

[委員会報告]

コンクリート法によるアルカリ骨材反応

判定試験方法研究委員会(中間)報告

○ 鎌田 英治 (北海道大学工学部)

- | | | |
|---------|--------------------|------------------|
| < 委員長 > | 西林 新蔵 (鳥取大学) | |
| < 幹 事 > | 鎌田 英治 (北海道大学) | 宮川 豊章 (京都大学) |
| | 森永 繁 (清水建設) | |
| < 委 員 > | 阿部 道彦 (建設省建築研究所) | 魚本 健人 (東京大学) |
| | 大野 定俊 (竹中工務店) | 河野 広隆 (建設省土木研究所) |
| | 田村 博 (日本建築総合試験所) | 中野 錦一 (大阪セメント) |
| | 能町 宏 (日曹マスタービルダーズ) | 松藤 泰典 (九州大学) |
| | 矢村 潔 (摂南大学) | |

1. はじめに

本委員会は、1983年から5年間にわたって調査研究が行われた「アルカリ骨材反応調査研究委員会(主査 岸谷孝一)」の活動のうち、アルカリ骨材反応の試験方法の確立を目的とした判定試験方法分科会(主査 西林新蔵のち森永 繁)の研究を受けて発足したものである。判定試験方法分科会では、化学法、モルタルバー法の検討のほか、コンクリート自体で反応性を判定する試験方法の開発を目的とした活動を続け、その成果を化学法、モルタルバー法とともにコンクリートバー法(案)として最終報告書にとりまとめた。これらの試験方法の提案では、ばらつきの少ない結果を得るための手法、すなわち標準試験方法を定めるという意味においてかなりの成果があったものと判断できるが、長期にわたる劣化状況を短期間の実験室実験で推定することにもなう必然として、結果の解釈についての問題が残された。特に、コンクリートバー法では、このためのワーキンググループ(主査 鎌田英治)の発足が遅れたこともあり、長期にわたって状況を判断するためのデータが不足し、結果の解釈、判断基準を示すに至らなかった。

本委員会の研究活動は、平成1年から2年間の予定で行われている。これまで5回の委員会、2回の幹事会を開催し、コンクリートによる判定試験を定めるうえでの問題点を検討した。前委員会コンクリート法ワーキンググループでは、2次にわたる広範な共同研究が行われ、各研究機関に合計で数100種類にのぼるコンクリート供試体が残されている。本委員会ではこれらのコンクリートの経年データを取りまとめ、前委員会の成果に加えることによって、より確実な判断基準を得るべく審議を行っている。

委員会は継続しており、全体を取りまとめるには至らないが、ここでは、前委員会で得られた研究成果を含めて、アルカリ骨材反応をコンクリート自体で判定する試験方法のための検討事項とその結果について記述する。

前委員会の成果は、アルカリ骨材反応調査研究委員会の最終報告書「アルカリ骨材反応調査研究委員会報告書(平成元年7月、コンクリート工学協会)」に記載されている。参照されたい。

2. 判定試験方法のための検討課題

(1) コンクリートバー法の考え方

アルカリ骨材反応を判定するための試験方法として、これまで、化学法、モルタルバー法の2種の試験方法が規格化され、骨材が有害な反応性を有するかどうかの判定試験方法として用いられている（JASS A5308 付属書）。このような状況のもとで、コンクリートバー法をどのように位置づけるかの論議をかさね、前委員会の比較的早い段階で「コンクリートバー法は、これら2つの試験方法と同じ目的、つまり、骨材の有害性の判定試験として用いるべきではない。コンクリートでは実際に即した材料条件が得られることから、この利点を生かし、配合の判定試験として位置づけるべきである。」との結論を得た。

アルカリ骨材反応は、骨材のみの問題ではなく、セメントなどからのアルカリが問題となる。また、反応を抑制する混和材料も知られている。このため、有害であると判定された骨材も、そのコンクリートの配合によっては安全に使用しうるし、逆に、一定の条件のもとで無害と判断された骨材も、その反応性の程度によっては、高アルカリの条件下で膨張を引きおこす可能性がある。厳密にコンクリートの反応性を判定するためには、実際のコンクリートに用いられる骨材とそのコンクリートのアルカリの組み合わせ、すなわち、そのコンクリートの配合で検討が必要がある。ASTM C227（モルタルバー試験）は、骨材とセメントの組み合わせの有害性を判定する試験であるが、コンクリートバー法は、この考え方をより実際に近付けた試験方法として考えることができる。

実際の配合のコンクリートの反応性を判定すること、これを実際のコンクリートで試験することは、最も望ましい方法であろうが、これをそのまま判定試験方法とすることはできない。有害性の判定試験では長い期間にわたって生ずる反応を比較的短期間の実験室実験によって推定することが必要である。また、材料の品質変動を考慮した安全率を考慮しなければならない。前委員会できりまとめ、現在、検討が加えられているコンクリートバー法では後述のごとく、この問題を一定量のアルカリ添加によって対応しようと考えている。しかし、添加すべきアルカリ量については、まだコンセンサスが得られておらず、したがって、現段階ではコンクリートバー法は、そのコンクリートの配合が有害な可能性があるかどうかを判定するための試験方法として確立されていない。実験の手法のみを記述したものとなっている。その確立が現在の委員会の主要な目的の一つでもある。

(2) 反応促進条件の検討

アルカリ骨材反応を促進させるには、反応に最適な温度と、十分な湿度をもつ環境にコンクリートを放置しなければならない。前委員会では、反応性が高い骨材（安山岩碎石）を用いたコンクリートで20℃および40℃湿度100%の養生促進と暴露試験での膨張傾向を比較し、この結果として以下の知見を得た。

- ① 暴露試験で膨張の進行に明らかな差の見られた2種の反応性骨材によるコンクリートを、40℃と20℃の促進試験で比較すると、暴露試験と同じ傾向は、20℃の条件で得られ、40℃の条件では、その傾向は明瞭ではなかった。
- ② 試験体のアルカリ量がきわめて高い（総アルカリ量で 6.75kg/m^3 ）にもかかわらず、20℃の条件では材令4,5ヶ月まで膨張が見られず、一方、同じコンクリートを40℃の条件においた場合には、材令1,2ヶ月で急激な膨張を示し、材令6ヶ月程度では膨張の進行は穏やかなものとなった。
- ③ 40℃湿度100%の促進養生を行うことによって自然環境下の条件よりは、膨張の進行が促進されているものの、暴露試験においても、顕著な膨張は1年程度の屋外放置で観察された。

これらの結果より、実際の自然条件に近付けるためには過度の温度条件とすることは望ましくなく、一方で、結果の判断を短期間で行う目的から20℃の条件も採用しにくいという結論となった。このため、反応を促進するための温度条件として40℃を採用することとし、この条件での実験結果のばらつきの検討を行った。共通試験の結果、実験条件の管理が厳密となりにくい湿度に関係する放置条件が結果のばらつきに大きく影響することが判明し、湿度条件を一定化する試みを行った。

水中放置の条件は、供試体を一定条件下で管理しやすい。しかし、実験の結果、水中放置の条件では、アルカリの溶出が無視できない程度となることが示され、これは現在の委員会による追試験（本年度の年次講演会で発表予定）でも確認された。

水中養生において、比較的多量のアルカリ溶出が見られることから、コンクリートの促進養生において結露水が常に滴下するような条件も望ましくない。また、供試体が乾燥することも結果に大きく影響する。このため、最終的に、湿度条件を比較的厳密に一定にする方法として、各々の供試体を一定量の水を含ませた湿布（実験では十条キンバリー社キムテックスを使用）で覆い密閉容器（多湿ボックスを使用する条件でポリエチレン袋）に入れた後、容器ごと40℃の条件に放置する方法（湿布封緘法）を採用することとした。

(3) 実験結果の促進と安全率の導入

前述のごとく、判定試験方法には、長期にわたって生ずる劣化を促進させることと、環境の変化、材料の品質変動に対して安全側の結果となることが要求される。

反応性骨材を用いたコンクリートの膨張は、そのコンクリートに含まれるアルカリの総量（単位アルカリ量）と密接な関係にある。このため、アルカリ添加量を変えたコンクリートを反応性骨材を用いて作製すると、そのコンクリートの単位アルカリ量がある一定値以下では膨張せず、その値を越したコンクリートにおいて単位アルカリ量に対応した膨張が認められる。

図1は、アルカリの添加量を 0.6kg/m^3 づつ変化させたコンクリートの膨張量を、コンクリート 1m^3 に含まれる総アルカリ量（単位アルカリ量）を指標として促進養生6カ月の段階で比較して示した一例である。この図で認められる、膨張のない段階から明確な膨張を示すに至る段階の単位アルカリ量と実際のコンクリートの単位アルカリ量の差が試験の目的から重要となる。つまり、反応性を判断しなければならないコンクリートに含まれるアルカリ量とその配合で膨張が生ずる段階のアルカリ量の差が、試験の促進、安全側のデータを得る目的から十分な値であればそのコンクリートは膨張反応の恐れはない。したがって、この2つの要因から定められたアルカリ量を判断すべきコンクリートに加え、このアルカリを添加したコンクリートで膨張が見られなければ、判定の対象となるコンクリートは膨張反応の恐れがないとの考え方になる。

図2に、材令6カ月の段階の膨張量とそのコンクリートの材令1年および2年の段階の膨張量を比較して示す。材令6カ月から1年または2年の段階の膨張にはそれぞれ14%および20%程度の増加が見られるが、これを、0.1%の膨張に達する段階を対象と

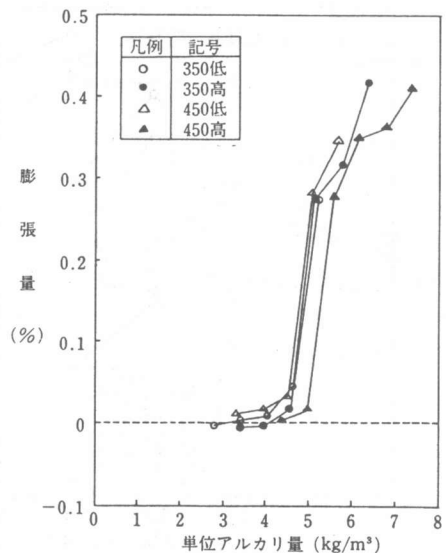


図1. 単位アルカリ量と膨張量の関係

してアルカリの添加量で換算すると、材令1年では、大部分のコンクリートで 0.4kg/m^3 以下の添加量に対応した。加えるべきアルカリ量をどのように定めるべきかについては現在検討中である。安全側のデータを得るためのアルカリの添加は、その試験の目的によって定めるべきものであろうが、反応の促進に関してもチャート質骨材など遅反応性骨材への適用性に検討すべき点が残されている。後述のケーススタディで見られるごとく、アルカリ添加量を複数とし、責任技術者の判断を重視する考え方もあろう。

(4) アルカリの添加にともなう問題点の検討

コンクリートバー法では、実際の配合のコンクリートで試験を行うことになるが、有害性の有無の判定にはアルカリの添加が必須である。アルカリの添加は実績のあるNaOHで行うこととしているが、ここでNaOHの添加によるコンクリートの基本的な性質の変化を知る必要がある。

・フレッシュコンクリート：図3および図4は、アルカリの添加がスランプおよび空気量におよぼす影響を示した一例である。AE剤を用いたコンクリートを含めて、NaOHの添加はスランプおよび空気量に著しい影響を与えることはなく、無添加の場合と同様にコンクリートを作製することが出来る。なお、最近の実験では高性能AE減水剤を使用したきわめて低水セメント比のコンクリートで、顕著なスランプの低下が認められている。

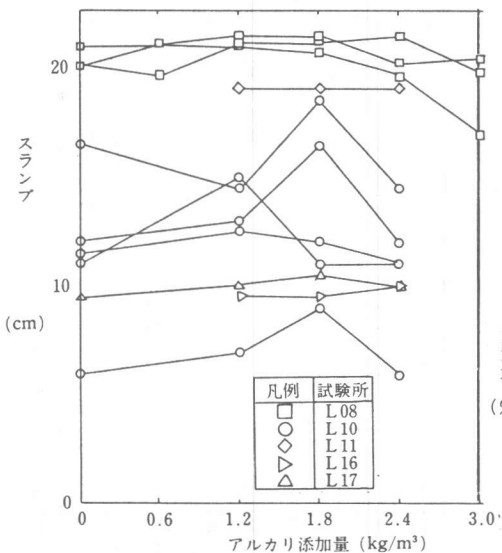


図3. スランプとアルカリ添加量の関係

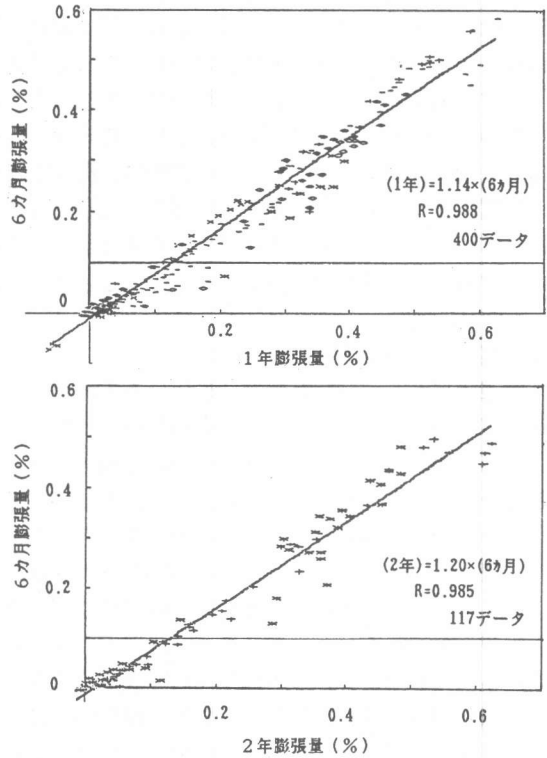


図2. 材令6カ月の膨張量と1年, 2年の膨張量

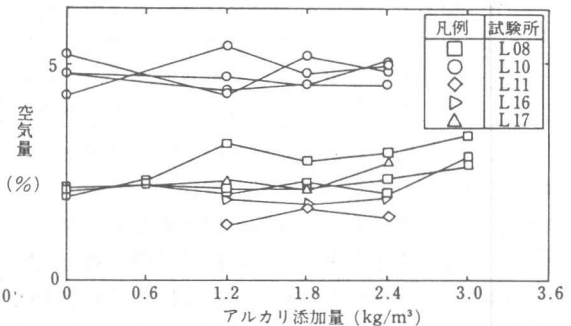


図4. 空気量とアルカリ添加量の関係

・硬化コンクリート：図5は、NaOHの添加にともなう圧縮強度の低下を示した一例である。NaOHの添加は微小径の細孔量の増大をもたらし、圧縮強度を低下させる傾向をもっている。NaOHの添加量の増大にともなう強度低下は引張強度の場合にも認められるが、弾性係数についてはこの傾向は見られていない。

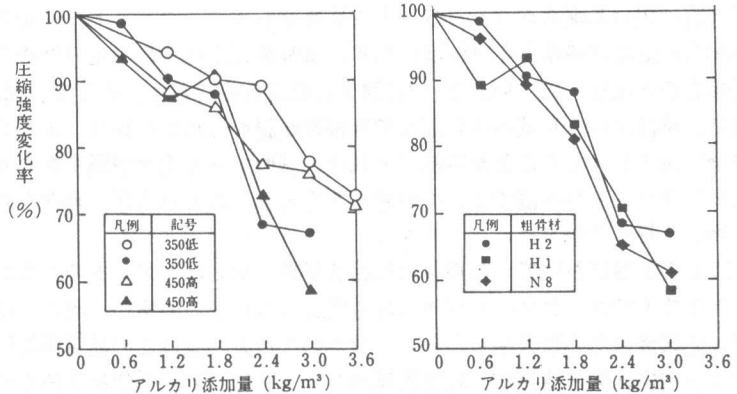


図5. アルカリ添加による圧縮強度の低下

(5) 測定指標の検討

アルカリ骨材反応による劣化が進行しているコンクリートでは膨張が進行し、同時に動弾性係数、超音波伝播速度が低下する。このため、これらの指標のいずれもが劣化の判断指標となりうるが、動弾性係数、超音波伝播速度には水和の進行にともなって値が増大する過程があり、これらを劣化指標として用いるには水和の進行がある程度おさまった段階以降の値の低下をとらえなければならない。しかしながら、水和の進行過程において、劣化が進行しないという保証はなく、ここでは測定指標として長さ変化（膨張）のみを採用している。当然、試験の目的によっては他の指標も用いることができる。

(6) その他の検討事項

コンクリートの膨張を劣化の判断基準と考える場合、ひびわれの発生がその目安となる。最初にひびわれが観察された段階の膨張量は、0.05%~0.10%程度の場合が最も多いものの、観察者によって、また、観察が1カ月毎であることから、膨張の進行速度によってかなりのばらつきが認められた。また、膨張が始まった後の進行が一般にかなり急速であることから、1カ月毎の測定では0.05%から0.10%の間の膨張量が得られる機会は少なく、劣化を判断するための基準値を0.05%とするか0.10%にするかには重要な意味はない。特に、(3)で示すように試験の考え方を膨張の生ずる単位アルカリ量を見い出すことにおく場合、判断基準となる膨張量は、膨張が生じたことを明確に、かつ誤りなく知る値で良い。現在、この基準となる膨張量を定めるべく検討を行っている。なお、これまでの実験結果では、膨張率0.10%程度の段階においてはアルカリ添加量が増すにつれて膨張が増す傾向が得られているが、膨張率が0.30%程度を越えた段階では、アルカリ添加量の増大にともなう膨張量の増大にしばしば逆転が認められる。このような段階ではアルカリ量に対応したベシマムが存在する可能性がある。

促進養生期間中に乾燥を受けた場合、また湿気が水滴となって流れるような条件では、断面寸法の小さな供試体の膨張量は、より大きな供試体と比較して小さな値となる。前委員会でも採用した湿布封緘の条件で、10×10×40cmと7.5×7.5×40cmの膨張傾向を膨張率0.10%程度の段階で比較した結果、相互比較の可能な10データのうち、断面寸法10cmの供試体の膨張が大きいもの4データ、逆に7.5cmの膨張量が大きいもの1データ、ほぼ同じであったものが5データであった。試験体の断面寸法を10cmから7.5cmにすることは、試験槽の容量を1/2とし、また測定時の取り扱いも著しく容易になる。供試体寸法についても現在検討が行われている。

実際に用いる配合のコンクリートで実験を行うコンクリートバー法では、判定のための供試体を配合の数だけ準備しなければならず、試験を行う配合の選定のための指針がなければ実用的な試験方法とはなりにくい。2.(3).図1に見られるごとく、ここで、配合が大きく変わらない範囲で、単位アルカリ量の多い配合で有害性が認められなければ、よりアルカリ量の少ない配合は安全であると考えることが可能であれば、試験すべき配合が限定される。前委員会でもとりまとめたコンクリートバー法では、この考え方をとり入れているが、現在この点について、さらに慎重な検討を行っている。

実際の工事において、使用材料に品質限界（例えばセメントのアルカリ量〇%以下）を定めて、この条件下でコンクリートが作られる場合も多い。この場合、実際に用いられるセメント、したがって試験のために入手しうるセメントのアルカリ量はこの品質限界以下であり、このセメントによる判定試験の結果は、品質限界のセメントについての情報を得るうえで役立たない。しかし、NaOHによるアルカリがセメントなどから供給されるアルカリよりも膨張に与える影響が大きければ、品質限界のアルカリ量と入手したセメントのアルカリ量の差をNaOHにおきかえ、その結果で安全性が証明されれば良いことになる。前委員会の実験は、NaOHによるアルカリがセメントからのアルカリと比較して、1.3倍程度効果が大きいことを示している。試験方法の汎用性を高めるために、NaOHの効果についての検討も必要となる。

3. 前委員会でまとめられたコンクリートバー法について

材料の試験方法には2つの考え方がある。その1つは、ある材料特性に対してその材料がどのように位置づけられるかを知るもので、コンクリートの圧縮強度試験、乾燥収縮試験、凍結融解試験など、規格化されている試験法の大部分はこのようなものと考えることができる。この場合、試験方法には、実際の条件の促進と結果の正確さ（ばらつきが少ないこと）などが要求され、実験のための手順のみが示されることになる。したがって、そのコンクリートが持つべき特性値は他の基準、規格などによって定めなければならない。ASTM C227のモルタルバー試験も、有害性の判断はC33においてなされている。

他の考え方は、実験のための手順と、その結果の判定方法を同じ規格で対応させるもので、我が国で規格化されたモルタルバー法、化学法など、アルカリ骨材反応性試験方法の多くがとる考え方である。本委員会および前委員会の調査研究の対象が、有害性の判定のための試験方法の確立にあることから、試験方法の考え方は後者の立場に立っている。しかしながら、有害性の判定を誤りなく行うには多くの検討すべき事項が残されており、前委員会の取りまとめにおいては結論を得るには至っていない。したがって、以下に示すコンクリートバー法(前委員会による素案)は、実験手法のみを示したものであり、その配合のコンクリートが有害であるかどうかの判断基準は示していない。現在の委員会の主要な目的は、この判断基準を明らかにすることにあるが、実験の手法についてもこれまで述べたような再検討を行い、より良い試験方法とすべく努力している段階である。

前委員会で取りまとめたコンクリートバー法(案)をアルカリ骨材反応調査研究委員会報告書から抜粋して以下に示す。なお、この方法は素案の段階であり、より多くのデータと批判を得たうえで、最終案としてとりまとめることを考えている。また、この試験方法(案)はアルカリ・シリカ反応のみを対象としたもので、実験室における実験を想定している。

コンクリートの潜在反応性試験方法(コンクリートバー法)(案)

1. 適用範囲

この試験方法は、任意の配合のコンクリートが有害な膨張性を潜在的に有するか否かを、コンク

リートの長さ変化を測定することによって判定する試験に適用する。

2. 使用材料

2.1 セメント

目的とするコンクリートに使用するセメントを使用する。

2.2 骨材

目的とするコンクリートに使用する骨材の組合わせで試験を行う。

2.3 混和材料

目的とするコンクリートに使用する混和材料を使用する。

2.4 練り混ぜ水

目的とするコンクリートに使用する水あるいは水道水を使用する。

2.5 水酸化ナトリウム

2 規定の水酸化ナトリウム溶液をあらかじめ練り混ぜ水に加えて使用する。この場合、水酸化ナトリウムによって増量されるコンクリートのアルカリ量は、(1)式によって求める。また、水酸化ナトリウム溶液に含まれる水量は、(2)式によって求め、練り混ぜ水から差引く。

$$V_{2N} = \frac{1}{2} \times \frac{100}{40} \times \frac{2 \times 40}{61.98} \times W_{R20} = 16.13 \times W_{R20} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$W_{w1} = \left(\frac{1000 - \left(\frac{2 \times 40.0}{2.13} \right)}{1000} \right) \times V_{2N} = 0.96 \times V_{2N} \quad \dots\dots\dots(2)$$

V_{2N} : コンクリート 1 m³ 当りに必要な水酸化ナトリウム 2 規定溶液の容積 (l/m³)

W_{R20} : コンクリート 1 m³ 当りに必要な酸化ナトリウム換算のアルカリ量 (kg/m³)

W_{w1} : 2 規定の水酸化ナトリウム溶液を V_{2N} 加えた場合に減じなければならない練り混ぜ水の量 (kg/m³)

3. コンクリートの配合 (調合)

コンクリートの配合は、目的とするコンクリートの配合とする。

4. 水酸化ナトリウムの添加量

水酸化ナトリウムの添加量は試験の目的に応じて定める。

5. 使用機器

5.1 供試体製作型わく

断面が一辺75mmまたはそれ以上の正方形で、長さ400mmの供試体の作製が可能な鋼製型わくとする。

5.2 供試体容器

腐食に抵抗できる材料でつくり、供試体の貯蔵期間中の湿気の損失が防がれるものとする。

5.3 恒温室または恒温槽

供試体を供試体容器ごと貯蔵する恒温室または恒温槽は、40℃±2℃の温度に調節可能なものとする。供試体の測定を行うための恒温室の温度は、20℃±3℃とする。

注) 測定時の測定室の温度は、相対湿度80%以上であることが望ましい。より湿度が低い場合には、供試体を湿布で覆うなど、測定中の供試体の乾燥を防ぐ工夫が必要である。

5.4 測長器

測長器は、ダイヤルゲージを使用し、供試体をその長軸が鉛直になるように支持することが可能なものとする。

注) ダイヤルゲージの精度は0.01mmとする。

5.5 はかり

はかりは、感量 2 g 以上のものを使用する。

6. 供試体

6.1 供試体の寸法

供試体の寸法は、粗骨材最大寸法が25mm以下の場合には、75mm×75mm×400mmまたは100mm×100mm×400mmを標準とする。骨材の最大寸法が25mmを越える場合には、長さは400mm以上とし、断面が正方形でその一辺の長さが粗骨材の最大寸法の3倍以上となるように定める。

6.2 供試体の個数

供試体の個数は、同一条件の試験に対して、それぞれ3個以上とする。

6.3 ゲージプラグの埋込み

長さ変化測定用のゲージプラグは、ステンレス製とし、コンクリートの長軸方向の両端部中央に埋込まれていなければならない。

6.4 供試体の作り方

供試体は原則として、JIS A 1138（試験室におけるコンクリートの作り方）およびJIS A 1132（コンクリートの強度用供試体の作り方）5.2、5.3による。

6.5 打ち込み後の処理

打ち込み後はただちに供試体表面をビニールシートで覆い、水分の蒸発を阻止する。

6.6 型わくの取り外し

型わくの取り外しは、打ち込み後20時間以降24時間以内に行い、ただちに7に示す基準値の測定を行う。

7. 基準値の測定

脱型後、ただちに基準となる供試体長さ、質量を測定する。

8. 反応促進養生

8.1 反応促進養生の開始

反応促進養生の開始は、基準値の測定の直後とする。

8.2 反応促進養生の方法

反応促進のための養生は、供試体を約100gの水を含んだ湿布で覆い、網袋に入れたのち、個別に供試体容器に縦置きにして入れ、密閉した状態で、40℃±2℃の恒温室または恒温槽に貯蔵することにより行う。

注) 湿布に含まれる水分は、供試体を貯蔵している期間中、水の状態で溜ってはならない。

9. 測定項目および測定方法

9.1 測定項目

測定項目は、各供試体の長さおよび質量とする。また、各測定毎に供試体表面を観察し、最初にひびわれを見出した材令、ゲルの滲出の有無を記録しておく。

9.2 測定時期

測定時期は材令、2週、1、2、3、4、5、6ヵ月とし、さらに必要のある場合には、その後1ヵ月毎に行う。

9.3 供試体の放冷

所定の測定時期のおよそ24時間以前に供試体を供試体容器ごと20℃±3℃の測定室に移動し、供試体容器を密閉した状態で放冷したのち、測定を行う。

9.4 長さ変化の測定方法

長さ変化の測定にあたって、標準棒を測定部分にはめ込み、ダイヤルゲージのスピンドルを軽く押さえながら標準棒をゆっくり回転させ、ダイヤルゲージの指針の最小値がダイヤルゲージの所定の目盛となるように調整する。次に供試体について同様の操作を行い、ダイヤルゲージの読み値を求める。このとき、標準棒および供試体の上下は常に一定としなければならない。

10. 膨張量の測定方法

膨張量は、9.4で得られたダイヤルゲージの読み値をもとに、下式により0.001%まで計算し、結果を平均値で表す。

$$L_n = \frac{l_n - l_0}{Y} \times 100$$

ここに L_n : 材令 n カ月における供試体の膨張量 (%)

l_n : 材令 n カ月における供試体長さのダイヤルゲージの読み値 (mm)

l_0 : 基準時における供試体長さのダイヤルゲージの読み値 (mm)

Y : 検長 (ゲージプラグ内側間の距離) (mm)

11. その他

11.1 本試験を配合の判定試験として使用し、その配合が所定の条件に対してアルカリ・シリカ反応が生じないと判断された場合、このコンクリートと使用材料の変更がなく、配合割合が大きく変化しない範囲のコンクリートで、この配合よりもコンクリート 1 m³中のアルカリ量が少ない配合は、同じ条件においてアルカリ・シリカ反応は生じないであろうと推定する。

11.2 骨材の種類、使用材料が変更された場合のほか、材料の配合割合が大きく変更された場合には、再度試験を行わなければならない。

11.3 養生期間内に供試体に明確な重量減少があった場合、実験が失敗したものと判断し、再度試験を行わなければならない。

4. ケーススタディ (コンクリートバー法の適用)

諸般の事情で、化学法で潜在的有害、モルタルバー法で有害と判定された碎石粗骨材を用いてコンクリート構造物を建築せざるを得ない場合がある。この時に採用する有効なアルカリ・シリカ反応抑制対策をコンクリートバー法で決定する実験を想定した。

一般に、実際の配合のコンクリート中の総アルカリ量が 3 kg/m³以下であれば有害な膨張は起こらないと判断されているが、当該骨材のコンクリート中での反応特性は不明である。出来るだけ安全性を高めようとする観点で、低アルカリセメントと高炉スラグを使用する計画を立て、この時の総アルカリ量と膨張量との関係を求めた。

- ① 使用材料 セメント : 低アルカリ形 (R₂O : 0.51%) , (アルカリ・シリカ反応抑制対策)
細骨材 : 山砂, 使用実績あり, (アルカリ・シリカ反応無害)
粗骨材 : 安山岩砕岩, 使用実績なし
化学法で潜在的有害
モルタルバー法で6カ月膨張量0.26% (有害)
混和剤 : A E 減水剤標準形 (製品中のR₂O : 0.01%以下)
混和材 : 高炉スラグ, (アルカリ・シリカ反応抑制対策)
- ② 実験計画 単位セメント量 : 300kg/m³
添加アルカリ量 : 0, 1.2, 1.8, 2.4kg/m³

高炉スラグ使用量：0%，55%，65%

③ 結果

実験の結果を左表に示す。

(1) アルカリ無添加では膨張は見られないが、アルカリ添加量の増加にともなって、次第に膨張量も大になる傾向を示し、総アルカリ量が3 kg/m³を越える条件、即ちスラグ無添加でアルカリを1.8kg, 2.4kg添加した時の6カ月の膨張量は、それぞれ0.06%, 0.18%であり、明らかにアルカリ骨材反応による膨張が見られており、2.4kgで0.10%を越える有害な膨張率になっている。

スラグ 添加量	アルカリ添加 量(kg/m ³)	総アルカリ量 (kg/m ³)	膨張率(%)	
			3カ月	6カ月
0%	0.0	1.53	0.01	0.01
	1.2	2.73	0.01	0.03
	1.8	3.33	0.03	0.06
	2.4	3.93	0.08	0.18
55%	1.8	2.49	0.01	0.01
	2.4	3.09	0.02	0.02
65%	2.4	2.94	0.01	0.01

(2) スラグ無添加で、アルカリを1.2kg添加した時の6カ月の膨張率は、0.03%で小さいが、やや膨張傾向にある。

(3) 従って、低アルカリセメントを用いる対策のみでは、将来何らかの促進条件が加わった場合に、当該コンクリートにアルカリ・シリカ反応による損害が生じる恐れがある。

(4) 高炉スラグを55%添加した条件下では、いずれのアルカリ添加量においても、有害な膨張傾向は認められない。65%添加においても同様である。

(5) 従って、低アルカリ形セメントを用い、且つ高炉スラグ微粉を55%併用することによって、当該骨材を安全にコンクリートに使用できると判断する。

以上は、架空の実験である。従って、実験データは、実際のものではないが、アルカリ添加量を変えた委員会の共通試験においても、同様の傾向が得られており、コンクリートバー法を適用する一例として取り上げたものである。

(文献) コンクリート工学協会，アルカリ骨材反応調査研究委員会報告書，平成元年7月