

東北大学 正員 柳沢 栄司

" " の飛田 義雄

まえがき 地盤の変形をモデル的に測定する方法として、マーカーによる方法、X-rayを用いる方法等が知られている。又、砂の様な粒状体については、円柱を用いたシミュレーション、樹脂で固めて、顕微鏡で観察する方法が知られている。この論文は、測定器具も計測手法も比較的簡便な写真計測を応用して、壁体の裏込め砂の変位挙動を観察した結果を述べるものである。又 Bransby らの X-ray による実験と比較し、その適用性について若干の考察を試みるものである。

実験装置

実験装置の概要を図1に示す。装置はジャッキにより準静的に任意の傾斜角($-7^\circ < \alpha < 40^\circ$)にできる。又壁体はヒンジにより、任意の回転角 β にできる。変位測定の基準とするために砂層とガラス壁の間に1cm間隔にベツシュをきった厚さ0.3mmの透明アクリル板を挿入している。

今回は主に任意傾斜角 α のもとにおける壁体の回転角 β を変化させた時の裏込め砂の変位挙動を観測した。

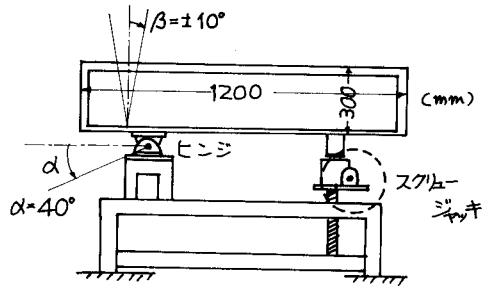


図1. 実験装置の概要図

測定原理

測定原理は Butterfield et al.²⁾ 村山ら³⁾の論文に詳しいので割愛させて置く。重要な事は砂粒子そのものの変化を捉える事ができるという事で、所要の精度で変位を求める事が可能である。

測定上の問題点

この様な観測方法を用いる場合、最も問題となるのは、砂層内部の砂粒子の挙動と、壁面の粒子の挙動が同一か否かという事である。この事を確認するために、砂層上面方向にカメラをセットし、変位を測定した。その結果、準静的に壁体を回転させた時、中央部と側壁部の変位の差は密詰め砂の $e=0.85$ 、ゆる詰め砂($e=0.89$)で最大1%程度である。急激に壁体を回転させた時、側壁の影響が大きく、中央部で変位が卓越する。これは流動状態を捉えようとする場合には重要な問題となる。故に、流動以前の状態を観測の対象とした。

ひずみの定義

砂の様な粒状体の変形挙動を考える場合に、変位がひずみとして表現されていると理解しやすい。ひずみは基準線の交点における4つの点ABCDを利用して、その中心点Oのひずみを図2により定義した。変位が急激でない限り、基準長さ1cm程度、ベツシュで十分に精度の良い事が知られた。

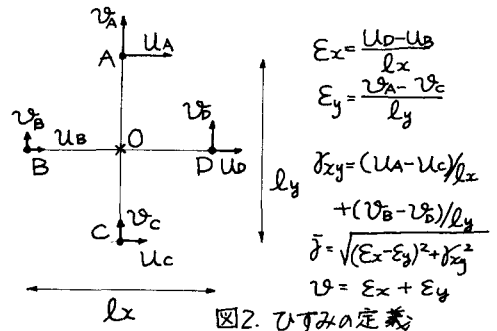


図2. ひずみの定義

表1 実験項目

	e	$D_r(\%)$	α	Passive or Active	砂層厚 (cm)	Toe or Top
1*	0.85	38.7	0	P	20.0	Toe
2	0.85	38.7	0	A	20.0	Toe
3	0.79	62.9	0	A	20.0	Toe
4	0.79	62.9	10	A	20.0	Toe
5	0.79	62.9	20	A	20.0	Toe
6	0.73	85.4	0	A	18.2	Toe
7	0.73	85.4	10	A	18.2	Toe
8*	0.73	85.4	30	A	18.2	Toe
9*	0.73	85.4	-7°	P	18.2	Toe
10*	0.73	85.4	34	A	21.2	Top

実験方法

用いた試料は $G_s = 2.66$ 、粒径 $2.0\text{mm} \sim 0.84\text{mm}$ 、 $e_{\text{max}} = 0.95$

$e_{min} = 0.70$, やや角張った粒子である。密詰め砂は厚さ 5mm 毎に、ゆる詰めと同じ状態でまき、突き棒を用いて各層 80 回、側壁を木づちで軽くたたいた。この時の平均間隙比は 0.73 である。ゆる詰め砂はロートの先を 5cm 保ち均等にまいた。この時の平均間隙比は 0.85 である。傾斜角 α を任意に保ち、この時の状態を変位 0 とした。実験項目を表 1 に示す。

実験結果と考察

A. ゆる詰め砂と密詰め砂の挙動の差異 (図3と図4)

図3はゆる詰め砂において、壁体を 6.8° 回転させた時の最大セシ断ひずみ分布を示す。壁体の変位に依じたひずみ分布が生じている。図4の密詰め砂の場合に $\beta = 5^\circ$ の最大セシ断ひずみ分布を示している。密詰め砂においては、すべり線とよべる変位勾配の急激な領域が発生している事が理解される。これは三軸試験において、密な時はすべり線がピーク後に形成され、ゆるい時は構造的変形を示すという事実と一致する。

B. Active と Passive の差異 (図4と図5)

図5は Active の場合で $\beta = 5^\circ$ になった時に、ひずみの卓越する領域がヒンジ近傍より明瞭に発生している。3° の増分を小さくすると、ひずみの卓越する領域の発生は Active の方が小さなセシ断ひずみで生じている事が知られた。これは Active と Passive では応力経路が全く異なる事 (Active $dp < 0$, Passive $dp > 0$) が原因と思われる。(平均応力)

C. 上ヒンジ(Top)と下ヒンジ(Bottom)の場合の挙動の差異 (図5と図6)

下ヒンジの場合には、ヒンジ近傍でひずみの発生が緩慢である。これは拘束が大きいためと思われる。上ヒンジとした場合には $\beta = 3^\circ$ で底面に沿って、試験装置で最大と思われるひずみの卓越した領域が発生している。

D. 写真計測の適用性について

以上得られた結果は、Bransby の X-ray による方法と極めて高い類似性をもつ。この事はこの方法の有用性を示しているものといえよう。さらに精度を高めるべく努力し、すべり帯の発生機構、砂粒子の変位挙動等の解明、地盤変形のシミュレーションなどに利用していきたいと考えている。

謝辞

長岡工科大学藤村先生に、写真計測についてのお話しを伺った事がこの方法を用いる事のきっかけであった。又(理)労働省小沢真一氏に卒業研究の一部として実験に御協力願った。併せて深謝の意を表したい。

- 1) 例え、Bransby et al. 「Combined active and passive rotational failure of retaining wall in sand」 Geotechnique Vol. 26
- 2) Butterfield et al. 「A stereo-photographic method for measuring displacement fields」 Geotechnique Vol. 20
- 3) 村山, 井上 「ステレオ写真による砂のセシ断時の変位測定」 第13回土質工学研究発表会講演集

