

学位論文審査報告

箕浦, 永子
九州大学大学院人間環境学府

藤原, 直子
九州大学大学院人間環境学府

Paul, Wei
Graduate school of Human-Environment Studies, Kyushu University

松岡, 良智
九州大学大学院人間環境学府

他

<https://hdl.handle.net/2324/20661>

出版情報 : 都市・建築学研究. 18, pp.69-84, 2010-07-15. Faculty of Human-Environment Studies, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

学位論文審査報告

氏名(本籍) 箕浦永子(愛知県)
学位記番号 博士(工学)人環博甲210号
学位授与の日附 平成21年5月31日
学位論文題名 近代蘇州の社会変動と都市・建築に関する歴史的研究

論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 菊地成朋
(副査) " " 出口敦
" 東京理科大学 " 伊藤裕久

論文内容の要旨

本論文は、建築学における建築史・都市史研究の立場から、都市・建築の動態について、人々の生活に甚大な影響をもたらした社会的な事件によって生じた社会変動との関連から論じるものである。研究課題は、近代中国において伝統都市が近代都市へいかなる経緯をもって変容を遂げたのかについて、前近代と近代の連続的な視点でもって解明することである。研究対象は、一九世紀後半から二〇世紀前半の近代中国における蘇州を中心的な素材とし、社会変動と都市・建築に関して検討することを通じて、伝統都市から近代都市への変容について論証する。

本論文は、大きく緒論・第Ⅰ部・第Ⅱ部・補論・結論という構成によって論を展開する。

緒論では、本研究に至る問題意識を明示し、中国建築史・都市史に関する研究史を概観したのち、本論文の課題と構成について述べる。また、研究対象にかかわる諸事項について整理する。

第Ⅰ部「明清時代の伝統社会と都市・建築」は、清代まで連続と継承されてきた伝統社会を背景として形成された都市・建築について考察し、本論文の主題である近代(第Ⅱ部)の前夜の事象を論証する。

明清時代の伝統社会は、首都北京を中心とした中央集権的な国家体制のなかにあり、それ以外の都市は一地方都市として従属していた。蘇州は、その数多ある地方都市の一つに過ぎなかったが、経済の発展により文化水準が高く、地方都市のなかではひととき存在感を示す都市であった。政治の問題や経済の問題は既に発表されている先行研究に譲り、本論文の第一章・第二章では、蘇州に付せられたもう一つの顔である「文化都市」としての特質に着目し、明末を最盛期とする蘇州文化を牽引した文人に着目し、彼らが構築した伝統文化と都市・建築について述べる。また、伝統社会における隅々まで統制するために実施された宗族制度は、人々の処世に必須のものとして浸透しており、このことが伝統社会の都市空間に宗教の展開とは別の宗族的な要素を展開させていた。第

三章では、伝統社会の一断面として看過できない要素であるこの宗族に注目し、宗族特有の建築物の構築や族人の土地建物所有について考察する。

第Ⅱ部「清末民国期の社会変動と都市・建築」は、本論文の中核に位置するものであり、清末から中華民国期の様々な社会変動に直面したさい、都市・建築はいかなる影響を受けたのか具体的に論証するものである。

清同治四〇(一八四〇)年のアヘン戦争に始まる中国の近代は、蘇州にとっては静かな幕開けであった。劇的な変貌を遂げていく租界都市や植民都市とは異なり、目に見える変化には乏しかったのである。それから一〇年を経た清咸豊元(一八五一)年に起こった太平天国の乱は、中国革命の先駆として評価される一方で、その支配力拡大の過程では人々をはじめ都市・建築を戦乱に巻き込んだ。蘇州にも清咸豊一〇(一八六〇)年に太平天国軍が侵攻し、都市空間を破壊したのである。第四章では、これまで明らかとされていないこの戦災による破壊状況と復興状況について論証する。

第五章では、清末の国際関係の激変によって生じた租界に着目する。蘇州は、清光緒二一(一八九五)年に開市し、これによって日本租界と英米共同租界が形成された。とりわけ大規模であった日本租界に関して、租界地形成と蘇州に移住した日本人の諸活動を考察する。

清光緒二八(一九〇二)年、清朝は旧態の国家体制のまま諸外国の圧力に押されるように教育を近代化するべく学制改革を実施した。これにより、庶民や女子にも教育の機会が与えられ、社会的には着々と近代化が進められたのである。第六章では、この教育の近代化によって都市・建築がいかに影響を受けたのかについて明らかにする。

清宣統三(一九一一)年清朝が崩壊し、中華民国が成立する。封建体制の崩壊と民主主義の成立は、人々にとって明るい未来を予想させるものであったに違いない。主権を握った国民党は新国家体制の形成を進め、その一環として各都市の改造計画を推し進めた。第七章は、蘇州で一九二八年に計画・実施された中華民国期の都市改造について検討する。また、同時期に展開していた住宅地開発についても考察している。

補論は、蘇州を中心に扱う本論文の問題に関連して、江南の他都市の事例を検討したものである。

第八章は、紹興を素材として伝統的商業空間の特質について考察する。第九章は、寧波を事例に明・清・中華民国の都市住宅における建築的特徴を段階的に考察し、その時代の流れのなかで街区構造がいかに変容していったのかを実証的に考察する。

以上のように、多角的な視点でもって論証していき、これによって得られた各章の結果を論拠として、社会変動と都市・建築の同時代的変遷から、近代蘇州にみる伝

統都市から近代都市への変容について結論を述べる。

論文調査の要旨

蘇州は中国の屈指の伝統都市であり、その伝統的側面についてはこれまでも数多くの研究がなされてきた。本論文は、そのような蘇州の都市空間を「近代化」のプロセスに焦点をあてて検討したものである。その際、これまで別個に論じられてきた伝統都市と近代都市の変容過程を連続的に捉えること、従来の近代都市史研究が主に都市計画史的な視点に立脚するのに対して都市内部での自生的展開にも注目した総合的な都市史研究を目指すこと、都市空間を社会と密接不可分なものとして捉え、近代に起こった様々な社会変動との関係性から都市・建築空間を考察することの3点が目標とされている。

本論文は、大きくは明清代における伝統都市としての蘇州について論じた第Ⅰ部と、清末から中華民国期にかけての近代期の動向を検討した第Ⅱ部の2部構成となっている。

著者は、まず緒論において中国建築史・都市史研究の動向を整理した上で、自らの研究課題を、中国において伝統都市が近代都市にいかなる経緯で変容を遂げたのかを解明することとし、分析の視点と方法を示すとともに、分析対象としての蘇州を概説している。

第Ⅰ部第一章では、蘇州の上流階層をなす蘇州文人の思想的背景とその住まいである第宅園林について、文献・絵画史料や建築遺構を用いて検証している。結論として、城内・城外を問わず、儒教的空間である正落と道教的空間である辺落を併せ持つことが蘇州文人の居住環境の特質であり、その構成原理は都市と集落で共通にみられるとしている。それを受け、第二章では、蘇州文人を代表する王鏊とその一族が居住した集落と都市の住宅遺構を実測調査し、その建築的特徴を検証することで第宅園林としての共通性を具体的に抽出している。そして、こうした文人の活動を通じて、距離的に遠い集落と都市の居住環境が相互に影響関係にあった可能性を指摘している。第三章では、第二章で取り上げた洞庭東山王氏の土地建物所有の特徴を、宗譜や魚鱗図冊などの一次史料をもとに分析しており、とくに宗族制度との関係性を重視して宗族で共有される祠堂・義荘・義塾の都市と集落での存在形態を明らかにしている。

第Ⅱ部は、近代都市としての蘇州に関する考察で、本論文の中核をなすものである。第四章では、清末の太平天国による伝統都市・蘇州の都市破壊の実態を検討し、太平天国が標榜した伝統社会打倒のために仏教寺院、政府機関、公立の学校施設、善堂などが集中的に破壊される一方で、道路や橋梁といった民衆生活にかかわるインフラの破壊は行われなかったことを指摘している。第五章では、蘇州に設置された日本租界を取り上げ、その開

発経緯や計画内容、変遷過程などについて史料をもとに考察し、これまで研究蓄積の少なかった蘇州における租界地の実態を明らかにしている。第六章では、前近代の教育施設が蘇州においてどのような形態を取っていたかを明らかにした上で、20世紀初頭に設立された「学堂」を分析対象として、清末における教育の近代化と都市空間の関係を論じている。その中で、学堂の多くが旧態の宗教施設や公共施設を転用したものであったことを実証的に示している。また、キリスト教の布教活動とともに英米人の建設した教育施設に注目し、城内の東南部において東呉大学を中心に近代建築群が建設され、周辺環境が改変された状況を復原している。第七章では、1920年代に策定された都市改造計画「蘇州工務計画構想」を検討し、行政地域として構想された「市中心地区」が公園・文教施設へと転換し、さらに近代建築による民間の住宅地開発地域へと変更されていく過程を、文献・地図史料と現存遺構調査より解明している。これまで蘇州における近代都市計画についてのまとまった研究は少なく、これらはその基礎的な知見を提示したものとして高く評価される。

補論として、同じく江南都市の紹興と寧波を対象とした現存遺構の実測調査に基づく考察を行っている。第八章では、紹興における清末民国期の商業街「東街」について、その建築的特徴と街区構成についての分析を行っており、第九章では寧波における文人地区である月湖西地区を対象に明・清・民国期の住居形態の変遷プロセスを明らかにするとともに、街区形成過程を推定している。これらは、蘇州に関する成果とともに江南都市の近代化過程を捉える視点に向けての基礎データと位置づけられるものである。

以上のように本論文は、中国伝統都市の代表としてのみ語られることの多い蘇州を素材として取り上げ、社会と空間の関係性に注目しながら、伝統都市から近代都市への変容過程を広範に見通すことを試みた意欲的な研究である。また、文献史料・地図・絵画史料と現地での実測調査を交えた実証的な分析を行い、建築的なレベルまで具体的に検証しながら都市空間を論じることで、多くの新たな知見を開示しており、都市史および建築史に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位に値するものと認める。

氏名(本籍) 藤原直子(福岡県)
学位記番号 博士(人間環境学)人環博甲211号
学位授与の日附 平成21年9月30日
学位論文題名 教員の行動特性からみた中学校職員室に関する建築計画的な研究

論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 竹下輝和
(副査) " 教授 堀賀貴
" " 菊池成朋
" " 准教授 元兼正浩

論文内容の要旨

人格の完成を目的とするわが国の学校は、教科・学習指導と生徒・生活指導とを教育活動の基軸としており、中学校においては、教科指導における教科担任制と生活指導における学級担任制が併用されてきた。そこで、学級担任教員による教科指導と生活指導とを終日実施できる小学校に対して、中学校における生徒・生活指導には教員の連携による生徒指導体制が必須であり、教員同士の情報交換や打ち合わせが不可欠とされてきた。

建築計画研究においては、学校建築研究の大半が小学校で、しかも教室などの生徒用スペースが中心であり、中学校の職員室に関する研究はきわめて少ない。一方、職員室に加えて学級教室が教員の執務や生活の拠点となっている小学校に対して、中学校の教員空間は職員室およびその周辺に限定されており、正常な学校運営に寄与する職員室の役割は小学校に比して大きいと考えられる。さらに、不安定な時期にある中学生の指導にあたる中学校教員の心身の負担は大きいと考えられ、教員が教育活動を円滑に実施するための執務の場、生活の場としての職員室、および教員空間の配置計画に関して考察する必要性は高いと考えられる。

そこで本研究は、教員の視点から中学校職員室に関する建築計画的な知見を得ることを目的としている。本論文は全6章で構成する。

序章は、研究の背景、教員空間の定義、研究の目的、および、研究の方法について述べた。

第1章では、明治の近代教育制度の成立とともに確立されてきた教育システム、それに連動して変化した教員の呼称、および、教員空間の名称の変遷から「職員室」の定型化の過程を考察した。学制当初は休息の場であった教員空間は、明治後期には休息機能に加えて事務・校務の場、会議の場、情報交換の場としてのいわゆる「統合型職員室」が定型化したことを論証した。次いで、第二次世界大戦後、全国的には従来型の中学校校舎が建設される一方、建築学からはプラトゥーン型運営や教科教室型運営が提案され、教員空間としては、休憩室の設置と機能による分散化が提唱されたことを確認した。さらに、

昭和40年代のオープンプランスクールの提案に続いて、昭和50年代には教科センター方式の運営が提案され、教科経営を軸とした中学校の運営が提唱された結果、教科ごとの「分離型職員室」とそのオープン化、および、教員空間の分散配置が提案された経緯を論述した。その一方では、学級教室を重要視する研究や閉じた学級教室が設計された事例があることを明らかにした。こうしたなかで、中学校の教員からは、学級経営・学年経営を基盤とした特別教室型運営、および、統合型職員室が支持されてきた歴史的事実を確認した。

第2章では、教科ごとの「分離型職員室」を設置し、教科教室型運営を実施した中学校において、運営開始後、施設の使用過程の中で、運営方式の変更と教員空間の改変を実施した事例について、詳細なヒアリング調査を実施してその検証を行った。その結果、わが国の中学校では運営方式や学校規模に関わらず、学級経営や学年経営による生徒指導が運営の基盤となっていることを明らかにし、教科教室型運営においては生徒の移動と学級教室の喪失が生徒指導問題の要因となったこと、加えて、教科ごとの分離型職員室では学年教員による生徒指導が困難になったことを論証した。またさらに、校務分掌等、学校運営上の総合的な観点からは全教員の集合が必要となることを論証し、統合型職員室が有用であることと、オープンな教員空間は教員の執務を妨げることを明らかにした。

第3章では、「統合型職員室」を持つ中学校と「分離型職員室」を持つ中学校における教員の精密詳細な行動記録調査、アンケート調査、インタビュー調査、並びに、教員空間の使われ方の精密観察記録調査から考察を行った。中学校の教員は時間の制約が極めて大きく、放課後に加えて休み時間も執務時間になっていること、なかでも、10分休み時間が移動や生活行為の他、極めて過密な執務時間となっていることを実証し、さらに、その10分休み時間には、学年教員同士の打ち合わせや生徒指導が実施されることを示した。したがって、分離型職員室においては、生活行為や執務行為のための両スペース間の移動が必要になり教員の移動距離が大きくなること、その結果、10分休み時間の生活行為や執務行為が困難になることを明らかにした。さらに、学年ごとの分離型職員室は生徒指導上の利点がある一方、教科ごとの分離型職員室では学年教員同士の情報交換が不可能になり学年経営の場が喪失すること、加えて、生徒指導問題が発生した場合は、学年会開催等のために教員の移動距離が大きくなることを実証した。また、オープンな職員室は教員の心の安定が得られず、日常的な執務が困難になること、さらに、教員が休憩室の設置を望んでいることを論証した。

第4章では、教員が学校の建設計画に関わった結果、

「統合型職員室」を設置して教科教室型運営を実施した中学校において、観察調査やヒアリング調査から考察を行った。教員が事前の協議に加わって設置された統合型職員室は、個人の執務、休息や生活行為、さらには、学年運営、学校経営に必要な機能を備えた、教員の満足度が極めて高い職員室が設置されたことを論証した。一方、教科教室型運営における教科ごとの分離型職員室は、小規模校の場合においても生徒指導上の問題性が内在していることを示した。また、教科教室型運営においても統合型職員室が有用であることを明らかにした。

第5章では、第1章から第4章までの研究成果を総括して、結論とした。

論文調査の要旨

学校施設に関する建築計画的な研究は、既に、多くの取り組みがなされており、充分な研究成果の蓄積がみられる。しかしながら、その大部分が主たる学校施設の利用者を不特定多数の児童としていること、従って本論文のごとく、教員に視点を置いた研究はきわめて少ないこと、またさらに、中学校の建築計画的知見については、ほとんどの場合、小学校の研究成果が準用されており、直接、中学校そのものを調査対象とした研究は非常に少ないことが指摘される。

ところで、学校施設における教員空間の建築計画的課題において、計画理論上、最も重要な要件は、学校のブロックプランに対応させて、教員空間を分散配置とするか、それとも、ワンストップステーションとして統合配置とするかである。この空間配置方式は、施設計画の上では、いずれかの方式を選択する、いわゆる、絶対的な選択問題であり、通常、この二つの方式の折衷は想定し難いことからより明確な計画指針が求められる。特に、学級担任制と同時に、教科担任制が併用される中学校においては、教科群ごとに教科教室空間をブロック分けし、それぞれのブロックに教員空間を分離配置する方式が教科運営上の観点からベターと判断され、近年、安易に「分離型職員室」が選択される傾向にあることから、より重大な建築計画的問題となっている。

本論文は、わが国特有な「統合型職員室」に関して、その歴史的成立過程を数多くの貴重な歴史的資料をもとに解明するとともに、校務分掌に規定される中学校教員の日常的な行動特性とその行動様式を精密な観察記述調査によって把握・分析し、教員空間を教科単位ごとに分離配置する、いわゆる、「分離型職員室」方式よりも、「統合型職員室」方式の方が建築計画上、合理的であることを使われ方調査によって詳細に検証したものである。具体的な研究成果は、下記のとおりである。

まず第一に、わが国における「統合型職員室」が歴史的必然性をもとに成立したことを明らかにしている。わ

が国の教員空間は、学制当初、休息の場として発足したが、比較的早い段階、即ち、明治後期には休息機能に加えて事務や校務の場、会議の場、情報交換の場として多重機能化された、「統合型職員室」として成立し継承された。

第二に、学校運営方式が異なる典型的な少数事例（3つの中学校とひとつの小学校）を選定し、そこに、勤務する18名に及ぶ教員の終日の精密な生活行動追跡調査を実施することで、中学校教員の行動の特性、並びに、行動様式を明瞭にしている。この結果、教員の終日移動距離は、理論上は、教員空間を分散配置する方が短くなるが、実際には学級・学年運営や生活指導の校務分掌によって移動距離が拡大化していること、また、理論上軽視される「10分休み時間」に生活行為を含め教員行動が過密化していること、さらに、その教員の行動様式が「複合目的機能遂行型」であること、従って、受け皿となる教員空間は、ひとつの場所に集約され、諸機能が統合された「統合型職員室」方式がインフォーマルな情報交換機能を含めて合理的であることを実証している。

第三に、戦後、採用されてきた教科教室型運営方式での「分離型職員室」問題を取り上げ、その改造事例を克明に検証する中で、「統合型職員室」の空間モデルを具体的に提案している。特に、重要な要件は、中学校の職員室が学校経営の場であり、従って、中学校の職員室として、学年教員の執務空間が集合化した「島型」配置を中心に、会議、事務、印刷、更衣、休息などの諸機能が統合された空間モデルを提案している。

以上要するに本論文は、中学校教員の視点から、「統合型職員室」方式が合理的であることを実証し、その空間モデルを提案したもので、建築計画学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（人間環境学）の学位論文に値するものと認める。

氏名（本籍） ポール ウェイ（ニュージーランド）
学位記番号 博士（工学）人環博甲213号
学位授与の日附 平成21年11月30日
学位論文題名 台湾緑建築評価システムに関する研究

論文調査委員

（主査） 九州大学 教授 竹下輝和
（副査） " 教授 渡邊俊行
" " " 菊地成朋
" 福岡大学 准教授 池添昌幸

論文内容の要旨

地球環境問題を背景として、1990年代より建築物を環境的側面から総合的に評価するためのツールが世界各国

で開発されている。これらの評価ツールは一般に、建築環境評価ツール (Building Environmental Assessment Tool) と呼ばれており、グローバルティとローカリティの両面が求められる評価ツールについて、その効果と将来の役割を検討することは国際的な課題となっている。

台湾では、環境に配慮した建築を「緑建築」と呼び、日本の内閣に相当する行政院によって 1999 年に緑建築に関する方針が定められ、政府機関の委託により緑建築評価システム (Green Building Evaluation System) が開発された。緑建築評価システムは台湾の気候風土を考慮して開発され、世界で最初の亜熱帯環境向けの評価システムである。この評価システムは運用後約 10 年が経過し、これまでに 4 回の改訂によって評価方法の見直しが行われている。

そこで本研究は、台湾の緑建築評価システムの評価特性および運用方法を明らかにするとともに、実際に評価を受けた先進的な緑建築学校事例の設計および運用実態を解明し、緑建築評価システムの活用効果を検証することを目的としている。本論文は全 6 章で構成する。

序章は、研究の背景と目的および方法について述べた。

第 2 章では、既往の建築環境評価ツールは目的および評価方法により、性能評価方式、LCA 方式、技術評価方式の 3 つに分類されるが、緑建築評価システムが、性能評価方式と技術評価方式の 2 つの性格を持つ融合型の評価方式であること、また、主要な評価ツールである日本の CASBEE や米国の LEED™、日本のグリーン庁舎計画指針と比較考察すると、緑建築評価システムの独自性が評価指標別評価と最終的な総合評価の二段階の評価方式にあることを明らかにした。

第 3 章では、第一段階評価である 9 つの評価指標の内容を詳細に考察するとともに、1999 年の初版から 2007 年版までの 4 回の改訂による更新過程を分析し、緑建築評価システムの評価特性を明らかにした。9 つの評価指標は、統合性能値算定型、個別性能値算定型、得点加算型、チェックリスト型の 4 つの評価方法に分類でき、評価指標の目的に応じて独自の評価方法が採用されていること、また、このような評価指標別評価は、個々の性能評価の総合化、および、建築用途や立地性等の評価条件の課題を指標レベルで解決しており、各評価指標は対等で独立していることを示した。また、緑建築評価システムの更新過程は、1999 年版から 2003 年版までが変動期、2003 年版から 2005 年版までが確立期と位置づけられることを併せて示した。

第 4 章では、緑建築評価システムを運用面から検証した。緑建築評価システムでは、設計段階の緑建築候補認証と竣工段階の緑建築認証の 2 つの認証に活用されるため、時期の異なる 2 回の評価が実施されことを確認した上で、台湾全体の取得実績データを入手し、認証取得建

築物の特徴と総合評価における合格指標の選択性を分析した。まず、2 つの認証は同様の審査プロセスを採っているにもかかわらず、2007 年までの取得実績は、緑建築候補認証が 1,302 件、緑建築認証が 225 件と大きな差異があることを指摘し、その要因が公共建築物における緑建築候補認証の義務づけに起因していることを明らかにした。さらに、認証取得の条件は 4 つ以上の評価指標の合格であるが、2 つの認証ともに 7 割以上が最低基準である 4 つの指標の合格であることを示した。加えて、合格指標の選択率では、緑化量指標、敷地保水指標、汚水とゴミの処理改善指標の 3 つの指標が突出し、他の指標と大きな差が生じており合格指標選択の二極化傾向がみられることを示した。このことは、合格指標としてより高いレベルの緑建築を目指すのではなく、最も効率的に認証を取得する傾向にあり、結果的に、設計者は 2 つの認証を同じものとして価値づけていることを実証した。

第 5 章では、9 つの評価指標に合格した緑建築学校の設計プロセスと緑建築手法の運用実態を捉え、緑建築評価システムの影響と効果を検証した。最初に、緑建築の設計検討の特徴が具体的な手法を主題とする点にあり、導入手法を判断する集中的な検討と技術的課題から維持管理までの継続的な検討に区分できることを示し、緑建築評価システムが緑化、建築材料、施工段階の環境対策において強く作用していることを実証した。次に、2 つの認証における評価申請書を分析し、導入手法の変更では緑建築評価システムの基準値が意識されていること、また、評価申請書は図面と既存資料を中心に構成されており、申請作業の軽減性が図られていることを指摘した。最後に、運用段階における緑建築手法の活用実態を検証し、教職員が緑建築手法の設計意図を理解した上で適切に管理され、環境学習における多様な活用手段の創出へと展開していることを示した。以上の考察を総括し、緑建築評価システムの活用効果は、緑建築手法のガイドラインとしての役割、緑建築設計の客観的効果の確認の 2 点であることを明らかにした。

第 6 章では、第 2 章から第 5 章までの研究成果を総括して、結論とした。

論文調査の要旨

サステナブル社会を実現する上で建築分野の環境負荷低減は重要な課題である。地球環境時代におけるサステナブル建築を推進するためには、建築物を環境的側面から総合的に評価するツールの開発が求められる。このような認識は、1990 年代より国際的に共有され、世界各国で建築環境評価ツール (Building Environmental Assessment Tool) が開発、運用されている。一方、サステナブル建築に関する研究は、技術開発を中心とした環境工学的研究が中心で、多くの貴重な研究成果がみられ

るが、構造、設備、意匠の多岐の分野にわたるサステナブル建築の設計理論や評価方法論の研究の蓄積は充分とは言えない。特に、既存の評価ツールの効果を検証した研究は、評価制度の運用期間が短く十分な実績が得られていないことから、ほとんど取り組まれていない。

台湾では、サステナブル建築を「緑建築」と呼び、1999年に緑建築評価システムが開発されている。アジアで最初に開発されたこの評価システムは、世界で最初の亜熱帯環境向けの評価システムである。既に運用後10年が経過し、これまでに4回の改訂によって評価方法の見直しが行われ、一定の実績を残している。

本論文は、台湾緑建築評価システムを対象として、その評価特性を明らかにするとともに、評価実績データの分析、および、実際に評価を受けた先進的な学校事例の設計および運用実態を考察し、緑建築評価システムの活用効果を詳細に検証したものである。具体的な研究成果は、下記のとおりである。

まず第一に、緑建築評価システムの評価特性が、既存の主要な評価ツールと比較すると、9つの評価指標別評価と最終的な総合評価の二段階の評価方式であることを明らかにしている。さらに、4回の改訂内容を詳細に分析し、2003年版までの変動期を経て、2005年版で評価システムが確立していることを示し、他の評価ツールにはみられない独自の更新過程であることを明らかにしている。

第二に、緑建築評価システムの独自性は設計段階の緑建築候補認証と、竣工段階の緑建築認証の2つの認証から構成される点にあることを示した上で、台湾全体の認証取得データを分析することで、運用実績の検証と設計者の緑建築に対する認識レベルを明らかにしている。この結果、7割の認証が最低基準の4つの指標の合格で取得されており、合格指標の選択性が定式化していること、従って、設計者は合格難易度によって評価指標を区分していることを明らかにしている。また、2つの認証は類似した取得傾向にあることを実証することで、2つの認証制度の課題を指摘している。

第三に、9つの評価指標に合格した緑建築学校の設計プロセスと緑建築手法の運用実態を捉え、緑建築評価システムの実践的効果を検証している。まず、緑建築の設計プロセスの特徴として、導入手法を判断する集中的な検討と技術的課題から維持管理までの継続的な検討に区別される点を示し、環境配慮型建築の設計プロセスの一般的特性を明らかにしている。次に、緑建築評価システムの設計ガイドラインとしての活用効果として、実施設計および施工段階の導入手法の仕様変更において評価システムの合格基準値が作用していることを実証している。さらに、緑建築手法の運用実態の考察によって、教職員が緑建築手法の設計意図を理解し、適切な維持管理と環

境学習の創造的な活用へと展開されていることを明らかにしている。

以上要するに本論文は、台湾緑建築評価システムの評価特性と更新過程の独自性を解明し、緑建築事例の設計と運用の両面から活用効果を検証したもので、建築計画学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文に値するものと認める。

氏名(本籍) 松岡良智(山口県)
学位記番号 博士(工学)人環博乙39号
学位授与の日附 平成22年3月23日
学位論文題名 鉄筋コンクリート造耐震壁の履歴性状に及ぼす載荷速度の影響に関する研究

論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 崎野健治
(副査) " 教授 河野昭彦
" " " 江崎文也

論文内容の要旨

建築構造部材の力学的性状は、一般的に静的載荷実験で得られた研究成果から評価され、その結果が建築物の耐震設計に適用されている。しかし、地震時のように建築物が比較的高速度の慣性力を受ける場合は、建築物を構成している構造部材は、静的載荷実験の場合よりも大きなひずみ速度で変形していると考えられ、静的載荷実験で得られた挙動と異なる場合があることが十分予測される。従来の静的載荷実験では、荷重を準静的に載荷し、試験体のひずみ、変位および荷重等は、制御変位で載荷を一時停止して測定されている。そのため、このような実験で得られた荷重-変形履歴性状のみでは実際の地震時における構造部材の実挙動の解明には不十分であると考えられる。したがって、実際の地震時の挙動を明らかにするためには、比較的高速度で載荷が可能な装置を用いて、種々のひずみ速度を受けた場合の挙動を連続的に測定し、その性状を把握する必要がある。

本研究の目的は、構造部材の履歴性状に及ぼす載荷速度(あるいは、ひずみ速度)の影響を明らかにすることである。ただし、研究範囲が広範囲になりすぎることから、本研究においては、建築物の耐震構造要素のうち、耐震壁のみを研究対象としてとりあげた。すなわち、載荷速度、履歴パス、耐震壁の形状・材料特性を実験変動因子とした実験を計画した。この実験計画のもとで載荷実験を実施し、載荷速度が耐震壁あるいは耐震壁の構成要素である壁板

に及ぼす影響について検討した。実験計画の概要について述べる。まず、耐震壁の構成要素のうち、せん断性状に対して支配的な影響を及ぼすと考えられる壁板のみを研究対象とした基礎的実験を計画した。すなわち、鋼板製の周辺フレームで拘束された壁板要素試験体のせん断実験を行い、このような境界条件下における壁板のせん断性状に及ぼす実験変動因子の影響を明らかにする実験を計画した。次に、載荷速度、予想される破壊モード、および履歴パスを実験変動因子とした、1層1スパン無開口耐震壁試験体の実験を計画した。この実験計画においては、耐震壁の設計上重要となる水平耐力、破壊性状、および変形性状に及ぼす上記実験変動因子の影響を明らかにすることを目的とした。さらに、実際の建物における耐震壁は、比較的小さな開口を有することが多いことから、有開口耐震壁についても同様な目的のもとに実験を計画した。試験体の大きさは出来るだけ実大に近いことが望ましいが、研究対象が、柱・梁のような単一部材と違い、柱、梁、壁板からなる構造物であるため大きくなることと、利用できる加力装置の容量の制限から1/4縮尺モデルとした。耐震壁を研究対象として取り上げた理由は、鉄筋コンクリート造建物においては耐震壁が最も重要な耐震要素であることと、耐震壁は高い水平剛性を有する故に地震時に励起される高次の振動モードによる応力の影響を強く受け、そのため載荷速度の影響を明らかにすることが重要であると考えたからである。

本論文は「序論」および「結論」を含め5章より構成されているが、各章で得られた知見の要点は下記の通りである。

第1章では本研究の目的と本論文の概要について述べた。また、関連する既往の研究についての総括についても述べた。

第2章では、耐震壁の構成要素である壁板のせん断強度に及ぼすひずみ速度の影響を調べた。実験方法としては、鋼製周辺フレームで拘束した壁板要素試験体を用いてせん断実験を行い、壁板のせん断性状に及ぼすひずみ速度の影響を検討した。その結果、1) コンクリート壁板のせん断強度のばらつきは、シリンダー試験の圧縮強度のばらつきとほぼ同等であること、2) 載荷速度が上昇すると、壁板のせん断強度が上昇すること、3) 載荷速度によるせん断強度上昇率は、圧縮強度上昇率とほぼ同等であることなどが分かった。

第3章では、材料のひずみ速度の影響が耐震壁の破壊モードに影響を及ぼすことが考えられることから、実物の約1/4試験体20体について、載荷速度

をパラメータとした一方向載荷実験と正負漸増載荷実験を行い、耐震壁の履歴性状に及ぼす載荷速度の影響について検討した。その結果、周辺フレームを有する耐震壁試験体の水平耐力上昇率は、破壊モードに関わらず、側柱主筋のひずみ速度と鉄筋に関する既往の研究で提案されている鉄筋強度上昇率で説明できることが分かった。

第4章では、載荷速度の影響により破壊モードが変化する可能性があることから、開口周比0.24の有開口試験体16体について、載荷速度をパラメータとした一方向載荷および正負漸増載荷実験を行い、有開口耐震壁の履歴性状に及ぼす載荷速度の影響について検討した。その結果、有開口耐震壁のような比較的壁板の弱い耐震壁であっても、試験体の水平耐力上昇率は、破壊モードに関わらず、側柱主筋のひずみ速度から求めた鉄筋強度上昇率で説明できることが分かった。

第5章では、本研究で得られた壁板および耐震壁の力学的性状に及ぼす載荷速度の影響についての結論の取りまとめを行い、今後の研究課題について述べた。

論文調査の要旨

鉄筋コンクリート造建物の耐震性能を確保する上において耐震壁が有効であることは、1920年代に内藤多仲博士により指摘されている。そのことは、内藤博士が構造設計を担当した「日本興業銀行本店(1921年竣工)」や「歌舞伎座(1922年竣工)」が、1923年に発生した関東大震災において殆ど無傷であったことから実証された。それ以来、日本における鉄筋コンクリート構造建物には耐震壁が多用されることになった。耐震性の観点から見た耐震壁の有効性は、その後に発生した多くの地震被害の経験からも実証されている。たとえば、学校校舎の張間方向は教室間の壁が耐震壁となることが多く、そのため張間方向の地震被害は殆ど見られないことや、耐震壁の断面積総和と建物重量の相対比が大きい建物ほど地震被害の程度は小さくなるという志賀博士の十勝沖地震被害報告などである。

このように、耐震設計には欠かせない耐震壁であるが、その力学的性状に関する研究成果は、鉄筋コンクリート造柱や梁に関するそれに比較すると非常に少ないというのが現状である。その原因は、柱・梁などの耐震要素に比べ、耐震壁は「架構と壁板が一体化された大型耐震要素」であるため、実験が非常に大掛かりで困難なものとなるからである。

本研究は、そのような耐震壁の力学的性状のうち殆ど研究がなされていない、繰返し水平力を受ける場合の力学的性状(履歴性状)に及ぼす載荷速度(局部で観察した

場合はひずみ速度)の影響に関して実験的研究を行い、その成果を取りまとめたものである。大きくは、三つの研究成果に分けられる。一つは、耐震壁の要素である壁板のみを研究対象に取り上げひずみ速度の影響を検討したものである。日本の耐震壁は「鉄筋コンクリート柱・梁からなる架構のなかに鉄筋コンクリート壁板が一体的に打ち込まれたもの」である所に特徴があり、この点は諸外国で言う”Shear Wall”あるいは”Structural Wall”とは異なる。著者は、このことを念頭に置き、鉄筋コンクリート造壁板にせん断ひび割れが発生し、その結果生じる広がりや外部から拘束する条件を再現できる装置を工夫し実験を行っている。二つ目は、最も基礎的な1層1スパン鉄筋コンクリート造耐震壁を研究対象に取り上げ載荷速度の影響を検討したものである。三つ目は、力学的性状の観点からは望ましくないが、建物の機能性の上からは必要となる窓などの開口部を有する耐震壁(有開口耐震壁)を研究対象に取り上げ載荷速度の影響を検討したものである。

本研究はまず、鉄筋コンクリート壁板のみのせん断実験を行っている。実験変数として、「コンクリート圧縮強度のばらつき」「壁補強筋の量」「載荷速度」の三つを取り上げ、せん断強度のばらつき程度やひずみ速度による強度上昇率は圧縮強度のそれらとほぼ同程度であるという興味深い結論を得ている。

次に、本研究の主題である鉄筋コンクリート造耐震壁の実験を行っている。実験変数として、載荷速度、載荷プログラム(単調載荷と繰返し載荷)、想定破壊モード(曲げ破壊とせん断破壊)の三つを取り上げ、実物の約1/4の試験体20体について一定軸力下での水平加力実験を行っている。その結果、載荷速度の上昇にともない耐震壁の水平耐力も上昇するがその上昇率は鉄筋素材のそれとほぼ同じであることや、載荷速度により同一条件で設計した耐震壁試験体でも破壊モードが変わることもあるという重要な結論を得ている。

さらに、同一の形状と大きさの開口を有する耐震壁についても無開口耐震壁と同じ実験変数を採用し、14体の試験体を用いて同様な実験を行っている。その結果、有開口耐震壁のような比較的壁板の弱い耐震壁であっても、無開口耐震壁と同様な方法で載荷速度の上昇に伴う水平耐力上昇を予測できることを明らかにしている。

以上要するに、本論文は鉄筋コンクリート造建物の主要な耐震要素である耐震壁の履歴特性に及ぼす載荷速度の影響に関する実験的研究を行ったもので、建築構造学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文に値するものと認める。

氏名(本籍) 竹内 崇(福岡県)
学位記番号 博士(工学)人環博甲218号
学位授与の日附 平成22年3月25日
学位論文題名 立ち上がり時間の短い突風を受ける
構造物のオーバーシュート風力に関する研究

論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 前田 潤 滋
(副査) " 教授 出口 敦
" " 渡 邊 俊 行

論文内容の要旨

一般に、強風による構造物被害の原因の多くは構造物そのものの老朽化や施工不良などによる構造骨組の耐力や外装材の止め付け力の不足であるが、比較的新しくかつ工学的に設計された構造物においても大きな被害が発生することがあり、この場合は設計風荷重の見積もりが不十分であった可能性も考えられる。流速変化の速い流体中の物体には、その流体力が瞬間的に定常流体力の数倍に大きくなる場合があることは流体力学の分野において早くから指摘されており、この大きな非定常流体力の発生は「流体力のオーバーシュート現象」と呼ばれている。しかしながら、現行の耐風設計では、風速が時間的にあまり変化しない定常風を前提とした風荷重の見積もりが主流であり、急速な風速変化を示す突風に対する、いわゆる非定常風力に対する検討はほとんどされていない。したがって、構造物の耐風設計に利用するための「風力」のオーバーシュート現象の体系的な情報は未だ整理されていない。

本論文は立ち上がり時間の短いステップ関数的な突風を受ける構造物の非定常風力の特性を解明することを目的に、風洞実験によるオーバーシュート風力の体系的検証を行い、数値流体計算および流れの支配方程式に基づいてオーバーシュート風力の発生メカニズムを理論的に検証した結果を取り纏めたものである。本論文を以下の7章で構成した。

第1章では、風速を含む流速が急変する中での物体に作用する非定常流体力(あるいは風力)に関する国内外のこれまでの研究と近年の突風による構造物被害の概要を述べ、立ち上がり時間の短い突風を受ける構造物の非定常風力特性に関する本研究の位置づけを示した。

第2章では、九州大学人間環境学研究院の吸い込み式エッフェル型風洞を用いた突風生成の工夫を紹介し、風洞実験に用いる突風風速の基本特性について整理した。同風洞装置は風量吸い込み口の水平翼列を回転制御することによって、風速が7.0m/s以下であれば制御した翼列の開放時間と突風の立ち上がり時間がほぼ同じであり、翼列の回転制御で突風立ち上がり時間を0.2~5秒に調

整したステップ関数的突風を生成できること、また風洞計測部内の試験体を設置する位置を含むすべての位置での風速が突風生成時に同時に立ち上がることを確認し、本研究で必要なステップ関数的突風を生成できることを示した。

第3章では、いくつかの立ち上がり時間を有するステップ関数的な突風を受ける基本断面（円形断面、矩形断面および楕円断面）物体の風力特性について突風風洞実験により検討した。その結果、突風の立ち上がり時間がある値より短くなると、すべての基本断面物体において風力のオーバーシュート現象が生じることを確認した。また突風の立ち上がり時間と目標風速および物体の断面サイズが風力のオーバーシュートの大きさに強い関係を有することを示し、それらのパラメータを組み合わせで構成した「無次元立ち上がり時間」によって、オーバーシュート風力が体系化できることなどを明らかにした。

第4章では、3章での突風風洞実験を模擬した楕円柱周りの数値流体解析を行い、楕円柱に見られる非定常風力特性を整理してオーバーシュート現象の発生メカニズムについて検討した。その結果、 $k-\epsilon$ モデルによる数値流体解析結果に、風洞実験結果と同じ風力のオーバーシュート現象が生じることを確認した。また解析結果と風洞実験結果の風力波形を時間領域で比較したところ、オーバーシュート風力のピーク値では計算結果の方がやや小さくなるが、全体的に両者がよく一致することがわかった。さらに、迎角45度の楕円柱周りの突風作用時での圧力分布と風速分布を逐次追跡することによって、風速の立ち上がり時に発生する流れ方向の圧力勾配と立ち上がり後に楕円断面の上部に発生する渦の負圧領域が風力のオーバーシュート現象の発生に大きく影響することを明らかにした。

第5章では、鉄道車輛の脱線事故を参照して、立ち上がり時間の短い突風を受ける車輛形状物体の非定常風力特性を突風風洞実験により検証した。ここではまず、突風発生に伴う風洞断面内の急激な圧力変化が試験体揚力の正確な計測を妨げることを示し、その対策として考案した模型の設置方法の工夫を紹介した。その計測方法を使用して、立ち上がり時間が短い突風を受ける車輛模型に及ぼす風速の各種パラメータの影響を明らかにした。

第6章では、楕円柱を例に、複素ポテンシャル表現を用いて立ち上がり時間が非常に短い突風時に作用する風力を数学的に誘導して、オーバーシュート現象に及ぼす流れの慣性力の影響を検証した。その結果、立ち上がり時間が非常に短い風速場においては、風速急変時に風速の加速度に比例した勾配を有する圧力場が発生するために通常より大きな風力が生成されることを明らかにした。また風速の加速度に比例した慣性力項を含む準定常風力式を用いて、オーバーシュート現象への慣性力の影響度

を検討したところ、無次元立ち上がり時間が非常に小さい場合には流れの慣性力が強く影響してオーバーシュート現象の一因となることが明らかになった。さらに、実構造物への適用例として、短時間で風速が急変する突風の自然風観測例を紹介し、この観測状況での実構造物のオーバーシュート風力の推定例を検証して、定常風力を越える大きな非定常風力を生じる突風による建物被害や車輛事故の発生の可能性を示した。

第7章では、本論文の各章を総括し、構造物の突風被害軽減のために考えられる課題を整理した。

論文調査の要旨

構造物の現行の耐風設計では、風力が風速の二乗に比例する準定常風力を前提にした風荷重の見積りが主流で、急速な風速変化を示す突風に対してはほとんど検討されていない。その主な理由は、気象観測データの不足と突風風力を解明するために必要な、立ち上がり時間の短い突風を発生させる風洞装置の特殊性にある。しかしながら、竜巻やダウンバーストあるいは台風やガストフロントによる強風下において、立ち上がり時間が非常に短く急激に変化する突風による構造物被害や交通機関の事故は、人命に関わる重大な被害となるため、自然災害の中でも緊急の対策課題として位置づけられている。

本論文は、立ち上がり時間の短いステップ関数的な突風を生成する風洞装置を独自の工夫で運転して、基本断面形状を有する構造物模型に作用する突風風力の特性を実験的に明らかにするとともに、突風による風力の増大現象の発生メカニズムを数値流体計算と流れの支配方程式に基づいて論点を展開し、以下のようにとりまとめている。

まず著者は、風速急変下での物体に作用する非定常風力に関する国内外のこれまでの研究報告を整理して、突風を受ける構造物に作用する風力が瞬間的に定常風力の数倍に大きくなる現象が「風力のオーバーシュート現象」と呼ばれて知られてはいるが、その発生メカニズムに関する解明がほとんど進んでいないことを指摘し、ステップ関数的な突風を生成できる特殊な風洞装置の運転方法を検討した。その結果、九州大学大学院人間環境学研究院の吸い込み式エッフェル型風洞装置の脈流生成用の水平翼列の回転制御を工夫して、本研究に必要な立ち上がり時間0.2~数秒のステップ関数的突風の生成を実現している。

次いで、本風洞装置を用いて、突風を受ける基本断面（円形、矩形および楕円）物体の風力特性を実験により検証している。その結果、突風の立ち上がり時間がある値より短くなると、すべての基本断面物体において風力のオーバーシュート現象が発生することを

確認し、突風の立ち上がり時間と突風風速および物体の断面サイズが風力のオーバーシュート現象の発生と大きさに強く関連することを明らかにするとともに、これらのパラメータを組み合わせる「無次元立ち上がり時間」によって、オーバーシュート風力が体系化できることを示した。さらに、突風風洞実験を模擬した楕円柱周りの k ・ \cdot モデルによる数値流体解析を行い、風洞実験結果と同じ風力のオーバーシュート現象を再現している。ここでは、風洞実験によるオーバーシュート風力のピーク値は計算結果の方がやや小さいが、その時間変化など両者がよく一致することを示すとともに、突風を受ける楕円柱周りの圧力と風速分布とを逐次追跡することによって、風速の立ち上がり直前の流れ方向の圧力勾配と立ち上がり後に発生する渦の負圧領域が風力のオーバーシュート現象を発生させていることを明らかにした。

また、複素ポテンシャル表現を用いて突風時に楕円柱に作用する風力を理論的に誘導し、オーバーシュート現象に及ぼす流れの慣性力の影響を検証している。その結果、立ち上がり時間が極めて短い突風では、風速急変時に発生する風速の変化率(加速度)に比例した勾配をもつ圧力場が通常より大きな風力を生成することを明らかにした。さらに風速の変化率(加速度)に比例した慣性力項を含む準定常風力式を用いて、オーバーシュート現象への慣性力の寄与率を検討したところ、無次元立ち上がり時間が1以下の場合には流れの慣性力がオーバーシュート現象発生の大きな要因であることを示した。

最後に、数少ない観測例として、実際に鉄道車輛の脱線事故を誘発した突風の風速記録を分析し、また本研究の実構造物への応用例として、この突風を受けた車両や実規模構造物のオーバーシュート風力を試算するとともに、車輛形状を模擬した物体の突風風洞実験を実施して車両模型に及ぼす突風風速の各種パラメータの影響を整理している。

以上要するに本論文は、風洞実験での突風生成法と突風風力の計測法を種々工夫して、構造物に作用する突風風力の特性を体系的に明らかにするとともに、構造物の突風風力の見積りを行うための無次元パラメータの応用に関する新たな知見をとりまとめたもので、風工学および都市災害管理学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位に値するものと認める。

氏名(本籍) 竹内真弓(福岡県)
学位記番号 博士(工学)人環博甲219号
学位授与の日附 平成22年3月25日
学位論文題名 鉄塔-送電線連成系の強風時空力減衰特性に関する研究

論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 赤司 泰義
(副査) " 教授 渡邊 俊行
" " 林 徹夫

論文内容の要旨

送電鉄塔は、鉄塔部と剛性が大きく異なる送電線に連結された構造物であるため、送電線の挙動が送電鉄塔の力学特性に大きな影響を与え、とくに、鉄塔自身の構造減衰が非常に小さいため、強風下で送電線に作用する空力減衰力の影響を強く受ける。空力減衰の特性を明らかにするために、強風応答観測データから個々の減衰定数を同定することは極めて有効な手段であるが、送電線の振動に起因する近接した周波数成分を多く含む送電鉄塔の振動データから、各振動モード成分の分離抽出には特別な配慮を必要とする。しかしながら、このような送電鉄塔固有の振動特性を考慮した減衰同定手法は開発途上にある。また、減衰同定精度の検証には鉄塔-送電線連成系の力学モデルに基づく理論的解釈との照合が必要であるが、送電線部の強風下における3次元変形を考慮したモデルによる検討例はほとんどない。

このような背景の下で、本論文は、送電鉄塔の力学特性を考慮した減衰同定手法を新たに提案し、送電鉄塔を用いて実施された強風観測での応答記録にこの手法を適用して、送電鉄塔本体の空力減衰定数と平均風速の関係を明らかにする。また、鉄塔-送電線連成系の力学モデルを用いて、送電線部の3次元変形が空力減衰特性に与える影響を精査する。本論を以下のように7章で構成する。

第1章では、送電鉄塔の空力減衰特性に関する既往の研究の概要と構造物の減衰同定手法に関する近年の展開を紹介し、本研究で目指す送電鉄塔の空力減衰特性の解明や強風応答予測の高精度化に関する研究の背景と目的を述べた。

第2章では、送電鉄塔の強風応答予測の高精度化に必要な残された課題を整理した。構造物の強風応答計算に一般に用いられる周波数応答解析法や時刻歴応答解析法を送電鉄塔の強風応答予測に使用する場合には、強風下での送電鉄塔周辺の風速場や鉄塔送電線連成系の減衰特性のモデル化が必要である。しかしながら、単一の振動成分が支配的な応答データにのみ適用可能な手法を用いたこれまでの送電鉄塔の減衰推定はばらつきが大きいため過度に評価される傾向を示し、従来の手法が、鉄塔部

の固有周波数に多数近接する送電線部の固有振動を含む振動データからの減衰同定に適していないことを明らかにした。また、送電線部が平均風方向のみに自由度を有する1次元解析モデルを用いた多くの既往の研究報告が、空力減衰定数の解析値が定性的に実測値に一致するものの、定量的には大きな相違がある問題点を指摘し、より高精度なモデル化のためには、送電線部の3次元変形に追従できる鉄塔-送電線連成モデルを構築する必要があることを示した。

第3章では、送電鉄塔の振動特性を考慮した減衰同定手法を提案した。まず、これまでに実機送電鉄塔で実施された強風応答観測や振動試験のデータを整理し、送電鉄塔の強風応答時に最も支配的となる鉄塔卓越振動モードの成分分離には鉄塔本体の複数個所で記録した応答記録を並列に使用する正規分解法が有効であることを示した。次いで、送電鉄塔の各振動成分の減衰同定過程において、正規分解法を用いて抽出した鉄塔振動モード別の成分にRandom Decrement法を適用して減衰定数を適切に同定できること、また、送電線振動の影響によって抽出波形の重ね合わせ波形がビートした場合には多自由度Random Decrement法を組み合わせることで、近接した振動モードに対する高精度の減衰同定が可能であることを明らかにした。

第4章では、懸垂型の送電線支持碍子を有する500kV鋼管鉄塔の空力減衰特性を、実機による強風応答観測の加速度データに3章で提案した減衰同定手法を適用して明らかにした。その結果、鉄塔卓越振動モードの空力減衰は風速依存性が強く、風速の上昇と共に減衰が増大すること、また空力減衰定数は2次モードに比べて1次モードの方が大きいことなどを明らかにした。

第5章では、耐張型の送電線支持碍子を有する500kV鋼管鉄塔の空力減衰特性を、実機による強風応答観測の加速度データに前章で提案した減衰同定手法を適用して明らかにした。本観測では、観測風速の範囲が比較的広いので、鉄塔頂部での平均風速別に減衰定数を算定したところ、同定値のばらつきは30%程度で、提案手法が従来の手法に比べて優れた安定性を有することを示した。次に、4章で示した懸垂型鉄塔の空力減衰特性と比べて、耐張型鉄塔の方が空力減衰の風速依存性がより強いことを明らかにし、送電線支持方式や塔高などによって送電鉄塔の空力減衰特性が異なることを示した。

第6章では、4章で検討した懸垂型500kV鋼管鉄塔とその両径間の送電線や懸垂碍子を含む3次元連成モデルをその空力減衰特性を考慮して構築し、固有モード別の空力減衰定数と風速との関係に及ぼす送電線部の3次元変形の影響を検討した。その結果、低風速域では、送電線卓越振動モードの固有周波数別空力減衰定数が“面内振動モード”と“面外振動モード”に対応する2つのパ

ターンを有することを明らかにした。また、風速の増大に伴って、送電線面の傾斜角が増大することと幾何学的非線形性の強い送電線部の剛性が上昇することにより、送電線卓越振動モードの空力減衰定数が風速に対して単純に増加しないことを示した。さらに、この特性は鉄塔卓越振動モードでも見られ、鉄塔卓越振動モードの空力減衰特性には強風時における送電線部の3次元変形が強く影響することを明らかにした。

第7章では、本論の結果を総括し、送電鉄塔の強風応答予測のさらなる高精度化への残された課題についてまとめた。

論文調査の要旨

送電鉄塔の強風応答予測の高精度化には、送電鉄塔と送電線部の連成挙動に及ぼす空力減衰特性の解明が課題の一つとして残されている。一般に構造物の減衰特性は振動試験や応答観測データから抽出した各振動モード成分から容易に分析されるが、送電線の影響による近接周波数成分を多く含む送電鉄塔の振動データには、FFT法などの通常の振動成分分離手法が適用できない。また、送電鉄塔の減衰特性の検証には鉄塔-送電線連成系の力学モデルに基づく理論的解釈との照合が必要であるが、風速の増大にともなう送電線部の強風下における3次元変形挙動はほとんど明らかにされていない。

本論文は、送電鉄塔の上述のような振動特性を考慮して新たに考案した減衰同定手法を、送電鉄塔の強風応答記録に適用することによって、鉄塔本体の空力減衰定数と平均風速の関係を明らかにするとともに、鉄塔-送電線連成系の力学モデルを用いて、送電線部の3次元変形が空力減衰特性に与える影響を精査し、以下のように取りまとめている。

まず著者は、送電鉄塔の空力減衰特性に関する既往の研究と構造物の減衰同定手法に関する近年の展開を精査し、強風応答予測の高精度化に必要な課題を整理している。その中で、これまでの送電鉄塔の減衰同定が、単一の振動成分が支配的な信号にのみ適用可能な手法を用いているためにばらつきが大きく、結果的に過大評価される傾向があることを指摘し、鉄塔部の固有周波数に近接する多数の振動成分を含む計測データに対応できる減衰同定手法の必要性を明らかにしている。また、これまでの多くの研究報告が、平均風力に対する静的釣り合い位置からの送電線部の振動成分を水平方向のみに着目した解析モデルを用いているために、空力減衰定数の計算値に大きなばらつきがある点を指摘し、送電線が形作る構面の3次元変形に追従できる鉄塔-送電線連成モデルの構築が必要であることを述べている。

次いで、送電鉄塔の振動特性を考慮した減衰同定手法を提案して、実機送電鉄塔での強風応答観測や振動試験データを整理し、送電鉄塔の強風応答時に最も支配的となる鉄塔卓越振動モードの成分分離には、鉄塔本体の複数個所で計測した応答データを並列に使用する正規分解法が有効であること、分離した振動成分に Random Decrement 法を適用することによって送電鉄塔の各振動モードの減衰定数を適切に同定できること、分離波形に近接周波数成分が残留することによる重ね合わせ波形のビート現象が見られる場合には、多自由度 Random Decrement 法を組み合わせることにによって、高精度の減衰同定が可能であること、などを示している。

さらに、本同定手法を 500kV 鋼管鉄塔での強風応答観測の加速度データに適用して、風速の上昇によって鉄塔卓越振動モードの空力減衰が急激に増大すること、2 次振動モードに比べて 1 次振動モードの空力減衰定数の方が顕著に大きいこと、これらの特性が耐張型や懸垂型などの送電線支持方式や塔高などによって強く影響を受けることを明らかにしている。

最後に、両径間の送電線や懸垂がいしを含めて、鉄塔部には有限要素法を、送電線部には混合法を適用した懸垂型 500kV 鋼管鉄塔と 3 次元連成モデルを構築して、固有モード別の空力減衰定数と風速との関係に及ぼす送電線部の 3 次元変形の影響を検討し、低風速域では、送電線卓越振動モードの固有周波数別空力減衰定数が“面内振動モード”と“面外振動モード”に対応する 2 つのパターンを有すること、風速の増大とともに、送電線面の傾斜角の増大と幾何学的非線形性の強い送電線部の剛性の上昇によって、送電線部の空力減衰定数が風速に対して必ずしも単純に増加しないこと、などを明らかにしている。以上要するに本論文は、強風下での送電鉄塔の応答データからその空力減衰を高精度に見積もる手法を開発し、送電線部と鉄塔本体との連成挙動が空力減衰に与える影響を明らかにするとともに、送電線支持方式や鉄塔の高低差を考慮した空力減衰推定への応用に関する新たな知見をとりまとめたもので、風工学および都市災害管理学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位に値するものと認める。

氏名(本籍) 上田麻理(奈良県)
学位記番号 博士(工学)人環博甲 225 号
学位授与の日附 平成 22 年 3 月 25 日
学位論文題名 視覚障害者のための傘の降雨騒音低減に関する研究

論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 藤本 一 壽
(副査) " 教授 渡邊 俊 行
" " " 白石 君 男
" 九州共立大学 " 古屋 浩

論文内容の要旨

高齢化に伴う視機能低下や疾患を原因とする中途失明者の増加によって、視覚障害者の人口は増大しつつある。日本眼科医学会は、日本の視覚障害者数は、視覚的に日常生活に困難を示す弱視者を含めると 100 万人以上いると推定している。視覚障害者の数は今後もさらに増大すると予想される。

視覚障害者は、屋外の歩行に際して触覚や聴覚の情報を利用していただわれている。白杖や手足から得られる触覚情報は、情報源の形状や位置が正確に把握できる反面、把握できる環境の範囲が限定される。一方、聴覚情報は、情報源の方向や位置の把握が難しいという欠点があるものの、比較的広範囲の情報を同時に収集でき、屋外などの広い空間の把握に適している。近年、視覚障害者の移動支援整備のための法制が進められる中で聴覚情報による移動支援のガイドラインも定められ、公共空間における音声案内やサイン音などが整備されつつある。しかしながら、こうした視覚障害者のための移動支援のほとんどは晴天時の歩行を想定したものとなっている。日本は 1 年の 3 分の 1 が雨という多雨な気候であり、視覚障害者から雨天時における屋外歩行の困難を訴える意見がしばしば聞かれることから、雨天時にも視覚障害者が安全に歩行できるよう環境を整備していく必要があると考えられる。

以上の背景から、本研究は、視覚障害者が雨天時の歩行に利用している聴覚情報とその課題を明らかにし、音による雨天時の視覚障害者の移動支援策、具体的には雨天時に視覚障害者が歩行の手がかりにしている聴覚情報を阻害する原因の一つである“傘の雨音”の低減について検討し、発生騒音が小さい「二重構造傘」を提案するものである。提案した傘を用いることで、視覚障害者は雨天時の歩行に利用している聴覚情報を聞き取りやすくなり、これによって視覚障害者の雨天時の歩行の安全性とモビリティの向上が図れると考えられる。

本論文は全 7 章で構成される。

第 1 章は序論であり、本研究の背景、我が国の視覚障害者の実態、視覚障害者の聴覚情報利用と音による移動

支援に関する既往の研究、本研究の目的および本論文の構成について述べた。最後に、本研究で用いる視覚障害者の定義付けを行った。

第2章では、視覚障害者の雨天時の歩行環境整備について検討するためには、視覚障害者が雨天時の歩行に際してどのような聴覚情報をどのように利用しているかを把握することが基本となると考え、歩行訓練士と視覚障害者を対象に3つの調査を実施した。調査Ⅰでは、歩行訓練士に個別面接し、視覚障害者の歩行訓練内容を調査した。その結果、雨天時の歩行訓練はほとんど行われていないことが分かった。調査Ⅱでは、視覚障害者に個別面接し、視覚障害者が雨天時の歩行に利用している聴覚情報の種類と利用方法を明らかにした。調査Ⅲでは、上の二つの調査を基に作成した質問票を用いて、全国の視覚障害者を対象とした電子メール調査によって、調査Ⅱの追加データを得た。その結果、視覚障害者が雨天時の歩行に際して利用する聴覚情報を阻害する原因の一つは“傘の雨音”であることが明らかになった。そこで、以降では、“傘の雨音”の低減について検討することとした。

第3章では、傘の雨音の大きさを把握するために、雨天時の屋外において、傘の雨音の騒音レベルを実測した。その結果、降雨量が10mm/h程度(やや強い雨)の場合、傘をさすことによって騒音レベルは15dBほど大きくなること、また降雨量が増加すると騒音レベルも増大することが分かった。

第4章では、視覚障害者が雨天時の歩行に利用している聴覚情報の音量の必要量を明らかにするために、視覚障害者を被験者にした音響心理実験を行った。その結果、音響式信号に求められる音量は降雨量が8mm/h(やや強い雨)の場合は環境騒音より約10dB高いレベル、誘導鈴では約8dB高いレベルであることが示された。また、雨天時に用いる傘の種類によって音響情報に求められる音量も異なることが分かった。

第5章では、傘の雨音の低減に関する検討の第一として、自作した人工降雨装置を用いて傘の雨滴衝撃音の音響特性について検討した。10種類の傘の布の雨滴衝撃音を測定したところ、傘の素材や厚さ、水滴の大きさ、傘布の張力の違いによって発生騒音レベルが異なることが確認され、傘の雨滴衝撃音を低減させるためには、傘の面を大きくし、雨滴を拡散させて小さくすることが効果的であることが分かった。

第6章では、第5章で得られた、傘の雨滴衝撃音を低減するには雨滴を拡散させることが有効であるという結果に基づいて、これを実現させるための一つのアイデアとして外張り布にメッシュ生地を用いた二重構造布を考案し、その雨滴衝撃音の低減効果について検討した。人工降雨装置を用いた実験により、考案した二重構造布は

一枚の布に比べて10dB程度の騒音低減効果があることが分かった。そこで、この二重構造布を用いた傘(「二重構造傘」)を試作し、雨天時の屋外において、傘の雨音の騒音レベルを実測した。その結果、降雨量が大きい(18mm/h)場合は25dBの低減効果が、降雨量が小さい(7mm/h)でも10dBの低減効果があることが分かった。この二重構造傘を視覚障害者に使ってもらい使用感を聞いたところ、雨天時の歩行に際して聴覚情報や自動車走行音が聞き取りやすくなったという感想を得た。これより、開発した二重構造傘の有効性が確認された。

第7章は、本論文の結論であり、本研究で明らかにした知見を要約するとともに、今後の展望について述べた。

論文調査の要旨

視覚障害者の移動支援整備のための法制が進められる中で聴覚情報による移動支援のガイドラインも定められ、公共空間における音声案内やサイン音などが整備されつつある。しかしながら、こうした視覚障害者のための移動支援のほとんどは晴天時の歩行を想定したものとなっている。日本は1年の3分の1が雨という多雨な気候であり、視覚障害者から雨天時における屋外歩行の困難を訴える意見がしばしば聞かれることから、雨天時にも視覚障害者が安全に歩行できるよう環境整備が求められている。

このような観点から、本論文は、視覚障害者が雨天時の歩行に利用している聴覚情報とその課題を明らかにし、音による雨天時の視覚障害者の移動支援策、具体的には雨天時に視覚障害者が歩行の手がかりにしている聴覚情報を阻害する原因の一つである“傘の雨音”の低減について検討し、発生騒音が小さい「二重構造傘」を提案するものである。提案した傘を用いることで、視覚障害者は雨天時の歩行に利用している聴覚情報を聞き取りやすくなり、これによって視覚障害者の雨天時の歩行の安全性とモビリティの向上が図れると考えられる。

著者はまず、視覚障害者の雨天時の歩行環境整備について検討するためには、視覚障害者が雨天時の歩行に際してどのような聴覚情報をどのように利用しているかを把握することが基本となると考え、歩行訓練士と視覚障害者を対象に3つの調査を実施した。調査Ⅰでは、歩行訓練士に個別面接し、視覚障害者の歩行訓練内容を調査した。その結果、雨天時の歩行訓練はほとんど行われていないことが示され、調査Ⅱでは、視覚障害者に個別面接し、視覚障害者が雨天時の歩行に利用している聴覚情報の種類と利用方法を明らかにした。調査Ⅲでは、上の二つの調査を基に作成した質問票を用いて、全国の視覚障害者を対象とした電子メール調査によって、調査Ⅱの追加データを得たところ、視覚障害者が雨天時の歩行に際して利用する聴覚情報を阻害する原因の一つは“傘の

雨音”であることと結論した。そこで、以降では、“傘の雨音”の低減について検討することとしている。

続いて、傘の雨音の大きさを把握するために、雨天時の屋外において、傘の雨音の騒音レベルを実測した。その結果、降雨量が10mm/h程度(やや強い雨)の場合、傘をさすことによって騒音レベルは15dBほど大きくなること、また降雨量が増加すると騒音レベルも増大する。

さらに、視覚障害者が雨天時の歩行に利用している聴覚情報の音量の必要量を明らかにするために、視覚障害者を被験者にした音響心理実験を行ったところ、音響式信号に求められる音量は降雨量が8mm/h(やや強い雨)の場合は環境騒音より約10dB高いレベル、誘導鈴では約8dB高いレベルであると結論した。また、雨天時に用いる傘の種類によって音響情報に求められる音量も異なる。

最後に、傘の雨音の低減に関する検討の第一として、自作した人工降雨装置を用いて傘の雨滴衝撃音の音響特性について検討している。10種類の傘の布の雨滴衝撃音を測定したところ、傘の素材や厚さ、水滴の大きさ、傘布の張力の違いによって発生騒音レベルが異なることが確認され、傘の雨滴衝撃音を低減させるためには、傘の雨滴衝撃音を低減するには雨滴を拡散させることが有効であるという結果に基づいて、これを実現させるための一つのアイデアとして外張り布にメッシュ生地を用いた二重構造布を考案し、その雨滴衝撃音の低減効果について検討している。人工降雨装置を用いた実験により、考案した二重構造布は一枚の布に比べて10dB程度の騒音低減効果があること示している。この二重構造布を用いた傘(「二重構造傘」)を試作し、雨天時の屋外において、傘の雨音の騒音レベルを実測したところ、降雨量が大きい(18mm/h)場合は25dBの低減効果が、降雨量が小さい(7mm/h)でも10dBの低減効果があること示している。この二重構造傘を視覚障害者に使ってもらい使用感を聞いたところ、雨天時の歩行に際して聴覚情報や自動車走行音が聞き取りやすくなったという感想が得られたことから開発した二重構造傘の有効性が確認された。

以上要するに、本論文は、視覚障害者が雨天時の歩行に利用している聴覚情報とその課題を明らかにし、音による雨天時の視覚障害者の移動支援策、具体的には雨天時に視覚障害者が歩行の手がかりにしている聴覚情報を阻害する原因の一つである“傘の雨音”の低減について検討し、発生騒音が小さい「二重構造傘」を提案したものである。提案した傘を用いることで、視覚障害者は雨天時の歩行に利用している聴覚情報を聞き取りやすくなることを示したもので、音響環境学、福祉工学に寄与することが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文に値するものと認める。

氏名(本籍) 北島幸一郎(長崎県)
学位記番号 博士(工学)人環博甲226号
学位授与の日付 平成22年3月26日
学位論文題名 CFTブレースを用いたRC造建物の耐震補強方法に関する研究

論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 崎野健治
(副査) " 教授 蛭川利彦
" " 前田潤滋

論文内容の要旨

1995年1月に発生した兵庫県南部地震は、6400人を超す人命を奪うと共に、倒壊家屋約24万棟にも及ぶ大きな被害をもたらした。被害を受けた鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造建物の多くは1981年以前に、旧建築基準法に準拠して設計された、いわゆる既存不適格建物であった。このことから、国策として耐震補強の促進政策が打ち出され、実施もされてきているが、耐震補強が必要な既存不適格建物は依然として多く実存する。このような建物に対する耐震補強法としては、建物の耐力を向上させる方法が主流である。耐力を向上させる方法として最も多用されているのが、開口を取ることでできる「鉄骨枠付きブレース」による補強工法である。しかしながら、この補強工法は、頭付きの「あと施工アンカー」打設時の騒音や振動が発生することと、比較的成本が高いことが欠点とされている。本論文においては、これらの欠点を補うべく、補強部材として耐力・剛性・変形性能に優れたCFT柱を圧縮ブレースとして使用する簡便な補強法を提案した。この方法は、「あと施工アンカー」を出来るだけ少なくし、工期が短く、経済的な補強法であるところに特徴がある。本論文の各章で求められた知見の要点は下記の通りである。

第1章「序論」では、鉄筋コンクリート造の現状と問題点を、学校施設を代表として整理し、大地震に対し人命を守ることを目的として実施される既存不適格建物の耐震補強の重要性について述べた。さらに、耐震補強法として最も多用されている「鉄骨枠付きブレース」の施工性・経済性に関する問題点を述べ、これらが耐震化を阻害する要因として考えられるとした。ついで、問題点を解消することを目的として本論で提案する「圧縮ブレースを用いた耐震補強法」に関する研究の背景および既往の研究について概説した。

第2章「CFTブレースによる耐震補強法の実験的検討」では、まず、実験的検討に用いた試験体寸法や各試験体の特徴について述べた。ついで、提案補強法において用いられるブレースの設置が、非常に簡便に行えるこ

とを1/2縮尺試験体の施工実験により確認した。また、補強ブレースの寸法とブレースの接合部詳細を変化させることで、風上柱の引張降伏、既存柱のパンチングシア破壊、ブレース接合部の支圧破壊、ブレースの座屈の4通りの破壊メカニズムの性状を、載荷実験により確認した。いずれの破壊メカニズムを呈した場合でも、無補強の場合と比較して、耐力について4倍以上の性能、初期剛性については3倍以上の性能を有することを確認した。破壊メカニズム形成後の変形性能については、風上柱の引張降伏が最も優れていることが分かったことから、風上柱の引張降伏により最大耐力が決定するように接合部の詳細設計をすることが望ましいという結論を得た。このような設計を行う場合、接合部において「あと施工アンカー」を使用しない設計も可能であるが、実際の耐震改修を想定した場合は、計算通りの破壊メカニズムの再現ができない場合も考えられるため、少数の「あと施工アンカー」を使用し、安全余裕を持って局部破壊を防止する設計法を提案した。少数の「あと施工アンカー」を用いた接合部の設計法が提案できたことにより、既存建物で想定される、柱と梁の偏芯接合フレームにおいても、本補強法は適用可能となった。さらに、圧縮抵抗能力のみでなく引張抵抗能力を持たせたブレースを用いる場合についても実験を行い、このようなブレースを用いれば、正負繰返しの入力となる地震に対し、エネルギー吸収能力の向上効果が得られることを確認した。

第3章「実験結果の解析的検討」では、第2章で述べた実験結果の解析による予測制度の検証を行った。その結果、本論文で提案する解析モデルを用いた解析により、最大耐力に関する実験結果を10%以内の精度で予測でき、各種破壊モードを呈した試験体の復元力特性を、解析的に模擬できることを検証した。本章において述べている解析的研究により、本論文で提案する耐震補強を施した建物全体の性能評価が可能であるという結論を得た。

第4章「CFTブレースによる耐震補強法の構造物への適用性の解析的検討」では、第3章で用いた解析モデルを用い、既存の3階建て学校校舎に本補強法を施す場合を取り上げ、ブレースの配置法や数量の違いが補強効果に及ぼす影響について定量的に考察した。その結果、全層を補強したモデルでは、大幅な水平耐力の増加が期待できることが静的解析により確認した。また、ブレースに作用する軸力に関する解析結果からは、実験で用いたブレースと比して、よりスレンダーなサイズで補強できる可能性もあることを指摘した。このことは、本補強法の大きな利点である。動的解析からは、静的解析と同様の傾向が見られたが、2層までを補強した場合、最上層で最大応答変形角が0.5%を若干上回る結果が得られることを全ての地震波に対する応答結果により確認した。したがって、補強対象建物が脆性的な場合、補強効果の

動的解析による確認、あるいは全層補強を採用することが望ましいと提案した。また、地震波の種類によっては、補強量の少ないモデルに対して、補強量の多いモデルの方が大きな変形角となる結果も得られた。これは、補強効果が地震動と建物モデルの周期特性の影響を強く受けたためであると考察した。ついで、ベースシア係数で評価した水平耐力が、無補強モデルの0.27に対し、0.4~0.5程度にまで増加するように補強した各種降伏機構を有する解析モデルを用いて、破壊機構と補強効果の関係に関する検討を行った。最大耐力を支配する降伏機構としては、ブレースの座屈、風上側柱の引張降伏、基礎の浮き上がりの3種の補強建物モデルを取り上げた。静的解析において得られた各種降伏機構建物の荷重-変形関係の特徴として、ブレースの座屈により最大耐力となるモデルでは、1層に設けたブレースの座屈により水平耐力が低下する結果となったが、その他の補強モデルでは、全体降伏機構を形成しつつ最大耐力発揮以降も安定した変形性能を示す荷重-変形関係となることを確認した。また、動的応答解析の結果、無補強モデルの最大応答層間変形角2.1%に対し、補強を施した場合は、0.5%~0.8%の応答に留まることを示した。基礎の浮き上がりの有無については、補強効果に大きな差はなく、破壊形式が柱の引張降伏から基礎の浮き上がりに変化しても応答性状は大きく変化しないことを確認した。

第5章「総括」では、以上の研究成果について、全体的なまとめを行い、今後の研究課題を述べた。

論文調査の要旨

1995年1月に発生した兵庫県南部地震は、約6400人もの人命を奪うと共に、倒壊家屋約24万棟にも及ぶ大きな被害をもたらした。被害を受けた鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造建物の多くは1981年以前に、旧建築基準法に準拠して設計された、いわゆる既存不適格建物であった。このことから、日本各地に存在する既存不適格建物を対象にして、耐震改修促進法が制定され、学校・病院・百貨店・事務所等の特定建築物に対して改修の努力義務が課せられる事となった。これらの特定建築物は全国で約21万棟あると推定されており、大きな社会問題となっている。

旧建築基準法で設計された建物に、現行の建築基準法が要求している程度の耐震性能を持たせる方法として、耐震補強、制震補強および免震補強がある。現在、コストや施工性から最も多く採用されているのが耐震補強である。特に学校校舎建築の場合は「枠付き鉄骨補強骨組」を用いた耐震補強が多く採用されている。しかしながら、一般の建物の場合はその建物の特性に応じた工法が採用されるのが望ましく、そのためには各種の新しい補強法の開発を行なう必要がある。

本研究は、「枠付き鉄骨補強骨組」工法の持つ欠点である、頭付き「あと施工アンカー」打設時の騒音や振動の発生、高コスト、の二点を改良した補強法の開発を目的とした研究である。提案された補強法は、補強部材として耐力・剛性・変形能力に優れたCFT柱を圧縮ブレースとして使用する簡便な補強法で、「あと施工アンカー」を出来るだけ少なくし、工期が短く、経済的な補強法であるところに特徴があり、建物内部においても施工が比較的容易であるという利点も有している。

本論文ではまず、1/2縮尺の1層1スパンRC構造骨組を製作し、補強材であるCFT圧縮ブレースの断面詳細や取付部詳細を変えた施工実験を行い、提案する補強法が簡便に施工可能であるかどうかについて検証している。また、補強を行なった試験体と無補強の試験体を用いて繰返し水平加力実験を行い、補強した試験体に生じ得る破壊モードが「風上側柱の引張降伏（架構の曲げ降伏）」「ブレース・柱接合部のパンチングシア破壊」「ブレース・柱接合部の支圧破壊」「ブレースの座屈」の4種類であることを明らかにし、いずれの破壊モードの場合でも、無補強の場合に比較して、耐力については4倍以上の性

能、初期剛性については3倍以上の性能を有することを確認している。さらに、4種類の破壊モードの中では、最大耐力以降の変形性能の点において「風上側の柱の引張降伏」が優れているとしている。

次に、前述した4種類の破壊モード時の耐力を予測する手法を明らかにし、望ましい破壊モードであるとしている「風上側柱の引張降伏」と「ブレースの座屈」の両破壊モードで耐力が決まる場合については、補強骨組の復元力特性も解析的に予測できることを検証している点は評価できる。

最後に、典型的なRC構造建物を取り上げ、CFT圧縮ブレースを各種パターンで配置した場合の補強効果を、前述した解析法を用いて静的及び動的地震応答解析を行い、有効な圧縮ブレース配置法についての知見を得ている。

以上要するに、本論文は、その取付方法の詳細を含めて、CFT部材を圧縮ブレースとして用いる耐震補強法を提案したもので、建築構造学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文に値するものと認める。