小型コンクリート供試体による ASR 膨張挙動の評価

九州大学大学院　学生会員　○烏田　慎也　Mohd. Isneini
(独)国立環境研究所　正会員　山田　一夫　大迫　政浩
九州大学大学院　正会員　佐川　康貴　山本　大介
(株)太平洋コンサルタント　正会員　小川　彰一

1. はじめに

骨材のアルカリシリカ反応性を試験する方法としては,化学法およびモルタルバー法が主として用いられてきた。しかし，これらの試験法ではペシマム現象や遅延膨張性を示す骨材の評価は困難であり，実際に用いられるコンクリート配合での試験が必要である。本研究では JASS 5N「建築工事標準仕様書・同解説　原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」に規定される JASS 5N T-603「コンクリートの反応性試験方法」および RILEM AAR-4 “Detection of potential alkali-reactivity - Accelerated method for testing aggregate combinations using concrete prisms” に着目し，コンクリートバーによる ASR 膨張挙動を比較し,フライアッシュによる抑制効果についても調べた。

2. 使用材料および示方配合

使用した骨材を**表-1** に示す。反応性粗骨材として著しい組成ペシマム現象を示すオパールを含有した骨材 P を使用し，これを破砕・粒度調整した反応性細骨材 Q も使用した。また,非反応性骨材として石灰石砕石 R および石灰石砕砂 S を使用した。既往の研究により，反応性骨材 P，Q はモルタルバー法において混合率 30%でペシマム現象を引き起こすものであり[1)]，本研究においても反応性：非反応性＝30：70（質量比）で混合して使用した。**表-2** に各配合における骨材の組合せを示す。水結合材比 W/B=55%，単位水量 W=160kg/m^3 は一定とした。混和材としてフライアッシュⅡ種（FA）（比表面積 4190cm^2/g，強熱減量 2.37%）を質量置換 25, 35%で使用した。アルカリ総量 Na_2O_{eq} は粒状 NaOH を練混ぜ水に溶解して 5.5kg/m^3 となるように調節した。

表-1　骨材試験結果

骨材	絶乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	実積率 (%)	アルカリ濃度減少量(Rc) (mmol/L)	溶解シリカ量 (Sc) (mmol/L)
P	2.46	2.33	57.2	207	672
Q	2.49	5.78	58.7		
R	2.68	0.55	57.3	8	1
S	2.68	0.61	68.9		

表-2　結合材および骨材の組合せ

Mix	結合材	細骨材	粗骨材
No.1	OPC	S	R
No.2	OPC	S	P:R=30:70
No.3	FA25	S	P:R=30:70
No.4	FA35	S	P:R=30:70
No.5	OPC	S	P
No.6	FA25	S	P
No.7	OPC	Q:S=30:70	R
No.8	FA25	Q:S=30:70	R
No.9	FA35	Q:S=30:70	R

3. 供試体寸法および養生方法

本研究では，コンクリートバーを用いた 2 種類の方法で促進膨張試験を行った。一方は，JASS 5N T-603 を元にした方法で,温度を 40℃から 60℃に変更した方法(以下,修正 JASS5N 法)である。修正 JASS 5N 法では 100×100×400mm（約 10kg）の角柱供試体を作製し，脱型後から 30±5 分間吸水させ，供試体長さを測定し，基長とした。測定後に含水量 50g の不織布 2 枚で供試体を覆い，ラップおよびビニール袋で密閉した。**写真-1** に修正 JASS 5N 法の供試体の写真を示す。一方，RILEM AAR-4（以下，AAR-4 法）では 75×75×250mm（約 3.5kg）の角柱供試体を作製した。脱型後から 30±5 分間吸水させ，供試体長さを測定し，基長とした。供試体は水を張った密閉できるステンレス容器に立てて格納した（**写真-2**）。修正 JASS 5N 法，AAR-4 法共に供試体は 60℃の環境下で養生を行った。**写真-3** に養生槽への供試体設置状況を示す。それぞれ促進期間 5,10,15 週で供試体を取り出し，JIS A 1129-3「モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法-第三部：ダイヤルゲージ法」と RILEM AAR-4 に従い，20℃に保った室内で 24 時間冷却した後，供試体長さを測定した。

キーワード：ASR，ペシマム，促進試験，コンクリートバー，フライアッシュ
連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 工学府 建設システム工学専攻 TEL:092-802-3387

写真-1　供試体密封状況
（修正 JASS 5N 法）

写真-2　ステンレス容器格納状況
（AAR-4 法）

写真-3　養生状況

4. 実験結果

表-3 に修正 JASS 5N 法の実験結果を示す。非反応性と考えられる石灰石骨材の No.1 は膨張を示さなかった。反応性骨材を用いた No.2 と No.5 を比較すると，膨張率が近い値であったが，これはアルカリ量が 5.5kg/m^3 と多いために組成ペシマム現象が不明確になったためと考えられる。反応性骨材を細骨材とした No.7 の膨張率が最も大きくなっているが，これは使用した骨材の粒径が小さいため表面積が大きくなり，粒径ペシマム現象が生じたと考えられる。また，フライアッシュを混和した No.3，4，8，9 は膨張率が小さく，フライアッシュの抑制効果が認められたものの，No.8 は比較的膨張率が大きく抑制効果が不足している。表には記載していないが，別の実験によると No.2 と No.5 に対するフライアッシュの抑制効果は，ペシマム配合である No.2 でより小さくなっていた。

表-3　測定結果（修正 JASS 5N）

週	膨張率(%)								
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.008	0.131	0.007	0.002	0.117	0.000	0.285	0.021	0.007
10	0.009	0.155	0.009	0.002	0.133	0.001	0.322	0.027	0.007
15	0.012	0.168	0.015	0.006	0.140	0.002	0.376	-	-

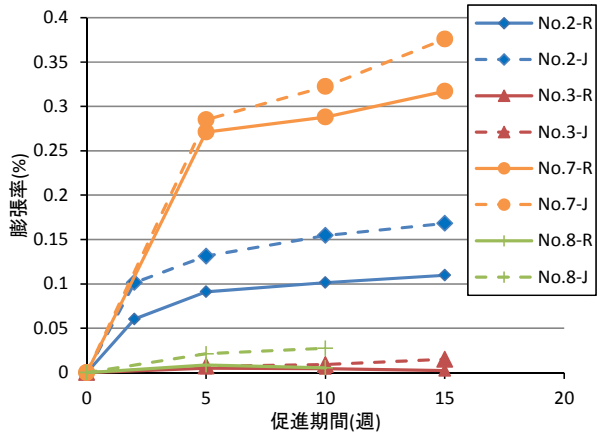

図-1　修正 JASS5N 法（J）と AAR-4 法（R）の比較

図-1，2 に修正 JASS 5N 法と AAR-4 法の実験結果を示す。各配合において双方を比較すると，AAR-4 法はより少ない膨張率となったが，全体的には同様の膨張挙動を示した。既往の研究においても供試体寸法が与える差は小さいと報告されており [2]，小型コンクリート供試体を用いた促進試験である AAR-4 法による評価は有用であると考えられるが，有害となる判定基準の値については微調整が必要と考えられる。

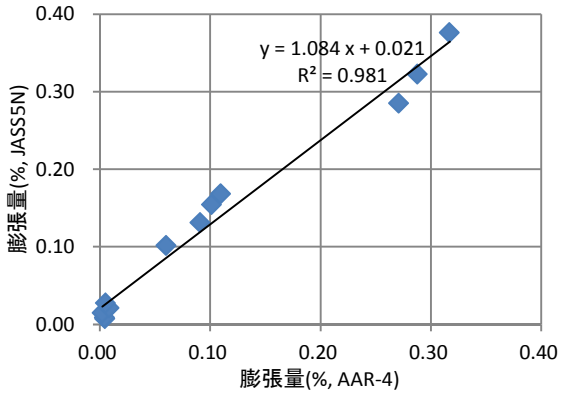

図-2　修正 JASS5N と AAR-4 法の関係

5. まとめ

コンクリートバー試験は，モルタルバー法では難しい骨材の粒度依存性や混和剤による抑制効果も評価でき，実配合コンクリートのアルカリ膨張性を評価できる可能性がある。修正 JASS 5N 法と AAR-4 法を比較した結果，膨張挙動の傾向は一致した。また，修正 JASS 5N 法の供試体質量は 10kg 程度であるのに対し，AAR-4 法の供試体質量は 3.5kg 程度と軽量であり，AAR-4 法は供試体を不織布等の湿布で包む必要がなく，試験の簡便さの観点からは，AAR-4 法の方が修正 JASS 5N 法よりも実施が相当程度に容易な促進試験である。

【参考文献】

1) 井上祐一郎，濱田秀則，川端雄一郎，山田一夫：ペシマム現象を生じる骨材を用いたモルタルのフライアッシュによる ASR 抑制効果，コンクリート工学論文集，Vol.32，No.1，pp.953-958，2010.6
2) 日本コンクリート工学協会：コンクリートのアルカリシリカ反応性判定試験方法（案），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報告書，　pp.15-20，1991.6