

III-103 低圧下におけるまさ土のせん断特性

佐賀大学 理工学部 ○吉武茂樹

〃 〃 鬼塚克忠

1. まえがき : 通常は安定している自然斜面や切土・盛土の人工斜面が集中豪雨により各地でしばしば崩壊を起こしている。我国の崩壊に関する報告によると、崩壊の厚さは平均で1.6m,最も多いのが1~1.5mである。このように我国の斜面崩壊は、そのすべり面の深さが浅い、表層はく離型が多い。このことより、斜面の安定問題を考える場合には、かなり低い圧力の下での地盤のせん断強度特性の把握が必要であると思われる。しかしながら土のせん断特性についてはそのほとんどがいわゆる通常の圧力範囲: 49~294kN/m² (0.5~3.0kgf/cm²)で議論されることが多かった。最近、低圧条件下での粘性土や砂の挙動の研究例はいくらか見受けられるようであるが、実地盤を形成し表層すべり多発しているまさ土について低圧下でのせん断特性および粒子破碎を取り扱った研究例^{1) 2)}は数少ないようである。

本報告は、まさ土について低圧域および通常の圧力域でのせん断特性の違いあるいは関連性、せん断特性と粒子破碎の関係、また水浸の影響についても調べたものである。

2. 試料および試験方法 : 試料および試験方法については既報^{1) 2)}の通りであり、ここでは省略する。

3. 試験結果と考察

3.1 最大せん断応力と垂直応力の関係: Fig.1はまさ土(締固め,非水浸)の垂直応力 σ_c とピーク強度 τ_f の関係を示している。破壊線の傾きは低圧から圧力域の増大につれて減少傾向にある。一方、カオリンや砂(図面省略)では低圧、通常の圧力域に関係なく一つの直線で両者の関係を表わすことができる。このように、試料の違いによって破壊線の形状が異なる原因としては粒子破碎の影響が一つの要因ではないかと考えられる。各試料について強度定数 c , ϕ を求めてまとめているTable-1, 2のようになる。まさ土の場合、低圧と通常の圧力

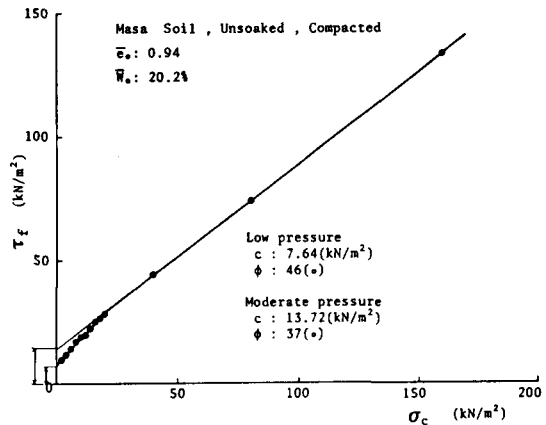


Fig.1 Failure envelope line of Masa Soil

Table 1 Cohesion and Internal friction angle (Low pressure)

Sample		Cohesion c (kN/m ²)		Internal friction angle φ (°)	
		Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
Masa Soil (Kawakubo)	Undisturbed	39.20	6.37	67.0	47.5
	Compacted	7.64	3.63	46.0	37.5
Toyoura Sand	Compacted	4.51	—	41.0	—
White Clay	Compacted	2.94	—	32.0	—

域では強度定数にかなりの違いが見られる。低圧域でせん断抵抗角が大きく、見かけの粘着力が小さい。特に粘着力の差が大きい。このことにより、実地盤における圧力の低い範囲、すなわち地表面下1~2m 付近の土のせん断特性は低圧下における試験結果を考慮するべきである。よって、表層すべりの安定問題を扱う場合には、この点からの考察が必要である。

3.2 ぜい性指数 (Brittleness index): Fig.2にはBishopが提案したぜい性指数(Brittleness index): $I_B = (\tau_f - \tau_r) / \tau_f$ (ここで τ_f :ピーク強度, τ_r :残留強度)と垂直変位-水平変位曲線の傾きのダイレイタンスーレイト $D R = (\Delta h / \Delta D)_f$ の関係を示している。低圧のもの程ダイレイタンスーレイトが大きく、ぜい性指数も大となる。乱さない土の方が締め固め土より $D R$, I_B ともに大きい。このことは自然斜面や切土斜面において、浅層部で進行性破壊が生じ易いことを意味している。まさ土地盤の安定

Table 2 Cohesion and Internal friction angle (Moderate pressure)

Sample		Cohesion c (kN/m ²)		Internal friction angle φ (°)	
		Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
Masa Soil (Kawakubo)	Undisturbed	76.64	48.02	27.5	24.5
	Compacted	13.72	4.21	37.0	34.0
Toyoura Sand	Compacted	4.51	—	41.0	—
White Clay	Compacted	2.94	—	32.0	—

問題は進行性破壊を考慮した考察が必要である。

3.3 粒子破碎：まさ土の粒子破碎性に影響をおよぼす要因の一つとして、外力（ここでは垂直応力の大小）によるものを考察する。まさ土粒子は内部構造が複雑なうえ粒径・粒度の違いによって破碎性にかなりの影響があると思われる。そこで、初期状態が均一になるように調整した試料を用いて試験を行なった。Fig.3は破碎の程度を表す量として、特に74 μ mフルイ通過量に着目しその垂直応力との関係を示している。 $\sigma_c=19.6\text{kN/m}^2(0.2\text{kgf/cm}^2)$ 付近を境にして低圧域より通常の圧力域の方が通過量が増加している。このことよりまさ土では19.6 kN/m^2 程度の圧力でも粒子破碎が生じていることが分かる。本試験での垂直応力は最大で294 $\text{kN/m}^2(3.0\text{kgf/cm}^2)$ であり、この程度の圧力ではカオリンや砂が粒子破碎を起こしにくいことを考え合わせれば3.1の結果は説明がつく。

3.4 水浸による影響：まず、初めに不飽和土の水浸によるせん断抵抗低下の要因について考察すると次のようになる。

土粒子接触点にメニスカスが存在する不飽和土が一軸方向のもとで釣合っているとす。不飽和土の有効応力はBishopによって次式のように示されている。

$$\sigma' = \sigma - u = \sigma - u_a + \chi(u_a - u_w) \dots (1)$$

ここに、 σ' ：有効垂直応力 σ ：全垂直応力
 u ：等価間隙圧 u_a ：間隙空気圧 u_w ：間隙水圧
 χ ：飽和度 $S_r=100\%$ で1、 $S_r=0\%$ で0となる係数
 ここで有効応力の増分 $\chi(u_a - u_w) = p$ をサクシオンによる粒子間圧縮力、また $u_a=0$ のときの p の値 $-\chi u_w = p^*$ を毛管水による粒子間圧縮力と名付ける。一般に間隙空気圧は大気圧に通じているので $u_a=0$ であるから

$$\sigma' = \sigma + \chi(-u_w) = \sigma + p^* \dots (2)$$

せん断抵抗は $\tau = c' + (\sigma + p^*) \cdot \tan \phi'$ (3)となる。いま強度定数 c' 、 ϕ' は含水条件に関係なく一定であると仮定すると、水浸後のせん断抵抗はメニスカスすなわち毛管水による粒子間圧縮力は消失するので $\tau = c' + \sigma \cdot \tan \phi'$ (4)となる。この値は水浸前のせん断抵抗 ((3)式)に比べて少なくとも $p^* \cdot \tan \phi'$ だけは小さくなっている。これが不飽和土の水浸によるせん断抵抗の減少の要因である。水浸による強度低下率(水浸試験のピーク強度と非水浸試験のピーク強度の比)と垂直応力との関係をプロットするとFig.4のようになる。通常の圧力域では低下率はほぼ一定であるが、低圧になるにつれて大きくなっており、垂直応力が19.6 kN/m^2 以下になると水浸による強度低下率は急激である。このことより、実地盤における地表面下1~2m付近の表層部分では、雨水等による浸水の影響がかなり大きいものと考えられる。表層すべりの安定問題を取り扱う場合には、水浸による影響を含めた低圧下における土の強度特性の把握が必要と思われる。

参考文献

- 1) 吉武茂樹他(1986)：低圧下における不飽和土のせん断特性，第21回土質工学研究発表会，pp.277-278.
- 2) 吉武茂樹他(1987)：破碎性まさ土の低圧下におけるせん断特性，西部支部研究発表会，pp.456-457.

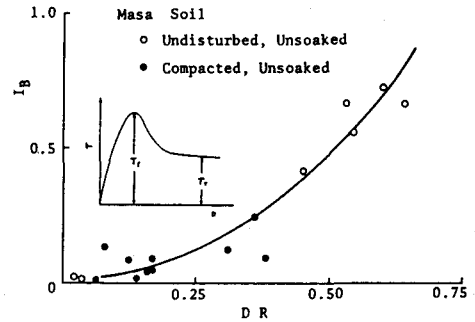


Fig.2 Brittleness I_B and dilatancy rate DR

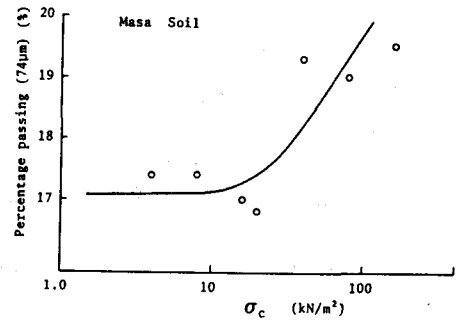


Fig.3 Relation between percentage passing(74 μ m) and normal stress σ_c

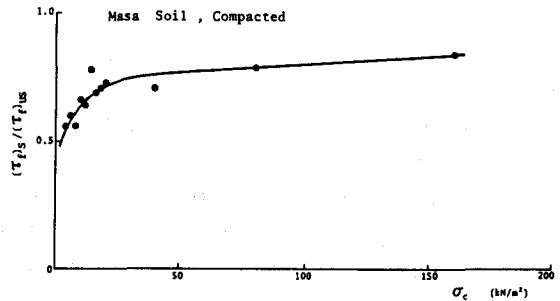


Fig.4 Ratio of strength decrease, $(\tau'_{pS})/(\tau'_{pUS})$ and normal stress σ_c