

鉄筋コンクリート柱部材の パラメータと変形能力

1090488 堀田 元樹

高知工科大学工学部社会システム工学科

既に実験結果が得られている復元力特性の中から曲げ降伏している7シリーズ86体の鉄筋コンクリート柱試験体を対象にその変形能力に着目した。これらの試験体をもとに、その変形能力に起因する、シアスパン比・せん断補強筋比・軸圧比・引張鉄筋比をパラメータにしてこれらと変形能力 (R_{max}) との関係を図1～5に示した。図1はシアスパン比(a/D)と R_{max} の関係である a/D が大きくなると縦軸は大き

Key Words : シアスパン比、せん断補強筋比、軸圧比、引張鉄筋比、回帰分析

1. はじめに

鉄筋コンクリート柱の極限変形の条件を定振幅繰り返し荷重下の最初のサイクルで最大荷重の80%に低下した時の変形、または定振幅繰り返し加力時の10サイクル目の耐力が1回目の耐力の50%以下になったときの変形としている。今回の研究では、曲げ降伏耐力計算値の95%に低下した時の変形と定義した。その時の変形能力が、シアスパン比・せん断補強筋比・軸圧比・引張鉄筋比がどのように、起因しているかを調べることを今回の研究目的とした。

2. 分析方法

2.1 鉄筋コンクリート柱の材料一覧

鉄筋コンクリート造建築物の耐震安全性の改善に寄与するため、その主要な耐震要素の一つである鉄筋コンクリート柱の変形能力の向上を目的に多数の実験研究が行われてきた。これらの試験体の内曲げ降伏以前にせん断破壊した試験体を除き試験体の選択をした。

鉄筋コンクリート柱断面寸法は、全て 25 cm であり、実大の約 1/2～1/3 である。試験体は、柱単体に逆対称曲げ応力が生じるように計画されたものである。

各試験体に用いられた主筋とせん断補強筋は統一されており、主筋は異形鉄筋 (SD35)、せん断補強筋は (SR24) が用いられた。

コンクリートの種別およびコンクリートの打設方向は、全試験普通コンクリートが用いられている。コンクリート強度は、124～322Kg/cm² の範囲となっている。

引張鉄筋比は、実在建物柱の値に近いものとなっており、約 90% が約 0.3%、0.6% 及び 0.95% である。例外的に 1.2% 以上のものも含まれている。

せん断補強筋比は、0.2% から 1.2% となってい

るが、1.2% 以上のものはシアスパン比が 1.0 のもの及びシアスパン比は 2.0 だが、引張鉄筋比が大きくかつ軸力が比較的に大きなものも含まれている。大部分の試験体の主筋は加力方向に対して圧縮側と引張側に 2 本から 5 本の主筋が各 1 段に並べられており、中間に主筋は配置されていない。例外として、中間に主筋をもつもの、主筋が円柱に配置されているものがある。

せん断補強筋の形状は大部分の試験体で 135 度フックで、余長を 4φ (φ は鉄筋径) とした標準フック付きフープが用いられているが、例外として、サブタイのあるもの、スパイラルフープ、角スパイラル、溶接スパイラルも含まれている。軸方向応力度は全ての試験体は一定の軸方向応力度下において実験されていた。軸方向応力度の標準値は $F_c/4$ 及び $F_c/8$ (F_c はコンクリートの設計強度で 210Kg/cm²) である。例外として $-F_c/10$ 、0、 $F_c/3$ 、 $F_c/2$ 、 $2F_c/3$ 、60、80Kg/cm² である。このような試験体を使った実験結果を用いて分析した。

2.2 極限変形

計算値の曲げ降伏耐力 (Q_{BU}) は下式により求め、実験結果の包絡線が上記計算値の 95% に低下したときの変形を耐震設計上の変形能力限界 (極限変形) として探し出し、エクセルデータとして 86 袋分作成した。さらに、シアスパン比・せん断補強筋比・軸圧比・引張鉄筋比個別にこれらと極限変形の間関係を抽出した。

$$Q_{BU} = \{0.8 \times a_c \times \sigma_y \times D + 0.5 \times \sigma_o \times b D^2 (1 - \sigma_o / F_c)\} / h_o$$

3. 分析結果

それぞれのパラメーター単独と極限変形 R_{max} の関係を図 1～5 に示した。図 1 はシアスパン比(a/D)と R_{max} の関係である a/D が大きくなると縦軸は大き

くなるが、この値が 2.0 のところでばらつきが大きい。これは a/D が同一でも他のパラメータ軸力比、鉄筋比等に影響されていることが推測される。

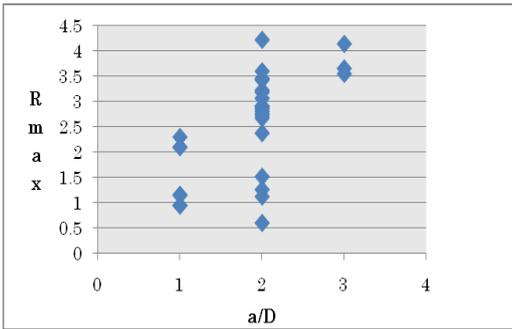


図 1 シアスパン比と極限変形

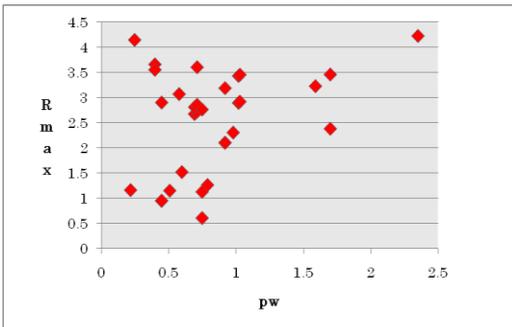


図 2 せん断補強筋比と極限変形

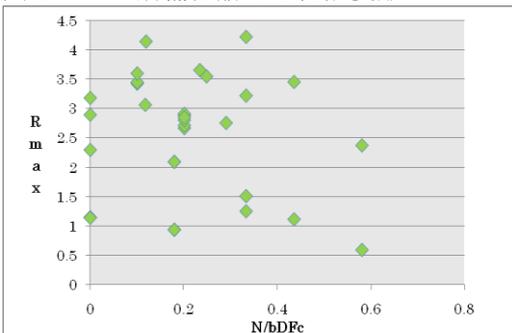


図 3 軸圧比と極限変形

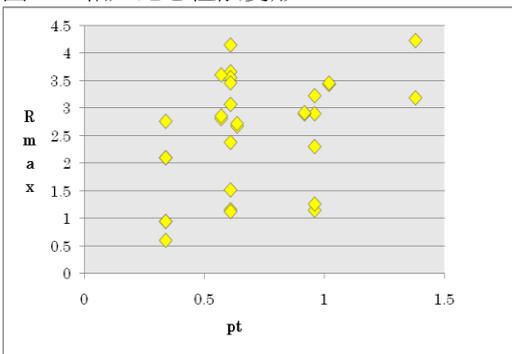


図 4 引張鉄筋比と極限変形

図 2 はせん断補強筋比 pw と R_{max} の分布状況である。 pw 1%までは R_{max} の関係は全く見られないが 2%、3%となると R_{max} は大きくなる傾向がみられた。軸力比 ($N/bDFc$) に関しては図 3 に示すように明かな傾向が見られないが強いて言うとも軸力比が大きいと縦軸は減少する傾向がある。図 4 の pt 単独と R_{max} の関係を見るとばらつきは大きい右肩上がりの傾向がみられる。他のパラメータが同一なら曲げ耐力が上がりせん断破壊しやすくなり右肩下が

りの傾向が推測されるが、この図は逆の様相を示した。ず 5 は

これら 4 要素からなる重回帰分析による回帰式を無作為に作成し、式 1 のようなものになった。図 5 はこの式で求めた R_{max} を縦軸に実験分析から得た R_{max} を横軸に占めした。縦軸の回帰式が精度がよければ同図直線上に乗るはずだがかなりばらついた結果となった。

$$R_{max} = -0.0291 + 1.900 \times a/D + 2.457 \times pw - 7.430 \times N/bDFc - 2.067 \times pt \quad \text{式 1}$$

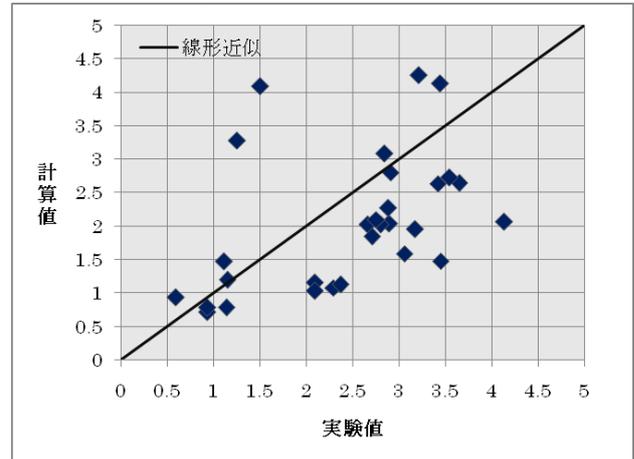


図 5 極限変形の実験値と計算値

これはそれぞれの試験体の設計で種々の破壊モードを想定したものが試験体の中に多く含まれているのでこのような傾向になるのではないかと推測した。しかし式 1 の係数をみると、シアスパン比、及びせん断補強筋比には正符号で依存しており、軸力比及び鉄筋比では負に依存している結果となり力学的には符合していた。この解析ではパラメータ単独に回帰式を作成したが 4 つのパラメータのいろいろな数学的組み合わせによりさらに良い精度の回帰式が出来るのではないかと考えられた。極端な話として一般にせん断破壊耐力が曲げ破壊耐力に比べて大きければ大きいほど設計極限変形は大きくとれることは耐震診断上の常識なので上記の破壊モード予測式をそのまま回帰式として採用したほうがよい精度が出るのではないかと考えた。

4. まとめ

1) 30 年前に行われた組織的な RC 柱の実験データから現在の耐震基準に適合した設計極限変形を定義した。

2) 極限変形がどのくらいになりうるのかを予測する回帰式を作成したが、パラメータ-独立の変数で構成では精度のよいものとはならなかった。

参考文献

- 1) 鉄筋コンクリート終局強度に関する資料 (1987 年 9 月)
- 2) 建築省建築研究所：大変形下における鉄筋コンクリート柱の変形性能に関する資料集 (その 3)，建築研究資料 No. 21 (1987 年 2 月)