

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耐久性劣化に関心が寄せられているが、筆者らはとくに建築用に使用されるプレキャストコンクリート製手摺りおよび束の被害が建物そのものよりも著しいことに気が付き、高所に使用された場合には人身傷害にも連がること、被害が方位や気象作用にも依存すること、塩害作用なしにもひびわれが発生し得ること等について前報^{1),2)}で報告した。ここでは とくに実測によって明らかとなった湿度応力と鉄筋の浮き錆によるポップアウトに着目し、部材の防水・防湿とかぶり厚さの重要性を述べるものである。

2. 実験方法

2.1 耐候性試験 (1) 実験装置と実験方法 耐候性試験にはS社製サンシャインウエザメーターを使用し、カーボンアーク放電により準太陽光としたものである。降雨はスプレー式で 放電照射されつつ 18 分間散水され、次に 162 分間 照射のみが行なわれ、この合計 180 分が1サイクルとして繰り返される。また、装置内の温度は 40 ~ 70 °C で、湿度は 85 ~ 100%である。このような厳しい環境条件に供試体を目下継続中であるが長時間暴露し、耐久性およびひびわれ発生状態を確認した。(2) 供試体の作製 鉄筋コンクリート部材を想定し 角柱モデルを作製した。セメントには早強ボルトを使用し、配合はセメント強さ試験用の標準モルタルとし、供試体寸法は

10 × 10 × 20 cmである。異形鉄筋および丸鋼とも 9 mm筋を各4本ずつ組立て鉄筋で構成し、これをかぶり 10 mm となるように埋め込み 鉄筋コンクリートモデルとした。また、同時に無筋コンクリート柱も1本作製した。材令7日でテストを開始した。

2.2 現地温湿度測定 上記建物の被害の激しい第3階の各側面(建物の各側面が各方位に完全に一致している)のバルコニー中央部に自記温湿度計を2台配置し、バルコニー内外の気象変化を測定した。

3. 実験結果

3.1 耐候性試験とひびわれ観察 ウエザメーターのカーボン寿命 60 時間ごとに ひびわれ幅測定器 (50 ×) と光学

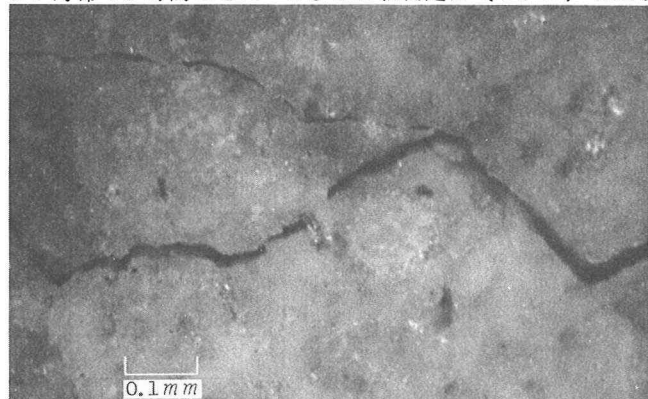


写真-1 乾湿作用により発生した微小ひびわれ

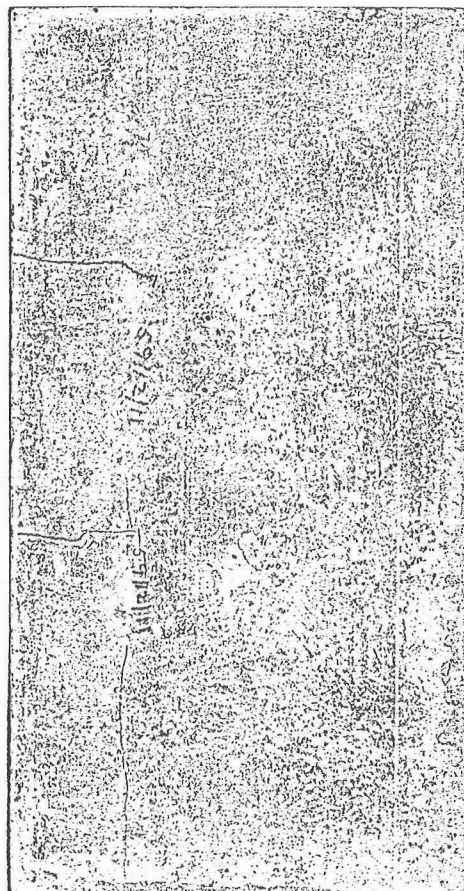


図-1 照射側面の微小ひびわれの成長

顕微鏡（100×，200×）により観察した結果を 図-1 および写真-1 に示す。各供試体で直接照射光とスプレーを受ける面ではレイタンスがはく落し、また，60 日を経過すると鉄筋に沿い，熱を直接受ける面よりも熱の伝達の遅れる側面にひびわれが多く発生した（図-1 参照）。

3.2 気象作用 (1) 気温と湿度の変化 被害のもっとも激しい西側バルコニーの内外の温湿度の変化の様子を 図-2, 3 に示す。ともに内側は外側より 2 時間遅れて変化する。(2) 供試体と実構造物との対比 供試体のレイタンスがはく落しているのが 北側の被害に、供試体の側面および裏側が 東・西と南のそれぞれの状態に対応している。この現象的事実から 海砂からの塩

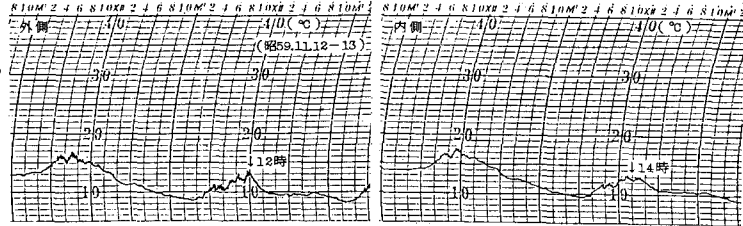


図-2 西側バルコニーの外側と内側の温度変化の様子

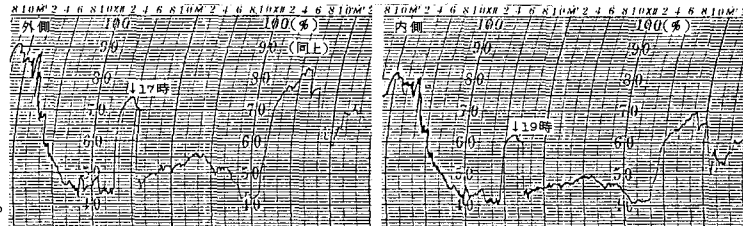


図-3 西側バルコニーの外側と内側の湿度変化の様子

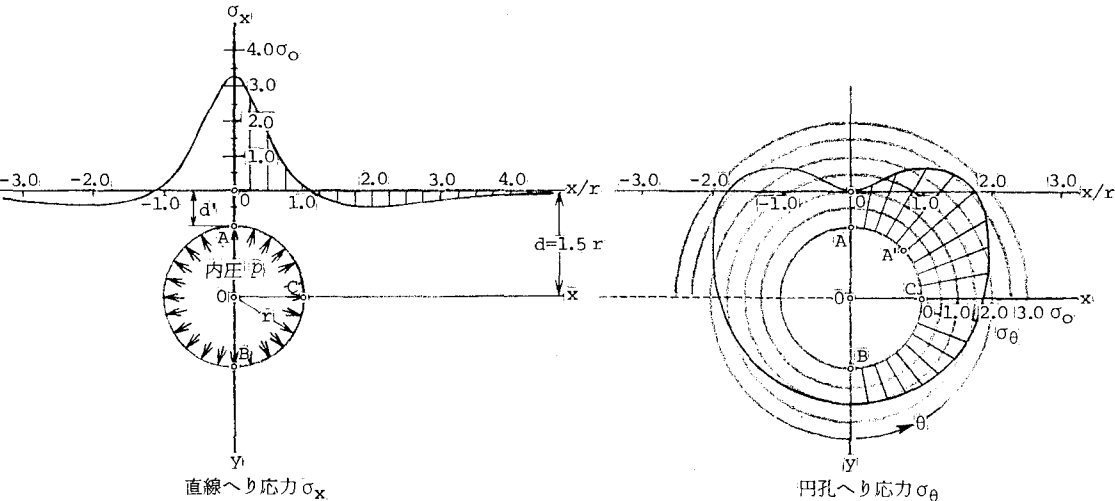


図-4 半無限板中の円孔へりに内圧 p を受けた場合の応力分布の例 ($d'=0.5r$ の場合)

分の影響なしにひびわれは発生し得ることがわかった。

3.3 外気温と含水湿度変化に伴う膨張収縮 バルコニー手摺り内外温度差を Δt ，湿度差を ΔH ，それぞれの膨張係数を α ， β とすると，温度応力と湿度応力の和は，昭 59.11.12 17 時の例で計算すると

$$\sigma = E_c (\alpha \Delta t + \beta \Delta H) = 250,000 \text{ kg/cm}^2 \left\{ 10 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C} \times 3 \text{ }^\circ\text{C} + 5.5 \times 10^{-6} (\% \text{ R.H.}) \times 35 \% \right\}$$

$$= 7.5 + 48.1 (\text{kg/cm}^2) \div 56 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_{at} = 20 \sim 30 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ここに, } E_c: \text{コンクリートの弾性係数}$$

となり，引張許容応力度 σ_{at} を超え，かつ，湿度応力が卓越していることがわかる。

3.4 浮き錆によるポップアウトとかぶり厚さ 鉄筋の浮き錆による内圧を p とするとき，平面応力解析の一例を図-4 に示す³⁾。 $\sigma_{x \max} = \sigma_{\theta \max}$ となる“臨界かぶり” $d'c$ は $d'c = 0.366 (2r) = 0.732r$ 。いま， $\phi = 9 \text{ mm}$ とすると $d'c = 3.3 \text{ mm}$ となる。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いひびわれし，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。

<謝辞> 本研究の耐候性試験には，防大 鷹部屋亮平助教，山田均事務官の助力を受けた。付記して謝意を表す。

<参考文献> 1) 加藤・南・加藤：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・加藤：プレキャストコンクリート部材の耐久性，12 回関支年研，昭 60.3，pp. 209～210. 3) 西田：応力集中，森北，昭 42.9，pp. 248～249.