

工程品質保證計劃及程序

土壤改良工法

一、通則及適用範圍

土壤改良一般是指採用水泥等漿材對土體的工程特性改善的施工方法，包括各類注漿法、合成樁改良法、置換法、排水法、化學改良法等，以便增加/改善現場軟弱土壤的承載力、抗滲效能、變形性質等工程特性，最終使改良後的土壤能滿足工程設計的要求。本程序適用於主要以水泥材料進行的土壤改良，一般包括但不限於旋噴樁、水泥土攪拌樁(濕法及乾法)等，主要使用機具針對工程現場土壤的不良構造/土層混入適當的水泥摻合物料，以改善現場土壤的工程性能。

土壤改良工法之品質保證有下列幾方面的基本要求：

- ✓ 樁體材料品質檢驗的要求；
- ✓ 施工精度之要求，包括樁中心偏移(水平精度)與傾斜(垂直精度)兩方面；
- ✓ 採用開挖方法檢驗樁體的直徑、搭接寬度、位置偏差；
- ✓ 對樁體之完整性及其承載力的檢驗，包括鑽孔取芯單軸抗壓強度試驗、完整性、深度、標準貫入試驗、動力觸探和靜載荷試驗等方法進行檢驗。

上述基本要求均需要滿足設計與相關承攬規則、標準、法規、規章的要求。

二、工程品質保證文件之要求

土壤改良工法於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地之地質鑽探報告；
- ✓ 鄰房鑑定及保護措施；
- ✓ 原有植被記錄(如適用)；
- ✓ 監測計劃；
- ✓ 施工設備資料，包括鑽孔機/灌注機、注漿泵、漿液攪拌機、空氣壓縮機、水泥土攪拌樁(濕法及乾法)攪拌機等設備；
- ✓ 檢查樁位、壓力錶、流量表的精度和靈敏度等；
- ✓ 旋噴樁、水泥土攪拌樁(濕法及乾法)所使用材料的詳細資料，包括灌漿/摻入材料的配比及規

格資料、水泥、骨料、水玻璃、穩定液等資料；

- ✓ 施工計劃，內容需包括施工材料的運輸、儲存、場地佈置與規劃、機具設備、施工步驟、品質管理與施工控制、工地安全、緊急應變措施和施工圖則等。

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/岩石樣本試驗報告；
- ✓ 樁體材料的試驗記錄和報告；
- ✓ 工地現場施工記錄，包括：
 - 鑽機型式及附屬設備；
 - 基樁平面位置及編號；
 - 實際土層與地下水之描述及土方量、清除淤泥量等；
 - 施工期間之壓力紀錄；
 - 水泥(漿)配比及用量；
 - 製樁期間之提升速度及旋轉速度等；
 - 補樁位置、樁徑、樁長及樁數；
 - 樁頭變位記錄(水平、垂直變位與傾斜度)等。
- ✓ 樁體現場檢測報告(包括樁體強度、平均直徑、鑽孔取芯、標準貫入試驗、動力觸探和靜載荷試驗等)；
- ✓ 樁體的竣工平面圖；
- ✓ 定期監測分析報告。

三、檢查、測試及驗收工作

土壤改良工法的檢查工作可歸納於下表：

土壤改良工法查項目表								
檢查項目	位置偏差			施工控制	材料控制	檢查頻率	標準要求	備註
	水平	高程	傾斜度					
基準點控制	✓	✓		✓		全數檢查	a, b, c	
工地及鄰房之安全監測 ¹				✓		如有需要①	a, b, c	
材料標識/批號、級別					✓	全數檢查	a, b, c	
外觀質量					✓	全數檢查	b, c	
規格尺寸					✓	全數檢查	b, c	
材料之存放及運輸					✓	全數檢查	b, c	
設備檢查 ²				✓		施工前	a, b, c, d	
施工精度控制 ³	✓	✓	✓	✓		全數檢查	a, b, c, d	
水泥(漿)配比 ⁴				✓		全數檢查	b, d	
水泥及外摻劑品質				✓		全數檢查	b	
水泥用量				✓		全數檢查	b	
噴射壓力 ⁵				✓		全數檢查	c	
水泥漿液流量 ⁶				✓		全數檢查	c	
空氣壓力 ⁷				✓		全數檢查	c	
提昇速度 ⁸				✓		全數檢查	c	
樁頭處理				✓		全數檢查	b	
工藝性試樁 ⁹				✓		≥3 根或組	b, c	施工前
輕型動力觸探 ¹⁰				✓		1%, 且 ≥3 根 (攪拌樁)	b, c	成樁 3 天內
						2%, 且 ≥6 根 (旋噴樁)		
開挖檢查 ¹¹				✓		≥5% (攪拌樁)	b, c	成樁 7 天後
						2%, 且 ≥6 根 (旋噴樁)		

註： 檢查項目

1 - 工地及鄰房之安全監測

於施工過程中可針對基地四周鄰房建物，透過裝設沉陷觀測釘、建物傾斜計、裂縫計及質點速度峰值量測儀(地震儀)等，以了解因工地施工機具振動對鄰房結構的影響，進而研判建築物的安全性。

2 - 設備檢查

一般包括但不限於鑽孔機/灌注機、注漿泵、漿液攪拌機、空氣壓縮機、水泥土攪拌樁(濕法及乾法)攪拌機、壓力錶、流量表及其他一切施工機具和設備。

3 - 施工精度控制

按專案工程技術規格/承攬規則要求，施工精度應控制在規定的容許範圍內。如無相關指標依據時，可按 GB50202《建築地基基礎工程施工品質驗收規範》[1]、JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2]、JGJ120《建築基坑支護技術規範》[3] 的要求，施工精度的容許誤差可歸納如下：

■旋噴樁

序號	檢查項目	允許偏差或允許值		檢查方法
		單位	數值	
1	鑽孔位置	mm	≤50	儀器量度
2	鑽孔垂直度	%	≤1.0	經緯儀測鑽杆或實測
3	孔深	mm	±200	儀器量度
4	入岩深度	--	設計要求	儀器量度
5	注漿壓力	按設定參數指標		儀器量度
6	樁體搭接	mm	> 200	儀器量度
7	樁體直徑	mm	≤50	儀器量度
8	樁身中心允許偏差	--	≤0.2D	開挖後樁頂下 500mm 處用鋼尺量，D 為樁徑

■水泥土攪拌樁(濕法及乾法)

序號	檢查項目	允許偏差或允許值		檢查方法
		單位	數值	
1	機頭提昇速度	m/min	≤0.5	量機頭上昇距離及時間
2	樁底標高	mm	±200	儀器量度
3	樁頂標高	mm	-50,+100	儀器量度
4	樁位偏差	mm	<50	儀器量度
5	樁徑	--	≤0.04D	用鋼尺量，D 為樁徑
6	垂直度	%	≤1.0	經緯儀測
7	樁體搭接	mm	> 200	儀器量度

4 - 水泥(漿)配比

■旋噴樁

按專案工程技術規格/承攬規則要求。如無相關指標依據時，可按 JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2] 之規定，水泥材料宜使用 42.5 等級的普通硅酸鹽水泥，水泥漿液的水灰比宜為 0.8~1.2。

■水泥土攪拌樁(濕法及乾法)

按專案工程技術規格/承攬規則要求。如無相關指標依據時，可按 JGJ120《建築基坑支護技術規範》[4] 之規定，水泥漿液的水灰比宜為 0.6~0.8。水泥摻量宜取土的天然質量的 15%~20%。

5 - 噴射壓力

■旋噴樁

按專案工程技術規格/承攬規則要求。如無相關指標依據時，可按 JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2] 之規定，水泥漿噴射壓力應大於 20 MPa。

■水泥土攪拌樁(濕法及乾法)

按專案工程技術規格/承攬規則要求。如無相關指標依據時，可按 JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2] 之規

定，濕法施工配備注漿泵的額定壓力不宜小於 5.0MPa；乾法施工的最大送粉壓力不應小於 0.5MPa。

- 6 - 水泥漿液流量
 - 旋噴樁
按專案工程技術規格/承攬規則要求。如無相關指標依據時，可按 JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2] 之規定，流量應大於 30 L/Min。
- 7 - 空氣壓力
 - 旋噴樁
按專案工程技術規格/承攬規則要求。如無相關指標依據時，可按 JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2]之規定，壓力宜大於 0.7 MPa。
- 8 - 提昇速度
 - 旋噴樁
按專案工程技術規格/承攬規則要求。如無相關指標依據時，可按 JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2] 之規定，提昇速度宜為 0.1~0.2m/min。
 - 水泥土攪拌樁(濕法及乾法)
按專案工程技術規格/承攬規則要求。如無相關指標依據時，可按 JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2] 之規定，濕法施工攪拌樁噴漿提昇的速度和次數應符合施工工藝要求；乾法施工的攪拌頭每旋轉一周，提昇高度不得超過 15mm。
- 9 - 工藝性試樁
施工前應進行工藝性試成樁，提供提鑽速度、噴灰(漿)量等參數，驗證樁體均勻性及成樁直徑，同時了解下鑽及提昇的阻力情況、工作效率等。
- 10 - 輕型動力觸探
根據 JGJ79 [2]的規定，成樁 3 天內，採用輕型動力觸探(N_{10})檢查上部樁身的均勻性。輕型動力觸探是利用一定的錘擊能量(錘重 10kg)，將一定規格的圓錐探頭打入土中，根據貫入錘擊數所達到的深度判別土層的類別，確定土的工程性質，對地基土做出綜合評價。
- 11 - 開挖檢查
根據 JGJ79 [2]的規定，成樁 7 天後，採用淺層開挖樁頭進行檢查，開挖深度宜超過停漿(灰)面下 0.5 米，檢查樁體的均勻性、量測成樁直徑及搭接寬度。

檢查頻率

- ① - 當工程的設計或施工要求須特定考慮該項測試或監測結果作為工程的指標；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。

標準要求

- a -GB50202《建築地基基礎工程施工品質驗收規範》[1]
- b -專案工程技術規格/承攬規則
- c -JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2]
- d -JGJ 120《建築基坑支護技術規範》[4]

土壤改良工法的測試及驗收工作可歸納於下表：

土壤改良工法試驗項目表										
檢測方法		檢測項目	地質調查	樁體材料	基樁完整性	基樁承載力	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
地質鑽探			✓				如有需要❶	a, b, c	-	
漿體初凝時間				✓			施工前	c	i	
漿體流動度/黏度				✓			施工前	c	i	
水泥土強度室內配比試驗 ¹				✓			施工前	a, c	i	
樁體材料	水泥土試體抗壓強度測試 ²			✓			如有需要❷	c	-	
標準貫入試驗 ³						✓	如有需要❷	a, c	ii	
鑽孔取芯及芯樣抗壓強度測試 ⁴				✓	✓		2%(旋噴樁) 或 0.5%(水泥土攪拌樁), 且≥6 根	a, b, c	ii	
複合地基靜載荷試驗和單樁靜載荷試驗 ⁵						✓	❸	a, b, c	ii	

註： 檢測方法

1 - 水泥土強度室內配比試驗

在施工前，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φ76mm，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 - 水泥土試體抗壓強度測試

於適當位置提取剛攪拌完成而尚未凝固的水泥土漿液，製作 100x100x100mm 立方體試體，試體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。

3 - 標準貫入試驗

按 ASTM D1586 [5]對樁體進行標準貫入試驗，以便得出相應的標準貫入值(N)。

4 - 鑽孔取芯及芯樣抗壓強度測試

當水泥土到達 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芯樣 (建議採用不小於φ110mm 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。鑽孔取芯完成後的空隙應注漿填充。

5 - 複合地基靜載荷試驗和單樁靜載荷試驗

根據 JGJ79[2]的要求，對工地上施工完成(成樁 28 天後)，應進行複合地基靜載荷試驗和單樁靜載荷試驗，在承壓板或樁頂逐級加荷並測其沉降量，以確定其承載力，詳細的複合地基靜載荷試驗和單樁靜載荷試驗試驗方法可參考 JGJ79 [2]。

建議檢測頻率

- ① - 當工程的設計或施工要求須以此鑽探數據作為施工之對照依據，則應考慮進行。

- ② – 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程的指標；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。
- ③ – 按專案工程技術規格/承攬規則要求。如無相關指標依據時，可根據 JGJ 79 [2]之要求，靜載荷試驗的驗收數量不得少於總樁數的 1%，且每個單體工程複合地基靜載荷試驗數量不得少於 3 台(多軸攪拌為 3 組)。

標準要求

- a-JGJ 79《建築地基處理技術規範》[2]
- b-JGJ 106《建築基樁檢測技術規範》[3]
- c-專案工程技術規格/承攬規則

合格準則

- i – 當試驗/檢查結果不符合要求時，應改進生產程序及設計並重新進行試驗/檢查。
- ii – 當測試結果不能滿足法規或相關技術規格的要求時，建議另外選取兩個鄰近的基樁進行覆試，對於不能滿足要求之基樁，需提交補救措施/方案，並進行適當的補強工作。

四、引用法規/參考技術文件

- [1] GB50202《建築地基基礎工程施工品質驗收規範》
- [2] JGJ 79《建築地基處理技術規範》
- [3] JGJ 106《建築基樁檢測技術規範》
- [4] JGJ 120《建築基坑支護技術規範》
- [5] ASTM D1586, Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils
- [6] GB 50007《建築地基基礎設計規範》
- [7] JGJ 94《建築樁基技術規範》