

中研コンサルタント 正会員 ○鈴木 宏信 立命館大学大学院理工学研究科 学生員 佐藤 章弘
立命館大学理工学部 正会員 高木 宣章 正会員 児島 孝之

1. はじめに

現在、わが国では、骨材の ASR 判定試験として化学法 (JIS A 1145-2001) とモルタルバー法 (JIS A 1146-2001) が採用されている。しかし、これらの試験法は骨材の ASR 反応性の有無を評価する試験であり、反応性骨材をコンクリートに使用した場合、コンクリートの配合によって反応性骨材の ASR 反応性は異なる。本研究では、4 種類の粗骨材を用いたコンクリートから採取したコア供試体による促進膨張試験を実施し、モルタルバー法との相関性、コンクリートの ASR 評価方法および促進養生後の力学的特性について実験検討した。

2. 実験概要

(1) 試験項目

試験は、次の 3 項目を実施した。①モルタルバー法 (a. JIS A 1146-2001, b. ASTM C 1260-94, c. 修正デンマーク法) ②コンクリートコア供試体による膨張試験 (a. JCI-DD2 法, b. 80℃ 1mol/l NaOH 溶液に浸漬, c. 50℃ 飽和 NaCl 溶液に浸漬) ③圧縮強度・静弾性係数試験

モルタルバー法とコアの膨張試験の実験要因を表 1 に示す。なお、圧縮強度・静弾性係数試験は、コアを用いた促進膨張試験後に行った。

(2) 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料を表 2 に示す。砕石 3 種類 (骨材 A, C, D), 山砂利 1 種類 (骨材 B) の 4 種類の粗骨材を使用した。骨材 D を除く 3 種類の骨材は、実構造物において ASR による損傷が確認されている。コンクリートの W/C は、45, 55, 65% の 3 水準とした。

(3) コンクリートコア供試体の作製

24×15×50cm の角柱コンクリートを各配合につき 1 体作製し、屋外で 28 日間の散水養生後、コアボーリングにより直径 6.8cm、長さ 15cm のコンクリートコアを採取した。その後、採取したコアにステンレス製バンドを 10cm 間隔で 2 つ取り付け、バンド上に膨張量測定用のコンタクトゲージ用ポイントをハンダ付けし、膨張量の測定用供試体とした。供試体作製後、20±2℃ R. H. 95% 以上の湿気槽中に 24 時間保ち、精度 1/1000mm のコンタクトゲージで基長を測定した。その後、供試体を各条件下に 2 体ずつ貯蔵した。

3. 実験結果および考察

図 1, 2, 3 にモルタルバーおよびコアの各貯蔵条件下での促進膨張試験結果を示す。40±2℃ R. H. 95% 以上の貯蔵条件下では、モルタルバーは骨材 A 以外膨張傾向にない。一方、コアは、W/C により異なる膨張を示した。反応性骨材 A, B, C を用いた W/C=45% のコアの膨張率が大きく、貯蔵 26 週で 0.059, 0.029, 0.050% を示した。しかし、モルタルバーとコア共に全膨張量は比較的小さい。

80℃ 1mol/l NaOH 溶液の貯蔵条件下では、すべての骨材のモルタルバーとコアが著しく膨張した。非反応性骨

表 1 実験要因

種類	供試体寸法 (cm)	Na ₂ Oeq.	W/C (%)	貯蔵条件	備考
モルタルバー	4×4×16	1.2 (%)	50	40±2℃ R. H. 95% 以上	JIS A 1146-2001
	2.5×2.5×28.6	0.62 (%)	47	50℃ 飽和 NaCl 溶液	修正デンマーク法
コンクリートコア	φ 6.8×15	6.0 (kg/m ³)	45, 55, 65	80℃ 1mol/l NaOH 溶液	ASTM C 1260-94
				40±2℃ R. H. 95% 以上	JCI-DD2 法
				50℃ 飽和 NaCl 溶液	
				80℃ 1mol/l NaOH 溶液	

表 2 使用材料

種類	セメント	骨材	添加アルカリ
モルタルバー	アルカリシリカ反応性試験用普通ポルトランドセメント (Na ₂ Oeq. = 0.62%)	骨材 A, B, C, D を粉砕し、粒度調整したもの	1mol/l NaOH
コンクリートコア	普通セメント (Na ₂ Oeq. = 0.556%)	細骨材：川砂 (化学法で「無害」判定) 粗骨材：A, B, C, D	NaCl

使用した岩種

骨材 A：安山岩 骨材 B：チャート
骨材 C：シルト、泥岩 骨材 D：石灰質砂岩

材として用いた骨材Dにおいても、モルタルバーは貯蔵2週で0.201%を示した。この貯蔵条件のモルタルバー試験は、ASR反応性を過大評価する可能性がある。コアでは、骨材Aを用いたW/C=65%供試体の膨張率が大きく、貯蔵4週で約0.255%であった。また、骨材A,Bを用いた供試体は、W/Cが大きいほど膨張率が高いのに対し、骨材Cを用いた供試体はW/C=55%で膨張率が最大となった。一方、骨材Dを用いた供試体はW/Cが大きいほど膨張率が小さな値を示しており、骨材によりW/Cと膨張率との関係に相違が確認された。

50℃ 飽和NaCl溶液の貯蔵条件下では、骨材Aはモルタルバーおよびコアともに膨張率は小さかった。骨材Dは、モルタルバーでは膨張せず、コアでは膨張を示した。また、骨材B,Cを使用したモルタルバーの膨張率が大きく、貯蔵13週で0.179, 0.136%であった。一方、コアでは、骨材Cを用いた供試体の膨張率が大きく、貯蔵26週でW/C=45%時に0.281%, W/C=55%時に0.247%, W/C=65%時に0.142%であった。膨張が増加し始めたのは、貯蔵開始後8~13週であった。この傾向は、その他のコア供試体とモルタルバー法（修正デンマーク法）においても確認された。

図4に40±2℃ R.H.95%以上、80℃ 1mol/l NaOH溶液の貯蔵条件下におけるモルタルバーとコアの膨張率の関係を示す。これらの貯蔵条件下では、モルタルバーとコアの膨張率の間に良い相関関係があった。

図5に圧縮強度比と膨張率の関係、図6に静弾性係数比と膨張率の関係を示す。膨張率の増加に伴い圧縮強度比は低下する傾向にあるが、相関係数は小さかった。静弾性係数比と膨張率の関係は、圧縮強度比と膨張ひずみの関係より相関性が良い結果となった。

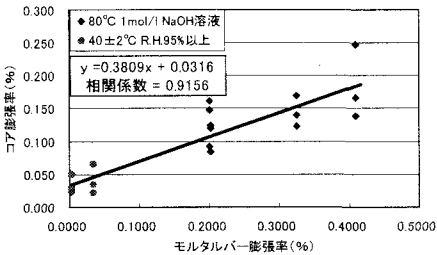


図4 モルタルバーとコアの膨張率

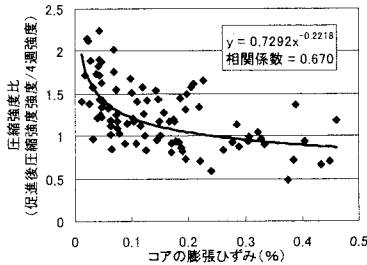


図5 圧縮強度比と膨張率の関係

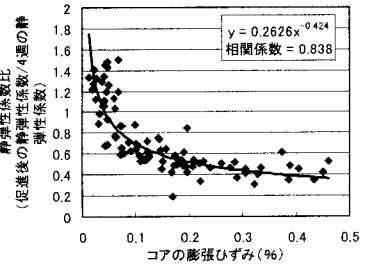


図6 静弾性係数比と膨張率の関係

4. まとめ

- (1) 80℃ 1mol/l NaOH 溶液の貯蔵条件下で、コンクリートの ASR 反応性を評価する場合、骨材の ASR 反応性を過大評価する可能性がある。
- (2) コアの W/C と膨張率との関係は、骨材によって異なる。
- (3) 40±2℃ R.H.95%以上、80℃ 1mol/l NaOH 溶液の貯蔵条件下におけるモルタルバーとコアの膨張率の相関関係がよい。
- (4) コアの静弾性係数比と膨張率の間には、よい相関性がある。

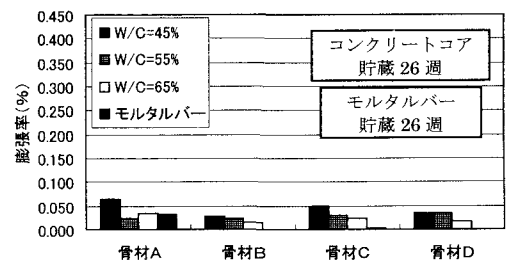


図1 40±2℃ R.H.95%以上貯蔵条件下における膨張率

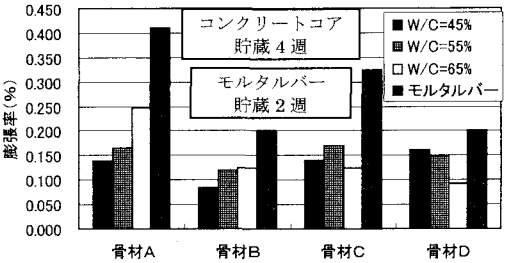


図2 80℃ 1mol/l NaOH 溶液貯蔵条件下における膨張率

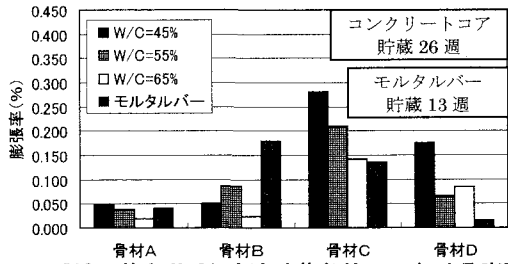


図3 50℃ 飽和 NaCl 溶液貯蔵条件下における膨張率