

不飽和・飽和地盤の有効応力解析手法と地中構造物への適用（その2）

—液状化地盤にある RC 製地中構造物の地震応答—

大林組 正会員 伊藤 浩二
 同上 正会員 ○高田 祐希
 同上 正会員 樋口 俊一

1. 目的

（その2）では、不飽和・飽和地盤の液状化地盤にある RC 製構造物の非線形地震応答解析を行うために、地震時から地震後までの地盤の材料非線形および RC 製構造物の材料非線形を考慮した有効応力解析手法を構築した。次に、液状化地盤にある RC 製地中構造物の大規模地震における挙動を把握するために、不飽和・飽和地盤および RC 製地中構造物の材料非線形を考慮した有効応力解析手法を適用し、広範な飽和度を有する不飽和・飽和地盤の層構成に応じた RC 製地中構造物の適切な地震時挙動が得られることを示した。

2. 方法

不飽和・飽和地盤および RC 製構造物の材料非線形を考慮した有効応力解析手法では、（その1）の大規模高速化非線形 FEM 解析プログラム「FINAL-GEO®」に地盤の構成モデルで下負荷面モデルを用い、サクシオンを正規降伏面の初期値の増加で簡易に考慮した。本モデルでは、緩い砂の破壊

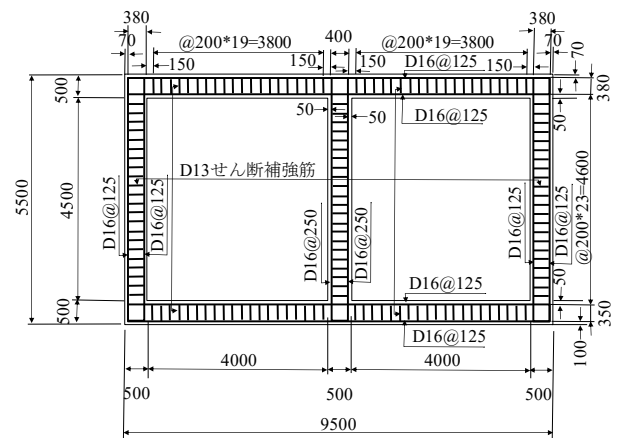


図2 RC製地中構造物の寸法と仕様

近傍の有効応力経路の傾向や急増する大きなせん断ひずみの傾向を概ね表現できる¹⁾。

鉄筋コンクリートの構成モデルは長沼のコンクリートの主応力〜等価一軸ひずみ関係と履歴特性とし、鉄筋ではバイリニア型、コンクリート要素への埋込み鉄筋とした。¹⁾

地震波では、レベル2地震動として JMA 神戸波の NS 成分(最大 8.18m/s²、継続時間 20 秒)を用いた。

3. 対象

図1に検討対象を示す。地下水位を地表、頂

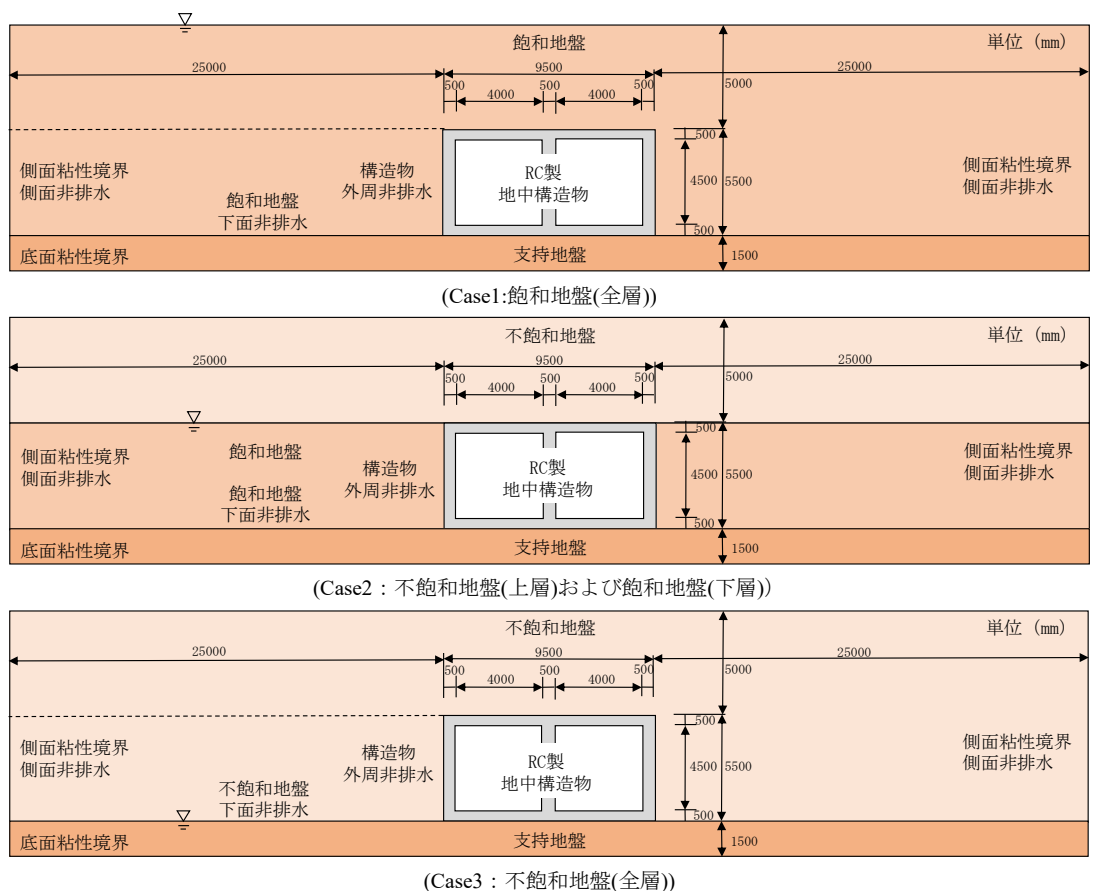


図1 検討対象

キーワード 不飽和、液状化、地中構造物、鉄筋コンクリート、有効応力解析

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 TEL 042-495-1103

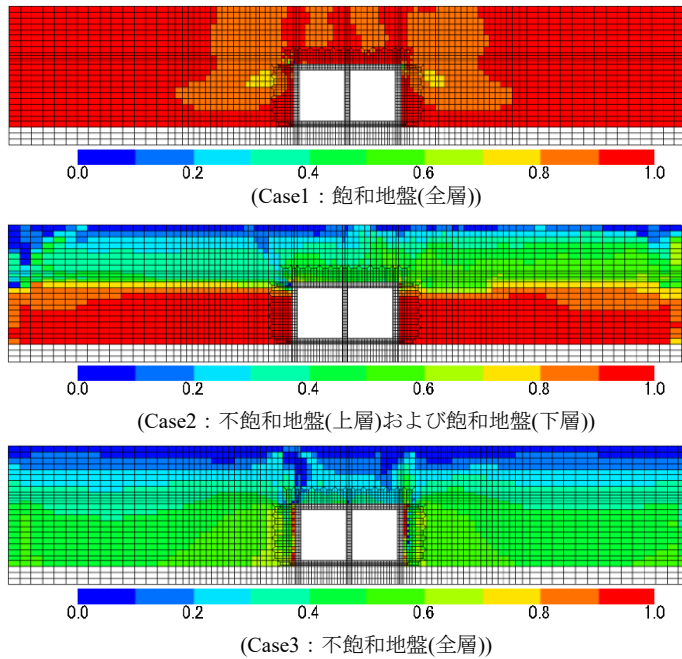


図3 過剰間隙水圧比の分布 (10s)

版天端、底版下端とした全3 ケースとし、不飽和地盤を考慮することによるRC製地中構造物の地震応答への影響を検討した。図2のRC製地中構造物では、コンクリートの設計基準強度を 24N/mm^2 、鉄筋をSD345とした²⁾。

4. 結果

図3に10sの過剰間隙水圧比の分布を示す。Case1、2では飽和地盤で概ね一様に液状化が生じた。Case2、3の不飽和地盤では過剰間隙水圧の蓄積が生じ、Case2の地下水位近傍の不飽和土では飽和化への遷移が再現されている。

図4に構造物の中壁の相対変位(頂版と底版との差)の時刻歴、図5に構造物の変形を示す。Case1では中壁の層間変形角が1.03%(約5.7s)、Case2で2.29%(約7.9s)、Case3で0.62%(約7.5s)となり、Case2ではCase1、3と比較して構造物の相対変位(層間変形角)が大きくなり、地震後に残留変位も生じている。このように、不飽和地盤と飽和地盤との層境界に位置する構造物では、飽和地盤中と比較して構造物の損傷程度が大きくなり、損傷範囲も広がると推察される。

5. まとめ

不飽和土と飽和土の層構成にある地中構造物や土構造物の健全性評価においては、不飽和土の挙動を適切に考慮することが重要であり、不飽和地盤から飽和地盤までの地震時、地震後の液状化地盤の挙動を統一的に表現できる本手法は有用である。

参考文献 1)伊藤浩二、佐々木智大、樋口俊一：液状化地盤の三次元有効応力解析手法と固結工法への適用、大林組技術研究所報、No. 83、2019。

2) 佐々木智大、樋口俊一：断層変位を受けるボックスカルバートの損傷メカニズムに関する研究、土木学会論文集 A1(構造・地震工学)、Vol. 74, No. 4(地震工学論文集第37巻)、pp. I_395-I_406、2017。

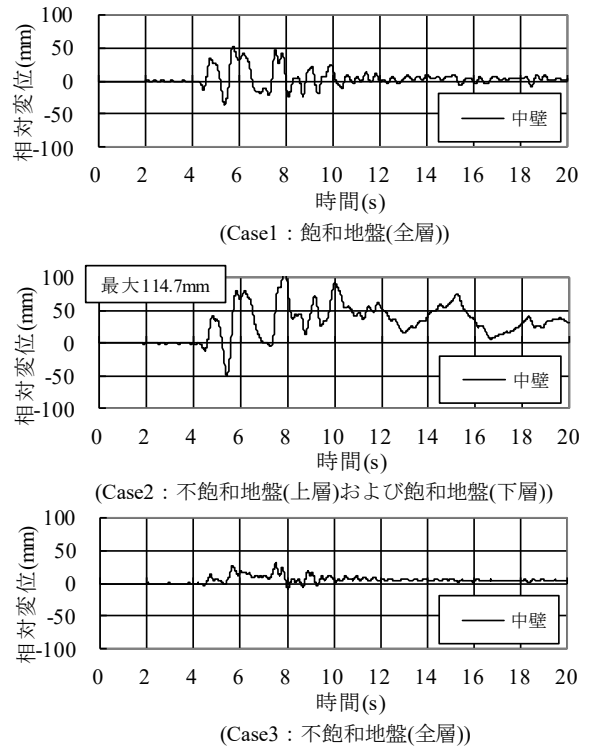


図4 構造物の相対変位の時刻歴

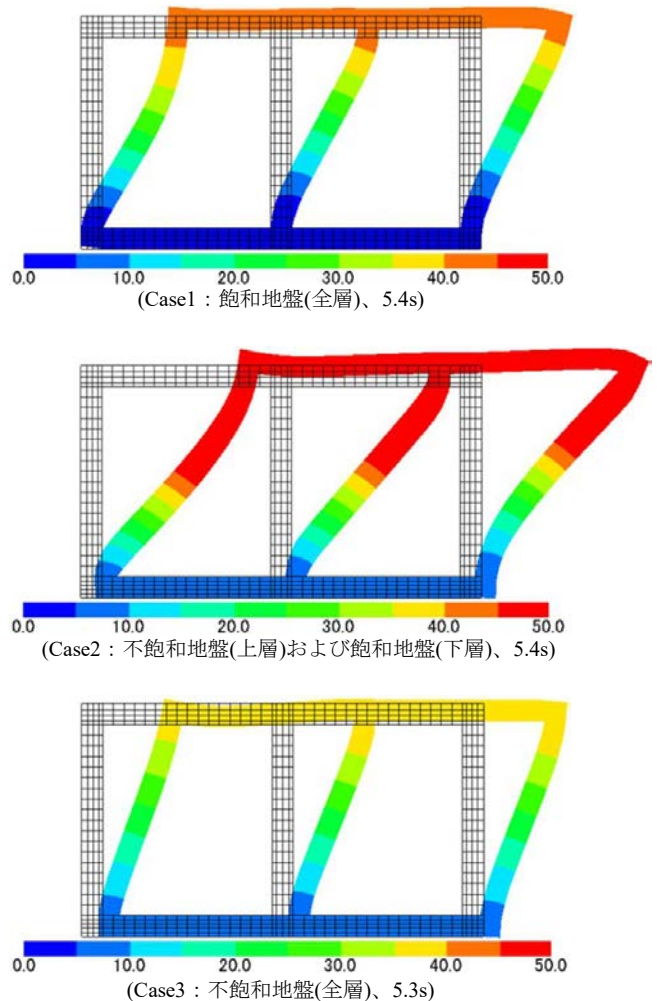


図5 構造物の変形(単位:mm, 倍率:50倍)