

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工学研究科 正会員 松村 政秀

1. まえがき：わが国では，上部構造の長周期化により橋脚への地震時慣性力の作用を低減できる免震高架橋の採用が増加している．免震高架橋では，橋軸直角方向には地震時の車両走行安定性の確保や伸縮装置の損傷の防止のため，上部構造の変位制御装置として支承サイドブロックが免震支承に併設されている．しかし，強地震時にも，橋軸直角方向の免震機能を期待できれば高架橋の地震安全性の向上に寄与できると考えられる．そこで，近年，中小規模地震には上部構造の橋軸直角方向の変位を確実に制限し，強地震時にはサイドブロックを破断させるロックオフ型サイドブロックが提案されている¹⁾．ここで，ロックオフ型サイドブロックの実橋梁へ適用するために実施される時刻歴応答解析において，サイドブロックのバネ定数の設定には，動的や衝突の影響が十分に検討されていないため不明な点が多い．そこで，本研究では，振動台実験および時刻歴応答解析を行い，時刻歴応答解析に inputs サイドブロックの適切なバネ定数の設定方法について検討した．

2. 振動実験の概要および結果：実験には免震高架橋を想定した図-1 (a) に示す供試体を用いた．これは，上部構造に鋼製の角棒（重量：29.4N），下部構造にアルミ板（左右脚部：100×3×500 mm，バネ定数 $k_1=0.38$ N/mm）2 枚およびアルミ板（上下梁部：100×6×500 mm）2 枚からなる門型ラーメンフレーム，および免震支承にバネ（バネ定数 $k_2=0.463$ N/mm）用いて，さらに，リニアガイドにより上部構造水平移動を確保する免震高架橋の実験供試体である．なお，サイドブロックは図-1 (b) に示すような片持ち支持形式（長さ $L=90$ mm，バネ定数 $k_{SB-st}=2.59$ N/mm（表-1））の鋼板（25×1×100 mm）2 枚を門型ラーメンフレームに固定する（図-1 (c)）．この実験供試体を SB_90_exp とよぶ．また，サイドブロックを設置しない実験供試体名を SB_NO_exp とする．これらの実験供試体に強制振動を与えるために，振動台には振幅 5 mm まで漸増する図-2 に示すような固有振動数 $f'=4.0$ Hz の正弦波を橋軸直角方向に入力し，実験供試体の上部構造に加速度計・変位計，門型フレームの上端に変位計，およびサイドブロックの支承部との接触位置に荷重計を設置し，それらの応答値を 1 ms 間隔で測定した．なお，サイドブロックには支承部との接触により集中荷重が作用するよう，支承部の側面にアルミのアングル材を設置した（図-1 (d)）．

まず，SB_L90_exp および SB_NO_exp に自由振動を与え，固有振動数 f ，減衰定数 h を測定した．それらの結果，それぞれ， $f=3.46$ Hz， $h=0.023$ ，および $f=2.34$ Hz， $h=0.051$ を得た．つぎに，図-3 には支承部

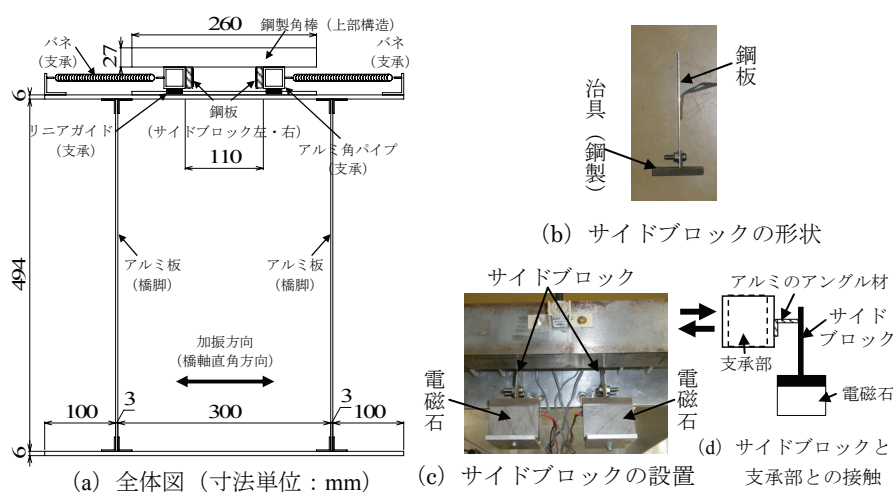


図-1 実験モデルの寸法

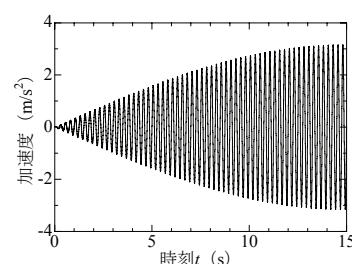


図-2 振動台への入力波形

表-1 サイドブロックのバネ定数（実験）

実験モデル名	SB L90_exp
L (mm)	90
k_{SB-st} (N/mm)	2.59

* k_{SB-st} は静的荷重を与えて測定して求めた．

との接触によってサイドブロック（右）に作用した荷重 P_{SB} —時刻歴応答を示す．同図から $t=10$ s 付近までは P_{SB} の値はほぼ線形的に漸増するが $t=10$ s 以降では増加率が減少している．また，図-3 の P_{SB} と上部—下部構造（上端）の相対変位測定から求まるサイドブロックの変位 δ_{SB} を用いて求めた k_{SB} ($=P_{SB}/\delta_{SB}$) (N/mm) の時刻歴応答を図-4 に示す．同図から k_{SB} の値は，約 $1.96 N/mm$ であり，この値は，静的な荷重を与えて求めた表-1 の $k_{SB-st}=2.59 N/mm$ とは大きく異なる．これは，動的荷重および支承との衝突による影響だと考えられる．したがって，第 3 章の解析においては， $k_{SB}=1.96 N/mm$ を用いてサイドブロックのバネ要素を設定した．

3. 解析の概要および結果：図-1 に示した実験供試体（SB_L90_exp）を図-5（a）に示す解析モデル（SB_L90_ana）に設定し，振動実験と同じ正弦波（図-2）の強制振動に対する時刻歴応答解析を解析プログラム EPASS/USSP²⁾ により行った．なお，サイドブロックには第 2 章より求めた $k_{SB}=1.96 N/mm$ （表-2）を有する線形バネ要素（図-5（b））を用いた．また，解析モデル（SB_L90_exp）の減衰は自由振動実験により求めた $h=0.023$ ，および固有値解析により得られた固有振動モードを用いてレーリー減衰により考慮した．図-6 には時刻歴応答解析および振動実験から得られた上部構造の時刻歴応答加速度をそれぞれ示している．同図から解析結果と実験結果がほぼ一致していることがわかる．よって，強制振動実験によって求めたサイドブロックのバネ定数 k_{SB} の値を用いて時刻歴応答解析を行えば振動実験の応答を再現できる．

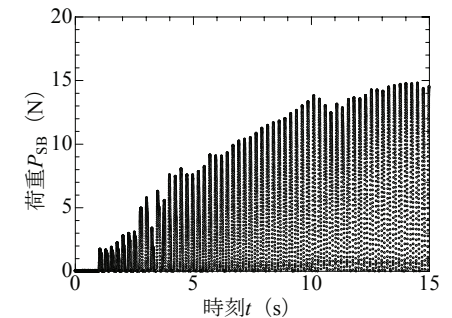


図-3 サイドブロックに作用する荷重

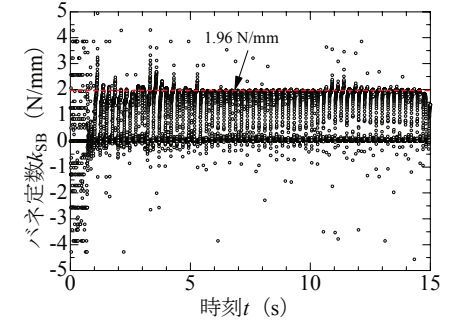


図-4 サイドブロックのバネ定数

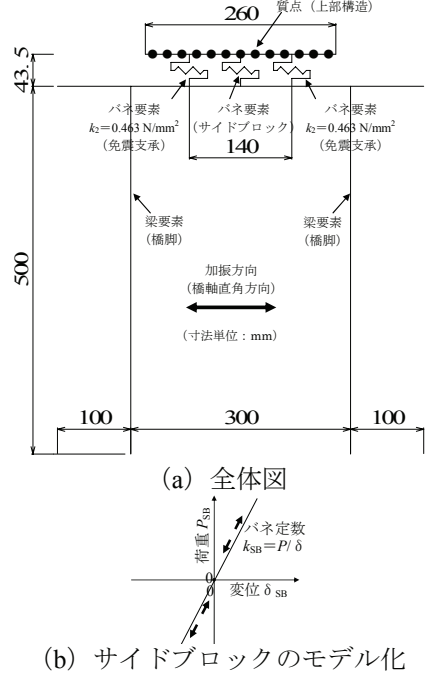


図-5 解析モデル

表-2 サイドブロックのバネ定数
(解析)

解析モデル名	SB L90 ana
L (mm)	90
k_{SB} (N/mm)	1.96

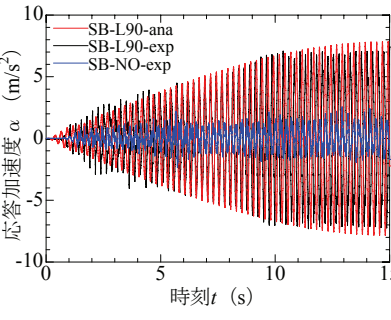


図-6 時刻歴応答加速度（上部構造）

4. まとめ：サイドブロックのバネ定数について，静的荷重載荷および振動実験により求めると，それぞれ異なる値が得られた．さらに，強制振動実験により求めたバネ定数を用いてサイドブロックを線形バネ要素にモデル化し，時刻歴応答解析を行って得られた解析結果と振動実験結果とを比較するとほぼ一致した．今後は，サイドブロックのバネ定数やロックオフを考慮したパラメトリックな振動実験および時刻歴応答解析を行い，免震高架橋の時刻歴応答解析に用いるサイドブロック要素のバネ定数の決定方法を明らかにする必要がある．

謝辞：本研究は，科学研究補助金，基盤研究（A）（課題番号：20246077）の助成を受けました．ここに記して感謝の意を表します．

参考文献：1) 松村政秀・坂井田実・吉田雅彦・北田俊行・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，第 15 巻，第 59 号，pp. 23-32，2008．2) USSP 研究会：EPASS/USSP ユーザーズ・マニュアル入出力編 version2.0，2009．