

フロー試験（フロー値）の流動化処理土製造管理への適用性に関する実験的研究

(社) 日建経中技研 正 岩淵常太郎 住友大阪セメント(株) 正 吉原正博
 徳倉建設(株) 正 三ツ井達也 住友大阪セメント(株) 正 小山智芳
 徳倉建設(株) 正 和泉 彰彦 住友大阪セメント(株) 正 宮脇賢司

1. はじめに

流動化処理工法はフロー試験を施工上の性能にかかわる品質を評価する試験として使う。施工上の性能は運搬に伴うコンシステンシーの低下や打設に伴う流動性で、これは現場のニーズに応じて多くのフロー試験が実施され結果が集積され実務で活用されている。製造された流動化処理土の品質管理試験としてフロー試験は必須だが、一方、製造管理に使うフロー試験は泥水密度測定とPロート試験ほどの実績はなく、フロー試験の製造管理での実用性に関する報告は少ない。そこでフロー試験の製造管理への適用性を検討するため室内試験と現場実験を行った。結果を報告する。

2. 実験概要

実験は、フロー値から「①泥状土流動中の砂の分離」を判断できないか、フロー値は「②発生土のバラツキの原因となる泥水中の砂分の変動」を捉えることができるか、流動勾配は粘性係数と理論的に関係するがフロー値は「③流動勾配」とどのように相関するか、フロー値の「④現場製造管理」への有用度はどの程度か、の4つの課題を選んだ。試験方法は全てフロー試験（JHS 313-1192 シリンダ法）で関連論文¹⁾と同じとした。

①はカオリン粘土で密度の異なる3種類の泥水を製造し、砂を全体体積の10%、20%、30%の割合となるようにして試料泥状土を作成した。そしてフロー試験を行い円盤状に広がる試料泥状土の中心部と中間部と外周部の三箇所からサンプルを採取して密度を測定した。これにより放射状に広がる泥状土中の砂の分布状況が整理される。なお、泥状土中の砂の分離はフロー試験容器の高さ（落下エネルギー）と関連するので円筒容器は直径 $\phi 8\text{ cm}$ に対して高さ $h 8\text{ cm}$ と $h 6\text{ cm}$ の2種類を用いて傾向を観察した。

②は同様にカオリン粘土泥水に砂を加えて試料泥状土を作成した。フロー試験の円筒容器は直径 $\phi 8\text{ cm}$ に対して高さを $6 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 12 \cdot 14\text{ cm}$ のものを使った。これによりフロー値への砂の混入量の影響が整理される。

③は円盤状に広がる泥状土と流動化処理土の表面の勾配を測定した結果^{2) 3)}を粘性係数と関連付けて整理した。これによりフロー値と流動勾配の関係が整理される。④についてはフロー値を目標値に対して範囲を $\pm 20\text{ mm}$ に限定して、この値に納めるよう実際の施工現場で泥状土を製造し管理して、この効果を品質管理結果から調べた。

3. 実験結果

①の実験結果を図-1に示す。横軸は泥状土の採取位置でフロー値の大きさに比例して移動する。測定量は5から 10 cc 程度であった。縦軸は変動した密度の量を元の密度で割り密度変動率として百分率で示した。

図のプロットの大半を占める $\phi 8\text{ cm} \times h 8\text{ cm}$ について中心部から外周方向に密度変動率が変化するのは、基本となる泥水密度1.1の砂混入10%でフロー値が 705 mm と砂混入20%で 600 mm の試料になる。同じ泥水密度でも砂混入30%はフロー値が 525 mm で顕著な密度変動は見られない。基本泥水密度1.2と1.3は砂混入による変動は見られない。密度変動がない条件の試料泥状土が示す上限フロー値は 590 mm で、これより大きなフロー値で砂が分散し密度が変動する結果となった。

$\phi 8\text{ cm} \times h 6\text{ cm}$ の落下エネルギーでは、基本泥水密度1.1の砂混入10%でフロー値が 545 mm 、20%

キーワード 泥状土 フロー試験 フロー値 コンシステンシー 流動性 粘性係数 流動勾配 製造管理
 連絡先：〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-5-1 東京建設会館 7階 TEL03-5542-5951

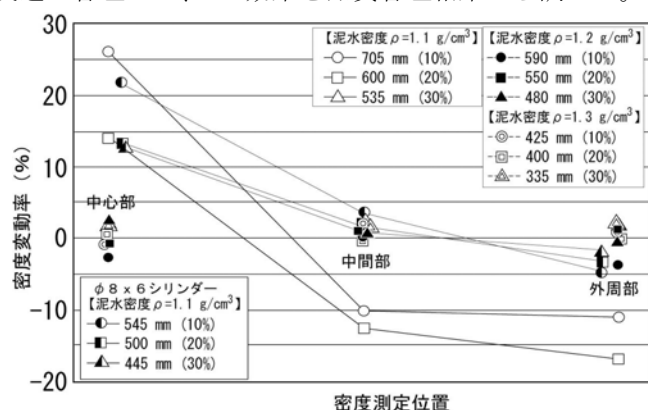


図-1 泥水中の砂の分離試験結果

で500mm、30%で445mmが中心部の密度が元の密度より高くなるよう変動した。他の泥水密度では密度変動が確認されない結果となった。

②の結果を図-2に示す。密度の異なる基本泥水3種類($\rho=1.1$ 、 1.2 、 1.3)毎に横軸に砂の体積百分率をとり、縦軸にフロー試験の結果をプロットした。フロー試験に使った円筒容器の種別を凡例に分類して示す。

図の全体が統一した傾向を示していて、基本となる泥水の密度にかかわらず泥水中で増加する砂体積に対してフロー値はおおよそ一定値を示した。泥水中の砂はフロー値に影響を与えない傾向を強く示した。この傾向は落下エネルギーの異なる条件においても同様であった。

一方、ある限界量を超え砂が増えるとフロー値は低下する結果となった。図にはフロー値が低下を始める前の砂混入百分率まで示し、以降のフロー値低下傾向を矢印で表示した。図から基本泥水 $\rho=1.1$ は砂混入量が10%まで一定で、 1.2 は20から30%まで、 1.3 は30から40%まで一定であった。基本泥水の濃度に応じて砂がフロー値に影響を与えるには所定量が必要で、フロー値は砂混入に対して鈍感であること、逆に基本泥水の粘性を砂の影響を受けず安定して示すことがわかる。

③の結果を図-3に示す。フロー試験の実測流動勾配は粘性係数が7~8kN/m²・秒までにあつては2%程度であった。この粘性範囲はフロー値180mm前後であった。このフロー値以下では流動勾配は大幅に増加する。この傾向は大型模型実験⁴⁾の結果とも符合する。したがって流動勾配はフロー値を変数として関連付けるのではなく限界値としての判断基準に使うことができると考えられる。この実験条件¹⁾では、打設された流動化処理土が比較的容易に水平に広がるのはフロー値180mm程度までになる。

④の結果を図-4に示す。図の凡例に製造時に泥状土を調整管理した結果がヒストグラムで示されている。泥状土の中心フロー値180mmに対して ± 20 mmで製造管理した結果、ヒストグラムで示される一軸圧縮強さの変動率は20%未満であった。初期の試験工事で慎重に製造管理をした施工事例の変動率40%と比べると大幅な改善効果となる。

4. おわりに

以上の実験をまとめる。1) $\phi 8 \times h 8$ のフロー値590mm以下は混入した砂の流動中の分離が少ない、 $\phi 8 \times h 6$ は基本泥水密度 1.2 以上で砂が混入しても475mm以下で分離が少ない。2) フロー値は砂の混入の影響が現れにくい、逆に基本泥水の粘性を安定して示す傾向がある。3) 流動性評価は流動勾配が過度に大きくなる限界値をフロー値で示すことが施工上有用で、フロー値180mmが判断の目安になる。4) フロー試験による製造管理は有効で、製造管理手法として完成度の向上が望まれる。

【参考文献】1) 和泉彰彦ほか：泥状土のコンシステンシー評価に関する実験結果報告、第63回土木学会年次学術講演会、平成20年9月、2) 岩淵常太郎ほか：泥水の粘性評価に関する実験的研究及び3) 岩橋亮ほか：流動化処理土の流動性評価に関する実験的研究、第62回土木学会年次学術講演会、平成19年9月、4) 久野悟郎ほか、「流動化処理土の坑道埋戻し充填性に関する実物大実験」第30回土質工学研究発表会、平成7年7月

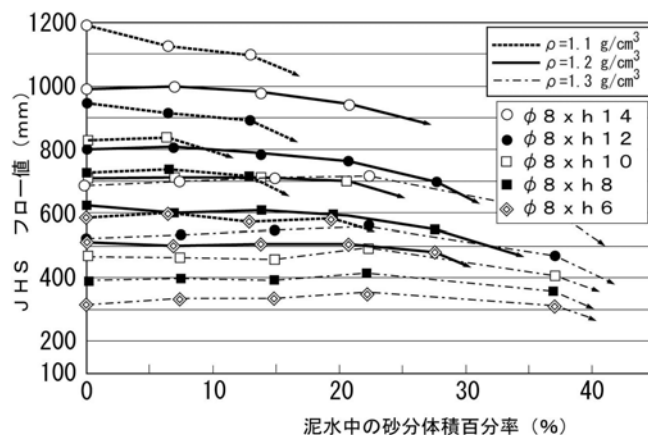


図-2 フロー値への砂混入の影響試験結果

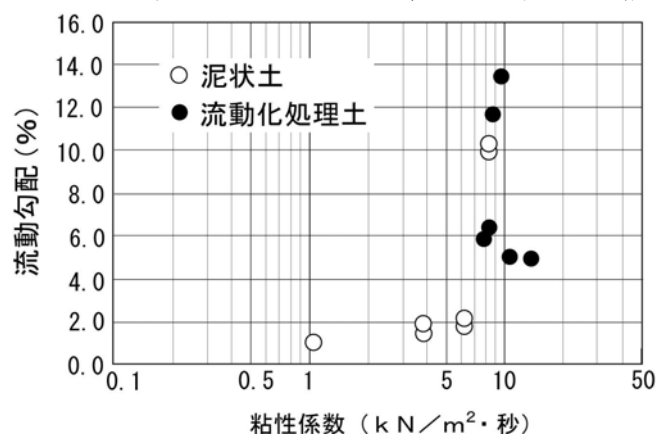


図-3 粘性係数とフロー値の結果

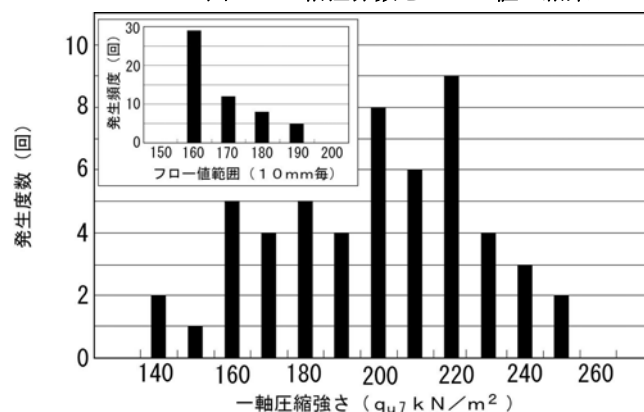


図-4 フロー値製造管理による品質結果