

3次元剛体バネモデルによる RC 部材の破壊挙動解析

山梨大学大学院 ○学生員 鈴木 孝典
 山梨大学大学院 正会員 斉藤 成彦
 山梨大学大学院 正会員 檜貝 勇

1. はじめに

RC 部材の耐荷性能や破壊挙動を精度良く評価可能な数値解析手法の開発が期待されているが、現在広く用いられている解析手法は2次元解析であり、3次元解析手法の開発と利用には多くの知識とコストが必要とされている。本研究では、比較的簡易な解析手法である剛体－バネモデル(以下 RBSM)に基づく RC 部材の3次元解析手法の開発を行い、せん断破壊する RC 部材の解析を通して3次元的な破壊挙動の評価を試みた。

2. 解析手法

RBSM は、図－1に示すように対象物を有限個の要素に分割し、要素自体は6自由度を有する剛体と仮定し、隣接する要素間をバネ（垂直バネ、2つのせん断バネ、3つの回転バネ）で結合することで、バネの変形によって内力の伝達が行われると仮定した比較的簡易な離散型の解析手法であり、ひび割れ等の不連続現象に起因するコンクリートの破壊挙動の予測に適している。コンクリートの要素分割には、ひび割れの要素分割依存性を低減するため、Voronoi 分割を適用した。

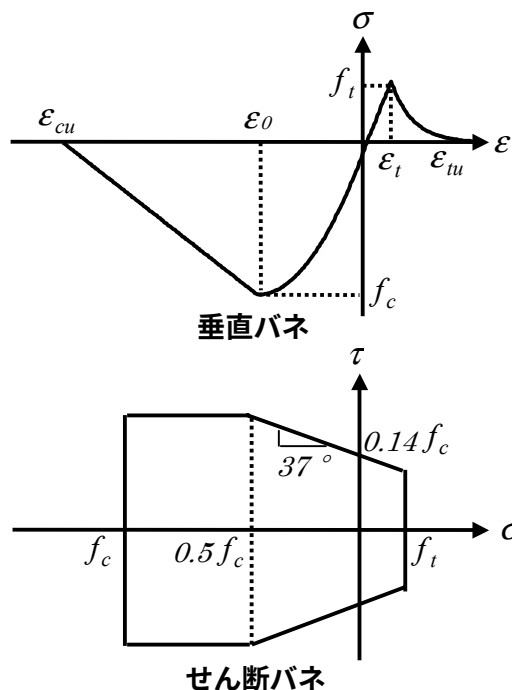
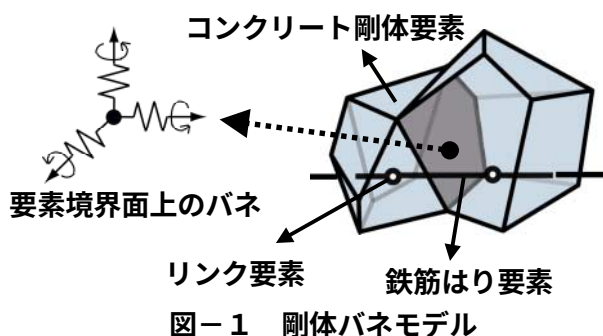
コンクリートの材料特性は、要素境界面上の垂直バネおよびせん断バネに、それぞれ引張－圧縮挙動、せん断すべり挙動をモデル化することで表現した(図－2)。ここで RBSM では、要素境界面上の1次元バネの変形を扱うため、解析の次元によらず、材料モデルには1軸モデルを適用できる。

鉄筋は、図－1に示すように、はり要素の集合として扱い、リンク要素を介して剛体要素に結合させている。鉄筋とコンクリート間の付着作用は、リンク要素を用いてモデル化している。コンクリート要素内の任意点の変位は、要素重心点の変位を用いて決定するので、はり要素はコンクリート要素内の任意の位置に設置可能となる。

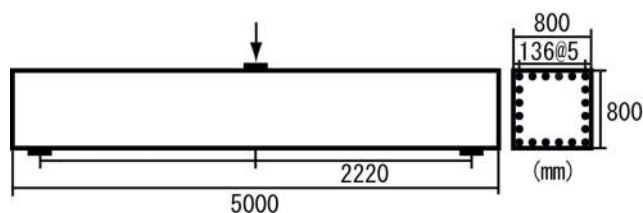
3. 解析と考察

3.1 RC 柱部材の解析

図－3に示されるような、側方筋が配置された RC 柱部材の解析を行った。実験では、2次元的な载荷条件にも関わらず、側方筋の影響によりコンクリート表面部と内部とでひび割れ性状に変化が確認された。解



図－2 コンクリートの材料特性



図－3 供試体概要¹⁾

キーワード： RBSM, 3次元解析, せん断破壊, ひび割れ

連絡先： 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL 055-220-8529 FAX 055-220-8773

析モデルは、計算時間短縮のため、供試体の 1/4 をモデル化した(図-4)。

せん断応力-回転角関係、および破壊時のひび割れ性状を図-5に示す。実験では主鉄筋の降伏前に斜めひび割れが進展し、直ちにせん断破壊に至っている。解析では、最大耐力を若干過小評価しているものの、実験と同様にせん断破壊した。ひび割れ性状を見てみると、実験では側方筋の付着作用領域であるコンクリート表面部では斜めひび割れの分散効果が見られるのに対し、無筋領域である内部では一本のひび割れに局所化していることが確認された。解析でも同様の傾向を得ることができ、また、表面部と内部とで斜めひび割れ角度の違いを捉えることができた。

3.2 RC スラブの解析

次に、RC スラブの押し抜きせん断破壊の解析を行った。このRC スラブの耐荷性能は、3次元解析によってのみ評価可能である。解析モデルには2方向の対称性を考慮し、供試体の 1/4 モデルを使用した(図-6)。

荷重-変位関係、および破壊時のひび割れ性状を図-7に示す。解析では、最大耐力をやや過小評価しているものの、実験と同様の押し抜きせん断破壊を示した。ひび割れ性状は、実験と比較的良く対応しており、3次元的な斜めひび割れの進展を捉えることができた。

4. まとめ

本研究では、RC 部材の破壊挙動解析を行うために、剛体バネモデルを3次元に拡張した。ここで、剛体バネモデルでは、材料モデルを2次元から3次元へ容易に拡張することができた。側方筋を有するRC 柱部材の解析では、断面内におけるひび割れ性状の違いを確認することができた。また、RC スラブの解析でも、破壊の3次元的な広がり表現することができた。

参考文献

- 1) 土屋 智史, 中浜 俊介, 前川 宏一: 梁のせん断耐力と斜めひび割れの3次元分布に及ぼす側方筋の効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.3, 2001
- 2) 八若 幹彦, 檜会 勇, 中村 光, 斉藤 成彦: 3D-FEMによるRCスラブの押し抜きせん断破壊性状の解析, 構造工学年次論文集, Vol.47A, 2001

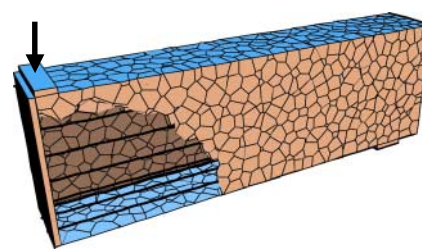


図-4 解析モデル

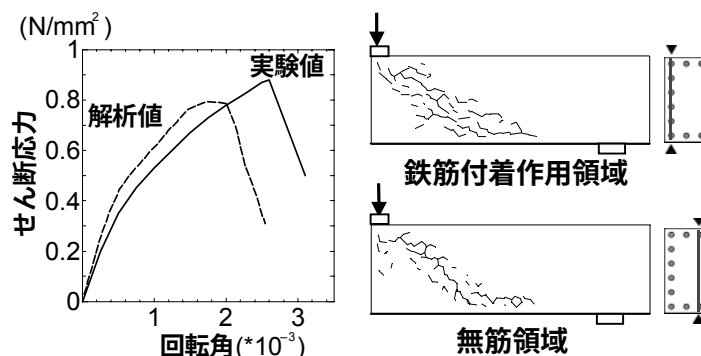


図-5 せん断応力-回転角関係およびひび割れ性状

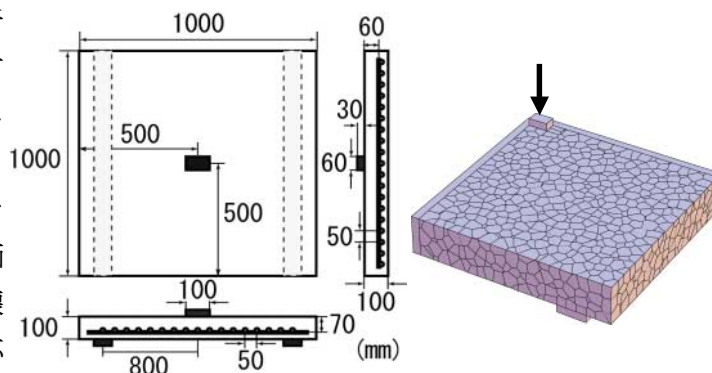


図-6 供試体概要²⁾ および解析モデル

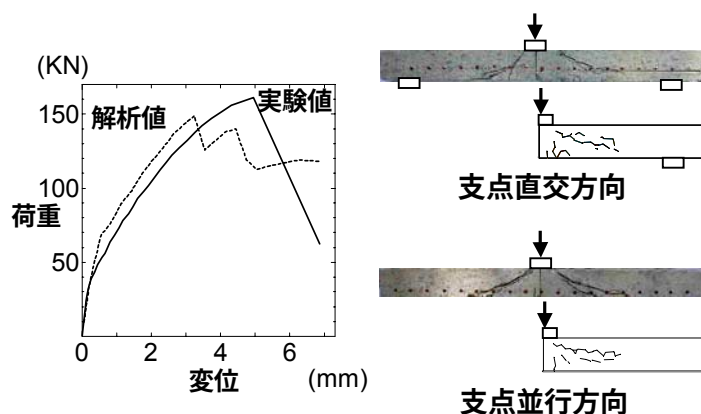


図-7 荷重-変位関係およびひび割れ性状