

論文

[1056] 混和剤としての高吸水性樹脂の応用に関する研究

正会員○竹内 光 (三井建設 技術研究所)

正会員 岡本 直 (三井建設 技術開発推進部)

1. はじめに

昨今、衛生材分野ばかりでなく、農業分野、医薬分野等で使用されてきている高吸水性樹脂(以下、樹脂という)は、自重の1000倍程度までの吸水能があるものまで開発されてきている[1]。著者らは、建設とりわけコンクリート分野での用途を探るために、膨潤後も球形を成し、練り混ぜ性能に優れた樹脂に着目し、混和剤としての可能性を調査するべく基礎研究に着手した[2]。本稿は、その応用性について研究したものであり、アルカリ雰囲気中の樹脂の挙動、モルタルでのワーカビリチー、硬化後の特性等を中心に報告する。

2. コンクリート混和用樹脂

2.1 形状及び組成

今回、研究の対象とした樹脂(BM-500, OY社製)は、写真-1に示すように膨潤前・後共球形を成しているものであり、各樹脂は独立し、粘着性の極めて低い特性を持ったものである。また、その組成は架橋型ポリアクリル酸ナトリウムを主成分としている。

2.2 基本特性

BM-500の基本特性は、外観は白色の顆粒であり、平均粒度50~150 μ m、かさ比重1.00~1.05、中性、吸水時間5~10分、吸水後の粒径 250~700 μ m、脱イオン水吸水能約150倍であった。

3. アルカリ電解質水溶液中での樹脂の挙動
コンクリートもしくはモルタル中の樹脂の挙動を観察・追跡することは、極めて困難であるので、種々のアルカリ電解質溶液中での挙動を観察することにより、セメントペーストの中の樹脂の定性的な挙動を推察することにした。

3.1 試験方法

試験は、図-1に示したような装置を用い、各種のアルカリ溶液を樹脂に対して一定の流速で通過させることにより、経過時間毎の膨潤量・収縮量を図中の目盛りを読むことで把握した。なお、流速は300ml/hとした。

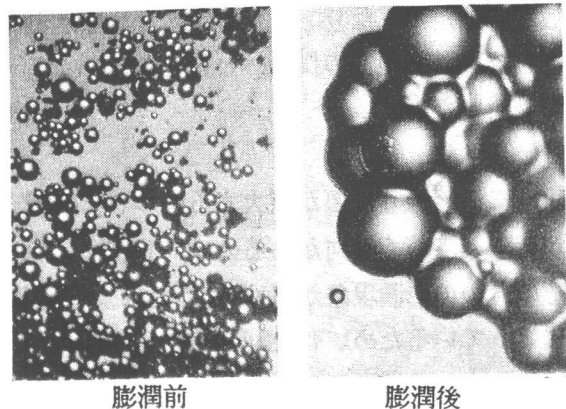


写真-1 高吸水性樹脂 (50倍)

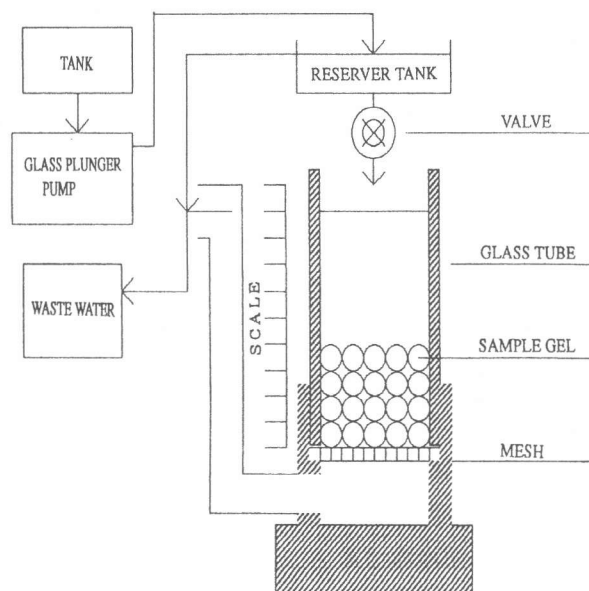


図-1 樹脂の吸放水量測定装置

3.2 実験結果

図-2に水酸化カルシウム溶液中での結果を示す。pHが増大するにつれて膨潤量が少なく、膨潤しても放出しやすくなることが分かる。図-3は、水酸化ナトリウム溶液中での結果である。pHが増大しても放水現象は見られないが、pH増大に伴い膨潤量が小さくなった。図-4は、塩化カルシウム溶液中での膨潤・放出現象を表しているが、塩化カルシウム濃度が增大するにつれ、膨潤量の減少、放水時期の早まりが認められた。これら一連の実験により、樹脂はアルカリ度が増すにつれて膨潤量が低下し、所定の吸水能力を発揮できないことが分かった。さらに、カルシウムイオンが存在している中では、一時膨潤してもその濃度が高くなる程放水時期が早くなり、放水完了後は、吸水前の樹脂ではなく硬質の樹脂へと変化していることが判明した。

3.3 考察

第一に溶液のpH値が増大するにつれて膨潤量が低下していく傾向があるのに対しては、樹脂そのものの膨潤現象がイオン濃度の差による浸透圧によっているため、イオン濃度の高いpH溶液では、樹脂内への浸透圧が低くなるために膨潤量が低下するものと考えられる。第二にナトリウムイオンとカルシウムイオンとで異なった現象がみられたのは、放水すなわち樹脂が収縮していく過程でイオン交換が起こり、樹脂中のナトリウムイオンと溶液中のカルシウムイオンが入れ替わる現象が表れる。その際、一価のイオンであるナトリウムを保有していた樹脂が、二価のカルシウムイオンと置換されることにより、樹脂の橋かけ構造が徐々に密になる。そのために、放水・収縮現象が見られたのである。ナトリウムイオン中で収縮現象が認められなかったのは、イオン交換が生じてその構造が密にならなかったためである。

以上のことから、カルシウムイオンが多量に含まれ、アルカリ度の高いセメントペースト中での樹脂は、膨潤してもその量が少なく、また、早い時期に放水してしまうことが推察できる。そこで、単位水量の一部分を予め樹脂に吸水させて用いる方法が考えられる。

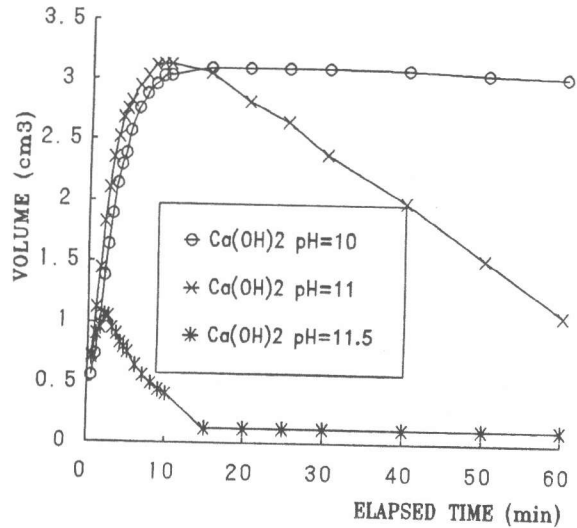


図-2 水酸化カルシウム溶液中の樹脂

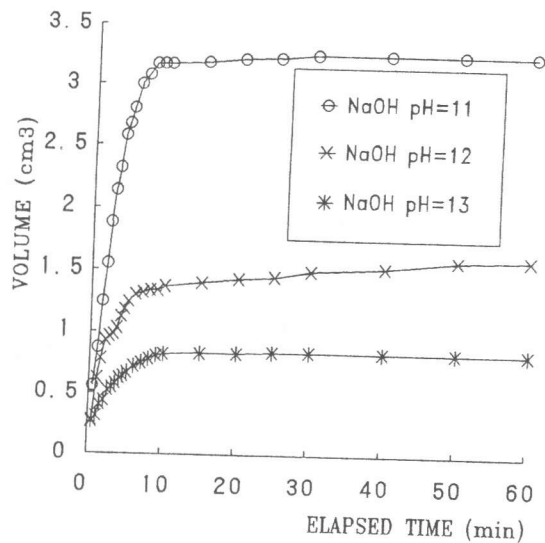


図-3 水酸化ナトリウム溶液中の樹脂

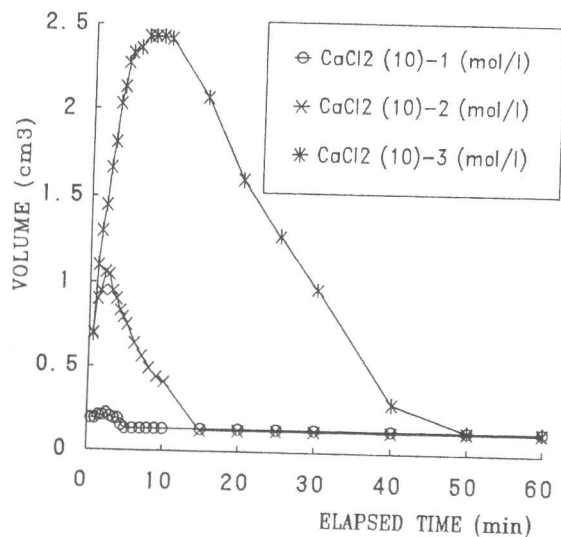


図-4 塩化カルシウム溶液中の樹脂

4. モルタルに混和した場合の結果

4.1 試験方法及び試験水準

セメントは普通ポルトランドセメントを用い、試験はJIS R 5201 (セメントの物理試験方法) によった。使用材料及び配合は該基準に規定されているとおりとした。

樹脂を混入しないモルタルを基準として、ポリマー吸水置換率 (単位水量のうち、置換する樹脂中の水の割合) を50%、ポリマー膨潤倍率 (膨潤前の単位樹脂重量に対する、膨潤後の吸水量の割合) を50倍 (BM-500-50)、100倍 (BM-500-100)、150倍 (BM-500-150) とした。また、ポリマー膨潤倍率150倍相当つまり単位水量の0.3%に相当する樹脂を膨潤させないで粉末添加する (BM-500-0.3/W) 計5水準とした。

4.2 硬化前の樹脂混入モルタルの性質

図-5に練り混ぜ後2時間までのモルタルフロー値の変化を示した。樹脂含有量の増大と共にフロー値が減少してゆく傾向を示し、2時間程度の中では各水準共フロー値の大きな変化は無かった。図-6に空気量の推移を示す。樹脂含有量が増えるほど空気量の増大が見られる。さらに、図-7に同時に計量した単位体積重量の変化を示す。この場合も、樹脂含有量の増大と共に重量減少が見られた。混和後2時間程度では、諸物性が大きく変化していないことから樹脂からの放水は、図-2で示された程には大きくないことが言える。

図-8に単位水量に対する樹脂量の比 (P/W) を横軸に取り、モルタルフロー比の変化を示した。図中1%がBM-500-50に、0.5%がBM-500-100に、0.33%がBM-500-150に相当する。フローについては、0.5%の添加で約20%フロー値が低下するのが分かる。樹脂量が増大することでフロー値が低下するのは、自由水が減少したことによる。ただ、樹脂が球状であることによるベアリング効果により、フロー値の極端な低下は無かったものと考ええる。

次に、樹脂量の増大により流動性が低下したため空気量の増加が起こった。これは、樹脂量の増大に伴い、練り混ぜ中のエンラップドエアが増加したからで、そのため、空気量の増大、単位体積重量の低下が見られた。

硬化前の特性から判断すると、樹脂を混入したコンクリートの特性は、スランプとブリージング量の低下に影響を及ぼすものと考えられる。

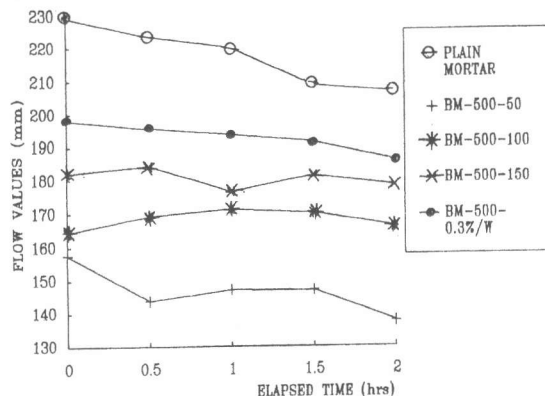


図-5 樹脂混入モルタルのフロー値変化

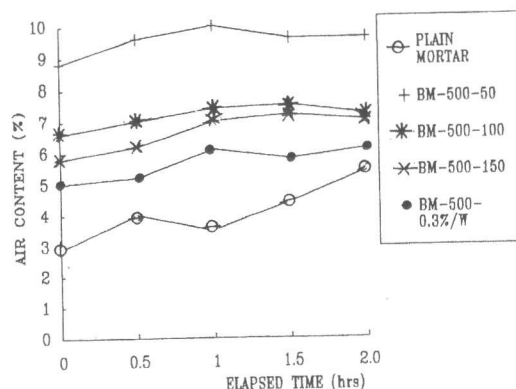


図-6 樹脂混入モルタルの空気量変化

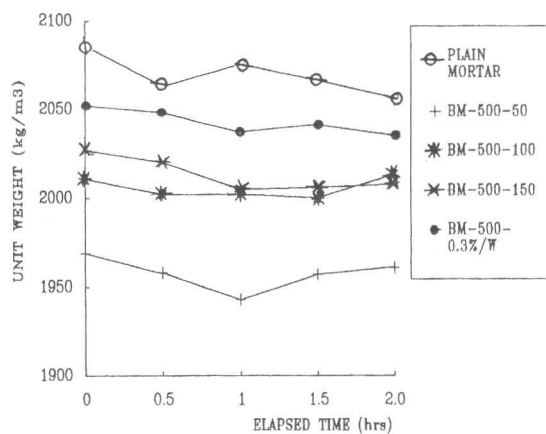


図-7 樹脂混入モルタルの単位体積重量変化

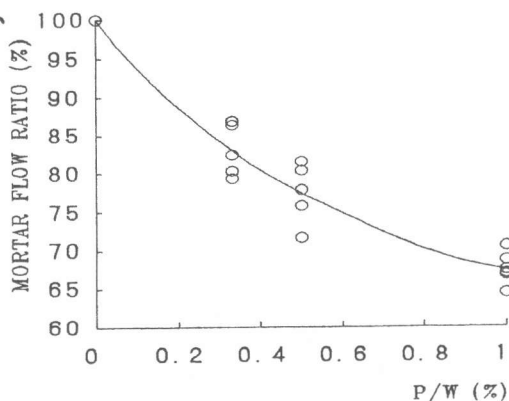


図-8 樹脂量比とモルタルフロー比の関係

4.3 硬化後の樹脂混入モルタルの性質

硬化後の樹脂混入モルタルの性質として、圧縮強度の変化を図-9に、さらに、各材令における無混入モルタルを基準とした場合の強度比を図-10にしめす。

これらの図より、若材令時における強度低下は小さいが、28日で樹脂混入量にもよるが、5%~25%程度強度低下している。

強度低下を示した主な理由としては、空気量増大に伴う強度低下と、膨潤した樹脂から放水される際に、樹脂周りに水量の多いペーストが存在していて、そのミナ欠陥が全体的な強度低下として表れたのではないかと考えられる。

これらの挙動は、著者らの研究によると[3]、必ずしもコンクリートとしての特性とは一致しないと思われるため、W/C比を一定とした樹脂混入コンクリート若しくはモルタルでその挙動を今一度調査する必要があるものと考えられる。

5. まとめ

本研究をまとめると以下のようなことになる。

- (1) 樹脂は、アルカリ度が高い溶液中では膨潤性能が落ちる。
- (2) 樹脂は、樹脂中のナトリウムイオンとペースト中のカルシウムイオンとイオン交換し、その進行に伴いその橋架け構造が徐々に密になる。そのために吸水した水を放出する。放出後の樹脂は吸水性能を失う。
- (3) 樹脂混入モルタルは、フロー値の低減・ブリージング量の低下に影響を及ぼす。一方、エンラップドエアの増加と単位体積重量の低下を招く。
- (4) 樹脂混入モルタルは、入れないものに比較して主として空気量の増加が原因と思われる強度低下をした。
- (5) 樹脂混入コンクリート若しくはモルタルの特性を更に研究する必要があるが、樹脂に吸水させることで水セメント比の低下による強度上昇と、樹脂からの水分補給による内部養生の確保ができ、コンクリートの特性を改善するのに寄与する混和剤として活用できるものと考えられる。

【参考文献】

- [1] 増田房義 : 高吸水性ポリマー、共立出版
- [2] 竹内 光 他 : 混和剤としての高吸水性樹脂の基礎的研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 13, No. 1 pp. 73-76, 1991. 6
- [3] 竹内 光 他 : PCL工法の応用研究、土木学会第45回年次学術講演会

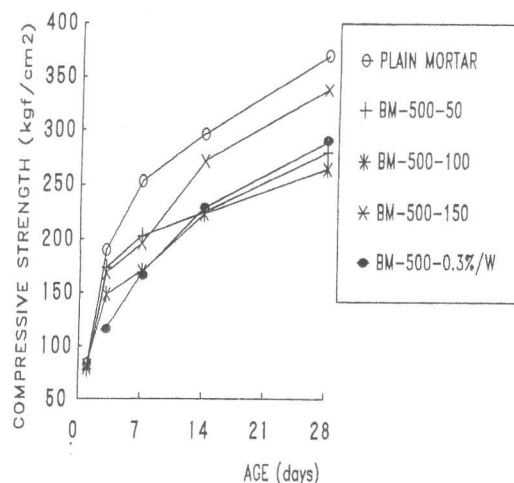


図-9 樹脂混入モルタルの圧縮強度

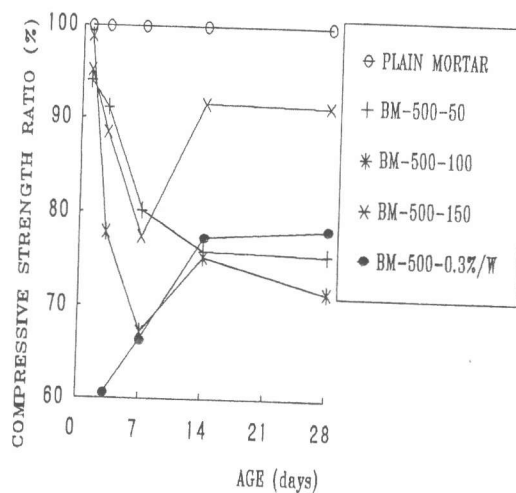


図-10 樹脂混入モルタルの圧縮強度比