

粗粒材料の強度特性と粒度組成に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 池内久満

正会員 須長誠

1. はじめに

粗粒材料である鉄道の道床バラストは岩石を砕くことにより製造する。このため、理論上は同質材料で任意の粒度組成とすることが出来るわけであるが、いままです粗粒材料の粒度組成と強度特性の関係は必ずしも明確でなかった¹⁾。今回この関係を解明するための一環として3種の粒度組成について三軸圧縮試験を行ったので、その結果について報告する。

2. 試験条件

2.1 使用材料

試験に用いた材料は、道床バラストとしても用いられている山梨県大月市で産出される安山岩の碎石であり、図1に示すように相似粒度に近いもの2種類(D, E)および単粒度に近いもの1種類(C)の3種に調整した。(なお、道床バラストの粒度組成は本試験で用いたものより粒径が大きく、図1の①と②の間のものを用いている。)

2.2 三軸圧縮試験

試験供試体の寸法は、最大粒径の5倍以上の直径とし、C, Dは直径20cm高さ40cm、Eは直径10cm高さ20cmとした。締固めは、直径20cmのC, Dについては道床バラストの締固めに用いている振動締固め機タイタンパーで、別途の試験により求められた最大密度 1.65kg/cm^3 付近まで締固めた。また直径が10cmのEについても同様の密度まで棒突き固めにより締固めた。

試験はJSF T531-1990の試験法に基づいて圧密・排水(本試験の場合排気)条件のCD試験とし、拘束圧は0.3, 0.5, 1.0, 1.5 kgf/cm^2 の4種とした。各ケースの実験条件を表1に示す。

3. 試験結果および考察

(1)主応力差

図2～5に拘束圧毎の軸歪と主応力差および体積歪の関係を示す。

表1 実験条件

試料 (50%粒径)	供試体 寸法	拘束圧	単位体積 重量 kg/cm^3
C (17.4mm)	$\phi=20\text{cm}$ $h=40\text{cm}$	0.3	1.63
		0.6	1.63
		1.0	1.64
		1.5	1.65
D (14.9mm)	$\phi=20\text{cm}$ $h=40\text{cm}$	0.3	1.66
		0.6	1.66
		1.0	1.66
		1.5	1.66
E (6.7mm)	$\phi=10\text{cm}$ $h=20\text{cm}$	0.3	1.66
		0.6	1.66
		1.0	1.66
		1.5	1.66

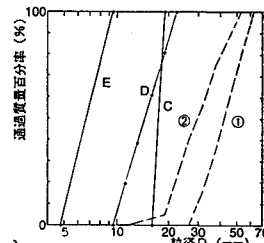


図1 粒径加積曲線

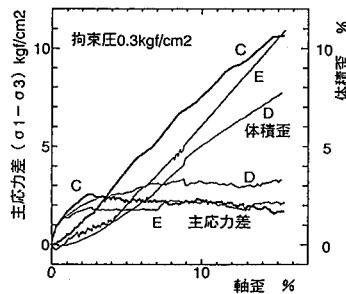


図2 軸歪と主応力差/体積歪

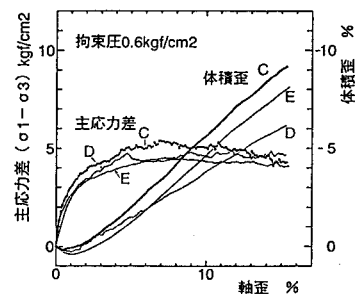


図3 軸歪と主応力差/体積歪

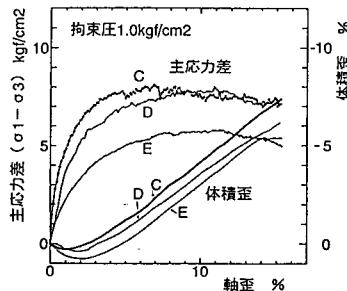


図4 軸歪と主応力差/体積歪

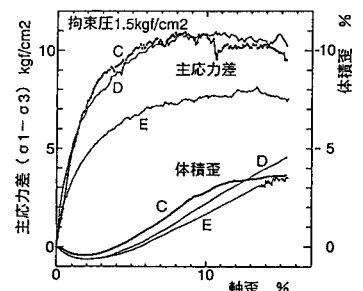


図5 軸歪と主応力差/体積歪

主応力差は拘束圧が低い場合（0.3, 0.6 kgf/cm²）には、粒度組成の違いによる差異は比較的少ないが、拘束圧が大きくなると（1.0, 1.5 kgf/cm²）差異が大きくなる傾向を示している。この点について最大主応力差に着目して整理すると図6となる。図において相似粒度であるDとEに着目すると粒径が大きいDの方が最大主応力差が大となっている。さらにこの差は拘束圧が大きくなる程、大となる傾向を示している。次にDと単粒度に近いCに着目すると、両者の最大主応力差はほぼ同じ値となっている。（拘束圧0.3 kgf/cm²では多少違うが）このことはこの二つが密度、間隙比がほぼ等しいこと、50%粒径がCが17.7, Dが14.6であること、また上記の結果（相似粒度においては粒度が大きい程、最大主応力差は大きくなっていく）を考え合わせると粒度を最適化することにより、圧縮強度を大きくすることができる可能性を示しているといえる。

(2) 体積歪

図2～5によれば体積歪は拘束圧が大きいと粒度組成による差は比較的少なく、拘束圧が小さくなるにつれ粒度組成による差が大となっている。最大主応力差にまで至っていない。載荷前半の傾向を見ると、載荷初期の体積圧縮は50%粒径の小さいEが最も大きく、粒径が大きくなるにつれて体積圧縮は小さくなっている。また、圧縮に続いて起こっている体積膨張は50%粒径が大きいCが最も大きく、粒径が小さくなるにつれて体積膨張は小さくなる傾向が伺える。

(3) 内部摩擦角

4種の拘束圧の試験結果より求めた内部摩擦角と粒径の関係を図7に示す。内部摩擦角は相似粒度でないCも含めて粒径が大きくなる程、大きくなっている。（この結果は参考文献²⁾の結果と同じ傾向を示している。）

4. まとめ

限られたケースではあるが今回の三軸圧縮試験結果において得られた粗粒材料の粒度組成と強度特性の関係を纏めると以下ようになる。

- ①相似粒度においては他の条件が同じなら、最大主応力差は粒径の大きいもの程大きい。
- ②粒度組成を最適化すれば平均粒径が同じでも圧縮強度を上げることができる可能性がある。
- ③今回の荷重ケース、試料密度においては載荷初期の体積圧縮は粒径が小さい程大きく、これに続く体積膨張は粒径が大きい程大きい。
- ④内部摩擦角は粒径が大きい程大きい。

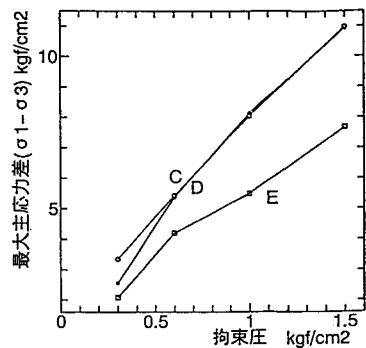


図6 拘束圧と最大主応力

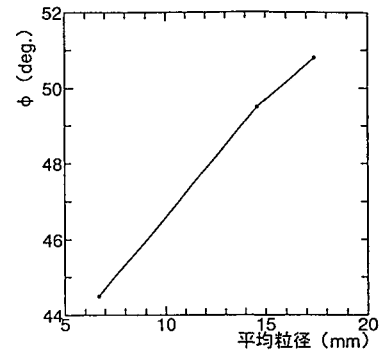


図7 内部摩擦角と平均粒径

[参考文献]

- 1) 土質工学会(1987) 粗粒材料の変形と強度 P186
- 2) 鎌田他(1993) 砂のせん断特性に及ぼす粒径の影響：土木学会第48回年次学術講演会