

(68) 超多径間免震橋(大仁高架2号橋)の施工

静岡県 沼津土木事務所	坂根 勝郎
同 上	影嶋 圭司
鹿島 大仁高架橋工事事務所 正会員	越谷 信行
同 上 正会員	○ 内藤 静男

1. はじめに

大仁高架橋は、高規格幹線道路「伊豆縦貫自動車道」の一部として静岡県田方郡大仁町の狩野川右岸堤防に沿って建設される、橋長約 1,929 m の 5 橋からなる連続高架橋群を称したものである。これらの高架橋はいずれも多径間連続免震橋であり、中でも 2 9 径間連続 PC 中空床版橋となる大仁高架 2 号橋(橋長 725 m)は、我が国で最長の連続コンクリート橋である。

ここでは、超多径間連続 PC 橋として架設が進む本橋で採用した特徴的な施工方法について報告する。

2. 上部工の工事概要

大仁高架 2 号橋上部工の構造諸元、並びに主要材料を以下に示す。

- 構造形式 : 2 9 径間連続 PC 中空床版橋 (2 方向免震構造)
- 橋長 : 725 m (支間割り 24.45 + 27 @ 25.0 + 24.45 m)
- 幅員 : 標準部 有効幅員 10.5 m (全幅 11.7 m)  
非常駐車帯有効幅員 13.0 m (全幅 14.2 m)
- 床版厚 : 1.2 m (中空部内径 0.95 m)
- 免震支承 : 鉛プラグ入り積層ゴム支承 (LRB)
- コンクリート : 設計基準強度 350 kg/cm<sup>2</sup> (34.3 N/mm<sup>2</sup>)
- PC 鋼材 : 鋼より線 SWPR7B 12T12.7  
PC 鋼棒 SBPR 930/1180 φ-32

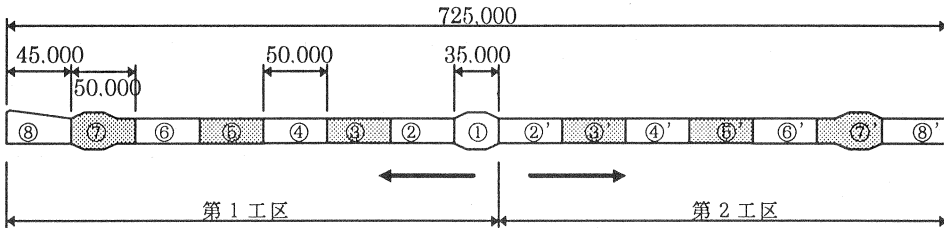


図-1 大仁高架 2 号橋躯体のブロック割りと構築順序

本橋上部工は、図-1 に示すように中央部第 1 ブロックを境に、起点側の第 1 工区と終点側の第 2 工区に分割されたが、第 1 工区は半径 1,000 m の曲線区間が主体であり、第 2 工区はほぼ直線区間である。

その架設順序はブロック割り図に示すように、中央部の 1 径間から両端 5 m づつ張出した第 ① ブロック (3.5 m 区間) を最初に構築し、以後両側に 2 径間分 (5.0 m) づつ躯体構築・PC 緊張を繰り返しながら延長し、最後に端部の ⑧、⑧' ブロック (4.5 m 区間) を施工した。

3. 支保工のブロック化とレール移動

本橋では以下の条件で支保工の転用が図れることから、総支保工架設が最も経済的と判断された。

- ① 多径間連続橋である本橋上部工は、一定支間25mの繰返しである。
- ② 河川堤防に沿ったサイトであり、橋面下は支保工施工が可能な比較的良好な地盤である。
- ③ 支保工支持地盤を造成し、桁下空間を一定(概ね5m程度)にできる。

一般に、支保工施工の場合、組立、解体時の安全性確保が課題となるが、第1工区では一旦組み立てた剛性の高い支柱式支保工を大ブロック化して、出来るだけ組払いせず一括移動し転用する工法を採用し、安全性の向上を図ることとした。図-2に示すように、支保工主要部を1径間あたり4分割し、それぞれの大ブロックに6基のリフティング走行ユニットを取り付けた。底版脱型後この車輪で支保工を持上げて橋軸直角方向に引出し、専用の軌道台車にて橋軸方向に移動させることができる。その結果、支保工の組立、解体に伴う不安全状態の発生機会を減らすと共に、省力化と工程短縮を図ることができた。

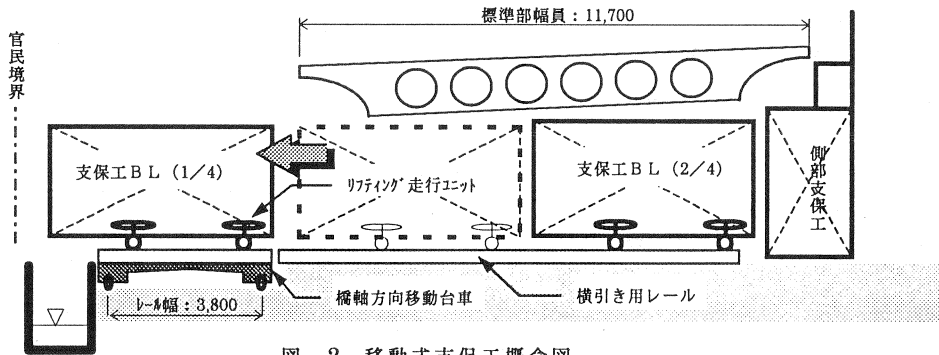


図-2 移動式支保工概念図

#### 4. 電筋化によるスターラップ筋の組立合理化

鉄筋組立の内、標準部1断面あたり7列あるスターラップ筋の組立を精度よく迅速に行うため、これを電筋にユニット化し、事前に地上にて組立て、クレーン架設する工法を採用した。

PC中空床版橋では、スターラップ筋の中に主要PC鋼材が配置されるため、その組立精度確保が品質課題であった。これらのスターラップ筋は下筋等と同様、場所組みが一般的であるが、標準部50m毎の施工ブロックあたり1900本弱のスターラップ筋を1本ずつ並べ、かつ、これらが倒れないように鉛直に保持した上で内側に軸方向鉄筋を通して組立てるのは手間のかかる作業であり、工程上のクリティカルパスとなっていた。

多径間連続橋である本橋のスターラップ筋は、80%以上が同一形状であり一定のパターンの繰返しが多いことから、スターラップ筋と内部の軸筋を一体とした電筋ユニットを事前に組立てておき、これを一括架設するのが合理的と考えた。このため、工場にて曲げ加工されたスターラップ筋を等間隔に配置・保持する組立て架台(図-3)を製作し、地上もしくは橋面上で電筋に地組みした。

軸筋の重ね継手部については、スターラップの一部を結束せずに束ねておき、電筋設置後、所定の位置にずらすこととした。

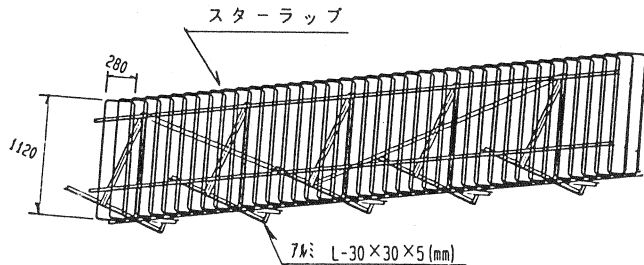


図-3 スターラップ電筋の組立架台

5. 連続桁におけるPC緊張管理

本橋では、2径間毎に施工継ぎ目を設けてブロック架設しているが、前ブロックで緊張を終えたPC鋼材(PC鋼棒並びにPC鋼より線)に次ブロックのPC鋼材を接続具にて連結し、片引き緊張して全橋を一体化させている。

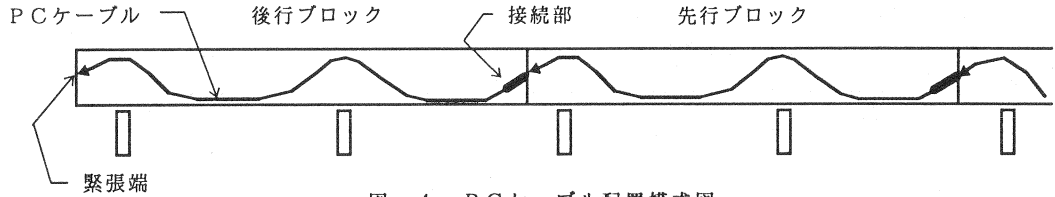


図-4 PCケーブル配置模式図

摩擦管理で緊張する通常のPCケーブルでは、支間中央部など特定の設計断面におけるプレストレス力を確保するよう引止め点が決定されるが、連続桁における片引きPCケーブルの緊張管理では、設計導入力を確保すべき特定の断面を設定するのが必ずしも容易でない。一般的には各径間の中央ならびに柱頭部と考えられるが、曲げ応力がクリティカルとなっている断面はそれから若干ずれており、厳密に言えば摩擦係数が変化すればそのクリティカルポイントも移動するため、緊張計算が非常に煩雑となる。

そこで、今回は特定の設計断面にこだわらず、形状の異なる各鋼材毎に設計導入力の最大値もしくは最小値を下回らないよう引止め点を設定することとした。本橋の場合、図-5に示すように設計導入力の最小値はケーブル接続点であり、最大値はセットロスによる折り返し点となる。このようにケーブル形状に対応して緊張力確保のコントロールポイントを機械的に決めても躯体全体として所要のプレストレスは確保され、緊張計算も単純化される。

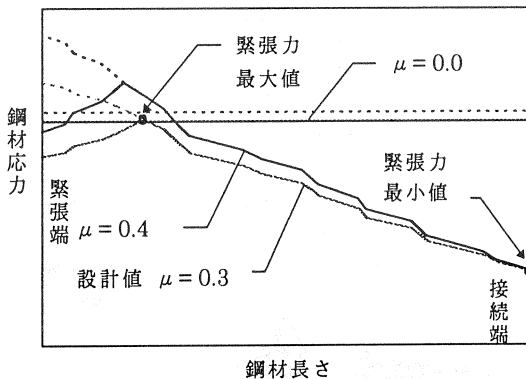


図-5 設計導入力を確保するコントロールポイント

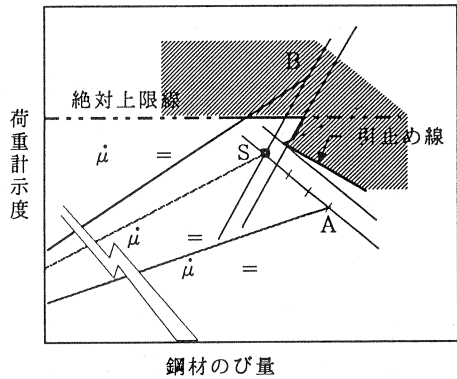


図-6 1本毎の緊張管理グラフ(部分)

図-6に示すように、見かけの摩擦係数が  $\mu = 0.3$  より大きい小さいかで、引止め領域の設定が異なるが、実際の緊張結果によれば概ね  $\mu = 0.2$  程度であった。

6. 大容量ミキシングプラントを利用したPCグラウト

PCグラウトはPC橋としての耐久性を維持するための重要な工種であり、高品質のグラウト材を確実に充填する必要がある。本橋のPC鋼材は12T12.7のPCケーブルが主体であり、第1工区のみでその総グラウト量は  $45 \text{ m}^3$  に達する。グラウト材としては、本年4月よりノンブリージングタイプ粘性型の混和剤使用に切替えた。これを数回に分けて施工したが、グラウト量が多いため、従来使用してき

たグラウトミキサーでは容量が小さく、グラウトポンプも高粘性材料に対応できる十分な性能を有していないことから、注入時間が長くなりトラブル発生の可能性が懸念された。そこで、一定品質のグラウト材を大量に練混ぜ、迅速に充填するための設備・工法を採用し、品質、施工性共に満足できる成果をあげた。

1) グラウトの配合

表-1 PCグラウトのバッチ配合

	従来設備	今回設備	備考
セメント	75.0 kg	1,000 kg	
水	33.8 kg	450 kg	W/C = 0.45
混和剤	0.75 kg	9.8 kg	C×1% GF1700A
練上り量	58 ㍓	767 ㍓	

2) 使用機械設備

表-2 PCグラウトに使用した機器

	従来設備	今回設備	
セメント用サイロ	なし (袋詰めセメント)	4.0 m <sup>3</sup> *	バッチャープラント
水タンク	ドラム缶	3.2 m <sup>3</sup>	
ミキサー	単軸グラウトミキサー	2軸ミキサー	
ミキサー攪拌容量	100 ㍓	1,200 ㍓	
計量	セメント: 3袋 水: バケツ 混和剤: 1袋	セメント: 自動計量 水: 自動計量 混和剤: 人力投入	
注入ポンプ	トロコイド式 グラウトポンプ	スクイズ式 モルタルポンプ	
ポンプ吐出量	8~49 ㍓/分	42~100 ㍓/分	

\* 連壁用バッチャープラントを使用したのが、本来のセメントサイロは使用せず、ベントナイト用サイロにセメントを投入した。

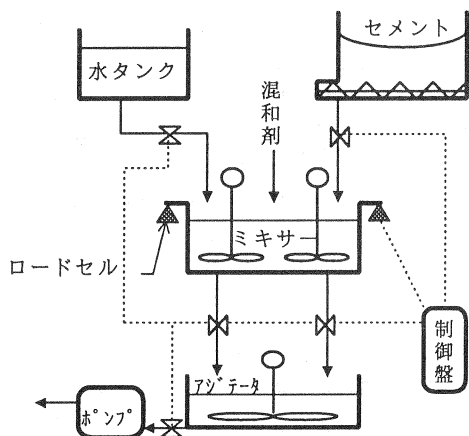


図-7 バッチャープラントのシステム図

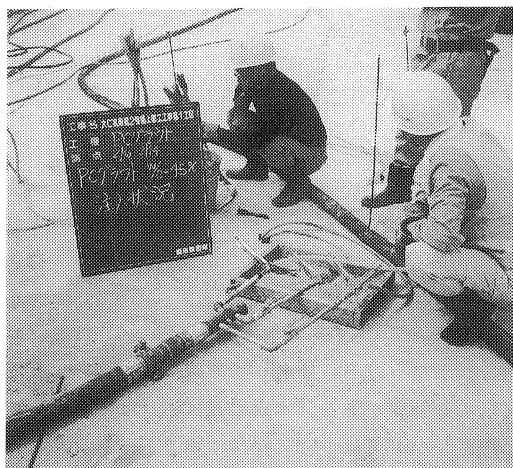


写真-1 PCグラウト施工状況

### 3) グラウトの品質

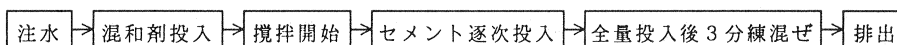
- ・ バッチャープラントで練り上がったグラウト材は均質で、1.2 mmのふるいを通してほとんどセメント塊（玉）が残らず、下表に示すようにコンシステンシー、フリージング率、強度等、所要の品質基準を満たしている。

表-3 プラント練りによるグラウトの品質結果

		基準値	試験値
J 14 ロート 流下時間	秒	3～10	4.8～6.0
膨張率（20h後）	%	0～10	1.6～3.3
フリージング率（3h,20h後）	%	0	0
圧縮強度 $\sigma_{28}$	N/mm <sup>2</sup>	20以上	31～41

### 4) 施工状況

- ・ セメントはトンパック（1t詰め袋）で現場に搬入し、クレーンにてプラントのサイロに投入した。水は、散水車にてプラントの水タンクに給水した。
- ・ 混和剤のみ人力投入であるが、水、セメントは自動計量で、計量結果は記録紙に印字される。
- ・ 混和剤は定量にパッキングされているので、1バッチあたりの必要量をミキサーに注水完了後、直接投入した。
- ・ 材料投入、練混ぜについては、以下のようにプログラム化した。



水の計量開始からアジテータへの排出までに要した時間は、約6～8分程度であった。

- ・ 大容量化と自動計量の活用により、グラウト練混ぜに要する長時間の重労働作業を軽減できた。また、セメント空袋を大幅に減量化でき、産業廃棄物削減にも寄与している。
- ・ プラントアジテータに一時貯えたグラウトミルクは逐次、橋面上のグラウト用ホッパーに送られ、スクイズ式のポンプにてシース内に注入した。当該ポンプは吐出量が大いいため、複数の鋼材に時間差をつけて同時注入することができた。（写真-1参照）

### 7. 免震支承の後ひずみ調整

本橋は29径間におよぶ超多径間免震橋であり、PC上部工は各橋脚あたり4基づつ据付けた橋軸方向、橋軸直角方向に移動可能な鉛プラグ入り積層ゴム支承（LRB免震支承）により弾性支持されている。

中央部から逐次ブロック架設される本橋のコンクリート床版桁は、プレストレスの導入やクリープ、乾燥収縮の進行に伴い、中央部に向かって短縮してゆくこととなる。このため、コンクリート打設前に据付けたゴム支承は時間経過と共に徐々に変形してゆくが、この累積変形量が過大であれば十分な免震機能を果たさなくなる可能性も出てくる。このため、本橋のLRB免震支承には、支承設置後に累積される残留変形（後ひずみと称している）を補正できるようなスライド機構が設けられており、施工完了時並びに供用開始後の2回に分けて各橋脚上の支承変形を補正する作業を行うことになっている。

表-4に、代表的な橋脚位置における支承压据付け後の設計移動量と後ひずみ調整量を示す。

- ・ 平均気温から±1.5℃の温度変化により、桁端部で±50mm変形する。
- ・ 各支承压据え付け時期の温度状態により、既設部のコンクリート床版桁は伸び縮みしており、当該ブロックのコンクリート打設により支承の相対位置が固定される。従って、支承は平均温度状態に対して予備せん断を与えられたのと同等の状態となり、後ひずみ調整にはこの分を考慮する必要がある。施工時期の温度としては、当該地区の月平均気温記録を参照した。

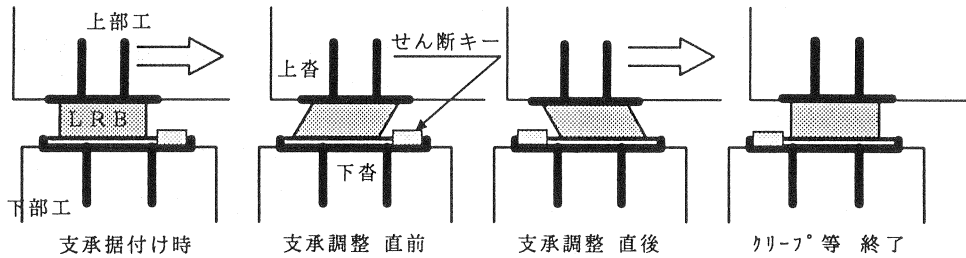


図-8 支承の後ひずみ調整模式

- ・ ブロック施工される本橋のPC鋼材は接続具により連続化されており、プレストレス導入に伴う弾性短縮は、概ね当該ブロックにのみ生ずる。
- ・ クリープ、乾燥収縮による短縮量は、当該ブロックコンクリート打設直後からの累積値である。
- ・ 各支承点の移動量を集計したものが、支据付け後に後ひずみとして累積される量である。
- ・ 免震支承の性能保証範囲のなかで、施工時、並びに供用開始後の上下部構造物の応力、耐力からの制約条件を満たす後ひずみ調整方法を検討した結果、施工終了時と供用開始数年後の最大2回に分けて調整することとした。
- ・ 残留誤差は、標準温度状態で免震支承が最終的にどの程度ずれるかを示す量である。実際には施工誤差やクリープ、乾燥収縮の評価誤差がこれに加わることとなる。施工中、並びに施工完了後の支承変形量や温度変化を定期的に計測し、最終調整時期や調整量の見直しを行うこととしている。

表-4 免震支承の移動量集計値と後ひずみ調整量

橋脚番号		P0	P2	P4	P6	P8	P10	P12	P14
		端橋脚							中央部
設計 支点 移動 量	15°Cの温度変化	5.0	4.2	3.5	2.8	2.2	1.5	8	2
	据付時温度補正分	1.6	2.2	2.3	1.5	7	1	-2	-1
	プレストレス	6	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.5	3
	クリープ	7.2	5.9	5.2	4.4	3.6	2.7	1.6	4
	乾燥収縮	4.9	4.2	3.5	2.8	2.2	1.5	9	2
	合計移動量	14.3	13.8	12.6	10.4	8.2	6.0	3.8	8
1次調整量		8.0	8.0	9.0	7.0	5.0	6.0	4.0	1.0
2次調整量		5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	0	0	0
後ひずみ調整量合計		13.0	13.0	13.0	11.0	9.0	6.0	4.0	1.0
残留誤差設計値		1.3	8	-4	-6	-8	0	-2	-2

8. まとめ

静岡県は東海地震の発生が懸念される地震防災対策強化地域であり、高規格幹線道路である伊豆縦貫自動車道の一部として供用される本橋は、我が国で最大級の連続桁免震橋として注目されており、建設省土木研究所を始め各方面のご指導・御協力を得て実現したものである。本橋では、第1ブロック施工後に大型起振機や急速開放ジャッキを据付け、構造系としての振動性状や免震支承の動的非線形特性を確認する大規模な実物試験を行い、実橋としての免震性能について得られたデータを基に詳細検討中である。

本稿では、超多径間PC免震橋を施工するにあたり採用した特徴的な工法(支保工の組払い、鉄筋組立て、PC緊張、PCグラウト、および免震支承の後ひずみ調整)について実施概要を報告した。