

北大工学部 正員 北郷 繁
 " " " 〇三田 利之
 パシフィックコンサル " 前川 拓美

[1] まえがき

前回の報告¹⁾で着者らの試作した平面ヒズミ試験機の概要とこれを用いて行った二、三の実験結果を示したが、本文はこの試験機を用いてその後に行った実験結果にもとづいて応力ヒズミ挙動を中心に報告するものである。

[2] 試料および実験

本実験に用いた試料は表-1に示す3種の乱した自然粘土である。これらの試料を泥水状にし、 0.8 kg/cm^2 の圧力で予圧密したあと、 $\phi 50 \text{ mm}$ 、高さ 120 mm の内筒供試体および $50 \times 50 \times 120 \text{ mm}$ の角柱供試体を切り出した。実験は軸対称三軸圧縮試験および平面ヒズミ試験（以下、それぞれAS試験、PS試験と略す）の2種でいずれも K_0 圧密非排水試験である。最終側圧は $0.8, 1.5, 3, 5 \text{ kg/cm}^2$ の4

試料	$w_L(\%)$	$I_p(\%)$	G_s	採取地
No.1	52	21	2.70	空和郡北村大字大領(下層)
2	51	21	2.72	夕張郡栗山町楊山
3	72	32	2.69	札幌市苗穂(豊平川沿岸)

表-1 試料の物理的性質

種類とし、側圧を段階的に上げながら自動 K_0 圧密装置²⁾を用いて側方変位のないように軸圧を調整した。最終側圧に達してから、圧縮試験開始までの時間は24時間である。また、すべての試験について 1 kg/cm^2 の initial back pressure を適用した。非排水セン断時のヒズミ速度はすべての供試体について $0.05 \text{ \%}/\text{min}$ とし、供試体下端で間接キ水圧を測定した。なお、試験は同一条件で2回行うこととした。

[3] 実験結果および考察

図-1は本実験から得られた応力ヒズミ曲線のパターンを示したものである。A型は $E_1 = 0 \sim 3\%$ で軸差応力の最大値を示し、以後軸ヒズミの増大とともに応力が漸減し、途中で応力の極大値を示したあと、再び応力が減少するもの、B型は 1% 以下のヒズミで一度ピークを生じたあと、徐々に応力が増大し、 $E_1 = 3 \sim 10\%$ の間で応力の最大値を示し、以後ヒズミの増大とともに応力が減少するもの、C型はB型に類似の挙動を示すが、 $E_1 = 10 \sim 15\%$ の間に最大値を示すが、もしくは $E_1 = 15\%$ まで応力が増加し続けるものである。このような分類は便宜上のもので、ことにB型とC型とを区別する格別の根拠はないが、A型とB、C型とを区別するのは容易である。すなわち、本実験から得られたデータでは、変形条件や側圧の大きさに無関係にすべての試験において応力ヒズミ曲線の初期部分で極大値を生じている。そしてそのピークは大部分のデータで $E_1 \leq 1\%$ で生じ、遅い場合でも $E_1 \leq 3\%$ で生じている。したがって、これ以後応力が減少するかあるいは再び増大するかによってA型とB、C型とに分けることができる。

上記の分類にしたがって、AS、PS両試験に現われる応力ヒズミ曲線のパターンを比較したのが表-2である。試料ごとにみると、No.1ではASよりもPSの方が相対的にヒズミの小さいところで $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ を生じ、No.2ではAS、PSの応力ヒズミ挙動が類似している。一方、No.3ではPSに多く現われるのはC型であるが、ASではA、C型がほぼ同数生じていて、A型を生ずるのは圧密圧の高い場合、C型は圧密圧の低い場合である。また、3種の試料に共通にみられることは、A型の発生するのが圧密圧の高い場合($\sigma_{3c} = 3 \text{ kg/cm}^2, 5 \text{ kg/cm}^2$)という点である。

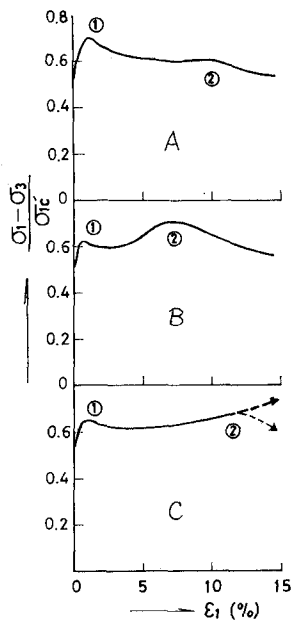


図-1 応力ヒズミ曲線

ちなみに Henkel & Wade³⁾ は攪乱粘土を用いた実験により、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ を生じるヒズミは PS で約 2%、AS で約 6% としている。また、Vaid & Campanella⁴⁾ は不攪乱試料を用いた実験により、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ を生じるヒズミの大きさは AS と PS でほとんど等しく約 0.4% としている。ただし、Henkel らは 2.1 kg/cm^2 から 9.1 kg/cm^2 の鉛直圧密圧の範囲で一連の試験を行っているが、応力ヒズミ関係については 4.2 kg/cm^2 以上の圧密圧での実験結果に限定して結論を引き出している。Vaid らのデータは 6 kg/cm^2 の鉛直圧密圧一様だけによる実験結果である。このように応力ヒズミ挙動に異なる傾向がみられたことについて Vaid らは攪乱試料と不攪乱試料の持つ粒子配列構造の差に原因があるものとしている。

本実験の結果は、ヒズミの絶対値をぬきにすれば、試料 No.1 では Henkel らの結果に、No.2 では Vaid らの結果と傾向が一致している。しかしながら、No.3 では AS の応力ヒズミ挙動が圧密圧によって大きく異なるので、変形条件の違いのみで AS と PS の応力ヒズミ曲線のパターンを区別することは困難である。

ここで、再び図-1 をふり返ってみよう。図中に示した英 1, 2 はそれぞれオーピー 7, オニビー 7 の意味である。粘土のせん断抵抗を粒子間の結合力によるものと、粒子間のすべり抵抗によって発揮される部分とに分けて考えるならば、英 1, 2 はそれぞれ、粒子間結合力、すべり抵抗が最大に発揮された英とみることができよう。問題はそれぞれの強度成分の大きさと、それぞれが最大値を示すヒズミの大きさである。いま、B 型を中心に考えると、C 型では英 2 がヒズミの後半で出現し、A 型では英 2 の応力の大きさが英 1 のそれよりも小さかった結果とみることができよう。そうすると、A, B, C 型はすべて同一パターンの変形とみなすことができるから、応力ヒズミ挙動が A, B, C のいずれの型を示すかは粘土の種類、圧密圧力、変形条件に依存し、単に変形条件の違いのみによって一概に分類することはできないと結論されよう。なお、上記のほかに応力ヒズミ挙動に影響を及ぼすと考えられる要因としては、中間主応力の大きさ、ヒズミ速度などがあげられる。前者については、 $\sigma_2 = \sigma_3$ である AS の場合であり、本実験では一定の応力ヒズミのパターンが得られるかつたわけであるが、ヒズミ速度の影響についてまず調べる必要があろう。この英に関して目下、実験中であるが、試料 No.1 について側圧 0.8 kg/cm^2 、 $\dot{\epsilon}_v = 0.001\%$ (本実験の $1/50$ のヒズミ速度) の条件で AS の実験を行ったところ、軸差応力の最大値を与える軸ヒズミは 11% であった。今後、側圧を変えてさらに実験を重ねる予定である。

表-3 は本実験から得られた、圧密圧力に対する非排水せん断強度の比 S_u/p 値を示したもので、PS の値は AS よりも 2.5 ~ 3.5% ほど大きい。この差は Henkel らの 8%、Vaid らの 10% にくらべてやや小さい。一方、表-4 は軸差応力最大、主応力比最大の両規準による ϕ' の値を示したものである。 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ 規準では PS と AS の差が $1.5^\circ \sim 4^\circ$ 、 $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{max}$ 規準ではその差がやや縮まって $1 \sim 3^\circ$ の差で、Vaid らの傾向 ($(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ 規準で 3.8° 、 $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{max}$ 規準で 1.8° の差) と一致している。このように S_u/p 値における PS と AS の差に比して ϕ' の差が大きいのは、せん断時に発生する間ギャキ水圧が PS の方が大きいことに帰因するものである。

[4] あとがき 実験およびデータ整理に関して、本学卒業生瀬口智勝君ならびに大学院生田中陽一君の協力を得た。記して謝意を表す。

文献 1) 北郷・三田地・三浦; 平面ヒズミ試験機の試作と二, 三の実験結果, 土木学会第 28 回年次学術講演会概要集, 1973

2) 三田地・北郷・唐平; 粘性土の強度特性に及ぼす圧密時間の影響(第 3 報), 土質工学会第 8 回研究発表会講演集, 1973

3) Henkel, D.J. & N.H. Wade; Plane Strain Tests on Saturated Remolded Clay, Proc. ASCE, Vol. 92, No. SM6, 1966

4) Vaid, Y.P. & R.G. Campanella; Triaxial and Plane Strain Behaviour of Natural Clay, Proc. ASCE, Vol. 100, No. SM3, 1974

試料	AS	PS
No. 1	C ≫ A	B ≫ A
2	B ≫ A, C	B ≫ A, C
3	A ≃ C	C ≫ A, B

表-2 応力ヒズミ挙動の比較

試料	No. 1	No. 2	No. 3
AS	0.355	0.335	0.341
PS	0.367	0.343	0.353

表-3 S_u/p 値

試料	at $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$		at $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{max}$	
	AS	PS	AS	PS
No. 1	35.1	39.0	38.5	40.0
2	34.9	36.3	35.1	38.3
3	33.4	36.9	36.0	36.9

表-4 セン断抵抗角 ϕ'