

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

近年、コンクリートクライシスが叫ばれ、アルカリ骨材反応とか塩害による耐久性劣化に大きな関心がよせられている。しかし、前者については使用してはならない骨材を使用していることにあり、後者については環境条件を十分考慮した設計と施工によればカバーできるものである。すなわち、コンクリート技術 (Concrete Technology) の本質的原点に立ち返るべきことの重要性を示唆しているといえる。

ところが、最近、筆者ら^{1),2)}は5階建てRC造で4辺が各方位に完全に一致した公共建築物の被害調査中に、方位によって著しく損傷の程度を異にする部材のあることに気付き、その原因について実験により乾・湿潤作用の繰り返しがコンクリートにひびわれを発生させることを突き止めたので報告するものである。

2. 対象構造物と手摺りおよび束の被害

対象構造物の公共建物は横須賀市にあり、竣工後約10年を経過しており、建物の四面が各方位に完全に一致しているのが特徴である。損傷の程度は西>南>東>北の順であり、上層階より下層階ほど被害が大きい。このような被害はRC橋高欄にも存在する³⁾。

3. 温度および湿度変化による膨張収縮応力

バルコニー内外の温度および湿度差をそれぞれ Δt および ΔH 、また、それらの膨張係数を α 、 β とすると、2要因による手摺りの内部応力 σ は $\sigma = \text{温度応力 } \sigma_t + \text{湿度応力 } \sigma_h = E_c(\alpha \Delta t + \beta \Delta H) \cdots (1)$ で与えられる。ここに、 E_c : コンクリートの弾性係数。

いま、実測の1例 (昭59.11.12, 17時) によると $\Delta t = 3^\circ\text{C}$ 、 $\Delta H = 35\%$ であって、 $\alpha = 10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、 $\beta = 5.5 \times 10^{-6}/(\% \text{ R.H.})$ 、 $E_c = 250,000 \text{ kg/cm}^2$ として、

$$\sigma = \sigma_t + \sigma_h = 7.5 + 43.8 = 51.3 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \therefore \text{この値はコンクリートの引張強度}$$

$20 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$ をはるかに越えており、とくに、湿度応力が卓越し、乾・湿潤の影響によりひびわれが容易に発生し得ることを示している。

4. 耐候性試験による乾・湿潤作用と微小ひびわれ

サンシャイン型ウェザメーターにより、カーボンアーク放電と散水とにより耐候性試験を行なった。装置内の温度は $40 \sim 70^\circ\text{C}$ 、湿度は $85 \sim 100\%$ で、サイクルタイムは180分であった。供試体は標準モデルで、コンクリートと鉄筋コンクリートモデルを作製した。供試体寸法は $10 \times 10 \times 20 \text{ cm}$ である。60日の暴露でひびわれが放電光側側面に発生したが、470日までに成長したひびわれを図-1、図-2に示す。前述した被害調査の現象的事実と対比させると、単なる「乾・湿作用」の繰り返しよりも、「乾・湿潤作用 (Wet and Dry Action)」により顕著な被害が発生することがわかった。

事実、フロリダ刑務所が竣工後2年めで多湿と激しい降雨により建物外壁が剥落し始めたという報告がある⁴⁾。

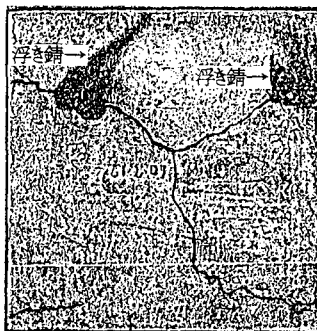


図-1 横断面上のひびわれ

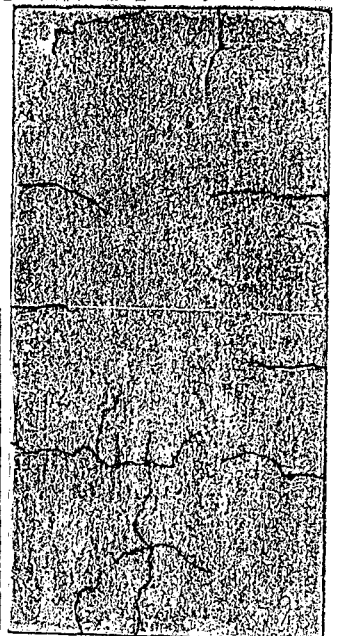


図-2 側面上のひびわれ

図-3は「水の存在」下におけるコンクリートの乾・湿潤作用と凍結融解作用とは耐久性劣化現象として同一線上にあるといえる。写真-1は乾・湿潤作用による微小ひびわれの顕微鏡写真である。

5. 浮き錆によるポップアウト

腐食性液体の浸透による発錆内圧を p とするとき、平面応力解析⁵⁾の1例を図-4に示す。 $\sigma_{x \max} = \sigma_{\theta \max}$ となる「限界かぶり」 d'_c は、 $d'_c = 0.37 \phi$ いま、 $\phi = 9 \text{ mm}$ とすると $d'_c = 3.3 \text{ mm}$ 。これよりも薄いかぶりの場合には直線へり応力が卓越し鉄筋に沿ひひびわれし、これよりも厚い場合には、円孔へり応力によりポップアウトが発生する。

6. 結論

(1) コンクリート構造物の損傷の程度は方位と階層に依存する。(2) 微小ひびわれは理論および実験的にも、塩分の影響なしに乾・湿潤作用により発生し得る。(3) 限界かぶり以上でも発錆内圧によりひびわれする。(4) 基本的には防水が最重要である。(5) 「水の存在」下における「温度変化」の繰り返し物理(気象)作用である「乾・湿」および「凍結・融解」現象は 同一線上の現象といえる。

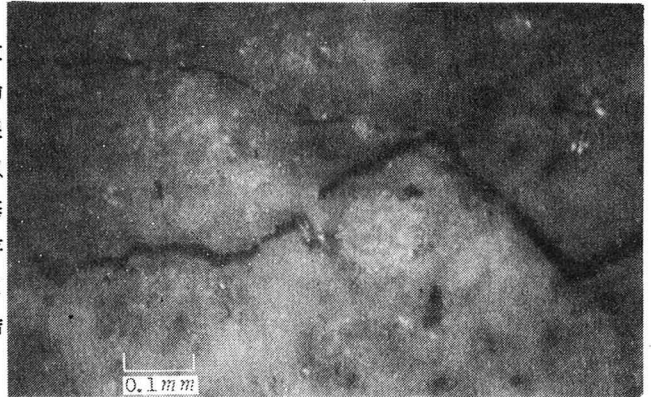
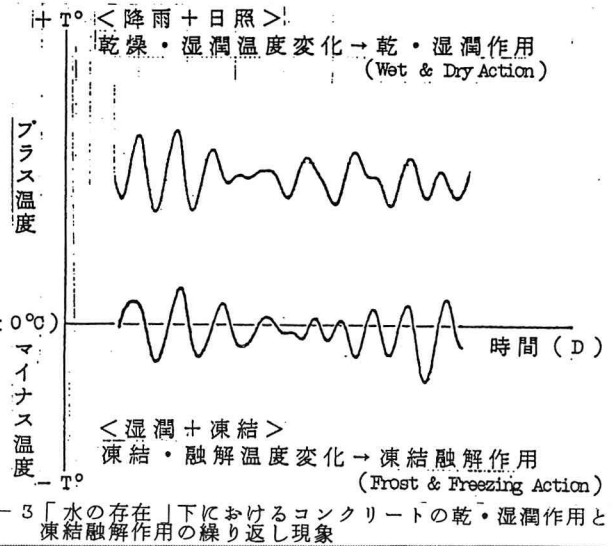


写真-1 乾・湿潤作用により発生した微小ひびわれ

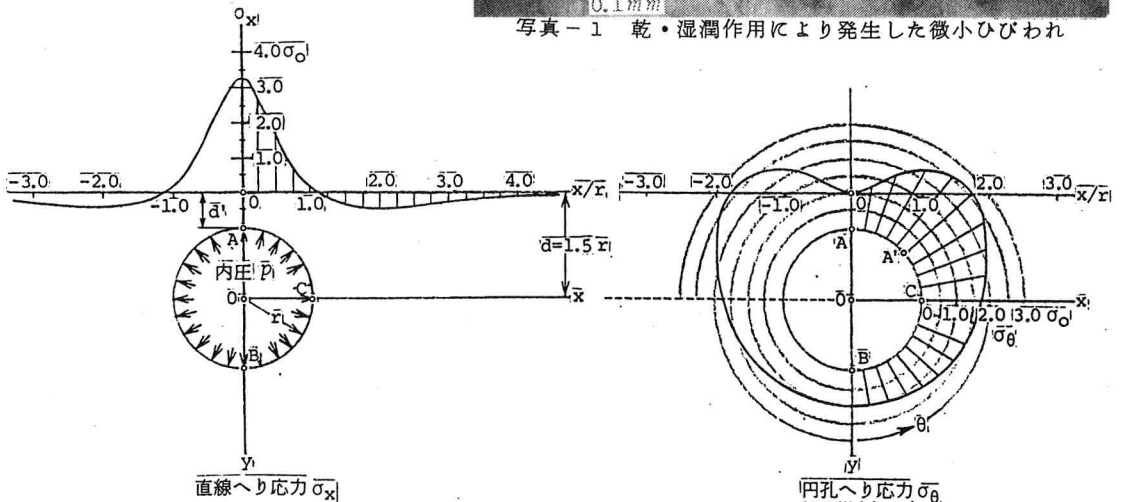


図-4 半無限板中の円孔へりに内圧 p を受けた場合の応力分布の例 ($d' = 0.5r$ の場合)

<謝辞> 本研究には 防大 鷹部屋亮平助教授、山田均事務官の助力を受けた。付記して謝意を表する。

<参考文献> 1) 加藤清志・南和孝・加藤直樹：プレキャストコンクリート部材の耐久性，39 回年講 5，昭 59. 10，pp. 57-58. 2) 加藤清志・加藤直樹：プレキャストコンクリート部材の耐久性及びひびわれのメカニズムに関する研究，40 回年講 5，昭 60. 9，pp. 239-240. 3) 2) に対する九工大 渡辺明教授のコメント. 4) 山田順治：最近のコンクリート構造物の鉄筋の錆による損傷について，セメント工業，185，昭 59. 7，p. 27. 5) 西田正孝：応力集中，森北，1967. 9.