

V-199

セメント系繊維複合材の凍結融解抵抗性
に及ぼす酸および融氷剤溶液の影響東京農工大学農学部 正会員 藤井 卓
同 上 伊藤 匠

1. まえがき

コンクリートの凍結融解劣化に及ぼす融氷剤の影響の大きいことはよく知られており、さらに近年においては酸性雨による劣化も憂慮されている。酸性雨と融氷剤の複合作用をうけるコンクリートの性能向上を目的とした表面被覆用材料の特性としては、溶液の浸透抑制性能、すなわち透水性が一つの重要な因子となる。本研究においては高炉スラグ微粉末を添加したセメントに炭素繊維、アラミド繊維などの短繊維を混入した表面被覆用材料としてのセメント系繊維複合材を対象に、酸性雨の主成分の一つである硫酸溶液および融氷剤のNaCl、CMA(Calcium Magnesium Acetate)等の溶液に対するこのセメント複合材の性能を透水性と凍結融解抵抗性の面からとらえ、これらの特性に及ぼすスラグ置換率、繊維混入率および被覆材厚さなどの影響を検討した。

2. 実験方法

供試体は普通ポルトランドセメントを用い、水結合材比 $W/(C+S)$ を 30, 50, 60, 70%, スラグ置換率 $S/(C+S)$ を 0, 10, 30, 50, 70% および繊維混入率 V_f を 0, 1.0, 1.5, 2.0% とした。プレーンセメント (NC) および高炉スラグ微粉末 (プレーン 7,890 cm²/g) を添加したセメント (BS) に炭素繊維 (PAN系, CF) あるいはアラミド繊維 (AF) を混入し、繊維複合セメント硬化体を作製した。透水試験用の供試体は $\phi 20 \times 10$ mm のチャリングに詰め、材齢 7 日まで 20℃ の $Ca(OH)_2$ 飽和溶液中で養生した。養生終了後、供試体を遠心管に装着し供試体の上面に溶液を注入し、これを高速遠心機により加圧した。なお、供試体の総厚さ 10 mm の内、被覆厚さは 0 (NC70 のセメント材のみ)、3, 5, 7, 10 mm (被覆材のみ) とした。透水係数は 9 時間後の累加透水量から求めた。凍結融解試験用の供試体は、材齢 7 日まで 20℃ の水中で養生した後、冷却最低温度を -20℃ とし 1 サイクルを 8 時間として、所定の溶液中で凍結融解試験を行い、質量減少率により劣化の評価を行った。用いた溶液は、真水 [H₂O]、pH3 の硫酸 [HS-pH3]、3% の NaCl 溶液 [NaCl]、および pH3 の硫酸と 3% CMA (モル比 CA/MA=1.0) の混合溶液 (質量比 1:1) [HS+CMA] の 4 種類である。

3. 結果および考察

3. 1 高炉スラグ微粉末混和の影響: NC50 および BS[50]50 ($S/C+S=50\%$, $W/C+S=50\%$) の場合のチャリング劣化に及ぼす高炉スラグ微粉末混和の影響を図-1 に示す。いずれの溶液の場合も NC50 よりも高炉スラグ微粉末混和の BS[50]50 の方が凍結融解抵抗性が大きく、表面被覆材としては高炉スラグ微粉末の混和が凍結融解抵抗性の向上に効果のあることがわかる。加圧時間～透水量関係に及ぼす高炉スラグ微粉末混和の影響の一例を図-2 に示す。スラグ置換率に係わりなく透水量は加圧時間の増加と共に直線的に増大し、スラグ置換率が増加するほど透水量は減少することがわかる。BS系被覆材の厚さ 3 mm の場合の透水係数に及ぼすスラグ置換率の影響を図-3 に示す。t=3 mm と被覆厚さが薄い場合でもスラグ置換率が増加するほど透

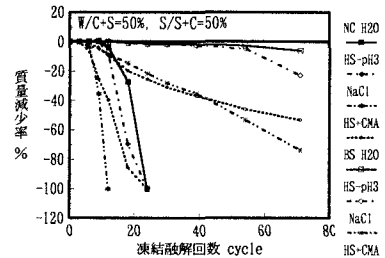


図-1 凍融抵抗へのスラグ混和効果

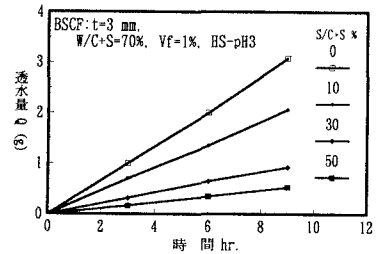


図-2 加圧時間～透水量関係

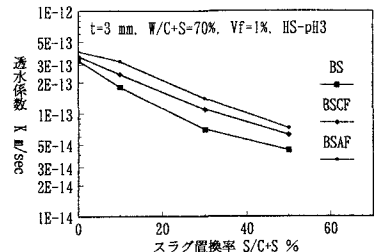


図-3 透水係数のスラグ混和の影響

水係数は低下し、表面被覆材の透水係数を低下させるためにスラグ置換率50%程度の使用が効果的であることがわかる。

3. 2 繊維混入の影響：NCCFおよびBSCFの場合の凍結融解抵抗性に及ぼす繊維混入の影響を図-4に示す。繊維混入により凍結融解抵抗性は著しく増大するが、繊維混入率 $V_f=1\sim 2\%$ における繊維混入率の差の凍結融解抵抗性への影響は小さく、さらに175サイクルまでは繊維の種類による相違は認められなかった。NCCFおよびBSCFの場合の透水係数に及ぼす繊維混入率の影響を図-5に示す。いずれの複合材においても繊維混入率の増加に伴って透水係数はほぼ直線的に増大している。また、いずれの繊維混入率においてもBSCFの場合は、NCCFの場合に比較して透水係数は小さいが、BSCFの場合、透水係数は最も大きい $V_f=2\%$ の場合でもNCCFの最も小さい透水係数である繊維無混入の場合より小さい。繊維混入率の増加によって透水係数が大きくなるにもかかわらず凍結融解抵抗性が著しく向上するのは、繊維混入によって繊維とマトリックスの境界領域に生じる遷移帯のため透水係数が増大し凍結融解抵抗性を低下させるが、繊維によるマイクロクラックの進展を抑制する効果が支配的となるためと考えられる。

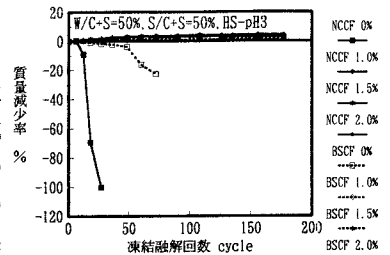


図-4 凍融抵抗への繊維の影響

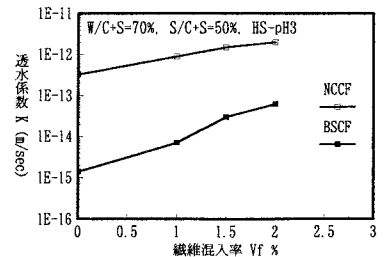


図-5 透水係数への繊維の影響

3. 3 被覆厚さの透水係数への影響：ベース材にNC70を用いた場合の被覆材の厚さが透水量に及ぼす影響の一例としてBSCFの場合を図-6に示す。被覆厚さの増加に伴って透水量は減少するが、被覆厚さに係わりなく透水量は加圧時間と共に直線的に増加する。透水係数を求めるための所要の透水量を得るまでの加圧時間に時間差のあることが報告されているが、本実験における被覆厚さが10 mm程度まででは、この時間差は認められなかった。BS系の場合における被覆材の厚さが透水係数に及ぼす影響を図-7に示す。被覆厚さの増加に伴って透水係数は低下し、BSCFで $t=3\sim 7\text{mm}$ に対応する透水係数は $K=1.0\text{E}-13\sim 2.0\text{E}-14\text{m/sec}$ 程度であり、BSCFで $t=3\text{mm}$ に対応する透水係数は、ベース材に用いたNC70の透水係数の1/6程度となっている。これより被覆材は厚さ3mm程度でも十分に効果のあることがわかる。

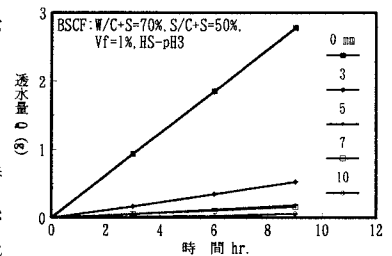


図-6 透水量への被覆厚さの影響

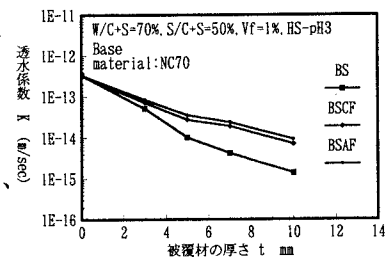


図-7 透水係数への被覆厚さの影響

4. まとめ

本研究の結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 高炉スラグ微粉末置換率の増加に伴って透水係数は減少し、また凍結融解抵抗性が増大する。
- (2) 繊維混入率が増加するほど透水係数は増大するにもかかわらず凍結融解抵抗性は著しく向上する。しかも、繊維混入率は1%程度で凍結融解抵抗性の向上に十分に効果がある。
- (4) 以上の結果、表面被覆材としては高炉スラグ微粉末置換率50%、繊維混入率1.0%、水結合材比50%のセメント系繊維複合材が適しており、被覆厚さとしては3mm程度でも酸性溶液、融氷剤溶液およびこれらの混合液の透水抑止効果が十分に期待できる。

本研究は平成7年度文部省科学研究費補助金〔一般研究(C)〕をうけて実施した研究であり、ここに記して謝意を表する。