

RC柱における曲げ耐力低下時のM- ϕ 関係の解析

徳島大学大学院 学生員 ○伊藤圭一
徳島大学工学部 正会員 島 弘

1. はじめに

RC部材が交番繰返し荷重を受ける時、曲げ降伏後、破壊が進み終局状態をむかえる。繰返し荷重を受けるRC部材が終局状態をむかえると耐力が低下する。交番繰返し荷重を受けたRC部材における終局時までの全体の挙動を評価する時、終局時において部材の耐力の低下のメカニズムを知ることは重要である。

現在まで、繰返し荷重を受けたRC部材の終局時における荷重-変位関係については、いくつか研究されている。しかし、ほとんどが荷重-変位関係において復元力特性のみから回帰的に把握しており、繰返しの影響を受ける構成材料の応力-ひずみ関係から、繰返しの影響が生じる機構を説明するまでには至っていない。村上・今井¹⁾らは、抵抗曲げモーメントの低下の原因として、圧縮側鉄筋の座屈のほかに、かぶりコンクリートのはく離を挙げ、それらを考慮することによって、繰返し荷重を受けるRC部材の抵抗曲げモーメントの低下を求めている。しかし、繰返し荷重を受けるコンクリートの応力-ひずみ関係には、繰返し荷重の影響を取り入れていない。鉄筋の座屈についても、応力-ひずみ関係から定量化していない。

本研究は、曲げ作用に着目し、繰返し荷重を受けるRC部材の抵抗曲げモーメントの低下の原因をあげ、応力-ひずみ関係を定量的にモデル化するとともに、解析的に抵抗曲げモーメントの低下を求めようとするものである。

2. 解析方法

曲げ載荷したRC部材の抵抗曲げモーメント-曲率関係の解析値を求めるにあたり、抵抗曲げモーメントの低下の原因としてコンクリートの繰返しによる耐力の低下と圧縮側鉄筋の座屈をあげ、それぞれのモデル化を以下で行った。

(1) コンクリートの繰返しによる耐力の低下のモデル化

コンクリートに繰返し荷重を与えた実験は、数多く行われてきた。岡本²⁾らはコンクリートに種々の繰返し荷重を与えることによって、繰返し荷重を受けたコンクリートの特性を的確に示している。その一つである定ひずみ繰返し載荷のコンクリートの応力-ひずみ関係を図-1に示す。この実験結果は、まさにコンクリートが繰返し荷重を受けることによって、耐力が低下することを示すものである。しかし、現在まで繰返し荷重を受けたコンクリートのモデルは、数多く発表されているが図-1のような定ひずみ繰返し載荷において、コンクリートの応力が低下する現象を表すものはない。そこで本研究では、繰返しの影響を取り入れたコンクリートのモデルを作った。モデル化するにあたり基本型として、塑性・破壊の立場から理論的に導

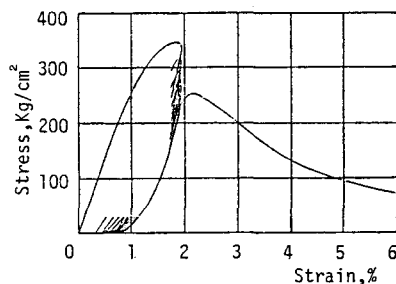


図-1 定ひずみ繰返し載荷実験¹⁾

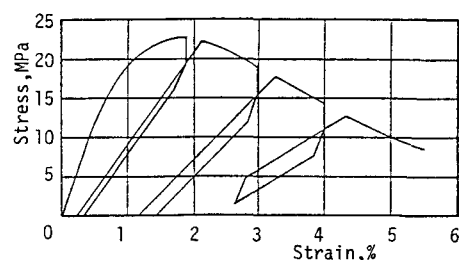


図-2 繰返しモデルの概形

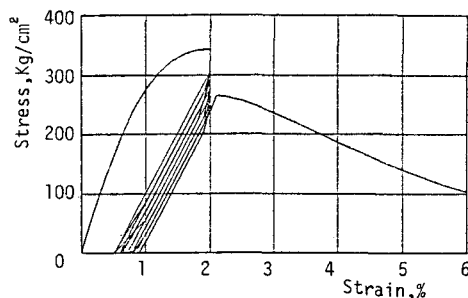


図-3 定ひずみ繰返しのモデル

いている前川モデル³⁾を用いた。そして内部曲線については、前川モデルに Darwin⁴⁾ の考えを取り入れることによって図-2 のように表すことができた。しかし、前川モデルに Darwin の考え方を取り入れるのみでは、岡本らの実験における定ひずみ繰返しの応力の低下を表すことはできないため、前述のモデルに、次に述べる仮定を付け加えた。繰返しによるコンクリートの耐力は、繰返し回数によって低下するものと考えた。以上の仮定をもとにして、求めたモデルを図-3 に示す。これは、ほぼ実験値と一致している。

(2) 鉄筋の座屈後の挙動のモデル化

繰返し荷重を受けた RC 部材における抵抗曲げモーメントの低下の原因として、圧縮力を受け持つ鉄筋の座屈があることは既に報告されている⁵⁾。しかし、座屈以後の抵抗曲げモーメントの低下の様子を評価しようとする時、座屈した鉄筋をどのように扱うかが重要となる。そこで、鉄筋の繰返しを表す加藤モデル⁶⁾に、鉄筋の座屈を付加した。座屈以後の鉄筋の挙動を表すモデルを図-4 に示す。種々の条件を満たすことによって、圧縮側の鉄筋は座屈する(A 点)。座屈した鉄筋は圧縮力を負担せず、すべてコンクリートが受け持つことになる(A→B→C→D)。座屈した鉄筋が再び応力を持ち始めるのは、A 点で再載荷した時の残留ひずみ D 点に達した時である。D 点以降は、A 点からの再載荷曲線である(D→E)。以後、加藤モデルにおける包絡線となる。

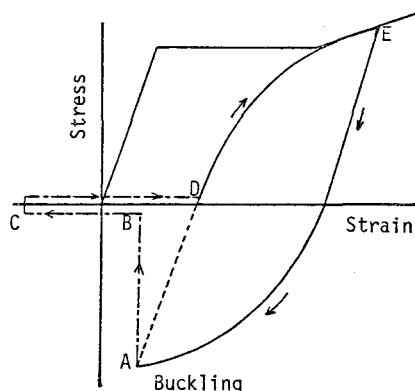


図-4 鉄筋の座屈後の応力-ひずみ関係

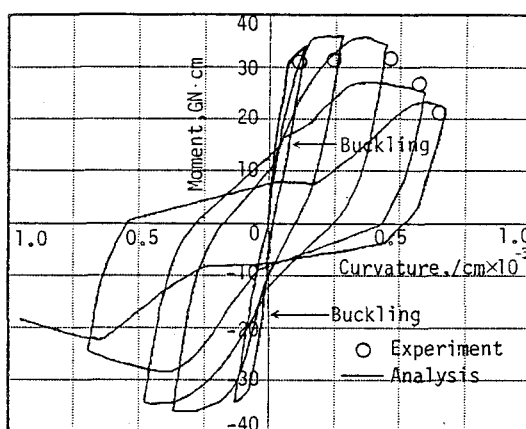


図-5 抵抗曲げモーメント-曲率関係の実験値と解析値

3. 解析結果

上記のモデルを用いて抵抗曲げモーメントを求めた。解析によって求めた抵抗曲げモーメント-曲率関係の検証には、村上・今井ら¹⁾の行った RC 柱の実験値を用いた。RC 柱の抵抗曲げモーメント-曲率関係の実験値と解析値を図-5 に示す。解析値と実験値は、ほぼ一致している。

4. まとめ

- (1) RC 柱が交番繰返し荷重を受けた時、抵抗曲げモーメントは圧縮側の鉄筋の座屈かつ繰返しによるコンクリートの耐力の低下により低下する。
- (2) (1) の現象をモデル化することによって、抵抗曲げモーメントの低下を解析的に求めた。

【参考文献】1) 村上・今井：変位履歴の相違が曲げ降伏する RC 柱の破壊性状に与える影響，コンクリート工学 Vol.24 No.5 1987年5月 2) 岡本・柳下：プレストレスコンクリート造の耐震性，昭和46年度建築研究所年報 3) 前川・岡村：弾塑性破壊モデルに基づくコンクリートの平面応力構成則，コンクリート工学 Vol.21 No.5 1983年5月 4) Darwin・Pecknold: Analysis of RC Shear Panels under Cyclic Loading, Journal of the Structural Division ASCE ST2 FEB 1976 5) S.TANGTERMSIRIKUL・島：鉄筋コンクリート橋脚における鉄筋の座屈モデル，コンクリート工学年次論文報告集 9-2 1987 6) Kato: Mechanical Properties of Steel under Load Cycles Idealizing Seismic Actions, CEB symposium Rome May 1979