

複合部材の動的極限耐力と変形性能に関する数値シミュレーション

京都大学工学部 正 員 山田善一

京都大学工学部 正 員 家村浩和

京都大学大学院 学生員○中山裕章

1. はじめに

コンクリート系構造物の複合部材はいずれもコンクリートとスチールを組み合わせた断面を有しており、両者の構成則が部材としての耐力や変形性能に大きな影響を及ぼす。本研究では鉄筋・鉄骨・コンクリートから構成されるRC・SRC・コンクリート充填管等の様々な複合部材の繰返し荷重下における極限耐力と変形性能を、ファイバーモデルを用いて評価するためのコンピュータプログラムを開発し、このプログラムを用いて軸力のレベルや断面形状・スチールとコンクリートの合成比等が繰返し荷重下における部材の極限耐力と変形性能に及ぼす影響を検討した。

2. 材料構成則に基づくM-φ関係の推定法

まず部材断面をファイバー要素に分割して適合条件から各要素の歪を求め、材料の各構成則から応力度を計算し、最終的にM-φ関係を求めるというものである。

(繰返し荷重下におけるコンクリートの構成則) Danilo-Ristićら¹⁾が提案した繰返し荷重を受ける非横拘束あるいは横拘束コンクリートの応力-歪関係を表現するモデルを採用した。この履歴ループは9種類のルールにより実行されている。

(繰返し荷重下におけるスチールの構成則) Menegotto-PintoのモデルをDanilo-Ristićが改良したものを採用した。特にBauschinger効果と歪硬化を考慮している。

(ファイバーモデル) 本解析に当たっては断面を構成する型別にそれぞれ何個かの水平な層要素に分割して、1つ1つのファイバーについて計算された応力-歪関係により、部材のM-φ関係を求めるという手法を取った。その際、1) ベルヌーイの定理・2) 各ファイバー要素の歪はファイバー要素中央部の歪で代表を仮定した。

(M-φの計算手法) まず各層の歪 ε_i を求める。 $\varepsilon_i = \phi_j \times d_i + \varepsilon_{oi}$ ϕ_j : 入力軸力 ε_{oi} : i番目ファイバーの前ステップでの歪 各ファイバー要素の歪が求めれば、コンクリート及びスチールの応力-歪関係の構成則により、各要素がそれぞれ現段階でのループ上にあるのかが判定できそれぞれの応力が求められる。こうして応力状態が定まると抵抗モーメントは次式求められる。

$$M = \sum (f_{ci} \times A_{ci} + f_{si} \times A_{si}) \times d_i$$

f_{ci} : i番目ファイバーのコンクリートの応力

f_{si} : i番目ファイバーのスチールの応力

3. 複合部材への応用

今回は簡単な断面としてFig. 1の4つを設定した。

RCLS: Reinforced Concrete (Steel ratio: 2.25%)

RCHS: Reinforced Concrete (Steel ratio: 8.27%)

(Balanced Steel ratio: 5.10%)

SCLS: Steel-Covered RCLS (Steel ratio: 11.23%)

SRCLS: Steel-encased RCLS (Steel ratio: 6.48%)

また入力軸力として次のものを与えた。

LA (Low Axial Load) = 4500. (kgf): 20. (kgf/cm²)

HA (High Axial Load) = 22500. (kgf): 100. (kgf/cm²)

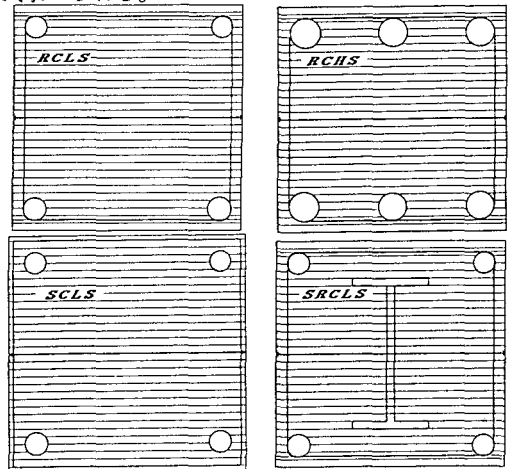


Fig. 1 Sections

以上のような仮定を元に静的繰返し曲率を与えることによって解析を行った。

Yoshikazu YAMADA, Hirokazu IEMURA and Hiroki NAKAYAMA

(計算結果と考察) 1) 繰り返しM- ϕ 関係の包絡線Fig.5から明らかなようにRCLSよりもRCHSのほうが韌性が高い。

2) RCLSにおいては、LAでは韌性が得られるがHAでは最大荷重後の耐力低下が著しい。これはRCHSにおいても同様の傾向が表れている。SCLSにおいてはHAのみに対してシミュレーションを行ったが、RCLSにHAを加えたときよりも韌性得られた。SRCLSにおいても同様にHAしか加えなかったが、最大耐力低下後の塑性変形領域が大きいことが窺える。

3) コンクリートの周囲をスチールで覆うことによりコンクリートの破壊過程を遅らせ、韌性を増し、更に周囲のスチールが座屈、切断を伴わないような塑性変形を遂行している間、つまりコンクリートが中に詰められている限り韌性が増すことが分かった。(Fig.4) スチール特性を示すものとして、断面上端スチール履歴曲線をFig.2に取り上げた。

4) 釣合鉄筋比よりも低い鉄筋コンクリートでは高軸力に対して韌性を確保するのは困難であったが、これに鉄骨を入れることにより、コンクリート崩壊(断面中心部コンクリート履歴曲線Fig.3)後もしばらくは韌性が確保されることがM- ϕ 関係より明らかになった。(Fig.4)

4. まとめ

コンクリート及びスチール(鋼)の構成則を基にした、複合部材断面の繰り返し荷重下におけるM(モーメント)- ϕ (曲率)関係を算出する手法を提示した。この手法はどのような構成や形状にも適用可能である。今後の課題としては、このプログラムをより汎用性のあるものにするために、部材断面に作用する入力軸力に強弱をつけそれが及ぼす影響について考慮し、また断面の鉄筋比やその強度更に構成を変えることによる韌性への影響についても検討する必要がある。

〔参考文献〕

1) D.RISTIĆ, Y.YAMADA, H.IEMURA : STRESS-STRAIN BASED MODELING OF HYSTERETIC STRUCTURES UNDER EARTHQUAKE INDUCED BENDING AND VARYING AXIALLOADS -DEVELOPMENT AND VERIFICATION-, KYOTO UNIVERSITY SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING RESEARCH REPORT NO.86-ST-01, March 1986

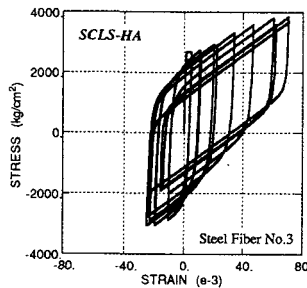


Fig. 2

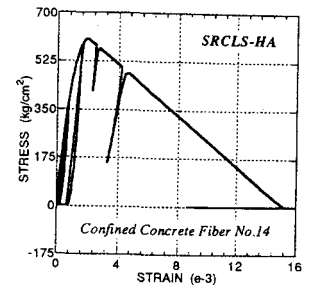


Fig. 3

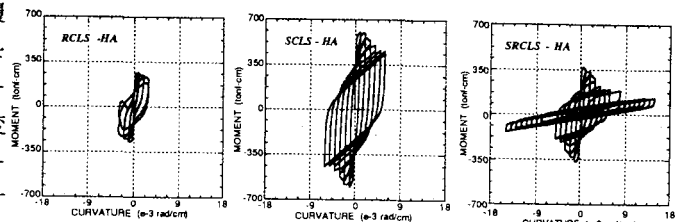


Fig. 4 Moment-Curvature curves

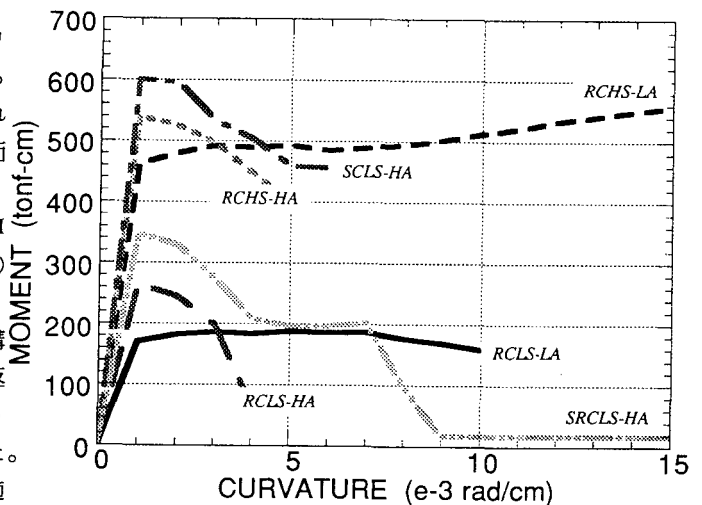


Fig. 5 Moment-Curvature skeleton curves