

[64] コンクリートの表面気泡の低減について

正会員 ○倭 富士桜 (花王和歌山研究所)

辻 彰 敏 (花王和歌山研究所)

正会員 国川 憲三 (花王和歌山研究所)

正会員 服部 健一 (花王化学品本部)

1. はじめに

コンクリートの表面気泡を低減するため、その生成、消滅を界面化学的に考察して行った二、三の実験結果について報告する。

表面気泡の発生要因は、図-1に示すように種々考えられるが、本報告では、これらの要因の中、主として混和剤と界面活性剤を取り上げた。高性能減水剤β-ナフタレンスルホン酸ソーダホルマリン高縮合物(以下NSとよぶ)およびメラミンスルホン酸ソーダホルマリン高縮合物(以下MSとよぶ)の水溶液の表面張力は水の表面張力に近い。従って、NS、MSを添加したコンクリートは、図-2(1)に示すようにコンクリートと離型剤(油)との界面の濡れが悪く、油表面に気泡が吸着されたまま硬化コンクリートに表面気泡として残る。

従って混和剤の表面張力を低下させれば、コンクリートと離型剤との濡れが良くなり、離型剤とコンクリートの界面はセメントペーストで覆われ、図-2(2)のように気泡はコンクリート内部へ移動すると考えられる。

この考えをもとに、NS水溶液の表面張力を低下させるため種々の界面活性剤を添加し、表面張力の低下能および表面気泡の低減効果を実験し、その結果をさらに大型製品の型枠を用いて確認した結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 使用した界面活性剤

実験に使用した界面活性剤を表-1に示す。(以下Noでよぶ) No.1~11は、比較的低泡性で表面張力低下能の大きい活性剤、No.12~16は、表面張力低下能も起泡力も大きい一般の活性剤である。

2.2 表面張力、界面張力の測定法

表面張力、界面張力の測定は、ウィルヘルミー式(CBV P式)表面張力計を使用した。

表面張力の測定は、界面活性剤をセメント飽和水(セメント/水を攪拌24時間放置後濾過した液)に溶かして行った。

界面張力の測定には、離型剤(油)としてスピンドル油を使用した。

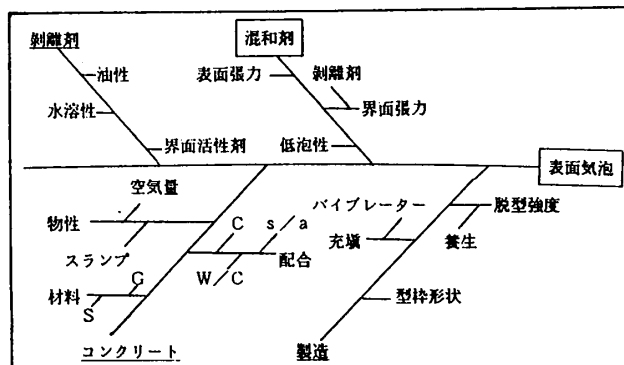


図-1 表面気泡の発生要因

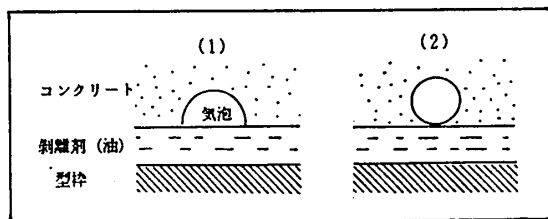


図-2 コンクリートと剥離剤(油)界面

表-1 使用した界面活性剤

No	界 面 活 性 剤
1	ポリオキシエチレンアルキルリン酸エステル
2	ポリオキシプロピレンアルキルエーテル硫酸塩
3	アルキルジフェニルエーテルジスルホン酸塩
4	アルキルジフェニルエーテルモノスルホン酸塩
5	ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸塩
6	ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸塩
7	ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸塩
8	シリコン系活性剤
9	パーフルオロアルキルカルボン酸塩
10	ポリオキシエチレンパーフルオロエーテル
11	ポリオキシエチレンパーフルオロエーテル
12	アルキルベンゼンスルホン酸塩
13	ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸塩
14	ポリオキシエチレンアルキルエーテル
15	アルキルメチルアンモニウムハライド
16	アルキルベタイン

2. 3 接触角 (θ) の計算法

Young の式から、接触角 (θ) を求める。

$$\tau_{00} = \tau_w \cos \theta + \tau_{ow}$$

$$\cos \theta = \frac{\tau_{00} - \tau_{ow}}{\tau_w}$$

但し、 τ_{00} : 油の表面張力 (離型剤)

τ_w : セメント飽和水溶液の表面張力

τ_{ow} : 油とセメント飽和水の界面張力

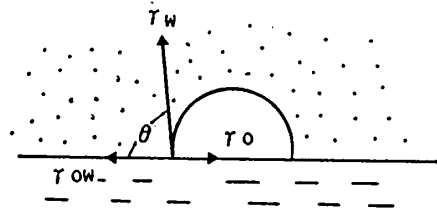


図-3 接触角

2. 4 コンクリート空気量の測定条件

コンクリート配合条件は、表-2に示す。

表-2 コンクリート配合

W/C %	s/a %	単 位 量 kg/m ³				混和剤 (活性剤) C×% (有効分)	使用材料
		C	W	S	G		
39.5	36.5	400	158	655	1156	0.5	セメント : 小野田普通ポルトランドセメント、比重 3.16 細骨材 : 紀の川産川砂、比重 2.58 粗骨材 : 宝塚産砕石、Max 20mm、比重 2.62 目盛スラング 6 ± 1 cm

2. 5 見掛けの表面気泡面積の測定法

硬化したコンクリート側面部分 1mm以上の気泡 1~3mm、3~5mm、5~7mm、7~10mm、10mm以上の個数を測定した。又、気泡表面積 (%) は気泡の平均径から気泡面積を求め、次式で計算した。

$$\text{気泡表面積 (率)} = \frac{\text{気泡面積}}{\text{コンクリート測定面積}} \times 100$$

コンクリートは、2. 4の条件に同じ、型枠はφ10×20cm円柱型枠を使用した、コンクリートを一層詰めで投入し、テーブルバイブレーター (3000vpm、振幅 8mm) で15秒間締め固めた。コンクリートは、(クリートた、コンクリートの養生は、前置 2時間、昇温 (20℃/時間)、保持65℃、4時間行い、以後放冷して翌日脱型した。

2. 6 ボックスカルパート型枠を用いた実験

コンクリート配合条件は、表-3に示す。

表-3 コンクリート配合

W/C %	s/a %	単 位 量 kg/m ³				混和剤 (活性剤) C×% (有効分)	使用材料
		C	W	S	G		
36.9	43.0	420	155	759	1046	0.5	セメント : 秩父普通ポルトランドセメント、比重 3.16 細骨材 : 鬼怒川産川砂、比重 2.55 粗骨材 : 岩瀬産砕石、比重 2.65 目盛スラング 8 ± 1 cm

ボックスカルパート型枠の大きさは 900× 900× 2000mm、離型剤は油性、締め固めは、側面取りつけバイブレーター (3450rpm) と棒バイブレーター (12000rpm) の併用、コンクリートの養生は、蒸気養生 (前置 1時間、昇温20℃/時間、保持65℃) 8時間後脱型。

3. 実験結果と考察

3. 1 NS、界面活性剤配合系の表面張力、界面張力、接触角、コンクリート空気量

NSに各種活性剤 5%含有系の表面張力、界面張力、接触角、コンクリート空気量の結果を図-4に示す。NS単独の表面張力70dyne/cmに比べて活性剤を配合することにより、いずれも表面張力は低下する。表面張力の低下と同様に界面張力、接触角も低下する。低下能の大きい活性剤は (2) (3) (4) (5) (9) (10) (11) (15) であり、中でも (9) (10) (11) の活性剤が特に顕著である

コンクリートへの連行空気量は、NS単独の場合 1~1.5 %であるが、それに比べて活性剤含有系は、いずれも増加している。特に (12) ~ (16) の活性剤の場合は連行空気量が 5%以上増加しており、強度低下の大きいことが予想される。低泡活性剤 (1) ~ (11) もNSに比べて 0.6~2.6 %増加するが、(12) ~ (16) の活性剤よりは低いことが分かる。空気連行のもっとも少ない活性剤 (2) と (10) はNS

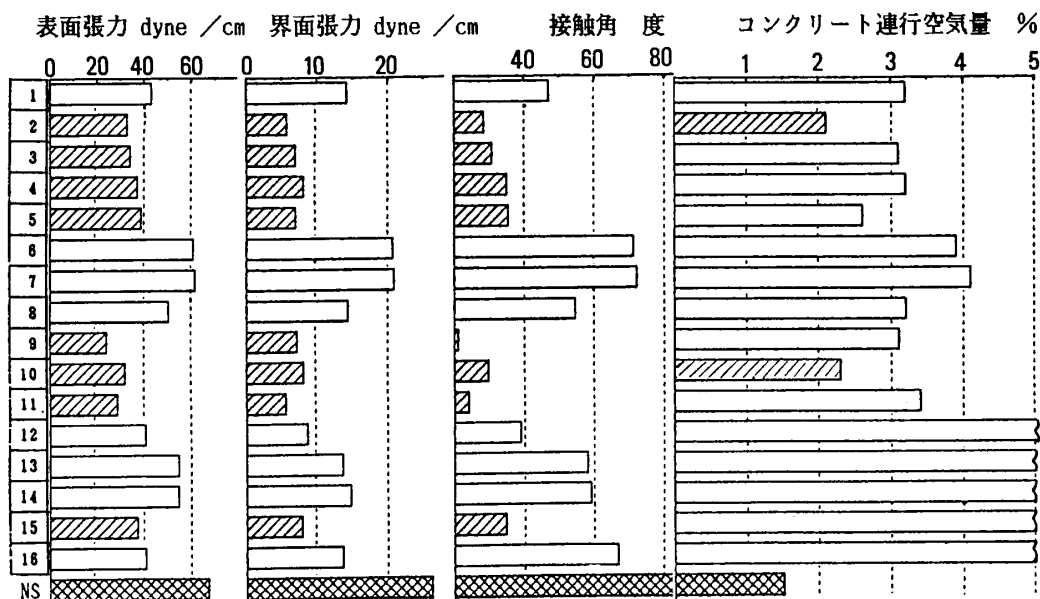


図-4 NS-界面活性剤系の表面張力、界面張力、接触角、コンクリート空気量

単独にくらべ、その増加は 0.6~0.8 %にとどまり強度低下への影響も少ないことが予想される。活性剤 (2) を用いて以下の実験を行った。

3. 2 NS中の界面活性剤含有量による表面張力と界面張力

図-5 にNS-活性剤 (2) の混合割合による表面張力と界面張力の変化を示す。図から分かるように活性剤の含量が多くなるとともに表面張力、界面張力は低下する。表面張力は、5 %まで低下し、それ以上で一定となる。界面張力は10%まではほぼ直線的に低下し、4 dyne/cmに至る。接触角も界面張力と同様である。

3. 3 NS中の活性剤含有量と表面気泡

図-6 にNS中の活性剤の含有量と表面気泡の関係を示す。活性剤の含有量が多くなるとともに気泡個数、気泡面積が減少する。含有量 1 %では気泡数は増加するが、気泡面積が少なくなる。これは気泡径が小さくなっているためである。含有量 5 %で気泡面積は、NS単独に比べて約半分となる。含有量 10 %では、気泡数、面積ともに減少した。表面気泡の結果は、図-5 の界面張力の結果とよく対応しているのが分かる。

コンクリートの外観は、写真-1 に示すように 1 ~ 5 %では、表面気泡はかなりあるが、7 ~ 10 %では表面気泡はかなり少ない。

表面気泡を低減させるためには、界面張力は10 dyne/cm以下にせねばならないことが分かる。

3. 4 ボックスカルバートを用いた実用試験

NS単独とそれに活性剤 (2) を含有させて実験

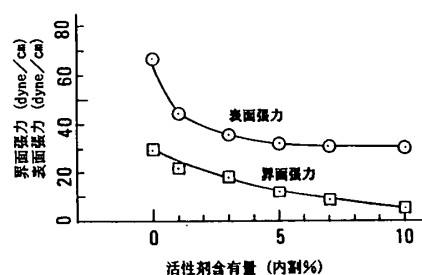


図-5 NS中の活性剤含有量と表面張力

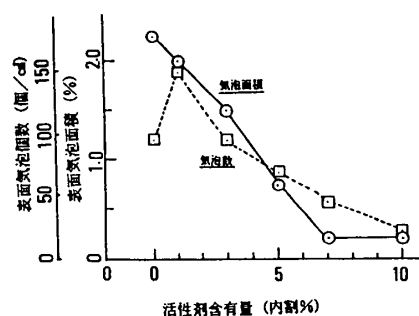


図-6 NS中の活性剤含有量と表面気泡



写真-1 NS中の活性剤含有量と表面気泡

した結果を写真-2、写真-3に示す。写真で明らかなように、表面気泡はNS単独に比較してNS-活性剤系は大幅に減少した。この時のコンクリートの物性は次の通りである。

混和剤	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度* (kg/cm ²)
NS	8.7	1.5	185
NS+活性剤	9.0	1.9	180

(*圧縮強度は8時間脱型時の強度である)

コンクリート空気量がNSに比べて0.4%増加したが、それによる強度低下は、3%以下であった。

4. まとめ

本実験の結果を模式図で図-7に示す。図-7(1)は、NSを添加したコンクリートの場合である。コンクリートの表面張力(γ_w)は70dyne/cm、油の表面張力(γ_o)30dyne/cm、この時の界面張力(γ_{ow})は26dyne/cm、もあり、油表面でのコンクリートの濡れが悪い。従って、硬化コンクリートに気泡として残り、この時の接触角はYoung式より求めると87度となる。

図-7(2)は、表面張力を下げたNSを添加したコンクリートである。コンクリートの表面張力(γ_w)30dyne/cmに下げることにより、油表面とコンクリートの濡れが良くなり、気泡を内部へ移動させてしまう。界面張力が30dyne/cmで接触角は計算上0度となり、気泡は球状となりコンクリート表面から気泡は全く見えなくなる。

以上の結果をまとめると、

- ① コンクリートの表面張力を下げて離型剤(油)の表面張力に近づけて、コンクリートと油界面の濡れを良くすることによって、表面気泡の低減することができることを確認した。
- ② 高性能減水剤NS、MSに低泡性の活性剤を併用することにより、表面張力を低下させ、かつ他の性能に悪影響を及ぼさずに表面気泡低減を行う。

さらに、コンクリートの表面気泡はその製造条件、そのレオロジー物性も重要な因子であり、混和剤との関係をさらに追求する必要がある。

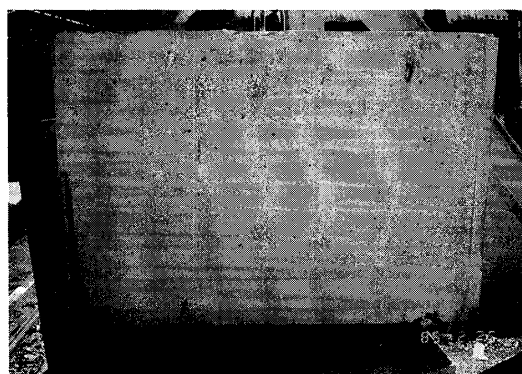


写真-2 NSを添加した製品の表面

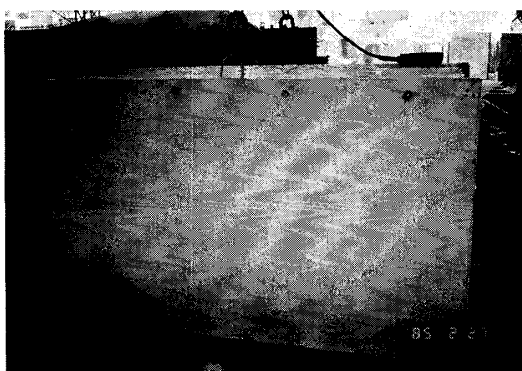


写真-3 NS-活性剤系を添加した製品の表面

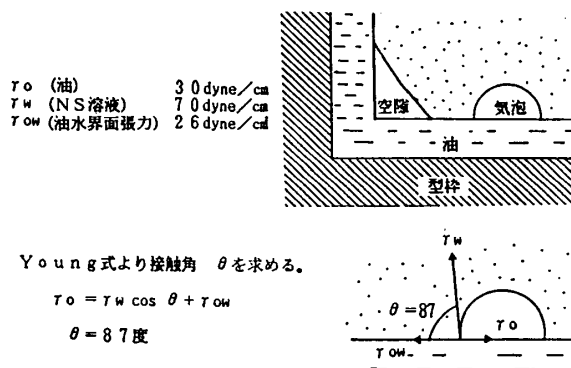


図-7(1) NSを添加したコンクリート

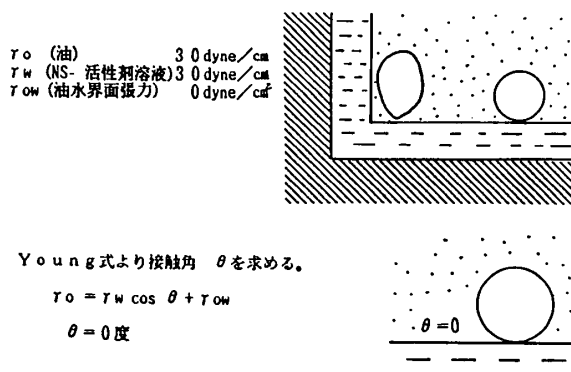


図-7(2) NS-活性剤系のコンクリート