

支承サイドブロックの破断と免震高架橋の応答に関する解析的研究

明石工業高等専門学校専攻科 ○学生員 亀井 友紀子 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀
 明石工業高等専門学校 正会員 越智 内士 大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行
 川口金属工業（株） 正会員 吉田 雅彦 坂井田技術士事務所 正会員 坂井田 実

1. はじめに

近年、既設の都市内高架橋を対象として、免震支承を設置する上部構造の免震化が実施されている。このような免震高架橋では、上部構造の橋軸直角の水平移動を制限するための支承サイドブロック（以下、SB という）が設置されるのが一般である。ここで SB に、レベル 2 地震動などの強地震時に移動制限を速やかに解放するロックオフ機能を付与できれば、橋軸直角方向に対する免震効果や過度な慣性力の下部構造への伝達防止が期待できる。そこで、昨年度までに破断荷重を制限できるロックオフ型 SB（以下、CSB という、図-1 参照）が提案¹⁾され、簡易橋脚模型を用いた小型振動台実験により、その有効性が確認されている²⁾。本研究では、SB の設定（破断を含めた荷重変位関係）を変化させて簡易橋脚模型の動的解析を行い、種々の SB と応答特性について検討している。

2. 解析モデルおよび加振波形

簡易橋脚解析モデルは文献 2) と同様であり、図-2 に示すように、上部構造（5 kN の重り）・下部構造（門形フレーム構造（SS400 材（ $\sigma_Y=235 \text{ N/mm}^2$, $E=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ））をはり要素で、支承および SB を模したゴムおよびアクリル板は、それぞれ、水平・鉛直の 2 方向（水平方向 $k_{\text{水平}}=55 \text{ N/mm}$, 鉛直

方向 $k_{\text{鉛直}}=1.0 \times 10^6 \text{ N/mm}$ ）、水平方向（橋軸直角方向）のみに作用するバネ要素によりモデル化している。加振波形は、振動数 2.5 Hz で振幅 1 mm まで漸増する正弦波であり橋軸直角方向に入力する。解析モデルの減衰定数 h は、文献 2) の実験値を参照して決定した。解析では SB の有無および破壊の有無により 3 種類の解析モデル（Case-CSB, Case-SB, Case-no-SB）を設定した。なお、解析結果は上部構造の重心位置（節点 319）および橋脚頂部（節点 19）の応答に着目してまとめている。

3. SB のモデル化

SB の荷重－変位関係は図-3 に示すとおりであり、破断荷重 P_u に達するとそれ以降の耐力が 0 となる履歴特性を有した非線形バネでモデル化した。本解析では、SB のバネ定数 k および破断荷重 P_u を変化させて、固有値解析を実施するとともに、動的解析³⁾を行う。

4. 解析結果

(1) ロックオフの効果

図-4 には SB のバネ定数を $k=130 \text{ N/mm}$ としたケースを例に、Case-no-SB（SB 設置せず）、Case-SB（剛な SB）および Case-CSB（SB あり＋破断考慮）の上部構造（節点 319）および橋脚（節点 19）の水平変位の時刻歴応答を示している。同図より、CSB の破断後は速やかに免震系へと移行し、上部構造および橋脚の応答は小さくなり、CSB の設置が免震効果の発現と下部構造への作用力低減に有効であることがわかる。また、CSB の破断直後には上部構造の応答変位、すなわち支承の変形量に増大が認められる。つぎに、図-5 には、CSB 破断荷重を $P_u=500 \text{ N}$ （一定）とし、バネ定数を変化させた場合

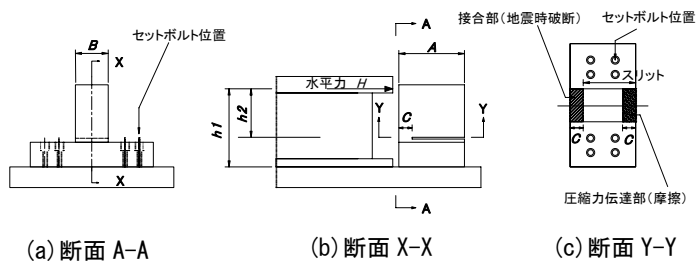


図-1 ロックオフ型 SB

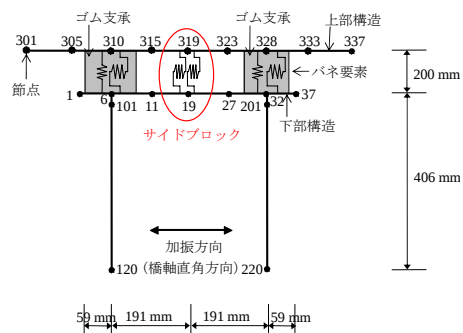


図-2 解析モデルの概要

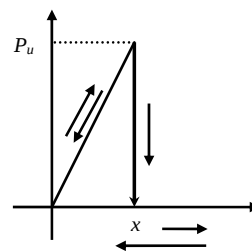


図-3 SB の荷重－変位関係

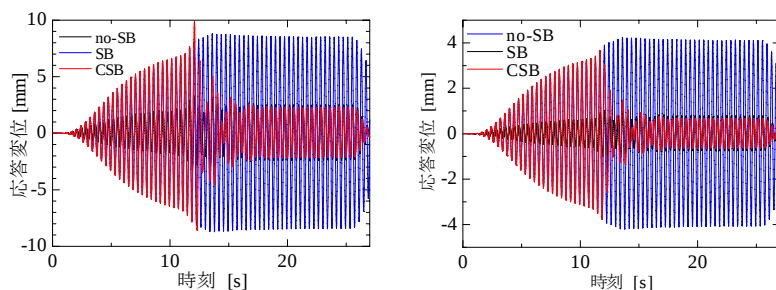
キーワード 支承サイドブロック, ロックオフ, 免震, 動的解析, 上部構造

連絡先 〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 明石工業高等専門学校 TEL 078-946-6173

の、振動数と上部構造・橋脚の最大応答、および支承の相対変形量（節点 319—節点 19）の関係を示す。同図によると、バネ定数の変化に応じて系の固有振動周期は変化し、また共振周波数より系の固有振動数が大きい場合には、上部構造の応答変位が大きく、支承の相対変形量が大きいことがわかる。

さらに、図-6 には、SB のバネ定数が $k=130 \text{ N/mm}$ で、SB の破断荷重 P_u を $300 \sim 800 \text{ N}$ まで変化させた場合の、SB 破断時の荷重と上部構造・橋脚の最大応答、および支承の相対変形量の関係を示す。同図に示すように、SB の破断荷重が大きくなるにつれて橋脚の応答変位は増大する。また、SB が破断する／しないで差異が認められ、下部構造の保有耐力等の制限に応じた CSB の設計（バネ定数の破断荷重）が必要であることが示唆される。例えば、SB が破断しない場合よりも、橋脚および上部構造の応答を小さくする必要がある場合には、 $k=130 \text{ N/mm}$ については SB の P_u を約 450 N 以下、 $k=250 \text{ N/mm}$ については約 500 N 以下に設計する必要がある。

図-7 には SB 破断直後の橋軸直角方向の上部構造の応答変位を $h_k[\text{mm}]$ 、1 周期前の応答変位を $h_{k-1}[\text{mm}]$ とし、無次元量 $(h_k - h_{k-1}) / h_{k-1}$ を求めることにより、SB の破断荷重と $(h_k - h_{k-1}) / h_{k-1}$ の関係を示す。同図に示すように、SB のバネ定数が大きいほど $(h_k - h_{k-1}) / h_{k-1}$ が大きくなり、剛な SB を採用する場合には破断直後の応答変位の増大に注意する必要があることがわかった。



(a) 上部構造（節点 319）

(b) 橋脚（節点 19）

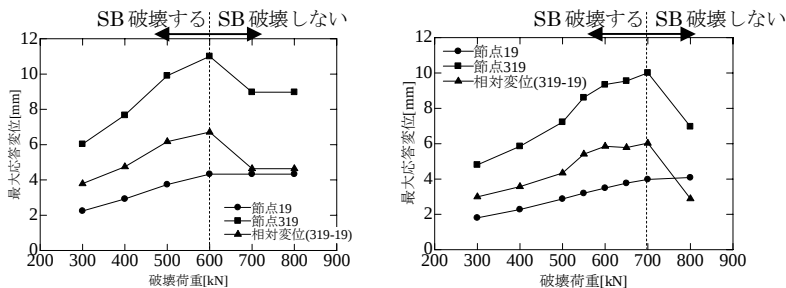
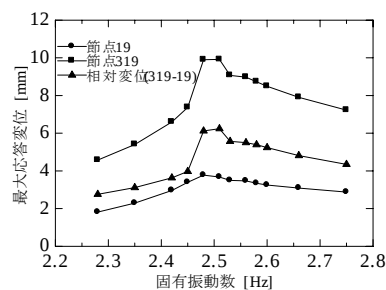
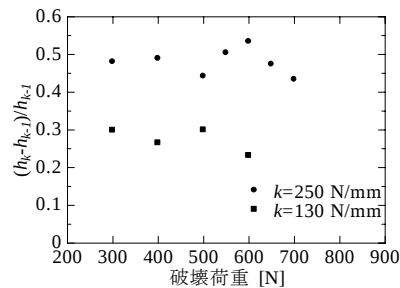
図-4 上部構造および橋脚の橋軸直角方向の時刻歴応答 ($k=130 \text{ N/mm}$)(a) $k=130 \text{ N/mm}$ (b) $k=250 \text{ N/mm}$

図-6 橋軸直角方向の最大応答変位と CSB の破断荷重

図-5 最大応答変位と固有振動数の関係
(Case-CSB, $P_u = 500 \text{ N}$)図-7 CSB 破断直後の応答変位と破断荷重
(Case-CSB)

5. まとめ

本研究では、破断荷重の制御が可能なロックオフ型サイドブロックとその破断を含めた荷重変位関係を変化させた簡易橋脚模型の動的解析を行い、種々の SB と応答特性について検討した。その結果、下部構造の保有耐力等の制限に応じた CSB の設計（バネ定数の破断荷重）が必要であること、および剛な SB を採用する場合には破断直後の応答変位の増大に注意する必要があることを明らかにした。今後、得られた成果をもとにより実際に近いモデルで動的な挙動を検討する必要がある。謝辞 本研究の実施にあたり、科学研究費補助金、若手研究(B)（課題番号 19760318）および基盤研究(A)（課題番号 20246077）の助成を受け行いました。ここに記して謝意を表します。

6. 参考文献

- 1) 松村政秀, 坂井田実, 吉田雅彦, 北村俊行, 森田征樹, 浅田直宏: 免震桁橋用ロックオフ型サイドブロックの提案, 鋼構造論文集, 日本鋼構造協会, 第 15 巻, 第 59 号, pp.45-46, 2008.9
- 2) 浅田直宏, 吉田雅彦, 坂井田実, 松村政秀, 北村俊行: ロックオフ型 SB を設置した高架橋の耐震性に関する研究, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 1-620, pp.1239-1240, 2008.9
- 3) 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻橋梁工学分野, JIS テクノサイエンス株式会社: EPASS/USSP ユーザーズ・マニュアル入出力編, 2008.2