

連続繊維シートで補強されたRC柱のじん性予測モデル

弘前大学 正会員 ○上原子 晶久
 長岡技術科学大学 正会員 下村 匠
 長岡技術科学大学 フェロー会員 丸山 久一

1. はじめに

連続繊維シートにより補強された既設RC柱の補修補強は、適用実績の増加とともに、その実用的な算定方法が一通り整備された^{例えは¹⁾}など。しかし、指針¹⁾に採用されている力学性能の評価手法は、実験式であり、適用性や発展性に限界があると思われる。この対極としての評価手法は、連続繊維シートの力学モデルに立脚した有限要素解析であるが、一般的な補強設計への適用は開発途上である。以上を踏まえ、著者らはシートの剥離破壊などのメカニズムに立脚しながら、比較的簡便な数値計算でシート補強後の力学性能を評価する手法の開発を行ってきた²⁾。簡便であるが適用性に限界のある実験式と、汎用性があるが複雑である有限要素解析の中間的な性格を有する力学性能の評価手法として現段階では有用であると考えている。この一環として、本稿ではシート補強RC柱部材のじん性予測モデルの開発について述べる。

2. じん性予測モデルの概要

紙面の制約上、本稿では概略について述べる。予測モデルの詳細については、別報に譲る³⁾。

著者らが実施したシート補強RC柱の系統的な実験結果より、以下のことを見出した⁴⁾。

- ・ 部材の終局変位はせん断ひび割れの発生領域やシートの剥離面積、及びシートの補強量と相関がある。
- ・ 部材の破壊過程は、斜めひび割れが複数発生する場合、及び複数のひび割れが発生せずにシートが破断する場合とに大別される。

以上の実験事実を基に、破壊過程を力学モデルにより表現したものが、提案するじん性予測モデルである。モデル化した破壊過程を図-1に、提案モデルの計算フローを図-2にそれぞれ示した。

提案モデルにおいて、せん断ひび割れ発生前は、部材を弾性はりとみなして応力解析を行う。せん断ひび割れの発生条件は曲げモーメント M_c により規定する。

$$M_c = V_c \times a \tag{1}$$

ここに、 V_c は斜めひび割れ発生荷重、 a はせん断スパン比である。任意の部材断面で式(1)が満たされると、45度の角度でせん断ひび割れが発生すると仮定する。提案モデルでは、式(1)は柱基部の断面で最初に満たされる。図-3に示したモデル化した変形性状の様に、せん断ひび割れの発生区間は剛体回転によりひび割れの開口を表現し、それ以外の区間は弾性はりとして応力解析を行う。せん断ひび割れ発生区間では、以下の式により作用せん断力 V を負担させる。

$$V = V_c + V_s + V_f \tag{2}$$

ここに、 V_s はせん断補強鉄筋が負担するせん断力、 V_f はシートが負担するせん断力で、シートの付着構成則に基づく剥離進展解析を基本とした手法²⁾により求める。この手法に基づき部材の破壊は、シートの破断を

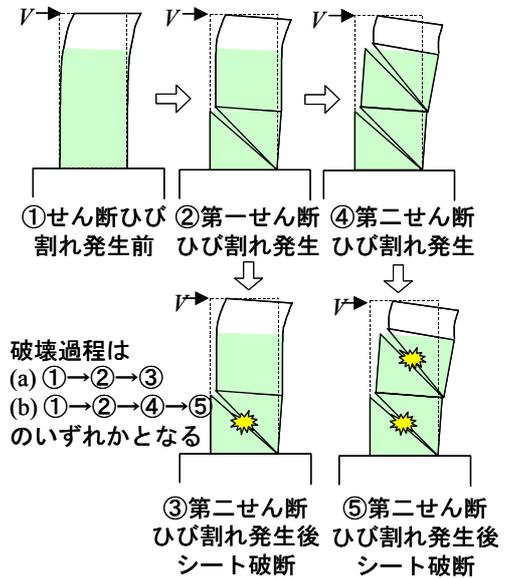


図-1 モデル化した破壊過程

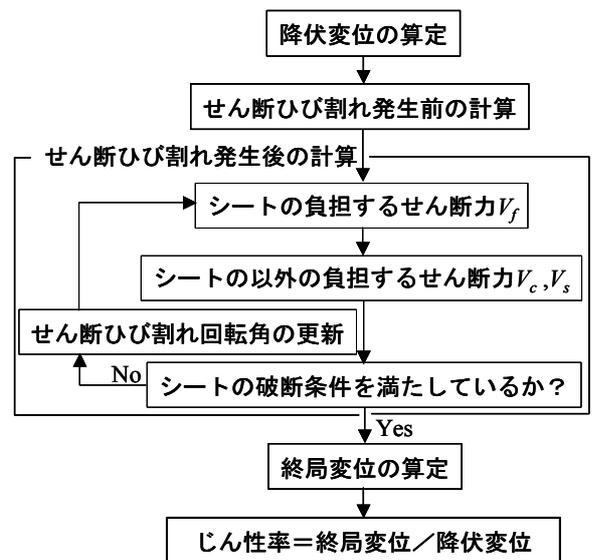


図-2 計算フロー

もって判断する。また、提案モデルにおいて部材に発生するひび割れは、部材の条件や補強量によって発生個数が異なる。(図-3)

部材のじん性率は、以下の式により評価する。

$$\mu = \frac{\delta_{cr} + \delta_{ue} + \delta_{us}}{\delta_{ye} + \delta_{ys}} \quad (3)$$

ここで、 δ_{ye} 、 δ_{ys} はそれぞれ主筋降伏時の載荷点変位、および主筋の抜け出しによる変位である。式(3)の分子について、記号の解説は図-3を参考にされたい。なお、主筋の抜け出し δ_{ys} 、 δ_{us} については、石橋らが提案した式により評価する⁵⁾。

3. じん性予測モデルの検証

図-4に実験、及び計算で得られたせん断ひび割れの発生状況とシートの剥離領域を示した。実験結果は著者らによるものである⁴⁾。両者を比較すると、計算結果は実際の破壊傾向を良好に再現していることが分かる。すなわち、実験で得られたせん断ひび割れの発生領域やシートの剥離領域とじん性に相関がある傾向が、計算結果に表れている。このことが、提案モデルの最大の特徴であり、これを再現することに成功したことで、提案モデルの妥当性は確認できたと解釈している。

図-5にじん性率の実験値と計算値との比較を示した。実験値は既往の研究^{4),6)~8)}によるものである。この図より、提案モデルは実験値の概略を予測し得るものの、算定精度が低い場合も見られる。特にシート補強量が少ない場合には、提案モデルにおいて、シート剥離が全く起こらずにシートが破断する未剥離破断が生じるため、実験結果が過小評価されている。しかしながら、実験で見られた全体的な傾向は、表現されていると言える。

以上より、提案モデルは、シート補強後のRC柱の正負交番試験で見られた傾向の大略を表現し得ると言える。

謝辞：本研究は平成13年度 土木学会吉田研究奨励賞によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 土木学会：連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針，コンクリートライブラリー101，2000。
- 2) 上原子晶久，下村 匠，丸山久一：連続繊維シート補強コンクリート部材のせん断耐力の評価法に関する研究，土木学会論文集，N0.648/V-47，pp.217-226，2000。
- 3) 上原子晶久，下村 匠，丸山久一：連続繊維シート補強 RC 柱のじん性予測に関する力学モデル，土木学会論文集，投稿中
- 4) 新保学幸，下村 匠，丸山久一：連続繊維シート補強RC柱部材のじん性予測に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.1，pp.883-888，2001。
- 5) 石橋忠良，吉野伸一：鉄筋コンクリート橋脚の地震時変形性能に関する研究，土木学会論文集，N0.390/V-8，pp.57-66，1988。
- 6) 増川淳二，秋山 暉，斎藤 宗，内藤静男：既存RC橋脚の炭素繊維シートによる曲げ及びせん断補強，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.2，pp.89-94，1996。
- 7) 舟川 勲，下野一行，浅井 肇，牛島 栄：MMA樹脂を用いた炭素繊維シート補強による柱部材の耐震補強効果，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.3，pp.1177-1182，1998。
- 8) 堀口賢一，宇治公隆，細谷 学：連続繊維シートの弾性係数の相違が鉄筋コンクリート橋脚のじん性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.3，pp.1273-1278，1998。

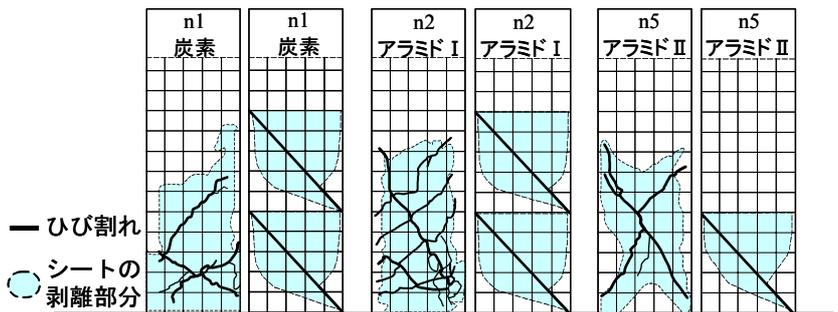
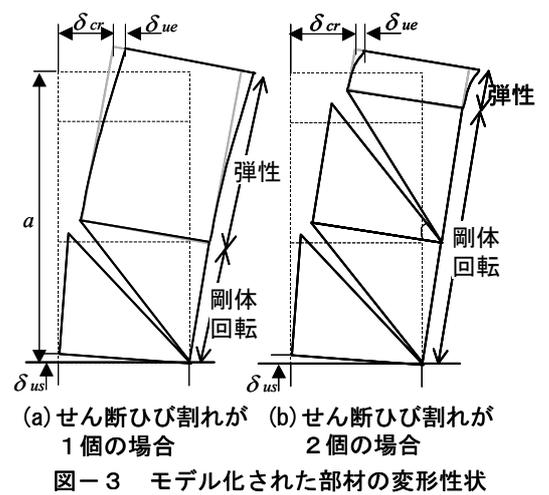


図-4 実験，計算で得られたせん断ひび割れの発生状況とシートの剥離領域

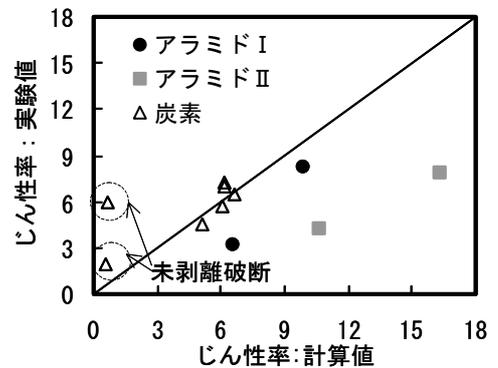


図-5 じん性率の実験値と計算値との比較