

III-318 多段階載荷三軸試験による粗粒材の強度定数の決定(その2)

竹中技術研究所 正会員 上田貴夫 中崎英彦
(株)竹中土木 高橋三津彦

1. まえがき

筆者らは(その1)において述べられたような考えかたおよび方法に基づいて試験を実施した結果、MSTを実際に粗粒材に適用するにあたっての問題点、限界等について若干の知見を得るに至った。本報では載荷履歴が強度特性に及ぼす影響と、粒度組成がMSTの適用性にどのような影響を与えるかについて検討を加えたのでここに報告する。

2. 載荷履歴が強度特性に及ぼす影響について

ここでは主として標準砂を使用した試験の結果をもとに、載荷履歴がどのように強度特性に影響を及ぼすかについて述べる。

まず、標準砂を用いたSSTは(その1)の表-1に示されているように拘束圧が1, 2, 3, 5 kg/cm²の4種類について試験を行った。その結果、 $\phi' = 39.3^\circ$, c はほぼ0であった。図-1~図-4の実線はこれを表している。

図-1において点線で示されているのが2-1-M(MST-1)により求められたピーク強度線で、これから ϕ' を計算すると 39.5° となる。それに対して、図-2に示されているのは2-2-M(MST-2)によるもので、 $\phi' = 38.3^\circ$ となっている。このように、MST-1とMST-2の間に差は認められず、応力経路の違いによる影響は殆どないと考えられる。また、破壊時のダイラタンシーレートについては(その1)の表-1に見られるように、SST、MST-1、MST-2の三者とも σ_3' が増加するにつれて減少する傾向は見られたものの、顕著な差は認められない。

図-3および図-4はSPCで行われた試験の結果であり、載荷を開始して数ステップの間はSSTより求められた直線とよく一致しているが、3-1-SPC, 3-2-SPCともに $(\sigma_1' - \sigma_3') / 2 = 5 \text{ kg/cm}^2$ 程度のところでSSTの破壊線からずれてくる。この原因として、スベリ面の発達等の影響が考えられるが、一般的にはどのあたりからずれ始めるのか今後検討する必要がある。

3. 粒度組成が強度特性に及ぼす影響について

多段階載荷試験の基本的要件としては、

- 1) 最大軸差応力値を確認する。
- 2) 圧密による強度増加を確認した後、次の段階に移行する。

の2点が挙げられよう。この場合、前段階のせん断履歴の影響がなければ基本的に問題がないわけであるが土質材料は非線形性を呈する(粘)弾塑性材料であり、かつダイラタンシーを生ずる特性を有している。したがって、これらの要因が強度特性にどのような影響を与えるかを明らかにすることが肝要になってくる。

図-5に各材料の最大軸差応力と拘束圧の関係を示す。文献2)の中でも指摘しているように材料-1, 2

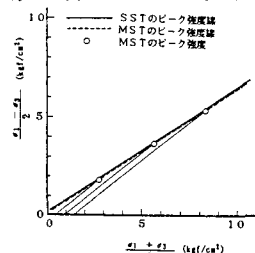


図-1 2-1-Mのピーク強度

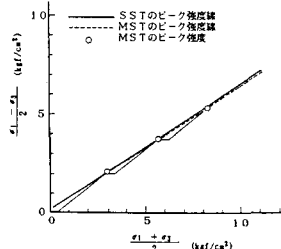


図-2 2-2-Mのピーク強度

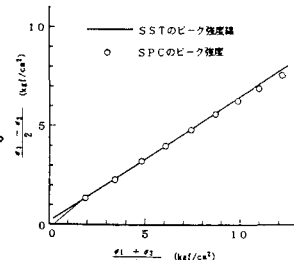


図-3 3-1-SPCのピーク強度

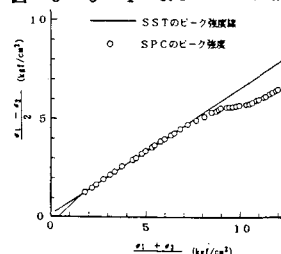


図-4 3-2-SPCのピーク強度

に対してはSSTとMST両者は整合性がよいが、細粒分が多い材料-3については、かなり差が生じている。ここで、材料が受けたせん断履歴を評価するため、各試験の応力～ひずみ～体積変化の関係を示そう(図-6)。図-7に模式的に示すように、せん断中に生ずるひずみを弾性ひずみと塑性ひずみに分離して考えると、材料-1, 2のように粗粒分が多く比較的ぜい性破壊をしやすい材料は、ピークに至るまでの塑性ひずみ(塑性流動)量が少なく、2段階、3段階目に対するせん断履歴の影響が少ない。それに比較して材料-3は細粒分が多く、ピークが明瞭に現われないため、大きな塑性ひずみが与えられてしまう。これらのことより、せん断中に発生する塑性ひずみが次段階の強度特性に大きな影響を与えと考えられる。

次にダイラタンシーの挙動について検討しよう。一般に、排水条件のもとで実施したせん断試験の最大強度は、ダイラタンシーの影響を受けやすい。これらの影響を明らかにするため、各材料の破壊時のダイラタンシーレート($dv/d\varepsilon$)_fと各拘束圧の関係を示したものが図-8である。粗粒分が多いほどダイラタンシーレートは大きく、また拘束圧が大きくなれば減少する傾向にある。MST法はSST法に比較して($dv/d\varepsilon$)_fが低めに生ずる傾向にあり、今まで指摘されている傾向と一致するが、材料-3の強度の差異が大きすぎるのはダイラタンシーだけではうまく説明できない。このことより、細粒分が多くなると、塑性ひずみの影響が強度に大きな影響を与えるようになってくるものと考えられる。

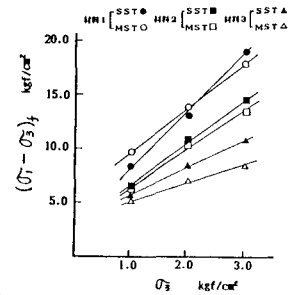


図-5 最大軸差応力～拘束圧の関係

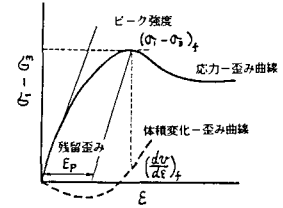


図-7 応力～ひずみ～体積変化の模式図

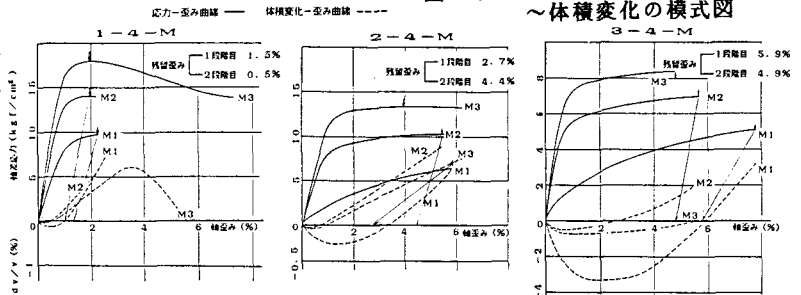


図-6 応力～ひずみ～体積変化の関係

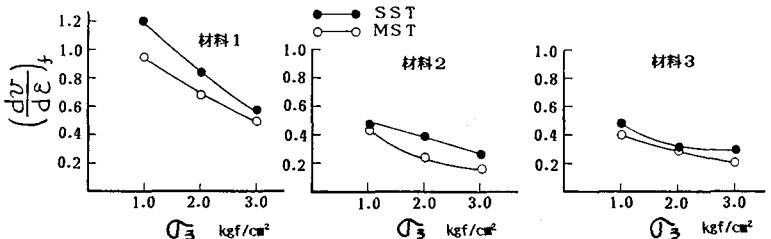


図-8 ダイラタンシー～拘束圧の関係

4. 結論

- 1) 応力径路の差が強度特性に与える影響は少ない。このことにより、SPCは可能性があると思われるが実用化にはさらに検討が必要である。
- 2) 細粒分が多い材料は、塑性ひずみ量が大きくなるためにMSTによるφは低めの値となる傾向にある。そのため、塑性ひずみを消去するような何らかの方法を考える必要がある。
- 3) 材料-1, 2のように礫率が60～70%の材料についてはMSTは十分実用に堪えると思われる。

参考文献

- 1) 高橋 他; 第42回土木学会年次学術講演会, 1987(投稿中)
- 2) 上田 他; 第22回土質工学研究発表会, 1987(投稿中)