論文　高性能減水剤を添加したポリマーセメントモルタルの性質

五十嵐　太[*1]・大濱　嘉彦[*2]・出村　克宣[*3]

要旨：本研究では，ポリマーセメントモルタルの水セメント比，空気量，硬化時間，強さ及び吸水率に及ぼすポリマーセメント比及び高性能減水剤添加の影響について検討している。その結果，ポリマー混和剤及び高性能減水剤の種類にかかわらず，ポリマーセメントモルタルに高性能減水剤を添加すると，その水セメント比及び空気量が低下し，その曲げ及び圧縮強さは向上するが，その硬化時間は長くなる傾向にある。更に，ポリマーセメント比を増加すると，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの硬化は遅延し，その吸水率は著しく低下する。

キーワード：高性能減水剤，ポリマーセメントモルタル，空気量，硬化時間，強さ，吸水率

1.　はじめに

近年，建設分野における技術革新の進展に伴って，セメントコンクリート及びモルタルへのニーズの多様化が著しい。そのため，脆性破壊材料であるセメントコンクリート及びモルタルの欠点を改善していく上で，高性能減水剤やポリマー混和剤（セメント混和用ポリマーとも呼ぶ）などの化学混和剤は必要不可欠なものとなっている。既往の研究からも[1), 2)]，ポリマー混和剤と高性能減水剤の併用は，セメントコンクリート及びモルタルのフレッシュな時及び硬化した時の性質に大きな影響を及ぼすことが知られている。しかしながら，ポリマー混和剤と高性能減水剤の併用がセメントコンクリート及びモルタルの性質に及ぼす影響については，ごくわずかの報告[3), 4)]があるのみで，十分に明らかにされていない。

本研究では，高性能減水剤を添加したポリマーセメントモルタルのフレッシュな時及び硬化した時の主要な性質について検討する。

2.　使用材料

2.1　セメント及び細骨材

セメントとしては，JIS R 5210（ポルトランドセメント）に規定する普通ポルトランドセメントを，又，細骨材としては，旧 JIS R 5201（セメントの物理試験方法）に規定する豊浦標準砂を使用した。

2.2　ポリマー混和剤

ポリマー混和剤としては，スチレンブタジエンゴム（SBR）ラテックス，エチレン酢酸ビニル（EVA）粉末及び液状ビスフェノール A 型エポキシ（Epoxy）樹脂を使用した。なお，SBR ラテックス及び EVA 粉末の全固形分に対して，シリコーンエマルション系消泡剤（有効シリコーン分：30.0%）を，その有効シリコーン分が SBR ラテックスでは 0.7%，EVA 粉末では 1.0% となるように添加した。液状 Epoxy 樹脂の場合，それを混入しても空気をほとんど連行しないため，消泡剤を添加しなかった。

2.3　高性能減水剤

高性能減水剤としては，2 種類のポリカルボン酸系高性能減水剤（カルボキシル基含有ポリエーテル系化合物及びマレイン酸誘導体共重合物，以下，WRA-1 及び WRA-2 と略称），メラミンスルホン酸塩系高性能減水剤（高縮合トリアジン系化合物――一般には，メラミンスルホン酸ホルマリン縮合物と呼ぶ，以下，WRA-3 と略

*1 日本大学大学院　工学研究科　建築学専攻　（正会員）
*2 日本大学教授　工学部建築学科　工博　（正会員）
*3 日本大学教授　工学部建築学科　工博　（正会員）

称）及びナフタレンスルホン酸塩系高性能減水剤（ナフタレンスルホン酸ホルマリン高縮合物塩，以下，WRA-4 と略称）を使用した。

3. 試験方法

3.1 供試モルタルの調製

JIS A 1171（ポリマーセメントモルタルの試験方法）に従って，セメント : 細骨材＝1 : 3（質量比），ポリマーセメント比（P/C）を 0，5，10，15 及び20%，高性能減水剤添加率を0及び2.0%（セメントに対する質量百分率）とした調合の供試モルタルを，そのフロー値が 170±5 一定となるように，水セメント比を調整して練混ぜた。供試モルタルを寸法 40×40×160mm に成形し，2d 湿空[20℃，90%(RH)]＋5d 水中(20℃)＋21d 乾燥[20℃，60%(RH)]養生を行って供試体を作製した。

3.2 空気量試験

JIS A 1128[フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法（空気室圧力方法）]に準じて，モルタル用エアメーターを用いて，供試モルタルの空気量を測定した。

3.3 硬化時間試験

JIS A 1171 に従って，JIS R 5201（セメントの物理試験方法）に規定するビカー針装置を用いて，供試モルタルのφ1mm 針硬化時間を測定した。

3.4 曲げ及び圧縮強さ試験

JIS A 1171 に従って，供試体の曲げ及び圧縮強さ試験を行った。

3.5 吸水率試験

JIS A 1171 に従って，供試体の吸水率試験を行い，水中浸漬 48h における吸水率を求めた。

4. 試験結果及び考察

Fig.1 には，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの水セメント比とポリマーセメント比の関係を示す。高性能減水剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加 SBR 及び EVA 混入ポリマーセメントモルタルの水セメント比は，ポリマーセメント比の増加に伴って減少する。同様に，高性能減水剤無添加 SBR 及び EVA 混入ポリマーセメントモルタルの水セメント比は，ポリマーセメント比の増加に伴って減少する。高性能減水剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加 Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの水セメント比は，ポリマーセメント比が増加してもほとんど変化しない。同様に，高性能減水剤無添加 Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの水セメント比は，ポリマーセメント比が増加してもほとんど変化しない。高性能減水剤及びポリマー混和剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの水セメント比は，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルのそれよりも小さい。

Fig.2 には，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの空気量とポリマーセメント比の関係を示す。高性能減水剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの空気量は，ポリマーセメント比の増加に伴って増加し，ポリマーセメント比 5%で最大値に達し，ポリマーセメント比 10%以上ではほとんど一定となる。同様に，高性能減水剤無添加 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの空気量は，ポリマーセメント比の増加に伴って増加し，ポリマーセメント比 5%で最大値に達し，ポリマーセメント比 10%以上ではほとんど一定となる。高性能減水剤添加 EVA 混入ポリマーセメントモルタルの空気量は，ポリマーセメント比の増加に伴って増加するが，WRA-3 添加及び高性能減水剤無添加 EVA 混入ポリマーセメントモルタルでは，ポリマーセメント比 5%で最大値に達し，ポリマーセメント比 10%以上ではほとんど一定となる。WRA-1, WRA-2 及び WRA-4 添加 Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの空気量は，ポリマーセメント比の増加に伴って増加し，WRA-1 及び WRA-4 添加 Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルではポリマーセメント比 5%，WRA-2 添加 Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルではポリマーセメント比 10%で最大値に達す

る。WRA-3 添加及び高性能減水剤無添加 Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの空気量は，ポリマーセメント比の増加に伴って減少する。高性能減水剤及びポリマー混和剤の種類にかかわらず，一部の例外を除いて，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの空気量は，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルのそれと同等かそれよりも小さい。Fig.3 には，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルのφ1mm 針硬化時間とポリマーセメント比の関係を示す。ポリマー混和剤の種類にかかわらず，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルのφ1mm 針硬化時間は，ポリマーセメント比が増加してもほとんど変化しない。これに対して，高性能減水剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルのφ1mm 針硬化時間

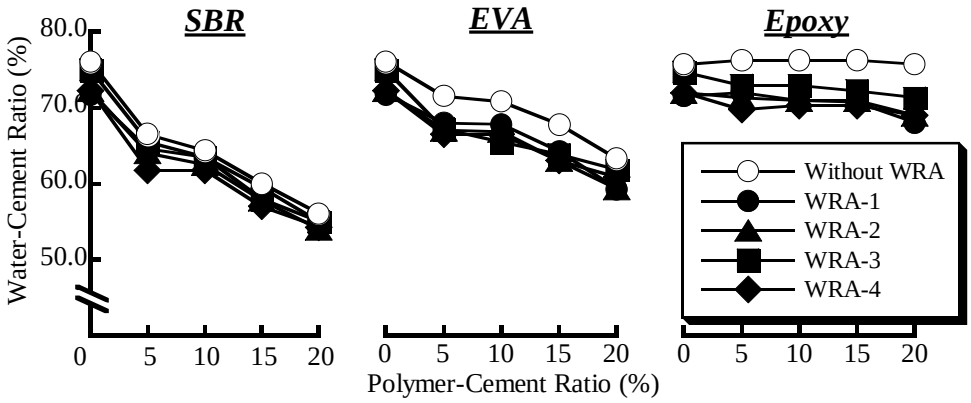

Fig.1 Polymer-Cement Ratio vs. Water-Cement Ratio of Polymer-Modified Mortars with High-Range Water-Reducing Admixtures.

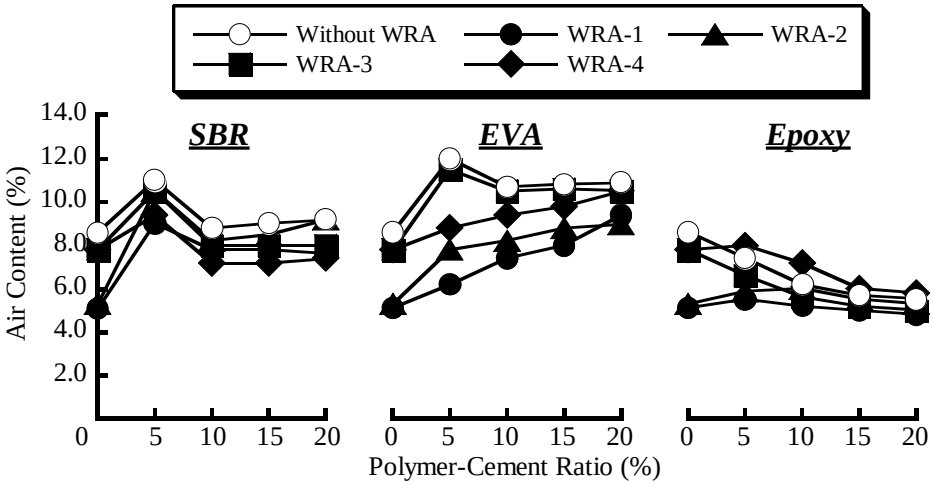

Fig.2 Polymer-Cement Ratio vs. Air Content of Polymer-Modified Mortars with High-Range Water-Reducing Admixtures.

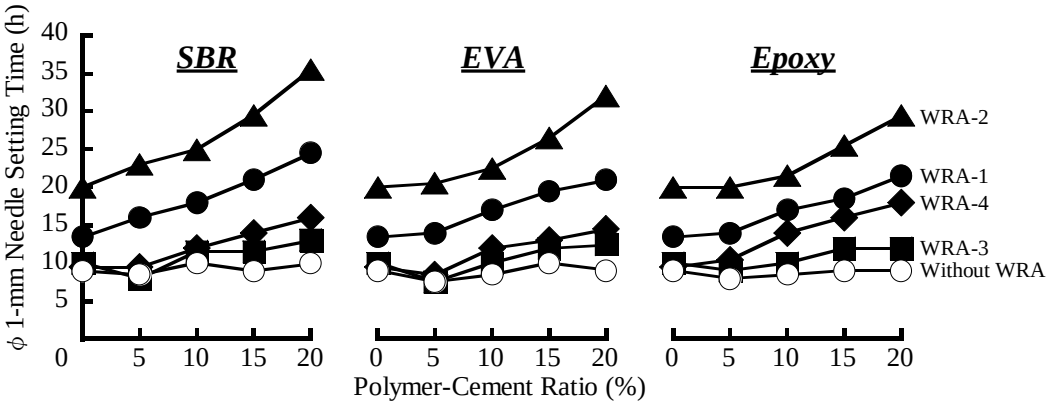

Fig.3 Polymer-Cement Ratio vs. φ 1-mm Needle Setting Time of Polymer-Modified Mortars with High-Range Water-Reducing Admixtures.

は，ポリマーセメント比の増加に伴って遅延する。これは，主に，高性能減水剤とポリマー混和剤の相互作用により，セメントの水和反応が阻害され，セメントの凝結時間が遅延するためと考えられる。ポリマー混和剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加及び無添加ポリマーセメントモルタルのφ1mm 針硬化時間は，（短い）高性能減水剤無添加＜WRA-3＜WRA-4＜WRA-1＜WRA-2（長い）の順に遅延する。ポリマー混和剤の種類にかかわらず，WRA-3 添加ポリマーセメントモルタルのφ1mm 針硬化時間は，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルのそれに比べて約 2～3h 程度の遅延であり，WRA-3 とポリマー混和剤の併用は，実用上差し支えないものと考えられる。これに対して，WRA-1 及び WRA-2 添加ポリマーセメントモルタルのφ1mm 針硬化時間は，ポリマーセメント比の増加に伴って著しく遅延する。そのため，現場で使用する場合，引続く他の仕上げ材の施工に支障を来す恐れがあるものと考えられる。高性能減水剤の種類によるこのような硬化時間の差異は，主に，高性能減水剤分子の化学構造に由来する静電反発力や立体障害反発力などの作用機構の違いに起因するものと考えられる[5),6)]。

Fig.4 には，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの曲げ強さとポリマーセメント比の関係を示す。高性能減水剤添加 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの曲げ強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加するが，WRA-2 添加のものを除いて，ポリマーセメント比 15%で最大値に達する。同様に，高性能減水剤無添加 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの曲げ強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加し，ポリマーセメント比 15%で最大値に達する。高性能減水剤添加 EVA 混入ポリマーセメントモルタルの曲げ強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加するが, WRA-2 添加 EVA 混入ポリマーセメントモルタルでは，ポリマーセメント比 10%で最大値に達する。高性能減水剤無添加 EVA 混入ポリマーセメントモルタルの曲げ強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加する。高性能減水剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加 Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの曲げ強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加し，ポリマーセメント比 10%で最大値に達する。これに対して，高性能減水剤無添加 Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの曲げ強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加する。一部の例外を除いて，高性能減水剤添加 EVA 及び Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの曲げ強さは，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルのそれと同等かそれよりも大きい。

Fig.5 には，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの圧縮強さとポリマーセメント比の関係を示す。高性能減水剤添加 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの圧縮強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加するが，WRA-1 及び WRA-2 添加 SBR 混入ポリマーセメントモルタルではポリマーセメント比 10%，WRA-3 及び WRA-4 添加 SBR 混入ポリマーセメントモルタルではポリマーセメント比 15%でそれぞれ最大値に達する。同様に，高性能減水剤無添加 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの圧縮強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加し，ポリマーセメント比 15%で最大値に達する。高性能減水剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加 EVA 及び Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの圧縮強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加し，EVA 混入の場合はポリマーセメント比 5%，Epoxy 混入の場合はポリマーセメント比 10%でそれぞれ最大値に達する。同様に，高性能減水剤無添加 EVA 及び Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの圧縮強さは，ポリマーセメント比の増加に伴って増加し，EVA 混入の場合はポリマーセメント比 5%，Epoxy 混入の場合はポリマーセメント比 10%でそれぞれ最大値に達する。高性能減水剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加 EVA 及び Epoxy 混入ポリマーセメントモルタルの圧縮強さは，高性能減水剤無

添加ポリマーセメントモルタルのそれよりも相当に大きい。

Fig.6 には，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの水中浸漬 48h における吸水率とポリマーセメント比の関係を示す。高性能減水剤及びポリマー混和剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの水中浸漬 48h における吸水率は，ポリマーセメント比の増加に伴って著しく減少するが，SBR 混入の場合はポリマーセメント比 15%以上，Epoxy

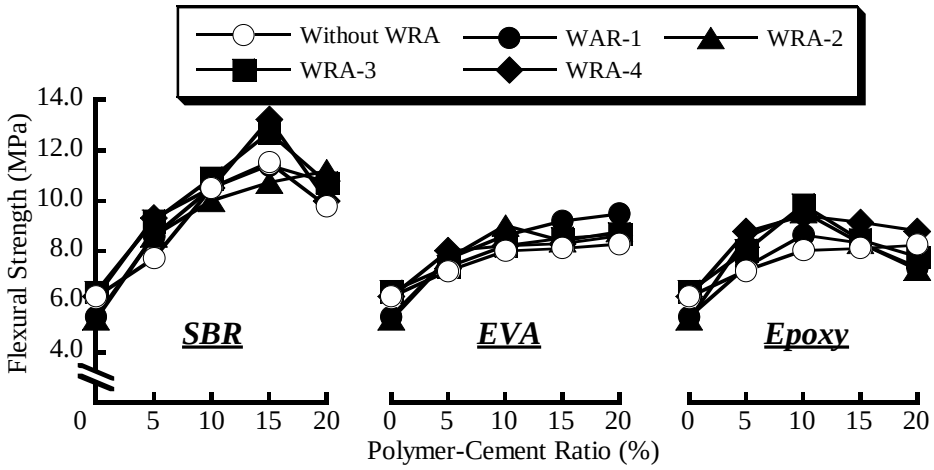

Fig.4 Polymer-Cement Ratio vs. Flexural Strength of Polymer-Modified Mortars with High-Range Water-Reducing Admixtures.

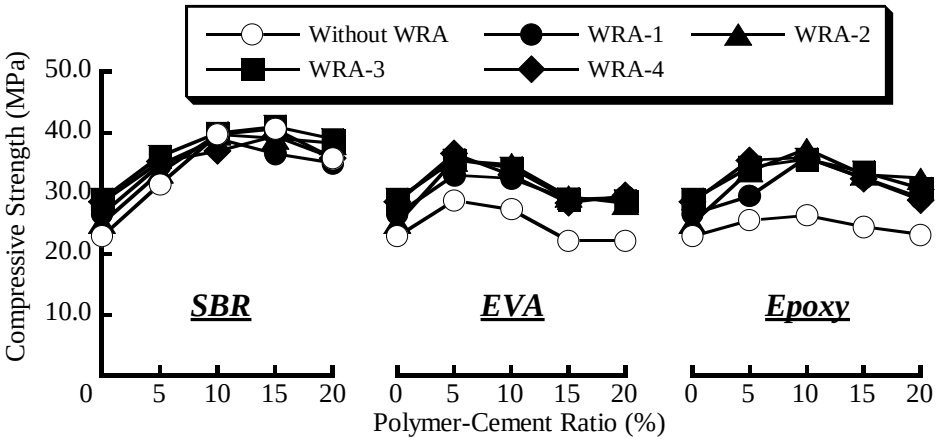

Fig.5 Polymer-Cement Ratio vs. Compressive Strength of Polymer-Modified Mortars with High-Range Water-Reducing Admixtures.

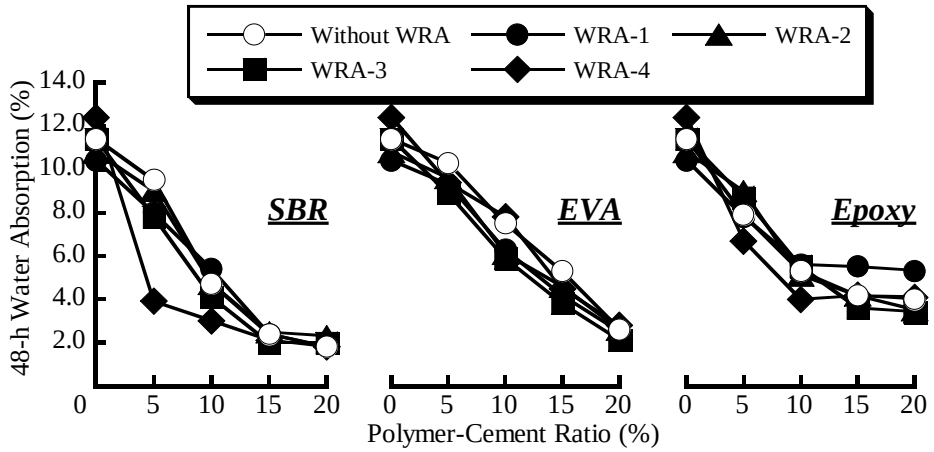

Fig.6 Polymer-Cement Ratio vs. 48-h Water Absorption of Polymer-Modified Mortars with High-Range Water-Reducing Admixtures.

混入の場合はポリマーセメント比 10%以上でほぼ一定となる。同様に，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルの水中浸漬 48h における吸水率は，ポリマーセメント比の増加に伴って減少するが，SBR 混入の場合はポリマーセメント比 15%以上，Epoxy 混入の場合はポリマーセメント比 10%以上でほぼ一定となる。

5. 結論

以上の試験結果を総括して結論づければ，次の通りである。

(1) Epoxy 混入のものを除いて，高性能減水剤添加及び無添加ポリマーセメントモルタルの水セメント比は，ポリマーセメント比の増加に伴って減少する。又，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの水セメント比は，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルのそれよりも小さい。

(2) 高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの空気量とポリマーセメント比の関係は，ポリマー混和剤及び高性能減水剤の種類に依存し，ポリマーセメント比の増加に伴って増加するか，最大値に達するか，又は，減少する傾向にある。一部の例外を除いて，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの空気量は，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルのそれよりも小さい。

(3) 高性能減水剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの硬化時間は，ポリマーセメント比の増加に伴って遅延するが，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルの硬化時間は，ポリマーセメント比が増加してもほとんど変化しない。ポリマー混和剤の種類にかかわらず，WRA-3 添加ポリマーセメントモルタルのφ1mm 針硬化時間は，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルのそれに比べて約 2～3h 程度の遅延であり，WRA-3 とポリマー混和剤の併用は，実用上差し支えないものと考えられる。

(4) 高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの曲げ及び圧縮強さとポリマーセメント比の関係は，ポリマー混和剤及び高性能減水剤の種類に依存し，ポリマーセメント比の増加に伴って増加するか，又は，最大値に達する傾向にある。一部の例外を除いて，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの曲げ及び圧縮強さは，高性能減水剤無添加ポリマーセメントモルタルのそれよりも大きい。

(5) 高性能減水剤及びポリマー混和剤の種類にかかわらず，高性能減水剤添加ポリマーセメントモルタルの水中浸漬 48h における吸水率は，ポリマーセメント比の増加に伴って著しく減少する。

参考文献

1) Ohama, Y. :Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars － Properties and Process Technology, Noyes Publications, p.236, 1995
2) Anon. : 最新・コンクリート混和剤の技術と応用，シーエムシー，p.304，2001.9
3) Ray, I. and Gupta, A. P. :Effect of Latex and Superplasticiser on Portland Cement Mortar in the Fresh State, Cement & Concrete Composites, Vol.16, No.4, pp.309-316, 1994
4) Ray, I. and Gupta, A. P. :Effect of Latex and Superplasticiser on Portland Cement Mortar in the Hardened State, Cement & Concrete Composites, Vol.17, No.1, pp.9-21, 1995
5) 木之下光男：コンクリート用化学混和剤，最近の技術開発動向，セメント・コンクリート， No.608，pp.12-21，1997.10
6) 木之下光男：コンクリート用化学混和剤の最近の動向，化学工業，Vol.49，No.5，pp.55-63，1998.5