

橋台コンクリートの表層品質向上の試行と効果の検証

帯広開発建設部 帯広道路事務所 第2工務課

○下地 広騎
成田 琳
濱下 和久

北海道十勝地方は、凍害危険度5に相当する非常に厳しい環境下であり、コンクリートの品質管理においては耐久性確保の観点から表層品質の確保が極めて重要であり、施工時に初期欠陥が少ない構造物を構築する必要がある。本報告では、「コンクリートのひび割れ抑制をはじめとする品質向上に関する試行」に選定された高規格道路の建設現場における、表層品質向上の取り組みと課題、対策事例、効果の検証について報告する。

キーワード：コンクリート構造物、ひび割れ抑制、品質管理

1. はじめに

帯広道路事務所では、高規格道路である帯広・広尾自動車道（忠類大樹IC～（仮称）広尾IC）の整備を行っている。

工事箇所である広尾郡大樹町周辺は、凍害危険度5に相当する非常に厳しい環境下において施工する構造物であり、長期的な耐久性確保の観点から表層品質の確保が極めて重要であること、そのためには施工時に初期欠陥が少ない構造物を構築する必要がある。

本報告では広尾郡大樹町において架橋される2橋の構造物（表-1）を対象として表層品質向上の試行および効果の確認を行ったので報告する。



図-1 工事箇所図

表-1 表層品質向上の試行構造物

橋梁名	構造物	形式	コンクリート体積 (m ³)			鉄筋総量 (t)	施工年度
			底版	縦壁	蓋版		
紋別川橋	A2橋台	箱式	300	468	42	77	令和5年度
振別川橋	A1橋台	逆T式	259	398	-	46	令和6年度

2. コンクリート表層品質向上の取り組み状況

国土交通省では平成29年度より、有害なひび割れに代表されるコンクリートの初期欠陥の抑制と、コンクリートの品質向上に向けた取り組みを行っており、令和5年度の試行工事として紋別川橋が選定された。「施工状況把握チェックシート」により確実な施工を行っているか、また「表層目視評価シート」により脱型直後のコンクリート表層の出来映えをチェックして、改善点があれば

ば次のリフト施工時に対策を講じることで品質向上が図られる。「表層目視」の評価項目は5項目で、(1)沈みひび割れ、(2)表層気泡、(3)打重ね、(4)型枠継ぎ目のノロ漏れ、(5)砂すじ、に分かれており、目視により1点から最高4点まで段階的に評価される。なお、項目の中の「打重ね」は従来「打ち重ね線」として目視で線が見えやすいかどうかで評価していたが、令和4年度からは「打重ね」と変更になり、着眼点として所定の厚さで打ち込まれているか、水平に打ち込まれているか等、実際の施工状況を評価する項目に変更された。本工事では、「打重ね」の評価を向上させるため、打設1層毎の厚さ、バイブレーターの適切な使用法、外型枠からの締固め、下層との一体化のため上層打設までの時間間隔の管理に重点を置き取り組んだ。

また、振別川橋においても、紋別川橋と同様の手法で品質確保の取り組みを行った。

打設回数は底版を含め4～5回に分けて行った。リフト1～4までのコンクリート打設日、及び養生の流れを図-2、図-3に示す。打設・養生スケジュールと後述する表層品質測定箇所を図示したものを示す。



図-2 打設・養生スケジュールと品質評価測定箇所 (紋別川橋)

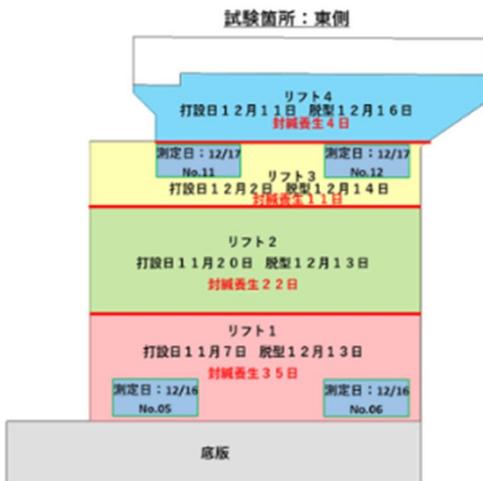


図-3 打設・養生スケジュールと品質評価測定箇所 (振別川橋)

3. コンクリート表層品質向上の対策事例

コンクリート打設時「施工状況把握チェックシート」の中で特に留意した点は、一層の高さを 50cm として下層のコンクリートに内部振動機を 10cm 程度挿入して締固めたことと、一層上げる毎に躯体を一周する経過時間を短縮するため、生コン圧送車を 2 台使用したことである。これは、従来のコンクリートの打重ね線が、上層と下層で色の違いが明瞭であったり、下層への締固めが到達していない状況のコンクリートが散見されるからである。またパイブレーター挿入間隔は型枠や鉄筋にマーキングを行い、外枠からは 5～6 人体制による小槌叩きを行い、気泡や豆板を防止した。型枠継目からのノロ漏れについては止水テープを用い、砂すじを防止した。結果として、打重ねは水平で打重ね線も不明瞭であり混合され、一体化されていることが確認出来た。封緘養生はリフト1で最大で 60 日近くになったがその間、外部からの散水を 2～3 日毎に行い、乾燥防止を行った(写真-1)。



止水テープ設置状況

層状打設マーキング



パイブレーター挿入間隔マーキング 施工状況把握チェック状況

写真-1 当現場での対策事例

4. 目視による表層品質評価

表層目視評価は、発注者・受注者ともに現場立会により、それぞれチェックを行った。紋別川橋では、評価項目(1)～(5)は、底版コンクリート、リフト1～3まで計4箇所、東面、西面、南面、北面について計16箇所を行った。結果はリフト1の(4)型枠継ぎ目のノロ漏れ評価の東面が3点以外全て4点となり、発注者・受注者とも出来映え評価は極めて良好であった。

振別川橋も同様に底版コンクリート、リフト1～4まで計5箇所、東面、西面、南面、北面計4箇所、合計20箇所×5項目で評価し、4点が9割弱であり、ともに出来映え評価は、極めて良好であった。

5. 非破壊試験による表層品質向上効果の検証

目視評価はあくまでも簡易的で定性的な評価であり、特に養生の効果は目視で評価出来ないため、当現場では定量的に表層品質の向上効果を示すために、「打重ね」部の表層透気試験と表面吸水試験を行い、表層品質向上を定量的に検証することとした。

(1) 調査方法

測定方法はコンクリートの打重ね部を測定する「測定タイプ①」と、打重ね部とその上下を測定する「測定タイプ②」に分けて行い、封緘養生箇所、標準湿潤養生箇所を測定し表層品質（緻密性）の検証を行う事とした。なお「測定タイプ②」を実施した目的は打重ねが一体化されているかどうかの確認のためである。

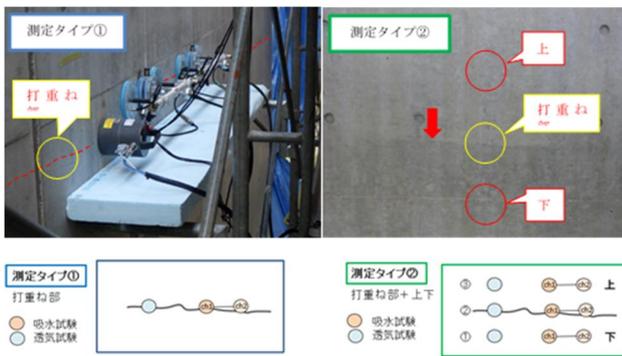


図-4 測定タイプ①、測定タイプ② 調査イメージ

(2) 調査結果（紋別川橋）

透気試験、吸水試験の結果を表-2に示す。また、透気係数(k_t)評価、吸水速度(p600)評価を表-3に示す。測定は北側6ヶ所、南側6ヶ所、東側6ヶ所で行った(図-2)。透気試験結果は封緘養生部で評価は【優】または【良】。標準養生部で評価は【一般】となった。

吸水試験結果は、リフト1北側の一部で測定器械の不調により吸水係数が大きくなったが、その点を除くと、

表-2 測定タイプ別、測定結果（紋別川橋）

試験日	試験箇所	含水比	養生条件	透気係数(×10-16m ²)		表面吸収(p600)	
				評価	平均値	評価	平均値
11月10日	1リフト北側 測定タイプ①	5.0%	型枠残置 31日	評価：優	0.0080	評価：粗	0.522
11月13日	1リフト南側 測定タイプ②	5.0%	型枠残置 58日	評価：良	0.0187	評価：緻密	0.125
11月9日	2リフト東側 測定タイプ①	5.3%	型枠残置 31日	評価：良	0.0350	評価：緻密	0.049
11月10日	2リフト北側 測定タイプ①	5.2%	型枠残置 7日	評価：一般	0.1265	評価：緻密	0.126
11月23日	3リフト南側 測定タイプ②	4.8%	型枠残置 7日	評価：一般	0.5913	評価：緻密	0.141

表-3 表層コンクリートの品質判断基準¹⁾

透気係数 k _t (×10-16m ²)	優	良	一般	劣	極劣
	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100
表面吸水速度 p600 (ml/m ² /s)	緻密		普通	粗	
	0.0~0.25		0.25~0.50	0.50~	

封緘養生部、標準養生部ともに評価は【緻密】となった。

検証結果として「施工状況把握チェックシート」を確実に実施し、養生を適切に行う事でコンクリートの表層品質が確保される事が確認できたが、標準養生との比較では、封緘養生の方が透気・吸水試験ともに良い結果となり養生期間延長による効果を検証できた。

(3) 調査結果（振別川橋）

紋別川橋の結果を受け、振別川橋でも同様に透気試験、吸水試験を行った。吸水試験の機器の不具合により、リフト1のみの調査となった。測定方法はすべて「測定タイプ①」で行った。透気試験、吸水試験結果を表-4に示す。測定は南側、西側、東側3ヶ所で行った(図-3)。透気試験結果は封緘養生部で評価は【良】。標準養生部で評価は【一般】となった。吸水試験結果は、封緘養生部の評価は【緻密】となった。検証結果として、紋別川橋の結果と同様に「施工状況把握チェックシート」を確実に実施し、養生を適切に行う事でコンクリートの表層品質が確保される事が確認できた。

表-4 測定タイプ別、測定結果（振別川橋）

試験日	試験箇所	含水比	養生条件	透気係数(×10-16m ²)		表面吸収(p600)	
				評価	平均値	評価	平均値
12月16日	1リフト南側	5.0%	型枠残置 35日	評価：良	0.1180	評価：緻密	0.168
12月16日	1リフト西側	5.1%	型枠残置 35日	評価：良	0.0139	評価：緻密	0.130
12月16日	1リフト東側	5.1%	型枠残置 35日	評価：良	0.0239	評価：緻密	0.153
12月16日	3リフト南側	4.8%	型枠残置 11日	評価：一般	0.2943	-	-
12月17日	3リフト西側	4.8%	型枠残置 11日	評価：一般	0.3875	-	-
12月17日	3リフト東側	5.0%	型枠残置 11日	評価：一般	0.1644	-	-

(4) 散水試験結果（振別川橋）

今回、吸水試験が機器の不具合があり、リフト3での試験が出来なかったため、「散水試験」²⁾を追加で実施した(写真-2)。散水試験とは、コンクリートの表面に散水し、コンクリートの表面の水の状態を目視で確認す



写真-2 散水試験の実施状況

るといふ簡便な調査法で、水が流下するまでの散水回数で表面品質を評価する試験である。試験により得られた散水回数を、散水回数と表層透気係数との関係を示す図-5により換算することで表層透気係数を求め、表-3により評価をした。

散水試験結果を表-5に示す。封緘養生部で評価は【優】【良】、標準養生部で評価は【良】【一般】となり、概ね透気試験の結果と同じ内容となった。吸水試験結果とも、概ね同じ内容となり、散水試験も一つの評価手法として位置づけられる。

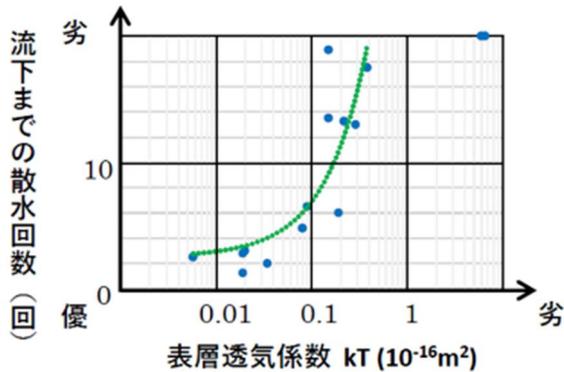


図-5 散水試験結果と表面透気係数の関係²⁾

表-5 測定タイプ別(散水試験)、測定結果(振別川橋)

試験箇所	養生条件	透気係数 ($\times 10^{-16} \text{m}^2$)		表面吸収(p600)		散水試験(回)	
		評価	平均値	評価	平均値	評価	平均値
1リフト南側	型枠残置 35日	評価：良	0.1180	評価：緻密	0.168	評価：優	2.5
1リフト西側	型枠残置 35日	評価：良	0.0139	評価：緻密	0.130	評価：優	2.8
1リフト東側	型枠残置 35日	評価：良	0.0239	評価：緻密	0.153	評価：良	5.7
3リフト南側	型枠残置 11日	評価：一般	0.2943	-	-	評価：良	5.8
3リフト西側	型枠残置 11日	評価：一般	0.3875	-	-	評価：良	5.0
3リフト東側	型枠残置 11日	評価：一般	0.1644	-	-	評価：一般	6.5

6. まとめ

今回、2年間の構造物におけるコンクリート表層品質向上評価と非破壊試験による定量的検証について試行した結果、以下のような結果が得られた。

- 1) 今回の検証で、透気係数は、標準養生よりも封緘養生を行った場合のほうが緻密性が高く、打重ね線の上、中、下を測定した測定タイプ②の数値結果からも打重ね部の一体化が確認できた。
- 2) 表層品質(緻密性)が、数値によって確認、評価できたことは品質向上の取り組みの一つとして有効だった。

今後も施工状況把握チェックシートを活用し、品質の高い施工を行う。さらに、今後コンクリートの耐久性向上が求められる中、圧縮強度や見た目の評価だけではなく、緻密性の確認ができる何らかの規格値等の指標が必要となる。同時に打設手間や準備に人手を要するため、生産性向上のためのDX導入が期待される。

謝辞：この報告を執筆するにあたって、帯広広尾自動車道 紋別川橋下部工事及び帯広広尾自動車道 振別川橋下部外一連工事に携わった加藤建設(株)の皆様には、資料の提供に関して多大なるご協力をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

7. 参考文献

- 1) 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)令和4年7月 国土交通省 東北地方整備局
- 2) 公益財団法人鉄道総合研究所：コンクリート品質の可視化技術「散水試験」
https://www.rtri.or.jp/rd/sdd6bj0000007xpr-att/03_structure04_085.pdf