

(91) 北関東自動車道 六美高架橋の設計・施工

日本道路公団東京第一建設局 宇都宮工事事務所	池田 隆盛
オリエンタル・住友・昭和 JV 六美高架橋作業所	所長 正会員 ○ 阿部 裕
同上	副所長 正会員 白根 信隆
同上	副所長 正会員 門山 政和

1. はじめに

六美高架橋は、北関東自動車道の壬生インターチェンジ(仮称)の東側に位置し、PRCプレテンション中空床版桁による多径間連結構造を主とした橋長約 2,700 mの橋梁である。本橋周辺の地形は平坦で起伏が少ないため、橋梁の基本方針は経済性の追求、工期の短縮、維持管理に配慮している。

PRCプレテンション中空床版桁は総本数で 3,126 本にも及ぶため、架橋位置に隣接して、プレテンション桁製作ヤード(以下製作ヤード)を建設し製作を行っている。

連結桁の特徴として、走行性、耐震性が向上する等が挙げられるが、六美高架橋で採用したPRCプレテン連結の特徴は①プレテンション桁にPRC構造を採用②最大16径間(35.5m)に及ぶ多径間連結③主桁の連結は床版連結とし、ループ継ぎ手を採用④下部工クリープの影響を考慮するポータルラーメンの解析手法¹⁾を取り入れることで多径間化の実現、が挙げられる。

また、連結部構造の疲労特性、耐力の確認を目的として、連結部の部分模型による実験を実施し、連結時期の決定を目的として、下部工コンクリートのクリープ・乾燥収縮実験を平成10年6月より行っている。

本稿は以上の特徴をもった六美高架橋上部工工事について、設計・施工の概要と進捗状況について報告するものである。

2. 工事概要

本橋の工事概要を以下に、標準断面図を図-2に示す。

工事名：北関東自動車道 六美高架橋 (PC上部工) 工事

路線名：高速自動車国道 北関東自動車道 高崎水戸線

工事箇所：自) 栃木県下都賀郡壬生町大字寿町

至) 栃木県下都賀郡石橋町大字下古山

橋 長：2743.5m (上下線分離構造)

道路規格：第1種2級B規格

設計速度：100km/h

設計荷重：B活荷重

形 式：PC単純合成桁橋

PRC単純中空床版橋

多径間連結PRCプレテン中空床版橋

有効幅員：9.875m

平面線形：R=3500m~0

縦断勾配：0~1.163%

横断勾配：2.00%

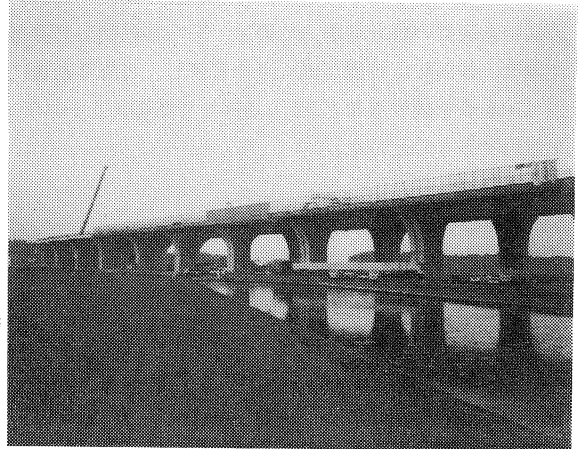
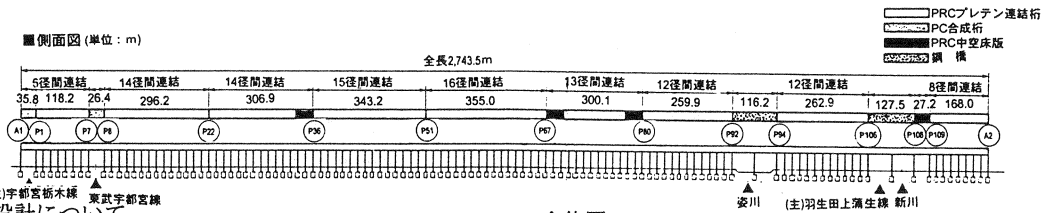


写真-1 工事状況



3. 設計について

図-1 全体図

主桁の設計は、連結構造として床版連結を用い、上縁にひび割れを許容していることより完全な連続構造としてのみ設計せず、単純・連結両構造に対し安全な設計を行っている。

1) 連結部の鉄筋継ぎ手

連結に用いる鉄筋の継ぎ手は、一般的に重ね継ぎ手を用いていた。しかし、連結工として横方向鉄筋をD16-4のみ配置すればよい施工性を考慮し本橋では、ループ継ぎ手を採用した。疲労特性及び耐力についてはモデル試験により確認した。”

2) 下部工に作用する断面力

ポータルラーメン橋の設計でその合理性が評価されている橋脚のクリーブを考慮した解析手法を用いる。これは、橋脚自体のクリーブ変形を考慮する事で、橋脚の見かけの剛性が低下し、その結果上部工の変形に伴い作用する不静定力が低減するという考えである。

本橋では、この解析手法に加え、主桁の連結時期を遅らせ残留クリーブを少なくすることで多径間化を実現した。現在、モデル試験により有効性の確認を行っている。

3) 落橋防止システム

プレテン中空床版橋の落橋防止システムとして一般的な装置は、移動制限装置-アンカーバー、落橋防止装置-連結ケーブル、である。本橋も基本的にこのシステムを取り入れている。しかし、隣接する上部構造(例えば14径間連結桁と単純合成桁)の重量比が2倍以上、固有周期の比が1.5倍以上の場合、上部構造を連結するシステムは避ける必要がある。この場合、移動制限装置と落橋防止装置の設計地震力の違い、即ち移動制限装置が作動後、落橋防止装置が働く点に着目し、可能移動量に差(20mm)を設けることで、アンカーバーで落橋防止システムを兼用するものとした。

4. 実験

1) 連結部の疲労・耐力試験

連結部構造の疲労特性・耐力を確認することを目的として、連結部の部分モデルによる載荷実験を行った。連結部の構造としては、重ね継手及びループ継手の2タイプとし実験により本橋に対する適用性を検討した。

① 供試体

連結部の挙動をより正確に把握するため、供試体の断面形状は主桁1本分の実物大とし、橋軸方向の長さは曲げモ

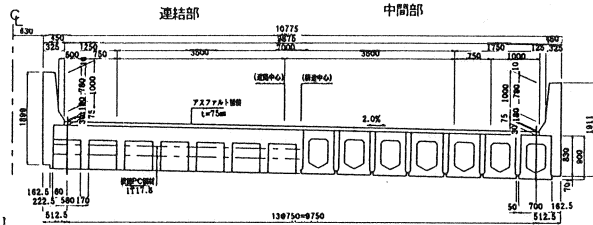


図-2 標準横断面図

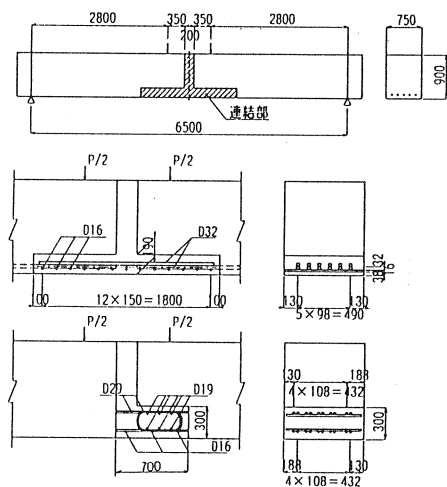


図-3 連結試験供試体

ーメントの交番点付近までを 取り出した部分模型とした。供試体の概要図を図-3に示す。

②疲労試験

本実験では死荷重時の曲げモーメントを下限值、設計荷重時の曲げモーメントを上限值として200万回の繰り返し载荷を行った。両タイプとも载荷回数が増加するに従って、鉛直変位量、鉄筋ひずみとも増加するがその度合いは徐々に小さくなる。200万回载荷終了時においても、鉄筋ひずみは降伏ひずみの1/3~1/5程度であり、曲げ剛性もほとんど低下していない。引張縁のコンクリートには初期载荷時に0.1~0.2mm程度のひび割れが発生しているものの、その後ほとんど進展していない。

以上の様な実験結果より、両タイプとも連結部構造として十分な耐久性を有していると判断される。

重ね継ぎ手

ループ継ぎ手

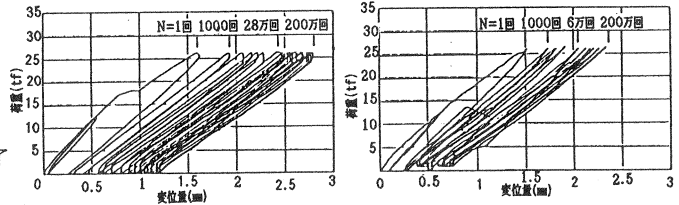


図-4 荷重-変位履歴曲線

③曲げ耐力試験

耐力試験は、疲労試験終了後の試供体を使用して部材の破壊まで载荷し終局耐力を確認した。図-4、5に重ね継ぎ手、ループ継ぎ手の荷重-変位の関係を示す。部材の終局耐力は、計算値に対して重ね-1.3倍、ループ-1.1倍程度、終局荷重に対し安全率は重ね-1.5倍、ループ-1.8倍程度確保されている。破壊形態は、重ね継ぎ手は連結鉄筋の引き抜けが認められ、付着割裂破壊と考えられる。またループ継ぎ手は、圧縮側コンクリートが圧縮破壊した。いずれも終局荷重に対し十分な耐力を有しており使用上問題ないと判断できる。以上の結果を踏まえ、本橋では、一部横断勾配の変化点等に重ね継ぎ手を用いる以外は、ループ継ぎ手を採用した。

重ね継ぎ手

ループ継ぎ手

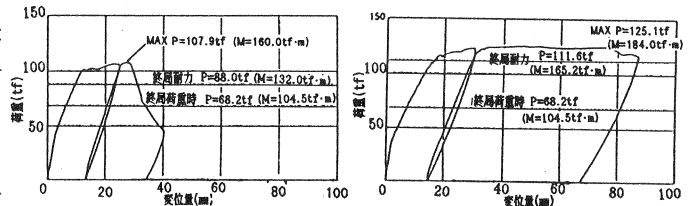


図-5 荷重-変位の関係

2) 橋脚クリープ試験

①供試体

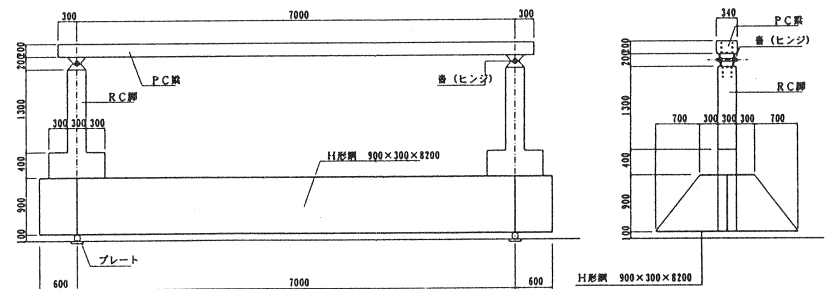


図-6 供試体

供試体は図-6に示す形状とし、梁部にプレストレスを導入する方法で長期変化を計測する。供試体の柱部と梁部の接合状態及び柱部の初期剛性が重要な試験要因となっている。本実験は実際に想定する構造をモデル化したものであり、接合部はピン結合、柱部にはひびわれがない状態から開始する。

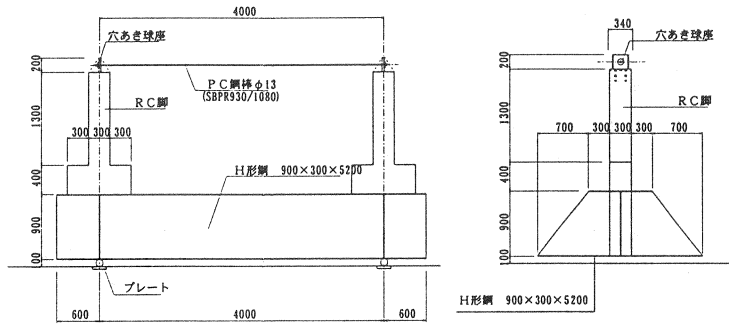


図-7 キャリブレーション用供試体

②測定項目

- ・ブレンコンクリートのクリープ特性
- ・ブレンコンクリートの乾燥収縮特性
- ・梁部および橋脚部の鉄筋ひずみ
- ・橋脚部の変形(水平変位、基部抜けだし)
- ・断面力のキャリブレーション(橋脚に生じる変位と同等の変位を与える水平力を測定。図-7)

平成10年7月に測定開始。平成10年12月に測定完了し実橋の設計の有効性を確認する。

5. 施工

六美高架橋の施工上の特徴として、現場でのプレテンション桁製作ヤードの建設と総数で3,126本におよぶ桁製作、ループ継ぎ手を採用した桁の架設が挙げられる。これらについて報告する。全体工程を図-9に、PRCプレテン連結に関わる材料を表-1に、また連結までの施工順序を図-9に示す。

年	平成9年												平成10年												平成11年												平成12年												備考
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
詳細設計	■												■												■												■												
桁製作ヤード造成・設備工	■												■												■												■												
プレテン桁製作工	■												■												■												■												3,126本
プレテン桁架設工	■												■												■												■												
横組工	■												■												■												■												212連
高欄工	■												■												■												■												10,000m
連結工	■												■												■												■												
除片付け	■												■												■												■												

図-8 全体工程

表-1 橋体工主要材料表

項目	規格・寸法	単位	数量	備 考
コンクリート	$\sigma_{cs} = 50 \text{ N/mm}^2$	m ³	24,729.2	プレテン桁=3,126本
	$\sigma_{cs} = 36 \text{ N/mm}^2$	m ³	8,072.0	
型 枠	A他	m ²	33,513.7	
鉄 筋	SD345	t	2,408.4	
P C 鋼 材	PC鋼より線(1T15.2)	kg	713,671.8	
	PC鋼より線(1T17.8)	kg	121,216.6	
PC構造物の架設		t	61,823.0	

【施工順序】

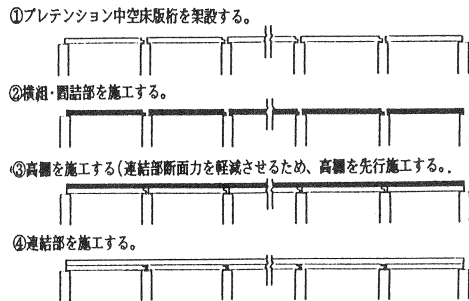


図-9 施工順序

5.1 プレテン桁製作ヤードと桁製作

プレテン桁製作ヤードの建設は平成9年11月より着手し、平成10年4月に完成した。設備計画は工期的に1日に桁8本の生産能力が必要とされたため、まず桁製作のサイクル工程を作成し、各工種の処理時間(能力)を明確にして、製作ヤードの計画を行った。施工計画では特に次の点に留意した。桁製作ヤードを図-10に、また桁製作のサイクル工程を図-11示す。

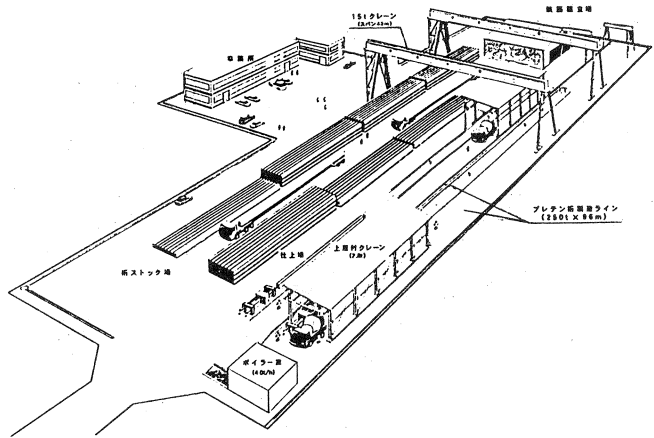


図-10 桁製作ヤード

① ヤード地盤の補強

桁製作ヤードの面積は約11,000 m²の田に耕作土を盛土した場所であり、柱状図、平板載荷試験からデータを基に250 tアバットの設計を行ったところ、緊張時の変形が大きいため、H鋼杭 (H300) で補強を行った。

② 鉄筋のユニット化

桁長2.2 mの桁を毎日8本生産するには、製作台上での作業を極力減らす必要がある。そのため鉄筋は2.2 mを1ユニットで組み、PC鋼材、内型枠等も先に組み入れる。

③ 型枠の構造

型枠は直立した状態で開閉できるスライド式を採用し、人力(2名)で組払いでき、締め付け等も全て電動工具で行える。

④ コンクリート打設時間

コンクリート打設時間を短縮するため、コンクリートは高性能減水剤を使用してスランプを13 ± 2.5 cmとした。また、打設方式は2ライン同時のバケット(1 m³)打設とした。配合表を表-2に示す。

⑤ 桁ストック状態の管理

桁のストック可能本数(約190本)から架設の1ロットが決まる。この架設順序で桁は搬出されるため、ストック時の各桁の位置が規定され、それにより桁の製作順が決まる。貯積は8山におよぶため各桁のストック位置管理はパソコンで管理する。また走行クレーンも高速型を使用している。

⑥ 主桁架設工

桁架設時にループ鉄筋が支障するためループ位置を片側に寄せている。また、架設時のループ鉄筋の純あきは25 mm程であるため製作時の位置管理に注意を払った。連結部詳細図を図-12に示す。

■プレテン桁製作サイクル工程表

工程	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	備考	
鉄型、プレストレス導入																	
鉄筋ユニット構付																	要
PC鋼材設置																	体
型枠組立																	み
コンクリート打設																	
蒸気養生																	

図-11 桁製作のサイクル工程

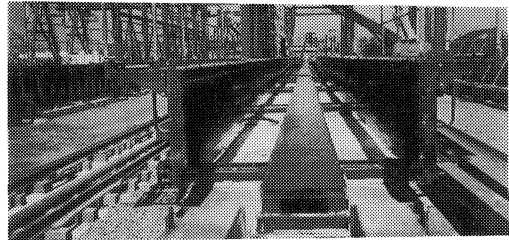
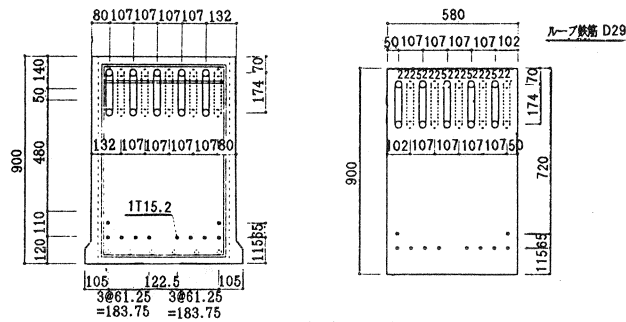


写真-2 型枠の構造

表-2 配合表

設計基準強度	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
			水	セメント	砂	砕石	混和剤
5.0 N/mm ²	38.0	45.3	157	413	811	1028	5.360



図一 1 2 連結部詳細図

6. おわりに

平成10年6月30日現在PRCプレテン桁製作は338本、架設本数は168本まで進んでいる。桁製作ヤードのスペックもほぼ適正であり1日に8本の生産を順調に行っている。これは①鉄筋・内型枠・PC鋼材のフルユニット化②スライド式型枠③ワーカブルなコンクリート④高速型クレーン、等の採用が大きく寄与していると思われる。

新しい連結法として用いたループ継ぎ手の場合、桁架設の順番により端部の切り欠き形状が決定される。六美高架橋では下部工も同時施工中であるため、下部工引き渡し時期(架設順序)について連絡を密に取り合っている。

また、高さ5~10mという低い橋脚で355mにもおよぶ連結構造を経済的に可能とするために、宇都宮大学の佐藤良一教授のご指導のもとに、下部工のクリープ・乾燥収縮試験を進めており、この報告も次の機会に行いたい。

最後に、本橋の設計・施工の報告にあたり、多大のご指導、ご協力を頂いた関係各位に深く感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) (財)高速道路技術センター：北関東自動車道 構造物に関する技術検討(その3)，1997.3
- 2) 伊藤，布施，池田：プレキャストスラブ橋桁の連結部構造に関する 実験的研究，土木学会第53回年次学術講演会論文集，1998.10