

(68) 大容量プレテンションを用いた床版横締めについて

(株)日本ピーエス 技術管理部	正会員 原 幹 夫
日本道路公団四日市工事事務所 所長	小 松 秀 樹
日本道路公団名古屋建設局構造技術課 課長	正会員 池 田 博 之
日本道路公団四日市工事事務所 工事長	加 藤 照 己

1. はじめに

第二名神高速道路の長島高架橋は、愛知県と三重県の県境となる木曾川と揖斐川にはさまれた三角州に建設している橋梁である。本橋近傍に大規模なセグメント製作ヤード及びストックヤードが確保でき、大型トレーラーによる運搬が可能なることから、プレキャストセグメントによるPC連続箱桁橋を採用している。セグメントの製作方法はショートラインによるマッチキャスト方式で、この構造形式はすでに供用済みである弥富高架橋や施工中の鍋田高架橋と同様の形式であるが、現場製作のさらなる合理化、省力化及び品質向上を目的として、床版横締め大容量プレテンション方式を採用している。

プレテンション工法は歴史も古く、安定した実績を持つが、通常グラウンドに固定したアバット間に配置したPC鋼材の緊張力をコンクリート硬化後に解放することでプレストレスを導入する方法(固定式導入装置)がとられている。そのためマッチキャスト方式の場合、OLDセグメントにはすでにプレストレスによる弾性変形が発生していると云う問題が生じる。

セグメントにプレテンションを採用した唯一の前例である重信高架橋では、OLD側のセグメントにウェイトによる変形の再修正を行いこれに対応した。本橋では幅員がより大きいためストレス量も大きく、ともなう弾性変形、弾性短縮もそれぞれも大きくなる傾向にあり、マッチキャスト時の問題がより顕著になると予想された。また使用したPC鋼材は配置間隔等施工性を考慮し、従来の最大径φ15.2から初めての試みである大容量のストランド(φ21.8)へとランクアップしているため、緊張力は2.25倍となり、導入時のコンクリート強度管理もより重要となった。

長島高架橋ではこれらの問題をふまえ、新たに反力式プレストレス導入装置を用いたセグメント床版のプレストレス導入方法を検討した。検討にあたってセグメントの製作ヤードの制限もあり、機能の追求のみならず設備の小型化軽量化を課題とした。本報告では装置の原理と装置を用いたセグメント製作システムについて述べる。

2. 大容量プレテンション床版横締めの特性と問題点

2-1 プレストレス導入時の弾性変形とセグメントの移動

プレストレスの導入に伴いセグメントの床版部は図-1に示す変形を起こす。その量は数ミリと小さいが

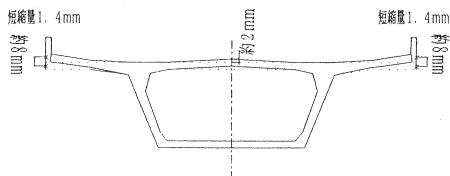


図-1 セグメントの弾性変形概念

マッチキャスト方式である以上、架設ヤードでの再接合時にせん断キーの噛み合いを阻害する要因となる。また、変形を起こしたセグメントを基準にマッチキャストを行うことができないため、変形の修正を行うが、導入後の再修正が可能なのは張り出し部の変位のみであり、床版中央の変位および弾性短縮は実質上矯正不能である。

さらに、従来のプレテンション装置では緊張力の解放時(プレストレス導入時)にPC鋼材の余長が必要であり、

余長の戻りによりセグメントが移動する恐れが想定された。現場製作のセグメントは質量が大きく、移動し

た場合、種々の問題が発生する懸念が生じる。

### 2-2 若材令におけるプレストレスの導入

φ21.8 ストランドのプレテンション鋼材の付着定着長とプレストレス導入時のコンクリート強度の関係を図-2に示す。この図から導入時のコンクリート強度が小さいと付着定着長が大きくなることが判断でき、導入時の強度確保が重要となる。また、コンクリートに極端な若材令で荷重を加えた場合、一般的な強度—静弾性係数の関係が成り立たず(図-3)、強度から算出される値より弾性変形量が大きく、その後のクリープひずみ量も増加する傾向にあると考えられる。

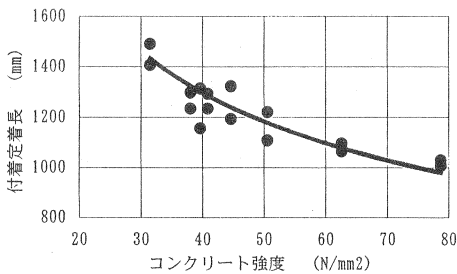


図-2 コンクリート強度と付着定着長の関係

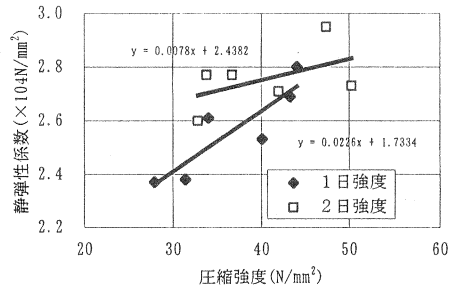


図-3 若材令における強度と静弾性係数の関係

これらの変形はセグメントのマッチキャスト時および架設ヤードにおける再接合時に障害となる恐れがあり、導入時の材令確保が重要となる。工程上セグメントの製作は1日サイクルが基本であり、固定式の場合プレストレス導入までに17時間程度しか養生時間が確保できず、特に冬期における導入時のコンクリート強度管理が困難になると予想された。

### 2-3 製作サイクル内の作業項目の増加

長島高架橋と同等規模の弥富高架橋などでは床版横締めがポストテンション工法であり、横締めの緊張作業はセグメント製作後に行われるためクリティカルにはならないが、プレテンション工法では製作サイクルの中に緊張・解放の作業が組み込まれるため、作業項目が増加し1サイクルの所要時間が長くなる。

## 3. 長島高架橋でのプレテンションシステム

長島高架橋ではセグメント製作ヤードのレイアウトの点から大型の固定式プレテンション装置を配置する事が困難な状況もあり、小型の反力式プレテンション導入装置を開発した。さらに、以下のコンセプトによるプレストレス導入方式にて前述の大容量プレテンション床版に関する問題点に対応した。

- ・ 反力式プレストレス導入装置を移動装置と組合せ移動式とする。
- ・ 導入装置を2台使用し、プレストレス導入はマッチキャスト終了後のOLDセグメントにて行う。
- ・ 導入時のコンクリート強度を 35N/mm<sup>2</sup>以上とするが、セグメントの養生期間を2日とし、過度の高温養生を行わない。
- ・ プレストレス導入時にセグメントに負荷を与えず、横方向の変動は装置の方が吸収する構造とする。

### 3-1 反力式プレストレス導入装置の構造

反力式プレストレス導入装置は図-4に示すように圧縮梁、反力P C鋼棒、定着ポストおよびゴム製の全方向ヒンジの主要部材から構成される。プレテンション鋼材を緊張すると定着ポストはゴムヒンジを介し反力P C鋼棒に緊張力が伝達される構造となっている。プレストレスの導入はプレテンション鋼材の緊張力を解放して行う。また装置は移動設備により、緊張状態でOLD側へ移動できるよう移動装置と組み合わせて使

用する。

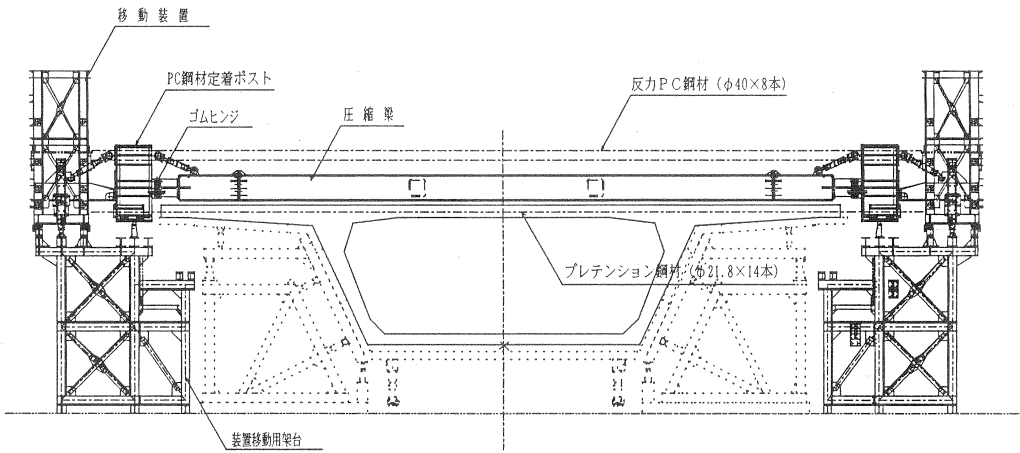


図-4 反力式プレストレス導入装置

### 3-2 プレストレスの導入の手順

反力式プレストレス導入装置による緊張は14台の50tジャッキを1台のポンプでコントロールする集中管理方式で行う。プレテンション鋼材とジャッキの接続及びポストへの定着は専用カップラーとテンションバーにて行い、緊張およびプレストレス導入（緊張力の解放）は下記の手順で行う。

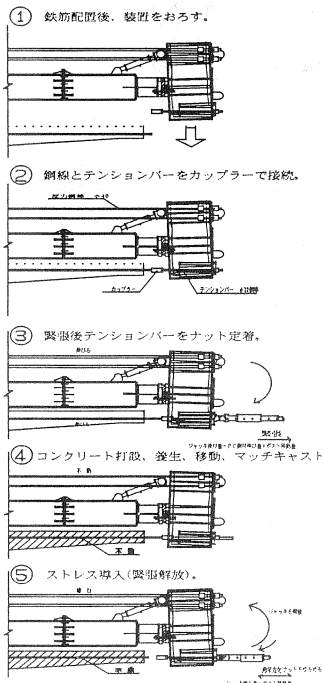


図-5 プレストレス導入要領図

- ① カスティングセル内の作業が完了後、移動装置にてプレストレス導入装置を降ろす。
- ② プレテンション鋼材(φ21.8ストランド)をカップラーに挿入し、テンションバーと接続する。
- ③ テンションバーにジャッキをセットし所定の緊張力を与える。  
・ジャッキを作動させると定着ポストはゴムヒンジを介して反力鋼棒と釣り合いをとりながら回転する。ジャッキの伸び量はストランドの伸び量+定着ポストの移動量となる。
- ④ 所定の緊張力に達した時点でテンションバーをナットにて定着ポストに固定し、ジャッキをはずす。その後、コンクリートの打設、養生を行い、翌日に硬化したセグメントと一体で装置をOLD側へ移動し、NEWセグメントとマッチキャストを行う。
- ⑤ NEWセグメントの完成後、セグメント同士を切り離し、緊張力を解放する。  
・再度ジャッキにてテンションバーを引き、所定の緊張力に達した時点でゴムヒンジの働きにより定着ポストが回転し、ナットが解放される。そのため再緊張に要するPC鋼線の余長は不要となる。

### 3-3 移動式プレストレスの導入システム

プレストレス導入システムを図-6に示す。装置は移動用架台上を横行し、上下移動は移動装置に組み込んだ油圧ジャッキにて行う。プレストレスの導入はせん断キーが離れる約50mmだけOLDセグメントを切り離

した時点で行い、その後PC鋼線を切断し装置をリフトアップすると同時に、OLDセグメントを搬出する。

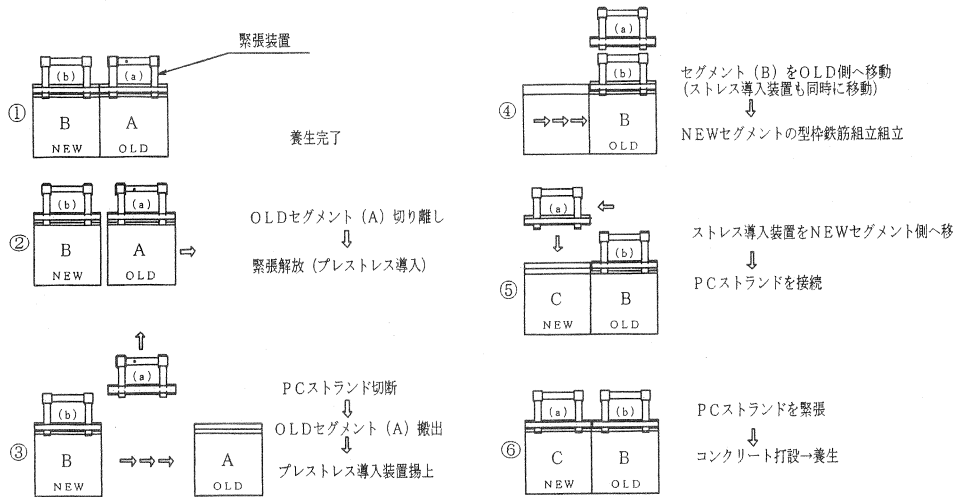


図-6 移動式プレテンションシステム

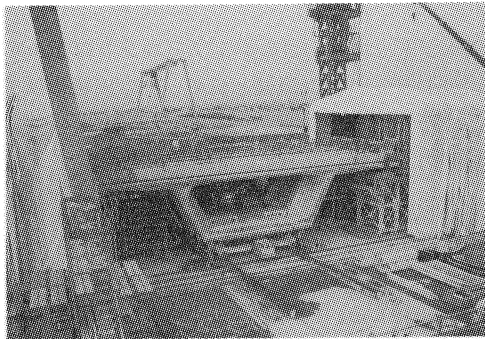


写真-1 プレストレス導入状況

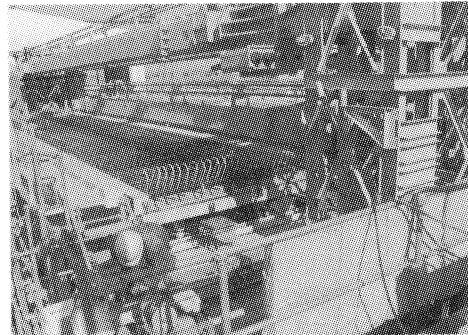


写真-2 緊張装置移動状況

#### 4. 移動式プレテンション導入システムの効果

##### 4-1 変形の制御

セグメント床版部に発生するプレストレスによる弾性変形及びその後のクリープ変形の問題に対しては、NEWセグメントとのマッチキャストの後にOLDセグメントにプレストレスを導入する方法で解消することができる。また養生期間を2日とすることで、極端な若材令での導入をさげ、ある程度の静弾性係数を確保することができ、クリープ変形に対する対策もとれる。

セグメントの製作は連続して行うため、隣接するセグメント同士の製作時の強度、材令等の条件差が小さく、架設時の再接合においてその効果が確認された。

##### 4-2 付着定着長の確保

養生期間の確保により、プレストレス導入時のコンクリート強度を  $35\text{N/mm}^2$  以上を安定して確保できるため、プレテンション鋼材のコンクリートへの応力伝達機能が確実となる。

セグメントの製作に先立ち、実セグメントを使用したプレストレス導入量の測定実験を行った。図-7及び図-8に結果を示す。発生する応力度は床版の上下面に取り付けたひずみ計の計測値から算出し、計算値は平面骨組み解析により算出した。

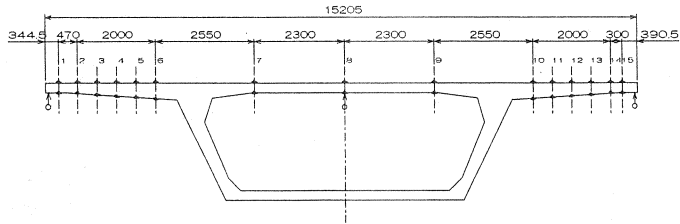


図-7 ひずみ測定位置

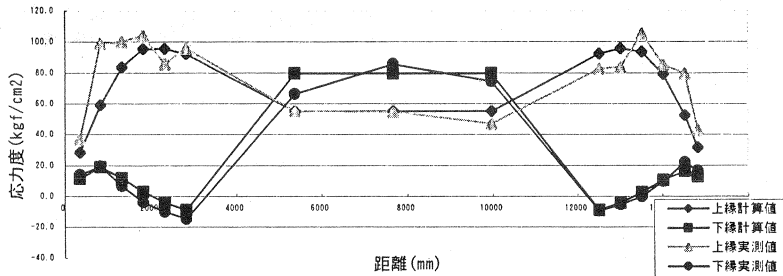


図-8 プレストレス導入による応力度比較図

付着定着長の計算値はφ21.8 ストランド評価実験から算出した安全率を含んだ値を使用していることから、実測の付着定着長はかなり小さい結果となった。さらに平面骨組み解析結果の計算値に誤差を含むことを考慮すれば、コンクリートの応力状態は測定値と計算値は極めて近似的な値にあると考えられる。この測定結果からプレテンション工法が所定の機能を有すると判断できる。

#### 4-3 製作サイクルの短縮

固定式プレテンション装置ではプレテンション鋼材を定着板に定着した後緊張するため、予備緊張が必要となる等ポストテンション方式に比較して1サイクルの作業項目が多くなる。移動式プレテンション導入システムではプレストレス導入は並行作業となり、クリティカルにならないことからポストテンション方式にほぼ同等の作業量となる。図-9に各工法のサイクル作業比較を示す。

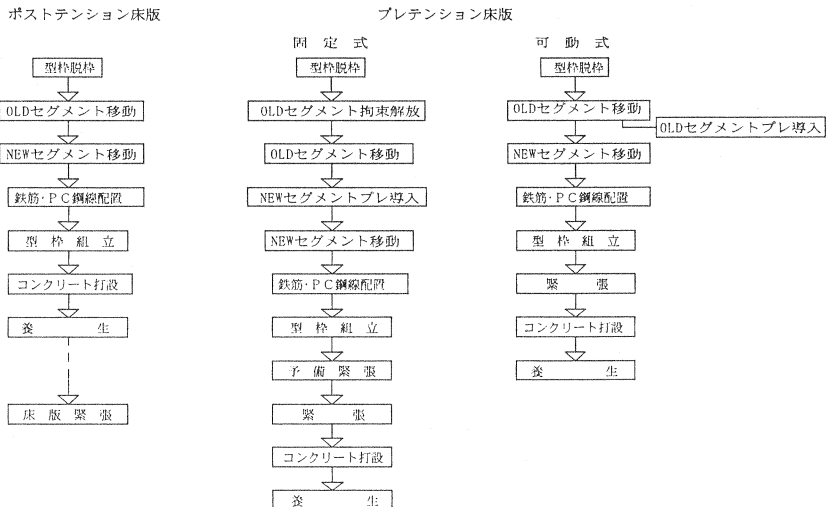


図-9 サイクル作業の比較図

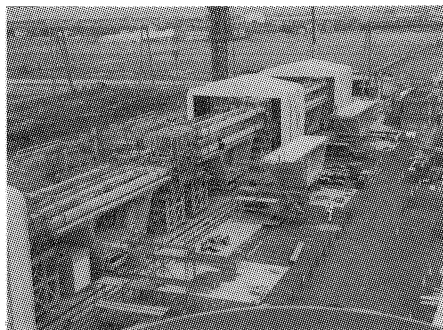


写真-3 セグメント製作ヤード

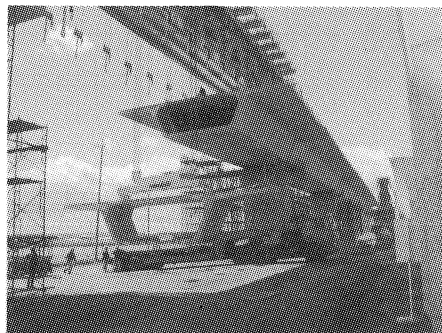


写真-4 架設状況

## 5. おわりに

大容量のプレテンション ( $\phi 21.8$ ) は世界でも初めての試みであり、採用するにあたり約半年をかけて物性確認を行った。 $\phi 21.8$  ストランドは3層より線であり、従来の $\phi 15.2$  ストランド (2層より線) とストランドの構成が異なる。そのため物性確認実験の結果では芯線の引き込み現象、付着定着長の増大など特有の性状を持つと同時に、その特性はコンクリートの品質に大きく影響されることも解った。これはプレキャスト箱桁橋の床版部などの薄い部材に適用するには不安要素となり、コンクリートの品質確保が採用にあたっての最重要課題となった。本来固定式プレテンション装置と同等の機能を期待するのであれば、反力式プレストレス導入装置1基で足り、移動装置ももう1基の導入装置も不要であったが、コンクリートの品質を重要視した場合には工程にも影響する恐れがあり、移動式プレテンション導入システムを考案し対応した。現在セグメント製作は70%を越えた状況にあるが、この装置を含めたシステムの効果は満足のゆく状態にある。

プレテンション工法は特殊な場合を除きPC鋼材は直線配置となるため、設計上で多少の制約が生じるが、耐久性を考えれば品質の安定性の点で非常に優れた工法といえる。この利点を有しながら工場製品以外に採用されることがあまりなかったのはひとえにプレストレス導入設備が大きく、固定式であったためと云える。

本装置単体の重量は固定式の約 $1/3$  (移動装置は除く) 程度であり、従来の概念にはなかったプレテンション装置の運搬移設も可能となる。今後はセグメントの床版部に限らず、PC床版、PRCプレキャスト桁など、プレテンション工法が採用可能な構造物全てに適用できるのではないかと期待している。