

V—7 千歳線高架橋のクラック調査について

札幌工事局 技術管理室 正会員 斉藤 実

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の耐久性は、コンクリートのひびわれによって大きく異なるものである。ひびわれの発生自体構造物の耐久力に影響を与える程度のもでない場合でも、これによって鉄筋が腐食する機会をつくり、あるいはひびわれから侵入した雨水の凍結・融解によってコンクリートが侵食をうけ、鉄筋コンクリート構造物の耐久性を著しく害する場合がある。

近年、コンクリート構造物は長大化・大型化の傾向にあるが、一方社会的・経済的要求による断面の縮小、応力の増大、そして環境の悪化が鉄筋コンクリートに腐食の機会を増大させているが、ひびわれが鉄筋コンクリート構造物の耐久性に大きな影響を与えるものと考えられる。

本報告書は、千歳線高架橋のひびわれ調査結果をまとめたもので今後問題となるひびわれ発生の原因を把握するよう務めている。

2. 調査目的

従来、国鉄高架橋張出し部に於いては、橋軸方向約5mごとに絶縁目地を施工することになっており、絶縁目地の施こされない千歳高架橋は異例ともいえる。しかしながら、1～2月の日最高並びに日最低気温が年平均値でマイナス値を示す札幌地区に於いては、降雪に伴うツララ発生現象による凍害が懸念される。また、絶縁目地部からの風化の進行を考えると、北海道のような積算寒冷地方に於ける張出し部の目地施工は無理があると思われる。従って目地未施工によるひびわれ発生状況調査は、今後の高架橋施工に際して不可避なものといえよう。

3. 調査内容

本調査は、千歳線39k248m～42k584mの約3.4km区間の高架橋張出し部を対象に行った。表-1は、高架橋張出し部を対象としたデータの総括である。一方、下部については発生位置の確認にとどめている。

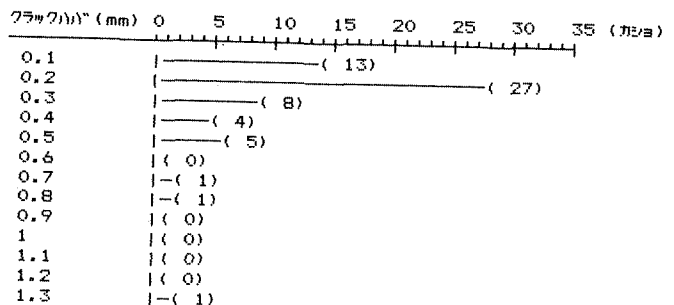
表-1の中から同種構造物を対象とする意味で、ラーメン構造のみ抽出し検討を行った。ちなみにラーメン高架橋のロット数71を検討の対象とした(但し、駅部および電柱基礎部は構造が異なるので除外する)。

4. 調査結果

図-1は床版張出し部に発生した、ひびわれのヒストグラムである。日本コンクリート工学協会では、コンクリートのひびわれ調査・補修指針の中で、補修の要否に関するひびわれ幅の限度について、表-2のように提案している。表-2は、千歳線高架橋に於いて0.3mm以上のひびわれに対し補修の必要性を指摘している。従って20箇所以上のひびわれが補修の対象となるが、1km当りのひびわれ数に換算すると6箇所程度であり、大局的には少ないともいえる。

次に張出し床版に発生するひびわれと、高欄絶縁目地との間に相応する関係の有無を調べる。高欄絶縁目地の総数は上下線合わせて308箇所であり、その箇所に発生するひびわれは床版上部で20箇所、下部で134箇所となる。これは下部ひびわれ

クラック ハリ” ヒストグラム



な - /

4歳高架橋の調査データ

1	コソツ [○] ウシヨ [○] ツ	2	イチ(RorL, クタダシ, タ [○] フト)	3	ワラツク [○] ハ [○]	4	ナカ [○] サ	5	*****
T-7(8.0m)	R	< 3.90m	0.00m	0.1mm	1.80m	2カシヨ			
R-13(25.0m)	L	< 8.55m	0.45m	0.1mm	1.35m				
R-22(35.0m)	L	< 17.70m	0.00m	0.2mm	1.70m	ケ [○] ーシ [○]			
R-22	L	< 26.00m	0.00m	0.2mm	1.65m	モルタル			
R-23(35.0m)	L	< 9.35m	0.00m	0.2mm	1.80m				
R-23	L	< 17.55m	0.00m	0.2mm	1.20m				
R-23	L	< 26.15m	0.00m	0.2mm	1.65m				
R-24(35.0m)	L	< 9.00m	0.00m	0.2mm	1.40m				
R-24	L	< 17.20m	0.00m	0.3mm	1.80m	ケ [○] ーシ [○]			
R-24	L	< 26.30m	0.00m	0.2mm	1.65m	モルタル			
R-25(35.0m)	L	< 9.00m	0.00m	0.2mm	1.35m				
R-25	L	< 17.80m	0.00m	0.2mm	1.60m				
R-25	L	< 26.10m	0.00m	0.2mm	1.65m				
R-26(35.0m)	L	< 8.90m	0.00m	0.2mm	1.65m	ケ [○] ーシ [○]			
R-26	L	< 17.60m	0.00m	0.3mm	1.45m	モルタル			
R-27(35.0m)	L	< 9.00m	0.00m	0.2mm	1.70m				
R-27	L	< 28.70m	0.40m	0.5mm	0.35m				
R-28(35.0m)	L	< 11.40m	0.90m	0.5mm	0.55m				
R-28	L	< 11.70m	0.45m	0.7mm	0.20m				
R-28	L	< 26.50m	0.40m	0.5mm	0.45m				
R-29(35.0m)	L	< 8.80m	0.00m	0.1mm	1.20m				
R-30(35.0m)	L	< 8.80m	0.00m	0.2mm	1.40m	ケ [○] ーシ [○]			
R-30	L	< 17.65m	0.00m	0.1mm	1.60m	モルタル			
R-35(35.0m)	R	< 10.30m	0.85m	0.5mm	0.35m				
R-35	L	< 10.40m	0.80m	0.2mm	0.50m				
R-35	L	< 33.60m	0.80m	0.4mm	0.55m				
R-39(25.0m)	L	< 23.85m	1.00m	0.5mm	0.18m				
T44(6.85m)	L	< 3.80m	0.94m	0.1mm	0.10m				
R-41(41.0m)	L	< 1.88m	1.13m	0.3mm	0.15m				
T-48(9.0m)	L	< 7.55m	0.95m	0.2mm	0.40m				
T-48	L	< 7.70m	0.45m	0.2mm	0.60m				
R-45(31.0m)	L	< 2.80m	0.95m	0.2mm	0.25m				
Ctp(26.2m)	L	< 21.00m	1.10m	0.3mm	0.25m				
T-54(8.0m)	L	< 5.50m	1.45m	0.3mm	0.25m				
R-53(25.0m)	L	< 10.35m	1.55m	0.2mm	0.25m				
R-57(25.0m)	L	< 1.90m	1.05m	0.4mm	0.40m				
R-57	L	< 8.30m	0.50m	0.2mm	0.65m				
R-57	L	< 17.85m	0.40m	0.2mm	0.25m				
R-54(25.0m)	L	< 16.60m	0.25m	0.2mm	1.55m	ケ [○] ーシ [○]			
R-54	R	< 24.20m	0.35m	0.4mm	0.45m				
R-60(25.0m)	L	< 16.50m	-0.00m	0.1mm	0.90m	タ [○] フトマデ [○]			
A-2(6.5m)	R	< 5.35m	1.10m	0.8mm	0.15m	センロホーコー			
A-2	R	< 5.55m	0.60m	1.3mm	0.35m				
T-71(8.0m)	L	< 1.40m	0.95m	0.2mm	0.15m				
R-61(35.0m)	L	< 5.10m	0.40m	0.1mm	0.15m				
R-61	L	< 7.30m	0.95m	0.1mm	0.25m				
R-61	L	< 11.20m	0.95m	0.1mm	0.25m				
T-73(8.0m)	L	< 2.35m	0.90m	0.2mm	0.40m				
R-63(35.0m)	L	< 1.30m	0.80m	0.2mm	0.70m				
R-63	L	< 4.40m	1.00m	0.4mm	0.30m				
R-63	L	< 15.60m	0.45m	0.1mm	0.25m				
R-63	L	< 19.20m	0.30m	0.2mm	1.50m				
R-63	L	< 19.80m	0.55m	0.3mm	0.95m				
R-64(35.0m)	L	< 20.00m	0.95m	0.1mm	0.85m				
R-64	L	< 26.40m	0.40m	0.1mm	1.20m	モルタル			
R-65(35.0m)	L	< 7.80m	1.15m	0.1mm	0.60m	センロホーコー			
R-67(35.0m)	R	< 1.75m	0.00m	0.3mm	1.65m	モルタル			
R-67	R	< 18.75m	0.15m	0.3mm	1.50m	ケ [○] ーシ [○]			
T-78(8.0m)	L	< 4.10m	0.80m	0.2mm	0.65m	モルタル			
R-68(25.0m)	L	< 9.10m	0.30m	0.3mm	0.90m	ケ [○] ーシ [○]			
R-68(25.0m)	L	< 7.10m	0.50m	0.5mm	0.70m				

※ Lは下り線

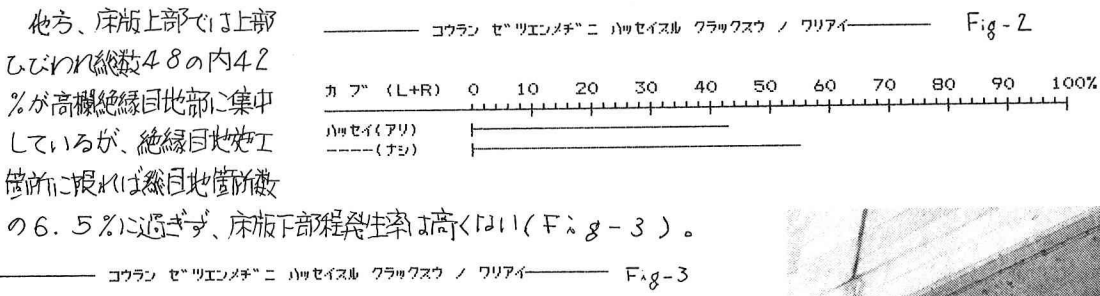
<は札幌側からの距離

然数20/に対し、67%が高欄絶縁目地部に集中していることによる。同時に絶縁目地施工箇所において、目地総数の44%にのぼる箇所にしじわれが発生している。これにより、下部に於いて絶縁目地に起因するところのものが大きいと考える(Fig-2、写真-1)。

表-3
コウラン セ”ツエンメシ” ニ オケル クラック ハッセイ ノ ワリアイ

ハリダ”シフ”	セ”ツエンメシ”	クラックスウ	セ”ンクラックスウ
シ”ヨウフ”	308	20	48
カフ”	308	134	201

その他の要因		面工性状の範囲に case		
区分	その他の要因	きびしい	中 間	ゆるやか
(A)補修を必要とするしじわれ幅(mm)	大	0.4 以上	0.4 以上	0.6 以上
	中	0.4 以上	0.6 以上	0.8 以上
	小	0.6 以上	0.8 以上	1.0 以上
(B)補修を必要としないしじわれ幅(mm)	大	0.1 以下	0.2 以下	0.2 以下
	中	0.1 以下	0.2 以下	0.3 以下
	小	0.2 以下	0.3 以下	0.3 以下



先に述べたように、湧出し部床版に於いては高欄絶縁目地との相関が強いが、床版上部では他の要因も考慮する必要があると考える。

Fig-4、Fig-5は構造物高さとしじわれ発生度数との関係を示している。床版下部では構造物高さによる差はみられない。一方、床版上部では構造物高さ4～6mのものに集中していることが解る。ここに示す高さの種別は、言い換えると柱部、部材厚の違いであり、部材厚の小さいもの程高欄目地施工箇所にしじわれが多く現われている。これにより、上床版と柱との剛度の違いによる影響を考えたが、顕著な傾向はみられずしじわれ発生の必然的、もしくは偶発的区別の決定を下すまでに至っていない。同様に高架橋のスパン別による検討の中で、スパン30mのラーメンは25mのものをしじわれ発生度数の上で上廻っている。しかし、発生原因の推定に伴う判断資料としては乏しい。

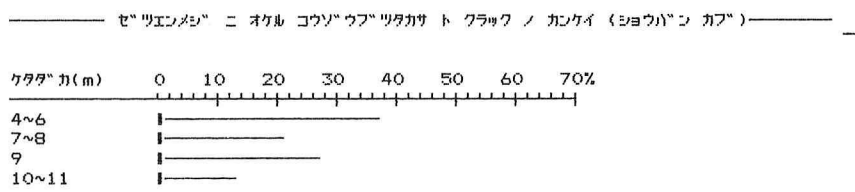


Fig-4

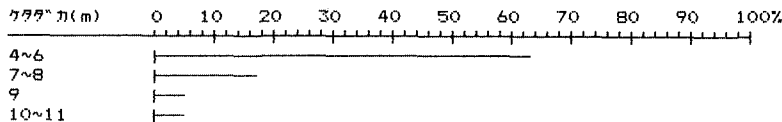


図-5

ひびわれの発生原因を推定する手順には、標準調査に基づくものと詳細調査に基づくものとがある。指針の中で、標準調査に基づく原因推定を表-4のように分類し、更に各種の方法による分類を表-5, 6, 7, 8のように示している。

表-6 ひびわれの設計図書による分類

コンクリートの 要因	ひびわれの 発生原因	推定される原因
収縮性	材料	A1.A3.A5.A7.B1.C1.C3.C6
	部材	A3.A7.B2.B3.B10.B12.B14 C1.C2.C3.C6
	構造体	A7.B2.B3.B12.B14.C1.C6
膨張性	材料	A4.A6.B1.C1.C3.C6.C7
	部材	B1.C1.C2.C3.C5.C6
	構造体	C1.C6
次下曲げ せん断	材料	A6.C6
	部材	A2.B4.B5.B6.B7.B8.B9. B11.B13.B15.C1.C2.C4.D1
	構造体	B6.C1.D1.D2.D3.D5

表-4 ひびわれ発生主な原因

番号	分類	原因
A 1	材料の性質に 関係するもの	セメントの異常凝結
A 2		コンクリートの沈下・ブリージング
A 3		セメントの水和熱
A 4		セメントの異常膨張
A 5		骨材に含まれている水分
A 6		反応性骨材や風化岩の使用
A 7		コンクリートの乾燥収縮
B 1	施工に 関係する もの	混和材料の不均一な分散
B 2		長時間の練り混ぜ
B 3		ポンプ圧送時のセメント量・水量の増量
B 4		打込み順序のまちがい
B 5		急速な打込み速度
B 6		不十分な締固め
B 7		配筋の乱れ・かぶり厚さの不足
B 8		打継ぎ処理の不潔
B 9		型わくのほらみ
B 10		漏水（型わくからの、隔壁への）
B 11		支保工の沈み
B 12		型わくの早期除去
B 13		硬化前の振動や衝撃
B 14		初期養生中の急激な乾燥
B 15		初期凍害
C 1	使用・環境条件 に 関係するもの	環境温度・湿度の変化
C 2		部材両面の湿・湿度の差
C 3		凍結・融解のくり返し
C 4		凍上
C 5		内部鉄筋の錆
C 6		火災・表面加熱
C 7		酸・塩類の化学作用
D 1	構造・外力等に 関係するもの	荷重（設計荷重以内のもの）
D 2		荷重（設計荷重をこえるもの）
D 3		荷重（主として地震によるもの）
D 4		断面・鉄筋量不足
D 5		構造物の不同沈下
E	その他	その他

表-5 ひびわれのパターンによる分類

コンクリートの 発生時期	頻度	形状	推定される原因
数時間 以内	有	① 網状	B2.B3.
		② 表面	A2.B2.B3.B5.B10.B11.
		③ 露筋	B2.B3.B4.B8.B11.
"	無	④	B14.
		⑤	A1.B5.B9.B13.B14.
		⑥	B4.B8.
数日	有	⑦	
		⑧	A3.B12.D4.
		⑨	A3.B11.
"	無	⑩	A5.B15.
		⑪	B13.B15.
		⑫	
数10日 以上	有	⑬	A7.B2.B3.
		⑭	A7.B2.B3.B7.C1.C5.D1.D2.D3.D4.
		⑮	A7.B2.B3.B4.B8.C1.D2.D3.D4.D5.
"	無	⑯	A4.A5.A6.B1.B15.C3.C6.C7.
		⑰	A4.A5.A6.B6.B15.C3.C4.C6.C7.
		⑱	B4.B8.

表-7 ひびわれの配合による分類

コンクリートの条件	推定される原因
富配合	A3.A7.
貧配合	A2.C3.C5.C7.

表-8 コンクリート打込み時の気象
条件による分類

打込み時の気象条件	推定される原因
高 温	A3.B2.B8.B14.
低 温	B15.
低 湿	A5.A7.B14.

4-1. 床版上部に発生したひびわれの原因推定

4-1-1

(1) 原因の大半その半断 (表-4を使用)

表-4中のCは、施工記録と後述するコンクリート打設時とひびわれ発生高架橋の分類との関連から、除外

できよう。

(2) パターンによる分類 (表-5を使用)

本調査が、施工後3年余り経過した中で実施された以上、ひびわれの発生時期による原因推定には限りがある
と考える。従って表-5による半断片は差し控える。

(3) 設計図書などによる分類 (表-6を使用)

コンクリートの変形要因は、上下面とも「膨張性」を除外し「収縮性」および「曲げ」を対象とする(曲げ応
力に關しての検討は後述する)。

(4) その他の分類 (表-7, 8を使用)

Fig-6はコンクリートの打設時期とひびわれの発生度数との關係を表わしている。これによると、6~9
月に打設された高架橋にひびわれ発生を多くみることができる。6~9月の時期設定は表-9の理科年表を利用
している。その中で札幌地区に於ける気温の半旬別平年値を15℃以上に認定すると、6~9月に略々概当する。
このようにコンクリート打込み時の気象条件が暑中という特殊条件下と判断し、表-8を使用する。

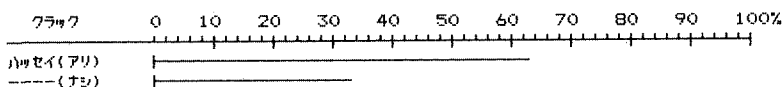
以上から得られた結果を整理すると、表-10のようになる。

Fig-6

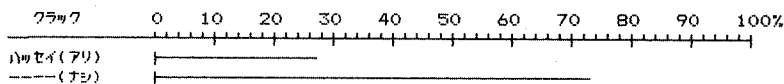
—————コンクリート タセツ シキ ニ ヨル フラック ハッセイ ノ ワライ—————

タセツ シキ	ロットスツ	フラックスツ
6~9カ"ツ	21	13
10~5カ"ツ	45	12

—————6カ"ツ~9カ"ツ マデ ニ コンクリート タセツ サレタ コウカキョウ ノ フラックスツ ノ ワライ—————



—————10カ"ツ~5カ"ツ マデ ニ コンクリート タセツ サレタ コウカキョウ ノ フラックスツ ノ ワライ—————



—————コンクリート タセツ シキ ニ ヨル フラック ハッセイ ノ ワライ—————

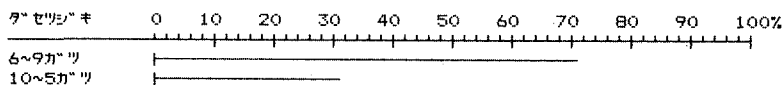


表-9

気温の半旬別平年値

(1941~1970までの平均)

地 区	札幌
6/05~6/09	14.4
6/10~6/14	15.1
6/15~6/19	16.1
6/20~6/24	16.4
6/25~6/29	17.6
6/30~7/4	18.2
7/05~7/09	18.4
7/10~7/14	19.1
7/15~7/19	20.5
7/20~7/24	21.7
7/25~7/29	22.0
7/30~8/03	21.9
8/04~8/08	31.9
8/09~8/13	22.2
8/14~8/18	22.2
8/19~8/23	22.0
8/24~8/28	20.9
8/29~9/02	20.0
9/03~9/07	18.7
9/08~9/12	17.7
9/13~9/17	17.3
9/18~9/22	15.9
9/23~9/27	14.8

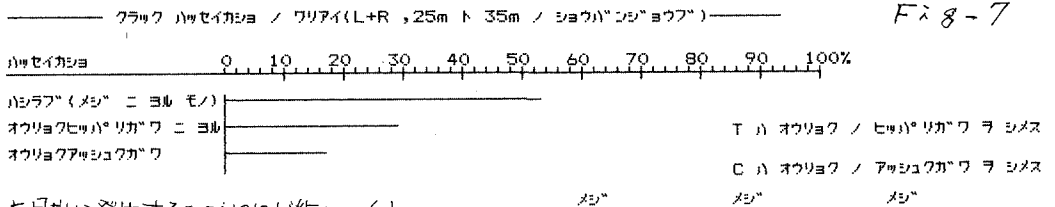
表-10

項	指定されるひびわれ原因
(1)	A, B, D
(2)	省略
(3)	A3, A7, B2, B3, B6, B10, B12, B14 C1, C2, C3, C6, D1, D2, D3
(4)	A3, B2, B8, B14

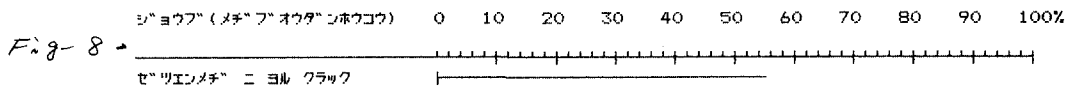
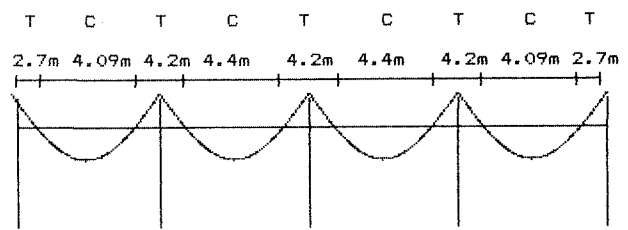
表-1/から、(1)～(4)に共通した事項は概ねA3, B2, B9, B14であり、このうちひびわれ発生原因の多くはB14(初期養生中の急激な乾燥)によるものと思われる。更に施工記録により、養生期間あるいは脱型時期の不適切が考えられる。

4-1-2 曲げ応力と高欄絶縁目地

Fig-7は、高欄絶縁目地に起因すると思われるラーメン橋軸方向の応力分布とひびわれ発生度数との関係を示している。この中で柱部に発生したものを高欄絶縁目地に起因するものと考え、更に25m, 30mの各ラーメンについて応力の引張領域と圧縮領域を考慮し、各々のひびわれ発生箇所との連関をみると、応力引張側に発生するひびわれは全ひびわれ発生度数の約80%に上る(但し、柱部も加味)。



そのうち目地に発生するひびわれが約50%を示すが、これが目地に起因するものかを確かめる為に、ラーメン横断方向のひびわれ発生位置の検討を行った。表-1中の目地部に於けるダクトからの離れ0.00mのものを、絶縁目地に起因するものと判断する。これによって、高欄絶縁目地に起因するひびわれは50数%となり、先に述べた応力引張領域に発生したひびわれのうち約50%が目地に起因しているものと判断できる(Fig-8参照)。



5. まとめ

5-1 高架橋張出し部床版に於けるひびわれの発生原因

- (イ) 高欄絶縁目地によるもの
- (ロ) 初期養生中の急激な乾燥
- (ハ) 養生期間あるいは脱型時期の不適切
- (ニ) 曲げ引張応力によるもの

以上が大きな原因と考えられる。なお床版上部では(イ)によるものが半数を占め、続いて(ロ)、(ハ)、(ニ)の順で構成される。一方、床版下部ではその原因のほとんどが、(イ)によるものと判断できる。

6. 今後の課題と対応

先に述べた発生要因の解決には(イ)、目地施工の見直し(ロ)、夏期に於ける適切な養生と脱型時期の検討(ニ)、配力筋の増大等が考えられる。特に(イ)については図のように目地と床版接合部に柱部材厚以上の畜ら目地の施工によって、目地部応力が直接張出し床版へ移行せず、接合部橋軸方向に分散するものと考えられる。いずれにしても、今後施工される高架橋は、施工時からの多方面にわたる施工記録と調査が必要であろう。

