

傾斜地盤上盛土の滑動メカニズムに関する基礎的研究

九州工業大学 学生会員 ○太田 勇希 岡崎 真也
正会員 永瀬 英生 廣岡 明彦

1 はじめに

2007 年能登半島地震¹⁾においては、能登有料自動車道にて盛土の被害が多発しており、それらの被害には(1)深いすべり面、(2)流動距離が大きい、(3)剛体すべりといった特徴を有していることが報告されている。また、この盛土被害は水が集中しているところで多く発生しており、地下水が重要なパラメーターであると考えられる。その一例として、図-1 に傾斜地盤上盛土の簡易モデルを示す。図-1 のような地下水が存在している傾斜地盤上盛土では、地震による液状化または繰返し軟化が原因で地盤の剛性が低下することにより斜面が崩壊すると考えられる。

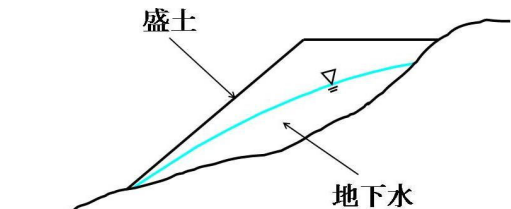
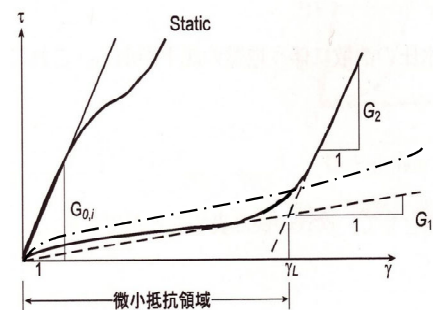


図-1 傾斜地盤上盛土の簡易モデル

液状化に伴う傾斜地盤上盛土の滑動量に関しては、液状化によるせん断剛性の低下傾向を非排水条件下の静的せん断試験で調べ、その結果に基づく解析的検討により推定することが一般的に行われている。非排水状態ではせん断応力とせん断ひずみの関係は、図-2 のように、小さなせん断剛性 G_1 を示す微小抵抗領域と、せん断剛性 G_2 を示す回復領域を持つ曲線となる。つまり、このように剛性が急に回復をされると考えられるならば、その

図-2 液状化後における砂のせん断応力とせん断ひずみの関係²⁾

時点より滑動は抑制されるのではないかと考えられる。ここで、非常にゆっくりと排水が行われると仮定すると、水圧が緩やかに消散するため、剛性の回復も図-2 の一点鎖線のように緩やかに行われ、連続的にすべりが発生するのではないかと考えられる。

そこで本研究では液状化後の剛性回復が排水状態で行われることに着目し、中空ねじりせん断装置を用い排水量を制御した場合の力学特性から傾斜盛土地盤上の滑動メカニズムを明らかにすることを目的とする。

2 試験方法

試験は試料に豊浦砂を用い、中空ねじり試験装置により行った。供試体は、外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形とし、空中落下法で相対密度が 50% となるように作製した。

供試体作製後、脱気水を通水し十分に飽和させ、初期有効拘束圧 $\sigma'_0 = 98 \text{ kPa}$ で等方圧密を行った。そして、軸方向変位を拘束したのち、非排水状態で 0.1Hz の正弦波荷重を 20 回載荷し液状化させた。正弦波荷重は同様の条件の下で行った繰返し試験より求められた液状化強度比 $R_{120} = 0.22$ を基準として設定した。繰返し試験に引き続き、液状化した状態で供試体の上端部から圧密排水用のビューレットに排水を行った。間隙水圧の測定は、供試体下端部で行った。このとき排水速度はコックを開閉することにより次のように制御した。すなわち(1)繰返し載荷を行った後にコックを全開とする(排水速度 大)、(2)コックを徐々に開いていきビューレットを見ながら排水が始まることを確認できる状態にする(排水速度 小)、(3)これらの中間とする(排水速度 中)の 3 つの条件とした。静的単調載荷はひずみ制御で行い、載荷速度は $\dot{\gamma} = 10\%/\text{min}$ とした。

3 試験結果

本試験では排水速度の違いによる剛性の変化傾向を把握するため、非排水繰返し載荷後に前述した排水速

度の異なる条件で静的単調載荷を行う場合と、非排水状態で繰返し載荷と静的単調載荷を行う場合、非排水状態で静的単調載荷のみを行う場合で水圧の変化およびせん断剛性の低下の度を比較した。

3.1 間隙水圧比の低下

図-3 は各排水速度および非排水状態における間隙水圧比の低下量とせん断ひずみの関係を示したものである。非排水の場合、ひずみが大きくなると正のダイレタンシーにより体積が膨張しようとするため、間隙水圧は有効拘束圧よりも大きく低下している。また、排水速度が小さくなるにつれて間隙水圧の低下が始まるのが遅くなっている。いずれの排水速度でも排水による過剰間隙水圧の消散が確認できる。しかし、その後もわずかながら間隙水圧の低下が続いている。これは、供試体の上端部からしか排水が行われていないため、供試体の下端部は非排水に近い状態であり、正のダイレタンシーが発生し、間隙水圧が低下したためではないかと考えられるが、さらに検討が必要と思われる。

3.2 せん断剛性の回復

図-4 は各排水速度および非排水状態におけるせん断応力とせん断ひずみの関係を示したものである。間隙水圧比の低下と同様に、排水速度が小さくなるにつれてせん断剛性の回復までのひずみの値が大きくなっており、またせん断剛性も小さくなっている。排水時には急激な剛性の回復が見られるが、過剰間隙水圧が消散し吸水が始まると剛性の回復は緩やかになっていることが分かる。

3.3 間隙水圧比とせん断剛性の関係

図-3、図-4 の関係を見ると、間隙水圧が一時的に増加すると同時にせん断応力が低下している。これは急激な吸水が行われた地点とほぼ一致しており、吸水によって間隙水圧の消散が抑制され、間隙水圧が増加して有効応力が低下し、せん断応力が低下したためであると考えられる。

また、図-5 に示す、せん断応力と間隙水圧比の関係を見ると、静的単調載荷のみを行った場合を除くと、すべて右上がりの曲線となっている。過剰間隙水圧が消散するまでは、それぞれ異なった曲線となっているが、消散後は同じ曲線上にあることが分かる。

4. まとめ

液状化した砂の排水を伴う静的せん断試験を行った結果、次のことが明らかとなった。

- ・排水速度が小さいと剛性の回復が緩やかになり、非排水の場合に類似した傾向を示している。
- ・排水が終わり、吸水が始まると剛性の回復は緩やかになる。
- ・吸水が行われると間隙水圧が増加し、せん断応力が低下する。

参考文献

- 1) 2007 年能登半島地震被害調査報告書、土木学会・地盤工学会、2007
- 2) 地盤の動的解析—基礎理論から応用まで—、地盤工学会、2007

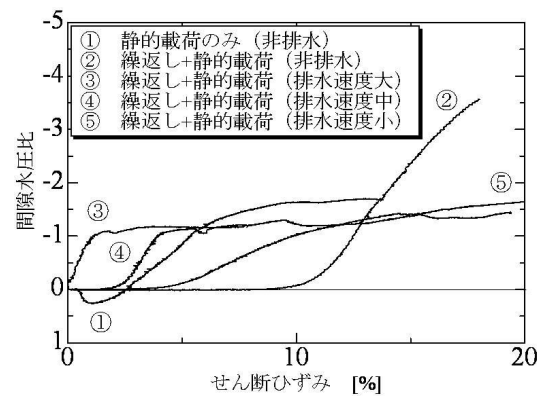


図-3 間隙水圧比の低下量とせん断ひずみの関係

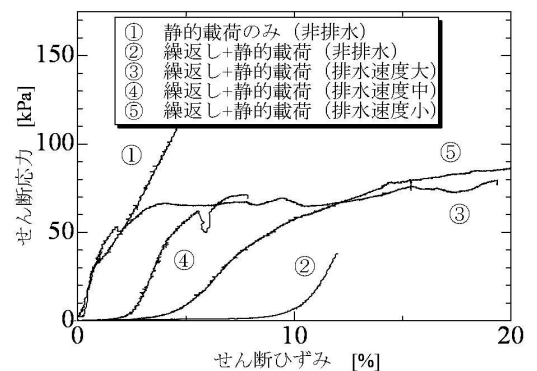


図-4 せん断応力とせん断ひずみの関係

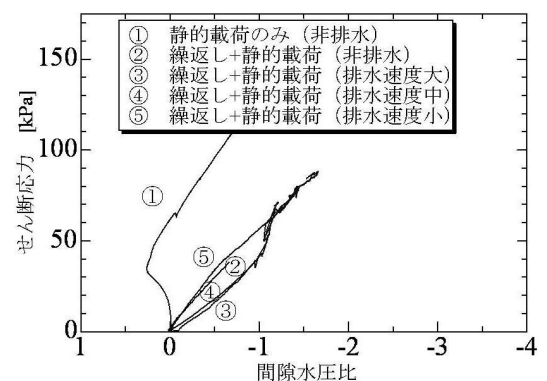


図-5 せん断応力と間隙水圧比の関係