

低温下における骨材混入高分子系材料の物理的性質

|         |     |       |
|---------|-----|-------|
| 愛媛大学工学部 | 正会員 | 稲田 善紀 |
| 愛媛大学大学院 | 学生員 | 畑野俊一郎 |
| 愛媛大学大学院 | 学生員 | 関 正造  |
| 日本国土開発㈱ | 正会員 | 菊池 慎二 |
| 大成建設㈱   | 正会員 | 藤原 斉郁 |

1. はじめに

石油の代替エネルギーとして、LNG、LPGおよび冷凍食品の需給量は増加の傾向を示しており、近い将来それらの貯蔵施設の増加が予想される。これらの貯蔵方法の一つとして地山岩盤内に設けた空洞内に直接貯蔵することが考えられる。その際、空洞に存在する亀裂および低温の影響を受け、熱応力により新たに発生する亀裂からの液漏れ、ガス漏れおよび冷気漏れ対策が必要になってくる。空洞表面に高分子系材料を吹き付けることによって層を設けた場合、高分子系材料の熱膨張量や収縮量が岩石に比べて大きいため、熱応力による亀裂が発生し、液漏れ等を防ぐことが困難であることが予想される。そこで本研究では、低温下でのひずみを抑えるために高分子系材料に砂を混入したものを空洞表面に吹き付けて層を設けることを想定し、低温下における物理的性質を実験によって求めた結果について述べる。

2. 低温下における骨材混入高分子系材料の強度・変形特性

本実験に用いた高分子系材料はT社製のエポキシ樹脂である。砂は、山口県豊浦町産の天然けい砂（粒径 $105\mu\text{m}$ 以上 $297\mu\text{m}$ 以下、通称豊浦標準砂）である。本実験では、前述の高分子系材料に砂を体積比で1:1、1:0.75、1:0.5の3種の割合で混入したものに硬化剤を加え、 $\phi 3 \times 6\text{ cm}$ に成形したものを供試体として使用した。また、降温速度は $1^\circ\text{C}/\text{min}$ とし、所定の温度に達した後も60分間の保温を行い、ひずみ速度は $6000 \times 10^{-6}/\text{min}$ （一定）とした。まず、前述の条件で低温下における圧縮試験および圧裂引張試験を行った。得られた結果を図1および図2に示す。圧縮強度は温度の低下にともない値が上昇している。これは、温度の低下にともない試料が収縮して硬化し、変形しにくくなったためと思われる。また、引張強度については高分子系材料のみの場合に比べて強度が低下している。これは、高分子系材料の引張強度よりも高分子系材料と砂との付着面の接着強度が弱いためと考えられる。次に、圧縮試験で得られた応力-ひずみ曲線により破壊応力の30%付近の接線弾性係数およびポアソン比を求めた結果を図3および図4に示す。接線弾性係数は温度の低下にともない上昇している。これは、前述のとおり温度が低下するのにもない試料が収縮して硬化し、変形しにくく

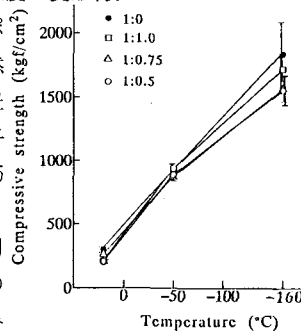


図1 圧縮強度

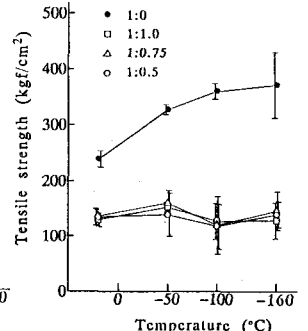


図2 引張強度

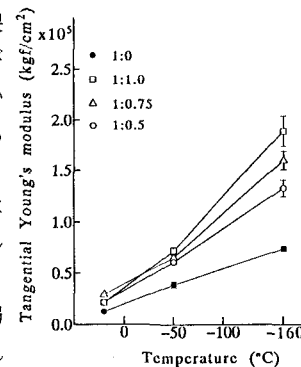


図3 接線弾性係数

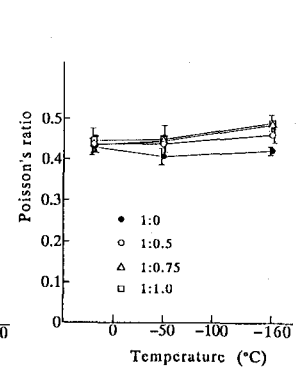


図4 ポアソン比

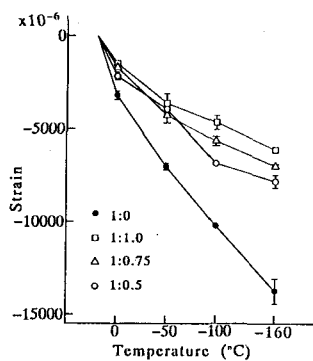


図5 ひずみ

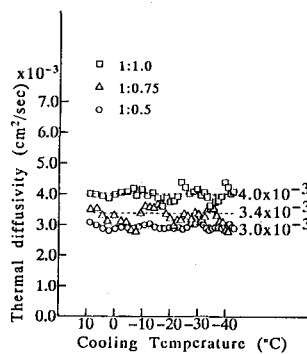


図6 熱拡散率

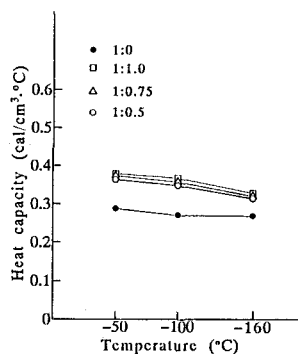


図7 熱容量

くなったためと思われる。また、ポアソン比は温度の低下や砂の混入率に関係なくほぼ一定の値をとっている。

### 3. 低温下における骨材混入高分子系材料の熱的性質

次に、石英ガラス棒を用いた比較法により、砂を混入した高分子系材料の低温下におけるひずみの変化を測定した。供試体は $\phi 3 \times 10$ cmに成形し降温速度および保温時間は強度試験と同様にした。結果を図5に示す。図より、温度の低下にともない試料が収縮しているのがわかる。また、砂の混入率が大きいものほどひずみが抑えられているのがわかる。次に、砂を混入した高分子系材料を $10 \times 10 \times 8$ cmに成形し、一次元の熱伝導が得られるように5面を断熱材で覆い、残りの一面に冷気を吹き付け、その面から平行に熱が伝わる場合の温度変化を求め、得られた温度-時間曲線を要素分割法に適用して熱拡散率を求めた<sup>1)</sup>。結果を図6に示す。図より、砂の混入率1:1、1:0.75および1:0.5のものがそれぞれ $4.0 \times 10^{-3}$ 、 $3.4 \times 10^{-3}$ および $3.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 程度の実用上ほぼ一定の値をとることがわかった。また、砂を混入した高分子系材料を $10 \times 10 \times 0.5$ cmに成形し、蒸留水で満たされた断熱材の容器の中に供試体を入れ、比熱を測定した。次に、低温下における密度の変化を求め、熱容量を算出した結果を図7に示す。図より熱容量はわずかながら値が低下しているが実用上ほぼ一定とみなせる値であることがわかった。次に、比熱、密度および熱拡散率の値を用いて熱伝導率を求めた。結果を図8に示す。比熱、密度および熱拡散率の値がほぼ一定の値であるので、熱伝導率も実用上ほぼ一定の値をとることがわかった。

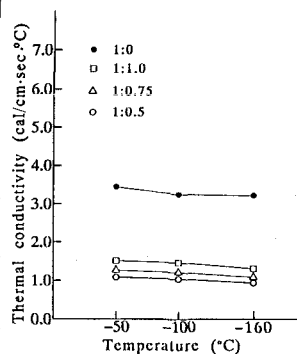


図8 熱伝導率

### 4. おわりに

本研究では、低温下における高分子系材料のひずみを抑える目的で砂を混入した。それらの値を用いて試算した結果、ひずみは半減したが、接線弾性係数が上昇したために大きな熱応力が発生し、また、引張強度が低下したことにより骨材混入高分子系材料の層が破壊し、液漏れ等を防ぐことが困難であることがわかった。今後は、高分子系材料に線膨張係数および接線弾性係数の小さな材料を混入し発生する熱応力をできるだけ低減させる必要があることがわかった。

また、本研究を遂行するにあたり、鶴見俊幸氏（現㈱エイトコンサルタント勤務）に手伝っていただいたので謝意を表しておく。

### 参考文献

- 1) 稲田善紀；地下の空間利用，95～112頁，森北出版，1989.