

## アルカリ骨材反応による損傷と補修について

京都大学工学部 正員 岡田 清 正員 小林和夫  
正員 宮川豊章 学生員 菅島章文  
大林組 正員 北岡隆司

1. まえがき 近年コンクリート表面に亀甲状あるいは鉄筋に沿う軸方向ひびわれが生じるなどの損傷例が報告されており、これらの原因の一部はアルカリ骨材反応によるコンクリートの膨張によるものであることが明らかになった。わが国で報告されているアルカリ骨材反応は、アルカリ・シリカ反応（以下ASRと略記する）と考えられているが、十分な反応性シリカ、十分なアルカリ量および十分な湿度、温度がそろった場合に被害が生じることが知られている。本研究では、アルカリ骨材反応性が大であるコンクリートを用いたコンクリート供試体を用い、わが国の気候を考慮に入れた種々の環境下におくことにより環境条件のASRによる膨張への影響およびコンクリート中の水分制御に注目した各種の補修方法による膨張抑制効果を比較検討することとした。

2. 実験概要 供試体は、 $10 \times 10 \times 40$  cmの角柱とし、表1の示方配合に従って反応性、非反応性および空気量大の3種類を作製した。なお反応性については単位アルカリ量を $8 \text{ kg/m}^3$ とした。脱型後枚令約14日まで恒温室（温度 $20^\circ\text{C}$ ）内で密封養生を行い、その後供試体の表面水分率が約10%になった時点で表面処理による補修を行った。要因としては次の2種類をとりあげることとした。

表1 示方配合

| 種類   | G max<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | スランプ<br>(cm) | 空気量<br>(%) | W/C  | 配合率<br>(%) | 単位量 ( $\text{kg/m}^3$ ) |     |     |      | 水和率 ( $\text{m}^3$ ) |         |
|------|------------------------------|--------------|------------|------|------------|-------------------------|-----|-----|------|----------------------|---------|
|      |                              |              |            |      |            | W                       | C   | S   | G    | Water (cc)           | 食塩 (kg) |
| 反応性  | 20                           | $7 \pm 1$    | $4 \pm 1$  | 0.50 | 4.4        | 176                     | 352 | 754 | 981  | 106                  | 10.37   |
| 空気量大 | 20                           | $12 \pm 1$   | $8 \pm 1$  | 0.50 | 4.4        | 176                     | 352 | 754 | 981  | 106                  | 10.37   |
| 非反応性 | 20                           | $7 \pm 1$    | $4 \pm 1$  | 0.50 | 4.4        | 176                     | 352 | 754 | 1010 | 88                   | 0.0     |

注) 反応性と空気量大の相違は反応性については等しい濃度水中に食塩、フッソの順に溶解させたのに対して、空気量大についてはフッソのみを溶解させたことである。

i) 環境条件：室外暴露、乾湿（わが国で生じる最高の促進条件とするため $40^\circ\text{C}$ 、RH.100%と $20^\circ\text{C}$ 、RH.60%を12時間ごとに繰返すこととした。）、乾湿部分浸漬（コンクリート杭の様に地中部より水分が浸入する場合を想定して供試体の $\frac{1}{4}$ に表面処理を施さず水に浸漬させ乾湿と同一環境下に置いた。）、促進（ $40^\circ\text{C}$ 、RH.100%）

ii) 補修方法：表面処理なしの反応性供試体、空気量大反応性供試体および非反応性供試体、エポキシライニング、ポリブタジエンウレタンライニング、メチルメタクリレート(MMA)含浸（以上遮水性表面処理）、シラン含浸、無機系含浸（以上攪水性表面処理）の5種類の補修を行った反応性供試体。供試体の各環境への配置を表2に示す。

3. 結果および考察 実験開始から12週後の外観は、反応性、空気量大、MMAについてはひびわれが発生しエポキシ、ウレタンではひびわれは発生しなかったがふくれ等が認められた。これに対してシラン、無機ではほぼ良好な状態を保っていた。ひずみの経時変化を図1～6に示す。また補修による膨張抑制効果を検討する上での目安として次式により

表2 実験計画および供試体、略称、本数

| コンクリート表面処理 | なし  | ライニング |      | 含浸   |      | なし  |      |
|------------|-----|-------|------|------|------|-----|------|
|            |     | 反応性   | 非反応性 | 反応性  | 非反応性 | 反応性 | 非反応性 |
| 供試体略称      | 反応性 | 非反応性  | エポキシ | ウレタン | MMA  | シラン | 無機   |
| 環境         | 室外  | 2     | 2    | 2    | 2    | 2   | 2    |
| 乾湿         | 2   | 2     | 2    | 2    | 2    | 2   | 2    |
| 乾湿部分浸漬     | 2   | 2     | 2    | -    | -    | -   | -    |
| 促進         | 2   | 2     | 2    | -    | -    | -   | 2    |

を求め表すに示す。 $e = (E - E_{NN}) / (E_{NR} - E_{NN})$  ここに  
 $E$ :各供試体のひずみ,  $E_{NN}$ :同一環境 件における非  
 反応性のひずみ,  $E_{NR}$ :同一環境条件における反応性  
 のひずみ。

促進での反応性の膨張量は他の環境の反応性よりも  
 大きく高温高湿下でASRによる膨張が促進される  
 ことがわかる。エポキシ, ウレタン, MMAは重量  
 変化が殆んどなく高遮水性を有しており, コンクリ  
 ートが乾燥状態にある場合の補修には膨張抑制効果  
 があると考えられる。しかし乾湿および乾湿部分浸漬  
 ではエポキシが大きく膨張しており高含水状態で  
 補修を行った場合, あるいは非補修部より多量の水分  
 の浸入がある場合には補修後も膨張する可能性が  
 高い。シラン, 無機による含浸は促進以外の環境で  
 は膨張量が反応性に比べて小さい。したがってコン  
 クリートからの水分逸散が期待できる条件であれば  
 高含水状態にあるコンクリートの補修も含めて膨張  
 抑制効果は高いと考えられる。しかし促進では無機  
 が大きく膨張している。これはコンクリート表面よ  
 り多量の水分の浸入があると考えられる場合には遮  
 水性能がライニングより劣るため, 浸入した水分に  
 より膨張抑制効果が減少したためと考えられる。な  
 おコンクリートに多量のエントレンドエアーを導入  
 することは空隙内への反応ゲルの浸入により若干の  
 膨張抑制効果が期待できるようである。

最後に本研究に御協力いただきました大阪セメン  
 ト(株), サンスター技研(株), サンユレジン(株), 恒和化  
 学工業(株), 日本ケミックス(株), ショーボンド(株), の  
 皆様に心から感謝いたします。

#### 参考文献

Hákon Ólafsson, "REPAIR OF VULNERABLE CONCRETE,"  
 Proc. of 6th International Conference - Alkalis in Concrete,  
 PP479~PP485, June 1983. etc

表3 e の計算結果

| 供試体 | 反応性 | 非反応性 | エポキシ  | ウレタン | MMA  | シラン  | 無機    | 空気量  |
|-----|-----|------|-------|------|------|------|-------|------|
| 室   | 1   | 0    | 3.6.1 | 2.42 | 1.43 | 92.2 | -25.3 | 109  |
| 境   | 1   | 0    | 1.39  | 0.43 | 0.73 | 0.37 | 0.86  | 0.68 |
| 全   | 1   | 0    | 1.82  | -    | -    | 0.42 | -     | -    |
| 件   | 1   | 0    | 0.71  | -    | -    | -    | 1.09  | 0.71 |

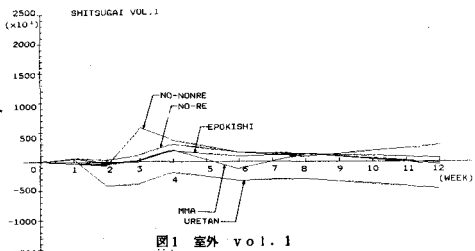


図1 室外 vol. 1

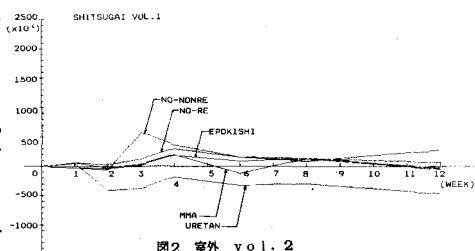


図2 室外 vol. 2

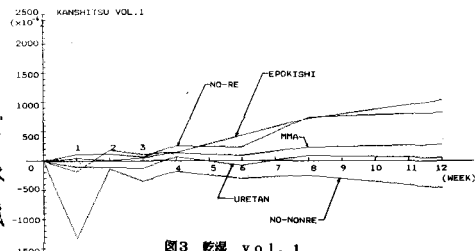


図3 乾湿 vol. 1

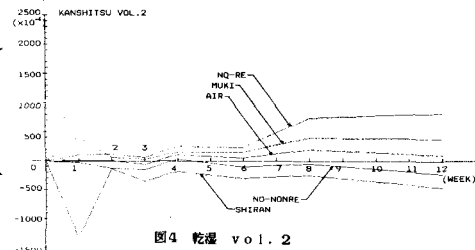


図4 乾湿 vol. 2

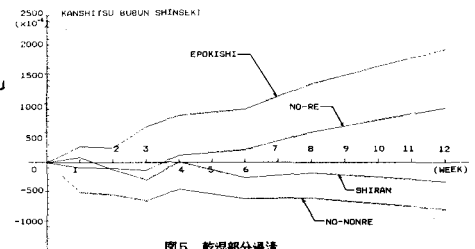


図5 乾湿部分浸漬

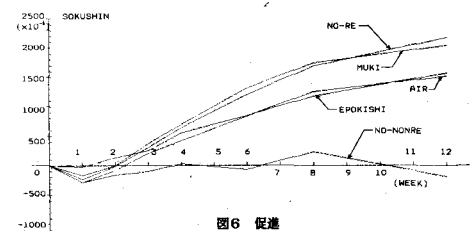


図6 促進