

山口大学工学部 正員 ○村田 秀一
山口大学工学部 正員 三浦 哲彦
山口大学工学部 正員 安福 規之

1. まえがき まさ土のような破碎性土は浸水によってせん断強度が低下することが知られている。このような浸水に伴うせん断強度の変化は、a)摩擦効果、b)粒子破碎効果あるいはダイレイタンスー効果および、c)毛管結合力効果の変化に起因すると考えられる。これまでの研究により、摩擦効果は水分の影響をほとんど受けないこと、粒子破碎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、および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を明らかにした¹⁾。本報告は、まさ土の飽和度の低下に伴うせん断強度増加を説明するために、上述のb)、c)の要因について考察したものである。

2. 試料と実験方法 飽和度の異なる供試体について三軸圧縮試験を実施したが、毛管結合力のせん断強度に及ぼす影響を明らかにすることを主眼としたので、拘束圧は 0.3 kgf/cm^2 と定めた。実験に用いたまさ土は、宇部市郊外で採取したもので最大粒径 4.76 mm 、 $D_{50}=1.0 \text{ mm}$ および、 $G_s=2.83$ である。供試体 ($\phi=50 \text{ mm}$, $h=125 \text{ mm}$)は、まず気乾試料をタンパーで所定の間隙比($e_0=0.85-0.70$)に締固めた後、約4時間程給水し飽和させる。次に、 $\sigma_3=0.3 \text{ kgf/cm}^2$ で等方圧密後、所定の飽和度にするために、乾燥剤を通った空気を通しながら約 0.2 kgf/cm^2 の真空で脱水する。なお、真空吸引の際は、拘束圧を負圧分だけ下げた。この供試体を用いて、ひずみ速度 0.1 mm/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。サクシオンは下部ペDESTALのセラミック板を通じた半導体圧力変換器 (TOYODA, PM-S5)を用いて、負の間隙水圧として読み取り、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測定した。

3. 実験結果と考察

1)ダイレイタンスー効果および粒子破碎効果 図-1は、破壊時の軸差応力 $(\sigma_1-\sigma_3)_F$ 、ダイレイタンスー指数 $(dv/de_1)_F$ 及びダイレイタンスー補正をした破壊時の軸差応力 $(\sigma_1-\sigma_3)_R$ と飽和度の関係である。この図から、飽和度の低下と共に破壊時の軸差応力 $(\sigma_1-\sigma_3)_F$ および $(dv/de_1)_F$ は増大することが判る。この S_r の低下に伴う $(dv/de_1)_F$ の増加は、図-2に示すせん断中のまさ土粒子の破碎量と密接に関係している。すなわち、 $\sigma_3=0.3 \text{ kgf/cm}^2$ という比較的低い拘束圧下においても、まさ土は、 $S_r > 70\%$ 以上では粒子破碎が生じ、粒子破碎量の低下と共に $(dv/de_1)_F$ が増加すると考えることができる。そこで、ダイレイタンスー補正をした軸差応力を次式をもちいて求める。

$$(\sigma_1-\sigma_3)_R = \sigma'_1 / (1 + dv/de_1)_F - \sigma'_3 \quad \text{----- (1)}$$

その結果、図-1に示すように、 $S_r=75\%$ で最大値を示す。なお、まえがきで述べたように、摩擦効果は含水比の影響を受けないものと考え、 $(\sigma_1-\sigma_3)_R$ の変化は、毛管結合力の変

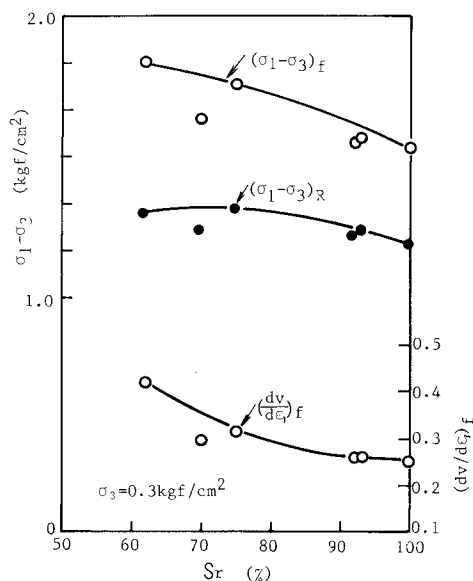


図-1 $(\sigma_1-\sigma_3)_F$, $(\sigma_1-\sigma_3)_R$ および $(dv/de_1)_F$ と S_r の関係

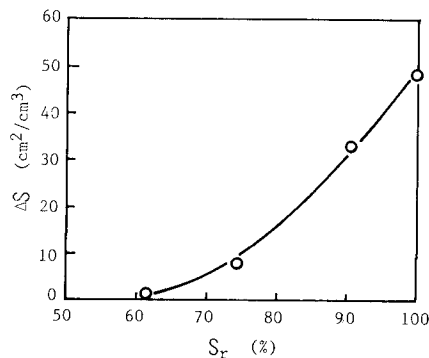


図-2 粒子破碎量 ΔS と S_r の関係

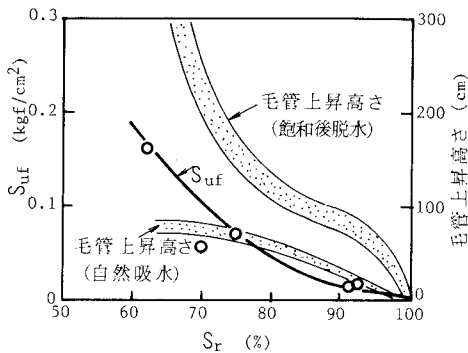


図-3 破壊時のサクシオン S_{uf} と S_r の関係

化であると考えられる。

2) 毛管結合力効果 図-3は、破壊時のサクシオン S_{uf} と S_r の関係である。なお、図-3には、ほぼ同じ間隙比を持つまき土の二方法による毛管上昇高さ（試験期間2週間）も示したが、ほぼ類似した傾向を示している。そこで、このサクシオンを間隙水圧的に考えて、まき土の毛管結合力効果のせん断強度に及ぼす影響を考察してみる。飽和供試体の試験結果を用い、ダイレイタンスー効果を補正し、飽和時での破壊包絡線を求める。次に、任意の飽和度の試験結果を同じくダイレイタンスー補正して、図-4に示したようにMohrの応力円（実線）を描き、先に求めた破壊包絡線に接するように移動する（一点破線）。この円の最小主応力を求めることにより、 $\Delta\sigma'_{3m}$ 、すなわち、サクシオンによる増加有効側圧を求めることができる。また、図-4のように、サクシオンの値だけ、先のMohr円を左方に移動すると（破線の円）、破壊包絡線と交わらない。よって、サクシオンの内、いかに程が増加有効側圧として作用しているかを見る尺度 λ を次式で求める。

$$\lambda = \Delta\sigma'_{3m} / S_{uf} \quad \text{-----}(2)$$

図-5は、 λ と S_r の関係であるが、 S_r の低下に伴って λ は急速に減少し、 $S_r < 50\%$ 以下では、ほぼ0になることを示唆している。なお、ここで $\Delta\sigma'_{3m}$ と S_r の関係について調べてみると（図-6）、 $S_r = 100 \rightarrow 75\%$ までは $\Delta\sigma'_{3m}$ は増加しているが、 $S_r < 75\%$ においては若干減少し始める傾向を認めることができる。ところで、 $\Delta\sigma'_{3m}$ による主応力 σ_1 の増分 $\Delta\sigma'_{1m}$ は、

$$\Delta\sigma'_{1m} = \Delta\sigma'_{3m}(1 + \sin\phi'_R)/(1 - \sin\phi'_R) \quad \text{---}(3)$$

となる。ここで ϕ'_R はダイレイタンスー補正によるせん断抵抗角で $42^\circ 18'$ である。したがって、 $\Delta\sigma'_{1m}$ と S_r の関係は、図-6に示すようになり、同図に示した S_r の低下に伴う飽和時の軸差応力からの増加応力 $\Delta\sigma'_{1R}$ （=不飽和時の破壊時軸差応力-飽和時の破壊時軸差応力）と極めて良い一致を示すことが判った。

あとがき 実験を手伝っていただいた田中克典君（現東洋建設）に謝意を表する。

参考文献¹⁾ 村田、三浦他：まき土のせん断特性に及ぼす含水比の影響について、土木学会西部支部発表会講演集(S.58.2.)

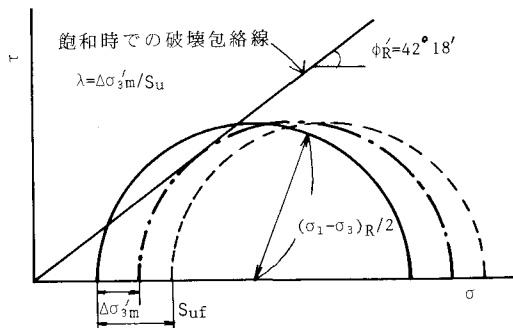


図-4 増加有効側圧 $\Delta\sigma'_{3m}$ および λ の求め方

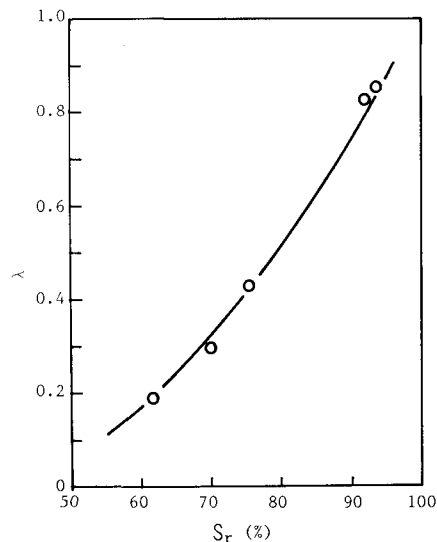


図-5 λ と S_r の関係

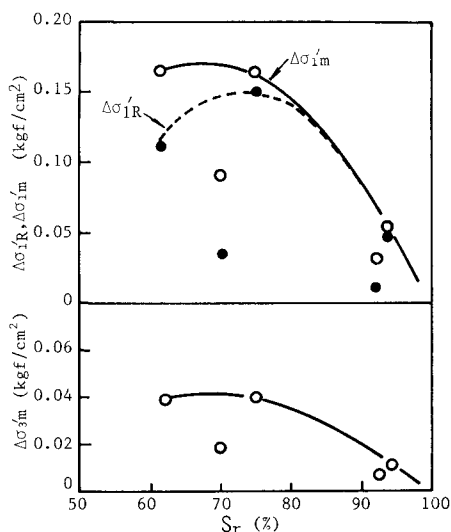


図-6 $\Delta\sigma'_{3m}$ 、 $\Delta\sigma'_{1R}$ および $\Delta\sigma'_{1m}$ と S_r の関係