

各國規範專欄

地下連續壁工程設計準則與施工規範比較

游 坤*

一、前 言

地下連續壁應用於土木工程已約有四十年的歷史，早期的地下連續壁主要之用途為截水牆 (Cut-off wall)，即用於堤或壩之底部以為截水設施之用，至於採用鋼筋混凝土連續壁作為深開挖工程之擋土結構物或地下工程之永久性擋土牆，甚至作為荷重支撐基礎 (Loading Bearing Foundation) 等用途亦約有二十五年之久。臺灣在 1971 年開始將鋼筋混凝土連續壁應用於建築工程中。由於此種工程已逐漸普遍被用於開挖工程，尤其近年來有關深開挖施工監測系統之重要性亦漸被重視，使得國內工程界對連續壁之認識，施工能力以至於施工技术均獲得不斷的改進。雖然目前連續壁在設計上尚無統一之理論，在施工上亦無一致之施工規範可循，但為求國內在連續壁施工方法之繼續發展，本文就歐美近年來之鋼筋混凝土連續壁工程之設計準則與施工規範作一比較，以為國內工程界之參考。

二、連續壁設計準則與施工規範比較

鋼筋混凝土連續壁工程之設計與施工除與一般工程一樣需滿足該工程之使用功能外，更需要注意其施工方法與一般傳統式的土木工程施工方法不同，因此在設計與施工上應特別考慮施工時之品質控

制問題，一般鋼筋混凝土連續壁工程在設計與施工上應考慮之重點大致可歸納為連續壁之強度性質、整體性質、永久性質及變形性質等四方面。以下就英美兩國近年來有關連續壁設計準則與施工規範方面，擇其重點作一比較並綜合說明如表一及表二所示。本文之規範比較是以 Specification for Cast in Place Concrete Diaphragm Walling (Federation of Piling Specialist, 1973, 簡稱 FPS) 及 Current USA Practice-Slurry Wall Specification (Millet and Perez, 1981, 簡稱 USA) 二篇文章為主要依據，另有關臺灣在連續壁工程之發展與施工狀況，讀者可參考歐晉德博士之論文 (1982, 1983)。

三、結 語

根據以上之比較，英美兩國在有關連續壁工程之設計準則與施工規範方面並無太大之差異。一般在建立連續壁之設計準則與施工規範之前應先了解該連續壁工程之目的，適當之設計準則與施工規範應以達成工程目的為原則，過份嚴格時，除導致增加造價及延長工期外，更阻礙新工法與新技術之發展，因此在建立連續壁之設計準則與施工規範時，亦應對連續壁施工技術之應用及其限制有所了解。

* 亞新工程顧問公司馬來西亞分公司經理

表一 連續壁設計準則比較綜合表

項 目	USA	FPS
1. 工程設計一般規範依據建議	無特別規定	(1) CECP No. 2 (Earth Retaining Structures) (2) CP2004 (Foundations)
2. 連續壁強度與材料	<p>2.1 混凝土</p> <p>(1) 混凝土之強度一般採用 ACI 之標準。</p> <p>(2) 混凝土之坍度值為180mm~230mm</p> <p>(3) 混凝土之最大顆粒骨材須能通過鋼筋之間隙。</p> <p>(4) 連續壁應有適當之混凝土保護層。</p> <p>2.2 鋼筋</p> <p>(1) 鋼筋應符合 American Iron and Steel Specification 之規定或其他適當之 Steel Specification。</p> <p>(2) 鋼筋之設計握裹應力應考慮折減為0.6至0.8之值。</p> <p>(3) 鋼筋籠之外側應有適當之護耳 (spacer) 設計以維持保護層之厚度。</p> <p>(4) 鋼筋之淨間距應以混凝土能順利通過為原則。</p>	<p>2.1 混凝土</p> <p>(1) 混凝土之抗壓強度須符合 CP114 或 CP110 之規定。</p> <p>(2) 水泥須符合 BS12 或 BS4027 之規定。</p> <p>(3) 混凝土最小水泥含量不得低於 400 kg/m³。</p> <p>(4) 混凝土之用水水質需符合 BS3148 之規定。</p> <p>(5) 混凝土之水灰比不得超過 0.6。</p> <p>(6) 骨材必須符合 BS882 之規定，另骨材之貝殼與氯離子之含量亦須符合規定。</p> <p>(7) 混凝土之坍度值最小為 150 mm，建議坍度值為 175 mm~200 mm。</p> <p>(8) 混凝土保護層之厚度不得小於 75 mm。</p> <p>2.2 鋼筋</p> <p>(1) 鋼筋應符合 British Standard 之規定。</p> <p>(2) 鋼筋焊接處之強度應與無焊接處強度一致。</p> <p>(3) 鋼筋籠主筋間之淨間距應不小於 100 mm。</p> <p>(4) 鋼筋籠之鋼筋應避免採用直徑相同而強度不同之鋼筋。</p>
3. 設計上其他應考慮之項目	<p>(1) 連續壁單元之連接法以使連續壁具足夠之強度及整體性與連續性為原則。</p> <p>(2) 支撐系統之設計以將來連續壁之功能應如擋土牆一樣為原則。</p> <p>(3) 連續壁原則上應考慮為永久性結構物之一部份。</p> <p>(4) 連續壁應設計為不透水結構物。</p> <p>(5) 設計時應規定連續壁之最小厚度與深度。</p> <p>(6) 開挖施工步驟應予規定。</p> <p>(7) 開挖施工時連續壁可能發生之變形及對周圍環境之影響應予考慮。</p>	<p>(1) 連續壁在臨時性或永久性狀況下可能發生之應力情況均應考慮。</p> <p>(2) 連續壁單元之連接法應使連續壁具有連續性為原則。</p> <p>(3) 連續壁單元之長度、深度，施工縫及支撐形式與位置均應規定。</p> <p>(4) 設計之安全係數應予說明。</p> <p>(5) 對開挖過程中連續壁可能發生之變形及其對周圍環境之影響應予考慮。</p> <p>(6) 導牆之鋼筋應具連續性並建議導牆之高程應高出地下水水位至少 1.5公尺。</p>

表二 連續壁施工規範比較綜合表

項 目	USA	FPS
1. 挖掘連續壁槽溝	連續壁施工之垂直度值為1/80~1/100	連續壁施工之垂直度建議為不大於 1/80，且槽溝面之不平整度以不超過 100 mm 為度。
2. 穩定液	<ol style="list-style-type: none"> (1) 穩定液測定之項目至少應包括黏滯度(黏性)、比重、過濾度及 pH 值等試驗。 (2) 最小黏滯(黏性)度為40秒(Marsh)。 (3) 最大比重值為 1.04g/ml~1.20g/ml (4) 在澆灌混凝土前之含砂量應小於 5%。 (5) 濾過度值一般為 15~30 cm³。 (6) pH 值應在 6.5~10.0 之間。 (7) 槽溝開挖過程中穩定液面至少應高出最高地下水水位面 1 至 1.5 公尺以上。 	<ol style="list-style-type: none"> (1) Bentonite 應符合 Specification No. DFCP4 之規定並應具備其性質說明書。 (2) 穩定液測定之項目包括比重，黏滯度(黏性)，剪力強度及 pH 值，在一般土壤狀況下各項試驗結果應符合下列規定：(惟穩定液之作用以能達成槽溝之穩定為原則) <ol style="list-style-type: none"> (a) 比重 (Mud density balance method): 小於 1.10 g/ml (b) 黏滯度 (Marsh cone method): 33~75 sec (c) 剪力強度 (Shearometer method): 1.4~10 N/m² (10 min gel strength) (d) PH (PH indicator paper): 9.5~12.0 strips method) (3) 穩定液之液面高程應高於地下水水位面之高程。 (4) 灌注混凝土前應抽取接近槽溝底面之穩定液以檢查其性質是否符合標準。
3. 澆灌混凝土	<ol style="list-style-type: none"> (1) 澆灌混凝土過程中，特密管(Tremie pipe)之埋入深度至少為 1.5 公尺。 (2) 若連續壁單元之寬度超過 4.6 公尺時應至少使用二支特密管澆灌混凝土。 (3) 澆灌混凝土應一次澆灌完成。 	<ol style="list-style-type: none"> (1) 使用二支以上的特密管澆灌混凝土時應注意保持其混凝土面之高程相等。 (2) 澆灌混凝土應一次澆灌完成，不可間斷且澆灌時間應予控制在合理範圍內。 (3) 混凝土之溫度應在 5°C 以上。
4. 導牆		<ol style="list-style-type: none"> (1) 導牆之淨距應較連續壁厚度多 25mm 至 50mm。 (2) 導牆水平方向之不平轉度應小於 1/200。
5. 放置鋼筋籠	應保持鋼筋籠間具整體性之原則。	<ol style="list-style-type: none"> (1) 鋼筋籠之放置橫向誤差不得超過 75 mm，頂部誤差不得超過 50 mm。 (2) 放置鋼筋籠前應將已放置鋼筋之節點清洗。
6. 其他重要規定項目		<ol style="list-style-type: none"> (1) 施工時之廢渣處理應予適當考慮。 (2) 混凝土試體試驗應根據 BS1881 之規定並建議每單元至少作四個試驗。

參 考 文 獻

歐晉德(1983)，地下連續壁之設計基本理論及其設計規範，深開挖與土壤改良講習會，臺灣大學與營建中心。
 Federation of Piling Specialists (1973) "Specification for cast in place concrete Diaphragm walling", *Ground Engineering*, Vol. 6, No. 4.
 MILLET, R.A. and PERZE, J.Y. (1981) "Current

USA Practice-Slurry Wall Specification", *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 107, No. GT8.

Ou, C.D. (1982) "Underground Diaphragm Wall Construction by BW Technique for Supporting High Rise Building", *Conference on Diaphragm Walling Techniques*, May, 27-28 1982.