共通試験結果に基づくコンクリートプリズムを用いたASR加速試験方法に関する考察

九州大学大学院　正会員　○佐川 康貴　　国立環境研究所　正会員　山田 一夫
九州工業大学　正会員　合田 寛基　　金沢大学　正会員　久保 善司
琉球大学　正会員　富山 潤　　港湾空港技術研究所　正会員　川端 雄一郎

１．研究の背景および目的

わが国では，コンクリート用骨材のアルカリシリカ反応（ASR）の反応性を調べる際，JIS A 1145（化学法）およびJIS A 1146（モルタルバー法）が用いられており，多くの場合ASR反応性を検出可能であるが，その一方で，試験法の限界についても明らかになってきている。実際の構造物に近い状態でASRを生じる可能性があるかどうかを検討する必要がある。文献[1)]では，実配合のコンクリート配合を用いた加速試験について提案した上で，試験法の適用性および問題点について検討するため，同一の骨材を用い，複数の試験機関で共通試験を行った。以下では，文献[1)]に示した試験結果にさらなるデータを追加して検討した結果を報告する。

２．試験方法

(1) 概要

提案した加速試験方法は，骨材試験として近年注目されているRILEM AAR-4.1「Detection of potential alkali-reactivity - 60℃ test method for aggregate combinations using concrete prisms」を参考にしたものである。75×75×250mmのコンクリートプリズム（角柱）を作製し，底部に水を張った格納容器に供試体を格納し，60±2℃の恒温槽内で養生を行う方法であり，コンクリート中のアルカリ量は5.5kg/m^{3}とするものである。養生期間5，10，15，および20週で膨張量を測定し，その膨張量の大小からASR反応性を評価する。提案した方法においてRILEM AAR-4.1と異なるのは，試験期間中におけるアルカリ溶脱や供試体の乾燥を防ぐため，NaOH溶液を含ませた湿布でラッピング（アルカリラッピング）する点である。本共通試験では6箇所の試験機関において，共通の骨材および配合を使用し，26週まで加速試験を実施した。

(2) 使用骨材および配合

用いた反応性骨材は，トリディマイトを含み組成ペシマム現象を示す安山岩粗骨材（表乾密度 2.69g/cm^3，吸水率2.06%）であり，JIS A 1145の結果，アルカリ濃度減少量 Rc = 112 mmol/L，溶解シリカ量 Sc = 592 mmol/Lであり，「無害でない」と判定されるものである。また，混合率 20～40%で最大の膨張量を生じるペシマム現象を示すことがあらかじめ分かっていたため，混合率は30%とし，残りの粗骨材は石灰石砕石とした。細骨材は全て石灰石砕砂とした。以上の骨材は全ての機関で同一とし，普通ポルトランドセメントおよび化学混和剤は，各機関で所有するものを用いた。

コンクリートの配合としては，**表-1** に示すようなスランプ 8cm，空気量 4.5%が得られるよう標準配合を定めた。アルカリ量は5.5kg/m^{3}で同一し，練混ぜ水にNaOHを加えることにより添加した。

表-1　コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材G	
					反応性	非反応性
50	45	160	320	840	308	722

表-2　試験方法一覧

機関	格納容器	長さ変化測定方法	アルカリラッピング
A	ステンレス	ダイヤルゲージ法	有り
B	ステンレス	ダイヤルゲージ法	有り
C	ステンレス（大型:6体格納）	コンタクトゲージ法	無し
D	ステンレス	ダイヤルゲージ法	有り
E	ステンレス，プラスチック製容器	コンタクトゲージ法	有り
F	ステンレス（小型:1体格納）	ダイヤルゲージ法	有り

キーワード　アルカリシリカ反応（ASR），コンクリートプリズム，加速試験，アルカリラッピング
連絡先　〒819-0395　福岡市西区元岡744　九州大学大学院工学研究院社会基盤部門　sagawa@doc.kyushu-u.ac.jp

(3) 加速試験および長さ変化測定方法

試験方法の詳細は，**表-2** に示す通り，供試体格納方法や長さ変化測定方法，アルカリラッピングの有無が異なる。供試体本数は，3 本（機関 C のみ 6 本）とした。機関 A，B，D および E では，RILEM AAR-4.1 に規定されるような供試体 3 本を垂直に立てて格納できるステンレス容器（本試験用に特別に作製）を用いた。機関 C では市販のステンレス容器を，機関 F では供試体 1 本が格納できる容器を 3 個用いた。また，機関 E では，ステンレス容器とプラスチック容器の比較を行った。

長さ変化測定方法にはダイヤルゲージ法またはコンタクトゲージ法が用いられた。また，機関 C 以外では，1.5mol/l の NaOH 溶液を含ませた湿布でアルカリラッピングを行った上で試験を行った。

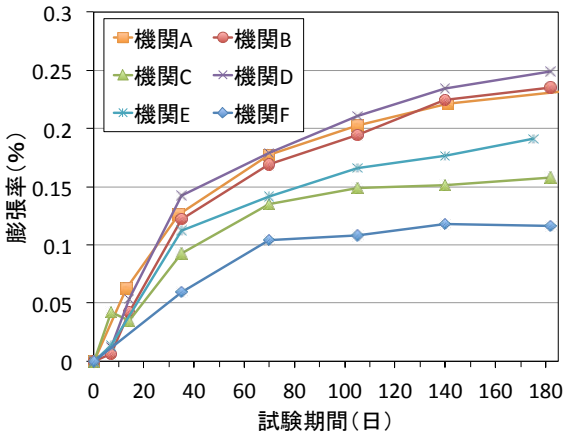

図-1 膨張率測定結果

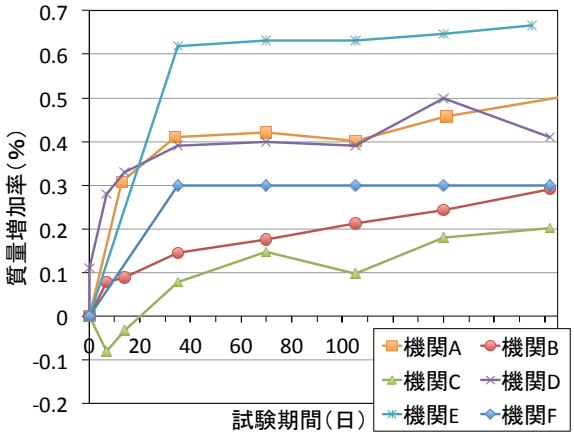

図-2 質量測定結果

3．結果および考察

全試験機関の膨張率および質量増加率（平均値）の測定結果をそれぞれ，**図-1**，**図-2** に示す。今回使用した反応性骨材は，JIS 化学法などの結果から予測された通り，試験期間の初期より高い膨張を示した。収束に至っていないものも見受けられるものの，概ね，10 週までに大部分の膨張が生じ，それ以降は膨張率の増加が緩やかになっていく傾向を示している。なお，供試体 3 本を格納したステンレス容器とプラスチック容器では，膨張挙動に差は認められなかったが，プラスチック容器については，容器自身の耐久性を確認する必要がある。

図-2 に示すように，アルカリラッピングを行うことにより質量減少は抑えられたものの，膨張率の大小関係とは必ずしも一致しないケースが見られた。打設から脱型までの環境および前養生の方法，脱型までの時間を定めてはいるものの，試験機関によって若干の差が生じ，60℃環境下で加速試験するまでのコンクリート中の含水状況が厳密には異なると推察される。試験期間中のコンクリートプリズムからのアルカリ溶脱や乾燥を防ぐ方法として，アルカリラッピングを行うとともに，質量の測定を行うことは必須であると考えられる。

今回の共通試験により明らかとなった課題は，以下の通りである。まず，今回は急速膨張性の骨材を使用したため，アルカリラッピング無しのケースでも膨張を生じたと考えられるが，遅延膨張性の骨材の場合などの場合には，長期に渡ってアルカリ溶脱の防止，乾燥の防止が求められるため，アルカリラッピングは必須である。次に，長さ変化の測定方法については，コンタクトゲージではばらつきが大きい傾向にあった。供試体の反りや，局所的な膨張量の差異による影響と考えられる。特に今回はペシマム混合率（反応性粗骨材 30%）での配合であるため，骨材の配置による影響が生じやすかった可能性も考えられる。ダイヤルゲージの方が，プリズム中心軸の平均的な長さを安定的に測定できると考えられるが，測定方法や供試体形状寸法が測定値に及ぼす影響についても，今後の検討課題である。また，膨張量が構造性能に及ぼす影響について明らかにするとともに，構造物の重要度，要求性能に応じて，許容できる膨張量を設定するための方法を構築する必要がある。

謝辞：本研究における共通試験は，日本コンクリート工学会「ASR 診断の現状とあるべき姿研究委員会」の活動の一環として実施したものである。関係者各位に謝意を表する。

参考文献 1) 日本コンクリート工学会：ASR 診断の現状とあるべき姿研究委員会報告書，2014.7