

論文

[1009] 混和剤としての高吸水性樹脂の基礎的研究

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)
 正会員 出村 克宣 (日本大学建築学科)
 正会員 大濱 嘉彦 (日本大学建築学科)

1. はじめに

自重の1000倍程度までの吸水力を有する高吸水性樹脂(以下、樹脂という)が開発されてきているが、昨今、衛生材分野の用途ばかりでなく、農業分野、医薬分野等での用途が開発され、今後の成長が期待される場所である。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1000倍程度の吸水力を有する樹脂に着目し、コンクリート用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。本稿は、使用する樹脂の基本特性とセメント並びに他の混和剤溶液中での挙動観察結果をまとめたものである。更に、コンクリートに混和した時の事例についても併せて紹介する。

2. コンクリート混和用高吸水性樹脂

2.1 形状

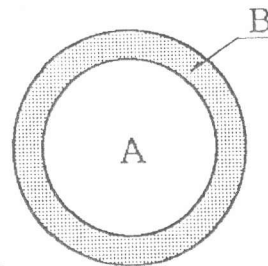
一般に、樹脂の製品形態は無定形粉末状、球形粒状粉体、短繊維状、長繊維状、不織布状、フィルム状などがあるが[1]、コンクリートに混入した場合の均一な分散性並びにベアリング効果を考慮し、球形粒状粉体を選択した。

2.2 組成

樹脂の組成は、図-1に示すように逆相懸濁重合法で作られた球状の架橋型ポリアクリル酸ナトリウムであり、アクリル酸共重合体を核として周囲をアクリル共重合体系分散材でコーティングされたものである。(OY社製、BL-151)

2.3 基本特性

BL-151の基本特性並びに膨潤前の状態を、表-1、写-1に記す。脱イオン水吸水力は、ティーバック法により約100倍であった



[構造]

球状の架橋型ポリアクリル酸ナトリウム
 A:アクリル酸ナトリウム-アクリル酸共重合体
 B:アクリル共重合体系分散剤

図-1 高吸水性樹脂の組成

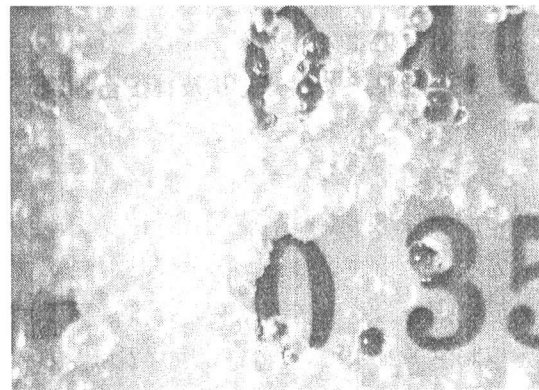


写真-1 膨潤前の高吸水性樹脂

表-1 BL-151基本特性

外 観	平均粒度	かさ比重	PH(20℃)	吸水速度	吸水後の粒径
白色顆粒	300~500 μ m	1.00~1.05	中性	3~5分	1200~2700 μ m

2.4 使用方法及び用語

樹脂に単位水量のどの程度を吸水させてコンクリートに混和するかによって、その利用形態は次の2種類に分類される。

(1) 完全置換型 : 単位水量のすべてを樹脂に吸水させて利用する方法、例えば、粉体混合コンクリートの製造に適用 [2]

(2) 部分置換型 : 単位水量の一部を樹脂に吸水させて利用する方法

又、樹脂を使用したコンクリートの配合設計に当って必要となる用語を次のように定義する。

(1) ポリマー吸水置換率 : 単位水量(W)のうち、置換する樹脂中の水(W_p)の割合。[(W_p/W)×100(%)]

(2) ポリマー膨潤倍率 : 膨潤前の単位樹脂重量(w_p)に対する、膨潤後の吸水量(W_p)の割合。
[W_p/w_p (倍)]

(3) ポリマー膨潤率 : 単位樹脂が吸水可能な最大吸水量(W_{pmax})に対する、使用時の吸水量の重量百分率。[W_p/W_{pmax}×100(%)]

なお、本研究においては、部分置換型として樹脂を使用するものとし、ポリマー吸水置換率50%、ポリマー膨潤倍率50倍及びポリマー膨潤率50%とした。

3. 樹脂を混入したセメントペーストの挙動

3.1 試験要領および目的

樹脂は、コンクリート中でセメント、化学混和剤が混じりあったアルカリ雰囲気のパースト中に存在することとなる。そこで、化学的に不活性な骨材を除去し、セメントペーストにより各種の試験を行い、ペースト中の樹脂の基本的特性を把握しようとするものである。試験は、水セメント比50%のセメントペーストで行い、混入する化学混和剤の種類を変化させ、また、樹脂の練り混ぜの時期を変化させることによるペーストの挙動並びに樹脂の観察を行った。なお、試験は20°C一定の恒温室で実施した。

3.2 使用材料

試験に使用した材料を表-2に示す。使用した化学混和剤のなかには強酸性を示す遅延剤も含まれていた。

3.3 樹脂練り混ぜ方法及び配合種別

樹脂を混入する方法としては、セメントに膨潤させた樹脂を入れドライミックスした後、残りの混練り水と混和剤を混ぜ本練りする方法(方法1)及び、セメントと残りの混練り水と混和剤を入れ予備練りをした後、膨潤させた樹脂を入れ本練りを行う方法(方法2)とした。これら2種類の方法により、セメントに直接樹脂をまず接触させるか、溶液状態にして投入するかの違いが生じる。なお、予備実験の結果、樹脂は化学混和剤溶液を十分には吸収しないことが明らかとなっている。特に、遅延剤系の混和剤は酸性が強く全く吸

表-2 使用材料

項目	内容	備考
セメント	普通ポルランドセメント	○社製
AE減水剤	リグニルスルホン酸化合物	P社製 PH=9.3
AE助剤	アルキルアクリル酸塩、 100倍希釈液	P社製 PH=7.6
遅延剤1	ナリカルボン酸塩	F社製 PH=5.1
遅延剤2	ケイフツ化物	○社製 PH=1.6
水	水道水	PH=7.5
樹脂	表-1参照	○Y社製

表-3 配合種別

	配合1	配合2	配合3
W/C (%)	50	50	50
AE減水剤(C×%)	0.25	0.25	0.25
AE助剤(C×%)	2.0	2.0	2.0
遅延剤1(C×%)	----	0.3	----
遅延剤2(C×%)	----	----	0.3
ポリマー率(%)	50	50	50
膨潤倍率(倍)	50	50	50
樹脂練り混ぜ方法	方法1,2	方法1,2	方法1,2

取されない。配合種別すなわち各材料の使用量および樹脂練り混ぜ方法等を表-3に示す。

3.4 PHセメントペーストの変化

配合1~3に対して、PH計によりセメントペーストのPHの変化を練り混ぜ後6時間まで測定した。なお、測定に際しては、溶液の均一性を確保するために、測定前にペーストを練り返した。図-2にその結果を示す。図から分かるように、遅延剤系のものは、打設後3時間程度まで、AE剤系のものに比較してPHが低く推移していくのが伺える。

3.5 Ca²⁺濃度変化

配合1~3に対して、Ca²⁺の濃度変化を滴定法にて分析した。図-3にその結果を示す。PHと同様、遅延剤系のものにはCa²⁺封止能があるのが分かる。

3.6 樹脂及びペーストの観察結果

セメントペースト中の樹脂の挙動をPH測定の際に目視観察した。その結果、ペースト中の樹脂は膨潤後、徐々にその径が小さくなっていく。すなわち、放水していくことになる。しかし、その放水速度は遅延剤系の方が緩やかであった。又、AE剤系のものは、約1時間程度で透明色であった樹脂が白色の砂粒状に変化する。それに対して、遅延剤系のものは、半透明色に変化した後、約3時間程度内部の水が保持されていた。

一方、W/C50%のペーストであったためフロー値の測定は不能であったが、練り混ぜ方法1と2では、明らかに方法2、つまり溶液状態のセメントペーストに膨潤した樹脂を投入したほうがペーストの粘性が高かった。従って、保水性を高くする練り混ぜ方法であったといえる。膨潤した樹脂をセメントペースト抽出溶液中に投下して収縮していく状態の顕微鏡写真を写-2に記す。

ペースト中で放水の完了した樹脂は、方法1ではセメント色した粒状になり、方法2では白色の粒状になった。いずれも、もはや吸水能力はなく安定した状態であった。

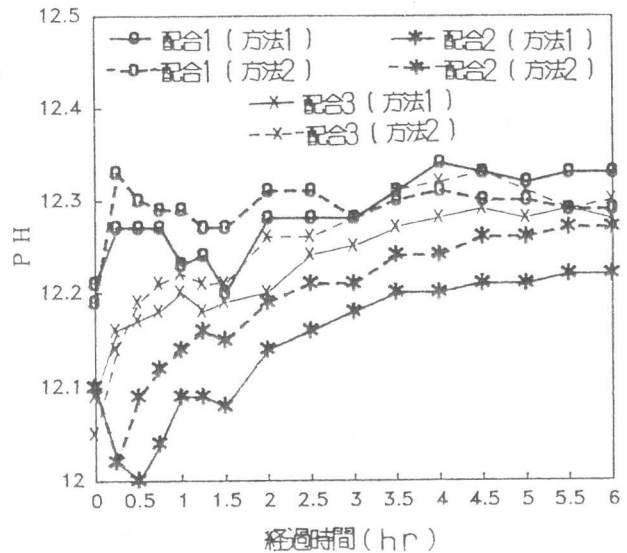


図-2 セメントペーストのPHの変化

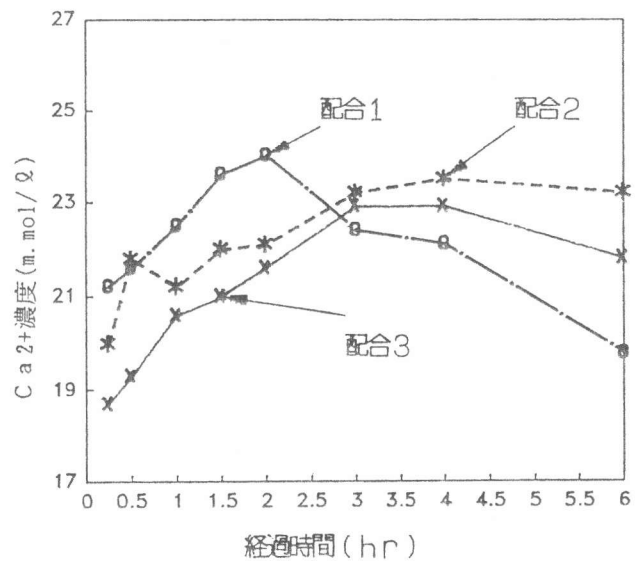


図-3 Ca²⁺の濃度変化

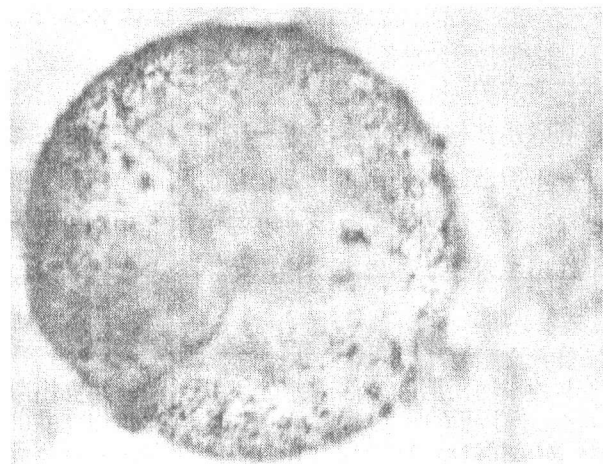


写真-2 収縮中の樹脂

3.7 放水機構

膨潤した樹脂のペースト中での放水機構は次のように推察される。まず、樹脂と水を混合すると、 Na^+ 濃度が高いため、それをうすめようと内側に対して浸透圧が作用して吸水が起こり樹脂が膨潤する。それが Ca^{2+} 濃度の高い溶液中に曝されると今度はそのペースト溶液をうすめようと吸水したときは逆の浸透圧が作用することとなる。同時に、二価の Ca^{2+} を取り込むために、樹脂の橋架け構造が一価の Na^+ よりも密な構造となる。従って、イオン封止能のある遅延剤系の方が保水時間が長くなるものとする。また、橋架け構造が密になったため樹脂には吸水能が無くなるものとする。これらを模式的に描いたのが図-4である。

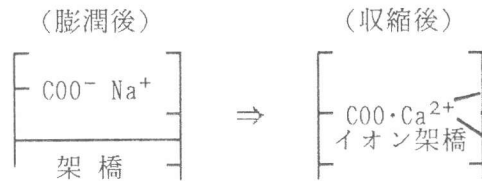


図-4 樹脂の構造変化模式図

表-4 加圧流動化コンクリートの示方配合

Gmax (mm)	W/C (%)	S ϕ (cm)	s/a (%)	Air (%)	単位量(kg/m ³)			
					W	C	S	G
20	52.5	18~20	47	6.0	168	320	816	941

(注) セメント: 早強セメント, 細骨材: 川砂, 粗骨材: 砕石,
混和剤: 高性能減水剤(1.6%), AE剤(0.009%), 遅延剤(0.5%),
樹脂: 吸水量50%膨潤倍率50倍

表-5 コンクリートのスランプ°及び空気量

	加圧前	3時間 加圧後	3時間 放置後
スランプ°(cm)	20.5	11.8	17.6
空気量	7.0	5.9	7.0

4. 適用例 [3]

トンネルの場所打ちコンクリートライニング工法の場合、コンクリート打設後、数時間加圧状態にあって且つその後流動化する必要がある、材料分離に対する抵抗性と流動性を兼ね備えなければならない。そこで、表-4のような配合を提案し、加圧装置で3kgf/cm²の圧力を3時間載荷した。その結果、一般の混和剤では得られなかったワーカビリティが表-5のように得られ、要求品質を満足できた。なお、圧縮強度も図-5のように比較的高い値が得られた。

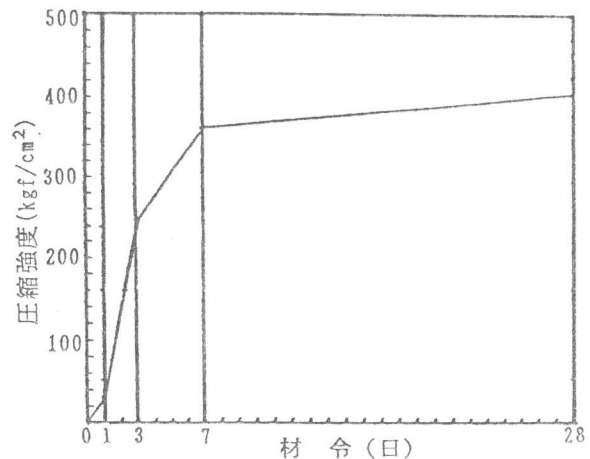


図-5 圧縮強度試験結果

5. まとめ

高吸水性樹脂のコンクリート用混和剤としての基礎研究を行ったが、その放水作用は、コンクリート製造時に使用される化学混和剤の種類や練り混ぜ方法によって大きく影響される事が明らかとなった。従って、コンクリート用混和剤として高吸水性樹脂を使用するに当たっては、その放水作用を管理することが重要であると推察する。

[参考文献]

- [1] 増田房義: 高吸水性ポリマー、共立出版
- [2] K. Hasuo et al.: HIGH-STRENGTH CONCRETE USING WATER-ABSORBENT POLYMER, First International SAMPE Symposium and Exhibition, December 1987
- [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