局所的な鉄筋腐食が交番載荷を受ける鉄筋コンクリートはりの構造性能に与える影響

○東京工業大学　学生会員　田中　佳南
東京工業大学　　正会員　千々和　伸浩
東京工業大学　　正会員　岩波　光保

1. 研究の背景と目的

現在，日本では構造物の高経年化が進んでおり，1950年代に始まった高度経済成長期に造られた多くの構造物が，構造物の寿命といわれている建設後50年を迎えつつある．例として，建設後50年を迎える橋梁の割合が，現在の20%から10年後には50%まで増加するなど，高経年化への早急な対策が求められる．

高経年化した構造物は，主に補修，作り直し，廃止を行うことになるが，限られた予算や人口，時間の中で対策を進めていかなければならない．そこで，本研究では効率の良い点検や補修を行うため，高経年化に伴う鉄筋の腐食箇所や程度がコンクリート構造物に与える影響の理解を目的として，局所的な鉄筋腐食が交番載荷を受ける鉄筋コンクリートはりの構造性能に与える影響について検討した．

2. 研究の概要

橋梁や桟橋に使われている鉄筋コンクリートはりを対象として，曲げ性能への影響が大きい主鉄筋の腐食箇所や程度を変え，実験と解析を通して既往研究[1)2)]とも比較しながら考察を行った．また，載荷方法として，実際に想定される外力としての地震時の挙動を表現した交番載荷を用いた．

3. 実験の概要と結果

主鉄筋の腐食位置や程度を変えた5体のはりを作製し，交番載荷の実験を行った．実験で用いたはりを**図1**に，鉄筋腐食のパターンを**表1**に示す．また，鉄筋の腐食により，鉄筋の断面積が減少し，鉄筋周りの付着が弱まる様子を表現するため，鉄筋を腐食量に応じて切削し，鉄筋周りに塩化ビニルテープを巻いて腐食部の鉄筋とコンクリートの付着を除去した．

交番載荷実験の様子を**図2**に示す．変位制御により，鉛直下向きと上向きの交互に変位が大きくなるよう，はりに繰返し荷重を与えた．実験結果を，鉛直下向きを正として**図3**と**図4**に示す．**図3**は試験体0の荷重-変位関係を，**図4**は5つの試験体のひび割れパターンを示している．

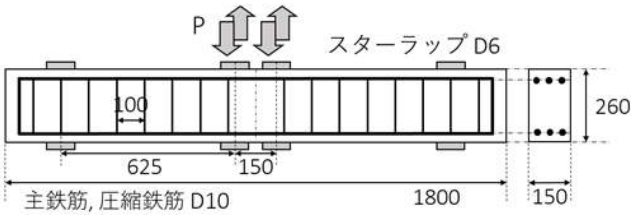

図1　対象としたRCはりの寸法（単位:mm）

表1　鉄筋腐食のパターン

試験体番号	腐食位置（黒色部分が腐食位置を示す）	断面欠損率
0		0%
1		30%
2		50%
3		30%
4		30%

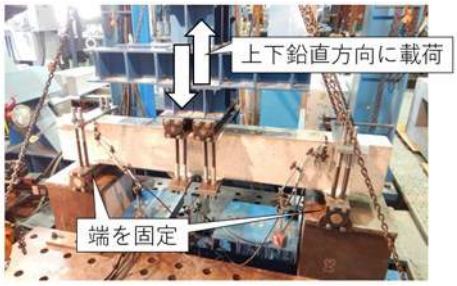

図2　交番載荷実験の様子

キーワード　局所的な鉄筋腐食，鉄筋コンクリートはり，交番載荷，構造性能，鉄筋座屈
連絡先　〒152-8552　東京都目黒区大岡山2-12-1緑が丘1号館5階512号室（Mail Box : M1-21）
東京工業大学社会基盤マネジメント研究室（岩波研究室）　TEL 03-5734-3194

図 3 に示すように，試験体 0 では交番載荷によって軸方向鉄筋の座屈が生じ，荷重が低下することが分かった．ただし，鉄筋の座屈は試験体 0 と 4 のみで生じた．鉄筋腐食のパターンにより鉄筋の座屈性状に違いが生じた原因として，ひび割れの発生状況が影響していると考えられる．

図 4 に注目すると，試験体 0 と 4 では，鉄筋座屈が生じた載荷点付近に多くの水平ひび割れがみられる．一方の試験体 1，2 および 3 では，中央部の鉄筋腐食により曲げひび割れが集中し，水平ひび割れがみられていない．よって，鉄筋腐食パターンが鉄筋の座屈に影響を与え，構造性能が変化することが分かった．

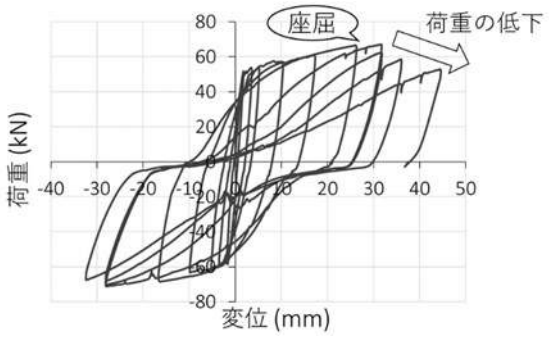

図 3　荷重-変位関係（試験体 0）

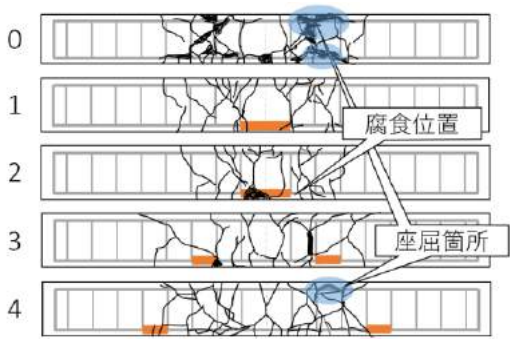

図 4　ひび割れパターン

4.　解析の概要と結果

解析ソフトとして，三次元の非線形 FE 解析ソフトである COM3 を用いた．**図 1** に示すはりを用いて，実験と同じ条件下で解析を行った．鉄筋腐食を腐食部の鉄筋要素と周りのせん断剛性を減らすことで，鉄筋座屈を鉄筋の降伏後の強度を減らすことで表現した．

解析結果について，剛性や降伏荷重，最大荷重のほか，ひずみ分布も実験結果のひび割れのパターンと合わせることができたが，特に結果の中で鉄筋座屈に大きく影響すると考えられるひずみ分布に注目する．

図 5 は試験体 0，1，3，4 の変位が 27mm の時点でのひずみ分布を示しており，鉄筋座屈が生じた部分を白丸で囲んでいる．白丸に注目すると，試験体 3 におけるひずみは試験体 0 や 4 よりも大きく，試験体 1 ではひずみが表れていない．つまり，白丸部分に試験体 0 と 4 では実験の水平ひび割れに対応するひずみが大きい領域がみられるが，試験体 3 では大きな曲げひび割れに対応する領域がみられており，試験体 1 ではより中央部の大きな曲げひび割れにより白丸部分には水平ひび割れに対応する領域がみられないことが分かる．

以上より，白丸部分に注目することで解析上でもはり内部の鉄筋が座屈するかどうかを判断できることが分かった．鉄筋の腐食位置や程度を変えた追加解析を行った結果，断面欠損率が少ない場合に比べて，はり中央部やはり軸方向に広範囲にわたり鉄筋の腐食が生じている場合では，水平ひび割れが少なく鉄筋座屈が起こりにくいため，荷重が低下するタイミングが遅くなることが分かった．

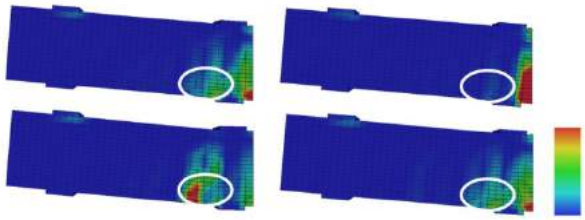

図 5　ひずみ分布（左上：試験体 0，右上：試験体 1，左下：試験体 3，右下：試験体 4）

5.　結論

交番載荷を受ける局所的な鉄筋腐食を持つ鉄筋コンクリートはりは，鉄筋の腐食位置や腐食程度によってひび割れの発生状況が変化することで，鉄筋の座屈に影響が表れ，構造性能が変化することが分かった．

参考文献

1）中村　董，千々和　伸浩，岩波　光保：コンクリート中の鉄筋腐食を考慮した構造解析に基づく桟橋の維持管理の負担軽減に関する検討，土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集，第 V 部門，pp877-878，2017
2）加藤　絵万，濱田　洋志，岩波　光保，横田　弘：局所的に生じた鉄筋腐食が RC はりの構造性能に及ぼす影響，港湾空港技術研究所報告，Vol.47，No.1，2008