

静的載荷実験に基づく RC 部材の変状の影響に対する研究 (その2 実験結果と分析)

ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 ○羅 休, 大越 正雄
西村耐震防災研究所 フェロー会員 西村 昭彦, 唐 文東
慶應義塾大学 学生会員 曹 一竜, 西村 秀和

1. はじめに

本研究では、塩害などによる RC 部材の被りの剥落や帯鉄筋の腐食が部材の耐力および変形性能に及ぼす影響を定量的に調べるために、前報（その1：研究概要と実験方法）に示された健全な模型梁と変状程度の異なる梁を対象に静的載荷実験を実施し、衝撃振動試験および固有値解析を行い、各載荷イベントにおける部材の剛性と固有振動数の関係を把握し、実務的な健全度判定指標を検討した。本報（その2：実験結果と分析）では、ページ数制限のため、静的載荷実験および実験に対する数値解析だけを紹介し、部材の変状が耐力および変形性能に与える影響を分析した。

2. 荷重変位曲線

曲げ破壊先行型の模型梁（Case1～Case4）に対する静的繰返し載荷実験の荷重変位（中央たわみ）曲線と数値解析結果の比較を図-1 に、せん断破壊先行型（Case5）の実験値と解析値の比較を図-2 に示す。

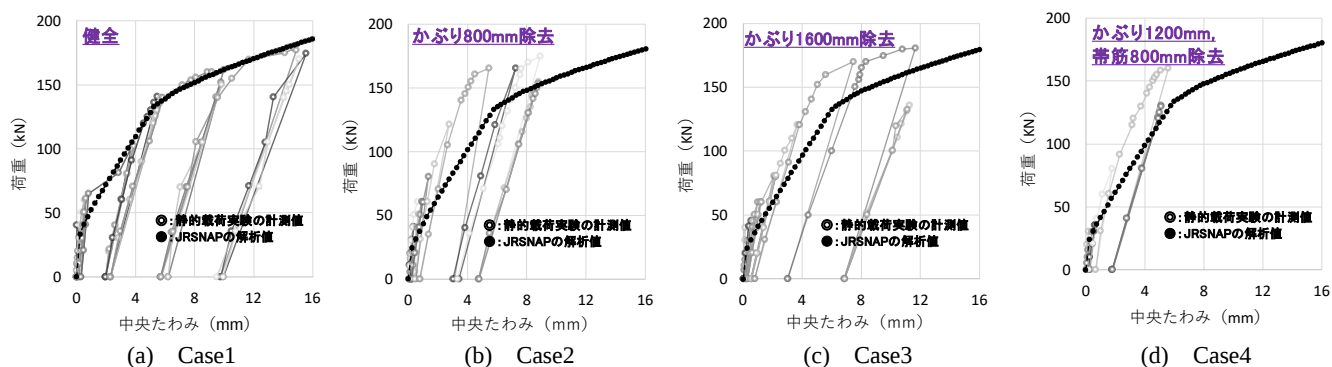


図-1 曲げ破壊先行型の模型梁の荷重変位曲線の実験値と解析値の比較

解析ツールは、鉄道総研が開発した構造物設計プログラム JRSNAP を使用した。入力パラメーターは材料試験から得られた下記の実測値を採用した。

コンクリート圧縮強度 (f'_c) : 4.8×10^4 (kN/m²)

コンクリートのヤング率 (E_c) : 2.74×10^7 (kN/m²)

鉄筋降伏強度 (f_y) : 4.48×10^5 (kN/m²)

鉄筋ヤング率 (E_s) : 2.0×10^8 (kN/m²)

JRSNAP は鉄道構造物の耐震設計専用プログラムであり、部材要素の変形特性を表す $M \sim \phi$ （曲げモーメント～曲率）関係は、設計安全性を担保するために、正負交番繰返し載荷実験で耐力がかなり低下した 3 回目の値をベースに作成したものである¹⁾。したがって、この $M \sim \phi$ 関係は、今回の片振り繰返し載荷実験のシミュレーションに使えないため、下記のように鉄筋コンクリートの理論と実験計測値から $M \sim \phi$ 関係を作成した。

部材要素 C 点（クラック発生）の $M \sim \phi$ 関係は線形のため、各々ケースの断面形状に基づく理論値を算出した。Y 点（鉄筋降伏）の M （曲げモーメント）は理論値より、 ϕ （曲率）は実験結果の荷重変位曲線と合うようにトライアル計算より逆算した。その一例として、作成した Case1（健全）の $M \sim \phi$ 関係を下記に示す。

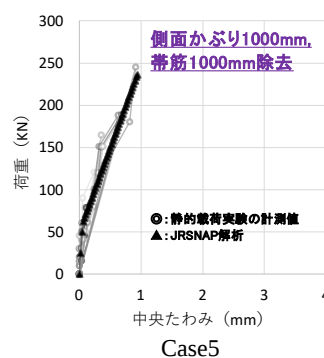


図-2 せん断破壊先行型の比較

キーワード：RC 部材，変状，静的載荷実験，荷重変位曲線，耐力，変形性能

連絡先：〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel: 042-505-6505

Fax: 042-843-0794

クラック発生時の $M_c=19.5$ (kN・m)

曲率 $\phi_c=0.000388$ (1/m)

鉄筋降伏時の $M_y=81.6$ (kN・m)

曲率 $\phi_y=0.0123$ (1/m)

これらの M , ϕ 値を用いて解析した結果を図-1(a) にプロットすると、計測値とよく合うことが分かる。ただし、図-1(b~d)に示す変状のある場合の模型梁の解析値は、計測値との誤差が大きい。その原因は、JRSNAP が被りのはつりや帯鉄筋の切断除去の影響を考慮できないためである。なお、図-2 に示す Case5 では、せん断クラックが発生したため、事前に算出したせん断耐力 185.6kN 付近で荷重を中止した。

各実験ケースの繰り返し荷重の 1 回目の荷重変位関係を包絡する線図を図-3 に示す。この図から、曲げクラック発生時の荷重荷重について、Case4 は被りのはつりと帯鉄筋の切断除去の両方があったため、約 35kN で最も低く、その後は Case3, Case2 と Case1 の順番になっていることが分かる。鉄筋降伏 (δy) 時の荷重について、健全な Case1 が負担する 140kN に対して、変状のある Case2, Case3 および Case4 は約 158~165kN であり、健全なケースより耐荷力が高い。この現象の原因は、被りがはつられた区間における鉄筋とコンクリート間の付着力がなくなったことであると考えられる。つまり、同じ荷重力に対して、被りをはつった区間における鉄筋全体が分散的に伸びることに対して、被りのある区間では鉄筋がコンクリートのクラックの狭い間隙の中で集中的に伸びるため、より早く降伏ひずみに到達したものとする。ただし、被りのある Case1 の鉄筋降伏点 (δy) 以降の各イベント ($2\delta y$, $3\delta y$) での 3 回繰り返し荷重に対する耐荷力の低下程度は、他のケースより小さく、高い靱性が見られた。その理由として、図-4(a)と図-4(b)に示す荷重後の損傷状況から見て分かるように、被りと底面帯鉄筋のない Case4 のクラックは被りがはつられた区間に集中し、 δy 時点では既に深く進展したことに對して、健全な Case1 のクラックは梁全体にわたって分布し、 $3\delta y$ 時点でやっと Case4 と同じ程度の進展が見られた。すなわち、Case1 のコンクリートの被りは部材の強靱性に寄与したと言える。

3. 模型梁の損傷状況

模型梁の荷重後の損傷状況については、一部のケースを図-4 に示す。この図では、損傷ひび割れ上で代表的なイベントとして、「クラック発生」、「鉄筋降伏 (δy)」、鉄筋降伏後の「 $2\delta y$ 」および「 $3\delta y$ 」、「せん断クラック発生」、「せん断クラック進展」を標記した。

4. まとめ

本報では、健全な RC 模型梁と被りのはつりや帯鉄筋の切断除去による人為的な変状を与えた梁に対する静的荷重実験の結果に基づいて、変状が部材の耐力および変形性能に及ぼす影響を定量的に分析した。

また、衝撃振動試験を用いた部材剛性と固有振動数の関係調査および実務的な健全度判定指標の検討については、今後の研究発表で紹介する予定である。

参考文献

- 1) 公益財団法人 鉄道総合技術研究所 (2012)『平成 24 年 鉄道構造物等設計標準・同解説 (耐震設計)』, 丸善出版株式会社

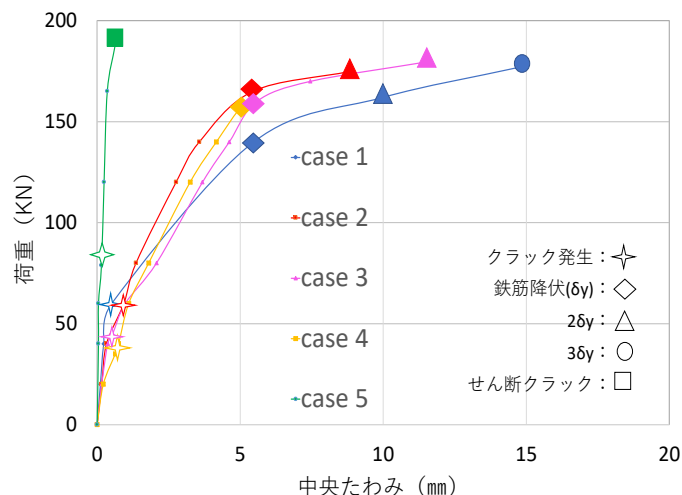
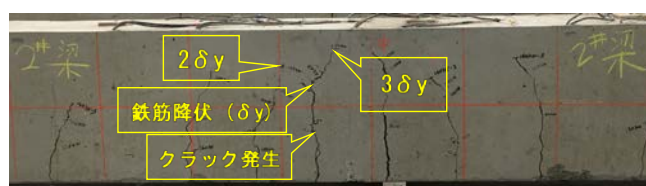


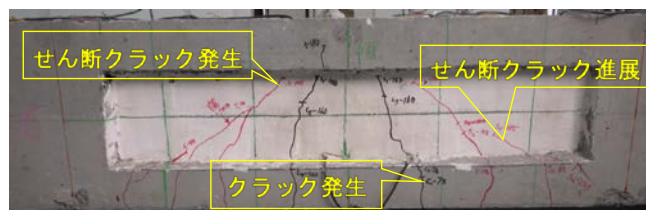
図-3 各実験ケースの荷重変位関係の包絡線の比較



(a) Case1



(b) Case4



(c) Case5

図-4 模型梁の荷重後の損傷状況