

岩ずり地盤の液状化を対象とした遠心力模型実験

電力中央研究所 正会員 ○石丸 真, 関口 陽
セレス 平賀 健史
関西電力 正会員 両角 浩典

1. はじめに

原子力発電所の新規制基準適合性審査においては、Sクラス施設を支持する基礎地盤の対象がひろがり、地震時の地盤の液状化に対する判定や、液状化の影響を考慮した安定性評価が必要となっている。しかし、液状化が懸念される礫質土や岩ずり等の地盤では要素試験や模型実験の事例が少ないことから、合理的な評価が難しい可能性がある。本研究では、要素試験や模型実験によりこれらのデータを蓄積するとともに、数値解析により液状化の影響評価を合理的に行う方法を確認することを目的としている。本稿では、岩ずり地盤の液状化を対象とした遠心力模型実験について報告する。

2. 要素試験

表-1 に、検討に用いた岩ずりの物性値を示す。また、

表-1 岩ずりの物性値

項 目	物性値	備 考
乾燥密度	1.649Mg/m ³ (地盤模型の密度)	目標密度として 供試体を作製
ピーク強度	c _d =12.3kN/m ² φ _d =44.3° (CD三軸圧縮試験より)	
残留強度	c _r =0.0kN/m ² φ _r =41.3° (CD三軸圧縮試験より)	c _r =0としてφ _r を 算出
液状化強度比	R=0.44 (拘束圧50kN/m ²) (液状化強度試験より)	DA=5%のN _c =20回 より算出
透水係数	6.31×10 ⁻⁷ m/s (定水位透水試験より)	

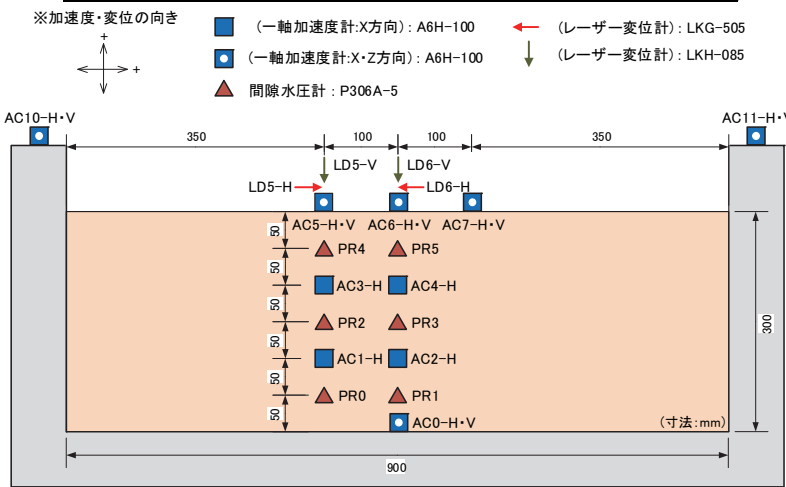


図-3 地盤模型と計測器配置

図-1には粒度分布を示す。検討に用いた岩ずりは、最大粒径53mmで6.5%の細粒分を含む試料である。なお、表-1に示した物性値は最大粒径を考慮し、φ300×h600mmの供試体を用いた各種試験から取得している。図-2に、非排水繰返し三軸試験（液状化強度試験）における繰返し応力振幅比と繰返し载荷回数（液状化強度試験）の関係を示す。

3. 遠心力模型実験

本研究では、遠心力模型実験の相似則¹⁾に従い、剛土槽内に前述の岩ずりと粘性流体（30 cStのシリコンオイル）を用いて飽和地盤模型を作製し、遠心加速度30Gの遠心力場で振動実験を行った。図-3に、地盤模型の形状と計測器配置図を示す。地盤模型の寸法は幅900×高さ300×奥行300mm（実物換算：幅27×高さ9m）であり、各種計測器は奥行方向中央断面付近に設置した。

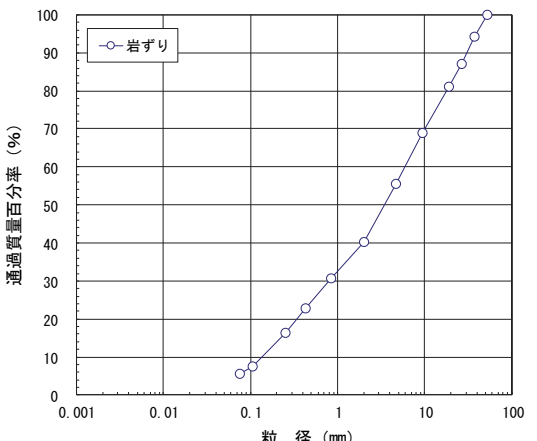


図-1 岩ずりの粒度分布

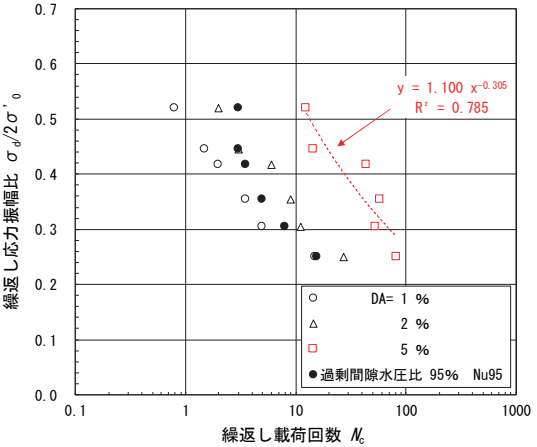


図-2 岩ずりの液状化強度曲線（拘束圧50kN/m²）

キーワード 岩ずり, 液状化, 遠心力模型実験

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 電力中央研究所 地球工学研究所 地震工学領域

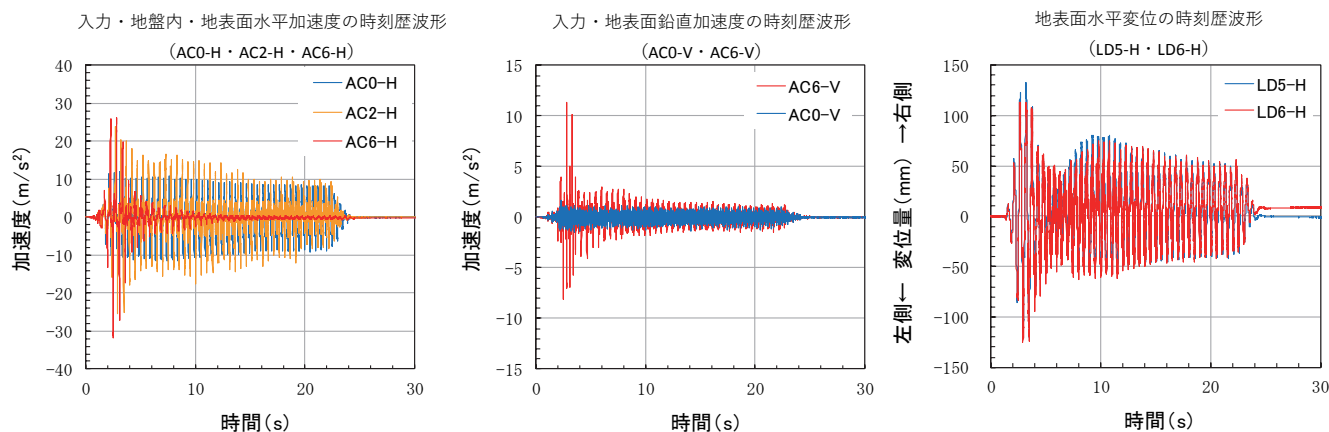


図-4 加振終了までの水平加速度・鉛直加速度・水平変位の時刻歴波形（実物換算値）

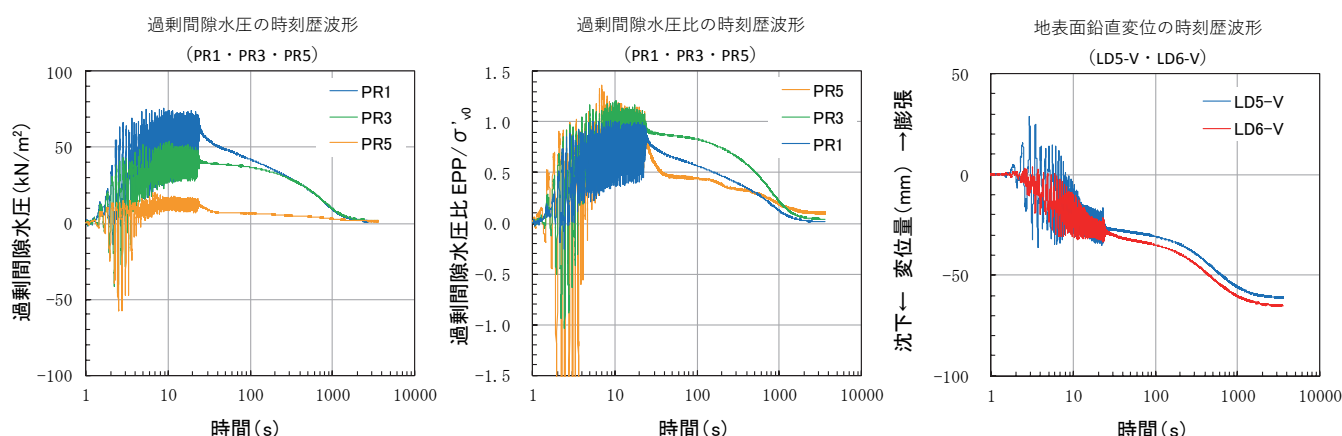


図-5 水圧消散までの過剰間隙水圧・過剰間隙水圧比・鉛直変位の時刻歴波形（実物換算値）

振動実験では実物換算 2.0Hz の正弦波 40 波を入力した（前後に各 4 波のテーパ付き，土槽底面の水平動の最大加速度：12.01m/s²）。なお，入力水平動のみであるが，実験では振動台のロッキングによると推測される鉛直動（土槽底面の最大加速度：1.62m/s²）も計測された。

水平加速度，鉛直加速度，水平変位について，加振終了までの時刻歴波形を図-4 に示す。図より，水平加速度については，地盤深部（AC2-H）では増幅しており，加振終了まで減衰していないことが確認できる。一方，地表面の水平・鉛直加速度は，加振開始から約 4 秒までは過大なスパイク状の応答が見られるが，その後減衰し，特に水平加速度はほぼ一定振幅の大幅に低減した値になっていることがわかる。地表面の水平変位については，加速度と同様に加振開始から約 4 秒までは変位振幅が大きくなるが，その後，約 6 秒までに急激に減衰し，10 秒以降は次第に変位振幅が小さくなっている。

図-5 には，水圧消散までの過剰間隙水圧と，それを初期鉛直有効応力で除した水圧比，および鉛直変位の時刻歴波形を示す。過剰間隙水圧を見ると，地盤中央より上部では加振開始から約 4 秒までは大きな負圧が発生しており，加速度のスパイク状の応答との関係が推測される。過剰間隙水圧比については，均質な砂地盤の場合と異なり，地表面に近い箇所の水圧比が加振終了直後に急激に

低下する傾向となっている。これは加振によって地盤が乱されたこと等により，大きな粒子の周囲で隙間が生じる等，透水性が不均質になったことが要因と考えられる。

一方，鉛直変位については加振中から沈下が漸増し，加振後も水圧消散に伴い，最終的に約 65mm の沈下量が発生している。なお，地盤模型中央の沈下量を加振前の地盤高さで除した残留鉛直ひずみは 0.72% である。これは，液状化強度試験の非排水繰返し載荷後の排水量から求めた残留体積ひずみ（供試体 6 本の平均値 1.7%）の半分以下の値であり，要素試験結果から沈下量を予測する場合は過大評価となる可能性があることを示唆している。

4. まとめ

本研究では，岩ずり地盤の液状化を対象とした遠心力模型実験を行い，実証的なデータを取得した。今後は，遠心力模型実験を対象に，有効応力解析の適用性や合理的なパラメータ設定等について検討を行う予定である。

謝辞

本論文は，2018 年度原子力リスク研究センター共通研究（北海道電力，東北電力，東京電力ホールディングス，中部電力，北陸電力，関西電力，中国電力，四国電力，九州電力，日本原子力発電，電源開発，日本原燃）によって得られた成果である。

参考文献

- 1) 風間基樹，稲富隆昌：遠心力載荷模型実験手法の振動実験への適用について，土木学会論文集，No. 477/1-25，pp.83-92，1993。