

# 報告 インターロッキングスパイラル配筋による RC 橋脚の 合理化工法

黒岩 俊之\*1・宮城 敏明\*2・大滝 健\*3・水上 善晴\*4

**要旨：**インターロッキング型配筋を有する鉄筋コンクリート橋脚は、施工性、耐震性に優れ、矩形断面を有する鉄筋コンクリート橋脚の横拘束筋を合理化するのに有効である。このインターロッキング型配筋を、合理的な橋脚の施工方法として実現することを目的とし、耐震性能を確認するための模型実験および実大規模の施工確認実験を行った。その結果、インターロッキング型配筋が在来型の配筋と同等の耐震性能を有していること、簡易な治具を使用することによって、スパイラル筋を使用したインターロッキング型配筋を効率良く施工出来ることを確認した。

**キーワード：**インターロッキング、スパイラル筋、橋脚、交番載荷実験、施工確認実験

## 1. はじめに

平成 7 年兵庫県南部地震以降、RC 橋脚の横拘束の重要性が再認識され、現行の道路橋示方書<sup>1)</sup>では、中間帯鉄筋を帯筋の配置されるすべての断面に配筋するとともに、その間隔は、1.0 m 以内とするように規定された。したがって、断面によっては過密な配筋となり、鉄筋材料費と鉄筋労務工数の増加、施工中の安全性の低下が懸念される。このため、RC 橋脚を経済的かつ安全に構築するために、配筋構造の合理化が望まれている。

これまで筆者らは、より経済的・効率的かつ耐震性能に優れた橋梁下部構造の実現を目的とし、インターロッキング型配筋による、RC 橋脚の配筋構造の合理化に関する研究を進めてきた<sup>2)-4)</sup>。

本報では、インターロッキング型配筋構造の耐震性能と、実用化に向けて開発した施工方法について報告する。

## 2. インターロッキング型配筋構造

インターロッキング配筋構造とは、従来のように矩形の帯鉄筋と中間帯鉄筋とを併用する替

わりに(図-1)、フープ筋もしくはスパイラルフープ筋を部分的にラップさせて矩形断面(小判形断面)を構成するものである(図-2)。フープ筋は、コンクリートの拘束効果が高く主筋

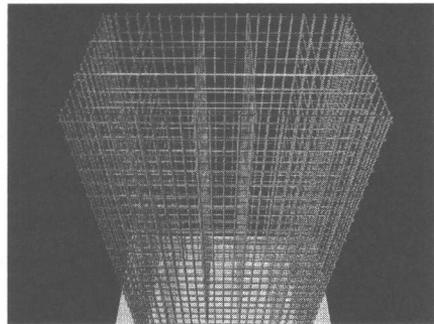


図-1 標準的な矩形配筋構造のイメージ

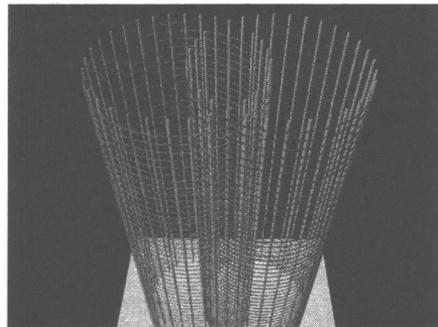


図-2 インターロッキング型配筋構造のイメージ

\*1 東急建設(株)技術研究所 土木研究室 工修(正会員)  
 \*2 東急建設(株)技術研究所 土木研究室 (正会員)  
 \*3 東急建設(株)技術研究所 土木研究室 工修(正会員)  
 \*4 日本道路公団 東北支社 仙台技術事務所 技術調査課

の座屈防止にも有効であるため、インターロッキング型の配筋によって、矩形断面に対してもその拘束効果を発揮することが出来る。

インターロッキング型配筋構造の最大の特徴は、中間帯鉄筋を用いることなく靱性に富んだ構造が得られるところにある。したがって、矩形面に比べて帯鉄筋量を低減することができ、さらに円形スパイラル筋を用いた場合には、フックによる定着が省略できるため、経済性および施工性の向上が期待できる(表-1)。

### 3. 耐震性能確認実験

#### 3.1. 実験概要

道路橋示方書では、矩形断面の横拘束を効果的に行う手法として、インターロッキング型式の配筋方法が紹介されているが、具体的な設計方法に関しては言及していない。これまでインターロッキング型配筋構造の橋脚に関する実験は、橋軸直角(強軸)方向を対象として、いくつか行われてきている<sup>5)-7)</sup>。

そこで、在来矩形橋脚およびインターロッキング型配筋構造の橋軸方向について正負交番載荷実験を行い、両者を比較することによって、インターロッキング型配筋構造の耐震性能を調べた。

試験体諸元を表-2に、試験体の配筋図を図-3に示す。試験体CH-W1は、道路橋示方書に基づいて設計した標準的な矩形断面橋脚(橋脚高H=15.0m)の約1/5の諸元を有するモデルである。インターロッキング型配筋構造を用いたIS-W1の断面はこれと同外形寸法を有する小判型とし、在来橋脚と同等の曲げ

表-1 帯鉄筋施工数量の比較

橋脚高さ	7 m		15 m		20 m	
	矩形型	インターロッキング型	矩形型	インターロッキング型	矩形型	インターロッキング型
帯鉄筋の仕様	D16@150	D19@150	D19@150	D19@150	D22@150	D22@150
帯鉄筋の本数(中間帯鉄筋を含む)	423本	8ロット	1,200本	16ロット	1,876本	22ロット
定着フックの数(ヶ所)	846	16	2,400	32	3,752	44
帯鉄筋重量比	1.00	0.59	1.00	0.34	1.00	0.30

※インターロッキング橋脚の帯鉄筋は、スパイラルフープ配筋。高さ2mを1ロットとした。

耐力を有するよう、主筋量を決定したほか、スパイラル筋は在来断面と同材料同ピッチ(D6-@80)で配するものとした。帯鉄筋積比は、CH-W1が0.88%、IS-W1が0.29%である。

載荷装置を図-4に示す。試験体は、PC鋼棒によってフーチング部を反力床に固定し、試験体頂部に取り付けた1470 kNアクチュエータによって正負水平交番載荷した。軸力は、実橋脚基部断面に生ずる軸圧縮応力度を想定し、一定軸力(0.8MPa)をPC鋼棒によって作用させた。水平力は、変位制御により変位塑性率 $\mu = 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 \dots$ をそれぞれ3サイクルづつ繰り返した。

#### 3.2. 実験結果

各試験体の荷重-変形関係を図-5にそれぞれ

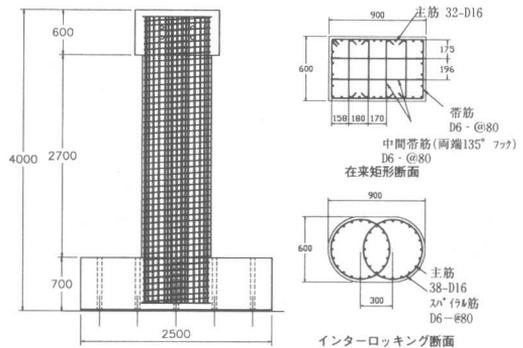


図-3 試験体配筋図(単位:mm)

表-2 試験体諸元

試験体	断面幅(mm)	断面高(mm)	橋脚高さ(mm)	主筋			帯鉄筋			コンクリート強度(MPa)
				構成	降伏点(MPa)	鉄筋比(%)	構成	降伏点(MPa)	体積比(%)	
CHW1	900	600	3000	32-D16	399	1.18	D6-@80	345*	0.88	39.7
ISW1				38-D16			1.63			

\*0.2%ワット値

れ示した。また、図-5には、道路橋示方書による荷重-変形関係の算定値 (JRA-code), および最外縁主筋の初降伏時せん断力の算定値  $V_y$  を併せて示した。

CH 試験体と IS 試験体では、終局に至る過程で違いが認められた。CH 試験体は、最外縁の全主筋がほぼ同時に座屈し始め、かぶりコンクリートの剥落に伴って中間帯鉄筋のフックが抜け出し、主筋の座屈を拘束しきれずに耐力低下した。それに対して IS 試験体は、かぶりコンクリートが剥落し、最外縁の主筋が座屈し始めても、スパイラル筋は破断するまで主筋を拘束した。

図-6 に CH および IS 試験体において、横拘束筋として働く加力直交方向の帯筋およびスパイラル筋の高さ方向ひずみ分布の一例をそれぞれ示した。これらのひずみは、横拘束筋としての効果を示すものである。IS 試験体のスパイラル筋ひずみが塑性率  $\mu = 3.0$  以降、フープテンションによって徐々に増大し、 $\mu = 8.0$  以上で

測定不能になるのに対して、CH 試験体の帯筋ひずみは、主筋が座屈を始める  $\mu = 6.0 \sim 8.0$  においてやや増大するものの、大きな変化はみられない。その後、中間帯鉄筋が抜け出し、主筋が

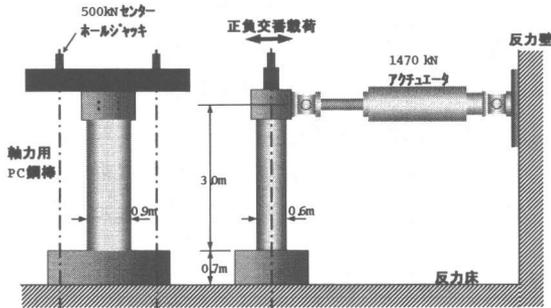
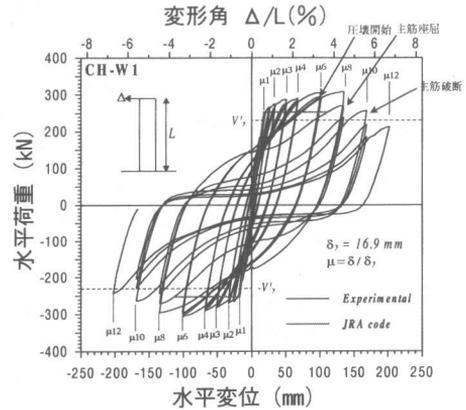
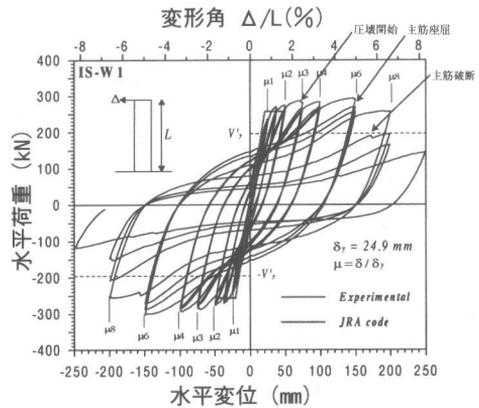


図-4 加力装置

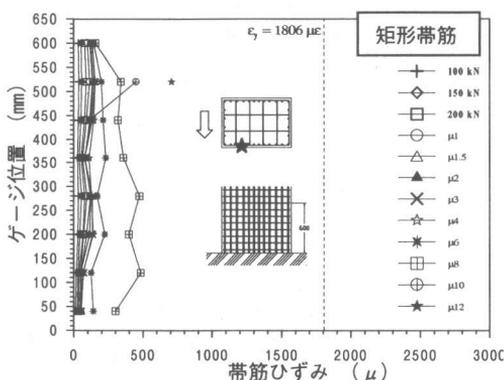


(a) CH-W1  $\rho_s = 0.88\%$

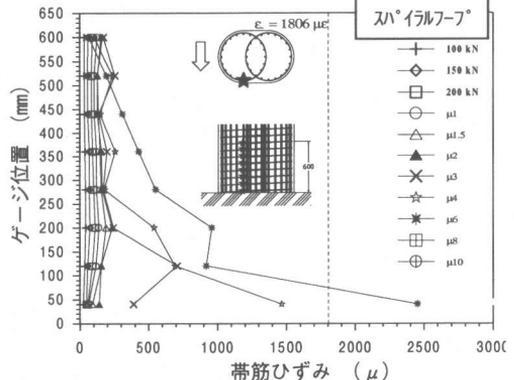


(b) IS-W1  $\rho_s = 0.27\%$

図-5 荷重-変形関係



(a) 在来型 (CH-W1)



(b) インターロッキング型 (IS-W1)

図-6 フープ筋およびスパイラル筋ひずみ分布

大きく座屈した  $\mu = 10$  においてひずみが急激に増大して測定不能となった。このように、矩形帯鉄筋が、主筋が座屈に至るまで有効に機能しないのに対し、スパイラル筋が初期段階から横拘束筋として効果的に機能していると考えられる。

柱基部より 30mm の区間において測定した変位から求めた、抜け出しによる回転変位を引いた躯体変形と水平力の関係を図-7 に示した。図中、道路橋示方書の値 (JRA-CODE) は、CH-W1 のものである。CH 試験体と IS 試験体では、初期剛性の違いはあるものの、荷重-変形関係の包絡線は、耐力低下点までよく対応している。

### 3.3. 耐震性能確認実験のまとめ

① インターロッキング橋脚のスパイラル筋は、フープテンション効果により、コアコンクリートを拘束し、主筋の座屈防止にも効果的であった。

② インターロッキング型配筋構造を用いた橋脚の荷重-変形関係は、エネルギー吸収能に優れた紡錘型となり、その包絡線は、在来矩形橋脚とほぼ一致した。

以上の結果から、インターロッキング型配筋構造は帯筋体積比が 0.3% 程度でも、標準的な矩形配筋構造 (帯筋体積比 0.88%) と同等の耐震性能を有していると評価できる。

## 4. 施工確認実験

### 4.1. 実験概要

インターロッキングスパイラル配筋を、高さ 20m クラスの橋脚に適用する場合、そのスパイラルフープ筋の直径は 2m を超えると想定される。したがって、インターロッキングスパイラル橋脚を構築するには、このような大断面におけるスパ

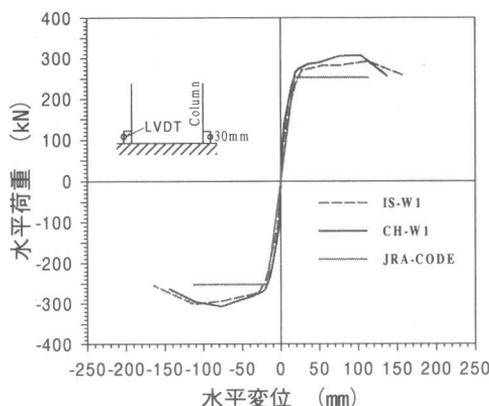


図-7 荷重-変形包絡線

イラルフープ筋の施工方法の検討は不可欠である。そこで、スパイラルフープ筋を用いた橋脚を仮定して、いくつかの合理的施工方法を考案し、施工実験を実施した。

実験において想定した、高さ 15m の道路橋脚の断面諸元を表-3 に示す。施工性の検討は、使用する材料の重量、大きさおよび形状の影響を大きく受けると考えられるので、施工実験は実大規模で行った。諸元に基づいた施工実験モデルを図-8 に示す。実験モデルには、予めコンクリート基礎にネジ節異形鉄筋を配置し、これにネジ式継手を用いて軸方向鉄筋を建て込むことで、軸方向鉄筋量およびその配置形状を任意に変化させることができる構造とした。また、

表-3 想定した橋脚規模

配筋構造	幅 B (mm)	高さ D (mm)	帯筋間隔比 $d/D_h$	主鉄筋本数-径	主筋比 (%)	帯鉄筋径-ピッチ (mm)	帯筋体積比 (%)	帯筋形状
インターロッキング型	4500	3000	0.53	90-D51	1.61	D19-@150	0.27	スパイラル

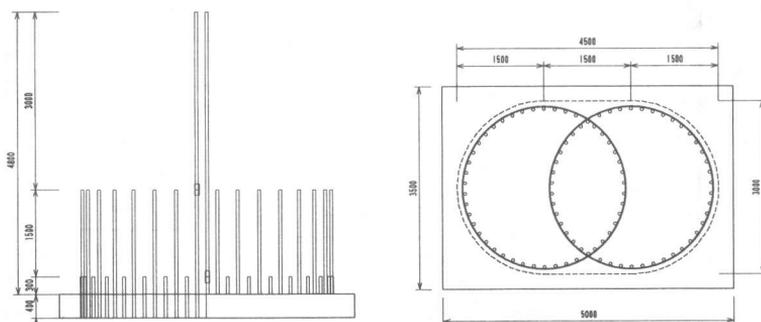


図-8 施工モデル

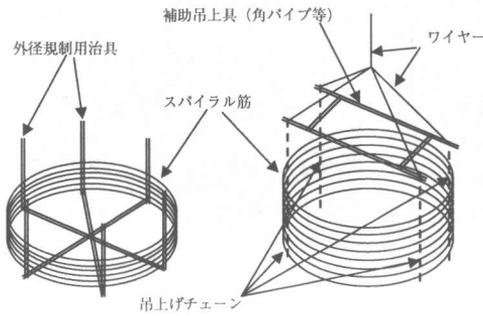


図-9 スパイラル筋の吊上げ

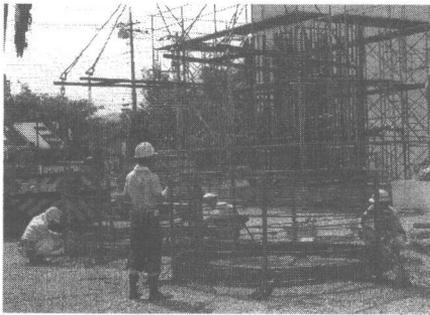
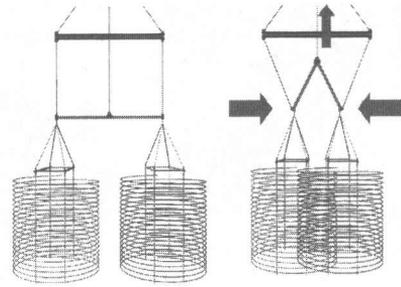


写真-1 スパイラル筋の吊上げ状況



①吊上げた状態 ②重ね合わせた状態

図-10 インターロッキング用吊治具

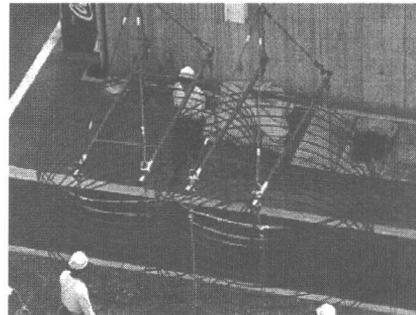


写真-2 スパイラル筋の重ね合わせ状況

継手を千鳥に配置して、実施工時おける軸方向鉄筋の継手位置での施工性の検証も行った。

#### 4.2. 施工方法

スパイラルフープ筋の吊上げ方法を、図-9に示す。結束番線等によりスパイラルフープ筋を吊りチェーンに固定する方法で、スパイラルフープ筋を所定のピッチで吊上げた。また、吊上げ作業を図-9に示す組立用ガイドの中で行うことにより、スパイラルフープ筋を所定の径の円筒形に吊上げることが出来る(写真-1)。

図-10にスパイラルフープ筋を重ね合わせる際に使用した治具を示す。この治具は、クレーンの主フックによって2組のスパイラルフープ筋を吊上げた状態で、副フックを巻上げることによって、2組のスパイラルフープ筋を容易に重ね合わせることが出来る(写真-2)。

施工方法の手順を図-11に示す。設計寸法に加工したスパイラルフープ筋を、所定のピッチを保持しながら円筒形に吊上げ、簡易な治具を使用して重ね合わせた後、予め配置された軸

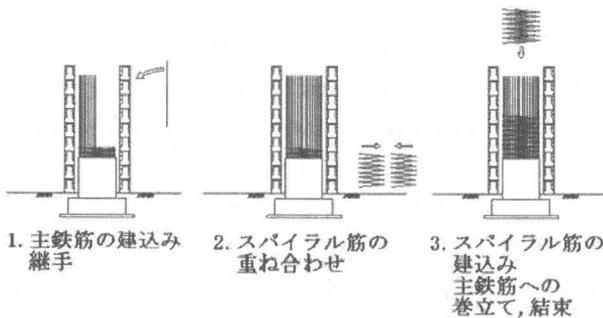


図-11 施工方法

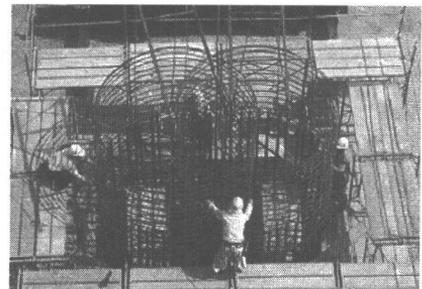


写真-3 スパイラルフープ筋の吊込み



写真-4  
軸方向鉄筋の継手作業

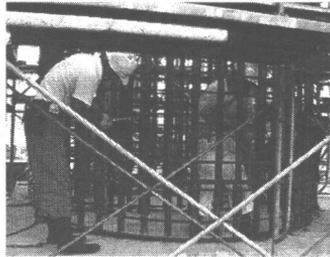


写真-5  
スパイラルフープ筋の巻付け

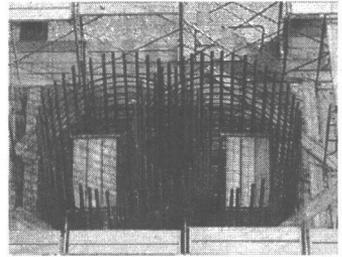


写真-6  
施工実験終了

方向鉄筋に落とし込む(写真-3)。

軸方向鉄筋継手部の施工状況を写真-4, 5に示す。スパイラルフープ筋の吊り込み時に、継手作業に支障のない位置で仮結束しておき、継手作業の後、軸方向鉄筋に巻付ける。

#### 4.3. 施工確認実験のまとめ

施工実験の出来形を写真-6に示す。

実大規模の施工確認実験を行い、簡易な治具を使用することによって、スパイラルフープ筋を使用したインターロッキング型配筋構造の施工が可能であることを確認した。また、スパイラルフープ筋は、組立後に軸方向鉄筋へ巻付けることによって、その寸法を容易に調整することが可能であることから、軸方向鉄筋の継手位置や、現場での施工誤差を加味した場合においても、十分な精度で施工できる。

#### 5. おわりに

RC橋脚の配筋構造の合理化を目的とし、インターロッキング型配筋構造に関する研究を進めてきた<sup>2)-4)</sup>。その中で、インターロッキング型配筋構造が耐震性能に優れ、標準的な矩形配筋構造に代替する横拘束筋の理化工法として有効であることを確認した。また、実構造物を想定した帯鉄筋量におけるインターロッキング型配筋構造の耐震性能を把握した。さらに、実大規模の施工確認実験を行うことによって、スパイラルフープ筋を使用したインターロッキング型配筋の合理的な施工方法を開発した。これによって、設計および施工において、実橋脚へ適用するための環境が整ったと考える。今後、ス

パイラルフープ筋の詳細な施工歩掛について、試験施工等によって検討し、建設コスト削減に有効な工法として発展させていく必要がある。

#### 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1996年12月
- 2) 大滝健，黒岩俊之，細木康夫：インターロッキング型フープ筋を有する鉄筋コンクリート橋脚の耐震性能(その1)(その2)，土木学会第53回年次学術講演会概要集 V, pp1122-1125, 1998
- 3) 大滝健，黒岩俊之，宮城敏明，水上善晴：インターロッキングスパイラル筋を有するRC橋脚の交番載荷実験，コンクリート工学年次論文集，Vol.22, No.3, pp367-372, 2000
- 4) Takeshi, O., Toshiyuki, K., Toshiaki, M., Yoshiharu, M., "SEISMIC PERFORMANCE OF BRIDGE COLUMNS WITH INTERLOCKING SPIRAL/HOOP REINFORCEMENT," REAAA, 2000
- 5) Tanaka, H., Park, R., "Seismic Design and Behavior of Reinforced Concrete Columns with Interlocking Spirals," ACI Structural Journal March-April 1993
- 6) Buckingham, G.C., "Seismic Performance of Bridge Columns with Interlocking Spiral Reinforcement" M.S. Thesis, Washington State University, May, 1992
- 7) 柳下文夫，田中仁史，Park, R., : インターロッキングスパイラル鉄筋を有する鉄筋コンクリート柱の繰り返し荷重下における挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19, No.2, 1997