

大阪府北部地震で被災したロッカー橋脚の損傷原因推定と復旧対策

NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員○李 首一 中谷 隆生 伊川 嘉昭
 西日本高速道路(株) 正会員 佐溝 純一 栢木 正喜

1. はじめに

平成30年6月18日に発生した大阪府北部地震において、名神高速道路のロッカー橋脚に最大幅3~6mmのひび割れが発生した。被災したロッカー橋脚は上端にアンカーバー、下端にメナーゼヒンジ筋が設けられている薄壁構造で、近い将来に発生しうる大規模地震に備え、耐震補強を兼ねた復旧が求められた。このようなことから、被災を受けたロッカー橋脚を対象に損傷に至った原因を推定し、復旧対策を立案したため、その内容について報告する。

2. ロッカー橋脚の被災状況

ロッカー橋脚の被災状況を図1に示す。対象橋梁は平成3年以降に拡幅されているが、被災したのは既設ロッカー橋脚のみで、拡幅側の橋脚には損傷が見られなかった。また、せん断スパン比が0.63である既設ロッカー橋脚では橋脚天端より躯体の外側に向かってひび割れが発生していた。

3. ロッカー橋脚の損傷原因推定

3.1 被災した橋梁の周期特性及び地震力の主な作用方向

被災が最も顕著な土室高架橋について、固有周期を算出し、図2に示す骨組みモデルを基に、架橋地点付近の観測記録波(K-NET:OSK002)を用いた動的解析を実施することで、橋脚に対し影響が大きい地震力の作用方向を整理した。解析の結果、橋軸方向に着目すると、図3に示す対象橋梁の固有周期では加速度応答スペクトルが50~170gal程度しかなく、ロッカー橋脚の上下がヒンジ構造であるため、断面力は図4に示すように小さいレベルであった。また、橋軸直角方向に着目すると、対象橋梁の固有周期では加速度応答スペクトルが800~2000galに達しており、図4に示すようにロッカー橋脚の最大せん断力が耐力を上回る。従って、対象橋脚の被災は橋軸直角方向に作用した地震力によるものと判断される。

3.2 被災したロッカー橋脚の分担重量の特徴

既設と拡幅側のロッカー橋脚がそれぞれ分担する地震時慣性力(分担重量)を確認するため、図2に示す骨組みモデルを用いて、橋軸直角方向に対し、水平震度1.0の場合の静的解析を実施した。その結果、表1に示すように既設ロッカー橋脚の分担重量が9割程度と大きいため、地震時慣性力は主に既設ロッカー橋脚に作用したことが分かる。

キーワード 大阪府北部地震, ロッカー橋脚, 損傷原因, 分担重量, 斜杭, 復旧対策

連絡先 〒532-0002 大阪府大阪市淀川区東三国4-13-3 NEXCO 西日本コンサルタンツ 大阪支店 TEL: 06-4807-7735

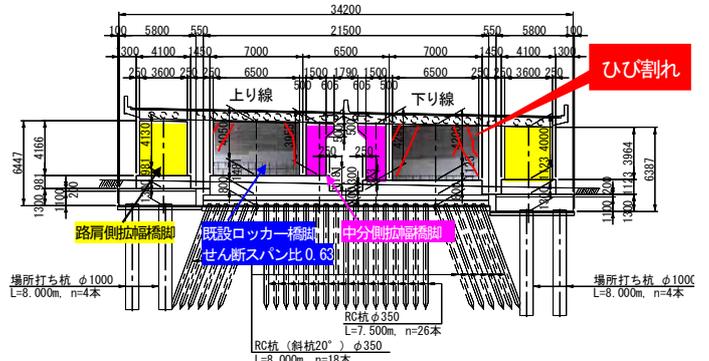


図1 土室高架橋のロッカー橋脚の代表的な被災状況

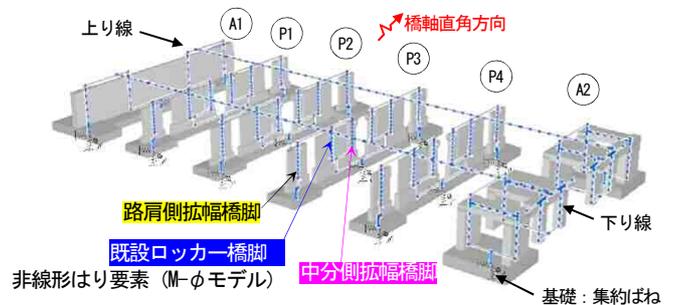
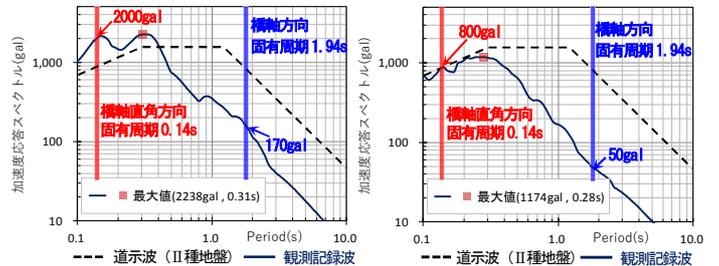


図2 土室高架橋の解析モデル



(a) E-W 成分

(b) N-S 成分

図3 被災した橋梁の固有周期と観測記録波の

加速度応答スペクトルの関係 (K-NET 観測点: OSK002)

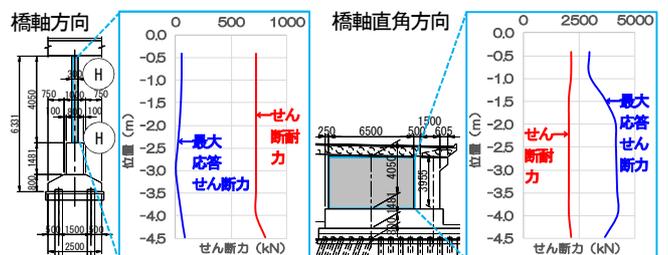


図4 土室高架橋の既設ロッカー橋脚の動的解析照査結果

表1 土室高架橋のロッカー橋脚の橋軸直角方向の分担重量

	断面幅 (m)	断面積 (m ²)	断面二次モーメント I _y (m ⁴)	分担重量(比率)
① 拡幅部橋脚 (路肩側)	3.60	1.80	1.94	170kN (0.05)
② 既設ロッカー橋脚	6.50	1.95	6.86	2981kN (0.93)
③ 拡幅部橋脚 (中分側)	1.50	0.75	0.14	52kN (0.02)

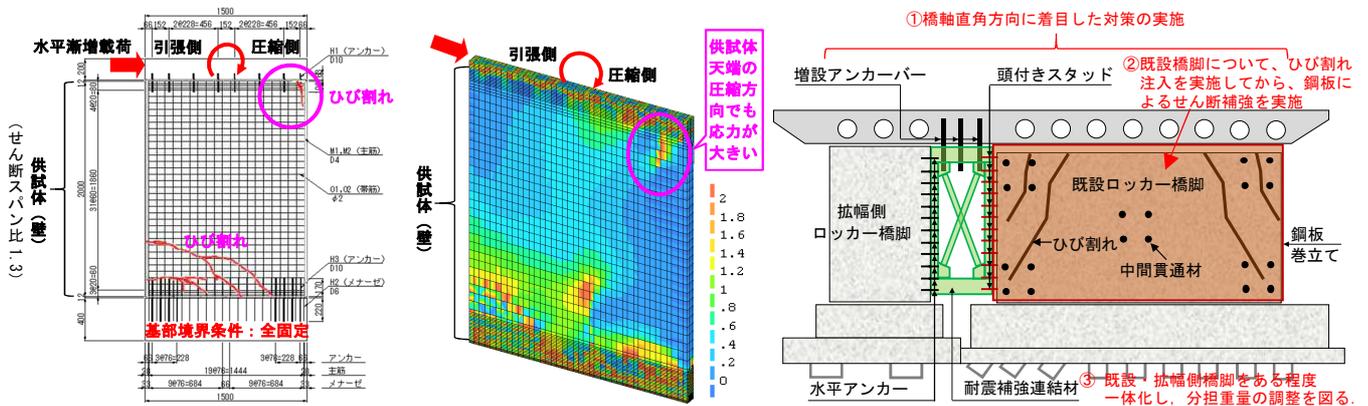


図5 実験終了時のひび割れ分布図 図6 復元解析による最大主応力分布図 図7 ロッカー橋脚の復旧方法

3.3 ロッカー橋脚の橋軸直角方向の破壊性状

既設ロッカー橋脚はせん断スパン比が小さい薄い壁構造で、橋軸直角方向の破壊性状を確認するため、西日本高速道路株式会社と京都大学では、平成27年度に図5に示す供試体を対象に、実験がなされていた。その結果、ひび割れはせん断力の作用により橋脚本体に発生したほか、供試体天端の圧縮縁でも生じていた。また、FEMによる実験の復元解析の結果では、図6に示すように供試体天端の圧縮縁でも応力が比較的大きくなることが確認された。なお、実橋は供試体よりせん断スパン比が小さく、幅が広いので、橋脚天端の圧縮縁で応力がより大きくなると想定される。

3.4 損傷原因の推定

- 1) 対象橋梁の周期特性と観測記録波による解析で確認した橋脚の応答特性から、既設ロッカー橋脚の被災は橋軸直角方向に作用した地震力によるものと判断される。
- 2) 対象橋梁はすでに拡幅されているが、地震時慣性力は既設ロッカー橋脚で大きくなる傾向にある。これは、①既設ロッカー橋脚の断面剛性が表1に示すように拡幅側より大きいこと、②既設側に斜杭が存在しており、直杭に比べ、水平力に対して杭体の軸剛性も抵抗要素として加わるため、既設側の地震時水平地盤抵抗が拡幅側より大きくなっていたことが挙げられる。
- 3) せん断スパン比が小さい既設ロッカー橋脚では橋脚天端より躯体の外側に向かってひび割れが発生していた。ロッカー橋脚の破壊性状について、平成27年度に検討がなされており、当時の供試体実験やFEMによる復元解析の結果から、ロッカー橋脚はせん断力以外に、天端で上部構造による圧縮方向の偏心载荷も受けることが確認された。せん断スパン比が小さい対象橋脚の場合、基礎がある程度変形できるとその影響も小さくなるが、斜杭が多く配置されていたことで、鉛直変位に対する地盤の拘束が「固定」に近い状態にあるため、橋脚天端の応力が分散できず、せん断力の作用も同時に受ける

ため、今回のような被災に至ったと推定される。

4. ロッカー橋脚の復旧対策

- 1) 対象橋梁の周期特性や被災橋脚に対する地震の主な作用方向から、対策は橋軸直角方向に着目し、立案した。
- 2) 対象橋梁はすでに拡幅されているが、地震時慣性力は既設ロッカー橋脚で大きくなるため、対策として復旧のみならず、既設ロッカー橋脚のせん断耐力向上のための耐震補強も実施する必要がある。そこで、図7に示すように既設ロッカー橋脚について、基部に定着アンカーを設置しない鋼板巻立を実施することとした。
- 3) 対象橋脚の天端に発生したひび割れはせん断力以外に、既設側の斜杭にも影響されているものと推定される。そこで、図7に示すように既設と拡幅側の橋脚の間に繋ぎ材として耐震補強連結材を設置し、橋脚の橋軸直角方向の挙動をある程度一体化することで、拡幅側橋脚にも地震時慣性力を伝達させ、既設側の斜杭への負担の軽減を図った。また、照査結果に応じてロッカー橋脚の上端にアンカーバーも増設した。

5. まとめ

今回の地震による損傷は橋軸直角方向における上部構造慣性力の既設ロッカー橋脚への過度な集中や既設側の斜杭に影響されたものと推定される。従って、耐震補強を兼ねた復旧対策として、被災した既設ロッカー橋脚を対象に鋼板でせん断補強を実施した後に、既設と拡幅側を含めたロッカー橋脚の挙動のある程度の一体化を図るため、繋ぎ材として耐震補強連結材を設置した。また、必要に応じてロッカー橋脚の上端にアンカーバーを増設した。一方、ロッカー橋脚の鉛直支持機能を確保するためには、上部構造の橋軸方向に過度な水平変位を生じさせないことが重要である。従って、当該型式の橋梁について、今後は被災していない区間を含め、「両端支点固定」或いは「中間橋脚の固定化」も視野に入れて上部構造の橋軸方向の水平変位に対し、拘束度を向上するための対策の検討が必要と考えられる。