

飽和 NaCl 水溶液に浸漬した遅延膨張性細骨材を用いたコンクリートの温度依存性評価

琉球大学 正会員 ○富山 潤, 松本典幸

1. 目的

沖縄県のコンクリート用細骨材に使用されている新川沖産海砂には、微晶質石英や隠微晶質石英等の遅延膨張性を示す有害な鉱物が含まれており、アルカリ骨材反応(以下、ASR と称す)を生じる可能性があることが明らかとなっている。

遅延膨張性骨材の問題点としては、その危険性を検出するための適切な試験法が確立されていないことである。現在日本で用いられている JIS の ASR 試験(化学法、モルタルバー法)では、遅延膨張性の ASR の危険性を検出できない。また、コンクリートの促進膨張試験として用いられている JCI-DD2 法においてもその危険性を検出できない。

遅延膨張性骨材の反応性を判定する一つ方法として ASTM C 1260 がある。この方法は 80℃ の 1N NaOH 溶液にモルタルバーを浸漬し、骨材自身の膨張性を判定するための試験である。一方で、ASTM C 1260 の養生方法を採用し、試験体としてコンクリートを用い、コンクリートの促進膨張試験を実施する通称カナダ法は遅延膨張性の ASR の検出に有効であるとされている。また、50℃ の飽和 NaCl 溶液にコンクリートを浸漬する通称デンマーク法も遅延膨張性の ASR の検出に用いられることがある。

カナダ法、デンマーク法とも遅延膨張性の骨材に対して、膨張挙動を誘発することのできる有効な試験法であるが、カナダ法においては、過酷な養生条件下の膨張であり、判定条件や実構造物の劣化との整合性が不明確であるとの懸念もある。デンマーク法においては、膨張挙動を示すが、膨張開始時期が遅いため、危険性の判定時期が不明確である。

そこで本研究では、遅延膨張性 ASR に適したコンクリートの促進膨張試験の開発を目的とし、本稿では、基礎的検討として、デンマーク法をベースに、養生温度を 40℃、50℃、60℃、70℃ の 4 水準を用意し、膨張開始時期や膨張挙動の温度依存性について検討する。

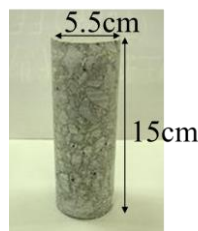
2. 実験方法

コンクリートは表-1 に示す細骨材の混合率の異なる 2 種類の配合を検討に用いた。2 種類のコンクリートに対して 40℃、50℃、60℃、70℃ と養生温度の異なる飽和 NaCl 溶液に浸漬し、膨張開始時期と膨張挙動の違いについて検討を行った。膨張は基長 100mm のコンタクトゲージにより測定した。試験体と測定状況を写真-1 に示す。なお、試験は表-2 に示すようにそれぞれのケースにおいて 2 体で実施した。

表-1 コンクリート配合

ケース	W/C (%)	s/a (%)	水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	砕砂 (kg/m ³)	海砂 (kg/m ³)
#1	49.5	42.9	167	337	0	694
#2	49.5	42.9	167	337	351	347

(#1: 砕砂: 海砂=0:100, #2: 砕砂: 海砂=50:50)



(a) 試験体および養生状況の例



(b) ゲージプラグとコンタクトゲージ

写真-1 試験体と測定状況

キーワード 遅延膨張性, アルカリ骨材反応, 促進膨張試験, 温度依存性

連絡先 〒903-0213 沖縄県西原町字千原 1 番地 TEL 098-895-8649

表-2 試験ケース

試験体名	養生温度 (℃)	備考
No.1	40	
No.2		
No.3	50	従来のデンマーク法
No.4		
No.5	60	
No.6		
No.7	70	
No.8		

3. 測定結果

図-1、図-2 に 2 種類のコンクリート#1 および#2 の促進膨張試験の結果をそれぞれ示す。図には、従来のデンマーク法の判定基準（91 日において 0.1～0.4% 不明確、0.4% 以上で膨張性あり）も参考のため示している。

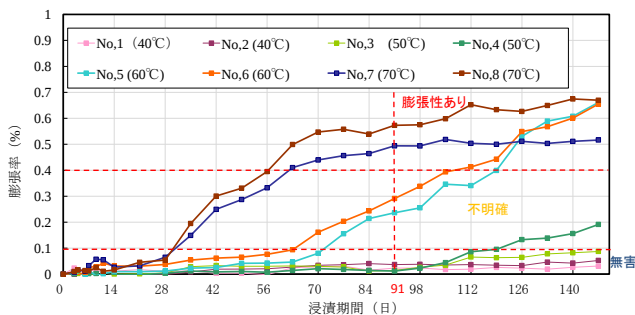


図-1 促進膨張試験（#1）

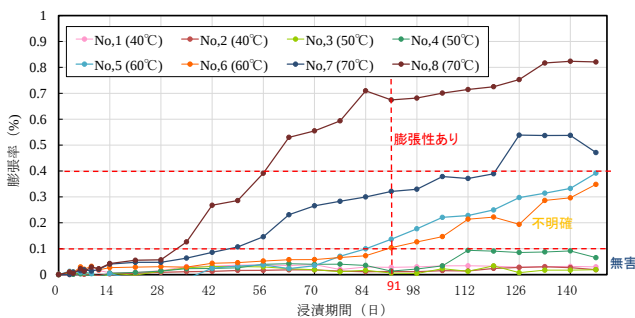


図-2 促進膨張試験（#2）

図-1 の海砂(100%)の結果より、養生温度 70℃は、浸漬期間 28 日目以降に膨張が開始し、56 日～63 日程度で膨張性ありに達し、70 日目以降の膨張はほぼ収束している。養生温度 60℃は、浸漬期間 63 日以降に膨張が開始し、その後、急激な膨張を示し、浸漬期間 147 日では、養生温度 70℃と同程度の膨張率を示している。養生温度 50℃は浸漬期間 98 日以降に緩

やかな膨張性が表れる程度で、養生温度 40℃においてはほとんど膨張していない。

図-2 の海砂(50%)：砕砂(50%)の混合砂の結果は、図-1 の海砂(100%)の結果に比較し、2 試験体のばらつきが大きく表れており、反応性骨材と非反応性骨材の混合砂を用いた場合、試験結果にばらつきが現れる可能性があることが示唆される。この原因は、反応性骨材の量に応じた外からのアルカリ供給量とのバランスによる一種のペシマム現象ではないかと考えられる。しかし、膨張性に対する温度依存性は#1 と同様に存在することが分かった。

以上の結果から、遅延膨張性骨材の膨張性評価に養生温度の影響を考慮することで、たとえば、養生温度 70℃を用いることで、促進膨張試験の試験期間を短縮できる可能性があることが示唆される。ただし、促進試験での膨張性と実環境での膨張性の整合性評価を行うことが必須である。

今後は、膨張試験後に岩石学的分析を実施し、ASR ゲルの特定や化学組成を確認する予定である。

4. まとめ

本研究では、遅延膨張性骨材に適した促進膨張試験の基礎検討として、デンマーク法をベースに、養生温度を変え、膨張開始時期および膨張挙動に対する温度依存性に関する実験を行った。

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) #1 および#2 の結果から、膨張開始時期および膨張挙動の温度依存性が確認できた。
- 2) #1 海砂(100%)の結果から養生温度 70℃を用いることで促進膨張試験の期間を短縮化できる可能性が示された。
- 3) #2 海砂(50%)：砕砂(50%)の結果から、反応性骨材と非反応性骨材の混合砂を用いた場合、試験結果にばらつきが現れる可能性が示された。

謝辞：本研究の一部は科学研究補助金(23560554)の助成を受けた。また、本研究は沖縄県アルカリ骨材反応研究プロジェクトの一環として実施している。ここに記して感謝の意を示す。

参考文献

- 1) 富山潤，他：遅延膨張性を示す細骨材に起因したアルカリ骨材反応に関する基礎研究と抑制対策，コンクリート工学年次論文集，Vol33，No1，2011