

低温環境下でのスプリング拘束型鉛プラグ入り高減衰積層ゴム支承の実時間ハイブリッド実験

(株)長大 正会員 ○鍋島 信幸 埼玉大学 正会員 党 紀

(株)川金コアテック 非会員 濱田 由記 (株)川金コアテック 正会員 姫野 岳彦

(株)川金コアテック 正会員 新名 裕 京都大学 正会員 五十嵐 晃

京都大学 学生会員 沈 捷

1. 目的

道路橋の免震支承として用いられる高減衰ゴム支承(HDR-S)や鉛プラグ入りゴム支承(LRB)は、力学的特性を把握するために多くの実験や研究が行われている。これらの免震支承のせん断剛性や復元力特性は、温度に依存することが知られる¹⁾。また、HDR-SやLRBよりも高い履歴減衰性能を有するスプリング拘束鉛プラグ入り高減衰ゴム支承(SPR-S)においても、同様の性質が報告されている²⁾。一方、これらの既往の研究は準静的や仮動的载荷など低速载荷実験を基に行われているが、着目する支承の温度上昇や支承内部の温度分布は、支承のせん断変形速度に関連することが予想される。そこで本研究では、低温環境下でのSPR-S支承を対象に実時間のハイブリッド実験を行い、低温環境下でのSPR-Sの履歴特性や実時間载荷の影響などを整理した。

2. 実験の概要

想定する構造物と実時間ハイブリッド実験のイメージを図-1に、実験装置を図-2示す。本実験では、想定した実構造物と相似則(1/6)である供試体モデルを用い、供試体の水平荷重をリアルタイムで実構造物の応答解析にフィードバックして行った。なお、この方法では変位と速度は1/6に縮小されるが、支承高も1/6になるため、支承のせん断ひずみ速度は実物と一致する。支承の環境温度は、供試体を覆った低温チャンバーの内部温度を調整することで再現し、23℃、0℃、-20℃の3パターンで実験した。

想定 of 橋梁は、図-1のように8基(2×4支承線)の免震支承を有する3径間連続橋とした。数値解析上では、基部固定の2質点(上部構造、橋脚)系のばねマスモデルでモデル化し、免震支承は実験供試体の荷重-変位関係とリンクさせた非線形ばね要素、橋脚は線形ばね要素でモデル化した。入力地震動は道示の標準加速度波形II-II-1とし、支承の面圧は6MPaとした。

実験の計測は、図-3に示す位置の支承内部温度と支承全体の荷重と変位(鉛直と水平の2方向)とした。支承内部温度の計測点は、支承内部温度の分布の変化がわかるように配置した。

表-1にケース名を示す。実験では同一供試体に対して2回ずつ行い、载荷方法の違いに着目するため、同条件で実施した仮動的(10mm/s定速で载荷)のハイブリッド実験結果も整理した。なお、仮動的実験は事前に静的正負交番载荷試験を実施している。

表-1 実験ケースとケース名

	実時間ハイブリッド [*]		仮動的 ^{※)}
	1回目	2回目	
-20℃	1_ -20	2_ -20	3_ -20
0℃	1_ ±0	2_ ±0	3_ ±0
23℃	1_ +23	2_ +23	3_ +23

※)事前に静的正負交番载荷を実施のため動的2回目と比較



図-2 実験装置

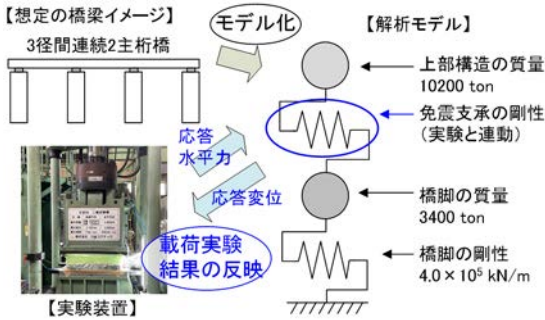


図-1 想定する橋梁と動的载荷実験のイメージ

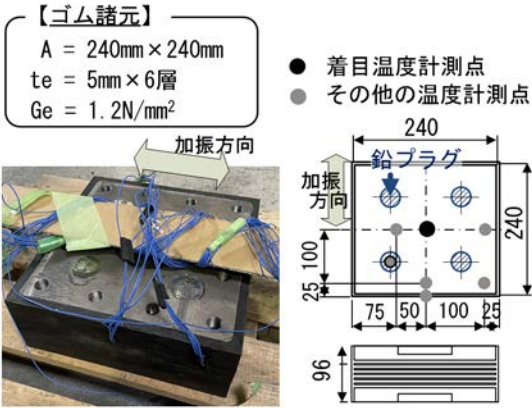


図-3 実験供試体と温度計測点

キーワード スプリング拘束鉛プラグ入り高減衰ゴム支承, ハイブリッド実験, 温度依存性,

連絡先 〒305-0812 茨城県つくば市東平塚 730 株式会社長大 TEL 029-855-3113

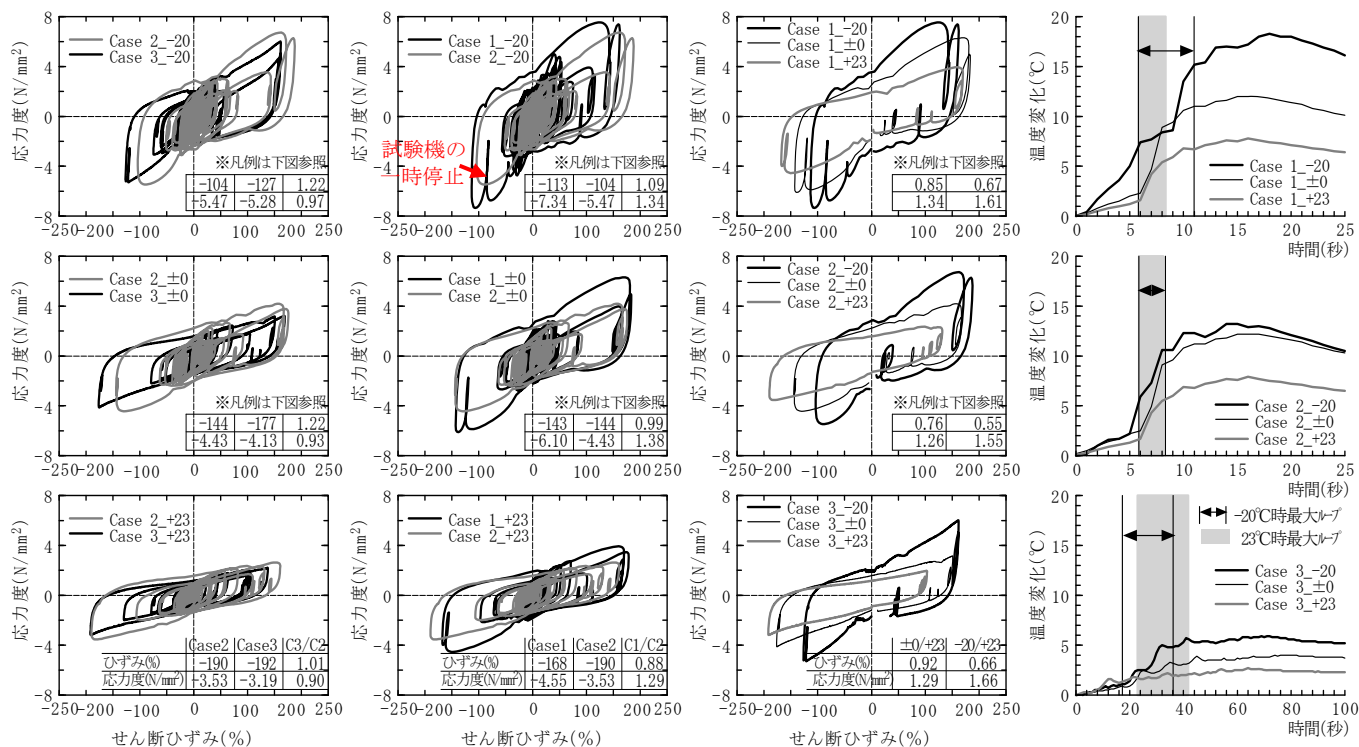


図-4 載荷速度の影響比較

図-5 初期載荷の影響比較

図-6 温度の影響比較(最大ループ)

図-7 内部温度の上昇

3. 実時間ハイブリッド実験の結果

ここでは、支承の応力度-ひずみ関係に着目して整理した。なお、図右下の各ケースの最大応力度と最大ひずみは、負側の応答値に着目した。これは、正側及び負側の最大応力度が生じるループは、いずれのケースも負側の応答が先に生じるため、正側最大ひずみは直前に生じた負側最大ひずみの影響を大きく受けるためである。

図-4 に、載荷速度が履歴ループに及ぼす影響を、設定温度ごとに示す。いずれの設定温度時でも動的載荷(case2)の方が応力度は増加、せん断ひずみは低下しており、せん断ひずみ速度の増加により等価剛性は大きくなった。ただし、図-7 に示す内部温度の上昇は Case2 の方が大きく、既往の設定・内部温度とゴムのせん断剛性の関係と異なる結果となった。今後、詳細な比較検討が必要だが、両者とも最大ループ中の温度上昇が大きく、先に生じる負側最大応答時までの温度上昇程度には、大きな差がなかった可能性がある。

図-5 に、初期載荷が履歴ループに及ぼす影響を、設定温度ごとに示す。いずれの設定温度においても Case1 には Mullins 効果が現れており、設定温度の低下に伴い Mullins 効果による剛性の増加程度も大きくなる傾向があった。なお、Case1_-20 は負側最大応答が生じる直前に、試験機の最大荷重に到達して一時停止したことにより、最大応答を過少評価している可能性があることを注記する。

図-6 に、設定温度が最大ループに及ぼす影響を、ケースごとに示す。いずれのケースも、設定温度の低下に伴い応力度の増加とせん断ひずみの低下の傾向があり、-20°C時は+23°C時に対して 6 割程度増加した。また、-20°C時にはせん断ひずみが小さい段階からハードニングに類似した挙動が確認された。

4. 今後の展望

低温環境下が免震支承の応力度-ひずみ関係に及ぼす影響を、実時間ハイブリッド実験においても確認できた。今後は、低温環境下での変化が橋梁全体の応答に及ぼす影響を評価する必要がある。また、最大荷重発生までの繰り返し載荷回数が多いタイプ I 地震時の傾向も確認する必要がある。

参考文献

- 1) 奥井義昭ら：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, Vol173, No1, 2017
- 2) 寺地慶造ら：スプリング拘束型鉛プラグ入り高減衰積層ゴム支承の低温時ハイブリッド実験，2021, 第 76 回年次学術講演会