

水粉体比の違いによる高性能減水剤の吸着特性

広島大学大学
電気化学工業
(株) トクヤマ
広島大学工学部

学生会員
正会員
正会員
正会員

○正木 聡
宮口 克一
吉岡 一弘
田澤 榮一

1. まえがき

高性能減水剤の種類によりセメント粒子への吸着形態は異なると考えられている。また、代表的な高性能減水剤としてはβ-ナフタレンスルホン酸系高性能減水剤（以下 BNS）とポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤（以下 PC）があり、前者は剛直鎖で横臥吸着していると考えられ、後者はグラフト鎖共重合で歯型吸着していると考えられている¹⁾。これら吸着形態によってセメント粒子の吸着層の厚さが異なることから、粒子間距離が吸着量に何らかの影響を与えられとされる。本研究では、粒子の種類や溶液濃度などによって異なると考えられる高性能減水剤の吸着特性に及ぼす水粉体比の影響を PC、BNS について考察した。

2. 実験概要

セメントには普通ポルトランドセメント（以下 OPC）を使用し、化学成分および物性を表 1 に示す。練混ぜ水には脱イオン水を使用し、PC および BNS については市販品を用いた。水セメント比（W/C）30、100、1000%のセメントペーストを用いて、セメント粒子への高性能減水剤の吸着量を測定した。水セメント比が30%および100%のものに関してはハンドミキサーで、1000%のものについてはマグネチックスターラーで10分間練混ぜを行った。練混ぜ後、遠心分離機（4000rpm、2700G、10分間）を用いて粉体を強制沈降させ、その上澄み液を吸引ろ過し、全有機炭素計（TOC）によりろ液の混和剤濃度を測定した。ろ液の混和剤濃度と、練混ぜ前の混和剤溶液の濃度から混和剤吸着量を算出した。実験はすべて20℃一定の実験室内で行った。

表 1 普通ポルトランドセメントの化学成分および物性

化学成分(%)									比表面積	比重	平均粒径
Ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	Cl	(cm ² /g)		(μm)
2.04	20.81	5.02	2.92	64.88	1.18	1.95	0.64	0.003	7900	3.16	16.6

*比表面積は、BET 法による。平均粒径は、粒径加積曲線上で加積通過率 50%での値である。

3. 結果と考察

PC および BNS について、セメントペーストの水セメント比を変化させた場合の吸着等温曲線を図 1 に示す。

PC、BNS とも、すべての水セメント比の吸着等温曲線において吸着量に極大値が見られこれ以上の平衡濃度にしても、吸着量は増えない。また、最大吸着量は水セメント比が大きくなるにつれ増加する。この理由として、①吸着特性に及ぼす水粉体比の影響、②セメントペースト液相中の硫酸イオン等の濃度が吸着量に及ぼす影響が考えられる。本研究では特に①について、高性能減水剤の粉体への吸着厚さの観点から考察を行った。

セメント粉体を直径 16.6μm の単一粒径と仮定し、粒子の充填構造を最密充填とすると、パッキング効率は 74.05%である。そこで、残りの 25.95%の空間充填に水が使われると仮定して、最近接の粒子間距離を計算した。

高性能減水剤のポリマーサイズおよび分子量は、PC に関しては半径 10nm の球で分子量が 20000、BNS に関しては $\phi 1.2 \times 8$ nm の棒状で分子量が 2200 とした。また、PC では太田ら²⁾の報告に基づきその 1 つの球が占める吸着面積は半径 10nm の円の面積と等しいとし、BNS では剛直鎖で横臥吸着を取るとした。単分子層で吸着した場合の吸着量を計算すると PC で約 0.03mg/m²、BNS で約 0.45mg/m²となる。ここで PC においては、硫酸イオン環境下で分子が収縮しているとし、球の半径を 6nm とし上記の計算を行うと、単分子層で吸着した場合の吸着量は約 0.07mg/m²となる。

図 1 の吸着等温曲線とこれらの計算結果から、PC は混和剤溶液濃度が低いところでは 5~10 分子層、最大値付近では 10~50 分子層の多分子層でセメント粒子に吸着していることが示唆された。また、BNS の吸着も最大値付近では 10~15 分子層の多分子層を形成しているものと考えられ、服部ら³⁾の結果とほぼ一致した。

以上のことを整理し、水セメント比と粒子間距離、最大吸着量の関係を示すと表 2 のようになる。水セメント比が大きくなるにつれすなわち粒子間距離が大きくなるにつれ最大吸着量も増加している。この理由としては、粒子間距離が大きい方が立体空間的によりたくさんの分子層を形成できる余裕があることが考えられる。しかしながら、この計算の仮定のもとでは、多分子層の吸着層厚は最大でも粒子間距離の約 40% 程度であった。今後、硫酸イオン濃度の影響や水和反応の影響等も考慮してさらなる検討が必要と思われる。

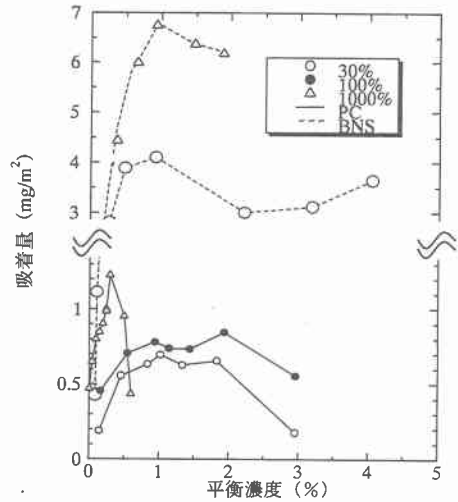


図 1 PC および BNS の吸着等温曲線

表 2 水セメント比の違いによる粒子間距離および最大吸着量の関係

W/C(%)	粒子間距離(nm)	最大吸着量(mg/m ²)	
		PC	BNS
30	2156	0.6944	4.0974
100	7560	0.8442	—
1000	30940	1.2257	6.7857

4. まとめ

- ① PC、BNS は吸着等温曲線の形状が異なることが認められた。
- ② PC、BNS は混和剤溶液濃度が低い段階からセメント粒子表面に多分子層で吸着することが示唆された。
- ③ 水セメント比が大きいほど、つまり粒子間距離が大きいほど最大吸着量は増加し、高性能減水剤の吸着は立体空間的な影響を受けるものと推察された。

(参考文献)

- 1) 守屋慶隆, 太田晃: 材料, Vol.43, No.491, pp.919-929, 1994
- 2) 太田晃, 魚本健人: セメント・コンクリート論文集, No.52, pp.138-143, 1998
- 3) 服部健一, 鈴江重俊, 岡田英三郎: セメント・コンクリート, No.416, pp.10-19, 1981