

九州大学工学部 正 員 内 田 一 郎

九州大学大学院 学生員 〇 平 田 登 基 男

1. はじめに、筆者等は砂質土(マサ土)を用いた盛土斜面に関する実験を、数年前から中型模型を作、て行なってきた。中型模型を採用したのは、土の相似律が不明確で、研究費にも制限される現状では、最も妥当な方法と考えられるからである。今までに浸透水による斜面崩壊、上部路面端部荷重による崩壊、繰返し荷重の作用による崩壊実験などを行な、ており、すでに報告したものもある⁽¹⁾。今回は、上部荷重による崩壊が予め一定の繰返し荷重を受けた場合とそうでない場合とでどのように異なるかを、荷重と沈下、破壊荷重と繰返し荷重などの関係を調べて明確にしようとしたものである。

2. 試料と実験装置、試料としては、福岡市近郊に多く産するマサ土を2種類用いた。その物理的性質と力学的性質を表-1に示す。それによれば試料の物理的、力学的性質はほとんど同一と見なせよう。実験には、4.76 mm フリ通過分のみを用いた。

実験装置は、内法で縦×横×高さが200×92×100cmと235×101×100cmの2種類でいずれもセメントコンクリート槽で前面に強化ガラス10mm厚さのものをはめこんで、すべり線の観察を可能にしたものである。

荷重装置は油圧シリンダーにて荷重板中央に圧力を伝えるものである。

荷重板は幅15cmのチャンネルを使用した。これだけでは厳密な等沈下が生じているか不安であ、たので、厚さ×幅×長さが35×105×920mmの鋼材を凹部にとめて補強を行な、た。

3. 実験方法、供試体は形状寸法と試料の差異、試験の種類により、4. のグループに分けた。SS-I (I=1,2,3,4) は供試体寸法が、のちに述べるLS, LD タイプに比較してわずかに小さく、予め繰返し荷重を受けてないもの、SD-I (I=1,2) は、SS タイプと同じ大きさの供試体で、予め繰返し荷重を受けたもの、そしてSS, SD タイプにはいずれもA試料を用いた。LS-I (I=1,2) は供試体寸法が前述のようにSS, SD タイプに比較してわずかに大きく、予め繰返し荷重を受けてないもの、LD-I (I=1,2,3,4) はLS タイプと同じ大きさの供試体で、予め繰返し荷重を受けたものである。またLS, LD タイプに用いた試料は、いずれもB試料である。供試体の作成方法は前に詳しく述べたので、重複するので省略する。

荷重試験は荷重制御の方法で、平板荷重試験に準じた。測定項目は地表面変位、土圧、すべり面などであり、各実験終了ごとに含水比、単位体積重量を測定した。測定箇所は前に述べたので省略する。

4. 試験結果および考察、表-2, a, bに破壊試験結果を示す。SS-1, SS-2 は法肩から荷重板端までの距離が0, 10cmで他のものはすべて20cmである。

試料の含水比はSS, SD タイプで約10%, LS タイプで19%, LD タイプで16%であり、SS, SDのグループとLS, LDのグループに大別される。間隙比、乾燥密度に関してはさほどのちがいはみられない。図-1では、繰返し荷重の大、小が破壊荷重に与える影響を調べた。横軸に繰返し荷重(P_{re})、破壊荷重(P_b)比をとり、縦軸に繰返し荷重載荷後

試料名	A	B
採取地	福岡市 牧野町	福岡市 牧野町
土粒子の比重 G_s	2.64	2.69
粒度	13.5	12.2
分	55.0	61.4
析	21.5	20.4
(%)	10.0	6.0
均等係数 U_c	54.6	100.0
曲率係数 U_c	2.7	1.4
液性限界 W_L (%)	39.1	38.5
塑性指数 IP	7.7	6.7
最適含水比 w_{opt} (%)	16.0	16.0
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.73	1.74
統一分類	SM	SM

表-1 試料土の物理及び力学的性質

供試体番号	SS-1	SS-2	SS-3	SS-4	SS平均	LS-1	LS-2	LS平均
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.45	1.46	1.48	1.47	1.47	1.48	1.38	1.43
含水比 w (%)	10.4	9.7	9.0	9.8	9.7	19.6	18.1	18.8
間隙比 e	0.82	0.81	0.77	0.80	0.80	0.82	0.95	0.89
破壊荷重 P_b (kg)	2.80	3.51	4.25	4.50	—	4.52	4.02	4.27
破壊強度 ρ_{dmax} (kg/cm ²)	2.07	2.60	3.15	3.33	—	3.04	2.71	2.88

表-2, a. 繰返し荷重を受けてない(SS, LS)の破壊試験結果

の破壊荷重(P_{Re}), 破壊荷重(P_s)比をとってプロットした。SD, LD いずれも (P_{Re}/P_s) が右上がりでありしかも 1.0 以上である。これは繰返し荷重が載荷板下の土を締固めるため、破壊荷重が増したものであり、(P_{Re}/P_s) ≥ 1 でも (P_{Re}/P_s) = 1.15~1.40 ほどの値を示した。このことは荷重制御試験で求められた破壊荷重でも、繰返し荷重を作用させてもかなりの強度の増加が見られることである。基準とした破壊荷重(P_{Re})を荷重制御試験により求めたために、このような値を示したものと思われる。載荷周期、載荷回数の影響もあり、供試体が緩詰めが密詰めかによっても異なるのでさうによるような検討が必要である。

図-2 に載荷重強度と沈下量曲線を示した。予め繰返し荷重を受けたものは、そうでないものに比較して、同一荷重強度では沈下量が小さく、前者は下に凸な形を示すのに後者は上に凸の曲線を示している。両対数グラフを用いた降伏荷重推定法により降伏荷重を求め破壊荷重に対する降伏荷重の割合を調べた。SS タイプでは約 50%, LS タイプでは約 70% を示した。いかにいへば、降伏荷重の 1.5~2.0 倍が破壊荷重となりそうである繰返し荷重を受けたものは、その荷重の大きさによつて曲線の形が下に凸か、上に凸な曲線となる。これを (P_{Re}/P_s) の値でみると、これが 0.40 より小さい SD-1, LD-1 では上に凸な形を示し、SS, LS タイプと同じ特徴を示すが、(P_{Re}/P_s) の値が 0.75 以上のものは下に凸な曲線を示している。SS, LS タイプと同様な方法でも、破壊荷重に対する降伏荷重の割合を求めた。それによると、SD タイプで約 50%, LD タイプで約 40% を示している。SS, SD タイプではどちらも約 50% を示した。LD, LS はその値がそれぞれ 40%, 70% を示した。繰返し荷重を受けたものは (P_{Re}/P_s) の値によつて破壊が局部せん断破壊から全般せん断破壊の形式をとり、その境界値は (P_{Re}/P_s) = 0.40~0.75 の間に存在しうるのである。また繰返し荷重を受けないものは全て局部せん断破壊でこわれた。

破壊時のすべり面が法肩に近い方より発生し、その原因が載荷板直下の密度増加、すなわちせん断強度の増加にあることを述べた。それで発生したすべり線を実測して、円弧として近似し自重のみを考慮した円弧すべりの分割法による安全率(F_s)と、載荷板直下に生じる楔域(主働域)の境界面の応力の水平方向分力を円弧すべり計算で外力として考慮して求めた安全率(F_s')とを表 3 に示す。

4. むすび さらに実験を重ねて斜面崩壊に関する問題を究明していきたい。

(参考文献)
(1) 前田他 4 名、砂質盛土の液状化と崩壊に関する実験的研究、土木学会第 26 回年次講演集 3, 346, 10, 1970~1971
(2) 内田、盛土斜面上の上部載荷による崩壊について、RKB 工学集報 548, 6

破壊時のすべり面が法肩に近い方より発生し、その原因が載荷板直下の密度増加、すなわちせん断強度の増加にあることを述べた。それで発生したすべり線を実測して、円弧として近似し自重のみを考慮した円弧すべりの分割法による安全率(F_s)と、載荷板直下に生じる楔域(主働域)の境界面の応力の水平方向分力を円弧すべり計算で外力として考慮して求めた安全率(F_s')とを表 3 に示す。

4. むすび さらに実験を重ねて斜面崩壊に関する問題を究明していきたい。

(参考文献)
(1) 前田他 4 名、砂質盛土の液状化と崩壊に関する実験的研究、土木学会第 26 回年次講演集 3, 346, 10, 1970~1971
(2) 内田、盛土斜面上の上部載荷による崩壊について、RKB 工学集報 548, 6

(3) 赤井、大特力と地下、山海堂、P. 4

供試体番号	SD-1	SD-2	SD平均	LD-1	LD-2	LD-3	LD-4	LD-5	LD平均
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.53	1.56	1.55	1.40	1.45	1.43	1.41	1.42	1.42
含水比 w (%)	8.9	9.4	9.2	17.0	15.8	16.2	15.7	15.4	16.0
間隔比	0.73	0.70	0.72	0.72	0.86	0.88	0.91	0.90	0.90
破壊荷重 P_s (ton)	5.00	4.90	—	4.52	5.52	6.06	5.06	6.06	—
破壊強度 P_u (kg/cm ²)	3.70	3.63	—	3.05	3.72	4.08	3.41	4.08	—
繰返し荷重 P_{Re} (kg/cm ²)	3.52	1.52	—	0.82	3.42	3.56	4.26	4.56	—
周期(秒)	3-1	3-1	—	2-1	5-2	5-2	5-2	5-2	—
載荷-降伏繰返し回数 N (回)	27.5	10.0	—	62.3	10.0	20.0	1.0	7.58	—

表 2.b 繰返し荷重を受けた (SD, LD) の破壊試験結果

タイプでは約 70% を示した。いかにいへば、降伏荷重の 1.5~2.0 倍が破壊荷重となりそうである繰返し荷重を受けたものは、その荷重の大きさによつて曲線の形が下に凸か、上に凸な曲線となる。これを (P_{Re}/P_s) の値でみると、これが 0.40 より小さい SD-1, LD-1 では上に凸な形を示し、SS, LS タイプと同じ特徴を示すが、(P_{Re}/P_s) の値が 0.75 以上のものは下に凸な曲線を示している。SS, LS タイプと同様な方法でも、破壊荷重に対する降伏荷重の割合を求めた。それによると、SD タイプで約 50%, LD タイプで約 40% を示している。SS, SD タイプではどちらも約 50% を示した。LD, LS はその値がそれぞれ 40%, 70% を示した。繰返し荷重を受けたものは (P_{Re}/P_s) の値によつて破壊が局部せん断破壊から全般せん断破壊の形式をとり、その境界値は (P_{Re}/P_s) = 0.40~0.75 の間に存在しうるのである。また繰返し荷重を受けないものは全て局部せん断破壊でこわれた。

破壊時のすべり面が法肩に近い方より発生し、その原因が載荷板直下の密度増加、すなわちせん断強度の増加にあることを述べた。それで発生したすべり線を実測して、円弧として近似し自重のみを考慮した円弧すべりの分割法による安全率(F_s)と、載荷板直下に生じる楔域(主働域)の境界面の応力の水平方向分力を円弧すべり計算で外力として考慮して求めた安全率(F_s')とを表 3 に示す。

破壊時のすべり面が法肩に近い方より発生し、その原因が載荷板直下の密度増加、すなわちせん断強度の増加にあることを述べた。それで発生したすべり線を実測して、円弧として近似し自重のみを考慮した円弧すべりの分割法による安全率(F_s)と、載荷板直下に生じる楔域(主働域)の境界面の応力の水平方向分力を円弧すべり計算で外力として考慮して求めた安全率(F_s')とを表 3 に示す。

4. むすび さらに実験を重ねて斜面崩壊に関する問題を究明していきたい。

(参考文献)
(1) 前田他 4 名、砂質盛土の液状化と崩壊に関する実験的研究、土木学会第 26 回年次講演集 3, 346, 10, 1970~1971
(2) 内田、盛土斜面上の上部載荷による崩壊について、RKB 工学集報 548, 6

(3) 赤井、大特力と地下、山海堂、P. 4

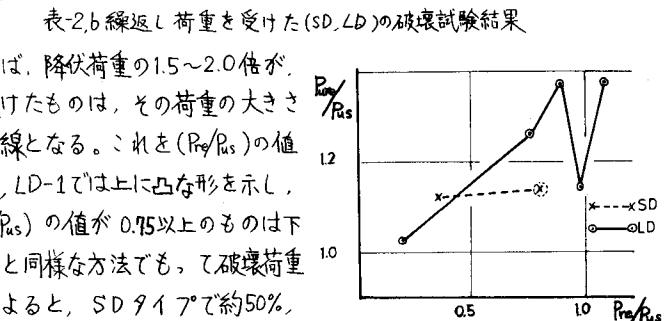


図-1 $P_{Re}/P_s - P_{Re}/P_s$ 曲線

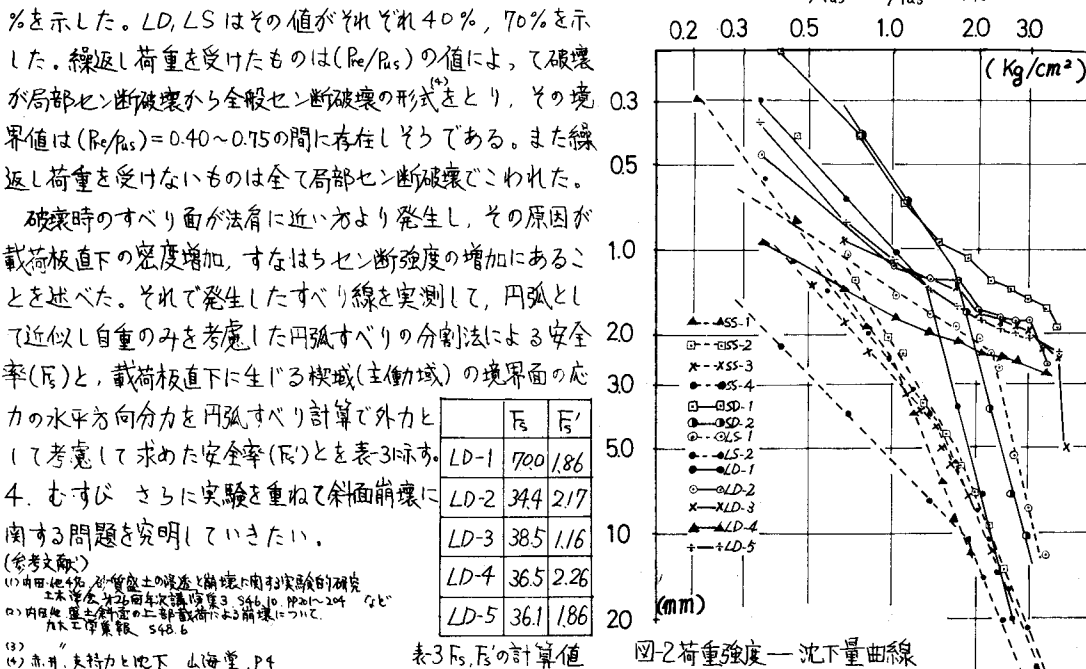


図-2 荷重強度—沈下量曲線

	F_s	F_s'
LD-1	720	1.86
LD-2	344	2.17
LD-3	385	1.16
LD-4	365	2.26
LD-5	36.1	1.86

表 3 F_s, F_s' の計算値