

橋梁用ゴム製耐震緩衝材の低温環境下における基礎的機能特性の研究

北見工業大学大学院	学生員	○若杉 洋
北見工業大学	フェロー	大島 俊之
北見工業大学	正会員	山崎 智之

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、耐震性向上のため免震支承を有する高架橋が増えている。免震橋の設計においては、上部構造の応答加速度を低減できるというメリットがある一方、橋桁の移動変位が増大するという性質を有しているため、桁と橋台の衝突が生じる恐れがある。地震により桁が橋台へ衝突するときには非常に大きな衝突力が発生すると考えられるため、緩衝材を設置することにより桁端部の損傷を防ぐことが検討されている。そこで本研究では、吸収エネルギー特性に優れた緩衝材を開発することを目的として高硬度ゴムを用いた緩衝材供試体を製作し緩衝材の基礎的特性を把握するため圧縮実験を行った。また、ゴムは環境温度による影響も大きいと考えられるため低温下における実験も行った。

2. 実験概要

本研究の実験は株式会社ブリヂストンに提供していただいた供試体を使用した。供試体は図1に示すようにハの字型に設置した高硬度ゴムを、上下の鉄板で挟んだもので

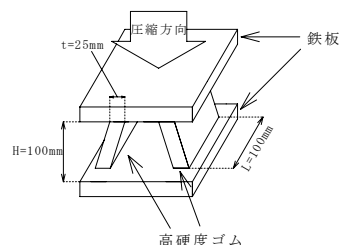


図1 実験供試体

あり、ゴム材の寸法は $100H \times 100L \times 25t$ [mm] である。実験供試体の主な特徴は高硬度、高剛性が挙げられる。この供試体を載荷試験装置に設置し、鉛直方向一軸圧縮実験を実施した。実験条件は、環境温度（室温）： $+23^{\circ}\text{C}$, 0°C , -10°C , -30°C 、周波数： 0.01Hz , 0.1Hz , 0.5Hz 、圧縮量： 55mm とした。冷却時間は24時間以上とし、充分供試体温度が室温と同じになるまで時間をおいてから実験を開始した。

3. 実験結果

実験結果を図2に示す。グラフは反力-変位曲線を示してある。グラフの右に示す $P_{\max}$ は最大反力であり、 Δw は吸収エネルギー量である。これは反力-変位曲線で描かれたループ内面積としている。これらはそれぞれ圧縮量 50mm までで得られた数値となっている。

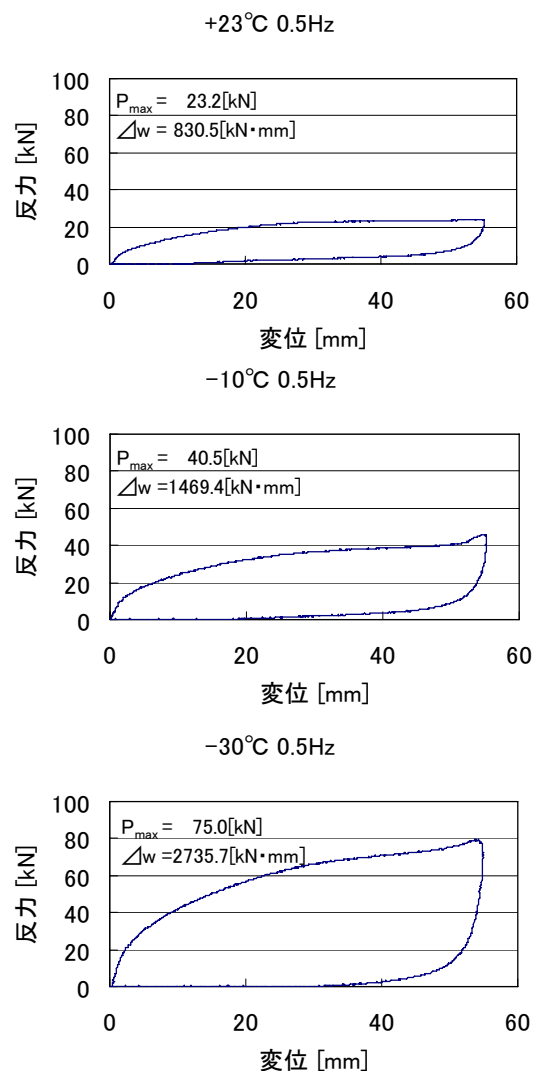


図2 実験結果

キーワード ゴム製緩衝材、低温環境下、応答解析

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 TEL 0157-26-9488 FAX 0157-23-9408

実験結果を見ると、最大反力は -10°C では $+23^{\circ}\text{C}$ 時の1.75倍、 -30°C では 23°C 時の3.23倍となった。吸収エネルギー量は -10°C では $+23^{\circ}\text{C}$ 時の1.77倍、 -30°C では $+23^{\circ}\text{C}$ 時の3.29倍となった。また、圧縮量50mm付近で過圧縮状態（荷重が急激に立ち上がる）になる。これは圧縮の際ゴム材の形状が座屈することにより、ゴム材同士が接触すること、ゴム材が鉄板に接触していることが主な原因であると考えられる。圧縮量50mmまでしかデータ処理を施していないのはそのためである。

4. 応答解析

4. 1 解析の目的

3. 実験結果にも示した反力-変位曲線から、特に、環境温度： $+23^{\circ}\text{C}$ 、 -30°C 、周波数0.5Hzで行った実験の履歴曲線からヒステリシスを考慮したバネモデルを作成し（図4）応答解析を行った。支承や橋台を省略することにより、緩衝材の基礎的な効果を検討し低温環境下での性能の変化についても検討を行う。

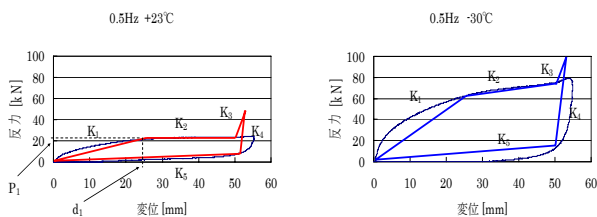


図4 バネモデル化（基準値）

4. 2 解析概要

解析対象モデル橋梁を図3に示す。解析モデルは橋長30m、桁高1.99m、床版厚0.57mの単純桁橋の上部構造を簡素化した梁要素モデルとした。緩衝バネは実験で用いた供試体を地震力に対応する数だけ設置するものとしてバネモデル化し、それを桁の両端に設置している。これはヒステリシスを考慮したバネモデルとし、“環境温度 $+23^{\circ}\text{C}$ 、 -30°C 時、周波数0.5Hz”から得られた反力-変位曲線の履歴曲線をモデル化したものである¹⁾²⁾（図4）。現段階では温度変化による影響を剛性の変化のみで表現していることもあり、ここでは環境温度 $+23^{\circ}\text{C}$ に着目し剛性（ K_1, K_2, K_4, K_5 ）及び一次剛性範囲 d_1 （一次剛性と二次剛性の境： P_1 =一定）を変化させ検討することで橋台側への作用力が最小となるバネモデルを探った。また実験で見られた過圧縮状態を表現するため、変形量50mmを越えると大きな剛性が働くように設定した。上部構造の総重量は9.72MNであり、この解析モデルの上部構造にsin波2周期分（周波

数1.0Hz）の加速度を、橋軸方向に入力して、解析時間を4.0secとした。時刻歴応答解析における数値積分にはニューマーク β 法を用い、積分時間間隔は $\Delta t=1 \times 10^{-3}\text{sec}$ とした。また、現段階では支承を考慮しておらず緩衝材のみの性能を評価するため解析条件は、入力波として最大加速度を400[gal]、緩衝材と桁との隙間は0[mm]として数値計算を行った。

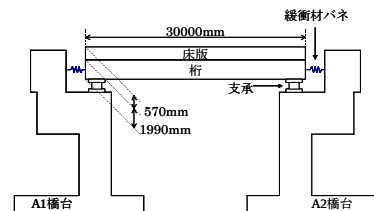


図3 解析対象橋梁

4. 3 解析結果

剛性及び一次剛性を变化させた場合を検討した結果顕著に現れた剛性一次剛性 K_1 と一次剛性範囲 d_1 を変化させた場合の結果を図5に示す。図中の赤く塗りつぶしてあるのが基準とした実験データの値である。

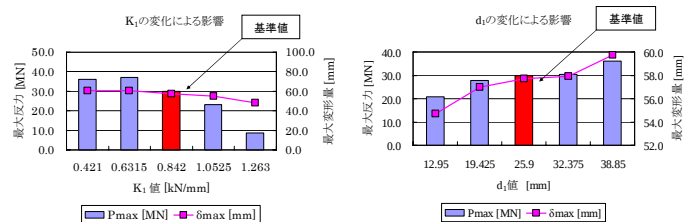


図5 K_1 及び d_1 の変化による影響

K_1 を変化させた場合では概ね K_1 の値が大きくなるにつれて最大反力が小さくなる傾向となった。これは桁と緩衝材の隙間を考慮していないことから、 K_1 の値が大きくなると桁の応答加速度を抑制することが応答変位、反力を抑制した結果となった。また、 d_1 を変化させた場合では d_1 が小さいほど最大反力は小さくなる。これは K_1 の値が大きいこと、反力-変位が描く履歴面積が大きくなることが考えられる。

5. 今後の課題

今後の課題は、桁と緩衝材の隙間による影響を検討すること、支承との複合効果を検討することである。また、橋梁全体系での効果を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 矢部正明、武村浩志、川島一彦：直橋および斜橋の桁間衝突とその影響、構造工学論文集 Vol.43A p781-p791 1997.3
 - 2) 渡邊学歩、川島一彦：衝突バネを用いた棒の衝突の数値計算、土木学会論文集 No.675, pp125-139, 2001.4
- 謝辞：本研究を行うにあたり、実験供試体を㈱ブリヂストンに提供していただきました。ここに記して感謝の意を表明します。