

技術資料 2

GRCに使用される高性能減水剤について

花王株式会社 水沼達也

1. はじめに

コンクリートは経済性に富み、耐久性のある材料として建設材料の主要材料として使用されている。このコンクリートは圧縮強度に富む反面、曲げ応力に弱く、この曲げ応力に対する抵抗性を付与するために何らかの形で、繊維状物質が併用されている。代表的な物に、鉄筋コンクリート、繊維補強コンクリートなどがある。

この様な繊維をコンクリートに導入する際のポイントは、1) 均質性の確保、2) 欠陥の排除、3) 繊維とコンクリートとの接着性の確保になる。鉄筋コンクリートでは、建築物の高層化などにより鉄筋が過密配筋になり、コンクリートの充填性を確保するために高性能AE減水剤によるコンクリートの高流動化が行われている。繊維補強コンクリートにおいては、繊維とコンクリートを均質に混練りしたり、吹き付け成形時に繊維の隙間にコンクリートが充分に充填する為に、高性能減水剤を使用して所定の作業性を確保している。

この様に現在のコンクリートにおいては高性能減水剤の他にも消泡剤や収縮低減剤などの界面活性剤が使用されているので、ここでは界面活性剤について知見を深めることを目的とする。

2. 界面活性剤とは

界面活性剤とは2物質間の界面に作用してそれらの界面の性質を著しく変える性質を示す物質である。この界面とは物質間の境の面であり、そのまま存在して役に立つ場合もあるが、一緒になって役に立つ場合も多くある。界面活性剤はこれら界面のエネルギーを出来るだけ減らして混ざり合うようにして、乳液にしたり、セメント粒子を分散したり、胆汁の様に体内で油を消化しやすいように取り込んだりする役割を示す。

この界面活性剤は図1に示すように1分子中に水に馴染みやすい親水基と油に馴染みやすい疎水基を有する構造からなる。図から連想されるように“界面活性剤＝マッチ棒”をイメージし、マッチ棒の軸を疎水基、頭を親水基と考えると界面活性剤を身近に理解できる。



図1 界面活性剤分子の分子模型

3. 界面活性剤の種類

界面活性剤は親水基（マッチ棒の頭）のイオン特性により、4つに大別される。1) アニオン性界面活性剤：アニオン性の親水基を有し、水中でマイナスに帯電する。2) カチオン性界面活性剤：カチオン性の親水基を有し、水中でプラスに帯電する。3) ノニオン性界面活性剤：ノニオン性の親水基を有し、水中で解離しない。4) 両性界面活性剤：水中で分子中にマイナスとプラスに帯電する部位を持つ。

それぞれの界面活性剤のモデルを以下に示す。

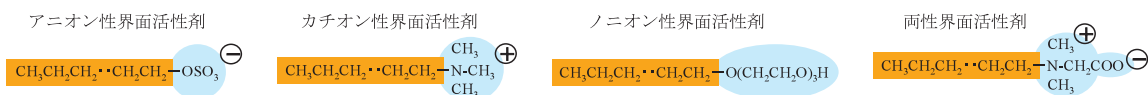


図2 界面活性剤の種類

これらの界面活性剤の種類は表面改質する物質、および使用目的に応じて選択される。例えば、シャンプーには頭髮の汚れがカルシウムや油から成るためにアニオン性、およびノニオン性界面活性剤が洗浄剤として使用されている。一方、リンスには髪の毛の表面がマイナスに荷電しているために吸着しやすいカチオン性界面活性剤が柔軟剤として使用されている。また、セメント粒子の様に表面にカルシウムイオンが存在してプラスに荷電している場合にはアニオン性界面活性剤が分散剤として使用される。

4. 界面活性剤と分子量

界面活性剤の機能を支配する因子として分子量がある。分子量とはマッチ棒が串で繋がっている長さと同じイメージするとよい。図3に示すように、界面活性剤の大きさにより、新しい特徴及び用途が生まれてくる。界面活性剤分子は小さくnmオーダーのため、界面に吸着して界面の性質を改質する。界面活性剤の分子が長くなると粒子の表面に吸着し、分散に寄与する。更に、分子が長くなると粒子間隔以上の長さになり、複数の粒子に吸着して凝集作用を示す。更に、大きくなると樹脂化し、吸水ポリマーになる。このように、分子の大きさを考える事により、吸水ポリマーのような一見別に見えるものも容易に理解することが出来る。

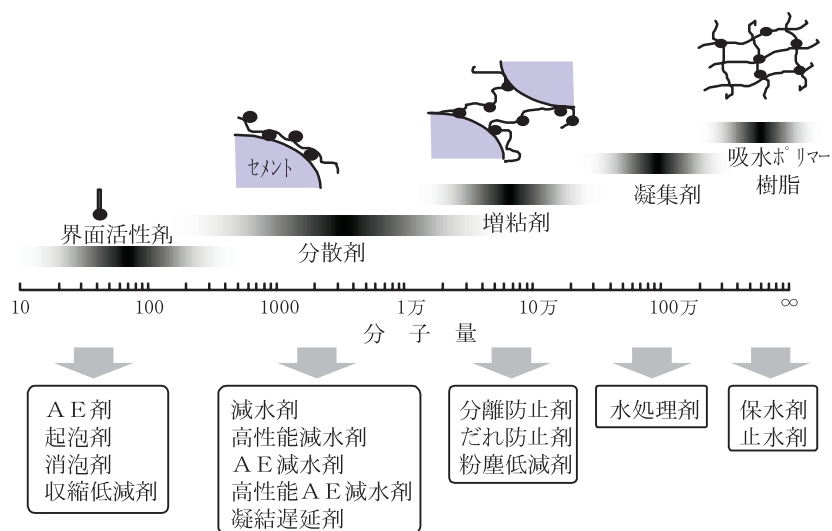


図3 界面活性剤の分子量と用途

5. 界面活性剤の働きと適用例

5.1 基本的な働き

界面活性剤は、図4に示すように異なる界面に存在（吸着）し、それぞれの異なる性質の仲を取り持ち、その界面を安定化する事によりさまざまな機能を発現する。

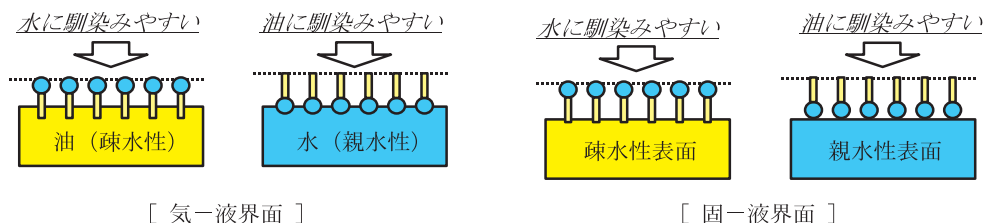


図4 界面活性剤の作用

界面活性剤の働きは起泡性、濡れ性、分散性及び乳化性の4つに大別される。

1) 起泡性：気-液界面では、界面活性剤が界面を覆うことにより気泡が安定化します。用途は起泡剤、気泡剤、発泡剤、空気連行剤（AE剤）など。2) 濡れ性：疎水面に界面活性剤が疎水基で吸着し、表面に親水基を向けるとその表面は水に濡れやすい表面に変わる性質。例えば、鑑の上の水滴に界面活性剤水溶液を添加すると簡単に水に濡れる。用途は濡れ剤・浸透剤・防水剤・表面美観改良剤など。3) 分散性：粒子の表面に界面活性剤が吸着し、表面が濡れ易くなると共に静電反発力またはエントロピー効果により、粒子が解膠する性質。用途は分散剤（減水剤）・減粘剤など。4) 乳化性：溶け合わない2つの液体の界面に界面活性剤が存在し、液体の中に他の液体が細かい粒として分散し、エマルションを形成する現象を乳化という。例えば、牛乳やマーガリンがある。用途は乳化剤など。

5.2 分散剤の作用機構

セメント粒子の分散は静電反発による作用と立体反発による作用により説明される。その分散モデルを図5に示す。静電反発力による分散はセメント粒子に吸着した分散剤が負の電荷を付与し、その電荷反発力により粒子が分散安定化する理論である。一方、立体反発力による分散は粒子表面に吸着した分散剤の厚い分散層が形成され、粒子同士が接近した際に吸着

層同士が重なった時に生ずる反発力により、物理的に粒子同士の凝集が妨げられ、粒子の分散安定化するという理論である。

これらの分散理論は図6に示すようなポテンシャルエネルギーによって、理論的に説明されている。粒子間にはファンデルワールス引力 V_A と反発力 V_R が働き、これらの総和 V の大きさによって分散安定化が説明されている。ここで、エネルギー障壁 V_{max} の高さが安定化作用の尺度となる。

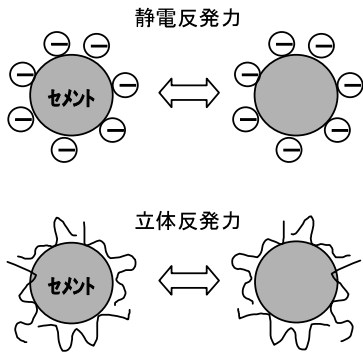


図5 セメントの分散モデル

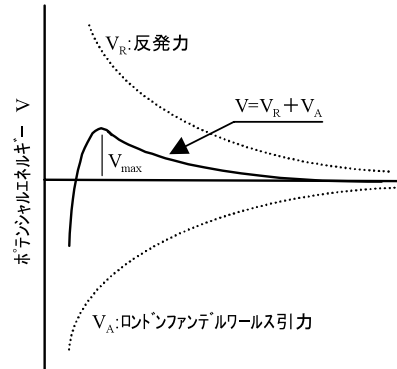


図6 粒子間ポテンシャルエネルギー曲線

5.3 高性能減水剤への適用※1)

高性能減水剤には成分からナフタリン系、メラミン系、およびポリカルボン酸系に分類される。高性能減水剤の特徴は1) 分散性に優れる。2) 凝結を阻害しない。3) 空気連行性が小さい等がある。

図7にナフタリン系高性能減水剤の添加量と減水率の関係を示す。このように、ナフタリン系高性能減水剤の添加量の増大と共に減水率は増大し、20%以上の減水率を得ることも出来る。また、この様な減水剤を用いることにより大幅な単位水量の低減に伴う高強度化を図ることが出来る(表1)。

表1 ナフタリン系高性能減水剤を使用したコンクリートの圧縮強度 (普通ポルトランドセメント、スランプ8±1cm)

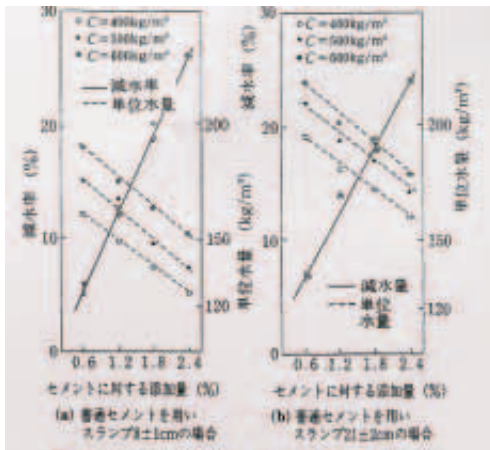


図7 ナフタリン系高性能減水剤の添加量と減水率の関係

高性能減水剤の添加量 (wt%/C)	W/C	s/a	水 (kg/m³)	セメント (kg/m³)	スランプ (cm)	圧縮強度 (N/mm²)	
						7日	28日
0	0	42.5	38.6	170	9.5	35.2	50.8
0.25	0.6	40.5	36.7	190	8.0	48.2	82.7
0.5	1.2	37.3	38.5	149	9.2	51.9	70.0
0.75	1.8	34.3	39.0	137	9.6	63.2	73.5
1.0	2.4	31.5	40.5	126	9.8	65.9	78.1
0	0	37.0	34.0	185	8.8	47.4	64.2
0.25	0.6	35.0	32.5	175	7.5	56.2	74.7
0.5	1.2	32.0	34.5	160	7.0	71.5	82.9
0.75	1.8	29.0	35.8	148	9.3	72.4	84.2
1.0	2.4	27.4	36.6	137	9.0	73.2	87.9
0	0	33.3	28.9	250	7.8	69.2	68.1
0.25	0.6	31.7	27.9	190	7.2	68.2	75.7
0.5	1.2	29.2	25.7	175	7.2	74.3	85.3
0.75	1.8	27.2	31.0	163	8.8	77.0	87.2
1.0	2.4	25.3	32.2	152	7.1	78.6	92.0

ここでは、コンクリートに使用されている界面活性剤について紹介した。今後、実際に界面活性剤の使用する際のの一助となれば幸いである。

参考文献

※1) 山川隆爾, 工業と製品, No.55, 最近のセメントコンクリート製品 (1973)