

## 鉄筋拘束がコンクリートの ASR 膨張及び劣化性状に与える影響

五洋建設(株) 正会員 ○前田 聡一郎 金沢大学 正会員 久保 善司  
 太平洋セメント(株) 正会員 森 寛晃

### 1. はじめに

近年、アルカリ骨材反応（以下 ASR とする）による過大な膨張を生じて著しく劣化した構造物が報告されている。コンクリート構造物は鉄筋で拘束されるほか、上載荷重やプレストレス力など応力作用下で拘束を受ける。鉄筋拘束が ASR 膨張に与える影響については、部材軸方向の拘束に関する検討が多く、軸直角方向の拘束および膨張に関する検討は少ない。既報<sup>1,2)</sup>では、軸方向部材として PC 鋼材を用い、横拘束に炭素繊維シートを用いて、3 次元拘束下の膨張性状について報告した。本研究では、鉄筋降伏の影響を検討するため、拘束用鋼材として鉄筋を用いて、拘束が膨張および劣化性状に与える影響について検討した。

### 2. 実験概要

(1) **コンクリート** セメントには普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材には、非反応性骨材を用い、粗骨材には反応性骨材を用いた。短期間で大きな膨張を得るため、等価アルカリ量を  $8.7\text{kg/m}^3$  となるよう NaOH を用いて調節した。

(2) **供試体** 供試体寸法は  $200 \times 200 \times 600\text{mm}$  と  $150 \times 150 \times 530\text{mm}$  の 2 種類とした。軸方向の鉄筋比は  $0.32\% \sim 2.25\%$  の 4 水準、軸直角方向の鉄筋比は  $0.19\%$  および  $0.28\%$  の 2 水準とし、軸方向には異形棒鋼 (D6 あるいは D13) を 4 本、軸直角方向には丸鋼 ( $\phi 6$ ) フープ筋を  $150\text{mm}$  間隔に配置した。打設・脱型後、 $20^\circ\text{C}$  恒温室 ( $20^\circ\text{C}$ ,  $98\%\text{R.H.}$ ) に 4 時間保管後、高温養生 ( $90^\circ\text{C}$ ,  $98\%\text{R.H.}$ , 12 時間, 昇温, 降温: 2 時間) を行い、その後、材齢 7 日まで養生 ( $20^\circ\text{C}$ ,  $98\%\text{R.H.}$ ) を行った。養生終了後、ASR を促進するため、 $40^\circ\text{C}$ ,  $98\%\text{R.H.}$  の環境下に暴露した。暴露後の膨張挙動および劣化程度の把握を行うために、膨張量 (コンタクトゲージ法) および弾性波速度 (衝撃弾性波法: 透過法) を経時的に測定した。なお、比較のため、鋼材を配置しない無筋の供試体 ( $150 \times 150 \times 530\text{mm}$ ) を作製し、同様に測定を実施した。供試体一覧を表 - 1 に供試体概要 (測定位置) を図 - 1 に示す。

### 3. 結果及び考察

ASR 促進環境下において暴露 120 日後、膨張がほぼ収束したため、暴露 120 日時点の膨張量および弾性波速度を用いて考察を行った。

(1) **膨張挙動** 拘束が ASR 膨張に与える影響を図 - 2 に示す (既報の研究<sup>1,2)</sup> (軸方向拘束に PC 鋼材使用: 拘束比  $0.30\% \sim 2.30\%$ , 横拘束 CFRP シート使用・横拘束量  $0.2\%$ : 一定) における結果も図中に示した)。軸方向の膨張に関しては、拘束が大きいものほど、膨張が抑制される傾向を示し、軸直角方向においては、拘束量にかかわらず、同程度の膨張となった。今回検討した横拘束量は最大でも  $0.28\%$  程度であり、横方向の膨張を大きく抑制することはできなかったものと考えられる。したがって、通常の柱、梁部材あるいは拘束の小さい方向においては、大きな膨張が生じるものと考えられる。

表 - 1 供試体一覧

供試名	軸方向鉄筋比 (%)	軸直角方向鉄筋比 (%)
D13 有	1.268	0.188
D6 有	0.317	0.188
D13 無	2.253	0.284
D6 無	0.563	0.284
無筋	0	0

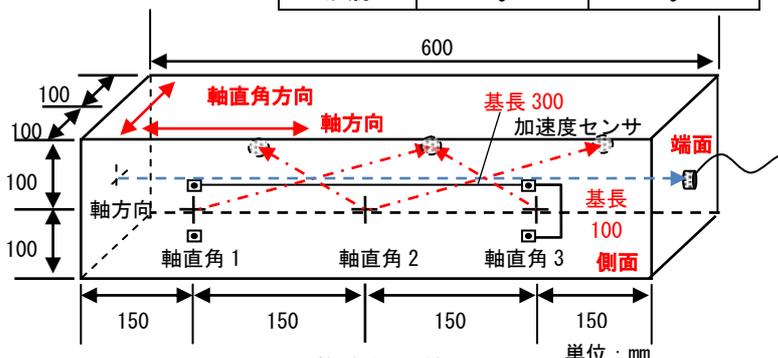


図 - 1 拘束供試体

キーワード 鉄筋拘束, ASR, 膨張, 非破壊試験, 衝撃弾性波法

連絡先 〒920-1164 石川県金沢市角間町 TEL 076-264-6373

一方、既報の結果（鋼材降伏の影響なし）と比較した場合には、本研究の結果は同程度の膨張量を示しており、降伏の有無による顕著な影響は認められなかった。コンクリートの膨張と鋼材のひずみが必ずしも同程度でなかった可能性も考えられる。鋼材による拘束はコンクリートとの付着を介して得られるため、鉄筋に発生するひずみとコンクリートの膨張量の関係を詳細に検討し、これらの原因を明らかにする必要がある。

(2) 弾性波速度 拘束が弾性波速度に与える影響を図-3に示す。軸方向の弾性波速度については、鉄筋比の大きいものほど軸方向の弾性波速度は大きく、膨張の拘束によってコンクリートの劣化が抑制されたものと考えられる。一方、軸直角方向の弾性波速度については、鉄筋比にかかわらず、概ね同程度の速度を示した。3.(1)で述べたとおり、軸直角方向には拘束にかかわらず、同程度の大きな膨張が生じていたため、いずれの拘束条件においても無拘束のものと同程度の弾性波速度を示したものと考えられる。なお、鉄筋比の大きなもので若干弾性波速度が大きくなる傾向を示したのは、弾性波速度の測定長を確保するため、軸方向に対して約45度で測定を行ったため、軸方向の影響が若干現れたものと考えられる。

ASR膨張が弾性波速度に与える影響を図-4に示す。軸方向においては、膨張量と弾性波速度に良好な相関関係が認められた。膨張量が小さく抑制されたものほど、膨張による劣化の程度が小さく抑制されたものと考えられる。一方、軸直角方向においては、いずれも大きな膨張を示し、同程度の弾性波速度を示した。

4. まとめ

拘束条件による膨張の異方性が確認され、拘束の大きさが方向によって大きく異なる場合には、拘束の小さい方向には大きな膨張を生じ、その方向の弾性波速度は小さくなることが明らかとなった。今後は、これらの材料に生じた異方性が強度特性に与える影響について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 久保善司他: ASR膨張が内部コンクリートの強度特性に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp1071-1076, 2008
- 2) 森寛晃他: アルカリ骨材反応を生じたコンクリート部材の弾性波法による品質評価について, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp1059-1064, 2008

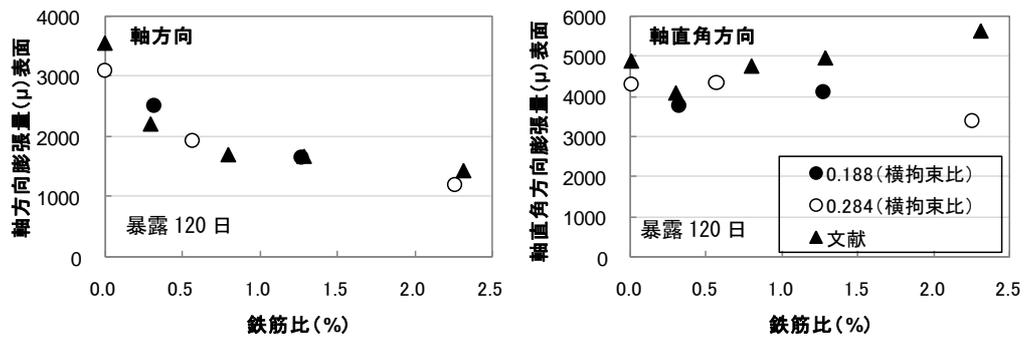


図-2 膨張量 (表面ひずみ)

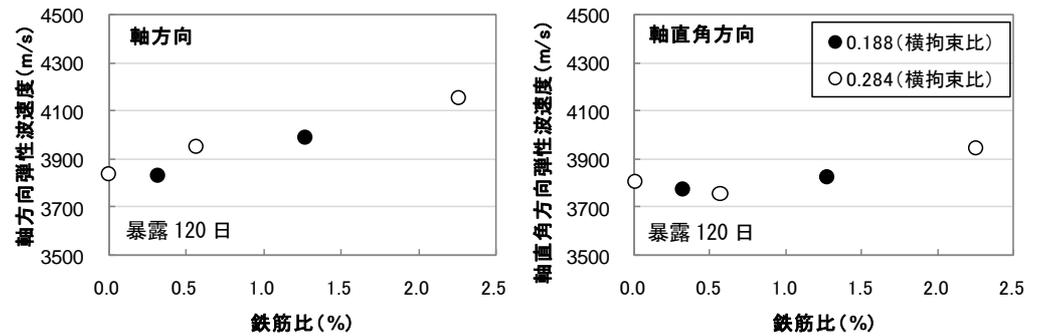


図-3 弾性波速度

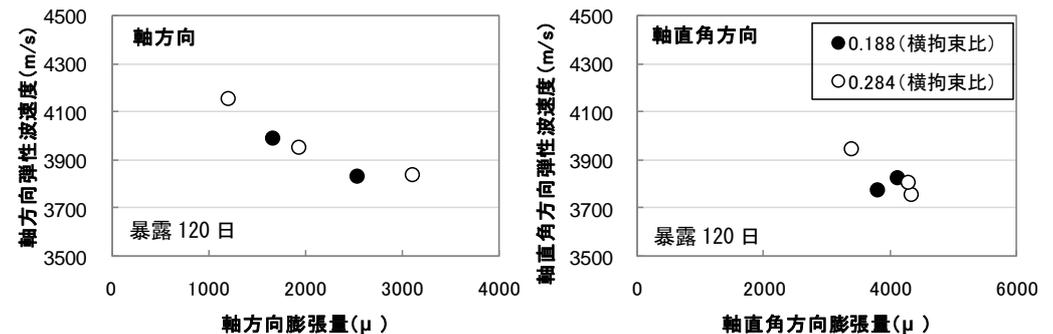


図-4 膨張量と弾性波速度の関係