

第 部門

鉄筋に切欠きを導入した RC 部材の耐荷性能に関する実験的研究

神戸大学工学部 学生員 ○山本 尚樹
神戸大学大学院 学生員 尾崎 健

神戸大学工学部 正会員 森川 英典
神戸大学工学部 正会員 小林 秀恵

1. 研究の目的

塩害による鉄筋腐食の特徴は、コンクリート中の塩化物イオンの存在により鉄筋腐食が促進され、鉄筋表面に一樣に腐食が広がる場合と鉄筋が断面減少を引き起こすような局所的な場合があり、これによって構造物の諸性能が低下するため、鉄筋の腐食程度と RC 部材の性能低下の関係を明確にすることは重要である。一般に、実際の鉄筋腐食は一樣な腐食よりも局所的に進行することの方が多い。そこで、RC 部材の性能低下の状況を把握するために鉄筋腐食を切欠きとして表現した RC 供試体を作製して曲げ破壊試験を行い、鉄筋の腐食による RC 部材の耐荷性能低下を評価した。

2. 実験概要

(1) 実験供試体及び載荷試験

供試体概要を図-1 に、鉄筋の切欠きパターンを図-2 に、切欠き状況を図-3 に示す。切欠きの位置は、C.L. から 30 mm, 90 mm, 150 mm である。ひずみゲージは切欠きの反対側に貼り付けた。打設日が異なるため、比較用に健全供試体を作製した。コンクリートの設計圧縮強度は 30N/mm^2 で、打設 1 日後に脱型し、その後 14 日湿空養生(室温)した。切欠きは断面減少率 20%, 40% を想定している。載荷試験は単純支持による中央 1 点載荷で実施した。

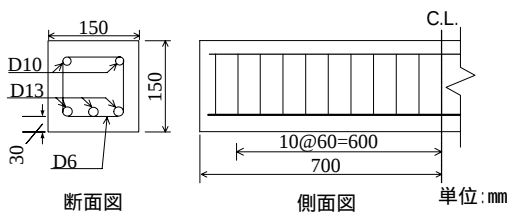


図-1 供試体概要

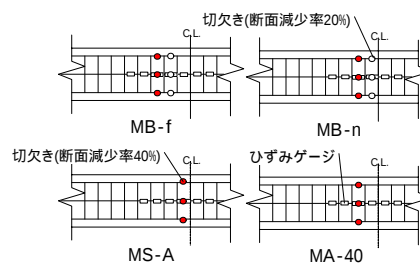


図-2 供試体タイプ



図-3 切欠き状況

(2) 鉄筋引張試験

実験供試体で使用したものと同等の D13 鉄筋(健全)に塑性ひずみゲージを貼り付けて、3 本の鉄筋で引張試験を実施した。ゲージは鉄筋長の中点に表裏 1 枚ずつ貼り付けた。

3. 実験結果

試験結果を表-1 に、供試体の荷重—たわみ関係を図-4 に示す。本試験では、切欠きを有する鉄筋の降伏点が明確でないため、ひずみが急激に伸び始めた荷重を実験降伏荷重とした。打設日によってコンクリートの圧縮強度が異なったために健全供試体の降伏荷重に差が生じたので、評価はそれぞれの健全供試体に対する比率で行った。図-4 から、鉄筋降伏までの挙動については切欠きの影響はほとんどないことがわかった。MB-f, MB-n では切欠きの深いものから降伏した。図-4 において MB-f, MB-n のグラフ勾配が 2 度にわたって変化しているが、これは図-5 より、切欠き部の降伏時の荷重と勾配が変化したときの荷重とが等しいため、その影響によると思われる。さらに図-6 は切欠きとは反対側の荷重—中央鉄筋ひずみ関係であるが、これより、MB-n では中央鉄筋が健全供試体よりも早く降伏した。これは浅い切欠きが

表-1 実験結果

供試体名	圧縮強度 (N/mm^2)	実験降伏 荷重(kN)	降伏荷重 の対健全 供試体比	圧壊荷 重(kN)	圧壊荷重 の対健全 供試体比
健全1	29.8	45.1	1.00	48.6	1.00
MA-40	29.8	28.5	0.63	40.6	0.83
MB-f	29.8	34.3	0.76	46.8	0.96
MB-n	29.8	31.7	0.70	41.4	0.85
健全2	26.5	48.4	1.00	50.4	1.00
MS-A	26.5	29.3	0.61	46.2	0.92

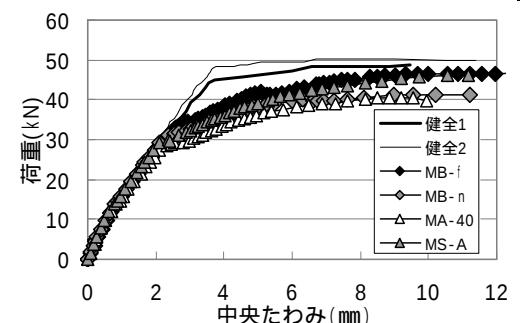


図-4 荷重—たわみ関係

C.L.に近いために、切欠き部による有効断面積の減少が C.L.を挟んで反対側のひずみゲージ貼付け部にまで及んだためと考えられる。また、図-2 の切欠きタイプから推測すると載荷点近傍に切欠きが集まる MS-A の方が耐力は低いと思われたが、表-1 より、MA-40 よりも MS-A の方がやや早い荷重段階で降伏したものの、最終耐力(圧壊荷重)では MA-40 よりも MS-A の方が高くなり、降伏時と圧壊時で関係が逆転する結果となった。これについては鉄筋の引張試験より検討する。

引張試験の結果を図-7 に示す。これより、健全な D13 鉄筋ではひずみが約 25500 μ を超えるとひずみ硬化現象を起こし、荷重をさらに負担できるようになる。さらに、切欠いた鉄筋の場合、切欠き箇所におけるひずみの増大は、応力集中によって健全鉄筋よりもはるかに大きいものであるため、ひずみ硬化によって負担される荷重の増加が早い段階で始まるものと推定される。したがって、局部腐食を有する鉄筋において、局所的な断面欠損が大きく、その位置が載荷点に近いほど、早くひずみ硬化領域に入って荷重を負担できると言える。

続いて MA-40 と MS-A の切欠き近傍の荷重—鉄筋ひずみ関係を図-8 に、切欠き近傍のひずみゲージ張り付け位置とゲージ番号を図-9 に示す。図-8 より、MS-A では鉄筋ひずみがひずみ硬化領域に入っており、MA-40 では、試験途中にひずみゲージが剥離してしまい、ひずみを追従できていないが、ゲージ剥離後もひずみが増大し、ひずみ硬化領域に達したと思われるが、MS-A は MA-40 よりも早い段階で荷重をより負担しており、その結果、最終耐力では MS-A が MA-40 を上回ったと思われる。ここで、図-2 の切欠きの位置に着目すると、MS-A の切欠きは載荷点に近いために MA-40 よりも曲げモーメントが大きく作用し、応力集中度が高かったために MS-A が MA-40 よりも先にひずみ硬化領域に入ったと考えられる。

MS-A や MA-40 の他にも著者らは局部腐食供試体を作製し、載荷試験を行った

が、ひずみ硬化によるものと思われる荷重の負担が見られた。図-10 にその一例を示す。鉄筋ひずみが 25500 μ に達しており、ひずみ硬化領域に入っていたと思われる。さらに切欠きのエッジ部においては応力集中度が高いと考えられるため、ひずみゲージで測定された段階よりも早い時点でひずみ硬化領域に入ったと考えられる。

4. まとめ

鉄筋降伏までは切欠きによる影響はほとんどない。1 本の鉄筋に切欠きが 2 箇所ある場合、切欠きの深い順に降伏する。また、切欠きの降伏は荷重—たわみ関係におけるグラフの勾配の変化として表れる。鉄筋が切欠きを有する場合は、応力集中により切欠き部が降伏後、ひずみ硬化領域に入って荷重をさらに負担できるようになり、それによって最終耐力が向上するので、載荷点近傍に切欠きが集中していても一概に耐力が小さいとは言えない。

【参考文献】

- 1) 森川英典, 尾崎健, 森田佑介, 小林秀恵, 古田久人: RC 部材における鉄筋腐食モニタリングと局部腐食を考慮した部材性能の評価, 建設工学研究所論文報告集, 第 46 号, pp.27-46, 2004.11.

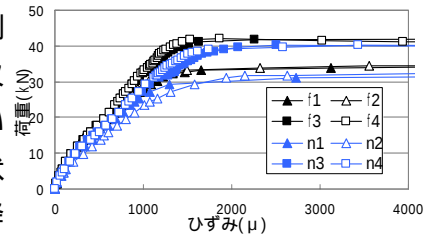


図-5 荷重—ひずみ関係

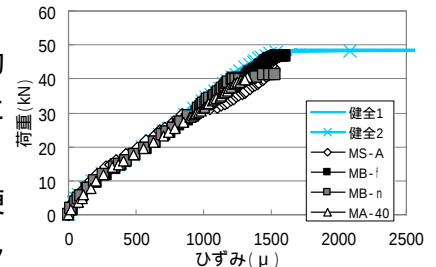


図-6 荷重—ひずみ関係

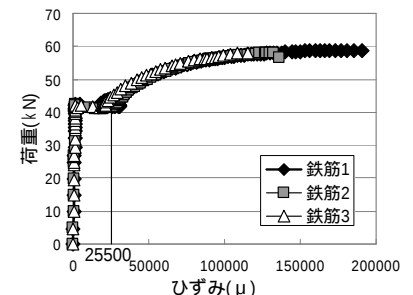


図-7 荷重—ひずみ関係

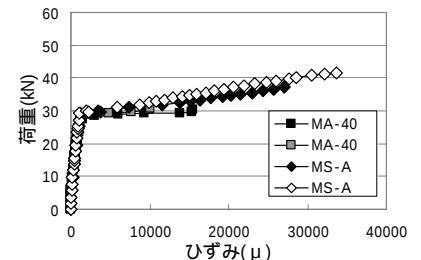


図-8 荷重—ひずみ関係

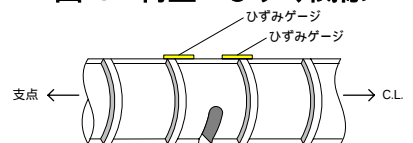


図-9 切欠き近傍のひずみゲージ

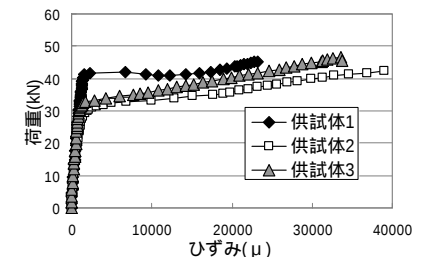


図-10 ひずみ硬化の例