

# 北関東自動車道 六美高架橋の設計・施工

和田 宣文\*1・布施 光啓\*2・池田 隆生\*3・大信田 秀治\*4

## 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2700mの橋梁である(図-1)。主桁は総本数で3126本にも及ぶため、架橋位置に隣接したプレテンション桁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プレテンション桁連結の特徴は、①プレテンション桁にPRC構造を採用、②下部工クリープの影響を考慮することで可能となる最大16径間(355m)に及ぶ多径間連結、③養生時、主桁本体の温度管理システムの導入、④連結構造を床版連結とし、ループ継手を採用、が挙げられる。

本橋では施工に先立ち、連結部構造の疲労特性、耐力の確認を目的として、連結部の部分模型実験を実施した。さらに、コンクリートのクリープ・乾燥収縮が下部工に与え

る影響を把握するため、縮小モデル試験を平成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

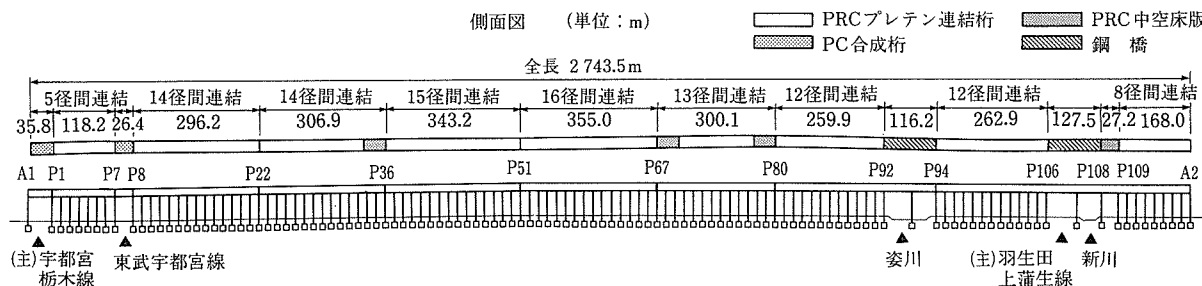


図-1 全体図

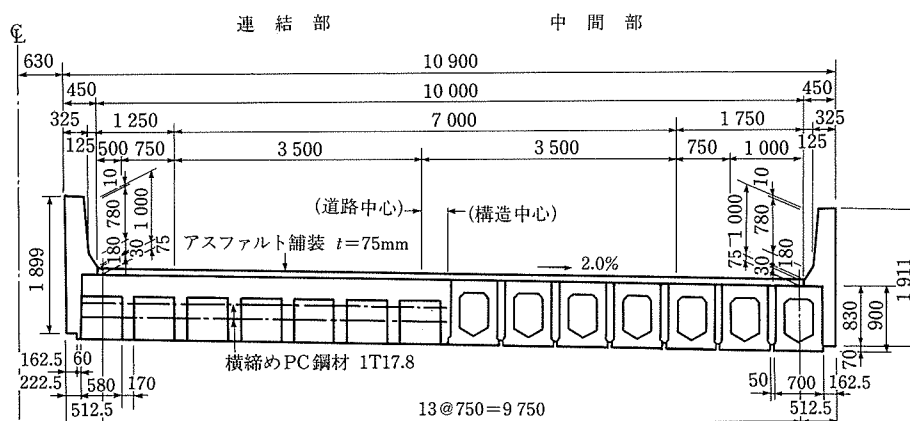


図-2 標準横断面図

\*1 Norifumi WADA：日本道路公団 東京建設局  
 \*2 Mitsuyoshi FUSE：日本道路公団 東京建設局  
 \*3 Ryusei IKEDA：日本道路公団 東京建設局 宇都宮工事事務所  
 \*4 Hideharu OOSHIDA：オリエンタル建設(株) 東京支店

多径間連結PRCプレテンション中空床版橋

有効幅員：9.875 m  
 平面線形：R=3 500 m～∞m  
 縦断勾配：0%～1.163%  
 横断勾配：2.00%

3. 設計について

多径間PRCプレテンション中空床版橋の設計について記述する。主桁は、格子解析して求めた断面力に対しPRC構造としてコンクリートに生じるひび割れ幅を、ひび割れ幅の制限値（連結部は、0.035C（C：純かぶり）、それ以外については0.05C）まで許容する方法を用いている。PC鋼材は、主桁の引張鉄筋をD22 ctc 100ピッチに設定して上記一般部のひび割れ幅を満足する本数とした。

連結部の設計は、後荷重として活荷重、舗装荷重、クリープによる曲げモーメントおよび乾燥収縮による軸引張力を考慮している。連結部施工前に壁高欄施工すること、主桁を製作後6ヵ月単純桁状態で放置することで発生断面力を抑制している。ここで、乾燥収縮により断面あたり最大500tf程度の軸引張力が発生しており、連結部の鉄筋量決定の重要な要因となっている<sup>1)</sup>。

3.1 連結部の鉄筋継手

連結に用いる鉄筋の継手は、一般的に重ね継手を用いていた。しかし、連結工としての施工性を考慮し本橋では、主にループ継手を採用した。疲労特性および耐力についてはモデル試験により確認した<sup>2)</sup>。

(1) ループ継手

図-3に連結部の配筋・構造を示す。モデル試験結果より、ループ内の横方向鉄筋として橋軸方向の1/2の鉄筋量D19-6本が必要など、D16-4本配置となり、施工性の向上が図れた。施工順序により、主桁からのループ筋の突出形状が異なるため注意が必要となる。

(2) 重ね継手

横断勾配変化区間では、勾配変化に伴いループ継手の高さ方向の配置角度を調整する必要がある。施工精度、施工性を考慮し、重ね継手を使用することとした。横断勾配変化区間での桁高調整例を図-4に示す。

3.2 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プを考慮した解析手法を用いる。これは、橋脚自体のクリープ変形を考慮することで、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プを少なくすること、冬季に連結部の施工を行うことで多径間化を実現した。設計手法については、次の機会に報告予定である。

3.3 落橋防止システム

プレテンショ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、①移動制限装置……アンカーバー、②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（た

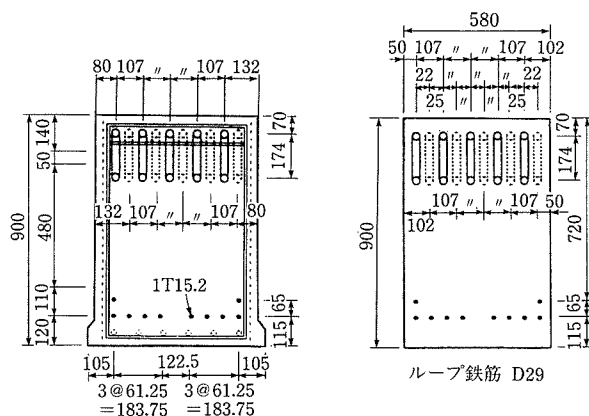


図-3 ループ継手断面図

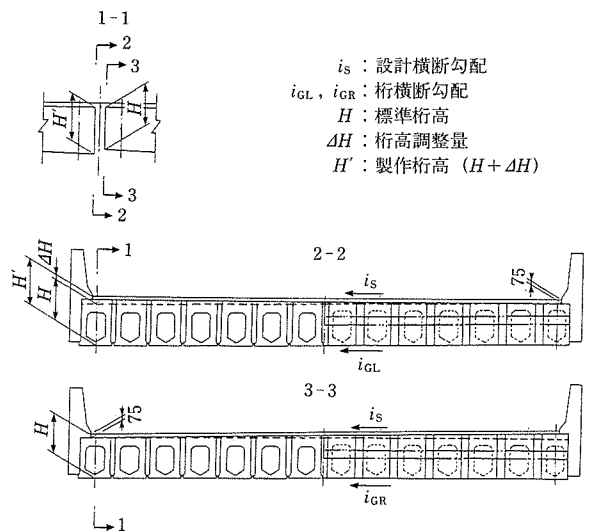


図-4 横断勾配変化区間の桁高調整例

たとえば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、すなわ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、アンカーバーにより落橋防止システムを兼用するものとした。

3.4 支 承

落橋防止システムと補完しあって慣性力に抵抗することを基本としている。

- 中間支座位部……t=20 mmのクロロプレン簡易ゴム（鋼板補強なし）
- 端支座位部……スライド支承

4. 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本に及ぶ桁製作、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-5に示す。

4.1 プレテンション桁製作ヤードと桁製作

プレテンショ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



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) 主桁架設および横組工、連結工

主桁は、製作の約1ヵ月後にストックヤードからトレーラーで運搬し、クレーンを用いて架設を行う。ループ継手の場合ループ筋の純空きが25mmほどであり、鉄筋配置精度およびクレーン作業性を疑問視していたが、実施工においては問題なく作業が進められた。また、主桁架設後5ヵ月ほどで開始する連結工においても、試験結果より直角方向の鉄筋量を減らせた影響により、順調に施工されている。橋軸方向の連結鉄筋として、主桁で不足分の連結鉄筋を間詰め部に配置しているのが特徴である。

図-8に主桁製作から連結工までの施工順序を示す。

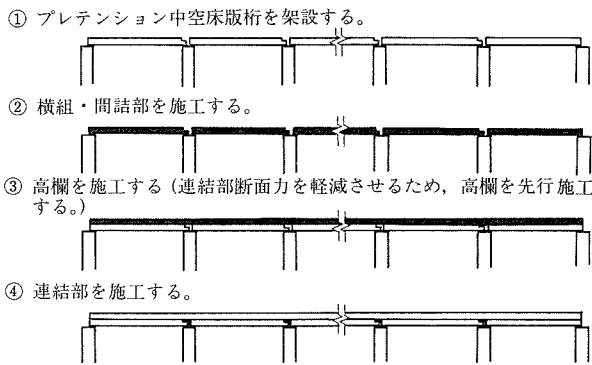


図-8 施工順序

5. 実 験

5.1 ループ継手タイプ、重ね継手タイプの載荷試験 (床版連結構造)

連結部構造の耐久性や耐荷力を確認することを目的として、連結部の部分模型による載荷実験を行った。連結部の構造としては、従来の重ね継手タイプおよびループ継手タイプの2種類として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、橋軸方向は曲げモ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。供試体概要図を図-9に示す。

(2) 疲労試験

連結部の設計断面力においては、変動荷重の占める割合が大きく繰返し回数が多いため、疲労に対する安全性を確認する必要がある。本実験では死荷重時の曲げモーメントを下限値、設計荷重時の曲げモーメントを上限値として200万回の繰返し載荷を行った。載荷は50t型のアクチュエーターを用いて行い、加振速度は211HZとした。

図-10に荷重-変位履歴曲線を示す。両タイプとも載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。200万回載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

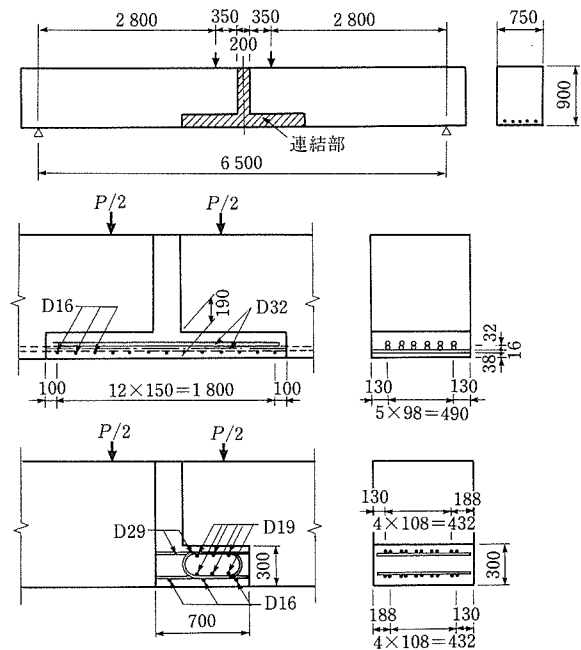


図-9 連結試験供試体

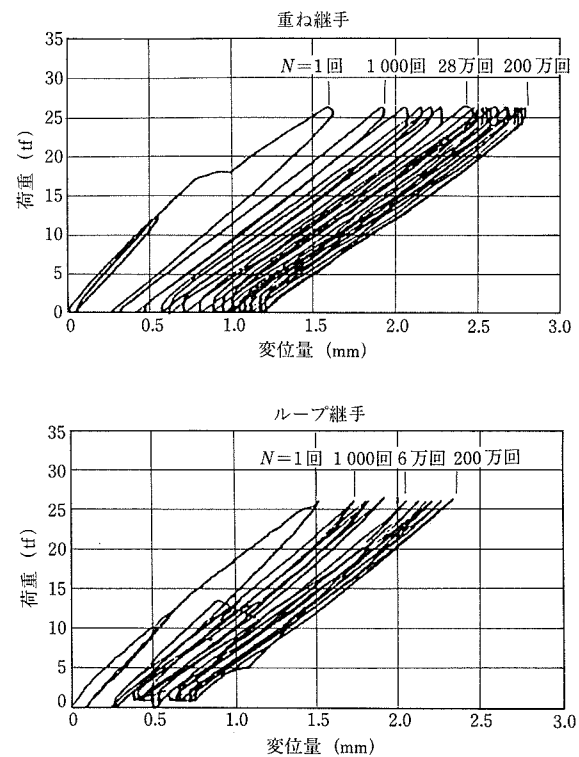


図-10 荷重-変位履歴曲線

クリートには初期載荷時より0.1mm~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。以上のような実験結果より、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。

(3) 曲げ耐力試験

耐力試験は、疲労試験終了後の供試体を使用して部材の破壊まで載荷し終局耐力を確認した。図-11に荷重-変位の関係を示す。部材の終局耐力は、計算値および終局荷重に対しそれぞれ重ね継手で1.3倍、1.5倍、ループ継手で1.1倍、

1.8 倍程度確保されている。破壊形態は、重ね継手は連結鉄筋の引抜けが認められ、付着割裂破壊と考えられ終局時のじん性に欠ける結果となった。ループ継手は、圧縮側コンクリートが圧壊したが、鉄筋降伏後も変形が進行するねば

りのある破壊形態が確認された。

いずれの構造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、本橋では施工性を重視し、横断勾配変化部では重ね継手を用い、その他についてはループ継手を採用した。

### 5.2 橋脚クリープ試験

供試体は図-12、13に示す形状とする。梁部に実橋と同レベルのプレストレスを導入する方法で長期変位、ひずみを計測する。供試体の柱部と梁部の接合状態および柱部の初期剛性、ベースとなるH形鋼と供試体の線膨張率の差によるひずみ量の把握などがポイントとなる。本実験は、実橋を想定しており、接合部にヒンジを設け、部材にひび割れが発生していない状態から計測する。

平成10年7月に計測を開始しており、平成11年12月に計測の終了を予定している。試験結果および有効弾性係数を用いた設計の有効性の確認、新しい設計手法の提案は、次の機会に報告予定である。

## 6. おわりに

平成11年6月30日現在、プレテンション桁の架設は約2300本を終えている。

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、⑤新しい養生システム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手の場合、桁架設の

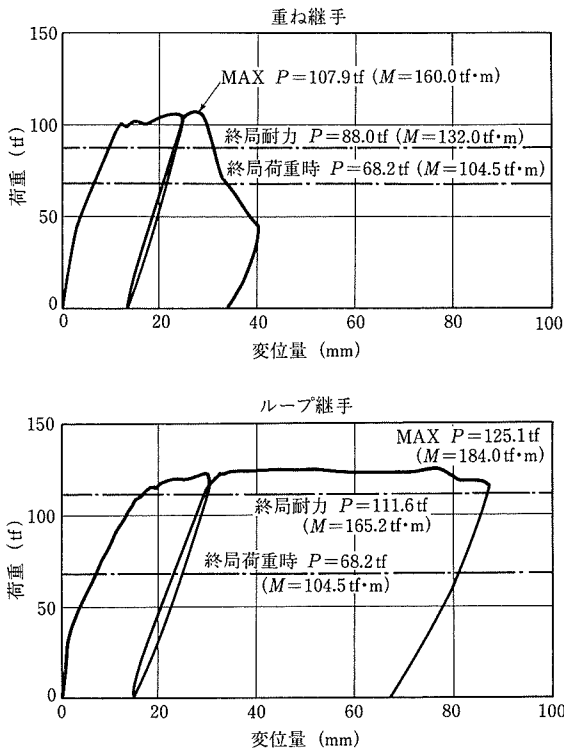


図-11 荷重—変位の関係

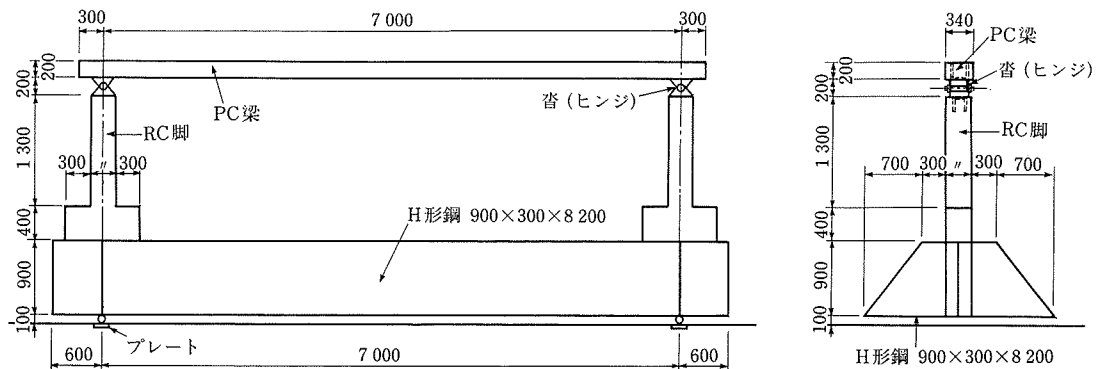


図-12 供試体

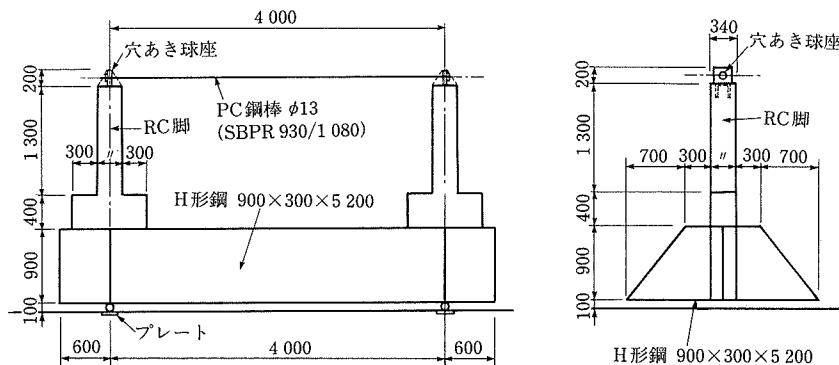


図-13 キャリブレーション用供試体

順番により端部のループ筋および切り欠き形状が決定される。下部工が同時施工中であるため、下部工引渡し時期（架設順序）の確認が桁製作上の重要なポイントとなっている。

また、高さ5m～10mという低い橋脚で355mにも及ぶ連結構造を安全にかつ経済的に可能とするために、本文でも述べた下部工のクリープ・乾燥収縮試験を宇都宮大学の佐藤教授のご指導のもと進めており、この報告も次の機会に行いたい。

本工事は、平成11年11月に主桁製作を完了し、12年3月

に連結工終了、12年11月の竣工に向け現在も施工中である。

#### 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，pp.978～979，1998.10
- 3) 阿部，布施，池田，阿部(浩)：六美高架橋における大規模プレテンション方式PRCスラブけた製作，コンクリート工学，Vol.37，No.5，pp.17～22，1999.5

【1999年7月9日受付】

---

#### ◀刊行物案内▶

### PPC構造設計規準(案)

### 外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法 設計施工規準(案)

### プレストレストコンクリート橋の耐久性向上 のための設計・施工マニュアル(案)－抜粋－

(平成8年3月)

頒布価格：3点セット 5 000円 (送料500円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会