# 放射・環状格子モデルによる非線形構成方程式のせん断挙動に関する数値解析

豊橋技術科学大学　正会員　加藤史郎
松江工業高等専門学校　正会員　○大屋　誠

## 1. はじめに

近年，有限要素法(以下，FEM と略称)を用いて地震力のような正負繰り返し荷重を受ける鉄筋コンクリート(以下，RC と略称)構造物の挙動を分析しようとする試みが盛んに行われている．繰り返し荷重を受ける鉄筋コンクリートの解析は，単調載荷による解析に比べ解析的に非常に複雑で，解析例も少ない．

著者らは，コンクリートの2軸非線形構成方程式を連続体置換法により軸剛性のみを有する36本の部材で構成した格子モデルで提案した[1]．提案された格子モデルは主ひずみ・主応力方向に依存しないため，正負繰り返し荷重を受ける構造物に対するFEM解析において有効であると考える．

本研究では，提案した格子モデルを組込んだFEMがRCパネルの面内せん断挙動をどの程度追跡できるか既存のCollinsら[2], [3]の実験結果と比較することにより検討するとともに問題点を明らかにする．

## 2. 解析対象モデル

Collins らが行った実験に用いられた試験体の配筋図を図1に示す．実験は載荷条件や鉄筋量を変えて 30 体の試験体について行われたが，本研究ではそのうち面内純せん断応力状態下で行われた22体の試験体を対象とした．試験体の材料特性や配筋量，また，載荷方法についての詳細は文献[2], [3]に示す．

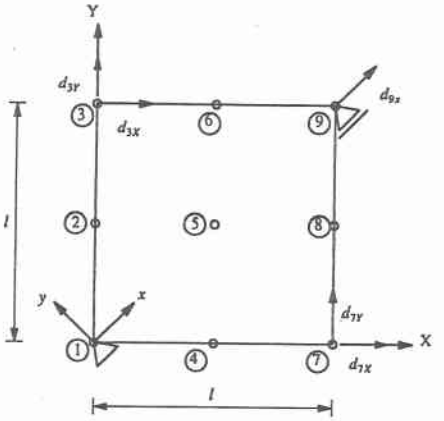


図2. FEM解析モデル図(境界条件)

## 3. 解析方法

FEMには積層化有限要素法を用いた．要素は9節点Heterosis要素を採用し，厚さ方向に4層に分割した．数値積分には選択低減積分法を用い，コンクリートの構成則には提案した非線形構成方程式を適用した．鉄筋は配筋方向にのみ剛性を有するバイリニアモデルで表現した．コンクリートには引張剛性効果を考慮した．

計算は変位増分法で行い，各ステップにおける剛性は，接線剛性法により決定した．

FEM解析モデルを図2に示す．要素は1要素とし，純せん断を表現するために，節点1と9の支点を45度に傾け，図3に示す方向に荷重を載荷した．

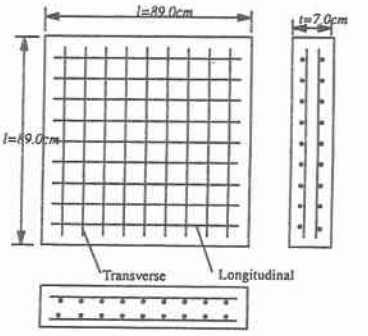


図1. 試験体配筋図

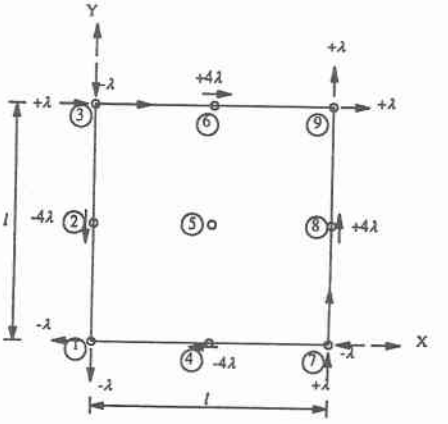


図3. FEM解析モデル図(載荷方法)

## 4. 実験値と解析値の比較

図4と5はせん断応力ーせん断ひずみ曲線である．FEM解析におけるせん断ひずみは図2の節点変位より計算した．図4，5において，共にFEM解析値と実験値では若干差が見られるが，RC構造物を対象とした解析としてはかなり良く一致している．解析値は実験の初期勾配，初期ひび割れ発生後の第二次勾配へ剛性の変化を良く評価している．

図6と7は等方配筋と異方配筋の鉄筋比による最大せん断応力への影響が示されている．図の縦軸は，最大せん断応力をコンクリートの1軸引張強度で除した値であり，横軸は，図6において鉄筋比を，図7において横方向の鉄筋比を縦方向の鉄筋比で除した値をとった．図6では，せん断応力に多少の差はあるが，ほぼ共通の変化を示し，鉄筋量と応力の間に直線的な関係があることがわかった．一方，図7においては，鉄筋量を一方向のみ増しても最大せん断応力はほとんど変化しないことがFEM解析，格子モデル解析および実験結果から分かった．

## 5. まとめ

本格子モデルによる面内純せん断を受けるRCパネルのFEM解析結果は，実験における挙動をかなり良く評価しており，本格子モデルを組込んだFEM解析による追跡が可能であることを示した．ただし，鉄筋量が少ない場合の挙動に関して，解析値と実験値に大きな差があり，検討を行う必要がある．

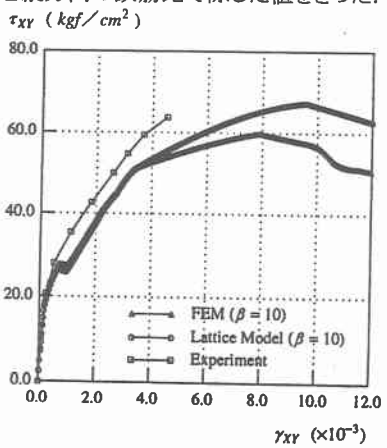


図4. RCのせん断挙動(PV27)

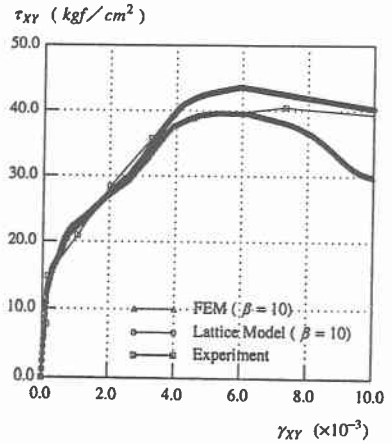


図5. RCのせん断挙動(PV10)

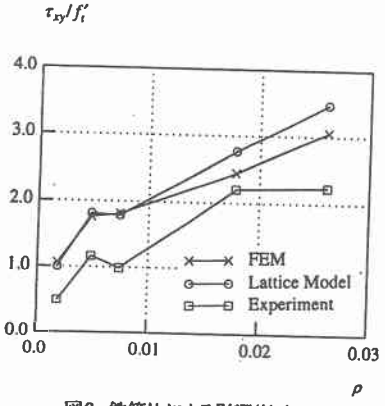


図6. 鉄筋比による影響(等方配筋)

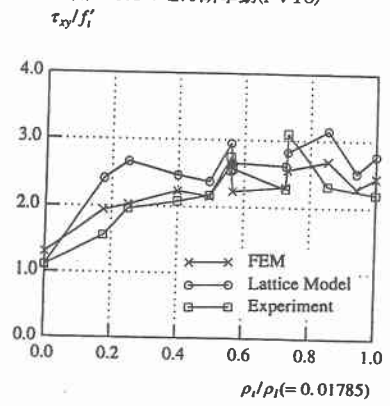


図7. 鉄筋比による影響(異方配筋)


【参考文献】

[1] 加藤史郎，原隆，大屋誠：放射・感情格子モデルによる非線形構成方程式のRC折板への適用；H8土木学会中国支部発表概用集，pp. 13－14

[2] M. P. Collins, F. J. Vecchio and G. Mehlhorn :An International Competition to Predict the Response of Reinforced Concrete Panels, CAN. J. ENG., 12, pp. 626－644, (1985)

[3] F. J. Vecchio and M. P. Collins:The Modified Compression－Field Theory for Reinforced Concrete Element Subjected to Shear, ACI J., Mar.－Apr., pp. 219－231, (1986)