

鋼橋的塗裝設計和表面處理

魏豐義* 陳文源**

Design and Surface Preparation for Painting on Steel Bridge

Feng-I Wei and W. Y. Chen***

摘要

因應經濟建設的需求，加上要提高空間利用率，縮短工期，以及達到防震和節省成本等要求，鋼結構物的建造逐年增加，然而鋼材卻存有易生銹的缺點，因此許多防蝕方法即因應而生。本文則以曝露於大氣的鋼樑應如何施以塗裝防蝕做一介紹，其中就塗裝系統的選用細分成不同位置和不同環境的需求，同時介紹了塗裝工程在鋼廠、鋼結構廠和現場架設時之搭配以及底材的前處理，以供相關業者參考。

關鍵詞彙：鋼橋、塗裝設計、表面處理

ABSTRACT

In order to meet the demand of economy construction, earthquake resistance, cost saving, increase of exercise space, reduction of construction period etc., steel constructions have gradually increased year by year. However, easy rusting remains the main short-coming of steel. Many anti-corrosion methods have been developed and criticized. In this paper, how to prevent steel bridge from corrosion by painting is introduced. The selection of painting systems for different area in different environments is described. In addition, how to coordinate the painting engineering among steel factories, steel construction plants and fields, and to prepare the steel surface are also described. These informations will provide a reference for relevant workers.

Key words: Steel bridge, Painting design, Surface preparation

一、前言

近年來，由於經濟的蓬勃發展，工商業的進步，以及六年國建，因此許多建築、橋樑和結構物被大舉興建。其中鋼筋混凝土因有品質不易控

制的問題，加上新型鋼材，如：耐火鋼、低降伏比耐震鋼、高入熱鋸接之高效率鋼和高耐候鋼的開發，使得在耐火、耐震、耐蝕，以及節省成本和縮短工期上有很大的進展，而且造型和外觀又較具變化，因此鋼構物逐年的增加。

*中國鋼鐵股份有限公司，鋼鋁研究發展處

Steel and Aluminium R&D Dept., China Steel Corp.

**柏林股份有限公司

Berlin Co. Ltd.

鋼材雖具有許多優良的特性，卻存在易銹蝕的缺點，因此除使用高耐候鋼外，熱浸鍍鋅和塗漆等亦被大量採用，加上台灣屬亞熱帶海洋性氣候，又有中國大陸及本身工業帶來的酸雨，複合防蝕法亦逐漸被重視，然而仍以塗漆使用得最為廣泛，尤其它可兼具美觀的效用，因此頗值得探討。

本文就塗裝設計上如何因環境及部位的不同來決定塗裝系統的組合、膜厚、間隔時間以及表面的前處理，進而考量施工場所不同，如何於塗裝上做搭配，以供相關業者參考。

二、塗裝設計

鋼橋塗裝的防銹效果會因塗膜的劣化而降低，當塗膜的狀態或生銹狀態不能維持一定的水準時，即須重新塗刷，以更新塗膜的防銹機能。鋼橋塗裝設計受環境因子的影響很大，因此必須先做環境調查。在維持管理體制上，要實施週期性的塗刷，而塗料的種類、使用量、底材的前處理程度和施工規定等必要事項均需加以決定。

鋼橋塗裝的目的，第一是防止鋼材生銹，同時重視著色的效果，後者主要由面漆的塗膜性能所決定，因此在塗裝設計時亦需加以考慮。

2.1 塗裝系統的組合、膜厚和塗料的使用量

鋼材的塗膜要能長期維持防銹和具著色的功能，因此僅一層塗膜很難滿足此一功能，基本上是以底漆、下塗、中塗和上塗構成。底漆是在橋樑工場噴塗，以防止鋼材在加工時生銹，而為了避免影響鉗接，此均進行薄塗，防銹效果可維持約3~6個月，此均將原鋼材上的銹皮噴除後噴塗之。

鋼材接著施以下塗，主要為抑制鋼材表面的腐蝕反應，並能密著於鋼材表面，因此塗料含有較多之防銹顏料，且密著性優；而一般要強化防

銹能力，均塗兩次以上，使塗膜變厚。

在上塗的面漆直接與外面環境直接接觸，因此必須含有耐水性和耐候性優的著色顏料，以防止水、空氣等的侵蝕，以及太陽的照射。

上塗和下塗之塗料性質要求不同，但底漆、下、中、上塗料必須能彼此密著，不致產生不良反應，才可達到塗裝的目的。

氧化重合形塗料（鉛系防銹塗料，長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料等）之塗膜上再塗上重合乾燥形塗料（環氧樹脂塗料，聚氨酯樹脂塗料等）和揮發乾燥形塗料（氯化橡膠塗料等），這些塗料中的溶劑可潤溼此氧化重合形塗料。在鉛系防銹和氯化橡膠塗料組合的場合，以溶劑很難侵蝕的苯酚樹脂MIO當中間塗料，以保護鉛系防銹塗料。在氯化橡膠塗料之塗膜上，除氯化橡膠系者外，其它之塗料很難密著。

含有金屬鋅之無機富鋅底漆、有機富鋅漆等，於其上噴塗鉛系防銹塗料，塗膜間的密著性差，容易剝離。故塗裝系統的組合是很重要的。

塗膜的每層均有目標膜厚，在一次的塗付中，要使塗膜沒有缺陷，必須設定塗付的厚度。下塗的防銹機能要強，塗付要盡量厚，而中塗和上塗因涉及著色，因此亦要有相當的厚度。

塗料的使用量和膜厚有關，此可以試塗等方法來決定要得到目標膜厚，和必須使用的塗料量。鋼橋形狀大而複雜，因此塗料要均勻塗付，施工上有其困難性，但可由施工實績來推定。表1為鋼橋所用塗料之目標膜厚和標準使用量的例子。然而以刷塗和噴塗之塗料的標準使用量會有不同，主要是塗附時，塗料的損失量會有不同。

2.2 塗裝系統的分類⁽¹⁾

鋼橋塗裝系統的選用，直接受到架橋地點腐蝕環境的影響，尤其是重視色澤的外面塗裝系統和不介意色澤之內面塗裝系統即有不同；而床面

表 1 標準使用量和目標膜厚
Table 1 Standard dosage and designed film thickness of paint

塗料的種類	標準使用量(g/m ²)		目標膜厚 (μm)
	刷塗	無空氣噴塗	
長曝型金屬防銹處理劑	—	130	15
無機富鋅底漆	—	200	15
柏油環氧樹脂塗料	180	360	120 60
變性環氧樹脂塗料	240	450	120 60
無溶劑型焦油環氧樹脂塗料	300	—	120
無溶劑型變性環氧樹脂塗料	300	—	120
鉛系防銹漆(1種)	140	170	35 35
鉛系防銹漆(2種)	140	—	35
環氧樹脂塗料，下塗	—	300	60
變性環氧樹脂塗料，下塗	240	—	60
超厚膜型環氧樹脂塗料	1,000	—	300
無機富鋅漆	—	700	75
有機富鋅漆	300	—	30
長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料，中塗	120	—	30
長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料，上塗	110	—	25
有機矽醇酸樹脂塗料用，中塗	120	—	30
有機矽醇酸樹脂塗料，上塗	110	—	25
苯酚樹脂MIO塗料	250	300	45 45
聚氨酯樹脂塗料用，中塗	140	170	30 30
聚氨酯樹脂塗料，上塗	120	140	25 25
環氧樹脂MIO塗料	240	360	60 50
氟樹脂塗料用，中塗	140	170	30 30
氟樹脂塗料，上塗	120	140	25 25
氯化橡膠系塗料，中塗	170	—	35
氯化橡膠系塗料，上塗	150	—	30

註：在常溫和低溫用的標準使用量和目標膜厚相同。

板之內外面則又必須考慮舖設時之熱影響。高張力螺栓或現場鍛接等的現場接合部，配合現場鋼材表面的處理，須把下塗的塗料用刷子塗附，此

時即須對一般的塗裝系統的下塗塗料做一些變更。

2.2.1 外面用塗裝系統

外面用的塗裝系統對環境必須有很好的防銹性能，而在都市內或風景區，則特別重視色澤，必須採用變色和退色少的上塗塗料。鋼材外面的塗膜，因搬運、架設、混凝土床版的施工多有損傷，而下塗是在橋樑工場進行，中塗和上塗是在現場噴塗，在塗膜容易受損傷之場所，即需採用抑制生銹效果高的塗裝系統。

表 2~4 為一般鋼橋外面用之塗裝系統。表 2 為 A 塗裝系統，是適合一般環境用；表 3 為 B 塗裝系統，用於稍嚴重的腐蝕環境；表 4 為 C 塗裝系統，用於海風強勁之嚴苛環境。

(1)A 塗裝系統（表 2）

A-1 塗裝系統的鋼材表面處理和塗裝作業容易進行，也是最常被採用。A-3 塗裝系統是將 A-1 的上塗長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料改為有機矽醇酸樹脂塗料，有機矽醇酸樹脂的耐候性較佳，較不易退色，因此在需長期保持色澤的場所，要用 A-3 系統來取代 A-1。

A-1 和 A-3 塗裝系統所用之下塗為鉛系防銹塗料，長時間曝露會使塗膜面過度硬化，使中塗之長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料或有機矽醇酸樹脂塗料無法十分密著，往後兩層塗膜間容易產生剝離。對 A-1 和 A-3 塗裝系統適用之場合，於工場塗裝後 6 個月內，即需進行現場塗裝，若超過 6 個月，需於現場再上一層鉛系防銹漆，這樣中塗漆才能附著。

A-2 和 A-4 塗裝系統是在 A-1 和 A-3 之下塗上面追加一層苯酚樹脂 MIO 塗料，當工場塗裝至現場塗裝之間隔預估會超過 6 個月時，則需改用 A-2 和 A-4 塗裝系統。

苯酚樹脂 MIO 塗料有好的耐候性，塗膜面適度的粗糙，長期間曝露後，重新上塗塗料，此兩層間的密著性不容易降低，因為粗糙塗膜面可吸入重新上塗的塗料，但重塗塗膜的厚度測定值會變小一些；塗膜面粗時，顏色會變得較黑，此時

表 2 之中塗和上塗的塗膜量不增加時，此較黑的顏色則不能完全避免，尤其上塗顏色為紅、黃、白等時，因此進行試塗來確認顏色是必要的。

(2)B 塗裝系統（表 3）

在 B-1 塗裝系統中，中塗和上塗分別採用耐水性優的長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料和耐藥品性優的氯化橡膠系塗料，在有海風、汽車排廢氣或工廠煤煙之場合，其防銹效果要優於 A 塗裝系統。

鉛系防銹塗料上直接塗氯化橡膠系塗料，後者所含溶劑會潤溼前者之塗膜而有皺紋產生，因此中間需加一層苯酚樹脂 MIO 塗料來防止。然而鉛系防銹塗料或苯酚樹脂 MIO 塗料沒有完全乾燥時，仍會產生氯化橡膠系塗料潤溼皺紋之缺陷，所以此一乾燥狀態有必要十分的注意。

苯酚樹脂 MIO 塗料的塗膜面粗，上塗之氯化橡膠系塗料的塗膜測出之厚度比較小，因此表 3 所示之氯化橡膠系塗料的使用量要比表 2 之長油性磷苯二甲酸樹脂者多，所以上塗完成後之顏色受中塗之影響較小；但是氯化橡膠系塗料以刷子刷塗比長油性磷苯二甲酸樹脂塗料難，故刷塗作業時宜注意，以免影響外觀。

(3)C 塗裝系統（表 4）

此塗裝系統之下塗防銹性能強，上塗耐候性也好，對海風侵蝕之環境仍能維持長時間防銹效果，為目前最佳防銹之橋樑塗裝系統。

此系統之塗膜比 A 和 B 系統者硬，於搬運時不易損傷，又下塗的無機富鋅漆的防銹力強，塗膜損傷部位生成的銹於短時間內很難向週邊擴展，因此工場可直接做到上塗，而縮短現場工程的時間。C-1 和 C-3 塗裝系統即適用於工場進行下塗，現場以中塗和上塗；C-2 和 C-4 則於工場做到上塗。

上塗的第一層是用無機富鋅漆，鋅有犧牲陽極的作用，防銹力強，但鋼材加工後要施以噴砂處理，密著性才會好；另外，此塗膜面多孔質，

表 2 外面用塗裝系統A(適用於一般環境)

Table 2 Painting system A for use in outer panel (used in moderate environment)

塗裝系統		A			
		1	2	3	4
前 處 理	底 材 處 理	噴砂處理 SIS Sa2.5 SPSS Sd2 Sh2			
		底漆 長曝型金屬防銹處劑 130g/m ² (15μm)	長曝型金屬防銹處劑 130g/m ² (15μm)	長曝型金屬防銹處劑 130g/m ² (15μm)	長曝型金屬防銹處劑 130g/m ² (15μm)
工 場 塗 裝	間 隔	~3個月		~3個月	
		動力工具處理 SIS St3 SPSS Pt3			
工 場 塗 裝	底漆 鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)
	間隔 2日 ~ 10日	2日 ~ 10日	2日 ~ 10日	2日 ~ 10日	2日 ~ 10日
工 場 塗 裝	底漆 鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)
	間隔 2日 ~ 10日	2日 ~ 10日	2日 ~ 10日	2日 ~ 10日	2日 ~ 10日
現 場 塗 裝	中塗漆 苯酚樹脂MIO塗料 300g/m ² (45μm)	苯酚樹脂MIO塗料 300g/m ² (45μm)		苯酚樹脂MIO塗料 300g/m ² (45μm)	
	間隔 ~6個月	~12個月		~6個月	~12個月
現 場 塗 裝	中塗漆 長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料，中塗 120g/m ² (30μm)	長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料，中塗 120g/m ² (30μm)	有機矽醇酸樹脂塗料，中塗 120g/m ² (30μm)	有機矽醇酸樹脂塗料，中塗 120g/m ² (30μm)	有機矽醇酸樹脂塗料，中塗 120g/m ² (30μm)
	間隔 2日 ~ 10日	2日 ~ 10日	2日 ~ 10日	2日 ~ 10日	2日 ~ 10日
現 場 塗 裝	面漆 長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料，上塗 110g/m ² (25μm)	長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料，上塗 110g/m ² (25μm)	有機矽醇酸樹脂塗料，上塗 110g/m ² (25μm)	有機矽醇酸樹脂塗料，上塗 110g/m ² (25μm)	有機矽醇酸樹脂塗料，上塗 110g/m ² (25μm)

1. 工場塗裝和現場塗裝的間隔超出本表所示時，需另行考量，部份處置如表 8 所示。
2. 塗裝使量：工場塗裝：表示噴塗；現場塗裝：表示刷塗。
3. 整個膜厚不包含底漆膜厚。
4. 塗裝間隔的下限是表示在20°C的時候。氣溫低的時候要研究塗料的乾燥狀態，確認硬化乾燥再度實施重塗。

鋼橋的塗裝設計和底材處理

表 3 外面用塗裝系統B (適用於稍微嚴重的腐蝕環境)

Table 3 Painting system B for use in outer panel (used in slightly severe environment)

塗裝 系統	前處理			工場塗裝			工場塗裝			間隔	現場塗裝		
	底材處理	底漆	間隔	2次底材處理	底漆	間隔	底漆	間隔	中塗漆		中塗漆	間隔	面漆
B 1	噴砂處理 SIS Sa2.5 SPSS Sd 2 Sh 2	浸蝕底漆 130g/m ² (15μm)	5 3個月	動力工具處理 SIS St 3 SPSS Pt 3	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	2日 10日	鉛系防銹漆 1種 170g/m ² (35μm)	2日 10日	苯酚樹脂 MIO塗料 300g/m ² (45μm)	5 12 個月	氯化橡膠系 塗料，中塗 170g/m ² (35μm)	1日 5 10日	氯化橡膠系 塗料，上塗 150g/m ² (30μm)

1. 工場塗裝和現場塗裝的間隔超出本表所示時，需另行考量，部份如表 8 所示。

2. 塗裝重量：

工場塗裝：表示以噴塗計算。

現場塗裝：表示以刷塗計算。

3. 整個膜厚不包含底漆膜厚。

4. 塗裝間隔的下限是表示在20°C的時候。氣溫低的時候要研究塗料的乾燥狀態，確認硬化乾燥後再實施重塗。

再塗上環氧樹脂塗料時，孔內會有空氣發泡，因此需以稀釋的環氧樹脂塗料（50% 稀釋程度）或 Mist Coat來填補這些孔洞。環氧樹脂塗料有優異的耐水、耐藥品、耐鹽份等優點，但耐候性較差，長期間曝露，塗膜會硬化，層間附著性變差，因此於C-1和C-3塗裝系統中之工場塗裝，最上層要為環氧MIO塗料。

聚氨酯樹脂塗料的耐候性、耐水性和耐藥品性均較長油性鄰苯二甲酸樹脂塗料和氯化橡膠系塗料為優，顏色和光澤能長期保持；而氟樹脂塗料的耐候性超過聚氨酯樹脂塗料，顏色或光澤變化也少，因此在重視色調的場合，要把C-1和C-2塗裝系統改用C-3和C-4。

2.2.2 內面用塗裝系統（表 5）

箱形橫樑或橋腳等的鋼材內面不易受外部環境的腐蝕，但會因結露或漏水等產生積水，造成鋼材的腐蝕；同時，鋼材內面塗膜被檢查的機會少，不易重新刷塗，為使塗膜能長時間維持防銹效果，應選用耐水性優的環氧柏油樹脂塗料或內面用之變性環氧樹脂厚塗之塗裝系統。

D-1和D-3塗裝系統是用黑、茶之暗色環氧柏油樹脂塗料；而D-2和D-4者是可能用明色之變性環氧樹脂塗料，此在內面要有照明效果

時來使用。此兩種塗料在使用長曝型金屬防銹處理劑或無機富鋅底漆狀況下均有好的密著性。

2.2.3 鋼床版橫樑用塗裝系統

鋼床版之裡面鋪設柏油時溫度上升至180°C，因此鋼床版裡面的塗裝必須要耐熱性優。長曝型金屬防銹處理劑、鉛系防銹漆、氯化橡膠系塗料和柏油環氧樹脂塗料都不十分耐熱；耐熱性較優者為無機富鋅漆、環氧樹脂塗料、聚氨酯樹脂塗料和氟樹脂塗料等，外面用C塗裝系統。內面用D-4塗裝系統是必要的。柏油鋪設時，鋼床版裡面和腹板上部會受熱的影響，必須用耐熱性優的塗裝系統，其他部份則可用一般的塗裝系統，但會造成施工複雜，以及界面部塗料混雜，可能產生塗膜缺陷。

在鋼床版橫樑，製作後至鋪設柏油之時間長，鋼床版上面會有銹產生，而為一時防銹需塗富鋅漆等，但因鋪設性能的關係，會造成全面的剝落。

2.2.4 接合部用塗裝系統（表 6）

(1)高張力螺栓或現場鉗接之現場接合部較一般部位之形狀複雜，無法用底材處理方式完全除銹，而塗膜厚度又容易不均，因此部份地區塗

表 4 外面用塗裝系統C (適用於嚴重的腐蝕環境，不容易重新塗刷的橋樑，鋼床版橫樑)

Table 4 Painting system C for use in outer panel (used in severe environment and hard repainted area in bridge)

塗裝系統		C			
		1	2	3	4
前處理	底材處理		噴砂處理 SIS Sa2.5 SPSS Sd 2 Sh 2		
	底漆	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)
	間隔	~6個月	~6個月	~6個月	~6個月
工場塗裝	2次底材處理		噴砂處理 SIS Sa2.5 SPSS Sd 2 Sh 2		
	下塗	無機富鋅底漆 700g/m ² (75μm)	無機富鋅底漆 700g/m ² (75μm)	無機富鋅底漆 700g/m ² (75μm)	無機富鋅底漆 700g/m ² (75μm)
	間隔	2日~10日	2日~10日	2日~10日	2日~10日
	流平罩光塗層	流平罩光塗層 160g/m ²	流平罩光塗層 160g/m ²	流平罩光塗層 160g/m ²	流平罩光塗層 160g/m ²
	間隔	1日~10日	1日~10日	1日~10日	1日~10日
	下塗	環氧樹脂塗料，下塗 300g/m ² (60μm)	環氧樹脂塗料，下塗 300g/m ² (60μm)	環氧樹脂塗料，下塗 300g/m ² (60μm)	環氧樹脂塗料，下塗 300g/m ² (60μm)
	間隔	1日~10日	1日~10日	1日~10日	1日~10日
	下塗	環氧樹脂MIO塗料 360g/m ² (60μm)	環氧樹脂塗料，下塗 300g/m ² (60μm)	環氧樹脂MIO塗料 360g/m ² (60μm)	環氧樹脂塗料，下塗 300g/m ² (60μm)
	間隔	1日~10日			1日~10日
工場塗裝	中塗		聚氨酯樹脂塗料，中塗 170g/m ² (30μm)		氟樹脂塗料，中塗 170g/m ² (30μm)
	間隔		1日~10日		1日~10日
	上塗		聚氨酯樹脂塗料，上塗 140g/m ² (25μm)		氟樹脂塗料 140g/m ² (25μm)
	間隔	~12個月		~12個月	
現場塗裝	中塗	聚氨酯樹脂塗料，中塗 140g/m ² (30μm)		氟樹脂塗料，中塗 140g/m ² (30μm)	
	間隔	1日~10日		1日~10日	
	上塗	聚氨酯樹脂塗料，上塗 120g/m ² (25μm)		氟樹脂塗料，上塗 120g/m ² (25μm)	

1. 工場塗裝和現場塗裝的間隔超出本表所示時，需另行考量，部份如表8所示。

2. 塗裝使用量：工場塗裝：表示以噴塗來計算。

現場塗裝：表示以刷塗來計算。

3. 整個膜厚不包含底漆膜厚。

4. 塗裝間隔的下限是表示在20°C的時候。氣溫低的時候要研究塗料的乾燥狀態，確認硬化乾燥後再實施重塗。

5. 流平罩光塗層係把環氧樹脂底漆160g/m²用80g/m²稀釋劑稀釋而用。

鋼橋的塗裝設計和底材處理

表 5 內面用塗裝系統D(適用於箱形橫樑或橋腳)

Table 5 Painting system D for use in inner panel (used in lateral beams of box type or abutments)

塗裝系統	前 處 理			工 場 塗 裝			
	底材處理	底 漆	間 隔	2次底材處理	第 1 層	間 隔	第 2 层
D	1 噴砂處理 SIS Sa2.5 SPSS Sd 2	長曝型金屬防銹處理劑 120g/m ² (15μm)	1日 3個月	動力工具處理 SIS St 3 SPSS Pt 3	柏油環氧樹脂塗料 1 種 360g/m ² (120μm)	1日 10日	柏油環氧樹脂塗料 1種 360g/m ² (120μm)
	2 Sh 2	長曝型金屬防銹處理劑 120g/m ² (15μm)	1日 3個月		變性環氧樹脂塗料內 面用 450g/m ² (120μm)	1日 10日	變性環氧樹脂塗料 內面用 450g/m ² (120μm)
	3	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)	2日 6個月		柏油環氧樹脂塗料 1 種 360g/m ² (120μm)	1日 10日	柏油環氧樹脂塗料 1種 360g/m ² (120μm)
	4	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)	2日 6個月		變性環氧樹脂塗料內 面用 450g/m ² (120μm)	1日 10日	變性環氧樹脂塗料 內面用 450g/m ² (120μm)

1. 塗料使量：表示噴塗的時候。
2. 塗裝間隔的下限是表示在20°C的時候。氣溫低的時候要研究塗料的乾燥狀態，確認硬化乾燥後實行再塗。
3. 完工後要求為明亮色時，可用D-2或D-4塗裝系統。
4. 外面使用A，B塗裝系統時，內面可用D-1或D-2，若用C系統，則內面用D-3或D-4。
5. 鋼床版橫樑的內面適用D-4系統。
6. 整個膜厚不包含底漆膜厚。

膜的防銹性能較差，下塗的塗料則須比一般部位增加塗付回數。

F-1和F-2塗裝系統是用鉛系防銹漆為下塗之A和B塗裝系統的接合部位塗裝系統，此下塗多塗一回，故塗膜比一般部者厚。F-3則為使用無機富鋅漆和環氧樹脂塗料為下塗之C-1和C-3塗裝系統的接合部塗裝系統。由於不能完全除銹，無法完全塗付無機富鋅漆。而鋼材面有殘存銹，環氧樹脂塗料密著性會不好，因此塗以密著性優之變性環氧樹脂塗料3回，上面再塗付環氧樹脂MIO塗料。

F-4為有使用上塗之工場塗裝的C-2和C-4塗裝系統中的接合部所用的塗裝系統，由於下塗塗膜不需有耐候性，而施以變性環氧樹脂塗料塗付4回。

F-5和F-6是內面接合部的塗裝系統。F-5是對應使用柏油環氧樹脂塗料之D-1和D-3塗

裝系統；而F-6則為對應使用變性環氧樹脂塗料。此兩種塗料用刷子塗付的量比用噴塗者少，因此需重塗4回以確保塗膜厚度能和D塗裝系統者一樣。

中塗和上塗的塗裝系統和一般塗裝系統相同。

(2)鋼構材製作時，無機富鋅漆塗付的場合

鋼構材製作時，將接合部塗裝，以防止現場塗裝開始前生銹。由於底材處理作業容易，除銹效果非常好，可得良好塗膜使接合部的品質或耐力不會變差。在摩擦接合方式為高螺栓接合時，要確保鋼材接觸面的滑動係數在0.4以上，由於塗膜的潛變，螺栓軸力不會變差。在使用無機富鋅漆時，塗料品質和施工的管理要能完全注意，才有可能滿足這些條件，因此對無機富鋅漆塗付的接觸面，有如下之規定：

①接觸面附近之最小乾燥塗膜厚度：30μm以上

表 6 現場接合部塗裝系統F

Table 6 Painting system F for use in joint made by high tensile strength bolts

塗裝系統		F					
		1	2	3	4	5	6
塗裝系統	一般部	A-1 A-4 A-3	A-2 C-1 B-1	C-1 C-3	C-2 C-4	D-1 D-3	D-2 D-4
	底材處理	動力工具處理 SIS St 3 SPSS Pt 3					
場	下塗	鉛系防銹漆 1種 140g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 140g/m ² (35μm)	變性環氧樹脂塗料，下塗 240g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料，下塗 240g/m ² (60μm)	柏油環氧樹脂塗料 180g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料內面用 240g/m ² (60μm)
	間隔	2日~10日	2日~10日	1日~10日	1日~10日	1日~10日	1日~10日
塗	下塗	鉛系防銹漆 1種 140g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 140g/m ² (35μm)	變性環氧樹脂塗料，下塗 240g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料，下塗 240g/m ² (60μm)	柏油環氧樹脂塗料 180g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料內面用 240g/m ² (60μm)
	間隔	2日~10日	2日~10日	1日~10日	1日~10日	1日~10日	1日~10日
塗	下塗	鉛系防銹漆 1種 140g/m ² (35μm)	鉛系防銹漆 1種 140g/m ² (35μm)	變性環氧樹脂塗料，下塗 240g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料，下塗 240g/m ² (60μm)	柏油環氧樹脂塗料 180g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料內面用 240g/m ² (60μm)
	間隔	2日~6個月	2日~10日	1日~10日	1日~10日	1日~10日	1日~10日
裝	下塗		苯酚樹脂MIO塗料 250g/m ² (45μm)	環氧樹脂MIO塗料 240g/m ² (50μm)	變性環氧樹脂塗料，下塗 240g/m ² (60μm)	柏油環氧樹脂塗料 180g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料內面用 240g/m ² (60μm)
	間隔		3日~12個月	3日~12個月	3日~12個月		

②接觸面的整個乾燥塗膜厚度：90~200μm

③乾燥塗膜中的鋅含有量：80%以上

④鋅粒徑（50%平均粒徑）：10μm以上

把無機富鋅漆和C塗裝系一樣都以700g/m²來塗付，再施以避免塗膜厚度不均的管理，即能滿足上述條件。無機富鋅漆上可塗環氧樹脂塗料、變性環氧樹脂塗料、柏油環氧樹脂塗料，但不可塗上鉛系防銹塗料。因此，C和D塗裝系統

可用在高張力螺栓接合部，而A和B者，則不適合。

F-7和F-8為一般底材採用C塗裝系統之接合部適宜之塗裝系統，F-9和F-10者則為採用D塗裝系統之接合部適宜之塗裝系統，現場接合部是橋樑各部位最容易生鏽的地方，F-3~F-6比一般部位之塗裝系統均多一道下塗。

無機富鋅漆用在接合板或母材於構件製作時

鋼橋的塗裝設計和底材處理

表 6 繼續 (鋼材構物製作時 , 高張力螺栓接合部適用之塗裝系統)

塗裝系統		F			
		7	8	9	10
一般部塗	C-1	C-2	D-3	D-4	
	C-3	C-4			
前處理	底材處理		噴砂處理 SIS Sa2.5 SPSS Sd 2 Sh 2		
	底漆	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)	無機富鋅底漆 200g/m ² (15μm)
工場塗裝	間隔	~6個月	~6個月	~6個月	~6個月
	2次底材處理	噴砂處理 SIS Sa2.5 SPSS Sd 2 Sh 2			
現場	下塗	無機富鋅漆 700g/m ² (75μm)	無機富鋅漆 700g/m ² (75μm)	無機富鋅漆 700g/m ² (75μm)	無機富鋅漆 700g/m ² (75μm)
	底材處理	動力工具處理 SIS St 3 SPSS St 3			
場	流平罩光塗層	流平罩光塗層 130g/m ²	流平罩光塗層 130g/m ²	流平罩光塗層 130g/m ²	流平罩光塗層 130g/m ²
	下塗	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)	柏油環氧樹脂塗料 180g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)
塗裝	間隔	1日 ~ 10日	1日 ~ 10日	1日 ~ 10日	1日 ~ 10日
	下塗	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)	柏油環氧樹脂塗料 180g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)
	間隔	1日 ~ 10日	1日 ~ 10日	1日 ~ 10日	1日 ~ 10日
	下塗	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)	柏油環氧樹脂塗料 180g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)
	間隔	1日 ~ 10日	1日 ~ 10日	1日 ~ 10日	1日 ~ 10日
	下塗	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)	柏油環氧樹脂塗料 180g/m ² (60μm)	變性環氧樹脂塗料 , 下塗 240g/m ² (60μm)
	間隔	~12個月	1日 ~ 10日	—	—

1. 塗料使用 : 表示用漆刷塗的時候。
2. 塗裝間隔的下限是表示在20°C的時候。氣溫低的時候要研究塗料的乾燥狀態，確認硬化乾燥後再實施重塗。
3. 中塗 , 上塗的塗裝和一般部塗裝系統者相同。
4. 流平罩光塗層是把130g/m²的變性環氧樹脂塗料 (下塗) 或柏油環氧樹脂塗料和65g/m²的稀釋劑攪拌成的塗料。
5. 母材和添接板的接觸面 , 用工場塗裝的無機富鋅漆塗付。

表 7 外面用塗裝系統的適用分類

Table 7 Classification of painting system for use in outer panel in different environments

腐蝕環境分類	一般的場合	長期間保持上塗色調的場合
一般環境	A-1, A-2	A-3, A-4
稍微嚴重的腐蝕環境	B-1	
嚴重的腐蝕環境	C-1, C-2	C-3, C-4

表 8 工場塗裝和現場塗裝的間隔長的場合之處置

Table 8 Remedies for longer interval in between plant painting and field painting

塗裝間隔		7~12個月	超過12個月
塗膜的劣化狀態		一般尚未有開裂、剝落、脫皮、生鏽	沒有開裂、剝落、脫皮、生鏽的部分
塗 裝 系 統	A-1 A-3	輕輕地清掃表面，再塗鉛系 防銹漆140g/m ²	輕輕地清掃表面，再塗鉛系 防銹漆140g/m ²
	A-2 A-4 B-1		輕輕地清掃表面
	B-1 C-3		輕輕地清掃表面
			除鏽而露出之鋼材面塗上鉛 系防銹漆140g/m ² × 2回 苯酚樹脂MIO塗料250g/m ²
			除鏽而露出之，鋼材面下塗 變性環氧樹脂塗料3回 140g/m ² × 3 環氧樹脂MIO塗料240g/m ²

的塗裝，效果很好，也是高張力螺栓所希望實行的防銹處理。

2.3 塗裝系統的適用

外面用塗裝系統的防銹效果要完全維持，與架橋位置的腐蝕環境有關，在嚴苛環境需選用防銹性能較強的塗裝系統。在管理方面必須定期重塗。在防銹性能上，依A, B, C塗裝系統逐漸增強，表7為各環境對應選擇適用之塗裝系統。

一般而言，鋼橋塗膜常不會均一劣化，在鋼材轉角部很難沾上塗料，接合部很難進行完整的底材處理，而在凸緣下面容易結露等均容易於早期生鏽，因此塗裝時，常增加一道下塗，以提升防銹性能。

步道橋的階梯容易積存灰塵，塗膜會顯著劣化。在本體採用A或B塗裝系統時，階梯採用C塗

裝系統或超厚膜形環氧樹脂塗料之系統（重新塗裝之C-5、C-6塗裝系統），才有相近之防銹效果。

工場塗裝至現場塗裝時間之間隔如表2~4所示，如超出此時間，下塗的塗膜劣化狀態必須檢查，表8顯示對此劣化狀態應採取之處理。工場塗裝和現場塗裝相隔數年，下塗塗膜會劣化，產生脫皮、生鏽的面積達5%以上，而又發生點銹時，則在重新塗裝時，要先進行全面的表面清除處理，鋼材露出的部份進行一層下塗（C-1和C-3塗裝系統要進行二層）後，再以下塗塗料全面進行一層之塗付。

2.3 塗裝工程

新架設的橋樑之塗裝工程可分為I和II型，如圖1所示。

I型也可稱為原板的噴砂方式；適用於A、B、D各塗裝系統，而依下列依次進行塗裝作業。

①在製鋼工場進行原板的噴砂，以去除黑皮，塗上長曝型金屬防銹處理劑或無機富鋅底漆。

②在橋樑工場進行裁剪鋸接加工後，用動力工具或手工具進行第二次的底材表面處理，再進行下塗。

③在架設現場，把鋼構材搬入架設或進行混凝土床板施工後，先就塗膜損傷部位進行補漆，再進行中塗、上塗。

II型又稱為製成品的噴砂方式，主要適用下塗為無機富鋅漆的C塗裝系統，下列為其塗裝作業順序。

①在製鋼工場進行原板的噴砂，去除黑皮，再塗上無機富鋅底漆。

②在橋樑工場進行構件加工後，以噴除方式進行第二次表面處理，再進行下塗。

③同I型之③。

II型的塗裝工程之上塗亦可在橋樑工場施行，此一全工場塗裝方式有下列之優點：①施工管理容易進行，可得到品質優的塗膜；②現場要搭的棚架可減少，工程費可減少，現場工期可縮短。但是，在實施此一方式時，必須顧及搬運、架設時，塗膜會受到損傷，必須補漆。適用此種全工場塗裝的地方，希望能滿足下列之條件：

①在橋樑工場組立的大構件，在搬運架設時，塗膜損傷發生會少的場合。

②床版採用鋼床版時。

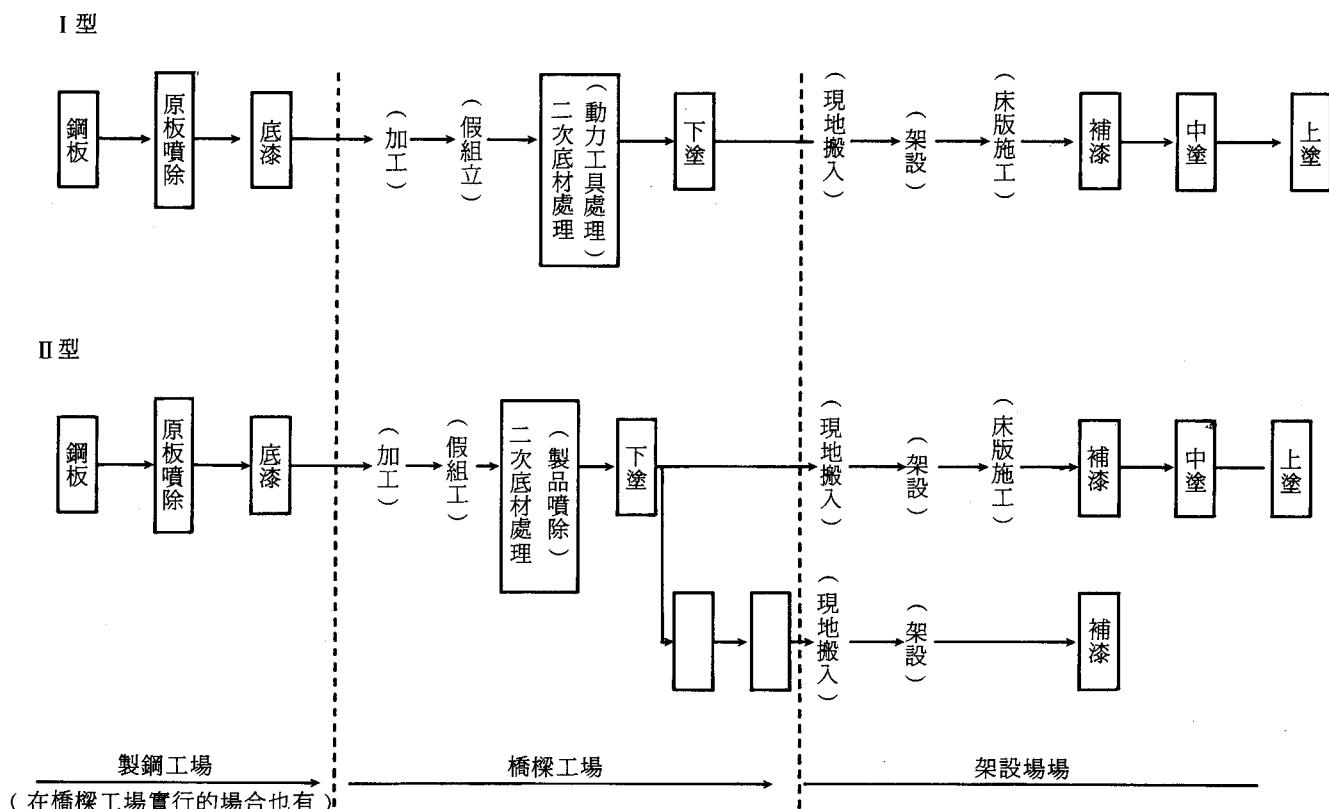


圖 1 塗裝工程

③硬塗膜於搬運、架設時會有各種不同的損傷，要用防銹性能強的C塗裝系統來抑制塗膜損傷部的生銹。

一般的橋樑很難滿足這些條件，目前僅限定海上長大橋全面適用此全工場塗裝。在臨海區橋樑工場製作之構件或構件在海上輸送時，會有鹽份附著的可能，需加調查附著之鹽分量，必要時，需用水洗，再進行必要的塗裝工程。

三、清除方法

3.1 用噴除之清除法

噴除法是把噴除用粒子以壓縮空氣或離心力投射在處理面上，用衝擊力去除銹和銹皮的方法。目前主要被採用的粒子有砂，鋼球(Shot)和粗粒子(Grit)三種⁽²⁾。

砂的粒子要硬，且為銳角形狀，若用海砂，必須先行洗淨，但因洗淨不易完全，儘量不要使用。鋼球是以熔融生鐵水噴射、凝固成球狀，硬度HRC 61~64，粒徑大約0.4~1.5mm；若為鑄鋼之鋼球，硬度HRC 45~50；另外有將鋼線切成一定長度，附有一定之角度，硬度HRC 45~50，粒徑大約1mm。

粗粒子可分為鋼粒子和軟粒子等。鋼粒子可把鋼球破碎來製造，持有銳角，作業效率也好，塵化少。軟粒子是將桃、杏、玉米、鋸屑、稻殼粉碎，施工時，不會傷及底材和基礎。

此些噴除粒子要完全乾燥，大小在20mesh以下為佳。一般的施件下，噴嘴吹出的壓力3~4 kg/cm²，噴射量5kg/cm²，噴出的角度大約為30~40度，噴嘴大，空氣壓力大，噴射量也要大，如圖2所示⁽³⁾。噴吹的距離，角度會影響噴除能力⁽³⁾，因此必須依要處理的表面狀態來決定噴除條件，如表9所示⁽⁴⁾。一般而言，鋼球的清除能力有砂的兩倍。

噴除完的面，要儘早塗裝，以免露出了鋼材

表面與空氣、水、氧等反應生成銹，另外，因為衝擊，鋼材表面會產生多餘電子，此多餘電子的量和塗膜附著性有關，噴除完後經過之時間愈久，此電子的量愈少，塗膜附著性愈差，如表10所示⁽⁵⁾。

一般噴除是以乾燥之噴掃粒子來施工，會明顯有粉塵污染環境，因此以真回收飛散之噴掃粒子之真空噴除法(Vacuum Blasting)，或以高壓水混入噴掃粒子，以避免粉塵飛散的水噴射清除法(Water Jet Cleaning)等均有被採用。

3.2 火燒清除法

此方法是將加壓的乙炔或丙烷火炬吹在處理面上，使鋼材表面塗膜、銹等急劇膨脹、收縮來加以清除。沒有附著力的銹和塗膜，再利用鋼刷清掃。

這個方法，較容易除去黑皮等，處理面較溫，塗料乾燥時間可縮短，但若加熱不均，會產生變形，故施工技術難，施工條件的例子如表11所示⁽⁶⁾。另外，此一方法無法得到很好之乾淨狀態，而不適用於薄板。

3.3 其它清除法

酸洗清除法是以酸液噴附或浸漬處理材的表

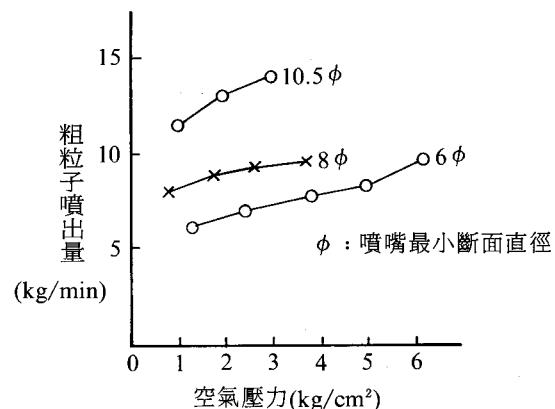


圖 2 噴嘴徑・空氣壓力和粗粒子噴出量的關係

鋼橋的塗裝設計和底材處理

表 9 加工處理面的狀態和加工量的關係 (噴砂の場合)
Table 9 Relationship between surface condition and processing demand

加工面的狀態	研掃能力 (噴嘴 8ϕ , 10kg/min 投射的時候)	砂的需求量 (kg/cm ²)
鐵道車輛外板塗膜落下	20 ~ 24m ³ /h	25 ~ 30
新鋼材黑皮落下	17 ~ 20m ³ /h	30 ~ 35
形材的黑皮落下	15 ~ 17m ³ /h	35 ~ 40
修理船外板的銹落下	8 ~ 11m ³ /h	55 ~ 80
矽鋼板	6 ~ 8m ³ /h	70 ~ 100

表10 噴砂後的經過時間和塗膜的附著性
Table 10 Relationship between adherence of paint film and passing of time after sand blasting

噴 砂	塗 裝 時 間	劃格法防著試驗 ($\frac{\text{剝落的格子數}}{\text{劃出的總格子數}}$)	
		100 / 100	100 / 100
噴 1 回	噴砂之後不久	100 / 100	100 / 100
	噴砂後20分	100 / 100	100 / 100
	噴砂後60分	62 / 100	78 / 100
	噴砂後24小時	45 / 100	87 / 100
噴 2 回	噴砂之後不久	100 / 100	100 / 100
	噴砂後20分	100 / 100	100 / 100
	噴砂後60分	100 / 100	100 / 100
	噴砂後24小時	99 / 100	91 / 100

表11 火焰清潔的加工量和煤氣消費量
Table 11 Relationship between surface condition and gas consumption

鋼材表面的狀態	清潔速度 (ft / min)	清潔面積 6 inch燃燒器 (ft ² /h)	氧氣、乙炔消費量 (ft ³ /ft ²)
比較清淨的面	35	1000	0.13
銹和些微鬆的黑皮存在的面	28	800	0.17
銹和相當量的黑皮存在的面	21	600	0.23
比較乾淨的接頭處	18	500	0.26
明顯生銹的面	14	400	0.33
明顯生銹的接頭處	7	200	0.65

面，使酸液和銹、黑皮等產生反應，以除去的方法。一般不適於有塗膜的表面，此時要使用鹽酸、硫酸、磷酸等。

風蝕法是將鋼材面曝露於大氣中，再用動力工具去除。此方法簡單容易，但需注意孔蝕的發

生，另外為促進其風蝕的效用，不要使用化學藥品。

手工具和動力工具亦被用來清除，但均在有固著的銹，或不易以一般方法施工的地方被採用。

表12 各種清潔方法的優點和缺點
Table 12 Merits and shortcomings of various cleaning methods

處理方法		優 點	缺 點	解決對策	加工時期	底材的狀況
鏽的去除	乾式 噴砂	氧化皮、紅銹、污點完全的脫落，複雜形狀的東西也能處理	砂、塵埃的飛散顯著	周圍的東西加罩子。另外則是於影響少的時間作業（例如夜間）	任意的時間	A
	濕式	氧化皮、紅銹、污點完全的脫落，塵埃的飛散少，複雜形狀的東西也能處理	使用水處理後容易生成紅銹，比乾式的效率低	在使用的水中混入防銹劑，或者是處理後立刻塗付防銹劑	同上	A'
	真空噴砂	氧化皮、紅銹污點完全的脫落，塵埃的飛散少	凹凸不平多的地方及角的部份，塵埃的吸收不能完全		同上	A
	鋼珠噴砂	氧化皮、紅銹、污點完全的脫落，不需要人手，是衛生的，能大量處理	大多用於鋼板的處理，因而除銹後長時間放置容易再生成紅銹	直接塗付防銹劑、防銹塗料來進行一時的防銹	不能進行曲面施工	A
	火焰清潔	氧化皮、有機質、污染容易去除，處理後進行塗裝，乾燥速度快	薄銹皮和紅銹很難去除	與其他方法併用，將非常有效	塗裝之後	A'
	管式的清除	按照底材的狀態，改變先端的器具，能有效的除銹，塵埃發生較少、較輕便，任何人均能操作	效率比上述的方法差	操作中的除銹，運轉中的底材表面處理等，均可用於其部份的施工中	同上	B
	鋼絲刷除		除銹不能完全，氧化皮不容易脫落	用在小部份的補修或應急的用途	同上	C
	刮除，鑿子挖除	附著力好的銹或污點用手輕輕的就能去掉	凹凸不平多的面沒有效，大面積的實施困難	同上	同上	C
	鎚子敲除	適用於除去非常堅硬的銹、舊塗膜等	大面積的實施困難	同上	同上	C
	自然放置	氧化皮自然剝落，鋼材表面安定，孔蝕發生率低	因要長時間放置，要有材料堆置場，會明顯發生紅銹			C
	酸洗	能完全的除去氧化銹皮	處理後，鋼材面必須保持中性，且巨大的鋼板不能處理	直接塗付防銹劑、防銹塗料進行一時的防銹	單位鋼材	

註：底材的狀況：A（高級），A'，B，C（低級）

以上各種清除方法各有其優、劣點，如表12所示⁽¹⁾，而對塗膜之耐久性也會有所影響，表13即為試驗的一個範例⁽²⁾；另外，不同的清除方法能達到的清潔和凹凸程度也不相同，如表14所示，因此鋼橋製作時的底材處理也有如表15所列

的嚴格要求，但一般仍以配合前述之塗裝系統來做搭配，以期獲得良好的塗裝防蝕效果。

參考文獻

- 日本道路協會：“鋼道路橋塗裝便覽”，神谷印刷

鋼橋的塗裝設計和底材處理

表13 清潔方法和塗膜的耐久性

Table 13 Relationship between durability of paint film and cleaning method

清潔的方法	塗膜要生成缺陷的年數	
	紅丹防銹漆 2 回 + 氧化鐵漆 2 回	氧化鐵漆 2 回
屋外曝露後，鋼絲刷除清掃	2.3	1.2
酸洗	9.6	4.6
噴砂	10.3	6.3

表14 SIS及SPSS的表面處理

Table 14 Surface preparation in SIS and SPSS

在處理前鋼材 表面的狀態		全面的黑銹皮固著著	黑銹皮和紅銹皮混雜	全面生成紅銹	因腐蝕生成表面凹凸 不平
手工具完全除銹	SIS		B·St2	C·St2	D·St2
	SPSS		—		
動力工具完全除銹	SIS	A·St3	B·St3	C·St3	D·St3
	SPSS		Pt-3		
輕微的噴砂處理	SIS		B·Sa1	C·Sa1	D·Sa1
	SPSS		—		
完全的施以噴砂處 理	SIS		B·Sa2	C·Sa2	D·Sa2
	SPSS		Sd1 Sh2		
鋼材已稍微露亮白 表面之噴砂處理	SIS	A·Sa2.5	B·Sa2.5	C·Sa2.5	D·Sa2.5
	SPSS		Sd2 Sh2		
鋼材已完全露出亮 白表面之噴砂處理	SIS	A·Sa3	B·Sa3	C·Sa3	D·Sa3
	SPSS		Sd3 Sh3		

表15 鋼橋製作時的底材處理

Table 15 Surface preparation during construction of a steel bridge

底材處理的種類	底材處理方法	表面處理規格		備 考
		SIS	SPSS	
原板的底材處理	噴砂 (原板噴砂)	Sa2.5	Sd2 Sh2	表面粗糙度可加以規定，如 $80\mu\text{m}$ Rz；噴砂後直接塗付底漆
加工後之製品的底材處理	噴砂 (製品噴砂)	Sa2.5	Sd2 Sh2	適用於下塗之第 1 層無機富鋅漆之場合
	動力工具	St3	Pt3	通用於底漆的損傷和生銹部位，以
	手工具	St2	—	及下塗之第 1 層無機富鋅漆之場合

註：在SPSS中，對噴砂用之噴掃材的種類和表面處理均有一定之規格，Sd是以砂來噴掃，Sh是以鋼球來噴掃。

- 株式會社，(1994)38。
2. 不二製作所：“ニューマブスターについて”(1972)。
3. 金屬表面技術協會：“プラスチングとプラスチック標準”(1970)第三章。
4. 日本防鏽技術協會：“第13回防鏽技術學校教科書：防蝕塗裝B”(1973)。
5. 玉井他：工化，71(1968)9。
6. 爲廣吉田：金屬塗裝技術，楨書店，(1970)。
7. F. Fancutt, T. C. Hudson: “Protective Painting of Structural Steel”, Chapman and Hall Ltd., London, (1958).