

インターロッキングRC橋脚の 動的耐力、変形性能に関する実験的検討

長屋和宏¹・運上茂樹²

¹正会員 建設省土木研究所・耐震研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

²正会員 工博 建設省土木研究所・耐震研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

現在、鉄筋コンクリート橋脚の設計においては大規模地震に対して適切に地震エネルギーを吸収し抵抗できるじん性に富むねばり強い構造が求められている。こうした背景から、鉄筋の配置が量的にも質的にも従来に比較して多くなり、現場での施工性が低下が問題となっている。本報告は、耐震安全性を確保したままで高施工性を有する構造として、インターロッキング橋脚の適用について検討したものである。その結果、1)中間帯鉄筋を配置し、同量の帯鉄筋拘束効果とした矩形橋脚と同等の変形性能を有すること、2)円形橋脚と同等の変形性能を有することが確認された。

Key Word: RC bridge pier, interlocking steel reinforcement, seismic design, non-linear hysteresis, dynamic cyclic loading test

1. まえがき

平成8年道路橋示方書では大規模地震に対して適切に地震エネルギーを吸収し、抵抗できるようにじん性に富むねばり強い構造が求められている。じん性に富む鉄筋コンクリート(以下、RC)橋脚の実現には、軸方向鉄筋の座屈を防ぎ、適切にコアコンクリートを拘束することが重要であり、部材を囲む帯鉄筋や中間帯鉄筋の設置、かぶりコンクリートが剥離してもこれらが有効に作用するための鉄筋端部の定着などを確保する必要がある。こうした要求を満足させるために鉄筋の配置が量的にも質的にも従来に比較して多くなり、現場での施工性が低下するなどの課題が挙げられている。本報告は、このような背景から、高施工性構造としてインターロッキング構造¹⁾の適用について検討し、耐震安全性を確保した上での配筋構造の合理化に資する基礎的データの収集を目的として実施した載荷実験結果をまとめたものである。

2. 模型橋脚による正負交番載荷実験

2.1 実験供試体

載荷実験に用いた実験供試体を表-1および図-1～図-3に示す。実験供試

体は円形橋脚模型(Case3)、円形橋脚模型の帯鉄筋を2つ連ねた配置のインターロッキング構造橋脚模型(Case7)、帯鉄筋によるコンクリートの拘束効果を同等とした矩形橋脚模型(Case8)の合計3体である。円形橋脚模型の断面はφ60cmの円形で、基部から載荷点までの高さは301cm、せん断支間比は5.0である。軸方向鉄筋としてはSD295、D10を40本配置しており、鉄筋比は1.01%である。帯鉄筋としてSD295、D6を75mm間隔で配置した。

一方、インターロッキング橋脚模型供試体の断面

表-1 模型供試体緒元

供試体No.		円形橋脚模型 (Case3)	インターロッキング構造橋脚模型 (Case7)	矩形橋脚模型 (Case8)
断面(cm)		φ60	60×100 (8角形)	60×90
有効高さ(cm)		301		
せん断支間比		5.0		
軸方向 鉄筋	使用鉄筋	SD295-D10		
	本数	40本	78本	72本
	鉄筋比(%)	1.01	1.03	0.95
横拘束 鉄筋	使用鉄筋	SD295-D6		
	間隔	75mm		
	中間帯鉄筋	—		2本
	鉄筋体積比(%)	0.325	0.367	0.619

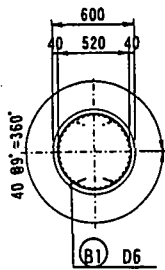


図-1 Case3模型供試体緒元

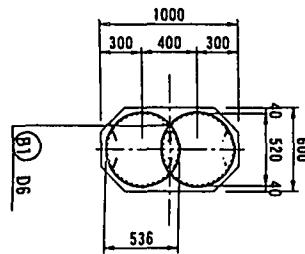


図-2 Case7模型供試体緒元

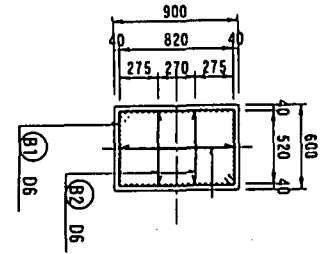


図-3 Case8模型供試体緒元

面は100cm×60cmの八角形である。軸方向鉄筋としてはSD295, D10を78本配置しており、軸方向鉄筋比は1.03%である。帯鉄筋としてはSD295, D6を75mm間隔で配置し、柱中心部での帯鉄筋のラップ長は136mmとなっている。

これに対し、矩形橋脚模型は90cm×60cmの長方形である。軸方向鉄筋はインターロッキング橋脚模型同様にSD295, D10を使用し72本配置しており、軸方向鉄筋比は0.95%である。軸方向鉄筋の配置に際しては、インターロッキング橋脚模型と矩形橋脚模型ではじん性能などの耐震性能について直接比較検討を行えるように、それぞれの模型供試体における曲げ耐力が同一となるように配置している。また、帯鉄筋としてはSD295, D6を75mm間隔で配置し、中間帯鉄筋を設置している。中間帯鉄筋の設置は、Hoshikuma²⁾らの報告を基にインターロッキング構造橋脚模型と柱の断面形状を考慮した鉄筋コンクリートの拘束効果が同一となるようにしている。

2.2 載荷方法

載荷は実験供試体を横にした状態で、死荷重反力に相当する軸力を与えながら、反力壁に取り付けた動的加振機により水平荷重を加えた。なお、本実験での軸力は980.67kPaの圧縮応力度を導入した。模

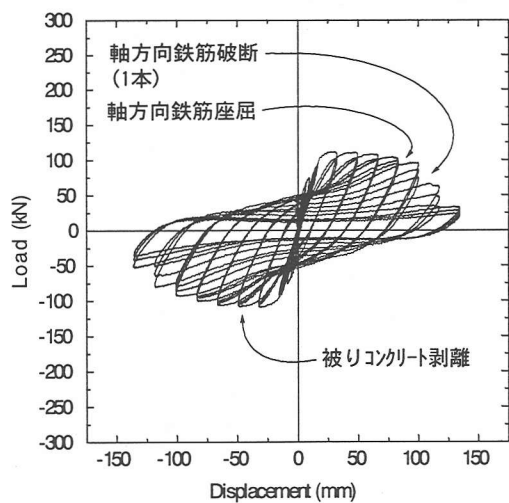
型供試体における降伏変位は模型供試体の最外縁に位置する軸方向鉄筋が降伏した時の水平変位-荷重関係における初降伏剛性を用い、計算により求めた水平最大耐力を発揮する変位を $1\delta_y$ (降伏変位)と定義し、その整数倍の変位を正負交番に変位制御で載荷した。本載荷実験ではいずれの模型供試体も降伏変位を予備載荷試験の結果より17.0mmと設定した。載荷速度は3cm/sec、各載荷ステップでの載荷繰返し回数は3回とした。

3. 載荷実験結果

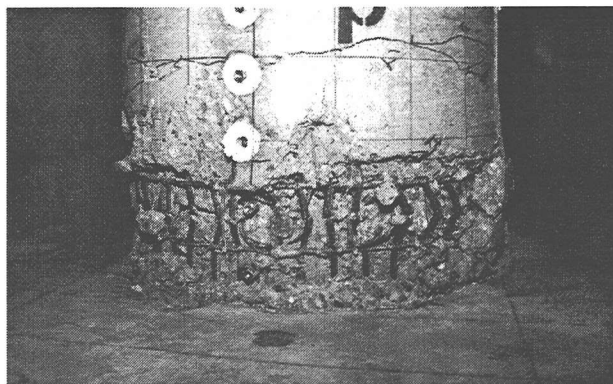
3.1 水平荷重-水平変位履歴および損傷の進展状況

図-4～図-6は、それぞれの模型供試体の載荷位置における水平荷重-変位の履歴曲線と損傷の状況を示したものである。

Case3円形模型供試体における降伏耐力、最大耐力はそれぞれ94.08kN、110.84kNであり、 $5\delta_y$ 載荷時までほぼこの耐力を維持した。損傷の進展としては載荷実験開始時より柱基部より約1D(600mm)の区間における帯鉄筋位置で水平方向クラックが発生、載荷ステップと共にクラックが進展、 $3\delta_y$ 載荷時に被りコンクリートがわずかに剥離した。 $5\delta_y$ 載荷時に軸方向鉄筋が座屈し、柱基部の被りコンクリート

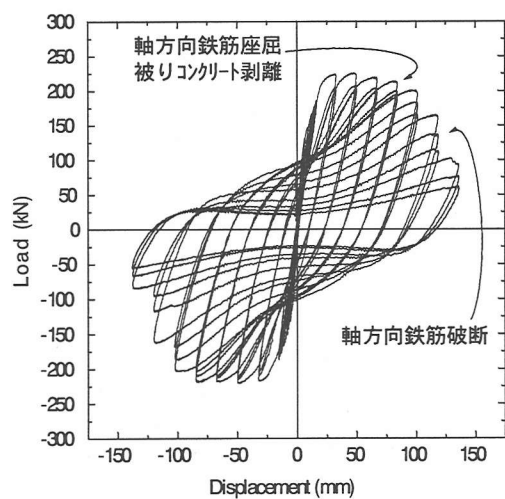


水平変位-荷重履歴曲線

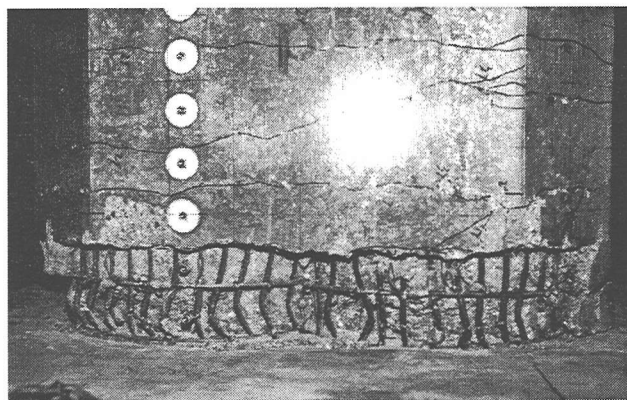


損傷状況

図-4 Case3模型供試体

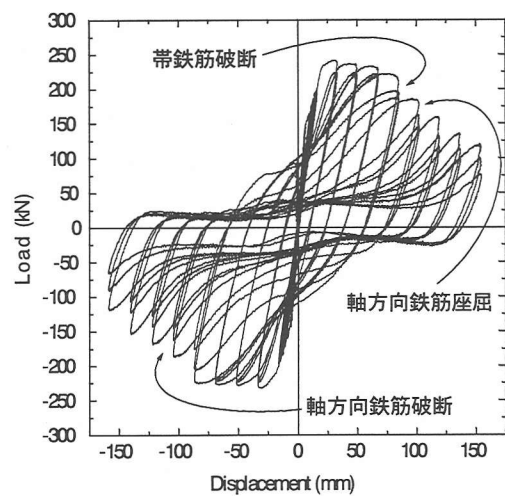


水平変位-荷重履歴曲線

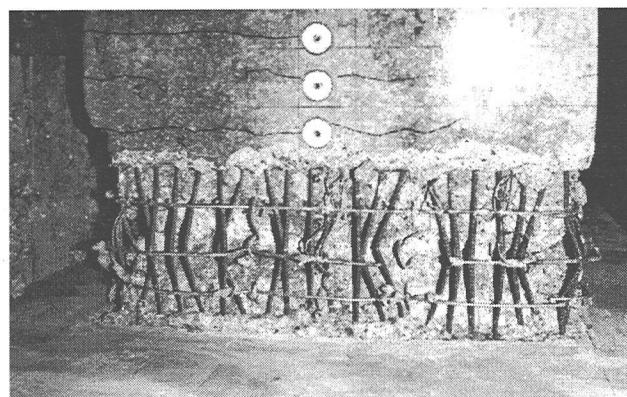


損傷状況

(b)図-5 Case7模型供試体



水平変位-荷重履歴曲線



損傷状況

図-6 Case8模型供試体

が大きく剥落した。6 δ_y の荷重ではコンクリートの剥離が進展し、軸方向鉄筋が1本破断、水平耐力が30%程度低下した。7 δ_y 荷重時には軸方向鉄筋の破断がさらに進行し、全部で16本の軸方向鉄筋が破断し水平耐力が大きく低下し、8 δ_y の荷重では水平耐力が降伏耐力の約30%程度となり荷重実験を終了した。軸方向鉄筋の座屈は、フーチング直上における帯鉄筋区間内(75mm)、で生じていた。

インターロッキング構造橋脚模型であるCase7模型供試体の降伏時荷重は223.24kN、最大荷重は225.40kNであり、5 δ_y 荷重時までほぼこの荷重を維持した。損傷の進展状況は1 δ_y 荷重時に柱基部より高さ約1.5Dの範囲の帯鉄筋位置で水平ひび割れが数本発生。その後荷重の進展とともに水平方向ひび割れが進展し、5 δ_y 荷重時に軸方向鉄筋が座屈、柱基部より高さ約150mmまでの範囲でかぶりコンクリートが剥離した。6 δ_y 荷重により柱基部の剥離がさらに進展、軸方向鉄筋が露出し、水平耐力が25%程度低下した。7 δ_y 荷重時には荷重中、柱基部より多量のコンクリート剥落、金属破断音が生じ、水平耐力が大きく低下した。荷重終了後の観察より、加振機面で12本、反加振機面で7本、合計19本破断した。8 δ_y 荷重時にはさらに13本の軸方向鉄筋が破断し荷重実験を終了した。

矩形断面で中間帯鉄筋を配置し帯鉄筋による拘束効果をCase7模型供試体と同等としたCase8模型供試体の降伏時荷重は200.31kN、最大荷重は241.47kNであり、5 δ_y 荷重の1サイクル目まではほぼこの荷重を維持した。損傷の進展はインターロッキング橋脚模型同様1 δ_y 荷重時より柱基部より高さ1.5Dの範囲の帯鉄筋位置にひび割れが発生、進展した。5 δ_y 荷重の荷重中に鉄筋が破断する音がし、水平耐力が約20%低下した。荷重終了後の検査より柱基部より高さ150mmの位置の帯鉄筋が破断していた。6 δ_y 荷重時には軸方向鉄筋の座屈が生じ、柱基部より高さ約0.5D範囲でかぶりコンクリートが剥離、水平耐力がさらに20%程度低下した。7 δ_y 荷重時には、軸方向鉄筋が1本破断し、水平耐力が最大耐力の50%程度まで低下した。その後、8 δ_y 荷重時に3本、9 δ_y 荷重時に12本軸方向鉄筋が破断し、荷重実験を終了した。

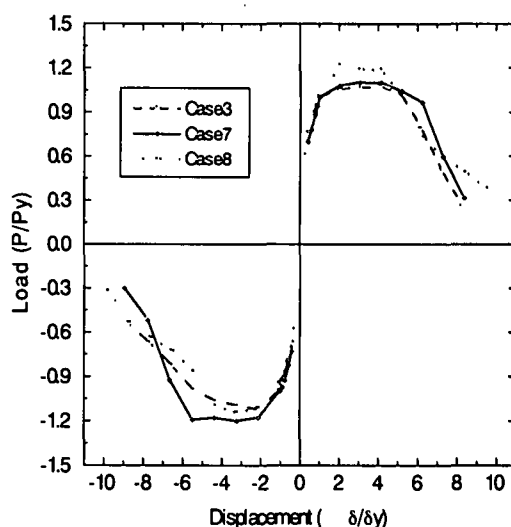
【参考文献】

- 1) H. Tanaka and R. Park: Seismic Design and Behavior of Reinforced Concrete Columns with Interlocking spirals, ACI Structural Journal, March-April, 1993
- 2) Hoshikuma, J., Kawashima, K., Nagaya, K. and Taylor, A.: Stress-Strain Model for Confined Reinforced Concrete in Bridge Piers, Journal of Structural Engineering, Vol.123, No.5, ASCE, 1997.

3.2 水平耐力－水平変位関係の比較

図－7は、それぞれの模型供試体における水平変位－水平荷重関係の包絡線の降伏変位および降伏時水平荷重で除して示したものである。

負側の包絡線性状では軸方向鉄筋の座屈による水平荷重の低下過程に若干の差異はあるものの概ね同等の水平変位－水平荷重特性を有すると考えられる。インターロッキング橋脚模型と円形橋脚模型の比較では同等の変形性能を有していることから、インターロッキング橋脚の水平変位－水平荷重関係は、円形橋脚における計算手法を用いることで推定可能と考えられる。



図－7 水平変位－水平荷重包絡線による各模型供試体の比較

4. まとめ

耐震安全性を確保し、高施工性を有する構造として、インターロッキング橋脚の適用性についての検討を目的とした模型供試体を用いた荷重実験を行った。その結果、1)インターロッキングしていない単円形式の帯鉄筋配置とした橋脚模型と同等の変形性能を有し、インターロッキング橋脚における水平変位－水平荷重関係は円形橋脚における計算手法を用いることで推定可能と考えられること、2)中間帯鉄筋を配置し、同量の帯鉄筋拘束効果とした矩形橋脚と同等の変形性能を有することを確認した。