

## 温度依存性に着目した高減衰ゴム支承を用いた橋梁に対する仮動的実験の考察

北見工業大学 正会員 ○齊藤 剛彦 北見工業大学 正会員 宮森 保紀  
住友理工株式会社 正会員 中村 保之 日本铸造株式会社 正会員 山崎 信宏

### 1. はじめに

道路橋示方書によると、免震ゴム支承にはひずみ依存性、速度依存性、面圧依存性、温度依存性等の特性を有するものもあり、特に、北海道のような寒冷地での使用に際しては温度依存性による影響が重要である。免震ゴム支承は低温環境下での載荷実験から、等価剛性が大きくなることや、加振が進むにつれて水平力が徐々に低下する傾向が大きいことが知られている。このような履歴特性を地震応答解析に取り込む方法として、ハイブリッド実験が挙げられる<sup>1)</sup>。こうした中、著者らは低温環境下でゴム支承の載荷実験が可能な実験設備を用いた仮動的実験システムを構築し、2種類のゴム支承を用いて実験した<sup>2)</sup>。本稿では、支承と橋脚基部の最大応答に着目し、温度による比較とゴム種による比較を行う。

### 2. 仮動的実験システム、実験条件

本研究では、NEES プロジェクトの一環として、イリノイ大学で開発された分散型サブストラクチャ仮動的実験用ソフトウェア UI-SIMCOR<sup>3)</sup>を用いている。図-1に解析モデルを示す。仮動的実験システムでは、橋脚頂部より下部を計算モジュールとして、TDAPIIIによる静的応答解析を行う。橋脚頂部より上部を実験モジュールとして、コンピュータと制御装置を介して載荷装置による実験を行う。免震ゴム支承には住友理工(株)製の2種類の高減衰ゴム支承 HDReX と HDR-S を用いる。HDR-S はすでに実用化されているが、HDReX は天然系よりもガラス転移点の低いポリマーを用いており、HDR-S に比べて温度依存性の低減とハードニングの低減、減衰性能の向上を目的とし、現在開発が進められている。実験の温度条件は+23°Cと-20°Cの2種類とする。入力地震動は道路橋示方書のレベル2タイプII地震動3波とする。ただし、本研究では、支承の最大せん断ひずみを限界状態2,3に相当する250%とするため、入力の加速度を1.3倍とする。その他、詳しい実験システム、実験条件は文献2)を参照されたい。

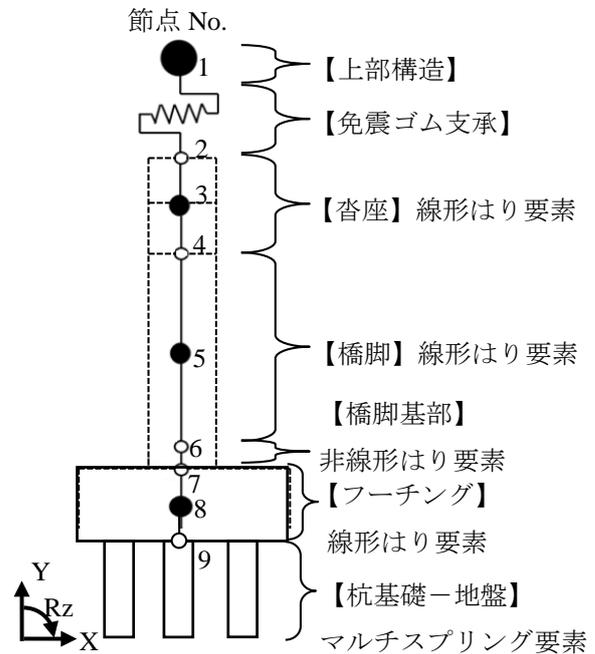


図-1 解析モデル

### 3. 実験結果

表-1に各実験条件での支承の最大せん断ひずみと最大せん断応力、エネルギー吸収量および橋脚基部の最大塑性率を示す。図-2にはHDR-Sを、図-3にはHDReXを用いた場合の2-II-II-1地震動による結果を示す。

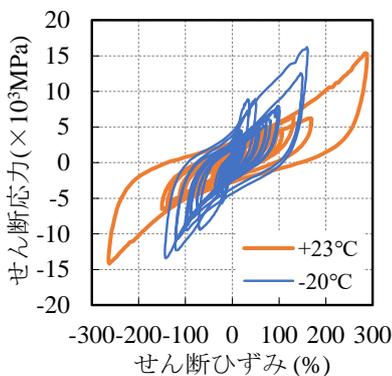
+23°Cと-20°Cを比較すると、-20°Cでは支承の最大せん断ひずみが小さくなっている。これは低温でゴム支承の剛性が大きくなったためと考えられる。また、橋脚基部の応答塑性率は大きくなっている。これは、支承のエネルギー吸収量では-20°Cの方が大きいものの、支承の最大せん断応力が-20°Cの方が大きいことから、橋脚に作用する荷重も大きく、塑性化が進行したのではないかと考えている。ゴム種で比較すると、HDReXでは支承の最大せん断ひずみが大きい。これはHDReXの特徴として、高ひずみ領域でのハードニングの低減に加え、温度依存性の低減によって、低温環境下でも剛性が大きく変化しないことによるものと考えている。また、橋脚基部の応答塑性率はHDReXの方が小さい。これも同様の理由で支承の最大せん断応力が小さいことから、

キーワード 高減衰ゴム支承, 仮動的実験, 低温環境下

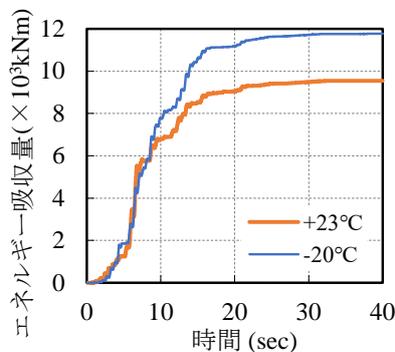
連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 北見工業大学工学部社会環境系 TEL: 0157-26-9477

表-1 実験結果

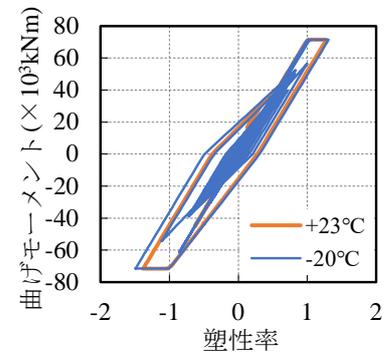
ゴム種	項目	23°C				-20°C			
		2-II-II-1	2-II-II-2	2-II-II-3	平均	2-II-II-1	2-II-II-2	2-II-II-3	平均
HDR-S	支承の最大せん断ひずみ(%)	288	260	271	273	161	160	182	168
	支承の最大せん断応力(MPa)	15409	13043	13787	14080	16220	14091	17605	15972
	支承のエネルギー吸収量(kNm)	9552	9676	6953	8727	11767	9773	6352	9298
	橋脚基部の最大塑性率	1.38	1.14	1.41	1.31	1.49	1.35	1.64	1.49
HDReX	支承の最大せん断ひずみ(%)	292	262	283	279	189	180	211	193
	支承の最大せん断応力(MPa)	12469	11928	12232	12210	14260	12536	15713	14170
	支承のエネルギー吸収量(kNm)	9996	9837	7241	9025	11222	9912	6910	9348
	橋脚基部の最大塑性率	1.14	0.98	1.24	1.12	1.31	1.18	1.41	1.30



(a) 支承の履歴曲線

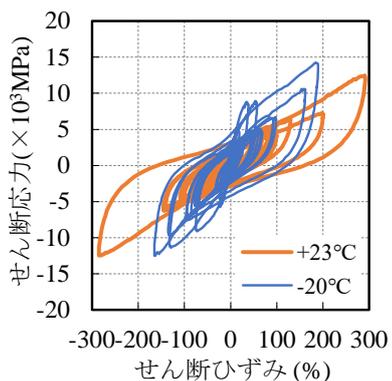


(b) 支承のエネルギー吸収量

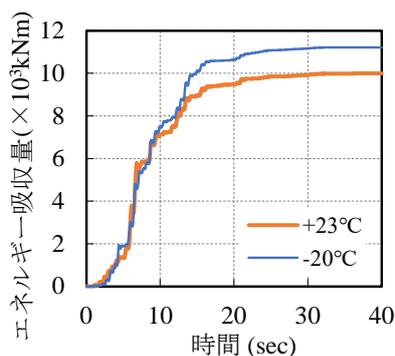


(c) 橋脚基部の履歴曲線

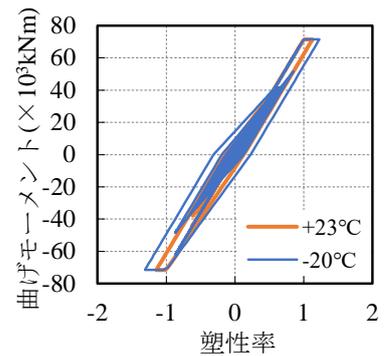
図-2 HDR-S, 2-II-II-1 地震動による結果



(a) 支承の履歴曲線



(b) 支承のエネルギー吸収量



(c) 橋脚基部の履歴曲線

図-3 HDReX, 2-II-II-1 地震動による結果

橋脚に作用する荷重も小さいためと考えている。

**謝辞:** 本研究は JSPS 科研費 JP19K15069 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

1) 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. 2) 齊藤剛

彦, 宮森保紀, 中村保之, 竹ノ内浩祐, 山崎信宏, 高岡陽: 低温環境下における高減衰ゴム支承を有する橋梁の仮動的実験, 第 23 回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集, pp.223-230, 2021. 3) Oh-Sung Kwon, Narutoshi Nakata, Kyu-Sik Park, Amr Elnashai, and Bill Spencer: User Manual and Examples for UI-SIMCOR v2.6 NEES-SAM v2.0, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2007.