

### 3. 保全工事の施工事例 — トラス橋の支承取替え工事 —

技術委員会 設計小委員会

#### 1. はじめに

支承部は、橋梁全体の安全性・耐久性に係わる重要な部材であり、支承が求められる機能が確実に保持されなければなりません。支承の損傷・劣化などの変状を放置するとさらに進行し、支承の機能を喪失するだけでなく、上下部構造にまでに悪影響を及ぼすこととなります。このためには、日常からの点検・保守作業が重要ですが、状況によっては補修では間に合わず、支承取替え工事による機能回復が必要な場合も生じてしまいます。

また兵庫県南部地震を経験し、平成8年の道路橋示方書では支承部については橋を構成する主要構造部材として位置付けられ、上部構造の慣性力を下部構造へ確実に伝達できる構造とすることが基本とされました。つまり橋梁構造物全体の耐震性能向上を図る補強工事においては、各荷重作用による橋の挙動をどの様に制御するかを考える上で、支承部構造を適切に構成することが重要となります。このため、現在実施されている耐震補強に伴う支承取替え工事の大半は、上記理由による支承のグレードアップ工事と考えられます。

支承の取替え工事は、上部構造をジャッキアップして行う必要があります。工事中は交通規制により通行車両を排除して行うのが理想的ですが、一般的には交通を供用した状態で工事を行う場合が多くなります。狭隘な空間で供用下の上部構造をジャッキアップして行う支承取替え工事は、通行車両による影響を考慮した安全対策を図り、迅速かつ安全な施工が行えるように工法を選定する必要があります。特に重要な検討項目は、いかに上部構造をジャッキアップするかであり、反力受け点の上部工および下部工の照査・補強方法の検討です。

現在、鋼橋の支承取替え工事では、鋼鈹桁橋や鋼箱桁橋の施工実績は非常に多くなってきましたが、鋼トラス橋の支承取替え工事の実績に関しては豊富とは言えません（写真-1）。これは、トラス橋の支承取替え工事が鈹桁橋や箱桁橋に比較して施



写真-1 鋼箱桁のジャッキアップ状況

工方法が難しく、先送りされてきた傾向にあったためかと思われます。難しさの要因は、鈹桁・箱桁橋と比較してトラス橋の場合、1支承当りのジャッキアップ反力が非常に大きいことが挙げられます。ジャッキアップ反力が大きいことにより反力受け点の照査・補強方法を困難にしています。しかも、反力受け点をトラスの格点部から外れた場所に設ける必要があり、条件によっては、（例えば軸力部材である下弦材に設ける必要がある場合など）構造系が変わる事にもなり、十分な施工検討が必要になります。

今回、トラス橋の支承取替え工事の実施事例として代表的な4事例を挙げ、大反力のトラス支承ジャッキアップ工法について、必要な検討項目、照査および補強設計の具体的手法についてご報告いたします。

#### 2. 補強ガセット方式

補強ガセット方式は橋軸方向に支点部のガセットと補強材を溶接し、それを利用してジャッキアップする方式です。主な特徴は

- ・ 現場溶接が多くなり、既設橋への影響が懸念される。
- ・ 下部工の拡幅が必要となる。
- ・ 追加ガセットの撤去の要否確認が必要。  
(必要に応じてFEM解析など)

- 片側ずつ施工することにより、水平力の対応も容易である。(施工していない側の支承が地震時などの水平力に抵抗)

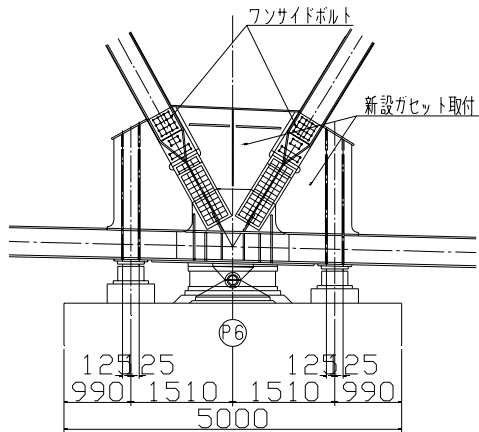
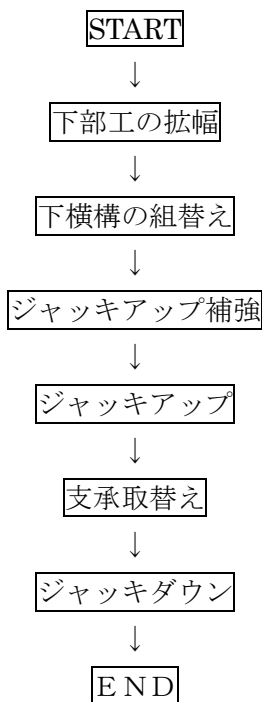


図-1 ガセット補強図(中間支点)



写真-2 ガセット補強

【施工フローチャート】



主に、補強ガセット方式の留意点や検討項目について記述します。

## 2. 1 補強ガセット方式の留意点

### 2.1.1 ジャッキの選定

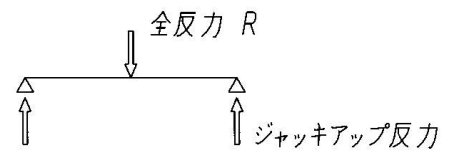
ジャッキのセット位置は、はつり・撤去・据付などの作業性に大きく作用します。そのため、はつり範囲・ジャッキ形状を十分に考慮して決定する必要があります。同時に下部工縁端のせん断破壊に対する照査を行う必要があります。

### 2.1.2 補強設計

構造のモデル化をする場合、その構造の特徴を十分に把握してモデル化を行うことが重要となります。補強ガセット方式の場合、そのジャッキ間隔を支間とする単純梁に斜材からの軸力が作用するものとして断面力を算出する必要があります。追加ガセットの高さを決定するにあたっては応力度のほか、斜材やその連結板形状などの取合いも考慮する必要があります。

また、上記のように設計するものの図-2に示すように実際の構造は支間の割に桁高の高いディープビームとしての挙動を示す場合も考えられるので、必要に応じて、設計計算の妥当性を確認するためにFEM解析を行うことも重要です。

### 設計用単純梁モデル



### ディープビームモデル

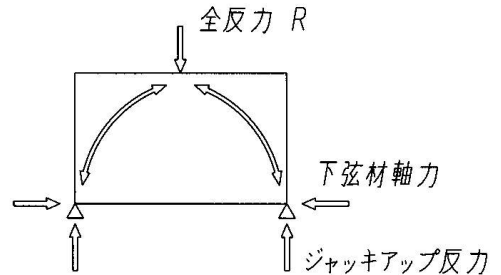


図-2 単純梁・ディープビーム概念図

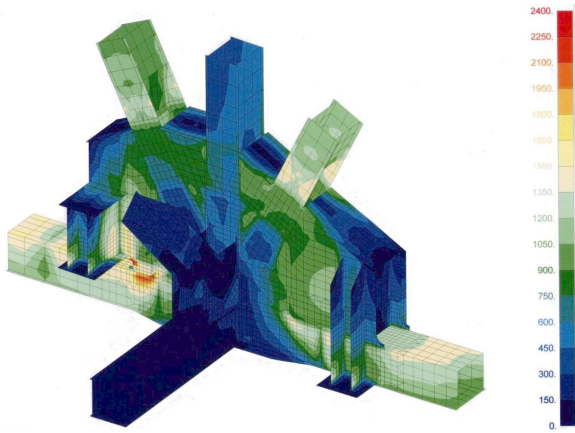


図-3 ガセット部コンター図

【実験結果要約】 駒井技報 vol.20 より

溶接線から1列目のボルト軸力と温度の計測結果を図-4に示す。これによるとボルトの温度上昇は200℃以下であり、継手耐力が低下するほどの温度上昇ではなかった。しかしながら、ボルト軸力は溶接パスを重ねるごとに低下し、最終的に1列目は20%、2列目8%、3列目4%の軸力が低下した（4列目の軸力抜けは無し）。継手部としては全体の8%の耐力が低下する結果となった。

## 2. 2 溶接施工性の確認

### 2.2.1 ボルト部への溶接熱影響の確認

中間支点部のガセット取り付けを行う場合、既設斜材との取り合い部で継手部のフィラープレートと追加ガセットを突合せ溶接することがあります。既設の高力ボルトから近接する場合があります、その場合はボルトが受ける影響を確認する必要があります。必要に応じて実物大モデルによる実験を行う場合もあります。

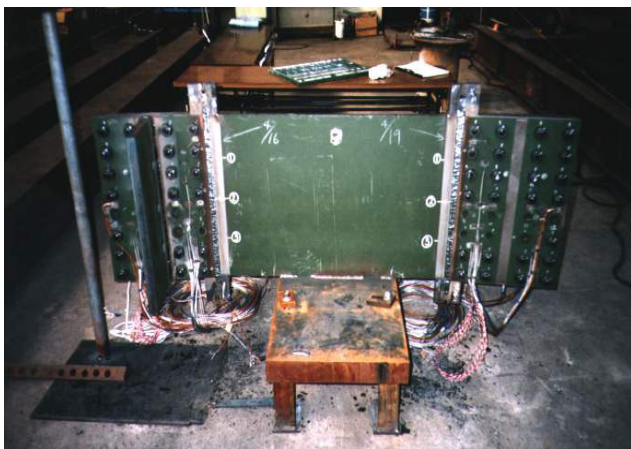


写真-3 実物大の熱影響実験

### 熱影響実験結果 HTB1列目

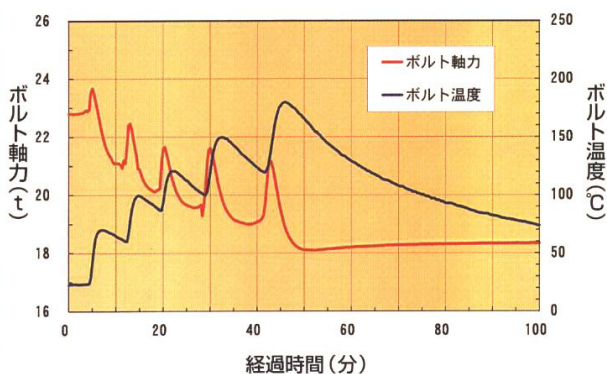


図-4 熱影響結果表

### 2.2.2 溶接施工性の確認

ジャッキアップ補強部が設計どおりの機能を発揮するためには現場溶接の施工を確実にする必要があります。供用下での施工となる場合が多いため、交通による振動の影響も確認する必要があります。必要に応じて、現地での振動計測を行い、その結果を「供用下にある構造物の溶接施工指針（案）」に示されている管理限界値と比較するなどの対策も必要な場合があります。さらに現地において溶接施工試験を行って現場溶接に関する最終確認も行う場合があります。また、拘束力が出来るだけ小さくなるように溶接順序を設定する必要があります。

管理として、高力ボルト部への溶接は実験結果を反映させ、接触温度計によりボルト位置での最高温度が200℃を超えないように溶接のインターバルを調整するなどの処置も考慮する場合があります。

## 3. 部材追加方式

部材追加方式はジャッキアップ点と上弦材の桁端格点の間に追加垂直材を設置し、それを利用してジャッキアップする方式です。主な特徴は

- ・ 現場溶接が少ない。
- ・ 下部工の拡幅が必要となる。
- ・ 追加垂直材の撤去の要否確認が必要。  
(必要に応じてFEM解析など)
- ・ 片側ずつ施工ができ、ジャッキアップ時のアンバランスが少なく、水平力の対応も容易で安全性に優れる。

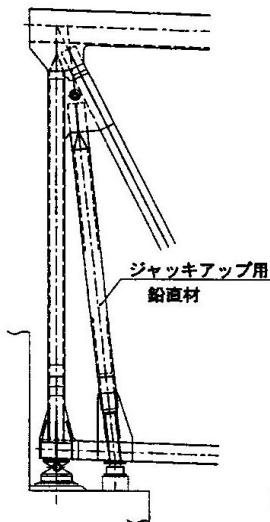


図-5 概念図

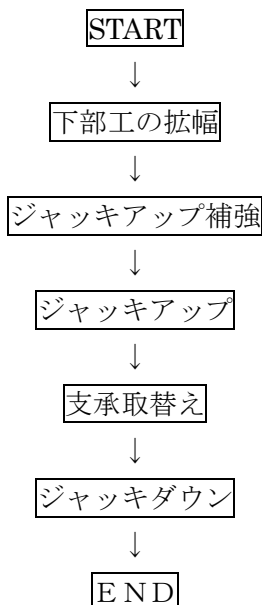


写真-4 追加部材図



写真-5 上弦材側がセット

【施工フローチャート】



主に、部材追加方式の留意点や検討項目について記述します。

### 3. 1 部材追加方式の留意点

#### 3.1.1 ジャッキの選定

ジャッキのセット位置は既設支承と新設支承の平面形状の寸法だけではなく、作業スペースを両側に確保することが重要です。

#### 3.1.2 支点部の設計

支点部に追加するジャッキアップ用の垂直材の設計は、通常のトラス部材の設計と同様に行うことが多くなります。他工法同様に、力の伝達などを適切に判断し設計を進める必要があります。また、局所的な力の伝達の把握として、FEM解析を行うことも重要となります。

#### 3.1.3 ボルトの接合

ボルト接合は追加ガセットと斜材の接触部分は斜材が箱断面であるため、外面からのみの施工が可能なワンサイドボルト (M22 : F8T 相当) を使用するなどの配慮が必要となります。

#### 3.1.4 追加部材の撤去の要否確認

支承の取替え完了後に、荷重の受け点がジャッキから元の支点位置に受け替えることとなります。このとき、追加した部材により、当初の構造系と異なる構造形となっている場合があります。(斜材の鉛直力により、下弦材に曲げモーメントが作用する。) このため、ジャッキアップ用の補強材を存置するかどうかの検討が必要となります。この場合、必要に応じて FEM などのより局所的な応力の確認も必要となります。

### 4. 横桁補強方式

横桁補強方式は支点付近の端横桁に垂直補剛材を溶接し、それを利用してジャッキアップする方式です。主な特徴としては以下となります。

- ・ 現場溶接が少なく、既設橋への影響が少ない。
- ・ 高力ボルト接合による垂直補剛材の設置も可能である。
- ・ 下部工の拡幅が必要としない。
- ・ 反力の小さい場合に適用可能である。

主に、横桁補強方式の留意点や検討項目について記述します。

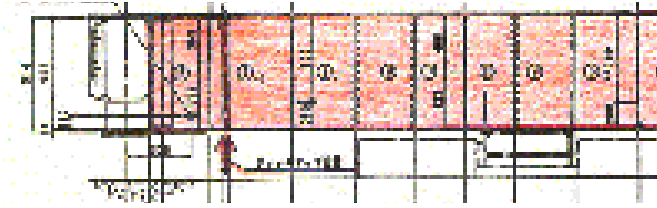


図-6 横桁補強図

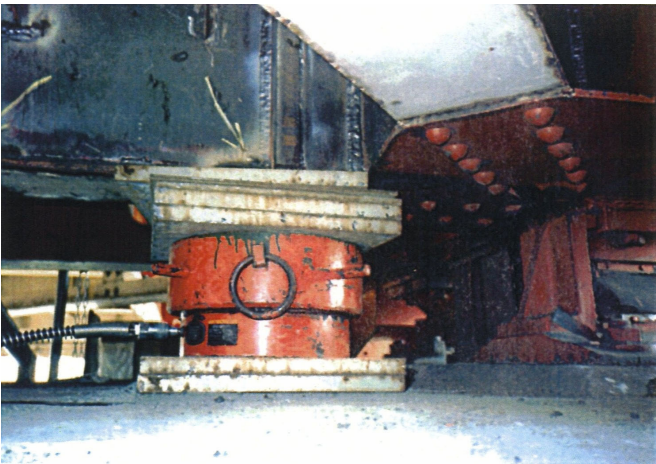


写真-6 横桁補強

#### 4. 1 ジャッキアップ部の補強設計

##### 4.1.1 補強設計

他の方式と同様に横桁補強方式も仮支持点に支点反力を受けるために補剛材の取り付けをおこないます。その設計は横桁補強方式の場合、FEMなどの簡易的な方法で行うことができます。補剛桁の取り付け方法は溶接とボルトの2つの工法がありますが、現地の状況等を考えどちらも採用をしてもよい。いずれも、補剛材に集中荷重に仮支持点および仮支持部材の耐荷力を照査し、座屈、局部変形など破損が生じないように配慮を行う。

### 5. 巻立てコンクリート方式

巻立てコンクリート方式は既設部材にスタッドを溶植して、巻立てたコンクリート部を利用してジャッキアップする方式です(図-7)。

端支点の場合、巻立てコンクリートを落橋防止壁、あるいは段差防止構造にも兼用することが可能で

す。主な特徴としては以下となります。

- ・ 主構本体の補強が他の方式に比べて少なくなります。
- ・ 下部工の拡幅は不要です。ただし、ジャッキアップ位置での橋座部の欠落ちの照査は必要です。
- ・ 巻立てコンクリートの自重により反力が増加します。ただし、偏載荷重により支点部に引抜き力が作用する場合、カウンターウエイトとしての効果があります
- ・ 橋台部では、作業空間に対して計画時に配慮する必要があります。
- ・ 中間支点は反力が大きいため、十分な検討が必要となります。

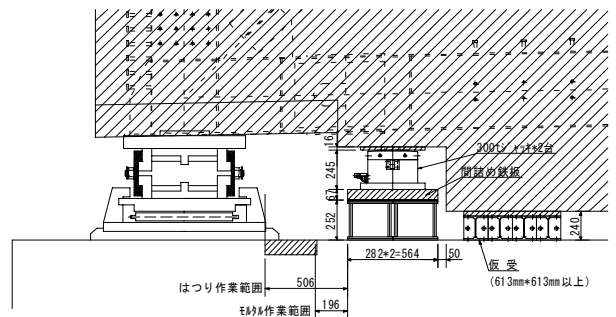


図-7 概要図

### 5. 1 設計・施工上の留意点

#### 5.1.1 部材の設計

支点の内側でジャッキアップを行う場合、巻立てコンクリート部材は、曲げモーメントとせん断力を受ける鉄骨鉄筋コンクリート部材として設計します。

支点部の上部工反力は、巻立てコンクリートを介してジャッキ支点へ伝達する必要があるため、既設部材と巻立てコンクリートの定着方法はスタッドジベルを採用し(写真-7)、せん断力に対して必要本数を決定します。また、反力の大きい中間支点や現場の制約条件によっては、大掛かりなメタル補強が必要な場合があります(写真-8)。

巻立てコンクリート部材のひび割れ幅の検討に対しては、鋼材部分を鉄筋に置き換えて照査を行います。

構造詳細については、以下のことが考えられます。

- ・ スタッド溶植は横打ちの際に、溶接のたれを考

慮して最大径をΦ19としています。

- ・ 鋼部材が箱形式の場合、より一体化を図るために、箱内に無収縮モルタルを注入する方法もあります。
- ・ コンクリートに関しては、ジャッキアップ位置にせん断補強筋を配置したり、作業工程短縮のために、早強コンクリートを使用します。



写真-7 スタッド溶接



写真-8 ジャッキ支点部補強

### 5.1.2 増設アンカーの施工

巻立てコンクリート施工後は、作業スペースが狭くなります。また、道示の改定による水平力の増加に伴い、アンカーボルト本数が増える場合があります。この場合、先行して増設アンカーの施工を行う必要があります（写真-9）。



写真-10 増設アンカー施工

## 6. 共通事項

### 6.1 現場溶接

既設橋に補強部材を現場溶接で取り付ける場合、ジャッキアップ補強部が設計で要求する機能を発揮するためには現場溶接の施工を確実にする必要があります。供用下での施工となる場合が多いため、交通による振動の影響も確認することが重要です。このため、現地での振動計測を行い、その結果を「供用下にある構造物の溶接施工指針（案）」に示されている管理限界値と比較するなどの対策が必要な場合があります。さらに拘束力が出来るだけ小さくなるように溶接順序を設定する必要があり、溶接施工試験を行って現場溶接に関する最終確認を行う場合もあります。

### 6.2 安全管理

#### 6.2.1 ジャッキアップ反力管理

構造系が複雑な場合、ジャッキアップ反力の算出には、立体骨組構造解析を実施し、死荷重および活荷重反力を把握しておく必要があります。また、複数のジャッキを同時使用することにより不均等反力が考えられるため、使用するジャッキや反力管理手法にあった不均等係数を設定する必要があります。さらに、反力変動の管理限界値を定め、ロードセルなどを用いた反力管理を行い、安全な施工を行うことが重要です。

### 6.2.2 変位計測

既設のトラス支承（一般的にはピン支承が多い）をジャッキアップするということは、死荷重による回転や温度荷重などによる橋軸方向の力を解放することとなります。そのような場合、支点条件変更による橋脚と桁の相対変位を解析などによって予め算出して管理限界値を設定する必要があります。施工時には、その管理限界値を超えないように、ジャッキアップ時に桁と橋脚の相対変位を計測するなどの管理が必要となります。

### 6.3 二次応力の影響

ジャッキアップに必要な補強部材を格点部に追加することにより二次応力の影響が心配されます。このため、必要に応じてFEM解析を実施し、補強部材撤去の必要性について照査します。二次応力の発生レベルと補強部材撤去に伴うリスクを考慮し撤去の必要性について判断する必要があります。

## 7. おわりに

トラス橋の支承取替え工事に着目し、これまでの施工実績から代表的な工法について、紹介いたしました。今後は、トラス橋の他、アーチ橋などの大型橋梁、あるいは長大トラス橋や斜張橋などの長大橋梁が残されており、大反力の支承取替え工事に対応していく必要があります。本報告が計画立案の参考になれば幸いです。