

第7章 計測に関する参考資料

7.1 IH塗膜剥離の施工品質に関する計測項目

IH装置を用いた塗膜剥離では、施工に伴う種々の管理を行う必要がある。ここでは、IH塗膜剥離において実施される計測項目と関連する一般的な計測手法を示す。

7.1.1 膜厚

IH装置に限らず、どのような方法で塗膜を剥離する場合でも、剥離の対象となる塗膜の厚さ（膜厚）を把握しておくことは重要である。IH装置を用いた塗膜剥離の場合、膜厚はコイルと鋼材の離隔に対応するため、膜厚は加熱時間（装置の移動速度）と鋼材の温度上昇の関係に直接的に影響を及ぼす。なお、IH塗膜剥離では、別途、塗装の構成や塗装履歴を確認し、どのような塗料種が使用されているかを事前に把握しておくことも重要である。

(1) 電磁式膜厚計（磁性金属）

測定対象にプローブを接触させることで、磁石が持つ「引っ張る力（磁束密度）」の強さを変化させた時、その強さはプローブから素地までの距離に比例するため、膜厚に換算して測定する方法である。測定対象は、鋼材など磁性金属の素地上にある塗装などの非磁性皮膜である。

(2) カット式膜厚計

カット式膜厚計は、対象物の表面にカット部を設けるドリルと、そのカット部を観察するための CCD スコープにより構成される。ドリルの先端は円錐型になっており、対象物のカット部形状は円になる。カット式膜厚計を用いることで、過去の塗装履歴や上塗り、中塗り、下塗りなどの各層の膜厚を把握することができる。



図-7.1.1 カット式膜厚計を用いた膜厚測定の様子

(3) その他の膜厚計

その他の膜厚計として、非磁性金属を対象とする渦電流式膜厚計が挙げられる。この測定原理は、プローブから電流を流すことによって素地に生ずる渦状の電流の大きさを計測するものである。また、反射率分光式膜厚計、超音波膜厚計などもある。ただし、これらの膜厚計については、IH塗膜剥離で対象とする構造物には適用できないものもあるため、膜厚

計の選定にあたっては注意が必要である。

7.1.2 温度

IH 装置を用いた塗膜剥離では、鋼材の温度あるいは塗膜表面の温度を計測する事例が多い。IH の原理上、コイルへの通電により鋼材表面の温度が上昇する。鋼材への熱影響、変形、および応力の発生を防止するための温度管理を行うには、塗膜表面ではなく鋼材表面の温度を計測すべきである。鋼材表面の温度を計測するには、基本的に表面の塗膜を剥離する必要がある、手間と時間を要する。これに対し、塗膜を剥離せずに塗膜表面の温度を計測する場合は比較的簡便であるが、加熱された鋼材から熱が伝達して塗膜の温度が上昇するため、鋼材と塗膜の温度には乖離がある。鋼材は塗膜の表面よりも高温となっているため、塗膜の表面温度を施工の指標とするには、塗膜の種類や膜厚、鋼材の板厚に応じて塗膜の表面温度と鋼材温度との関係を明確にしておくことが重要である。

以下に、鋼材の温度あるいは塗膜の表面温度を計測する一般的な機器について説明する。

(1) 熱電対

熱電対は 2 種類の金属線の先端同士を接触させて回路を作り、接合点に発生する熱起電力を通じて温度差を測定する温度計で、異なる 2 種の金属を接合すると、それぞれの熱電能の違いから、2 つの接合点の間の異なる温度に応じた起電力が発生する原理を応用するものである。寿命の長さ・耐熱性・機械的強度などの利点があり、中高温領域の温度センサーとして最も広く用いられ、 -250°C ~ 1700°C 程度の範囲の計測が可能である。建設部門では、最大 200°C まで計測可能で気温等を計測する T 熱電対、 300°C 程度までに使用できる K 熱電対、被覆により 1200°C まで使用できる K 熱電対が使用されている。

なお、熱電対本体の適用範囲は広いが、被覆の耐熱温度が低い場合があるので注意する必要がある。また、設置にはスポット溶接機が必要で、測定時には別途の計測機器が必要となる。また、ノイズが入ることも多いので、計測機器と熱電対の相性を事前に検討する必要がある。



(a) T 熱電対



(b) K 熱電対

図-7.1.2 熱電対

(2) 白金測温抵抗体

白金測温抵抗体は金属の電気抵抗が温度の上昇とともに増加する特性を利用した温度センサーで、素線は一般的に高純度（99.999%以上）の白金が使用され、温度による電気抵抗変化率が高く、安定性と精度が高く、広く用いられている。低温計測（常温付近）の温度測定に有利、安定度が高い、精度が高い測定が可能などの利点はあるが、最高使用温度は約400°Cで、熱電対よりも低い。この計測にも、測定時には別途の計測機器が必要である。なお、白金測温体の設置は高温用の接着剤が用いられることが多いが、接着剤の厚みにより、最高温度の測定が遅れる、低くなる等の問題がある。



図-7.1.3 白金測温抵抗体

(3) 放射温度計

すべての物体は赤外線を放射しており、放射温度計は物体から放射される赤外線や可視光線の強度を測定して、物体の温度を測定する温度計である。放射温度計の主な長所は測定が高速に行えることと、非接触で測定可能な点である。一方で、測定箇所の放射率を適切に設定しなければ、測定温度に誤差が生じることに注意が必要である。また、一般的にIH加熱の場合は加熱ヘッドにより着目点が隠れるため、最高温度の計測は困難である。



図-7.1.4 放射温度計

(4) 示温材 (チョーク・クレヨン, ラベル, 塗料)

示温材は特定の温度に達すると色が変わる特殊材料を用いた温度検知材で, 温度が変わると色が変わる便利なラベル, テープ, ペイントのことで, 色の変化により明瞭かつ簡単に温度の変化や温度の履歴を知ることができる. 温度チョークも示温材に含む.

このため, さまざまな分野で使用されており, 現場での熱の管理が可能となる. 示温材は電源, 計測機器も不要, 比較的簡易に設置できることから, 一般的に使用されている.

1) 温度 (示温) チョーク・クレヨン

あらかじめ分かっている融点を持つ化学品を配合したチョーク状の製品で, 加熱した物体が指示温度に達していれば溶ける仕組みである. 指示温度の誤差は指示温度の $\pm 1\%$ 以内を保証されており, 各温度により色分けされている. $30^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ の製品が $5\sim 30^{\circ}\text{C}$ 間隔である. 比較的簡易に使用でき, 特殊な技能, 機材を必要としない.



図-7.1.5 温度チョーク

2) 示温ラベル

示温ラベルは, ある設定温度に対して $5\sim 50^{\circ}\text{C}$ 範囲の確認が可能で, 各温度で色が変わるように 4~8 種類のセンサーがシール上に設置された製品であり, 250°C 程度までの計測が可能である. 比較的簡易に使用でき, 特殊な技能, 機材を必要としない. ただし, シールで接着することから, 剥がれたり, 厚み分の温度差が発生する可能性がある.

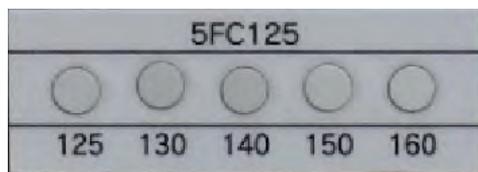


図-7.1.6 示温ラベル

3) 示温塗料 (インク)

示温塗料は, 広い面の温度履歴の確認に適する塗る示温材で, 温度域は $50\sim 450^{\circ}\text{C}$ である.

温度上昇により明瞭に変色し、一度変色すると原色に戻らないものもある。比較的簡易に使用できるが、特殊な技能、機材を必要としない。温度チョークは一定温度に達すると溶けるが、示温塗料は変色する特徴がある。

7.1.3 ひずみ（応力）

IH 装置を用いた塗膜剥離では、変形と同様、鋼材の熱膨張に伴うひずみが生じる。ひずみは変形の根源であるとともに、部材に応力を発生させる。過剰なひずみ、応力は構造物の耐荷性能に影響を及ぼす可能性があるため、加熱による塗膜剥離におけるひずみ計測の重要性は高いと言える。

以下に、鋼材のひずみを計測する一般的な機器について説明する。

(1) ひずみゲージ

金属（抵抗体）は外力を加えて伸縮させると、ある範囲でその抵抗値も増減するため、ひずみが生じる測定対象物に電気絶縁物を介して接着しておけば、測定対象物の伸縮に比例して金属（抵抗体）が伸縮し抵抗値が変化する。ひずみゲージ（電気抵抗式）はこの抵抗変化によりひずみを測定するセンサーであり、構造が簡単で質量、容積が小さく測定対象物の応力状態を乱さない、標点距離を短くできる、局所的な評価ができる、等の特徴を持つ。

なお、測定時には別途の計測機器が必要となる。また、熱電対と同様にひずみゲージの適用範囲（温度）、接着剤と延長ケーブル（リード線）の適用範囲が異なるため、選定時には注意する必要がある。リード線が温度の影響を受けやすい場合には、温度補償型のリード線（3線式）を用いる必要がある。

1) 一般ひずみゲージ

樹脂ベースでひずみ線をコーティングしたひずみゲージはゲージ幅、ゲージ長、延長ケーブルの材質、接着剤などの組合せは多種あるが、一般的な常温での計測では、温度適用範囲はひずみゲージで 100°C、接着剤 120°C、延長ケーブルで 80°C 程度である。ひずみゲージの設置には塗膜を除去し、表面処理を行う必要がある。

一般ひずみゲージは加熱面での使用は難しいが、裏面では使用できる場合がある。

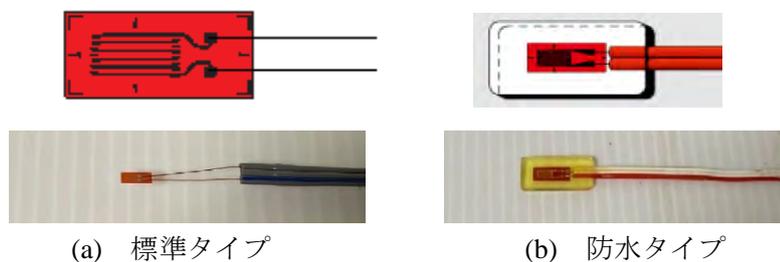


図-7.1.7 一般ひずみゲージ

2) 高温ひずみゲージ

基本的な構造は一般ひずみゲージと同様であるが、ゲージ線をコーティングする樹脂が

高温に強い樹脂（ポリイミド）に変更して製作することで300°Cまで適用可能な高温用ゲージとなる。2液性の特殊な接着剤を使用することになるが、2液性の接着剤の養生には最低6時間必要で、接着力が少し弱い。また、延長ケーブルも高温用のものを使用する必要がある。

3) 溶接型ゲージ

300°C程度の高温に対応するため、ステンレス鋼板にひずみゲージを焼き付け接着したものとステンレス鋼またはインコネルのパイプに封入したもので、ベースをインコネル600などに変更することにより、600~800°C程度まで対応できるものもある。これらのゲージは温度補償回線基板が組み込まれており、4ゲージ法の測定となる。測定対象材の金属への取付けはゲージのベース部分の金属を電荷放電型のスポット溶接で接着する必要があり、使用温度、静ひずみ、または動ひずみの測定条件などにより、最適なものを選定する必要がある。また、他のゲージに比べ、高価である。



図-7.1.8 溶接型ひずみゲージ

(2) 磁歪法

磁気ひずみ応力測定法（磁歪法）は鋼材（磁性体）にある力が作用した時に材料の原子間距離が変化することに伴う鋼材の磁化率の変化に着目し、封入されている全応力度を換算して推定する計測法であり、作業前後で測定すれば、構造物の変化を確認することができ、塗膜上からの測定も可能である。ただし、特殊な機材、技術が必要である。

使用法としては、基本、加熱前後の比較となるが、温度が安定した状態での計測が必要のため、施工前と全ての塗膜剥離が終了した時点での計測となる。

7.1.4 変形

IH装置を用いた塗膜剥離では、鋼材の温度は局所的に150~200°C程度まで上昇する。プレートガーダーのウェブなど、比較的薄い鋼板を加熱して塗膜を剥離する場合、鋼板表裏面の温度差に起因して面外変形が生じる。ウェブの他の部位でも、加熱条件や部材の拘束状態によっては変形が生じるおそれがある。部材に過剰な変形が生じた場合、構造物の耐荷性能に影響を及ぼす可能性があるため、加熱による塗膜剥離に伴い、部材の変形を計測することは重要である。以下に、鋼材の変形を計測する一般的な機器について説明する。

(1) 変位計

変位計は建設部門の各種構造物の一般的な変位をはじめ、材料の引張試験における亀裂開口変位の測定や試験片の伸びの変位測定など広い分野で使用されており、使用目的に合わ

せて多種類の変位計がある。大きく分けて、接触式変位計と非接触変位計がある。

接触式変位計は被測定対象物に直接、変位計を接触させ、変位を測定するもので、ひずみゲージ式、差動トランス、ポテンショメータなどがある。非接触変位計は被測定対象物の変位を被測定対象物と接触せずに測定する変位計で、様々な方式があり、レーザー変位計、渦電流型変位計、超音波型変位計、などがある。ここでは、一般的に使用されている。ひずみゲージ式変位計、レーザー式変位計について述べる。なお、測定時には別途の計測機器が必要となる。また、一般的に容量(距離)が大きくなると精度は落ちる。また、測定時には、変位計を設置する固定点が必要となる。

1) ひずみゲージ式変位計

一般的に使用されている変位計で、変位を起歪体と呼ばれる部分の機械ひずみに変換し、それをひずみゲージにて電気的に変換する方式で、起歪体の構造や使用するひずみゲージを最適に設計することにより、精度の高いひずみゲージが変位計の形状、構造、容量(距離)に合わせて使用されているため長期間にわたって精度の高い安定した測定ができる。5mm～100mmの範囲のものが一般的に使用されている。基本、変位計は、図-7.1.9に示すようにマグネットスタンドを用いて固定する。



(a) 25mm タイプ



(b) 50mm タイプ

図-7.1.9 ひずみ式変位計

2) レーザー変位計 (非接触式変位計)

測定対象物表面にレーザー光を照射した時の反射光から被測定対象物の変位を測定する変位計で、反射光の位置を光位置センサーやラインセンサなどで測定する正反射方式と、散乱光の位置を一次元または二次元撮像素子などで検出する拡散反射方式がある。

レーザー変位計においても、固定点が必要であり、計測対象までの距離が小さければ分解能は高く、距離が長くなれば、精度は落ちる。

(2) 水糸と鋼尺・コンベックス

水糸（みずいと）は建設工事などの際に水平線を示すために用いる糸であり、寸法を計る鋼尺等のスケールと組み合わせることにより、構造物の形状を確認することができる。

(3) 新技術

下記に変形計測ができる新技術を示すが、主に、橋梁点検現場で使用されている例が多い。ただし、橋梁補修・補強の現場は、足場上での作業であり、橋梁を養生シート等で覆っていることが多く、狭隘で少し暗いため、これら条件に対応できるかは検討する必要がある。現時点では、床版下面での橋梁の詳細な計測が可能か否かは不明である。

精度についても照査が必要である。また、これらの技術は単独で使用こともあるが、複数と同時に利用することで、精度の向上が期待できる。

1) デジタルカメラ

2000年代から開発されてきたデジタル技術による3次元モデルの作成は大きく進化している。デジタルカメラを用いて複数の画像を撮影し、複数視点からの画像を元に、画像の撮影位置と撮影物の三次元的な関係から形状を復元するのが基本的な考え方であるが、橋梁でも、この技術が応用され、多くの工法が開発、実施されている。

2) レーザースキャナー（ハンディスキャナー）

近年では、3次元レーザースキャナー（ハンディスキャナー）を用いた構造物の検測システムが開発されている。スキャナーで取得した点群データをソフトウェアで解析処理し、断面形状を自動抽出し、指定した箇所の寸法等を自動で検測するとともに、抽出した断面形状を3次元のCADデータとして出力することも可能である。

3) パノラマカメラ

レーザースキャンと同様に、撮影した360度パノラマ画像データ（画像、点群）から3次元バーチャルデータを作成し、構造物を効率的に図面化する手法が開発されている。近年は、橋梁床版などで覆われたGPSが届かない環境下や、足元が整地されていない場所可能なものも実用化されている。

4) ドローン

上記の技術と組合せたドローンによる測定も可能となってきている。写真測量の知見をもとに、高画質で対象の外観を撮影し、高精度な位置情報の3次元モデルを作成する技術も開発されている。また、図面が無い古い構造物、固定式3Dスキャナーでデータ取得が困難な場所でも測定ができる工法も開発されている。

7.2 各項目の計測（確認、管理）手法

本節では、前節で述べたIH塗膜剥離の施工品質に関する計測項目について、現場で詳細な計測を行う場合と、現場で簡易に確認する場合の2つの観点からその手法について述べる。なお、本節に示す手法は、あくまで計測方法の一例を示すものであり、IH塗膜剥離における品質確保の観点から、どの項目をどのような方法で計測するかは、発注者と施工者と

の協議で決定するものである。

7.2.1 膜厚の確認

IH による塗膜剥離施工前に膜厚計を用いて数か所の膜厚を確認しておく。なお、ここでの膜厚測定は、剥離する塗膜の膜厚がどの程度であるかを把握しておくことが目的であり、塗替え塗装等における膜厚の品質管理のように多くの測定位置は必要ない。



図-7.2.1 膜厚測定イメージ

7.2.2 温度の確認手法

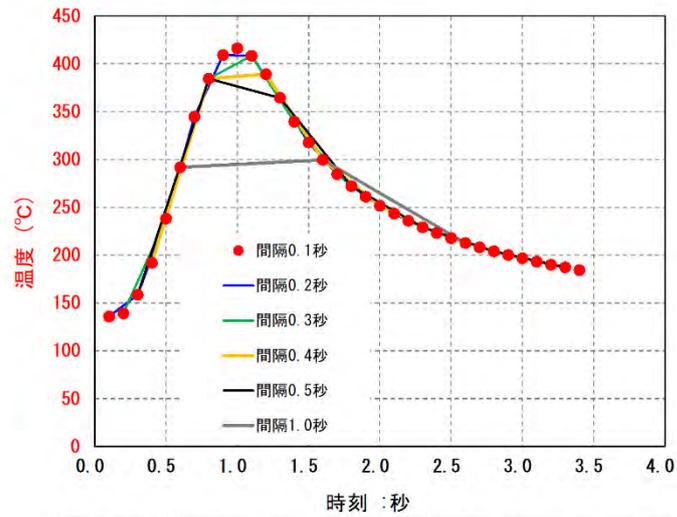
(1) 詳細な温度確認計測（案）

詳細な温度の履歴を確認したいのであれば、熱電対を用いて計測するのが良い。計測を行うには、データロガーを用いた静的計測、動ひずみ計を用いた動的計測が考えられるが、IH加熱による鋼板の温度変化は短時間で大きく変化することから、計測間隔も重要な項目である。参考として、図-7.2.2 に計測間隔を変化させた時の最高気温を示しているが、0.1 秒間隔を基準と考えると、0.3 秒間隔程度なら、0.1 秒間隔の 97% 程度の最高気温が計測できる。また、0.5 秒間隔でも、90% 以上の値は示すことがわかるが、1.0 秒間隔では、0.1 秒間隔の 70% 程度の最高温度しか計測できない。

なお、静的計測の方がノイズ等の影響を受けにくいですが、0.1 秒間隔で計測できるデータロガー（静的）は限られる。また、動的計測の場合は、ノイズが発生しやすいため、特殊な機種と計測ノウハウが必要となる。

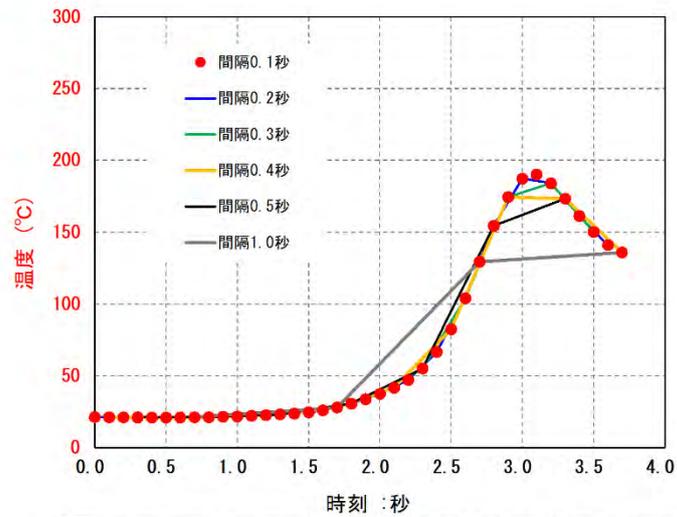
また、白金測温抵抗体の計測の可能性を確認するために、熱電対との比較を行った事例を図-7.2.3 に示す。同図より、熱電対は IH 加熱による短時間での温度変化に対応しているが、白金測温抵抗体はある温度以上には上昇していない。これは接着剤や白金測温抵抗体のベース部の厚さによるものと考えられる。

このことから、温度計測には熱電対を使用することが良いと考えられる。また、0.3～0.5 秒での計測が可能な計測装置を使用する必要がある。



計測間隔(秒)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0
最高温度(°C)	416.3	409.2	408.4	389.2	384.5	299.7
0.1秒間隔との比	100%	98%	98%	93%	92%	72%

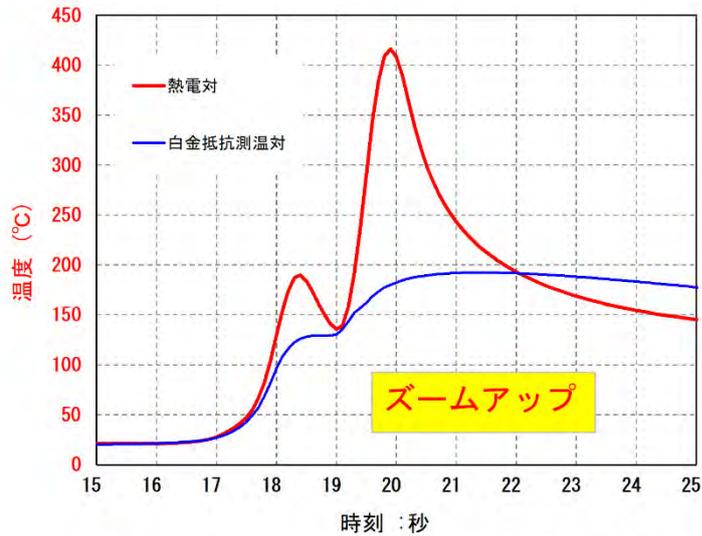
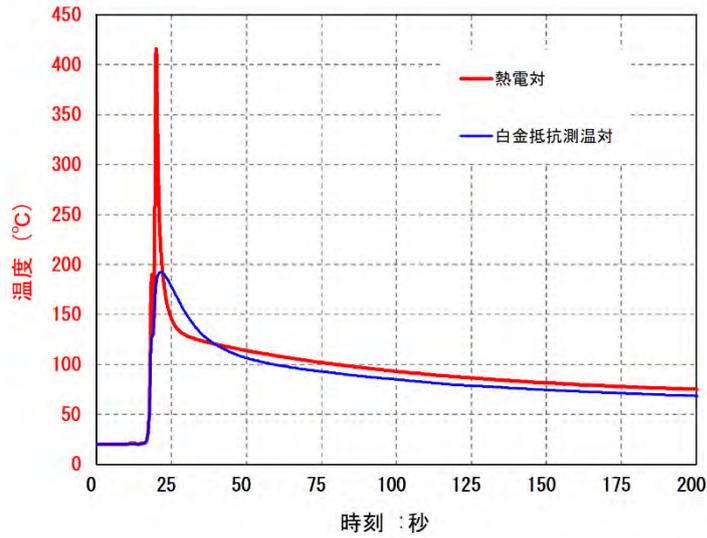
計測間隔と最高温度の比較 (その1)



計測間隔(秒)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0
最高温度(°C)	190.1	187.4	184.1	174.5	173.3	135.8
0.1秒間隔との比	100%	99%	97%	92%	91%	71%

計測間隔と最高温度の比較 (その2)

図-7.2.2 熱電対計測時の計測間隔と測定した最高温度の比較



センサー	熱電対	白金測温抵抗体
最高温度(°C)	416.3	192.5
熱電対との比	100%	46%

I H加熱時の熱電対と白金測温抵抗体の温度履歴

図-7.2.3 加熱時における熱電対と白金測温抵抗体の温度履歴

熱電対の設置は対象位置近傍の塗膜のケレンを行い、熱電対先端を鋼材にスポット溶接機等を用いて直接、接合する。なお、溶接だけで接着が不十分な場合は、先端付近で被覆のまま、ステンレス箔等で熱電対を固定する(図-7.2.4)。また、熱電対の配線時も同様にステンレス箔等で固定するのが良い(図-7.2.5)。

熱電対固定用ステンレス箔

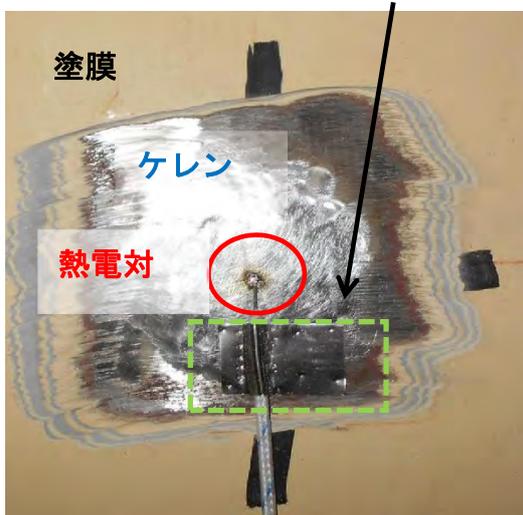


図-7.2.4 熱電対設置状況



図-7.2.5 熱電対の配線

(2) 現場での管理手法 (案)

現場で簡易に温度管理するためには、温度チョークを用いるのが良いと考える。ただし、鋼板の温度を計測する必要があるため、温度チョークを使用する範囲の鋼板はケレンする必要がある。また、目標温度（175℃と仮定）を決定したら、目標温度の前後 100℃程度まで、50℃間隔の温度チョークを準備するのが良い。（75℃、125℃、175℃、225℃、275℃）温度チョークの準備状況を図-7.2.6 に示す。



図-7.2.6 温度チョークの準備状況

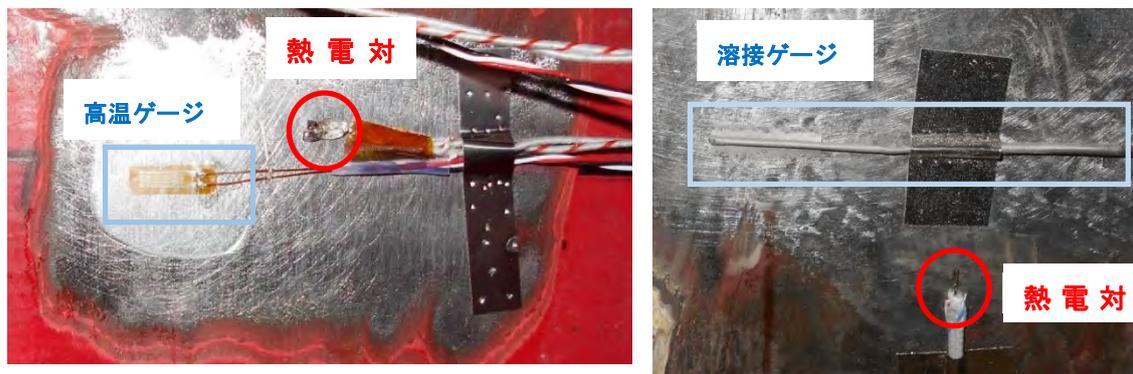
7.2.3 ひずみ（応力）の確認

(1) 詳細なひずみ確認計測（案）

加熱による詳細なひずみの変化を確認したいのであれば、加熱面においては、溶接ゲージ、あるいは高温ゲージ、加熱裏面においては普通ゲージを用いるのが良い。

加熱面における高温ひずみゲージおよび溶接ゲージの設置状況を図-7.2.7に、加熱裏面における一般ゲージの設置状況を図-7.2.8に示す。

ひずみゲージの近傍には、熱電対を設置して温度変化と併せて確認するのが良い。



(a) 高温ひずみゲージ

(b) 溶接ゲージ

図-7.2.7 加熱面のゲージ設置状況

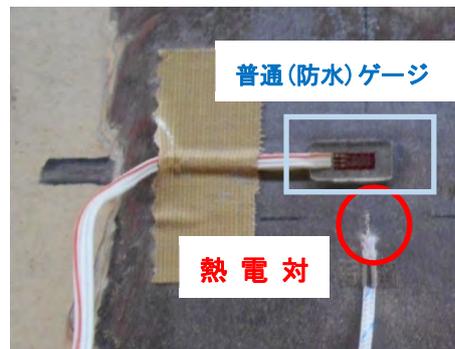


図-7.2.8 加熱裏面における一般ひずみゲージ(防水型)の設置状況

(2) 現場での管理手法（案）

加熱前後のひずみを大掛かりな装置を用いず簡易に管理する手法については、磁歪法等が考えられるが、計測装置の取り扱いに専門的な技術やノウハウが必要であり、簡易的な手法ではない。後述するように、変形とひずみに相関関係があることを踏まえれば、管理計測としてのひずみ計測は実施する必要ないと考えられる。

7.2.4 変形の確認手法

(1) 詳細な変形計測（案）

変形を計測するのは主にウェブであるが、変形の確認を行う場合、加熱面は加熱装置が移動するため、加熱裏面での計測となる。計測手法としては、フレームを使用したひずみゲージ式変位計、もしくはレーザー変位計による計測が考えられる。ウェブの面外変形を測定するための変位計の設置は、図-7.2.9に示すように、垂直補剛材から、アングルを万力で固定し、その上にフレーム（角材）を載せ、変位計を設置するとよい。



図-7.2.9 変位計の設置状況

(2) 現場での管理手法（案）

現場でのウェブの変形を簡易に管理するための計測は、水糸と鋼尺を用いるのが良い。通常、垂直補剛材は同じ幅であるため、図-7.2.10 および図-7.2.11 に示すように垂直補剛材間に水糸を設置し、垂直補剛材を利用して水糸で計測する良いと考える。

計測は、ウェブの中心の変形計測を基本とし、例えば、中央の変形が 3mm 以上の場合は、上下、左右の 1/4 の位置も含めた計 9 点を計測して、変形形状を把握するとよい。なお、水糸の固定を写真のように、マグネットで固定すれば、1 人でも作業は可能である。

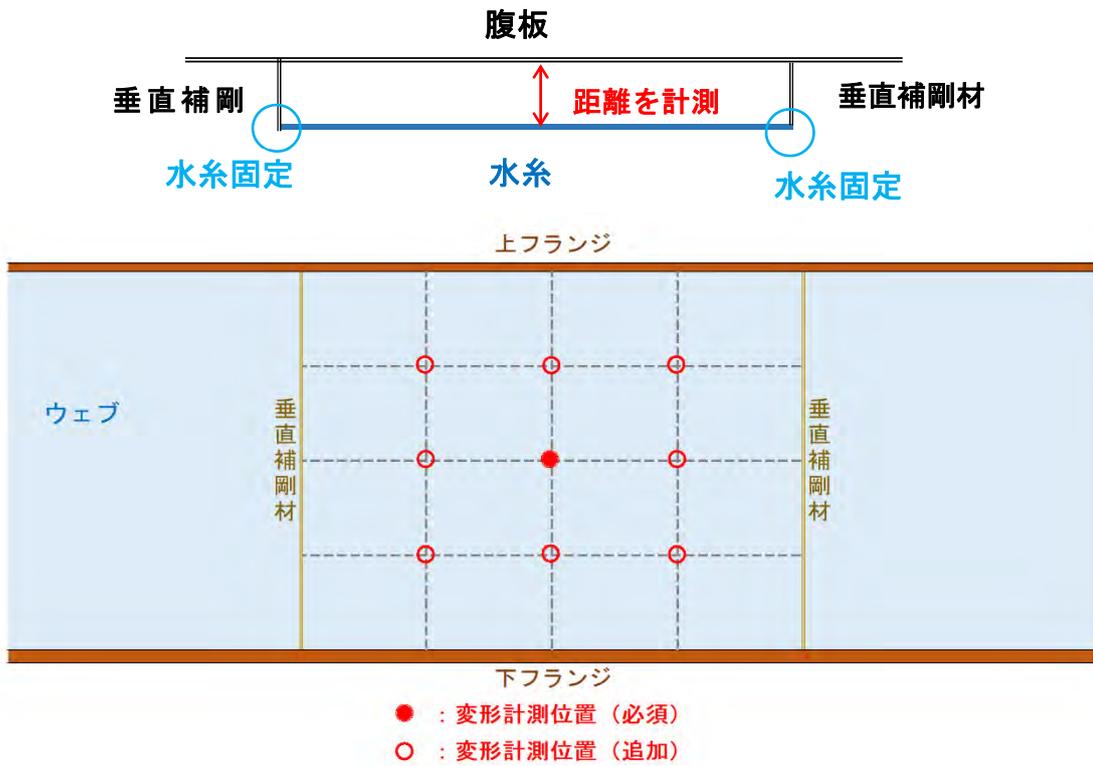


図-7.2.10 ウェブの変位計測方法のイメージ

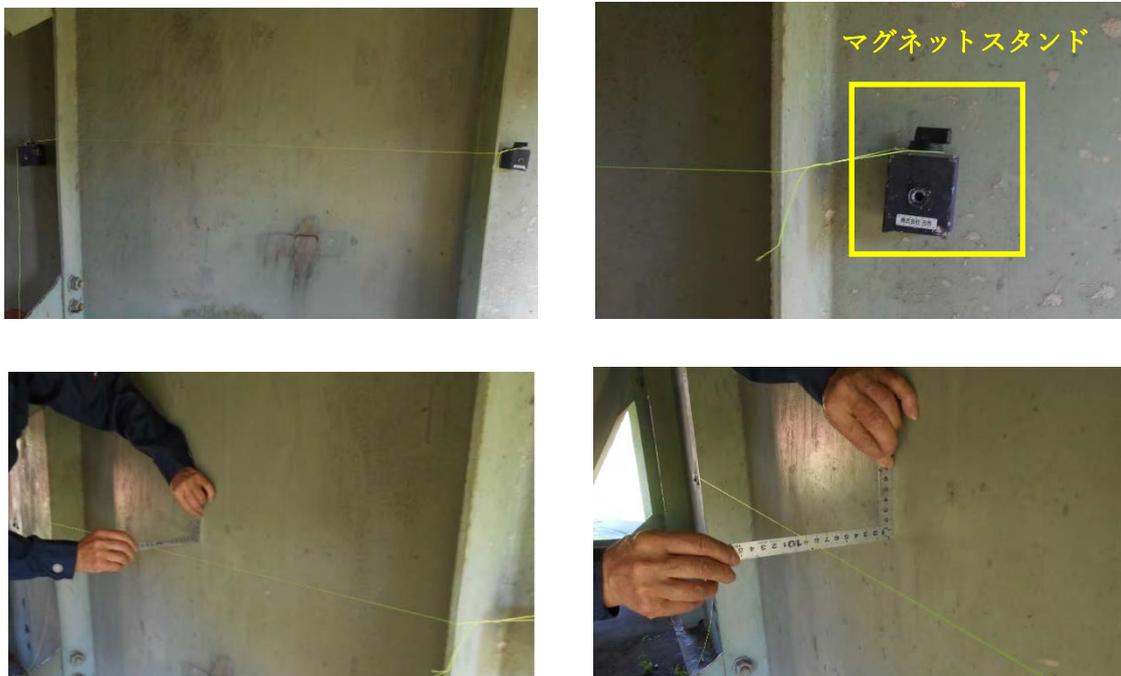


図-7.2.11 ウェブの変位計測状況

7.3 IH 塗膜剥離における環境測定に関する計測項目

7.3.1 塗膜の有害成分

ポリ塩化ビフェニル (PCB) が含有される塗膜を剥離する場合や、下塗りに鉛丹が使用されている塗膜を剥離する場合、これらの特定の有害物質が作業者あるいは周辺環境に影響を及ぼすことのないように、有害物質の含有有無を確認する必要がある。分析対象となる有害成分として、PCB、鉛およびクロムが多い。また、剥離した塗膜くずは産業廃棄物となるため、前述の含有量分析に併せて溶出量試験を実施して、特別管理産業廃棄物への該当性を確認する。以下に、環境測定方法の概略と一般的に用いる測定機器について紹介する。

(1) 採取方法

厚生労働省からの「剥離剤を使用した塗料の剥離作業における労働災害防止について（一部改正）」（令和4年5月18日）の通達が発出され、作業者の安全保護や周辺環境保護が謳われている。

分析用の塗膜採取は、「鋼構造物塗膜調査マニュアル」[7.1]に示されており、新設時の年度や補修履歴等を確認し、採取場所や試験点数を判定した後、実施する。塗膜飛散を防止し、周辺環境への汚染防止に努め、安全で効率的な場所で分析に必要な量を採取する。含有量分析では 30g、溶出量試験では 70g を目安とするとよい。なお、採取面積が 50×50cm 程度と小さいため、乾式で採取するケースが多い。



図-7.3.1 塗膜採取装置

(2) PCB

塗膜の PCB 含有量は「低濃度 PCB 含有廃棄物に関する測定方法（第5版）」[7.2]もしくは「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」[7.3]により測定する。具体的には、採取した塗膜を粉碎し、トルエンに PCB を抽出した後、測定機器（ガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC/MS/MS)、ガスクロマトグラフ/高分解能質量分析装置 (GC/HRMS) など) により定量操作を行う。



図-7.3.2 ガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC/MS/MS)

(3) 鉛・クロム

塗膜の鉛・クロム含有量試験は「JIS K 5674:2019 鉛・クロムフリーさび止めペイント」に規定されている。塗膜中の有機物を灰化した後、酸処理して原子吸光分析装置により定量を行う。

溶出量試験は、環境庁告示第13号[7.4]により当該成分を水に抽出し、ICP質量分析装置(ICP/MS)、分光光度計等により定量を行う。



図-7.3.3 原子吸光分析装置



図-7.3.4 ICP質量分析装置 (ICP/MS)



図-7.3.5 分光光度計

(4) アスベスト

アスベストの含有分析方法は、厚生労働省「石綿則に基づく事前調査のアスベスト分析マニュアル」[7.5]において「JIS A 1481-1~5」[7.6]~[7.10]の使用が規定されている。分析には偏光顕微鏡やX線回折装置を使用し、2023年10月1日より分析を行う者には特定の資格を有することが義務付けられている。



図-7.3.6 偏光顕微鏡



図-7.3.7 X線回折装置

(5) コールタール

塗膜を対象としたコールタールの測定方法は特に規定されていない。測定を行う場合、次の2通りの方法を適用することが多い。

1) 重量分析法

作業環境測定ガイドブックに従い実施する。コールタールをベンゼンに抽出した後、加温しベンゼンを揮発させて残存した質量を天秤で秤量する。

2) ベンゾ(a)ピレン換算法

コールタールはベンゾ(a)ピレンをはじめとした様々な芳香族化合物を含んでいる。このベンゾ(a)ピレンを測定し、換算を行うことによってコールタールを定量する方法がある。トルエンにて超音波抽出を行い、GC/HRMS でベンゾ(a)ピレンの量を測定し、換算係数を乗じて算出する。

7.3.2 作業環境測定

IH 装置を用いた塗膜剥離では、剥離した塗膜を固形のままで回収できるため、基本的に粉じんの飛散は抑制できる。しかし、加熱により鋼材表面との付着が低下した塗膜を工具で掻き落とす際、特に鉛や PCB など有害な物質を含む塗膜である場合、労働者の作業環境測定が必要となることが想定される。測定の有無は作業仕様を鑑み発注者と協議するのが良い。なお、測定は労働安全衛生法第 65 条第 2 項の規定に基づき実施する。

(1) 粉じん

粉じん測定には2通りの方法があり概要は以下の通りである。

1) 分粒装置を用いるろ過捕集方法および重量分析方法

分粒装置とは、肺に沈着し健康被害を及ぼす粒径の粉じんのみを通過させる装置である。分粒装置を通過した粉じんをろ過材に捕集し、天秤で秤量した後、吸引試料空気量で割り戻して環境空气中的粉じん濃度 (mg/m^3) を算出する。



図-7.3.8 分粒装置を用いた測定方法

2) 相対濃度指示方法

デジタル粉じん計によりすべての測定点で1分間の測定を行う(カウント数; cpm)。1測定点以上で上記 a) 法による粉じん濃度 (mg/m^3) を併行して測定し、相対濃度計1カウント当たりの濃度(K値)を算出する。他の測定点はカウント数とK値を乗じて粉じん濃度 (mg/m^3) を求める。



図-7.3.9 デジタル粉じん計

(2) 鉛

環境空気を吸引し、グラスファイバーに塗膜くずを捕集する。酸を用いて鉛を抽出し、原子吸光分析装置、ICP、ICP/MS等により定量を行う。

(3) PCB

環境空気を吸引し、塗膜くずを液体捕集（ヘキサンまたはトルエン）もしくは個体捕集（グラスファイバーろ紙とフロリジル管の組合せ）する。PCBを抽出、濃縮しガスクロマトグラフで定量を行う。



図-7.3.10 ガスクロマトグラフ

(4) コールタール

環境空気を吸引し、グラスファイバーに塗膜くずを捕集する。ベンゼンを用いてコールタールを抽出した後、加温しベンゼンを揮発させて残存した質量を天秤で秤量する。



図-7.3.11 ハイボリュームエアサンプラー

(5) ダイオキシン類（DXNs類）

作業環境における空気中のダイオキシン類の濃度測定は「廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類暴露防止対策要綱（平成13年4月25日環廃対183号）」による「第3.ばく露防止対策 2.運転、点検等作業において講ずべき措置 (2) 空気中のダイオキシン類濃度の測定」にしたがい、DXNs類をアセトンおよびトルエンに抽出し、精製・濃縮後GC/HRMSにより定量を行う。



図-7.3.12 GC/HRMS

7.3.3 騒音

IH 装置を用いた塗膜剥離では、塗膜の剥離作業で大きな騒音が発生することはないが、発電機の運転音等が発生することは回避できない。都市部で近隣に住宅等が多い環境で塗膜剥離工事を実施する場合、騒音に対する配慮が必要となることもある。剥離作業で騒音が発生する場合は、作業環境測定が必要となる。以下に騒音測定方法について説明する。

作業環境測定基準（昭和 51 年労働省告示第 46 号）第 4 条に従い、等価騒音レベルの測定（A 測定および B 測定）を行う。等価騒音レベルとは、騒音の大きさの瞬間値を測るのではなく、変動している騒音レベルを一定時間測定し、その平均値として表した値である。測定は、作業が定常的に行われている時間帯に、1 測定点について 10 分以上行う。「A 測定値の平均値」および「B 測定値」から、管理区分の評価を行う。

A 測定；作業場を縦、横 6 m 以下の等間隔で引いた交点を測定点とし、床上 1.2m～1.5m の間で測定

B 測定；発生源に近接する場所において作業が行われる場合、その位置において行う。



図-7.3.13 騒音計

参考文献

- [7.1] 一般社団法人日本鋼構造協会「鋼構造物塗膜調査マニュアル」(2018年2月)
- [7.2] 環境省環境再生・資源循環局廃棄物規制課ポリ塩化ビフェニル廃棄物処理推進室(令和2年10月)
- [7.3] 厚生省告示第192号(平成4年7月3日)
- [7.4] 産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法(昭和48年2月17日)
- [7.5] 厚生労働省「石綿則に基づく事前調査のアスベスト分析マニュアル」(令和4年3月)
- [7.6] JIS A 1481-1 建材製品中のアスベスト含有率測定方法, 第1部: 市販バルク材からの試料採取及び定性的判定方法
- [7.7] JIS A 1481-2 建材製品中のアスベスト含有率測定方法, 第2部: 試料採取及びアスベスト含有の有無を判定するための定性分析方法[7.8]
- [7.8] JIS A 1481-3 建材製品中のアスベスト含有率測定方法, 第3部: アスベスト含有率のX線回折定量分析方法
- [7.9] JIS A 1481-4 建材製品中のアスベスト含有率測定方法, 第4部: 質量法及び顕微鏡法によるアスベストの定量分析方法
- [7.10] JIS A 1481-5 建材製品中のアスベスト含有率測定方法第5部: X線回折法によるアスベストの定量分析方法(第1部の定性的判定方法を用いる場合の方法)