

# 機能水がコンクリートの硬化特性に及ぼす影響

学生氏名 西岡 優子  
指導教員 栗原 哲彦

## 1 はじめに

近年、水の性質を生かし機能を付加した様々な機能水が開発され、その活躍の場は広がりつつある。コンクリートの分野でも、活性水を用いたコンクリートのワーカビリティ改善や強度増加などの報告<sup>1)</sup>があり、機能水の活躍が期待される。コンクリートの硬化特性はセメントの水和反応過程に大きく作用されることから、機能水を用いることで水和反応に何らかの影響を与えるものと考えられる。しかし、機能水が水和反応に及ぼす具体的な影響は未解明な点が多く、今後、更に検討を行う必要がある。

本実験では練混ぜ水の品質が水和反応に与える影響を検証する為、機能水の品質及び機能水を用いたコンクリートの強度特性、モルタルマトリクスの成分調査を行った。

## 2 実験概要

### 2.1 使用材料

使用材料として、セメントは普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm<sup>3</sup>)、細骨材は相模川水系川砂(密度:2.59g/cm<sup>3</sup>)、粗骨材は八王子産砕石(密度:2.68g/cm<sup>3</sup>)、混和剤は AE 減水剤、AE 助剤を使用した。練混ぜ水について、水道水(W)は本学構造材料工学研究室の水、機能水(F<sub>b</sub>)は F<sub>b</sub>1、F<sub>b</sub>2、F<sub>b</sub>3 を 1 倍及び 1000 倍希釈にて使用した。なお、希釈液による影響を考慮し、機能水の希釈には品質の変動が少ない過処理水(P)を用いた。使用した水の品質を表 1 に示す。

表 1 水の品質調査結果

水の種類	pH	表面張力 (dyn/cm)	イオン種類別含有量(mg/L)								
			陽(+)イオン				陰(-)イオン				
			Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
W	6.6	69.6	21.6	3.2	6.2	27.8			20.1	14.2	41.3
P	7.2	69.8	21.3	3.1	6.3	28.7		0.1	19.9	14.1	41.5
F <sub>b</sub> 1	5.8	68.6				0.7	0.4		0.2		
F <sub>b</sub> 2	5.8		0.2			0.6	0.3	0.1	0.3		
F <sub>b</sub> 3	5.8	68.6	0.1			0.6		0.1	0.3	0.2	0.1

### 2.2 配合及び試験方法

水セメント比 W/C=55%, スランプ=10±2cm, 空気量=4.5±1.5%として配合を決定した(表 2)。なお、配合名は『水の種類 希釈倍率』で示す。

練混ぜ水の品質による影響を検証する為、水の種類のみ

を変化させ他の材料は全て同じとする。モルタル作成後、粗骨材投入直前に成分分析用のモルタル供試体を作製した。打設から 24 時間後に脱型し水中養生後、材齢 3, 7, 28 日目に圧縮・曲げ強度試験、モルタルの成分分析を行った。なお、本論では材齢 3, 7, 28 日を初期、早期、長期と見なした。

表 2 配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤	
							AE減水剤	AE助剤
20	55	45	159	300	807	1014	3	3

## 3 試験結果

### 3.1 圧縮・曲げ強度

圧縮及び曲げ強度試験結果を図 1 及び図 2 に示す。

F<sub>b</sub>2 では、F<sub>b</sub>2 1 の材齢 28 日圧縮強度が W と比べ約 21% 低下した。材齢 28 日では、セメント中の C<sub>2</sub>S の反応が大きく影響する。このことから、F<sub>b</sub>2 1 には C<sub>2</sub>S の反応を抑制する作用があると推測される。F<sub>b</sub>3 に関しては、F<sub>b</sub>3 1000 の材齢 3 日圧縮強度が W と比べ約 20% 増加し、材齢 7, 28 日では同程度となった。しかし、F<sub>b</sub>1 では F<sub>b</sub>1 1000 の圧縮強度が W と比べ、材齢 3, 7 日で同程度であるが、材齢 28 日では約 15% 増加した。F<sub>b</sub>1 1000 が長期強度を発現するのに対し、他の機能水は初期強度を発現し、練混ぜ水の品質が圧縮強度発現に影響を及ぼすことが確認された。

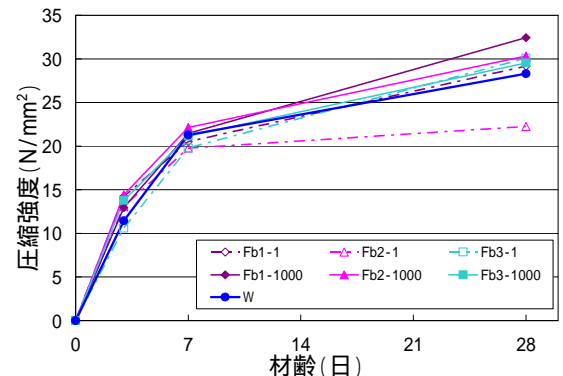


図 1 圧縮強度試験結果

曲げ強度は全ての機能水で W と同程度もしくは低下した。コンクリートの破壊形態では、曲げ破壊は梁の上・下縁に圧縮領域と引張領域が存在する。引張領域ではモルタルと骨材が剥離し破壊が生じやすい為、骨材との付着が大

大きく影響する<sup>2)</sup>。紙面の都合上記載していないが、機能水を用いた場合、W と比べブリーディング率が増加した。このためブリーディング水が骨材下部に捕捉されモルタル 骨材界面の付着力を低下させ<sup>3)</sup>、その結果曲げ強度が減少したと考えられる。

希釈倍率で比較すると、全ての機能水で1倍より1000倍に希釈した方が強度発現は良好であった。機能水は原液に近いほど水和反応を促進させる物質が減少してしまう。この為、1000倍希釈に比べ1倍の強度が低下したと思われる。

### 3.2 モルタルの成分分析

図 3~5 に各モルタルマトリクスの各材齢における  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$  の含有質量百分率を示す。これらの酸化物はセメントの水和反応により生成されるものであり<sup>3)</sup>、これらの材齢進行に伴う増減からセメントの硬化過程が推測できる。

図より、 $F_b3$  1000 を除いて材齢 3 日より材齢 7 日では、いずれの酸化物も含有質量百分率が増加している。さらに、材齢 7 日以降では、 $F_b1$  1000 を除いて含有質量百分率は一定または低下している。これより、セメントの水和反応は材齢 7 日までに急速に進行することがわかる。図 1 に示す圧縮強度の発現状況において、 $F_b1$  1000 のみ材齢 7 日から材齢 28 日にかけて大きな強度増加が確認できた。また図 3~5 において、 $F_b1$  1000 のみが材齢の進行に伴い  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$  の酸化物の質量含有率が大きく増加している。つまり、 $F_b1$  1000 は長期にわたり安定してセメントの水和反応が進行し、強度発現につながったと考えられる。他の機能水からは強度と水和生成物量との相関を明確には確認できなかった。しかし、コンクリート中の全セメントを長期に渡り安定して反応させていくことがコンクリートの長期強度発現には必要不可欠であることがわかる。従って、これまでの W/C による配合設計だけでなく、本研究で使用したような機能水の利用がコンクリートの強度発現に必要であるということを実験結果が示唆しているものとする。

#### 4.まとめ

- ・機能水の品質により圧縮強度の発現性に違いが見られた。
- ・機能水は圧縮強度に比べ曲げ強度の発現が低下した。
- ・セメントの水和生成物量は材齢 3 日~7日までに急速に増加した。
- ・ $F_b1$  1000 は材齢とともに水和生成物量の増加が確認された。

本研究では、 $F_b1$  1000 の長期強度が増加した要因として、機能水が水和反応過程に作用し水和生成物を安定して増加させた為と推測した。機能水の利用はコンクリートの強度発現に有効であると思われるが、曲げ強度への影響など課題も多く、今後、更に検証し機能水のコンクリートへの応用を検討する必要があると思われる。

#### 参考文献

- 1) 黒岩 正信, 滝口 隆弘: 活性水を用いたコンクリート配合試験結果について, 土木学会第 58 回学術講演会, pp1065-1066, 2004
- 2) 岡田 清: 最新コンクリート工学, 国民科学社, 1986
- 3) A.M.Neville: ネビルのコンクリートバイブル, 技報堂出版, 2004

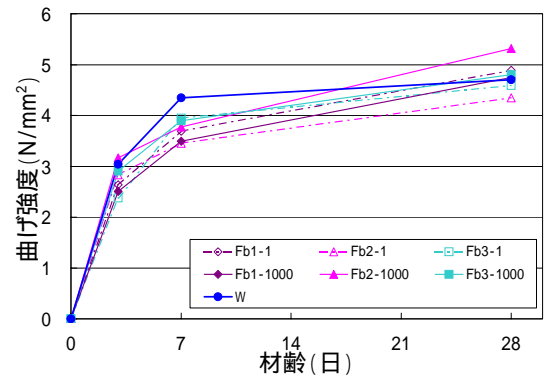


図 2 曲げ強度試験結果

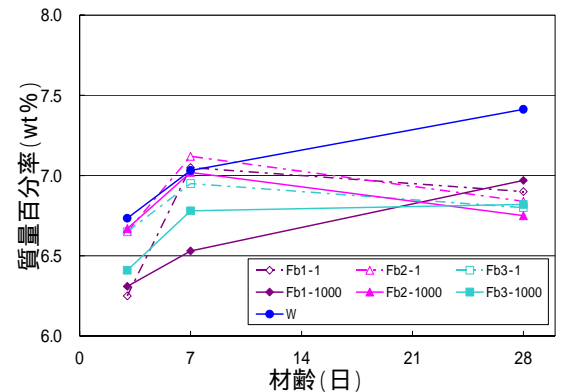


図 3 各材齢での  $Al_2O_3$  の質量百分率

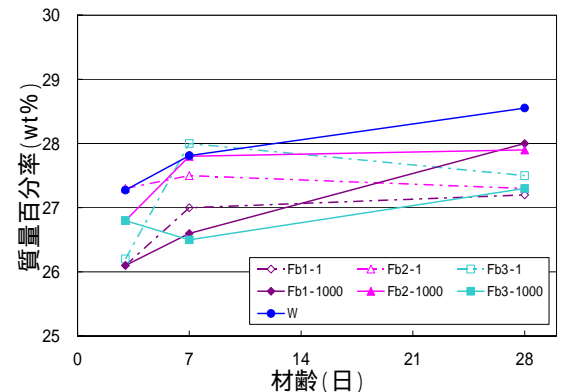


図 4 各材齢での  $SiO_2$  の質量百分率

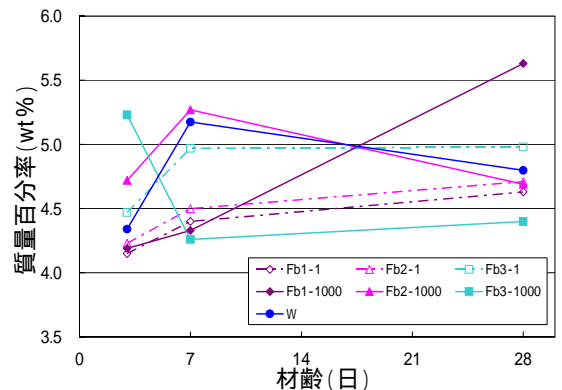


図 5 各材齢での  $Fe_2O_3$  の質量百分率