工程品質保證計劃及程序控制手冊

石排灣水廠排泥水處理設施建造工程

UMCERT0763/2025

澳大工程研究及檢測中心有限公司

UMCERT INVESTIGAÇÃO E ENSAIOS EM ENGENHARIA LIMITADA

UMCERT ENGINEERING RESEARCH AND TESTING LIMITED

中國澳門氹仔 大學大馬路 科研大樓 北二十三座 二樓 2022 室

Room 2022, 2/F, Scientific Research Building, University of Macau, N23,Avenida da Universidade, Taipa, Macau, China

電話/Tel: 88229100 傳真/Fax: 28830604 電子郵箱: umcert.enquiry@um.edu.mo

(本公司為澳門大學附屬機構 A subsidiary of the University of Macau)

序言

工程品質保證計劃及程序手冊由澳大工程研究及檢測中心有限公司(簡稱澳大工程、UMCERT)所制訂，澳大工程乃由「澳門大學」在其轄下「工程研究及檢測中心」的基礎上成立，並獲傳承該中心原有的業務，為附屬於澳門大學的公共資本企業。本手冊主要根據澳門現行的規章，包括鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準(NA)、混凝土標準(NB)、水泥標準(NC)、鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章(REBAP)、建築鋼結構規章(REAE)、地工技術規章(RF)、基礎設計指引、擋土結構與土方工程規章(RESOT)和澳門供排水規章(RADARM)等，並考慮其他國外標準，包括英國標準(BS)、歐洲標準(EN, EuroCode)、美國材料與實驗協會(ASTM)和國際標準化組織(ISO)等編寫而成。

本控制手冊主要是針對建築工程土建部份的品質保證工作而設計，當中並未包含機電、冷氣及消防系統等部份的要求。手冊內容主要按照一般公共工程可能出現的材料、工種、施工的工藝等，統一編制通用的品質保證計劃及程序，基本上可概括為五大系列，即大地、基礎工程系列、結構及材料工程系列、供排水工程系列、道路工程系列及道路交通設施系統，每個系列按照一般公共工程之需要，制訂相關之計劃及程序。每個計劃及程序主要分為四個部份，包括通則及適用範圍、工程品質保證文件之要求、檢查、測試及驗收工作和引用法規及參考技術文件。

因此，手冊之內容可適用於一般的公共工程，包括鋼筋混凝土和鋼結構的建築物、建築基地的基礎工程(如沉箱、錘擊樁、現場灌注樁、嵌岩式鋼樁、靜力壓入樁、岩錨、回填和開挖等)、地工監測、屋宇及公共配水和排水系統、瀝青和混凝土鋪面、交通設施的道路工程等，務求令使用者對公共工程中有關品質保證的工作，包括施工或安裝前所需提交的文件、施工控制及檢查事項、相關的測試、驗收項目、檢測頻率及合格準則有一定程度的了解，有助工程於施工階段能發揮有效的控制，以達致施工過程與品質控制並行。

此外，為了令使用者更充分了解一般公共工程中與工程品質保證工作相關的試驗項目，澳大工程參考了一般公共工程的施工項目，並根據現行澳門的法規對材料的驗收、施工的工藝等各方面的要求，於本手冊的最後歸納了一系列的試驗項目清單，以供各界了解。

盧偉國 工程師

常務董事

二零二五年十二月十日

UMCERT - UNIVERSIDADE DE MACAU - ENSAIOS EM ENGENHARIA LIMITADA
澳大工程研究及檢測中心有限公司

目錄

工程品質保證計劃及程序

大地、基礎工程系列

沉箱基礎工程	CA1 – CA4
錨固工程	AC1 – AC4
無支撐開挖工程	EX1 – EX4
填土工程	BF1 – BF4
支撐開挖工程	RE1 – RE5
錘擊樁工程	DP1 – DP9
現場灌注樁工程	BP1 – BP8
淺基礎工程	SF1– SF5
地工安全監測	MN1 – MN4
噴射混凝土、砂漿工程	SC1 – SC5
型鋼水泥土攪拌樁支撐開挖工程	SMW1 – SMW7
地下連續牆工程	DW1 – DW8
迷你樁工程	MP1 – MP7
嵌岩式鋼樁工程	SHP1 – SHP7
靜力壓入樁工程	JP1 – JP9
土壤改良工法	CCP1 – CCP7
全方位高壓旋噴樁工程	MJS1 – MJS6

結構及材料工程系列

鋼筋混凝土工程	RC1 – RC8
鋁質建材及施工/安裝工藝	AL1 – AL8
塗料/油漆工程	PT1 – PT4

金屬建材及施工/安裝工藝	MT1 – MT6
鋼結構工程	SS1 – SS7
建築防水工程	WT1 – WT6
屋面隔熱工程	TI1 – TI3
建築玻璃幕牆工程	GCW1 – GCW10
金屬板、石材與人造板材幕牆工程	SCW1 – SCW10
外牆飾面磚工程	EWT1 – EWT7
地台舖面工程	WFT1 – WFT10
室內牆身飾面磚工程	IWT1 – IWT7
外牆油漆工程	EPT1 – EPT6

供排水工程系列

屋宇配水系統	WS1 – WS9
屋宇排水系統	WD1 – WD5
公共排水系統	PD1 – PD5
灌溉系統	IR1 – IR5

道路工程系列

瀝青面道路工程	BR1 – BR7
混凝土面道路工程	CR1 – CR6
高黏高彈改性瀝青面道路工程	GTBR1 – GTBR9

道路交通設施系列

道路交通標線、標記設置工程	RM1 – RM6
道路交通標誌安裝工藝	TS1 – TS8

附件

試驗/驗收項目的清單說明 TL1 – TL7

工程品質保證計劃及程序

沉箱基礎工程

工程品質保證計劃及程序

沉箱 (開口沉箱)

一、通則及適用範圍

沉箱(開口沉箱)，是以機械或人工挖掘方式用連續管壁作開挖，一般用混凝土於現場澆注環圈作加固，每段管節不可超過 1.0m。其加固構件可於孔內制作，亦可於地面完成後以沉入方式沉入至預定之承載地層中。

沉箱工程之品質保證應有兩方面的基本要求：

- ✓ 沉箱位置的要求；
- ✓ 沉箱本身材質結構完整性和承載力的要求。

兩方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

沉箱工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地及鄰房之監測計劃；
- ✓ 工地之地質鑽探報告 (有需要時)；
- ✓ 沉箱所使用材料的詳細資料，包括鋼材之產地來源證明書 (Mill Certificate)、混凝土配比及規格資料、水泥、骨料、混合劑和附加劑資料等；
- ✓ 沉箱之施工方案；
- ✓ 檢測計劃。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 沉箱位置測量放綫圖 (含位置偏差之量測)；
- ✓ 材料試驗記錄和報告；
- ✓ 沉箱的竣工平面圖及施工記錄 (開挖面至設計或完成標高的沉箱位置圖)；
- ✓ 沉箱的檢測報告 (包括沉箱的鑽孔取心試驗資料、超聲波檢測報告等)。

三、檢查、測試及驗收工作

沉箱工程的檢查工作可歸納於下表：

沉箱工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	位置偏差		施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
	平面	垂直				
基準點位置	✔		✔	每孔沉箱	a, b, c	
沉箱頂部位置	✔	✔	✔		a, b, c	
幾何尺寸			✔		a, b, c, d	
垂直度			✔		a, b, c, d	
地下水位深度			✔		-	
挖掘土層記錄			✔		-	
持力層/岩層樣本			✔		-	
設備檢查			✔	施工前	-	

註： a - 地工技術規章 (RF) [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 擋土結構與土方工程 [3]
d - 專案工程技術規格/承攬規則

檢查、測試及驗收工作 (續)

沉箱工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

沉箱工程測試及驗收項目

檢測項目 / 檢測方法	沉箱自身材質	沉箱完整性	沉箱底部持力層/岩層之確定	沉箱承載力	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
鋼筋强度測試 [1]	✔				-	-	-	
混凝土强度測試 [1]	✔				-	-	-	
超聲波檢測試 [2]	✔	✔			100%	a, b, c	-	
混凝土鑽孔取芯測試 [3]	✔	✔			5%	a, b, d	i	
壓縮空氣鑽孔試驗 [4]			✔		100%	a, b	ii	
接觸面鑽孔取芯測試 [5]		✔			100%	a, b	-	
靜荷載試驗				✔	1%	a, b, d, e	i	

註： 檢測方法

1 - 鋼筋及混凝土強度測試可參閱相關的材料品質保證計劃及程序。

2 - 超聲波測試（埋設聲測管超聲波試驗，Cross-hole Sonic Logging test, CSL）
利用超聲波檢測設備(超聲波檢測儀、發射換能器/發射探頭、 接收換能器/接收探頭等)，透過預埋於混凝土沉箱內的聲測管，可判斷沉箱本身混凝土的完整性和質量。

在下放鋼筋籠之前應將聲測管焊接或綁扎在鋼筋籠內側，每節測管在鋼筋籠上固定點間距離不可超過 1.0 m，聲測管之間應在全長範圍內部互相平行，並需延伸出地面 1.5 m 的範圍，以便試驗之進行。根據沉箱不同的深度，可採用內徑為 50 mm 以上的鑄鐵管。

聲測管的埋設數目根據沉箱大小確定，每一對聲測管組成一個檢測面，當沉箱直徑為 0.75 ~ 0.9 m 時，應埋設三根聲測管，可組成三個檢測面；沉箱直徑超過 0.9 m 時，應埋設四根聲測管，可組成六個檢測面。

若檢驗結果評定為進需一步檢驗時，需對該樁額外進行混凝土鑽孔取芯測試或補修。

當驗收測試完成後，聲測管內需以已獲批核之無收縮回填材料進行全面灌漿。

3 - 混凝土鑽孔取芯測試
利用鑽機進行機械式鑽孔取芯，以檢測樁身混凝土的完整性及混凝土的強度是否符合設計的要求，鑽孔取芯的深度應為樁身全長及鑽入嵌岩段持力層/岩層，鑽取岩層長度應為樁直徑的一半或 1m(選取較大者)。

鑽取芯樣直徑必需至少為混凝土最大骨料直徑的 3 倍，一般應至少為 70mm [9]；

對於樁身混凝土芯樣抗壓強度測試之取樣，當樁長小於 10m 時，建議可選取 2 組(每組三個芯樣)；當樁長為 10~30m 時，建議可選取 3 組(每組三個芯樣)；當樁長大於 30m 時，建議可選取不少於 4 組(每組三個芯樣)作混凝土抗壓強度測試；

上部芯樣取樣位置距樁頂設計標高不宜大於 1 倍樁徑或 2m，下部芯樣取樣位置距樁底不宜大於 1 倍樁徑或 2m，中間芯樣宜等間距取樣；

當同一基樁的鑽芯孔數大於 1 個，其中一孔在某深度存在缺陷時，應在其他孔的相同深度位置抽取芯樣進行混凝土抗壓試驗；

當驗收測試完成後，鑽孔內需以已獲批核之無收縮回填材料進行全面灌漿。

4 - 壓缩空氣鑽孔試驗
利用符合規格的鑽機、鑽桿、鑽頭及壓缩空氣於沉箱底部進行鑽孔試驗，以確定沉箱底部約 4.5 m 深度內是否存在軟弱土層。

5 - 接觸面鑽孔取芯測試
利用預埋樁身之鑄鐵管或鋼管，以鑽機進行機械式鑽孔取芯，以檢測樁底以上 1m 混凝土與岩層交接面的完整性，鑽取岩層長度應為樁直徑的一半或 1m(選取較大者)。

一般建議可採用直徑不少於 150mm 的鑄鐵管或鋼管，預埋管之埋設深度放至樁底以上 1m 便可，預留管之續接方式建議使用機械連接方式進行，而所鑽取的芯樣尺寸應不小於 60mm；

當驗收測試完成後，鑽孔內需以已獲批核之無收縮回填材料進行全面灌漿。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - ASTM D6760 [4]
d - 專案工程技術規格/承攬規則
e - ASTM D1143 [5]
f - 擋土結構與土方工程 [3]

合格準則

i - 當測試結果不能滿足法規或技術規格要求時，建議另外選取兩個鄰近的沉箱進行覆試，對於不能滿足要求之沉箱，需提交補救措施/方案，並進行適當的補强工作。

ii - 當測試結果不能滿足法規或技術規格要求時，沉箱之深度必須增加，直至到達滿足準則要求的持力層/岩層。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 地工技術規章, Regulamento de Fundações

[2] 基礎設計指引, Guia de Dimensionamento Fundações

[3] 擋土結構與土方工程規章, Regulamento de Estruturas de Suporte e Obras de Terra

[4] ASTM D6760, Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foudations by Ultrasonic Crosshole Testing

[5] ASTM D1143, Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load

[6] General Specification for Building, Architectural Services Department, Hong Kong SAR

[7] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[8] 樁基檢驗手冊，中國水利水電出版社

[9] JGJ 106，建築基樁檢測技術規範

工程品質保證計劃及程序

錨固/地錨工程

工程品質保證計劃及程序

錨固(岩錨、泥釘)工程

一、通則及適用範圍

錨固一般是指利用抗張材 (預力鋼棒、鋼腱/鋼絞線等)，以灌注的形式錨碇於所在之地層。其功用主要是作為控制擋土結構物、土(岩)邊坡、上部結構物或地下室開挖等之變形，將承受的拉力傳遞於土體或岩石之持力層。錨固系統大致可分為預應力錨固和無預應力錨固兩種類型，在使用功能上可分為臨時性和永久性，一般來說若使用超過兩年，可視為永久錨固。

錨固/地錨之品質保證應有三方面的基本要求：

- ✓ 錨固位置的要求；
- ✓ 錨固抗張材、組件 (錨頭、鎖定器、置中器、連接器、阻塞器、承壓鈑和台座等) 及灌漿材料質量之要求;
- ✓ 錨固系統支承荷載能力及整體穩定性之要求。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

錨固工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地之地質鑽探報告；
- ✓ 工地監測計劃；
- ✓ 錨固、組件、護管、灌漿材料及密封劑等之詳細資料，包括材料產地來源證明書 (如錨固抗張材料之產地來源、規格尺寸、重量、力學性能及化學分析等)、灌漿材料配比和相關的檢驗報告、添加劑/無收縮添加劑技術資料等；
- ✓ 施工/安裝方案，安裝計劃須包括錨固種類、錨固數量、錨固長度、灌漿資料、錨固承載能力、保護侵蝕之裝置和安裝之技術等；
- ✓ 施工機具資料及校正有效證書，包括鑽孔機具、油壓千斤頂、壓力計及灌漿機具等；
- ✓ 檢測計劃。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 錨固/地錨位置測量放綫圖 (含位置偏差之量測)；
- ✓ 材料試驗記錄和報告；
- ✓ 錨固安裝記錄；
- ✓ 錨固竣工圖 (包括錨頭位置之水平、高程及角度偏差)；
- ✓ 錨固試驗報告 (評估試驗和驗收試驗)。

三、檢查、測試及驗收工作

錨固工程的檢查工作可歸納於下表：

錨固工程檢查項目表

檢查目的 / 檢查項目	位置偏差			施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
	水平	高程	角度				
基準點控制	✔	✔		✔	全數檢查	a, b	
施工頻率控制 [1]				✔	全數檢查	d	
錨頭位置/軸向 [2]	✔	✔	✔	✔	全數檢查	a, c, d	
鑽孔土層記錄				✔	全數檢查	a	
錨固段之岩石樣本或持力層樣本				✔	全數檢查	--	
地下水位深度				✔	全數檢查	--	
錨固段及自由段長度記錄 [3]				✔	全數檢查	a	
錨固材料外觀質量				✔	全數檢查	c	
錨固系統/護管防蝕保護				✔	全數檢查	a, c	
評估試驗 [4]				✔	1% 或 2% ❶	a, c, d	
錨固安裝監測				✔	全數檢查	a	
灌漿壓力/體積/長度				✔	全數檢查	a	
灌漿材料配比				✔	全數檢查	a	
預力地錨施拉力記錄				✔	全數檢查	c	
設備檢查				✔	施工前	--	

註： 檢查項目

1 - 在錨固系統完成灌漿的 12 小時內，其 10m 半徑範圍內不得進行其他錨固鑽孔 [4]。

2 - 錨固系統一般容許之鑽孔方向與傾斜角度誤差為±2° [4]。

3 - 錨固的鑽孔長度應至少為錨固指定長度加上 50mm，使尾端鋼筋至少有 50mm 之水泥漿包裹 [4]。

4 - 評估試驗

此試驗項目乃對大型之錨固工程計劃，於每一種地基及施工條件所進行之試驗。按相關之荷載級數之數目、每級之持續時間及荷載循環之使用，用以證明所使用的設計參數（如錨固能力潛變界限荷載、表面拉腱自由長度等）。評估試驗的工作適合於錨固安裝前進行。

檢查頻率

❶ - 當錨固破壞，僅導致輕微之後果時，對每一種地基條件之臨時錨固的評估試驗數目最少應為 1%；但在錨固破壞後，能導致嚴重後果的情況下，永久錨固或臨時錨固的評估試驗數目最少應為 2%。

標準要求

a - 擋土結構與土方工程規章及指引 [1]

b - 地工技術規章 [2]

c - 專案工程技術規格/承攬規則

d - General Specification for Civil Engineering Works [4]

錨固工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

錨固(岩錨、泥釘)工程測試及驗收項目表

檢測項目 / 檢測方法	錨固系統材料	錨固/地錨整體性能	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
錨固抗張材料強度試驗 [1]	✔	✔	每批量及每種類	c	i	
錨固系統鍍鋅/塗層厚度及均勻性測試 [2]	✔		每批量及每種類	c	ii	
灌漿材料強度測試 [3]	✔		每次灌注時	a, b, c	iii	
灌漿材料流動性試驗 [3]	✔		每次灌注時	a, b, c, d	iv	
灌漿材料出水(泌水)試驗 [4]	✔		每次灌注時	f, c	v	
錨固/地錨系統驗收試驗(有預應力)[5]		✔	100%	a, b, e	vi	
泥釘或岩錨系統(無預應力)[5]		✔	10%	c	vi	

註： 檢測方法

1 - 錨固抗張材料強度試驗包括單項材料試驗(如鋼筋、連接器及承重板單項試驗)及組合材料試驗(如鋼筋裝配上連接器及錨頭整體試驗)。關於抗張材料的強度測試可參閱相關的材料品質保證計劃及程序。

2 - 錨固系統鍍鋅/塗層厚度測試方法與標準，可參閱「工程品質保證計劃及程序控制手冊」之「塗料/油漆工程」和「金屬建材及施工/安裝工藝」內容。

3 - 灌漿材料強度/流動性測試（Grout-Crushing Strength / Flow Cone Efflux Time）

水泥漿對錨固/地錨而言，除可形成錨錠體外，也可保護抗張材免受腐蝕。對於漿體所要求之品質，首先是良好的流動性，從拌合後至灌入，漿體應保持良好的流動性，且凝結後體積變化要小，完全凝固後，需具有充份的強度，同時具有優良的水密性。

水泥漿體應製作 100mm 之立方試件進行抗壓強度測試（每組試體應由九個試件所組成，以進行三天、七天及二十八天之強度測試），待試件之抗壓強度達允許施拉強度以上方可施加預力，以免因水泥強度不足，在地錨施拉過程中造成錨碇段漿體開裂或壓碎。

4 - 灌漿材料出水(泌水)試驗(Bleeding Test)
灌漿材料出水試驗是以 100±10mm 直徑 x100±5mm 高的圓柱型試體，於 3 小時量測其出水量(與原總體積的百分比)，以確定有關數值不超過設計要求或 GS [4]所規定的條款。

5 錨固/地錨及泥釘系統驗收試驗
試驗的目的乃確認施工後之地錨是否符合設計之要求。試驗的方法建議參考 [3]及[4] 之規程進行，按規程各階段施拉時，必須量測荷重、變位量和時間等項目。

標準要求

a - 擋土結構與土方工程規章及指引 [1]
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - General Specification for Civil Engineering Works [4]
d - ASTM C939 [5]
e - Model Specification for Prestressed Ground Anchors [3]
f - ASTM C940 [7]

合格準則

i - 錨杆符合鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準[10]或 BS4449[11]、螺母符合 BS4190[12]、連接器、承重板(Bearing plate)符合專案工程技術規格/承攬規則。
ii - 試驗結果須符合 BS729 [8]或 ISO1461 [9]所定的最少厚度 85μm。
iii - 灌漿材料試體抗壓強度須符合設計要求及不少於 30MPa。
iv - 漿液排出錐筒的時間不可少於 15 秒。
v - 試樣出水(泌水)量於 3 小時不可超過總體積的 0.5%。
vi - 當試驗結果未能滿足有關之法規或要求時，需提交補救方案，並進行適當之補強工作。

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] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[3] Geospec 1, Model Specification for Prestressed Ground Anchors, Geotechnical Enginereing Office, Civil Engineering Department, Hong Kong

[4] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[5] ASTM C939, Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)

[6] 地錨設計與施工準則暨解說，科技圖書

[7] ASTM C940 Standard Test Method for Expansion and Bleeding of Freshly Mixed Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory

[8] BS 729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles

[9] ISO 1461, Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles. Specifications and test methods

[10] 法令第 64/96/M 號，鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準，澳門政府

[11] BS 4449, Specification for carbon steel bars for the reinforcement of concrete

[12] BS 4190, ISO metric black hexagon bolts, screws and nuts. Specification

工程品質保證計劃及程序

無支撐開挖工程

工程品質保證計劃及程序

無支撐開挖工程

一、通則及適用範圍

本節內容適用於一般山坡之無支撐開挖工程或採用放坡形式的無支撐開挖，以確保在開挖階段及開挖完成後對邊坡之穩定性、安全性、適當性及符合相關法規及技術規範之要求。一般開挖邊坡若不以支撐擋土，應挖成斜坡，其坡度應符合穩定要求，並避免在坡頂堆土。開挖後應採取適當之護坡措施，以維安全。開挖坡之斜面坡度、高度應考慮地層特性、地下水、周圍狀況和排水工法等因素。

無支撐開挖之品質保證應有下列二方面的基本要求：

- ✓ 開挖過程中之適當性及安全要求 (如原有植被保護、安全坡度、地形控制、對影響範圍內建築物或山坡體之監測等)；
- ✓ 開挖完成後山坡之穩定性要求 (如設計與現場之吻合性及長/短期監測等)。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

無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

- ✓ 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 (包括長期及短期之監測)；
- ✓ 施工方案；
- ✓ 開挖後之臨時護坡措施；
- ✓ 檢測計劃。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 開挖山坡測量圖 (含現場實際高程及範圍)；
- ✓ 土壤/岩石樣本試驗報告 (如篩分析、極限分析及三軸試驗等)

✓ 竣工圖（包括開挖完成後之現場等高線圖/地型圖）。

三、檢查、測試及驗收工作

無支撐開挖工程的檢查工作可歸納於下表：

山坡開挖工程檢查項目表

檢查目的 / 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	
現場原地形記錄	✔	✔	✔	✔		a, b	
基坑及鄰房之安全監測 [1]				✔		a, c, e	
開挖土層記錄				✔		a, b	
地下水位記錄				✔		a, b	
對影響範圍原有建築物及山坡之監測				✔		a, b, c	
開挖坡之斜面坡度、高度控制			✔	✔		b	
開挖體積				✔		b	
坡面之保護及排水				✔		a, b	
臨時支承之監測				✔	如有需要	b, c	
受保護之植被				✔	如有需要	d	
設備檢查				✔	施工前	--	

註： 檢查項目

1 - 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[11] 中基坑變形的要求進行監控。

標準要求
a - 擋土結構與土方工程規章 [1]
b - 斜坡岩土工程手冊 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - 有關條例或規章
e - 基礎設計指引 [9]

檢查、測試及驗收工作（續）

無支撐開挖工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

無支撐開挖工程試驗項目表

檢測項目 / 檢測方法	土壤之分析	開挖整體穩定	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
顆粒分析	✔		如有需要❶	a, f, g	i	開挖前
阿太堡限度試驗	✔			b, f, g	i	開挖前
三軸試驗	✔			c, f, g	i	開挖前
工地含水量	✔	✔		d, f, g	i	開挖前/後
單位重	✔			e, f, g	i	開挖前

註： 標準要求

a – ASTM D422 [3]
b – ASTM D4318/D427 [4]
c – ASTM D2850/D4767 [5]
d – ASTM D4944 [6]
e – ASTM D854 [7]
f – 斜坡岩土工程手冊 [2]
g – 專案工程技術規格/承攬規則

建議檢查頻率

❶ – 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。

合格準則

i – 如未能通過試驗，建議更改施工方案，如減少臨時坡度、增加臨時支撐等。

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] 斜坡岩土工程手冊，土力工程處，土木工程署，香港特別行政區政府

[3] ASTM D422, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

[4] ASTM D4318, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

ASTM D42, Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method

[5] ASTM D2850, Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial CompressionTest on Cohesive Soils

ASTM D4767, Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils

[6] ASTM D4944, Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method

[7] ASTM D854, Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer

[8] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書

[9] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[10] GB50202，建築地基基礎工程施工質量驗收規範

[11] DBJ/T 15-20，建築基坑工程技術規程

工程品質保證計劃及程序

填土工程

工程品質保證計劃及程序

填土工程

一、通則及適用範圍

本節內容適用於一般的填土工程，包括作為結構物之承載基層、周邊回填、路基基礎和區域整地等，而填築材料利用機械設備（碾壓、夯實或振動）經分層之夯實/壓密後，可增加土之抗剪強度，能提高地基承載力及穩定性，因此壓實程度為控制填土工程品質最重要之手段。

填土工程之品質保證應有下列二方面的基本要求：

- ✓ 對填築材料之要求；
- ✓ 舖設過程及完成後整體壓實程度之要求。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

填土工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地之地質鑽探報告（有需要時）；
- ✓ 填土材料的種類、來源證明；
- ✓ 填土材料之相關試驗報告；
- ✓ 現場滾壓/夯實設備的資料（含機械設備之尺寸、重量、壓實能量和振動頻率等）；
- ✓ 排水材料/濾膜之質檢及說明書；
- ✓ 監測計劃；
- ✓ 施工方案（包括基地準備/場地清理、填土壓實的方法及分層舖築的程序、在填築過程中含水量之控制等）；
- ✓ 檢測計劃。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 現場測量圖（含現場實際高程及範圍）；
- ✓ 相關每種類填土於試驗室之壓實試驗報告；

- ✓ 驗收試驗 (如工地密度試驗等)
- ✓ 竣工測量圖 (含回填完成後之地形及標高等)。

三、檢查、測試及驗收工作

回填工程的檢查工作可歸納於下表：

回填工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	位置偏差		施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
	平面	高程				
基準點控制	✔	✔	✔	持續進行	--	
現場地形測量記錄	✔	✔	✔		--	
受保護之植被			✔		a, b	
採料場/挖方區取土			✔		b	
填築材料運輸			✔		b, c	
填築材料			✔		b, c, d, e	
回填/夯實程序			✔		b, c, d, e	
分層舖築控制			✔		b, c, d, e	
基地沉降、傾斜和水位監測			✔		b, c, d, e	
回填面之保護及排水			✔		b, c, d, e	
排水材料/濾膜之安裝			✔		b, c, d, e	
設備檢查			✔	施工前	--	

註： 標準要求
- a - 相關條例或規章
- b - 專案工程技術規格/承攬規則
- c - 擋土結構與土方工程規章及指引 [1]
- d - 斜坡岩土工程手冊 [2]
- e - General Specification for Civil Engineering Works [3]

檢查、測試及驗收工作 (續)

填土工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

填土工程測試及驗收項目表

檢測項目 / 檢測方法	填土材料實驗室試驗	填土現場試驗	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
顆粒分析	✔		每 5000M³ 或來源地變更時	a, b ASTM D422 [4]	-	
阿太堡限度試驗 (液性、塑性限度)	✔			a, b ASTM D4318 [5]	-	
實驗室 CBR 值測定	✔			a, b ASTM D1883 [6]	-	
最大乾密度測試 (夯實試驗)	✔			a, b ASTM D698 [7] ASTM D1557 [8]	-	
土壤直接剪力試驗	✔		如有需要❶	a, b ASTM D3080 [9]	-	
砂當量試驗	✔			a, b ASTM D2419 [10]	-	
有機物含量	✔			a, b BS1377 [11]	-	
硫酸鹽含量	✔			a, b	-	
填土滾壓後的含水量 [1]		✔	每 500M²❷	a, b ASTM D4944 [12]	i	
工地密度試驗 [1]		✔	每 500M²❷	a, b ASTM D1556 [13]	i	
土工布/排水板強度試驗 [2]	✔		每批量	a, b ASTM D5261 [14] ASTM D4595 [15] ISO 12236 [16]		

註： 檢測方法

1 – 填土滾壓後的含水量/工地密度試驗
於進行現場工地密度試驗前，須於現場採集相關的回填材料進行實驗室的試驗工作，透過修正夯實試驗 (Modified Portor Compaction Test) 取得回填材料的最大乾密度和最佳含水量，利用現場工地密度的測試結果與實驗室的結果進行比較，可取得現場相對的壓實度 (Relative Compaction)。

2 – 土工物料/土工布測試
土工布物料建議至少需進行以下的測試：
單位面積質量測定、大寬度抗拉強度測定和 CBR 刺破強度測定。

建議檢查頻率

❶ – 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。

❷ – 對檢測面積的位置須進行分層的工地密度試驗工作，以測定其現場壓實度，分層方式最小須滿足以下要求：
- 自回填完成面以下 1.1m 位置；
- 自回填完成面以下 0.5m 位置；
- 回填完成面。

標準要求

a – 專案工程技術規格/承攬規則
b – 擋土結構與土方工程規章及指引 [1]

合格準則

i – 利用現場工地密度的測試結果與實驗室土壤最大乾密度的結果進行比較，可獲得現場相對的壓實程度。當壓實程度未能滿足有關之法規或技術規格/承攬規則的要求時，建議再進行夯實或碾壓，以達到最佳效果及規格的要求。

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] 斜坡岩土工程手冊，土力工程處，土木工程署，香港特別行政區政府
[3] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region
[4] ASTM D422, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
[5] ASTM D4318, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
[6] ASTM D1883, Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils
[7] ASTM D698, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort
[8] ASTM D1557, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
[9] ASTM D3080, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions
[10] ASTM D2419, Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
[11] BS1377, Methods of test for soils for civil engineering purposes
[12] ASTM D4944, Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method
[13] ASTM D1556, Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method
[14] ASTM D5261, Standard Test Method for Measuring Mass per Unit Area of Geotextiles
[15] ASTM D4595, Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by the Wide-Width Strip Method
[16] ISO12236, Static Puncture Test (CBR Test)

工程品質保證計劃及程序

支撐開挖工程

工程品質保證計劃及程序

支撐開挖工程

一、通則及適用範圍

本節內容適用於具有擋土及支撐系統之開挖工程(包括臨時及永久支撐)，如地下室開挖、擋土牆開挖、特殊山坡地開挖和管道開挖等，以確保在施築擋土結構體、開挖過程中與開挖完成後對開挖面、支撐結構之穩定性、安全性、適當性及符合相關法規和技術規範之要求。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。由於澳門的擋土及支撐結構之施工一般以鋼結構(工字型鋼及鋼板樁)和鋼筋混凝土結構為主，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。

一般常用之臨時或永久擋土結構包括：

- ✓ 鋼板樁；
- ✓ 場鑄排樁(如預壘樁)；
- ✓ 現場鑽孔灌注樁；
- ✓ 預製混凝土樁；
- ✓ 用於開挖的埋置式擋墻；
- ✓ 地下連續壁。

常用之臨時或永久支撐系統包括：

- ✓ 鋼骨支撐系統；
- ✓ 預力地錨系統；
- ✓ 擋土墻。

支撐開挖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、原有植被保護、對影響範圍內建築物或山坡體之監測等；
- ✓ 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長/短期監測等)。

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

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;
- ✓ 原有植被記錄 (如適用);
- ✓ 工地之地質鑽探報告;
- ✓ 監測計劃 (包括長期及短期之監測)；
- ✓ 擋土設施和支撐系統的種類和說明；
- ✓ 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/灌漿材料的配比及規格資料、水泥、骨料、混合劑和附加劑資料等；
- ✓ 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/永久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/岩石樣本試驗報告 (如有需要時);
- ✓ 擋土設施和支撐系統的定期監測分析報告；
- ✓ 施工及安裝記錄；
- ✓ 當擋土設施為永久擋土結構體，須提交相關材料的試驗記錄和報告；
- ✓ 竣工圖 (包括開挖完成後之現場等高線圖/地型圖，若工程屬永久擋土結構體，須提供該部份之竣工圖)。

三、檢查、測試及驗收工作

支撐開挖工程的檢查工作可歸納於下表：

有支撐開挖工程檢查項目表

檢查目的 / 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 [4]				✔		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	
牆背回填工作之監測 [3]				✔		a, b	
開挖面之保護及排水				✔		a, b	
受保護之植被				✔	如有需要	d	
設備檢查				✔	施工前	--	

註： 檢查項目

1 - 地下水位/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，則可考慮增加鋼板樁之貫入深度，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[4] 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：
鋼材結構體：
- 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」；
- 鋼板樁的貫入深度須符合設計之深度要求；
- H 型鋼橫撐、斜撐及柱之安裝準確度等。

鋼筋混凝土結構體：
- 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」。

3 - 牆背回填工作之監測
有關牆背回填的檢查、監測工作的要求可詳閱「填土工程品質保證計劃及程序」。

4 - 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[13]中基坑變形的要求進行監控。

標準要求
a - 擋土結構與土方工程規章 [1]
b - 斜坡岩土工程手冊 [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 [3]

有支撐開挖工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

支撐開挖工程試驗項目表

檢測項目 / 檢測方法	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❶	a, f, g	i	開挖前
阿太堡限度試驗	✔				b, f, g	i	開挖前
三軸試驗	✔				c, f, g	i	開挖前
工地含水量	✔	✔			d, f, g	i	開挖前/後
單位重	✔				e, f, g	i	開挖前
鋼材驗收測試 [1]			✔	如有需要❷	-	-	
焊縫無損探傷試驗 [1]			✔	如有需要❷	-	-	
鋼筋混凝土材料試驗 [2]			✔	如有需要❷	-	-	
防鏽保護塗層測試 [3]			✔	如有需要❸	-	-	
濾膜/土工布強度試驗 [4]			✔	如有需要❸	-	-	

註： 檢測方法

1 - 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」。
2 - 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」。
3 - 防鏽保護塗層測試可詳閱「塗料/油漆工程品質保證計劃及程序」。
4 - 土工物料的測試可詳閱「填土工程品質保證計劃及程序」。

建議檢測頻率

❶ – 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。

❷ – 當擋土結構體屬地工技術規章[4] 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。

❸ – 當上述❷項之永久結構體在設計上須使用防蝕塗料或土工布/濾膜等材料時，則須按照材料的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 [5]
b – ASTM D4318/D427 [6]
c – ASTM D2850/D4767 [7]
d – ASTM D4944 [8]
e – ASTM D854 [9]
f – 斜坡岩土工程手冊 [2]
g – 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，如減少坡度/更改支撐設計等。

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] 斜坡岩土工程手冊，土力工程處，土木工程署，香港特別行政區政府

[3] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[4] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[5] ASTM D422, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

[6] ASTM D4318, Standard Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
ASTM D427, Test Method for Shrinkage Factors of Soil by the Mercury Method

[7] ASTM D2850, Standard Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils
ASTM D4767, Standard Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils

[8] ASTM D4944, Standard Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method

[9] ASTM D854, Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer

[10] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書

[11] 土壤力學理論與應用，科技用書，游啟亨

[12] GB50202，建築地基基礎工程施工質量驗收規範

[13] DBJ/T 15-20，建築基坑工程技術規程

工程品質保證計劃及程序

錘擊樁工程

工程品質保證計劃及程序

錘擊樁工程

一、通則及適用範圍

本章內容適用於建築工程相關之錘擊樁工程的施工和材料等之品質管理工作。錘擊樁為基樁工程之一種，主要將預製之樁體以錘擊貫入地層中，作為支持構造物荷重之基礎。錘擊樁包括鋼製承重樁(鋼管樁、H 型鋼樁/工字樁等)、預製鋼筋混凝土樁、預製預力混凝土樁(PHC 樁)等，因應不同的預製樁體材料，其品質保證計劃及程序亦有所不同。

錘擊樁之品質保證有下列幾方面的基本要求：

- ✓ 預製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;
- ✓ 現場終止打樁(收錘)之判斷基準的要求；
- ✓ 樁體之完整性及其承載力的檢驗，包括反射波法完整性測試(SIT)、動力荷載試驗(DLT)和靜壓荷載試驗(SLT)等。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

錘擊樁工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地之地質鑽探報告;
- ✓ 鄰房鑑定及保護措施，包括安全監測及環境保護(噪音與振動)的計劃;
- ✓ 當工地鄰近結構物為古蹟及具重要歷史價值之建築物，應於工地內以打入試樁之形式進行振動量測，並提交相關的振動量測報告，以確保工地因打樁所引致之振動能規範於限制之範圍內，減少對鄰接結構物之危害；
- ✓ 打樁設備資料，包括打樁機、樁錘、樁帽及墊塊等；
- ✓ 現場終止打樁(收錘)之判斷基準資料(俗稱收錘表)；
- ✓ 施工計劃，內容需包括預製樁體的製造、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、工地安全和緊急應變措施等；

- ✓ 檢測計劃。
- ✓ 按不同的預製之樁體材料，需提交下列的文件：

  <u>鋼製承重樁</u>

  - ➢ 鋼材及焊材之產地來源證明書，包括材料之產地來源、規格尺寸、重量、力學性能及化學分析等；
  - ➢ 當樁體以焊接法接樁時，須提交焊接人員之有效及認可的資格證明文件，相關的焊接作業程序圖表說明(Welding Procedure)的文件要求，可詳閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序；
  - ➢ 鋼材表面的覆蓋層/保護塗層的文件要求，可詳閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序；
  - ➢ 焊接及防鏽保護層的取樣和檢測計劃，須包括於工地現場進行驗收作業之獨立(第三方)檢查及試驗機構資料。

  <u>預製鋼筋混凝土樁</u>

  - ➢ 預製加工廠的介紹說明書；
  - ➢ 廠方之生產控制系統資料，內容如下：
    - 品質控制手冊及相關的質控文件；
    - 廠方內部檢測記錄，包括近期(半年內)相關的原材料的產地來源之技術資料、試驗結果；
    - 產品的測試結果及測試計劃；
    - 廠方檢測試驗部門之試驗設備，相關試驗程序及儀器的校準記錄。
  - ➢ 最近六個月的混凝土抗壓強度測試結果的統計分析；
  - ➢ 最近六個月期間中所進行的水泥鹼含量和骨料與水泥中的鹼之潛在反應性的測試結果。

  <u>預製預力混凝土樁(PHC 樁)</u>

  - ➢ 生產商的產品介紹說明書；
  - ➢ 廠方之生產控制系統資料，內容如下：
    - 若所建議的生產商已獲澳門政府認可機構所認證，只需提交相關的有效認可證書；
    - 若所建議的生產商未獲澳門政府認可機構所認證，需按照下列的要求提供相關的文件進行批核[3]：
      - 品質控制手冊及相關的質控文件；
      - 廠方內部檢測記錄，包括近期(半年內)相關的原材料的產地來源之技術資料、試驗結果；
      - 產品的測試結果及測試計劃；
      - 廠方檢測試驗部門之試驗設備，相關試驗程序及儀器的校準記錄；
      - 最近六個月的混凝土抗壓強度和預應力鋼材抗拉強度測試結果的統計分析；

- 最近六個月期間中所進行的抗彎強度測試結果(須為該工程中所使用的規格)，包括抗裂性能和極限性能的測試。該測試須由認可之測試機構進行。
- 最近六個月期間中所進行的水泥鹼含量和骨料與水泥中的鹼之潛在反應性(鹼硅反應)的測試結果。

工程施工階段或竣工驗收時

✓ 預製之樁體材料運至工地時，須提送交貨單副本及相關的出廠合格證明文件；
✓ 材料的試驗記錄和報告；
✓ 錘擊樁於施打的過程中，須提交定期之振動量測記錄報告(如有需要)；
✓ 工地現場施工記錄，包括：
  - 樁型及尺寸；
  - 打樁機之型式、錘重、落距或動力及附屬設備；
  - 基樁平面位置及編號；
  - 實際入土長度及每單位長度之擊入次數(俗稱收鎚記錄)；
  - 最終單位長度之擊入次數及反彈量；
  - 切樁、接樁情形；
  - 打擊過程中發生之特殊狀況及處理情形；
  - 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。
✓ 基樁現場檢測報告(包括樁體表面塗料乾膜厚度檢測報告，接樁位置焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告，樁體之完整性及其承載力的檢測報告等) ；
✓ 基樁的竣工平面圖。

三、檢查、測試及驗收工作

錘擊樁工程的檢查工作可歸納於下表：

錘擊樁工程檢查項目表

檢查目的 / 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, e	
工地及鄰房之安全監測 [6]				✔		如有需要❶	a, b, c	
打樁系統所產生之振動量測 [7]				✔		如有需要❶	a, b, c	
材料標識/批號、級別					✔	全數檢查	c, d	
外觀質量					✔	全數檢查	c, d	
規格尺寸					✔	全數檢查	c, d	
預製混凝土樁廠或預製預力混凝土樁廠廠內考察、巡查					✔	生產商批核前	c, d	
預製樁體材料之存放及運輸					✔	全數檢查	c, d	
打樁設備檢查 [1]				✔		施工前	-	
吊樁				✔		全數檢查	c, d	
基樁試打				✔		如有需要❶	c	
打樁精度控制 [2]	✔	✔	✔	✔		全數檢查	a, b, c, e	
接樁 [3]				✔		全數檢查	c, d	
終止打樁/收錘檢查				✔		全數檢查	a, b, c	
樁頭處理				✔		全數檢查	a, b, c, d	
環境保護 [4]				✔		如有需要❶	c	
塗裝的施工環境條件				✔		施工前	c, d	
塗裝/防鏽保護層外觀質量 [5]				✔		全數檢查	c, d	

註： 檢查項目

1 - 打樁設備檢查
一般包括打樁機、樁錘、樁帽及墊塊等打樁設備。

2 - 打樁精度控制
打樁的施工精度能影響基樁之承載功能、建物基礎之荷重偏心、基樁打擊功能及接樁效果之損失，故施工精度應控制在規定的容許範圍內。按澳門基礎設計指引[2] 第 5.7.3 項的要求，施工精度的容許誤差可歸納如下：
- 在切斷處量測，平面上相對於指定位置之偏差為 75mm (陸地樁)、150mm (海上樁)；
- 垂直偏差為 1/75 (陸地樁)、1/25(海上樁)；
- 斜樁相對於設計斜度之偏差為 1/25；

- 相對於指定切斷高程之偏差為 25mm。

3 - 接樁
當樁體以焊接法進行接樁時，有關焊接工藝的檢查項目可詳閱「鋼結構工程的品質保證計劃及程序」，接續樁體之焊接完成後，焊縫的溫度需低於 300°C [5]，才可繼續進行打樁的工作，施焊完成後應由認可機構對焊縫進行目視檢驗，所有接合位置的焊接工作應由認可之焊接人員進行。

4 - 環境保護
錘擊樁之施工應慎選打樁的機具設備，以使噪音與振動值能符合本地法規之規定。

5 - 塗裝/防鏽保護層外觀質量
應符合規範「DBJ/T 15-22」第 3.1.10 至 3.1.11 節的要求。塗料工程的檢查工作項目可詳閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序。

6 - 工地及鄰房之安全監測
對錘擊樁工程，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，可詳閱「地工安全監測的品質保證計劃及程序」。

7 – 打樁系統所產生之振動量測
對工地上經錘擊貫入而完成之基樁，其貫入過程中所引致之振動將會對鄰接之結構或建築物產生不同程度之影響，量度其振動水平的檢測方法可利用地震儀於所選擇的位置量測其質點速度峰值(Peak Particle Velocity, P.P.V.)，其數值乃代表地面因周邊振動而產生三維(縱向、橫向及垂直方向)位移的最大速度。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，應按澳門「基礎設計指引」的要求進行評定，詳見下表：

對不同建築物之最大質點速度峰值 [2]

等級	描述	最大速度（mm/s）
1	古跡及有重要歷史價值之建築物	2
2	存在有損壞之建築物（如磚構物有可見之裂縫等。）	5
3	在技術上有良好狀態之無損壞之建築物，不包括微小的裂縫	10
4	穩固之建築物，鋼筋混凝土或鋼之工業建築物	10-40

* 鄰近結構物基礎之土壤質點速度。

檢查頻率

❶ – 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 - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - 生產商成品技術規格
e - General Specification for Civil Engineering Works [4]

檢查、測試及驗收工作 (續)

錘擊樁工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

錘擊樁工程試驗項目表

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, d	-	
預製樁體材料	鋼製承重樁	鋼材制品驗收測試 [1]		✔			-	c	-	
		防鏽保護塗層測試 [2]		✔			如有需要❷	c	-	
	預製鋼筋混凝土、預力混凝土樁	尺寸及外觀檢查 [3]		✔			每批測試❸	a, b, c GB13476 [9] JIS A5337 [10] LECM APR/DMC/017 [3]	i	
		混凝土抗壓強度測試和螺旋筋直徑檢驗 [4]		✔			每批測試❸	a, b, c GB13476 [9] EN 12504-1 [11] LECM APR/DMC/017 [3]	ii	
		抗裂性能測試 [5]		✔			每批測試❹	a, b, c GB13476 [9] JIS A5337 [10] LECM APR/DMC/017 [3]	iii	
接樁：焊縫無損探傷試驗 [6]					✔		詳見❼	c	v	
打樁分析 (PDA)[7]						✔	如有需要❷	a, b, c ASTM D4945 [12]	-	
完整性測試 (SIT)[8]					✔		20%❻	a, b, c ASTM D5882 [13]	iv	至少一根
動力荷載試驗 (DLT)[9]						✔	3%	a, b, c ASTM D4945 [12]	iv	至少一根
靜力荷載試驗 (SLT)[10] (包括豎向拉力、壓力和橫向荷載試驗)						✔	1% ❺	a, b, c ASTM D1143 [14] ASTM D3689 [15] ASTM D3966 [16]	iv	至少一根

註： 檢測方法

1 - 鋼材制品驗收測試
取樣後之鋼材試件應進行抗拉試驗，試驗方法應符合 EN10002[6] 標準之規定。當鋼材軋制證書內並沒有鋼材化學成份及沖擊吸收功之資料時，應對鋼材進行夏比沖擊試驗及化學成份分析。沖擊試驗之試驗方法應符合 EN10045[7] 標準之要求，可參閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序。

2 - 防鏽保護塗層的測試
一般包括塗層乾膜厚度測試、塗層濕膜厚度測試及塗層黏結性測試等，塗層厚度測試應根據 ISO 2808[8] 之規定進行，可參閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序。

3 - 尺寸及外觀檢查
按國標 GB 13476[9] 或日標 JIS A5337[10]、JC/T 947[25]、管樁生產商規格說明的要求對預製預力混凝土樁進行檢查，詳列如下：
尺寸檢查，包括樁長度、端部傾斜、樁身直徑、壁厚和樁身彎曲度等。
外觀檢查，包括粘皮和麻面、樁身合縫漏漿、局部磕損、內外表面露筋、表面裂縫、樁端面平整度、斷筋及脫頭、樁套箍凹陷和內表面混凝土塌落等。

4 - 混凝土抗壓強度測試和螺旋筋直徑檢驗
每根試樁抽取三組、每組二個、(合共六個)之鑽芯試體。每組試體可沿樁的縱向上，選取三個橫向截面，以正向於樁身形式鑽取。樁壁厚少於 125 mm 時，鑽芯試體直徑為 70 mm，當壁厚相等或大於 125 mm 時，直徑則為 100 mm；並須根據英標 EN 12504-1 [11] 的要求進行抗壓強度試驗。
混凝土抗壓強度測試完成後，須破碎其中一個鑽心試體，以取得試體內螺旋筋作進一步的直徑檢驗。

5 - 抗裂性能測試
按國標 GB 13476 [9] 或日標 JIS A5337 [10] 進行抗彎試驗，每次抽取二根樁作為一個試樣，進行測試。

6 - 焊縫無損探傷試驗
以焊接法進行接樁的預製樁體，其對接焊縫和角焊縫可按照鋼結構工程的品質保證計劃及程序的要求進行無損探傷檢測。

7 - 打樁分析試驗 (PDA)
利用波動方程式於打樁時從樁體的應力波傳遞來獲得應力波與承載力的關係式，從而估算出樁的承載能力，得出樁於該地質條件下施打及承載能力之表現，並可作為該項目同類型樁施工之參考數據。

8 - 完整性試驗 (Pile Sonic Integrity Test, SIT)
屬較簡便的一種檢測方法，主要利用手錘敲擊樁頂，通過安裝在樁頂的速度傳感器而獲得樁頂速度隨時間的變化曲線，從而判斷樁的質量。其原理乃利用敲擊而產生音波，當音波在傳遞時遇到不均質而形成反射波時，依據其波形及位置研判樁之完整性，屬於一種非破壞性的檢驗。本試驗於樁長(L)與樁徑(D)之比不超過 30(即 L/D≤30)的情況下，較能獲取準確的波形進行樁體完整性判定[18] [22] [24]。

9 - 軸向動力荷載試驗 (Pile Dynamic Loading Test, DLT)
屬於樁的動力量測和分析方法，主要通過安裝在樁側頂部的加速度和應變計分別測出樁頂處的振動速度和力(或應力)隨時間的變化曲線，從而分析得出樁的靜承載力。此檢測設備主要由錘擊設備和量測儀器兩部份所組成。其中錘擊設備需選擇適當的錘重，保證在錘擊時，使樁產生足夠的貫入度，樁側阻力和樁端阻力才能得到充分發揮，從而得到動阻力和樁的極限承載力。

10 - 靜力荷載試驗 (Pile Static Compression Loading Test, SLT)
對工地上經錘擊貫入而完成之基樁，可在其樁頂逐級加荷並測其變形，用以確定單樁豎向的承載力。靜載試驗裝置由加壓部份和樁頂沉降觀測部份組成。加壓部份通過裝在樁頂上的液壓千斤頂進行，千斤頂反力由壓重平台承受。對樁之軸向壓力荷載試驗需按照澳門地工技術規章[1]、基礎設計指引[2] 和 ASTM D1143 [14] 的要求進行，可得出樁之總沉降量及其殘餘沉降量。此外，靜力荷載試驗還包括豎向拉力荷載試驗 (ASTM D3689[15]) 和橫向荷載試驗 (ASTM D3966[16])。

建議檢測頻率

❶ – 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。
❷ – 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。
❸ – 有關預製預力混凝土管樁或鋼筋混凝土樁的尺寸及外觀檢查，和混凝土抗壓強度測試，所建議的檢測頻率，參照澳門現行規定，歸納如下[3] ：

對未獲澳門政府認可機構認證之樁廠

工程項目每種規格中樁總量 (米)	每批量	外觀檢查頻率	混凝土抗壓強度測試
少於 500	全部	10 根	--
500 及不大於 20,000	少於或等於 200 根	10%及不少於 10 根	1.5%
等於或大於 20,000	少於或等於 200 根	10%及不少於 10 根	首 20,000 米取 1.5%，其後取 0.5%

對已獲取澳門政府認可機構認證之樁廠

工程項目每種規格中樁總量 (米)	每批量	外觀檢查頻率	混凝土抗壓強度測試
少於 500	全部	10 根	--
大於或等於 500	少於或等於 200 根	10%及不少於 10 根	0.5%

❹ – 有關預製預力混凝土管樁的抗裂性能測試所建議的檢測頻率，參照澳門現行規定，從付運的合格產品中，按該工程所使用的規格抽取兩根進行驗收測試，抗裂性能測試必須經由第三方、獨立的認可測試機構進行，歸納如下[3]：

預製預力混凝土管樁型號	檢驗頻率
A	工程項目中同一樁規格超過 30,000 米，按每 30,000 米進行一個試驗。
AB*	工程項目中同一樁規格超過 20,000 米，按每 20,000 米進行一個試驗。
B 及 C	工程項目中同一樁規格超過 10,000 米，按每 10,000 米進行一個試驗。

* 只適用於中國國家標準

❺ – 對軸向拉力荷載及橫向荷載試驗需視符專案工程技術規格/承攬規則的要求、設計需要及施工情況而決定是否需要進行。

❻ – 正常條件下隨機抽檢不少於樁總數的 20%，如有需要可調整抽檢樁數至 50%~100%，此外，當現場實際之樁長(L)與樁徑(D)之比例超出了試驗之限制時(即 L/D>30) [19]，應考慮適當地以軸向動力荷載試驗(DLT)作取代，其測試頻率應事先協定或按兩者檢測頻率要求的比例，以 1 個額外的軸向動力荷載試驗(DLT)取代 5 個完整性試驗(SIT)。

❼– 若專案工程技術規格及承攬規則等文件沒有說明焊縫檢驗頻率時，對預製預力混凝土樁(PHC 樁)，當受檢樁設計為承受壓力，其超聲波測試的檢測頻率為所有同類型力學行為樁焊縫的 1%；當受檢樁設計為承受拉力，其超聲波測試的檢測頻率為所有同類型力學行為樁焊縫的 6%；目視檢測的檢測頻率為所有焊縫的 100%。
對鋼製承重樁(H 型鋼樁、鋼管樁)，其超聲波測試的檢測頻率為所有焊縫的 10%；目視檢測的檢測頻率為所有焊縫的 100%。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - Guide to Site Investigation [17]

合格準則

i – 參照一般驗收程序[3]，每根不符合尺寸及外觀檢查要求的樁應不予採用，並須額外抽取兩根樁作檢查。

ii – 參照一般驗收程序[3]，對於混凝土抗壓強度，每一驗收批均應符合兩個基本要求，即六個鑽芯試體換算為現場立方體評估強度平均值不應少於標準強度；及個別鑽芯試體換算為現場立方體評估強度不應少於標準強度的 85%。

外徑≤450mm 之管樁，螺旋筋直徑應不少於 4mm；外徑 500mm~600mm 之管樁，螺旋筋直徑應不少於 5mm；外徑 800mm~1000mm 之管樁，螺旋筋直徑應不少於 6mm。

當測試結果不能滿足上述要求時，同一生產日期及相同規格的樁可視作不合格及不予採用。然而，可於該驗收批中額外抽取兩根不同生產日期的樁進行鑽芯取樣抗壓強度測試。若兩試樁中任何一測試結果不符上述要求時，則該驗收批中的所有樁均不予採用，而同一生產日期及相同規格的樁均視作不合格及不予採用。

若連續兩個驗收批均不符合上述的驗收要求時，則工程項目中將使用的相同規格樁應視作不合格及不予採用。

iii –參照一般驗收程序[3]，對於抗裂性能測試，當加荷達至廠方規格之抗裂彎矩時，樁身表面不可出現任何裂縫。當兩根試樁均不能通過測試，則該樁規格之產品應不予採用。當其中一根試樁不能通過測試，則於相同規格及相同合格產品中額外抽取的四根進行測試。若四根試樁中任何一根不能通過測試，則該樁規格之產品應不予採用。

iv – 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。

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。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[2] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[3] APR/DMC/017，批核及驗收程序 - PHC 樁，澳門土木工程實驗室(LECM)

[4] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[5] Canadian Foundation Engineering Manual, Canadian Geotechnical Society

[6] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[7] EN10045, Charpy impact test on metallic materials. Test method (V- and U-notches)

[8] ISO2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness

[9] GB13476，先張法預應力混凝土管樁

[10] JIS A 5337, Pretensioned Spun High Strength Concrete Piles

[11] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression

[12] ASTM D4945, Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles

[13] ASTM D5882, Standard Test Method for Low Strain Integrity Testing of Piles

[14] ASTM D1143, Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load

[15] ASTM D3689, Standard Test Method for Individual Piles Under Static Axial Tensile Load

[16] ASTM D3966, Standard Test Method for Piles Under Lateral Loads

[17] GEOGUIDE 2, Guide to Site Investigation, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[18] 樁基檢驗手冊，中國水利水電出版社

[19] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書

[20] 土力學地基與基礎，中國建築工業出版社

[21] 預力混凝土管樁，中國建材工業出版社

[22] Code of Practice for Foundations, Buildings Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[23] GEO Publication No. 1/96, Pile Design and Construction, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, Hong Kong

[24] JGJ 106，建築基樁檢測技術規範，中華人民共和國行業標準

[25] JC/T 947，先張法預應力混凝土管樁用端板

[26] DBJ/T 15-22，錘擊式預應力混凝土管樁工程技術規程

工程品質保證計劃及程序

現場灌注樁工程

工程品質保證計劃及程序

現場灌注樁工程

一、通則及適用範圍

本章內容適用於工程現場灌注樁基礎的施工和材料等之品質管理工作。灌注樁大體可分為沉管灌注樁、鑽孔灌注樁和冲孔灌注樁等，本章主要針對常用的鑽孔灌注樁(Bored Piles)作詳細說明，鑽孔灌注樁主要是以鑽挖機具依設計孔徑鑽挖樁孔至預定深度後，吊放鋼材、安裝特密管、澆置混凝土或無收縮水泥漿至設計高程而成。按地質條件的須要，可選用套管或穩定液保護孔壁，因應不同的施工方式和所使用的樁體材料，其品質保證計劃及程序亦有所不同。

現場灌注樁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；
- ✓ 按現場灌注樁型式，須對樁體之完整性及其承載力的檢驗，包括超聲波檢驗法(CSL)、鑽孔取芯測試(包括混凝土鑽孔取芯測試及接觸面鑽孔取芯測試)、動力荷載試驗(DLT)和靜壓荷載試驗(SLT)等。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

現場灌注樁工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地之地質鑽探報告；
- ✓ 鄰房鑑定及保護措施，包括安全監測計劃；
- ✓ 施工設備資料，包括樁孔鑽挖機、套管打拔機及其他一切施工機具之規格；
- ✓ 施工計劃，內容需包括灌注樁施工材料的運輸、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、地工安全和緊急應變措施等；
- ✓ 樁體材料的詳細技術資料及相關檢驗報告，包括混凝土材料、鋼筋及連接器材料、穩定液等，對上述混凝土材料和鋼筋材料的技術資料要求，可詳閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序；

- ✓ 現場灌注樁整體的檢測計劃，須包括於工地現場進行驗收作業之獨立(第三方)檢查及試驗機構資料。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 樁體材料的試驗記錄和報告；
- ✓ 工地現場施工記錄，包括：
  - ➢ 鑽挖機型式及附屬設備；
  - ➢ 基樁平面位置及編號；
  - ➢ 套管長度、打入及拔出情形；
  - ➢ 實際土層與地下水之描述等；
  - ➢ 穩定液製作材料及配比等；
  - ➢ 新拌及灌注混凝土前之穩定液品管記錄，如比重、含砂量、黏滯性、酸鹼度等；
  - ➢ 混凝土澆置量、特密管管徑及長度等；
  - ➢ 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；
- ✓ 基樁現場檢測報告(包括用作套管續接位置焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告、樁體之完整性及其承載力的檢測報告等)；
- ✓ 基樁的竣工平面圖。

三、檢查、測試及驗收工作

現場灌注樁工程的檢查工作可歸納於下表：

現場灌注樁工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	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, d	
工地及鄰房之安全監測 [1]				✔		如有需要❶	a, b, c	
材料標識/批號、級別					✔	全數檢查	c, e	
外觀質量					✔	全數檢查	c	
規格尺寸					✔	全數檢查	c, e	
材料之存放及運輸					✔	全數檢查	c, e	
設備檢查 [2]				✔		施工前	-	
施工精度控制 [3]	✔	✔	✔	✔		全數檢查	a, b, c, d	
打入、拔出套管 [4]				✔		全數檢查	c	
套管續接 [5]				✔		全數檢查	c	
鑽挖樁孔作業 [6]				✔		全數檢查	a, b, c	
穩定液材料的測試 [7]				✔		每批及每樁孔❷	f	
孔底之清除和檢查 [8]				✔		全數檢查	c, d	
鋼筋籠製作、吊放及接續				✔		全數檢查	c, d	
混凝土材料澆注 [9]				✔		全數檢查	c, d	
樁頭處理				✔		全數檢查	a, b, c	

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，可詳閱「地工安全監測的品質保證計劃及程序」。

2 - 設備檢查
一般包括樁孔鑽挖機、套管打拔機及其他一切施工機具和設備。

3 - 施工精度控制
施工精度能影響基樁之承載功能、建物基礎之荷重偏心、套管續接效果之損失，故施工精度應控制在規定的容許範圍內。施工精度的容許誤差必需符合專案工程技術規格/承攬規則的要求，並至少按澳門基礎設計指引[1]第 5.7.3 項的要求，該施工精度的容許誤差可歸納如下：
- 垂直偏差為 1/75 (陸地樁)、1/25(海上樁)；
- 斜樁相對於設計斜度之偏差為 1/25；

- 相對於指定切斷高程之偏差為 25mm。

4 - 打入、拔出套管
套管一般可分為樁頂保護之短套管及整體樁身保護之全套管二類，套管應平滑圓直，表面刻標尺，可讀取套管深度。於打入套管時，不得損及鄰近已完成之基樁、結構物，若套管需分段打設，其接合處須堅固密合，以防止地下水或其他雜物侵入管內。在拔出套管時，套管應隨同混凝土澆置面之升高，於已打設之混凝土尚未初凝前緩慢提昇，避免在拔管時發生帶動鋼筋籠的現象。

5 - 套管續接
當樁體須以套管作保護進行施工並以焊接法進行套管續接時，有關焊接工藝的檢查項目可詳閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序。

6 - 鑽挖樁孔
基樁鑽掘前應依施工機具之特性，制訂鑽挖過程鑽孔精度之校正方式，以能保持鑽孔精度在容許範圍內。基樁鑽挖至預定深度後，應檢核孔壁狀況、深度及垂直精度，如發現與設計要求不符時，應立即進行補救或修正措施。於鑽孔作業中，一般以套管或穩定液作為孔壁穩定的方式，若以穩定液保護孔壁，穩定液之液面高度應以能確保孔壁不致崩坍為目的。

7 - 穩定液材料的測試
一般包括穩定液材料特性包括密度(Density)、Marsh 數值(Marsh Value)、酸鹼度(pH)及含沙量(Sand Content)的測定。對每根樁於澆灌混凝土前應以合適的取樣器將穩定液從樁孔底部取出，以進行穩定液試驗。

8 - 孔底清除和檢查
基樁鑽挖至預定的深度後，須徹底進行清孔的工作，排除孔底的淤泥和雜物；若預定設計的深度須要嵌入岩層內，相關的基樁於混凝土澆注前需進行入岩深度檢查，以保證其深度符合設計之要求。

9 - 混凝土材料澆注
現場灌注樁在進行混凝土或水泥漿澆注前，先利用特密管吸除孔底的淤泥和雜物，然後隨混凝土面之升高，特密管必須維持埋於混凝土中至少 1 m 以上，澆注作業須連續進行不可間斷。此外混凝土應澆注至較基礎面高出至少 1 m 或至設計所示的高度，於開挖後再將高出部份之劣質混凝土鑿除。

檢查頻率

❶ – 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。

❷ – 對於穩定液之全新、再用及灌注混凝土前之特性要求，應參照專案工程技術規格或承攬規則，如設計沒有指定時，則須符合規範 EN 1536 [10]中之要求。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - General Specification for Civil Engineering Works [3]
e - 生產商成品技術規格
f - EN 1536 [10]

現場灌注樁工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

現場灌注樁工程試驗項目表

檢測項目 / 檢測方法		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, d	-	
現場灌注樁樁體材料	鋼筋材料的測試 [1]		✔			每批	c	-	
	鋼筋連接器材料的測試 [1]		✔			每批	c		
	混凝土材料的測試 [1] (超前鑽)		✔			每批	c	-	
岩層/持力層之檢定(超前鑽) [2]					✔	100%	c, e, f, g, h	i	
穩定液材料的測試 [3]			✔			每次全新製作時、使用中及澆灌混凝土前❷	c, j EN 1536 [10]	-	
樁孔超聲波檢驗 (Koden Test) [4]				✔		100%❸	c, g	-	
超聲波透射法測試 (CSL) [5]				✔		100%	a, b, c ASTM D6760 [13]	-	
混凝土鑽孔取芯測試 [6]				✔		5%	a, b, c EN 12504-1 [14]	ii, iii	
接觸面鑽孔取芯測試 [7]				✔		100%	a, b, c	-	
動力荷載試驗 (DLT) [8] 樁身完整性測試				✔		如有需要❹	a, b, c ASTM D4945 [15]	ii	
動力荷載試驗 (DLT) [9] 包括承載力分析					✔	如有需要❺	a, b, c ASTM D4945 [15]	ii	
靜力荷載試驗 (SLT) [10] (包括豎向拉力、壓力和橫向荷載試驗)					✔	至少 1%❻	a, b, c ASTM D1143 [16] ASTM D3689 [17] ASTM D3966 [18]	ii	

註： 檢測方法

1 - 鋼筋、鋼筋連接器及混凝土材料的測試
鋼筋及混凝土材料的測試可參閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序。

2 - 岩層/持力層之檢定(超前鑽)
當預定設計的深度須要支承在岩層上或嵌入岩層內，為了確保預定樁底標高以下至少 5m 內不存在軟弱土層[6]，可採用下列方式對相關的基樁進行檢定的工作：

a. 在基樁工程進行前，於樁孔的位置進行地質預鑽探(Pre-Drilling)工作，以確定岩層/持力層的位置，檢測方

法主要以直徑不少於 60mm 的鑽孔取芯的形式，按照承攬規則和設計圖則的要求，利用鑽取的岩石芯樣進行相關的試驗，包括連續性檢定、外觀檢查及岩石芯樣強度試驗等，用以確定預定樁底標高以下至少 5m 內不存在軟弱土層[6]。

b. 對於端承樁或摩擦端承樁之持力層處於砂層或礫石層時，若設計參數受持力層土體特性控制，可進行相關現場地質檢定或收集地質樣本進行試驗，例如採用 SPT 試驗等，以了解相關土層參數是否符合設計之要求[6]。

c. 樁徑小於或等於 2.5m，每支樁佈置 1 個超前鑽鑽孔；樁徑大於 2.5m，每支樁佈置 2 個超前鑽鑽孔[4]。

d. 超前鑽鑽孔進行驗收及報告編撰的獨立第三方單位必須為澳門獲得廣泛認可及從事地工勘察經驗豐富的單位，超前鑽驗收記錄及報告必須由該獨立第三方單位的符合資格的土木工程師/岩土工程師簽署。

3 - 穩定液材料的測試

一般包括穩定液材料特性包括密度(Density)、Marsh 數值(Marsh Value)、失水量(Fluid Loss)、酸鹼度(pH)及含沙量(Sand Content)的測定。對每根樁於澆灌混凝土前應以合適的取樣器將穩定液從樁孔底部取出，以進行穩定液試驗。

4 - 樁孔超聲波檢驗 (Koden Test)

為核實樁身及放大底的垂直度及尺寸，應利用超音波測壁儀進行樁壁平整度之檢驗(Koden Test)，按實際的情況進行改善補救措施，此外於混凝土澆注前亦須利用超音波檢驗進行最終的檢測，以確定壁體沒有發生崩坍的情形。

5 - 超聲波透射法測試（預埋聲測管超聲波試驗，Cross-hole Sonic Logging Test, CSL）

利用超聲波檢測設備(超聲波檢測儀、發射換能器/發射探頭、接收換能器/接收探頭等)，透過預埋於混凝土樁身內的聲測管，用於判斷沉箱樁身混凝土的完整性和質量；

在下放鋼筋籠之前應將聲測管綁扎在鋼筋籠內側，每節聲測管在鋼筋籠上固定點間距離不可超過 1.0m，聲測管之間應在全長範圍內都互相平行及保持垂直，並盡可能延伸出混凝土及地面 1.5m，以便試驗之進行；

一般建議可採用內徑為 50~60mm 的鑄鐵管或鋼管，聲測管之續接方式建議使用機械連接方式進行；

聲測管的埋設數目一般需由設計單位定明，若設計單位沒有定明，建議可根據樁徑大小而定，每一對聲測管組成一個檢測面，當樁徑為 0.75~0.9m 時，至少應埋設三根聲測管，可組成三個檢測面；當樁徑大於 0.9m 時，至少應埋設四根聲測管，可組成六個檢測面；

若檢驗結果評定為進需一步檢驗時，需對該樁額外進行混凝土鑽孔取芯測試或補修。

當驗收測試完成後，聲測管內需以已獲批核之無收縮回填材料進行全面灌漿。

6 - 混凝土鑽孔取芯測試

利用鑽機進行機械式鑽孔取芯，以檢測樁身混凝土的完整性及混凝土的強度是否符合設計的要求，鑽孔取芯的深度應為樁身全長及鑽入嵌岩段持力層/岩層，鑽取岩層長度應為樁直徑的一半或 1m(選取較大者)；

鑽取芯樣直徑必需至少為混凝土最大骨料直徑的 3 倍，一般應至少為 70mm [24]；

對於樁身混凝土芯樣抗壓強度測試之取樣，當樁長小於 10m 時，建議可選取 2 組(每組三個芯樣)；當樁長為 10~30m 時，建議可選取 3 組(每組三個芯樣)；當樁長大於 30m 時，建議可選取不少於 4 組(每組三個芯樣)作混凝土抗壓強度測試；

上部芯樣取樣位置距樁頂設計標高不宜大於 1 倍樁徑或 2m，下部芯樣取樣位置距樁底不宜大於 1 倍樁徑或 2m，中間芯樣宜等間距取樣；

當同一基樁的鑽芯孔數大於 1 個，其中一孔在某深度存在缺陷時，應在其他孔的相同深度位置抽取芯樣進行混凝土抗壓試驗；

當驗收測試完成後，鑽孔內需以已獲批核之無收縮回填材料進行全面灌漿。

7 - 接觸面鑽孔取芯測試

利用預埋樁身之鑄鐵管或鋼管，以鑽機進行機械式鑽孔取芯，以檢測樁底以上 1m 混凝土與岩層交接面的完整性，鑽取岩層長度應為樁直徑的一半或 1m(選取較大者)；

一般建議可採用直徑不少於 150mm 的鑄鐵管或鋼管，預埋管之埋設深度放至樁底以上 1m 便可，預留管之續接方式建議使用機械連接方式進行，而所鑽取的芯樣尺寸應不小於 60mm；

當驗收測試完成後，鑽孔內需以已獲批核之無收縮回填材料進行全面灌漿。

8 - 動力荷載試驗 (樁身完整性測試)

對於樁徑較小的鑽孔樁，如無法進行超聲波透射法測試或混凝土鑽孔取芯測試時，可考慮使用動力荷載試驗(DLT)作取代。屬於樁的動力量測和分析方法，主要通過安裝在樁側頂部的加速度和應變計分別測出樁頂處的

振動速度和力(或應力)隨時間的變化曲線，從而判斷樁的質量。其原理乃利用敲擊而產生音波，當音波在傳遞時遇到不均質而形成反射波時，依據其波形及位置研判樁之完整性，屬於一種非破壞性的檢驗。對於以永久套管作護壁進行鑽掘的基樁，並不適合使用此試驗方法。

9 - 動力荷載試驗 (包括承載力分析)
屬於樁的動力量測和分析方法，主要通過安裝在樁側頂部的加速度和應變計分別測出樁頂處的振動速度和力(或應力)隨時間的變化曲線，從而分析得出樁的靜承載力。此檢測設備主要由錘擊設備和量測儀器兩部份所組成。其中錘擊設備需選擇適當的錘重，保證在錘擊時，使樁產生足夠的貫入度，樁側阻力和樁端阻力才能得到充分發揮，從而得到動阻力和樁的極限承載力。對於以永久套管作護壁進行鑽掘的基樁，並不適合使用此試驗方法。

10 - 靜力荷載試驗 (Pile Static Compression Loading Test, SLT)
對工地上經現場灌注而完成之基樁，可在其樁頂逐級加荷並測其變形，用以確定單樁豎向的承載力。靜載試驗裝置由加壓部份和樁頂沉降觀測部份組成。加壓部份通過裝在樁頂上的液壓千斤頂進行，千斤頂反力由壓重平台或反力錨樁承受。此外，對大直徑鑽孔樁可考慮採用 Osterberg Cell 或相似之試樁法，於樁底或樁身安裝油壓千斤頂(或稱荷載箱)向上推擠基樁，以量度樁頂及其他位置之位移。對樁之軸向壓力荷載試驗需按照澳門地工技術規章 [1]、基礎設計指引 [2] 和 ASTM D1143 [16] 的要求進行，可得出樁之總沉降量及其殘餘沉降量。此外，靜力荷載試驗還包括豎向拉力荷載試驗 (ASTM D3689 [17]) 和橫向荷載試驗 (ASTM D3966 [18])。

建議檢測頻率

❶ – 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。而鑽孔深度方面，除非在較淺的地方發現堅固岩體或堅硬之土體，否則其深度應最小至預定樁底標高以下至少 5m 內不存在軟弱土層[6]。

❷ – 鑽掘基樁需要之穩定液主要是利用穩定液高出地下水壓之壓力差，使其滲入開挖壁之空隙並形成薄膜，以維護開挖壁之穩定，因此每根基樁於施工期間對穩定液的使用應分三階段進行控制，即穩定液新製作階段、鑽掘階段和澆灌混凝土前等部份。

❸ – 為測試樁身及放大底的垂直度及尺寸，因此每根基樁於鑽孔完成後，應由獨立第三方進行測試。

❹ – 對於樁徑較小的鑽孔樁，如無法進行超聲波透射法測試或混凝土鑽孔取芯測試時，可考慮使用動力荷載試驗(樁身完整性測試)作取代，其測試頻率應事先協定或按兩者檢測頻率要求的比例，以 1 個額外的動力荷載試驗(樁身完整性測試)取代 1 個超聲波透射法測試或混凝土鑽孔取芯測試。

❺ – 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。

❻ – 對軸向拉力荷載及橫向荷載試驗需視符專案工程技術規格/承攬規則的要求、設計需要及施工情況而決定是否需要進行。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - Guide to Site Investigation [7]
e - Foundation Design and Construction [5]
f - Code of Practice for Foundations [6]
g - Particular Specification for Large Diameter Bored Piles with Bell-outs [19]
h - Particular Specification for Large Diameter Bored Piles Socketed into Bedrock [20]
j - EN 1536 [10]

合格準則

i – 當測試結果不能滿足法規或技術規格要求時，基樁之深度必須增加，直至到達滿足準則要求的嵌岩段持力層/岩層。

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。

iii – 樁身混凝土芯樣抗壓強度必需符合專案工程技術規格/承攬規則的要求。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[2] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[3] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[4] General Specification for Building, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[5] GEO Publication No. 1/2006, Foundation Design and Construction, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[6] Code of Practice for Foundations, Buildings Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[7] GEOGUIDE 2, Guide to Site Investigation, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[8] GEOGUIDE 3, Guide to Rock and Soil Descriptions, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[9] Canadian Foundation Engineering Manual, Canadian Geotechnical Society

[10] EN 1536, Execution of Special Geotechnical Work – Bored Piles

[11] EN 10002, Tensile testing of metallic materials

[12] ISO 1920-4, Testing of Concrete – Strength of Hardened Concrete

[13] ASTM D6760, Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foudations by Ultrasonic Crosshole Testing

[14] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression

[15] ASTM D4945, Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles

[16] ASTM D1143, Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load

[17] ASTM D3689, Standard Test Method for Individual Piles Under Static Axial Tensile Load

[18] ASTM D3966, Standard Test Method for Piles Under Lateral Loads

[19] Particular Specification for Large Diameter Bored Piles with Bell-outs, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[20] Particular Specification for Large Diameter Bored Piles Socketed into Bedrock, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[21] 樁基檢驗手冊，中國水利水電出版社

[22] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書

[23] 土力學地基與基礎，中國建築工業出版社

[24] JGJ 106，建築基樁檢測技術規範

工程品質保證計劃及程序

淺基礎工程

工程品質保證計劃及程序

淺基礎(底承基礎)

一、通則及適用範圍

淺基礎一般定義是以基礎的深寬比(depth ratio)小於 10 者為界，而底承基礎基本屬於淺基礎的一種，又稱為擴大基礎，其特性是上部建築物或結構傳來的重量/荷載大部份被分散傳遞至較接近表面的土體或岩層上，此類基礎可包括放腳基礎(可為各種形狀)、筏式基礎及連續基礎等。由於承載土體或岩層的特徵值是此類基礎設計的主要因素，故此有關特徵值的可靠性及代表性尤為重要，以達到安全並兼顧到經濟的效益。

淺基礎(底承基礎)之品質保證應有三方面的基本要求：

- ✓ 承載土體或岩層的性能(特徵)要求；
- ✓ 構成基礎結構的材料(如混凝土、鋼筋及其他相關物料)的質量之要求；
- ✓ 地域性因素的要求(如特殊的環境條件足以影響基礎的安全、地震或斜坡等因素)。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的條款。

二、工程品質保證文件之要求

淺基礎(底承基礎)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

- ✓ 工地之地質鑽探(調查)報告；
- ✓ 現場承載面的承載能力評估試驗報告；
- ✓ 構成基礎體的所有材料的技術資料，包括鋼材之產地來源證明書(mill certificate)、混凝土配比及規格資料、水泥、骨料、混合劑和附加劑資料及其他相關物料等，對上述混凝土材料和鋼筋材料的技術資料要求，可詳閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序；
- ✓ 施工方案；
- ✓ 檢測計劃。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 基礎位置測量放綫圖；

- ✓ 竣工圖(含位置偏差之量測) ；
- ✓ 施工工藝的質量控制(包括鋼筋扎作、承載面的處理及模板的豎立等)；
- ✓ 材料試驗報告。

三、檢查、測試及驗收工作

淺基礎(底承基礎)工程的檢查工作可歸納於下表：

淺基礎(底承基礎)工程檢查項目表

檢查目的 / 檢查項目	位置偏差		施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
	水平	高程				
基準點控制	✔	✔	✔	全數檢查	a, b	
鄰近結構物安全監測			✔	如有需要❶		
基礎位置	✔	✔	✔	全數檢查	a, b	
幾何尺寸			✔	全數檢查	a, b, c	
承載面的處理			✔	全數檢查	a, b, c	
地下水位深度			✔	全數檢查	-	
挖掘土層記錄			✔	全數檢查	-	
承載土體或基岩樣本			✔	全數檢查	-	
基礎體沉降測量			✔	如有需要❶	a, b, c	
設備檢查			✔	施工前	-	

註： 檢查頻率

❶ – 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。可參閱地工安全監測的品質保證計劃及程序。

標準要求

a – 地工技術規章 [1]
b – 基礎設計指引 [2]
c – 專案工程技術規格/承攬規則

檢查、測試及驗收工作 (續)

淺基礎(底承基礎)工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

淺基礎(底承基礎)工程測試及驗收項目表

檢測項目 / 檢測方法	基礎自身材質	承載土體或基岩性能	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
鋼筋強度測試 [1]	✔		-	-	-	
混凝土強度測試 [1]	✔		-	-	-	
岩芯無圍壓縮試驗 [2]		✔	如有需要❶	a, b, c ASTM D2938 [3]	i	
岩芯點荷載強度試驗 [3]		✔	如有需要❶	a, b, c ASTM D5731 [4]	i	
岩石質量指標 (RQD)[4]		✔	如有需要❶	a, b, c	i	
壓縮空氣鑽孔試驗 [5]		✔	詳見❷	a, b, c	i	
平板載重試驗 [6]		✔	詳見❷	a, b, c ASTM D1194 [5]	i	
基礎體沉降評估 [7]		✔	如有需要❶	a, b, c	i	
現場壓密度試驗 [8]		✔	如有需要❶	a, b, c ASTM D1556 [7] ASTM D1557 [10] ASTM D4253 [11]	ii	

註： 檢測方法

1 - 鋼筋及混凝土強度測試可參閱相關的材料品質保證計劃及程序。

2 - 岩芯無圍壓縮試驗 (Unconfined Compressive Strength Test of Intact Rock Core Specimens)
適用於承載面為基岩，參照 ASTM D2938 [3] 標準進行岩芯無圍壓縮試驗，岩芯試體直徑不得少於 60mm，試體高度與直徑之比值須符合 2.0~2.5 倍的要求，從而獲得岩芯的抗壓強度值作為評估現場實際特徵值是否符合或滿足設計及規範的要求[2]。

3 - 岩芯點荷載強度試驗 (Point Load Strength Test of Rock Core Specimens)
適用於承載面為基岩，參照 ASTM D5731 [4] 標準進行岩芯點荷載試驗，岩芯試體直徑不得少於 60mm，試體高度與直徑之比值須符合 1.0~1.5 倍的要求，從而獲得岩芯的點荷載強度值作為評估現場實際特徵值是否符合或滿足設計及規範的要求[2]。

4 - 岩石質量指標 (Rock Quality Designation, RQD)
適用於承載面為基岩，須於欲驗收的承載面位置向下鑽取深度最少 5m 的岩石芯樣(芯樣直徑不應少於 60mm)，具體作法是以鑽孔獲取的大於 10cm 的岩芯斷塊長度與岩芯進尺總長度之比，作為岩石質量指標。作為評估現場岩體質量和確定承載面以下約 5m 深度內是否存在軟弱土層的依據[2]。

5 - 壓縮空氣鑽孔試驗
適用於承載面為基岩，利用符合規格的鑽機、鑽桿、鑽頭及壓縮空氣於基岩進行鑽孔試驗，以確定基岩底部約 4.5 m 深度內是否存在軟弱土層。

6 - 平板載重試驗 (Plate Load Test)
適用於承載面為土體或風化石層，參照 ASTM D1194 [5] 標準進行平板載重試驗，試驗內容主要以小平鈑模擬版基，在現場求取基礎承載力與沉陷量之方法，從而評估現場承載土體的承載能力是否滿足設計及規範的要求[2] [13]。

7 - 基礎體沉降評估

當承載面為土體(如黏土等)時，須以現場已完成的基礎體實際沉陷量測值與設計所容許的最大(總)沉降值和差異沉降值作比較和評估，並須符合「基礎設計指引」第 4.4.6 項的要求[2]。

8 - 現場壓密度試驗 (砂錐法)
於進行現場工地密度試驗前，須於現場採集相關的回填材料進行實驗室的試驗工作，透過修正夯實試驗 (Modified Portor Compaction Test) 或土壤最大密度試驗(Maximum Index Density of Soil) 取得回填材料的最大乾密度和最佳含水量，利用現場工地密度的測試結果與實驗室的結果進行比較，以獲得現場回填基礎面相對的壓實度 (Relative Compaction)，作為評估壓密程度是否達到設計或規範的要求。

建議檢測頻率

❶ - 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。

❷ - 建議每 300 m^2 的基礎承載面至少應選取 1 點位置進行檢測驗收，超過 3000 m^2 部分每 500 m^2 不應少於 1 點，但每一工地的基礎面至少應選取 3 點位置進行檢測驗收的工作。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，對每一獨立基礎亦應至少選取 1 點位置進行檢測驗收工作 [12]。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格

合格準則

i - 當試驗結果未能滿足有關設計或規範的要求時，需提交補救方案或遵照有關設計及監管單位的指示進行。
ii - 利用現場工地密度的測試結果與實驗室土壤最大乾密度的結果進行比較，可獲得現場相對的壓實程度。當壓實程度未能滿足有關之法規或技術規格/承攬規則的要求時，建議再進行夯實或碾壓，以達到最佳效果及規格的要求。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[2] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[3] ASTM D2938, Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens

[4] ASTM D5731, Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock

[5] ASTM D1194, Standard Test Method for Bearing Capacity of Soil for Static Load and Spread Footings

[6] ASTM D2435, Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Laoding

[7] ASTM D1556, Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method

[8] Foundation Design: Principles and Practices, Donald P. Coduto

[9] 基礎工程，中國土木水利工程學會 出版委員會

[10] ASTM D1557, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil using Modified Effort.

[11] ASTM D4253, Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils using a Vibrating Table.

[12] GB 50202, 建築地基基礎工程施工質量驗收規範

[13] Code of Practice for Foundations, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

工程品質保證計劃及程序

地工安全監測

工程品質保證計劃及程序

地工安全監測

一、通則及適用範圍

本章內容主要適用於一般的地工工程，如建築物地下室開挖、擋土設施的施工、特殊山坡地開挖和邊坡修復等，其目的主要利用一種由不同功能監測儀器組合而成的監測系統，配合以周密而具體的監測計劃，在施工現場進行觀測、收集資料，使設計者得以在施工期間逐步研判並改進其設計，令四周設施之影響減至最小程度；施工者亦能同時提高工程品質，並控制安全性，對開挖影響範圍內有供公眾使用之設施、古蹟、或其他具重要性建築物時，更顯出安全監測的重要性，因此地工安全監測的主要功能是督管工程進行、控制工程的安全及品質、設計的修正及驗證。

二、工程品質保證文件之要求

地工安全監測於各監測階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

監測儀器安裝前

- ✓ 監控方案 (應包括監控目的、監測項目、監控報警值、監測方法及精度要求、監測點佈置、監測週期、工序管理和記錄制度等)；
- ✓ 儀器材料資料 (包括規格、測試、校正、維護須知及供應商之詳細資料)；
- ✓ 人員資格 (提交可從事儀器裝設與監測工作的合格技術人員)；
- ✓ 各儀器之監測報告式樣。

工地監測階段

- ✓ 儀器裝設完成，或損壞重設後，應製作儀器裝設或重設之摘要工作圖及報告；
- ✓ 監測過程中，應根據設計要求提交階段性監測結果報告，工程結束時應提交完整的監測報告，報告內容應包括：
  - 工程概況；
  - 監測項目和各測點的平面和立面佈置圖；
  - 採用儀器設備和監測方法；
  - 監測數據處理方法和監測結果過程曲線；
  - 監測結果評價。

三、監測工作內容

一般安全監測系統的監測項目及相關所採用的監測儀器大致可歸納如下表：

一般安全監測項目表

安全監測項目		相關監測儀器	備註
基礎土層的穩定性	基礎土層移動觀測 [1]	傾度儀	
	開挖面底部隆起觀測 [2]	隆起桿	
擋土結構之變形及應力觀測	擋土結構變形觀測 [3]	傾度儀	
	擋土結構/邊坡頂部位移觀測 [4]	水準儀、全站儀	
	擋土結構應力觀測 [5]	鋼筋計	
土壓力及支撐應力觀測	土壓力觀測 [6]	土壓計	
	支撐系統應力觀測 [7]	振弦式應變計	
	支撐系統立柱位移觀測 [8]	水準儀、全站儀	
地下水位及水壓觀測 [9]		水壓式水壓計	
		電子式水壓計	
		水位觀測井	
沉陷及鄰房結構觀測 [10]	周圍地表沉陷、鄰近建築物的位移及建築物基礎本體沉陷	沉陷觀測釘	
	鄰近建築物傾斜度	建物傾斜計	
	鄰近建築物結構及地表裂縫觀測	裂縫計	
	工地周圍振動監控	質點速度峰值量測儀	
周邊地下設施	周邊管線變形觀測 [11]	水準儀	

註：

1 - 基礎土層移動觀測
目的主要在量測出基礎土層側向移動量的大小、方向及最大側向移動量的位置所在，以判定基礎土層的穩定程度，進而控制施工之安全。觀測儀器包括傾度儀(雙向固定軌道之觀測管、觀測管接頭、保護頂蓋及底蓋)、量測儀器(雙軸感應儀、傾度讀數器、電纜線、電纜線轉盤等)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。基礎土層位移監測點宜佈置在基坑周邊的中部、陽角處及有代表性的部位。監測點水平間距宜為 20 米~50 米，每邊監測點數目不應少於 1 個。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

2 - 開挖面底部隆起觀測
於開挖過程中，因土壤之解壓作用將造成基地土層特別是粘土層或沉泥土層開挖面底部之隆起，往往危及支撐系統之安全，並引起鄰近地區地層之下陷，定期觀測開挖面土壤隆起量可以研判基地土層穩定之程度，而使開挖工作控制在安全範圍內進行。觀測儀器包括隆起桿(十字形鐵片、鋁管、保護套管)、量測儀器(水準儀、鋼捲尺等)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點宜按縱向或橫向剖面佈置，剖面宜選擇在基坑的中央以及其他能反映

變形特徵的位置，剖面數量不應少於 2 個。同一剖面上監測點橫向間距宜為 10 米~30 米，數量不應少於 3 個。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

3 - 擋土結構變形觀測
目的主要在量測擋土結構傾斜及變形撓曲之程度，以研判擋土結構之安全度。觀測儀器與基礎土層移動觀測所採用的儀器相同。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。擋土結構變形監測點宜佈置在基坑周邊的中部、陽角處及有代表性的部位。監測點水平間距宜為 20 米~50 米，每邊監測點數目不應少於 1 個。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

4 - 擋土結構/邊坡頂部位移觀測
目的主要在量測擋土結構/邊坡頂部位移，以研判基坑之安全度。觀測儀器主要包括但不限於沉陷觀測釘、水準儀、全站儀等。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點應沿基坑周邊佈置，周邊中部、陽角處應佈置監測點。監測點水平間距不宜大於 20 米，每邊監測點數目不宜少於 3 個。水平和豎向位移監測點宜為共用點，監測點宜設置在擋土結構頂或基坑坡頂上。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

5 - 擋土結構應力觀測
目的主要在量測擋土結構受力情形，以明瞭擋土結構之安全度。觀測儀器包括鋼筋計(鋼筋計本體、電纜線) 、量測儀器(應力/應變指示儀)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點應佈置在受力、變形較大且有代表性的部位。監測點數量和水平間距視具體情況而定。豎直方向監測點應佈置在彎矩極值處，豎向間距宜為 2 米~4 米。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

6 - 土壓力觀測
目的主要在量測擋土結構體所承受之總土壓力及有效土壓力，以作為地下室施工過程中分析擋土結構安全度之重要資料。觀測儀器包括土壓計(土壓計本體、反力鈑、油壓千斤頂、加壓鈑電纜線、油壓管等)、量測儀器(應力/應變指示儀)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點應佈置在受力、土質條件變化較大或其他有代表性的部位。平面佈置上基坑每邊不宜少於 2 個監測點。豎向佈置上監測點間距宜為 2 米~5 米，下部宜加密。當按土層分佈情況佈設時，每層應至少佈設 1 個測點，且宜佈置在各層土的中部。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

7 - 支撐系統應力觀測
目的主要能隨時通過量測的資料得知支撐系統荷重及應力分佈的情況，便可分析支撐系統穩定及安全的程度，以控制施工安全。觀測儀器包括應變計(振弦式應變計、電阻式應變計、保護蓋、固定鋼釘、絕緣電線等)、量測儀器(頻率指示儀)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點宜設置在支撐內力較大或在整個支撐系統中起控制作用的桿件上。每層支撐的內力監測不應少於 3 個，各層支撐的監測點位置在豎向上宜保持一致。鋼支撐的監測截面宜選擇在兩支點間 1/3 部位或支撐的端頭；混凝土支撐的監測截面宜選擇在兩支點間 1/3 部位，並避開節點位置。每個監測點截面內傳感器的設置數量及佈置應滿足不同傳感器測試要求。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

8 - 支撐系統立柱位移觀測
目的主要在量測支撐系統立柱水平和豎向位移，可反映開挖時基坑內土體的隆起或沉降；立柱的豎向位移對支撐軸力的影響很大，對立柱變形監測可以預防支撐失穩。觀測儀器主要包括但不限於水準儀、全站儀等。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點宜佈置在基坑中部、多根支撐交匯處、地質條件複雜處的立柱上。監測點不應少於立柱總根數的 5%，逆作法施工的基坑不應少於 10%，且均不應少於 3 根。立柱的內力監測點宜佈置在受力較大的立柱上，位置宜設在坑底以上各層立柱下部的 1/3 部位。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

9 - 地下水位及水壓觀測
目的在了解不同深度，不同土層，土壤孔隙水壓力，地下水位在開挖工程進行時之分佈情況及變化之情形，並可藉以分析土層之穩定性，對開挖工程施工方法、步驟之選擇、以及工期之掌握，具有相當重要的參考價值。觀測儀器包括水壓計(電子式、水壓式等)、水位觀測井(多孔或穿孔 PVC 豎管、尼龍網等)、量測儀器(壓力測定儀、三用電錶和水位指示儀等)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。基坑內地下水位當採用深井降水時，水位監測點宜佈置在基坑中央和兩相鄰降水井的中間部位；當採用輕型井點、噴射井點降水時，水位監測點宜佈置在基坑中央和周邊拐角處，監測點數量應視具體情況確定。基坑外地下水位監測點應沿基坑、被保護對象之周邊或在基坑與被保護對象之間佈置，監測點間距宜為 20 米~50 米。相鄰建築、重要的管線或管線密集處應佈置水位監測點；當有止水帷幕時，宜佈置在止水帷幕的外側約 2 米處。水位觀測點的管底埋置深度應在最低設計水位

或最低允許地下水位之下 3 米~5 米。承壓水水位監測管的濾管應埋置在所測的承壓含水層中。回灌井點觀測井應設置在回灌井點與被保護對象之間。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

10 - 沉陷及鄰房結構觀測

目的在觀察基地四周鄰房建物及地表因工地開挖土壤變位及抽水所造成的沉陷影響，以及工地施工機具的振動對鄰房結構及地表的影響等，此外，亦可觀察新建建築物構築增加之荷重而引起本身基礎沉陷之狀況，進而了解大樓結構偏心載重所造成基礎差異沉陷對大樓結構的影響，以研判建築物之安全性。觀測儀器包括沉陷觀測釘、建物傾斜計、裂縫計、量測儀器(水準儀、鋼捲尺、傾斜計讀數儀、質點速度峰值量測儀等)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。從基坑邊緣以外 1~3 倍基坑開挖深度範圍內需要保護的周邊環境應作為監測對象，必要時尚應擴大監測範圍。位於重要保護對象安全保護區範圍內的監測點的佈置，尚應滿足相關部門的技術要求。建築物沉陷監測點應佈置於: a)建築物四角、沿外牆每 10 米~15 米處或每隔 2~3 根柱基上，且每側不少於 3 個監測點；b)不同地基或基礎的分界處；c)不同結構的分界處；d)變形縫、抗震縫或嚴重開裂處的兩側；e)新、舊建築或高、低建築交接處的兩側；f)高聳構築物基礎軸線的對稱部位，每一構築物不應少於 4 點。建築物水平位移監測點應佈置在建築物的外牆牆角、外牆中間部位的牆上或柱上、裂縫兩側以及其他有代表性的部位，監測點間距視具體情況而定，一側牆體的監測點不宜少於 3 點。建築物傾斜監測點應佈置於: a)監測點宜佈置在建築角點、變形縫兩側的承重柱或牆上；b)監測點應沿主體頂部、底部上下對應佈設，上、下監測點應佈置在同一豎直線上；c)當由基礎的差異沉降推算建築傾斜時，監測點的佈置應符合建築物沉陷監測點的佈置規定。基坑周邊地表豎向位移監測點宜按監測剖面設在坑邊中部或其他有代表性的部位。監測剖面應與坑邊垂直，數量視具體情況確定。每個監測剖面上的監測點數量不宜少於 5 個。建築物裂縫、地表裂縫監測點應選擇有代表性的裂縫進行佈置，當原有裂縫增大或出現新裂縫時，應及時增設監測點。對需要觀測的裂縫，每條裂縫的監測點至少應設 2 個，且宜設置在裂縫的最寬處及裂縫末端。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

11 - 周邊管線變形觀測

目的主要在量測周邊管線變形(隆起或沉降)，以評估周邊管線之影響程度。在特製的圓環(也稱抱箍)上連接固定測桿，圓環固定在管線上，將測桿與管線連接成一個整體，測桿不超過地面，地面處設置相應的窨井；或採用一根硬塑料管或金屬管打設或埋設於所測管線頂面和地表之間，量測時將測桿放入埋管內，再將標尺放置在測桿頂端，只要測桿放置的位置固定不變，量測結果就能反映出管線的沉降變化。觀測儀器主要包括但不限於水準儀等。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。應根據管線修建年份、類型、材料、尺寸及現狀等情況，確定監測點設置。監測點宜佈置在管線的節點、轉角點和變形曲率較大的部位，監測點平面間距宜為 15 米~25 米，並宜延伸至基坑邊緣以外 1~3 倍基坑開挖深度範圍的管線。供水、煤氣、暖氣等壓力管線宜設置直接監測點，在無法直接埋設監測點的部位，可設置間接監測點。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

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] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[3] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[4] GB 50202，建築地基基礎工程施工質量驗收規範

[5] GB 50330，建築邊坡工程技術規範

[6] GB 50497，建築基坑工程監測技術規範

[7] JGJ 120，建築基坑支護技術規程

[8] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書

[9] Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, John Dunnicliff, Wiley Interscience

工程品質保證計劃及程序

噴射混凝土_砂漿工程

工程品質保證計劃及程序

噴射混凝土、砂漿工程

一、通則及適用範圍

本節所述適用於一般噴射混凝土及噴射砂漿工程所使用之材料及施工之品質保證要求。噴射混凝土及噴射砂漿，常用於岩土邊坡上之剛性地表保護層，透過減少雨水滲入邊坡之岩土中，保持邊坡內部壓力，並防止邊坡表面的沖蝕，用以增加邊坡之穩定性。除了用於岩土邊坡之保護外，噴射混凝土及噴射砂漿亦常於隧道、地下室或基坑的支護或止水帷幕工作上，但本地仍然以應用於邊坡保護為主。

在訂定噴射混凝土及噴射砂漿材料之配合比及厚度時，需考慮以下特性：

- ✓ 滲透性；
- ✓ 耐久性；
- ✓ 強度；
- ✓ 泵送及噴射時之操作性；
- ✓ 收縮特性。

低滲透性之噴射混凝土及噴射砂漿中可減少邊坡表層之滲入作用，而噴射材料之高耐久性可確保保護表層之使用年期，至於選取合適之噴料層厚度，則可增加地表層之壽命。噴射材料強度對地表保護層防止流水沖刷起重要作用，同時對耐久性及滲透性亦有間接影響，噴射材料之 28 天抗壓強度需達設計要求強度。有關使用於噴射混凝土之骨料，因考慮泵送及噴射時之施工操作及離析問題，骨料最大顆粒尺寸不應大於 10 mm。若選用噴射砂漿時，應注意乾固收縮而產生開裂問題。

一般岩土邊坡之噴射混凝土或砂漿層常配合鋼筋網及排水孔使用，本節亦有對鋼筋網及排水孔之品質工作加以說明。

二、工程品質保證文件之要求

噴射混凝土或噴射砂漿工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

[噴射混凝土或噴射砂漿材料]

- ✓ 水泥物料證明書
  須符合澳門水泥標準(法令第 63/96/M 號)第七條之質量要求，證書上須提供生產商名稱/水泥

種類/等級、物理性質(包括凝結時間、力學強度、膨脹率)及化學分析(包括燒失量、不溶殘餘物、硫酸鹽 SO_3、氯化物、鹼含量)，若無法提交上述要求之證書，應按水泥標準第九條之接收控制要求進行驗收工作。

✓ 骨料質量證明書

關於骨料及砂/石粉，證書上須提供來源地、粒徑分析、細度模數、其他力學、物理及化學特性之資料。

✓ 混合劑產品說明書/質量證明書

混合劑須符合相關適用標準，產品說明書/質量證明書上須提供混合劑來源、比重、化學分析及氯含量等資料。

✓ 附加劑質量證明書

- 附加劑包括粉煤灰、硅微粒、火山灰、高爐礦渣等，須符合相關適用標準。

✓ 拌合水

須符合澳門混凝土標準(法令第 42/97/M 號)表二之質量要求，一般情況下以自來水作為拌合水不需進行檢查，如由其他方法取得之水或對水質有懷疑時，須抽樣測試。

✓ 噴射混凝土或噴射砂漿配比及規格資料

須提供下列有關資料：

- 強度等級；
- 水泥種類、用量及水灰比；
- 骨料用量及最大粒徑；
- 混合劑種類及用量；
- 附加劑種類及用量。

✓ 施工機具資料

包括混合料之拌合機具、泵送設備及噴射機具等技術資料。

✓ 施工方案

包括噴射前之預備工作、噴射料之拌製、噴射操作等。

✓ 噴料作業完成後之養護方案

[鋼筋網材料]

✓ 鋼筋網質量證明書

按每批量、級號及尺寸的鋼筋網提交質量證明/產品來源證明文件，包括化學成份分析、力學性能 (幾何尺寸、抗拉強度、屈服強度、伸長率及雙向彎曲試驗等)、材料識別 (爐號和生產商標識等)；

✓ 儲存及運送資料及證明；

✓ 施工方案，包括鋼筋網之搭接方法、保護層厚度之控制等；

✓ 檢測計劃。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 噴射材料之拌合記錄表，包括每次拌合時各項材料之用量、配料時間、拌合開始及完成時間、噴射開始及完成時間、噴射部位說明(含圖示)、噴射材料用量累計及相應試驗板製作及養心編號等；
- ✓ 噴射材料抗壓強度測試報告；
- ✓ 鋼筋網到場記錄 (每批量材料之數量、相關之產地來源證明書)；
- ✓ 鋼筋網抗拉試驗報告及焊接位置剪力試驗報告。

三、工程品質保證文件之要求

噴射混凝土及噴射砂漿工程的檢查工作可歸納於下表：

噴射混凝土及噴射砂漿工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	工作性能	結構品質	結構精度	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
鋼筋網運送及儲存		✓		✓	每批量	a, d	
鋼筋網鋪設及搭接 [1]		✓	✓	✓	每次噴置施工前，全數檢查	d	
排水孔佈置 [2]		✓		✓		d	
骨料狀況及用量 [3]		✓	✓	✓		d	
水泥狀況及用量 [4]		✓	✓	✓		c, d	
材料拌合機具		✓		✓		d	
機具	✓	✓	✓	✓		d	
噴射材料均勻性	✓	✓		✓	噴置期間全數檢查	b, d	
噴射材料厚度		✓		✓		d	
噴射材料養護 [5]		✓		✓	全數檢查	b, d	

註： 檢查項目

1 - 鋼筋網鋪設及搭接
包括束網、最少保護層厚度、搭接及固定。

2 - 排水孔佈置
包括排水孔尺寸、間距及定位。

3 – 骨料狀況及用量
包括顆粒尺寸、含水量、微細粒子含量及骨料用量控制。

4 – 水泥狀況及用量
包括水泥標識、種類、等級及用量。

5 - 噴料養護

包括養護方法、最小養護時間。

標準要求

a - 鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準 [1]
b - 混凝土標準 [2]
c - 水泥標準 [3]
d - 專案工程技術規格/承攬規則

噴射混凝土及噴射砂漿工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

噴射混凝土及噴射砂漿工程測試及驗收項目

檢測方法 \ 檢測項目		材料自身材質	結構性能	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
噴射材料	噴射材料試拌分析 [1]	✔	✔	EN 12504-1 [4] ISO 1920-4 [5] EN 12390-8 [6]	對未經檢定的噴射材料，於施工前配比及規格進行	b, d		
	試驗板抗壓強度測試 [2]	✔		EN 12504-1 [4] ISO 1920-4 [5]	每批 ❶	b, d		
	鑽孔取心測試 [3]	✔	✔	EN 12504-1 [4]	詳見 ❷	b, d		
	滲水性測試	✔	✔	EN 12390-8 [6]	如有需要 ❸	b, d	i	
	密度測試	✔		ISO 6275 [7]				
	氯含量取樣測試		✔	-		b, d	i	
鋼筋網材料	幾何尺寸及重量之測量	✔		BS 4483 [8] EN 10002-1 [9] BS 4449 [10] BS 4482 [12]	每批號(同一爐號、級號及規格)鋼筋網應抽取試樣進行驗收測試，每十噸抽取一個 1m x 1m 之樣本	a, d	ii	
	拉伸性能測試	✔				a, d	ii	
	焊接位置剪力測試	✔	✔			a, d	ii	
	正反向彎曲測試	✔				a, d	ii	
	化學成分分析	✔		-	如有需要 ❸	a, d	ii	

註： 檢測方法

1 - 噴射材料試拌分析
包括噴射混凝土或噴射砂漿抗壓強度測試、均勻性檢定、骨料粒徑分析及其他噴料特性分析 (如工程條件需要時，試拌分析須考慮吸水率和滲水性的測定)。

2 - 試驗板抗壓強度測試
試驗板尺寸至少為 1 m x 1 m，厚度為 250 mm。在製造試驗板時，模具之斜度需與邊坡之斜度相同，而試驗板之養護方法亦需與邊坡噴料之養護方法相同。在試驗板上需鑽取 3 個噴料樣心試體，樣心直徑為 100 mm，而取心位置應距離試驗板邊至少 125 mm。樣心試體於 28 天齡期時抗壓強度之平均值為該試驗板之試驗結果

[11]。

3 - 鑽孔取心測試
若試驗板樣心的結果不能滿足合格準則要求，或不能提供測試結果，或現有樣本結果數目不足以符合規範或承攬規則中所定義之取樣計劃，或當施工出錯，或受惡劣天氣條件影響而對結構之強度、耐久性或安全有懷疑時，應從現場已噴置之噴料鑽取樣心試體加以檢驗評定其強度。

標準要求
a - 鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準 [1]
b - 混凝土標準 [2]
c - 水泥標準 [3]
d - 專案工程技術規格/承攬規則

建議檢測頻率
❶ - 若專案工程技術規格或承攬規則沒有註明試驗板抗壓測試取樣率時，可以 500 m^2 所需之噴料量為一批[11]。
❷ - 於相應的一個缺漏樣本或一個疑問樣本結果的區域或位置，需鑽取至少 3 個直徑在 70 或 100mm 之樣心。
❸ - 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。

合格準則
i – 關於混凝土材料測試及品質控制之合格準則，按承攬規則之要求。

ii – 當有試樣不符合力學性能要求，在同批鋼筋網中抽取另外兩個試樣進行測試。如有一個或以上再次取樣的試樣不符合要求時，該批鋼筋網視為不符合標準。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 法令第 64/96/M 號，鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準，澳門政府

[2] 法令第 42/97/M 號，混凝土標準，澳門政府

[3] 法令第 63/96/M 號，水泥標準，澳門政府

[4] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression

[5] ISO 1920-4, Testing of Concrete – Strength of Hardened Concrete

[6] EN 12390-8, Testing hardened concrete. Depth of penetration of water under pressure

[7] ISO 6275, Concrete, hardened – Determination of density

[8] BS 4483, Steel fabric for reinforcement of concrete

[9] EN 10002, Tensile testing of metallic materials

[10] BS 4449, Specification for carbon steel bars for the reinforcement of concrete

[11] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[12] BS 4482, Specification for cold reduced steel wire for the reinforcement of concrete

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

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/水泥土樣本試驗報告;
- ✓ 型鋼水泥土攪拌牆施工記錄;
- ✓ H 型鋼檢查記錄表;
- ✓ 型鋼水泥土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

型鋼水泥土攪拌樁支撐開挖工程的檢查工作可歸納於下表:

型鋼水泥土攪拌樁支撐開挖工程檢查項目表

檢查目的 / 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	--	
水泥土試拌測試 [4]				✔	施工前	b	
水泥土攪拌樁成樁檢查 [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 - 地下水位/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 / 檢測方法	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❶	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❷	d, g, h	i, ii	開挖前
鋼材驗收測試 [5]		✔	✔	如有需要❷	-	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❷	-	vi	開挖前

註： 檢測方法

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 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 – 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 – 提取剛攪拌完成而尚未凝固的水泥土漿液，取樣位置應取沿樁長不同深度 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。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

❶ – 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。

❷ – 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] DBJ/T 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

工程品質保證計劃及程序

地下連續牆工程

工程品質保證計劃及程序

地下連續牆工程

一、通則及適用範圍

本章內容適用於建築及土木工程相關之鋼筋混凝土連續牆的施工和材料等之品質管理工作。連續牆常用於地下開挖，作臨時的擋土結構，防止外側的土壤崩坍及和基坑周邊地下水的滲入，維護新建工地的施工安全及確保鄰近樓房及設施的結構安全；同時，亦可作為永久地基及地庫結構；永久結構也分為承重(load-bearing)和非承重(non-load bearing)結構。

連續牆於現場之品質保證有下列幾方面的基本要求：

- ✓ 材料品質（混凝土、鋼筋籠）檢驗的要求；
- ✓ 連續牆施工時護壁泥漿制備及成槽後清基的檢測；
- ✓ 導牆允許的偏差，如寬度、垂直度、平整度、平面位置及頂面標高；
- ✓ 成槽允許的偏差，如槽段深度、位置、牆厚、垂直度及沉渣厚度等；
- ✓ 連續牆牆體完整性的檢驗，包括超聲波檢驗法(CSL)和鑽取芯樣檢驗等；
- ✓ 連續牆與持力層接觸狀況和沉渣厚度。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

地下連續牆工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地地質勘察報告及相關土壤/岩石測試安排計劃；
- ✓ 鄰近建築物狀況記錄及保護措施，包括安全監測（如水壓、位移及沉降變化）及環境保護的計劃；
- ✓ 施工設備資料，包括成槽機械(如旋轉切削多頭鑽、導板抓斗、冲擊鑽等)及其他一切施工機具之規格；
- ✓ 施工計劃，內容需包括連續牆施工材料的運輸、儲存、場地佈置與規劃、機具設備、施工步驟、品質管理、地下水控制、工地安全和緊急應變措施等；
- ✓ 應用材料的詳細技術資料及相關檢驗報告，包括混凝土材料、鋼筋材料、灌漿材料、護壁泥

漿等，對上述混凝土材料和鋼筋材料的技術資料要求，可詳閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序(編號：S-01)；

✓ 連續牆整體的檢測計劃，須包括於工地現場進行驗收作業之獨立(第三方)檢查及試驗機構資料。

工程施工階段或竣工驗收時

✓ 連續牆材料的試驗記錄和報告；

✓ 工地現場施工記錄，包括：

- 成槽機械型號及附屬設備；
- 連續牆的編號、坐標位置、寬度及深度；
- 實際土層與地下水之描述及土方量、清除淤泥量等；
- 泥漿製作材料、配比、來源、數量等；
- 成槽時水泥漿標高高度；
- 新拌及澆灌混凝土前之泥漿品質記錄，如密度、失水量、Marsh 數值、酸鹼度、含砂量和泥皮厚度；
- 施工過程中發生之特殊狀況，包括鋼筋籠吊放與混凝土澆置；
- 混凝土澆注記錄、其應包括灌注時間、位置、特密管深度、混凝土體積、混凝土頂面平均上升高度及混凝土澆置曲線圖等；
- 連續牆更改/補強位置和尺寸(厚度和深度)；
- 連續牆的偏度記錄(水平、垂直變位與傾斜度)等。

✓ 現場檢測報告(包括鋼材續接位置焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告，成槽的檢測報告和連續牆完整性的檢測報告等)；

✓ 連續牆的竣工平面圖。

三、檢查、測試及驗收工作

地下連續牆工程的檢查工作可歸納於下表：

連續牆工程檢查項目表

檢查目的 / 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, d	
基坑及鄰房之安全監測[1]	✔	✔	✔	✔		如有需要❶	a, b, c, d	
材料標識/批號、級別					✔	全數檢查	c, e	
外觀質量					✔	全數檢查	c	
規格尺寸					✔	全數檢查	c, e	
材料之存放及運輸					✔	全數檢查	c, e	
設備檢查[2]				✔		施工前	-	
施工精度控制[3]	✔	✔	✔	✔		全數檢查	c, f	
導牆檢查[4]	✔	✔	✔	✔		全數檢查	c, g	
成槽檢查[5]	✔	✔	✔	✔		全數檢查❷	c, h, i	
槽底之清除和檢查[6]				✔		全數檢查	c, f, h, i	
鋼筋籠製作、吊放及接續				✔		全數檢查	c, d	
混凝土澆注[7]				✔		全數檢查	c, g	
連續牆頂部處理				✔		全數檢查	a, b, c	
環境保護[8]				✔		如有需要❶	c	

註： 檢查項目

1 - 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[14]中基坑變形的要求進行監控。

2 - 設備檢查
一般包括成槽機械、冲錘及其他一切施工機具和設備。

3 - 施工精度控制
施工精度能影響基礎的承載功能、支護系統的受力情況和建築設計的使用，故施工精度應控制在規定的容許範圍內；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 GB50202[4]

中的要求，施工精度的容許誤差可歸納如下：

- 垂直度：永久結構 ≤ 1/300
  臨時結構 ≤ 1/200
- 槽深 +100mm
- 地下牆表面平整度：永久結構 ± 100mm
  臨時結構 ± 150mm
  插入式結構 ± 20mm

4 - 導牆檢查

導牆的設置為準確標示地下連續牆體平面位置和作為高程測量的基準，予此為成槽機械和灌注混凝土機架導向及儲存泥漿並穩定槽內液面；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 DG/TJ08-2073[5] 中的要求，導牆允許偏差如下：

- 寬度 ± 10mm
- 垂直度 H/500，且≤ 5mm (H 為導牆的深度)
- 平整度 ≤ 5mm
- 平面位置 ± 10mm
- 頂面標高 ± 20mm

5 - 成槽檢查

槽段成槽過程中，抽檢泥漿性能指標，以免孔壁土壤崩坍。混凝土澆注前需以測壁儀進行最終的檢測，以確定壁體尺寸及沒有發生崩坍的情形；同時成槽後，應對於相鄰段混凝土的端面進行清刷，刷壁應到底部，且清刷至刷壁器上無泥。

對於泥漿性能指標，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 EN 1538[13] 中的要求，應符合如下表規定：

項目	單位	新拌制泥漿性能指標	再用泥漿性能指標	混凝土澆注前漿性能指標
密度	g/cm^3	<1.10	<1.25	<1.15
Marsh 數值	sec	32 - 50	32 - 60	32 - 50
失水量	cm^3	<30	<50	-
pH 值		7 – 11	7 - 12	-
含砂率	%	--	--	<4
泥皮厚度	mm	<3	<6	-

對每單元連續牆於混凝土澆注前應進行上述之泥漿性能指標檢測測試，相關測試需採用合適的取樣器將泥漿從槽底取出，其測試方式宜依據 American Petroleum Institute Reocmmended Practice 13B-1[7]。

6 - 孔底清除和檢查

成槽至預定的深度後，須徹底進行清孔的工作，排除孔底的淤泥和雜物；若預定設計基礎須要嵌入岩層內，相關的槽段於混凝土澆注前需進行入岩深度檢查，以保證其深度符合設計之要求。另外，於岩面及牆體基礎底部，需收集岩石樣本，進行外觀檢驗和核定岩石質量。

7 – 混凝土澆注

連續牆在進行混凝土澆注時，應採取有效的施工工藝，以確保混凝土質量；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 DG/TJ08-2073[5]中的要求，應符合下列規定：

- 導管水平布置距離不應大於 3m，距槽段兩側端部不應大於 1.5m；
- 混凝土初灌後，混凝土中導管埋深度應大於 500mm；
- 混凝土澆築應均勻連續，間隔時間不宜超過 30min；
- ~~槽內混凝土面上升速度不宜小於 3m/h；~~導管混凝土埋入混凝土深度為 2m 至 4m，相鄰兩導管間混凝土高差應小於 0.5m。

澆注混凝土時應確實填寫混凝土澆注記錄資料，其包括灌注時間、位置、特密管深度、混凝土體積及混凝土頂面平均上升高度等，同時，以其相對深度所對應的累積混凝土澆置量，制作混凝土澆置曲線圖，以評定施工時的品質狀況及了解可能產生瑕疵情形。

8 - 環境保護

連續牆施工應慎選相關的機具設備，以使噪音與振動值能符合本地法規之規定。

檢查頻率

❶ – 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。

❷ – 成槽時需要之泥漿主要是利用泥漿高出地下水壓之壓力差，使其滲入開挖壁之空隙並形成薄膜，以維護開挖壁之穩定，因此每幅槽段於施工期間對泥漿的使用應分三階段進行控制，即泥漿新製作階段、鑽掘階段和澆灌混凝土前等部份。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - General Specification for Civil Engineering Works [3]
e - 生產商成品技術規格
f - GB 50202 建築地基基礎工程施工質量驗收規範 [4]
g - DG/TJ08- 2073 地下連續牆施工規程 [5]
h - American Petroleum Institute Recommended Practice 13B-1 [7]
i - EN 1538 Execution of Special Geotechnical Work – Diaphragm Wall [13]

連續牆工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

連續牆工程試驗項目表

檢測項目 / 檢測方法		地質調查	牆體材料	牆體完整性	牆體承載力	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, e	-	
續牆應用材料	鋼筋材料的測試 [1]		✔			-	c	-	
	混凝土材料的測試 [2]		✔			-	c	-	
	灌漿材料的測試 [3]		✔			每次灌注時	c ASTM C939 [6]	-	
	型鋼材料的測試 [4]		✔			如有需要	c	-	
岩層/持力層之檢定(超前鑽) [5]					✔	承重(load-bearing)：每一單元/每 4m 非承重(non-load bearing)：每 10m	c, d, f, g	i	
成槽超聲波檢驗 [6]				✔		永久結構：每一單元(每單元兩點) 臨時結構：20%(每單元兩點)	c, h	-	
牆身混凝土超聲波完整性檢驗 (CSL) [7]				✔		承重(load-bearing)：每一單元 非承重(non-load bearing)：10%	c, d ASTM D6760 [8]	-	
混凝土與岩層介面之檢測 [8]					✔	每一單元	g	-	
混凝土鑽孔取芯及芯樣抗壓強度測試 [9]				✔		5%	c, d EN 12504-1 [9]	ii	最少 2 個單元

註： 檢測方法

1 - 鋼筋材料的測試
一般包括幾何尺寸及重量檢驗、拉伸性能測試及鋼筋拼接的測試等，可參閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序。

2 - 混凝土材料的測試
一般包括混凝土試拌分析、坍落度測試、立方試體抗壓強度測試及鑽孔取心測試等，可參閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序。

3 - 灌漿材料的測試
一般包括漿液試拌分析、灌漿材料強度測試(Grout-Crushing Strength)及灌漿材料流動性試驗(Flow Cone Efflux Time)等，水泥漿體應製作 100mm 之立方試件進行抗壓強度測試（每組試體應由九個試件所組成，以進行三天、七天及二十八天之強度測試）。

4 - 型鋼材料的測試
採用型鋼材料之連續牆接口，材質應具有足夠強度及剛度，其應依參有關設計規定。

5 - 連續牆岩層/持力層之檢定(**超前鑽**)

當預定設計的深度須要支承在岩層上或嵌入岩層內，為了確保連續牆底部以下約 5m 深度不存在軟弱土層，可採用下列方式對相關的基礎底部進行檢定的工作：

a. 於混凝土澆注前/後進行岩石鑽孔試驗，檢測方法主要以直徑不少於 60mm 的鑽孔取芯的形式，按照承攬規則和設計圖則的要求，利用鑽取的樣芯進行相關的試驗，包括 TCR/RQD 檢定、外觀檢查及樣芯抗壓試驗等，用以確定基礎底部 5m 深度內不存在軟弱土層；
b. 在工程進行前，於連續牆的位置採用上述 a 項的方式進行地質超前鑽(pre-drilling)工作，以確定連續牆底岩層/持力層的位置；當專案工程技術規格沒有提及超前鑽數量時，對於承重(load-bearing)連續牆，沿連續牆宜以 4 m 之間距或對每一單元佈置一超前鑽孔，而對於非承重(non-load bearing)連續牆，宜以 10 m 之間距進行超前鑽佈置。
c. 當鄰近基礎位置有充足的地質鑽探資料時，可利用該地質資料來研判基礎岩層/持力層的位置；
d. 除了須按上述 a 項的方式作岩層/持力層連續性檢定外，在足夠的地質鑽探資料支持下，可於施工過程中收集每單元連續牆的碎石粉樣本，並根據 Guide to Rock and Soil Descriptions [10]之岩石樣本描述進行評定。

6 - 成槽超聲波檢測

可採用 Korden Test 超聲波測試，通過超聲波發射和接受之間的時間差，自動計算孔壁與深測頭的距離，了解孔形輪廓，確保牆厚及垂直度滿足要求。

7 - 牆身混凝土超聲波完整性檢驗(樁身埋設聲測管超聲波試驗、Cross-hole Sonic Logging Test, CSL)

利用超聲波檢測設備(超聲波檢測儀、發射換能器/發射探頭、接收換能器/接收探頭等)，透過預埋於混凝土連續牆內的聲測管，可判斷牆體內本身混凝土的完整性和質量。

在下放鋼筋籠之前應將聲測管焊接或綁扎在鋼筋籠內側，每節測管在鋼筋籠上固定點間距離不可超過 1.0m，聲測管之間應在全長範圍內都互相平行，並需延伸出地面 1.5m 的範圍，以便試驗之進行。

一般建議可採用內徑不少於 42mm 及厚度不少於 2.5mm 以上的鋼管，聲測管之續接建議使用機械連方式。

聲測管的埋設數目根據連續牆長度確定，每一對聲測管組成一個檢測面，當連續牆長度少於 3m 時，應埋設三根聲測管，可組成三個檢測面；連續牆長度大於 5.6m 時，應埋設至少六根聲測管，可組成九個檢測面。

對於非承重連續牆，有關需預埋聲測管的單元數量，一般需由設計單位定訂，如無相關規定依據時，建議先選取連續牆單元總數量之 30%預埋聲測管，完成混凝土灌注工作後，再從當中選取樣本進行超聲波完整性檢驗。

8 - 混凝土與岩層介面之檢測

利用鑽機進行機械式鑽孔取芯，以檢測混凝土與岩層之間是否存有沉渣；鑽孔取芯的深度應進入連續牆底持力層/岩層至少 1m 或以上。

一般建議可採用直徑不少於 150mm 的鑄鐵管或鋼管，預埋管之埋設深度放至樁底以上 1m 便可，預留管之續接方式建議使用機械連接方式進行，而所鑽取的芯樣尺寸應不小於 60mm。

當驗收測試完成後，鑽孔內需以已獲批核之無收縮回填材料進行全面灌漿。

9 - 混凝土鑽孔取芯及芯樣抗壓強度測試

利用鑽機進行機械式鑽孔取芯，以檢測連續牆牆體的完整性及混凝土的強度。鑽孔取芯的深度應進入連續牆底持力層/岩層至少 1m 或以上。

鑽取芯樣直徑必需至少為混凝土最大骨料直徑的 3 倍，一般應至少為 70mm [15]；

當驗收測試完成後，鑽孔內需以已獲批核之無收縮回填材料進行全面灌漿。

建議檢測頻率

❶ - 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。而鑽孔深度方面，除非在較淺的地方發現堅固岩體或堅硬之土體，否則其深度應最小至基礎底部 5m 或以上。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - General Specification For Civil Engineering Works [3]
e - Guide to Site Investigation [10]
f - Foundation Design and Construction [11]
g - Code of Practice for Foundation [12]
h - DG/TJ08- 2073 地下連續牆施工規程 [5]

合格準則

i – 當測試結果不能滿足法規或技術規格要求時，牆體之深度必須增加，直至到達滿足準則要求的持力層/岩層。

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位置進行覆試，對於不能滿足要求之連續牆，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] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[2] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[3] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[4] GB 50202，建築地基基礎工程施工質量驗收規範

[5] DG/TJ08-2073，地下連續牆施工規程

[6] ASTM C939, Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)

[7] API RP 13B-1, Recommended Practice for Field Testing Water-based Drilling Fluids, American Petroleum Institute, United State of America

[8] ASTM D6760, Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing

[9] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression

[10] GEOGUIDE 2, Guide to Site Investigation, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[11] GEO Publication No. 1/2006, Foundation Design and Construction, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[12] Code of Practice for Foundations, Buildings Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[13] EN 1538, Execution of Special of Geotechnical Work – Diaphragm Wall

[14] DBJ/T 15-20，建築基坑工程技術規程

[15] JGJ 106，建築基樁檢測技術規範

工程品質保證計劃及程序

迷你樁工程

工程品質保證計劃及程序

迷你樁工程

一、通則及適用範圍

本章內容適用於建築及土木工程相關之迷你樁(Mini-Piles)/微型樁(Micro-Piles)基礎的施工和材料等之品質管理工作。樁體主要由永久鋼套管、鋼筋及水泥漿所組成，迷你樁的直徑一般在 400mm 以下，常用的鋼套管外徑為 219mm 及 273mm。本章主要針對迷你樁作詳細說明，迷你樁主要是以鑽挖機具及採用鋼套管保護方式依設計孔徑鑽挖樁孔至預定深度後，吊放鋼筋、安裝灌漿喉管、澆置水泥漿至設計高程而成。

迷你樁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；
- ✓ 樁體之其承載力的檢驗，包括靜壓荷載試驗(SLT)等。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

迷你樁工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地之地質鑽探報告；
- ✓ 鄰房鑑定及周邊道路、地下設施等的保護措施，包括安全監測計劃；
- ✓ 施工設備資料，包括樁孔鑽挖機及其他一切施工機具之規格；
- ✓ 施工計劃，內容需包括迷你樁施工材料的運輸、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、地工安全和緊急應變措施等；
- ✓ 樁體材料的詳細技術資料及相關檢驗報告，包括灌漿材料、鋼筋、連接器及套管等材料，對上述鋼筋材料的技術資料要求，可詳閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序；
- ✓ 當樁體以鑽孔灌注的施工方式須要以短套管或全套管作樁頂或樁身的保護時，若以焊接法進行套管的續接工作，須提交焊接人員之有效及認可的資格證明文件，有關要求可詳閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序；

- ✓ 當所使用的套管材料屬永久埋置的形式，並作為日後支承構造物荷重的基礎元素時，須提交下列的文件：
  - ➢ 相關鋼材之產地來源證明書，包括材料之產地來源、規格尺寸、重量、力學性能及化學分析等；
  - ➢ 鋼材表面的覆蓋層/保護塗層的文件要求，可詳閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序；
  - ➢ 焊接及防鏽保護層的取樣和檢測計劃，須包括於工地現場進行驗收作業之獨立(第三方)檢查及試驗機構資料；
  - ➢ 焊接工藝規程及評定記錄(WPS 及 PQR)等。
- ✓ 迷你樁整體的檢測計劃，須包括樁體材料及於工地現場進行驗收作業之獨立(第三方)檢查及試驗機構資料。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 樁體材料的試驗記錄和報告；
- ✓ 工地現場施工記錄，包括：
  - ➢ 鑽挖機型式及附屬設備資料；
  - ➢ 基樁平面位置及編號；
  - ➢ 套管長度、打入情況；
  - ➢ 實際土層與地下水之描述等；
  - ➢ 鑽挖中發生之特殊狀況，包括鋼筋籠吊放與水泥漿灌注；
  - ➢ 水泥漿灌注量；
  - ➢ 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。
- ✓ 基樁現場檢測報告(包括用作套管表面塗料乾膜厚度檢測報告、套管續接位置焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告，樁體之承載力的檢測報告等)；
- ✓ 基樁的竣工平面圖。

三、檢查、測試及驗收工作

迷你樁工程的檢查工作可歸納於下表：

迷你樁工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	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, d	
工地及鄰房之安全監測 [1]				✔		施工期間❶	a, b, c	
材料標識/批號、級別					✔	全數檢查	c, e	
外觀質量					✔	全數檢查	c	
規格尺寸					✔	全數檢查	c, e	
材料之存放及運輸					✔	全數檢查	c, e	
設備檢查 [2]				✔		施工前	c	
施工精度控制 [3]	✔	✔	✔	✔		全數檢查	a, b, c, d	
打入套管 [4]				✔		全數檢查	c, f	
套管續接 [5]				✔		全數檢查	c	
鑽挖樁孔作業 [6]				✔		全數檢查	c	
孔底深度				✔		全數檢查	c	
孔底之清除和檢查 [7]				✔		全數檢查	c, d	
鋼筋製作、吊放及接續				✔		全數檢查	c, d	
水泥漿材料澆注 [8]				✔		全數檢查	c, d, f	
樁頭處理				✔		全數檢查	a, b, c	
塗裝的施工環境條件				✔		施工前	c, e	
塗裝/防鏽保護層外觀質量 [9]				✔		全數檢查	c, e	

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，可詳閱「地工安全監測的品質保證計劃及程序」。

2 – 設備檢查
一般包括樁孔鑽挖機及其他一切施工機具和設備。

3 – 施工精度控制
施工精度能影響基樁之承載功能、建物基礎之荷重偏心、套管續接效果之損失，故施工精度應控制在規定的容許範圍內。施工精度的容許誤差必需符合專案工程技術規格/承攬規則的要求，並至少按澳門基礎設計指引[2]第 5.7.3 項的要求，該施工精度的容許誤差可歸納如下：
- 在切斷處量測，平面上相對於指定位置之偏差為 75mm (陸地樁)、150mm (海上樁)；

- 垂直偏差為 1/75 (陸地樁)、1/25(海上樁)；
- 斜樁相對於設計斜度之偏差為 1/25；
- 相對於指定切斷高程之偏差為 25mm。

4 - 打入套管
套管應平滑圓直，表面刻標尺，可讀取套管深度。於打入套管時，不得損及鄰近已完成之基樁、結構物，若套管需分段打設，其接合處須堅固密合，以防止地下水或其他雜物侵入管內。

5 - 套管續接
當樁體須以套管作保護進行施工並以焊接法進行套管續接時，有關焊接工藝的檢查項目可詳閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序。

6 - 鑽挖樁孔
基樁鑽掘前應依施工機具之特性，制訂鑽挖過程鑽孔精度之校正方式，以能保持鑽孔精度在容許範圍內。基樁鑽挖至預定深度後，應檢核孔壁狀況、深度及垂直精度，如發現與設計要求不符時，應立即進行補救或修正措施。於鑽孔作業中，一般以套管作為孔壁穩定的方式。

7 - 孔底清除和檢查
基樁鑽挖至預定的深度後，須徹底進行清孔的工作，排除孔底的淤泥和雜物，一般利用壓縮空氣進行清孔工作；若預定設計的深度須要嵌入岩層內，相關的基樁於混凝土澆注前需進行入岩深度檢查，以保證其深度符合設計之要求。

8 - 水泥漿材料澆注
迷你樁所使用之灌漿材料應為無收縮水泥漿材料，灌漿方式是通過高壓灌漿泵及已安裝好之灌漿喉管把現場預拌好之無收縮水泥漿由基樁底部向上灌注，直至把樁孔內之積水全部排出樁外，澆注作業須連續進行不可間斷。

9 - 塗裝/防鏽保護層外觀質量
當所使用的套管材料屬永久埋置的形式，並作為日後支承構造物荷重的基礎元素時，相關的套管須進行防鏽保護的工作，塗料工程的檢查工作項目可詳閱「塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序」。

檢查頻率

❶ - 工程的施工須特定考慮該項測試或監測結果作為地工安全的指標；而該項測試結果/參數對該工程的施工或質量有著重要的影響時，亦須加以考慮進行。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - General Specification for Civil Engineering Works [3]
e - 生產商成品技術規格
f - General Specification for Building [4]

迷你樁工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

迷你樁工程試驗項目表

檢測項目 / 檢測方法		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, d	-	
迷你樁樁體材料	套管鋼材制品驗收測試 [1]		✔			每批	c	-	
	套管防鏽保護塗層測試 [2]		✔			如有需要❷	c	-	
	鋼筋材料的測試 [3]		✔			每批	c	-	
	鋼筋連接器材料的測試 [3]		✔			每批	c		
	灌漿材料的測試 [4]		✔			每次灌注時	c ASTM C939 [13]	-	
嵌岩段岩層/持力層之檢定 [5] (超前鑽)					✔	每批	c, e, f, g	i	
套管續接：焊縫無損探傷試驗 [6]				✔		如有需要❷	c	-	
靜力荷載試驗 (SLT) [7] (包括豎向拉力、壓力和橫向荷載試驗)					✔	至少 1%❸	a, b, c ASTM D1143 [15] ASTM D3689 [16] ASTM D3966 [17]	ii	

註： 檢測方法

1 - 套管鋼材制品驗收測試
取樣後之鋼材試件應進行抗拉試驗，試驗方法應符合 EN10002[10] 標準之規定。當鋼材軋制證書內並沒有鋼材化學成份及沖擊吸收功之資料時，應對鋼材進行夏比沖擊試驗及化學成份分析。沖擊試驗之試驗方法應符合 EN10045[11] 標準之要求。

2 - 套管防鏽保護塗層的測試
一般包括塗層乾膜厚度測試、塗層濕膜厚度測試及塗層黏結性測試等，塗層厚度測試應根據 ISO 2808[12] 之規定進行，可參閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序。

3 - 鋼筋及鋼筋連接器材料的測試
一般包括幾何尺寸及重量量測、拉伸性能測試及鋼筋拼接的測試等，可參閱鋼筋混凝土工程的品質保證計劃及程序。

4 - 灌漿材料的測試
一般包括漿液試拌分析、灌漿材料流動性試驗(Flow Cone Efflux Time)、泌水試驗(Bleeding Test)及灌漿材料強度測試(Grout-Crushing Strength)等，水泥漿體應製作 100mm 之立方試件進行抗壓強度測試(每組試體應至少由九個試件所組成，以進行七天、二十八天及其他齡期之強度測試)。

5 - 嵌岩段岩層/持力層之檢定(超前鑽)
當預定設計的深度須要支承在岩層上或嵌入岩層內，為了確保預定樁底標高以下至少 5m 內不存在軟弱土層[6]，可採用下列方式對相關的基樁進行檢定的工作：

a. 在基樁工程進行前，於樁孔的位置進行地質預鑽探(Pre-Drilling)工作，以確定嵌岩段岩層/持力層的位置，

檢測方法主要以直徑不少於 60mm 的鑽孔取芯的形式，按照承攬規則和設計圖則的要求，利用鑽取的岩石芯樣進行相關的試驗，包括連續性檢定、外觀檢查及岩石芯樣強度試驗等，用以確定預定樁底標高以下至少 5m 內不存在軟弱土層 [6]；

b. 當鄰近基樁位置有充足的地質鑽探資料時(5m 半徑範圍內)，可利用該地質資料來研判嵌岩段岩層/持力層的位置；

c. 對於迷你樁嵌岩段岩層/持力層之檢定，除了須按上述 a 及 b 項的方式作嵌岩段岩層/持力層連續性檢定外，在足夠的地質鑽探資料支持下，可於施工過程中收集每孔迷你樁的碎石粉樣本，並根據 Guide to Rock and Soil Descriptions [8]之岩石樣本描述進行評定。

d. 超前鑽鑽孔進行驗收及報告編撰的獨立第三方單位必須為澳門獲得廣泛認可及從事地工勘察經驗豐富的單位，超前鑽驗收記錄及報告必須由該獨立第三方單位的符合資格的土木工程師/岩土工程師簽署。

6 - 焊縫無損探傷試驗
以焊接法進行續接的套管，其對接焊縫和角焊縫可按照鋼結構工程的品質保證計劃及程序的要求進行無損探傷檢測。

7 - 靜力荷載試驗 (Pile Static Compression Loading Test, SLT)
對工地上經現場灌注而完成之基樁，可在其樁頂逐級加荷並測其變形，用以確定單樁豎向的承載力。靜載試驗裝置由加壓部份和樁頂沉降觀測部份組成。加壓部份通過裝在樁頂上的液壓千斤頂進行，千斤頂反力由壓重平台或反力錨樁承受。對樁之軸向壓力荷載試驗需按照澳門地工技術規章[1]、基礎設計指引[2] 和 ASTM D1143 [15] 的要求進行，可得出樁之總沉降量及其殘餘沉降量。此外，靜力荷載試驗還包括豎向拉力荷載試驗 (ASTM D3689[16]) 和橫向荷載試驗 (ASTM D3966[17])。

建議檢測頻率

❶ – 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。而鑽孔深度方面，深度應最小至預定樁底標高以下至少 5m 內不存在軟弱土層 [6]。

❷ – 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。

❸ – 對軸向拉力荷載及橫向荷載試驗需視符專案工程技術規格/承攬規則的要求、設計需要及施工情況而決定是否需要進行。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - Guide to Site Investigation [7]
e - Foundation Design and Construction [5]
f - Code of Practice for Foundations [6]
g - General Specification for Building [4]

合格準則

i – 當測試結果不能滿足法規或技術規格要求時，基樁之深度必須增加，直至到達滿足準則要求的持力層/岩層。

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] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[2] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[3] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[4] General Specification for Building, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[5] GEO Publication No. 1/2006, Foundation Design and Construction, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[6] Code of Practice for Foundations, Buildings Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[7] GEOGUIDE 2, Guide to Site Investigation, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[8] GEOGUIDE 3, Guide to Rock and Soil Descriptions, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[9] Canadian Foundation Engineering Manual, Canadian Geotechnical Society

[10] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[11] EN10045, Charpy impact test on metallic materials. Test method (V- and U-notches)

[12] ISO 2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness

[13] ASTM C939 Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)

[14] ISO 1920-4, Testing of Concrete – Strength of Hardened Concrete

[15] ASTM D1143, Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load

[16] ASTM D3689, Standard Test Method for Individual Piles under Static Axial Tensile Load

[17] ASTM D3966, Standard Test Method for Piles under Lateral Loads

[18] 樁基檢驗手冊，中國水利水電出版社

[19] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書

[20] 土力學地基與基礎，中國建築工業出版社

[21] JGJ 106，建築基樁檢測技術規範，中華人民共和國行業標準

工程品質保證計劃及程序

嵌岩式鋼樁工程

工程品質保證計劃及程序

嵌岩式鋼樁工程

一、通則及適用範圍

本章內容適用於建築及土木工程相關之嵌岩式鋼樁(Rock-Socketed Steel H-Piles)基礎的施工和材料等之品質管理工作。嵌岩式鋼樁常用的直徑一般為 610mm，樁體主要由 H 型鋼及水泥漿所組成。本章主要針對嵌岩式鋼樁作詳細說明，嵌岩式鋼樁主要是以鑽挖機具及採用鋼套管保護方式依設計孔徑鑽挖樁孔至預定深度及岩層後，吊放 H 型鋼、安裝灌漿喉管、澆置水泥漿至設計高程而成。

嵌岩式鋼樁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；
- ✓ 樁體之承載力或拉拔力的檢驗，包括嵌岩段鑽孔取芯測試、靜壓荷載試驗(SLT)和軸向拉拔力試驗(STT)等。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

嵌岩式鋼樁工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地之地質鑽探報告；
- ✓ 鄰房鑑定及保護措施，包括安全監測的計劃；
- ✓ 施工設備資料，包括樁孔鑽挖機及其他一切施工機具之規格；
- ✓ 施工計劃，內容需包括嵌岩式鋼樁施工材料的運輸、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、地工安全和緊急應變措施等；
- ✓ 樁體材料的詳細技術資料及相關檢驗報告，包括灌漿材料、H 型鋼(鋼材之產地來源證明書，規格尺寸、重量、力學性能及化學分析等)及焊材等材料，對上述鋼材材料的技術資料要求，可詳閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序；
- ✓ 焊接人員之有效及認可的資格證明文件，相關的焊接工藝規程及評定記錄(WPS 及 PQR)的文件要求，可詳閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序；

- ✓ 嵌岩式鋼樁整體的檢測計劃，須包括於工地現場進行驗收作業之獨立(第三方)檢查及試驗機構資料。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 樁體材料的試驗記錄和報告；
- ✓ 工地現場施工記錄，包括：
  - ➢ 鑽挖機型式及附屬設備；
  - ➢ 基樁平面位置及編號；
  - ➢ 套管長度、打入情況；
  - ➢ 實際土層與地下水之描述等；
  - ➢ 鑽挖中發生之特殊狀況，包括 H 型鋼吊放與水泥漿澆置；
  - ➢ 水泥漿澆置量；
  - ➢ 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。
- ✓ 基樁現場檢測報告(包括 H 型鋼續接之焊縫目視檢驗及無損探傷檢測報告、樁體之承載力或拉拔力的檢測報告等)；
- ✓ 基樁的竣工平面圖。

三、檢查、測試及驗收工作

嵌岩式鋼樁工程的檢查工作可歸納於下表：

嵌岩式鋼樁工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	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, d	
工地及鄰房之安全監測 [1]				✔		如有需要❶	a, b, c	
材料標識/批號、級別					✔	全數檢查	c, e	
外觀質量					✔	全數檢查	c	
規格尺寸					✔	全數檢查	c, e	
材料之存放及運輸					✔	全數檢查	c, e	
設備檢查 [2]				✔		施工前	-	
施工精度控制 [3]	✔	✔	✔	✔		全數檢查	a, b, c, d, f	
打入套管 [4]				✔		全數檢查	c	
套管續接 [5]				✔		全數檢查	c	
鑽挖樁孔作業 [6]				✔		全數檢查	c	
孔底之清除和檢查 [7]				✔		全數檢查	c, d	
H 型鋼吊放及接續				✔		全數檢查	c, d, f	
水泥漿材料澆注 [8]				✔		全數檢查	c, d, f	
樁頭處理				✔		全數檢查	a, b, c	

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，可詳閱「地工安全監測的品質保證計劃及程序」。

2 - 設備檢查
一般包括樁孔鑽挖機及其他一切施工機具和設備。

3 - 施工精度控制
施工精度能影響基樁之承載功能、建物基礎之荷重偏心、套管續接效果之損失，故施工精度應控制在規定的容許範圍內。施工精度的容許誤差必需符合專案工程技術規格/承攬規則的要求，並至少按澳門基礎設計指引[2]第 5.7.3 項的要求，施工精度的容許誤差可歸納如下：
- 在切斷處量測，平面上相對於指定位置之偏差為 75mm (陸地樁)、150mm (海上樁)；
- 垂直偏差為 1/75 (陸地樁)、1/25(海上樁)；
- 斜樁相對於設計斜度之偏差為 1/25；
- 相對於指定切斷高程之偏差為 25mm。

4 - 打入套管
套管應平滑圓直，表面刻標尺，可讀取套管深度。於打入套管時，不得損及鄰近已完成之基樁、結構物，若套管需分段打設，其接合處須堅固密合，以防止地下水或其他雜物侵入管內。

5 - 套管續接
當樁體須以套管作保護進行施工並以焊接法進行套管續接時，有關焊接工藝的檢查項目可詳閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序。

6 - 鑽挖樁孔
基樁鑽掘前應依施工機具之特性，制訂鑽挖過程鑽孔精度之校正方式，以能保持鑽孔精度在容許範圍內。基樁鑽挖至預定深度後，應檢核孔壁狀況、深度及垂直精度，如發現與設計要求不符時，應立即進行補救或修正措施。於鑽孔作業中，一般以套管作為孔壁穩定的方式。

7 - 孔底清除和檢查
基樁鑽挖至預定的深度後，須徹底進行清孔的工作，排除孔底的淤泥和雜物，一般利用壓縮空氣進行清孔工作；若預定設計的深度須要嵌入岩層內，相關的基樁於混凝土澆注前需進行入岩深度檢查，以保證其深度符合設計之要求。

8 - 水泥漿材料澆注
嵌岩式鋼樁所使用之灌漿材料應為無收縮水泥漿材料，灌漿方式是通過高壓灌漿泵及已安裝好之灌漿喉管把現場預拌好之無收縮水泥漿由基樁底部向上灌注，直至把樁孔內之積水全部排出樁外，澆注作業須連續進行不可間斷。

檢查頻率

❶ - 工程的施工須特定考慮該項測試或監測結果作為地工安全的指標；而該項測試結果/參數對該工程的施工或質量有著重要的影響時，亦須加以考慮進行。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - General Specification for Civil Engineering Works [4]
e - 生產商成品技術規格
f - General Specification for Building [5]

嵌岩式鋼樁工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

嵌岩式鋼樁工程試驗項目表

檢測項目 / 檢測方法		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, d, e, f	-	
樁體材料	套管鋼材制品驗收測試 [1]		✔			每批❷	c, g	-	
	H 型鋼材料的測試 [1]		✔			每批❷	c, g	-	
	灌漿材料的測試 [2]		✔			每次灌注時	c, f ASTM C939 [13]	-	
嵌岩段岩層/持力層之檢定 [3] (超前鑽)					✔	每批	c, d, e, f, h	i	
套管續接：焊縫目視檢驗及無損探傷試驗 [4]				✔		如有需要❸	c	-	
H 型鋼續接：焊縫目視檢驗 [4]				✔		100%	c	-	
H 型鋼續接：焊縫無損探傷試驗 [4]				✔		10%	c	-	
嵌岩段鑽孔取芯測試 [5]				✔		10%	f	ii	
靜力荷載試驗 [6] (包括豎向拉力、壓力和橫向荷載試驗)					✔	至少 1%❹	a, b, c ASTM D1143 [15] ASTM D3689 [16] ASTM D3966 [17]	iii	

註： 檢測方法

1 - 套管鋼材制品驗收測試及 H 型鋼材料的測試
取樣後之鋼材試件應進行抗拉試驗，試驗方法應符合 EN10002[11] 標準之規定。當鋼材軋制證書內並沒有鋼材化學成份及沖擊吸收功之資料時，應對鋼材進行夏比沖擊試驗及化學成份分析。沖擊試驗之試驗方法應符合 EN10045[12] 標準之要求。

2 - 灌漿材料的測試
一般包括漿液試拌分析、灌漿材料流動性試驗(Flow Cone Efflux Time)、泌水試驗(Bleeding Test)及灌漿材料強度測試(Grout-Crushing Strength)等，水泥漿體應製作 100mm 之立方試件進行抗壓強度測試(每組試體應由九個試件所組成，以進行七天、二十八天及其他齡期之強度測試)。

3 - 嵌岩段岩層/持力層之檢定(超前鑽)
當預定設計的深度須要支承在岩層上或嵌入岩層內，為了確保預定樁底標高以下至少 5m 內不存在軟弱土層 [7]，可採用下列方式對相關的基樁進行檢定的工作：

a. 在基樁工程進行前，於樁孔的位置進行地質預鑽探(Pre-Drilling)工作，以確定嵌岩段岩層/持力層的位置，檢測方法主要以直徑不少於 60mm 的鑽孔取芯的形式，按照承攬規則和設計圖則的要求，利用鑽取的岩石芯樣進行相關的試驗，包括連續性檢定、外觀檢查及岩石芯樣強度試驗等，用以確定預定樁底標高以下至少 5m 內不存在軟弱土層 [7]；

b. 當鄰近基樁位置有充足的地質鑽探資料時(5m 半徑範圍內)，可利用該地質資料來研判嵌岩段岩層/持力層的

位置。

c. 超前鑽鑽孔進行驗收及報告編撰的獨立第三方單位必須為澳門獲得廣泛認可及從事地工勘察經驗豐富的單位，超前鑽驗收記錄及報告必須由該獨立第三方單位的符合資格的土木工程師/岩土工程師簽署。

4 - 焊縫無損探傷試驗
以焊接法進行續接的套管及 H 型鋼，其焊縫可按照鋼結構工程的品質保證計劃及程序的要求進行目視檢驗及無損探傷檢測。

5 - 嵌岩段鑽孔取芯測試
利用預埋樁身之鑄鐵管或鋼管，以鑽機進行機械式鑽孔取芯，以檢測嵌岩段灌漿材料的完整性，鑽孔取芯的深度應為整個嵌岩段及鑽入樁底岩層，鑽取樁底岩層長度應為 600mm，芯樣直徑建議可取 84 mm。

對水泥漿嵌岩段芯樣進行目視檢測，當出現以下任一情況時可視為測試不合格[5]：

1. 水泥漿芯樣發現明顯的缺陷，如芯樣存在蜂窩或缺乏水泥漿料；
2. 水泥漿芯樣之抗壓強度測試值換算為現場立方體評估強度少於水泥漿設計標稱強度的 75%；

一般建議可採用內徑 150mm 的鑄鐵管或鋼管，預埋管之埋設深度放至嵌岩段頂面以上 0.6m 便可，預留管之續接方式建議使用機械連接方式進行，建議取 100%之樁孔進行預埋鑽芯導管的工作；

當驗收測試完成後，預埋管及鑽孔內需以已獲批核之無收縮回填材料進行全面灌漿注滿。

6 - 靜力荷載試驗 (Pile Static Compression Loading Test, SLT)
對工地上經現場灌注而完成之基樁，可在其樁頂逐級加荷並測其變形，用以確定單樁豎向的承載力。靜載試驗裝置由加壓部份和樁頂沉降觀測部份組成。加壓部份通過裝在樁頂上的液壓千斤頂進行，千斤頂反力由壓重平台或反力錨樁承受。對樁之軸向壓力荷載試驗需按照澳門地工技術規章[1]、基礎設計指引[2] 和 ASTM D1143 [15] 的要求進行，可得出樁之總沉降量及其殘餘沉降量。此外，靜力荷載試驗還包括豎向拉力荷載試驗 (ASTM D3689[16]) 和橫向荷載試驗 (ASTM D3966[17])。

建議檢測頻率

❶ – 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。而鑽孔深度方面，除非在較淺的地方發現堅固岩體或堅硬之土體，否則其深度應最小至預定樁底標高以下至少 5m 內不存在軟弱土層 [7]。

❷ – 關於鋼材制品之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十六條和承攬規則之要求。按規章的要求，取樣可按同一爐號相同厚度之每一斷面，每 40 噸抽取一個試件進行測試。其中"相同厚度"是指厚度變化少於 5mm 之相似斷面。測試件應在現場中以隨機方式進行抽樣。

❸ – 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。

❹ – 對軸向拉力荷載及橫向荷載試驗需視符專案工程技術規格/承攬規則及地工技術規章的要求、設計需要及施工情況而決定抽樣率。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - Guide to Site Investigation [8]
e - Guide to Rock and Soil Descriptions [9]
f - General Specification for Building [5]
g - 建築鋼結構規章 [3]
h - Foundation Design and Construction [6]
i - Code of Practice for Foundations [7]

合格準則

i – 當測試結果不能滿足法規或技術規格要求時，基樁之深度必須增加，直至到達滿足準則要求的嵌岩段岩層/持力層。

ii – 當在水泥漿芯樣之目視檢測結果存疑時，可抽取水泥漿芯樣進行抗壓強度測試，水泥漿芯樣抗壓強度值換算為現場立方體評估強度不應少於水泥漿設計標稱強度的 75% [5]；當測試結果不能滿足要求時，建議額外選取兩

個鄰近的基樁進行取芯測試，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。

iii – 當測試結果不能滿足法規或相關技術規格的要求時，建議額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] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[2] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[3] 第 29/2001 號行政法規，建築鋼結構規章，澳門特別行政區政府

[4] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[5] General Specification for Building, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[6] GEO Publication No. 1/2006, Foundation Design and Construction, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[7] Code of Practice for Foundations, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[8] GEOGUIDE 2, Guide to Site Investigation, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[9] GEOGUIDE 3, Guide to Rock and Soil Descriptions, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[10] Canadian Foundation Engineering Manual, Canadian Geotechnical Society

[11] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[12] EN10045, Charpy impact test on metallic materials. Test method (V- and U-notches)

[13] ASTM C939 Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)

[14] ISO 1920-4, Testing of Concrete – Strength of Hardened Concrete

[15] ASTM D1143, Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load

[16] ASTM D3689, Standard Test Method for Individual Piles under Static Axial Tensile Load

[17] ASTM D3966, Standard Test Method for Piles under Lateral Loads

[18] 樁基檢驗手冊，中國水利水電出版社

[19] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書

[20] 土力學地基與基礎，中國建築工業出版社

[21] JGJ 106，建築基樁檢測技術規範，中華人民共和國行業標準

工程品質保證計劃及程序

靜力壓入樁工程

工程品質保證計劃及程序

靜力壓入樁工程

一、通則及適用範圍

本章內容適用於建築工程相關之靜力壓入樁工程的施工和材料等之品質管理工作。靜壓樁為基樁工程之一種，主要是借助壓樁機械將預製樁壓入土層中的一種樁基礎施工方法，作為支持構造物荷重之基礎。預製樁包括鋼製承重樁(鋼管樁、H 型鋼樁/工字樁等)、預製鋼筋混凝土樁、預製預力混凝土樁(PHC 樁)等，因應不同的預製樁體材料，其品質保證計劃及程序亦有所不同。

靜壓樁之品質保證有下列幾方面的基本要求：

- ✓ 預製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;
- ✓ 現場終止壓樁之判斷基準的要求；
- ✓ 樁體之完整性及其承載力的檢驗，包括反射波法完整性測試(SIT)、動力荷載試驗(DLT)和靜壓荷載試驗(SLT)等。

上述基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

靜壓樁工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地之地質鑽探報告;
- ✓ 鄰房鑑定及保護措施，包括安全監測及環境保護(噪音與振動)的計劃;
- ✓ 當工地鄰近結構物為古蹟及具重要歷史價值之建築物，應於工地內以打入試樁之形式進行振動量測，並提交相關的振動量測報告，以確保工地因打樁所引致之振動能規範於限制之範圍內，減少對鄰接結構物之危害；
- ✓ 靜力壓樁機設備資料，包括壓樁力、壓樁速度、壓樁方式、壓邊樁最小淨距、行走方式、壓樁機質量等；
- ✓ 現場終止壓樁之判斷基準資料；
- ✓ 施工計劃，內容需包括預製樁體的製造、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、工地安全和緊急應變措施等；

✓ 檢測計劃。

✓ 按不同的預製之樁體材料，需提交下列的文件：

鋼製承重樁

- 鋼材及焊材之產地來源證明書，包括材料之產地來源、規格尺寸、重量、力學性能及化學分析等；
- 當樁體以焊接法接樁時，須提交焊接人員之有效及認可的資格證明文件，相關的焊接工藝規程及評定記錄(WPS & PQR)的文件要求，可詳閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序；
- 鋼材表面的覆蓋層/保護塗層的文件要求，可詳閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序；
- 焊接及防鏽保護層的取樣和檢測計劃，須包括於工地現場進行驗收作業之獨立(第三方)檢查及試驗機構資料。

預製鋼筋混凝土樁

- 預製加工廠的介紹說明書；
- 廠方之生產控制系統資料，內容如下：
  - 品質控制手冊及相關的質控文件；
  - 廠方內部檢測記錄，包括近期(半年內)相關的原材料的產地來源之技術資料、試驗結果；
  - 產品的測試結果及測試計劃；
  - 廠方檢測試驗部門之試驗設備，相關試驗程序及儀器的校準記錄。
- 最近六個月的混凝土抗壓強度測試結果的統計分析；
- 最近六個月期間中所進行的水泥鹼含量和骨料與水泥中的鹼之潛在反應性(鹼硅反應)的測試結果。

預製預力混凝土樁(PHC 樁)

- 生產商的產品介紹說明書；
- 廠方之生產控制系統資料，內容如下：
  - 若所建議的生產商已獲澳門政府認可機構所認證，只需提交相關的有效認可證書；
  - 若所建議的生產商未獲澳門政府認可機構所認證，需按照下列的要求提供相關的文件進行批核[3]：
    - 品質控制手冊及相關的質控文件；
    - 廠方內部檢測記錄，包括近期(半年內)相關的原材料的產地來源之技術資料、試驗結果；

- 產品的測試結果及測試計劃；
- 廠方檢測試驗部門之試驗設備，相關試驗程序及儀器的校準記錄；
- 最近六個月的混凝土抗壓強度和預應力鋼材抗拉強度測試結果的統計分析；
- 最近六個月期間中所進行的抗彎強度測試結果(須為該工程中所使用的規格)，包括抗裂性能和極限性能的測試。該測試須由認可之測試機構進行。
- 最近六個月期間中所進行的水泥鹼含量和骨料與水泥中的鹼之潛在反應性(鹼硅反應)的測試結果。

➢ 當樁體以焊接法接樁時，須提交焊材之產地來源證明書和焊接人員之有效及認可的資格證明文件，相關的焊接工藝規程及評定記錄(WPS & PQR)的文件要求，可詳閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序；

工程施工階段或竣工驗收時

✓ 預製之樁體材料運至工地時，須提送交貨單副本及相關的出廠合格證明文件；
✓ 材料的試驗記錄和報告；
✓ 靜壓樁於壓入的過程中，須提交定期之振動量測記錄報告(如有需要)；
✓ 工地現場施工記錄，包括：
  ➢ 樁型及尺寸；
  ➢ 靜力壓樁機之型式及附屬設備；
  ➢ 基樁平面位置及編號；
  ➢ 實際入土長度記錄；
  ➢ 靜壓樁於壓入的過程中，應準確記錄貫入阻力，並提交壓樁全過程的壓入阻力-沉樁深度曲線，即壓樁力曲線(如有需要)；
  ➢ 切樁、接樁情形；
  ➢ 壓入過程中發生之特殊狀況及處理情形；
  ➢ 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。
✓ 基樁現場檢測報告(包括樁體表面塗料乾膜厚度檢測報告，接樁位置焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告，樁體之完整性及其承載力的檢測報告等)；
✓ 基樁的竣工平面圖。

三、檢查、測試及驗收工作

靜力壓入樁工程的檢查工作可歸納於下表：

靜力壓入樁工程檢查項目表

檢查目的 / 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, e	
工地及鄰房之安全監測 [5]				✔		如有需要❶	a, b, c	
靜力壓樁機系統所產生之振動量測 [6]				✔		如有需要❶	a, b, c	
材料標識/批號、級別					✔	全數檢查	c, d	
外觀質量					✔	全數檢查	c, d	
規格尺寸					✔	全數檢查	c, d	
預製混凝土樁廠或預製預力混凝土樁廠廠內考察、巡查					✔	生產商批核前	c, d	
預製樁體材料之存放及運輸					✔	全數檢查	c, d	
靜力壓樁機設備檢查 [1]				✔		施工前	-	
吊樁				✔		全數檢查	c, d	
基樁試壓入				✔		如有需要❶	c	
壓入樁精度控制 [2]	✔	✔	✔	✔		全數檢查	a, b, c, e	
接樁 [3]				✔		全數檢查	c, d	
壓入過程與終止壓樁檢查 [7]				✔		全數檢查	a, b, c	
樁頭處理				✔		全數檢查	a, b, c, d	
塗裝的施工環境條件				✔		施工前	c, d	
塗裝/防鏽保護層外觀質量 [4]				✔		全數檢查	c, d	

註： 檢查項目

1 - 靜力壓樁機械設備檢查
一般包括夾樁器、壓樁器、液壓系統、油壓錶校正等設備。

2 - 壓入樁精度控制
壓入樁的施工精度能影響基樁之承載功能、建物基礎之荷重偏心及接樁效果之損失，故施工精度應控制在規定的容許範圍內。按澳門基礎設計指引[2] 第 5.7.3 項的要求，施工精度的容許誤差可歸納如下：
- 在切斷處(Cut-off level)量測，平面上相對於指定位置之偏差為 75mm (陸地樁)、150mm (海上樁)；
- 垂直偏差為 1/75 (陸地樁)、1/25(海上樁)；
- 斜樁相對於設計斜度之偏差為 1/25；
- 相對於指定切斷高程之偏差為 25mm。

3 - 接樁
當樁體以焊接法進行接樁時，有關焊接工藝的檢查項目可詳閱「鋼結構工程的品質保證計劃及程序」，接續樁體之焊接完成後，焊縫的溫度需低於 300°C [5]或不少於 10 分鐘後，才可繼續進行打樁的工作，施焊完成後應由認可機構對焊縫進行目視檢驗，所有接合位置的焊接工作應由認可之焊接人員進行。

4 - 塗裝/防鏽保護層外觀質量
應符合規範「DBJ/T 15-94」第 4.2.13 節及「DBJ/T 15-22」第 3.1.10 至 3.1.11 節的要求。塗料工程的檢查工作項目可詳閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序。

5 - 工地及鄰房之安全監測
對靜力壓入樁工程，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，可詳閱「地工安全監測的品質保證計劃及程序」。

6 - 靜力壓樁機械系統所產生之振動量測
對工地上經靜力壓入而完成之基樁，其壓入過程中所引致之振動將會對鄰接之結構或建築物產生不同程度之影響，量度其振動水平的檢測方法可利用地震儀於所選擇的位置量測其質點速度峰值(Peak Particle Velocity, P.P.V.)，其數值乃代表地面因周邊振動而產生三維(縱向、橫向及垂直方向)位移的最大速度。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，應按澳門「基礎設計指引」的要求進行評定，詳見下表：

對不同建築物之最大質點速度峰值 [2]

等級	描述	最大速度（mm/s）
1	古跡及有重要歷史價值之建築物	2
2	存在有損壞之建築物（如磚構物有可見之裂縫等。）	5
3	在技術上有良好狀態之無損壞之建築物，不包括微小的裂縫	10
4	穩固之建築物，鋼筋混凝土或鋼之工業建築物	10-40

* 鄰近結構物基礎之土壤質點速度。

7 - 壓入過程與終止壓樁檢查
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，可考慮如下要求：
於壓入過程中：
可考慮利用靜力壓樁機械設備，以不少於 2.3 倍工作荷載的壓力值，分若干循環(一般不少於 2 個循環)進行持荷，藉以穩定基樁的沉降[26]，但終壓力不宜大於樁身抱壓允許壓樁力；

終止壓樁：
可考慮採用預載重(Pre-Loading Test)的驗證方法作為每孔樁終止壓樁的依據，其方法主要是利用靜力壓樁機械設備，以 2.2 倍工作荷載的壓力值進行持荷直至其沉降率於 15 分鐘內不多於 5mm 的要求[26]，但終壓力不宜大於樁身抱壓允許壓樁力。

檢查頻率

❶ - 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 - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - 生產商成品技術規格
e - General Specification for Civil Engineering Works [4]

檢查、測試及驗收工作（續）

靜力壓入樁工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

靜力壓入樁工程試驗項目表

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, d	-	
預製樁體材料	鋼製承重樁	鋼材制品驗收測試 [1]		✔			-	c	-	
		防鏽保護塗層測試 [2]		✔			如有需要❷	c	-	
	預製鋼筋混凝土、預力混凝土樁	尺寸及外觀檢查 [3]		✔			每批測試❸	a, b, c GB13476 [9] JIS A5337 [11] LECM APR/DMC/017 [3]	i	
		混凝土抗壓強度測試、螺旋筋直徑檢驗 [4]		✔			每批測試❸	a, b, c GB13476 [9] EN 12504-1 [12] LECM APR/DMC/017 [3]	ii	
		抗裂性能測試 [5]		✔			每批測試❹	a, b, c GB13476 [9] JIS A5337 [11] LECM APR/DMC/017 [3]	iii	
接樁：焊縫無損探傷試驗 [6]					✔		詳見❼	c	v	
打樁分析 (PDA)[7]						✔	如有需要❷	a, b, c ASTM D4945 [13]	-	
完整性測試 (SIT)[8]					✔		20%❻	a, b, c ASTM D5882 [14]	iv	至少一根
動力荷載試驗 (DLT)[9]						✔	3%	a, b, c ASTM D4945 [13]	iv	至少一根
靜力荷載試驗 (SLT)[10] (包括豎向拉力、壓力和橫向荷載試驗)						✔	1%❺	a, b, c ASTM D1143 [15] ASTM D3689 [16] ASTM D3966 [17]	iv	至少一根

註： 檢測方法

1 - 鋼材制品驗收測試
取樣後之鋼材試件應進行抗拉試驗，試驗方法應符合 EN10002 [6] 標準之規定。當鋼材軋制證書內並沒有鋼材化學成份及沖擊吸收功之資料時，應對鋼材進行夏比沖擊試驗及化學成份分析。沖擊試驗之試驗方法應符合 EN10045 [7] 標準之要求，可參閱鋼結構工程的品質保證計劃及程序。

2 - 防鏽保護塗層的測試
一般包括塗層乾膜厚度測試、塗層濕膜厚度測試及塗層黏結性測試等，塗層厚度測試應根據 ISO 2808 [8] 之規定進行，可參閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序。

3 - 尺寸及外觀檢查

按國標 GB 13476[9] 或日標 JIS A5337[11]、JC/T 947[28]、管樁生產商規格說明的要求對預製預力混凝土樁進行檢查，詳列如下：

尺寸檢查，包括樁長度、端部傾斜、樁身直徑、壁厚、樁身彎曲度、端頭板和樁尖尺寸等；

外觀檢查，包括粘皮和麻面、樁身合縫漏漿、局部磕損、內外表面露筋、表面裂縫、樁端面平整度、斷筋及脫頭、樁套箍凹陷和內表面混凝土塌落等。

4 - 混凝土抗壓強度測試和螺旋筋直徑檢驗

每根試樁抽取三組、每組二個、(合共六個)之鑽芯試體。每組試體可沿樁的縱向上，選取三個橫向截面，以正向於樁身形式鑽取。樁壁厚少於 125 mm 時，鑽芯試體直徑為 70 mm，當壁厚相等或大於 125 mm 時，直徑則為 100 mm；並須根據英標 EN 12504-1 [12] 的要求進行抗壓強度試驗。

混凝土抗壓強度測試完成後，須破碎其中一個鑽心試體，以取得試體內螺旋筋作進一步的直徑檢驗。

5 - 抗裂性能測試

按國標 GB 13476 [9] 或日標 JIS A5337 [11] 進行抗彎試驗，每次抽取二根樁作為一個試樣，進行測試。

6 - 焊縫無損探傷試驗

以焊接法進行接樁的鋼樁及預製樁體，其對接焊縫和角焊縫可按照鋼結構工程的品質保證計劃及程序的要求進行無損探傷檢測。

7 - 打樁分析試驗 (PDA)

利用波動方程式於打樁時從樁體的應力波傳遞來獲得應力波與承載力的關係式，從而估算出樁的承載能力，得出樁於該地質條件下施打及承載能力之表現，並可作為該項目同類型樁施工之參考數據。

8 - 完整性試驗 (Pile Sonic Integrity Test, SIT)

屬較簡便的一種檢測方法，主要利用手錘敲擊樁頂，通過安裝在樁頂的速度傳感器而獲得樁頂速度隨時間的變化曲線，從而判斷樁的質量。其原理乃利用敲擊而產生音波，當音波在傳遞時遇到不均質而形成反射波時，依據其波形及位置研判樁之完整性，屬於一種非破壞性的檢驗。本試驗於樁長(L)與樁徑(D)之比不超過 30(即 L/D≤30)的情況下，較能獲取準確的波形進行樁體完整性判定 [19] [21] [22]。

9 - 軸向動力荷載試驗 (Pile Dynamic Loading Test, DLT)

屬於樁的動力量測和分析方法，主要通過安裝在樁側頂部的加速度和應變計分別測出樁頂處的振動速度和力(或應力)隨時間的變化曲線，從而分析得出樁的靜承載力。此檢測設備主要由錘擊設備和量測儀器兩部份所組成。其中錘擊設備需選擇適當的錘重，保證在錘擊時，使樁產生足夠的貫入度，樁側阻力和樁端阻力才能得到充分發揮，從而得到動阻力和樁的極限承載力。

10 - 靜力荷載試驗 (Pile Static Compression Loading Test, SLT)

對工地上經靜力壓入而完成之基樁，可在其樁頂逐級加荷並測其變形，用以確定單樁豎向的承載力。靜載試驗裝置由加壓部份和樁頂沉降觀測部份組成。加壓部份通過裝在樁頂上的液壓千斤頂進行，千斤頂反力由壓重平台承受。對樁之軸向壓力荷載試驗需按照澳門地工技術規章 [1]、基礎設計指引 [2] 和 ASTM D1143 [15] 的要求進行，可得出樁之總沉降量及其殘餘沉降量。此外，靜力荷載試驗還包括豎向拉力荷載試驗 (ASTM D3689 [16]) 和橫向荷載試驗 (ASTM D3966 [17])。

建議檢測頻率

❶ – 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。

❷ – 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。

❸ – 有關預製預力混凝土管樁或鋼筋混凝土樁的尺寸及外觀檢查，和混凝土抗壓強度測試，所建議的檢測頻率，參照澳門現行規定，歸納如下 [3]：

對未獲澳門政府認可機構認證之生產商

工程項目每種規格中樁總量 (米)	每批量	尺寸及外觀檢查頻率	混凝土抗壓強度測試
< 500	全部	10 根	--
≥ 500 及 < 20,000	≤ 200 根	10%及不少於 10 根	1.5%
≥ 20,000	≤ 200 根	10%及不少於 10 根	首 20,000 米取 1.5%，其後取 0.5%

對已獲取澳門政府認可機構認證之生產商

工程項目每種規格中樁總量 (米)	每批量	尺寸及外觀檢查頻率	混凝土抗壓強度測試
< 500	全部	10 根	--
≥ 500	≤ 200 根	10%及不少於 10 根	0.5%

❹ – 有關預製預力混凝土管樁的抗裂性能測試所建議的檢測頻率，參照澳門現行規定，從付運的合格產品中，按該工程所使用的規格抽取兩根進行驗收測試，抗裂性能測試必須經由第三方、獨立的認可測試機構進行，歸納如下 [3]：

預製預力混凝土管樁型號	檢驗頻率
A	工程項目中同一樁規格超過 30,000 米，按每 30,000 米進行一個試驗。
AB*	工程項目中同一樁規格超過 20,000 米，按每 20,000 米進行一個試驗。
B 及 C	工程項目中同一樁規格超過 10,000 米，按每 10,000 米進行一個試驗。

* 只適用於中國國家標準

❺ – 對軸向拉力荷載及橫向荷載試驗需視乎專案工程技術規格/承攬規則的要求、設計需要及施工情況而決定是否需要進行。

❻ – 正常條件下隨機抽檢不少於樁總數的 20%，如有需要可調整抽檢樁數至 50%~100%，此外，當現場實際之樁長(L)與樁徑(D)之比例超出了試驗之限制時(即 L/D>30) [19]，應考慮適當地以軸向動力荷載試驗(DLT)作取代，其測試頻率應事先協定或按兩者檢測頻率要求的比例，以 1 個額外的軸向動力荷載試驗(DLT)取代 5 個完整性試驗(SIT)。

❼– 若專案工程技術規格及承攬規則等文件沒有說明焊縫檢驗頻率時，對預製預力混凝土樁(PHC 樁)，當受檢樁設計為承受壓力，其超聲波測試的檢測頻率為所有同類型力學行為樁焊縫的 1%；當受檢樁設計為承受拉力，其超聲波測試的檢測頻率為所有同類型力學行為樁焊縫的 6%；目視檢測的檢測頻率為所有焊縫的 100%。
對鋼製承重樁(H 型鋼樁、鋼管樁)，其超聲波測試的檢測頻率為所有焊縫的 10%；目視檢測的檢測頻率為所有焊縫的 100%。

標準要求

a - 地工技術規章 [1]
b - 基礎設計指引 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - Guide to Site Investigation [18]

合格準則

i – 參照一般驗收程序[3]，每根不符合尺寸及外觀檢查要求的樁應不予採用，並須額外抽取兩根樁作檢查。

ii – 參照一般驗收程序[3]，對於混凝土抗壓強度，每一驗收批均應符合兩個基本要求，即六個鑽芯試體換算為現場立方體評估強度平均值不應少於標準強度；及個別鑽芯試體換算為現場立方體評估強度不應少於標準強度的 85%。

外徑≤450mm 之管樁，螺旋筋直徑應不少於 4mm；外徑 500mm~600mm 之管樁，螺旋筋直徑應不少於 5mm；外徑 800mm~1000mm 之管樁，螺旋筋直徑應不少於 6mm。

當測試結果不能滿足上述要求時，同一生產日期及相同規格的樁可視作不合格及不予採用。然而，可於該驗收批中額外抽取兩根不同生產日期的樁進行鑽芯取樣抗壓強度測試。若兩試樁中任何一測試結果不符上述要求時，則該驗收批中的所有樁均不予採用，而同一生產日期及相同規格的樁均視作不合格及不予採用。

若連續兩個驗收批均不符合上述的驗收要求時，則工程項目中將使用的相同規格樁應視作不合格及不予採用。

iii – 參照一般驗收程序[3]，對於抗裂性能測試，當加荷達至廠方規格之抗裂彎矩時，樁身表面不可出現任何裂縫。當兩根試樁均不能通過測試，則該樁規格之產品應不予採用。當其中一根試樁不能通過測試，則於相同規格及相同合格產品中額外抽取的四根進行測試。若四根試樁中任何一根不能通過測試，則該樁規格之產品應不予採用。

iv – 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。

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。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府

[2] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府

[3] APR/DMC/017，批核及驗收程序 - PHC 樁，澳門土木工程實驗室(LECM)

[4] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[5] Canadian Foundation Engineering Manual, Canadian Geotechnical Society

[6] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[7] EN10045, Charpy impact test on metallic materials. Test method (V- and U-notches)

[8] ISO2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness

[9] GB13476，先張法預應力混凝土管樁

[10] General Specification for Building, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[11] JIS A 5337, Pretensioned Spun High Strength Concrete Piles

[12] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression

[13] ASTM D4945, Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles

[14] ASTM D5882, Standard Test Method for Low Strain Integrity Testing of Piles

[15] ASTM D1143, Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load

[16] ASTM D3689, Standard Test Method for Individual Piles Under Static Axial Tensile Load

[17] ASTM D3966, Standard Test Method for Piles Under Lateral Loads

[18] GEOGUIDE 2, Guide to Site Investigation, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[19] Code of Practice for Foundations, Buildings Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[20] GEO Publication No. 1/96, Pile Design and Construction, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, Hong Kong

[21] JGJ 106，建築基樁檢測技術規範，中華人民共和國行業標準

[22] 樁基檢驗手冊，中國水利水電出版社

[23] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書

[24] 土力學地基與基礎，中國建築工業出版社

[25] 預力混凝土管樁，中國建材工業出版社

[26] Particular Specification for Jacked Steel H-piles, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[27] 靜力壓入樁的研究與應用，中國建材工業出版社

[28] JC/T 947，先張法預應力混凝土管樁用端板

[29] DBJ/T 15-94，靜壓式預應力混凝土管樁工程技術規程

[30] DBJ/T 15-22，錘擊式預應力混凝土管樁工程技術規程

工程品質保證計劃及程序

土壤改良工法

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

檢查目的 / 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❶	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) 2%，且≥6 根 (旋噴樁)	b, c	成樁 3 天內
開挖檢查 [11]				✔		≥5% (攪拌樁) 2%，且≥6 根 (旋噴樁)	b, c	成樁 7 天後

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

❶ – 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

檢測項目 / 檢測方法		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

❶ – 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。

❷ – 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。

❸ – 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》

工程品質保證計劃及程序

全方位高壓旋噴樁工程

工程品質保證計劃及程序

全方位高壓旋噴樁工程(MJS 工法)

一、通則及適用範圍

本章內容適用於工程現場全方位高壓旋噴樁工程(MJS 工法)的施工和材料等之品質管理工作。全方位高壓旋噴樁(MJS 工法)為大直徑旋噴樁一種。MJS 工法在傳統高壓旋噴樁工藝基礎上，採用獨有的多孔管及前端之特別裝置，於成樁過程中進行孔內強制排漿及壓力監測。有別於傳統施工法之壓力排漿工序，強制排漿有利控制地表變形及減少對周邊環境之影響。

現場全方位高壓旋噴樁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；
- ✓ 對樁體之完整性及其承載力的檢驗，包括鑽孔取芯、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標準、法規條款。

二、工程品質保證文件之要求

現場全方位高壓旋噴樁工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

- ✓ 工地之地質鑽探報告；
- ✓ 鄰房鑑定及保護措施，包括安全監測計劃；
- ✓ 施工設備資料，包括 MJS 工法主機、高壓泥漿泵、高壓水泵及其他一切施工機具之規格；
- ✓ 施工計劃，內容需包括全方位高壓旋噴樁施工材料的運輸、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、工地安全和緊急應變措施等；
- ✓ 樁體材料的詳細技術資料及相關檢驗報告，包括水泥漿材料、外加劑等；
- ✓ 檢查樁位，壓力錶、流量表的精度和靈敏度，高壓噴射設備的性能等；
- ✓ 現場全方位高壓旋噴樁整體的檢測計劃，須包括於工地現場進行驗收作業之獨立(第三方)檢查及試驗機構資料。

工程施工階段或竣工驗收時

- ✓ 樁體材料的試驗記錄和報告；
- ✓ 工地現場施工記錄，包括：
  - ➢ 鑽挖機型式及附屬設備；
  - ➢ 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。
- ✓ 基樁現場檢測報告(包括樁體強度、平均直徑、鑽孔取芯和靜載荷試驗報告等)；
- ✓ 基樁的竣工平面圖。

標準施工(水平)有效直徑 (mm)

土質	砂質土					黏性土			
	N<15	15≤N<30	30≤N<50	50≤N<70	70≤N	C<10	10≤C<30	30≤N<50	50≤C
標準有效直徑	2600	2400	2200	2000	設計論證	2400	2200	2000	設計論證
拔出速度	m/30mins 360°					m/30mins 360°			

標準施工(垂直)有效直徑 (mm)

土質	砂質土					黏性土			
	N<15	15≤N<30	30≤N<50	50≤N<70	70≤N	C<10	10≤C<30	30≤N<50	50≤C
標準有效直徑	2800	2600	2400	2200	設計論證	2600	2400	2200	設計論證

如設計單位無說明，一般深度超過 30m 時，其有效直徑減少 30mm。

三、檢查、測試及驗收工作

現場全方位高壓旋噴樁工程的檢查工作可歸納於下表：

現場全方位高壓旋噴樁工程檢查項目表

檢查目的 / 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❶	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	
水泥漿噴射壓力 [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	
空氣流量 [8]				✔		全數檢查	c	
旋噴轉數 [9]				✔		全數檢查	c	
樁頭處理				✔		全數檢查	b	

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
一般包括樁孔鑽挖機、套管打拔機及其他一切施工機具和設備。

3 - 施工精度控制
施工精度應控制在規定的容許範圍內。按 GB50202《建築地基基礎工程施工品質驗收規範》[1] 表 4.10.4、DL/T 5200《水電水利工程高壓噴射灌漿技術規範》[2]及 JGJ 79《建築地基處理技術規範》[3]7.4.8 的要求，施工精度的容許誤差可歸納如下：

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	%	≤0.5	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	樁體搭接	mm	＞200	儀器量度
6	樁體直徑	mm	≤50	儀器量度
7	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

4 - 水泥漿配比
按 JGJ 79《建築地基處理技術規範》[3]7.4.8 之規定，水泥材料宜使用 42.5 等級；
按 DL/T 5200《水電水利工程高壓噴射灌漿技術規範》[2]6.0.3 及 6.0.6 之規定，漿液的水灰比可為 1.5:1~0.6:1，有特殊情況可加入外加劑；製漿材料的稱量誤差應不大於 5%。

5 - 水泥漿噴射壓力
如專案工程技術規格要求無特別要求，壓力取值為 20~50 MPa。

6 - 水泥漿液流量
如專案工程技術規格要求無特別要求，流量取值為 55~150 L/Min。

7 - 空氣壓力
如專案工程技術規格要求無特別要求，壓力取值為 0~1.0 MPa。

8 - 空氣流量
如專案工程技術規格要求無特別要求，流量取值為 0~17 L/Min。

9 - 旋噴轉數
如專案工程技術規格要求無特別要求，轉數取值為 1~15 rpm。

檢查頻率

❶ - 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 - DL/T 5200《水電水利工程高壓噴射灌漿技術規範》[2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - JGJ 79《建築地基處理技術規範》[3]

現場全方位高壓旋噴樁工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

現場全方位高壓旋噴樁工程試驗項目表

檢測項目 / 檢測方法	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	-	
樁底岩層/持力層之檢定	✔			✔	如有需要❷	a, b, c		
旋噴樁固體(抽芯)強度或樁直徑			✔	✔	1%~2%❸	a, b	i	
複合地基靜載荷試驗和單樁豎向承載力靜載荷試驗 [1]				✔	1% 每個單體不少於 3 點	a, b	ii	

註： 檢測方法

1 - 根據 JGJ 79 之要求，複合地基承載力的驗收檢驗應採用複合地基靜載荷試驗，對有黏結強度的複合地基增強體尚應進行單樁靜荷載試驗，宜在成樁 28 天後進行。

建議檢測頻率

❶ – 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。而鑽孔深度方面，深度應至少達基礎持力層以下 5 m、樁徑的 3 倍或嵌岩長度的 1.5 倍(選取較大者)。

❷ – 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。

❸- 如專案工程技術規格要求無特別要求，取芯率為不少於 1%~2%，一般為 28 天或以上，對不足 20 孔的工程至少應抽檢 1 孔。

標準要求

a - JGJ 79 [3]
b - JGJ 106 [4]
c - 專案工程技術規格/承攬規則

合格準則

i – 單樁的施工允許偏差：對條形基礎的邊樁沿軸線方向應為樁徑的±1/4，沿垂直線方向應為樁徑的±1/6，其他情況的允許偏差為樁徑的±40%;樁身的垂直允許偏差應為±1%；如專案工程技術規格要求無特別要求，取芯率為不少於 1%~2%，一般為 28 天或以上，對不足 20 孔的工程至少應抽檢 1 孔。

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] DL/T 5200《水電水利工程高壓噴射灌漿技術規範》

[3] JGJ 79《建築地基處理技術規範》

[4] JGJ 106《建築基樁檢測技術規範》

[5] MJS 工法(全方位高壓噴射法)樁在老城廂區域深基坑圍護施工中的應用-吳秀強

工程品質保證計劃及程序

鋼筋混凝土工程

工程品質保證計劃及程序

鋼筋混凝土工程

一、通則及適用範圍

鋼筋混凝土是指用混凝土及鋼筋合成之結構構件，並於混凝土硬化後，兩者需於應變上一致。使用混凝土及鋼筋之強度級別視符設計而定。一般鋼筋混凝土構件可分為現場澆置及預製兩類。在質檢程序上大致相同。就混凝土工程而言，本程序亦適用於預力混凝土工程、純混凝土工程等。

構件需通過施工現場之監督及材料測試以確保滿足設計及有關規章之要求。

二、工程品質保證文件之要求

鋼筋混凝土工程於各施工階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

[混凝土材料]

✓ 水泥物料證明書
須符合澳門水泥標準 (法令 第 63/96/M 號) 第七條之質量要求，證書上須提供下列資料：
- 生產商名稱/水泥種類/等級；
- 物理性質 (包括凝結時間、力學強度、膨脹率)；
- 化學分析 (包括燒失量、不溶殘餘物、硫酸鹽 SO_3、氯化物、鹼含量)。

若無法提交上述要求之證書，應按水泥標準第九條之接收控制要求進行驗收工作。

✓ 骨料質量證明書
骨料包括粗骨料、細骨料、砂/石粉，須符合澳門混凝土標準 (法令 第 42/97/M) 表一之質量要求，證書上須提供下列資料：
- 骨料來源；
- 力學強度；
- 粒徑分析；
- 比重及吸水量；
- 體積指數；
- 與水泥中鹼之反應性；
- 與硫酸鹽之反應性；
- 有害物料粒子數量 (粘土粒子、有機物質等)。

✓ 混合劑質量證明書
混合劑包括塑化劑、高度塑化劑、滯水劑、早凝劑、硬化早強劑、緩凝劑及防濕劑，須符合澳門混凝土標準 (法令 第 42/97/M 號) 表三之質量要求，證書上須提供下列資料：
- 混合劑來源/產品說明書；

- 比重；
- 化學分析；
- 氯含量。

✓ 附加劑質量證明書

附加劑包括粉煤灰、硅微粒、火山灰、高爐礦渣等，須符合澳門混凝土標準（法令 第 42/97/M 號）之質量要求，證書上須提供下列資料：

- 附加劑來源；
- 比重；
- 活性指標；
- 細度；
- 膨脹率；
- 化學分析。

✓ 拌合水

須符合澳門混凝土標準（法令 第 42/97/M 號）表二之質量要求，一般情況下以自來水作為拌合水不需進行檢查，如由其他方法取得之水或對水質有懷疑時，須抽樣測試。

✓ 混凝土配比及規格資料

須提供下列有關資料：

- 混凝土強度等級；
- 水泥種類、用量及水灰比；
- 骨料用量及最大粒徑；
- 鹼硅反應；
- 混凝土稠度；
- 混合劑種類及用量；
- 附加劑種類及用量；
- 混凝土抗氯離子性能測試報告(適用於海工結構、暴露於高氯離子環境或使用年限超過 50 年之結構)；
- 外界環境暴露類型。

✓ 混凝土澆置施工方案；

✓ 混凝土澆置後之養護方案。

[鋼筋材料]

✓ 鋼筋質量證明書

按每批量、級號的鋼筋提交質量證明/產品來源證明文件，包括化學成份分析、力學性能（幾何尺寸、抗拉強度、屈服強度、伸長率及雙向彎曲試驗等)、材料識別（爐號和生產商標識等)；

✓ 儲存及運送資料及證明；

✓ 鋼筋拼接施工方案，包括利用續接器之機械式對接、鋼筋端點對焊之拼接和鋼筋疊接之側向焊接等，還需要提交相關的續接器產品說明書、焊條資料、焊工資格證明等；

✓ 檢測計劃。

[鋼筋混凝土預製品]

如工程需要使用鋼筋混凝土預製品，施工前需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

✓ 鋼筋混凝土預製品生產商的產品介紹說明書；

✓ 廠方之生產控制系統資料，內容如下：
- 品質控制手冊及相關的質控文件；
- 廠方內部檢測記錄，包括近期(半年內)相關的原材料的產地來源之技術資料、試驗結果；
- 產品的測試結果及測試計劃；
- 廠方檢測試驗部門之試驗設備，相關試驗程序及儀器的校準記錄；
- 最近六個月的混凝土抗壓強度、預應力鋼材抗拉強度測試結果的統計分析及其他產品相關的力學性能測試報告；
- 最近六個月期間中所進行的水泥鹼含量和骨料與水泥中的鹼之潛在反應性(鹼硅反應)的測試結果。

✓ 儲存及運送資料及證明；

✓ 鋼筋混凝土預製品的搭接及施工方案。

工程施工階段或竣工驗收時

✓ 混凝土澆置記錄表，包括記錄每次澆置混凝土之相關交貨單據、配料時間、澆置開始及完成時間、現場坍度量測記錄、澆置部位說明(含圖示)、混凝土用量累計及相應試體製作編號等；

✓ 混凝土抗壓強度測試報告；

✓ 鋼筋到場記錄 (每批量材料之數量、相關之產地來源證明書)；

✓ 鋼筋抗拉強度測試報告；

✓ 鋼筋混凝土預製品到場記錄 (每批量材料之數量、相關之產地來源證明書)。

三、檢查、測試及驗收工作

鋼筋混凝土工程的檢查工作可歸納於下表：

鋼筋混凝土工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的		工作性能	結構品質	結構精度	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
鋼筋	運送及儲存		✔		✔	每批量	c, d	
	模板及支撐 [1]		✔	✔	✔	每次混凝土施築前，全數檢查	c, d	
	排佈及搭接 [2]		✔	✔	✔		a, c, d	
混凝土	運送 [3]	✔	✔		✔		b, c, d	
	均勻性	✔	✔		✔	澆置期間全數檢查	b, d	
	澆注 [4]		✔		✔		b, c, d	
	養護 [5]		✔		✔	全數檢查	b, c, d	
鋼筋混凝土預製品	運送及儲存	✔	✔		✔	全數檢查	d, e	
	尺寸		✔	✔	✔	每批量	d, e	
	表面外觀		✔	✔	✔		d, e	
	結構完整性		✔	✔	✔		d, e	

註： 檢查項目

1 - 模板及支撐
包括模板材料、尺寸、位置、清潔、防水性、表面處理與及混凝土施工後模板及支撐的拆除。

2 - 鋼筋排佈及搭接
包括束筋、最少間距、最少保護層厚度、最大彎曲、鋼筋彎曲截面、錨固、搭接、排置及固定。

3 - 混凝土運送
包括混凝土運送設備檢查、交貨單據檢查。

4 - 混凝土澆注
包括澆注方法、搗實方法、混凝土溫度檢測、施工接縫處理。

5 - 混凝土養護
包括養護方法、最小養護時間。

標準要求

a - 澳門鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準 [1]
b - 澳門混凝土標準 [2]
c - 澳門鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章 [3]
d - 專案工程技術規格/承攬規則
e - Code of Practice for Precast Concrete Construction [13]

檢查、測試及驗收工作 (續)

鋼筋混凝土工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

鋼筋混凝土工程測試及驗收項目

檢測方法 \ 檢測項目		材料自身材質	結構性能	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
混凝土材料	混凝土試拌分析 [1]	✔		BS 1881 [5] ISO 2736 [6] ISO 4012 [7] ISO 7031 [8]	對未經檢定的混凝土，於施工前按每一種使用混凝土之配比及規格進行	b, d, f		
	稠度/坍落度測試	✔		ISO 4109 [9]	每 15m³ 混凝土	b, d, f	i	
	立方試體抗壓強度測試 [2]	✔	✔	ISO 4012 [7]	每 30m³ 混凝土❶	b, d, f	i	
	鑽孔取心測試 [3]	✔	✔	BS 1881 [5]	詳見 ❷	b, d, f	i	
	滲水性測試	✔	✔	ISO 7031 [8]	每批測試 ❻	b, d, f	i	
	氯離子含量測試		✔	DB44/T 556 [15] GB/T 50476[16]	如有需要 ❸	b, d, f	i,,v	
	抗氯離子入侵測試 [4]		✔		每批測試 ❼	b, d, f	i,,vi	
鋼筋材料	幾何尺寸及重量之測量	✔		EN 10002-1 [10] BS 4449 [11]	每批號(同一爐號及級號)鋼筋應抽取試樣進行驗收測試，其取樣頻率如下 少於十噸 - 三支 十至三十噸 - 六支 大於三十噸 - 九支	a, d	ii	
	拉伸性能測試	✔				a, d	ii	
	鋼筋之拼接 [5]	✔	✔	EN 10002-1 [10] BS 4449 [11]	每一批量；詳見❹	a, c, d	iii	
	錨固鋼筋現場拉拔試驗 [6]		✔	BS 5080 [14]	每批測試 ❺	a, d	iv	
	化學成分分析	✔		-	如有需要 ❸	a, d	ii	
	正反向彎曲測試	✔		BS 4449 [11]		a, d	ii	
	疲勞性能測試		✔	BS 4449 [11]		a, d	ii	
鋼筋混凝土預製品	鑽孔取心測試	✔	✔	BS 1881 [5]	如有需要 ❸	b, d, e	iii	
	滲水性測試		✔	ASTM E331-96 ASTM E547-96		d, e	iii	
	結構性能測試 [7]		✔	-		d, e	iii	

註： 檢測方法

1 - 混凝土試拌分析
包括混凝土稠度測試、混凝土抗壓強度測試、混凝土均勻性檢定、骨料粒徑分析及其他混凝土特性分析 (如工程條件需要時，試拌分析須考慮吸水率和滲水性的測定，另外對於海工結構或暴露於高氯離子環境之結構混凝土，須考慮抗氯離子性能的測定)。

2 - 立方試體抗壓強度測試
進行抗壓強度測試的每一組樣本 (Sample)，應以三個或以上試體 (Specimen) 於 28 天齡期時抗壓強度之平均值為該組樣本試驗結果。若監造者認為有需要時，每一組樣本可多做試體於較早或較晚齡期進行抗壓試驗，以供參考。

3 - 鑽孔取心測試
若立方試體的結果不能滿足澳門混凝土標準的合格準則要求，或不能提供測試結果，或現有樣本結果數目不足以符合規範中所定義之取樣計劃，或當施工出錯，或受惡劣天氣條件影響而對結構之強度、耐久性或安全有懷疑時，應從結構鑽取樣心試體加以檢驗評定其強度。

4 - 抗氯離子入侵測試
包括混凝土抗氯離子滲透性電量指標測定及混凝土中的氯離子擴散系數測定。

5 - 鋼筋之拼接試驗
此拉力試驗包括利用續接器之機械式對接、鋼筋端點對焊之拼接和鋼筋疊接之側向焊接等。

6 - 錨固鋼筋現場拉拔試驗 (Anchored Steel Rebar Pull-out Test)
對現場錨固於硬固混凝土內的鋼筋應於不同位置進行鋼筋拉拔試驗，以確定其錨碇力及錨碇之可靠性。試驗過程須於驗收區域內隨機選取 3 根已錨固的鋼筋進行測試，測試方法主要利用加荷設備，按照設計單位所建議的荷載施加於錨固鋼筋，並進行持荷的工作，以確保鋼筋不可出現損壞、脫出或變形的現象。

7 - 鋼筋混凝土預製品之結構性能試驗
包括荷載測試、抗彎測試、表面飾面抗拔測試等，按不同類型之鋼筋混凝土預製品而定。

標準要求

a - 澳門鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準 [1]
b - 澳門混凝土標準 [2]
c - 澳門鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章 [3]
d - 專案工程技術規格/承攬規則
e - Code of Practice for Precast Concrete Construction [13]
f - 預製節段梁批核及驗收程序--澳門輕軌工程預製節段梁項目 [17]

建議檢測頻率

❶ – 關於混凝土抗壓強度之詳細取樣計劃，可詳閱澳門混凝土標準第九條和承攬規則之要求。
❷ – 於相應的一個缺漏樣本或一個疑問樣本結果的區域或位置，需鑽取至少 3 個直徑在 70 或 100mm 之樣心。
❸ – 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。
❹ – 同一鋼筋級別、規格、同一類型接頭，每一驗收批需取樣一組 (3 個試體) 進行拉力試驗，每批數量最多為 500 件。
❺ – 建議每個驗收批中應進行一個錨固鋼筋現場拉拔試驗以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之錨固工作。
❻ – 視乎工程設計考慮於施工前制定抽樣批次指標，每一驗收批需取樣一組 (3 個試體) 進行滲水性試驗。
❼ –當混凝土結構之設計使用年限超過 50 年，每批量混凝土(不大於 1500m^{3}或每三個月)須加以考慮進行。

合格準則

i – 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。

ii– 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。

iii– 當試驗結果不符合要求時，應取雙倍數量的試件進行覆試。

iv– 當測試結果不能滿足相關技術規格的要求時，建議於相同的驗收區域內額外選取 3 根錨固鋼筋進行覆試，對於不能滿足要求之錨固鋼筋，需提交補救措施/方案，並進行適當的補強工作。

v– 關於混凝土氯離子含量測定，須滿足下表要求：

混凝土配比中氯化物之最大含量

混凝土最終用途	氯化物最大含量 (以膠凝材料質量計)
素混凝土	1.00%
鋼筋混凝土 (或含有其他金屬埋件)	0.20% (適用於暴露級別 1 及 2) 0.10% (適用於暴露級別 3)
預應力混凝土	0.06% (適用於暴露級別 1、2 及 3)

硬化混凝土中氯化物之最大含量

混凝土最終用途	氯化物最大含量 (以混凝土質量計)
素混凝土	0.15%
鋼筋混凝土 (或含有其他金屬埋件)	0.03% (適用於暴露級別 1 及 2) 0.015% (適用於暴露級別 3)
預應力混凝土	0.009% (適用於暴露級別 1、2 及 3)

vi– 關於混凝土抗氯離子入侵性能測定，須滿足下表要求：

混凝土抗氯離子滲透性電量指標 (56d 齡期,C)

設計使用年限	100 年		70 年		50 年	
環境條件	中度、嚴重	非常嚴重、極端嚴重	中度、嚴重	非常嚴重、極端嚴重	中度、嚴重	非常嚴重、極端嚴重
6h 電量值	<950	<800	<1100	<800	<1350	<950

混凝土中的氯離子擴散系數 DRCM (28d 齡期, 10^{-12} m^2/s)

設計使用年限	100 年		70 年		50 年	
環境條件	中度、嚴重	非常嚴重、極端嚴重	中度、嚴重	非常嚴重、極端嚴重	中度、嚴重	非常嚴重、極端嚴重
氯離子擴散係數	≤ 6	≤ 4	≤ 7	≤ 4	≤ 10	≤ 6

四、引用法規/參考技術文件

[1] 澳門鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準, Norma de Aço para Armaduras Ordinárias, 法令 第 64/96/M 號

[2] 澳門混凝土標準, Norma de Betões, 法令 第 42/97/M 號

[3] 澳門鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章, Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado, 法令 第 60/96/M 號

[4] 水泥標準, Norma de Cimentos, 法令 第 63/96/M 號

[5] BS1881, Testing concrete. Methods for analysis of hardened concrete

[6] ISO2736-1, Concrete tests -- Test specimens -- Part 1: Sampling of fresh concrete

[7] ISO4012, Concrete -- Determination of compressive strength of test specimens

[8] ISO7031, Concrete, hardened – Determination of penetration depth, under pressure

[9] ISO4109, Fresh concrete -- Determination of the consistency -- Slump test

[10] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[11] BS4449, Specification for carbon steel bars for the reinforcement of concrete

[12] 混凝土工程施工規範與解說, 科技圖書

[13] Code of Practice for Precast Concrete Construction, HK SAR Government Buildings Department

[14] BS5080: Part 1, Structural fixings in concrete and masonry, Method of test for tensile loading

[15] 抗海水腐蝕混凝土應用技術導則 , DB44/T 566

[16] 混凝土結構耐久性設計規範 , GB/T 50476

[17] 預製節段梁批核及驗收程序 – 澳門輕軌工程預製節段梁項目

工程品質保證計劃及程序

鋁質建材及施工/安裝工藝

工程品質保證計劃及程序

鋁質建材及施工/安裝工藝

一、通則及適用範圍

鋁質建材是指凡建築用的鋁質物料，包括門窗用的鋁型材、薄板鋁材、陽極電鍍/電泳鋁材、塗裝鋁材、粉末噴塗鋁材、氟碳(PVDF)噴塗鋁材，以及其相關的框架構件如氣密性膠邊、固定用鋼製配件(元件)、鋁材框架的玻璃等。

鋁質建材需通過施工現場之監督及材料測試以確保滿足設計及有關規章之要求。

二、工程品質保證文件之要求

鋁質建材於施工/安裝前，需按每一種類之使用材料及工程承攬規則要求，提交下列文件作審閱或記錄存檔：

✓ 鋁型材質量證明書/產品說明書

須符合 BS EN 755、GB/T5237 等鋁合金規範要求並滿足 6063 型合金設計準則，證書上須提供下列資料：

- 化學分析 (包括矽含量、鐵含量、錳含量、銅含量、鎂含量、鉻含量、鋅含量、鈦含量、鋁含量及其他雜質含量)；
- 物理性質 (包括抗拉強度、延展性、硬度、鍛煉)。

✓ 薄板鋁材質量證明書/產品說明書

須符合 BS EN 485 Part 1-4、BS EN 515 及 BS EN 573 Part 1-4 等鋁合金標準要求，證書上須提供下列資料：

- 化學分析 (包括矽含量、鐵含量、錳含量、銅含量、鎂含量、鉻含量、鋅含量、鈦含量、鋁含量及其他雜質含量)；
- 物理性質 (包括抗拉強度、延展性、硬度、鍛煉)。

✓ 陽極電鍍鋁材及電泳鋁材質量證明書/產品說明書

須符合 BS EN ISO 7599、BS 3987、GB/T5237 等規範要求，證書上須提供下列資料：

- 顏色、種類；
- 電鍍層厚度 (陽極電鍍鋁材的電鍍層厚度取決於環境級別，而用於外部環境的陽極電鍍鋁材則須提交有色及無色電鍍層厚度資料)；
- 耐久性(包括密封程度、抗磨損性、表面紋理、抗腐蝕性能)。

✓ 塗裝鋁材質量證明書/產品說明書

須符合 BS 4842、GB/T5237 等規範要求，證書上須提供下列資料：

- 外觀、預處理方法、顏色；
- 物理特性 (包括厚度、附著力、光澤度等)；
- 耐久性能 (包括衝擊、滲透性、人工老化、抗腐蝕性等)。

✓ 粉末噴塗鋁材質量證明書/產品說明書

須符合 BS 6496、GB/T5237 等規範要求，證書上須提供下列資料：

- 外觀、預處理方法、顏色；
- 物理特性 (包括附著力、光澤度、厚度等)
- 耐久性能 (包括衝擊、滲透性、杯突試驗、人工老化、天然老化、抗砂漿侵蝕、抗腐蝕性、抗刻劃、抗濕氣抗二氧化硫試驗等)。

✓ 氟碳噴塗鋁材質量證明書/產品說明書

須符合 GB/T5237 規範要求，證書上須提供下列資料：

- 外觀、預處理方法、顏色；
- 物理特性 (包括附著力、光澤度、厚度、乾薄膜硬度等)
- 耐久性能 (包括衝擊、抗磨損、人工老化、抗砂漿侵蝕、抗腐蝕性等)。

✓ 氣密性及膠邊/固定用鋼製配件及元件規格資料

須符合 BS 4873 規範要求，須提供下列資料：

- 材料種類 (型號、尺寸等)；
- 材料特性 (空氣滲透性、水密性等)；
- 安裝位置及方法。

✓ 鋁材框架系統及玻璃規格資料/產品說明書

須符合 BS 952、GB/T 8478、GB/T8479、GB15763 等規範要求，須提供下列資料：

- 設計文件(材料要求、設計計算書、設計風壓值等)；
- 生產證明書；
- 玻璃種類及厚度；
- 玻璃的性能 (承受風力、力學試驗、表面應力量度、沖擊測試、均質處理(heat soak)等)；
- 框架整體系統之性能檢測報告 (空氣滲透、雨水滲漏及風壓變形性能等)；
- 均質處理(heat soak)的要求。

✓ 鋁質材料、框架及玻璃的安裝施工方案；

✓ 檢測計劃。

三、檢查、測試及驗收工作

鋁質建材及施工/安裝工藝的檢查工作可歸納於下表：

鋁質建材及施工/安裝工藝檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的		材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
鋁質建材	化學成份及物理性質資料核對	✔		全數檢查	BS EN 755 [1] BS EN 485 Part 1-4 [2-5] BS EN 515 [6] BS EN 573 Part 1-4 [7-10] BS EN ISO 7599 [11] BS 3987 [12] ISO 3668 [13] GB/T 5237 [31]	核對生產證明書
	構件尺寸	✔				
	外觀 / 顏色 / 光澤度/表面紋理	✔				與樣板相同
	預處理		✔			
氣密性及膠邊 & 固定用鋼製配件	材料特性	✔			BS 4873 [15]	核對生產證明書
	安裝位置		✔			
玻璃	安裝位置		✔			
	厚度	✔			BS 952 [16-17]	
鋁質建材的安裝	運輸/保護	✔			BS 4873 [15] BS EN ISO 11600[18]	
	定位/固定		✔			
	封密性		✔			
鋁窗安裝工藝[1]			✔		AAMA 501.2 [30]	

註： 檢查項目

1 - 鋁窗安裝工藝
當窗戶安裝工作完成後，為了確保安裝位置的施工工藝，承建單位應以符合 AAMA 501.2 [30] 要求的方法進行噴淋試驗工作檢查已施工位置是否存在滲水的情況，並須提交相關的檢查記錄作為自檢的程序文件。

檢查、測試及驗收工作（續）

鋁質建材及施工/安裝工藝的測試及驗收工作可歸納於下表：

鋁質建材及施工/安裝工藝測試及驗收項目

檢測方法 \ 檢測項目		材料性能	覆蓋層品質之確定	安裝系統驗收	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
鋁型材、薄板鋁材	延展性	✓			BS EN 755 [1] BS EN 485 Part 1-4 [2-5] BS EN 515 [6] BS EN 573 Part 1-4 [7-10] GB/T 5237 [31]	如有需要❷	承攬規則及產品說明書要求	-	
	硬度試驗	✓						-	
	拉伸試驗	✓						-	
陽極電鍍、電泳鋁材	塗層乾膜厚度 [1]		✓		BS EN ISO 7599 [11] BS 3987 [12] GB/T 5237 [31]	每批檢測❶		i, ii	
	氧化膜封孔質量		✓			如有需要❷		iii	
	耐久性測試 [2]		✓					-	
塗裝鋁材、粉末噴塗鋁材	塗層乾膜厚度 [1]		✓		ISO 2808 [25] GB/T 5237 [31]	每批檢測❶		i, ii	
	附著力		✓		ISO 2409 [26]	如有需要❷		-	
	耐久性測試 [3]		✓		BS 4842 [27] BS 6496 [19]			-	
氟碳噴塗鋁材	塗層乾膜厚度 [1]		✓		GB/T 5237 [31]	每批檢測❶		i, ii	
	附著力		✓			如有需要❷		-	
	耐久性測試 [4]		✓					-	
窗的性能	氣密性測試			✓	GB/T 7106 [32] ASTM E283 [37] ASTM E330 [38] ASTM E331 [39]	按承攬規則要求❸		-	
	水密性測試			✓				-	
	抗風壓測試			✓				-	
	窗戶滲透現場測試 [5]			✓	AAMA 501.2 [30] ASTM E783 [40] ASTM E1105 [41]	20%		iv	

鋁質建材及施工/安裝工藝測試及驗收項目									
檢測方法 \ 檢測項目		材料性能	覆蓋層品質之確定	安裝系統驗收	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
平面鋼化玻璃	表面應力量度	✔			ASTM C1279 [33] GB/T 18144 [34]	每批檢測❶		-	
	碎片狀態試驗	✔			GB 15763.2 [35]			-	
	熱穩定性/均質處理	✔			-	每批檢測/見證		-	
	抗衝擊性	✔			GB 9962 [36]	如有需要❷		-	
	霰彈袋衝擊性試驗	✔			GB 9962 [36] ANSI Z97.1 [42] DIN 52-337 [43]			-	
	隔音性	✔			-			-	

註： 檢測方法

1 - 塗層乾膜厚度測試
利用乾膜厚度計可量測鋁材覆蓋層的乾膜厚度，作為覆蓋層品質驗收的重要項目。每一個驗收試驗需分別在該批量的型材上選取 20 點，在每點約 1cm² 範圍內進行 3 次膜厚量測，即共 60 個量測值，並計算出該批量型材的局部膜厚及平均膜厚為該項驗收試驗的結果[31]。

2 - 陽極電鍍鋁材的耐久性測試
包括密封程度、抗磨損性、表面紋理、抗腐蝕性能，測試標準及要求按 BS EN ISO 7599 [11]進行。

3 - 塗裝及粉末噴塗鋁材的耐久性測試
包括衝擊、滲透性、抗腐蝕性、抗砂漿侵蝕 (BS 6496 [19])、人工老化、天然老化 (BS 3900 part 3 [20])、抗劃刻 (ISO 1518 [21])、抗濕氣 (ISO 11503 [22])、抗二氧化硫試驗 (ISO 3231 [23])、杯突試驗 (BS EN ISO 1520 [24])等。

4 - 氟碳噴塗鋁材的耐久性測試
包括衝擊、抗磨損、人工老化、抗砂漿侵蝕、抗腐蝕性能，測試標準及要求按 AAMA 2605 [14] 進行。

5 - 窗現場滲漏測試
主要採用符合 AAMA 501.2 [30] 要求之特製銅質噴嘴，且配有一控制閥和壓力計進行噴淋試驗工作，噴嘴處的水壓須達到 30~35psi (約 200~235kPa)，在窗的室外側，將水垂直地噴向窗表面，依次對選定長為 1.5m 的接縫連續噴水 5 分鐘，與此同時，在室內側檢查任何可能出現滲水的情況，如果在 5 分鐘內未有任何發現，則轉至下一個待檢測的部位。
倘若承攬規則要求時，也須進行現場漏氣測量[40]及靜態氣壓差下水滲透測試[41]。

建議檢測頻率

❶ - 建議每次到場之鋁材產品應予以測試或按工程承攬規則的要求進行，每個驗收批中至少應進行一個塗層乾膜厚度測試以作驗收。每一驗收批的數量須考慮產品之生產過程、運送、材料數量及安裝方案等而定。基本上，可考慮每 20 個單元的鋁質門、窗或幕牆須進行一個塗層乾膜厚度測試。

❷ – 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。

❸ – 應按照工程承攬規則的要求，如設計中未有指定的要求，建議對工程中最具代表性之鋁窗，製作模型樣本進行有關測試，樣本數量為 3 件。如承建單位能提供近兩年內之第三方之模型測試報告，而報告內之鋁合金窗與項目之鋁合金窗為同一生產商，同一型號或其型號可足夠代表項目之鋁合金窗型號時，可免除模型測試。

❹ – 於每次工地驗收中，同一期間內相同品牌、類型及厚度的玻璃可訂為一批量，每一批量中，應取 3 件試件作表面應力量度。如進行碎片狀態測試，則取 2 件試件。

合格準則

i – 當承攬規則、產品說明書或設計有指標時，應以相關要求為依據，如無相關指標依據時，可按 GB/T 5237 [31] 的要求進行評定，詳見下表：

<table>
<tr><td rowspan="5">陽極氧化</td><td>級別 [3]</td><td colspan="2">平均膜厚 [1], μm</td><td colspan="2">局部膜厚 [2], μm</td></tr>
<tr><td>AA10</td><td colspan="2">>10</td><td colspan="2">>8</td></tr>
<tr><td>AA15</td><td colspan="2">>15</td><td colspan="2">>12</td></tr>
<tr><td>AA20</td><td colspan="2">>20</td><td colspan="2">>16</td></tr>
<tr><td>AA25</td><td colspan="2">>25</td><td colspan="2">>20</td></tr>
<tr><td rowspan="4">電泳塗漆</td><td rowspan="2">級別 [4]</td><td colspan="2">陽極氧化膜</td><td>漆膜</td><td>複合膜</td></tr>
<tr><td>平均膜厚 [1],μm</td><td>局部膜厚 [2],μm</td><td>平均膜厚 [1],μm</td><td>平均膜厚 [1],μm</td></tr>
<tr><td>A</td><td>≥10</td><td>≥8</td><td>≥12</td><td>≥21</td></tr>
<tr><td>B</td><td>≥10</td><td>≥8</td><td>≥7</td><td>≥16</td></tr>
<tr><td>粉末噴塗</td><td colspan="4">裝飾面上塗層最大局部厚度 ≤ 120μm 及最小局部厚度 ≥ 40μm。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">氟碳漆噴塗</td><td>塗層種類</td><td colspan="2">平均膜厚, μm</td><td colspan="2">最小局部膜厚, μm</td></tr>
<tr><td>二塗(底漆+面漆)</td><td colspan="2">≥30</td><td colspan="2">≥25</td></tr>
<tr><td>三塗(底漆+面漆+清漆)</td><td colspan="2">≥40</td><td colspan="2">≥34</td></tr>
<tr><td>四塗(底漆+阻擋漆+面漆+清漆)</td><td colspan="2">≥65</td><td colspan="2">≥55</td></tr>
</table>

[1] 平均膜厚：於型材的裝飾面上測出的不少於 5 處局部膜厚的平均值。
[2] 局部膜厚：在型材裝飾面上某個面積不大於 1cm² 的考察面內作不少於 3 次膜厚測量所得的測量值的平均值。
[3] 當陽極氧化的型材未有注明級別時，一般門窗型材須符合 AA10 級，幕牆型材則須符合 AA15 級。
[4] 在一般環境條件下的室外用建築構件，型材級別須達至 B 級，而在苛刻或惡劣環境條件下的室外用建築構件，型材級別則須達至 A 級。

ii – 當測試結果不符合要求，應於相同驗收批中取雙倍數量的型材進行覆檢。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。

iii – 最大電鍍層損失量：3.0 g/m²，封孔質量測試結果不符合要求，判該批不合格。

iv – 當測試期間發現滲漏，應進行修補和重新測試。並應於相同驗收批中額外選取兩處等同之範圍進行測試直至所有測試範圍均沒有發現任何滲漏。

四、引用法規/參考技術文件

[1]	BS EN 755	Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles
[2]	BS EN 485-1	Aluminium and aluminium alloys. Sheet, strip and plate. Technical conditions for inspection and delivery
[3]	BS EN 485-2	Aluminium and aluminium alloys. Sheet, strip and plate. Mechanical properties
[4]	BS EN 485-3	Aluminium and aluminium alloys. Sheet, strip and plate. Tolerances on dimensions and form for hot-rolled products
[5]	BS EN 485-4	Aluminium and aluminium alloys. Sheet, strip and plate. Tolerances on shape and dimensions for cold-rolled products
[6]	BS EN 515	Aluminium and aluminium alloys. Wrought products. Temper designations
[7]	BS EN 573-1	Aluminium and aluminium alloys. Chemical composition and form of wrought products. Numerical designation system
[8]	BS EN 573-2	Aluminium and aluminium alloys. Chemical composition and form of wrought products. Chemical symbol based designation system
[9]	BS EN 573-3	Aluminium and aluminium alloys. Chemical composition and form of wrought products. Chemical composition
[10]	BS EN 573-4	Aluminium and aluminium alloys. Chemical composition and form of wrought products. Forms of products
[11]	BS EN ISO 7599	Anodizing of aluminium and its alloys. General specifications for anodic oxidation coatings on aluminium
[12]	BS 3987	Specification for anodic oxidation coatings on wrought aluminium for external architectural applications
[13]	BS EN ISO 3668	Paints and varnishes. Visual comparison of the colour of paints
[14]	AAMA 2605	Voluntary Specification, Performance Requirements and Test Procedures for Superior Performing Organic Coatings on Aluminum Extrusions and Panels
[15]	BS 4873	Specification for aluminium alloy windows
[16]	BS 952-1	Glass for glazing. Classification
[17]	BS 952-2	Glass for glazing. Terminology for work on glass
[18]	BS EN ISO 11600	Building construction. Jointing products. Classification and requirements for sealants
[19]	BS 6496	Specification for powder organic coatings for application and stoving to aluminium alloy extrusions, sheet and preformed sections for external architectural purposes, and for the finish on aluminium alloy extrusions, sheet
[20]	BS 3900:Part F3	Methods of test for paint. Durability tests on paint films. Resistance to artificial weathering (enclosed carbon arc)
[21]	BS EN ISO 1518	Paints and varnishes. Scratch test
[22]	ISO 11503	Methods of test for paints. Determination of resistance to humidity (intermittent condensation)
[23]	BS EN ISO 3231	Paints and varnishes. Determination of resistance to humid atmospheres containing sulfur dioxide

[24]	BS EN ISO 1520	Paints and varnishes. Cupping test
[25]	BS EN ISO 2808	Paints and varnishes. Determination of film thickness
[26]	BS EN ISO 2409	Paints and varnishes. Cross-cut test
[27]	BS 4842	Specification for liquid organic coatings for application to aluminium alloy extrusions, sheet and preformed sections for external architectural purposes, and for the finish on aluminium alloy extrusions, sheet
[28]	BS 6375-1	Performance of windows. Classification for weathertightness (including guidance on selection and specification)
[29]	BS 5368-1	Methods of testing windows. Air permeability test
[30]	AAMA 501.2	Quality Assurance and Diagnostic Water Leakage Field Check of Installed Storefronts, Curtain Walls, and Sloped Glazing Systems
[31]	GB/T 5237	鋁合金建築型材
[32]	GB/T 7106	建築外窗抗風壓性能分級及其檢測方法
[33]	ASTM C1279	Standard Test Method fro Non-Destructive Photoelastic Measurement of Edge and Surface Stresses in Annealed, Heat-Strengthened, and Fully Tempered Flat Glass
[34]	GB/T 18144	玻璃應力測試方法
[35]	GB 157632.2	建築用安全玻璃第 2 部分：鋼化玻璃
[36]	GB 9962	夾層玻璃
[37]	ASTM E283	Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Skylights, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen
[38]	ASTM E330	Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Doors, Skylights and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference
[39]	ASTM E331	Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference
[40]	ASTM E783	Standard Test Method for Field Measurement of Air Leakage Through Installed Exterior Windows and Doors
[41]	ASTM E1105	Standard Test Method for Field Determination of Water Penetration of Installed Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls, by Uniform or Cyclic Static Air Pressure Difference
[42]	ANSI Z97.1	American national standard for safety glazing materials used in buildings-safety performance specifications and methods of test
[43]	DIN 52-337	Pendulum impact test

工程品質保證計劃及程序

塗料/油漆工程

工程品質保證計劃及程序

塗料/油漆工程

一、通則及適用範圍

凡在建築物或構件表面塗飾塗料並乾結成膜，均可視為塗料/油漆工程。本程序說明於現場施作油漆之供料及施作的品質要求，並包括鋼結構構件於工廠之塗裝。品保計劃的內容適用於常見的建築或構件塗飾材質包括：鋼鐵金屬基質表面、不銹鋼基質表面、非鐵金屬基質表面、鍍鋅基質表面、水泥砂漿基質表面及混凝土基質表面等。塗料工程按不同工程及規格技術下，塗裝材料可提供防水、隔熱、防火、防腐、防霉、防銹等特性。

塗料工程需通過施工現場之監督及材料測試以確保滿足設計及有關規章之要求。

二、工程品質保證文件之要求

塗料工程於各施工階段，需按工程承攬規則的要求，提交下列文件作審閱或記錄存檔：

塗料工程於施工前

- ✓ 塗料規格證明書
  塗料包括塗裝工程所使用的底漆、塗料及清漆，須符合 ISO12944[1]及 BS 6150[2]規範要求，證書上須提供下列資料：
  - 塗料出廠證明及產地來源/製造商名稱；
  - 產品名稱及編號；
  - 批號；
  - 塗料功能；
  - 適用環境；
  - 塗料有效日期。
- ✓ 塗裝廠商須提交符合本工程及品保計劃規定的工作程序，內容包括油漆之儲存、運送、表面處理、攪拌、稀釋、塗裝、塗層數量及厚度、修補及檢驗等；
- ✓ 塗層測試設備資料及相關儀器之校準證書；
- ✓ 塗料系統之測試/檢測計劃。

施工階段或竣工驗收時

- ✓ 施工記錄；
- ✓ 塗料系統測試報告。

三、檢查、測試及驗收工作

塗料工程的檢查工作按不同建築或構件塗飾材質要求，可歸納於下表：

塗料工程檢查項目										
基質表面 / 檢查項目	鋼鐵金屬	不銹鋼	非鐵金屬	鍍鋅	水泥砂漿	混凝土	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
異物清理	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	全數檢查	工程承攬規則 ISO 12944 [1] BS 6150 [2]	-
焊渣清理	✓		✓	✓			✓			
鐵銹清理	✓						✓			
氧化物清理			✓				✓			
油脂清理	✓	✓		✓	✓	✓	✓			
焊縫清理	✓			✓			✓			
以水清理					✓	✓	✓			
打磨處理		✓	✓	✓			✓			
化學預處理			✓				✓			
預處理		✓	✓	✓	✓	✓	✓			
防潮處理					✓	✓	✓			
填充空隙及裂縫處理					✓	✓	✓			
平整性處理					✓	✓	✓			
風化物處理					✓	✓	✓			
防水處理					✓	✓	✓			
鹼相容性檢查					✓	✓	✓			
表面濕度檢查	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
底漆塗飾	✓			✓			✓			
工作環境/天氣	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
塗料運送、儲存及裝卸	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
塗料標識、批號	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
塗裝設備	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
塗層乾固時間控制	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
塗裝方法及表面質量	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
警告標示	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			

檢查、測試及驗收工作 (續)

塗料工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

塗料工程測試及驗收項目

檢測方法	塗料性能	塗裝系統驗收	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
塗層乾膜厚度測試 [1]	✔	✔	ISO 2808 [4]	每批檢測 ❶	a, b, c, d	i	
塗層濕膜厚度測試	✔	✔	ISO 2808 [4]	如有需要 ❷		-	
塗層黏結性測試	✔	✔	ISO 2409 [5] ISO 4624 [6]			-	
塗料試樣	✔	✔	-			-	

註： 檢測方法

1 - 塗層乾膜厚度測試(用於底質為金屬材質的塗料)
利用乾膜厚度計可量測每一層塗料的乾膜厚度，作為塗料工程驗收的重要項目。每一個驗收試驗需於測試區域內選取 50 個測試點進行厚度之量測，以 50 個測試點量測結果之平均值作為該項驗收試驗的結果。

建議檢測頻率

❶ - 建議每一階段/塗層之油漆工作予以測試或按工程承攬規則的要求進行，；如無相關指標依據時，對於鋼結構，可按每 20 噸鋼材或每 300m² 之不同鋼構件(取少者)進行一個塗層厚度測試，對於其他鋼製品如扶手、管道等則建議每 500m² 應進行一個塗層厚度測試，以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之塗裝工作。

❷ - 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。

標準要求

a - ISO 12944 [1]
b - BS6150 [2]
c - 專案工程技術規格/承攬規則
d - 建築鋼結構規章，REAE [3]

合格準則

i – 按 ISO 12944-7 [1] 的要求，驗收試驗的結果 (詳見檢測方法) 中的平均值不能少於塗料之標稱厚度 (Nominal Thickness)，並且每個測試點的結果不能少於標稱厚度之 80%，最大乾膜厚度建議不宜超過標稱厚度之三倍。而塗料之標稱厚度則定義為該檢測塗層之前所有保護層/塗層的實際總厚度之平均值加上該次檢測塗層的標稱厚度要求得出的總值，繼而將量測結果(50 個測試點)之平均值與其作比較，測試結果之平均值必須大於或等於該總值；同時，每個測試點的數值也必須大於或等於該總值之 80%。當測試結果不符合要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個位置進行試驗。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八十九條之規定)。

四、引用法規/參考技術文件

[1] ISO 12944 Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems

[2] BS 6150 Code of practice for painting of buildings

[3] 建築鋼結構規章, Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, 第 29/2001 號行政法規

[4] ISO 2808 Paints and varnishes. Determination of film thickness

[5] ISO 2409 Paints and varnishes. Cross-cut test

[6] ISO 4624 Paints and varnishes. Pull-off test for adhesion

[8] ISO 19840 Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces

工程品質保證計劃及程序

金屬建材及施工/安裝工藝

工程品質保證計劃及程序

金屬建材及施工/安裝工藝

一、通則及適用範圍

本節所述適用於工程中一般金屬建材的品質保證要求，按金屬建材的材質、建材表面的覆蓋層、型式和施工工藝四方面，可歸納如下：

金屬建材的材質

- ✓ 一般用鋼材；
- ✓ 不鏽鋼；
- ✓ 鋁合金；
- ✓ 鋁型材。

建材的覆蓋層

- ✓ 鍍鋅；
- ✓ 熱鍍鋅；
- ✓ 塗裝。

金屬建材的型式

- ✓ 型鋼(通用 I 型鋼 UB、通用 H 型 UC、輕型 I 型鋼和 H 型承重樁 UBP 等)、空心型鋼(圓形空心鋼 CHS、方形空心鋼 SHS 和矩形空心鋼 RHS)、槽鋼、角鋼、T 型鋼及鋼板等；
- ✓ 普通和高强度螺栓、錨栓、螺帽、墊圈及螺絲釘等；
- ✓ 金屬門、框；
- ✓ 金屬欄杆；
- ✓ 金屬圍網；
- ✓ 金屬簷蓬、雨蓬；
- ✓ 消防或供水用鍍鋅鋼管。

施工/安裝工藝

- ✓ 焊接工藝；
- ✓ 螺栓錨固及連接工藝。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

金屬建材產品於安裝前、進行安裝/施工及驗收等階段過程，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

金屬建材於安裝前

- ✓ 產品說明書 (含相關產品型號、特性及技術規格要求)；
- ✓ 材料產地來源證明書，包括材料之產地來源、規格尺寸、重量、力學性能及化學分析等；
- ✓ 產品/材料出廠合格證 (質量合格證明文件)、檢驗報告；
- ✓ 施工/安裝方案；
- ✓ 安裝人員資格證明文件 (如：焊工合格證、焊接工藝評定等)；
- ✓ 檢測計劃。

安裝階段或竣工驗收時

- ✓ 材料/表面處理的試驗記錄和報告；
- ✓ 安裝/施工記錄；
- ✓ 安裝/驗收測試報告 (包括焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告、螺栓緊固檢測報告、錨固螺栓現場拉拔試驗報告等)。

三、工程品質保證文件之要求

金屬建材的檢查工作可歸納於下表：

金屬建材檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的		材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
建材標識/批號、級別		✔		全數檢查	a, c	
外觀質量		✔		全數檢查	a, c	
規格尺寸		✔		全數檢查	a, c	
建材、一般材料之存放及運輸		✔		全數檢查	a, c	
設備檢查			✔	施工/安裝前	a, c	
安裝工藝			✔	全數檢查	a, c	
焊接工藝	焊工識別		✔	全數檢查	a	
	焊工資格證明		✔	全數檢查	a, b	
	焊接材料		✔	全數檢查	a, b, c	
	施焊的環境條件		✔	施工前	a, b	
	焊縫外觀質量		✔	全數檢查	a, b	
螺栓連接工藝	螺栓孔外觀質量		✔	全數檢查	a, b, c	
	螺栓連接外觀質量		✔	全數檢查	a, b	
	螺栓連接接頭緊固		✔	全數檢查	a, b, c	
塗裝外觀質量			✔	全數檢查	a, b, c	

註： 標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 建築鋼結構規章、REAE [1]
c - 成品供應商/生產商技術指引

檢查、測試及驗收工作 (續)

金屬建材的測試及驗收工作可歸納於下表：

金屬建材測試及驗收項目

檢測項目 / 檢測方法	金屬材料性能	覆蓋層品質之確定	安裝/連接位置品質之確定	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
鋁型材測試 [1]	✔	✔		-	-	-	
塗層工程測試 [1]		✔		-	-	-	i
鋼材制品驗收測試 [2]	✔			每批測試 ❶	a, b, c, d	i, iv	i
螺栓抗拉强度測試	✔			每批測試 ❷	a, b	i, iv	i
不鏽鋼材材質檢定(材料可靠性鑑別)[6]	✔			每批測試 ❼	a, b	iv, v	i
金屬材料化學測試	✔			如有需要 ❺	a, b	-	i
鍍鋅層厚度測試 [3]		✔		每批測試 ❸	a, b, e	i, iv	i
鍍鋅層均勻性測試 [4]		✔		每批測試 ❸	a, b, e	i	i
焊縫無損探傷試驗			✔	每批測試 ❹	a, b, f, g, h	ii, iv	i
錨固螺栓現場拉拔試驗 [5]			✔	每批測試 ❻	a, b, i	iii, iv	i

註： 檢測方法

1 - 鋁型材和覆蓋塗層的測試可參考本中心所發出的「工程品質保證計劃及程序」中的〝鋁質建材及施工/安裝工藝〞內相關部份。

2 - 鋼材制品驗收測試
取樣後之鋼材試件應進行抗拉試驗，試驗方法應符合 EN10002 標準之規定。當鋼材軋制證書內並沒有鋼材化學成份及沖擊吸收功之資料時，應對鋼材進行夏比沖擊試驗及化學成份分析。沖擊試驗之試驗方法應符合 EN10045 標準之要求。

3 - 鍍鋅層厚度測試
此測試適用於一般熱浸鍍鋅件之厚度檢測。

4 - 鍍鋅層均勻性測試
此測試適用於一般熱浸鍍鋅件、消防或供水用鍍鋅鋼管之均勻性檢測。

5 - 錨固螺栓現場拉拔試驗 (Anchor Bolt Pull-out Test)
對現場錨固於混凝土內的螺栓應於不同位置進行螺栓拉拔試驗，以確定其錨碇力及錨碇之可靠性。試驗過程須於驗收區域內隨機選取於不同的基材上每種已錨固的螺栓不小於 5 根進行測試，測試方法主要利用加荷設備，按照設計單位或材料生產商所建議的荷載施加於錨固螺栓，並進行持荷的工作，以確保螺栓不可出現損壞、脫出或變形的現象。

6 - 不鏽鋼材材質檢定(材料可靠性鑑別)
利用快速且非破壞性的物質測量方法-X 射線螢光光譜法(XRF)，對不鏽鋼材進行物質成分分析，採集取樣位置的主要金屬含量，以初步判定不鏽鋼鋼材之型號。

建議檢測頻率

❶ – 關於鋼材制品之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十六條和承攬規則之要求。按規章的要求，取樣可按同一爐號相同厚度之每一斷面，每 40 噸抽取一個試件進行測試。其中“相同厚度”是指厚度變化少於 5mm 之相似斷面。測試件應在現場中以隨機方式進行抽樣。

❷ – 關於螺栓、螺帽及墊圈之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十七條和承攬規則之要求。按規章的要求，螺栓、螺帽及墊圈應抽取試樣（每個試樣中最少三個試件）根據相關標準進行試驗。當螺栓直徑 $\phi \leq$ M16，取樣率為 1/15000；螺栓直徑 M16 < $\phi \leq$ M24，取樣率為 1/5000；螺栓直徑ϕ > M24，取樣率為 1/2500。

❸ – 關於鍍鋅制品之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第九十條和承攬規則之要求。按規章的要求，每 20 噸重量或每次送抵現場之貨量（取少者），應進行一個鍍層厚度測試；每 100 噸重量或每次送抵現場之貨量（取少者），應進行一個鍍層均勻度測試。

❹ – 關於焊縫之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十八條和承攬規則之要求。

❺ – 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。

❻ – 建議每個驗收批中應進行一個錨固螺栓現場拉拔試驗以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之錨固工作。

❼ – 一次過付運作檢查之任何件數之相同種類、型號及尺寸之材料為一批量。

標準要求

a – 專案工程技術規格/承攬規則
b – 建築鋼結構規章，REAE [1]
c – EN10002 [2]
d – EN10045 [3]
e – BS729 [4]
f – BS5135 [5]
g – BS EN25817 [6]
h – AWS D1.1-96 [7]
i – BS5080 [10]

合格準則

i – 當測試結果不符要求，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)。

ii– 焊縫檢測之合格標準可採用 BS5135 之表 18 及 19，BS EN 25817 之表 1 或 AWS D1.1-96。 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 (詳見建築鋼結構規章第八十八條之規定），並應於相同驗收批中額外選取兩處同類型焊縫進行測試，直至所有測試範圍的結果均符合合格標準。

iii– 當測試結果不能滿足相關技術規格的要求時，建議於相同的驗收區域內額外選取不小於 5 根錨固螺栓進行覆試，對於不能滿足要求之錨固螺栓，需提交補救措施/方案，並進行適當的補強工作。

iv– 對於委託非澳門官方認可，但具有相關專業資質的檢測機關，在測試工作完成後，宜由澳門官方認可之專業機構於相同驗收批/區域內額外選取 5%位置/數量進行覆測驗證的工作。

v– 當鑑別結果不符要求或存疑，應於相同驗收批中抽取最少一個樣本進行金屬材料化學測試以核實不鏽鋼鋼材之型號。

備註

i – 對用作主結構構件之鋼材，其保護塗層、鋼材制品、螺栓制品及焊縫等相關的材料測試、驗收項目及程序可參考澳大工程所發出的「工程品質保證計劃及程序」中的〝鋼結構工程〞內相關部份。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 建築鋼結構規章, Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, 第 29/2001 號行政法規

[2] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[3] EN10045, Charpy impact test on metallic materials. Test method (V- and U-notches)

[4] BS729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles

[5] BS5135, Specification for arc welding of carbon and carbon manganese steels

[6] BS EN25817, Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections

[7] AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel

[8] General Specification for Building – Architectural Services Department, Hong Kong (ASD)

[9] General Specification for Civil Engineering Works – The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[10] BS5080: Part 1: Structural fixings in concrete and masonry, Method of test for tensile loading

工程品質保證計劃及程序

鋼結構工程

工程品質保證計劃及程序

鋼結構工程

一、通則及適用範圍

本節所述適用於鋼結構工程中有關鋼材、焊接、螺栓連接、安裝和塗裝等工序的品質保證要求，按鋼材的型式、表面的覆蓋層/保護層和施工/安裝工藝等方面，可歸納如下：

鋼材的型式

- ✓ 型鋼(通用 I 型鋼 UB、通用 H 型 UC、輕型 I 型鋼和 H 型承重樁 UBP 等)、空心型鋼(圓形空心鋼 CHS、方形空心鋼 SHS 和矩形空心鋼 RHS)、槽鋼、角鋼、T 型鋼及鋼板等；
- ✓ 普通和高强度螺栓、螺帽、墊圈及螺絲釘。

表面的覆蓋層/保護塗層

- ✓ 熱鍍鋅、噴鋅；
- ✓ 油漆塗裝；
- ✓ 其他防腐蝕覆蓋物料。

施工/安裝工藝

- ✓ 焊接工藝；
- ✓ 螺栓連接工藝。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

鋼結構工程對各構件於製作前、進行組立/施工及驗收等階段過程，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

鋼結構構件於製作前

- ✓ 鋼結構工程中所使用的鋼材、螺栓、螺帽及墊圈的型式、尺寸、重量和數量的總匯表；
- ✓ 材料(鋼材、螺栓系統及焊材等)產地來源證明書，包括材料之產地來源、規格尺寸、重量、力學性能及化學分析等；

- ✓ 鋼結構工程於製作前，須提交詳細施工圖及組立圖，製作所採用之施工圖應詳細標示鋼材之型式、構件大小、尺寸、塗裝面積、螺栓個數、焊接細節、順序及紓緩焊應力的一切要求。組立圖應詳繪所有結點、螺栓系統之型式、尺寸、扭緊程序及工地焊接之細節。組立圖應加標記以方便組立及日後進行檢測驗收試驗的參考標記；
- ✓ 詳細製作、組立程序說明及相關的施工方案；
- ✓ 焊接/組立人員有效及認可的資格證明文件；
- ✓ 如螺栓連接結點由大量螺栓組成，需提交詳細結點安裝方案，當中應詳細說明使用之工具、安裝順序、緊固方法、如何自檢及避免導致螺栓受力過度等；
- ✓ 任何工地焊接作業開始前，應提交工程中每種接頭型式之焊接工藝規程及評定記錄(WPS & PQR)， 該焊接工藝規程及評定記錄須經由合格的試驗機構所認可，每一圖表應包括下列項目：
  - 焊接母材強度等級、規格尺寸(包括厚度、直徑等)；
  - 焊縫施焊前焊接面之準備和處理；
  - 焊接方法；
  - 接頭型式(包括對接焊縫的坡口處理)；
  - 焊道層數；
  - 焊材廠牌、尺寸及型式；
  - 電流量及電壓量；
  - 每一焊條焊接長度；
  - 焊接位置；
  - 預熱；
  - 其它相關資料。
- ✓ 當主要的應力構件須在海外或國內鋼鐵加工廠製作時，應提交下列與製造廠商有關的資料：
  - 鋼鐵加工廠的介紹說明書；
  - 廠方之生產控制系統資料，內容如下：
    - ➢ 品質控制手冊及相關的質控文件；
    - ➢ 廠方內部檢測記錄，包括近期(半年內)相關的材料到場檢測記錄、構件製作質量檢驗記錄、焊接檢驗記錄、焊接之非破壞性檢驗記錄、螺栓連接質量檢驗記錄及工廠預拼裝質量評定記錄等；
    - ➢ 廠方檢測試驗部門之試驗設備、人員資質、相關試驗程序及儀器的校準記錄。
  - 於加工廠進行製作加工之鋼構構件之詳細製作圖及說明；
  - 加工構件的運輸及保護程序說明及方案；
  - 廠方焊接人員之有效及認可的資格證明文件；
  - 相關已認可的焊接工藝規程及評定記錄；

- 於海外或國內進行驗收作業之檢查及試驗機構資料。[註：於國內進行驗收工作時，該機構相關的試驗服務須具有國家認可的資質證明(簡稱 CNAS 證明)。]

✓ 鋼結構工程中有關鋼材表面的覆蓋層/保護塗層(如熱浸鍍鋅、噴鋅和塗層加工等) 須在海外或國內加工廠進行時，應提交下列與加工廠商有關的資料：

- 加工廠的介紹說明書；
- 廠方之生產控制系統資料，內容如下：
  - ➢ 各工序的品質控制手冊及相關的質控文件；
  - ➢ 鋅之產地來源證明(只適用於熱浸鍍鋅、噴鋅)；
  - ➢ 塗料目錄說明(只適用於塗層加工)；
  - ➢ 溫、濕度控制系統(校準證明)；
  - ➢ 廠方內部檢測記錄；
  - ➢ 廠方檢測試驗部門之試驗設備、人員資質、相關試驗程序及儀器的校準記錄。
- 加工構件的運輸及保護程序說明及方案；
- 於海外或國內進行驗收作業之檢查及試驗機構資料。[註：於國內進行驗收工作時，該機構相關的試驗服務須具有國家認可的資質證明(簡稱 CNAS 證明)。]

✓ 焊接、螺栓及防鏽保護層的取樣和檢測計劃，須包括於工地現場進行驗收作業之獨立(第三方)檢查及試驗機構資料。

✓ 倘涉及大型鋼結構工程，須提交駐鋼加工廠的專業施工品質控制單位的資質證明。

加工構件進場、工地現場組立及竣工驗收時

✓ 材料(鋼材、螺栓系統及焊材等)的試驗記錄和報告；

✓ 自海外或國內加工的鋼結構構件運至工地前，須提交相關構件的廠方內部檢測記錄和經授權的海外或國內試驗機構進行驗收作業之檢查及試驗報告；

✓ 自海外或國內加工的鋼結構構件運至工地時，須提送交貨單副本，其內容應列明加工構件的編號和數量；

✓ 工地現場組立/施工記錄；

✓ 工地現場安裝/驗收測試報告 (包括焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告、螺栓結點緊固檢測報告、錨固螺栓現場拉拔試驗報告及防鏽保護層檢測報告等)。

✓ 倘涉及大型鋼結構工程，須提交第三方獨立機構（品質控制單位）的資質證明，以作現場監控和核實，包括但不限於檔審閱；材料檢查和測試；預製/加工場地及鍍鋅廠/塗裝廠的監察；焊縫連接、螺栓連接、鋼結構表面處理、防銹護層和塗裝、和試拼裝等工序的施工控制檢查和驗收；鋼結構的製作及組裝（包括試拼裝）的監控及記錄、外形及尺寸之檢查及其他所需的監控和核實工作。

三、檢查、測試及驗收工作

鋼結構工程的檢查工作可歸納於下表：

鋼結構工程檢查項目表						
檢查項目 \ 檢查目的		材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
材料標識/批號、級別		✔		全數檢查	a, c	
外觀質量		✔		全數檢查	a, c	
規格尺寸		✔		全數檢查	a, c	
鋼材、一般材料之存放及運輸		✔		全數檢查	a, c	
鋼結構加工廠廠內考察、巡查			✔	組件生產前	a, b, c	
鋼結構防鏽系統施工之熱鍍鋅廠和噴鋅廠之廠內考察、巡查			✔	浸鋅、噴鋅施工前	a, b, c	
設備檢查			✔	施工/安裝前	a, c	
組立/安裝工藝			✔	全數檢查	a, c	
焊接工藝	焊工識別		✔	全數檢查	a	
	焊工資格證明		✔	全數檢查	a, b	
	焊接材料		✔	全數檢查	a, b, c	
	施焊的環境條件		✔	施工前	a, b	
	焊接作業程序圖表說明/焊接工藝評定		✔	施工前	a, b	
	焊縫外觀質量		✔	全數檢查	a, b	
	焊釘(剪力釘)彎曲試驗		✔	5%	a, d	
螺栓連接工藝	螺栓孔外觀質量		✔	全數檢查	a, b, c	
	螺栓連接外觀質量		✔	全數檢查	a, b	
	螺栓連接接頭緊固		✔	全數檢查	a, b, c	
塗裝的施工環境條件			✔	施工前	a, b	
塗裝/防鏽保護層外觀質量			✔	全數檢查	a, b, c	

註： 標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 建築鋼結構規章，REAE [1]
c - 成品供應商/生產商/加工廠商技術指引
d - Code of Practice for the structural use of steel [21]

檢查、測試及驗收工作 (續)

鋼結構工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

鋼結構工程測試及驗收項目

檢測項目 / 檢測方法	材料性能	覆蓋層品質之確定	安裝/連接位置品質之確定	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
防鏽保護塗層測試 [1]		✔		每批測試	ISO12944 [19] ISO19840 [20]	iv, v	i
鋼材制品驗收測試 [2]	✔			每批測試 ❶	a, b EN10002 [3] EN10045 [4]	i, v	
螺栓制品抗拉强度測試 [3]	✔			每批測試 ❷	a, b ISO898 [5] ISO3506 [17]	i, v	
螺帽驗証荷載測試及尺寸驗証 [3]	✔			如有需要 ❷	a, b ISO898 [5] ISO3506 [17]	i, v	
墊圈硬度測試及尺寸驗証 [4]	✔			如有需要 ❷	a, b ISO887 [18]	i	
鍍鋅層厚度測試 [5]		✔		每批測試 ❸	a, b BS729 [6]	i, v	i
鍍鋅層均勻性測試 [5]		✔		每批測試 ❸		i	
焊縫無損探傷試驗 [6]			✔	每批測試 ❹	a, b BS2600 [7] BS3923 [8] BS6072 [9] BS6443 [10] BS5135 [11] BS EN25817 [12] AWS D1.1 [13]	ii, v	
防鏽、塗裝試樣		✔		如有需要 ❺	a, b	-	
錨固螺栓現場拉拔試驗 [7]			✔	每批測試 ❻	a, b BS5080 [16]	iii, v	

註： 檢測方法

1 - 防鏽保護塗層的測試
一般包括塗層乾膜厚度測試、塗層濕膜厚度測試及塗層黏結性測試等，塗層厚度測試應根據 ISO 2808[2] 之規定進行，可參閱相關的品質保證計劃及程序。

2 - 鋼材制品驗收測試
取樣後之鋼材試件應進行抗拉試驗，試驗方法應符合 EN10002[3] 標準之規定。當鋼材軋制證書內並沒有鋼材化學成份及沖擊吸收功之資料時，應對鋼材進行夏比沖擊試驗及化學成份分析。沖擊試驗之試驗方法應符合 EN10045[4] 標準之要求。

3 - 螺栓及螺帽驗收測試
試件應根據 ISO 898[5] 進行螺栓抗拉試驗、螺帽驗証荷載試驗及螺帽之尺寸驗証。當設計中須要驗証螺栓及螺帽之性能時，則應進行有關的測試。

4 - 墊圈驗收測試
試件應根據 ISO 887[18] 進行墊圈硬度試驗。當設計中須要驗証墊圈之性能時，則應進行有關的測試。

5 - 鍍鋅層厚度及均勻性測試
鍍鋅層厚度測試及鍍鋅層均勻度測試應根據 BS729[6] 之規定進行。對不同厚度、型號的鋼板或型鋼，可將不同厚度、型號的 100mmX100mm 鋼板或長度為 200mm 的型鋼與相關工程的構件一同進行熱浸鍍鋅處理以作為進行鍍鋅層均勻性測試的試件。

6 - 焊縫無損探傷試驗
無損檢測應根據下列標準進行：
對接焊縫
- 超聲波探傷檢測 BS3923[8]
- 射線探傷檢測 BS2600[7]
角焊縫
- 著色滲透探傷檢測 BS6443[10]
- 磁粉探傷檢測 BS6072[9]
焊縫之檢定試驗亦可根據 AWS D1.1 [13] 進行。

7 - 錨固螺栓現場拉拔試驗 (Anchor Bolt Pull-out Test)
對現場錨固於混凝土內的螺栓應於不同位置進行螺栓拉拔試驗，以確定其錨碇力及錨碇之可靠性。試驗過程須於驗收區域內隨機選取於不同的基材上每種已錨固的螺栓不小於 5 根進行測試，測試方法主要利用加荷設備，按照設計單位或材料生產商所建議的荷載施加於錨固螺栓，並進行持荷的工作，以確保螺栓不可出現損壞、脫出或變形的現象。

建議檢測頻率

❶ – 關於鋼材制品之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十六條和承攬規則之要求。按規章的要求，取樣可按同一爐號相同厚度之每一斷面，每 40 噸抽取一個試件進行測試。其中 "相同厚度" 是指厚度變化少於 5mm 之相似斷面。測試件應在現場中以隨機方式進行抽樣。

❷ – 關於螺栓、螺帽及墊圈之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十七條和承攬規則之要求。按規章的要求，螺栓、螺帽及墊圈應抽取試樣 (每個試樣中最少三個試件) 根據相關標準進行試驗。當螺栓直徑 $\phi \leq$ M16，取樣率為 1/15000；螺栓直徑 M16 < $\phi \leq$ M24，取樣率為 1/5000；螺栓直徑 $\phi >$ M24，取樣率為 1/2500。

❸ – 關於鍍鋅制品之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第九十條和承攬規則之要求。按規章的要求，每 20 噸重量或每次送抵現場之貨量（取少者），應進行一個鍍層厚度測試；每 100 噸重量或每次送抵現場之貨量（取少者），應進行一個鍍鋅層均勻度測試。

❹ – 關於焊縫之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十八條和承攬規則之要求。

❺ – 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。

❻ – 建議每個驗收批中應進行一個錨固螺栓現場拉拔試驗以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之錨固工作。

標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 建築鋼結構規章、REAE [1]

合格準則

i – 當測試結果不符要求，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)。

ii– 焊縫檢測之合格標準可採用 BS5135[11] 之表 18 及 19，BS EN 25817[12] 之表 1 或 AWS D1.1 [13]。 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 (詳見建築鋼結構規章第八十八條之規定)，並應於相同驗收批中額外選取兩處同類型焊縫進行測試，直至所有測試範圍的結果均符合合格標準。

iii– 當測試結果不能滿足相關技術規格的要求時，建議於相同的驗收區域內額外選取不小於 5 根錨固螺栓進行覆試，對於不能滿足要求之錨固螺栓，需提交補救措施/方案，並進行適當的補強工作。

iv– 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個位置進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

v– 對於委託非澳門官方認可，但具有相關專業資質的檢測機關，在測試工作完成後，宜由澳門官方認可之專業

機構於相同驗收批/區域內額外選取 5%位置/數量進行覆測驗證的工作。

備註

i – 對用作主結構構件之鋼材，其保護塗層厚度測試的合格準則可參考澳大工程所發出的「工程品質保證計劃及程序」中的"塗料工程"內相關部份。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 建築鋼結構規章, Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, 第 29/2001 號行政法規

[2] ISO2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness

[3] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[4] EN10045, Charpy impact test on metallic materials. Test method (V- and U-notches)

[5] ISO898, Mechanical properties of fasteners
Part 1 – Bolts, screws and studs.
Part 2 – Nuts with specified proof load values – crouse thread.

[6] BS729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles

[7] BS2600, Radiographic examination of fusion welded butt joints in steel

[8] BS3923, Methods of ultrasonic examination of welds

[9] BS6072, Magnetic particle flaw detection

[10] BS6443, Penetrant flaw detection

[11] BS5135, Specification for arc welding of carbon and carbon manganese steels

[12] BS EN25817, Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections

[13] AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel

[14] General Specification for Building – Architectural Services Department, Hong Kong (ASD)

[15] General Specification for Civil Engineering Works – The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[16] BS5080: Part 1, Structural fixings in concrete and masonry, Method of test for tensile loading

[17] ISO3506, Mechanical properties of corrosion resistence stainless-steel fasteners.
Part 1 – Bolts, screws and studs.
Part 2 – Nuts.

[18] ISO887, Plain washer for metric bolts, screws, and nuts for general purposes – General plan.

[19] ISO12944, Paints and varnishes

[20] ISO19840, Paints and varnishes

[21] Code of Practice for the structural use of steel, Hong Kong

工程品質保證計劃及程序

建築防水工程

工程品質保證計劃及程序

建築防水工程

一、通則及適用範圍

凡在結構體或構件表面塗抹或鋪設防水材料，使結構體全面或局部被包覆與圍堵，期能將水份完全堵絕於結構體或構件表面，並達到不透水的目的，定義為建築防水工程。本品保計劃適用於一般的建築防水工程，包括屋面、地下室或其他施工面(如外牆、浴室地台等)的防水。

建築防水工程需通過施工現場之監督及材料測試以確保滿足設計及有關規章之要求。

二、工程品質保證文件之要求

建築防水工程於各施工階段，需按承攬規則的要求，提交下列文件作審閱或記錄存檔：

防水工程於施工前：
防水材料可分為防水塗料及防水卷材兩大類，並按材料成份分為：瀝青基防水塗料、聚合物基防水塗料、瀝青基防水卷材及聚合物基防水卷材。

✓ 瀝青基防水塗料規格證明書/產品說明書
瀝青基防水塗料包括瀝青、水性瀝青基防水塗料、水乳型焦油基防水塗料等，須符合承攬規則上的要求，所提交的文件須包括下列資料：
- 材料出廠證明及產地來源；
- 材料基本資料 (外觀、主要成份、固體含量)；
- 材料物理性能 (延伸性、粘結性)；
- 材料耐久性能 (耐熱性、柔韌性、不透水性、抗凍性)；
- 適用環境；
- 運輸、貯存及操作說明。

✓ 聚合物基防水塗料規格證明書
聚合物基防水塗料包括聚氨脂防水塗料、聚合物-水泥基防水塗料等，須符合承攬規則上的要求，所提交的文件須包括下列資料：
- 材料出廠證明及產地來源；
- 材料基本資料 (外觀、主要成份、固體含量)；

- 材料物理性能 (拉伸強度、斷裂時的延伸率、塗層凝固時間)；
- 材料耐久性能 (不透水性、低溫柔性、耐熱性、耐鹼性、耐老化)；
- 適用環境；
- 運輸、貯存及操作說明。

✓ 瀝青基防水卷材規格證明書

瀝青基防水卷材包括石油瀝青油毯、彈性體瀝青防水卷材(SBS)等，須符合承攬規則上的要求，所提交的文件須包括下列資料：

- 材料出廠證明及產地來源；
- 材料基本資料 (外觀、卷材厚度、主要成份)；
- 材料物理性能 (單位面積重、拉力試驗、吸水率、斷裂延伸率)；
- 材料耐久性能 (耐熱度、不透水性、柔度)；
- 適用環境；
- 運輸、貯存及操作說明。

✓ 聚合物基防水卷材規格證明書

聚合物基防水卷材包括聚氯乙烯防水卷材、氯化聚乙烯防水卷材、聚合物防水膜等，須符合承攬規則上的要求，所提交的文件須包括下列資料：

- 材料出廠證明及產地來源；
- 材料基本資料 (外觀、卷材厚度、主要成份)；
- 材料物理性能 (拉伸強度、斷裂時的延伸率、剪切狀態下的粘合性)；
- 材料耐久性能 (抗滲透性、抗穿孔性、低溫彎折性、熱處理尺寸變化率)；
- 適用環境；
- 運輸、貯存及操作說明。

✓ 建築防水系統說明及相關資料

須符合承攬規則要求，所提交的文件須包括下列資料：

- 防水系統的種類及功能；
- 所使用之材料須提交符合規定標準的證明文件，並須證明所提供的材料彼此具有相容性；
- 基質表面的預處理；
- 施工方法及技術說明。

✓ 建築防水系統之測試/檢測計劃。

施工階段或竣工驗收時：

✓ 材料運至工地時，須提送交貨單副本，其內容應列明材料的編號和數量；

- ✓ 施工記錄；
- ✓ 防水系統測試報告。

三、檢查、測試及驗收工作

建築防水工程的檢查工作，可歸納於下表：

建築防水工程檢查項目

檢查項目		材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
防水材料	材料標識、批號及記錄 [1]	✔		全數檢查	a, b	
	材料運送、儲存、裝卸及保護	✔				
防水系統	施工底材之預處理		✔	施工前		
	工作環境/天氣		✔			
	表面濕度檢查 [2]		✔			
	施工方法及表面質量 [3]		✔	全數檢查		
	塗料乾固時間控制		✔			
	平整性檢查 [4]		✔			

註： 檢查項目

1 - 材料標識、批號及記錄
產品運至工地時應為原裝且未曾開啟使用。包裝上面須清楚顯示製造商名稱、標記、參考規範編號及使用之等級。所有到達施工現場的防水塗料及卷材均需登記及記錄，以檢查各部份所使用的數量來評估防水材料的真實覆蓋率是否達到生產商技術指引之要求，所有卷材防水膜運到工地要抽樣檢查品質及不可以有任何破損。

2 - 表面濕度檢查
施工底材表面濕度需符合生產商技術指引或承攬規則之要求，方可進行防水工程施工。

3 - 施工方法及表面質量
需按生產商技術指引或承攬規則之要求進行施工，對於卷材防水膜之鋪設次序，應根據施工大樣圖進行，宜先鋪牆腳三角線位置、然後鋪設地台，最後進行鋪牆腳位置；對於自黏性防水膜須要用滾筒緊壓卷材面，以確保防水膜全面貼在施工地台面。

4 - 平整性檢查
如發現防水卷材安裝後因氣泡產生拱凸情況，需按生產商技術指引或承攬規則之要求，局部或全部移除及重新鋪裝。

標準要求

a - 產品供應商/生產商技術指引
b - 專案工程技術規格/承攬規則

檢查、測試及驗收工作 (續)

建築防水工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

建築防水工程測試及驗收項目							
檢測項目		材料性能	系統耐久性能	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
防水材料	防水塗料乾膜厚度測試 [1]	✔	✔	每批檢測 ❶	a, b	i	
	防水卷材厚度測試	✔	✔			ii	
	塗料固體含量	✔	✔	如有需要 ❷		-	
	拉伸強度	✔	✔			-	
	不透水性	✔	✔			-	
黏合性測試 [2]			✔			-	
屋面積水測試 [3]			✔	防水系統完工後	a, b, c, d	iii	
衛生間、廚房、茶水間積水測試 [6]			✔	防水系統完工後	a, b, c, d	iii	
貯水結構(如建築物水箱)積水測試 [4]			✔	防水系統完工後	a, b, d	iv	
滲漏檢測 [5]			✔	每批檢測	a, b		

註： 檢測項目

1 - 防水塗料乾膜厚度測試
按不同的塗層底質材料，可分為兩種乾膜厚度測試方法，歸納如下：
- 對底質為金屬材質(Metal Base)的塗料乾膜厚度測試
利用「乾膜厚度計」可量測防水塗料的乾膜厚度，每一個驗收試驗需於測試區域內選取 50 個測試點進行厚度之量測，以 50 個測試點量測結果之平均值作為該項驗收試驗的結果。
- 對底質為非金屬材質(Non-metal Base)的塗料乾膜厚度測試
  - 每一個驗收試驗需於測試區域內選取 10 個測試位置進行切取試樣的工作(試樣的尺寸不少於 5cm x 5cm)，並於每個試樣選取 5 個測試點進行厚度之量測，以 10 個試樣量測結果之平均值作為該項驗收試驗的結果；
  - 或可利用「超聲波塗層測厚儀」量測防水塗料的乾膜厚度，每一個驗收試驗需於測試區域內選取 50 個測試點進行厚度之量測，以 50 個測試點量測結果之平均值作為該項驗收試驗的結果。

2 - 黏合性測試可參閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序。

3 - 屋面積水測試
屋面防水系統於報請完工前需進行積水試驗作為驗收測試，試驗前先將施工面上的落水管口堵塞，讓屋面積水

(水深應不少於 75mm)持續進行 72 小時後，以目視檢測方法檢查屋面下層的樓板、牆角及牆身有否滲漏或濕印的現象[1, 2]。

4 - 貯水結構(如建築物水箱)積水測試
貯水結構於報請完工前需進行積水試驗作為驗收測試，試驗前先將貯水結構積水 (以每天不超過 2 米深度的自來水流速灌注)至結構物的最高水位位置，積水 7 天後(待結構牆身吸水)將水位調整至指定的水位位置(Specified level)，並開始記錄水位變化 (建議每日由早上 8 時至下午 5 時，每小時記錄一次)，期間應盡量避免令水面波動及保持貯水結構密封。7 天後記錄最後水位位置，並在積水測試進行中及排水完成後，以目視檢測方法檢查貯水結構的表面及相關的間隔牆有否出現滲漏或濕印的現象，關於檢測方法及記錄水位變化的設備要求可詳閱 General Specification for Civil Works [2]。

5 - 滲漏檢測
可採用紅外熱像法(Infrared thermography)、電火花檢測(Spark Test)等對建築物防水塗層的滲漏進行非破壞性檢測。

6 - 衛生間、廚房、茶水間積水測試
測試方法及標準要求按專案工程技術規格/承攬規則，或參考屋面積水測試的方法進行。

建議檢測頻率

❶ – 建議每一階段防水塗層施工後應予以測試或按工程承攬規則的要求進行，每個驗收批或每 500m^2 塗層面積應進行一個塗層厚度測試以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之塗裝工作。

❷ – 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。

標準要求

a - 產品供應商/生產商技術指引
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - General Specification for Building [1]
d - General Specification for Civil Works [2]

合格準則

i – 對於採用「乾膜厚度計」或「超聲波塗層測厚儀」所進行的塗料乾膜厚度測試，按 ISO 12944 [3] 的要求，驗收試驗的結果 (50 個測試點量測結果之平均值) 不能少於防水塗層之標稱厚度 (Nominal Thickness)，並且每個測試點的結果不能少於標稱厚度之 80%；對於採用切取試樣方式量度塗料乾膜厚度測試的方法，驗收試驗的結果 (10 個試樣量測結果之平均值) 不能少於防水塗層之標稱厚度 (Nominal Thickness)，並且每個試樣的結果(5 個測試點量測結果之平均值)不能少於標稱厚度之 80%。當測試結果不符合要求，防水塗層須重做，並須再進行另一次測試。

ii – 驗收試驗的結果不能少於承攬規則、該卷材平均厚度及最少單一厚度之要求。

iii – 經積水測試後的屋面/衛生間/廚房/茶水間下層的樓板、牆角及牆身不可出現滲漏或濕印的現象，如有發現滲漏，防水層須加修理或重做，並須再進行測試。

iv – 總水位落差 (經考慮水氣蒸發及天氣環境修正後)不應超過指定的水位深度的 1/500 或 10mm (取小者)，此外於積水測試進行中及完成後，貯水結構的表面及相關的間隔牆不可出現滲漏或濕印的現象，如有發現滲漏，防水層須加修理或重做，並須再進行測試。

四、引用法規/參考技術文件

[1] General Specification for Building, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[2] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[3] EN 12944, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems

[4] 施工現場十大員技術管理手冊 – 試驗員，中國建築工業出版社

[5] 建築工程常用材料試驗手冊，中國建築工業出版社

工程品質保證計劃及程序

屋面隔熱工程

工程品質保證計劃及程序

屋面隔熱工程

一、通則及適用範圍

本章節適用於一般建築物屋面隔熱材料供給及安裝的品質保證工作，建築物為節省能源及維持室內環境的舒適性，一般會採用隔熱材料作為隔熱設施，常見隔熱材料包括：隔熱漆、空心隔熱磚、聚合物隔熱板等。隔熱材料系統之品質保證，目的是為了確保系統具有以下特性：

- ✓ 低熱傳導率；
- ✓ 低熱膨脹係數；
- ✓ 具防水性；
- ✓ 熱容量大。

屋面隔熱工程需通過施工現場之監督及材料測試以確保滿足設計及有關規章之要求。

二、工程品質保證文件之要求

屋面隔熱工程於隔熱材料到場前、現場施工/安裝及驗收等階段過程，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

隔熱材料到場前

- ✓ 隔熱材料產品說明書、出廠合格證明，內容需包括：
  - 材料基本資料（外觀、型號、尺寸、最高使用溫度等）；
  - 材料物理性能（熱傳導係數、抗壓強度、吸水率等）；
  - 材料耐久性能（耐火性、伸縮性、抗腐蝕性等）。
  - 適用環境等；
  - 運輸、貯存及操作說明。

- ✓ 隔熱系統施工方案及相關資料，內容需包括：
  - 隔熱系統的種類及功能；
  - 基質表面的預處理；
  - 施工方法及技術說明。

- ✓ 隔熱系統之測試/檢測計劃

現場施工/安裝階段或竣工驗收時，需提交：

- ✓ 材料運至工地時，須提送交貨單副本，其內容應列明材料的批號和數量；
- ✓ 工地現場施工/安裝記錄；
- ✓ 隔熱系統的測試報告。

三、檢查、測試及驗收工作

屋面隔熱工程的檢查工作，可歸納於下表：

屋面隔熱工程檢查項目

檢查項目		材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
隔熱材料	材料標識、批號及記錄 [1]	✔		全數檢查	a, b	
	材料運送、儲存、裝卸及保護	✔				
	產品規格	✔				
	外觀質量	✔				
隔熱系統	施工底材之預處理 [2]		✔	施工前		
	工作環境/天氣		✔			
	表面濕度檢查 [3]		✔			
	安裝工藝		✔	全數檢查		
	已舖設材料之保護 [4]		✔			

註： 檢查項目

1 - 材料標識、批號及記錄
產品運至工地時應為原裝且未曾開啟使用。包裝上面須清楚顯示製造商名稱、標記、相關規範及批號。所有到達施工現場的隔熱材料均需登記及記錄，以檢查各部份所使用的數量來評估材料的真實覆蓋率是否達到生產商技術指引之要求。

2 - 施工底材之預處理
施工底材如樓板須依循製造商的施工要求標準，符合乾淨、乾燥、平滑且無缺點的要求。

3 - 表面濕度檢查
施工底材表面濕度需符合生產商技術指引或承攬規則之要求，方可進行隔熱工程的施工。一般在建築施工中隔熱材料不容許有水份出現，在雨天中不得施工，受潮之材料不得裝置使用。

4 - 已舖設材料之保護
已裝置的隔熱材料不得暴露於室外氣候中，隔熱材料一經裝置上便須隨即做遮掩及防水處理。在每日完工時所留下的搭接邊緣部分，其隔熱材料須以防水材料將露面的隔熱材邊緣包裹做臨時密封。第二天開始工作時再拆封，繼續工作。已舖設好的隔熱材料，若有變濕或變潮的情形，須即刻將其移除並補換新的乾燥材料，已舖設好的隔熱材料，在做其它部分之屋頂施工時，須隨時小心保護，以免受到損害。

標準要求

a - 產品供應商/生產商技術指引
b - 專案工程技術規格/承攬規則

屋面隔熱工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

屋面隔熱工程測試及驗收項目

檢測項目		材料性能	系統耐久性能	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
隔熱塗料乾膜厚度測試 [1]		✔	✔	-	-	-	
硬質或半硬質隔熱材料	密度	✔		如有需要❶	a, b, c	-	
	抗壓強度	✔				-	
	吸水率	✔				-	
	導熱係數	✔				-	
	線性收縮率		✔			-	
	耐火性		✔			-	

註： 檢測項目

1 - 隔熱塗料乾膜厚度測試、黏合性測試可詳閱塗料/油漆工程的品質保證計劃及程序。

建議檢測頻率

❶ - 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。

標準要求

a - 產品供應商/生產商技術指引
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - ASTM C 612 [3]

四、引用法規/參考技術文件

[1] General Specification for Building – Architectural Services Department, Hong Kong (ASD)

[2] General Specification for Civil Engineering Works – The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[3] ASTM C612, Standard Specification for Mineral Fiber Block and Board Thermal Insulation

[4] 建築工程常用材料試驗手冊，中國建築工業出版社

工程品質保證計劃及程序

建築玻璃幕牆工程

工程品質保證計劃及程序

建築玻璃幕牆工程

一、通則及適用範圍

凡將玻璃用作外牆材料通過金屬構件或直接與建築物主體結構相連而形成的建築外圍護結構，除提高結構體外型的美觀外，並提供防風、遮雨、採光、保溫、隔熱等功能，則定義為建築玻璃幕牆工程。玻璃幕牆主要承受自重、直接作用於其上的風荷載和地震作用，以及溫度作用。對於豎直的建築玻璃幕牆，風荷載是重要的作用。在訂定建築玻璃幕牆所使用的玻璃、金屬框架和連接材料等的材質和類型時，應考慮以下特性：

- ✓ 建築物所在地區的地理位置、氣候條件、建築物高度、體型及周圍環境；
- ✓ 風壓變形性能；
- ✓ 雨水滲漏性能；
- ✓ 空氣滲透性能；
- ✓ 平面內變形性能；
- ✓ 保溫隔熱性能。
- ✓ 隔聲性能；
- ✓ 耐撞擊性能。

本節所述適用於一般的建築玻璃幕牆工程，整個玻璃幕牆系統所使用的材料基本上有五大類型材料，即骨架材料、玻璃、連接材料、密封填縫材料、結構黏結材料等，由於上述材料乃保證玻璃幕牆質量和安全的物質基礎，因此建築玻璃幕牆工程需通過施工現場之監督及材料測試以確保滿足設計及有關規格之要求。

二、幕牆材料的基本要求

玻璃

一般常用的幕牆玻璃材料主要可分為鏡面玻璃、鋼化玻璃、夾層玻璃、中空玻璃、浮法玻璃、建築用安全玻璃及着色玻璃等。根據 JGJ102 [10] 的要求，各種用於建築幕牆的玻璃，除必須滿足其本身相關的標準要求外，更應符合以下規定：

- 常用的鏡面玻璃標準為 GB/T 18915 [1] ，又稱熱反射鍍膜玻璃，乃採用特殊工藝使在玻璃表面形成金屬氧化膜，此氧化膜具有反射光線，同時又具有保持良好的透光性能和較高的熱反射能力，其生產的方法有多種，但用作幕牆材料時，應使用以真空磁控濺射法或熱噴塗法工藝生產的產品；

- 常用的鋼化玻璃標準為 GB/T 9963 [2]，鋼化玻璃的特點為強度高，熱沖擊性能高，結構安全性高，但鋼化玻璃潛在發生自爆破碎的風險，因此用作幕牆玻璃材料時，應使用經二次熱處理的鋼化玻璃；另外於玻璃鋼化前必須完成點支承孔邊及板邊的細磨及倒梭工作，而倒梭寬度不宜小於 1mm，以防止邊緣出現應力集中而導致玻璃破碎；
- 常用的夾層玻璃標準為 GB/T 9962 [3]，用作幕牆玻璃材料的夾層玻璃，應使用以乾法加工在玻璃片間夾有一層聚乙烯醇縮丁醛 (PVB) 膠片生產的夾層玻璃；
- 常用的中空玻璃標準為 GB/T 11944 [4] ，用作幕牆玻璃材料的中空玻璃，氣體層厚度不應小於 9mm，並應採用雙道密封；但如採用一道密封，則應使用丁基熱熔密封膠；隱框、半隱框及點支承玻璃幕牆用的二道密封應使用硅酮結構密封膠；明框玻璃幕牆用的二道密封應使用聚硫類中空玻璃密封膠，也可使用硅酮密封膠；如使用鏡面玻璃加工成中空玻璃使用，鍍膜面應朝向中空氣體層。

金屬材料及配件

用於幕牆結構的金屬材料及配件應為耐候性材料，鋼材除不銹鋼或耐候鋼外，鋼材應進行表面熱浸鍍鋅處理、無機富鋅塗料處理或其他有效的防腐措施；鋁合金材料應進行表面陽極氧化、電泳塗漆、粉末噴塗或氟碳漆噴塗等處理。相關金屬材料及配件的要求，可參閱「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」及「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」。

三、工程品質保證文件之要求

建築玻璃幕牆工程於各施工階段，需按承攬規則的要求，提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

玻璃

須符合承攬規則上的要求，證書上須提供下列資料：

- 材料出廠證明及產地來源
- 材料基本資料 (外觀、材質種類、顏色)
- 材料物理性能 (幾何尺寸、力學強度、透光度)
- 材料耐久性能 (抗沖擊性、熱穩定性/均質處理、阻隔紫外光性能、降噪性)
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

幕牆系統說明及相關資料

須符合承攬規則要求，並提供下列技術資料：

- ✓ 幕牆系統的種類及功能、幕牆與主體結構連接承載力計算書；
- ✓ 使用材料的產品合格證明書、性能檢測報告等，包括：
  - 連接件材料，包括玻璃幕牆的金屬框架材料、點支撐裝置、支撐結構等；
  - 幕牆中黏結玻璃與金屬框架、玻璃與玻璃的受力用黏結材料(結構膠)；
  - 幕牆嵌縫用的密封材料；
- ✓ 基質表面的預處理；
- ✓ 製作、安裝施工方法及技術說明；
- ✓ 幕牆系統之測試/檢測計劃。

材料進場、工地現場安裝及竣工驗收時

- ✓ 幕牆材料的試驗記錄和報告、預製構件出廠質量合格證書；
- ✓ 幕牆的抗風壓性能、空氣滲透性能、雨水滲漏性能及平面變形性能檢測報告(如有需要)；
- ✓ 隱蔽工程安裝記錄(包括主體結構與幕牆連接的各種預埋件或後置埋件、幕牆金屬框架與主體結構預埋件或後置埋件的連接、立柱與橫梁的連接)；
- ✓ 玻璃安裝施工記錄；
- ✓ 幕牆系統現場安裝/驗收測試報告(包括焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告、螺栓緊固檢測報告、預埋件或後置埋件的現場拉拔強度檢測報告及防鏽保護層檢測報告等)。

四、檢查、測試及驗收工作

建築玻璃幕牆工程的檢查工作，可歸納於下表：

建築玻璃幕牆工程檢查項目

檢查項目		材料控制	施工控制	檢測頻率	標準要求	備註
幕牆材料	各種材料、構件、組件 [1]	✔		全數檢查	a, b	
	玻璃外觀、規格尺寸	✔				與樣板相同
	預埋件和後置件數量、位置	✔				
	框架與連接件防腐及防電化處理 [6]	✔				
	運送 / 貯存 / 保護	✔				
	到場數量/使用數量記錄	✔	✔			
幕牆系統	施工計劃		✔	施工前		
	施工底材之預處理		✔	按工程需求及承攬規則決定		
	固定材料安裝之檢查 [2]		✔			
	連接節點檢查 [3]		✔			
	結構膠、密封膠打注 [4]		✔			
	玻璃安裝工藝 [5]		✔			
	玻璃幕牆安裝工藝 [7]		✔	全數檢查	AAMA 501.2 [7]	

註： 檢查項目

1 - 各種材料、構件、組件
檢查材料、構件、組件的產品合格證書、進場記錄、性能檢測報告等。

2 - 固定材料安裝之檢查
常見的玻璃幕牆固定材料主要為鋁合金型材、碳素鋼、不鏽鋼材等，需要檢查的項目包括：

玻璃幕牆與主體結構連接的各種預埋件、連接件、緊固件必須安裝牢固，其數量、規格、位置、連接方法應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位/成品供應商/生產商技術指引要求，各種連接件、緊固件的螺栓應有防鬆動措施；焊接連接應符合設計要求和相關焊接規範的規定。

有關鋁合金、碳素鋼型材、焊接工藝和螺栓連接工藝的檢查工作要求，可參閱「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」、「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」。

3 - 連接節點檢查
檢查項目包括幕牆內表面與主體結構間的連接節點、各種結構變形縫、牆角的連接節點等應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求。

4 - 結構膠、密封膠打注
結構膠、密封膠或填縫注膠應飽滿、密實、連續、均勻、無氣泡，寬度和厚度應符合專案工程技術規格/承攬

規則/設計單位要求，不宜在夜晚、雨天打膠，打膠溫度應符合設計要求和產品要求，打膠前應確保打膠面清潔、乾燥[10]。

5 - 玻璃安裝工藝

由於玻璃被切割後，被切割部位會產生大量大小不一的鋸齒邊緣，從而引起邊緣應力分布不均而容易導致玻璃安裝完成後出完破碎，因此玻璃於安裝前必須完成點支承孔邊及板邊的細磨及倒棱，磨輪的目數應大於 180 目，而倒棱寬度不宜小於 1mm；玻璃安裝工藝的檢查項目應包括幕牆垂直度、幕牆水平度、幕牆表面平整度、接縫直線度、接縫高低差、接縫寬度等應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，相關項目之安裝允許偏差可按如下的要求進行評定。

單元式玻璃幕墙、全玻幕墙、隱框玻璃幕墙、點支承玻璃幕墙安裝質量 (摘錄自 JGJ 102 [10])

項目		允許偏差(mm)	檢查方法
豎縫及墙面垂直度	幕墙高度 H (m)	≤10	激光經緯儀或經緯儀
	H ≤ 30		
	30 < H ≤ 60	≤15	
	60 < H ≤ 90	≤20	
	90 < H ≤ 150	≤25	
	H > 150	≤30	
幕墙平面度		≤2.5	2m 靠尺、鋼板尺
豎縫直綫度		≤2.5	2m 靠尺、鋼板尺
横縫直綫度		≤2.5	2m 靠尺、鋼板尺
縫寬度 (與設計比值)		±2	卡尺
兩相鄰面板之間接縫高低差		≤1.0	深度尺

6 - 防腐及防電化處理

幕牆應選用耐氣候性的材料，若專案工程技術規格/承攬規則/設計單位無相關要求依據時，金屬材料和金屬零配件除不鏽鋼及耐候鋼外，鋼材應進行表面熱浸鍍鋅處理或採用其他更有效、更優越的防腐措施；此外幕牆中不同的金屬材料接觸處，除不鏽鋼外均應設置耐熱絕緣墊片或採用其他措施(如環氧樹脂玻璃纖維布、尼龍墊片等)，有效地防止電化學腐蝕[10]。

7 - 玻璃幕牆安裝工藝

當玻璃幕牆安裝工作完成後，為了確保安裝位置的施工工藝，承建單位應以符合 AAMA 501.2 [7] 要求的方法進行噴淋試驗工作檢查已施工位置是否存在滲水的情況，並須提交相關的檢查記錄作為自檢的程序文件。

標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 成品供應商/生產商技術指引

檢查、測試及驗收工作（續）

建築玻璃幕牆工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

建築玻璃幕牆工程測試及驗收項目

檢測項目		材料工作性能	系統耐久性能	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
玻璃	表面應力量度	✓		ASTM C1279 [34] GB/T 18144 [35]	每批檢測❺	a, b	-	
	碎片狀態試驗	✓		GB 15763.2 [36]		a, b	-	
	耐撞擊性能測試[1]	✓	✓	ANSI Z97.1 [5] GB 9962 [3] DIN 52-337 [37]	如有需要❷	a, b	-	
	抗衝擊性	✓		GB 9962 [3]		a, b	-	
	彎曲強度	✓	✓	ASTM C158 [6]		a, b	-	
	透光度	✓	✓	GB/T 11976 [9]		a, b	-	
	熱穩定性/均質處理	✓	✓	-	每批檢測/見證	a, b	-	
	隔音性	✓		-	如有需要❷	a, b	-	
幕牆系統	五金件及其他配件材料和保護塗層測試[2]	✓	✓	EN 10002 [11] ISO 898 [12] BS729 [13] ISO 2808 [14] ISO 3506 [32] GB/T 5237 [33]	每批檢測❸	a, b, c	i, v	
	硅酮結構膠及密封材料性能測試	✓	✓	GB/T 16776 [15] ASTM C719 [38] ASTM D412 [39]	如有需要❷	a, b	-	
	點支式玻璃幕牆支承裝置力學性能試驗[3]	✓		-	如有需要❷	a, b	i	
	幕牆物理性能檢驗[5]	✓	✓	GB/T 15227 [16] GB/T 18250 [40] ASTM E283 [41] ASTM E330 [42] ASTM E331 [43]	按承攬規則要求❼	a, b	-	
	幕牆支承結構焊縫無損探傷試驗[4]	✓	✓	-	每批檢測❹	a, b	ii	
	幕牆現場滲漏測試[6]	✓	✓	AAMA 501.2 [7] ASTM E783 [44] ASTM E1105 [45]	20%	a, b	iii	
	錨固螺栓現場抗拔測試[7]	✓	✓	BS 5080-1[8]	每批檢測❻	a, b	iv	

註： 檢測項目

1– 玻璃耐撞擊性能測試
對建築幕牆用鋼化玻璃、夾層玻璃等可通過重物撞擊試件表面來測試玻璃經受撞擊後的破壞情況，此測試主要用於模擬人體撞擊幕牆時幕牆所表現的抗衝擊性能，試件基本尺寸為 865 x 1930mm。

2 – 五金件及其他配件材料和保護塗層測試
包括幕牆系統的轉接件、支承結構和緊固件等金屬材料，其材質和防腐塗層測試方法可參閱相關的「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」和「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」

3 – 點支式玻璃幕牆支承裝置力學性能試驗
點支式玻璃幕牆支承裝置是指玻璃面與支承結構間的連接裝置，常用之節點連接方式主要有鋼爪連接、拉索或拉杆連接、支座(柱頭、柱腳)節點等，其力學性能試驗方法和要求可按照 JG138[17]、JG139[18]、GB/T 4232[19]、GB/T 4240[20]、GB/T 9944[21]、GB/T 14370[22] 、JGJ85[23]或同等之測試標準規定進行。

4 – 焊縫無損探傷試驗
無損檢測應根據下列標準進行：
對接焊縫
- 超聲波探傷檢測 BS3923[24]
- 射線探傷檢測 BS2600[25]
角焊縫
- 著色滲透探傷檢測 BS6443[26]
- 磁粉探傷檢測 BS6072[27]
焊縫之檢定試驗亦可根據 AWS D1.1 [28] 進行，可參閱相關的「鋼結構工程品質保證計劃及程序」。

5 – 幕牆物理性能試驗
幕牆性能試驗是驗證幕牆系統安全性能的一種有效手段，主要通過檢測設備模擬自然界的風、雨作用等自然現象，提供不同的效應組合用來檢測建築幕牆試件本身的水密性能(Watertightness Performance)、氣密性能(Air Permeability Performance)、抗風壓性能(Wind Load Resistance Performance)和變形性能(movement performance)等，其試驗方法和要求可按照 GB、ASTM 或同等之測試標準規定進行。

6 – 幕牆現場滲漏測試
主要採用符合 AAMA 501.2 [7] 要求之特製銅質噴嘴，且配有一控制閥和壓力計進行噴淋試驗工作，噴嘴處的水壓須達到 30~35psi (約 200~235kPa)，在幕牆的室外側，將水垂直地噴向幕牆表面，依次對選定長為 1.5m 的接縫連續噴水 5 分鐘，與此同時，在室內側檢查任何可能出現滲水的情況，如果在 5 分鐘內未有任何發現，則轉至下一個待檢測的部位。
倘若承攬規則要求時，也須進行現場漏氣測量[44]及靜態氣壓差下水滲透測試[45]。

7 – 錨固螺栓現場拉拔試驗 (Anchor Bolt Pull-out Test)
對現場錨固於混凝土內的螺栓應於不同位置進行螺栓拉拔試驗，以確定其錨碇力及錨碇之可靠性。試驗過程須於驗收區域內隨機選取於不同的基材上每種已錨固的螺栓不小於 5 根進行測試，測試方法主要利用加荷設備，按照設計單位或材料生產商所建議的荷載施加於錨固螺栓，並進行持荷的工作，以確保螺栓不可出現損壞、脫出或變形的現象。

建議檢測頻率

❶ – 建議每一階段幕牆安裝前予以測試或按工程承攬規則的要求進行，驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之幕牆安裝工作。

❷ – 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。

❸ – 關於鋼材制品、螺栓、螺帽及墊圈和防腐塗層之檢測頻率可參閱「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」、「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」、「鋼結構工程品質保證計劃及程序」和「塗裝油漆工程品質保證計劃及程序」的規定和要求進行。

❹ – 關於焊縫之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十八條和承攬規則之要求。

❺ – 於每次工地驗收中，同一期間內相同品牌、類型及厚度的玻璃可訂為一批量，每一批量中，應取 3 件試件作表面應力量度。如進行碎片狀態測試，則取 2 件試件。

❻ – 建議每個驗收批中應進行一個錨固螺栓現場拉拔試驗以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之錨固工作。

❼ – 應按照工程承攬規則的要求，如設計中未有指定的要求，建議對工程中最具代表性之幕牆單元，製作模型樣本進行有關測試，樣本數量為 3 件。如承建單位能提供近兩年內之第三方之模型測試報告，而報告內之幕牆單元與項目之幕牆單元為同一生產商，同一型號或其型號可足夠代表項目之幕牆單元時，可免除模型測試。

標準要求
a – 成品供應商/生產商技術指引
b – 承攬規則
c – 建築鋼結構規章，REAE [29]

合格準則
i – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個樣本進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

ii– 焊縫檢測之合格標準可採用 BS5135[30]之表 18 及 19，BS EN 25817[31]之表 1 或 AWS D1.1 [28]。 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 (詳見建築鋼結構規章第八十八條之規定)，並應於相同驗收批中額外選取兩處同類型焊縫進行測試，直至所有測試範圍的結果均符合合格標準。

iii– 當測試期間發現滲漏，應進行修補和重新測試。並應於相同驗收批中額外選取兩處等同之範圍進行測試直至所有測試範圍均沒有發現任何滲漏。

iv– 當測試結果不能滿足相關技術規格的要求時，建議於相同的驗收區域內額外選取不小於 5 根錨固螺栓進行覆試，對於不能滿足要求之錨固螺栓，需提交補救措施/方案，並進行適當的補強工作。

v– 詳見各相關品質保證計劃及程序中對合格準則的規定和要求。

五、引用法規/參考技術文件

[1] GB/T 18915, 鍍膜玻璃
第一部份 陽光控制鍍膜玻璃
第二部份 低輻射鍍膜玻璃

[2] GB/T 9963, 鋼化玻璃

[3] GB/T 9962, 夾層玻璃

[4] GB/T 11944, 中空玻璃

[5] ANSI Z97.1, American national standard for safety glazing materials used in buildings-safety performance specifications and methods of test

[6] ASTM C158, Standard test methods for strength of glass by flexure

[7] AAMA 501.2, Quality assurance and diagnostic water leakage field check of installed storefronts, curtain walls and sloped glazing systems

[8] BS 5080-1, Structural fixings in concrete and masonry. Part 1. Method of test for tensile loading

[9] GB/T 11976, 建築外窗采光性能分級及其檢測方法

[10] JGJ 102, 玻璃幕牆工程技術規範

[11] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[12] ISO898, Mechanical properties of fasteners
Part 1 – Bolts, screws and studs
Part 2 – Nuts with specified proof load values – crouse thread.

[13] BS729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles

[14] ISO 2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness

[15] GB/T 16776, 建築用矽酮結構密封膠

[16] GB/T 15227, 建築幕牆水密性、氣密性、抗風壓性能檢測方法

[17] JG 138, 點支式玻璃幕牆支承裝置

[18] JG 139, 吊掛式玻璃幕牆支承裝置

[19] GB/T 4232, 冷頂鍛用不銹鋼絲

[20] GB/T 4240, 不銹鋼絲

[21] GB/T 9944, 不銹鋼絲繩

[22] GB/T 14370, 預應力筋用錨具、夾具和連接器

[23] JGJ 85, 預應力筋用錨具、夾具和連接器應用技術規程

[24] BS3923, Methods of ultrasonic examination of welds

[25] BS2600, Radiographic examination of fusion welded butt joints in steel

[26] BS6443, Penetrant flaw detection

[27] BS6072, Magnetic particle flaw detection

[28] AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel

[29] 建築鋼結構規章, Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, 第 29/2001 號行政法規

[30] BS5135, Specification for arc welding of carbon and carbon manganese steels

[31] BS EN25817, Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections

[32] ISO3506, Mechanical properties of corrosion resistance stainless-steel fasteners.
Part 1 – Bolts, screws and studs.
Part 2 – Nuts.

[33] GB/T 5237, 鋁合金建築型材

[34] ASTM C1279, Standard Test Method fro Non-Destructive Photoelastic Measurement of Edge and Surface Stresses in Annealed, Heat-Strengthened, and Fully Tempered Flat Glass

[35] GB/T 18144, 玻璃應力測試方法

[36] GB 15763.2, 建築用安全玻璃第 2 部分：鋼化玻璃

[37] DIN 52-337, Pendulum impact test

[38] ASTM C719, Standard Test Method for Adhesion and Cohesion of Elastomeric Joint Sealants Under Cyclic Movement (Hockman Cycle)

[39] ASTM D412, Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension

[40] GB/T 18250, 建築幕牆層間變形性能分級及檢測方法

[41] ASTM E283, Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Skylights, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen

[42] ASTM E330, Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Doors, Skylights and Curtain

Walls by Uniform Static Air Pressure Difference

[43] ASTM E331, Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference

[44] ASTM E783, Standard Test Method for Field Measurement of Air Leakage Through Installed Exterior Windows and Doors

[45] ASTM E1105, Standard Test Method for Field Determination of Water Penetration of Installed Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls, by Uniform or Cyclic Static Air Pressure Difference

工程品質保證計劃及程序

金屬板、石材與人造板材幕牆工程

工程品質保證計劃及程序

金屬板、石材與人造板材幕牆工程

一、通則及適用範圍

凡將金屬面板、天然石材、人工石材或人造板材等材料通過金屬構件與建築主體結構相連(乾掛)而形成的建築外圍護結構，除提高結構體外型的美觀外，並提供防風、遮雨、保溫、隔熱等功能，定義為金屬幕牆工程或石幕牆工程。幕牆主要承受自重、直接作用於其上的風荷載和地震作用，以及溫度作用。對於豎直的建築幕牆，風荷載是重要的作用。在訂定建築幕牆的面板和金屬框架的材質和類型時，應考慮以下特性：

- ✓ 建築物所在地區的地理位置、氣候條件、建築物高度、體型及周圍環境；
- ✓ 風壓變形性能；
- ✓ 雨水滲漏性能；
- ✓ 空氣滲透性能；
- ✓ 平面內變形性能；
- ✓ 保溫隔熱性能。
- ✓ 隔聲性能；
- ✓ 耐撞擊性能。

本節所述適用於一般的建築幕牆工程之面板材料，包括天然石材、人工石材、金屬面板及人造板材材料。整個幕牆系統所使用的材料基本上有五大類型材料，即骨架材料、面板材料、連接材料、密封填縫材料、結構黏結材料等，由於上述材料乃保證幕牆質量和安全的物質基礎，因此幕牆工程需通過施工現場之監督及材料測試以確保滿足設計及有關規格之要求。

二、工程品質保證文件之要求

金屬板、石材與人造板材幕牆工程於各施工階段，需按承攬規則的要求，提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

石材

一般常用的石幕牆石材飾面材料可分為天然石材及人造石材兩大類。天然石材按材料成份分為：大理石、花崗石及青石等，而人造石材則主要以不飽和聚脂樹脂為黏結劑，配以天然大理石或方解石、

白雲石、矽砂、玻璃粉等無機物粉料，以及適量的阻燃劑、顏色等，經成型固化製成，上述天然石材或人造石材須符合承攬規則上的要求，花崗石板材應符合 JC205[1] 之要求，證明文件上須提供下列資料：

- 材料出廠證明及產地來源
- 材料基本資料 (外觀、材質種類、顏色)
- 材料物理性能 (幾何尺寸、表觀密度、力學強度、吸水率)
- 材料耐久性能 (耐酸性、耐鹼性、耐腐蝕性、抗磨耗性、抗凍融性)
- 材料的放射性[31]
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

金屬板

一般常用的金屬飾面材料主要可分為不銹鋼、鋁合金兩大類。不銹鋼具有良好的抵抗大氣腐蝕的特性，表面平滑便於保潔，而鋁合金質輕，可因應環境需要加工成方板、弧形板等不同形狀，金屬板幕牆可按設計要求，選用單層鋁板[32]、鋁塑複合板[5]、蜂窩鋁板[34]、彩色鋼板[35]、搪瓷塗層鋼板[36]、不銹鋼板、鋅合金板、鈦合金板[37]、銅合金板[38]作為面板材料，上述金屬板材料須符合承攬規則上的要求，常用的不銹鋼面材應符合 GB/T3280[2] 或 GB/T4237[3]；而常用的單層鋁合金面材應符合 GB/T3880[4] 及鋁塑複合面材應符合 GB/T17748[5]，證明文件上須提供下列資料：

- 材料出廠證明及產地來源
- 材料基本資料 (外觀、材質種類、顏色)
- 材料表面保護塗層系統資料 (塗層種類、塗層厚度)
- 材料物理性能 (幾何尺寸、表觀密度、表面硬度、力學強度、導熱系數)
- 材料耐久性能 (耐腐蝕性、耐熱性、抗沖擊性、抗磨耗性、抗凍融性)
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

人造板材

面板材料為人造外牆板，如瓷板[33]、陶板[39]和微晶玻璃[40]等，上述人造外牆板材料須符合承攬規則上的要求，證書上須提供下列資料：

- 材料出廠證明及產地來源
- 材料基本資料 (外觀、材質種類、顏色)
- 材料物理性能 (吸水率、彎曲強度、斷裂模數、濕脹系數、抗凍性等)
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

幕牆系統說明及相關資料

須符合承攬規則要求，並提供下列技術資料：

- ✓ 幕牆系統的種類及功能、幕牆與主體結構連接承載力計算書；
- ✓ 使用材料的產品合格證明書、性能檢測報告等，包括：
  - 連接件材料，包括石板幕牆(連接板、鋼銷、金屬掛件、預埋件或金屬框架的主柱和橫梁等)、金屬板幕牆(連接板、金屬掛件、預埋件或金屬框架的主柱和橫梁等)；
  - 幕牆中黏結各種板材與金屬框架、板材與板材的受力用的黏結材料(結構膠)；
  - 幕牆嵌縫用的密封材料；
  - 隔熱保溫材料。
- ✓ 基質表面的預處理；
- ✓ 製作、安裝施工方法及技術說明；
- ✓ 幕牆系統之測試/檢測計劃。

材料進場、工地現場安裝及竣工驗收時

- ✓ 幕牆材料的試驗記錄和報告、預製構件出廠質量合格證書；
- ✓ 幕牆的抗風壓性能、空氣滲透性能、雨水滲漏性能及平面變形性能檢測報告(如有需要)；
- ✓ 隱蔽工程安裝記錄(包括主體結構與幕牆連接的各種預埋件或後置埋件、幕牆金屬框架與主體結構預埋件或後置埋件的連接、立柱與橫梁的連接)；
- ✓ 幕牆面板安裝施工記錄；
- ✓ 幕牆系統現場安裝/驗收測試報告(包括焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告、螺栓緊固檢測報告、預埋件或後置埋件的現場拉拔強度檢測報告及防鏽保護層檢測報告等)。

三、檢查、測試及驗收工作

金屬板、石材與人造板材幕牆工程的檢查工作，可歸納於下表：

建築幕牆工程檢查項目

檢查項目		材料控制	施工控制	檢測頻率	標準要求	備註
幕牆材料	各種材料、構件、組件 [1]	✔		全數檢查	a, b, c	
	幕牆面板外觀、規格尺寸	✔				與樣板相同
	預埋件和後置件數量、位置	✔				
	石材表面防護處理 [7]	✔				
	框架與連接件防腐及防電化處理 [6]	✔				
	運送 / 貯存 / 保護	✔				
	到場數量/使用數量記錄	✔	✔			
幕牆系統	施工計劃		✔	施工前		
	施工底材之預處理		✔	按工程需求及承攬規則決定		
	固定材料安裝之檢查 [2]		✔			
	連接節點檢查 [3]		✔			
	結構膠、密封膠打注 [4]		✔			
	組件製作工藝質量要求 [8]		✔			
	幕牆面板安裝工藝 [5]		✔			

註： 檢查項目

1 - 各種材料、構件、組件
檢查材料、構件、組件的產品合格證書、進場記錄、性能檢測報告等。

2 - 固定材料安裝之檢查
常見乾掛法施工的幕牆固定材料主要為鋁合金型材、碳素鋼、不鏽鋼材等，需要檢查的項目包括：

金屬幕牆：
框架系統中立柱與預埋件、立柱與橫梁、金屬面板與橫梁或立柱的連接必須安裝牢固，其數量、規格、位置、連接方法應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位/成品供應商/生產商技術指引要求，各種連接件、緊固件的螺栓應有防鬆動措施；焊接連接應符合設計要求和相關焊接規範的規定。

石材幕牆：
金屬框架與主體結構預埋件的連接、立柱與橫梁連接、連接件與金屬框架連接、連接件與石材面板的連接必須安裝牢固，其數量、規格、位置、連接方法應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位/成品供應商/生產商技術指引要求，各種連接件、緊固件的螺栓應有防鬆動措施；焊接連接應符合設計要求和相關焊接規範的規定。

有關鋁合金、碳素鋼型材、焊接工藝和螺栓連接工藝的檢查工作要求，可參閱「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」、「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」。

3 - 連接節點檢查
檢查項目包括幕牆內表面與主體結構間的連接節點、各種結構變形縫、牆角的連接節點等應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求。

4 - 結構膠、密封膠打注
結構膠、密封膠或板縫注膠應飽滿、密實、連續、均勻、無氣泡，寬度和厚度應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，不宜在夜晚、雨天打膠，打膠溫度應符合設計要求和產品要求，打膠前應使打膠面清潔、乾燥，如無相關指標依據時，相關的執行標準可參見 JC/T887[42]和 JC/T883[43]的規定。

5 - 幕牆面板安裝工藝
面板安裝工藝的檢查項目應包括幕牆垂直度、幕牆水平度、幕牆表面平整度、接縫直線度、接縫高低差、接縫寬度等應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，相關項目之安裝允許偏差可按如下的要求進行評定。

金屬、石材幕墻安裝質量 (摘錄自 JGJ 133 [15])

項目		允許偏差(mm)	檢查方法
幕墻垂直度	幕墻高度不大於 30m	≤10	激光經緯儀或經緯儀
	幕墻高度大於 30m，不大於 60m	≤15	
	幕墻高度大於 60m，不大於 90m	≤20	
	幕墻高度大於 90m	≤25	
豎向板材直綫度		≤3	2m 靠尺、塞尺
橫向板材水平度不大於 2000mm		≤2	水平儀
同高度相鄰兩根橫向構件高度差		≤1	鋼板尺、塞尺
幕墻橫向水平度	不大於 3m 的層高	≤3	水平儀
	大於 3m 的層高	≤5	
分格框對角綫差	對角綫長不大於 2000mm	≤3	3m 的鋼卷尺
	對角綫長大於 2000mm	≤3.5	

6 - 防腐及防電化處理
幕牆應選用耐氣候性的材料，若專案工程技術規格/承攬規則/設計單位無相關要求依據時，金屬材料和金屬零配件除不鏽鋼及耐候鋼外，鋼材應進行表面熱浸鍍鋅處理或採用其他更有效、更優越的防腐措施；此外幕牆中不同的金屬材料接觸處，除不鏽鋼外均應設置耐熱絕緣墊片或採用其他措施(如環氧樹脂玻璃纖維布、尼龍墊片等)，有效地防止電化學腐蝕[15]。

7 - 石材表面防護處理
對於處在大氣污染較嚴重或處在酸雨環境下的石材面板，應根據污染物的種類和污染程度及石材的礦物化學性質、物理性質選用適當的防護產品對石材進行保護[31]。

8 - 組件製作工藝質量
組件製作工藝，包括石材幕牆中石材面板外形尺寸允許誤差、板材正面外觀缺陷要求、石材面板孔加工尺寸及允許誤差、石材面板通槽、短槽和碟形背卡槽允許偏差等；金屬板幕牆中金屬板幕牆組件裝配尺寸允許偏差、金屬板幕牆組件平面度允許偏差等；人造板材幕牆中人造板材尺寸要求、人造板材尺寸偏差、人造板材正面外觀缺陷允許值、瓷板槽加工尺寸及允許偏差、微晶玻璃、瓷板孔加工允許偏差、人造板材幕牆豎向構件和橫向構件尺寸允許偏差等應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，相關項目之製作工藝允許偏差可按 GB/T 21086[31]的要求進行評定。

標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 成品供應商/生產商技術指引
c - GB/T 21086[31]

檢查、測試及驗收工作（續）

金屬板、石材與人造板材幕牆工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

建築幕牆工程測試及驗收項目

檢測項目		材料工作性能	系統耐久性能	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
石材	比重 [1]	✓		ASTM C97 [6]	每批檢測❶	a, b, c	i	
	吸水率 [1]	✓	✓	ASTM C97 [6]		a, b, c	i	
	彎曲強度 [2]	✓	✓	ASTM C880 [8]		a, b, c	i	
	抗壓強度	✓	✓	ASTM C170 [7]	如有需要❷	a, b, c	-	
	耐磨性	✓	✓	ASTM C241 [9]		a, b, c	-	
	耐化學性能	✓	✓	ASTM C581 [10]		a, b	-	
金屬板、人造板材	面板材料抗拉強度 [3]	✓	✓	-	每批檢測❸	a, b	i, v	
	面板材料表面處理層厚度 [4]	✓	✓	-		a, b	i, v	
	面板材料物理性能	✓	✓	-	如有需要❷	a, b	i, v	
	面板材料化學性能	✓	✓	-		a, b	i, v	
幕牆系統	五金件及其他配件材料和保護塗層測試 [5]	✓	✓	EN 10002 [16] ISO 898 [17] BS729 [18] ISO 2808 [19] ISO 3506 [30]	每批檢測❸	a, b, d	i, v	
	硅酮結構膠及密封材料性能測試	✓	✓	GB/T 16776 [20]	如有需要❷	a, b	-	
	飾面石材掛件組合單元掛裝強度試驗 [6]	✓		ASTM C1354 [11]	每批檢測❶	a, b, c	i	
	幕牆物理性能檢驗 [8]	✓	✓	GB/T 15227 [21]	如有需要❷	a, b	-	
	幕牆支承結構焊縫無損探傷試驗 [7]	✓	✓	-	每批檢測❹	a, b	ii	
	幕牆現場滲漏測試 [9]	✓	✓	AAMA 501.2 [12]	10%	a, b	iii	
	錨固螺栓現場抗拔測試 [10]	✓	✓	BS 5080-1[13]	每批檢測❺	a, b	iv	

註： 檢測項目

1 - 石材之比重和吸水率測試
進行幕牆石材比重和吸水率測試的每一組樣本 (Sample)，應按照 ASTM C97[6]之要求，以五個或以上試件(Specimen)進行測試，作為該組樣本之試驗結果。

2 - 石材之彎曲強度測試
進行幕牆石材彎曲強度測試的每一組樣本 (Sample)，應按照 ASTM C880[8]之要求，以五個或以上試件(Specimen)進行測試，作為該組樣本之試驗結果。

3 – 面板材料抗拉強度
應按照各面板材料執行標準的要求，進行樣本的收集和測試的工作，如鋁合金板材抗拉測試的每一組樣本(Sample)，可按照 EN10002[16]之測試方法，以三個或以上試件 (Specimen)進行測試，作為該組樣本之試驗結果。

4 – 面板材料表面處理層厚度
應按照各面板材料執行標準的要求，對表面處理層厚度進行測試工作，如鋁板材可按照 GB5237[41]之測試方法，利用乾膜厚度計量測鋁材覆蓋層的乾膜厚度，作為覆蓋層品質驗收的重要項目，每一個驗收試驗需分別在該批量的型材上選取 20 點，在每點約 1cm^2 範圍內進行 3 次膜厚量測，即共 60 個量測值，並計算出該批量型材的局部膜厚及平均膜厚為該項驗收試驗的結果。

5 – 五金件及其他配件材料和保護塗層測試
包括幕牆系統的轉接件、連接件、支承結構和緊固件等金屬材料，其材質和防腐塗層測試方法可參閱相關的「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」。

6 – 飾面石材掛件組合單元掛裝強度試驗
主要針對飾面石材與單個掛件的組合單元進行掛裝強度試驗，掛件乃插入板材上槽或孔內的金屬構件，由此可直接或通過中間結構將荷載從石材傳遞到建築主結構上，因此掛件和石材上的槽或孔須按工程實際使用要求加工，並根據工程要求的加載方向對試件平穩地施加荷載直至試件破壞，按照 ASTM C1354[11]之要求，以五個或以上試件 (Specimen)進行測試，作為該組樣本之試驗結果。

7 – 焊縫無損探傷試驗
無損檢測應根據下列標準進行：
對接焊縫
- 超聲波探傷檢測　BS3923[22]
- 射線探傷檢測　BS2600[23]

角焊縫
- 著色滲透探傷檢測　BS6443[24]
- 磁粉探傷檢測　BS6072[25]

焊縫之檢定試驗亦可根據 AWS D1.1-96[26] 進行，可參閱相關的「鋼結構工程品質保證計劃及程序」。

8 – 幕牆物理性能試驗
幕牆性能試驗是驗證幕牆系統安全性能的一種有效手段，主要通過檢測設備模擬自然界的風、雨作用等自然現象，提供不同的效應組合用來檢測建築幕牆試件本身的水密性能(Watertightness Performance)、氣密性能(Air Permeability Performance)和抗風壓性能(Wind Load Resistance Performance)等，其試驗方法和要求可按照 GB/T 15227-2007[21] 或國外同等之測試標準規定進行。

9 – 幕牆現場滲漏測試
主要針對有水密性要求的建築幕牆，測試方法主要採用符合 AAMA 501.2 [12]要求之特製銅質噴嘴，且配有一控制閥和壓力計進行噴淋試驗工作，噴嘴處的水壓須達到 30~35psi (約 200~235kPa)，在幕牆的室外側，將水垂直地噴向幕牆表面，依次對選定長為 1.5m 的接縫連續噴水 5 分鐘，與此同時，在室內側檢查任何可能出現滲水的情況，如果在 5 分鐘內未有任何發現，則轉至下一個待檢測的部位。

10 – 錨固螺栓現場拉拔試驗 (Anchor Bolt Pull-out Test)
對現場錨固於混凝土內的螺栓應於不同位置進行螺栓拉拔試驗，以確定其錨碇力及錨碇之可靠性。試驗過程須於驗收區域內隨機選取於不同的基材上每種已錨固的螺栓不小於 5 根進行測試，測試方法主要利用加荷設備，按照設計單位或材料生產商所建議的荷載施加於錨固螺栓，並進行持荷的工作，以確保螺栓不可出現損壞、脫出或變形的現象。

建議檢測頻率

❶ – 建議每一階段幕牆安裝前予以測試或按工程承攬規則的要求進行，驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之幕牆安裝工作。

❷ – 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。

❸ – 關於鋼材制品、螺栓、螺帽及墊圈和防腐塗層之檢測頻率可參閱「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」、「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」、「鋼結構工程品質保證計劃及程序」和「塗裝油漆工程品質保證計劃及程序」的規定和要求進行。

❹ – 關於焊縫之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章[27]第八十八條和承攬規則之要求。

❺ – 建議每個驗收批中應進行一個錨固螺栓現場拉拔試驗以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之錨固工作。

標準要求
a – 成品供應商/生產商技術指引
b – 承攬規則
c – ASTM C503 [14]
d – 建築鋼結構規章，REAE [27]

合格準則
i – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個樣本進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

ii– 焊縫檢測之合格標準可採用 BS5135[28]之表 18 及 19，BS EN 25817[29]之表 1 或 AWS D1.1-96[26]。 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 (詳見建築鋼結構規章[27]第八十八條之規定)。

iii– 當測試期間發現滲漏，應進行修補和重新測試。並應於相同驗收批中額外選取兩處等同之範圍進行測試直至所有測試範圍均沒有發現任何滲漏。

iv– 當測試結果不能滿足相關技術規格的要求時，建議於相同的驗收區域內額外選取不小於 5 根錨固螺栓進行覆試，對於不能滿足要求之錨固螺栓，需提交補救措施/方案，並進行適當的補強工作。

v– 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，可根據各面板材料執行標準、各相關品質保證計劃及程序中的規定和要求。

四、引用法規/參考技術文件

[1] JC205, 天然花崗石建築板材

[2] GB/T3280, 不銹鋼冷軋鋼板和鋼帶

[3] GB/T4237, 不銹鋼熱軋鋼板和鋼帶

[4] GB/T3880, 鋁及鋁合金軋制鋼板

[5] GB/T17748, 建築幕牆用鋁塑複合板

[6] ASTM C97, Standard test methods for absorption and bulk specific gravity of dimension stone

[7] ASTM C170, Standard test method for compressive strength of dimension stone

[8] ASTM C880, Standard test method for flexural strength of dimension stone

[9] ASTM C241, Standard test method for abrasion resistance of stone subjected to foot traffic

[10] ASTM C581, Standard practice for determining chemical resistance of thermosetting resins used in glass-fiber-reinforced structures Intended for liquid service

[11] ASTM C1354, Standard test method for strength of individual stone anchorages in dimension stone

[12] AAMA 501.2, Quality assurance and diagnostic water leakage field check of installed storefronts, curtain walls and sloped glazing systems

[13] BS 5080-1, Structural fixings in concrete and masonry. Part 1. Method of test for tensile loading

[14] ASTM C503, Standard specification for marble dimension stone (Exterior)

[15] JGJ 133, 金屬與石材幕牆工程技術規範

[16] EN10002, Tensile testing of metallic materials

[17] ISO898, Mechanical properties of fasteners
Part 1 – Bolts, screws and studs
Part 2 – Nuts with specified proof load values – crouse thread.

[18] BS729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles

[19] ISO 2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness

[20] GB/T 16776, 建築用矽酮結構密封膠

[21] GB/T 15227, 建築幕牆水密性、氣密性、抗風壓性能檢測方法

[22] BS3923, Methods of ultrasonic examination of welds

[23] BS2600, Radiographic examination of fusion welded butt joints in steel

[24] BS6443, Penetrant flaw detection

[25] BS6072, Magnetic particle flaw detection

[26] AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel

[27] 建築鋼結構規章, Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, 第 29/2001 號行政法規

[28] BS5135, Specification for arc welding of carbon and carbon manganese steels

[29] BS EN25817, Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections

[30] ISO3506, Mechanical properties of corrosion resistence stainless-steel fasteners.
Part 1 – Bolts, screws and studs.
Part 2 – Nuts.

[31] GB/T 21086, 建築幕牆

[32] YS/T 429, 鋁幕墻板

[33] JG/T 217, 建築幕墻用瓷板

[34] GJB/T 1719, 鋁蜂窩夾層結構通用規範

[35] GB/T 12754, 彩色塗層鋼板及鋼帶

[36] QB/T 1855, 非接觸食物搪瓷制品

[37] GB/T 3621, 鈦及鈦合金板

[38] GB/T 2040, 銅及銅合金板

[39] GB/T 4100, 陶瓷磚

[40] JC/T 872, 建築裝飾用微晶玻璃

[41] GB/T 5237, 鋁合金建築型材

[42] JC/T 887, 乾掛石材幕墻用環氧膠黏劑

[43] JC/T 883, 石材用建築密封膠

工程品質保證計劃及程序

外牆飾面磚工程

工程品質保證計劃及程序

外牆飾面磚工程

一、通則及適用範圍

外牆飾面磚主要可保護外牆的建築構件免受風化侵蝕，亦有助美化建築物的外觀。外牆飾面種類繁多，有不同的系統和形式，本節所述適用於一般把瓷磚(陶瓷磚)或紙皮石(馬賽克)以濕式鋪砌的方法，黏附在水泥沙漿盪面上，為了盡量減少外牆飾面磚鋪砌後發生脫落的事故，所以必需對材料、施工品質及驗收等方面進行合適的控制。

濕式鋪砌飾面磚通常會以專利黏合劑(adhesives)或水泥沙漿 (cement sand slurry) 黏附於盪面(rendering)上，而盪面則以甩灰塗底(spatter dash)及/或黏結劑(bonding agent)，黏結於建築物的外牆，由於上述材料乃保證飾面系統質量和安全的物質基礎，因此建築外牆飾面工程需通過施工現場之監督、材料測試及竣工驗收測試以確保滿足設計及有關規格之要求。

二、工程品質保證文件之要求

建築外牆飾面磚工程於各施工階段，需按承攬規則的要求，提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

[飾面材料]

一般的建築外牆飾面磚工程之飾面材料，包括瓷磚及馬賽克等，並需符合 GB/T4100[13]、ISO13006[18]、BS5385[3]或 EN14411[19]等標準要求，詳細分述如下：

瓷磚 / 馬賽克等飾面材料

✓ 瓷磚/馬賽克等飾面材料規格證明書

上述瓷磚/馬賽克等飾面材料須符合承攬規則上的要求，證書上須提供下列資料：

- 產品合格證、出廠檢驗報告
- 產品基本資料，包括但不限於品種、規格、顏色、圖案等
- 產品尺寸和表面質量，包括但不限於長度和寬度、厚度、邊直度、直角度、表面平整度(彎曲度和翹曲度)等
- 產品物理性能，包括但不限於吸水率、破壞強度、斷裂模數、線性熱膨脹、抗熱震性、抗釉裂性、濕膨脹、小色差、拋光磚光澤度等
- 產品化學性能，包括但不限於耐污染性、耐腐蝕性、鉛和鎘的溶出量等
- 適用環境、耐用年限

- 運輸、貯存及操作說明

[黏合系統說明及相關資料]
須符合承攬規則要求，並須提供下列技術資料：

✓ 建築外牆飾面系統的功能、飾面系統與主體結構連接承載力計算書(如有需要)；

✓ 使用材料的產品合格證明書、性能檢測報告等，包括：
- 飾面磚黏合劑(adhesives)，包括水泥基膠黏劑/膏狀乳液膠黏劑/反應型樹脂膠黏劑、水泥沙漿和添加劑等，一般需符合 EN12004[5]或 ISO13006[18]等標準；
- 黏結劑(bonding agent)盪面；
- 飾面嵌縫用(包括伸縮縫)的密封材料(填縫膠)，一般需符合 EN13888[6]或 ISO13006[18]等標準。

✓ 基底表面的預處理方案；

✓ 製作、鋪設施工方案及技術說明，包括：
- 基底表面批盪層和黏合層的厚度；
- 於進行批盪的過程中，防止盪面和黏合層下垂或滑動的措施和方案；
- 伸縮縫位置和施工方法。

✓ 飾面磚樣板件黏結強度測試報告；

✓ 飾面系統之測試/檢測計劃。

材料進場、工地現場安裝及竣工驗收時

✓ 飾面系統材料的試驗記錄、報告和出廠質量合格證書；

✓ 外牆飾面磚鋪設的施工記錄、鋪設完整性的檢查記錄；

✓ 外牆飾面磚驗收測試報告(包括飾面系統黏結強度測試報告、錘敲外牆飾面磚測試報告、紅外熱像法檢測報告等)。

三、檢查、測試及驗收工作

外牆飾面磚工程的檢查工作，可歸納於下表：

外牆飾面磚工程檢查項目

檢查項目		材料控制	施工控制	檢測頻率	標準要求	備註
飾面材料	各種材料、面材、底料、填縫材料 [1]	✔		全數檢查	a, b, c	
	飾面磚尺寸和表面質量 [2]	✔				與樣板相同
	預埋件和後置件數量、位置	✔				
	運送 / 貯存 / 保護	✔				
	到場數量/使用數量記錄	✔	✔			
飾面系統	施工計劃		✔	施工前		
	施工基底表面之預處理 [3]		✔	按工程需求及承攬規則決定		
	批盪層(盪面)之施工控制 [4]		✔			
	黏合層之施工控制 [5]		✔			
	伸縮縫 [6]		✔			
	飾面磚安裝工藝 [7]		✔			

註： 檢查項目

1 - 各種材料、面材、底料、填縫材料
檢查材料、面材、底料、填縫材料的產品合格證書、進場記錄、性能檢測報告等。

2 - 飾面磚尺寸和表面質量
檢查內容包括但不限於長度、寬度、厚度、邊直度、直角度、表面平整度和表面質量等，相關技術要求應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，相關項目之允許偏差可按 GB/T4100[13]、ISO13006[18]或 EN14411[19]的要求進行評定。

3 - 施工基底表面之預處理[10]
施工基底必須堅硬而且牢固，就混凝土基底表面，弱面經常發生於存在蜂窩或鬆散物的位置，因此該等基底表面鬆散物料必須於批盪層施工前完全移除，另外，污垢、粉塵、油、油脂、油漆及風化物等均會對批盪層與基底之間的粘結性能造成嚴重負面影響，所以該等物質必須於批盪層施工前完全移除；

由於剛施工完成的基底，因材料不同的關係，所需乾縮的時間亦有分別，因此需考慮開展對基底進行批盪的時間，並提交包括施工時間的施工記錄。

4 - 批盪層(盪面)之施工控制[10]
基底表面批盪層中各層的厚度和總厚度應按照專案工程技術規格/材料製造商/承攬規則/設計單位的厚度要求進行施工，如無相關指標依據時，每層盪面的厚度應介乎 8mm 至 16mm 之間，總厚度不應超過 20mm，並應提交包括批盪層中各層的厚度及整個批盪層總厚度的施工記錄；

當基底出現起伏，引致部批盪層厚度出現不均或過厚，這可能造成局部應力差異而導致脫落的風險增加，基本上於各項建築外牆飾面工程，此情況都不可避免，因此於施工方案及材料審批的程序中，應預早考慮此問題，當遇到此問題時，應考慮於基底加裝適當的鋼筋或金屬拉網作為錨固，使對其上批盪層提供承托，再於批盪層材料(一般採用水泥和砂)中混入適當添加劑(黏結劑，bonding agent)以增加基底層與批盪層的黏結能力，以改

善其抗壓力和抗拉力。

5 - 黏合層之施工控制[10]
須採用適合飾面磚的黏合材料，黏合層中黏合劑 (Adhesive) 的使用配比需按照生產商建議，以配合各種不同飾面磚吸水率、施工及設計要求；黏合層的厚度亦需按照生產商建議和設計的要求進行施工，黏合層厚度過大將增加其自重，因而降低其整體的承載能力。

6 - 伸縮縫
伸縮縫應按照專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求以有規則的間距設置於飾面磚之間，以容許其冷縮熱脹，伸縮縫的深度應穿透黏合層及批盪層至基底表面，並以經審批的填縫物料，按照生產商的指引進行密封，密封劑應可承受預計的移動範圍，而不會使接縫邊失去黏合力，並可達到防水和抵受紫外線的功能。

7 - 飾面磚安裝工藝[10]
作為一個良好的作業方法，飾面磚安裝應從高位至低位施工，這不僅可讓已安裝的飾面磚有足夠時間得已乾縮，同時亦可確保在鋪砌飾面磚前，有充足的時間讓相關構件完成因高位飾面磚的重量所導致的額外荷載而產生的變形，使構件達至穩定狀態；此作業方法可有效降低因從低位至高位施工時，上層飾面磚重量於粘結強度未完全生成時對下層飾面磚造成擠壓，因而導致部份飾面磚粘結不穩或出現空鼓的機會，此外，在鋪設飾面磚前，須檢驗水泥沙漿盪面，以及輕敲盪面，檢查是否有鬆脫跡象，以及將欠妥的盪面糾正；

當採用水泥沙漿作為黏合層鋪設飾面磚時，基底表面批盪層及飾面磚均不可太乾或太濕，兩種情況均會影響黏合層的強度生成，飾面磚於安裝前應浸泡於水中最小 30 分鐘，再於安裝前於水中取出疊起讓其表面水份流走後才進行安裝，批盪層於飾面磚鋪設前亦應先使其濕潤；當使用專利黏合劑時，需按生產商的技術指引；

飾面磚與基底表面之間不可存在空鼓，每片飾面磚或馬賽克（每單一小塊） 背面須填有飽滿黏合材料，並有效而緊固地貼於批盪層/盪面表面；

當鋪設工作完成後，為了確保鋪設位置的施工工藝，承建單位應以錘敲外牆飾面磚的方法或其他使用檢測儀器作為技術輔助的方法(如紅外熱像法等)檢查已施工位置是否存在鬆脫或空鼓的現象，並須提交相關的檢查記錄作為自檢的程序文件。

標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 成品供應商/生產商技術指引
c - PNRC67, 註冊承建商作業備考：建築物外牆飾面-濕式鋪砌飾面磚[10]

檢查、測試及驗收工作 (續)

外牆飾面磚工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

外牆飾面磚工程測試及驗收項目

檢測項目		材料工作性能	系統耐久性能	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
陶瓷磚	物理性能 [1]	✔	-	GB/T 3810 [15] GB/T 13891 [16]	如有需要❶	a, b	i, ii	
	化學性能 [2]	✔	-	GB/T 3810 [15]		a, b	i, ii	
黏合層	膠黏劑性能	✔	-	JC/T 547 [14] EN 12004 [5]	如有需要❶	a, b	i, ii	
外牆飾面磚鋪設系統	飾面磚樣板件黏結強度測試(實地拔拉測試)[3]	✔	✔	按工程要求、承攬規則、生產商技術指引及事先協定的試驗方法	鋪設工作開展前	a, b	iii	
	實地外牆飾面磚黏結強度測試(實地拔拉測試)[4]	✔	✔	按工程要求、承攬規則、生產商技術指引及事先協定的試驗方法	每批檢測❷	a, b	iii	
	錘敲外牆飾面磚測試 [5]	✔	-	-	如有需要❶	b	iv	
	紅外熱像法檢測 [6]	✔	-	HKCI TM1 [20] CECS 204 [17]	鋪設工作後	b, c, d	-	

註： 檢測項目

1 – 物理性能
按 GB/T 4100[13]的要求，物理性能的測試包括吸水率、破壞強度、斷裂模數、線性熱膨脹、抗熱震性、抗釉裂性、濕膨脹、小色差、拋光磚光澤度等。

2 – 化學性能
按 GB/T 4100[13]的要求，化學性能的測試包括耐污染性、耐化學腐蝕性、鉛和鎘的溶出量等。

3 – 飾面磚樣板件黏結強度測試(實地拔拉測試)
為了可以確保飾面磚與批盪層之間有良好和持久的黏合，應在展開工程前，於實地每種類型的外牆基底上按照已批核的施工方案和物料(包括外牆飾面磚、黏合劑、黏結劑和水泥沙漿等)各黏貼一幅面積不少於 1m² 的飾面磚樣板件以進行黏結強度測試(實地拔拉測試)，以確定飾面磚與批盪面系統相容，每一種類型的樣板件應各製取一組 3 至 6 個飾面磚黏結強度試樣。

4 – 實地外牆飾面磚黏結強度測試(實地拔拉測試)
現場黏貼的外牆飾面磚工程完工後，應對飾面磚黏結強度進行檢驗，其檢驗方法主要將標準塊黏貼於飾面磚表面，並沿着標準塊的邊緣進行斷縫處理，斷縫應從飾面磚表面切割至混凝土牆體或砌體表面，然後採用黏結強度檢測儀測定飾面磚的黏結力，檢測完成後應按受力斷開的性質確定斷開狀態。

5 – 錘敲外牆飾面磚測試
主要以錘輕敲外牆飾面磚藉以檢查飾面磚是否出現鬆脫或空鼓的情況，此乃驗證鋪設施工工藝完整性的一種有效和常用方法。

6 – 紅外熱像法檢測
主要作為檢測建築外牆飾面層黏結缺陷的非接觸式的無損檢測方法，利用紅外熱像裝置將物體表面的溫度分佈拍攝成可視圖像，並進行分析判斷。

建議檢測頻率

❶ – 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。

❷ – 外牆飾面磚安裝完成後，應按照專案工程技術規格/承攬規則/設計單位的檢測頻率要求進行實地外牆飾面磚黏結強度測試(實地拔拉測試)作為外牆驗收，如無相關指標依據時，測試的取樣比率可建議為每 10 層標準樓層或其部分，就每種飾面磚抽取最少 3 組樣本，每組樣本包括最少 3 個飾面磚黏結強度試樣。

標準要求
a – 成品供應商/生產商技術指引
b – 承攬規則
c – HKCI TM1 [20]
d – CECS 204 [17]

合格準則
i – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個樣本進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

ii– 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，可根據各飾面磚材料執行標準、各相關品質保證計劃及程序中的規定和要求。

iii– 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議每一驗收批各組樣本均應符合兩個基本要求，即每組試樣平均黏結強度不應小於 0.4MPa；及每組可有一個試樣的黏結強度小於 0.4MPa，但不應小於 0.3MPa。當一組樣本只符合上述兩項指標的一項要求時，應在該組樣本原取樣區域內重新抽取兩組樣本進行檢驗，若檢驗結果仍有不符合指標要求時，則該組飾面磚黏結強度應定為不合格。

iv – 若對承建單位所提交的檢查記錄有疑問時，可委託具相關專業資質的檢測機關，於相同驗收批/區域內額外選取具代表性的位置/數量進行覆檢的工作；當覆檢過程中發現鬆脫或空鼓現象時，宜進行全數的檢測工作。

四、引用法規/參考技術文件

[1] BS EN 197-1, Cement – Part1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

[2] BS EN 1348, Adhesives for tiles – Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives

[3] BS 5385, Wall and floor tiling, Code of Practice for the design and installation of external ceramic wall tiling and mosaics (including terra cotta and faience tiles)

[4] BS 8000-16, Workmanship on building sites – Part 16: Code of Practice for sealing joints in buildings using sealants

[5] BS EN 12004, Adhesives for tiles – Requirements, evaluation of conformity, classification and designation

[6] BS EN 13888, Grouts for tiles – Definitions and specifications

[7] BS EN 13914-1, Design, preparation and application of external rendering and internal plastering. External rending

[8] JGJ 110, 建築工程飾面磚粘結強度檢驗標準

[9] RILEM Recommendation MDT. D.3, Determination "in-situ" of the adhesive strength of rendering and plastering mortars to their substrate

[10] PNRC67, 註冊承建商作業備考：建築物外牆飾面-濕式鋪砌飾面磚, 屋宇署, 香港特別行政區政府

[11] Guidelines on Building External Finishes – Tiles and Rendering, 屋宇署, 香港特別行政區政府

[12] JGJ126, 外牆飾面磚工程施工及驗收規程

[13] GB/T 4100, 陶瓷磚

[14] JC/T 547, 陶瓷牆地磚膠黏劑

[15] GB/T 3810, 陶瓷磚試驗方法

[16] GB/T 13891, 建築飾面材料鏡向光澤度測定方法

[17] CECS 204, 紅外熱像法檢測建築外牆飾面層黏結缺陷技術規程

[18] ISO13006, Ceramic tiles-Definitions, classification, characteristics and marking

[19] BS EN 14411, Ceramic tiles, Definitions, classification, characteristics, evaluation of conformity and marking

[20] HKCI TM1, Detection of Building Surface Defect by Infrared Thermography

[21] Specification Library, 房屋委員會, 香港特別行政區政府

[22] General Specification for Civil Engineering Works, 土木工程拓展署, 香港特別行政區政府

[23] General Specification for Buildings, 建築署, 香港特別行政區政府

工程品質保證計劃及程序

地台鋪面工程

工程品質保證計劃及程序

地台鋪面(磚、板塊)工程

一、通則及適用範圍

地台泛指建築物底層地面和樓層地面，此外還包括室外的通道、踏步和坡道(斜道)等附屬工程，一般來說，地台面由面層和基層組成，基層又包括墊層和構造層兩部分，按照不同功能的使用要求，地面鋪面材料(面層)應具有耐磨、防水、防潮、防滑、易於清掃等特點。由於地台面鋪面材料種類繁多，有不同的系統和形式，本節所述適用於一般磚材鋪面(如混凝土磚、燒結磚、黏土磚等)、天然石材鋪面(如大理石、花崗石等)和人造鋪面(石質面板、陶質面板、瓷質面板等)的施工方法，因此對材料、施工品質及驗收等方面需進行合適的控制。

二、工程品質保證文件之要求

地台鋪面工程於各施工階段，需按承攬規則的要求，提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

[鋪面材料]
一般的地台鋪面工程之鋪面材料，包括磚材鋪面、天然石材鋪面和人造鋪面等，詳細分述如下：

磚材鋪面
磚材按材料成份分為：

- 預製混凝土磚：應符合 EN 1338[1]、BS 6717-1[2]、GB 28635[3]或其他適用標準及承攬規則；
- 花崗石磚：應符合 EN 1341[4]、EN 1342[5]或其他適用標準及承攬規則的要求；
- 人造石磚：應符合適用標準及承攬規則的要求；
- 黏土磚：應符合 EN 1344[6]、GB/T 26001[7]或其他適用標準及承攬規則的要求。

對於磚材，證明文件上須提供下列資料：

- 出廠證明及產地來源
- 基本資料 (外觀、材質種類、顏色)
- 幾何尺寸資料
- 力學性能試驗報告 (抗壓強度、抗彎強度、抗折強度或橫向破壞荷載)
- 物理性能資料 (吸水率等)
- 耐久性能資料 (抗磨耗性、抗紫外線性能等)
- 磚材的放射性限量合格的檢測報告，檢測方法可按 GB 6566[8]或同類標準(當磚材規格

適用時)
- 磚材表面的抗滑性能試驗報告
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

天然石材鋪面

天然石材按材料成份分為：大理石、花崗石及青石等，，石材須滿足承攬規則上的要求。當承攬規則未有說明要求時，天然花崗石板材應符合 GB/T 18601[9] 之要求，而天然大理石板材應符合 GB/T 19766 [10] 之要求。證明文件上須提供下列資料：

- 材料出廠證明及產地來源
- 材料基本資料 (外觀、材質種類、顏色)
- 材料物理性能 (幾何尺寸、表觀密度、力學強度、吸水率)
- 材料耐久性能 (耐酸性、耐鹼性、耐腐蝕性、抗磨耗性、抗凍融性)
- 材料的放射性限量合格的檢測報告，檢測方法可按 GB 6566[8]或同類標準
- 鋪面材料抗滑性能
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

人造鋪面

鋪面材料為人造板塊，如陶瓷面板和人造石材面板等，人造板塊材料須符合承攬規則上的要求，並需符合 GB/T 4100[11]、ISO 13006[12]、BS 5385[13]或 EN 14411[14]等標準要求，證書上須提供下列資料：

- 產品合格證、出廠檢驗報告
- 產品基本資料，包括但不限於品種、規格、顏色、圖案等
- 產品尺寸和表面質量，包括但不限於長度和寬度、厚度、邊直度、直角度、表面平整度(彎曲度和翹曲度)等
- 產品物理性能，包括但不限於吸水率、破壞強度、斷裂模數、耐磨性、線性熱膨脹、抗熱震性、抗釉裂性、磨擦系數、濕膨脹、小色差、抗衝擊性、拋光磚光澤度等
- 鋪面材料抗滑性能
- 產品化學性能，包括但不限於耐污染性、耐腐蝕性、鉛和鎘的溶出量等
- 人造鋪面材料的放射性限量合格的檢測報告，檢測方法可按 GB 6566[8]或同類標準(當人造鋪面材料規格適用時)
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

[黏合系統說明及相關資料]

須符合承攬規則要求，並須提供下列技術資料：

- ✓ 使用材料的產品合格證明書、性能檢測報告等，包括：
  - 鋪面材料黏合劑(adhesives)，包括水泥基膠黏劑/膏狀乳液膠黏劑/反應型樹脂膠黏劑、水泥砂漿和添加劑等，一般需符合 JC/T 547[15]、EN 12004[16]或 ISO 13006[12]等標準；
  - 黏結劑(bonding agent)盪面；
  - 鋪面嵌縫用(包括伸縮縫)的密封材料(如填縫膠 、填縫用水泥砂漿等)，一般需符合 EN 13888[17]或 ISO 13006[12]等標準。
- ✓ 基底表面的預處理方案；
- ✓ 製作、鋪設施工方案及技術說明，包括：
  - 基底表面批盪層/找平層和黏合層/結合層的厚度；
  - 伸縮縫位置和施工方法。
- ✓ 鋪面系統之測試/檢測計劃。

材料進場、工地現場安裝及竣工驗收時

- ✓ 鋪面系統材料的試驗記錄、報告和出廠質量合格證書；
- ✓ 地台鋪面材料鋪設的施工記錄、鋪設完整性的檢查記錄；
- ✓ 地台鋪面材料驗收測試報告(包括鋪面材料抗滑測試報告等)。

三、檢查、測試及驗收工作

地台鋪面工程的檢查工作，可歸納於下表：

地台鋪面工程檢查項目						
檢查項目		材料控制	施工控制	檢測頻率	標準要求	備註
鋪面材料	各種材料、面材、底料、填縫材料 [1]	✔		全數檢查	a, b, c	
	鋪面材料尺寸和表面質量 [2]	✔				與樣板相同
	運送 / 貯存 / 保護	✔				
	到場數量/使用數量記錄	✔	✔			
鋪面系統	施工計劃		✔	施工前		
	施工基底表面之預處理 [3]		✔	按工程需求及承攬規則決定		
	批盪層(盪面)之施工控制 [4]		✔			
	隔離層之施工控制 [5]		✔			
	黏合層之施工控制 [6]		✔			
	伸縮縫 [7]		✔			
	鋪面材料安裝工藝 [8]		✔			
	錘敲地台面測試 [9]		✔	全數檢測		

註： 檢查項目

1 - 各種材料、面材、底料、填縫材料
檢查材料、面材、底料、填縫材料的產品合格證書、進場記錄、性能檢測報告等。

2 - 鋪面材料尺寸和表面質量
檢查內容包括但不限於長度、寬度、厚度、邊直度、直角度、表面平整度和表面質量等，相關技術要求應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，相關項目之允許偏差可按 GB/T 4100[11]、ISO 13006[12]或 EN 14411[14]的要求進行評定。

3 - 施工基底表面之預處理
施工基底必須堅硬而且牢固，就混凝土基底表面，弱面經常發生於存在蜂窩或鬆散物的位置，因此該等基底表面鬆散物料必須於批盪層施工前完全移除，另外，污垢、粉塵、油、油脂、油漆及風化物等均會對批盪層與基底之間的粘結性能造成嚴重負面影響，所以該等物質必須於批盪層施工前完全移除；

由於剛施工完成的基底，因材料不同的關係，所需乾縮的時間亦有分別，因此需考慮開展對基底進行批盪的時間，並提交包括施工時間的施工記錄；

4 - 批盪層(盪面)之施工控制
基底表面批盪層中各層的厚度和總厚度應按照專案工程技術規格/材料製造商/承攬規則/設計單位的厚度要求進行施工，並應提交包括批盪層中各層的厚度及整個批盪層總厚度的施工記錄，有防水要求的建築地面工程，批盪層鋪設前必須對立管、套管和地漏與樓板節點之間進行密封處理，排水坡度應符合設計要求；

5 - 隔離層之施工控制
隔離層材料的防水、防油滲性能、鋪設層數、上翻高度、有種植要求的防根穿刺等應符合專案工程技術規格/材料製造商/承攬規則/設計單位的要求， 相關的檢查工作可參閱「建築防水工程」的品質保證計劃及程序。

6 - 黏合層之施工控制
須採用適合鋪面材料的黏合材料，黏合層中黏合劑 (adhesive) 的使用配比需按照生產商建議，以配合各種不同鋪面材料的吸水率、施工及設計要求；黏合層的厚度亦需按照生產商建議和設計的要求進行施工；

7 - 伸縮縫
伸縮縫應按照專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求以有規則的間距設置於鋪面材料之間，以容許其冷縮熱脹，伸縮縫的深度應穿透黏合層及批盪層至基底表面，並以經審批的填縫物料，按照生產商的指引進行密封，密封劑應可承受預計的移動範圍，而不會使接縫邊失去黏合力，並可達到防水和抵受紫外線的功能；

8 - 鋪面材料安裝工藝
當採用水泥沙漿作為黏合層鋪設鋪面材料時，基底表面批盪層及鋪面材料均不可太乾或太濕，兩種情況均會影響黏合層的強度生成，人造鋪面材料於安裝前應浸泡於水中最小 30 分鐘，再於安裝前於水中取出疊起讓其表面水份流走後才進行安裝，批盪層於鋪面材料鋪設前亦應先使其濕潤；當使用專利黏合劑時，需按生產商的技術指引；

鋪面材料與基底表面之間不可存在空鼓，每片鋪面材料背面須填有飽滿黏合材料，並有效而緊固地貼於批盪層/盪面表面；

當鋪設工作完成後，為了確保鋪設位置的施工工藝，承建單位應以錘敲鋪面材料的方法檢查已施工位置是否存在空鼓的現象，並須提交相關的檢查記錄作為自檢的程序文件。

9 - 錘敲地台面測試
當鋪設工作完成後，為了確保鋪設位置的施工工藝，承建單位應以錘敲地台面的方法或其他使用檢測儀器作為技術輔助的方法(如紅外熱像法等)檢查已施工位置是否存在鬆脫或空鼓的現象，並須提交相關的檢查記錄作為自檢的程序文件。

標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 成品供應商/生產商技術指引
c - GB 50209, 建築地面工程施工質量驗收規範[18]

檢查、測試及驗收工作（續）

樓地面鋪面工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

樓地面鋪面工程測試及驗收項目

檢測項目		材料工作性能	系統耐久性能	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
人造鋪面	物理性能 [1]	✓		a, b	如有需要❶	a, b	i, ii	
	化學性能 [2]	✓		a, b		a, b	i, ii	
天然石材鋪面	比重 [1]	✓		a, b	如有需要❶	a, b	i, ii	
	吸水率 [1]	✓	✓	a, b		a, b	i, ii	
	彎曲強度 [1]	✓	✓	a, b		a, b	i, ii	
	抗壓強度 [1]	✓	✓	a, b		a, b	i, ii	
	耐磨性 [1]	✓	✓	a, b		a, b	i, ii	
	耐化學性能 [2]	✓	✓	a, b		a, b	i, ii	
磚材鋪面	混凝土磚抗壓強度 [3]	✓	✓	GB 28635[3] C	1000m²❸	a, b, c, d	i, iii	
	抗彎強度 [1]	✓	✓	BS 7263-1[19]	如有需要❶	a, b	i, ii	
	抗折強度 [1]	✓	✓	EN 1341[4]		a, b	i, ii	
	橫向破壞荷載 [1]	✓	✓	EN 1344[6]		a, b	i, ii	
	吸水率 [1]	✓	✓	AS/NZS 4456.14 [20]		a, b	i, ii	
防水隔離層	防水塗料乾膜厚度測試 [4]	✓	✓	a, b	每批檢測❹	a, b	iv	
	防水卷材厚度測試 [4]	✓	✓	a, b		a, b	iv	
	蓄水檢驗 [4]		✓	c, e	防水系統完工後	a, b, c, e	iv	
	紅外熱像法滲漏檢測 [4]		✓	b	如有需要❶	a, b	iv	
黏合層	膠黏劑性能	✓		JC/T 547[15] EN 12004[16]	如有需要❶	a, b	i, ii	
面層鋪設系統	錘敲鋪面材料測試 [5]	✓		b	如有需要❶	b	v	
	鋪面物料耐磨性測試	✓	✓	b	如有需要❶	b	i, ii	
	鋪面物料抗滑測試 [6]	✓		f	200 m²❺	b, c, d, f	i, vi	

註： 檢測項目

1 - 物理性能
有關鋪面材料的物理性能，例如吸水率、破壞強度、抗壓強度、抗折強度、彎曲強度、斷裂模數、耐磨性、線性熱膨脹、抗熱震性、抗釉裂性、濕膨脹、小色差、拋光磚光澤度等，當承攬規則具有驗收試驗的要求時，需按承攬規則所述的標準、生產商的產品標準或其他適用標準進行測試。

2 - 化學性能
有關鋪面材料的化學性能，例如耐污染性、耐化學腐蝕性、鉛和鎘的溶出量等，當承攬規則具有驗收試驗的要求時，需按承攬規則所述的標準、生產商的產品標準或其他適用標準進行測試。

3 - 混凝土磚抗壓強度測試
對於尺寸 200 mm x 200 mm 或以下的預製混凝土磚材，當預製混凝土磚材規格按 GB 28635[3]時，應按照 GB 28635[3]所述之要求取樣及進行抗壓強度測試，每一組樣本(sample)需包含 10 個試件 (specimen)。當磚材規格按 EN 1338[1]、BS 6717-1[2]或其他產品標準時，應按照"General Specification for Civil Engineering Works" [21]所述之要求取樣及進行抗壓強度測試，每一組樣本需包含 8 個試件。

4 - 防水隔離層測試
對於防水隔離層測試，如防水塗料乾膜厚度測試、防水卷材厚度測試、蓄水檢驗、紅外熱像法滲漏檢測等測試要求，可詳閱「建築防水工程」的品質保證計劃及程序。

5 - 錘敲鋪面材料測試
主要以錘輕敲鋪面材料藉以檢查鋪面材料是否出現空鼓的情況，此乃驗證鋪設施工工藝完整性的一種有效和常用方法。

6 - 鋪面物料抗滑測試
主要利用英式擺錘試驗儀，於通道、走廊、踏步、坡道(斜道)、觸覺引路帶(即導盲磚)等位置進行實地擺錘試驗，該試驗主要將置於擺錘下方的橡膠類材料藉由擺錘擺動時與受檢測的鋪面材料因摩擦而導致能量的耗損量，即可獲得其對應的英式擺錘數，英式擺錘試驗儀的可測範圍在 0 至 150 擺錘數(BPN/PTV/SRV)之間，從英式擺錘數換算相關濕潤狀態下的動態摩擦系數，可了解鋪面物料的防滑表現。

測試標準
a – 成品供應商/生產商技術指引
b – 承攬規則
c – General Specification for Civil Engineering Works[21]
d – Guidance Notes on Design and Construction of Pavements with Paving Units[22]
e – General Specification for Buildings[23]
f – Guidance Notes on Road Testing[24]

建議檢測頻率

❶ - 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。

❷ - 建議每一階段鋪面材料鋪設前予以測試或按工程承攬規則的要求進行，驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之鋪設工作。

❸ – 到場的預製混凝土磚材，應按照專案工程技術規格/承攬規則/設計單位的檢測頻率要求選取樣本進行抗壓強度測試，如無相關依據時，測試的取樣比率參考"General Specification for Civil Engineering Works"[21]所述要求，按照每種預製混凝土磚材在每 1000m² 或以下的鋪設面積選取一組樣本進行抗壓強度試驗，而每組樣本應按試驗標準包含 8 或 10 個磚材試件。

❹ - 建議每一階段防水隔離層施工後應予以測試或按工程承攬規則的要求進行，每個驗收批或每 500m² 塗層面積應進行一個塗層厚度測試以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之塗裝工作。

❺ – 於鋪面材料鋪設前，當鋪面原材料運至工地現場後，承建單位宜對原材料進行抗滑性能試驗，以確保原材料抗滑性能符合要求。鋪面材料鋪設完成後，應按照專案工程技術規格/承攬規則/設計單位的檢測頻率要求進行實地鋪面材料抗滑測試，如無相關指標依據時，測試的取樣比率可參考"General Specification for Civil Engineering Works"[21]所述要求，按照每種鋪面材料在每 200 m² 或以下的鋪設面積進行一個抗滑性能驗收試驗。

標準要求
a – 成品供應商/生產商技術指引
b – 承攬規則
c – General Specification for Civil Engineering Works[21]
d – Guidance Notes on Design and Construction of Pavements with Paving Units[22]
e – General Specification for Buildings[23]
f – Guidance Notes on Road Testing[24]

合格準則
i – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中按每一不合格樣本抽取額外兩個樣本進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

ii – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，可根據各鋪面材料執行標準、各相關品質保證計劃及程序中的規定和要求。

iii – 對於預製混凝土磚材，應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照"General Specification for Civil Engineering Works"[21]的要求進行評定，詳見下表。此外，若對相關驗收批次的質量有疑問時，可於相同驗收批中額外抽取兩組樣本進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

預製混凝土磚材抗壓強度參考值

鋪面位置	GB 28635[3]規格的混凝土磚材 抗壓強度 (MPa)	其他規格的混凝土磚材 特徵抗壓強度 [1] (MPa)
行人路、單車徑	平均值 ≧ 40 及 最小值 ≧ 35	≧ 30
車道、車輛進出口通道	平均值 ≧ 50 及 最小值 ≧ 42	≧ 45

註 1： 特徵抗壓強度的試驗及計算按"General Specification for Civil Engineering Works"[21]。

iv – 對防水隔離層的驗收合格準則可詳閱「建築防水工程」的品質保證計劃及程序。

v – 若對承建單位所提交的檢查記錄有疑問時，可委託具相關專業資質的檢測機關，於相同驗收批/區域內額外選取具代表性的位置/數量進行覆檢的工作；當覆檢過程中發現鬆脫或空鼓現象時，宜進行全數的檢測工作。

vi – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，對於戶外部份建議可按照"Guidance Notes on Design and Construction of Pavements with Paving Units"[22] 及"Slip Resistance of Hard Flooring"[25]的要求進行評定，詳見下表，此外，若對相關驗收批次的質量有疑問時，可於相同驗收批中按每一不合格檢測單位額外抽取兩個檢測單位進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

鋪面防滑設計參考值

鋪面位置 [1]		英式擺錘數 (BPN/PTV/SRV)	R 值 (DIN 51130[26])
行人路、單車徑	通道	≧ 45	≧ R11
	斜道、下斜路緣	≧ 60	≧ R12
車道、車輛進出口通道	通道	≧ 60	≧ R12
	斜道、下斜路緣	≧ 65	≧ R12

註 1： 一般鋪面位置常見的觸角引路帶、觸覺警示磚/塊等均屬於防滑設計所考慮的部分。

四、引用法規/參考技術文件

[1] EN 1338, Concrete paving blocks – Requirements and test methods

[2] BS 6717-1, Precast concrete paving blocks – Part 1: Specification for paving blocks

[3] GB 28635, 混凝土路面磚

[4] EN 1341, Slabs of natural stone for external paving – Requirements and test methods

[5] EN 1342, Setts of natural stone for external paving – Requirements and test methods

[6] EN 1344, Clay pavers –Requirements and test methods

[7] GB/T 26001, 燒結路面磚

[8] GB 6566, 建築材料放射性核素限量

[9] GB/T 18601, 天然花崗石建築板材

[10] GB/T 19766, 天然大理石建築板材

[11] GB/T 4100, 陶瓷磚

[12] ISO 13006, Ceramic tiles-Definitions, classification, characteristics and marking

[13] BS 5385, Wall and floor tiling

[14] EN 14411, Ceramic tiles, Definitions, classification, characteristics, evaluation of conformity and marking

[15] JC/T 547, 陶瓷牆地磚膠黏劑

[16] EN 12004, Adhesives for tiles. Requirements, evaluation of conformity, classification and designation

[17] EN 13888, Grout for tiles. Requirements, evaluation of conformity, classification and designation

[18] GB 50209, 建築地面工程施工質量驗收規範

[19] BS 7263-1, Precast concrete flags, kerbs, channels, edgings and quadrants. Precast, unreinforced concrete paving flags and complementary fittings. Requirements and test methods

[20] AS/NZS 4456.14, Masonry units and segmental pavers - Methods of test. Method 14: Determining water absorption properties

[21] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[22] RD/GN/044, Guidance Notes on Design and Construction of Pavements with Paving Units, Highways Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[23] General Specification for Building, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[24] RD/GN/009, Guidance Notes on Road Testing, Highways Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[25] Slip Resistance of Hard Flooring, The Tile Association

[26] DIN 51130, Testing of Floor Coverings

[27] 設計手冊：暢通無阻的通道 2008，屋宇署，香港特別行政區政府

工程品質保證計劃及程序

室內牆身飾面磚工程

工程品質保證計劃及程序

室內牆身飾面磚工程

一、通則及適用範圍

室內牆身飾面磚主要是一種傳統裝飾工藝和裝飾手法。室內牆身飾面磚種類繁多，有不同的系統和形式，本節所述適用於一般把瓷磚(陶瓷磚)或紙皮石(馬賽克)以濕式鋪砌的方法，黏附在水泥沙漿盪面上，為了盡量減少室內牆身飾面磚鋪砌後發生脫落的事故，所以必需對材料、施工品質及驗收等方面進行合適的控制。

濕式鋪砌飾面磚通常會以專利黏合劑(adhesives)或水泥沙漿 (cement sand slurry) 黏附於盪面(rendering)上，而盪面則以甩灰塗底(spatter dash)及/或黏結劑(bonding agent)，黏結於牆身，由於上述材料乃保證飾面系統質量和安全的物質基礎，因此牆身飾面工程需通過施工現場之監督、材料測試及竣工驗收測試以確保滿足設計及有關規格之要求。

二、工程品質保證文件之要求

室內牆身飾面磚工程於各施工階段，需按承攬規則的要求，提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

[飾面材料]

一般的建築室內牆身飾面磚工程之飾面材料，包括瓷磚及馬賽克等，並需符合 GB/T 4100[1]、ISO 13006[2]、BS 5385[3]或 EN 14411[4]等標準要求，詳細分述如下：

瓷磚 / 馬賽克等飾面材料

✓ 瓷磚/馬賽克等飾面材料規格證明書

上述瓷磚/馬賽克等飾面材料須符合承攬規則上的要求，證書上須提供下列資料：

- 產品合格證、出廠檢驗報告
- 產品基本資料，包括但不限於品種、規格、顏色、圖案等
- 產品尺寸和表面質量，包括但不限於長度和寬度、厚度、邊直度、直角度、表面平整度(彎曲度和翹曲度)等
- 產品物理性能，包括但不限於吸水率、破壞強度、斷裂模數、線性熱膨脹、抗熱震性、抗釉裂性、濕膨脹、小色差、拋光磚光澤度等
- 產品化學性能，包括但不限於耐污染性、耐腐蝕性、鉛和鎘的溶出量等
- 材料的放射性限量合格的檢測報告，檢測方法可按 GB 6566[5]或同類標準(當材料規格適

用時)
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

<u>天然石材飾面材料</u>

✓ 天然石材按材料成份分為：大理石、花崗石及青石等，石材須滿足承攬規則上的要求。當承攬規則未有說明要求時，天然花崗石板材應符合 GB/T 18601[6] 之要求，而天然大理石板材應符合 GB/T 19766 [7] 之要求。證明文件上須提供下列資料：
- 材料出廠證明及產地來源
- 材料基本資料 (外觀、材質種類、顏色)
- 材料物理性能 (幾何尺寸、表觀密度、力學強度、吸水率)
- 材料耐久性能 (耐酸性、耐鹼性、耐腐蝕性、抗磨耗性、抗凍融性)
- 材料的放射性限量合格的檢測報告，檢測方法可按 GB 6566[5]或同類標準
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

[黏合系統說明及相關資料]

須符合承攬規則要求，並須提供下列技術資料：

✓ 建築牆身飾面系統的功能、飾面系統與主體結構連接承載力計算書(如有需要)；

✓ 使用材料的產品合格證明書、性能檢測報告等，包括：
- 飾面磚黏合劑(adhesives)，包括水泥基膠黏劑/膏狀乳液膠黏劑/反應型樹脂膠黏劑、水泥沙漿和添加劑等，一般需符合 EN 12004[8]或 ISO 13006[2]等標準；
- 黏結劑(bonding agent)盪面；
- 飾面嵌縫用(包括伸縮縫)的密封材料(grout up joints)，一般需符合 EN 13888[9]或 ISO 13006[2]等標準。

✓ 基底表面的預處理方案；

✓ 製作、鋪設施工方案及技術說明，包括：
- 基底表面批盪層和黏合層的厚度；
- 於進行批盪的過程中，防止盪面和黏合層下垂或滑動的措施和方案；
- 伸縮縫位置和施工方法。

✓ 飾面磚樣板件黏結強度測試報告；

✓ 飾面系統之測試/檢測計劃。

材料進場、工地現場安裝及竣工驗收時

✓ 飾面系統材料的試驗記錄、報告和出廠質量合格證書；

✓ 室內牆身飾面磚鋪設的施工記錄、鋪設完整性的檢查記錄；

✓ 室內牆身飾面磚驗收測試報告(包括飾面系統黏結強度測試報告、錘敲室內牆身飾面磚測試報告、紅外熱像法檢測報告等)。

三、檢查、測試及驗收工作

室內牆身飾面磚工程的檢查工作，可歸納於下表：

室內牆身飾面磚工程檢查項目

檢查項目		材料控制	施工控制	檢測頻率	標準要求	備註
飾面材料	各種材料、面材、底料、填縫材料[1]	✔		全數檢查	a, b, c	
	飾面磚尺寸和表面質量[2]	✔				與樣板相同
	預埋件和後置件數量、位置	✔				
	運送 / 貯存 / 保護	✔				
	到場數量/使用數量記錄	✔	✔			
飾面系統	施工計劃		✔	施工前		
	施工基底表面之預處理[3]		✔	按工程需求及承攬規則決定		
	批盪層(盪面)之施工控制[4]		✔			
	黏合層之施工控制[5]		✔			
	伸縮縫[6]		✔			
	飾面磚安裝工藝[7]		✔			
	錘敲牆身飾面磚測試[8]		✔	全數檢測		

註： 檢查項目

1 - 各種材料、面材、底料、填縫材料
檢查材料、面材、底料、填縫材料的產品合格證書、進場記錄、性能檢測報告等。

2 - 飾面磚尺寸和表面質量
檢查內容包括但不限於長度、寬度、厚度、邊直度、直角度、表面平整度和表面質量等，相關技術要求應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，相關項目之允許偏差可按 GB/T 4100[1]、

ISO 13006[2]或 EN 14411[4]的要求進行評定；此外對於飾面磚的尺寸和厚度應小心選擇，並在設計時小心控制和考慮飾面磚的重量，按 BS 5385[3]的要求，就飾面磚的尺寸方面，當邊長大於 600 mm 及其面積超過 0.18 m^2，或磚材的長邊與短邊之比大於 2:1 時，應須遵從材料生產商的建議，採用特別的批盪層和黏合層的飾面系統，當上述尺寸的飾面磚鋪設於高於 1 層樓以上的牆體時，如室內行人通道等，應考慮以機械方式安裝緊妥；就飾面磚的重量方面，當以水泥砂作為批盪基層時，鋪設之飾面材料最大重量為 20 kg/m^2，一般來說，瓷磚材料的厚度建議不大於 8 mm；天然石材材料的厚度建議不大於 7 mm。

3 - 施工基底表面之預處理

施工基底必須堅硬而且牢固，就混凝土基底表面，弱面經常發生於存在蜂窩或鬆散物的位置，因此該等基底表面鬆散物料必須於批盪層施工前完全移除，另外，污垢、粉塵、油、油脂、油漆及風化物等均會對批盪層與基底之間的粘結性能造成嚴重負面影響，所以該等物質必須於批盪層施工前完全移除；

由於剛施工完成的基底，因材料不同的關係，所需乾縮的時間亦有分別，因此需考慮開展對基底進行批盪的時間，並提交包括施工時間的施工記錄。

4 - 批盪層(盪面)之施工控制

基底表面批盪層中各層的厚度和總厚度應按照專案工程技術規格/材料製造商/承攬規則/設計單位的厚度要求進行施工，並應提交包括批盪層中各層的厚度及整個批盪層總厚度的施工記錄；

當基底出現起伏，引致部份批盪層厚度出現不均或過厚，這可能造成局部應力差異而導致脫落的風險增加，基本上於各項建築牆身飾面工程，此情況都不可避免，因此於施工方案及材料審批的程序中，應預早考慮此問題，當遇到此問題時，應考慮於基底加裝適當的鋼筋或金屬拉網作為錨固，使對其上批盪層提供承托，再於批盪層材料(一般採用水泥和砂)中混入適當添加劑(黏結劑，bonding agent)以增加基底層與批盪層的黏結能力，以改善其抗壓力和抗拉力。

5 - 黏合層之施工控制

須採用適合飾面磚的黏合材料，黏合層中黏合劑 (adhesive) 的使用配比需按照生產商建議，以配合各種不同飾面磚吸水率、施工及設計要求；黏合層的厚度亦需按照生產商建議和設計的要求進行施工，黏合層厚度過大將增加其自重，因而降低其整體的承載能力。

6 - 伸縮縫

伸縮縫應按照專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求以有規則的間距設置於飾面磚之間，以容許其冷縮熱脹，伸縮縫的深度應穿透黏合層及批盪層至基底表面，並以經審批的填縫物料，按照生產商的指引進行密封，密封劑應可承受預計的移動範圍，而不會使接縫邊失去黏合力，並可達到防水和抵受紫外線的功能。

7 - 飾面磚安裝工藝

飾面磚安裝工藝可參考《建築物外牆飾面-濕式鋪砌飾面磚》[10]。作為一個良好的作業方法，飾面磚安裝應從高位至低位施工，這不僅可讓已安裝的飾面磚有足夠時間得已乾縮，同時亦可確保在鋪砌飾面磚前，有充足的時間讓相關構件完成因高位飾面磚的重量所導致的額外荷載而產生的變形，使構件達至穩定狀態；此作業方法可有效降低因從低位至高位施工時，上層飾面磚重量於粘結強度未完全生成時對下層飾面磚造成擠壓，因而導致部份飾面磚粘結不穩或出現空鼓的機會，此外，在鋪設飾面磚前，須檢驗水泥沙漿盪面，以及輕敲盪面，檢查是否有鬆脫跡象，以及將欠妥的盪面糾正；

當採用水泥沙漿作為黏合層鋪設飾面磚時，基底表面批盪層及飾面磚均不可太乾或太濕，兩種情況均會影響黏合層的強度生成，飾面磚於安裝前應浸泡於水中最小 30 分鐘，再於安裝前於水中取出疊起讓其表面水份流走後才進行安裝，批盪層於飾面磚鋪設前亦應先使其濕潤；當使用專利黏合劑時，需按生產商的技術指引；

飾面磚與基底表面之間不可存在空鼓，每片飾面磚或馬賽克（每單一小塊） 背面須填有飽滿黏合材料，並有效而緊固地貼於批盪層/盪面表面。

8 - 錘敲牆身飾面磚測試

當鋪設工作完成後，為了確保鋪設位置的施工工藝，承建單位應以錘敲牆體飾面磚的方法或其他使用檢測儀器作為技術輔助的方法(如紅外熱像法等)檢查已施工位置是否存在鬆脫或空鼓的現象，並須提交相關的檢查記錄作為自檢的程序文件。

標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則

b – 成品供應商/生產商技術指引
c – General Specification for Building [11]

檢查、測試及驗收工作（續）

室內牆身飾面磚工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

室內牆身飾面磚工程測試及驗收項目

檢測項目		材料工作性能	系統耐久性能	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
陶瓷磚	物理性能[1]	✓	-	GB/T 3810[12] GB/T 13891[13]	如有需要❶	a, b	i, ii	
	化學性能[2]	✓	-	GB/T 3810[12]		a, b	i, ii	
天然石材	比重	✓		按工程要求、承攬規則和生產商技術指引	如有需要❶	a, b	i, ii	
	吸水率	✓	✓			a, b	i, ii	
	彎曲強度	✓	✓			a, b	i, ii	
	抗壓強度	✓	✓			a, b	i, ii	
	耐磨性	✓	✓			a, b	i, ii	
	耐化學性能	✓	✓			a, b	i, ii	
黏合層	膠黏劑性能	✓	-	JC/T 547[14] EN 12004[7]	如有需要❶	a, b	i, ii	
牆身飾面磚鋪設系統	飾面磚樣板件黏結強度測試(實地拔拉測試)[3]	✓	✓	按工程要求、承攬規則、生產商技術指引及事先協定的試驗方法	鋪設工作開展前	a, b	iii	
	實地牆身飾面磚黏結強度測試(實地拔拉測試)[4]	✓	✓	按工程要求、承攬規則、生產商技術指引及事先協定的試驗方法	每批檢測	a, b	iii	
	錘敲牆身飾面磚測試[5]	✓	-	-	如有需要❶	b	iv	
	紅外熱像法檢測[6]	✓	-	HKCI TM1 [22] CECS 204[17]		b, c, d	-	

註： 檢測項目

1 – 物理性能
按 GB/T 4100[1]的要求，物理性能的測試包括吸水率、破壞強度、斷裂模數、線性熱膨脹、抗熱震性、抗釉裂性、濕膨脹、小色差、拋光磚光澤度等。

2 – 化學性能
按 GB/T 4100[1]的要求，化學性能的測試包括耐污染性、耐化學腐蝕性、鉛和鎘的溶出量等。

3 - 飾面磚樣板件黏結強度測試(實地拔拉測試)
為了可以確保飾面磚與批盪層之間有良好和持久的黏合，應在展開工程前，於實地每種類型的牆身基底上按照已批核的施工方案和物料(包括飾面磚、黏合劑、黏結劑和水泥沙漿等)各黏貼一幅面積不少於 $1m^2$ 的飾面磚樣板件以進行黏結強度測試(實地拔拉測試)，以確定飾面磚與批盪面系統相容，每一種類型的樣板件應各製取一組 3 至 6 個飾面磚黏結強度試樣。

4 - 實地牆身飾面磚黏結強度測試(實地拔拉測試)
現場黏貼的牆身飾面磚工程完工後，應對飾面磚黏結強度進行檢驗，其檢驗方法主要將標準塊黏貼於飾面磚表面，並沿着標準塊的邊緣進行斷縫處理，斷縫應從飾面磚表面切割至混凝土牆體或砌體表面，然後採用黏結強度檢測儀測定飾面磚的黏結力，檢測完成後應按受力斷開的性質確定斷開狀態。

5 – 錘敲牆身飾面磚測試
主要以錘輕敲飾面磚藉以檢查飾面磚是否出現鬆脫或空鼓的情況，此乃驗證鋪設施工工藝完整性的一種有效和常用方法。

6 – 紅外熱像法檢測
主要作為檢測建築牆身飾面層黏結缺陷的非接觸式的無損檢測方法，利用紅外熱像裝置將物體表面的溫度分佈拍攝成可視圖像，並進行分析判斷。

建議檢測頻率

❶ - 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。

標準要求

a – 成品供應商/生產商技術指引
b – 承攬規則
c – HKCI TM1[22]
d – CECS 204[17]

合格準則

i – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個樣本進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

ii – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，可根據各飾面磚材料執行標準、各相關品質保證計劃及程序中的規定和要求。

iii – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議每一驗收批各組樣本均應符合兩個基本要求，即每組試樣平均黏結強度不應小於 0.4MPa；及每組可有一個試樣的黏結強度小於 0.4MPa，但不應小於 0.3MPa。當一組樣本只符合上述兩項指標的一項要求時，應在該組樣本原取樣區域內重新抽取兩組樣本進行檢驗，若檢驗結果仍有不符合指標要求時，則該組飾面磚黏結強度應定為不合格。

iv – 若對承建單位所提交的檢查記錄有疑問時，可委託具相關專業資質的檢測機關，於相同驗收批/區域內額外選取具代表性的位置/數量進行覆檢的工作；當覆檢過程中發現鬆脫或空鼓現象時，宜進行全數的檢測工作。

四、引用法規/參考技術文件

[1] GB/T 4100, 陶瓷磚

[2] ISO 13006, Ceramic tiles. Definitions, classification, characteristics and marking

[3] BS 5385, Wall and floor tiling. Code of Practice

[4] EN 14411, Ceramic tiles. Definitions, classification, characteristics, evaluation of conformity and marking

[5] GB 6566, 建築材料放射性核素限量

[6] GB/T 18601, 天然花崗石建築板材

[7] GB/T 19766, 天然大理石建築板材

[8] EN 12004, Adhesives for tiles. Requirements, evaluation of conformity, classification and designation

[9] EN 13888, Grouts for tiles. Definitions and specifications

[10] PNRC 67, 註冊承建商作業備考：建築物外牆飾面 - 濕式鋪砌飾面磚, 屋宇署, 香港特別行政區政府

[11] General Specification for Building, 建築署, 香港特別行政區政府

[12] GB/T 3810, 陶瓷磚試驗方法

[13] GB/T 13891, 建築飾面材料鏡向光澤度測定方法

[14] JC/T 547, 陶瓷牆地磚膠黏劑

[15] JGJ 110, 建築工程飾面磚粘結強度檢驗標準

[16] RILEM Recommendation MDT. D.3, Determination "in-situ" of the adhesive strength of rendering and plastering mortars to their substrate

[17] CECS 204, 紅外熱像法檢測建築外牆飾面層黏結缺陷技術規程

[18] EN 197-1, Cement – Part1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

[19] EN 1348, Adhesives for tiles – Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives

[20] GB/T 7697, 玻璃馬賽克

[21] BS 8000-16, Workmanship on building sites. Code of Practice for sealing joints in buildings using sealants

[22] HKCI TM1, Detection of Building Surface Deflect by Infrared Thermography

[23] Specification Library, 房屋委員會, 香港特別行政區政府

[24] General Specification for Civil Engineering Works, 土木工程拓展署, 香港特別行政區政府

工程品質保證計劃及程序

外牆油漆工程

工程品質保證計劃及程序

外牆油漆工程

一、通則及適用範圍

凡在建築物外牆表面塗飾油漆或刷漿形成一層與基層牢固黏結的薄膜(漆膜)，均可視為外牆油漆工程。本程序說明於現場施工外牆漆之供料及施工的品質要求，品保計劃的內容適用於水泥砂漿基質表面及混凝土基質表面。外牆塗料的選用應符合安全、健康及環保的原則。外牆油漆工程按不同工程及規格技術下，根據建築物使用功能選擇外牆塗料種類、品牌及所選品種的耐久性、耐鹼性、耐洗刷性、耐玷污性、光澤度等與外牆使用條件直接有關的技術指標。

外牆油漆工程需通過施工現場之監督及材料測試以確保滿足設計及有關規章之要求。

二、工程品質保證文件之要求

外牆油漆工程於各施工階段，需按工程承攬規則的要求，提交下列檔作審閱或記錄存檔：

塗料工程於施工前

- ✓ 塗料規格證明書
  塗料包括塗裝工程所使用的底漆、塗料及清漆，證書上須提供下列資料：
  - 塗料出廠證明及產地來源/製造商名稱；
  - 產品名稱及編號；
  - 批號；
  - 塗料功能(如低溫穩定性、一致性的變化、初期乾燥引起的抗裂性、黏合強度、反復加熱和冷卻、抗衝擊性、耐候性、對含有二氧化硫的潮濕大氣的抵抗力的測定、抗真菌生長、抗藻生長、滲透性測試)；
  - 適用環境；
  - 塗料有效日期。
- ✓ 塗料供應商須提交符合本工程及品保計劃定的工作程序，內容包括塗料之儲存、運送、表面處理、攪拌、稀釋、塗裝、塗層數量及厚度、修補及檢驗等；
- ✓ 塗層測試設備資料及相關儀器之校準證書；
- ✓ 塗料系統之測試/檢測計劃。

施工階段

- ✓ 物料送貨單、產品來源證、生產合格證明書、辦認標籤及批號；
- ✓ 油漆用量統計記錄；

竣工驗收

- ✓ 施工記錄；
- ✓ 塗料系統測試。

三、檢查、測試及驗收工作

外牆油漆工程的檢查工作按不同之基底可歸納於下表：

檢查項目 \ 基質表面	水泥砂漿	混凝土	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
異物清理	✓	✓	✓	全數檢查	工程承攬規則/產品施工說明/BS 6150 [8] / GB 50210 [9]	-
油脂清理	✓	✓	✓			
以水清理	✓	✓	✓			
預處理	✓	✓	✓			
防潮處理(如有)	✓	✓	✓			
填充空隙及裂縫處理	✓	✓	✓			
平整性處理	✓	✓	✓			
風化物處理	✓	✓	✓			
防水處理(如有)	✓	✓	✓			
酸鹼度檢查	✓	✓	✓			
表面濕度檢查	✓	✓	✓			
工作環境/天氣	✓	✓	✓			
塗料運送、儲存及裝卸	✓	✓	✓			
塗料標識、批號	✓	✓	✓			
塗裝設備	✓	✓	✓			
塗層乾固時間控制	✓	✓	✓			
塗裝方法及表面質量	✓	✓	✓			
警告標示	✓	✓	✓			

註： 檢查項目

1 - 各種材料、面材、底料材料
檢查材料、面材、底料材料的產品合格證書、進場記錄、性能檢測報告等。

2 - 施工基底表面之預處理
施工基底必須堅硬而且牢固，就混凝土基底表面，弱面經常發生於存在蜂窩或鬆散物的位置，因此該等基底表面鬆散物料必須於批盪層施工前完全移除，另外，污垢、粉塵、油、油脂、油漆及風化物等均會對批盪層與基底之間的粘結性能造成嚴重負面影響，所以該等物質必須於批盪層施工前完全移除；

由於剛施工完成的基底，因材料不同的關係，所需乾縮的時間亦有分別，因此需考慮開展對基底進行批盪的時間，並提交包括施工時間的施工記錄。

3 - 批盪層(盪面)之施工控制

基底表面批盪層中各層的厚度和總厚度應按照專案工程技術規格/材料製造商/承攬規則/設計單位的厚度要求進行施工，如無相關指標依據時，每層盪面的厚度應介乎 8mm 至 16mm 之間，總厚度不應超過 20mm，並應提交包括批盪層中各層的厚度及整個批盪層總厚度的施工記錄；

當基底出現起伏，引致部批盪層厚度出現不均或過厚，這可能造成局部應力差異而導致脫落的風險增加，基本上於各項建築外牆飾面工程，此情況都不可避免，因此於施工方案及材料審批的程序中，應預早考慮此問題，當遇到此問題時，應考慮於基底加裝適當的鋼筋或金屬拉網作為錨固，使對其上批盪層提供承托，再於批盪層材料(一般採用水泥和砂)中混入適當添加劑(黏結劑，bonding agent)以增加基底層與批盪層的黏結能力，以改善其抗壓力和抗拉力。

此外，對未備有防水層之外牆，建議需考慮備有抗裂和防水性能批盪材料之使用。

4 - 塗裝施工

大規範施工前，建議製作一幅約 5m²建築樣板(當中包括底漆、紋理漆、面漆)，以確定施工工藝及顏色。

油漆施工前需對如混凝土面水泡、剪口位、夾板縫位、陰角和夾角進行表面處理及對所有裂縫缺陷進行修補，並需檢查和確定塗裝基面狀況是否遵照產品說明(酸鹼度、濕度等)。

5 - 伸縮縫

伸縮縫應按照專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求以有規則的間距設置於油漆飾面之間，以容許其冷縮熱脹，伸縮縫的深度應穿透黏合層及批盪層至基底表面，並以經審批的填縫物料，按照生產商的指引進行密封，密封劑應可承受預計的移動範圍，而不會使接縫邊失去黏合力，並可達到防水和抵受紫外線的功能。

檢查、測試及驗收工作 (續)

外牆塗料工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

塗料工程測試及驗收項目

檢測方法	塗料性能	塗裝系統驗收	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
滲透性測試 [1]	✔	✔	JIS A 6910 [17]	每批檢測 ❶	a, b, e	iii	
反覆加熱和冷卻測試 [1]	✔	✔	JIS A 6910 [17] JIS A 6909 [18]	每批檢測 ❶	a, b, e	iv	
黏力測試 [1]	✔	✔	JIS A 6910 [17] JIS A 6909 [18]	每批檢測 ❶	a, b, e	v	
塗料厚度測試 [2]	✔	✔	ISO 2808 [10]	每批檢測 ❶	a, b, e	i, ii	
塗料樣板件黏結強度測試(實地拉拔測試)[3]	✔	✔	按工程要求、承攬規則、生產商技術指引及事先協定的試驗方法	鋪設工作開展前	a, b, e	i, ii, vi	
實地塗料黏結強度測試(實地拉拔測試)[4]	✔	✔	按工程要求、承攬規則、生產商技術指引及事先協定的試驗方法	每批檢測❷	a, b, e	i, ii, vi	
紅外線熱像檢測 [5]	✔	-	HKCI TM1 [6] CECS 204 [5]	鋪設工作後	b, c, d	ii, vii	

註： 檢測方法

1 - 材質性能
物料在到場時，應對底漆、紋理漆、面漆進行抽樣進行滲透性測試、反覆加熱和冷卻測試、黏力測試，以確定材料材質性能。

2 - 施工品質
在進行外牆油漆塗裝時，建議進行塗料厚度測試，以確定現場施工品質是否可遵照材料產品說明。

3 - 外牆塗料樣板黏結強度測試(實地拔拉測試)
為了可以確保外牆塗料與批盪層之間有良好和持久的黏合，應在展開工程前，於實地每種類型的外牆基底上按照已批核的施工方案和物料，製作一幅面積不少於 1m² 的樣板件進行黏結強度測試(實地拔拉測試)，以確定外牆塗料與批盪面系統相容，每種類型的外牆應各製取一組 3 至 6 個試樣。

4 - 實地塗料黏結強度測試(實地拔拉測試)
現場外牆油漆工程完工後，應對外牆油漆飾面進行檢驗，以明確現場施工品質。

5 - 紅外熱像法檢測
主要作為檢測建築外牆飾面層黏結缺陷的非接觸式的無損檢測方法，利用紅外熱像裝置將物體表面的溫度分佈拍攝成可視圖像，並進行分析判斷。

建議檢測頻率

❶ - 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。

❷ – 外牆油漆完成後，應按照專案工程技術規格/承攬規則/設計單位的檢測頻率要求進行實地黏結強度測試(實地拔拉測試)作為外牆驗收，如無相關指標依據時，測試的取樣比率可建議為每 10 層標準樓層或其部分，就每種油漆系統抽取最少 3 組樣本，每組樣本包括最少 3 個試樣。

標準要求
a – 成品供應商/生產商技術指引
b – 專案工程技術規格/ 承攬規則
c – HKCI TM1[6]
d – CECS 204[5]
e – 油漆篇導則[23]

合格準則
i – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個樣本進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

ii – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，可參考各外牆塗料標準中的規定和要求。

iii – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，滲透性測試為養水在漏斗於油漆平面等待 24 小時，然後量度水份減少了多少，水份減少<0.5ml 為合格。

iv – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，反復加熱和冷卻測試，表面無剝落、開裂、起泡和明顯的變色和光澤退化。

v – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，黏力測試之黏合強度(標準條件)不應少於 68.6N/cm^2 和黏結強度(浸入水中)不應少於 49.0N/cm^2。

vi – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議每一驗收批各組樣本之平均黏結強度不應小於 0.5MPa。當有未符合指標要求時，應在該組樣本原取樣區域內重新抽取兩組樣本進行檢驗，若檢驗結果仍有不符合指標要求時，則該組位置之外牆油漆應定為不合格。

vii – 當測試結果顯示存在疑似缺陷時，承建單位須於相關位置進一步執行現場近距離檢查工作；當覆檢過程中發現空鼓現象時，須進行修補工作。

四、引用法規/參考技術文件

[1] BS EN 197-1, Cement – Part1: Composition, Specifications and Conformity Criteria for Common Cements

[2] PNRC67, 註冊承建商作業備考：建築物外牆飾面-濕式鋪砌飾面磚, 屋宇署, 香港特別行政區政府

[3] Guidelines on Building External Finishes – Tiles and Rendering, 屋宇署, 香港特別行政區政府

[4] BS 8000-16, Workmanship on Building Sites – Part 16: Code of Practice for Sealing Joints in Buildings Using

[5] CECS 204, 紅外熱像法檢測建築外牆飾面層黏結缺陷技術規程

[6] HKCI TM1, Detection of Building Surface Defect by Infrared Thermography

[7] General Specification for Buildings, 建築署, 香港特別行政區政府

[8] BS 6150, Code of practice for painting of buildings

[9] GB 50210, 建築裝飾裝修工程質量驗收規範

[10] ISO 2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness

[11] ISO 2409, Paints and varnishes. Cross-cut test

[12] ISO 4624, Paints and varnishes. Pull-off test for adhesion

[13] GB/T 9755, 合成樹脂乳液外牆塗料

[14] GB/T 9757, 溶劑型外牆塗料

[15] JG/T 26, 外牆無機建築塗料

[16] GB/T 9779, 複層建築塗料

[17] JIS A6910, 複層仕上塗材

[18] JIS A6909, 薄付け仕上塗材

[19] ASTM G-154, Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet(UV) Lamp Apparatus for Exposure of Materials

[20] BS EN ISO 3231, Paints and Varnishes – Determination of Resistance to Humid Atmospheres Containing sulfur Dioxide

[21] Hong Kong Housing Authority Specification Library - HKHA FIN7. APPEND1

[22] 公共房屋設計及建造規定, 房屋局

[23] 油漆篇導則, 公共建設局

工程品質保證計劃及程序

屋宇配水系統

工程品質保證計劃及程序

屋宇配水系統

一、通則及適用範圍

本節所述適用於一般屋宇配水系統之材料及建造之品質保證要求。屋宇配水系統之任務是供應不同類型屋宇的用水，以滿足生活、設備及消防上之用水需求。配水系統之設計，在水量、水壓、水質及水温各方面，均按屋宇之用途及性質等具體情況而定。按用途分類，目前本地一般公共工程的屋宇較常用的管材包括：

- ✓ 食用水管道：銅管、不銹鋼管；
- ✓ 消防管道：鍍鋅鋼管；
- ✓ 再生水管道：塑料管。

部份工程亦會按屋宇之用途及配水系統個別管段的特性而使用其他管材，例如球墨鑄鐵管等。

屋宇配水系統建造工程之品質保證，目的是為了確保系統具有以下特性：

- ✓ 適用性；
- ✓ 水密性；
- ✓ 耐用性。

配水系統之用途在設計時已作考慮，而品質保證其中一項工作是確保系統之安裝能按照設計而進行，以達致其適用性。有關配水系統之漏水問題亦為品質保證之重點之一，對於系統之水密性，可按照澳門供排水規章[1]之不漏試驗及設計之要求及程序進行驗收。至於耐用性方面，可通過使用適當之管材、配件及設備而加以控制，同時亦可利用合適之防腐蝕塗料或保護材料來保障其耐用性，例如銅管需以聚乙烯作保護材料。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

屋宇配水系統於安裝前，需按每一種類之使用材料及工程承攬規則要求，提交文件作審閱或記錄。如工程承攬規則未有提及材料的要求時，可以 General Specification for Plumbing and Installation in Government Buildings [2]作參考：

- ✓ 管材之產品說明書及試驗報告/認可文件

- 食用水系統的銅管：需符合標準 EN 1057 [3]，外部並配以塑料保護層，塑料保護層需符合標準 EN 13349 [4]；
- 食用水系統的不銹鋼管：需符合標準 BS 6362 [5]、ISO 7598 [6]、EN 10312 [7]或 EN 10217-7 [8]；
- 消防系統的鍍鋅鋼管：需符合標準 EN 10255 [9]中級、ISO 65 [10]中級、EN 10216-1 [11]或 EN 10217-1 [12]，鍍鋅層公稱厚度取 55 μm；
- 指定管段的球墨鑄鐵管：需符合標準 EN 545 [13]；
- 塑料管及其他管材：需符合承攬規則所說明的產品標準。

✓ 配件之產品說明書及試驗報告/認可文件

- 食用水系統的銅配件：需符合標準 EN 1254-1 [14]、EN 1254-2 [15]、EN 1254-4 [16]或 EN 1254-5 [17]；
- 食用水系統的不銹鋼配件：需符合標準 ISO 4144 [18]、EN 10312 [7]或 EN 10217-7 [8]；
- 消防系統的鍍鋅配件：需符合標準 EN 10241 [19]、EN 10242 [20]、EN 10253-1 [21]或 BS 143 & 1256 [22]；
- 指定管段的球墨鑄鐵配件：需符合標準 EN 545 [13]；
- 塑料及其他配件：需符合承攬規則或塑料管材生產商所指定的產品規格。

✓ 接合材料之產品說明書及試驗報告/認可文件

- 銅管道的錫焊材料(soldering alloy)：化學成份需符合標準 ISO 9453 [23]，鉛含量不大於 0.070%及適用標準的限值，例如可採用 EN 1254-1 [14] 1998 年版中表 6 中的第 II 類、第 III 類錫焊材料或其他相類似的焊材；
- 錫焊助焊劑(soldering flux)：需符合錫焊材料生產商的指引，並具適用於食用水的試驗報告/認可文件；
- 銅管道的硬焊材料(銀焊/銅焊材料，brazing alloy)：需符合標準 ISO 17672 [24]，鎘含量不大於 0.010%及適用標準的限值，鉛含量不大於 0.025%及適用標準的限值，例如可採用 EN 1254-1 [14]1998 年版中表 6 第 VI 類硬焊材料或其他相類似的焊材；
- 硬焊助焊劑(brazing flux)：需符合硬焊材料生產商的指引，並具適用於食用水的試驗報告/認可文件；對於銅與銅之間的硬焊，一般無需採用助焊劑；
- 螺紋接頭密封帶(thread seal tape)：需符合標準 BS 7786 [25]及 BS 6920 [26]。

✓ 閥門之產品說明書及試驗報告/認可文件

- 銅合金截止閥、止回閥：需符合標準 BS 5154 [27]；
- 銅合金閘閥：需符合標準 EN 12288 [28]；
- 鑄鐵截止閥：需符合標準 EN 13789 [29]；
- 鑄鐵止回閥：需符合標準 EN 12334 [30]；
- 鑄鐵閘閥：需符合標準 BS 5163 [31]或 EN 1074 [32] 。

✓ 接頭產品說明書及試驗報告/認可文件

- 食用水水缸過缸通：材質需為不銹鋼，並符合標準 EN 10088 [33]的 1.4401 級或 SAE 316 級，但承攬規則具相關說明除外；
- 非食用水水缸的過缸通：需符合承攬規則所指定的材質規格；
- 不銹鋼柔性接頭：需符合標準 EN 10088 [33]的 1.4301 級或 SAE 304 級，並可承受 40 bar 的破壞壓力；
- 非食用水系統的橡膠柔性接頭：需符合承攬規則所指定的產品規格。

✓ 潔具產品說明書及試驗報告/認可文件

- 水龍頭：需符合標準 EN 200 [34]、EN 816 [35]、EN 817 [36]或其他適用標準，並具適用於食用水的試驗報告/認可文件；
- 水龍頭軟接管、角閥：需符合承攬規則或其他適用標準，並具適用於食用水的試驗報告/認可文件；
- 節水型潔具：需符合承攬規則所說明的標準或其他適用標準。

✓ 保温材料、防腐塗料產品說明書、試驗報告及/或認可文件

- 保温材料：需符合承攬規則所說明的標準或其他適用標準；
- 防腐塗料：需符合承攬規則所說明的標準或其他適用標準。

✓ 材料及設備之共同規定

- 與食水接觸的金屬材料：需符合承攬規則所說明的標準或其他適用標準；
- 與食水接觸的非金屬材料：需符合 BS 6920 [26]；
- 試驗報告：提交的試驗報告的日期必需為近 5 年之內；
- 認可文件：有效認可文件包括香港水務署近 5 年期內的批准書(俗稱水紙)、英國水務法規諮詢計劃(Water Regulations Advisory Scheme, WRAS)的證書、美國全國衛生基金會(National Sanitation Foundation, NSF)的證書，或其他同類的適用認可文件。

系統安裝前

✓ 材料及設備之報批文件；

✓ 施工/安裝方案；

✓ 系統分段不漏試驗計劃。

安裝階段或竣工驗收時

✓ 銅管、配件及焊接材料之化學成份試驗報告；

✓ 鍍鋅件之試驗報告；

✓ 保護塗料之試驗報告；

✓ 試驗儀器(即水壓表)之校準報告；

✓ 不漏試驗記錄；

✓ 雙管網供水系統錯接檢驗記錄；

✓ 水質樣本之檢驗記錄和報告。

三、檢查、測試及驗收工作

屋宇配水系統工程的檢查工作可歸納於下表：

屋宇配水系統工程檢查項目表

檢查目的 / 檢查項目	材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
材料標識/級別	✔		全數檢查	b, c	
產品規格	✔		全數檢查	b, c	
外觀質量	✔		全數檢查	b, c	
保護層外觀質量	✔		全數檢查	b, c	
尺寸偏差	✔		全數檢查	b, c	
存放及運輸	✔		全數檢查	b, c	
設備檢查		✔	安裝前	a, b, c	
管材切割及備料		✔	全數檢查	a, b, c	
接駁工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
管線路徑		✔	全數檢查	a, b	
固定管線工藝		✔	全數檢查	a, b	
塗裝質量		✔	全數檢查	b, c	
保温材料安裝工藝		✔	全數檢查	b, c	

註： a - 澳門供排水規章[1]
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - 產品標準/生產商技術指引

檢查、測試及驗收工作 (續)

屋宇配水系統的測試及驗收工作可歸納於下表：

屋宇配水系統測試及驗收項目						
檢測項目 / 檢測方法	材料品質之確定	施工、安裝及接駁品質之確定	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
銅管道材料化學成份檢驗 [1]	✔		如有需要❶	b, c, d, e, f	i	
銅管道材料重金屬含量檢驗 [2]	✔		每批測試❷	b, c, d, e, f	i	
不銹鋼管道材料可靠性鑑別 [3]	✔		每批測試❸	b, g	ii	
鍍鋅層厚度測試 [4]	✔		每批測試❹	b, h, i	i	
鍍鋅層均勻性測試 [5]	✔		如有需要❺	b, k	i	
保護塗料塗裝工藝測試 [6]		✔	每批測試❻	b	-	
錫焊接口含鉛篩檢 [7]		✔	每批測試❼	b	ii	
水壓表校準 [8]		✔	兩個	b, l	-	
不漏試驗 [9]		✔	100 %	a, b, m	iii	
雙管網供水系統錯接檢驗 [10]		✔	100 %	a, b, n	iv	
水質檢驗 [11]	✔	✔	如有需要❶	a, b	i	

註： 檢測方法

1 - 銅管道材料化學成份檢驗

為保證食用水水質不受銅管道相關材料所影響，需對銅管、銅配件及焊材到場的材料選取樣本進行化學成份檢驗，用以核實其化學成份含量。檢驗可利化學分析或光譜分析等方法進行，而所需檢驗的化學成份至少包括下表所列的化學成份。

銅管、銅配件及焊材至少需檢驗的化學成份

材料	銅 Cu	銀 Ag	磷 P	錫 Sn	鉛 Pb	鎘 Cd	其他化學成份
銅管	✔	✔	✔		✔	✔	
銅配件	✔	✔	✔	見附註	✔	✔	見附註
錫焊材	✔	見附註	見附註	✔	✔		見附註
硬焊材	✔	✔	✔	見附註	✔	✔	見附註

附註：當產品規格顯示具該化學成份時，也需對該化學成份進行含量分析。

2 - 銅管道材料重金屬含量檢驗
為保證食用水水質不受銅管道相關材料所影響，需對銅管、銅配件及焊材到場的材料選取樣本進行重金屬含量檢驗，用以核實其化學成份含量。檢驗可利化學分析或光譜分析等方法進行，而所需檢驗的化學成份至少包括下表所列的化學成份。

銅管、銅配件及焊材至少需檢驗的重金屬成份

材料	銻 Sb	鎘 Cd	鉻 Cr	銅 Cu	鉛 Pb	鎳 Ni	其他重金屬成份
銅管	見附註	✔	見附註	見附註	✔	見附註	見附註
銅配件	見附註	✔	見附註	見附註	✔	見附註	見附註
錫焊材	見附註	見附註	見附註	見附註	✔	見附註	見附註
硬焊材	見附註	✔	見附註	見附註	✔	見附註	見附註

附註：按專案工程技術規格/承攬規則及產品說明書之要求。

3 - 不銹鋼管道材料可靠性鑑別
需對到場的 316 級、同級或以上級別不銹鋼管、配件及其他管道材料(例如過缸通)選取樣本進行化學成份篩驗，篩驗方法可利用 X 射線螢光(XRF)光譜分析法或其他適用方法。

4 - 此測試適用於一般熱浸鍍鋅件及消防管道鍍鋅材料之鍍鋅厚度檢測。

5 - 此測試適用於一般熱浸鍍鋅件及消防管道鍍鋅材料之鍍鋅層均勻性檢測。

6 - 保護塗層的測試可參閱相關的品質保證計劃及程序。

7 - 對於錫焊接口，需選取樣本進行非破壞性含鉛篩檢，篩驗方法可利用 Lead Check Swabs 驗鉛棒或其他方法。

8 - 水壓表校準
為保證不漏試驗期間水壓量度值之準確性，用於試驗之水壓表，需利用校準設備，按標準 EN 837-1 [37] 訂定其量度值之誤差。一般情況下，如可出示近一年的有效校準報告或證明，則水壓表可豁免進行校準。

9 - 不漏試驗
把被檢測之配水系統提升水壓，記錄試驗前後之水壓值，通過外觀檢查以及試驗前後之水壓差，按澳門供排水規章及專案工程技術規格之要求來評估系統之水密性。對於不同類型之配水系統，不漏試驗的壓力、時間及要求可詳見下表。

屋宇配水系統不漏試驗之壓力、時間及合格準則

配水系統類別	試驗壓力	試驗時間	合格準則
一般配水系統	1.5 倍服務壓力 至少 900 kPa	30 分鐘	壓力差 = 0
消防系統	1.5 倍服務壓力 至少 1000 kPa	120 分鐘	壓力差 = 0

10 - 雙管網供水系統(再生水及自來水)錯接檢驗
對於屋宇同時具有再生水供水系統及食用水供水系統的情況，為避免屋宇內兩套供水管道系統出現交叉接駁所造成的供水安全問題，需進行雙管網供水系統(再生水及自來水)錯接檢驗。試驗方法可按雙管網供水系統(再生水及自來水)檢驗和測試指引[38]及專案工程技術規格之要求來評估兩個供水系統是否存有錯接情況。

11 - 水質檢驗
按專案工程技術規格/承攬規則之要求。

建議檢測頻率

❶ - 按專案工程技術規格/承攬規則之要求。
❷ - 對於同一批銅管，不論其尺寸，每 500 支銅管選取一個樣本；對於同一批銅配件，不論尺寸及類型，每 500 個配件選取兩個樣本；至於同一批焊材，每一種類型的焊材選取兩個樣本。
❸ - 對於同一批不銹鋼鋼管，不論其尺寸，每 500 支鍍鋅鋼管選取 5 個樣本；對於同一批不銹鋼配件，不論尺寸及類型，每 500 配件選取 5 個樣本；至於其他不銹鋼管道材料(例如過缸通)，不論尺寸，每類型選取 5 個樣本。
❹ - 對於同一批鍍鋅鋼管，不論其尺寸，每 500 支鍍鋅鋼管選取 5 個樣本；對於同一批鍍鋅配件，不論尺寸及類型，每 500 配件選取 5 個樣本；至於其他鍍鋅件(例如管夾)，可參閱金屬建材及施工/安裝工藝的工程品質保證計劃及程序。
❺ - 按專案工程技術規格/承攬規則之要求；針對不具條件進行鍍鋅厚度測試的鍍鋅件。
❻ - 按專案工程技術規格/承攬規則及產品說明書之要求。
❼ - 對於每批錫焊接口，每 5 層樓層選取 3 個樣本進行試驗。

標準要求

a - 澳門供排水規章 [1]
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - EN 1057 [3]
d - EN 1254-1 [14]
e - ISO 9453 [23]
f - ISO 17672 [24]
g - EN 10088 [33]
h - ISO 1461 [39]
i - EN 10240 [40]
j - EN 10242 [20]
k - BS 729 [41]
l - EN 837-1 [37]
m - 防火安全規章 [42]
n - 雙管網供水系統(再生水及自來水)檢驗和測試指引 [38]

合格準則

i - 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外雙倍數量試件進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

ii - 需利用其他方法作進一步檢驗。

iii - 當測試結果不符要求時，需對系統所有接口及管身進行全面檢查，以尋找滲漏之來源，並加以修整，再進行另一次測試。

iv - 按雙管網供水系統(再生水及自來水)檢驗和測試指引[38]。

v - 按專案工程技術規格/承攬規則之要求。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 法令第 46/96/M 號，澳門供排水規章，澳門政府

[2] General Specification for Plumbing and Installation in Government Buildings of The Hong Kong Special

Administrative Region, Architectural Services Department, The Government of The Hong Kong Special Administrative Region

[3] EN 1057, Copper and copper alloys. Seamless, round copper tubes for water and gas in sanitary and heating applications

[4] EN 13349, Copper and copper alloys. Pre–insulated copper tubes with solid covering

[5] BS 6362, Stainless steel tubes suitable for screwing in accordance with BS 21 'Pipe threads for tubes and fittings where pressure-tight joints are made on the threads

[6] ISO 7598, Stainless steel tubes suitable for screwing in accordance with ISO 7-1

[7] EN 10312, Welded stainless steel tubes for the conveyance of aqueous liquids including water for human consumption – Technical delivery conditions

[8] EN 10217-7, Welded steel tubes for pressure purposes – Technical delivery conditions – Part 7: Stainless steel tubes

[9] EN 10255, Non-alloy steel tubes suitable for welding and threading. Technical delivery conditions

[10] ISO 65, Carbon steel tubes suitable for screwing in accordance with ISO 7-1

[11] EN 10216-1, Seamless steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Non-alloy steel tubes with specified room temperature properties

[12] EN 10217-1, Welded steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Non-alloy steel tubes with specified room temperature properties

[13] EN 545, Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods

[14] EN 1254-1, Copper and copper alloys. Plumbing fittings. Fittings with ends for capillary soldering or capillary brazing to copper tubes

[15] EN 1254-2, Copper and copper alloys. Plumbing fittings. Fittings with compression ends for use with copper tubes

[16] EN 1254-4, Copper and copper alloys. Plumbing fittings. Fittings combining other end connections with capillary or compression ends

[17] EN 1254-5, Copper and copper alloys. Plumbing fittings. Fittings with short ends for capillary brazing to copper tubes

[18] ISO 4144, Pipework -- Stainless steel fittings threaded in accordance with ISO 7-1

[19] EN 10241, Steel threaded pipe fittings

[20] EN 10242, Threaded pipe fittings in malleable cast iron

[21] EN 10253-1, Butt-welding pipe fittings. Wrought carbon steel for general use and without specific inspection requirements

[22] BS 143 & 1256, Threaded pipe fittings in malleable cast iron and cast copper alloy

[23] ISO 9453, Soft solder alloys -- Chemical compositions and forms

[24] ISO 17672, Brazing -- Filler metals

[25] BS 7786, Specification for unsintered PTFE tapes for general use

[26] BS 6920, Suitability of non-metallic materials and products for use in contact with water intended for human consumption with regard to their effect on the quality of the water

[27] BS 5154, Specification for copper alloy globe, globe stop and check, check and gate valves

[28] EN 12288, Industrial valves. Copper alloy gate valves

[29] EN 13789, Industrial valves. Cast iron globe valves

[30] EN 12334, Industrial valves. Cast iron check valves

[31] BS 5163, Valves for waterworks purposes

[32] EN 1074, Valves for water supply. Fitness for purpose requirements and appropriate verification tests

[33] EN 10088, Stainless steels

[34] EN 200, Sanitary tapware. Single taps and combination taps for water supply systems of type 1 and type 2. General technical specification

[35] EN 816, Sanitary tapware. Automatic shut-off valves PN 10

[36] EN 817, Sanitary tapware. Mechanical mixing valves (PN 10). General technical specifications

[37] EN 837-1, Pressure gauges. Bourdon tube pressure gauges. Dimensions, metrology, requirements and testing

[38] 雙管網供水系統(再生水及自來水)檢驗和測試指引, 港務局, 澳門特別行政區政府

[39] ISO 1461, Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles -- Specifications and test methods

[40] EN 10240, Internal and/or external protective coatings for steel tubes. Specification for hot dip galvanized coatings applied in automatic plants

[41] BS 729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles

[42] 法令第 24/95/M 號, 防火安全規章, 澳門政府

工程品質保證計劃及程序

屋宇排水系統

工程品質保證計劃及程序

屋宇排水系統

一、通則及適用範圍

本節所述適用於一般屋宇排水系統之材料及建造之品質保證要求，不論系統屬於家庭、工業或雨水等排水系統。屋宇廢水排放之形式可分為兩種：

- ✓ 重力流排放；
- ✓ 壓力流排放。

由於經濟原則，除了地庫之抽升系統或特定用途之排水系統外，在運作及施工環境許可之情況下，所有屋宇排水系統一般以重力流排放。對於家庭廢水、雨水及經處理之工業廢水，最常用之管材為：

- ✓ UPVC 管，安裝於地面以上之 UPVC 管需符合標準 BS 5255 [1] 或 BS 4514 [2]，而埋地之 UPVC 管需符合標準 BS 4660 [3] 或 BS 5481 [4]；
- ✓ 鑄鐵管，需符合標準 EN 877 [5]。

個別工程亦會按所排放廢水之特性而使用其他管材，例如聚丙烯管等。

至於地庫抽升系統之管材，較常用為鍍鋅鋼管、黑鋼管及鑄鐵管，亦有部份工程使用塑料管。

按澳門供排水規章 [6] 及設計要求，部份家庭廢水系統需配備通風管道，而通風管道亦以符合標準 BS 5255 [1] 或 BS 4514 [2] 之 UPVC 管最為普遍。

檢修井亦為屋宇排水系統之主要部份，目前本地檢修井一般以素混凝土或鋼筋混凝土建造，混凝土一般要求需符合混凝土標準，而鋼筋需符合鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準。對於家庭廢水排放系統，檢修井混凝土表面需以適當之塗料或防腐材料作保護，而井蓋亦需具有可阻止氣體向外散發之裝置。

屋宇排水系統建造工程之品質保證，目的是為了確保系統具有以下特性：

- ✓ 正常運作；
- ✓ 易於維修；
- ✓ 水密性；
- ✓ 氣密性；
- ✓ 耐用性。

品質保證其中一項工作是確保系統之安裝能按照澳門供排水規章 [6] 及設計要求而進行，令系統

能運作正常及易於維修。對於系統之水密性及氣密性，可按照澳門供排水規章 [6] 之不漏試驗及設計之要求進行驗收。至於耐用性方面，可通過使用具抗腐蝕及抗磨損性能之材料或適當之保護層加以控制。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

在建造屋宇排水系統於安裝前、進行安裝及驗收等各階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

系統安裝前

- ✓ 各項材料之產品說明書(含相關產品標準、規格及特性)，而材料主要包括：
  - 管；
  - 配件；
  - 接合材料，如橡膠圈、接合劑等；
  - 存水彎；
  - 地漏 / 去水格柵；
  - 檢修井材料，如混凝土、鋼筋或防腐蝕塗料等；
  - 抽升設備，如污水泵等。
- ✓ 施工/安裝方案；
- ✓ 系統分段不漏試驗計劃。

安裝階段或竣工驗收時

- ✓ 防腐蝕材料之試驗記錄和報告；
- ✓ 不漏試驗記錄；
- ✓ 抽升系統不漏試驗之水壓表校準報告。

三、檢查、測試及驗收工作

屋宇排水系統工程的檢查工作可歸納於下表：

屋宇排水系統工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
材料標識/級別	✔		全數檢查	b, c	
產品規格	✔		全數檢查	b, c	
外觀質量	✔		全數檢查	b, c	
保護層外觀質量	✔		全數檢查	b, c	
存放及運輸	✔		全數檢查	b, c	
施工設備檢查		✔	安裝前	a, b, c	
不漏試驗設備		✔	試驗前	a, b, c	
管材切割及備料		✔	全數檢查	a, b, c	
屋宇排出管之平水及安裝工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
檢修井之平水、建造工藝及保護層質量		✔	全數檢查	a, b, c	
排水管之平水及安裝工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
通風管之平水及安裝工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
固定管道之工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
存水彎、地漏等附件之安裝工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
抽升設備之安裝工藝		✔	全數檢查	a, b, c	

註： a - 澳門供排水規章 [6]
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - 產品標準/生產商技術指引

檢查、測試及驗收工作（續）

屋宇排水系統的測試及驗收工作可歸納於下表：

屋宇排水系統測試及驗收項目						
檢測項目 / 檢測方法	安裝及接駁品質之確定	覆蓋層品質之確定	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
屋宇排出管不漏試驗 [1]	✔		100 %	a, b	i	
塗裝工程測試 [2]		✔	每批測試 ❶	b	-	
排水管及通風管之不漏試驗 [3]	✔		100 %	a, b	i	
水壓表校準 [4]	✔		1 個	c	-	
抽升導管之不漏試驗 [5]	✔		100 %	a, b	i	

註： 檢驗方法

1 - 用水進行之屋宇排出管不漏試驗
把被檢測之屋宇排出管封閉，並提升至試驗水壓，即相等於可能栓塞管道之阻力。在十五分鐘內壓力不可測得下降。

2 - 覆蓋塗層的測試可參閱相關的品質保證計劃及程序。

3 - 用壓縮空氣進行之排水管及通風管不漏試驗
把被檢測之管段封閉，裝上氣壓表，並將壓力提升至 4000 Pa，由開始至十五分鐘不應有任何之變動。

4 - 水壓表校準
為保證不漏試驗期間水壓量度值之準確性，用於試驗之水壓表，需利用精確度較高之水壓表，按標準 EN 837-1 [9] 訂定其量度值之誤差。一般情況下，如能出示有關的儀器校準報告，已校準之水壓表一年內可無需再進行校準。

5 - 用水進行之抽升導管不漏試驗
把被檢測之抽升導管提升水試驗壓力，記錄試驗前後之水壓值，通過外觀檢查以及試驗前後之水壓差，按澳門供排水規章及專案工程技術規格之要求來評估抽升系統之水密性。

建議檢測頻率

❶ - 關於塗裝工程測試，需參閱承攬規則或產品說明書之要求。

標準要求

a - 澳門供排水規章 [6]
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - EN 837-1 [9]

合格準則

i - 當測試結果不符要求時，需對系統所有接口及管身進行全面檢查，以尋找滲漏之來源，並加以修整，再進行另一次測試。

四、引用法規/參考技術文件

[1] BS 5255, Specification for Thermoplastics Waste Pipe and Fittings

[2] BS 4514, Unplasticized PVC Soil and Ventilating Pipes of 82.4 mm Minimum Mean Outside Diameter, and Fittings and Accessories of 82.4 mm and of Other Sizes. Specification

[3] BS 4660, Specification for Unplasticized Polyvinyl Chloride (PVC-U) Pipes and Plastics Fittings of Nominal sizes 110 and 160 for Below Ground Gravity Drainage and Sewerage

[4] BS 5481, Specification for Unplasticized PVC Pipe and Fittings for Gravity Sewers

[5] EN 877, Cast Iron Pipes and Fittings, Their Joints and Accessories for the Evacuation of Water from Buildings – Requirements, Test Methods and Quality Assurance

[6] 法令第 46/96/M 號，澳門供排水規章，澳門政府

[7] 法令第 42/97/M 號，混凝土標準，澳門政府

[8] 法令第 64/96/M 號，鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準，澳門政府

[9] EN 837-1, Pressure Gauges – Part 1: Bourdon Tube Pressure Gauges – Dimensions, Metrology, Requirements and Testing

工程品質保證計劃及程序

公共排水系統

工程品質保證計劃及程序

公共排水系統

一、通則及適用範圍

本節所述適用於公共廢水排放系統在材料及建造方面之品質保證要求，而系統之範圍包括家庭廢水、工業廢水及雨水之公共排放系統，不論其屬於分流式或合流式系統。

從公共排水系統在建造及運作之經濟效益上來看，除了因現場環境之限制外，排水系統一般以重力流排放為主。對於用於排水系統之種類，可分為管道、明渠及箱形暗渠，管道之材料普遍為：

- ✓ 預製混凝土管，符合標準 BS 5911 – 100 [1]，獲生產系統認證；
- ✓ UPVC 管，符合標準 BS 4660 [2] 或 BS 5481 [3]；
- ✓ 鑄鐵管，需符合標準 EN 877 [4]。

至於明渠及箱形暗渠，一般採用素混凝土及鋼筋混凝土建造。混凝土需符合混凝土標準 [5] 之要求，而鋼筋需符合鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準 [6]。

基於排水系統現場施工及運作條件之限制，部份系統需以壓力流運作，而建造壓力流抽升系統之管材，較常用為球墨鑄鐵管，球墨鑄鐵管需符合標準 EN 598 [7]。

視察井及雨水口亦為公共排水系統之主要部份，視察井及雨水口一般以素混凝土或鋼筋混凝土建造。對於現場澆注之混凝土，需符合混凝土標準 [5] 之要求，而鋼筋需符合鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準 [6]，至於預製混凝土視察井構件，需符合標準 BS 5911 – 200 [8]，其工廠生產控制系統需經認可之獨立機構認證。關於視察井及雨水口之蓋、框及格柵，一般要求符合標準 EN 124 [9]。

公共排水系統建造工程之品質保證，目的是確保系統具有以下特性，以達致系統整體運作良好及保障公眾健康及安全之目的：

- ✓ 正常運作；
- ✓ 易於維修；
- ✓ 水密性；
- ✓ 氣密性；
- ✓ 耐用性。

品質保證其中一項工作是確保系統之安裝能按照澳門供排水規章 [10] 及設計要求而進行，令系統得以正常運作及易於維修。對於系統之水密性及氣密性，可按照澳門供排水規章 [10] 之不漏試驗及設計之要求進行驗收。至於耐用性方面，可通過使用具抗腐蝕及抗磨損性能之材料或適當之保護

層加以控制，例如用於家庭廢水排放系統之混凝土管，可使用適當的抗腐蝕塗料作保護層，避免廢水或其生物作用產性之氣體對管內部造成侵害。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

在建造公共排水系統於安裝前、進行安裝及驗收等各階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

系統安裝前

- ✓ 各項材料之產品說明書(含相關產品標準、規格及特性)及/或證書，而材料主要包括：
  - 管；
  - 配件；
  - 接合材料，如橡膠圈、接合劑等；
  - 明渠、箱形暗渠、視察井及雨水口之材料，如混凝土、鋼筋等；
  - 防腐蝕塗料；
  - 視察井及雨水口之蓋、框及格柵；
  - 抽升設備，如污水泵等。
- ✓ 施工/安裝方案；
- ✓ 系統分段之不漏試驗計劃。

安裝階段或竣工驗收時

- ✓ 由認可獨立機構所發出的預製混凝土管之試驗記錄，當中的混凝土管標誌上之批號需對應試驗記錄上之批號；
- ✓ 預製混凝土視察井構件之試驗記錄，當中視察井構件標誌上之批號需對應試驗記錄上之批號；
- ✓ 防腐蝕材料之試驗記錄和報告；
- ✓ 視察井及雨水口之蓋、框及格柵之試驗記錄；
- ✓ 不漏試驗記錄；
- ✓ 用於抽升系統不漏試驗之水壓表之校準報告。

三、檢查、測試及驗收工作

公共排水系統工程的檢查工作可歸納於下表：

公共排水系統工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
材料標識/級別	✔		全數檢查	b, c	
產品規格	✔		全數檢查	b, c	
外觀質量	✔		全數檢查	b, c	
保護層外觀質量	✔		全數檢查	b, c	
存放及運輸	✔		全數檢查	b, c	
施工設備檢查		✔	安裝前	a, b, c	
不漏試驗設備		✔	試驗前	a, b, c	
素混凝土及鋼筋混凝土排水構件，如明渠及箱形暗渠之建造工藝及外觀質量		✔	全數檢查	b, c	
管道之安裝工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
視察井及雨水口之建造工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
視察井及雨水口之蓋、框及格柵之安裝工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
抽升設備之安裝工藝		✔	全數檢查	a, b, c	

註： a - 澳門供排水規章 [10]
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - 產品標準/生產商技術指引

檢查、測試及驗收工作（續）

公共排水系統的測試及驗收工作可歸納於下表：

公共排水系統測試及驗收項目

檢測項目 / 檢測方法	安裝及接駁品質之確定	材料性能	覆蓋層品質之確定	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
管道不漏試驗 [1]	✔			100 %	a, b	i	
塗裝工程測試 [2]			✔	每批測試❶	b	-	
視察井及雨水口之蓋、框及格柵 [3]		✔		每批測試❷	b	ii	
水壓表校準 [4]	✔			1 個	c	-	
抽升導管之不漏試驗 [5]	✔			100 %	a, b	i	

註： 檢驗方法

1 - 用水或用壓縮空氣進行之管道不漏試驗
按澳門供排水規章 [10]，管道之不漏試驗可用水進行。把管道封閉，並在管道上游末端接上漏斗及撓性管，把水注入管內，使水壓加至 1 N/cm^2 至 3 N/cm^2 之間，標記初期水位標高，每隔十分鐘把水注入漏斗至初期標高，記錄注入水量。三十分鐘後注入之水量(以升計)除以管道之內表面積(以平方米計)不可大於 0.316。當管道之公稱內徑大於或等於 750 毫米時，可使用壓縮空氣作試驗。試驗前先把管道封閉，接上空氣泵，把管內空氣加壓至 100 毫米水柱，五分鐘內氣壓不可降低於 75 毫米水柱。關於管道不漏試驗之詳細試驗方法，可參閱澳門供排水規章 [10] 附件八。

2 - 覆蓋塗層的測試可參閱相關的品質保證計劃及程序。

3 - 視察井及雨水口之蓋、框及格柵
視察井及雨水口之蓋、框及格柵需按標準 EN 124 [9] 進行測試，測試項目主要包括尺寸測試及荷載測試，測試之設備、程序及要求在 EN 124 [9] 內載明。

4 - 水壓表校準
為保證不漏試驗期間水壓量度值之準確性，用於試驗之水壓表，需利用精確度較高之水壓表，按標準 EN 837-1 [11] 訂定其量度值之誤差。一般情況下，對於在近一年內已校準之水壓表，如能出示有關之校準報告，則可無需再進行校準。

5 - 用水進行之抽升導管不漏試驗
把被檢測之抽升導管提升至試驗水壓，即服務壓力之一倍半至兩倍，記錄試驗前後之水壓值，試驗時段為半小時。通過外觀檢查以及試驗前後之水壓差，按澳門供排水規章 [10] 附件八及專案工程技術規格之要求來評估抽升導管之水密性。

建議檢測頻率

❶ - 關於塗裝工程測試，需參閱承攬規則或產品說明書之要求。

❷ - 關於視察井及雨水口入口裝置之測試，每一個種類及尺寸需抽取兩個作測試，而同一批最多為 150 個。

標準要求

a - 澳門供排水規章 [10]
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - EN 837-1 [11]

合格準則

i - 當測試結果不符要求時，需對系統所有接口及管身進行全面檢查，以尋找滲漏之來源，並加以修整，再進行另一次測試。

ii - 當測試結果不符要求，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要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

四、引用法規/參考技術文件

[1] BS 5911 – 100, Precast Concrete Pipes, Fittings and Ancillary Products – Specification for Unreinforced and Reinforced Concrete Pipes and Fittings with Flexible Joints

[2] BS 4660, Specification for Unplasticized Polyvinyl Chloride (PVC-U) Pipes and Plastics Fittings of Nominal sizes 110 and 160 for Below Ground Gravity Drainage and Sewerage

[3] BS 5481, Specification for Unplasticized PVC Pipe and Fittings for Gravity Sewers

[4] EN 877, Cast Iron Pipes and Fittings, Their Joints and Accessories for the Evacuation of Water from Buildings – Requirements, Test Methods and Quality Assurance

[5] 法令第 42/97/M 號，混凝土標準，澳門政府

[6] 法令第 64/96/M 號，鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準，澳門政府

[7] EN 598, Ductile Iron Pipes, Fittings, Accessories and Their Joints for Sewerage Applications – Requirements and Test Methods

[8] BS 5911 – 200, Precast Concrete Pipes, Fittings and Ancillary Products – Specification for Unreinforced and Reinforced Concrete Manholes and Soakaways of Circular Cross Section

[9] EN 124, Gully Tops and Manhole Tops for Vehicular and Pedestrian Areas – Design Requirements, Type Testing, Marking, Quality Control

[10] 法令第 46/96/M 號，澳門供排水規章，澳門政府

[11] EN 837-1, Pressure Gauges – Part 1: Bourdon Tube Pressure Gauges – Dimensions, Metrology, Requirements and Testing

工程品質保證計劃及程序

灌溉系統

工程品質保證計劃及程序

灌溉系統

一、通則及適用範圍

本節所述適用於一般園藝工程灌溉系統之材料及建造之品質保證要求。灌溉系統之任務是以人工澆灌或自動噴灌、滴灌等方式為園藝區中各類植物，包括樹木、花卉及草地，提供足夠水分，讓植物得以生長，達致綠化環境及美化城市之目的。灌溉系統之管道、設備、澆灌取水點、噴灌噴頭、滴滲管之要求，按植物種類及數量、土壤特性、土地坡度及面積等因素而定。按管材分類，目前本地一般園藝灌溉管道主要採用：

- ✓ UPVC 管，符合標準 BS 3505 [1]，D 級或以上；或符合標準 EN 1452-2 [2]，S8 系列或以上；
- ✓ 鍍鋅鋼管，符合標準 EN 10255 [3]，中級或以上，鍍鋅層公稱厚度取 55 μm。

個別工程亦會使用其他管材，例如 PPR 管等。

灌溉系統建造工程之品質保證，目的是為了確保系統具有以下特性：

- ✓ 適用性；
- ✓ 水密性；
- ✓ 耐用性。

灌溉系統各項設備之要求在設計時已作考慮，而品質保證其中一項工作是確保灌溉設備之安裝能按照設計而進行，以達致其適用性。有關灌溉系統之漏水問題亦為品質保證之重點之一，對於系統之水密性，可按照澳門供排水規章之不漏試驗及設計之要求及程序進行驗收。至於耐用性方面，可通過使用適當之管材、配件及設備而加以控制，同時亦可利用合適之防腐蝕塗料或保護材料來保障其耐用性，例如鍍鋅鋼管需按安裝環境而塗上合適之防腐蝕塗料。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

在建造灌溉系統於安裝前、進行安裝及驗收等各階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

系統安裝前

- ✓ 各項材料之產品說明書(含相關產品標準、規格及特性)，而材料主要包括：
  - 管；
  - 配件；

- 閥門；
- 軟管接頭；
- 噴灌、滴灌設備，如噴頭、噴嘴、滴滲等；
- 防腐蝕塗料或保護材料；
- 其他相關設備，如閥門井、控制系統等。

✓ 施工/安裝方案；

✓ 系統分段不漏試驗計劃。

安裝階段或竣工驗收時

✓ 鍍鋅件之試驗報告；

✓ 保護塗料之試驗報告；

✓ 試驗儀器(即水壓表)之校準報告；

✓ 不漏試驗記錄；

✓ 雙管網供水系統錯接檢驗記錄。

三、檢查、測試及驗收工作

灌溉系統工程的檢查工作可歸納於下表：

灌溉系統工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
材料標識/級別	✔		全數檢查	b, c	
產品規格	✔		全數檢查	b, c	
外觀質量	✔		全數檢查	b, c	
保護層外觀質量	✔		全數檢查	b, c	
存放及運輸	✔		全數檢查	b, c	
設備檢查		✔	安裝前	a, b, c	
管材切割及備料		✔	全數檢查	a, b, c	
接駁工藝		✔	全數檢查	a, b, c	
管線路徑		✔	全數檢查	a, b	
設備安裝工藝		✔	全數檢查	b, c	
控制系統操作		✔	全數檢查	b, c	
塗裝質量		✔	全數檢查	b, c	

註： a - 澳門供排水規章 [4]
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - 產品標準/生產商技術指引

檢查、測試及驗收工作（續）

灌溉系統的測試及驗收工作可歸納於下表：

灌溉系統測試及驗收項目						
檢測項目 / 檢測方法	覆蓋層品質之確定	安裝及接駁品質之確定	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
鍍鋅層厚度測試 [1]	✔		每批測試❶	b, c, d	i	
鍍鋅層均勻性測試 [2]	✔		如有需要❷	b, e	i	
保護塗料塗裝工藝測試 [1]	✔		每批測試❸	b, i	-	
水壓表校準 [3]		✔	兩個	b, f	-	
不漏試驗 [4]		✔	100 %	a, b	ii	
雙管網供水系統錯接檢驗 [5]		✔	100%❹	g	iii	

註： 檢測方法

1 – 鍍鋅層及保護塗層的測試可參閱相關的品質保證計劃及程序。

2 – 鍍鋅層均勻性測試
此測試適用於一般熱浸鍍鋅件之鍍鋅層均勻性檢測。

3 – 水壓表校準
為保證不漏試驗期間水壓量度值之準確性，用於試驗之水壓表，需利用精確度較高之水壓表，按標準 EN 837-1 [5] 訂定其量度值之誤差。一般情況下，如能出示有關的儀器校準報告，已校準之水壓表一年內可無需再進行校準。

4 – 不漏試驗
把被檢測之灌溉系統提升水壓，記錄試驗前後之水壓值，通過外觀檢查以及試驗前後之水壓差，按澳門供排水規章及專案工程技術規格之要求來評估系統之水密性。對於灌溉系統，不漏試驗的壓力、時間及要求可詳見下表。

灌溉系統不漏試驗之壓力、時間及合格準則

系統類別	試驗壓力	試驗時間	合格準則
公共灌溉系統	1.5 倍服務壓力	30 分鐘	壓力差 ≤ √(P/5) kPa P = 試驗壓力 (kPa)
屋宇內灌溉系統	1.5 倍服務壓力	30 分鐘	壓力差 = 0

5 – 雙管網供水系統(再生水及自來水)錯接檢驗
對於屋宇同時具有再生水供水系統及食用水供水系統的情況，為避免屋宇內兩套供水管道系統出現交叉接駁所造成的供水安全問題，需進行雙管網供水系統(再生水及自來水)錯接檢驗。試驗方法可按雙管網供水系統(再生水及自來水)檢驗和測試指引[6]及專案工程技術規格之要求來評估兩個供水系統是否存有錯接情況。

建議檢測頻率

❶ - 對於同一批鍍鋅鋼管，不論其尺寸，每 500 支鍍鋅鋼管選取 3 個樣本；對於同一批鍍鋅配件，不論尺寸及類型，每 500 配件選取 3 個樣本；至於其他鍍鋅件(例如管夾)，可參閱金屬建材及施工/安裝工藝的工程品質保證計劃及程序。

❷ - 按專案工程技術規格/承攬規則之要求；或不具條件進行鍍鋅厚度測試的鍍鋅件。

❸ - 按專案工程技術規格/承攬規則及產品說明書之要求。

❹ - 對於同時具有再生水供水系統及食用水供水系統的工程項目，需全數進行錯接檢驗。

標準要求

a - 澳門供排水規章 (RADARM) [4]
b - 專案工程技術規格/承攬規則
c - ISO 1461 [7]
d - EN 10240 [8]
e - BS 729 [9]
f - EN 837-1 [5]
g - 雙管網供水系統(再生水及自來水)檢驗和測試指引[6]
i - 產品標準/生產商技術指引

合格準則

i - 當測試結果不符要求，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要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

ii - 當測試結果不符要求時，需對系統所有接口及管身進行全面檢查，以尋找滲漏之來源，並加以修整，再進行另一次測試。

iii - 按雙管網供水系統(再生水及自來水)檢驗和測試指引[6]。

四、引用法規/參考技術文件

[1] BS 3505, Specification for Unplasticized Polyvinyl Chloride (PVC-U) Pressure Pipes for Cold Potable Water

[2] EN 1452-2, Plastics Piping Systems for Water Supply – Unplasticized Poly(Vinyl Chloride) (PVC-U) – Part 2: Pipes

[3] EN 10255, Non-alloy Steel Tubes Suitable for Welding and Threading – Technical Delivery Conditions

[4] 法令第 46/96/M 號, 澳門供排水規章, 澳門政府

[5] EN 837-1, Pressure Gauges – Part 1: Bourdon Tube Pressure Gauges – Dimensions, Metrology, Requirements and Testing

[6] 雙管網供水系統(再生水及自來水)檢驗和測試指引, 港務局, 澳門特別行政區政府

[7] ISO 1461, Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles -- Specifications and test methods

[8] EN 10240, Internal and/or external protective coatings for steel tubes. Specification for hot dip galvanized coatings applied in automatic plants

[9] BS 729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles

工程品質保證計劃及程序

瀝青面道路工程

工程品質保證計劃及程序

瀝青面道路工程

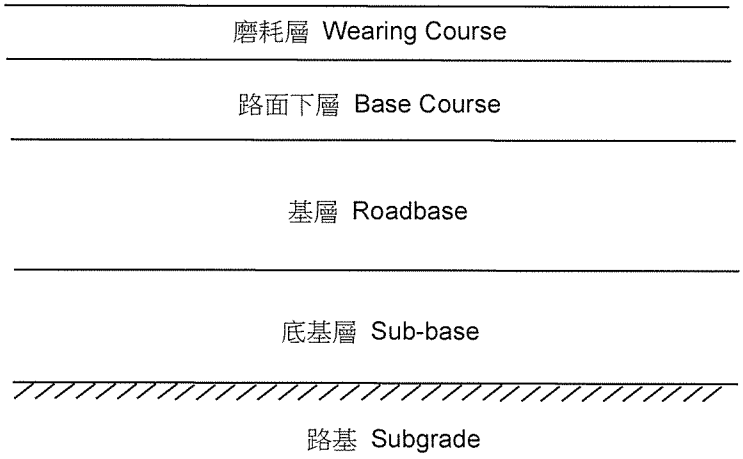
一、通則及適用範圍

本節所述適用於一般瀝青道路工程之材料及建造之品質保證要求。瀝青路面為柔性路面，由於路面本身之抗彎曲應力極低，面層會隨著其底下任何一層之變形而引發變形，所以必需對材料及施工品質方面進行合適之控制。

瀝青面道路之構造，由底至面一般包含以下各層：

- ✓ 路基(Subgrade)，即道路最底下層之土方，通過挖土及填土建成，關於其品質要求可參閱無支撐開挖工程及填土工程之品質保證計劃及程序；
- ✓ 底基層(Sub-base)，材料為級配粒料；
- ✓ 基層(Roadbase)，材料一般為級配粒料；
- ✓ 路面下層(Base Course)，材料為瀝青混合料；
- ✓ 磨耗層(Wearing Course)，材料為瀝青混合料。

一般瀝青面道路各層構造之分布可參閱下圖：



除了道路本身各構造層外，個別道路工程還可能包含其他相關配套設備，例如：

- ✓ 路緣石(俗稱企杉)；
- ✓ 行人路；
- ✓ 護欄等。

當中預製混凝土路緣石之品質保證已包括在本節中。至於路緣石之混凝土基礎、混凝土行人路及混

凝土護欄等，有關之品質控制可參閱鋼筋混凝土之品質保證計劃及程序。而金屬護欄方面之品質控制，可參閱金屬建材及施工安裝工藝之品質保證計劃及程序。

瀝青面道路工程建造工程之品質保證，目的是為了確保系統具有以下特性：

- ✓ 安全性 — 材料及施工方面需作出控制，避免沉陷及路面不規則，對駕駛者構成危險；
- ✓ 適用性 — 路面需平坦無塵，使行車舒適；
- ✓ 耐久性 — 完成面需耐磨，防水性高，不被氣候變化影響。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

在建造瀝青面道路工程於施工前、進行施工期間及完工等各階段，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(如有需要)；
- ✓ 工地沉降記錄(如有需要)；
- ✓ 工地測量記錄，包括高程；
- ✓ 路基壓實度試驗記錄；
- ✓ 路基土工布/排水板試驗記錄；
- ✓ 各構造層之分層及分區攤舖及壓實方案及計劃；
- ✓ 取樣計劃及檢測計劃。

材料批核階段

- ✓ 底基層及基層粒料試驗報告；
- ✓ 基層面乳化瀝青之產品說明書；
- ✓ 瀝青混合料配比；
- ✓ 瀝青混合料原材料資料，包括：
  - ◆ 骨料試驗報告；
  - ◆ 填充料試驗報告；
  - ◆ 瀝青膏說明書及試驗報告；
- ✓ 試拌瀝青混合料試驗報告。

施工階段或竣工驗收時

- ✓ 底基層及基層之分層及分區工地試驗記錄及報告；
- ✓ 各類瀝青混合料原材料(包括骨料、填充料及瀝青膏)之試驗記錄及報告；
- ✓ 路面下層及磨耗層到場瀝青混合料之試驗記錄及報告；
- ✓ 瀝青混合料之分層及分區工地取樣試驗記錄及報告；
- ✓ 路緣石試驗記錄及報告。

三、檢查、測試及驗收工作

瀝青面道路工程的檢查工作可歸納於下表：

瀝青面道路工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的		材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
現場地形測量			✔	施工前	a	
底基層及基層	粒料特性	✔		每批	a	
	粒料之運送及存放		✔	持續進行	a	
	攤舖設備		✔	施工前	a	
	分層攤舖方法及程序		✔	持續進行	a	
	壓實設備		✔	施工前	a	
	分層壓實方法及程序		✔	持續進行	a	
	目測檢查		✔	持續進行	a	
	高程檢核		✔	持續進行	a	
	現場抽樣及試驗		✔	每批	a	
路面下層及磨耗層	瀝青混合料原材料特性	✔		每批	a, b	
	試拌瀝青混合料特性	✔		施工前	a	
	乳化瀝青之產品特性	✔		施工前	a, b	
	乳化瀝青之澆舖方法及程序		✔	持續進行	a, b	
	瀝青混合料攤舖設備	✔		施工前	a	
	到場瀝青混合料抽樣檢測	✔		每批	a	
	瀝青混合料攤舖方法及程序	✔		持續進行	a	
	瀝青混合料壓實設備		✔	安裝前	a	
	瀝青混合料壓實方法及程序		✔	持續進行	a	
	目測檢查		✔	持續進行	a	
	高程檢核		✔	持續進行	a	
	現場抽樣及試驗		✔	每批	a	
路緣石	路緣石抽樣及試驗	✔		每批	a, b	
	路緣石安裝方法及程序		✔	持續進行	a	

註： a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 產品標準/生產商技術指引

檢查、測試及驗收工作（續）

瀝青面道路工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

瀝青面道路工程測試及驗收項目

檢測項目 / 檢測方法			材料試驗	施工工藝試驗	試驗標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
粒料	粒徑分析		✓		ASTM C 136 [1]	每批❶	a	-	
	比重		✓		ASTM C 127 [2] ASTM C 128 [3]		a	-	
	洛杉磯磨損試驗		✓		ASTM C 131 [4] ASTM C 535 [5]		a	-	
	砂當量		✓		ASTM D 2419 [6]	如有需要❷	a	-	
	現場含水量			✓	ASTM D 4944 [7]	每 500 m^2	a	-	
	現場密度及孔隙比			✓	ASTM D 1556 [8]		a	i	
瀝青混合料原材料	骨料	粒徑分析	✓		ASTM C 136 [1]	每 500 m^3 或每種	a	-	
		比重	✓		ASTM C 127 [2] ASTM C 128 [3]		a	-	
		洛杉磯磨損試驗	✓		ASTM C 131 [4] ASTM C 535 [5]		a	-	
		砂當量	✓		ASTM D 2419 [6]	如有需要❷	a	-	
		吸水率	✓		ASTM C 127 [2] ASTM C 128 [3]		a	-	
		扁平細長顆粒含量指數	✓		BS 812-105.1 [9]		a	-	
	填充料	粒徑分析	✓		ASTM C 136 [1]	每 500 m^3 或每種	a	-	
	瀝青膏	針入度試驗	✓		ASTM D 5 [10]	每批	a, b	-	
		軟化點試驗	✓		ASTM D 36 [11]		a, b	-	
		延化點試驗	✓		ASTM D 113 [12]		a, b	-	
		閃點試驗	✓		ASTM D 92 [13]		a, b	-	
試拌瀝青混合料	瀝青含量		✓		ASTM D 2172 [14]	每種	a	-	
	粒徑分析		✓		ASTM C 136 [1]		a	-	
	瀝青混合料單位重		✓		ASTM D 2726 [15]		a	-	
	孔隙比		✓		ASTM D 3203 [16]		a	-	
	馬歇爾試驗：流度值及穩定值		✓		ASTM D 1559 [17]		a	-	

瀝青面道路工程測試及驗收項目

檢測方法 \ 檢測項目		材料試驗	施工工藝試驗	試驗標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
到場新拌瀝青混合料	瀝青含量	✓		ASTM D 2172 [14]	每日 每 1000 m^2	a	-	
	粒徑分析	✓		ASTM C 136 [1]		a	-	
	瀝青混合料單位重	✓		ASTM D 2726 [15]		a	-	
	孔隙比	✓		ASTM D 3203 [16]		a	-	
	馬歇爾試驗： 流度值及穩定值	✓		ASTM D 1559 [17]		a	-	
已壓實瀝青混合料	鑽芯取樣		✓	ASTM D 5361 [18]	每層 每 1000 m^2	a	-	
	厚度		✓	ASTM D 3549 [19]		a	-	
	現場密度及壓實度		✓	ASTM D 2726 [15]		a	ii	
	路面平坦度試驗： 以 3m 直尺作檢測		✓	內部試驗程序	如有需要❷	a	-	
	路面紋理深度試驗： 沙斑法		✓	EN 13036-1 [20]		a	-	
路緣石	鑽芯取樣	✓		EN 12504-1 [21]	每 1000 件❸	a, b	-	
	混凝土樣芯抗壓試驗度	✓		EN 12504-1 [21]		a, b	iii	

註： 建議檢測頻率

❶ – 每批粒料即同一種類、同一粒徑分布及同一來源地之粒料。

❷ – 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。

❸ – 每 1000 件預製混凝土路緣石需抽取 3 件作為試驗樣本。

標準要求

a – 專案工程技術規格/承攬規則

b – 產品技術規格

合格準則

i – 孔隙比可透過現場密度試驗結果及實驗室粒料比種試驗結果而求得，利用孔隙比可判斷底基層及基層之壓實度。若任試驗結果不符要求，需對該驗收面積之粒料層加以壓實，並重新進行現場含水量及現場密度之試驗。

ii – 當測試結果不符要求時，承建商需對該驗收面積之瀝青混合料提出壓實修補方案，並再進行另一次測試。

iii – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外 3 件路緣石作試件進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

四、引用法規/參考技術文件

[1] ASTM C 136, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

[2] ASTM C 127, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate

[3] ASTM C 128, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate

[4] ASTM C 131, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

[5] ASTM C 535, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

[6] ASTM D 2419, Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

[7] ASTM D 4944, Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method

[8] ASTM D 1556, Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method

[9] BS 812-105.1, Testing Aggregates - Methods for Determination of Particle Shape - Flakiness Index

[10] ASTM D 5, Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials

[11] ASTM D 36, Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)

[12] ASTM D 113, Standard Test Method for Ductility of Bituminous Materials

[13] ASTM D 92, Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester

[14] ASTM D 2172, Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Bitumen From Bituminous Paving Mixtures

[15] ASTM D 2726, Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Non-Absorptive Compacted Bituminous Mixtures

[16] ASTM D 3203, Standard Test Method for Percent Air Voids in Compacted Dense and Open Bituminous Paving Mixtures

[17] ASTM D 1559, Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus

[18] ASTM D 5361, Standard Practice for Sampling Compacted Bituminous Mixtures for Laboratory Testing

[19] ASTM D 3549, Standard Test Method for Thickness or Height of Compacted Bituminous Paving Mixture Specimens

[20] EN 13036-1, Road and airfield surface characteristics. Test methods. Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric patch technique

[21] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression

工程品質保證計劃及程序

混凝土面道路工程

工程品質保證計劃及程序

混凝土面道路工程

一、通則及適用範圍

本節所述適用於一般混凝土面道路工程材料及建造之品質保證要求。混凝土路面為剛性路面，路面在車輛荷載下會產生彎曲應力，同時路面板表面及板底之温度差異亦會引發扭曲應力。而混凝土在車輛荷載之重複作用下，會發生疲勞現象而導致路面破損。因此，對混凝土面道路在材料及施工品質方面需進行合適之控制。

混凝土面道路之構造，由底至面一般包含以下各層：

- ✓ 底基層(Sub-base)，以預定之厚度鋪設於路基上，路面層下之壓實層，對路面產生均勻及穩定的支承，材料一般為級配粒料，而底基層上面一般鋪設有馬路膠紙；
- ✓ 混凝土路面板(Concrete Slab)，材料普遍為 B40 混凝土，並要求符合澳門混凝土標準[1]，按設計要求或可能會加上鋼筋或鋼筋網，而為了緩和混凝土板之應力及避免因温差產生不規則裂縫，混凝土板上還需加上接縫。

除了道路本身各構造層外，個別道路工程還可能包含其他相關的道路配套設施，例如：

- ✓ 路緣石(俗稱企杉)；
- ✓ 行人路；
- ✓ 護欄等。

當中預製混凝土路緣石之品質保證已包括在本節中。至於路緣石之混凝土基礎、混凝土行人路及混凝土護欄等，有關之品質控制可參閱鋼筋混凝土之品質保證計劃及程序。而金屬護欄方面之品質控制，可參閱金屬建材及施工安裝工藝之品質保證計劃及程序。

混凝土面道路工程之品質保證工作，目的是為了確保系統具有以下特性：

- ✓ 安全性 — 材料及施工方面需作出控制，避免所建造的道路出現沉陷及路面不規則的缺陷，對駕駛者構成危險；
- ✓ 適用性 — 路面需光滑平整，使行車舒適；
- ✓ 耐久性 — 完成面需耐磨，防水性高，不被氣候變化影響。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

在建造混凝土面道路工程於施工前、施工進行期間及完工等各階段，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(如有需要)；
- ✓ 工地沉降記錄(如有需要)；
- ✓ 工地測量記錄，包括高程；
- ✓ 路基壓實度試驗記錄；
- ✓ 路基土工布/排水板試驗記錄；
- ✓ 底基層之分層及分區攤舖及壓實方案及計劃；
- ✓ 混凝土板之分區施工方案及計劃；
- ✓ 接縫施工方案；
- ✓ 取樣計劃及檢測計劃。
- ✓ 按不同的材料，需提交下列的文件：

  混凝土道路基本材料

  - ➢ 底基層及基層粒料試驗報告；
  - ➢ 馬路膠紙產品說明書及/或樣本；
  - ➢ 鋼筋或鋼筋網資料(可參閱鋼筋混凝土品質保證計劃及程序)；
  - ➢ 混凝土配比、原材料試驗報告、試拌混凝土試驗報告(可參閱鋼筋混凝土品質保證計劃及程序)。

  預製混凝土路緣石(Precast Concrete Road Kerb)

  - ➢ 預製加工廠的介紹說明書；
  - ➢ 最近六個月的混凝土抗壓強度測試結果。

施工階段或竣工驗收時

- ✓ 底基層之分層及分區工地試驗記錄及報告；
- ✓ 鋼筋或鋼筋網到場記錄及相關的試驗報告；
- ✓ 混凝土澆置記錄及試驗報告；
- ✓ 預製混凝土路緣石到場記錄及相關的試驗報告。

三、檢查、測試及驗收工作

混凝土面道路工程的檢查工作可歸納於下表：

混凝土面道路工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的		材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
現場地形測量			✔	施工前	a	
底基層	粒料特性	✔		每批	a	
	粒料之運送及存放		✔	持續進行	a	
	攤舖設備		✔	施工前	a	
	分層攤舖方法及程序		✔	持續進行	a	
	壓實設備		✔	施工前	a	
	分層壓實方法及程序		✔	持續進行	a	
	目測檢查		✔	持續進行	a	
	高程檢核		✔	持續進行	a	
	現場抽樣及試驗		✔	每批	a	
混凝土路面板	混凝土原材料及試拌混凝土特性	✔		每種	a, c	可參閱鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序
	馬路膠紙之產品特性	✔		施工前	a, b	
	鋼筋及鋼筋網之特性、運送及存放	✔		每批	a, d, e	
	填縫材料特性	✔		施工前	a	
	馬路膠紙之鋪設		✔	全數檢查	a, b	
	鋼筋及鋼筋網之排佈及搭接		✔	混凝土澆置前全數檢查	a, d, e	可參閱鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序
	模板及支撐		✔		a, e	
	混凝土運送		✔		a, c, e	
	混凝土均勻性		✔	澆置期間全數檢查	a, c, e	
	混凝土澆注		✔		a, c, e	
	混凝土養護		✔	全數檢查	a, c, e	
	填縫材料安裝方法及程序		✔	持續進行	a	
路緣石	路緣石抽樣及試驗	✔		每批	a, b	
	路緣石安裝方法及程序		✔	持續進行	a	

註：
a – 專案工程技術規格/承攬規則
b – 產品標準/生產商技術指引
c – 混凝土標準 [1]
d – 鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準 [2]
e – 鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章 [3]

檢查、測試及驗收工作（續）

混凝土面道路工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

混凝土面道路工程測試及驗收項目									
檢測方法 \ 檢測項目			材料試驗	施工工藝試驗	試驗標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
底基層粒料	粒徑分析		✔		ASTM C 136 [4]	每批❶	a	-	
	比重		✔		ASTM C 127 [5] ASTM C 128 [6]		a	-	
	洛杉磯磨損試驗		✔		ASTM C 131 [7] ASTM C 535 [8]		a	-	
	砂當量		✔		ASTM D 2419 [9]	如有需要❷	a	-	
	現場含水量			✔	ASTM D 4944 [10]	每 500 m^2	a	-	
	現場密度及孔隙比			✔	ASTM D 1556 [11]		a	i	
混凝土路面板	混凝土	混凝土試拌分析	✔		參閱鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序	參閱鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序	a, c	ii	
		稠度/坍落度測試	✔				a, c	ii	
		立方試體抗壓強度測試	✔				a, c	ii	
		鑽孔取心測試	✔				a, c	ii	
		滲水性測試	✔				a, c	ii	
		氯含量取樣測試	✔				a, c	ii	
	鋼筋	幾何尺寸及重量之測量	✔		參閱鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序	參閱鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序	a, d	ii	
		拉伸性能測試	✔				a, d	ii	
		鋼筋之拼接	✔				a, d, e	ii	
		化學成分分析	✔				a, d	ii	
		正反向彎曲測試	✔				a, d	ii	
		疲勞性能測試	✔				a, d	ii	
	鋼筋網	拉伸性能測試	✔		BS 4482 [12]	每 10 噸❸	a, b	iii	
		焊接位置剪力測試	✔		BS 4483 [13]		a, b	iii	
路緣石	鑽心取樣		✔		EN 12504-1 [14]	每 1000 件❹	a, b	iv	
	混凝土樣心抗壓強度測試		✔		EN 12504-1 [14]		a, b	iv	

註： 建議檢測頻率

❶ – 每批粒料即同一種類、同一粒徑分布及同一來源地之粒料。

❷ – 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。

❸– 每 10 噸鋼筋網選取一個尺寸 1m x 1m 之樣本作試驗。

❹– 每 1000 件預製混凝土路緣石需抽取 3 件作為試驗樣本。

標準要求

a – 專案工程技術規格/承攬規則
b – 產品技術規格
c – 混凝土標準 [1]
d – 鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準 [2]
e – 鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章 [3]

合格準則

i – 孔隙比可透過現場密度試驗結果及實驗室粒料比種試驗結果而求得，利用孔隙比可判斷底基層及基層之壓實度。若任試驗結果不符要求，需對該驗收面積之粒料層加以壓實，並重新進行現場含水量及現場密度之試驗。

ii – 有關混凝土及鋼筋之測試合格準測，可參閱鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序。

iii – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外一個樣本作試驗。若任試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

iv – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外 3 件路緣石作試件進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 法令第 42/97/M 號，混凝土標準，澳門政府

[2] 法令第 64/96/M 號，鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準，澳門政府

[3] 法令第 60/96/M 號，鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章，澳門政府

[4] ASTM C 136, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

[5] ASTM C 127, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate

[6] ASTM C 128, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate

[7] ASTM C 131, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

[8] ASTM C 535, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

[9] ASTM D 2419, Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

[10] ASTM D 4944, Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method

[11] ASTM D 1556, Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method

[12] BS 4482, Specification for cold reduced steel wire for the reinforcement of concrete

[13] BS 4483, Specification for steel fabric for the reinforcement of concrete

[14] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression

工程品質保證計劃及程序

高黏高彈改性瀝青面道路工程

工程品質保證計劃及程序

高黏高彈改性瀝青面道路工程

一、通則及適用範圍

本節所述適用於使用 PG100 型高黏高彈聚合物改性瀝青(非樹脂類改性)之道路工程材料及建造之品質保證要求，而各瀝青層間之黏層均建議使用高黏改性(SBS 型)乳化瀝青。

高黏高彈改性瀝青面道路之構造，由底至面一般包含以下各層：

- ✓ 路基(Subgrade)，即道路最底下層之土方，通過挖土及填土建成，關於其品質要求可參閱無支撐開挖工程及填土工程之品質保證計劃及程序；
- ✓ 底基層(Sub-Base)，材料為級配粒料；
- ✓ 基層(Roadbase)，可分為下基層及上基層，材料一般為級配粒料；
- ✓ 底面層，材料為使用 PG100 型瀝青之瀝青混合料；
- ✓ 中面層，材料為使用 PG100 型瀝青之瀝青混合料；
- ✓ 表面層(高韌瀝青磨耗層)，材料為使用 PG100 型瀝青之瀝青混合料。

一般瀝青面道路各層構造之分布可參閱下圖：

<table>
<tr><td rowspan="3">面層（Surface Course）</td><td>表面層</td></tr>
<tr><td>中面層</td></tr>
<tr><td>底面層</td></tr>
<tr><td rowspan="2">基層（Roadbase）</td><td>上基層</td></tr>
<tr><td>下基層</td></tr>
<tr><td colspan="2">底基層（Sub-Base）</td></tr>
<tr><td colspan="2">路層（Subgrade）</td></tr>
</table>

除了道路本身各構造層外，個別道路工程還可能包含其他相關配套設備，例如：

- ✓ 路緣石(俗稱企杉)；
- ✓ 行人路；
- ✓ 護欄等。

當中預製混凝土路緣石之品質保證已包括在本節中。至於路緣石之混凝土基礎、混凝土行人路及混凝土護欄等，有關之品質控制可參閱鋼筋混凝土之品質保證計劃及程序。而金屬護欄方面之品質控制，可參閱金屬建材及施工安裝工藝之品質保證計劃及程序。

高黏高彈改性瀝青面道路工程建造工程之品質保證，目的是為了確保系統具有以下特性：

- ✓ 安全性 — 材料及施工方面需作出控制，避免沉陷及路面不規則，對駕駛者構成危險；
- ✓ 適用性 — 路面需平坦無塵，使行車舒適；
- ✓ 耐久性 — 完成面需耐磨，防水性高，不被氣候變化影響；
- ✓ 功能性 — 要求具有足夠的平整度、抗滑性能、耐磨光、低噪音等功能。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二. 工程品質保證文件之要求

在建造高黏高彈改性瀝青面道路工程於施工前、進行施工期間及完工等各階段，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(如有需要)；
- ✓ 工地沉降記錄(如有需要)；
- ✓ 工地測量記錄，包括高程；
- ✓ 路基壓實度試驗記錄；
- ✓ 路基土工布/排水板試驗記錄；
- ✓ 各構造層之分層及分區攤舖及壓實方案及計劃；
- ✓ 取樣計劃及檢測計劃。

材料批核階段

- ✓ 底基層及基層粒料試驗報告；
- ✓ 基層面及面層間(黏層)高黏乳化瀝青之產品說明書；
- ✓ 瀝青混合料配比；
- ✓ 瀝青混合料原材料資料，包括：
  - ◆ 骨料試驗報告；
  - ◆ 填充料試驗報告；
  - ◆ 高黏乳化瀝青(黏層)試驗報告；
  - ◆ 高黏高彈聚合物改性瀝青(PG100 型)試驗報告；
- ✓ 試拌瀝青混合料試驗報告。

施工階段或竣工驗收時

- ✓ 底基層及基層之分層及分區工地試驗記錄及報告；
- ✓ 各類瀝青混合料原材料(包括骨料、填充料及瀝青膏)之試驗記錄及報告；
- ✓ 路面下層及磨耗層到場瀝青混合料之試驗記錄及報告；
- ✓ 瀝青混合料之分層及分區工地取樣試驗記錄及報告；
- ✓ 路緣石試驗記錄及報告。

三. 檢查、測試及驗收工作

瀝青面道路工程的檢查工作可歸納於下表：

瀝青面道路工程檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的		材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
現場地形測量			✔	施工前	a	
底基層及基層	粒料特性	✔		每批	a	
	粒料之運送及存放		✔	持續進行	a	
	攤舖設備		✔	施工前	a	
	分層攤舖方法及程序		✔	持續進行	a	
	壓實設備		✔	施工前	a	
	分層壓實方法及程序		✔	持續進行	a	
	目測檢查		✔	持續進行	a	
	高程檢核		✔	持續進行	a	
	現場抽樣及試驗		✔	每批	a	
路面下層及磨耗層	瀝青混合料原材料特性	✔		每批	a, b	
	試拌瀝青混合料特性	✔		施工前	a	
	乳化瀝青之產品特性	✔		施工前	a, b	
	乳化瀝青之澆舖方法及程序		✔	持續進行	a, b	
	瀝青混合料攤舖設備	✔		施工前	a	
	到場瀝青混合料抽樣檢測	✔		每批	a	
	瀝青混合料攤舖方法及程序	✔		持續進行	a	
	瀝青混合料出廠及施工溫度		✔	持續進行	a, b	
	瀝青混合料壓實設備		✔	安裝前	a	
	瀝青混合料壓實方法及程序		✔	持續進行	a	
	目測檢查		✔	持續進行	a	
	高程檢核		✔	持續進行	a	
	現場抽樣及試驗		✔	每批	a	
路緣石	路緣石抽樣及試驗	✔		每批	a, b	
	路緣石安裝方法及程序		✔	持續進行	a	

註： a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 產品標準/生產商技術指引

檢查、測試及驗收工作（續）

瀝青面道路工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

瀝青面道路工程測試及驗收項目

檢測項目 / 檢測方法			材料試驗	施工工藝試驗	試驗標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
粒料	粒徑分析		✓		ASTM C 136 [1]	每批❶	a	i	
	比重		✓		ASTM C 127 [2] ASTM C 128 [3]		a	i	
	洛杉磯磨損試驗		✓		ASTM C 131 [4] ASTM C 535 [5]		a	i	
	砂當量		✓		ASTM D 2419 [6]	如有需要❷	a	i	
	現場含水量			✓	ASTM D 4944 [7]	每 500 m^2	a	i	
	現場密度及孔隙比			✓	ASTM D 1556 [8]		a	i	
高黏高彈瀝青混合料原材料	粗骨料	磨光值 PSV（僅磨耗層）	✓		JTG E42 T 0321 [22]	每批❶	a	i	
		洛杉磯磨損損失	✓		JTG E42 T 0317 [22]		a	i	
		壓碎值	✓		JTG E42 T 0316 [22]		a	i	
		表觀相對密度	✓		JTG E42 T 0304 [22]		a	i	
		吸水率	✓		JTG E42 T 0354 [22]		a	i	
		針片狀顆粒含量	✓		JTG E42 T 0312 [22]		a	i	
		與瀝青的黏附性	✓		JTG E42 T 0316 [22]		a	i	
		堅固性	✓		JTG E42 T 0314 [22]		a	i	
		小於 0.075mm 顆粒含量	✓		JTG E42 T 0310 [22]		a	i	
	細骨料	砂當量	✓		JTG E42 T 0334 [22]	每批❶	a	i	
		堅固性	✓		JTG E42 T 0340 [22]		a	i	
		表觀相對密度	✓		JTG E42 T 0349 [22]		a	i	
	填充料	表觀密度	✓		JTG E42 T 0352 [22]	每批❶	a	i	
		含水率	✓		JTG E42 T 0103 烘乾法 [22]		a	i	
		細微性範圍(<0.6、<0.15、<0.075mm)	✓		JTG E42 T 0351 [22]		a	i	
		親水系數	✓		JTG E42 T 0353 [22]		a	i	
		塑性指數	✓		JTG E42 T 0354 [22]		a	i	
		外觀	✓		無糰粒、不結塊		a	i	

澳大工程 UMCERT

瀝青面道路工程測試及驗收項目

檢測方法 \ 檢測項目			材料試驗	施工工藝試驗	試驗標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
高黏高彈瀝青混合料原材料	高黏高彈聚合物改性瀝青	針入度 (25°C, 5s, 100g)	✔		JTG E20 T 0604 [23]	每批❷	a, b	i	
		軟化點 $T_{R\&B}$	✔		JTG E20 T 0606 [23]		a, b	i	
		閃點	✔		JTG E20 T 0611 [23]		a, b	i	
		溶解度(三氯乙烯)	✔		JTG E20 T 0607 [23]		a, b	i	
		彈性恢復(25°C)	✔		JTG E20 T 0662 [23]		a, b	i	
		60°C 複合剪切模量 G*	✔		JTG E20 T 0628 [23]		a, b	i	
		60°C 動力黏度	✔		JTG E20 T 0620 [23]		a, b	i	
		TFOT(或 RTFOT) 後殘留物品質損失	✔		JTG E20 T 0610 / T 0609 [23]		a, b	i	
		TFOT(或 RTFOT) 後殘留物針入度比	✔		JTG E20 T 0604 [23]		a, b	i	
		TFOT(或 RTFOT) 後殘留物 G*/sinδ≥2.2kPa 臨界溫度	✔		JTG E20 T 0628 [23]		a, b	i	
	改性高黏乳化瀝青	篩上殘留物 (1.18mm 篩)	✔		JTG E20 T 0652 [23]	每批❷	a, b	i	
		粒子電荷	✔		JTG E20 T 0653 [23]		a, b	i	
		黏度(瀝青標準黏度計 C25,3)	✔		JTG E20 T 0621 [23]		a, b	i	
		蒸發殘留物 殘留分含量	✔		JTG E20 T 0651 [23]		a, b	i	
		蒸發殘留物 針入度(25°C)	✔		JTG E20 T 0604 [23]		a, b	i	
		蒸發殘留物 軟化點	✔		JTG E20 T 0606 [23]		a, b	i	
		蒸發殘留物 延度(5°C)	✔		JTG E20 T 0605 [23]		a, b	i	
		蒸發殘留物 溶解度	✔		JTG E20 T 0607 [23]		a, b	i	
		蒸發殘留物 彈性恢復(25°C)	✔		JTG E20 T 0662 [23]		a, b	i	

瀝青面道路工程測試及驗收項目

檢測方法 \ 檢測項目		材料試驗	施工工藝試驗	試驗標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
試拌瀝青混合料	粒徑分析	✓		JTG E20 T 0725 [23]	每種	a	i	
	瀝青含量(油石比)	✓		JTG E20 T 0722 [23]		a	i	
	空隙率 VV	✓		JTG E20 T 0705 [23]		a	i	
	粗集料骨架間隙 VCA_{mix}（僅磨耗層）	✓				a	i	
	馬歇爾穩定度 MS	✓		JTG E20 T 0709 [23]		a	i	
	車轍動穩定度 (60°C, 0.7MPa)	✓		JTG E20 T 0719 [23]		a	i	
	肯塔堡飛散試驗損失（僅磨耗層）	✓		JTG E20 T 0733 [23]		a	i	
	殘留馬歇爾穩定度	✓		JTG E20 T 0709 [23]		a	i	
	凍融劈裂試驗 殘留強度比	✓		JTG E20 T 0729 [23]		a	i	
	滲水系數	✓		JTG E20 T 0730 [23]		a	i	
	礦料間隙率 VMA（僅中層／底層）	✓		JTG E20 T 0705 [23]		a	i	
	瀝青飽和度 VFA（僅中層／底層）	✓				a	i	
到場新拌瀝青混合料	粒徑分析	✓		JTG E20 T 0725 [23]	每日每台拌和機上、下午各 1 次	a	i	
	瀝青含量(油石比)	✓		JTG E20 T 0722 [23]		a	i	
	馬歇爾試驗：空隙率、流度值及穩定值	✓		JTG E20 T 0705 & T 0709 [23]	每日每台拌和機上、下午各 1 次	a	i	
	車轍試驗(動穩定度)	✓		JTG E20 T 0719 [23]	每日每台拌和機各 1 次	a	i	
	浸水馬歇爾試驗	✓		JTG E20 T 0709 [23]	每日每台拌和機各 1 次	a	i	
已壓實瀝青混合料	厚度		✓	JTG 3450 T 0912 [24]	每層 每 2000 m^2	a	i	
	壓實度		✓	JTG 3450 T 0924 [24]		a	i	
	寬度		✓	JTG 3450 T 0911 [24]		a	i	
	滲水系數		✓	JTG 3450 T 0971 [24]	每層 每 200m 1 處	a	i	
	平整度（僅磨耗層）		✓	JTG 3450 T 0931 [24]	每 1km 10 處 三米直尺	a	i	
	構造深度（僅磨耗層）		✓	JTG 3450 T 0961 [24]	每層 每 200m 1 點	a	i	

	摩擦系數 （僅磨耗層）		✔	JTG 3450 T 0965 [24]		a	i	
路緣石	鑽芯取樣	✔		EN 12504-1 [21]	每 1000 件❸	a, b	-	
	混凝土樣芯抗壓試驗度	✔		EN 12504-1 [21]		a, b	ii	

註： 建議檢測頻率

❶ – 每批粒料即同一種類、同一粒徑分布及同一來源地之粒料。

❷ – 每批即同一規格及同一時期施工之材料。

❸ – 每 1000 件預製混凝土路緣石需抽取 3 件作為試驗樣本。

標準要求

a – 專案工程技術規格/承攬規則

b – 產品技術規格

合格準則

i – 應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，可按照 “高韌瀝青磨耗層” [25]和” 高韌瀝青中、底(下)面層”[26] 的要求進行評定。

ii – 當測試結果不符要求，應於相同驗收批中抽取額外 3 件路綠石作試件進行試驗。若任一試驗結果仍不符要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。

四、引用法規/參考技術文件

[1] ASTM C 136, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

[2] ASTM C 127, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate

[3] ASTM C 128, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate

[4] ASTM C 131, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

[5] ASTM C 535, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

[6] ASTM D 2419, Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

[7] ASTM D 4944, Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method

[8] ASTM D 1556, Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method

[9] BS 812-105.1, Testing Aggregates - Methods for Determination of Particle Shape - Flakiness Index

[10] ASTM D 5, Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials

[11] ASTM D 36, Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)

[12] ASTM D 113, Standard Test Method for Ductility of Bituminous Materials

[13] ASTM D 92, Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester

[14] ASTM D 2172, Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Bitumen From Bituminous Paving Mixtures

[15] ASTM D 2726, Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Non-Absorptive Compacted Bituminous Mixtures

[16] ASTM D 3203, Standard Test Method for Percent Air Voids in Compacted Dense and Open Bituminous Paving Mixtures

[17] ASTM D 1559, Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus

[18] ASTM D 5361, Standard Practice for Sampling Compacted Bituminous Mixtures for Laboratory Testing

[19] ASTM D 3549, Standard Test Method for Thickness or Height of Compacted Bituminous Paving Mixture Specimens

[20] EN 13036-1, Road and airfield surface characteristics. Test methods. Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric patch technique

[21] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression

[22] JTG E42, 公路工程水泥及水泥混凝土試驗規程

[23] JTG E20, 公路工程瀝青及瀝青混合料試驗規程

[24] JTG 3450, 公路路基路面現場測試規程

[25] APR/DG/23, 批核及驗收程序 - 高韌瀝青磨耗層, 澳門土木工程實驗室(LECM)

[26] APR/DG/24, 批核及驗收程序 - 高韌瀝青中、底(下)面層, 澳門土木工程實驗室(LECM)

工程品質保證計劃及程序

道路交通標線、標記設置工程

工程品質保證計劃及程序

道路交通標線、標記、減速設施、震動設施設置工程

一、通則及適用範圍

本節所述適用於工程中標劃於道路上的各種線條、箭頭、文字、立面標記、突起路標和道路輪廓標等道路交通標線及標記以及標劃/安裝於道路上的減速設施及震動設施。道路交通標線及標記的主要用途是管制和引導交通流，並以車道線的形式提供交通流的行駛範圍和路權範圍。減速設施的主要用途是促使/提醒車輛駕駛者減低車速通過後續路段。震動設施的主要用途是提醒車輛駕駛者注意請勿超越道路分隔線。交通標線及標記、減速設施、震動設施施工的品質保證要求，按道路交通標線及標記塗料、減速設施及震動設施的種類，可歸納如下：

交通標線及標記的塗料

- ✓ 溶劑型塗料(包括普通型及反光型)[1,8]；
- ✓ 熱熔型塗料(包括普通型、反光型及突起型) [1,8]；
- ✓ 雙組份塗料(包括普通型、反光型及突起型) [1,8]；
- ✓ 水性塗料(包括普通型及反光型) [1,8]；
- ✓ 預成型標線帶標線 [2]。

減速設施

- ✓ 熱熔型塗料減速帶(包括普通型、反光型及突起型) [1,8]；
- ✓ 橡膠減速帶。

震動設施

- ✓ 熱熔型塗料震動帶(包括普通型、反光型及突起型) [1,8]。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。

二、工程品質保證文件之要求

道路交通標線、標記、減速設施、震動設施設置工程於施工前、進行施工及驗收等階段過程，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

交通標線、標記、減速設施、震動設施設置工程於鋪設/施工前

- ✓ 塗料規格證明書

塗料證書上須提供下列資料：
- 塗料出廠證明及產地來源/製造商名稱；
- 產品名稱及編號；
- 批號；
- 塗料功能；
- 適用環境；
- 塗料有效日期。

✓ 塗料性能測試報告(如有需要)(包括容器中狀態、黏度、密度、施工性能、加熱穩定性、塗膜外觀、不黏胎乾燥時間、遮蓋率、色度性能、耐磨性、耐水性、耐鹼性、附著性、柔韌性、固體含量、抗壓強度、玻璃珠含量、流動度、塗層低溫抗裂性、人工加速耐候性等，需符合《JT/T 280 路面標線塗料》[1] 或《BS EN 1871 Road marking materials-Physical properties》[8]的要求)；

✓ 路面標線、標記、減速設施、震動設施塗料的色度性能報告(如有需要)(色度性能需符合《GB 2893 安全色》[4]的要求，色品坐標和亮度因數應在《JT/T 280 路面標線塗料》[1] 或《BS EN 1871 Road marking materials-Physical properties》[8]規定的範圍內)；

✓ 玻璃珠性能測試報告(如有需要)(包括玻璃珠在容器中的狀態、外觀要求、玻璃珠的粒徑分佈及成圓率需符合《JT/T 446 路面標線用玻璃珠》[3] 或《GB/T 24722 路面標線用玻璃珠》[12] 或《BS EN 1423 Road marking materials - Drop on materials-Glass beads, antiskid aggregates and mixtures of the two》[9] 或《AASHTO M247 Standard Specification for Glass Beads Used in Pavement Markings》[15]的要求；

✓ 橡膠減速帶(路脊)由端節及端頭按黃黑顏色間隔或黑底鑲黃組成，以專用塑料製成，其表面形狀可為圓弧形或梯形。產品之扯斷伸長率不少於 250%，拉伸強度不少於 8.5Mpa [13]。

✓ 施工方案。

交通標線、標記、減速設施、震動設施設置工程施工階段或竣工驗收時

✓ 施工記錄；

✓ 測試報告或記錄。

三、檢查、測試及驗收工作

道路交通標線、標記、減速設施、震動設施設置工程施工的檢查工作可歸納於下表：

交通標線、標記、減速設施、震動設施設置材料檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的	材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
設備檢查	✔		抽樣檢查	a, b	
塗料之存放及運輸	✔		抽樣檢查	a, b	
路面表面處理 [1]		✔	抽樣檢查	a, b	
玻璃珠的撒佈 [2]		✔	抽樣檢查	a, b, c	

外觀質量 [3]		✔	抽樣檢查	a, c	
交通標線、標記、減速設施、震動設施的形狀位置 [4]		✔	抽樣檢查	a, c, d	
漢字、數字、拉丁字的字體及尺寸		✔	抽樣檢查	a, d	
橡膠減速帶之安裝		✔	抽樣檢查	a, b	

註： 檢查項目

1 - 路面表面處理
交通標線及標記施工前，路面必須清潔乾燥，無鬆散層、油污和其他污染物，並須符合相關塗料的技術要求。

2 - 玻璃珠的撒佈
撒佈於標線及標記塗層上的玻璃珠應分佈均勻。

3 - 外觀質量
標線及標記應具有良好的視認性，寬度應一致、邊緣整齊、線型規則、線條流暢。新劃製的標線及標記塗層厚度應均勻，無起泡、皺紋、斑點、開裂、發黏、脫落、泛花等現象。標線及標記內的有缺陷面積應小於 3% [2]。

4 - 交通標線、標記、減速設施、震動設施的形狀位置
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 GB/T16311 [2]中的規定作為判定指標。標線的實際位置與設計位置橫向允許偏差為±30mm，標線的寬度允許偏差為 0~5mm。標線長度以及間斷線縱向間距的允許偏差應符合下表的規定。其他標線尺寸的允許偏差不大於 5%。標線設置角度的允許偏差為±3° [2]。

標線長度以及間斷線縱向間距的允許偏差(摘錄自 GB/T16311 [2])

項目	尺寸(mm)	允許偏差(mm)
長度	6000	±30
	5000	±25
	4000	±20
	3000	±15
	2000	±10
	1000	±10
間斷線的縱向間距	9000	±45
	6000	±30
	4000	±20
	3000	±15
	2000	±10
	1000	±10

標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 成品供應商/生產商技術指引
c - 道路交通標線質量要求和檢測方法, GB/T 16311 [2]
d - 現行《道路交通規章》[7]

道路交通標線、標記、減速設施、震動設施設置工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

道路交通標線、標記、減速設施、震動設施設置工程測試及驗收項目							
檢測方法	塗料性能	塗裝系統驗收	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
標線、標記、減速帶、震動帶逆反射係數測試 [1]	✔	✔	GB/T 16311 [2], ASTM E1710 [10]	每批檢測 ❶	a, b	i	
標線、標記、減速帶、震動帶厚度測試 [2]	✔	✔	GB/T 16311 [2]	每批檢測 ❶		ii	
英式擺錘法試驗 [3]	✔	✔	香港道路檢測指引[5]	每批檢測 ❶		iii	
標線、標記、減速帶、震動帶色度性能	✔	✔	GB/T 16311 [2]	如有需要 ❷		iv	

註： 檢測方法

1 - 標線、標記、減速帶、震動帶逆反射係數測試
在路面乾燥的狀況下，利用逆反射係數試驗儀(Retroreflectrometer)於測試位置進行逆反光係數試驗，該試驗主要將觀測角為 1.05°、入射角為 88.76°的標線逆反射係數測量儀按行車方向平放在抽樣檢測點的標線及標記上，並測取相關的逆反射係數值[2,10]。

2 - 標線、標記、減速帶、震動帶厚度測試
利用標線厚度儀實際量度該檢測路段的路面標線、標記、減速帶、震動帶厚度。

3 - 英式擺錘法試驗
在路面潮濕的狀況下，利用英式擺錘試驗儀(British Pendulum Tester)於測試位置進行擺錘試驗，該試驗主要將置於擺錘下方的橡膠類材料，藉由擺錘擺動時與受檢測的鋪面材料因摩擦而導致能量的耗損量，即可獲得其對應的英式擺錘數(British Pendulum Number, BPN)[5]。

建議檢測頻率

❶ - 若工程的承攬規則或設計有指定檢測頻率時，應以相關頻率為依據。如無關檢測頻率時，建議按照標線及標記面積抽取 10%進行檢測，然後在所抽樣的標線及標記中隨機連續檢測 5 個點。

❷ - 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。

標準要求

a - GB/T 16311 [2]
b - 專案工程技術規格/承攬規則

合格準則

i - 若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；如無關指標依據時，可按 GB/T 16311 [2]的要求，新劃(按 GB/T21383[11]，新劃定義為施劃後 14 天以內的標線及標記)白色反光標線、標記、減速帶及震動帶的初始逆反射係數應不小於 150mcd•lx^{-1}•m^{-2}，黃色反光標線、標記、減速帶及震動帶的初始逆反射係數應不小於 100mcd•lx^{-1}•m^{-2}。當測試結果不符合要求，承攬單位須進行相關補救工作，並須重新進行驗收試驗。此外，若對相關驗收批次的質量有疑問時，可於相同驗收批中按每一不合格檢測單位額外抽取兩個檢測單位進行試驗。

ii – 若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；如無關指標依據時，可按本澳慣常道路標線、標記、減速帶及震動帶厚度的要求[13]或 GB/T 16311 [2]的要求進行驗收工作，本澳慣常道路標線及標記的厚度要求可歸納於下表。當測試結果不符合要求，承攬單位須進行相關補救工作，並須重新進行驗收試驗。此外，若對相關驗收批次的質量有疑問時，可於相同驗收批中按每一不合格檢測單位額外抽取兩個檢測單位進行試驗。

本澳慣常道路標線、標記、減速帶及震動帶厚度的要求[13]

種類	平均厚度要求(mm)	備注
熱熔型塗料標線	1.5~3.5	乾膜
熱熔型塗料標記	2.0~4.5	乾膜
熱熔型塗料巴士站標記	4.0~6.0	乾膜
熱熔型塗料減速帶	6.65~7.70	乾膜
熱熔型塗料震動帶	2.0(突出 12)	乾膜

標線的厚度範圍(摘錄自 GB/T 16311 [2])

標線種類	標線厚度範圍(mm)	備注
溶劑型塗料標線	0.3~0.8	濕膜
熱熔型塗料標線	0.7~2.5	乾膜
水性塗料標線	0.3~0.8	濕膜
雙組份塗料標線	0.4~2.5	乾膜
預成型標線帶標線	0.3~2.5	乾膜

iii – 若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；如無關指標依據時，可按 GB/T 16311 [2]的要求，標線、標記、減速帶及震動帶的抗滑擺動值應不小於 45 BPN。當測試結果不符合要求，承攬單位須進行相關補救工作，並須重新進行驗收試驗。此外，若對相關驗收批次的質量有疑問時，可於相同驗收批中按每一不合格檢測單位額外抽取兩個檢測單位進行試驗。

iv – 若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；如無關指標依據時，標線、標記、減速帶及震動帶的色度性能需符合 GB/T 16311 [2] 中第 5.4 節中的規定。當測試結果不符合要求，承攬單位須進行相關補救工作，並須重新進行驗收試驗。此外，若對相關驗收批次的質量有疑問時，可於相同驗收批中按每一不合格檢測單位額外抽取兩個檢測單位進行試驗。

四、引用法規/參考技術文件

[1] JT/T 280, 路面標線塗料

[2] GB/T 16311, 道路交通標線質量要求和檢測方法

[3] JT/T 446, 路面標線用玻璃珠

[4] GB 2893, 安全色

[5] 香港道路檢測指引

[6] GB 5768.3, 道路交通標誌和標線第 3 部份:道路交通標線

[7] 現行《道路交通規章》

[8] BS EN 1871, Road marking materials-Physical properties

[9] BS EN 1423, Road marking materials - Drop on materials-Glass beads, antiskid aggregates and mixtures of

the two

[10] ASTM E1710, Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Pavement Marking Materials with CEN-Prescribed Geometry Using a Portable Retroreflectometer

[11] GB/T 21383, 新劃路面標線初始逆反射亮度係數及測試方法

[12] GB/T 24722, 路面標線用玻璃珠

[13] 資料來自交通事務局

[14] JTT713, 路面橡膠減速帶

[15] AASHTO M247, Standard Specification for Glass Beads Used in Pavement Markings

工程品質保證計劃及程序

道路交通標誌安裝工藝

工程品質保證計劃及程序

道路交通標誌安裝工藝

一、通則及適用範圍

本節所述適用於工程中道路交通標誌安裝工藝的品質保證要求，交通標誌的支撐方式主要可分為單柱式、雙柱式、懸臂式、門式及附著式。按道路交通標誌的材質、表面的覆蓋層、建材的型式和施工工藝四方面，可歸納如下：

交通標誌的材質

- ✓ 金屬；
- ✓ 不鏽鋼；
- ✓ 鋁合金；
- ✓ 合成樹脂類板材。

交通標誌的覆蓋層

- ✓ 鍍鋅；
- ✓ 熱鍍鋅；
- ✓ 塗裝(反光膜、反光塗料及反射器)。

建材的型式

- ✓ 型鋼(通用 I 型鋼 UB、通用 H 型 UC、輕型 I 型鋼和 H 型承重樁 UBP 等)、空心型鋼(圓形空心鋼 CHS、方形空心鋼 SHS 和矩形空心鋼 RHS)、槽鋼、角鋼、T 型鋼及鋼板等；
- ✓ 鋁型材及鋁板；
- ✓ 普通和高强度螺栓、螺帽、墊圈及螺絲釘；
- ✓ 型鋁滑槽、沉頭鉚釘、抱箍及連接螺栓[35]；
- ✓ 消防或供水用鍍鋅鋼管；
- ✓ 塑料、硬質聚氯乙烯板材或玻璃纖維等。

交通標誌施工/安裝工藝

- ✓ 焊接工藝；
- ✓ 螺栓連接工藝。

各方面的基本要求均需要滿足設計與相關標準、法規的要求。對於大型道路交通標誌設施，如大跨

度門式支撐構架等，其支撐構架、基礎和沿線道路鋪設等之工程品質保證工作可詳閱「鋼結構工程」及「鋼筋混凝土工程」、「淺基礎工程」、「填土工程」、「瀝青面道路工程」和「混凝土面道路工程」等工程品質保證計劃及程序。

二、工程品質保證文件之要求

道路交通標誌於安裝/施工前、進行安裝/施工及驗收等階段過程，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

交通標誌於安裝/施工前

- ✓ 產品說明書 (含相關產品型號、特性及技術規格要求)；
- ✓ 材料產地來源證明書，包括材料之產地來源、規格尺寸、重量、力學性能及化學分析等；
- ✓ 產品/材料出廠合格證 (質量合格證明文件)、檢驗報告；
- ✓ 標誌板測試報告(如有需要)(包括色度性能、逆反射性能、抗衝擊性能、耐鹽霧腐蝕性能、耐候性能、標誌面與標誌底板的附著性能、油墨與反光膜的附著性能)；
- ✓ 應根據設置地點的風力、板面大小及支撐方式對標誌立柱的斷面尺寸、連接尺寸、基礎大小等確定的計算書(如有需要)。不同金屬材料接觸處或連接時，應合理設置絕緣墊片或採取其他防腐蝕措施，以防止因電化學作用、不同的熱膨脹係數或其他化學反應等造成標誌板的銹蝕或損壞；
- ✓ 混凝土材料的質量證明書(包括水泥物料證明書、骨料質量證明書、混合劑質量證明書、附加劑質量證明書、拌合水資料)、混凝土配比及混凝土試拌報告。
- ✓ 施工/安裝方案；
- ✓ 安裝人員資格證明文件 (如：焊工合格證、焊接工藝評定等)；
- ✓ 檢測計劃。

交通標誌安裝階段或竣工驗收時

- ✓ 材料/表面處理的試驗記錄和報告；
- ✓ 安裝/施工記錄；
- ✓ 安裝/驗收測試報告或記錄 (包括焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告、塗層乾膜厚度檢測報告、螺栓緊固檢測報告、錨固螺栓現場拉拔試驗報告、標誌面逆反射係數試驗報告等)。

三、檢查、測試及驗收工作

交通標誌安裝的檢查工作可歸納於下表：

交通標誌材料檢查項目表

檢查項目 \ 檢查目的		材料控制	施工控制	檢查頻率	標準要求	備註
標誌板外觀質量 [1]		✔		抽樣檢查	a	
標誌立柱、底板材料及連接件 [2]		✔		抽樣檢查	a	
標誌板外形尺寸及底板厚度 [3]			✔	抽樣檢查	a, d, e	
標誌漢字、數字、拉丁字的字體及尺寸			✔	抽樣檢查	a, e	
設備檢查			✔	施工/安裝前	a, c	
安裝工藝 [4]			✔	抽樣檢查	a	
焊接工藝	焊工識別		✔	如有需要 ❶	a	
	焊工資格證明		✔	如有需要 ❶	a, b	
	焊接材料	✔	✔	如有需要 ❶	a, b, c	
	施焊的環境條件		✔	如有需要 ❶ 於施工前	a, b	
	焊縫外觀質量		✔	如有需要 ❶	a, b	
螺栓連接工藝	螺栓孔外觀質量		✔	如有需要 ❶	a, b, c	
	螺栓連接外觀質量		✔	如有需要 ❶	a, b	
	螺栓連接接頭緊固		✔	如有需要 ❶	a, b, c	
塗裝外觀質量			✔	抽樣檢查	a, b, c	

註： 檢查項目

1 - 標誌板外觀質量
標誌板不允許存在裂紋、明顯的劃痕、損傷和顏色不均勻及氣泡等缺陷。

2 - 標誌立柱、底板材料及連接件
標誌立柱、底板材料及連接件的規格須滿足有關設計的要求，如無相關指標依據時，可按下列要求執行：

- 鋼材方面，熱處理無縫鋼管應符合 BS6323-3[15]的要求，熱軋截面應符合 BS4-1[16]的要求，熱軋結構角鋼應符合 BS4848-4[17]的要求，可焊結構鋼應符合 BS4360[18]的要求[9]。供水用鍍鋅鋼管應符合 BS1387[33]的要求。
- 鋁合金材料應符合 BS EN 485[19]、BS EN 754[20]及 BS EN 755[21]中 EN AW-6082 T6、T651 及 T62 tempers 等級，保護塗層應符合 BS EN 12373-1[22]中陽極氧化 AA25 級別[9] 或 應符合 GB/T 5237[30]中 6061-T6 等級及同類保護塗層的要求。

- 螺栓系統、螺釘、墊圈、鉚釘及沉頭鉚釘應符合 BS4190[23]、BS4933[24]、BS4320[25]、BS4620[26]、BS1473[27]、GB/T116[36]、GB/T869[37]的要求[9]。
- 不鏽鋼材料應為 S316 等級，不鏽鋼螺栓及墊圈應符合 ISO3506[32] A4 等級的要求，其中螺栓必須不小於公制 M6，即其公稱直徑不小於 6mm。
- 紮帶應為不鏽鋼紮帶，寬度不小於 18mm，厚度不小於 0.7mm。
- 滑槽可採用鋁型材或型鋼，滑槽的材質應選擇與標誌底板性能相當的同類材料，避免因性能不同而造成標誌底板與滑槽的機械損壞或電化學腐蝕。鋁滑槽宜採用鋁合金熱壓型材，其性能應符合 GB/T6892[38]的有關要求。鋼滑槽宜採用型鋼，其材質應符合 GB/T6725[39]的有關要求，型鋼應進行熱浸鍍鋅等防腐處理，其防腐質量應滿足 GB/T18226[40]的要求。
- 標誌牌使用的鉚釘為沉頭鉚釘，其形狀應符合 GB/T869[37]的有關要求，直徑不宜小於 4mm，材質應符合 GB/T3196[41]的要求，並儘可能與標誌底板及滑槽相匹配。

3 - 標誌板外形尺寸及底板厚度

標誌板外形尺寸及底板厚度須滿足有關設計的要求，如無相關要求時，可按 JT/T279 [11]中的規定作為判定指標。一般外形尺寸偏差為±5mm，若外形尺寸大於 1.2m 時，其偏差為其外形尺寸的±0.5%。標誌鋁合金底板的最小厚度不應小於 3.0mm。

4 - 安裝工藝

標誌板的立柱豎直度、標誌立柱基礎尺寸及埋設深度、標誌板下緣至路面淨空高度、標誌板與立柱的連接、標誌板拼接須符合有關設計的要求，如無相關要求時，建議立柱豎直度的允許偏差為±3mm/m，立柱基礎尺寸及埋設深度的允許偏差在-50mm 至+100mm 之間，標誌板下緣至路面淨空高度及標誌板內緣距路邊緣距離的允許偏差為+100mm。

檢查頻率

❶ - 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。

標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 建築鋼結構規章，REAE [1]
c - 成品供應商/生產商技術指引
d - 公路交通標誌板, JT/T 279 [11]
e - 現行《道路交通規章》[31]

檢查、測試及驗收工作(續)

交通標誌安裝工作的測試及驗收工作可歸納於下表：

交通標誌安裝工作的測試及驗收項目

檢測項目 / 檢測方法	材料性能	覆蓋層品質之確定	安裝/連接位置品質之確定	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
立柱鋼材制品驗收測試 [1]	✔			每批測試 ❶	a, b, c, d	i	
螺栓抗拉强度測試	✔			如有需要 ❷	a, b	i	
鋁型材測試 [2]	✔	✔		抽樣檢測	a, j	vii	至少一個
立柱鍍鋅層厚度測試 [3]		✔		每批測試 ❸	a, b, e	i	
立柱鍍鋅層均勻性測試 [4]		✔		每批測試 ❸	a, b, e	i	
塗層乾膜厚度測試 [5]		✔		每批測試 ❹	a, b, n, o	ii	
焊縫無損探傷試驗			✔	如有需要 ❷	a, b, f, g, h	iii	
錨固螺栓現場拉拔試驗 [6]			✔	如有需要 ❷	a, b, i	iv	
立柱混凝土基礎強度試驗 [7]	✔			抽樣檢測	k	v	至少一組
標誌面逆反射係數測試 [8]	✔			每批測試 ❺	a,l 或 p	vi	
標誌面色度性能測試	✔			如有需要 ❷	a,l 或 m	i	

註： 檢測方法

1 - 立柱鋼材制品驗收測試
取樣後之鋼材試件應進行抗拉試驗，試驗方法應符合 EN10002 標準之規定。當鋼材軋制證書內並沒有鋼材化學成份及沖擊吸收功之資料時，應對鋼材進行夏比沖擊試驗及化學成份分析。沖擊試驗之試驗方法應符合 EN10045 標準之要求。

2 - 鋁型材測試
鋁型材之材料包括標誌底板和立柱，其測試項目包括材料拉伸試驗和覆蓋層乾膜厚度量測等。對於厚度測試主要利用乾膜厚度計量測鋁材覆蓋層的乾膜厚度，作為覆蓋層品質驗收。每一個驗收試驗需分別在該批量的型材上選取 20 點，在每點約 1cm^2 範圍內進行 3 次膜厚量測，即共 60 個量測值，並計算出該批量型材的局部膜厚及平均膜厚為該項驗收試驗的結果[30]。

3 - 立柱鍍鋅層厚度測試
此測試適用於一般熱浸鍍鋅件之厚度檢測。

4 - 立柱鍍鋅層均勻性測試
此測試適用於一般熱浸鍍鋅件、消防或供水用鍍鋅鋼管之均勻性檢測。

5 - 塗層乾膜厚度測試(用於底質為金屬材質的塗料)
利用乾膜厚度計可量測每一層塗料的乾膜厚度，作為塗料工程驗收的重要項目。每一個驗收試驗需於測試區域內選取 50 個測試點進行厚度之量測，以 50 個測試點量測結果之平均值作為該項驗收試驗的結果。

6 - 錨固螺栓現場拉拔試驗 (Anchor Bolt Pull-out Test)
對現場錨固於混凝土內的螺栓應於不同位置進行螺栓拉拔試驗，以確定其錨碇力及錨碇之可靠性。試驗過程須於驗收區域內隨機選取 3 根已錨固的螺栓進行測試，測試方法主要利用加荷設備，按照設計單位或材料生產商所建議的荷載施加於錨固螺栓，並進行持荷的工作，以確保螺栓不可出現損壞、脫出或變形的現象。

7 - 立柱混凝土基礎強度試驗
進行混凝土抗壓強度測試的每一組樣本 (Sample)，應以三個或以上試體 (Specimen) 於 28 天齡期時抗壓強度之平均值為該組樣本試驗結果。若監造者認為有需要時，每一組樣本可多做試體於較早或較晚齡期進行抗壓試驗，以供參考。

8 - 標誌面逆反射係數測試
利用逆反射係數試驗儀(Retroreflectrometer)於標誌面進行逆反光係數試驗[12]。

建議檢測頻率

❶ - 關於鋼材制品之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十六條和承攬規則之要求。按規章的要求，取樣可按同一爐號相同厚度之每一斷面，每 40 噸抽取一個試件進行測試。其中“相同厚度”是指厚度變化少於 5mm 之相似斷面。測試件應在現場中以隨機方式進行抽樣。
❷ - 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。
❸ - 關於鍍鋅制品之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第九十條和承攬規則之要求。按規章的要求，每 20 噸重量或每次送抵現場之貨量（取少者），應進行一個鍍層厚度測試；每 100 噸重量或每次送抵現場之貨量（取少者），應進行一個鍍層均勻度測試。
❹ - 建議每一階段/塗層之油漆工作予以測試或按工程承攬規則的要求進行，每個驗收批中應進行一個塗層厚度測試以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之塗裝工作。
❺ - 建議每次交付之標誌牌應予以測試或按工程承攬規則的要求進行，每個驗收批中按每個種類標誌牌至少應進行一個標誌面逆反射係數測試以作驗收。每一驗收批的數量須考慮標誌牌之工作指示、交付日期、施工日期等而定。

標準要求

a - 專案工程技術規格/承攬規則
b - 建築鋼結構規章，REAE [1]
c - EN10002 [2]
d - EN10045 [3]
e - BS729 [4]
f - BS5135 [5]
g - BS EN25817 [6]
h - AWS D1.1 [7]
i - BS5080 [10]
j - 成品供應商/生產商技術指引
k - 澳門混凝土標準 [13]
l - BS EN12899-1 [12]
m - JT/T 279 [11]
n - ISO 12944-7 [28]
o - BS6150 [29]
p - GB/T 18833 [34]

合格準則

i – 當測試結果不符要求，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)。

ii – 按 ISO 12944-7 [28] 的要求，驗收試驗的結果 (詳見檢測方法) 中的平均值不能少於塗料之標稱厚度 (Nominal Thickness)，並且每個測試點的結果不能少於標稱厚度之 80%，最大乾膜厚度建議不宜超過標稱厚度之三倍。而塗料之標稱厚度則定義為該檢測塗層之前所有保護層/塗層的實際總厚度之平均值加上該次檢測塗層的標稱厚度要求得出的總值，繼而將量測結果(50 個測試點)之平均值與其作比較，測試結果之平均值必須大於或等於該總值；同時，每個測試點的數值也必須大於或等於該總值之 80%。當測試結果不符合要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個位置進行試驗。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八十九條之規定)。

iii– 焊縫檢測之合格標準可採用 BS5135 之表 18 及 19，BS EN 25817 之表 1 或 AWS D1.1。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 (詳見建築鋼結構規章第八十八條之規定)。

iv– 當測試結果不能滿足相關技術規格的要求時，建議於相同的驗收區域內額外選取 3 根錨固螺栓進行覆試，對於不能滿足要求之錨固螺栓，需提交補救措施/方案，並進行適當的補強工作。

v – 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。

vi – 標誌面逆反射係數須滿足有關設計的要求。如無相關要求時，可按 BS EN12899-1 [12] 或 GB/T 18833 [34]的要求。若按 BS EN12899-1 的要求，當標誌面反光膜使用玻璃珠技術時，各種顏色的初始逆反射係數應不小於下表所列數值。

RA 1 等級逆反射係數的要求 (摘錄自 BS EN12899-1 [12])

觀測角	入射角	逆反射係數 $cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$							
		白色	黃色	紅色	綠色	藍色	棕色	橙色	灰色
12'	+5°	70	50	14.5	9	4	1	25	42
	+30°	30	22	6	3.5	1.7	0.3	10	18
	+40°	10	7	2	1.5	0.5	#	2.2	6
20'	+5°	50	35	10	7	2	0.6	20	30
	+30°	24	16	4	3	1	0.2	8	14.4
	+40°	9	6	1.8	1.2	#	#	2.2	5.4
2°	+5°	5	3	1	0.5	#	#	1.2	3
	+30°	2.5	1.5	0.5	0.3	#	#	0.5	1.5
	+40°	1.5	1.0	0.5	0.2	#	#	#	0.9
# 表示數值大於零，但無意義或不可用。									

RA 2 等級逆反射係數的要求 (摘錄自 BS EN12899-1 [12])

觀測角	入射角	逆反射係數 $cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$								
		白色	黃色	紅色	綠色	深綠色	藍色	棕色	橙色	灰色
12'	+5°	250	170	45	45	20	20	12	100	125
	+30°	150	100	25	25	15	11	8.5	60	75
	+40°	110	70	15	12	6	8	5.0	29	55
20'	+5°	180	120	25	21	14	14	8	65	90
	+30°	100	70	14	12	11	8	5	40	50
	+40°	95	60	13	11	5	7	3	20	47
2°	+5°	5	3	1	0.5	0.5	0.2	0.2	1.5	2.5
	+30°	2.5	1.5	0.4	0.3	0.3	#	#	1	1.2
	+40°	1.5	1.0	0.3	0.2	0.2	#	#	#	0.7
# 表示數值大於零，但無意義或不可用。										

vii – 當承攬規則、產品說明書或設計有指標時，應以相關要求為依據，如無相關指標依據時，可按 GB/T 5237 [30] 的要求進行評定。

四、引用法規/參考技術文件

[1] 建築鋼結構規章, Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, 第 29/2001 號行政法規
[2] EN10002, Tensile testing of metallic materials
[3] EN10045, Charpy impact test on metallic materials. Test method (V- and U-notches)
[4] BS729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles
[5] BS5135, Specification for arc welding of carbon and carbon manganese steels
[6] BS EN25817, Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections

[7] AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel

[8] General Specification for Building – Architectural Services Department, Hong Kong (ASD)

[9] General Specification for Civil Engineering Works – The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2011

[10] BS5080: Part 1, Structural fixings in concrete and masonry, Method of test for tensile loading

[11] JT/T 279, 公路交通標誌板

[12] BS EN12899-1, Fixed, vertical road traffic signs – Part 1:Fixed signs

[13] 澳門混凝土標準, Norma de Betões, 法令 第 42/97/M 號

[14] GB 5768.2, 道路交通標誌和標線 第 2 部份: 道路交通標誌

[15] BS 6323-3, Specification for seamless and welded steel tubes for automobile, mechanical and general engineering purposes. Specific requirements for hot finished seamless steel tubes

[16] BS 4-1, Structural steel sections. Specification for hot-rolled sections

[17] BS 4848-4, Hot-rolled structural steel sections. Equal and unequal angles

[18] BS 4360, Specification for weldable structural steels

[19] BS EN 485, Aluminium and aluminium alloys. Sheet, strip and plate

[20] BS EN 754, Aluminium and aluminium alloys. Cold drawn rod/bar and tube

[21] BS EN 755, Aluminium and aluminium alloys. Extruded rod/bar, tube and profiles

[22] BS EN 12373-1, Aluminium and aluminium alloys. Anodizing. Method for specifying decorative and protective anodic oxidation coatings on aluminium

[23] BS 4190, ISO metric black hexagon bolts, screws and nuts. Specification

[24] BS 4933, Specification for ISO metric black cup and countersunk head bolts and screws with hexagon nuts

[25] BS 4320, Specification for metal washers for general engineering purposes. Metric series

[26] BS 4620, Specification for rivets for general engineering purposes

[27] BS 1473, Specification for wrought aluminium and aluminium alloys for general engineering purposes - rivet, bolt and screw stock

[28] ISO 12944-7, Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint system – Part 7: Execution and supervision of paint work

[29] BS 6150, Code of practice for painting of buildings

[30] GB/T 5237, 鋁合金建築型材

[31] 現行《道路交通規章》

[32] ISO3506, Mechanical properties of corrosion-resistant stainless-steel fasteners

[33] BS 1387, Specification for screwed and socketed steel tubes and tubulars and for plain end steel tubes suitable for welding or for screwing to BS 21 pipe threads

[34] GB/T 18833, 公路交通標誌反光膜

[35] GB/T 23827, 道路交通標誌板及支撐件

[36] GB/T 116, 鉚釘技術條件

[37] GB/T 869, 沉頭鉚釘

[38] GB/T 6892, 一般工業用鋁及鋁合金擠壓型材

[39] GB/T 6725, 冷彎型鋼通用技術要求

[40] GB/T 18226, 高速公路交通工程鋼構件防腐技術條件

[41] GB/T 3196, 鉚釘用鋁及鋁合金線材

附 件

試驗/驗收項目清單說明

澳大工程 UMCERT

試驗/驗收項目的清單說明

按一般公共工程的施工項目，本司根據現行澳門的法規對材料的驗收、施工的工藝等各方面的要求，歸納了下列應進行的試驗項目，承建單位須於認可獨立的測試機構執行/見證下，進行下列的試驗項目，並需提交相關的試驗報告，詳述如下：

試驗項目			備註
材料的驗收	混凝土、噴射混凝土(砂漿)材料	試拌分析	沉箱基礎、現場灌注樁、淺基礎、噴射混凝土、鋼筋混凝土工程、混凝土面道路工程、道路交通標誌安裝工藝品質保證計劃及程序
		試體抗壓強度測試	
		防水混凝土試體滲水性試驗	
		抗氯離子入侵測試	
	鋼筋材料	幾何尺寸及重量的測定	沉箱基礎、現場灌注樁、淺基礎、噴射混凝土、錨固工程、迷你樁工程、鋼筋混凝土工程、混凝土面道路工程、道路交通標誌安裝工藝品質保證計劃及程序
		鋼筋拉伸性能測試	
		鋼筋正反向彎曲測試	
		鋼筋的拼接試驗	
		鋼筋網拉伸性能測試	
		鋼筋網焊接位置剪力測試	
	土工布材料	單位面積質量測定	填土工程品質保證計劃及程序
		大寬度抗拉強度測定	
		CBR 刺破強度測定	
	排水板、密封膜性能測試		
	回填土物理性能分析(包括實驗室最大乾密度測試、顆粒分析、阿太堡限度試驗、實驗室 CBR 值測定等)		
	尺寸及外觀檢查		錘擊樁工程、靜力壓入樁工程品質保證計劃及程序
	預力混凝土樁混凝土樣心抗壓強度測試、螺旋筋直徑檢驗		
	預力混凝土樁抗裂性能測試		

試驗項目		備註
	鋼製承重樁鋼材抗拉測試	
	鋁質建材塗層乾膜厚度測試	鋁質建材工程、建築玻璃幕牆工程品質保證計劃及程序
	鋼化玻璃表面應力量度	
	鋼化玻璃碎片狀態試驗	
	鋼化玻璃耐撞擊性能測試	
	熱穩定性/均質處理	
	隔音性	
	鋼結構鋼材抗拉測試	金屬建材工程、鋼結構工程、建築玻璃幕牆工程、金屬板、石材與人造板材幕牆工程、迷你樁工程、嵌岩式鋼樁工程、靜力壓入樁工程、道路交通標誌、安裝工藝品質保證計劃及程序
	螺栓制品抗拉強度測試	
	不鏽鋼材材質檢定(材料可靠性鑑別)	金屬建材工程品質保證計劃及程序
	飾面磚物理、化學性能測試	外牆飾面磚工程、室內牆身飾面磚工程品質保證計劃及程序
	鋁材測試	鋁質建材工程、道路交通標誌安裝工藝品質保證計劃及程序
	標誌面逆反射係數測試	道路交通標誌安裝工藝品質保證計劃及程序
	錨固抗張材強度測試	錨固工程、現場灌注樁工程、迷你樁工程、嵌岩式鋼樁工程、地下連續牆工程品質保證計劃及程序
	水泥漿試拌分析	
	水泥漿黏度測試	
	水泥漿泌水試驗	
	硬固水泥漿抗壓強度測試	
	穩定液材料的測試 (包括試拌分析、密度及流動性試驗)	

試驗項目		備註
	水泥土強度室內配比試驗	型鋼水泥土攪拌樁工程品質保證計劃及程序
	漿液水灰比試驗	
	漿液試塊強度試驗	
	泥漿材料的測試	地下連續牆、現場灌注樁工程品質保證計劃及程序
	鍍鋅件之鍍鋅層厚度測定	金屬建材工程、鋼結構工程、錨固工程、建築玻璃幕牆工程、金屬板、石材與人造板材幕牆工程、屋宇配水系統、灌溉系統、道路交通標誌安裝工藝品質保證計劃及程序
	鍍鋅件之鍍鋅層均勻性測定	
	銅管道材料化學成份檢驗	屋宇配水系統品質保證計劃及程序
	銅管道材料重金屬含量檢驗	
	不銹鋼管道材料可靠性鑑別	
	錫焊接口含鉛篩檢	
	石材之比重和吸水率測試	金屬板、石材與人造板材幕牆工程品質保證計劃及程序
	石材之彎曲強度測試	
	面板(金屬板、人造板材)材料抗拉強度測試	
	面板(金屬板、人造板材)材料表面處理層厚度	
	點支式玻璃幕牆支承裝置力學性能試驗	建築玻璃幕牆工程品質保證計劃及程序
	防水卷材厚度測試	建築防水工程、地台飾面工程品質保證計劃及程序
	混凝土磚抗壓強度測試	地台飾面工程品質保證計劃及程序
	外牆塗料(滲透性測試、反覆加熱和冷卻測試、黏力測試)	外牆塗料工程品質保證計劃及程序
	道路底基層及基層粒料的物理性能分析(包括粒徑分析、比重、洛杉磯磨損試驗、砂當量等)	瀝青面道路、混凝土面道路、高黏高彈改性瀝青面道路工程品質保證計劃及程序
	路緣石混凝土樣心抗壓強度測試	
	瀝青混合料原材料分析(包括骨料、填充料和瀝青膏的物理性能分析)	瀝青面道路工程品質保證計劃及程序

試驗項目		備註
	瀝青混合料試拌分析	
	新拌瀝青混合料性能測定(包括瀝青含量、粒徑分析、瀝青混合料單位重、孔隙比、流度和穩定值的測定)	
	高黏高彈瀝青混合料原材料分析(包括粗骨料、細骨料、填充料、高黏高彈聚合物改性瀝青、改性高黏乳化瀝青)	高黏高彈改性瀝青面道路工程品質保證計劃及程序
	試拌瀝青混合料分析	
	到場新拌瀝青混合料性能測定[包括粒徑分析、瀝青含量(油石比)、馬歇爾試驗(空隙率、流度值及穩定值)、車轍試驗(動穩定度)、浸水馬歇爾試驗]	
	視察井及雨水口之蓋、框及格柵裝置的測試	公共排水品質保證計劃及程序
施工的工藝	岩層/持力層壓縮空氣鑽孔試驗	沉箱基礎、淺基礎工程品質保證計劃及程序
	岩層/持力層之檢定	沉箱基礎、淺基礎、錘擊樁、現場灌注樁、地下連續牆、迷你樁、嵌岩式鋼樁、靜力壓入樁工程品質保證計劃及程序
	岩石質量指標(RQD)/取芯率(TCR)檢定	
	岩層/持力層位置岩芯無圍壓縮試驗/點荷載試驗	
	成槽超聲波檢測	現場灌注樁、地下連續牆、迷你樁、嵌岩式鋼樁工程品質保證計劃及程序
	超聲波混凝土完整性檢驗	沉箱基礎、現場灌注樁、地下連續牆工程品質保證計劃及程序
	混凝土鑽孔取芯及芯樣抗壓強度試驗	
	混凝土與岩層介面之檢測	
	完整性測試 (SIT)	錘擊樁、靜力壓入樁工程品質保證計劃及程序
	水泥漿鑽孔取心及心樣抗壓強度試驗	嵌岩式鋼樁工程品質保證計劃及程序
	動力荷載試驗 (DLT)	錘擊樁、現場灌注樁、靜力壓入樁工程品質保證計劃及程序

試驗項目		備註
	靜力荷載試驗 (SLT)	沉箱基礎、錘擊樁、現場灌注樁、迷你樁、嵌岩式鋼樁、靜力壓入樁工程品質保證計劃及程序
	平板載重試驗	淺基礎工程品質保證計劃及程序
	工地安全監測	地工安全監測品質保證計劃及程序
	混凝土鑽孔取心及心樣抗壓強度試驗	噴射混凝土、鋼筋混凝土、工程品質保證計劃及程序
	回填土現場工地密度測試	填土工程品質保證計劃及程序
	鑽孔取芯及芯樣抗壓強度測試	土壤改良工法品質保證計劃及程序
	複合地基靜載荷試驗和單樁靜載荷試驗	土壤改良工法、現場全方位高壓旋噴樁工程品質保證計劃及程序
	旋噴樁固體(抽芯)強度或樁直徑	現場全方位高壓旋噴樁工程品質保證計劃及程序
	錨固系統評估試驗	錨固工程品質保證計劃及程序
	錨固系統驗收試驗	
	鋼筋現場抗拔試驗	鋼筋混凝土工程品質保證計劃及程序
	螺栓現場抗拔試驗	鋼結構工程、金屬建材工程、建築玻璃幕牆工程、金屬板、石材與人造板材幕牆工程品質保證計劃及程序
	幕牆/鋁窗滲透現場測試	鋁質建材工程、建築玻璃幕牆工程、金屬板、石材與人造板材幕牆工程品質保證計劃及程序
	幕牆/鋁窗物理性能試驗	鋁質建材工程、建築玻璃幕牆工程、金屬板、石材與人造板材幕牆工程品質保證計劃及程序
	飾面石材掛件組合單元掛裝強度試驗	
	飾面磚樣板件黏結強度測試(實地拔拉測試)	外牆飾面磚工程、室內牆身飾面磚工程、地台飾面品質

試驗項目		備註
	實地飾面磚黏結強度測試	保證計劃及程序
	錘敲飾面磚測試	
	塗料樣板件黏結強度測試(實地拉拔測試)	外牆塗料工程品質保證計劃及程序
	實地塗料黏結強度測試(實地拉拔測試)	
	紅外熱像法檢測	外牆飾面磚工程、室內牆身飾面磚工程、地台飾面、建築防水、外牆飾面磚工程、室內牆身飾面磚、外牆塗料工程品質保證計劃及程序
	電火花檢測	建築防水工程品質保證計劃及程序
	塗料/油漆塗層乾膜厚度測試	塗料/油漆工程、鋼結構工程、建築玻璃幕牆工程、金屬板、石材與人造板材幕牆工程、外牆塗料工程、屋宇配水、屋宇排水、公共排水、灌溉系統、道路交通標誌安裝工藝品質保證計劃及程序
	焊縫無損探傷試驗	錘擊樁工程、鋼結構工程、金屬建材工程、建築玻璃幕牆工程、金屬板、石材與人造板材幕牆工程、型鋼水泥土攪拌樁工程、迷你樁工程、嵌岩式鋼樁、靜力壓入樁工程品質保證計劃及程序
	焊釘(剪力釘)彎曲試驗	鋼結構工程品質保證計劃及程序
	蓄水檢查	地台飾面工程品質保證計劃及程序
	防水塗料乾膜厚度測試	建築防水工程、地台飾面工程品質保證計劃及程序
	屋面積水測試	
	貯水結構積水測試	
	衛生間、廚房、茶水間積水測試	

試驗項目		備註
	屋宇排出管不漏試驗	屋宇配水、屋宇排水、公共排水、灌溉系統品質保證計劃及程序
	排水管及通風管之不漏試驗	
	抽升導管之不漏試驗 (含水壓錶有效校準證明)	
	屋宇供水管不漏試驗 (含水壓錶有效校準證明)	
	灌溉系統之不漏試驗 (含水壓錶有效校準證明)	
	公共排水管道不漏試驗	
	雙管網供水系統錯接檢驗	
	水質檢驗	屋宇配水品質保證計劃及程序
	已壓實瀝青混合料性能測定(包括厚度、現場密度和壓實度、寬度、平整度、構造深度、摩擦系數的測試等)	瀝青面道路工程、高黏高彈改性瀝青面道路工程品質保證計劃及程序
	標線及標記逆反射係數測試	道路交通標線、標記設置工程品質保證計劃及程序
	標線及標記厚度測試	道路交通標線、標記設置工程品質保證計劃及程序 地台飾面工程、道路交通標線、標記設置工程品質保證計劃及程序
	英式擺錘法試驗	

註：

1. 上述的試驗項目的檢測方法及試驗前的準備工作可詳閱相關的工程品質保證計劃及程序。
2. 對試驗項目中相關的檢測頻率或測試的數量，承建單位可根據工程品質保證計劃及程序中所建議的檢測頻率、合格準則及現行法規的要求作評估。
3. 承建單位於投標時，應將工程材料驗收及施工驗收等所涉及之相關測試費用考慮進各施工項目的報價單價內。