

粗粒土にガラスビーズを混入させた試料の三軸圧縮試験

神戸大学大学院 学 吉森久貴 神戸大学大学院 学 柴田安彦
 応用地質(株) 正 野並 賢 神戸大学工学部 正 加藤正司

はじめに：同一母岩から作製された実材料と相似粒度試料間において、相対密度と粒子の立体的な形状を揃えると、相似粒度試料の三軸圧縮試験結果より実材料の強度特性を把握することが可能であることがわかって¹⁾。ただし、この方法は粗粒土のみからなる試料では適用可能であるが、細粒分を含んだ中間土についての力学的相似性は検討途上の段階である。そこで今回、細粒分の変わりに、内部摩擦角の小さいガラスビーズを用い、粗粒土にガラスビーズを混入させた試料の三軸圧縮試験を行った。ここで、ガラスビーズを用いるのは、供試体の作製が細粒土を用いる場合に比べて容易であり、さらに透水性に優れているので、粗粒土のみを用いた場合のひずみ速度、試験方法で三軸圧縮排水せん断試験が可能のためである。

試料および試験方法：試料の粒径加積曲線を図-1に示す。粗粒土は珪砂 1,2号の0.85mm以下を除去したものである。ガラスビーズ(以下 GB)の最大粒径は粗粒土の最小粒径の 1/8 程度である。また、粗粒土の $\rho_s=2.620\text{g/cm}^3$ 、GB の $\rho_s=2.467\text{g/cm}^3$ と、土粒子密度は両者共ほぼ同じ値を示している。

粗粒土と GB の混合割合および試料の間隙比の設定に際しては、骨格間隙比²⁾の概念を援用した。骨格間隙比 e_g は次式で示される。

$$e_g = \frac{(v_{se} - V_b) + (v_b + v_{be})}{V_s} \quad (1)$$

ここに、 v_s ：粗粒土の固体分の体積、 v_{se} ：粗粒土のみでの間隙の体積、 V_b ：GB が占める体積(= v_b+v_{be})、 v_b ：GB の固体分の体積、 v_{be} ：GB のみでの間隙の体積

今回、粗粒土の骨格間隙比に着目した相対密度を全ての試料で 60%とし、 v_{se} と V_b の割合を 1:0, 1:0.1, 1:0.3, 1:0.5 に変化させて試験を行った。相対密度は試料の締め固めエネルギーに比例すると考えられるため、GB の相対密度も 60%になるとして v_b と v_{be} を設定している。供試体の作製は、GB と粗粒土が均一に混入されるよう、次の方法によった。各試料をあらかじめ 5 等分し、各層ごとにモールド内に適度に水分を含ませて不飽和状態とした粗粒土試料を投入し、その上から GB 試料を投入して突き棒で突き固めた。この方法により、砂粒子の周りに GB をメニスカスで付着させて GB が均一に混入されるようにし、突固め対象以下の層への影響を最小限に抑えることを目指した。三軸試験は、直径 50mm、高さ 100mm の供試体を用い、軸圧縮過程は 0.2%/min.のひずみ制御により、側圧一定の両面排水条件で行った。

結果の整理および考察：図-2に側圧 98kPa 時の軸ひずみ～主応力差、体積ひずみ関係を、図-3に側圧 294kPa 時の軸ひずみ～主応力差、体積ひずみ関係を示す。図-2,3より、主応力差に着目すると GB の混入割合が増加するに連れ、ピーク時の主応力差は小さくなり、強度が低下している。これより、粗粒土に GB を均一に混入した試料の場合、混入割合が小さいうちから強度低下は生じることがわかる。GB の混入量がさらに増えると、大嶺³⁾が示したように、GB の強度に近づくものと思われる。一方、体積ひずみに着目すると、試験初期の体積圧縮傾向は GB 混入割合が 1:0 のときよりも、1:0.1 の方が圧縮量は大きいことがわかる。これより GB 混入割合が多くなると、圧縮量は小さくなっていく。これは、混入割合が少ないうちは GB 試料が混入することにより砂粒子のすべりを引き起こし、圧縮

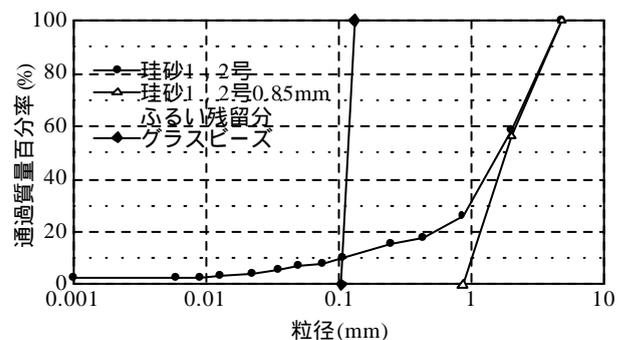


図-1 粒径加積曲線

キーワード：中間土、せん断強さ、粒子形状

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1, TEL：078-803-6030, FAX：078-803-6030

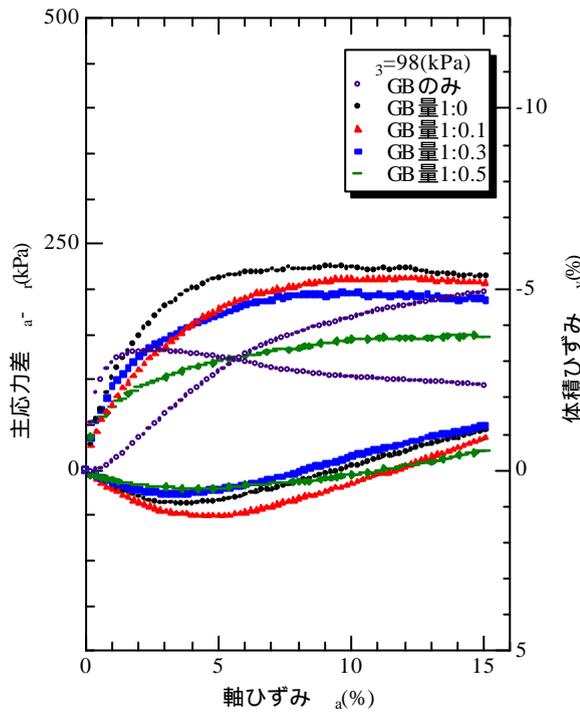


図-2 側圧 98kPa 時の応力～ひずみ関係

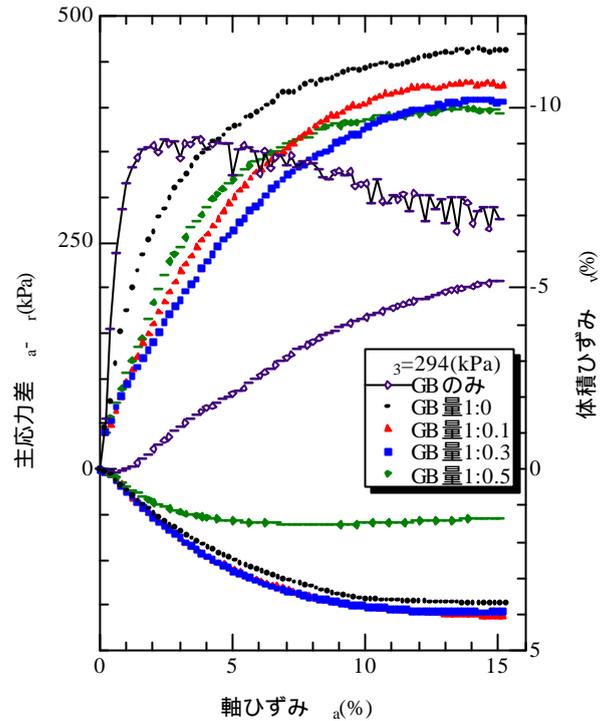


図-3 側圧 294kPa 時の応力～ひずみ関係

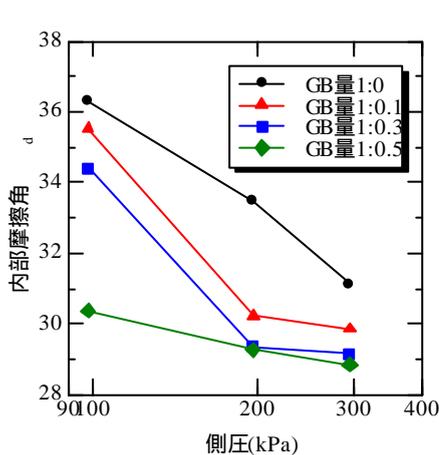


図-4 $\sigma_3 \sim \phi_d$ の関係

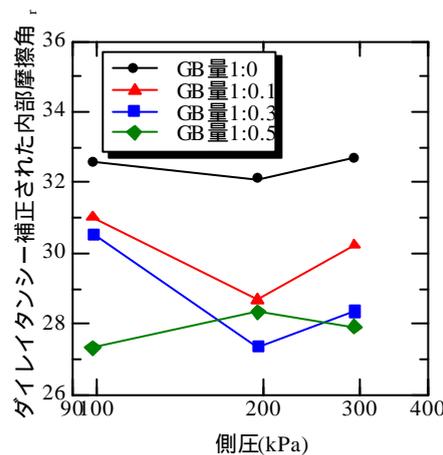


図-5 $\sigma_3 \sim \phi_r$ の関係

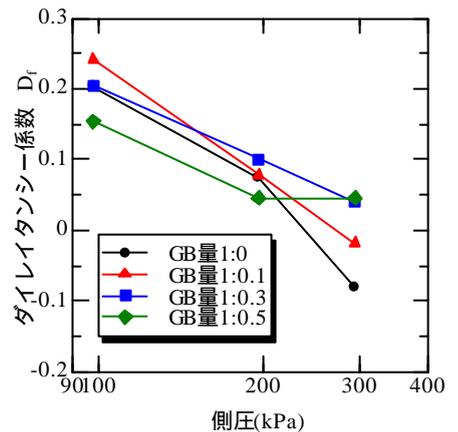


図-6 $\sigma_3 \sim D_f$ の関係

量を増加させるが、GB 混入割合が増加すると、今回粗粒土の量を変えずに GB の量だけを変化させているため、空隙比が減少し、粒子が移動するスペースが小さくなり体積変化量が減少したのだと考えられる。

図-4 に側圧 σ_3 ～破壊時の内部摩擦角 ϕ_d を、図-5 に側圧 σ_3 ～ダイレイタンスー補正された破壊時の内部摩擦角 ϕ_r を、図-6 に側圧 σ_3 ～破壊時のダイレイタンスー係数 D_f を示す。図-4～6 より、GB の混入量が増えると D_f の傾きが小さくなっていることがわかる。すなわち、側圧 98kPa では GB 混入量 1:0, 1:0.1 の方が D_f は大きいものの、294kPa ではその傾向は逆転し、1:0.3, 1:0.5 の方が大きくなる。これは側圧の小さい、正のダイレイタンスーが卓越する範囲では、粗粒土同士のかみ合わせは大きいものの、GB がこれを阻害するため、粒子の移動が抑えられる。側圧が大きくなると粒子の運動は抑えられて、収縮方向の移動が卓越するが、図-2,3 でみたように GB の多い試料の方が空隙比は小さいので、収縮量は小さくなると考えられる。一方、 ϕ_r はいずれの側圧に対しても GB 混入量に比例して概ね小さくなることわかる。これは GB の粒子間摩擦角が粗粒土と比較して小さいためと考えられる。したがって、GB 混入土の内部摩擦角 ϕ_d は GB の混入量に比例して小さくなり、その側圧依存性は GB 混入量が増えるに連れて小さくなる。

参考文献： 1) 軽部他：相似粒度に調整した粗粒材料のせん断強度特性に及ぼす粒子形状と粒子破碎の影響，土木学会論文集 No.617, pp.201～211,1999. 2) J.K.Mitchell: "Fundamentals of soil behavior", New York, willy, 1976. 3) 大嶺 聖：中間土の圧縮および強度特性に関する基礎的研究，九州大学学位論文，1997