

V-1 セメント結晶増殖材の効果を高める方法について

岩手大学 学生員 ○原田 匡樹
 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

強度や耐久性などの観点から、コンクリートにとって弱点となるのは、内部に存在する毛細管空隙などの空隙であり、セメント結晶増殖材（以下、結晶増殖材と称す）は、内部の空隙に結晶を増殖しながら浸透し、組織を緻密化して、コンクリートを強化する。ここで対象とする結晶増殖材は、塗布用であり、その効果は、塗布する条件によって異なると考えられる。本研究では、塗布条件を様々に設定し、塩分環境下における凍結融解抵抗性などを調べて、より効果的な条件を見い出そうとした。

2. 実験概要

対象とした塗布用結晶増殖材（X）の場合、これまでの実験で、コンクリート表面との付着が懸念され、増殖の効果も期待されたほどではないとの結果が得られている。付着を高める方法としては、補修に用いられている特殊なモルタル（B）との混合を試し

表-1 各塗布条件

記号	塗布材料・塗布方法	単位量 (kg/m ³)				高性能減水剤 (%)
		B	X	P	W	
N	塗布せず	—	—	—	—	—
X	Xのみ	—	1276	—	510	—
P	Pのみ	—	—	1236	510	—
B	Bのみ	2062	—	—	271	—
BX	BとXを混合	1371	538	—	308	—
BP	BとPを混合	1288	—	489	350	—
BXS	BXに高性能減水剤を添加	1443	566	—	271	1.2 (B+Xの質量に対して)
BPS	BPに高性能減水剤を添加	1443	—	549	271	4.0 (B+Pの質量に対して)
B-X	Bを塗布後、Xを塗布					—
B-P	Bを塗布後、Pを塗布					—

てみることにした。このモルタルは、高微粉末化した高炉スラグを主体とし、早強ポルトランドセメントおよび高炉スラグ細骨材などで構成されている。劣化したコン

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				スランプ (cm)
		W	C	S	G	
60	42.5	173	288	772	1044	6.0±2

クリート表面を補修する際に、結晶増殖材の下地として塗布することもある。

増殖効果については、粉末状（平均径：30.4μm）の結晶増殖材を、さらに微粉碎する方法について検討することにした。微粉碎した結晶増殖材（P）の平均径は、1.7μmである。基本的には、これら3種類の材料の単独使用および混合使用となるが、高性能減水剤（S）を添加したり、重ねて塗布する方法も加えており、塗布しない場合も含め、塗布材料および方法は、表-1のように、10条件となる。加える水の量は、それぞれの材料に適した軟らかさとなるよう、実験的に定めた。

結晶増殖材を塗布するコンクリートは、表-2の配合とした。使用材料は、普通ポルトランドセメント（比重:3.15）、川砂（粗粒率:2.98,比重:2.52）および川砂利（最大寸法:25mm,比重:2.52）であり、AE剤を用いずに、プレーンコンクリートとしている。コンクリートを打設後、2時間前置きし、最高温度60℃で蒸気養生した。その後、結晶増殖材を塗布し、材齢28日まで気中に放置した。ただし、気中放置の最初の3日間は、結晶増殖を増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、水と酸素を必要とする。気中放置もこのためであり、比較の対象となる塗布を行わない供試体も条件を同じくするために、気中放置とした。

圧縮強度測定用の供試体は、φ10×20cmの円柱であり、上下2面に結晶増殖材を塗布し、材齢28日で、塗布面に硫黄キャッピングを施して、圧縮強度を求めた。塩分環境下における凍結融解抵抗性を調べる実験では、10×10×40cmの角柱供試体を用いており、打設面（10×40cm）のみに塗布した。気中放置後、供試体を3%

塩化ナトリウム溶液に浸したまま、冷凍庫中に設置し、 -15°C で2日間、 $+20^{\circ}\text{C}$ で1日間を1サイクルとした凍結融解作用を与え、相対質量、相対動弾性係数及び膨張率を測定した。また、塩分浸透の程供試体を用いて、塩水中における塗布面からの塩分浸透量の分布を求めた。

これらの実験とは別に、塗布材料の付着力を確かめるため、塗布材料で貼り合わせた硬化モルタルの薄片 ($10 \times 10 \times 2\text{cm}$) を引き離す力を、建研式引張試験で求めた。測定は、貼り合わせてから 28 日後に行っており、付着強度を算出した。

3. 実験結果および考察

図-1 は、圧縮強度を示している。蒸気養生後、気中放置しており、またコンクリートの水セメント比が比較的大きいこともあって、強度はおしなべて低い。ただし、

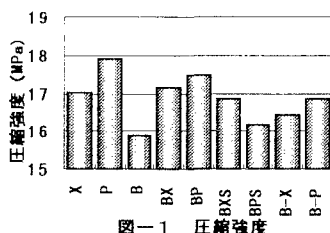


図-1 圧縮強度

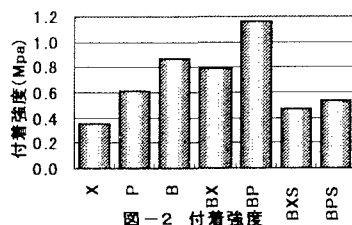


図-2 付着強度

微粉砕した結晶増殖材を塗布した場合の強度が若干高い傾向にあり、一定の効果が認められる。

付着強度を図-2 に示す。特殊モルタルの付着強度は、結晶増殖材より大きく、これを混合することで、結晶増殖材の付着力向上を期待できる。また、微粉砕により、結晶増殖材の付着力も向上すると言える。なお、特殊モルタルを混ぜる塗布材料については、付着力の向上をねらい、高性能減水剤を用いて水量の低減を図ったが、特殊モルタルの水和および結晶増殖材の増殖に必要な水分が不足したためか、付着力に劣る結果となった。

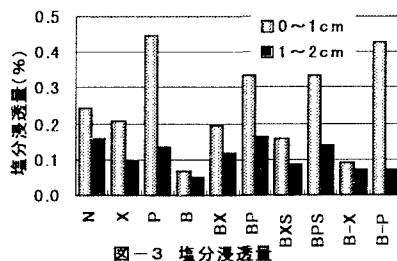


図-3 塩分浸透量

図-3 は、塩水に 1 週間浸した供試体の塩分浸透量を示している。塗布厚は、いずれの場合も、3mm 程度であり、塗布面から 0~1cm の結果には、塗布材料への塩分浸透量も含まれる。もっとも浸透量が少ないのは、特殊モルタルを単独で塗布した場合であり、この材料は、塩分の遮断能力に優れていると言える。結晶増殖材の遮断能力は、特殊モルタルより劣り、とくに微粉砕した結晶増殖材で、塩分浸透が著しい。

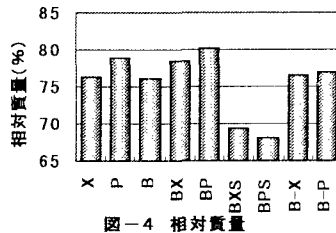


図-4 相対質量

図-4~6 に、塩分環境下での凍結融解試験の結果を示す。図の諸数値は、凍結融解 10 サイクル後の値であり、塗布をしていない供試体の場合は、このサイクルを待つまでもなく、早期に崩壊した。高性能減水剤を用いた塗布材料では、上述のように、付着が劣り、試験中に塗布材が剥離して、コンクリートも著しい劣化を示した。これを除けば、塗布による効果が見られる。特殊モルタルの場合は、塩分の遮断効果により、劣化しにくい。結晶増殖材の場合は、増殖によるコンクリートの緻密化が、耐凍害性を向上させると考えられる。とくに、微粉砕した結晶増殖材の場合、塩分浸透量は多いものの、優れた耐凍害性を示しており、増殖能力に優れていると推察される。これに、特殊モルタルを混合すれば、付着力や塩分遮断能力が高まり、塗布材料としての性能が向上すると言える。なお、特殊モルタルを塗布した後に、結晶増殖材を塗布する方法は、工程上、やっかいであり、効果も混合する方法と同程度以下であるため、混合して塗布する方法を推奨したい。

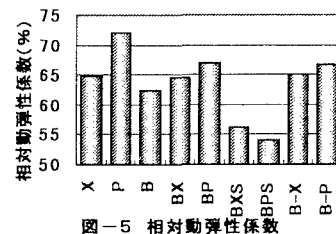


図-5 相対動弾性係数

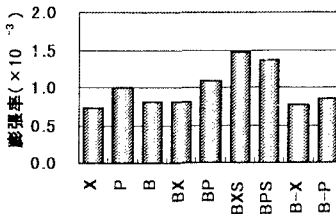


図-6 膨張率

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