

スリット型ロックオフ構造の破断特性に関する実験的研究

阪神高速道路株式会社 正会員 ○杉岡 弘一
 阪神高速道路株式会社 正会員 青木 康素
 川金コアテック 正会員 廣井 一雄

阪神高速道路株式会社 正会員 間嶋 信博
 日立造船株式会社 正会員 松下 裕明
 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀

1. はじめに

近年、橋梁の耐震補強法として、履歴型ダンパーなどの制震デバイスを用いて主構造の損傷箇所や変形量を積極的に制御し、地震後の使用性向上や補修費用の低減を図る工法が着目されている。このような中、ロックオフ構造はレベル1を超過する地震力が発生した際に、速やかに固定機能を開放し、制震デバイスの機能発揮のスイッチとなる性能が要求される。しかし、ロックオフ構造は免震支承との併用を前提としたサイドブロック（以下、SB）への適用に向けたとしての研究¹⁾は進められているが、既設支承を対象とした研究は少ない。そこで、本研究では既設支承の構造や周辺部材を考慮したロックオフ構造を検討し、実大静的試験により設計強度と破断強度の関係、破断に至るまでの変形挙動、および破壊性状を確認することにより、その実橋への適用性について検討した。

2. 供試体および試験方法

供試体は、検討対象とする既設支承の形状を参考に図1に示す実大モデルを用いた。ロックオフ部材（1440mm×245mm）破断部の構造はSBを対象とした既往の研究¹⁾を参考に幅(t)と深さ(A-C)を有するスリット型を採用した。スリット型は、図1に示した通りロックオフ部に作用する水平力に対し、圧縮側から幅(t)のスリットを設け、引張側の接合部（幅(C)の範囲）を破断部とした構造である。なお、圧縮力が作用するスリット内には摩擦力を低減するためPTFE板を挿入している。破断部は荷重の増加によりせん断力が局部的に高まり、曲げ変形を伴わずにせん断力が卓越した破壊が期待でき、既往の研究¹⁾ではその破断特性にばらつきが少ないなどの利点を確認されている。また、既往の研究¹⁾では、SBへの適用を前提に荷重作用位置と破断位置との差異に伴う曲げモーメントの影響を考慮し、スリット部の幅や深さの最適値が提案されている。しかし、既設支承にこれらの推奨値をそのまま適用すると各寸法が大型になり、施工性に問題が生じることが予想された。一方、本研究で採用するロックオフ構造は、図1に示した通り、破断部に曲げモーメントの影響が生じにくい構造を採用している。そこで、実橋での寸法形状のバランスを考慮してパラメータを変化させて静的載荷試験を行い、実験から得られる最大強度と本研究で提案する設計破断荷重の関係を検討した。表1に本研究で用いたパラメータを示す。

なお、本研究で提案する設計破断荷重 $H_{\max}$ は既往の研究で推奨された式¹⁾に対し、曲げモーメントの影響から発生するスリット内圧縮部の摩擦力の項を無視した式(1)を用いた。

$$H_{\max} = (\sigma_u / \sqrt{3}) \times B \times C \quad (1)$$

ここに、 σ_u ：材料強度（使用鋼材の引張強さ（JISG3106）の公称値の上限）

試験機は実大支承の性能確認試験に用いられる24,000kNの2軸試験機（最大水平力13,000kN）を用いた。載荷は、ロックオフと下沓の遊間が15mm程度離れた位置から0.5mm/secの速度で変位制御により少しずつ接近させ、衝突させた。また、計測は試験機から得られる荷重の他、レーザー変位計を用いてロックオフと下沓との相対変位を、3軸ひずみゲージ（ゲージ長1mm）を用いてスリット部周辺のひずみをそれぞれ計測した。さらに、ロックオフ部材の曲げの影響を把握するために1軸ひずみゲージをロックオフ中央部に設置するとともに、ロックオフ部材と下沓の接触面に感圧紙を設置した。

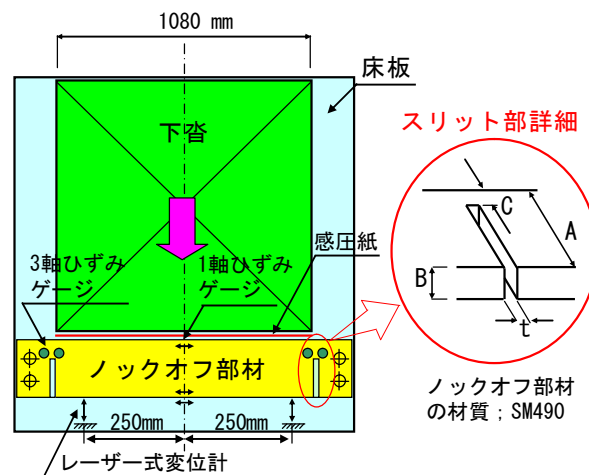


図1 実験装置概要

キーワード ロックオフ構造, スリット, せん断破壊, 免震構造

連絡先 〒552-0006 大阪市港区石田3-1-25 阪神高速道路(株) 大阪管理部調査設計課 TEL 06-6576-3881

表 1 供試体形状寸法

	供試体数 (個)	ノックオフ部		スリット部		スリット率 (A-C)/A	設計 破断荷重 (kN)	備考
		幅 A (mm)	厚さ B (mm)	破断部幅 C (mm)	厚さ t (mm)			
供試体1	1	245	60	30	3	0.88	1268	スリット率およびスリット部厚さが文献1)推奨値
供試体2	2	245	18	100	3	0.59	1268	供試体1に対し、スリット率を緩和
供試体3	1	245	18	100	10	0.59	1268	供試体2に対し、スリット幅を変更

3. 試験結果と考察

各計測結果の内、以下では特に荷重、変位、および破断性状に着目して記述する。

(1) 荷重-変位関係

図2に各供試体におけるノックオフ部材の載荷荷重と変位の関係を示す。変位は図1に示した2箇所の変位計の平均値である。最大荷重は供試体に関わらず同程度であり、本研究でのパラメータの範囲では最大荷重にばらつきが少ない。一方、最大強度に達する変位はスリット幅(t)を10mmとした供試体3では、 $t=3\text{mm}$ の供試体1および供試体2に比べ大きくなった。これは、スリット幅が広いと局所変形の範囲が広がったためと考えられる。実橋では変形をおさえて破断することが望ましいため、ノックオフ幅は3mmの方が望ましいと考えられる。

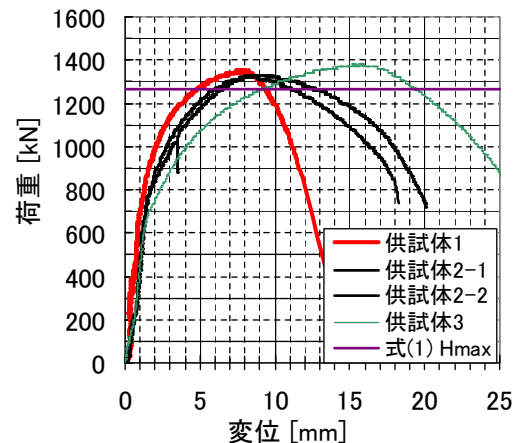


図2 荷重-変位関係

(2) 最大荷重

表2に各試験体の最大荷重と式(1)による設計荷重を示す。また、 σ_u に使用鋼材の実引張強度を用いた場合について、 H' として同表に併記した。 $H'_{\max}$ を設計値とした場合でも、試験から得られた最大強度は設計値に対して約15%上昇する程度であった。また、本研究で提案する $H_{\max}$ に対しては約10%上昇する程度であり、実橋に採用する設計値として $H_{\max}$ が適用可能であると考えられる。

表 2 設計荷重と試験結果

	供試体数 (個)	設計破断荷重		試験結果		
		Hmax (kN)	H'max (kN)	最大荷重 H (kN)	H/Hmax %	H/H'max %
供試体1	1	1268	1206	1350	106%	112%
供試体2	2			1325(平均)	105%	110%
供試体3	1			1380	109%	114%

※使用鋼材SM490(JIS最大引張強度上限:610MPa、実材料強度:580MPa)

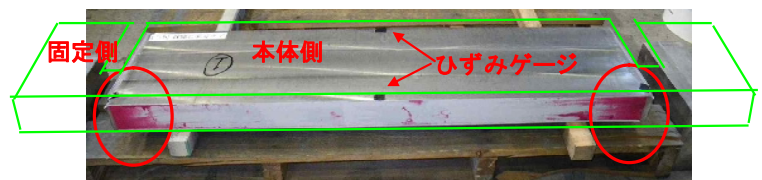


図3 ノックオフ部の感圧紙の状況

(3) ノックオフ部材の曲げモーメントの影響

図3に供試体1の試験終了時の感圧紙の状況を示す。スリット部に近い部位で左右が同程度に高い応力を示す朱色を呈しており、せん断が卓越するスリット部近傍に荷重が作用していることが分かる。

(4) 破断面の状況

図4に上面からのスリット型ノックオフ破断状況を示す。スリット幅が大きい供試体3は、図中に示す様に破断面が載荷方向から外れる傾向にあった。また、破断発生位置については、4つの供試体の内3つにおいて、本体側からでなく固定側から破断が発生していた。

4. まとめ

実橋への適用を目的にスリット型ノックオフ構造を提案し、実大供試体を用いた静的載荷試験によりその適用性を確認した。試験の結果、変形挙動の観点からはスリット幅は10mmに対し3mmの方が望ましいこと、および、提案した構造を用いることにより設計破断荷重に対して1割程度の誤差でノックオフ構造の破断強度を制御できることを明らかにした。

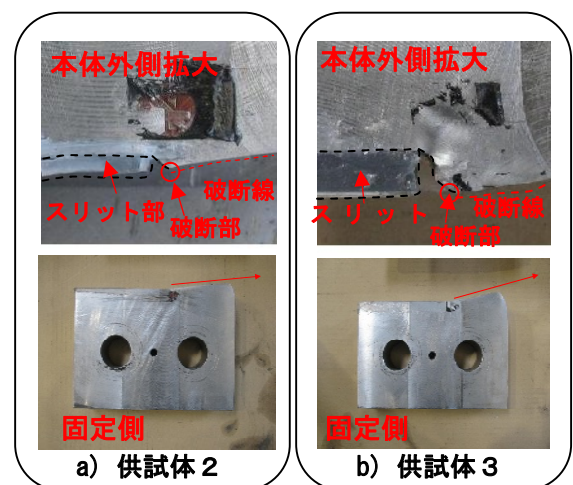


図4 破断面の状況

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