

京都大学防災研究所 正員 ○八木則男
京都大学大学院 学生員 栗原則夫

1. まえがき

最近、地盤沈下の調査や地質調査の目的で数100mにおよぶ深いボーリングが行なわれ、高压下で圧密された粘土の土質試験が行なわれるようになった。しかし上記の粘土は成形が困難であるため、標準圧密試験や圧縮強度に生ずる誤差が多く、試験に非常に手数がかかる。例えば、図-1に示される標準圧密試験より得られた先行圧密荷重 P_c と単軸強度 q_u の深さ方向の分布は深度の大きなところでは非常にばらつきがあり、 P_c は上載荷重とかなりの差がある。そこで P_c 、 q_u 、弾性係数などの力学諸係数を推定する方法として超音波伝播速度の測定を行ない、土質試験の結果との関係を調べた。また室内で三軸試験機により人工的に高压下で圧密した粘土および現場より採取した試料について上記の試験を行ない、その力学性について調べた。

2. 試料, 実験装置

用いた試料は布施市の地下0~300mより採取したものおよび比重2.57, $L.L.=76.2\%$, $P.L.=30.7\%$, 先行圧密荷重 $P_c=3.2\text{ kg/cm}^2$ の粘土を室内で人工的に圧密したものである。

供試体は直径5cm, 高さ10cmの円筒形である。

超音波は縦波および横波の伝播速度が測定できるものである。圧密に用いた三軸試験機は周圧が0~1000 kg/cm²の範囲で油圧により等方的に圧密できるものである。

3. 実験結果

超音波の縦波速度 V_L , 横波速度 V_s , 密度 ρ を測定すると次式よりLaméの係数 λ, μ が決定できる。

$$V_L = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}, \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

したがって λ, μ よりヤング係数 E , ポアソン比 ν , 体積弾性率 K , 剛性率 G の諸力学係数が求まる。

表-1に V_L, V_s より計算した諸力学係数および力学試験より得た単軸強度 q_u とより得たヤング係数 E_s などを総括した。 q_u を求めるのに現地試料についてはヒズミ制御式, 室内圧密試料については荷重制御式を用いたため, 前者では応力~ヒズミ曲線の初期の直線部分より, 後者では荷重載荷直後のヒズミより E_s を計算した。 E_s を V_L, V_s より得た動的なヤング

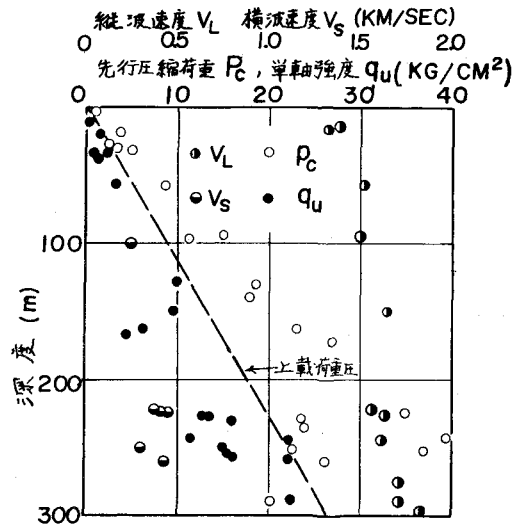


図-1

係数 E_d と比較すると E_d の方が数倍大きい、載荷直後のヒズミより得た弾性的と考えられる室内圧密試験についての E_s との比は約5でほぼ一定である。また単軸強度 q_u はせん断抵抗の最大値と考えられるから、 V_s より求めた剛性率 G との関係を図示すると図-2のよう

試料名	含水比 %	縦波速度 km/sec	横波速度 km/sec	単位重量 g/cm ³	q_u kg/cm ²	ν	E_d $\times 10^3$ dyne/cm ²	E_s $\times 10^3$ dyne/cm ²	K $\times 10^3$ dyne/cm ²	G $\times 10^3$ dyne/cm ²	
現地試料	61.2	1.64	0.325	1.59	15.53	0.486	3.39	0.833	4.02	1.15	
	36.5	1.48	0.388	1.76	13.81	0.459	8.52	0.490	3.49	2.70	
	45.6	1.51	0.425	1.70	7.74	0.461	9.68	0.392	4.13	3.33	
	33.6	1.16	0.455	1.84	16.97	0.409	11.3	1.30	2.04	3.92	
	36.7	1.70	0.506	1.78	22.53	0.444	12.6	1.30	3.75	4.33	
	33.2	1.70	0.178	1.82	14.79	0.494	1.86	0.980	5.17	0.577	
	39.9	1.72	0.432	1.86	15.14	0.473	8.38	0.565	5.18	2.86	
	40.0	1.53	0.515	1.78	21.91	0.436	1.36	0.588	3.54	4.72	
	32.1	1.71	0.256	1.82	4.28	0.489	3.10	0.162	4.70	1.04	
	4	43.5	1.68	0.248	1.83	3.16	0.488	3.37	0.692	4.94	1.13
室内圧密試料	7	38.8	1.77	0.292	1.84	4.14	0.486	4.67	0.974	5.56	1.57
	10	35.1	1.71	0.313	1.88	5.20	0.483	5.46	0.656	5.25	1.84
	60	26.0	2.44	0.466	1.97	13.13	0.481	12.7	2.60	11.2	4.28
	100	23.0	1.35	0.484	2.04	16.10	0.426	13.7	2.74	3.07	4.80
	200	21.4	1.99	0.262	2.08	—	0.491	4.27	—	8.90	1.43

表-1

になる。この図より現地試料、室内圧密試料のいずれの場合も、勾配は違うが、原点を通る直線上にあり、 q_u と G とが比例している。尤えに q_u を推定するには V_s の測定を行なうことは有効な手段といえる。ポアソン比 ν については大部分が0.45~0.5の間にあるのでほぼ妥当であると思える。また標準圧密試験より得られた先行圧密荷重 P_c と V_s の関係を探めたが、ばらつきが多く一定の関係が得られなかったが、 V_s は図-1に示されるように深さ方向に直線的に増加しているのだから P_c とは無関係でないように思える。しかし室内圧密試料の圧密圧力と V_s との関係はデータが少なく不明瞭であるので今後、実験データを得ることにする。また横波の測定は含水比の高い試料については測定が困難であった。

高圧下で圧密した場合の含水比 w -圧密圧力 σ_c の対数との関係は図-3に示すごとくである。一般的通念では w - $\log \sigma_c$ 関係は正規領域では直線であるが、この試料については塑性限界(含水比30%)近くで直線からはずれるようである。また図-3に w - $\log q_u$ 関係も示したが、 σ_c と同様含水比が高いところでは直線であるが、含水比が低くなると直線からはずれる。しかし室内圧密試料についてのデータは少ないため、今後さらに実験を進めるつもりであり、その詳細は講演時に述べる。

このような高圧下で圧密された粘土の力学的特性を調べることににより、塑性限界以下の含水比の粘土、さらに進んで岩石力学の研究への手がかりにしたいと思っている。

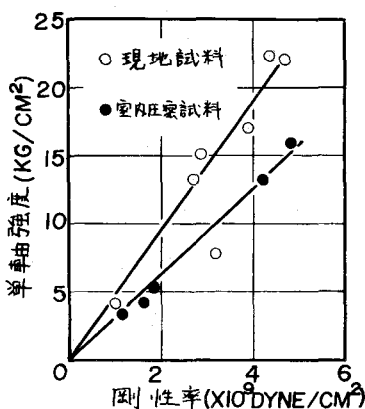


図-2

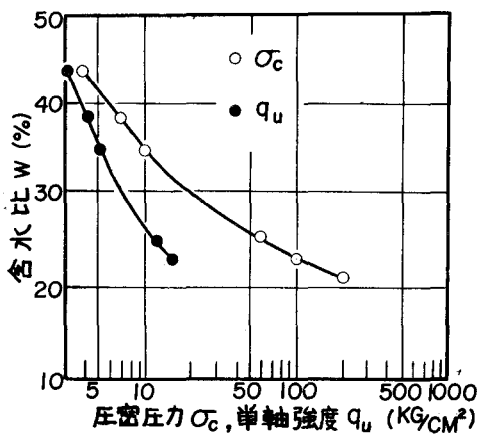


図-3