

広幅員プレキャストPC床版縦継ぎ手構造に関する実験・解析検討

Experimental and theoretical studies on the longitude connecting method of precast prestressed slabs

鹿島孝之*, 江田徹**, 野上泰典***, 山本晃久****, 済藤英明*****, 武野 優*****
水口和之*****, 藤田真実*****

Takayuki KASHIMA, Toru EDA, Yasunori NOGAMI, Akihisa YAMAMOTO, Hideaki SAITO, Masaru Takeno
Kazuyuki MIZUGUCHI, Masami FUJITA

- *工修 川崎重工業(株) 鉄構・機器事業部 橋梁・水門総括部 (〒278-8585 千葉県野田市二ツ塚 118 番地)
- **工修 川崎重工業(株) 鉄構・機器事業部 橋梁・水門総括部 主事 (〒278-8585 千葉県野田市二ツ塚 118 番地)
- *** 川崎重工業(株) 鉄構・機器事業部 橋梁・水門総括部 (〒278-8585 千葉県野田市二ツ塚 118 番地)
- ****工修 川崎重工業(株) 鉄構・機器事業部 橋梁・水門総括部 グループ長 (〒278-8585 千葉県野田市二ツ塚 118 番地)
- ***** 川崎重工業(株) 関東技術研究所 構造システム研究部 (〒278-8585 千葉県野田市二ツ塚 118 番地)
- *****工修 (株)巴コーポレーション 取締役 橋梁設計部長 (〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-4-5)
- ***** 日本道路公団 名古屋建設局 建設第二部 構造技術課長代理 (〒460-0008 名古屋市中区栄 4-1-1)
- ***** 日本道路公団 名古屋建設局 建設第二部 構造技術課 (〒460-0008 名古屋市中区栄 4-1-1)

This paper describes the structural system, which has been developed by authors, to connect longitudinally separated precast prestressed slabs.

Each end fitting of pre-grouted tendon which is placed in the slab prior to casting concrete is connected to form the one solid structure.

Compared with the conventional method, the proposed method enables to be free from work of laying tendons and grouting on site and will contribute to improve the quality.

This paper also describes the result of experimental and theoretical studies which have been carried out to show the validity of the proposed connecting method.

key words : longitude connecting method, precast prestressed slabs, pre-grouted tendon

1. まえがき

近年、鋼橋建設の合理化・省力化や床版の耐久性向上等の観点から、プレキャストPC床版を有する少数合理化桁の建設が盛んに進められている。プレキャスト床版が広幅員の鋼橋に採用された場合、輸送時における重量や寸法等の制限により床版支間方向に分割する必要があるため、橋軸直角方向断面に、橋軸方向縦継ぎ手を設けることになる。

これまでの縦継ぎ手を設ける場合の接合方法は、グラウト施工を前提にした方法で行われてきたが、近年、グラウト施工不良等の問題が顕著化しているため、その改善策が求められている。

このような問題を解決するための対応策として、プレグラウトPC鋼線の採用が標準的となってきたが、プレグラウトPC鋼線を採用したプレキャストPC床版同士を接合した例は殆どなく、接合構造を確立することが急務となった。

そこで、これらの問題の一解決策として、あらかじめプ

レグラウトPC鋼線をプレキャストPC床版内に配置しておき、縦継ぎ手においてその端部同士をカップラーにより接続し、一体化する構造系を提案し、現地でのPC鋼線セット作業およびグラウト作業の省略、品質の向上を図った。

本文は実橋での適用を予定しているプレグラウトPC鋼線を採用したプレキャストPC床版同士の接合構造に関して、その妥当性を確認するために実施した実験と解析検討の結果をまとめ、実橋への適用について報告するものである。

2. 縦継ぎ手構造について

従来、広幅員のプレキャスト床版に縦継ぎ手構造が採用される場合、図-1に示すような床版縦継ぎ手構造を主桁上断面に設けている。あらかじめ床版内にシース管を配置しておき、鋼桁上に床版を敷設した後、シース管を接続してPC鋼線を配置し、間詰めコンクリート打設、PC緊張お

よびグラウト施工を行う構造である。

プレキャスト PC 床版の支点上の設計は、梁モデルによる計算と道示式とから断面力を算出し、全断面有効として上下縁の応力度を照査し、コンクリートに生じる応力度を引張応力度以内としている。しかし、縦目地部においては上縁に引張応力を許すと、床版の耐久性に影響を与えると考えられるため、引張応力を発生させない考え方でフルプレストレスとしている。

今回提案する図-2に示す接合構造は、従来の構造と比べ、縦継手部にPC鋼線の接続具が存在し、それを覆うシース管の径も大きくなり、緊張時には断面欠損部の大きい中空構造となる。そのため、この中空構造が原因で、目標とした部位に所定のプレストレスが導入されず、供用時に縦継ぎ手部において計算値どおりの応力分布性状を示さないおそれがある。

本検討では、継手部の強度が確保されていることを確認するため、以下の項目に着目して実験・解析検討を行う。

- ① プレストレス導入時にシース部は中空となるが、目標とした部位に所定の応力が導入され、かつ局部的に過大な応力が発生していないこと。
- ② 負曲げ載荷試験を実施しても縦継手部において破壊が生じず、梁モデル計算値どおりの応力分布性状が示されること。

なお、本文中の梁モデル計算値とは、前述の縦継手部の設計法で算出した活荷重載荷時の計算値を示す。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

実験供試体は、橋軸方向幅が実橋相当サイズの9000×300（ハンチ部は370）×2170である。1枚当たり4350×300×2170の寸法を持つプレキャストパネル2枚を並べ、あらかじめ配置しておいたPC鋼線の端部同士をカップラーにより接合し、間詰めコンクリート打設後PC鋼線を緊張することにより一体化した。PC鋼線はプレグラウトタイプのシングルストランドφ21.8のものを供試体幅2.17mに10本配置し、1本あたり358kNのプレストレスを導入した。また間詰めコンクリートは、プレキャスト床版と同等の設計基準強度（50N/mm²）を持つ早強コンクリートとしている。実験供試体の断面図を図-3に示す。

2.2 載荷方法

載荷方法を図-4に示す。供試体を上下反転させ、主桁を想定した治具を介しハンチ部に1点静的負曲げ載荷を行う。供試体の支持条件は単純支持とし、継手部に与える負曲げモーメントに着目した載荷を行った。

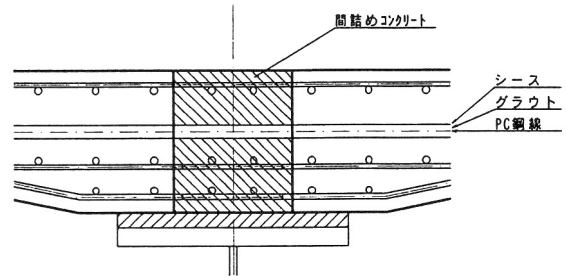


図-1 従来の接合構造

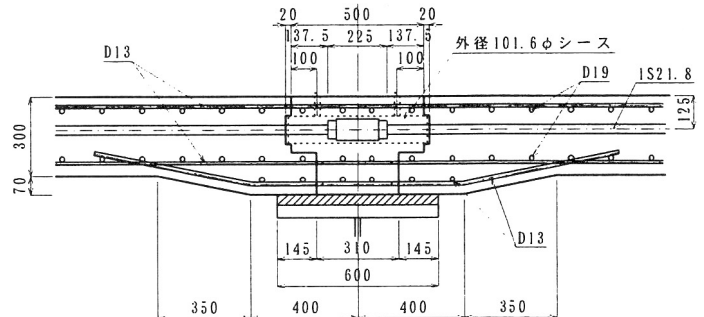


図-2 今回提案の接合構造

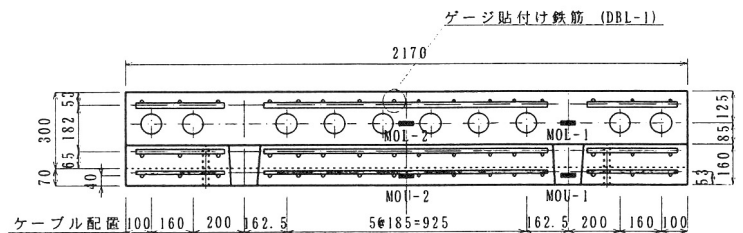


図-3 実験供試体断面図

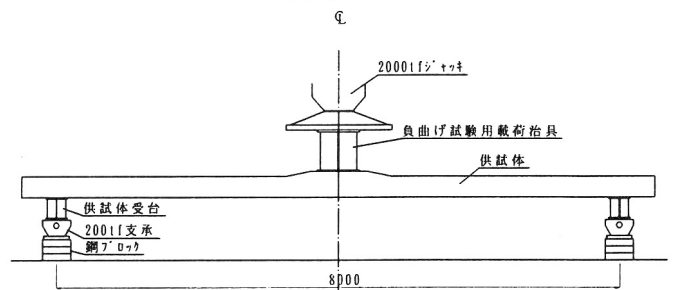


図-4 載荷方法

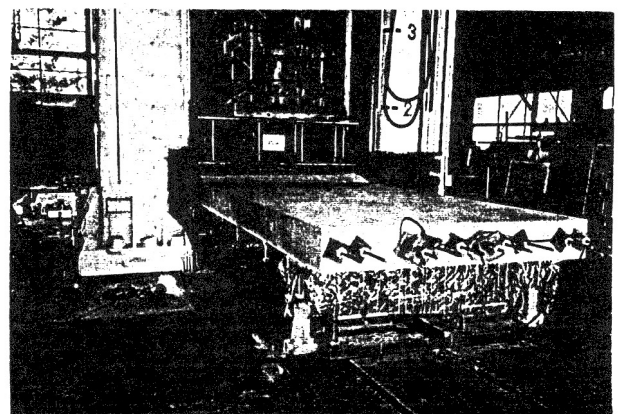


図-5 載荷状況

2.3 使用材料

プレキャスト床版および間詰め部に使用したコンクリートの設計基準強度は50N/mm²とした。

プレキャスト床版、間詰めコンクリートとも早強セメントを使用し、プレキャスト床版については打設後蒸気養生を行った。プレキャスト床版の示方配合は表-1に示すとおりである。また載荷実験実施日における材料試験結果を表-2に示す。

PC鋼線はプレグラウトタイプとした。表-3にPC鋼線の仕様を示す。

表-1 示方配合表

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント比 (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
20	10±2.5	4.0±1.5	48.0	46.2	161	336	839	982	0.89

表-2 コンクリート材料試験結果

材齢	プレキャスト床版			間詰めコンクリート		
	圧縮強度	引張強度	静弾性係数	圧縮強度	引張強度	静弾性係数
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
21日	-	-	-	75.0	4.5	3.76×10 ⁴
27日	60.6	4.5	3.39×10 ⁴	-	-	-

表-3 PC鋼線の仕様

種類	呼び名 mm	断面積 mm ²	引張荷重 kN以上	降伏荷重 kN以上	伸び %以上	リラクゼーション (1000時間)	シース最大径 (φ) mm以下	シース厚さ mm	単位重量 g/m
19本より	21.8	243.7	588	549	6.0	1.2以下	36	1.3	2810

3. 実験結果と考察

3.1 PC鋼線緊張時

本実験で着目しているような床版の負曲げ領域では、所定のプレストレスが導入されていなければ設計値以下の荷重でひび割れが発生し、雨水等の侵入により床版耐久性の低下につながると考えられる。本実験供試体では、PC鋼線接合部のカップラーをシース管で覆い、シース内にグラウトを注入する構造となっている。そのため、緊張時にこのシース管部分の中空構造が原因で、応力低下を引き起こす可能性がある。この点を実験と解析とにより検討した。

まず、PC鋼材緊張時に導入された供試体中央断面の応力分布を測定し、さらに解析はソリッド要素を用いた立体FEM解析を行った。実験値の応力は、PC鋼線緊張前後に記録したひずみデータの差にヤング係数 E = 31057N/mm² を乗じて求めた。解析モデルは図-6に示すように、本床版構造の対称性から橋軸直角方向に短冊状に切ったモデルとしている。またシース部分は中空とした。

結果を図-7に示す。同図より、鉄筋応力およびモールドゲージにより測定した床版内部の応力はFEM解析結果とよく一致しており、シース管による断面欠損部分の影響もほとんどないことがわかった。また、これらの値は梁モデルにより算出した計算値ともよく一致している。

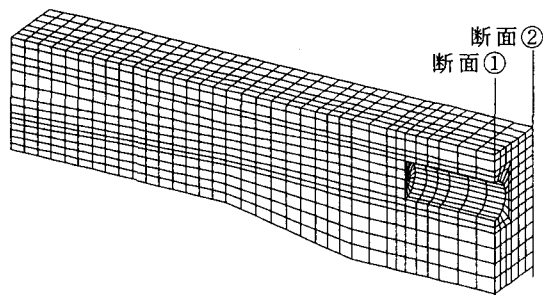


図-6 立体FEM解析モデル

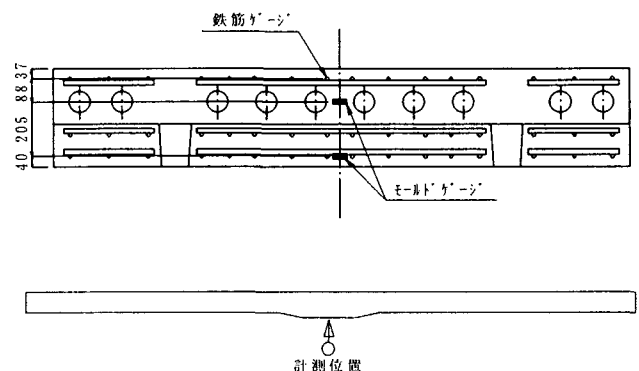
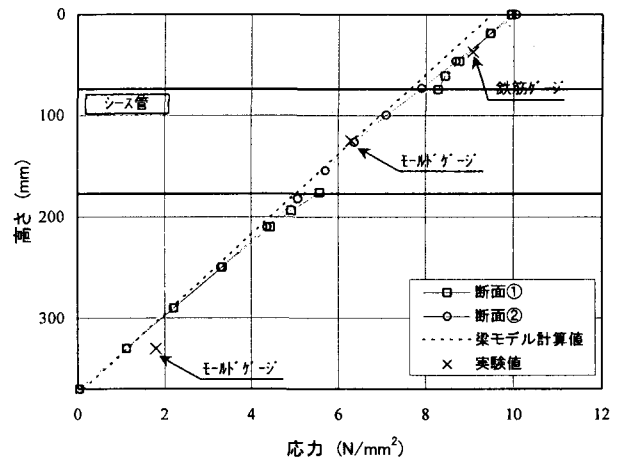


図-7 PC鋼線緊張時の断面内応力分布

3. 2 負曲げ載荷実験

縦継ぎ手部において、破壊が生じず、梁モデルによる計算値どおりの応力分布性状が示されることを確認するため、負曲げ載荷試験を実施した。以下にその実験結果を示す。

(1) 鉛直変位

図-8に床版の鉛直方向変位を示す。ここで、鉛直変位は床版支間中央部で計測した2点の平均値である。

同図より、梁モデルによる計算値 136kN までは荷重と変位の関係は線形を示していることが確認できる。約 170kN から非線形性が現れている。137kN~186kN かけて供試体のひび割れ確認を行ったが、プレキャスト床版部に 0.04mm 程度のひび割れが発生しており、これに起因した曲げ剛性の低下によるものと思われる。しかしながら、ひび割れ発生後も除荷時にプレストレスの効果によりひび割れが閉じるため、残留たわみは 5mm 程度であり、再び弾性挙動を示していることがわかる。

(2) 設計荷重載荷時応力分布

梁モデルによる計算値まで載荷した状態での実験供試体の内部応力分布を図-9に示す。実験値と梁モデルによる計算値とはほぼ一致しており、梁モデルによる計算値の荷重載荷時においても、今回の縦継ぎ手構造は問題のない構造であることが、応力分布性状から確認できる。

(3) 終局状態

実験供試体は、ハンチ部から一般部への断面変化位置(断面②)で終局耐力計算値②より約 25%低い 370kN で圧壊したが、これは断面②が応力集中を受ける部分であることが破壊荷重低下の原因であると思われる。しかしながら、圧壊位置では設計値②に対して十分な安全率を有している。

図-10に終局時におけるひび割れ発生状況を示す。186kN 載荷時にプレキャスト床版部に微細なひび割れが最初に確認され、荷重増加に従い、ひび割れ幅、本数とも増加する傾向が見られたが、プレストレスの効果で除荷時にはほとんどのひび割れが閉じていた。また終局状態に至っても間詰めコンクリート部にはひび割れがほとんど発生しなかった。

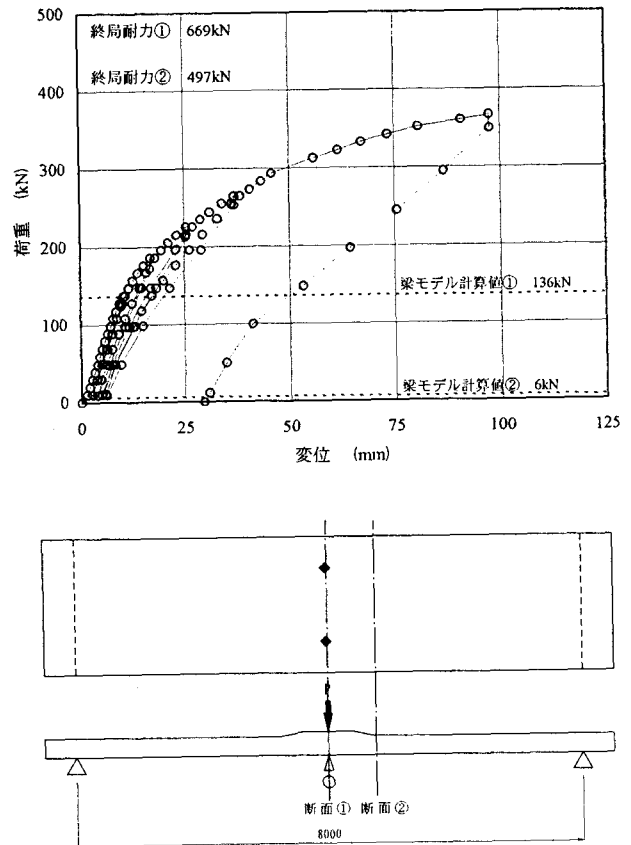


図-8 床版鉛直変位

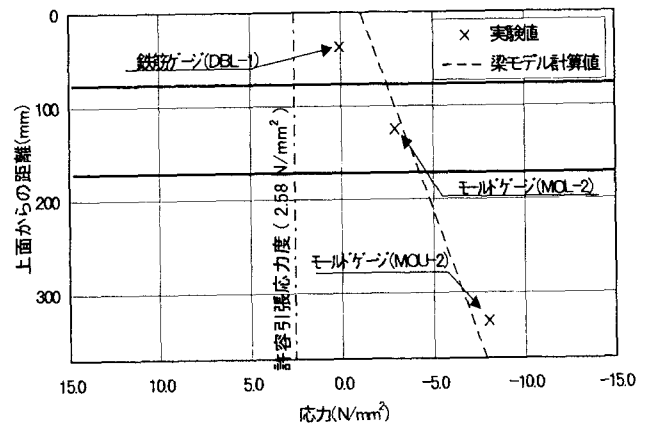


図-9 設計荷重作用時の応力分布

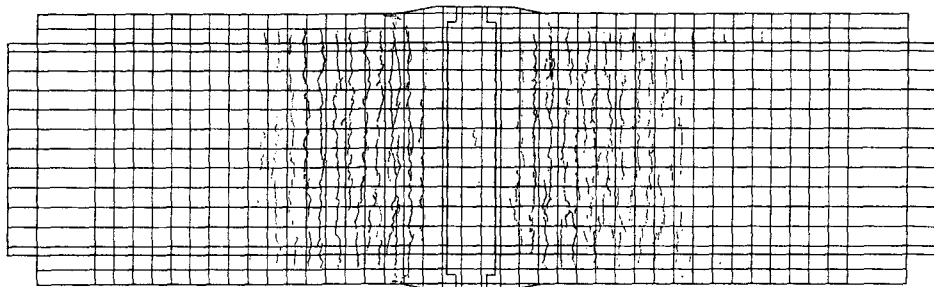


図-10 終局時のひびわれ状況

4. 実橋への適用

4.1 対象橋梁

今回検討を行ったプレキャストPC床版縦継ぎ手の構造を採用予定である第二名神高速道路桑名高架橋西工事の桁の標準断面を図-11に示す。また、本橋の施工範囲の中で広幅員プレキャスト床版縦継ぎ手の範囲を図-13に示す。縦継ぎ手を採用する範囲はP8-P9間の1径間16パネルである。

本橋で実際に適用した縦継ぎ手構造は図-12に示すように、前述の検討した構造からPC鋼線の接続具、シーす管に多少変更を加えている。しかし、プレグラウトPC鋼線を接続具でつなぎ、シーす管を取り付け、間詰めコンクリートを打設後、緊張を行い、緊張時に中空となる構造には基本的に変更なく、実験結果は実橋に適用予定の構造でも同様の傾向を示すと考えられる。なお、本橋のプレキャスト床版縦継ぎ手の施工はH13年2月頃を予定している。

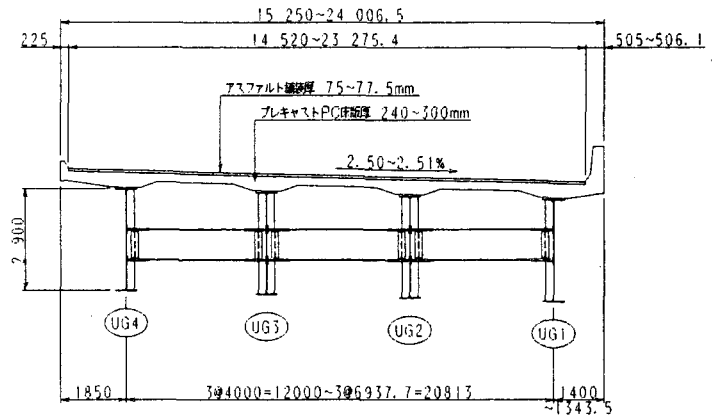


図-11 桑名高架橋の標準断面

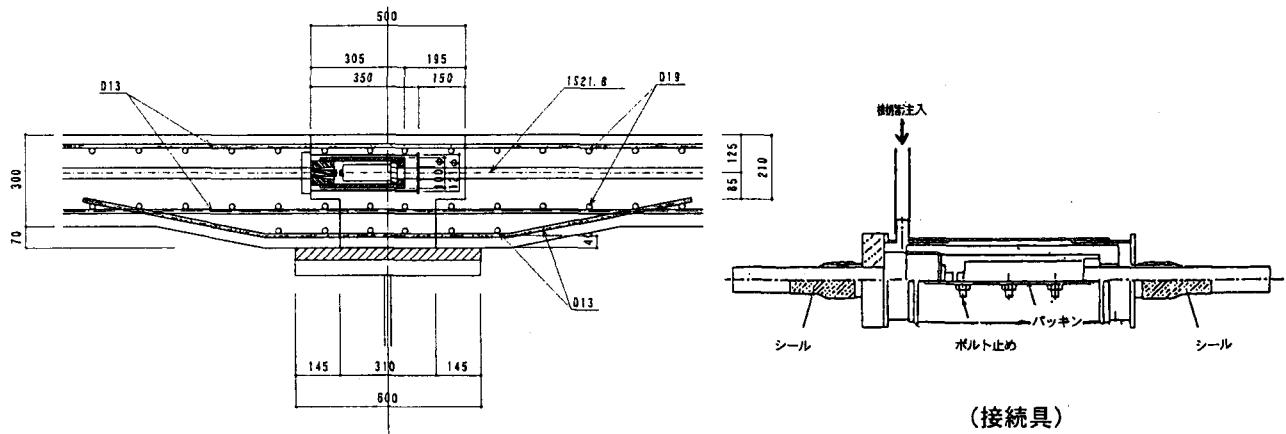


図-12 本橋の縦継ぎ手構造

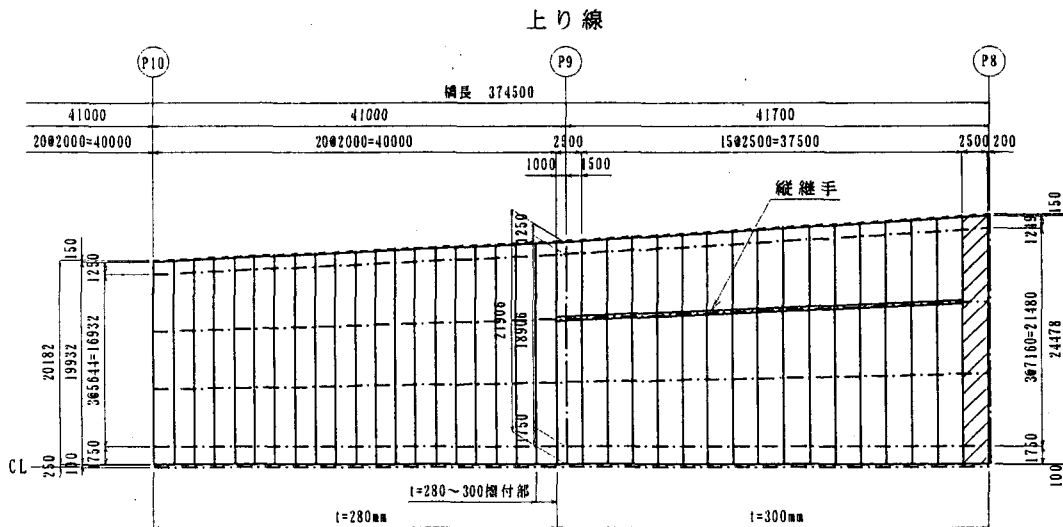


図-13 本橋の縦継ぎ手範囲

4. 2 実橋での縦継ぎ手施工手順

実橋での本縦継ぎ手構造の施工手順を以下に示す。

- ① 分割版を主桁上の所定位置に搭載する。
- ② 平面的な位置決め後、高さ調整ボルトにより所定の高さにセットする。
- ③ 接合具の接続
 - ・第2ブロック側のPC鋼線グリップを予め所定位置まで確実に引き出しておく。
 - ・第2ブロック側のカプラーを回しながらねじ込む。
- ④ シース管のセット
 - ・接続した接合具に半割れ状態の透明シース管をセットする。
- ⑤ シース管内にエポキシ樹脂を注入し、グラウトされることを確認する。
- ⑥ 間詰め部の配筋
 - ・橋軸方向、橋軸直角方向の鉄筋を配筋する。
- ⑦ 接合部の調整モルタル打設
 - ・床版と上フランジ上面との間に高さ調整モルタルを充填する。この時、他の桁についてはモルタル充填しない。
- ⑧ 間詰めコンクリート打設
 - ・間詰めコンクリート（早強ポルトランドセメント）を打設する。
- ⑨ プレストレス導入（緊張作業）
 - ・単径間側からPC鋼線を緊張する。
- ⑩ 接合部以外の高さ調整モルタルを打設。

5. まとめ

本実験・解析検討は、第二名神高速道路桑名高架橋西工事において、現地でのPC鋼線セット作業及びグラウト作業の省略、品質の向上を図るため、分割されたプレキャストPC床版内に配置したプレグラウトPC鋼線の端部同士を接合具にて一体化する接合構造を提案し、実験・解析検討を行った。その結果、以下に示す検討結果を得たため、本接合構造の妥当性が検証されたと考えられる。

- (1) プレストレス導入時に中空構造により影響されると思われた応力分布等の乱れは FEM 解析結果および実験結果ともに認められず、設計値どおりのプレストレスが導入されたと考えられる。
- (2) 負曲げ載荷試験を実施し、設計荷重を載荷しても、縦継手部において異常は認められず、梁モデルによる計算値とほぼ同等な応力分布性状が示された。

参考文献

- 1) (社)土木学会：コンクリート標準示方書（平成8年度版）設計編，1996
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1996.12
- 3) (財)高速道路技術センター：第二東名・名神 鋼少数主桁橋の設計・施工指針（案），1998.3

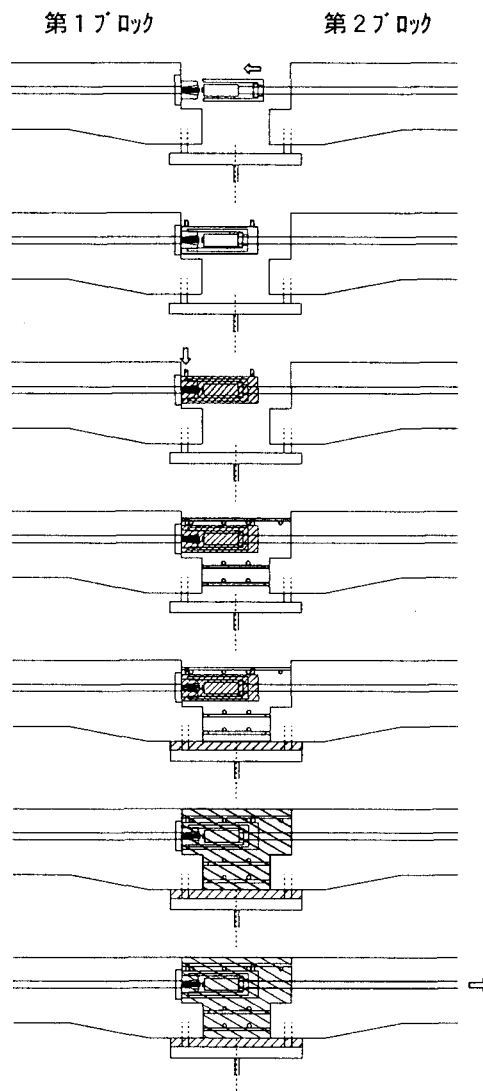


図-1-4 施工手順