

富田山城線 (本線上部工) の施工

オリエンタル・富士ピー・エス J V 正会員 ○佐橋 裕隆
 三重県北勢県民局四日市建設部 堀 博
 オリエンタル・富士ピー・エス J V 正会員 吉野 博
 オリエンタル・富士ピー・エス J V 吉田 晋司

1. はじめに

富田山城線は、東名阪自動車道(四日市東 I C)と四日市港を結ぶ主要幹線道路に建設中の高架橋である。本橋はプレキャストセグメント構造であり、セグメントの製作方法には、ショートラインマッチキャスト方式、架設工法にはスパンバイスパン工法を採用している。本稿では、セグメント製作において、断熱養生工法を用い、冬期において給熱養生(蒸気養生)を省略した事例および特色ある製作設備配置についての施工報告を行う。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁概要を以下に示し、標準断面図および全体一般図をそれぞれ図-1、図-2に示す。

工事名：富田山城線〔街路〕緊急地方道路整備(改築)工事(本線上部工)

工事箇所：自 三重県四日市市東茂福町

至 三重県四日市市大字茂福

工事期間：自 平成 13 年 12 月 21 日

至 平成 16 年 3 月 25 日

構造形式：6, 3 径間連続 P C 箱桁橋

橋 長：I 期線 774.305m, II 期線 776.405m

径 間 数：42 径間 (I・II 期線合計)

有効幅員：7.250m

平面線形：R=∞~2500m~∞

横断勾配：i=2.0~-1.5%

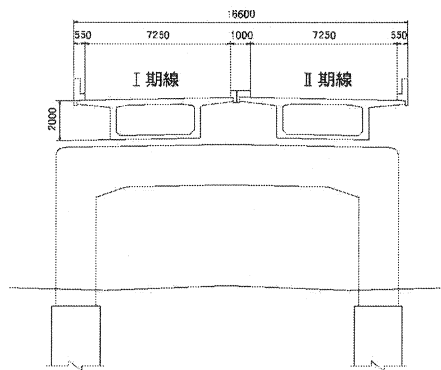


図-1 標準断面図

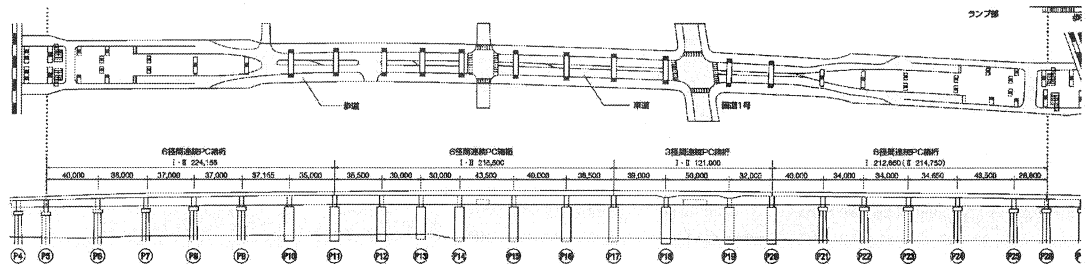


図-2 全体一般図

3. 断熱養生による施工

セグメント製作工程上、型枠脱型時に必要なコンクリートの圧縮強度 $14\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を 16 時間後に確保する必要がある。特に、強度発現が懸念される冬期における養生は、これまでボイラーによる蒸気養生を行ってきたのが通例であるが、本工事ではコスト縮減を目的に環境にも優しい断熱養生工法を採用した。

3-1 コンクリートの配合設計

断熱養生工法を用いる場合、確実にコンクリートの初期強度を確保するために、配合設計にコンクリートの強度発現に及ぼすコンクリート配合強度と水和発熱の影響を考慮する必要がある。

本工事におけるコンクリートの設計基準強度は $50\text{N}/\text{mm}^2$ であり、使用する生コンクリート工場の圧縮強度の割増係数は 1.2 である。よって、本工事に使用するコンクリートの仮配合強度は $60\text{N}/\text{mm}^2$ とした。

また、生コンクリート工場の実績により、配合強度 $60\text{N}/\text{mm}^2$ のコンクリートは、表-3 に示す示方配合があり、単位セメント量が $427\text{kg}/\text{m}^3$ である。本工事には、この単位セメント量を仮単位セメント量とした。

表-3 コンクリートの示方配合

| 最大骨 材寸法 (mm) | スラブ (cm) | 水セメント比 W/C (%) | 空気量 (%) | 細骨材率 s/a (%) | 単 位 量 (kg/m ³) | | | | |
|--------------------|-------------|----------------------|------------|--------------------|----------------------------|-----------|----------|----------|-----------|
| | | | | | 水 W | セメント C | 細骨材 S | 粗骨材 G | 減水剤 SP |
| 20 | 15±2.5 | 37 | 4.5±1.5 | 41 | 158 | 427 | 699 | 1049 | 3.630 |

3-2 コンクリート温度の解析

本工事の冬期断熱養生におけるコンクリートの温度解析には、表-4 に示す解析条件を設定し、図-3 に示す解析モデルを用いた。

表-4 温度解析の条件

| 項 目 | 設 定 条 件 |
|-------------|---|
| 解析モデル | セグメント実物の 1/4 |
| 養生条件 | メタル枠の外側に厚さ 50mm の発泡スチロールを貼り、床版上面を断熱養生シートで覆う |
| 外気温 | 2~10℃ |
| コンクリートの初期温度 | 10℃ |
| セメント種類 | 早強ポルトランドセメント |
| 単位セメント量 | 427kg/m ³ |
| 断熱温度上昇式 | 提案式 ¹⁾ |

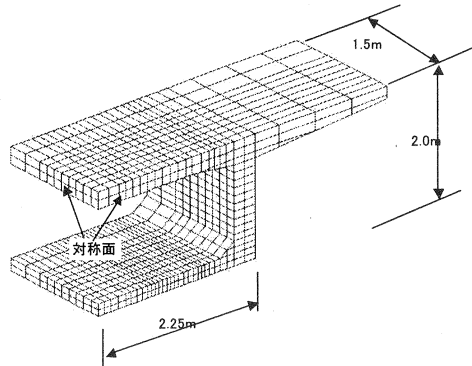


図-3 3次元FEM解析モデル

3-3 コンクリートの有効材齢の計算

コンクリートの温度履歴を用いて式(1)により、相応のコンクリートの養生温度と養生時間を考慮した有効材齢を計算することができる²⁾。

$$t_T = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot \exp\left[13.65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i) / T_0}\right] \quad (1)$$

ここに、

t_T : 有効材齢 (日)

Δt_i : 温度が T (Δt_i) である期間の日数

T (Δt_i) : コンクリートの温度, $T_0 = 1^\circ\text{C}$

本工事において、コンクリート打設後 16 時間での有効材齢は、図-6 に示す温度履歴 (解析値) に基づいて計算され、0.57 日となった。

3-4 コンクリートの初期強度の計算

コンクリートの配合強度および前述の有効材齢を用い、式(2)により、その時点におけるコンクリートの圧縮強度を算定する。

$$f(t_T) = f_{28} \cdot \exp\{0.2[1 - (28/(t_T/t_1))^{0.5}]\} \quad (2)$$

ここに、

$f(t_T)$: 有効材齢 t_T 日における圧縮強度 (N/mm²)

f_{28} : 標準養生材齢 28 日における配合強度, $t_1 = 1$

有効材齢 (0.57 日) および配合強度コンクリート (60 N/mm²) を用い、式(2)によって計算された、打設後 16 時間で張出床版先端部のコンクリート圧縮強度は 18 N/mm² であり、脱枠強度 14 N/mm² を確保できる。よって、本工事において、コンクリートの配合強度 (60 N/mm²) および単位セメント量 (427kg/m³) が妥当と考えられる。

3-5 養生方法

断熱性の高いシートと断熱された型枠によりコンクリート自体の水和発熱を有効利用し、コンクリートを促進養生した。下記に現場での施工状況を示す。

- ①上屋設備にて、セグメント全体を覆う。
- ②表面の初期乾燥を防止するため、コンクリートが露出する上床版および下床版には普通養生マットを敷設し湿潤養生を行い、その上に断熱養生シートを敷設する。
- ③側枠・内枠・底枠の鋼製型枠に断熱材として、発泡スチロール (厚さ 50mm) を貼り付ける。但し、内枠に関しては型枠の組替えを考慮し、施工できる範囲で実施した。図-4 に断熱養生の概要図を示す。



図-4 断熱養生の概要図

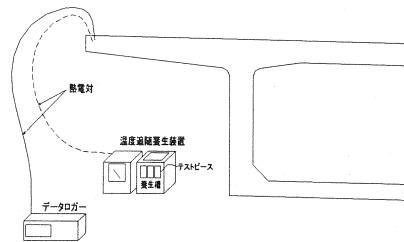


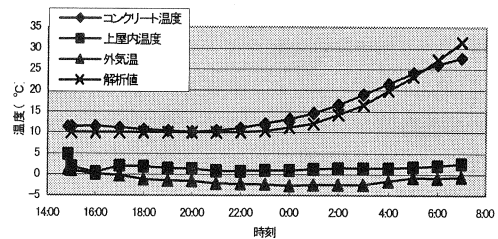
図-5 温度追随養生の概要図

3-6 強度管理用テストピースの養生方法

本工事に使用する高強度コンクリート ($\sigma_{ck} = 50\text{N/mm}^2$) では、部材厚さが比較的薄くても水和に伴う発熱は大きく、コンクリート温度が上昇する。このため、初期材令における強度管理用テストピースの養生が、従来のような構造体と同一養生下 (現場養生) では構造体本体との強度差は大きく、適切な評価は困難である。よって、構造体本体と同一の温度履歴を与える養生 (以下、温度追随養生) によって、構造体の強度を精度良く管理する。なお、サンプル位置 (温度追随養生の対象) は構造体の中で、温度上昇が小さくかつ最後にコンクリートの打込みを行う張出床版先端とした。図-5 に温度追随養生の概要図を示す。

3-7 断熱養生工法の効果

断熱養生と温度追随養生の併用施工により、脱枠時の圧縮強度 14N/mm^2 を確保でき、現場養生のような構造体の強度を安全側に推定することなく、コストアップにつながる給熱養生 (蒸気養生等) を省略することができた。なお冬期期間中、サンプル位置温度と外気温および上屋内雰囲気温度を毎日計測した。図-6 に、外気温が最も低かった施工日におけるコンクリート打込み～脱枠時までの温度履歴と圧縮強度試験結果を示す。



脱枠時圧縮強度試験結果 $\sigma = 21.7\text{N/mm}^2$

図-6 温度履歴 (03-01-29)

4. 製作ヤードの設備配置

セグメント製作方式はショートライン・マッチキャスト方式で、型枠設備（セグメント製作台）と鉄筋組立ヤードが並列ラインとなるよう設備配置している。これと同様な施工例の全てにおいて、セグメント製作台への鉄筋籠および型枠（底枠）吊込み作業をタワークレーンあるいはクローラークレーンで施工している。本工事では、鉄筋籠および型枠（底枠）の吊込み作業についてタワークレーンを用いず、鉄筋籠移動台車と複数の門型クレーンを組合わせて施工するVE提案を行った。図-7、図-8に当初およびVE提案の製作設備平面図を示す。

4-1 提案理由

セグメント製作設備として、タワークレーン本体とオペレーターおよびタワークレーン基礎の鋼管杭（軟弱地盤であり支持層が深い）が高額であり、代替設備を使用することでコスト縮減を図る。

4-2 施工状況

本工事では、I期線・II期線の径間セグメントは、それぞれ異なる1製作台で桁高変化部も含め、1 Seg/日のサイクルで製作している。中間支点および端支点セグメントは、I期線・II期線を共通の製作台で3日～4日のサイクルで製作している。

5. おわりに

「断熱養生によるPC部材の製造方法」は、強度発現を促進させるだけでなく、内部拘束による温度ひび割れの抑制などの効果があり、ますます施工例が増えるものと考えられる。また、本工事は契約後に受注者からの技術提案を受け付ける契約後VE対象工事であり、設備配置変更は工期・安全性・作業性・品質の面で問題はなく、独自性およびコスト縮減が認められたことから、VE提案として承認された。

平成15年6月現在、セグメント製作は約85%終了し、スパンバイスパン架設を開始したところである（写真-1）。

架設においてもハンガータイプ形式では過去に事例のない複数セグメント（最大5個）を一括して引き寄せる架設に取り組んでいる。

最後に、今回の施工において多大なご指導を頂いた関係各位と、積極的に技術提案を受け入れていただいた四日市建設部に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 小林俊秋, 呉 承寧, 大熊 彰, 「若材齢における高強度コンクリートの断熱温度上昇に関する研究」, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, 2000
- 2) CEB-FIP Model Code 1990

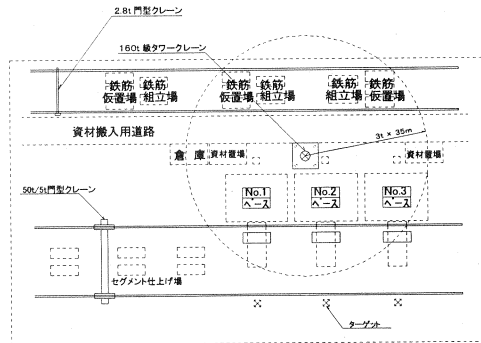


図-7 当初の製作設備配置図

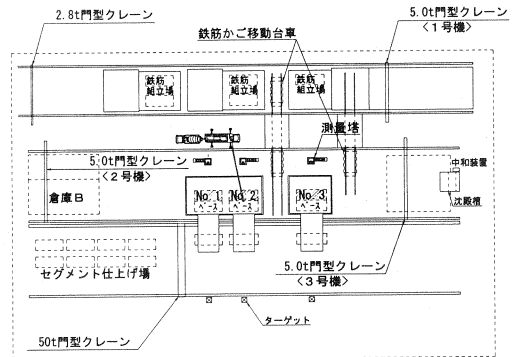


図-8 VE提案の製作設備配置図

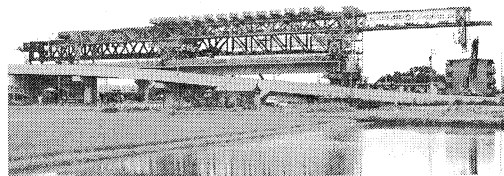


写真-1 架設状況