

コンクリートの耐久性向上に寄与する透水遮断効果に関する基礎的研究

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

1. まえがき

コンクリート構造物の実用上のサービサビリティーという観点から、気象作用による耐久性と地震動に対するせん断抵抗が全世界的な緊急課題と言える。とくに前者について、塩害を受けるRC建築物を調査中、その耐久性劣化は方位、階層、部材寸法、降雨と日照などの複合要因に依存すること、ことに、コンクリートの「乾・湿潤作用の繰り返し」はダイレクトにその劣化に係係することを指摘してきた^{1)~3)}。本報では水の浸透遮断の重要性と劣化のメカニズムについて論じるものである。

2. 気象作用によるコンクリートの劣化と透水遮断による耐久性向上の意義

コンクリート構造物への水の浸透の影響は、物理的には湿度応力を卓越させ、また、化学的には中性化や化合物のイオン化を促進させ、種々の物性劣化現象の元凶となっている。ことに、乾燥によっては、化学的反応の抑制があるが、物理的乾燥収縮応力が可逆的に発生し、引張ひびわれを容易に発生させ、毛管現象効果によりさらに水の浸透を加速させ、悪循環する。すなわち、「水の存在」下での「乾・湿潤作用」の繰り返しにより、コンクリートの組織内に微小ひびわれが発生・累積し、劣化が進行する。サンシャイン型ウェザーマーターによる乾(55℃)・湿潤

(散水)作用に繰り返し暴露されたコンクリートモデルのひびわれ状況を図-1に示す。一方、凍結融解作用を受けた場合には、湿潤水の結氷と融解、すなわち、水の物性変化そのものとコンクリートの内部応力変化に対応する。図-2は凍結融解作用による劣化状況を示す。

「乾燥」と「凍結」は「水の存在下」における両極端の現象であり、「温度軸」と「繰り返し経過時間軸」上での同一線上の現象であり、図-3はこの概念図である。また、集合の数理論によれば、気象作用による耐久性劣化という全体集合Dは、図-4に示すように、乾・湿潤という要素Wと凍結融解という要素Fとからなる。すなわち、 $D\{W, F\}$ 。し

かも、わが国の大部分は大なり小なり

図-1 乾・湿潤作用による劣化

図-2 凍結融解作用による劣化

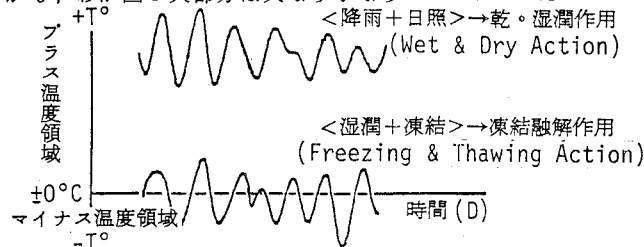


図-3 「水の存在下」でのコンクリート耐久性劣化現象の同一性

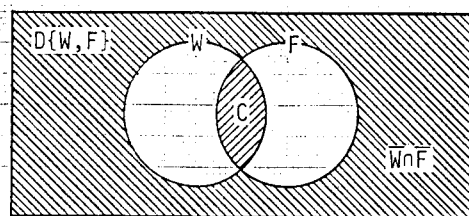


図-4 集合論による耐久性のベン図

要素 W , F がともに生起する気象条件といえるから, W と F の和集合で, 交わり C が生じる。すなわち, $W \cup F$ 。さらに, C は $W \cap F$ で表わされ, 複合一般現象でこの大小は地域の気象特性に依存する。 W , F が生起しないためには空集合すなわち $\overline{W \cup F} = \overline{W \cap F}$ であることが必要で, とりも直さず, 「水の浸透遮断」が最重要であることを意味する。

3. 耐久性劣化の力学的背景

(1) 乾・湿潤作用 部材内外の温度差 Δt , 湿度差 ΔH 。

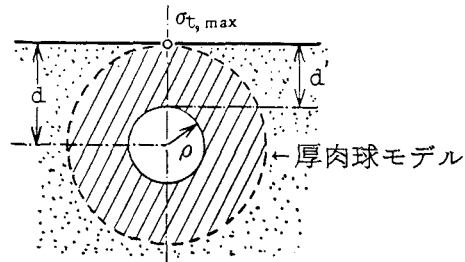
温度および湿度膨張係数: α , β とするとき

内応力 $= E_c (\alpha \Delta t + \beta \Delta H)$, E_c : 弾性係数

実測によれば, 温度応力より湿度応力が卓越し, Map Cracking が容易に発生し得る (図-1)。

(2) 凍結融解作用 半無限体中に内圧 p を受ける厚肉球モデルを想定する (図-5)。最大引張応力 $\sigma_{t, \max}$ は

$$\sigma_{t, \max} = \frac{p}{2} \times \frac{\lambda^3 + 2}{\lambda^3 - 1}, \quad \lambda \equiv d/\rho$$



内圧 p : "Standard Specification for Highway Bridges" $p = 2.8 \text{ MPa} (= 4000 \text{ psi})$
 $\approx 28 \text{ kgf/cm}^2$ 。

図-5 凍結作用下の厚肉気泡モデル

コンクリート強度の大小にかかわらず, 気泡半径の約2倍

以内は pop-out し, コンクリート表面がクレーター状に崩壊する (図-2)。

4. 乾・湿潤の繰り返し促進試験 (1) 方法 骨材最大寸法 10 mm で水セメント比 50, 55, 60% の3種の供試体寸法 $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ のモルタルバー法による長さ変化試験法を準用し, 伸縮量を測定した。脱型時を基準に水中 (水温 16°C) と電気炉 (100°C) へ, おおの3日間ずつ暴露し, 繰り返し継続測定した。これらのうち, 水セメント比 55% の場合についての長さ変化の一例を図-6に示す。 (2) 実験結果 中性化防止剤を塗布した場合には一般に長さ変化が小さく, さらに, 超微粉高炉スラグ粉末を混和剤とし, かつ, 中性化防止剤を塗布したものがもっとも長さ変化量が小さく, また, 表面劣化も少なかった。

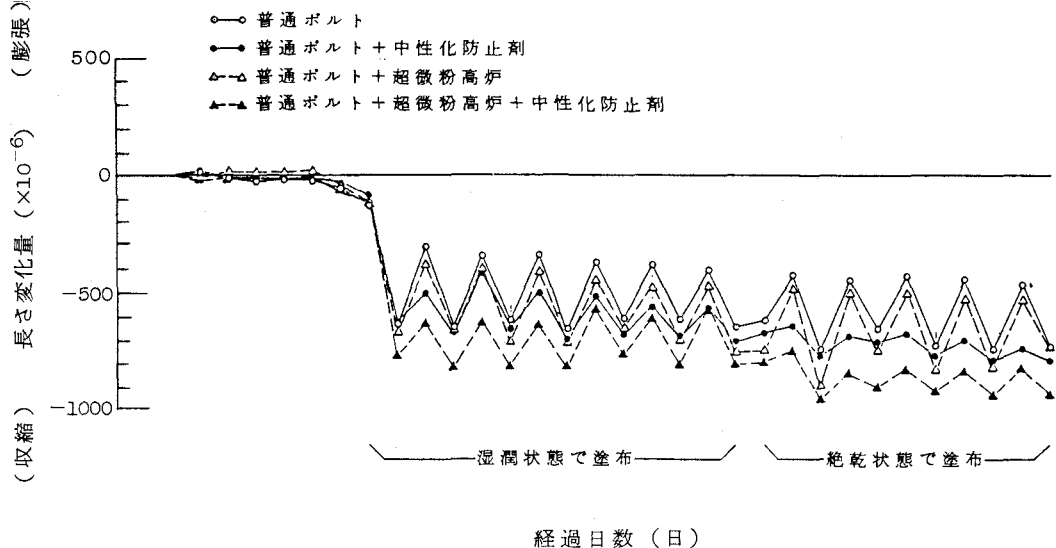


図-6 乾・湿潤作用の繰り返し作用を受けたコンクリートの伸縮状況

4. まとめ コンクリートの耐久性劣化上 「乾・湿潤作用」と「凍結融解作用」とは同一線上の現象であり, 数理上 両集合の「空」が透水遮断であり, 実験的には「中性化防止剤」はきわめて有効である。

<謝辞> 本研究は 山田均事務官, 防衛施設庁 庄司昌弘技官の助力によって。付記して謝意を表する。
 <参考文献> 1) 加藤直樹・加藤清志: 乾・湿潤作用によるコンクリートの耐久性劣化, 13回関支技研, 昭61.3, pp. 246-247. 2) 加藤直樹: コンクリートの耐久性向上に寄与する耐酸性および防水性に関する実験研究, 40回セ技研, 昭61.5.3) 加藤直樹・加藤清志: コンクリートの耐久性劣化に及ぼす乾・湿潤作用と水の浸透遮断, 41回年講, V, 昭61.11, pp. 587-588.