

周期載荷を受ける模型粒材の挙動について

神戸大学大学院 学生員 つ宮川純一

神戸大学工学部 正 員 西 勝

1. まえがき

土が繰返し荷重を受けると密度変化および構造変化を起し硬化していくことは、すでに知られている。粘性土による実験¹⁾は報告されているが、砂やレキのような粒状土についても同様の現象が生ずると推定される。すなわち、繰返し荷重を受けることにより、個々の粒子は移動と回転を伴ないながらより強い骨格を形成していくものと思われる。本実験において、2次元モデルとしてアルミ丸棒の積層体を用い、2軸圧縮試験によりその挙動を観察した。ここでは粒状体の変形、強度を支配すると思われる微視的要因の1つである粒子接点角を仮定したすべり面上において測定し、載荷回数の増加に伴うその変化を調べ、若干の考察を加えた。

2. 実験概要

長さ5.0 cm、直径3、5、9 mmの3種類のアルミ丸棒を重量比4:5:1の割合で混合し、無作為に積み上げ幅90 mm、高さ120 mmの2次元粒状体を形成した。実験装置を図-1に示す。供試体に均等に側圧が作用するように、またアルミ丸棒がメンブレンにくい込むことを避けるためにゼラチンを使用した。供試体に繰返し軸差応力を与えるために空気圧式加圧シリンダーを使用した。載荷時間0.1秒、載荷周期20 cpmとし、片振幅の矩形に近い荷重軌跡が得られるようにした。実験条件は表-1に示すとおりである。載荷回数 $N=0, 10, 50, 100, 500, 1000, 2000$ において写真撮影を行ない、写真上で粒子の移動および回転等を測定した。

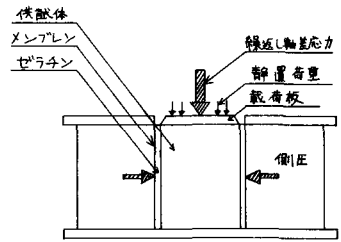


図-1 実験装置

表-1 実験条件

実験番号	静置荷重 (%)	側圧 (%)	繰返し軸差応力 (%)	載荷回数
N0.1	0.10	0.10	0.20	2000
N0.2	0.10	0.10	0.30	〃
N0.3	0.10	0.10	0.40	〃
N0.4	0.15	0.15	0.20	〃
N0.5	0.15	0.15	0.30	〃
N0.6	0.15	0.15	0.40	〃
N0.7	0.20	0.20	0.20	〃
N0.8	0.20	0.20	0.30	〃
N0.9	0.20	0.20	0.40	〃
N0.10	0.10	0.075	0.20	〃
N0.11	0.10	0.075	0.30	〃
N0.12	0.10	0.075	0.40	〃
N0.13	0.15	0.113	0.20	〃
N0.14	0.15	0.113	0.30	〃
N0.15	0.15	0.113	0.40	〃
N0.16	0.20	0.15	0.20	〃
N0.17	0.20	0.15	0.30	〃
N0.18	0.20	0.15	0.40	〃

3. 実験結果および考察

硬化を示す尺度として硬化率を次式で定義する。

$$\text{硬化率}(\%) = \frac{\varepsilon_{10} - \varepsilon_N}{\varepsilon_{10}} \times 100$$

ここで、 ε_{10} 、10回目の弾性的軸ひずみ、 ε_N 、 N 回目の弾性的軸ひずみである。図-2に載荷回数とこの硬化率との関係を示す。図中の番号は、表-1の実験番号と対応するものである。図より明らかなように、載荷回数 $N=2000$ において硬化がかなり進行し、弾性的変位もほぼ一定となることわかる。そこで本実験においては、載荷回数を2000回とした、その間で、

構造変化が顕著と思われるすべり領域において粒子接点角 θ の分布を調べた。このすべり領域としてまず最初に、アルミ丸棒の摩擦角が約 20° であることを考慮し、すべり面の方向を水平面より $45^\circ + \frac{\phi}{2} = 55^\circ$ と仮定し、 θ の分布について調べてみた。しかし、定量的傾向を得ることはできなかった。その原因として、(1)繰返し荷重が偏心していること、(2)供試体は一樣な強度を有するのではなく、その構造中に強い部分と弱い部分が存在すること、(3)供試体と側圧を加えるメンブレンの間に設けたゼラチンの影響などにより、すべり面が実際には水平面と 55° をなす面以外に生じているということがあげられる。そこでつぎに、繰返し荷重による供試体中の粒子の移動を写真上より求め、すべり面を決定した。その結果図-3に示されているような種々のすべり面が得られた。図中の番号は、表-1の実験番号と対応するものである。得られたすべり面上の粒子接点角 θ の総計、接点数を表-2に示す。表-2より θ のプラスの総計について見ると、初期状態から載荷回数 $N=100$ までは、その変化が増減バラバラである。これは、載荷回数 $N=100$ 位までは硬化現象の起因として密度変化が考えられ、それは供試体の初期状態により左右されるものであると考えられる。載荷回数100回以降について見ると、 θ の総計は増加していることがわかる。このことは、硬化現象の起因として構造変化に着目すると、載荷回数が増加するにしたがい θ が増加していく傾向にある、すなわち粒子がすべりに抵抗する骨格へと変化していくことを示している。

4. あとがき

本実験において行なった繰返し2軸圧縮試験では、せん断試験において見られる“粒子が他の粒子を乗り越える”という現象は観察されず、粒子が下方にある粒子の間に落ちていく、もしくは他の粒子の周囲をすべるということが観察された。そのため、構造変化に伴う移動、回転等の変位量も比較的小規模であった。そしてこの現象が供試体中の各所に生じ、すべり領域を形成するものと思われる。なお、粒状体の微視的要因であると思われる粒子間力、粒子間摩擦についても検討する必要があると考えている。

参考文献 1) 西, 他 ; 繰返し荷重を受ける飽和粘土の硬化および劣化現象について, 第8回土質工学研究発表会講演集, 84, 1973

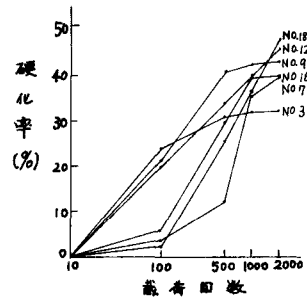


図-2 載荷回数と硬化率の関係

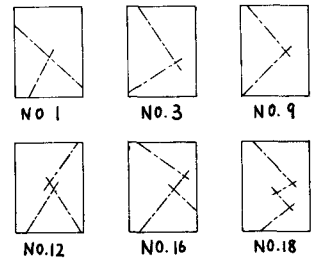


図-3 すべり面

表-2 載荷回数と θ の総計

実験番号	載荷回数	0	10	100	500	2000
No. 1	θ	+ 777	757	789	836	837
	(dip)	- 744	751	765	798	805
	接点数	49	48	49	50	50
No. 3	θ	+ 754	819	675	691	679
	-	735	649	848	766	814
	接点数	46	46	47	43	44
No. 9	θ	+ 883	855	836	838	891
	-	788	805	756	722	729
	接点数	48	47	47	46	48
No. 12	θ	+ 461	444	491	637	701
	-	511	438	442	550	581
	接点数	38	40	40	42	42
No. 16	θ	+ 842	902	903	972	974
	-	743	775	780	784	705
	接点数	46	48	49	50	50
No. 18	θ	+ 658	632	712	707	726
	-	627	627	618	642	569
	接点数	43	42	41	41	40