

工程品質保證計劃及程序

型鋼水泥土攪拌樁支撐開挖工程

一、通則及適用範圍

本節內容適用於使用三軸鑽掘攪拌機進行鑽掘現地土層，並同時在鑽頭噴注水泥漿，使現地土壤能在攪拌葉片與水泥漿充分混合後，於鑽孔內植入型鋼來提高止水性能及壁體勁度之擋土止水結構系統。常用的攪拌樁直徑一般為 0.65、0.85 及 1 米，植入的型鋼一般以工字鋼及鋼板為主。一般擋土開挖須待擋土結構體完成後方可開始，各層開挖須待支撐設施完成並經檢查/檢測後，方可進行下一層開挖。故本節內容主要針對上述有關的擋土和支撐材料作詳細說明和要求。

型鋼水泥土攪拌樁擋土結構之品質保證應有下列幾方面的基本要求：

- ✓ 開挖前擋土結構體本身材質及結構完整性的要求；
- ✓ 開挖過程中之適當性及安全要求，包括適當的開挖步驟/方式、支撐系統、開挖面控制、地下水位/土壓力控制、對影響範圍內建築物之監測等；
- ✓ 開挖完成後開挖面、支撐系統等之穩定性要求（如設計與現場之吻合性及監測等）。

上述基本要求均需要滿足設計與相關承攬規則、標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

型鋼水泥土攪拌樁支撐開挖工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 鄰房鑑定及保護措施；
- ✓ 工地之地質鑽探報告；
- ✓ 監測計劃；
- ✓ 施工設備資料，包括樁機型式（柴油履帶式、電液履帶式或步履式樁機）、葉片型式（螺旋葉片式或同時具備葉片和螺旋葉片式）及注漿泵等設備；
- ✓ 擋土設施和支撐系統所使用材料的詳細資料，包括鋼材之產地來源證明書（Mill Certificate）、混凝土/水泥漿材料的配比及規格資料、水泥、骨料、混合劑、附加劑及減磨劑資料等；
- ✓ 施工人員資格證明文件（如：焊工合格證、焊接工藝評定等）；
- ✓ 施工方案（包括臨時擋土支撐系統之設計、施工步驟、開挖方法、緊急應變措施和施工圖則等）；

- ✓ 開挖階段及完成後之臨時保護措施；
- ✓ 檢測計劃。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 開挖面測量圖（含現場實際高程及範圍）；
- ✓ 土壤/水泥石樣本試驗報告；
- ✓ 型鋼水泥石攪拌牆施工記錄；
- ✓ H 型鋼檢查記錄表；
- ✓ 型鋼水泥石攪拌牆施工驗收記錄表；
- ✓ 擋土設施和支撐系統的定期監測分析報告；

三、檢查、測試及驗收工作

型鋼水泥石攪拌牆支撐開挖工程的檢查工作可歸納於下表：

型鋼水泥石攪拌牆支撐開挖工程檢查項目表							
檢查項目	位置偏差			施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
	平面	高程	坡度				
基準點控制	✓	✓	✓	✓	持續進行	b	
地形監測記錄	✓	✓	✓	✓		a, b	
基坑及鄰房之安全監測 ³				✓		a, c, e	
開挖土層/岩層記錄				✓		a, b	
地下水位/抽水 ¹				✓		a, b	
對影響範圍原有建築物或山坡之監測				✓		a, b, c	
開挖深度控制				✓		b	
開挖體積				✓		b	
擋土設施和支撐系統之施工、檢查及監測 ²				✓		b, c	
開挖面之保護及排水				✓		a, b	
設備檢查				✓	施工前	--	
水泥石試拌測試 ⁴				✓	施工前	b	
水泥石攪拌牆成樁檢查 ⁵				✓	每支樁	b	
型鋼焊接位置控制 ⁶				✓	每支樁	b	
型鋼插入控制 ⁷				✓	每支樁	b	

註： 檢查項目

1 - 地下水/抽水

部份深開挖工程設置抽水井/減壓井抽取地下水作為降低地下水位之目的，以配合工程之需要。然而過量抽取地下水會導致地層下陷，危害受影響範圍內之建築物及公共設施，故此地下水位必須保持於安全深度。但在某些情況時，出現管湧破壞可能性很高，則可考慮增加攪拌樁之貫入深度，以增長滲流路徑。

2 - 擋土設施和支撐系統之施工、檢查及監測

關於擋土設施和支撐系統之施工、檢查及監測，當擋土結構體屬地工技術規章[1] 所定義之第二及三類的地工分類或擋土結構體屬永久結構，則須按照結構體的材料性質進行相關的檢查工作：

型鋼水泥土攪拌樁結構體：

- 水泥、添加劑、混凝土及鋼材等原材料的檢查；
- 型鋼水泥土攪拌樁的貫入深度須符合設計之深度要求；
- 鋼材規格及焊縫質量的檢查；
- 水泥土攪拌樁樁身的垂直度檢查(按 JGJ/T199[2]的要求，樁身垂直度不應大於 1/200)；
- 水泥土攪拌樁樁身強度的檢查；
- H 型鋼橫撐、斜撐及柱或鋼筋混凝土支撐系統之安裝準確度的檢查；
- 有關鋼結構工程的檢查工作的要求可詳閱「鋼結構工程品質保證計劃及程序」；
- 有關鋼筋混凝土結構的檢查工作的要求可詳閱「鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序」和「現場灌注樁工程品質保證計劃及程序」；
- 有關安全監測可詳閱「地工安全監測品質保證計劃及程序」。

3 - 基坑及鄰房之安全監測

於施工開挖過程中應針對基地四周鄰房建物、地表和基坑部份，透過周邊建築物沉降、周邊建築物傾斜、地表沉降、圍護結構最大位移、支撐軸力、土壓力、支撐立柱沉降和基坑底部隆起等監測項目，以了解因工地施工開挖對鄰房結構和基坑變形的影響，進而研判鄰房建築物和基坑的安全性，可詳閱「地工安全監測的品質保證計劃及程序」。當工程的承攬規則或設計有判定指標時，應以相關要求為依據；如無相關指標依據時，可按 DBJ/T 15-20[19]中基坑變形的要求進行監控。

4 - 水泥土試拌測試

攪拌樁施工前，當缺少類似土性的水泥土強度數據或需要通過調節水泥用量、水灰比以及外加劑的種類和數量以滿足水泥土強度設計要求時，應進行水泥土強度試拌測試，測定水泥土 28 天無側限抗壓強度。試驗用的土樣，應取自水泥土攪拌樁所在深度範圍內的土層，當土層分層特徵明顯、土質性質差異較大時，宜分別配置水泥土試樣(詳見測試及驗收工作內容)。

5 - 水泥土攪拌樁成樁檢查

攪拌樁施工過程中的質量控制，目的是確保每一根樁及攪拌牆質量的基礎，應嚴格按操作規程及相應標準檢查。水泥土攪拌樁成樁質量驗收標準應符合下表的規定：

水泥土攪拌樁成樁檢查 [2]

序號	檢查項目	允許偏差或允許值	檢查頻率		檢查方法
			數量	點數	
1	樁底標高 (mm)	+50	每根	1	測鑽桿長度
2	樁位偏差 (mm)	50	每根	1	用鋼尺量
3	樁徑 (mm)	±10	每根	1	用鋼尺量鑽頭
4	施工間歇	< 24 小時	每根	全過程	查施工記錄

6 - 型鋼焊接位置控制

當需採用分段焊接時，應採用坡口焊接。單根型鋼中焊接接頭不宜超過 2 個，焊接接頭的位置宜相互錯開，錯開距離不宜小於 1m，且型鋼接頭距離基坑底面不宜小於 2m。

7 - 型鋼插入控制

由於型鋼水泥土攪拌樁圍護結構的組合剛度只計算型鋼之剛度，因此型鋼本身之施工過程中的質量控制都極為關鍵，應嚴格按操作規程及相應標準檢查。型鋼插入之允許偏差應符合下表的規定：

型鋼插入控制 [2]

序號	檢查項目	允許偏差或允許值	檢查頻率		檢查方法
			數量	點數	
1	型鋼底標高 (mm)	±50	每根	1	水準儀測量
2	型鋼平面位置 (mm)	50 (平行於基坑方向)	每根	1	用鋼尺量
		10 (垂直於基坑方向)	每根	1	用鋼尺量
3	形心轉角 ϕ (°)	3	每根	1	量角器量測

標準要求

- a - 擋土結構與土方工程規章 [1]
- b - 型鋼水泥土攪拌牆技術規程 [2]
- c - 專案工程技術規格/承攬規則
- d - 相關條例或規章
- e - 基礎設計指引 [4]

檢查、測試及驗收工作 (續)

型鋼水泥土攪拌樁支撐開挖工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

型鋼水泥土攪拌樁支撐開挖工程試驗項目表							
檢測項目 检测方法	土壤分析	開挖整 體穩定	擋土設施 支撐系統	建議檢 測頻率	標準 要求	合格 準則	備註
顆粒分析	✓			如有需要①	a, g, h	i	開挖前
含水量試驗	✓				b, g, h	i	開挖前
阿太堡限度試驗	✓				c, g, h	i	開挖前
水泥土強度室內配比試驗 ¹		✓		於施工前按 所建議之水 泥土配比及 規格進行	d, g, h	i, ii	開挖前
漿液水灰比試驗 ²		✓		每台班 不小於 3 次	e, g, h	i, iii	開挖前
漿液試塊強度試驗 ³		✓		每台班 抽查 2 根樁	d, g, h	i, ii	開挖前
鑽取樁芯強度試驗 ⁴		✓		如有需要②	d, g, h	i, ii	開挖前
鋼材驗收測試 ⁵		✓	✓	如有需要②	-	iv	開挖前
焊縫無損探傷試驗 ⁵		✓	✓	20%	g	v	開挖前
鋼筋混凝土材料試驗 ⁶			✓	如有需要②	-	vi	開挖前

註： 检测方法

- 1 - 在水泥土攪拌樁施工前，當缺乏類似土壤性質的水泥土強度數據時，或通過調節水泥用量、水灰比以及外加劑的種類和數量以滿足水泥土強度設計的要求時，應進行水泥土強度室內配比試驗，以測定水泥土 28 日齡期之無側限抗壓強度。利用鑽探機在探土過程中，分別沿開挖深度之上中下三個位置取得無擾動泥土樣本(建議採用 $\phi 76\text{mm}$ ，長約 1m 之鋼管或 PVC 管，管頂及底需要用臘作密封，每個深度分別需取 2 支)用作製作水泥土強度室內配比試驗。
- 2 - 利用比重計檢查水泥漿液之水灰比是否符合設計或標準要求，水灰比之要求一般為 1.5~2.0。
- 3 - 提取攪拌完成而尚未凝固的水泥土漿液，取樣位置應沿樁長不同深度 3 處，最上取樣位置應低於有效樁頂下 3m，最下取樣位置應為基坑底附近，另一取樣位置為最上與最下取樣位置之中間位置。試塊應採用水中養護方式，以測定水泥土 28 日齡期之無側限抗壓強度。
- 4 - 當攪拌樁到達 28 天齡期後，利用鑽探機對樁體連續鑽取全樁長範圍內的樁芯樣 (建議採用不小於 $\phi 110\text{mm}$ 之鑽頭)，選擇不同深度之五組，每組 3 個芯樣進行無側限抗壓強度測試。根據鑽取樁芯過程中芯樣之損傷情況，可考慮乘以 1.2-1.3 的係數。鑽孔取芯完成後的空隙應注漿填充。
- 5 - 鋼材驗收測試、焊縫無損探傷試驗可詳閱「鋼結構工程品質保證計劃及程序」。
- 6 - 鋼筋混凝土材料的測試工作可詳閱「鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序」。

建議檢測頻率

- ① - 當工程的設計或施工要求須特定考慮該項測試結果作為工作的指標；或該項測試結果/參數對該工程的施工或質量有著重要的影響時，須加以考慮進行。
- ② - 當擋土結構體屬地工技術規章[5] 所定義之第二及三類的地工分類或擋土結構體屬永久結構，則須按照結構體

的材料性質進行相關的檢測工作，各項材料的建議檢測頻率、標準要求和合格準則等可詳閱相關工程品質保證計劃之內容。

標準要求

- a – ASTM D422 [6]
- b – ASTM D2216 [7]
- c – ASTM D4318 [8]
- d – ASTM C109/C 109M / ISO 1092-4 [9]
- e – ASTM D4380 [10]
- f – NAVFAC DM-7.1 [11]
- g – 型鋼水泥土攪拌牆技術規程 [2][20]
- h – 專案工程技術規格/承攬規則

合格準則

- i – 如未能通過試驗，建議更改施工方案，如更改支撐設計等。
- ii – 水泥土 28 日齡期之無側限抗壓強度不應小於 0.5MPa 及設計之要求。
- iii – 漿液水灰比之要求一般為 1.5~2.0。
- iv – 當測試結果不符合要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個試件進行試驗。若任一試驗結果仍不符合要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求（詳見建築鋼結構規章第八十六、八十七條之規定）。
- v – 焊縫檢測之合格標準可採用建築鋼結構規章第八十八條之規定。若檢測結果低於合格標準，則焊縫經適當之處理後，應再進行驗收測試，並需額外對兩個同類型焊縫進行測試。
- vi – 關於混凝土材料測試及品質控制之合格準則，可詳閱澳門混凝土標準(法令第 42/97/M 號)和承攬規則之要求。當有試樣不符合澳門鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準(法令第 64/96/M 號)中之幾何要求及有試樣不符合該標準中表 4 規定之力學性能要求，該批鋼筋視為不合格。當有試樣不符合上述兩項要求之一，在同批鋼筋中抽取相同數量之試樣進行測試。如有一根或以上再次取樣的試樣不符合本上述兩項要求或其中之一，該批鋼筋視為不符合本標準。當試驗結果不符合要求時，應取雙倍數量的試件進行覆試。

四、引用法規/參考技術文件

- [1] 法令第 32/97/M 號, 擋土結構與土方工程規章, 澳門政府
- [2] JGJ/T199, 型鋼水泥土攪拌牆技術規程
- [3] GB50202, 建築地基基礎工程施工質量驗收規範
- [4] 基礎設計指引, 土地工務運輸司, 澳門政府
- [5] 法令第 47/96/M 號, 地工技術規章, 澳門政府
- [6] ASTM D422, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
- [7] ASTM D2216, Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
- [8] ASTM D4318, Standard Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- [9] ASTM C109/C 109M, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars
ISO1920-4, Testing of Concrete – Strength of Hardened Concrete
- [10] ASTM D4380, Standard Test Method for Density of Benetonitic Slurries
- [11] NAVFAC DM-7.1, Design Manual 7.1, Soil Mechanics, Naval Facilities Engineering Command, US Dept. of Navy, Alexandria, VA
- [12] BS5135, Specification for arc welding of carbon and carbon manganese steels
- [13] EN25817, Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections
- [14] AWS D1.1, Structural Welding Code – Steel

- [15] 法令第 64/96/M 號, 鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準, 澳門政府
- [16] 法令第 42/97/M 號, 澳門混凝土標準, 澳門政府
- [17] 法令第 63/96/M 號, 水泥標準, 澳門政府
- [18] 第 29/2001 號行政法規, 建築鋼結構規章, 澳門特別行政區政府
- [19] DBJT 15-20, 建築基坑工程技術規程
- [20] DGJ08-116, 型鋼水泥土攪拌牆技術規程