

## [10] 鉄筋コンクリート壁の復元力特性の有限要素解析法

正会員 申 鉉穆 (東京大学大学院)  
 正会員 出雲 淳一 (関東学院大学工学部)  
 正会員 前川 宏一 (東京大学工学部)  
 正会員 ○ 岡村 甫 (東京大学工学部)

### 1. はじめに

繰り返し载荷を受けるRC壁の復元力特性を解析的に予見するには、ひびわれを含むRC要素の特性を鉄筋降伏後、さらに繰り返しまで含めてモデル化することが重要である。

RC壁は鉄筋が2方向以上に分散して配置されており、数多くのひびわれが分散して発生するために、個々のひびわれの発生・進展よりも、むしろひびわれが発生し終わり安定な段階となった後の挙動が重要となる。この場合には何本かのひびわれと鉄筋とを含んだ有限の領域を連続体と考える Smeared Crack ModelでRC要素を表現するのが適切である [2]。

RC壁のように、壁、梁、柱と言った基本構造部材が組合わさって構成されている複合部材では、部材接合部での断面剛性の急変のために、鉄筋の引き抜けや接合面のズレ、めり込みといった局所的な不連続変形が発生する。これらの影響を考慮するには Smeared Crack Modelだけでは不十分となり、Discrete Crack Modelも必要となる [4]。

本文では、RC壁復元力特性のFEM解析用に著者等が開発した、これらのモデルを組合せた、解析プログラム(WCOMR)について述べる。

### 2. 解析モデルの開発

#### 2.1. 解析モデルの出発点

RC壁のFEM解析モデルの開発方法は様々である。例えば、鉄筋コンクリート要素のマクロな応力下での変形ならびに破壊を実験から定式化して、その要素特性を有限要素の特性として壁を解くことができる。また、鉄筋、コンクリート、ひびわれ、付着などを独立にモデル化して鉄筋コンクリート要素の挙動を解析し、それに基づいて壁を解くことも可能である。アプローチは様々であるが、どこに解析モデルの出発点をおくかが異なるだけで、いずれも実験式から出発することに変わりはない [1]。当然のことながら、対象としている問題に近いところから出発している解析モデルほど精度は高い。しかし、解析モデルの出発点が図-1におけるレベル1に近づくほど、解析モデルとしての適用性が広がる事実は重要である。

著者らは、解析モデルの出発点を図-1のレベル1とし、個々の力学的挙動を繰り返し载荷履歴も含めて正確に表現できる解析モデルの開発を行ってきた [10, 11, 12, 13, 14, 15]。

#### 2.2. RC要素の解析モデル

RC要素の解析モデルは図-1のレベル2に相当するものであり、レベル1のモデルを組み合わせることにより構築できる。この場合、マイクロモデルの構築に用いる実験は、限定かつ理想化された状態で行われたものが多く、RC要素レベルに対して適用可能であるかどうかを、RC要素レベルでの実験結果と対比で判断しなければならない [2]。レベル1のモデルがレベル2のモ

レベル1

一軸応力下の構成則

- ・鉄筋の抜け出しモデル (島・周)
- ・せん断剛性モデル (李・前川)
- ・弾塑性破壊モデル (前川・岡村)

一軸応力下の構成則

- ・コンクリート  
Tension Stiffeningモデル (島・玉井)
- ・圧縮剛性モデル (前川・岡村)
- ・せん断剛性モデル (李・前川)
- ・鉄筋モデル (玉井・島・出雲) (加藤)

モデル化

モデル化

一軸応力下の実験

レベル2

Discrete Crackモデル  
接合要素の構成則

Smearred Crackモデル  
RC板要素の構成則

解析

↗

検証

↖

解析

RC要素の実験

単調載荷

- ・Collins・Vecchioの実験
- ・山田・青柳の実験

繰り返し載荷

- ・吉川らの実験
- ・Stevensの実験

レベル3

F E M への適用  
耐震壁の解析

解析

→

←

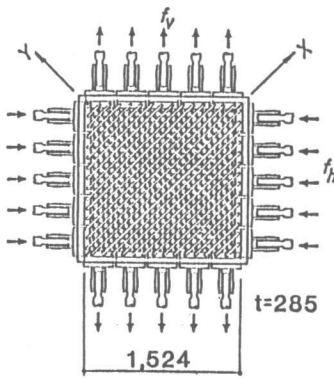
検証

耐震壁の実験

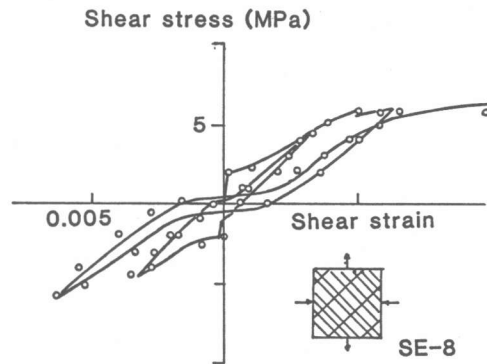
図-1 研究の流れ

デルとして適用可能かどうかを検証するのに用いたRC要素レベルでの実験は単調荷重実験としてCollins・Vecchioの実験 [5] および青柳・山田の実験 [6]、繰り返し荷重実験としてStevensらの実験 [7] および吉川らの実験 [8] である。最近、CanadaのToronto大学で行われたStevensらの繰り返し面内力を受けるRC要素の実験 [7] を検証例として図-2に示す。解析結果は実験結果における包絡線・内部履歴曲線をとともよくシュミレートでき、著者等が開発したレベル1のモデルがレベル2のレベルに適用可能であることが検証されたのである [16]。

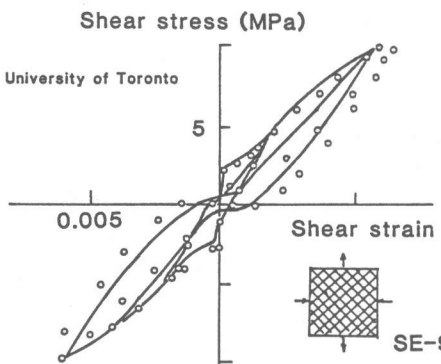
しかし、マイクロモデルは個々の力学的挙動を忠実に表現している実験式 [10, 11, 12, 13, 14] であるために複雑になっており、さらに繰り返し荷重履歴まで含めると、そのモデルそのままでは、レベル3のFEM解析に応用しにくいことは否定できない。したがって、レベル2からレベル3への発展にはFEM解析に実用化するための何らかの修正が必要となる。そこで、レベル2での解析を数多く行うことによって、レベル3に適用するためのRC要素モデルの開発を行ったのである。その結果、比較的簡単なモデルの開発に成功し、このモデルに基づいて壁の解析を行うことにしたのである。本モデルの詳細については、近く公表する予定である。



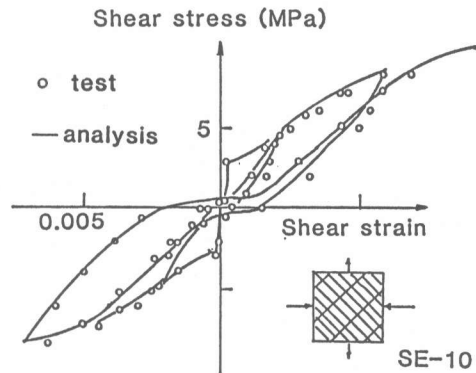
(a) RC要素の試験体



(b) SE - 8



(c) SE - 9



(d) SE - 10

図-2 RC要素の実験結果 [7] との検証例