

第13回土木施工管理技術論文【優秀論文賞】紹介

# 合成床版工における、極寒冷地による 耐寒剤を使用した寒中コンクリートの施工

(社)北海道土木施工管理技士会  
松谷建設株式会社  
土木部 工事長 前川 幸治

## 1. はじめに

本文は日本有数の極寒冷地である北海道北見市に於いて、極寒時期である2月に「耐寒剤を使用した寒中コンクリート」で橋梁床版（合成床版工）を施工した技術論文である。本工事は道東自動車道の延長線にあたる北見バイパス工事の一環で、北見市北上～南丘間の常呂川に新設する橋梁上部工事（合成床版工）である。



写真-1

合成床版（下鋼板および側鋼板等）は、川田工業株式のSCデッキを採用した。

材料はA社名古屋工場の鋼板であり、富山県の工場ですレス・穴空け加工を行い、その後北海道の石狩市および北広島市での溶接組立て加工・塗装を経て当初12月初旬に現場に搬入する予定であったが、9月中旬のメーカーからの材料納入遅延の報告から工程に遅れがでた。

工事概要

工事名：一般国道39号北見市常呂川橋床版工事

発注者：北海道開発局網走開発建設部  
北見道路事務所

工事場所：北海道北見市北上

工期：平成19年6月8日～

平成20年3月27日[竣功3月26日]

工事内容：上部工事に引継ぐ、合成床版工の施工

床版工 鋼・コンクリート合成床版（ $t = 26 \sim 28\text{cm}$ ）

橋長212.00m 橋面積2,818 $\text{m}^2$

コンクリート823 $\text{m}^3$

(RC-5 B30-8-25)

合成床版工（SCデッキ）の概要を図-1に示す。（合成床版の説明は、省く。）

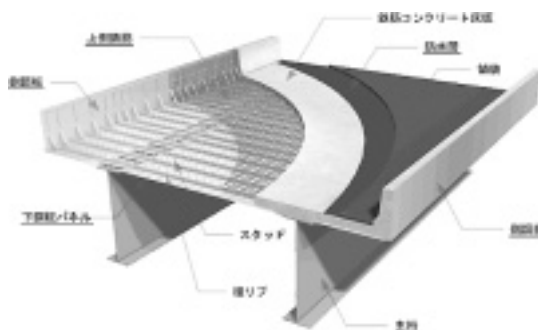


図-1 合成床版工（SCデッキ）  
川田工業株式会社のHPより転載

## 2. 現場における課題・問題点

鋼板の納入にあたっては、全国的に鉄の需要が高く鉄不足しているとの事から、製造工場への納期が10月中旬であり、その後工場での製作期間を含めると現場への納品は12月下旬となり、現場での施工が冬

期間になる事は必須であった。以上より冬期施工に向けての防寒仮囲い・採暖養生、また足場解体（主体・中段・朝顔等）が設計変更で増設されたが、防寒仮囲い設置・撤去および足場解体に係わる所用日数を考慮すると、工期内に収まらなくなる事が判明した。

概略工程を表-1に示す。

表-1 概略工程

| 工事内容      | 月 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 |  |
|-----------|---|---|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|--|
| 準備工(材料発注) |   | ■ |   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |  |
| 鋼板工場製作    |   |   |   |   |   | ■  |    |    |   |   |   |   |  |
| 鋼板架設      |   |   |   |   |   |    | ■  |    |   |   |   |   |  |
| 鉄筋組立て     |   |   |   |   |   |    |    | ■  |   |   |   |   |  |
| 生コン打設     |   |   |   |   |   |    |    |    | ■ |   |   |   |  |
| 防寒囲い      |   |   |   |   |   |    |    |    | ■ |   |   |   |  |
| 凍込足場解体    |   |   |   |   |   |    |    |    |   |   | ■ |   |  |
| 投整理       |   |   |   |   |   |    |    |    |   |   |   | ■ |  |

また、防寒仮囲いの構造について検討したところ当現場は少数主桁構造（3主桁部の桁間隔～5.80m、2主桁部の桁間隔～6.95m）なため一般的な鋼製単管を主体とした構造では降雪・強風等に対する強度が確保出来ない事から、四角支柱・屋根パネル・H鋼等を主体としたスーパー防寒を立案した。

そのスーパー防寒のコスト確認のため防寒仮囲い・採暖に掛かる仮設費および燃料等の経費を算出したところ、約4,800万円の見積り結果となった。それに対し、数量算出要領に基づき通常のPタイプ形状（単管+シート張り）での防寒仮囲いについて試算したところ約600万円程度と見込まれ、見積り金額と約4,200万円の差が生じたため、別途コスト的な問題も浮上した。

よって工程的・コスト的な問題点について発注者に協議を持ち掛け、その打開策を模索した。

### 3. 対応策・工夫・改良点

工程的・コスト的な全体的な問題の対応策として、防寒仮囲い・採暖養生に掛かる日数の短縮案、生コン養生期間の短縮等のフォローアップを行ったが効果的な工期短縮は得られなかった。そこで発注者側と工期短縮とコストダウンについて幾数回協議した結果、防寒仮囲い費・組立て解体等に於ける施工の簡略化が工程およびコスト低減に対し一番効果的である事から、シート等の簡易な囲いのみで施工が可能な「耐寒剤を使用した寒中コンクリート」の施工を行う事となった。しかし、全国的に見ても橋梁床版の様な重要構造物に「耐寒剤を使用した寒中コンクリート」の施工実績は皆無に等しく、またデータが無かったため同コンクリートの妥当性を確認するために11月～1月の期間に試験施工を行なう事となった。

#### 1) 試験施工

コンクリートは下記（表-2）の配合で行い、別途、入札時の技術提案項目であるクラックバスターを規定量（0.91kg/m<sup>3</sup>）添加した。

表-2 コンクリートの配合

| セメント (kg) | 湿砂材 (kg) | 水 (L) | 珪砂材 (kg) | 粗骨材 (kg) | 防凍剤 (kg) | 水セメント比 |
|-----------|----------|-------|----------|----------|----------|--------|
| 326       | 20.0     | 121.4 | 12.4     | 900      | 976      | 19.04  |
| 349       |          | 151   |          | 900      | 976      | 19.04  |

試験施工は実際コンクリートを施工する2月中旬の最低気温（-15℃：10ヶ年平均最低気温）を想定し、工業用冷凍庫を3基借用し実施した。（写真-2）



写真-2 NO.2. 3試験用冷凍庫

試験施工における設定温度は $-15^{\circ}\text{C}$ をベースとして当初3パターンの方法により行ったが、途中よりパターンを追加し各々のデータ取りを行った。

当初試験案を表-3に示す。

圧縮強度試験は、実際の現場を想定した下記条件に合う型枠でコンクリート養生を行い、コア抜きにより供試体を作成し試験を行った。

- ①生コン施工時は鋼板下から採暖を行っており、 $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ 程度に推移していると予測される。
- ②側面は繋がる（隣り合う）コンクリート水和熱により①と同様に暖められる
- ③床版上面はエアーマット+シートによる水蒸気対流養生（図-2）を行う。

以上の3項目の条件に合わせて、底面部と側面部は外気が直接触れない断熱構造とした。

上面は③同様にエアーマット・シート養生とした。型枠図を図-3に示す。

また、温度と強度の関連性を調査するため上記と同様に温度測定用の型枠も作成し、コンクリートの温度変化について測定を行った。

試験施工結果のまとめとして、

- ①初期養生時に、水和熱によるコンクリート温度を最大限に引上げる事で強度発現も比例して上昇する傾向にある事が確認出来た。

②コンクリート水和熱の最高値は、打設後10~13時間後にほぼ到達する事から、打設後24時間 $0^{\circ}\text{C}$ 以上の簡易養生で助けると、強度的に比較的良好の結果が出ると推測された。

③耐寒剤を使用した寒中コンクリートの定義である「打設後24時間はコンクリート温度を $5^{\circ}\text{C}$ に保つ事※」は、打設後すぐに $-15^{\circ}\text{C}$ の冷凍庫に入れたケースでも水和熱によってクリア出来た。[※耐寒剤運用マニュアル（案）より引用]

④コンクリートの初期強度発現は、コンクリート温度が $0^{\circ}\text{C}$ 付近以上で行われ、氷点下になると強度発現はほぼ停滞すると思われる。しかし、今回の試験において4週以降にサンプルを $5^{\circ}\text{C}$ で暖めると再度強度発現が起こった事は「コンクリートが寝ていた状態」とであると推測され、初期凍害を受けていない事が確認された。

以上の結果および寒地土木研究所での助言を得て発注者と協議を行った結果、4週時点で設計強度をクリアする事を条件に「耐寒剤を使用した寒中コンクリート」での本施工を実施する事となった。

2) 本施工

本施工に於いては、発注者からの4週強度補償の要請を踏まえて試験施工と同様の施工を行い、また試験で得られた結果および情報をもとに、下記事項①~⑥を実行し

表-3

寒中コンクリート〔耐寒剤を用いたコンクリート〕試験日程表

| 月 日     | 11月 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 12月 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |
|---------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|--|--|--|--|--|
|         | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13  | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |  |  |  |  |  |  |
| 材 質     | 打   | 設 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |
| 圧縮強度試験  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |
| №.1 試験室 |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |
|         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |
| №.2 試験室 |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |
|         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |
| №.3 試験室 |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |
|         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |
|         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |  |  |  |  |  |

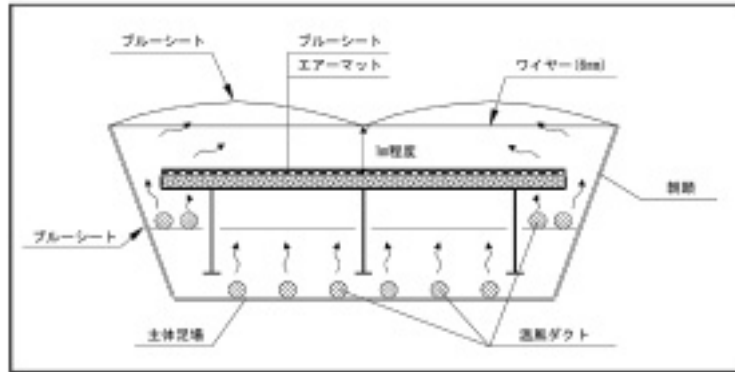


図-2

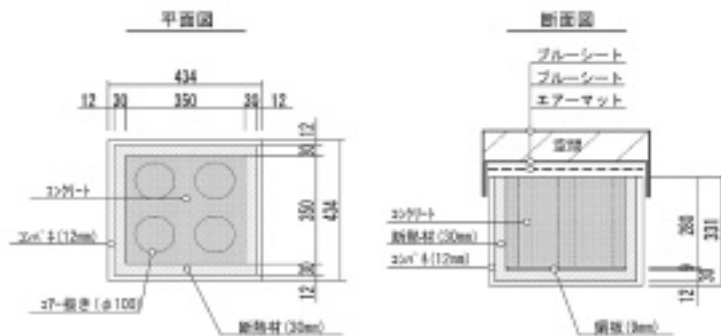


図-3 型枠図

施工を行った。

- ①養生囲いは朝顔(仮設足場)を利用した、ワイヤーとシートによる簡易養生とした。簡易養生について図-2、写真-3に示す。

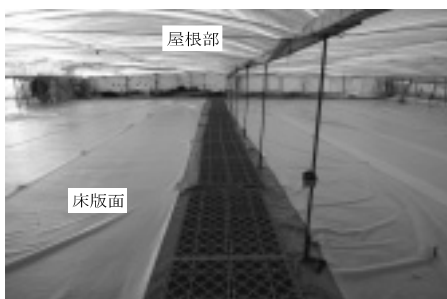


写真-3

- ②水和熱の上昇を最大限に引き上げるため搬入時のコンクリート温度を15℃以上と定めた。
- ③コンクリートの耐凍害性の確保、ワーカ

ビリティの改善を図るため、エントレインドエアーを出来る限り規格値範囲内のプラス側(5%~)に推移させる事を目標とした。

- ④生コン打設時は、寒気・風等への影響を最小限に留めるため、打設から養生囲いまでを連続的な流れ作業体制として、作業時間の短縮を図った。
- ⑤防寒仮囲い内の室内温度、コンクリート養生温度の管理はもとより、施工前日より直接コンクリートが触れる下鋼板の温度測定を行った。

温度管理はデータロガー式の自記温度計を各所に設け、冬期間における外気温の変化に対応出来る様に養生中は24時間体制で管理した。

養生管理図を図-4に示す。

- ⑥打設後の初期養生段階において設計強度



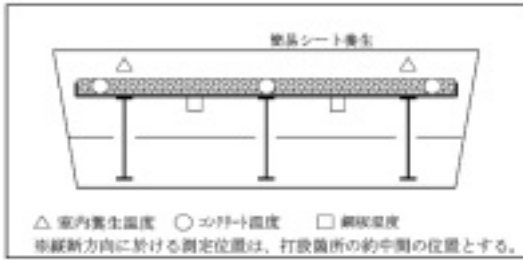


図-4

以上を目指した事によるリスクとして、水和熱等によるクラックが予想されたが、それは膨張剤・クラックバスター、および橋面防水工でひび割れに関するリスク対策が可能であると発注者と協議のうえ判断した。

本施工結果のまとめとして

試験施工でのデータおよび経験をもとに本施工を行った結果、予想通り初期段階である材令3～4日で設計強度をクリア出来た。簡易養生の撤去後は、外気温およびコンクリート温度が0℃付近で推移したため4週まで緩やかな伸びを見せ、試験施工以上の結果を本施工で発揮したと思われる。圧縮強度結果表を表-4に示す。

当初懸念されていた工程問題は、防寒仮囲いの簡略化により生コン開始時期を3月初旬より2月中旬に短縮でき、全体的に工期内に収める事が出来た。また防寒仮囲いに要したコストは約1,600万円であり、当初立案時よりも約3,200万円縮小出来た。

表-4

| 打設箇所 | 現場試験  |     |     |      | 標準養生 |      | 簡易養生 |      |      |
|------|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
|      | 圧     | 引   | 温度  | 弾性係数 | e7   | e28  | e7   | e28  |      |
| ①    | 開始時   | 5.0 | 5.5 | 19.0 | 159  | 37.2 | 45.6 | 35.0 | 39.2 |
|      | 12時間時 | 5.0 | 5.2 | 16.0 | 155  | 36.5 | 44.7 | 35.4 | 40.1 |
| ②    | 開始時   | 7.9 | 5.9 | 18.0 | 147  | 35.9 | 49.3 | 39.9 | 39.7 |
|      | 12時間時 | 5.9 | 4.9 | 18.0 | 156  | —    | —    | —    | —    |
| ③    | 開始時   | 5.0 | 4.8 | 16.0 | 159  | 36.6 | 45.8 | 36.5 | 34.5 |
|      | 12時間時 | 5.5 | 4.9 | 16.0 | 155  | 36.4 | 46.5 | 36.5 | 34.0 |
| ④    | 開始時   | 5.0 | 5.2 | 16.0 | 145  | 36.9 | 46.4 | 35.6 | 34.2 |
|      | 12時間時 | 5.5 | 4.8 | 16.0 | 155  | —    | —    | 35.5 | 36.9 |
| ⑤    | 開始時   | 5.0 | 4.9 | 18.0 | 155  | 35.5 | 45.8 | 31.7 | 34.0 |
|      | 12時間時 | 5.0 | 4.7 | 19.0 | 149  | 36.7 | 47.1 | 33.7 | 35.5 |

※ 青色部分において、材令3日強度試験結果が材令7日より上回った値となっているが、コア一括抜き直ちにキャッピング試験を行ったために凍結していた可能性がある。[データは未使用とした]

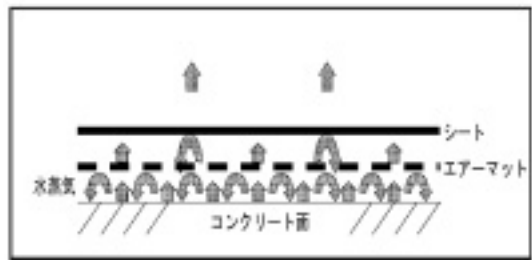


図-5

#### 4. おわりに

今回の経験より、「耐寒剤を使用した寒中コンクリート施工」は北見市の様な極寒冷地による施工に於いても有効であることが実証された。ただし、その施工に於いては、天候・気温・風向等の数値的情報も必要であるが、自然条件に関してはその地域に根ざし、また地域の特性を知り尽くした経験者でなければ、相当厳しい判断が必要になると考える。

最後にこの様な貴重な施工体験を決断して下さった発注者および関係者各位の皆様方に、感謝の意を表すところであります。

#### 【技士会会員限定のお知らせ】

JCMマンスリーレポートがHP([www.ejcm.or.jp](http://www.ejcm.or.jp))で2006.5号分のバックナンバーから技士会会員限定で閲覧・用語検索ができます。

1. (社)全国土木施工管理技士会連合会(JCM)のHP左側のサイト(技士会会員)を選択
2. 技士会員専用へのログインで技士会員専用画面にログインIDとパスワードを入力「ログインID(jcmxyz)とパスワード(abcz)但しxyzは、各都道府県技士会毎の番号を示し、001~053です。」
3. JCMマンスリーレポート・土木施工管理技術論文の公開を選択してください。

