

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：33919

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656292

研究課題名（和文） 自己修復機能を持つ超高性能制震ダンパーの開発研究

研究課題名（英文） Development of self-centering high-performance seismic dampers

研究代表者

宇佐美 勉 (USAMI TSUTOMU)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：50021796

研究成果の概要（和文）：

鋼橋の地震後の修復性を確保することを目的に、残留変形の自己修復 (Self-centering) 機能を持つ高性能な制震ダンパーの開発のために、(1) 形状記憶合金を使用し、材料的な自己修復機能を持たせたダンパー (SMA ダンパー)、および (2) 座屈拘束ブレース (BRB) と高強度ケーブルを効率的に組み合わせて構造的に自己修復機能を持たせた制震ダンパーの開発を行った。開発した制震ダンパーを設置した門型ラーメン橋脚の地震応答解析から、自己修復機能を持つ制震ダンパーの有効性が確認できた。

研究成果の概要（英文）：

The effectiveness of seismic performance upgrading for steel bridge structures is studied by adoption of self-centering damping devices made of (1) shape memory alloys (SMA damper) and of (2) buckling-restrained brace (BRB) or buckling-restrained rippled plate dampers with steel prestressing tendons. Dynamic analyses of bare frames and frames with developed self-centering dampers show that excellent re-centering ability and energy dissipation can be afforded.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木構造・構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：制震, ダンパー, SMA, 自己修復, 高機能, 鋼橋, 耐震補強

## 1. 研究開始当初の背景

- 1) 政府の中央防災会議は、平成 17 年 9 月 27 日に「首都直下地震対策大綱」を発

表し、緊急物資の港湾からの陸揚げや幹線道路の緊急車両の通行を、大地震発生後、ごく短期間で可能にするために岸壁、橋梁等の耐震化の推進の必要性を指摘

している

- 2) 本研究は、同会議が指摘する1日以内に緊急車両の通行機能を確保する橋梁の耐震化を更に一步進めて1日以内に普通車両の通行機能をも確保する橋梁の耐震化実現を目指す。
- 3) 地震後の修復性を確保するため、主構造は出来るだけ健全な状態に保ち、複数回の大地震に耐え、高いエネルギー吸収・消散能力(安全性)を持つ制震ダンパーを構造物内に設置し、それに塑性変形を集中させる制震構造化に注目する。
- 4) さらに、2)の目標達成のためには、地震後の残留変形の自己修復(Self-centering)機能を持つ超高性能な制震ダンパーの開発が必要である。

## 2. 研究の目的

橋梁の地震後の修復性を確保するため、主構造は出来るだけ健全な状態に保ち、複数回の大地震に耐え、高いエネルギー吸収・消散能力を持つ制震ダンパーを構造物内に設置し、それに塑性変形を集中させる制震構造化に注目する。さらに、地震後の残留変形の自己修復(Self-centering)機能を持つ高性能な制震ダンパーの開発のために、

- (1)形状記憶合金を使用し、材料的な自己修復機能を持たせたダンパー(SMAダンパー)
- (2)座屈拘束ブレース(BRB)と高強度ケーブルを効率的に組み合わせて構造的に自己修復機能を持たせた制震ダンパー(SCBRBダンパー)を開発する。
- (3)さらに、橋梁端部のストッパーの役目を果たす座屈拘束波形鋼板制震ダンパー(SCBRRPダンパー)開発のための基礎的研究を行う。

## 3. 研究の方法

- 1) SMAの素材実験より材料構成則を開

発する(SMAダンパー)。

- 2) 鋼部材と鋼ケーブルを組み合わせて構造的に自己修復機能を持つ制震ダンパーを開発する(SCBRBダンパー、またはSCBRRPダンパー)。
- 3) SMAダンパーおよび鋼部材・ケーブルを組み合わせた制震ダンパーを試作して性能実験を実施する。
- 4) 開発した制震ダンパーを鋼製橋脚に設置し、その高性能性を安全性および自己修復性の観点から実証する。

## 4. 研究成果

- 1) SMAダンパーの開発研究では、まずTi-Ni合金SMA線材を対象に、既往の実験結果を模擬する新たな構成則を開発した(図-1)。

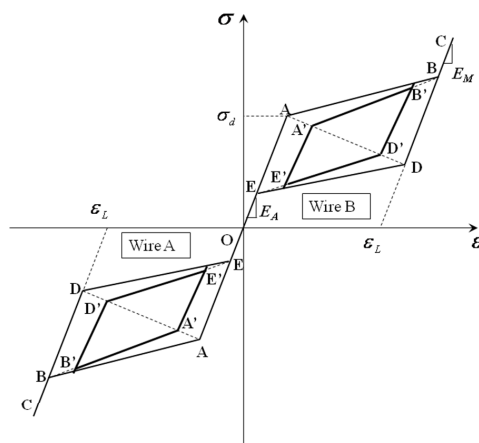


図-1 SMAの復元力モデル

- 2) 次に、複数のSMA線材束を用いて引張一圧縮荷重ともに有効に働くシリンダー型ダンパーを開発した(図-2)。

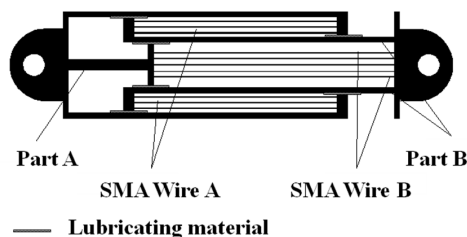


図-2 SMAダンパー

- 3) このダンパーを門型鋼製橋脚に設置し (図-3)、従来型の BRB ダンパーのみを設置した場合に比較して、残留変形が格段に減少することを実証した。

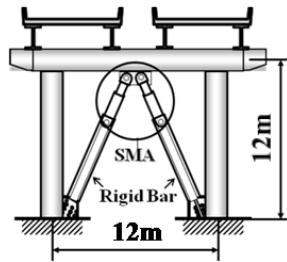


図-3 SMA ダンパーを有する鋼製ラーメン橋脚

- 4) さらに、SMA は温度変化に対して敏感であることに鑑み、地震動によって発生する温度変化、および環境的な温度変化の両方の影響を検討した。その結果、前者については影響は限定的であるという結果を得たが、後者については、慎重に検討する必要があるという結論を得た。
- 5) SCBRB ダンパーでは、座屈拘束ブレース (BRB) に主構造およびプレストレスされた高強度ケーブルの復元性を効率的に組み合わせて構造的に自己修復機能を持つ制震ダンパーを試作した。エネルギー吸収機能を BRB あるいは座屈拘束波形鋼板 (BRRP) に持たせ、センターリング機能を弾性域に留ませた主構造と高強度鋼ケーブルに持たせる、機能分散型の制震ダンパーである。一部は構成則の開発を終え、SCBRB および SCBRRP については現在実験中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

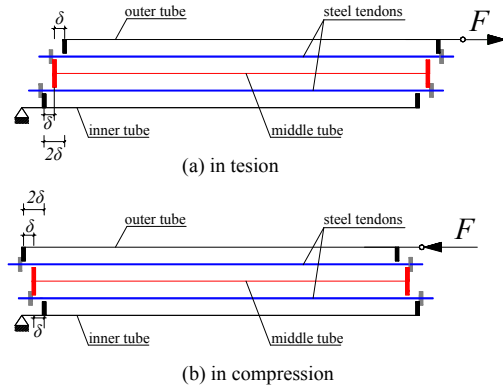


図-4 BRB と高強度ケーブルを用いた自己修復型制震ダンパーの模式図

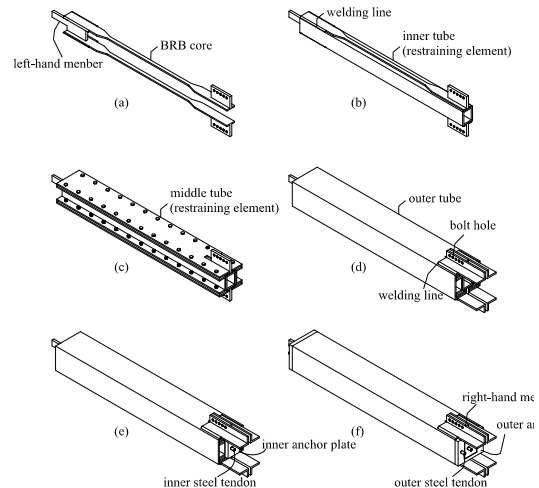


図-5 自己修復型制震ダンパーの構造

① Luo, X.Q., Ge, H.B. and Usami T. (2012): Temperature Effects of SMAs in Damage Control Design of Steel Portal Frames, *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, Vol.6, No.4, pp.348-357.

[学会発表] (計 3 件)

① 丸山陸也, 葛 漢彬 (2013): 残留変位の低減に着目した鋼製ラーメン橋脚の耐震解析, 土木学会中部支部研究発表会, 愛知工業大学, 2013.3.

- ② Zeng, P., Chen, Q., Wang, C.L, Usami, T., and Meng, S.P.(2013): Behaviour and design of an all-steel self-centering buckling restrained brace, 10th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2013.3
- ③ 葛 漢彬, 宇佐美勉 (2012) : 形状記憶合金制震ダンパーの開発とその応用に関する基礎的研究, 土木学会中部支部研究発表会, 信州大学. 2012.3.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

宇佐美勉 (USAMI TSUTOMU)  
名城大学・理工学部・教授  
研究者番号 : 50021796

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号 :

### (3) 連携研究者

葛 漢彬 (GE HANBINN)  
名城大学・理工学部・教授  
研究者番号 : 90262873

渡辺孝一 (WATANABE KOUICHI)  
名城大学・理工学部・准教授  
研究者番号 : 90387762