

ASR 構造物における鉄筋損傷に関する供試体実験

九州工業大学
九州工業大学

学生会員 荒木茂
正会員 合田寛基

九州工業大学
九州工業大学

正会員 幸左賢二
学生会員 眞野裕子

1. はじめに

ASRによる損傷を受けた構造物において、スターラップが曲げ加工部で破断する事例が報告されているが、その損傷メカニズムについては未解明な部分が多い。そこで本研究は、曲げ加工した際に初期亀裂が発生した鉄筋を、膨張コンクリートによりASR膨張を模擬した供試体内に配置し、亀裂の進展を確認した。

2. 実験概要

ASR によって曲げ加工部における鉄筋破断が確認された橋脚梁部を、1/8 にモデル化し、帯鉄筋比と引張主鉄筋比が同様となるよう配筋を決定した。断面は膨張圧が均一にかかるように正方形断面に変更し、主鉄筋は実橋の引張主鉄筋比に合わせ、均一に配置している。膨張圧として期間短縮を狙い、膨張コンクリートを用いて検討を行っているが、膨張コンクリートのみで実験を行った場合、自己崩壊などの危険性があるため図 - 1 に示すように膨張コンクリートを内側に配置した形状とした。パラメータはかぶりの有無、帯鉄筋比、曲げ加工半径、膨張量に着目した。かぶり無しの場合は、破断などの損傷状況を確認するために検討を行っており、帯鉄筋比は実橋に合わせたものと、倍程度のものを検討した。曲げ加工半径は初期亀裂が多く確認された 1d と、軽微であった 1.25d を選定し、膨張量については膨張量の大小を変化させている。ひずみの測定は、図 - 1 に示す位置にゲージを貼り付け、曲げ戻しの変形を考慮して鉄筋内側と外側のひずみ量を測定した。変形の撮影は、図 - 1 に示す面を対象として 150mm 間隔に標点を貼り付けて、標点間距離を測定している。

3. 実験結果

図 - 2, 3 にひび割れ発生状況を示す。膨張量の大きい case3, 4 のひび割れ発生傾向に着目すると、供試体の側面の中央部に主鉄筋方向にひび割れが発生し、その後供試体端部にひび割れが発生した。新たなひび割れの発生が落ち着いた後は、既存のひび割れが進展あるいはひび割れ幅が拡大する傾向が見られた。膨張量が小さい case1, 2 については、中央部にひび割れが入るまでに留まっており、膨張がさらに進めば case3, 4 と同様の損傷状況となると考えられる。図 - 4 に最もひび割れ損傷の著しい case3 の側面 1 におけるひび割れ幅の増加量を示す。中央部で発生したひび割れ幅の伸びより、端部に発生したひび割れ幅の伸びが大きいことが確認できることから、ひび割れ幅の進展は膨張が進むにつれ、端部に集中すると考えられる。図 - 5 にデジタルカメラによって変形を測定した結果を示す。座標は標点の移動後の値を表記している。軸上の標点は隅角部

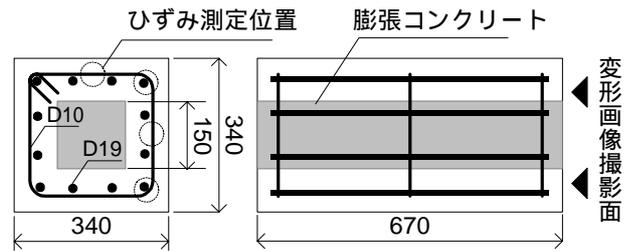


図 - 1 供試体形状と測定項目

表 - 1 検討ケース

	かぶり	帯鉄筋比	曲げ加工半径	膨張量
case1	有り	0.147	1d	小
case2	無し	0.147	1d	小
case3	有り	0.290	1d	大
case4	有り	0.147	1.25d	大

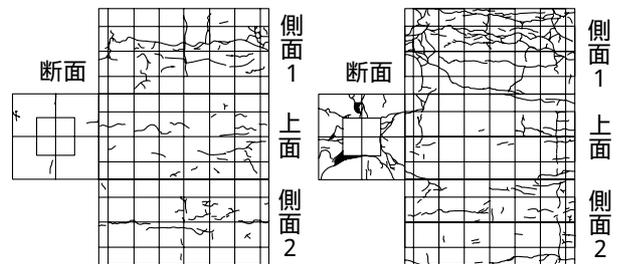


図 - 2 ひび割れ損傷図

図 - 3 ひび割れ損傷図

(case1, 11日目)

(case3, 11日目)

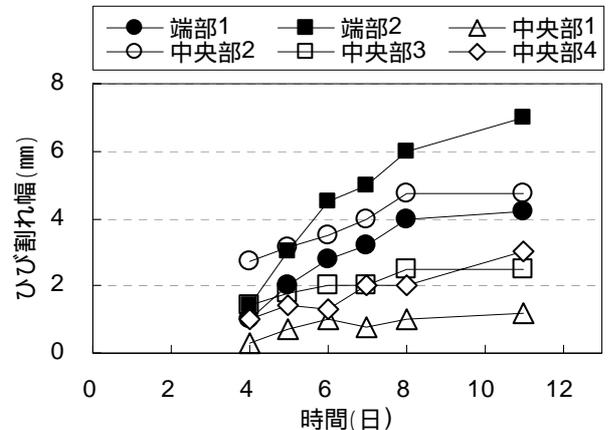


図 - 4 幅 1mm 以上となったひび割れ幅の増加傾向

(case3, 側面 1)

の標点に比べて移動していることが確認できる。これより供試体全体が丸みを帯びる挙動を示すと考えられる。

図 - 6, 7 に鉄筋の直線部および曲げ加工部でのひずみの経過図を示す。図中の値は、各 case の鉄筋ひずみを平均化したものを用いた。図 - 6, 7 によると、case3, 4 に対して case1, 2 では膨張量が小さいため、ひずみの伸びは小さいが、全 case で直線部に比べて曲げ加工部に大きなひずみが発生しており、曲げ加工部に变形が集中していることが分かる。また、鉄筋の内側と外側を比較すると、直線部は外側の方が大きな引張ひずみが発生する傾向にあり、曲げ加工部では内側の方で引張、外側で圧縮のひずみが発生している。供試体の挙動から判断すると、供試体全体が丸みを帯びた変形を示すため、帯鉄筋の直線部は外側に押し出され、外側の方に引張ひずみが発生し、曲げ加工部に関しては曲げ戻されるような挙動を示し、内側に引張りひずみが集中したと考えられる。また、帯鉄筋比で比較した場合、case4 の方が case3 より大きなひずみが発生している。これより帯鉄筋比が小さい方が 1 本あたりの鉄筋が負担する膨張圧が大きく、大きな応力が発生すると考えられる。

4. 初期亀裂の進展

配置した帯鉄筋が 5 本と多い case3 に対して、はつり調査を行い、亀裂の進展状況を確認した。測定箇所は、曲げ加工によって亀裂が発生すると考えられる帯鉄筋曲げ加工部内側の節付け根の亀裂を対象とした。測定はマイクログラフを用いて行い、打設前（試験前）と、はつり出し後（試験後）の亀裂状況を比較している。写真 - 1 に亀裂の撮影状況、図 - 8 に亀裂進展の模式図、表 - 2 に測定結果を示す。表 - 2 で表記した値は、確認された亀裂の中で最大値である。表 - 2 によると、すべての鉄筋で亀裂幅の進展が見られ、亀裂長さについても進展が見られた。これより初期亀裂は、膨張圧を受けることによって進展すると考えられる。しかし膨張量が過大であったにもかかわらず、破断に至っていない。これは現行の鉄筋を用いたため、節形状など亀裂の発生に大きく影響を与える条件が、損傷を受けた約 20 年前の鉄筋より安全側であることや、膨張圧がかかる時間が短期であったため経年劣化の影響が少なかったことなどの要因によるものと考えられる。

5. まとめ

- (1) 構造物全体が丸くなる挙動を示すため、鉄筋曲げ加工部において大きな応力が発生し、付近のひび割れも進展する傾向にあることがわかった。
- (2) 膨張圧が作用することにより、曲げ加工した際に発生する鉄筋の初期亀裂が、進展することがわかった。

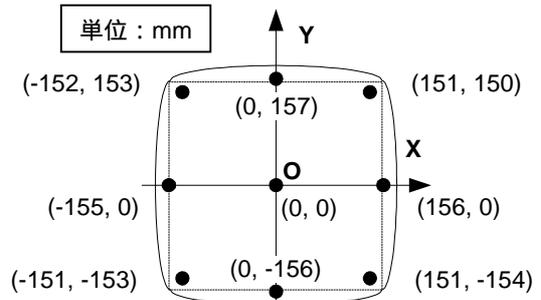


図 - 5 変形図 (case3, 11 日目)

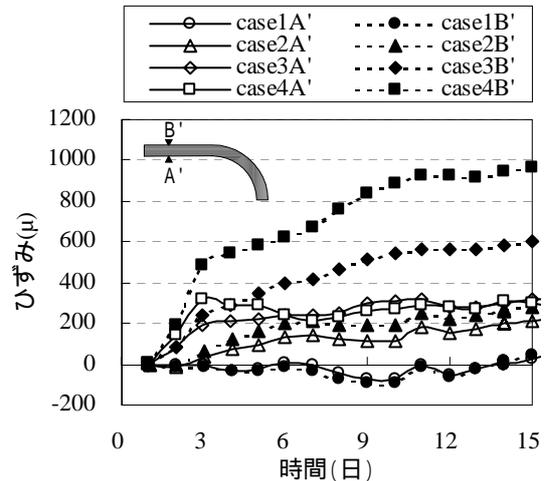


図 - 6 直線部のひずみ

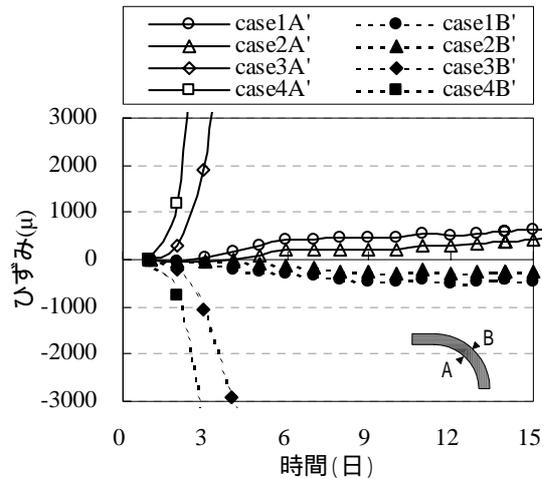


図 - 7 曲げ加工部のひずみ



写真 - 1 実験前の亀裂

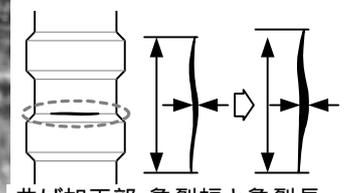


図 - 8 亀裂の進展

表 - 2 鉄筋初期亀裂の変化量 (mm)

		鉄筋1	鉄筋2	鉄筋3	鉄筋4	鉄筋5
亀裂幅	試験前	0.080	0.071	0.076	0.093	0.082
	試験後	0.091	0.113	0.109	0.148	0.122
	伸び量	0.011	0.042	0.033	0.055	0.040
亀裂長さ	試験前	3.660	7.492	4.012	7.500	6.520
	試験後	5.950	8.095	4.737	7.523	6.588
	伸び量	2.290	0.603	0.725	0.023	0.068