

## Ⅲ - A85

## 飽和および不飽和における締固めたまさ土の液状化強度

東京電機大学 学生員 ○福島 康弘

東京電機大学 正会員 安田 進 小林 利雄

東京電機大学 西川 修・岡崎 修・平井 哲

## 1. まえがき

1995年1月17日に起きた兵庫県南部地震では、液状化により建築物、橋梁等の被害が生じた。ポートアイランド、六甲アイランドにおいて、埋立てただけの地盤では液状化したが、サンドコンパクションパイルやサンドドレーン工法によって地盤改良を行い締固めてある地盤では液状化しなかった。

そこで、まさ土の液状化特性を求めるため、繰返し非排水三軸試験を行って液状化強度比を求めた。また、実際に埋立てられた地盤では、山土を削って埋立てられてからの年月が浅い場合、地盤が地下水位以下であっても完全には飽和されていないと考えられるため、試料が飽和している場合と不飽和の場合での違いを求めた。

## 2. 試料および実験方法

実験には、ポートアイランド北西部コンテナ埠頭の梱包団地で原位置凍結サンプリングにより採取された不攪乱試料を、直径50mm、高さ100mmに成形したものをを用いた。採取地点は、まさ土により埋め立てられた地盤を、ロッドコンパクション工法により地盤改良されており、周辺の未改良地盤に比べて阪神・淡路大震災に伴う地盤沈下等の変状が極めて軽微であった。

試料は、飽和と不飽和での違いを調べるために、近い深度のものを8本選び、それぞれ4本ずつ実験を行った。飽和での有効拘束圧は $\sigma'_0 = 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ 、Back Pressureは通常通り $2.0 \text{ kgf/cm}^2$ とした。不飽和では $0.2 \text{ kgf/cm}^2$ の拘束圧で解凍した後、拘束圧を $1.5 \text{ kgf/cm}^2$ 加えて圧密を行った。有効拘束圧は $\sigma'_0 = 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ 、Back Pressureは不飽和での液状化特性を調べるために、供試体圧密後の加振直前に静水圧のみを考慮して $0.68 \text{ kgf/cm}^2$ を加えた場合と、通常通り $2.0 \text{ kgf/cm}^2$ を加えた場合で行った。また、これらの試料に対するメンブレンペネトレーションの補正は行っていない。各試料に対するBack Pressure、供試体成形時の飽和度、液状化後の排水量、B値を表-1に示す。

表-1 各試料における条件および結果

| 試料番号           | 試料条件 | Back Pressure<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 飽和度<br>(%) | 圧密後の排水量<br>( $\text{cm}^3$ ) | B値<br>(%) |
|----------------|------|----------------------------------------|------------|------------------------------|-----------|
| No. 1 FS2-13   | 飽和   | 2.00                                   |            | 16.78                        | 100       |
| No. 2 FS2-13A1 |      | 2.00                                   |            | 5.80                         | 100       |
| No. 4 FS2-13C  |      | 2.00                                   |            | 7.29                         | 100       |
| No. 3 FS2-13B  |      | 2.00                                   |            | 5.58                         | 100       |
| No. 5 FS2-13A3 | 不飽和  | 2.00                                   | 84.5       | 10.62                        | 71        |
| No. 6 FS2-13B  |      | 0.68                                   | 91.4       | 9.69                         | 47        |
| No. 7 FS2-13B2 |      | 0.68                                   | 79.0       | 9.63                         | 42        |
| No. 8 FS2-13C  |      | 0.68                                   | 93.2       | 9.90                         | 47        |

## 3. 応力経路

飽和させた試料に対するstress pathを図-1に、不飽和での試料に対するstress pathを図-2、図-3に示す。図-2は応力比が大きい場合であり図-3は応力比が小さい場合である。飽和させた試料における加振では、供試体全体が液状化した。それに比べ、不飽和での試料では加振中に供試体が引きちぎられてしまう傾向が見られた。

キーワード：液状化、繰返し三軸試験、まさ土、締固め

〒350-03 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 TEL 0492-96-2911 FAX 0492-96-6501

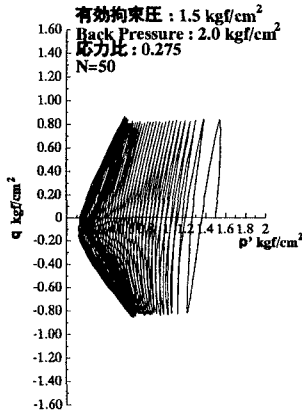


図1 FS2-13Bのストレスパス（飽和）

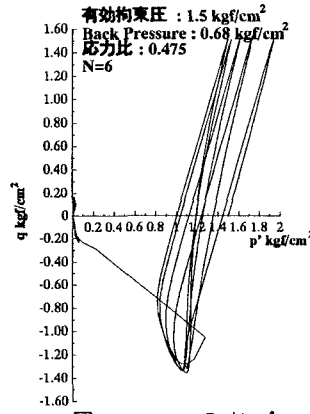


図2 FS2-13B2のストレスパス（不飽和）

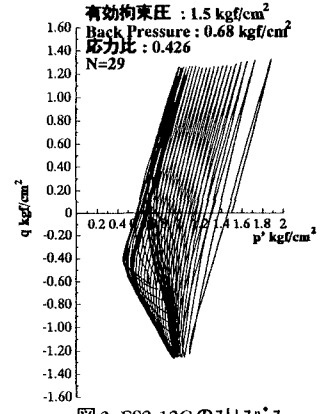


図3 FS2-13Cのストレスパス（不飽和）

不飽和の試料の加振データを図-4に示す。この図より、軸ひずみが大きくなるにつれて引張り側が大きく変化していることがわかる。また、 $DA=5\%$ の付近での過剰間隙水圧比は57%程度上昇が止まっていること及び、過剰間隙水圧はマイナスにはならないことが読みとれる。

#### 4. 応力比～液状化回数

飽和試料、不飽和試料の応力比～液状化回数の関係を図-5に示す。これらの図で、○は飽和させた試料（Back Pressure を  $2.0 \text{ kgf/cm}^2$ ）●は不飽和の状態で圧密した後 Back Pressure を  $0.68 \text{ kgf/cm}^2$  加えた試料、▲は不飽和の状態で圧密した後 Back Pressure を  $2.0 \text{ kgf/cm}^2$  加えた試料を表す。

この図より、飽和させた試料の応力比に比べて、不飽和での試料の応力比の方が大きくなった。しかし、不飽和では、応力比が0.5程度より大きい場合、過剰間隙水圧比が60%程度で供試体が割れたため5回の繰返し回数で破壊してしまった。また、不飽和の状態で圧密した後、Back Pressure を  $2.0 \text{ kgf/cm}^2$  加えて加振した試料についても応力比が0.5程度を越えることなく、供試体が割れた。

液状化回数  $N_1=20$  での応力比を液状化強度比  $R_1$  とすると、飽和させた試料では  $R_1=0.337$  となった。不飽和での試料では、供試体が加振中に割れてしまうことにより  $N_1=20$  付近は波線となっているが、 $R_1$  は飽和での試料に比べて液状化回数が多い場合には約0.1大きい値となった。

#### 5. まとめ

実際に埋立てられた地盤では、山土を削って埋立てられてからの年月が浅い場合、地盤が地下水位以下であっても完全には飽和されていないと考えられたため、試料が飽和、不飽和の場合で繰返し非排水三軸試験をおこなった。その結果、応力比が小さいところでは、試料が飽和の場合に比べて不飽和の場合の方が液状化強度比がかなり大きくなった。なお、本研究に用いた試料は「阪神・淡路大震災地盤調査会（座長：石原研而東京理科大学教授）」から提供を受けたものである。関係各位に感謝する次第である。

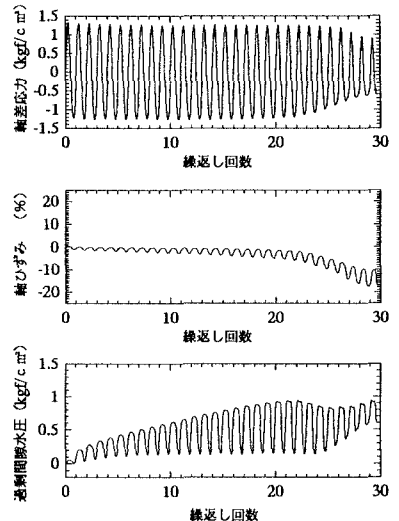


図4 FS2-13C（不飽和）の加振データ

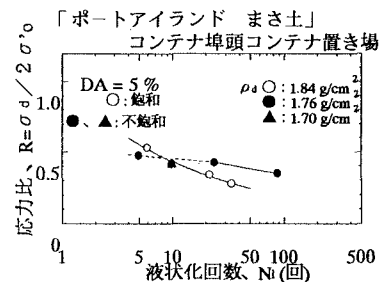


図5 応力比～液状化回数関係