

(126) 夜間施工を考慮した外ケーブル補強工事における新工法の提案

(株) 富士ピー・エス 正会員 ○東野 正明
 (株) 富士ピー・エス 正会員 富永 聡
 (株) 富士ピー・エス 正会員 西永 卓司
 (株) ポゾリス物産 赤島 辰也

1. はじめに

既存橋梁の補強工事の一つとして外ケーブルによるプレストレス導入工法がある。外ケーブル工法は、主桁コンクリート断面に直接プレストレスを導入し応力改善が図れるため、活荷重の増大による橋梁のグレードアップには有効な手段であると言える。外ケーブルによる補強工法は、供用中の橋梁を対象とする場合が多いが、既設橋梁の耐久性向上はもちろんのことながら、現場施工の工期短縮、省力化が重要となる。

奈良県の県道に供用されている新宝来橋のB活荷重対応の補強工事として外ケーブル工法が採用された。新宝来橋では、工期の短縮、省力化の目的、およびコスト削減の提案として外ケーブルの定着ブラケットにハーフプレキャスト埋設型枠を使用し、また、夜間施工で行われる現場打ちコンクリートでは、通常時間内(AM7:00~PM6:00)のコンクリートに比較して20倍のコストが掛かるため、練り置きしたコンクリートを生コン車で攪拌しながら夜間の所定時間(AM1:00)までフレッシュ性状を保ち、周辺環境においては、現地に生コン車両を待機させない事により機械騒音の低減を計るため、超遅延型コンクリートを用いた。本稿では、定着ブラケット、超遅延コンクリートの詳細、及び実験・検討結果とその効果について詳述する。

2. 新宝来橋の概要

新宝来橋の工事は、列車営業線上の橋梁の外ケーブル補強工事を行うものであり、大阪府から奈良県につながる阪奈道路に架橋されている3径間単純PC合成I型桁橋である。TL-20からB活荷重への変更に伴う補強が目的である。次項に橋梁諸元、図-1,2に断面図、側面図を示す。

橋梁諸元

工事名：奈良生駒線新宝来橋道路補修（橋梁補修）工事
 工事場所：奈良市西大寺地内
 橋梁形式：ポストテンション方式I型単純合成桁
 橋長：20m080+15m170+21m850
 有効幅員：7m500
 活荷重：B活荷重

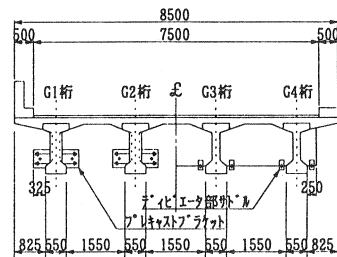


図-1 新宝来橋橋断面図

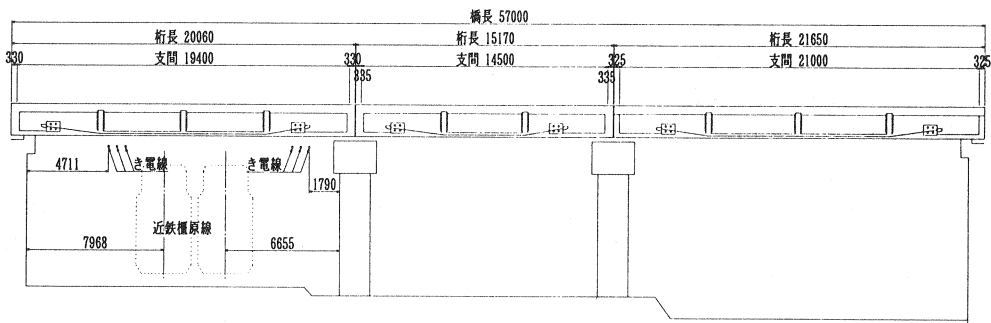


図-2 新宝来橋側面図

3.新工法の提案

従来、外ケーブル補強工法の定着ブラケット部材の選択肢としては、①現場打設在来工法、②プレキャストコンクリート工場製品、③鋼製プレキャストブラケット、が一般的であった。しかし、本工事では、夜間の限られた時間内(AM1:20~AM4:00の内2時間40分)にブラケット取付作業を行わなければならない、工期及び作業手順は非常に困難を極め、前項で述べた①~③の工法ではコストおよび工期縮減は不可能と判断し、高流動コンクリートを使用したプレキャスト埋設型枠工法の採用、並びに、夜間工事における超遅延型コンクリートを採用した。

採用に至るまでの経緯として、前項で述べた中でもプレキャストコンクリート工場製品が工期短縮には適しているが、1箇所当たりのブラケット重量が500kgf近くとなり、施工性が非常に悪い。そこで、1箇所当たりのブラケット重量が1/5程度となるプレキャスト埋設型枠工法(ハーフプレキャスト)を採用し、施工性の改善を目指した。

次に、間詰部ではコンクリート又は無収縮モルタルの施工を夜間で行わなければならない。①については普通コンクリートであり②と③は無収縮モルタルとなる。本提案は、間詰コンクリート又は無収縮モルタルの何れも採用出来るが、夜間施工においてコストが10倍以上掛かることを考慮し、超遅延型コンクリートを採用した。超遅延型コンクリートは一般的にトンネル工事の夜間吹付工事において実績があり、少量のコンクリートを使用する場合に適している。そのシステムは、レディーミクストコンクリートの混練りが終了するまでに超遅延剤を添加した生コン車を現場で待機させ、スランプを24時間以上、自由にコントロール出来るものである。しかしながら、その実績はトンネル工事の夜間吹付工事のみ使用されており、一般構造物には適用例がなかった。本工事では、プレキャスト埋設型枠と橋梁の間詰部のコンクリートに使用する事を試みた。図-5にプレキャスト埋設型枠工法の施工手順と施工要領を示す。

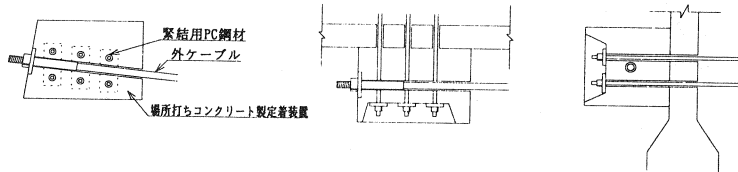


図-3 ①現場打設在来工法

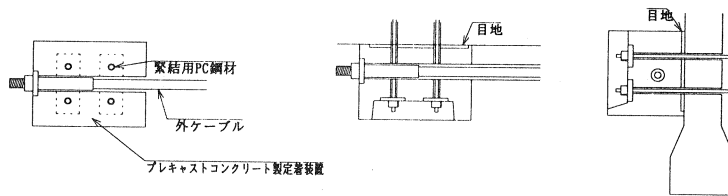


図-4 ②プレキャストコンクリート工場製品

4.プレキャスト埋設型枠の各種実験

4.1 型枠形状の決定について

プレキャスト埋設型枠の形状は出来るかぎり自重の低減を計る為に、①かぶり及びあきを考慮し最小断面厚($t=70\text{ mm}$)とした、②主桁とブラケットを固定するPC鋼棒の定着部の箱抜きを取り除き、ブラケット定着部を露出して防錆型定着装置とした、これによりプレキャスト埋設型枠の重量を1/5に軽量化出来た。

4.2 高流動化コンクリート実験結果

プレキャスト埋設型枠の打設方法としては、型枠を反転して打設を行えば通常の配合(40-8-25N)で十分

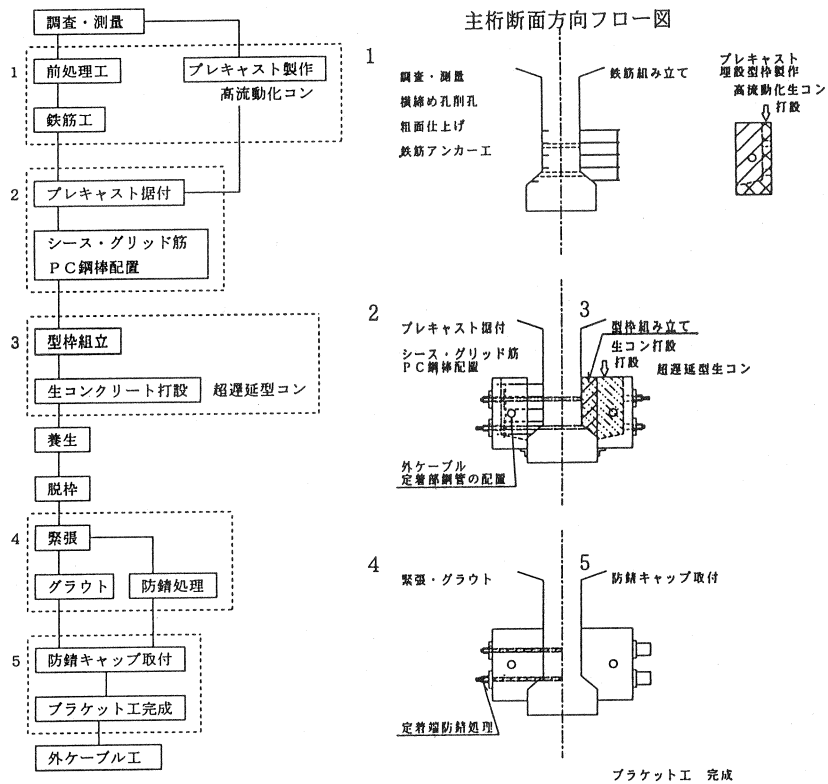


図-5 プレキャスト埋設型枠工法の施工手順と施工要領

可能であるが、下面の仕上げに要する時間、仕上げ精度、及び反転作業が必要となる。本工事では、この問題を解決するために高流動コンクリートを採用し、正の方向でコンクリートを充填した。

今回採用した高流動コンクリートは、増粘剤系や粉体系ではなく、セメント量を若干増やし微粉末として捕らえ、高性能減水剤を通常より多く使用し、S/aを51%とした。尚、セメント量の使用量は550 kg/m³でW/Cは29.1%で行った。コンクリートのフレッシュ性状はフロー値で70×70 cmで、分離作用は無く、充填性についても問題無く終えた。硬化性状は、まず強度発現として、材齢4日で49N/mm²、材齢7日で60N/mm²、材齢28日で69N/mm²の結果が得られた。セメントを一部粉体として置き換えたため、設計基準強度40N/mm²を大きく上回る結果となった。引張強度試験の結果は材齢28日で5.2N/mm²であり、ほぼ理論値に近い値であった。また、コンクリートのヤング係数については材齢28日で32kN/mm²であるが粗骨材の締める割合が少ないために理論値よりやや低い値となった。

5 超遅延型コンクリートの実験

5.1 フレッシュ性状実験の結果と考察

超遅延型コンクリートのフレッシュ性状は、スランプの時間制御が一番重要な部分を締める。実験結果および適用した結果を述べると、設計スランプ20 cm (フロー値34×34 cm) に対し8時間後のスランプロス3 cm程度であった。また、仕上げが出来るまでの時間は32時間後であった。しかし、このデータは平均外気温約20℃のものであり、外気温温度により、コンクリートのフレッシュ性状が大きく変化する可能性が高いので、季節毎に試験練を行い、フレッシュ性状を把握して適切な養生の設定を行う事が重要である。

表-1 超遅延型コンクリート示方配合表

W/C	S/a	最大骨材寸法	単位水量	セメント量	細骨材量	粗骨材量	減水剤量	遅延材量
%	%	mm	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
36.0	39.0	25	165	428	643	1,022	4.58	4.28

設計基準強度 40N/mm², 膨張材 30kg 使用

5.2 硬化性状実験の結果と考察

強度発現として材齢3日で25N/mm²、材齢7日で40N/mm²、材齢14日で46N/mm²、材齢28日で49N/mm²の結果が得られたが、緊張する時期は材齢5~7日の間で行うため、十分な強度を有していると言える。引張強度試験の結果は材齢28日で3.8N/mm²の結果が得られ、ほぼ理論値に近い値であった。また、コンクリートのヤング係数については材齢28日で30kN/mm²の結果が得られ、ほぼ理論値に近い値であった。

6. プレストレス導入の確認実験

6.1 実験概要

PCI型単純合成桁橋で外ケーブルのプレストレス導入により、生じる主桁のコンクリートひずみを計測した。図-6にひずみの計測位置を示す。なお、計測位置は、スパン中央の横桁の影響を避けるため中央より300mmずらした位置を選定した。(図-7)

ひずみ計測は、導入前、各桁外ケーブル導入完了後、および全ケーブル完了後に行った。

併せて、定着ブラケットがプレストレス導入により有害な変形を生じないことの確認を行う必要があるが、主桁と定着ブラケットの相対変位を計測することにより確認を行った。なお、計測値のインシヤル値および外ケーブル導入後の計測値は、車両が本橋梁径間上を通行していない時に計測した値である。

6.2 実験結果と考察

G2桁のプレストレス導入量の測定結果は、設計値2.72N/mm²の値に対し、測定値2.57N/mm²であり、ほぼ設計値に近い値となった。外ケーブルによる補強効果は十分確保できたと言える。また、定着ブラケットと主桁の相対変位は認められず、ブラケットの主桁への結合方法および埋設型枠の付着性状は良好であったと言える。

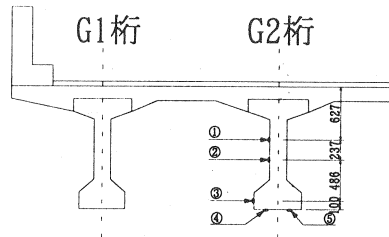


図-6 ひずみ計測位置(断面)

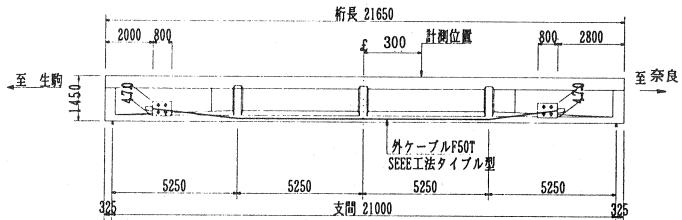


図-7 ひずみ計測位置(側面)

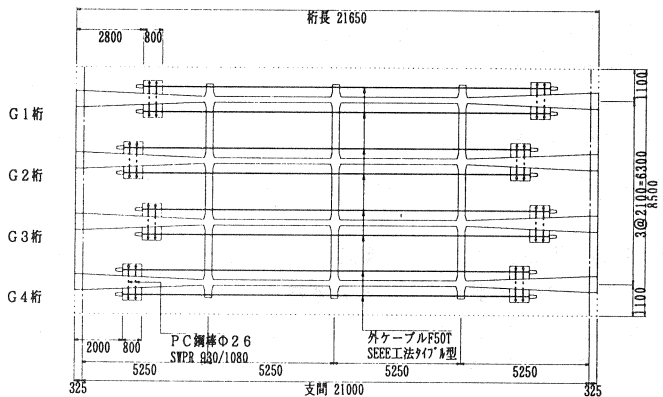


図-8 外ケーブルの平面配置

7. 在来工法との工期比較

ブラケット工 について N=50箇所、昼間作業の条件で、在来工法の木型枠は全数準備(転用無し)、プレキャスト工法のプレキャスト製作には鋼製型枠10ヶ(5回転用)と設定し、実績から標準的な工程を比較すると下記に示す通り、在来工法で40日に対し、プレキャスト化すると7割の28日となり大幅な工期短縮となる。図-9に在来工法とプレキャスト埋設型枠工法の工程比較を示す。

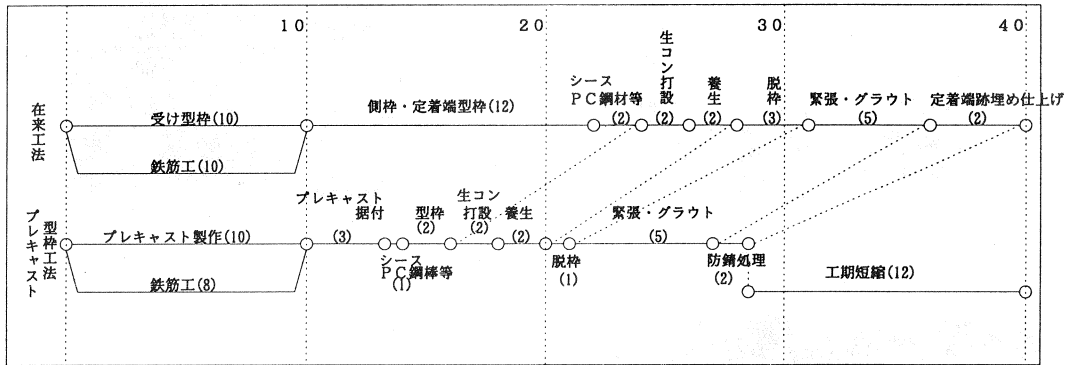


図-9 在来工法とプレキャスト埋設型枠工法の工程比較

8. まとめ

今回行った夜間施工を考慮した外ケーブル補強工事における新工法とコスト縮減の提案は、将来の展望として下記に示す特質すべき点が3項目ある。

- ① プレキャスト埋設型枠を標準化する事により、ブラケット製作用鋼製型枠の転用が効くので型枠材のコスト縮減が可能となる。
- ② 超遅延型コンクリートについては、夜間工事における少量のコンクリート(40m³以下)打設においてコストが1/5~1/10となりコンクリート材料のコスト縮減が可能となる。
- ③ 高流動化コンクリートについては、増粘剤系でもなく粉体系でもない、一般的なコンクリートから発想展開しているので、どの地域でも簡単に高流動化コンクリートが供給可能であり、また、膨張材を添加して骨材の最大寸法を15mm以下にした事により、無収縮モルタルに相当する置き換えが可能となった。その結果、無収縮モルタルの材料費が1/10のコスト縮減が可能となる。

以上3点については、その他工事においても工法展開が可能と考える。

9. おわりに

建設業におけるコスト縮減の要求は、予想より速い速度で求められており、また、ISOの導入で高品質で低コストの構築技術を問われる時代が訪れている。我々建設業に携わる者は、それぞれの現場において新しい技術を提案し、コスト縮減を推し進めなければならないと痛感している。

本工事では『夜間施工を考慮した外ケーブル補強工事における新工法とコスト縮減の提案』をテーマに各種試験及び載荷実験を行い、データとしては良い結果が得られた。また、コスト縮減については、工程短縮が可能となり、コンクリート材料面においても、今までにない新しい発想を提案できたと考える。今後、重要な課題として構造物の標準化があるが、特異性をもった構造物を出来るだけ標準的な形として検討し、また整備していくことが、コスト縮減と高品質な構造物を建設する基礎になると考える。

最後に、本橋の施工、試験、計測にあたってご指導、ご尽力を戴いた関係各位に誌上をお借りして感謝の

意を表すとともに、高流動コンクリートの研究面で多大なるご指導、ご鞭撻を頂きました大阪市立大学、故眞嶋光保助教授に、謹んで哀悼の意を表します。

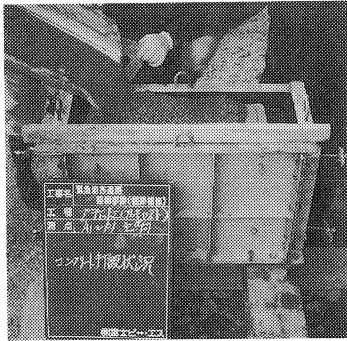


写真-1 埋設型枠高流動コンクリートの打設

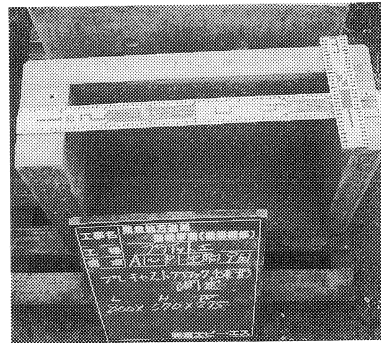


写真-2 プラキャスト埋設型枠

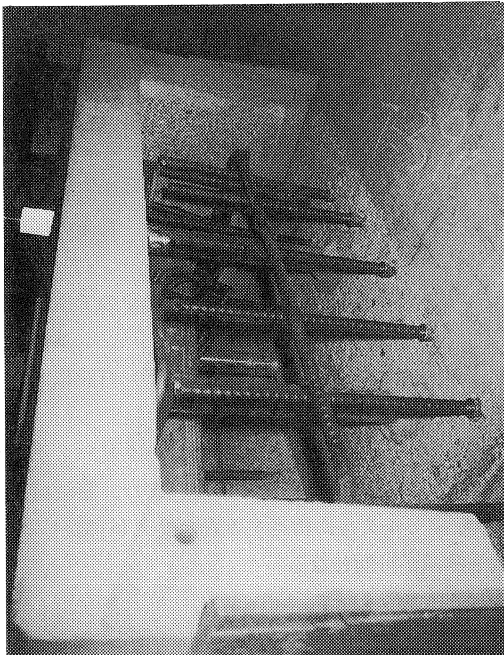


写真-3 定着ブラケット埋設型枠設置状況

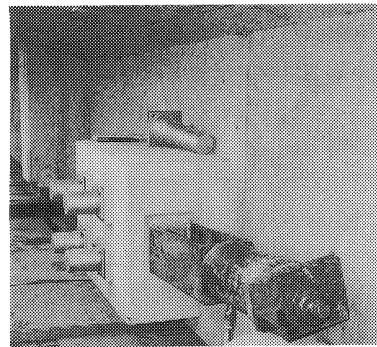


写真-4 定着ブラケット完成

【参考文献】

- [1] 眞島 光保, 眞鍋 英規, 東野 正明, 森谷 勇二: 人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートの硬化性状、土木学会第50回年次学術講演会概要 95年9月
- [2] 眞島 光保, 眞鍋 英規, 東野 正明, 森谷 勇二: 人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートの開発、第5回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム 95年10月
- [3] 眞島 光保, 眞鍋 英規, 足立 幸郎, 宮川 豊章: 外ケーブルに連続繊維緊張材を用いたPC桁の静的破壊実験第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム 96年10月