

# 報告 関東地区のレディーミクストコンクリート工場における アルカリ骨材反応抑制対策の実態調査

須藤 絵美<sup>\*1</sup>・竹村 雅行<sup>\*2</sup>・中田 善久<sup>\*3</sup>・笠井 芳夫<sup>\*4</sup>

要旨:アルカリ骨材反応は,長期にわたり徐々に進行する現象であり,これを抑制するためには,技術的知見の蓄積とともにコンクリートの製造段階における対応が重要である。1980年代以降,わが国でもアルカリ骨材反応に対する研究が本格化し,様々な成果が上げられてきている。したがって,コンクリートの製造現場における対応の現状を把握することが重要となる。そこで,本報告は,関東4都県のレディーミクストコンクリート工場を対象に,アンケート調査を行った結果から,主にアルカリ骨材反応抑制対策の実施状況およびアルカリ骨材反応抑制対策に対する意識などの実態を明らかにし考察を加えたものである。

キーワード:アルカリ骨材反応,レディーミクストコンクリート工場,迅速法

## 1. はじめに

アルカリ骨材反応の抑制は,コンクリート構造物の耐久性を確保する上で,重要な要因のひとつである。レディーミクストコンクリート工場は,骨材のアルカリシリカ反応性の有無を十分に認識し,安全なコンクリートを供給していく責任があると考えられる。これまで,アルカリ骨材反応に関する様々な研究の成果は,JIS A 5308をはじめとし,各種試験制度に反映されてきたが,骨材の流通経路や使用形態が複雑化してきている今日<sup>1)</sup>,検査方法の改良および制度運用の検討を続けていくことは重要であると考えられる。従って,アルカリ骨材反応抑制に対するコンクリート生産現場の対応および意識の実態を把握しておくことが重要である。

本報告は,関東4都県のレディーミクストコンクリート工場におけるアルカリ骨材反応抑制対策に関する実態を明らかにするために,アンケート調査を行ったものである。ここでは,使用セメント,使用骨材等の現状を把握し,アルカリ骨材反応抑制対策の実施状況およびアルカリ骨材反応抑制対策に関する意識を実態としてとら

え,これらの結果により考えられる点について検討した。

## 2. アンケート調査の概要

### 2.1 調査概要

アンケート調査は,2003年8月から10月にかけて行った。調査対象は,東京都,神奈川県,千葉県および埼玉県にあるレディーミクストコンクリート工場からJIS表示認定工場を各50社ずつ抽出し,計200社とした。調査方法は,質問票を各工場に郵送しFAXにより回収した。質問項目は,選択式を34問,自由記述式を1問とした。

### 2.2 調査内容

アンケート調査の主な内容を,以下に示す。

- (1) 回答者の工場の概要および規模
  - (2) 使用セメントに関する調査
  - (3) 使用骨材に関する調査
  - (4) アルカリ骨材反応性試験の実施状況
  - (5) アルカリ骨材反応抑制対策の実施状況
  - (6) アルカリ骨材反応抑制対策に関する意識
- また,骨材成績書の提供も依頼した。

### 2.3 アンケート調査の結果および考察

\* 1 (株)内山アドバンス中央技術研究所 (正会員)

\* 2 日本建築専門学校 専任講師 工修 (正会員)

\* 3 ものつくり大学 技能工芸学部建設技能工芸学科専任講師 工博 (正会員)

\* 4 日本大学 名誉教授 工博 (名誉会員)



場を上回った。骨材の混合は、粗骨材で約32%、細骨材で約68%の工場が行っており、細骨材では混合している工場の方が多く結果となった。また、骨材を混合する理由は、粒度調整、次いで粒形調整が多く、購入費を理由に挙げた工場は粗骨材で約13%、細骨材では約2%にとどまった。以上のことから、関東4都県のレディーミクストコンクリート工場は、骨材の選定において品質を重要視しており、現在のところ、比較的近郊の骨材を使用している工場の割合が高いが、海岸付近の工場は、海輸により遠方から骨材を調達している場合もあることが明らかとなった。細骨材については、良質な天然砂の枯渇を背景として、天然砂と砕砂を混合して使用するケースが増えていると考えられる。また、骨材を変更する予定があるか、検討中である工場が全体の約30%を占めており、今後このような骨材の流通経路および使用形態の複雑化は、さらに進む

ものと予測される。しかしながら、岩種の判定を自社で行っている工場は全体の約6%と少なかった。品質確保の観点からレディーミクストコンクリート工場が岩種判定の技術を獲得していくことは、これからの課題であると考えられる。

#### (4) アルカリ骨材反応性試験の実施状況

アルカリ骨材反応性試験(以下、アル骨試験という)の実施状況を図-7に示す。2002年8月に、国土交通省のアルカリ骨材反応抑制対策が改正(以下、通達という)され、そこで示された6ヶ月以内に1回のアル骨試験を行う主体は骨材生産業者と回答した工場が、約90%前後であった。それ以外に、粗骨材では約48%、細骨材では約58%の工場が、自主的にアル骨試験を実施していた。その理由として、品質管理をあげた工場が最も多く、次が組合からの要求であった。また、自主的に行うアル骨試験の方法では、化学法が最も多く、迅速法は約7%であった。平成14年度

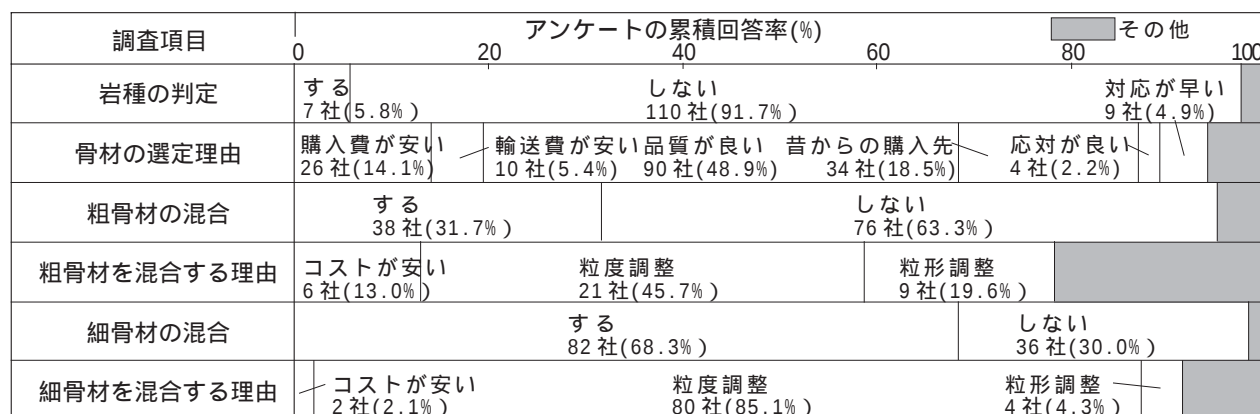


図 - 6 使用骨材に関する調査結果

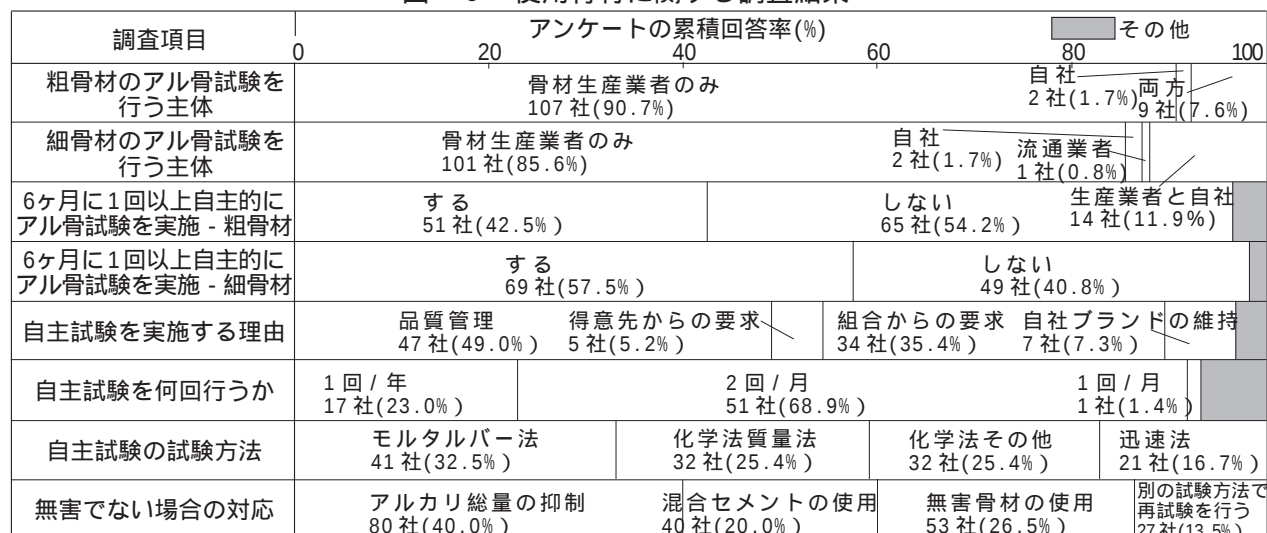


図 - 7 アルカリ骨材反応性試験の実施状況

の関東4都県における生コンクリートの出荷実績では官公需が約32%を占めており<sup>2)</sup>、官庁工事においてモルタルバー法と迅速法の併用が求められていることを考えると、迅速法の割合が低い結果となった。また、アル骨試験の判定が「無害でない」となった場合の対応は、アルカリ総量の規制、混合セメントの使用が全体の約60%を占め、無害骨材に変更する工場は約26%であった。さらに、別の試験方法で再試験を行う工場が約14%あった。

提供された骨材成績表を産地・岩種別にみると、粗骨材が37種、細骨材が48種であった。アル骨試験の方法は、モルタルバー法が約61%、化学法が約37%、迅速法が約2%であり、ここでも迅速法の普及率は低い結果となった。骨材成績表のうち、化学法による試験結果を図-8に示す。全般的に、細骨材の方がRc(アルカリ濃度減少量)の値が大きい傾向があった。また、ばらつきを考慮して5%以上の確率で判定が異なる可能性がある範囲<sup>4)</sup>を図中グレーで示すと、粗骨材で2種、細骨材で1種の骨材がこの範囲内に分布しており、これらの骨材の「無害」の判定は試験により異なる可能性がある。現在のアルカリ骨材反応抑制対策では、「無害」骨材を使用すれば良いとされているだけであり、これらの骨材が「無害でない」判定となっても、「別の試験方法で再試験を行う」ことにより「無害」判定を受けた骨材として使用されることも十分に考えられ、これは望ましい対応とは言えないであろう。

#### (5) アルカリ骨材反応抑制対策の実施状況

アルカリ骨材反応抑制対策の実施状況についての調査結果を図-9に示す。官庁工事の場合に

特別な対策を実施する工場は約10%に過ぎず、官庁工事に関わらず、アルカリ総量の自社基準を設けている工場が半数以上あった。また、アルカリ骨材反応による被害についての設問に対し、被害またはクレームがあったと回答した工場は1社もなかった。これらは、民間工事の場合でも、材料の品質管理を仕様通りに行っていると考えている工場が多いことを示している。また、通達に示された3つのアルカリ骨材反応抑制対策の優先順位は、「混合セメントの使用」を1位とした工場が約44%と最も多く、次いで「アルカリ総量の抑制」が約33%であり、「安全と認められる骨材の使用」を1位とした工場は約13%にとどまった。これらより、混合セメントの使用割合の増加傾向を背景として、コスト面でも現実性の観点からも「安全と認められる骨材の使用」よりも前者2者による対応のほうが、採用しやすいと考える工場が多いといえる。

#### (6) アルカリ骨材反応抑制対策に関する意識の調査結果

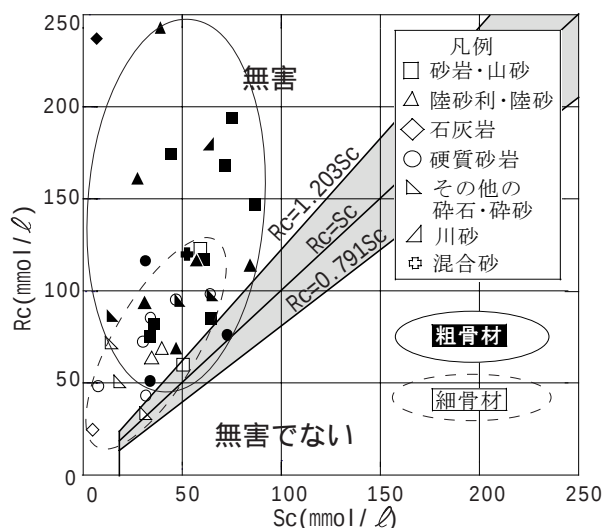


図-8 骨材成績表(化学法)の試験結果

| 調査項目                    | アンケートの累積回答率(%)             |                     |                 |                         |                 |                   | その他 |
|-------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----|
| 官庁工事の場合のアル骨抑制対策         | 実施する<br>12社(10.0%)         | 実施しない<br>96社(80.0%) |                 |                         |                 |                   |     |
| アルカリ総量の基準値を設けている        | はい<br>66社(55.0%)           |                     |                 | いいえ<br>44社(36.7%)       |                 |                   |     |
| アルカリ総量の計算方法             | JIS A5308による<br>91社(75.8%) |                     |                 | 国土交通省通達による<br>10社(8.3%) |                 | 両方<br>7社(5.8%)    |     |
| 抑制対策の優先順位 <sup>*1</sup> | 123<br>28社(23.3%)          | 132<br>12社(10.0%)   | 213<br>3社(2.5%) | 231<br>50社(41.7%)       | 312<br>1社(0.8%) | 321<br>15社(12.5%) |     |

\*1. 左より優先順位高、1: アルカリ総量の抑制 2: 混合セメントの使用 3: 安全と認められる骨材を使用

図-7 アルカリ骨材反応抑制対策の実施状況

| 調査項目          | アンケートの累積回答率(%)         |                  |                          |                   |                          |     | その他 |
|---------------|------------------------|------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-----|-----|
|               | 0                      | 20               | 40                       | 60                | 80                       | 100 |     |
| 通達を認知した時期     | 平成14年7月以前<br>8社(11.7%) | 8月<br>21社(17.5%) | 9月<br>33社(27.5%)         | 10月<br>21社(17.5%) | 平成14年11月以降<br>17社(14.1%) |     |     |
| 通達の内容の把握      | よく分かっている<br>45社(37.5%) |                  | だいたい分かっている<br>60社(50.0%) |                   | あまり知らない<br>2社(1.7%)      |     |     |
| 通達後の調査の変更     | 変更した<br>4社(3.3%)       |                  | 変更しない<br>107社(89.2%)     |                   | まったく知らない<br>1社(0.8%)     |     |     |
| アル骨試験の選択肢は適切か | 適切だ<br>25社(20.8%)      |                  | 適切ではない<br>84社(70.0%)     |                   |                          |     |     |

図 - 10 アルカリ骨材反応抑制対策に関する意識の調査結果

アルカリ骨材反応抑制対策に関する意識の調査結果を図 - 10 に示す。各工場が通達を認知した時期は、昨年9月が最も多く、11月までには約70%の工場が認知した結果となった。通達の内容の把握については、分かっているとの回答が約88%であったが、通達後に調査を変更したと回答した工場は、約3%にとどまった。アル骨試験における化学法またはモルタルバー法と迅速法の併用という選択肢は適切と思うかという設問に対しては、適切でないと回答した工場が約70%に達した。アルカリ骨材反応性試験の信頼性に対する意識の調査結果を図 - 11 に示した。迅速法の判定は信頼できないと回答した工場が最も多く約36%、モルタルバー法は信頼できると回答した工場が約23%であった。この背景として、アル骨試験において、迅速法、化学法、モルタルバー法の順に厳しい判定となる傾向があることがあげられる。筆者らが、関東のレディーミクストコンクリート工場で使用されている30種類の骨材について、アル骨試験を行った結果においても、「無害でない」の判定となる割合は迅速法で最も多く、次いで化学法、モルタルバー法の順であった<sup>5)</sup>。関東地方においてはアルカリ骨材反応による大きな被害が少ないことから、モルタルバー法で「無害」と判定されればそれで良いと考える工場が多い結果となったものと考えられる。アルカリ骨材反応性試験の判定に対する意識の調査結果を図 - 12 に示す。試験によって判定が異なるので困ると回答した工場が約42%あった。また、無害骨材を使用したいという回答も多く約30%あった。骨材のアルカリ骨材反応性試験およびアルカリ

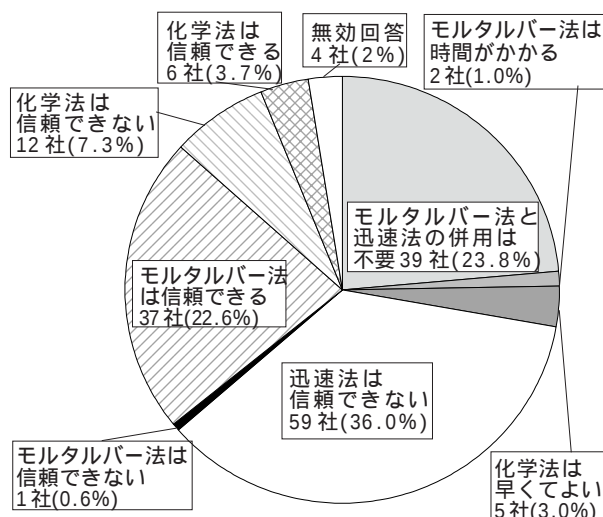


図 - 11 アルカリ骨材反応性試験の信頼性に対する意識の調査結果

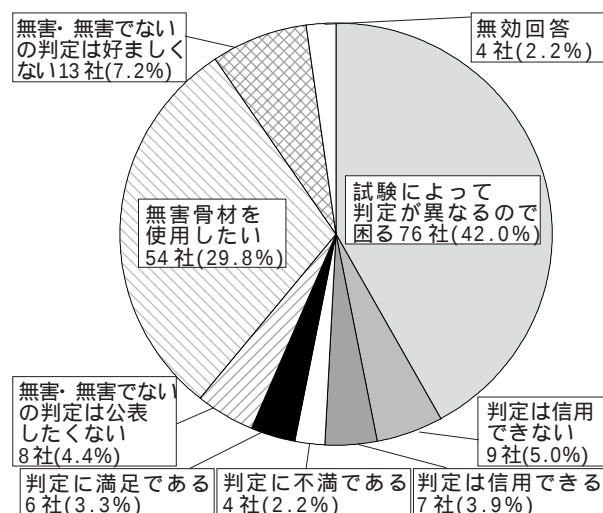


図 - 12 アルカリ骨材反応性試験の判定に対する意識の調査結果

骨材反応に関する意見を自由記述式で求めたところ、モルタルバー法や化学法で無害の骨材が、迅速法で無害でないとなることが多く、どの判定を信用すればよいのが混乱しているとの意見が大半を占めた。また、アル骨試験の結果により、コストをかけて骨材を変更するには、判定の信頼性に問題があるという意見や試験方法の

統一を望む意見も多数あった。

### 3. 実態調査の結果により考えられる点

#### (1) アル骨試験制度の運用

現在、アル骨試験を行うべき主体については、特に規定されていない。今回の調査では、アル骨試験を行っている主体は骨材業者が主である結果となった。しかし、輸入骨材の増加や骨材の混合使用によるペシマム現象の発生などを考慮すると、コンクリートの品質保証のためには、レディーミクストコンクリート工場が主体となって試験を行う必要があると考えられる。

#### (2) アル骨試験の精度

レディーミクストコンクリート工場は、アル骨試験の判定をあまり信頼していない傾向が見られた。今後、さらに試験精度を向上させる方法を検討するとともに、現場毎のコンクリートに対してアルカリ骨材反応を長期的に追跡していく方法も検討し、アル骨試験の結果および実際のアルカリ骨材反応の発生との関係をより明確にしていける必要があると考えられる。

#### (3) アル骨試験実施の頻度

アル骨試験の実施頻度は骨材業者が年2回、工場側が自主的に年2回行う場合が最も多かった。単純計算で約30,000m<sup>3</sup>につき1回の試験頻度となるが、骨材産地によっては少し採掘場所が変わるだけで岩種が変化することも予測されるため、一定生産量ごとに試験を行うなど、さらなる安全性の確保が必要と考えられる。

### 4. まとめ

関東4都県のレディーミクストコンクリート工場に対し、アルカリ骨材反応抑制対策に関する現状の実態調査を行い、以下のような結果が得られた。

(1) 関東地方における高炉セメントの使用割合は増加傾向にあり、アルカリ骨材反応の抑制にとって良好な方向に働いていると考えられる。

(2) 骨材の混合使用の割合は、粗骨材で約3割、細骨材では約6割を占めている。

(3) 迅速法によるアル骨試験は、現在のところあまり普及しておらず、通達後に調査を変更した工場はほとんどなかった。

(4) アルカリ骨材反応抑制対策として、「混合セメントの使用」により対応する工場が最も多く、「無害骨材の使用」により対応する工場は最も少なかった。

(5) 工場の多くは無害骨材を使用したいと考えているが、試験方法により判定が異なるため、「無害でない」と判定された骨材を変更するのに躊躇している現状が明らかとなった。

今回の実態調査によって、以上のような現状を把握することができた。今後、アルカリ骨材反応性試験における試料調整の方法を工夫することで、アルカリ量の後添加に頼らず反応を促進させる方法を検討し、試験結果および実際のアルカリ骨材反応の発生の関係の明確化に寄与していきたい。

謝辞

本調査を行うにあたり、回答してくださったレディーミクストコンクリート工場の方々、埼玉県TC生コン会並びにものづくり大学技能工芸学部西田健治君に多大なるご協力を頂きました。ここに付記し、謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 鳥居和之、骨材のアルカリシリカ反応性の品質保証、コンクリート工学、VOL.35、No.5、pp.68 ~ 71、2001.5
- 2) 全国生コンクリート工業組合連合会・全国コンクリート協同組合連合会統計資料、平成14年度出荷実績
- 3) 鉄鋼スラグ協会、平成13年度資料
- 4) 竹村雅行、中田善久、須藤絵美、我妻佳幸、各種骨材のアルカリシリカ反応性試験結果のばらつきに関する一考察、第57回セメント技術大会講演要旨、pp.132 ~ 133、2003.5
- 5) 須藤絵美、中田善久、竹村雅行、我妻佳幸、各種骨材のアルカリシリカ反応性試験に関する一考察、第57回セメント技術大会講演要旨、pp.134 ~ 135、2003.5