

RBSMによる軸力と繰り返し曲げを受けるRC部材の解析

石川 高 専 正会員 富田 充宏
金沢大学工学部 正会員 梶川 康男
金沢大学大学院 学生員 南部 敏行

1. はじめに

1995年1月に発生した阪神大震災において、橋脚や高架橋の脚柱などのRC部材は、コンクリートの圧壊や鉄筋の座屈を伴う脆性的な破壊を生じた。今後、RC構造物のより合理的な耐震設計法を確立するためには、部材断面に生じる応力度の照査だけでなく、部材耐力および変形性能等の観点からの詳細な検討が必要である。本研究は、死荷重および上スラブ等の自重による軸圧縮力を受ける高架橋の脚柱と中間はりの接合部に地震時の外力が作用した時を想定したRC部材の繰り返し載荷実験を行い、耐力および変形性能について検討した。また、川井ら¹⁾が提案した剛体-ばねモデルの解析法を適用し、実験結果のシュミレート解析を行い、その妥当性について評価したものである。

2. 実験概要

実験に用いた供試体の形状および各部寸法を図-1に示す。供試体支持部分には、供試体に確実に軸力を与え、正負交番載荷に対応するため、鋼管および鋼板を埋設した。主鉄筋は異形棒鋼D13を4本、帯鉄筋は丸鋼φ6を用い、供試部および中央加力部にそれぞれ100mmと70mm間隔に配した。実験種別としては、載荷形式の違いと軸力の有無により、表-1に示すように6ケースとした。

載荷方法は、図-2に示すようにサーボ型試験機により中央加力部に集中荷重を作用させ、軸力は油圧ジャッキを用いて作用させた。

3. 解析手法

剛体-ばねモデルは、対象物を有限個の微小要素に分割し、それ自身は剛体であると考え、各要素をその境界面上に連続的に分布しているばねによって連結させ、ばねの変形によって固体の変化や内力の伝達が行われると仮定したものである。また、その分布ばねに材料特性を直接導入することにより、材料非線形の解析が可能である。今回の解析で用いたコンクリートの材料特性としては、引張特性はテンション・スティフネス効果を考慮し、圧縮特性は応力-ひずみ関係を折れ線で近似して表した。また、鉄筋の材料特性としては、ひずみ硬化特性とBaushinger効果を考慮した履歴モデル²⁾を使用した。

解析では、スパン中央より左半分について図-3に示す要素分割を行い、竹内ら³⁾が提案したrmin法を拡張した非線形解析手法を用いた。なお、載荷時は変位増分法で、除荷時は荷重増分法で計算を行い、軸圧縮応力は、供試体支持要素に集中荷重として圧縮力60kNを与え、初期応力を求めた。

表-1 実験種別

供試体名称	載荷形式	軸応力 (MPa)	降伏荷重 (kN)	最大耐力 (kN)
CSN0	単調載荷	0.0	467	524
CSN4		4.0	683	695
CRN0	片振り	0.0	462	514
CRN4		4.0	646	660
CAN0	正負交番	0.0	446	454
CAN4		4.0	646	652

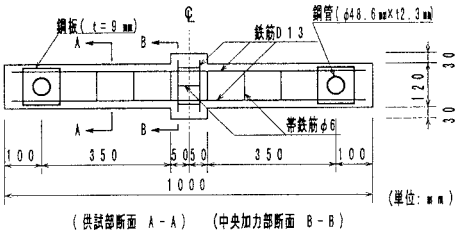


図-1 供試体寸法

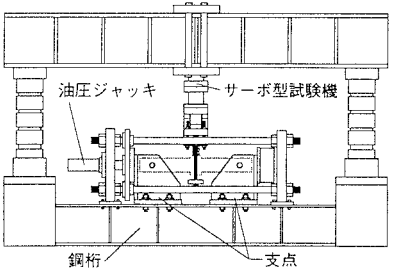


図-2 載荷方法

4. 実験結果と解析結果

片振り繰り返し載荷および正負交番繰り返し載荷の実験、解析結果の荷重-変位の関係を図-4および図-5に示す。また、各載荷実験の鉄筋降伏荷重と最大耐力を表-1に示す。表-1より、各載荷実験とも軸力ありの供試体の方が軸力なしの供試体に比べて、最大耐力が約30%上昇していることがわかる。しかし、図-4(b)に示した軸力ありの供試体CRN4の実験結果では、6ループ目の耐力低下を示している。また、図-5(b)に示した軸力ありの供試体CAN4の実験結果では、負載荷の5ループ目に著しく耐力が低下している。以上より軸力がある場合は、変形能に関して劣っていると考えられる。

図-4に示した片振り繰り返し載荷の解析結果では、両供試体とも最大耐力、鉄筋降伏後の変形および再載荷時の勾配については実験結果とほぼ一致している。しかし、除荷時の残留変形および除荷時の勾配については相違が見られる。図-5(a)に示した正負交番繰り返し載荷の軸力なしの供試体CAN0の解析結果では、5ループまでは実験結果とほぼ一致している。図-5(b)に示した軸力ありの供試体CAN4の解析結果では、最大荷重が実験結果より小さくなっている。ループ形状については負載荷では多少の相違が見られるが正載荷ではほぼ実験結果と一致している。

5. まとめ

1) 軸力ありの供試体の最大耐力は、軸力なしの供試体の30%程高くなる。しかし、変形能は著しく低下するため、コンクリートの圧壊による脆性的な破壊を起こす可能性が高いと考えられる。

2) 剛体-ばねモデルの適用により、繰り返し荷重を受けるRC部材の変形挙動を解析的に推定できることが明らかになり、本解析法の妥当性が認められた。

参考文献

- 1) Kawai, T: New Element Models in Discrete Structural Analysis, 日本造船学会論文集, No. 141, pp. 174-180, 1977. 5.
- 2) 松本公典: RC, PCおよびP RC部材のモーメント-曲率の関係とその応用, 土木学会論文報告集, No. 331, pp. 155-165, 1983. 3.
- 3) 竹内則雄・川井忠彦: すべり・接触・引張破壊を考慮した離散化極限解析法について, 構造工学における数値解析法シンポジウム論文集, 12巻, pp. 311-316, 1988. 7.

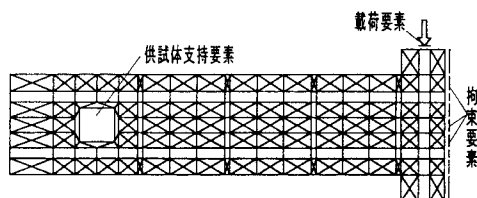


図-3 要素分割図

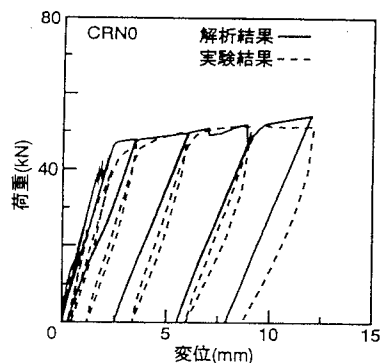


図-4(a) 荷重-変位関係

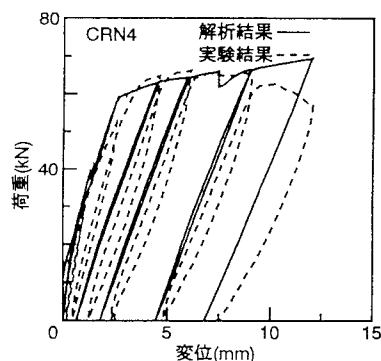
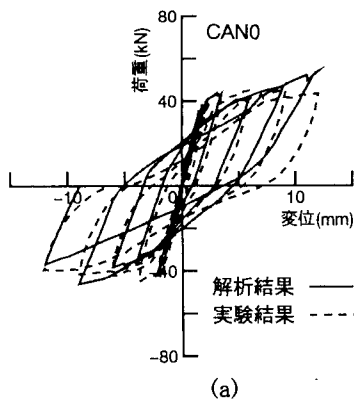
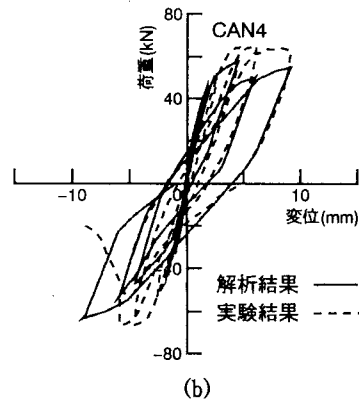


図-4(b) 荷重-変位関係



(a)



(b)

図-5 荷重-変位関係