

V-134

有限変形を考慮したRC曲げ部材の有限要素解析

横浜国立大学 正会員 椿 龍哉
大成建設 正会員 府川 徹

1. まえがき

RC部材の場合、コンクリートが鋼材に比べて小さいひずみで破壊するため、材料の非線形性が構造物の挙動を支配する場合が多い。しかし、材料が非線形領域に入った後、構造がなお耐荷力を有している場合にその変形を数値解析により調べるためには、変形の非線形性を考慮に入れた解析方法を用いなければならない。有限変形を考慮した有限要素解析は従来多く研究されているが、RC部材について有限変形を考慮した有限要素解析を行っている例は少ない。ここでは、Updated Lagrangian法により有限変形を考慮した有限要素法を用いてRC曲げ部材を解析し、有限変形の影響を具体的な数値計算例に対して検討する。

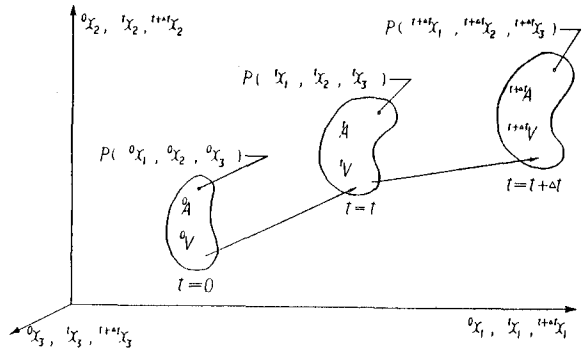


図-1 変形前と変形後の配置

表-1 材料定数

コンクリート		
圧縮強度 (Kgf/cm ²)	298.0	
引張強度 (Kgf/cm ²)	24.9	
初期ヤング率 (Kgf/cm ²)	2.35x10 ⁵	
ポアソン比	0.174	
鉄筋		
降伏応力 (Kgf/cm ²)	3800.0	
初期ヤング率 (Kgf/cm ²)	2.1x10 ⁵	
ひずみ硬化係数	0.0055	

2. 有限変形を考慮したFEM解析手法

有限変形を考慮するためには、変形前と変形後の物体の配置を区別し（図-1参照）Updated Lagrangian法では時刻tの配置を基準に時刻t = t + Δtの配置を求める。

ここでは応力とひずみには、各々、第2 Piola-Kirchhoff 応力とGreen のひずみを用いる。コンクリートの応力-ひずみ関係には Bathe ら(1979)²⁾によって提案されている垂弾性モデルを用いる。コンクリートのひびわれは主引張応力が引張強度に達した時に主引張応力方向と直角方向にひびわれが発生する分散ひびわれモデルによって表わされ、引張応力はひびわれ発生時に解放される。鉄筋は線要素によって表わされる。ここでは大変位微小ひずみを仮定し断面積の変化は無視する。鉄筋の応力-ひずみ関係には、ひずみ硬化を考慮したバイリニアモデルを使用する。

3. 数値計算例

以下の計算例では平面応力状態を仮定する。また、使用された材料定数は表-1に示される。はじめに、Dowel 作用を受けるRC曲げ部材の一部を想定したモデルを考える。

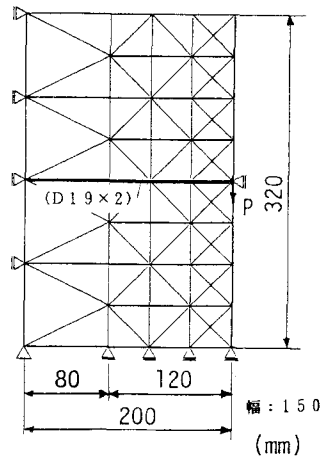


図-2 Dowel 作用を受けるRC部材

図-2にその要素分割を示す。荷重は強制変位によって与えられる。荷重-変位曲線は図-3に示される。この場合、破壊は鉄筋付近のコンクリートの圧壊により、材料の非線形性が卓越するため有限変形の影響はほとんどない。鉄筋応力やひびわれの分布にも同様に有限変形の影響は見られない。

次に、軸力と曲げを受けるRC片持ばりについて考える。図-4に要素分割を示す。軸力は一定に保たれ、横荷重は強制変位により与えられる。得られた荷重-変位曲線は図-5に示される。横荷重の増加に伴い、有限変形の影響が顕著になることがわかる。有限変形を考慮することにより、30mmの強制変位に対して横荷重は約10%小さく、また1.105 tonfの横荷重に対する変位は約30%大きいことがわかる。すなわち、有限変形を考慮することにより、見掛けの剛性が低下することがわかる。鉄筋応力についても、また、図-6に示される同一の荷重に対するひびわれ分布についても、有限変形の影響が見られる。

4. あとがき

コンクリートはそれ自体では大きな変形に耐えられない。したがって、コンクリートの挙動がRC部材全体の挙動に対して支配的な影響を与える場合には材料非線形性が卓越する。しかし、部材または構造物が大きな変形に耐えられる場合には有限変形を考慮し、幾何学的非線形性を取り入れる必要があることが確認された。

【参考文献】

- 1) Bathe, K. J., Ozdemir, H., and Wilson, E. L., "Static and Dynamic Geometric and Material Nonlinear Analysis," Report No. UC SESM74-4, Structural Engineering Laboratory, Univ. of California, Berkeley, 1974.
- 2) Bathe, K. J., and Ramaswamy, S., "On Three-Dimensional Nonlinear Analysis of Concrete Structures," Nuclear Engineering and Design, Vol. 52, 1979, pp. 385-409.

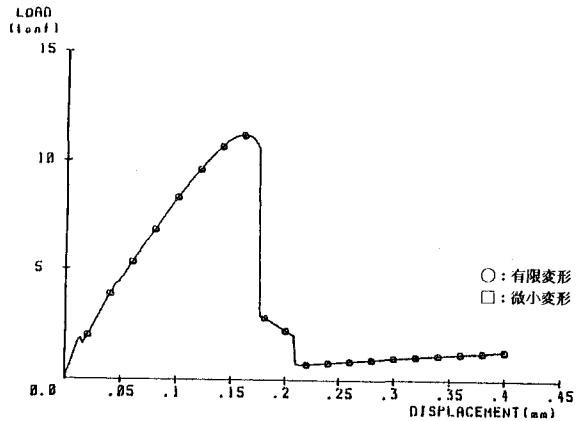


図-3 荷重-変位曲線

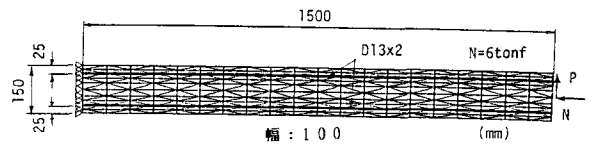


図-4 軸力と曲げを受けるRC部材

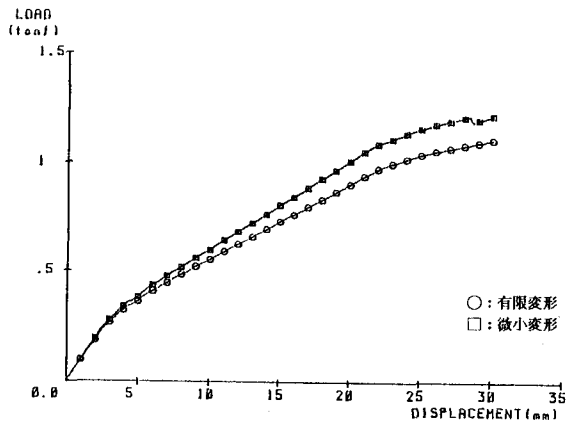


図-5 荷重-変位曲線

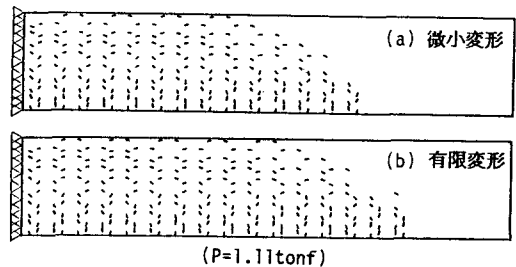


図-6 ひびわれ分布図