

局所的に発生した鉄筋腐食が RC はりの耐疲労性に与える影響

○東京工業大学 学生会員 高橋 実花
 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

近年、建設から時間が経過している構造物が急激に増加している。また、多くの橋梁は市区町村が管理しているが、市区町村では技術者不足や財政難により、思うように点検や補修が進んでいない¹⁾。よって、こうした構造物を効率的に管理していくためには、劣化した構造物の構造性能について知ることが急がれる。

本研究では、塩害等で生じる局所的な鉄筋腐食による断面積の減少と鉄筋とコンクリートの付着劣化と、近年の交通量の増大や地震による繰返し荷重に着目し、局所的に発生した鉄筋腐食が橋梁等に用いられる RC はりの耐疲労性に与える影響について検討した。

2. 実験と解析の比較

主鉄筋に局所的な腐食を模擬した RC はりにおいて、0.4~0.5Hz の速度で繰返し荷重を作用させた。試験体の概要を図 1、各ケースにおける荷重レベルと破壊までの荷重回数を表 1 に示す。荷重レベルは“上限荷重—下限荷重”と表現し、ケースの違いは、与えた荷重レベルである。図 1 の赤色で示した部分は腐食模擬箇所である。

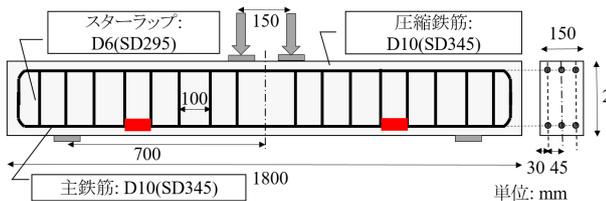


図 1 試験体概要

表 1 各ケースでの荷重レベルと破壊までの荷重回数

ケース	上限荷重—下限荷重 (単位: kN)	荷重回数	
		実験	解析
S-45	10-45	2.9×10^5	2.9×10^5
	10-54	1.5×10^5	2.5×10^5
S-54	10-54	1.0×10^5	1.7×10^5
S-50	10-50	3.2×10^5	4.0×10^5

実験では、はりの主鉄筋を既往研究²⁾を参考に切削することにより、腐食による 30%の断面積の減少と機械的な付着の劣化を模擬した。非線形有限要素解析システム COM3 による再現解析では、腐食模擬箇所の鉄筋断面積を減少させるとともに、ジョイント要素を配置することで付着劣化を表現した。表 1 に示すように、実験と解析で荷重回数は同程度であった。

表 2 は実験におけるひび割れ分布と解析におけるひずみ分布、それぞれの破壊位置を示している。本研究の範囲内では、実験と解析ともに、静的荷重を作用させた全てのケースにおいて曲げ破壊を生じ、繰返し荷重を作用させた全てのケースにおいて主鉄筋の疲労破壊が生じた。よって、本研究では静的荷重は曲げ破壊、疲労荷重は主鉄筋の疲労破壊を破壊の定義とする。表 2 よ

表 2 ひび割れ、ひずみ分布と破壊位置

ケース	実験	解析
S-45		
S-54		
S-50		

表 3 せん断応力分布の推移

荷重回数	S-45	S-54
1 回目		
1.0×10^3 回目		
破断直前		

キーワード 局所的な鉄筋腐食, 鉄筋コンクリートはり, 耐疲労性, 付着劣化, 有限要素法
 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

表4 主鉄筋の腐食パターン

ケース	主鉄筋の腐食パターン (灰色部分：腐食模擬箇所)	断面 減少率 (%)
S-A		50
S-B		30
S-C		30

表5 ひずみ分布と破壊位置

ケース	1回目	破断直前
S-A		
S-B		
S-C		

表6 ひずみ分布の推移と破壊位置 (S-C)

ケース	上：50kN 下：1回目	上：60kN 下：1.0×10 ³ 回目	上：67kN (曲げ破壊) 下：破断直前
S-C_static			
S-C_cyclic			

りひび割れの位置や本数に大きな違いはないが、荷重レベルによって実験の破壊位置が異なることが分かる。これは鉄筋とコンクリートの付着劣化に起因すると考えられる。

表3にS-45とS-54のせん断応力分布の推移を示す。S-54の黄色の楕円で示した箇所において、応力分布はほとんど変化せず、腐食模擬区間に向けて大きな応力が持続的に作用していた。しかしS-45では荷重回数の増加に従って腐食模擬区間に向けた応力は発生がなくなるようになった。これは鉄筋健全部の付着劣化によって耐荷機構が変化したと考えられる。よって、実験での耐荷機構を解析で追うことができ、解析に使用する材料特性値の妥当性が示されたと判断できる。そして、それにより実構造物の維持管理時に必要だと考えられる、破壊位置と破壊までの荷重回数が予測できる。

3. 様々な腐食パターンへの適用

2により解析に使用する材料特性値の妥当性が示されたので、異なる腐食パターンに対する解析を行った。

主鉄筋の腐食パターンを表4に、各ケースにおけるひずみ分布と破壊位置を表5に示す。ひずみ分布は荷重回数1回目と鉄筋破断直前の様子を示し、黄色のバツ印は静的荷重の破壊位置を、オレンジ色のバツ印は疲労荷重の破壊位置を示している。表5より、全てのケースにおいて静的荷重でははりの中央で破壊が起きたが、疲労荷重では腐食模擬区間の端で破壊が起きており、荷重方法により破壊位置が異なったことがわかる。

S-Cを例にとり、表6に荷重回数増加に伴うひずみ分布の推移と破壊位置を示す。S-Cの静的荷重を“S-C_static”と、疲労荷重を“S-C_cyclic”とすると、静的荷重では荷重が大きくなるにつれて、はり中央のひずみが増大していく。しかし、疲労荷重では、同じ上限荷重が繰返し作用するので、荷重回数1回目で最大のひずみが発生した箇所に損傷が累積し、これより静的荷重と疲労荷重で破壊位置が異なったと考えられる。

4. 結論

主鉄筋に局所的な腐食を有するRCはりの、繰返し荷重作用による耐荷機構の変化を解析で再現することができた。局所的な鉄筋腐食と繰返し荷重の相互作用により、荷重条件によって破壊位置が異なる腐食パターンがあることも分かった。材料特性を適切に設定することで実構造物挙動を解析で再現し、耐荷機構や破壊位置、破壊までの荷重回数を得ることで、補修位置や防食位置の特定など、維持管理の効率化につながると期待される。

参考文献

- 国土交通省：老朽化の現状・老朽化対策の課題，2018。
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf>
- 田中 佳南，千々和 伸浩，岩波 光保：局所的な鉄筋腐食が交番荷重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，土木学会第73回年次学術講演概要集，第V部門，pp.707-708，2018。