

7. 保全工事における基本工種と留意点の紹介

— これから保全技術者を目指す方々のために—

保全委員会 保全技術小委員会
福島道人 辻野竜介

1. はじめに

近年、鋼橋の保全工事の需要は高まってきており、保全技術者を目指そうという方々が増えています。橋建協としては、そのような方々の技術力向上のための支援をしたいと考えています。

本稿では、「保全工事を基本に立ち戻って学んでみよう」という観点で、保全工事における代表的な工種として支承取替工を例に、その作業について、一般的な要領とともに施工時の留意点および実際の現場で工夫しているポイントなどを紹介します。

2. 支承取替工における作業の紹介

本稿では保全工事における代表的な工種として支承取替工を例に挙げています。支承取替工の主な流れは 図-1 のとおりです。

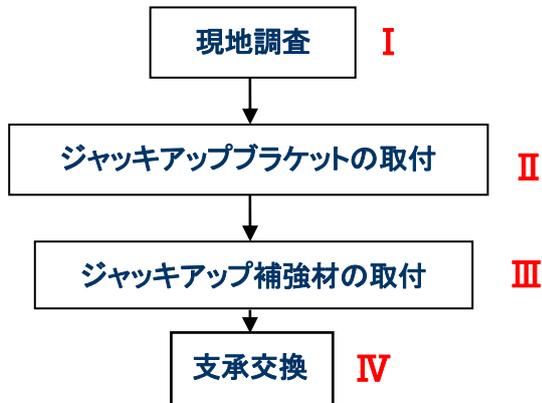


図-1 支承取替工の流れ

保全工事で重要になる「現地調査」、既設コンクリート構造物への鋼部材取付の例として「ジャッキアップブラケットの取付」、既設鋼構造物への鋼部材取付の例として「ジャッキアップ補剛材の取付」、そして既設コンクリートや既設溶接ビードのはつり等を行う「支承交換」が含まれる支承取替工は鋼橋の保全工事を代表する作業が多く見られる工種と言えます。

以下に、上記4工種の具体的な内容を纏めるとともにその留意点を示し、現場で使用されている機器も紹

介していきます。

I. 現地調査

現地調査は、①支障物の有無や既設構造物の形状を確認し設計・製作へ反映すること、②作業空間、搬入方法、周辺の環境へ与える影響（騒音・粉塵）、交通量を確認し、施工計画へ反映することを目的として行います。

一般的な測量機器を使うだけでなく、既設構造物の詳細な形状を把握するため、3Dスキャンや型取り工具を用いることもあります。

【3Dスキャンの紹介】

対象構造物を複数のカメラで撮影する、もしくはカメラの位置を変えて複数撮影することで3D映像を作成できます。出来上がった3D画像から任意の断面を切り出すことも可能で、形状の把握には大変便利なツールです。

一方、スキャン時の状況にもよりますが、一般的に誤差が3~5mm程度ありますので、結果の取り扱いには注意が必要です。

どの計測機器にも言えることですが、その機器そのものの誤差や使用条件による誤差があるので、その誤差量を把握し、結果を適切に扱う必要があります。



写真-1 3Dスキャン計測状況

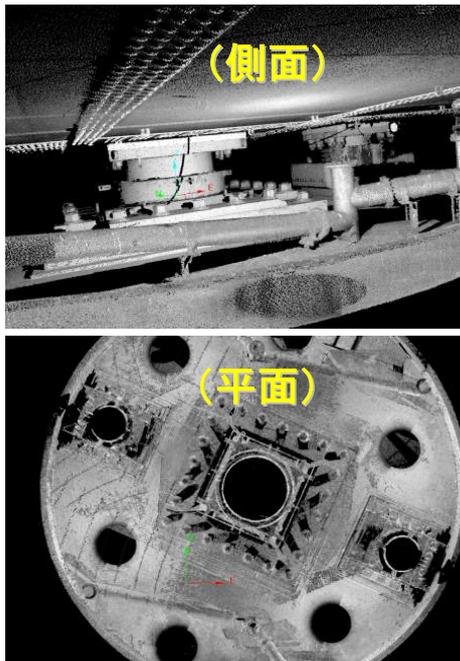


写真-2 3Dスキャン

【型取り工具の紹介】

鋼橋には鋼板を曲げ加工している部材もあります。曲げ加工は図面上では「K.L. (Knuckle Line)」という線で示されているのですが、実際にはある程度の曲げ半径を有しています。そこに当て板を設置する場合など、曲げ半径を計測する際に便利な工具が型取り工具です。

写真-3 に示すような複数の針金を束ねてある工具で既設部材に押し当てることで板曲げ部分の形状を把握することができます (写真-4)。



写真-3 型取り工具



写真-4 型取り状況

II. ジャッキアップブラケットの取付

既設コンクリート構造物への鋼部材取付の例として、図-2 に示すジャッキアップブラケット取付の具体的な作業を紹介します。

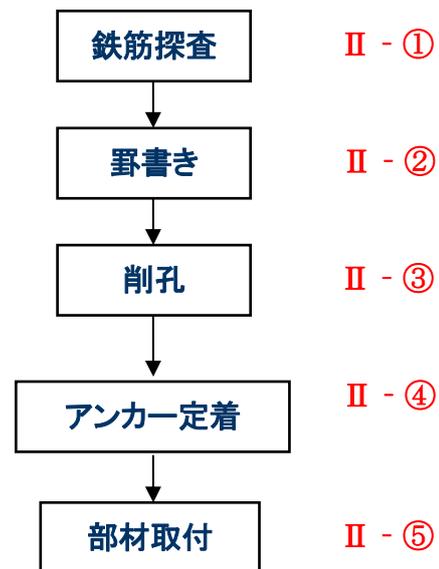


図-2 ジャッキアップブラケット取付の流れ

II-① 鉄筋探査

コンクリート構造物へのアンカー削孔を行う前には鉄筋探査を行います。一般的な電磁波レーダ法による鉄筋探査機では、探査可能深さは 20 cm程度で、橋脚や橋台の2段目以降の鉄筋は探査できません。鉄筋探査で把握しきれていない鉄筋については切断を防ぐための工夫が必要となっています。



写真-5 鉄筋探査の状況

II-② 罫書き

鉄筋探査の結果に基づき、鉄筋位置を避けるようにアンカー位置を罫書きしていきます。罫書きには、水糸を使う場合とレーザー墨出し機があり、設計で想定したアンカー位置に鉄筋が重なる場合、どの方向にずらすべきかを予め設計担当者と協議しておくが良いでしょう。一般的には外側に逃げるとアンカーボルトの作用力に対しては安全側ですが、ブラケットベースプレートの縁端距離の確保やブラケットリブとの干渉回避なども考慮する必要があり注意が必要です。

【レーザー墨出し機の紹介】

一般的な水糸を使った罫書きに代わり、写真-6 のように、レーザー墨出し機を用いて罫書きを行うケースも増えてきています。水糸を使う場合と比較して、サグ（糸のたわみ）や風、振動の影響を受けにくいという特徴があります。一方、レーザーは照射点から離れると線が太くなるので注意が必要です。



写真-6 レーザーによる罫書き

【フィルムの紹介】

新技術ではありませんが、フィルムを活用することで設計担当者や製作工場との情報のやりとりが容易になります（写真-7）。但し、フィルムの表裏や方向などを間違えないよう注意が必要です。



写真-7 フィルムを使った罫書き

II-③ 削孔

アンカー孔を削孔する場合、まずはφ10 mm程度の小径ドリルを用いてパイロットホールを削孔します。

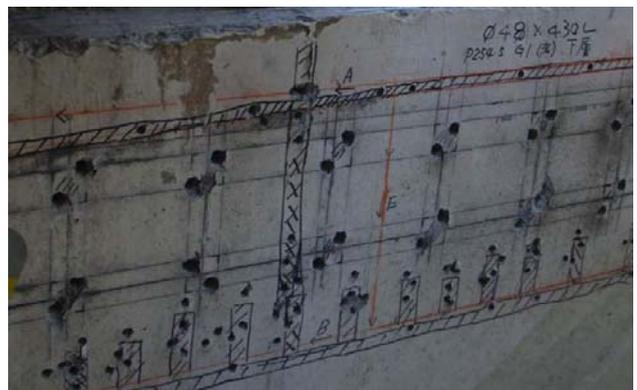


写真-8 小径ドリルによるパイロットホール削孔

この小径ドリルは鉄筋に当たっても鉄筋を切断することのないコンクリートドリル等を用い、鉄筋探査で把握しきれなかった2段目以降の鉄筋に当たらないことを確認していきます。鉄筋に当たった場合は位置をずらしてやり直しますが、その孔（ダメ孔）は無収縮モルタル等で埋め戻す必要があります。

次にダイヤモンドコアドリルによる本削孔を行います（写真-9）。ダイヤモンドコアドリルは削孔位置・角度の調整が比較的容易ですが、削孔時にコアビットを水冷するため、コンクリート粉を含んだのろが発生し、それを回収・処理する必要があります。また、鉄筋を切断する能力があるので、ドリルが金属（鉄筋）当たると自動的に電流が切れるメタルセンサーコードリール（写真-10）を併用するという工夫も必要です。



写真-9 ダイヤモンドコアドリルによる本削孔



写真-10 メタルセンサーコードリール

削孔の留意点・工夫は以下のとおりです。

- ・ 削孔後に深さの確認が必要
- ・ 削孔後に孔内の清掃が必要
- ・ 埋込長不足を避けるため、設計長より 20 mm程度深く削孔すると良い

【無水式コアドリルの紹介】

コンプレッサーによる圧縮空気と除湿機を用いて-25℃の超低温冷風を作り、コアビットを冷却する削孔機です。水を使用しないためのろの回収・処理が不要ですが、施工費は高くなります。



写真-11 無水式コアドリル

【高周波コアドリルの紹介】

インバータ（制御装置）を内蔵したコアドリル。コンクリートの特性以外のもの（鉄筋や埋設管等）に干渉した場合、モーターが停止するので鉄筋を切断する恐れはありませんが、施工費は若干高くなります。



写真-12 高周波コアドリル

II-④ アンカー定着

(1) アンカーが水平の場合

アンカーが水平の場合、定着には樹脂注入を採用し、削孔径はアンカー径+10 mmとすることが多いです。削孔時やアンカー固定時に水平度の確認を行うと良いでしょう。



図-3 樹脂注入状況

(2) アンカーが鉛直の場合

支承のアンカー等、アンカーを鉛直にセットする場合の定着には無収縮モルタルを採用する場合と樹脂注入を採用する場合があります。

無収縮モルタルの場合は削孔径＝アンカー径＋30 mm、樹脂注入の場合は削孔径＝アンカー径＋10 mmとすることが多いです。

【小径削孔タイプアンカーボルトの紹介】

削孔径を小さくすることで鉄筋と干渉する可能性を極力低くしたいという要望から生まれたのが小径削孔タイプのアンカーボルトです。

これは、粘度の高い樹脂を予め充填した孔にアンカーボルトを挿入するというものです。(図-4)

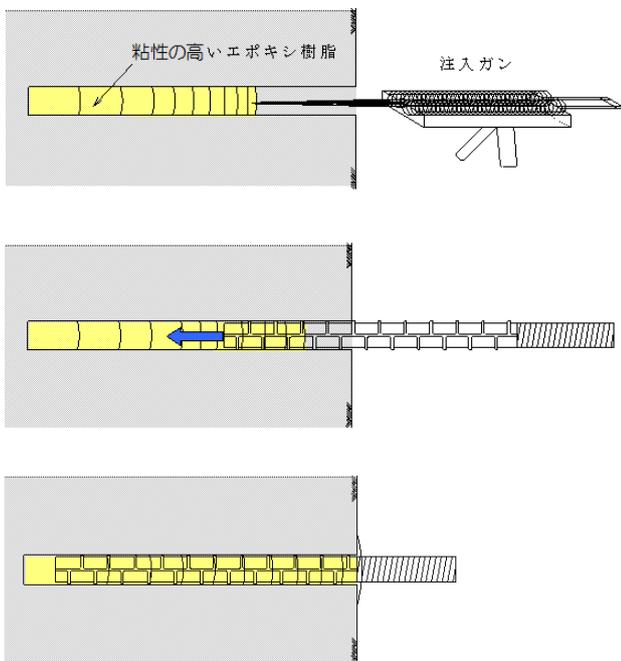


図-4 小径削孔タイプアンカーボルト

ある工事では、途中で鉄筋に干渉した孔（ダメ孔）の割合が 55%から 31%に減少したとの報告もあります。

II-⑤ 部材取付

コンクリート面の不陸が小さい（平坦度が高い）場合はそのまま取り付けて、鋼部材の背面に水が入らないよう周囲をシールします。

コンクリート面の不陸が大き（平坦度が低い）場合は、コンクリート面をチップングして、鋼部材とコンクリートの間にモルタルや樹脂を注入（背面注入）します。



写真-13 ジャッキアップブラケット取付状況

III. ジャッキアップ補剛材の取付

既設鋼構造物への鋼部材取付の例として、図-5 に示すジャッキアップ補剛材取付の具体的作業を紹介します。

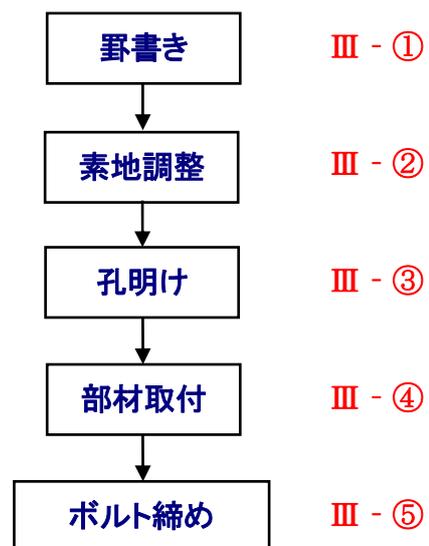


図-5 ジャッキアップ補剛材取付の流れ

Ⅲ-① 罫書き

既設鋼構造物への罫書き作業は、コンクリート構造物への罫書きと同様、レーザー墨出し器やフィルム（写真-14）を活用します。また、鋼床版ヒリブなど、ある一定の角度をもった部材に複数の罫書きを行っていく場合、アクリル等で専用の治具を作成することもあります（写真-15）。



写真-14 フィルムを用いた罫書き

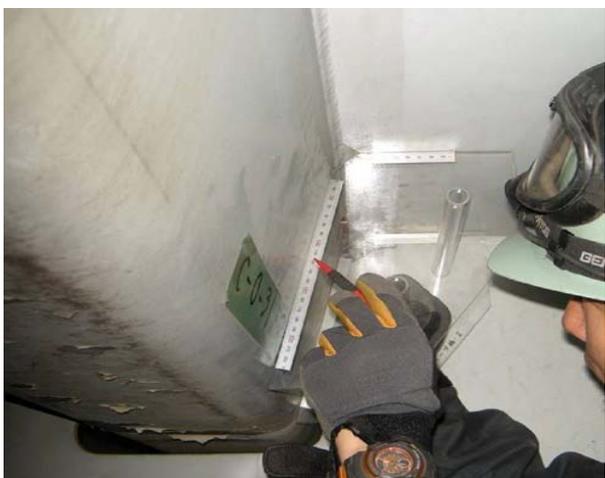


写真-15 アクリル製の特製治具を用いた罫書き

Ⅲ-② 素地調整

部材の取付が高力ボルト摩擦接合の場合、接合面の摩擦係数を確保するために既設鋼部材の塗膜を剥いで素地調整を行います。

素地調整の方法には、主に(1)動力工具、(2)現場ブラスト、(3)塗膜剥離剤+動力工具の3つがあります。

(1) 動力工具

一般的な動力工具として写真-16 のようなディスクグラインダーがあります。特別な工具ではないためよく使われますが、塗装の粉が飛散するので養生が必要になります。また、集塵機付の機械もあります。



写真-16 ディスクグラインダー



写真-17 ディスクグラインダー作業状況



写真-18 ディスクグラインダーによる処理完了



写真 - 21 ブリistolブラスター施工状況

【ブリistolブラスターの紹介】

1種ケレン相当の粗面を形成するための工具として、写真-19~21 に示すブリistolブラスターという機械が使用されています。



写真 - 19 ブリistolブラスター

写真-22 にサンドブラスト、ブリistolブラスター、ディスクサンダー、カップワイヤーそれぞれで処理した表面の拡大写真を示します。これによるとブリistolブラスターはサンドブラスト相当の粗面形成能力を有することがわかります。

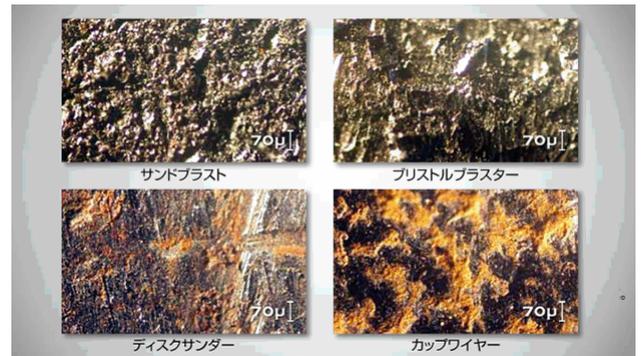


写真-22 工法の違いによる粗面形成状況の違い

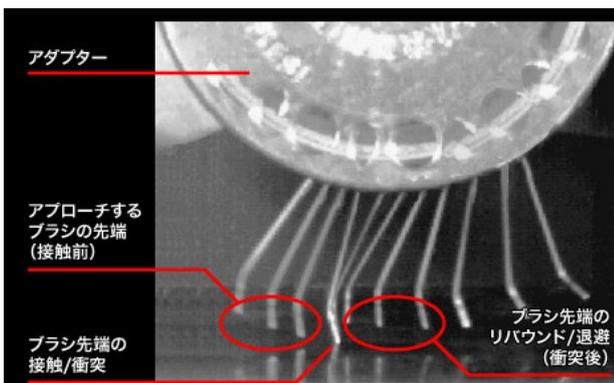


写真 - 20 ブリistolブラスターの仕組み

(2) 現場ブラスト

工場（屋内）で行う場合と異なり、屋外の現場で行う場合は飛散防止のため大掛かりな養生が必要になることから、最近では研掃材や剥がれた塗膜をバキュームホースで回収する、バキュームブラスト（写真-23~25）が多く用いられます。

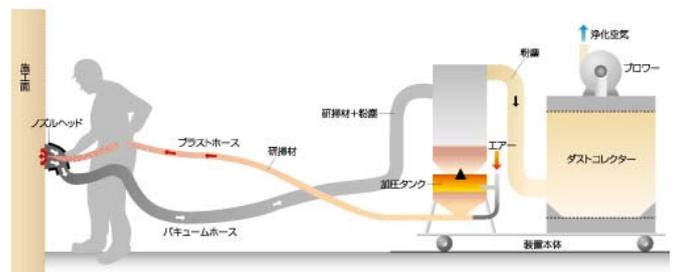


写真-23 バキュームブラスト(1)



写真-24 バキュームブラスト(2)



写真-25 バキュームブラスト(3)

ブラストのためのコンプレッサーだけでなく、集めた研掃材と塗膜を分離する装置なども必要になり、装置を載せた4t車が必要になります。また、鋼板面に直角に当てることから、ボルト頭やナットの側面などには研掃材が当たらず、動力工具により別途細部の処理をする必要があります。

(3) 塗膜剥離剤+動力工具

塗膜に薬品を塗り、塗膜を溶解して除去するタイプの剥離剤は従来から橋梁分野以外でも用いられてきましたが、薬品の毒性などから健康被害や環境汚染が問題になっています。そこで最近では毒性がなく、環境にも優しい剥離剤が開発されてきています。

そのうちのひとつ、インバイロワンについて紹介します。

【インバイロワンの紹介】

独立行政法人 土木研究所と一般企業の共同開発によるもので、「塗膜を溶解して除去するタイプの従来型剥離剤とは異なり、シート状に軟化させるため除去塗膜の回収が容易で、高級アルコールを主成分とするため毒性・皮膚刺激性がない」とされています。

塗布後 24 時間経過させると、塗膜が軟化し(写真-26)、スクレーパー等で剥すとシート状にめくれてくる(写真-27) というものです。



写真-26 インバイロワンによる塗膜軟化



写真-27 インバイロワンによるシート状剥離

剥離剤の使用では、塗装の粉が飛散しないため動力工具やブラストのような養生は不要ですが、2種ケレン相当なので、粗度確保が必要な場合は別途動力工具等による処理が必要になります。また、ボルト周りなどについても動力工具処理が必要になりますので注意が必要です。

開発者が特許を取得していますので、使用時には実施許諾申請が必要になります。

Ⅲ-③ 孔明け

現場での孔明けは、一般的には孔明け機械（アトラ）をマグネットで部材に固定して行います。上向き、横向きなどで、マグネットで固定しきれない場合はチェーンブロック等を併用します。

通常の孔明け機械（写真-28）の他に、スペースが狭い箇所に用いる小型の孔明け機械（写真-29）や、円柱などの曲面に対応した孔明け機械（写真-30）などもありますので、用途に応じて選択してください。



写真-28 通常の孔明け機械



写真-29 小型の孔明け機械

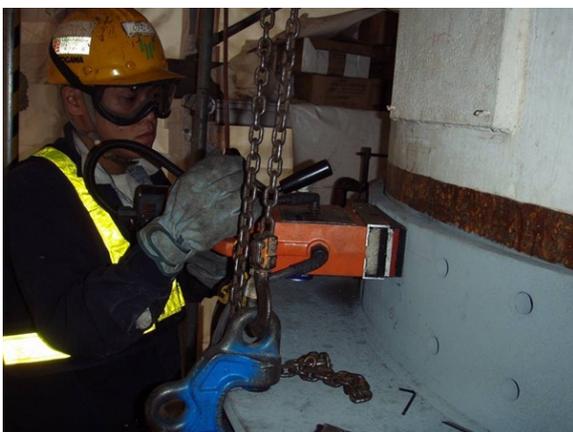


写真-30 曲面に対応した孔明け機械

孔明け機械が入らないような狭い箇所に部材を取り付ける設計にすると、施工できなくなりますので、設計時に機械設置スペースに関して配慮する必要があります。

また、孔明け後にはグラインダーによるバリ取り（写真-31）を行います。



写真-31 孔明け後のバリ取り

Ⅲ-④ 部材取付

部材取付は既設コンクリート部材への鋼部材取付の場合と同様ですが、既設鋼箱桁や鋼製橋脚の場合は、箱断面の中に部材を搬入する必要があります（写真-32、33）。



写真-32 鋼桁への部材取付



写真-33 箱桁内部への部材取付



写真-35 マーキング状況

従って、部材搬入を考慮した、すなわち、入口となるマンホールのサイズや搬入する部材の重量、形状を考慮した設計にする必要があります。

Ⅲ-⑤ ボルト締め

ボルト締めについては、新設橋梁と変わりありません。一次締め → 共回り確認用のマーキング → 本締めという一般的な流れになります（写真-34～37）。

狭隘な箇所には小型の締付機械（写真-38）があります。更に、機械が入らない箇所には手締め用のトルクレンチ（写真-39）を用います。



写真-36 本締め



写真-37 完了



写真-34 1次締め（予備締め）



写真-38 六角高力ボルト（HTB）用締付機械



写真-39 六角高力ボルト (HTB) 手締め用工具

軸力の確認方法としては、トルクレンチが一般的ですが、トルクレンチが入らない箇所には、超音波で軸力を測定する機械もあります。しかし、誤差が大きいため、その結果の取り扱いには注意が必要です。

めっき六角高力ボルト (F8T) の締付にはナットの回転角で管理する「ナット回転角法」が用いられます。ナット回転角法を適用する際には、締付角度を設定できる回転角レンチ (写真-40) を用います。

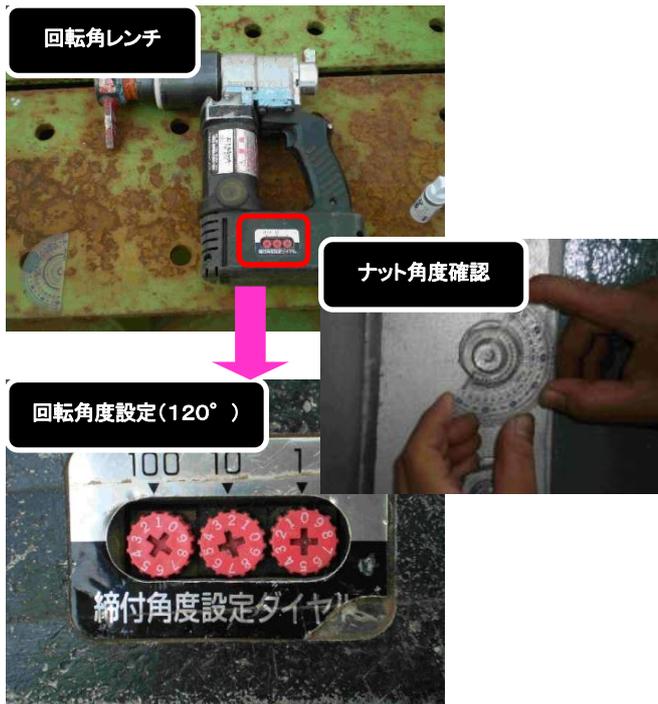


写真-40 回転角レンチ

補修・補強で用いられる特殊なボルトとしては、打込式支圧高力ボルト (B10T) と高力ワンサイドボルトが挙げられます。

既設構造物の接合面の平坦度が低く、安定した摩擦接合が期待できない場合などに打込式支圧高力ボルト (B10T) が用いられます。既設部材と新設部材の孔位

置がずれていると支圧接合にならないことから、新設部材の孔は当てもみで明けられる場合が多くなります。

鋼床版Uリブの補修などで、片側からしか施工できない場合には、高力ワンサイドボルトが用いられます。これは、スリーブが付きした特殊なボルトで、ナット側を締め付けることでスリーブが変形し、ボルト先端をボルト頭のような形状にすることで抜けを防ぎ、軸力を導入できるというものです (写真-41~43)。

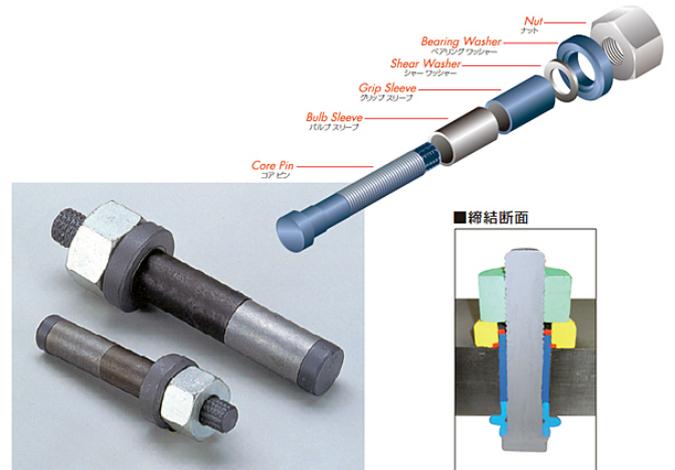
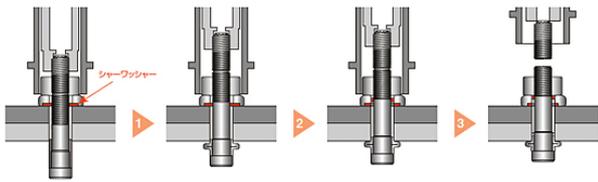


写真 - 41 高力ワンサイドボルト



写真 - 42 高力ワンサイドボルト適用例



締付前



締付後



写真 - 43 高力ワンサイドボルト締め付けステップ

裏面側に錆がある場合は、軸力の抜けが懸念されますので、事前に裏側の錆の確認が必要になります。

IV. 支承交換

部材交換の例として、図-6 に示す支承交換の具体的な作業を紹介します。

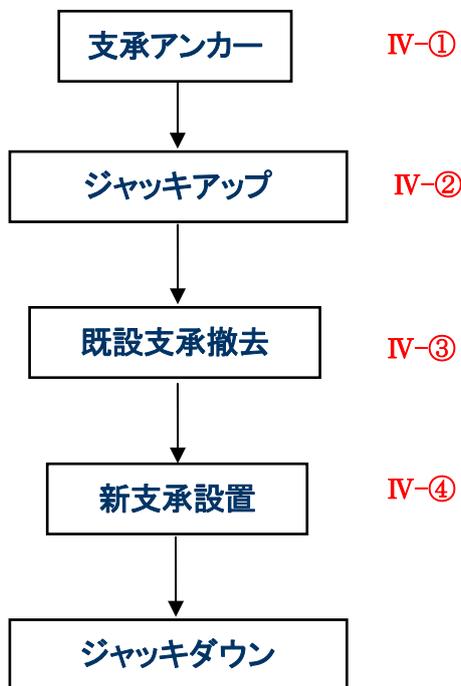


図-6 支承交換の流れ

IV-① 支承アンカー

支承アンカーを設置するまでの手順は、鉄筋探査 → アンカー削孔 → アンカー定着 → アンカー位置の計測 → ベース PL 孔明け となり、ジャッキアップブラケット用アンカーで説明したものと変わらないため詳細は割愛します。

削孔時に鉄筋との干渉などで設計図どおりの位置に孔が明かないことがあるため、支承ベース PL の孔明けをアンカー位置計測後まで保留にしておくという配慮が必要になります。

IV-② ジャッキアップ

ジャッキアップは油圧ジャッキを用いて行われることが殆どで、油圧管理モニタを用いて反力を管理し、コンベックスやレベル等を用いて変位を管理しながら行います。

不均等荷重を考慮して、反力の 1.5 倍から 2 倍の能力を有するジャッキを用いるのが一般的です。交通規制しない場合は活荷重反力も考慮に入れて適切な反力を算出します。サドル上にセットする場合は鉛直荷重の 10% 程度の水平力を見込み、転倒防止用台座を設置するなどの配慮も必要です。

【補修用低高油圧ジャッキの紹介】

狭隘な箇所でも使用できるよう機高を抑えたジャッキです。機高が低い分、ジャッキのストロークは短くなっています (20~30 mm) (写真-44~46)。



写真 - 44 補修用油圧ジャッキ使用状況 (1)



写真 - 45 補修用油圧ジャッキ使用状況 (2)

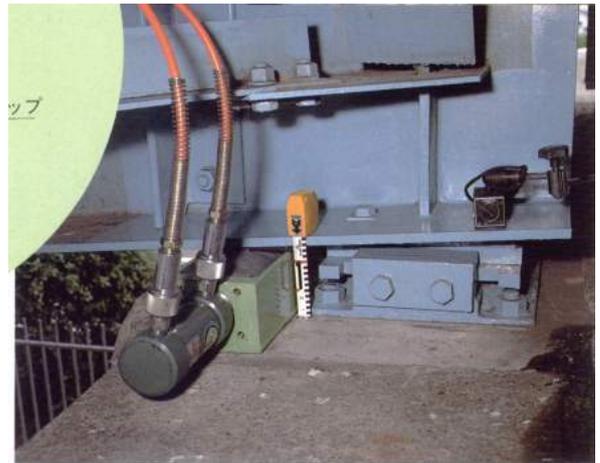


写真 - 48 トライアップジャッキ使用状況



写真 - 46 補修用油圧ジャッキ

補修用のジャッキの特徴ですが、油圧が抜けても下がらないよう安全ロックがついています。

【仮受け機能付き油圧ジャッキの紹介】

このジャッキは僅かな隙間があればジャッキアップが可能で、ジャッキアップ後はストッパーで機械的に高さを固定できます (写真-47、48) (製品名：トライアップジャッキ)。

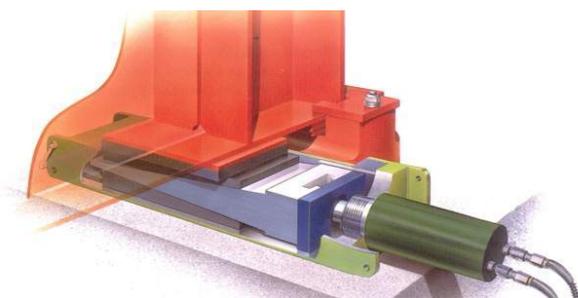


写真 - 47 トライアップジャッキ

【減速ギア式楔形ジャッキの紹介】

油圧ではなく、電動工具でトルクを導入することでジャッキアップする製品で、反力が長期に作用しても楔が後退しない機構になっています (写真-49、50) (製品名：トルクアップジャッキ)。

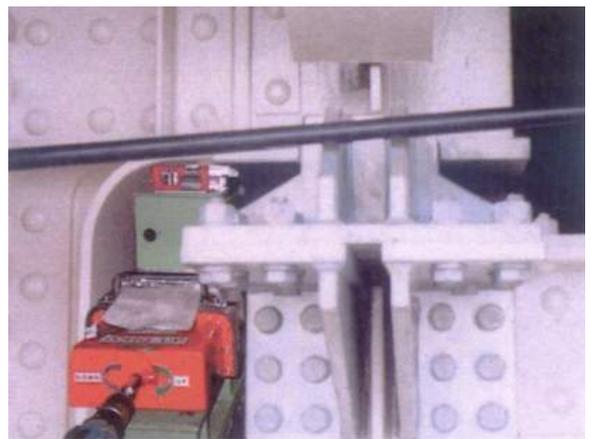


写真 - 49 トルクアップジャッキ使用状況

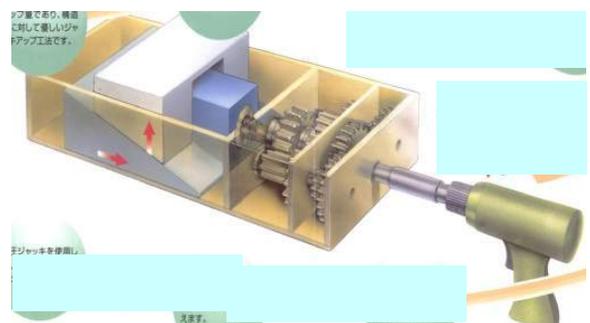


写真 - 50 トルクアップジャッキ

【フラットジャッキの紹介】

補修用ジャッキが入らない高さの箇所に適用できますが、原則使い捨てとなるため、リースではなく買い取りとなり、コストがかかります（写真-51、52）。



写真-51 フラットジャッキ



写真-52 フラットジャッキ使用状況

【センターホールジャッキの紹介】

支承取替には使いませんが、PC 棒鋼やワイヤーを引き込むジャッキです。トラスの鉛直材に車両が衝突した事故の復旧工事などで使われています（写真-53、54）。



写真 - 53 センターホールジャッキ使用状況



写真 - 54 センターホールジャッキ

IV-③ 既設支承撤去

既設支承の撤去では、沓座モルタルのはつり作業（写真-55）を行った後、アンカーボルトの切断（写真-56）を行います。ここで紹介している事例は既設アンカーボルトを流用せずに、アンカーを別の位置に新設するケースですが、既設アンカーボルトを流用する事例もあります。その場合は、既設アンカーの健全性の確認（超音波によるアンカー長の確認など）を行う必要があります。

新旧の支承サイズが異なり、ソールプレートの交換が必要な場合もあります。殆どのソールプレートは溶接で主桁に固定されていますので、その溶接ビードをガウジングで飛ばし（写真-57）、グラインダーで仕上げる必要があります。



写真 - 55 沓座モルタルのはつり



写真 - 56 アンカーボルト切断



写真 - 57 溶接ビードのガウジングによる撤去

IV-④ 新支承設置

支承交換の場合は、アンカーボルトとベースプレートを先に固定し、新設支承をセットした後、ベースプレートと下沓を現場溶接する場合があります。



写真 - 58 新設支承の現場溶接

最後に沓座モルタルを打設します。ここに示す写真の例は、下沓の下側に鋼製台座が入っていますが、鋼製台座はない場合もあります。型枠をセットしてモルタル打設を行う作業については、一般的なものと変わりありません（写真-59、60）。



写真-59 沓座モルタル用型枠設置

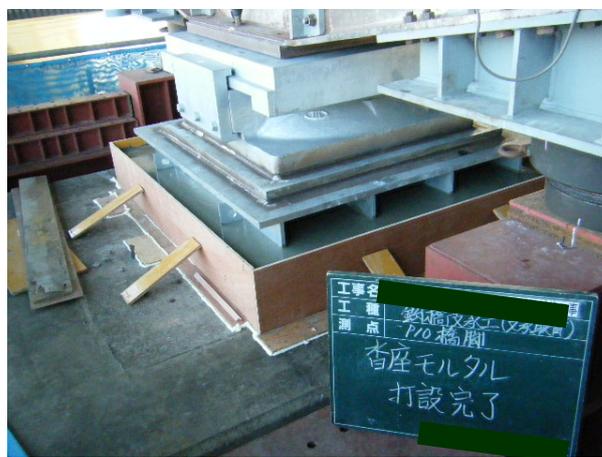


写真-60 沓座モルタル打設完了

3. おわりに

今後増え続ける保全工事に対応するため、保全技術力の必要性が叫ばれています。

しかし、道路橋示方書に保全編がないなど、まだまだ発展途上の分野であり、誰もが試行錯誤で取り組んでいるというのが現状です。

そのような中で、自分たちの将来のため、子供たちの将来のため、橋梁という社会的資産を守るべく技術力向上に取り組んでいる若手技術者の皆さんを橋建協は応援します。