

H-10

セメントペースト硬化体の空隙構造に及ぼす減水剤の種類および添加量の影響

The Effects of water reducing admixture agent type and amount on the pore structure of hardened cement paste

○片岡峻大<sup>1</sup>, 佐藤正己<sup>2</sup>, 梅村靖弘<sup>2</sup>

\*Kataoka shunta<sup>1</sup>, Masaki Sato<sup>2</sup>, Yasuhiro Umemura<sup>2</sup>

Abstract: Water reducing admixture is indispensable for increasing the fluidity and high strength of concrete. On the other hand, verification of long-term durability after construction is necessary for concrete structures. However, there are few studies on the effect of water reducing admixture as an organic admixture on the long-term durability of concrete. In this study, the authors examined the effect of water reducing agents was examined, focusing on the pore structure that greatly affects the permeability of ions such as carbonation and chloride.

1. はじめに

現在, 減水剤はコンクリートの高流動化や高強度化に必要な不可欠となっている. 一方, コンクリート構造物に対しては施工後の長期耐久性の検証が必要である. しかし, 有機混和剤である減水剤がコンクリートの長期耐久性に及ぼす影響についての研究事例は極めて少ない. そこで, 本研究では圧縮強度とイオンの透過性に大きな影響を及ぼす空隙構造に着目し, 減水剤の影響について検討した.

2. 研究概要

Table 1 に使用材料, Table 2 にセメントペースト配合を示す. 配合条件は W/C=30%とし, 減水剤無添加(PL), 各種減水剤のメーカー推奨の標準添加量(1 倍添加)と減水剤の影響を顕著に得るために標準添加の 10 倍添加とした. 圧縮強度試験の材齢は 1, 7, 28, 91, 182 日とし,空隙構造の測定は材齢は 7, 28, 91, 182 日とした. 供試体は, 打込み後硬化するまで材料分離しないようにローテーターで回転させながら 20°C一定の室温で所定材齢まで封緘養生を行った. 圧縮強度の測定は, 所定材齢でペースト試料をダイヤモンドカッターと研磨機にて 15mm 四方の立方体に加工し, JISA1108「コンクリートの圧縮強度試験法」の載荷速度で実施した. 微細空隙構造は水銀圧入法により測定した. 空隙測定用試料は, 硬化ペースト試料をダイヤモンドカッターにて 2.5~5.0mm に加工し 1 日予備凍結した後, 凍結乾燥による水和停止を 7 日間行ったものを用いた.

3. 実験結果と考察

3.1 圧縮強度

セメントペーストの圧縮強度の結果を Figure 1.に示す. 材齢 1 日では 10 倍添加のすべてで凝結遅延の影響により硬化しなかった. 特に, L10 は材齢 182 日まで硬化しなかった. 材齢 7 日以降は, 標準添加のすべてで PL よりも高くなった. 10 倍添加の材齢 7 日では, PA10 のみ PL よりも高くなった. 材齢 28 日では, PA10, PB10 が PL よりも高くなった. 材齢 28 日以降で PA10 は, PA1 と同等となった. ポリカルボン酸系(PA, PB)は, 10

Table 1. Materials

材料名	記号	備考
普通ポルトランドセメント	C	強さ試験用標準セメント
練り混ぜ水	W	蒸留水
消泡剤	DEF	コンクリート用消泡剤
高性能AE減水剤	PA	ポリカルボン酸系
	PB	
高性能減水剤	N	ナフタレンスルホン酸系
AE減水剤減水剤	L	リグニンスルホン酸系

Table 2. Mix Proportion of Cement Paste

配合名	W/C (%)	単体量 (kg/m <sup>3</sup> )		減水剤量 (C×mass%)	消泡剤量 (C×mass%)
		W	C		
PL	30	486	1619	0	0.2
PA1				0.9	
PA10				9.0	
PB1				1.4	
PB10				14	
N1				2.6	
N10				26	
L1				0.6	
L10				6.0	

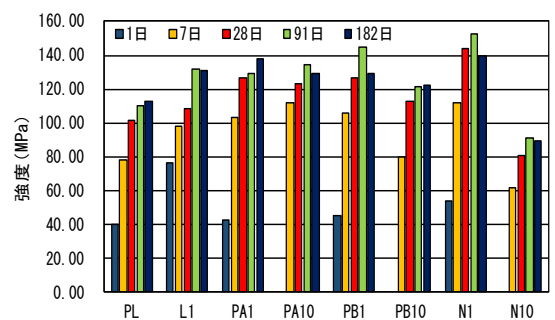


Figure 1. Compressive Strength

1:日大理工・院(前)・土木 2:日大理工・教員・土木

倍の過剰添加の場合でも、長期材齢に伴い通常添加の場合と同等な強度に近づくが、ナフタレンスルホン酸系(N)では、初期材齢から長期材齢に亘り強度低下することが確認された。

### 3.2 空隙構造

各材齢の細孔量の経時変化と圧縮強度の関係を Figure 2 に示す。累計細孔量は、毛細管空隙の範囲である  $0.01\sim 1\mu\text{m}$  の範囲内を PL にピーク径が見られた  $0.01\sim 0.04\mu\text{m}$ ,  $0.04\sim 0.2\mu\text{m}$ ,  $0.2\sim 1\mu\text{m}$  の 3 つに区分した。さらに毛細管空隙以上の細孔径  $1\sim 100\mu\text{m}$  とゲル空隙の  $0.001\sim 0.01\mu\text{m}$  に分けて計 5 つの区分に整理し、材齢の経過に伴う細孔量の経時変化の関係を考察した。

すべてにおいて累計細孔量は、材齢 7 日から 28 日にかけて減少しており、緻密化による強度発現が見られた。PL は材齢 28 日以降の累計細孔量が減少しなかったが  $0.01\sim 0.04\mu\text{m}$  の空隙量のみ減少した。L1 は材齢経過に伴い毛細管空隙とゲル空隙の細孔量が減少した。一方、PA1 は、累計細孔量は減少しなかったが材齢 28 日から 91 日にかけて  $0.04\sim 0.2\mu\text{m}$  の細孔量が減少し、材齢 91 日から 182 日にかけてゲル空隙が増加した。PA10 は材齢 28 日から 91 日にかけて PA1 と同じ変化となったが材齢 182 日において  $0.04\sim 0.2\mu\text{m}$  の細孔量が大きく減少した。PB は PA と比較して累計細孔量多いものの細孔量分布は概ね同じとなった。PB10 は材齢 182 日で  $0.01\sim 0.04\mu\text{m}$  の空隙量が減少しゲル空隙の細孔量は材齢経過に伴い増加した<sup>1)</sup>。N1 は材齢経過に伴い  $0.01\sim 0.04\mu\text{m}$  の空隙とゲル空隙の細孔量が減少していき  $0.2\sim 1\mu\text{m}$  の細孔量がわずかに増加した。N10 は他の水準に比べ  $0.2\sim 1\mu\text{m}$  の細孔量が多く<sup>2)</sup>、材齢経過に伴い累計細孔量が大きく減少した。これらを比較すると、材齢 28 日以降、PL の細孔分布の第 1 ピークの範囲である  $0.01\sim 0.04\mu\text{m}$  の空隙の細孔量の増減と圧縮強度の増減に関係性が認められた。

### 4. まとめ

- (1) ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤では、10 倍過剰添加した場合、初期材齢において硬化遅延は生じるものの材齢 182 日では、通常添加と同程度の強度なり、細孔空隙には大きな影響がなかった。
- (2) リグニンスルホン酸系 AE 減水剤では、10 倍過剰添加した場合には硬化不良を起し強度が発現しなかった。一方、ナフタレンスルホン酸系高性能減水剤は強度が著しく低下し粗大空隙が増加した。

### 参考文献

- 1) 須田ほか：各種セメント硬化体の相組成と圧縮強度に関する研究, Cement Science and Concrete Technology, Vol. 66, pp.159-166, 2012
- 2) 坂井ほか：分散剤を添加したセメントの水和と硬化体の微細組織, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, pp.197-202, 2003

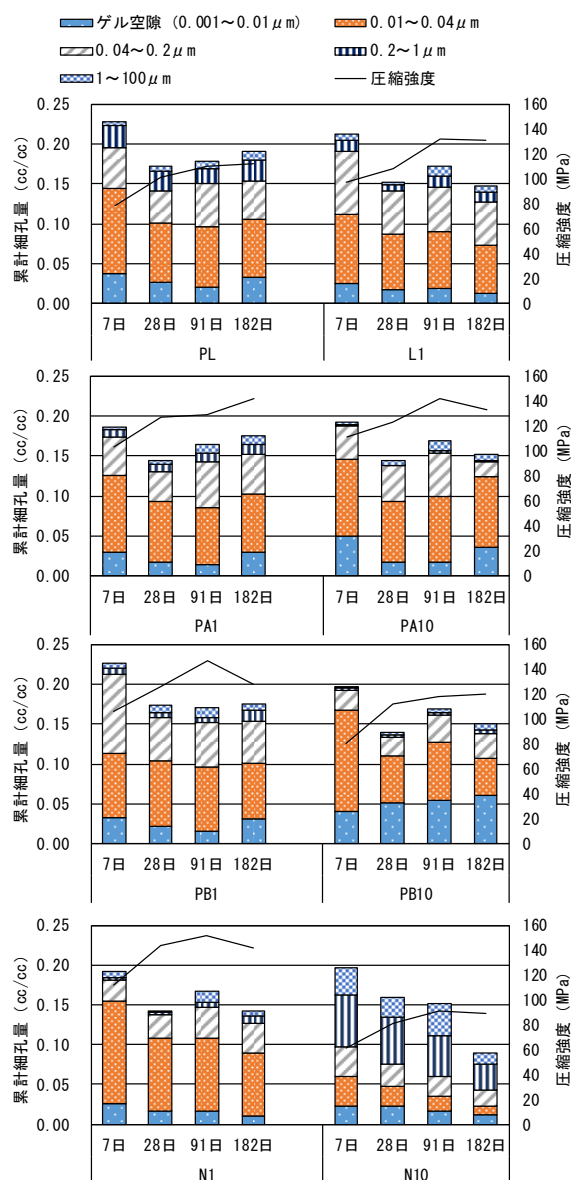


Figure 2 Change in pore volume over time and compressive strength