有限要素法解析ソフトを用いたRC柱の耐震性能評価に関する研究

木更津工業高等専門学校　○学生会員　石田　武司
木更津工業高等専門学校　正会員　石田　博樹
木更津工業高等専門学校　須賀　政彦
木更津工業高等専門学校　荒木　里佳

1.はじめに

平成7年に起きた阪神・淡路大震災では、コンクリート橋脚の多くがせん断破壊により甚大な被害を受けた。その多くは、靭性の重要性が考慮されていない昭和 39 年「道路橋示方書」やそれ以前の設計基準に準じて設計されたものであったが、新耐震基準における構造物も少なからず被害を受けた。その主な理由は、靭性の評価を直接行わなかったためである。

そこで本研究では、有限要素法解析ソフト「ATENA」を用いてRC柱の靭性を求め、モデルとする実験のデータと比較・検討し、耐震性能の評価を行う事を目的とする。

2. 解析ソフト

本研究において使用される有限要素法解析ソフトは、Dr.Cervenkaによって開発された汎用ソフトATENA（非線形応答解析）を使用する。

3.研究方法

本研究では、過去に行われた2つの実験をモデルとして有限要素法解析を行った。その2つの実験をシリーズⅠ、Ⅱとして以下に示す。

（1）　供試体

シリーズⅠ

供試体の形状及び寸法は図1に示す通りであり、柱部は断面が150×150mm、高さが1000mmである。また、固定端（フーチング）から載荷点までの距離は 1200mm である。軸方向鉄筋にはSD345・D10を使用し、軸方向鉄筋比p（＝As/bd　As:軸方向鉄筋断面積, b:柱部断面幅, d:柱部断面有効高さ）は0.76%である。また帯鉄筋にはSD345・D6を使用し、帯鉄筋比 p_w は0.42%である。せん断スパン比（a/d）を9.6である。

シリーズⅡ

供試体の形状・寸法を図 2 に示す。供試体断面は、410×410の正方形断面で、供試体柱基部から頂部までの高さは1375mmである。供試体柱基部から載荷点までの高さは 1225mm である。軸方向鉄筋にはSD345・D19を使用し、途中で段落としはせず、供試体頂部まで伸ばしてある。

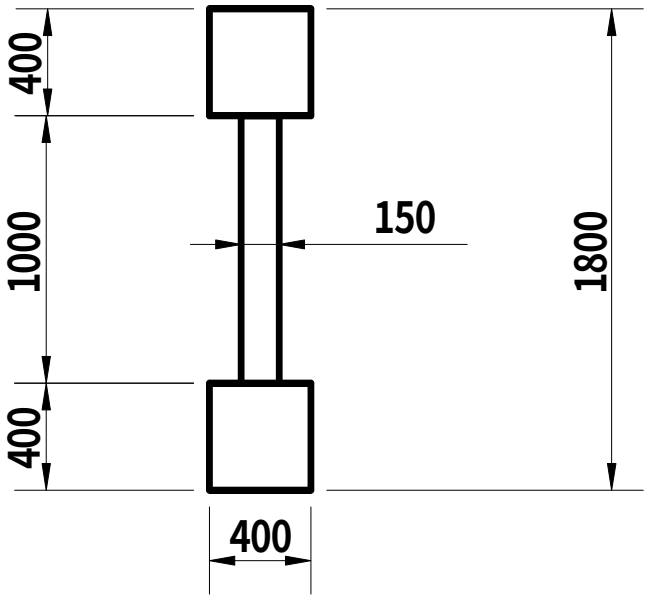

図1　シリーズⅠ供試体の形状・寸法（単位：mm）

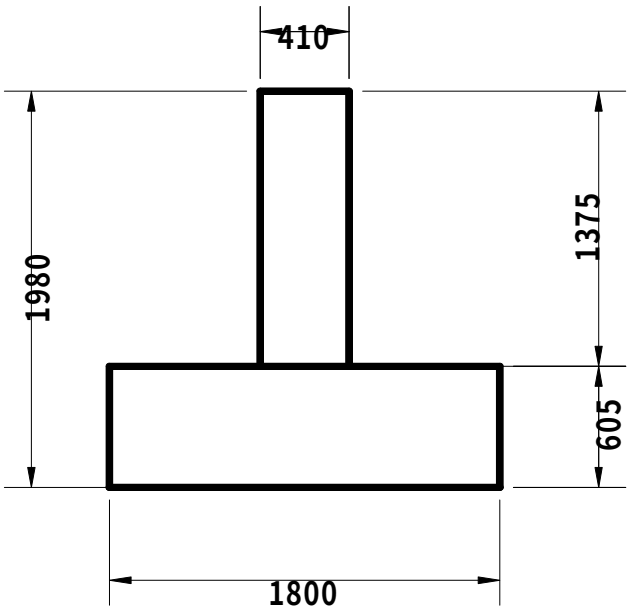

図2　シリーズⅡ供試体の形状・寸法（単位：mm）

軸方向鉄筋比は、2.04%である。せん断補強鉄筋はSD345・D13を使用し p_w=0.55%である。せん断スパン比（a/d）は3.5である。シリーズⅠ～Ⅱの使用材料の材料特性は表1に示す。

キーワード：耐震性能、靭性、有限要素法解析

連絡先:〒292-0041 千葉県木更津市清見台東2-11-1
木更津工業高等専門学校　TEL(0438)-30-4000

（2）　載荷方法

載荷方法は交番繰返し載荷とし、地震時の影響を考慮する。降伏変位δy 以後の変位振幅は降伏変位の整数倍として、1δy、2δy、3δy・・・と続いてゆく。なお、降伏変位δy はあらかじめ同一の試験体で一方向載荷試験を行って求めたものであり、主鉄筋が降伏したときの変位である。

各変位振幅での繰返し回数 n は 3 回とした。

本研究の解析による載荷方法は変位制御とし、各変位ごとの荷重を読み取るよう設定した。

表１　使用材料の材料特性

	コンクリート 圧縮強度 (MPa)	軸方向鉄筋 降伏強度 (MPa)	帯鉄筋 降伏強度 (MPa)
シリーズⅠ	34	410	390
シリーズⅡ	29.6	410	423

（3）　靭性率

耐震性能を調査する際に、靭性という評価の基準がある。靭性とは、部材の変形能力の事で、靭性を定量的に評価するために、靭性率が一般的に用いられている。

靭性率は、μ＝δu/δy で表す。

ここで、μ：靭性率

δu：終局変位

δｙ：降伏変位

本研究での終局の定義は、「荷重－変位曲線の包絡線が最大荷重到達後に降伏荷重をしたまわった時点」とした。

4.試験結果・考察

本研究の解析結果を図３、図４に示す。解析結果より、以下のように考察した。

シリーズⅠ

最大荷重到達後に耐力を維持し続け、6δy で降伏荷重を下回る耐力の減少を確認できたため、終局と判定した。

荷重―変位曲線から靭性率を求めた結果、モデルの実験においては 5、本研究の解析結果では 6 となり、実験時に比べ 2 割程度大きくなった。これは、各変位振幅での繰り返し回数 n を、解析では 3 回、実験では 10 回、としていたために起こった誤差と思われる。

シリーズⅡ

降伏後に最大荷重を記録し、その後 8δy で降伏荷重を下回ったため、終局と判定した。

靭性率はモデル実験結果、本研究の解析結果ともに 8 となった。

シリーズⅠに比べて、荷重―変位曲線の中括れを忠実に再現できたことは、供試体柱部の断面寸法に関連すると考えられる。ATENA は、本来既設構造物を対象として開発されているため、シリーズⅠのような小さい供試体に対する適用が、難しいようである。

5.まとめ・今後の課題

本研究で行った、有限要素法解析ソフトを用いた靭性率を指標とする耐震性能評価については、シリーズⅠ、Ⅱ両方においてモデル実験とほぼ同等の値を得ることが出来た。よって本研究手法は、RC 柱の耐震性能を調査する際に有効と言える。

今後の課題としては、構造部材の持つエネルギー吸収を考慮に入れて解析を行うことなどがあげられる。

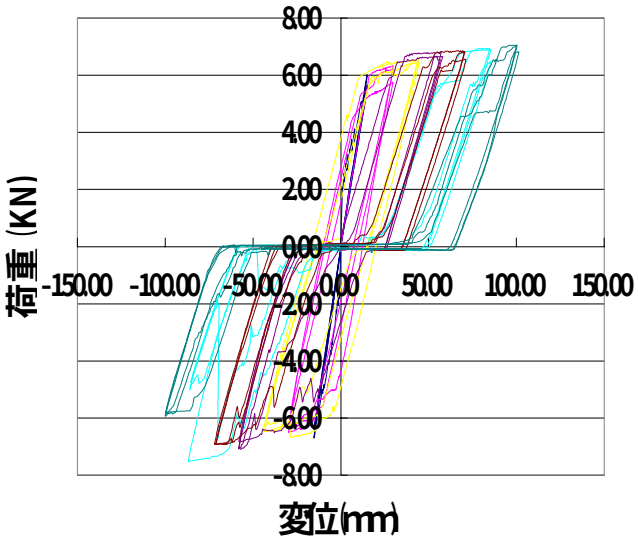

図３　シリーズⅠ解析結果

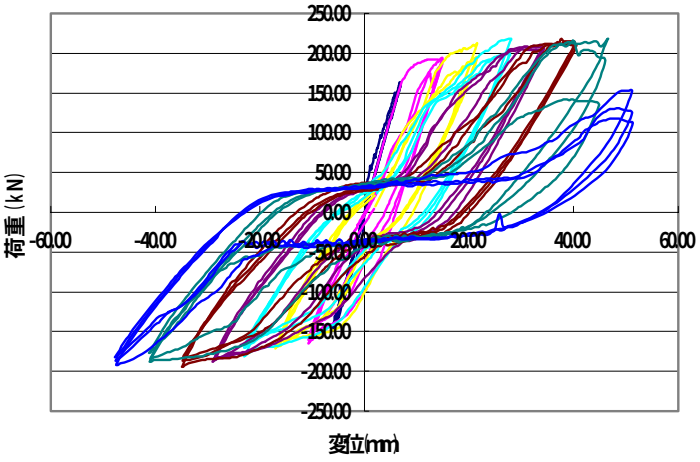

図４　シリーズⅡ解析結果