

RC 地中構造物の耐震性能に関する大型振動台実験とその解析

(その 5) 履歴依存モデルに基づく FEM 解析の適用

(財)電力中央研究所 正会員 ○ 松井 淳 大友敬三 河井 正
関西電力(株) 正会員 岡市明大 福本彦吉

1.はじめに 筆者らは鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能照査法の確立を目標として、実験と数値解析の両面から実証的な研究を進めている。本報では、既報⁽¹⁾で報告した振動台実験に対して、地盤および構造物の非線形性を履歴依存モデルで表した地盤-構造物連成の動的有限要素解析を実施し、耐震性能の照査法への適用性について調べた。

2.解析の概要 RC 部材を梁要素でモデル化し、その復元力特性を軸力変動型トリニアモデルで表した(図-1)。ここで第 1 折曲点は「曲げひび割れ発生」を、第 2 折曲点は「曲げ降伏」に相当する。折れ曲がり点での曲げモーメントおよび曲率の値は、曲げと軸力を受ける梁部材の断面計算より定めた。また、隅角部近傍の要素については、参考文献(2)に基づいて鉄筋の抜け出しの影響を考慮した。地盤要素の非線形性については全応力・履歴依存型の Ramberg-Osgood モデルで表し、別途実施した室内試験の結果から、1.0%以上のせん断ひずみレベルの剛性低下に適合するようにパラメータを設定した(図-2)。また、初期せん断剛性等については、拘束圧の影響を考慮した。地盤側方の境界は、左右の水平変位が等変位となるように制御し、さらにせん断土槽枠の重量についても、単位奥行き方向の重量を質点を付加することによって、その影響を考慮した。地盤-構造物間の滑動・剥離については、その境界部に joint 要素を設けることにより、その影響を考慮した。

3.解析結果 本報で定義した RC 部材のモデル化の検証および地盤と構造物の変形挙動について考察した。図-3 に地盤側方境界での最大水平変位の深度分布を示す。共に実験結果を良好に再現されている。図-4 に、頂版における滑動の実験(相対変位計)と解析(joint 要素の滑動量)の結果を比較して示す。滑動量までを再現できていないものの、その滑動の発生時刻はほぼ一致しており、joint 要素の設定の妥当性が確認された。図-5 に降伏した代表的な要素について、解析で得られた曲げモーメントと実験時の当該部位での鉄筋ひずみの時刻歴を併せて示す。ここでは、それぞれ降伏モーメント(軸力の変動を考慮)および降伏時のひずみ値で除して無次元化している。断面が降伏した時刻はほぼ一致しており、またひび割れの分布、降伏した部位の分布は共に実験結果を良好に再現しており、本報で定義した RC 部材モデルが適切であることが検証された(紙面の関係上分布図は割愛した)。図-6 に層間変位(頂版-底版間相対変位)の時刻歴を示す。岩着モデルの場合は、地盤-構造物間の滑動・剥離の影響が層間変位に及ぼす影響は少ない。一方非岩着モデルの場合は、巨視的な指標である層間変位に大きく影響することが示されている。以上の考察から、本報で定義した試験体のモデル化が妥当であることが検証された。しかし、滑動・剥離現象が顕著となる場合については、それが構造物の層間変位に影響を定量的に評価する研究が、今後重要であろう。

4.まとめ 本報で定義した履歴依存モデルは、試験体の塑性変形特性を良好に再現している。また RC 構成則で部材をモデル化した解析結果とほぼ同様な結果が得られており、その解析精度が検証された。一方、地盤-構造物間の滑動・剥離については、層間変位等へ影響を及ぼす諸条件を明らかにする研究が今後必要である。

謝辞:本研究は電力9社と日本原子力発電(株)による電力共通研究の一部として実施した。本研究の関係各位に謝意を表する次第である。

[参考文献]:(1)大友ら:RC 地中構造物の耐震性能に関する大型振動台実験とその解析 (その 1)RC 試験体の塑性変形特性, 土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集, 2000.9.

(2)岡村, 前川:鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則,技報堂,1991.5.

キーワード:RC 地中構造物, 振動台実験, 履歴依存モデル, 動的解析, 塑性変形

〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 Tel:0471-82-1181 Fax:0471-83-2962

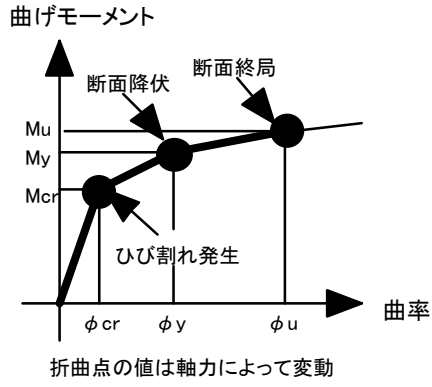


図-1 軸力変動型トリリニアモデル概念図

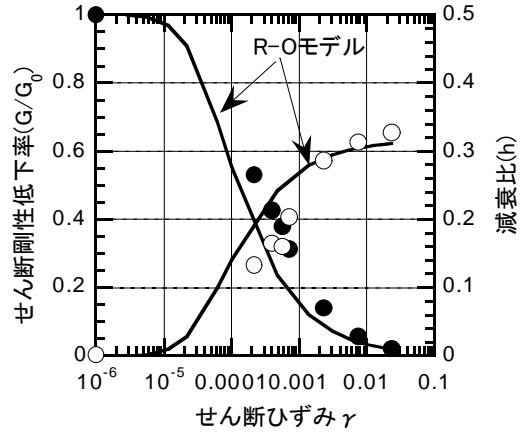


図-2 珪砂5号の動的変形特性とR-Oモデル

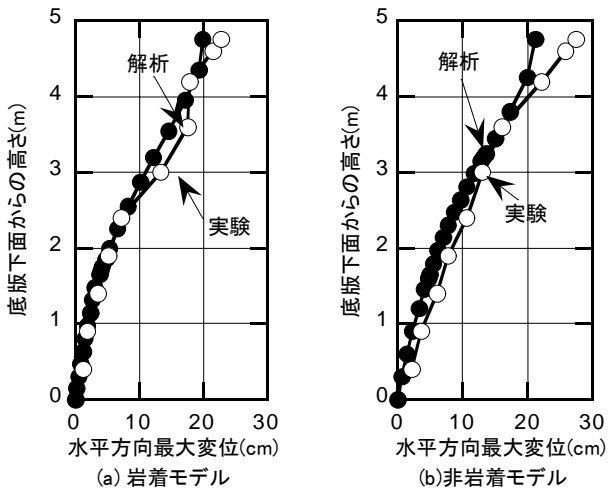


図-3 地盤側方境界における最大水平変位の深度分布

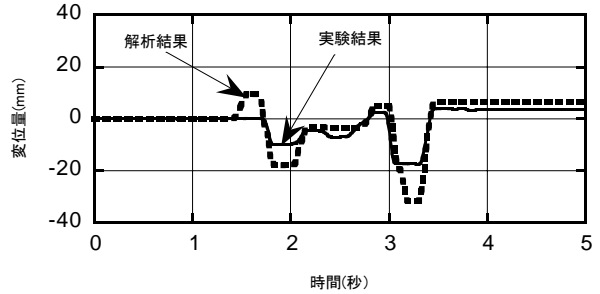


図-4 頂版部における滑動の状況(非岩着モデル)

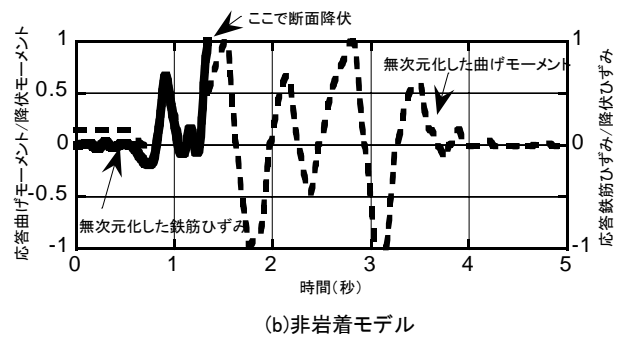
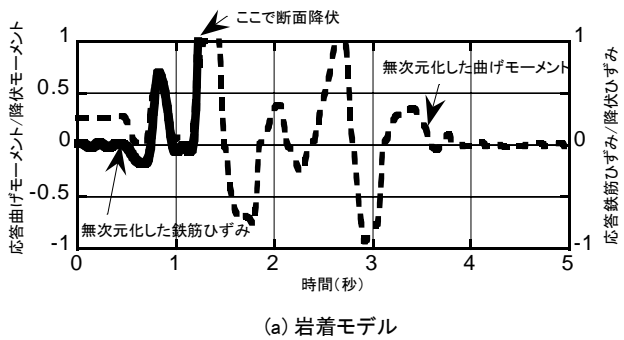


図-5 降伏した要素での実験/解析結果の比較(左側壁下端)

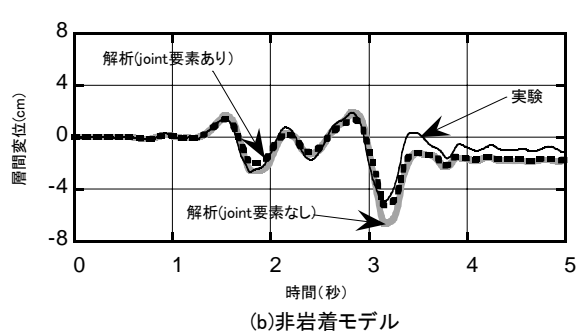
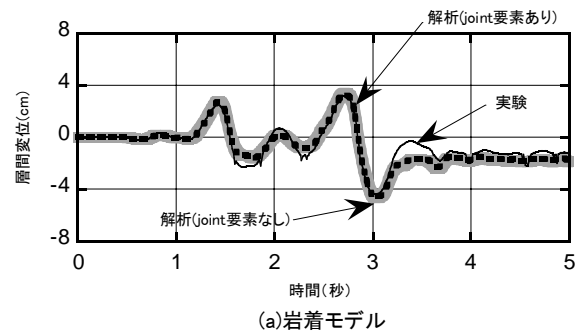


図-6 層間変位の時刻歴