

10年間使用した免震支承の交換工事と性能変化評価

○免震用積層ゴム評価委員会 橋梁用ゴム支承WG 正会員 諸橋 明
 免震用積層ゴム評価委員会 橋梁用ゴム支承WG 正会員 須田 勤
 免震用積層ゴム評価委員会 橋梁用ゴム支承WG 正会員 大澤 浩二
 免震用積層ゴム評価委員会 橋梁用ゴム支承WG 正会員 西垣 義彦

1. はじめに

本プロジェクトは、免震支承の耐久性の評価を目的とし、供用開始後約10年が経過した山あげ大橋の免震支承（高減衰ゴム支承、寸法：970mm×1520mm×277mm、ゴム総層：18.7mm×8層）2基を交換するとともに、その性能変化について考察したものである。なお、本件は、栃木県の協力のもと、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）基準創成研究開発費助成金の交付を受けて実施している「橋梁・ビル免震用積層ゴムの研究開発及び標準化」事業の一環として行ったものである。

山あげ大橋は、栃木県那須郡烏山町に1992年に建設された橋長246.3mの6径間連続プレストレストコンクリート箱桁形式の免震橋梁であり、我が国で初めて高減衰積層ゴム支承を用いた本格的な免震橋梁である。本橋は、免震橋採用当初に建設され、免震橋としての供用期間は国内で最長となるものである。

本稿は、支承交換工事の施工計画および交換工事の要領について報告するとともに、回収した支承を調査することにより確認した性能変化評価について述べる。

2. 橋梁概要

山あげ大橋の橋梁概要を表-1、橋梁一般図を図-1および支承の交換工事を行ったP5橋脚の正面図を図-2に示す。

表-1 橋梁概要

橋種	プレストレストコンクリート道路橋
道路規格	3種2級
橋の等級	1等橋
構造形式	PC6径間連続箱桁
橋長	246.3 m
支間	6×40.8 m
有効幅員	標準部 8.0m (車道部) + 2.5m (歩道部) 拡幅部 11.0m (車道部) + 2.5m (歩道部)
活荷重	TL-20
設計水平震度 (レベル1地震動)	橋軸方向 $k_{HL} = 0.16$ 直角方向 $k_{HT} = 0.20$
完成年	1992年

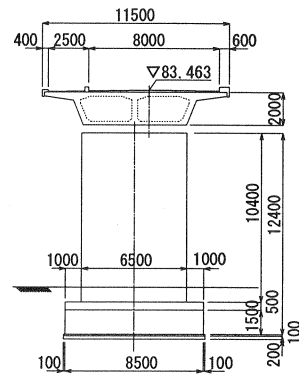


図-2 P5橋脚正面図

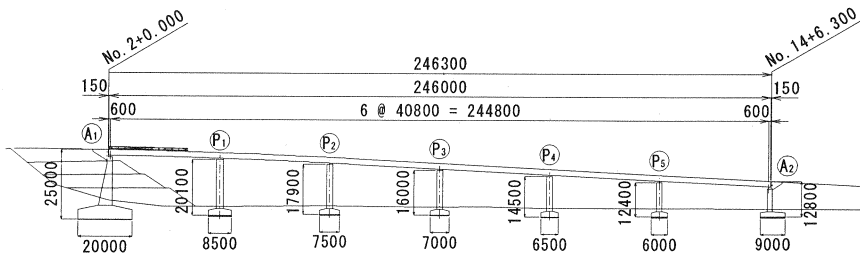


図-1 橋梁一般図

3. 免震支承の交換工事

3.1 事前調査

交換工事に先立ち、P5 橋脚の支承部を中心に現況調査を行った (2001年9月末、平均気温 21.2℃)。

調査項目は、上部工コンクリートおよび橋脚の外観、支承の外観、支承の高さ、ゴムのせん断変形量、セットボルトの緩め作業可否等とし、調査の結果、上下部工および支承とも健全であり、またゴムのせん断変形量は橋軸方向に A1 橋台側へ 2 ~ 3.5mm、橋軸直角方向に 1 ~ 2mm であった。

3.2 ゴム支承のひずみ調整方法

外気温の変化により主桁が伸縮し、ゴム支承には常時せん断変形が生じている。事前調査の結果より予測される交換工事作業時におけるせん断変形量は、橋軸方向に約 23mm、橋軸直角方向に約 2mm である。交換用の新規支承をセットする際には、橋軸および直角方向のせん断ひずみを調整する必要があり、この調整法が本工事の大きなポイントであると考えられた。検討の結果、小型ジャッキ(200kN、15mm ストローク)による橋軸方向ひずみ調整法と、新たに考案したくさび機構による橋軸直角方向ひずみ調整法を採用することとした (写真-1)。この治具は支承の上フランジに 4 本のボルトで吊り下げ、ソールプレートと反力台としてジャッキあるいはくさびによりひずみを調整するものである。ひずみ調整の要領を図-3 に示す。

工事を円滑に実施するためには事前に調整治具等の作業性や所要時間を把握しておく必要があった。そこで、実物大の支承を用いた施工確認試験を実施し、問題なく時間内に作業を完了できることを確認した。

3.3 施工計画立案

ゴム支承の交換に際して、主桁をジャッキアップして仮受けする必要がある。本工事では、橋脚上は支承交換用の作業空間を確保する必要があったため、橋脚の両側にベントを組み立て、ジャッキアップ作業を行うこととした。このため、位置的に上部工の横桁部でジャッキを受けることができず、事前に主桁の安全性を確認した上で主桁ウェブ位置にてジャッキアップを行うこととした。死荷重反力 10,290kN に対して能力 1,500kN のジャッキを合計 12 台 (1 箇所あたり各 2 台×6 箇所) 設置する計画とした。ジャッキアップ量は、支承交換が可能と考えられる最小値として 7mm とした。

施工計画時の工程表を表-2 に示す。工事は全て夜間、道路を全面通行止め (交通量約 12,000 台/日) として実施することとした。

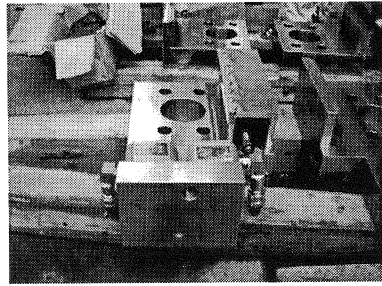


写真-1 ひずみ調整治具

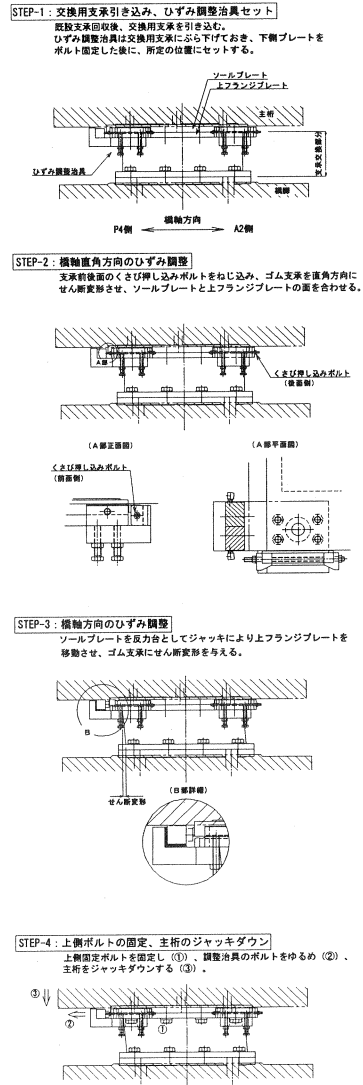


図-3 ひずみ調整要領図

3.4 交換工事結果

交換工事は、2002年3月1日の21時から開始し翌2日の3時30分に完了した。作業順序および実時間工程を表-3、主要な施工状況を写真-2~5に示す。

工事当日の外気温は約10℃と予想より高く、ゴムのせん断変形量は橋軸方向に約7~8mm、橋軸直角方向に約2mmと小さな値ではあったが、ひずみ調整作業は問題なく行うことができた。支承の構造により細部の変更は必要であるが、本工事にて考案したひずみ調整機構が十分適用性のあることが確認できた。また、懸念された交換支承の引込み作業も、テフロンパウダの噴霧とガイド治具の効果により問題なく行うことができた。

今回の交換工事結果を踏まえ、今後の課題となる作業として考えられることは、最終的なセットボルトの孔位置合せである。事前にボルト孔中心を目測でマーキングした位置が目安とはなるが、今後は新設支承の鋼製プレートにボルト孔の採寸を行った際の基準点をマーキングして残す等の配慮が必要であると考えられる。この他、ボルト孔位置合わせの道具としてファイバースコープ等の利用が有効であるとも考えられる。

表-2 全体工事工程表

工 程	平成14年1月				2月			3月				
	1	7	14	21	4	11	18	25	4	11	18	25
撤去・工事員退避工												
ペント基礎工												
ペント・基礎補立工												
ジャッキ設置・撤去工												
支承撤去												
ジャッキ撤去												
ペント・基礎撤去												
撤去・撤去明け												

表-3 作業順序および実時間工程

作業項目	作業内容	2002年3月1日				2002年3月2日				
		19時	20時	21時	22時	0時	1時	2時	3時	
車輦通行止め (21:00開始、4:00解放)										
1. 最終作業打合せ										
2. ジャッキアップ	①船直変位目視用ダイヤルゲージのセット ②上側セットボルトの取外し ③1mm毎7mmまでジャッキアップ (写真-2) ④隙間確認									
3. 回収品引出し	①下側セットボルトの取外し ②引出し用治具の取付け ③レバーブロックにより引出し (写真-3) ④レールにより折外へ移動 ⑤クレーンにより吊上げ									
4. 交換支承引込み	①既設フルプレートボルト孔中心マーキング ②既設ベースプレートの清掃 ③ガイド治具のセット ④交換品吊上げ ⑤引込治具のセット ⑥既設ベースプレートおよび交換支承の下フランジ間のテフロンスプレー塗布 ⑦レバーブロックにて引込み ⑧下側セットボルト固定									
5. ひずみ調整	①0mmまでジャッキダウン (調整治具ボルトのフランジプレートからの突出防止対策) ②所定の位置へ治具をセット ③マーキングでずれ量を確認 ④3mmジャッキアップ ⑤隙間の確認 ⑥ジャッキのセットおよびベースによる位置調整 (ずれ量の調整) ⑦橋軸直角方向のひずみ調整 ⑧橋軸方向のひずみ調整 (写真-4) ⑨上側セットボルトの固定									
6. ジャッキダウン	①0mmまでジャッキダウン ②ボルト本締め ③治具解体、交換完了 (写真-5)									

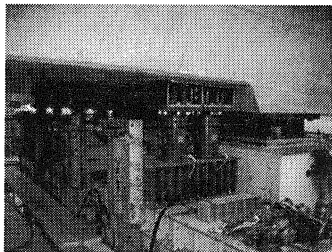


写真-2 ジャッキアップ状況

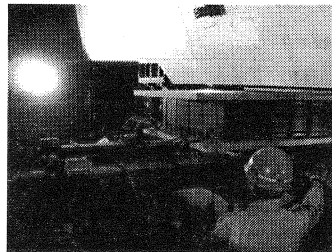


写真-3 レバーブロックにより引き出し

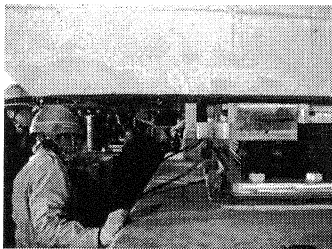


写真-4 橋軸方向のひずみ調整

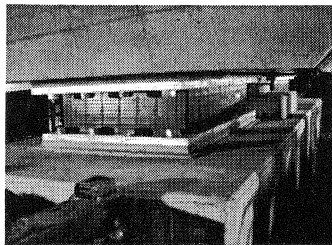


写真-5 交換完了

4. 回収支承の性能確認試験結果

回収した支承2基に対してせん断試験および圧縮試験を行い、等価剛性、等価減衰定数および鉛直剛性を算出し、建設時における検査結果との比較を行った。試験条件は建設時と同一とし、等価剛性、等価減衰定数については履歴の影響を排除するために、200%ひ

表-4 性能試験結果

		区分	建設時 測定値	回収品 測定値	経年変化率 (%)
せん断試験	等価剛性 (kN/mm ²)	G1用	7.61	7.92	+4.1
		G2用	7.48	7.73	+3.3
	等価減衰定数	G1用	0.186	0.182	-2.2
		G2用	0.174	0.181	+4.0
圧縮試験	鉛直剛性 (kN/mm ²)	G1用	11095	11539	+4.0
		G2用	11271	11077	-1.7

ずみ経験後の値を比較している。比較結果を表-4に示す。等価剛性は建設時と比較して若干硬くなる傾向が現れているが(3~4%程度)、等価減衰定数および鉛直剛性については同程度の変化率ではあるが増加と減少が混在しており、明確な傾向が得られなかった。ここで、等価剛性の変化と鉛直剛性の変化に明瞭な相関が現れていないが、これは鉛直変位測定精度等の影響によるものと考えられる。

次に、回収した支承1基に対して、死荷重相当の鉛直荷重を載荷した状態で、破断するまでせん断変形を与える試験を行い、破断ひずみおよび破断時荷重を測定した。結果は、破断ひずみが455.5%、破断時荷重が8307kNであった。建設時においては同様の試験が行われていないため、経年変化率の算出をすることはできないが、10年経過したゴム支承においても十分なせん断変形性能を有していることが確認できた。

5. おわりに

本報告は、耐久性の評価のために実施された支承交換工事および回収した支承の性能変化について述べた。10年間使用した高減衰ゴム支承は、等価剛性が3~4%硬化することが確認できたが、この結果を用いて50年間の経年変化による剛性の増加を考慮して本橋の耐震性を試算すると、設計水平震度で見た場合0.01~0.02程度の増加であることを確認している。また、最近建設が急増している免震橋梁において、免震支承の交換技術を開発、実証することができたと同時に、他の多様な支承構造に対しても有効な資料になるものと考えられる。

最後に、本工事の実施に際し多大なご支援とご協力を頂いた経済産業省標準課、同省化学課ならびに(財)日本規格協会の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

本件は、(社)日本化学工業協会のもとに設置された「免震用積層ゴム評価委員会」(委員長:西敏夫東京大学大学院教授(現在東京工業大学大学院教授、東京大学名誉教授))が、平成13年度に実施した成果である。なお、参加団体は次の通りである。東京工業大学、九州大学、長岡技術科学大学、福岡大学、東京理科大学、建築研究所、土木研究所、大成建設(株)、(株)奥村組、(社)日本免震構造協会、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、(社)日本橋梁建設協会、(社)日本道路協会、栃木県、日本ゴム工業会、電気化学工業(株)、東ソー(株)、浜田技術士事務所、オイレス工業(株)、倉敷化工(株)、昭和電線電纜(株)、東海ゴム工業(株)、東洋ゴム工業(株)、ニッタ(株)、バンドー化学(株)、(株)ブリヂストン、横浜ゴム(株)、日本ゼオン(株)、日本鑄造(株)、川口金属工業(株)、(株)ビービーエム、東京ファブリック工業(株)、(株)免制震デバイス、(社)日本化学工業協会(順不同)。

【参考文献】

- 1)池田,熊倉,大関,阿部:鳥山1号橋(免震橋梁)の設計、橋梁と基礎、1991.6, pp.5~10
- 2)K.Okada, S.Suzuki, K.Osawa, C.Sudoh, T.Nishi, T.Suda, F.Yazaki: Replacement of the Isolation Bearing of Yamaage Bridge, Session 7, fib Congress 2002, pp.105~106
- 3)西,岡田,運上,大澤,須藤,矢崎:山あげ大橋の大型免震支承の交換工事、橋梁と基礎、2003.1, pp.41~48