

V-18

軽量骨材を用いた自己充填コンクリートに関する2, 3の実験<sup>1</sup>

北海道大学大学院 学生員 出雲 健司  
 北海道大学工学部 正 員 佐伯 昇  
 北海道大学工学部 福岡 正樹  
 北海道大学工学部 正 員 志村 和紀

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の信頼性の向上のために、締め固め不要の「自己充填コンクリート」の研究が盛んに行われている。本研究では「自己充填コンクリート」を水中トンネルを施工するためにその基本的配合を検討したものであり、水中トンネル自体の自重を軽くするために軽量骨材を、また、巨大構造物に対する水和熱対策として低発熱型のセメントを使用した。

2. 実験概要

2. 1. 使用材料

使用するセメントは低発熱型特殊高炉セメント（比重：2.97，ブレン値：3360cm<sup>2</sup>/g，高炉スラグ置換率：60%）、混和材としてフライアッシュ（比重：2.16，ブレン値：3130cm<sup>2</sup>/g）、使用細骨材は川砂（比重：2.76，F.M.：2.81）、使用粗骨材は人工軽量骨材MA-417（表乾比重：1.39，実績率：64.4%，F.M.：6.37）で、流動化剤として高性能AE減水剤で、ポリカルボン酸系，ナフタリン系，メラニン系，アミノスルホン酸系の4種類を使用した。

2. 2. 自己充填コンクリートの配合設計

自己充填コンクリートの配合設計は「ハイパフォーマンスコンクリート」[1]に規定されているが、本研究は基本的にはこれを参考にして配合設計を行っていくが、粉体の違いや骨材の違いにより、適時変更していった。自己充填コンクリートの配合設計の流れを図-1に示す。尚、実験は全て室温20±1℃の恒温室で実施し、材料も予め恒温室に保管し、20±1℃を保つこととした。

(1) セメントペースト試験

この試験ではコンクリートの流動性に寄与しない水、つまり、セメントが水を拘束する割合を算出する。また、この水が拘束される割合をセメントの拘束水比と呼び、β<sub>p</sub>で表す。試験方法は水セメント容積比を1.1, 1.2, 1.3, 1.4と四段階に変化させたセメントペーストを用いて、それぞれのフロー試験を行う。その試験結果から相対フロー面積比Γを下記の式より求める。

$$\Gamma = (F_p / F_0)^2 - 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

F<sub>p</sub> : ペーストのフロー値 (mm)  
 F<sub>0</sub> : フローコーンの底面の直径 (100mm)

この相対フロー面積比を横軸に、水セメント容積比を縦軸に取り、直線回帰する。この時の切片、つまり、相対フロー面積比が0になる点の水セメント容積比がβ<sub>p</sub>となる。

(2) モルタル試験

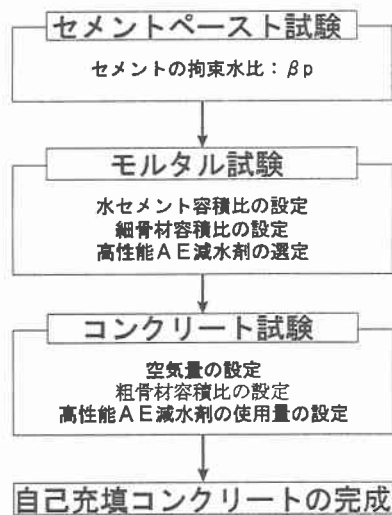


図-1 自己充填コンクリート設計の流れ

<sup>1</sup>Some Tests for Self-Compactable Concrete of Light-Weight Aggregate by Kenji IZUMO, Noboru SAEKI, Masaki FUKUOKA, Kazunori SHIMURA

この試験では水セメント容積比と細骨材容積比の設定、高性能AE減水剤の選定を行う。ただし、細骨材容積比を0.40と一律にして試験を行った。試験方法は水セメント容積比を設定し、高性能AE減水剤の使用量を変化させた配合でVロート試験並びにフロー試験を行う。Vロート試験とは図-2に示すような器具を使用し、その器具にモルタルを充填させてから流出口を解放し、モルタルが流下する時間を計測する。この計測した流下時間を下記の式で、相対ロート速度比Rを計算をする。



図-2 Vロート概略図

$$R = 10 / t_r \dots\dots\dots (2)$$

$t_r$ : Vロート試験の流下時間

この試験を $\Gamma = 5$ の時、 $R = 0.9 \sim 1.1$ の範囲に入る水セメント容積比を見付けるまで繰り返す。試験の流れの概要を図-3に示す。

また、モルタル試験では粉体と高性能AE減水剤の相性を照査し、相性がいい高性能AE減水剤を選定する。相性が良い悪いの判断はモルタル試験でのフロー値の経時変化の少ないものを相性が良いと判断する。

(3) コンクリート試験

この試験では空気量、粗骨材容積比、高性能AE減水剤の使用量の設定を行う。ただし、この試験では空気量を0.06、粗骨材容積比を粗骨材の実績率のほぼ半分に設定し、高性能AE減水剤の使用量を調整し、フロー試験ではフロー値が $6.5 \pm 2 \text{ cm}$ 、Vロート試験では相対ロート速度比で $0.5 \sim 1.0$ の間に入る値まで、試験を繰り返す。試験の流れの概略を図-4に示す。

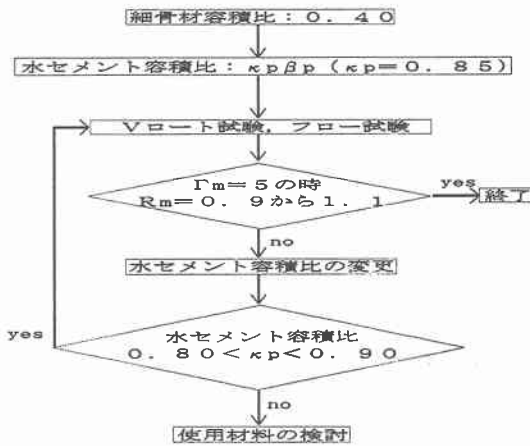


図-3 モルタル試験の流れ

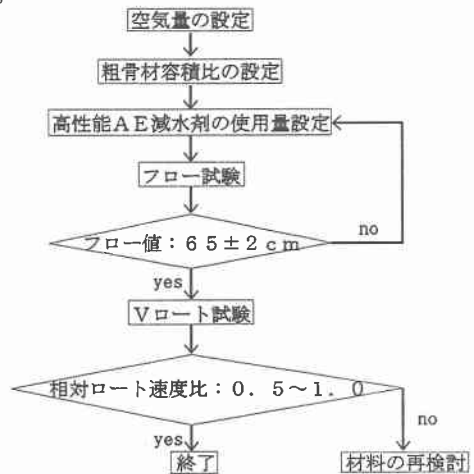


図-4 コンクリート試験の流れ

3. 実験の結果と考察

3.1. セメントペースト試験

セメントペースト試験の結果を図-5に示す。本研究では低発熱型セメントのみでは流動性が劣るので、セメントを一部フライアッシュで置換して、流動性を高めた粉体を使用した。この図に示す「Cement」は低発熱型セメントのみの粉体を表し、「FA10%」, 「FA20%」とは低発熱型セメントを重量割りでそれぞれ10%、20%置換した粉体を表している。この図に示されるように、フライアッシュの置換率が高いほど拘束水比が低くなっている。これは一般的にセメントに比べてフライアッシュの拘束水比が低いからだと思われる。

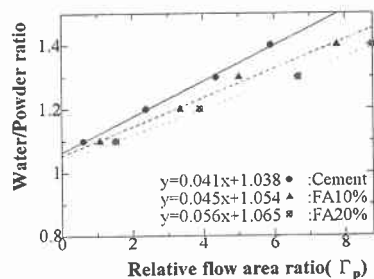


図-5 セメントペースト試験結果

### 3. 2. モルタル試験結果

高性能AE減水剤を選定するにあたり、経時変化を計った結果を図-6に示す。この図に示されるように、今回使用した粉体と高性能AE減水剤の相性は必ずしもよいものではなかった。中でも、経時変化が少ないメラニン系の高性能AE減水剤を選定した。モルタル試験の結果を図-7に示す。この図はセメントをフライアッシュ20%置換した粉体であり、高性能AE減水剤として、メラニン系を使用した。また、

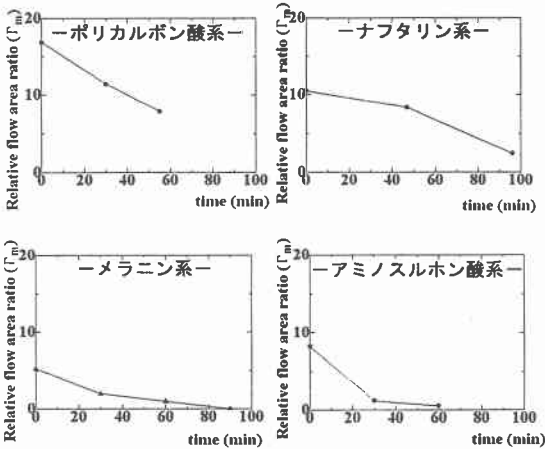


図-6 高性能AE減水剤選定試験

相対フロー面積比と相対ロート速度比の間には、

$$y = Ax^{0.2} \dots\dots\dots (3)$$

という関係があるという既往の研究があるので、その式を採用した。[2]図-7に示されるように、 $\Gamma_m = 5$ の時、 $R_m = 0.9 \sim 1.1$ に入る値が  $\kappa_p = 0.879, 890$ と二つあったが、ここではより1に近い方の0.879を採用した。

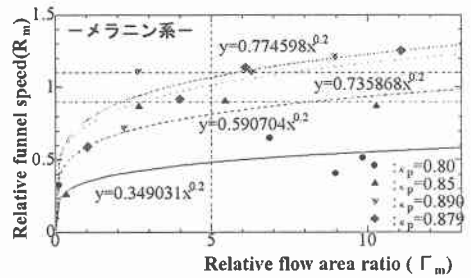


図-7モルタル試験

### 3. 3. コンクリート試験結果

コンクリートの試験結果を図-8に示す。点のそばに示してある数字は高性能AE減水剤の添加量で、この図に示されるように結果として、高性能AE減水剤の添加量としては0.60%と0.61%の2つが入ったこととなる。それらの配合を表-1に示す。「ハイパフォーマンスコンクリート」では対象を普通粗骨材としていたが、今回の実験により、軽量粗骨材でも普通粗骨材と変わらずに配合設計が出来ると思われる。また、経時変化を図-9に示す。この図に示されるようにモルタル同様、コンクリートも経時変化が大きく、練り混ぜ後すぐに打設を行わなくてはならないという非常に不安定な自己充填コンクリートとなってしまった。原因として考えられるのは、モルタル試験のところで述べたとおり、粉体と高性能AE減水剤との相性が悪かったためだと思われる。

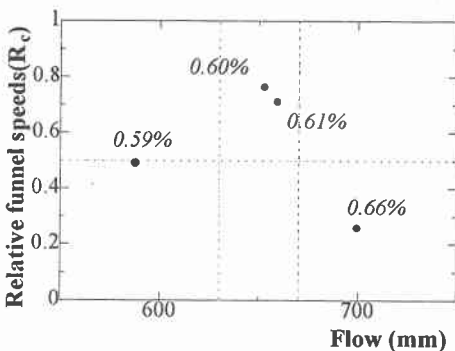


図-8 コンクリート試験結果

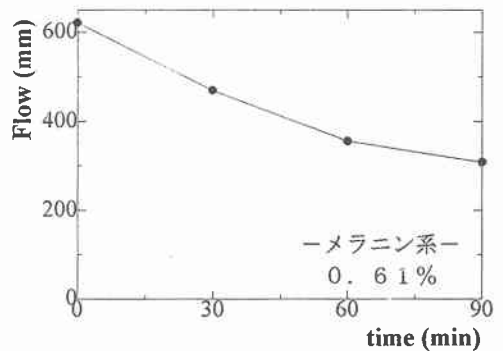


図-9コンクリートの経時変化

表-1 自己充填コンクリートの配合表

空気量	水容積比	粉体容積比	細骨材容積比	粗骨材容積比	高性能A E減水剤
0.060	0.182	0.200	0.255	0.303	メラニン系
W/P	W (kg/m <sup>3</sup> )	C (kg/m <sup>3</sup> )	F A (kg/m <sup>3</sup> )	S (kg/m <sup>3</sup> )	G (kg/m <sup>3</sup> )
32.4%	182	449	112	691	421

3. 4. 低発熱型セメントのみのモルタルの経時変化

置換していない低発熱型セメントのみの場合のモルタルの経時変化を図-10に示す。この図に示されるように低発熱型セメントのみの場合はフライアッシュと置換したもの比べると、経時変化が少なく、相性がよいと思われる。このことから、フライアッシュは高性能A E減水剤との相性があまりよくないと思われる。

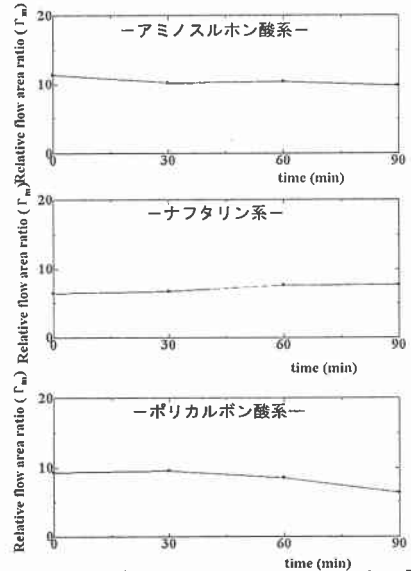


図-10 低発熱型セメントのみのモルタル試験

3. 5. 再添加方式による自己充填コンクリートの性質

今回配合が完成した自己充填コンクリートは経時変化が大きいことからそれを補うために再添加方式という方式を試みた。具体的には練り混ぜ後、時間が経過して流動性が下がったコンクリートに高性能A E減水剤を再添加し、練り混ぜをして流動性を上げるという方式である。図-11は再添加後の経時変化を計ったもので、図-12は再添加後、フロー値が何倍高まったかを示している。これらの図より、適切な再添加量を実験的に求めれば、再添加方式による自己充填コンクリートとしての施工が可能になるとと思われる。

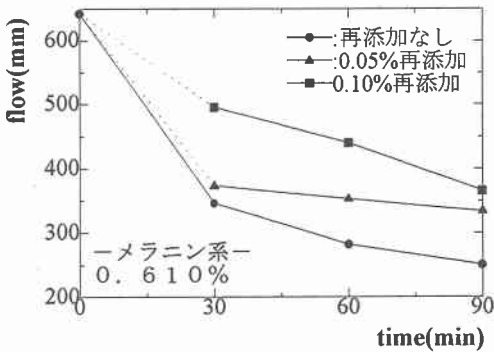


図-11 再添加後の経時変化

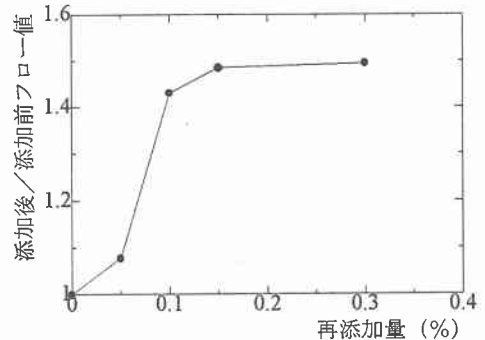


図-12 再添加後のフロー値の変化

4. まとめ

1. 軽量粗骨材の場合も普通粗骨材を用いた自己充填コンクリートの配合設計を行ったが、ほぼ同様な手順で配合設計が可能と思われる。
2. フライアッシュは高性能A E減水剤との相性があまりよくないが、再添加方式により自己充填コンクリートとして施工が可能と思われる。

参考文献

[1]岡村, 前川, 小澤; ハイパフォーマンスコンクリート、技報堂出版  
 [2]小澤, 枝松, 竹内, 岡村; モルタル試験による自己充填コンクリートに用いる粉体の評価、第48回セメント技術大会講演集1994, pp. 344~349