

九州大学工学部 正員 山内豊聡

建設省土木研究所 正員 久楽勝行

1. まえがき この研究は、寒冷地における舗装のため気泡コンクリート (以下泡コンと略称する) と上層路盤またはその一部として現場打ちし、その断熱性により舗装中への低温の浸透を妨げる新しい工法に関して行なったもので、九州のやまなみハイウェイの試験舗装における観測試験結果を報告するものである。泡コンの比重は0.9とした。前報¹⁾では第1年目の結果を報告し、この工法が十分目的にかなう見込みのあるものであることを示したが、この種の工法は長期にわたって機能を低下しないことが要求されるので、引続きオ2、オ3年目にも寒冷期に舗装中の温度観測と支持力試験を行ない、(1) 依然として機能がよく保持されているかどうかを確かめるとともに、(2) 気温データから計算した理論的凍結深さを検討して、この地域に適用した計算法を考察し、また (3) 天候の相違と雪被りの有無が表層温度に及ぼす影響を実測によって調べようとしたものである。なお泡コン応用区間というのは、凍害の補修が当座の目的であったことから、図-1から分るように、もとのアスコン以下の断面を同一とし、オーバーレイした粗粒アスコン10cmのうち、上部5cmだけ泡コンにしたもので、舗装全厚はどちらも75cmである。

2. 泡コン応用区間の機能維持に関する観測と試験 (1) 試験舗装中の温度分布 この試験舗装は昭和41年1月に施工されたが、泡コンは加熱により養生が促進された。その後2月4日～同月12日にわたって観測された舗装中の温度分布は前報で報告したように、最低外気温時 (-10°C) に粗粒アスコン部分の $46^{\circ}\text{C}/\text{m}$ に対して泡コン部分は $104^{\circ}\text{C}/\text{m}$ であった。オ2、オ3年目の観測値の一部として昭和42年2月15日 (外気温 -7°C) および43年1月23日 (外気温 -9°C) における温度分布と温度勾配を図-1に示した。それらと比較してみれば泡コンの断熱効果には変化が生じていないことがわかる。

(2) 支持力試験 平板載荷試験による K_{pl} 値

表-1 両試験舗装上の K 値の比較

は表-1のとおりであり、支持力の異でも機能の低下は認められない。なお昭和43の K 値がともに過大なのは原因が明らかでない。しかし両者の間の差異は認められない。

年次	アスコンを重ねた部分	泡コン挿入部分
昭. 41	12.0 kg/cm^2	11.2 kg/cm^2
昭. 42	12.5 "	11.1 "
昭. 43	34.9 "	34.7 "

3. 試験舗装断面に対する凍結深さの理論計算値 前報で述べた方法で計算した理論的な凍結深さの比較検討を次のようにして行なった。(1) 実際の気温条件による計算値の比較 凍結指数が最大となる期間を凍結期として、三つの方法で計算した結果は表-2に示すとおりである。実測値と比べて値の近いのは、42年ではNeumannとRuckliの方法、43年ではStefanの方法であった。この相違は温度条件によるもので、43年の特徴として寒暖の差の激しいことに起因していると思われる。

(2) 低温の継続条件の計算値に及ぼす影響 前項の問題と関連して、同一の凍結指数に対して低温条件の相違による理論的凍結深さの差異を示したのが表-3である。i)～iii) における左の値の比は $1.0 : 1.8 : 2.4$ となった。

以上のことから、凍結期の最低温度と平均温度の差が大きくない42年のような場合にはNeumann

およびRuckliの方法が実際とよく合ひ、その差の大きい43年のような場合にはStefanの方法がよく合うといえる。

4. 天候と積雪が路面温度に及ぼす影響 前述の凍結深さの計算は外気温度によって行なっているが、アスコン表層の場合は実際には輻射熱の影響も大きく、最近の道路のように除雪を立前とすることになるとこの影響も問題になる。事実またこのことは十分経験されている。図-2はアスコン表層温度に対する快晴と曇天における日照の有無および雪の被ふくの有無の影響を示したものである。それにより、日照による舗装温度の上昇のあり方と、雪の被ふくによる保温効果が理解される。雪の被ふく効果は実際には期待できないが、寒冷地における路線選定上、日陰になる部分を避けることがいかに重要であるかを示すものである。山なみハイウェイの凍害も他にも原因があるとしてもこの悪条件に起因しているところが大きい。

5. 結論 以上のような3年にわたる現地試験の結果から次のような結論が得られる。

(1) 上層路盤としての泡コンの断熱機能は、これまで低下しないばかりでなく支持力の点でも問題がない。この3年に

わたる観測、試験結果からは、長期にわたるこれらの機能が低下する徴候は全く見られない。(2) この地方における舗装系の凍結深さの理論計算は、最低温度と平均温度の差があまり大きくない場

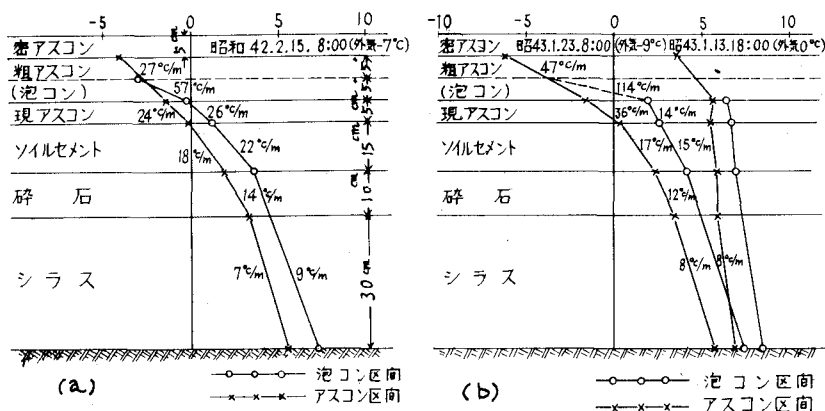


図-1 試験舗装中の温度勾配

表-2 凍結深さの理論計算値 (最終的な式形： $\lambda = \lambda \sqrt{t}$, ただし λ : 凍結深さ, t : 時間)

年次	理論	もとのまま		アスコンを重ねた場合			泡コンとアスコンを重ねた場合		
		λの値	凍結深さ(cm)	λの値	凍結深さ(cm)	実測(cm)	λの値	凍結深さ(cm)	実測(cm)
昭.41	Neumann	1.69	56.6	1.19	39.8	—	0.90	30.1	—
	Ruckli	1.70	56.9	1.17	39.2		0.92	30.8	
	Stefan	1.97	65.9	1.40	46.9		1.12	37.5	
昭.42	Neumann	1.91	27.8	1.28	18.6	22	1.00	14.5	16
	Ruckli	1.83	26.6	1.22	17.7		0.93	13.5	
	Stefan	2.35	34.1	1.66	24.1		1.34	19.5	
昭.43	Neumann	1.23	18.7	0.81	12.3	19	0.61	9.3	13
	Ruckli	1.11	16.9	0.67	10.2		0.45	6.8	
	Stefan	1.75	26.6	1.24	18.8		1.01	15.4	

合にはNeumannおよびRuckliの方法が実測値とよく合い、凍結期の終りごろに急に寒くなる場合、すなわち寒暖の差のはげしい場合にはStefanの方法が優れている。(3) 日中の天候の影響と雪被りの表層アスコン温度に対する影響が示され、とくにルート選定のうえで日中における日当りの必要が強調される。

つぎに泡コンを遮断層とする工法を従来の合成樹脂(ポリステレン(米、カナダ)^{2), 3)}フォームポリエチレン(独)⁴⁾など。わが国では北海道庁発局や国鉄でポリステレンなどが試験されている)による方法に比べると次のような特長を述べる事ができる。

表-3 低温の継続条件の相違による凍結深さの理論計算値の相違 (ただし凍結指数 $\Omega_f = 1000^\circ\text{C hr}$)

理論	舗装断面	i) -2°C 500 hr		ii) -5°C 200 hr		iii) -8°C 125 hr	
		氷の値	凍結深さ(cm)	氷の値	凍結深さ(cm)	氷の値	凍結深さ(cm)
Neumann	a) もとのまま	1.14	25.5	1.97	27.6	2.55	28.5
	b) アスコンを重ねた場合	0.76	17.0	1.33	18.8	1.74	19.5
	c) 泡コン・アスコンを重ねた場合	0.58	13.0	1.05	14.8	1.38	15.4
Ruckli	a) もとのまま	1.07	24.0	1.89	26.8	2.47	27.6
	b) アスコンを重ねた場合	0.67	15.1	1.27	17.9	1.67	18.7
	c) 泡コン・アスコンを重ねた場合	0.48	10.6	0.97	13.7	1.31	14.6
Stefan	a) もとのまま	1.54	34.2	1.54	34.2	1.54	34.2
	b) アスコンを重ねた場合	1.72	24.3	1.72	24.3	1.72	24.3
	c) 泡コン・アスコンを重ねた場合	1.73	19.2	1.73	19.2	1.73	19.2

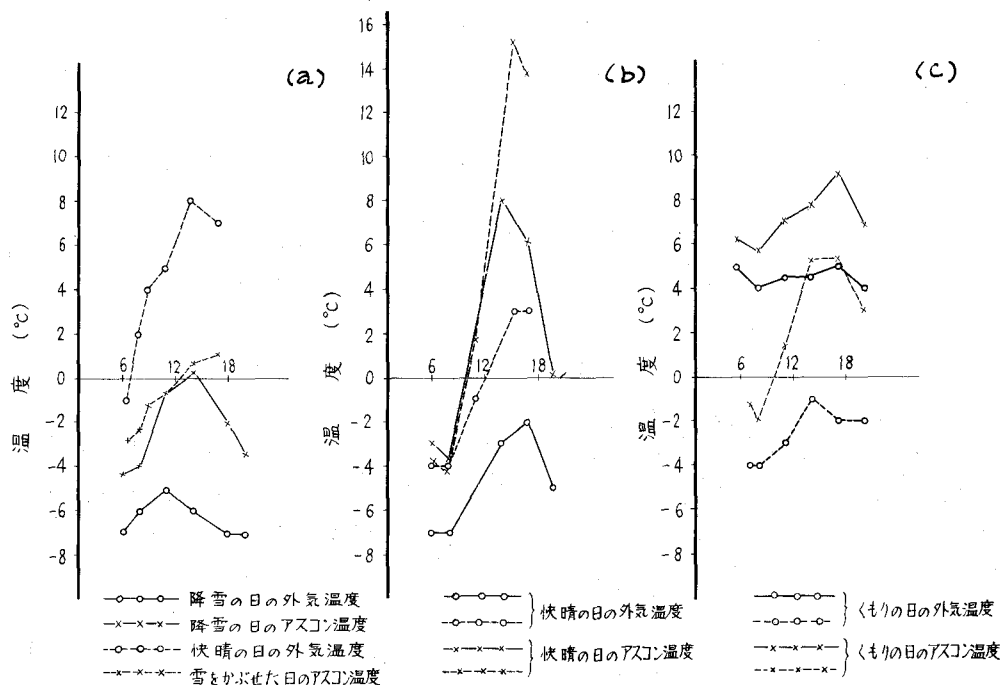


図-2 日照と雪の被ふくの有無がアスコン温度に及ぼす影響

(ii) 泡コンがソイルセメントでいどの強度を持つばかりでなく、その層のうえで加熱アスコンの打設が問題なくできるため、ソイルセメントのように舗装のごく上部付近に使用することができる。上方に挿入できることは、それより下部では材料の厳選を必要としなくなる意味で、強さや耐熱性のうへから下層路盤と路床土間に打設せざるを得ない合成樹脂に比べてかなり効率的であり、断熱効果が劣ることとよく相償うものである。舗装の下方に応用する場合には泡コンの比重を0.6に下げ得るはずである(断熱効果は0.9の2倍)。(iv) あまり厳寒の地域では泡コンの断熱効果がポリスチレンなどほど十分でなく、厚さを増したり、2個所の深さに挿入したりする必要があるが、このことは、断熱遮断層がかえって図-3に示すような冬季アスコンを過冷させてたり、夏季に融解のおそれを生ぜしめることのない利点を享受せしめる。(viii) すでに凍害を生じた舗装上でもこの泡コンとアスコンをオーバーレイして目的を達し得る。

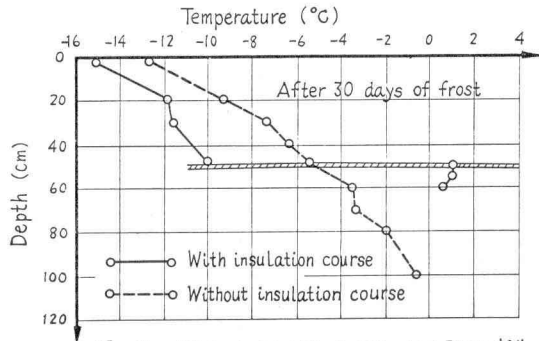


図-3 ドイツにおける断熱遮断層の例(フォームポリ)

あり、断熱効果が劣ることとよく相償うものである。舗装の下方に応用する場合には泡コンの比重を0.6に下げ得るはずである(断熱効果は0.9の2倍)。(iv) あまり厳寒の地域では泡コンの断熱効果がポリスチレンなどほど十分でなく、厚さを増したり、2個所の深さに挿入したりする必要があるが、このことは、断熱遮断層がかえって図-3に示すような冬季アスコンを過冷させてたり、夏季に融解のおそれを生ぜしめることのない利点を享受せしめる。(viii) すでに凍害を生じた舗装上でもこの泡コンとアスコンをオーバーレイして目的を達し得る。

引用文献

- 1) 山内・三浦・久楽：寒冷地舗装における気泡コンクリートの応用，第21回土木学会年次学術講演会講演概要，IV，昭. 41. 5.，同，九大工学集報，Vol. 39, No. 3, 昭. 41. 10.
- 2) Young, F. D. : Experimental Foamed Plastic Base Course, Highway Research Record, No. 101, 1965 (カナダの方法)。
- 3) Oosterbaan, M. D. & G. A. Leonards : Use of Insulating Layer to Attenuate Frost Action in Highway Pavements, Ditto (アメリカの方法)。
- 4) Japan Road Association : Japanische und deutsches Strassenbauingenieurereffren, Deutsche Referate, Nov. 1967 (ドイツの方法)。

付記 現地の観測試験については日本道路公団福岡支社工部補修課および山崎ハイウェイ管理事務所との協力を得て行ったほか、本研究は八幡化学工業(株)の協力を得ている。付記して感謝の意を表するものである。



写真-1 泡コン層の打込み状況(昭. 41. 1.)

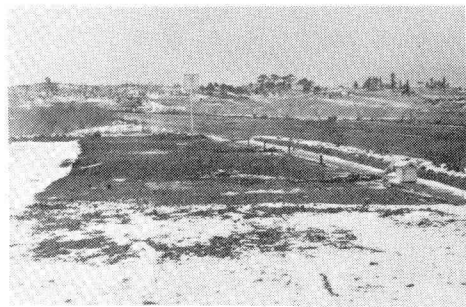


写真-2 試験舗装の全景(昭. 43. 1.)