

鋼材のせん断破壊を利用したロックオフ機構の性能確認実験

(株)大林組 正会員 ○武田 篤史 非会員 平田 寛
東日本高速道路(株) 正会員 鈴木 雄吾 正会員 金田 和男

1. はじめに

橋梁における制震ダンパーの減衰力容量は、一般にL2地震動に対して効率よくエネルギー吸収できるように定めるのが望ましい。しかし、そのように定めた減衰力容量では常時やL1地震時に発生する荷重に対しても制震ダンパーが作動してしまうことから適切な設計が困難となる場合がある。そのような場合には、常時やL1地震時に発生する荷重には固定条件を実現させるものの、一定以上の荷重が入力されると抵抗しなくなるロックオフ機構が利用される。

本論文では、精緻な加工精度を必要とせずに取り付けることが可能なロックオフ機構に対して行った、性能確認実験の結果について報告する。本論文において対象とするロックオフ機構は、母材に摩擦接合で取り付けられたロックオフ部材の凸部をス相手鋼材の母材凹部にはめ込んだものであり、ダンパー作動時にロックオフ部材凸部の根元(ロックオフ部)がせん断破壊するものである。ロックオフ部の断面積を制御することで、破断荷重を制御することができる。

2. 実験方法及び試験体概要

図1に試験体(ロックオフプレート)の形状、写真1に載荷装置を示す。試験体は摩擦型ダンパー²⁾にロックオフ機構を取付けた。ただし、摩擦面には、摩擦の影響をできるだけ小さくするためにテフロン板とSUS板を用いた。載荷は、鋼製フレーム内にロックオフ機構4箇所を取り付けた摩擦型ダンパーを油圧ジャッキで静的に載荷して行った。

実験パラメーターはロックオフ部の断面(7~11mm×12mm)と、スリット形状(A:小スリット, B:中スリット, C:中スリット)とした。表1に試験体(ロックオフ機構)一覧、表2に使用鋼材の材料特性を示す。

3. 実験結果と考察

1) 実験結果一覧

表3に実験結果の一覧を示す。ロックオフ機構の耐力は載荷装置全体の荷重からテフロン-SUS間のすべり荷重(載荷前にロックオフ機構なしで摺動試験を行った結果)を取り除き、ロックオフ機構の箇所数(4箇所)で除して求めた。いずれの試験体も各3体ずつ実施したが、実験結果のばらつきは小さく安定して性能を発揮した。写真2に代表的な試験体の破壊状況の例(T-09-16+, T'-09-16+, T''-09-16+)を示す。いずれの試験体もスリット部でせん断破壊している。他の試験体も同様であった。

2) 荷重-変位関係

荷重-変位関係の例(T-09-16+)を図2に示す。変位3mm

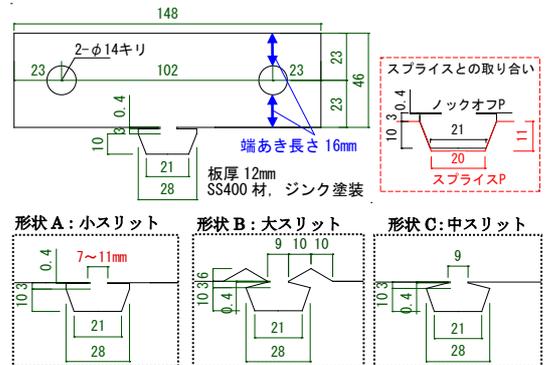


図1 ロックオフ機構試験体形状

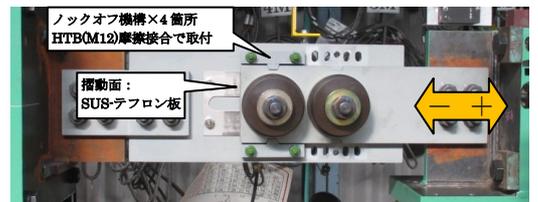


写真1 載荷装置

表1 試験体一覧

No.	試験体名		ロックオフ部		端あき
			断面	形状	
No.1	T-16+	T-07-16+	7mm×12mm	A	16mm
No.2		T-09-16+	9mm×12mm		
No.3		T-11-16+	11mm×12mm		
No.4	T'-16+	T'-09-16+	9mm×12mm	B	
No.5	T''-16+	T''-09-16+	9mm×12mm	C	

表2 使用鋼材の材料特性

使用部位	板厚 t/mm	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	降伏比 Y.R.(%)	伸び率 (%)	試験体名
ロックオフPL (SS400)	12	301	445	67.6	31.4	T2-16+
	12	299	439	68.1	30.7	T2'-16+, T2''-16+
スプライスPL (SS400)	19	263	418	62.9	32.4	-

※試験片はJIS1A号とし、3体実施した平均値とした

キーワード ロックオフ機構, 制振ダンパー, 鋼材, せん断破壊

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組 技術研究所 構造技術研究部 TEL042-495-1013

表 3 実験結果一覧

No.	試験体名		計算値		実験値				ノックオフ耐力 実験値/計算値 平均
			ノックオフ耐力 Q_{nc} (kN) (引張強さ \times 断面積 $\sqrt{3}$)	最大耐力(kN) ※試験体全体	ノックオフ耐力 Q_n (kN)		最大耐力時の 変位 δ (mm)		
					各試験体	平均	各試験体	平均	
No.1	T-07-16+	T-07-16+(1)	21.6	164.1	37.0	37.5	2.2	2.2	1.74
		T-07-16+(2)		162.6	36.7		2		
		T-07-16+(3)		171.0	38.8		2.37		
No.2	T-16+	T-09-16+(1)	27.7	206.7	47.7	47.5	2.7	2.8	1.71
		T-09-16+(2)		207.9	48.0		2.84		
		T-09-16+(3)		203.0	46.8		2.72		
No.3	T-11-16+	T-11-16+(1)	33.9	242.8	56.7	57.5	3.5	3.5	1.70
		T-11-16+(2)		249.6	58.4		3.47		
		T-11-16+(3)		245.6	57.4		3.46		
No.4	T'-16+	T'-09-16+(1)	27.3	179.9	41.0	40.8	3.9	3.9	1.49
		T'-09-16+(2)		178.8	40.7		4.09		
		T'-09-16+(3)		178.8	40.7		3.68		
No.5	T''-16+	T''-09-16+(1)	27.3	184.6	42.1	41.9	4.1	4.2	1.53
		T''-09-16+(2)		180.6	41.1		3.8		
		T''-09-16+(3)		185.8	42.4		4.68		

程度で荷重のピークに達した後は、テフロン-SUS 板間のすべり荷重のみが作用していることがわかる。すべり荷重は安定しており、実験の成立性が確認できる。最大変位後の負方向加力の際に、変位 0mm 付近で若干の荷重増加がみられるが、これは、破断したノックオフ部材凸部が引っ掛かったものである。しかし、その荷重の大きさは、ノックオフ耐力に対して 8%程度であり十分に小さい。他の試験体もほぼ同じ性状を示した。

3) ノックオフ断面形状とノックオフ耐力の関係

図 3 にノックオフ断面と耐力の関係を示す。縦軸のノックオフ耐力は、材料のばらつきの影響をなくすために、材料試験から求めたせん断強さ τ_u ($\tau_u = f_u / \sqrt{3}$) で除している。図 3 より、ノックオフ機構の最大耐力(実験結果)は断面積にほぼ比例しており、計算値の 1.6 倍程度であったことがわかる。これは、せん断強さに達した後も、破壊界面が接触しており、摩擦などの働きがあったものと考えられる。

ノックオフ部を形成するスリットの形状に着目すると、小スリット(T-09-16+)が最も大きく、大スリット(T''-09-16+)が最も小さかった。これは、せん断強さに到達後の拘束の影響と考えられる。

4. まとめ

- 1) ノックオフ機構は安定した耐力を発揮し、その成立性が確認された。
- 2) ノックオフ機構の最大耐力は材料試験から求めたせん断強さの計算値 τ_u ($\tau_u = f_u / \sqrt{3}$) の 1.6 倍程度である。
- 3) ノックオフ部を形成するスリットを大きくすると耐力が減少する傾向がある。

参考文献 1)武田ら：履歴型ダンパーを用いた橋梁の設計におけるダンパー減衰力の選定に関する解析的検討，構造工学論文集 A Vol. 60A(2014), 2)武田ら：皿バネボルトセットを用いた摩擦型ダンパーの性能評価，構造工学論文集 A Vol. 58A(2012)

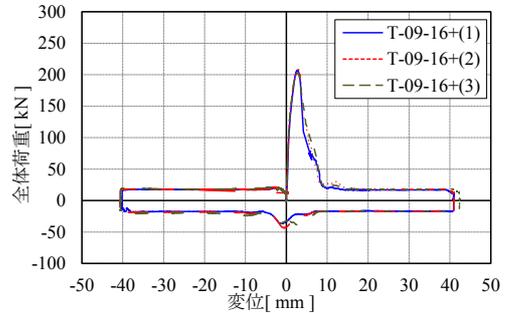
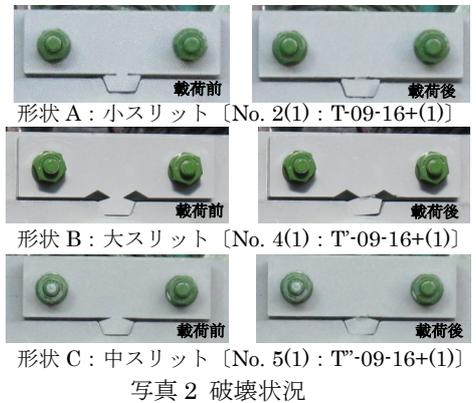


図 2 荷重-変位関係の例

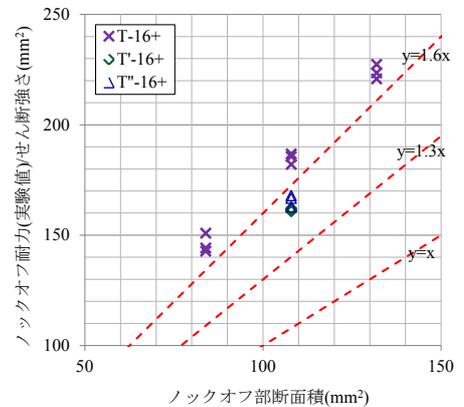


図 3 ノックオフ部断面積と耐力の関係