

III-407

乾燥状態と水で濡らした状態のアルミ棒積層体の低拘束圧下のせん断強度の微視的考察

名古屋工業大学 正 会 員 ○松岡 元

" " 加藤 正司

" 学生会員 滝脇 泰将

すでに、 $\phi 1.6\text{mm}$ や $\phi 3\text{mm}$ のアルミ丸棒を水で濡らすと付着してぶら下がることに着目して(図-1)、乾燥状態と水で濡らした状態のアルミ丸棒積層体($\phi 1.6\text{mm}$, $\phi 3\text{mm}$ 、混合重量比3:2、長さ50mm)の低拘束圧($\sigma=0.5\sim 10\text{gf/cm}^2$)下の特殊な一面せん断試験を実施し、水の表面張力による粘着力 c について検討している¹⁾。ここでは、粒子配置や水の表面張力の働き方が明かな $\phi 1.6\text{mm}$ だけの粒子の規則配置の場合について、同様に乾燥状態と水で濡らした状態に対するせん断試験を行い、水の表面張力による粘着力 c や内部摩擦角 ϕ について解析を試みた。これより、不飽和土のせん断強度の源について考察する。

まず、等径粒子の規則配置の場合のせん断時の力のつり合いを考える。図-2において、水平方向のせん断力を H 、鉛直方向の垂直力を V 、水の表面張力による粒子間付着力を P 、粒子接平面に垂直方向に作用する抗力を N 、粒子接平面方向に作用する摩擦力を $F(N\cdot\tan\phi_\mu)$ とすれば、水平方向および鉛直方向の力のつり合いより次式を得る。

$$H=N\sin\theta+F\cos\theta \quad (1)$$

$$V+2P\cos\theta+F\sin\theta=N\cos\theta \quad (2)$$

式(1)、(2)より、

$$\frac{H}{V+2P\cos\theta}=\frac{N\sin\theta+F\cos\theta}{N\cos\theta-F\sin\theta}=\tan(\theta+\phi_\mu) \quad (3)$$

ここに、 ϕ_μ は粒子間摩擦角である。式(3)左辺の分母、分子を水平な断面積 A で割ると、

$$\frac{H}{V+2P\cos\theta}=\frac{H/A}{V/A+2P\cos\theta/A}=\frac{\tau}{\sigma+2p} \quad (4)$$

ここに、 $p=P\cos\theta/A$ 。式(3)、(4)より、せん断破壊時には $\tau=\tau_f$ として、

$$\tau_f=\sigma\tan(\theta+\phi_\mu)+2p\tan(\theta+\phi_\mu) \quad (5)$$

式(5)を $\tau_f=c+\sigma\tan\phi$ なるせん断強度式と比較すれば、

$$\phi=\theta+\phi_\mu, \quad c=2p\tan(\theta+\phi_\mu)=2(P\cos\theta/A)\tan(\theta+\phi_\mu) \quad (6)$$

式(6)に、 $\theta=30^\circ$, $\phi_\mu=16^\circ$ (実測値)、 $P=0.75\text{gf}$ (実測された水の表面張力による2粒子間付着力の平均値)、 $A=0.16\times 5=0.8\text{cm}^2$ を代入すれば、 $\phi=46^\circ$, $c=1.7\text{gf/cm}^2$ となる。また、乾燥状態では $P=0$ であるので、 $\phi=46^\circ$, $c=0$ となる。

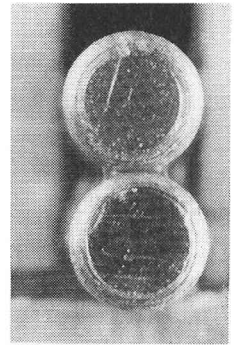


図-1 $\phi 1.6\text{mm}$ のアルミ棒の接点に付着した水のメニスカス

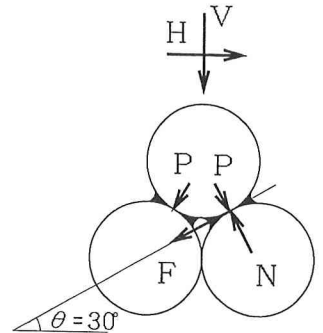


図-2 等径粒子の規則配置の場合のせん断時の力のつり合い

図-3(a),(b)は、それぞれ乾燥状態および水で濡らした状態($w \approx 2\%$)における $\phi 1.6\text{mm}$ アルミ棒の規則配置(2段積み)の一面せん断試験から得られた $\tau_f \sim \sigma$ 関係図を示している。図中には上記の解析より得られた直線を描いているが、よく合致しているのが見られ興味深い。参考のため、図-4(a),(b)に、それぞれ乾燥状態および水で濡らした状態($w \approx 2\%$)における $\phi 1.6\text{mm}$ と $\phi 3\text{mm}$ の混合アルミ棒積層体の一面せん断試験から得られた $\tau_f \sim \sigma$ 関係図を示している¹⁾。図-4(a),(b)からも、乾燥状態と水で濡らした状態の $\tau_f \sim \sigma$ 関係図がほぼ上下に平行移動できるような差があること、 c の値があまり変わらないこと(図-3(b)と図-4(b)の比較)、 $\sigma=0$ 付近の ϕ の値($\approx 45^\circ$)があまり変わらないこと(図-3と図-4の比較)が見られ、興味深い。なお、図-3に比較して図-4の $\tau_f \sim \sigma$ 関係が上に凸の曲線($\phi \rightarrow$ 小)になるのは、2種混合径の集合体であるため比較的粒子が譲り合いやすく、 σ が大きくなると実質的に θ が 30° から小さくなるためと考えられる($\phi = \theta + \phi_\mu$)。

以上より、不飽和土のせん断強度の源をこのような単純化したケースから類推することが許されるならば、式(5)、(6)や図-3、図-4からわかるように、水の表面張力による粒子間付着力の分だけ粘着力 c の成分が増加し、内部摩擦角 ϕ については、乾燥状態(あるいは完全飽和状態)の ϕ とあまり変わらないのではないかと想像される²⁾。

文献 1)松岡他(1993):水で濡らしたアルミ棒積層体の低拘束圧下のせん断強度と斜面の安定解析への適用、第28回土質工学研究発表会(掲載予定)。2)Fredlund, D. G. 他(1978):The shear strength of unsaturated soils, Canadian Geotechnical Journal, Vol.15, No.3, pp.313-321.

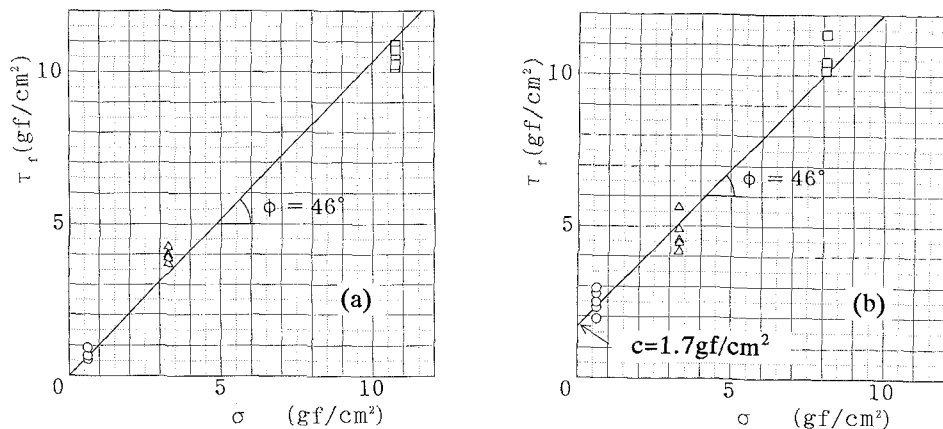


図-3 (a)乾燥状態と(b)水で濡らした状態のアルミ棒積層体($\phi 1.6\text{mm}$ だけ、2段積み)の $\tau_f \sim \sigma$ 関係

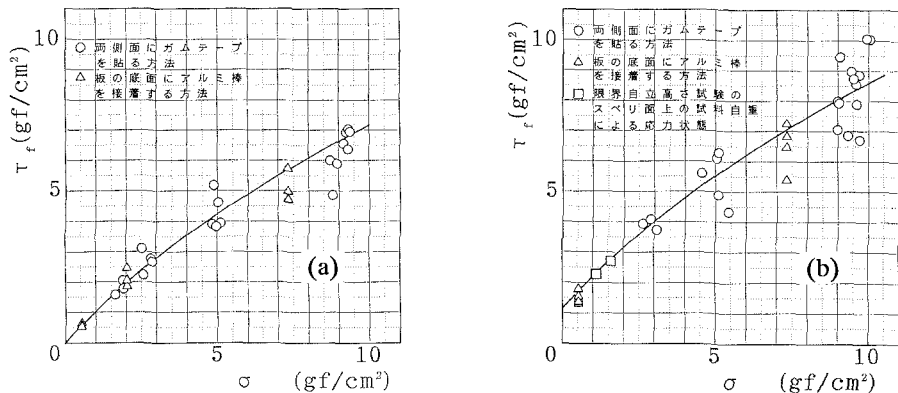


図-4 (a)乾燥状態と(b)水で濡らした状態のアルミ棒積層体($\phi 1.6\text{mm}$, $\phi 3\text{mm}$)の $\tau_f \sim \sigma$ 関係