

鉄道無筋コンクリート橋脚の耐震対策に関する基礎的研究

京都大学地球環境学堂 学生員 ○水上 輝
 京都大学地球環境学堂 正会員 古川 愛子
 京都大学地球環境学堂 正会員 清野 純史

1. 研究の背景と目的

無筋コンクリート橋脚は、1914年に鉄道において初めて設計施工基準が規定され、鉄筋コンクリート橋脚が全国に普及し始めるまで多く造られた。現在でも、全国には無筋コンクリート橋脚を有する在来鉄道が多数存在し、地震時に被害が発生している。典型的な被害形態は、打継目での水平ずれと、打継目下側のコンクリートの剥離である。橋脚の耐震対策はRC巻立て工法が一般的であるが、河川内に位置する橋梁に関しては、河積阻害率の観点から橋脚の断面積を増加させない耐震対策を講じる必要がある。そこで本研究では、2004年新潟県中越地震で被災した魚野川橋梁14P橋脚を対象とし、改良版個別要素法を用いて地震時被災メカニズムを分析するとともに、橋脚の断面積を増加させない3つの耐震対策の効果を検討する。

2. 改良版個別要素法の概要

個別要素法では、構造物を剛体要素の集合体としてモデル化し、接触要素間にばねとダッシュポットを配置し相互作用力をモデル化する。改良版個別要素法では、接触面を離散化することでばね定数を理論的に導出できるようになっている。

3. 地震時被災メカニズム分析

3.1 解析モデル

本研究では新潟県中越地震で被災した魚野川橋梁14P橋脚を対象とする。図1に解析モデルを示す。実断面は卵型であるが、本研究では簡略化のため、長方形断面とした。フーチング底面から6.619mの高さに打継目を有する。解析に用いた材料特性を表1に示す。減衰は、要素重心に作用する減衰力と要素間に作用する減衰力の2つがある。要素重心に作用する減衰力は、1次モードの減衰定数を3%とする質量比例減衰とした。要素間の減衰には、個別要素法では一般的な臨界減衰を採用した。臨界減衰は、要素間の跳ね返り係数が0に相当するモデルである。

3.2 入力地震動

新潟県中越地震において、魚野川橋梁近傍の観測点である長岡市役所川口支所で計測された加速度波形を橋軸方向、橋軸直角方向、垂直方向に加える。橋軸直角方向に使用した入力地震動を図2に示す。

3.3 解析結果

解析結果を図3に示す。水色は引張破壊、赤色は圧縮破壊が発生したことを示す。打継目の引張強度を 0N/m^2 としたため、地震動入力直後に打継目で引張破壊が生じた。2.23秒、2.52秒でそれぞれ打継目下部南西側、南東側において破壊し始める。これは打継目上部の水平ずれに伴い、打継目下部に水平ずれと同方向の摩擦により引張力が生じたことが原因であると考えられる。時間が経過するにつれて、打継目下部橋脚側面で剥落を確認でき、実被害と調和的な結果となった。

4. 耐震対策の提案

4.1 解析モデル

本研究では打継目での水平ずれを抑制するために、図4に示す3つの耐震対策を検討する。図4(a)のH鋼方式は、橋軸直交方向の両側面に3本ずつH鋼を設置（両側の2本は打継目上側、間の1本は打継目下側のコンクリートに固定）し、H鋼と打継目下部コンクリートとの衝突により橋軸直交方向の滑動を抑制し、H鋼同士の衝突により橋軸方向の滑動を抑制する手法である。図4(b)の鋼板方式は、打継目を鋼板で巻立てる手法である。図4(c)の鋼棒あと埋め方式では、打継目に空洞を明け、鋼棒とアンカーを設置する手法である。

4.2 解析結果

解析結果を図5に示す。打継目の橋軸直角方向滑動変位を図6に示す。いずれも、無対策に比べると水平ずれを抑制できたが、破壊は発生した。最も水平ずれの抑制効果の高いものは鋼板方式、次にH鋼方式、鋼棒あと埋め方式は鋼棒を取り付けたコンクリート部が破壊し、他の工法に比べ変位抑制効果が低かった。

キーワード 無筋コンクリート橋脚, 打継目, 水平ずれ, 改良版個別要素法, 耐震対策

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 C1

5. 結論

本研究では、改良版個別要素法を用いて無筋コンクリート橋脚の破壊メカニズムを分析し、打継目の水平ずれを抑制する3種類の耐震対策の効果を検討した。本研究で採用した臨界減衰は、要素間の跳ね返り係数が0に相当するモデルであるため、打継目におけるロッキング現象は顕著に表れなかった。このことが、解析結果に影響を及ぼしている可能性があるため、今後実験結果との比較を通してモデル化を検討したい。

参考文献 1) A. Furukawa et. al., Journal of Disaster Research Vol.6, No.1, 2011.

謝辞 耐震対策案および静的実験結果による打継目のせん断強度は、西日本旅客鉄道(株)構造技術室の成果を使用させて頂きました。

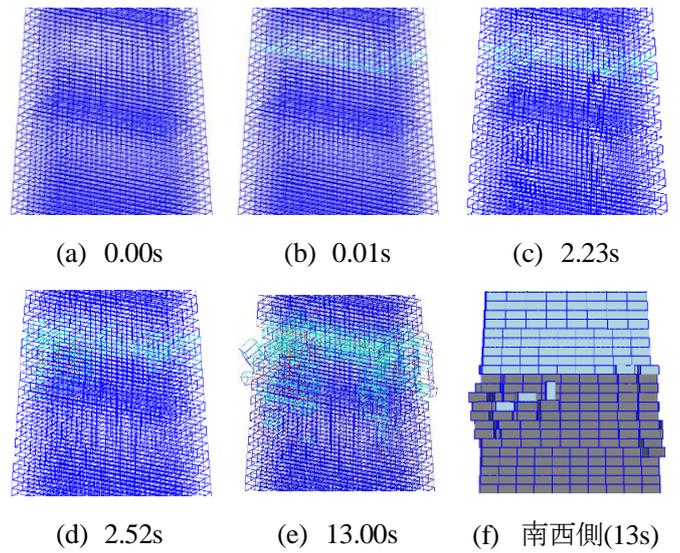


図3 解析結果(無対策)

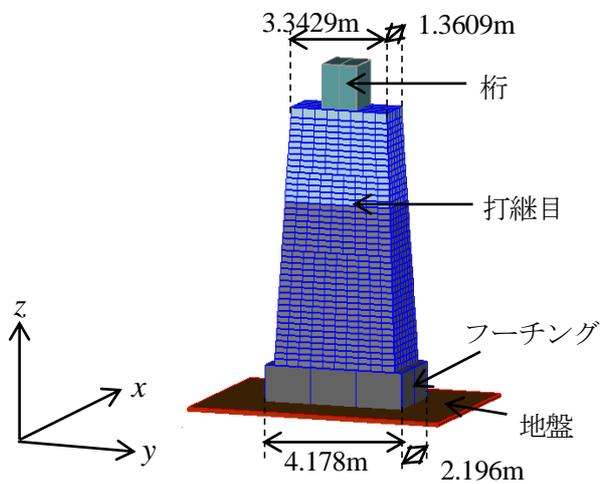


図1 解析モデル

表1 コンクリートの材料特性

	コンクリート	打継目強度
密度(kg/m ³)	2.3×10 ³	-
ヤング率(N/m ²)	2.2×10 ¹⁰	-
ポアソン比	0.20	-
引張強度(N/m ²)	1.75×10 ⁶	0
せん断強度(N/m ²)	5.8×10 ⁵	1.62×10 ⁴
摩擦角(rad)	0	0.52
圧縮強度(N/m ²)	2.39×10 ⁷	2.39×10 ⁷

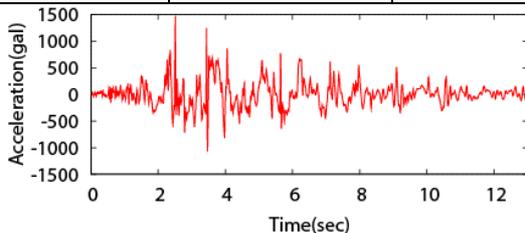


図2 入力地震動(橋軸直角(y)方向)

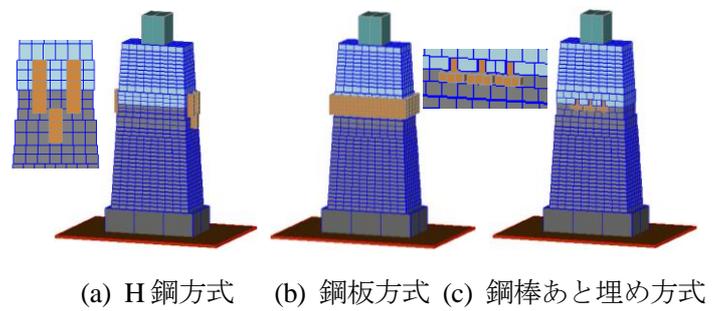
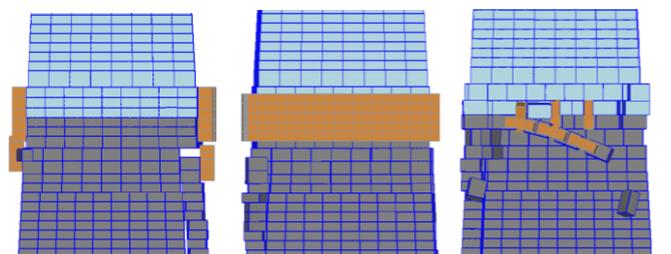


図4 耐震対策解析モデル



(a) H鋼方式 (b) 鋼板方式 (c) 鋼棒あと埋め方式

図5 解析結果(15秒後)

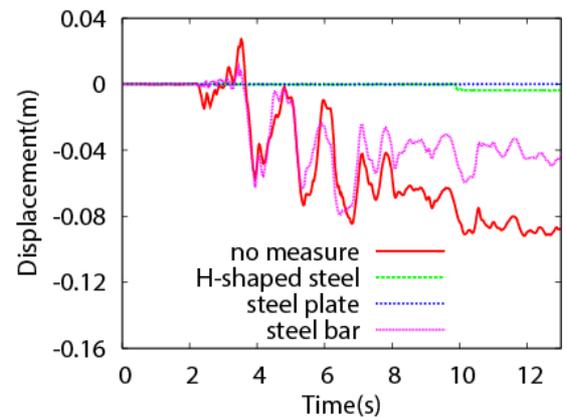


図6 打継目における橋軸直角方向滑動変位(赤:無対策, 緑:H鋼方式, 青:鋼板方式, 桃:鋼棒あと埋め方式)