

高強度コンクリートにおけるセメントの水和と諸物性に関する研究  
 化学混和剤の種類および添加率がセメントペーストの結合水率と圧縮強度に及ぼす影響

Study on Hydration and Properties of Cement in High-strength Concrete

Effect of kind and dosage of Chemical admixture on the Compressive Strength and Bonding Water rate of Cement Paste

○倉田孝一<sup>1</sup>, 中田善久<sup>2</sup>, 宮田敦典<sup>2</sup>, 一瀬賢一<sup>2</sup>, 西祐宜<sup>3</sup>, 安田玲子<sup>3</sup>, 猪瀬亮<sup>3</sup>, 岡田翔音<sup>3</sup>, 松浦伸一<sup>4</sup>  
 \*Kouichi Kurata<sup>1</sup>, Yoshihisa Nakata<sup>2</sup>, Atsunori Miyata<sup>2</sup>, Kenichi Ichise<sup>2</sup>, Hironobu Nishi<sup>3</sup>, Reiko Yasuda<sup>3</sup>, Ryo Inose<sup>3</sup>, Kanon Okada<sup>3</sup>, Shinichi Matsuura<sup>4</sup>,

Abstract: This report that experimental study to clarify the effect of kind and dosage of chemical admixture on the hydration reaction of cement paste. The results showed that bonding water rate tended to increase with increasing dosage of chemical admixture addition.

1. はじめに

コンクリート用化学混和剤（以下、化学混和剤という）は、コンクリートを製造するのに必要な不可欠な材料である。特に、設計基準強度 60N/mm<sup>2</sup>を超える高強度コンクリートの領域においては、高い減水性能を有する高性能減水剤や高性能 AE 減水剤が使用される。しかし、この化学混和剤がセメントの水和反応に及ぼす影響について検討された報告<sup>〔例え  
 ば<sup>1</sup>〕</sup>は少ない。

そこで、本報告は、化学混和剤の種類および添加率がセメントペーストの水和に及ぼす影響を明らかにするために実験的に検討した。ここでは、水和反応の指標の1つである結合水率と圧縮強度について、材齢3日および7日において検討した。

2. 実験概要

2.1 調合条件

セメントペーストの調合は、Table1に示すように水セメント比 (W/C) 30%として、普通ポルトランドセメント (N) と5種類の化学混和剤を組み合わせさせた。化学混和剤は、リグニンスルホン酸 (LS)、オキシカルボン酸 (OC)、ポリカルボン酸 (PC)、ナフタレンスルホン酸 (NS) およびメラミンスルホン酸 (MS) を使用し、各化学混和剤に対して添加率を3水準変化させた。

2.2 実験方法

セメントペーストの練混ぜは、JIS R 5201 (セメントの物理試験方法) に準じて行った。練混ぜ直後は、シリンダーフロー試験を行い、強熱減量試験および圧縮強度試験に用いる試料および供試体を採取した。

強熱減量試験に用いる試料 (φ24.8×56.2mm) は各材齢につき3体、圧縮強度試験に用いる供試体 (φ26×52mm) は、各材齢につき6体作製した。なお、試料は、既報<sup>〔2〕</sup>で報告した方法 (2つのポリ袋に分けて試料を詰める方法) を用いて、質量ができるだけ一定になるように作製した。

シリンダーフロー試験は、JASS 15 M-103 (セルフレベリング材の品質基準) に準じて、φ50×50mmの塩化ビニル製のシリンダーコーンを用いて行った。

強熱減量試験に用いる試料は、各材齢において5mm以下に粗粉碎した後、アセトンに24時間以上浸漬させて水和を停止させた。その試料を40°Cで24時間乾燥させ、150μm以下に微粉碎した。この粉末試料を105°Cで一晩放置して絶乾状態とし、ここから約1gをはかり取った。その後、1000°Cにおいて2時間強熱し、デジケータ内で放冷した後、質量を測定した。なお、試料1体につき、約1gの粉末試料を3つ作製した。また、結合水率は、105°Cの質量に対する1000°Cの質量減少率の百分率とした。

圧縮強度試験は、JIS A 1108 (コンクリートの圧縮試験方法) に準じて、毎秒 0.6±0.4N/mm<sup>2</sup>の載荷速度で行った。また、端面の処理は JIS A 1132 (コンクリートの強度試験用供試体の作り方) に準じて、打ち込み面を硫黄キャッピングした。

Type of Cement	W/C(%)	Chemical admixture			Curing Method	Age(day)	
		Type	Dosage(C×%)				
N	30	LS	0.25	0.50	1.00	Sealed* <sup>1</sup>	3,7
		OC	0.25	0.50	1.00		
		PC	0.45	0.60	0.65		
		NS	2.30	3.80	5.30		
		MS	3.10	3.80	4.50		

\* 1 : curing temperature is 20°C

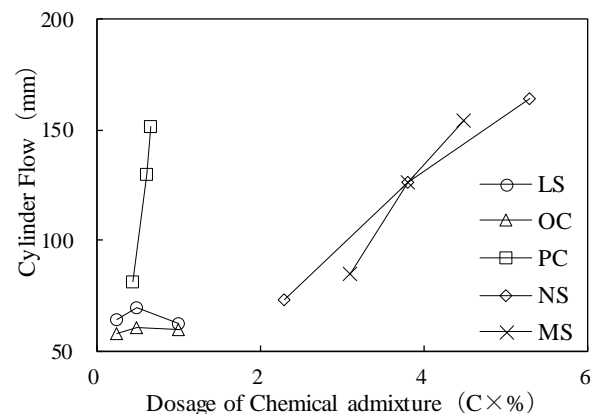


Fig.1 Relation Between Dosage of Chemical admixture and Cylinder Flow

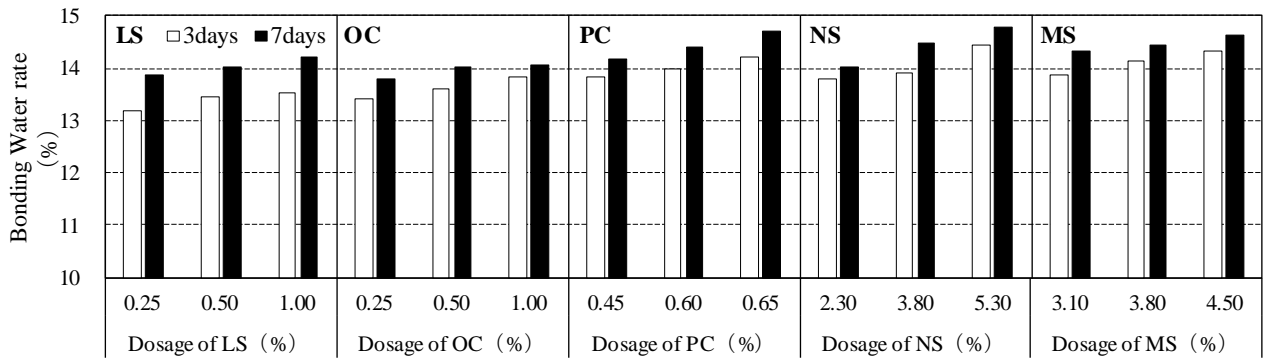


Fig.2 Relation Between Dosage for each Chemical admixtur and Bonding Water rate

### 3. 結果および考察

#### 3.1 化学混和剤の添加率とシリンダーフローの関係

化学混和剤の添加率とシリンダーフローの関係を Fig.1 に示す。シリンダーフローは、LS および OC を添加した場合、添加率を大きくしても変化が小さく、58mm~69mm の範囲の値を示した。これは、文献 [1] でも指摘されているように LS の添加率を増加しても微粒子まで十分に分散させることができないためと考えられる。一方、PC, NS および MS を添加した場合は、化学混和剤の添加率の増加とともに大きくなる傾向を示した。特に、PC を用いた場合、0.2%程度の添加率の違いでシリンダーフロー値が大きく変化しており、分散効果が著しかった。

#### 3.2 結合水率

各化学混和剤の添加率と結合水率の関係を Fig.2 に示す。結合水率は、いずれの化学混和剤においても添加率の増加により大きくなる傾向を示した。文献 [3] によれば、化学混和剤の添加がセメント粒子を分散し、水と接触する有効表面積を増やし、強度発現性の向上に寄与すると指摘している。本実験においても、化学混和剤の添加率を増加することにより、結合水率が大きくなることを確認した。材齢 3 日から材齢 7 日までの結合水率の増加は、0.22%~0.71%である。特に、LS を 0.25%添加した結合水率の増加は一番大きく 0.71%程度となった。

#### 3.3 結合水率と圧縮強度の関係

結合水率と圧縮強度の関係を Fig.3 に示す。結合水率の増加に伴い圧縮強度は、大きくなる傾向を示し、水和の進行により圧縮強度が増進する傾向を示した。結合水率と圧縮強度の関係は、結合水率が同程度である場合、使用する化学混和剤の種類によって圧縮強度の差が生じている。これは、化学混和剤の種類によってセメント粒子の分散状態と水和生成物の形態が異なる [4] ためと考えられる。また、化学混和剤の分散効果により空隙構造は緻密化され、その状態から水和生成物が生成されるため、空隙構造は、強度発現性に影響を与えることが示唆される。そのため、結合水率と圧縮強度の関係については、今後空隙構造も含めた検討を行う予定である。

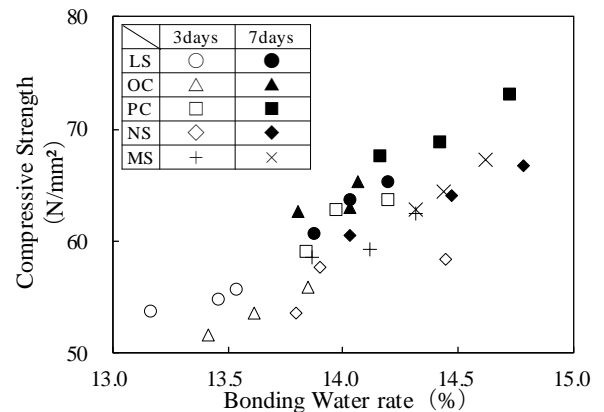


Fig.3 Relation Between Bonding Water rate and Compressive Strength

### 4. まとめ

本報告は、化学混和剤の種類および添加率がセメントペーストの水和に及ぼす影響を明らかにするために実験的に検討し、次のことを明らかにした。

- (1) シリンダーフローは、LS および OC を添加した場合、添加率を大きくしても変化が小さい。PC, NS および MS を添加した場合は、添加率の増加とともに大きくなる傾向を示した。
- (2) 結合水率は、いずれの化学混和剤においても、添加率が増加すると大きくなる傾向を示した。
- (3) 結合水率が同程度の場合、圧縮強度は使用する化学混和剤によって異なる。

今後は、材齢 14 日以降の測定および空隙構造について検討を進めていく予定である。

#### 【参考文献】

- [1] 杉山知巳他：化学混和剤がセメント硬化体の空隙構造に及ぼす影響，研究速報，54 巻，6 号，pp.66-69，2002
- [2] 倉田孝一他：高強度コンクリートにおけるセメントの水和と諸物性に関する研究（その 3 セメントペーストの結合水率および圧縮強度の試料作製方法に関する検討），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.7-8，2023
- [3] 笠井芳夫他：新セメントコンクリート用混和材料，技術書院，2007
- [4] 杉山知巳他：化学混和剤の特性がセメント硬化体の空隙構造に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.141-146，2003