

V-23

発泡ビーズを用いた断熱性路盤材についての研究

日本舗道協 技術研究所 正 員 ○ 川端浩平
同 上 正 員 尾本志展
同 上 正 員 溝淵 優

1. まえがき

最近、軟弱地盤対策工法の一つとして、発泡ビーズを粘土等に混合し、これを軽量盛土材として利用する方法が行われている¹⁾。本報告は、これとは別に発泡ビーズの持つ断熱特性に注目し、砕石に発泡ビーズを混合した後さらにセメント安定処理し、これを断熱性路盤材（以下発泡ビーズ混合物と称す）として提案するものである。本研究によれば、当該路盤材は、各種舗装に適用可能で、路床の凍結を防ぐ断熱性路盤材として十分機能するものと判断された。

2. 実験概要

(1) 使用材料

実験材料は砕石としてC-40（アスファルト舗装要綱の規格内）を、発泡ビーズはポリプロピレン発泡倍率30倍のものを、セメントは、普通ポルトランドセメントを使用した。

(2) 発泡ビーズ混合物の配合

砕石と発泡ビーズを混合したものを骨材と考え、セメント安定処理の方法²⁾にしたがって配合を決定した。また、配合された混合物の熱伝導率を非定常法により測定した。なお、今回は砕石に対する発泡ビーズの混入率を、強度および熱伝導率等との関係より体積比1:1（重量比1.7%）³⁾とした。

(3) 2層モデルの冷却実験

発泡ビーズ混合物の断熱効果を確認するため、図-1に示すような2層モデルの実験を行った。ここにAタイプは[砕石(C-40)+関東ローム]、Bタイプは[発泡ビーズ混合物+関東ローム]とし、図中に示す3点の温度測定を行った。なお、供試体のサイズは、砕石(C-40)と発泡ビーズ混合物は $\phi 10 \times 15$ (cm)、関東ロームは $\phi 10 \times 20$ (cm)とした。また実験条件は以下のとおりとした。

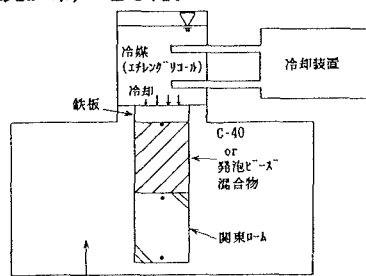
表面冷却温度：-12℃程度 冷却時間：90時間

冷却面積：78.5cm² ($\phi 10$ cm)

(4) 繰り返し三軸試験（耐疲労性の検討）

発泡ビーズ混合物を車道等の路盤材として使用することを考慮し、100万回までの繰り返し三軸試験によって耐疲労性の検討を行った。ここに、荷重応力は、発泡ビーズ混合物を下層路盤材として使用した場合に受ける最も厳しい応力（アスファルト舗装要綱の設計例を参考にして、多層弾性論⁴⁾より計算した）を採用した。なお、荷重は5Hzの正弦波によって行った。応力条件を以下に示す。

主応力差：2.0(kgf/cm²) 側 圧：0.5(kgf/cm²)



断熱材（発泡スチロール） ・ 温度測定位置
図-1 2層モデルの冷却実験装置

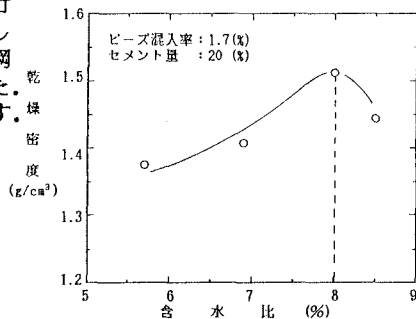


図-2 含水比と乾燥密度の関係

3. 実験結果

(1) 発泡ビーズ混合物の配合

セメント量（乾燥骨材に対するセメントの外割重量比）20%における含水比と乾燥密度の関係を図-2に示す。発泡ビーズを砕石に混入した場合においても、通常の場合とほぼ同様の曲線が得られることが判る。よって同図より最適含水比は8%とする。次に最適含水比におけるセメント量と一軸圧縮強度の関係を図-3に示す。同図より、上層路盤に必要な一軸圧縮強度(30kgf/cm²)は得られないものの、セメント量15%において、下層路盤に必要な一軸圧縮強度(10kgf/cm²)の得られることが判る。また、上記の混合物の熱伝導率は、断熱性下層路盤材としての性能を満たすと考えられる 2.016×10^{-4} (cal/cm²・s・℃)であった（非定常法）。以上のことより、下層路盤用断熱材の重量配合（提案）および熱伝導率は、以下のとおりとする。

重量配合

発泡ビーズ	: 1.3(wt%)(1.7)
C-40	: 79.2 (100)
セメント	: 12.1
水	: 7.4
100.0(wt%)	

熱伝導率

2.016×10^{-4} (cal/cm²・s・℃)

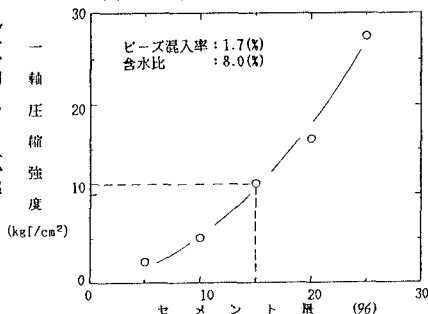


図-3 セメント量と一軸圧縮強度の関係

（2）2層モデルの冷却実験

A, Bタイプそれぞれの関東ローム上部, 下部の温度測定結果は図-4に示すとおりである。同図より各点の温度は、試験開始後40時間程度で一定となるが、この時の関東ローム上部の温度を比較すると、Aタイプの方はBタイプより約5℃低い結果となっている。また関東ローム内の温度差は、Aタイプは約10℃に対して、Bタイプは約8℃となっている。これはA, Bタイプの関東ロームの λ （熱伝導率）を同じと考え、熱伝導の基本式($q = \lambda d\theta/dx$)より、Bタイプの方が関東ロームから奪う熱量が小さいことを示しており、発泡ビーズ混合物の断熱効果を表していると考えられる。

（3）繰り返し三軸試験

実験より得られた繰り返し回数と軸方向の累積歪あるいは弾性係数との関係の一例を図-5に示す。同図より、100万回のレベルにおいては、歪の累積、弾性係数とも変化は認められない結果となっている。以上のことより、発泡ビーズ混合物を通常の条件において下層路盤として使用する場合、耐疲労性は問題無いものと判断される。

4. Aldrichの凍結深さ推定式による断熱効果の検討

発泡ビーズ混合物を実際の舗装断面に適用したときの凍結深さをAldrich式を用いて推定した。すなわち図-6に示す各断面の下層路盤に通常の碎石を使用した場合(Aタイプ)と、発泡ビーズ混合物を使用した場合(Bタイプ)について、凍結指数別に凍結深さの試算を行った。表-1に試算に用いた各材料の熱特性⁵⁾を示す。試算により得られたそれぞれの凍結深さを路床面からの距離として表したのが図-7である。同図より、Aタイプでは凍結指数400(℃・days)程度で路床が凍結する結果となるが、Bタイプでは凍結指数が1000(℃・days)においても、路床の凍結はほとんど起こらない結果となっている。以上の結果より、日本国内の凍結指数を考慮すると²⁾、提案した発泡ビーズ混合物は断熱性路盤材として十分な性能を持つものと思われる。

表-1 各材料の熱特性

材 料	熱伝導率 (cal/cm・s・℃)	熱容量 (cal/cm ³ ・℃)	融解潜熱 (cal/cm ³)
アスコン	0.00346	0.448	0.00
粒調砕石	0.00509	0.415	8.00
C-40(下層路盤)	0.00509	0.415	8.00
発泡ビーズ混合物 (下層路盤)	0.00020	0.084	8.88
路床土	0.00278	0.626	50.40

5. まとめ

本研究により、①発泡ビーズ混合物は、セメント安定処理の考え方にしたがって配合を決定することができ、その結果、断熱性路盤材を提案することができる、②提案の発泡ビーズ混合物は、通常の条件において下層路盤材として十分な耐疲労性を有する、③Aldrichの凍結深さ推定式によれば、発泡ビーズ混合物を通常の下層路盤として使用することにより、ほとんどの場合路床の凍結を防ぐことができる、等の成果が得られた。しかし、この発泡ビーズ混合物の実用化については、地下水の影響を受ける場合の実際の断熱効果や凍結指数別の配合等まだ検討の余地があると思われるので、これらを今後の検討課題としたい。最後に材料の提供などご協力戴いた、日本石油化学協会ならびに榊J S Pの関係諸氏に感謝の意を表する次第であります。

（参考文献）1) 岩尾ほか：軽量発泡体による軟弱地盤の改良について、土木学会第43回年次講演会

2) アスファルト舗装要綱 3) 柳沢ほか：樹脂発泡体混合物による断熱効果について、第3回雪工学シンポジウム、1987 4) 植下：舗装の力学、舗装、Vol. 8 No. 5, 1973

5) 熊谷ほか：マイクロポアによる凍結深さ推定プログラムについて、土木試験所月報 No. 380, 1985

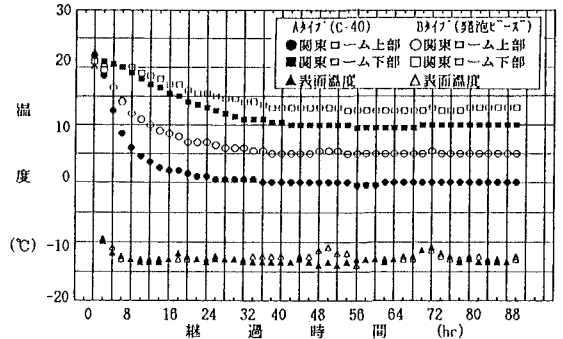


図-4 冷却実験温度測定結果

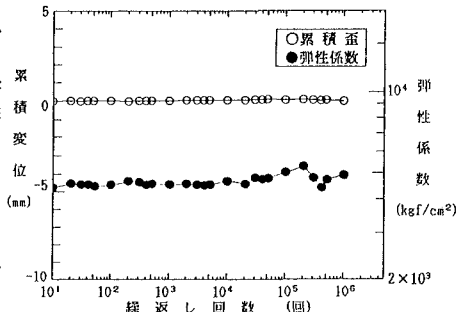


図-5 繰り返し回数と累積歪、弾性係数の関係

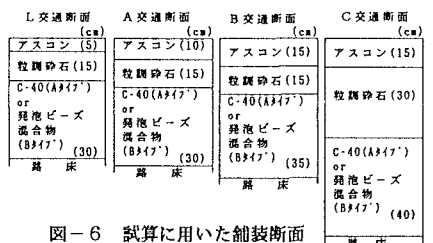


図-6 試算に用いた舗装断面

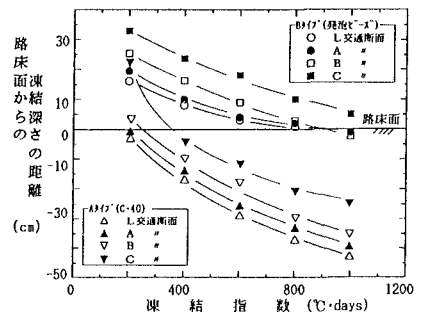


図-7 凍結指数と路床面からの凍結深さの距離の関係