

破碎性地盤材料のせん断挙動に及ぼす拘束圧の影響

福岡大学大学院 学生会員 ○安河内聡

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

1.はじめに 破碎性地盤材料は一般的に特殊土に分類され、通常用いられる砂とは違ったせん断挙動を示すとされている。杭の先端部などの高い拘束圧を受ける部分では、粒子破碎の影響が懸念される。そこで破碎性地盤材料の力学特性を把握することを目的に三軸試験を行い、これまでに破碎性地盤材料のせん断挙動に及ぼす密度の影響について報告している¹⁾。本報ではさらに破碎性地盤材料のせん断挙動に及ぼす拘束圧の影響について報告する。

2.実験条件 本実験では破碎性材料として 5mmふるい以下の一般廃棄物溶融スラグを用いた。表-1に三軸試験の実験条件を示す。供試体作製法は、緩い供試体を作りやすくなるためのMoist Placement法、堆積面を破壊するための棒突き法の両方を行う作製法を用いた。排水条件では拘束圧 196kPa、490kPaの2種類、非排水条件では拘束圧 196kPa、588kPaの2種類で行った。 Dr_0 は供試体作製時の相対密度、 Dr_1 はせん断開始直前の相対密度を示している。破碎により最大・最小間隙比は変化すると考えられるが、両相対密度共に試験開始前の値を用い算出した。

表-1 実験条件

番号	試料	供試体 作製条件	有効拘束 圧(kPa)	背圧 (kPa)	排水条件	初期 相対密度 D _{r0}	せん断開始 時の相対密 度 D _{r1}	
a	スラグ	Moist Placement法 + 棒突き法	196	196	排水	10.3%	30.8%	
b						30.5%	49.7%	
c						45.6%	60.1%	
d						73.6%	81.1%	
e			490		排水	9.8%	44.5%	
f						24.6%	56.7%	
g						49.0%	73.6%	
h						74.6%	90.4%	
i			196	196	非排水	-5.5%	14.4%	
j						48.1%	57.5%	
k						56.1%	66.8%	
l						80.6%	87.2%	
m			588		非排水	8.7%	50.2%	
n						27.4%	64.0%	
o						54.0%	82.9%	
p						76.9%	94.6%	

3.一次元圧縮試験結果 破碎性地盤材料の圧縮特性を把握するため圧縮試験を行った。比較対象として豊浦標準砂を用いた。載荷法は標準圧密試験法に準じて行い、供試体は空中落下法で作製した。 $e-\log \sigma'_v$ 関係を図-1に示す。図-1より豊浦砂に比べ、スラグでは圧縮性が高い結果を示した。また、密なスラグの結果に着目すると、実験終了時の間隙比が0.626となり最小間隙比より小さな値となった。これはスラグにおいて粒子破碎が顕著に生じたことに起因する。

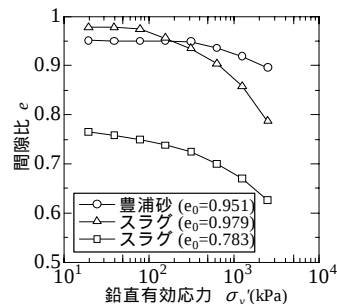


図-1 圧縮試験結果

4.三軸試験結果

4-1.排水せん断試験結果 拘束圧 196kPaの排水せん断試験結果を図-2に示す。破碎性材料では相対密度が高い試料でも顕著な正のダイレタンシーを示していない。また、軸差応力がピークを示しておらず、破碎性材料は典型的な密な砂の挙動を示さないことがわかる。このことに代表される様に、せん断中に粒子破碎が生じると非破碎性材料に比べて緩い砂の挙動が現れる¹⁾。次に拘束圧 490kPaの排水せん断試験結果を図-3に示す。拘束圧 196kPaの結果と比較すると、より大きな体積圧縮が生じている。最も密度が高い供試体でもわずかな膨張さえ示していない。図-2と図-3を比較すると、供試体作製時に同程度の密度であれば、拘束圧が高いほうが明らかに緩い砂の挙動を示すことがわかる。これは、拘束圧が高いほどせん断中に粒子破碎が生じやすいためであると考えられる。また、拘束圧の増加に伴い供試体作製時の密度の違いがせん断挙動に現れにくくなっている。

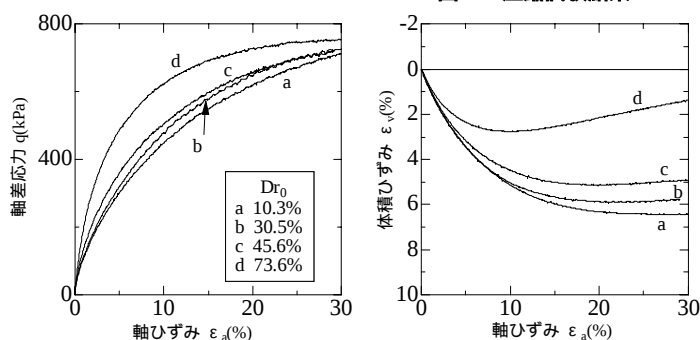


図-2 排水せん断挙動 (拘束圧 196kPa)

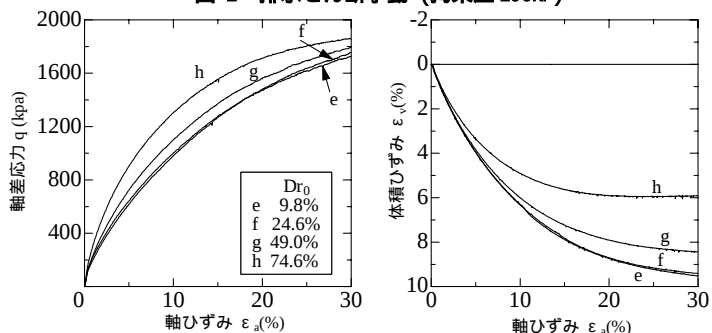


図-3 排水せん断挙動 (拘束圧 490kPa)

キーワード 粒子破碎、三軸試験、拘束圧、密度

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学 TEL 092-871-6631

4-2. 非排水せん断挙動結果 拘束圧 196kPaでの非排水せん断試験結果を図-4に示す。相対密度の高い供試体では非破碎性材料の密な供試体に比べ、硬化の仕方が比較的緩やかなである。これは、せん断中に粒子破碎が生じる影響である。一方で、相対密度の低い供試体は非破碎性材料の緩い供試体と比べ大きな差が無い。これは相対密度の低い供試体では有効応力経路が一旦原点に向かうので、せん断中に粒子破碎が生じにくいからである。次に拘束圧 588kPaでの非排水せん断試験結果を図-5に示す。相対密度の高い供試体では拘束圧 198kPaのときに比べ、硬化の仕方がより緩やかになっている。一方で、相対密度の低い供試体ではせん断中に粒子破碎が生じにくいから、拘束圧を上げたことの影響が顕著に現れていない。また図-4と比較すると、排水せん断結果と同様に、拘束圧の増加に伴い供試体作製時の密度の違いがせん断挙動に現れにくくなっている。

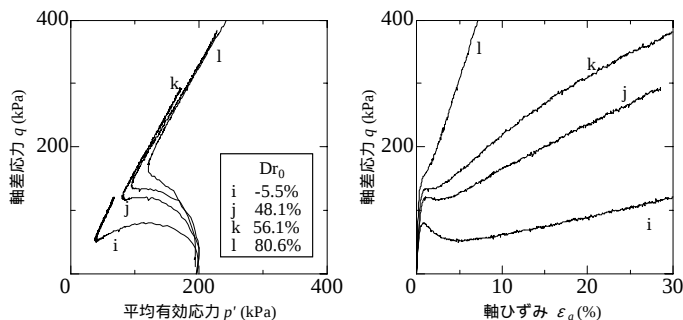


図-4 非排水せん断挙動（拘束圧 196kPa）

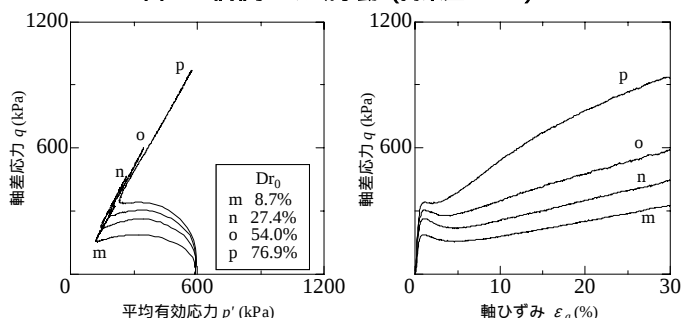


図-5 非排水せん断挙動（拘束圧 588kPa）

5. 三軸試験後の粒度分布 三軸試験後の粒度分布を図-6から図-9に示す。排水せん断後の試料は、初期の相対密度に関わらず一様に破碎している。また、わずかではあるが、拘束圧 490kPaの方が破碎の程度が大きい。非排水せん断試験後の粒度分布は、拘束圧 196kPaにおいては初期の相対密度が大ききほど破碎の程度が大きい。それに対し、拘束圧 588kPaの非排水せん断試験後の試料は、どれも一様に破碎している。これは拘束圧を高くすると圧縮段階で生じる粒子破碎の程度が、せん断中に生じる粒子破碎の程度に比べ大きいからであると考えられる。

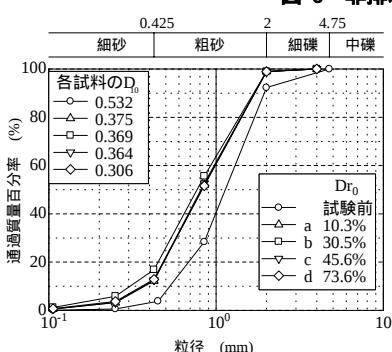


図-6 排水せん断後の粒度分布（拘束圧 196kPa）

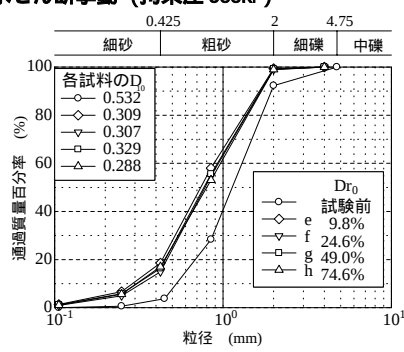


図-7 排水せん断後の粒度分布（拘束圧 490kPa）

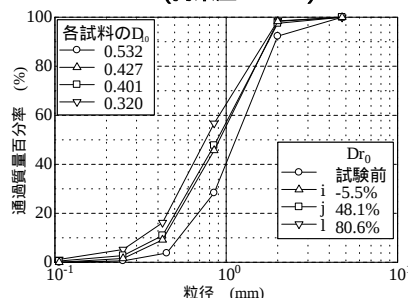


図-8 非排水せん断後の粒度分布（拘束圧 196kPa）

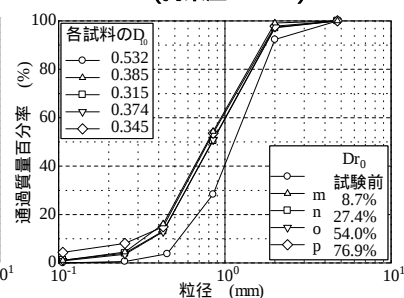


図-9 非排水せん断後の粒度分布（拘束圧 588kPa）

6. 等方圧縮過程における間隙比の変化 等方圧縮過程における間隙比の変化を図-10、11に示す。破碎性材料では大きな体積圧縮を伴うため、取り得る間隙比の範囲が狭まっている。破碎性材料では、拘束圧の増加に伴い供試体作製時の密度の違いの影響が生じにくくなるのはこのためである。

7. まとめ

- (1) せん断中の排水条件に関わらず、拘束圧を増加させることで試料作製時の密度の影響が生じにくくなる。これは圧縮中に生じる粒子破碎に起因してとり得る間隙比の範囲が狭まるためである。
- (2) 破碎性地盤材料は拘束圧を大きくすると密度が大きくなるにも関わらず、より緩い砂の挙動を示すようになる。これは拘束圧が高いほど、せん断中に粒子破碎が生じやすいためである。
- (3) 緩い砂の非排水せん断では、有効応力経路が一旦原点に向かうため、せん断中に粒子破碎が生じにくい。このため、相対密度の低い供試体の非排水せん断では、拘束圧を上げた影響が比較的しじにくい。

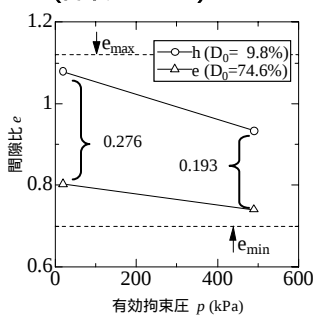


図-10 等方圧縮での間隙比変化（排水試験前 拘束圧 490kPa）

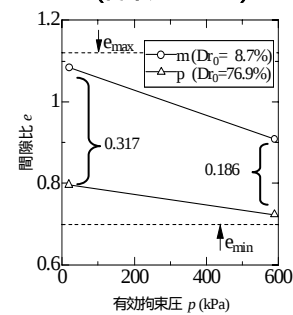


図-11 等方圧縮での間隙比変化（非排水試験前 拘束圧 588kPa）