705 トラス橋構造モデルの制振効果

Active Vibration Control of Bridge model Using TiNi Fiber

正 島本 聡 (埼玉大)

○松本一樹

黒沢信行 (共和計測)

Akira SHIMAMOTO, Saitama Institute of Technology, OkabemachiHusaiji1690, Oosato-gun, Saitama

Kazuki MATSUMOTO

Nobuyuki KUROSAWA, Kyowa Electronic Instruments

Key Words: TiNi Fiber, Active Vibration Control, Smart Bridge, Strain, Magnification Factor,

1. 緒言

近年、工業の急速な発展に伴って、機械・構造物の大型化、軽量化、高速化を促進し、これに伴い震災時にこれらの構造物はもちろんのこと高層ビルや橋梁などの破壊を防ぐ、より安全な構造物を作ることが望まれている。また、建築、土木、宇宙開発分野における材料強度、安全性、寿命評価および省エネルギー性確保のためには環境温度や負荷応力の程度および内部き裂などの発生を何らかの方法(材料側からの物理的、化学的情報)で我々に知らせることの出来ることが重要である。さらにその欠陥を閉鎖あるいは修理する機能を有する、いわゆる知的材料(インテリジェント)・構造システムへの新しい設計手法(開発を含めた)の確保が不可欠となる。

本研究では、これらの問題をかんがみ、地震や突発的事故などの危険を察知できる部材の実用化を目指し、一般的によく用いられているトラス橋モデルを作成した。起振機により振動を与えTiNiワイヤに通電加熱し、温度の変化に伴う高温側逆変態温度(A_f)によって形状回復力を発生させ、橋梁モデルの制振効果をひずみゲージにより求め検討した。

2. 試験片

試験片の形状は、厚さ 10 mm、幅 20 mm、長さ 710 mmを 2 本、厚さ 3 mm、幅 7 mmの部材で組んだものを上弦材とし、厚さ 10 mm、幅 80 mm、長さ 820 mmに深さ 5 mmで加工したものを下弦材とした。材料はアクリル板(ヤング率: 3.09GPa)を使用した。

試験片にはひずみゲージ(共和電業 KFP-5-350)を上弦材に 2 箇所、下弦材に 2 箇所接着した。ひずみの測定はメモリレコーダ・アナライザ(共和電業 EDX-1500A)を使用した。試験片作成においては、あらかじめ TiNi ファイバを斜材部に通して、それぞれ引張りひずみ 2%を与え治具により固定した。形状記憶合金 TiNi ファイバ(高温側逆変態温度 $A_f = 63^\circ\text{C}$)は直径 0.5 mmを用いた。試験片の形状、ひずみゲージの設置箇所および実験装置を Fig. 2・3 に示す。

3. 実験方法

静的試験として橋梁構造モデル中央部に 0、0.5、1、1.5、2kg を負荷し、TiNi ファイバに通電することに

よるひずみの低減について調べた。次に、動的な負荷に対する橋梁構造モデルの挙動を明らかにするため、モデルを自由振動させ、その時の波形から周波数応答特性を求めた。最後に、実際に橋梁構造モデルを起振機で強制振動させ、TiNi ファイバに通電することによるモデルの制振効果について調べた。

Fig. 1 Strain gage installation part

Fig. 2 Experimental apparatus

4. 実験結果および考察

橋梁構造モデル中央部に荷重を負荷した時の、荷重とひずみの関係を Fig. 3 に示す。Fig. 3 からわかるように、負荷荷重の増加にともなひずみが比例的に増加し、TiNi ファイバに通電加熱することによって、トラス橋構造モデルのひずみが約 30%減少している事がわかった。この事は、予ひずみを与えた TiNi ファイバが通電によって逆変態を起こし、圧縮応力が発生しトラス橋構造モデルの剛性が増し、ひずみが減少した事によるものと考えられる。

トラス橋梁構造モデルを自由振動させ、振動波形から減衰比と振動定数を求め、算出した周波数応答特性を Fig. 4 に示す。Fig. 4 からわかるように、TiNi ファイバに通電加熱し、トラス橋構造モデルの剛性を高めることにより固有振動数を変化させることができた。このことから、トラス橋構造モデルに振動が加わった時、

TiNi ファイバに通電することによってモデルの振動抑制が可能であることが確かめられた。

トラス橋構造モデルを自由振動させた時の TiNi ファイバへの通電前後における波形を Fig.5 に示す。TiNi ファイバに通電加熱することによってトラス橋構造モデルの固有振動数は約 10% 増加し、自由振動波形の周期は短くなっている事がわかる。この事は、TiNi ファイバに通電加熱する事によってモデルの剛性が高くなる事を示している。

実際にトラス橋構造モデルを強制振動させた時のひずみを計測した結果を Fig.6 に示す。Fig.6 からわかるように、TiNi ファイバ通電前に比し、通電後の振幅は約 50% 減少していることがわかる。この事から TiNi ファイバの圧縮応力によって動的な試験でもひずみが減少する事が確かめられた。

Fig.3 Relation between strain and load

Fig.4 Frequency response characteristic

Fig.5 Natural frequency

Fig.6 Vibration ripple

5. 結言

形状記憶合金 TiNi ファイバの加熱収縮による自己強化などの材料機能特性を取り入れたトラス構造の橋梁モデルを作成し、静的・動的制振の可能性について調べた結果、次の知見が得られた。

- 1) 橋梁構造モデルに荷重を负荷した状態で TiNi ファイバに通電することによってモデルの剛性を高め、ひずみは約 30% 減少させる事ができた。
- 2) TiNi ファイバに通電することによって橋梁構造モデルの固有振動数を変化させる事が可能であることが確かめられた。
- 3) 橋梁構造モデルの固有振動数を変化させる事によって、外部から振動が加わった時、モデル自身の振動抑制が可能である事が確かめられた。

参考文献

- 1) 島本聡、野方文雄、黒沢信行 M&M2003 材料力学部門講演会講演論文集 p913-914(2003)
- 2) 島本聡、古屋泰文、黒沢信行、阿部博之 日本機械学会論文集(A編)67巻654号(2001-2)
- 1) 橋善雄：橋梁工学 第5版 共立出版株式会社
- 2) 山田伸志：振動工学入門 パワー社
- 3) 谷口修：振動工学 倍風