

最大支間長 143mを有する鋼トラス橋の耐震補強における支承取替の施工検討

西日本高速道路(株) 正会員 ○宮田 弘和、藏田 祥之、疋田 恭太郎

(株)横河ブリッジ 藤島 修一、松本 剛、宮定 龍司

1. はじめに

NEXCO 西日本では大規模地震の発生確率等を踏まえ、落橋・倒壊の防止対策に加えて、路面に大きな段差が生じないよう、支承の補強や取替等を行う耐震補強対策を進めている。南海トラフ地震への備えとして、四国の8の字ネットワークを構成する「命の道」の一部である高知自動車道においては、平成31年から順次、耐震補強工事に着手している。このうち大豊～南国間に位置する曾我部川橋は、当社が管理する鋼トラス橋（関空連絡橋を除く）の中で最も設計反力が大きい支承を有しており、所要の耐震性能を満たすために、連続繊維シート巻立て等による橋脚補強や、上部工では主部材への当て板補強等を実施している。本稿では、特に高度な技術力を要した作業のうち、免震支承への取替えに係る施工を報告する。

2. 対象橋梁の概要

曾我部川橋は、橋長 705mの鋼（3+4）径間の連続トラス橋であり、上下線ともに建設時の耐震設計は S55 道示が適用されている。最大支間長は 143m を有し、既設支承の設計反力（死+活荷重）としては最大で 1828tf の鋼製ピボット支承が P2 支点に設置されている（写真1参照）。なお、地すべり地帯を避けて急峻な谷を跨ぐため、橋長の約 6 割が $R=400m$ の曲線部となっていることから、3次元立体骨組みモデルを用いた動的応答解析により耐震補強設計を行った。補強一般図を図1に示す。上部工の主な補強対策としては、①既設鋼製支承の免震支承への取替、②既設トラス部材の当て板補強、③桁端部へのダンパー及び緩衝ゴム設置などを採用している。

3. 支承取替の施工

支承取替の順序は、図1に示す本橋の支承条件を踏まえ、固定条件である両端橋台部が最後となるように、起点側の連では $P2 \rightarrow P3 \rightarrow P1 \rightarrow A1$ とした。各支承線には4基の支承（上下線×2主構）があるが、施工中における地震時の安全性を考慮し、上下線それぞれの支承を片側ずつ取り替える

こととした。また、各支点における施工時期が重なる状況となるため、隣接する支承線で同じ主構での支承が撤去された状態にならないことにも注意して施工順序の決定や工程管理を行った。

図2には、支承取替の施工手順を示す。支承取替にあたり、上部工の荷重を受け替えるためにジャッキを設置することになる。ジャッキの反力を受ける位置の近傍においては、既設部材を補強・改良した。下部工側は、橋座面が狭いことから橋脚躯体にブラケットを取付けてジャッキの配置スペースを確保し、上部工側には補強部材を追加した（図3参照）。

なお、本橋は、トラベラークレーンによる張出し工法で建設されており、架設途中の温度変化による桁の伸縮等に配慮するため既設支承の下部にはペデスタルフレームと呼ばれる鋼製台座が設置されている。これは、架設時の支承条件を可動とするため、台座上面に摩擦低減剤を塗布することで任意に移動可能とし、架設完了後は支承のベースプレートと台座を溶接することにより完成系の支承条件を固定（ヒンジ）にできる構造である。本工事では、新たに設置する免震支承の寸法の方が大きくなるため、この台座を拡幅して活用した。

本橋では図3の機材配置となることから、油圧ジャッキの能力は、支承の設計反力（死+活荷重）に不均等係数 1.1 を考慮した上で選定した。ジャッキアップ作業を安全に実施するためには、計画段階においてジャッキに作用させる荷重の上限値を明確にしておくことが重要となる。このため、次の3項目（①使用する油圧ジャッキの能力規格値、②



写真1 既設の鋼製支承

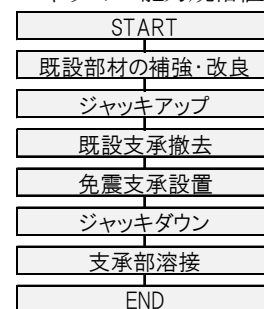


図2 支承取替施工手順

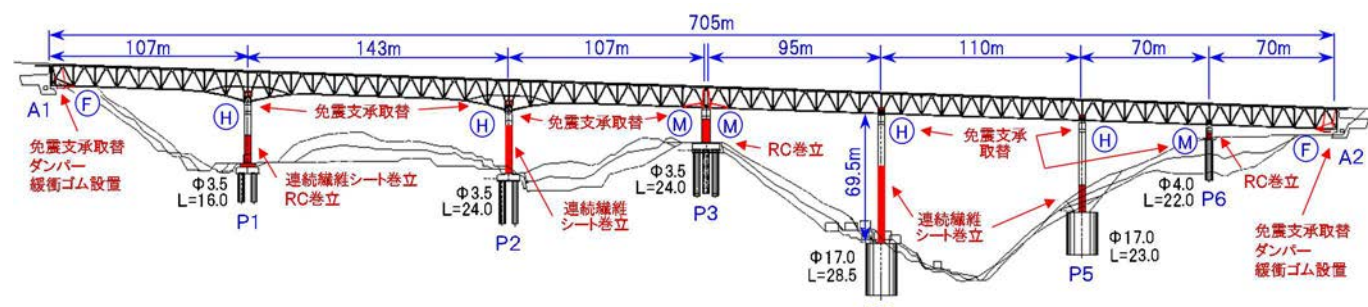


図1 補強一般図

キーワード 鋼トラス橋、耐震補強、免震支承、支承取替、施工検討

連絡先 〒783-0056 高知県南国市領石 924-34 NEXCO 西日本 高知高速道路事務所 TEL 088-862-1116

上部工補強材の許容応力を超えない荷重限界値（FEM 解析により算出）、③下部工ブラケットの耐力（橋脚固定用アンカーのせん断耐力）での最小値を施工管理上の荷重限界値として設定した。この一例として、上り線 P2 支点における検討結果を表 1 に示す。

図 4 には、ジャッキアップの作業手順を示す。本橋では、P2 支点において内外の支承反力に 2 倍程度の差があることから（表 1 参照）、内外の支承部での荷重状態を調整しやすいようにジャッキの油圧系統を支承毎に分割した。橋体反力が支承から油圧ジャッキへ移行する（支承の反力切り）までは、各部材等（特に最弱耐力となる下部工ブラケットアンカー部）における異常有無を段階的に確認しながら加圧した。支承の反力切り後は、目標値 3mm の隙間が確保できるまで、変位制御に切り替えて加圧することになるが、荷重限界値を超えないことにも注意しながら慎重に作業した。支承部の隙間は、ノギスにより 4 面を計測した。また、支承線近傍にレーザー変位計を設置し、ジャッキアップ点での鉛直変位（Z 方向）に加えて、橋体の異常な動きの有無を捉えるために水平変位（XY 方向）を計測した。

表 2 には、ジャッキアップ作業での計測結果を示す。まず反力の小さい外側の支承部において、死荷重の 80%相当を加圧した時点で支承の反力切りが生じた。次に、外側支承部の荷重状態を維持したまま、内側支承部の加圧を続けた結果、外側と同様に死荷重の 80%相当の加圧時に反力切りが生じた。その後は、変位制御に切り替えて所要の隙間を確保し、ジャッキアップ作業を終了した。参考までに、上下線の P2 支点における実施工程を表 3 に示す。

なお、ジャッキアップ点と支承中心位置での鉛直変位には差が生じることから、事前に FEM 解析¹⁾を実施し、支点部で 3mm の鉛直変位を得るために必要となるジャッキアップ量を算出していたが、計算値（外側 5.9mm、内側 7.9mm）と実測値の傾向が概ね一致することが確認できた。

また、本工事では、ポータブルモニター機器を用いてジャッキ加圧と変位計測の一元管理を行う仕組みを構築することで、作業指揮者とジャッキ操作者等の間で密に連携が図られ、着実な施工に繋がった。

4. その他の配慮事項

付属物の復旧にあたっては、主部材の耐久性や維持管理面への影響を考慮した。例えば、漏水が排水管を伝って既設支承を腐食させている状況であったため、支承取替作業のため撤去していた排水管を復旧する際には、支承や段差防止構造等の重要部材からなるべく離れた位置に排水管を移設することとした。また、これに伴いトラス主構に対して排水管を固定する必要があるが生じた。一般的には主構を削孔してボルト固定とするが、主部材に対する削孔を回避するため、主構を囲む形状のブラケットを用いて排水管を固定した。

5. まとめ

本稿では、高知道の曾我部川橋における支承取替に係る施工を報告した。今後の長大トラス橋での耐震補強の参考となれば幸いである。

【参考文献】

1) 後藤源太、山本泰造、伊藤一弘：長大支間を有する鋼連続トラス橋の耐震補強工事に関する一報告、第 75 回土木学会年次学術講演概要集（2020.9）

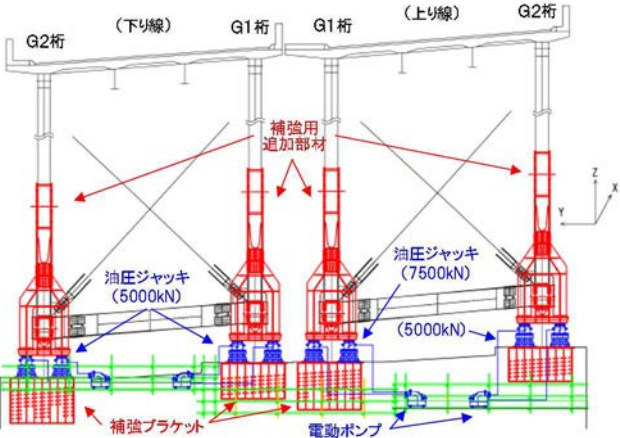
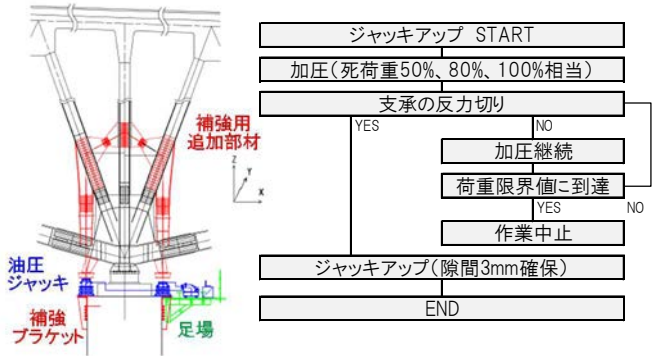


図 3 補強部材・ジャッキ等機材の配置 (P2)



(図 3 側面図)

図 4 ジャッキアップ 作業手順

表 1 ジャッキ加圧時の荷重限界値（上り線 P2）

項目	番号等	単位	G2桁(外側)	G1桁(内側)
死荷重	① D	(kN)	8,520	15,998
活荷重	② L	(kN)	2,584	2,980
不均等荷重	③ (D+L)×0.1	(kN)	1,110	1,898
設計反力	④ ①+②+③	(kN)	12,214	20,876
ジャッキ台数	⑤ (支承1基当り)	(台)	4	4
ジャッキ反力	⑥ ④/⑤	(kN/台)	3,054	5,219
使用ジャッキ能力	⑦	(kN/台)	5,000	7,500
ジャッキ耐力	⑧ ⑤×⑦	(kN)	20,000	30,000
上部工降伏耐力	⑨ (FEM解析より)	(kN)	16,372	31,748
下部工ブラケット耐力	⑩ (アンカーせん断)	(kN)	16,000	22,076
荷重限界値	⑪ min(⑧⑨⑩)	(kN)	16,000	22,076

表 2 ジャッキ荷重と支承部隙間の実測値（上り線 P2）

作業状況	G2桁(外側)		G1桁(内側)		支承部の状態
	荷重(kN)	隙間(mm)	荷重(kN)	隙間(mm)	
死荷重(G2桁側)50%相当の加圧時	4,172	0	4,196	0	
死荷重(G2桁側)80%相当の加圧時	6,661	0.9	6,698	0	G2側支承の反力切り
死荷重(G2桁側)100%相当の加圧時	6,725	1.0	8,005	0	
死荷重(G1桁側)80%相当の加圧時	6,725	1.1	12,865	0.5	G1側支承の反力切り
ジャッキアップ(隙間3mm確保)完了時	8,344	4.8	15,959	6.6	
(参考)除荷後のジャッキロック完了時	(0)	4.6	(0)	6.1	なじみ0.5mm程度

表 3 支承取替の実作業工程（上下線 P2）

(日数)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	備考
ジャッキアップ準備										■:全支承4基
ジャッキアップ										■:支承2基
既設支承撤去										(上りG2側,下りG1側)
免震支承設置										■:支承2基
ジャッキダウン										(上りG1側,下りG2側)
支承部溶接										

※ジャッキアップ準備には既設部材の補強・改良は含まない