

博士学位論文

(内容の要旨及び論文審査の結果の要旨)

氏名	Yang Liu 劉 陽
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	博 甲 第 26 号
学位授与	平成20年2月28日
学位授与条件	学位規程第3条第3項該当
論文題目	高性能せん断型パネルダンパーの開発と橋梁への適用に関する研究 (Development of high performance shear panel damper and its application to bridge structures)
論文審査委員	(主査) 教授 青木徹彦 ¹ 教授 沢田敏克 ² 教授 四俣正俊 ¹ 教授 正木和明 ¹ 准教授 鈴木森晶 ¹

論文内容の要旨
高性能せん断型パネルダンパーの開発と橋梁への適用に関する研究
(Development of high performance shear panel damper and its application to bridge structure)

[研究の背景]

阪神大震災以来、高速道路の耐震向上のため、橋脚と上部工の間に免震ゴム支承を設けることが一般的となった。しかしながら、地震時移動量の増大にともない、桁遊間や伸縮装置が大きくなることやゴム支承が高価で、新たに交通振動による疲労破損の発生や低周波騒音も生じるという問題がある。そのため、ゴム支承に代わる免震デバイスが求められている。低降伏点鋼を用いたせん断型パネルダンパーは制震効果が高く、新設および既設橋への適用性も良好で、経済的にも優れた構造として従来のゴム支承の代わりに鋼製の移動支承と共に用いることができると考えられる。

ところで、従来土木構造を対象とした鋼板せん断型ダンパーの多くは両サイドに縦リブを有する矩形形状である。また水平方向のせん断繰り返しに対し、多くは上下方向の移動を自由、またははりと接合した半固定としている。このような基本形式はパネル全体にせん断力を生じせしめる最も単純な構造であるが、これ以外の様々な形状、支持条件を有するせん断型ダンパーも考えられ、その耐震性能が明らかにされれば、将来、性能設計を迎える時代にあつて、様々な性能を持つ制震デバイスの設計の自由度が増大すると考えられる。

本研究では橋梁支承を対象に、様々な形状、支持条件をもつせん断パネル型ダンパーを提案し、水平繰り返し実験を行ってその基本的な耐震性能を明らかにする。地震力によって変形するせん断パネル内部には複雑かつ大ひずみが分布するが、高性能ダンパーの開発には、その計測が欠かせない。従来のひずみゲージではもはやその計測は不可能であるため、本研究では画像計測技術を用いて、せん断パネル内のひずみ分布状態を2次元的に把握する。最後に、本研究によって開発された低降伏点鋼パネルダンパーの橋梁への適用性について数値解析を行って検討する。

[論文の内容]

第1章 序論では、制震・免震の全体的な背景を紹介し、低降伏点鋼せん断パネルダンパーに関する既往研究を示すことによって、本論文の研究目的を明確にし、本研究の位置付けを行う。また、各章の概要を述べている。

第2章では低降伏点鋼を用い、形状、固定方式の異なるせん断パネルダンパーを提案し、その実験研究についてまとめている。せん断パネル試験体に用いた低降伏点鋼は材質LYP-100 (公称降伏点100 N/mm²)、板厚は $t_w=12\text{mm}$ である。試験体の基準寸法はパネル幅 D および正味の高さ H が板厚 t_w の13倍 ($D/t_w=13$, $H=156\text{mm}$)となる正方形とし、落橋防止装置を兼ねた上下連結形としている。試験体はウェブ4隅への応力集中を緩和するために、4隅に円弧フレアーをつけたケース、あるいは中央部を薄くし、変厚させたケース、さらに、せん断変形を伴う上下方向の変位を逃がすために、下辺曲げ板を取り付けたケースを提案し、これら様々なせん断ダンパーに対する繰り返し載荷を行って耐震性能の基本的挙動を実験的

1 愛知工業大学 工学部 都市環境学科 (豊田市)

2 愛知工業大学 工学部 電気学科 (豊田市)

に明らかにした。

第3章では、画像計測を利用したせん断型ダンパーのひずみ分布特性の把握およびせん断型ダンパーの改良について述べている。実験供試体の表面に多数の点をマークし、載荷状態によって変化する点の動きを高精度デジタルカメラで撮影し、二値化処理、ラベリング、ノイズの除去および行列の再整理などを含む画像処理を行う。つぎに観測点の位置および変位を測定し、得られた点の座標位置を節点とする定ひずみ三角形要素を用いた有限要素法モデルによりひずみを算出する。本章では以上の画像計測方法をまとめている。また、実験供試体における画像計測と供試体表面に貼付けた3軸ひずみゲージにより計測されたせん断ひずみを比較し、計測の精度を確認した。実験には4体の試験体に対してせん断繰返し載荷試験を行い、試験体の荷重-変形履歴曲線および画像計測によりパネル全体の2次元ひずみ分布図を求め、せん断パネルのひずみ分布状態が変形性能へ及ぼす影響を調べた。以上の結果を踏まえ、せん断型ダンパーの形式をさらに改良し、繰返し載荷実験により変形性能、エネルギー吸収性能を確認したところ、著しく高い耐震性能を有するダンパーとすることができた。

第4章では、第2, 3章の研究によって開発されたエネルギー吸収性能の高い低降伏鋼パネルダンパーの橋梁への適用性について検討する。動的数値解析では、せん断パネルを非線形ばね要素でモデル化し、その荷重-履歴を完全弾塑性と仮定している。橋脚は複雑なモデルを避け、5分割とし、回転バネを基部に設けた。入力地震波は道路橋示法書V耐震設計編に従い、タイプ2, II種地盤の標準地震動を選択して用いる。動的解析は新設橋梁、既設橋梁の両方を対象とし、固定支持、高減衰ゴム支承など従来の橋梁支持方式と比較しつつ、せん断型パネルダンパーの制震効果を確認した。

第5章では、本研究で得られた結論のまとめを、第2, 3, 4章ごとに行っている。

本研究で得られた知見は構造物の耐震安全性の向上に寄与するところが大きく、本研究が工学上高い価値を有することを認める。以上のことから、博士論文として、合格であると判定した。

(受理 平成20年3月19日)