

# フレッシュ時の自己充填モルタルの水中分離に 増粘剤が及ぼす影響

学籍番号：1130051 氏名：河上智哉 指導教員：大内雅博  
高知工科大学システム工学群建築・都市デザイン専攻

要旨：自己充填コンクリートの水中分離抵抗性を水中気中強度比を用いてモルタル試験から、水中不分離性コンクリートと同様に粘性が必要であり低水セメント比によりペースト相に粘性を持たせた場合水中自由落下が0.1mであれば水中気中強度で0.8程度が確保でき、増粘剤を添加した場合には水中自由落下0.1mでは1.0程度、水中自由落下0.5mにおいても0.7程度確保できることが明らかにし、増粘剤添加型高性能AE減水剤を用いた自己充填コンクリートの水中コンクリートへの応用の可能性を考察した。

**KeyWords** : 自己充填モルタル, 増粘剤, 水中分離性, 水中気中強度比

## 1. はじめに

場でのコンクリート打設は降雨の有無や大小に左右されてきた。これはコンクリート中に雨水が含まれることで、コンクリートの水セメント比の管理が難しくなり、所定の強度が期待できなくなってしまうからである。

また現在、明石海峡大橋主塔基礎や関西国際空港連絡橋下部工といった大型水中構造物の施工で使用されているコンクリートは水中不分離性コンクリートと言われ、水中不分離性混和剤と言う特殊な混和剤を添加することにより水の存在を問題とせず施工を行う事が出来るコンクリートである。

一方自己充填コンクリートは材料分離抑制のため水紛体比を低くすることでペースト相に粘性付与しセメント粒子分散性を有する高性能AE減水剤の添加による自己充填性を持つコンクリートである。また紛体系の自己充填コンクリートは、普通コンクリートより比較的高い水中不分離性（水中分離抵抗性）を有していることが確認されている。低水セメント比によりペースト相の粘性が比較的高い自己充填コンクリートは、分離低減剤を添加しなくても、強雨化でのコンクリート打設において、雨水が混入しなかったとの報告がある。

本研究ではフレッシュモルタルの水中分離抵抗性付与のメカニズムを明らかにする。

## 2. 使用材料

使用材料は表-1の通りである。水は水道水を、セメントは普通ポルトランドセメントを、細骨材には、石灰石砕砂を、混和剤は増粘剤添加型高性能AE減水

剤グレニウム6500と従来型高性能AE減水剤8SBの2種類とセルロース系増粘剤を使用した。

表-1 使用材料

水(W)	水道水
セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度 3.15g/cm <sup>3</sup>
細骨材(S)	石灰石砕砂 密度 2.68g/cm <sup>3</sup> 粗粒率2.60
混和剤(SP)	グレニウム6500 (ポリカルボン酸系+増粘剤) 8SB (ポリカルボン酸系) セルロース系増粘剤

## 3. 観察方法

### 3.1 水中分離抵抗性の指標

本研究ではフレッシュモルタルの水中分離抵抗性の指標として、従来の水中不分離性コンクリートの性能評価指標である水中気中強度比を採用し、材齢7日における水中対気中の圧縮強度の比率とした。これは、水中におけるフレッシュモルタルの成分の溶出がペースト相であると想定したことによるものである。

水中気中強度比が大きいほど、そのモルタルの水中分離抵抗性が高いことになる。

### 3.2 試料の水中打設方法

「土木学会基準」の「圧縮強度試験用水中作製供試体の作り方(JSCE-F504-1990)」に準じた方法により、水中打設のモルタルの供試体を作成した。

出口内径44 mmのロートを用いて、水槽底面に据えた型枠（直径50 mm×高さ100 mm）内にモルタルを自由落下により充填した。水槽底面（≒型枠底面）から投入用ロート出口までの高さを100 mmまたは500 mmの2種類設定した（図-1）。したがって、型枠頂部からロート出口までの高さは0または400 mmとなる。ロート出口は水面下となるようにし、試料の着水による衝撃が生じないようにした。

供試体は水中打設、気中打設各3本ずつ作成し、平均値と標準偏差を求めて結果を示した。

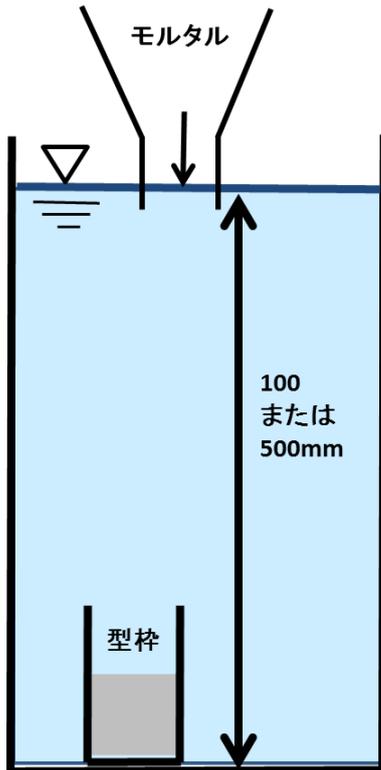


図-1 水中打設モルタル供試体の作成方法

### 3.3 配合設定

フレッシュ時に自己充填性を有していることを前提としているため、高性能AE減水剤添加量を調整することにより、適切なフロー値を付与した。したがって、各水セメント比に対しては高性能AE減水剤の添加量は1種類しか存在しない。

### 3.4 練混ぜ方法

材料の練混ぜには大型のモルタルミキサを使用し、1バッチあたり10リットル練り混ぜた。自己充填モルタルの練り混ぜ方法を図-2に示す。



図-2 練混ぜ方法

## 4. 観察結果

### 4.1 水セメント比が水中分離抵抗性に及ぼす影響

まず水セメント比が高くなると水中分離抵抗性は小さくなる、との仮説を立て観察を行い結果を図-3に示す。

グレンウム6500はセメント水比が上がる（水セメント比が下がる）と水中気中強度比は水中落下100mm、500mm両方もが大きくなるのに対して、8SBはセメント水比が上がる（水セメント比が下がる）と水中落下500mmでは水中気中強度比があまり変化しないことがわかった。

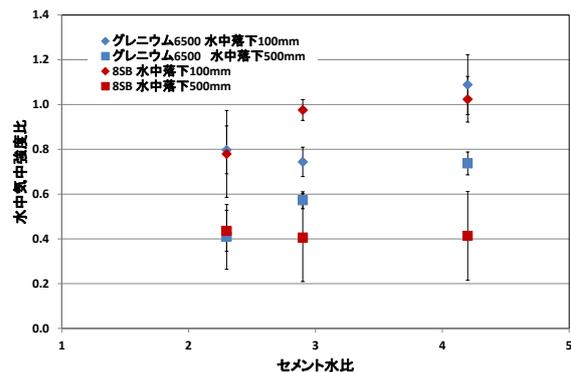


図-3 セメント水比と水中気中強度比

この観察ではセメント水比が高くなるに従って適切なフロー値を付与するための高性能AE減水剤の量は増加している。高性能AE減水剤の添加量が水中気中強度比に影響を与えていると新たに仮説を立てた。

### 4.2 高性能AE減水剤添加量が水中気中強度比に及ぼす影響

4.1で新たに立てた仮説を検証するために同じ水結合材比で、セメントの一部を石灰石微粉末に置換することで適切なフロー値を付与するための高性能AE減水剤の添加量を下げることで観察を行う。観察結果を図-4に示す。

水結合材比24%でセメントの25%、50%を石灰石微粉末に置換することにより増粘剤添加型高性能AE減水剤、従来型高性能AE減水剤ともに高性能AE減水剤の添加量が下がるにつれて、水中気中強度比が小さくなっていることがわかる。この観察においても増粘剤添加型高性能AE減水剤は水中落下100mm、水中落下500mm両方で高性能AE減水剤添加量を増加させると水中気中強度比は高くなった。

一方、従来型高性能AE減水剤は水中落下100mm、水中落下500mmでも高性能AE減水剤の添加量を増加させても一定の水中気中強度比を維持することがわかった。

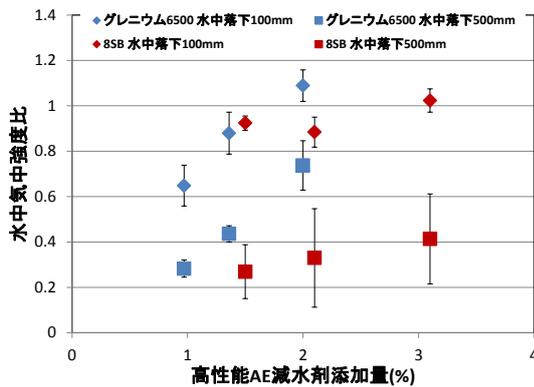


図-4 石灰石微粉末置換による高性能AE減水剤添加量と水中気中強度比

従来型高性能AE減水剤と増粘剤添加型高性能AE減水剤の水中気中強度比に違いがあることがわかる。これは高性能AE減水剤に含まれている増粘剤量によるものだと新たに仮説を立てた。

#### 4.3 増粘剤添加量(増粘成分量)が水中気中強度比に及ぼす影響

4.2から水セメント比34%、44%それぞれに、増粘剤が入っていない従来型高性能AE減水剤に増粘剤をW×0.1%、0.3%、0.5%別添加し検証を行った結果を図-5に示す。

増粘剤添加量が増えるにしたがって水セメント比に関係なく水中気中強度比に変化が見られる。

水中落下100mmでは増粘剤を添加すると水中気中強度比が低下し増粘剤の添加量を増やしていくにつれて上昇し、添加量が0%の場合の水中気中強度比まで大きくなる。これは、今回供試体は3本のみ作成し、平均値と標準偏差を求めているためのバラツキを考慮しエラーバーの重なりから、水中落下100

mmでは増粘剤の効果によるメリットは無く増粘剤の添加量0%の場合と変わらない水中気中強度比を得ることができると考察する。しかし、水中落下500mmでは増粘剤の効果により水中気中強度比が大きくなり増粘剤の添加量が0.5%では添加量0%と比べて約2倍もの水中気中強度比があることがわかった。

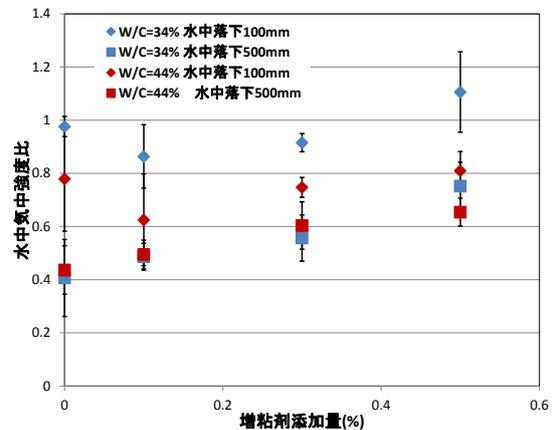


図-5 増粘剤添加量と水中気中強度比

これまでの結果から自己充填モルタルでも水中不分離性コンクリートと同じようにペースト相の粘性により水中分離抵抗性が決まっていると仮説を立てた。

#### 4.4 ロート流下時間と水中気中強度比の関係

4.3から増粘剤添加型高性能AE減水剤と従来型高性能AE減水剤に増粘剤添加したモルタルのロート試験の結果得られたロート時間と水中気中強度比の関係を図-6に示す。

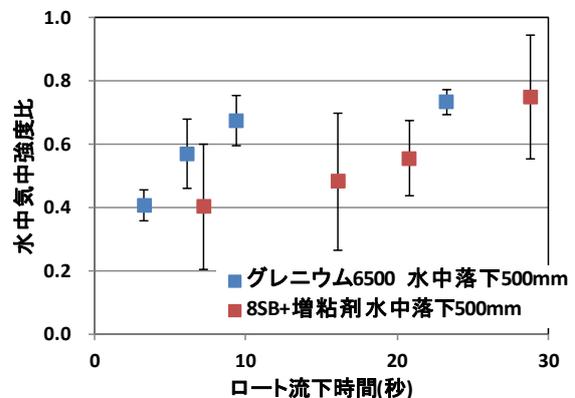


図-6 ロート流下時間と水中気中強度比

ロート流下時間が遅いとモルタルの変形速度は小さく粘性が大きくなることを表す。図-6ではロート

流下時間が遅くなるにつれて水中気中強度比が高くなっていることがわかるが、増粘剤添加型高性能AE減水剤と従来型高性能AE減水剤では水中気中強度比に差が見られることから粘性だけではなく別の要因も考えられる。

## 5. 増粘剤添加型高性能AE減水剤の改良案

従来型高性能AE減水剤よりも高い性能を持つ増粘剤添加型高性能AE減水剤にさらに粘性を持たせるために別添加として増粘剤を添加して観察を行った結果を図-7に示す。

増粘剤添加型高性能AE減水剤の添加量が最も少ない水セメント比が44%の場合に増粘剤をW×0.1%添加すると増粘剤添加型高性能AE減水剤の添加量が大きくなった。これは、増粘剤添加型高性能AE減水剤に含まれている増粘成分と別添加した増粘剤による増粘成分によって自己充填性を持たせるための分散成分の必要量が増えた為と考える。

水中落下500mmでは増粘剤別添加なしの場合の水中気中強度比よりも約1.5倍もの水中気中強度比となることがわかった。

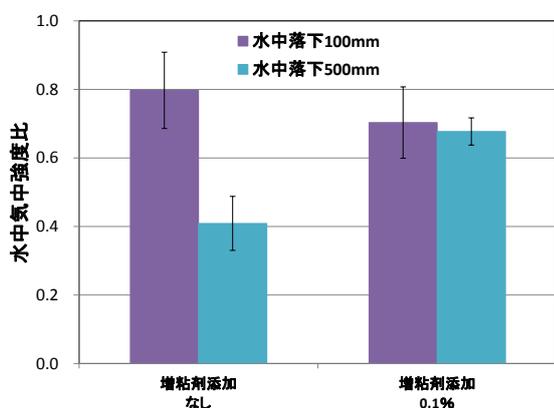


図-7 増粘剤添加型高性能減水AE減水剤+増粘剤別添加での水中気中強度

今回は増粘剤を別添加することで粘性を持たしたが自己充填性を付与するためには高性能AE減水剤の添加量が増えてしまう。高性能AE減水剤の過剰な添加は凝結時間の遅延や圧縮強度の低下の原因となってしまう。これは、現在使用されている水中不分離性コンクリートに添加する水中不分離性混和剤でも起こることである。しかし、水中不分離性コンクリートの品質で定められている水中気中強度比は0.8以上であり今回の増粘剤別添加による増粘剤添加型高性能AE減水剤は満たしていない。増粘剤添加型高

性能AE減水剤に含まれている増粘剤の割合等を変えることによって水中不分離性混和剤よりも容易に扱うことの出来る混和剤ができるのではないかと考える。

## 6. 結論

以下、本研究で明らかになったことを記す。

- (1) 水セメント比に関係なく、水中分離抵抗性を向上させるのは増粘剤の添加量であった。
- (2) 粘性と水中分離抵抗性との間に相関関係は見られたが増粘剤の種類により大きさが異なっていることが分かった。
- (3) 増粘剤添加型高性能AE減水剤を使用することにより現在の自己充填モルタルの施工性を維持したまま水中分離抵抗性を高めることが出来た。

## 7. 今後の課題

本研究ではモルタル試験での水中分離抵抗性を明らかにした程度にとどまっている。実際にコンクリート試験を行い増粘剤系自己充填コンクリートの水中分離抵抗性を検証する予定である。

また、増粘剤添加型高性能AE減水剤を改良することにより水中不分離性混和剤よりも容易に扱える混和剤が出来るのではないかと。

なお、本研究では増粘剤系自己充填モルタルの水中分離抵抗性を水中気中強度比から考察したものであり、水中打設の際の懸濁物質質量等環境への影響を測定していないが、実際の適用にあたって評価する必要があるのはもちろんである。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、大内雅博先生、宮地日出夫先生、同研究室修士2年新藤隆文さんには数多くの御助言・ご指導を頂きました。心より御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 岡村 甫・前川宏一・小澤一雅：ハイパフォーマンスコンクリート，技報堂出版，1993.9
- 2) 北村八朗：PC LNG貯槽の開発，東京大学学位論文，1999.3
- 3) 水中不分離性コンクリート設計施工指針（案），土木学会，1991.5
- 4) 水中不分離性コンクリート コンクリートプラント・マニュアル，水中不分離性混和剤普及会，2001.3