

動的載荷の影響を加味したノックオフ型サイドブロック設計式の提案

大阪市立大学大学院 学生員 ○浅田 直宏
川口金属工業(株) 正会員 吉田 雅彦

(株)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
大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行

1. はじめに

免震支承の橋軸直角方向には、上部構造の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)が設置されている。この SB に、以下の2つの機能を加える。すなわち、常時やレベル1地震動程度の発生頻度の高い地震に対してジョイントプロテクターとしての機能、およびレベル2地震動などの強地震に対して上部構造の移動制限を速やかに解放するノックオフ機能である。これらの機能を付加することができれば、強地震時に橋軸直角方向に対する免震効果も期待することができる。このような目的で、著者らは破断特性の制御が容易な SB 構造として、圧縮側からスリット加工を施したノックオフ型 SB を提案し、静的および動的な載荷実験を実施している¹⁾。

本研究では、これまでに得られた実験結果を踏まえ、ノックオフ型 SB の設計式を提案する。

2. 静的載荷実験

(1) 供試体の設計

ノックオフ型 SB 構造は、図1中の記号を用いて、以下の式(1)および式(2)により、設計を行う。

このとき、破断時に、圧縮を受ける面積と引張を受け持つ面積は同じであり、圧縮側・引張側とも全断面降伏状態、かつ破断部のせん断応力度 τ がせん断強度 τ_u に達した時に破断するものとする。また、せん断力の一部は、スリット内の圧縮力伝達部における摩擦によって負担される。

$$\sigma_c = \sigma_t = \frac{H \times h_2}{(A - C) \times B \times C} \leq \sigma_y \quad (1)$$

$$\tau = \frac{H \times (A - C - \mu h_2)}{B \times C \times (A - C)} \leq \tau_u \cong \frac{\sigma_u}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

ここに、 σ_c ：破断時にスリット部に作用する圧縮応力度、 σ_t ：破断時に破断部に作用する引張応力度、 H ：作用水平力、 h_2 ：破断部から水平荷重の作用位置までの距離、 σ_y ：降伏点、 τ ：破断時せん断応力度、 τ_u ：

せん断強度、 σ_u ：引張強さ、 μ ：スリット部の摩擦係数

なお、本実験供試体は、SM490材(引張試験結果より、降伏点 323.8 N/mm²、引張強さ 521.6 N/mm²)を用い、作用水平力が約 140 kN で破断するとして、式(1)および式(2)より諸寸法を決定した。ここで、衝突部幅 B を 28 mm、スリット高さを 1.5 mm、スリット率を 85%とする形状を標準構造(A-1、4体)とする。また、この標準構造から、スリット率、 A/B および C/B を変化させた A-2～A-5(各1体)を製作した。

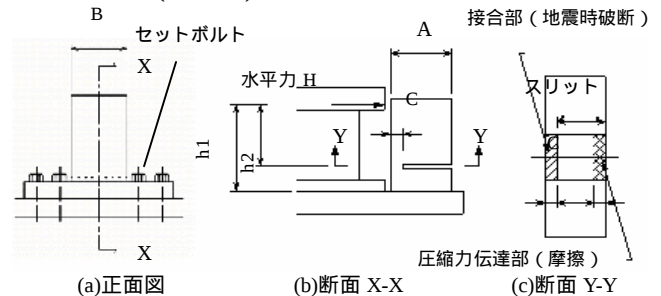


図1 ノックオフ型サイドブロック

表1 各実験供試体の寸法諸元および破断荷重

供試体 No.	スリット率 (A-C)/A (%)	A/B	C/B	実験破断荷重 (kN)	想定破断荷重 (kN)	破断荷重制御率 /
A-1-1 ^{a)}	85	3.86	0.57	152.1	140.7	1.08
A-1-2 ^{a)}				155.8		1.11
A-1-3 ^{a)}				155		1.1
A-1-4 ^{b)}				161.4		1.15
A-1-avg*				156.1		1.11
A-2 ^{a)}	80	3.86	0.79	215.3	188.2	1.14
A-3 ^{a)}	90	3.86	0.39	109.3	93.6	1.17
A-4 ^{a)}	80	4.7	0.96	191.3	157.4	1.22
A-5 ^{a)}	90	2.51	0.26	184.8	144.6	1.28

*: A-1 タイプ供試体の平均値を示す。

a), b): 載荷装置 a)あるいは b)を用いたことを示す。

(2) 実験結果

大阪市立大学の油圧式載荷装置(載荷装置a))を用いて、静的な載荷試験(載荷速度=0.00003 m/s)を実施した。表1に、寸法等の諸元と破断荷重をまとめて示す。破断荷重制御率には、実験破断荷重を想定破断荷

キーワード：支承サイドブロック、動的載荷、設計式、破断特性。

連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科橋梁工学分野 TEL：06-6605-2735

重で除したものと定義する。

標準構造のA-1の4体の実験破断荷重はいずれも、式(1)および式(2)により算定される設計で想定した破断荷重(以下、想定破断荷重という)を約10%上回った。それらのばらつきは、6%程度の差に収まっており、実験破断荷重を想定破断荷重で除して求まる破断荷重制御率も1.1に近い値となっている。

すなわち、スリット率を85%とし、 $A/B=4$ かつ $C/B=0.6$ とするスリット型SBの標準構造を採用するとき、式(1)および式(2)の設計式が適用できることがわかる。

3. 動的載荷実験

(1) 実験概要

実際の地震時のSBと桁は速度を持って衝突する。そこで、載荷速度がスリット型SB標準構造の破断特性に及ぼす影響を検討するため動的な載荷実験を実施した。載荷実験には、大阪大学接合科学研究所の油圧式高速載荷試験機(載荷装置b)を用いた。実験供試体は、静的載荷実験と同じ、標準構造のロックオフ型SBを用いている。

(2) 実験結果

表2には、載荷速度別に実験結果をまとめて示す。同表の破断荷重上昇率は、動的載荷実験における実験破断荷重を静的載荷実験における実験破断荷重(161.4kN)で除したものであり、載荷速度が破断荷重に及ぼす影響を示している。なお、この動的な荷重載荷の影響は、静的載荷実験の実験結果のうち、動的載荷実験と同時期に載荷装置b)を用いて実施したA-1-4の実験結果を用いている。

動的に荷重を載荷する場合には、静的な場合に比べて、実験破断荷重は約10%上昇していることがわかる。ただし、実験データ数が限られており、載荷速度と実験破断荷重との関係は、確信できる精度までは至っていない。

表2 実験結果の一覧

供試体 No.	載荷速度 (m/s)	想定破断荷重 (kN)	実験破断荷重 (kN)	破断制御率 (/)	破断荷重上昇率 (/161.4)
A-1-4 ^{b)}	0.00003	141.5	161.4	1.14	-----
A-1-5 ^{b)}	0.05		174.8	1.24	1.08
A-1-6 ^{b)}	0.1		174.8	1.24	1.08
A-1-7 ^{b)}	0.15		177	1.25	1.1
A-1-8 ^{b)}	0.3		187	1.32	1.16
A-1-9 ^{b)}	0.5		176.4	1.25	1.09

4. ロックオフ型サイドブロック設計式の提案

式(1)および式(2)によってロックオフ型SBの破断荷重を比較的精度良く求めることが可能であるが、荷重が動的に作用する場合には、実験破断荷重は想定破断荷重を10%程度上回った。そのため、対象橋梁やSBに対する要求性能が厳しい場合には、レベル1地震動以上の地震時に対して、ロックオフ型SBの破断荷重の10%程度の上昇が橋梁全体の挙動に影響(例えば、下部構造の保有水平耐力が極端に低く、それを超えてしまうなど)を及ぼす可能性があるため、このような条件下では、動的な荷重載荷の影響を考慮した想定破断荷重を設計に用いる等が必要である。

そこで、上記内容を考慮して、式(1)および式(2)を再検討する。ロックオフ型SBは、スリット率を85%とし、 $A/B=4$ かつ $C/B=0.6$ を満たす条件で、動的な荷重載荷の影響を考慮した、以下の式(3)および式(4)を提案する。

$$\sigma_c = \sigma_t = \frac{\beta \times H \times h_2}{(A - C) \times B \times C} \leq \sigma_y \quad (3)$$

$$\tau = \frac{\beta \times H \times (A - C - \mu h_2)}{B \times C \times (A - C)} \leq \tau_u \cong \frac{\sigma_u}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

ここに、 β ：動的な荷重載荷の影響を考慮する場合の係数で、考慮する場合には0.9、考慮しないあるいはする必要が無い場合には1.0とする。

5. まとめ

破断特性を制御し、強地震時に上部構造の移動制限を速やかに解放できるロックオフ型サイドブロック構造を提案し、この有用性を静的および動的載荷実験により検討した。その結果、(1)スリット率が85%、 $A/B=4$ かつ $C/B=0.6$ とすると、ロックオフ型サイドブロックの破断荷重を設計式により精度良く算定できることがわかった。また、(2)動的な荷重作用を考慮して、ロックオフ型サイドブロックの設計式(式(3)および式(4))を提案した。

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