

[45] 骨材のアルカリ反応性の早期判定試験方法の一提案

正会員 田村 博 (日本建築総合試験所)
 正会員 星野 善孝 (日本建築総合試験所)
 正会員 ○高橋 利一 (日本建築総合試験所)
 斉藤 広志 (日本建築総合試験所)

1. まえがき

最近、アルカリ反応性骨材によるコンクリート構造物の劣化現象が報告されるに伴い、骨材のアルカリ反応性試験の必要性が増してきている。現在我が国で主として行なわれている試験方法は、偏光顕微鏡または粉末X線回折による骨材中の有害鉱物の確認、ASTM化学法ならびにASTMモルタルバー法である。しかしながら、これらの試験方法にはいくつかの問題点がある。すなわち、偏光顕微鏡や粉末X線回折による有害鉱物の確認試験によれば、有害鉱物の存在の有無は確かめられるが、有害性の有無までは言及できない点があるとともに、モルタルあるいはコンクリートとして使用した場合の有害性について直接的に確認していない点に問題がある。ASTM化学法の場合は、迅速に結果が判明するという長所があるが、炭酸カルシウム、マグネシウムまたは第1鉄を含む骨材（方解石、ドロマイト、マグネサイト）やマグネシウムの珪酸塩を含む骨材については有効でないという制約がある。また、アルカリ反応性の判定区分が設けられているが、これは一定のアルカリ濃度下におけるASTMモルタルバー法による6ヶ月のモルタルの膨張量の結果をもとに決められており、後述のごとく、6ヶ月の膨張量のみではまだ判定に苦しむので、その点にも問題が残る。またASTMモルタルバー法については、モルタルの膨張量でアルカリ反応性の判定を行なうが、3ヶ月あるいは6ヶ月もの長期間を要する点に問題があるとともに、図-1に示すように、モルタルの膨張の発現傾向も様々であり、また、膨張は6ヶ月以降も続くので、さらに長期間の測定を必要とする指摘する研究者¹⁾もあり、また、この試験を行なう場合、モルタル中のアルカリ濃度をいかに選択すべきであるかが明確でない。さらに、アルカリ骨材反応によるモルタルあるいはコンクリートのひびわれ現象を確認していない点にも疑問が残る。

以上のとおり、従来行なわれている骨材のアルカリ反応性を確認するための試験方法には種々の問題点がある。著者らは、それらの問題点を顧慮する必要のない方法を考案し、これまでに2、3の実験結果を報告してきた。本報告は、それらの実験結果をもとに作成した骨材のアルカリ反応性早期判定試験方法（GBRC促進法（案））を提案するとともに、同試験方法の適用例として実施した、全国で採取した計61の骨材についての試験結果ならびにアルカリ骨材反応による損傷を受けたコンクリート構造物から採取した骨材についての試験結果について述べたものである。

2. GBRC促進法（案）について

2-1 試験方法の概要ならびに特徴

試験は、試料骨材を用いて高アルカリ濃度のモルタル供試体を作成し、それを1.5kgf/cm²（ゲージ圧0.5kgf/cm²）の加圧下の水中で煮沸し、モルタルのひびわれ現象を確認することによって骨材のアルカリ反応性の有無を判定するものである。この試験方法の特徴は次のとおりである。

- ①短時間に判定可能である。
- ②アルカリ骨材反応によるひびわれ現象を確認できる。

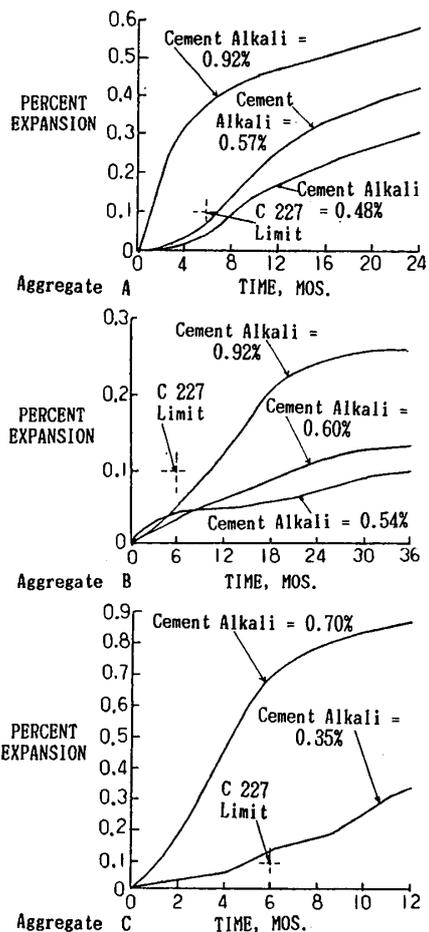


図-1 モルタルバー法による試験結果の一例

③高アルカリ濃度条件下であり、安全側の結果が得られる。

④試験条件を変化させることによって、試料骨材のアルカリ反応性についてより詳細な情報が簡単に得られる。

⑤特に高価な設備や熟練した試験技術を必要としない。

なお、この試験方法は骨材のアルカリ反応性の有無を判定するためのものであり、実際のコンクリートに用いた場合、アルカリ骨材反応による損傷が発生する可能性の有無を判定するものである。実際のコンクリートに用いて実環境下においた場合どうなるかは、アルカリの移動による濃縮現象なども考慮すると、ASTMモルタルバー法などによっても判定は難しく今後の研究を待たねばならない問題と考えている。

2-2 GBRC促進法(案)

モルタルにアルカリ骨材反応によるひびわれを短時間で生じさせるため、次のような促進方法をとる。

- ①モルタル中のアルカリ量を高濃度とするため、セメント質量の2.5%となるよう調整したNaOH水溶液を練り混ぜ水として用いる。
- ②骨材中へのアルカリ溶液の浸透を容易にするために、絶乾状態の骨材を用いる。
- ③高温、高圧ならびに充分な水分を与えるために、水中の供試体を1.5kgf/cm²の圧力下で煮沸する。

試料の準備：約2kgの骨材を粉砕し水洗いした後、105~110℃で定質量となるまで乾燥し、0.15~0.6mmを120g、0.6~2.5mmを300g、2.5~5mmを180g、合計600gを採取し、これを試料とする。

練り混ぜ：練り混ぜは、試料、普通ポルトランドセメント600g、豊浦標準砂600gの順にJIS R5201「セメントの物理試験方法」に規定するモルタル

ミキサーに投入し、1分間空練りした後、アルカリ濃度を調整したNaOH水溶液300gを投入し、2分間練り混ぜる。

供試体の製作、養生：供試体の製作は上記JISによる。供試体は4×4×16cmの直方体3体とし、成型後20±2℃、湿度100%の湿気箱中で24時間養生を行なった後脱型し、温度20±2℃の水中で24時間養生を行なう。

ひびわれの観察、超音波伝播速度の測定および動弾性係数の測定：水中養生を終えた供試体の表面水を拭

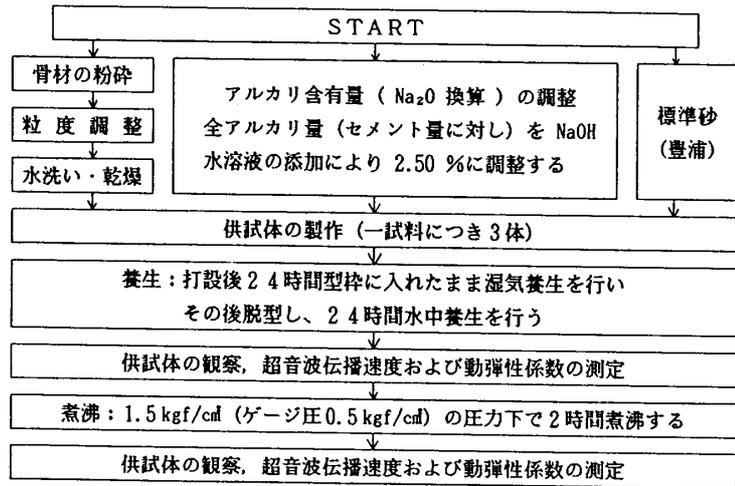


図-2 試験手順の概要

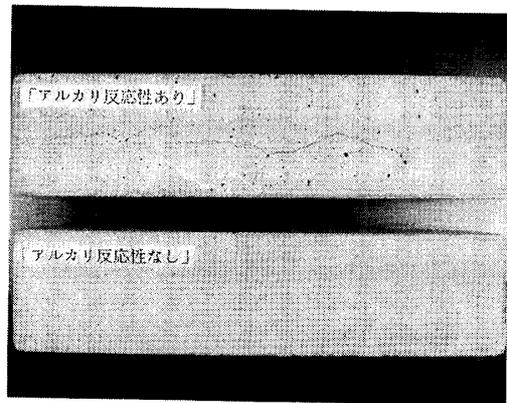


写真-1 試験直後の供試体表面

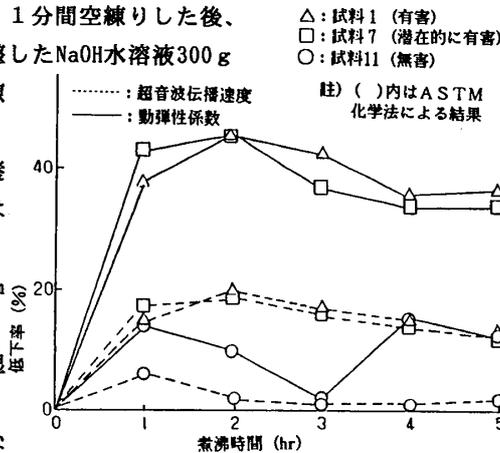


図-3 超音波伝播速度低下率ならびに動弾性係数低下率と煮沸時間との関係

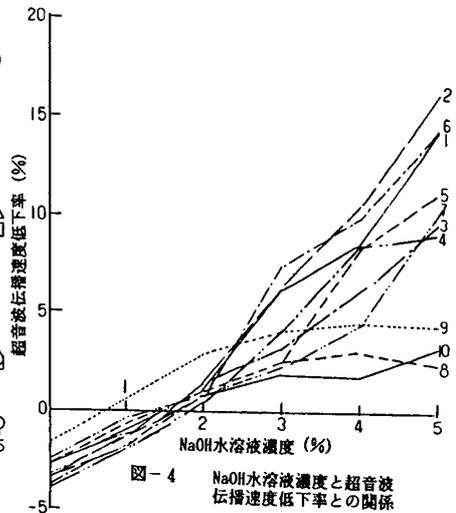


図-4 NaOH水溶液濃度と超音波伝播速度低下率との関係

き取り、目視によるひびわれの有無の観察ならびに超音波伝播速度あるいは動弾性係数の測定を行なった後、1.5kgf/cm²の圧力下で2時間煮沸する。煮沸後、供試体を50℃、20℃の水に順次10分間ずつ浸漬徐冷の後、再びひびわれの観察ならびに超音波伝播速度あるいは動弾性係数の測定を行なう。

評価(案)：これまでの実験結果^{2,3}をもとに以下のような評価(案)を提案する。①ひびわれがないこと。②超音波伝播速度の低下率が5%以下であること。③動弾性係数の低下率が15%以下であること。上記①②③のいずれか1つでも満足する場合は「アルカリ反応性なし」とし、その他の場合を、「アルカリ反応性あり」とする。

簡易法：現場などでの日常管理用の試験を行なう場合には、4×4×16cm直方体のかわりに上記JISの安定性試験用のモルタルパットを製作し、上記の試験を行なって、ひびわれの有無を観察することによっても判定が可能である。

2-3 GBRC促進法(案)の設定のための2、3の実験

図-3はGBRC促進法(案)の煮沸時間を設定するために超音波伝播速度ならびに動弾性係数低下率と1.5kgf/cm²の圧力下での煮沸時間との関係について検討した結果である。2時間煮沸した場合が最も低下率が大きく、それ以上煮沸してもあまり変化がないことが判った²。図-4はセメントのアルカリ量を設定するため、練り混ぜ水のNaOH濃度を変化させ、超音波伝播速度低下率とモルタル中のアルカリ量との関係を検討した結果で、セメントの全アルカリ量(NaOH換算)をほぼ2.5%にすることで、図-5に示すように骨材を2つのグループ(Iは「アルカリ反応性なし」のもの、IIは「アルカリ反応性あり」のもの)に分けられる可能性が認められた³。

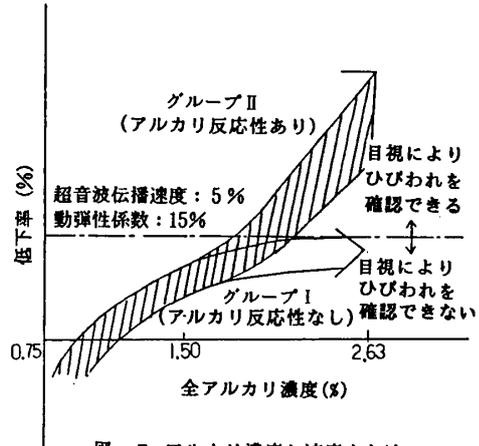


図-5 アルカリ濃度と速度または係数の低下率の関係

3. GBRC促進法(案)の適用例

3-1 全国61ヶ所の骨材について

全国で計61の骨材を採取し、早期判定試験を行なった。骨材の産地を図-6に、試験結果を図-7および図-8に示す。61ヶ所中1ヶ所の骨材については、モルタルにひびわれが発生し、超音波伝播速度ならびに動弾性係数低下率はそれぞれ8.2%、24.7%となり、「アルカリ反応性あり」と判定されたが、その他の骨材の場合には、いずれもモルタルにひびわれが発生せず、また低下率も判定値(案)以下となり「アルカリ反応性なし」と判定された。「アルカリ反応性あり」と判定された骨材について粉末X線回折を行なったところ有害鉱物として、クリストバライトおよびトリジマイトが検出された。なお、「アルカリ反応性なし」と判定された骨材のうち、低下率が1~3番目に大きいものについて岩石学的な調査を行なった結果、いずれのものも有害鉱物は検出さ

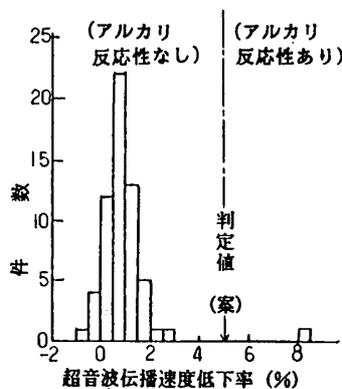


図-7 超音波伝播速度低下率

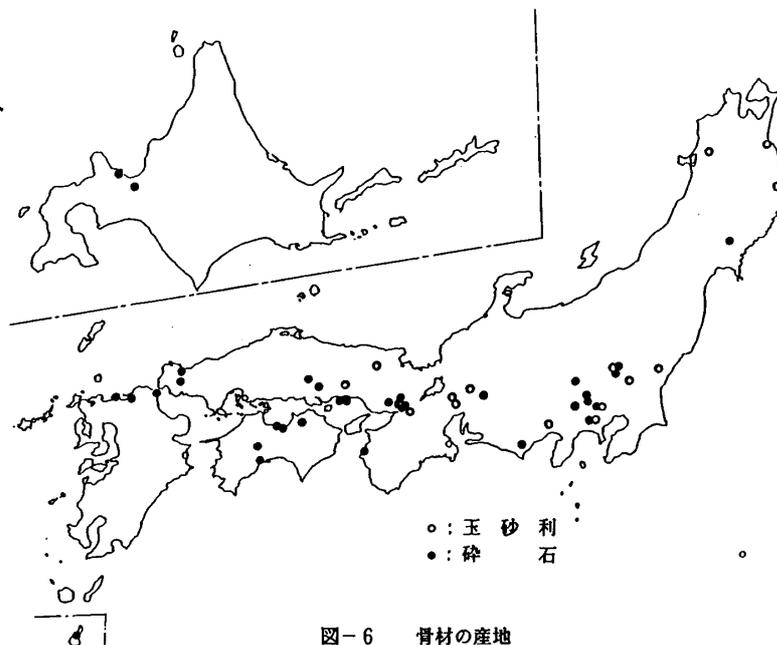


図-6 骨材の産地

れなかった。また図-7および図-8によれば「アルカリ反応性なし」のグループと「アルカリ反応性あり」の骨材とが大別されていることがよくわかる。

3-2 既存損傷コンクリート建築物から採取した骨材について
 既存コンクリート構造物（建物名：A（昭和46年建設）および建物名：B（昭和45年建設））でアルカリ骨材反応によりひびわれ損傷を生じている箇所より採取した骨材について早期判定試験を行なった。その結果を表-1に示す。また、粉末X線回折結果を表-2に、ASTM化学法試験結果を図-9に示す。両建物とも使用粗骨材中に、GBRC促進法（案）により「アルカリ反応性あり」と判定される骨材があることが判明した。また、それらの骨材は、ASTM化学法によって「潜在的に有害」と判定され、粉末X線回折によって有害鉱物も確認された。

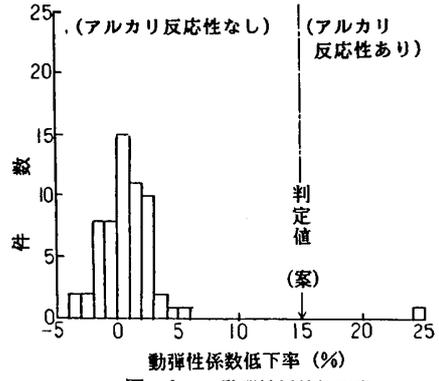


図-8 動的弾性係数低下率

表-2 粉末X線回折結果

建物名	骨材の種類	鉱物名
A	玉砂利	石英, 長石, 雲母
	砕石	石英, 長石, 雲母, クリストパライト
B	玉砂利	石英, 長石, 雲母, 緑泥石
	砕石	長石, クリストパライト

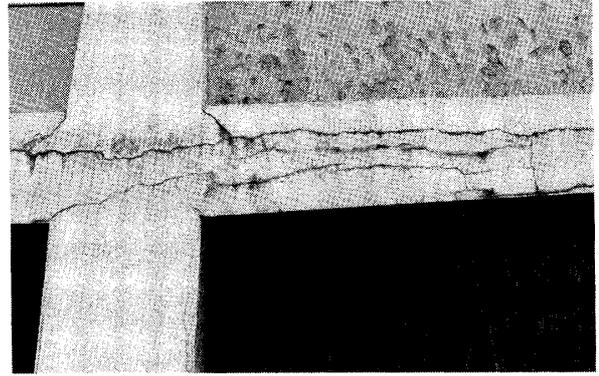


写真-2 建築物：B 2階梁

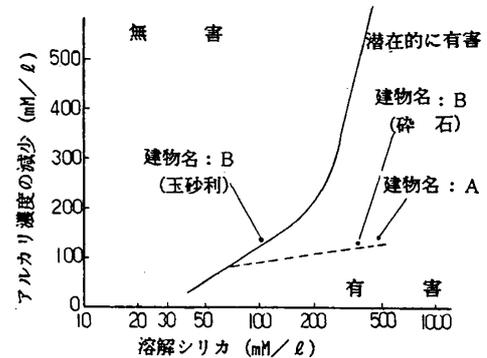


図-9 ASTM化学法試験結果

表-1 試験結果

建物名	骨材の種類	ひびわれの有無		超音波伝播速度低下率 (%)	動的弾性係数低下率 (%)	評価
		有	無			
A	玉砂利 + 砕石	有		9.3	24.0	アルカリ反応性あり
B	玉砂利		無	2.8	6.5	アルカリ反応性なし
	砕石	有		12.9	35.4	アルカリ反応性あり

4. あとがき

骨材のアルカリ反応性を精度よく判定する

試験方法の1日も早い確立が望まれている現状に鑑み、これまでの実験結果をもとに、アルカリ骨材反応によるモルタルのひびわれの有無を早期に確認することにより判定を行なうGBRC促進法（案）を提案し、また、その適用例を示した。今後さらにデータを蓄積して同試験法の信頼性を高めてゆきたいと考えている。今後とも、皆様方からのご意見、ご指導を頂ければ幸いです。

なお、本研究は、（財）日本建築総合試験所の昭和59年度自主研究として実施したものである。試験の実施に際し、多大のご協力を得た所員各位に対し、深く感謝致します。

参考文献

- David Stark "Alkali - Silica Reactivity: Some Reconsideration" Cement, Concrete and Aggregate CACGP Vol.2, No2, Winter, 1980
- 田村, 星野, 齊藤「アルカリ骨材の早期判定に関する一実験」セメント技術年報 38 昭和59年
- 田村, 星野, 高橋, 齊藤「アルカリ骨材の早期判定に関する一実験」日本建築学会大会 昭和59年10月