

地盤の歪みエネルギー解放破壊伝播のせん断機構に関する実験的検討

日本大学理工学部 正会員 徳江俊秀
日本大学理工学部 正会員 重村 智
○日本大学大学院 学生会員 堺 洋祐

1. はじめに

従来の滑り面設定の破壊論では「破壊の同時性」を暗黙裡に含むが、実地盤は土質・応力共に不均一であるため破壊の同時性に疑問が生じる。従って、実地盤の破壊機構を解明する上では「破壊の進行性」を考慮すべきである。この立場からの研究成果より、地盤の破壊は「破壊伝播過程」⁽¹⁾、「構造的破壊過程」⁽¹⁾の2過程を経て生じること、同時に破壊の伝播形態の1つである「歪みエネルギー解放破壊伝播」⁽²⁾は「地盤が緩みを伴いながら破壊が進行する破壊伝播機構」であることを示した。既報⁽³⁾⁽⁴⁾では、図-1のような「歪みエネルギー解放破壊伝播」のせん断機構を示した。今回、既報の装置より大型の平面応力型モデル斜面(図-2)を用いてこのせん断機構の実験的検討を行った。その結果、より具体的に「歪みエネルギー解放破壊伝播」のせん断機構を明らかにしたので報告する。

2 歪みエネルギー解放破壊伝播のせん断機構

「歪みエネルギー解放破壊伝播」のせん断機構概念図を図-1に示す。(A)は、土の自重に起因する持続応力(σ_s , τ_s)下において、地盤は未破壊であり、任意仮想面(1'-1'')の両側に作用する土圧 Q は共に等しい。仮想面(1'-1'')における極限釣り合いを微小要素(1'-1'-2'-2'')を用いて示す(B)。仮想面(2'-2'')の上方に作用する微小幅(ds)変化分の力 dQs は反作用として潜在せん断層内の微小要素(1'-1'-2'-2'')に作用する。潜在せん断層内の微小要素は(C)のような応力状態を示す。次に(D)に示すように、何らかの原因により仮想面(1'-1'')より下方の土塊が緩み、微小な下方変位 d を生じたとする。この緩みと並行して破壊もせん断層内の仮想面(1'-1')まで達したとする。この時、仮想面(1'-1')の下方の土圧は緩みにより ΔQ (緩み荷重)だけ減少する。その結果、先と同様に極限釣り合いを考えると、緩み荷重 ΔQ による付加応力($\Delta\sigma$, $\Delta\tau$)により(E)のような応力状態を形成する。この応力状態が破壊基準を満たせばこの要素は破壊し、上方の土塊の緩みと共にせん断層内の破壊が進行する。また、破壊基準を満たさなければ破壊は停止する。従って、緩み荷重 ΔQ に起因する付加応力($\Delta\sigma$, $\Delta\tau$)の大きさが破壊伝播の進行・停止に大きく関与する要因となる。

3. 実験装置・実験手順

実験装置：試料は粘性砂質土($G_s=2.62$ 、ベントナイト17%、含油比11%、 $e=1.0$)を用いた。図-2に既報より大型の平面応力型モデル斜面傾斜破壊実験装置(供試体寸法：高さ60cm×横130cm×奥行き15cm、法勾配45度)の概要図を示す。(1)土槽に1層2.0cm毎に試料を降らし、所定の間隙比 $e=1.00$ となるように突き固める。この際、各層には供試体自立と写真解析のため標点を2.0cm間隔に配置する。(2)仮想滑り面以上の土塊内に圧力センサーを設置する。(3)斜面を法勾配45度に形成する。(4)土槽の両側板を外し、供試体の上部・下部に変位計を設置する。

実験手順：(1)土槽の一端を押し上げ、一度ずつ傾斜させる。(2)所定の角度に傾斜後、供試体下部の変位量が0.01mm/min以下(安定)になるまで待機する。この間、供試体下部の変位量0.05mm毎に写真撮影を行う。(3)各角度の安定時に於ける標点の写真撮影を行う。(1)～(3)を繰り返し行い、ある一定の角度において供試体下部の変位量が急増し始めと同時に連続撮影を行う。

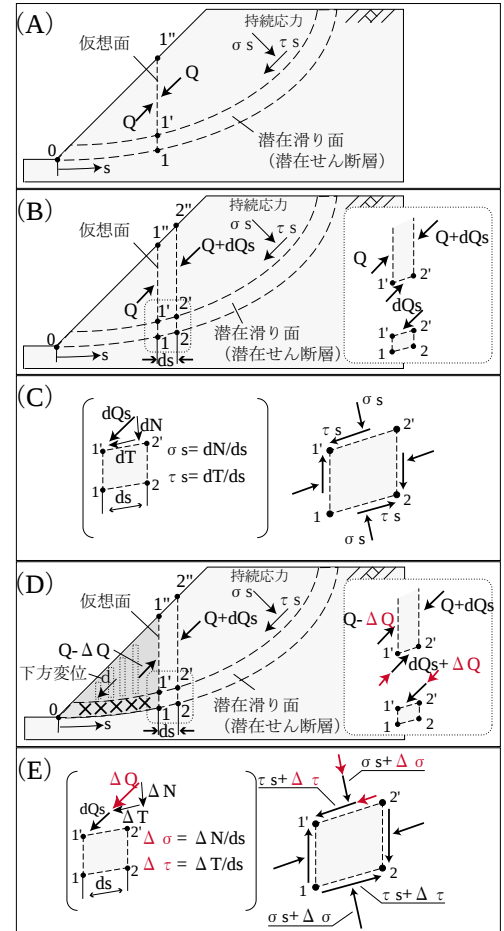


図-1 歪みエネルギー解放破壊伝播のせん断機構概念図

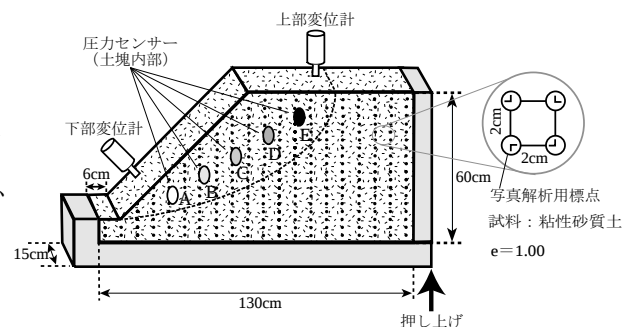


図-2 平面応力型モデル斜面傾斜実験装置

キーワード：砂・進行性破壊・模型実験・斜面・せん断機構

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8 TEL/FAX 03-3259-0675

実験結果・考察

経過時間に対する土塊内の各圧力センサーの圧力変化量、供試体上部・下部の変位計の変位量の関係を図-3 (a) 全傾斜過程 (b) 破壊傾斜角 θf 時の過程) に示す。破壊傾斜角 θf にしてから全体破壊に至るまでの地盤内部の歪み分布変化を図-4 (図-3(a)の a,b,c,d 時) に示す。今回、地盤の歪みは「単純せん断歪み γ ($= \omega + \gamma_{\max}/2$)」を用いて表した。

全傾斜過程での地盤の挙動

図-3 (a) より破壊傾斜角 (θf) 達成後、時間経過と共に地盤下部の変位計の変位量が增大、各圧力センサーの圧力変化量も急変した挙動を示している。これは、地盤が全体破壊に至ったと考えられる。破壊角 θf に傾斜してから全体破壊に至るまでの破壊過程 (図-3(b)、図-4) に着目した結果、①破壊の伝播過程を経て②構造的破壊過程に至ることが確認できた。これより、①、②の過程を詳細に述べる。

①破壊伝播過程 (図-3(b)①の範囲)

図-3 (b) より破壊傾斜角 (θf) に傾斜後、4080 秒から 4175 秒付近にかけて土塊内下部の圧力計 A・B が徐々に増加を示し、上部の圧力計 C・D は徐々に減少を示している。これは、斜面部土塊が緩み先端部へ変位したために先端部土塊が詰まったためと考えられる。つまり、地盤の緩みに伴う変位の伝播が確認できる。この時、a,b,c,d 時における地盤内部の歪み分布状況 (図-4) を見ると、時間経過と共に潜在せん断層に沿って斜面先端部より徐々に歪み集中帯が発達していき、d 時では完全に斜面上部へと貫いている。これは、局所破壊が次々と連続し、せん断層が形成されたと考えられる。従って、この過程は地盤の変位伝播と共に局所破壊が伝播していく破壊の伝播過程である。

②構造的破壊過程 (図-3(b)②の範囲)

図-3 (b) より 4175 秒から 4185 秒付近にかけて土塊内の全圧力計がほぼ一定値を示し、地盤下部の変位計は急増する特徴を示した。これは、土塊全体が一体化してせん断層に沿って剛体的な変位をしたことを示している。4185 秒以後は全計測器が大きく乱れた挙動を示している。これは、地盤が全体破壊し、土塊が大きく崩れたためである。従って、この過程は土構造物がその機能を失う構造的破壊過程である。

①破壊の伝播過程

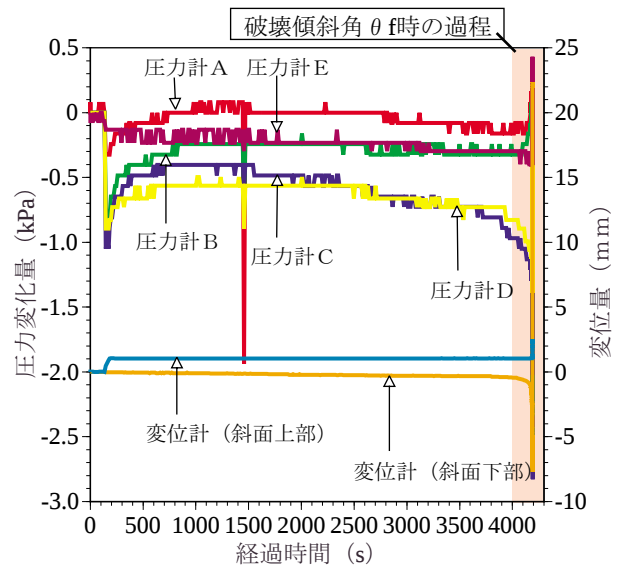


図-3 (a) 全傾斜過程

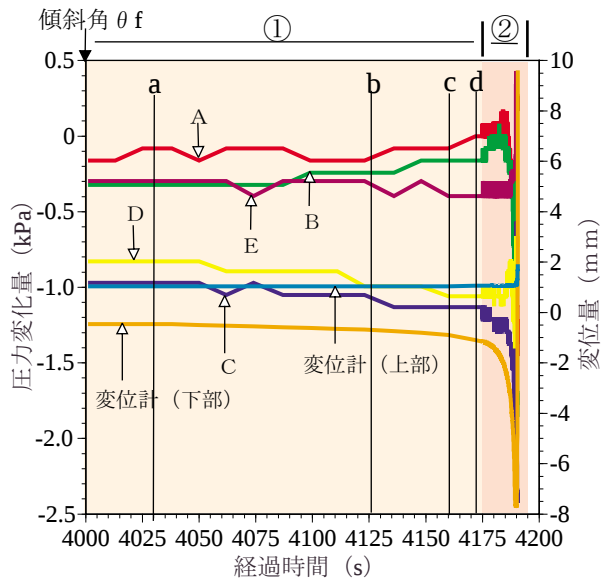


図-3 (b) 破壊傾斜角 θf

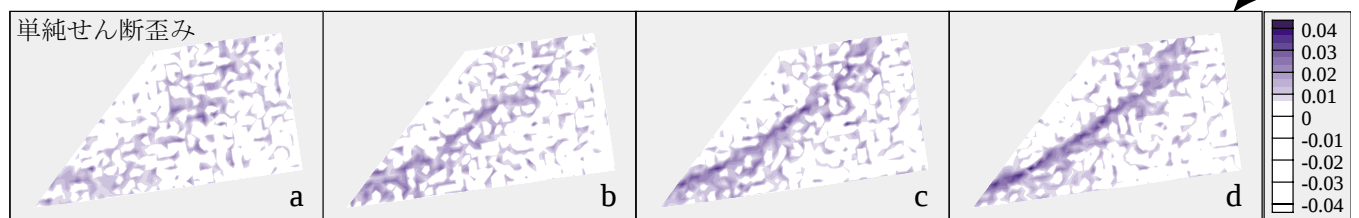


図-4 地盤内歪み分布変化

まとめ

今回示した実験結果から「歪みエネルギー解放破壊伝播」のせん断機構は①破壊伝播過程において地盤の緩みに伴い局所破壊が斜面下部から斜面上部へと貫き、②構造的破壊過程において地盤が全体破壊に至ることがより明瞭に確認できた。これは、「歪みエネルギー解放破壊伝播」の破壊メカニズムの特徴である「地盤が緩みながら破壊が進行する」という破壊進行現象を一層詳細に捉えたことになる。以上のことから、「歪みエネルギー解放破壊伝播」のせん断機構がより具体的に実証されたことが理解される。

<参考文献>

- 1) 徳江・重村(1999): 歪みエネルギー解放破壊伝播のせん断機構に関する考察、第 34 回地盤工学研究発表会
- 2) 徳江(1993): 地盤の破壊問題に関する一考察、第 28 回土質工学研究発表会
- 3) 徳江・重村・中島(1999): 歪みエネルギー解放破壊伝播に伴う地盤の緩みに関する実験的検討、第 34 回地盤工学研究発表会
- 4) 徳江・重村・永塚(1999): 歪みエネルギー解放破壊伝播における地盤内歪み分布変化、第 34 回地盤工学研究発表会