

V-378

梁要素を用いたRBSMによる鉄筋コンクリートばりの解析

石 川 高 専 正会員 富田 充宏
金沢大学工学部 正会員 前川 幸次

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物は、任意方向に配筋された鉄筋とコンクリートで構成され、コンクリートのひび割れ、圧壊、鋼の降伏など不連続で複雑な塑性現象を呈する。このことより解析方法としては、連続体力学に基づく解析法である有限要素法などが一般的である。一方、終局状態での挙動を評価しようと開発された離散化モデルに川井らの提案した剛体-バネモデル（RBSM）¹⁾がある。このモデルは、構造物を幾つかの剛体とそれらを連結する2種類の分布バネによってモデル化し、懸著な非線形問題を取り扱うとしたものであり、鉄筋コンクリート構造物の極限解析に適用されている²⁾。従来、コンクリートと鉄筋を平面要素として取り扱っており、要素分割では正確な位置に鉄筋要素を与えることが困難であり、その影響により解析精度が左右される傾向がある。そこで、本研究ではスターラップの有無の2種類の鉄筋コンクリートばりの解析において、鉄筋を平面要素ではなく、比較的自由に要素分割できる梁要素³⁾でモデル化し、実験結果との比較により、梁要素を用いたRBSMの有効性について検討を行ったものである。

2. 実験概要

実験供試体は、図-1に示すように長さ170cm、断面20×15cmのRCばりで、スターラップの有無の2種類とし、主鉄筋にはD-13を3本使用し、スターラップにはD-10を12.5cm間隔で配置した。載荷方法は、スパン125cm、載荷間隔25cmの2点集中載荷であり、実験では、荷重載荷点およびスパン中央の鉛直変位、スパン中央での鉄筋のひずみ、コンクリート上、下縁のひずみ等を測定した。また、材料定数を表-1に示す。

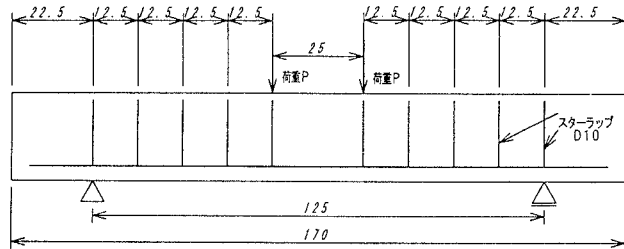


図-1 実験供試体

表-1 材料定数

コンクリート	
ヤング係数 (kgf/cm ²)	2.62550×10^4
ポアソン比	0.17
圧縮強度 (kgf/cm ²)	322
引張強度 (kgf/cm ²)	26.9
内部摩擦角	37°
粘着力 (kgf/cm ²)	80.178
鉄筋	
ヤング係数 (kgf/cm ²)	2.02000×10^4
降伏強度 (kgf/cm ²)	3538

3. 解析概要

平面問題におけるRBSMは、各要素をその重心点に3自由度 (u, v, θ) を有する三角形の剛体とし、要素間の接触境界面上に連続的に分布した垂直応力とせん断応力に抵抗する2種のパネによって連結され、そのパネに表面力によるエネルギーが集中して蓄えられると考えている。梁要素の場合は、図-2に示すように、自由度は平面要素同様に3自由度であり、平面要素と平面要素の間に挿入し、平面要素と2種のパネで結合する。また、梁要素と梁要素の結合は、長さを持たないピン要素により結合する。これにより、複数の梁要素の結合が可能となる。図-3には、解析の要素分割を示す。鉄筋およびスターラップを平面要素として扱う場合は、要素分割図のハッチングした要素にその剛性を与える。また、梁要素の場合は、太線の位置に梁要素を配置してある。また、RBSMは要素間の境界に存在するパネに、ひび割れ、鉄筋の降伏、せん断

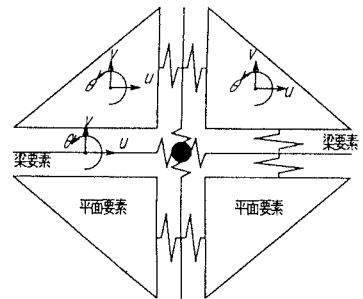


図-2 梁要素

表-2 材料特性

材 料	特 性 内 容
コンクリート	引張特性
	テンション・ステイフネス効果を考慮する
	一軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線をTri-linearで近似する
	ひび割れ面
鉄 筋	せん断方向にCedolin and Dei Poliの関係を導入する
	せん断すべり
鉄 筋	Mohr-Coulomb式を採用する
	一軸引張試験の応力-ひずみ曲線をBi-Linearで近似する

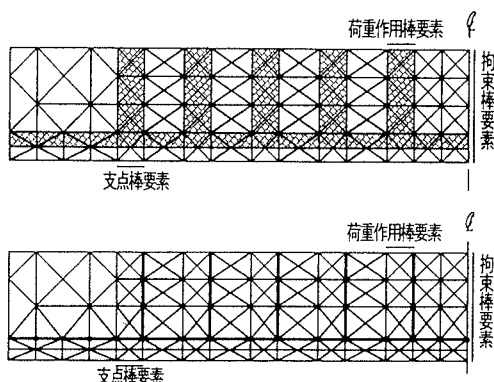


図-3 要素分割図

すべり、圧壊等の特性を直接導入することができ、今回使用した特性を表-2に示す。

4. 解析結果と実験結果の比較

今回の解析では、鉄筋およびスターラップを平面要素とした場合の2ケース（CASE-1：荷重制御、CASE-2：変位制御）と梁要素の場合の1ケース（CASE-3：変位制御）の計3ケースの解析を行った。図-4は荷重と載荷点の変位の関係を示している。破線、一点鎖線および実線が解析結果を、黒丸のプロットが実験結果を示す。図より梁要素を使用したCASE-3は、他のケースと比較して初期勾配が実験結果とよく一致していることがわかる。しかし、破壊荷重は、変位制御の2ケース（CASE-2、CASE-3）は、実験結果より高めの値となり、荷重制御のCASE-1は実験結果と一致している。また、図-5はスターラップ無の荷重とスパン中央の鉄筋およびコンクリート上縁のひずみの関係を示している。コンクリートのひずみについては、3ケースともほぼ同様の变形を示しているが、鉄筋のひずみについては、CASE-3の解析結果が実験結果をよく近似していると思われる。

5. あとがき

鉄筋を梁要素としてモデル化した今回の解析では、破壊荷重には問題があり今後の検討課題であるが、変形に対して解析精度の向上が見られた。また、要素分割を比較的容易にできることを考えると、曲げ上げを有するPCはりの解析などにも適用可能であると思われる。

参考文献

- 1) 川井忠彦：不連続体力学のすすめ，生産研究，32巻7号，PP1-8，1980.7.
- 2) 川井他：鉄筋コンクリート構造物の離散化極限解析（その1），生産研究，38巻4号，PP19-PP22，1986.4.
- 3) 竹内則雄：地盤力学における離散化極限解析，培風館，1991.7.

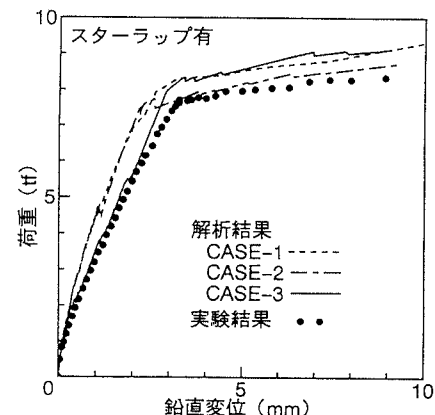
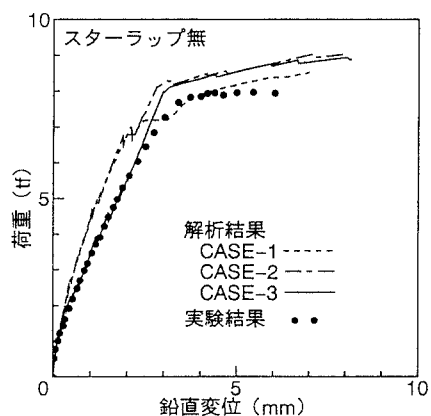


図-4 荷重-鉛直変位

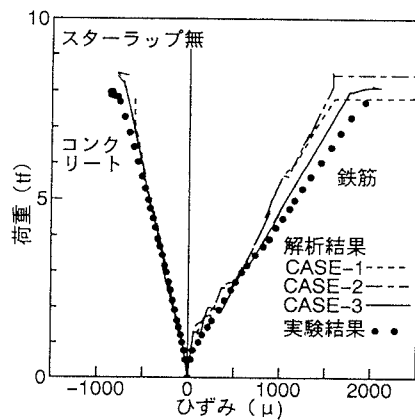


図-5 荷重-ひずみ