

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	金属パネルを用いた非構造外壁の面内変形追従機構と各種損傷状態に基づく変形限界
Title(English)	
著者(和文)	黒澤未来
Author(English)	Miku Kurosawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12464号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉敷 祥一,元結 正次郎,石原 直,西村 康志郎,佐藤 大樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12464号, Conferred date:2023/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	黒澤 未来	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	吉敷 祥一	教授	佐藤 大樹	准教授
	審査員	元結 正次郎	教授		
		石原 直	教授		
	西村 康志郎	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「金属パネルを用いた非構造外壁の面内変形追従機構と各種損傷状態に基づく変形限界」と題する全 5 章の論文である。中低層建物に用いられる外壁パネルと支持鋼材等により構成される非構造外壁のうち、既往研究の少ない金属パネルを用いた非構造外壁（以下、金属外壁）を研究対象とし、地震時に生ずる外壁面内方向の変形追従機構とその限界について論じている。

第 1 章「序論」では、研究の背景として、各種の乾式非構造外壁を対象とした面内載荷実験やボルトおよびねじによる機械的接合部について既往の研究論文の調査を行い、地震時における金属外壁の面内変形追従機構が不明確であること、外壁が脱落しない変形限界に関する実験的な検討が不十分であることを指摘している。以上の背景から、地震時の面内方向の強制変形に対する各部材および各接合部の挙動に着目し、脱落に至るまでの変形追従機構と各種損傷状態に基づく変形限界の評価を本論文の目的とすることを述べている。

第 2 章「金属外壁における接合部の力学挙動」では、各接合部の寸法等の違いに着目したボルト接合部、およびねじ接合部の実験を行っている。ボルト接合部の実験では、接合部の表面処理とボルト孔の形状、ボルトの初期導入張力をパラメータとしている。実験結果より、金属外壁のボルト接合部に採用される表面処理によって確保される表面粗さとすべり係数は、構造部材に用いられる高力ボルト摩擦接合に比して極めて小さい範囲にあることを示している。また、表面粗さが非常に小さい範囲においても、表面粗さとすべり係数には、既往の実験結果と同様の相関があり、表面粗さからすべり係数を推定できる手法を構築している。一方、ねじ接合部の実験では、金属パネルの材質と板厚、ねじ孔の長径と角度、およびはしあき距離をパラメータとしている。実験結果より、スロット孔と直交方向に作用する応力に対して、金属外壁のねじ接合部ははし抜け破断あるいはねじの引き抜けによって破壊に至ることを明らかにし、力学モデルに基づき破壊モードと最大耐力を評価できる手法を構築している。

第 3 章「1 ユニットの金属外壁要素の変形追従性能」では、支持鋼材であるファスナと胴縁、および金属パネル 1 枚からなる 1 ユニットの金属外壁要素を用いた面内載荷実験を行っている。実験では、金属パネルの材質と板厚をパラメータとし、試験体全体の変形をボルト接合部、ねじ接合部、胴縁、およびその他の計測できない残余分の 4 つの変形成分に分離して変形追従機構を分析している。大地震時に相当する層間変形角 $1/100\text{rad}$ までは、ほぼ弾性挙動を示し、試験体全体の変形においては胴縁と残余分が支配的であること、また層間変形角 $1/100\text{rad}$ より大きな変形では各部の損傷に伴う非線形化が進展し、全体変形においてボルト接合部あるいはねじ接合部の変形が占める割合が増加し、残留変形を引き起こすことを明らかにしている。さらに面内載荷実験における観察から各種損傷状態と残留変形を整理し、日本建築学会『非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領』の考え方にに基づき、層間変形角ごとの損傷程度の区分を評価している。すなわち、金属外壁の一般部に対して、補修の必要なしに継続使用が可能である変形限界、および脱落しない変形限界を実験的に提示している。

第 4 章「1 層 1 スパンの金属外壁システムの変形追従性能」では、第 3 章で確認した 1 ユニットの金属外壁における損傷状態を踏まえて、パネル間に充填するシーリング、出隅・入隅部、および開口を含む金属外壁の各種損傷状態に基づく変形限界を、実大の 1 層 1 スパン骨組において検討している。ここでは、無開口ですべてのパネルを横張り工法とした試験体と、開口を有し、開口上下のパネルを横張り工法、開口左右のパネルを縦張り工法とした試験体を用意している。実験では、第 3 章で確認された損傷に加え、シーリングの亀裂、胴縁および金属パネルの隅角部における溶接部の破断等が確認されている。第 3 章と同様の手法に基づいて損傷程度の区分を評価し、新たにシーリング、隅角部、開口に対して、補修の必要なしに継続使用が可能である変形限界、および脱落しない変形限界を実験

的に提示している。さらに、各種の乾式非構造外壁および第 3 章の実験結果を含め、金属外壁システムの各種損傷状態に基づく変形限界をまとめている。

第 5 章「結論」では、各章で得られた知見を総括し、本研究における結論とするとともに、今後の課題を記している。

以上を要するに、本論文は非構造外壁である金属外壁の各接合部の性能を明らかにするとともに、地震時に生ずる面内変形に対する変形追従機構を金属パネル 1 枚からなる最小ユニットおよび 1 層 1 スパンの実大骨組の実験を通じて明らかにし、併せて実験時の観察とデータに基づき、各種変形限界を提案した研究であり、建築構造分野において有意な成果を得た研究となっている。工学上の価値が十分高いことから、博士(工学)を授与するに値すると判断する。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。