

第05091章

銲接

1. 通則

1.1 本章概要

說明鋼結構銲接之材料及施工等相關規定。

1.2 工作範圍

1.2.1 含結構鋼製之結構金屬構架及鋼構件之工廠或工地銲接（以設計圖、本章或工程司指示為準），鋼橋部分則另依其設計圖說辦理

1.2.2 銲接計畫、銲工資歷、檢定合格證書、材料試驗報告等資料之送審

1.2.3 工廠及現場品質管制

1.3 相關準則

1.3.1 中華民國國家標準（CNS）

(1) CNS 3710 鋼銲接部之放射線透過試驗法及照相底片之等級分類法

(2) CNS 11378 銲道磁粒檢測法

(3) CNS 11401 鋼對接銲道超音波檢測法

(4) CNS 12668 鋼熔接縫超音波探試驗法及試驗結果之等級分類

1.3.2 美國州公路及運輸協會（AASHTO）

(1) AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges

1.3.3 美國材料試驗協會（ASTM）

(1) ASTM A36 Standard Specification for Carbon Structural Steel

(2) ASTM A572 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy
Columbium-Vanadium Structural Steel

(3) ASTM A709 Standard Specification for Structural Steel for Bridges

1.3.4 美國銲接工程協會（AWS）

(1) AWS D1.1 Structural Welding Code—Steel

1.4 資料送審

1.4.1 銲接計畫

(1) 銲接所用銲條、銲蕊及熔劑種類、銲接設備、銲接程序、接頭開槽形

狀、銲接方法、銲接所致變形對策、銲接時所需最小預熱溫度及銲接試驗計畫、電銲工名冊等應送請工程司核可後始可施工。

- (2) 鋼橋部分應考量其工址之環境、作業條件、架設方法等因素於施工前提報含銲接方法、銲接順序、銲接材料、開槽形狀及其許可差、背墊材料及其裝設方式（以上應以銲接試驗結果證實符合品質需求）、銲接機具及其數量、銲接起點、終點及銲接線交叉部之處理方法、強力螺栓栓緊作業與銲接施工之順序、銲接檢查、銲接缺陷整修、銲接時之作業條件及銲工名單、施工中之安全防護措施等之工地銲接施工計畫書送請工程司書面核可後始可施作。

1.4.2 銲工須有優良技術，其於最近二年內曾從事鋼結構工程銲接作業並於最近半年內曾從事與本工程同類性質之銲接工作之資歷、檢定合格證書或電銲技術合格證明應提報工程司備查。

1.4.3 銲接材料之試驗報告應報請工程司認可。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 銲接材料之品質除設計圖另有規定外應符合表1規定，未詳列部分亦應依AWS D1.1辦理，且銲蕊、溶劑及銲條應依所用鋼料及銲接型式選用符合規範之最適用材料及依AWS D1.1 Chapter 5 Part B、C及D之適用部分試驗並將其報告送請工程司核可。

2.1.2 除Gr.50鋼板及厚度超過25 mm之Gr.36鋼板須採低氫素型銲條外，兩種不同降伏強度之鋼材銲接可採低強度鋼種適用之電銲條。

2.1.3 若電銲為消除應力（Stress-Relieved），則其淤積物所含釩（Vanadium）不得超過0.05%。

2.1.4 銲條須整箱購買且其包裝須防潮濕，否則應依AWS D1.1規定烘乾後始得使用。

表1 銲接材料之品質要求

鋼料規格			銲接材料規格		
鋼料規格	最小降 伏強度 (ksi)	拉力 強度 (ksi)	銲條規格（依 AWS D1.1）	最小降 伏強度 (ksi)	拉力 強度 (ksi)

ASTM A36	36	58~80	掩弧銲 (SMAW) A5.1 or A5.5 E70xx	60	≥72
ASTM A709 Gr. 36	36	58~80	潛弧銲 (SAW) A5.17 or A5.23 F7x-Exxx-x 氣體遮護電弧銲 (GMAW) A5.18 ER70S-X	60	70~90 ≥72
ASTM A572 Gr. 50	50	≥65.	掩弧銲 (SMAW) A5.1 or A5.5 E7015、E7016、E7018、 E7028、E7015-X	60	≥72
ASTM A709 Gr. 50	50	≥65.	潛弧銲 (SAW) A5.17 or A5.23 F7x-Exxx、F7xx-Exxx 氣體遮護電弧銲 (GMAW) A5.18 ER70S-X	60	70~90 ≥72

2.2 工廠品質管制

2.2.1 同第3.3.2~3.3.5款。

2.2.2 工作方法及步驟須符合AWS D1.1或經認可之同等規範規定。

2.2.3 銲接工作應儘量於工廠先行完成，若須於鍍鋅後銲接時應將鍍鋅之接觸面磨洗清潔，銲接縫須平整均勻並於銲接後加塗高鋅漆。

2.2.4 銲接工作應求確實，必要時應加作鋼構件之非破壞檢驗。

3. 施工

3.1 準備工作

被銲接面不得有鬆屑、碴銹及油脂等，已油漆者應將銲縫兩側各10 cm寬範圍內表面之油漆層等有礙正常銲接之雜物刮除潔淨後始可施銲，銲妥後再補底漆，且施銲前應將銲縫兩邊充份烘乾後始可施銲。

3.2 施工方法

3.2.1 主要構材原則上採自動銲接施工，銲接應依設計圖示位置及尺度確實辦理，除先報經工程司同意外不得更改。銲接作業除設計圖另有註明外應在屋內施工，若確須於屋外銲接時應顧及溫度、濕度及風速等之影響以免銲接品質不良，且應先報經工程司書面同意。

3.2.2 構材組立時應儘量使用工作架及輔助夾具，俾以適當姿勢從事組立前之臨時固定銲接工作。

3.2.3 預熱：為防止銲接龜裂，應依鋼材種類、銲條種類、銲接方法、接頭形狀及板厚等依AWS D1.1規定於銲接處適當預熱，其最小溫度以表2所示為原則。

表2 最小預熱溫度

鋼材規格	銲接方法	銲接處鋼板厚 t (mm)	一般構材
ASTM A36 ASTM A709 Gr. 36	掩弧銲 (SMAW) 非使用低氫素型銲條者	t≤19	不需預熱
		19<t≤38	66°C
		38<t≤64	107°C
ASTM A36 ASTM A709 Gr. 36 ASTM A709 Gr. 50 ASTM A572 Gr. 50	掩弧銲 (SMAW) 使用低氫素型銲條者 潛弧銲 (SAW) 氣體遮護電弧銲 (GMAW)	t≤19	不需預熱
		19<t≤38	10°C
		38<t≤64	66°C

3.2.4 臨時固定銲用為正式銲接限於無缺陷者並應儘量少用，且應由前述合格電銲技工為之，所用銲條及銲接姿勢亦應與正式電銲時相同。臨時固定銲之長度應至少80 mm，角銲尺度應為4 mm以上，間距400 mm以下。臨時固定銲應於構材組立完成前將銲渣刮除潔淨，若有開裂現象時應以掘槽熔切器或其他器具剷除乾淨。

3.2.5 開槽之加工：應依設計圖說規定精確為之，其表面應平滑且不以人工方式加工為原則。

3.2.6 電銲作業：應以適當之電流、電壓及電銲速度施銲，俾銲料完全溶透而無缺陷，尤應避免電銲起點之溶透不足 (Incomplete Penetration) 及發生夾渣 (Slag Inclusion)、銲疤 (Crater)、龜裂 (Crack) 及弧擊 (Arc Strike) 等現象。

3.2.7 自動銲接

(1) 電銲機應不受電壓變動之影響並先調整妥當，俾充份發揮其性能，銲接面及其鄰接部位、銲接面之黑皮 (Mill Scale) 於銲接前應澈底清除潔淨。

(2) 將為正式銲接之臨時固定銲應儘量少用，並應以被覆劑所含有機物較

少之電銲條施銲。

(3) 銲條與熔劑之選擇、銲件相互位置、電流與銲接速度等應經實驗檢討後銲接，熔劑（Flux）應完全乾燥並於乾燥狀態施銲。

(4) 銲接中途不得切斷電弧，若有斷弧發生可於銲道斷點清除氣孔雜物後以起弧續銲，惟應於該銲道斷點前後各10 cm範圍內加做非破壞檢驗以確認其品質無缺陷。

3.2.8 多層銲接：應將各層銲接面之夾渣、銲濺物（Spatter）等清除乾淨後再施銲次層銲道。

3.2.9 對銲：應使面銲與背銲溶透成一體，若以背墊板（Backing Strip）對銲時應使第一層之銲料完全溶透且不得有龜裂及夾渣之情形。

3.2.10 角銲：於鋼件轉角處終止之角銲應使銲道繼續轉角至銲接尺度2倍以上之距離後始可終止。

3.2.11 對銲及翼緣與腹板之角銲應設置與構材同一開槽之邊端接板（End Plate），銲接之起點及終點均應於50 mm以上之邊端接板上且不容許銲疤（Crater）延伸至銲件上。邊端接板應於銲接完成後以瓦斯焰切除並以砂輪磨平以防發生缺陷及兩端急冷，且不得損及母材。

3.2.12 設計圖上未指定須磨平之對銲，其「溢餘」若於表3所列範圍時可留置不磨，否則應以砂輪將銲道磨至容許範圍內，惟末端部分應平滑。

表3 對銲之溢餘（單位：mm）

銲接寬度（B）	溢餘高度（H）
$B < 15$	$H \leq 3$
$15 \leq B < 25$	$H \leq 4$
$B \geq 25$	$H \leq 4B/25$

3.2.13 其餘未詳列部分仍應按AWS D1.1規定辦理。

3.3 現場品質管制

3.3.1 工地銲接作業應隨時確認天候、溫度、濕度、風速等並作成記錄嚴格管理，開槽處受潮時應除去水份後始可銲接，雨天或可能下雨之天氣應中止銲接工作，於炎熱天氣、夜間等可能影響銲接品質之作業環境施工時應採取適當之必要措施，力求獲致與工廠銲接相當之施工條件以確保施工品質。

3.3.2 天候

(1) 氣溫0℃以下時不得銲接，雨天或濕度過大時於室內亦應確認銲接部位

之表面及裡面無殘留水份時始可銲接。

(2) 風速超過銲接程序 (Welding Procedure) 所訂界限时，除有妥善之防風設備並經工程司認可外不得銲接。

3.3.3 銲接變形矯正及應變消除：構材因銲接而致變形時應以壓平法或瓦斯加熱法矯正消除，以加熱法矯正時鋼材表面溫度不得超過900℃亦不可於赤熱狀態以水冷卻，若為熱處理低合金鋼，其表面溫度不得超過750℃且須於空氣中自然冷卻或冷卻至600℃以下再以水冷卻。銲接變形矯正及應變消除應於鍍鋅前實施至符合表4規定，構材鍍鋅後不得以瓦斯加熱法矯正。

表 4 銲接缺陷之整修

項別	缺陷情形	整修辦法
1	鋼料表面傷痕明顯	銲接補強後以砂輪磨平，銲道長度至少 4 cm 以上。
2	鋼料表面傷痕不明顯	以鋼鑿或掘槽熔切器挖除不良部分後，銲接補強並以砂輪磨平。
3	鋼材邊面之層狀裂痕	以掘槽熔切器將板挖至板厚約 1/4 處後銲接補強並以砂輪磨平。
4	弧擊	鋼料表面產生凹痕時應銲接補強並以砂輪磨平，僅稍有痕跡時以砂輪磨平即可，銲道長度應有 4 cm 以上。
5	銲接裂痕	將破裂部分全部挖除，查明發生原因後改善重銲。
6	銲道表面凹痕	以掘槽熔切器將不良部分挖除後重銲，銲道最小長度應有 4 cm 以上。
7	重疊銲接	以砂輪磨平。
8	銲道表面之凹凸	以砂輪磨平。
9	銲邊燒損	銲接補強後磨平，銲道最小長度應有 4 cm 以上。

3.3.4 銲接部位之缺陷：不得有龜裂、有害之氣孔 (Blow Hole)、夾渣、重疊銲接、銲邊燒損 (Undercut)、不整齊之波面及銲疤及尺度不準等缺陷。

3.3.5 剪力釘

(1) 銲接剪力釘之鋼板面應處理清潔，不得有油漬、水份等污雜物。鋼板預熱溫度及銲接施工應依AWS D1.1規定辦理。

(2) 銲接時應以原製造廠專用之剪力釘銲槍 (Stud Welding Gun) 施工。

(3) 其他事項應依第1.3.2(1)目規範施工篇第11.3.3節及AWS D1.1等規定辦理。

3.3.6 銲接之檢查：應先以目視檢查。

(1) 對銲及角銲之內部缺陷檢查

A. 構材之對銲除依實需自作檢查外，應依表5及其附註所列與工程司指示作放射線透過試驗及超音波探傷試驗。

(A) 銲接形式、材質、板厚、銲接程序、開槽、組立精度、預熱及銲接工技能等銲接條件相同者視為同一檢查群。

(B) 一板對銲一板為一接頭。

(C) 每張照相底片尺度以3.5 in×12 in為原則。

(D) 工地銲接檢查另依第(6)目規定辦理。

表 5 放射線透過試驗檢查適用標準

構材種類			每一檢查接頭群之攝影比例(%)
抗拉構材			100
抗壓構材			20
抗 彎 構 材	拉力邊構材		100
	壓力邊構材		20
	腹	與應力方向垂直之接頭	100% (拉力側)
	板	與應力方向平行之接頭	100% (含端部)
鋼橋面板			100% (含端部)

B. 放射線透過試驗應依CNS 3710辦理，檢查結果於拉力邊之銲接應為二級以上，壓力邊則應為三級以上。無法以放射線透過試驗檢查之處經工程司認可後可改依CNS 11401檢查，惟其等級分類標準應依CNS 12668之表14規定，檢查結果之判定標準同放射線透過試驗。

C. 組成構件之翼板與腹板及各種連結板之角銲應以超音波探傷試驗或CNS 11378實施銲道磁粒檢驗銲道長度之5%以上。

D. 檢查處所係由工程司依儘量平均之距離、轉角處、斷面變化處、節點及較易產生銲接缺陷之處指定，其結果若不及格應加倍取樣重檢，若仍不及格者則應檢查所有接頭。

E. 不合格之銲道應剷除重銲並再作放射線透過試驗或銲道磁粒試驗，該重檢費用則由承包商負擔。

(2) 銲接裂痕之檢查：銲道內及其邊緣不得有裂痕，裂痕可視銲接情形以銲道超音波檢驗法、銲道射線檢驗法、銲道液滲檢驗、銲道磁粒檢驗、肉眼察看檢查。

(3) 鐸道表面之檢查：

- A. 主要構材之對鐸及組合斷面之T型接頭處鐸道表面上不得有凹痕，其他角鐸則每一接頭或每1 m長至多三個，惟凹痕深度不足1 mm時可以三個凹痕換算為一個。鐸道表面之凹凸係以鐸道長度25 mm內之高低差表示，其值不得超過3 mm。
- B. 角鐸之腳長及鐸喉厚度不得小於設計圖所示尺度，惟每一鐸接線除兩端各50 mm外，鐸接長度之10%範圍內腳長及鐸喉之許可差為-1.0 mm。

(4) 鐸邊之檢查：鐸邊燒損（Under Cut）之深度不得超出下列標準。

- A. 主要構材上與應力方向垂直之鐸道止端部：0.3 mm
- B. 主要構材上與應力方向平行之鐸道止端部：0.5 mm
- C. 次要構材之鐸道止端部：0.8 mm

(5) 重疊鐸接（Over Lap）之檢查：鐸道不得有此情形。

(6) 工地鐸接之檢查：「放射線透過試驗檢查」應依CNS 3710規定辦理，其結果於拉力邊之鐸道應為二級以上，壓力邊則應為三級以上。不合格鐸接處之附近鐸道（橋軸方向之鐸道為前後各1 m，垂直橋軸方向之鐸道為前後各0.5 m）應加作檢查，若其檢查結果仍不合格應將該鐸接線（即鐸道端部或鐸道交叉處至鐸道交叉處）全部重檢。檢查不合格之鐸道應剷除重鐸，並應檢討其原因及改善之道。

4. 計量與計價

4.1 計量

本工作不予計量。

4.2 計價

本工作已包含於相關工作項目契約單價內，不另給付。

<本章結束>