

不飽和まき土のサクシオンとせん断強度について

山ロ大学 工学部 正員 ○村田 秀一
山ロ大学 工学部 正員 三浦 哲彦
東洋建設(株) 田中 克典

1. まえがき 不飽和状態にあるまき土の斜面が降雨時に崩壊する例は後と絶たない。この原因として、雨水の浸透に伴う土のせん断強度の低下が考えられる。まき土のような破砕性砂質土の雨水の浸透に伴うせん断特性の変化は、a) 毛管結合力効果、b) 摩擦効果およびc) 粒子破砕効果の変化に起因し、毛管結合力効果は拘束圧が低い場合に寄与する割合が高いこと、摩擦効果はほとんど変化しないこと、および粒子破砕効果は水分と拘束圧の増加に伴って著しく発揮されることを明らかにした。本報告は、乱れたまき土のせん断強度に及ぼす影響を、比較的低い拘束圧下における三軸圧縮試験結果を検討することによって、考察したものである。

2. 試料と実験方法 実験に用いたまき土は、宇部市郊外で採取したもので最大粒径4.76mm, $D_{50}=1.0\text{mm}$, $G_s=2.63$ である。供試体は、まず気乾状態の試料をタンパで所定の間隙比($e_0=0.65\sim0.70$)になるまで締固めた後、約4時間程下部ペダスタルより給水し飽和させる($\phi=50\text{mm}$, $h=125\text{mm}$)。次に、 $\sigma_3=0.3\text{kgf/cm}^2$ で等方圧置後、所定の飽和度にするため約0.2kgf/cm²の真空で脱水する。なお、真空吸引の際は、拘束圧を負圧に分けて下げた。この供試体を、ひずみ速度0.1mm/min, 上部排水条件下でせん断し、体積変化量とサクシオンを測定した。サクシオンはFig.1に示すような下部ペダスタルのセラミック板を通じた半導体圧力変換器(TOYODA, PMS-5)を用い測定し、供試体の体積変化量は、二重ビューレット管を用い、側液の増減から求めた。

3. 実験結果と考察

1) 応力・ひずみ・サクシオンの関係 Fig.2は、破壊時の飽和度が各々異なる供試体の軸差応力・体積歪・サクシオン・軸差曲線の代表例である。いずれの場合においても、体積は収縮→膨張の傾向を示し、ダイレイタンス指数は飽和度の低下と共に増加している。また、サクシオンの値は、飽和度の低下と共に増加しているが、せん断中でのサクシオンの値の変動は小さい。また、この図から

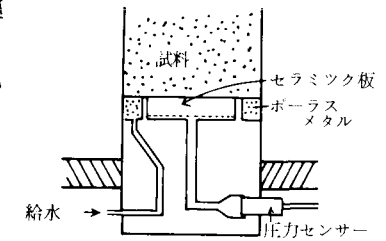


Fig.1 サクシオン測定装置部

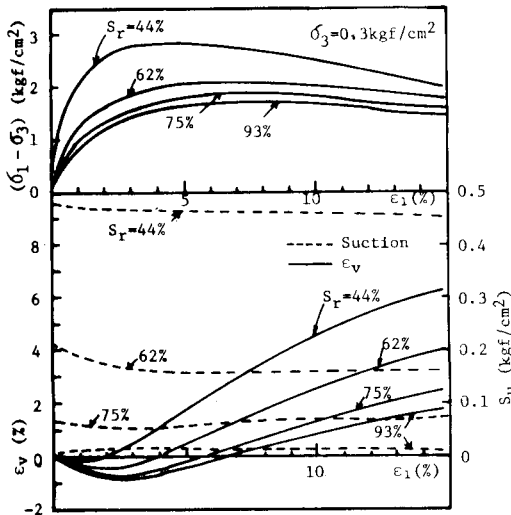


Fig.2 実験結果

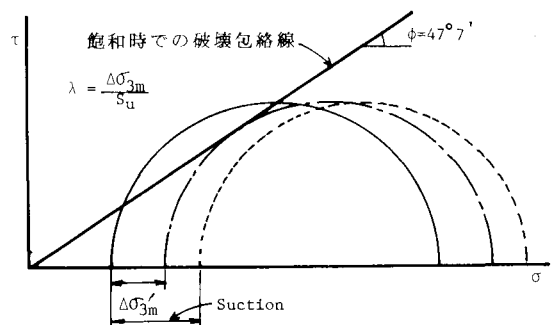


Fig.3 増加有効側圧 $\Delta\sigma_{3m}$ および定数 λ の求め方

破壊時の軸差応力は、飽和度の低下と共に増加していることがわかる。この増加の要因として、ダイレイタンス効果、粒子破砕効果、およびサクション効果が考えられるが、ここではサクション効果について論ずる。

2) サクションによる有効側圧の増加 Fig. 2 に示したように、せん断中にサクションが生じているので、このサクションにより側圧が見かけ上増加して、破壊時の軸差応力を増加せしめていると考えられる。そこで、側圧の増加と飽和度の関係を明らかにするため次のような方法を試みた。Fig. 3 を参照し、飽和状態での破壊包絡線を求め ($\phi' = 47^\circ$)、次に、不飽和の供試体の試験結果を用いて、Mohr の応力円 (実線) を描き、得られたサクションを間隙水圧的に考え、左方に移動する (破壊線の円)。また、同じ円を飽和時の破壊包絡線に接するよう移動させ (一点、破壊線の円)、この円の最小主応力を求めることによって、サクションによって増加した増加有効側圧 $\Delta\sigma_{3m}'$ を求めることができる。Fig. 4 は、 $\Delta\sigma_{3m}'$ と飽和度の関係であるが、飽和度の低下に伴って $\Delta\sigma_{3m}'$ が増加している。次に、Fig. 3 において、 $\lambda = \Delta\sigma_{3m}' / S_u$ (ここに S_u : サクション) とすることによって、 $\Delta\sigma_{3m}'$ の S_u に及ぼす寄与率 λ を求めることができる。Fig. 5 は、 λ と S_r の関係であるが、 λ は S_r の低下に伴って減少している。

3) せん断強度とサクション 試料の内部摩擦角を ϕ' とすると、 $\Delta\sigma_{3m}'$ による σ_1' の増分 $\Delta\sigma_1' = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \Delta\sigma_{3m}'$ となる。Fig. 6 は、このようにサクション効果によって増加した $\Delta\sigma_1'$ 、および実測で求めた $\Delta\sigma_1'$ (破壊時の軸差応力 - 飽和時の破壊時の軸差応力) と飽和度の関係である。この図から明らかに、飽和度の低下に伴うせん断強度の増分 $\Delta\sigma_1'$ は、サクションによるせん断強度の増分 $\Delta\sigma_1'$ とほぼ良い一致を示すようである。 $\Delta\sigma_1'$ が $\Delta\sigma_1'$ に比較して若干大きくなっているが、この差は、せん断に伴う粒子破砕効果に関連していると考えている。なお、 $S_r = 60 \sim 100\%$ において、せん断中に粒子破砕が生じたことは確認してある。また、Fig. 6 にサクションによる強度増加の破壊時の軸差応力に対する割合 $\Delta\sigma_1' / (\sigma_1' - \sigma_3')_f$ をプロットしたが、飽和度の低下と共に $30 \sim 40\%$ にもなることが判った。

参考文献 村田・三浦他: まさ土のせん断特性に及ぼす含水比の影響について, 土木学会支部学術講演集(昭和58.2)

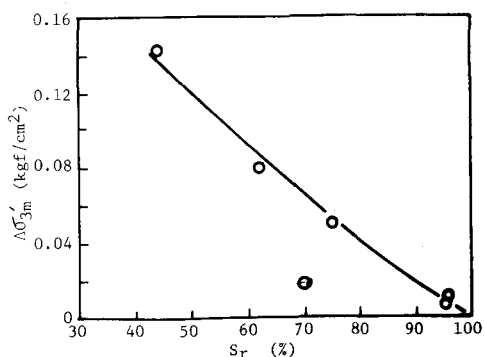


Fig. 4 増加有効側圧と飽和度の関係

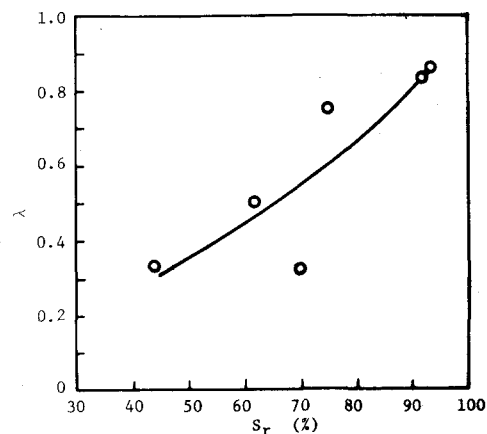


Fig. 5 定数 λ と飽和度の関係

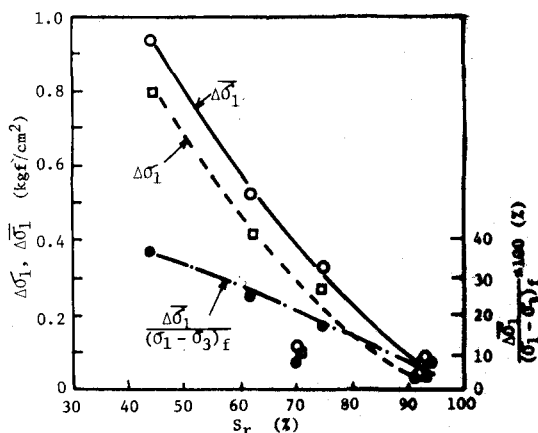


Fig. 6 $\Delta\sigma'_1$, $\Delta\sigma'_1$ および $\Delta\sigma'_1 / (\sigma'_1 - \sigma'_3)_f$ と S_r の関係