

## NMMによる打継目を有する無筋コンクリート橋脚の地震応答解析

関西大学 正会員 小山 倫史  
 京都大学 学生会員 ○橋本 涼太  
 西日本旅客鉄道(株) 正会員 坂岡 和寛

### 1. はじめに

JR 飯山線魚野川橋梁 P14 橋脚では、2004 年新潟県中越地震発生時に無筋コンクリートの打継目において水平ずれが発生した。現在、上部の鉄道の安全な運行を確保するため、この水平ずれを抑制する対策工法の開発が進められている。本稿では対策工法の策定にあたり考慮すべき事項を検討するため、打継目のような不連続面の挙動を考慮しうる数値解析法の一つであるマニフォールド法 (NMM) を用い、橋脚に対して一切対策を施さない場合について地震応答解析を実施した。

### 2. マニフォールド法

マニフォールド法 (NMM: Numerical Manifold Method) は、Shi<sup>1)</sup>によって開発された複数の多角形ブロックからなる系の動的接触解析法である。解析対象であるブロック (物理メッシュ) を独立な数学メッシュで覆い、変位を離散化するため、各ブロック内部の詳細な応力・ひずみ状態についても追跡することができる。ブロック間の相互接触はペナルティ法によって処理される。理論の詳細は参考文献<sup>1)</sup>を参照されたい。

### 3. 解析条件

図 1 に解析モデル (二次元) を示す。本モデルは、魚野川橋梁 P14 橋脚の設計図面を基に作成した橋軸直角方向断面のモデルであり、マニフォールド法の三角形メッシュによってモデル化している。図中の赤線がコンクリートの打継目である。この線の上下で 2 つの不連続なブロックに分割しており、打継目に沿った滑りや上側のブロックの浮き上がりについても取り扱うことができる。図 2 に境界条件を示す。今回は簡単のため周辺地盤についてはモデル化せず、フーチング部下端に水平ローラー、左端および右端に水平ローラーを設定した。本検討では無筋コンクリートは線形弾塑性体とし、表 1 の材料物性値を使用した。表 2 に打継目のパラメータを示す。これらは橋脚打継目から採取

されたコアの一面せん断試験結果を基に設定した。

解析は以下の手順により行った。まず、橋脚の自重は表 1 に示したものを与え、次に、軌道重量と桁重量をあわせた上部工荷重 125kN を幅 1.2m×奥行き 1.34m の面積で割った、約 77.7kN/m<sup>2</sup>を分布荷重として図 2 のように与えた。以上の状態を初期状態として加振する。入力地震動は、新潟県中越地震において長岡市役所川口支所で計測された加速度波形の NS 成分と EW 成分を合成し、魚野川橋梁の橋軸直角方向に変換した成分 (図 3) である。この地震加速度を、慣性力として図 1 の水平右向きを正として与えた。ただし、地震加速度の収束を考慮して、40sec までを解析することとした。

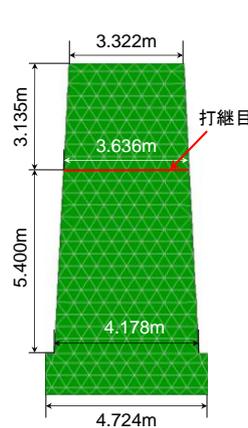


図 1 解析モデル図



図 2 境界条件と上部工荷重

表 1 材料物性値

パラメータ	値
単位体積重量[kN/m <sup>3</sup> ]	23.0
弾性係数[kN/m <sup>2</sup> ]	2.2×10 <sup>7</sup>
ポアソン比	0.2

表 2 打継目パラメータ

パラメータ	値
摩擦角 [°]	38.8
粘着力 [kN/m <sup>2</sup> ]	16.2

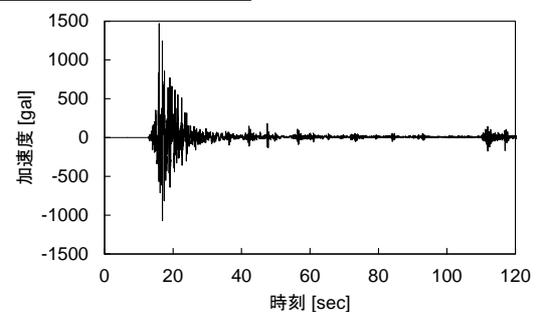


図 3 入力地震動

キーワード：無筋コンクリート橋脚、打継目、地震応答解析

連絡先：〒569-1098 大阪府高槻市白梅町7-1, 関西大学 高槻ミュージックキャンパス TEL 072-684-4126  
 関西大学社会安全学部

4. 解析結果

図4に図5に示した橋脚中央の打継目直上の点A、と打継目直下の点Bの水平方向の変位の時刻歴を示す。ここでは、水平右向きを正とした。約16secまでは両者は同様の挙動をするが、その後点Aは点Bとは独立して変位し、打継目に沿って滑動していることがわかる。

次に、打継目における接触状態を確認するため、上述の点A、Bの鉛直変位の時刻歴を図6に示す。ここでは、鉛直上向きを正としている。図中の矢印で示した部分では、点Bが上向きに大きく変位しており、上側の部材が浮き上がっている様子が読み取れる。浮き上がり量が最大である同図中の矢印で示した時点での打継目周辺の変形図(変形量200倍)を図7に示すが、打継目の片端が浮き上がっているいわゆるロッキング現象が起こっていることがわかる。また、図4と図6を比較すると、大きな浮き上がりが生じたタイミングで大きな水平変位が起こっており、打継目に沿った部材のずれはロッキング時の打継目の剥離に伴い摩擦抵抗が低下したことが主原因であると推察される。

以上のことを踏まえると、滑動可能な打継目を有する無筋コンクリート橋脚の地震時の水平変位を防止するためには、①ロッキングそのものを抑制する、あるいは②ロッキングは許すがその際の変位を抑制する、といった対策が有効であると考えられる。

5. おわりに

本稿では打継目を有する無筋コンクリート橋脚の地震時水平変位を抑制するための対策工法が考慮すべき事項を検討するため、マニフォールド法を用いた地震応答解析を実施した。その結果、打継目に沿ったずれはロッキング時に顕著となることがわかった。したがって、ロッキングあるいはロッキング発生時の変位を抑制するような対策工が有効であると考えられる。なお、本研究は、JR西日本からの委託研究「無筋橋脚の挙動解析に関する研究」の一環として実施した。ここに記して深く感謝の意を表す。

参考文献

1) Shi: Proc. of the 33rd U.S. Symposium on Rock Mechanics, pp. 639-648, 1992.

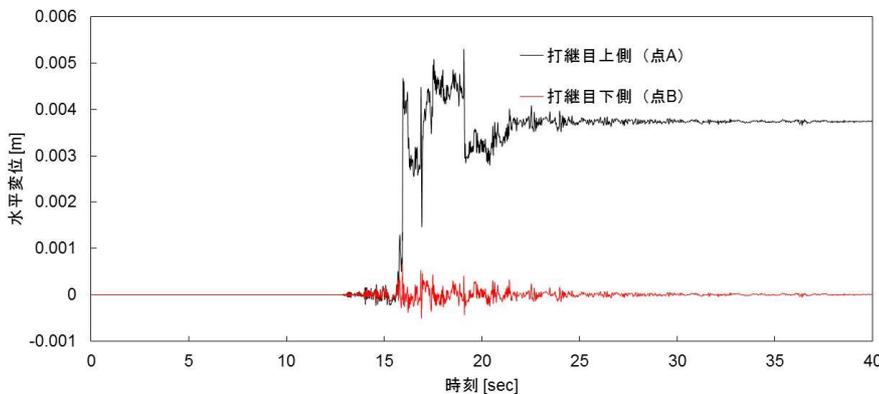


図4 水平変位の時刻歴

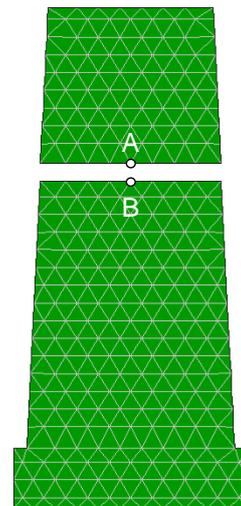


図5 変位の照査点

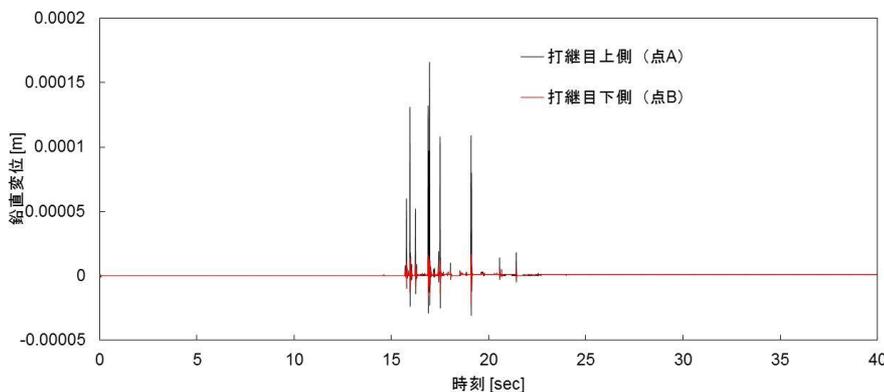


図6 鉛直変位の時刻歴

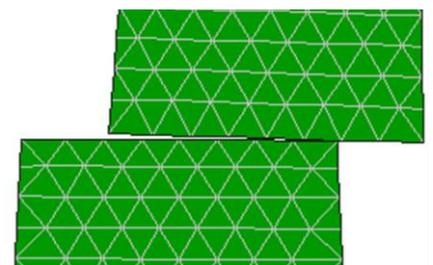


図7 変形図(変形量200倍, 16.95sec)