

3次元有限要素法を用いた実大規模の曲げ破壊型円形断面RC橋脚に関する地震応答解析

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○西鳥羽侑一 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
寒地土木研究所 正会員 岡田 慎哉 (独)土木研究所 正会員 張 広鋒

1. はじめに

本論文では、E-densense で実験が行われている地震動を受ける実規模の曲げ破壊型 RC 橋脚を対象に事前解析として、地震動応答解析を行った。3次元有限要素法を用いて全体系をモデル化し3方向に地震動を入力し、その応答や破壊性状について検討を行った。本解析では、構造解析用汎用コード DIANA を使用した。

2. 解析概要

2.1 試験体概要

図-1には、解析対象とした試験体の形状寸法、配筋状況を示す。試験体は、橋脚と桁、上部工質量、支承から構成されており、橋脚柱部分は高さ 6000 mm、断面形状は半径 900 mm の円形断面となっている。コンクリート強度 f'_c は 27 MPa である。RC 橋脚には、軸方向筋として D29 を合計 80 本、横拘束筋として D13 を配筋している。鉄筋の引張強度は、軸方向筋・横拘束筋ともに、380 MPa となっている。支承は、固定支承、滑り支承から構成されている。また、桁部はローラー支点である。

2.2 解析モデル

図-2には、解析モデルの要素分割図を示す。本解析

では、桁部を含む全体系についてモデル化を行った。桁、上部工質量、コンクリート要素は全て固体要素を用いている。配筋は、橋脚に対して試験体と同様の配筋とした。鉄筋は完全付着と仮定し計算を行った。

図-3に、支承の境界条件を示す。支承は、滑り支承を圧縮時にはばね定数 10 kN/mm、それ以外を 0 N/mm としてモデル化した。固定支承は、異なる節点が同じ変位量を持つように設定しモデル化した。桁部の境界条件は、桁のローラー支点を上下方向・橋軸直角方向の変位を固定として再現した。また、フーチング部の底面を完全固定としている。減衰定数は 1% とした。

2.3 材料構成則

コンクリートの圧縮側については $0.85f'_c$ に達した後、初期剛性の 0.05 倍の勾配で $0.2f'_c$ まで軟化するように設定した。引張側には線形軟化モデルを適用することとし、コンクリート標準示方書に基づき、終局ひずみ ϵ_{tu} を、コンクリートの引張破壊エネルギーを考慮して定義したものを用いた。除荷・再載荷に関しては、鉄筋は引張・圧縮ともに弾性除荷、コンクリートでは、圧縮側で弾性除

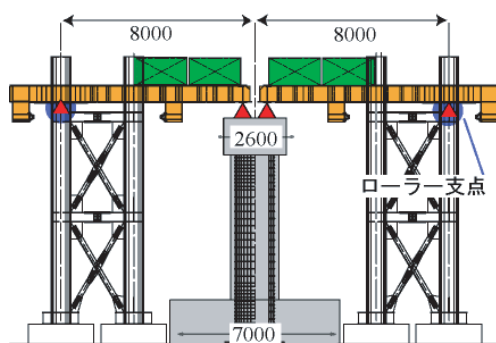


図-1 試験体概要

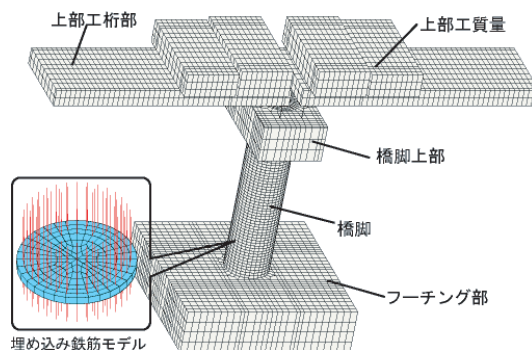


図-2 要素分割

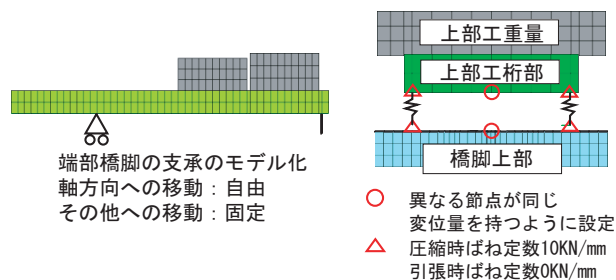


図-3 境界条件

キーワード：円形断面 RC 橋脚、三方向地震動、三次元有限要素法、弾塑性応答解析

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5225 FAX 0143-46-5227

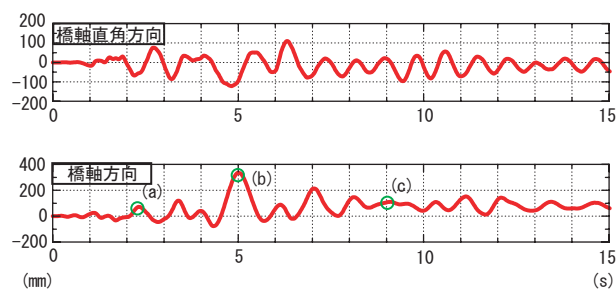


図-4 塑性レベル地震動応答変位

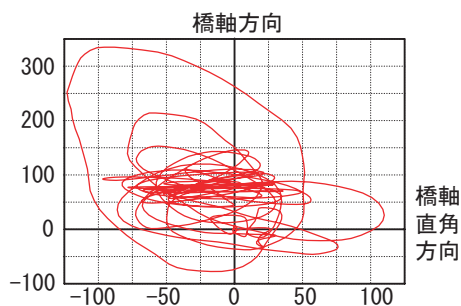


図-5 相対応答変位軌跡

荷、引張側では secant unloading とした。破壊後のせん断保持については初期剛性の 20% として考慮している。入力加速度は、1995 年兵庫県南部地震の JR 鷹取駅で観測された波形を用いた。波形は 0.02 秒間隔で 15 秒間の地震動を入力し、応答を求めた。

3. 数値解析結果

3.1 解析結果および考察

図-4 には数値解析により得られた相対応答変位(以後、応答変位)を示している。図-5 には、その応答の軌跡を表した。また、図-6 には、図-4 の応答変位の各ピーク点での損傷状況を橋脚部および鉄筋の鉛直ひずみ分布図を用いて示している。なお、コンクリートのひずみ分布は、圧縮ひずみと引張ひずみが最大となっている断面について、図に示した。図中の 100μ 、 460μ はそれぞれ、ひび割れの発生ひずみおよびひび割れの開口ひずみとなっている。

応答変位は、両方向ともに 2 秒付近から変位振幅および周期が大きくなり、加振後 5 秒で最大応答変位が現れている。また、橋軸方向には、加振後 8 秒付近より応答変位 100 mm を中心軸として振動している。図-5 より、橋軸方向に 100 mm 付近の軌跡が多いことより、橋脚天端において 100 mm 程度の残留変位が生じていることが推察される。

ここで、破壊状況を見ると、応答変位に明確なピークが現れた (a) 点には橋脚全体に曲げひび割れが開口し、基部に引張および圧縮ひずみが大きく発生していることが分かる。応答変位が最大となる (b) 点の破壊状況を見てみると、基部より全体的に曲げ変形が卓越している様子が分かる。また、(a) 点に比べ、ひび割れ開口領域および圧

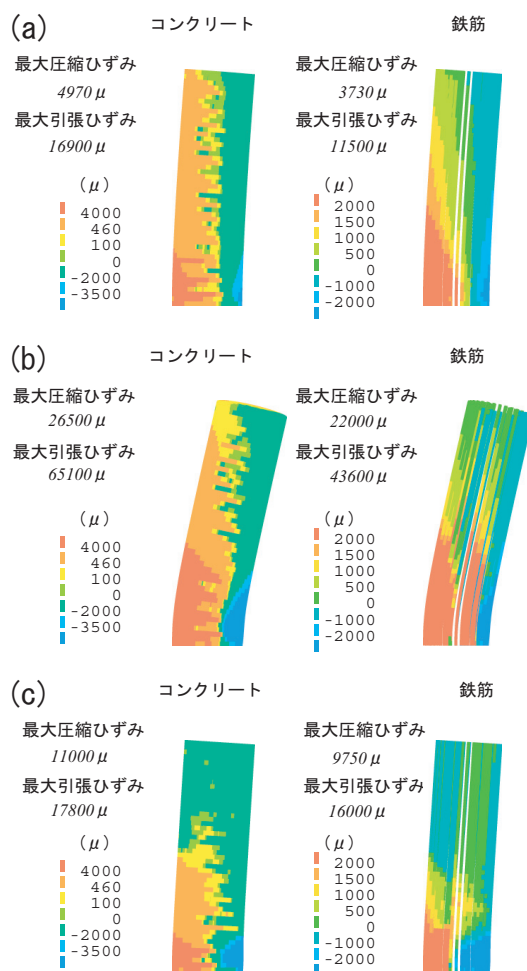


図-6 塑性レベル加振ひずみ分布図(変形倍率 5 倍)

壊領域が拡大が見られる。しかしながら、鉄筋が座屈している様子は確認できない。これは、本解析に用いている埋め込み鉄筋要素がコンクリートと完全付着であると仮定しているために、鉄筋の座屈の様子が再現できないことによるものと考えられる。振幅中心軸が変位 100 mm 付近に移動したと思われる (c) 点におけるひずみ分布図を見ると、基部の角折れの様子を確認でき、橋脚に残留変位が生じていることが分かる。このことより、地震動入力後、約 8 秒経過時には橋脚が完全に破壊され、終局に至っているものと考えられる。

4. まとめ

本研究は、3 方向地震動を受ける曲げ破壊型 RC 橋脚の地震動応答性状および破壊性状を把握することを目的として実大規模円形断面図 RC 橋脚に関する 3D-FEM を用いた事前解析を実施した。本解析では、橋脚基部からひび割れが進展する曲げ破壊性状をよく表現することができたと思われる。今後、実験結果との比較を行い、より忠実に再現可能な解析手法を提案したいと考えている。

謝辞

本解析を行うに際して、(独) 土木研究所に実大規模実験に使用する各試験体の図面、加速度入力データを提供して頂いた。ここに、深く感謝を述べる次第である。