

# 低温環境における高減衰ゴム支承の準静的 および実時間ハイブリッド実験

党 紀<sup>1</sup>・談 雨晴<sup>2</sup>・五十嵐 晃<sup>3</sup>・姫野 岳彦<sup>4</sup>・濱田 由記<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 埼玉大学准教授 理工学研究科 (〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255)

E-mail: dangji@mail.saitama-u.ac.jp(Corresponding Author)

<sup>2</sup>学生会員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻博士後期課程 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

E-mail: tan.yuqing.67x@st.kyoto-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 京都大学教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

E-mail: igarashi.akira.7m@kyoto-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 川金コアテック 技術本部 (〒332-0015 埼玉県川口市川口 2-2-7)

E-mail: himeno@kawakinkk.co.jp

<sup>5</sup>非会員 川金コアテック 技術本部 (〒307-0017 茨城県結城市若宮 8-43)

E-mail: hamada@kawakinkk.co.jp

低温環境における高減衰ゴム支承の地震時挙動は、常温時に比べて、剛性と減衰の変化の他に、速度依存性、自己発熱、外部への熱伝導も顕著となり、熱伝導、力学と地震応答の連生解析が必要となる。今まで、複数の準静的、仮動的実験が実施されているものの、今まで提案された数値解析手法では、このような挙動を高度に再現することが難しい。本研究では、高減衰ゴム支承を使用された免震橋の地震時挙動の低温環境による影響を調べるために、実時間低温ハイブリッド実験を実施し、基礎的検討を行う。試験体が断熱チャンバー内に収納され、低温条件を保持したまま、橋梁構造物の地震応答を模擬するサブストラクチャハイブリッド実験を実速度で実施した。その結果を常温時の結果および一定速度で実施された仮動的ハイブリッド実験の結果と比べ、低温および載荷速度による免震橋の地震応答への影響を比較検討する。

**Key Words:** low temperature, real time hybrid simulation, seismic response, performance

## 1. はじめに

2018年北海道胆振東部地震は、北海道ではじめて観測された震度7の地震動である。その揺れは、1995年兵庫県南部地震や2016年熊本地震と同様のレベルであり、寒冷地域においては、低温環境に適応した地震防災や地震補強対策の検討が必要となることがある<sup>1,2)</sup>。

ゴム支承は、寒冷地においても多くの橋梁構造物に採用されているが、低温環境において、出力荷重が大幅上昇して<sup>3)</sup>、構造物の振動特性と地震時の損傷パターンが室温環境を全体とされた設計と解析より乖離する恐れがある。

免震橋の耐震設計において、免震支承、制震部材、橋脚などの主要な非線形化部材の地震時挙動を適切な再現

できる数値モデルを用いることが重要である<sup>4,5)</sup>。これまで、天然ゴム支承 (NR)、鉛プラグ入りゴム支承 (LRB)、高減衰ゴム支承 (HDR, HDR-S) やSPR-Sなどの新しいタイプのゴム支承に関して、載荷実験に基づく変形性能、耐荷性能、復元力特性に関する研究が数多く行われている<sup>6,7,8)</sup>。これらのゴム支承の等価剛性・等価減衰定数、およびそれらの振幅依存特性が調査され、設計実務や性能評価に用いられている<sup>3,9)</sup>。より合理的な地震応答評価に向けて、劣化されたゴム支承の耐震性能実験<sup>10,11)</sup>や水平2方向載荷の条件での挙動や非線形履歴復元力特性の検討、復元力モデルの開発<sup>12-14)</sup>などの研究も実施されている。

高減衰ゴム支承の低温時復元力特性について、繰り返しせん断載荷実験により、雰囲気温度の影響を考慮した

研究が行われた<sup>16)17)</sup>。これらの载荷実験から、ゴム支承が载荷された場合、履歴減衰とともに消費されたエネルギーを温度に変化して、载荷によって自己発熱が発生することが解明された。ゴム支承の内部温度、履歴特性が互いに影響され、その相互作用を解明する必要がある。

これまでの静的繰り返し実験では、小さい振幅から大きい振幅まで連続で漸増しているプロトコールを使用していた。このような载荷では特に低温時において、ゴム支承の内部温度情報によって、大きい振幅の载荷では、ゴム内部の温度がすでに上昇していたため、例えば、雰囲気温度-20度の载荷では、実質上250%付近の载荷では、ゴム内部の温度がすでに0°C付近に上昇しており、低温かつ大振幅の条件下の履歴特性が得られていなかった。

ただし、実地震動の揺れでは、特にパルス性が強い地震では、かなり最初からゴム支承の内部が低音の状態で大きな振幅が経験してしまう。今までの実験方法では、大きい振幅領域のゴム支承の荷重を過小に評価してしまい、真実より危険な知見が得られる恐れがある。

より真実な履歴挙動を得るためには、静的繰り返し実験では、こまめに、試験体を休ませて、低温状態に戻したインターバル時間をもうけた载荷が必要である。

一方、免震ゴム支承の地震時挙動を理解するために、ハイブリッド実験<sup>18)19)</sup>が最も有効な検討手段の一つである。著者らは、今まで高減衰ゴム支承に対して、载荷速度が一定なハイブリッド仮動的実験を実施していた。その結果として、低温環境下におけるゴム支承の水平反力が大きくなり、支承部の応答変位が抑えられていたものの、橋脚への地震力の負担が大幅に増大した。

しかし、低温環境下におけるゴム支承の速度依存性が顕著になる報告もあった<sup>16)</sup>。定速で実施される仮動的ハイブリッド実験では、支承の荷重を過小に評価する恐れがある。また、ゴム支承の内部温度も時間と共に、内部の分布が変化したり、外部に散逸したりするため、载荷速度に従って、履歴特性がさらに変化することが考えられる。

そこで本研究では、温度を制御した断熱ケース内に設置した低温のゴム支承試験体のせん断载荷が可能な装置を用い、高減衰ゴム支承 (HDR-S) を用いた実験的研究を行う。本研究では振幅ごとにインターバル時間を設けて、試験体を低温に戻すまで休ませて、振幅ごとに低温時の履歴情報を得られる実験を実施する。また、免震橋を想定した振動モデルを用いて、高速で実時間ハイブリッド実験を実施する。今まで実施された連続静的繰り返し実験と一定速度の低速仮動的実験の結果と比較し、低温かつ大振幅载荷を受ける高減衰ゴム支承の履歴挙動を解明し、その地震時挙動を評価する。

## 2. 载荷条件

### (1) 試験体

本研究で用いる高減衰ゴム支承試験体は、図-1に示す外型平面寸法250 mm×250mmの標準サイズのHDR-S試験体である。層厚5mm、せん断弾性係数 $G=1.2\text{N/mm}$ のゴム6層で構成され、ゴム総厚は $t_g=30\text{mm}$ である。被覆ゴムは厚さ5mmであり、有効面積は $240\times 240\text{mm}^2$ である。1次形状係数は $S_1=12$ 、2次形状係数は $S_2=8$ となっている。

### (2) 载荷装置

図-2に示す2軸試験機を用いて準静的および動的载荷を行った。水平方向の最大荷重は $\pm 400\text{kN}$ 、最大変位は $\pm 200\text{mm}$ 、鉛直方向の最大荷重は $2000\text{kN}$  (圧縮) および $1000\text{kN}$  (引張)、最大変位は $\pm 150\text{mm}$ である。試験体の面圧 $6\text{MPa}$ を保持するよう鉛直方向に荷重制御しながら、水平方向に変位制御を行うことでせん断载荷試験を行う。

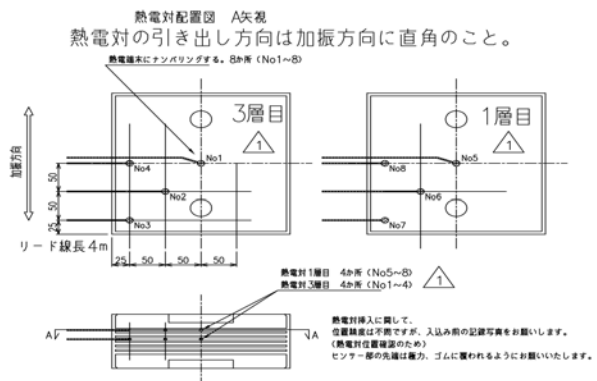


図-1 HDR-S試験体および熱電対の配置詳細図



図-2 载荷装置外観(試験機)



図-3 試験体上の断熱材と低温チャンバー

### (3) 低温環境制御

試験体のベースプレートの上下面は図-3に示す高強度セメント系断熱板（図中灰色部分）を介して試験機に設置するとともに、上下のベースプレートに接触するせん断キーの試験機側の面にもスポンジゴムを挟んでいる。試験体は断熱材に巻き込まれて、低温チャンバーが作られた。低音チャンバーの側面では、2つの穴を開けて、図-4に示す冷却機により断熱ケース内の空間内に冷気を循環させることで、雰囲気温度を管理した低温環境での载荷試験を実現している。

試験体の内部の温度が指定した温度となるよう载荷開始に先立つ24時間以上の間、指定された温度の冷気を供給して温度管理を行った。载荷直前までは、低音チャンバーの隙間をテープで密封しており、载荷時では上部テープをはかして、わずかな隙間を残す。低温チャンバーと試験体の間の遊間があり、低温チャンバー本体が変形しない。

図-1に示すように、試験体内部の8箇所熱電対No. 1-8を設置した。さらに、試験体の側面表面の中央部にも熱電対2箇所を配置している。試験体の上から1層目に内部4箇所、外部1箇所の熱電対が配置され、また、中間層である3層目にも内部4箇所、外部1箇所の熱電対を配置した。

### (4) 実験計画

本研究では、インターバルを設けた準静的実験と実時間ハイブリッド実験の2種類の実験を実施する。



図-4 冷却装置

表-1 実験1の载荷計画

実験1			
Date	Test	Ambient temp.	Specimen number
2021/12/14	Interval Quasi-static	23°C	No. 1-1
2021/12/16	Real time hybrid	23°C	No. 1-1
2022/2/15, 2/16	Interval Quasi-static	-20°C	No. 1-3
2022/2/17	Real time hybrid	-20°C	No. 1-3
2022/2/22	Interval Quasi-static	0°C	No. 1-4
2022/2/24	Real time hybrid	0°C	No. 1-4

また、著者らが過去で行った、準静的実験と仮動的ハイブリッド実験のデータを用いて、比較的検討を行う。これからは、比較しやすいため、本研究で実施された一連の実験を「実験1」とし、過去の実験を「実験2」と呼ぶ。本研究で新たに実施された実験1の計画を表-1、既存の実験2を表-2に示す。

準静的実験では、一定面圧6MPaの鉛直荷重を維持しながら、水平方向にゴム支承のせん断ひずみ振幅50%、100%、150%、175%、200%、250%の5サイクルの変位正負交番载荷を行った。いずれも5サイクル目の後に、急停止を防ぐためのテーパー振幅の1サイクルの载荷を行っている。载荷時の設定温度条件は、前述のとおり23°C、0°C、-20°Cの3ケースである。ただし、実験1では振幅ごとに、インターバルを設けて、内部温度を監視し、設定された雰囲気温度に戻すまで試験体を休ませてから、次の振幅の5サイクル载荷を行った。

表-2 実験2の载荷計画

実験2			
Date	Test	Ambient temp.	Specimen number
2019/11/13	Quasi-static	23°C	No. 2-1
2019/11/14	Pseudo Dynamic	23°C	No. 2-1
2019/12/17	Pseudo Dynamic	-20°C	No. 2-2
2019/12/24	Quasi-static	-20°C	No. 2-2
2020/1/16	Pseudo Dynamic	0°C	No. 2-3
2020/1/24	Pseudo Dynamic	23°C	No. 2-4
2020/1/28	Quasi-static	0°C	No. 2-3
2020/1/30	Pseudo Dynamic	-20°C	No. 2-2
2020/2/4	Pseudo Dynamic	0°C	No. 2-3

一方、実験2では、実験がほぼ連続のために実施された。同じ振幅の载荷の間、制御の設定など必要な作業など、多少ながら時間も空いているが、内部の温度が累積されてしまい、大振幅域の载荷では、低温時の結果を従実反映されていないものである。

実験1として新たに実施された実時間ハイブリッド実験载荷は同じ温度条件でインターバルある準静的実験が実施された試験台を用いて载荷された。これによって、準静的実験では初期载荷効果のある結果で、ハイブリッド実験の方は初期ではない試験台を使っていた。過去で得られた実験2シリーズの仮動的実験では、各温度条件下で初期载荷と初期ではない载荷それぞれ2回実施された。

### 3. 準静的実験の結果

#### (1) 各温度条件下の復元力履歴

各温度条件で得られたインターバルのないおよびある準静的载荷により得られた履歴復元力曲線を図-6, 7, 8に示す。温度が低くなるほど繰り返し载荷による応力軟化の影響が増大する傾向が見られる。従来の研究による知見と同様、低温時に剛性が大きくなり、履歴減衰も大きい値となっている。

一方で、同じ温度条件に比べてみると、振幅ごとに初期内部温度に戻った実験1の結果では、特に第1サイクルでは、連続载荷された実験2より大きい復元力が得られた。ただし、振幅が大きくなるとその差が小さくなる傾向も見られる。

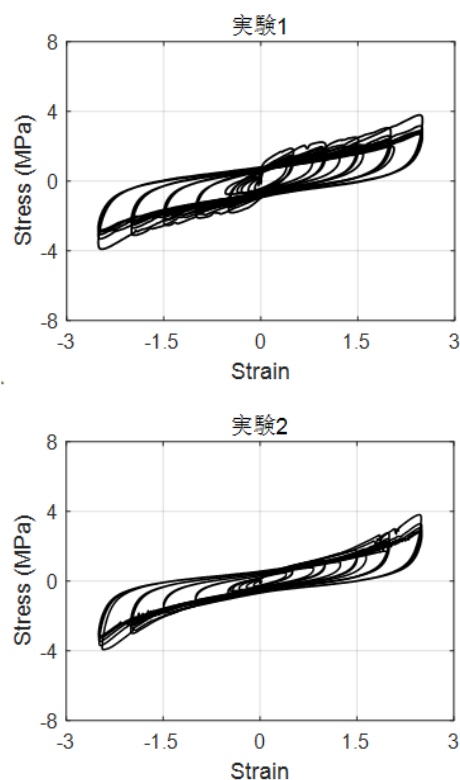


図-6 23°C準静的実験の復元力履歴

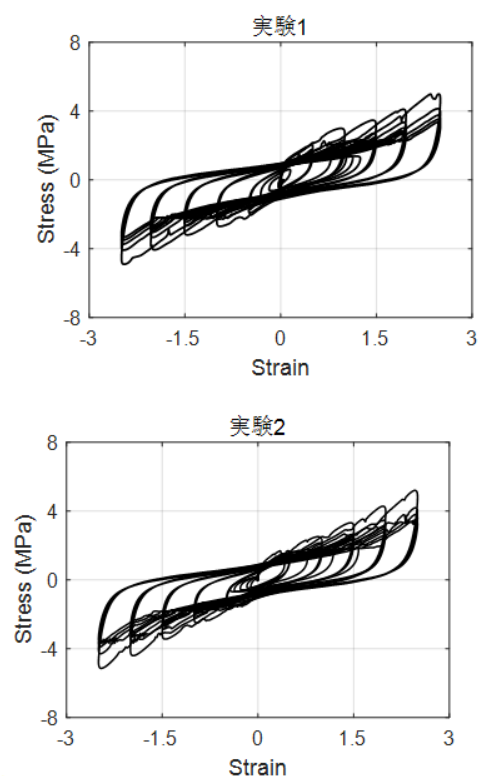


図-7 0°C準静的実験の復元力履歴

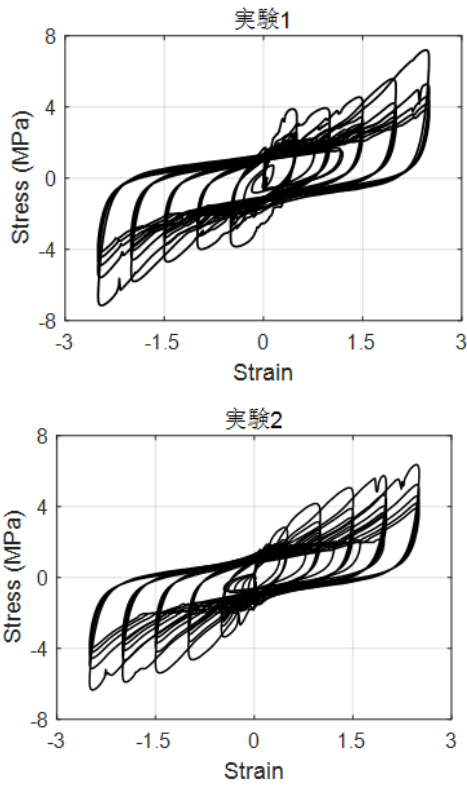
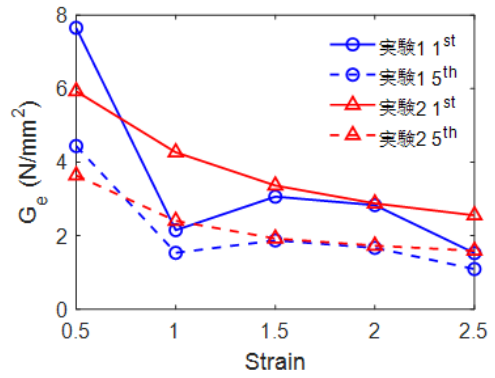


図-8 -20°C準静的実験の復元力履歴

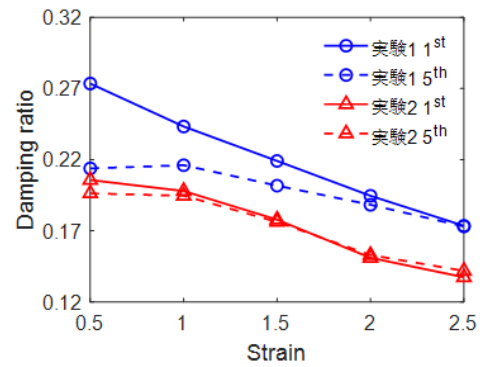
## (2) 履歴特性の温度依存性

履歴復元力特性を表現するパラメータである等価剛性係数 $G_e$ 、および等価減衰定数 $h_{eq}$ の温度依存性およびひずみ依存性を整理した結果を図-9、10に示す。

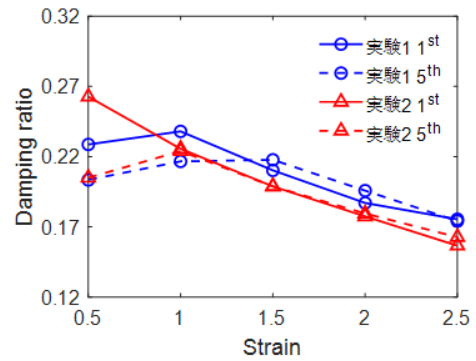


(c) -20°C準静的実験

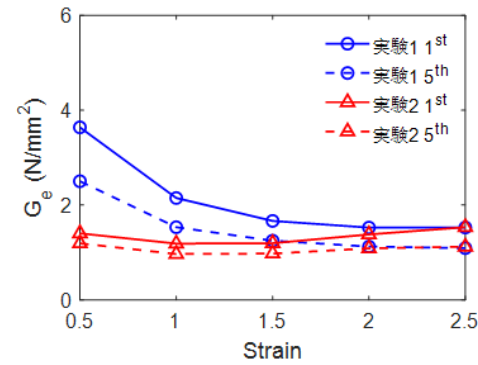
図-9 準静的実験で得られた等価剛性



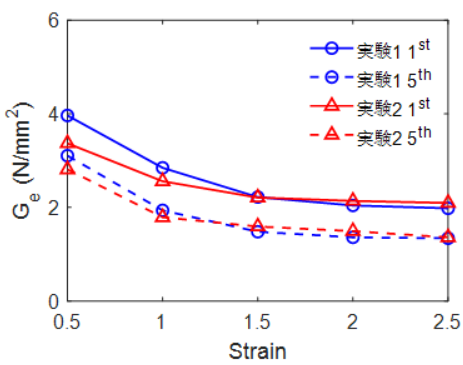
(a) 23°C準静的実験



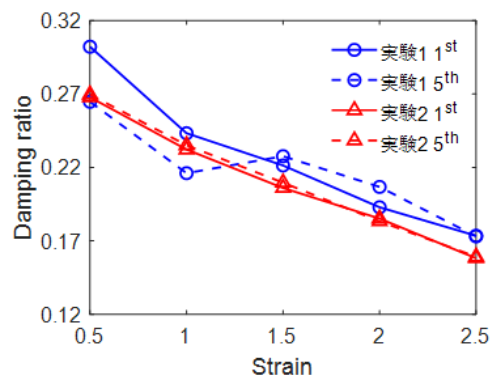
(b) 0°C準静的実験



(a) 23°C準静的実験



(b) 0°C準静的実験



(c) -20°C準静的実験

図-10 準静的実験で得られた等価減衰比

各々のひずみ振幅について5サイクルの载荷を実施しており、履歴特性もサイクルごとに変化する。第1サイクルと第5サイクルでの値をそれぞれ1st, 5thとして示している。

図-9に示すように、23°Cの载荷では、連続载荷の場合では等価剛性にはサイクルごとの差が少ないに対して、実験2では顕著の差が見られた。また、ひずみ振幅50%の载荷では、実験1と実験2の差が見られるが、ひずみ振幅250%では各パラメーターの差が小さい。

#### 4. 実時間ハイブリッド実験

##### (1) 実験方法

本研究で行うハイブリッド実験では、図-11に示すような連続桁橋のモデルを対象とする。計算量の低減のため、桁は各支点において同一の質量を持ち、全ての橋脚は完全に同一であると仮定し、2自由度系に簡略化したモデルとする。各々の橋脚での高減衰ゴム支承の数は2基であり、上部構造が合計で8基のゴム支承で支持される橋梁を想定する。

図中の $m_1$ は上部構造の質量、 $m_2$ を橋脚の有効質量、 $k_2$ は橋脚バネを表している。 $k_1$ の記号で記載された部材が高減衰ゴム支承に対応する。試験体の寸法、面圧、試験機の定格値を考慮して設定した構造モデルの諸元を表-3に示す。

なお、ハイブリッド実験での载荷に用いた試験体の寸法スケールは実物の1/6として相似率を $S=6$ とした。

予備载荷試験で得られた、常温時のひずみ振幅175%での履歴復元力のデータから同定された初期剛性に基づく橋梁モデルの固有周期は、表に示すように約1秒である。免震構造物にはやや小さい周期の値と示しております。

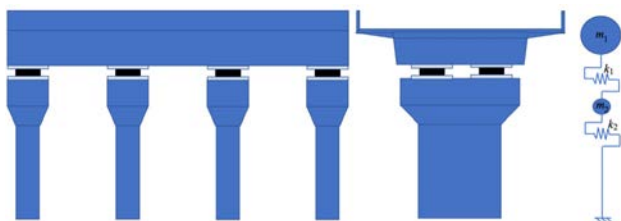


図-11 ハイブリッド実験の構造モデル

表-3 橋梁モデル諸元

上部工質量 $m_1$	10200 (ton)
橋脚質量 $m_2$	3390 (ton)
ゴム支承初期剛性 $K_1$	376 (kN/mm)
橋脚剛性 $K_2$	400 (kN/mm)
減衰定数 $h$	0.05
1次固有周期 $T_1$ (初期剛性の場合)	1.05(s)
2次固有周期 $T_2$ (初期剛性の場合)	0.274(s)

実時間ハイブリッド実験では、载荷する変位増分を予測する。制御変位がオーバーショットしないように、剛性行列を構成するときに、ゴム支承の初期剛性を使っているため、表に示す結果となるが、通常の耐震設計上習慣に従い、ゴム支承の等価剛性、経験上初期剛性の約3倍、を用いる場合、構造モデルの約1.7秒から2秒の周期となる。

実時間ハイブリッド実験の载荷手順においては、ゴム支承を実験要素とし、橋脚バネは線形弾性バネを仮定している。アクチュエータの荷重を高減衰ゴム支承試験体の復元力として実物スケールへの換算を行い、構造モデルの運動方程式の数値積分を行なっている。実時間载荷では、実際の微小時間間隔を用いて、変位増分を目標変位に足して、実際のひずみ速度で行った。

入力地震動として、道路橋示方書レベル2タイプIIの2種地盤用スペクトルに対応した1995年兵庫県南部地震のJR鷹取駅記録NS成分に基づく波形を用いた。

##### (2) 復元力履歴における相違

载荷速度の相違による地震応答の変化の評価のため、実時間载荷されたハイブリッド実験と仮動的载荷で得られた高減衰ゴム支承のひずみ応力関係を、条件温度23°C、0°C、-20°Cの結果の比較を図-12に示す。

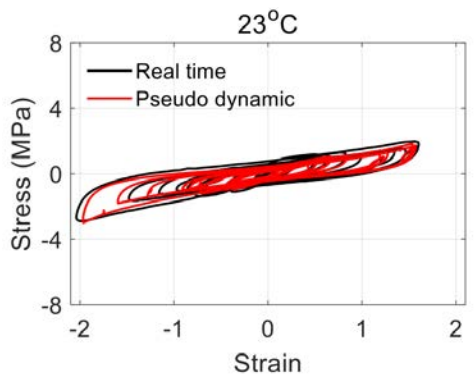
図に示すように、23°Cの载荷では実験1と実験2の間では大差がないが、低温になると両方の差が開いており、特に-20°Cでは両者の差が顕著となった。

しかし、予想された実時間载荷では载荷速度が大きいことと反して、実時間载荷の場合の支承の荷重が小さい結果となり、やや大きな応答変位が得られた。

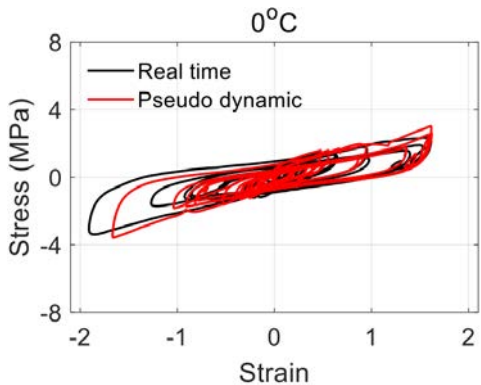
##### (3) 橋脚の応答変位

橋脚バネにおける応答変位時刻歴の比較を図-13に示す。23°Cの载荷結果では、実時間载荷と仮動的载荷の橋脚の応答結果がほぼ一致しており、差が見られていない。

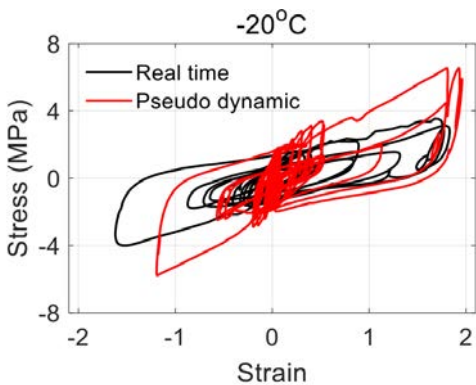
一方、低温载荷では、仮動的载荷で得られた結果より、実時間载荷の結果では橋脚の応答変位の振幅が小さい傾向が見られた。



(a) 23°C 載荷時

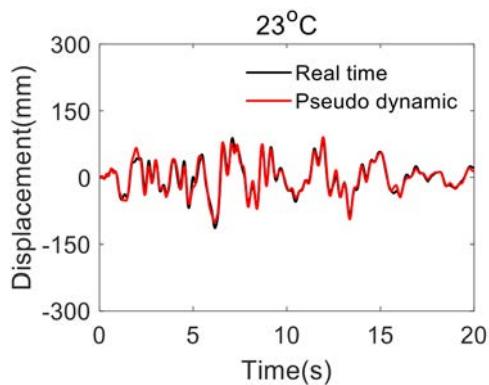


(b) 0°C 載荷時

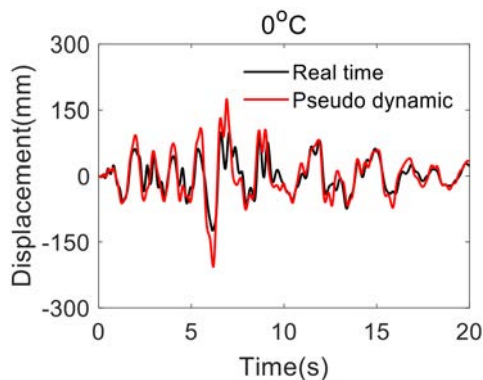


(c) -20°C 載荷時

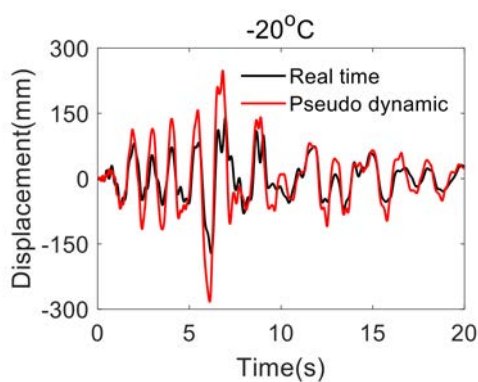
図-12 ハイブリッド実験で得られた復元力履歴



(a) 23°C 載荷時



(b) 0°C 載荷時



(c) -20°C 載荷時

図-13 橋脚の応答変位の相違

## 5. まとめ

本研究では、地震応答のようなランダムな載荷履歴に対する低温環境下の高減衰ゴム支承HDR-Sの履歴復元力特性や橋梁の地震応答に対する影響を検討することを目的として、インターバルを設けた準静的実験と実時間で載荷されたハイブリッド実験を実施した。本研究で得られた知見をまとめれば、以下の通りである。

- (1) 振幅ごとにゴム支承試験体の内部温度を雰囲気温度に戻ったインターバルを設けた準静的実験では、従来の載荷実験より大きな荷重を得られた。ただし、最大振幅250%における差が小さい。

- (2) 準静的実験の差に関して、特に23°Cの載荷では等価剛性と等価減衰差が顕著であり、低温時における差が少ない。
- (3) 実時間載荷と仮動的載荷されたハイブリッド実験を比較して、実時間載荷の場合の支承の復元力がより小さい結果となった。
- (4) 上記項目に述べた現象の結果、橋脚における応答変位が、実時間載荷の場合の結果が小さく、低温時の影響は今まで評価されたことより少ないことを示唆しているが、今後さらなる検証が必要である。

## 参考文献

- 1) 岡田成幸: 北海道胆振東部地震にみる積雪寒冷地住宅の強靱さと新たな問題, 消防防災の科学, No.138, pp.22-29, 2019.
- 2) 水田敏彦, 鏡味洋史: 積雪期の被害地震の文献調査, 日本建築学会技術報告集, 第22巻, 第51号, pp.821-824, 2016.
- 3) 奥井義昭, 尾上修浩, 佐藤京, 今井隆: 自己発熱を考慮した高減衰ゴム支承の温度依存特性, 土木学会論文集 A1, Vol.73, No.1, pp. 165-173, 2017.
- 4) 道路橋示方書, V耐震設計編, pp.280~281, 2012.
- 5) 建設省道路局;兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様, 1995.
- 6) 竹内孝徳, 水野豪, 鈴木森昌, 青木徹彦, 前野裕文, 森下宣明: ゴム支承のせん断変形性能に関する実験的研究, 第26回地震工学研究発表会講演論文集, Vol.26, pp.1101-1104, 2001.
- 7) 篠原聖二, 榎本武雄, 井上崇雅, 星隈順一, 岡田慎哉, 西弘明, 高橋良和: ゴム支承のせん断特性の評価手法に関する研究土木学会, 構造工学論文集, Vol. 62A, 2016.
- 8) 木下幸治, 目崎裕太, 姫野岳彦, 小澤亨: 超高減衰ゴム支承の変形挙動に及ぼす荷重方向の影響に関する実物荷重実験, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.75, No. 4, pp. I\_754-I\_762, 2019.
- 9) 日本道路協会: 道路橋支承便覧, 丸善出版, 東京, 2018.
- 10) 林訓裕, 足立幸郎, 甲元克明, 八ツ元仁, 五十嵐晃, 党紀, 東出知大: 経年劣化した鉛プラグ入り積層ゴム支承の残存性能に関する実験的検証, 土木学会論文集 A1, Vol.70, No.4, pp.1032-1042, 2014.
- 11) 林訓裕, 足立幸郎, 坂本直太, 五十嵐晃, 党紀, 大谷修, 下池利孝: ゴム支承の損傷メカニズムに関する基礎的検証, 土木学会論文集 A1, Vol.71, No.4, pp.525-536, 2015.
- 12) 五十嵐晃, 党紀, 村越雄太, 伊東俊彦: 免震ゴム支承の水平 2 方向復元力特性に関する荷重実験および復元力モデルの比較検討, 土木学会論文集 A1, Vol.69, No.4, pp.311-325, 2013.
- 13) 五十嵐晃, 松島弘, 党紀: 矩形廃タイヤゴムパッド免震材のせん断変形性能の荷重方向依存性, 土木学会論文集 A2, Vol.69, No.2, pp.425-434, 2013.
- 14) 党紀, 五十嵐晃, 村越雄太: 高減衰ゴム支承の水平 2 方向・大ひずみ変形時の挙動を表現した 2 方向復元力モデルの開発, 土木学会論文集 A1, Vol.72, No.1, pp.250-262, 2016.
- 15) 齊藤剛彦, 入江駿亮, 中村保之, 竹ノ内浩祐, 宮森保紀, 山崎智之: 低温動的荷重実験による高減衰ゴム支承の力学的特性の検討, 土木学会論文集 A1, Vol.74, No.4, pp.765-776, 2018.
- 16) Nguyen, D., Dang, J., Okui, Y., Amin, A., Okada, S. and Imai, T.: An improved rheology model for the description of the rate-dependent cyclic behavior of high damping rubber bearings, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 77, pp. 416-431, 2015.
- 17) 奥井義昭, 尾上修浩, 佐藤京, 今井隆: 自己発熱を考慮した高減衰ゴム支承の温度依存特性, 土木学会論文集 A1, Vol.73, No.1, pp. 165-173, 2017.
- 18) 山田 善一, 家村 浩和, ウィリアム タンブー, 鶴野 禎史, 中村 鎮雄: ハイブリッド地震応答荷重実験手法による高減衰ゴム支承の免震効果, Vol. 37-2, pp. 851-862, 1991.
- 19) 党紀, 談雨晴, 五十嵐晃, 姫野岳彦, 濱田由記, 鶴野禎史: 低温時高減衰ゴム支承を用いた免震橋のハイブリッド実験, 第23回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集, Vol.23, No.1, pp.215-227, 2021.
- 20) 袁涌, 家村浩和, 五十嵐晃, 青木徹彦, 山本吉久: 実時間ハイブリッド実験による高減衰免震ゴム支承の耐震性能の評価, 土木学会論文集 A, Vol.63, No.1, pp.265-276, 2007.
- 21) 伯野元彦, 四俵正俊, 原司: 計算機により制御されたはりの動的破壊実験, 土木学会論文報告集, 第171号, pp.1-9, 1969.
- 22) 財団法人土木研究センター: 道路橋の免震・制震設計法マニュアル(案), pp.6.32-6.37, 2011.

## QUASI-STATIC AND REAL TIME HYBRID SIMULATION TESTS FOR HIGH DAMPING RUBBER BEARING UNDER LOW TEMPERATURE

Ji DANG, Yuqing TAN, Akira IGARASHI, Takahiko HIMENO and Yuki HAMADA

The seismic behavior of high-damping rubber bearings in low-temperature environments, accompanied with changes in stiffness and damping, is marked by rate dependence, self-heating, and thermal conduction. Although, several quasi-static and hybrid simulation tests have been conducted so far, it is difficult to reproduce such behavior with the numerical analysis methods proposed so far. In this study, interval rested quasi-static and real-time hybrid simulation loading tests in low-temperature were carried out to investigate the seismic behavior of seismic isolation bridges with high-damping rubber bearings. A substructure hybrid experiment was carried out at real strain velocity to simulate the seismic response of the bridge structure while the specimen was isolated in an adiabatic chamber and maintained at low temperature. The results are compared with the results at room temperature and the results of the pseudo-dynamic hybrid experiment conducted at constant velocity, and the effects of low temperature and loading velocity on the seismic response of the seismic isolation bridge are compared.