

日大・理工・大学院 学 長谷川 浩久

日大・理工 正徳 江 俊秀

日大・理工・大学院 学 佐々木 博明

1. はじめに

先の報告で、密な均一砂の側方変位拘束条件に関する基礎的な検討を行った結果、許容側方変位の大きさにより上の挙動に傾向的な差異が認められた。そこで今回は不均一さの卓越する超緩詰め砂について同様の実験を行ったが側方変位に関する問題点が生じた。以下に超緩詰め砂における実験結果と側方変位に関する問題点および今後の改良点について述べる。

2. 装置、試料および試験方法

2-1. 平面ひずみ試験機

平面ひずみ試験機の詳細および特長については、先の報告通りである。セル断面を図-1に示す。図-2に側方変位調整機構を示す。側方変位については、現状では、試験機の機構上、収縮側の変位を引き返すことができないため、収縮側の側方変位は、調整せずに実験を行った。

2-2. 試料および試験方法

- 試料は、赤浦標準砂で、その比重 G_s は2.64、均等係数 U_1 は1.59である。供試体高さ H と奥行 B は、既報通りである。既知した超緩詰め供試体を作製するには、供試体作製中のいかなる瞬間においても、砂粒子間に一定の有効粒子間力を保持することが必要である。この点を考慮して先の三軸試験での報告のように以下の方法を試みた。
- (1) 含水比 w が2%の不飽和試料を10層にかけ、突き棒で締固める。
 - (2) 負圧 $0.2 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$ をかけて供試体を自立させ、負圧を拘束圧 $0.5 (0.2 \times 10^3 \text{ kN/m}^2)$ で置き換える。
 - (3) 供試体の隙隙内の空気水を水に溶けやすい炭酸ガスに置き換え、その後、排水を通し、供試体を飽和させる。なおこの際、土粒子間のメニスカスが消失し、供試体が若干収縮する。
 - (4) 再び負圧 $0.2 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$ をかけて供試体の大きさを規定する。
 - (5) 負圧を拘束圧 $0.5 (0.2 \times 10^3 \text{ kN/m}^2)$ で置き換え、背圧 $0.5 (1.0 \times 10^3 \text{ kN/m}^2)$ を加える。背圧によって、供試体内に残っている炭酸ガスを溶け込ませ、残った気泡をつぶし、完全に飽和状態にする。
 - (6) 有効拘束圧を所定の値まで上げ、圧密を行う。

以上の方法で初期間隙比 e_0 が0.896~0.927の供試体を作ることができた。試験は、応力制御による圧密排水条件で行い、等方圧密($0.5 = 1.0 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$)後、 0.5 一定でせん断した。

3. 実験結果および考察

3-1. 変位経路

前述したように収縮側の側方変位は調整していない。側方変位経路を図-3に示す。これより次の諸点が認められる。

- ① 側方変位は収縮側と示し、最大側方変位は、ほぼ $(\delta_2)_{\max} \approx \frac{20}{100} \text{ mm}$ ($\Delta \epsilon_2 \approx 0.3\%$)であり、収縮側で破壊している。

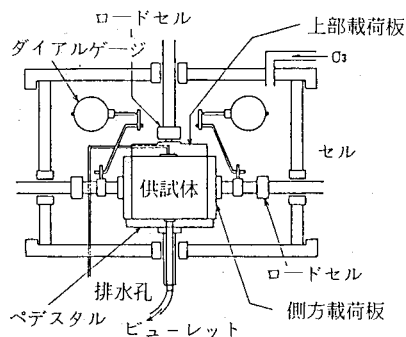


図-1 セル断面図

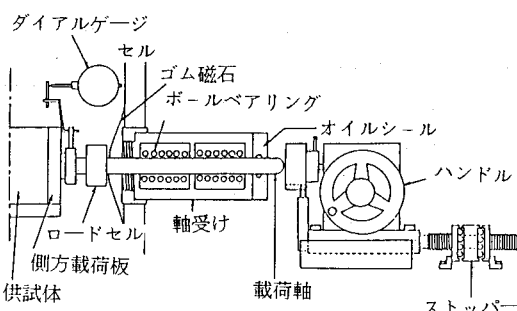


図-2 側方変位調整機構

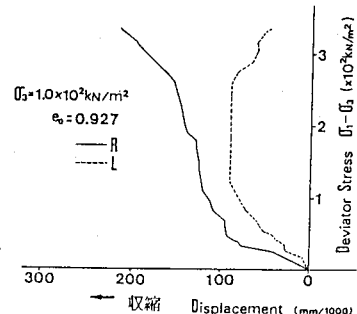


図-3 代表的な変位経路

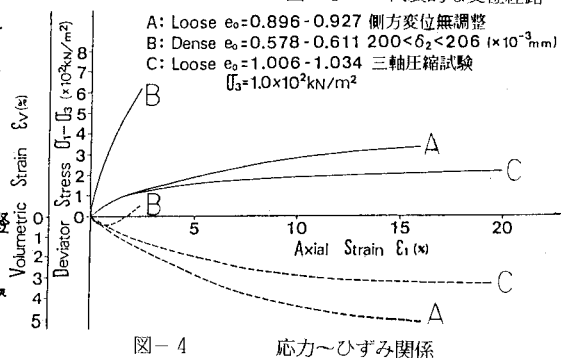


図-4 応力～ひずみ関係

②側方変位がある程度収縮した後、右側の側方変位は、収縮を続けるが左側は、その位置より膨張を起している。これは、左右の側方応力のバランスに若干、問題があるためと思われる。

3-2. 応力～ひずみ関係とせん断強さ

図-4は、収縮側の側方変位無調整(A)の応力～ひずみ関係を示す。なお、図には同じ側圧($\sigma_2 = 1.0 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$)の許容側方変位が $200 < \delta_2 < 206$ (B)の密詰め砂平面ひずみ結果と起振詰め砂の三軸試験結果(C)も示す。図-4より次の諸点が認められる。

①Aの軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$)と軸ひずみ ε_1 関係において、軸ひずみ $\varepsilon_1 \approx 1\%$ 程度で破壊しており、破壊付近では非常に不均質な勾配を描いている。

②ダリランシー特性については一貫して収縮側を示し、せん断破壊が密詰め砂(B)では膨張側で終っているのに対し収縮側で終っており起振詰め砂の変形特性が認められる。また三軸試験と比べ間隙比が $\Delta e \approx 0.1$ ほど小さいにもかかわらずより収縮側を示している。これは、側方変位が収縮側になるため膨張変位は ε_3 方向しか許されなためと思われる。図-5は、破壊時の軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$)と初期間隙比 e_0 の関係を示す。これより($\sigma_1 - \sigma_3$)は $3.4 \sim 7.1 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$ の間にあり、密詰め砂($0.3 \sim 0.6 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$)と比べ $2.9 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$ ほど低い。

3-3. 応力経路

図-6は、収縮側の側方変位無調整(A)の応力経路を示す。なお図には、許容側方変位 δ_2 が $200 < \delta_2 < 206$ ($\Delta e \approx 0.25\%$) (B)も示す。図より、側方応力(σ_2)は、起振詰め砂の破壊時には、起振詰め砂(A)の方が密詰め砂(B)と比べ $0.5 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$ ほど高い。このことについては次の章で述べる。

4. 側方変位に関する問題点および今後の改良点

4-1. 側方変位に関する問題点

本実験において収縮側の側方変位がでるにもかかわらず密な砂と比べ高い側方応力(σ_2)を示すという結果が出た。これは、図-7のように考えられる。 σ_1 を加えると供試体が緩いため供試体上部では密な層が形成される。この時、上部載荷板と側方載荷板のすきまがほとんどなく、なおかつ図-3に示したように側方載荷板が全体としては収縮しようとしている為、この密な層が側方載荷板上部を左右に押し広げ、ロードセルに曲げを生じさせる。このロードセルの曲げの影響が応力経路に表れたと考えられる。なお、供試体が密な場合においては側方載荷板全体の動きは膨張側であり、破壊時の軸ひずみ ε_1 も小さいためロードセルの曲げの影響は無視し得ると思われる。

4-2. 今後の改良点

4-1で述べた問題点をなくすために、図-8のように側方載荷板を浮動タイプにして、長さを長くし、その両端にロードセルをつける。また側方載荷板の間に上部載荷板、ベデスタルをはさむ。このようにすればロードセルに曲げの加わるおそれはないと思われる。

5. 終りに

今後、4-2で述べたような改良を行って同様の実験を進めていきたい。最後に試験機を作製してくださった橋本氏、昨年の卒業生、北浦実、高木孝一両君および一緒に実験を行っている今年の卒業生、若谷昌宏、串田直隆、中村孝、井原雄雄君等に深く感謝いたします。

〈参考文献〉

- ① 能江 長吉、佐々木「砂の平面ひずみ条件(側方変位拘束条件)に関する基礎的検討」第9回環境工学講演会
- ② 能江 長吉「起振詰め砂の補強特性」第8回環境工学講演会

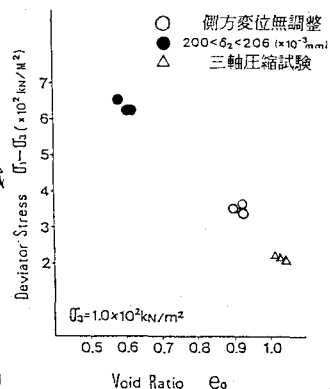


図-5

破壊時の軸差応力と間隙比の関係

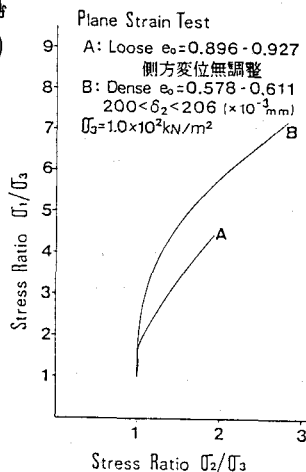


図-6 応力経路

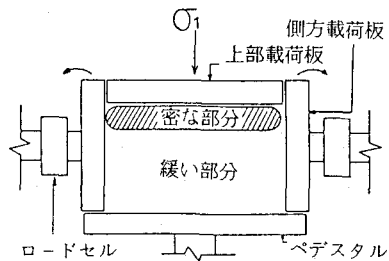


図-7 ロードセルに曲げが加わる状態図

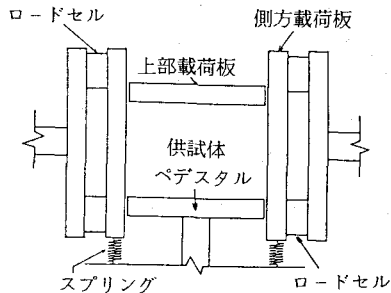


図-8 改良型載荷板予定図