

## 縮小模型によるスリット型サイドブロックの有効性についての実験的検証

川口金属工業 正会員 ○吉田 雅彦・非会員 森田 征樹  
 帝国建設コンサルタント 正会員 坂井田 実  
 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀・正会員 北田 俊行

## 1. はじめに

近年の橋梁設計において、橋梁系全体の長周期化および支承部での慣性力の低減を図るため、免震支承を用いた耐震構造、すなわち免震構造の採用が増えている。ここで、免震支承に併設される場合が多いジョイントプロテクターとしての機能を担うサイドブロック（以下、SB という）は、i) レベル 1 地震動に対しては伸縮継手を損傷させない範囲内に上部構造の水平移動を制限し、ii) レベル 2 地震動に対しては下部構造の損壊を防ぐため下部構造の保有水平耐力以下で上部構造の移動制限を確実に解放し、さらに iii) 上部構造の慣性力を各支承部と各下部構造にそれぞれ分担させる、構造であることが要求されている。本研究では、このジョイントプロテクターとして著者が提案しているスリット構造を有する SB と従来用いられることが多い一般的な SB 構造との構造特性を縮小模型を用いた静的な破断実験結果に基づき比較している。

## 2. スリット型サイドブロック

スリット型 SB 構造（図-1）は、SB のベース部直上に圧縮側からスリットを設け、引張側の接合部を破断部とした構造である。スリット内には摩擦力を低減するためにフィラープレート（例えば、PTFE 板）を挿入する。引張力を分担する破断面の面積は圧縮力伝達部の面積と同じであり、破断時には圧縮・引張とも全断面降伏状態にあると仮定し、SB 自体は曲げ変形をほとんど伴わずに、せん断強度が最大となる時に破断するものと考えられる。SB の設計法の妥当性は、これまでの研究成果において、適切なスリットを設けると破断荷重および破壊形態を厳しく制御できるということが確認実験で検証されている。

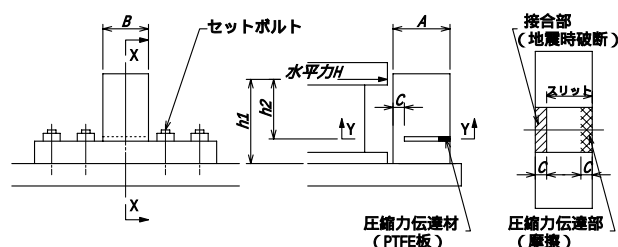
## 3. スリット型と一般型のサイドブロックの設計式

接合部に特別な加工を施さない一般型 SB 構造とスリット型 SB 構造、およびそれらの設計式を表-1 に示す。一般型 SB は、SB にねじり変形が生じず、引張応力度  $\sigma_t$  とせん断応力度  $\tau$ 、さらに合成応力度  $U$  が、それぞれ、許容値を超えないという条件で設計する。許容引張応力度は降伏点  $\sigma_y$ 、許容せん断応力度

は von Mises の降伏条件  $\tau = \sigma_y / \sqrt{3}$  とし、いずれも安全率 1.7 および地震時の割増係数 1.5 を考慮する。一方、スリット型 SB は、引張応力度が降伏点  $\sigma_y$  を超えない、せん断応力度がせん断強度  $\tau_u = \sigma_u / \sqrt{3}$  ( $\sigma_u$ : 引張強さ) を超えないという条件で設計する。許容値には安全率 1.7 および地震時の割増係数 1.5 は考慮しない。

## 4. 静的な破断実験の概要

図-2 に示すように、実際の SB の設置状態を 90 度回転させて設置した SB 供試体に、1 MN アクチュエータ（最大変位 ±150 mm）を用いて鉛直方向の強制変位（载荷速度 0.03 mm/s）を、SB の破断が確認できる



(a) 側面図 (b) 断面 X-X (c) 断面 Y-Y  
 図-1 スリット型 SB 構造

表-1 一般型 SB 構造とスリット型 SB 構造

| 一般型 SB 構造                                                                                                                                                                                                                                             | スリット型 SB 構造                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                    |
| $\sigma_t = \frac{H \times h_2}{1/6 \times B \times A^2} \leq \sigma_a = \frac{\sigma_y}{1.7} \times 1.5$ $\tau = \frac{H}{A \times B} \leq \tau_a = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} \times 1.5$ $U = (\sigma_t / \sigma_a)^2 + (\tau / \tau_a)^2 \leq 1.2$ | $\sigma_t = \frac{H \times h_2}{(A - C) \times B \times C} \leq \sigma_a = \sigma_y$ $\tau = \frac{H \times (A - C - \mu h_2)}{B \times C \times (A - C)} \leq \tau_u = \frac{\sigma_u}{\sqrt{3}}$ |
| $\sigma_a$ : 許容引張応力度, $\tau_a$ : 許容せん断応力度, $\mu$ : スリット部の摩擦係数                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                    |

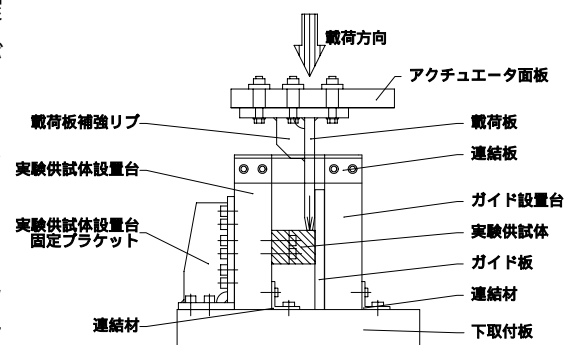


図-2 試験装置

キーワード 免震構造、ジョイントプロテクター、スリット型サイドブロック、破断特性制御

連絡先 〒530-0012 大阪市北区芝田 2-6-23 川口金属工業株式会社大阪支店 TEL06-6374-3350 FAX.06-6375-2985

表-2 実験供試体諸元

| 供試体<br>タイプ | モデル    | 橋軸寸法<br>B (mm) | 直角寸法<br>A (mm) | アーム長<br>$h_2$ (mm) | 接合部<br>加工半径<br>R (mm) | スリット厚<br>(mm) | 接合部幅<br>C (mm) | スリット率<br>(A-C)/A (%) |
|------------|--------|----------------|----------------|--------------------|-----------------------|---------------|----------------|----------------------|
| 一般型        | 実物大    | 46.0           | 216.0          | 122.5              | 5.0                   | —             | —              | —                    |
|            | 1/2 縮小 | 23.0           | 108.0          | 61.3               | 2.5                   | —             | —              | —                    |
| スリット型      | 実物大    | 56.0           | 216.0          | 122.5              | 5.0                   | 3.0           | 32.0           | 85.0                 |
|            | 1/2 縮小 | 28.0           | 108.0          | 61.3               | 2.5                   | 1.5           | 16.0           | 85.0                 |

まで漸増させた。なお、破断に至らない場合には鉛直荷重が 750 kN（試験機性能の 75 %）となった時点で載荷を終了した。

表-2 に実験供試体諸元を、表-3 に実験供試体の使用鋼材（SM490A 材）の引張試験結果とミルシートの諸値を示す。実験供試体は、都市高架橋（8 径間連続プレートガーダー橋）の中間支点においてジョイントプロテクターとしての機能を担う SB の 1/2 縮小モデルとし、実物大 SB のスリット厚および接合部の加工半径も含めて忠実に縮小して製作した。供試体数は一般型 SB を 1 体、スリット型 SB については本構造を採用した場合の破断特性のバラツキを確認するために 3 体製作した。なお、実験供試体の設計には事前に行った引張試験の諸値を用いている。

## 5. 実験結果

図-3 に荷重-変位図を、表-4 に実験結果一覧を示す。スリット型 SB の実験結果は、いずれの 3 体も設計で想定した破断荷重を 6~9 % 上回った値で破断に至り、最大変位は 10 mm 程度と荷重、変位ともに同等な値が得られた。すなわち、スリットの加工・設置に起因する破断特性のバラツキは極めて小さいものと判断できる。なお、実験破断荷重が想定破断荷重を若干上回った主な要因として、載荷板とガイド板との間の摩擦力およびスリット部の圧縮力伝達部に生じる摩擦力の分担などが考えられ、今後この影響を取り除くための検討が必要である。一方、一般型 SB の作用荷重は、想定破断荷重をはるかに上回り、設計で想定したレベル 2 地震時相当の荷重を超えても SB 構造自体に著しい曲げ変形が生じるものの破断には至らなかった。一般型 SB のように曲げ破壊を期待した構造では破断特性の制御が困難であり、確実な上部構造の移動制限の開放には有利な構造とは言えない。

## 6. まとめ

一般的に多く用いられているジョイントプロテクターとしてのサイドブロック構造（一般型 SB 構造）は、想定破断荷重を大きく超えても破断に至らず、免震メカニズムを阻害する恐れがあると考えられる。一方、破断面にスリットを設けた提案構造（スリット型 SB 構造）は、想定破断荷重を超えて速やかに（想定破断荷重の 1 割増し程度）破断に至り、かつ破断特性にバラツキが少ないことを確認した。以上から、提案したスリット型 SB 構造は、簡易な加工で製作可能であり、確実な免震構造の実現および向上を図るうえで有効性・信頼性の高い SB 構造であると考えられる。

**参考文献：**1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，耐震設計編，2002.3. 2) 松村政秀・吉田雅彦・坂井田実・北田俊行・森田征樹：縮小模型によるスリット型サイドブロックの破断特性の検証，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，土木学会，pp.191-196，2005.2.

表-3 鋼材の機械的性質（引張試験結果）

| SM490A<br>100 < t<br>160 | 降伏点<br>または耐力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>$\sigma_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 伸び<br>(%) | 備考        |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|-----------|
| 規格値                      | 285 以上                               | 490 ~ 610                                  | 23 以上     | —         |
| 使用鋼材<br>t=120 mm         | 364                                  | 575                                        | 27        | ミル<br>シート |
| スリット<br>型 SB             | 323.8<br>(1.14)                      | 521.6<br>(1.07)                            | 50.1      | 引張<br>試験  |
| 一般型<br>SB                | 318.5<br>(1.12)                      | 518.8<br>(1.06)                            | 49.9      | 引張<br>試験  |

( )内の数値は規格の下限値との比率を示す。

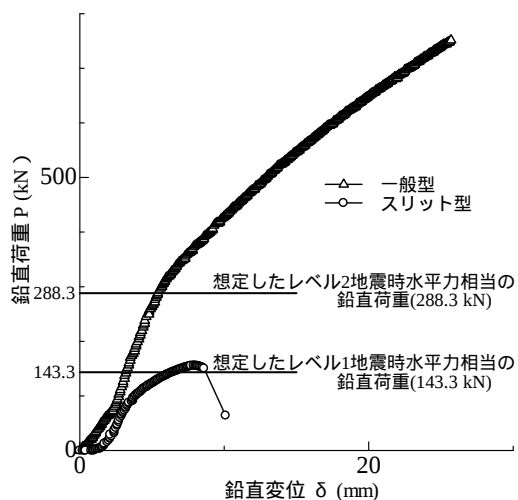


図-3 荷重-変位図

表-4 実験結果一覧

| 供試体<br>タイプ | 破断時の<br>変位 (mm) | 実験破断荷重<br>(kN) | 想定破断荷重<br>(kN) | 破断制御率<br>/ |
|------------|-----------------|----------------|----------------|------------|
| 一般型        | 25.7            | 751.4          | 143.3          | —          |
| スリット型      | 9.2             | 152.1          | 143.3          | 1.06       |
|            | 10.1            | 155.8          |                | 1.09       |
|            | 9.9             | 155.0          |                | 1.08       |