

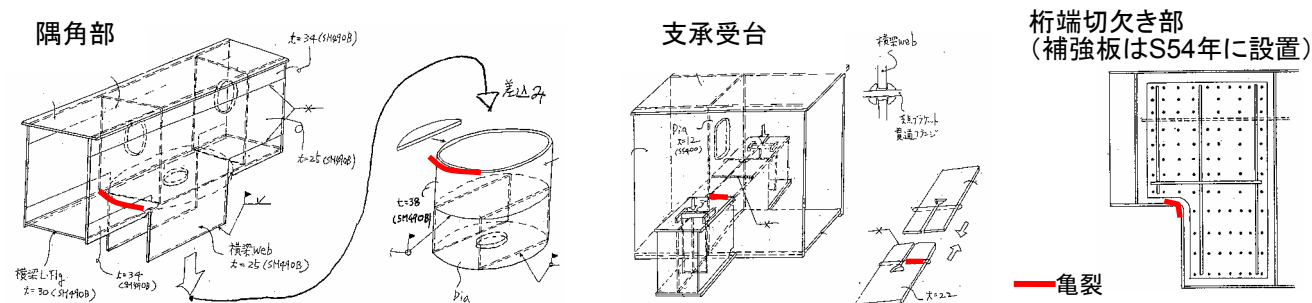
鋼橋の橋脚隅角部・桁端切欠き部・支承受台部の疲労損傷に対する大規模対策

首都高速道路公団	正会員	○石丸	浩司
(株)宮地鐵工所	正会員	増田	高志
住友重機械工業(株)	正会員	佐々木	靖彦
(財)首都高速道路技術センター	正会員	小西	拓洋
(財)首都高速道路技術センター	正会員	澁谷	敦

1. 損傷の発生状況

首都高速都心環状線の神田橋出入口付近の日本橋川上の鋼橋において、隅角部・桁端切欠き部・支承受台部に疲労及び腐食損傷が発見された。当橋梁は、昭和39年の東京オリンピック直前に開通して供用後40年近くを経、かつ日断面交通量が10万台を超えており、首都高速でも最も過酷な状況に置かれている。

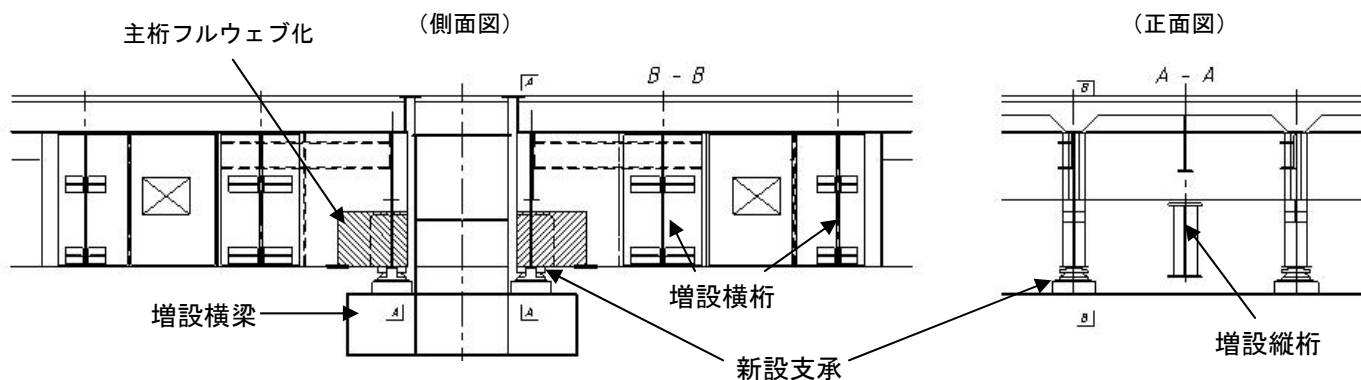
構造形式の特徴として、第一に支承周りの構造が挙げられる。支承受台が鋼製横梁に取り付いており、受台の上フランジが横梁ウェブのスリットを貫通した構造となっている（下図中央）。この貫通スリットを埋める溶接のルート部から疲労亀裂が発生していた。また、支承上の鋼I桁は桁端にてウェブが切欠かれた構造となっており（下図右）、断面が急変する箇所において応力集中が起こり溶接ルート部から疲労亀裂がウェブ母材へと鋭く進展していた。特徴の第二は隅角部の構造である。鋼製円柱の上に箱型の鋼製横梁が載った構造であり、T型の横梁ウェブが円柱に差し込まれて溶接され、横梁からの作用力を円柱に伝達している（下図左）。ここでは、円柱と横梁下フランジの溶接ルート部から疲労亀裂が発生しており、放置すれば横梁ウェブと円柱の縦ビードに亀裂が進展する可能性があった。



2. 大規模損傷対策の概要

これらの損傷に対する補強のために、横梁支間全長にわたり連続する「増設横梁」を横梁にボルト接合した。また、この増設横梁を新支承の受台とし桁端の切欠き部を改造し支点上ウェブ高を桁ウェブ全高とした（下図、以下「フルウェブ化」）。20基以上ある一連の構造のうち、今回は2基のパイロット施工を行った。

この大規模対策により、以下の効果が期待できる。



キーワード 鋼製橋脚、隅角部、桁端切欠き部、疲労亀裂、損傷対策

連絡先 〒104-0041 東京都中央区新富1-1-3 首都高速道路公団東京第一保全部設計課 TEL 03-3552-1476

- ①隅角部の応力低減：増設横梁を支圧ボルトにより隅角部周りにリング状に接続することによって、隅角部の亀裂発生箇所の応力低減を図る。
- ②疲労亀裂の除去：桁端切欠き部のフルウェブ化により、疲労亀裂とその発生源となる応力集中部を除去する。また、隅角部への増設横梁の設置により発生応力を低減し、疲労亀裂を除去する。
- ③支承受台のリダンダンシー向上：腐食した支承受台を撤去し、溶接部に発生していた亀裂を完全に除去する。また、支承を増設横梁上に移設することにより全支承受台が連続化されるので、リダンダンシーが向上する。
- ④伸縮装置からの漏水対策：フルウェブ化・支承交換後に端横桁を移設することにより、横梁と既設端横桁の離隔を十分に設け、横梁塗替塗装や伸縮装置排水処理などの漏水対策を行う。
- ⑤支承耐震性向上：腐食により固結した既設の線支承をタイプB支承に交換することにより、支承の耐震性を向上する。

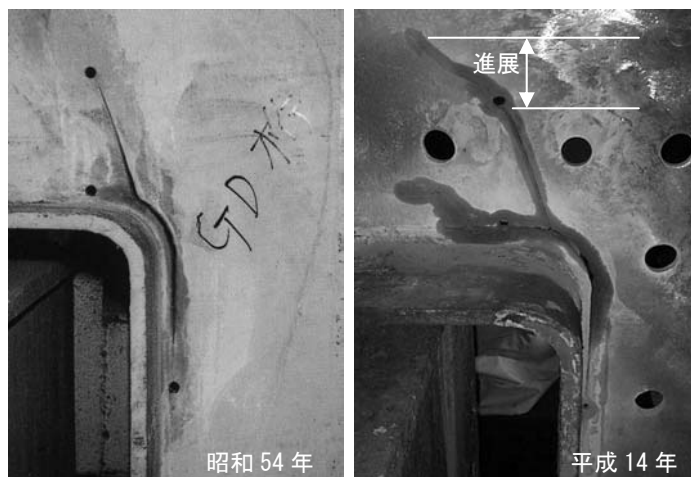
3. 主桁ジャッキアップ

施工ステップとしては、全主桁（最大で13主桁）を起終点とも交通供用下にて同時にジャッキアップし、地震時の安全性を考慮して主桁を半数ずつフルウェブ化した。ジャッキアップについては、主桁を直接ジャッキアップせずに、主桁間に「増設縦桁」を設置して増設横梁上のジャッキにより増設縦桁を持ち上げ、主桁と増設縦桁を接続する「増設横桁」を介して主桁をジャッキアップした。ジャッキアップの安全性については、ジャッキ反力・増設部材の応力・外桁の変形等に着目してFEM解析により照査し、ひずみゲージ等により実応力をモニタリングして確認した。

4. 施工中に確認された損傷の進展状況

フルウェブ化施工中に確認された損傷の状況について、紹介する。

まず、桁端切欠き部の疲労亀裂であるが、昭和54年に施工された補強板を撤去した際に、亀裂の進展が確認された。激しいものは当時施工されたストップホールやボルト孔を貫通しており（写真）、補強板の割込フランジを桁端フランジと一体化しない当時の補強板が万全でなかったことがわかる。なお、現在は桁端切欠き部の亀裂に対して当て板補強効果の検討がなされ、標準構造が変更されている。



次に支承受台であるが、撤去した際に受台内部に腐食が確認された。特に溶接施工のためスカラップが設けられた構造の内部では、22mm厚の下フランジが半分程度に減厚するなど激しく腐食している箇所が見受けられた。また、密閉のため未確認であった横梁と支承受台の溶接ビードを確認したところ疲労亀裂が新たに発見されたため、グラインダーにより溶接ビードの完全除去を行った。

5. 補強効果の確認

フルウェブ化施工を行い、ジャッキダウン後に72時間の応力頻度測定を行った。その結果、シェアラグのため最大応力が発生している横梁ウェブ近傍の横梁下フランジと円柱の交差部では、最大応力範囲が56%に低減された。なお、B活荷重を載荷した状態のFEM解析においては、補強により発生応力が48%に低減されることを確認している。

6. 今後の課題

補強後の隅角部の応力がほぼ半減されることを確認し、応急的な措置として疲労寿命を向上することができた。これを受けて、隅角部の亀裂を除去するなどの恒久的な疲労対策を検討していく。また、この施工実績を受けて、同様の損傷が発生している同種の橋脚についても同様の大規模損傷対策を実施していく予定である。