

(V - 14) 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・東京防衛施設局 長嶺 正勝

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。とくにわが国の施設構造物は、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き、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ことをつきとめ、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、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 A6204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 その特性は前記JISに準拠し、+5℃～-18℃(±2℃)を3～4hr/cで繰り返されるが、装置全量と温度管理状況を、それぞれ図1、図2に示す。

(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。従来のシリコン系やアクリル系と違い、効果が大きく持続する。)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。すぐれた耐摩耗性がある。)の2種を採用し、いずれも2度塗りである。

3. 実験結果

(1) 強度特性 図3に、スランプ15cm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

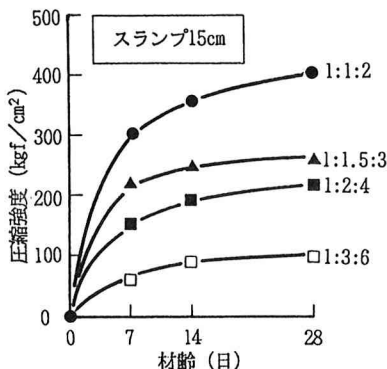


図3 圧縮強度と材齢との関係

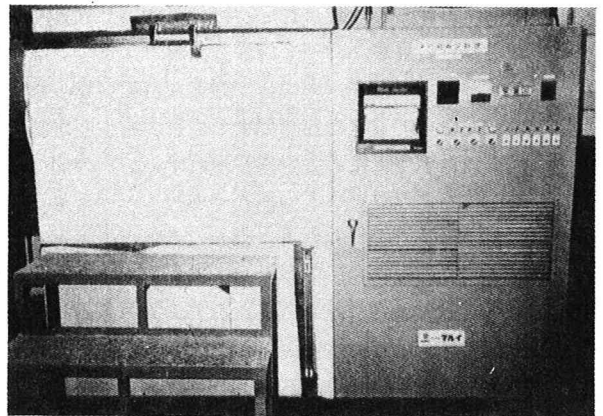


図1 凍結融解試験装置外観

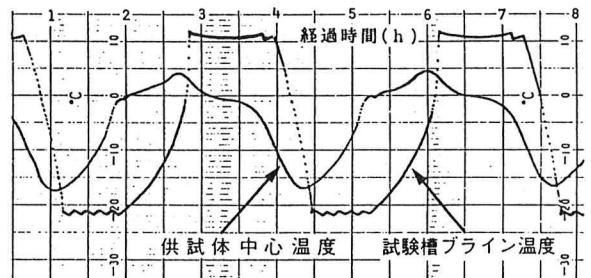


図2 凍結融解装置温度管理図

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4に示す。基本的には、単位セメント量の減少とスランプの増大が質量低下率に大きく影響を与えている。また、表面保護剤の使用は有効で、その成分にも依存し、とくに、高級脂肪酸型(PF)が効果大きい。

(3) 相対動性弾係数 図5は、凍結融解サイクル数と相対動性弾係数との関係の一例を示す。無塗布は単調に動性弾係数が低下するが、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。

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われの発生。

以上はいずれも硬化コンクリート中に余剰水は存在しないという現象的事実に反する。

(2) 本研究による劣化のメカニズム

透水気泡を図6の厚肉球殻にモデル化すると、結氷圧による接線方向応力が引張強度に達するとき、ひびわれが発生する。その限界遮水厚さは式①で与えられ、図6で示される。

$$b_c = a \cdot \{ p_i / (4.08 + 0.04 \sigma_c) + 1 \}^{1/3} \dots \textcircled{1}$$
いま、 $a = 0.25\text{mm}$ 、 $p_i = 1800\text{kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_c = 300\text{kgf/cm}^2$ のとき

$b_c = 1.21\text{mm}$ となり、これ以下ではポップアウトし、表面劣化の核となる。

(3) 耐久性向上法 R/C構造体自体の体質の改善法²⁾と表面保護法とがある。

5. 結論

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、とくに、高級脂肪酸型がよく、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性劣化とその対策、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対する耐久性向上に関する実験研究、20回関技研概要、平5.3, pp.460-461. 3)村田ら：土木材料・コンクリート、共立、平1.3.

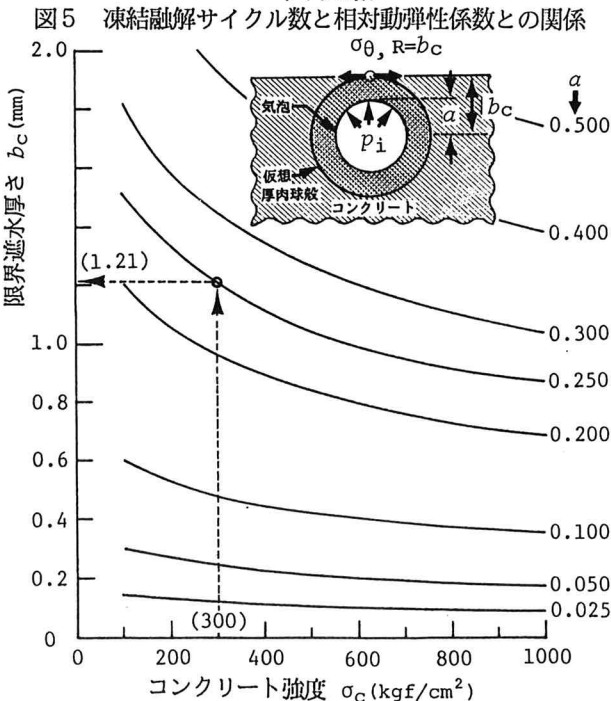
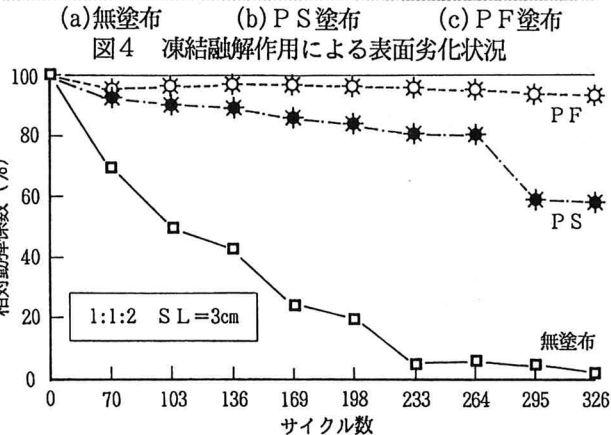
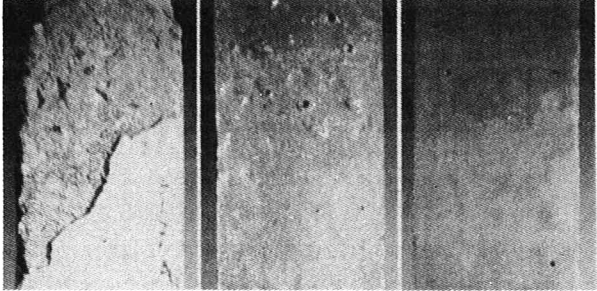


図6 コンクリートの限界遮水厚さと強度との関係