

セメント・アスファルト複合体の免震部材への適用

山口大学大学院 学生会員 ○山本剛行 新光産業㈱ 河内亮次 三菱重工業株式会社 池末俊一
ニチレキ株式会社 佐藤祐一 ニチレキ株式会社 山本孝洋 山口大学工学部 正会員 上田満

1. はじめに

セメントにアスファルト乳剤を添加し混合することによって得られる複合体は乳剤中の水分とセメントとの水和生成物、アスファルトの両者が結合体となり外力に対して抵抗力を発揮する。これをセメント・アスファルト複合体という（以下CA複合体）。本研究ではCA複合体の粘弾性特性を生かし、免震部材として橋脚に適用することを想定し実験を行い動的な変形の際に生ずる減衰力を計測する。

2. 試験概要

2.1 使用材料及びその配合

CA複合体は、早強ポルトランドセメント、アスファルト乳剤、珪砂から構成され、所定のコンシステンシーを得られるように水、消泡剤の量を決定した。現在、新幹線スラブ軌道に適用されている配合を基準（複合体Bとする）とし、基準よりC/Eの値を低く設定したCA複合体を複合体A、同じくC/Eの値を高く設定したCA複合体を複合体Cとする。セメント、アスファルト乳剤、珪砂の配合割合を表-1にて示す。

表-1 使用配合

	C	E	S	C/E	W/C(%)
複合体A	20	37	43	0.54	11
複合体B	22	35	43	0.63	18
複合体C	24	33	43	0.73	23

2.1.1 材料物性試験および静的載荷試験

CA複合体の添加水量とコンシステンシーの関係を把握するためにJ漏斗試験を行い、詳細な配合の検討を行った。その後、決定した配合にて供試体を打ち込み、そして、合成部材としての設計に必要となるCA複合体の配合と弾性係数の関係を求めるため一軸圧縮試験を行った。また、これら基本的物性を計測し、CA複合体の合成部材としての検討データとした。供試体形状及び寸法は、 $\phi=100(\text{mm})$ 、 $h=1500(\text{mm})$ の塩ビ管を型枠として用いて、円柱供試体を複合体A、B、Cの計3本作成し、硬化後、これを6つに切断、脱型させ、上部よりNo.1～No.6とした。材料物性試験は、複合体A、B、CのそれぞれについてNo.1、No.3、No.6の供試体で行った。粘弾性による衝撃吸収効果に主眼を置き検討したものであるため、より直接的な方法として応力緩和試験を行った。応力緩和試験は、複合体A、B、CのそれぞれについてNo.2、No.4、No.5の供試体で行った。一軸圧縮試験により求めた破壊点の応力とひずみより、そのひずみ値の80%を応力緩和試験における初期ひずみ ε_0 とした。応力緩和試験では、上記の初期ひずみ ε_0 に達するまで一定載荷速度で一軸載荷を行い、その後ひずみを保持し減少応力の測定を行った。載荷速度については、No.2は1mm/min、No.4は3mm/min、No.5は5mm/minの3種で行った。緩和弾性率 $E(t)$ は、常に時間に関する単調減少関数または非増加関数であり、緩和弾性率を用いることによって初期ひずみの大きさ等に影響されない、より正確な材料特性が表現できるものとされる。

$$E(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon_0} \quad E(t): \text{緩和弾性率} \quad \sigma(t): \text{応力} \quad \varepsilon_0: \text{初期ひずみ}$$

2.1.2 動的載荷試験

CA複合体が所要の減衰を発揮することを実験的に確認した。図-1に示すように、フレームに取り付けられた供試体を油圧アクチュエータにより正弦加振し、そのときの加振点へ作用する荷重を決定した。記録されたデータより、加振速度成分のひずみ振幅を計測することで減衰力を求めた。すなわち、応力制御である。まず、アクリル製の型枠を作成し、これによる打ち込みを行い、硬化後、アクリルを取り外し供試体を作成し、加振試験装置に取り付けた。本試験は複合体Bについて行った。試験結果の変位及び荷重時刻歴波形を、正弦波近似にてフィッティングし、図-2のような変位-加振力図を作成した。また、図-2のファクターより減衰比 h を、以下のように計算し加振周波数に



図-1 動的加振試験機

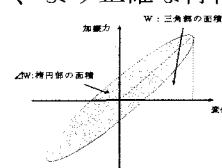


図-2 変位-加振力

より整理した。

3. 実験結果

3.1. 弾性係数

$$h = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{\Delta W}{W} \right)$$

供試体の一軸圧縮試験を行った。図-3 は、その結果を示したものである。C/E の値が低いほど C/A 複合体の特性である粘弾性の性質が大きく表れ、その結果として圧縮強度が低下することが顕著に表れている。この結果より、弾性係数を求めたものが図-4 である。また、供試体 No. が増すごとに弾性係数の値は減少している。これは、型枠内での硬化時に、円柱供試体より、C/E の値が低いほど粘弾性の性質が大きく表れ弾性係数の値は低くなっていることが顕著に表れている。体上部に近いほど空気養生により理想の養生条件となり、乾燥収縮が盛んに行われたのではないかと考えられる。

3.2 静的載荷試験

応力緩和過程を対数表示したものを次式にあてはめ、 β の値を求めた。

$$\ln E(t) = \ln E(0) - \beta \cdot t$$

図-5 は、各複合体について β の値と載荷速度の関係を示したものである。すべての複合体について、載荷速度が増すにつれ、 β の値も比例増加しており、複合体 B は他の複合体に比べ、載荷速度に影響されことなく安定して応力緩和が行われていることがわかる。

3.3 動的載荷試験

加振周波数を、1Hz～10Hz、及び 20Hz の 11 パターンについて加振力を変化させ、試験を行った。図-6 は、10Hz の実験結果を示したものである。この波形を、正弦波フィッティングしたものが太線にて示したものである。これより減衰比を求め、周波数と減衰比の関係を図-7 に示した。これより、減衰比の加振力によるばらつきは比較的小さいことがわかる。また、模型治具の影響が比較的小さくなると思われる加振力 10kN で整理した場合、周波数と減衰比の関係はほぼ 1 次線形にて近似されることがわかる。

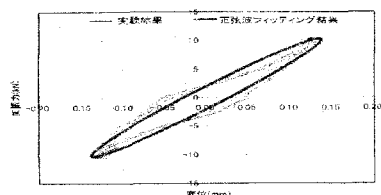


図-6 正弦波フィッティング(10Hz)

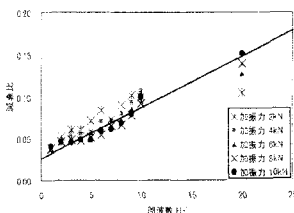


図-7 減衰比と周波数の関係

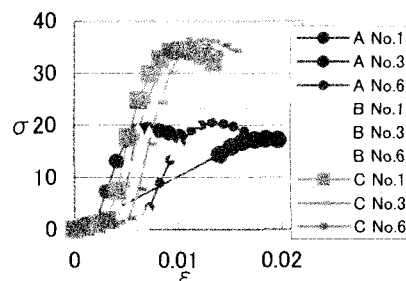


図-3 応力-ひずみ関係

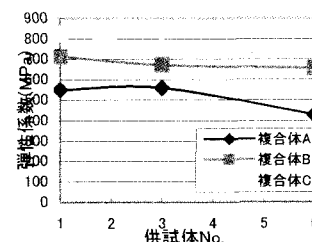


図-4 供試体 No と弾性係数の関係

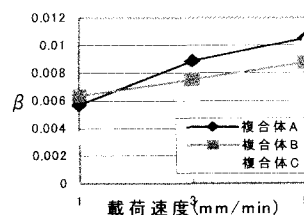


図-5 β 値と載荷速度の関係

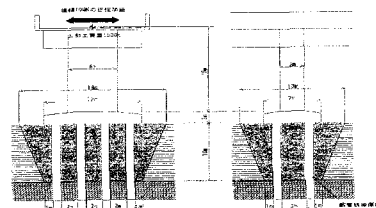


図-8 C/A 複合体の橋脚への適用

3.4 実施工への適用検討

図-8 に示す橋脚を想定し、適用検討を行った。これは、橋脚の基礎部分に C/A 複合体を適用したものである。結果減衰比が $h=0.2\sim0.3$ の値の範囲をとり、およそ 30% 程度の減衰が期待できる。

4. まとめ

- (1) C/E の値が低いほど、粘弾性の特性は顕著に表れる。
- (2) 静的載荷試験において、新幹線スラブ軌道用の配合である複合体 B は、他と比較すると β の値は載荷速度に影響されことなく安定した値を保っているため、安定した応力緩和特性を持っている。
- (3) 動的載荷試験の結果について、周波数と減衰比の関係はほぼ 1 次線形にて近似される。
- (4) 橋脚の地盤基礎に CA 複合体を適用した場合、30% の減衰効果が期待される。