

RC 柱の荷重履歴が履歴曲線の形状に及ぼす影響について

鉄道総合技術研究所 正会員 ○仁平 達也 鉄道総合技術研究所 正会員 谷村 幸裕
 鉄道総合技術研究所 正会員 岡本 大 鉄道総合技術研究所 正会員 田所 敏弥

1. 目的 本研究では、荷重履歴の違いが RC 柱の荷重 - 変位関係の履歴曲線に及ぼす影響について、実験値と、最大耐力以降の負勾配を考慮した復元力モデル¹⁾から得られた計算値を比較・検討した。

2. 供試体および実験の概要 供試体は鉄道ラーメン高架橋柱の実大モデル 3 体(No.1~No.3)で、供試体の諸元はすべて同一とした。図 - 1 に供試体の諸元を示す。引張鉄筋比は 1.07%，帯鉄筋比は 0.66%で、軸方向圧縮応力度が 3.87N/mm^2 となるように軸力を載荷した。載荷方法は、No.1 は同一変位を 3 回繰返す「漸増載荷」方法である。No.2 と No.3 は、No.1 の結果から、降伏変位 δ_y を 25 mm として、No.2 は $6\delta_y$ 、No.3 は $3\delta_y$ の最大変位経験後、 $1\delta_y$ ずつ変位を小さくし、これを 3 サイクル繰返す「漸減載荷」方法とした。載荷パターンを図 - 2 に示す。

3. 実験状況 No.1 は、曲げひび割れ発生後、 $3\delta_y$ の載荷時にかぶりの一部がはく落した。その後、 $5\delta_y$ の 2 回目で軸方向鉄筋の座屈が急激に進行した。No.2 は第 1 サイクルの $+6\delta_y$ へ向かう際に、圧縮側の基部のコンクリートに圧壊が、圧縮側のかぶりコンクリートにはく離が生じ、徐々に進行していった。そして、 $+6\delta_y$ の除荷時にかぶりコンクリートがはく落し、軸方向鉄筋の座屈が、 $-6\delta_y$ および $+5\delta_y$ のピーク時に確認された。繰返し載荷に伴い、軸方向鉄筋の座屈は進行していった。No.3 は部分的なかぶりはく落が見られたが、軸方向鉄筋の座屈は確認されなかった。またサイクル数が増加しても、損傷はほとんど進行しなかった。No.1 ~ No.3 の破壊形態は曲げ破壊先行型であった。

4. 計算モデル 復元力モデルの、曲げひび割れ耐力： M_c 、曲げ降伏耐力： M_y および曲げ耐力： M_m は鉄道標準²⁾により算出した。除荷開始点は実験値と同一とした。除荷剛性（：除荷開始点の値と除荷時の荷重 0 の値を結んだ直線の傾き）の低下率 β は 0.4 を用いるのが一般的であるが、載荷方法の影響を考慮し「 $\beta = 0.2, 0.4, 0.6$ 」を設定した。

5. 履歴曲線の実験値と計算値の比較 図 - 3 に No.1 ~ No.3 の荷重 - 変位関係を示す。なお、図 - 3 に示す計算値は、剛性低下率 $\beta = 0.4$ を用いたものである。No.1 については、座屈が急激に進行し、荷重の低下が顕著となった $5\delta_y$ の 2 回目以降において、実験値は計算値を下回った。No.2 はサイクル数の増加に伴い、軸方向鉄筋の座屈が進行し、同一変位での各ピーク時における荷重が低下した。一方、No.2 の計算値は常に最大変形点を目指し、繰返し載荷による荷重低下を考えていないため、第 2 サイクル以降の各ピーク時における実験値は計算値を下回った。No.3 において、実験値は、サイクル数が増加しても、各ピークの荷重低下はみられず、計算値とほぼ同様な値を示した。

図 - 4 に No.1 ~ No.3 実験値と計算値($\beta = 0.2, 0.4, 0.6$)の履歴吸収エネルギーを示す。計算値において、 β が大きいほど、除荷剛性の値が小さくなり、履歴吸収エネルギーが小さくなる。No.1 の実験値は $\beta = 0.2$ あるいは $\beta = 0.4$ の計算値と概ね一致した。しかし、軸方向鉄筋の座屈が急激に進行した $5\delta_y$ の 2 回目・3 回目は、 $\beta = 0.6$ がより一致し、 $6\delta_y$ では計算値を下回る結果となった。No.2 の実験値は、第 1 サイクル時には、 $\beta = 0.2$ の計算値と概ね一致していたが、第 2 サイクルの $5\delta_y$ 以降はいずれの計算値よりも小さくなった。No.3 の実験値は、 $\beta = 0.2$ の計算値とほぼ一致した。

キーワード 荷重履歴、座屈、履歴吸収エネルギー、剛性低下率

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2 - 8 - 38 財)鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL 042-573-7281

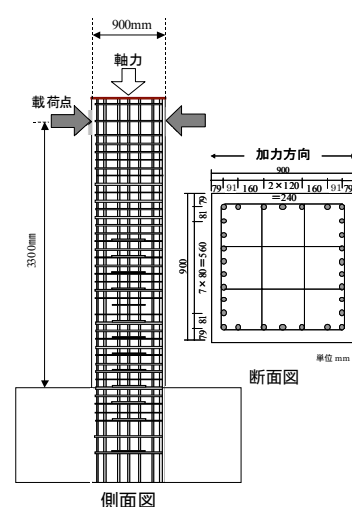
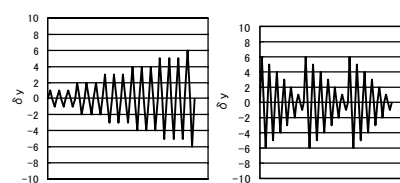


図 - 1 供試体の諸元



a) No.1(漸増載荷) b) No.2(漸減載荷)

図 - 2 載荷パターン

これらのことから、復元力モデルに用いる剛性低下率 β は、軸方向鉄筋が座屈しない場合、載荷方法に関係なく、 $\beta = 0.2$ および 0.4 で概ね実験値を表現できている。しかし、軸方向鉄筋が一旦座屈すると、No.2 の結果が示すように、小さい変位であっても、繰返し載荷により座屈が進行するため、同一変位における荷重および除荷剛性の低下(図-5)を生じ、履歴吸収エネルギーは小さくなる。図-6 に No.1 と No.2 の累積履歴吸収エネルギーを示す。ステップ数は各ピークの回数である。計算値は、 $\beta = 0.4$ とした場合である。漸増載荷である No.1 は実験値と計算値が概ね一致しているが、漸減載荷の No.2 は繰返し載荷により、第14 ステップ(第3 サイクルの $5\delta_y$)時に実験値が計算値を下回る結果となった。座屈を生じるような大変形領域まで考慮する場合、特に載荷初期段階で座屈を生じる場合等については、適切な剛性低下率 β を考慮する必要がある。

6. まとめ 載荷履歴が、履歴曲線の形状に以下に示すような影響を与えることがわかった。

- 1) 軸方向鉄筋の座屈を考慮しない場合、載荷方法の影響は少なく、現状の復元力モデルが適用できる。
- 2) 軸方向鉄筋の座屈を生じるような大変形領域まで考慮する場合には、載荷履歴に応じ、剛性低下率の値を、 $\beta = 0.4$ より大きな値を設定する等、再検討する必要がある。

参考文献 1) 玉井真一、瀧口将志、佐藤勉：RC 部材の復元力特性、鉄道総研報告、第13巻第4号、p15-20、1999.4

2) 財)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）、2004.4、丸善

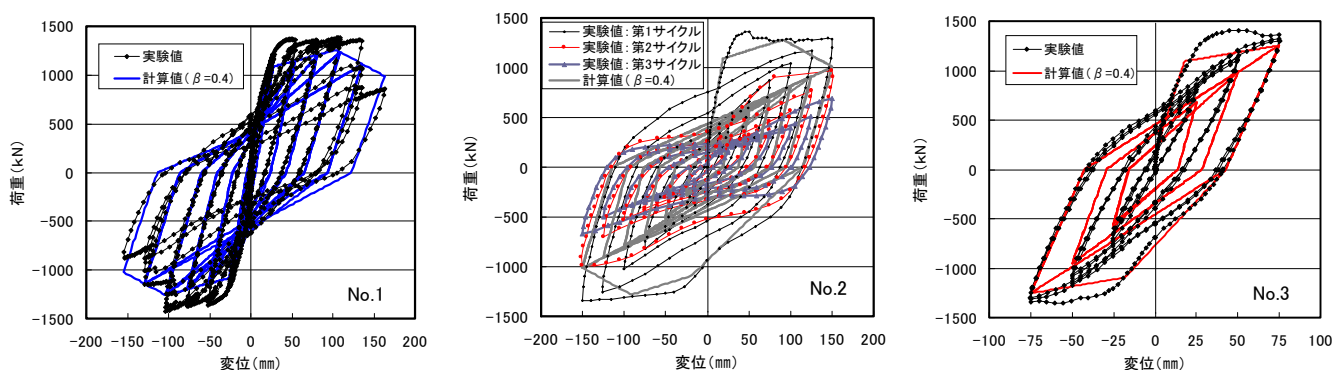


図-3 各供試体の実験値と計算値の履歴曲線

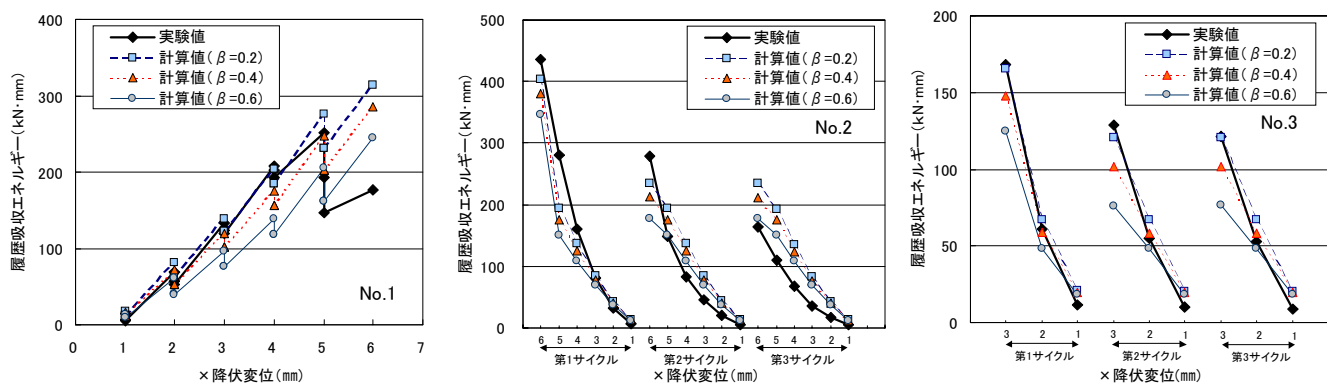


図-4 各供試体の実験値と計算値の履歴吸収エネルギー

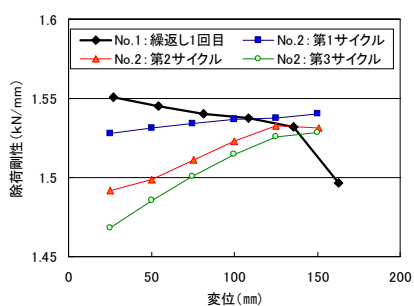
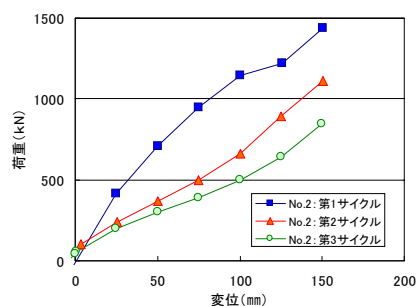


図-5 No.1 と No.2 の荷重と除荷剛性（正側）

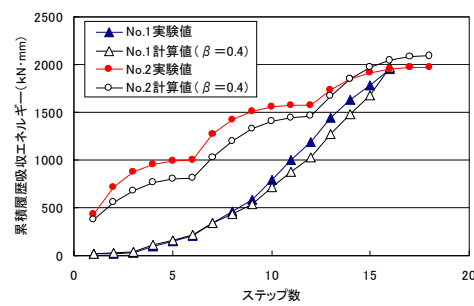


図-6 累積履歴吸収エネルギー (No.1・No.2)