

SLJスラブ工法 (NETIS : KT-070081-A)

※大谷 悟司¹・井隼 俊也²

¹オリエンタル白石株式会社 本社 (〒135-0061 江東区豊洲5-6-52)

²オリエンタル白石株式会社 大阪支店 (〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-9-1)



※発表者

床版の取替工事において、プレキャストPC床版の橋軸方向の接合をRC構造とする場合は、ループ継手や、重ね継手が用いられています。しかし、前者は床版厚が比較的薄い場合には適用が難しく、後者は接合部が長くなるといった課題があります。これらの課題を解消するため、新しい接合構造を有するプレキャストPC床版 (SLJ(Short Lapped Joint)スラブ) を開発しました。本稿はSLJスラブの概要、性能および、特長をRC床版やループ継手を有するPC床版との比較により説明するとともに、SLJスラブの施工事例について紹介します。

キーワード エンドバンド継手, エンドバンド鉄筋, プレキャストPC床版, SLJスラブ

1. 開発経緯および概要

鋼主桁 RC 床版橋において、床版の劣化・損傷の知見が明らかでなかった昭和 40 年前後に建設された床版の損傷が顕在化し、床版の取替工事が年々増加する傾向にあります。これらの橋梁において、特に施工実績が多い RC 床版は、主桁間隔 2~3m、厚さ 17~20cm です。

これらの橋梁の床版に対して、現行の道路橋示方書¹⁾を適用し、かつ死荷重を増加させることなく既設の床版厚さで取り替えるためには、PC床版とする必要があります。更に、取替えにあたっては、迂回路の確保が容易でない場合が多く、通行規制を最小限にすることが求められるため、プレキャストのPC床版で取り替えることが有利です。

プレキャストPC床版の橋軸方向の接合方法としては、PC接合かRC接合が用いられています。PC接合では、部分的な床版の取り替えが難しいことが課題です。

一方、RC接合では、鉄筋の重ね継手の長さが鉄筋径の30倍程度 (例えば、D19の場合では570mm) と長くなることから、ループ鉄筋を用いた継手 (以下、ループ継手という) の実績が増加しています。しかし、ループ継手は、鉄筋の曲げ加工の制限より床版厚さが薄い場合には適用できないことや、既設の床版厚さより厚くなることから、道路線形の変更が必要となるなど課題があります。

そこで、接合部の長さが短く、かつ、薄い床版に適用できる継手として、継手に用いる鉄筋の先端に鋼管を圧着した鉄筋 (以下、エンドバンド鉄筋という) を用いたプレキャスト PC 床版 (以下、SLJ スラブという) を開発しました。写真-1 にエンドバンド鉄筋の例を、図-1 に

SLJスラブの概要を示します。

SLJ スラブは、エンドバンド鉄筋を用いた継手 (以下、エンドバンド継手という) により、最小床版厚 17cm での RC 接合を可能とし、鉄筋の継手長さを従来の重ね継

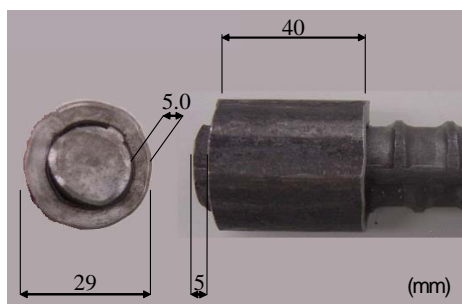


写真-1 エンドバンド鉄筋の例 (D19の場合)

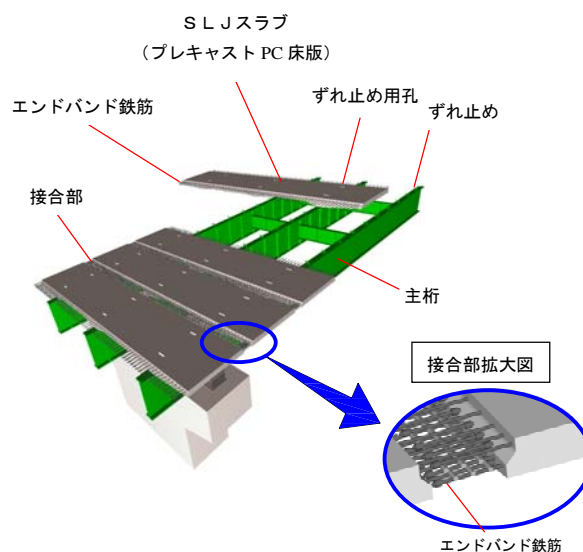


図-1 SLJスラブの概要

手の1/2（鉄筋径の15倍、D19の場合は285mm）としたプレキャスト1方向PC床版です。

2. SLJスラブの性能

阿部ら²⁾はSLJスラブに対して以下の性能を確認し、製品として確立を行いました。

① 曲げモーメントに対する静的耐力

SLJスラブと重ね継手を有するスラブとの曲げモーメントに対する耐力の確認を行いました。その結果、SLJスラブのエンドバンド継手は、重ね継手と同等以上の曲げ耐力を有していることが確認できました。

② 曲げモーメントに対する疲労耐久性

SLJスラブの接合部が正および負の曲げモーメントの繰返し作用に対して安全であるかどうか確認するため、設計曲げモーメントを発生させる荷重による200万回疲労試験を行い、残留ひび割れの確認および、疲労試験後の曲げモーメントに対する耐力の確認を行いました。その結果、SLJスラブは、鉄筋継手性能の高サイクル繰返し耐力³⁾を満足しており、200万回の疲労試験後においても、計算破壊荷重を上回る耐力を有していました。

③ 押抜きせん断力に対する静的耐力

SLJスラブと接合部のないPCスラブおよびRCスラブとの押抜きせん断力に対する耐力の確認を行いました。その結果、床版厚さ170mmのSLJスラブの押抜きせん断耐力は、同じ厚さのPCスラブとRCスラブの中間的な挙動を示しており、床版厚さが240mmのRC床版の耐力に相当するものであることが確認できました。

④ 押抜きせん断力に対する疲労耐久性

SLJスラブの押抜きせん断力に対する疲労耐久性を確認するため、独立行政法人土木研究所および、株式会社高速道路総合技術研究所が保有する輪荷重走行試験機にて輪荷重走行試験を行いました。その結果、SLJスラブは、前者では、同機関で実施された2種類の基準床版の破壊回数を上回っており、後者では、同機関で実施されたループ継手を有するPC床版と同等の変位挙動を示しており、SLJスラブは十分な押抜きせん断に対する疲労耐久性能を有していることが確認できました。

以下に、その一例を示します。

(1) 曲げモーメントに対する静的耐力

図-2にSLJスラブと重ね継手の長さを30Dとした普通スラブの荷重と支間中央位置の変位の関係を示します。同図には、実際の材料強度を用いて算出した破壊荷重も示しています。SLJスラブは、普通スラブとほぼ同様の挙動を示し、破壊荷重も普通スラブを上回っており、同等以上の曲げ耐力を有していることが判ります。

(2) 押抜きせん断力に対する疲労耐久性

写真-2に高速道路総合技術研究所が保有する輪荷重走行試験機を用いた輪荷重走行試験の状況を示します。ま

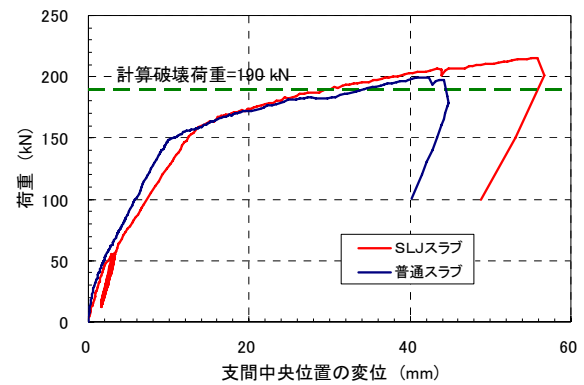


図-2 荷重—支間中央位置の変位の関係



写真-2 輪荷重走行試験状況（高速道路総合技術研究所）

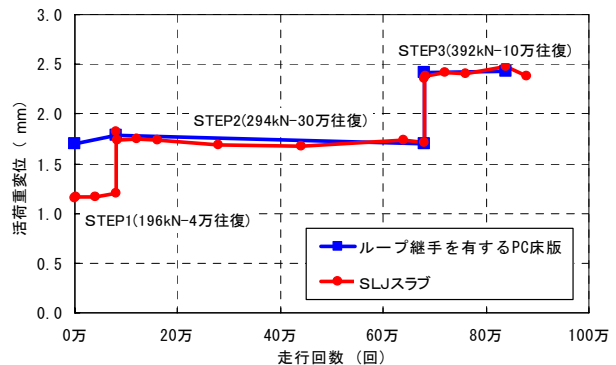


図-3 既往試験結果との比較

た、図-3にSLJスラブと既往のループ継手を有するPC床版の試験結果⁴⁾との比較を載荷ステップとともに示します。SLJスラブおよびループ継手を有するPC床版の活荷重変位は、各ステップにおいてほぼ同等であり、SLJスラブは、ループ継手を有するPC床版と同等の疲労耐久性能を有していることが判ります。

3. SLJスラブの特長

SLJスラブの特長を、RC床版または、ループ継手を有するPC床版と比較して以下に示します。

(1) 床版厚および重量

SLJスラブ、RC床版およびループ継手を有するPC床

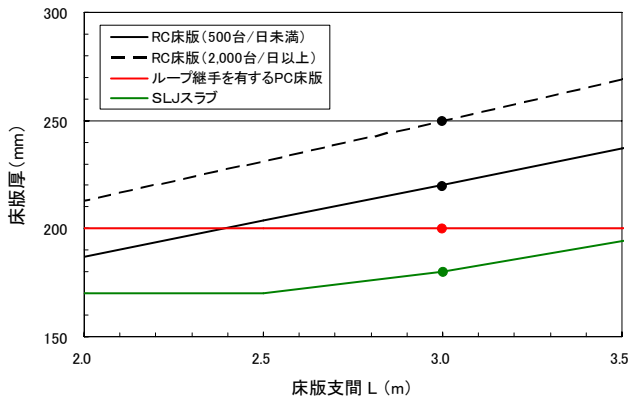


図-4 床版厚と床版支間の関係

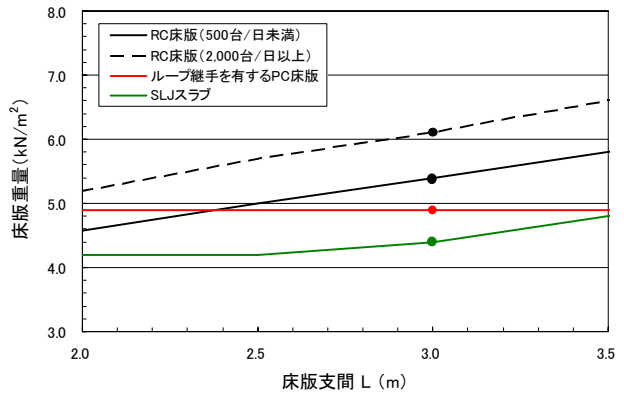


図-5 床版重量と床版支間の関係

版について、現行の道路橋示方書¹⁾に準拠して算出した床版厚と床版支間の関係を図4に示します。また、図4で示した床版厚を用いて算出した各スラブの単位面積当たりの重量と床版支間の関係を図5に示します。図4および5には、各スラブの床版厚および重量を比較するため、床版支間 3.0m の場合の値を丸印にて示しています。また、表-1にこれらをまとめた一覧を示します。なお、表-1に示している凡例は、図4および図5の丸印に対応しています。また、表-1の重量には、ループ継手を有するPC床版の重量を 1.0 とした場合の各スラブの値を括弧書きで示しています。

表-1、図4および図5より、ループ継手を有するPC床版は、鉄筋の曲げ加工の制限から、ここに示した床版支間の範囲では、床版厚は一定となり、床版支間 3.0m では 200mm となります。一方、SLJスラブは、床版支間 3.0m では 180mm となり、ループ継手を有するPC床版より 10%程度薄くすることができ、同様に、床版重量においても 10%程度軽くすることができます。また、SLJスラブは、RC床版に比べて、床版厚では 20~40%程度薄く、床版重量では 20~40%程度軽くすることができます。

(2) 工事費

SLJスラブとループ継手を有するPC床版の単位面積当たりの工事費の比較を図6に示します。図6に示す単位面積当たりの工事費は、橋長 40m、幅員 10.4m の単純非合成鋼鈹桁橋に対して床版の取り替え工事を実施した場合の直接工事費です。

図6より、SLJスラブはループ継手を有するPC床版に比べて、工事費を 11%程度低減することができます。

(3) 工期

SLJスラブとループ継手を有するPC床版により、床版の取り替え工事を実施した場合の工期の比較を図7に示します。図7に示す工期は、橋長 40m、幅員 10.4m の単純非合成鋼鈹桁橋に対して床版の取り替え工事を実施した場合の日数です。

表-1 床版厚および重量の比較の一覧

種類	床版厚	重量	凡例
	mm	kN/m ²	
RC床版	500台/日未満	220 (5.39 (1.10))	●
	2,000台/日以上	250 (6.13 (1.25))	
ループ継手を有するPC床版	200	4.90 (1.00)	●
SLJスラブ	180	4.41 (0.90)	●

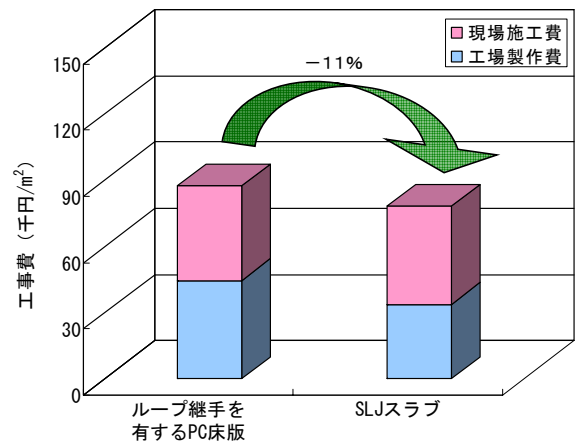


図-6 工事費の比較



図-7 工期の比較

図-7より、SLJ スラブの工期は、プレキャスト PC 床版架設工および接合工以外の工種は、ループ継手を有する PC 床版の工期と同程度になります。

SLJ スラブは、ループ継手を有する PC 床版に比べて、接合部の施工において、鋼桁下面からの型枠組立・解体工を行わなければならないことから、接合工では工期が延伸されますが、プレキャスト PC 床版の設置が容易であることから、プレキャスト PC 床版架設工で工期の短縮が図れます（図-7の赤色着色および赤色丸部分）。この結果、SLJ スラブは、ループ継手を有する PC 床版と同程度の期間で施工を行うことができます。

(4) プレキャスト PC 床版の割付幅

SLJ スラブとループ継手を有する PC 床版の床版 1 枚当たりの割付幅の比較を図-8に示します。

図-8より、ループ継手を有する PC 床版は、床版の形状から床版幅が割付幅となります。床版幅は工場の製作ラインの制限により 2.0m 以下となります（図-8(a)）。

一方、SLJ スラブは、接合部の形状およびエンドバンド鉄筋（継手鉄筋）の床版からの突出長が、ループ継手を有する PC 床版より長いことから、割付幅を 2.25m とすることができます（図-8(b)）。

以上より、SLJ スラブの割付幅は、ループ継手を有する PC 床版の 1.13 倍程度となり、床版枚数を低減することができます。この結果として、プレキャスト PC 床版架設工の工期を短縮することが可能となります。

(5) 施工性

施工性の観点から、SLJ スラブとループ継手を有する PC 床版のプレキャスト PC 床版の架設方法、および接合部の橋軸直角方向鉄筋の施工方法の比較を以下に示します。

a) プレキャスト PC 床版の架設方法

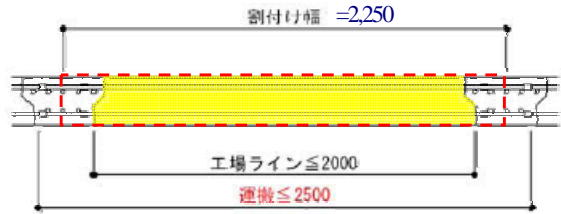
ループ継手を有する PC 床版の架設方法を図-9に、SLJ スラブの架設方法を図-10に示します。

図-9より、ループ継手を有する PC 床版は、架設時に既に架設されたプレキャスト PC 床版のループ鉄筋と、これから架設するプレキャスト PC 床版の下側に設けられたコンクリートの部分（図-9の赤色丸部分、以下、アゴ部という）が干渉します。このため、先ず、ループ鉄筋とアゴ部の干渉を避けながら、架設するプレキャスト PC 床版を鋼桁上フランジ上に仮置きします（図-9の上側の図）。その後、仮置きしたプレキャスト PC 床版を横移動させて所定の位置に設置し、架設が完了します（図-9の下側の図）。この横移動の時に、鋼桁フランジ上に設置しているソールスポンジが摩擦により、よれが生じるため、ソールスポンジの原形への復旧や交換などを行う必要があります。

一方、SLJ スラブは、ループ継手を有する PC 床版のような干渉がないため、図-10に示すように、鋼桁上フ



(a)ループ継手を有する PC 床版の場合



(b)SLJスラブ

図-8 プレキャスト PC 床版の割付幅

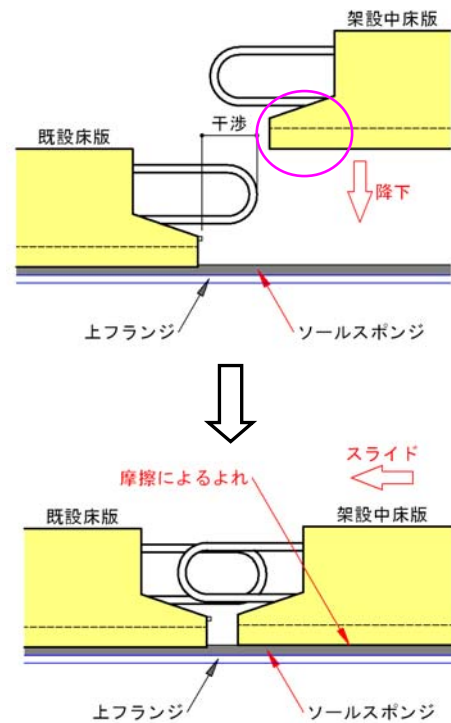


図-9 ループ継手を有する PC 床版の架設方法

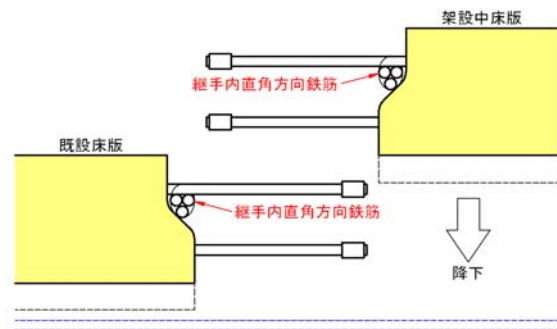


図-10 SLJスラブの架設方法

ランジ上の所定の位置にスムーズに設置し、架設することができます。このため、ループ継手を有する PC 床版に比べて施工性が良く、ソールスポンジの原形への復旧や交換などを行う必要がありません。

また、ループ継手を有する PC 床版の架設時の不具合として、図-11 に示すように、既に架設されたプレキャスト PC 床版と、仮置きし、これから横移動するプレキャスト PC 床版とのアゴ部同士、またはアゴ部とループ鉄筋が干渉し、架設するプレキャスト PC 床版のアゴ部にひび割れなどの初期欠陥が生じる場合があります。SLJ スラブは、このような干渉がないため、ひび割れなどの初期欠陥が生じることはありません。

b) 接合部の橋軸直角方向鉄筋の施工方法

ループ継手を有する PC 床版の接合部の橋軸直角方向鉄筋の施工は、ループ鉄筋が閉塞しているため、プレキャスト PC 床版を架設後に配置することになります。施工方法は、図-12 に示すように、防護壁などを撤去して橋梁の外側から挿入し、配置する方法（図-12 (a)）、プレキャスト PC 床版の途中に挿入できる空間を確保して、その部分から挿入し、配置する方法（図-12 (b)）があります。

前者の場合は、防護壁などが撤去できない場合（市街地などで、住居が近接しているとか、橋梁下が道路や鉄道であるとかなど）には用いることができません。

後者の場合は、橋軸直角方向鉄筋を挿入する空間を確保するため、その部分のみ曲げ半径が小さなループ鉄筋

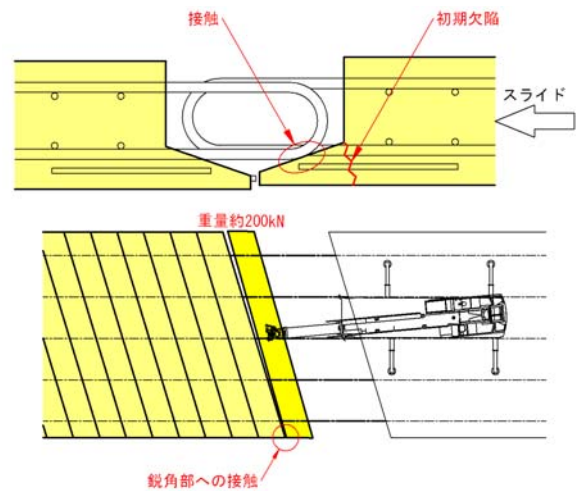
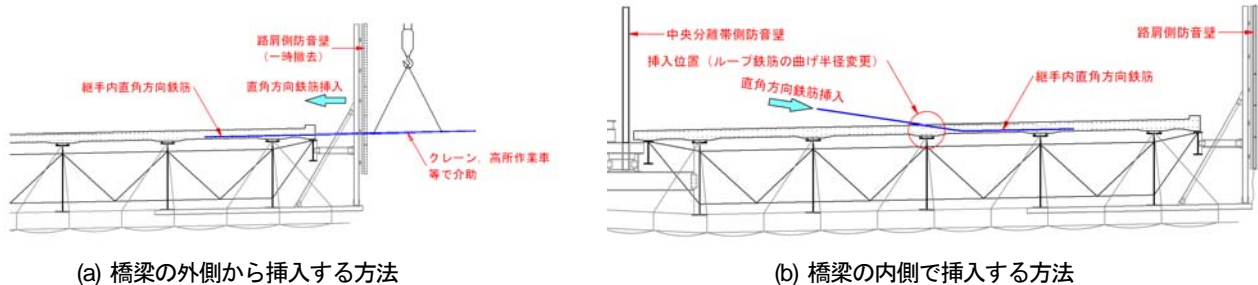


図-11 ループ継手を有する PC 床版の架設時の不具合

を用いる必要があります。更に、この部分からの橋軸直角方向鉄筋の挿入は、挿入する鉄筋が曲げられるため、挿入する鉄筋とループ鉄筋のリブが干渉し、挿入する鉄筋に打撃を与えながらの作業となり、作業性が低下するとともに、騒音が生じることになります。このような作業性の低下や騒音の問題を小さくするため、挿入する鉄筋を短くする方法もありますが、短くすると鉄筋の重ね継手が多くなり、配置が煩雑になります。

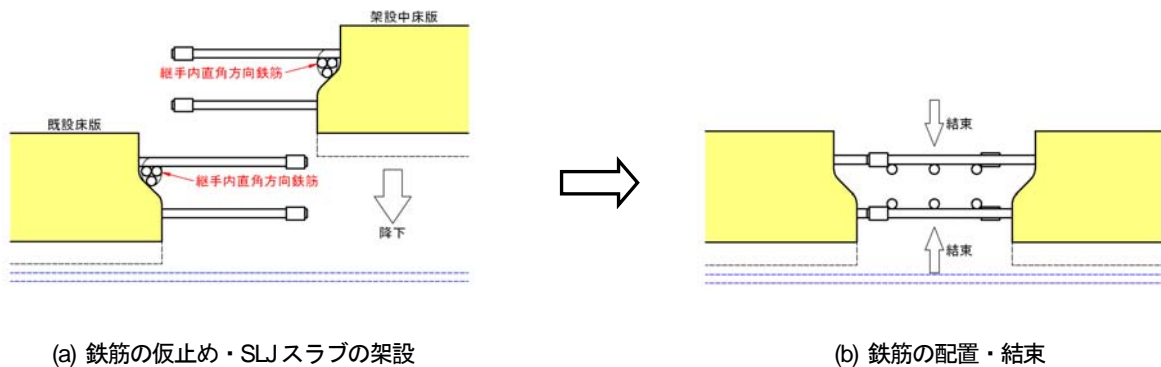
また、接合部に配置された鉄筋の結束は上側（橋面上側）からのみの作業となるため、接合部の下側に配置される鉄筋の結束が困難となります。



(a) 橋梁の外側から挿入する方法

(b) 橋梁の内側で挿入する方法

図-12 接合部の橋軸直角方向鉄筋の施工方法（ループ継手を有する PC 床版の場合）



(a) 鉄筋の仮止め・SLJスラブの架設

(b) 鉄筋の配置・結束

図-13 接合部の橋軸直角方向鉄筋の施工方法（SLJスラブ）

一方、SLJ スラブの接合部の橋軸直角方向鉄筋の施工は、図-13 に示すように、配置する鉄筋をエンドバンド鉄筋にあらかじめ仮止めし、SLJ スラブを架設（図-13 (a)）、その後、所定の位置に配置することができます。また、接合部に配置された鉄筋の結束は、上側（橋面上側）と下側（橋面下側）の両方向から作業を行うことができます（図-13 (b)）。

以上より、SLJ スラブは、プレキャスト PC 床版の架設時、および接合部の橋軸直角方向鉄筋の施工時に、不具合が生じることがなく、ループ継手を有する PC 床版に比べて、施工性の向上や工期の短縮が図れます。

(6) その他

SLJ スラブの前記(1)～(5)以外の特長を以下に示します。

①橋軸方向の接合構造が RC 接合であるため、床版の部分取替えが可能です。

②接合部の鉄筋の継手長さを、一般的な重ね継手の1/2にすることができます。

③取替え後の床版厚さを、取替え前の床版厚さと同じ厚さにすることが可能なため、道路の縦断線形の変更や、鋼桁の補強をする必要がありません。

4. SLJスラブの施工事例

SLJスラブの実績の一覧を表-2に示します。SLJスラブは2010年7月末において、施工中の橋梁2橋（表-2の赤色着色部分）を含めて5橋に採用されています。これらの中で、松場橋の施工事例⁹⁾を以下に紹介します。

松場橋（橋長：18.3m、幅員：4.8m）は、市道8031号（佐野市）の栃木県佐野市閑馬町下河原地内に位置し、閑馬川に架かる鋼単純非合成桁橋です。同橋梁は平成19年の点検において、RC床版の損傷が非常に大きいと評価され、RC床版からプレキャストPC床版へ取替えが行われました。

新設の床版は、①現場打ちRC床版（床版厚さ：240mm）、②ループ継手を有するプレキャストPC床版（床版厚さ：210mm）、③SLJスラブ（床版厚さ：180mm）の3案から、現橋のRC床版の厚さ（200mm）を変更することなく取替えを行うことができるSLJスラブが採用されました。また、これは、床版の自重増加による主桁の補強を必要としないという特長からも採用の理由となりました。

松場橋で採用されたSLJスラブは、床版厚さが180mm、接合部のエンドバンド鉄筋が、下筋にD19、上筋にD16を配置し、鉄筋の継手長さが285mm（D19より決定：15×19=285mm）である。写真-3に接合部の状況を示します。

床版の取替えは、交通量が少ないこと、迂回路がある

表-2 SLJスラブの実績

橋梁名	場所	発注者	橋長 (m)
中里橋	秋田県大仙市	秋田県	48.5
松場橋	栃木県佐野市	佐野市	18.3
法師渡橋	岩手県下閉伊郡	岩手県	60.5
山葵沼橋	山形県西村山郡	東北地方整備局	10.2～11.2
向佐野橋	福岡県太宰府市	西日本高速道路(株)	210.05



写真-3 接合部の状況（上筋：D16、下筋：D19）



写真-4 施工前（左側）および完成（右側）

ことから、全面通行止めで施工が行われました。写真-4に松場橋の施工前と完成の写真を示します。

5. おわりに

SLJスラブの概要、性能および、特長をRC床版やループ継手を有するPC床版との比較により説明し、その施工事例を紹介させて頂きました。本稿が今後、増加すると考えられる鋼橋RC床版の取替え工事の一助になれば幸いです。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会，道路橋示方書・同解説，I 共通編II 鋼橋編，平成 14 年 3 月
- 2) 阿部浩幸，澤田浩昭，大谷悟司，原健悟：新しい RC 接合構造を用いたプレキャスト PC 床版に関する研究，プレストレストコンクリート，Vol.50，No.1，pp.45-53，2008
- 3) 社団法人土木学会，【2002年制定】コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，2002年3月
- 4) 松井，角，向井，北山：RC ループ継手を有するプレキャスト PC 床版の移動載荷試験，第 6 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.149-154，1996.10
- 5) 野澤亨，中里広行，鈴木修，中村雅之，松場橋プレキャスト PC 床版による床版取替え工事，土木学会第 63 回年次学術講演会，pp.203-204，平成 20 年 9 月