盛土を支持する岩ずり埋立地盤の液状化に関する遠心力模型実験

正会員	○加藤	一紀	
正会員	石丸	真, 沢津橋	雅裕
	平賀	健史	
正会員	中村	智	
正会員	横田	克哉	
	正会員 正会員 正会員 正会員	正会員 〇加藤 正会員 石丸 平賀 正会員 中村 正会員 横田	正会員 〇加藤 一紀 正会員 石丸 真,沢津橋 平賀 健史 正会員 中村 智 正会員 横田 克哉

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,礫質土や岩ずり等の地盤に対する地震時 の液状化判定や,安定性評価が必要となってい る.しかしながらこれらの地盤では要素試験や 模型実験の事例が少なく,合理的な評価が難し い可能性がある.一連の研究^{例えば1)}では,要素 試験や模型実験によってこれらのデータを蓄積 し,数値解析により液状化の影響評価を合理的 に行う方法を確立することを目的としている.

本稿では、盛土を支持する岩ずり埋立地盤の 液状化を対象とした遠心力模型実験について報 告する.なお、本実験で用いた岩ずりは文献 1)と同一である.

2. 遠心力模型実験の概要

図 1 に鋼製せん断土槽(内寸 1950mm× 600mm×660mm)に作製した地盤模型,および 加速度計・間隙水圧計・レーザー変位計の配置 を示す.遠心重力は50Gとし,図中括弧内の数 値は表1の相似則に基づき実物換算した寸法を 表す.以降,文中においても実物換算した値を 用いる.

地盤模型は下部から、ソイルセメントによる 支持層(q_u =1.70MN/m²)、埋立地盤を模擬した 岩ずりによる基礎地盤(ρ_d =1.645Mg/m³、 D_c =97.5%)、水・セメント・トチクレーを混合 した改良土による盛土(ρ_c =1.585Mg/m³、 q_u =0.29MN/m²、ジオテキスタイルを模擬したメ ッシュ材により補強)より構成されている.間 隙流体には粘度 50mN/m²・s のシリコンオイル を脱気して用い、重力場において真空引きしな がら支持層に設けた透水層より地盤模型へと注 水した.水位は地表面とした.

S 側壁面より約 16m 地点を自由地盤とし,盛 土 S 側法尻部,盛土中央の盛土直下部にそれぞ れ深度方向に加速度計と間隙水圧計を設置した.

加振ステップと支持層上端における最大加速 度を表2に示す. 模擬地震波は, 直前の加振に よる過剰間隙水圧の消散を確認後, 加振履歴を 受けた状態で入力した. 図2にケース d03の支 持層上端における模擬地震波を示す.

キーワード 岩ずり,液状化,盛土,遠心力模型実験

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所構造技術研究部 TEL042-495-1264

3. 模擬地震波による時刻歴応答

ケース d01, d02 では過剰間隙水圧の上昇や, 地盤の鉛直変位はほとんど生じなかった.

図 3(a)~(c)に代表的な時刻歴応答としてケ ース d03 における自由地盤の水平加速度・過剰 間隙水圧,および自由地盤と盛土天端の鉛直変 位を示す.

図 3(a)の加速度応答より,自由地盤表面 (AH-F1)において8s以降,スパイク状の応答 がみられ,支持地盤上端(AH-F4)よりも振幅 の最大値が大きい.一方でスパイク状の応答を 除くと,支持地盤から地表面にかけて加速度の 増幅は見られず,特に加振後半で応答が小さく なっている.

図 3(b)の過剰間隙水圧応答は,8s 付近で初 期鉛直有効応力(自重解析から算出した水圧計





設置位置における値)相当まで上昇している. 8s 以降,加振中に水圧の急激な低下と上昇が繰 返し生じている.これは、密な地盤に特有の正 のダイレイタンシー挙動によるものと考えられ る. 図 3(a) でみられた地表面加速度のスパイ ク状の応答は、この挙動に起因する有効応力の 一時的な回復・上昇によるものと考えられる.

図 3(c)の鉛直変位応答より、自由地盤では 加振中の沈下は小さく、盛土部で過剰間隙水圧 の上昇に伴って沈下が生じている.盛土天端で は N 側と S 側で沈下量の差はほとんど見られ ない.加振開始から地盤の過剰間隙水圧が消散 するまでの沈下量は,自由地盤で 58mm,盛土 天端で 197mm であった. ここで, 盛土はセメ ント改良土で作製しているため、盛土では鉛直 ひずみは基本的に生じない. したがって, 盛土 天端の鉛直変位は、盛土直下地盤(基礎地盤) の鉛直変位と等価であると考えられる. このこ とから、基礎地盤(層厚 15m)における鉛直ひ ずみは自由地盤で 0.39%, 盛土直下地盤で 1.31%と算出される.

4. 地盤の沈下量

ケース d03, d04 における自由地盤と盛土天 端の鉛直変位量を、以下のようにフェーズ 1~ 3に区切って百分率で整理し、図4に示す. フェーズ 1:加振開始から自由地盤(PA-F2)

の過剰間隙水圧比が 1.0 に達する (d03:7.8s, d04:7.1s) までの時間.

フェーズ 2:フェーズ 1 の直後から加振終了 (d03:36.0s, d04:38.0s) までの時間.

フェーズ 3:加振終了から,過剰間隙水圧が消 散し、次の加振を実施するまでの時間.

自由地盤では総沈下量の約 60~80%が加振 終了後の過剰間隙水圧の消散過程(フェーズ 3) で生じているのに対して, 盛土直下地盤で は総沈下量の 98%が,加振時間中に生じてお り、特にフェーズ2での沈下の割合が大きい.

両地盤共に過剰間隙水圧の上昇過程(フェー ズ 1) で、加振による揺すり込み沈下が生じて いる. その後盛土直下地盤と自由地盤で, 沈下 が大きく進展する時間帯が異なっている.この 要因として,盛土上載圧の影響が考えられる. 基礎地盤で過剰間隙水圧比が上昇して地盤剛性 が低下すると, 盛土の上載圧によって盛土直下 地盤では側方に膨らむように地盤が変形する. このためフェーズ2において盛土部での沈下が 大きいと考えられる.

フェーズ3における沈下量の差の要因として 以下の2点が考えられる.1つは、自由地盤と 盛土直下地盤における過剰間隙水圧比の差であ る.過剰間隙水圧の消散過程における値は両地 盤でほぼ等しく、初期鉛直有効応力の大小関係



図4 地盤の沈下量とその時刻

から,過剰間隙水圧比は自由地盤の方が大きい. もう1つは、盛土部では加振中の沈下量が大き く加振前よりも地盤が密になっていることであ る.これらのことから、フェーズ3において、 自由地盤で沈下量が大きくなったと考えられる. 5.まとめ

本実験より以下の知見が得られた.

・自由地盤において過剰間隙水圧は初期鉛直有 効応力相当まで上昇しているが、地表面鉛直変 位は基礎地盤層厚に比べて小さい.

・自由地盤では総沈下量の約 60~80%は加振 終了後の過剰間隙水圧の消散過程で生じている. ・盛土直下地盤では総沈下量の 98%が加振時 間中に生じており、自由地盤の過剰間隙水圧比 が1.0に達した後の沈下の割合が大きい.

謝辞:本論文は,2019 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) 石丸他:岩ずり地盤の液状化を対象とした遠心力模型実 験,土木学会第74回年次学術講演会,CS14-20,令和元年9月.