

岩ずり埋立地盤の液状化物性の空間的なばらつきの影響評価に関する室内要素試験

電力中央研究所 正会員 ○沢津橋 雅裕, 石丸 真
セレス 平賀 健史
電源開発 正会員 中村 智
九州電力 徳永 仁志

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、液状化強度のばらつきおよび保守性の考慮が要求されている。しかし、液状化強度特性のばらつきが、地盤の地震時応答にどのような影響を与えるのかについては不明確な点が多い。

以上を踏まえ本研究では、岩ずり埋立地盤を対象に、局所的に小さな液状化強度を有する地盤模型を用いた遠心力模型実験¹⁾により、液状化地盤物性のばらつきの影響程度を分析することを目的としている。本論文では、上記の遠心力模型実験における岩ずり試料の要素試験結果について報告する。

2. 試験方法

本検討で使用した凝灰角礫岩の掘削ずり試料の物性値と試験結果のまとめを表1に、粒度分布と物理特性を図1に示す。本研究では、既報²⁾の53mm未満の岩ずり（以下、一般部）の粒度と締固め密度・含水比を調整することで、一般部よりも液状化強度の低い試料（以下、弱部）を作製することを試みた。その結果、尖頭粒度で9.5mm未満に粒度調整して気

乾させた岩ずりを、乾燥密度 1.55Mg/m^3 で締固めることによって、一般部よりも液状化強度を半減させた試料を作製することができた。なお、乾燥密度は、遠心力模型実験における地盤模型作製の観点から、一般部と同程度の締固めエネルギーで作製可能という条件から決定した。

岩ずり弱部を用いて、表1に示すような各種の土質試験を実施した。非排水繰返し三軸試験は、背圧 200kN/m^2 のもとでB値が0.95を超えていることを確認後、所定の有効拘束圧 $\sigma'_c = 50, 100\text{kN/m}^2$ のもとで、周波数 0.1Hz の正弦波による非排水繰返し载荷を行った。繰返し载荷終了後、供試体から排水することによって、残留体積ひずみを計測した。基本的に両振幅軸ひずみ ε_{DA} が10%以上になるまで载荷を行ったが、一部の試験では、ひずみ履歴が体積ひずみに与える影響を分析するために、 ε_{DA} が5%以下の状態で载荷を終了した。

3. 試験結果と考察

各試験結果を表1に、非排水繰返し三軸試験によって得られた液状化強度曲線を図2、図3に示す。弱

表1 地盤材料の物性値と試験結果のまとめ

項目	弱部	一般部 ²⁾
乾燥密度 ρ_d (Mg/m^3) ^[1]	1.550	1.649
供試体寸法	50×100mm	300×600mm
粘着力 c (kN/m^2) ^[2]	6.0	12.3
内部摩擦角 ϕ (deg) ^[2]	41.5	44.3
透水係数 k (m/s)	1.47×10^{-6} ^[3]	6.31×10^{-7} ^[3]
	3.57×10^{-6} ^[4]	5.17×10^{-5} ^[4]
初期せん断弾性係数 G_0 (kN/m^2) ^[5]	$2600 \times \sigma'_m{}^{0.72}$	$10300 \times \sigma'_m{}^{0.61}$
液状化強度 R_L ^[6]	0.24 ($\sigma'_c = 50\text{kN/m}^2$) 0.22 ($\sigma'_c = 100\text{kN/m}^2$)	0.44 ($\sigma'_c = 50\text{kN/m}^2$) 0.39 ($\sigma'_c = 100\text{kN/m}^2$)

[1] 目標密度として作製, [2] 圧密排水三軸圧縮試験より, [3] 変水位透水試験より, [4] 多段階昇圧透水試験より, [5] 繰返し三軸試験より, [6] 非排水繰返し三軸試験より

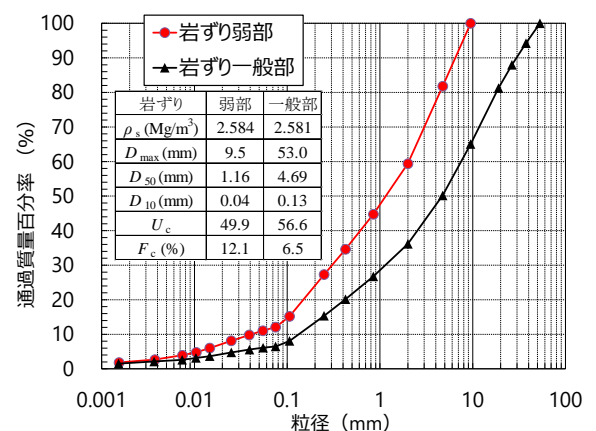


図1 岩ずりの粒度分布および物理特性

キーワード 岩ずり, 液状化, 体積ひずみ, 過剰間隙水圧比, ひずみ履歴

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 一般財団法人 電力中央研究所

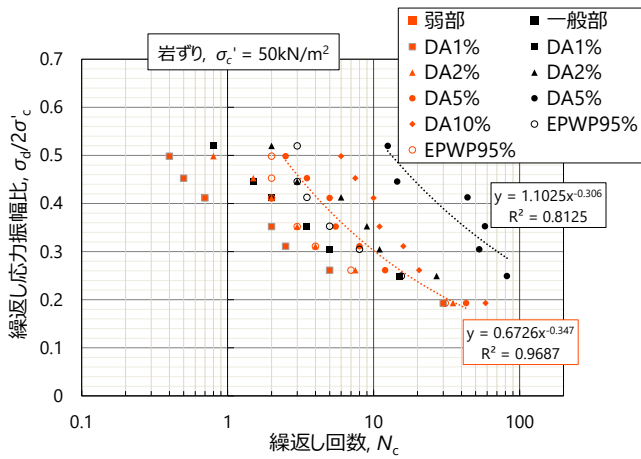


図2 液状化強度曲線 ($\sigma'_c = 50\text{kN/m}^2$)

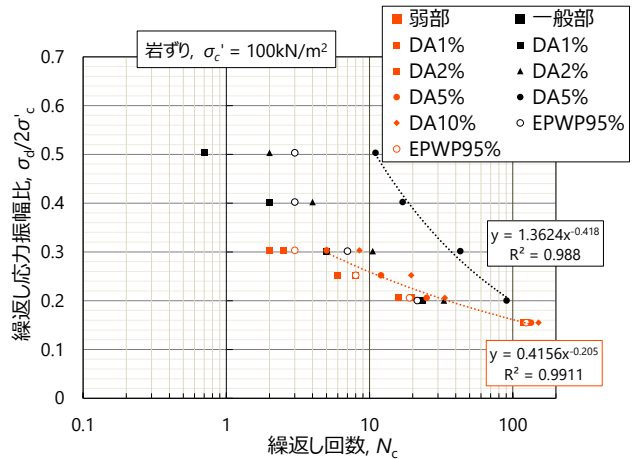


図3 液状化強度曲線 ($\sigma'_c = 100\text{kN/m}^2$)

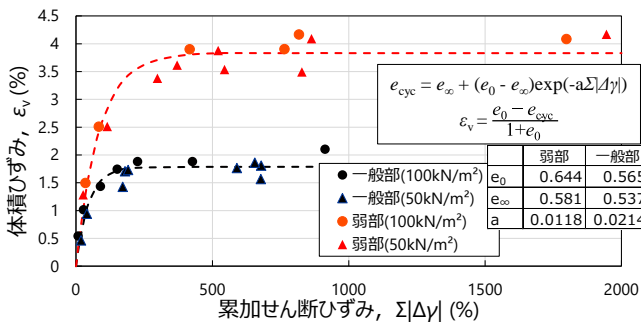


図4 累加せん断ひずみ～体積ひずみの関係

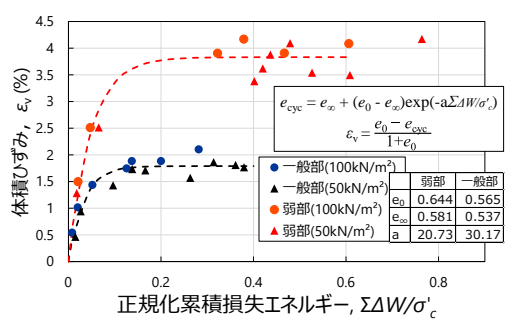


図5 正規化累積損失エネルギー～体積ひずみの関係

部の液状化強度は $\sigma'_c = 50\text{kN/m}^2$ で 0.24, $\sigma'_c = 100\text{kN/m}^2$ で 0.22 となり, 一般部 ($\sigma'_c = 50\text{kN/m}^2$ で 0.44, $\sigma'_c = 100\text{kN/m}^2$ で 0.39) の半分程度となった。また, 各ひずみ基準での液状化強度曲線間の幅が, 弱部よりも一般部のほうが大きくなった(特に図3で顕著)。これは, 弱部よりも一般部のほうが, 液状化に対して粘り強い特徴を有することを示している。

図4, 図5に累加せん断ひずみ $\Sigma\Delta\gamma$ ($\gamma = 1.5\epsilon_a$), 正規化累積損失エネルギー $\Sigma\Delta W/\sigma'_c$ ($= \int \tau/\sigma'_c d\gamma$, $\tau = \sigma_d/2$) と体積ひずみの関係をそれぞれ示す。一般部・弱部ともに, 累加せん断ひずみと正規化累積損失エネルギーが, 体積ひずみと良好な相関関係にあることが見て取れる。また, 一般部よりも弱部のほうが, 最大体積ひずみが2倍程度大きい。

図4中の点線は, 海野ら³⁾が提案している, 累加せん断ひずみと体積ひずみの関係式について, 試験結果を用いてパラメーターをフィッティングしたものである。一方, 図5には, 同関係式の累加せん断ひずみを正規化累積損失エネルギーに置き換えてフィッティングしたものを示している。二乗平均平方根誤差(RMSE)は, 累加せん断ひずみでは一般部で0.165, 弱部で0.253, 正規化累積損失エネルギーでは一般部

で0.149, 弱部で0.256となった。以上より, 両モデルは, 体積ひずみの推定精度の観点からはほぼ同等であるといえる。

4. まとめ

本研究では, 遠心力模型実験で使用する地盤材料として, ベースとなる一般部よりも液状化強度が半分程度で, 体積ひずみが2倍程度である弱部の作製条件を検討し, 各種の要素試験を実施した。続報¹⁾では, 一般部に弱部を局部的に配置した岩ずり埋立地盤模型を用いた遠心力模型実験の結果を報告する。

謝辞

本論文は, 2021年度原子力リスク研究センター持ち寄り共同研究(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, 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) 高田祐希, 樋口俊一, 石丸真, 沢津橋雅裕, 平賀健史, 中村智, 徳永仁志: 岩ずり埋立地盤の液状化物性の空間的なばらつきの影響評価に関する遠心力模型実験, 土木学会第77回年次学術講演会, 2022.
- 2) 沢津橋雅裕, 石丸真: 損失エネルギーに基づく岩ずり埋立地盤の液状化特性評価, 電力中央研究所報告, O20006演会, 2021.
- 3) 海野寿康, 風間基樹, 渦岡良介, 仙頭紀明: 同一繰返しせん断履歴における乾燥砂と飽和砂の体積収縮量の関係, 土木学会論文集C, 62巻, 4号, pp. 757-766, 2006.