

## 第 1 章 序 論

### 1.1 本研究の背景と目的

世界有数の地震国であるわが国において、鉄筋コンクリート構造物や部材の断面寸法・配筋方法は地震荷重の影響によって最終的に決定されることが多い。高架橋の橋脚や斜張橋の主塔等がこれに該当する。そのため、数々の地震災害を代償に多くの土木技術者・研究者の努力によって設計基準が改善されてきた。例えば、1978年に発生した宮城県沖地震を契機に、鉄筋コンクリート部材の塑性変形能を定量化するための研究<sup>[1.1]~[1.3]</sup>が行われ、これらの研究に基づいて設計基準<sup>[1.4]~[1.6]</sup>が改訂された。さらに、わが国においては過去に例がないほどの被害を土木構造物に与えた1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震を教訓に関係機関の多大な努力により新たに設計基準<sup>[1.7]~[1.11]</sup>が改訂された。

一方、鉄筋コンクリート部材の耐力と損傷度の推定に関する研究<sup>[1.12],[1.13]</sup>は、従来より多くの研究者によってなされてきている。わが国でも最近は限界状態に基づいた設計<sup>[1.14],[1.15]</sup>が行われるようになっているが、現在は主として耐力の限界状態に基づく場合が多く、変位・変形の限界状態に基づく場合は少ない。その理由の一つは終局時の変位・変形の限界状態を定量化することが困難なためである。この終局時の変位・変形は、部材の特性(材料・寸法)が定まったとしても、一義的に定まるものでなく、作用外力の種類、性質に大きく依存するからである。特に土木構造物で問題となる地震荷重のような非定常な荷重である動的外力に対しては、その終局時の変位・変形を定めるためには、未だ不明な点が多く、その影響を明らかにする必要がある。

地震が比較的少ない諸外国においては、高さが150m以上もある極端な高橋脚が見られる。最近のわが国の構造物も、スレンダー化、長大化する傾向にある。例えば、高速道路の高橋脚、あるいはPC斜張橋の主塔などをあげることができる。このような大型構造物は、自重が大きくなるために部材をスレンダー化する必要性があり、当然のことであるが曲げが卓越する部材となる。

本研究は、上述のような工学的要請を背景として、特に地震荷重のような非定常な荷重である動的外力による曲げが卓越する鉄筋コンクリート柱部材の損

傷と耐力および変形を実験と解析により明らかにするとともに、その損傷程度を評価する手法について考究するものである。具体的な損傷評価のためには、まず、部材の動的損傷度を定量化するとともに、一方で、その損傷度を推定する方法を確立する必要がある。その理論的背景として、従来からの各種の非破壊試験による方法や最近のエネルギーを用いる方法も考えられるが、本研究では、微振動特性を利用する方法および微小荷重載荷による剛性と変位の関係を用いた履歴最大応答変位と荷重を推定する方法を考える。

以上、本研究では、鉄筋コンクリート柱部材の実験と解析に基づき、特に動的耐力と損傷度の新たな評価手法を提案することにより、耐力と変位・変形に基づく限界状態設計方法の確立に寄与することを目的とするものである。

## 1.2 本研究の構成と概要

本研究の内容を概述すると以下の通りである。

第1章では、序論として本研究の工学上の意義と位置づけを概説し、その研究目的について述べるとともに本研究の構成と概要について概述している。

第2章は、曲げが卓越する鉄筋コンクリート柱部材が地震のような動的外力による損傷を受けた場合、その振動特性が変化する過程を明らかにすることによって、動的損傷度を定量化し、これにより鉄筋コンクリート柱部材の動的非線形解析を可能とすること、および一方で、定量化された振動特性を利用することにより、逆に地震のような動的外力により損傷を受けた構造物の健全度を評価することを目的とした研究の基礎的資料を得るために行った実験の結果をまとめたものである。具体的には、RC長方形断面柱モデルの損傷に与える累積損傷の有無・柱長・軸方向鉄筋比による影響を考慮して、動的外力による損傷を与えた後の自由振動試験による自由振動数と減衰定数に着目し、変位損傷度とこれらの振動特性の関係について実験的に検討する。

第3章は、曲げが卓越するRC正方形断面柱の2軸曲げ耐力に及ぼす動的荷重(地震のような非定常な荷重)および静的な繰返し荷重作用の影響を実験的に明らかにし、その耐力評価のための資料を与えようとするものである。本章では特に耐力に及ぼす荷重方向および拘束の影響を明らかにする目的で、荷重方向を $0^\circ$ 、 $22.5^\circ$ 、 $45^\circ$ の3方向、横拘束鉄筋間隔を100mm、50mmとしたRC正方形断面モデル柱を作成し、振動台試験と静的荷重試験を行う。一方、新たにひずみ速度と拘束効果の影響を考慮した簡便な解析法による解析結果と実験結果を比較・検討し、その適合性を検討する。

第4章は、曲げが卓越する鉄筋コンクリート柱部材の履歴最大応答変位と荷重を微小荷重・荷重による剛性と変位の関係を利用し、ひび割れの発生、軸方向鉄筋の降伏、そして終局に至る直前までの、損傷程度を推定することを目的とした基礎的研究である。まず、繰返し漸増荷重を受けた曲げが卓越するRC正方形断面柱の荷重～変位履歴曲線の包絡線(以下、荷重～変位包絡線と略記する)の特性に影響を及ぼす多くの要因のうち、特に、荷重方向、横拘束鉄筋間隔を変化させた実験を行う。次に、これらの諸要因による荷重～変位包絡線の特性に基づき、各荷重段階で行った微小荷重・荷重により得た微小変位と剛性から、

その前に受けた履歴応答変位と等価剛性の関係をそれぞれ定式化し、荷重～変位包絡線の推定方法を提案する。次に、繰返し漸増荷重を受けた RC 正方形断面柱の荷重～変位包絡線の実験結果と比較し、提案した推定方法の適合性を確かめる。さらに、提案した推定方法に用いる微小荷重の大きさの影響についても検討する。

第5章は、第4章で提案した微小荷重載荷の結果を用いて曲げが卓越する RC 正方形断面柱の履歴最大応答変位と荷重を推定する方法の適用範囲および実用化の可能性を高めるために、地震のような非定常な荷重である動的外力を受けた場合およびコンクリート標準示方書(土木学会)の構造細目に準拠した比較的大型な供試体の場合に対する適用性をそれぞれ確かめることを目的とした実験的研究である。具体的には、動的外力を受けた場合および比較的大型な供試体の場合に対して、まず、第4章で提案した推定方法の基となる定式化した剛性関係(曲げが卓越する RC 正方形断面柱の等価剛性と微小荷重載荷による剛性の関係)および変位関係(曲げが卓越する RC 正方形断面柱の履歴最大応答変位と微小荷重載荷による変位の関係)の適用性を確かめる。次に、鉄筋コンクリート柱部材の荷重～変位包絡線の実験結果と比較し、提案した推定方法の適用性について検討する。

第6章では、第2章から第5章までの結論を総括して本研究の結論とし、あわせて、本研究の今後の問題点と将来への発展性について述べる。