

# 座屈抑制エレメントの提案

前田建設工業株式会社 正会員 松林 卓 原 夏生 三島 徹也

## 1. はじめに

兵庫県南部地震の経験を踏まえた耐震基準の強化に伴い、鉄筋コンクリート構造物においては、地震時における塑性変形性能を向上させるために帯鉄筋や中間帯鉄筋を適切に配置することが不可欠となっている。一方、このような耐震設計上の要求を満足させると、現場における鉄筋の施工作業が非常に煩雑になるとともに、コンクリートの確実な充填性についても注意が必要となる等、所定の品質を確保するための課題が生じている。

このような現状を踏まえ、従来の中間帯鉄筋が受け持つ機能をせん断補強と軸方向鉄筋の座屈抑制に分離して考え、軸方向鉄筋の座屈抑制に関しては中間帯鉄筋を貫通させることなく、コアコンクリートに定着させる構造を考案し<sup>1)</sup>、さらに、現場施工の簡便性を考慮した座屈抑制エレメントを開発した。本文は、座屈抑制エレメントの概念およびその耐震性能の検証について述べる。

## 2. 座屈抑制が部材のじん性向上に寄与する効果について

図-1は、交番荷重下で曲げ破壊を生ずる鉄筋コンクリート部材の荷重 - 変位関係を模式的に示したものである<sup>2)</sup>。軸方向鉄筋の降伏後 (B点)、最大耐力C点に至る。C点では、かぶりコンクリートの剥落や軸方向鉄筋の座屈が生じる。軸方向鉄筋が座屈するとコアコンクリートの圧壊が進行しD点に至る。C点への到達を遅らせることが、部材の塑性変形性能を向上させることにつながる。

図-2は、矩形断面橋脚モデル正負交番荷重試験体における柱基部の軸方向鉄筋の応力 - ひずみ関係の履歴の一例を示したものである<sup>3)</sup>。本試験体では、 $8y$  ( $y$ : 降伏時変位)の荷重時に軸方向鉄筋の座屈が確認されている。軸方向鉄筋は圧縮時においては、降伏応力程度の軸圧縮力を負担しつつも、正のひずみを示している。つまり、軸方向鉄筋が座屈するまでは、軸方向鉄筋は圧縮力を負担しているのである。軸方向鉄筋の座屈後は、鉄筋が負担できなくなった圧縮力がコンクリートに作用し、コンクリートが圧壊することで耐力の低下が生じる。すなわち、軸方向鉄筋の座屈を抑制することが、図-1におけるC点への到達を遅らせることにつながると考えられる。

## 3. 座屈抑制防止エレメントの提案

上述したような座屈の抑制による塑性変形の確保は、通常の鉄筋コンクリート構造においては、帯鉄筋および中間帯鉄筋によって、軸方向鉄筋を拘束することでなされる。中間帯鉄筋の機能に関して、交番荷重下でせん断破壊を生じさせないためのせん断補強機能と軸方向鉄筋の座屈抑制機能に分けて考え、所定のせん断耐力が確保された状態では、座屈抑制機能については、必ずしも、中間帯鉄筋は貫通している必要はなく、コアコンクリートに確実に定着されていれば、座屈抑制機能は発揮されるものと考えることができる。このような考え方に基づく、鉄筋コンクリート部材の配筋のイメージを従来の配筋との比較と併せて図-3に示す。中間帯鉄筋のコアコンクリートへの定着方法については、種々の方法が考えられるが、本研究においては、図-4に示すような、異形スタッドあるいは、頭付きスタッドを帯鋼材にスタッド溶接にて接合したものをを用いた。以下、本研究では「座屈抑

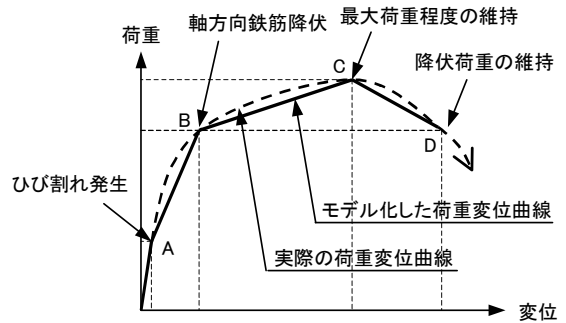


図-1 鉄筋コンクリート部材の荷重 - 変位関係の模式図<sup>2)</sup>

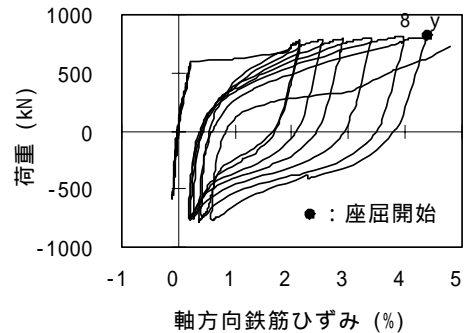


図-2 橋脚試験体柱基部の軸方向鉄筋の応力 - ひずみ履歴の例<sup>3)</sup>

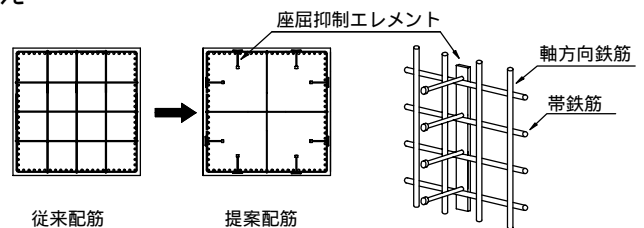


図-3 座屈抑制エレメントを用いた配筋のイメージ

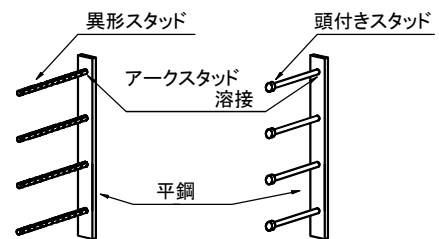


図-4 座屈抑制エレメント

キーワード：座屈抑制エレメント、座屈、塑性変形性能、耐震、配筋の合理化

連絡先：〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業(株)技術研究所 TEL03-3977-2241

制エレメント」と称する。座屈抑制エレメントにおけるスタッド材の定着長は、頭付きスタッドについては、コンクリートのコン破壊耐力がスタッド材の降伏耐力を上回るように設定すればよいと考えている。

#### 4. 正負交番載荷実験による耐震性能の検証

座屈抑制エレメントによる塑性変形性能の向上効果を検証するため、貫通中間帯鉄筋を配筋した既往実験試験体 M-3, M-4<sup>4)</sup> を基準とし、座屈抑制エレメントに置き換えた試験体の正負交番載荷実験を実施した。試験体形状を図-5 に、各試験体の諸元を表-1 に示す。No.1 および No.2 試験体は、中間帯鉄筋がなくとも計算上せん断破壊しない構造である M-3 試験体を基準とし、中間帯鉄筋のすべてを座屈抑制エレメントに置き換えたものである。No.3 試験体は、No.2 に対して、座屈抑制エレメントを分散配置したものである。これは、座屈抑制エレメントを用いる場合においては、橋脚断面外部より設置作業を行えるため、任意の間隔で配置することが可能となる。No.3 試験体はこれを想定したものである。No.4 試験体は、作用せん断力が大きく、中間帯鉄筋がないと計算上せん断破壊する構造である M-4 試験体を基準とし、せん断破壊を防止するのに必要な分量だけの中間帯鉄筋を配置し、他は No.3 試験体の考えに基づき座屈抑制エレメントを分散配置したものである。載荷パターンは降伏変位を基準としその整数倍を繰返し回数 3 回の変位制御にて載荷した。載荷速度は 30mm/sec、作用軸力は 1412kN である。

結果のうち、水平変位 - 水平荷重の包絡線および累積履歴吸収エネルギーを基準試験体とともに図-6、図-7 に示す。これらより、No.3 を除く各試験体の変形性能およびエネルギー吸収性能は基準試験体と同等であることがわかる。No.3 が劣る原因としては、5 y 載荷時に定着体が引き抜けてしまったことが考えられる。

#### 5. 結論

実施した正負交番載荷実験より、座屈抑制エレメントを設置した鉄筋コンクリート橋脚は、終局まで定着が確保されている範囲においては、貫通中間帯鉄筋を設置した場合と概ね同等の変形性能およびエネルギー吸収性能が期待できるとの結果を得た。今後は実験データを詳細に分析し、構造細目や設計法を検討していきたい。

謝辞：本研究は、(独) 土木研究所、(財) 土木研究センター、民間 5 社が参加した「高じん性鉄筋コンクリート構造の配筋合理化技術に関する共同研究」の 1 課題として実施したものである。貴重なご意見を賜った共同研究担当者各位に感謝致します。

参考文献：1) (独) 土木研究所他：共同研究報告書、第 283 号、高じん性鉄筋コンクリート構造の配筋合理化技術に関する共同研究報告書(その 1)、平成 14 年 9 月 2)2002 年制定土木学会コンクリート標準示方書耐震性能照査編 3)原夏生他：突起付 H 形鋼とプレキャスト型枠を用いた鉄骨コンクリート複合構造橋脚の構造性能に関する研究、土木学会論文集、No.662 / -40, pp.149-168, 2000.11 4)建設省土木研究所：鉄筋コンクリート橋脚の塑性変形性能に関する実験的研究(その 1) 大型模型による塑性変形性能の検討、土木研究所資料第 3739 号、平成 12 年 8 月

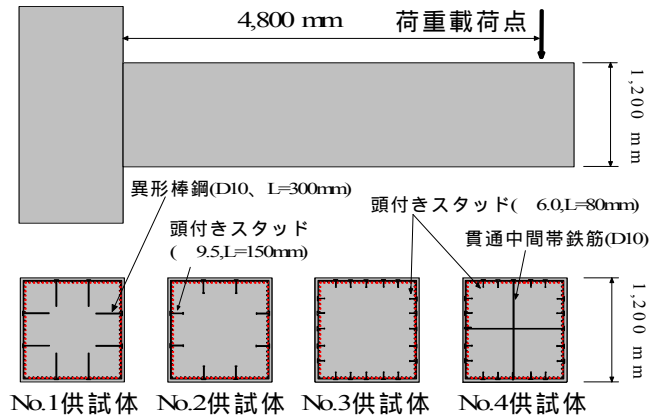


図-5 試験体形状寸法

表-1 試験体諸元

No.	主鉄筋	帯鉄筋	コンクリート	エレメントの定着体(貫通鉄筋も含む)				
				種類	径	降伏点強度	列数	定着長
No.1	SD295	SD295	コンクリート	異形棒鋼	D10	386.7N/mm <sup>2</sup>	2	290mm
No.2				頭付きスタッド	9.5	452.1N/mm <sup>2</sup>	2	133mm
No.3				頭付きスタッド	6.0	507.3N/mm <sup>2</sup>	5	65mm
No.4	貫通鉄筋	6.0	4	65mm				
M-3	88-D16	D10	39.5N/mm <sup>2</sup>	貫通鉄筋	D10	377.1N/mm <sup>2</sup>	1	貫通
M-4	88-D19	@75mm	33.5N/mm <sup>2</sup>	貫通鉄筋	D10	336.0N/mm <sup>2</sup>	2	貫通

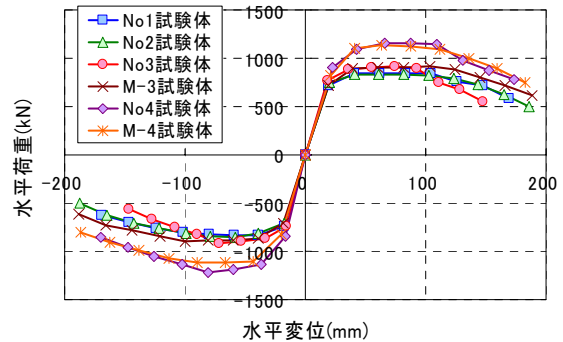


図-6 水平変位 - 水平荷重包絡線

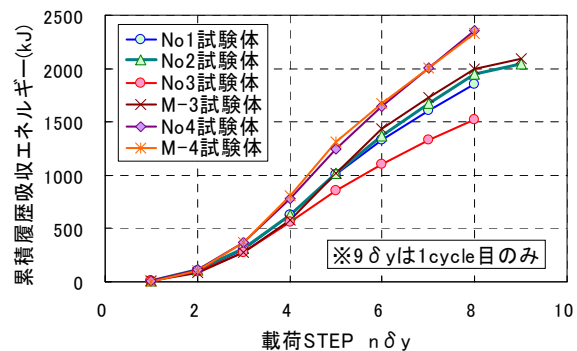


図-7 累積履歴吸収エネルギー