

京都大学工学部 学生会員○小野 賢太郎 東洋建設(株)鳴尾研究所 正会員 松本 典人
京都大学工学部 正会員 服部 篤史 フェロー会員 宮川 豊章 フェロー会員 藤井 學

1.はじめに 本研究は、セルロース系増粘剤を用いた高流動コンクリート中におけるセメントペースト・骨材の界面性状について調べることを目的として、セルロース系の増粘剤および増粘剤と高性能 AE 減水剤の両者を添加したセメントペーストの微細構造について、普通セメントペーストと比べて検討したものである。

2.実験概要

2.1 セメントペーストの使用材料および配合

使用材料は、セメントは普通ポルトランドセメント(比重 3.15、比表面積 $3380\text{cm}^2/\text{g}$)、増粘剤が低界面活性型水溶性セルロースエーテル(2%水溶液、粘度 $10,000\text{cp}$)、高性能 AE 減水剤はポリカルボン酸系のもの、粗骨材は兵庫県男鹿産の碎石($G_{\text{max}}=20\text{mm}$ 、比重 2.61、吸水率 1.42%)を用いた。セメントペーストの配合を表 1 に示す。水セメント比(W/C)は 45%、50%、55%の 3 種類とした。セルロース系増粘剤を用いた高流動コンクリートおよび水中不分離性コンクリートの一般的な配合を参考にして、増粘剤添加量を $W \times 0\%$ (通常のコンクリート)、 0.2% (増粘剤系高流動コンクリート)、 1.0% (水中不分離性コンクリート)の 3 種類、および増粘剤と高性能 AE 減水剤をそれぞれ添加量 $W \times 0.2\%$ 、 $C \times 2.0\%$ で併用したケースを設定した。

表 1 ペーストの配合

配合 No.	記号	W/C (%)	VA (W×%)	SP (C×%)
1	45VA00	45	—	—
2	45VA02	45	0.2	—
3	50VA00	50	—	—
4	50VA02	50	0.2	—
5	50VA10	50	1.0	—
6	50VA2SP20	50	0.2	2.0
7	55VA00	55	—	—
8	55VA02	55	0.2	—

2.2 微小硬度 $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ のセメントペースト中に粗骨材を埋設して作製した供試体を材齢 1、4 週間標準養生した後、粗骨材面が表れるように $40 \times 40 \times 20\text{mm}$ 程度に切断したものを試料とした。微小硬度の測定は、マイクロビッカース硬度計(荷重 3g)を用いて、粗骨材の上面、側面、下面の硬化セメントペースト部のビッカース硬度を粗骨材とペーストとの境界面から $100\mu\text{m}$ まで $10\mu\text{m}$ 間隔で測定した。

2.3 細孔径分布 セメントペーストの $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ の供試体を材齢 1、4 週間標準養生した後、約 $10 \times 10 \times 10\text{mm}$ の立方体に切断したものを試料とした。細孔径分布の測定は、水銀圧入法により行った。

3.実験結果および考察

3.1 硬化セメントペーストの物性 硬化セメントペーストの物性を表 2 に示す。増粘剤を添加したセメントペーストは普通セメントペーストに比べて、バルク部の硬化セメントペーストの微小硬度が若干低く、増粘剤添加量の増加に伴いバルク部の微小硬度が低く

表 2 硬化セメントペーストの物性

配合	0打フロー (cm)	ブリーディング率 (%)	微小硬度		全細孔量(cc/g) (6mm~2μm)		圧縮強度(MPa)	
			7日	28日	7日	28日	7日	28日
45VA00	19.7	3.2	—	27.1	0.113	0.12	32.8	47.4
45VA02	17.1	2.1	—	25.6	0.164	0.126	29.9	46.1
50VA00	22.2	5.4	26.4	27.3	0.183	0.121	28.9	40
50VA02	20.3	2.9	22.7	23.6	0.192	0.137	25.1	39.4
50VA10	26.4	0	23	20.7	0.227	0.158	20.6	31.7
50V2S2	39.4	3.2	23.6	26.9	0.112	0.042	34.5	48.2
55VA00	25.7	6.2	—	25.2	0.196	0.145	24	37.7
55VA02	24.4	5.2	—	23.4	0.228	0.159	20.1	33.6

なり、細孔径 $6\text{nm} \sim 2\mu\text{m}$ の全細孔量が若干多くなる傾向を示した。これは、増粘剤の増加に伴いブリーディングが抑制されセメントペーストの実質の水セメント比が大きくなり、水和組織が多孔質となったためと考えられる。また、水セメント比が大きくなるに伴い全細孔量が増加する傾向を示した。増粘剤と高性能 AE 減水剤を併用したセメントペーストの毛細管空隙量は著しく減少した。これは、高

性能 AE 減水剤がセメントの分散作用を持つことから、水和反応をするセメントの表面積が多くなり、より密実なセメントペーストとなるためと考えられる。

3.2 微小硬度 微小硬度の測定結果の一例を図1に示す。骨材界面からの脆弱な遷移帯領域は、普通セメントペーストの場合、上面および側面の遷移帯幅は水セメント比の相違に関わらず約 60 μ m 程度、測定位置：下面の遷移帯幅が水セメント比の増加に伴い大きくなる傾向を示した。また、増粘剤添加量 $W \times 0.2\%$ のセメントペーストの場合、測定位置に関わらず $W/C=45\%$ の遷移帯幅は約 50 μ m 程度であり、 $W/C=50$ 、 55% では明瞭な遷移帯領域は認められなかった。これは、増粘剤を添加するとブリーディングが抑制されセメントペーストの実質の水セメント比が大きくなり、バルク部分が界面近

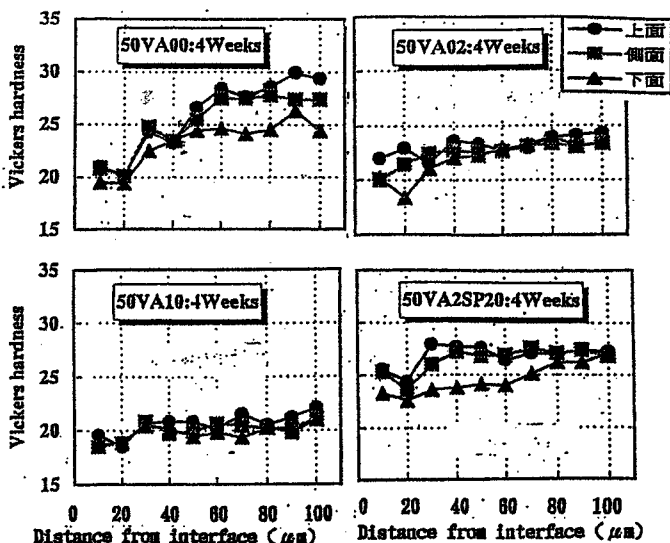


図1 微小硬度測定結果の一例

傍の領域と同様に多孔質となったためと考えられる。微小硬度の測定位置(上面・下面・側面)の相違については、いずれのケースも下面の微小硬度が低くなる傾向を示した。これは、他の面と比べて粗骨材の下面にブリーディング水が溜まりポーラスな領域が形成されたためと考えられる。また、増粘剤を添加したセメントペーストは普通セメントペーストに比べて、硬化セメントペーストの同一測定位置における微小硬度のばらつきが増粘剤添加量の増加に伴い小さくなり、より均質な硬化セメントペーストとなることが示唆された。これは、増粘剤の添加によりセメントペースト中の水の移動が抑制されたためと考えられる。

増粘剤と高性能 AE 減水剤を併用したセメントペーストは他のセメントペーストと比べて、材齢4週で上面および側面の遷移帯領域の幅が狭くなった。これは、高性能 AE 減水剤の添加によりセメント分散性が向上し水和組織が緻密になったためと考えられる。下面では、ブリーディングが生じたこと、フレッシュのセメントペーストが若干分離傾向を示したことから骨材とセメントペーストの界面近傍に脆弱な領域が広がったものと考えられる。

3.3 微小硬度、毛細管空隙量および圧縮強度の関係

硬化セメントペーストのバルク部の微小硬度、毛細管空隙量(細孔径 6nm~2 μ m)およびセメントペーストの圧縮強度(材齢1、4週)の関係を図2、3に示す。圧縮強度と細孔径 6nm~2 μ m の毛細管空隙量の間に相関があるとの報告[1]があり、本実験でも両者の間に高い相関関係が認め

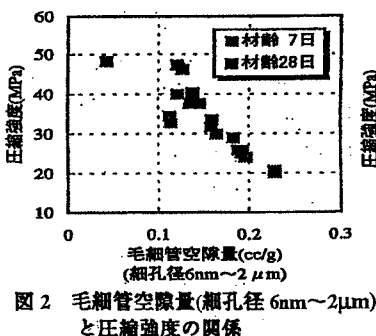


図2 毛細管空隙量(細孔径 6nm~2 μ m)と圧縮強度の関係

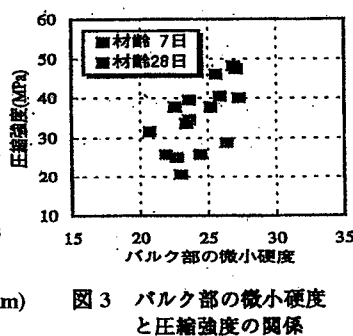


図3 バルク部の微小硬度と圧縮強度の関係

られた。圧縮強度とバルク部の微小硬度の間にも相関関係が認められ、セメントペーストの硬度が圧縮強度に影響を与えると考えられる。今後、増粘剤系高流動コンクリートの硬化後の耐久性を評価する上で、増粘剤および高性能 AE 減水剤を用いることで生じるセメントペーストと骨材界面性状の相違が物質透過性などの耐久性に与える影響について検討を行う必要があると考えられる。

参考文献 [1]管谷ほか：骨材-セメントペースト界面、セメント・コンクリート、No.567、pp.46-47