

表層研磨した ASR 劣化コンクリートはり供試体におけるひび割れ進展挙動に関する研究

神戸大学 学生会員 ○塚原 宏樹

神戸大学 正会員 三木 朋広

1. はじめに

ASR により劣化した構造物の補修・補強対策の確立は急務であり、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。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するため、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た。実験では、デジタルカメラとマイクロス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調べた。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。

2. 実験概要

本研究では、ASR を促進させたコンクリートはりとは健全な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¹⁾。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 (No.3-1-1, 3-1-2) としてそれぞれ 3 点曲げ試験を行った。

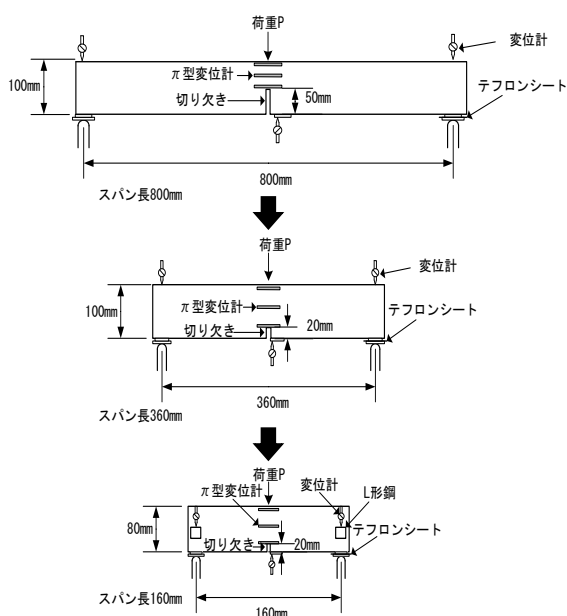


図-1 供試体概要ならびに載荷状況

ASR を促進させたコンクリートはりでは、曝露期間が約 3 年のもの (No.1~4) と約 4 年のもの (No.5~6) の 2 種類用意した。

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、引張軟化曲線は拡張 J 積分法で求めた。

3. 実験結果と考察

3.1 破壊エネルギー

図-2 に各供試体の破壊エネルギーをそれぞれ示す。No.1~6 は ASR 劣化供試体で No.N-1~N-3 は健全供試体である。破壊エネルギー G_F (N/mm) は式(1)に従って求めた。

$$G_F = (W_0 + mg\delta_0) / A_{lig} \quad (1)$$

ここで、 W_0 : 実測された荷重-変位曲線下の面積 (N・mm)、 mg : 供試体重量 (N)、 δ_0 : 破断時の変位 (mm)、 A_{lig} : リガメント部の面積 (mm²)

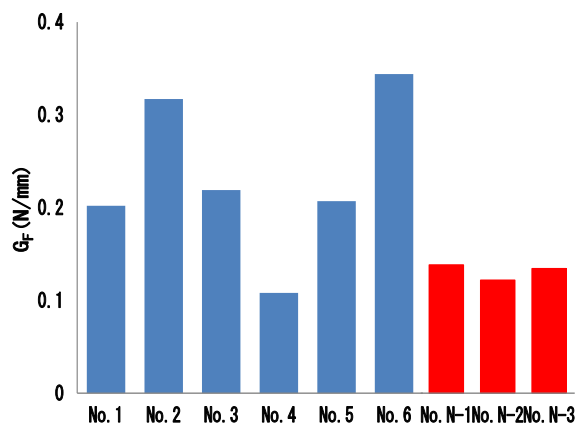


図-2 破壊エネルギー

キーワード ASR, ひび割れ, 引張軟化曲線, 破壊エネルギー, 画像解析

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL 078-803-6094

図-2 をみると、曝露期間が約 3 年の No.1~4 の G_F の平均値は 0.212N/mm 、曝露期間が約 4 年の No.5~6 の G_F の平均値は 0.276N/mm と劣化が進んでいる供試体の破壊エネルギーがやや大きい結果となった。供試体 No.4 のみ他の劣化供試体と比べ、破壊エネルギーが著しく小さいことがわかる。破壊エネルギーに与える要因としては、リガメント部に生じていた ASR によるひび割れの影響が考えられるため、以下では画像解析の結果とともに考察していく。

3.2 最大主ひずみ分布

健全供試体と研磨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-3、図-4 に示す。図中の引張軟化曲線の $\sigma(w)$ は結合応力、 w は仮想ひび割れ幅をそれぞれ示す。また、最大主ひずみ分布は画像相関法によって求めた。 w は引張軟化曲線の w と対応している。

図-3 より、健全供試体の N-2 の引張軟化曲線をみると、初期の段階で結合応力が大きく低下して、図-3(b)の $w=0.0303\text{mm}$ という早い段階から引張ひずみの大きい部分を確認できる。また、その後は、仮想ひび割れの増加に伴いひずみの大きい領域が上方へと進行していく。つまり、健全供試体は ASR 供試体と比べると、ひずみの大きい領域がほぼ鉛直に上方向へと進行していく挙動を確認することができた。

図-4 より、No.3-1-2（表面研磨、スパン長 160mm ）では初期の段階で結合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大に従って、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。図-5 に画像解析の結果を示す。 w は図-4 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。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、载荷前から入っている ASR ひび割れが载荷に伴い開口するものの、水平方向には進展しにくいことがわかった。

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载荷時に発生・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) 松谷幸一郎, 宮川侑大, 三木朋広: アルカリ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

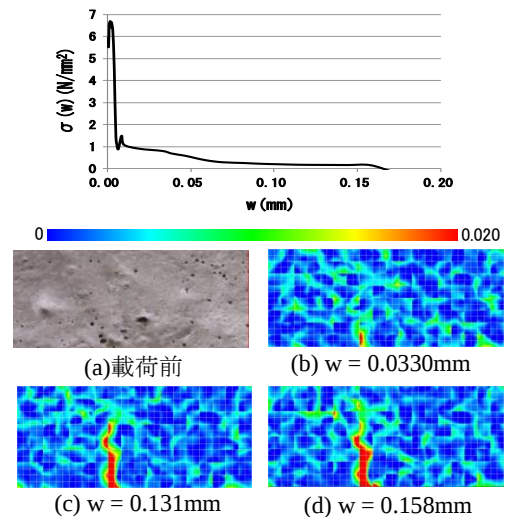


図-3 引張軟化曲線と最大主ひずみ分布 (No.N-2)

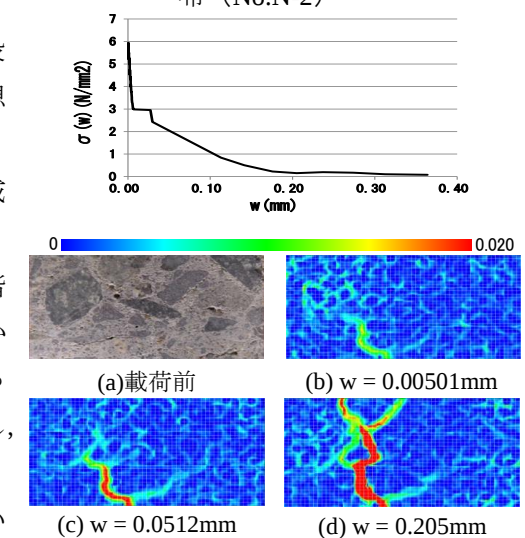


図-4 引張軟化曲線と最大主ひずみ分布 (No.3-1-2)

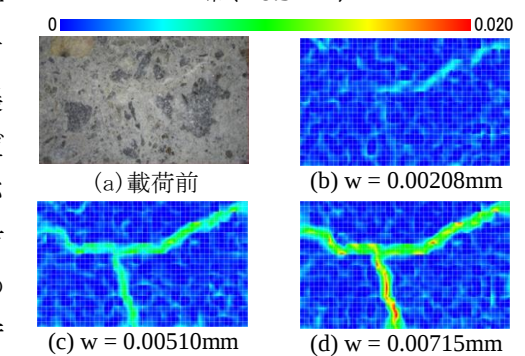


図-5 最大主ひずみ分布 (No.3-1-2)
マイクロスコープで撮影