

森バイパスの連続鉄筋コンクリート舗装

齋藤幸俊* 久保 宏** 豊島真樹***

まえがき

近年、維持補修の手間が少なく舗装寿命が長いという
ことで、コンクリート舗装が見なおされてきている。と
ころが普通コンクリート舗装の場合、10 m 以下に1本
の割合で目地を設けなければならないため、自動車の走
行感が悪くなり、また目地部からの雨水などの侵入によ
り路盤が軟弱化し、さらに交通荷重の繰返しにより目地
部分から破壊されることが多い。このような欠点を解消
する舗装として、最近連続鉄筋コンクリート舗装が注目
を浴びてきている。

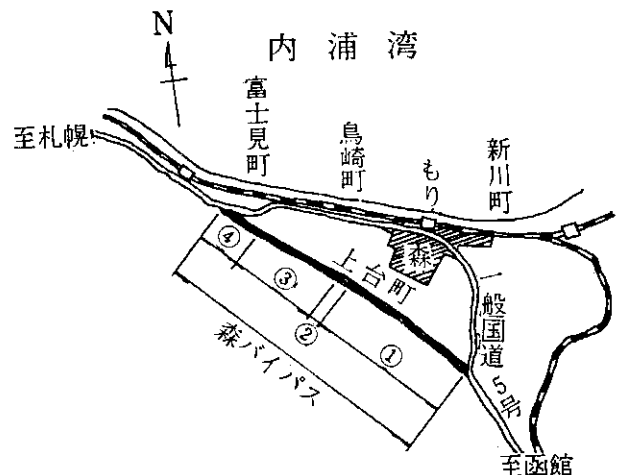
連続鉄筋コンクリート舗装は、コンクリート舗装版の
縦方向に比較的多量の鉄筋を用い、舗装端あるいは橋り
ょうなどの構造物との接続部以外のところでは、横方向
の伸縮目地を一切設けないコンクリート舗装であって、
この場合の鉄筋は、コンクリートとの付着によってでき
るだけ数多くのひびわれをコンクリート版に発生させ、
その結果個々のひびわれ幅を狭くしようとする目的をも
っている。

実際の施工例としては米国が断然多く、1971年11月
1日現在で15,950 kmの延長となっているのに対し、わ
が国における施工例は非常に数少なく、道路における施
工例としては、昭和38年施工の郡山国道(延長500 m)
と、昭和47年施工の森バイパス(延長1,000 m)の2例
だけとなっている。

そこで、以下には北海道開発局函館開発建設部が発注
して、地崎道路株式会社が昭和47年6月に森バイパス
において施工した連続鉄筋コンクリート舗装の設計・施
工ならびに諸観測結果について、その概要を述べること
にする。

1 工事施工個所の状況

一般国道5号森町森バイパス舗装工事延長3,509 mの
うち、連続鉄筋コンクリート舗装1,000 mを試験舗装区
間として、図-1にあるように選定した。この区間の地形
は、一部に半径1,500 mの曲線部と約3%の縦断こう配
があるほかはほぼ直線で、平坦となっている。路床の



- ① 普通コンクリート (1,600 m)
- ② 上鳥崎橋 (135 m)
- ③ 連続鉄筋コンクリート (1,000 m)
- ④ プレストレストコンクリート (490 m)

図-1 森バイパス位置

土質はおおむね火山灰土で、路盤工の構成は次のとおり
である。

路	盤……………40 mm 級切込み砂利……………38 cm
	凍上抑制層……………砂……………10 cm

舗装の設計に用いた交通量の区分は、北海道開発局道
路工事設計基準²⁾によって“B”とした。

2 設 計

連続鉄筋コンクリート舗装の設計において、理論なら
びに実験によって裏付けられた系統的な設計法がいまだ
に確立されていないが、これまでに施工された米国諸州
での報告例と、昭和35年に土木研究所構内に施工された
試験舗装、ならびに昭和38年に施工された郡山国道での
成果などを参考に設計を行なった。

(1) 舗装版の厚さ

連続鉄筋コンクリート舗装では縦方向の鉄筋量が多い
ので、縁部から発生する横方向のひびわれは十分に緊結
されると考えられる。それで従来の設計例では縦方向の
ひびわれのみに対して安全なように、Westergaard の

*前舗装研究室長 現札幌開発建設部岩見沢道路事務所長 **舗装研究室長 ***同室主任研究員

中央部載荷公式より求まる厚さより1~2割減じた値を用いていることが多い。たとえば、米国では普通のコンクリート舗装厚より2.5~5 cm 減少させ、ベルギーでは13~20%減らした舗装厚を採用している³⁾。わが国の場合はセメントコンクリート舗装要綱⁴⁾から、

舗装版の厚さ $h=23\text{ cm}$

したがって、

$$\begin{aligned} \text{連続鉄筋コンクリート舗装版厚} &= 23 \times (0.8 \sim 0.9) \\ &= 18.4 \sim 20.7 \text{ cm} \end{aligned}$$

となる。

北海道のような積雪寒冷地においては、冬期間のスバイクタイヤやタイヤチェーンによる摩耗を考慮して、 $h=20\text{ cm}$ のコンクリート版厚とした。

(2) 縦方向鉄筋

連続鉄筋コンクリート舗装の縦方向鉄筋は、コンクリートの乾燥収縮および温度降下によって舗装版に収縮が生じたとき、コンクリートに数多くのひびわれを分散して発生させ、コンクリートの収縮力を緩和させる働きをすると考えられる。Vetter⁵⁾は、長さ方向に拘束された鉄筋コンクリート舗装がコンクリートの乾燥収縮ならびに温度降下を受けた場合、ひびわれ部分の鉄筋応力度を許容応力度以下におさえ、ひびわれ幅の拡大を防ぎ、コンクリートに新しいひびわれを発生させるという条件から次式を求めた。

$$p = \frac{\sigma_c}{(\sigma_s + ZE_s - n\sigma_c)}$$

ここに、

p = 鉄筋比、 σ_c = コンクリートの引張強度、 σ_s = 鉄筋の設計引張強度（降伏点強度と極限引張強度の中間値）、 Z = コンクリートの乾燥収縮ひずみ、 E_s = 鉄筋の弾性係数、 E_c = コンクリートの弾性係数、 $n = E_s/E_c$

異形棒鋼2種SD30を用い、

$E_c = 325,000\text{ kg/cm}^2$, $\sigma_c = 29\text{ kg/cm}^2$,

$Z = 150 \times 10^{-6}$, $E_s = 2,100,000\text{ kg/cm}^2$,

$\sigma_s = 3,500\text{ kg/cm}^2$, $n = 6.45$

として p を計算すると、 p は約0.8%となる。 $\phi 16\text{ mm}$ を使用するとすれば、版幅1 m 当たり8本となる。したがって、縦方向鉄筋は異形棒鋼 $\phi 16\text{ mm}$ SD30を12.5 cm 間隔に使用した。一般に連続鉄筋コンクリート舗装では、縦方向鉄筋としてSD40以上を用いるのが望ましいといわれているが、本工事では材料供給の都合からSD30を使用した。

(3) 横方向鉄筋

横方向鉄筋は縦方向鉄筋の組立て鉄筋の働きをすると

同時に、コンクリート中で縦方向鉄筋を定着し、また縦方向のひびわれを緊結する作用がある。鉄筋量は経験的に決めることが多く、実際の施工例では縦方向鉄筋量の1/5~1/10の場合が多い。異形鉄筋 $\phi 13\text{ mm}$ を使用すると、縦方向鉄筋量の1/5で1 m 当たり2.5本となり、鉄筋間隔は40 cm となる。また1/10の場合は80 cm の鉄筋間隔となる。セメントコンクリート舗装要綱⁴⁾によれば、横方向鉄筋の間隔は約30 cm を標準としているので、横方向鉄筋は異形鉄筋 $\phi 13\text{ mm}$ SD30を40 cm 間隔に使用した。

(4) 鉄筋網

鉄筋網1枚の大きさは、機能の上からはできるだけ長大であることが望ましいが、製作・運搬・設置などの作業性を考えて、1枚の寸法を縦7.5 m, 横1.59 m, 重量約200 kg とした。施工にあたっては、この形状の鉄筋網を横方向に2枚組合わせて使用した。第14回国際道路会議(1971年, プラハ)の結論によると、鉄筋の重ね合わせの長さは、鉄筋の直径の30倍または40 cm を最小値としている³⁾。したがって、 $\phi 16\text{ mm} \times 30 = 48\text{ cm}$ となり、縦方向の重ね合わせの長さは50 cm とした。横方向については $\phi 13\text{ mm} \times 30 = 39\text{ cm}$ となるが、施工上の問題から37 cm とした。鉄筋網の設置深さについては、過去に施工された多くの例にしたがって、版の中央部よりやや上方、表面より約8 cm の位置に埋設した。

(5) 版端目地と縦目地構造

この連続鉄筋コンクリート舗装の版長が1,000 m と長い場合、当初その膨張量もかなり大きくなることが予想された。そのため通常の膨張目地のほかに、版の両端部にそれぞれ2本ずつ、6 m の間隔で緩衝膨張目地を設けた。その構造は目地幅をおのおの2 cm とし、目地部分には目地材と目地板を併用し、キャップ付きのスリップバー $\phi 22\text{ mm}$ を40 cm 間隔に配置するとともに、連続鉄筋コンクリート舗装版と緩衝版の連続性を保ち、版端部の補強をするためにまくら版(写真-1参照)を設けた。

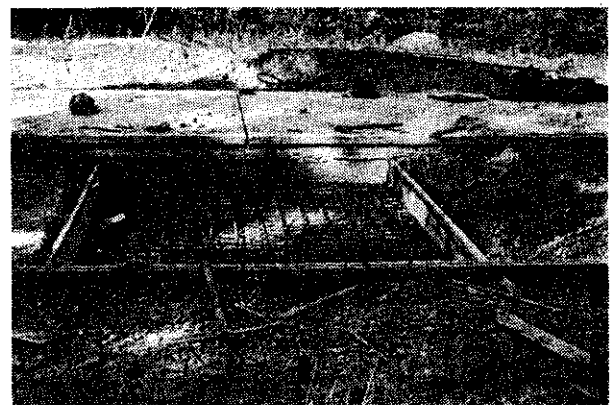


写真-1 まくら版で版端部の補強をした

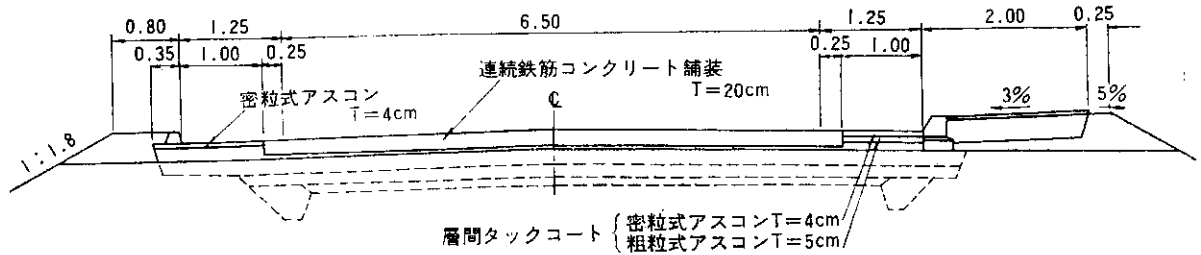


図-2 連続鉄筋コンクリート舗装定規図 (単位:m)

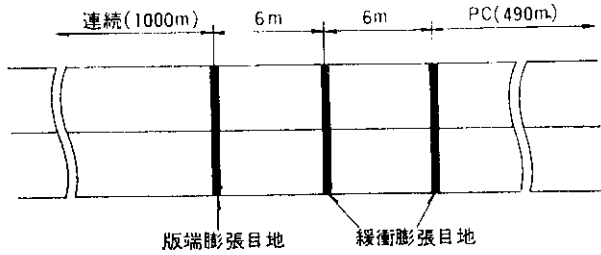


図-3 版端部膨張目地

縦目地はセメントコンクリート舗装要綱⁴⁾にしたがって突合わせ目地とし、 $\phi 9$ mm、長さ1 mのPC鋼のタイバーを75 cm間隔で使用した。図-2は連続鉄筋コンクリート舗装の定規図を示し、図-3は版端部の膨張目地を示す。

3 施 工

連続鉄筋コンクリート舗装の施工は昭和47年6月5日に開始し、6月24日に打設を完了したが、延長1,000 m、幅員3.5 m²車線(7,000 m²)を舗装するのに要した実稼働日数は12日であった。舗設能力は片側3.5 m幅について1日平均170 m(595 m²)、最高260 m(910 m²)程度であった。

コンクリートは生コンクリートを使用し、使用ミキサは28切(0.75 m³)傾胴式ダブルであった。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、凝結遅延剤としてポゾリス No.100 Rを使用した。コンクリートの配合は表-1のとおりである。

コンクリートの運搬は8t積みリヤダンプで行ない、その所要時間は約20分であった。運搬したコンクリートは路盤紙を敷いた上に、ブレード式スプレッダーによりコンクリートの沈下を見込んで下層厚約12 cmに敷きならし、その上に鉄筋網を設置し、上層コンクリートを打設した(写真-2参照)。

コンクリートの締固めは、表面振動式フィニッシャーによって行なったが、端部については棒状パイプレーターを用いて行なった。

養生は麻袋による湿潤養生を1週間行なった。

施工継手個所では、継手面に接着剤の塗布を行なう(写真-3参照)とともに、長さ1 mの異形鉄筋 $\phi 13$ mm SD 30を補助鉄筋として、最高14本まで使用した。鉄筋網の縦方向の重なり部分は、縦方向鉄筋1本おきに鉄線で結束して、連続性を保つようにした。

写真-4は完成した連続鉄筋コンクリート舗装である。

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
25	2.5	5±1	45	39	144	320	770	1,107	0.8



写真-2 上層コンクリートの打設

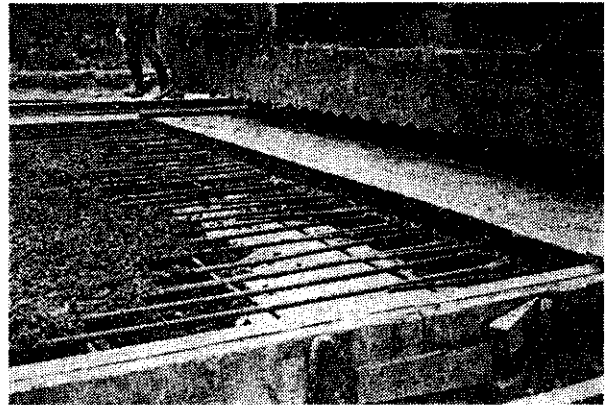


写真-3 接着剤の塗布を完了した継手面

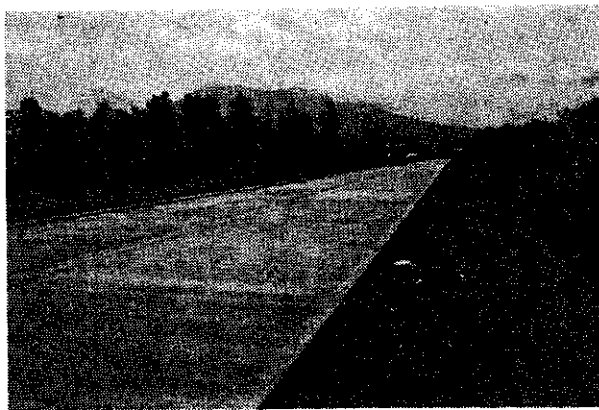


写真-4 完成した連続鉄筋コンクリート舗装

4 材料の品質と試験結果

(1) 鉄筋

鉄筋の引張強度試験結果は、表-2のとおりである。

(2) 路盤支持力

設計目標値は $K_{30}=15 \text{ kg/cm}^3$ 以上であるが、延長 100 m に 1 点、左右両車線について計 20 点の平板載荷試験（載荷板直径 30 cm）を行ない、 $16.6\sim 34.4 \text{ kg/cm}^3$ 、平均で 24.6 kg/cm^3 という結果がえられ、設計目標値を下まわるものはなかった。

(3) コンクリート用骨材

コンクリート用骨材の各種試験結果は、表-3のとおりである。

表-2 鉄筋の品質

	降伏点 (kg/mm^2)	引張強さ (kg/mm^2)	伸び	曲げ 試験
SD 30 $\phi 13$	36~43	51~61	20~31	良
SD 30 $\phi 16$	38~43	53~59	24~27	良

表-3 骨材試験成績

	粗骨材	細骨材
産地	落部	砂原, 大野(1:1)
粗粒率	6.86	2.72
比重	2.58	2.80
単位重量	$1,580 \text{ kg/m}^3$	$1,750 \text{ kg/m}^3$
吸水率	2.77%	1.91%
洗い試験	0.66%	0.56%
すりへり減量	14.9%	

表-4 コンクリートの品質

平均曲げ強度	平均スランプ	平均空気量
52.4 kg/cm^2	2.8 cm	4.1%

* 曲げ強度は材齢 28 日のもの。

(4) コンクリートの強度と性状

各打設日から採取した試料の試験結果の平均値は、表-4のとおりである。

5 各種観測調査

(1) 観測調査項目

延長 1,000 m のうち、工事起点（函館側）から見て左側車線の版の、札幌よりの 500 m の区間を試験区間に選定して、以下のような観測調査を行なった。なお、各種計器の平面的埋設位置は図-4のとおりである。

i ひずみ量

カールソン型ひずみ計を版表面より約 5 cm と、版底面より約 5 cm の深さに上下 1 組として 6 組埋設した。

写真-5 はその埋設状況を示している。

ii 目地幅伸縮量

長さ 5 cm、 $\phi 9 \text{ mm}$ の真ちゅう製の指示棒を版端膨張目地をはさんで 2 個埋設して、指示棒の中央部にポンチで小さな穴をあけ、その間隔をノギスで測定するもので 3 組埋設した（写真-6 参照）。

iii 版変位置

長さ 15 cm、 $\phi 9 \text{ mm}$ の鉄製の指示棒を版厚中央部に装着し、一方 $\phi 22 \text{ mm}$ の鉄製のロッドを路盤下 1.4 m まで打込んで不動として、指示棒とロッドの中央部にポンチで小さな穴をあけ、その間隔をノギスで測定するもので、9 組埋設した（写真-7 参照）。

iv 温度変化

版の表面より約 3 cm、版厚中央部、版の底面より約 3 cm のところに、上中下を 1 組として、銅・コンスタンタン熱電対を 6 組埋設し、そのうち 2 組を連続記録させた。そのほかに白金測温抵抗体 1 組を版内に埋設し、さらに百葉箱に 1 本格納して、版温度と気温を連続記録させた（写真-8 参照）。

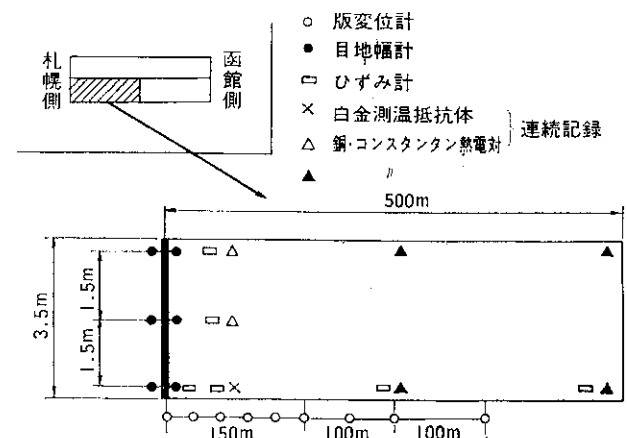


図-4 計器埋設平面図

v ひびわれ

試験区間内のひびわれの幅と長さの測定を行なった。また打継ぎ施工継手個所については、全舗装区間について観測を行なった。なおひびわれ幅については、ひびわれ幅測定器（写真-9参照）によって測定を行なった。

(2) 観測調査結果

前掲の各種試験項目については、現在もお調査を継続中であり、またデータの量も多く、その整理と検討を十分には行っていないので、ここでは下記の試験項目について、えられたデータの一部を紹介するにとどめ



写真-5 カールソン型ひずみ計の埋設

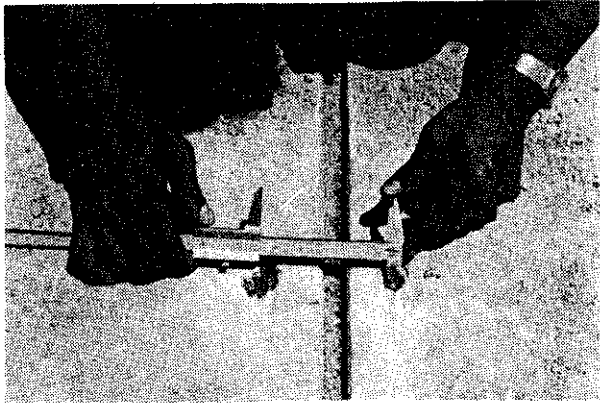


写真-6 目地幅伸縮量の測定

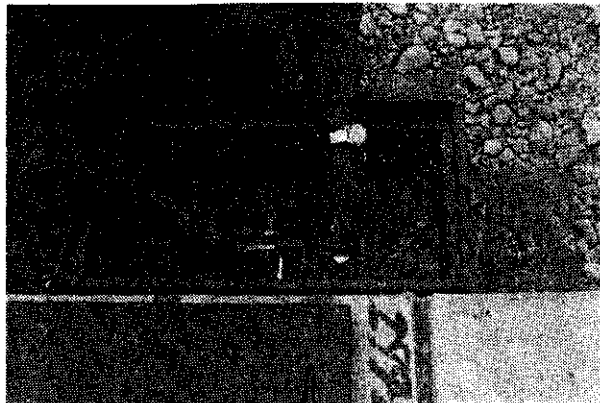


写真-7 版変位量の測定

る。

i 目地幅伸縮と版端変位

図-5は昭和47年7月25日に行なった12時間観測の結果を示したものである。目地幅伸縮は6月26日午前11時、版端変位は6月27日午後1時における測定値を基準値として求めたものである。目地幅伸縮量は測定値から基準値を差引いた形で求めているので、伸縮量がプラスであるということは、目地幅が広がったことを意味している。版端変位量についても同様に、変位量がプラスであるということは、版端部が縮まる方向に移動したことを意味している。

図-5を見ると、版上部の温度が上昇して版の上部と下部の温度差が大きくなるにしたがって、コンクリート版に上に凸のそりと膨張が生じて、微小ながらも目地幅がせばまる。さらに版上部の温度が低下して版の上部と下部の温度差が小さくなるにしたがって、コンクリート版に生じていたそりがもとにもどるとともに、収縮が生じて目地幅が広がっていく様子がうかがわれる。

ii 温度変化

図-6は、7月19日における気温ならびに版内温度の24時間の変化を示したもので、夏の快晴の日の典型的なパターンとなっている。これを見ると、気温の変化によ



写真-8 温度変化の測定



写真-9 ひびわれ幅測定器によるひびわれ幅の測定

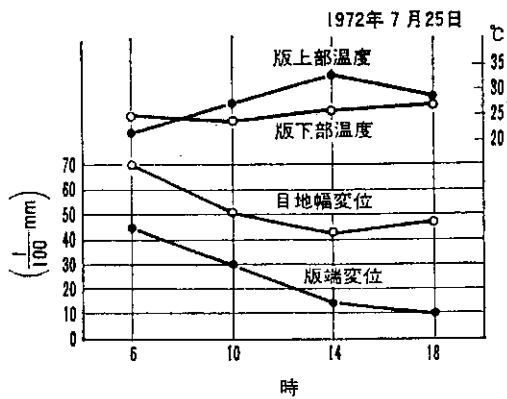


図-5 版端変位・目地幅伸縮の日変化

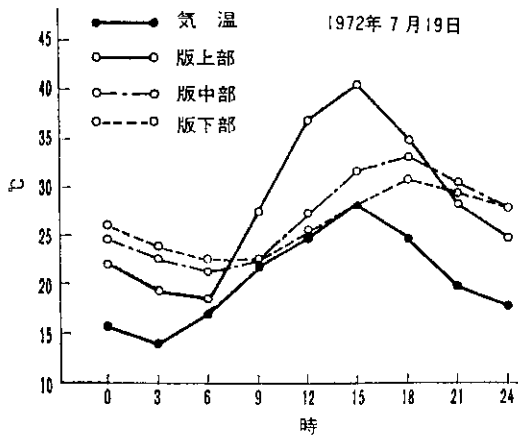


図-6 気温と版温度の日変化

ってまず版の上部が影響を受けるが、コンクリートの熱伝導率が比較的小さいため、その影響が版中部、さらに版下部に及ぶのはおよそ3時間後であることがわかる。また気温の変動幅が $(28.5 - 14) = 14.5^\circ\text{C}$ であるのに対して、版上部では $(40.5 - 17) = 23.5^\circ\text{C}$ 、中部では $(33.5 - 21.5) = 12^\circ\text{C}$ 、下部では $(31 - 22.5) = 8.5^\circ\text{C}$ となっており、版の上部がかなり大きな温度変化を受けていることがわかる。

iii ひびわれ

表-5は、試験観測区間500mにおけるひびわれの発生状況をコンクリートの材齢との関係においてまとめたものである。材齢9か月(昭和48年3月13日現在)ま

での段階において、278本のひびわれが発生しており、ほぼ1.80mに1本の割合となっている。表-5において注目されることは、材齢1か月までのひびわれ発生数と、3か月から4か月までの間のひびわれ発生数が多いことである。これは、前者についてはコンクリートの強度が十分に発揮されていない時期であること、また後者についてはコンクリート打設時点の6月末に比べて、9月末から10月末の間の平均版温度の著しい低下によって、温度による収縮が急激に進行したことに原因すると考えられる。

表-6は、凍結期前後におけるひびわれの長さ幅についてまとめたものである。昭和47年10月から48年3月までのほぼ5ヵ月間におけるひびわれの発生本数は、表-5より $(278 - 223) = 55$ 本であることがわかる。この5ヵ月間におけるコンクリート版の平均温度の著しい低下による影響は、新しいひびわれの発生をうながすとともに、それ以前に発生していた細かいひびわれのひびわれ幅を大きくして、車線横断方向にさらに発達させたことが表-6よりわかる。すなわち、平均ひびわれ長さが47年10月で2.32mであったものが、48年3月で2.94mに、また平均ひびわれ幅が0.06mmであったものが0.10mmとなった。しかしながら、一般に0.3mm以下のひびわれ幅であれば、雨水などによる影響はあまり受けないといわれており、現在までのところは良好な結果となっている。しかし、今後もひびわれ幅の変化に注

表-5 コンクリートの材齢とひびわれの発生本数

材	令	発生本数	月間発生本数
1	週間	1	72
2	週間	40	
1	ヵ月	72	20
2	ヵ月	92	
3	ヵ月	135	43
4	ヵ月	225	88
9	ヵ月	278	

表-6 凍結期前後におけるひびわれの長さ幅の比較

材齢, 測定日	長さ		幅		
	4ヵ月(47.10.25)	9ヵ月(48.3.13)	材齢, 測定日	4ヵ月(47.10.25)	9ヵ月(48.3.13)
0~100 cm	54本	24本	0.01~0.05 mm	144本	86本
101~200	37本	33本	0.06~0.10	68本	123本
201~300	28本	25本	0.11~0.15	11本	60本
301~350 (全幅)	104本	196本	0.16~0.30	0本	9本
平均ひびわれ長さ	2.32 m	2.94 m	平均ひびわれ幅	0.06 mm	0.10 mm

目しつつ、ある程度長期間にわたって観測を継続して行きたいと考えている。

写真-10は昭和48年3月の観測時におけるひびわれの発生状況を示したものである。47年12月1日より一般交通に開放しているが、冬期間の車両のスパイクタイヤによりひびわれの角がとれ、写真-10でもわかるように一見かなり大きなひびわれとなっているように見える。

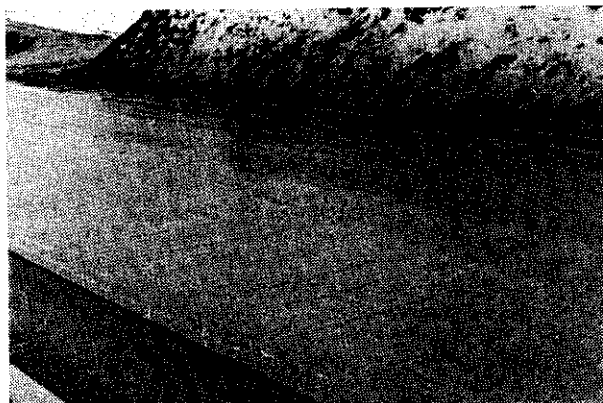


写真-10 供用後3ヵ月を経過したコンクリート版のひびわれ発生状況
(スパイクタイヤによってひびわれの角がとれ、一見かなり大きなひびわれに見える。)

あとがき

北海道において初めて施工された連続鉄筋コンクリート舗装の設計施工の概略と、試験調査結果の一部を紹介してきた。調査観測にご協力いただいた函館開発建設部 松尾徹郎 道路課長、東紀夫 落部道路改良事業所長をはじめとする所員の方々、設計の当初にあたってご指導をいただいた建設省土木研究所舗装研究室 飯島尚 研究員に厚く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) ACI Committee 325, Subcommittee VII, A Design Procedure for Continuously Reinforced Concrete Pavements for Highways, ACI JOURNAL, June 1972, p. 309
- 2) 北海道開発局, 昭和47年度道路工事設計基準, p. 58
- 3) Concrete Roads Committee Report, Permanent International Association of Road Congresses, XIV th Congress in Prague, 1971, pp. 7~8, p. 12
- 4) 日本道路協会, セメントコンクリート舗装要綱, 昭和42年, p. 15, pp. 110~111, p. 22
- 5) 岩間 滋, 福田 正, コンクリート舗装の構造設計, 理工図書, pp. 83~85

昭和48年7月31日発行 編集兼 相田俊郎
発行人

発行所 北海道開発局土木試験所
062札幌市豊平区平岸1条3丁目2番地
電話 (841) 1111 (代表)

印刷所 興国印刷株式会社
札幌市中央区大通り西8丁目
電話 (241) 4323(代表)