支承サイドブロックにおける 破断特性制御構造の提案

坂井田実¹·吉田雅彦²·北田俊行³·松村政秀⁴

¹ 株式会社帝国建設コンサルタント コンサルタント本部課長 (〒501-3133 岐阜市芥見南山 2-4-26))
E-mail: sakaida@teikoku-eng.co.jp	
² 川口金属工業株式会社 市場開発部 技術部長 (〒530-0012 大阪市北区芝田 2-7-18)	
E-mail: m-yoshida@kawakinkk.co.jp	
³ 大阪市立大学大学院教授 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)	
E-mail: kitada@civil.eng.osaka-cu.ac.jp	
⁴ 大阪市立大学大学院助手 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)	
E-mail: m_matsu@civil.eng.osaka-cu.ac.jp	

免震設計が適用される橋梁において,免震支承に併設されるサイドブロックは,免震支承の機能を阻害 せず,過大な地震時慣性力を下部構造に作用させないように設計されることが重要である.また,レベル 1 地震動で伸縮継手を破壊させないためのジョイントプロテクターとしての機能も要求される.本論文で は,このようなサイドブロックの必要性能を満足できるように,スリット率を変化させることでデバイス としての見かけの降伏比や弾性係数などの破断特性の制御が可能なスリット型の支承サイドブロック構 造を提案している.そして,その設計式を提案するとともに,弾塑性有限変位解析を用いてその有効性を 検討し,従来の構造と比較して破断特性を制御しやすい構造であることを確認した.

Key Words : slit type side block, joint protector, controlled rupture properties, design method, elasto-plastic finite displacement analysis

1.はじめに

1995年1月の兵庫県南部地震によって,阪神地区の多 くの橋梁が損傷した.とりわけ,一部の橋梁が落橋に至 り復興の障害となったことを踏まえて,わが国の橋梁の 耐震設計基準は大幅に見直された¹⁾.1980年の道路橋示 方書(以下,道示)改訂²⁾以降,高橋脚の橋梁を対象と して採用されてきた修正震度法や,複雑な挙動を示す構 造に適用されてきた動的照査法をさらに発展させて, 1996年12月には免震設計法が道示¹⁾に基準化された.

橋梁の免震設計は、1988年から建設省(現国土交通省) を中心とした共同研究としての検討が開始され、1992年 にはその成果が「道路橋の免震設計法マニュアル(案) ³⁾」としてとりまとめられた.これらの成果の実橋への 適用が検討され始めていたが、この本格的な運用が早め られたことになる.すなわち、主に強度を上げることに よって地震時慣性力に抵抗しようとする耐震設計法から、 構造物の地震時応答性状を評価、あるいは積極的に制御 することにより、より強い地震動に対して構造物の安全 性を確保する免震設計法へと移行している.また、免震 設計の導入は,基礎定着部を含めた下部構造の経済性向 上にも寄与している.

一方,高度成長期に従来の耐震設計基準に沿って建設 された多くの既設橋梁については,現行の耐震設計基準 を満足できるように補強する必要が生じている.既設橋 梁の耐震機能向上を行う場合,基礎構造の補強は困難な 場合が多く,免震支承の採用などによる橋梁の地震時応 答性状の制御は,下部構造の補強を最小にとどめる上で 有効である.

このように,上部構造を支持しその振動性状に大きな 影響を及ぼす支承に求められる機能は多様化し,支承の 果たす役割はこれまで以上に重要なものとなった.支承 に併設されるサイドブロックは,これまで,主として移 動制限装置としての役割を担ってきた.支承に対する要 求性能が多様化する中で,サイドブロックには,レベル 1 地震動に対しては上部構造の水平移動を制限し伸縮継 手を破壊させないためのジョイントプロテクターとして の機能が,これを超える強地震動に対しては支承の免震 機能を阻害しないように上部構造の移動制限を解放する トリガーとしての役割も要求されるようになった. 免震支承を採用する場合に,このようなトリガーとし ての機能を備えたサイドブロックにはこれまでにもいく つかの構造が考案され適用されてきた.しかしながら, 設計破断強度で確実に破断するか否か,あるいは,橋軸 直角方向の遊間量の設定と破断までのサイドブロックの 変形量とが,伸縮継手の損傷を防止する上で妥当である か否かについては明確にされていないのが現状である.

本研究では,支承および伸縮装置の橋軸直角方向の損 傷過程に着目し,支承に併設するサイドブロックの必要 性能および支承まわりの構造について考察し,橋軸直角 方向に設置するサイドブロックの設計コンセプトについ て述べている.その結果を踏まえて,破断荷重およびそ の時の変位を確実に制御できるサイドブロック構造とし て,スリット型サイドブロック構造を考案し,その設計 法を提案するとともに,弾塑性有限変位解析を用いてそ の有効性を確認している.

2.サイドブロックの必要性能

現行の道示⁴⁾によると、「橋の供用期間中に発生する確 率が高い地震動(レベル1地震動)」と「橋の供用期間中 に発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動(レベ ル2地震動)」との2つの地震動レベルを設計で考慮し、 レベル1地震動に対しては、すべての橋梁を対象として 橋としての機能を確保する必要があると明記されている. したがって、レベル1地震動に対しては、橋梁の上部・ 下部構造はもとより、伸縮継手や支承についても、弾性 範囲内の挙動が要求される.これは、既設橋梁を対象と する場合にも同様である.

ここで,サイドブロックには,レベル1地震動に対し て,伸縮継手が損傷しない範囲に上部構造の移動を制限 するジョイントプロテクターとしての機能が要求される. 一方,レベル2地震動に対して,上部構造の地震時応答 性状を制御して下部構造への作用力を低減する機能を設 計で期待する場合,サイドブロックには,上部構造の地 震時慣性力が下部構造の保有水平耐力を超える前に移動 制限を解放し,免震支承の機能を阻害しないトリガーと しての機能が要求される.

したがって,上部構造の地震時応答を制御する免震橋 梁に用いる支承のサイドブロックには,上述の2つの地 震動レベルに応じた必要性能,すなわち,(a)レベル1地 震時水平力以下では弾性挙動する,(b)破断前のサイドブ ロック変形量を伸縮継手の遊間量内にとどめる,および (c)下部構造の保有水平耐力以下で確実に破断する,を併 せ持つことが要求される.なお,図-1の 印がこれらを 満足するものである.



図-3 ゴム支承の部品間側方余裕

上部構造の水平変位に対して充分な伸縮量を確保で きる伸縮装置を設置し,サイドブロックを設置しない方 法も考えられるが,高価であり維持管理も煩雑となるこ とが予想される.

なお,名古屋高速道路公社では橋軸方向のジョイント プロテクターをサイドブロック以外の別構造としてい るため,サイドブロックには,橋軸直角方向の移動制限 としての機能のみが要求される⁵.

3. 従来の支承まわりの構造と問題点

(1) 支承および伸縮継手の遊間量の設定

支承や伸縮継手の遊間量は,橋軸方向と橋軸直角方向 とで個別に設定される.橋梁は一般に橋軸方向の方が長 いため,橋軸方向の伸縮装置の遊間量は,温度変化によ る桁の伸縮や活荷重による桁端の回転,地震時の応答変 位などを考慮して決定される.これに,施工時の余裕も 配慮して橋軸方向の遊間量が決定されるため,橋軸方向





には充分な伸縮継手の遊間量が確保される.したがって,橋軸方向の移動制限装置としてサイドブロックを 設置する場合には,その強度と変形性能の確保は落橋防 止対策上重要であり,サイドブロックの変形量について はなんら制約を受けない.

一方,橋軸直角方向の桁の変位量は,橋軸方向に比べ て充分小さいものとみなされ,道示 4においても橋軸方 向を対象とした記述が主である.そのため,橋軸直角方 向の桁の移動量あるいは支承と伸縮継手との遊間量に対 する照査がなされていないのが現状である、橋軸直角方 向の支承の遊間量は、従来の支承板支承では図-2に示す ように2~6mmが,また現在主に用いられているゴム支 承では図-3 に示すように 1~5 mm がとられている.こ れは支承の基本機能である上部構造の水平変位や回転変 位を拘束しないようにするためである ⁶⁰.また,鋼製フ ィンガータイプの伸縮継手の橋軸直角方向遊間量は図-4 に示すように5 mm 以上が確保され,最大間隔は基準と して明示にされていないものの、二輪車の走行に対する 安全を確保するため,通常,20mm 程度以下に設定され る.したがって,橋軸直角方向に着目すると,伸縮継手 の遊間量が支承の遊間量より大きいと考えられる.これ らの遊間量は,製作や施工において設定値との誤差を小 さくする努力はされているものの, 桁同士が隣接するか け違い部における2つの支承の遊間が重なる影響などに は配慮されていないようである.したがって,橋軸直角 方向には 桁が水平移動する場合の損傷過程を考慮して, サイドブロックの構造特性や寸法,製作・施工の精度基 準を決定する必要がある.

表-1 従来用いられてきたサイドブロック



(2) 従来のサイドブロック構造と問題点

従来のサイドブロック構造は,表-1に示すように,ノ ッチや貫通孔による断面縮小部を破断部として,その曲 げ降伏強度で設計されるもの,およびサイドブロックを ベースプレートに取り付けるためのセットボルトを破断 部位とし,その引張破断強度またはせん断強度で設計さ れるものとに大別できる.前述のジョイントプロテクタ ーとしての必要性能を考慮すると,これらのサイドブロ ック構造および設計法では,(a)曲げ降伏に基づく強度設 計のため,破断時までの曲げ変形量が大きい,(b)降伏点 ベースで設計されるため,上限強度(破壊強度)が保証 されていない,および(c)ボルトせん断型では地震後の復 旧作業が容易でない,などの問題点が挙げられる.

a) サイドブロックの曲げ変形量

サイドブロックには,一般に曲げまたは軸力に対して 優れた性質を確保し,脆性的な破断を起こさないように 15%以上の伸びが保証された溶接構造用鋼材が用いられ る⁸⁰.曲げ降伏設計(ノッチ型および貫通孔型)では, 伸びの保証されている強度を有する方向に対して鋼材の 降伏点に基づいて設計されるため,破断時までのサイド ブロックの曲げ変形およびサイドブロック上端の水平変 位が大きくなる.

破断部と荷重作用位置との距離を短くし曲げ変形に よる水平変位量を小さく抑える方法も考えられるが,図 -5に示すように,サイドブロックの破断部は,ゴム支承 の変形を阻害あるいは損傷させないように,ベースプレ ートの近くに位置する必要があり,支承高が高いほどサ イドブロック自体の曲げ変形量を抑える必要がある.

b) 上限強度(破壊強度)の保証

橋軸直角方向の地震時慣性力を制御しない橋梁に用 いる支承サイドブロックは,下限強度のみを満足すれば 充分である.一方,橋軸直角方向の地震時慣性力を制御 する場合には,サイドブロックは,ジョイントプロテク ターとしての機能を担うと同時に,上限強度(破壊強度) を意識した設計が必要となる.これまで,上限強度(破 壊強度)が保証されている材料特性を用いて,下部構造 の保有耐力以下の水平力で確実に破断するような設計は, ほとんどなされていないのが現状である.

c) 復旧作業性

ボルト破断型のサイドブロックは,ボルトのねじ部ま たは軸部での破断を期待したものである.ボルトの破断 後には,ベースプレートに切られためねじの内部におね じ部が残り,ねじに局部的な塑性変形が生じるため破断 後はねじ山が不整な状態となる.破断後のおねじ部の撤 去には特殊な作業が必要となり,支承の設置場所(下部 構造天端の狭隘な空間,また高所であること)を考慮す ると,復旧が困難となる.

以上のとおり,免震支承の機能を阻害しないことを期待したサイドブロックを採用する場合には,破断時の曲 げ変形量および破断強度の制御が可能で,かつ復旧作業が容易なサイドブロック構造とその設計法の開発が必要である.

4.スリット型サイドブロック構造の提案

(1) スリット型サイドブロック構造と構造特性

従来のサイドブロック構造の有する諸問題を解決す るため,図-6に示す構造のスリット型サイドブロックを 考案した.

この構造は,サイドブロック破断後にゴム支承に損傷 を与えない高さに,サイドブロックの圧縮側にスリット を設けて引張側を破断部とし,破断部へ作用するせん断 応力度のみを局所的に高めた構造である.材料には,安 価で安定した品質が確保できる溶接構造用鋼材を用い, 加工が簡単で強度のばらつきが加工精度に鈍感なスリッ ト構造とすることで,実構造物への使用性に配慮してい る.スリット型サイドブロックには,次に示す構造特性 および効果が期待できる.

- (a)破断部のスリット長を,曲げ引張応力度が弾性範囲内 かつせん断応力度が破断強度に達する寸法に設計す ることにより,破断時には,せん断が卓越し破断強度 の制御が容易となる.
- (b)材料の塑性伸びによる変形は,破断部のみに限定され



るため,サイドブロックの曲げ変形にともなうサイド ブロック上端の破断時の水平変位を小さくすること ができる.

- (c)圧縮部(スリット内)の鋼材を縁切りすることにより, この部分のせん断抵抗は摩擦抵抗のみと想定できる ため,破断部にせん断力を確実に集中させることがで きる.
- (d)スリットの先端を引張応力度の小さい側に配置して応力集中を小さくすることにより,スリット先端形状の加工精度による破断強度のばらつきを小さくすることができる.
- (e)サイドブロックの柱部分で破断させるが,その時にセットボルトに作用する応力を弾性範囲内とする.セットボルトに塑性変形や伸びは発生せず,セットボルトの取り替え等地震後の復旧作業が容易となる.
- (f) スリットには鋼板や PTFE 板等を挿入充填することに より,サイドブロックの曲げ変形量を低減するととも に摩擦力の低減を図ることができる.

(2) サイドブロックの製作に用いる材料

前述のように,サイドブロックがジョイントプロテク ターの機能を果たすためには,降伏比の高い材料の使用 が有効である.例えば,鋳鉄や鋳鋼が挙げられるが,意 図した強度で確実に破断する特性を得るためには,安定 した上限強度が規定された材質が求められる.

橋梁構造物で一般的に用いられる材料では,一般構造 用圧延鋼材(SS400)や溶接構造用圧延鋼材(SM400, SM490,SM490Y,SM520およびSM570)において上限 強度が規定されている.これらの材料強度のばらつきは 正規分布と考えてよく,上下限の規定の範囲内に±3 以上(:標準偏差)の分布範囲が入るように管理され ており,高い品質管理の元で安定した供給がなされてい る.したがって,これらの材料が,スリット型のサイド ブロックに適しているといえる.例えばSM490材では, 490~610 N/mm²の範囲が±3 とすると,90%以上の信 頼性で510~590 N/mm²(±2)の範囲の破断強度を有 する.表-2 には,現行の道路橋示方書において機械的性 質や品質などが確かなものとしてリストアップされてい

表-2 道示で使用推奨された鋼材の引張強さ 8,9,10

	鋼材包号	引張強さ	上下限	
	到明わらう	(N/mm ²)	の比	
構造用鋼	SS400, SM400, SMA400W	400~510	1.28	
	SM490, SM490Y, SMA490W	490~610	1.25	
	SM520	520~640	1.23	
	SM570, SMA570W	570~720	1.26	
鋳鋼	SC450	450 以_	E	
	SCW410 / SCW480	410以上/48	80 以上	
	SCMn1A / SCMn2A	540以上/59	10 以上	
鋳	FC250	210 以	E	
	FCD400 / FCD450	400以上/45	50 以上	
ボ 六 ル ト 角	強度区分			
	4.6/8.8 (d 12 mm)/	440以上/800	0以上/	
	8.8 (d>12 mm) / 10.9	830以上/104	40以上	

る鋼材のうち,サイドブロック用の製作材料として対象 にできるものの引張強さをまとめて示す.

(3) スリット型サイドブロックの設計式

スリット型サイドブロックの破断時の応力状態を考 慮して,以下の設計式を提案する.

スリット型構造の鋼材破断面における力の伝達は,図 -7(d)に示すように圧縮部と引張部が同程度の面積で受け持つものと仮定して定式化した.また,圧縮力伝達部 における摩擦によってせん断力の一部が負担されると想 定する.これらを考慮すると,破断時における応力度は 図-7 中の記号を用いて,以下の式(1)および式(2)で表す ことができる.

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

$$\tau = \frac{H \times (A - C - \mu \times h_2)}{(A - C) \times B \times C}$$
(2)

なお, せん断応力度が破断強度に達したときの曲げ応力 度が弾性範囲である条件で設計するものとする(式(3)).

$$\tau = \tau_u = \frac{\sigma_u}{\sqrt{3}} \qquad \text{ind} \qquad t \qquad y \qquad (3)$$

ここで,。:破断時圧縮応力度, :破断時引張応力度,

:破断時せん断応力度,µ:圧縮部静摩擦係数, ": 鋼材のせん断強度, ":鋼材の引張強度, ":鋼材の 降伏点または耐力

式(1)~(3)を整理すると,スリットの寸法(A-C)は 式(4)を満足するように決定し,破断部の面積(B×C)は その寸法を用いて式(5)を満足するように決定する.

スリット幅:
$$A-C \ge h_2 \times \left(\mu + \frac{\sigma_u}{\sigma_y \times \sqrt{3}}\right)$$
 (4)

破断部面積:
$$B \times C = \frac{H \times \sqrt{3}}{\sigma_u} \times \left(1 - \frac{\mu \times h_2}{A - C}\right)$$
 (5)



5. 弾塑性有限変位解析による特性確認

(1) 解析モデル

提案した構造の有する構造特性を確認するため,弾塑 性有限変位解析を実施した.解析には,汎用解析コード ABAQUS¹¹⁾を用いた.

スリット型の解析モデルの寸法は,式(1)~式(5)にした がいスリット内での静摩擦係数を0.3 とするときに2,030 kNの水平力で破断する条件(都市内高架橋における標準 的な連続鋼 I 桁の中間支点上の免震支承を想定)で設計 した.これを1/4 に縮小したものを基本モデルとした(想 定破断水平力は127 kN,想定したレベル1 地震動による 水平力は63.25 kN).このとき,式(6)で表される破断部 に作用する垂直応力度 およびせん断応力度 との合成 応力度の照査式の値は1.2 となる.

$$\left(\frac{\sigma}{\nu\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\nu\tau_a}\right)^2 \tag{6}$$

ここで, :作用垂直応力度, :作用せん断応力度, *a*:許容圧縮応力度, *a*:許容せん断応力度(= *a*/ 3), :許容応力度の割増し係数で1.5

スリット型の解析モデルは,スリット高さを3 mm と し,破断面から載荷位置までの距離 h_2 を49 mm(フィラ ープレートの静摩擦係数を 0.0 としたときに曲げ応力が 弾性内)および 37 mm(同じく 0.3 としたときに弾性内) とし,スリット内には板厚 2.3 mm のフィラープレート (静摩擦係数 0.0 および 0.3)を挿入した4 タイプとした (表-3 参照).

また,スリット型サイドブロックの他に,ノッチ型お よび貫通孔型の2種類のサイドブロック構造もモデル化 し解析を行った.これらの解析モデルは,ノッチや貫通



図-8 解析モデルの概略(寸法単位:mm)

表-3 解析モデルの内訳					
解析モデル名	備考				
スリット型1(0.0)	h_2 =49 mm, μ =0.0				
スリット型1(0.3)	<i>h</i> ₂ =49 mm, µ=0.3, 基本モデル,式(6)=1.2				
スリット型2(0.0)	$h_2 = 37 \text{ mm}, \ \mu = 0.0$				
スリット型2(0.3)	$h_2 = 37 \text{ mm}, \ \mu = 0.3$				
ノッチ型	式(6)=1.2				
貫通孔型	式(6)=1.2				

孔の応力集中の影響は考慮せず,水平荷重 63.25 kN に対して式(6)が1.2 となる.すなわち,想定したレベル1地 震動による水平力に対して,破断部に作用する応力度が 弾性内に収まるように寸法を設計した.このとき,サイ ドブロックの幅は基本モデルから変化させず,奥行を変 化させて,それぞれ,22.4 mm および31.1 mm とした.

すなわち,レベル1地震動に対して弾性挙動するもの



として寸法を設計した.ただし,今回のモデル化では破 断部の破断は考慮していない.

図-8 には,各解析モデルの概要を示す.荷重は強制変 位によって与えた.解析において荷重載荷点の弾塑性挙 動が支配的とならないように,載荷点近傍は高い弾性係 数を与え剛体に近いものとした.メッシュ分割は応力集 中箇所で約 1mm の 6 面体ソリッド要素を用い,材料の 応力 - ひずみ関係は,鋼材 (SM490A)の材料特性を想 定して図-9 に示す弾塑性構成則に従うものとした (E= 2.0×10^5 N/mm², $_y$ =355 N/mm², $_u$ =550 N/mm², ポ アソン比 0.3).

(2) 解析結果

図-10 には載荷位置における水平荷重 - 水平変位関係 を示す.図-11 には水平荷重が60kN(127kNの約1/2)





(b) ノッチ型

S. Mises (Ave. Crit.: 75%) +1.000e+03 +9.167e+02 33e+02 00e+02

(a)スリット型

(a)スリット型





貫通孔型は水平荷重が60kNに達していない.



(b)ノッチ型 (c)貫通孔型 図-12 変形図および応力分布(載荷位置での水平変位2mmの時)

図-11 変形図および応力分布(水平荷重約59kNの時)

水平荷重 (kN) 水平变位 (mm) 設計値 解析モデル名 10 20 30 最大値 10 20 30 最大値 計算破断荷重 スリット型1(0.0) 3.34 3.95 4.52 5.50 89.7 91.6 93.2 95.0 127 kN 6.01 スリット型1(0.3) 3.92 5.53 114.2 117.0 レベル1 地震動 6.16 116.5 117.1 スリット型2(0.0) 1.85 2.25 2.89 5.33 93.9 96.5 99.8 107.8 による想定水平 力 63.25 kN スリット型2(0.3) 2.22 2.75 3.35 5.19 111.4 114.7 120.5 108.3

表-4 スリット型モデルの解析結果

の時,図-12には荷重載荷位置における水平変位が2mm の時の変形図および断面(図-8中の点線位置)内のミー ゼスの相当応力分布を示す.

図-11(a)および図-12(a)によると,スリット型のサイ ドブロック構造を採用すると,作用荷重の小さいレベル から破断部のみに応力が集中し,サイドブロック全体の 変形は破断部のせん断変形量の影響が大きいことがわか る.また,図-10より,破断部にははじめに破断部の曲 げ変形による 0.3 mm 程度の水平変位が発生するが,そ の後,主に破断部のせん断変形により水平変位が漸増す る.表-4によると,スリット型1およびスリット型2の 解析結果ともに,フィラープレートの静摩擦係数の違い が耐荷力に及ぼす影響が大きいが,静摩擦係数0.3を考 慮した式(1)~式(5)にしたがう設計で,耐荷力を精度良く 算定できることが確認できる.なお,図-10(a)には,作 用応力の集中が想定される要素の相当ひずみが10,20, および 30 、に達する位置についても併せてプロットし ている.図-10(a)および表-4より,スリット型では破断 部に集中して応力が作用することから,破断荷重の制御 は容易であると推察されるが,破断ひずみがばらついた 場合にも,耐荷力に及ぼす影響は小さいことがわかる.

一方,貫通孔型では作用応力の再分配によりひずみの 進展が遅く, サイドブロックの幅方向に塑性域が広範囲 に広がるため,サイドブロック全体の曲げ変形が大きい と考えられる.図-10(b)から,最大水平荷重は想定した レベル1地震動による水平力の8割程度にとどまる.こ れは,今回の解析モデルの寸法決定において,破断部に 作用する応力集中の影響を考慮しなかったためと考えら れる.耐荷力を精度良く制御するためには,サイドブロ ックの寸法と貫通孔の寸法とを考慮して適切に応力集中 を設計で考慮する必要が生じることから,耐荷力の制御 が困難であると推察できる.ノッチ型では,ノッチの先 端に作用応力が集中するが、その後、ノッチ型の場合も 幅方向に塑性域が広範囲に広がる.また,図-10(b)によ ると.スリット型に比べ塑性後の耐荷力の上昇が顕著で あり,破断ひずみのバラツキが破断荷重に及ぼす影響が 大きい.さらに,ノッチ部の破断にはノッチ部の加工精 度の影響が大きいと考えられる.

これらの結果から,スリット型ではひずみが限定され た部分に集中し,少ない変位で確実な破断を期待するこ とが可能である.

6.まとめ

本研究では,支承サイドブロックの橋軸直角方向挙動 に着目し,ジョイントプロテクターとしての機能を果た すための変位拘束と,レベル1地震を上回る地震力が作 用したときに,免震機能を阻害せず,構造系を免震状態 に的確に移行させる構造の開発とを目的に,破断時の変 位および破断強度を制御できるスリット型サイドブロッ ク構造を提案した.本研究の成果をまとめると以下のと おりである.

- 地震時応答を制御する際に,免震支承に併設される サイドブロックは,レベル1地震時には弾性挙動を 示し,かつ下部構造の保有水平耐力以下で確実に破 断する機能が必要であることを示した.
- 2) デバイスとしての見かけの降伏比や弾性係数等を 制御できるスリット型サイドブロックを考案した.
- 上限破断強度設計を適用できる材料として、安定した材料特性で供給されている溶接構造用圧延鋼材を選定した。
- 4) 簡易なせん断破断設計の設計式を提案した.
- 5) 弾塑性有限変位解析を行ってスリット型と従来型のサイドブロック構造の破断特性を検討し、スリット型を採用すると、破断部に応力度の高い範囲が集中し、破断荷重の制御が容易であることを確認した。
- 6) 従来型のノッチ型のサイドブロック構造ではノッ チの加工精度が,貫通孔型では応力集中の評価が, それぞれ破断特性に及ぼす影響が大きいと考えられる.
- スリット部の摩擦で受け持たれる水平力を必ず設 計式で考慮しなければならない.

以上のとおり,スリット型の設置が,地震時慣性力を 制御するためのサイドブロックに必要な性能としての 破断特性が制御しやすい構造であることを確認した.ス リットを深くすることで,よりせん断卓越型の破断特性 を得ることが可能であると考えられる. 解析の妥当性,圧縮部の摩擦の影響,設計式の妥当性 などについて,実験による検証を併せて実施しており, これについては別稿¹²⁾で報告している.

また,スリットに摩擦を低減することのできる材料を 挿入充填することによってサイドブロックの寸法をコ ンパクト化できると考えられる.より理想状態に近い構 造とするには,破断部を炭素繊維などの脆性的な破断を 呈し材料特性が安定している材料の使用が有効と考え られる.またスリット部の空隙を少なくしたり,フィラ ープレートに剛性の高い材料を用いることにより,作用 荷重の小さい部分で見られる変位を小さくすることが 可能であると考えられる.実際の支承に用いるためには, 摩擦低減材料の脱落防止や劣化防止,スリット部分の防 錆対策などについても充分な検討が必要である.

謝辞:弾塑性有限変位解析の実施にあたり,大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻の前期博士課程2回生, 谷憲一君の協力を得た.ここに記して謝意を表します.

参考文献

- 1) 道路橋示方書·同解説 耐震設計編,(社)日本道路協会,1996.
- 2) 道路橋示方書·同解説 耐震設計編,(社)日本道路協会,1980.
- 3) 道路橋免震設計法マニュアル(案),建設省,1992.
- 4) 道路橋示方書·同解説 耐震設計編,(社)日本道路協会,2002.
- 5) 鋼構造物設計基準 付属構造編 ,名古屋高速道路公社 ,1999.
- 6) 道路橋支承便覧,(社)日本道路協会,1991.
- 7) 道路橋伸縮便覧,(社)日本道路協会,1970.
- 8) JIS ハンドブック 鉄鋼 ,(財)日本規格協会, 2003.
- 9) JIS ハンドブック 鉄鋼 ,(財)日本規格協会, 2003.
- 10) JIS ハンドブック ねじ,(財)日本規格協会, 2003.
- 11) ABAQUS/CAE ユーザーズマニュアル
- 12) 吉田雅彦,坂井田実,松村政秀,北田俊行,森田征樹:支 承サイドブロックにおける破断特性制御構造の静的破断 試験,土木学会地震工学論文集,2003(投稿中).

(2003.6.30 受付)

PROPOSAL OF RUPTURE PROPERTIES CONTROLLABLE STRUCTURE FOR STEEL SIDE BLOCKS OF BRIDGE BEARINGS

Minoru SAKAIDA, Masahiko YOSHIDA, Toshiyuki KITADA and Masahide MATSUMURA

A joint protector takes an important role in the seismic isolation design of a bridge structure and requires delivering the excess lateral force caused by the Level 1 earthquake specified in Japanese Specifications for Highway Bridges to the bridge substructure. However, steel side blocks on bridge bearings having the function as the joint protector are not designed by considering their breaking load precisely, which should be less than the load carrying capacity of the foundation structure supporting the bridge. Proposed in this study is a new structural detail of steel side block with a lateral slit in it and its simple design method, which can control the breaking strength by the slit width. The effectiveness of the structural detail is verified analytically through the comparison between proposed side blocks and the others.