

密な砂地盤中に構築された円形立坑の遠心載荷実験（その1：実験概要）

（一財）電力中央研究所 正会員 ○山口 和英
 （株）大林組 正会員 高田 祐希 正会員 永井 秀樹
 東北電力（株） 熊田 広幸

1. はじめに

原子力発電所に係る新規規制基準の制定および地震に関する知見の蓄積により基準地震動が見直され増大していく趨勢にあり、密な地盤であっても液状化が生じる可能性が懸念される。密な砂地盤中に構築される構造物に対する液状化の影響はこれまで検討事例¹⁾が少なく、構造物への影響把握が課題である。密な地盤が液状化した際の慣性力・土圧応答、床応答への影響を把握するために遠心載荷実験を実施した。

2. 遠心載荷実験の概要

図1にせん断土槽（内寸：幅 1950mm×奥行 800mm×高さ 585mm）に作成した地盤，RC 模型および加速度計・水圧計・土圧計・二分力計・変位計の配置を示す。遠心加速度は 30G とし，図中括弧内の数値は遠心場の相似則に基づき実物換算した寸法（単位：m）を表す（以降，特に断りが無い限り実物換算した値を用いる）。

(1) 地盤

地盤は下部から，ソイルセメントによる支持層，栃木県産珪砂 5 号による地盤より構成される。地盤の相対密度は密な地盤を想定し， $D_r=90\%$ を目標として作成した¹⁾。間隙流体には粘度 $30\text{mN/m}^2 \cdot \text{s}$ のシリコンオイルを用い，水位は地表面下 3.9m とした。

(2) RC 構造物

RC 構造物は外径 6.9m（内径 5.4m），高さ 14.4m の円形立坑とし，せん断土槽の中央に配置した。材料は渡部ら¹⁾と同様に，マイクロコンクリート+縮小鉄筋により作成した（図2）。鉄筋は全て D2（降伏強度 320N/mm^2 ）を使用し，底板は複鉄筋，側壁は単鉄筋で配筋した。マイクロコンクリートは目標圧縮強度を 24N/mm^2 とし，遠心載荷実験当日の一軸圧縮強度は 29.3N/mm^2 であった。

(3) 加振波

加振波は，1995 年兵庫県南部地震での観測波（神戸波），2003 年十勝沖地震での観測波（十勝沖波）を用いて，振幅調整を行い，①神戸波（ 1.5m/s^2 目標）→②十勝沖波 1 回目（ 1.9m/s^2 目標）→③十勝沖波 2 回目（ 1.9m/s^2 目標）の順で加振した。図3に振動台で計測された加速度時刻歴を示す。

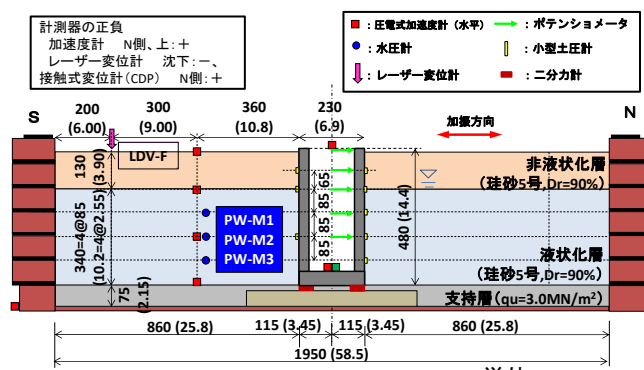


図1 計測器配置図 ()内はm

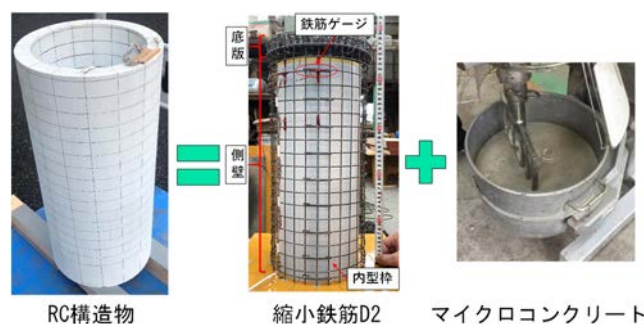


図2 RC 模型

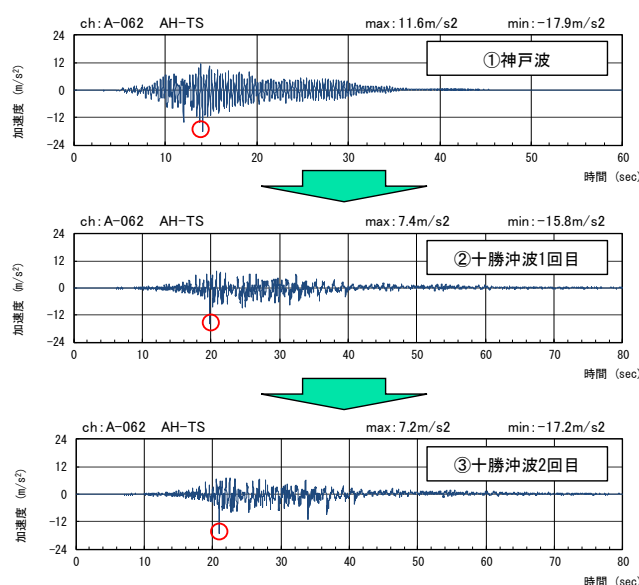


図3 振動台で計測された加速度時刻歴

キーワード 密な地盤，液状化，円形立坑，遠心載荷実験

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 （一財）電力中央研究所 TEL 070-6485-4839

3. 実験結果（時刻歴応答）

図4および図5に①神戸波加振，②十勝沖波1回目加振における地盤の過剰間隙水圧比と地表面鉛直変位の時刻歴を示す。過剰間隙水圧比は，発生した過剰間隙水圧を初期鉛直有効応力で除して算出した。また，図中には過剰間隙水圧比が1に到達した時刻をあわせて示している。

①神戸波加振では，全深度にわたって過剰間隙水圧比が1に到達した。ただし，過剰間隙水圧は加振終了時には概ね消散している。地表面鉛直変位は，加振中にのみ生じており，残留変位量は約142mmであり地盤層厚の1%程度に留まった。②十勝沖波1回目加振においても，①神戸波加振と同様の傾向であり，地表面鉛直変位の残留変位量は約138mmと地盤層厚の1%程度に留まった。①神戸波加振により密実化した状態で加振を受けたため，加振中に負の水圧が卓越した。

図6にRC構造物側壁の軸方向鉄筋の降伏状況を示す。②十勝沖波1回目加振で側壁基部の軸方向鉄筋が降伏し，その後の③十勝沖波2回目加振で降伏範囲がさらに広がった。

4. まとめ

密な地盤中に埋設されたRC構造物（円形立坑）を対象として，遠心載荷実験を実施した。本実験より以下の知見が得られた。

- ・加振により，全深度にわたり過剰間隙水圧比が1に到達した。
- ・ただし，地表面鉛直変位の残留変位量は，地盤層厚全体の1%程度であった。
- ・十勝沖波1回目加振で，側壁基部の軸方向鉄筋が降伏した。

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）が実施す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)渡部他：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。

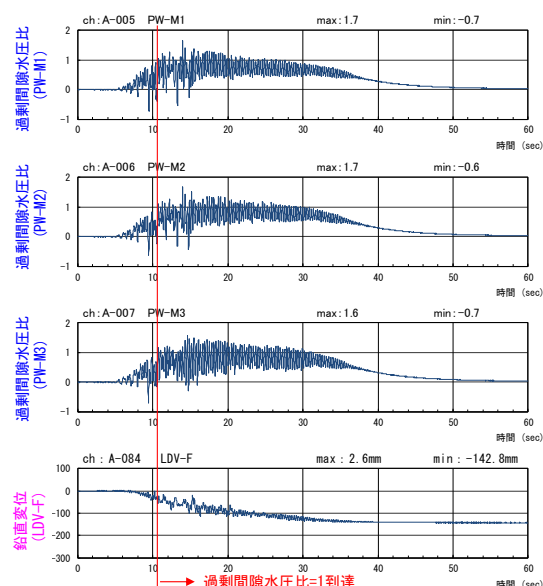


図4 過剰間隙水圧比と鉛直変位の関係（神戸波加振）

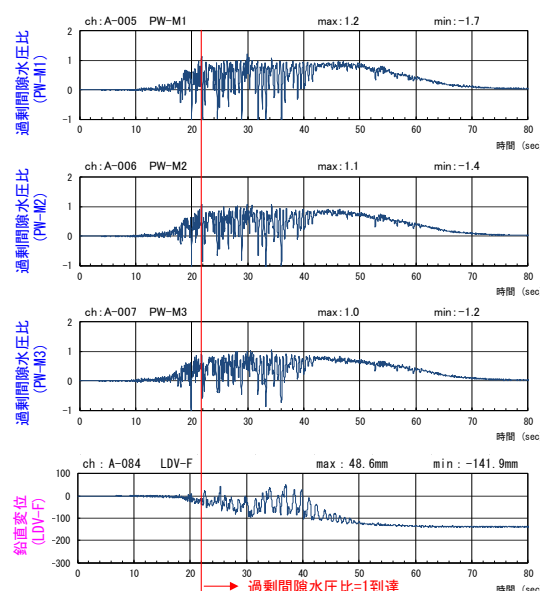


図5 過剰間隙水圧比と鉛直変位の関係（十勝沖波加振1回目）

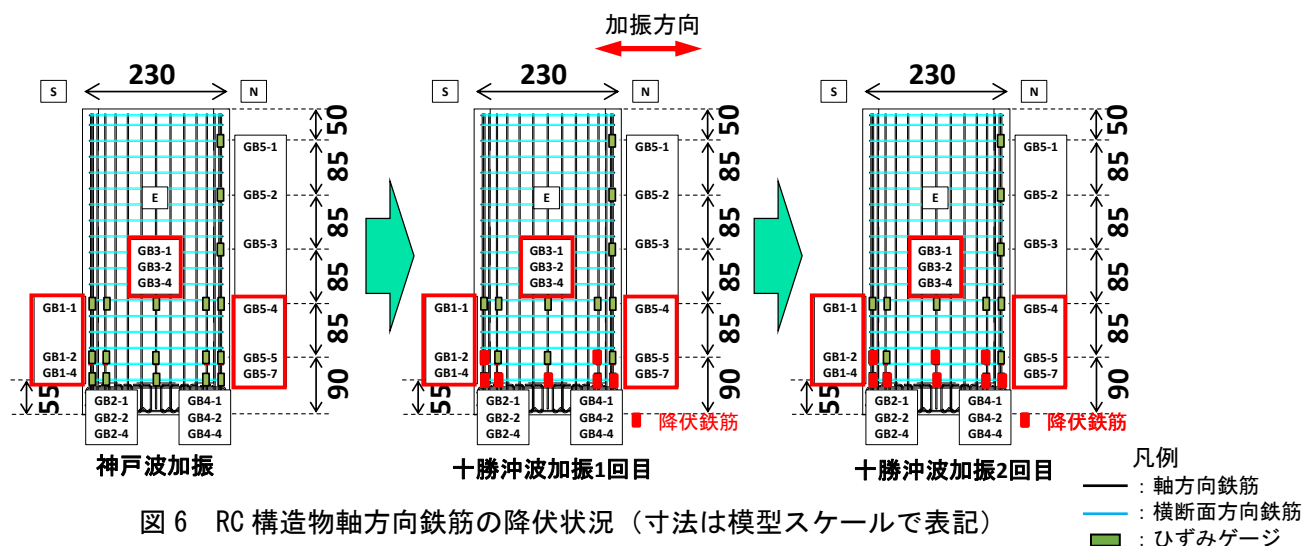


図6 RC構造物軸方向鉄筋の降伏状況（寸法は模型スケールで表記）