

単純せん断時の砂質土の有効応力変化について

岡田康彦 (独立行政法人防災科学技術研究所)

1 はじめに

地すべり・斜面崩壊から流動化に発展し、高速で長距離運動する「高速長距離土砂流動現象」が多発している。平成15年においては、5月の宮城県栗原郡築館町ならびに7月の宮崎県水俣市の土砂災害が挙げられる。これらの災害の発生・運動機構を土質力学的に調べるためには、長距離せん断が可能な試験機を用いる必要がある。これまでは主に、リング型一面せん断試験機を用いた研究が実施されてきた。京都大学防災研究所では、非排水試験(せん断中も間隙水が外にまったく漏れない試験)が可能なリング型一面せん断試験機が開発され、これまでに精力的な研究がなされてきた。このタイプの試験機は、①与え得るせん断変位に限界がなく、大変位を載荷可能、②上せん断箱および下せん断箱のギャップ面において土試料にせん断を与えることにより、土砂流動現象のすべり面の再現が可能である。一方、特にせん断初期において、土試料とせん断箱側壁との間の摩擦により、計測されるせん断抵抗が増加している可能性がこれまで指摘されてきた。また、地すべり・斜面崩壊のいわゆるすべり面は、文字通りなめらかな厚さのない「面」というよりは、多くのせん断面によって構成される「せん断帯」として扱う方が、より適切であると考えられる場合も多い。

著者は、地すべり・斜面崩壊のせん断帯における力学挙動計測用土質試験機として、「リング型単純せん断試験機」を開発した。この試験機は、薄層のリング状アルミニウムに特殊タフラム加工を施し、そしてそれを重ねることにより形成された積層体をせん断箱に持つ(図1)。Roscoe et al. (1967) や Finn et al. (1971) による、円筒状もしくは立方体状のせん断箱を用いた単純せん断試験を用いた実験的研究結果から、次の問題の存在が明らかになっている: 供試体の前後面における供試体の上下面と釣り合うべきせん断応力の載荷が困難なため、供試体中央部の水平面をせん断中水平に保つことができない。しかし、今回開発したリング型単純せん断試験機においては、せん断方向がエンドレスの構造を有するため、この問題はほとんど影響しないものと考えられる。

本報では、リング型単純せん断試験機を用いて、珪砂試料を対象に定体積せん断試験を実施した結果を報告する。

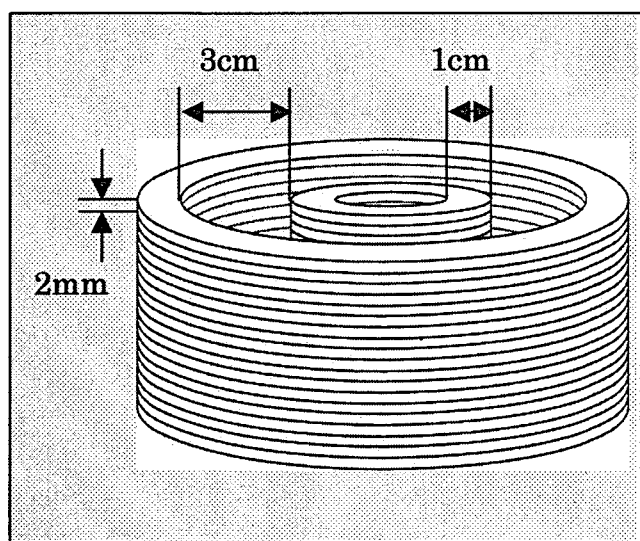


図1 リング型単純せん断試験用せん断箱
(薄層アルミニウムリングの積層体)

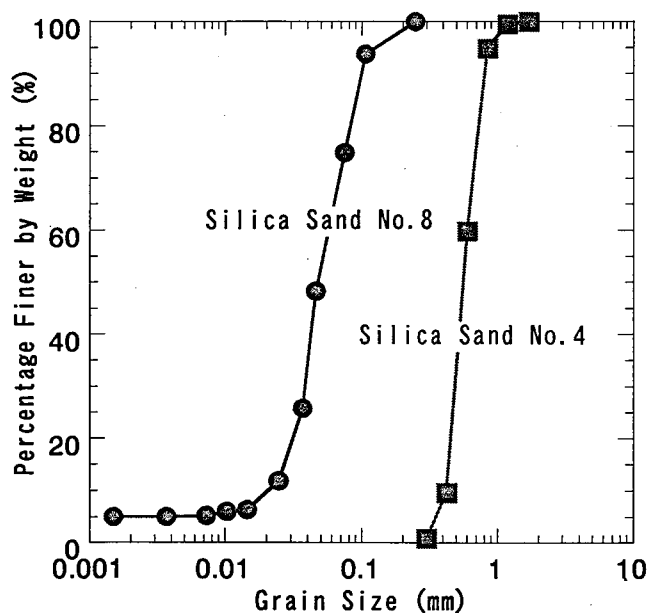


図2 珪砂4号及び8号の粒度分布曲線

2 試験機ならびに試料

リング型単純せん断試験機は、科学技術振興調整費若手任期付研究員支援「大変位せん断試験による土砂流動現象の解明」(研究代表者：岡田康彦)にて開発したもので、ドーナツ型試料の内側直径は12cm、外側直径は18cmである。厚さ2mmのアルミニウムリングにタフラム加工を施すことにより、①摩擦係数が小さい、②表面が非常に硬い、③耐摩耗性に優れる、という要素を与えリング型単純せん断を可能とした。定体積せん断時は、所定の垂直応力(200kPa)で供試体を正規圧密した後、载荷盤を試験機フレームに剛結することにより、せん断中の試料の体積が一定になるようにして実施した。

用いた試料は珪砂4号と珪砂8号であり、約95%の石英からなる砂またはシルトである。両試料の粒度分布曲線を図2に示す。平均粒径は、珪砂4号が0.56mm、珪砂8号が0.048mmである。

3 珪砂試料に発生した有効応力変化

図3に垂直応力とせん断変位の関係を示す。珪砂4号の垂直応力は、せん断変位10mm(点A)で最小値(=28kPa)を示した後、大きく垂直応力を回復しせん断変位100mm(点B)で95kPaを示す。その後再度減少に転じ、せん断変位5m(点C)で51kPaを示した。一方、珪砂8号の垂直応力は、せん断変位12mm(点D)で最小値(17kPa)を示した後、徐々にその値を回復し、せん断変位5m(点E)で46kPaを示した。この時、珪砂4号試料においてせん断変位100mmで認められた、垂直応力のピークを示すことはなかった。これらの図から、せん断変位が10mm程度までは、両試料の垂直応力変化はほぼ等しい軌跡を描いているが、その後は、珪砂4号試料の垂直応力が大きな値を示している。一方、最終的に定常状態に到達したと考えられるせん断変位5mにおいては、再びほぼ同じ値に収束している。

図3中における珪砂4号の点A、BおよびC、珪砂8号の点DおよびEにおける垂直応力と、両試料の平均粒径の関係を図4に示す。図4中の3本の線は、最小垂直応力、最小垂直応力発生後認められた最大垂直応力、そして定常状態時の垂直応力の関係を示している。珪砂8号では、最大垂直応力と定常状態時の垂直応力は同じ値である。■印が珪砂4号試料、●印が珪砂8号試料の結果である。3本の線は右上がりを示し、いずれにおいても珪砂4号が珪砂8号よりも大きな値を示した。珪砂8号は、細粒分を多く含むシルトであり、有効垂直応力の減少はこの細粒分に影響を受けることを示唆していると考えられる。

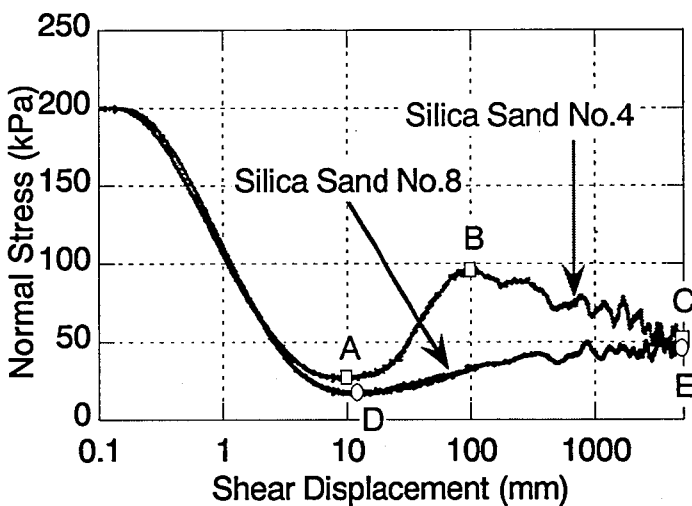


図3 有効垂直応力とせん断変位の関係

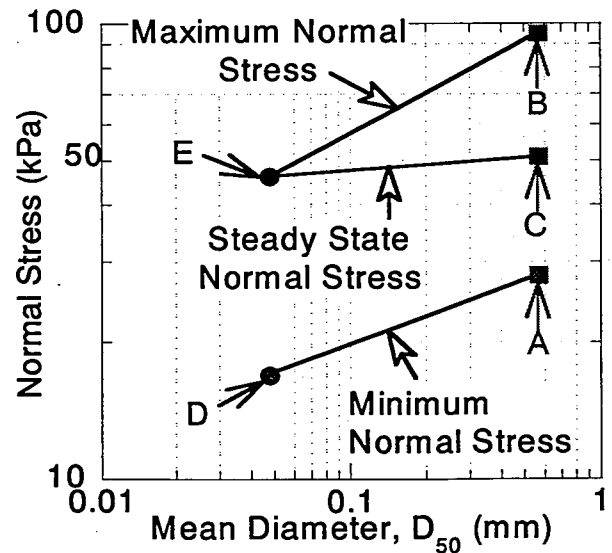


図4 最小・最大・定常状態有効垂直応力と平均粒径の関係