

V-251

コンクリートの凍結融解作用による表面劣化機構と耐久性向上法に関する研究

浅野工学専門学校 正会員○加藤 直樹

防衛大学校 正会員 加藤 清志・日大生産工学部 正会員 河合紘茲

1. まえがき

コンクリート構造物の全世界的な課題のひとつに、耐久性の早期劣化があげられる。とくに、日本列島の地域的特性から、極寒から極暑にさらされ、かつ、海国という環境条件を考えると、この設計思想はきわめて厳しい条件を設定しなければならない。コンクリート・クライシスの原因には、アルカリ骨材反応(AAR)や塩害等があるが、加藤ら¹⁾は、すでに、基本的にはコンクリートへの水の浸透遮断が耐久性向上に最重要であるというコンセプトに基づき、乾湿潤作用について実験検証したが、さらに、本報においては、一般に耐久性試験方法のうちで、もっとも厳しい条件とされている「凍結融解試験」により、コンクリートの表面保護剤あるいは浸透型防水剤を使用し、耐久性向上の効果を検証し、その有効性を明らかにするものである²⁾。

2. 実験方法

(1) コンクリート供試体と配合条件

供試体は、JIS A 6204 付属書2に準拠し、100×100×400mmの角柱で、標準養生を行い、材齢7日で凍結融解作用に暴露した。コンクリートの基本配合は8種で、強度的には100~500kgf/cm²をカバーするものである。

(2) 凍結融解試験装置

本装置は1槽式、空冷・温水融解方式を採用しており、その特性は前記JISに準拠し、+5℃~-18℃(±2℃)を3~4hr/cで繰り返される。

(3) コンクリート表面保護剤

表面保護剤には、高級脂肪酸を主成分とするもの(PFと略記。従来のシリコーン系やアクリル系と違い、効果が持続する。)と、変性ポリエステルの共重合体を主成分とする油性浸透タイプ(PSと略記。すぐれた耐磨耗性がある。)の2種を採用し、いずれも気乾状態で2度塗りである。

3. 実験結果

(1) 強度特性 図1に、スランプリ5cmの場合の圧縮強度と材齢との関係を示すが、通常の増進率を示している。

(2) 凍結融解作用に伴う質量減少率 図2は、の凍結融解 315サイクルまでの供試体の表面劣化の状況を図2に示す。基本的には、単位セメント量の減少とスランプリの増大が質量減少率に大きく影響を与え

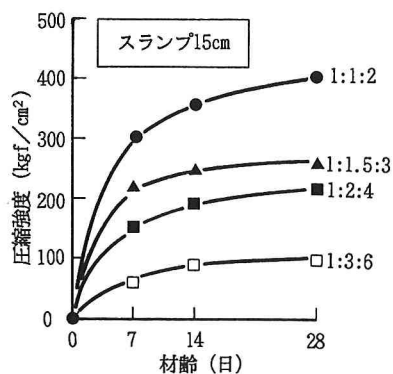


図1 圧縮強度と材齢との関係

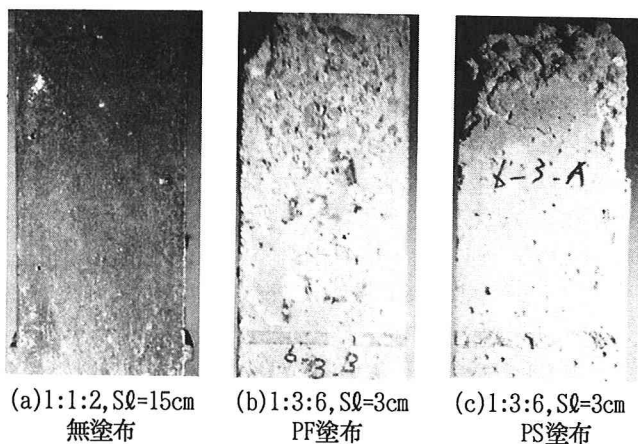


図2 凍結融解作用による表面劣化状況

ている。また、表面保護剤の使用は有効で、その成分にも依存し、やや、高級脂肪酸型(PF)が効果が良好である。

(3) 相対動弾性係数 図3は、凍結融解サイクル数と相対動弾性係数との関係の一例を示す。無塗布は単調に動弾性係数が低下するが、PF、PS塗布とも耐久性向上に効果があり、とくに、PF塗布がすぐれていることがわかる。

4. 考察

(1) 既往の研究による劣化のメカニズム³⁾

①粗大孔中の水の凍結膨張(+9%)によるマトリクスの引き裂き、②毛細管水の凍結による他の水の圧力上昇に起因する微細ひび割れの発生。以上はいずれも硬化コンクリート中に分子レベルの吸着水は別として、マクロな余剰水は存在しないという現象的事実に反する。

(2) 表面劣化のメカニズム

1)マトリクスのスケーリング 透水気泡を図4の厚肉球殻にモデル化すると、凍結圧により、スケーリングが発生する。その限界遮水厚さ b_c は式①で与えられ、図4(-18℃, $p_i = 1800 \text{ kgf/cm}^2$ の場合)で示される。

$$b_c = a \cdot \{p_i / (4.08 + 0.04 \sigma_c) + 1\}^{1/3} \dots\dots ①$$
 σ_c : コンクリートの圧縮強度

2)骨材粒子のポップ・アウト 図5に示すようにマトリクスのスケーリングのあと、粒子下面の気泡に水が浸透すると、凍結により押し出し力となり、界面の付着力を断ち切る。

5. 対策とまとめ

コンクリート構造物の耐久性向上には、表面保護剤は有効で、基本的には、単位セメント量の増大を含む透水遮断効果に依存する。また、構造物表面劣化の観点から、限界遮水厚さの存在と劣化のメカニズムを明らかにした。

〔謝辞〕本研究には、防大 南 和孝助手・治郎丸 良英事務官の尽力によった。付記して謝意を表する。

〈参考文献〉1)加藤ら:コンクリートの乾・湿潤作用による耐久劣化とその対策、セ技年報41, 昭62, pp.359-362 2)加藤ら:コンクリートの凍結融解作用による劣化機構と耐久性向上法に関する実験研究, 21回関技研概要、平6.3, pp.452-453. 3)村田ら:土木材料・コンクリート、共立、平1.3.

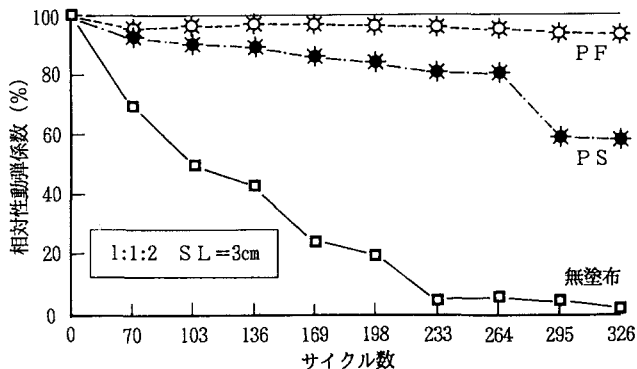


図3 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数との関係

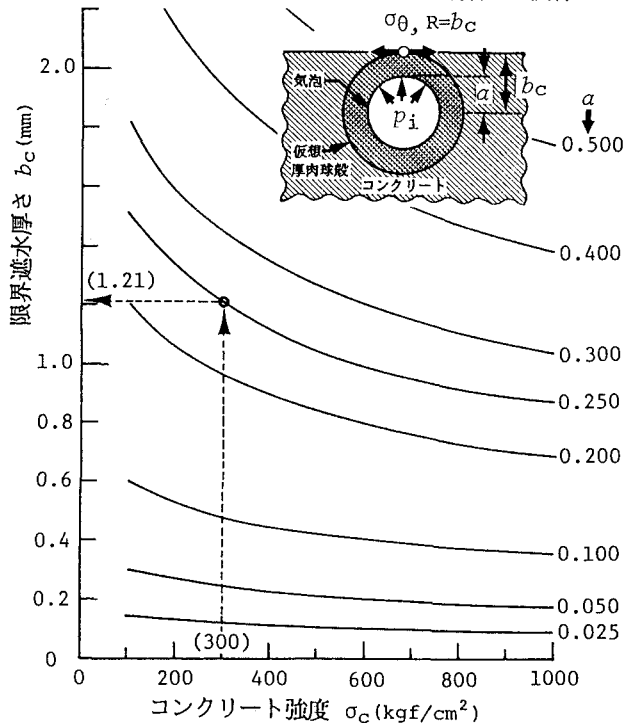


図4 コンクリートの限界遮水厚さと強度との関係

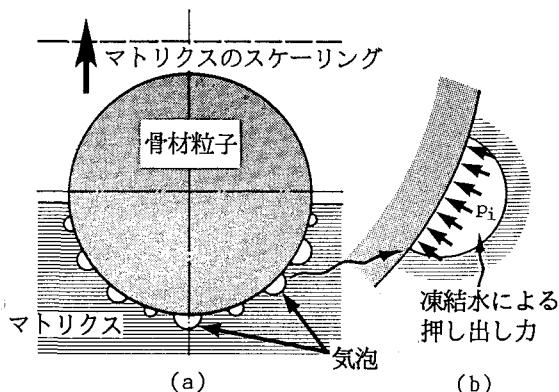


図5 マトリクスのスケーリングと骨材粒子のポップ・アウト