

III-177 モデル斜面の破壊伝播機構と変形的作用

日本大学大学院 ○（学生員） 宮本 義浩
 日本大学理工学部 （正会員） 徳江 俊秀
 工業技術院地質調査所 釜井 俊孝

1. はじめに 地盤の破壊問題に対する現行の取扱いの中心は、極限平衡論に基づくもので、現実には大きな役割を果たしているが、一方、変形性を陽に含み得ない、大規模なすべり線でも破壊が同時に生ずる抜いとなる．．．等様々な疑問も存在する。こうした疑問発生最大の原因の1つに、本来、均一場（土質と応力）でのみ成り立つ事柄を不均一場にそのまま適用していることが挙げられよう。実際の不均一場では”進行性破壊”こそ本質的であり、例え一見、瞬間的な破壊であっても、その前段で破壊の伝播が必ず生じている筈である。破壊の伝播は応力すなわち変形の伝播であり、変形性が不可避的に考慮されねばならない。破壊問題に対する以上の観点から、破壊伝播解明の第一歩として、モデル斜面の傾斜破壊実験を行ったので報告する。

2. 試料、装置及び実験方法 なるべく深いすべりを発生させる為に、試料として岐阜砂に機械油10.5%、ベントナイト17%を加えたものを用いた。この試料を8層に分け締め固め、図-1に示す斜面を均一に形成した。密度の影響を見るために、詰め方は $e=0.8, 1.0, 1.15$ の3種類とした。実験は、土槽をチェンブロックで1度ずつ段階的に傾斜させて斜面を崩壊させた。斜面内部の破壊の伝播を捉えるために、ソーメン電極⁽¹⁾を用いた。ソーメン電極とは、長さ12cmの乾ソーメンの表面に導電性塗料を塗り、その両端にリード線を取り付けたものである。これを図-1のように予め数回崩壊させて求めた標準すべり面付近に12本（3ch～14ch）埋め込み、定電圧を負荷した回路を組み込んでコンピューターに接続した。ソーメン周辺の土が破壊すると、ソーメンが折れ電圧が零となるので、破壊の伝播を捉え得ることになる。図-1に示す位置に変位計を設置し、斜面の表面変位も同時に計測した。

3. ソーメン電極使用の妥当性の検討 ソーメン電極の破壊が砂の破壊を捉え得るのかを調べるために、標準すべり面付近の応力レベルに合わせた低応力一面せん断試験（下部可動； $\sigma=0.026\sim0.076\text{kgf/cm}^2$ ）を行った。供試体は巾14cm×長さ14cm×厚さ10cmの矩形であり、図-2に示すように、砂中にソーメン電極を4本設置した。図-2より $e=0.8$ ではピーク以後でソーメンは破壊することが判る。これよりソーメンが破壊すれば少なくとも砂は破壊していることになるので、ソーメン電極は所期の目的を満たしている。

4. 実験結果および考察

4-1. 破壊伝播のメカニズム 図-3は、 $e=0.8$ の時の傾斜角と斜面表面変位D（膨張側が正）の関係を示す。ただし、横軸を計算機への

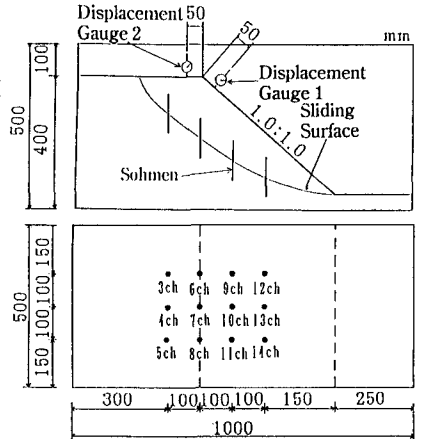


図-1

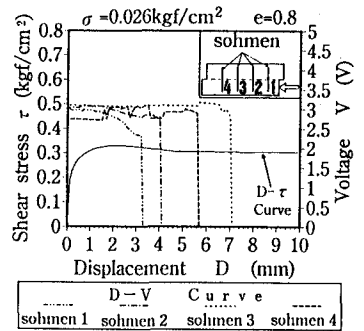


図-2

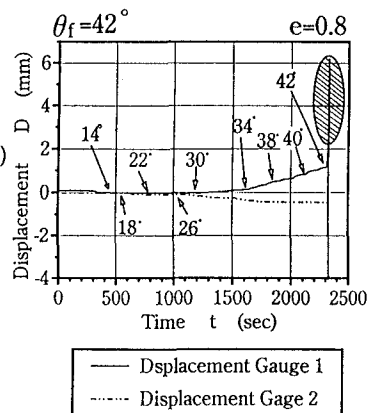


図-3

データ取り込み時刻で示す。これより、 $\theta_f = 42^\circ$ で、亀裂②
ゲージ1、2の変位が共に急増して破壊の伝播が開始し斜面は破壊した。この時、図-4に示すように、法先
数センチ上部に水平状の亀裂①が生じ、次いで法肩奥
10数センチに引張り亀裂②が生じてその瞬間に斜面は
崩壊した。図-5は、亀裂①→②の破壊伝播過程でのソ
ーメン電極の折れた順序を示す。破壊の伝播方向は、
物性、載荷方式に依存するが、傾斜による載荷では、
図-4,5より明らかに破壊は下から上に伝播した。

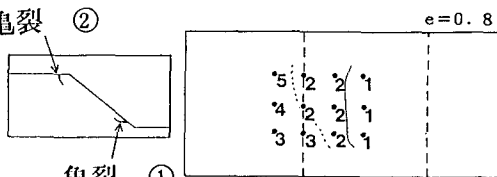


図-4

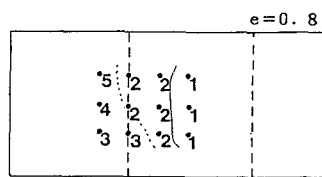


図-5

4-2. 斜面全体の破壊と局所的破壊 図-6-(1)は、図-3の斜線部
を時間軸を拡大して示す。同時に、各ソーメンの折れた時刻も示す。
図-6-(2)は、この時のすべった後のすべり面形状（実線）である。
興味深いのは、(1)図で、5、8chのソーメンが折れた時点Pで、ゲ
ージ1、2の変位が急増し、斜面全体の破壊が生じたことである。

(2)図のすべり面形状の不自然さ、亀裂②の位置、図-5の折れた順
序も勘案すると、P時点のすべりはやや3次元的であるが、(2)図の点
線ですべり、その後に残部がすべった可能性が高い。(1)図の3、4ch
のソーメン切断時刻の遅れ、ゲージ①のQ点での急変がこれを裏付けてい
る。P時点でのすべりに注目すると(1)図より斜面全体の破壊は、引っ張
り亀裂②の助けもあって局所的破壊が斜面上表面まで連続した時点で初めて
生じた可能性が高い。換言すれば、途中までいかに破壊が進行しても、最後
の”皮一枚”分でも局所的未破壊部分があれば、全体的な破壊が生じないも
のと思われる。図-7に $e=1.0$ の場合を示す。傾向的には $e=0.8$ と同様である。
4-3. 破壊伝播に占める変形伝播の第一義性 図-2のように、最密の $e=$
 0.8 でもピーク強度≒残留強度なので、今回の緩詰砂斜面では途中まですべ
り面が入っても、すべり面上の抵抗力はほとんど低下しない。一方、破壊は土

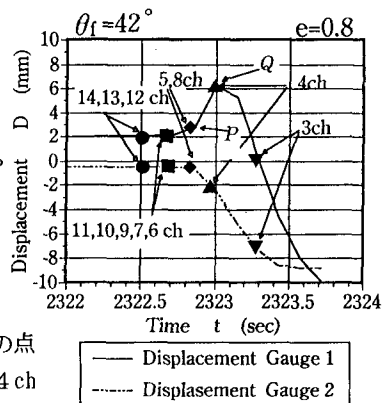


図-6-(1)

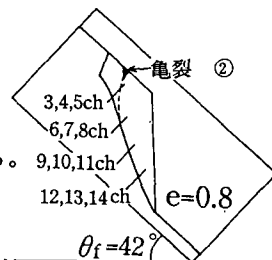


図-6-(2)

槽が $\theta = \theta_f$ で静止中に急速に伝播した。以上の2点から、今回の
破壊伝播はSkempton⁽²⁾、Bjerrum⁽³⁾等の硬質粘土の遅れ破壊とは
異なり応力面だけからでは説明がつけにくい。一方、変形面に注
目すれば、「局所的破壊の発生=その要素のひずみが破壊ひずみ
になるような変形、変位の発生」であり、当然、この変形、変位
は連続する隣接未破壊要素も変形させる。この隣接要素の破壊ひ
ずみが仮に既破壊要素のそれより”小さ”ければ、容易に破壊しよ
う。この繰返しが破壊の伝播と考えると、ピーク、残留の強度差
がなくても説明はつくと思われる。実際、図-6-(2)で斜面がほぼ
鉛直なので、すべり層厚は法先が最大で、すべり面上方に薄くな
り、破壊ひずみが一般に拘束圧が小さい程小さくなる点を考慮す
れば、上の仮説と矛盾しない。

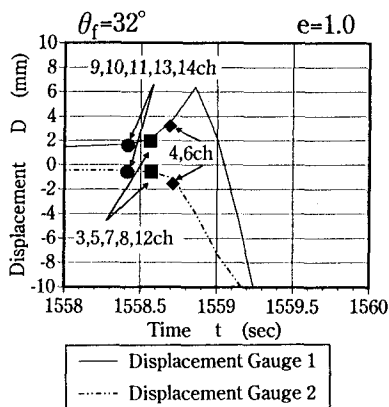


図-7

5. 終りに 実験の助力に対して、助手の梅津氏、平成3、4年度学

生の谷口、土田、草場、重田、鈴木君達、試験機を改良していただいた東京試験工業の橋本氏に深く感謝します。

参考文献 (1) 釜井、宮田、(1992): 「一面せん断試験における破壊面の伝播過程」 第27回土質工学研究発表会

(2) Skempton, A.W. (1964): "Long-term Stability of Clay Slopes", Geotechn. Vol. 14, No. 2, p77-100

(3) Bjerrum, L. (1967): "Progressive Failure in slopes of Overconsolidated Plastic Clay and Clay Shales" ASCE, 93, SM6, pp2-49.