

II-578

L型スランプ試験による底泥の降伏値の評価

日本工営(株) 正会員○小野 幹夫
徳島大学工学部 正会員 中野 晋
徳島大学大学院 学生員 鈴木 直人

1. はじめに フレッシュコンクリートの流動特性量を簡単に測定する方法の1つとしてL型フロー試験が用いられる¹⁾. 本研究ではこの試験方法を底泥の流動特性試験の1つとして採用し, その測定結果を円錐台型スランプ試験の結果と比較した.

2. 試験方法 試験装置は透明アクリル板製で形状と寸法を図1に示す. 底泥の流動口を押さえる仕切り板には0.2mmのアルミニウム板を用い, これを引き上げて開放することにより, 試料を流動させる. 流動後の形状を測定して, 最終高さ, フロー値, FEM逆解析により評価される降伏値について検討した. 試料にはカオリナイト(EngelHard ASP600)を水道水で攪拌したものを用いた. 試料の充填高さを13.5cm(流動口の1.5倍)に固定して含水比を変化させた場合と含水比を一定にして充填高さを変化させた場合について試験を行った. なお, 実験時には容器との付着程度を均一にするため, 容器内側に均一にシリコンオイル(粘度100cpoise)を塗布してから行った.

3. 降伏値解析手法 著者らは昨年²⁾で円錐台型スランプ試験の流動後の形状から降伏値を推定する解析手法を発表したが, これをL型試験にも適用した. これは底泥を固体相と流体相の2相混合体と仮定し, 固体相と流体相の応力の分担を考慮するもので, 流動後の静的応力状態をFEM解析で評価し, 各相ごとの応力分布を求め, これから底泥の降伏値を推定しようとするものである. 解析モデルでは底泥に作用する全応力を σ , 固体相と液体相の応力をそれぞれ σ_s , σ_w として考える.

$$\{\sigma\} = (1-n)\{\sigma_s\} + n\{\sigma_w\} = \{(1-n)[D_s] + n[D_w]\}\{\varepsilon\}$$

ここで n は間隙率, $[D_s]$, $[D_w]$ は固体相, 流体相のDマトリックス, ε は歪である. 底泥の流動に関する応力は流体相内で生じる土粒子間応力であるため, この σ_w が底泥の降伏値と関係する. 円錐台型試験の場合は三角形リング要素を用いた軸対象応力解析を行ったが, 今回は三角形要素及びアイソパラメトリック二次要素を用いた平面応力解析を行った. なおDマトリックスに含まれる固体相のヤング率 E_s , ポア

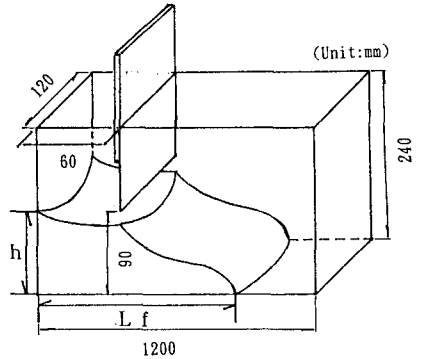


図1 L型スランプ試験の状況

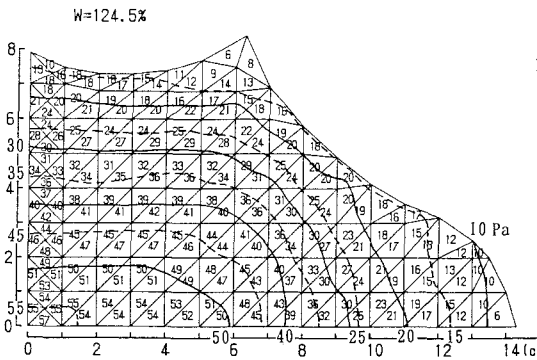


図2 三角形要素による最大せん断応力分布

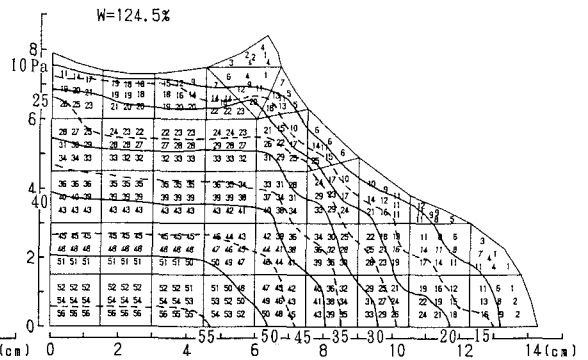


図3 アイソパラメトリック要素による最大せん断応力分布

ソソ比 ν_s はそれぞれ 0.75×10^{-9} Pa, 0.25とした。またL型試験結果を逆解析して計算した降伏値が鶴谷ら^{3) 4)}が回転粘度計で測定した降伏値に近くなるように流体相のヤング率 E_w は E_s の1/260とし、ポアソン比は0.499とした。

4. 解析結果と考察 図2,

図3は三角形要素とアイソパラメトリック要素を用いて計算した試験終了時の底泥内最大せん断応力分布を比較したものである。三角形要素では要素の重心で、アイソパラメトリック要素ではガウス積分点で応力が求められている。三角形要素の場合に表面に近いところで大きくなっているが、全体的には良く一致している。また両者とも流動が拘束される底面の壁よりで応力最大となっており、円錐台型試験で中心軸に近い底面で最大となるのに一致している。図4は含水比 W と降伏値 τ_y の関係を回転粘度計の測定値とともに示したものであるが、L型試験の含水比の増加に伴う降伏値の低下割合は回転粘度計より小さい。図5は含水比とスランプ最終高さ h の関係を表したものである。同一含水比ではL型試験の方が最終高さが高いが、これは円錐台型試験では試料が半径方向に自由に流動するのにに対し、L型試験では3方向が側壁による拘束され流動量が小さくなるためであると考えられる。図6は試料充填高さ H と最終高さ h の関係を表したものである。含水比168.0%では、最終高さは初期充填高さの影響を受けていない。一方含水比126.1%ではかなりのばらつきが見られる。これは低含水比で降伏値（粘着力）が大きく、壁面付着の影響が顕著に現れたためであり、降伏値の大きい底泥の場合に誤差が大きくなる。しかしこの図から降伏値が概ね最終高さ h と強い関係があることがわかる。そこで降伏値 τ_y を底泥の単位重量 ρg と最終高さ h で無次元化したものと平均斜面勾配 h/L_f の関係を調べたものが図7である。 h/L_f の大きいものは含水比が低いものを表すが、この時 $\tau_y/\rho gh$ は小さくなる傾向がある。これは低含水比の場合に側壁付着のため h が大きくなることが1つの要因で、側壁の影響が無視できる状況下では $\tau_y/\rho gh$ の約0.6~0.75%であることがわかる。

謝辞：本研究は文部省科学研究費（奨励研究A，中野）の補助の下に実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1)高井ら(1991)：土木学会第43回中四国支部研究発表会講演概要集，pp.510-511.
- 2)中野ら(1991)：海岸工学論文集，38，456-460. 3)鶴谷ら(1986)：港湾技研資料，No.566，1-29.
- 4)鶴谷ら(1989)：港湾技研資料，No.655，1-21.

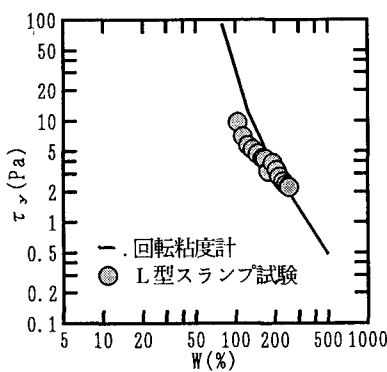


図4 降伏値と含水比

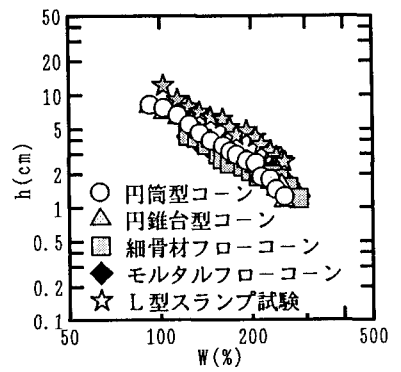


図5 最終高さと含水比

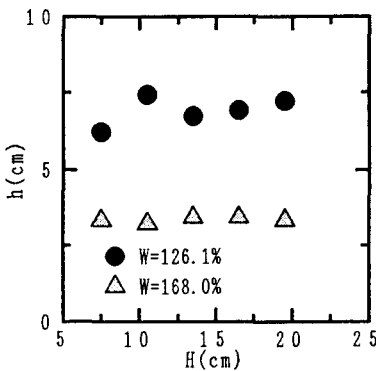


図6 試料充填高さ H と最終高さ h

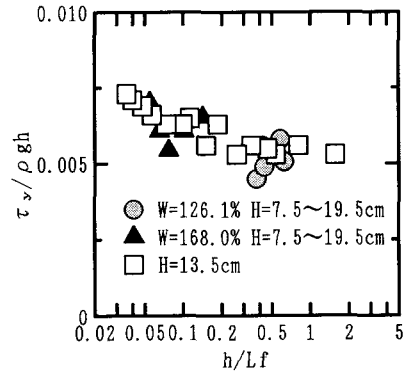


図7 無次元降伏値と平均斜面勾配

束される底面の壁よりで応力最大となっており、円錐台型試験で中心軸に近い底面で最大となるのに一致している。図4は含水比 W と降伏値 τ_y の関係を回転粘度計の測定値とともに示したものであるが、L型試験の含水比の増加に伴う降伏値の低下割合は回転粘度計より小さい。図5は含水比とスランプ最終高さ h の関係を表したものである。同一含水比ではL型試験の方が最終高さが高いが、これは円錐台型試験では試料が半径方向に自由に流動するのにに対し、L型試験では3方向が側壁による拘束され流動量が小さくなるためであると考えられる。図6は試料充填高さ H と最終高さ h の関係を表したものである。含水比168.0%では、最終高さは初期充填高さの影響を受けていない。一方含水比126.1%ではかなりのばらつきが見られる。これは低含水比で降伏値（粘着力）が大きく、壁面付着の影響が顕著に現れたためであり、降伏値の大きい底泥の場合に誤差が大きくなる。しかしこの図から降伏値が概ね最終高さ h と強い関係があることがわかる。そこで降伏値 τ_y を底泥の単位重量 ρg と最終高さ h で無次元化したものと平均斜面勾配 h/L_f の関係を調べたものが図7である。 h/L_f の大きいものは含水比が低いものを表すが、この時 $\tau_y/\rho gh$ は小さくなる傾向がある。これは低含水比の場合に側壁付着のため h が大きくなることが1つの要因で、側壁の影響が無視できる状況下では $\tau_y/\rho gh$ の約0.6~0.75%であることがわかる。

謝辞：本研究は文部省科学研究費（奨励研究A，中野）の補助の下に実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1)高井ら(1991)：土木学会第43回中四国支部研究発表会講演概要集，pp.510-511.
- 2)中野ら(1991)：海岸工学論文集，38，456-460. 3)鶴谷ら(1986)：港湾技研資料，No.566，1-29.
- 4)鶴谷ら(1989)：港湾技研資料，No.655，1-21.