

インターロッキング式橋脚の研究と開発

水口和之¹・紫桃孝一郎²・中村元³・大橋岳²

¹正会員 日本道路公団 技術部 構造技術課（〒100-8979 東京都千代田区霞が関 3-3-2）

²正会員 日本道路公団 試験研究所 道路研究部 橋梁研究室（〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1）

³正会員 日本道路公団 北海道支社 建設部 構造技術課（〒004-8512 北海道札幌市厚別区大谷地西 5-12-30）

1. はじめに

阪神淡路大震災による橋梁構造物の被災教訓から、耐震設計基準が大幅に改訂され、鉄筋コンクリート橋脚（以下、RC橋脚）においては耐震性能の向上を目的とした中間拘束鉄筋等多くの鉄筋を配置するよう定められた。このため、従前のRC橋脚と比較すると、必要鉄筋量の増加に加え、鉄筋の過密化、作業空間の狭小化、鉄筋加工・組立に係る労務の増加等による経済性・施工性・施工中の安全性が低下しており、さらに、これらが要因となって、橋脚の品質や耐久性に及ぼす問題も懸念されている。このような問題を解決するために、横拘束筋の目的である内部コンクリートの拘束と、軸方向筋の座屈防止を効果的に発揮すると考えられているインターロッキング型配筋構造を有する橋脚（以下、インターロッキング式橋脚）について、縮小試験体による正負交番載荷実験を実施して、一般的な矩形断面橋脚との耐震性能の比較検証を試みた。また、施工性を確認するために実大規模の施工確認実験を実施し、実際の橋梁で試験的に採用した。

本報は、これらの実験の結果および実現場での施工事例について述べる。

2. インターロッキング式橋脚の配筋構造

標準的な矩形断面橋脚の配筋構造は、耐震性能（変形性能）の向上を目的として、内部コンクリートの

拘束と軸方向筋の座屈防止のために帯鉄筋が配置され、さらに、帯鉄筋の拘束効果をより確実とするために中間帯鉄筋が配置される（図-1）。一方、インターロッキング式橋脚の配筋構造は、軸方向筋と帯鉄筋を円形状とすることで内部コンクリートに対する高い拘束効果を発揮し、帯鉄筋に連続鉄筋（スパイラル筋）を用いることで断面毎の定着が不要となり、効率的に軸方向筋の座屈防止と内部コンクリートの拘束効果を発揮でき、また、中間帯鉄筋も必要としない（図-2）。

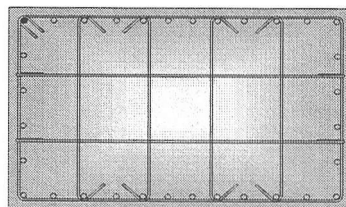
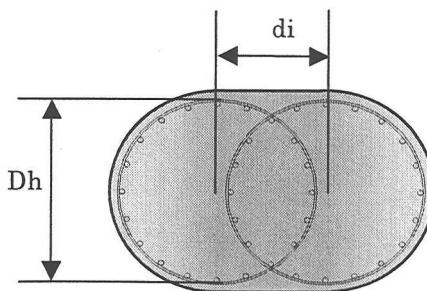


図-1 標準的な矩形断面橋脚の配筋構造



di/Dh = 帯鉄筋間隔比

図-2 インターロッキング式橋脚の配筋図

表-1 縮小供試体緒元

試験体	幅B (mm)	厚D (mm)	高h (m)	帯鉄筋間隔 比 (d_i/D_h)	せん断スパン比 (H/D)	軸方向鉄筋	軸方向鉄筋比	帯鉄筋	帯鉄筋体積比	備考
CH-W1	900	600	3.0	—	5.0	D16-32n	1.18	D6-@80	0.86	矩形橋脚
IS-W0	900	600	3.0	0.53	5.0	D16-38n	1.63	D6-@120	0.19	インターロッキング式橋脚
IS-W1	900	600	3.0	0.53	5.0	D16-38n	1.63	D6-@80	0.29	
IS-W2	900	600	3.0	0.53	5.0	D16-38n	1.63	D10-@100	0.52	

3. 実験概要

実験は、矩形断面のRC橋脚にインターロッキング式橋脚を適用した場合の耐震性能を確認することを目的として、縮小供試体による1方向正負交番載荷実験により実施した。実験に用いた縮小供試体諸元を表-1に示す。ここで、インターロッキング式橋脚は、帯鉄筋量が変形性能に及ぼす影響が大きい構造と考えられるため、通常的设计で用いられる最大限から最下限まで帯鉄筋量を変化させた3供試体により実施した。実験は、剛性、降伏変形、終局変形、じん性率、最終破壊形態、塑性ヒンジ領域等を把握し、その耐震性能についてインターロッキング式橋脚と標準的な矩形断面橋脚とを比較検証した。

4. 実験結果

(1) 破壊性状

各試験体の最大耐力に至るまでの破壊進展状況に顕著な違いは見られなかったが、主筋の座屈開始後終局に至る過程で、矩形断面橋脚は被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が低下したが、イ

ンターロッキング式橋脚は、被りコンクリートの剥落後、スパイラル筋の破断まで主筋を拘束していた。また主筋が円形配置のため、主筋座屈は最外縁より徐々に進行し耐力低下が矩形断面橋脚より緩やかである。塑性ヒンジ領域は、インターロッキング式橋脚においても断面基部で確認された。それぞれの最終破壊状況を写真-1に示す。

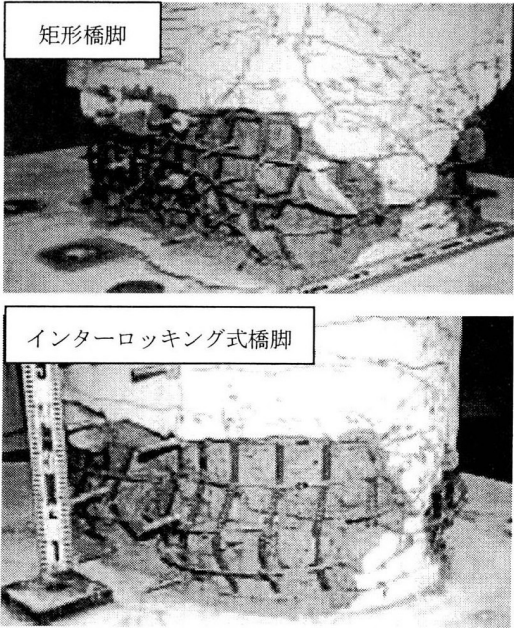


写真-1 最終破壊状況

表-2 最大耐力および変形性能

試験体	実 験 値				道 路 橋 示 方 書				Pmax/Pu	塑性率比
	降伏変位 δ_y (mm)	最大耐力 Pmax (kN)	限界変形 δ_u (mm)	塑性率 δ_u/δ_y	降伏変位 δ_y	最大耐力 Pmax (kN)	限界変形 δ_u (mm)	塑性率 δ_u/δ_y		
CH-W1	16.9	307	188	11.1	17.5	252	113.4	6.5	1.22	1.7
IS-W0	26.2	283	189	7.2	20.8	254	41.4	2.5	1.11	3.6
IS-W1	24.9	296	208	8.4	20.4	257	46.3	2.3	1.15	3.7
IS-W2	27	300	192	7.1	21.8	261	63.1	2.9	1.15	2.5

(2) 耐力および変形性能

実験により得られた各試験体の耐力および変形性能を表-2に、試験体の躯体変形と水平力関係の包絡線図を図-3に示す。また、それぞれには、道路橋示方書による矩形断面橋脚の算定値（JRA・Code）を併記した。これらより、インターロッキング式橋脚は、矩形断面橋脚と同等の曲げ耐力および変形性能を有していることがわかる。

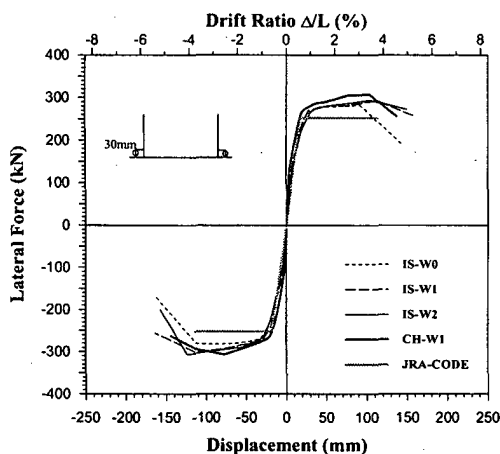


図-3 荷重－変形関係

5. 施工確認実験

R C橋脚の施工性・経済性を改善するためには鉄筋組立に係る労務工数の削減が不可欠である。このため、鉄筋の組立が簡易で、かつ、所定の品質を十分に確保できる施工方法の確立が必要である。

そこで、実物大規模のインターロッキング式橋脚の施工確認実験を実施した。

(1) 施工方法

インターロッキング式橋脚の帯鉄筋にスパイラル鉄筋を採用した場合、スパイラル帯鉄筋の施工方法には、図-4に示すように工場で円形状に加工されたスパイラル鉄筋を、吊チェーンを用いて帯鉄筋間隔に保持しながら吊り上げ、治具によりスパイラル帯鉄筋を重ね合せた後、軸方向鉄筋に落とし込む方法と図-5に示すように軸方向鉄筋に各々のスパイラル鉄筋を落とし込んだ後、スパイラル鉄筋を重ね合わせる方法とがある。これら2工法について施工確認実験を行なう。また、施工緒元を表-3に示す。

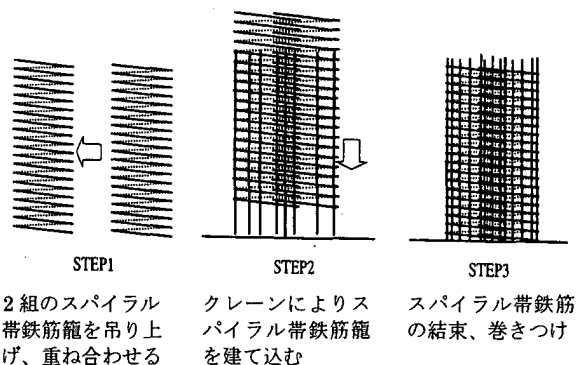


図-4 軸方向鉄筋が建て込まれている場合

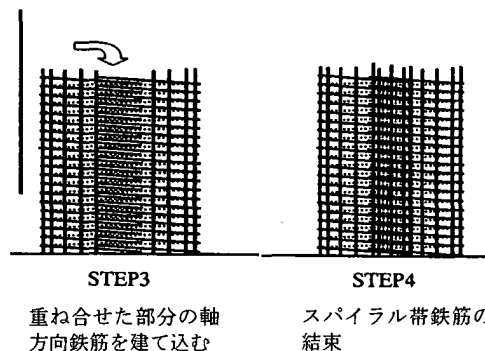
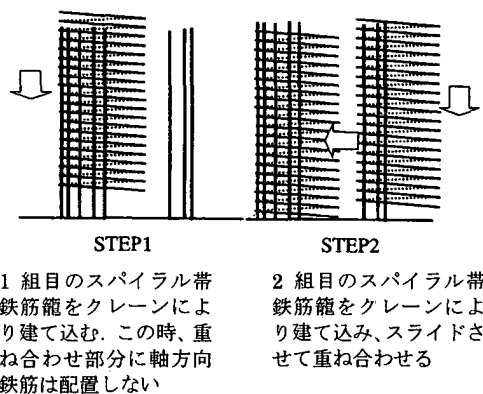


図-5 軸方向鉄筋を後から建て込む場合

表-3 施工供試体緒元

項目	幅 (mm)	厚さ (mm)	高さ (mm)	軸鉄筋 径・本数	帯鉄筋 径・ピッチ
寸法等	4500	3000	5200	D51-90	D19-150

(2) 実験結果

図-4、図-5に示す両工法とも施工が可能であることを確認したが、簡易に精度よく鉄筋組立が可能であったのは、スパイラル帯鉄筋を重ね合せた後、軸方向鉄筋に落とし込む図-4の工法であった。吊り上げた後、スパイラル鉄筋を重ね合わせる際に使用し

治具を図-6に示す。

また、インターロッキング式橋脚における（スパイラル）帯鉄筋の施工作业は、従来の帯鉄筋の施工作业に比べ、作業員の削減率は約10%、作業効率の向上は約15%と試算できる。

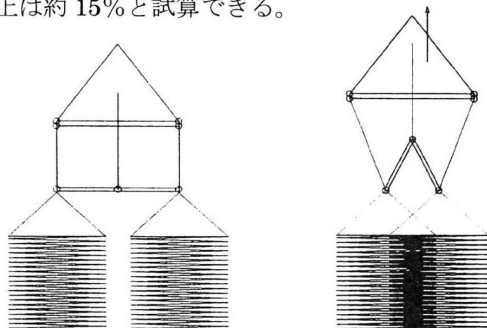


図-6 インターロッキング式吊治具

5. 現場における施工

上記のとおり、インターロッキング式橋脚は、標準的な矩形断面橋脚と耐震性能が同等であり、かつ施工性を向上することが確認できたため、実施工を北海道縦貫道鳥崎川橋のP9（高さ17.0m）、P10（高さ16.0m）橋脚で実施することにした。

ただし、今回対象とした橋脚は壁式橋脚のため、帯鉄筋を4連配置する必要があること、また帯鉄筋にスパイラル筋ではなく格段毎に帯鉄筋を配置するフープ筋を用いた。このため、新たに4連配置のフープ筋を用いたインターロッキング式橋脚の縮小供試体において耐震性能の確認実験を行ない、同等の耐震性能を有していることを確認した。

図-7に標準的な矩形断面橋脚と4連のインターロッキング式橋脚として各々設計された鳥崎川橋橋脚の配筋図を示す。また、施工状況を写真-2に示す。

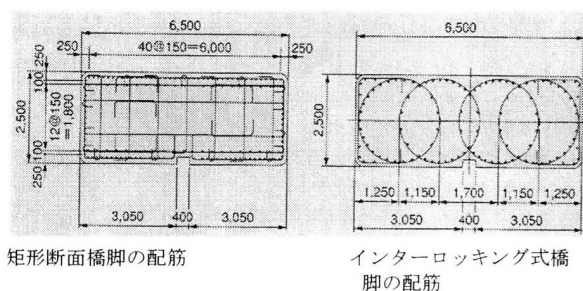


図-7 橋脚配筋図

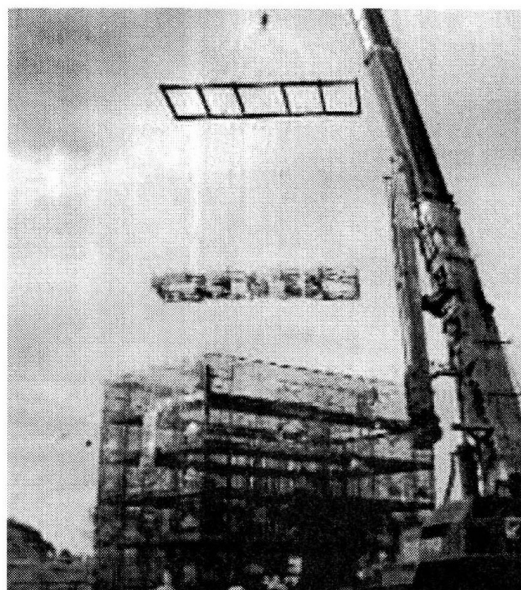


写真-2 施工状況

6. まとめ

標準的な矩形断面橋脚とインターロッキング式橋脚の耐震性能は同等であり、インターロッキング式橋脚における連続したスパイラル筋は、コンクリートの拘束と主筋の座屈防止に効果的であることが、本実験により確認された。

また、インターロッキング式橋脚を用いることにより標準的な矩形断面橋脚より施工性が十分に向上することが確認できた。

今後は、品質管理手法等や複数のフープ筋の組み合わせの設計手法について提案する方向である。

参考文献

- 1) 藤倉・川島・庄司・張・武村：インターロッキング式帯鉄筋を有するRC橋脚の耐震性，土木学会論文集，No.640/I-50，pp.71-88，2000.1
- 2) 大滝・黒岩・細木：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，土木学会第53回年次学術講演会概要集V，pp.1122-1125，1998
- 3) 大滝・黒岩・宮城・水上：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，pp.367-372，2000
- 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V 耐震設計編，2002年3月