三次元有限要素法による円形断面 RC 橋脚の弾塑性地震応答解析

室蘭工業大学	正	員	○張	広鋒	室蘭工業大学	フェ	<u>п</u> —	岸	徳光
(独)土木研究所 寒地土木研究所	正	員	西	弘明	室蘭工業大学	正	員	小室	雅人

1. はじめに

本研究では、三次元弾塑性有限要素法を用い、3方向 に地震動を受けた円形断面鉄筋コンクリート (RC) 橋脚 に関する弾塑性地震応答解析を試みた。解析では、実配 筋状況に即して軸方向筋および横拘束筋を忠実にモデル 化し、鉄筋の降伏、コンクリートのひび割れ破壊および 圧縮破壊等を適切に考慮することによって解析を行った. また、数値解析結果の妥当性検討は、応答加速度、応答 変位およびコンクリートと鉄筋の損傷状況に関する解析 結果を実験結果と比較することにより行った.

2. 解析対象の概要

解析では,(独)土木研究所で行った円形断面 RC 橋脚 模型に関する3方向加振橋脚模型実験を対象とした¹⁾ 図-1には解析対象の実験模型の詳細図を示している。模 型断面は直径 600 mm の円形である。軸方向筋には SD295 D10を40本、横拘束筋にはSD295 D6を75mm間隔で 配筋している。また、橋脚模型の頂部には鋼重錘を載せ、 上部工による自重および慣性力を考慮している. **表-1** には、実験時に用いた各材料の力学特性の一覧を示して いる. 図-2には実験時に用いた入力地震動波形を示し ている1)

3. 数値解析の概要

図−3には解析モデルの要素分割状況を示している。 解析では、フーチング、橋脚部および上部工模型は全て 8節点あるいは6節点三次元固体要素でモデル化してい る、軸方向筋および横拘束筋は、埋め込み鉄筋要素を用

x <u>2,100</u> 図-2 入力地震動波形 1,500 -> v. ト部マス 軸方向筋 上部マス .570 横拘束筋 重心 重心位置 位置 上部マス 100 40@D10 3,000 75 = 2,140 3,000 . (3) 140 28 49.767 × 43 = D6 1 横拘束筋 橫拘束筋 600 xeloy 700 軸方向筋 1,500 2.300(mm) 2,300 (mm) 30 コンクリート要素 図-1 試験体の概要図

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

本解析では、コンクリートの圧縮軟化の影響を検討する ために, 図-4 に示す軟化勾配を有する Park 式 (以後, 単 に Park 式) および軟化を考慮しない土木学会コンクリー ト標準示方書式(以後,単に示方書式)を用いることとし た。また、コンクリートの引張側には、図に示す線形軟 化モデルを適用することとした。鉄筋要素には降伏後の 塑性硬化を考慮しない等方弾塑性体モデルを仮定した。 降伏判定は von Mises の降伏条件に従うものとしている.

一方,数値解析は、実験時と同様に図-2に示す地震 波形を用い、基部加振によって 1/20 秒刻みで 20 秒まで 行った.また,解析時の減衰定数は0%とした.

表-1 各材料の力学特性の一覧





16.375 図-5 実験時の損傷状況

15.210

コンクリートの激しい剥落

軸方向筋の座屈,破断

P8-

P9-

4. 解析結果および考察

図-5には、実験終了後の橋脚基部の損傷状況写真お よび代表的な時点(図-6を参考)における損傷状況を示 している.図より、実験時の終局時には軸方向筋の破断 や座屈が生じ、かつ基部近傍のコンクリートは完全に圧 壊状態であることが分かる.

図-6には、構造全体の重心位置における X, Y 方向の 相対応答変位波形に関する応答解析結果を実験結果と比 較して示している。図より、両解析結果とも 14 秒近傍 まで実験結果を精度よく再現していることが分かる。そ の後、絶対応答加速度に関する解析値は実験結果を過大 に、また相対変位に関する解析値は実験結果を過小に評 価していることがうかがえる。これらの差異は、本解析 手法がかぶりコンクリートの剥落や鉄筋の座屈等の破壊 現象を十分に再現できずに剛性を高く評価していること に起因しているものと推察される.

図-7には、一例として P1+ および P9-の2 時点におけ る軸方向ひずみ ε, 分布を示している. (a), (c) 図の P1+ 時点では、両解析結果ともこの時点ではひび割れ (図中 の赤色) が発生していることが分かる. (b), (d) 図に示す P9-時点までは、Park 式を用いる場合には基部かぶりコ ンクリートが圧壊して膨らみ,局部座屈に近い破壊性状 を示していることが分かる.なお,示方書式を用いる場 合にはこのような圧縮破壊が未だ示されていない.これ より、コンクリートの圧縮軟化を考慮しない場合には、 橋脚の損傷程度を適切に評価できないことが考えられる。

5. **まとめ**

- 1) 提案の解析手法を用いることにより、多方向地震動 入力を受ける円形断面 RC 橋脚の応答特性や破壊性 状を大略再現可能であると考えられる.
- 2) コンクリートの圧縮軟化をモデル化しない場合には,



図-6 重心位置における相対応答変位



図-7 軸方向ひずみ (ε₂)分布 (変形倍率:5)

各応答波形はある程度評価可能であるが,橋脚の損 傷程度を適切に評価することは不可能であるものと 推察される.

なお、本研究は、共著者が E-defense における実大 RC 橋脚模型の振動台実験に向けた数値解析法の確立に関す る検討委員会 WG の一員として、縮小模型を用いた実験 結果を対象に実施したものである。実測波形を提供頂い た関係各位にこの場を借りて感謝する次第である。

参考文献

1) 堺淳一, 運上茂樹: 円形 RC 橋脚模型の三次元振動 台加震実験,第61回土木学会年次学術講演会講演概 要集, I-017, pp. 33-34, 2006.