

チタン箔シートによる重防食塗膜の耐食性補強マニュアル(案)

平成18年7月

独立行政法人 土木研究所
材料地盤研究グループ (新材料)

目次

1. 総則	1
1.1 適用範囲	
1.2 用語	
2. チタン箔シートの重防食塗膜への適用	4
2.1 適用の基本	
2.2 チタン箔シート	
2.3 チタン箔シートを適用した防食設計	
2.4 新設塗装への適用	
2.5 既設橋梁の塗替塗装への適用	
3. 施工及び施工管理	14
3.1 新設橋梁への施工	
3.1.1 施工手順	
3.1.2 工場での施工	
3.1.3 現場施工	
3.1.4 その他	
3.2 既設橋梁への施工	
3.2.1 塗装仕様と施工手順	
3.2.2 施工	
3.3 施工管理	
3.3.1 品質管理	
3.3.2 施工管理	
4. 維持管理	26
4.1 一般	
4.2 点検種類	
4.3 点検結果の記録	
4.4 点検結果の評価	
4.5 応急処置	
5. チタン箔シートの補修	33
5.1 一般	
5.2 補修作業	
5.2.1 施工手順	
5.2.2 施工	
5.3 施工管理	
参考文献	40

1. 総則

1. 1 適用範囲

本マニュアルは、塗装鋼橋の重防食塗膜における耐食性を補強するために用いるチタン箔シートの設計・施工・維持管理に適用する。

[解 説]

鋼橋は、すでに多数のストックがあるため、鋼橋塗装は耐久性・耐食性の向上を図り塗替え周期を長期化して、その維持管理費用を削減することが求められている。

このため、海上・海岸などの厳しい腐食環境の鋼橋に適用されている重防食塗装系を、一般環境の橋梁にも適用して塗膜の長寿命化を図り、鋼橋の防食ライフサイクルコスト（LCC：Life Cycle Cost）を軽減することを鋼道路橋塗装・防食便覧（平成17年度版）では目指している。

重防食塗膜の弱点は、外力による損傷と、十分な膜厚が確保されにくい部材端部などである。このような部位に耐食性に優れたチタンを貼り付けて重防食塗膜の耐久性および信頼性を向上させることは、鋼橋の防食ライフサイクルコストを低減する観点から意義は大きい。

チタン材料は、比重が鉄やステンレス鋼のおよそ60%と軽量で、ステンレス鋼よりも耐食性に優れ腐食しない。この軽量で耐食性に優れたチタン材料を薄い箔状に延ばして、耐久性のある基材テープと一体化したチタン箔シートを重防食塗膜の弱点部の補強に適用することによって、重防食塗膜の耐久性と耐食性を確保することが可能となる。

このためチタン箔シートを塗装鋼橋に適用する際の設計・施工、維持管理に関する技術的な留意点を整理してマニュアルとしてまとめた。

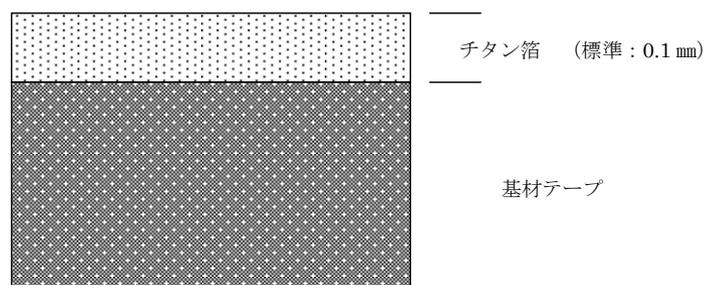
1. 2 用語

本マニュアルで使用する用語は以下のように定義する。

- (1) 塗膜補強
外力等で損傷を受け易い部位や塗膜厚を確保しにくい部位などの重防食塗膜の弱点部をチタン箔で補強すること。
- (2) チタン箔
耐食性に優れたチタンを薄く延ばして、厚さが0.02～0.1 mm程度の薄い箔状に加工したもの。
- (3) 基材テープ
厚さがおよそ1.0 mm程度の基材と接着剤あるいは粘着材によって構成されたチタン箔を鋼材に貼り付けるために用いるテープ。
- (4) チタン箔シート
チタン箔と基材テープを一体化した、厚さがおよそ1.0 mm程度のシート。
- (5) チタン用プライマー
チタン箔に塗装を行う場合に、チタンとの付着性を確保するために塗付する塗料。
- (6) ボルトキャップ
連結部などのボルト部の防食性を確保するための、プラスチック、あるいはチタン箔などでできたボルト部用の保護材。
- (7) 面粗し
塗料の付着性を確保するために不織布研磨材などで研磨し、表面を粗面化すること。
- (8) コーナー部
鋼桁のように、腹板とフランジをT継手で溶接した溶接部付近。

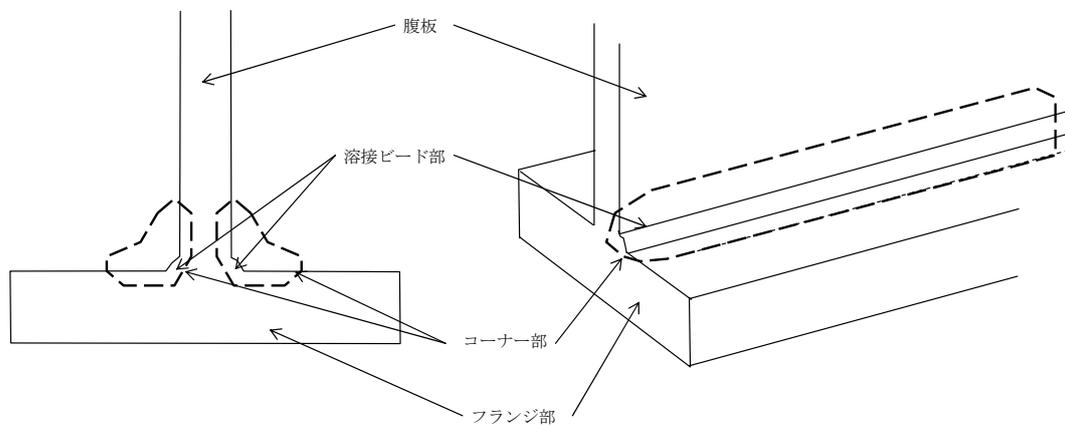
〔解説〕

1. 部材端部など打てん傷を受け易い部位の塗膜を補強すること。橋梁などの塗装において、塗付面の角や施工し難い部位では塗膜厚不足が起り、塗膜の弱点部ができやすい。そこで、塗膜の弱点部を補って景観や防食性のような塗装の役割を保持する。
2. 本マニュアルで使用するチタンはJIS-H-4600純チタンとする。
3. 基材、接着剤・粘着材の種類に応じて多様な種類が存在する。
4. 基材テープによって被防食面、塗膜補強部に付着する。そしてチタン箔によって、酸素や水、Cl⁻などの腐食因子の鋼材面への侵入を遮断する。チタン箔シートを図解1.2.1に示す。



図解 1.2.1 チタン箔シート

5. チタン面に塗膜を十分付着させるために塗付する塗料。他にはアルミニウム面あるいはステンレス面など非鉄金属用のプライマーが存在する。
6. 保護材内に防錆剤が塗付され、ボルト・ナット部に専用の動力工具を用いて打設する。
7. 平坦で滑らかな面は、塗料が付着しにくいいため、不織布研磨材などで塗装面を研磨し、表面を粗面化して塗膜の付着性を確保する。
8. 多くのコーナー部には溶接ビードがあり、チタン箔シートを適用した場合の注意すべき部位である。コーナー部の例を図解 1.2.2 に示す。



図解 1.2.2 コーナー部

2. チタン箔シートの重防食塗膜への適用

2. 1 適用の基本

チタン箔シートを塗装橋梁に適用する際には、以下の基本事項に留意する。

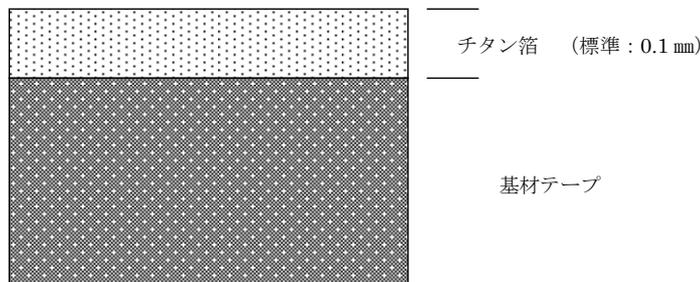
1. チタン箔シートは、重防食塗膜の弱点部の補強に適用する。
2. チタン箔シートの施工範囲は、重防食塗膜の補強の必要性和経済性、施工性などを考慮して決定する。
3. チタン箔シートは、下塗り塗装の代わりに適用することができる。
4. チタン箔シートを適用した部位も、定期的に点検を行う。

〔解説〕

1. 橋梁塗装は、防食下地に防食性能に優れたジンクリッチペイントを塗付し、遮断性能に優れた下塗り、耐候性に優れた上塗りを施す重防食塗装が基本となっている。重防食塗装は、海上橋などの厳しい腐食環境においても高い防食性を発揮しており、一般環境では塗替え塗装間隔の長期化が期待されている。

しかし、素地調整が十分に行えない現場連結部や塗料が付着しにくい部材の角部は発錆し易い部位であり、重防食塗膜の弱点部となっている。

このような重防食塗膜の弱点部の補強方法として、耐食性に優れたチタンを薄く延ばして箔状にしたものと、耐久性のある基材テープを一体化したチタン箔シートを貼り付ける方法がある（図解 2.1.1 参照）。チタン箔シートは、薄く軽量であり橋梁塗装に適用しても自重の増加は無視できる程度である。またチタン箔シートが薄くてしなやかであるため、加工性がよく手作業によって橋梁部材に合わせて貼り付ける事ができる。



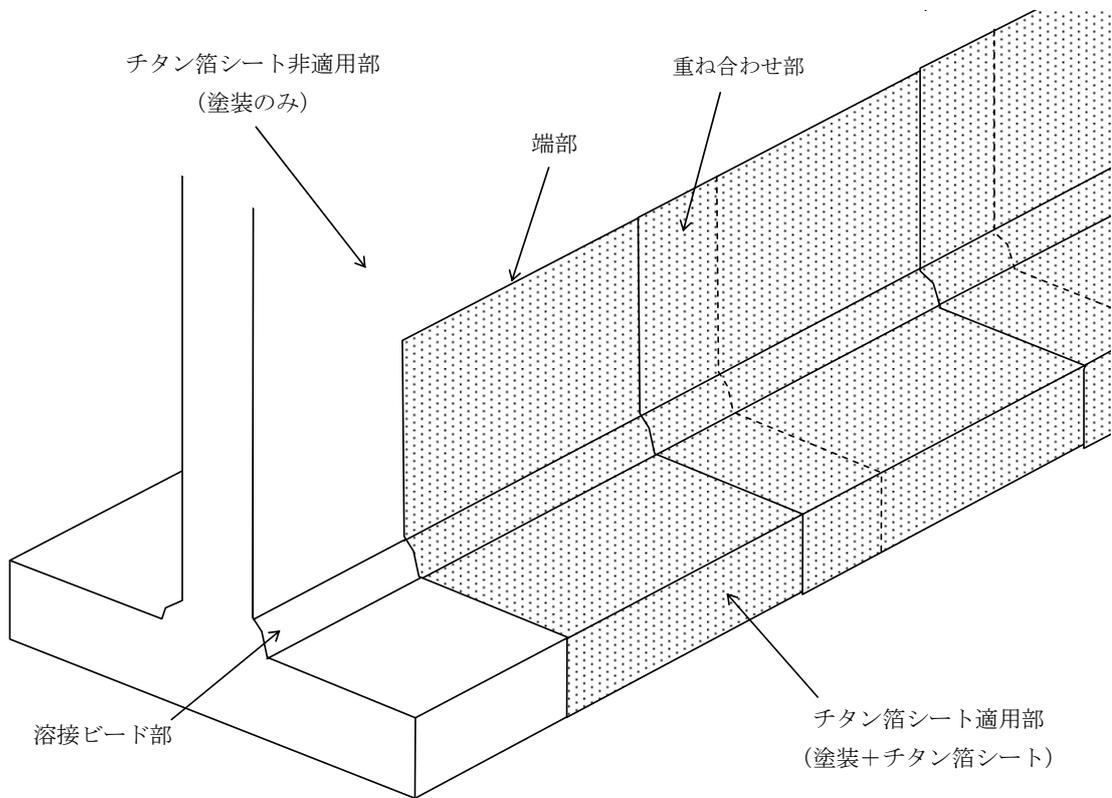
図解 2.1.1 チタン箔シートの構成

チタン箔シートを適用する場合も、重防食塗装は鋼道路橋塗装・防食便覧に従う。新設塗装時の塗装系は C-5 塗装系を、既設塗替え塗装系は Rc- I 塗装系を適用する。

2. チタン箔シートを適用して重防食塗膜の弱点部を補強することはできるが、塗装面全体にチタン箔シートを適用するとコストが増加するため鋼部材全てに適用するのではなく、特に塗膜の耐食性補強が必要な部位に貼り付けることが望ましい。所要の目的を達成するために防食設計を行う。
3. チタン箔シートは、酸素や水分などの腐食因子の遮断性に優れている。そこで重防食塗装にチタン箔シートを適用する場合は、下塗り塗装の代わりとして用いることができる。例えば、ジンクリッチペイント、ミストコートを塗付した後にチタン箔シートを貼り付けて、チタン箔表面にチタン用プライマーを塗付し中塗り、上塗り塗装を施す。（表解 2.1.1、図解 2.1.2 参照）

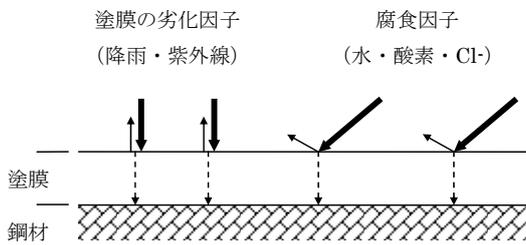
表解 2.1.1 チタン箔シートの適用仕様例

塗装工程	素地調整	防食下地	ミストコート	チタン箔シート	チタン用 プライマー	中塗り	上塗り
チタン箔シート 適用部	ブラスト処理 ISO Sa2.1/2	ジンクリッチ ペイント 600g/m ² 75 μm	下塗り塗料 160g/m ²	チタン箔 +	チタン用 プライマー	中塗り塗料 170g/m ² 30 μm	上塗り塗料 140g/m ² 25 μm
チタン箔シート 非適用部				下塗り			

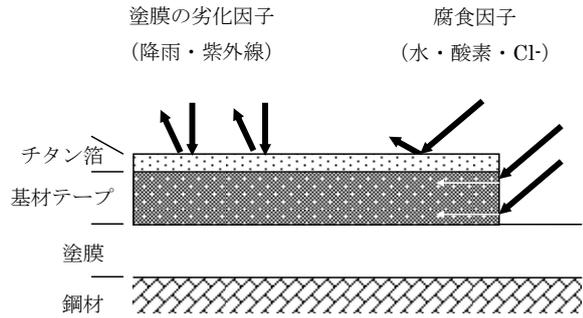


図解 2.1.2 チタン箔シートを適用した下フランジ

4. 塗装は、防食性や耐候性などそれぞれの機能をもった塗料を塗り重ねて塗膜を形成することによって、水、酸素などの腐食因子の侵入を抑制している。そのため降雨や紫外線などにより塗膜劣化が進展すると鋼材は腐食する（図解 2.1.3 参照）。チタン箔シートを貼り付けた時の防食は、チタン箔表面で腐食因子の侵入を遮断し、基材テープによって塗膜面との付着を確保している。よってチタン箔シートの防食効果は端部、重ね合わせ部からの腐食因子の進入は、基材テープの付着性の低下で決まる（図解 2.1.4 参照）。



図解 2.1.3 塗装の防食メカニズム



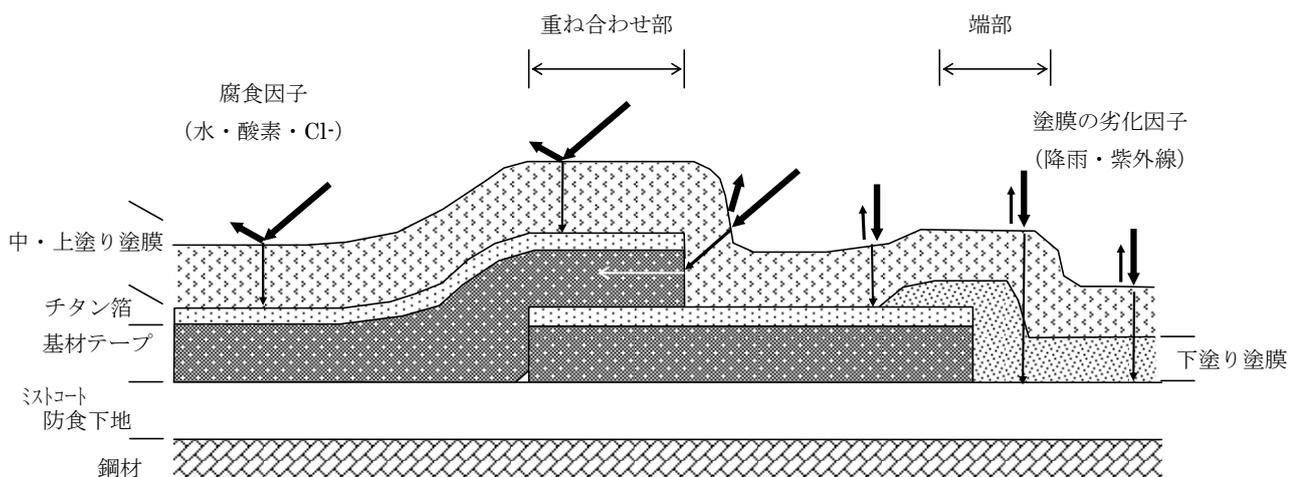
図解 2.1.4 チタン箔シートを貼り付けた時の防食メカニズム

塗装の中・上塗りをチタン箔シートの上にも塗装をすることによって、橋梁の色彩が統一され景観性も向上すると共に、チタン箔シート端部や重ね合わせ部からの腐食因子の侵入を抑制し、チタン箔シート端部と重ね合わせ部の防食性を高めることができる。(表解 2.1.2、図解 2.1.5 参照)

そのため施工は、端部に浮きやしわがよらないように特に注意する必要がある。また維持管理は、チタン箔シート端部や重ね合わせ部に注意して、定期的な点検を行うことが必要である。

表解 2.1.2 チタン箔シートの防食メカニズム

部位	内 容
表面	チタン箔表面では、上塗りと中塗り塗膜が劣化しても、水、酸素や塩化物イオン (Cl ⁻) などの腐食因子の侵入をチタン箔が遮断するため腐食を防止できる。また、チタン箔が紫外線を遮断するため、チタン箔の下層の塗膜劣化を防止できる。
端部、重ね合わせ部	チタン箔シート端部では、腐食因子の侵入は塗膜とチタン箔シート (基材テープ) の付着によって防止している。チタン箔シートの適用に当たっては、耐久性を確認されたものを使用する。



図解 2.1.5 チタン箔シートを重防食塗膜に適用したときの防食メカニズム

2. 2 チタン箔シート

チタン箔シートはチタン箔と基材テープにより構成される。

[解 説]

1. チタン箔はJIS H 4600 に準じて、製品検査に合格したものを使用する。
2. チタン箔の厚みを増すと耐衝撃性は増加するが、剛性も増加するため対象橋梁の形状に合わせて折り曲げ加工しにくくなり、橋梁貼付部の形状に追従しにくいため折り曲げ部周辺では、橋梁貼付面とチタン箔シートの付着性を確保しにくい（スプリングバックによるはく離）。また、時間の経過に伴い、残留応力によってチタン箔シートがはがれやすくなる恐れがある。
そこで、塗装との付着性と曲げ加工性を考慮してチタン箔の厚さは0.1 mmを標準とし、連結部やリブ周辺の折り曲げ加工などが必要な部分においては、0.05 mm以上であれば薄いチタン箔を適用しても良い。
3. 基材テープは、塗膜やチタン箔に確実に付着し、十分な耐久性を有することを確認されたものを使用する。基材テープと塗膜あるいはチタン箔との付着性は、チタン箔シート端部における防食性を左右するので、基材テープは水分や塩分、熱などに対する耐久性を確認された材料を選定する。
これまでの試験によって、ブチル基材アクリル接着剤テープを標準とする。性能を確認されていない基材テープは、標準としたテープと比較試験を実施して同等以上の耐久性を有することを確認すること。比較試験の例として、研究報告書にて実施した 5.2 章、6.2 章の試験が考えられる。

2. 3 チタン箔シートを適用した防食設計

チタン箔シートの防食設計は、防食性と経済性を考慮してチタン箔シートの貼り付け範囲・重ね合わせを設計する。
また、橋梁点検において疲労亀裂などの点検を行う部位へのチタン箔シートの適用は十分に検討する。

〔解説〕

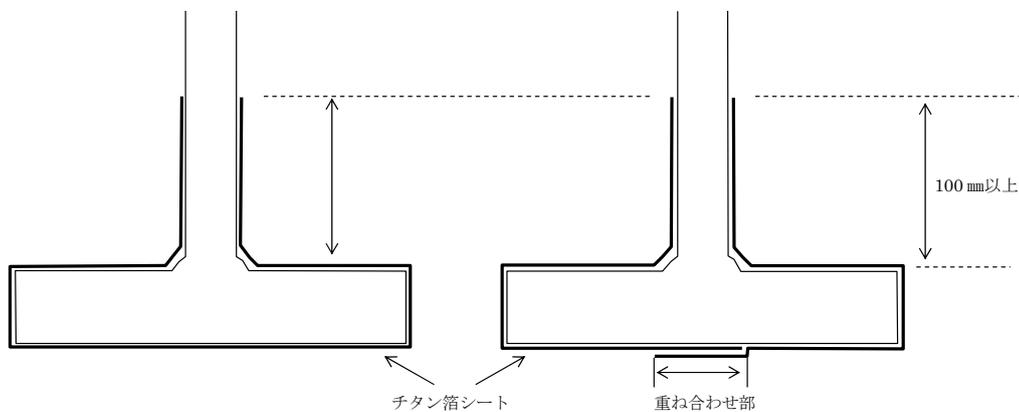
チタン箔シートの防食設計を行う際の留意点を以下に示す。

1. チタン箔シート貼り付け・重ね合わせ部は、十分な付着性を確保する。

(1) チタン箔シートを貼り付ける場合は、十分な付着性を確保する。

① 桁下フランジ周辺

付着性と作業性を考慮して、腹板の貼り付け高さは下フランジの立ち上がり 100 mm以上が望ましい。また、重ね合わせはフランジ下面で行うようにして、50 mm以上の重ね合わせ長さを確保する。

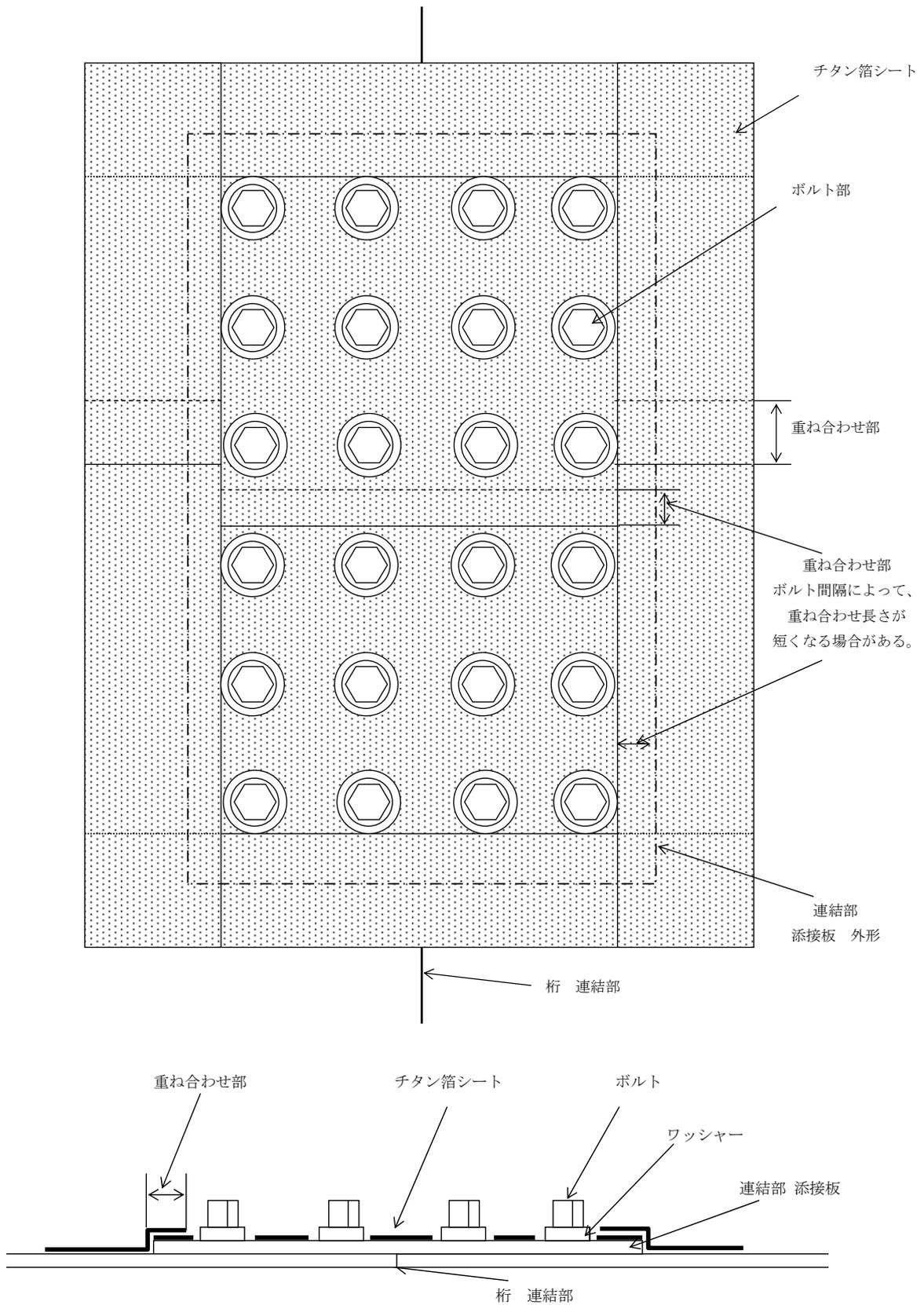


図解 2.3.1 桁下フランジ周辺の貼り付け例

図解 2.3.1 に示すように、下フランジの断面方向を 1 枚のチタン箔シートで貼り付ける方法と、下フランジ下面で 2 枚のチタン箔シートを重ね合わせて、下フランジに貼り付ける方法がある。

② 連結部 添接板周辺

図解 2.3.2 に示すように、連結部添接板とその周辺をチタン箔シートで貼り付ける。添接板のボルト部分を事前加工によって整形しておくが良い。まず、添接板部分のチタン箔シートから貼り付け、その後、添接板周辺を囲うようにチタン箔シートを貼り付ける。添接板部分ではチタン箔シートを何枚かに分割して貼り付けると施工性が良い、桁下向きに重ね合わせをするようにする。

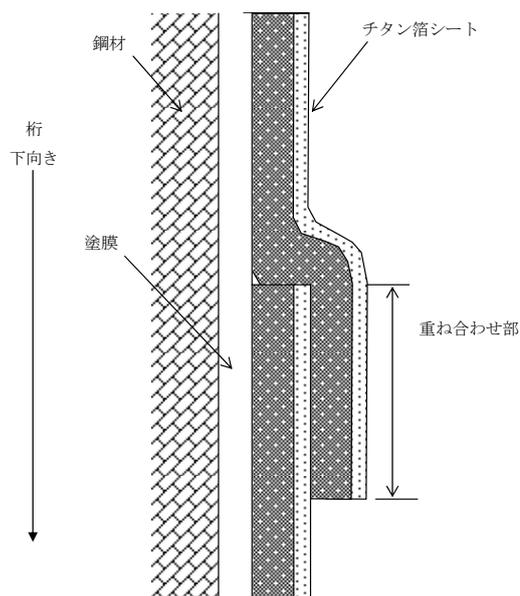


図解 2.3.2 連結部 添接板周辺の貼り付け例

(2) チタン箔シート重ね合わせ部は、防食上注意しなければならない部分である。そこでチタン箔シートの性能を理解して重ね合わせ長さを決定する。標準としたブチル基材アクリル接着剤テープの重ね合わせ長さは 50 mmとする。

連結部やリブ周辺などで重ね合わせ長さを十分に確保できない場合は、チタン箔シート端部をシールして腐食因子の侵入を防ぐ対策を講じることが望ましい。

また、チタン箔シートの重ね合わせ部は、防食上注意しなければならない部分であるため、腹板などでは桁の下向きとし、腐食因子の侵入しにくい位置で行う（図解 2.3.3 参照）。

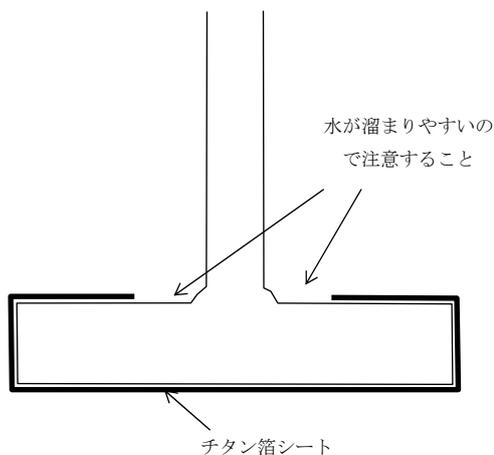


図解 2.3.3 腹板などでのチタン箔シートの重ね合わせ

2. チタン箔シートの塗膜補強効果を低下させる貼り付けは行わない。

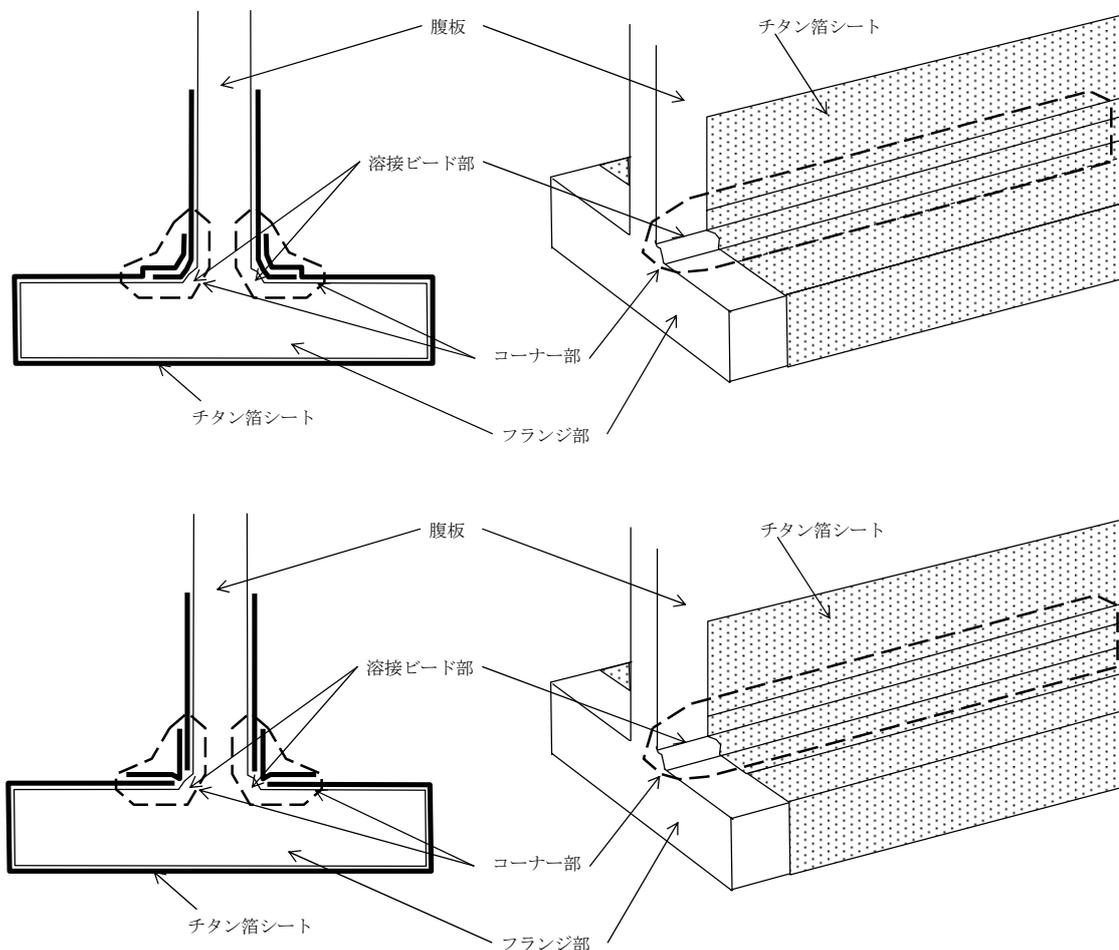
行ってはならない貼り付けの例を以下に示す。

(1) 水が溜まり易い貼り付け



図解 2.3.4 水が溜まり易い貼り付け

(2) 腹板とフランジ部とのコーナー部延長方向での重ね合わせを行う貼り付け



図解 2.3.5 腹板とフランジ部とのコーナー部延長方向での重ね合わせを行う貼り付け

腹板とフランジ部とのコーナー部（以下、コーナー部）は腐食因子の侵入起点になりやすい部分であるため、特に注意しなければならない。図解 2.3.4 や図解 2.3.5 のように貼り付けは、コーナー部延長方向に腐食因子の侵入しやすいので、上記のような貼り付けは行ってはならない。

3. チタン箔表面は、滑らかで塗膜が付着しにくいので、面粗しすることによってチタン箔表面を粗面化して塗膜（チタン用プライマー）の付着性を確保すること。
4. チタン箔シートは、施工性と経済性を考慮しチタン箔シートの大きさと重ね合わせ部の位置と箇所数が、最良になるように設計しなければならない。場合によっては、施主あるいは管理者との協議のもと、対象橋梁の事前調査等をおこない設計に反映することが望ましい。
5. ボルト連結部などの複雑な形状の部分においては、チタン箔シートを対象橋梁に適切に施工できるように、事前加工を行う。事前加工は寸法や大きさを十分確認・検討し、加工あるいは保管時にチタン箔シートに、傷やしわが付かないように、十分注意して行わなければならない。

2. 4 新設塗装への適用

新設塗装橋梁へチタン箔シートを適用する際の留意点を以下に示す。

1. チタン箔シートは防食下地、ミストコートを塗付してから下塗り塗料の替わりとして適用する。
2. チタン箔表面は面粗しして、チタン用プライマーを塗付する。
3. チタン箔シート貼り付け後、チタン箔シート端部にパテ材などを塗りつけることが望ましい。
4. チタン箔シート非適用部の下塗り塗装は、チタン箔シート端部に塗り重ねるように塗付し、チタン箔シート端部をシールする。
5. 連結部などを現場施工する場合は、チタン箔シート塗膜補強効果を低下させないようにする。

〔解説〕

1. 新設橋梁に適用する場合の塗装仕様は、工場塗装で行われる C-5 塗装系を標準とする。チタン箔シートは下塗り塗装の替わりに適用し、無機ジンクリッチペイント／ミストコートを塗付後にチタン箔シートを貼り付ける。
2. チタン箔表面は塗膜の付着性を高めるため必ず面粗しを行う。チタン箔シート貼り付け後に面粗しをする場合は、作業中にチタン箔シートの端部がめくり返らないように注意して行う。
また、チタン箔表面には、必ずチタン用プライマーを塗付して次の塗装との付着性を高める。
3. チタン箔シート貼り付け後、チタン箔シート端部にパテ材などを塗りつけることで、チタン箔シート端部防食性の信頼を高めることができる。
溶接ビード部などでは、貼付面とチタン箔シートの間にはすき間を生じることがあるため、チタン箔シート端部からの腐食因子が侵入する恐れがある。そこで、チタン箔シート端部をエポキシ樹脂系パテ材などを塗り付けることで、チタン箔シート端部からの腐食因子の侵入を抑制することができる。次工程はエポキシ樹脂系パテ材が十分硬化してから行う。
4. チタン箔シート非適用部に塗付する下塗り塗装は、チタン箔シート端部に載るように塗付し、チタン箔シート端部のシール性を高めるようにすること。
5. 連結部などチタン箔シート貼り付けを含めた塗装作業が現場で行われる場合は、チタン箔シートの防食性能・塗膜補強効果が低下しないように適切に施工すること。現場で貼り付けするチタン箔シートは、必ず工場施工のチタン箔シートと重なるように貼り付ける。ボルト連結部の添接板部は、チタン箔シートを事前加工すると共に、ボルトキャップを併用して防食性を高めることができる。また、橋梁部材を現場へ輸送、架設する場合は、チタン箔シート部に大きな損傷を与えないように養生しをうこと。

2. 5 既設橋梁の塗替塗装への適用

一般塗装系が塗装されている既設橋梁へのチタン箔シートを適用する際の留意点を以下に示す。

1. 下地処理は適切に行い、浮き錆は完全に除去する。
2. チタン箔シートは防食下地／不陸調整の後に下塗り塗料の替わりとして適用する。
3. チタン箔表面は面粗しして、チタン用プライマーを塗付する。
4. チタン箔シート貼り付け後、チタン箔シート端部にパテ材などを塗りつけることが望ましい。
5. チタン箔シート非適用部の下塗り塗装は、チタン箔シート端部に塗り重なるように塗付し、チタン箔シート端部をシールする。
6. 現場施工では、チタン箔シートの防食性能・塗膜補強効果を低下させないように施工すること。

[解 説]

1. 下地処理によって、チタン箔シートによる防食性能・塗膜補強効果の低下が起こることがあるため、下地処理は適切に行うこと。特に浮き錆は完全に除去し、ボルト部や連結部のような下地処理の困難な部分では注意すること。
2. 既設橋梁に適用する場合の塗装仕様は、Rc-I 塗装系を標準とする。チタン箔シートは下塗り塗装の代わりに適用できる。チタン箔シート貼付面に大きな凹凸があると、チタン箔シートの付着性を確保することができないため、防食下地後に、不陸調整を行う。それからチタン箔シートを貼り付ける。チタン箔シートの端部に当たる部分においては、腐食因子の侵入起点になりうるので確実に行う。
3. チタン箔シートは必ず面粗し塗膜の付着性を高める。チタン箔シート貼り付け後に面粗しをする場合は、作業中にチタン箔シートの端部がめくり返らないように注意して行う。
また、チタン箔表面には、必ずチタン用プライマーを塗付して次塗装との付着性を高める。
4. 溶接ビード部などでは、貼付面とチタン箔シートの間に隙間を生じることがあるため、チタン箔シート端部からの腐食因子が侵入する恐れがある。そこで、チタン箔シート端部をエポキシ樹脂系パテ材などを塗り付けることで、チタン箔シート端部からの腐食因子の侵入を抑制することができる。エポキシ樹脂系パテ材が十分硬化してから次工程を行う。
5. チタン箔シート非適用部に塗付する下塗り塗装は、必ずチタン箔シート端部に塗り重ねるように塗付して、チタン箔シート端部のシール性を高めるようにする。
6. 連結部やボルト部などでは、塗装作業やチタン箔シート貼り付け作業がしにくいいため、チタン箔シートの防食性能・塗膜補強効果が低下しないように適切に施工する。ボルト連結部の添接板部は、チタン箔シートを事前加工すると共に、ボルトキャップを併用して防食性を高めることができる。

3. 施工および施工管理

3. 1 新設橋梁への施工

3. 1. 1 施工手順

塗装仕様は、鋼道路橋塗装・防食便覧の C-5 塗装系とする。また、施工手順に従って適切に施工を行わなくてはならない。

〔解説〕

(1) 新設橋梁に適用する場合の塗装仕様は、工場塗装で行われる C-5 塗装系とする。チタン箔シートの貼り付けは、無機ジンクリッチペイント／ミストコートの上に貼り付ける。チタン箔表面は必ず面粗してチタン用プライマーを塗付してから次の塗装を行う。チタン箔シート非適用部では、ミストコート塗付後に下塗り塗料をチタン箔シート端部に載るように塗付する。塗装仕様を表解 3.1.1 と 3.1.2 に示す。

表解 3.1.1 新設橋梁に対する塗装仕様 その1 製鋼工場塗装 (C-5 塗装系)

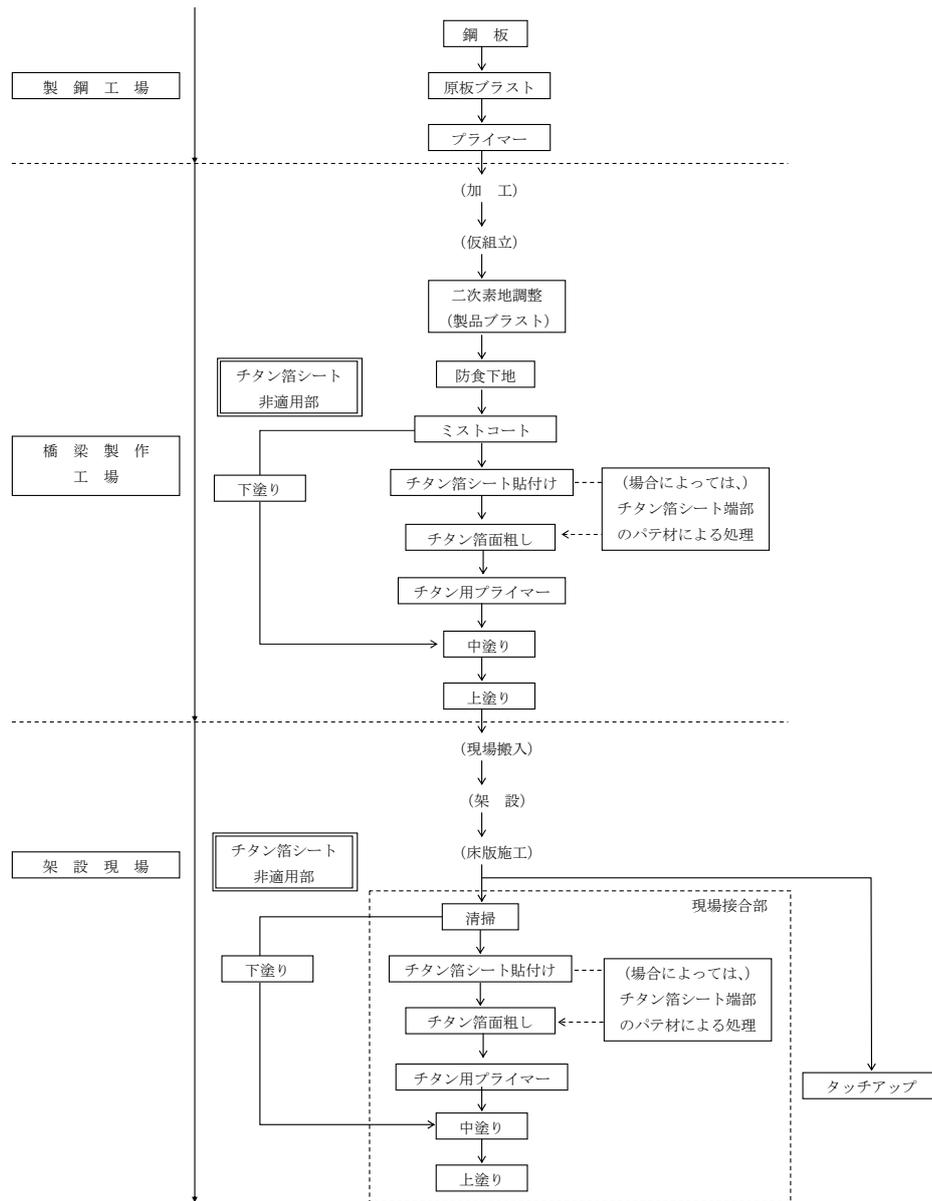
塗装工程	製鋼工場			
	素地調整	間隔	プライマー	間隔
仕様	ブラスト処理 ISO Sa2.1/2	4 時間 以内	無機ジンクリッチプライマー 160g/m ² (15 μm)	6 ヶ月以内

表解 3.1.2 新設橋梁に対する塗装仕様 その2 橋梁製作工場塗装 (C-5 塗装系)

塗装工程	橋梁製作工場											
	2次素地調整	間隔	防食下地	間隔	ミストコート	間隔	チタン箔シート	チタン用プライマー	間隔	中塗り	間隔	上塗り
チタン箔シート適用部	ブラスト処理 ISO Sa2.1/2	4 時間以内	無機ジンクリッチペイント 600g/m ² 75 μm	1 日 ~ 10 日	エポキシ樹脂塗料下塗り 160g/m ²	1 日 ~ 10 日	チタン箔 + 基材テープ	チタン用プライマー 130g/m ² (30 μm)	1 日 ~ 10 日	ふっ素樹脂塗料用中塗り 170g/m ² 30 μm	1 日 ~ 10 日	ふっ素樹脂塗料上塗り
チタン箔シート非適用部							下塗り エポキシ樹脂塗料下塗り 540g/m ² 120 μm					140g/m ² 25 μm

- ・使用量はスプレーの場合を示す。
- ・塗装間隔の下限は 20℃の場合を示す。温度が低い場合は塗膜の乾燥状態を調べ硬化乾燥していることを確認して塗料を塗り重ねる。
- ・プライマーとミストコート、チタン用プライマーの膜厚は総膜厚に加えない。
- ・チタン箔シート端部をパテ材などでシールしてもよい。
- ・チタン箔シートのチタン箔表面は、不織布研磨剤などで面粗してチタン用プライマーを塗付する。
- ・下塗り塗装は、チタン箔シート端部に載るように塗付して、チタン箔シート端部をシールすること。

(2) 作業手順を図解 3.1.1 に示す。



図解 3.1.1 施工手順

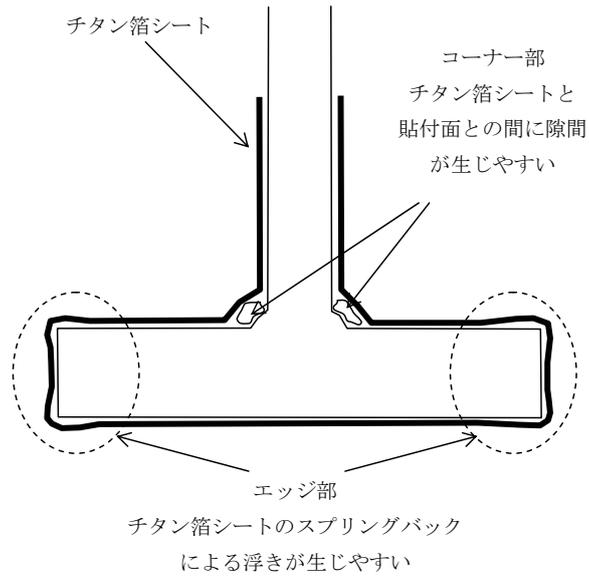
- ① 製鋼工場において原板ブラストを行って黒皮を除去し、無機ジंकリッチプライマーを塗付する。
- ② 橋梁製作工場において部材に加工した後、ブラストによる二次素地調整を行い、防食下地／ミストコートを塗付する。その後チタン箔シートを貼り付け、チタン箔表面を面粗してチタン用プライマーを塗付する。チタン箔シート非適用部では、チタン箔シート端部に載るように下塗り塗料を塗付し、塗装面全面に中塗り、上塗り塗料を塗付する。チタン箔シート貼り付け後にパテ材などをチタン箔シート端部に塗りつけることで、チタン箔シート端部の防食性の信頼を高めることができる。
- ③ 架設現場に部材を搬入し架設やコンクリート床版の施工を行った後、塗装やチタン箔シートの損傷のタッチアップを行う。また、現場接合を実施する場合は、貼り付け面を清掃しチタン箔シートを貼り付け、チタン箔表面に面粗してチタン用プライマーを塗付する。チタン箔シート非適用部では、チタン箔シート端部に載るように下塗り塗料を塗付し、塗装面全面に中塗り、上塗り塗料を塗付する。チタン箔シート貼り付け後にパテ材などをチタン箔シート端部に塗りつけることで、チタン箔シート端部の防食性の信頼を高めることができる。チタン箔シート適用部が損傷することのないように、十分な養生で運搬、架設作業ができるように対策をとる。

3. 1. 2 工場での施工

工場施工は、その施工の良否により防食性能、チタン箔シートの塗膜補強効果を大きく左右するので適切に作業を行わなければならない。

〔解説〕

1. 塗装作業は、鋼道路橋塗装・防食便覧に準拠して行い、膜厚不足となる部分は、はけにより先行塗装を行う。チタン箔シート端部では、塗料の塗膜厚不足が起こるのではけによって先行塗装を行う。
中塗り、上塗り塗装でも、チタン箔シート端部の先行塗装を行いチタン箔シート端部での塗膜厚不足に注意する。
2. チタン箔シート貼付作業
 - (1) チタン箔シート貼付面に塗料のタレやホコリ、水分がないように清掃する。特にフランジ上面に付着しやすいので十分確認すること。塗料のタレが残っている場合には拭きとる、あるいは塗料が硬化した後にスクレーパーなどできれいに処理する。
 - (2) チタン箔シート貼り付け作業前に、温度、湿度を確認してチタン箔シートの性能において付着性を確保できる条件であるか確認する。条件が満たされたことを確認して作業を行うこと。また、貼付面に結露が生じていないこと、風による影響が考えられる場合は作業を中断あるいは中止する。
チタン箔シートの種類によっては、貼付時の湿度や温度によって付着性が影響を受ける場合があるので、貼付時の湿度や温度、貼付面の表面温度を測定して付着性が確保できる条件であるか確認する。
 - (3) チタン箔シートは罫書きを行い適切な範囲に貼り付ける。その時、貼付面との隙間や気泡が混入することのないように貼り付け作業を行う（図解 3.1.2 参照）。チタン箔シートの貼り付けでは、ゴム製のヘラなどの工具を使用して貼り付けると良い。チタン箔シート端部は、防食上で最も注意すべき部分であるので、隙間や気泡が混入しないように特に注意する。
チタン箔シート貼り付け時に留意すべき事項を以下に示す。
 - ・ 貼り付けるチタン箔シートが適切な寸法であることを確認すること。
 - ・ チタン箔シート付着面のはく離紙は、チタン箔シート貼り付けの際には一度にはがさず、チタン箔シートに変形やしわが寄らないように注意してはく離する。
 - ・ 気泡が混入しないように、端から気泡を押し出すようにしっかり貼り付けること。
 - ・ 腹板とフランジとのコーナー部あるいはエッジ部などの折り曲げを必要とする部位には、貼付部にチタン箔シートをあてて、貼付部の形状をチタン箔シートにつけてから、はく離紙をはがして貼り付けすると良い。
 - ・ 貼付工具によるチタン箔シートの貼り付けでは、ヘラの角などでチタン箔シートに引っかき傷をつけないように注意する。
 - ・ チタン箔シート貼り付け中では、貼付部以外の部材にチタン箔シートが付着しないように注意する。



図解 3.1.2 チタン箔シートの貼り付けで注意すべき箇所

- (4) チタン箔シート貼り付け時の施工不良は適切に対処する。
 表解 3.1.2 にチタン箔シート貼り付け時の施工不良と対処法を示す。

表解 3.1.2 チタン箔シート貼り付け時の施工不良と対処法

施工不良の事項	対処法
重ね合わせ長さ不足、 貼り付け中のチタン箔シートのしわ・変形、 基材テープにホコリや小石などが付着、 など	1. 異常部をハサミやカッターなどで除去し、適切に貼り付けされた部分はそのまま使用する。 2. 次のチタン箔シートを適切な重ね合わせ長さで貼り付け、設計で決まっている貼付範囲を施工する。 3. 修正位置や内容を記録する。
計画された貼付範囲にチタン箔シートが貼り付けられていない。(貼り付け不足)	不足している部分にチタン箔シート貼り付ける。 (適切な重ね合わせ長さをとる。)

計画されたチタン箔シートの貼付範囲外にチタン箔シートの貼り付けが確認される場合は、貼付時にズレが生じることがあるため貼り付け不足が起きていないか確認する。また、貼付範囲外に付着したチタン箔シートを除去すると、塗膜に損傷を与える可能性があるため、チタン箔シートは除去せずにそのまま使用すること。

- チタン箔シート端部は、チタン箔がめくり返りチタン箔シートが損傷を受ける場合があるので、チタン箔シート端部での面粗し作業は注意すること。
- チタン箔シート端部での、塗装あるいはパテ材によるシールを行う場合は、塗り残しなどの施工不良をなくす。また、パテ材を使用した場合は、パテ材が硬化したことを確認してから、次工程を行う。

3. 1. 3 現場施工

現場施工では防食性能、チタン箔シートの塗膜補強効果の低下が起きないように、現場環境に注意して適切な作業を行わなければならない。

〔解説〕

1. 塗装作業は、鋼道路橋塗装・防食便覧に準拠して行い、気温・湿度には特に注意すること。膜厚不足となる部分ははけにより先行塗装を行う。チタン箔シート端部では、塗料の塗膜厚不足が起こるのではけによって先行塗装を行う。中塗り、上塗り塗装でも、チタン箔シート端部の先行塗装を行いチタン箔シート端部での塗膜厚不足に注意する。運搬中の海塩粒子などにより塩分が塗膜面に付着している場合は、水洗いなどによって、塩分を除去すること。一般的に、塗装に対する許容付着塩分量は、NaCl 50 mg/m²以下とする。(表解 3.1.3 参照)

表解 3.1.3 処理方法別付着塩分除去効果

処理前の付着 塩分量 (NaCl mg/m ²)	水洗		動力工具		動力工具とウェス拭き併用	
	処理後の付着 塩分量 (NaCl mg/m ²)	除去率	処理後の付着 塩分量 (NaCl mg/m ²)	除去率	処理後の付着 塩分量 (NaCl mg/m ²)	除去率
218	20	90%	110	49%	52	76%

注) 付着塩分量は、22ヶ所の平均値

平成2年 鋼道路橋塗装便覧

2. チタン箔シート貼付作業の留意事項を以下に示す。

- (1) チタン箔シートの現場貼付作業では、足場作業が多く、作業しにくい環境となるため、貼付作業には十分注意する。また、強風による作業性の悪化が起こるため注意すること。
- (2) 貼付作業中のチタン箔シート加工は困難であるため、あらかじめチタン箔シートを折り曲げ・切断加工しておくことで作業性が良く、効率的な作業を行える。その際、貼付部の形状にあった加工を行うこと。

3. 1. 4 その他

作業員の安全・健康上の問題を十分注意すべきである。また、チタン箔シートの付着性に気象条件などが悪影響を与える場合があるため、現場の作業環境への配慮は十分留意する。

〔解 説〕

- (1) 足場上では高所作業安全規則を準拠する。
- (2) 現場作業は、チタン箔シートの付着性の低下の恐れがあるため、温度や湿度、風など環境条件に特に注意して、問題を生じる恐れのある場合は、作業の中断や中止をする。
- (3) チタン箔シートの端部は鋭利なため、貼付作業やその他の取扱い、切断作業では保護具を着用し安全作業に努める。

3. 2 既設橋梁への施工

3. 2. 1 施工手順

塗装仕様は、鋼道路橋塗装・防食便覧に従い、標準仕様は Rc- I 塗装系とする。また、施工手順に従って適切に施工を行わなくてはならない。

〔解説〕

(1) 塗装仕様

既設橋梁に適用する場合の塗装仕様は、素地調整を1種で行ない、防食下地に有機ジンクリッチペイントを塗装する Rc- I 塗装系を標準とする。チタン箔シートの貼り付けは、有機ジンクリッチペイント/不陸調整後に貼り付ける。チタン箔表面には必ず面粗してチタン用プライマーを塗付してから次の塗装を行う。チタン箔シート非適用部では、不陸調整後にチタン箔シート端部に載るように下塗り塗料を塗付する。塗装仕様を表解 3.2.1 に示す。

チタン箔シート適用部に凹凸がある場合には、貼付面を不陸調整してからチタン箔シートの貼り付けを行うこと。特にチタン箔シートの端部に当たる部分においては、腐食因子の侵入起点になりうるので、適切に行う。

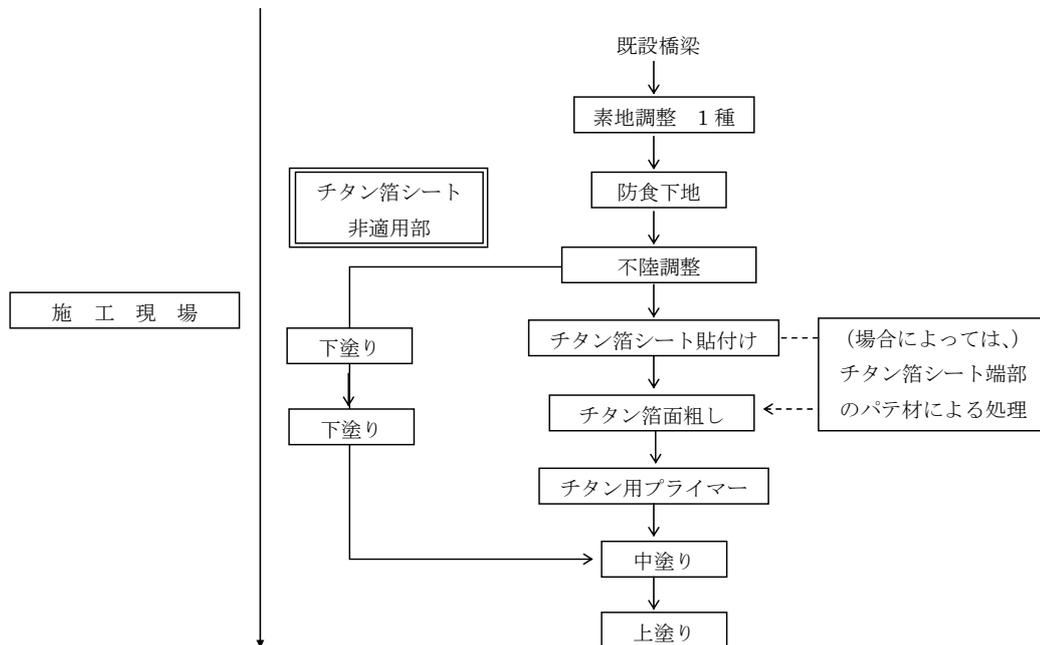
表解 3.2.1 既設橋梁に対する塗装系列 (Rc- I 塗装系)

		現場塗装 (スプレー)										
チタン箔シート	素地調整	間隔	防食下地	間隔	不陸調整	間隔	チタン箔シート	チタン用プライマー	間隔	中塗り	間隔	上塗り
適用部	1種	4時間以内	有機ジンクリッチペイント 600g/m ²	1日 ～ 10日	超厚膜形エポキシ樹脂塗料	1日 ～ 10日	チタン箔 + 基材テープ	チタン用プライマー 130g/m ² (30μm)	1日 ～ 10日	弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料用中塗り 170g/m ²	1日 ～ 10日	弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料上塗り 140g/m ²
非適用部							下塗り					

- ・ 使用量はスプレーの場合を示す。
- ・ 塗装間隔の下限は20℃の場合を示す。温度が低い場合は塗膜の乾燥状態を調べ硬化乾燥していることを確認して塗料を塗り重ねる。
- ・ プライマーとミストコート、チタン用プライマーの膜厚は総膜厚に加えない。
- ・ チタン箔シート端部をパテ材などでシールしてもよい。
- ・ チタン箔シートのチタン箔表面は、不織布研磨剤などで面粗してチタン用プライマーを塗付する。
- ・ 下塗り塗装は、チタン箔シート端部に載るように塗付して、チタン箔シート端部をシールすること。

(2) 施工手順

作業手順を図解 3.2.1 に示す。



図解 3.2.1 施工手順

- ① 既設橋梁に足場架設後、素地調整を行い清掃する。その後、有機ジンクリッチペントを塗付する。
- ② チタン箔シート貼付面の凸凹が大きい部位については、不陸調整を行う。特にチタン箔シート貼付面のチタン箔シート端部に当たる部分は確実にを行う。その後チタン箔シートを貼り付ける。
- ③ チタン箔表面は面粗ししてチタン用プライマーを塗付する。チタン箔シート非適用部に、チタン箔シート端部に載るように下塗り塗料を塗付し、塗装面全面に中塗り、上塗り塗料を塗付する。チタン箔シート貼り付け後にパテ材などをチタン箔シート端部に塗りつけることで、チタン箔シート端部の防食性の信頼を高めることができる。

3. 2. 2 施工

現場施工では防食性能、チタン箔シートの塗膜補強効果の低下が起きないように、現場環境に注意して適切な施工を行わなければならない。

〔解説〕

1. 塗装作業は、鋼道路橋塗装・防食便覧に準拠して行い、気温・湿度には特に注意すること。膜厚不足となる部分は、はけにより先行塗装を行う。特にチタン箔シート端部では、塗料の塗膜不足が起こるのではけによって先行塗装を行う。
施工については特に以下の事項に留意する。
 - (1) 海塩粒子などにより塩分が塗膜面に付着している場合は、水洗いなどによって、塩分を除去すること。一般的に、塗装に対する許容付着塩分量は、NaCl 50 mg/m²以下とする。
 - (2) 溶接部など、素地面は動力工具などによって処理を行う。
 - (3) チタン箔シート貼付面に凸凹がある場合は、塗装による不陸調整を行う。フランジ下面や腹板などで塗装による不陸調整が十分にできない部分については、エポキシ樹脂パテなどで不陸調整を行う。特にチタン箔シート端部に当たる貼付面では不陸調整を適切に行う。
2. チタン箔シートの貼付作業は、「3.1.3 現場施工」と同様に適切に行い、特に以下の事項に留意する。
 - (1) 既設橋梁の適用では、チタン箔シート貼付面に凸凹が存在するため、チタン箔シート貼付時に貼付工具によってチタン箔シートの損傷を与えないようにする。
既設橋梁では、素地調整や不陸調整を行っても凸凹が残る場合がある。凸部はチタン箔シート表面に浮き出ることがあり、そこをヘラなどの貼付工具で押し付けるように貼ると、チタン箔シートに傷が付くことがあるため注意する。
 - (2) 既設橋梁の適用では、チタン箔シート貼付面に凸凹が存在するため、特にチタン箔シート端部に隙間を生じさせない。既設橋梁のチタン箔シート貼付面では、大きな凸凹が存在する場合があるため、チタン箔シートと貼付面との間に隙間を生じやすい。特にチタン箔シート端部での隙間は、塗膜補強効果の低下を招くため、隙間を作らないように注意しなければならない。対策としては、パテ材の塗りつけによるシールが挙げられる。
3. 作業員の安全・健康上の留意事項については、「3.1.4 その他」を参照する。

3. 3 施工管理

3. 3. 1 品質管理

チタン箔およびチタン箔用基材テープの品質は適切に管理する。

〔解 説〕

1. チタン箔およびチタン箔用基材テープを含むチタン箔シートの品質は、以下の事項に留意して行う。
 - (1) 製品出荷時に所定の数量と寸法であること示す資料をつけること。
 - (2) 所定のチタン箔シートが搬入されたか数量と寸法を確認する。場合によっては、付着性を確認すること。
 - (3) 保管場所へチタン箔シートを保管する場合は、日付や数量、寸法の一連の記録と書類を整理保管する。チタン箔シートの寸法が幾つかに分類される場合は、チタン箔シートの寸法に応じて番号を付け管理すると良い。

3. 3. 2 施工管理

施工管理は、施工管理計画を作成して適切に行う。

〔解説〕

1. チタン箔シート貼付作業における施工管理は以下の事項に行う。

(1) 工程管理

適切な施工管理を行うために、工事着手前に必ず現地の状況を十分に調査して、きめ細やかな管理計画を立案することが望ましい。チタン箔シート貼付作業は、材料の量や寸法、作業人員や塗膜硬化の間隔を十分考慮して工程表を作成し、工事の進捗状況を管理する必要がある。

(2) 出来高管理

設計と実際の施工を対比して記録した出来形図形又は出来形表を作成する。

- ① チタン箔シートを含めた塗膜厚を測定し、塗膜厚測定表を作成する。塗膜厚測定表は、チタン箔シート貼り付け前・後、上塗り塗装完了後の結果が望ましい。
- ② 外観検査によってチタン箔シートが貼付範囲に適切に施工されているか検査し、検査表を作成する。

(3) 作業管理

適切なチタン箔シートの塗膜補強効果が得られるように、チタン箔シートの管理やチタン箔シート貼り付け時の環境条件に留意して計画する。

- ① チタン箔シート貼り付け面積を算出し、切断加工などのロス率を見込んで、適量のチタン箔シートを確保しなければならない。
- ② チタン箔と基材テープ、チタン箔シートの品質、厚み、ロット番号、数量を確認しなければならない。
- ③ 激しく変形したチタン箔シートは使用してはならない。
- ④ チタン箔シートの保管は、風雨、直射日光にさらされない安全な場所に保管しなければならない。また、チタン箔シートに変形が生じないように十分留意すること。
- ⑤ チタン箔シートを切断するための道具は、チタン箔シートの切断面が変形しないように整備しておく。
- ⑥ チタン箔シート貼付面の塗膜が硬化したことを確認してから、チタン箔シートを貼り付ける。
- ⑦ 施工時に温度・湿度に注意し、チタン箔シートの性能上において、チタン箔シートの付着性に問題がある環境条件では施工を行わない。また、強風時には施工を行わない。

2. 安全管理

施工は安全管理を第一に考え行わなければならない。チタン箔シートは端部が鋭利であるため、運搬、保管、貼付作業において十分注意をするよう、教育を実施しなければならない。

安全衛生法は職場の労働者の安全と健康を確保し、快適な作業環境の形成を促進することを目的としており事業者責任として、安全衛生管理体制の確立、労働者の危険防止、又は、健康障害防止措置、健康管理は法令に基づいて実施されなければならない。

3. 廃棄物の管理

ケレン後の旧塗膜片（ケレンダスト）、チタン箔シートの切りくずの処理は、関係法令等に基づいて適切に処理しなければならない。

4. 検査

(1) チタン箔シートの外観検査

- ① 適切な貼付範囲に貼り付けされていること。
- ② チタン箔シートの重ね合わせ長さが確保されていること。(標準とする基材テープでは50mm以上。)
- ③ チタン箔シート貼り付け端部に浮きがないこと。(重ね合わせ部では浮きが出来てしまうことがある。)
- ④ しわや傷がないこと。特にチタン箔シート端部にはないこと。

(2) 一般的な欠陥について、欠陥の状況、原因、防止策を示す。

表解 3.3.1 に欠陥とその原因および防止法を示す。

表 3.3.1 欠陥とその原因および防止法

欠陥の呼名	現象	原因	防止策
しわ	チタン箔シートが局部的に折れ曲がり、凸凹のある線状の跡が付いている。	貼付作業時にゆがみが生じた。	ゆっくりとはく離紙をはがし、徐々に貼り付ける。余分な力を加えない。
傷	チタン箔に穴が開き、基材テープあるいは塗膜が確認できる。	貼付工具で傷つけた。 足場材などが接触した。	鋭利な道具は使用しない。 余分な力を加えない。 周辺環境に注意する。
浮き	貼り付けたチタン箔シート面に気泡が確認できる。	貼付面に突起部、あるいは重ね合わせ部が存在した。 空気を十分出し切れなかった。	目視によって、貼付面に大きな凸凹がないことを確認する。 空気を巻き込まないように、徐々に貼り付ける。

5. 作業記録

下記内容を記録する。

- (1) 仕様内容
- (2) チタン箔シート貼り付け管理表 (施工項目、施工日時、気温、湿度)
- (3) チタン箔シート使用量
- (4) チタン箔シートを含めた塗膜厚記録表
- (5) 塗装銘板

4. 維持管理

4. 1 一般

塗装橋梁に適用したチタン箔シート適用部の維持管理は、適切に行う。

〔解説〕

- チタン箔シートを貼り付けた橋梁の塗替え塗装や補修工事などを行う場合は、チタン箔シートの貼付範囲を十分確認して計画を立て、チタン箔シートに損傷を与えないように施工を行なう。
- チタン箔シート適用部に異常がなく塗替え塗装を行う場合の仕様は、鋼道路橋塗装・防食便覧の Rc-IV 塗装系とする（表解 4.1.1 参照）。4 種の素地調整後に、チタン箔シート適用部にはチタン用プライマーを塗付する。その後、チタン箔シート非適用部の下塗りをチタン箔シート端部に載るように塗布し、施工面全面に中塗り／上塗りを塗付する。

素地調整をする場合、チタン箔シートに損傷を与えないように十分注意する。特にチタン箔シート適用部と非適用部との境を素地調整する場合は、工具によってチタン箔シート端部にめくれやはがれなどの損傷を与えないように注意する。

表解 4.1.1 チタン箔シート適用部の塗替え塗装系例（Rc-IV 塗装系）

		現場塗装（はけ、ローラー）					
	素地調整	間隔	プライマー・下塗り	間隔	中塗り	間隔	上塗り
チタン箔シート 適用部	4 種	4 時間 以内	チタン用プライマー (133g/m ² 30μm)	1 日	弱溶剤形 ふっ素樹脂 塗料用中塗	1 日	弱溶剤形 ふっ素樹脂 塗料上塗
チタン箔シート 非適用部			弱溶剤形変性エポキシ 樹脂塗装下塗 200g/m ²	10 日	140g/m ²	10 日	120g/m ²

- チタン箔表面、チタン箔シート端部での素地調整は、チタン箔シートにめくれやはがれなどの損傷を与えないように十分注意する。
 - チタン箔シート端部をパテ材などでシールしてもよい。
 - 素地調整後にチタン箔シート適用部には、必ずチタン用プライマーを塗付する。
 - チタン箔シート端部や重ね合わせ部は、はけによって先行塗装を行う。
- チタン箔シートを適用した重防食塗装において、チタン箔シートが健全で塗膜補強効果を長期に渡り保持することは、橋梁の維持管理において重要である。
そこでチタン箔シート適用部では、損傷やはがれなどの異常に特に注意して、点検を行いその劣化状況を的確に把握することが重要である。点検によって確認された異常部は、橋梁の塗替え塗装時と同時に補修を行うなどして、合理的な維持管理を行う必要がある。
チタン箔は、外力などによる損傷がなければ腐食因子の抑制効果を発揮し続けることができる。また、基材テープは塗装の劣化に伴い、端部から付着性低下の恐れがあるので、特に注意しなければならない。
 - チタン箔シート適用部の維持管理では、異常部を早期に対処することが重要である。これらの異常部は、次の補修時まで現状の状態にしておくと、腐食現象などが進行して補修時の除去作業や下地処理作業に手間がかかることがある。そのため定期的な点検や施設の巡回中に異常が確認された場合は、出来る限り速やかに応急処置を行って、チタン箔シートによる塗膜の補強効果を長期に渡り維持するように努める必要がある。

4. 2 点検種類

チタン箔シート適用部の点検は定期的に行い、異常部を確認しその状況を調べる。

[解 説]

1. 点検の種類は、「巡回点検」、「定期点検」、「詳細点検」とする。

チタン箔シート適用部の点検は、異常が生じやすい箇所を重点的に点検する。

- ① チタン箔シート端部、重ね合わせ部
- ② 腹板とフランジのコーナー部
- ③ 溶接部
- ④ 添接部の周辺
- ⑤ 複雑な形状部
- ⑥ チタン箔シート適用部と非適用部との境

(1) 巡回点検

巡回点検は、1年に1回行う。検査は、橋梁周辺もしくは検査路から双眼鏡などによって目視で行い、チタン箔シート適用部の異常を確認し、異常の位置や状況を記録する。異常が確認された場合は、出来る限り速やかに応急処置あるは補修を行う。

(2) 定期点検

定期点検は、5年に1回行う。点検は、検査路や簡易な足場、橋梁点検車を用いて目視や打音・指触調査を行い、チタン箔シート適用部の異常を確認して位置や状況などをできる限り詳細にする。また、チタン箔が切れているなどの異常が確認された場合は、出来る限り速やかに応急処置あるは補修を行う。

(3) 詳細点検

地震や火災など災害などが起きた場合に、詳細点検を行う。点検は、災害などの内容に応じて点検計画を立てて専門家が行うことが望ましい。場合によっては附着性試験のような破壊試験による点検を実施しても良い。

2. 巡回点検、定期点検において目視によって確認された異常部は、応急処置・補修を行う前に打音や指触によって、異常部の範囲を確認する。
3. 点検する箇所によっては、高所作業を伴うため、十分に安全を考慮した体制で行うものとする。特に巡回点検では、点検時の周辺環境に十分注意して行う。

4. 3 点検結果の記録

点検結果は、チタン箔シート適用部の異常の位置や程度を記録し、写真撮影やスケッチする。

[解説]

1. チタン箔シート適用部の異常は、構造部位や架設環境によって異なるが、一般には次のような現象が見られる。

(1) チタン箔シート適用部の鋼材からの発錆

チタン箔シート適用部の鋼材からの発錆は、異常現象の中で最も重要な現象である。発錆が進行すると、大掛かりな補修が必要になり、多大な費用を必要とする場合があるため、この現象が確認された時にはできる限り速やかに応急処置を施し、早期の補修の計画立案・補修工事の実施が求められる。

(2) チタン箔シートのはがれ・破れ、打ち傷

チタン箔シートのはがれ・破れ、打ち傷は、突発的に外力が加わった場合に起きる。台風などの災害の後、場合によっては工事後に確認される場合があるので、このような事象後には異常がないことを確認することが望ましい。

チタン箔シートのはがれ・破れは、外観上の問題に止まらず橋梁塗膜の防食性能の低下に直結する。この現象が確認された時にはできる限り速やかに応急処置を施し、早期の補修の計画立案・補修工事の実施が求められる。

チタン箔に貫通孔があるチタン箔シートの打ち傷は、重大な欠陥である。この現象においては同様に、できる限り速やかに応急処置を施し、早期の補修の計画立案・補修工事の実施が求められる。

(3) チタン箔シートの浮き

浮きは施工時に出来たものと、施工後に発生したものに分けられる。施工後に発生したチタン箔シートの浮きは、チタン箔シート（基材テープ）と塗膜の層間に発生した気体などの圧力が、チタン箔シートの付着力より大きくなった場合に発生する。

施工時に出来た浮きの形状が大きくなった、あるいは施工後に発生した浮きは、針（釘）やカッターで浮いている部分に穴を設けて内部を確認する。発錆が確認される場合は、「チタン箔シート適用部の鋼材からの発錆」とする。復旧に関しては、「チタン箔シートの破れ」として応急処置をする。

(4) チタン箔シート適用部の塗膜のはがれ・われ、ふくれ

この現象はチタン箔シートによる塗膜補強効果の低下に直ちに直結するものではない。しかし、チタン箔シート適用部の端部や重ね合わせ部に、塗膜のはがれやわれが確認される場合は、できる限り速やかに応急処置、あるいは補修を行う必要がある。

(5) チタン箔シート適用部の塗膜の変退色や失沢、チョーキング（白亜化）

この現象はチタン箔シートによる塗膜補強効果の低下に直ちに直結するものではない。確認された際は記録しておく。

2. 点検記録は、チタン箔シート適用部の異常の位置や程度を記録し、写真撮影やスケッチすることが望ましい。また記録は、チタン箔シート適用部を適切に管理するうえで重要なデータであり、橋梁塗替え台帳とともに保管して活用することが望ましい。点検票の例を図 4.3.1 に示す。

橋梁名		橋梁名		工事事務所		出張所		調査日		
所在地				検査の種類		巡回点検・定期点検		天候		
橋梁形式		箱桁 トラス その他()		架設環境		海岸部、都市部、田園部、山間部		調査者		
架設年		年 塗装経過年数		年 環境条件		一般環境、やや厳しい腐食環境、厳しい腐食環境、景観を考慮する				
塗装系				前回調査結果						
部位		腹板		下フランジ		添接板部		桁端部		備考
項目										
第一 径間	チタン箔シート適用部の鋼材からの発錆									
	チタン箔シートのはがれ・破れ、打ち傷									
	チタン箔シートの浮き									
	チタン箔シート適用部の塗膜のはがれやわれ、ふくれ									
	チタン箔シート適用部の塗膜の変退色やチョーキング(白亜化)									
第二 径間	チタン箔シート適用部の鋼材からの発錆									
	チタン箔シートのはがれ・破れ、打ち傷									
	チタン箔シートの浮き									
	チタン箔シート適用部の塗膜のはがれやわれ、ふくれ									
	チタン箔シート適用部の塗膜の変退色やチョーキング(白亜化)									

図解 4.3.1 点検票の例

4. 4 点検結果の評価

点検結果より、応急処置および補修の必要性を判断する。

〔解説〕

点検によって確認された異常は、できるかぎり速やかに応急処置・補修を行うことが望ましく、異常は以下の事項によって応急処置・補修の判断を検討する。

1. 応急処置の判断

点検によって確認された異常部の中には、チタン箔シートの塗膜補強効果を低下させる恐れがあるものがある。これらの異常部は、次回の補修時まで現状の状態にしておくと、腐食が進行して補修時のチタン箔の除去面積や下地処理が大がかりになることがある。

そのため出来る限り速やかに応急処置を行って、チタン箔シートによる塗膜の補強効果の低下を防ぐように努める必要がある。応急処置が必要な異常は下記の事項である。

- ① チタン箔シート適用部の鋼材の発錆
- ② チタン箔シートのはがれ・やぶれ、チタン箔に貫通孔がある打ち傷
- ③ チタン箔シートの端部や重ね合わせ部の塗膜のはがれ・われ

2. 補修の判断

点検によって確認された異常部の中には、チタン箔シートの塗膜補強効果が低下しているものがある。これらの異常部はできるだけ速やかに補修を行う必要がある。

また、異常部を補修することによってチタン箔シートの塗膜補強効果を回復することができるため、場合によってはこれまでに応急処置を施した部位についても補修を行うことが望ましい。補修が必要な異常は下記の事項である。

- ① チタン箔シート適用部の鋼材の発錆
- ② 応急処置された部位

4. 5 応急処置

点検に基づいて、応急処置の必要があると判断された部位は、できる限り速やかに応急処置を行う。

[解 説]

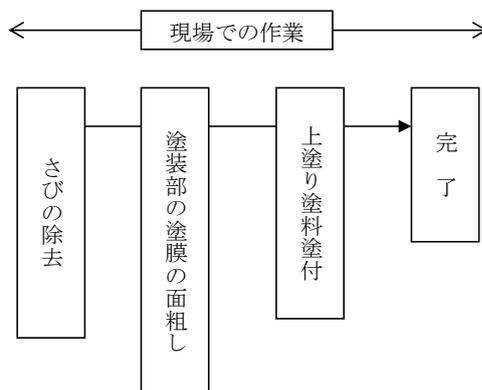
応急処置は、塗装とチタン箔シート貼り付けに大別できる。応急処置は、チタン箔シートの塗膜補強効果の低下を抑制させる効果と、作業の簡易性が求められる。チタン箔シートの貼り付けによる応急処置は、異常部の進展を抑制して錆の発生を防止することができ、塗装による作業に比べ簡易であるため有効である。

1. 塗装による処置

チタン箔シートの端部や重ね合わせ部の塗膜のわれへの処置に適している。しかし、チタン箔シート適用部の鋼材の発錆・さび汁への処置では、下地処理が不十分であると再度異常が生じる可能性があるため、長期的な効果は期待できない。また、十分な塗膜厚を塗付できない場合があるため不向きである。

(1) 処置の手順：図解 4.5.1 参照

- ① 異常部に鋼材の発錆などが確認される場合は、それらをワイヤブラシなどの手工具で除去する。
- ② 異常部周辺の塗膜を面粗しして清掃する。上塗り塗料を塗付する。



図解 4.5.1 塗装による応急処置の例

(2) 応急処置の留意点

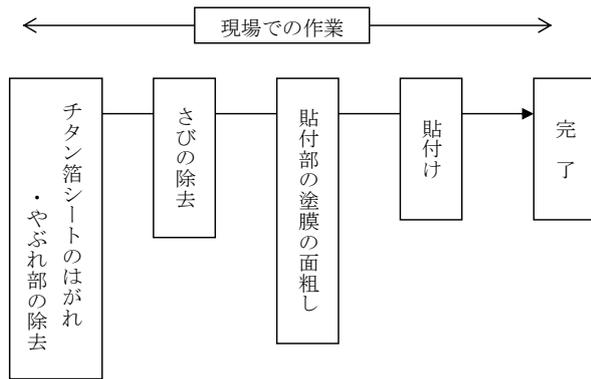
- ① チタン箔シートの端部や重ね合わせ部の塗膜のわれに対して処置を行う場合は、塗料が塗膜の割れに埋まるように塗付する。
- ② その他の異常に対して処置を行う場合は、長期的な効果が期待できないことを十分留意する。また、処置を行う場合は、早期の補修作業を行う必要がある。

2. チタン箔シートの貼り付けによる処置

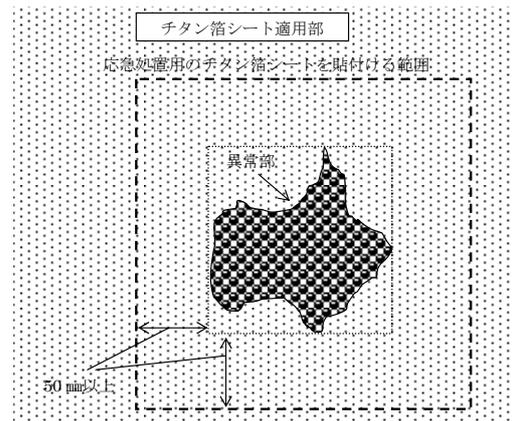
チタン箔シートによる処置は、酸素や水分などの腐食因子の浸入を遮断できるため、異常部の進展を抑制して錆の発生を防止することができる。

(1) 処置の手順：図解 4.5.2 参照

- ① 発錆している場合は、ある程度さびを手工具で除去し、チタン箔シートのはがれ・やぶれ部は除去して凸凹を小さくする。
- ② 異常部周辺の塗膜を面粗しして清掃する。
- ③ 異常部を十分覆うことのできる大きさ（異常部の端より 50 mm以上：図解 4.5.3 参照）のチタン箔シートを貼り付ける。



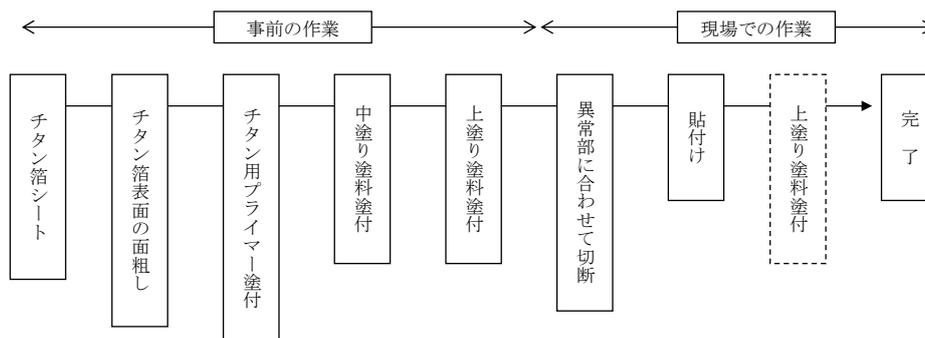
図解 4.5.2 塗装による応急処置の例



図解 4.5.3 チタン箔シートによる応急処置

(2) 留意点

- ① チタン箔シートによる応急処置は、チタン箔の金属面が表面に見える。そこで美観上問題になる場合は、美観を整えるための塗装を施したチタン箔シートを貼り付けると良い。場合によっては、チタン箔シート貼付後に、上塗り塗料を塗付して貼り付けたチタン箔シート端部をシールすると良い。(図解 4.5.4 参照)



図解 4.5.4 塗装を施したチタン箔シートによる応急処置の例

- ② チタン箔シート適用部の鋼材の発錆に対して処置を行う場合は、できる限りさびを除去してからチタン箔シートを貼り付ける。
- ③ チタン箔シートのはがれ・やぶれに対して処置を行う場合は、損傷を受けてめくれ返ったチタン箔シートは、できる限り除去してからチタン箔シートを貼り付ける。また、異常が広範囲にわたり起こっている場合は、チタン箔シートの下層の塗膜・鋼材が見える部位にチタン箔シートを貼り付けて応急処置として、速やかに補修を計画する必要がある。
- ④ チタン箔シートのチタン箔に貫通孔がある打ち傷に対して処置を行う場合は、打ち傷を受けた時の衝撃によってチタン箔上の塗膜がはがれて塗膜が浮いていることがあるため、浮いた塗膜はできる限り除去してからチタン箔シートを貼り付ける。
- ⑤ チタン箔シートの端部や重ね合わせ部の塗膜のはがれ・われに対して処置を行う場合は、貼付部に凸凹があるため貼り付けたチタン箔シートの端部に隙間が生じることがあるので、十分注意して貼付作業を行う。塗膜のはがれが広範囲にわたっている場合は、チタン箔シートの端部に貼り付ける。また、塗膜のわれでは、早乾性のエポキシ樹脂接着剤などによって塗膜の割れを埋め、硬化してからチタン箔シートを貼り付けると良い。
- ⑥ 橋梁部材エッジやコーナー部で発生した異常では、チタン箔シートの付着性を十分確保するようにチタン箔シートを貼り付ける。

5. チタン箔シートの補修作業

5. 1 一般

チタン箔シート適用部における異常部は、適切に補修を行うことによって、チタン箔シートによる塗膜補強効果を回復することができる。点検によって確認された異常で、補修の必要があると判断された異常部は、できる限り速やかに補修することが望ましい。

[解 説]

チタン箔シート適用部における異常部は、適切に補修を行うことによって、チタン箔シートによる塗膜補強効果を回復することができる。点検によって確認された異常で、補修の必要があると判断された異常部は、できる限り速やかに補修することが望ましい。

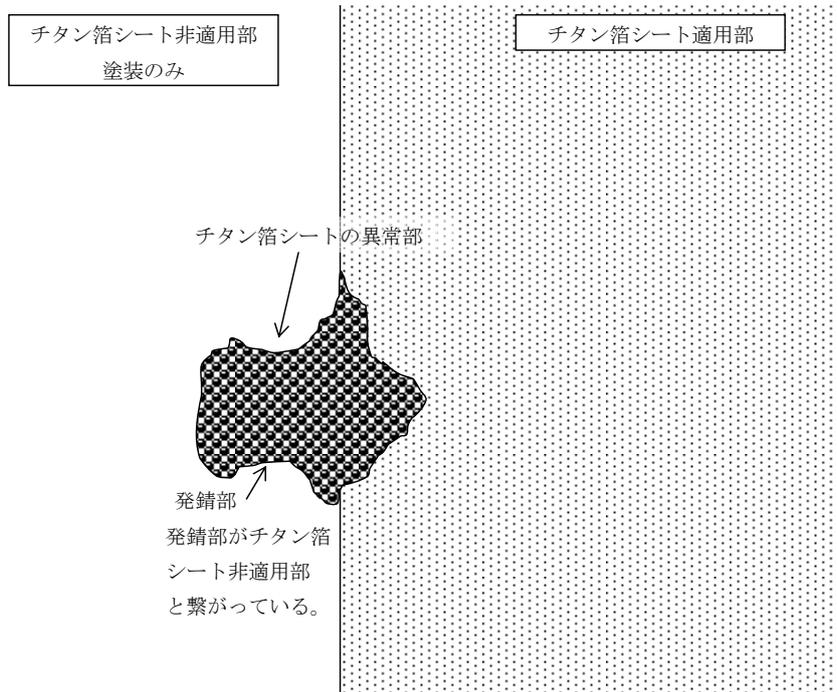
チタン箔シートの異常部から鋼材の発錆が確認されると、チタン箔シートの下層塗膜の防食下地が損傷を受けているため、補修作業では防食下地の補修も必要となる。

1. チタン箔シートの補修での塗装作業は、気温・湿度に注意する。下地処理は、チタン箔シートに損傷を与えないように注意して行う。また、チタン箔シート端部や重ね合わせ部では、はけによる先行塗装を行ってチタン箔シート端部をシールする。
2. チタン箔シート適用部における異常部は、表解 5.1.1 に示すように 2 種類に分けることができる。基本的な補修方法は、小規模なパッチあてによる補修をする。異常が広範囲にわたる場合・近接している場合は、異常部が含まれる範囲のチタン箔シートを除去して、新たなチタン箔シート（大板）による補修を行う。
また、異常部の存在する部位によっては、選択された補修方法では施工し難いこともあるため、補修方法について検討を行って内容を変更しても良い。

表解 5.1.1 補修分類と内容

異常部の状況	補 修	
	分 類	内 容
異常が 1 箇所の場合・点在している場合	パッチあてによる補修	個々の異常ごとに行う
異常が広範囲な場合・近接している場合	大板による補修	複数の異常を一度に行う

3. 異常部がチタン箔シート非貼付面の鋼材の発錆と繋がっている場合は、大規模な発錆でない限りその発錆箇所もチタン箔シートの異常部として補修してよい（図解 5.1.1 参照）。補修内容は、チタン箔シートの補修内容に従って錆を除去し、チタン箔シートを貼り付けて塗装する。



図解 5.1.1 チタン箔シートの異常部（異常部がチタン箔シート非適用部の発錆と繋がっている場合）

5. 2 補修作業

5. 2. 1 塗装仕様と施工手順

チタン箔シートの補修作業は、作業手順に従い適切に行う。

[解 説]

1. 塗装仕様

チタン箔シート適用部の補修では重防食塗装の塗替え塗装で行われる **Re-II** 塗装系とする。チタン箔シートの貼り付けは、異常部を除去して、素地調整を行い有機ジンクリッチペイント／不陸調整後に貼り付ける。チタン箔表面には必ず面粗してチタン用プライマーを塗付してから次の塗装を行う。また、チタン箔シートは健全な部分でも、不陸調整後にはチタン用プライマーを塗付してから、中塗り／上塗りを行う。塗装仕様を表解 5.2.1 に示す。

防食下地面に凹凸がある場合には、不陸調整してからチタン箔シートの貼り付けを行うこと。特にチタン箔シートの端部に当たる部分においては、腐食因子の侵入起点になりうるので、必ず不陸調整を行う。

チタン箔シート非適用部の塗装仕様は、「4. 維持管理 表解 4.1.1」参照。

表解 5.2.1 チタン箔シート適用部 補修塗装系例 (Re-II 塗装系)

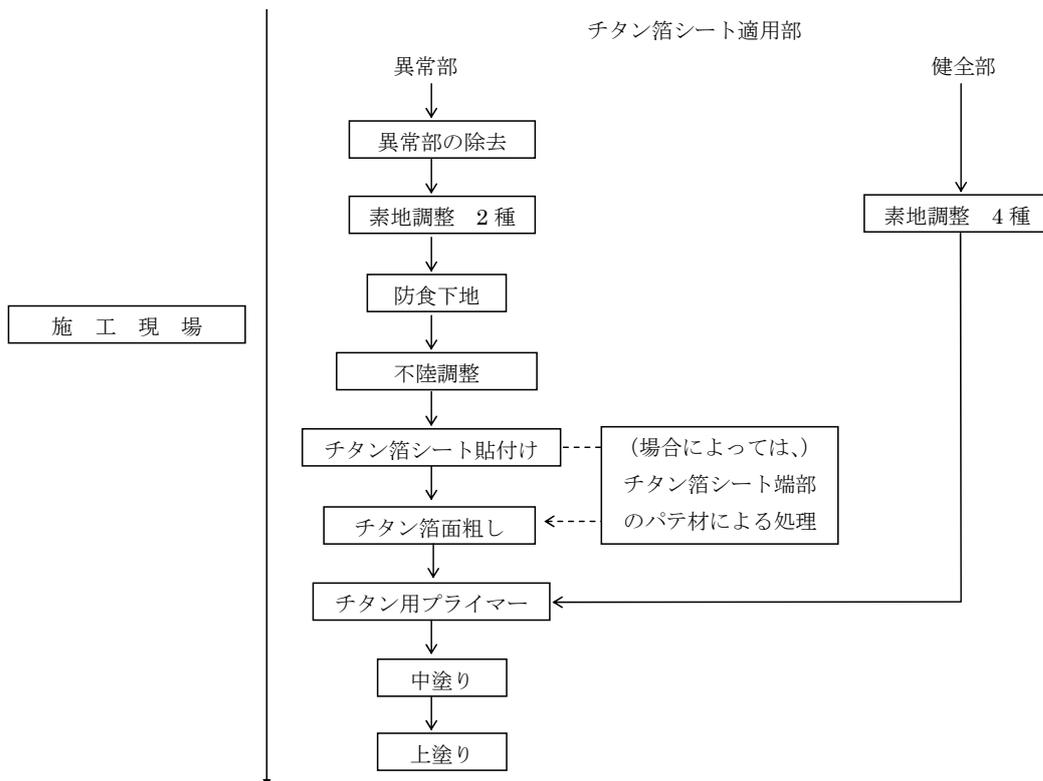
		現場塗装 (はけ、ローラー)											
チタン箔シート適用部	異常部	素地調整	間隔	防食下地	間隔	不陸調整	間隔	チタン箔シート	チタン用プライマー	間隔	中塗り	間隔	上塗り
		2種	4時間以内	有機ジンクリッチペイント (600g/m ²)	1日～10日	超厚膜形エポキシ樹脂塗料	1日～10日	チタン箔 + 基材テープ	チタン用プライマー 130g/m ² (30μm)	1日～10日	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗り 140g/m ²	1日～10日	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗り 120g/m ²
		健全部	4種	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

- ・異常部の素地調整程度 2 種であるが、健全なジンクプライマーやジンクリッチペイントを残し、他の旧塗膜は全面除去する。
- ・チタン箔表面、チタン箔シート端部での素地調整は、チタン箔シートにめくれやはがれなどの損傷を与えないように十分注意する。
- ・防食下地面に凸凹が大きい場合は、不陸調整を行う。
- ・新たに貼り付けるチタン箔シートは、チタン箔表面は、不織布研磨剤などで面粗してチタン用プライマーを塗付する。また、健全な部分でも素地調整後にチタン用プライマーを塗付する。
- ・チタン箔シート端部をパテ材などでシールしてもよい。
- ・チタン箔シート端部や重ね合わせ部は、はけによって先行塗装を行う。
- ・チタン箔シート非適用部を塗装する場合は、下塗り塗装をチタン箔シート端部に載るように塗付して、チタン箔シート端部をシールすること。

2. 施工手順

作業手順を図解 5.2.1 に示す。

- ① 既設橋梁に足場架設後、チタン箔シート異常部の除去を行う。その後素地調整を行い清掃する。
- ② チタン箔シートの除去部分に有機ジンクリッチペイントを塗付し、塗付面に大きな凸凹がある場合は不陸調整を行う。チタン箔シート貼付面のチタン箔シート端部にあたる部分は確実に進行。その後、チタン箔シートを貼り付ける。
- ③ チタン箔表面は面粗ししてチタン用プライマーを塗付する。また、健全な部分でも素地調整後にはチタン用プライマーを塗付する。
- ④ チタン用プライマー塗付後に、中塗り／上塗りをチタン箔シート端部に先行塗装を行ってから塗付する。



図解 5.2.1 施工手順

5. 2. 2 施工

チタン箔シート貼り付け部における補修作業は、異常部を完全に除去してチタン箔シートによる塗膜補強効果を回復させるために適切に施工しなければならない。

[解 説]

1. チタン箔シート適用部における異常部の除去は、健全なチタン箔シートあるいはチタン箔シートの下層の塗膜が確認されるまで行う。

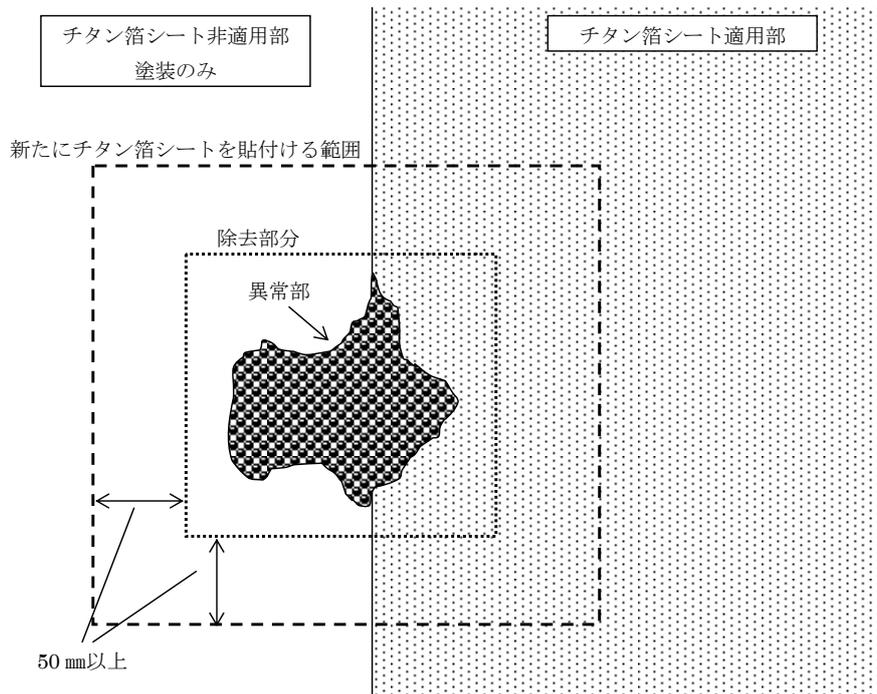
チタン箔シート適用部における異常部は、さびなどを完全に除去して新たなチタン箔シートを適用した塗装を施すことによって、チタン箔シートによる塗膜補強効果を回復することができる。

そこで、異常部は健全な部位が確認されるまで除去する。チタン箔シートのはがれや破れなどは、チタン箔シートが健全に付着している部分まで除去し、チタン箔シート下層にさびなどが確認される場合は、健全なジncクリッチペイント、ミストコート面が確認されるまで、チタン箔シートを除去する。

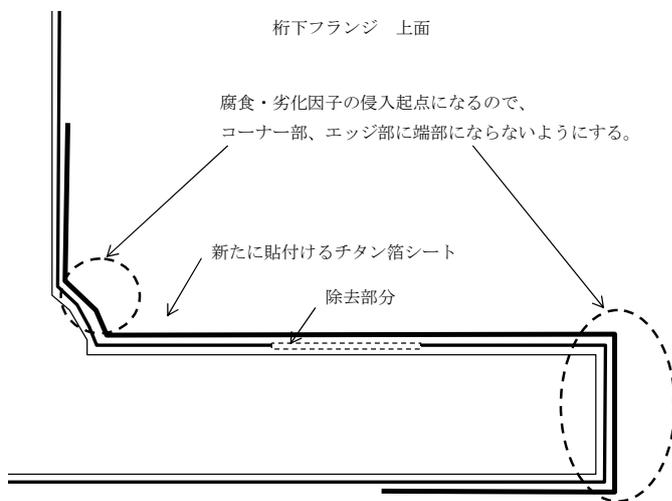
チタン箔シートの除去作業は、カッターなどで一定の範囲で切断して、スクレーパーなどのへら状の工具で除去する。打音検査によってあらかじめ異常の範囲を確認してから、一定の範囲で切断すると良い。

除去作業では以下の事項に留意する。

- ① カッターによる切断は、なるべく塗膜を傷つけないように行う。
 - ② 一度に広い範囲の切断は行わない。
 - ③ 切断は直線的であり、切断面はきれいなものであること。
 - ④ 除去中は、周辺の健全な部分に損傷を与えないように注意する。
 - ⑤ チタン箔シートの残りがないように、除去作業を行う。
 - ⑥ 切断・除去したチタン箔シートで怪我をしないように十分注意する。
2. 素地調整は、鋼道路橋塗装・防食便覧に準拠して行う。また、チタン箔シートの除去作業で除去しきれなかった、チタン箔シートの残りは素地調整作業時に除去すること。
素地調整中に、健全なチタン箔シートに損傷を与えないように注意すること。
 3. 新たに貼り付けるチタン箔シートは、除去部分を十分覆う寸法で貼り付ける。標準としているブチルゴム基材アクリル接着剤テープは、除去部分から 50 mm以上を覆うことのできるチタン箔シートを貼り付ける(図解 5.2.1 参照)。
新たに貼り付けるチタン箔シートの端部が、コーナー部やエッジ部にならないように、チタン箔シートの寸法を決定する(図解 5.2.2 参照)。また、どうしても十分な大きさのチタン箔シートを貼り付けることができない場合は、チタン箔シート端部にパテ材を塗りつけてシールする。



図解 5.2.1 チタン箔シートの貼り付け範囲



図解 5.2.2 チタン箔シートの貼り付けの注意個所

5. 3 施工管理

施工管理は、「3.3 施工管理」に従い行い、チタン箔シートの除去部分、新たに貼り付けたチタン箔シートの寸法などを記録する。

安全管理を第一に考えて施工を行い、現場環境への影響を十分考慮して廃棄物などは適切に処理する。

〔解 説〕

「3.3 施工管理」に従って、品質・施工が適切に行われるように管理する。チタン箔シートの除去部分、新たに貼り付けたチタン箔シートの大きさなどを記録して、以後の維持管理資料として蓄積する。

作業者が安全に作業を行える環境を整え、安全作業について教育しなければならない。また、周辺環境への配慮を忘れずに、ケレン後の旧塗膜片（ケレダスト）、チタン箔シートの切りくずの処理は、適切に処理しなければならない。

参考文献

- 1) 鋼道路橋塗装・防食便覧、(社)日本道路協会 (2005.12)
- 2) 「鋼橋の金属被覆による耐食性向上に関する検討」小倉義雄、守屋 進：(社)日本道路協会 第 25 回日本道路会議 (2003.10)
- 3) 「チタン箔塗膜弱点部の補強に関する検討」小倉義雄、守屋 進：(社)日本鋼構造協会 第 26 回鉄鋼塗装技術討論会(2003.10)
- 4) 「チタン箔粘着による鋼構造物防食法の開発」船山嘉実、木下和宏：(社)日本チタン協会 チタン Vol.51 No.3(2003.7)
- 5) 「チタン箔に高耐候性塗料を被覆した重防食仕様に関する検討」小倉義雄、守屋進：(社)日本防錆技術協会 第 24 回防錆防食技術発表大会(2004.7)
- 6) 「チタン箔による塗膜弱点部の補強に関する検討」守屋 進、小倉義雄：(社)腐食防食協会 第 51 回材料と環境討論会(2004.9)
- 7) 「チタン箔と塗装とを用いた橋梁防食に関する検討」守屋 進：(社)日本道路協会 第 26 回日本道路会議 (2005.10)