# 損傷がある RC はりの実験および 3 次元 FEM 解析に関する研究

五洋建設	(株)	(前	長崎ナ	マ学大学	院)	正会員			(	⊃永松牧子
			前	長崎大	学	非会員			海部貴裕	中馬紗貴
	7	テラ	ス青梅	工業(桜	ŧ)	正会員			岡本賢治	鶴田健
				長崎大	学	正会員	古賀掲約	進(	左々木謙二	松田浩

## 1 はじめに

コンクリートは建設工事において不可欠な材料である が、過酷な環境下では常に耐久性が減じる方向にある. 我が国において 2030 年頃には、供用期間 50 年を超過す る橋りょうが全体の半数以上となり、RC 構造物の延命化 や維持管理が重要となる<sup>1)</sup>.また、維持管理の対象となる RC 構造物の劣化損傷の1つとして、鉄筋定着部損傷によ るひび割れが挙げられる<sup>2)</sup>.そこで本研究では、コンク リート構造物を補強する工法として、無機系・セメント 系の材料の中で付着特性に優れる PIC 板<sup>3</sup>に着目し、鉄 筋定着部が損傷した RC はりを補強し、そのせん断補強 効果を実験から求めた.

最後に,3次元 CAD からモデル作成を行い,3次元 FEM 解析を用いて PIC 板で補強した損傷 RC はりのシミュ レーション解析を実施し,解析法の妥当性について検討 した.また,様々な損傷を有する RC はりのモデル化と 解析を行うことにより,損傷度やその種類による力学特 性の特徴について示した.

#### 2 試験結果

#### 2.1 研究目的

劣化損傷の1つである鉄筋定着部損傷をスチレンボードの導入により模擬して RC はりの製作を行った.定着部損傷による RC はりの耐荷力の減少,および PIC 板を定着部損傷がある RC はりの側面に埋設型枠として補強することによる PIC 板のせん断補強効果を実験および解析により検討することを目的とする.

#### 2.2 試験体の概要

表1および図1に曲げせん断試験を行う RC はり試験 体の概要を示す. 試験体A は無補強無損傷の RC はりで ある. 試験体B は主鉄筋上部に厚さ 1mm のスチレンボー ドを導入することにより,鉄筋定着部損傷を模擬した<sup>2)</sup> 欠陥コンクリートである. 試験体CはBと同様にスチレンボードで鉄筋定着部を模擬し,さらに,PIC板(t20×H175×L900mm)で補強したものである. PIC板は試験体の両側面に2枚ずつ設け,PIC板1枚につき8本のボルト(M12)で固定した.

#### 2.3 解析条件

3 次元 CAD の普及や,計算機の性能向上の背景から, 3 次元 CAD (Autodesk 社 Fusion360)を用いてソリッド ボディを作成し, MSC. Marc Mentat を用いて非線形解析 を行い,解析法の妥当性の検討と,損傷 RC はりの力学 特性の解明を行った (図 2).

表1 試験体概要

試験体	欠陥	PIC板	ボルト	主鉄筋
А				
В	有り		—	3×D19
С	有り	4枚	8本/1枚	



キーワード 3次元 FEM 解析, RC はり, 損傷, PIC 板, 樹脂含浸コンクリート (PIC), 曲げせん断試験 連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻構造工学コース TEL095-819-2590

### 2.4 実験および解析結果

荷重-変位曲線を図3に示す.実験結果について,損 傷がある試験体Bはせん断引張破壊を呈し,無損傷の試 験体Aの55%のせん断耐力となった.PIC板で補強した 試験体Cは無補強の試験体Bの194%のせん断耐力とな り,試験体Aと同程度までせん断耐力が回復した.

解析結果と比較して,全ての試験体について曲げ剛性 はほぼ一致した.試験体A,Bについては,最大荷重の差 も 6.5%以内に収まり,鉄筋定着部の損傷をシミュレー ションすることができた.しかし,PIC 板補強した試験体 C の最大荷重は過大となった.解析条件として,PIC 板と コンクリートは完全接着としているため,実験値におけ る最大荷重後も PIC 板が応力を伝達し続け,最大荷重が 増大したと考えられる.

はりモデルの長手方向中央で切った実験値における最 大荷重時の主ひずみのコンター図を図4に示す.無損傷 の試験体Aはせん断ひび割れ部に,引張ひずみが広く分 布していることがわかるが,欠陥がある試験体B,Cは欠 陥部周辺で引張ひずみが確認されず,応力が伝達されて いないことがわかる.試験体Bでは,試験体Aの最大荷 重の約5割の荷重で,Bの主ひずみがAより大きくなる ことが解析により明らかにできた.

3 様々な損傷がある RC はりの解析

実験するにおいて、故意に損傷を試験体に入れること は非常に困難であり、損傷がある RC はりの力学特性に ついて明らかになっていないことが多い.3次元 CAD を 用いることにより、様々な損傷をモデル化できるため、 鉄筋の破断,断面欠損およびコンクリートの剥落が RC は りの力学特性におよぼす影響を解明することを目的とし て解析を行った.本論文では鉄筋がスパン中央部で破断 した RC はりの解析結果を示した.

5本の主鉄筋 (D19) のうち, 真中1本と, 真中3本, 5本全てをスパン中央で鉄筋破断させたモデルの解析を 行った.この荷重-変位曲線を図5に示す.鉄筋破断に より曲げ剛性が低くなるだけでなく,曲げ圧縮破壊する 前に曲げひび割れにより破壊を呈した.図6にRCはり 下面の主ひずみのコンター図を示す.破断した本数が少 ないほど曲げひび割れが多くなり,曲げ引張力に抵抗し ていることがわかる.また,破断した鉄筋周りで主ひず みが大きくなり,応力集中が起きることを解析により明 らかにできた.



図6 鉄筋が破断した RC はり下面のひび割れ図

## 参考文献

- 1) 松井繁之:道路橋床版の長寿命化技術, 森北出版(株), pp. i, 2016
- 午々和伸浩:土木学会論文集 E2(材料・コンクリート 構造), Vol67, No.2, 公益社団法人土木学会, pp160-165, 2011
- 小柳洽:レジンコンクリート・ポリマー含浸コンクリートの利用,材料,(公社)日本材料学会,Vol.41,No.470, pp.1709-1716,1992