

地震時の損傷を制御する支承サイドブロックの開発に関する実験

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○張 広鋒 正会員 大住 圭太
 首都高速道路株式会社 正会員 蔵治 賢太郎 正会員 右高 裕二

1. はじめに

橋梁支承のサイドブロックは、橋軸直角方向の地震力に対して通常全支承のサイドブロックが均等に負担するものとして設計する。しかし、上部構造の地震時挙動の複雑さや支承の設置時の誤差によるサイドブロックの遊間の不均一等によって、一支承線上の全サイドブロックに同時かつ均等に地震力を負担させることは極めて困難である。そのため、実際には、一支承線上の全サイドブロックではなく特定のサイドブロックに全地震力が作用し、小さな地震であっても取付けボルトの破断が生じる可能性がある。さらに、仮に全サイドブロックが均等に地震力を負担しても、設計以上の地震力が作用すると同様の損傷が生じる。破損した取付けボルトやサイドブロックが高架下に落下すると第三者被害を引き起こす恐れがある。このようなリスクを回避するための対策として、従来のサイドブロックと異なるコンセプトで、高い変形性能を有しかつ部材が脆性的に破断しない損傷制御型のサイドブロック（以下、損傷制御型サイドブロックと呼ぶ）の開発を行った。

2. 損傷制御型のサイドブロックの開発コンセプト

一支承線上の特定のサイドブロックに地震力が集中したとしても、凸部の適度の塑性変形によって同一支承線上の他のサイドブロックに地震力が分配され、全サイドブロックが連動して地震力に抵抗することとなる。このような考え方のもと、本研究では、以下の性能を有する損傷制御型サイドブロックを考案した。1) 凸部の塑性変形によって一支承線上の各サイドブロックの遊間の不均一を吸収し、設計通り全サイドブロックを機能させる、2) 設計以上の地震力が作用した場合には上部工の移動拘束を開放させる、3) 設計以上の地震力が作用しても、取付けボルトや凸部の破断が生じない。

サイドブロック凸部では、塑性変形が局部的に集中すると小さな変形量でも鋼材にき裂が生じる恐れがある。本研究では、サイドブロック凸部の塑性変形を高さ方向に分散させるため、凸部の高さ方向全断面が同じタイミングで塑性化するよう曲げモーメントの大きな基部を太くし、上に向かうにつれて細くなっていく形状とした。さらに、曲がりやすさを助長させるため、凸部の背面にS字曲線を入れた。図-1にサイドブロック凸部の断面形状および実験に用いた供試体の状況写真を示す。図-2に損傷制御型サイドブロックを実装した支承のイメージ図を示す。一方、本サイドブロックは、凸部の水平変形に伴って凸部天端の高さが徐々に下がり、最終的に上沓下面より低い位置になることによって上沓の水平移動への拘束を開放する機能も有する。このような、定められた水平力で上部工の移動拘束を開放させる機能は、免震支承を設置し、大きな地震動の時にだけ作動させるといった使い方も期待できる。

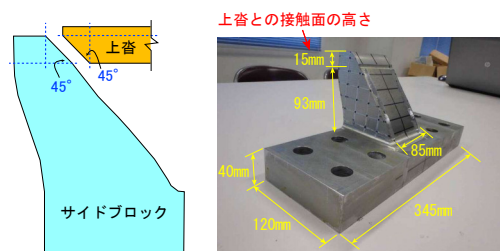


図-1 損傷制御型サイドブロックの形状

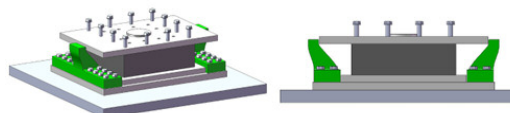


図-2 損傷制御型サイドブロックの実装例

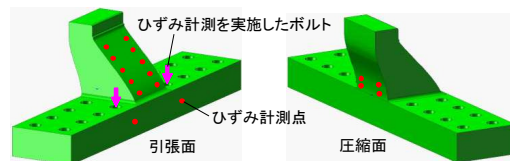
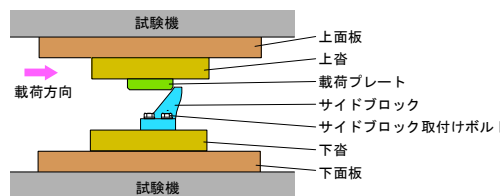


図-3 静的実験の载荷方法とひずみ計測位置

3. 実験概要および実験結果

損傷制御型サイドブロックの耐震性能を検証するために、静的載
 キーワード 橋梁, 耐震, 支承, サイドブロック

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (一財)首都高速道路技術センター 技術開発部 TEL 03-3578-5765

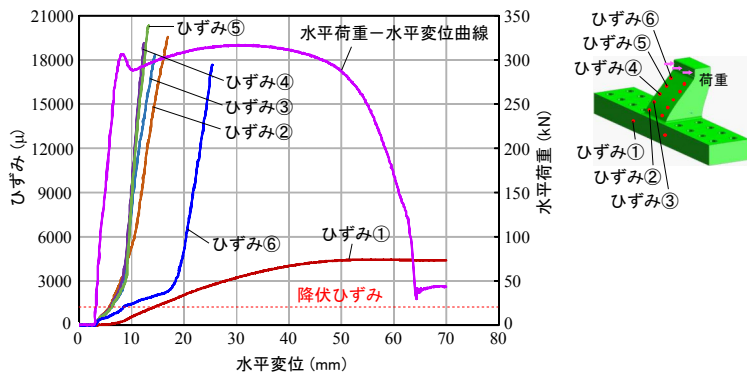


図-4 静的実験結果 (载荷速度10.0mm/s, 単調载荷)

荷実験および動的加振実験を実施した。実験では、50トン支承に適用するサイドブロックを想定し、実大寸法の供試体を用いた。供試体の形状寸法(図-1を参照)は、目標設計耐力を328kNとし、三次元FEMを用いて設計した。ここでの目標設計耐力は、H24道路橋示方書に準拠し、Ⅲ種地盤に位置する許容塑性率3.0の橋脚を想定して算出したものである。また、供試体の材料には降伏強度が250MPaの鋳鋼材料を用いた。

静的実験では、载荷速度4.0mm/s と10.0mm/s の単調载荷および繰返し载荷の計 4 ケースを実施した。図-4に、载荷速度10.0mm/s の単調载荷の実験結果を示す。供試体は、降伏後にほぼ同程度の水平耐力で大きく変形したことが分かる。4つの実験ケースの最大荷重は、目標の設計耐力との差がわずか6%以下であった。また、図-4より、サイドブロック凸部(ひずみ②~⑤)は、設計通りほぼ同時に降伏したことが分かる。実験後の供試体の損傷状況は、いずれの実験ケースにおいても、凸部のき裂や取付けボルトの破断などの異常が生じなかった。

一方、動的加振実験では、H24道路橋示方書のレベル2タイプⅠ標準地震波およびタイプⅡ標準地震波の2種類を用いて加振した。図-5に動的実験の設置概要を示す。カウンターウェイト、载荷フレームおよびゴム支承を含む本加振システムの固有周期は0.7~0.8秒で、一般的な桁橋と同程度である。図-6に、一例としてタイプⅠ地震動を用いた場合の慣性力、支承反力およびサイドブロック反力の時刻歴を示す。実験の結果、サイドブロックの最大耐力は、両実験ケースとも目標設計耐力と概ね一致した。サイドブロック凸部の塑性挙動および損傷状況は、静的実験結果と同様であり、凸部の全断面がほぼ同時に降伏して全体が大きく曲がり、き裂などの損傷は最後まで生じなかった。図-7に実験終了後の供試体の変形状況を示す。サイドブロック凸部全体が設計思想通り水平方向および鉛直方向に緩やかに変形したことが分かる。

4. まとめ

本研究では、高い変形性能を有しかつ部材が脆性的に破断しない損傷制御型サイドブロックの開発に向けて、要求性能および基本設計方法を検討した上、実物大供試体を用いた静的および動的実験を実施した。その結果、損傷制御型サイドブロックが設計で考えている要求性能を有することを確認した。今後、実用化にあたって取付けボルトの余力の設定や大型支承への適用性などの検討を進めていく予定である。なお、損傷制御型サイドブロックは、国立研究開発法人土木研究所、株式会社高速道路総合研究所、阪神高速道路株式会社、名古屋高速道路公社および首都高速道路株式会社による「支承の長期耐久性に関する共同研究」において首都高速道路グループが主体となって開発したものである。開発にあたっては共同研究のメンバーから多くの助言や協力をいただいた。この場を借りて御礼申し上げる。

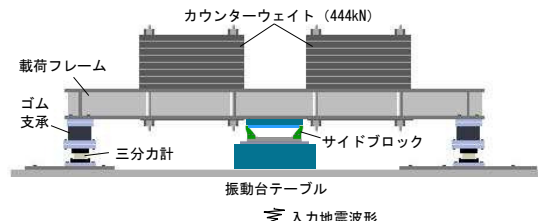


図-5 動的実験の設置概要

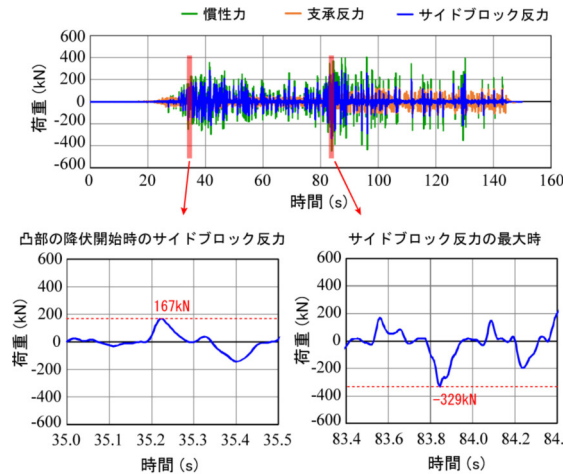


図-6 動的実験結果 (タイプⅠ地震動)

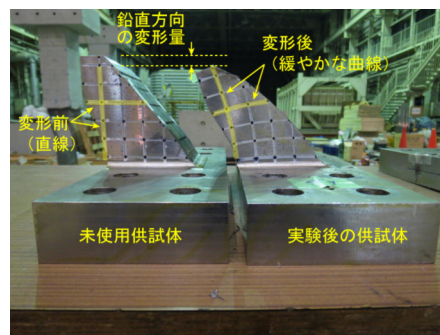


図-7 動的実験終了後の供試体の状況