

舗装用アスファルト混合物の温度が打音特性に与える影響

金沢工業大学 学生員 ○徳永 創 *1
 佐藤工業(株) 正会員 北川 真也*2
 金沢工業大学 正会員 木村 定雄*1

1. はじめに

寒冷地における道路橋コンクリート床版の主な劣化損傷は、凍結防止剤等の塩化物が原因による塩害を伴ったものであることが報告されている¹⁾。このような劣化損傷は、床版の上側鉄筋かぶり部近傍において顕著になることが多く、床版下部からの点検によってそれを発見することが難しい。そこで、アスファルト舗装面からの目視点検および叩き点検(ハンマーを用いた人力点検)が実施されている。しかしながら、この点検においても、アスファルト舗装の劣化損傷(たとえば、ポットホールや割れ目)が確認されたとしても床版コンクリートの劣化損傷状態(劣化損傷の種類や範囲)を推定するのは難しい。このため、舗装や床版の補修時にアスファルト舗装を撤去し、コンクリート床版の目視点検や叩き点検を再度実施することで劣化損傷状態を推定している。一方、このような目視点検や叩き点検は、点検者の技量に依存するため、劣化損傷状態を定量的に把握することは難しく、また、人的労力も多大となる。これまでに、筆者らはアスファルト舗装面からの点検により、コンクリート床版の表層付近の劣化損傷状態を定量的に検知することを目的として、打音法の適用性を検討してきている^{2),3)}。ここで、打音法は打撃による物体(弾性体と仮定する物体)のたわみ振動に着目して弾性体内部の劣化損傷状態を推定するものであり、理論上、適用する部材の弾性係数の影響を受ける。他方、舗装用アスファルト混合物は、その温度によって弾性係数が変動するため、アスファルト混合物の温度変化が打音特性に与える影響を把握する必要がある。本報告は、アスファルト混合物の温度変化が打音特性に与える影響を把握するために実施した実験結果とその考察について述べたものである。

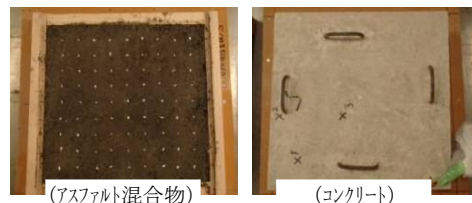


図-1 試験体の概要

表-1 試験体諸元

試験体		寸法
		幅×奥行き×厚さ(mm)
アスファルト混合物	T50	500×500×50
	T75	500×500×75
	T100	500×500×100
コンクリート	TI00-con	500×500×100
	TI50-con	500×500×150

表-2 アスファルト混合物の配合

6号砕石 (%)	7号砕石 (%)	荒砂 (%)	細砂 (%)	中目砂 (%)	石粉 (%)
37.0	11.0	15.0	15.0	14.0	8.0

混合物名：密粒度アスファルト混合物(13F)
 アスファルト：ストレートアスファルト60-80

表-3 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	C	SI	S2	G	Ad
58.4	44.7	158	271	574	246	1022	2.98

表-4 アスファルト混合物の特性

項目	測定値	規格値
最適アスファルト量	6.0	—
基準密度(g/cm ³)	2.33	—
理論密度(g/cm ³)	2.424	—
空隙率(%)	3.9	3~5
飽和度(%)	77.7	70~85
骨材間隙率(%)	15.7	—
安定度(kN)	11.1	4.90以上
フロー値(1/100cm)	32	20~40
スティフネス(kN/m)	3469	1500~4400

2. 実験概要

舗装を模擬したアスファルト混合物の試験体および床版コンクリートを模擬した試験体の種類と寸法は、図-1 および表-1 に示すとおりである。アスファルト混合物およびコンクリートの配合を表-2 および表-3 に示す。また、アスファルト混合物の特性を表-4 に示す。打音測定は、年間を通じた実際の舗装面温度を想定して温度制御した試験体を用いて行った。温度制御は恒温恒湿室内で、試験体の表面部および厚さ中心部の温度を熱電対によって測定し、それらが-10°C、0°C、20°C、40°C、50°C および 60°C の定常状態になるよう順次温度上昇させた。また、各々の温度定常状態の環境下で打音測定を実施した。打音測定は各試験体の中心付近(幅と奥行き方向の中心付近)を打撃点とし、その近傍(打撃位置から 1cm 離れた箇所)を受信点としてマイクロホンを設置して行った。また、各試験体で

キーワード 非破壊試験, 打音法, 道路橋, アスファルト混合物, コンクリート床版

連絡先 *1 〒924-0838 石川県白山市八束穂 3-1 TEL : 076-274-7704 FAX : 076-274-7102

*2 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19 TEL : 03-3661-1572 FAX : 03-3661-1576

20 回ずつ打撃・応答を収録した。測定結果の分析は、たわみ振動の大きさを表す振幅に着目し、打撃力と音圧振幅(受信波形負の第一波目)との比を振幅値比とし、これを用いることとした。

3. 打音測定結果とその考察

各試験体の平均振幅値比の結果を図-2 に示す。コンクリートの平均振幅値比は、温度に関係なく、試験体の厚さに応じて一定となる傾向が認められる。一方、アスファルト混合物では、-10℃ から 20℃ の平均振幅値比はある程度一定の傾向を示すが、温度が 40℃ 以上になるに伴いその値が大きくなる傾向が認められる。この傾向は主にアスファルト混合物の弾性係数の温度依存性によるものと考えられる。

そこで、試験体の温度が 10℃ 時の平均振幅値比を基準にして、他の温度時の平均振幅値比との比を変化率として求めた(表-5 参照)。次に、試験体のたわみ振動は、機械インピーダンスによって定まると考え、式(1)によって機械インピーダンスを算定した。

$$Z_b=2.31 \cdot \rho^{0.5} \cdot E^{0.5} \cdot h^2 \tag{1}$$

ここで、 ρ は密度(kg/m³)、 E は弾性係数(N/m²)、 h は部材厚(m)である。表-6 は機械インピーダンスの算定に用いた物性値を示したものである。表中、アスファルト混合物の物性値は文献⁴⁾によるものであり、弾性係数は平均値を用いている。また、コンクリートの物性値は本実験の温度環境下では温度依存性が小さいと判断して一定とした。表-7 は算定した機械インピーダンスと 10℃ を基準とした変化率を示したものである。また、図-3 は、各温度下の平均振幅値比および機械インピーダンスの変化率を示したものである。図-3 をみると、コンクリートの平均振幅値比の変化率は、最大 0.17 のばらつきがあるものの、温度変化に伴う平均振幅値比の変化は小さい。次に、アスファルト混合物の平均振幅値比の変化率と機械インピーダンスの変化率をみると、温度変化に伴う平均振幅値比の変化率と機械インピーダンスの変化率との関係が定量的には一致していないものの、アスファルト混合物の弾性係数の温度依存性によって、打音特性が変化する傾向は示しているものと考えられる。

4. おわりに

本実験からアスファルト混合物はその温度によって打音法の測定結果に影響を与えることを確認した。今後、より詳細に温度変化が打音特性に及ぼす影響について検討する予定である。なお、本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(管理法人：JST)によって実施されたものである。

参考文献

1) 有馬ら：北陸地域における道路鋼橋 RC 床版の健全度評価法に関する提案，第七回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.131-136，2012.6。
2) Kitagawa, S., et al：Estimation of the deterioration for highway bridge RC slab by impact acoustics method, Proceedings of 4th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, 2090-2096，2014.11。
3) 北川ら：内部損傷を有するコンクリート床版の打音特性に関する基礎実験，土木学会論文集 E1，Vol.72，No.1，pp.1-11，2016.1。
4) 日本道路協会：舗装設計便覧，pp.116-118，2006.2。

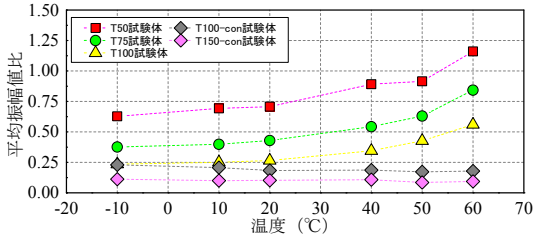


図-2 温度と平均振幅値比の関係

表-5 平均振幅値比の変化率 (基準10℃)

試験体	-10℃	10℃	20℃	40℃	50℃	60℃
T50	0.91	1.00	1.02	1.29	1.32	1.67
T75	0.94	1.00	1.08	1.36	1.58	2.11
T100	0.94	1.00	1.06	1.38	1.70	2.23
T100-con	1.10	1.00	0.88	0.90	0.83	0.86
T150-con	1.12	1.00	1.02	1.08	0.85	0.93

表-6 機械インピーダンス算出時の物性値

アスファルト 混合物	弾性係数 (GN/m ²)	温度(℃)	0	10	20	30	40	50	60
	平均値		9.50	7.65	4.65	5.30	1.08	0.40	0.11
コンクリート	密度(kg/m ³)		2500						
	弾性係数(GN/m ²)		25						
	密度(kg/m ³)		2350						

表-7 機械インピーダンスとその変化率(基準10℃)

試験体		-10℃	10℃	20℃	40℃	50℃	60℃
T50	Z_b	0.0281	0.0253	0.0197	0.0095	0.0057	0.0031
	変化率	0.89	1.00	1.22	1.62	1.77	1.88
T75	Z_b	0.0633	0.0568	0.0443	0.0214	0.0129	0.0069
	変化率	0.89	1.00	1.22	1.62	1.77	1.88
T100	Z_b	0.1126	0.101	0.0788	0.038	0.023	0.0123
	変化率	0.89	1.00	1.22	1.62	1.77	1.88
T100-con	Z_b	0.1771	0.1771	0.1771	0.1771	0.1771	0.1771
	変化率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T150-con	Z_b	0.3984	0.3984	0.3984	0.3984	0.3984	0.3984
	変化率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

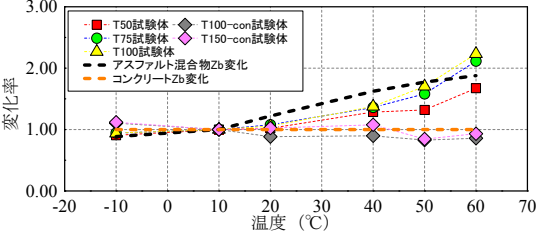


図-3 平均振幅値比の変化率および機械インピーダンスの変化率(基準10℃)