

ロッキング橋脚を有する橋梁の耐震補強

西日本高速道路（株） 正会員 ○戸木 正喜
西日本高速道路（株） 正会員 高原 良太

1. はじめに

ロッキング橋脚は、1960年～1970年代を中心に主に高速道路で採用された形式である。その構造特性として、上部構造の鉛直荷重と地震時の柱自重による慣性力しか作用せずスリムな構造とできたことから、橋脚の設置範囲が制限され、交差道路の視認性が求められるランプ橋や跨道橋で多く採用された。しかし、兵庫県南部地震においてロッキング橋脚を有する橋梁（以下、「ロッキング橋」という）の落橋が生じたことから、橋台部にコンクリートブロック等を設置することにより地震時水平力を支持し、横変位を拘束する対策が実施されてきた。しかし、平成28年熊本地震において、橋台部の対策を実施していたロッキング橋でも落橋等の甚大な被害が生じた。このため、ロッキング橋の更なる耐震補強対策が急務となっている。本稿では、ロッキング橋の課題ならびにその課題を解決するための耐震補強の基本的な考え方について述べる。

2. 熊本地震における被災事例

熊本地震において被災した東原橋は、昭和51年に供用した3径間連続RC中空床版橋（L=47.3m）で一般国道57号を横過する九州道熊本ICのランプ橋である。中間橋脚の2橋脚がロッキング橋脚（ヒンジ）であり、A1橋台が固定、A2橋台が可動である。さらに約84°の斜角を有する（図-1）。

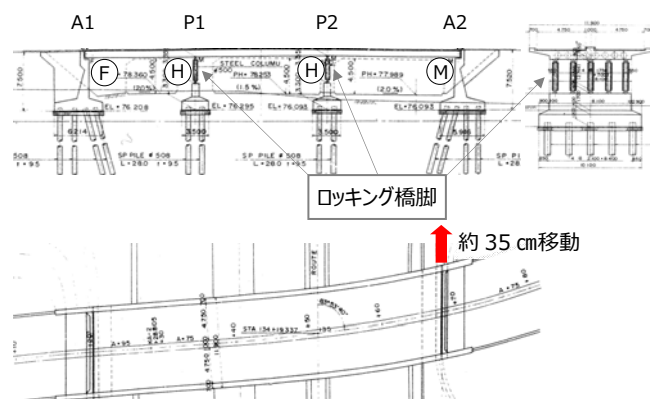


図-1 東原橋 橋梁一般図

本震後のロッキング橋脚（P2）の傾斜とA2橋台の横変位拘束構造の損傷状況を図-2に示す。上部構造が回転し、A2橋台位置で橋軸直角方向へ約35cm移動し、ロッキング橋脚が約3.9°傾斜している。震央付近のロッキング橋では、一部の橋で同様の損傷が生じ、落橋に至った橋もある。



図-2 ロッキング橋脚の傾斜及び横変位拘束構造の損傷

3. ロッキング橋の課題

ロッキング橋脚は、上下端にヒンジ支承を有する柱部材で構成される橋脚であり、単独では自立できず水平力を支持できない構造である（図-3）。このため、水平力支持機能を担う別部材に破壊が生じるとロッキング橋脚の傾斜が増大していき、鉛直力支持機能を失い、橋全体系の崩壊に至る可能性がある¹⁾。つまり、ロッキング橋は地震時安定性を、水平力支持機能を担う橋台部に依存した構造系である。

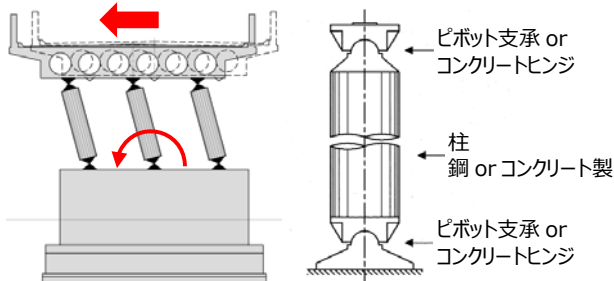


図-3 ロッキング橋脚の概要図

4. 耐震補強の基本的な考え方

(1) 耐震補強の基本方針

ロッキング橋の耐震補強は、その構造的な課題を

キーワード ロッキング橋脚，熊本地震，耐震補強，耐震性能

連絡先 〒530-0003 大阪府大阪市北区堂島 1-6-20 西日本高速道路（株） TEL 06-6344-7392

解決すべく、次を基本方針とした。①ロッキング橋脚の自立性を確保することにより、部分的な破壊が橋全体系の崩壊につながらない冗長性を有した構造系へ転換する¹⁾。②橋台部のレベル2地震動に対する確実な抵抗力を確保する。

(2) 耐震補強の基本構造

上記の基本方針をふまえ、耐震補強の基本構造は次のとおりとした。①中間橋脚（ロッキング橋脚）はコンクリート巻立て補強により柱部材を一体化（壁化）し、上下端のヒンジ支承を剛結化する。ここで、ロッキング橋脚の上下端を剛結化した場合、橋脚が負担する地震時慣性力が増加し、基礎等への影響が大きいように思われるが、ロッキング橋脚を巻立て補強した後も、両橋台の剛性に比べ橋脚の剛性は小さく、地震時慣性力の大部分を橋台が負担するため、剛結化する影響は小さい。よって、構造安定性及び維持管理性の向上を目的に剛結化を基本とした。②橋台は堅壁をコンクリート増厚補強し、支承部を剛結化する。ただし、現場の制約条件等から剛結化の施工が困難な場合は、レベル2地震動に対して性能を有するよう固定化（上部構造と鉄筋で接続）する（図-4）。なお、熊本地震で被災した東原橋の耐震補強（全支点剛結化）後の状況を図-5に示す。

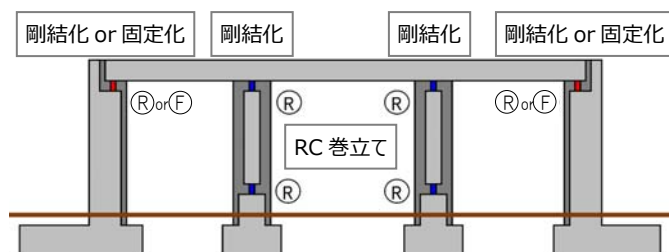


図-4 耐震補強の基本構造



図-5 東原橋の耐震補強後の状況

(3) 目標とする耐震性能

レベル2地震動に対して目標とする耐震性能は、新設橋の場合とは区別して「既設橋の耐震性能2」とし、橋の供用性においては、緊急輸送路としての機能を確保することとし、橋の機能回復にあたって

は、通行の制限や別途荷重を受け直すなどの措置が必要となることを考慮することとした²⁾。

5. 耐震補強設計の留意事項

ロッキング橋の耐震補強設計における留意事項を以下に示す。

(1) ロッキング橋脚の耐震補強設計

ロッキング橋脚の巻立て補強設計において、死荷重時の軸力は既設の柱部材にのみ作用し、巻立て部のコンクリート断面には作用しないものとする。また、柱部材と巻立てコンクリートとの一体性は不確実なことから、柱部材断面を除いた中空断面を設計時の有効断面とする。

(2) 橋台の耐震補強設計

一般的な橋台の耐震設計では、レベル2地震動に対する照査は省略される。しかし、ロッキング橋の場合、ロッキング橋脚補強後も両橋台への慣性力の分担比率が大きく、その依存度が高いため、全ての橋台躯体及び基礎のレベル2地震動に対する照査を行うものとする。

(3) 基礎の耐震性能評価

既設基礎の応答塑性率の照査においては、その限界状態を、橋の供用性を確保できる限界点とするものとし、レベル1地震動に対しては最大強度点、レベル2地震動に対しては終局点とする²⁾。

(4) その他の留意事項

耐震補強に伴い、橋の構造系を大きく変化させることになるため、新たに設置した部材との接合部だけでなく、既設の部材間の接合部も含めて耐荷力を確認する。また、新たな部材をあと施工により設置する場合は、当該部材だけでなく、取付部及び取り付けられる部材の耐荷力も確認する¹⁾。

6. おわりに

全国的高速道路本線・ランプ橋及び跨道橋にロッキング橋は約400橋存在する。これらの早急な対策に向け、基本方針に基づき取組みを開始している。今後は、施工における留意事項等について整理し、円滑な対策実施につなげていきたい。

参考文献

- 1) 道路局 関係課：事務連絡「ロッキング橋脚を有する橋梁の耐震性能照査及び耐震補強設計について」、平成28年10月25日。
- 2) 道路局 関係課：事務連絡「既設道路橋の耐震性能照査および耐震補強設計について」、平成27年6月25日。