土木学会第54回年次学術講演会（平成11年9月）

Ⅲ－A103　非排水動的三軸試験におけるまさ土の液状化特性

東京理科大学大学院　学生会員　○木下将人
東京理科大学　正会員　石原研而
清水建設株式会社　正会員　夏井裕崇
東京理科大学　学生会員　長谷川真吾
正会員　塚本良道

1. まえがき

1995 年の兵庫県南部地震の際には、まさ土埋立地であるポートアイランドなどで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。まさ土については、礫分から細粒分まで幅広い粒度分布を持つことから液状化しにくいと考えられていたが、極巨大地震による液状化が発生し設計基準などの見直しが必要とされてきた。本学でもまさ土を用いた静的試験などの研究が現在までなされてきた。本研究では、まさ土の液状化特性を調べるために、ポートアイランドで採取されたまさ土を粒度調整した試料を用い、湿潤締固め法と水中落下法の 2 種類の方法により供試体を作製し、その供試体で非排水繰返し三軸試験、不規則波載荷三軸試験を行った。また、それぞれの試験結果から得られる液状化強度比より、実地盤の液状化強度の評価に用いられる波の不規則性に対する補正係数 C_2 について考察した。

2. 試験方法及び解析方法

今回は直径 120mm、高さ 240mm のまさ土供試体を作成しそれぞれの試験を行った。供試体の作製方法は湿潤締固め法と水中落下法で、圧密後の間隙比が 0.360 となるように作製した。B 値が 0.96 以上であることを確認した後、拘束圧 0.098MPa で等方圧密を行った。

繰返し試験では周波数 0.1Hz のサイン波荷重を載荷した。そして、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液状化強度比と定義し求めた。ここで、繰返し試験における応力比は $\sigma_d/2\sigma_c'$（σ_d：最大軸差応力、σ_c'：有効拘束圧）と定義する。不規則波載荷試験では今回はポートアイランドと東神戸大橋のそれぞれの地表面で観測された加速度軌跡の最大卓越方向である NW-SE 成分の加速度波形を載荷に用いた。それらを図 1 に示す。不規則波載荷試験における応力比は τ_{max}/σ_c'（τ_{max}：最大せん断応力）と定義する。また、波形の再現を忠実に行うため、2 倍の時間をかけて載荷を行った。今回は不規則波載荷試験では、応力比とせん断ひずみの関係に着目した。繰返し試験では液状化曲線が軸ひずみ両振幅が 5%の時の強度を示していることから、

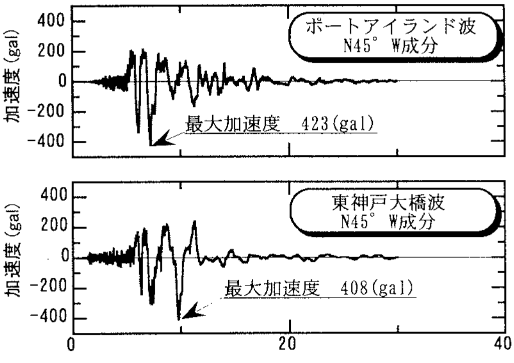

図1　加速度時刻歴

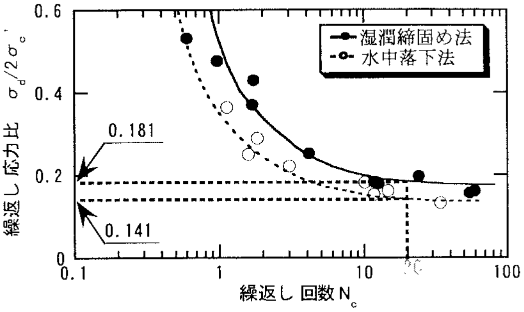

図2　液状化曲線

キーワード　繰返し三軸試験　不規則波載荷三軸試験　まさ土　液状化強度比

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

不規則波載荷試験では片振幅の 1.5 倍と仮定し、最大せん断ひずみが 3.75%となる時の応力比を液状化強度比と定義した。また、不規則波の場合、最大せん断応力の向きを三軸供試体の圧縮方向でせん断した時と伸張方向でせん断した時で、液状化強度比が大きく異なる為、その平均をとることとした。

3. 実験結果と考察

繰返し試験により得られた、液状化曲線を図 2 に示す。この図からわかるように同じ応力比で載荷を行った場合、水中落下法で作製した供試体のほうが湿潤締固め法で作製した供試体より少ない繰返し回数で液状化し、強度が小さいことがわかる。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。

次に、不規則波載荷試験の結果であるが、図 3 にポートアイランド波を応力比 0.509 で圧縮側に作用させた経時変化を示す。せん断波形が急激に上昇し始める時点で間隙水圧も上昇し、せん断波形が最大に達する付近で過剰間隙水圧比はほぼ 1 に到達する。軸ひずみは、せん断波形の急激な変化が終わった後でも、液状化しているので大きく発生する。

図 4 では、繰返し試験と不規則波載荷試験の結果として、応力比と最大せん断ひずみの関係を示している。この図からわかるように不規則波の場合、伸張側に載荷した時のほうが圧縮側に載荷した時より、同じ応力比でも大きくひずみ、強度は小さくなることがわかる。不規則波載荷試験で得られた液状化強度比$\tau_{max},{}_{l}/\sigma_c'$は、$\tau_{max},{}_{l}/\sigma_c'=C_2(\sigma_d/2\sigma_c')_{20}$の関係で表すことができる。そこで、$\tau_{max},{}_{l}/\sigma_c'$と波の不規則性に対する補正係数 C_2 を表 1 に示す。本学で昨年行われた豊浦砂(Dr=80%)についての研究では、ポートアイランド波についての C_2 は 2.037 であり、まさ土では、この値より大きい結果が得られた。

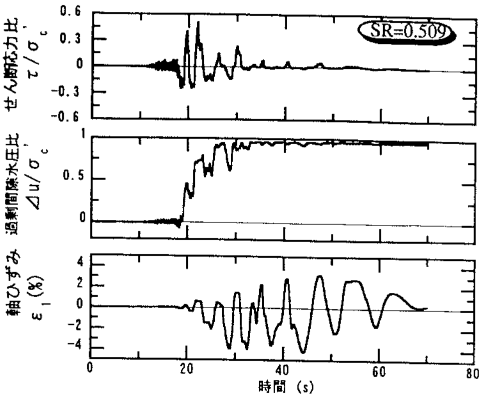

図3 不規則波載荷試験の経時変化例

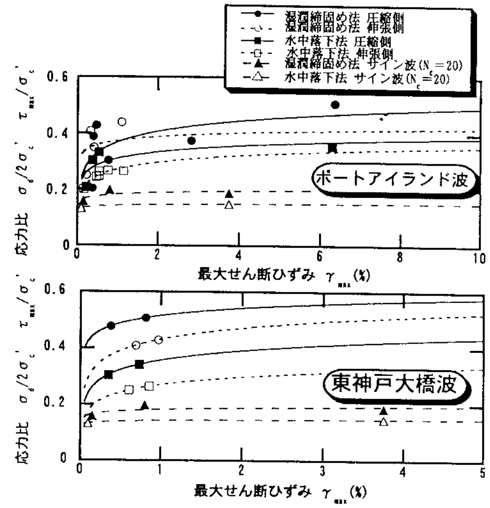

図4 応力比とせん断ひずみの関係

表 1　不規則波載荷試験で得られる液状化強度比と補正係数

(ポートアイランド波)	$\tau_{max},{}_{l}/\sigma_c'$	補正係数 C_2
湿潤締固め法	0.423	2.337
水中落下法	0.338	2.397

(東神戸大橋波)	$\tau_{max},{}_{l}/\sigma_c'$	補正係数 C_2
湿潤締固め法	0.538	2.972
水中落下法	0.372	2.638

4. まとめ

本研究では、ポートアイランドまさ土を用いた非排水繰返し三軸試験・不規則波載荷三軸試験を行い、湿潤締固め法と水中落下法との供試体作製方法の違いが、液状化強度比に及ぼす影響が明らかとなった。また、補正係数 C_2 を求めることで、繰返し三軸試験結果と不規則波載荷三軸試験結果の液状化強度比の換算が、ポートアイランド波と東神戸大橋波について、可能となった。

参考文献　夏井裕崇 石原研而ら；「兵庫県南部地震の地震動波形を受ける密な砂の液状化特性とその評価」 第 33 回地盤工学研究発表会 平成 10 年度発表講演集 p.97~p.98