

加振される高減衰ゴム支承材内部温度測定実験

株式会社ブリヂストン 正会員 中村 昌弘
 北見工業大学 フェロー会員 大島 俊之
 北見工業大学 正会員 山崎 智之
 株式会社ブリヂストン 正会員 潤田 久也

1. 実験の目的

免震橋に使用される高減衰ゴム支承材は、地震動による入力エネルギーを熱エネルギーに転換し分担・吸収するため、ゴムの発熱がその物理特性に影響を与えることになり、ゴム支承材の温度特性を評価する上で発熱温度を知ることは重要な意味をもつ。しかし、ゴム支承材の自己発熱による内部温度の上昇を実測・推定した例は少なく¹⁾、発熱温度の検討は十分とは言えなかった。本実験では動的単純せん断変形下における温度測定を実施し、せん断変形を繰り返すゴム支承材内部温度の評価を行った。

2. 実験概要

(1) 実験装置・供試体の構造

ゴム支承材の想定環境温度域を低温から常温まで-30～20の範囲とし、低温室に設置された加振装置に供試体を取付け、室外に置かれた計測機器にてデータを収集した。供試体サイズは、加振装置能力を考慮して図-1に示すように150×7.5mm×3層(S1=5、ゴム種：HDRG8)とした。

(2) 温度測定方法・温度測定位置

ゴム内部の温度測定には、熱電対をゴム内部に埋め込む方法が一般的であるが、大変形下では熱電対周囲のゴムの不均一な歪により発熱量が増すこと、それらの動的な接触により摩擦熱が発生することなど、正確な測定とならない恐れがあり、その影響を避けるために温度測定は鋼板内部を主とした。

温度測定位置は図-1に示すように、供試体の内部・連結鋼板には、最大深さ75mm×1.6孔を最大5箇所設け、鋼板所定位置の温度変化を孔の底部に熱電対を接触させ計測した。参考に供試体のゴム層V1、V2、W1位置に2穿孔、温測線を挿入しゴム部の発熱温度を直接測定した。

(3) 実験方法

ゴム支承材内部が周囲と同じ温度となったことを確認した上で、 $\pm 1.75(39.38\text{mm})$ で11回加振、周波数は0.01、0.1、0.5、1Hz、試験室温度は-30、-10、20としたが、煩雑になるため結果の記載は図-3、4の2例とした。

3. 実験結果

(1) ゴムの内部発熱による昇温

ゴム支承材内部発熱時の温度変化を図-6、7に示す。せん断変形開始後、消費エネルギーが次々と蓄積され、加振停止後ゴムには新たな消費エネルギーは付加されない。図-6、7中のゴム内部V1～W1の温度ピークがその時点に相当する。停止後、ゴム内の熱は拡散・放熱し、温度は時間とともに徐々に低下していく。加振時のゴム内部発熱によってゴムに接する鋼板には熱が遅れて伝達される。そのためA～Hの位置では温度のピークにも時間遅れがみられ、ゴム内V1、V2、W1位置のような顕著なピークは示さない。測定位置A、C、D、F、G、Hは鋼板の同一平面内にあり、

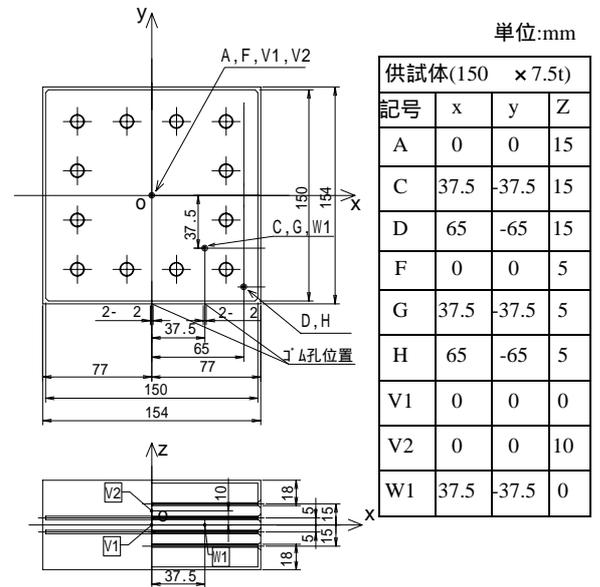


図-1 供試体構造図

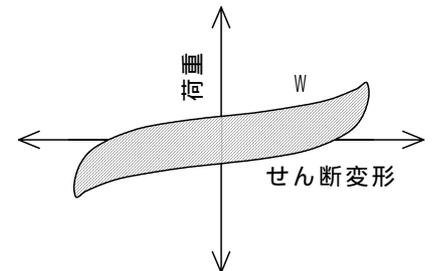


図-2 消費エネルギー W

キーワード 橋梁, 免震, 支承材, 高減衰ゴム, 温度

連絡先 〒244-8510 横浜市戸塚区柏尾町1番地 TEL:045-825-7589 FAX:045-825-7676

昇温はゴムの発熱によるのでA, C, Dが同じような昇温挙動を示していること, F, G, Hは1 内の差にあることから, ゴムの内部発熱は概ね一様な分布を示していると推測される.

ゴム部内温度については, V1, V2位置はピークを持つはずであるが, 図-6では測定値はそうっていない. これは熱電対が変形途中で移動したことにより, 測定位置が変わってしまった結果と思われる. また, ゴム中心層V1に対し隣接ゴム層V2の温度が高いなど, 測定している温度は誤差の大きなものとなり易いことが現れている. 更に, ゴム層の温測孔周囲に発生する歪みによる消費エネルギーの局所的な増加による昇温なども考えると, ゴム内部の測定温度に比べて, 鋼板位置の測定値は信頼性が高いものと言える.

(2) ゴム支承材の消費エネルギー

ゴム支承材の発熱はゴムの変形によって消費されるエネルギーによるが, せん断変形によるものは図-2に示すようにせん断変形ループ中の斜線部 w として求められる. ゴム全体積で除したものを消費エネルギー密度 w として, 発熱温度を単純に推定してみると図-5のようになる. これは $w \div$ ゴムの比熱として推定したもので熱伝導などの影響は考慮していない. 図-6,7の各試験条件に対応して比較すると, 変形停止時では前者で最大約6, 後者は最大約5 違うことがわかる. 勿論, 図-6,7のゴム部温度の測定値は信頼性が欠けるため, 熱伝導などを無視している推定値が間違っているとも即断はできない. つまり, どちらの結果もゴム部の発熱温度の測定や推定が難しいことを伺わせている. これらのことを考え, 実験により得られた信頼性のある鋼板部測定値を検証対象として, 同じ実験で得た消費エネルギーを入力条件とする非定常熱伝導解析を併用するゴム部温度の推定方法が今後の方向として考えられる.

4. まとめ

- (1) ゴム支承材各鋼板位置の測定温度は各鋼板内で概ね一様な分布を示す.
- (2) 連結鋼板と内部鋼板位置の測定温度には大きな差が出る.
- (3) 高減衰ゴム支承材の発熱による内部温度は試験条件によって異なり, 室温・低周波領域より低温・高周波領域での消費エネルギーが大きく, 発熱も大きくなる.
- (4) せん断変形下の内部発熱温度を精確に測定するのは難しい. 実験から得た鋼板部測定値を比較対象として, 同実験の消費エネルギーを入力条件とした非定常熱伝導解析を併用するハイブリッド解析などのゴム部温度の推定方法が今後の方向として考えられる.

本実験における, 函館どっく株式会社の若杉大介氏, 日米ゴム株式会社 安倍徳博氏の多大なる協力に感謝します.

参考文献

1) 大島俊之, 三上修一, 山崎智之他: 低温条件における免震装置の機能確認実験, 構造工学論文集, Vol.44A, pp. 753-760, 1998.

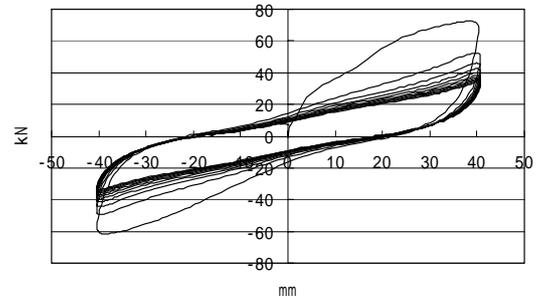


図-3 -10 0.5Hz せん断特性

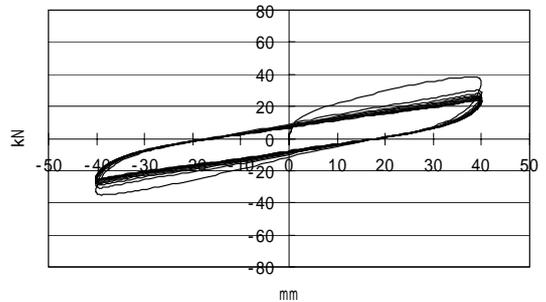


図-4 20 0.1Hz せん断特性

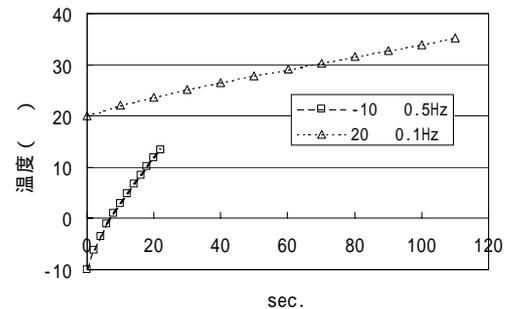


図-5 w からのゴム内部温度推定

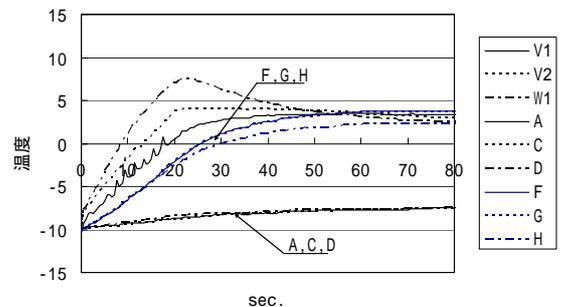


図-6 -10, 0.5Hz 内部温度計測値

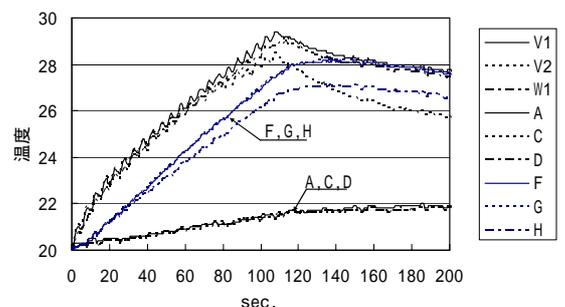


図-7 20, 0.1Hz 内部温度計測値