

熊本工学部 〇正員 北園芳人
熊本工学部 正員 鈴木敦巳

まえがき

阿蘇火山灰土には高含水比の火山灰質粘性土があり、有機物含有量の多い有機質火山灰土（通称黒ボク）と、有機物含有量の少ない火山灰質粘性土（通称赤ボク）に分類される。これまで有機質火山灰土についてくり返し載荷を行ない明らかになつたことは、突き固めた供試体は不飽和で、突き固めによって土粒子間力が不平衡になっていると考えられるので、くり返し載荷前に三軸試験機で等方圧密を行なう。等方圧密（24時間圧密）によつて、非排水圧縮強度は大きく増加するが、くり返し載荷を行なうと、過剰間ゲキ水圧が発生して、強度が低下し載荷後の非排水圧縮強度の低下で、くり返し載荷10回×前に降伏する荷重は等方圧密後の圧縮強度の約70%となる。さらに今回は、赤ボクについても同様な実験を行なつたので比較検討する。

試験方法

試料の赤ボクは熊本県阿蘇郡蘇陽町馬見原で採取したもので、物理的性質とJIS A 210に相当するエネルギーで突き固めた供試体（直径5cm、高さ12.5cm）の試験前の諸元は表-1に示す。試験方法は、くり返し載荷前に等方圧密を24時間行なう。等方圧密後の供試体諸元の変化は表-2に示す。くり返し荷重（ ΔP ）は等方圧密後の非排水三軸圧縮強度（ q_u ）との比（荷重比 $R_L = \Delta P / (q_u - u_0)$ ）で表わす。拘束圧は $u_0 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ 、くり返し周期1.0秒（載荷0.5秒、除荷0.5秒）である。

結果および考察

まず試料については、突き固めた場合、含水比が102.2%、飽和度95.7%と高含水比・高飽和度を示し、非排水三軸圧縮強度も表-2のようになり、 $c_u = 0.33 \text{ kg/cm}^2$ 、 $q_u = 1.5$ となり、ほとんど飽和粘性土と考えられる。この供試体を等方圧密すると、圧縮強度は表-2のように大きく増加し、乾燥密度、間ゲキ比も変化するが、飽和度もわずかにあるが

増加する。黒ボクの場合と比較すると、黒ボクの方が間ゲキ比が大きい（ $e = 5.96$ ）ため、沈下量も20%以上多い。等方圧密後の強度増加は、有機物含有量の少ない赤ボクの方が、はるかに大きい。

くり返し載荷によるヒズミ増加曲線は図-1に示す。対数目盛上では、荷重比0.25~0.30のとき、10回以上ではほとんど直線となり、荷重比0.40のとき、10回以降は直線となるが、10回以前では初期ヒズミ段階と考えられ、勾配がやや急である。荷重比0.45になると、初期ヒズミ段階から、一時的に平衡状態（対数目盛上でヒズミ曲線が直線となる）になり、10回前後でヒズミが急激に増加し降伏する。荷重比0.50、0.55は荷重比0.45でみられた平衡状態と考えられるものがはつきりせず、初期ヒズミ段階から引き続いて降伏してしまう。黒ボクの場合、荷重比0.55までは、対数目盛上でヒズミ増加曲線は直線となり、荷重比0.70まで、と、初期ヒズミ段階から平衡状態に進み、さらに10回付近ではヒズミ増加が大きくなり降伏状態に近くなる。すなわち、黒ボクの方が、載荷回数10回×内で降伏する荷重比は大きいといえる。

載荷中の過剰間ゲキ水圧は、供試体の飽和度が96%以上あり、ほとんど飽和していると考えられるが、載荷回

表-1 試料および供試体の諸元

試料の物理的性質		試験前の供試体	
自然含水比	105%	含水比	102.2%
比重	2.814	乾燥密度	0.703 g/cm^3
液性限界	91.5%	間ゲキ比	3.00
塑性指数	26.0%	飽和度	95.7%

表-2 圧密による供試体の諸元の変化

U_s (%)	圧密	圧縮率 (%)	$(U_s - U_0) / (U_s - U_0)$ (%)	E_{50} (kg/cm ²)	e_f (%)	γ_d (%)	e	S_r (%)
0	なし		0.60	9	15.0	0.70	3.00	95.6
0.5	なし		0.72	12	14.6	0.70	3.01	95.1
	24回	1.51	1.51	38	11.7	0.74	2.81	97.2
1.0	なし		0.73	9	15.0	0.70	3.05	95.3
	24回	2.40	2.25	65	13.2	0.77	2.67	96.4
1.5	なし		0.76	12	15.0	0.71	2.99	97.3
	24回	3.02	2.89	103	15.0	0.79	2.57	98.0

数 $4 \times 10^2 \sim 5 \times 10^2$ 回にならないと発生が顕著にならない。荷重比 0.40 以下では、載荷回数が増加につれて増加するが、 $2 \times 10^3 \sim 4 \times 10^3$ 回になるとほとんど増加がみられなくなる。荷重比の増加につれて、過剰間ゲキ水圧も増加する。荷重比 0.45 以上になると、過剰間ゲキ水圧の発生も早くなり、増加も急激で降伏するため、降伏しない荷重比 (0.40 以下) の過剰間ゲキ水圧とは明確な違いがあり、降伏したため載荷中止した時点の過剰間ゲキ水圧はほぼ同じ値を示している。黒ボクの場合、荷重比 0.70 でも $\Delta U = 0.45$ 程度で全体的に少ないと考えられるが、くり返し荷重 (4b) で比較すると、降伏しない場合は、赤ボク・黒ボクともに、くり返し荷重の約 40% の過剰間ゲキ水圧である。そして、降伏する場合は 60~76% の過剰間ゲキ水圧が発生する。

載荷回数 $10^2 \sim 2 \times 10^3$ 回の間のヒズミ増加 ΔU (載荷時間 t) つまり、ヒズミ速度 ($\dot{\epsilon}$) を求めてみると、図-3 のような傾向がみられる。赤ボクの場合、荷重比 0.40 以下と荷重比 0.45 以上ではヒズミ速度に著しい違いがみられ、それぞれを直線で結ぶと交点が求まる。この交点と降伏点とすると、降伏点荷重比は 0.43、ヒズミ速度は $1.1 \times 10^{-4} \%/\text{min}$ が求まる。また、黒ボクの場合は、荷重比 0.68、ヒズミ速度 $2.1 \times 10^{-4} \%/\text{min}$ となる。図-3 から黒ボクの場合、赤ボクが降伏する荷重比になっても、急激なヒズミ速度の増加はみられず、黒ボクの方が大きなヒズミに耐えられるということである。

図-4 は載荷回数 10 回での除荷時の回復ヒズミを示したものである。この図からも図-3 と同様な交点が求まる。しかし、求まる荷重比は、図-3 で求まる値より 10% 程小さい。また、同じ荷重比の場合、黒ボクの方が回復ヒズミが大きく、ヒズミ速度が赤ボクより大きくなっても降伏しないということから、有機物は非結晶質であるため、強度増加に悪影響を及ぼすが、また逆に、くり返し載荷という動的作用による強度低下の場合には、緩衝剂的な役目を果たしているため、赤ボクよりも載荷回数 10 回以内で降伏する降伏荷重比が大きくなる一因をなしているのではないかと考えられる。

参考文献

鈴木・北園「先行載荷におよぼす圧密時間の影響」昭和 51 年度土木学会西部支部研究発表会講演集

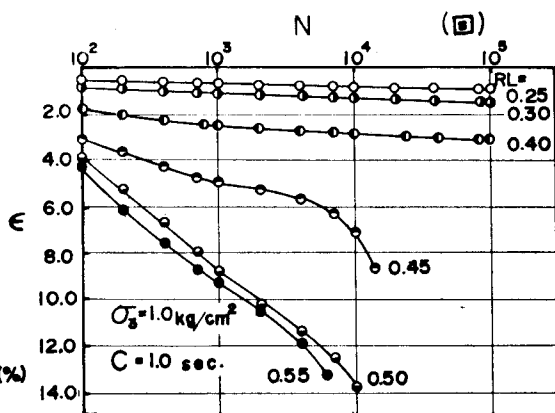


図-1 載荷回数-ヒズミ曲線

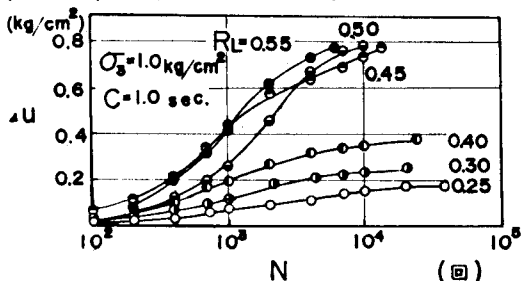


図-2 載荷回数-過剰間ゲキ水圧曲線

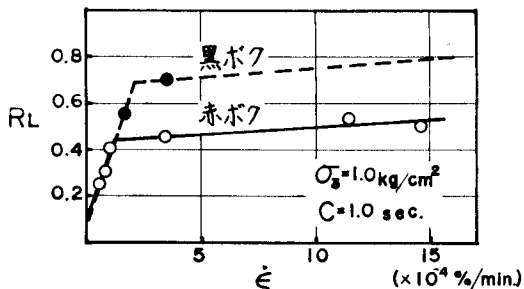


図-3 ヒズミ速度-荷重比の関係

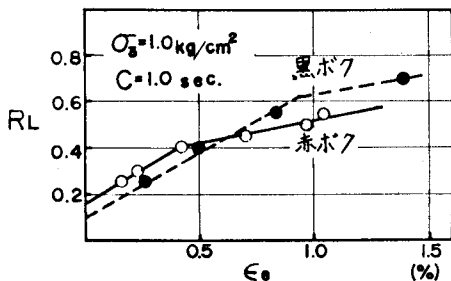


図-4 回復ヒズミ-荷重比の関係