

F10T M20・M24HTBを用いたアルミ溶射摩擦ダンパーの静的繰返し载荷実験

正会員 中平和人\*2 同 桑原 進\*1  
 同 井上一朗\*1 同 田中利幸\*2  
 同 瀬川輝夫\*2 同 宇野暢芳\*3

摩擦ダンパー 履歴特性 静的繰返し载荷  
 溶射 すべり係数

1. 序 アルミ溶射摩擦ダンパーとは、二面摩擦接合面にアルミニウムを溶射した履歴型のエネルギー吸収機構である。本ダンパーの想定している対象外乱は大地震であり、その目標性能として、(1) 高耐力（高すべり係数）(2) 剛塑性に近い安定した履歴特性(3) 安定履歴域での累積すべり量 > 1.2m<sup>[1]</sup>(4) 履歴特性が周波数に依存しない(5) 軽量・コンパクトで取付交換が容易(6) 設置後はメンテナンスフリー、等が挙げられる。

過去の静的・動的载荷試験から、本機構は制振ダンパーとして効果的であり適用可能な性能を有することが確認されている<sup>[2]~[4]</sup>。高耐力かつ安定した履歴特性を確保するためには、摩擦面の最適条件をより緻密に把握する必要があり、基礎的研究のさらなる継続が望まれている。

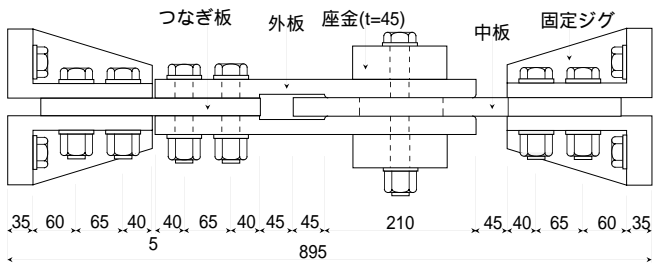
本実験は、締付ボルトに F10T M20（標準ボルト張力 18.2t）および M24（同 26.2t）を用い、それぞれを既往 M16 シリーズよりも高耐力の、30t ダンパーおよび 40t ダンパーとしてラインナップさせるためにその静的な力学的挙動を確認したものである。

2. 試験体および実験方法 ボルト径 M24 用の試験体を図 1 に、試験体の一覧を表 1 に示す。

外板の溶射膜厚を正確に管理するため、従来は過剰溶射後に所定膜厚まで研削していたが、溶射皮膜組織は多孔質状ゆえに研削油が浸透し、これが初期サイクルのすべり係数を低めていた。これは脱脂で解決するが、残留研削油の完全脱脂は事実上困難であるため、溶射をしたままの状態での膜厚管理を基本とすることとした。

また今回から溶射面長を拡張し、平均接触圧を 100kg/cm<sup>2</sup> 程度(従来の約半分)とした。試験体の表面粗さや溶射厚などについては実測管理している。载荷は正負交番荷重とし、片振幅 10,20,30,40mm の各変位サイクルをそれぞれ 3 回ずつ漸増および漸減で与える。

3. 実験結果および考察 代表的な実験結果を図 2 ~ 図 3 に示す。SNA15-U20LI の摩擦力-すべり量関係はほぼ剛塑性の挙動を呈している。ボルト軸力は载荷につれ上昇して初期導入軸力の 125% 程度にまで達し、载荷終了後も低下しない。すべり係数は 0.75 ~ 0.80 と高く、繰返しによるすべり係数の低下もない。また上記の傾向は載



M24ボルト用試験体組立図

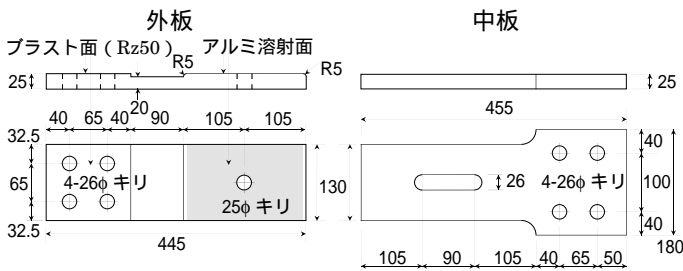


図 1 M24ボルト用の試験体

表 1 試験体一覧

No	試験体名称	外板				中板			平均接触圧	载荷種別
		素材	形状	溶射面 Ni-Al 下地	研磨 脱脂 目標 膜厚	素材	摩擦面 の 処理	締付 ボルト		
a1	SNA15-U20LI	SS 400	長	有	150 (μm)	SUS 410	鏡面	F10T M20	93 (kg /cm <sup>2</sup> )	漸増
a2	SNA15-U20LD					漸減				
a3	SNA15-S20LI					漸増				
a4	SNA15-S20LD					漸減				
a5	SNG15-U20LI					漸増				
a6	SNG15-U20LD					漸減				
a7	SNA10-UB20LI			無	100 (μm)	SUS 410	鏡面	初期 導入 ボルト 軸力 18.2 (t)	漸増	
a8	SNA10-UB20LD					漸減				
a9	SNA15-UB20LI					漸増				
a10	SNA15-UB20LD					漸減				
a11	SA15-UB20LI					漸増				
a12	SA15-UB20LD					漸減				
b1	SNA15-U24LI	有	200 (μm)	SUS 410	鏡面	F10T M24	114 (kg /cm <sup>2</sup> )	漸増		
b2	SNA15-U24LD			漸減						
b3	SNA20-U24LI			漸増						
b4	SNA20-U24LD			漸減						
b5	UNA20-U24LI			漸増						
b6	UNA20-U24LD			漸減						

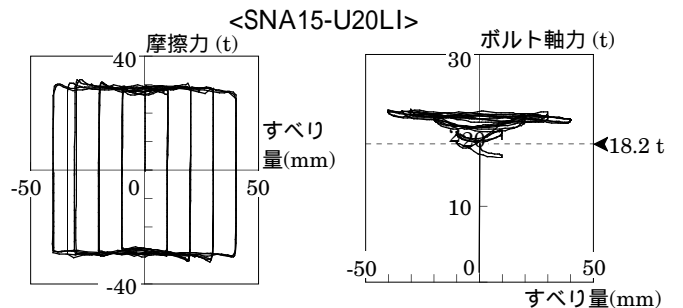


図2 摩擦力-すべり量関係とボルト軸力-すべり量関係

Static Cyclic Loading Test of Aluminum Sprayed Friction Dampers Tightened with F10T M20 and M24 HTB

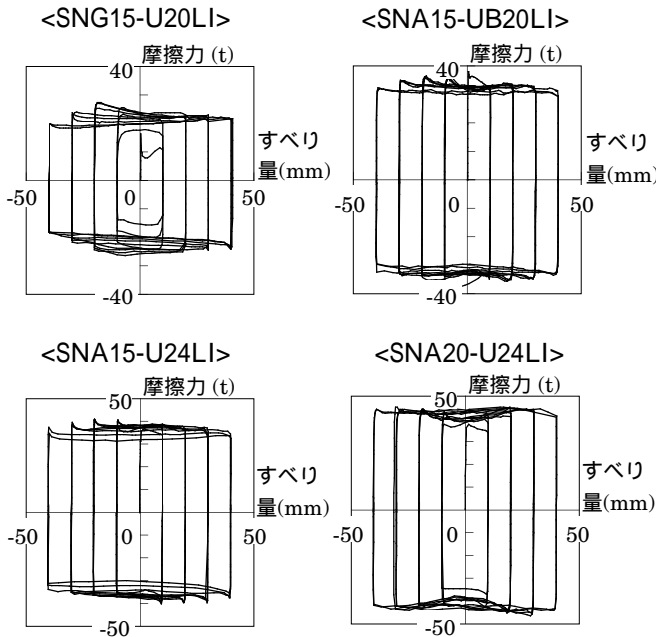


図3 摩擦力 - すべり量関係

荷が漸増か漸減かによってほとんど相違しない。

図4にはサイクル毎の平均すべり係数の推移を、また図5には全試験体の平均すべり係数の最大値と最小値(平均値は白抜き)をまとめて示している。

溶射膜厚が同じでも溶射面を研削したSNG15-U20LIは、脱脂処理が不十分とみえ、処女載荷時のすべり係数が低くかつ履歴挙動が不安定である。すべり係数はいったん上昇するが徐々に低下する。

アルミ溶射膜厚については、M20とM24とで最適膜厚が若干異なる可能性がある。従来の研究ではボルト径によらず膜厚150 $\mu\text{m}$ 程度が最適とされており、M20についてはその知見通りであった。しかしM24については目標溶射膜厚が150 $\mu\text{m}$ [実測約130 $\mu\text{m}$ ]のSNA15-U24LIが不調で、繰返しによるすべり係数の低下が見られたのに対し、目標溶射膜厚が200 $\mu\text{m}$ [実測約220 $\mu\text{m}$ ]と大きいSNA20-U24LIは平均して0.75~0.80と高い安定したすべり係数を示した。これは、M20シリーズにおいて膜厚150 $\mu\text{m}$ のSNA15-U20LIが安定した履歴性状であるのに対して、膜厚が100 $\mu\text{m}$ のSNA10-UB20LIは繰返しによるすべり係数の低下が大きいということと対応している性状である。したがって本試験体の形状では、溶射膜厚についてはM20で150 $\mu\text{m}$ 、M24で200 $\mu\text{m}$ 程度が適切と思われる。膜厚がそれより薄くても厚くても繰返し載荷によりすべり係数は低下し、履歴挙動が不安定となる<sup>[2][3]</sup>。

中板表面処理に関しては、ブラスト処理を行ったSNA15-UB20LIの平均すべり係数は0.85~0.90と高い値を示すが、一様に高く安定してはいない。また載荷を繰返す度にすべり係数は少しずつ低下していく。

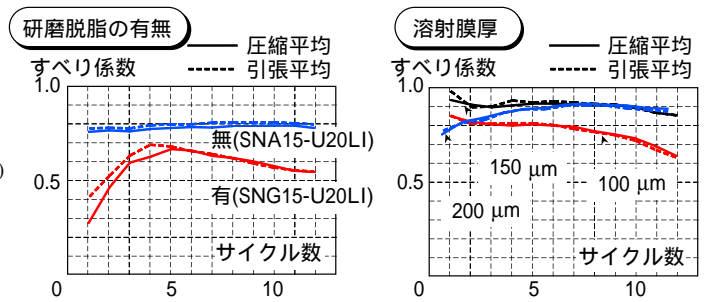


図4 サイクル毎の平均すべり係数の変化

図5 平均すべり係数の最大値・平均値・最小値

Ni-Alによる下地処理の有無については、下地処理を行った方が若干高かつ安定した結果が得られた。中板・外板の素材やまた載荷プログラムについては顕著な履歴特性への影響は確認されなかった。

5 結 本ダンパーが0.8程度の高すべり係数と安定した履歴特性を有するためには、(1)溶射面の研削は行わず(2)目標溶射膜厚はM20で150 $\mu\text{m}$ 、M24で200 $\mu\text{m}$ 程度とし(3)平均接触圧は100 $\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度とする必要がある。謝辞 本研究の実験・結果の整理等については、当時大阪大学工学部建築工学科小林良史氏にご協力頂いた。付記し、氏に厚く感謝の意を表す。

#### 参考文献

- [1] 徳山純一郎, 清水晶子, 井上一朗, 小野聡子: 摩擦ダンパーを装着したせん断形多質点系の地震応答性状(その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)B構造I, pp.757~760, 94/9
- [2] 小野聡子, 中平和人, 辻岡静雄, 井上一朗: アルミ溶射摩擦ダンパーの静的および動的履歴特性に関する実験的研究, 構造工学論文集Vol.41B, pp.1~8, 1995/3
- [3] 井上一朗, 辻岡静雄, 小野聡子, 中平和人, 瀬川輝夫, 田中利幸: アルミ溶射摩擦ダンパーの摩擦面の条件, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第36号・構造系, pp.213-216, 1996/7
- [4] 中平和人, 井上一朗, 桑原進, 瀬川輝夫, 田中利幸: アルミ溶射摩擦ダンパー付きブレース架構載荷実験, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第36号・構造系, pp.217-220, 1996/7

\*1 大阪大学工学部建築工学科

\*2 竹中工務店大阪本店設計部構造G

\*3 新日本製鐵技術開発本部鉄鋼研究所

Dept. of Architectural Engineering, Faculty of Engineering, Osaka Univ.

Structural Engineering Section, Building Design Dept., TAKENAKA corp.

Steel Research Lab., Technical Development Bureau, NIPPON STEEL corp.