

V - 6

アスファルト舗装の亀裂部の温度とたわみ解析

北海道大学工学部	正員	森吉 昭博
同		深井 一郎
同	学生員	大田黒直文
同	同	高橋 正人

1. まえがき

積雪寒冷地のアスファルト舗装は外気温が低くなると、アスファルト舗装の内部に熱応力が発生し、このため舗設後数ヶ月で横断亀裂が多数発生する。この亀裂はその後亀裂間隔を毎年狭くしながら、その亀裂幅も広げ、かつ雨水の浸入で局部的に支持力が小さくなったり、空洞化することが確かめられている。このような状態に達するとアスファルト舗装は亀裂部付近の支持力が極端に小さくなるため、その舗装体の上にアスファルト舗装のオーバーレイをしても、亀裂部上部のオーバーレイ部にリフレクションクラックが発生する。アスファルト舗装に亀裂が発生した場合、いつ、どのように補修するかはアスファルト舗装を長期間使用するという面からも非常に重要なテーマである。筆者らはアスファルト舗装に横断亀裂が入っている場合、亀裂部の空洞化現象を見い出すため、赤外線放射温度計を用いる方法を開発している。^{1, 2)} 一方亀裂部の目地材の研究は未だ充分でなく、目地材の材質や注入後のアスファルト舗装の挙動に付いては不明な点が多い。

本研究は積雪寒冷地のアスファルト舗装の横断亀裂部に常温で液体の各種目地材を注入し、その後のアスファルト舗装の挙動をスポットの赤外線放射温度計で亀裂部の温度を測定し、かつ輪荷重によるたわみ量とシュミットハンマーによる反発度も測定したのでそれらの結果について報告する。

2. 測定箇所

- A地区 : 道道中園網走停車場線の中園地区で、舗装構成は表層(細粒度アスコン8.5% 最大粒径13mm)3cm、安定処理層(粗粒度アスコン3.5%最大粒径30mm)5cmであり、昭和49年に施工され、横断亀裂が5~10m間隔に発生し、未だ亀裂部の肩落ち現象がほとんど観察されていない箇所である。
- B地区 : 国道275号線の北竜地区で、舗装構成は表層(車道部3cm 密粒度アスコン7.0% 側帯部3cm 細粒度ギャップアスコン7%)と基層(車道部5cm 粗粒度アスコン5% 側帯部4cm 粗粒度アスコン5.3%)上層路盤(アス処理6cm 粗粒度アスコン3.5%)下層路盤(切込砂利25cm 40mm)と凍上抑制層50cmから成っている。車道部の施工は昭和45年に行われ、側帯の施工は58年に行われた。横断亀裂はほぼ10m毎で、未だ段差が生じていない箇所である。

3. 測定方法

舗装表面の温度は松下通信工業(株)の焦電形赤外線放射温度計Model-ER-2007SB1を使用した。この装置の主な性能は-30~150℃、感度0.4℃、応答赤外波長8.5~12.5μmである。温度は器械と舗装表面との距離を常に一定の20cmに保ち、外側車輪軌跡部の亀裂の箇所とそこから両側に各々10cm

m, 20cm離れた点で計5箇所測定した。

たわみ量測定は輪荷重で5トンのデュアルタイヤとベンケルマンビームを用いて外側車輪軌跡部付近で行った。シュミットハンマーはN-8（スイス製）を用いた。測定箇所は亀裂から1cm程度離れた両側で舗装の横断方向に50cm間隔に10～20回同一地点で行った。

4. 注入目地材

使用した注入目地材は表-1に示す7種類の常温タイプのものである。

表-1 注入目地材の主な性状（10ランク表示）

名称	注入時の粘度	硬化後の硬さ	低温抵抗性
M10	3	10	4
M05	2	9	3
R-2	1	7	1
M-1	3	4	6
M-2	6	5	7
K-1	8	3	9
K-2	10	1	10

5. 実験方法

A地区においてはアスファルト舗装の横断亀裂が生じ、かつ段差があるものとならないもので、夏期に於て亀裂幅が2～3mmのものを選定した。この地区では2液混合タイプのM10とM05および1液性のR-2の3種類を段差の有無とそれらの注入回数を1回と2回の計12種類の注入は昭和62年10月17日に実施した。その後昭和63年10月19日に2液性のM-1からK-2までの4種類の目地材は横断亀裂2本ずつに注入した。（表-2参照）この箇所は冬期間に於て比較的雪が少なく、寒さが厳しい。交通量はA交通程度である。舗装幅は約6mで両側に歩道等の施設はいっさい無い箇所である。注入目地材は亀裂箇所をコンプレッサーで泥等を吹き飛ばした後、たわみ量測定とシュミットハンマーの反発度を調査した後、やかんを用いて注入した。2回注入箇所は1回注入後3日経過後に同一材料を上から流し込んだ。1回目のたわみ量測定は注入直前に、また2回目のたわみ量測定は施工後約1年に行った。1回目のたわみ測定時は雨上がり後に実施したのに対し、2回目は乾燥日が何日か続いた後に実施した。

B地区においては交通量はC交通程度であり、亀裂部は夏期に於て5mm程度の開きがある。ここではベンケルマンビームによるたわみ量測定と焦電形赤外線放射温度計による亀裂部付近の温度測定を行った。目地材はM-1～K-2の4種類とし、各材料は1回注入のみとし、ほぼ亀裂部2本に1種類計9箇所に昭和63年10月14日に注入を実施した。（表-3参照）たわみ等の測定は目地材注入前に行った。

6. 実験結果および考察

A地区に目地材を注入したところ、R-2を注入した箇所は粘度が特に低いため、注入は簡単であるが、舗装の横断方向に流れる傾向があった。また注入後車両走行時に注入目地材が飛び出した。M10、M05の注入材はこれに比べてほとんど流出せず、飛散しづらい傾向にあった。2回目の注入施工後約1ヶ月で各施工箇所においてコア抜きを実施したところ、M10、M05を中心に目地材が母材に完全に付着しているのが多かった。

降雨時の視察によるとA地区の注入された亀裂部はR-2の材料部も含めて、止水効果が著しく、路面に溜った雨水が舗装内部に浸透せず、舗装上面に溜っていた。

B地区の注入完了時点で亀裂部を観察するとM-2は横方向への流動が顕著であった。またこの注入材は注入完了後車両走行により、内部に注入された注入材が内部でつながっているため、ゆれ動くことが視察により観察された。

施工完了後約2ヶ月後に亀裂部を観察したところ、車両通過部付近を中心に舗装表面から3～4cm目地材が完全に剝離し、飛散している現象が多く見られた。しかし、内部の目地材は母材との付着が良好なためか、融雪時の水が亀裂部の上部に溜って内部には浸透していないように思われた。

表-2 A地区の注入材料と注入前後の最大たわみ量 (mm)

段差の有無	注入材	注入回数	注入前		1年後		たわみ比率	
			L	R	L	R	L	R
段差無し 亀裂2～3mm	E10	1	2.4	2.2	2.8	0.6	1.2	0.3
		2	1.6	4.6	0.8	0.8	0.5	0.2
	E05	1	3.0	3.0	2.4	2.2	0.8	0.7
		2	3.4	3.0	1.6	0.2	0.5	0.1
	R-2	1	2.6	3.4	0.4	1.6	0.2	0.5
		2	2.0	5.0	0.8	3.0	0.4	0.6
段差有り 亀裂2～3mm	E10	1	3.6	4.6	2.2	6.6	0.6	1.4
		2	3.6	3.8	2.0	2.6	0.6	0.7
	E05	1	4.0	4.0	1.2	2.4	0.3	0.6
		2	3.8	3.2	3.0	2.4	0.8	0.8
	R-2	1	3.8	4.0	2.6	3.6	0.7	0.9
		2	4.2	3.0	1.6	3.4	0.4	1.1

L：上り車線，R：下り車線

表-2はA地区の注入目地材とたわみ量を示したものである。この表よりアスファルト舗装の横断亀裂現象で段差のある場合は無い場合よりもたわみ量はおおむね大きいこと、目地材注入は1回より2回注入の方が効果が大きいこと、またいずれの注入材の場合もほぼ注入により注入前よりも注入後のたわみ量が小さいことが認められる。段差のある場合よりも無い場合の方が目地材注入の効果が大きく、この時期に目地材を

注入するとたわみ量が著しく小さくなることも明らかである。亀裂部の付近のたわみ量は上り車線（L）および下り車線（R）ではたわみ量が若干異なるように思われる。3種類の目地材は注入時の施工等から総合するとE10またはE05の2回注入が良いように思われる。

M10、M05およびR-2の目地材を使用した区間で注入後シュミットハンマーで亀裂部付近の反発度を亀裂の両側で実施した。亀裂の全く無い箇所では換算強度がほぼ250 Kg/cm²程度であるのに対し、同一亀裂箇所においても舗装の横断方向で比較すると170～250 Kg/cm²程度と変化し、明らかに亀裂内部の空洞化現象と対応しているらしく思われる。このためベンケルマンビームでたわみ量測定を実施した箇所とは同一箇所ではシュミットハンマーで測定した換算強度とを比較すると図-1が得られた。

図中に示す黒印は未注入箇所3箇所のデータであるが、これよりベンケルマンビームのたわみ量が同一でも、目地材を注入した箇所はシュミットハンマーの換算強度も若干大きい傾向にあるように思われる。また、図-1よりシュミットハンマーの換算強度の値とたわみ量との関係はたわみ量が多い場合はシュミットハンマーの換算強度の値は若干小さい値を示す傾向にあるように思われる。ここで健全なアスファルト舗装では換算強度の値が250 Kg/cm²程度の一定値を示すことから、この簡便な器械は亀裂内部の空洞等の状態を把握することが可能であるように思われる。

表-3 B地区の最大たわみ量（mm）および亀裂部と付近の温度差（℃）

目地材の種類	最大たわみ量	温度差
M-1-1	0.35	0.2
M-1-2	0.2	0.5
M-1-3	0.4	0.3
M-2-1	0.3	0.2
M-2-2	0.45	0.4
K-1-1	0.3	0.2
K-1-2	0.3	0.4
K-2-1	0.45	0.5
K-2-2	0.45	0.5

表-3はB地区の9箇所において4種類の目地材を注入する前のたわみ量と注入後の亀裂部とその付近の温度との差を示す。B地区はA地区の舗装と比較してほぼ舗装厚が2倍近いため同時期に測定されたたわみ量は約1/10である。

この地区でのたわみ量は亀裂場所に関係なくほぼ同じ値となるように思われる。しかし施工2ヶ月後に測定した亀裂部とその付近の温度との差は0.2℃から0.5℃と亀裂箇所により明らかに亀裂部付近の温度分布は異なるように思われる。概してたわみ量の大きな箇所では温度差も大きな傾向にあるものの明確ではない。

この両地区では融雪時に再度たわみ測定を予定しているので、両地区の舗装構造と気象条件や車輛台数との差が目地材料との関連でとらえられる可能性があるように思われる。

7. まとめ

以上より得られた結論を要約すると以下の通りである。

- 1) 横断亀裂箇所で段差のある箇所はない箇所よりたわみ量が小さい。
- 2) 目地注入は1回よりも2回の方が効果がある。
- 3) 段差のない箇所の目地注入の効果は著しいように思われる。
- 4) たわみ量とシュミットハンマーによる結果とは相関関係があるように思われる。
- 5) 注入後でも亀裂部付近の温度が異なる。
- 6) 目地注入は舗装のたわみ量を著しく減少させる結果となる。

以上述べたごとく、横断亀裂部の目地注入はたわみ量減少に著しく効果があるように思われるが、さらに長期間にわたり観測する必要があると思われる。また、亀裂部の空洞化評価はシュミットハンマーや温度計でできるようさらに多量の計測が必要であると思われる。この研究は単に目地注入材の研究だけでなく、コンクリート部の目地材への応用やアスファルト舗装のリフレクション防止への応用についても検討しているのでいずれ機会を得て発表したいと考えている。

本研究を遂行するに当り、北海道開発局、北海道庁、日本道路（株）、北見舗道（株）、昭和電線電纜（株）の協力を得た。関係の方々にここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 森吉昭博、深井一郎、榎戸武揚；アスファルト舗装の横断ひびわれ現象の温度解析、第17回日本道路会議一般論文集、pp435～436、昭和62年
- 2) 森吉昭博、深井一郎、榎戸武揚；低温時における赤外線温度計によるアスファルト舗装の温度計測、寒地技術シンポジウム`87、講演論文集、pp135～137、11月、1987年