

セメント結晶増殖材を用いたコンクリートの塩分環境下における耐凍害性

岩手大学 学生員 ○阿部 哲
 岩手大学 西城 能利雄
 岩手大学 正会員 藤原 忠司

1. はじめに

脱スパイクに伴い、冬季路面の凍結防止対策として、塩化物系の凍結防止剤が、比較的多量に散布されるようになり、コンクリートに関しては、塩化物の浸透による凍害の促進が懸念されている。本研究では、塩化物の浸透を抑制する方法として、セメント結晶増殖材（以下、結晶増殖材と略記）の使用に目し、その有効性を検討してみた。

ここで用いる結晶増殖材は、ポルトランドセメント、微細シリカおよび特殊な化学物質を成分としており、完全な無機質材料である。成分の割合により、塗布用と添加用の2種類があり、前者は既に、コンクリート構造物の補修用などとして、実用に供されている。この結晶増殖材の基本的働きは、触媒性の活性化学物質が、コンクリート内部の毛细管空隙に浸透し、結晶を増殖させて、内部組織を緻密にすることにある。緻密化により、塩化物の浸透が抑制され、結果的に、凍結防止剤による悪影響を防げると期待される。ここでは、歩車道境界ブロックなどのコンクリート製品を念頭に置いた実験を行った。

2. 実験概要

表-1 供試体の種類および配合

コンクリート用材料としては、普通ポルトランドセメント（比重：3.15）、川砂（比重：2.52、粗粒率：2.98）および川砂利（最大寸法：25mm、比重2.52）を用いた、AE剤は用い

供試体の種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					スランフ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G	AD		
基準	60	42.5	173	288	772	1044	—	5.0	1.3
塗布	60	42.5	173	288	772	1044	—	4.5	1.5
1%添加	60	42.5	173	285	772	1044	2.88	6.0	1.7
3%添加	60	42.5	173	279	772	1044	8.64	7.0	1.5
5%添加	60	42.5	173	274	772	1044	14.40	8.5	2.0

ず、プレーンコンクリートとした。供試体の種類および配合を、表-1 に示す。基準となるコンクリートに、結晶増殖材を塗布した場合と添加した場合とを検討する。添加用の結晶増殖材(AD)は、セメントの質量に対し、内割で、3水準の添加量とした。

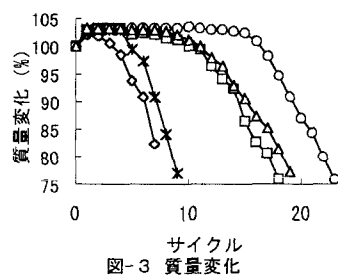
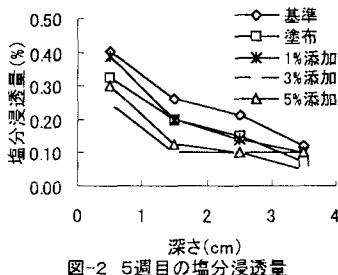
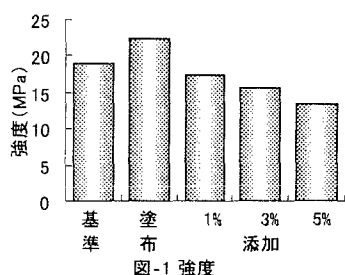
コンクリートを打設した後、2時間前置きし、最高温度 60℃で、蒸気養生を行った。その後、材齢 28 日まで気中に放置し、1日2回の散水を行った。塗布の場合は、蒸気養生の後、結晶増殖材の水溶液に供試体を 30 秒間浸しており、さらに気中放置の最初の3日間は、結晶増殖を促進させるための薬剤を散布している。塗布した結晶増殖材が、増殖を続けるためには、水と酸素とを必要とする。気中放置はこのためであり、他の供試体も、塗布の場合との比較を目的として、同じく気中放置とした。この条件は、通常のコンクリート製品を製造する場合とも類似している。

供試体は、10×10×40cm の角柱であり、気中放置後、凍結防止剤の浸透を想定して、3%の塩化ナトリウム溶液中に浸し、所定の浸漬期間で、深さ方向の塩分浸透量を測定した。また、塩分浸透による凍害の促進を明らかにするため、供試体を溶液に浸したまま、冷凍庫中に放置し、-15℃で2日間、+20℃で1日間の凍結作用を与え、質量、相対動弾性係数および長さ変化を測定した。なお、φ10×20cm の供試体を用いて、気中放置後の圧縮強度も求めている。

3. 実験結果および考察

図-1は、材齢28日における圧縮強度を示している。結晶増殖材を塗布した供試体の強度は、基準に比べて大きく、塗布の効果がみられる。これに対し、結晶増殖材を添加した場合には、強度が小さく、添加量が多いものほど、その傾向が著しい。添加した分、セメントが少なくなっており、その影響と考えられる。

図-2は、塩水に5週間浸した供試体内部の塩分浸透量の分布を示している。基準に比べ、結晶増殖材を用いた場合には、塩分の浸透量が少なく、とくに、ある一定量以上の結晶増殖材を添加すれば、浸透量は大幅に低減する。



したがって、結晶増殖材を適切に用いれば、凍結防止剤の浸透を、かなりの程度抑えることができると期待される。

塩水に浸した状態で、凍結融解作用を与えたときの質量変化、相対動弾性係数および長さ変化を、それぞれ、図-3～図-5に示す。プレーンコンクリートであり、しかも塩分環境下で凍結融解作用を受けるという厳しい条件のためか、基準となるコンクリートは、わずかのサイクルで、著しく剥離し、崩壊に至った。これに対し、結晶増殖材を用いた供試体は、基準よりも、良好な耐凍害性を示している。

添加の場合、耐凍害性は、結晶増殖材の添加量によって大きく異なり、本実験の範囲内では、添加量3%の効果が最も著しい。すなわち、添加量には、最適値があり、その見極めが重要となる。添加により、強度は低下しており、耐凍害性の向上は、塩分浸透の抑止効果によってもたらされたことになる。

塗布の場合、塩分浸透量が基準より少なく、強度は高い。そのため基準に比べて、優れた耐凍害性を示したと考えられるが、劣化の過程は、他の供試体と異なっていた。長さ変化に見られるように、塗布の場合の初期における劣化は著しくない。ところが、ある時点を過ぎると、劣化が急激に進展する。これは、塗布によって、表面近傍が強化され、初期には、この部分が、凍結融解作用に抵抗するためであると考えられる。逆に言えば、本実験の条件では、結晶増殖が深部まで達しておらず、表面近傍が劣化すれば、引き続き、内部も速やかに劣化すると解釈できる。

この点を確認するため、補足的な実験を行ってみた。準備した供試体の寸法および養生方法等は、同様であるが、塗布は1面(10×10cm)のみとし、養生後、塗布面から1.5cm間隔で切断した薄片を、凍結融解試験用の試料とした。薄片であるため、測定項目は質量変化のみである。凍結融解7サイクル後の結果を図-6に示す。切断前に、塗布面の近傍(0～1.5cm)であった薄片の質量損失は少なく、結晶増殖材の効果が如実に現れている。一方、これより塗布面から離れていた薄片の質量損失は著しく、上述の推察の通り、増殖が行き渡っていないことを示している。

塗布の場合、結晶増殖が深部まで及ぶには、相当の時間を要すると言われている。したがって、凍結融解の開始時期を遅くすれば、違った結果が得られる可能性もあり、今後の検討課題である。

このように、条件を適切に選定すれば、結晶増殖材による塩分浸透抑止効果は大きく、さらには塩分環境下における耐凍害性の向上も期待でき、この材料のコンクリート製品等への適用が望まれる。

終わりに、本研究遂行に際し、多大なご協力を賜った(株)パウハウス和久石清孝氏、菅野宏氏をはじめ、同社の方々に深甚の謝意を表します。

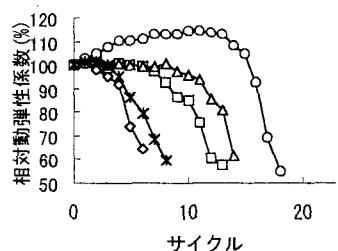


図-4 相対動弾性係数

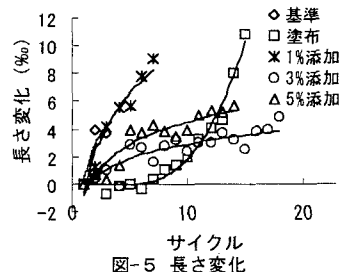


図-5 長さ変化

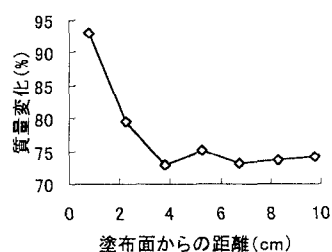


図-6 薄片の質量変化