

III-347

不飽和粗粒材の排気・非排水試験における変形・強度特性

徳島大学工学部 正会員○鈴木 壽

徳島大学工学部 正会員 山上拓男

日本舗道（元学部生） 坂東秀明

1. はじめに 粗粒材の研究の最大の課題は、現場の状態の力学特性をいかに室内試験の供試体で再現するかという点である。これに関しては、1) 直径が最大粒径の5～6倍、高さが直径の2～2.5倍程度の供試体を用いるべきこと、2) 相似粒度の概念が現場の粒度構成を有する供試体作成法に有益なこと、3) 試験間隙比は、粒子間の間隙のみを表す有効間隙比の方が望ましいこと、4) 粗粒材の強度特性には粒子破碎が影響していること、などの成果が得られている^{1)～4)}。これまでに筆者らは、この1)～4)の内容を考慮した粗粒材の三軸圧縮試験を実施して、実際に建設中の高盛土の変形・強度特性を明らかにしてきた⁵⁾。しかし、この場合は、飽和供試体に対する排水試験しか行っておらず、現場の含水状態すなわち不飽和粗粒材の変形・強度特性には言及しなかった。また、従来の粗粒材の研究においても、主に飽和あるいは気乾（試料の含水比が1%以下の不飽和供試体）状態の試験が実施されている²⁾のみで、現場の締固めおよび含水状態に対応する不飽和粗粒材の力学特性はあまり調べられていない。そこで、本報告ではこの不飽和供試体に対する三軸試験を新たに実施し、先に報告した飽和粗粒材の結果⁵⁾と比較して、両者の力学特性の相違を明らかにする。

2. 試験機と試験方法 用いた試料および供試体作成法については文献5)で詳述しているので、ここでは不飽和粗粒材に対する試験機と試験方法について述べる。本試験機はこれまでに提示されてきた不飽和土用三軸試験機⁶⁾と基本的には同じ構造を有している。ただし、供試体の全体の体積変化ははかり用ロードセルを用いた体積変化測定装置で計測している。供試体の寸法は直径10cm、高さ20cmで、試験機の規模としては中型に分類される。また、供試体の吸排気・吸排水を完全に分離するために、供試体の下部および上部には、それぞれセラミックディスク（A.E.V.=2.0kgf/cm²、厚さ3mm、透水係数 $k=1.1 \times 10^{-6}$ cm/s）と四フッ化エチレン樹脂多孔質フィルター（孔径0.5 μ m）を設けている。このフィルターを用いれば、2.0kgf/cm²以下の水圧の水は完全に遮断できる反面、高圧力下においても透気性に富む特性を有している。この特性は、従来から用いられているガラス繊維質フィルターやポリプロピレンフィルターよりも優れている。

試験方法としては、所定の有効間隙比に締固められた供試体を排気・非排水条件で等方圧縮し、さらに同条件でせん断する方法を採用した。締固め不飽和供試体に対しては排気・排水条件で試験されることが多い。しかし、今回の実験では供試体作成時のサクシオンが非常に大きくなったので、予備実験では、等方圧縮およびせん断の両過程で吸水現象が発生した。それ故に、供試体内の含水状態が一様でなくなり、供試体のエレメント性が確保できなかったため、試験中はすべて排気・非排水条件とした。なお、せん断速度は0.01cm/minとし、軸ひずみが15%に達したところで試験を終了した。

3. 試験結果 試験は、側圧0.5, 1.0, 2.0, 3.0kgf/cm²の4供試体で実施した。表-1は各側圧における供試体作成時および等方圧密終了後の有効間隙比 e_{bc} と飽和度 $S_{r,c}$ を示したものである。表から分かるように $e_{bc}=0.27 \sim 0.29$ 、 $S_{r,c}=51 \sim 55\%$ の範囲となっており、比較的現場の条件に近い値となった。

表-1 供試体の有効間隙比

側 圧 (kgf/cm ²)	供試体作成時		等方圧縮終了後	
	e_{bc}	$S_{r,c}$	e_{bc}	$S_{r,c}$
0.5	0.275	55.45	0.254	58.87
1.0	0.288	54.93	0.258	59.74
2.0	0.293	52.08	0.225	63.35
3.0	0.285	51.28	0.228	62.05

まず最初に、応力～ひずみ関係を比較する。図-1は、各側圧ごとの飽和および不飽和供試体の応力～ひずみ関係を比較したものである。図に示すように、拘束圧の低いところでは、不飽和供試体に対する応力～ひずみ曲線はピーク強度を有する形状となっているが拘束圧の増加と共に両者はよく似た形状となる傾向にある。ただしいずれの場合も不飽和供試体の方が大きく、その差は軸差応力で2～3kgf/cm²である。次に、ダイレイタンシー特性の比較を示す。図-2は、せん断中の供試体の体積変化を示したものである。この図から、拘束圧の低いところでの不飽和供試体のダイレイタンシーは飽和供試体よりもかなり大きい。また、拘束圧が高い場合でも限界状態に近付くにつれて大きなダイレイタンシーが発生している。最後に、強度係数の比較を行う。なお、飽和および不飽和状態の破壊線を比較すると、不飽和土の場合の破壊線は切片も傾きも大きくなっており、この傾向はこれまでの不飽和土の研究成果と合致する。

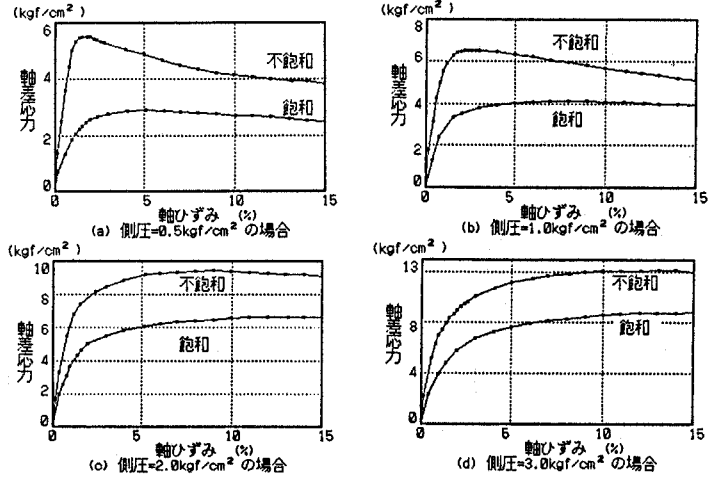


図-1 応力～ひずみ曲線の比較

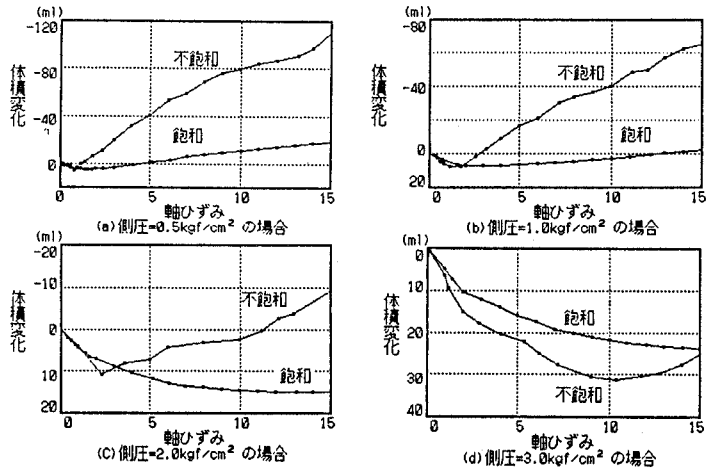


図-2 ダイレイタンシー特性の比較

4. おわりに 本報告は、相似粒度および有効間隙比の考え方に沿って作成した飽和および不飽和粗粒材の変形・強度特性を明かにし、両者の比較を行ったものである。結論的に言えば、不飽和粗粒材の方がダイレイタンシー特性が顕著となること、強度係数の増大の仕方は従来の不飽和土の研究と同様な傾向になることが分かった。ただし、ここでの試験条件は、排気・非排水なので、試験中の供試体内のサクシオンは一定とはなっていない。今後は、より精密なサクシオン制御試験を実施して、サクシオンが不飽和粗粒材の力学的挙動に及ぼす影響について究明して行きたい。

参考文献 1) 石井・大迫：締固めた粗粒材の合成比重と間隙比，土質工学会論文報告集，Vol.21，No.3，1981. 2) 土質工学会：粗粒材料の変形と強度，1986. 3) 赤司：ロック材料の密度管理と強度確認試験，土と基礎，Vol.33，No.4，1985. 4) 石井：多孔質な岩片や土塊を締固めたときの飽和度，土と基礎，Vol.36，No.12，1988. 5) 山上・鈴木・坂東：相似粒度および有効間隙比を用いた高盛土用飽和粗粒材の変形・強度特性，土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集，1990. 6) 土質工学会：不飽和土の工学に関する文献目録－標準的不飽和土三軸試験機について－，1989.