

寒冷地での耐震補強コンクリートにおける施工上の工夫について

Construction Method of Seismic Reinforcement Concrete in Cold Regions

石川 廣大* 串田 雅宏**
 Hiroki Ishikawa Masahiro Kushita
 田上 孝樹** 高橋 雅***
 Kouki Taue Masashi Takahashi

要 約

本工事は、秋田自動車道（湯田 IC～協和 IC 間）の大戸川橋他 3 橋における橋梁下部工の耐震補強を行うものである。本稿では、耐震補強工事のうち、鉄筋コンクリート巻立て補強工（以降、RC 巻立て補強工と略す）におけるコンクリートの品質確保に対する施工現場での取り組みと施工上の工夫について報告する。

目 次

- § 1. 工事概要
- § 2. 施工上の課題
- § 3. 課題に対する取り組み
- § 4. 評価方法
- § 5. 成果
- § 6. ひび割れ調査
- § 7. まとめ

§ 1. 工事概要

工 事 名：秋田自動車道 大戸川橋耐震補強工事
 施工場所：（自）岩手県和賀郡西和賀町（湯田 IC）
 （至）秋田県大仙市協和中淀川（協和 IC）
 発 注 者：東日本高速道路株式会社 東北支社
 工 期：2020 年 5 月 23 日～2023 年 9 月 3 日
 対象橋梁：大戸川橋，下根田橋，羽平川橋，黒沢川橋
 計 4 橋
 工種数量：RC 巻立て補強工 17 基
 炭素繊維巻立て工 7 基
 SPCM 巻立て補強工 1 基
 縁端拡幅工 B 12 基
 落橋防止構造 6 基
 支承取替工 7 基
 制震構造 1 基
 仮橋設置 1 箇所

※ RC 巻立て補強工対象橋梁：大戸川橋（写真一）
 下根田橋（写真二）



写真一 大戸川橋（RC 巻立て補強工 13 基）



写真二 下根田橋（RC 巻立て補強工 4 基）

* 北日本（支）秋田道横手（出）
 （現：農政広測沼（出））
 ** 北日本（支）秋田道横手（出）
 *** 土木設計部設計一課

§ 2. 施工上の課題

RC 巻立て補強工は、橋脚のせん断耐力、曲げ耐力および変形性（靱性）の向上を目的とした耐震補強工法で

ある。既設橋脚表面をウォータージェット等で粗面とし、橋脚周囲に軸方向鉄筋、帯鉄筋を配置しコンクリート巻立てを行う。

本工事では図-1に示すように、二柱式橋脚に巻立て厚 250 mm で補強する。

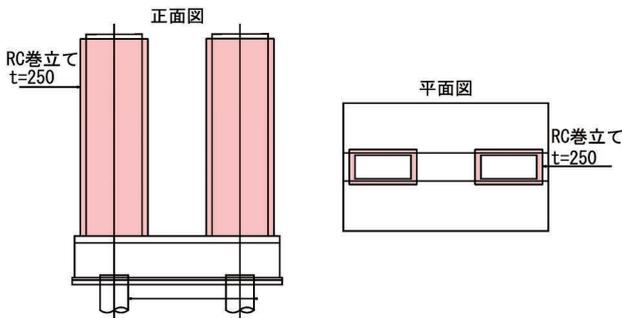


図-1 RC 巻立て補強構造

RC 巻立てコンクリートにおける施工上の課題として以下の3点が考えられた。

(1) コンクリートの耐久性向上

秋田県の地域特性（融雪剤散布、冬期低温、強風等）より、コンクリートに塩害・凍害が生じる可能性が考えられるため、コンクリートの耐久性向上が求められる。

(2) 打設用開口からのモルタル分漏出防止

RC 巻立てコンクリートは側面の型枠に打設用の開口を設ける必要があり、打込み時に、打設用開口の間隙からモルタル分が漏出し、脱型後に砂すじやジャンカの発生が懸念される。

(3) コンクリートのひび割れ抑制対策

RC 巻立てコンクリートは巻立て厚が 250 mm と薄く、表面積が大きいことから、乾燥収縮によるひび割れおよび既設コンクリートやアンカーの拘束によるひび割れの発生が懸念される。

§3. 課題に対する取り組み

3-1 コンクリートの耐久性向上に対する事項

本工事ではコンクリートの耐久性向上を目的に、コンクリートの養生に着目して様々な工夫を行った。主な工夫は、①シート張り防護、②冬期施工時の保温・給熱養生、③散水養生、④気泡緩衝シートによる養生および⑤養生温度管理システムの導入などである。

(1) シート張り防護

足場組立完了後に足場外周をシート（防災シート）で覆うシート張り防護を行った。養生期間中、外気にさらされる時間が低減され、水分の逸散による乾燥収縮の発生を抑制する効果がある（写真-3）。

(2) 冬期施工時の保温・給熱養生

当該地域は豪雪地帯であり、冬期は日平均気温が氷点下となることが多い（例：2021年1月 平均気温 -1.9℃ 最低気温 -12℃）。打設後の養生温度を 5℃ 以上に保つた

め、12月から3月の寒中養生として断熱材付型枠（合板+グラスウール5cm）による保温養生およびジェットファーンネスによる給熱養生を実施した（写真-4）。

(3) 散水養生

RC 巻立てコンクリート打設後、コンクリート上面に穴あきホースを配置し散水養生を実施した（写真-5）。

(4) 気泡緩衝シートによる養生

型枠脱型後は保温保水養生気泡緩衝シート（モイスト



写真-3 シート張り防護

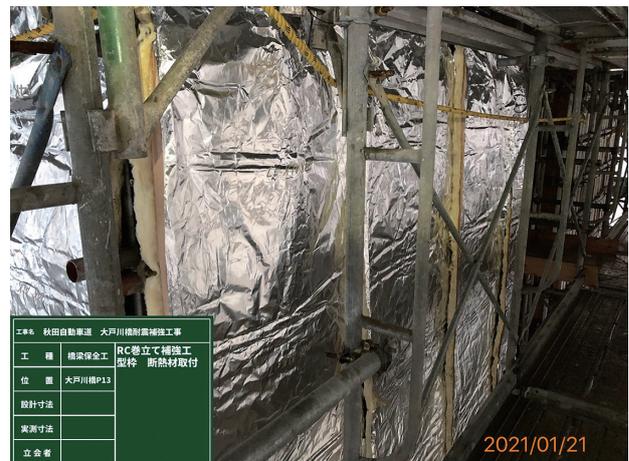


写真-4 保温・給熱養生

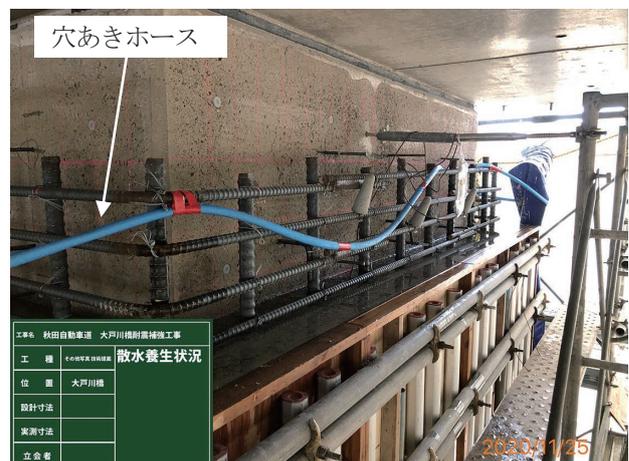


写真-5 散水養生

ヤータックプチ NETIS 登録番号 HK-150002-VE) を隙間なく貼り付け、材齢 28 日まで保温・保湿養生を実施した(写真-6)。

(5) 養生温度管理システムの導入

コンクリートの養生温度管理として、モバイル式コンクリート養生温度管理システム「おんどroid」(図-2)を導入した。養生温度が閾値未満(閾値:5℃, 警告値:7℃以下)になった場合は、職員にメールが自動発信されることで、早期に対応を図ることが出来た。また、温度管理の省力化にも寄与した。

3-2 打設用開口からのモルタル分漏出防止対策

打設用開口と閉塞板の隙間からモルタル分が漏出することを防止するため、隙間部へアクリル板(写真-7)および隙間テープ(写真-8)を設置した。これらの対策により隙間を低減した結果、コンクリート表面に砂すじやジャンカは発生せず、美観が向上した。

3-3 コンクリートのひび割れ抑制対策

コンクリートのひび割れ抑制対策としてポリプロピレン短繊維(バルチップ PW・Jr)を添加した「短繊維補強コンクリート」を使用し、ひび割れ抵抗性や靱性の向上を図った。使用方法は、アジテータ車に短繊維を必要数(1袋:455g/m³)投入後、ドラムを120秒間高速回転させ、混合攪拌する。短繊維補強コンクリートの均一性確認を目的に、本施工前に繊維混入率試験を実施した。繊維混入率試験の管理値は、採取した容積に対する短繊維

の混入割合が455g/m³±20%かつ3回の平均値が95%以上とした(写真-9)。

§4. 評価方法

前述の課題に対する取り組みや工夫に対する評価は、可能な限り定量的な指標に基づくことが望ましい。

本工事では、コンクリートの緻密性に関する品質確認として、表面吸水試験²⁾(以下、SWAT)と表層透気試験²⁾

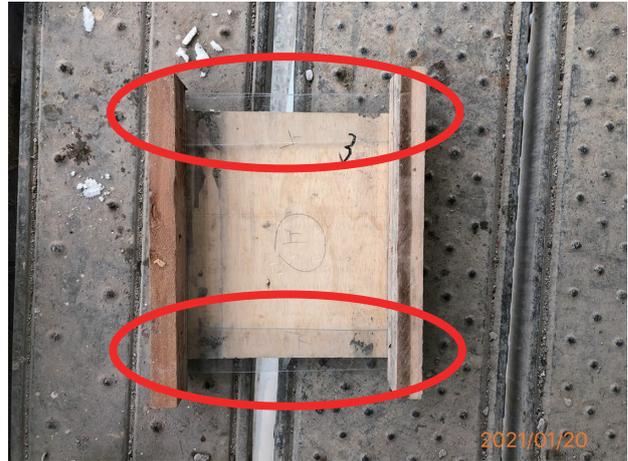


写真-7 アクリル板設置



写真-8 隙間テープ設置



写真-6 気泡緩衝シートによる養生



図-2 おんどroid システム概要¹⁾

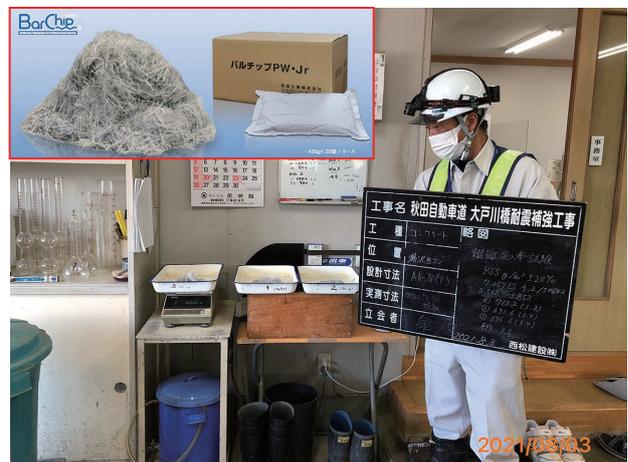


写真-9 繊維混入率試験

(以下、トレント)を使用した。SWATとトレントは完全非破壊でコンクリートの表層品質の評価が可能である。SWATはコンクリート表面に強制的に圧力を作用させ吸水するのではなく、毛管力による吸水を行い、10分後の表面給水速度P600 (ml/m²/s)を測定する(写真-10)。トレントはコンクリート内を真空状態になるよう脱気し、内圧が戻るまでの時間を計測する(写真-11)。一般的にSWATは表面に近い領域の品質を評価する試験法であり、トレントは強制的に圧力を作用させていることから、内部欠陥の影響を評価しやすい試験法である。

§5. 成果

5-1 コンクリートの緻密性評価・試験結果

各橋脚で表面吸水試験(SWAT)と表層透気試験(トレント)を実施し、コンクリートの緻密性を確認した。評価基準は以下に示すとおりである。SWATのグレーディングの目安は表面吸水速度P600 (ml/m²/s)の値により、「良、一般、劣」の3グレードで判定される(表-1)。また、トレントのグレーディングの目安は透気係数kT (×10⁻¹⁶m²)の値により、「優、良、一般、劣、極劣」の5グレードで判定される(表-2)。

試験の結果、SWATについては、すべての橋脚でグレ



写真-10 表面吸水試験 (SWAT)

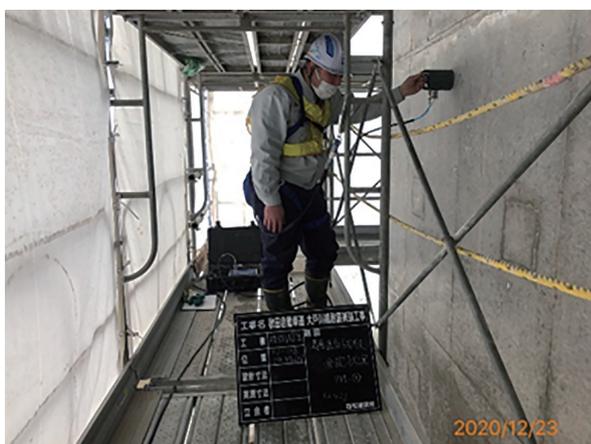


写真-11 表層透気試験 (トレント)

表-1 SWAT グレーディング

表面吸水速度	良	一般	劣
P600 (ml/m ² /s)	0.25以下	0.25を超えて0.5以下	0.5を超えるもの

表-2 トレント グレーディング

表層透気係数	優	良	一般	劣	極劣
kT (×10 ⁻¹⁶ m ²)	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100

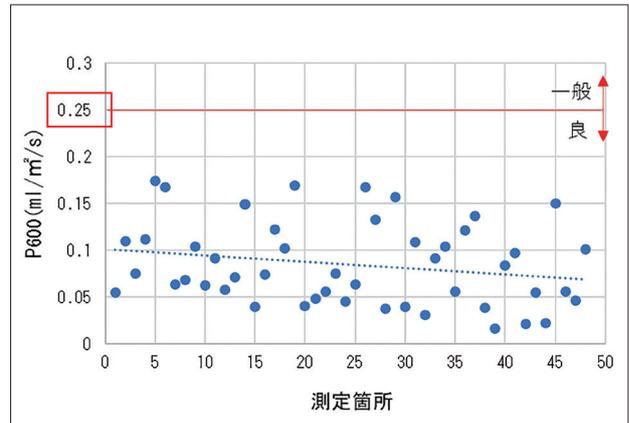


図-3 SWAT 試験結果

表-3 SWAT 試験結果

SWAT試験結果(測定箇所48点)			
判定	良	一般	劣
測点数	48	0	0
比率	100%	0%	0%

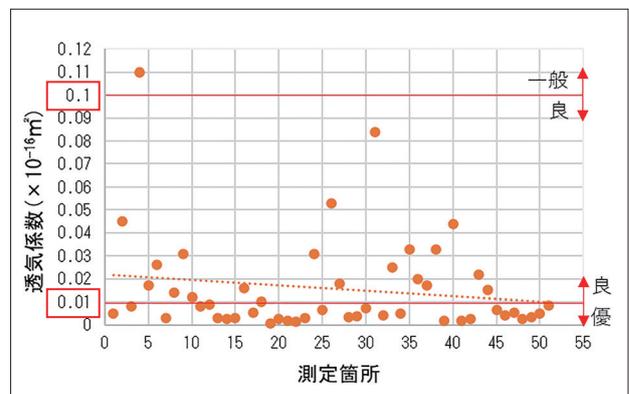


図-4 トレント試験結果

表-4 トレント試験結果

トレント試験結果(測定箇所51点)					
判定	優	良	一般	劣	極劣
測点数	30	20	1	0	0
比率	59%	39%	2%	0%	0%

ーディングの目安が「良」の判定となった(図-3、表-3)。トレントは、すべての橋脚でグレーディングの目安が「一般」以上、98%以上が「良」の判定となった(図-4、表-4)。

5-2 打設用開口からのモルタル分漏出防止対策

打設用開口の隙間からモルタル分が漏出し、砂すじやジャンカの発生が懸念されたが、アクリル板と隙間テープを使用したことにより、モルタル分の漏出を抑制し、無対策の開口部に比べて美観が向上した（写真-12）。

5-3 コンクリートのひび割れ抑制

材齢28日後に各橋脚で初期点検を実施した。初期点検でひび割れは確認されなかったものの、半年が経過した頃に一部の橋脚で微細なひび割れを確認した。ひび割れ発生状況を詳細に把握するため、デジタル技術のシン・クモノスを導入しひび割れ調査を行うこととした。

§6. ひび割れ調査

6-1 ひび割れ調査方法

コンクリートのひび割れ発生状況を確認するため、シン・クモノスによるひび割れ調査を行った。シン・クモノスは、ひび割れ計測システム KUMONOS によるひび割れ計測技術とデジタル画像によるひび割れ解析技術を組み合わせた新しいひび割れ計測システムである。現況図の作成とひび割れ幅のキャリブレーションに KUMONOS を活用し、ひび割れの抽出・図化をデジタル画像により行うことで、ひび割れ等の変状調査を高精度かつ効率よく行うことができる技術である（図-5、図-6）。ひび割れ調査の効率化に加え、足場の設置が不要であるため、現地調査の工程を短縮することが可能である。



写真-12 漏出防止対策あり（左）対策無し（右）

6-2 ひび割れ調査結果

RC巻立て補強工17基のうち、施工が完了した14橋脚に対してシン・クモノスによるひび割れ調査を実施した。調査結果を以下に示す。

図-7、図-8は、現場で撮影した写真からひび割れを抽出・解析した結果を展開図に反映させたものである。図中の赤線が0.20mm以上のひび割れ箇所を示しており、図-7が第1回調査（材齢6ヶ月～1年）、図-8が第2回調査（材齢1年～1年6ヶ月）の結果である。また、ひび割れの個所数と延長は表-5および表-6の結果であった。第1回調査では調査範囲に対して0.20mm以上が13箇所、総延長8.02mであったが、第2回調査では同一調査範囲に対して0.20mm以上が262箇所、総延長288.81mという増加傾向が確認された。

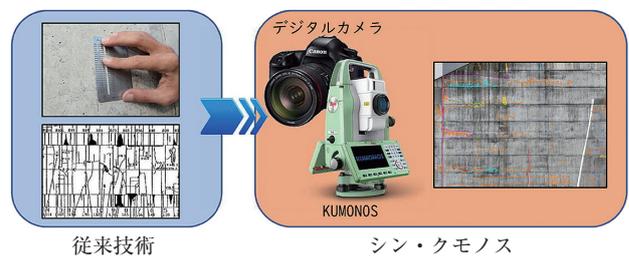


図-5 シン・クモノスによるひび割れ調査³⁾

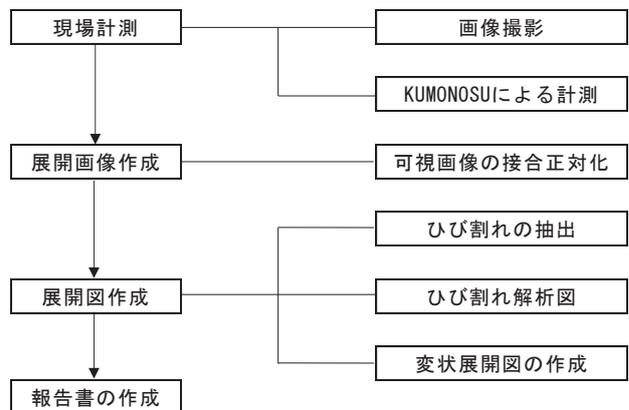


図-6 シン・クモノスの作業フロー

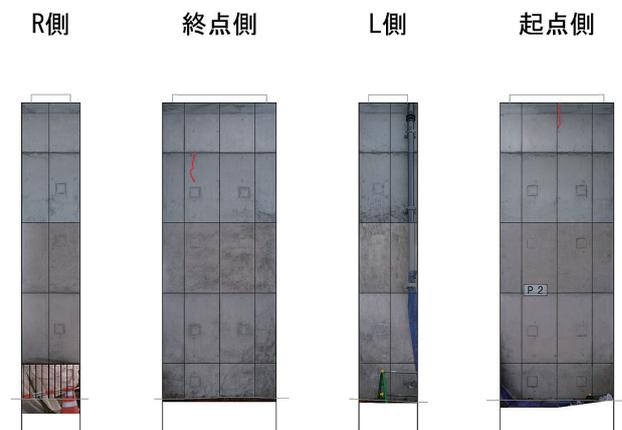
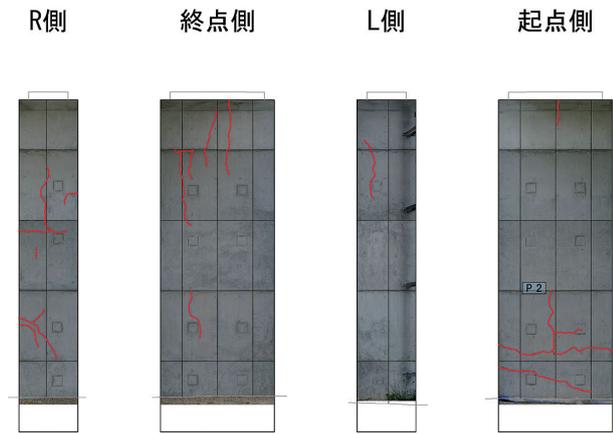


図-7 第1回調査結果
（例：大戸川橋 P2 橋脚下り線側）赤線：0.20 mm 以上



図一八 第2回調査結果
(例：大戸川橋 P2 橋脚下り線側) 赤線：0.20 mm 以上

§7. まとめ

- ・コンクリートの耐久性について、SWAT・トレントの結果より良質なコンクリートを施工することが出来た。
- ・コンクリートの打設用開口について、モルタル分の漏出を抑え美観を損なうことなく施工することが出来た。
- ・コンクリートのひび割れ抑制について、施工直後はひび割れが確認されなかったものの、第1回調査では微細な表面ひび割れが確認され、第2回調査ではひび割れの進展や新規ひび割れが確認された。

本工事は2023年まで継続するため、発生したひび割れについては引き続き経過観察を行うとともに、ひび割れ原因を推定し、補修方法を検討していく予定である。

表一五 第1回調査結果

対象箇所	ひび割れ0.20mm以上	
	箇所数	延長(m)
大戸川橋P2橋脚	4	2.23
大戸川橋P3橋脚	0	0.00
大戸川橋P4橋脚	0	0.00
大戸川橋P7橋脚	0	0.00
大戸川橋P8橋脚	0	0.00
大戸川橋P9橋脚	0	0.00
大戸川橋P10橋脚	0	0.00
大戸川橋P11橋脚	5	4.20
大戸川橋P12橋脚	0	0.00
大戸川橋P13橋脚	4	1.59
下根田橋P1橋脚	0	0.00
下根田橋P2橋脚	0	0.00
下根田橋P5橋脚	0	0.00
下根田橋P6橋脚	0	0.00
合計	13	8.02

表一六 第2回調査結果

対象箇所	ひび割れ0.20mm以上	
	箇所数	延長(m)
大戸川橋P2橋脚	33	36.37
大戸川橋P3橋脚	6	7.47
大戸川橋P4橋脚	8	4.44
大戸川橋P7橋脚	32	36.41
大戸川橋P8橋脚	11	15.41
大戸川橋P9橋脚	1	0.94
大戸川橋P10橋脚	11	11.38
大戸川橋P11橋脚	16	24.18
大戸川橋P12橋脚	7	9.94
大戸川橋P13橋脚	26	29.40
下根田橋P1橋脚	28	27.77
下根田橋P2橋脚	37	35.67
下根田橋P5橋脚	15	22.55
下根田橋P6橋脚	31	26.88
合計	262	288.81

参考文献

- 1) おんどロイド製品紹介，エコモット株式会社，
<https://www.gembaroid.jp/product/ondroid-base.html>，（参照 2023-04-03）
- 2) コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)（橋脚，橋台，函渠，擁壁編）2021年改訂版，国土交通省東北地方整備局，2021年
- 3) 国土交通省 i-Construction 関係 HP，https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/2019award/11_kumonos.pdf，（参照 2023-04-17）