

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

A study of basic characteristics of rubber cushion for bridge under low temperature environment

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
(株)日米ゴム	正会員	潤田 久也
(株)ブリヂストン	正会員	中村 昌弘

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

本研究の実験供試体は図1に示すように八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あり、ゴム材の寸法は100H×100L×30t [mm]である。実験供試体の主な特徴として高硬度、高剛性であるということが挙げられる。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、0、-10、-30、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。

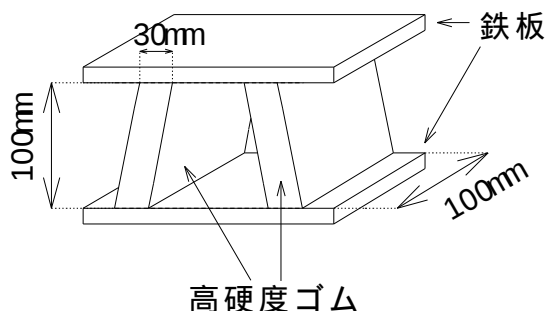


図1 実験供試体

3. 実験結果

実験結果を図2に示す。グラフは荷重-変位曲線を示してある。グラフの右に示す w は吸収エネルギー量でありこれは荷重-変位曲線で描かれたループ内面積とし

ており、 P_{max} は最大荷重となっている。これらはそれぞれ圧縮量 δ : 50mm までで得られた数値となっている。

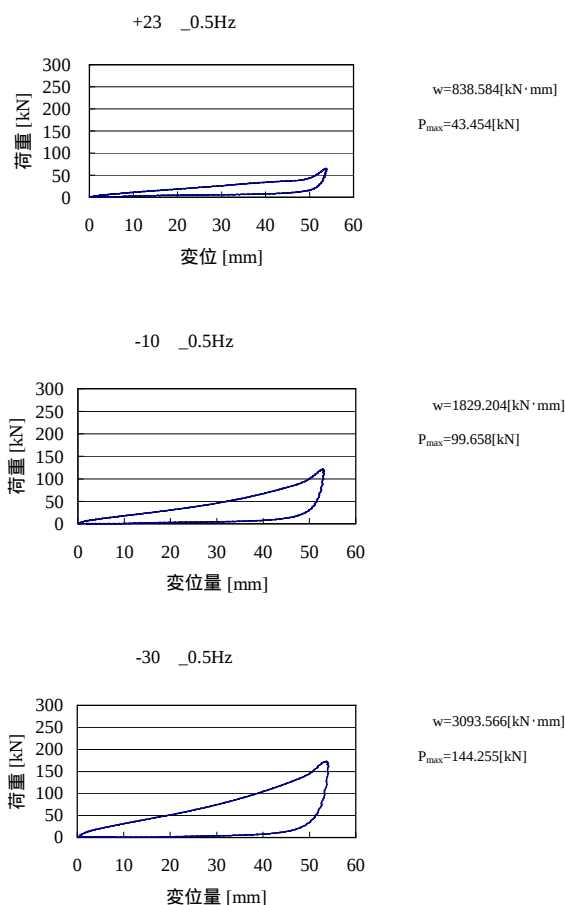


図2 実験結果

実験結果の図を見ると、荷重は変位に対し比例的に増加する結果となることがわかる。反力は-10℃では+23℃時の2.29倍、-30℃では+23℃時の3.32倍となっている。吸収エネルギー量は-10℃では+23℃時の2.18倍、-30℃では+23℃時の3.69倍となっている。また、圧縮量50mm付近で荷重が急激に立ち上がっている（二次剛性）のがわかる。この原因としては圧縮の際ゴム材が座屈することにより、ゴム材同士が接触することや、ゴム材が鉄板にぶつかっているため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. 桁と橋台の応答解析

4.1 解析の目的

3.実験結果にも示した荷重 - 変位曲線から、特に、環境温度：+23、-30、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 3）、汎用構造解析プログラム MARC を用いて、桁と橋台の応答解析を行った。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。

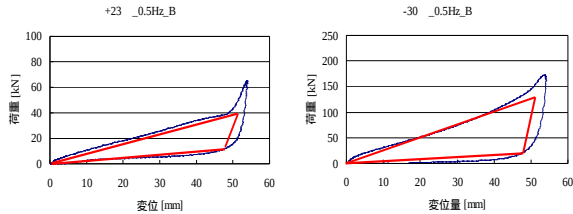


図 3 バネモデル化

4.2 解析概要

解析対象モデル図を図 4 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。緩衝材バネモデルは図 5 に示すようなヒステリシスを考慮したバネモデルとし、これは“環境温度+23、-30 時、周波数 0.5Hz”から得られた荷重 - 変位曲線の履歴曲線をモデル化したものである¹⁾²⁾。実験結果で見られた二次剛性は現段階では考慮しておらず何度も同じ経路を辿るバネモデルとなっている。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 10 周期分の加速度を、周波数 0.5Hz、1.0Hz の 2 種類 橋軸水平方向に入力して、解析時間をそれぞれ 20sec、10sec 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 ($\beta=1/4$) を用い、積分時間間隔は $\Delta t=1 \times 10^{-3}$ sec とした。解析条件は、入力波として最大加速度を 400, 800, 1100[gal]、緩衝材と桁との隙間は 0[mm]として数値計算を行った。

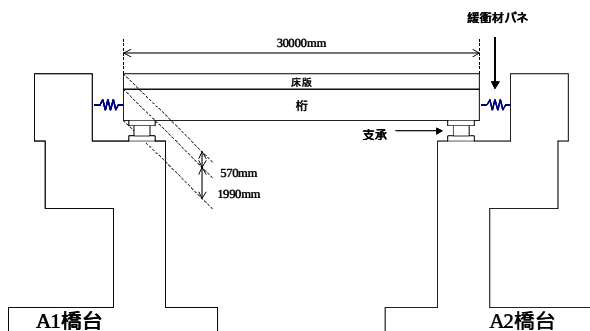


図 4 解析対象モデル

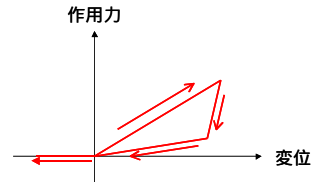


図 5 緩衝材バネモデル

4.3 解析結果

+23、-30 時において 1100gal_1.0Hz_緩衝材 550 基設置した場合の解析結果を図 6-1、図 6-2 に示す。左側は A1 側緩衝材の荷重-変位の履歴、右側は A2 側緩衝材の荷重-変位の履歴曲線である。

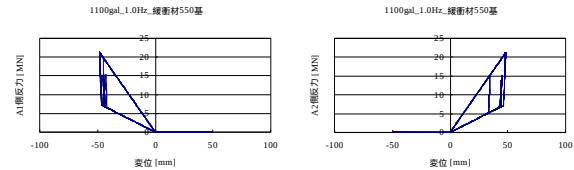


図 6-1 +23 時_1100gal_1.0Hz_緩衝材 550 基

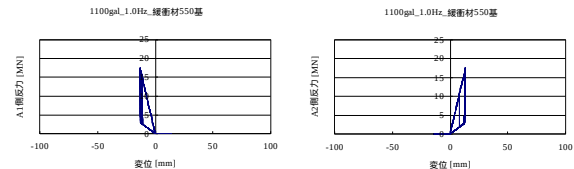


図 6-2 -30 時_1100gal_1.0Hz_緩衝材 550 基

+23 時では、最大変位量 $\delta_{MAX}=48.3$ mm、最大作用力 $P_{MAX}=21.3$ MN となり、-30 では最大変位量 $\delta_{MAX}=13.3$ mm、最大作用力 $P_{MAX}=17.5$ MN となった。また、入力加速度を変化させた場合でも、同じ条件下で温度のみを変化させた場合、一次剛性範囲内で変位を留めるように緩衝材を適切な基数だけ設置した場合では、低温下では常温より小さい桁変位、反力を得る結果となった。

5. まとめ

高硬度ゴムを用いた一軸圧縮実験を行いその吸収エネルギー特性を把握することができた。実験供試体を簡素化橋梁モデルに適用した場合の応答解析を行った。そこで得られた結果を示す。

剛性が急激に高くなる二次剛性以内で変位を留めるように緩衝材を適切な基数だけ設置した場合、低温下ではより小さい桁変位、反力を得ることがわかった。このことから地震力により橋台と桁が破壊しない程度であれば低温下でも有用であるといえる。今後、支承や橋台、更に地盤バネをモデル化することにより実橋梁に近いモデルでの応答解析をすることができ、緩衝材として求められる緩衝効果を把握することが課題であり、また、繰返し応答計算で、ゴムの剛性低下や残留ひずみを考慮したバネモデルを作成する予定である。

【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 №675、pp125-139、2001.4