

第V部門

ASR 膨張によるせん断補強筋の破断が RC はり部材の耐荷特性に及ぼす影響

大阪工業大学工学部 学生員 ○稲増 克行 大阪工業大学大学院 学生員 高橋 勇希
 大阪工業大学工学部 正会員 三方 康弘 大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋

1. 研究目的

近年, ASR 損傷によりコンクリート構造物中の鉄筋の曲げ加工部等における破断事例が複数報告されている. 鉄筋破断を生じた RC 部材の耐荷力を適切に評価するためには, ASR 劣化の進行程度および鉄筋破断の有無が部材の耐荷特性に及ぼす影響を明確にしておく必要がある. そこで, 本研究では ASR 膨張によりせん断補強筋の破断が生じた RC はり部材の耐荷特性を把握することを目的として実験的検討を行った.

2. 実験概要

供試体には図-1 に示すような単鉄筋長方形断面を有する全長 2000mm の RC はりを使用した. せん断補強筋が健全な供試体 (a), せん断補強筋の断面引張縁側隅角部を切断した供試体 (b), およびせん断補強筋が健全な場合は, その曲げ半径を 1ϕ と 2ϕ の 2 種類, 合計 3 種類を用意した. コンクリートには自由膨張量 4439μ (材齢 1100 日) の ASR コンクリート ($f'_c=26.5\text{N/mm}^2$) と普通コンクリート ($f'_c=28.2\text{N/mm}^2$) の 2 種類を用いた. 主鉄筋には 5-D19 ($p=1.59\%$, $f_{sy}=378\text{N/mm}^2$), せん断補強筋には D10 ($f_{wy}=356\text{N/mm}^2$) を用い, せん断補強筋間隔は 120mm ($p_w=0.4\%$) とした. これらの要因の組み合わせにより, 表-1 に示す合計 4 体の供試体を作製した. 載荷試験方法は, せん断スパン 520mm とした対称 2 点集中荷重方式 ($a/d=2.00$) とし, 破壊に至るまで単調漸増型載荷とした. なお, これらの供試体はすべてせん断破壊が先行するよう設計されている.

3. 載荷試験時の劣化状況

載荷前の 0.2mm 以上のひび割れ密度を表-1 に示す. せん断補強筋の破断の有無による比較を行うと, H-2 供試体の方が大きくなった. これは, せん断補強筋が破断していることで主鉄筋に沿ったひび割れが入りやすく, 鉄筋による拘束も無いことからひび割れ幅も増大したためであると考えられる. また, 曲げ半径の違いとして曲げ半径 1ϕ を作製したのは, 屋外暴露期間中にせん断補強筋の破断を生じさせるためであったが, 本実験結果からは破断を生じた傾向は見られなかった. そのため, 以降の考察において曲げ半径の違いによる影響については省略する.

4. 載荷試験結果

本実験における各供試体の最大荷重実測値, 破壊形式および曲げ耐力・せん断耐力計算値を表-1 に示す. 表より最大荷重の実測値が計算値を上回ったことから, ASR 損傷による大きな耐力低下は見られなかったと言える. ただし, せん断補強筋が破断している H-2 供試体は最終的にせん断付着破壊を生じた.

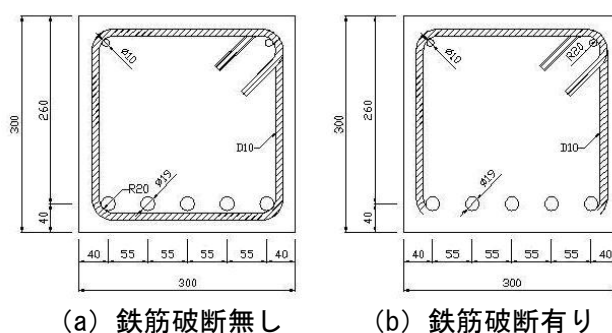


図-1 断面図 (単位: mm)

表-1 RC はり供試体の詳細および試験結果

供試体名	コンクリートの種類	せん断補強筋			載荷時の材齢 (日)	0.2mm 以上のひび割れ密度 (m/m^2)	曲げ耐力計算値 P_u (kN)	せん断耐力計算値 $2V_y$ (kN)	せん断耐力計算値 (内訳)			最大荷重実測値 (kN)	破壊形式
		鉄筋破断の有無	配置間隔 s (mm)	曲げ半径					V_c (kN)	V_s (kN)	V_y (kN)		
N-1	普通	無	120	2ϕ	1100	—	460.8	354.3	81.4	95.7	177.1	510.6	せん断圧縮
H-1	ASR	無	120	2ϕ	1100	8.74	455.6	350.9	79.8	95.7	175.5	614.9	曲げ引張
H-2	ASR	有	120	2ϕ	1100	9.16	455.6	350.9	79.8	95.7	175.5	576.0	せん断付着
H-3	ASR	無	120	1ϕ	1100	9.38	455.6	350.9	79.8	95.7	175.5	562.1	曲げ引張

5. 載荷後のひび割れ状況

各供試体の載荷後のひび割れ状況を図-2に示す。

ASRの有無による比較を行うと、N-1 供試体ではせん断ひび割れの進展が顕著に見られ、最終的にせん断圧縮破壊したが、H-1 供試体ではせん断ひび割れの進展は顕著でなく、ASR 膨張によるひび割れに沿ってひび割れが進展していく傾向が見られた。これは、ケミカルプレストレスによりコンクリート負担せん断力が増加したためと考えられる。

せん断補強筋破断の有無による比較を行うと、H-2 供試体では付着せん断ひび割れの進展が見られた。すなわち、せん断補強筋が破断していることから主鉄筋のダウエル力に抵抗する力が弱くなり、せん断付着ひび割れの進展につながることで、最終的にせん断付着破壊を起こしたと考えられる。

6. 荷重－中央変位関係

荷重－中央変位関係を図-3に示す。

ASRの有無による比較を行うと、N-1 供試体は最大荷重到達後、せん断圧縮破壊に至ったが、H-1 供試体は最大荷重到達後、変位の増加とともに荷重が徐々に低下する挙動を示した。これは、ケミカルプレストレスによりせん断耐力が向上したことで、曲げ破壊に移行したためであると考えられる。

せん断補強筋破断の有無による比較を行うと、H-2 供試体は初期剛性が若干低下するとともに、最大荷重到達直後に荷重が急激に低下するというせん断破壊の挙動を示した。これは、ケミカルプレストレスによりせん断耐力が向上しているものの、せん断補強筋の破断によりダウエル力に抵抗する力が弱まり、加えてASR 膨張により生じた主鉄筋に沿うひび割れが、載荷により開口しやすくなったためであると考えられる。

7. 破断したせん断補強筋の有効性

H-2 供試体のせん断補強筋中央部および下縁部における荷重－ひずみ関係を図-4に示す。

図-4より、せん断補強筋の下縁部においてはひずみの増加がほとんど見られないものの、中央部ではひずみが大きく増加したことから、破断が生じている場合でも、破断位置からある程度離れた位置では有効に働くことが確認された。別途行った付着試験から得られた鉄筋の有効定着長が 5.5ϕ であったことから、せん断補強筋が破断している場合において

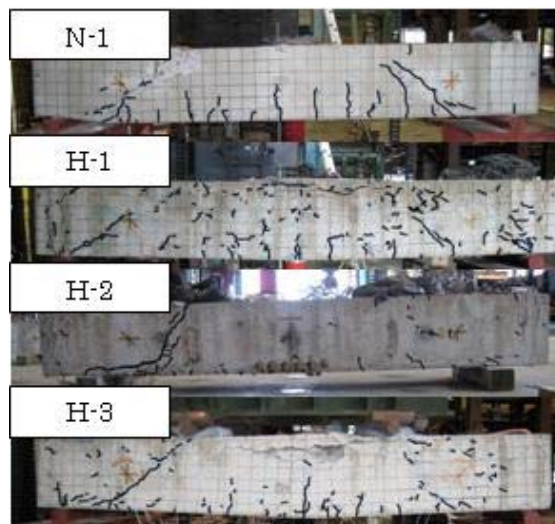


図-2 載荷後のひび割れ状況

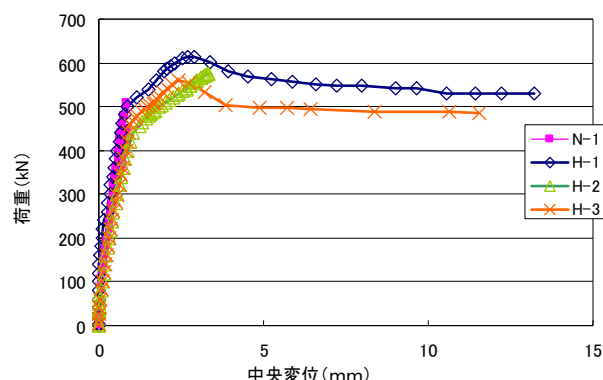


図-3 荷重－中央変位関係

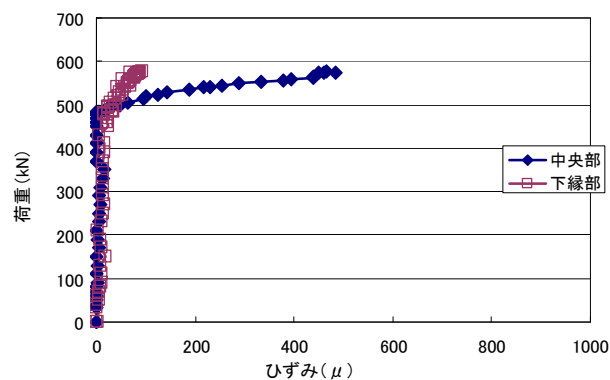


図-4 荷重－せん断補強筋ひずみ関係

も、定着長が確保されている場合、せん断補強筋が有効に働くと推測される。

8. まとめ

本実験で使用した自由膨張量が 4400μ 程度の ASR コンクリートであれば、せん断補強筋の破断がない場合には、ケミカルプレストレスによりせん断耐力が向上し、曲げ破壊に至ることが確認された。しかしながら、せん断補強筋が破断している場合、ケミカルプレストレスによる耐力向上は見られるものの、最終的にはせん断付着破壊が生じ、また最大荷重に至るまでの剛性もわずかに低下する傾向が伺えた。