

論 文 要 旨

Abstract

論 文 題 目

Title

FIBER MODELING ANALYSIS FOR CYCLIC FLEXURE/SHEAR BEHAVIOR OF RC
COLUMNS (ANALYTICAL FORMULATION AND CORRELATION STUDY)

In this thesis an analytical model for RC columns considering the nonlinear behaviour in both shear and flexure at the cyclic load is proposed. The main feature of this model is that the nonlinear shear distortion is added to flexure model in a series, as an uncoupled force-deformation relation on the basis of a flexibility formulation.

The monotonic shear-distortion relation is initially calculated by Modified Compression Field Theory (MCFT). In order to improve the shear force-distortion relation derived by MCFT, a modification procedure based on a correlation study is also proposed. A hysteretic model including pinching and strength degradation is employed for shear cyclic behaviour. Using this model incorporated with fiber technique, an elastoplastic analysis of RC columns retrofitted by pre-tensioned high strength steel bars for earthquake resistance is performed. In fiber modelling, a spread curvature distribution is investigated in several cross sections along the member axis. The resultant flexural force must satisfy the unique bending moment diagram given by external force.

A correlation study based on the analytical simulation of experimental tests which were carried out during past few years shows an excellent agreement and a perfect validity of proposed nonlinear analytical model. In the following the summary of the achievement of this thesis is reviewed.

- 1- The suggested nonlinear analysis in which the flexural behaviour is extracted from a distributed curvature formulation among monitoring sections along the member axis using fiber modelling, and shear behaviour is obtained by an explicit shear force-distortion relation, can be successfully implemented in RC members.
- 2- The suggested modification procedure on shear force-distortion relation, which is based on experimental data and FEM analysis can be applied to improve the results of MCFT.
- 3- The behaviour of shear critical short columns before and after retrofitting by either pre-tensioned steel bars or pre-tensioned aramid fiber belts can be automatically predicted by the suggested modelling procedure.
- 4- The analytical results which agree well with experimental ones show a remarkable improvement in lateral ductile behaviour of shear critical columns after retrofit.
- 5- The suggested analytical model is only appropriate in case of a perfect bond between concrete and rebars. Also it is assumed that there is no shear strength degradation in the plastic hinge zone due to a flexural failure type. Consideration of the bond slip effect and also the shear strength degradation at plastic hinge zone on hysteretic behaviour of a RC member are two upcoming research issues for current study.

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 山川 哲雄

副査 氏名 矢吹 哲哉

副査 氏名 伊良波 繁雄



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 生産エネルギー 氏名 Mehdi BANAZADEH 学籍番号 XXXXXXXXXX	
指導教官名	山川 哲雄	
成績評価	学位論文 合格 不合格	最終試験 合格 不合格
論文題目	Fiber Modeling Analysis for Cyclic Flexure/Shear Behavior of RC Columns - Analytical Formulation and Correlation Study -	
審査要旨（2000字以内）		
<p>鉄筋コンクリート（RC）部材が正負繰り返し曲げモーメントと軸力を同時に受けた場合の断面解析（M-φ曲線）は、ファイバーモデル解析として現在日常的に行われている。さらに、曲率が集中する材端部に曲げ降伏ヒンジ長さを仮定し、その上で仮想仕事の原理を適用して、材軸長さに沿った曲率分布を積分する。そうすることによって、曲げ変形を計算する。この曲げ変形から水平変位を計算し、水平力と水平変位の関係を求める方法はファイバーモデル解析として、すでに確立されている。しかし、曲げ変形にせん断変形を加えたファイバーモデル解析法は、必要性が高いにもかかわらずまだ確立</p>		

(次頁へ続く)

されていない。このようなマクロモデル解析にかわって、有限要素法によるマイクロモデル解析は現在さかんに試みられているが、こと鉄筋コンクリート部材に関してはまだ十分な精度で実験結果を説明するに至っていないし、しかも計算に多大な CPU (演算) 時間を要する。本論文はそのような解析環境のなかで、せん断変形まで考慮でき、かつ曲率が集中する材端部に曲げ降伏ヒンジ長さを仮定することなく求められる精度の高い解析法を提案したものである。

そのために、著者は従来の剛性法に代わって柔性法を採用している。これはせん断力や曲げモーメント分布が曲率分布やせん断変形分布と異なり、材の弾塑性性状のいかんにかかわらず材軸に沿って常に線形分布で与えられることに注目したからである。曲げ変形とせん断変形を別々に計算し、直列つなぎのパネとして曲げ変形とせん断変形を加算し、その後逆マトリックスを計算して、せん断力と水平変位を計算している。曲げ変形には、従来のファイバーモデル解析が採用されている。

せん断変形の計算にあたっては次の主要な3点が考慮されている。まず、せん断力とせん断ひずみの単調関係を Collins 博士による修正圧縮場理論 (MCFT) で求めている。この MCFT 理論を適用することによって、せん断力とせん断ひずみの単調曲線に上昇カーブ、または下降カーブが表現される。これらの上昇、下降カーブでせん断破壊の有無を判断できる。すなわち、下降カーブが現れるとせん断破壊を意味し、上昇カーブでは曲げ破壊を意味する。しかし、この MCFT の解析精度は RC 部材がせん断破壊する場合、せん断スパン比が小さくなれば悪くなる傾向にある。したがって、下降カーブが現れる場合にはそのピーク値であるせん断破壊時のせん断強度を修正荒川式、または日本建築学会 (AIJ) 靱性指針式で計算し直す。さらに、その時のせん断ひずみに富井らの方法、すなわち 0.4% を採用している。せん断力とせん断ひずみに関する正負繰り返し則には Fillipou 博士の提案則が採用され、そのキャリブレーションには山川研究室で行われた RC 柱のせん断破壊実験結果が利用されている。

このような手法で確立された正負繰り返しマクロ解析手法は、山川研究室で行われた RC 柱の耐震補強前のせん断破壊実験結果や、耐震補強後の曲げ破壊実験結果をよく説明している。すなわち、水平耐力や変形性能が実験と解析では正負繰り返し性状も含めてよく一致していることを、著者は示している。しかも、せん断変形の効果で初期剛性や初期段階の水平力の緩和、さらには曲げ圧縮破壊やせん断破壊の差異などをよく捕らえている。このことは、加力実験結果を分析し、かつパラメトリックに解析できる解析手法を確立したことを意味し、かつ強力な解析支援ツールを入手したことに相当する。今後、実験のみならず解析も次第に重要になりつつある状況下にあつて、両者は相互に補完しあう関係でなければならない。そうすることによって、耐震設計工学の発展に寄与できるものである。以上要するに、本論文は曲げ変形のほかにせん断変形も考慮できる RC 部材の弾塑性挙動を的確に解析できるマクロ解析手法を提案し、その結果仮想 (パーティクル) 数値実験を可能にしたものであり、鉄筋コンクリート部材の正負繰り返し弾塑性解析、ひいては耐震設計工学上寄与するところがきわめて大きい。

以上のことより、学位論文審査委員一同はメヒディ・バナザデを博士 (工学) の学位を授与するにふさわしい者として、学位論文および最終試験をそれぞれ合格と認める。