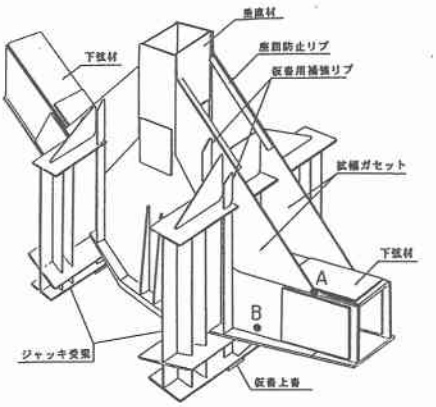
長大トラス橋におけるジャッキアップ補強部の強度検討について

宇部興産（株）　正会員　金重　和義
宇部興産（株）　正会員　竹本　信司
宇部興産（株）　今井恵二郎
宇部興産（株）　正会員　○後藤　悟史

１．はじめに

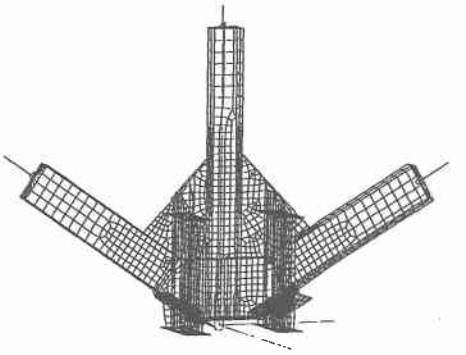
本報告は、興産大橋（３径間連続トラス橋部）Ｐ５橋脚の可動支承取替工事において、ジャッキアップ補強部の強度検討を行った結果について述べるものである。ジャッキアップおよび仮受け補強部はせん断遅れ現象、応力集中などにより応力の流れがきわめて複雑であり定量的な評価が困難であるため、シェル要素用いた有限要素法による解析を実施し、これらの問題点に対する安全性の確認を行った。主な着目点は、(1)応力分散過程における拡幅ガセットの効果（2)仮沓用補強リブ上端の応力集中（3)ジャッキ受け梁のディープビーム挙動（4)格点部せん断遅れ現象の評価（5)仮沓直上の下弦材ウェブの応力集中（6)補強部材の追加による格点部付近の剛度変化の影響等である。図－１にジャッキアップ補強部の構造図を示す。



図－１　ジャッキアップ補強部の構造図

２．解析方針

ＭＳＣ－ＮＡＳＴＲＡＮ(Ver68.2)を用いて微小変形解析を行う。使用要素は、局部的な応力度をできるだけ精度よく評価するため、板曲げを考慮できる高次のアイソパラメトリック要素を用いることとし、CQUAD8(四辺形二次要素8節点),CTRIA6(三角形二次要素6節点),CBEAM(ビーム要素)等を使用した。解析モデルは、形状および荷重条件等の対称性を考慮し、橋梁の幅方向に対して１／４モデルとし、全体構造はビーム要素により作成するが、当該部である上部工Ｐ５橋脚補強部は詳細評価を行うためシェル要素により作成した。また、荷重載荷ケースは、ジャッキアップ時においては夜間全面通行止めにより作業が行われるため死荷重のみを考慮し、仮受時においては死荷重および活荷重（中央径間載荷，側径間載荷，全径間載荷の３ケース）を考慮した。解析モデル図を図－２に示す。



図－２　解析モデル

３．解析結果および考察

応力度の照査は主応力度σ_1および Von-Mises の相当応力度σについて行い、許容応力度σ_{1a}, σ_aは短期（架設時）割増1.25を考慮して表－１のとおりとした。ジャッキアップ時および仮受け時（最も厳しい条件である「死荷重＋活荷重側径間載荷時」の場合）の最大応力度を表－２に、ジャッキアップ時におけるジャッキ受梁の最小主応力ベクトル図を図－３に示す。

(1) 応力度の照査：ジャッキアップ時においては最大主応力度およびミーゼスの相当応力度とも許容応力度を満足しているが、仮受時においては許容値を本体で約15％，補強材で約34％超過している。しかし、許容値を満足しなかった部位は、拡幅ガセット端部の局部的な応力集中部（図－１　Ａ点）のみであり、この部分は現場にて滑らかにビード表面を仕上げ丸みをもたせるため、実際の応力度レベルは計算値より低くなることが予想される。また、作用応力度は降伏点までには至っておらず、万一降伏し塑

性変形が生じた場合においても応力の再分配が期待され、致命的な事故に繋がるとは考えられない。さらに、側径間に活荷重が全載されるという載荷条件の発生頻度はきわめて低く、安全性には問題ないものと判断した。

(2) 応力分散過程における拡幅ガセットの効果：応力の伝達経路として、拡幅ガセットを経由して垂直材に伝わる分散ルートが考えられたが、解析結果では拡幅ガセットの平均的な応力度レベルは高々10kgf/mm²程度であり、ジャッキアップ梁あるいは仮受け沓からの反力はほとんど下弦材へ直接伝達されることが明かとなった。

(3) 仮沓用補強リブ上端の応力集中：仮沓用補強リブ上端は止端部となっているため、構造および剛性が不連続となり応力集中や板曲げが懸念されたが、拡幅ガセットと同様にリブ先端部における平均的な応力度レベルは7kgf/mm²程度であり、構造上問題のないことが明かとなった。

(4) ジャッキ受梁のデープビーム挙動：図－3に示すようにジャッキ受梁ウェブの変形状況および支点部直上ウェブの応力状況よりデープビーム挙動が生じていることが認められたが、応力度レベルは20kgf/mm²程度であり強度上の問題はないものと判断した。

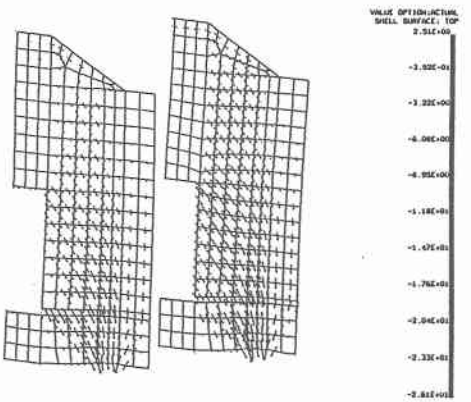
(5) 格点部せん断遅れ現象の評価：下弦材上下フランジの板幅方向の応力度分布はほぼ一様であり、顕著なせん断遅れ現象は認められなかった。これは格点構造がT型であるため左右下弦材のフランジ力がバランスしていることによるものと考えられる。

表－1　許容応力度

部材	材質	許容応力度(kgf/mm²)			
		σ_{1a}(長期)	σ_{1a}(短期)	σ_a(短期)	σ_y(降伏)
本体	SM58	26.0	32.5	35.8	46.0
補強材	SM490A	19.0	23.8	26.1	32.0

表－2　ジャッキアップ時および仮受け時の最大応力度

部材	荷重条件	応力成分	最大応力度 (kgf/mm²)	許容応力度 (kgf/mm²)	判定
本体 (SM58)	ｼﾞｬｯｷｱｯﾌﾟ時	σ_1	-24.7	32.5	○
		σ	24.6	35.8	○
	仮受け時 (側径間載荷)	σ_1	-37.3	32.5	×
		σ	35.3	35.8	○
補強材 (SM490A)	ｼﾞｬｯｷｱｯﾌﾟ時	σ_1	-21.4	23.8	○
		σ	22.4	26.1	○
	仮受け時 (側径間載荷)	σ_1	-31.8	23.8	×
		σ	31.8	26.1	×



図－3　ジャッキアップ時における
ジャッキ受梁の最小主応力ベクトル図

(6) 仮沓直上の下弦材ウェブの応力集中：各荷重ケースにおいて、主構本体に最大応力度が発生している部位はこの仮沓直上の下弦材ウェブ（図－1　B点）である。条件が最も厳しい（死荷重＋活荷重側径間載荷時）における発生応力度は、主応力度で37.3kgf/mm²と許容応力度の32.5kgf/mm²を超過しているが、ミーゼスの相当応力では35.3kgf/mm²であり許容値を満足している。仮沓直上部から下弦材へは応力が直接伝達されるため、できるだけ剛構造が必要とされる。そのため、補強構造の計画段階において仮沓直上部のジャッキ受梁ウェブの板厚を38mmから45mmに増厚し、かつテーパー部分を設けることにより応力度レベルの緩和を図った。

(7) その他：2．において述べたように本解析では板曲げを考慮できるシェル要素を使用しているが、要素表裏面のミーゼスの相当応力度は最大で10％程度の差しか生じておらず、局部的な板曲げはほとんど生じてないことが明かとなった。また、補強部材の追加による格点部付近の剛度変化の影響についても無視できる程度のものであり、いわゆる剛結格点部の２次応力に関する安全性を確認することができた。

4．おわりに

本工事では現場溶接による残留応力・残留ひずみの把握およびジャッキアップ時，仮受け時の実応力性状を把握するため、補強部材および本体に３軸歪ゲージを取付けて実応力度の測定を行ったが、ＦＥＭ解析によって得られた結果とほぼ一致しており、本解析の妥当性が確認された。

参考文献）本四公団：鋼上部構造の設計にＦＥＭ解析を適用するためのガイドライン(案)，平成５年９月