

粘弾塑性破壊要素を用いた付着応力-すべりモデル

徳島大学 学生員 ○石本陽一

徳島大学 正会員 島 弘

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の変形挙動を精度良く解析するには、鉄筋およびコンクリートの各々の構成則に加えて、鉄筋とコンクリートとの付着構成則が必要である。一般に、付着構成則は付着応力-すべり関係によって表されている。一方、実際の構造物には衝撃荷重、地震荷重、静的荷重、持続荷重などの極めて広範囲にわたる載荷速度をもった外荷重が作用する。これらの荷重に対して統一的な解析を行うために、付着応力-すべり関係に時間の影響を取り入れる必要がある。時間依存性に関しては、Songら¹⁾がコンクリートの応力-ひずみ関係において、粘弾塑性破壊モデルを提案しているが、付着特性においても粘弾塑性破壊要素を用いたモデルを考慮することが一つの方法であると考えられる。そこで、本研究の目的は、提案する粘弾塑性破壊要素を用いたモデルが時間を取り入れた付着応力-すべり関係を表現できるかという点を検討することである。

2. 粘弾塑性破壊要素を用いた付着モデル

時間と応力履歴の影響を考慮したコンクリートの構成則モデルとして、Songら¹⁾は粘弾塑性破壊要素により構成されるマルチモデルを提案している。このモデルは、弾性要素と塑性要素を直列につないだ弾塑性破壊要素と粘塑性要素とを接続したものである。しかし、このモデルは、地震荷重などの時間の短い挙動について検討されており、持続荷重のような長期挙動について用いるには複雑である。そこで、島ら²⁾はクリープ破壊を表すために、図-1のように粘性変形要素には弾塑性破壊要素とダッシュポットとを並列に接続したものをを用いた。そして、その粘弾塑性破壊要素を用いたモデルが付着応力-すべり関係においても当てはまると考えた。また本研究では、簡単なモデルの構築を目的としているので、マルチ要素複合体ではなく単一の要素複合体とした。

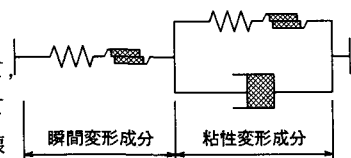


図-1 粘弾塑性破壊要素

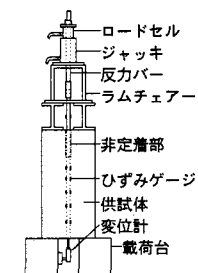


図-2 載荷装置

3. 実験概要

供試体は、断面300×300mmの中心にD19ねじふし鉄筋（鉄筋直径D=19.5mm）を鉛直に埋め込んだコンクリートブロックである。また、鉄筋軸方向のひずみ分布を測定するために、鉄筋の裏表6箇所にひずみゲージを貼り付けた。実験方法は片引き試験である。図-2に示すように、ジャッキによって鉄筋軸方向に引張力を作用させた。載荷方法は、表-1に示す条件で5段階で降伏荷重近くまで載荷する階段状載荷とした³⁾。この階段状載荷の履歴曲線は図-3のとおりである。

表-1 実験条件

f'_c (MPa)	各段階での 瞬間載荷時間	各段階での 載荷持続時間	平均ひずみ速度 ($\mu\text{m}/\text{sec}$)
26.3	10sec	11min50sec	5.5×10^{-7}

4. 実験結果および考察

(1) 階段状載荷によって現れた $\tau-s$ 関係

図-6に示すように、階段状載荷による付着応力-すべり関係（ $\tau-s$ 関係）は、持続荷重によってリラクゼーションとクリープとが同時に発生するために、のこぎり刃状となる。

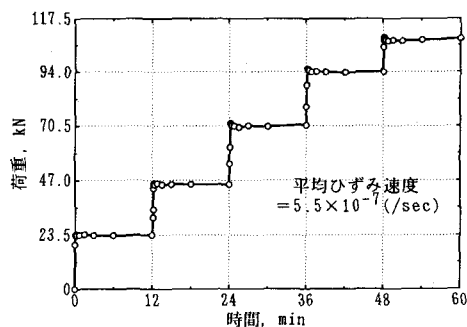


図-3 荷履歴曲線

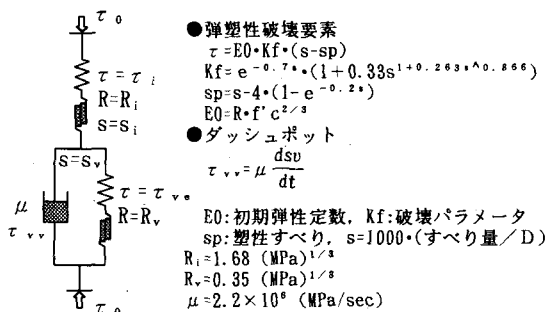
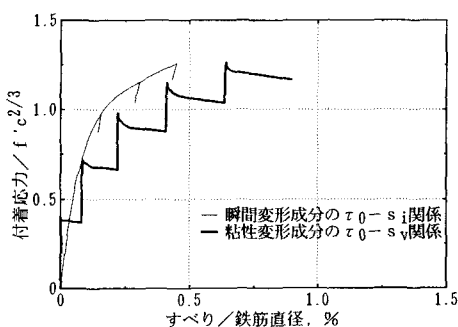
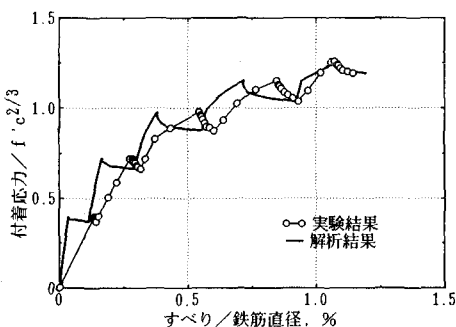


図-4 構成要素の係数

(2) モデルと実験結果との比較

図-1で示した粘弾塑性破壊要素を用いたモデルにより、階段状に荷した $\tau-s$ 関係を再現させた。まず、ある時間での付着応力の実験値に誤差1%の精度に収まるような瞬間すべり量(s_i)を仮定した。その際、周ら⁴⁾が提案した方法で付着応力の瞬間変形成分 τ_i を求めた。一方、 τ_i に相当するすべり量の実験値と s_i とから粘性すべり量(s_v)を求め、図-4のように、周らの方法と粘性係数(μ)を用いて付着応力の粘性変形成分(τ_{ve} , τ_{vv})を求めた。ここで、 R_a は衝撃荷重下での $\tau-s$ 関係、 R_b は持続荷重下での $\tau-s$ 関係から求めたものであるが、それらが影響をうける要因については今後の検討課題である。そして、繰返し計算によって、図-5で示されるような各変形成分の $\tau-s$ 関係を得た。以上の方法で得られた各変形成分の $\tau-s$ 関係の和が、モデルから求めた $\tau-s$ 関係である。さらに解析値と実験値との比較を図-6に示す。これより、粘弾塑性破壊要素を用いたモデルが、階段状に荷した時の付着特性をほぼ表現できているといえる。

図-5 瞬間変形成分と粘性変形成分の $\tau-s$ 関係図-6 階段状に荷した時の $\tau-s$ 関係

5. まとめ

粘弾塑性破壊要素を用いた付着応力-すべりモデルは、時間の影響を取り入れた付着応力-すべり関係を表すことができる。

【参考文献】

- (1) C. SONG et al. : A Time and Path Dependent Uniaxial Constitutive Model of Concrete, J. of Faculty of Engineering, The University of Tokyo(B), Vol. XLI, No.1 1991, pp.159-237
- (2) 島ら: コンクリートに若材令で持続荷重が作用した時のひずみ変化, 徳島大学工学部研究報告, pp.57-64, No.37, 1992
- (3) 島ら: 階段状に荷した時の付着応力-すべり関係, 土木学会第47回年次学術講演会, V-389, pp.808-809, 1992.9
- (4) 周ら: マッシブなコンクリート中の異形鉄筋の付着モデル, 第2回構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集, 1983, pp.45-52
- (5) 島ら: マッシブなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係, 土木学会論文集, 第378号/V-6, pp.165-174, 1987.2