密な地盤の液状化が RC 構造物の地震応答に及ぼす影響

(その1) RC ボックスカルバートの遠心載荷実験シミュレーションに基づく検討

(一財)電力中央研究所 正会員 ○渡部 龍正東電設計(株) 正会員 島端 嗣浩 横田 彩加関西電力(株) 正会員 横田 克哉

1. はじめに

鉄筋コンクリート(RC)製地中構造物の耐震性能照査は、地盤・構造物連成系の二次元有限要素(FEM)解析によ り横断面方向に対して行われるのが一般的である.近年は基準地震動が大きくなってきたことで、密な地盤であ っても液状化が生じることが想定される.そこで、既往遠心模型実験を対象として、地盤の液状化領域が RC 構造 物の地震時挙動に与える影響を検討した.

2. 検討概要

遠心模型実験概要[1]を図1に示す.既往遠心実験は 30Gの遠心加速度によって実験を行っており,RC構造物の寸法は実規模相当で高さ 900 cm,幅 1200 cm,側壁の部材厚 75 cm,頂底版の部材厚 150 cmである.入力加速度 波形を図2に示す.地盤は栃木県産珪砂5号を相対密度約 90%で締め固めており,飽和と乾燥した地盤条件でRC構造物の耐震性について検討されている.解析ケースを表1に示す.まず,既往遠心実験を対象とした解析を行い,解析手法の妥当性を確認する.その後,地盤の液状化領域をパラメータとし,地盤の下層のうち一部が液状化 する条件で検討した.

解析コードは FLIP を用い, D-2 については COM3[2][3][4]でも検討を行った.構造物の解析物性値は既往実験の配筋条件及び部材非線形特性に基づいて設定した.図3に RC 模型の荷重-変位関係を示す.地盤は,1要素モデルにおいて,非排水条件下で繰返しせん断を作用させ,液状化試験結果を再現できる物性設定を行った.

解析モデルを図4に示す.地盤,せん断土槽はソリッド要素でモデル化し,RC試験体は,FLIPでは非線形はり 要素(武田モデル),COM3ではソリッド要素でモデル化した.RC試験体-地盤間とせん断土槽-地盤間には, 剥離とすべりを考慮したジョイント要素を設けており,せん断土槽各層は節点間を共有させず,側方地盤に付加 重量として考慮されるよう作成した.D-3は,液状化層と非液状化層の境界が側壁下部(支承前面+1/2h)の位置 となるよう設定した.境界条件については,解析モデル底面は固定境界とし,側方(せん断土槽)は,自重解析時 には鉛直ローラー,動的解析時にはせん断方向に変位するよう水平ローラーとした.



〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (一財) 電力中央研究所 TEL: 04-7182-1181 (代表)

- CS11-13 -

3. 解析結果および考察

RC構造物頂版位置および同高さにおけるせん断土槽の水平変位時刻歴(D-1, D-2 ケース)を図5 に示す. FLIP および COM3 は実験の構造物・地盤変位を概ね再現できている. 同条件から FLIP において, 一部液状化とした条 件で解析を行った. 図6 に D-1~D-3 の RC 構造物頂版位置および同高さにおけるせん断土槽の最大変位を示す. 構造物変位は D-2 が最も小さく, D-3 が最も大きい結果となった. 地盤変位は D-2 が最も大きく, D-1 が最も小さ い結果となった. D-2 は液状化すると地盤変位は大きくなるが, 剛性も大きく減少するため, 構造物に作用する力 は小さくなったものと考えられる. D-1 は構造物変位と地盤変位は概ね同じ数値となっている. D-3 は液状化層が 大きく変位することにより, その上層の剛性低下しにくい非液状化層が共に変形し, 構造物に大きな力を作用さ せたものと考えられる.

図7にRC構造物の変形最大時刻での変形図およびせん断ひずみ分布図を示す.D-2,D-3で地盤のせん断ひず みが大きくなっていることが確認できる.また,D-3では非液状化層と液状化層の境界の液状化層側で大きなせん 断ひずみ(ymax=3.75%以上)が確認され,液状化層の変位が支配的であることが確認できる.

4. おわりに

既往遠心模型実験を対象としてシミュレーション解析を行い,密な飽和地盤に埋設された RC ボックスカルバートの挙動を概ね再現することができた.同じ解析条件から一部液状化とした条件での挙動も確認し,液状化現象が RC 構造物に作用する影響について検討した.今後,この条件を三次元条件でも確認する.

謝辞:本研究の一部は、電力9社と日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)による原子カリスク研 究センター共通研究の一環で実施したものである.ここに、謝意を表す次第である.

参考文献

[1]土木学会原子力土木委員会:原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル 技術資料VII, 2005.

[2]岡村甫,前川宏一:鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則,技報堂出版,1991.

[3]Maekawa, K., Okamura, H. and Pimanmas, A.: *Nonlinear Mechanics of Reinforced Concrete*, SPON PRESS, 2003. [4]牧剛史,前川宏一,半井健一郎,平野勝識:液状化を生じる地盤中における RC 杭基礎の非線形応答に関する研究,液状化地盤中の杭の挙



2