

機械・構造システム工学専攻	学籍番号	049101
申請者氏名	Fauzan	

指導教員氏名	倉本 洋
--------	------

論文要旨(博士)

論文題目	Seismic Behavior of Composite EWECs Columns and Beam-Column Joints in New Hybrid Structural System (新しいハイブリッド構造システムにおける EWECs 合成柱および柱-梁接合部の耐震挙動)
------	---

(要旨 1,200字程度)

日本において木質構造は一般的な工法であるが、日本の建築基準法では防火の観点から木造建物は5階建てまでに制限されている。この制限を取り除くため、新しい木質ハイブリッド構造システムである木質パネルを用いたコンクリート-鋼合成構造システム (EWECs) の開発が行われている。この構造システムでは、不燃材料であるコンクリートや鉄骨を使用することにより耐火性を向上させると共に、これらの材料の複合的な挙動によって構造性能の向上を図ることができる。

EWECs 構造システムに関する初動研究として、EWECs 柱の耐震性能を把握して、EWECs 柱の合理的なモデル (プロトタイプ) を構築するための幅広い研究を行った。まず初めに、EWECs 柱の地震時挙動と、そのコアに相当するカバーコンクリートのない CES 柱の地震時挙動との比較により、内蔵鉄骨にダブル H 型鋼を使用した EWECs 柱の地震時挙動を調べるための実験的研究を行った。その結果、EWECs 柱は最大層間変形角  $R=0.05\text{radian}$  に至るまで耐力低下のない安定した紡錘形の履歴特性を示すことが明らかとなった。また、木質パネルによって EWECs 柱の曲げ耐力が最大約 12% 上昇することも確認された。

次に、内蔵鉄骨に H 型鋼を使用した EWECs 柱を対象として、柱-スタブ接合部における木質パネルの接合方法をパラメータとした研究を行った。この研究から、スタブに木質パネルを取り付けた EWECs 柱が、特に優れた履歴特性と損傷限界を有することが認められた。

さらに、EWECs 柱について、スタッドの有無およびせん断スパン比をパラメータとした実験を実施した。その結果、スタッドを付けることで靱性が向上することや木質パネルの損傷を抑制できることが明らかとなった。また、せん断スパン比が小さくなるに従って EWECs 柱の終局曲げ耐力が上昇することや、EWECs 柱の損傷 (木質パネルおよび CES コアの損傷) が大きくなることが分かった。

実験結果との比較を目的としてファイバーセクションアナリシスによる解析的研究も実施した。解析結果は実験結果と良好な対応関係を示した。また、木質パネルによって EWECs 柱の曲げ耐力が最大約 12% 上昇するという実験結果が解析結果によって確かめられた。さらに、最大層間変形角  $R=0.05\text{radian}$  に至るまで、せん断耐力および軸力に対して木質パネルが抵抗することが明らかとなった。

続いて、EWECs 構造システムの柱-梁接合部の耐震性能を把握するための研究を行った。研究対象としたのは EWECs 柱と EWECs 梁で構成された接合部である。破壊形式 (梁の曲げ破壊および接合部のせん断破壊) をパラメータとした EWECs 内部柱-梁接合部の実験を実施し、その耐震性能を検討した。実験の結果、両試験体とも安定した履歴曲線を示し、非常に優れた性能を有していることが分かった。

これらの研究成果から、EWECs 柱および柱-梁接合部が非常に優れた耐震性能を有していることが明らかとなった。したがって、これらの構造システムを実際の建築物に対して使用することは可能であると考えられる。

19年 1月 16日

機械・構造システム工学専攻	学籍番号	049101
申請者氏名	Fauzan	

指導教員氏名	倉本 洋
--------	------

## 論文要旨(博士)

論文題目	Seismic Behavior of Composite EWECs Columns and Beam-Column Joints in New Hybrid Structural System (新しいハイブリッド構造システムにおける EWECs 合成柱および柱-梁接合部の耐震挙動)
------	--

(要旨 1, 200字程度)

It has been known that wooden structures are very popular in Japan. Many Japanese houses and buildings are made from wood due to some reasons such as wood being environmental friendly and for cultural purposes. However, according to the Building Standard Law of Japan, the wooden structures are limited to not more than 5-story buildings due to fire protection problem. In order to solve this problem a new type of timber hybrid structural system is being developed, i.e. Engineering Wood Encased Concrete-Steel (EWECs) structural system. This structural system consists of EWECs columns and Engineering Wood Encased Steel (EWES) beams. The use of nonflammable materials such as concrete and steel in this structure can improve the fire protection and also improve the performance of the structure due to the composite action of these materials.

For the first stage of study on EWECs structural systems, a comprehensive research program has been done to construct the rational models (prototype) of EWECs columns by investigating its seismic performance. In the earlier phase of the research program, an experimental study was conducted to investigate the seismic behavior of an EWECs column using double H-section steel, which was compared with that of CES column without cover concrete, which corresponds to the core of the EWECs column. It was found that the EWECs column had a stable spindle-shaped hysteresis characteristic without capacity reduction until a maximum story drift angle,  $R$  of 0.05 radian. The results also showed that the presence of woody shell on EWECs columns contributed to flexural capacity by around 12 % in maximum.

In the second phase of the research program, EWECs columns using single H-section steel have been studied with different types of woody shell connection at column-stub joints. From this study, excellent hysteretic performance and damage limit were reported for EWECs columns with column-stub connection consisting of woody shell and wood panel attached to stub.

To complement the research program, tests on EWECs columns with parameters: the presence of shear studs and shear-span ratio were also performed. The results indicated that the presence of shear studs on the columns improved the ductility and reduced the damage in woody shell. The results also showed that the ultimate flexural strength of EWECs columns increased with decreasing shear-span ratio and the damage of the columns in the woody shell and the CES core became dominant with decreasing the shear-span ratio.

In order to compare the experimental results, an analytical study was also conducted using fiber section analysis method. The analytical results showed a good agreement with the test data. The results also confirmed the test data for the contributions of woody shell to flexural capacity by around 12 % in maximum. In addition, the results demonstrated the contribution of woody shell to the shear force and axial load until maximum  $R$  of 0.05 rad.

After completing the research program on EWECs columns, further research was conducted to study the seismic performance of beam-column joints for EWECs structural systems. These joints consist of EWECs columns and Engineering Wood Encased Steel (EWES) Beams. Experimental studies on EWECs beam-column joints were conducted for both interior and exterior beam-column joints with the main parameter being the types of failure modes; beam flexural failure and joint shear failure. The test results indicated that EWECs interior and exterior beam-column joints had good structural performance with a stable hysteresis response.

From these studies, it was proven that EWECs columns and beam-column joints have excellent seismic performance, thus it is considered to be possible to apply to actual structures.