

1. はじめに

アルカリ骨材反応は、骨材中の珪物とセメント中のアルカリ成分が反応し、骨材内部もしくは周辺にゲルが生じる現象である。このゲルが吸水膨張することによってコンクリートにひび割れが生じることがある。ASRにより劣化した構造物の補修・補強対策の確立は急務とされており、そのためにASR劣化したコンクリートの力学的特性に関するデータが必要であるが、不足しているのが現状である。また、ASRによるひび割れが破壊現象に与える影響について検討された例も少ない。そこで本研究では、ASRによってひび割れが生じたコンクリートの引張軟化挙動を実験的に評価することを試みる。実験では、デジタルカメラとマイクروسコープを用いて撮影した画像を画像解析することによってひずみ分布を算出し、ASRによる微細なひび割れとASR劣化したコンクリートの破壊挙動との関係について明らかにした。また、ASR劣化したコンクリートの引張軟化特性を実験的に求めた。なお、引張軟化曲線は、二羽らが提案した拡張J積分法¹⁾で求めた。

2. 実験概要

本研究では、以下のように作製したASRを促進させたコンクリートはりを対象として、切欠きを有するはりの3点曲げ試験を行った。使用した供試体は、図-1に示すような断面が100mm×100mmで長さが840mm、切欠き長さが50mmのコンクリートはりであり、スパン長を800mmとした²⁾。また、試験後ほぼ半分の長さになった供試体を加工し、約20mmの切欠きを有するASRコンクリートはりを作製し、スパン長を360mmとした。さらに、この試験後の供試体の側面4面を10mmずつ研磨し、断面80mm×80mmで約20mmの切欠きを有するASRはりを作製し、スパン長を160mmとしてそれぞれ3点曲げ試験を行った。

写真-1に示す研磨した供試体については、切欠き先端部分を詳細に見ていくため、マイクروسコープを用いてASRによる微細ひび割れが荷重によって発生、進展していくひび割れに与える影響を検討した。

測定項目は荷重、中央たわみ、ひび割れ開口変位（切欠き先端（CTOD）、リガメント部2カ所）、ひび割れ肩口開口変位（CMOD）、画像解析用デジタル画像とした。

なお、本稿では、これらの載荷試験の結果のうち、特にスパン長800mmの供試体とスパン長160mmの供試体について考察していく。

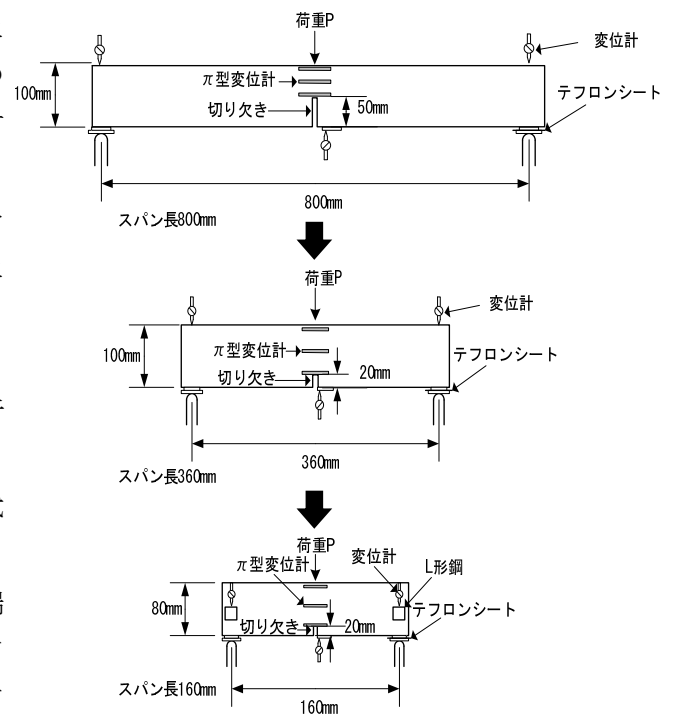


図-1 供試体概要ならびに載荷状況

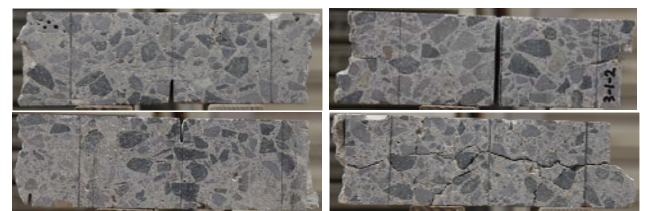


写真-1 表面を研磨した供試体 (3-1-2)

3. 実験結果と考察

スパン長 800mm と 160mm の供試体の引張軟化曲線と最大主ひずみ分布をそれぞれ図-2, 図-3 に示す. 図中, 引張軟化曲線の $\sigma(w)$ は軟化応力, w は仮想ひび割れ幅を示す. 最大主ひずみ分布は画像相関法によって求め, w は引張軟化曲線の w と対応している.

図-2 より, 供試体 3 (スパン長 800mm) はおよそ $w = 0.10\text{mm}$ を境に軟化応力が減少していることがわかる. そこで, 主ひずみ分布を見ると, $w = 0.0946\text{mm} \sim 0.115\text{mm}$ の範囲でひずみが増加しているのが確認できる. その後も仮想ひび割れ幅の増加に従ってひずみ分布は拡大している.

図-3 より, 供試体 3-1-2 (表面研磨, スパン長 160mm) では初期の段階で軟化応力が大きく低下しているため, 主ひずみ分布では早い段階からひずみの増加が確認できる. さらに仮想ひび割れ幅の増加に従って, 骨材を避けるようにして引張ひずみの大きい領域が上方に進行し, ひび割れが進展しているのが確認できる.

微細なひび割れについて検討するために, マイクロスコープを用いて供試体 3-1-2 の切欠き先端のリガメント部の微小範囲を観察した. 撮影の都合, マイクロスコープでの観察は, 1 回目のピークまで行い, それ以降の撮影はデジタルカメラを用いて行った. 図-4 に画像解析の結果を示す. w は図-3 中の引張軟化曲線の w と対応している. このように, マイクロスコープで撮影することによって肉眼では確認できなかった微細なひび割れが供試体内部にまで進展していたことが確認できる. またひずみ分布を見ると, 鉛直方向だけでなく水平方向のひずみが枝分かれして左右へ拡大しているのがはっきりと確認できる. 荷重-変位関係のプレピークに相当する図-3 からもこの水平方向のひずみは確認できるが, この左側の水平方向のひずみはその後鉛直方向へ進展する一方, 右側の水平方向のひずみは徐々に減少していくのが確認できる. つまり, 荷重前から入っている ASR ひび割れが荷重に伴い開口するものの, 水平方向には進展しにくいものと考えられる.

4. まとめ

ASR 劣化したコンクリートの引張軟化曲線を求め, 画像解析を用いて, ひび割れ進展挙動を評価した. ASR による微細なひび割れが荷重時に発生・進展するひび割れに与える影響を明らかにするとともに, ASR ひび割れを有するコンクリートの引張軟化挙動を実験的に評価することができた.

参考文献

- 1) 二羽淳一郎, Taweechai SUMRANWANICH, 松尾豊史: コンクリートの引張軟化曲線決定に関する実験的研究, 土木学会論文集 No.606/V-41, 75-88, 1998.11
- 2) 松谷幸一郎, 宮川侑大, 三木朋友: アルカシリカ反応によりひび割れが生じたコンクリートの引張軟化挙動に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.91-96, 2013.7

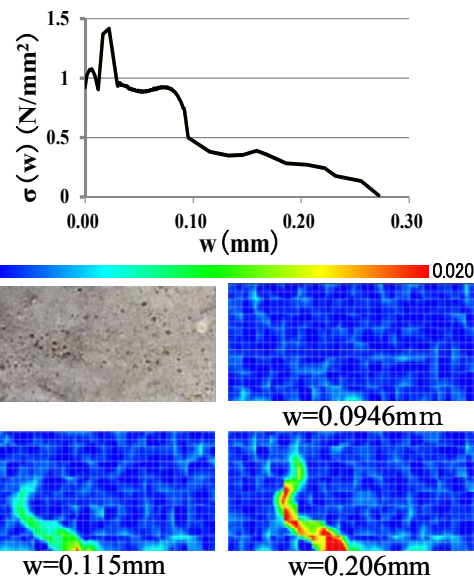


図-2 最大主ひずみ分布(供試体 3)
スパン長 800 mm

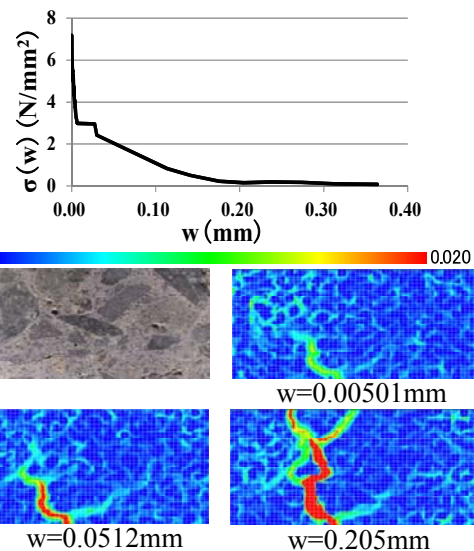


図-3 最大主ひずみ分布(供試体 3-1-2)
研磨供試体スパン長 160mm

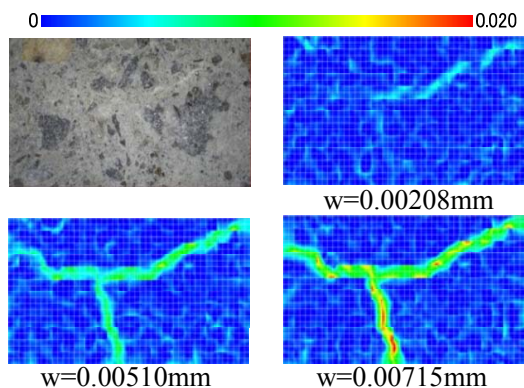


図-4 最大主ひずみ分布(供試体 3-1-2)
マイクロスコープで撮影