

RC造建築物に用いる簡易接合形式による 間柱型履歴ダンパーの構造性能に関する研究

Study on Structural Performance of Pillar Type Hysteretic
Dampers Using a Simple Connecting Method for RC Buildings

松浦恒久 Tsunehisa MATSUURA *

要 旨

本研究はRC造建築物に用いられている間柱型履歴ダンパーを対象に、低降伏点鋼パネルを組み入れたH形鋼のフランジに頭付きスタッドを設け、根巻きRC部とのモーメントの伝達を頭付きスタッドで行うことにより、ベースプレートを設けない形式の簡易な接合形式を提案した。この接合形式を用いた履歴ダンパー試験体に、正負漸増型の繰り返し載荷実験を行い、良好な性能を示すことを確認した。加えて本接合形式の繰り返し載荷に対する安定性を検証するために、履歴ダンパー試験体の多数回繰り返し載荷実験を実施し、その有効性を示したものである。

加えて、間柱型履歴ダンパーの復元力特性のモデル化においては、大地震時には根巻きRC部のひび割れによる損傷は設計上不可避であり、間柱型履歴ダンパーの復元力特性には、この部分の弾塑性挙動を考慮する必要がある。復元力特性のモデル化においては、低降伏点鋼せん断パネル部とRC部の復元力特性モデルを別々に構築し、間柱型履歴ダンパーの復元力特性を表す解析モデルの提案を行っている。さらに、大地震後の履歴ダンパーの性能に着目し、ひび割れが生じた根巻きRC部に超低粘度エポキシ樹脂を注入し、その補修効果も併せて検討している。

各章の概要は次の通りである。

第1章では、本研究の序論として、研究の背景、既往の研究の概観および本研究の概要を述べた。

第2章では、履歴ダンパーとRC造支持部との簡易な接合形式を開発するために行った接合部の要素実験、およびRC造の支持部の弾塑性挙動を表す解析モデルの設定法について述べる。根巻きRC部は履歴ダンパーの負担力を躯体梁に伝達できるように、十分な強度と剛性を持つ必要があるが、ひび割れによる損傷は不可避ともいえる応力伝達機構や弾塑性挙動を明確にすることは、間柱型履歴ダンパーの性能を評価する上で極めて重要である。要素実験ではいくつかの接合ディテールを持つ試験体を製作し、接合方法のみに着目した載荷実験を行った。そして、接合方法の違いによる耐力、変形成分、応力伝達機構の検討を行い、根巻きRC部のスケルトンカーブを提案した。

第3章では、第2章に示した実験結果をもとに選定した頭付きスタッドによる簡易な接合形式を適用した間柱型履歴ダンパーの試験体を用いて、繰り返し載荷実験を実施し、間柱型履歴ダンパーの基本性能、根巻きRC部の耐力算定法について検討した。さらに、間柱型履歴ダンパーの変形機構の分析を行い、第2章で提案した根巻きRC部のスケルトンカーブの妥当性を検討した。

第4章では、簡易接合形式を用いた間柱型履歴ダンパーの地震時挙動の把握を目的として、3章に示した設計法に基づき設計した試験体を用い、小地震、中地震、大地震の3段階の地震荷重を想定した多数回繰り返し載荷実験を実施し、履歴ループ、エネルギー吸収性能、根巻きRC部の損傷度について検討を行い、履歴ダンパーとしての実用性を検証した。

第5章では間柱型履歴ダンパーの変形機構を明らかにするとともに、間柱型履歴ダンパーの復元力特性を表す解析モデルを示した。モデル化にあたっては、大地震時における根巻きRC部のひび割れによる損傷は設計上不可避であり、間柱型履歴ダンパーの復元力特性には、この部分の弾塑性挙動を考慮する必要がある。このため、低降伏点鋼せん断パネル部と根巻きRC部の復元力特性モデルを別々に構築し、間柱型履歴ダンパーの復元力特性を表す解析モデルの提案を行っている。また、解析モデルと実験結果を比較し、変形量、せん断力、履歴性状の全てにおいて極めて良好に対応することを確認した。解析モデルは、実験で見られた多数回の繰り返しにより履歴ループの形状が劣化する現象を除き、間柱型履歴ダンパーの履歴挙動を良好に表すことができる。

第6章では大地震後の履歴ダンパーの性能に着目し、多数回繰り返し載荷実験後の試験体に補修を行い、補修前と補修後の間柱型履歴ダンパー性能の比較を行った。試験体の補修はひび割れが生じた根巻きRC部に超低粘度エポキシ樹脂を注入するものである。間柱型履歴ダンパーは一度大地震を経験すると、根巻きRC部のひび割れによる剛性低下と履歴ダンパーのひずみ硬化による強度上昇により、その後の小地震、中地震でのエネルギー吸収能力が低下する。しかしながら、根巻きRC部のひび割れに超低粘度エポキシ樹脂の注入することにより、根巻きRC部の剛性が回復し、間柱型履歴ダンパーの性能をある程度回復させることができることを確認した。

* 技術研究所

「山口大学大学院学位論文 2010.3」の要旨を掲載

第7章は結論であり、本研究で得られた知見を要約し、今後の課題および展望について述べている。

キーワード：鉄筋コンクリート，履歴ダンパー，簡易接合，根巻き RC 部，繰り返し载荷，解析モデル

Summary

This study focuses on the pillar type dampers with its top and bottom encased in reinforced concrete. A simple connection method is proposed in which stud bolts are installed on the H-section flanges in which a low-yield-strength steel panel is built. This system requires no base plates as moments are transmitted to the bottom end of the reinforced concrete zone around the base of the damper via the stud bolts.

This paper describes the basic design concept of the simple connection method and an analysis model. Also shown are the stability of the connection system under alternate loading and unloading, and the effectiveness of the damper. Attention is also paid to damper performance after a great earthquake, and the effects of repair by injecting low-viscosity epoxy resin into the cracked reinforced concrete zone at the base of the damper are examined.

Chapter 1 as the introduction to this study provides the background of the study and outlines existing studies as well as this study.

Chapter 2 describes the element test of the connection conducted to develop a simple method for connecting the hysteretic damper to the reinforced concrete support, and the method for defining an analysis model to represent the elasto-plastic behavior of the reinforced concrete support. In the experiment of elements, loading tests focusing only on the connection type were conducted using specimens with detailed specifications for connection. Strength, deformation elements, and stress transfer mechanism were identified for respective connection types. The characteristics of restoring forces in the reinforced concrete zone at the base of the damper were modeled.

Chapter 3 describes the results of alternate application of incremental loads to the pillar type damper with a simple connection selected based on the results of the experiment explained in Chapter 2. Also proposed are design methods for hysteretic dampers, the reinforced concrete zone at the base of the damper, and the stud bolts. The increase of strength of the hysteretic damper was outstanding as a result of cyclic deformation. It was therefore verified that a sufficient allowance should be provided when designing the reinforced concrete at the base of the damper.

Chapter 4 aims at identifying the seismic behavior of the pillar type hysteretic damper with a simple connection system. Loading tests were conducted under cyclic loading of small, medium, and great earthquakes using the specimens designed by the method described in Chapter 3. Hysteresis loops, energy absorption capacity, and the damage to the reinforced concrete at the base of the damper were identified, and the effectiveness of the seismic damper was verified.

Chapter 5 proposes models of the hysteresis characteristics in the reinforced concrete zone at the base of the pillar type hysteretic damper. Modeling required the consideration of the elasto-plastic behavior of the reinforced concrete zone due to cracking. Models of hysteresis characteristics were developed separately for the low-yield-point steel shear panel zone and the reinforced concrete zone. An analytical model was proposed that represented the hysteresis characteristics of the entire pillar type hysteretic damper. The results obtained using the proposed models correspond to the test results. It was verified that the analysis and test results were in good agreement to each other in terms of deformation, shear force, and hysteretic characteristics.

In Chapter 6, an experimental study was made of the restorability of the pillar type hysteretic damper subjected to the loading of an assumed great earthquake. Focus was placed on the performance of the hysteretic damper after a great earthquake. The specimens after the cyclic loading described in Chapter 4 were used. Loading tests were conducted after injecting ultra-low-viscosity epoxy resin at the cracked reinforced concrete zone at the base of the damper. The performance of the pillar type hysteretic damper was compared before and after the repair and the restoration of the performance of the seismic damper owing to the repair was verified.

Chapter 7 provides conclusions obtained. The knowledge obtained is summarized and the work to be done is described.