

砂の「簡易」定圧一面せん断試験に基づく強度の特性

鳥取大学 正会員 ○清水正喜

鳥取大学 学生会員 碓 博則

鳥取大学 学生会員 山本大輔

1. はじめに

一面せん断試験では圧密およびせん断過程において供試体が圧縮または膨張するときに供試体周面にせん断箱から摩擦力が働くので加圧板から作用する垂直荷重と反力板に作用する垂直荷重が等しくならない。地盤工学会の基準（JGS0561-2000）¹⁾では反力板側の垂直荷重を一定に保ってせん断する試験を定圧せん断試験と定めている。ただし、加圧板側の荷重を一定に保つ試験（「簡易」定圧試験）も許容されているが、その場合でも反力板側での荷重を測定することが要求されている。しかしながら、反力板側で荷重を測定できない形式の試験機もまだ多用されていると思われる。本研究では、反力板側での荷重を測定する簡易定圧試験と基準で定められた定圧試験を行い、簡易定圧試験の結果に基づいて試料の強度を評価した場合の特性について考察する。

2. 試料および供試体の作成方法

乾燥豊浦砂を用いた。 $\rho_s=2.633\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=0.970$, $e_{\min}=0.618$ である。供試体の密度は緩詰め、中詰めおよび密詰めに設定した。緩詰めは砂の最少密度試験の方法に準じて、中詰めと密詰めは、砂の最大密度試験におけるように供試体側面から打撃することによって締固めた。打撃方法と回数は予備試験によって定めた。結果として、相対密度は表1に示すようになった。

表1 供試体の相対密度

詰め方	緩詰め	中詰め	密詰め
Dr：圧密前	23.7～29.0	38.1～39.4	75.0～79.2
Dr：圧密後	32.8～36.0	43.5～46.9	79.7～82.6

3. 試験方法

図1に示す装置を用いた。上箱固定・下箱移動式で、上箱に加圧板があり、下箱は反力板になっている。加圧板上部と反力板底部にロードセルを設置し、加圧板側および反力板側の垂直荷重を測定した。本文ではそれぞれの荷重を供試体断面積で割った値を加圧板側垂直応力 (σ_M) および反力板側垂直応力 (σ_F) と呼ぶ（ここに“M”はMovableの、“F”はFixedの意味で用いた）。垂直荷重は空圧シリンダーまたは手動ジャッキによって制御できる。

加圧板側垂直応力 σ_M を一定に制御した試験（CPM試験と呼ぶ）と反力板側垂直応力 σ_F を一定に制御した試験（CPF試験）を行った。各相対密度の供試体に対して、圧密過程では反力板側垂直応力を100と200（kPa）に設定して上記2種類の方法でせん断した。

垂直荷重は、圧密過程では空圧シリンダーで、せん断過程では、CPM試験は空圧シリンダーで、CPF試験は手動ジャッキで載荷した。上下せん断箱の隙間は0.2mm、せん断速度は0.2mm/minとした。

4. 結果及び考察

(1) せん断中の垂直応力の挙動

例として緩詰め供試体のCPM試験の結果を示す（図2）。せん断初期に供試体が圧縮する傾向を示し、 σ_F が減少した。これは上向きの周面摩擦力が供試体に働いたためである。その後体積膨張が起これるとともに周面摩擦力は下向

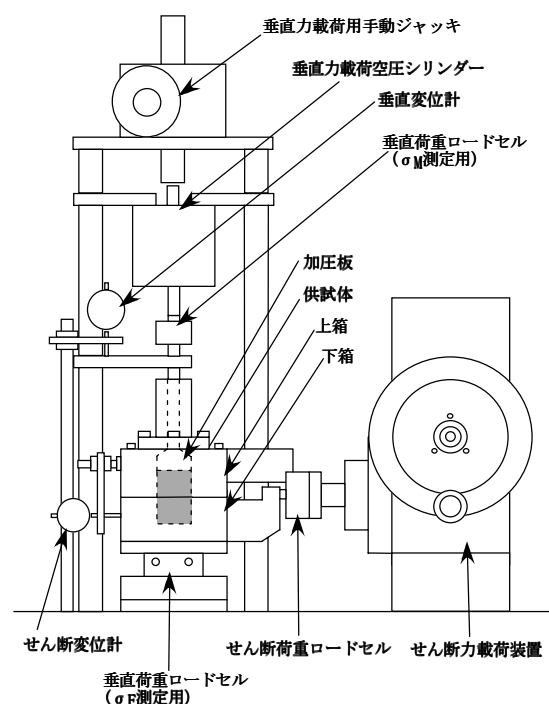


図1 試験装置

キーワード 砂, 定圧一面せん断試験, 周面摩擦, せん断抵抗角, 見かけの粘着力

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学部土木工学科, TEL: 0857-31-5290

きになってその結果として σ_F が増加に転じた。CPF 試験においても、ダイラテンシーの傾向と周面摩擦力の向きはCPM 試験と同じであるが、 σ_M はCPM 試験の σ_F と逆の変化を示した。なお、せん断開始時に σ_F が σ_M より小さいのは圧密過程において供試体が圧縮したためである。

（2）応力経路と破壊包絡線

どの試験においても2種類の垂直応力を測定しているので応力経路（および破壊包絡線）は2つできる。例として緩詰めの場合についてCPM 試験の結果を図3に、CPF 試験の結果を図4に示す。図中実践は反力板側の垂直応力 σ_F を、破線は加圧板側の垂直応力 σ_M である。垂直応力として σ_F を用いるか、 σ_M を用いるかによって破壊包絡線に大きな違いが見られる。

（3）強度定数

図5にすべての試験結果に基づいて決定した ϕ_d を、図6に c_d をそれぞれ試料の相対密度 Dr に対してプロットした。相対密度は各詰まり方における平均値である。図中、“(M)”は垂直応力として σ_M を、“(F)”は σ_F を用いた場合である。 ϕ_d は供試体の詰まり方、従ってダイラテンシーの程度によって傾向が異なっている、即ち、 σ_M を用いると緩詰めの場合には小さく、密詰めの場合には大きく評価される傾向がある。一方、 c_d は詰まり方と試験方法によらず σ_M を用いて整理すると過大に評価されるようである。せん断面上の真の垂直応力は σ_M と σ_F の間にあると思われるが、砂試料では物理的に $c_d=0$ となるべきであるという観点から判断すると、垂直応力として σ_F を用いる方が好ましいと考えられる。

5. おわりに

ここに示した結果は文献¹⁾解説で示された知見と重複する部分も多いが、定圧一面せん断試験において試験方法と結果の整理方法が強度パラメータの決定に大きく影響することがあらためて認識された。反力板側の垂直応力を測定または制御できないタイプの試験機を使用して強度定数を決定する場合には、その特性を十分考慮して強度を評価しなければならない。

参考文献 地盤工学会（2000）：土質試験の方法と解説（第1回改訂版）第7編第4章。

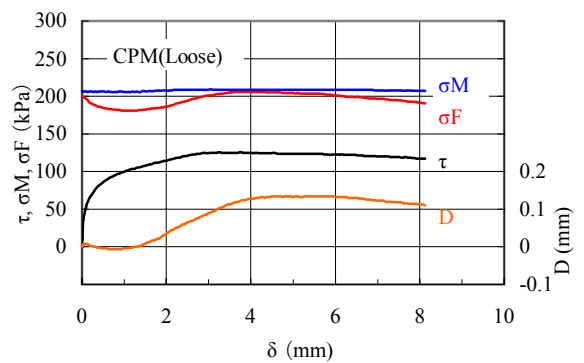


図2 緩詰め供試体 CPM 試験の結果
(圧密圧力 200kPa)。

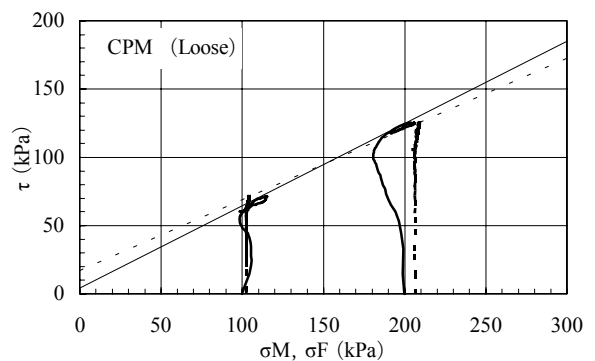


図3 緩詰め供試体の CPM 試験

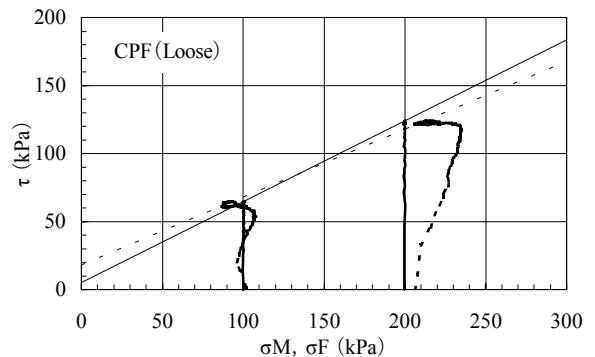


図4 緩詰め供試体の CPF 試験

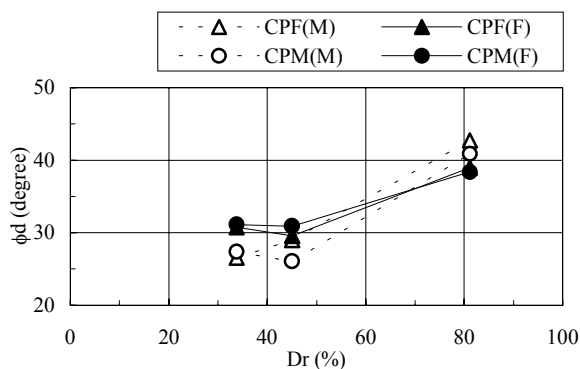


図5 せん断抵抗角 ϕ_d と相対密度 Dr の関係。

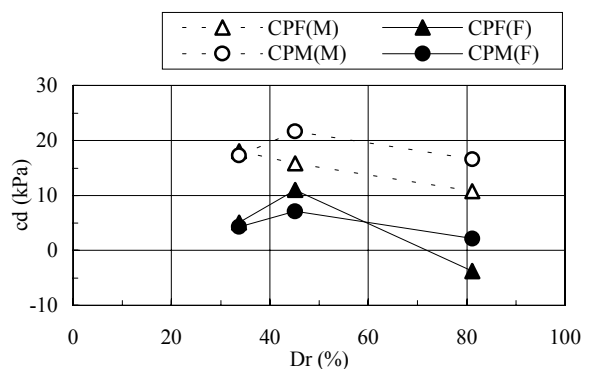


図6 見かけの粘着力 c_d と相対密度の関係