

考察日本熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程報告書

莊秋明* 撰

一、緣由及經過

(一)本人此次能有機會在民國80年6月30日至80年7月7日自費赴日考察研究熱浸鍍鋅鋼橋工程當感謝中華民國防蝕工程學會理事長蕭勝彥先生不辭辛勞組團並代為安排在日本之考察研究行程及參觀實地工程，在大阪訪問田中亞鉛鍍金株式會社，日本道路公團大阪建設局，並赴四個拜訪川田工業株式會社，在東京訪問日本道路公團本部及東京灣防蝕施工所等有關公私機構並與其有關技術人員研討熱浸鍍鋅防蝕技術。感謝本局陳局長、孫副局長及姚總工程司等各級長官讚許成行再次謹表謝意。

(二)依據調查統計，道路橋梁位於易腐蝕環境內者，如沿海或海上地帶之橋梁新建完工後，鋼橋不到三年即發生銹蝕，必須重新塗裝防蝕。鋼筋或預力混凝土橋者則約在十年左右即由於內部鋼筋之腐蝕而發生龜裂，經重複修補防蝕後又龜裂，仍無法根治，腐蝕繼續發生，終致棄橋重建（如澎湖跨海大橋及金山等沿海地帶橋梁等），不僅浪費鉅大建造費用，並影響交通通暢及公共安全。就因鋼筋或預力混凝土橋在腐蝕環境內如沿海及海上等地帶易受海風吹襲，氯離子侵入致鋼筋銹蝕而龜裂，且一旦發生銹

損很難根治其繼續腐蝕，故已有人主張在腐蝕環境地帶採用鋼橋並作適當之防蝕設施較有效而且易維護。惟迄目前為止，以經濟效益而言，鋼橋在一般大氣中能長期有效防蝕而又可免除維護之防蝕設施，經各專家學者證實為熱浸鍍鋅防蝕方法之一。當然熱浸鍍鋅設施在某些特殊腐蝕環境下不一定很適宜，惟仍可配合其他防蝕法以達防蝕設計之目標。總而言之，熱浸鍍鋅防蝕法在一般大氣中應屬經濟效益高，防蝕效力強久，最適用於鋼鐵之防蝕方法。為深入瞭解日本在熱浸鍍鋅鋼橋工程之成就及其應用實況，本次隨防蝕學會組團赴日考察研究熱浸鍍鋅鋼橋，故針對該項橋樑分析其經濟效益及介紹設計、製造和施工技術，以供國內各項建設應用之參考。

二、在日本實地考察並研析熱浸鍍鋅鋼橋有關資料後之感言

2.1 熱浸鍍鋅鋼橋之特性及效益

- (1)目前鋼材鍍鋅量（厚度）已能控制，可依環境抗蝕之需求及鋼材厚度大小以熱浸時間及溫度有效控制鍍鋅量。
- (2)熱浸鍍鋅之腐蝕速率依地域環境天候之不同而有差別，台灣目前尚未有其腐蝕速率

*台灣省交通處公路局規劃處副處長

之調查統計資料，因此謹介紹日本不同地帶之實地熱浸鍍鋅腐蝕速率如下以供國內規劃設計參考：²

曝露試驗地域	腐蝕速率	平均(g/m ² /year)
重工業地帶	32~35	34
都市地帶	12~18	15
海岸地帶	11~14	13
田園地帶	8~12	10
山間地帶	3~8	6
乾燥地帶	2~5	4

一般鋼橋鍍鋅量至少600~700 g/m²，取平均數至少650 g/m²並以易腐蝕之沿海地帶之腐蝕速率13g/m²/year計算，熱浸鍍鋅鋼橋之耐用年限為650/13=50年，可不維修而不銹蝕，如鍍鋅量增多（厚）耐用年限當可再增多，以台灣電力公司高壓線鍍鋅鋼架鐵塔為例，自日據時代建設至今已超過60年以上，目前尚可繼續使用，為長久耐蝕性之有力證明。

- (3)大型鋼材應依設計形狀製造完成後再鍍鋅，小型或小尺寸之鋼材如有需要在鍍鋅完成後，亦可依所需形狀依規定條件範圍內加工彎曲。
- (4)熱浸鍍鋅之溫度約在460°C~500°C，而影響鋼材應力強度之溫度在550°C以上，故鍍鋅對鋼材之強度影響可不予考慮。
- (5)鋼鐵在自然狀態下為不安定、易腐蝕之金屬，鋼鐵與鋅之組成為防蝕之最佳結合，主要理由如下：¹

①鋼鐵與鋅間不產生極大之電位差而使鋅加速溶解失；②鐵鋅結合後，鋅為陽極而經常產生適量之防蝕電流保護陰極之鐵防止腐蝕；③鋼鐵鍍鋅如有瑕疵，小孔或裂痕存在時仍可以鋅產生之防蝕電流防止鐵

之腐蝕；④熱浸鍍鋅之附著力強，為化學結合不易脫落；⑤鋅還算是耐磨耗之金屬不易磨損；⑥熱浸鍍鋅量或厚度易有效控制；⑦雖然鐵鋅結合防蝕方式有(A)噴鋅法(B)塗鋅法(C)電鍍鋅法及(D)熱浸鍍鋅法，但除熱浸鍍鋅法外，其他各種鐵鋅之結合均屬機械式之附著，其附著力差易脫落且其附著之鋅量厚度有時較不易控制。

- (6)設計規範規定之塗裝及配合周圍環境美觀之要求，鍍鋅表面可再加塗裝亦可有效增加防蝕壽命。又長久使用後鍍鋅表面如有劣化現象經處理後再塗裝亦可有效防蝕。

- (7)有均勻之鍍鋅皮膜：

鋼鐵浸漬於熔融之鍍鋅槽中，一般可獲得均勻鍍鋅皮膜。

- (8)可免維護：

油漆塗裝鋼橋平均3~5年間必需重新塗裝，且每年亦須檢查及進行局部補修，而熱浸鍍鋅鋼橋在一般環境下至少可耐用防蝕50年以上，可免維護並有效防止銹蝕。其維護費遠比塗裝等防蝕設施低廉。

- (9)鍍鋅鋼橋施工方便，可有效控制施工進度，縮短施工期。

2.2 鋼橋採用熱浸鍍鋅作為長期免維護之防蝕設施

大氣中之鋼鐵構造物習慣上除採用水泥混凝土防止其腐蝕外，尚有採用油漆或其他化學塗裝防蝕材料、包紮防蝕帶、熔射抗蝕金屬保護層、加厚構材設計厚度延長使用壽命、及採用耐候抗蝕金屬材料或鍍防蝕金屬保護層等以防治腐蝕增加使用壽命。上述防蝕設施由於下列理由(1)經濟造價問題，如採用抗蝕合金材料或熔射抗蝕保護層等費用昂貴(2)耐候抗蝕鋼(CORTEN Steel)因保護銹層形成之初期不美觀及在含鹽份多之空氣地帶仍須塗裝防護。(3)增加厚度或加大構材

尺寸導致增加建造費用且任其腐蝕不易控制往將尺寸之均勻性，且不美觀或有時受本身載重之限制。(4)塗裝或包紮化學材料，因受紫外線或自然天候侵蝕下壽命短效果低。惟一般人有施工方便之錯誤觀念等原因，迄目前為止，鋼橋除採用鍍鋅法外，仍多採用塗裝法防蝕。其中油漆塗裝防蝕法最為普遍。雖然塗裝法依不同腐蝕環境採用不同塗裝材料及施工方法，各國亦努力研究改進其防蝕效果但仍不易抵抗紫外線及自然天候之侵蝕且工地施工上很難達到100%之完美品管，目前發展號稱耐用10年之最佳塗裝材料經塗裝後仍須每年檢查修補局部之鋼材腐蝕，平均每隔5年須全面重新塗漆一次。目前較佳之工料塗裝費為500元/m²以上，每年局部之維修費約1%之原塗裝費計5元/m²及每隔5年重新整修及全面重漆費共約750元/m²以50年之防蝕及其設施維修費計算：

$$500 + 5 \times 50 + 750 \times \frac{50}{5} = 8,250 \text{元/m}^2$$

以鋼橋防蝕效益而言，熱浸鍍鋅量650g/m²之費用約820元/m²，以位於沿海易腐蝕環境地帶之鍍鋅鋼橋為例，至少耐用50年不銹蝕免維修計算防蝕費與油漆塗裝鋼橋每年局部補修每隔5年全面整修重新塗裝，使用50年後之防蝕設施累計費用高達約8,250元/m²（詳前述），顯示鍍鋅鋼橋之防蝕經濟效益顯然遠比塗裝鋼橋為佳。至於水中部份構材如因環境需要亦可配合或改用陰極防蝕法防蝕。茲舉本省位於近海邊地帶原腐蝕環境內兩坐鋼橋為例說明。本局西螺大橋每年局部檢查維修，每隔4-5年全面大維修，經30多年之重複油漆防蝕花費鉅額維護費後現已銹損嚴重，導致早已限制汽車載重，無法正常維持交通終將棄橋重建。當初如採用熱浸鍍鋅防蝕相信不會如此早逝。關渡大橋

亦正腐蝕中，其每年局部維修及每隔5年大維修防蝕費估計50年後將高達8,250元/m²（詳上述）。關渡大橋鋼材面積約85,000 m²，若將其以一般碳鋼橋來預估維修費，則總計50年後防蝕維修費約為8,250 × 85,000 = 701,250,000元，熱浸鍍鋅鋼橋至少可免維修防蝕50年以上故約可節省(8,250-820) × 85,000 ÷ 629,000,000元。目前國內之鍍鋅技術及設備已達到應有之標準，嗣後國內鋼橋之設計建造多能考慮採用熱浸鍍鋅鋼橋以防腐蝕或以免未常維修影響交通順暢並可節省公帑及維護人力及時間而維公共安全。

2.3 往昔鍍鋅鋼橋因下列之原因而未能普遍化被採用：

- (1)鍍鋅設備簡劣，鍍鋅槽小，鋼材之長度及樑高均受限制。
- (2)未經詳細設計製造之鋼構材鍍鋅後之變形問題。
- (3)高張力螺栓接合板經鍍鋅後摩擦係數降低，致螺栓之轉矩係數加大。
如採用原壓式接頭在工地接合時，經過900°C以上加熱後，鋅浸入鋼材而脆化致有鉚釘龜裂發生斷頭飛離之現象。
- (4)擔心高張力鋼（螺栓、螺帽等），經鍍鋅後有機械性質之變化致有延遲破壞壞之可能。
- (5)初期之建設費較塗裝橋樑為高。
- (6)未有熱心原出錢出力之人士積極推展熱浸鍍鋅鋼橋工程。

事實上上述各點問題疑慮目前在台灣已有之熱浸鍍鋅設備及技術已能全部予以克服並能設計製造及架設熱浸鍍鋅鋼橋而邁入免維護之熱浸鍍鋅鋼橋時代。

三、日本熱浸鍍鋅鋼橋實況及其設計、製造及施工

在日本實地考察及查訪有關機構獲得之熱浸鍍鋅鋼橋資料經詳細分析說明，以佐證上述各點疑慮問題早已解決，並已大量建造該項免維護鋼橋。茲將日本採用熱浸鍍鋅鋼橋實況及其技術等分述如下：

3.1 熱浸鍍鋅概況

1. 熱浸鍍鋅之歷史

熱浸鍍鋅的歷史，從1742年法國的MELOUIN發表了此項方法開始，1836年同樣是法國人的SOREL取得專利，而最初在世界上將它使用在工業上的是巴黎；此後，在英國、德國、奧地利及歐洲各地相繼的建造了熱浸鍍鋅工廠。

在日本則是於1908年，即明治41年，由田中亞鉛鍍金株式會社首創。

2. 日本熱浸鍍鋅之現況

在日本，對於鋼鐵構件之防銹意識年年提高，因此熱浸鍍鋅之防蝕方法就廣泛的被使用在各種場所。

小自螺栓螺帽，大至鋼橋等大型鋼鐵結

構物都很普遍的採用熱浸鍍鋅防蝕方法。

日本使用在熱浸鍍鋅之生產量，除了熱浸鍍鋅鋼板及鋼管外，鋼材與一般鋼構件之生產量在1965年約18萬公噸，以後迅速的繼續提昇到去年（1989年）約136萬公噸之產量，如表1 A所示。

3. 日本鍍鋅鋼橋之歷史

(1)1963年6月流藻川橋（橋長13 m，熱軋式H型橋）最先採用鍍鋅之後，採用Roll H型鋼之人行陸橋等之小規模橋梁亦採用。

(2)初期焊接梁橋之鍍鋅之施工案例如表1，現場接頭等並無鍍鋅。

(3)日本道路公團為解決接頭等之諸問題採用與實物大之橋梁、作全熱浸鍍鋅橋梁試驗。

(4)1976年，明石SA橋採用全熱浸橋梁之施工之後，近畿公路都市內之高架橋均正式採用（表2）。

(5)鍍鋅橋開始大型化，樑高2.8m亦可

表1 A 一般鋼鐵構件之熱浸鍍鋅生產實績

（單位：t）

區分 年	造船	冷暖房	道 路	反設 機材	格床版	鐵塔 鋼材	建 築 溫室材	接合材	鐵路 （線架 鐵軌）	電 力 （線架）	通 信 （線架）	其 他	合 計
1970	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	102,135	296,861
1975	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	158,427	427,001
1980	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	395,195	903,000
1981	59,146	16,368	85,216	44,971	104,080	212,069	34,725	102,390	16,941	111,449	30,450	250,551	1,068,356
1982	59,584	17,326	84,503	38,944	103,178	182,824	41,035	105,206	15,728	104,352	25,812	274,331	1,052,826
1983	54,804	18,273	90,431	37,998	113,227	156,145	45,069	100,371	15,889	102,606	27,161	262,233	1,024,212
1984	59,719	16,058	99,639	39,875	111,080	148,424	47,960	105,996	19,723	108,439	29,230	271,745	1,057,888
1985	52,484	15,325	103,518	50,638	114,845	129,146	43,400	88,130	15,472	107,849	25,521	294,123	1,040,451
1986	36,376	16,810	120,380	58,572	117,650	144,124	51,028	75,893	16,636	124,644	30,846	312,508	1,105,467
1987	25,170	14,791	153,213	74,176	123,970	138,885	71,005	74,610	15,645	117,464	35,729	341,395	1,163,053
1988	24,099	14,479	158,387	92,033	129,871	123,684	94,864	75,223	16,344	107,061	25,455	368,160	1,229,660
1989	27,497	13,648	179,314	121,009	146,638	142,082	132,215	74,442	20,010	98,228	25,605	384,953	1,365,341

考察日本熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程報告書

表1 日本之熱浸鍍鋅橋樑施工例(焊接樑)

橋 名	機 關 名	架設地點	尺 寸	完成年	備 考
新溫井川橋	建設省 關東地方 建設局	群馬縣立 石字東久 保地先	橋長 24.8m 寬度 13m 鋼重 36t 樑高 1.3m	S39 (1964)	接頭 無鍍鋅
福島跨線橋	建設省 東北地方 建設局	福島市 壁谷地先	橋長 17.5m 寬度 21.8m 樑高 0.79m	S40 (1965)	
春來1號川橋	建設省 近畿地方 建設局	兵庫縣美 方郡溫泉 町春來地 先	橋長 50m (25m2孔) 寬度 7.5m 鋼重 55t 樑高 1.3m	S48 (1973)	鍍鋅接頭 電鍍高張力螺栓 承壓式接合
足之高架橋	日本道路 公團福岡 建設局	北九州市 小倉	橋長 62m (25m+34m) 寬度 變化 樑高 1.7m	S48 (1973)	鍍鋅接頭 高張力螺栓(F11T) 黑皮磨擦式接合
明石 SA 橋	日本道路 公團大板 建設局	兵庫縣 明石市	橋長 38.9m 寬度 13m 鋼重 93t 樑高 2m	S51 (1976)	全熱浸鍍鋅 高張力螺栓(F8T) 磨擦式接合 磨擦式接合

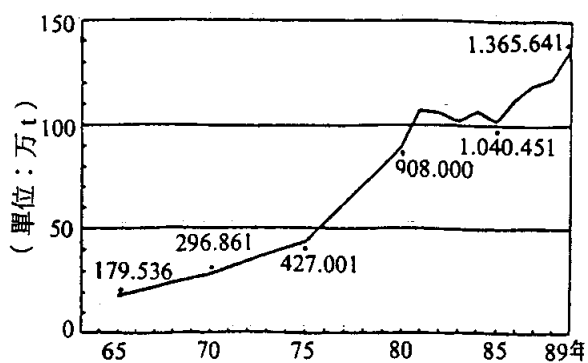


圖1 鋼結構物的熱浸鍍鋅生產實績

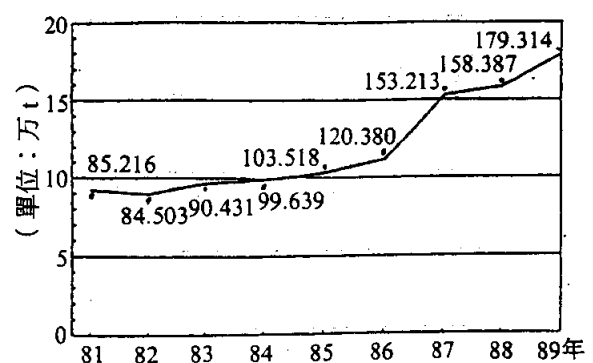


圖2 道路用鋼材的熱浸鍍鋅生產量

表 2 日本大阪建設局之熱浸鍍鋅橋樑之推移

年 度	路 線 名	延 長 等	鍍鋅重量 (t)	型 式 等	意 義
1976	第二神明道路明石 SA 橋	橋長 38.9m	82	單純合成鋼樑	初次採用全熱浸鍍鋅橋樑，熱鍍鋅技術應用於橋樑，對鋼材影響之檢討
1976~1983	近畿公路天理，吹田線 東大阪北IC~東大阪JCT	延長 2.2km (下線)	5,012	單純合成鋼樑 3 跨距連續鋼樑	鍍鋅技術之檢討 設計、施工基準之檢討
1983~1987	近畿公路天理，吹田線 東大阪北JCT~松原JCT	鋼樑延長7.9km 鍍鋅延長7.7km	37,274	單純合成鋼樑 3,4跨距連續鋼樑	區間採用 技術之熟成
1987以後	近畿公路天理，吹田線 松原JCT~美原北IC	鍍鋅延長1.0km	4,148	單純合成鋼樑 3,4跨距連續鋼樑	設計、施工基準之 檢討、經濟化之檢 討、補修方法之檢 討。
	計		46,516		

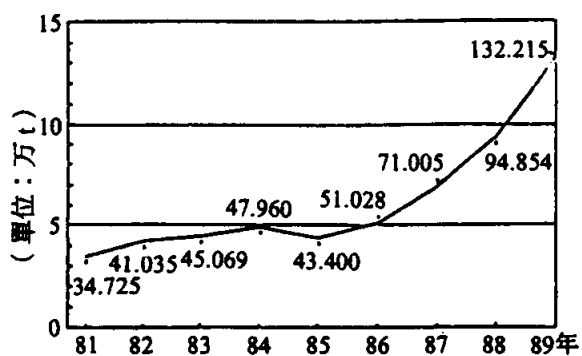


圖 3 建築用鋼材的熱浸鍍鋅生產量

表 3 部材尺寸限制之年次變化

單位(m)

	1979年	1982年	1984年	1986年
部材長	14.0	14.3	15.0	15.5
樑 高	2.0	2.6	2.8	2.8

表 4 代表性之鍍鋅槽槽尺寸

(單位: m)

槽 製造商	寬度	深度	長度
A 社	2.1	3.3	16.6
B 社	1.8	3.6	16.5
C 社	1.8	3.6	16.0

鍍鋅(表 3,4)。

(6)最近構架型式，箱樑型式之橋樑，亦有採用之實例。

4. 鍍鋅橋之施工實績與採用之橋樑事例

(1)迄目前已有525件，總重量：81,700噸之實績，其中日本道路公團之橋樑佔80%，66,400噸(表 5,6)。

考察日本熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程報告書

表 5 日本熱浸鍍鋅橋樑施工實績（含日本道路公團）

施工年	施工件數	施工重量(t)	施工年	施工件數	施工重量(t)
1963年	16	198	1979年	5	30
1964年	33	661	1978年	9	1,772
1965年	18	274	1979年	9	1,894
1966年	20	272	1980年	19	1,318
1966年	17	147	1981年	10	2,238
1967年	24	411	1982年	22	1,697
1969年	7	61	1983年	26	1,350
1970年	16	942	1984年	37	8,461
1971年	20	234	1985年	54	23,996
1972年	20	836	1986年	34	11,533
1973年	13	587	1987年	32	6,542
1974年	6	357	1988年	15	3,361
1975年	7	45	1989年	19	6,755
1976年	4	125	1990年	17	5,592
總合計（1990年7月止）				525	81,689

表 6 日本道路公團建造之熱浸鍍鋅橋樑

日本道路公團	總發包量	近畿公路 天理吹田線	其他道路 公團之發包
發包件數	89 件	46 件	43 件
發包重量	66,380 t	58,008 t	8,372 t

(2)各橋樑型式之代表實例如表 7 所示。

5.日本熱浸鍍鋅鋼橋之耐蝕性

(1)熱浸鍍鋅之一般耐蝕性

依日本實施曝露試驗之結果判斷、鍍鋅被膜之耐用壽命依使用環境而有變化，其耐蝕評價如表 8 所推定。

(2)熱浸鍍鋅鋼橋之耐蝕性

①1976年架設之明石 SA 橋，1978年至1981年間架設之近畿公路 7 高架橋之鍍鋅外觀顯示良好。又橋樑各鋼材施工時與1986年測定之鍍鋅被膜厚度如表9~12。

②由該項主樑平均膜厚計算，年平均腐蝕膜厚推定為 $1.85\mu\text{m}/\text{年}$ ，假設同一速度腐蝕，鍍鋅量 $600\text{g}/\text{m}^2$ ($84\mu\text{m}$)以90%腐蝕量為壽命計算：

$$84 \times 0.9 \div 1.85 = 40.9 \text{ 年}$$

惟主樑實際鍍鋅量有 $200\mu\text{m}$ 以上之膜厚，當可增加耐用年數。

表 7 代表橋樑事例

橋 名	橋×寬度(m)	型 式	樑高 (m)	完成年 (年)	摘 要
龜井高架橋	158×13.25	鋼 3 跨徑連續鋼樑	2.8	1988	日本道路公團
北余部第一橋	53.5×13.25	單純合成鋼樑	2.6	1980	日本道路公團
德合川橋	102×10.0	單純鋼構架	12.0	1987	日本道路公團
松原 J.C.F 匝道橋	213×7.0	鋼 3 跨徑連續箱樑	1.1	1990	日本道路公團
龜井高架橋	158×13.25	鋼3跨徑連續 樑坦率	2.8	1988	日本道路公團

表 8 使用環境與鍍鋅年腐蝕量

環 境 區 分	年間腐蝕量值	頻率代表值	耐用壽命
大氣污染少之山區，田園地域	3~10 g/m ²	5 g/m ²	110年
人口稠密地域及工業地域	7~20 g/m ²	10 g/m ²	55年
平時不受海水飛沫之海岸地域	10~30 g/m ²	15 g/m ²	40年
受海水飛沫頻繁之海岸地域	30~200 g/m ²	50 g/m ²	10年

(備考) 頻率代表值：長期耐用之年間腐蝕量之各種地域代表值

耐用壽命：鍍鋅附著量以600 g/m² 計算之概算值

表 9 主樑鍍鋅皮膜厚比較 (單位μm)

工 程 名 稱	鍍 鋅 年 代	鍍鋅施工時		1986年調查時		鍍 鋅 皮 膜 減少量	鍍 鋅 厚度之差別 (μm/年)
		膜 厚	次 數	膜 厚	次 數		
明石 SA 橋	1976	249	105	223	48	26	2.6
中 鴻 池	1978	224	870	207	580	17	2.1
三 島	1978	230	780	214	520	16	2.3
稻 田	1979	250	980	235	560	15	2.1
本 庄	1980	241	1080	234	720	7	1.2
長 田	1980	219	1404	214	920	5	0.8
東 大 阪	1981	217	1242	217	840	0	0
東大阪 JCT	1982	193	792	198	440	-2	-0.5

考察日本熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程報告書

表10 橫隔構架鍍鋅皮膜厚比較 (單位 μm)

工程名稱	鍍鋅年代	鍍鋅施工時		1986年調查時		鍍鋅皮膜減少量	鍍鋅厚度之差別 ($\mu\text{m}/\text{年}$)
		膜厚	次數	膜厚	次數		
明石 SA 橋	1976	98	4	127	27	-29	-2.9
中 鴻 池	1978	118	55	109	81	9	1.1
三 島	1978	114	55	119	75	-5	-0.6
稻 田	1979	126	196	126	72	0	0
本 庄	1980	121	273	120	99	1	0.2
長 田	1980	116	405	116	129	0	0
東 大 阪	1981	128	291	131	105	-3	-0.6
東大阪 JCT	1982	144	213	141	63	3	0.8

表11 水平橫隔構架鍍鋅皮膜厚比較 (單位 μm)

工程名稱	鍍鋅年代	鍍鋅施工時		1986年調查時		鍍鋅皮膜減少量	鍍鋅厚度之差別 ($\mu\text{m}/\text{年}$)
		膜厚	次數	膜厚	次數		
明石 SA 橋	1976	112	4	105	8	7	-0.7
中 鴻 池	1978	113	55	104	46	9	1.1
三 島	1978	110	55	105	44	5	-0.6
稻 田	1979	113	165	110	48	3	0.4
本 庄	1980	117	265	124	60	-7	-1.2
長 田	1980	111	275	114	84	-3	-0.5
東 大 阪	1981	115	244	113	70	2	0.4
東大阪 JCT	1982	128	156	127	28	1	0.3

3.2 熱浸鍍鋅鋼橋之設計、製造及施工

1. 使用鋼材

(1) 鋼材

- JIS G3101——
「一般結構用軋延鋼材」SS41

「焊接構造用軋延鋼材」

SM 50Y, SM 53, SM 58

- 矽 (Si) 含有量多時，鍍鋅時易發生燒灰(grey coating)鋼材發包時應留意。

表12 接合板鍍鋅皮膜厚比較(單位 μm)

工程名稱	鍍鋅年代	鍍鋅施工時		1986年調查時		鍍鋅皮膜減少量	鍍鋅厚度之差別($\mu\text{m}/\text{年}$)
		膜厚	次數	膜厚	次數		
明石 SA 橋	1976	98	11	94	4	4	0.4
中 鴻 池	1978	113	55	104	22	9	1.1
三 島	1978	110	55	105	22	5	0.6
稻 田	1979	150	92	126	24	24	3.4
本 庄	1980	119	310	111	30	8	1.3
長 田	1980	151	280	127	44	24	4.0
東 大 阪	1981	123	174	110	34	13	2.6
東大阪 JCT	1982	121	360	120	16	1	0.3

(2)高張力螺栓(表13,14)

螺栓,六角螺帽墊圈等之組合」

• JIS B1186 「磨擦接合用高張力

表13 高張力螺栓之種類及等級

螺栓名稱	組 合 之 種 類		依機械性質等級之組合		
	機械性質的種類	螺栓軸矩係數的種類	螺栓	螺帽	墊圈
M 22	1 種	A	F 8 T	F 10	F 35

表14 高張力螺栓之許容力

高張力螺栓之等級	螺栓名稱	ν	μ	N				ρa (tf)
				α	σ_y (kgf/mm^2)	Ac (mm^2)	N (tf)	
F 8 T	M 20	1.7	0.4	0.85	64	245	13.3	3.13
	M 22					303	16.5	3.88
	M 24					353	19.2	4.52
F 10 T S 10 T	M 20	1.7	0.4	0.75	90	245	16.5	3.88
	M 22					303	20.5	4.82
	M 24					353	23.8	5.60

考察日本熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程報告書

附表1 一般結構用及焊接構造用軋延鋼材之化學成分

化學成分 (%) 鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	其 他
SS 41	—	—	—	0.050以下	0.050以下	0.050以下	—	—	—
SM50Y A. B	0.20以下	0.55以下	1.60以下	0.035以下	0.035以下	—	—	—	—
SM53 B. C	0.20以下	0.55以下	1.60以下	0.035以下	0.035以下	—	—	—	—
SM58	0.18以下	0.55以下	1.60以下	0.035以下	0.035以下	—	—	—	—

附表2 一般結構用及焊接構造用軋延鋼材之機械性質

鋼種	拉 伸 試 驗							衝 擊 試 驗		
	降伏點或耐力 (kgf/mm ²)			抗拉強度 ($\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$)	伸 長 率			記 號	試驗 溫度 (°C)	夏不衝擊 能量吸收值 (kgf.m)
	鋼材厚度(mm)				鋼材之厚度 (mm)	試驗片	(%)			
	16以下	16~40	40以下							
SS41	25以上	24以上	22以上	44~52	5~16 16~50	1A號 1A號	17以上 21以上	—	—	—
SM50Y	37以上	36以上	34以下	50~62	5 以下 5~16 16~50	5 號	19以上	A	—	—
						1A號 1A號	15以上 19以上	B C	0 0	2.8以上
SM53	37以上	36以上	34以上	53~65	5 以下 5~16 16~50	5 號	19以上	A	0	2.8以上
						1A號 1A號	15以上 19以上	C	0	4.8以上
SM58	47以上	46以上	44以上	58~73	6~16 16以上 20以上	5 號 4 號 4 號	19以上 26以上 20以上	—	—5	4.8以上

2. 設計

(1) 鋼材之尺寸限制

樑最高2.8m，鋼材最長15.5m

(2) 鋼材之設計

① 主樑設計上之注意點（變形防止對策）

(a) 腹板厚以塗裝樑設計之厚度增加1mm。

(b) 主樑儘可能採用對稱斷面，每一節內之樑斷面避免極端斷面變化或材質變化（圖4,5）。

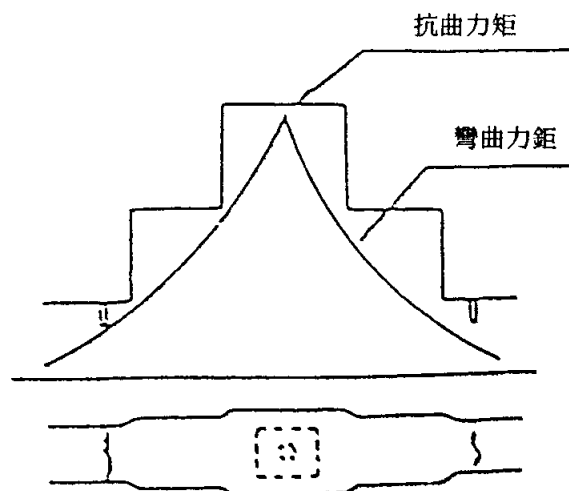


圖4 樑之斷面變化

(c)採用較薄之樑翼板，減少板厚之變化(圖6)。

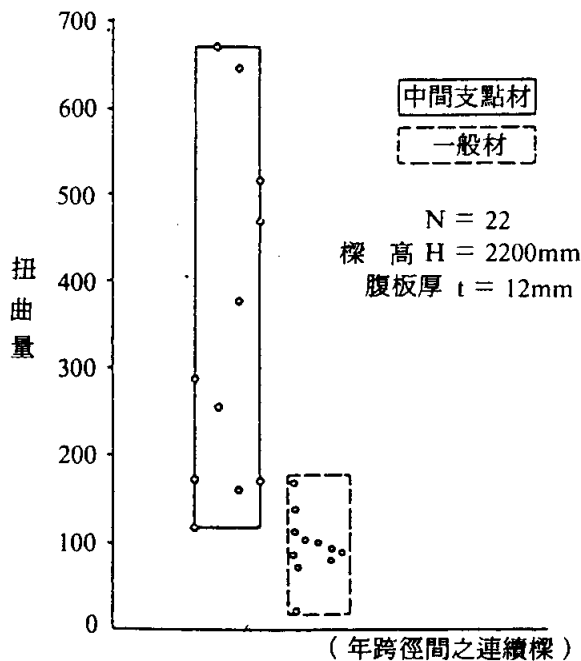


圖 5 一般材及中支點材之扭曲量

※一般鋼材斷面變化數為少
樑翼厚度亦較中間支點鋼材為薄

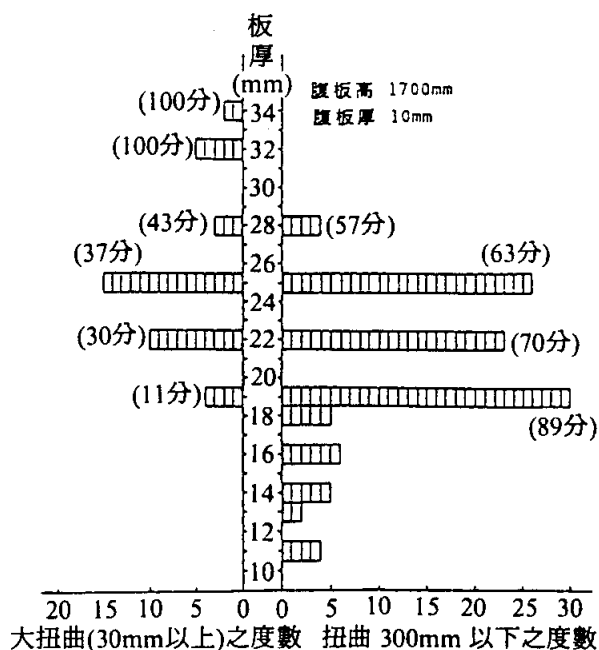


圖 6 鋼材最大板厚與扭曲之關係

(d)超過13m長之鋼材，扭曲變形將增大(圖7)。

(e)垂直補強，鋼材間隔加大時，腹板之變形(波浪形)將加大(圖8)。

(f)補強鋼材之板厚為板寬之1/13，惟其最小板厚為9mm。中間樑之水平補強鋼材及垂直補強鋼材設在相反之樑側面(圖9)。又，中間樑之水平補強鋼材原則上設在橫隔構架之1/2處。(圖10)。

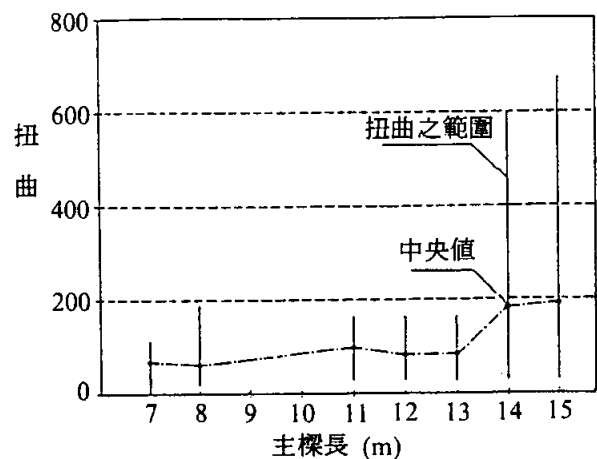


圖 7 主樑長與扭曲量之關係

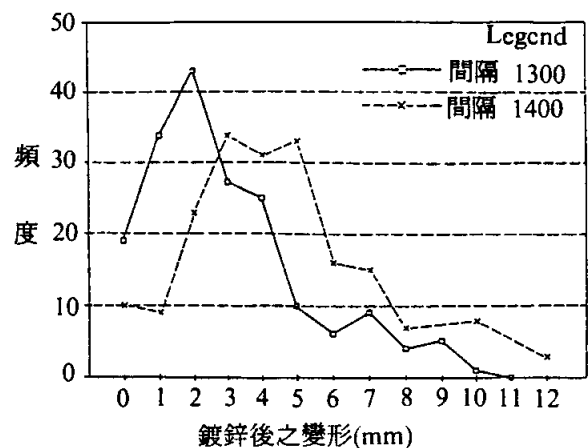


圖 8 補強鋼材間隔別、腹板之變形(凸形)
 $H = 2600$ $T = 12$

②鋼材之連結（高張力螺栓之磨擦接合）

(a)以接合面之噴砂處理及螺帽旋轉角法，旋緊為前提，設計磨擦接合。

(b)磨擦接合面經簡單打粗處理，以維持表面粗度在80S程度。

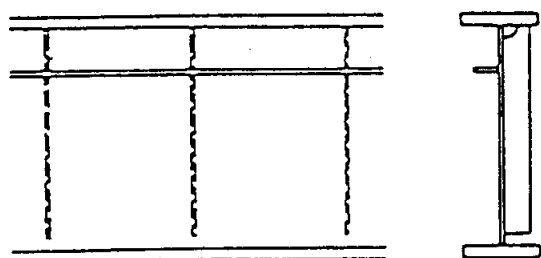


圖9 補強鋼材之設置位置

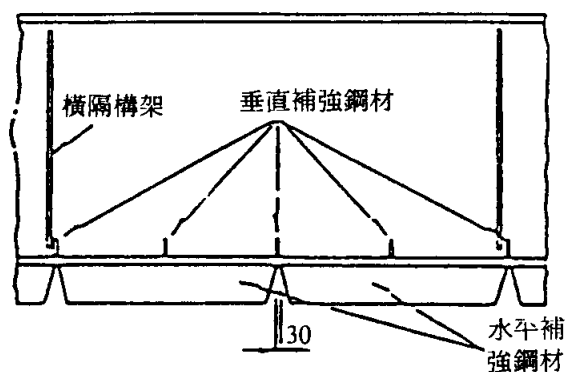


圖10 水平補強鋼材之配設

(c)打粗表面如圖11所示，打粗表面勿超出其範圍。

(d)螺栓孔之大小為23mm。

(3)構造細目

①改善鋅液之流滴

- 受壓力樑翼端之垂直補強鋼材上端開扇形孔， $R=35\text{mm}$ 。
- 受張力端之垂直補強鋼材底部，離開樑翼面 30mm （圖12, 13）。

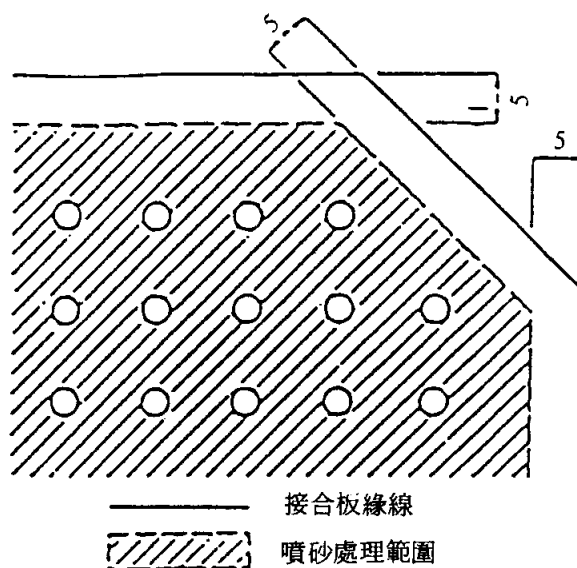


圖11 噴砂處理之範圍

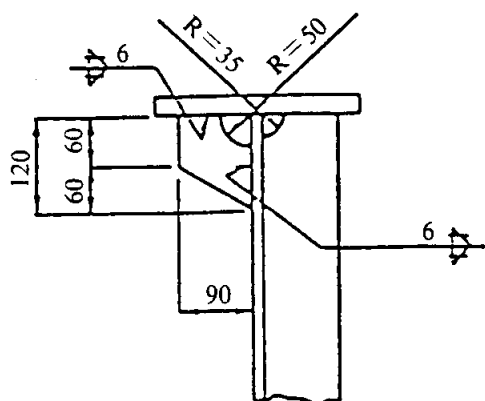
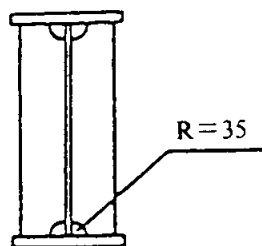
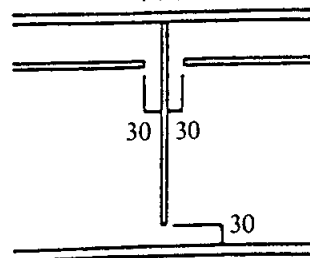


圖12 開扇孔與受張力端樑翼垂直補強鋼材端部

支點上及橫隔構架



中間



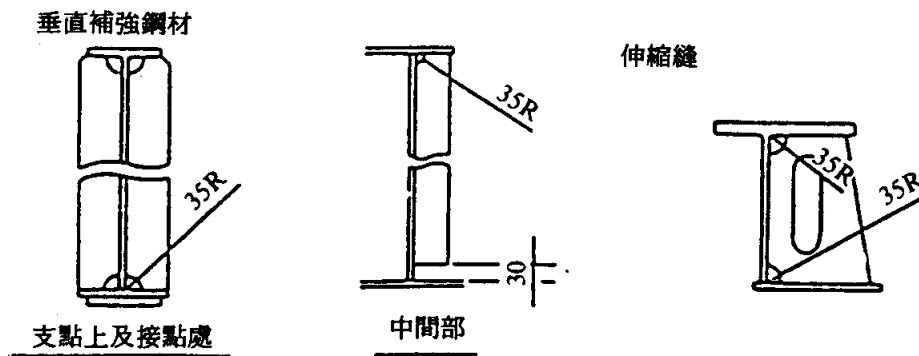
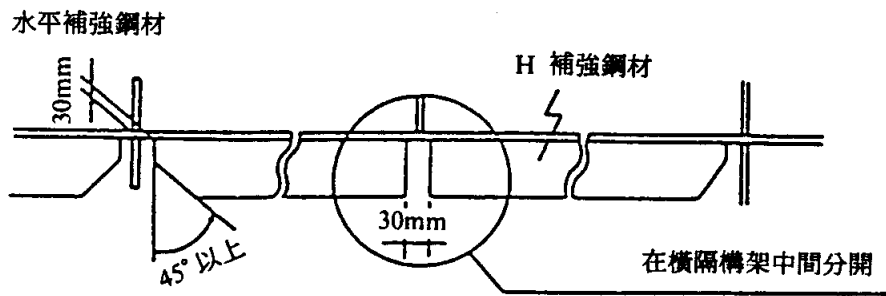


圖13 銍液流滴之改善詳細圖

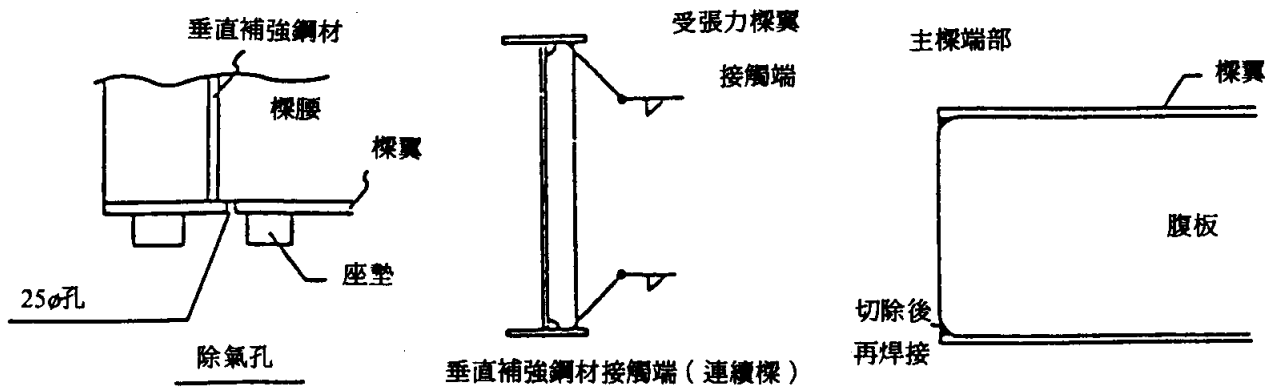
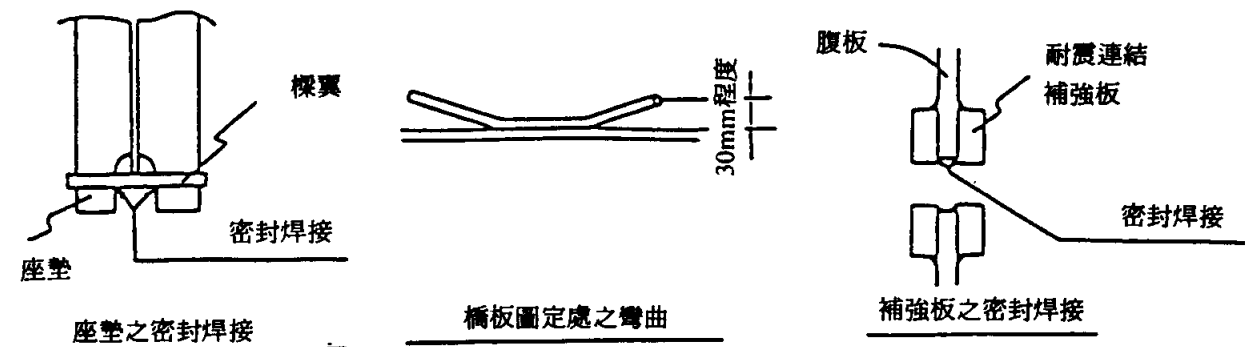


圖14 防止鍍不到銍之詳細圖

②防止未鍍上鋅之方法之各部詳細事項如圖13所示。

③防止鋼材之裂損，鋼管構造之通氣孔（圖14）和補強接合角板之接合面積力求減少（圖15）。

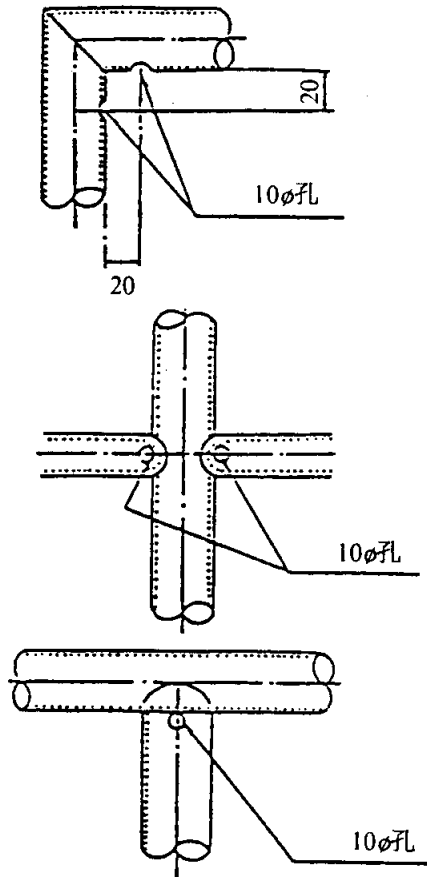


圖14 除氣孔

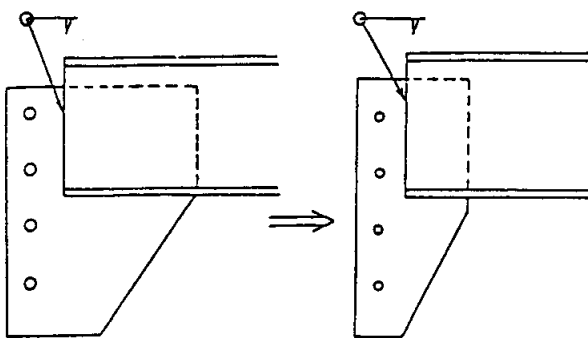


圖15 補強結合角板與鋼材之接頭

3.製造（圖16）

(1)工作

- ①用於熱浸鍍鋅鋼橋之鋼材，為原有之黑皮鋼材，無須其他之加工。
- ②鋼材之收縮、伸長之問題，無須特別考慮。
- ③為使鋼材之焊接有良好之密著度，鋼材切斷時之尺寸的管理很重要。切斷及打孔後，須用磨輪(grind)機具磨平。尖角影響鍍鋅，故須有1.5mm程度彎角。

(2)焊接

①主樑之焊接

- (a)少焊接量，每一節樑斷面之焊接儘量維持對稱，將可有效防止樑之變形（圖17）。
- (b)焊接線須完全連續，並須連續施工，焊接氣孔、重疊焊接處為未鍍上鋅或焊接斷線之原因，須加以補修。又，焊渣、焊粒也為鍍不上鋅之原因，應完全清除。

②補強鋼材之焊接

- (a)補強鋼材之焊接順序，以對稱性之觀點為要，由中央向兩端進行焊接。
- (b)水平補強鋼材之端部或垂直補強鋼材之扇孔邊緣的焊接，易產生未鍍上鋅之現象（圖18）。防止對策為維持切斷邊角平順及良好之焊接，須於加工時改善（圖19）。
- (c)補強鋼材之焊接方法以手焊接時，焊接棒易產生焊接線斷續，故宜採用殘留鋅渣少之低氫系之焊接棒。又，填角焊之焊接長度有必要控制至最小（圖20）。

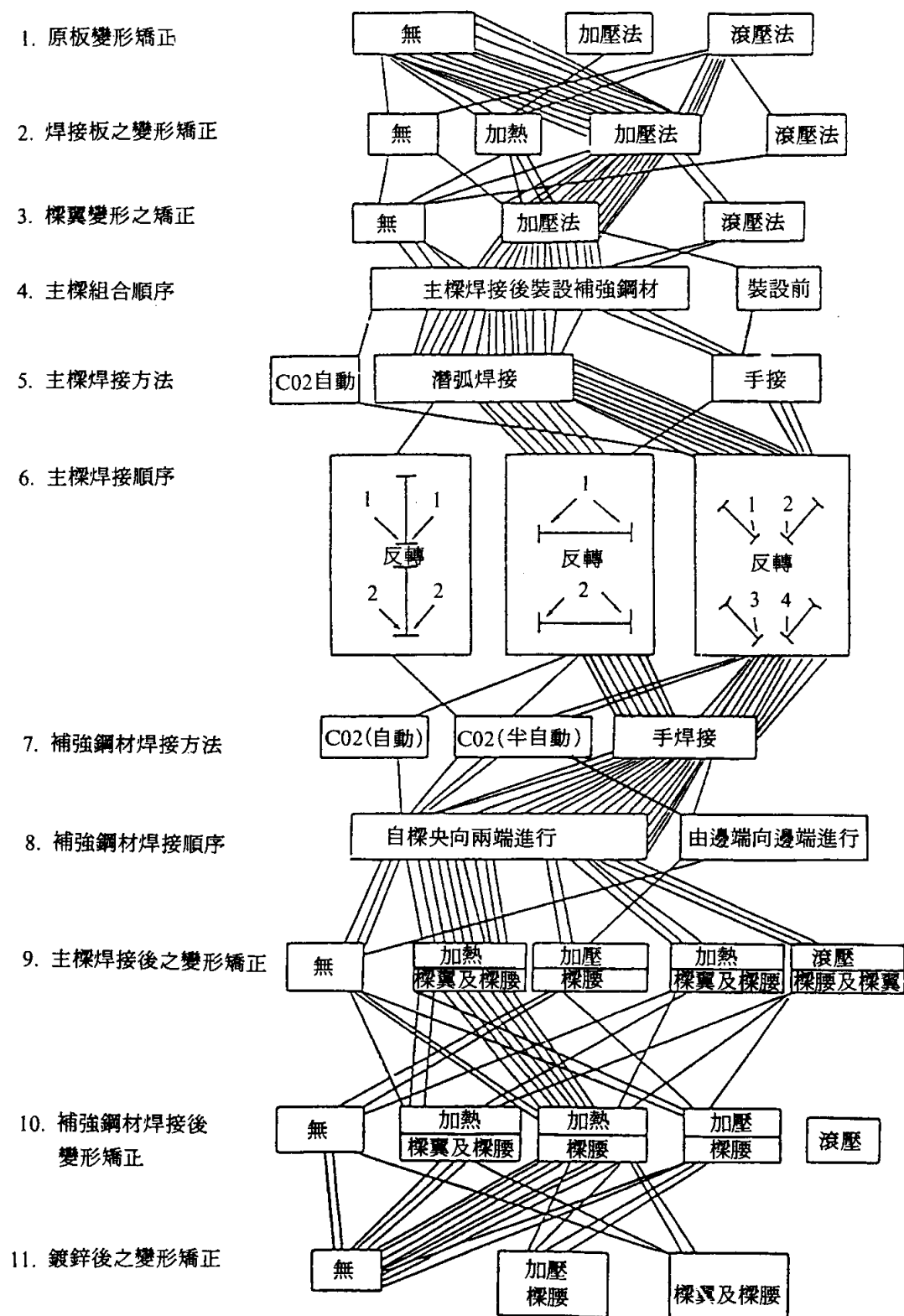


圖16 鍍鋅樑之製作方法

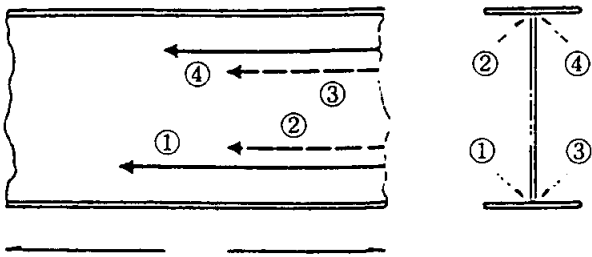


圖17 焊接順序之圖例

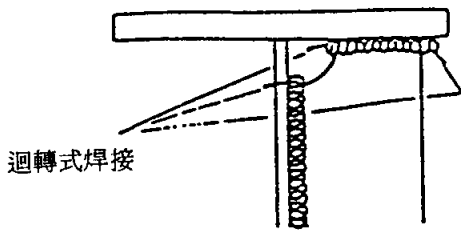


圖18 迴轉式焊接

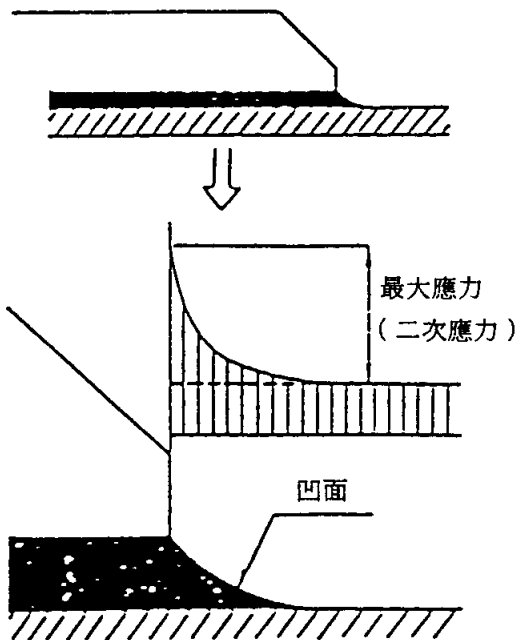


圖19 焊接終端之應力狀態之推定

(3)防止變形

①因焊接而發生之鋼材變形，應在鍍鋅前先予矯正。矯正方法有加壓法 (press)及加熱法兩種 (圖21)。腹板之變形為減小鍍鋅後之變形，須先矯正到腹板高度(H)之1/600程度為宜 (圖22)。

②鍍鋅後變形不可以加熱之方法矯正。

(4)接合板之粗糙面處理 (Blast處理)

①接合板之打粗，應在施工前作施工試驗，確認有效方之方法及時間等作業條件，同時並要作磨擦係數試驗 (圖23)。

②打粗後之磨擦接合面，其表面粗糙

$\bar{x} = 5.62$ $N = 92$ 塗裝標 度數	2	7.0	$\bar{x} = 5.1$ $N = 126$ 度數 鍍鋅標
	14	6.5	
	21	6.0	
	24	5.5	
	27	5.0	
	4	4.5	
		4.0	
		焊接線長度	
		1	8
		34	56
		19	8

圖20 補強鋼材裝設焊接線長度 (4mm)

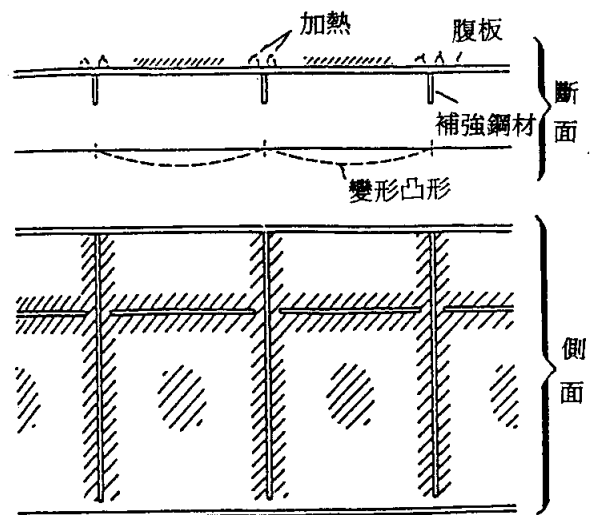


圖21 加熱矯正

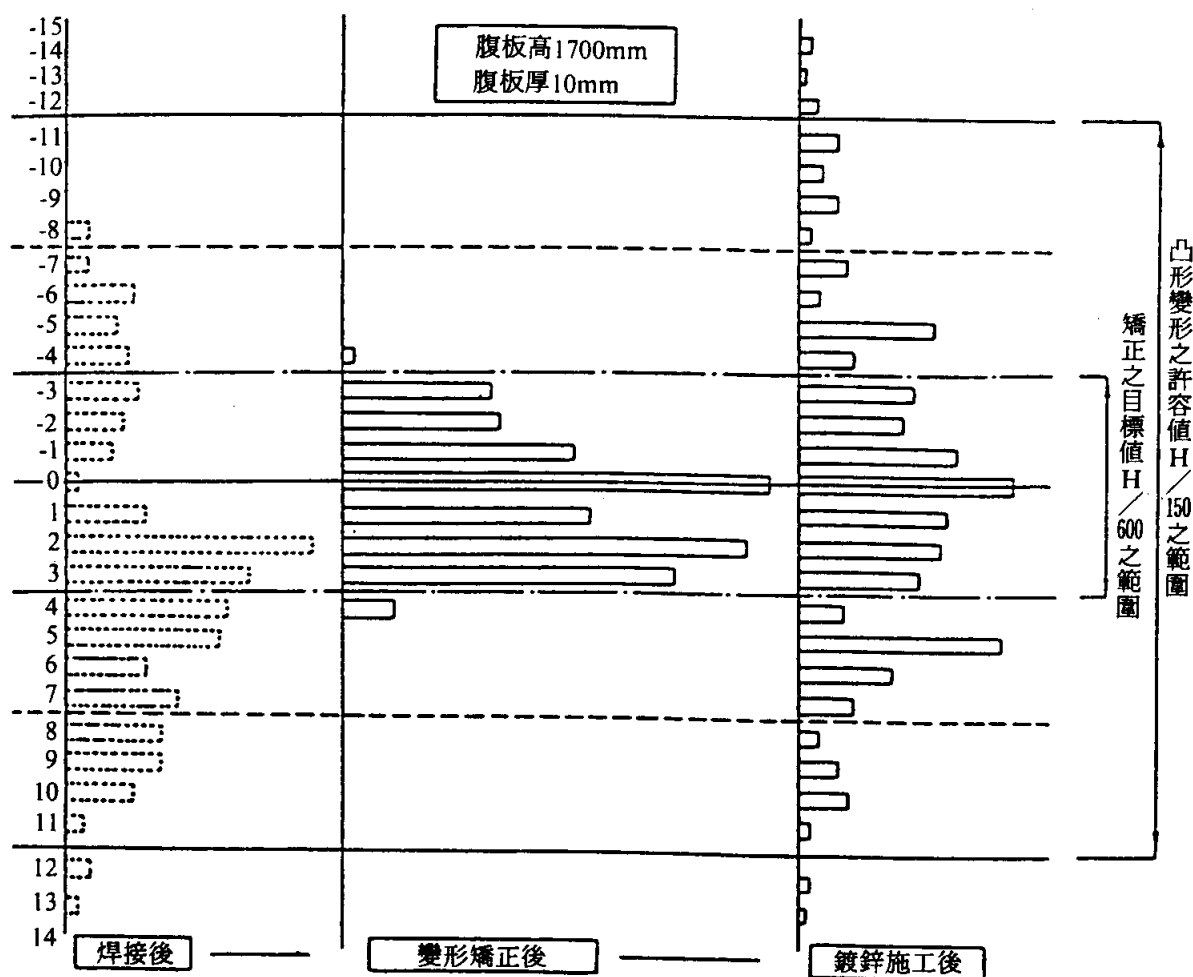
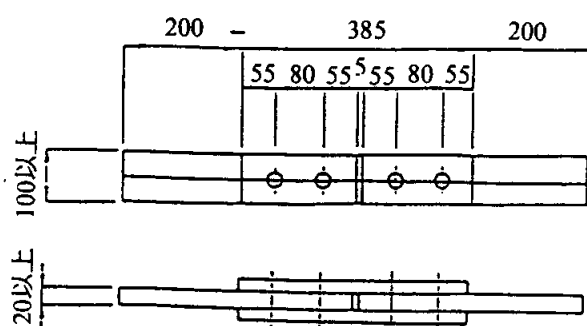


圖22 鍍鋅前後之腹板凸形變形(mm)



試驗片以3對為原則

圖23 磨擦係數試驗體

度為80S，並應求均一之粗糙面。
又，打粗面之純鋅層不得去除，須

小心。

(5)架設機具等

鍍鋅及架設用機具，床版支吊用機具均應在鍍鋅前裝設妥當（圖24，25）。

4.熱浸鍍鋅

(1)主樑等之鍍鋅

①鍍鋅附著量為 $600\text{g}/\text{m}^2$ 以上。

②主樑等鍍鋅之作業如圖26，其作業條件示於表15。

③樑高1.8m以上者，在每一間隔之樑端部，設置抑制變形設施（圖27）。

考察日本熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程報告書

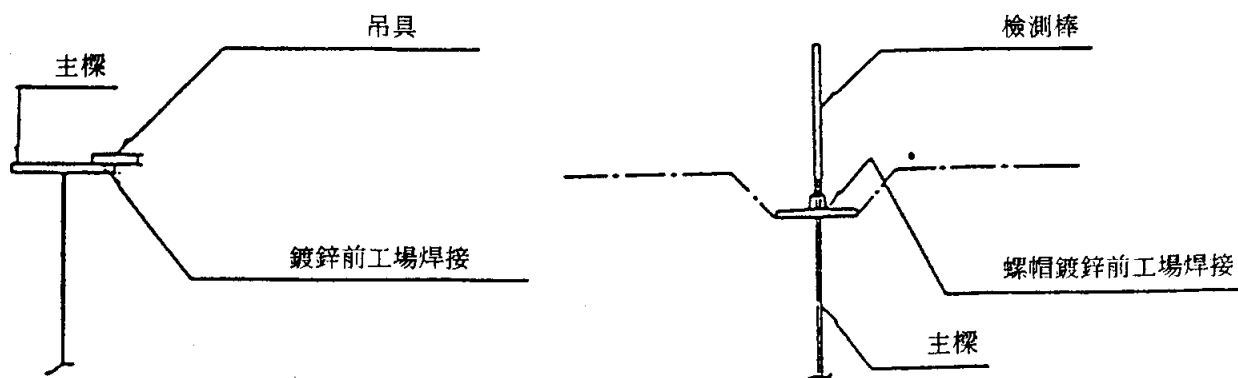


圖24 鋼樑吊具 檢測棒之焊接設置

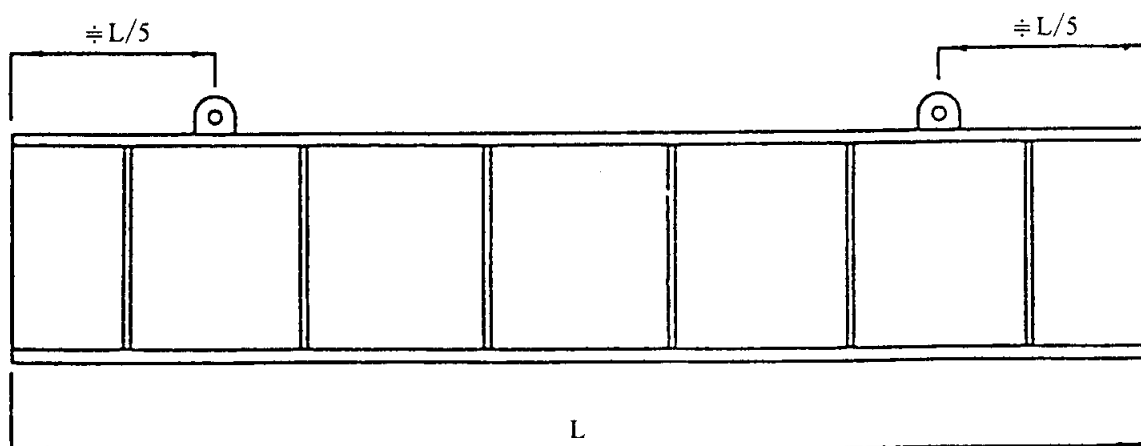


圖25 吊具裝設要領

一般鍍鋅作業及時間配置如圖26所示

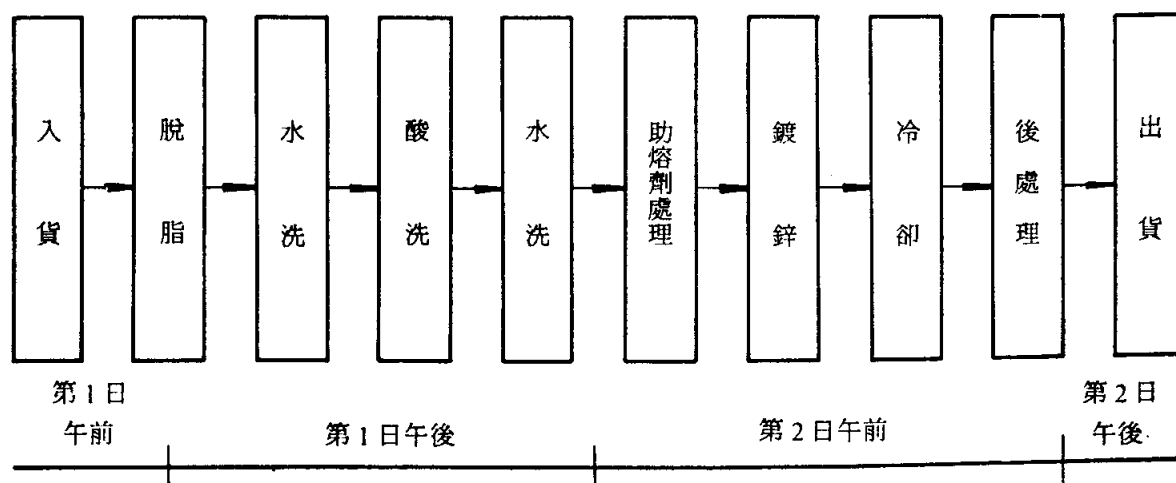


圖26 鍍鋅作業及其時間配置圖

表15 主樑等之熱浸鍍鋅作業條件

工程	條 件	主 樑	接合板 橫隔構架 水平橫隔構架
脫 脂	鹼性濃度	5~10%	同 左
	溫度	70°C以上	同 左
	苛性蘇打或矽酸蘇打	1:1 (重量比)	同 左
	界面活性劑濃度	0.5%	同 左
	浸漬時間	20~30分	10~20分
	水洗		
酸 洗	鹽酸或硫酸濃度	8~15%	同 左
	溫度	硫酸50~60°C (鹽酸為常溫)	同 左
	鐵份	80 g/l 以下	同 左
	腐蝕抑制劑濃度	(以硫酸為例) 0.6%	同 左
	浸漬時間	40~50分	同 左
	水洗		
助 熔 劑 處 理	助熔劑濃度	28~35%	同 左
	溫度	60°C以上	同 左
	氯化鋅：氯化氨	1:3 (摩爾比)	同 左
	鐵份	5 g/l 以下	同 左
	PH值	4~6	同 左
	浸漬時間	3~5 分	同 左
鍍 鋅	鋅液組成	鋅 97.5%以上	同 左
	溫度	440±5°C	同 左
	浸鍍時間	8~15分	3~5 分
冷 卻	溫度	60°C以上	同 左
	浸漬時間	6 分	1~3 分

(註) 浸鍍時間為浸鍍開始到完全吊起為止之時間。

考察日本熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程報告書

表 16 高張力螺栓之鍍鋅作業條件

過 程	條 件	
脫 脂	苛性蘇打濃度 液 度 浸 漬 時 間	5~10% 60~80% 約 10分
溫水洗	水 溫	80°C以上
乾 燥	熱風乾燥 時 間	約 70°C 10分以上
噴砂處理	噴砂之粒度	S-15 (墊圈) S-10~SB-8 (螺栓, 螺帽)
	時 間	約 15分 (墊圈) 約 10分 (螺栓, 螺帽)
表面清洗 (酸 洗)	鹽酸濃度 液 溫 浸漬時間	5~10% 常 溫 20秒以下
水 洗		常 溫
助熔劑處理	氯化氨濃度 液 溫 浸漬時間	10~15% 90~100°C 1~5分
乾 燥	熱風乾燥 時 間	約120°C 5~10分
鍍鋅 鋅滴去除	浴 溫	500~510°C
	鋅 純 度	97.5%以上
	鋁添加量	0.05%
	浸鍍時間	2 分
	離心分離機 所需時間	螺栓螺帽 墊圈 2 秒 4 秒
氯化氨處理	氯化氨濃度 液 溫 時 間	約 10% 90~100°C 1 秒以上
水 洗	溫 度	40~60°C
	時 間	10 秒以下

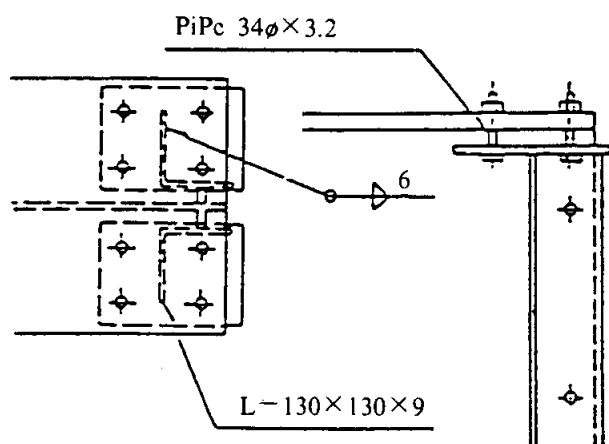


圖27 樑端之凸形變形防止法

④主樑浸鍍於鍍鋅槽時，為能獲得均一而等速度之加熱，儘可能縮短浸鍍時間。

⑤浸鍍後，吊起之作業要領示於圖28,29。

⑥冷卻時，原則上應考慮下樑翼之寬度及厚度等，將熱容量大之一端先予冷卻。

(2)高張力螺栓之鍍鋅

①鍍鋅附著量為500g/m²以上。

②高張力螺栓之鍍鋅作業條件如表16所示。

(3)鍍鋅後缺陷之修補及保管

①發生缺陷時，採用表17之方法補修，如作業上不留意，邊角部份將被削去太多，應特別注意（圖30）。

②鍍鋅鋼材應防止被油、銹、泥、塗料等所污染，並防止鍍鋅面被損傷，所以必須採用適當之保管及處置方法，予以保護；又重疊放置時，應用枕木隔開，以使空氣及雨水能流通。

(4)檢查

①鋼材檢查

(a)鋼材檢查時，以2支以上之主樑組成構體辦理。

(b)腹板之平面度、螺栓孔以表18之基準作為檢查。

②再試裝之檢查

必要時，試驗檢查。

③熱浸鍍鋅之檢查

主樑等高張力螺栓之熱浸鍍鋅檢查項目與測點次數如表19,20,21所示。

表17 熱浸鍍鋅層之補修

缺 陷	補 正 方 法
未鍍鋅地方	用鐵刷清除乾淨，將高濃度鋅粉塗料塗漆2次以上。
接頭之鋅滴 鋅渣、污物	因接合處須平滑，須用銼刀或磨輪打平滑。 接頭之螺栓孔之鋅滴可用圓形銼刀清除。
傷 處	傷損表面之附著異物用鋼刷刷清除後，以高濃度鋅粉塗料塗2次以上。

表18 鋼材檢查時之腹板平面度及穿通率

檢 查 項 目	許 容 誤 差	頻 度	備 考
腹板之平面度	H/150	全樑	H：腹板高度
螺 栓 孔	穿通率 100%	全數	

表19 熱浸鍍鋅之外觀檢查項目

	檢 查 項 目	試 驗 頻 度	判 定 基 準
(a)影響耐蝕性之缺陷	未鍍鋅 裂傷 鋅渣	全部鋼材	不可有
(b)在使用上有害之缺陷	接面、接合面 鋅垂滴 疊層 起泡 凹凸粗糙	全部鋼材	

考察日本熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程報告書

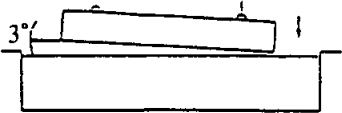
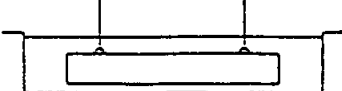
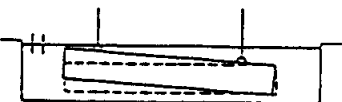
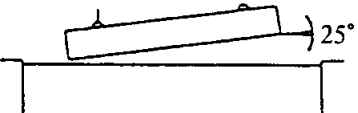
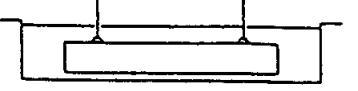
狀態	狀 態 圖	操 作 及 鍍 鋅 條 件
懸 吊		利用主構架之螺栓孔，以連結環將吊鏈固定，以2點法吊放。
浸 鍍 開 始		約 3° 之角度速放浸鍍。 (鍍液溫度：435~440°C)
浸 鍍 終 了		保持水平狀態之靜止。
浸 清 鍍 除 終 了 了 渣		浸鍍終了，經過約 3 分鐘後，為除去上端樑翼下面之殘留氧化鋅渣而向鍍鋅槽底方向來回搖動數次。
浸 — 鍍 靜 終 止 了 —		保持水平狀態之靜止。 (浸鍍時間：約10分鐘)
吊 起		以鍍鋅槽縱橫方向各約10°之角度吊起鋅液之流滴保持傾斜角度 (約25°)
移 — 空 冷 動 —		在冷卻槽上以約25°之最終角度作為鋅液流滴之角度，同時迅速放入水中冷卻。
水 冷		全部保持水平狀態之靜止。 (溫度：55~65°C) (浸漬時間：約 6 分)

圖28 主樑之鍍鋅作業要領

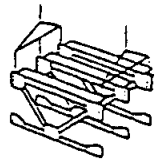
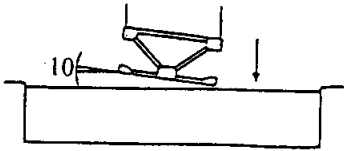
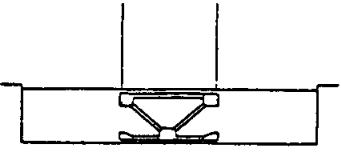
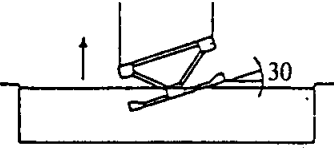
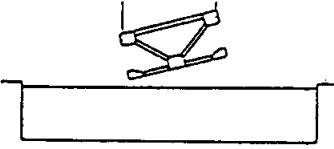
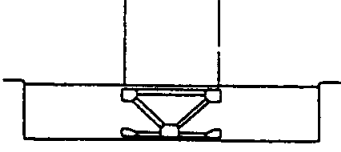
狀 態	狀 態 圖	操 作 及 鍍 鋅 條 件
懸 吊		利用原設置之吊具，固定後吊起。
浸 鍍 開 始	 鍍鋅槽	以約10°之傾斜角度速浸鍍。 (鍍液溫度：4000±5°C)
浸 鍍 完 了	 鍍鋅槽	保持水平狀態之靜止 (浸鍍時間：約 5 分)
吊 起	 鍍鋅槽	以約30°之傾斜角度將先浸漬之一端先吊起
移 動	 水 槽	鋅液流滴改善完成後，移到冷卻水槽上予以水 冷。
水 冷	 水 槽	全部保持水平狀態之靜止。 (溫度：55~65°C) (浸漬時間：約 3 分)

圖29 橫隔側構架，水平橫構架之鍍鋅作業要領

考察日本熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程報告書

表 20 熱浸鍍鋅品質管理項目及程度

試驗項目	試驗方法	試 驗 片	試 驗 程 度	判 定
a)附著量試驗	JIS H 0401 3.2 氯化銻法	主樑： 100mm×100mm×t t：浸漬鋼材 板厚以 9mm 為基本 材質須附合 SS41	鋼材每 10 支須 1 次以上或 1 日 1 次以上。 1 次之試驗片 須有 3 片。	600g/m ² 以上
		橫隔側構架，橫隔 水平構架與主樑相同。	1 日 1 次以上。	
b)硫酸銅試驗	JIS H 0401 4.硫酸銅試驗	主樑： 100mm×100mm×t t：浸漬鋼材 板厚以 9mm 為基本 材質須附合 SS41	鋼材每 10 支須 1 次以上或 1 日 1 2 次以上。 1 次之試驗片 須有 3 片。	操作 6 次未 達鋼材面，為 合格
		橫隔側構架，橫隔 水平構架與主樑相同。	1 日 1 次以上。	
c)密著性試驗	JIS H 0401 5.5 鐵鏈試驗	主樑： 100mm×100mmt t：浸漬鋼材 板厚以 9mm 為基本 材質須附合 SS41	鋼材每 10 支須 1 次以上或 1 日 1 次以上。 1 次之試驗片 須有 3 片。	打痕間，不 得有剝離或 浮起現象
		橫隔側構架，橫隔 水平構架與主樑相同。	1 日 1 次以上。	
d)膜厚檢查	JIS H 0401 膜厚試驗方法	主樑 取鋼材中央附近之斷 面，選 6 處檢測 ，每一處量測 5 點。	全部鋼材 1/2 以上	
		每一橫隔側構架選 3 處 ，橫隔水平構架選 2 處 檢測，每處量測 5 點	全部鋼材之 1/10	

表21 高張力螺栓之熱浸鍍鋅之品質管理項目及程度

試驗項目	試驗方法	試 驗 片	試驗程度	判 定
(a)附著量試驗	JIS H 0401 3.2 氯化銻法 (間接法)	對螺栓，螺帽墊圈試驗	一堆取 3 套以上	500 g/m ² 以上
(b)硫酸銅試驗	JIS H 0401 4.硫酸銅試驗	對螺栓，螺帽墊圈試驗	一堆取 3 套以上	來回作 6 次後未達 鐵表面算，為合格
(c)密著性試驗	JIS H 0401 5.5 鐵鏈試驗	對螺栓，螺帽墊圈試驗	一堆取 3 套以上	打痕間，不得有剝 離及浮起現象

②機械性質試驗

試驗項目	試驗方法	試 驗 片	試驗程度	判 定
機械性質試驗	JIS B 1186	對螺栓，螺帽墊圈試驗	一堆取 3 套以上	JIS B 1186
螺栓轉矩係數值 試驗	JIS B 1186	對整套試驗	對整套試驗	JIS B 1186

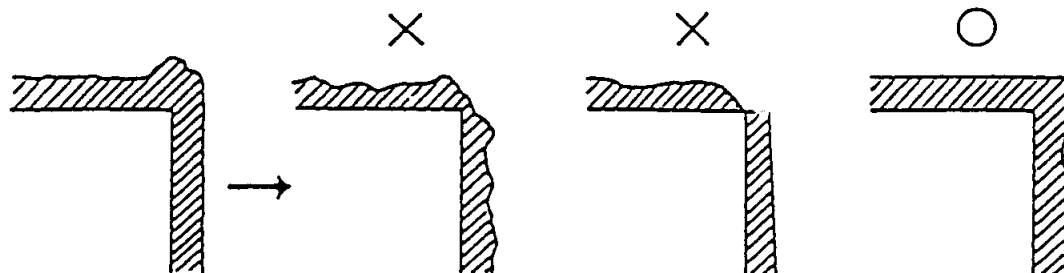


圖30 邊角處之補修

5.現場施工（施工順序，圖31）

(1)搬運與架設

- ①因鍍鋅後之鋼樑有扭曲變形而單支樑不穩定，故須以 2 支樑組合後再搬運或架設為原則。
- ②因兩支樑組合後，樑本身仍不穩定，所以必須裝設防止翻倒之設施。至於橫隔構架可用槓桿滑車或鐵鏈滑車等機具拉緊矯正，同時予以組裝。

- ③放置、搬動、裝設時，為防損傷鍍鋅表面，有必要加以維護。
- ④架設時，以 2 支樑組合辦理（圖 32）。
- ⑤穿孔栓，試裝螺栓均須用鍍鋅製品，尤其穿孔栓應採用比通常使用螺栓為小之尺寸為宜。
- ⑥架設作業時，應注意不損傷鍍鋅被膜及不附著油、泥等。萬一附著油、泥時，應迅速擦掉。

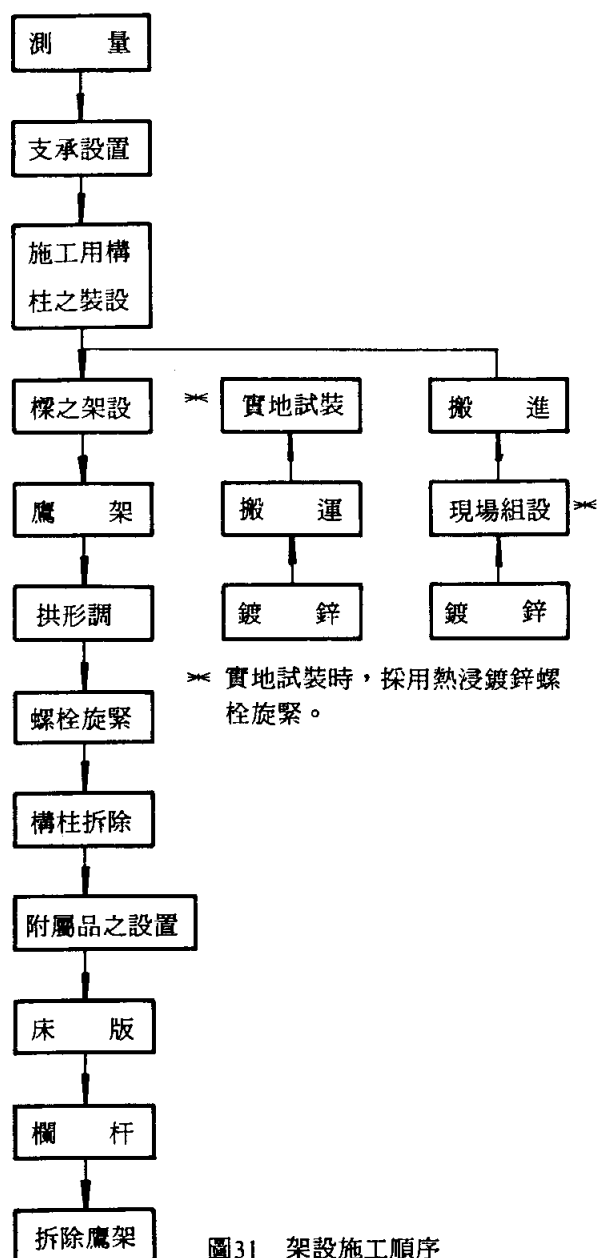


圖31 架設施工順序

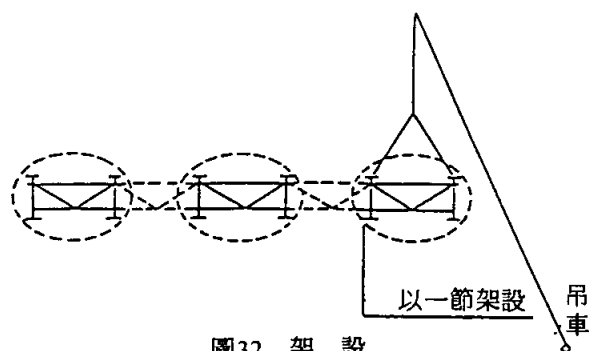


圖32 架設

(2)高張力螺栓之旋緊

- ①螺栓之旋緊，採用螺帽旋轉角法辦理，將螺栓旋緊到螺栓降伏強度附近之軸力，以彌補因螺栓滑移及螺栓軸力之降低。
- ②第一次旋緊螺栓時採用螺旋鉗，用手旋緊到20kg.m，第二次旋緊時採用電動螺旋機具，將螺帽再旋緊 $120^{\circ} \pm 15^{\circ}$ 之範圍（圖33）。
- ③螺栓旋緊之檢查，第一次旋緊後作記號，檢查全部之螺栓旋緊工作，並抽查10%以上螺帽旋轉角法之工作。

(3)床版施工

- ①橋面打水泥混凝土，應防止水泥漿之漏落，模型板之接縫應防止漏縫。（圖34）萬一有水泥漿附著，應立即以水洗清。
- ②為防止固定模型板之鐵件損傷鍍鋅被膜，應有維護設施（圖35）。

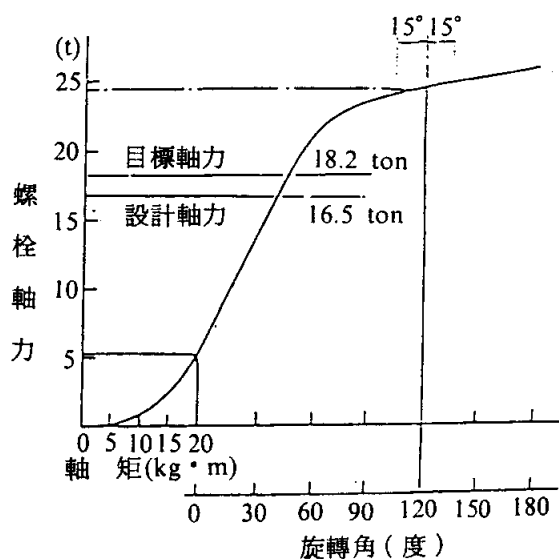


圖33 螺栓軸力與旋轉角之關係

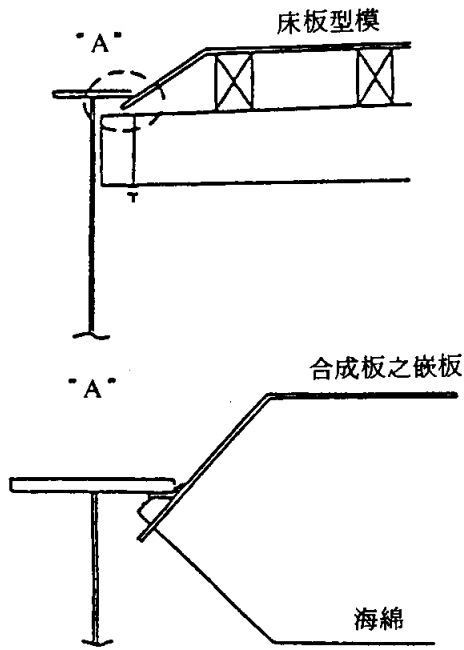


圖34 防止水泥漿之流漏

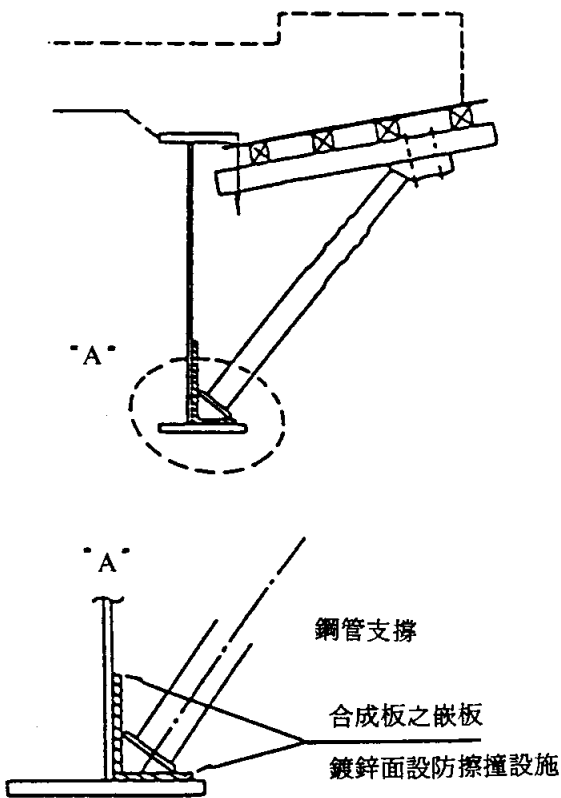


圖35 懸臂處之鋼管支撐保護

6. 附屬物

附屬物（支承、排水設施、伸縮縫、檢查便路）應全部鍍鋅，對支承之注意事項說明如下：

(1) 支承鍍鋅時，其構造上之注意事項，如表22, 圖36所示。

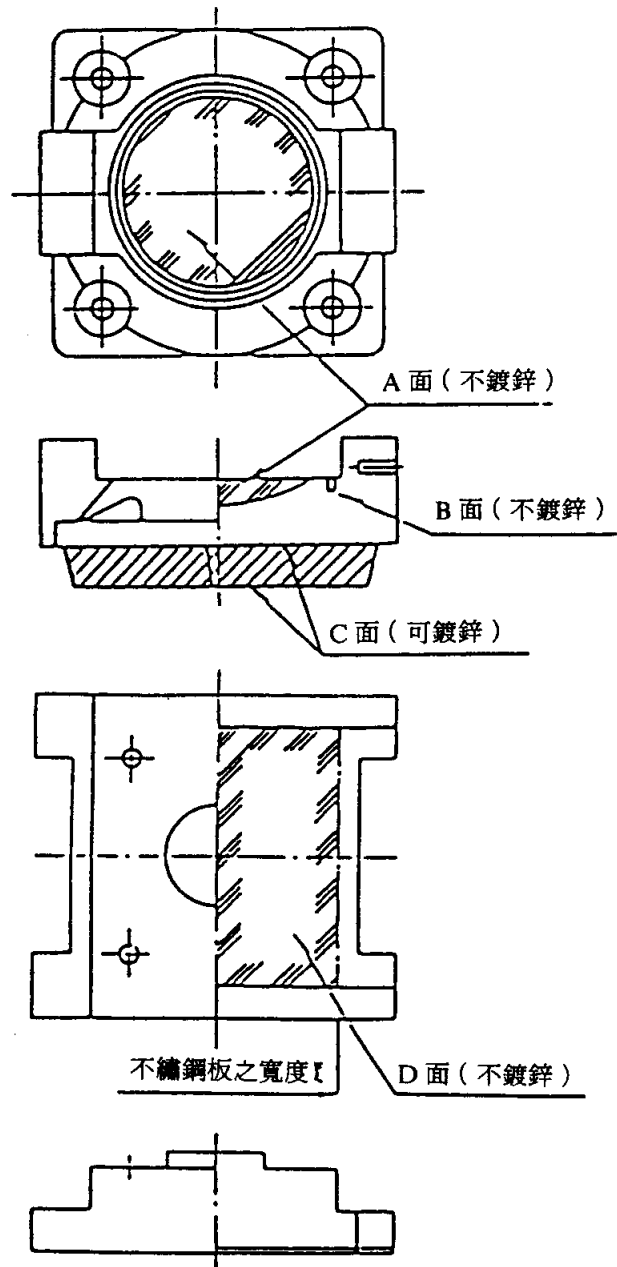


圖36 高張力黃銅支承板支承

表 22 各零件部位之處理方法

	零件及部位	處理方法	
通 用	• 上、下鋼材之接觸面	該表面雖不須鍍鋅，唯製造時將予鍍鋅	
	• 鍍鋅後之焊接處	除去焊接之氣體，清潔後以鋅粉塗料補修。	
	• 螺栓孔	鍍鋅	
	• 螺栓、螺帽	鍍鋅	螺帽孔採用直徑+0.4mm
	• 邊端節材	鍍鋅	
	• 在加工，組裝上無法鍍鋅之部份	以鋅粉塗料補修	
• 支承板支承 • 樞軸及盤式支承	• 下座板 • 上座板 • 墊板之彎溝處 • 樞軸及其接觸處與盤式支承之球面處	支承板與接觸球面不鍍鋅 裝設不鏽鋼板之平面不鍍鋅 不鍍鋅 不鍍鋅	
滾 軸 支 承	• 與座板之支壓板或保持支壓板之側板接觸面	不鍍鋅，唯支壓板及側板接觸面及其連續之板面，須予加工修改為降低1mm之板面	

- (2)上支承座之滑動面，採用鍍鋅面之狀態時，因高速重複試驗時，多少有磨擦係數之問題存在，故採用不銹鋼板(SUS 304, t=5mm)裝貼方法為宜。
- (3)鍍鋅附著量為550g/m²以上。

四、建議事項

- (1)由於環境之改變，較危險性工作之技工較難找，更由於在交通繁忙，多交通量地段之高架鋼橋其防蝕維護工作將影響交通及難找，更由於在交通繁忙，多交通量地段之高架鋼橋其防蝕維護工作將影響交通及市街兩側商店住家之環境空氣品質，及在高山深峽谷因維護工作困難，日本政府已

要求建造長期可免維修防蝕之鋼橋，建議我國亦比照辦理。

- (2)沿海及海上地帶之橋樑，因 RC、PC 橋之鋼筋易被海風之鹽份侵入造鋼筋腐蝕而龜裂，極難根除其銹損，為長期有效防蝕建立長期免維護之橋樑，建議可採用熱浸鍍鋅橋樑。
- (3)請有關單位多舉辦熱浸鍍鋅鋼橋講習班及該項工程技術研討會以協助國內有關技術人員及主管認識瞭解熱浸鍍鋅防蝕之經濟效益及其需要性，以節省國內各項重大建設鋼鐵構造物之維護費用，並維公共安全。