

I-B 54

超低降伏点鋼材を用いた片持梁式ダンパーの開発に関する研究

(株)竹中土木 正会員○鈴木一彦
 (株)竹中土木 正会員 平井 卓
 新日本製鐵(株) 正会員 聖生守雄

1. はじめに

橋梁に用いる免震装置は、従来からさまざまな材料や構造形式を用いて開発が行われてきた。このような中で、超低降伏点鋼材は降伏耐力が低く、明確な降伏点が表れない鋼材のため小さな歪みに対しても塑性変形を生じる一方、高い伸び性能を有する鋼材である。このような鋼材は履歴によるエネルギー吸収性能に優れ、建築分野では免震装置として利用されている。そこで筆者らは、この鋼材を用いた橋梁用ダンパーの開発を試みた。ダンパーの構造は橋桁高さを利用した片持梁形式とし、作用外力は水平力のみ負担して鉛直荷重は負担しない構造とした。図-1にダンパーの設置例と基本形状を示す。本研究は、この片持梁式ダンパーの性能確認実験を目的とし、縮小モデルを用いた載荷実験を実施した。また、ダンパー途中にストッパーを設けて橋桁の過大な変位を抑制する方法を考案し、その効果も同時に検証した。

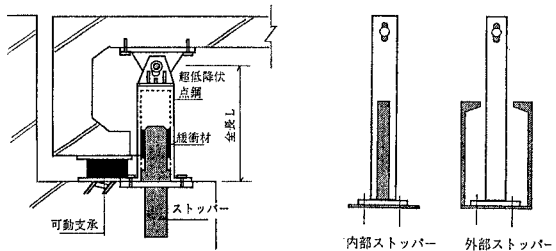


図-1 ダンパー設置例と基本形状

2. 実験概要

実験は静的載荷と動的載荷実験を行い、その概略図を図-2と図-3に示す。載荷装置には静的アクチュエータ(最大載荷 $\pm 50\text{tf}$;最大変位 $\pm 15\text{cm}$)と動的アクチュエータ(最大載荷 $\pm 33\text{tf}$;最大変位 $\pm 15\text{cm}$;最大周波数 10Hz)をそれぞれ使用し、載荷装置の制御は変位制御とした。載荷装置は装置ヒンジ部分と供試体中立軸が一致する位置とし、取付用治具を用いて供試体と固定した。架台と供試体は、静的載荷実験では供試体下端部のプレートと架台をボルトを用いて固定し、動的載荷実験では供試体下端部とストッパー下端部をPC鋼棒を用いて縫い付け固定した。実験方法は「道路橋の免震設計法マニュアル(案)の免震装置の性能確認試験方法」に準じて行った。静的載荷実験はストッパー接触前(変位振幅 $\pm 20\text{mm}$)とストッパー接触後(変位振幅 $\pm 50\text{mm}$)50回の繰り返し載荷に対する履歴の安定性を検証し、動的載荷実験は変位振幅($\pm 10\text{mm}$; $\pm 20\text{mm}$; $\pm 30\text{mm}$)に対して正弦波加振振動数(0.1Hz; 0.5Hz; 1.0Hz)をそれぞれ10回行い、変形速度変化に対する履歴の安定性を検証した。供試体は超低降伏点鋼材BT-LYP100製(降伏耐力 1000kgf/cm^2 以下;伸び率50%以上)で、静的載荷実験にはH型鋼(H-300 $\times$ 300 $\times$ 16 $\times$ 16; L=2000mm)を用い、動的載荷実験には角形鋼($\square 250\text{mm} \times 250\text{mm} \times 16\text{mm}$; L=1250mm)をそれぞれ用いた。静的載荷実験では図-2の様にストッパーを供試体中央の外部に設けて供試体とのギャップは1cmとした。動的載荷実験では図-3の様にストッパーを内部に設け、ストッパー位置は供試体上端から50cmと75cmの2箇所として供試体とのギャップは9mmと3mmとした。主な計測は、アクチュエータの載荷荷重と供試体の上端変位として実験を行った。

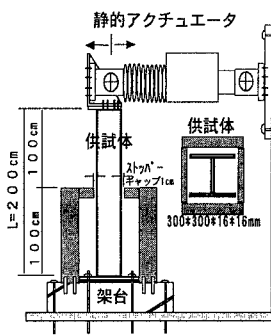


図-2 静的載荷実験の概要図

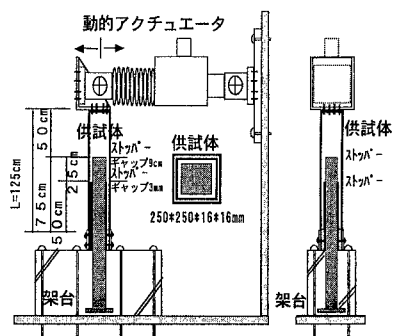


図-3 動的載荷実験の概要図

3. 実験結果および考察

図-4は静的載荷実験での各変位振幅に対する載荷荷重と供試体上端変位の履歴図である。図-5は動的載荷実

験での加振振動数 (1.0Hz) 10回の各変位振幅と変位振幅 $\pm 30\text{mm}$ の各振動数に対する载荷荷重と供試体上端変位の履歴図である。静的载荷実験ではストップ-接触前と接触後の各50回の繰り返し载荷に対しては両者とも安定した履歴を示すことが確認された。動的载荷実験では各変位での各加振振動数の履歴による差異は無く、ストップ-を設けた効果も同様に確認された。従って、この鋼材は繰り返し回数による影響や変形速度変化に対して十分な安定性を有することが判明した。図-6、図-7はそれぞれ静的载荷実験における供試体上端変位と等価減衰定数 (heq)、等価剛性 (kb) の関係を示し、また同図中に解析で求めたストップ-無しの場合の供試体最大変位に対する heq と kb の推定値を示す。静的载荷実験での等価減衰定数は変位とともに増加し、最大で heq=25% と大きな値を得た。heq をストップ-のある場合と無い場合の推定値で比較するとほぼ同じであり、同等なエネルギー吸収性能を発揮した。一方、等価剛性は変位とともに減少するがストップ-の効果により kb の低下が押さえられ、ストップ-の無い場合の kb 推定値に比べて大きな値が得られた。

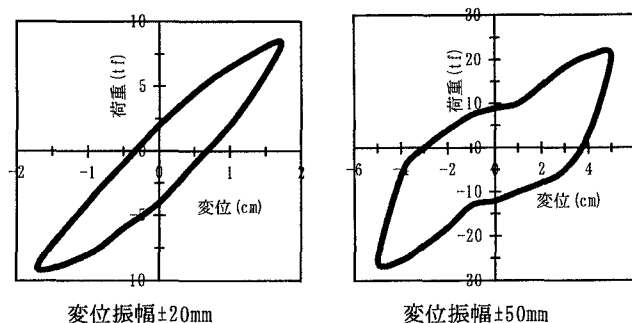


図-4 静的载荷実験の荷重-変位の履歴図

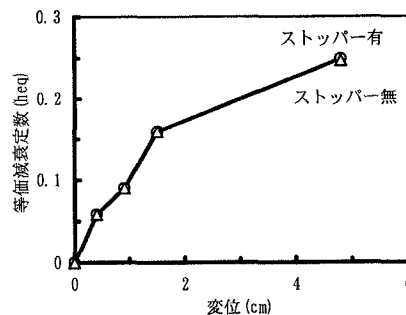


図-6 静的载荷実験の等価減衰定数-変位図

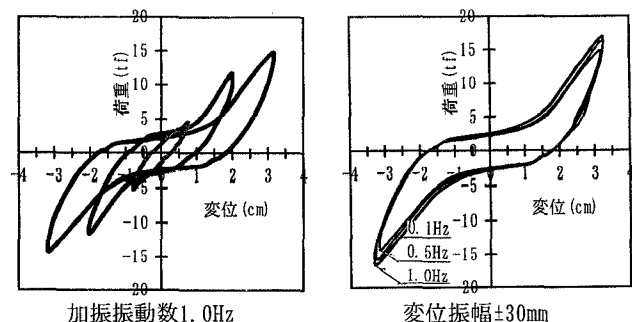


図-5 動的载荷実験の荷重-変位の履歴図

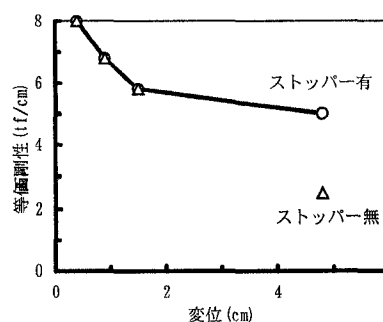


図-7 静的载荷実験の等価剛性-変位図

4. まとめ

超低降伏点鋼材 (BT-LYP100) は鋼材の加工や繰り返し载荷、変形速度等による影響は少なく、十分な履歴安定性を有していることが確認された。また、ダンパ-途中でストップ-を設けることにより変位抑制効果が発揮される一方、ダンパ-としてのエネルギー吸収性能は損なわれないことが判明した。従って、本研究で提案した超低降伏点鋼材を用いた片持梁式ダンパ- (ストップ-機能付き) を橋梁用の免震装置として用いても十分適用可能であることが確認された。今後は、このダンパ-を実橋梁に用いた場合の効果や装置の実用化に伴う諸問題等を解決して研究を進めていく方針である。

最後に、本研究は建設省土木研究所、土木研究センターおよび民間19社による共同研究「高減衰材料を用いた長大橋の免震技術の開発」の一環として行ったものであり、関係者各位に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 建設省土木研究所他 (1992): 「道路橋の設計マニュアル (案)」
- 2) 建設省土木研究所他 (1994, 1995): 「高減衰材料を用いた長大橋の免震技術に関する共同研究報告書 (その1), (その2)」
- 3) 日本道路協会 (1990): 「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」
- 4) 平井, 鈴木, 聖生 (1995): 「超低降伏点鋼材を用いた片持梁の橋梁用ダンパ-への適用性」