

低温冷却施設を用いた免震ゴム支承の性能検証実験

(株) 川金コアテック 正会員 ○高橋徹・姫野岳彦・吉田雅彦
北見工業大学 フェロー 大島俊之 正会員 山崎智之

1. はじめに

近年では、免震ゴム支承が幅広く採用され、多くの実績を積み重ねてきているところであるが、北海道や東方地方、あるいは建設ラッシュに沸くアジア諸国のうち、韓国や中国などの一部の地方などでは、非常に寒冷な気候なため、そこに設置される免震ゴム支承は過酷な環境下に曝されることになる。このため、低温条件下における免震ゴム支承の復元力特性を把握することは重要な課題であると考えられる。しかしながら、例えば、-30℃などの極低温状態を想定すると、このような低温環境下での性能検証実験は、試験設備上の制約などから実施が困難である場合が多く、十分なデータ・知見に乏しく、現在も各機関で積極的な研究が行われているところである(例えば1)。

本稿では、鉛の塑性変形により減衰効果を発揮させる「スプリング拘束型鉛プラグ入り積層ゴム支承」における低温性能試験結果について報告する。

なお、先の検討において、恒温槽で-30℃まで冷却した供試体を取り出し、常温下に設置された載荷装置により性能検証を行った結果について報告している²⁾が、文献1に報告されているように、恒温槽から取り出した瞬間から温度条件は刻一刻と変化してしまうため、本研究では、実際の加振中を含めて低温状態を維持した中で性能検証を実施することに着目している。

2. 実験方法

2.1 供試体形状

本実験に使用した供試体を表-1 および図-1 に示す。合計4体の供試体には、形状パラメーター(鉛本数、積層構成(形状係数)の違い)をそれぞれ設定している。また、詳細な温度計測を行うために、供試体には熱電対を多数埋め込む構造とし、外気温度の変化に伴う内部温度の変化や加振中における発熱・温度分布の検証を行うこととした。

表-1 供試体諸元

No.	平面寸法	積層構成	鉛形状	形状係数
A	□155	7mm×5	φ46×1	S1=5
B		7mm×5	φ23×4	S1=5
C		4mm×7	φ46×1	S1=9
D		4mm×7	φ23×4	S1=9

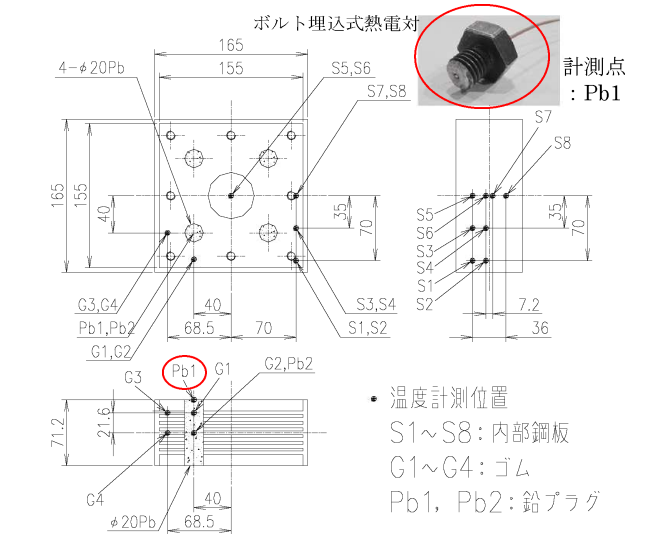


図-1 供試体形状と熱電対設置位置

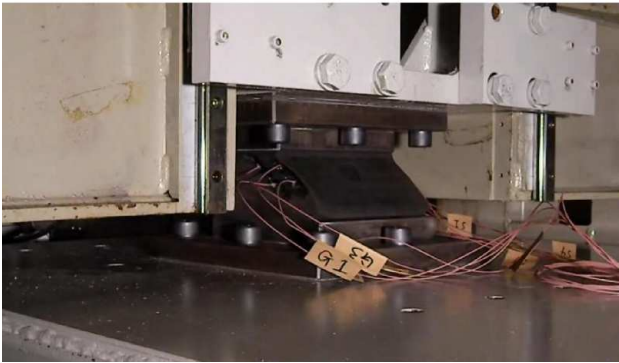


図-2 載荷概要

2.2 実験設備

供試体を載荷試験中も所定の温度に保持するために、試験装置を含めた実験室全体を冷却することが可能な北見工業大学所有の低温冷却施設を使用し、-30℃の低温環境の再現を目標として、温度状態を逐次モニタリングしながら、実験を行った。図-2 には水平加振中の供試体外観を示す。

キーワード：寒冷地、低温特性、免震支承

連絡先：〒307-0017 茨城県結城市若宮 8-43 (株)川金コアテック Tel:0296-21-2202 Fax:0296-32-8088

3. 実験結果

3.1 冷却曲線

図3に冷却時の温度経過を示す。目標温度は -30°C に設定したが、実際には実験室内の外気温度自体、 -25°C 程度までしか冷却できなかった。一方で、ゴム支承の内部温度は、外気温の低下に従い、冷却されていることが確認でき、今回の降温速度および供試体形状の場合には、外気温度が内部に伝達されるまでの時間的な遅れは5時間程度であることが分かる。

3.2 水平加振結果

水平加振実験は、面圧 6MPa に相当する鉛直荷重を載荷させた状態で、せん断ひずみ $\gamma=175\%$ の水平変位を周波数 0.1 および 0.5Hz で、それぞれ正負交番 11 回載荷することとした。また、このときの温度条件は、 $+23^{\circ}\text{C} \rightarrow -30^{\circ}\text{C} \rightarrow -10^{\circ}\text{C} \rightarrow +23^{\circ}\text{C}$ を目標温度に設定し、順番に加振を行った。

図-4 に荷重-変位関係の一例を示す。 -30°C の低温状態では試験装置の水平載荷能力が不足してしまい、目標変位までの加力ができず、漸増載荷のようなループを示した。これは、低温によるゴムの硬化の影響と思われるが、図-3 に示したように内部温度まで冷却が完了した後も、継続して長時間低温状態を維持した後に加振を行ったことも、剛性が増加した一因である可能性が考えられる。

履歴曲線に関する傾向としては、これまでの研究知見の通り、低温時には、剛性および履歴吸収面積（減衰定数）の両者が共に増加する傾向が認められた。また、その変化率は、先に実施した恒温槽から取り出して常温下で載荷試験を行ったケース²⁾に比べると、例えば剛性については、約 10% 程度の上昇傾向がみられ、試験環境が性能評価に一定の影響を与えていることが確認できた。

また、低温状態を経験した後、再び常温状態 ($+23^{\circ}\text{C}$) で載荷を行った履歴 (D) は、初期の履歴 (A) とほぼ同じループを描いており、低温状態を経験させても、ゴム支承の性能には変化は生じていないことが分かる。

また、図-5 は水平加振中のゴム支承の内部温度を示したものであるが、特に鉛プラグ表面に設置した Pb1 において、計 11 回の正負交番載荷により約 40°C 程度の温度上昇が確認でき、この温度が周囲に伝達している様子が見える。

4. まとめ

本実験により、免震支承の極低温下における有益な検証データを得ることができた。

今後は、本試験で得られたデータの詳細分析を進め、また、形状によるスケール効果や加振速度条件などの各パラメーターについても継続して検証を進めていく予定である。

参考文献)

- 1) 吉田, 三田村, 石川, 今井: 積雪寒冷地域における橋梁用ゴム支承の性能評価実験, 第 64 回年次学術講演会, I-383, 2009.9.
- 2) 高橋, 吉田, 姫野: 免震ゴム支承の極低温特性に関する検証実験, 第 65 回年次学術講演会, I-568, 2009.9

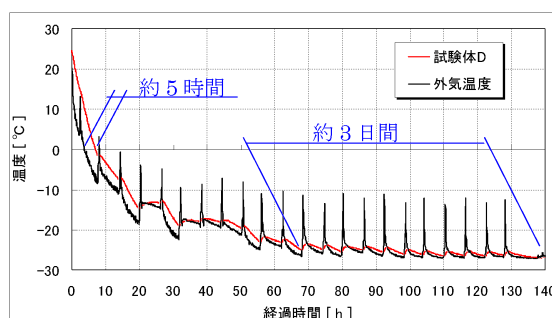


図-3 冷却時の温度計測結果

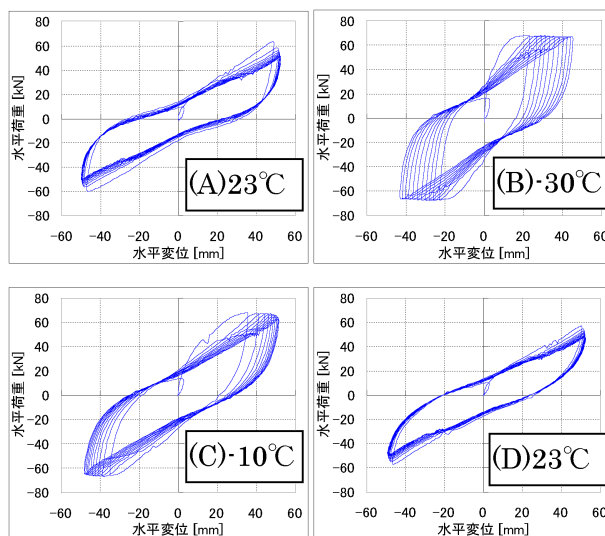


図-4 荷重変位関係

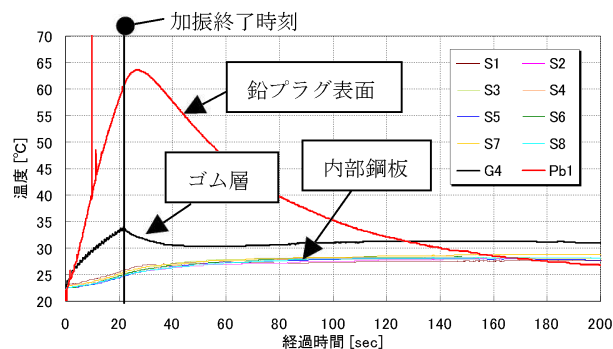


図-5 水平加振中の内部温度状況 ($+23^{\circ}\text{C}$ 加振)