

東京師範大学 飯塚 村田 二郎

東京師範大学 飯塚 大塚 茂雄

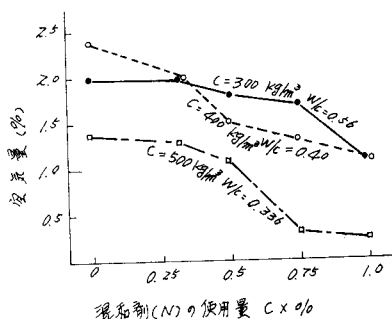
高強度コンクリート用親和剤は一般にコンクリートのワーカビリティを著しく改善する。その結果、フレッシュコンクリートの空気量を相当に減少する。

1例をあげれば、図-1は多幹アロマスルホン酸塩系親和剤(N)を添加したフレッシュコンクリートの空気量であるが、

これより親和剤を用いないものの空気量は約2%であるのに対し、親和剤を用いたものの空気量は約0.2~0.5%となる。

したがって、この種の親和剤を使用すればかなり緻密なコンクリートとなり、強度が増大するだけでなく水密性および耐久性に良い影響を与えると予想されるので、これらを用いたコンクリートの耐久性および水密性を検討した。また、この種の親和剤を使用し高強度コンクリートを原形炉用を使用する場合を想定して、高温養生下における圧縮強度の経時変化も調べた。

図-1 親和剤(N)の使用量とコンクリートの空気量の関係



1. 使用材料および配合

セメントは日本製強ポルトランドセメントを使用した。

細骨材は富士川産(FM. 302)および粗骨材は鬼怒川産(5~20mm)

の碎石を使用した。親和剤は高強度コンクリート用親和剤として、多幹アロマスルホン酸塩系親和剤(N)および(M)、尿素系樹脂親和剤(Me)を使用した。

配合は単位セメント量 400, 500, 600 および 700 kg/m³ とし、スラングは 8~10 cm とした。

AE剤を用いた時のコンクリートの空気量は2.0~3.0%とした。単位水量が最小となるように最適細骨材率を定めた。

2. 高温養生下における圧縮強度

φ10 x 20 cm 供試体を用い28日20℃水中養生(これ基準強度とする)以後、1~9週間高温水中養生および高温乾燥RH60%養生とした。供試体は所定の存令にて圧縮強度試験を行い、その経時変化を検討した。

結果は図-2のとおりとなり、高温水中養生の場合、4週間の高熱水中養生で最大強度を示し以後増加はほとんど認められず、存令9週においては基準強度の約20%の強度増加であった。また高温乾燥養生の場合、約3週間の高温乾燥養生で最大強度を示し、以後強度減少の傾向があり、存令9週においては基準強度の平均約3%減少した。従来の研究によれば、高温養生による強度低下が起ると言われているが、本試験ではその傾向は認められなかった。しかしコンクリートの実質強度を得るためには種別状態で試験する必要があるため、高温乾燥養生下の強度の経時変化については、現在さらに検討をくわえている。

3. 耐久性

凍結融解試験はC290の試験方法で行った。

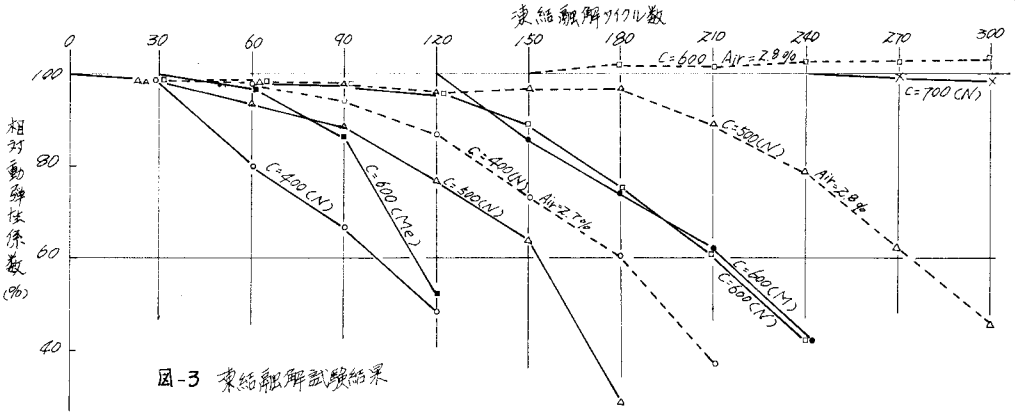
結果は図-3のとおりとなり単位セメント量 700 kg/m³ (W/C=25%以下)以上とするれば、緻密なコンクリートとなったことよって、凍結融解に対する耐久性は良好となり、AE剤を用いた場合と差異がない。しかし、単位セメント量 600 kg/m³ (W/C=30%以上)以下の場合、AE剤を用いないコンクリートの耐久性は緻密なコンクリート

としても、凍結融解に対する耐久性は低下する。(図-4参照)したがって単位セメント量  $600 \text{ kg/m}^3$  以下の場合、凍結融解に対する耐久性の改善にあっては、AE 剤を添加する必要がある。この理由の理由は、「多孔体における毛細管凝縮水の凍結膨張下の理論」によって、ある程度説明できる。この理論は次の Valmer 式(図-5)で示される。 $T_r = T_{exp}(-\frac{Z \cdot M}{r \cdot \rho \cdot P})$

ここに:  $\sigma$ : 水と氷の界面張力 ( $102 \text{ dyne/cm}^2$ )  
 $Q$ : 水の分子溶解熱 ( $4445 \text{ cal/mol}$ )  
 $P$ : 水の密度 ( $0.917 \text{ g/cm}^3$ )  
 $M$ : 水の分子量 ( $18.02 \text{ g/mol}$ )

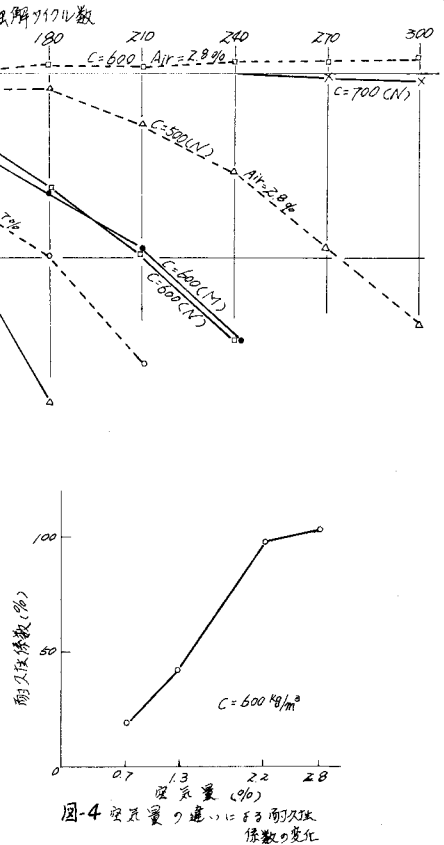
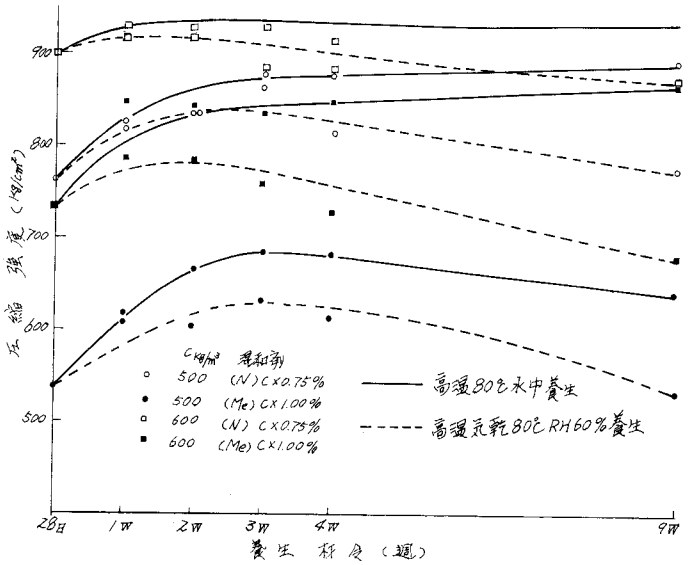
多幹アロマツルフオン酸塩系緩和剤を用いた、 $\text{w/c} = 30\%$  のセメントペースト硬化体中の細孔径分布は図-6であり、大部分が  $200 \text{ \AA}$  の孔径でしめる。

したがって、この水際の孔隙内の水は図4に示れど、ASTM C290 による



かなりきびしい凍結融解の環境下では全部凍結することになり、エントレイドエアによる緩衝部分が存在しないと破壊に至る。したがって、多幹アロマツルフオン酸塩系緩和剤を使用して、緻密なコンクリートとしても、きびしい環境条件の凍結融解に対する耐久性においては、AE コンクリートとする必要がある。単位セメント量  $700 \text{ kg/m}^3$  以上の場合は生ずる毛細管径がさらに小さくなるため、所定の最低温度では凍結を起さず、部分が残るために十分な耐久性を示す。これは図-7に示すように  $\text{w/c} = 40\%$  のセメントペースト硬化体中の細孔径分布では大部分  $200 \text{ \AA}$  以上となる。この様に水セメント比が小さいほど一般に生ずる孔隙は小さくなる傾向があるからである。なお単位セメント量  $600 \text{ kg/m}^3$  以下のものでも ASTM C290

図-2 圧縮強度の経時変化



の試験方法では、凍結融解に対する耐久性は小さく評価されたが、実際の気象条件に近い温度、例えば、 $-5^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ であればこの水コンクリートはA Fコンクリートとしなくては十分耐久になると予想される。

### 3. 水密性

透水試験は、浸透深さ方法によって行った。

$\phi 15 \times 15 \text{ cm}^2$  の供試体を用い、水中養生14日後  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  RH60% の室内で乾燥し、 $20 \text{ kg/cm}^2$  の水圧を48時間加えた。

コンクリート中の浸透深さを測定し、これと水圧および水圧を加えた時間との関係からコンクリート中の水の拡散係数を算出した。 $D_m^2 = \frac{Dm}{4t}$  において、 $D$ : 拡散係数 ( $\text{cm}^2/\text{sec}$ )、 $Dm$ : 平均浸透深さ ( $\text{cm}$ )、 $t$ : 水圧を加えた時間 ( $\text{sec}$ )、 $d$ : 水圧を加えた時間に関する係数、 $d$ : 水圧の大きさに関する係数。

結果は表-1の通りとなり表-1において、この種の親和剤を使用したものは、いずれの場合も水密性は著しく改善されている。例えば多環アロマスルフォン酸塩系親和剤(N)を用いた場合の単位セメント量と拡散係数の関係を図-8に示すと、単位セメント量  $400 \text{ kg/m}^3$  の時の親和剤を用いたコンクリートの拡散係数は親和剤を用いないコンクリートの約半となる。次に親和剤を用いた場合、単位セメント量  $400 \text{ kg/m}^3$  の拡散係数に較べ  $500 \text{ kg/m}^3$  以上とした場合、約半と減少している。従来富配合コンクリートにおいては、親和剤の添加によってその水密性を改善することは不可能と考えられていたが、この高強度用親和剤を用いることにより単位セメント量  $400 \text{ kg/m}^3$  以上の富配合コンクリートの水密性も、かなり改善されていることを示している。このことは前記の如くに孔隙量および孔隙寸法が減少したことによるものである。

図-5 Valmerの凍結降伏図

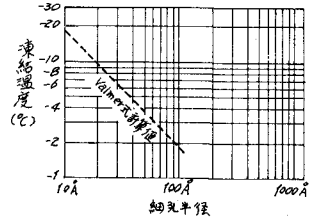


図-6 セメントペーストの細孔径分布

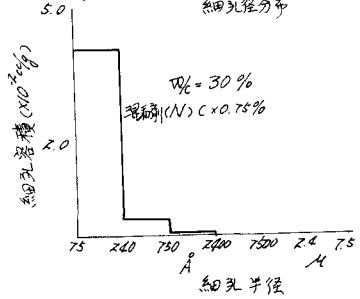


図-7 セメントペーストの細孔径分布

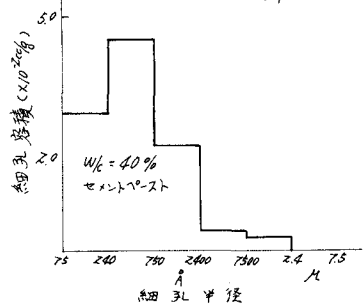


図-8 水密性試験結果

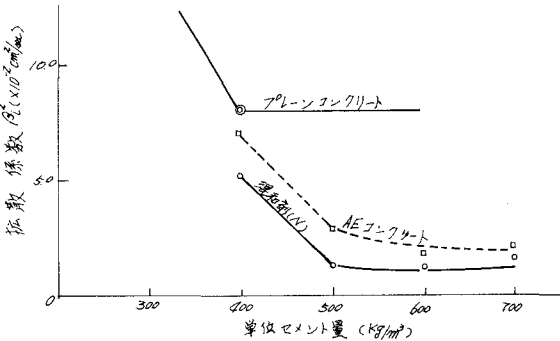


表-1 水密性試験結果

C (kg/m <sup>3</sup> )	親和剤 (%)	w/c (%)	s/c (%)	空気量 (%)	拡散係数 $D_m^2$ ( $\times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{sec}$ )
400	(N)	38.3	37.0	1.4	5.19
		37.5	36.0	2.7	7.02
500	(N)	29.6	34.0	1.5	1.59
		29.0	33.0	2.8	2.98
600	(N)	28.0	32.0	1.3	1.25
		27.2	31.0	2.8	1.88
	(Me)	29.2	32.0	1.7	3.14
700	(N)	24.7	28.0	1.4	2.13
		24.0	27.0	3.0	2.48