

第 I 部門 載荷速度がトリガー機能を有する支承サイドブロックの破断特性に関する実験的研究

大阪市立大学工学部 学生員 ○浅田 直宏 帝国建設コンサルタント 正会員 坂井田 実
 川口金属工業 正会員 吉田 雅彦 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀・正会員 北田 俊行
 大阪大学接合科学研究所 正会員 金 裕哲

1. 研究背景および目的

地震時に上部構造の応答を制御するために免震ゴム支承を採用した高架橋には、上部構造の移動制限装置としての支承サイドブロック（以下 SB という）が設置されている。このとき SB には、(i)レベル 1 地震動（橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動）に対しては伸縮装置の損傷を防止できるように上部構造の変位を遊間内に制限するジョイントプロテクターとしての機能、(ii)レベル 2 地震動（橋供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動）に対しては、橋脚・下部構造の耐荷力以下の水平荷重で上部構造の移動制限を解放し免震メカニズムを阻害しないトリガーとしての機能、という主に 2 つの機能を併せ持つことが期待される。

著者らは上記 2 つの機能を伴わせもつ新しい SB 構造として、図-1 に示すようなスリット型 SB を提案し、静的な載荷実験によりその有効性を検証してきた。しかし、実際の地震時には、桁が支承サイドブロックに速度を持って衝突する。そこで、本研究では、桁の衝突速度がスリット型 SB の破断特性に及ぼす影響を載荷実験により調べることを目的とする。

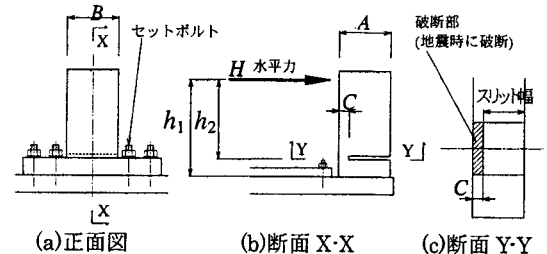


図-1 スリット型 SB

2. 地震時における桁と SB の相対速度

桁と支承サイドブロックとの相対速度を求めるため、3 径間連続鋼 I 桁橋の解析モデルを設定し、上部構造、支承、および橋脚の橋軸方向・橋軸直角方向に着目した高架橋の非線形時刻応答解析を行う。解析では、兵庫県南部地震の際に JR 鷹取駅構内地盤上で観測された地震加速度を入力した。その結果、橋軸直角方向に生じる桁と SB との相対衝突速度は、相対変位が 5mm（=橋軸直角方向の SB と上査の遊間）のとき 0.25～0.3m/s であることがわかった。

3. 実験概要

図-2 に示すように、実際の設置状態を 90 度回転させた SB 供試体を設置し、大阪大学接合科学研究所が持つ超高速衝撃構造評価システムの油圧式高速載荷試験機を用いて鉛直方向に強制変位を載荷した。載荷速度は、2.の結果を参考に静的 (0.00003m/s) から 0.5m/s の間で 6 つ選定した。また、実験供試体は、実物大 SB を 1/2 に縮小し、SM490 材（引張試験結果より、降伏点 323.8 N/mm²、引張強さ 521.6N/mm²）を用いて製作した。式(1)より求まる想定破断荷重 H' が 140kN 付近となるようにスリット幅・率・位置が設計されている。式(1)中の記号は図-1 に示すとおりである。

$$H' = \frac{\sigma_u}{\sqrt{3}} \times \frac{B \times C \times (A - C)}{A - C - \mu h_2} \quad (1)$$

ここで、 σ_u は引張強度、 μ は摩擦係数である。

なお、1.5mm のスリット内にはスリット上面と下面との接触に伴う摩擦力を低減する目的で、板厚 1mm の PTFE 板（摩擦係数 $\mu=0.07$ ）を挿入している。ここで、スリット率は、過去に行われた静的破断実験結果によると想定破断荷重 H' と破断荷重との比（破断荷重制御率）が最も高いスリット率 85%¹⁾ とした。表-1 には、実験供試体の寸法、および想定破断荷重 H' をまとめて示す。

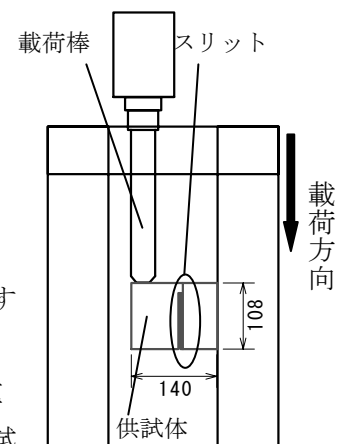


図-2 試験装置（単位 mm）

Naohiro ASADA, Minoru SAKAIDA, Masahiko YOSHIDA, Masahide MATSUMURA, Toshiyuki KITADA,
 and Kim You Chul

表-1 実験供試体の寸法および想定破断荷重

橋軸寸法 B (mm)	直角寸法 A (mm)	アーム長 h_2 (mm)	接合部幅 C (mm)	スリット率 $(A-C)/A$ (%)	使用鋼材引張強さ σ_u (N/mm ²)	想定破断荷重 H' (kN)
28	108	61.3	16	85	521.6	141.5

4. 実験結果

図-3 には、荷重速度 6 パターンの作用荷重と荷重位置における変位の関係を示す。いずれの実験においても、最大荷重に到達後、速やかに破断したため、SB の破断は、最大荷重点と定義する。また、表-2 には、想定破断荷重、荷重速度別の破断荷重、および破断変位をまとめて示す。なお、同表の荷重速度依存率とは、動的荷重実験における破断荷重を静的荷重実験における破断荷重 (161.4kN) で除したものであり、荷重速度の違いによる破断荷重の変化率を表している。表-2 より、スリット型 SB の破断荷重制御率の変動は小さく、速度依存性が小さいことが確認できる。実験データ数が限られてお

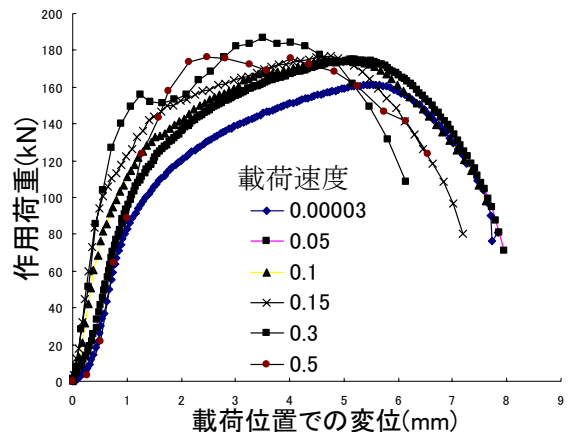


図-3 荷重-変位関係

り、荷重速度と破断荷重との関係の定量的な把握には至らなかった。しかし、動的に荷重すると、静的な荷重に比べて、破断荷重が約 10% 上昇する。また、破断変位は、荷重速度が上昇すると、低下する。したがって、SB に要求されるジョイントプロテクターとしての機能を満足する上でスリット型 SB が有効であることがわかる。

表-2 実験結果の一覧

荷重速度 (m/s)	スリット率 $(A-C)/A$ (%)	想定破断荷重 ① (kN)	破断荷重 ② (kN)	破断変位 (mm)	破断荷重制御率 ②/① (%)	荷重速度依存率 ②/161.4 (%)	破面の角度 (度)
0.00003	85.2	141.5	161.4	5.48	114.1	-----	12.6
0.05			174.8	5.21	123.5	108.3	8.4
0.10			174.8	4.62	123.5	108.3	6.7
0.15			177.0	4.76	125.1	109.7	6.0
0.30			187.0	3.51	132.2	115.9	4.3
0.50			176.4	2.43	124.7	109.3	3.8

5. 弾塑性有限変位解析による破断メカニズムの検証

荷重実験において、スリット内側から亀裂が発生し、破断に至ることが認められた。そこで、スリット型 SB の破断メカニズムを検証するため、汎用解析プログラム ABAQUS を用いて、スリット率 85% の 1/2 縮小型のスリット型 SB を解析した。スリット内には、上下面に摩擦係数 0.07 の接触要素を用いた。

図-4 には、スリット部を拡大したせん断応力分布を示す。同図より、スリット内側に応力が集中していることが確認できる。また、実験においても、荷重速度が増すと破面の角度 (荷重方向と破断面の角度) は小さくなっており (表-2)、スリット型 SB は、破断部において作用せん断応力のみが局所的に高まる構造であるため、破断荷重制御にばらつきが少ないことがわかる。

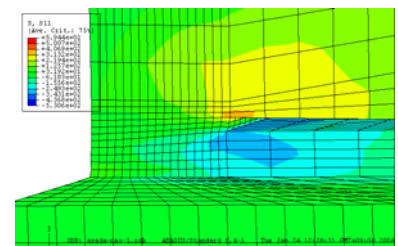


図-4 せん断応力分布図

6. まとめ

破断荷重および変位をコントロールすることを目的として提案されているスリット型 SB に動的な荷重が載荷する場合の破断特性を、動的な荷重実験により検討した。その結果、以下のことが明らかになった。(1) 動的荷重の場合、静的荷重に比べ、破断荷重が 1 割程度上昇する、(2) 荷重速度が増すと、破断変位は減少する、および (3) スリット内側にせん断応力が集中するため、せん断破壊を呈し、設計で想定する破断荷重と実際の破断荷重とはほぼ一致する。

参考文献 1) 松村政秀, 吉田雅彦, 坂井田実, 北田俊行, 森田征樹: 縮小模型による支承サイドブロックの破断特性の検証, 土木学会第 8 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演会論文集, pp. 191-196. 2005.2