

プレキャスト合成床版の配力筋継手に関する研究

Confirmation Test for Distribution Bar Joint in Pre-cast Concrete Slab

磯 光夫
Mitsuo ISO

川田工業(株)技術研究所主幹

鈴木 幹紹
Mikitsugu SUZUKI

川田工業(株)橋梁事業部技術本部
富山技術部技術課

橋 吉宏
Yoshihiro TACHIBANA

川田工業(株)橋梁事業部技術本部
東京技術部技術一課課長

児島 哲朗
Tetsuro KOJIMA

川田工業(株)橋梁事業部営業本部
大阪営業部営業課

辛嶋 景二郎
Keijiro KARASHIMA

川田工業(株)橋梁事業部技術本部
四国技術部設計二課

近年、既に補強された床版が再び損傷しているため、新たな対策が必要になっている。その対策としてプレキャスト床版を用いた床版の取替えが考えられる。本研究の目的は、プレキャスト合成床版の望ましい継手方法を選定することである。検討する項目は、配力筋継手の変化による断面性能の相違、床版コンクリートのひび割れ性状、床版の破壊性状である。検討方法は、5タイプの継手供試体を用いた多点移動繰り返し載荷試験と破壊試験である。その結果は、プレキャスト合成床版における望ましい継手方法が把握できたことである。

キーワード：プレキャスト合成床版、配力筋継手、ひび割れ性状、破壊性状

1. まえがき

昭和30～40年代に架設された鋼 I 桁橋では、①床版厚の不足、②配力筋不足、③粗骨材の碎石への移行による品質不良、④ポンプ車打設への移行による施工不良、⑤交通量の増大、⑥過積載荷重などにより床版が損傷し、縦桁増設や鋼板接着などにより補強されているものが多い。しかし、近年において補強された床版が、再び損傷している例が増加しているため、既存の交通を阻害しない床版の取替えなどの新たな施策が必要になってきている。

そこで、著者らが開発した高い耐荷力と耐久性を有する合成床版をプレキャスト構造にした、図1に示すプレキャスト合成床版を用いて、様々な交通条件に対応できる床版取替え急速施工法の実用化を図っている。合成床版に関しては、旧建設省土木研究所において実施した輪

荷重走行試験により、載荷荷重400 kN、走行回数52万回まで破壊には至らなかったことを確認している¹⁾。

この合成床版に、工場において床版の継手部を除いた大部分の個所にコンクリートを打設するプレキャスト合成床版は、現場においてコンクリートを打設する合成床版と同等以上の高い耐荷力・耐久性が期待できる。このプレキャスト合成床版を用いることにより、既存の交通を阻害しないように、夜間の片側交通により部分的に床版を取り替え、日中の交通解放をすることも可能である。しかし、床版取替を急速に行う場合に、プレキャスト合成床版における望ましい鉄筋の現場継手方法は数少ない。

そこで、本試験では、既存の合成床版が輪荷重走行試験では破壊に至らなかったことに考慮して、設計荷重を基本にして、その2倍、3倍の荷重による多点移動繰り返し載荷試験により、プレキャスト合成床版における継手の変化による断面性能およびコンクリートのひび割れ性状の相違を把握した。その後、多点移動繰り返し載荷試験を終了した試験体を5 000 kNジャッキを用いて破壊し、プレキャスト合成床版の継手の変化による破壊性状の相違を確認して、望ましい継手方法を検討した。

本文は、プレキャスト合成床版の配力筋継手の変化による断面性能、コンクリートのひび割れ性状および破壊性状の相違について検討し、プレキャスト合成床版における望ましい継手方法について述べるものである。

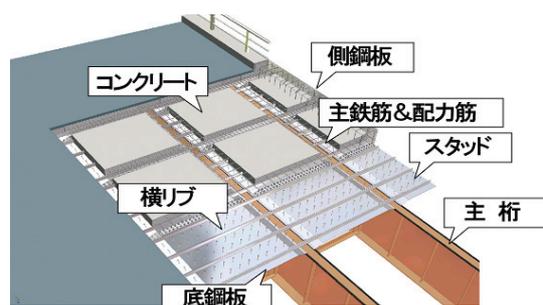


図1 プレキャスト合成床版の構造



写真2 5000 kNジャッキによる破壊性状態確認試験の状況

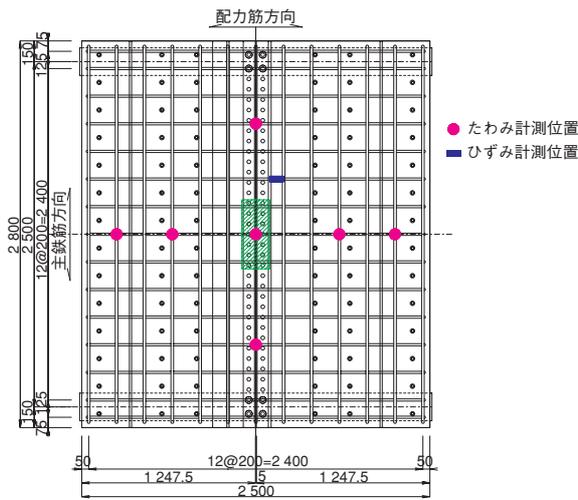


図5 たわみとひずみの測定位置

3. 実験結果と考察

(1) 配筋筋継手の変化によるたわみの相違

図5に示すように供試体中央部に、180 kNおよび340 kNの荷重を載荷した場合の、配筋筋継手の変化による載荷荷重とたわみの関係を図6, 7に示す。図6は、多点移動繰返し載荷試験を開始する前の静的載荷における180 kNの荷重を載荷した場合の、配筋筋方向のたわみである。図7は、載荷荷重の範囲を160 kNとし10万回ずつ3載荷点に合計30万回載荷した後に、設計荷重のおよそ2倍の荷重である340 kNの荷重を載荷した場合の、配筋筋方向のたわみである。180 kNおよび340 kNの載荷荷重における配筋筋方向のたわみは、基本形であるTYPE-1（継手なし）と比較すると、TYPE-4（添筋継手）が小さく、TYPE-3（Broom継手）が大きくなっている。TYPE-2（重ね継手）のたわみは、TYPE-1（継手なし）と数箇所における挙動が多少異なるものの、ほぼ同様の挙動を示している。TYPE-5（主鉄筋継手追加）のたわみは、他の4タイプと比較すると、主鉄筋方向に継手を有しているため、大きくなる傾向にある。

解析値との比較は、TYPE-1~4の配筋筋継手のみの形式のたわみが、180 kNと340 kN載荷時のいずれにおいて

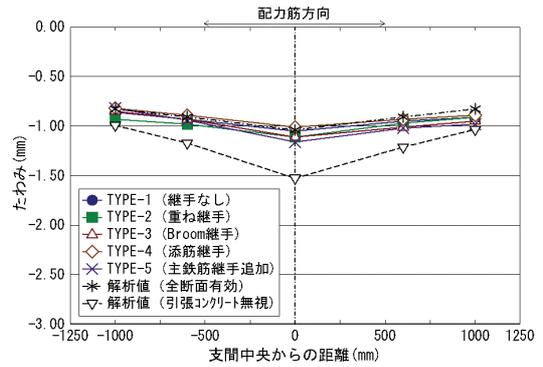


図6 載荷荷重とたわみの関係 (180 kN載荷時)

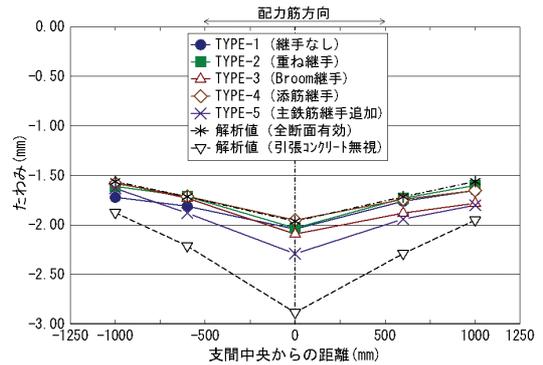


図7 載荷荷重とたわみの関係 (340 kN載荷時)

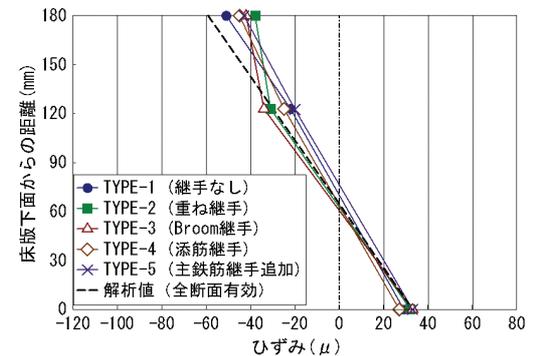


図8 配筋筋継手の変化による配筋筋方向ひずみの相違 (180 kN載荷時)

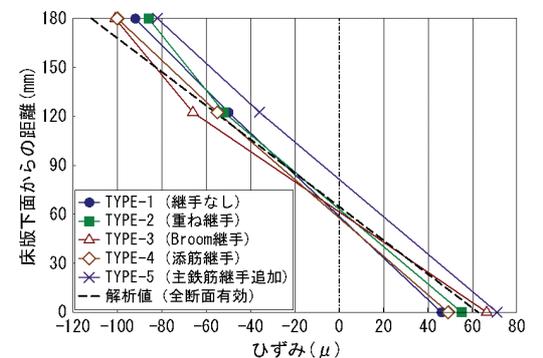


図9 配筋筋継手の変化による配筋筋方向ひずみの相違 (340 kN載荷時)

も、全断面有効モデルのたわみの解析値と一致している。TYPE-5（主鉄筋継手追加）のたわみは、180 kN載荷時には、全断面有効モデルの解析値とほぼ一致するものの、設計荷重のおよそ2倍である340 kNの荷重載荷時において

て、全断面有効と引張コンクリート無視モデルのたわみ解析値の中間である。

以上の結果から、TYPE-1～4の配力筋継手のみの形式は、180 kNおよび340 kNの載荷荷重時において、ほぼ同様の挙動を示し、全断面有効モデルの解析値とほぼ一致することがわかった。特に、TYPE-4（添筋継手）は、他の形式と比較すると、たわみを低減できる有効な継手形式であると考えられる。主鉄筋継手を有するTYPE-5（主鉄筋継手追加）は、設計荷重レベルでの使用において特に問題ない。

(2) 配力筋継手の変化によるひずみの相違

図5に示すように供試体の中央に180 kNと340 kNの荷重を載荷した場合の、配力筋継手の変化によるひずみの相違を図8, 9に示す。図8は、多点移動繰返し載荷試験を開始する前の静的載荷における180 kNの荷重を載荷した場合の配力筋方向のコンクリート・鉄筋・底鋼板のひずみである。図9は、載荷荷重の範囲を160kNとし10万回ずつ3載荷点に合計30万回載荷した後に、設計荷重のおよそ2倍である340 kNの荷重を載荷した場合の配力筋方向のコンクリート・鉄筋・底鋼板のひずみである。

図8, 9の180 kNおよび340 kNの載荷荷重における配力筋方向のひずみは、すべての継手形式がほぼ同様の挙動を示している。また、主鉄筋方向と配力筋方向のひずみ

の関係は、配力筋方向ひずみが、主鉄筋方向のひずみのおよそ25%になっている。解析値との比較は、180 kNと340 kN載荷時では中立軸が全断面有効モデルと概ね一致している。

以上の結果から、TYPE-1～4においては、中立軸に大きな移動がないため、340 kNの載荷荷重まで各部材の合成が保持されていることがわかった。TYPE-1～5の継手形式の変化によるひずみは、大きさに多少の相違はあるものの、ほぼ同様の挙動を示す。

(3) 配力筋継手の変化によるコンクリートひび割れ性状の相違

多点移動繰返し載荷試験の終了時における床版のひび割れ性状を図10に示す。TYPE-1～4の配力筋継手形式のみの床版ひび割れは、60万回の多点移動繰返し載荷が終了し、最大荷重が設計荷重のおよそ3倍である500 kNの多点移動繰返し載荷試験の開始直後に発生した。床版コンクリート上面のひび割れの発生個所は、TYPE-1（継手なし）とTYPE-2（重ね継手）が、プレキャスト部と継手部との境界部、および、継手部のリブ部において発生している。TYPE-3（Broom継手）は、500 kNの偏心配荷時に載荷点直下のプレキャスト部においてひび割れが発生している。TYPE-4（添筋継手）は、プレキャスト部と継手部との境界部にひび割れが発生していない。

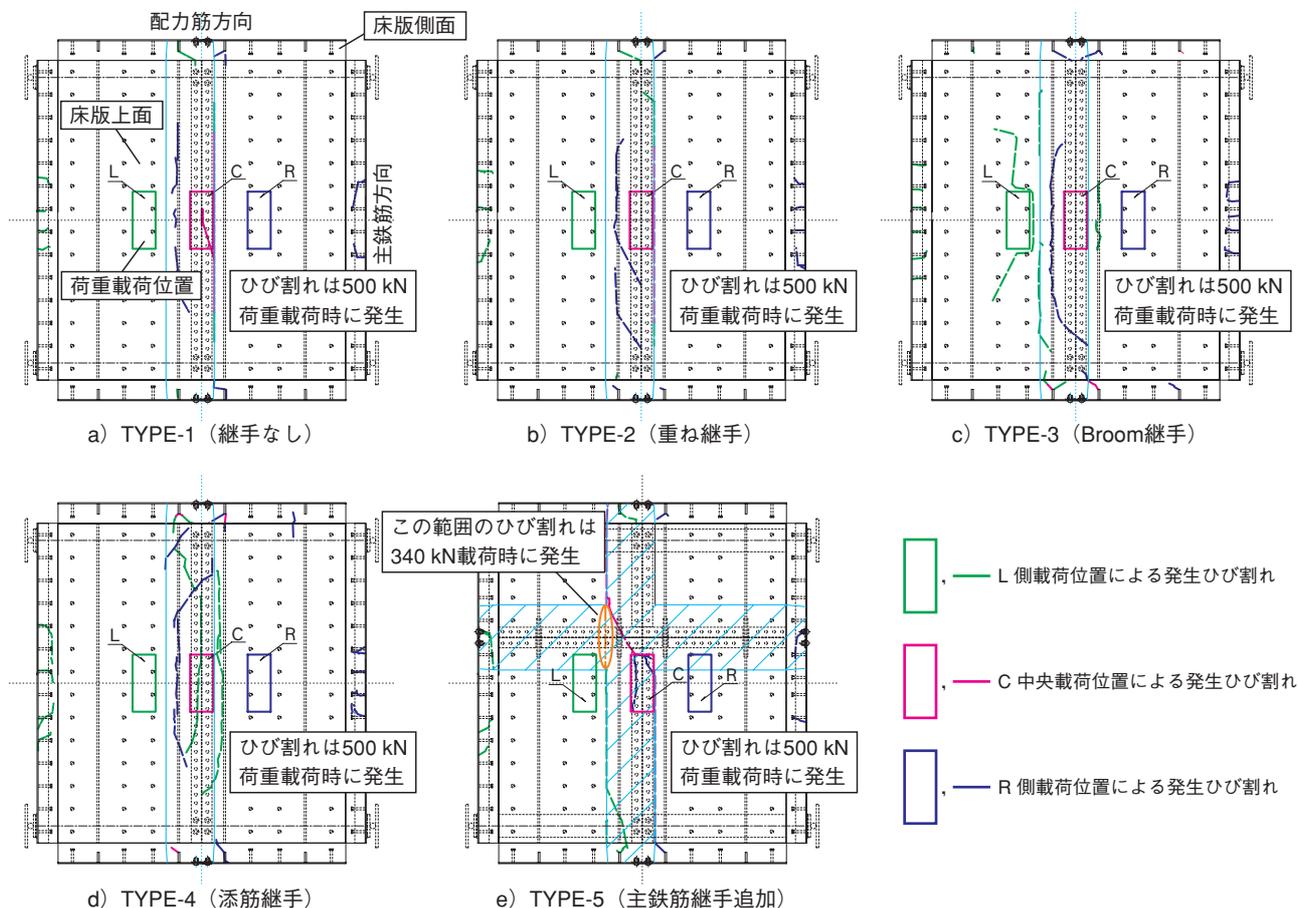


図10 配力筋の変化による床版のコンクリートひび割れ性状の相違

TYPE-5（主鉄筋継手追加）のひび割れは、主鉄筋継手と配力筋継手の交差部に設計荷重のおよそ2倍の荷重荷重である340 kNの荷重荷重時にひび割れが発生しているとともに、500 kNの荷重荷重時にプレキャスト部と継手部とのコンクリート境界部にひび割れが発生している。床版コンクリート側面のひび割れの発生箇所は、TYPE-1～4ともほぼ同様に、主鉄筋方向が支間中央部におけるスタッドが設置されている位置で、配力筋方向が、底鋼板の添接部におけるリブ頂部を起点にひび割れが発生している。TYPE-5（主鉄筋継手追加）は、橋軸方向に主鉄筋継手を有していることから、底鋼板添接部のボルト頂部からひび割れが発生している。

以上の結果から、TYPE-1～5の継手形式の床版コンクリートのひび割れは、偏心荷重において荷重直下のプレキャスト部にひび割れが発生している継手形式もあるが、設計荷重のおよそ2～3倍の荷重荷重時に床版上面と側面において発生していることから、設計荷重レベルでの使用において十分な耐久性を有していることがわかった。TYPE-4（添筋継手）は、プレキャスト合成床版の弱点であると考えられるプレキャスト部との境界部に、ひび割れが発生していないことから、床版コンクリートのひび割れに対しても有効な継手形式であると考えられる。

(4) 床版の破壊性状確認試験

多点移動繰返し荷重試験後、写真2に示す5 000 kNジャッキを用いて、TYPE-1～4の供試体の中央部に静的荷重による破壊性状確認試験を実施した。供試体を図11に示す様に切断したものを写真3、荷重荷重とたわみの関係を図12に示す。図12に示すように最終耐力は、TYPE-1（継手なし）とTYPE-4（添筋継手）がおおよそ700 kN、TYPE-2（重ね継手）とTYPE-3（Broom継手）がおおよそ600 kNであった。

破壊性状は、写真3に示すように破壊性状確認試験を実施しなかったTYPE-5（主鉄筋継手追加）において多点移動繰返し荷重試験後に、押し抜きせん断破壊が発生していた。TYPE-1～4についても押し抜きせん断破壊が発生していたものと考えられる。このひび割れ状態から破壊性状確認試験を実施したところ600～700 kNの荷重荷重により、写真4に示すように床版上面が沈下するとともに、主鉄筋方向が添接ボルトの頭部に沿って層状のひび

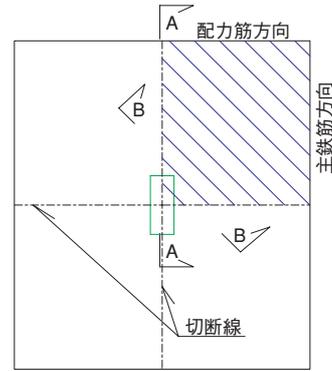


図11 供試体切断位置

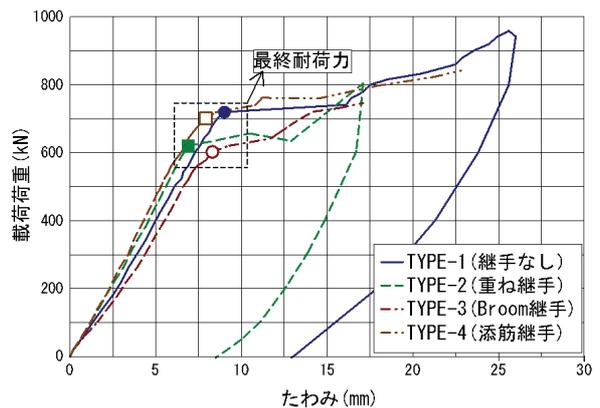


図12 配力筋継手の変化による最終耐力の相違 (変位計の都合で途中で計測を中止したものを含む)



A-A

a) 主鉄筋方向の破壊性状



B-B

b) 配力筋方向の破壊性状

写真3 配力筋継手の変化による破壊性状の相違

割れが発生している。それに対して配力筋方向は、荷重載荷点とリブの間にひび割れが発生し、そのひび割れがリブを伝って底鋼板まで到達している。破壊性状の相違は、TYPE-3 (Broom継手) とTYPE-4 (添筋継手) を、TYPE-1 (継手なし) とTYPE-2 (重ね継手) と比較とすると、TYPE-3 (Broom継手) とTYPE-4 (添筋継手) が、載荷荷重の直下において主鉄筋方向の添接ボルトの頭部に沿って、層状のひび割れが発生していることである。

以上の結果から、本試験の供試体と同様の床版支間3.0 mのプレキャスト合成床版は、少なくとも600 kN程度の荷重に対する最終耐荷力を有することがわかった。また、破壊性状において多少の相違があるものの、配力筋継手の変化による破壊性状はほぼ同様であることがわかった。



写真4 床版上面の押し抜きせん断破壊状況

4. まとめ

今回の多点移動繰返し載荷試験と破壊性状確認試験により、次のことが得られた。

- ① 今回の試験により、配力筋継手の継手なし形式、重ね継手形式、Broom継手形式、添筋継手形式の変化による断面性能、床版コンクリートのひび割れ、および、破壊性状はほぼ同様の挙動を示すことから、いずれの継手形状を採用してもよいものと考えられる。しかし、施工性や既往の研究³⁾などを考慮すると、現状ではプレキャスト合成床版の配力筋、主鉄筋ともにBroom継手が望ましいものと考えられる。
- ② 添筋継手形式は、たわみ、床版のひび割れ性状、最終耐荷力、および、施工性を考慮すると、プレキャスト合成床版に最も望ましい継手形式である。しかし、実用化を図るためには、輪荷重走行試験により耐久性などを検討することが望ましいものと考えられる。
- ③ 今回の試験を行ったすべての継手形式は、設計荷重のおよそ2~3倍の荷重載荷時に床版上面と側面にひび割れが発生していることから、設計荷重レベルでの使用において、十分な耐久性を有しているものと考えられる。

- ④ 今回の供試体と同様の床版支間3.0 mのプレキャスト合成床版は、少なくとも600 kN程度の荷重に対する最終耐荷力を有している。
- ⑤ 主鉄筋継手追加タイプの継手形状は、設計荷重レベルでの使用においては特に問題がない。ただし、より一層の耐久性の向上を図るためには、主鉄筋継手に今回の試験により優れた機能性を有していることがわかった添筋継手として用いた溶接金網などを、用心鉄筋として配置しておくこともひとつの方法である。

5. あとがき

今回は、プレキャスト合成床版における配力筋継手の変化による断面性能の相違、床版コンクリートのひび割れ状況および破壊性状を把握し、望ましい継手方法を選定した。既存の鋼I橋を点検すると、床版が損傷しているものの、主桁などの鋼部材が損傷していないものが多くみられることから、既に補修し再度損傷した床版を取り替えることにより、橋梁の長寿命化を図ることができると考えられる。そのためには、今回の研究においてプレキャスト合成床版に望ましいと考えられる添筋継手のより詳細な検討を行って、耐荷性、耐久性、経済性、施工性などに優れたプレキャスト床版を実用化することが重要である。最後に、本研究にあたり大阪工業大学の栗田章光教授には、多大なご指導をいただきまして、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 渡辺，街道，水口，村松，松井，堀川：鋼・コンクリート合成床版の開発と実橋への適用について，第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集，1998.11.
- 2) 庄中，大西，横山，関口，堀川：道路橋RC床版の疲労耐久性を評価するための試験方法について，第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集，2003.6.
- 3) 直野，戸川，藤井，谷口，堀川：プレキャスト床版のBroom継手構造の輪荷重走行による疲労耐久性(その1)，第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集，2003.6.
- 4) 街道，渡辺，橋，松井，堀川：鋼・コンクリート合成床版の輪荷重走行試験および3次元有限要素解析における疲労耐久性の評価，構造工学会論文集，2004.3.