

鉄道橋免震支承用緩衝型移動制限装置の開発

川口金属工業(株) 正会員 清水和弘・鶴野禎史
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 池田 学・豊岡亮洋
 京都大学工学研究科 フェロー 家村浩和

1. はじめに

鉄道橋における免震支承部の移動制限装置は、橋軸直角方向に対し、列車走行性を確保するために常時およびレベル1地震動時には抵抗するが、レベル2地震動時には抵抗せずに、免震支承の水平力分散機能および減衰機能の妨げとならないことが要求される。現在、免震支承の移動制限装置として実績の多いサイドブロック（以下SBと称する）にこの要求性能を負担させるには、レベル1を越える地震力作用時に、装置本体や取付けボルトなどを破壊させる手法が一般的である。これらは、せん断破壊などの脆性的な破壊形態を想定したものがほとんどであるが、脆性破壊のように瞬間的な耐荷力の低下は、下部構造など他の部位に有害な損傷を与える可能性も指摘されている。したがって、本研究では想定した水平荷重で破壊した後緩やかな荷重低下を伴う破壊形態を示す緩衝型移動制限装置の一つとしてねじり破壊型SBを提案し、静的破壊実験によってその効果についての検証を行った。

2. 実験の概要

(1) 供試体

本研究で用いたSBの構造は、図-1, 2に示すように逆T型の形状で、突起部の基部にねじり破断部を設けている。本構造形式では、破断部の断面形状や断面積により、供試体の耐荷力や荷重-変位特性を制御できると考えられる。材質は、溶接構造用圧延鋼材SM490Aとし、本体の寸法形状の異なるA, Bの供試体を設定した。ここに、供試体A- は設計水平力238kN、供試体A- は同119kN、および供試体B- ~ は同25kNをレベル2地震動時における破断水平力として設定した。ねじり破断面の水平方向寸法a、鉛直方向寸法b、水平荷重載荷点からねじり破断面の中心までの距離h、およびねじり破断部の切欠き幅L（供試体B- , のみ）として各供試体における寸法を表-1に示す。

(2) 実験方法

供試体Aの破壊実験は、SBのみではなく、高減衰ゴム

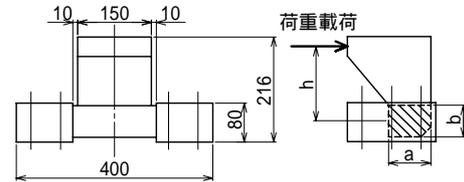


図-1 供試体 A 詳細

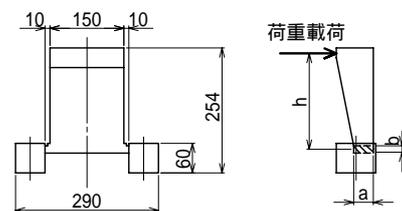


図-2 供試体 B 詳細

表-1 ねじり破断部諸元（単位:mm）

	a	b	h	L
供試体 A	86	65	153.5	-
	61	65	153.5	-
	86	33	137.5	-
供試体 B	27	32	202.5	-
	40	15	196.5	5
	40	15	196.5	2
	40	15	196.5	5

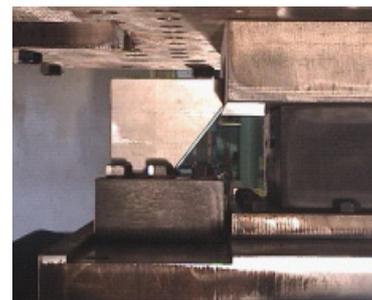


図-3 実験状況

支承（HDR）と組み合わせて行った。HDRの形状は、平面形状が400×400mmで9mmのゴム層を6層有するものである。供試体Aの実験状況を図-3に示す。実験には鉛直26MN、水平13MNの載荷能力を有する二軸載荷装置を用い、水平方向へ0.1mm/secの速度で強制変位を与えた。載荷は免震支承の許容せん断ひずみである250%に相当する変位（135mm）までとした。

供試体 B の破壊実験は、SB 単体での要素実験とし、鉛直 2MN、水平 0.4MN の二軸載荷装置を用いた。載荷方法は供試体 A と同様とした。ただし、載荷は SB が転倒し、水平載荷板と接触しなくなるまでとした。

3. 実験結果および考察

図-4 に供試体 A の実験結果を示す。なお、ここでは実験で得られた荷重値が SB と HDR を組み合わせたものであることから、別途行った HDR の要素実験で得られた荷重値を差し引き、SB 単体における荷重 - 変位曲線として示している。いずれの供試体も最大荷重を示した後、急激に荷重が低下することなく、緩やかに低下する傾向が見られる。特にねじり断面を長方形とした供試体 A- では、水平荷重がほぼ零に近い状態まで低下していることがわかる。図-5 は供試体 B の実験結果を示したものである。供試体 A と同様に緩やかなカーブを描きながら荷重が低下しており、ねじり断面を長方形とした供試体 B- では、水平荷重がほぼ零まで変化している。図-6 は、供試体 B- における破断後の状況を示したものである。わずかな拘束ねじりによる曲げ変形が生じた後せん断破壊が生じていることが確認できる。

ねじり断面の応力度および破壊時における水平力を次式により求め、その結果を実験値と比較したものを表-2 に示す。また、ねじり断面の辺長比に対する実験値と設計値の比との関係を図-7 に示す。

$$= \frac{1/2 \times H \times h}{1/3 \times a \times b^2}, \quad H_a = H \times \frac{a}{b}$$

- ここに、 τ : ねじりせん断応力度 (N/mm²)
- H : 最大作用水平力 (kN)
- H_a : 想定破壊時水平力
- a : 許容せん断応力度 (N/mm²) で鋼材ミリシートに示される引張強さ σ_B を $\sqrt{3}$ で除した値を示す。

表-2 設計最大破断荷重と実験値との比較

a	mm	86	65	86	32	40	40	40
b	mm	65	61	33	27	15	15	15
a/b	-	1.32	1.07	2.61	1.19	2.67	2.67	2.67
h	mm	153.5	153.5	137.5	202.5	196.5	196.5	196.5
H	kN	238	119	119	25	25	25	25
	N/mm ²	150.8	113.3	262.1	325.5	818.8	818.8	818.8
σ_B	N/mm ²	521	521	521	546	546	546	546
a	N/mm ²	300.8	300.8	300.8	315.2	315.2	315.2	315.2
H _a	kN	474.7	315.9	136.6	24.2	9.6	9.6	9.6
実験値	kN	650	405	370	34.2	26.3	24.8	25.0
比率		1.37	1.28	2.71	1.41	2.73	2.58	2.60

図-7 より、ねじり断面における長辺と短辺の比が大きく

なるに従い、計算値と実験値との比率も上昇していることがわかる。これらの傾向をつかむことにより、破断荷重をコントロールし、要求性能に見合った SB を設計することができると思われる。

以上より、ねじり破壊型サイドブロックは、鉄道橋免震支承用移動制限装置として有効な手段の一つであると思われる。

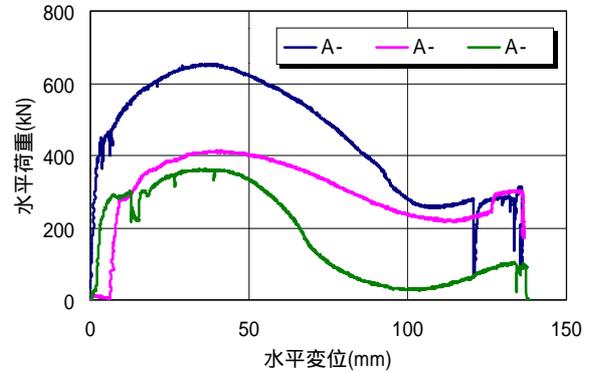


図-4 供試体 A の実験結果

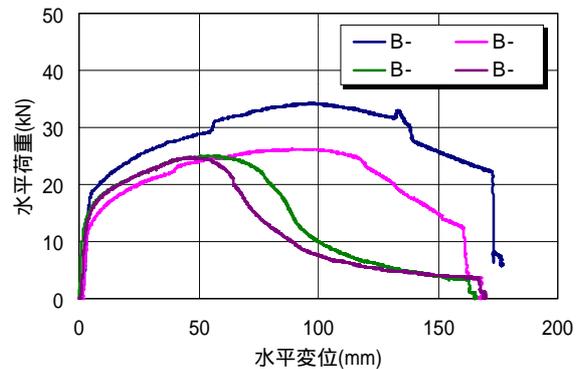


図-5 供試体 B の実験結果

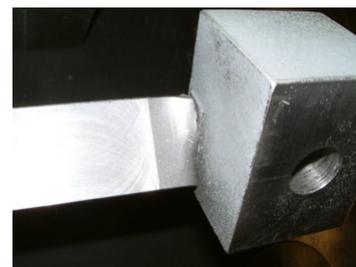


図-6 ねじり破断面の破断状況

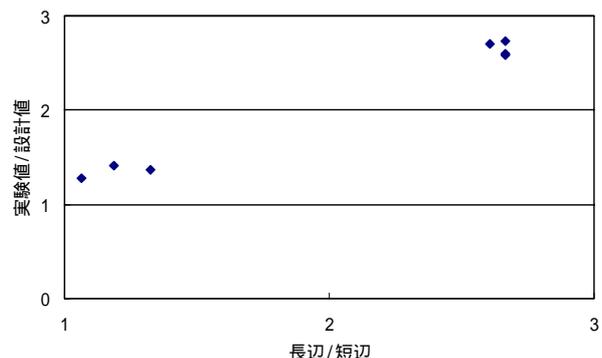


図-7 ねじり断面の辺長比に対する実験値と設計値の比