

インターロッキング式橋脚の施工性及び建設コストの検討

藤倉修一¹・川島一彦²

¹正会員 工修 大成建設（株）土木設計第一部（〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1）

²フェロー会員 工博 東京工業大学教授 工学部土木工学科
（〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1）

1. まえがき

平成7年兵庫県南部地震ではRC橋脚に甚大な被害が生じ、横拘束を高めることの重要性が認識され始めた。兵庫県南部地震を受けて、平成8年道路橋示方書では、帯鉄筋量を増やすとともに、中間帯鉄筋の配置、定着方法の改良等、種々の対策が取られてきている¹⁾。

一方、米国やニュージーランドでは、矩形断面橋脚を建設する場合には、写真-1に示すような円形断面を少しずつ重ねたインターロッキング式橋脚が用いられている^{2) 3)}。インターロッキング式橋脚は円形帯鉄筋によりコンクリートを効果的に拘束し、軸方向鉄筋の座屈を防止するといった観点から生まれたものである⁴⁾。カリフォルニア州交通局によれば、州道に係わる矩形断面橋脚はほとんどインターロッキング式橋脚として建設されている。我が国では、インターロッキング式橋脚を適用した例はなく、こういった形式を我が国でも取り入れることができるかどうか検討することは有意義であると考えられる。

そこで、我が国でのインターロッキング式橋脚の適用性を検討するため、橋梁関係の建設会社4社に対して、ヒアリング調査を行った。その調査結果に基づき、インターロッキング式橋脚の施工性及び建設コストに関する検討を行い、ここにその結果を報告する。

2. 調査内容

(1) 施工性

我が国におけるインターロッキング式橋脚の施工性に関する検討を行った。3連のスパイラル筋を有するインターロッキング式橋脚を施工する場合を想定し、その施工方法、施工上の問題点、有利な点に

ついて調査した。

(2) 建設コスト

インターロッキング式橋脚及び中間帯鉄筋を有する矩形断面橋脚の建設コストの比較を行った。解析対象とした橋脚を図1に示す。ここで、矩形断面橋脚は平成8年道路橋示方書に準拠して設計したものであり、インターロッキング式橋脚は、地震時保有水平耐力法による最大水平耐力が矩形断面橋脚とほぼ等しくなるように設計したものである。コストの算定に際しては、横梁や杭は含めず、橋脚本体とフーチング（ただし、後述するように1社だけは、橋脚本体のみを対象）10基分のコストを比較することとした。

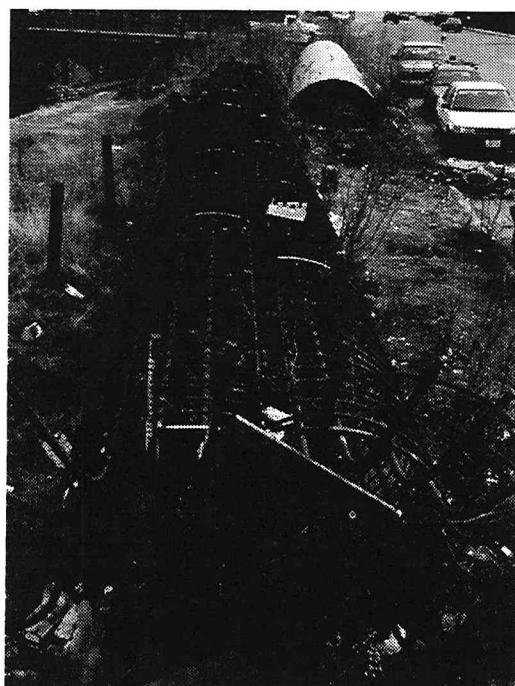


写真-1 インターロッキング式橋脚の配筋
(米国カリフォルニア州)

3. インターロッキング式橋脚の施工性

1) 施工方法

スパイラル筋と主鉄筋を組んだ柱筋を3連合わせて地組みしたものをフーチング部に設置する方法

(第1案)と地組みしたスパイラル筋と主鉄筋を1連ずつフーチング部に設置する方法(第2案)をここに示す。図2は両案の概要を示したものである。

以下にこれらの施工順序を示す。

(1) 第1案

a) スパイラル筋の組立と同時にフーチングの配筋を行い、コンクリートを打設する。このとき、スパイラル筋を組んだカゴを継ぐためにフーチングからは主鉄筋が出ている状態にしておく。

b) ドラムに巻いてあるスパイラル筋を、治具を用いて所定のスパイラル筋間隔となるように延ばし、組立筋として数本の軸方向鉄筋を入れる。

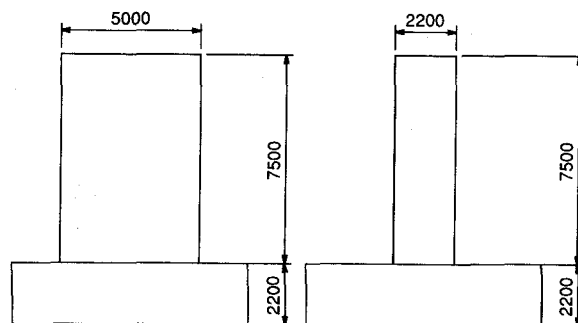
c) ジャッキベースに乗せ、高さを調節し、横引き治具によりスパイラル筋どうしを合体させる。

d) 3連のスパイラル筋を合わせたカゴをクレーンにより吊り、フーチングから出ている主鉄筋に継手する。

e) 残りの主鉄筋を建て込んだ後、橋脚躯体の型枠を組み、コンクリートを打設する。

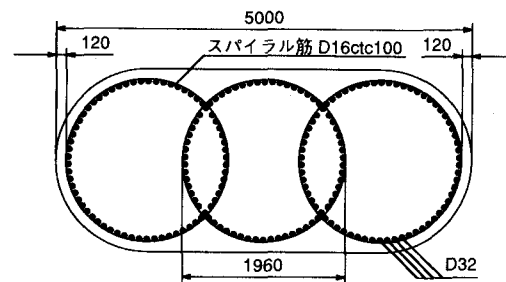
(2) 第2案

a) ドラムに巻いてあるスパイラル筋を、治具により所定のスパイラル筋間隔となるように延ばし、スパイラル筋と主鉄筋を地組する。このとき、インターロック部の主鉄筋は配置しない。

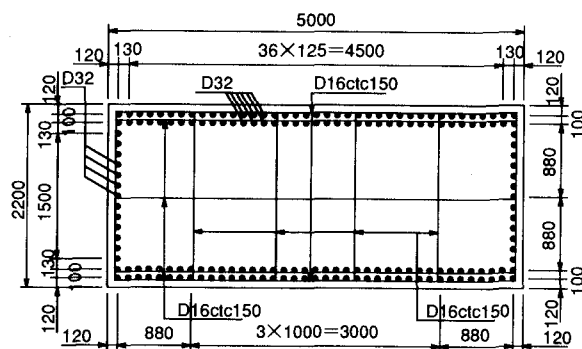


(a) 正面図

(b) 側面図

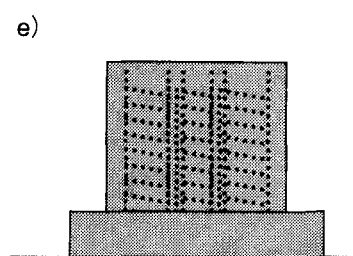
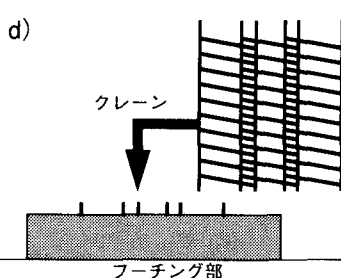
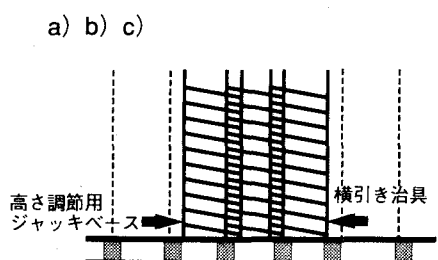


(c) インターロッキング式橋脚の断面図

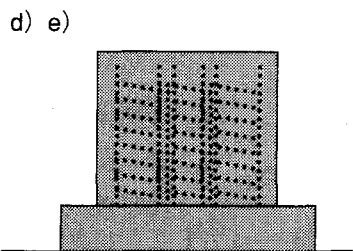
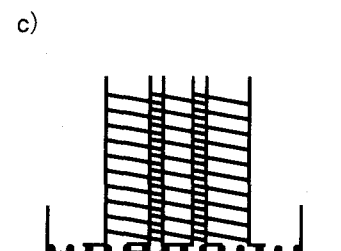
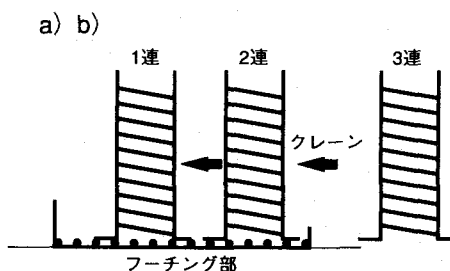


(c2) 矩形断面橋脚の断面図

図-1 解析対象とした橋脚



(1) 第1案



(2) 第2案

図-2 インターロッキング式橋脚の施工方法

表一 矩形断面橋脚及びインターロッキング式橋脚の工程表

(a) サイクル工程表

	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日
矩形断面橋脚		足場	1 ロッド	主筋圧接	フーチング	型枠	コンクリ	養生	主筋	型枠	コンクリ	養生	型枠解	足場解							
インターロッキング式橋脚	足場	カゴ筋	主筋圧接	型枠	コンクリ	養生	主筋	型枠	コンクリ	養生	型枠解	足場解									

(b) 全体工程表

		1ヶ月			2ヶ月			3ヶ月		
		1日	11日	21日	1日	11日	21日	1日	11日	21日
矩形断面橋脚	P1~P3									
	P4~P6									
	P7~P9									
	P10									
インターロッキング式橋脚	P1~P3									
	P4~P6									
	P7~P9									
	P10									

b) フーチング下筋を組み立てる。このとき、スパイラル鉄筋を移動しフーチングにセットするために、片側の立上りを低くする。

c) クレーンにより1連ずつ順番に、移動して固定する。

d) 残りの主鉄筋を建て込む。

e) フーチング上筋を組み立て、フーチングコンクリートを打設した後、橋脚躯体の型枠を組み、コンクリートを打設する。

第1案では、スパイラル筋どうしを陸で組み合わせるので、鉄筋を組みやすいといった長所があるが、組みあがった鉄筋かごの重量が重くなるといった短所がある。鉄筋かごの形が崩れない程度に主鉄筋を入れるといった総鉄筋重量を減らす工夫が必要である。第2案では、クレーンで吊る鉄筋かごの重量に問題はないが、1連ずつ鉄筋かごをフーチング部に設置する際、鉄筋かごどうしを合わせる作業が難しいと考えられる。同じ鉄筋量を用いるのであれば、鉄筋径を大きくしてスパイラル筋ピッチを大きくしたほうが施工性は上がる。

(2) 利点

インターロッキング式橋脚の施工性の利点を挙げると以下ようになる。

a) スパイラル筋を陸組してストックすることが可能であるために、工期が短縮することができる。ここで、一つの例として、図1に示したインターロッキング式橋脚と矩形断面橋脚の10基分の施工サイクルの比較を表1に示す。このとき、施工ヤードの制約は受けないものと仮定する。これによれば、10基の

橋脚を建設する場合の工程は、矩形断面橋脚では81日間、インターロッキング式橋脚では73日間となり、インターロッキング式橋脚のほうが矩形断面橋脚に比べ全体で1割程度工期が短縮できることがわかる。

b) 建設現場での鉄筋加工が大幅に省略される。

(3) 問題点

インターロッキング式橋脚の問題点及び施工する際の問題点を挙げると以下ようになる。

a) 中間帯鉄筋を用いた構造と比べて、曲げに対する軸方向鉄筋の使用率が低下する。

b) 高橋脚においてはスパイラル筋と主鉄筋を一体化させたカゴを継ぐ必要があり、このとき大きなカゴを数ミリ以下の精度で継ぐのは難しいと思われる。

c) 大断面の橋脚を建設する場合、3連のスパイラル筋と主鉄筋を組み立てたカゴの重量が大きくなり、運搬及び現場に据え付ける際に大容量のクレーンが必要になる。

d) 主筋ピッチが細かい場合、主筋の幾何学的な配置のためにフーチング上筋の配筋が難しい。

(4) 提案

インターロッキング式橋脚を建設する際の提案を以下に挙げる。

a) 隣り合うスパイラル筋の中心間隔が大きいと、スパイラル筋が重なり合うところのかぶりコンクリートの厚さは大きくなるため、この部分のコンクリートにおいては温度応力が発生しひび割れが生じやすくなる。そのため、この部分に別途表面筋を配置する必要がある。

b) インターロック部における軸方向鉄筋は、スパイ

表一2 インターロッキング式橋脚及び矩形断面橋脚
の建設コスト比較 (千円)

	A社	B社	C社	D社
矩形断面 橋脚： C_K	46,011	80,168	93,162	97,090
インターロッキング式 橋脚： C_I	47,500	81,154	95,717	95,684
C_I / C_K	1.032	1.012	1.027	0.986

ラル筋どうしをつなぎ止めるためだけにあるので、インターロック部外の軸方向鉄筋よりも少なめに配置するのがよい。

4. インターロッキング式橋脚の建設コスト

各社が算定したインターロッキング式橋脚及び矩形断面橋脚の建設コストの比較を表2に示す。ここでは、各社間の絶対的なコストの差ではなく、矩形断面橋脚とインターロッキング式橋脚のコストの差に着目している。矩形断面橋脚の建設費 C_K に対するインターロッキング式橋脚の建設費 C_I の比を求めた。なお、A社の算定による建設コストは橋脚のみの建設コストであって、フーチングは含まれていない。これによれば、A社、B社及びC社はインターロッキング式橋脚が矩形断面橋脚に比べて1～3%程度、高いと評価している。これは、インターロッキング式橋脚のほうの使用材料の量が少ないにもかかわらず、矩形断面橋脚よりも鉄筋組立の手間が余分にかかったり、特別な加工治具や機械を使用するためである。また、D社は矩形断面橋脚に比べ、インターロッキング式橋脚を1%程度安く評価している。これは、インターロッキング式橋脚のほうの使用材料の量が少なく、鉄筋組立の単価をいずれの橋脚においても同じとしているからである。

5. まとめ

ヒアリング調査に基づき、我が国におけるインターロッキング式橋脚の施工性及び建設コストに関する検討を行った。本調査結果の結論は、以下のとおりである。

1) 施工性については、スパイラル筋かごを3連合わせて地組みしたものをフーチング部に設置する方法及び地組みしたスパイラル筋かごを1連ずつフーチング部に設置する方法が有望であると考えられる。

2) 建設工期はインターロッキング式橋脚のほうが矩形断面橋脚に比べ全体で1割程度が短縮できる可能性があることがわかった。

3) 建設コストに関しては、特別な加工治具や機械を使用するため、従来の中間帯鉄筋を有する矩形断面橋脚に比べインターロッキング式橋脚のコストのほうが1～3%程度高く評価された。

謝辞：本研究に際しては鹿島建設（株）の竹田哲夫氏、西田修三氏、須田久美子氏、（株）大林組の友石研二氏、鳥山林氏、佐藤哲司氏、（株）ピー・エスの森拓也氏、張建東氏、武村浩志氏、大成建設（株）の花村哲也氏、小林茂樹氏の多大なご支援をいただいた。ここに記して厚くお礼を申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅴ耐震設計編、平成8年
- 2) Tanaka, H.: Effect of Lateral Confining Reinforcement on the Ductile Behaviour of Reinforced Concrete Columns, Research Report of Department of Civil Engineering, pp.208-324, University of Canterbury, Christchurch New Zealand, 1990.
- 3) Buckingham, G.C.: Seismic Performance of Bridge Columns with Interlocking Spiral Reinforcement, Washington State University, 1992.
- 4) M.J.N. Priestly, F. Seible and G.M. Calvi: Seismic Design and Retrofit of Bridges, Wiley Interscience, 1996, 川島一彦監訳：橋梁の耐震設計と耐震補強、技報堂、1998.
- 5) 藤倉修一、川島一彦、庄司学、張建東、武村浩志：インターロッキング式橋脚の繰り返し載荷実験、第1回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、B3-5、1998年1月
- 6) 藤倉修一、川島一彦、庄司学、張建東、武村浩志：インターロッキング式橋脚の耐震性に関する実験的研究、TTT/EERG 98-9、東京工業大学土木工学科耐震工学研究グループ、1998年7月