

# 地震動不規則波形を受けるまさ土の非排水三軸せん断試験

東京理科大学大学院 学生会員 柴山 高德 木下 将人  
 日本道路公団 藤澤 元  
 東京理科大学 正会員 石原 研而 塚本 良道

## 1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震により、沿岸埋立地で大規模な液状化現象が発生し、側方流動や地盤沈下などの被害が生じた。これらの被害が確認されたポートアイランドは、まさ土によって埋め立てられており、従来、まさ土のような礫分から細粒分までの幅広い粒度を持った土は液状化しにくいと考えられていた。そのため、兵庫県南部地震以後、まさ土の液状化特性に関する研究がさかんに進められている<sup>(1)</sup>。本研究では、不規則地震動波形を受けるまさ土の液状化挙動を、非排水三軸せん断試験により調べた。実際には、兵庫県南部地震の際に観測された衝撃型地震動波形と振動型地震動波形を用いた不規則波載荷非排水三軸試験を行い、それぞれの液状化強度比を算定し、非排水繰返し三軸試験結果と比較することにより、波形の不規則性に対する補正係数  $C_2$  を求めた。

## 2. 実験及び解析の流れ

直径 120mm、高さ 240mm のまさ土供試体を、相対密度が 80% となるように作製して実験を行った。まさ土調整試料の物性値を表 1 に示す。作製方法には湿潤締固め法と水中落下法を採用した。有効拘束圧 98kPa による等方圧密後、非排水繰返し三軸試験と不規則波載荷非排水三軸試験を行った。

不規則波載荷試験では、兵庫県南部地震の際に神戸ポートアイランドと新神戸変電所サイトの地表面で観測された加速度軌跡のうち、最大卓越方向成分の地震動波形（以下それぞれ、ポートアイランド波、新神戸波）を入力波形として用いた。最大加速度により正規化した両波形を図 1 に示す。なお、ポートアイランド波は衝撃型波形、新神戸波は振動型波形に分類される<sup>(2)</sup>。波形の再現を忠実に行うため、実記録加速度波形の 2 倍の時間スケールで載荷を行った。加速度波形において、最大せん断応力を圧縮方向に作用させる圧縮側載荷と、伸張方向に作用させる伸張側載荷の実験シリーズをそれぞれ行った。不規則波載荷試験における応力比として  $\frac{\sigma_{max}}{2\sigma'_c}$ （ $\sigma_{max}$ ：最大軸差応力、 $\sigma'_c$ ：有効拘束圧）と定義する。ま

表 1 まさ土調整試料の物性値

最大間隙比	0.614	最小間隙比	0.287
細粒分含有率	8.0%	礫分含有率	55.0%
最大粒径	16.0mm	平均粒径	2.5mm
均等係数	35	曲率係数	1.1
土粒子比重	2.638		

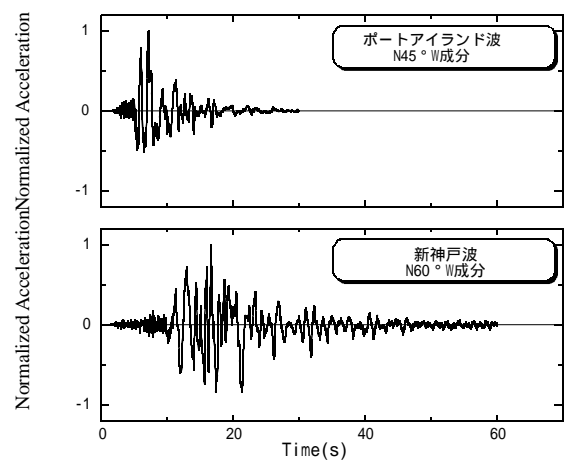


図 1 正規化加速度波形

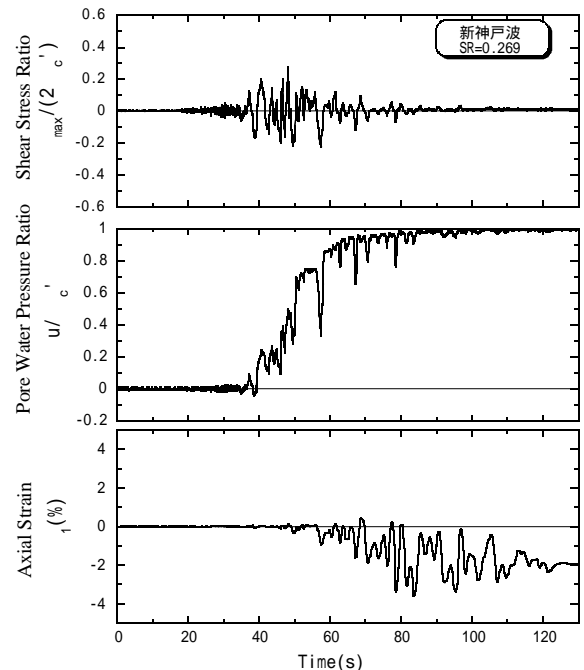


図 2 経時変化

キーワード 不規則波載荷三軸試験 繰返し三軸試験 まさ土 液状化強度比

〒278-8510 野田市山崎 2641 東京理科大学 電話番号(0471)24 - 1501(内線 4056) FAX(0471)23 - 9766

た、残留過剰間隙水圧比と応力比の関係に着目し、残留過剰間隙水圧比が 1 となる時の応力比を液状化強度比と定義した。なお、液状化強度比は圧縮側载荷と伸張側载荷の実験結果の平均値をとった。非排水繰返し三軸試験では、周波数 0.1Hz のサイン波荷重で载荷を行い、繰返し回数 20 回で軸ひずみ両振幅が 5%となる時の応力比を求め、液状化強度比と定義した。繰返し試験における応力比は  $\sigma_d / (2 \sigma'_c)$  ( $\sigma_d$ : 最大軸差応力) と定義する。

### 3. 実験結果と考察

不規則波载荷試験結果の一例として、新神戸波を応力比 0.269 で圧縮側载荷した場合の経時変化を図 2 に示す。不規則波载荷とともに過剰間隙水圧比は徐々に上昇し、軸ひずみは過剰間隙水圧比がほぼ 1 になる頃に大きく発生している。

図 3 に不規則波载荷試験から得られた応力比 - 残留過剰間隙水圧比の関係を示す。この図によると、ポートアイランド波で载荷した場合、応力比に対する残留過剰間隙水圧比は圧縮側载荷と伸張側载荷では差がみられるが、新神戸波で载荷した場合にはほとんど差がみられない。また、不規則波载荷試験から得られた液状化強度比  $\sigma_{max} / (2 \sigma'_c)$  の結果を表 2 に示す。

繰返し試験により得られた液状化曲線を図 4 に示す。液状化強度比  $\sigma_d / (2 \sigma'_c)_{20}$  は、湿潤締固め法で 0.181、水中落下法で 0.141 の値が得られた。

不規則波载荷試験と繰返し試験から得られる液状化強度比は、 $\sigma_{max} / (2 \sigma'_c) = C_2 \cdot \sigma_d / (2 \sigma'_c)_{20}$  の関係式で表される。今回のまさ土の試験から得られる、波形の不規則性に関する補正係数  $C_2$  を表 3 に示す。 $C_2$  は衝撃型波形であるポートアイランド波の方が、振動型波形である新神戸波より大きな値となった。

### 4. まとめ

本研究では、衝撃型地震動波形と振動型地震動波形を受けけるまさ土の非排水三軸せん断試験を行い、液状化強度比と波形の不規則性に対する補正係数  $C_2$  を求めた。その結果、衝撃型波形・振動型波形というタイプの異なる地震動波形の間には、 $C_2$  の値に違いがみられることが明らかとなった。

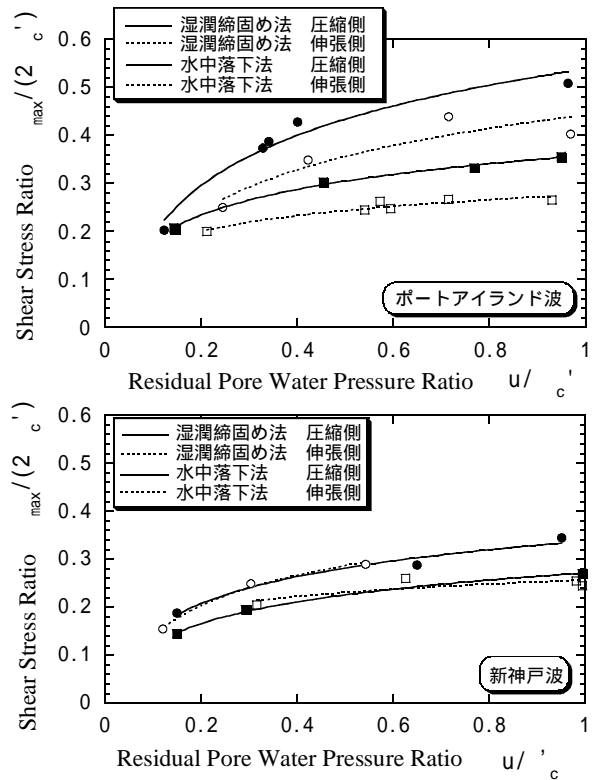


図 3 応力比 - 過剰間隙水圧比曲線

表 2 液状化強度比 (不規則波载荷試験)

	ポートアイランド波	新神戸波
湿潤締固め法	0.491	0.343
水中落下法	0.318	0.271

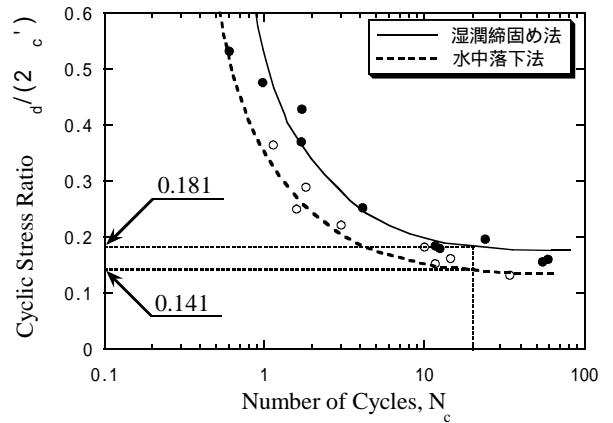


図 4 液状化曲線

表 3 補正係数  $C_2$

	ポートアイランド波	新神戸波
湿潤締固め法	2.713	1.895
水中落下法	2.255	1.922

(参考文献) (1)木下・石原ら ; 「非排水動的三軸試験におけるまさ土の液状化特性」 土木学会 第 54 回年次学術講演会講演概要集 第 3 部(A)p.206 ~ p.207

(2)安田 進 ; 「液状化の調査から対策工まで」 鹿島出版会