

ベーンせん断試験の間げき水圧に関する考察

大阪大学工学部 正員 伊藤 昌雄
同 正員 松井 保
同 大学院 学生員 折立 和男

(1) まえがき

ベーン試験のせん断機構を有効応力の立場から解明するためには、せん断面上の間げき水圧の分布を明らかにする必要がある。筆者らはすでに正規圧密の可能な室内ベーン試験装置を用いて粘土のせん断面上の間げき水圧の分布を測定し、粘土の種類によつてたとえ正規圧密粘土であっても最大せん断応力(T_{max})時に負の間げき水圧が発生することを明らかにした。そこで今回はさらに新たな実験値を加え、塑性指数 I_p と間げき水圧の発生状況との関係について考察したので報告する。なお実験装置および方法の概略はすでに報告済みなので省略する。

(2) 実験結果およびせん断面上の間げき水圧の分布

実験は、正規圧密粘土についてはカオリン、千里粘土およびカオリンと千里粘土を重量比4:1で混合した粘土(以下混合粘土)というで行ない、過圧密粘土についてはカオリンでのみ行なった。これらの試料の物性、応力履歴および測定した各種の実験値を表1にまとめて示す。ただしかゝる内には測定値の範囲を示す。

表1に示した I_p と C/p (C : 非排水せん断強度、 P : 圧密圧力) および静止土圧係数 K_0 との関係を図1に示す。図中の実線はSkemptonによる I_p と C/p の関係である。

正規圧密カオリンと過圧密カオリン(過圧密比2.3)の T_{max} 時の間げき水圧の分布を図2に示す。図中には上載荷重が0の状態での過圧密カオリンのデータも参考として示している。また正規圧密のカオリン、混合粘土、千里粘土の T_{max} 時の間げき水圧の分布を図3に示す。

(3) 考察

図1から、室内実験で測定した I_p と C/p の関係は I_p に対してほぼ一定であることが分かる。これは図中のSkemptonによる $I_{p0.5}$ と C/p の関係と一致しない。この理由は次のように考えられる。Skemptonの結果は自然堆積した正規圧密海成粘土に対する実験値であるが、Bjerrumは海水中でなく他の異なった条件、たとえば淡水中で堆積したならば C/p はもっと大きくなると指摘している。今回の実験は淡水を使って繰り返した粘土を用いている。

	カオリン (正規圧密)	カオリン (過圧密)	混合粘土 (カ:千=4:1) (正規圧密)	千里粘土 (正規圧密)
Li. Li. (%)	52.8	同左	65.9	72.6
P. Li. (%)	32.7	〃	33.2	37.7
P. I. (%)	20.1	〃	32.7	54.9
比重	2.69	〃	2.69	2.68
粘土分 (%)	60.0	〃	56.0	43.0
過圧密比	1	2.3 (2.1~2.5)	1	1
$\bar{\sigma}$ (g/cm ²)	193 (187~200)	81 (70~88)	193 (191~196)	192 (187~196)
$\bar{\sigma}_v$ (g/cm ²)	91 (80~94)	48 (38~58)	88 (83~93)	87 (82~91)
$\bar{\sigma}_v/\bar{\sigma}$ (= K_0)	0.47 (0.43~0.49)	0.59 (0.54~0.64)	0.46 (0.44~0.50)	0.46 (0.44~0.48)
$\bar{\sigma}_{ip}$ (g/cm ²)	194 (191~196)	79 (75~84)	195 (191~196)	193 (187~196)
$\bar{\sigma}_{ip}$ (g/cm ²)	103 (102~111)	50 (47~55)	95 (85~102)	93 (86~99)
$\bar{\sigma}_{ip}/\bar{\sigma}_{ip}$ (= K_{op})	0.53 (0.50~0.56)	0.63 (0.57~0.67)	0.49 (0.46~0.52)	0.48 (0.47~0.51)
T_{max} (g/cm ²)	97 (92~101)	80 (70~88)	105 (100~109)	81 (78~85)
$T_{max}/\bar{\sigma}$ (= C/p)	0.50	—	0.54	0.42
含水比(実験後) %	47.8 (47.4~48.2)	47.1 (46.5~47.7)	57.0 (57.1~57.9)	76.1 (75.7~76.9)
A_f (三軸試験後) %	0.54	0.27	—	0.62

表1

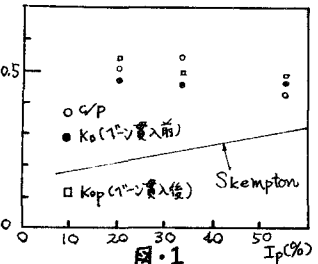


図1

ので、より大きな c/p が得られる傾向にある。また表2に示すように低塑性粘土ほどベーン貫入の圧密による強度増加が大きいと考えられる。これは図1のベーン貫入後の K_0 の増加によっても裏付けられる。したがって以上の二つの理由により、本実験の c/p は Skempton の c/p より大きくなり、全体としてほぼ一定になっていると考えられる。

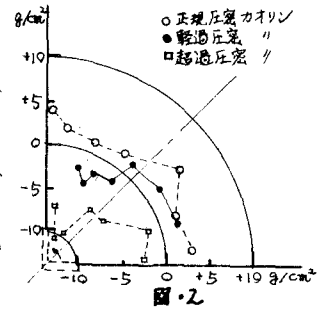
図2より、カオリンでは正規圧密状態で正、軽く過圧密された状態で正負両方、非常に過圧密な状態で負の間けき水圧が t_{max} 時に得られている。したがって、せん断面上の間けき水圧の分布は応力履歴の影響を受ける。このうち特に軽く過圧密されたカオリンでは三軸試験による間けき圧係数 A_f が0.27で正であるにもかかわらずベーン試験では負の間けき水圧が発生しており、図3の正規圧密粘土 ($A_f=0.5-0.6$) においても負の間けき水圧が発生することがある長と対応して、ベーン試験のせん断機構を解く鍵として興味深い。

図3は正規圧密粘土の t_{max} 時の間けき水圧の I_p による影響を示す。すなわち、カオリン、混合粘土、千里粘土の順に I_p が大きくなるにしたがって負の間けき水圧の発生する領域が拡大している。これは I_p が大きくなるほど t_{max} 時のせん断面上の垂直応力 σ_v が相対的に増加することを意味し、間けき水圧によるせん断強度の増加は I_p が大きいほど大きくなると考えられる。結局、ベーン試験には I_p に関係する固有のせん断機構があり、これが間けき水圧の発生状況に反映し、当然強度にも影響していると考えられる。

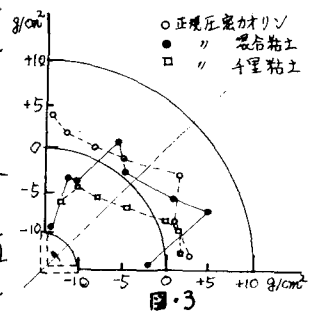
Bjerrum⁽⁴⁾ はベーン強度から実際の地盤の強度を推定する方法として $(S_u)_{field} = (S_u)_{vane} \cdot M_r \cdot M_a$ を提案している。ここに M_r , M_a は図4に示すように、それぞれせん断速度の違いによる時間効果の補正係数および地盤の異方性による補正係数で、前者は1より小さく I_p が大きいほど小さくなる。後者は1より大きく I_p が小さいほど大きくなる。 $M = M_r \cdot M_a$ として ($I_p=20$ の時) ほぼ1で I_p が大になるに従って小さくなる。これらのことは、ベーン強度と実際の地盤の強度との違いの重要な要因は、せん断速度と地盤の異方性であると考えていることを意味する。しかし、今回得られた実験結果よりベーン強度は I_p に関係するベーン試験固有のせん断機構の影響を受けており、これがベーン強度と実際の地盤の強度との違いを起す要因の一つに加えられるべきであると考えられる。

	カオリン	混合粘土	千里粘土
一次圧密	60±10	12±2	27±2
終了時間	(分)	(時間)	(時間)
ベーン貫入後の間けき水圧が一定になるに要する時間	約40分	約80分	約40分

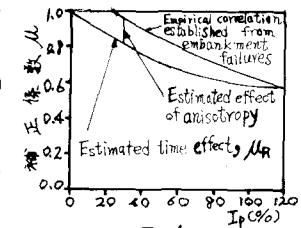
表・2



図・2



図・3



図・4

【参考文献】(1) 伊藤・松井折正:「ベーンせん断試験における間けき水圧の分布について」第28回土工学会(1973), (2) 松井折正:「ベーンせん断試験における間けき水圧について」関西支部(1973), (3) Bjerrum, L. et al.: "Comparison of shear strength characteristics of normally consolidated clays" A.S.C.E. Conf. on Shear Strength (1960), (4) Bjerrum, L.: "Problem of soil mechanics and construction on soft clays and structurally unstable soils" 8th I.C.S.M.F.E. (1973)