

1. まえがき

断熱材は道路材料の一部として、従来から道路凍上対策における断熱工法に使用されているほか、道路拡幅箇所や軟弱地盤箇所の軽量盛土材としても、最近注目されてきたが、その使用目的に応じた力学特性については、十分な検討がなされていない。道路材料として使用する場合、舗装設計の段階では断熱材の強度、路床と一体化させて考えた場合の支持力、及び道路交通の繰り返し荷重に対する耐久性、施工時では短期的ではあるが施工機械による大きな荷重等が問題となる。本文は、これらの点について断熱材の材料試験を行ない、その力学的特性に関する概要を述べたものである。

2. 試験概要

実施した試験は、一軸圧縮試験、平板載荷試験及び繰り返し載荷試験である。各試験に使用した土木用断熱材はA社とB社の2種類（以下、断熱材Aまたは、断熱材Bと呼ぶ）で、形状が900×1800×50 mmのものである。

・一軸圧縮試験： ニクロム線の熱で断熱材を円柱状にカットできる成形装置を用いて、直径5 cm、高さ5 cmの供試体を作成し、各断熱材について土と同様の方法で試験を行なった。

・平板載荷試験： 図-2に示すように、H鋼と鋼板で載荷装置を作成し、架台の上に断熱材を積み重ねて載荷試験を行なった。積み重ね厚さを変えて試験を行なう際、平板（直径30 cm）の設置箇所を変えると同時に、平板が載る面の断熱材は、試験毎に新しいものと交換した。

・繰り返し載荷試験： 供試体の形状は、直径10 cm、高さ5 cmで、載荷装置は、エアースリンダによる一定負荷方式の三軸圧縮試験機（容量：軸力…250 kgf、側圧…3 kgf/cm²）を用いた。

一定応力繰り返し載荷試験は、側圧0、軸圧1.7と2.8 kgf/cm²、載荷速度10 Hz、矩形波による負荷の条件で行なった。

3. 試験結果と考察

3.1 一軸圧縮試験

圧縮ひずみ15%の範囲内の断熱材A、B一軸圧縮強さは、ともに4 kgf/cm²程度で、粘土の強度分類表では硬質粘土に相当するが、図-1に示すように、両者の力学特性には大きな違いがある。断熱材Aは弾性限度のひずみ2～3%を超えても、塑性変形を起こしながらその応力は圧縮ひずみ20%まで増加し続ける。弾性限度での弾性係数を算出すると、断熱材Aは約130 kgf/cm²（ $\epsilon=3\%$, $\sigma=4$ kgf/cm²）、断熱材Bは100～120 kgf/cm²（ $\epsilon=2\sim 3\%$, $\sigma=2.5\sim 2.9$ kgf/cm²）である。

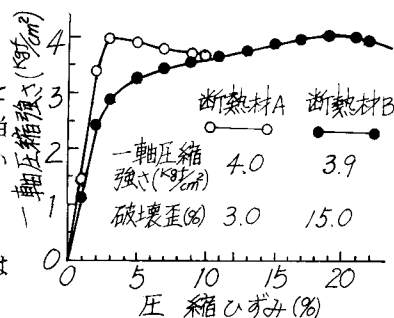


図-1 断熱材の一軸圧縮強度

3.2 平板載荷試験

平板載荷試験によるK値は、半無限の一樣地盤条件における支持力の大小を表す値であるが、本装置のように架台の上に任意の厚さの断熱材を置いて行なう載荷試験では下層の影響を受けて、平板の半径、積み重ね厚さ等により、断熱材上面でのK値は異なる。しかし図-2に示すように、断熱材の積み重ね厚さを変化（5～100 cm）させると、K値は15 kgf/cm³から低減し、その厚さが80 cm以上では、3～4 kgf/cm³で一定になる。

従って、本試験条件と現場での試験条件とにおけるK値の関係を調べることで、任意の厚さの断熱材を地盤上に設置した時の断熱材上面におけるK値を推定することができる。

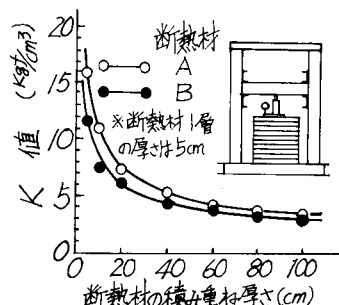


図-2 断熱材の積み重ね厚さとK値との関係

3.3 繰返し载荷試験

図-3は、断熱材A、Bを一定応力1.7、2.8kgf / c m²で繰返し载荷試験を行ない、圧縮ひずみと载荷回数との関係を示したものである。圧縮応力1.7kgf / c m²では、断熱材Aは载荷回数1×10⁴でも弾性領域内であるが、断熱材Bは1×10³回で、塑性変形を起こしている。また、2.8kgf / c m²では断熱材A、Bは圧縮ひずみが各おの3%、9%付近に達した時点で破壊している。

・一層撒き出し厚 図-4は施工時に、施工機械によって断熱材が圧屈や破損を起こさない一層撒き出し厚の検討をするために、载荷条件とB I S A Rによる層構造解析結果を示したものである。接地圧の大きい20t ダンプトラックの後輪(8t)が、締固め後の厚さの異なる路盤に、例えば10回載った場合を想定して検討してみた。路盤厚が12cmでは、断熱材上面での垂直応力の計算値は2.7kgf / c m²となり、A-1、B-1 曲線より断熱材Aは圧縮ひずみが2%程度であるが、断熱材Bのそれは4.5%に達し、塑性変形を起こしている。路盤厚が16cmではA-2、B-2 曲線より、垂直応力は1.8kgf / c m²で、断熱材の圧縮ひずみは1%未満であるが、施工時の路盤の締固め状態、荷重の集中等の悪条件を考慮すると、締固め後の厚さは20cm程度が適当であろう。

従って、一層撒き出し厚は一般的な25cm程度でよいと考えられる。

・断熱工法断面 図-5に示すように、笠原らは実際の砂利道を断熱工法によって、凍上対策を施した舗装断面(農道II交通)について、BISAR により層構造解析を行ない、断熱材を用いた舗装の寿命を交通量で推定する検討をしている。アスコンの疲労曲線を用いて、アスコン層下面の引張りひずみ(図-5より $\epsilon=4.3\times10^{-4}$)に対する疲労破壊回数(1×10⁵)を求め、更に5t輪荷重の車両による交通量(5×10⁵台)で舗装寿命を表わしている。一方、断熱材の疲労破壊性状を考えると、その上面に作用する垂直応力の理論値は0.55kgf / c m²となっており、図-1より断熱材A、Bの圧縮ひずみは0.5%以下なので、図-3のA-1、B-1 曲線の下方に圧縮ひずみ～载荷回数の曲線が位置することになる。特に、断熱材Aに関しては図-3の傾向を見ると、アスコンの疲労破壊回数1×10⁵のオーダーでも弾性限界内で止り、アスコンと同程度の疲労寿命を持つていると考えられる。今後は、各ひずみ、応力レベルでの実験を重ねて舗装体における断熱材の力学特性を定量的に明確にしたい。

4. まとめ

- ・断熱材の力学特性は製品によって異なり、一軸圧縮強度3～4 kgf / c m²(破壊ひずみ3～15%)一軸圧縮試験結果から求めた弾性係数100～130 kgf / c m²で、K値に関しては実験を重ねたい。
- ・施工時における断熱材上面の路盤材料の一層撒き出し厚さは、25cm程度が適当である。
- ・断熱工法断面に関しては、アスコン層下面の引張りひずみに与える影響を考慮して、断熱材上面に作用する垂直応力、ひずみによる断熱材の疲労破壊性状を実験的に明確にする必要がある。

材料試験に際し、協力をいただいた日本スレイパ-㈱・中島、嵯峨井両氏に謝意を表します。
参考文献 笠原・佐野：断熱工法における舗装の構造評価，土木学会道支部論集第41号 59年2

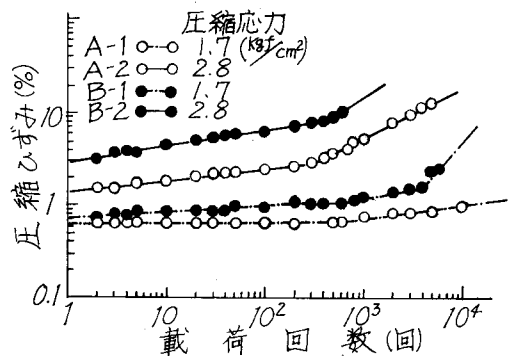


図-3 断熱材の圧縮ひずみと载荷回数との関係

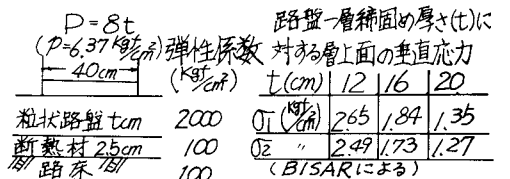


図-4 施工時の载荷状態と各層の垂直応力の理論値

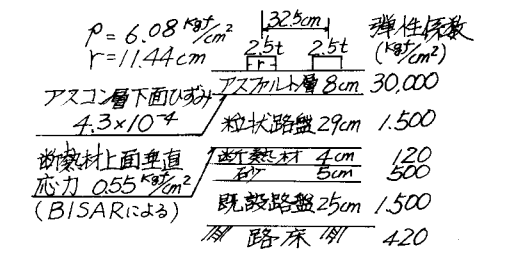


図-5 断熱工法断面の層構造解析結果(笠原らによる)