

新幹線スラブ軌道用セメント・アスファルト複合体の振動減衰効果

山口大学大学院 学生会員 ○寺田 純
 ニチレキ㈱ 正会員 山本 孝洋
 山口大学工学部 正会員 上田 満

1 はじめに

新幹線スラブ軌道に使用されている珪砂を用いたセメント・アスファルト複合体(以下、CA 複合体という)の振動減衰効果を共振法によって表現した。共振法とは、供試体の一端に弾性波を入力し、他端の出力波と共振させて共振曲線を描くものであり、得られた共振曲線より、 Q 値・動弾性係数を求めることができる。CA 複合体が周波数・配合・温度・長さの変化に応じてどのような振動減衰効果を示すのかを共振曲線によってそれぞれ比較検討した。

2 実験概要

2-1 供試体の作成、寸法

Q 値・動弾性係数において、CA 複合体の配合は質量比でセメント:アスファルト乳剤:珪砂=20:37:43、22:35:43、24:33:43の複合体(それぞれ複合体 A,B,C と呼ぶ)を使用した。供試体の打設方法は型枠への流し込みによって行った。供試体寸法は Q 値測定を行うことを配慮し $25 \times 25 \times 300(\text{mm})$ の棒状供試体とした。この内、振動減衰効果に用いたのは新幹線スラブ軌道に実際使用されている配合の複合体 B で、 $25 \times 25 \times 50, 100, 200, 300(\text{mm})$ の棒状供試体について測定を行った。

2-2 実験方法

実験は、まず端子を供試体両端に貼り付けたものを温度設定した恒温槽に1時間半以上置き、その供試体を恒温槽と同一温度にする。次に、その状態のまま Q 値測定を行い、設定温度での Q 値を得る。図-1は Q 値測定システムを示したもので、シンセサイザーで周波数を変化させながら正弦波を供試体一端に入力する。弾性波は供試体内部を伝播し、他端の振動子で出力される。出力された信号はアンプにより増幅され、受信機(デジタルハイテスタ)に入力され共振曲線を得ることができる。図-2は共振曲線のモデルを示したものである。

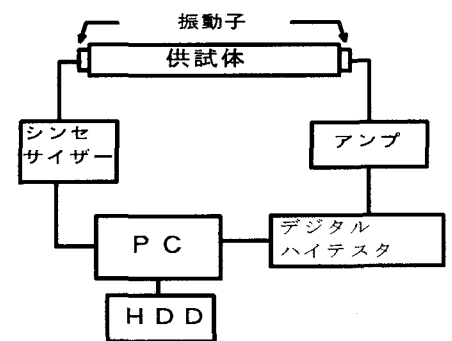


図-1 測定装置の概略

3 解析手法

Q 値は無次元量であり、本研究で用いた周波数範囲内において、 Q 値は周波数と無関係であるとされている。また Q 値は弾性波の減衰を表すパラメーターとして用いられる。この Q 値の逆数 Q^{-1} は物体の内部抵抗の大きさを表すパラメーターであり、内部摩擦と呼ばれるものである。つまり、 Q^{-1} の値が以下の式によって大きいほど内部摩擦が大きいと考えられる。この Q 値は共振曲線より、以下の式によって求められる。

$$Q = f / N$$

f は共振周波数を示し、 N は共振振幅ピーク値に生じる図-2 中の $A/\sqrt{2}$ を結ぶ周波数幅を示している。

動弾性係数は以下の関係式にて求められる。

$$E_D = DWf^2, \quad D = 0.00408 \frac{L}{bt} \quad (\text{角柱供試体})$$

D : 供試体の形状で定まる定数、 W : 供試体の重量 (kg)

L : 供試体長 (cm)、 b, t : 直方体供試体の断面の辺長 (cm)

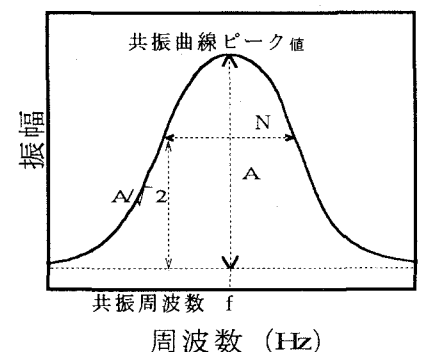


図-2 共振曲線のモデル

4 実験結果及び考察

4-1 温度とQ値の関係

図-3は、複合体A,B,Cについての温度とQ値の関係を示したグラフである。温度が高くなっていくにつれて、どの複合体もQ値が小さくなっていることがわかる。つまり、 Q^{-1} が増大しているので内部摩擦は大きくなり、振動減衰の効果が大きくなっていることがわかる。また、温度が低い状態では、複合体A,B,CのQ値はC/E(セメントCとアスファルト乳剤Eの質量比)が小さい配合ほどQ値は大きく、5℃以上では複合体の違いによる差はみられなくなった。これは、温度が高くなっていくに従って、それぞれの複合体は熱により軟化していくことが影響していると考えられた。

4-2 温度と動弾性係数の関係

図-4は、温度と動弾性係数の関係を示したグラフである。どの複合体の場合も、温度が高くなるにつれて動弾性係数は減少している。それぞれの線が平行になっていることから、動弾性係数と温度には一定の温度依存性があると言える。

4-3 Q値と動弾性係数の関係

Q値と動弾性係数の関係は、相関係数は0.8488となり、0.7以上となったのでQ値と動弾性係数の関係には強い相関関係があるといえる。

4-4 長さ減衰後の振幅の関係

図-5及び図-6は、長さ減衰後の振幅の関係(複合体Bにおける25℃・8Hz)を示したグラフである。なお、新幹線がスラブ軌道上を通過する際の周波数は $f=8.42(\text{Hz})$ である。図-5は縦軸を対数でとり、図-6は図-5の0.01mVから0.035mVの範囲を拡大したものである。今回の実験では、5cmの減衰後の振幅値が若干高く、グラフでは長さの違いによっての減衰効果は僅かだがみられた。長さが長くなるともっと顕著に減衰効果が表れるのではないかと考えられる。25℃の時、複合体の長さが長くなっていくにつれて減衰後の振幅は小さくなっていった。さらに、5cmの時にみられた入力電圧による減衰後の振幅の差は、供試体が長くなるにつれて、また、温度が高くなるにつれてその差は徐々に小さくなる傾向がみられた。最後に、図は割愛するが、温度が高くなっていくに従って減衰後の振幅値が高くなっている傾向がみられた。

5 まとめ

- 1、Q値は、温度が高くなるほど小さくなり、その値の範囲は7~31に及んだ。温度が高くなると内部摩擦は大きくなり、振動減衰の効果は大きくなった。5℃以下では、C/Eが小さい複合体ほどQ値は大きくなった。また、動弾性係数と温度には一定の温度依存性があるといえ、Q値と動弾性係数の関係には強い相関関係があった。
- 2、長さの違いによる減衰効果は僅かではあるもののみられた。温度が高くなっていくにつれて、減衰後の振幅値は徐々に高くなる傾向がみられた。さらに、減衰後の振幅値の差は、供試体が長くなるにつれて、また、温度が高くなるにつれてその差は徐々に小さくなった。

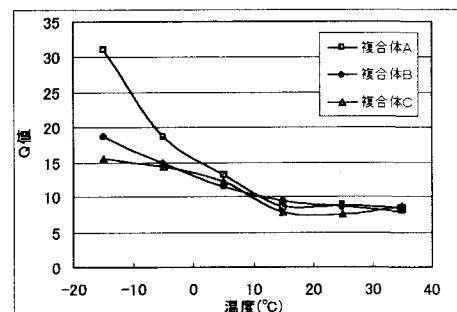


図-3 温度とQ値の関係

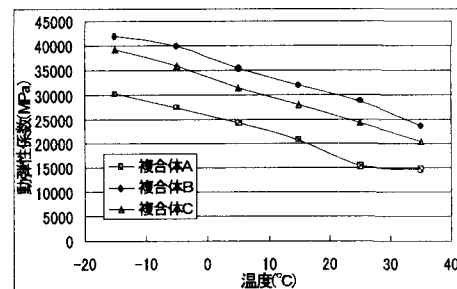


図-4 温度と動弾性係数の関係

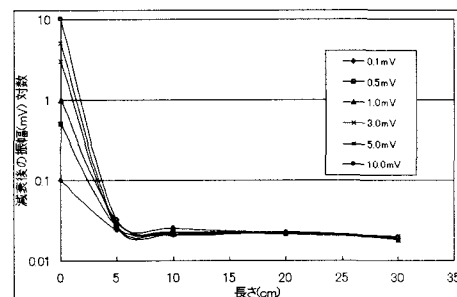


図-5 長さ減衰後の振幅の関係
(複合体B 25℃ 8Hz)

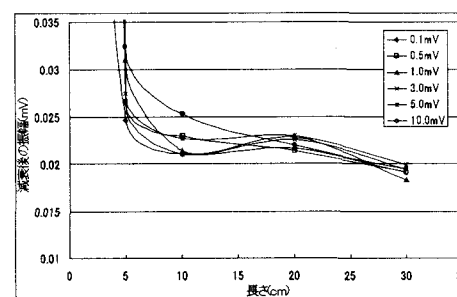


図-6 長さ減衰後の振幅の関係
(複合体B 25℃ 8Hz)