

京都大学 学生会員 ○小林 梨沙
京都大学 正会員 山本 貴士

京都大学 正会員 高谷 哲
京都大学 フェロー 宮川 豊章

1. 研究目的

本研究では、鉄筋破断を生じた ASR 劣化 RC 部材の安全性評価に必要な ASR 劣化コンクリートと鉄筋の付着特性を明らかにすることを目的とし、ASR 膨張 RC 一軸供試体に対して両引き試験を行い、ASR 膨張が付着特性に与える影響を検討した。また、ASR 劣化コンクリートの平均応力-平均ひずみの関係についても検討した。

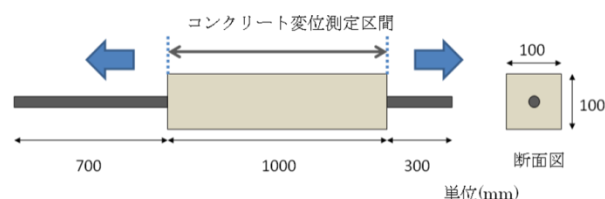


図1 両引き試験供試体の形状・寸法

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の形状・寸法を図1に示す。100×100×1000mmの角柱で、断面の中央に鉄筋を配した。コンクリートの水セメント比は0.63で、ASR促進劣化させる供試体については、反応性および非反応性粗骨材、非反応性細骨材を使用し、等価アルカリ量 8.00kg/m³となるように NaOH を添加した。なお、反応性及非反応性粗骨材は 50%の割合でペシマム配合した。

2.2 実験要因

引抜き対象の鉄筋は、D13（鉄筋比 $p_w=0.013$ ）、D16（ $p_w=0.020$ ）、D19（ $p_w=0.029$ ）の異形鉄筋（SD295A）とした。このときのかぶり鉄筋径比は、それぞれ 3.4, 2.6, 2.1 となる。また、付着長は、300, 600 および 900 mm とした。なお、付着区間以外は、布テープを鉄筋に巻き付けて非付着区間とした。

2.3 荷重方法および測定項目

両引き荷重は、荷重を約 0.5kN ずつ漸増させて行った。引抜き荷重、コンクリート両端部の相対変位を測定した。この相対変位を供試体の伸びとし、付着長で除すことにより平均ひずみとした。また、荷重時のひび割れ幅を π ゲージで測定した。

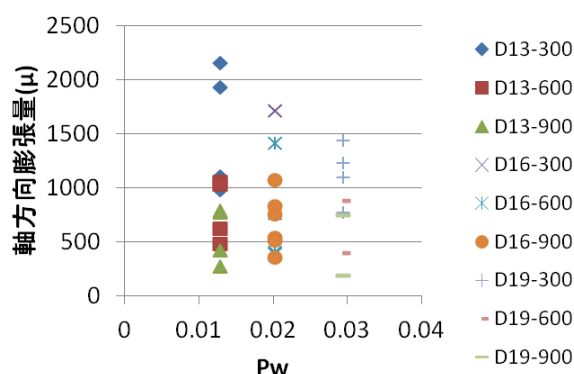


図2 ASR 膨張量

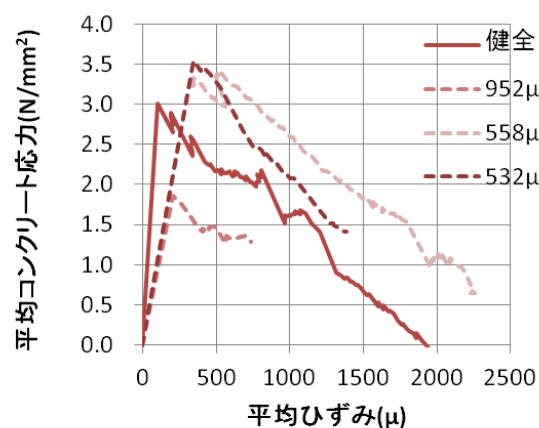


図3 ASR 劣化供試体の
平均応力-平均ひずみ関係

3. 実験結果および考察

(1) ASR 膨張量

促進暴露時にコンタクトゲージ法により供試体表面で測定した ASR 膨張量と軸方向膨張量の関係を図2に示す。軸方向膨張量は、鉄筋比 p_w が大きくなるにつれて小さくなる傾向にあり、鉄筋の拘束により軸方向の膨張が抑制されているようである。

(2) 平均応力ー平均ひずみ関係

平均応力ー平均ひずみ関係の一例として D16-付着長 900mm 供試体の結果を図 3 に示す（凡例は軸方向膨張量）。平均応力は、引張荷重から鉄筋負担引張力を引いたものをコンクリート断面積で除して求めた。鉄筋降伏ひずみ（約 1800 μ ）までの軸方向膨張量では、健全よりも ASR 膨張供試体の平均応力が大きいものもある。ASR 膨張の鉄筋拘束によりコンクリートに圧縮力が導入されてひび割れ発生荷重が増加したといえる。しかし、あらかじめ存在する軸直角方向の ASR 膨張ひび割れの開口が剛性低下を招いた場合には、ひび割れ発生荷重が低下する結果になったと考えられる。

(3) 最大平均応力

平均応力の最大値（最大平均応力）と軸方向膨張量の関係を図 4 に示す。最大平均応力の計算値 $f_{t,cal}$ は、膨張量の測定で得られたコンクリート（断面積 A_c ）の膨張ひずみ ε_{ASR} が鉄筋（弾性係数 E_s 、断面積 A_s ）の膨張拘束に伴って発生するひずみ ε_s に等しいとして、軸方向の力の釣り合いから求めた導入圧縮応力 σ_{ps} と ASR 膨張量に応じて低下するコンクリートの引張強度 $f_{t,ASR}^{(1)}$ の和として次式(1)で求めた。なお、鉄筋降伏後は鉄筋の応力を一定とした。

$$f_{t,cal} = \sigma_{ps} + f_{t,ASR} = (A_s/A_c) \cdot E_s \cdot \varepsilon_s + f_{t,ASR} \quad (1)$$

最大平均応力は、前述のように、1500～2000 μ 程度までは、膨張拘束による圧縮応力で健全より増加するものも見られるが、自由膨張に近い表面近傍のひび割れで載荷によるひび割れの方向と一致する膨張ひび割れが起点となって開口することで最大平均応力が決定し、小さくなったものも多い。また、膨張拘束により鉄筋が降伏する可能性のある 2000 μ 以降後は減少傾向にある。一方、計算値は鉄筋降伏まで増加し、膨張拘束に伴う導入圧縮応力が大きくなる鉄筋径の大きなもので大きくなった。しかし、実験値は計算値より小さく、コンクリート表面で測定した ASR 膨張量よりも断面内の実際の鉄筋ひずみが小さかったと推察される。

(4) 平均ひび割れ幅

平均ひび割れ幅と軸方向膨張量の関係を図 5 に示す。定常状態での平均ひび割れ幅は、膨張量の増加に伴って小さくなる傾向にある。膨張拘束により導入された圧縮力の影響でひび割れ幅の拡大が抑制されていると考えられる。しかし、鉄筋降伏ひずみに近い 2000 μ 程度の膨張量を境に増加に転じている。すなわち、鉄筋の降伏ひずみに近い膨張量が発生すると、引張力の作用に対して早期に鉄筋の伸びが大きくなるため、ひび割れ幅が大きくなるといえる。

4. まとめ

鉄筋方向の軸方向膨張量が鉄筋降伏ひずみに達する付近までは、膨張拘束に伴う圧縮応力の導入で、ASR 膨張コンクリートの載荷に伴うひび割れ幅が抑制され、最大平均応力が増加する場合もある。しかし、鉄筋降伏ひずみよりも大きな膨張量では、載荷によるひび割れ幅が増加し、最大平均応力が低下する傾向が見られた。

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ー鉄筋破断と新たな対応ー，コンクリートライブラリー124，第 I 編，pp.II-82，2005.8

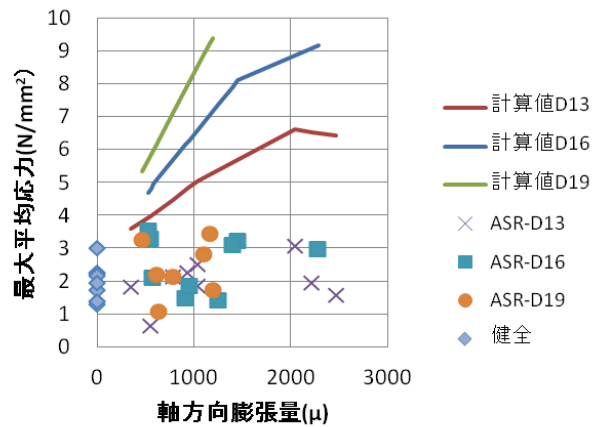


図 4 軸方向膨張量と最大平均応力

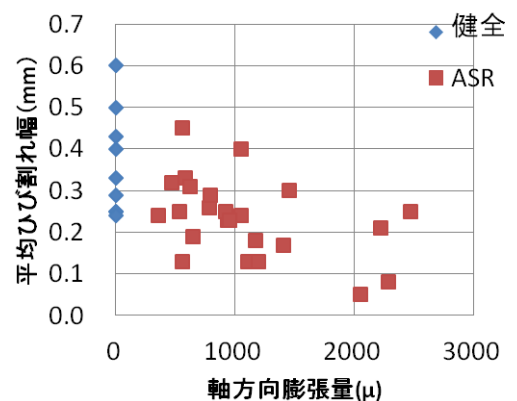


図 5 ASR 膨張量と平均ひび割れ幅