

(44) バイプレ連結桁橋の設計施工

千葉県企業庁 君津建設事務所

(株)近代設計 東京支社 橋梁部

オリエンタル建設(株) 東京支店工事事部 正会員

〃

〃

石橋喜久雄

大石四郎

鹿嶋秀憲

○ 住田 潔

1. はじめに

「市役所通り大橋(木更津南部地区3号道路橋梁)」は、木更津南部地区土地造成事業の一環として平成2年3月改訂の木更津港港湾計画により、貯木池埋立計画の幹線道路として臨港道路3号線に位置づけられた橋梁である。平成9年の東京湾アクアラインの開通、それに伴う広域幹線道路網の整備効果として木更津南部地区への物流機能用地等の増大が見込まれる中、平成8年度より工事を開始し平成10年度末に完成した。

架橋付近は埋立て地で標高が低く、また木更津港内でレージャーボート等の係留場所でもあるため、けた下空間を確保しつつ取付道路高を低くしなければならない。そのため、PCけた橋の構造形式のうちけた上縁に圧縮応力を与えるバイプレストレス工法を利用してけた高を低く押さえ、さらに活荷重に対して橋脚上で左右のけたを連結することにより、より一層けた高を低くすることにした。

連結方式にはPC鋼棒を用いてプレストレスを与える方法を採用し、RC連結方式より配筋等の設計を容易にできるようにした。

施工に並行して、このPC鋼材により連結部にプレストレスを導入する設計の妥当性・安全性を確認するため、バイプレストレス工法協会にて模型供試体を製作し、曲げ試験及び疲労試験を実施された。

本論文は本橋梁の完成を機に、連結部の実験結果および設計・施工について報告するものである。

2. 工事概要

工事名 : 木更津南部地区3号道路橋梁新設工事(上部工)

工事場所 : 千葉県木更津市潮見一丁目地先

工期 : 平成9年10月1日～平成11年1月31日

施主 : 千葉県企業庁

工事内容 : 橋長 99.500m

幅員 25.800m

橋格 B活荷重

構造形式 バイプレストレス方式

3径間連結PC中空床版橋

主要材料 : 主げた(84本)($\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$) 1,952 m³

横組コンクリート($\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$) 490 m³

引張鋼材(12S12.7) 132.6 ton

圧縮鋼材(SBPR930/1080 ϕ 26) 19.5 ton

横縮鋼材(1S21.8) 5.14 ton

連結鋼棒(SBPR930/1080 ϕ 32) 6.05 ton

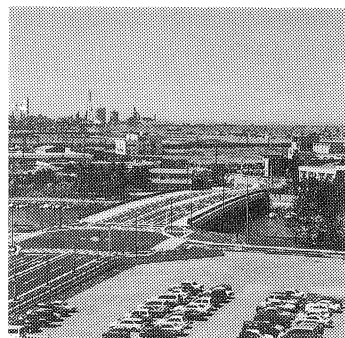


写真-1 完成

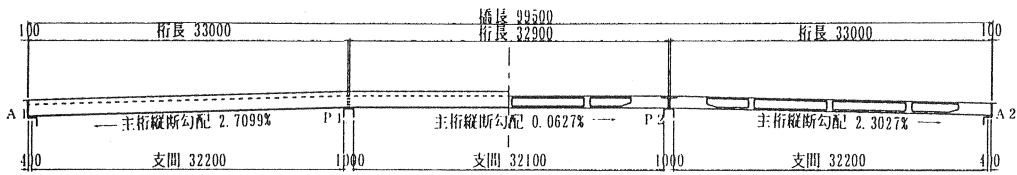


図-1 全体図

3. 設計について

1) 設計概要

橋梁構造物において交差条件などから、けた高を低く制限されることがあり、PCげたのけた高を限界までに制限したバイプレッシング方式PCげたの適用も増加してきている。また、一方では、耐震性、走行性、耐久性の向上のために橋梁の連結化・連続化が一般的に求められている。

プレキャストPCげたの連結構造による連続化は、プレキャストげた端部から突出させた鉄筋を重ね継手にて連結し、場所打ちコンクリートにて一体化した構造である。これはプレキャストげた架設のメリットを生かし、簡単かつ経済的に連続げたが施工できることに利点がある。しかしながら、けた高を制限した橋梁については、連結部の構造高が低くなり連結鉄筋の量が増大し、設計・施工ともに困難になるため、一般に連結化は見送られてきた。そこで本橋では、連結部にプレストレスを導入し、連結部の鉄筋量を配置可能な範囲まで減少させた。

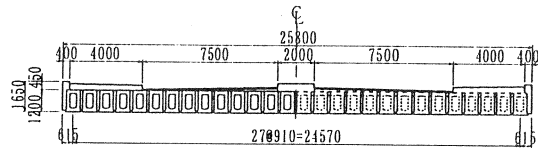


図-2 横断面図

2) 連結部の設計

本橋を従来のRC連結構造で設計を行うと、連結鉄筋としてD32,12本が必要となる。一方、連結部にプレストレスを導入するとD25,6本,2段配置となり、配置可能な鉄筋量となった。その結果、けた高を制限しているにもかかわらず、許容値 $\sigma_{sa} = 158\text{N/mm}^2 (1600\text{kgf/cm}^2)$ を満足することができた。また、連結PC鋼材は設計曲げモーメントに対して有効に作用するように上縁に配置し、定着には主げた圧縮鋼棒の定着用の切欠きを利用した。連結部の配置を図-3に示す。

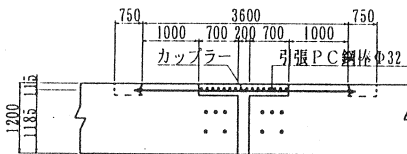


図-3 連結部

4. 実験

1) 実験の目的

本橋をモデルに1/3スケールの試験体を製作し、連結部をRC連結構造、PRC連結構造にした2種類の試験体の設計荷重レベルでの200万回曲げ疲労載荷試験を実施し、従来のRC連結構造を基準とした時のPRC連結構造の性状を比較した。また、疲労試験終了後、終局耐力と破壊形態を確認した。

2) 試験体

試験体は、連続げたの中間支点連結部の負の曲げモーメントに対する性状を把握するため、曲げモーメント交番点を支点とした単純げたとして取り出したものとした。鉄筋およびPC鋼材の配置は、実橋レベルで設計計算された鋼材量を試験体レベルに縮小配置し、鉄筋比と

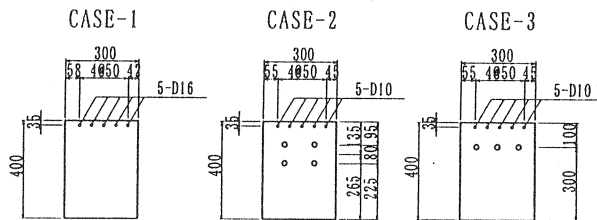


図-4 試験体断面図 (寸法単位: mm)

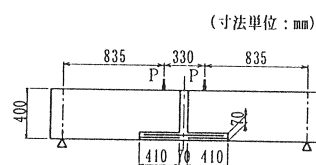


図-5 試験体側面図 (寸法単位: mm)

鉄筋引張応力度および導入プレストレスを実橋と同等となるように計画した。試験体の概要図を図-4、図-5に示す。なお、試験体はCASE-1をRC連結構造、CASE-2をPRC連結構造とし、CASE-3として経済性を目的としてCASE-2のプレストレスを75%程度に減じたものとした。

3) 曲げ疲労試験

連結部の剛性低下は、連結部上側の場所打ちコンクリート部を貫通する曲げひび割れが発生しプレキャストげたとの打継ぎ目が開くまで生じなかった。貫通ひび割れはRC連結構造では静荷重段階で発生したが、PRC連結構造では設計荷重段階まで発生せず、初期の剛性を保持した。疲労試験時の荷重と変位の関係を図-6に示す。

連結部の貫通ひび割れ発生後、最大ひび割れ幅は、いずれの試験体も許容値を満足したが、PRC連結構造がRC連結構造よりも大きくなった。これはPRC連結構造がRC連結構造に比較して連結部の鋼材量が少なく、かつ付着の良い異形鉄筋量が少なく、ひび割れ分散性に劣ることから、連結部継ぎ目にひずみが集中したと思われる。また、PRC連結構造では、残留ひび割れ幅が極めて小さく荷重が除荷されるとひび割れが閉じて繰り返し疲労の影響も少なかった。ひび割れ幅の結果一覧を表-1に示す。

これらより、連結部のプレストレスは後打ちコンクリート部の曲げ引張抵抗性能を高め、貫通ひび割れへの抵抗を大きくすることが確認できた。

4) 曲げ破壊試験

連結げたの連結部のように太径の鉄筋の重ね継手部が一か所に集中する場合は付着割裂破壊を起こすことが多い。

RC連結構造は、最終段階に連結部下側に縦方向のひび割れが発生して、連結部の鉄筋の重ね継手にて付着破壊を生じて終了した。一方、PRC連結構造は、コンクリートの圧縮縁が限界ひずみに達しても、連結鉄筋の継手部の付着破壊の兆候は見られず、急激な耐力低下も生じなかった。また、終局耐力は、いずれの構造も計算値以上の耐力を有する結果となった。破壊試験時の荷重と変位の関係を図-7に示す。

以上の実験結果より、一定のプレストレスレベルと連結鉄筋量を配置することによって、耐久的で施工性の良いPRC連結構造が実現可能であることが確認できた。

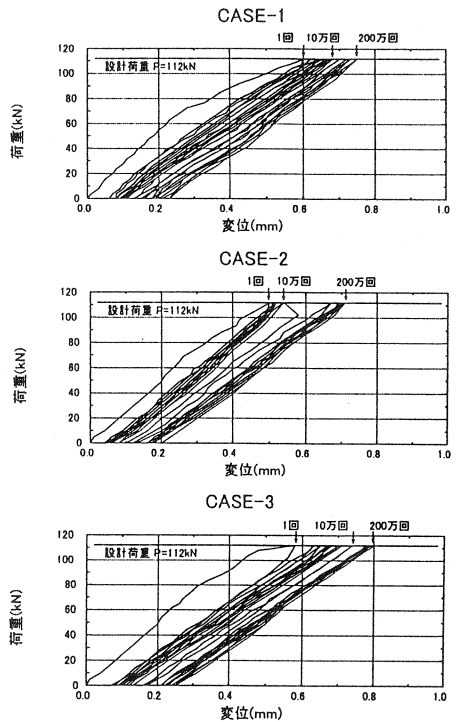


図-6 荷重と鉛直変位の履歴曲線(疲労試験時)

表-1 ひび割れ幅の試験結果

| 記号 | 連結構造 | 導入プレストレス P/A (N/mm ²) | ひびわれ幅 (最大値: mm) | | ひびわれ幅 (残留値: mm) | |
|--------|------|-----------------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| | | | 設計荷重 載荷時 | 200万回 載荷時 | 設計荷重 載荷時 | 200万回 載荷時 |
| CASE-1 | RC | — | 0.063 | 0.078 | 0.019 | 0.029 |
| CASE-2 | PRC | 1.2 | 0.052 | 0.084 | 0.004 | 0.005 |
| CASE-3 | PRC | 0.9 | 0.072 | 0.101 | 0.014 | 0.023 |

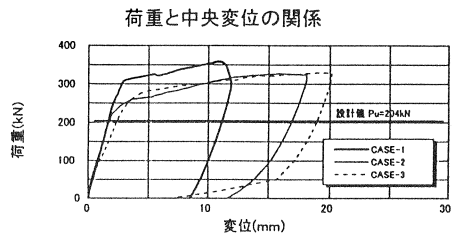


図-7 荷重と鉛直変位の関係(破壊試験時)

5. 施工

本橋梁は3径間で幅員が25mあり、主げたの本数が84本と多い。工期上H11.3の開通に間に合わせる為、下部工施工中にけたの製作を完了し、下部工完了後直ちにけたの架設を開始する必要があった。そのため、けた製作に当たっては、けた全本数をストックできること、製作サイクルを冬期でも維持すること等に配慮した。また、架設においては、ガーダー架設からガーダー併用トラッククレーン架設に変更し、工期短縮を図った。

実施工程を図-8に示す。また、施工フローを図-9に示す。

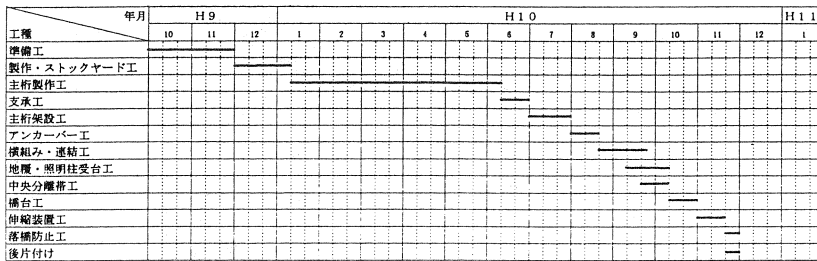


図-8 実施工程

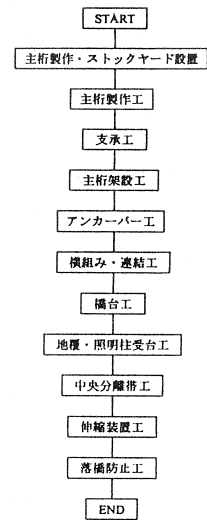


図-9 施工フロー

1) 製作ヤード

製作ヤード及びびけたのストックヤードとして市役所の駐車場の一部を借地すると共に、水路手前でT字交差点であった道路を全面交通止めとして全長110m、幅80mを確保した。

ヤード内には製作台を6基設け、1基当たり14本製作出来るようにした。

型枠組立、コンクリート打設用に門型クレーン(2.8t吊り)2基用意した。

横取機を4基用意して横取り作業の省力化及び安全性の向上を図った。

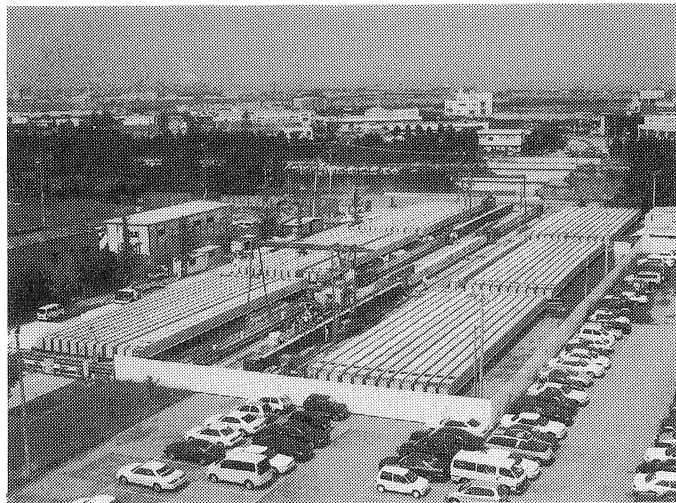


写真-2 製作ヤード

2) けた製作

中空型枠には工場にて加工した発泡スチロールを使用して、現場での型枠製作作業を減らした。

コンクリートは、中空型枠下にコンクリートが充填されるように高性能減水剤 (レオビルトSP-8S) を使用し、スランプを12cmとなるようにした。また、冬季でも確実に緊張時強度が得られるような配合とした。配合を表-2に示す。

表-2 コンクリートの示方配合

| W/C (%) | セメント (kg) | 水 (kg) | 細骨材 (kg) | 粗骨材 (kg) | 高性能減水剤 (kg) |
|---------|-----------|--------|----------|----------|-------------|
| 35.5 | 454 | 161 | 608 | 1112 | 4.994 |

主ケーブル緊張後のけたの横取りでは、横取り距離が長い為、油圧ジャッキと油圧モーターによる横取り機を使用して施工のスピード化・省力化を図った。

3) 架設

架設は当初ガーダー架設だったが、作業スペースが狭い橋脚上での人力作業となる横取りを減らすこと、作業の安全性の確保、施工のスピード化を図るために、エレクションガーダー併用トラッククレーン架設で行うことにした。さらにストックヤード内では横取り機の使用、トラッククレーンによる積み込み、トレーラーによる運搬、自走式重量トロによる縦取等を行って、架設作業全体がスムーズにかつ安全に行えるようにした。



写真-3 架設状況

トラッククレーンは、側径間については500t吊り1台と300t吊り1台を中央径間については500t吊り2台をA1・A2橋台背面に配置し、ガーダー上より相吊りにて所定の位置に架設した。

4) 横組・連結工

架設完了後、けた上縁に配置した圧縮鋼棒により、バイプレストレスを導入した。

横組作業と平行して連結工を施工した。予めけた間に配置する通し筋と吊筋をけた上で組立て、キャスター付きのビティ棒とベビーホイストを用いて吊り下げながらけた間に降ろし、所定の位置に配置した。

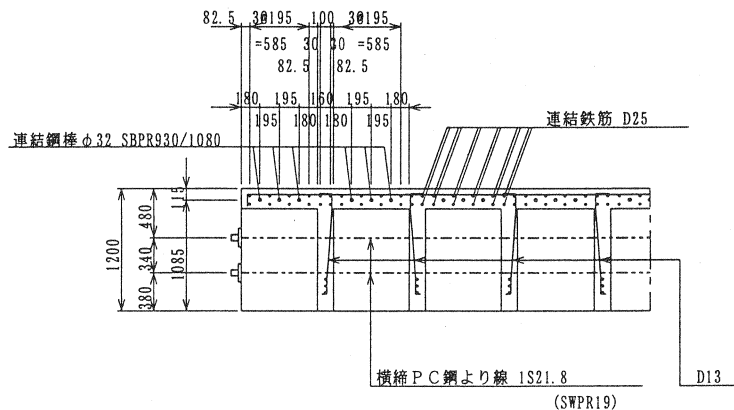


図-10 連結部断面

次に橋軸直角方向の配筋を行い、連結鋼棒の組立た。組立はけた架設前に、橋脚上左右のけたにPC鋼棒を挿入しておき、架設後この左右の鋼棒を引き出しカプラーでつないだ。

コンクリートの打設は、打設数量が全体で490 m³と多いこと、また打設時の、けたの変形が連結部へ影響しないように径間部3回、橋脚上2回の計5回に分けて行った。

緊張は横締め、連結鋼棒の順に行った。連結鋼棒の緊張は、予めけた上縁に箱抜きを設けておき、ジャッキをその箱抜きの中に入れて緊張した。

緊張後、グラウト注入ホースをセットし、主桁コンクリートと同一配合のコンクリートで箱抜きを埋めた。

箱抜き跡埋め後、グラウトを注入した。

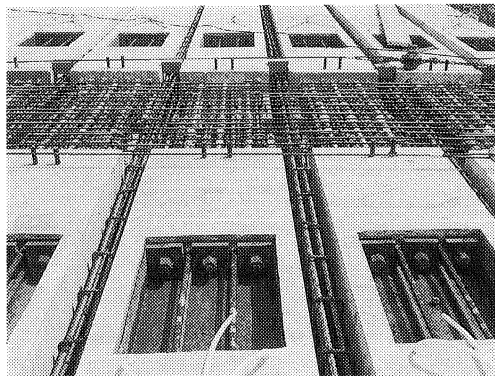


写真-4 連結部配筋状況

5) 橋面工

橋体工完了後、パラペット工、地覆工、中央分離帯工、伸縮装置工、落橋防止装置工を施工し、平成10年12月1日竣工した。

6. おわりに

本橋は、計画高が低くしかもけた下空間を確保しなければならないという厳しい線形上の制約があったが、パイプ連結方式により施工が可能になった。

今後本橋のように線形上の制約がつく条件では、けた高をより低く押さえることが出来るこのパイプ連結方式は有効であると思われる。

本橋は、工事完了後木更津市に移管され、すでに共用されて物流の要としての役割を担っている。またレジャーボートの係留されている水路の兩岸は公園となっており、休日には船遊びや釣りを楽しむ人など市民の憩いの場ともなっている。

最後に、本橋の施工・実験を実施するにあたり木更津工業高等専門学校環境都市工学科の石田博樹教授に多大なご協力をいただき深く感謝いたします。

参考文献:

- 1) 建設省土木研究所ほか:プレキャスト連結げたの設計法に関する共同研究報告書,1992.2
- 2) プレストレスト・コンクリート建設業協会:PC連結げた橋設計の手引き(案),1998.6
- 3) 池田隆盛ほか:北関東自動車道 六美高架橋の設計・施工,第8回プレストレス・コンクリートの発展に関するシンポジウム論文集,1998.10
- 4) 中村敏之ほか:けた高を制限したプレキャストPCげたの連続構造に関する実験的研究,コンクリート工学年次論文報告集第21巻,1999.7