

PC5 径間連結コンポ橋の施工

— 東海環状下宮高架橋南 PC 上部工事 —

5-Span Continuous Connected Composite Prestressed Concrete Bridge

辻 浩次*¹ 藤井 清*²

概 要

本工事は岐阜県神戸町下宮地内に、橋長 187.5m の PC5 径間連結コンポ橋を施工するものである。PC コンポ橋とは、工場で作成した主桁を分割製作し現場にて接合架設し、その上に場所打ちコンクリートを施工した合成床版であり、当社としては本構造形式の橋梁施工は初めてとなる。

ここでは本橋の施工のうち、セグメントの製作・セグメントの接合緊張・主桁架設・主桁小運搬・PC グラウトの施工について報告する。

key words : PC コンポ橋、軌条、桁小運搬、下げ越、暑中グラウト、保冷車

1. はじめに

当工事は名古屋環状道路の最外殻となる東海環状自動車道（愛知県豊田市～岐阜県岐阜市～三重県四日市市）のうち、すでに供用されている名神高速養老 JCT～大垣西 IC より先の、大垣西 IC～大野神戸 IC 区間における橋梁工事である。本路線は東名、名神、中央道や東海北陸道とのアクセス道路として、また名古屋圏の海拔ゼロメートル地帯を迂回する災害に強い道路として計画されている。

本路線には橋梁形式としてコンポ橋が多く選定されており、当工事は同種橋梁（PC5 径間連結コンポ橋）が 6 工区同時に発注された工事のうちの一つの工事である。

PC コンポ橋とは、工場にて主桁をプレキャストセグメント工法によりトレーラーで運搬可能な大きさに分割製作し、現場に搬入したセグメントを接合・緊張して架設、架設した主桁間にプレキャスト PC 板を敷設し、その上に場所打ちコンクリートを施工し合成床版とした合成桁橋である。

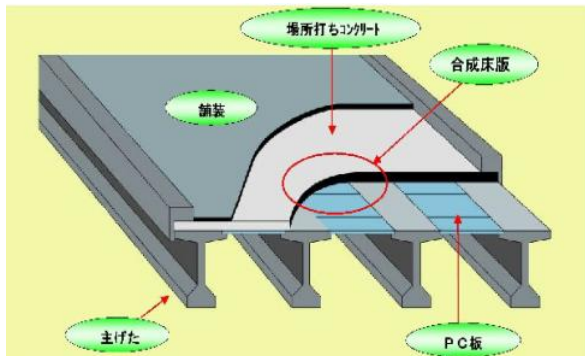


図-1 PC コンポ橋 概要図

従来の合成桁橋に比べて、現場内での主桁製作が無く、桁間床版部に埋設型枠としてプレキャスト PC 板を使用するので、現場作業の軽減・現場工程の短縮が図れる。また工場製品による主桁及び PC 板の品質の確保が容易となる。

PC コンポ橋の現場での施工手順は、現場搬入したセグメントを軌条上で接合・緊張し、主桁を架設する。主桁架設後 PC 板を敷設し、各径間の中間横桁と端支点横桁を施工する。その後、連結床版部を除く床版の施工を行い橋体の残留挙動を減らした後に、連結横桁と連結部床版を施工して、単純桁から連結桁へと構造系を変化させる。

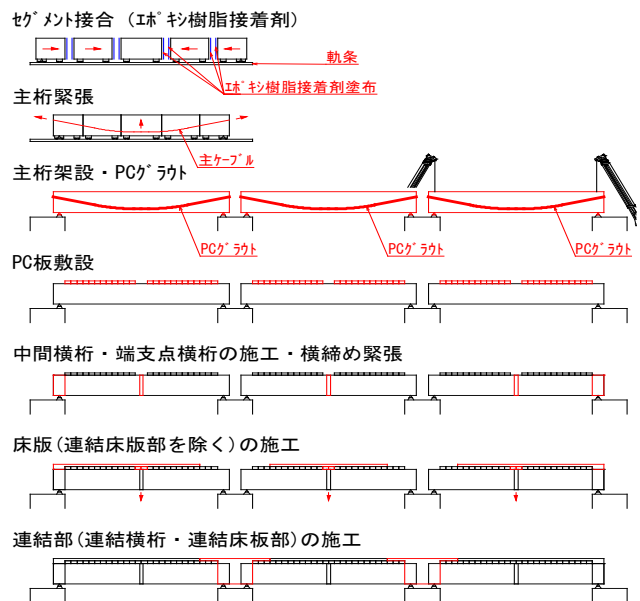


図-2 PC コンポ橋 施工ステップ図

*1 Koji TSUJI

名古屋支店工事部

*2 Kiyoshi HUUJI

名古屋支店工事部

2. 橋梁概要

2.1 橋梁諸元

本橋の橋梁諸元を以下に示す。

表-1 橋梁諸元及び使用材料

道路規格	第1種 第2級 B規格		
構造形式	PC5径間連結コンボ橋		
橋長	187.500m		
支間	36.700m+3@37.500m+36.600m		
有効幅員	10.750m~13.000m		
縦断勾配	0.5810%		
横断勾配	4.937%~5.000%		
使用材料	コンクリート	主桁、PC板 $\sigma_{ck}=50N/mm^2$ 横桁、床版、壁高欄 $\sigma_{ck}=30N/mm^2$	
	鉄筋	SD345	
	PC鋼材	主ケーブル	SWPR7BL 12S15.2
		横締め	SWPR19L 1S21.8
PC板		SWPR7AL $\phi 9.3$	

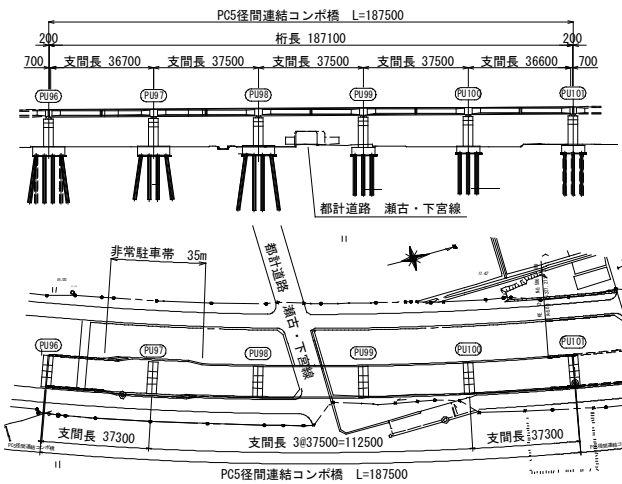


図-3 下宮高架橋南 側面図 平面図

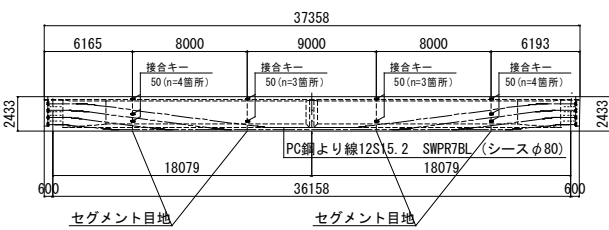


図-4 主桁側面図

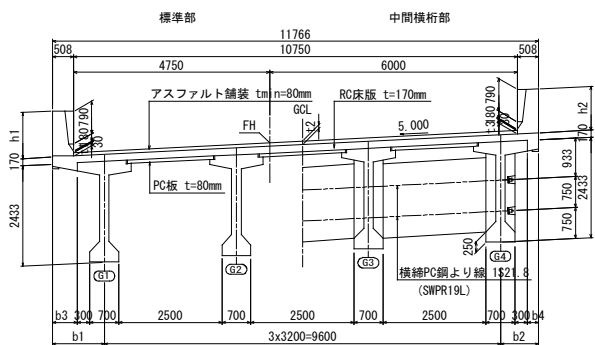


図-5 断面図

2.2 施工概要

現場施工に先立ち、セグメントの製作を工場にて行った。製作にあたっては、事前に各種材料の仕様や配置位置を計画し、施主の承諾を得て製作開始した。全20桁分のセグメントの製作に3ヶ月半を要した。

本橋での桁架設作業は、セグメント (L=6.1m~9.0m) 5個 (約22t/セグメント) をトレーラー5台で搬入し、現場内に設置した軌条上で接合・緊張し、ひとつの主桁 (桁長37.3m 重量約110t/桁) を組立て、クレーン2台(400t吊・220t吊)での相吊りで桁架設を行い、予め橋脚上に仮置きしておいた支承とボルト接合にて固定した。



写真-1 セグメントの接合状況



写真-2 架設状況

主桁一つを構成するセグメント5個の搬入から接合・緊張・架設・転倒防止というサイクルを1日で行い、5径間、全20主桁の施工を8月下旬から9月下旬の約1ヶ月間で行った。

主桁内に配置した主ケーブルのPCグラウトは、PC鋼材の早期防錆のため、暑中グラウトとなる9月中旬から注入を行った。暑中グラウト対策として、また安定した流動性を確保するため、練り混ぜ水と結合剤 (超粘粘性型グラウト 太平洋ハイジェクター) 材料の温度低減を行い、PCグラウト練り上がり温度を制御して施工した。またPCグラウト注入は真空ポンプも併用した。



写真-3 真空ポンプ

3. 施工

3.1 セグメント製作

(1) 下げ越し・桁製作長

セグメントの工場製作にあたって、死荷重やプレストレス・クリープ・乾燥収縮など、桁完成後以降の主桁の累計変形量の逆数分を補正した値で、上げ越し、または下げ越し値を設定しセグメント製作を行う。設計計算書より本橋では全ての桁が下げ越しであった。各径間中央の位置における下げ越し値に対して、二次曲線で支点側に擦り付けた。また下げ越し値は、設計計算書でのコンクリートの弾性係数 ($E_c=3.30 \times 10^4 \text{N/mm}^2$) に対して、セグメントの製作工場でのコンクリートの弾性係数の実績値 ($E_c=4.50 \times 10^4 \text{N/mm}^2$) で補正した値を使用した。

表-2 セグメント製作時の径間中央の下げ越し値

桁番号	PU96-PU97	PU97-PU98	PU98-PU99	PU99-PU100	PU100-PU101
G1	-25.4	-24.1	-14.2	-14.7	-21.5
G2	-24.7	-22.0	-11.8	-12.3	-18.6
G3	-25.4	-20.8	-11.9	-12.1	-18.4
G4	-24.8	-18.2	-14.7	-14.1	-21.0

桁製作長についても、プレストレスやクリープ・乾燥収縮による変形に対して、所要の時期に桁端面が設計の位置となるよう、設計長さに補正值を加算した値に設定した。桁製作長補正值は、各径間でのプレストレスによる弾性短縮量および、端支点径間の端支点側にはクリープ・乾燥収縮量を加算した。また下げ越しと同様、桁製作長補正值はセグメント製作工場でのコンクリートの弾性係数の実績値で補正した値を使用した。

表-3 桁製作長補正值

径間	起点側			終点側		
	弾性短縮	クリープ 乾燥収縮	合計	弾性短縮	クリープ 乾燥収縮	合計
PU96-PU97	3.7	26.5	30.2	3.7	-	3.7
PU97-PU98	3.6	-	3.6	3.6	-	3.6
PU98-PU99	3.0	-	3.0	3.0	-	3.0
PU99-PU100	3.0	-	3.0	3.0	-	3.0
PU100-PU101	3.1	-	3.1	3.1	24.7	27.8

(2) 本設材

セグメントに埋設する本設材料として、PC 定着具・シース上支承・鉄筋・接合キー・排水装置用インサートがある。

鉄筋に関しては、セグメントから突出する鉄筋は全て防錆処理材を工場で塗布した。また上フランジから突出する鉄筋が一部長すぎて、トレーラーでの運搬ができないため、鉄筋加工形状の変更を施主と協議し実施した。シースはポリエチレンシースを採用した。ポリエチレンシースは鋼製シースよりも外径が大きいいため、セグメントの鉄筋とシースが一部干渉する。これについても鉄筋の加工形状の変更を施主と協議し実施した。その他鉄筋と他の材料との干渉がないか等、セグメント製作開始前に図面の十分な照査が必要である。また各本設材料とも仕様・メーカーを決定し、製作開始前に施主に承諾を得ておく必要がある。

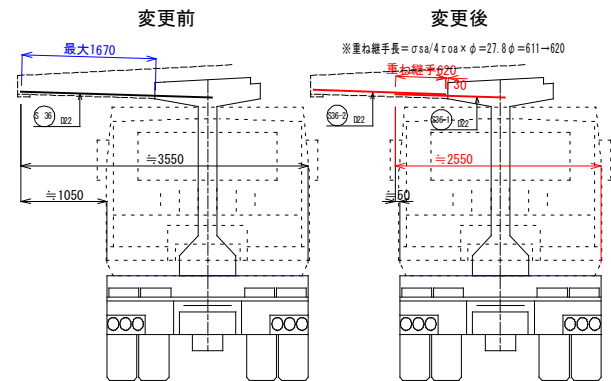


図-6 鉄筋加工形状の変更例概略図

(3) 仮設埋設物

セグメントの工場製作にあたって、製作前に現場施工が必要となる足場支保工や型枠などで使用するインサート等、また PC グラウトの充填センサーや排気ホースなど仮設の埋設物の仕様と配置位置を全て決定し、製作工場に指示しなければならない。本橋では特に桁に後施工アウターの施工は原則禁じられていたため、セグメントの製作指示を出す時点で、仮設の詳細計画ができていなければならない。工期当初時点での綿密な施工計画がより重要である。本橋で埋設した、仮設埋設物を以下に示す。

表-4 セグメントに埋設した仮設埋設物

埋設物	使用目的	配置位置
MSセンサー	PCグラウト充填度の計測	各PCケーブル両端2か所
グラウトホースφ19	PCグラウトの注入・排出	各PCケーブル縦断線形変曲点
ケレンスタブφ36	桁吊治具	各桁端部2か所
PC鋼線	セグメント吊治具	各セグメント上端面部の2か所
単管ジョイント	セグメント取卸し時の親綱支柱の基礎	各セグメント上端面部の2か所
単管ジョイント	桁架設後の桁上の手摺の基礎	耳桁セグメント上の各所
箱抜き型枠	ダイヤフラム打設孔	上フランジ
M16インサート	標準部腕木接続用	耳桁上フランジ下面 @1200
M16インサート	拡幅部腕木接続用	拡幅部耳桁ウェブ側面 @900
M16インサート	腕木類材接続用	耳桁下フランジ側面 @1200
M16インサート	中間横桁支保工(ビティービーム)固定用	下フランジ側面
M16インサート	アングルフラット固定用	端支点横桁耳桁ウェブ
M12インサート	下部張出足場接続用	耳桁下フランジ側面 @900
M12インサート	下部張出足場吊り用	耳桁上フランジ下面 @1800
M12インサート	ネット防護のアイベルト接続用	下フランジ側面 @900
M12インサート	板張り防護の吊りチェーン固定用	交差道路上下フランジ側面 @900
M12インサート	主ケーブル切欠き部の型枠固定用	小口断面 @300
M12インサート	中間横桁横縁切欠き部の型枠固定用	中間横桁耳桁ウェブ
M12インサート	横桁型枠サポート固定用	ウェブ側面

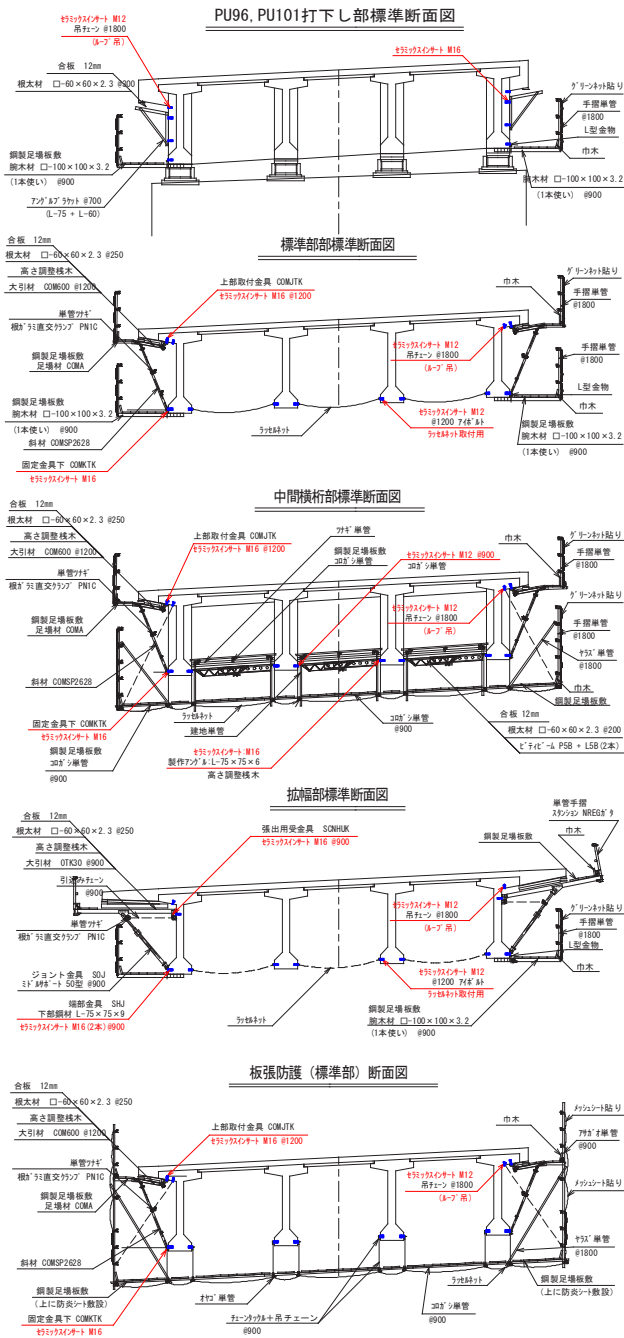


図-7 仮設計画断面図

(4) 打継処理

セグメントの打継処理実施箇所を、以下に示す。

- ・セグメント天端全面（床版との打継面）
- ・各横桁との打継面
- ・連結横桁との打継面
- ・主ケーブル及び中間横桁横締め の定着切欠き部
- ・伸縮装置切欠き部

桁製作工場によっては、連結横桁に入る主桁小口面や横桁部に入る上フランジ下面・PC 定着切欠き部については、慣例的に打継処理を行わない場合があるので、事前の確認・工場への実施指示を行っておかなければならない。

3.2 セグメント接合・緊張

(1) 軌条設置

軌条の設置に先立ち、軌条設置予定箇所の地耐力試験を簡易支持力測定器（キャスポル）にて行った。主桁はプレストレス導入により 60mm 程度支間中央が浮き上がる。そのため、主桁自重は桁端部の重量台車 2 か所のみで載荷されることから、桁端部 2 点支持状態における荷重に耐えうる地耐力があるかを確認した。軌条は水平に配置し、下げ越し等の微小な高さ調整は、台車上のキャンパー等で行った。

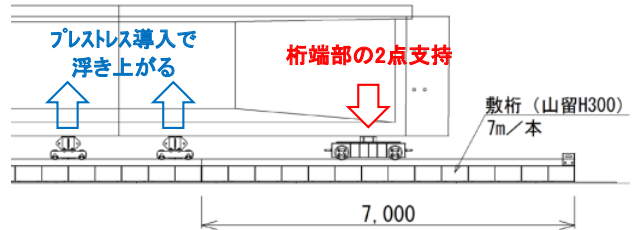


図-8 軌条設置概略図

(2) セグメント接合

5 個のセグメントを台車上に配置後、セグメント接合面両面にエポキシ接着剤(アドガード PC-1 湿気硬化型)を、塗布厚 1mm 程度で均等に塗布した。主ケーブルスライス内に、エポキシ接着剤が流入しないよう、ポリエチレンスライス接合部にはセグメントカップラーを配置した。セグメント接合面にエポキシ接着剤の塗布・セグメントカップラーと接合キーの配置完了後、セグメントの引き寄せ接合をレバブロックで行う。

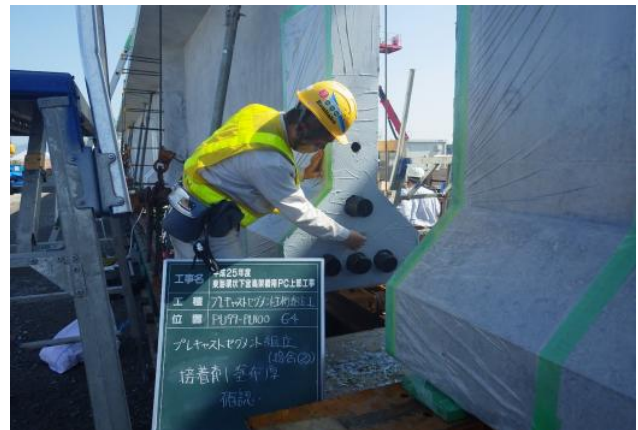


写真-4 エポキシ接着剤塗布・セグメントカップラー配置

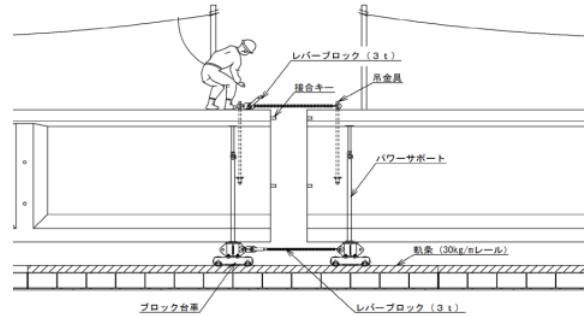


図-9 セグメント引き寄せ要領図

(3) 緊張

5 個のセグメントの接合完了後、主ケーブルを挿入・緊張作業を行う。コンボ橋での主ケーブル緊張の場合、1 本目の緊張時点では、セグメントの 4 つの接合面は接しているだけで接合面の曲げ剛性はない状態で緊張を開始する。そのため主ケーブルの緊張順序の設定は、特に剛性の弱い平面方向に変形が出ないことを優先するため、平面線形が直線となるケーブルを最初に緊張することを最優先とし、次に縦断線形勾配の緩いケーブル、断面図芯に近いケーブルの順に、緊張順序を設定した。

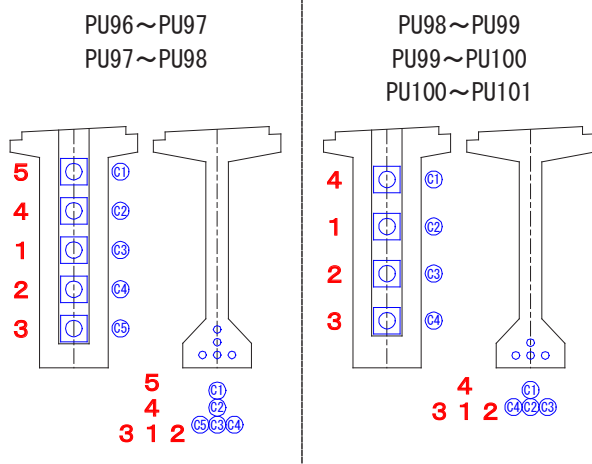


図-10 主ケーブル緊張順序図

緊張管理でのケーブル伸び量の計測は、通常の高張端での伸び量の計測に加えて、緊張によって収縮される 4 つの接合面での収縮量も測定し、緊張端で計測した伸び量から収縮量を控除して、緊張管理での伸び量測定値とした。また緊張作業中は、主桁の高さ方向と横断方向のたわみを測定した。高さ方向のたわみについては設計計算書の値と大きく差異がないか、横断方向については大きな変形が起こっていないかを確認しながら緊張作業を行った。

3.3 桁架設

桁架設に先立ち、下部工橋脚天端の支承アンカーボルト用の箱抜き位置及び沓座モルタル座掘りの出来形及び位置確認を行った。特に支承アンカーボルトの箱抜き位置や箱抜きの傾きについては、箱抜き半径とアンカーボルト半径の差以上の誤差があると、支承アンカーボルトと下部工コンクリートとの干渉により桁架設ができなくなる。そのため、事前の支承アンカーボルト箱抜きの位置・出来形確認を行い、桁製作長補正を考慮した桁長において、桁配置が可能であるかの確認が重要である。本橋においては、支承アンカーボルト箱抜き出来形不良が一部あり、施主と協議の上、下部工業者による下部工箱抜きの再施工と支承アンカーボルトの位置の変更を行うことで対応した。

桁架設は、2 台のオールテレーンクレーンの相吊りにより行った。桁毎に、クレーンの配置位置・軌条位置・

セグメント運搬トレーラーの走路等の配置位置を計画して施工した。

また桁架設後の主桁の転倒防止措置として、橋脚及び隣接する主桁からサポート・総ネジ PC 鋼棒・ワイヤーによる転倒防止を実施し、その他にフェールセーフとして支承アンカーバーの箱抜き内には架設当日に無収縮モルタルを充填した。

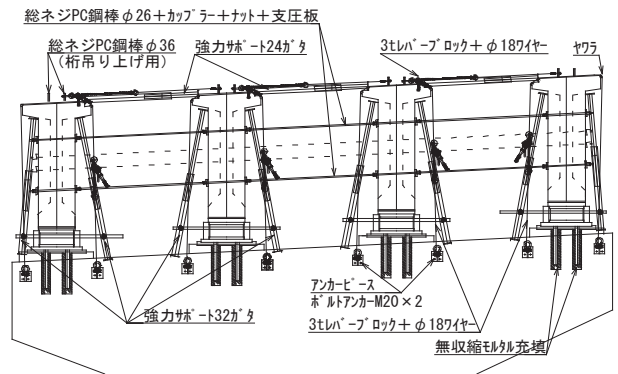
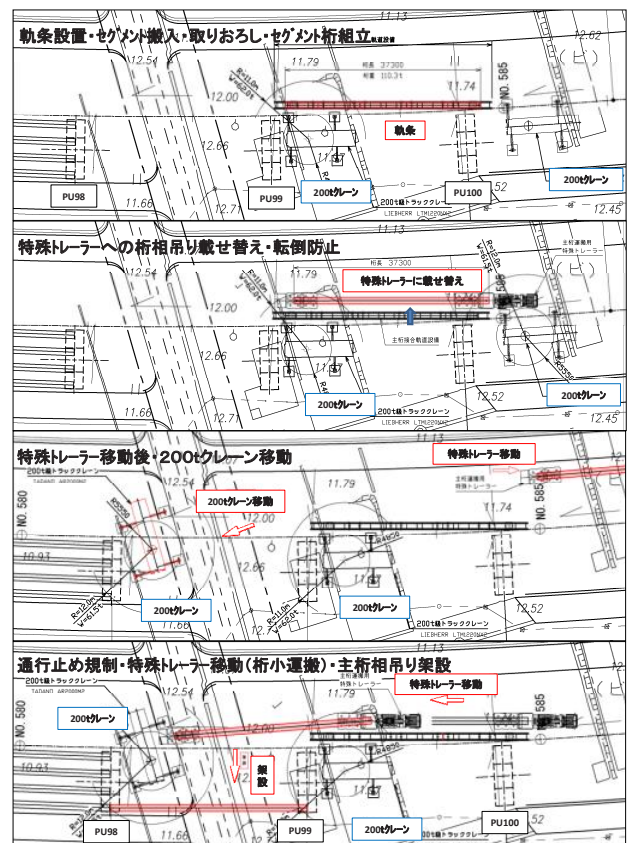


図-11 主桁の転倒防止措置図

3.4 桁小運搬

交差道路（都市計画道路）のある PU98-PU99 径間の桁架設は、現場ヤード内においてセグメントの取りおろし・接合・緊張作業を行い、その後都市計画道路を通行止め規制し、主桁を交差道路上の架設位置まで小運搬を行い、桁架設を行う必要があった。当初計画では桁小運搬は、特殊トレーラーにより実施する計画であった。



特殊トレーラーによる桁小運搬では、現場ヤード内軌条で接合した桁を、クレーンの相吊りで特殊トレーラーに載せ、特殊トレーラーを移動させてからクレーン一台が架設位置に移動して架設位置まで特殊トレーラーにより桁小運搬をするという手順で、特殊トレーラーへの相吊り積込作業や大型クレーンの交差道路の横断を伴う移動など、手順が複雑で危険を伴う作業頻度が多い。

そこで、交差道路径間の桁架設作業の省力化・危険作業の低減のため、桁小運搬方法を、特殊トレーラーによる桁小運搬から、セグメント組立用の軌条を交差道路内まで延長設置し桁を引き出すことで桁小運搬を行う方法に変更した。この変更により、桁1本毎に発生する特殊トレーラーへの桁の積込や大型クレーンの交差道路横断を伴う移動などの作業を省力化することができた、コストダウンにもなった。

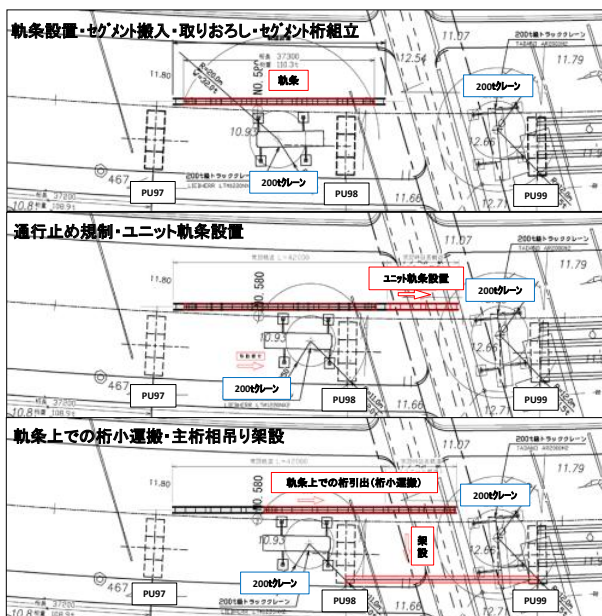


図-13 PU98-PU99 径間 桁架設変更計画



写真-5 軌条の延長による交差道路内への桁小運搬

3.5 PC グラウト

本橋の主ケーブル PC グラウトは、超低粘性型 PC グラウト材を採用し、また真空ポンプを併用して注入するこ

とにより充填性を向上し、グラウトの練り上がり温度を 20℃前後で安定させることで、安定した流動性と強度を確保することを目標に計画した。

表-5 超低粘性型 PC グラウト (ハイジェクター) 配合

	水粉体比 W/P (%)	ハイジェ クター P (kg)	水 W (kg)	練上量 (ℓ)
1m³ 当り	36	1458	525	1000
1 袋	36	25	9	17

主ケーブル PC グラウトは、9 月中旬からの注入開始で暑中グラウトとなり、当初は水温コントロールユニットによる水温調整で、グラウトの練り上がり温度を 20℃程度に維持調整する計画であった。しかし事前に行った試験練で、水温コントロールユニットによる練混ぜ水の水温低減だけでは、目標とするグラウト練り上がり温度に近づけることが出来なかったため、結合材の温度低減も行うことにした。結合材の温度低減方法として従来は、材料にシートを掛けたり、ハウス内に材料を入れクーラーで冷やすなどの方法がとられていた。本橋の PC グラウトでは練り上がり温度を 20℃前後に維持する計画であり、強力な冷却能力と冷却温度調整が可能な方法として、生鮮食品運搬で使用される保冷車を使用して結合材の温度調整を行った。保冷車による材料温度制御と、水温コントロールユニットによる水温低下により、目標とする練り上がり温度を確保することができた。



写真-6 保冷車によるグラウト材料の冷却

4. おわりに

本工事は当社初のコンボ橋の工事で、暗中模索で計画・施工を行いました。特に近隣工区同業他社とは工程調整だけでなく、いろいろな情報共有・協力をいただき、なんとか工事を終わらせることができました。

本工事に御指導・御協力いただいた関係各位に謝意を表します。