

ショートラインマッチキャスト方式による プレキャストセグメント橋の製作設備

— 第二名神高速道路 鍋田西高架橋 —

松山 幸二*1・森 勝茂*2・當真 正夫*3

1. はじめに

第二名神高速道路 鍋田西工事区間は、前工区（弥富高架橋～鍋田高架橋）に続く全長約 1.0 km のプレキャストセグメント橋と 245 m の波形鋼板ウェブ橋から構成される高架橋である。一般にセグメントの製作方法はショートライン方式とロングライン方式の 2 種類に大別できるが、本橋は標準部、拡幅部、ランプ部ともすべてショートライン方式を用いてセグメントを製作している。本稿は、弥富工事区間～鍋田西工事区間の全長約 4.5 km（セグメント数約 3 400 個）にわたるセグメントの製作に使用した製作ヤードおよび型枠設備を紹介し、ショートライン方式による製作設備の特徴、問題点および今後の方向性について若干述べる。

2. 工事概要

本工事は、PC 3 径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋

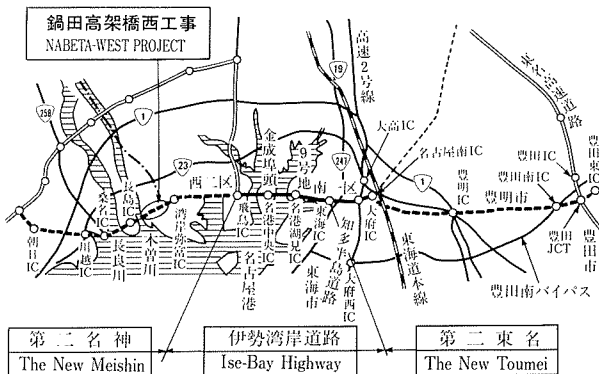


図-1 架設位置

と 5 径間～12 径間を有する PC 連続箱桁橋から構成され、いずれも全外ケーブル方式を採用した PC 橋である。題号のプレキャストセグメントを採用した橋梁は、PC コンクリートウェブ箱桁によるものである。本橋の工事概要を以下に示す。

施工場所：三重県木曾岬町干拓地内

橋 長：本線部 $L=194.9$ m (4 径間連続)～584.3 m
(12 径間連続)

ランプ部 $L=156.5$ m (3 径間連続)

平面線形： $R=1\ 000$ m～ $-1\ 500$ m

縦断線形： $i=0.5\%$ ～ -0.487%

横断線形： $i=5.5\%$ ～ -4.0%

本高架橋は、本線橋（拡幅部を含む）およびランプ橋ともすべてプレキャストセグメントにより構成されている。本線部はガーダー架設機によるスパンバイスパン工法で架設し、ランプ部は固定支保工方式により架設している。工事の主な特徴として、本線拡幅径間部の施工がある。架設はセグメント製作および架設工程の都合により、まず、本線橋（親セグメント）をガーダー架設機にて先行架設する。その後、拡幅部（子セグメント）を固定支保工により架設し、横締め PC 鋼材にて本線部へ緊結一体化するものであるが、親/子セグメントのいずれもプレキャストセグメントにより構成されていることから、架設時点での誤差の補正が利かない。このため、セグメントの製作にあたっては、主桁の上越し/下越しを含めた十分な検討と製作精度を要求されるものである。

3. セグメント製作

3.1 製作ヤード

一般にショートライン方式による製作設備は、セグメン



*1 Koji MATSUYAMA

ピー・エス・富士ピー・エス・川田建設 鍋田高架橋西工事 JV 所長



*2 Katsushige MORI

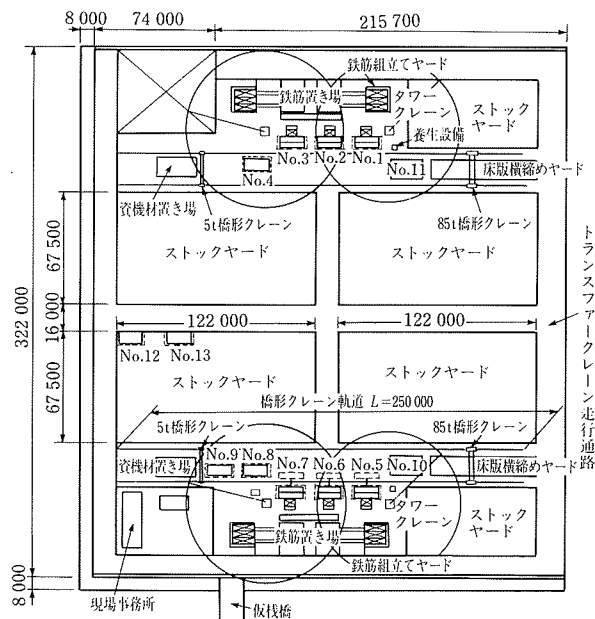
ピー・エス・富士ピー・エス・川田建設 鍋田高架橋西工事 JV 副所長



*3 Masao TOUMA

ピー・エス・富士ピー・エス・川田建設 鍋田高架橋西工事 JV 工事課長

ト本体の製作ベンチ、鉄筋組立てヤード、仕上げ（あるいは横締め）ヤード、ストックヤードからなる。製作ヤードの平面図を図-2に示す。約4万m²の敷地には最大約950個のセグメントが仮置き可能である。工事最盛期にはセグメント製作ベンチ13カ所、タワークレーン4機、軌条橋形85tクレーン2機、場内移動用85tクレーン2機が稼働している。とくに各セグメントの場内移動は、トランスファークレーンと呼ばれる縦横に走行可能な2機の移動用クレーン



ベンチNo.	種別
No.1	標準セグメント製作台
No.2	標準セグメント製作台
No.3	標準セグメント製作台
No.4	標準部柱頭セグメント製作台
No.5	標準セグメント製作台
No.6	標準セグメント製作台
No.7	小セグメント製作台
No.8	標準部柱頭セグメント製作台
No.9	小柱頭セグメント製作台
No.10	2次拡幅セグメント製作台
No.11	2次拡幅セグメント製作台
No.12	2次拡幅柱頭セグメント製作台
No.13	2次拡幅柱頭セグメント製作台

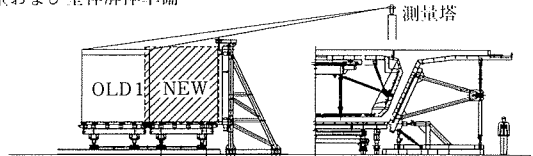
図-2 セグメント製作ヤード平面図

を用い、大量のセグメント移動作業にその力を発揮している（写真-1）。

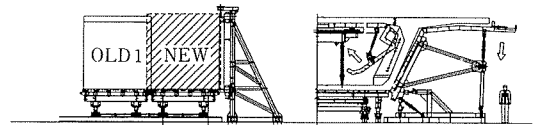
3.2 セグメント製作概要

標準タイプのセグメント製作における一連の作業順序を図-3に示す。周知のように、ショートライン方式でのセグメントの製作は使用する型枠の転用性、あるいは転用回数が工期や経済性に大きく影響する。このため、本工事に

① 測量および型枠解体準備

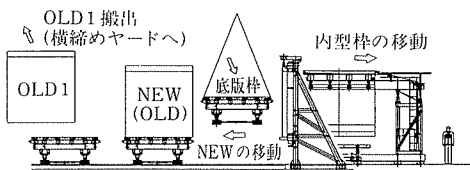


② 内型枠/側枠の解体



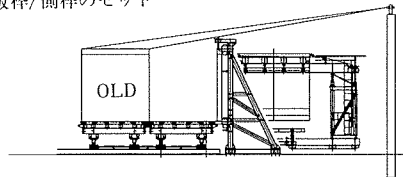
③ OLDの切離し～搬出

④ 底版枠の搬入



⑤ OLDのセット

⑥ 底版枠/側枠のセット



⑦ 鉄筋籠挿入

⑧ 内型枠のセット

⑨ 上床版PC鋼材の配置

⑩ OLD位置確認測量

⑪ コンクリート打設～養生

⑬ へ線り返す(翌日作業)

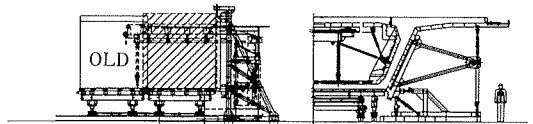


図-3 セグメント製作概要

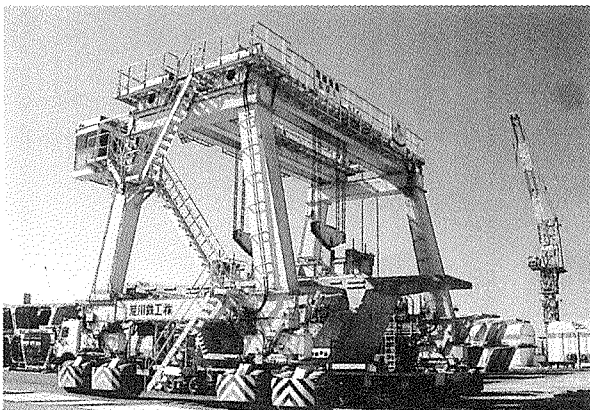


写真-1 トランスファークレーン

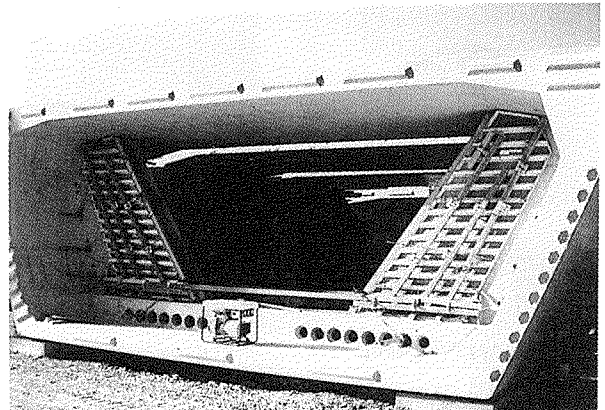


写真-2 隔壁の施工

いても標準タイプのセグメントは主桁の断面構造を極力シンプルにすることで、1セグメント/日を目標としたサイクル工程を実現している。一般的に、上床版プレストレスの導入はプレテンション方式とポストテンション方式の2種類に大別されることから、製作ベンチ内の装置も大きく異なる。弥富工事～鍋田西工事では後者のポストテンション方式を取り入れ、横締め緊張ヤードを別途設けている。また、鍋田西工事ではサイクル工程に組みにくいボックス内隔壁をもつセグメントについては、本体の製作ベンチとは別途に隔壁の製作ヤードを設け、製作ベンチでのサイクル工程完了後に隔壁のみを施工している(写真-2)。打設完了翌日のOLDセグメントの搬出は、軌条の85t橋形クレーンにて横締め緊張ヤードにいったん移し、その後、トランスファークレーンを用いて後打ち隔壁作業場へと移動する。すべての作業を完了した後に、再度トランスファークレーンにて所定の仮置き場へとセグメントを移動する。

3.3 型 枠 工

(1) 型枠の特徴

13基の製作ベンチはいずれもショートラインマッチキャスト用に製作し、そのうちの6基は標準タイプ(ランプセグメント含む)のセグメント構造であることから、1個/日の製作工程を保てるように計画されている。

とくに内型枠の形状は、主ケーブル定着突起、あるいは縦方向リブの形状変化に合わせて1径間15セグメントの場合、4種類の型枠を部分的に組み替えている(写真-3)。ここで、脱枠からコンクリート打設完了までのタイムスケジュールを図-4に示す。ベンチ内でのセグメント製作工程において、比較的時間を要する工種は内型枠の組替え～セットである。前述の主ケーブル定着突起の追加/削除あるいは縦リブ構造の変化に伴う型枠の組替え作業などは、左右の内型枠どうしが競り合うような狭い場所での重量物を扱う作業となるので、煩雑かつ危険が伴うものである。したがって、設計理念を損なわない範囲で、極力組替えのない一定断面構造や、あるいは部分的に木製型枠を使用するなどの対処により、ショートライン方式の安全性かつ利点をさらに高めると考えられる(写真-4)。

(2) 型枠の剛性

ショートライン方式の特徴の一つにOLDセグメントの位置決め作業がある。周知のように、バルクヘッド(端部型枠)とOLDセグメントの位置によりNEWセグメントの形状が決定されるショートライン方式では、バルクヘッドや側型枠、底版枠の剛性も大事な要素となる。橋体に平面曲線が入る場合、あるいはセグメント形状の誤差修正などの場合、OLDセグメントに縦・横断勾配をもたせて(セグメントを傾けて)NEWセグメントの形状を決定する。このため、すでに位置を確定したOLDセグメントに側型枠および底版枠を押しつけて型枠を固定することから、基準となるバルクヘッドが高い剛性を必要とする一方で、側型枠、底版枠および内型枠の剛性は適度な柔軟さをもたせた方がよい。

3.4 精度管理設備

前述のように、ショートライン方式におけるセグメント

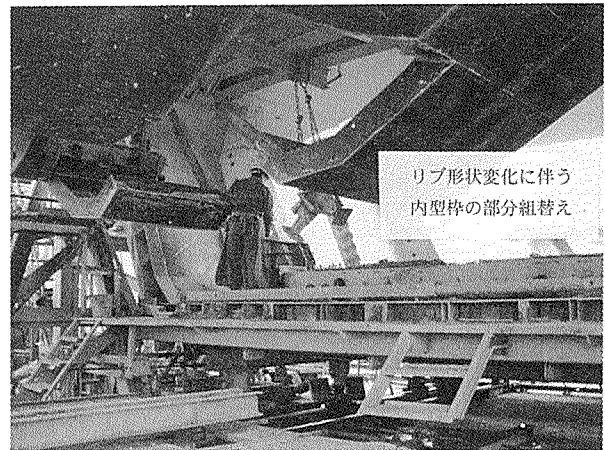


写真-3 内型枠の部分組替え

工事項目	時	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	備考
		7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	
測 量								
脱枠準備～脱枠								
OLD移動～底版枠挿入								
型 枠 清 掃								
OLD位置決め								
底版枠/側枠セット (内型枠部分取替え)								
鉄筋籠挿入								
内型枠セット/かぶり確認								
ディビエータ管配置/枠決め								
上床版PC鋼線配置								
打設前検査(確認測量)								
コンクリート打設								
仕上げ/養生								

図-4 標準セグメント製作のタイムスケジュール

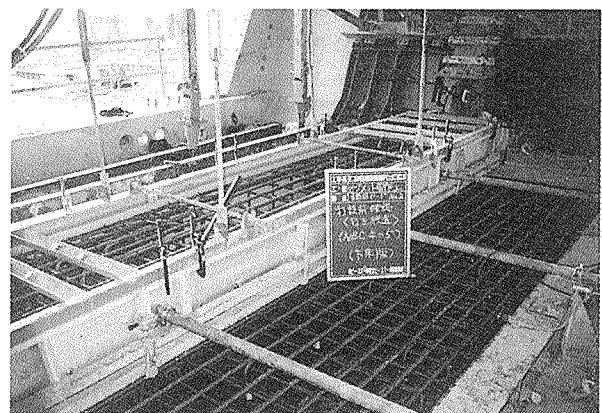


写真-4 ディビエータ部の木製型枠

の製作はNEW-OLDの相対的な座標値が問題となることから、とくにOLDセグメントのセットに使用する底版枠は4点ともすべてねじ式ジャッキを用いて、高さ調整に1mm以下の精度を保てるように配慮している(写真-5)。また、製作誤差を抑えるためにはバルクヘッドおよびOLDセグメントの、NEWコンクリート打設前後の動きを最小限に止めることが肝要ともなる。一般的に、橋軸方向線(測量塔視準方向)に常に直角と仮定するバルクヘッドは前述のとおり高い剛性が求められる。しかしながら、長期にわたる型枠の転用、あるいは打設中のコンクリート硬化の程度の違い

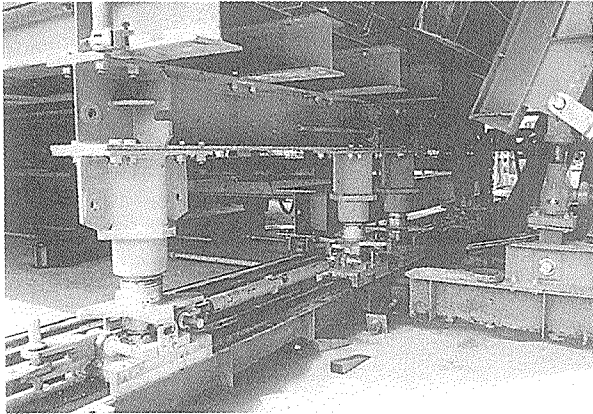


写真-5 OLD セット用ジャッキ (底版枠)

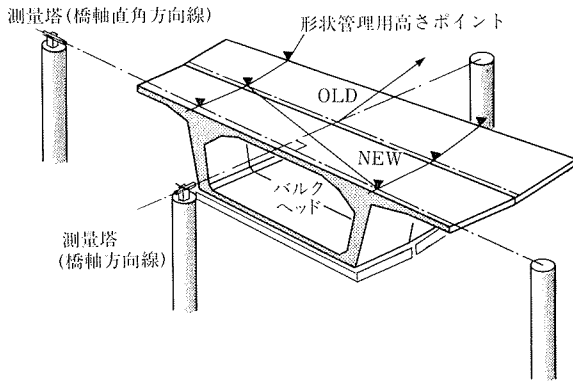


図-5 セグメント製作時の測量 (鍋田西工事)

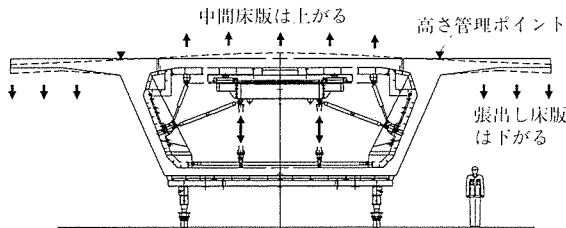


図-6 内型枠内ジャッキによる上床版の変形

いなど、さまざまな要因からバルクヘッドあるいは OLD セグメントの動きを完全に止めることは困難である。このような観点から鍋田西工事におけるセグメントの形状管理は、コンクリート打設後のバルクヘッドあるいは OLD セグメントの動きに関係なく、打設翌日の NEW-OLD の橋面形状 (平面形状および高さ) を正確に把握できる管理手法および測量方法を用いている。さらに、より精度を高めるため、平面形状を確定するにはバルクヘッドの位置を計測からあえて除外し、橋軸直角方向にも測量塔を設置することで橋軸方向線と確実に直角となる指標を別途設け、橋面形状把握の基準線としている (図-5)。また、コンクリート打設前に橋面高さを決定するにあたっては、内型枠をセットする際に使用する鉛直サポートジャッキの人為的な突過ぎにも注意する必要がある (図-6)。このジャッキはコンクリート打設後にも OLD 側の内型枠位置を保持するための避難の措置であるが、ジャッキの突過ぎによって OLD の上床版を突き上げ

たまま NEW コンクリートが硬化を完了した場合、NEW-OLD の切離し後、OLD セグメントの上床版は元の形状に戻る一方で、NEW セグメントの上床版高さはその形状を保持したままの状態となる。その結果として、上床版の不整合性が残ることになり、とくに架設時 (接合時) に不具合が生じる原因ともなるため、内型枠セット後も OLD セグメントの上床版の動きに注意する必要がある。あるいは、必要な容量以上のジャッキをこのような部位に配置すべきではないとも考えられる。同じような現象に、NEW 側の底版枠や側枠を OLD セグメントへ押しつける際に、配置したジャッキの突過ぎによって位置決め完了したセグメントが動いてしまうことがある。このため、ランプ橋のような比較的重量の軽いセグメントに、側型枠・底版枠を押しつける場合には、OLD セグメントが所定の位置から動かないように注意して型枠をセットするか、あるいは小セグメントが主体となる工事の場合は、型枠セット時に OLD セグメントが動くことのないよう何らかの措置を講じておくことがよいと考えられる。

3.5 養生設備

セグメント製作ベンチは全天候型の生産工場であることから、ショートライン方式の利点の一つに蒸気養生設備がある (写真-6)。コンクリート仕上げ完了後、ハウスのテントを閉じ、外気を遮断する。その後、ハウス内の湿潤温度が約40度で一定値を保たれるよう設定している。これにより、コンクリートの水和熱と冬場の養生温度との差を極力小さくし、セグメントの早期強度の発現を助けている。また、ショートライン方式のセグメント製作において特筆すべきことの一つに、NEW 側コンクリートの水和熱による OLD セグメントの反り現象 (通称バナナ変形) がある。セグメント単体の全幅と長さの比 (W/L) によっては、その累積された変形が問題になるとされているが、弥富工事～鍋田西工事におけるセグメントは、理論値、実験結果および架設方法などの総合的な判断により、蒸気以外の特別な養生措置はとっていない。今後は W/L の大きなセグメントに対し、水和熱を抑えるコンクリートの配合設計や打設時間帯の操作、型枠ベンチの日照方向、あるいは OLD セグメントを直接的に温めるなど、養生段階での総合的な温度勾配の緩和対策によって、有害と予想される変形を抑

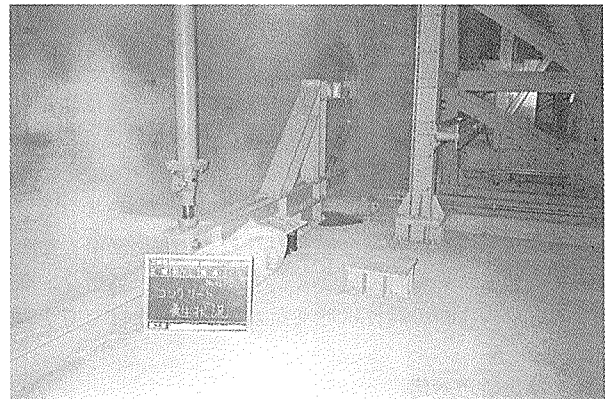


写真-6 ハウス内の蒸気養生

えることも重要な課題となる。

4. 今後の課題

マッチキャスト工法によるセグメント製作は、その性質から建設工費あるいは工期の短縮を可能にする工法として、今後も採用の機会が増えると思われる。その一方で、前に述べたセグメントの反り現象、あるいは打設翌日のNEW-OLD間の目開き現象などが、架設後に与える影響の程度がはっきりしないという課題も多く存在する。とくに、張出し工法を用いて架設されるセグメントの上床版は、仮設（引寄せ）鋼棒や主ケーブルなどのPC鋼材によって局部的に大きな応力（ひずみ）を受けるため、部位によっては架設中の主桁の上下縁応力勾配が大きくなり、接合面の応力が一様状態とはならない。フレキシブルな大断面であるほどこの傾向は強くなり、架設時においてPC鋼材による各セグメント間の接合が完全なものであるほど、また最大張出し状態に近づくほどに累積変形量が確実に増え、結果として架設時の接合作業を困難にし、思わぬ不具合を生じさせる要因ともなる。したがって、セグメント製作にあたっては、橋体の上越し（下越し）量も含めて型枠・養生設備、形状管理手法および測量方法など、総合的な準備と対策を必要とする。その一方で、人為的なミス（たとえば偏向管の方向の配置ミスやOLDセグメントのセットミスなど）

を未然に防げるようなシステムを、ルーチンワークの中に組み入れるなどの工夫も必要である。とくに、ショートライン方式でのセグメント製作は、その特徴から平面線形あるいは縦断線形の出来形把握をパソコンなどのITを利用したシステム管理が一般的に行われている。たとえば、解析データを直接的に型枠設備に送り込むことでOLDセグメントのセット作業の大半を自動制御し、人的介入の頻度を極力減らすことなどから、致命的なエラーを未然に防ぐことも可能である。あるいは、作業手順に誤りが存在する場合は、その程度によっては次作業ステップへ移れない措置などの工夫を、設備や管理システムに盛り込むのもよいと思われる。

5. おわりに

本工事のセグメント製作および架設に関し、多くのご指導・助言をくださった関係各位に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 森山, 藤田, 金子, 松尾: 弥富高架橋のプレキャストセグメントの製作, 第7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論文集, プレストレストコンクリート技術協会, pp.767~772, 1997.10
- 2) Wollmann, Breen, Kreger: Temperature Induced Deformations in Match Cast Segments PCI Journal, pp.62~71, July-August 1995

【2002年1月7日受付】