

各種フローコーンによる底泥のスランプ試験

徳島大学工学部 正会員 中野 晋
 徳島大学大学院 学生員 ○ 小野 幹夫
 徳島大学大学院 学生員 藤平 依彦

1. はじめに 底泥の降伏値は波や流れの下での底泥の移動現象と密接に結びついている。本研究は一昨年¹⁾、昨年²⁾に引続き、スランプ試験による底泥の降伏値の推定手法について検討したものである。

2. 試験容器と試験方法 スランプ試験に用いたフローコーンは図-1に示す塩化ビニル製の円筒型“コーン”、細骨材フローコーン (JIS A 1109)、モルタルフローコーン (JIS R 5201) の3種類である。底泥試料としては水で調整した粉末粘土を用いた。つまりカオリナイト粘土 (ASP600, 比重2.67) を水道水で調整したもの、ベントナイト粘土 (豊順工業, 妙義, 比重2.614) を食塩水 (濃度 3%) で調整したものである。今回の

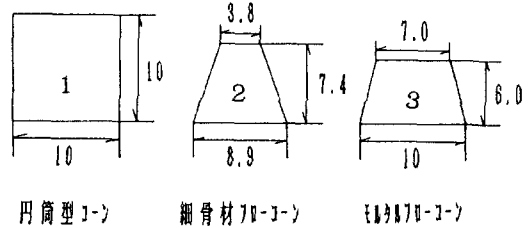


図-1 使用したスランプ容器

測定では高含水比の超軟弱粘土の測定をするため、大気中のスランプ試験の他、水中でも実施した。大気中で行うスランプ試験はコンクリートのスランプ試験に準じて行い、スランプ最終形状を真横からビデオで撮影した。また水中スランプ試験はスランプ試験台の中央で試料を充填した後、コーンに蓋をし、試験台ごと水中に沈めてからコーンを引き上げた。スランプ終了後に超音波測深器 (正豊工学, M.T.E.P.I-2) を試料の中心を通るように走らせ、最終形状を測定した。

3. 底泥の降伏値の評価 昨年²⁾、スランプ最終形状を入力データとし、有限要素法を用いてスランプ終了時の最大せん断応力分布を求め、その最大値から底泥の降伏値の近似値を求める手法について発表した。今回も昨年と同じ手法を用いて、降伏値の評価を行う。図-2に計算のフローチャートを示す。なおスランプ後の形状は軸対象であるので三角形リング要素に分割し解析している。軸対象応力状態では円周方向の応力 σ_θ が発生するため、3次元の応力状態となり、3つの主応力 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ が存在する。したがって最大せん断応力はこれの最大と最小の1/2として評価した。計算に用いるポアソン比は0.49として与えたが、0.45~0.495の範囲で変化させても結果に大きな影響はないことが確認されている。図-3は円筒型コーンによるベントナイトの空中スランプ試験の場合に計算された最大せん断応力分布の一例である。せん断応力分布は底面中央部で最大となり、この値が試料の降伏値とほぼ等しいと考えられる。

図-4と図-5は各種コーンを用いて測定した含水比と降伏値の関係を表したものである。これより $W > 140\%$ 以上になると円筒型コーンで求めた降伏値は他のコーンで求めた値に比べて1/2~1/4と小さくなっている。これは円筒型コーンの上径と高さが他の円すい型コーンに比べて大きいため、試料上部の自重が大きくなり、その分低下の初期速度が大きく慣性力も大きくなるためであると考えられる。高含水比の場合には粘度が小さく低下速度がより大きくなるため、

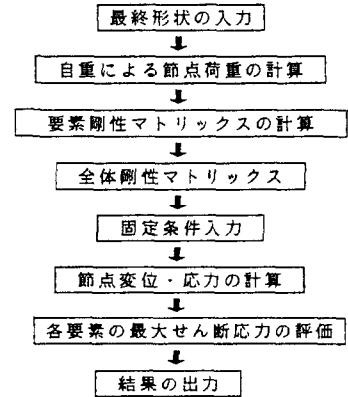


図-2 計算のフローチャート

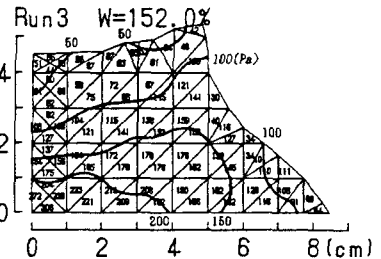


図-3 最大せん断応力度分布

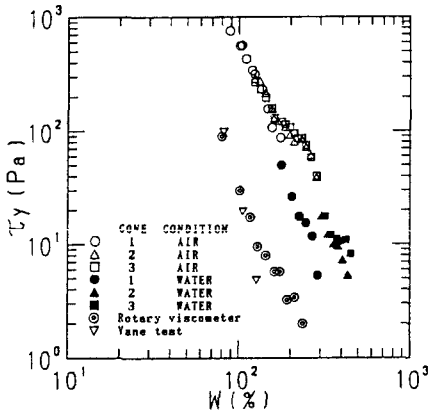


図-4 含水比と降伏値 (Kaolinite)

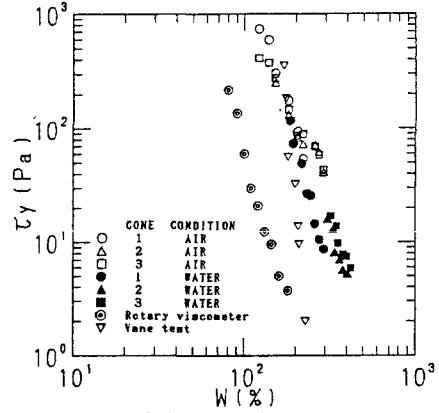


図-5 含水比と降伏値 (Bentonite)

特に低下量が大きくなるのではないかと考えられる。また同時に鶴谷ほか³⁾が回転粘度計により求めた降伏値と矢内ほか⁴⁾がベーン試験装置により求めた降伏値も同時に示しているが、これから弾性有限要素法で求めた降伏値に比べて、回転粘度計やベーン試験装置で求めた降伏値は1オーダー以上小さいことがわかる。図-3に示した最大せん断応力度分布からもわかるように、降伏値は最終形状の底面中央部の最大せん断応力度値と関係が深いので、底面での内部応力 σ_b は最終高さ h と試料の密度 ρ_m 、外部流体の密度 ρ_a とすると

$$\sigma_b = \alpha (\rho_m - \rho_a) g h \quad (1)$$

で表される。ここで α はコーンの形状や応力の種類によって決まる定数である。底泥の降伏値 τ_y が σ_b に比例するならば

$$\frac{\tau_y}{(\rho_m - \rho_a) g h} = \frac{\tau_y}{\rho g h} = \alpha' \quad (2)$$

の関係が得られるはずである。図-6と図-7はカオリナイトとベントナイトの $\tau_y / \rho g h$ と h/H (H : コーンの高さ) の関係を調べたものである。これより h/H が大きいくほど $\tau_y / \rho g h$ は大きくなり、コーンの種類や試料に依らずほぼ次式の関係で表されることがわかる。

$$\frac{\tau_y}{(\rho_m - \rho_a) g h} = 0.25 + 0.35 \frac{h}{H} \quad (3)$$

4. おわりに 3種類のコーンによるスランプ試験から弾性有限要素法により底泥の降伏値を求めた結果、無次元化された降伏値と相対スランプ高さは式(3)の関係で表されることがわかった。

謝辞 本研究は文部省科学研究費奨励研究A(課題No.01750514)の補助の下に実施された。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献 1) 中野晋ほか(1988): 第40回中四支部講演概要集, pp.232-233. 2) 藤平彦彦ほか(1989): 第41回中四支部講演概要集, pp.158-159. 3) 鶴谷ほか(1986): 港湾技研資料, No.566, pp.1-29. 4) 矢内ほか(1988): 第43回年講, II, pp.768-769.

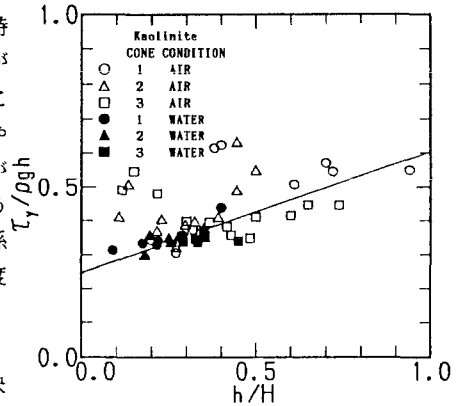


図-6 無次元降伏値と相対スランプ高さ (Kaolinite)

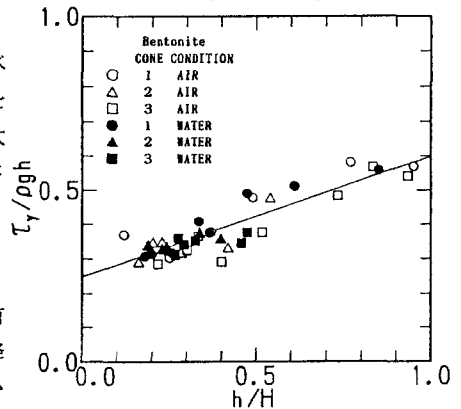


図-7 無次元降伏値と相対スランプ高さ (Bentonite)