

氏名	三澤 温				
学位の種類	博士(工学)				
学位記番号	博乙第52号				
学位授与の日付	2017年3月13日				
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当				
学位論文の題目	統合ファサードにおける意匠展開、 室内光・温熱環境、火災安全に関する研究				
論文審査委員	主査	神奈川大学	教授	岩田	衛
	副査	神奈川大学	教授	岩本	静男
	副査	神奈川大学	教授	荻本	孝久
	副査	神奈川大学	教授	島崎	和司
	副査	神奈川大学	教授	趙	衍剛
	副査	東京理科大学	教授	大宮	喜文

【論文内容の要旨】

本論文は、第一章「序論」、第二章「統合ファサードの構成と発案」、第三章「統合ファサードの意匠展開」、第四章「統合ファサードと環境（室内光環境）」、第五章「統合ファサードと環境（空調負荷と消費エネルギー）」、第六章「統合ファサードと火災安全」、第七章「環境配慮型設計と火災安全を関連付けた統合ファサードの設計フローの提案」、第八章「結論」という、八章構成となっている。それぞれの章の要点を以下に述べる。

第一章「序論」では、本研究の社会的背景や景観配慮、安全性（耐震性、火災安全性）および環境配慮とファサードエンジニアリングとの関連性について、ファサードに要求される多様な機能を整理し、本研究の目的と位置づけならびに論文構成と既発表論文を示している。

第二章「統合ファサードの構成と発案」では、過去事例の文献調査からファサードに求められる諸機能を整理し、統合ファサードのコンセプトと構成を示している。統合ファサードの3つの評価軸（意匠軸、環境軸、防災軸）を設定し、評価項目をまとめ、それぞれの評価軸の機能因子を整理している。また、これまでの一連の研究において開発された座屈拘束ブレースと外付ルーバーを統合ファサードの主構成材とし、複数の統合ファサードの提案を行っている。

第三章「統合ファサードの意匠展開」では、提案を行う統合ファサードの意図と機能を解説している。意匠展開について、複数のアンケート調査を実施し、統合ファサードの意匠面での発展性を検証している。意匠性の評価軸を、表層デザイン、構法デザイン、ファサード計画、周辺環境適合性とし、これらを指標として統合ファサードの評価を行っている。また、実現性については、施工性や生産性の観点からモックアップによる検討を行っている。特に提案するバウンドルーバーは、統合ファサードの中でも、部材数、接合数が多く複雑な構成となっている。バウンドルーバー案の設計手法を提案し、モックアップの製作を通して統合ファサードの実現性を実証している。

第四章「統合ファサードと環境（室内光環境）」では、統合ファサードにおける自然光利用と室内光環境について、実物大実験および解析検討により、その効果を定量的に検証している。従来の

水平ルーバーや縦ルーバーは、日射コントロールによる環境配慮の観点から、その適用が徐々に増えているが、実設計では眺望や視界の確保の観点からルーバーの窓面全面への設置が難しい。ましてや提案する斜行ルーバーやバウンドルーバーの自然光利用については、視界の確保や室内照度への影響（照度低下や照度分布の不均一性）について既往の知見がない。そこで実物大模型を製作し光環境実験を行うことで、統合ファサードの効果を検証している。実物大模型の各点において照度を測定し昼光率による比較を行っている。また実物大模型を再現した解析モデルを用い解析検討を行っている。実験値と解析値の整合性を確認し設計段階での解析検討の有用性を示している。

第五章「統合ファサードと環境（空調負荷と消費エネルギー）」では、統合ファサードを介した室内への日射熱量の取得が室内空調負荷及び消費エネルギーに与える影響を検討している。第四章（室内光環境の検討）で得られた統合ファサードの構成および仕上げに関する知見や自然光解析モデルを活用することで、統合ファサードを介した室内への日射侵入熱量を算定している。日射侵入熱量の算定にあたっては、変移する外部環境を考慮し外部遮蔽係数を提案して時刻歴応答解析を行っている。外部遮蔽係数を適用することで、室内空調負荷及び日射熱取得による消費エネルギー量が算出可能となる。比較検討には、改修が必要な一般的なオフィスビルを想定した解析モデルを作成し、室内空調負荷及び消費エネルギーの検討を行っている。解析モデルには外壁性能や内部発熱に加えて、COPの実効値を再現できる最新の空調モデルを反映している。統合ファサードが設置される壁面方位を考慮し、ルーバー無しのケースを含む計6種類の解析検討を行い、統合ファサードの有用性を検証している。

第六章「統合ファサードと火災安全」では、統合ファサードを適用した建物の開口部からの噴出熱気流性状に着目し、開口噴出熱気流による上階および隣棟への火災延焼性について検討している。統合ファサードでは外付ルーバーが窓面を半遮蔽し一般的なファサードの構成とは異なる。既往研究においては、外付ルーバーのような開口の外部側に部材が設置されたファサードについてのルーバー近傍の火災性状を示した知見はない。そのため、統合ファサードの外付ルーバーを再現した実物大模型と開口付き加熱炉を製作して実物大火災実験を行う。実物大火災実験を通して、統合ファサード近傍の開口噴出熱気流性状を確認している。実物大模型は、統合ファサードの水平ルーバー、斜行ルーバーとし、温度測定、放射熱量測定および熱画像から統合ファサードの開口噴出熱気流性状を明らかにしている。

第七章「環境配慮型設計と火災安全を関連付けた統合ファサードの設計フローの提案」では、これまでの意匠軸と環境軸を統合した環境配慮型設計と、安全設計の要因である防災軸の耐震追従性及び火災安全性の検討から得た知見をもとに、環境配慮型設計と火災安全を関連付けて統合ファサードの設計フローを提案している。現行のファサードに関する防火関連規定を火災時の状況と関連付けて整理し、また実物大模型を用いた火災実験から得た知見や室内光環境及び温熱環境の検証結果をもとに、開口噴出熱気流中心軸と外付ルーバーの設置位置、外壁面と外付ルーバーの離隔距離および外付ルーバーによる外壁の遮蔽割合を設計フロー上の主判定項目とし、統合ファサードの設計の方向性を示している。

第八章「結論」は、総括であり本研究で得られた知見についてまとめている。

【論文審査の結果の要旨】

本論文は、ファサードが建物の機能更新に重要な役割を担うことに着目し、意匠、環境、防災性の向上を同時に図る統合ファサードシステムについて、その諸性能の成立を検証するものである。本論文の各章において、統合ファサードの諸性能の成立を実製作や実験・解析検討を通じて多岐にわたる検証を行っている。意匠、環境、防災にまたがる諸性能を検討するには幅広い知識が必要とされるが、機能の統合というテーマに対し各章で解決を図っている。

第二章では、ファサードに独立した複数の高度な機能が集積している点を踏まえ、ファサードの機能因子を調査し、3つの評価軸（意匠軸・環境軸・防災軸）に整理し評価項目を設定している。評価項目を踏まえ複数の統合ファサードを提案している。

第三章では、複数の統合ファサードについて、既存の耐震補強例等と比較し意匠展開を図っている。実用性についても設計手法や実製作により具体的な解決法を示している。

第四章、第五章では、光環境、温熱環境について統合ファサードの有用性を明らかにしている。これまでに検討されていないルーバーシステムについて、室内照度分布や間接光利用の有用性を明らかにしている。温熱環境についても、変移する外的環境を再現し外部遮蔽係数を提案して時刻毎の日射量を算出している点が新しい。また COP の実効値を導入することで、より実際の運用に近い視点に立って、空調負荷及び消費電力量を算出している点も評価できる。

第六章の火災安全については、開口部を設置した加熱炉を用い、実物大実験にて統合ファサードの開口噴出熱気流性状を明らかにしている。開口付き加熱炉というこれまでにない実験装置を製作し、開口部を半遮蔽する状況の噴出気流性状について、温度、放射熱量、熱画像を記録し初めて明らかにしている。これまでにない取り組みがみられる。

第七章では、第六章までの検討を踏まえ、意匠性、環境性を統合した環境配慮型設計と火災安全を関連付けた設計フローを提案している。性能設計である環境配慮型設計と本来はグレード毎に設定される安全性を関連付ける試みであり、各論の知見を踏まえて、設計フローの判定項目（離隔距離や遮蔽割合）を提案し統合ファサードの設計の方向性を示している。

以上のように本論文により示されたこれらの知見は、建物の機能更新時に活用されることが今後、十分期待される。したがって本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値のあるものと認められる。