

# 反応性細骨材による ASR 膨張が生じたコンクリートの力学的特性

金沢大学 学生会員 ○小島 太郎 金沢大学 正会員 久保 善司

## 1. はじめに

アルカリ骨材反応(以下, ASR と略す)によって過大な膨張を生じ, 補強に至る劣化を生じた構造物も報告されている<sup>1)</sup>. 他方, これらの耐荷性能に関する評価および補強設計については工学的な判断を有する段階にあり, 画一的な手法が確立されていないのが現状である.

それらの確立に向けて反応性粗骨材を用い, ASR 劣化コンクリートの力学的性能に関する検討がされている<sup>2), 3)</sup>. 近年, 細骨材と粗骨材の両者が反応し, 著しい劣化を生じた事例も報告されている<sup>4)</sup>. 本研究では, 反応性細骨材による ASR 膨張がコンクリートの力学的性能に与える影響を明らかにすることとした.

## 2. 実験概要

普通ポルトランドセメント(密度:  $3.16\text{g/cm}^3$ )を用い, 反応性骨材として安山岩砕石を, 非反応性骨材として手取川産川砂を使用した. 安山岩砕石を粉砕して反応性細骨材として用い, その混入割合(30, 50, 80%)が与える影響を検討した. 比較のため, 安山岩砕石を粉砕せず, 粗骨材として用いたもの(反応性細骨材混入割合 0%)のものを用意した. 供試体は  $\phi 100 \times 200\text{mm}$  の円柱供試体とし, 水セメント比は標準的なコンクリートを想定した 55%とした. 示方配合を表-1 に示す. 打設・脱型後, 所定の膨張量(300, 500, 1000, 3000, 5000, および  $5000\mu$  以上)となるまで促進養生( $50^\circ\text{C}$ , 飽和 NaCl 浸漬)を行い, 一軸圧縮試験を実施した.

## 3. 実験結果および考察

(1) **圧縮強度** 膨張量と圧縮強度の関係を図-1 に示す. 細骨材の混入割合にかかわらず, 膨張量が大きいものほど圧縮強度は小さくなった. 粗骨材のものでは膨張量  $3000\mu$  以下の領域において圧縮強度の低下は細骨材のものより顕著でなかった. 他方, 膨張量  $3000\mu$  以上の領域では概ね同程度の低下割合であった. 粗骨材との相違は膨張量  $3000\mu$  以下の領域において認められた. 細骨材の方が粗骨材よりもひび割れが分散して発生したため, ばらつきがあるものの膨張量が小さい段階において粗骨材よりも強度低下が生じやすい可能性が高い.

(2) **静弾性係数** 膨張量と静弾性係数の関係を図-2 に示す. 反応性細骨材の混入割合にかかわらず, 膨張初期には膨張量に伴う静弾性係数の低下は顕著であり, それ以降は膨張に伴い緩やかに低下した. 粗骨材との相違は認められなかった.

(3) **最大応力時の軸方向ひずみ** 膨張量と最大応力時の軸方向ひずみの関係を図-3 に示す. 反応性細骨材の混入割合にかかわらず, 膨張量が大きいものほどひずみが大きくなった. 膨張が大きいものほど, 内部に生じるひび割れの量(数と大きさの総計)は増加し, コンクリートの変形抵抗性が小さくなり, ひずみが大きくなったものと考えられる. 膨張量  $3000\mu$  以上

表-1 示方配合

略称	反応性骨材割合(%)	単位量( $\text{kg/m}^3$ )								
		W	C	Sr	Gr	Sn	Gn	NaCl	減水剤	AE剤
S30	30	163	296	0	830	511	495	12.08	0.856	0.712
S50	50	163	300	253	0	551	993	12.38	0.856	0.712
S80	80	163	300	421	0	394	993	12.38	0.856	0.712
G100	100*	163	300	674	0	157	993	12.38	0.856	0.712

Sr:反応性細骨材, Gr:反応性粗骨材, Sn:非反応性細骨材, Gn:非反応性粗骨材  
\*:反応性粗骨材のみ使用

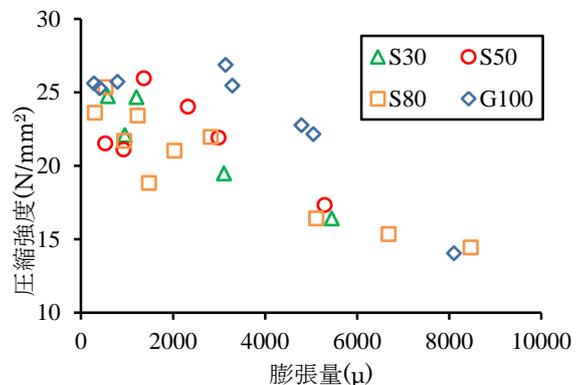


図-1 膨張量と圧縮強度

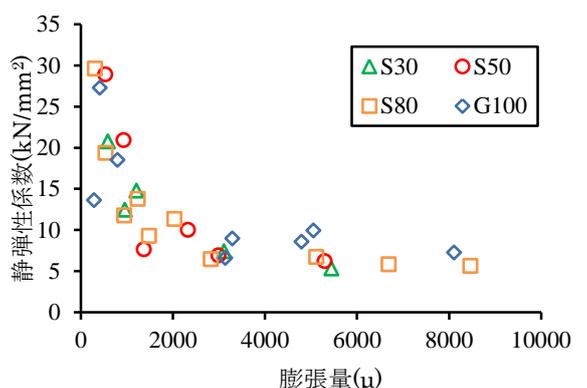


図-2 膨張量と静弾性係数

の領域では細骨材のものの方が若干ひずみは大きい傾向を示した。

(4) **限界応力** 膨張量と限界応力の関係を図-4に示す。反応性細骨材の混入割合にかかわらず、膨張量 3000 $\mu$ までの領域において、膨張量の増加に伴い限界応力が急激に低下した、それ以降は概ね一定の値を示した。粗骨材のものでは緩やかに低下した。細骨材のものではひび割れが分散して存在し、低い応力レベルにおいて軸直角方向の変形が増加しやすくなり、膨張に伴い限界応力が急激に低下したものと考えられる。他方、いずれの骨材においても膨張に伴い限界応力は小さくなったものの、その後も急激な破壊は進行しなかった。限界応力以降もひび割れを充填したゲルがひび割れ間の力を伝達するなど、小さくとも外力作用に対する抵抗を示し、急激な破壊の進行を抑制したものと推察される。

(5) **ポアソン比** 最大応力付近(90%)における膨張量とポアソン比の関係を図-5に示す。ばらつきのあるものの、膨張量に伴いポアソン比が大きくなる傾向を示した。細骨材混入のものでは、3000 $\mu$ 以上の領域における増加割合は小さくなった。

(6) **吸収エネルギー** 膨張量と最大応力時の吸収エネルギーの関係を図-6に示す。膨張量 3000 $\mu$ 以下の領域ではいずれのものも膨張に伴い吸収エネルギーは増加したものの、それ以降の領域においては、概ね一定の値を示した。膨張量が大きな領域においては膨張量に伴う圧縮強度の低下と最大応力時のひずみ増加の両者が相殺したものと考えられる。

#### 4. まとめ

粗骨材との相違は、膨張量が比較的小さい段階における圧縮強度および限界応力の低下に現れた。細骨材においては ASR 膨張によるひび割れの分散性は高いものと考えられ、膨張の初期段階において強度低下しやすいこと、変形特性が異なる可能性が高いことが明らかとなった。今回の力学パラメータではそれらの特性を十分に把握できていない可能性もあるため更なる検討が必要であろう。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：アルカリ骨材反応対策小委員会報告書，2005.8
- 2) 久保善司ほか：アルカリ骨材反応による膨張がコンクリートの力学的性能に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.1691-1696，2006
- 3) 中田正文，久保善司：骨材種類が ASR 劣化コンクリートの力学的性能および変形特性に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp.1050-1060，2011
- 4) 大代武志ほか：富山県の反応性骨材と ASR 劣化構造物の特徴，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.1，pp.1251-1256，2007

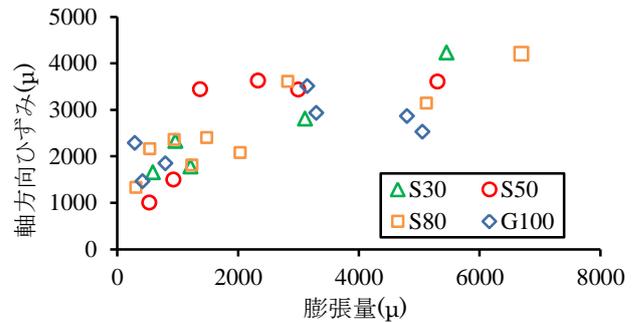


図-3 膨張量と軸方向ひずみ

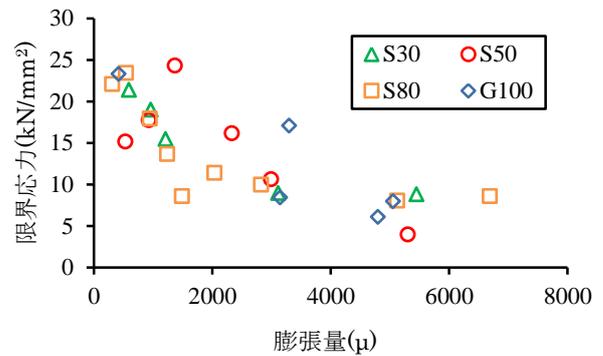


図-4 膨張量と限界応力

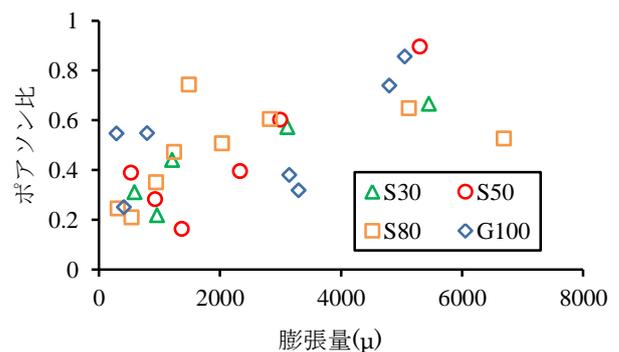


図-5 膨張量とポアソン比

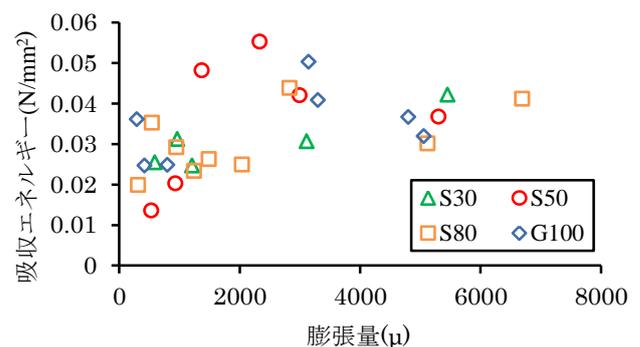


図-6 膨張量と吸収エネルギー