

塑性変形能を合理的に考慮に入れた RC 構造物の  
耐震設計法に関する総合的研究

(07305015)

平成7年度～平成8年度科学研究費補助金（基盤研究(A)(1)）



平成9年3月

研究代表者 町田篤彦  
(埼玉大学工学部教授)

## 1. はしがき

昨今の設計規準類では、鉄筋コンクリート構造物の耐震設計に対して、構造物の耐用期間内に高々一回生ずるような大地震に対しては、構造物の一部が塑性域に入ることを許容し、設計地震力を低減することを規定するものが多い。しかし、この設計法の根幹をなす地震力の低減に関しては、便宜的に定めているものが多く、真に合理的な設計法となっているとは言い難い。本研究、「塑性変形能を合理的に考慮に入れたRC構造物の耐震設計法に関する総合的研究」は、このような背景のもとに立案したもので、実験ならびに解析によって鉄筋コンクリート部材の塑性変形能を曲率靱性率の形で精度よく算定する方式を確立するとともに、曲げモーメント曲率履歴曲線を精度よくモデル化し、これらをもとに各種鉄筋コンクリート構造物の終局変形能を算定して地震力を低減する方式を定式化しようとして出発したものであって、最終的には、これを耐震設計法の形で取りまとめることを念頭に置きつつ、研究を進めた。

## 研究組織

本研究の研究組織は、下記のようなものである。鉄筋コンクリート構造物あるいは部材の塑性変形能という物性は、極めて多くの要因が総合された結果具現されるもので、研究に際して非常に広範な知識が必要であるが、個々の研究者は必ずしも、必要な知識すべてに精通していないのが現状である。下記の研究組織は、このことを考慮し、耐震性に関する研究に携わっている研究者に参加を求めて定めたものである。

研究代表者：町田篤彦	埼玉大学工学部教授
研究分担者：山崎 淳	日本大学理工学部教授
研究分担者：檜貝 勇	山梨大学工学部教授
研究分担者：丸山久一	長岡技術科学大学建設系教授
研究分担者：島 弘	徳島大学工学部助教授
研究分担者：上田多門	北海道大学工学部助教授
研究分担者：陸好宏史	埼玉大学工学部助教授
研究分担者：呉智深	茨城大学工学部助教授
研究分担者：中村 光	山梨大学工学部助教授

## 研究経費

平成7年度	4,900千円
平成8年度	3,000千円
計	7,900千円

## 研究発表

### (1) 学会誌等

Khairy Hassan A. and Atsuhiko Machida, Role of Transverse Reinforcement on Ductility and Failure Mode of RC Bridge Piers Subject to Earthquake Motion, 第19回コンクリート工学年次講演論文集 第19巻2号、1997年6月 (発表予定)

Atsuhiko Machida and Khairy Hassan A., Influence of Input Motion Characteristics on Inelastic Behavior of RC Piers of Bridges - A Three Dimensional Approach, JCI Concrete Research and Technology, 1997年12月 (発表予定)

橋本伸一、中村光、檜貝勇：繰り返し荷重を受けるRCはり断面のせん断変形挙動に関する研究、第18回コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.2、pp.641～646、1996年7月

水野要、中村光、檜貝勇：繰り返し荷重を受けせん断破壊するRC部材の挙動解析、第19回コンクリート工学年次論文報告集、1997年6月 (発表予定)

石崎克匡、丸山久一、下村 匠、高田賢司：連続繊維シートによりせん断補強されたRCはりのせん断耐力における寸法効果、第19回年次論文報告集、1997年6月 (発表予定)

三岩敬孝、島 弘、河野欧洋：段落とし位置で圧接鉄筋が破断するRC橋脚の耐震性、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.2、pp.29-34

Zhishen Wu, Mochammad Afifuddin, Atsuhiko Machida and Takuro Matumura, Prediction of Shear Dominated Behavior of Quasibrittle Structure by Smearred Crack Model, Building for 21<sup>st</sup> Century, EASEC-5, pp.2155-2160

### (2) 口頭発表

夏目和幸、丸山久一、中村 光：鉄筋コンクリート部材の靱性評価に関する研究、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第5部、pp.1002-1003 平成8年9月

### (3) 出版物

なし

## 2. 研究成果

本研究は、合理的な耐震設計の根幹をなす鉄筋コンクリート部材の塑性変形能を、実験ならびに解析によって曲率靱性率の形で精度よく算定する方式を確立するとともに、曲げモーメント曲率履歴曲線を精度よくモデル化し、これらをもとに各種鉄筋コンクリート構造物の終局変形能を算定して地震力を低減する方式を定式化することを目的とし、最終的には、これを耐震設計法の形で取りまとめようとしたものである。この目的を達成するため、鉄筋コンクリート部材の塑性変形能につき、既往の文献調査、載荷実験、解析などによって研究した結果、以下の成果を得ることができた。これらの成果は、これを既往の設計システムに取り込むことにより、鉄筋コンクリート構造物の耐震設計を従来に増して合理的に行うことを可能にするものである。

(1) 「せん断補強鉄筋によってもたらされる靱性率とそれ以外によってもたらされる靱性率は互いに独立である」との仮定を設けて、従来の研究成果を詳細に分析し、鉄筋コンクリート部材の変位靱性率評価式を得た。この評価式は、曲げ降伏後にせん断破壊する場合に適用性がよいものである。[1]

(2) コンクリートの構成則として分散ひび割れモデルを用い、破壊をひび割れ帯理論でモデル化すれば、鉄筋コンクリート部材のせん断挙動をFEMによって解析できる。ただし、これによると強度を幾分か代表化する可能性がある。[2]

(3) 鉄筋コンクリート部材の塑性域での挙動を有限要素法で解析するプログラムを作成して解析を重ねた結果、実地震波を受ける場合の変位靱性率は、正負交番荷重を受けうる場合と相違するばかりでなく、地震波の特徴によっても無視し得ない影響を受けることが明らかとなった。[3]、[4]、[5]

(4) せん断補強鉄筋を曲げ降伏後のせん断破壊の領域を超えて配置した場合のRC部材の変形を、躯体部の変形、塑性ヒンジ部の変形、鉄筋抜け出しの変形に分けて評価することにより、変位靱性率を曲率靱性率に変換することができる。この場合の解析には、軸方向鉄筋の座屈を考慮したモデルを用いることが重要である。[6]

(5) 軸鉄筋の段落としおよび繊維シートの巻き付けが塑性変形能に及ぼす影響を実験的に明らかにした。[7]、[8]、[9]

これと平行して曲率履歴曲線に及ぼすせん断力の影響について、解析的に検討した結果、以下が明らかにされた。

(1) せん断変形は主筋降伏後急激に増加し、せん断変形が増加するほど耐力が低下すると共に耐力以降の挙動が脆性的になる。[10]

(2) 繰り返し荷重を受ける場合、せん断挙動は荷重零点付近に現れる応力中立状態で顕著になり、大变位での繰り返しを経験するほどに卓越する。[11]

また、RC部材の断面のモーメント-曲率関係、幾何非線形たわみ計算および振動応答解析するプログラムを作成した。これらは、例えば、鉄筋コンクリート橋脚の耐震性を実証的に評価することが可能なものである。[12]

以上の成果の詳細を、研究発表論文（発表予定を含む）の別刷りおよび本報告のためのオリジナル論文として、上記の [ ] 内の数字に対応させて、以下に示す。なお、このような成果が得られ、鉄筋コンクリート構造の耐震設計の進歩に貢献できたことは、科学研究費補助金が与えられたことと研究分担者各位の熱心なご協力によるところが大きい。ここに記して、厚くお礼申し上げる次第である。