

ライフライン保護を主目的としたアスファルト系免震材の基礎的研究

豊川建築研究所

正会員 ○横溝三恵

山口大学大学院 理工学研究科 学生会員 片岡義人

山口大学工学部社会建設工学科 正会員 上田 満

1. はじめに

セメントアスファルト乳剤複合体（以下ではCA複合体と称する）を空隙の多い砕石間に注入することによってライフライン等の保護を行うことを基本的な適用の概念とし、注入後の砕石を含むCA複合体の力学的な特性を検討することにした。力学的な特性として円柱供試体による一軸圧縮強度試験、割裂試験、応力緩和試験を行った。また、免震材としての適否も検討した。

2. 実験概要

実験に用いたセメントは普通ポルトランドセメント（比重：3.15、粉末度：3290cm²/g）、細骨材は海砂（比重：2.62、粒径：0.6～0.074mm）、粗骨材は砕石1（比重：2.68、粒径：13～5mm）と砕石2（比重：2.71、粒径：20～5mm）の2種、アスファルト乳剤（比重：1.03、濃度：57.9%）とした。浸透用のCA複合体の配合は図-1に示す、セメント、アスファルト乳剤、砂の三成分系による三角座標上の6配合とした。供試体の寸法は、 $\phi 10 \times 20$ cmの円柱形とした。供試体の作成は、まず型枠中に砕石を詰め、各配合で混合したCA複合体を流し込むことによって行った。流し込んだ後、加圧面を整形し、セメントペーストでキャッピングを行い、28、14、7、3日間の4種類の養生期間で常温養生を行った。一軸圧縮試験は万能圧縮試験機（最大荷重：5tf、ひずみ制御方式）を用い、ひずみ速度一定（変位一定速度：2mm/min）のもとで行った。割裂試験は、JIS A 1113 に準拠して試験を行い、割裂強度を求めた。応力緩和試験は供試体に破壊ひずみの75%、又は50%が作用するまで一定ひずみ速度5mm/minで載荷し、供試体に作用するひずみを75%（又は50%）に保つことによって行った。載荷開始より3時間、時間経過に伴う応力の変化を測定した。

3. 実験結果及び考察

3-1 砕石間の空隙充填に効果的なCA複合体

各配合について供試体を作成した結果、砕石1、砕石2の両骨材ともC/E=0.75の配合のCA複合体においては砕石間に注入不可能であった。また、砕石1を使用した場合C/E=0.61の配合のCA複合体においても注入を試みたが、注入可能であったり不可能であったりとまちまちであった。そこで、砕石1の場合C/E=0.5以下、砕石2の場合C/E=0.61以下の供試体を砕石間に注入可能なCA複合体として実験を行った。

3-2 一軸圧縮強度、割裂強度

一軸圧縮強度とC/Eの関係を図-2に、割裂強度とC/Eの関係を図-3に示す。両図より一軸圧縮強度、割裂強度ともにC/Eが大になるに従って大となり、養生期間が長いほど大となった。また、割裂強度は一軸圧縮強度の1/5～1/3であった。

3-3 ポアソン比、弾性係数

ポアソン比とC/Eの関係を図-4に弾性係数とC/Eの関係を図-5に示す。縦ひずみと横ひずみはC/Eが

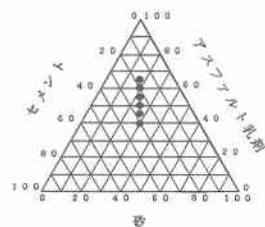


図-1 三角座標による配合分布図

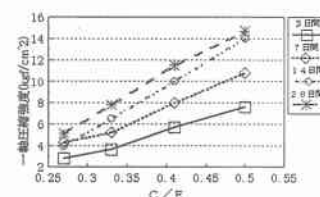


図-2 一軸圧縮強度とC/Eの関係(砕石1)

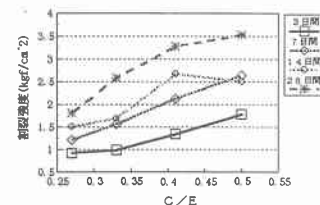


図-3 割裂強度とC/Eの関係(砕石1)

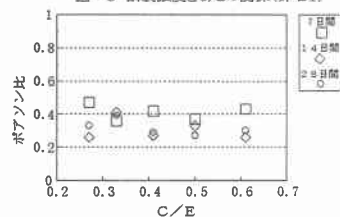


図-4 ポアソン比とC/Eの関係(砕石2)

大になるに従って小さくなったが、ポアソン比は C/E に関わらず 0.3～0.4 の一定の値をとった。又、弾性係数は C/E が大になるに従って大となりその値は 500～3000kgf/cm² であった。尚、3 日間養生の供試体に関してはほぼ一定の値となった。

4. 応力緩和特性

材料の応力緩和特性を顕著に表現できる物理常数として粘弾性体に緩和弾性率が一般的に用いられる。緩和弾性率は次式のように定義される。

$E(t) = \sigma(t) / \varepsilon_0$ 、 $E(t)$: 緩和弾性率、 $\sigma(t)$: 緩和応力、 ε_0 : 一定ひずみ

4-1 応力緩和と経過時間

緩和弾性率と経過時間の関係を図-6 に示す。図には砕石を含む C A 複合体の C/E 別の 4 配合の場合について両対数図上に示した。保持したひずみは破壊ひずみの 50% の場合である。緩和弾性率はひずみを一定に保った瞬間から急激に低下し、緩和時間が長くなるに従ってある一定割合で低下する傾向が存在する。

4-2 応力緩和時間と C/E の関係

供試体を破壊ひずみの 50% で拘束し始め、応力が最高値の 50% まで減少するのに要する時間 T50 と C/E の関係を表すものを図-7 に示す。図より C/E が大になるに従って T50 が大になることがうかがえる。これより C/E が小さいものほど緩和特性が顕著であると言える。

5. 免震材としての適否及び課題

浸透用 C A 複合体は免震材の持つべき特性¹⁾をほぼすべてについて満足するものと思われる。浸透用 C A 複合体のせん断弾性係数を図-8 に示す。本研究の場合、免震層を下層路盤、及び路床に適用することを主目的にしたため一軸強度に制限を設けた。従って免震材の持つべき特性のうちせん断弾性係数が図のように大きい値となった。免震層のせん断弾性係数としては、周辺地盤の 1/100 程度以下が望ましい、とされている。図-8 に示すようにせん断弾性係数は C/E の小さいものでも 400kgf/cm² と大きい値である。従ってこの複合体はトンネルなどの裏込め材としては適用できそうである。また、免震層の厚さを調整することによってその適用範囲は広がるものと思われる。セメント種別による弾性係数の違いを図-9 に示す。図中において超速硬セメントは粉末度が普通ポルトランドセメントの 2 倍程度のセメントである。粉末度の高いセメントは乳剤中に水和が比較的容易に進行するため弾性係数は大となっている。

ポアソン比はセメント種別に関係なくほぼ一定値をとる。従って、せん断弾性係数をもっと小さくするには、複合体の C/E を小さくすることが適当であろうが、小さくすると材料分離を生じ易く浸透用としては使用に耐えられない。そこで、砂の代わりに比表面積の大きいフィラー（炭酸カルシウム、粒径：0.074mm 以下）を用いる。または結合材としてのセメントをフィラーに変え、強度の低減をはかる等により初期の目的は達成されるものと思われる。

6. まとめ

本実験の範囲内の結果をまとめると以下ようになる。a. CA 複合体の力学的特性は C/E による影響が大である。b. ポアソン比は 0.3～0.4 の範囲内の値となる。c. T50 の最小値は 60sec 程度である。d. せん断弾性係数は C/E が小さい配合でも 400kgf/cm² 程度となり免震材のせん断弾性係数としては大きいものとなった。参考文献 1) ‘地震から地下構造物を守る’、土木学会誌、11月号、1998、pp.8-10

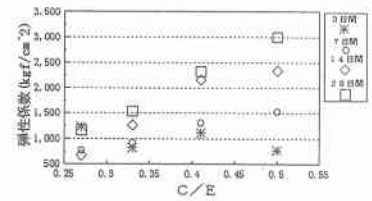


図-5 弾性係数とC/Eの関係(砕石1)

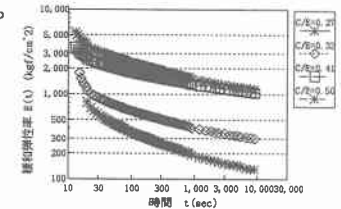


図-6 緩和弾性率と時間の関係(砕石1)

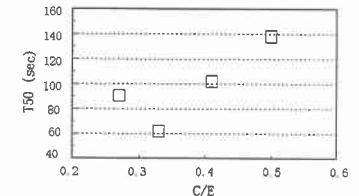


図-7 T50における緩和時間(砕石1)

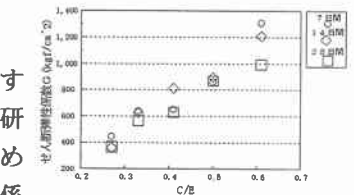


図-8 せん断弾性係数とC/Eの関係(砕石2)

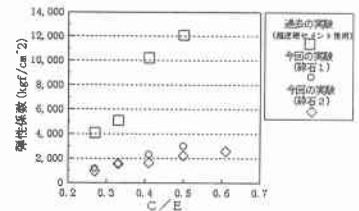


図-9 弾性係数とC/Eの関係の比較(28日間養生)