

反応性骨材の評価方法に関する一実験

鳥取大学 正員 西林新蔵  
鳥取大学 正員 ○矢村 潔  
鳥取大学 正員 林 昭富  
鳥取大学 学生員 鳥飼一吉

1. まえがき

最近、関西地方を中心に従来皆無に近いとされてきたアルカリ骨材反応によるコンクリートの膨張ひびわれ損傷の事例が報告されている。このアルカリ骨材反応による被害を防止するための最も基本的な事項として、骨材の反応性試験法とその評価法の確立があげられる。本研究はこのような観点から、各種の反応性骨材の基本的性質を把握するとともに、その骨材を用いた構造物における実被害との関係、従来の反応性骨材の試験方法との関係について検討を加えたものである。

2. 実験概要

本研究では、中国地方を中心として、合計7種類の骨材について各種の試験を行った。試験した骨材の概要を表-1に示す。まず、骨材Aは阪神地方を中心にアルカリ骨材反応による被害が報告されている骨材、骨材BおよびCは山陰地方でアルカリ骨材反応によるものと推定される被害が発生している骨材、骨材EおよびFは直接被害の報告はないが、反応性に関して問題がある可能性が指摘されている骨材、骨材D、およびGは反応性に関して問題はないとされている骨材である。

表-1 骨材の概要

| 骨材記号 | 比重   | 吸水率<br>(%) | 実被害 |
|------|------|------------|-----|
| A    | 2.54 | 1.93       | ○   |
| B    | 2.55 | 2.14       | ○   |
| C    | 2.66 | 0.50       | ○   |
| D    | 2.70 | 1.15       |     |
| E    | 2.60 | 1.00       |     |
| F    | 2.71 | 0.80       | △   |
| G    | 2.70 | 0.65       |     |

以上の7種類の骨材について、X線粉末回折法による構成鉱物の同定、ASTM C289 に準じた化学法試験、および ASTM C227 に準じたモルタルバーによる膨張試験を行った。なお、モルタルバーによる膨張試験では、セメント量に対して換算 Na<sub>2</sub>O 当量で2%の NaCl を過剰添加（セメントの当初のアルカ量は 0.63 % でアルカリ総量は 2.63 % となる）して行った。

3. 実験結果とその考察

代表的な骨材に対するX線回折図を図-1に示す。この図から骨材AおよびBには、アルカリ骨材反応を起す主要鉱物の一つと考えられているα-クリストバライトがかなりの量含まれていることがわかる。また反応性が疑われている骨材Fには、α-クリストバライトはほとんど検出されておらず、多量の石英が含まれているのが特長である。一方、骨材Gには反応性が指摘されているような造岩鉱物はほとんど含まれていないことがわかる。

図-2には、ASTM C 289 に準じて行った化学法の試験結果を示す。

これによると、骨材A～Fのすべてが有害領域に入ることになる。しかし、この試験法によるアルカリ濃度減少量（縦軸）は比較的試験値のばらつきが大きいといわれており、骨材Dをただちに有害と断定するには問題がある。一方、骨材AおよびB

| 略号 | 鉱物名        |
|----|------------|
| Q  | 石英         |
| F  | 長石類        |
| M  | 雲母類        |
| Ch | 緑泥石        |
| Am | 角閃石        |
| Py | 輝石         |
| Cr | α-クリストバライト |

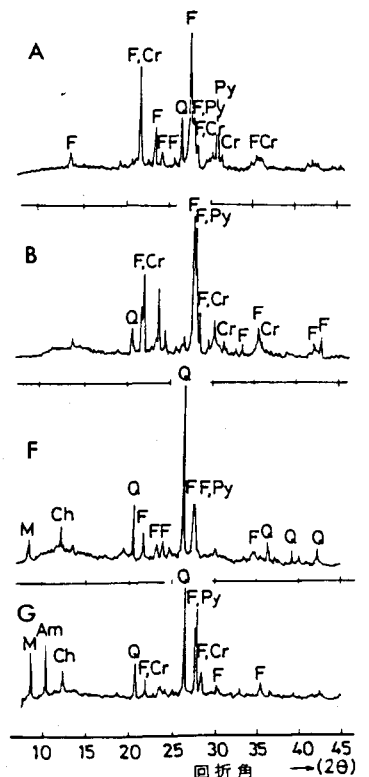


図-1 X線回折図

は、かなりはげしいアルカリ反応性を有することが本試験結果から推察される。また、骨材 C、E、F に関してもいずれも本試験方法では、はっきりと有害であると判定される。

次に ASTM C 227 に準じて行ったモルタルバーによる膨張試験の結果を図-3に示す。この図によると、骨材 G を除いて、すべての骨材が膨張を示していることがわかる。まず、骨材 A は、試験開始後ただちに急激な膨張を開始し、およそ 12 週程度でピークに達する。膨張量はきわめて大きく ASTM の基準をはるかに越えている。骨材 B、C は、A と比べて比較的ゆるやかに膨張し、試験開始後 16 ~ 20 週でピークに達する。膨張量はかなり大きく、やはり ASTM の基準を越えている。骨材 E、F は、骨材 B、C と似ているが、膨張量が小さい。骨材 D は、膨張量が非常に小さく、反応性を明確にすることが困難である。なお、本試験では、NaCl の過剰添加により、アルカリ量がかなり高い状態で行っているため、全般的に反応膨張量は大きく出ている。図-4には、化学法で求めた溶解シリカ量とモルタルバー試験における 24 週での膨張量の関係を示す。図より両者の間には、比較的はっきりとした直線関係が認められる。ここで、回帰直線より下側にプロット点がきいている骨材（例えば骨材 B）は、溶解シリカ量の大きい割には、モルタルバーの膨張量が少ないことを示しているが、本試験では、膨張量を 24 週の値をとっており、今後さらに膨張量が増加することも考えられる。ちなみに、実被害の報告されている骨材 A、B、C について、実被害との関係を考えてみると、骨材 A では建造後 5 ~ 6 年の橋脚、骨材 C では製造後 3 年程度の道路ふち石で膨張ひびわれによる損傷が報告されているのに対して、骨材 B では、建造後約 8 年経過した鉄塔基礎部のコンクリートに膨張ひびわれが発見されその後 2 年間経過した現在でもひびわれが拡大し続けていることが確認されている。このことは、骨材 B は、反応速度が比較的ゆっくりと、かつ長期間持続することを示しており、本実験における骨材試験結果と一致している。

#### 4. まとめ

以上の結果から次のことがいえよう。すなわち、本研究を通して、中国地方には、相当数の反応性骨材が存在すること、ASTM の化学法による溶解シリカ量と実被害の間には、かなりはっきりした相関が認められること、ASTM のモルタルバー法も、骨材の反応性評価法としてかなり有効であるが、アルカリ量、測定期間等に関してさらに多くの調査、研究が必要である、等のことが明らかになった。

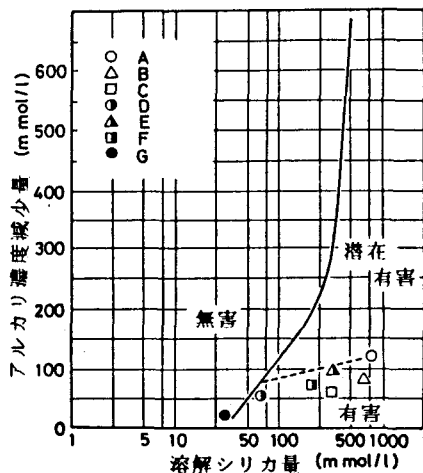


図-2 化学法による試験結果

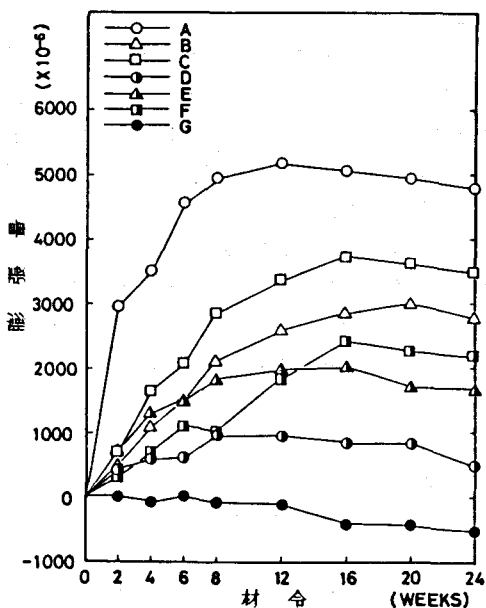


図-3 モルタルバー法による試験結果

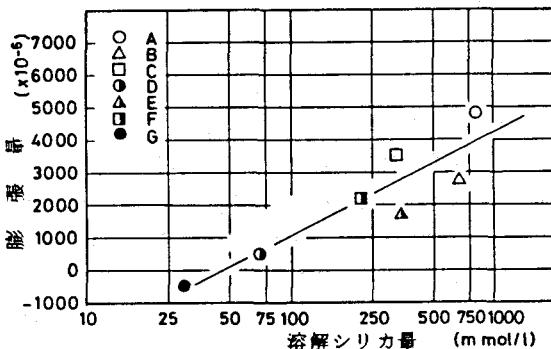


図-4 溶解シリカ量と膨張量の関係