

III-46

軽量盛土材としての気泡セメントの三軸圧縮特性

九州産業大学工学部	学生員	佐々木 典 哉
九州産業大学工学部	正会員	山 内 豊 聡
大洋技術開発（株）	正会員	浜 田 英 治

1. はじめに

気泡コンクリートは従来、主として建築構造物の軽量材料として開発され、実用化もされている。本研究で報告する気泡セメント(Foamed Cement:以下FC)は、気泡率を80~90%まで高めて乾燥単位体積重量を $0.2\sim 0.3 \text{ gf/cm}^3$ 、透水係数を $10^{-2}\sim 10^{-3} \text{ cm/s}$ としたもので、軽量盛土材料等の土木材料として開発されたものである。図-1に間隙比 e と一軸圧縮強度 q_u の関係を示しているが、 e が高い程、明瞭に q_u は低くなっている。図-2は、含水比 w （約2ヶ月養生した後、水浸）と q_u の関係を示している。この図からは、 w が低い程、 q_u は高くなっている事が分かる。本研究は、FC供試体の拘束圧下での力学特性を調べ、さらにFCの降伏（破壊）規準を考察する事を目的とし、三軸圧縮試験(CD)を行ったものである。

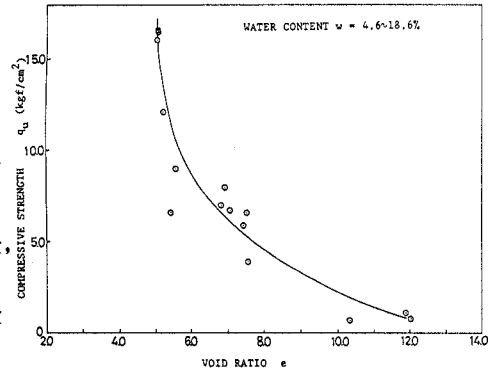


図-1 間隙比～一軸圧縮強度関係

2. 三軸圧縮試験

2-1 試験方法

今回、三軸圧縮試験に用いたFC供試体は早強セメント、水及び気泡剤を配合したもので、気泡率（間隙率 n ） $\approx 88\%$ のものを準備し、養生期間は2ヶ月以上とっている。使用した供試体は、型枠から試料を取り出し、トリマにより直径5 cm、高さ10 cmの円柱形に成形した。供試体の初期間隙比 e_0 は7.092~7.365である。供試体の飽和方法は、供試体の内部に -1.0 kgf/cm^2 、 chamberに -0.8 kgf/cm^2 の負圧をかけ、約50分間脱気し、その後、その状態で脱気水を約1時間程通水した。この方法で供試体の飽和度は $S_r \approx 100\%$ となった。試験方法は、等方圧密・排水試験(CD)とし、軸圧縮速度は、 $\dot{\epsilon}_a = 0.1\%/min$ とした。側圧は、バック・プレス・ジャ-を 1.0 kgf/cm^2 として有効拘束圧を $\sigma'_c = 0.1, 1.0, 3.0, 4.0, 4.14 \text{ kgf/cm}^2$ の5段階とした。最大の σ'_c を 4.14 kgf/cm^2 としたのは、その圧力下で等方圧密過程に降伏が認められたからである（体積ひずみが急増し、このとき供試体表面のへこみが肉眼で観察された）。測定には、軸荷重はロードセル、軸変位は変位計、体積変化は差圧計を使用した。

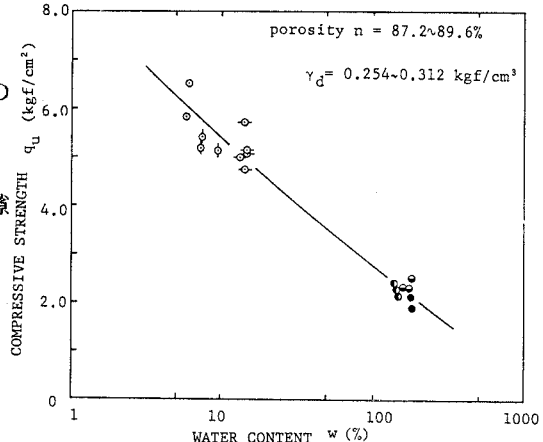


図-2 含水比～一軸圧縮強度関係

2-2 試験結果

図-3は、CD試験の軸差応力 q ～軸ひずみ ϵ_a 曲線を示している。この図から、各供試体について概ね $\epsilon_a = 0.3\sim 0.5\%$ の時に最初の降伏が現われている事が分かる。また、降伏後も残留強度を維持していること、拘束圧が高くなっても q に大きな差はなく、むしろ σ'_c が高い程、 q が低い傾向にある事が分かる。図-4は、体積ひずみ ϵ_v ～軸ひずみ ϵ_a 曲線を示しているが、せん断過程の初期の曲線を拡大したものである。この

図から分かる事は、 ε_v は圧縮方向にのみ変化し、 σ'_c が大きい程、 ε_v の増加が大きい傾向にある事である。図-3と比べてみると最初の降伏が生じた後に、 σ'_c の違いによる体積変化の差が拡大しており、各供試体の降伏は、ほぼ $\varepsilon_v=0.1\sim0.3\%$ の時に生じている。

ただし、 $\sigma'_c=4.14 \text{ kgf/cm}^2$ については、圧密過程中に降伏が認められた為、他の供試体とは異なった曲線となっている（ ε_v が大きい）。図-5は、図-3の $q\sim\varepsilon_a$ の曲線から認められた降伏時 q_y のモールの応力円を示す。そのモールの包絡線は、通常の土質材料と異なった傾向を示している。つまり σ' が増加しても τ は増加していない。図-6は、 $q\sim\varepsilon_a$ 曲線の最大軸差応力時 q_{max} のモールの応力円を示している。これらの現象は、圧密過程において等方圧力（静水圧）によって、降伏が認められたという事からも推察出来る。このFC供試体の様に気泡率（間隙率）が80~90%と高い材料（多孔質材料）には、土質材料の様にモールの包絡線の降伏（破壊）規準が適用し難いようである。今回は、供試体の e_0 が大きく低下しない程度（骨格構造が壊れない程度）の圧密圧力とし、せん断過程での降伏を $q\sim\varepsilon_a$ 曲線から判断される最初の降伏点と定義したが、 σ'_c をさらに大きくして、 e がかなり低下するまで圧密した後にはせん断すると必ずしも今回の様な結果とはならないことは十分推察出来る。

3. まとめ

FC材料は、気泡率が80~90%と高い多孔質材料であり、粒状体材料である土質材料とは異なる降伏特性を持つ事が分かった。その為、モールの包絡線の規準は、適用し難いといえる。従って、静水圧降伏を考慮したFC独自の降伏規準を適用する必要がある。（謝辞）実験を行うに当たり御協力頂いた小野田セメント（株）、古谷俊明氏に感謝の意を表します。（参考文献）(1)古谷・山内・浜田：気泡セメントの力学的特性、昭和62年度土木学会西部支部研究発表会講演集、佐賀、1988年3月、(2)足立・小川：堆積軟岩の力学特性と破壊規準、土木学会論文報告集、第295号、1980年3月、(3)小山・龍岡：透水性の低い不攪乱砂質土試料の簡易飽和化法について、土木学会第42回年次学術講演会、昭和62年9月

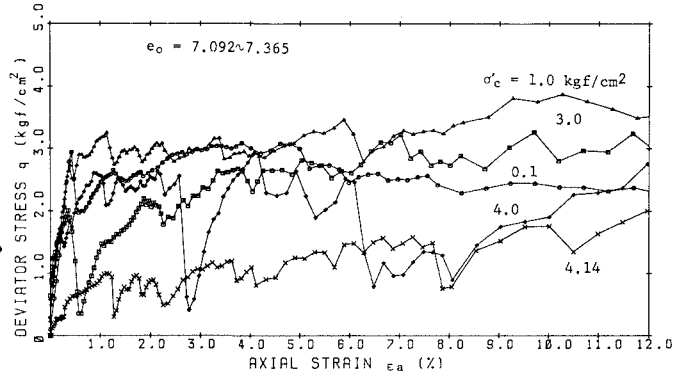


図-3 三軸圧縮試験(CD)による軸差応力～軸ひずみ関係

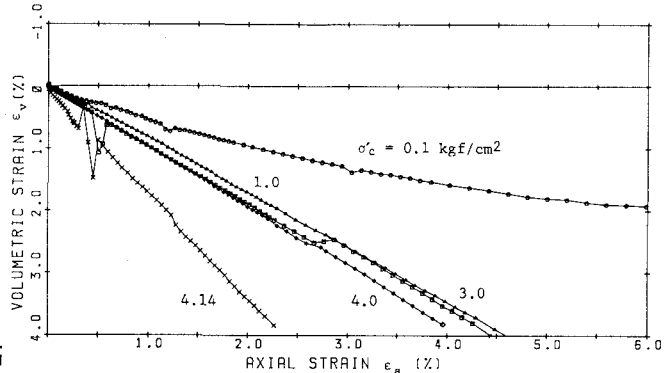


図-4 三軸圧縮試験(CD)による体積ひずみ～軸ひずみ関係

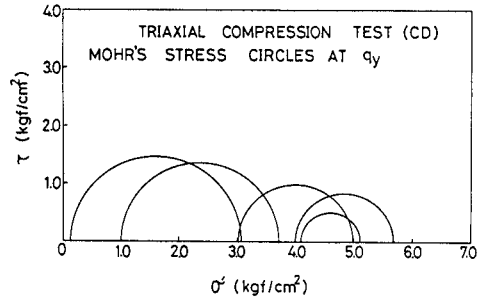


図-5 降伏時のモールの応力円

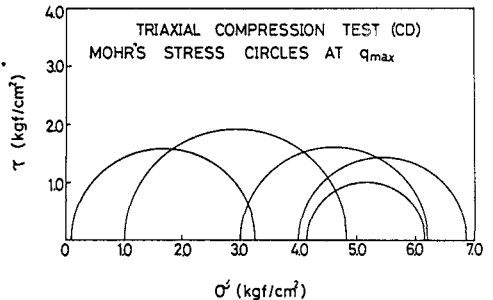


図-6 最大軸差応力時のモールの応力円