

牧田地区こ道橋の施工報告

(株)安部日鋼工業 ○佐藤 誉則
 (株)安部日鋼工業 松平 慎司
 (株)安部日鋼工業 正会員 原子 和夫

キーワード：塩害と凍害の複合劣化，高耐久化，試験施工，空気量確保，表層品質確保

1. はじめに

東北地方はそのほとんどが寒冷・積雪地域であり，全域で塩化ナトリウムを主とする凍結抑制剤が散布される。そのため，コンクリート構造物においては凍害はもとより塩害，ASR，およびそれらの複合劣化に対して高い耐久性が要求される。

牧田地区こ道橋上部工工事は，岩手県陸前高田市で2橋のこ道橋を施工するものである。本工事では，耐久性に影響を及ぼす硬化コンクリートの品質や，初期欠陥の有無に影響を及ぼす施工性を確認する試験施工を事前に行った。ここでは12%の縦断勾配を持つ斜材付きπ形ラーメン箱桁橋である牧田第一こ道橋を取り上げ，試験施工の結果や実施工の状況について報告する。

2. 工事概要

2.1 工事概要

本工事の工事概要を以下に示す。

工 事 名：牧田地区こ道橋上部工工事(牧田第一こ道橋)
 発 注 者：国土交通省 東北地方整備局 南三陸国道事務所
 工事場所：岩手県陸前高田市気仙町
 工 期：平成27年3月30日～平成28年11月10日
 構造形式：斜材付きπ型ラーメン橋
 橋 長：75.0m
 有効幅員：4.0m

2.2 構造一般図

本橋梁の構造概要を図-1に示す。

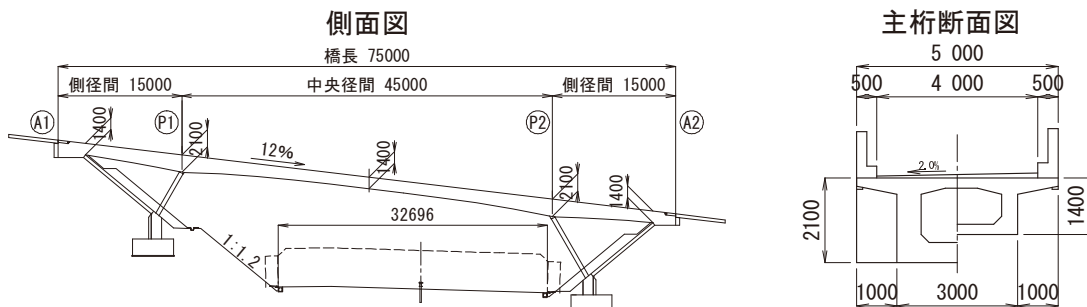


図-1 構造一般図

3. 耐久性の確保

3.1 背景

東北地方では，コンクリート構造物に対して凍害に対する配慮が必要である。また，平成5年のスパイクタイヤ使用禁止以降の凍結抑制剤散布量増加に伴い，塩化物イオンによる構造物の劣化も顕在

化している。

牧田第一こ道橋上の道路は冬季閉鎖される林道であり橋上への凍結抑制剤散布はないものの、橋下の本線道路には凍結抑制剤が散布される。そのため散布作業や車両走行時の巻き上げによる凍結抑制剤の飛散が生じ、橋体に影響を及ぼす可能性があると考えた。

3.2 耐久性向上対策

コンクリートの耐凍害性を向上させるには、コンクリート内の水分の凍結膨張圧力を緩和できる AE コンクリートとするのが有効である。本橋では、まず荷卸し時の空気量を 4.5~6.9%(以下 6%と略記する)に設定し、硬化コンクリート中に良好な気泡組織を形成させることを目指した。

また塩害による PC 鋼材の腐食防止のため、ポリエチレン製シースや樹脂製グラウトキャップを用いることとした。そのほか、表面に付着した塩化物のコンクリート内への拡散をなるべく遅らせることができるよう、コンクリート表層を緻密化できる締固めや養生などの施工方法を検討することとした。

4. 試験施工

コンクリートの空気量を 6%とするにあたり、空気量の増加に伴う強度低下を補うために単位セメント量を増やす必要がある。粉体量の増加によりコンクリートの粘性が高まり、施工性に影響を及ぼす懸念があった。また、こ道橋であるため剥落防止対策としてポリプロピレン短繊維を混和する仕様であり、それによる性状変化の影響も加わる。

本橋は縦断勾配と桁高変化の影響で下床版部の最急勾配は 15%に達し、打込みの際のバイブレータの掛け方について、振動時間が短ければ締固めが不十分となり、長ければコンクリートが下方に流動するなどの課題が予想された。そのような課題をはじめ、充填性の確認や硬化コンクリート中の空気量確保、コンクリート表層緻密化の観点から、施工方法やバイブレータの振動時間について妥当性を検証する試験施工を行う必要があると考えた。

4.1 下床版・ウェブモデルの試験施工

分割打設する主桁の 1 次打設部分となる下床版とウェブについて、写真-1 に示すような長さ 5m×幅 3m×高さ 1.2m、15%の縦断勾配で設置した実物大試験体を製作した。この試験施工で検証する項目とその確認方法、目標を表-1 に示す。



写真-1 下床版・ウェブモデル試験体

表-1 下床版・ウェブモデル試験施工での検証項目

検証項目	確認方法	目標
打設方法やスランプの適切性 充填不良のないこと	目視確認	初期欠陥が生じない (盤ぶくれや充填不良が生じない)
締固め時間	施工性の確認 仕上り目視確認 気泡組織試験	初期欠陥が生じない 硬化コンクリート中の気泡組織が目標を満たす
コンクリート表層品質	表層目視評価 表層透気試験	3点以上(改善が必要な[2点]を超える) 品質区分『良』(透気係数 $0.1 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ 以下)
硬化コンクリート中の気泡組織	空気量測定 気泡間隔係数測定	硬化コンクリート中の空気量：4%以上 気泡間隔係数：おおむね $300 \mu\text{m}$ 以下

試験施工で得られた主な結果を以下に示す。

(1) 打設方法やスランプの適切性、充填不良の有無

スランプは12cmとし、当初は勾配に対して下床版上面に押え型枠が必要と考えたが、コテ均しや表

面仕上げの面で作業性が悪化し、不要と判断した。また、ウェブ下端のハンチ部分や急勾配の下床版に対し、コンクリートを一時的にせき止めるクシ状の差込み型枠(写真-2)を使用すれば適切な施工が可能で、盤ぶくれなどの不具合が生じないことも確認できた。

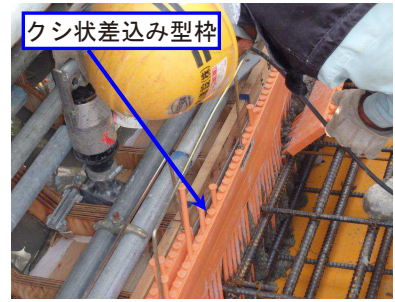


写真-2 クシ状差込み型枠

(2) 締固め時間

試験施工前にバイブレータ振動時間とフレッシュコンクリート中の空気量減少の相関を把握する実験を行い、その考察からウェブでは8秒と12秒の締固め時間について比較した。硬化コンクリート中の空気量を低下させないこと、十分な締固めでコンクリート表層の仕上がり状態と緻密性を確保できることの観点から、ウェブでの締固め時間は12秒が妥当と判断した。

下床版部分では締固め時間が長いとコンクリートの下方への流動が大きくなり、適切に打ち込むことができないことが分かった。一方で下床版は版厚が250mmと薄く、短い時間でも十分な締固めが行えるということも分かった。それらのことから下床版での締固め時間は8秒が妥当と判断した。

(3) コンクリート表層品質

ウェブ側面で型枠存置日数を部分的に7日、28日と変えて表層透気係数を比較した。その結果透気係数は前者が $0.035 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ 、後者が $0.088 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ となりいずれも良判定となった。

(4) 硬化コンクリート中の気泡組織

試験体のウェブ表面で画像処理法による気泡組織計測を行った。硬化コンクリート中の空気量は締固め時間12秒で5.3%、8秒で4.6%となり、いずれも4%以上の空気量を導入できることが分かった。気泡間隔係数は締固め時間12秒で $234 \mu\text{m}$ 、8秒で $222 \mu\text{m}$ であり、いずれも目標とする $300 \mu\text{m}$ 以下となった。

4.2 上床版モデルの試験施工

上床版についても写真-3 に示すような長さ 5m×幅 3m×厚さ 0.3m、12%の縦断勾配で設置した試験体を製作し、下床版・ウェブモデルと同様の検証を行った。



写真-3 上床版モデル試験体

(1) 打設方法やスランプの適切性、充填不良の有無

スランプは8cmとし、クシ状差込み型枠を1.25m程度の間隔で設置すればコンクリートの下方流動がせき止められ、十分な施工ができた。 $\phi 50\text{mm}$ のバイブレータでは振動が強すぎて流動が大きく施工不能となり、 $\phi 40\text{mm}$ のバイブレータの使用が適切であることが分かった。また締固め時間を変化させて施工を行った結果、12秒を超えて締固めを行うと流動が大きく施工不能となった。

(2) コンクリート表層品質

保湿性のある養生専用マットを使用して湿潤養生を行った結果、表層透気係数は $0.043 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ で良判定となった。

(3) 硬化コンクリート中の気泡組織

下床版・ウェブモデルと同様の気泡組織計測を行った結果、硬化コンクリート中の空気量は締固め時間5秒、10秒、12秒でそれぞれ4.4%、4.9%、4.2%となった。気泡間隔係数は同じく $243 \mu\text{m}$ 、 $245 \mu\text{m}$ 、 $224 \mu\text{m}$ となり空気量、気泡間隔係数ともに目標をクリアした。

4.3 実施工方針の設定

試験施工の結果を基に、実際の施工方針を表-2に示すように定めた。

表-2 施工方針

項目	施工方針	方針決定の理由など
上床版	スランブ	8cm 充填性が確保され、初期欠陥が生じない
	急勾配対策	クシ状差込み型枠を使用する コンクリートの下方流動を抑制し、不都合なく施工できる(設置間隔は1~1.25m程度)
	締固め時間	5秒 ・締固め時間を長くするとコンクリートが流動し、上面の均しや仕上げの面で施工不能 ・版厚が薄く5秒でも十分な締固めが行える ・空気を極力残すためには5秒の方がよい
	養生方法	保湿性養生マット 施工性がよく良好な表層品質、透気係数を得られる
ウェーブ	スランブ	12cm 箱桁断面への充填性が確保され、初期欠陥が生じない
	打設方法	下ハンチでクシ状差込み型枠を使用 ・ウェーブから下床版へのコンクリート流動が制御され、下床版の盤ぶくれなどを防止できる
	締固め時間	12秒 ・8秒でも十分な締固めとなるが、加振により型枠面の気泡を除去することを目的に締固め時間を12秒とする(8秒より12秒の方が表層目視評価の結果がよい)
下床版	締固め時間	8秒 ・締固め時間を長くするとコンクリートが下方流動し、上面の均しや仕上げの面で施工不能 ・8秒で十分な締固めが行える

5. 実施工

決定した方針に従って実際の施工を行った。実構造各部の表層目視評価判定結果を表-3に、主桁の表層透気係数計測結果を表-4に示す。なお、表層目視評価の判定基準は表-5に示すとおりである。

表層目視判定および表層透気係数ともに良好な結果であったと考える。

表-3 表層目視評価判定結果(3者平均)

評価項目	部位			
	フーチング	斜材、垂直材	主桁	地覆・壁高欄
沈みひび割れ	4.0	4.0	4.0	4.0
表面気泡	3.3	4.0	3.9	3.8
打重ね線	3.5	3.7	4.0	4.0
型枠継目の砂筋	3.7	3.5	3.9	3.7
面的な砂筋	3.6	4.0	3.9	4.0

表-4 表層透気係数計測結果

	主桁上面	主桁側面	主桁下面
	単位: m ²		
表層透気係数	0.005×10 ⁻¹⁶	0.012×10 ⁻¹⁶	0.024×10 ⁻¹⁶
判定	優	優	良

表-5 表層目視の判定基準

	4点	3点	2点	1点
沈みひび割れ	Pコン近傍にも沈みひび割れがない	目視調査範囲のPコンの概ね1/5以上に沈みひび割れが発生 Pコン直径の3倍以上の長さの沈みひび割れが発生	目視調査範囲のPコンの概ね1/2以上に沈みひび割れが発生 Pコン直径の5倍以上の長さの沈みひび割れが発生	2点の状態よりも劣る
表面気泡	5mm以下の気泡がほとんどない(目安:概ね50個以下/m ²)	5mm以下の気泡が認められる(目安:概ね50個以上/m ²)	10mm以下の気泡が認められる(目安:概ね50個以上/m ²)	〃
打重ね線	近接では打重ね線が認められるものの、約10m離れた遠方からは認められない	調査対象範囲の概ね1/10以上にノロ漏れが認められる	調査対象範囲の概ね1/3以上にノロ漏れが認められる	〃
型枠継目・面的砂筋	調査対象範囲に砂すじがほとんど認められない	調査対象範囲の概ね1/10以上に砂すじが認められる	調査対象範囲の概ね1/3以上に砂すじが認められる	〃

6. おわりに

本工事では事前の試験施工で耐凍害性、塩害抵抗性を有するか否かを検証した。また試験施工での作業性の良し悪しを観察し、物性値の測定結果と総合的に考察して施工方針を決定した。その施工方針を基に実施工に臨み、出来上がった構造物(写真-4)は十分な耐久性を有するものになったと考える。

最後になりますが、発注者様を含め本工事においてご指導いただいた関係各位にこの場をお借りして深く感謝申し上げます。



写真-4 完成写真