V—24　アスファルト舗装の横断亀裂に関する研究

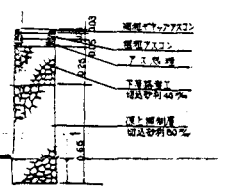
北海道大学　工学部　正員　○森吉昭博
開発局土木試験所　正員　久保　宏
北海道大学　工学部　正員　菅原照雄

1. まえがき

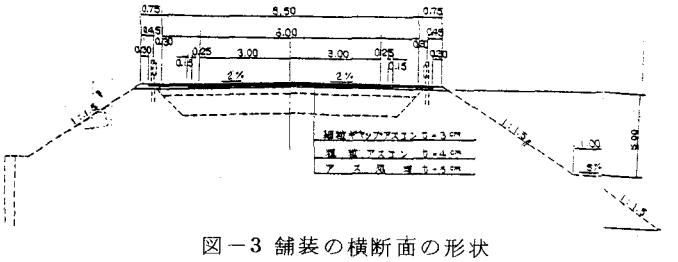
アスファルト舗装の横断亀裂現象が寒冷地に特に多く発生している。この現象は北海道だけでなく北欧、カナダおよび北米においても数多く見られる。しかしながらこの現象はアスファルト混合物の弾性係数、舗装の経過年数、路床材の性質等の数多くの因子が複雑にからみあって生じているといわれている。このため、これらの因子がどのように亀裂に関係しているかを研究することは極めて重要なことであると思われる。本研究は一般国道２７５号線の幌加内雨煙別地区でアスファルト舗装の横断亀裂現象が施工後数ヶ月で見られたため、これら亀裂数の差を検討するため舗装体の解体調査と表層材の圧裂試験を行なったのでその結果について述べる。亀裂が多い又はほとんどない両箇所の舗装は５２年秋に、又前者の路盤改良および凍上抑制層の施工は５０年に、又後者の凍上抑制層は５０年、路盤改良は５１年にそれぞれ行なわれ舗装の構成や材料等は両者ほぼ同一である。両箇所の道路の線形および舗装の構成は図－1、２に示す通りである。

2. 舗装の状況

この箇所の舗装構造の設計はA交通であるため、アスファルト層の構成は細粒ギャップアスコン３cm粗粒アスコン４cm、およびアスファルト安定処理５cmである。横断亀裂の多い箇所は風通しのよく、かつ舗装の片側が川に面し、残りの側が高い法面を有する山側に面しているのに対して横断亀裂の少い箇所は舗装の両側面共林に囲まれており、比較的風通しの悪い状況にある。また前者の箇所は亀裂が約３M間隔に発生しているところであり、解体は一つの亀裂をまたぎ２×１Mの大きさに、また後者は亀裂のある箇所より８０M以上離れ、かつ亀裂がほとんど観察されない箇所であり、解体の大きさは先と同様である。舗装の横断面の形状は図－３に示す。



図－1 舗装の構成



図－3 舗装の横断面の形状

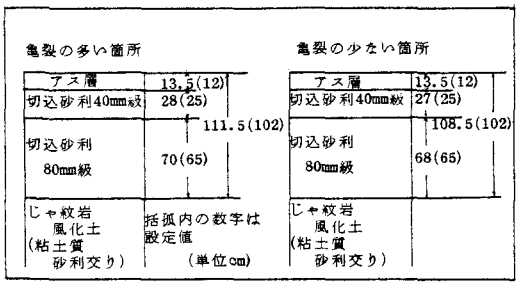
なお舗装の解体調査は昭和５３年７月４日～５日に行った。

図－2　道路の線形および解体調査の箇所

3. 舗装の解体調査

3．1　舗装構成

図－4 は横断亀裂の多い箇所とほとんどない箇所の舗装構成を解体調査時の値と設定値で示したものであるが、これよりアスファルト層および切込砂利の下層路盤および切込砂利の凍上抑制層とも、いずれも設計値より実測値の方が厚くなっている。またいずれの場合も路盤上面はダスト分が多く、平滑であった。



図－4　舗装の構成

3．2　路盤材および路床材

横断亀裂の多い箇所および少ない箇所の路盤材のしめ固め度は表－1 に示す状態である。両者共路盤、凍上抑制層はよくしまっており、両者の間に有意差は見い出されない。しかし、路床材は表－2、3 に示すごとく、両者は同じじゃ紋岩風化土ではあるが、その性質は明らかに著しく異なる。特に自然含水比が両者で異なるため、凍上量や設計CBR が著しく異なる。また両者の粒度も表－3 に示すごとく、その差が大きく、特に細粒分においてはその差が顕著である。解体調査時に路床土について凍上の有無を凍上のこん跡から検討したが、両者ともその跡は見い出されなかった。

表－1　路盤材の締固め度

		下層路盤			凍上抑制層		
		管理試験	現位置 多い所	現位置 少ない所	管理試験	現位置 多い所	現位置 少ない所
突固め試験	最大乾燥密度 (g/cm³)	2.032			2.183		
	最適含水比 (%)	8.55			6.11		
現場値	乾燥密度 (g/cm³)	1.975	2.080	2.125	2.030		
	締固め度 (%)	97.2	95 以上 100.9	103.1	93.0	90 以上	
	含水比 (%)	5.7	4.9	4.4	5.5	5.1	4.4

表－2　路床材の材料性状

		最大乾燥密度 g/cm³ (%)	凍上量 (%)	自然含水比 (%)	乾燥密度 g/cm³	設計CBR	LL (%)	PL (%)	PI (%)
じゃ紋岩風化土 (現地流用)	亀裂多い	1.482(23.8)	73.9	34.5	1.354	1.8	54.2	20.6	33.6
	亀裂少い	1.568(22.2)	65.5	22.3	1.664	13.7	54.1	21.6	32.5

3．3　アスファルト

ここで使用したアスファルトはストレートアスファルト80／100級であり、この性状は表－4 に示す。

亀裂の多い箇所のアスファルト舗装よりアスファルト混合物を抜取りアスファルトを抽出し、これについてアスファルトの物理試験を行なった結果は表－4 に示す。ここで上層路盤のアスファルト安定処理層の針入度の低下が特に著しい。

表－3　路床材の粒度

フルイ目の開き (mm)	76.2	50.8	38.1	25.4	19.1	9.52	4.36	2.0	0.84	0.42	0.25	0.105	0.075
亀裂多い	100	97.2	93.9	91.5	89.1	85.5	83.0	80.2	76.8	73.7	71.9	65.8	63.5
亀裂少い	100	90.0	84.6	82.3	77.3	69.4	62.6	56.8	51.1	46.8	43.6	36.9	35.3

表－4　アスファルトの物理性状

		比重	針入度	軟化点	伸度	引火点	蒸発量	蒸発後の針入度 (%)	蒸発後の針入度比 (%)	薄膜加熱試験 蒸発量 (%)	薄膜加熱試験 蒸発後の針入度 (%)	四塩化炭素可溶分 (%)	P.I.
規格		1.000 以上	80～100	42～50	100以上	260 以上	0.3 以下	80 以上	110 以下	0.6 以下	50 以上	99.5 以上	
使用アスファルト		1.025	92	46.5	140以上	300以上	0.02	90	98	0.00	62	100	−0.6
回収アスファルト	表層		82	47.5									−0.6
	基層		80	49.0									−0.3
	アス処理		61	50.0									−0.7

3．4　アスファルト混合物

3．4．1　アスファルト混合物用骨材

国道２７４号幌加内雨煙別の舗装工事に使用したアスファルト混合物用の骨材の品質は表－5 に示す。これより使用した骨材の全てが規格内に収っているが、和寒産の砕石（１３～５mm、５～２．５mm）は吸水量、すりへり減量は共に多く、比較的低品質の骨材であることがわかる。

表－5 とアスファルト層の構成より、これら低品質の砕石は表層および基層に使用されており、視察によると舗装の表面から一部の骨材が飛散している。表－6 はアスファルト層における開発局仕様の粒度規格ならびに設定値と亀裂の多い箇所と少ない箇所の抽出した粒度について比較した。これより表層は亀裂の多い箇所および少ない箇所の粒度共開発局仕様および設定の粒度範囲内に収っているが、基層と上層路盤は両者共に範囲内に収っておらず、かつその両者の粒度の差が著しい。特に基層の混合物では5～2.5mmの砕石で、また上層路盤では1.3～2.5mmで両者の差が著しい。

3．4．2 締固め度

表－7 はアスファルト混合物のしめ固め度を示す。

これより表層材は亀裂の多い箇所および少ない箇所共よくしまっているが、基層材および上層材のしめ固めが不十分であり、特に基層の粗粒アスコンの混合物においては基準の空げき率のほぼ倍の値がこの両者の箇所から実測された。

3．4．3 アスファルト混合物の圧裂試験

横断亀裂の多い箇所および少ない箇所から抜いた表層の混合物について以下の条件で圧裂試験を行

骨材名 ＼ 項目 / 産地	表乾比重	吸水量（%）	すりへり減量（%）	安定性損失量（%）	洗い試験（%）	備考
切込砂利 30 mm 以下	天塩川産（土別）	(2.45以上) 2.379	1.50	(40 以下) 21.0	(20以下) 7.8	(9 以下) 6.1	アス処理
砕石 20～13 mm	和寒	(2.50以上) 2.582	(3 以下) 1.69	(35 以下) 17.6	(12以下) 1.8		粗粒アスコン
砕石 13～5 mm	和寒	(2.55以上) 2.639	(3以下) 2.79	(30 以下) 23.1	(12以下) 3.0		粗粒アスコン 細粒ギャップアスコン
砕石 5～2.5 mm	和寒	(2.55以上) 2.624	(3以下) 2.72	(30以下) 26.0	(12以下) 2.8		粗粒アスコン 細粒ギャップアスコン
粗砂	天塩川産（土別）	(2.30以上) 2.394	2.19		(12以下) 1.9		粗粒アスコン
細砂	雄鳴内産	(2.55以上) 2.670	0.91		(10以下) 3.1	0.8	細粒ギャップアスコン
フィラー	運搬船	(2.6以上) 2.701	(1以下) 0.33				全般

表－5 使用骨材の主な性状

表－6 アスファルト混合物の粒度分布

( ) ：開発局仕様書規格
上段 ： 設定値
中段 ： 亀裂の多い箇所からの抽出値
下段 ： 亀裂の少ない箇所からの抽出値

フルイ目の開き（mm）	40	30	25	20	13	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.074
細粒ギャップアスコン				(100)	(95～100)	(65～80)	(50～65)	(40～55)	(25～45)	(10～25)	(8～15)
					100	74	58	47	30	16	12
					100	73	58	45	36	16	12
					100	73	59	43	34	16	12
粗粒アスコン			(100)	(95～100)	(70～90)	(35～55)	(20～35)	(11～23)	(5～16)	(4～12)	(2～7)
			100	96	80	49	31	16	10	6	4
				100	79	57	46	16	10	6	5
			100	96	73	55	47	23	13	7	4
アス処理	(100)	(95～100)	(70～95)	—	(45～75)	—	(10～40)	—	—	—	(0～7)
		100	90	77	62	41	26	16	9	5	3
		100	94	82	73	55	41	19	12	7	5
		100	98	80	66	47	36	17	10	6	4

表－7 アスファルト混合物の締固め度

	理論密度（g/cm）	基準密度（g/cm）	基準密度 空隙率（%）	基準密度 安定度（Kg）	基準密度 フロー値（1/100cm）	管理試験 密度（g/cm）	管理試験 締固め度（%）	解体調査実測値 亀裂の多い箇所 密度（g/cm）	亀裂の多い箇所 空隙率（%）	亀裂の多い箇所 締固め度（%）	亀裂の少ない箇所 密度（g/cm）	亀裂の少ない箇所 空隙率（%）	亀裂の少ない箇所 締固め度（%）
細粒ギャップアスコン			(3～6)	(500以上)	(20～40)		(96以上)						
	2.432	2.333	4.1	727	35	2.312	99.1	2.360	3.0	101.2	2.398	1.4	102.8
粗粒アスコン			(3～7)	(500以上)	(20～40)		(96以上)						
	2.476	2.367	4.4	789	33	2.315	97.8	2.265	8.6	95.7	2.247	9.3	94.9
アス処理			(3～12)	(350以上)	(10～40)		(95以上)						
	2.460	2.318	5.8	503	25	2.282	98.4	2.307	6.2	99.5	2.291	6.9	98.8

い、亀裂の大小における圧裂強度について検討した。

3. 4. 3. 1　実験条件

温度：－30、－25、－20、－17.5、－15、
－12.5、－10、－5、0　(° C)

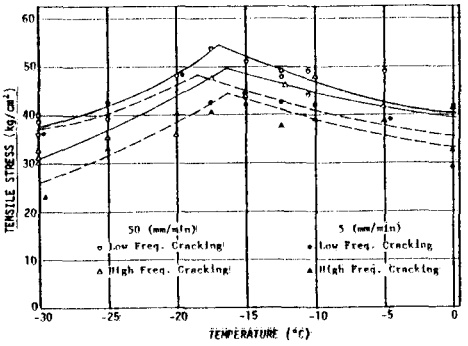
変形速度：50、5　(mm／分)

混合物：細粒ギャップアスコン　(表層材)

寸法：直径10 cm、厚さ2.5～3 cm

3. 4. 3. 2　実験結果

横断亀裂の多い箇所の圧裂強度は少ない箇所のそれよりも変形速度に関係なく小さい。特に－20° C以下の低温領域においてこの差は著しい。この領域において両混合物の圧裂強度の差は約5～10 kg／cm²である。またこの領域において供試体は大きな音を発し、ほぼ直線状に亀裂が発生し、その破壊面付近から混合物が細かく、かつもろく飛び散る状態になるので、ぜい性破壊をしていると考えてよいであろう。圧裂強度と温度との関係は山形を示し、曲げ強度と温度との関係で見られるような曲線の形となるため、この山のピーク付近はこの混合物のぜい化点と考えてよいと思われるが、亀裂の多い箇所のぜい化点と少ない箇所のそれとは異なり、前者の方が後者より低いように思われる。また両混合物とも変形速度が一けた遅くなるとこのぜい化点は2～3° C低くなる傾向にある。(図－5　参照)



図－5　表層材の圧裂強度と温度との関係

4.　結論

アスファルト舗装の横断亀裂の多い箇所と少ない箇所の解体調査と実験を行い、舗装構成、材料性状などの各種の面からこれらの差について検討した結果、次のような結論が得られた。

1) 両地点における舗装の構成には何も差が認められず、路床材およびアスファルト層において両者の差が認められた。

2) 基層およびアスファルト安定処理層において両者の粒度が著しく異っている。

3) 表層材の圧裂強度は両者で著しく異なり、特に亀裂の多い箇所の圧裂強度は少ない箇所のそれより－20° C以下の低温で5～10 kg／cm² 程度小さい。

4) 亀裂の多い箇所と少ない箇所と構成層の材料性状との関係についてはさらに検討する必要があると思われる。

本研究は開発局土木試験所が舗装の解体調査と舗装構成材料の各種試験を行い、北海道大学で表層材の圧裂試験を行い、これらの結果をまとめたものである。前者の研究においては開発局土木試験所の熊谷茂樹氏ならびに小栗　学氏に、また後者の実験においは高橋　将氏の協力を得た。ここに感謝の意を表する。

参考文献

1)　菅原照雄、久保宏、森吉昭博：寒冷地舗装に発生する横断方向のひび割れ、道路、1978年8月号

2)　菅原照雄、久保宏、森吉昭博：温度応力によるアスファルト舗装体のクラック破壊、土木学会誌1979年、Vol 64

3)　久保　宏：雪積寒冷地舗装に関する最近の2、3の問題点、道路、1979年5月

4)　久保　宏：アスファルト舗装に発生する温度応力クラック、道路建設、1980年、7月