 機具之購置費用雖較高，但偏位與垂直度均能控制，效能遠較抓斗式者為佳。

1.2. 地下連續壁施工法之優點

地下連續壁施工法之優點如次：

1. 施工時聲響甚小，不影響鄰近之安寧。
2. 無震動施工法。
3. 用於建築物，連續壁完成後才開挖地下室，免除抽地下水而造成鄰近道路或房舍基礎下陷。
4. 地下連續壁之防水性甚高，貫穿含水層並打入不透水層，即形成地下擋水牆。
5. 地下連續壁可抵抗側向壓力，又可當作永久結構物，承載垂直荷重。建築物之地下室採用連續壁，可不必再作其他周牆。
6. 地下連續壁壁體之澆築不須使用模板。
7. 壁體深度除受挖掘機具之能力所影響外，不受其他限制。截至目前，國內之地下連續壁有深達 50m 之記錄。
8. 壁體外側距鄰近建築物僅需有 20 cm 空間，即可施工。
9. 地下連續壁可適應任意幾何形狀之場地邊界。

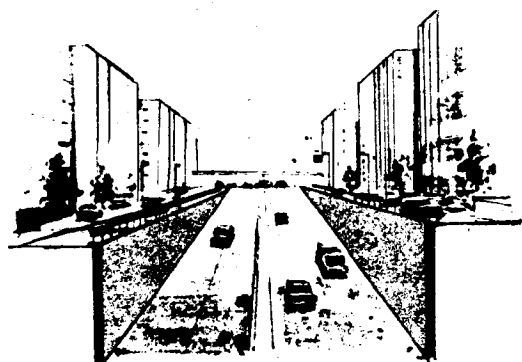
由於第 1、2 點，對於工地位於都市中心，鄰接大廈及交通繁忙之街道者，採用此種施

工法非常適合。日後社會愈進步，管制公害之法令愈健全，對於施工噪音與震動之限制愈嚴格，也只能考慮無聲響施工法了。因地下水位降低 10 呎（3m），即等於在土壤表面增加 624 lb/ft^2 之荷重。施工中抽水，地下水位降低，就造成周圍地面土壤之壓縮作用，地下連續壁施工法可解決上述施工中棘手之排水問題。灌注壁體混凝土或粘土時不須模板，壁體直接與土壤接觸，可節省模板費用，且混凝土臨接土壤之養生條件甚佳。除了建築物地下室大開挖時須有支撐設施，免得周圍土壤移動外，地下連續壁壁溝之開挖不須結構支撐，亦不會改變周圍土壤及地下水狀況。

由於上述之優點，地下連續壁常用來作為永久之土木建築結構物，其使用例如圖 1，可用於地下道，地下鐵，橋墩，油槽及水池，土堤與堤防之截水牆。大樓地下室周牆，擋水牆，甚至可用於船塢與碼頭工程。

1.3. 地下連續壁使用之限制

地下連續壁施工雖有許多好處，但在某些地區受土層條件之限制無法採用此種施工法。如 BW 施工法不適於含有 30 cm 以上大卵石之砂土層或礫石層，亦不適於堅硬岩石地層；I.C.O.S. 施工法之限制較小，但若地層中之卵石在壁面處或大於壁厚，將使日後完成之壁面凸出不平，難要求有良好之品質；若地下有木頭或鋼筋等雜物，其形況亦同。此外地下連續壁之使用亦受業主提供之經費及承包商之設備等所限制。



地下車道



土堤截水牆

圖 1 地下連續壁使用例(一)

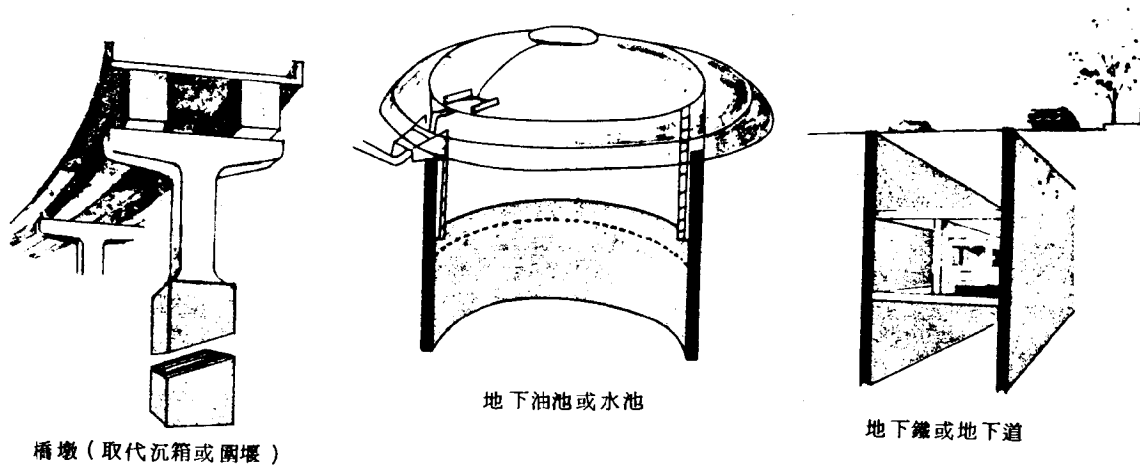


圖 1 地下連續壁使用例(一)

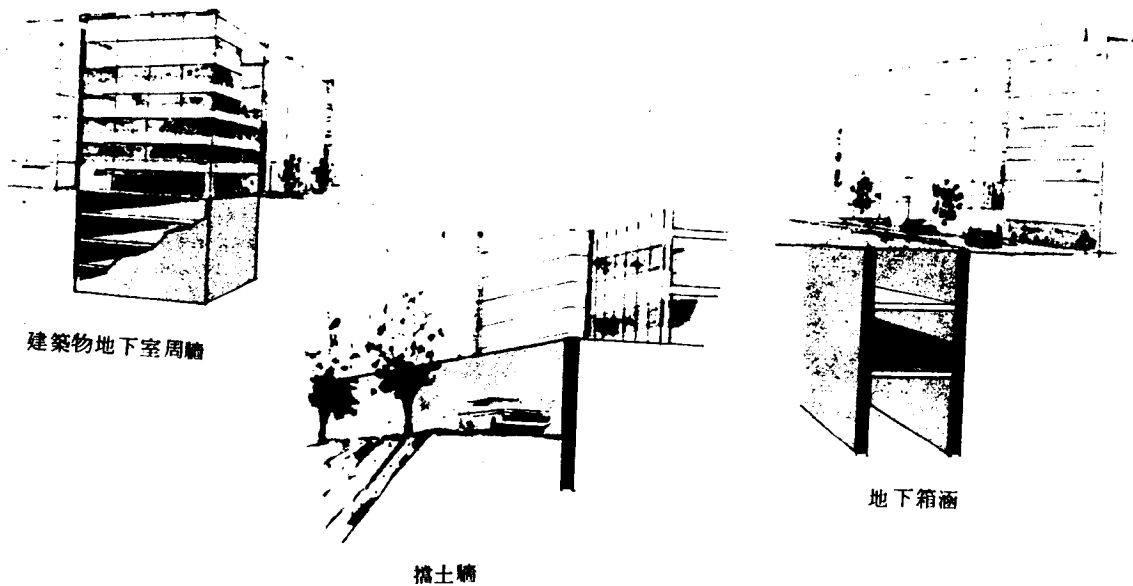


圖 1 地下連續壁使用例(二)

1.4. 施工必備條件

欲使用連續壁施工法須達到下列要求：

1. 須配製穩定液，以供使用。
2. 須有特定之施工機具與設備。
3. 須有熟練之員工。
4. 須有良好之工地管理。
5. 工程單價須較一般鋼筋混凝土結構物為高。

本施工法之最大特點係在挖掘壁溝中須充滿穩定液，穩定液之品質優劣影響壁體甚大，穩定液之配製與調整在第三章中詳述。地下連續壁施工法最主要之工具是挖掘機具，目前在國內有BW及I.C.O.S.兩種鑽掘機具，將在第五章中討論。此外尚有穩定液拌合，運輸，處理與貯存設備，水中混凝土澆灌設備等。

地下連續壁之施工程序較一般結構物之施工為多，包括挖掘，穩定液處理及澆灌水中混凝土等，與一般混凝土施工法不盡相同，故須有經驗之熟練工人相互配合，才能有良好之工作效率。壁溝之挖掘不但須要求平整，尚須保持土壤之穩定；鋼筋籠須妥善焊製，才能順利吊放溝中；混凝土之澆灌須確實，而無孔隙雜質在內。要達到上述之要求，則須有良好之工地管理。連續壁施工時，因一時疏忽造成錯誤，無論如何再行補救，也無法得其完美，故須有耐心，事事預防，施工管理更形重要。

地下連續壁有許多優點，工程單價亦較一般鋼筋混凝土結構物為高，業主須有此種認識，給予合理之單價，才能期望能得到良好品質之地下連續壁。惟若大廈甚高，地下連續壁佔整個大廈工程費用之比例較小，則絕對經濟可行。

第二章 施工計劃

2.1. 單元之分割

地下連續壁實際上係由若干單元（element，panel）銜接成一整體，如圖 2 中所示，A 型與 B 型單元相接組合成大廈地下室之周牆。角隅之連續壁須整體為同一單元，即單元接頭不能落在轉折點上。單元長短所費工時相差不多，故分割之單元數目愈少，則愈經濟；且接頭少，漏水之機會亦隨之減少。惟受吊車能力及沉澱池容量之限制，若單元太長，恐吊放鋼筋籠及供應穩定液會成問題。另外爲了要求混凝土之澆灌在 4 小時內完成，每單元之混凝土體積不得超過 120m^3 （此數字因工地澆灌混凝土之速率不等，會稍有變動），連續壁之深度固定，則每單元之長度即受限制。一般單元長度自 2m 至 5m 不等，在國外有單元長度

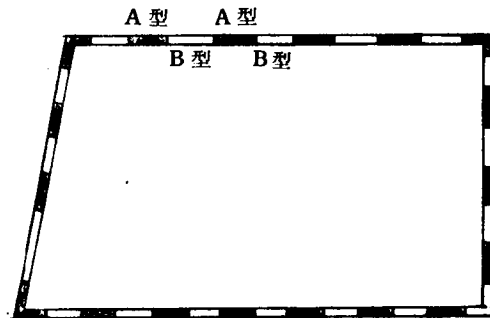


圖 2 地下連續壁單元分割平面圖

達 10m 之記錄。單元之分割亦須注意避免單元間之接頭落在地下室大樑與小樑之位置。

2.2. 工地調查及施工準備

擬定施工計劃前須先作調查，瞭解工地之狀況，如土壤資料，工地鄰近房舍狀況，交通情況及是否有地下障礙物等。另外得考慮穩定液之沉澱池，貯存池設置空間，廢液及廢土處理等問題。

若說事先之調查準備工作關係整個連續壁施工之成敗亦不為過，若急急開工，而後有地下障礙物存在，材料搬入，混凝土供應及廢土處理等皆成問題，非但延誤時間且影響工程品質。地下連續壁施工時聲響雖小，惟在夜間對於鄰近住家亦有相當程度之干擾，故須使用適當之挖掘方法並與鄰居協調，取得諒解。作業用水在理論上以自來水最佳，惟工地用水甚多，在尖峰用水時間自來水之出水量又小，採用自來水常有困難，此狀況下，可在工地中央抽取地下水使用。施工用電以向台電公司申請裝接臨時用電為宜；若使用發電機，非但噪音很大，油費亦甚可觀，採用 BW 施工法機具電力負荷容量大致在 100 KW 以上。

施工前須按地下連續壁之最長單元計算穩定液貯存池與沉澱池所需容積；研判土壤資料，決定穩定液之配製標準；編製預定工作進度表，施工作業所需工具 4 至 10 名，宜分為兩組，日夜輪班。

2.2.1. 工地調查方法

工地調查內容可分為下列幾項：

(1) 資料蒐集

①地圖：包括地形圖，地質圖，航測圖及土地利用圖等。

②現有資料：以往土壤調查資料，地下水及土壤滑動資料等。

(2) 土壤調查

鑽探取樣並進行各種土壤試驗，地下連續壁設計施工所需要之土壤試驗項目如表 1。

由土壤調查結果瞭解地層土質，N 值，卵石層厚度，卵石粒徑，土壤透水性及地下水情況等。N 值大小即土壤之軟硬程度，影響開挖速率及鑽掘機具型式之選擇。

(3) 地下水調查

實際上與前述之土壤調查一併進行，調查之主要項目是含水層及不透水層之深度，地下水流大小以及地下水位高度等。

(4) 地下障礙物之調查

調查是否有自來水、雨水及污水管線，瓦斯管，電話線，木頭及舊有結構物基礎在連