

三軸圧縮試験および一面せん断試験における締固めたまき土の強度定数 (c_a , ϕ_a) について

佐賀大学 理工学部 吉武 茂樹

鬼塚 克忠

○伊賀屋 豊

1. まえがき : 土のせん断強度定数を求める方法としては、三軸圧縮試験、一面せん断試験等がある。しかしながら同一条件の供試体を用いても、両試験から得られる結果がかならずしも一致しない。それは、試験機の機構上の問題点を含め、側圧等の影響が考えられる。そこで、土木材料として多用されるまき土を用いて一面せん断試験と三軸圧縮試験を行い、そのせん断特性の違いや関連性、特に低拘束圧域におけるせん断特性の違いや関連性について考察する。

2. 試料及び実験方法

2.1 試料 : 実験に使用した試料は、佐賀県川久保より採取したまき土で、2mmふるいを通したものをを用いた。その物理的性質は、表-1に示す。締固め試験 (JISA1201) では、最適含水比 ($w_{opt}=11\%$)、最大乾燥密度 ($\rho_{dmax}=1.94g/cm^3$) である。このまき土を所定の含水比 (5.5%, 11.0%), 密度 ($(\rho_d/\rho_{dmax}) 100=80, 88, 95\%$) に静的に締固めて圧密排水 (気) 三軸圧縮試験および一面せん断試験を実施した。

表-1 試料の物性

		まき土
比重: G_s		2.84
液性限界: w_L (%)		N P
塑性限界: w_p (%)		N P
粒 度 分 布	レキ (%)	36.0
	砂 (%)	52.0
	シルト (%)	7.0
	粘土 (%)	5.0

2.2. 試験方法

2.2.1 三軸圧縮試験 : 供試体の大きさは、直径5cm、高さ10cmである。せん断方法はひずみ制御方式で、0.1%/minのひずみ速度で行った。三軸圧縮試験機は、低圧せん断用に一部改良した三軸室を用い、側圧は空気圧で負荷した。なお、供試体セットから終了までの時間はほぼ3時間であり、この間空気がゴムスリーブを透過しないことは確認済みである。側圧の大きさは、低圧域で0.02~0.16kgf/cm²、常圧域では0.2~1.6kgf/cm²とした。

2.3. 一面せん断試験 : 低圧せん断用にせん断箱を改良した在来型と改良型 (三笠式) の両試験機を用いた。供試体の大きさは、共に直径6cm、高さ2cmである。せん断方法は、ひずみ制御方式で、非水浸条件下で0.5%/minのひずみ速度で行った。垂直荷重は三軸圧縮試験と同様に、低圧域 0.02~0.16kgf/cm²、常圧域 0.2~1.6kgf/cm²である。

3. 実験結果と考察

3.1 ピーク強度から得られた強度定数 (c_a , ϕ_a) :

図-1に最大せん断応力と垂直荷重の関係を示す。図からも分かるように試験方法によらず破壊線の傾きは圧力域の増大につれて減少傾向にある。すなわち、低圧域では ϕ_a が大きく、常圧域では c_a が大きい。試験結果から得られた強度定数 c_a , ϕ_a をまとめてみると表-2のようになる。常圧域では、一面せん断試験の方が ϕ_a は大きい傾向にあるが、 c_a については明確な違いは見られない。一方、低圧域においては c_a , ϕ_a 共に一面せん断試験の方が大きいようである。このように試験法の違いによってせん断強さが異なる原因としては一面せん断では水平

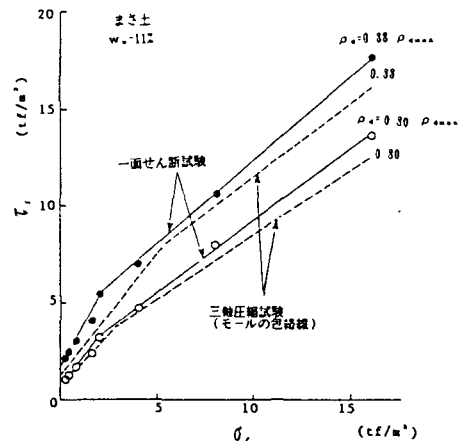


図-1 破壊包絡線

面に沿って強制的にせん断変形を与える、あるいは進行性破壊の影響等があるが、破壊時の両試験法の体積変化の相違も大きな要因一つではないと思われる。特に低圧域においては体積膨張が著しいのでその影響も大きいと考えられる。そこで、Taylorの式を用いダイレイタンス補正を行い、ダイレイタンスのせん断強度におよぼす影響を示すと図-2のようになる。低圧域の方が常圧域よりも大きく、また、一面せん断の方が三軸圧縮試験よりもその影響が大きい、すなわち、一面せん断試験の場合、低圧域で12~13%程度、常圧域で15%程度。一方、三軸圧縮試験では、低圧域で10%程度、常圧域で3%程度である。このように、両試験法のせん断強さの相違の要因の一つにダイレイタンスの影響が考えられる。

3.2 ひずみ(変位)の進行に伴う強度定数(c_d , ϕ_d)

図-3(一面せん断試験)、図-4(三軸圧縮試験)にひずみ(変位)の進行に伴う強度定数(c_d , ϕ_d)の変化を示す。三軸圧縮試験、一面せん断試験ともに圧力域の大小に関係なく c_d はせん断の初期にピーク値を示す、そのひずみ(変位)の量を両試験について比較してみると、一面せん断試験の方が小さな変位で明確なピークが現れ、その後減少し、早い時点(せん断変位6mm程度)で一定値に落ち着く。ひずみ(変位)の進行に伴う c_d の変化は、図面は省略したが、応力-ひずみ(変位)曲線に良く対応している。つまり、応力-ひずみ(変位)関係にひずみ(変位)の進行に伴う c_d の変化が大きく影響を及ぼし、後述の ϕ_d の影響は少ない。すなわち、 ϕ_d は両試験とも、また低圧域、常圧域ともひずみ(変位)の進行に伴って漸増していき、一定値に落ち着く傾向にある。

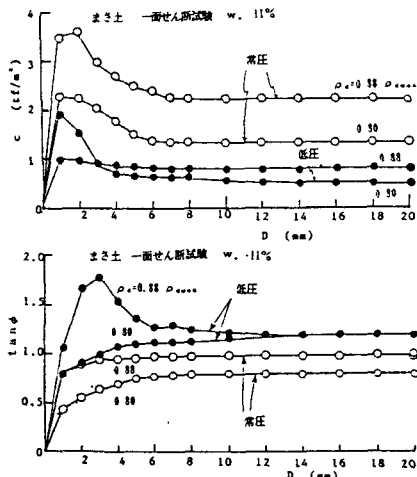


図3 せん断変位の進行に伴う強度定数(c_d , ϕ_d)の変化 (一面せん断試験)

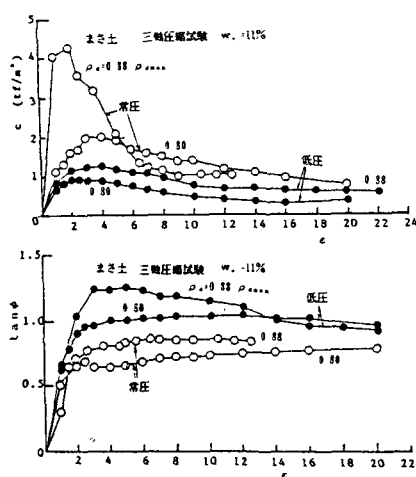


図4 せん断変位の進行に伴う強度定数(c_d , ϕ_d)の変化 (三軸圧縮試験)

まさ土の試験結果(常圧) 表-2 試験結果一覧表

試験方法 強度定数 密度・含水比	三軸圧縮試験 (圧密排水(排気))		一面せん断試験 (改良型三式)		一面せん断試験 (従来の改良)	
	C_d (t/m ²)	ϕ_d (°)	C_d (t/m ²)	ϕ_d (°)	C_d (t/m ²)	ϕ_d (°)
ρ_r/ρ_{max} 100=0.88 $w=5.5\%$	—	—	—	—	—	—
ρ_r/ρ_{max} 100=0.88 $w=11.0\%$	1.86	31.0	—	—	1.79	37.0
ρ_r/ρ_{max} 100=0.88 $w=15.0\%$	1.30	35.0	—	—	—	—
ρ_r/ρ_{max} 100=0.88 $w=5.5\%$	1.67	39.5	5.09	45.5	4.08	48.5
ρ_r/ρ_{max} 100=0.88 $w=11.0\%$	3.91	37.5	4.86	39.0	3.62	41.5
ρ_r/ρ_{max} 100=0.95 $w=5.5\%$	11.00	42.0	9.72	40.0	10.10	41.0
ρ_r/ρ_{max} 100=0.95 $w=11.0\%$	5.59	42.0	6.23	44.5	5.52	47.0

まさ土の試験結果(低圧)

試験方法 強度定数 密度・含水比	三軸圧縮試験 (圧密排水(排気))		一面せん断試験 (改良型三式)		一面せん断試験 (従来の改良)	
	C_d (t/m ²)	ϕ_d (°)	C_d (t/m ²)	ϕ_d (°)	C_d (t/m ²)	ϕ_d (°)
ρ_r/ρ_{max} 100=0.80 $w=11.0\%$	0.95	11.0	—	—	0.97	12.5
ρ_r/ρ_{max} 100=0.88 $w=11.0\%$	1.27	51.0	—	—	1.96	53.5

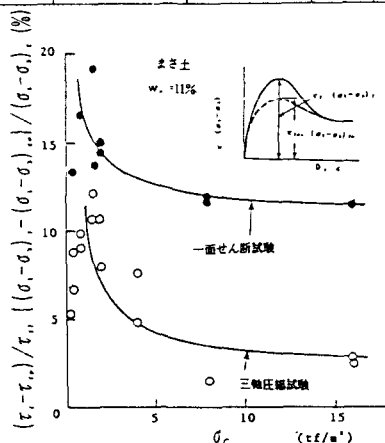


図-2 せん断強度におよぼすダイレイタンスの影響