

密な地盤に埋設された RC 立坑模型の遠心载荷実験の再現解析に基づく検討

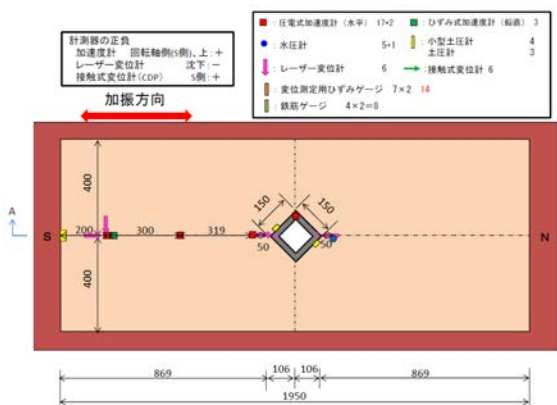
東電設計 (株) 正会員 ○渡部龍正 正会員 島端嗣浩  
 (一財) 電力中央研究所 正会員 小松怜史 正会員 山口和英  
 東北電力 (株) 熊田広幸

1. はじめに

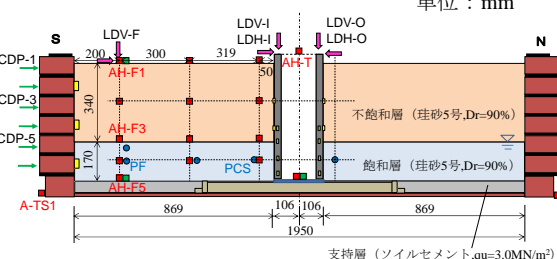
鉄筋コンクリート製地中構造物の地震応答評価に、地盤・構造物連成系の三次元有限要素解析を適用することで、より実挙動に近い評価が可能となり、耐震性能照査の合理化を図ることが可能である<sup>1)</sup>。しかしながら、地盤の液状化が、三次元 RC 構造物に与える影響について検討した事例は少ない。また、近年は基準地震動が大きくなり、密な地盤であっても液状化が生じることが想定される。既往検討<sup>2)</sup>として、矩形断面を持つ立坑 (矩形立坑) を対象として遠心载荷実験と再現解析を実施しているが、周辺地盤の一部の飽和層が僅かに液状化した程度であったことに対し、本検討では、より液状化しやすい条件で構造物に対する応答の影響検討を行った。

2. 検討概要

遠心模型実験概要図<sup>2)</sup>を図1に示す。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立坑の寸法は実規模相当で断面外形が4.5m×4.5m、内空3.0m×3.0m、壁厚0.75m、高さ16.2mである。配筋図及び断面図を図2に示す。入力加速度波形を図3に示す。地盤は栃木県産珪砂5号を相対密度約90%と密に締め固められた条件である。実験での地層条件は、上層が不飽和層 (乾燥状態)、下層が飽和層 (飽和状態) である。解析コードはFLIP<sup>3)</sup>を用いた。RC立坑の解析物性値は、実験の配筋条件及び材料試験に基づいて設定した。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、非線形はり要素 (武田モデル) 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た。境界条件について、解析モデル底面は固定境界とし、側方 (せん断土槽) については、自重解析時には鉛直ローラーとし、動的解析時は側方を拘束していない。解析ケースを表1に示す。液状化層厚や飽和層を非排水条件にすることで、実験よりも液状化しやすい条件としたパラメータ解析を実施した。



(a) 平面図



(b) 断面図

図1 遠心模型実験概要図

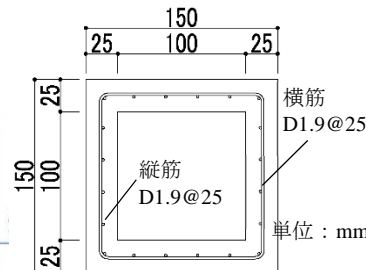


図2 配筋図

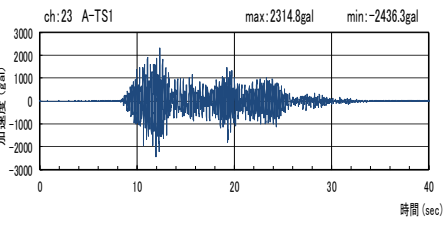


図3 入力加速度波形

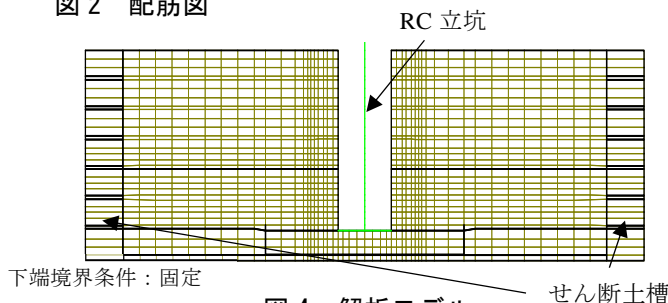


図4 解析モデル

表1 解析ケース

解析ケース	液状化層の範囲	解析手法	備考
b-0 (実験ケース)	一部液状化	排水条件	
b-1	全層液状化	排水条件	液状化層厚の影響
b-2	一部液状化	非排水条件	
b-3	全層液状化	非排水条件	

キーワード：液状化、地盤・構造物連成解析、遠心模型実験、密な地盤

〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲グランスクエア 9F 東電設計 (株) TEL : 03-6372-5393

### 3. 解析結果および考察

図5に最大過剰間隙水圧比分布図を示す。図6に最大せん断ひずみ分布図を示す。b-2, b-3 ケースは、過剰間隙水圧比がすべての層で90%以上の結果となっているが、飽和層のせん断ひずみは液状化に相当する3.75%には達していない結果であった。これは、密な地盤特有のサイクリックモビリティの影響により、過剰間隙水圧は上昇するが、ひずみは大きくなりにくい状況を示すものと考えられる。図7に立坑の最大せん断力図を示す。基部のせん断力はb-2が最も大きく、一部液状化条件で飽和層を非排水条件としたケースが構造物に最も厳しい結果となった。b-0とb-1の基部のせん断力はほぼ同じで、構造物に与える水平荷重としては液状化層厚の影響は小さい結果であった。

### 4. おわりに

遠心模型実験を対象として実験よりも液状化しやすかった場合についてパラメータ解析を実施した。一部液状化条件で液状化しやすい条件が構造物にとっては最も厳しい結果となった。

謝辞：本研究は、電力8社と日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)による研究の一環として実施した。関係各位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，2021。
- 2) 渡部龍正，松尾豊史，石丸真，加藤一紀：密な地盤に埋設されたRC立坑の地震応答に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集 Vol.43，2021.7。
- 3) FLIP研究会14年間の検討成果まとめWG：FLIP研究会14年間の検討成果まとめ，2011。

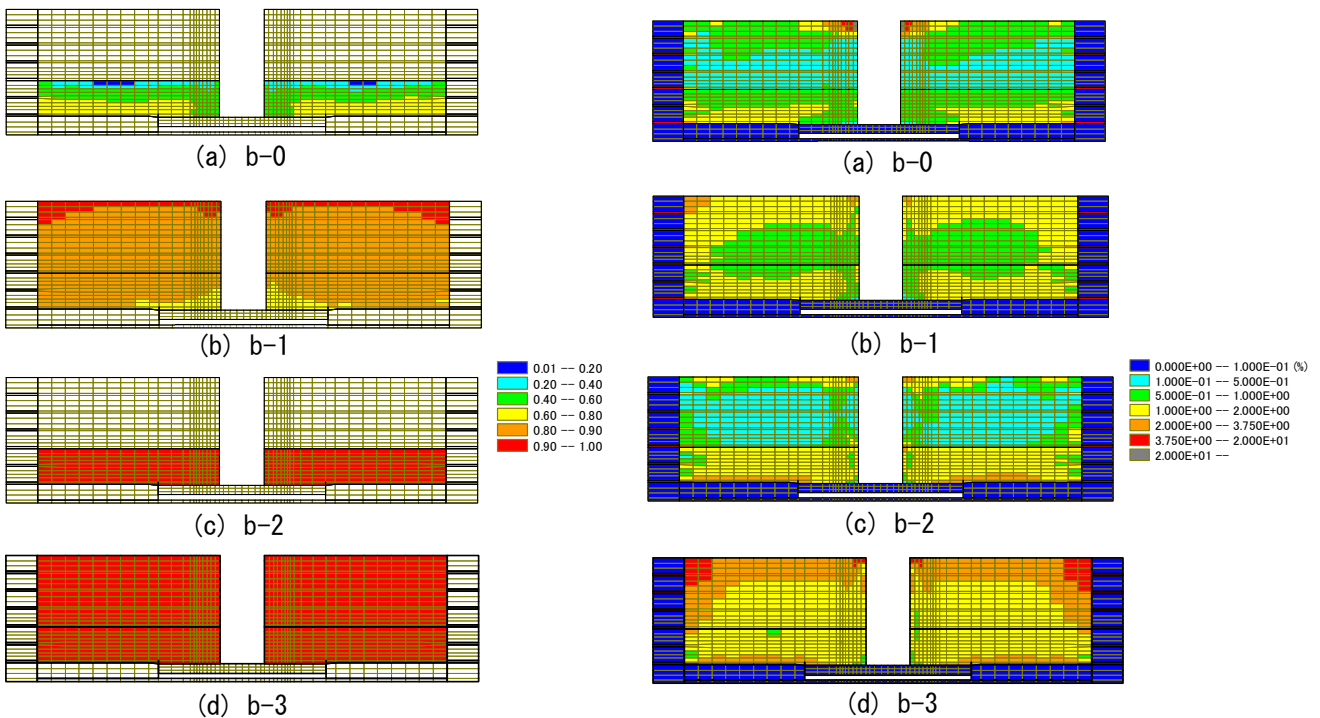


図5 最大過剰間隙水圧比分布図

図6 最大せん断ひずみ分布図

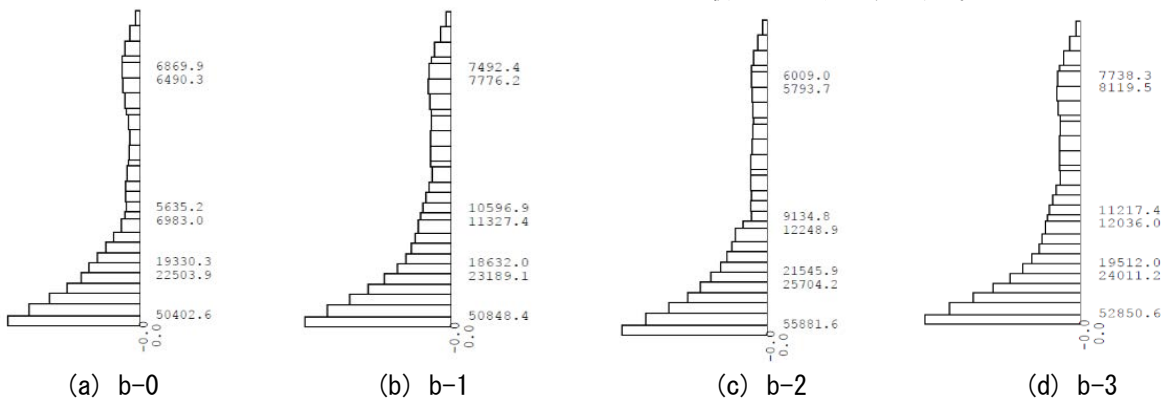


図7 立坑の最大せん断力図