

## 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；
- ✓ 普通和高強度螺栓、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，須提交交貨單副本，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 检测方法	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 <sup>1</sup>		✓		每批測試	ISO12944 [19] ISO19840 [20]	iv, v	i
鋼材制品驗收測試 <sup>2</sup>	✓			每批測試 ①	a, b EN10002 [3] EN10045 [4]	i, v	
螺栓制品抗拉強度測試 <sup>3</sup>	✓			每批測試 ②	a, b ISO898 [5] ISO3506 [17]	i, v	
螺帽驗證荷載測試及尺寸驗證 <sup>3</sup>	✓			如有需要 ②	a, b ISO898 [5] ISO3506 [17]	i, v	
墊圈硬度測試及尺寸驗證 <sup>4</sup>	✓			如有需要 ②	a, b ISO887 [18]	i	
鍍鋅層厚度測試 <sup>5</sup>		✓		每批測試 ③	a, b BS729 [6]	i, v	i
鍍鋅層均勻性測試 <sup>5</sup>		✓		每批測試 ③		i	
焊縫無損探傷試驗 <sup>6</sup>			✓	每批測試 ④	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 ⑤	a, b	-	
錨固螺栓現場拉拔試驗 <sup>7</sup>			✓	每批測試 ⑥	a, b BS5080 [16]	iii, v	

註： 检测方法

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、螺帽驗證荷載試驗及螺帽之尺寸驗證。當設計中須要驗證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。當設計中須要驗證墊圈之性能時，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，以確定其錨固力及錨固之可靠性。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

- ① - 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。
- ② - 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。
- ③ - 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），應進行一個鍍鋅層厚度測試；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。
- ④ - 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。
- ⑤ - 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。
- ⑥ - 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 - 當測試結果不符合要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個試件進行試驗。若任一試驗結果仍不符合要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求（詳見建築鋼結構規章第八十六、八十七條之規定）。
- 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。
- 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 – coarse 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 resistance 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