

第4章 鋼橋工事における火災リスクと防火対策

4.1 鋼橋工事における火災の原因となる材料と留意点

4.1.1 火災の原因となる材料

橋梁工事において出火元となるのは、主に動力工具による素地調整作業や溶断・溶接作業における火の粉の飛散に起因するもので、材料自体が出火原因となる事例はほとんど無い。しかし、塗装作業などに使用するシンナー等に引火するなど、材料に起因する場合には大規模な火災となることもあり注意が必要である。

第3章3.1危険物の取り扱いに記述したように、危険物については作業前に保管方法について検討するとともに、危険物を使用する施工箇所では火気使用禁止処置、必要でない者の立入りの禁止、その旨の表示等を行う必要がある。

4.1.2 材料の概要と留意点

(1) 塗料

塗料及びシンナーは引火の危険性があり、またこれからの発生ガスはある濃度以上になると人体に有害であることから、保管や取扱いには特に注意する必要がある。保管する数量や貯蔵所については関連する法令の規定を遵守し、担当者以外の者が取り扱わないようにする必要がある。

塗料は、消防法により第4類危険物として現場での保管数量が表-4.1.1 塗料の保管数量のように指定されている。¹⁾

特に第1石油類に分類されるシンナー類の引火点は -9°C と低く、常温では常に揮発している状態で非常に燃焼しやすい材料である。このことに留意して、保管や足場内での取扱いに充分注意する必要がある。

表-4.1.1 塗料の保管数量¹⁾

塗料の種類	危険物表示	指定数量
長ばく形エッチングプライマー	主剤：第1石油類 添加剤：第1石油類（水溶性）	200 ℓ 400ℓ
無機ジンクリッチプライマー	液：第2石油類 粉末：非危険物	1,000 ℓ —
無機ジンクリッチペイント	液：第2石油類 粉末：非危険物	1,000 ℓ —
有機ジンクリッチペイント	第1石油類	200 ℓ
鉛・クロムフリーさび止めペイント	指定可燃物	2,000 ℓ
エポキシ樹脂塗料下塗	第1石油類	200 ℓ
変性エポキシ樹脂塗料下塗	第1石油類	200 ℓ
弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	第2石油類	1,000 ℓ
超厚膜形エポキシ樹脂塗料	第2石油類	1,000 ℓ
亜鉛めっき用エポキシ樹脂塗料下塗	第1石油類	200 ℓ
変性エポキシ樹脂塗料内面用	第1石油類	200 ℓ
無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	指定可燃物	2,000 ℓ
長油性フタル酸樹脂塗料中塗	指定可燃物	2,000 ℓ
ふっ素樹脂塗料用中塗	第1石油類	200 ℓ
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	第2石油類	1,000 ℓ
長油性フタル酸樹脂塗料上塗	指定可燃物	2,000 ℓ
ふっ素樹脂塗料上塗	第1石油類	200 ℓ
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	第2石油類	1,000 ℓ
コンクリート塗装用エポキシ樹脂プライマー	第1石油類	200 ℓ
コンクリート塗装用エポキシ樹脂塗料中塗	第1石油類	200 ℓ
コンクリート塗装用柔軟形エポキシ樹脂塗料中塗	第1石油類	200 ℓ
コンクリート塗装用ふっ素樹脂塗料上塗	第1石油類	200 ℓ
コンクリート塗装用柔軟形ふっ素樹脂塗料上塗	第1石油類	200 ℓ

（危険物表示は一般的な例を示す）

(2) 湿式塗装剥離剤

鋼道路橋防食便覧¹⁾で規定されているRc-Ⅰ塗装系等への塗替え作業時に、旧塗膜に鉛化合物、六価クロム化合物及びPCB等の有害物質を含む場合をはじめ、旧塗膜を飛散させずに除去する方法として湿式塗装剥離剤を用いた既設塗膜の除去を行う場合がある。

過去には塗装剥離剤の主成分は塩化メチレン（ジクロロメタン）系のものが使用されていたが、ジクロロメタンが発がん性物質であることから、近年ではアルコール系他の塗装剥離剤が用いられている。

塩化メチレン系については難燃性であったが、アルコール系他の塗装剥離剤は危険物又は指定可燃物となるため、取り扱いには注意が必要となる。

現在では水溶性の塗装剥離剤も製品化されているなど、全ての剥離剤が指定可燃物に該当する訳ではないので、使用にあたっては主成分の確認を行い、製品の取扱説明書など使用条件や注意事項について十分に確認して遵守することが必要である。

表-4.1.2に、主要な剥離剤の一覧と主成分の比較を示す。なお、製品によって剥離可能な塗膜や作業性も異なるため、実際の施工条件に合わせて製品の選定が必要となる。

表-4.1.2 主要塗装剥離剤一覧

品名	主成分	危険物表示	指定数量
A工法	高級アルコール系	指定可燃物（可燃性固体類）	(3,000kg)
B工法	水溶性有機溶剤	第2石油類	1,000 ℓ
C工法	アルコール系有機溶剤	指定可燃物（可燃性固体類）	(3,000kg)
D工法	水性系	—	—

(危険物表示はカタログ・HPより引用、指定可燃物の取り扱いについては市町村条例による)



湿式剥離剤塗布



塗装剥離状況



塗装剥離完了

写真-4.1.1 剥離剤施工状況

塗膜除去時に発生した廃棄物は、火災時の延焼の拡大を防ぐためにも、足場上に長期間仮置きすることは望ましくない。

水溶性の剥離材についても塗装剥離後には除去した塗料を含んで可燃性の廃棄物となるため、他の剥離剤と同様に注意が必要となる。

また、除去された塗膜は特別管理産業廃棄物として関係法令を遵守して適正に管理し、収集・運搬する必要がある。



写真-4.1.2 除去された塗膜の収集・運搬状況

(3) 樹脂類

保全工事の増加に伴い、橋梁の工事に関してもエポキシ樹脂系の材料の使用が増加してきている。その使用目的は、アンカー定着工、床版補強工、コンクリートひび割れ注入工等数多くの工種に使用され、工事規模が大きくなれば使用数量も多くなる。

また、保管時には樹脂材料単体で指定数量の1/5に満たない場合でも、塗料等の他の材料の危険物も同一工事を取り扱う場合には、注意が必要である。

表-4.1.3 樹脂類の保管数量

品名	主成分	危険物表示	指定数量
シール材	エポキシ樹脂系接着剤	指定可燃物 (合成樹脂類 その他のもの)	(3,000kg)
注入材	エポキシ樹脂系注入接着剤	第3石油類	水溶性 4,000ℓ
剥落防止プライマー	溶剤型エポキシ樹脂系プライマー	第3石油類	水溶性 4,000ℓ
コンクリートひび割れ注入材	エポキシ樹脂系注入接着剤	第3石油類	水溶性 4,000ℓ

(危険物表示は一般的な例を示す)



写真-4.1.3 樹脂を用いたアンカー定着の例

(4) その他の材料

1) 伸縮装置の弾性シール材、バックアップ材

本参考資料の検討にあたって（一社）日本橋梁建設協会が行った協会加盟社に対するアンケート結果では、伸縮装置の取替え工事に伴う火災が見受けられる。例えば、伸縮装置の非排水化工事にあって、第3（又は4）石油類に区分される弾性シール材が使用されている場合があり、既設伸縮装置の撤去などでガス切断を行う場合に火の粉が非排水材料に引火して火災が生じている。また、弾性シール材以外にバックアップ材に引火した事例もあるなど、可燃材料を用いる現場でガス切断などにより火花、火の粉を発生する行為が行われる場合には注意が必要である。

少なくとも、既設伸縮装置の撤去時には、既存材料および現場に持ち込まれる製品や材料の種類や可燃性の有無などを確認するとともに、火災発生リスクのある工種において引火するなど火災が生じないように入念に撤去計画を検討し、それらを確実に実行する必要がある。



写真-4.1.4 伸縮装置撤去状況

2) コンクリートの型枠剥離剤

コンクリート打設時に使用する型枠剥離剤についても、第3石油類に区分される材料が使用されている場合があるので、特に冬期養生を行う場合には注意が必要である。

コンクリートの型枠剥離剤については、5章コンクリート橋工事における火災リスクと防火対策で詳述する。

4.2 鋼橋工事における火災の原因となる設備・仮設材と留意点

4.2.1 火災の原因となる設備・仮設材

鋼道路橋の現場施工には一般に、調査、測量、支承の据付・取替、部材の組立、現場継手の施工、床版工、現場塗装及び付帯工等の工程があり、それらの前後の設備・仮設材設置、解体作業を含めた工程から構成される。さらに溶接・溶断等の工種をはじめ、火気を使用する設備も多様であり、安全かつ確実な施工を行う必要がある。本章では橋梁工事における火災の原因となる設備・仮設備留意点についてまとめる。

鋼道路橋の工事において、火元および延焼が生じる可能性のある主な設備・仮設備を表-4.2.1に示す。

表-4.2.1 鋼橋工事における出火元および延焼が生じる設備・仮設備

区分	名称	出火元 延焼の別	設備・仮設備（起因物）
現場溶接工	現場溶接工（開先調整）	出火元	ガス切断・アーク溶接・アークエアガウジング・グラインダ・発電機
		延焼	燃料（ガソリン、軽油、重油等）・可燃性ガス・足場材類・シート類・草関連
	現場溶接工（エンドタブ溶接）	出火元	アーク溶接機・発電機
		延焼	燃料（ガソリン、軽油、重油等）・足場材類・シート類・弾性シール材・バックアップ材・草関連
	現場溶接工（開先清掃）	出火元	グラインダ・発電機
		延焼	燃料（ガソリン、軽油、重油等）・足場材類・シート類・草関連
	現場溶接工（予熱・後熱）	出火元	ガス炎
		延焼	可燃性ガス・足場材類・シート類・弾性シール材・バックアップ材・草関連
	現場溶接工（溶接）	出火元	アーク溶接機・発電機
		延焼	燃料（ガソリン、軽油、重油等）・足場材類・シート類・弾性シール材・バックアップ材・草関連
	現場溶接工（メタルタッチ切断・開先調整）	出火元	ガス切断・アーク溶接・アークエアガウジング・グラインダ・発電機・コンプレッサー
		延焼	燃料（ガソリン、軽油、重油等）・可燃性ガス・足場材類・シート類・弾性シール材・バックアップ材・草関連

現場溶接工	現場溶接工(エンドタブエレクトクションピース切断)	出火元	ガス切断・アーク溶接・アークエアガウジング・グラインダ・発電機・コンプレッサー
		延焼	燃料(ガソリン、軽油、重油等)・可燃性ガス・足場材類・シート類・弾性シール材・バックアップ材・草関連
	現場溶接工(仕上げ)	出火元	グラインダ・発電機
		延焼	燃料(ガソリン、軽油、重油等)・足場材類・シート類・草関連
架設工	吊金具の切断	出火元	ガス切断・グラインダ
		延焼	燃料(ガソリン、軽油、重油等)・可燃性ガス・足場材類・シート類・弾性シール材・バックアップ材・草関連
現場塗装工	現場塗装工(素地調整)	出火元	動力工具(ワイヤブラシ)・ブラスト・シンナー拭き
		延焼	燃料(ガソリン、軽油、重油等)・塗料・シンナー類
	現場塗装工(塗料調合)	出火元	攪拌機(ミキサー)・発電機
		延焼	塗料・シンナー類・燃料(ガソリン、軽油、重油等)
	現場塗装工(塗装)	出火元	スプレー塗装(スプレーガン・コンプレッサー)
		延焼	塗料・シンナー類・燃料(ガソリン、軽油、重油等)
床版工	型枠工	出火元	溶接機(セパレータなどの溶接時)・電動工具・発電機・コンプレッサー
		延焼	型枠材・燃料(ガソリン、軽油、重油等)・足場材類・シート類・弾性シール材・バックアップ材・草関連
	鉄筋工	出火元	ガス炎・圧接器具・溶接機・発電機
		延焼	型枠材・燃料(ガソリン、軽油、重油等)・足場材類・シート類・防錆塗材・弾性シール材・バックアップ材・草関連
	コンクリート工	出火元	発電機・コンプレッサー・ジェットヒーター・練炭
		延焼	養生マット・型枠材・燃料(ガソリン、軽油、重油等)・足場材類・シート類・弾性シール材・バックアップ材・草関連

4.2.2 設備・仮設材の概要と留意点

(1) 出火元となりうる主な設備・仮設材

鋼道路橋に関連する工事で火気を使用する設備は一般に、ガソリン又はディーゼルエンジン発電機・コンプレッサー、溶接機、ガス器具等がある。これらのうち、溶接機は機械本体に火気を使用するものではないが、溶接作業に伴うアーク、スパッタおよびガウジング等により火気を生じる。また、直接火気を使用する設備ではないが、永年使用した分電盤のねじが緩むことで電気抵抗が増大したり、埃が堆積したりが原因で火災となる可能性があるなど、電気設備も火災の原因となり得る設備と考えてよい。また、ガスボンベの取扱いや保管上の誤りによる火災、コードリールを巻いたまま最大電流（定格）を超えての使用により過熱して火災となる可能性がある。本節では主な設備類の概要と火災の観点からの留意点を示す。

1) ガス器具

鋼道路橋の工事で使用する可燃性ガスの代表的なものに、アセチレンガスおよびプロパンガスがある。ガス切断は安価であるために、炭素鋼の切断など、熱切断の中で工業的に最も広く使用されている。ガス切断の最大の特徴は、切断部を溶融するのに必要な熱エネルギーを、切断部の鉄自身の酸化反応熱によって賄うところにある。予熱炎と呼ばれるガス炎で切断開始部を発火温度（約 900℃）に加熱し、ここへ酸素ガスを噴出して、母材の鉄を燃焼しながら切断する。ガス切断に用いられる機器には手動のガス切断機（写真-4.2.1）と自動切断機（写真-4.2.2）がある。切断機のほかにはプロパンガスやアセチレンガスの燃料ガスボンベと酸素ボンベ、ガスホース、ガス圧力調整器、逆火防止装置、点火器、掃除針、保護メガネ等の付属品がある。

ガス器具を使用する場合は、ガス炎そのものだけでなく、切断に伴って生じる火花や高温の溶融金属なども火災の原因となるため、適切な位置に消火器を設置するとともに、水バケツ等を用意するなど万一の出火に際して直ちに消火できるような準備が必要である。

ガスホースからのガス漏れの有無を確認するために、石鹼水を常備しておき、発火事故を未然に防止するために、作業開始前にガスパージを行うことが一番効果的である。

なお、アセチレンガスは広く用いられるが、不安定なガスであり分解爆発を起こしやすい性質がある。特に使用中に火口から吹管内部へ火炎が引き込まれる「逆火」が生じると、ホースや調整器の焼損、容器の加熱、最悪にはアセチレンの分解爆発による容器の破裂に至ることもあり、取り扱いには注意が必要である。現在は、高圧ガス取締法により「逆火防止装置」の設置が義務づけられるとともに点火や消火の手順等が規定されておりこれによらなければならない。

また、高圧ガスの充填容器は、内圧の上昇による危険を避けるために、40℃以下の温度で補完しなければならないが、容器置場での保管や屋外での作業時の容器の置き場所・置き方については、直射日光に曝されないようにするとともに、適切な空調による温度調整を行ったり、散水やシート掛けを行って温度が上がらないための措置を講じる必要がある。



写真-4.2.1 手動ガス切断の例



写真-4.2.2 自動ガス切断の例



写真-4.2.3 ガスボンベの例

安衛則 263 条（ガス等の容器の取扱い）に、『容器の温度を 40℃以下に保つこと』また、『溶解アセチレンの容器は立てて置くこと』（写真-4.2.3 参照）。と記載があり、容器の保管取り扱いにも注意が必要である。ガスとボンベの色および充填圧力を表-4.2.2 に示し、予熱炎の変調と対策を表-4.2.3 に示し、可燃性ガスおよび蒸気の爆発限界を表-4.2.4 に示す。ガス容器の取扱いの詳細については、2.2 労働安全衛生法、2.2.2 爆発・火災等の防止を参照されたい。

表-4.2.2 ガスとボンベの色および充填圧力

ガスの種類	ボンベの色	充填圧力 (MPa)
酸素	黒色	14.7
水素	赤色	14.7
アセチレン	褐色	1.52
炭酸ガス	緑色	5.0 程度（温度により変動）

表-4.2.3 予熱炎の変調と対策

原因	結果	対策
アセチレンの供給不足 <ul style="list-style-type: none"> 安全器の弁不良 導管の水抜き不良 発生量不足 導管弁能力不足 	<ul style="list-style-type: none"> 予熱炎の息吹き 点火の際の爆音 酸素の逆流 作業中音を発する 	安全器、導管の適正調整、発生最適維持
混合ガスの排除不完全	<ul style="list-style-type: none"> 点火の際の爆音 吹管内へ逆火、内部で音を出し発煙 	一度、予熱炎を消して完全に排除した後、点火する
酸素圧力の過少	<ul style="list-style-type: none"> 点火の際の爆音 	圧力の調整し直し
火口の拡大変形	<ul style="list-style-type: none"> 点火の際の爆音 	火口の取替え
酸素圧力の過大	<ul style="list-style-type: none"> 予熱炎の足切れ 酸素の逆流 	圧力の調整

火口閉塞または狭塞	<ul style="list-style-type: none"> ・ 点火の際の爆音 ・ 予熱炎の足切れ ・ 作業中、パチパチ、ポンポン、シューシュー音を出す ・ 時々、予熱炎が消える 	火口の掃除
吹管接合部または火口の緩み	<ul style="list-style-type: none"> ・ 逆流 ・ 作業中に音を出す 	火口の付け替え 吹管修理
火口の過熱	<ul style="list-style-type: none"> ・ 逆火（吹管内の音、煙） 	火口冷却
吹管に油脂などの使用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 吹管内部の発煙 	油脂の除去
混合不良	<ul style="list-style-type: none"> ・ 吹管内部で音を出す 	吹管不良、取替えを要する

表-4.2.4 可燃性ガスおよび蒸気の爆発限界

常温の 状態	爆発性物質	爆発限界 体積%	
		下限	上限
気体	水素	4.0	75
	一酸化炭素	12.5	74
	メタン	5.3	14
	エタン	3.0	12.5
	エチレン	3.1	32
	アセチレン	2.5	100
	プロパン	2.2	9.5
	ブタン	1.9	8.5
液体	ベンゼン	1.4	7.1
	トルエン	1.4	6.7
	エーテル	1.9	48
	アセトン	3.0	11
	メタノール	7.3	36
	エタノール	4.3	19

2) 溶接機

溶接機は鋼橋の架設工事において、鋼床版桁のデッキプレート、主桁及び鋼製橋脚等本体構造物の現場溶接に使用するほか、仮設構造物の組立にも使用される。

現場で使用される溶接機は作業効率などの観点から一般に、鋼床版桁のデッキプレートでは1000～1500A程度の交流アーク溶接機とサブマージ溶接機、主桁や鋼製橋脚等では500A程度の直流アーク溶接機を含むガスシールドアーク溶接機、被覆アーク溶接法を適用する場合には、500A程度の交流アーク溶接機が使用される。そのほか、アークエアガウジングを適用する場合には、600～800Aの直流溶接機が使用される。写真-4.2.4～写真-4.2.6にそれぞれの溶接機の例を、

写真-4.2.7に溶接状況の例を示す。

溶接時には、溶接機のほかに一次側ケーブル（キャブタイヤケーブル）、二次側ケーブル（溶接側ケーブル、アースケーブル）、溶接棒ホルダー、保護面等の付属品が必要である。ケーブルについてはその長さで使用溶接電流により必要径が異なるので注意する。細すぎるケーブルを使用すると電気抵抗が増し、ケーブル自身の抵抗によって溶接ケーブルが焼損するなどの原因となる。また、長すぎるケーブルを多重に巻いた状態で溶接すると、溶接電源制御の誤動作によりアークが燃え上がる、スパッタが多量に発生する場合がある。そのほか、ガスシールドアーク溶接法の場合には、炭酸ガス等のシールドガス用のガスボンベ及びガス圧力調整器と流量計が必要となる。

現場溶接にあたって現場に設置する機器のうち、電源と配電盤等の配置が重要である。電源設備として、受電設備を用意する場合と発電機を用いる場合がある。溶接機器については、定格容量及び台数等を記入したリストを作成し、所要電力容量の算出及び溶接機器の配置図を現場溶接施工要領書に記載することが望ましい。なお、発電機を用いる場合には、電圧及び周波数（回転数）の設定に十分注意する。

一般の交流アーク溶接機は、電源周波数に応じて50Hz用と60Hz用がある。60Hz用を50Hz地域で使用すると、変圧器鉄心の磁束密度が増し、磁気飽和すると励磁電流が著しく増大するので、絶縁物の温度が許容限界を超えてコイルを焼損する。逆に50Hz用を60Hz地域で使用すると、変圧器のリアクタンスが増加するので、溶接電流を定格2次電流まで増大することができない。



写真-4.2.4 交流アーク溶接機の例



写真-4.2.5 サブマージアーク溶接機の例



写真-4.2.6 ガスシールドアーク溶接機の例



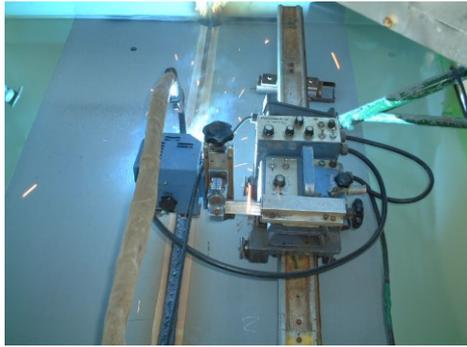


写真-4.2.7 ガスシールドアーク溶接状況の例

3) グラインダ

円盤形の砥石を回転させて、工作物の表面を研磨したり、削ったりする工作機械である。電動式、エア駆動式があり、使用時は砥石の回転に伴い火花が飛散する。溶接前の開先成形、溶接後のビード成形及び吊金具切断後の成形などに使用される。グラインダ作業の例を写真-4.2.8～写真-4.2.9に示す。

安衛法 59 条、安衛則 36 条ではグラインダを取り扱う場合、研削砥石の取替え又は取替え時の試運転の業務等においては、グラインダ特別教育を修了した者でなければならないことになっている。



写真-4.2.8 グラインダ作業の例



写真-4.2.9 吊金具切断機の例

(2) 延焼が生じる設備・仮設材

(1)で出火元となる設備・仮設材について述べたが、その設備の周囲に可燃物が無ければ延焼となりにくい。燃焼の要因は①火源、②燃えるもの、③酸素の3つであり、そのうちどれが1つ欠けても物が燃えることがない。火気を使用する設備と延焼が生じる設備を適切に使用しても建設現場ではそれらが混在するため一旦火災となると燃え広がる可能性が生じる。延焼要因としては放射熱、接炎、熱気流、火の粉の飛散と様々ある。また、炎が風下側に傾き隣接した建物に直接接炎する場合もある。本節では延焼が生じやすい設備の一例を示す。また、難燃性、防火性、防爆性の設備・仮設材についても若干紹介する。

4.3 鋼橋工事における火災リスクとなる作業と留意点

4.3.1 鋼橋工事における出火原因

本参考資料のとりまとめにあたって、(一社)日本橋梁建設協会に加盟する各社を対象に「施工中の火災事例に関するアンケート調査」を実施した。その結果(6.1 鋼橋工事における過去の火災事例と分析参照)を分析すると、鋼道路橋の架設・補修工事における火災の原因は表-4.3.1に示す通りその他を除くと5点に絞られることがわかる。具体的には、溶接・溶断作業が突出しており、次いで練炭コンロによる給熱養生が多く、いずれも直接的に火気を使用するものである。東京消防庁の資料においても、建設工事の3大出火原因は「溶接・溶断作業」「放火・放火の疑い」「たばこ」となっており、溶接・溶断作業に伴う火災は鋼道路橋の工事現場において特に注意が必要な工種といえる。

(参考：http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/office_adv/koujikanri/kanri01.html)

表-4.3.1 橋梁架設・補修工事の出火原因

火災の原因	件数
溶接・溶断作業	46 (78%)
練炭コンロによるコンクリートの給熱養生	5 (8%)
照明、分電盤などの電気設備	3 (5%)
発電機等の内燃機関	3 (5%)
放火の疑い	1 (2%)
その他	1 (2%)

4.3.2 鋼橋工事における火災リスクとなる作業

鋼橋上部工における工種と火災リスクを伴う作業およびリスクの概要を表-4.3.2に示す。

表-4.3.2 鋼橋上部工における火災リスクと作業

工種・作業		火災リスクを伴う作業		溶接	溶断	給熱養生	電動工具の使用	照明設備の使用	電力設備工	塗料等の有機溶剤の使用	喫煙・採暖・乾燥	火災リスクとなる代表的な作業・材料 その他特記	
		○	△										
共通	現場塗装工	素地調整工					○	△				塗膜剥離剤使用時	
		塗装工					○	△				塗料	
鋼橋架設工事	基礎工	仮設備基礎工											
		架設用仮設備工	ベント設備工										
			ケーブルクレーン設備工							△			ウインチ, 電源
			ケーブルエレクトリオン設備工										
			送出し, 横取り設備工								△		油圧ポンプユニット, 自走台車, 電源
			降下設備工								△		油圧ポンプユニット, 電源
	トラベラクレーン設備工									△		電源	
	橋体組立工	桁架設工			◎			△	△				吊ピース切断, 添接作業, 桁内作業
		地組工						△					添接作業
		支承据付工						△					モルタルミキサー, グラウトポンプ
		本締め工						△	△				本締め工具, 桁内作業
		落橋防止装置取付工						△					ハンマードリル
	足場工	橋梁足場工											
		橋梁防護工											
	鋼製橋脚工	アンカーフレーム工			◎	◎							架台組立
		鋼製橋脚地組工						△					添接作業
		鋼製橋脚架設工				◎		△	△				吊ピース切断, 脚内作業, 脚内作業
現場溶接工				◎	◎		△	△	△			鋼材等の溶接・溶断, グラインダー, 脚内作業	
本締め工							△	△				本締め工具, 桁内作業	
橋面工	床板工	支保工			◎	◎						鋼材等の溶接・溶断	
		型枠工				◎	◎	○				型枠加工, セバ溶接	
		鉄筋工				◎		△				溶接継手, 鉄筋加工機	
		コンクリート工					○					給熱養生	
	伸縮装置工			◎	◎							非排水材 (溶接・溶断有りの場合)	
排水装置工													
地覆・高欄工			◎	◎	○	○						床板工と同様, 鉄筋スタッド溶接	
鋼橋補修工事	耐震補強工	アンカー工					△	△		○		未硬化の樹脂	
		素地調整工					○	△		○		塗膜剥離剤使用時	
		既設部材撤去工			◎								ガス切断有りの場合
		部材取付工				◎							現場溶接有りの場合
	支承補修工	アンカー工						△	△		○		未硬化の樹脂
		素地調整工						○	△		○		塗膜剥離剤使用時
		旧支承撤去工				◎							ガス切断有りの場合
		新支承設置工				◎							現場溶接有りの場合
	伸縮装置補修工	沓座モルタル工						○					型枠材等
		旧伸縮装置撤去工	旧伸縮装置撤去工				◎		○				非排水材
			新伸縮装置設置工				◎		○				非排水材
その他鋼桁補修工 (腐食, 亀裂等の補修・補強)	コンクリート工					○						型枠材, 非排水材等	
	素地調整工						○	△		○		塗膜剥離剤使用時	
	既設部材撤去工				◎							ガス切断有りの場合	
	当て板等取付工						△	△		○		樹脂などを併用した場合	

【凡例】 ◎: リスクが高い ○: リスクが中程度 △: リスクが低い

4.3.3 火災リスクを伴う作業に対する防火対策

火災リスクを伴う作業に対する防火対策を表-4.3.3に示す。

防火に関連する対策について、溶接・溶断および有機溶剤を取扱う作業に関しては、特に多くの項目が法令等で定められており、これらを従事者が十分に把握して現場での周知徹底が図られることが重要である。

表-4.3.3 火災リスクを伴う作業と防火対策

火災リスクを伴う作業 防火対策	火災リスクを伴う作業								関連する法令
	溶接	溶断	給熱養生	電動工具の使用	照明設備の使用	電力設備工	塗料等の有機溶剤の使用	喫煙・採暖・乾燥	
板張防護工、シート防護工の設置	○	○							
局所養生の設置	○	○							
火気使用禁止の表示							◎		安衛則 288
火気の隔離および使用禁止							◎		安衛則 256, 279 高圧ガス保安規則 60
消火設備の設置	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	安衛則 289
可燃物との離隔確保・防護措置	◎	◎	◎						安衛則 290
見張り員の配置	○	○	○					○	
教育・周知徹底	○	○	○	○	○	○	○	○	
有資格者による作業	◎	◎				◎			安衛則 36 安衛令20 電事法 43 電工法3
作業主任者の専任		◎					◎		安衛則 314~315 安衛令6 有機則19 特化則27 (溶断はガス集合溶接装置を用いる場合)
逆火防止装置		◎							安衛則 310 高圧ガス保安規則 60
ランプガードの設置					◎				安衛則 330
十分な通風・換気	◎	◎					◎		安衛則 261 有機則 2, 3
静電気除去							◎		安衛則 287
みだりに喫煙・採暖・乾燥等をしない								◎	安衛則 291
火気使用者は確実に残火を始末	◎	◎							安衛則 291
危険物の適切な保管および届出		◎					◎		消防法第10条 各自治体条例
ガス器具の点検	◎	◎							安衛則 262
ガス容器の適切な取扱い		◎							安衛則 262, 263
防爆型電気機械器具類の使用							◎		安衛則 280

【凡例】 ◎：法令等で必要な対策 ○：それ以外

本節では、鋼橋架設・補修工事で火災リスクが特に高いと考えられる工種のうち、溶接・溶断、塗装作業について対策を整理する。

(1) 溶接、溶断作業

溶接作業を伴う工種として、鋼床版や主桁および鋼製橋脚の現場溶接工、その他鉄筋の溶接・圧接作業がある。また、溶断作業としては、吊ピース等のガス切断と手延式送出し架設後の主桁のガス切断が挙げられる。ここでは、施工頻度が高い現場溶接工と吊ピースのガス切断を代表例として着目して整理するが、溶接、溶断を伴うその他の工種についてもリスク要因や対策の考え方は概ね同じであるため、これらを参考にすることができる。



写真-4.3.1 溶接作業



写真-4.3.2 溶断作業

1) 作業リスクと火災リスクを伴う機器

現場溶接および吊ピース切断の作業の一般的な工程とその内容、各作業に使用する火災リスクを伴う使用機器を表-4.3.4に整理した。

表-4.3.4 作業内容と使用機器

工種	作業工程	作業内容	火災リスクを伴う使用機器
現場溶接工	開先調整	加熱矯正	ガスバーナー
		ストロングバック溶接, 溶断	アーク溶接機, ガス切断器, ガウジング
		グラインダ整形	ディスクグラインダ
	エンドタブ溶接	アーク溶接	アーク溶接機
	開先清掃	グラインダ研磨	ディスクグラインダ
	裏当て材設置	裏当て材設置	—
	予熱, 後熱	ガス炎加熱	ガスバーナー
	溶接	アーク溶接	アーク溶接機
	メタルタッチ切断	メタルタッチ切断	ガウジング
		グラインダ仕上げ	ディスクグラインダ
エンドタブ, エレクションピース切断	ガス切断, アークガウジング	ガス切断器, ガウジング	
ビード仕上げ	グラインダ仕上げ	ディスクグラインダ	
吊ピース切断	ガス切断	ガス切断	ガス切断器
	仕上げ	グラインダ仕上げ	ディスクグラインダ

2) 使用機器ごとの出火事象と対策

使用機器ごとに想定される出火事象と対策を表-4.3.6に示す。このような工種や使用機器ごとに想定される火災リスクを把握し、実際の対策に結びつけることが火災防止には極めて重要である。なお、実際の現場では、使用機器や工法が必ずしも標準的なものばかりではなく多種多様なケースが想定されるため、これらを参考にしつつ、実際の現場の条件や状況に応じた適切な想定と対策を行うことが必要である。

i) 可燃物の排除（関係法令：安衛則290条）

火器を取り扱う作業では、事前に周囲の可燃物・危険物を排除しておくことが極めて重要である。一方で、例えば、桁下には枯草や樹木など排除が困難な可燃物が多く存在する場合もある。このような場合には、可能な範囲で排除した上で、見張り員の配置や、除草・散水などの対策を講ずるか、足場防護工の設置を検討する。なお、除草・散水にあたっては土地所有者や管理者との協議が必要な場合があるので、事前に確認しておく必要がある。

ii) ガス器具の取扱い（関連法令：安衛則36・314・315・262・263条、安衛令6・20条、高圧ガス保安規則60条）

ガス切断、予熱などガス器具を取扱う作業では、ガス炎による引火のほか、破裂・逆火・ガス漏れに起因する重大な事故が発生する恐れがある。周囲の可燃物への引火対策はi)の通りであり、破裂・逆火・ガス漏れへの対策は、ガス切断器や圧力調整器などの機器を正しく使用するとともに日常・定期点検を行って異常を生じることがないようにすることが重要である。ガス切断器等の機器に起因する火災防止の観点からの点検項目については表-4.3.5が参考になる。

なお、ガスホースは通路や作業場所を避けて配置すること、および可燃性ガスを用いて行う作業にはガス溶接技能講習修了者またはガス溶接作業主任者の資格を有する者が従事することが肝要である。

なお、ガス器具の取扱いにおけるその他の留意事項は4.2.2 設備の概要と留意点(1)1)を参照されたい。

表-4.3.5 ガス切断器等の点検項目²⁾

点検対象	点検項目	
圧力調整器	外観検査	○
	気密試験・外部漏れ	○
	気密試験・出流れ	○
	使用圧力範囲の確認	●
	圧力低下の確認	●
ガス切断器	外観検査	○
	気密試験・バルブ漏れ	○
	火炎状態の確認	○
	気密試験・外部漏れ	◎

凡例 ○：日常点検 ◎：月次点検※ ●：年次点検※

※ 法的規制を受けるものではないが、推奨する点検項目

表-4.3.6 出火事象と対策

火災リスクを伴う 使用機器または材料	出火原因	出火事象	対策	対策の分類					
				可燃物排除	ガス取扱	足場防護	局所養生	その他	
ガスバーナー ガス切断器	ガス炎	ガス炎が周辺の可燃物に触れて、可燃物が燃える	作業場所周囲の可燃物排除	○					
	ノロ	ノロが足場に落下し、足場板が燃える	局所養生(鉄板)によるノロの拡散防止 ノロ受け(鉄板または鉄製容器等)の使用 パネル式足場防護工の使用 足場の防火シート養生 吊金具切断機の使用			○	○	○	
		ノロが地上に落下し、地上の草、その他可燃物が燃える (上記の他に、追加すべき対策)	柵下の除草・散水、可燃物排除 柵下に見張員を配置	○	○				
	可燃性ガス	ガスボンベから可燃性ガスが噴出または漏れて、発火・爆発する	助燃ガスとの隔離、日除け設置 保管場所周囲の可燃物排除 圧力調整器、逆火防止装置等の日常点検	○				○	
		逆火してホース、ガスボンベが発火・爆発する	ガス切断器、ホース、逆火防止装置等の日常点検 ガス炎、溶断部からのホースの隔離 通路や作業場所にホースを配置しない ガス溶接技能講習修了者による作業		○				
	アーク スパッタ ガウジング		アーク、スパッタが周辺の可燃物に触れて、可燃物が燃える	作業場所周囲の可燃物排除	○				
			スパッタが足場に落下し、足場板が燃える	足場の防火シート養生			○		
			裏当て材が外れてスパッタが大量に飛散する(鋼床版溶接)	足場の局所養生(鉄板とスパッタシート)				○	
			使用直後の溶接棒から可燃物が燃える	足場の防火シート養生			○		
	ケーブル		スパッタ、溶接棒が地上に落下し、地上の草、その他可燃物が燃える	使用済み溶接棒を可燃物からの隔離 柵下の除草・散水、可燃物排除 柵下に見張員を配置	○				
		スパッタが塩ビ製排水管、伸縮装置の非排水材に引火する	対象物への散水またはスパッタシート養生	○			○		
		ケーブルが溶断、発火する	溶接電流、距離を考慮したケーブルの選定 クランプ取付部の巻膜・不純物除去 ケーブルの確実な結線、断線等の点検					○ ○ ○	
火の粉	火の粉が可燃物に付着して発火する	通路や作業場所にケーブルを配置しない 作業場所周囲の可燃物排除 局所養生(防火シート)による鉄粉の飛散防止	○				○		

iii) 足場防護工

鋼道路橋の架設・補修工事では、桁下条件に制約が無い場合は一般にパイプ吊り足場（図-4.3.1）を設置し、桁下交通など第三者災害の恐れがある場合は板張防護工および塗料の飛散防止を目的にシート張防護工を追加する（図-4.3.2）。

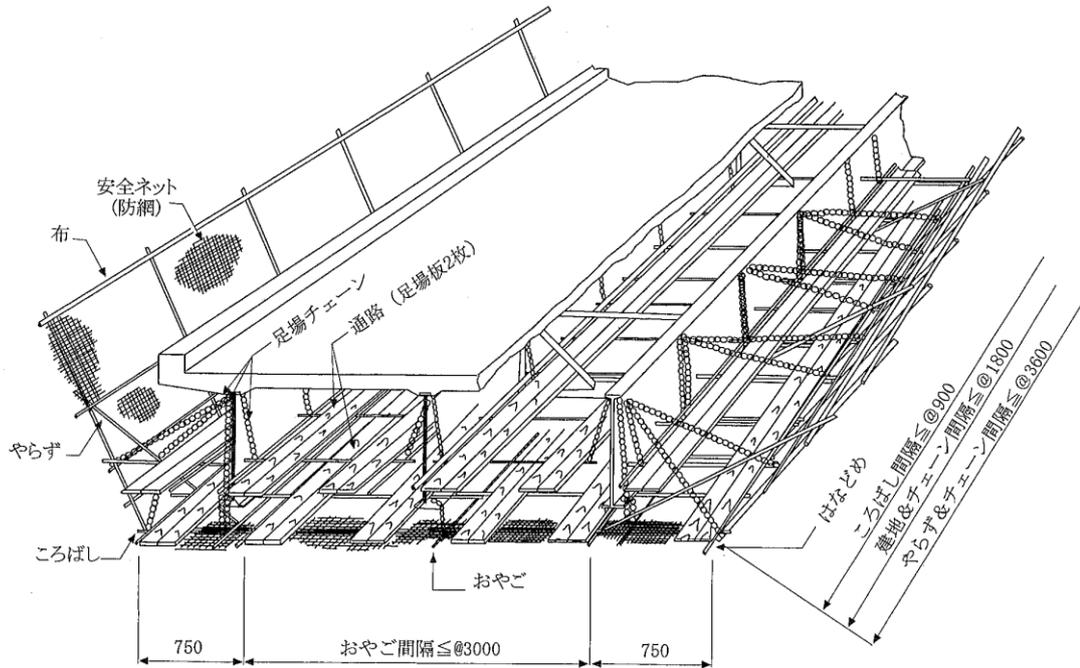


図-4.3.1 パイプ吊り足場

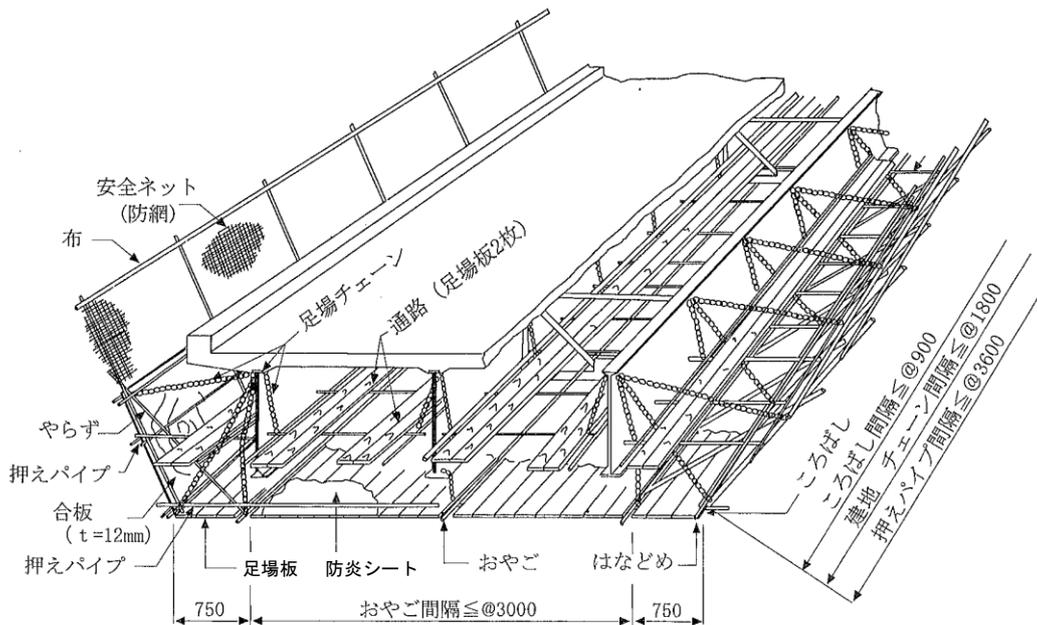


図-4.3.2 板張防護工・シート張防護工

一般のパイプ吊り足場は、スパッタ等の落下を防止する機能はなく、桁下に枯草等が存在する場合には i) のような対策が必要である。

主桁の溶接など部分的に防護が必要な場合は、ケーシング等の風防設備（図-4.3.3、写真-4.3.3）を設置することでスパッタ等の落下を抑制することができる。

鋼床版溶接などの下向き溶接は、裏当て材が外れて熔融金属が飛散する事象が度々発生する。この事象は、特にサブマージアーク溶接などの大電流溶接で生じる危険性が高く、溶接箇所直下の足場上に局所養生（鉄板+スパッタシート）を設置し、溶接の進捗に合わせてこれを移動させるなどの対策が取られている。しかし、熔融金属はスパッタに比べ大粒で、局所養生を行っても周囲に飛散し桁下への落下を防ぎきれない場合が多く、鋼床版溶接の場合は防火対策として板張防護工+シート張防護工を設置することが望ましい。なお、溶接・溶断を伴う場合のシート張防護工には、ポリエチレン製のブルーシートは適さないため（3.3.2（1）シート類）、難燃性のシートを使用することが必要である。

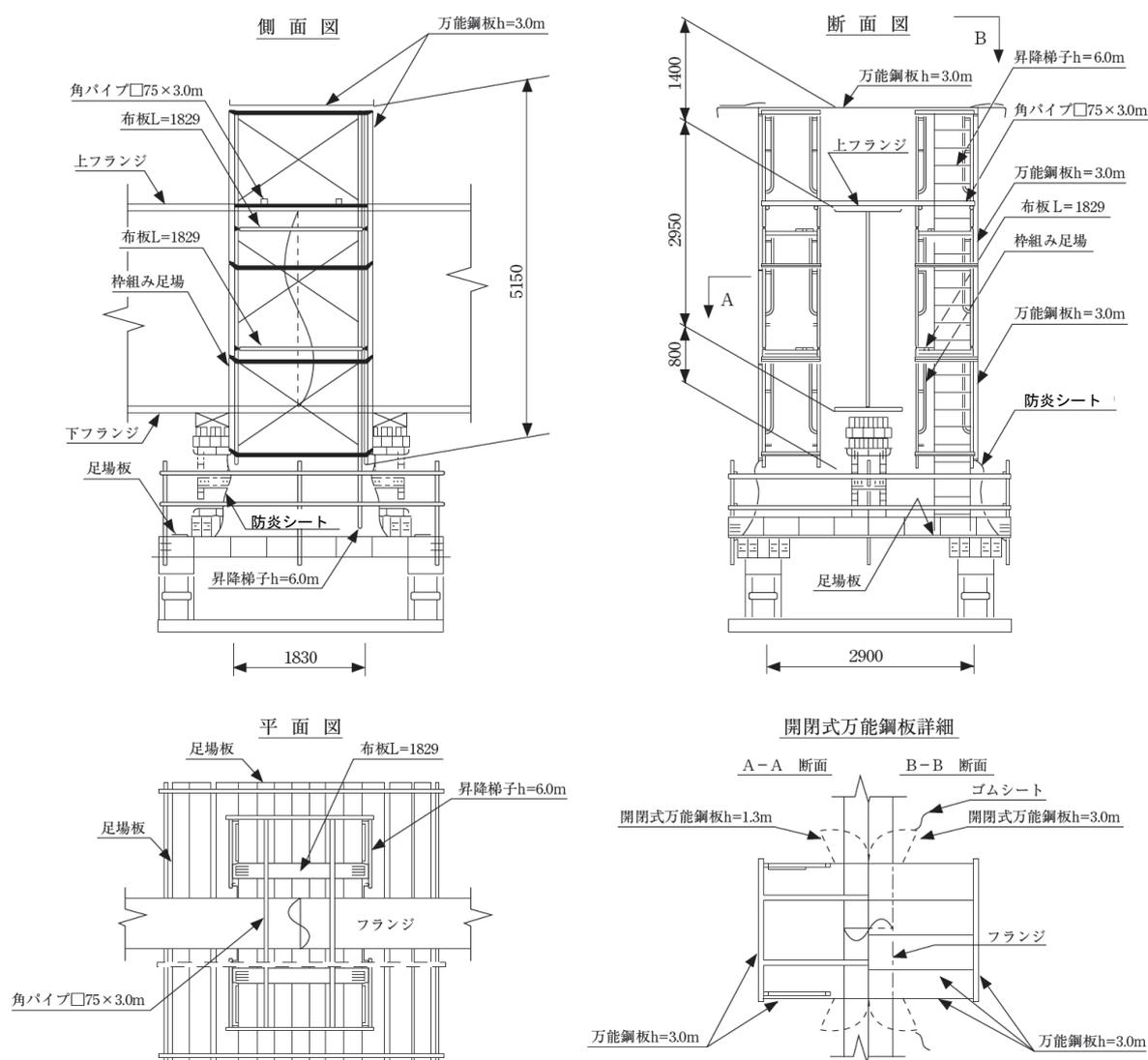


図-4.3.3 主桁の風防設備



写真-4.3.3 主桁の風防設備設置例

近年、都市部や道路上などの工事では金属製または木製のパネルで構成されるパネル式足場を採用するケースが増えている。パネル式足場は、パネルユニット化によって従来の板張防護工に比べ隙間が少なく、平坦な構造が可能なことから、足場上のスパッタや塗料、鉄粉などの除去が容易で、これらの桁下への落下や周辺への飛散防止に有効である。一方、延焼のリスクは従来の板張防護工と同様に存在し、塗替え塗装工事の火災事故事例では、アルミ製の床板が溶融し焼損（写真-4.3.4）していたことから、足場上に直接スパッタや溶融金属が降り掛らないように、難燃性シートによるシート張防護工は必要といえる（写真-4.3.5）。



写真-4.3.4 金属製パネル式足場の焼損例



写真-4.3.5 パネル式足場の防災シート張防護工

橋脚柱の現場溶接の風防設備は、柱の周りに枠組足場を設置し、その外周を防災シート、コンクリート型枠用合板、防音パネル等で覆う場合が多い。この場合、スパッタ等は周囲に飛散する危険性は少ない。ただし、床材は防災シートで養生を行う必要がある。

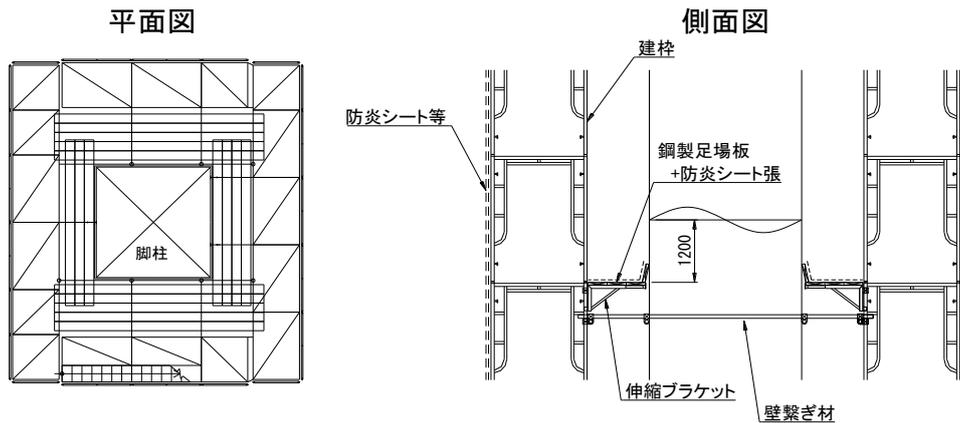


図-4.3.4 橋脚の風防設備



写真-4.3.6 橋脚の風防設備の例

iv) 局所養生

溶接で生じるスパッタやガス切断およびアークガウジングで生じるノロ(溶融金属)は約 1000～1700℃程度に達し、防火シートを容易に貫通するため、iii) の足場防護工のほかに、局所養生の併用が必要である。局所養生は、溶接・溶断箇所に作業時にのみ設ける養生のことで、建築工事用シート (JIS A 1323) と厚さ 0.2mm 程度の鉄板を組み合わせる使用が多い。養生材料の適応性についてメーカーカタログ等を参考に表-4.3.7 に整理する。

建築工事用シートには A～C 種の規格があるが (3.3.2 延焼が生じやすい設備(4)参照)、厚さや素材によっても性能が異なるため、用途や目的にあった製品を使用する必要がある。また、建築工事用シートであっても、スパッタ等に長時間曝されると溶融し孔が明くため、火の粉を直接受ける場所は鋼板を使用するか、建築工事用シートを複数枚重ねて使用するのが良い。



写真-4.3.7 溶接時の局所養生



写真-4.3.8 溶断時の局所養生

表-4.3.7 養生材の適応性

養生材	種類	溶接	溶断
建築工事用シート	A種	○	○
	B種	○	×
	C種	△	×
鋼板	—	○	○

グラインダ作業に伴う火花（鉄粉）は、微粒子のため熱エネルギー量は小さいが、スパッタなどと同じ鉄が溶融したもので、それ自体は高温であり、引火性の強い燃料や塗料・溶剤などの危険物に火花を当てると火災につながる危険性が高い。従って、溶接・溶断と同様に周囲の可燃物には注意が必要で、作業場所の環境に応じて局所養生を併用するのが良い。なお、グラインダ作業に伴う火花は高温・高速の物質であり、難燃性シート類を容易に貫通するため、局所養生には難燃性シートを複数枚重ねて使用するか鉄板を使用するのが良い。



写真-4.3.9 グラインダ作業時の局所養生

v) 吊ピースの切断

吊ピースはガス切断により撤去するケースが多く、火災リスクの高い工種の一つである。しかし、第三者災害のリスクが無い場合は、パイプ吊り足場の採用が一般的で、桁下へのノロの落下に対し注意が必要である。この場合iv)で述べた局所養生を併用する必要がある。近年はガス切断やグラインダ仕上げを必要としない吊ピース切断機が普及しており、これを使用することも防火対策の面で有効である。



写真-4.3.10 吊ピース切断機



写真-4.3.11 吊ピース切断機使用での切断面

vi) 溶接設備

溶接作業における電源やケーブルは、使用する溶接機の容量や使用率、溶接電流などを考慮し適切な容量のものを選定する必要がある。

□ 溶接電源

溶接電源および一次側ケーブルの容量は、使用する溶接機の定格一次入力、使用率（使用電流/定格二次電流）、アークタイム率、溶接機の使用台数等を考慮して選定する。なお、二次側ケーブルの電圧降下や複数台の溶接機を使用する場合など電圧変動が考えられる場合は、容量に余裕を持たせておくのが望ましい。溶接電源容量、一次側電流の求め方、および一次側ケーブルの断面積の目安を示す。

溶接電源容量³⁾

$$Q = Pa \times \beta \times N$$

ここで、 Q 溶接電源容量 (KVA)

β : 使用率

$$N = \sqrt{na} \times \sqrt{1 + (n-1)a} \quad (\text{交流アーク溶接の場合})$$

$$N = na \quad (\text{交流アーク溶接以外の場合})$$

n: 溶接機の使用台数

一次側電流

【単相入力】

$$\text{定格電流 (A)} = \frac{\text{定格一次入力(KVA)} \times 1000}{\text{定格入力電圧(V)}}$$

【三相入力】

$$\text{定格電流 (A)} = \frac{\text{定格一次入力(KVA)} \times 1000}{\text{定格入力電圧(V)} \times \sqrt{3}}$$

表-4.3.8 一次側ケーブルの必要断面積 (mm²) の目安⁴⁾

入力容量 (KVA)	三相 200V	~7	7 ~10	10 ~14	14 ~25	25 ~30	30 ~50	50 ~60	60 ~85	85 ~120
	単相 200V	~4	4 ~6	6 ~8	8 ~15	15 ~20	20 ~30	30 ~40	40 ~50	50 ~70
入力ケーブル断面積 (mm ²)		3.5	5.5	8	14	22	38	60	100	150

□ 二次側ケーブル

二次側ケーブルは溶接機からホルダーまでのホルダー側と母材側の 2 系統に分けられる。現場溶接の場合、二次側ケーブルは比較的長い距離を配線するケースが多く、二次側ケーブルの選定には配線距離も考慮する必要がある。表-4.3.9 に二次側ケーブルの断面積の目安を示す。

表-4.3.9 二次側ケーブルの必要断面積 (mm²) の目安²⁾

距離(m) 電流(A)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
100	38	38	38	38	38	38	38	50	50
150	38	38	38	38	50	50	60	80	80
200	38	38	38	50	60	80	80	100	100
250	38	38	50	60	80	80	100	125	125
300	38	50	60	80	100	100	125	125	—
350	38	50	80	80	100	125			
400	38	60	80	100	125	—	—	—	—
450	50	80	100	125	125	—	—	—	—
500	50	80	100	125	—	—	—	—	—
550	50	80	100	125	—	—	—	—	—
600	80	100	125	—	—	—	—	—	—
800	100	125	150	—	—	—	—	—	—
1000	100	150	—	—	—	—	—	—	—

注) 本表は直流を用い電圧降下 4V 以下の場合の断面であり、交流の場合は 1 段上の断面を使用する。

二次側ケーブルの母材側（アース帰線）はホルダー側と同じ電流が流れているものの、ホルダー側に比べ軽視されがちである。母材に直接巻付けるなど安易な結線を行うと、抵抗が増大し、加熱・発火の危険性があるため、母材との結線にはクランプを用いて適切に取付けなければならない。また、クランプ取付け部に塗装が施されている場合も同様で、クランプは未塗装部分に取付ける必要がある。

(2) 現場塗装作業

1) 作業内容と火災リスクを伴う機器、材料

鋼橋架設工事における塗装工程は素地調整、塗料の調合、塗装に分けられ、各工程で用いられる火災リスクを伴う使用機器と材料を表-4.3.10に整理した。塗装作業では、全ての工程で引火性の強い（引火点が低い）有機溶剤を使用することが特徴的で、また、素地調整ではカップワイヤブラシやディスクグラインダなど火の粉を伴う機器も使用するため、特に火災リスクの高い工種と言える。

表-4.3.10 作業内容と使用機器、材料

工種	作業工程	作業内容	火災リスクを伴う使用機器, 材料
現場 塗装 工	素地調整	動力工具処理	カップワイヤブラシ, ディスクグラインダ, 照明
		ブラスト	コンプレッサー, プラストマシン, 照明
		シンナー拭き	シンナー, 照明
	調合	主剤, 硬化剤, シンナーの調合	かくはん機, シンナー, 塗料
	塗装	はけ・ローラー塗り	はけ・ローラー, 照明
		エアレススプレー	スプレーガン, コンプレッサー, 照明

2) 作業の内容

i) 素地調整

素地調整にはカップワイヤブラシやディスクグラインダ等を使用する動力工具処理、および圧搾空気や遠心力により研削材を吹き付けるブラスト処理が一般的に用いられている。いずれの方法でも火花が発生するため、塗装やガス溶断など可燃性ガスを発生または取り扱う作業と同じ空間で作業してはならないとされている（安衛則 256、279 条）。また、高力ボルトに付着した油脂をシンナーで拭き取る場合も、火気に対して注意が必要である。



写真-4.3.12 素地調整（動力工具）



写真-4.3.13 素地調整（ブラスト）

ii) 塗料の調査

鋼橋架設工事で使用される塗料は一般に2液形で、主剤と硬化剤に分けて搬入され、使用前に混合する。また、気温や塗装方法に適した粘度に調整するためシンナーで希釈する場合もある。シンナーによる希釈率は、表-4.3.11の通りはけ・ローラーに比べエアレススプレーの方が高い。

表-4.3.11 シンナーによる希釈率（20℃の場合）¹⁾

塗料の種類	シンナーの種類	希釈率（重量%）	
		はけ ローラー	エアレス スプレー
長ばく形エッチングプライマー	エッチングプライマー用シンナー	10以下	20以下
無機ジंकリッチプライマー	無機ジंकリッチ用シンナー	-	10以下
無機ジंकリッチペイント			
有機ジंकリッチペイント	エポキシ樹脂塗料用シンナー	5以下	10以下
エポキシ樹脂塗料下塗	エポキシ樹脂塗料用シンナー	10以下	20以下
変性エポキシ樹脂塗料下塗			
亜鉛めっき用エポキシ樹脂塗料下塗			
超厚膜形エポキシ樹脂塗料	エポキシ樹脂塗料用シンナー	10以下	20以下
コンクリート塗装用エポキシ樹脂プライマー	エポキシ樹脂塗料用シンナー	20以下	20以下
ふっ素樹脂塗料用中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗用シンナー	10以下	20以下
コンクリート塗装用エポキシ樹脂塗料中塗			
コンクリート塗装用柔軟形エポキシ樹脂塗料中塗			
ふっ素樹脂塗料上塗	ふっ素樹脂塗料上塗用シンナー	10以下	20以下
コンクリート塗装用ふっ素樹脂塗料上塗			
コンクリート塗装用柔軟形ふっ素樹脂塗料上塗			
弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	弱溶剤形塗料用シンナー	10以下	20以下
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗			
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗			
鉛・クロムフリーさび止めペイント	塗料用シンナー	10以下	20以下
長油性フタル酸樹脂塗料中塗			
長油性フタル酸樹脂塗料上塗			

塗料の調査に用いるかくはん機には、電動タイプとエアモータータイプがある。現場塗装では電動タイプが使用されており、可燃性ガス環境下ではモーターや短絡により発生する火花が暴発を誘発する危険性があるため、調査は屋外で行うのが良い。

iii) 塗装

鋼橋塗装の塗布作業にはエアスプレー塗り、はけ塗り、ローラーブラシ塗りの3種類の方法がある。このうち、現場塗装でははけ塗り、ローラーブラシ塗りが一般的であるが、塗替え塗装など広範囲に塗装する場合はエアレススプレー塗りによる場合も多い。

閉断面部材の内部や板張防護、シート張防護などで完全養生した足場内では空気の流通が悪く、有機溶剤による可燃性ガスが滞留しやすく、可燃性ガス濃度が爆発限界を超えると電動工具類や静電気の火花により爆発の危険があるので、安衛則 280 では爆発の危険のある濃度に達するおそれに応じた防暴性能を有する防暴構造電気機械器具を使用すること、安衛則 287 条では静電気を除去するための措置を講ずることとされている。特にエアスプレー塗りで使用する塗料はシンナーの希釈率が高いこと、1回の塗装に使用する標準使用量が多こと、および塗料が霧状に拡散することから、可燃性ガスがはけ・ローラー塗りに比べ発生しやすいと考えられる。

表-4.3.12 塗料の標準使用量⁵⁾

塗装方法	標準使用量(g/m ²)		標準膜厚(μm)
	はけ・ローラー	エアレススプレー	
長ばく形エッチングプライマー	—	130	15
無機ジンクリッチプライマー	—	160	15
無機ジンクリッチペイント	—	300	30
	—	600	75
有機ジンクリッチペイント	240	—	30
	300×2	600	75
鉛・クロムフリーさび止めペイント	140	170	35
エポキシ樹脂塗料下塗	—	540	120
変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	240	60
弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	240	60
亜鉛めっき用エポキシ樹脂塗料下塗	160	200	40
超厚膜形エポキシ樹脂塗料	500	—	150
	—	1100	300
変性エポキシ樹脂塗料内面用	200	210	60
	—	410	120
無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	300	—	120
長油性フタル酸樹脂塗料中塗	120	—	30
長油性フタル酸樹脂塗料上塗	110	—	25
ふっ素樹脂塗料用中塗	140	170	30
ふっ素樹脂塗料上塗	120	140	25
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	140	170	30
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120	140	25
コンクリート塗装用エポキシ樹脂プライマー	100	100	—
コンクリート塗装用エポキシ樹脂塗料中塗	260	320	60
コンクリート塗装用柔軟形エポキシ樹脂塗料中塗	260	320	60
コンクリート塗装用ふっ素樹脂塗料上塗	120	150	30
コンクリート塗装用柔軟形ふっ素樹脂塗料上塗	120	150	30

3) 塗装作業における防火対策

塗装作業における火災リスクは、塗料やシンナーへの引火および可燃性ガスの滞留による爆発に大別される。鋼橋の塗装に使用する塗料は引火点が低く、消防法で第一石油類または第二石油類に該当するものが多い(表-3.1.2参照)。これらは通常の温度環境でも引火性を有し、熱や裸火、火花などの着火原があれば引火、爆発を引き起こす危険性がある。ここでは、塗装作業での火災リスクに関する原因と対策を整理する。なお、塗料の保管における留意点は3.1 危険物の取り扱いを参照されたい。

i) 塗装作業における留意点

塗料に含まれる主要な有機溶剤には揮発性の高いものが多く、可燃性ガスの爆発や有機溶剤中毒の危険性を伴うため、特に閉断面部材の内部や塗替え塗装時のブラスト等の飛散防止のために完全養生したような密閉された足場内では、ガス濃度を低くするために送風機、排風機を用いて強制換気を行い、ガス濃度を測定する¹⁾。換気に関する留意事項についてはiii) 全体換気を参照されたい。主要な溶剤の爆発範囲、管理濃度、引火点を表-4.3.13に示す。使用する塗料に含まれる有機溶剤の種類は、安全データシート（SDS）で確認する必要がある。新設塗装系で使用される塗料には、有機溶剤としてトルエン、キシレン、エチルベンゼンが多用されており、その含有量は他の有機溶剤に比べ多くなっている。表-4.3.14に SDS より引用した有機溶剤の含有量の一例を示す。

表-4.3.13 主要な有機溶剤の爆発範囲、管理濃度、引火点¹⁾

項目 溶剤名	爆発範囲 (容量%)	管理濃度 (ppm)	引火点 (°C)
トルエン	1.1～7.1	20	4
o-キシレン	0.9～6.7	50	32
m-キシレン	1.1～7.0	50	27
p-キシレン	1.1～7.0	50	27
エルベンゼン	1.0～6.7	20	18
ミネラルスピリット	1～7*	—	43*
酢酸メチル	3.1～16	200	-13
酢酸エチル	2.2～11.5	200	-4
酢酸ブチル	1.2～7.6	150	22
アセトン	2.2～13	500	-20
メタノール	6.0～36.5	200	12
エタノール	3.3～19	—	13
1-ブタノール	1.4～11.3	25	29
2-ブタノール	1.7～9.0	100	24
イソプロピルアルコール	2～12	200	12

出典：安全データシート（Safety Data Sheet: SDS）

*：構成成分によって引火点は変わる

表-4.3.14 有機溶剤の含有量の例

塗料の種類		引火点 (°C)	消防法による 危険物区分	GHS分類 引火性液体*	含有量(Wt%)		
					トルエン	キシレン	エチルベンゼン
有機ジンクリッチペイント	主剤	19	第1石油類	区分2	2.4	2.4	2.1
	硬化剤	10	第1石油類	区分2	11	7.7	6.5
エポキシ樹脂塗料下塗	主剤	23	第2石油類	区分3		6.7	5.9
	硬化剤	15.3	第1石油類	区分2	18	16	
変性エポキシ樹脂塗料内面用	主剤	22	第2石油類	区分2		14	12
	硬化剤	8.5	第1石油類	区分2	13	20	18
超厚膜形エポキシ樹脂塗料	主剤	29	第2石油類	区分3	0.1～1	6.9	6
	硬化剤	29.5	第2石油類	区分3		11	9.9
ふっ素樹脂塗料用中塗	主剤	11	第1石油類	区分2	5.8	7.3	6.5
	硬化剤	29	第2石油類	区分3		29	6.6
ふっ素樹脂塗料上塗	主剤	13.8	第1石油類	区分2		12	11
	硬化剤	35.2	第2石油類	区分3			

※区分1～4に分類され数字が小さいほど引火性が高いことを示す

表-4.3.15 安全データシート（SDS）の記載内容 JIS Z 7253:2012

記載項目名	記載内容
1 化学品及び会社情報	化学物質名及び製品名と提供者に関する情報(社名, 連絡先等)
2 危険有害性の要約	化学品の重要危険有害性及び影響(人の健康に対する有害な影響、環境への影響、物理的及び化学的危険性)、並びに特有の危険有害性。化学品がGHS分類に該当する場合には、化学品のGHS分類及び絵表示
3 組成及び成分情報	化学品に含まれる指定化学物質の組成、含有率等
4 応急処置	化学品に従業員等がばく露(吸入、皮膚に付着、目に入る、飲み込む)した時などの応急時取るべき措置の内容
5 火災時の措置	火災が発生した際の対処法、注意すべき点(適切な消火剤、使ってはならない消火剤)
6 漏出時の措置	化学品が漏出した際の対処法、注意すべき点(人体、環境に対する注意事項と浄化方法など)
7 取扱い及び保管上の注意	化学品を取扱う際及び保管する際に注意すべき点
8 ばく露防止及び保護措置	事業所内において労働者が化学物質による被害を受けないようにするため、ばく露防止に関する情報や必要な保護措置(保護具など)
9 物理的及び化学的性質	化学品の物理的な性質、化学的な性質(外観、臭い、沸点・融点等、引火点、発火点、爆発範囲、比重など)
10 安定性及び反応性	化学品の安定性及び特定条件下で生じる危険な反応(静電放電など避けるべき条件、混触危険物質、有害な分解生成物など)
11 有害性情報	化学品の人に対する各種の有害性(急性毒性、発がん性など)
12 環境影響情報	化学品の環境中での影響や挙動に関する情報(生態毒性、残留・分解性など)
13 廃棄上の注意	化学品を廃棄する際に注意すべき点
14 輸送上の注意	化学品を輸送する際に注意すべき点
15 適用法令	化学品が化学物質排出把握管理促進法に基づくSDS提供義務の対象となる旨を記載するとともに、適用される他法令についての情報
16 その他の情報	15までの項目以外で必要と考えられる情報

塗料は消防法や条例に基づき保管することが原則である。しかし、調合した塗料には可使時間が定められており、小まめな調合を要する。従って、保管場所と塗装作業場所が離れている場合や、高さのある現場では保管場所と作業場所との往復に時間を要し、作業効率が著しく低下することとなる。その場合、塗料を桁上や足場内に持ち込むことが現実的であるが、火災が発生した際に延焼のリスクが高まるため、持ち込む場合は少なくとも、その日に消費する必要最小限の量に留めることが望ましい。保管場所以外に仮置きする場合や桁上、足場内等の塗装作業位置の直近に塗料を持ち込む場合は、密栓のうえ、桁上では防災シート等による遮光、足場内では換気や通風等の処置が必要である。また、この場合でも見やすい場所に「火気厳禁」等を表示することが望ましい。

なお、現場で余った塗料などを処分する場合は、その成分から廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）に定められる特別管理産業廃棄物（廃油）に該当する 경우가多く、それらの運搬・処分業許可を有する業者に委託し、適切に処分することが必要である。

ii) 照明および電機設備

爆発または火災防止のため、安衛則 261 では箱桁などの閉断面部材の内側や完全養生した足場内など、可燃性ガスが滞留しやすい場所では換気を行う必要があるとしている。また、安衛則 280 条では換気を行った場合でも、可燃性ガス爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所においては、防爆性能を有する防爆構造電気器具を使用しなければならないとされており、文献 11) においても引火性ガスが発生する場合には防爆型照明灯を使用して引火爆発を防止すると示されている。一方で、首都高速 3 号渋谷線高架下の塗装塗替工事の火災では、200W の白熱球にシンナーが付着したことが出火の原因とされており 5)、可燃性ガス爆発環境以外であっても火災が発生するリスクが伴うことを明示している。

送風機、排風機などの換気装置においても、防爆性能を有さない場合は、箱桁の内側等の可燃性ガス爆発の危険のある場所で使用してはならず、箱桁の外側などに設置する。

iii) 全体換気（関連法令：有機則2、5、10、17、33、34条）

有機溶剤中毒予防規則では、鋼橋の閉断面部材の内側や完全養生した足場内は屋内作業場に定義され、有機溶剤の発散源に対し換気装置等を設けることを義務付けている。これを受け、一般には送風機、排風機による全体換気と防毒マスクを併用している。そして、火災防止の面からも、全体換気は可燃性ガス濃度を低下させるうえで必要な処置である。

箱桁や橋脚の内側に対する送排気はマンホールやハンドホールを利用するため、これの設置場所は架設・点検の作業性だけでなく、換気効率を考慮し配置することが望まれる。一般にマンホールは桁端部などに設置され、架設時や点検時の桁内へのアプローチに使用され、ハンドホールは架設時のボルトや足場板の受け渡しを目的に上フランジの継手部近傍に設置される。

全体換気設備の配置計画については、有機則 2 条、17 条で有機溶剤の消費量と全体換気装置の必要性能が整理されており参考になる。



写真-4.3.14 ハンドホールを利用した全体換気の例

表-4.3.16 有機溶剤の許容消費量と換気量（有機則第二条、第十七条）

消費する有機溶剤の区分	有機溶剤等の許容消費量	1分間あたりの換気量
第1種有機溶剤等	$W_a = 1/15 * A$	$Q = 0.30 * W$
第2種有機溶剤等	$W_a = 2/5 * A$	$Q = 0.04 * W$
第3種有機溶剤等	$W_a = 3/2 * A$	$Q = 0.01 * W$
<p>W_a : 作業時間1時間に消費する有機溶剤等の許容消費量 (単位 g/h)</p> <p>W : 作業時間1時間に消費する有機溶剤等の消費量 (単位 g/h)</p> <p>A : 作業場の気積 (床面から4mを超える高さにある空間を除く。ただし、気積が150m³を超える場合は、150m³とする。) (単位 m³)</p> <p>Q : 1分間あたりの換気量 (m³/min)</p>		

4) 塗替え塗装作業における留意点

塗替え塗装作業については、旧塗膜の鉛化合物、六価クロム化合物及びPCB等の有害物質を含む場合に配慮して、旧塗膜を飛散させずに除去する方法として湿式塗装剥離剤を用いた既設塗膜の除去を行う場合がある。

表-4.1.2主要塗装剥離剤一覧に示すように、湿式の塗装剥離剤については、塗料と比較して特別引火しやすい材料ではない。

ただし、剥離剤で落としきれなかった塗膜をシンナー類で落とそうとする作業を行う場合は、非常に危険な作業であることを認識しなければならない。

塗装剥離作業の吊り足場は、当然塗料が飛散ないように密閉空間となっており、そのような場所で塗装剥離作業に引火点の低いシンナー等 (-9℃) の材料を使用すれば、施工箇所に近接した足場内は可燃性の混合物で常に満たされている状態になる。

そのような空間で材料に直接炎を付けなくても、足場内での喫煙はもとより、動力工具処理による塗膜の除去についても火花から引火する恐れがある。

塗替え塗装作業時には、上記を踏まえて作業手順を検討するとともに、足場内の火気厳禁の徹底を遵守しなければならない。

また、塗膜除去時に発生した廃棄物は、火災時の延焼の拡大を防ぐためにも、足場上から日々撤去することが望ましい。

5) 近接する工区に関する留意点

工事が工区分けされている場合、近接する他工区で火災リスクを伴う作業をしていることも考えられ、自社の工区の防火対策だけでは不十分な場合も考えられる。

近接する工区がある場合にはその工区との作業の調整を行うなど、防火対策に留意する必要がある。

参考文献

- 1) 公益社団法人 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧，2014.3
- 2) 全国高圧ガス溶材組合連合会，一般社団法人 日本溶接協会：ガス溶断器の点検のお願い
- 3) 鈴木春義：最新溶接ハンドブック，山海堂，1963
- 4) 一般社団法人 日本溶接協会：現場溶接施工管理の手引き，2007.6(2013.6 改訂)
- 5) 首都高速道路(株)：渋谷区南平台町付近（高速3号渋谷線高架下）の火災に関する再発防止対策について，プレスリリース，2014.4