

下水汚泥焼却灰と砕石粉を用いた CLSM の材料特性

北海道大学 学生員 ○石川 達也
北海道大学 正会員 堀口 敬

1. はじめに

CLSM (Controlled Low-Strength Materials) とは制御型低強度材料と訳され、米国で広く普及されているセメント系スラリー材料である。ACI (American Concrete Institute) では「材齢 28 日の圧縮強度が 8.3N/mm^2 以下になるように制御されたセメント系スラリー材料」と定義されている。CLSM は主に埋め戻し材や導管の基礎、空隙充填、路盤に用いられている。高い流動性、自己充填性、自硬性、低強度制御（再掘削が可能）、締め固めが不要という特徴があげられる。また、配合を調節することで、再生資源の有効利用ができる。そこで本研究では、再生資源として下水汚泥焼却灰や砕石粉、高炉スラグ微粉末を用いた CLSM の適用性を考え、構成材料がフレッシュ性状や強度特性にどのような影響を与えるかを調査することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 CLSM のフレッシュ性状

本研究では CLSM のフロー値とブリーディング率の関係の検討およびフローロスの検討をおこなった。フロー値とブリーディング率の関係は各配合でフロー値 160mm から 280mm まで 20mm 間隔で得られるようにし、ブリーディング率を 3 時間、6 時間、20 時間で測定した。

フローロスの検討では、練り混ぜ直後のフロー値を測定し 1 時間放置後のフロー値の差をフローロス (mm) とした。

2.2 CLSM の強度特性

構成材料が強度に与える影響を統計的に分析した。統計的分析手法に数量化 I 類を用い、材料因子が一軸圧縮強度に与える影響とともにこれらの因子を用いた強度推定を行った。

3. 実験結果

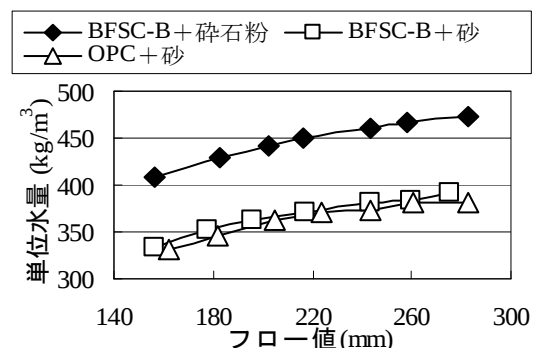
3.1 フレッシュ性状

(1) フロー値とブリーディング率の関係

図-1 より砂を用いた配合より砕石粉を用いた砕石粉は同一フロー値を得るために必要な単位水量が増加することがわかる。微粒分による粘性が強くなるからであると考えられる。また、セメントの種類を変えることによって単位水量は変化しないことがわかる。

図-2 より砕石粉を用いた配合は単位水量が大きい、実用の範囲内ではブリーディング率の減少効果があることが判明した。

砕石粉を用いると微粒分が多いため、これは比表面積が大きくなり水との接触面積が増える。そのため骨材による水の吸着量が大きくなったからであると考えられる。



BFSC-B=高炉セメント B 種,

OPC=普通ポルトランドセメント

図-1 フロー値と単位水量の関係

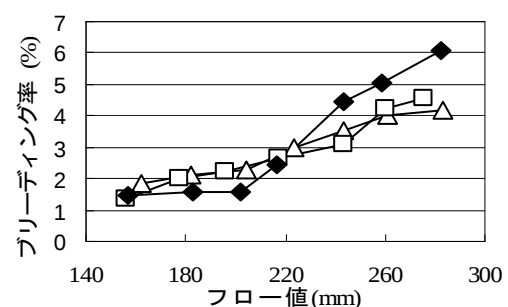


図-2 フロー値とブリーディング率の関係

キーワード CLSM, 砕石粉, 下水汚泥焼却灰, フレッシュ性状, 強度推定

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院 Tell 011-706-6181

(2)フローロスの検討

図-3,4より単位セメント量の大きい配合および f/a が小さい配合のほうがフローロスは大いことがわかる。単位セメント量の増加により水和反応に伴う凝集が促進されフローロスが大きくなったものと考えられる。

図-5より OPC と HPC の間にはフローロスの差は認められない。BFSC-B のフローロスは大きくなった。水和反応を考慮すると BFSC-B のフローロスは小さくなるが、スラグ置換を行っているのでペースト体積濃度や 1 次粒子数が増える。よって粒子間の接触機会が増加するため物理的凝集が促進されたものと考えられる。

3.2 CLSM の材料特性

初期材齢では材齢の変化に伴ってセメント種類や単位セメント量, f/a による強度への影響が増加するが、骨材種類による強度への影響は小さく材齢によって変わらない。

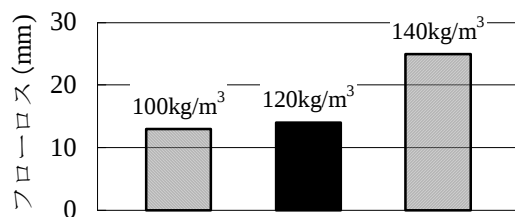


図-3 単位セメント量によるフローロス

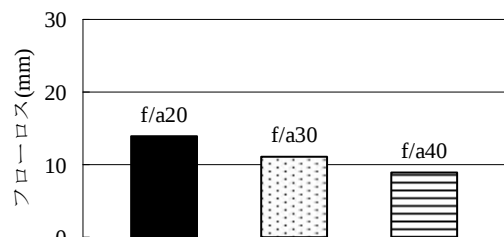
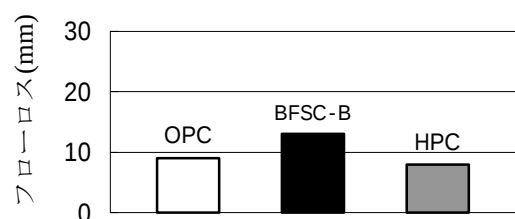


図-4 f/a によるフローロス



HPC=早強ポルトランドセメント

図-5 セメント種類によるフローロス

基準化ウェイトからセメント種類においては早強ポルトランドセメントの強度増進への影響が大きく高炉セメント B 種の影響は小さい。また、単位セメント量を増やすと強度増進への影響は増加し、 f/a を小さくすると強度増進への影響は減少することが明らかになった。

以下に数量化 I 類による強度推定式を示す。

$$\sigma \text{ (kN/m}^2\text{)} = (115, -312, 356)A + (-70, 120)B + (314, 29, -136, -218)C + (-6, 43)D + 870$$

σ : 一軸圧縮強度

A : セメント種類(OPC,BFSC-B,HPC)

B : 単位セメント量(100kg/m³, 120kg/m³)

C : f/a (10%,20%,30%,40%)

D : 骨材種類(砕石粉,砂)

上式を用いて本研究で実施した CLSM のすべての配合について強度推定を行うと、図-6 のような結果を示した。図からわかるように任意の材料因子により精度の高い強度推定が可能であることがわかる。

4.まとめ

- 1) 砕石粉を用いると必要な単位水量が大きい、ブリーディング率の減少効果がある。
- 2) 水和反応の進行が早い、または高炉セメント B 種のように凝集が速いほどフローロスは大きい。
- 3) 今回設置した材料因子により精度の高い($R=0.96$)強度推定式を算出することができた。

参考文献

- ・川口至商：多変量解析入門 I，森北出版，1973
- ・ACI Committee 229：Concrete International, ACI 229 R-4, 1994

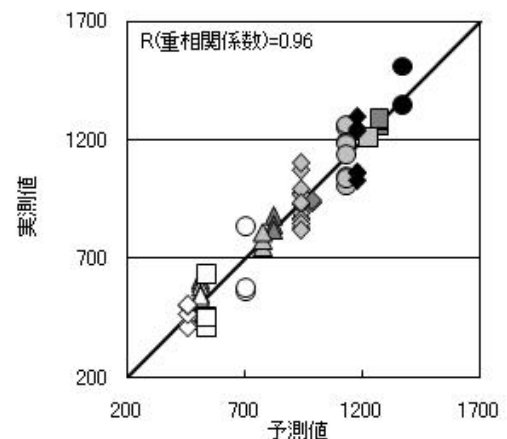


図-6 一軸圧縮強度の実測値と予測値の関係