

佐賀大学 理工学部
平和地研工業(株)

正員 鬼塚克広
正員 中村 彦

1. まえがき 土のせん断特性は排水条件によって大きく支配される。そこで、三軸条件における不飽和土の間ゲキ圧の軸差応力、体積変化、せん断抵抗角などのせん断特性が排水条件によってどのように変化するかを基礎的観点から実験的に調べてみた。

2. 試料と供試体 用いた試料は表-1に示すマサ土と赤土の2種類である。供試体は締固めて作成し、その直径は5.00cm、高さは12.50cmである。マサ土供試体の目標乾燥密度は最大乾燥密度の95%に相当する $\gamma_d = 1.644$ であり、赤土のそれは87%に相当する $\gamma_d = 1.306$ である。目標とした飽和度は $S_r = 60, 80, 100\%$ である。

3. 試験方法 マサ土の試験の排水条件は3種類で、それらはヒズミ速度0.23%の非排水試験(記号U)、ヒズミ速度0.23%と0.05%の両端排水試験($D_{0.23}, D_{0.05}$)である。赤土の場合は4種類の排水条件で、マサ土と同じU、 $D_{0.05}$ 試験とヒズミ速度0.05%の下部排水試験($D'_{0.05}$)およびヒズミ速度0.014%の両端排水試験($D_{0.014}$)である。これらのヒズミ速度0.23, 0.05, 0.014%で15%ヒズミに要する時間はそれぞれ約1, 5, 18時間である。U試験では、供試体の上部と下部の間ゲキ空気圧を、 $D_{0.05}$ 試験では上部の間ゲキ空気圧を土圧計で測定した。また $D_{0.05}$ と $D'_{0.05}$ 試験は供試体の中間部の間ゲキ圧を2本の注射針を用いて測定した。

4. 間ゲキ圧分布 図-1では、供試体内の間ゲキ圧分布が直線的であると仮定して、測定した間ゲキ圧を直線で結んでみた。U試験では、両試料とも上部と下部の間ゲキ圧が比較的近似した値を示している。排水試験(D)における2本の注射針を用いて得られた供試体中間部の2本の間ゲキ圧に注目するとそれらの大きさはかなりバラツクものもある。

5. 間ゲキ圧の大きさと軸差応力 不飽和土の間ゲキ圧は供試体の密度が小さい程、また飽和度(含水量)が高い程大きくなる。図-1, 図-2から明らかなように、同一締固め条件の供試体で測定された間ゲキ圧を比較すると、当然のことながらU試験の間ゲキ圧の方がD試験のそれよりも小さい。また、同じD試験でも、ヒズミ速度が小

表-1 試料の性質

試料名	城野原マサ土		香椎赤土	
	比重	2.063	2.722	
コンシステンシー	液性限界	39	75	
	塑性限界	31	32	
	塑性指数	8	43	
粒度	粒径4.75mm以下	13.9	0	
	砂2000~75μm	54.4	41.0	
	シルト75~5μm	22.2	31.0	
	粘土5μm以下	9.5	28.0	
三角座標による分類	砂質ローム	SM	CH	
	粘質ローム			
団粒の試験適合率(%)	15.8	28.1		
最大乾燥密度(%)	1.73	1.39		
最小間ゲキ圧	0.528	0.960		

表-2 三軸圧縮試験の結果

試料	試験番号	排水条件	セッティング時			全応力による		有効応力による	
			乾燥密度 γ_d (g/cm ³)	含水比 w (%)	飽和度 S_r (%)	見かけのせん断抵抗角(°)	せん断抵抗角(°)	見かけのせん断抵抗角(°)	せん断抵抗角(°)
マサ土	1	U	1.683	14.4	66.4	0.334	32°53'	0.343	35°29'
		$D_{0.23}$	1.688	14.0	63.4	0.662	30°58'	—	—
		$D_{0.05}$	1.685	13.8	64.4	0.567	31°35'	—	—
	2	U	1.655	18.8	81.8	0.500	16°54'	0.354	29°26'
		$D_{0.23}$	1.657	18.1	80.1	0.248	29°34'	—	—
		$D_{0.05}$	1.644	18.4	80.4	0.285	29°34'	—	—
赤土	3	U	1.635	23.1	43.8	0.249	1°07'	—	—
		$D_{0.23}$	1.647	23.0	48.1	0.114	35°24'	—	—
		$D_{0.05}$	1.621	23.3	46.8	0.130	34°26'	—	—
	5	U	1.321	32.2	82.1	0.875	9°30'	0.586	20°31'
		$D_{0.05}$	1.335	31.2	81.8	0.567	21°31'	—	—
		$D_{0.23}$	1.337	31.2	81.8	0.782	21°54'	—	—
マサ土	6	U	1.235	34.6	41.8	0.254	1°18'	—	—
		$D_{0.05}$	1.264	37.4	40.4	0.349	6°26'	—	—
赤土	7	U	1.269	34.4	43.7	0.230	14°44'	—	—
		$D_{0.05}$	—	—	—	—	—	—	—

表の値はそれぞれ4個の供試体の平均値

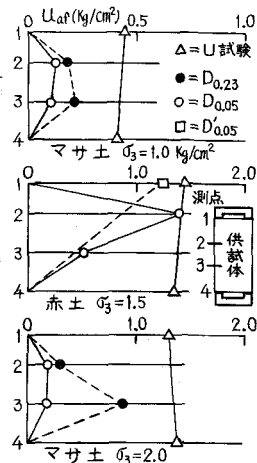


図-1 間ゲキ圧分布状態
(最大軸差応力時)

さい程発生する間ゲキ圧は小さくなる。

軸差応力と排水条件の関係は、一般的にD試験の軸差応力がU試験のそれよりも大きい。この傾向は飽和度が高くなるにつれて大きくなる。マサ土のセン断時における間ゲキ圧と軸差応力について考察してみる。飽和度の低い試験番号-1では、 $D_{0.23}$ の試験で間ゲキ圧はほとんど零となる。80%以上の飽和度を持つ試験番号-2, 3では、 $D_{0.23}$ 試験でも供試体中心部ではかなりの間ゲキ圧が発生するが、

ヒズミ速度が遅くなるとその値は減少し、 $D_{0.05}$ で0.1~0.2 %/cmとなる。試験番号-1のマサ土ではU試験の間ゲキ圧が比較的小さいので、図-3のようにU試験とD試験の軸差応力の大きさにはあまり差がない。しかし飽和度の高い試験番号-2では排水条件の違いがはっきりとあらわれている。しかしながら今回のマサ土の試験結果では $D_{0.23}$ と $D_{0.05}$ 試験の軸差応力は比較的近似した値を示している。これはマサ土の透水性が大きいので、ヒズミ速度の差があまりあらわれていないからである。稀固め密度にもよるが、飽和度が60%あたりのマサ土供試体では、排水セン断試験に採用するヒズミ速度としては0.2%ぐらいでもかまわないようである。飽和度が80%以上になると、間ゲキ空気圧零のD試験を行なうには0.05%以下のヒズミ速度が必要となる。赤土の場合はマサ土よりも透水性が小さいため、ヒズミ速度が0.014%においても飽和度の高い供試体でかなり大きな間ゲキ圧が発生している。

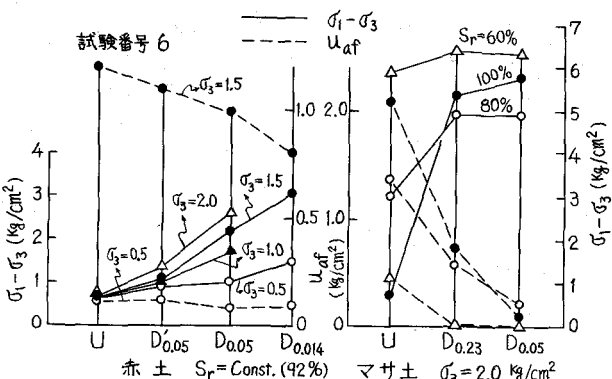


図-2 圧縮応力・間ゲキ圧・排水条件の関係

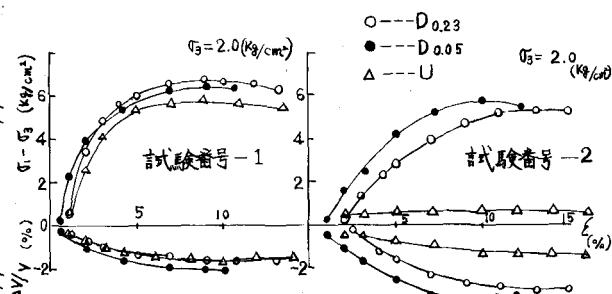


図-3 マサ土の体積変化、応力、ヒズミの関係

とあらわれている。しかしながら今回のマサ土の試験結果では $D_{0.23}$ と $D_{0.05}$ 試験の軸差応力は比較的近似した値を示している。これはマサ土の透水性が大きいので、ヒズミ速度の差があまりあらわれていないからである。稀固め密度にもよるが、飽和度が60%あたりのマサ土供試体では、排水セン断試験に採用するヒズミ速度としては0.2%ぐらいでもかまわないようである。飽和度が80%以上になると、間ゲキ空気圧零のD試験を行なうには0.05%以下のヒズミ速度が必要となる。赤土の場合はマサ土よりも透水性が小さいため、ヒズミ速度が0.014%においても飽和度の高い供試体でかなり大きな間ゲキ圧が発生している。

6. 体積変化 飽和度が低い場合(例えば試験番号-1)は軸差応力と同様、体積変化(収縮)の方がU試験のそれよりも大きくなり、かつ、D試験のヒズミ速度が小さい程収縮量は大きくなる。

7. セン断抵抗角と見かけの粘着力 飽和度の低い試験番号-1では全応力によるセン断抵抗角はあまり排水条件の影響を受けない。しかし飽和度が高くなるにつれて間ゲキ圧によるU試験とD試験のセン断抵抗角に大きな差が生じる。マサ土のD試験ではヒズミ速度の影響がセン断抵抗角にはあまり出ていない。見かけの粘着力は、D試験のセン断抵抗角がU試験のそれよりも大きいのに反し、逆の傾向を示す。マサ土の場合、D試験における見かけの粘着力はセン断抵抗角同様ヒズミ速度の影響は出ていない。

最後にあたり、終始御指導して頂いた九大土木教室の内田、松本両先生に深い感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 内田、松本、鬼塚：不飽和三軸圧縮試験の間ゲキ圧分布とセン断特性，九大工学部集報，第43巻，第4号昭和45年6月