

(様式第3号)

## 論文要旨

論文題目

<和文> 沖縄の西海岸で暴露した大型RC柱の耐久性能と耐震性能に関する実験的研究

<英文> Experimental Studies on Durability and Seismic Performance of Real-Scaled RC Columns Exposed at a Coastal Area in OKINAWA

沖縄県は高温、多湿の亜熱帯環境という厳しい腐食環境下で、加えて四方が海に囲まれ、島嶼環境という地理条件並びに台風による海塩粒子によりRC構造物は塩害を受けやすい環境にある。塩害がRC造へ悪影響を与えることは周知の事実であり、そのため沖縄県のRC造建物は、塩害による鉄筋腐食に伴う建物の耐久性能と耐震性能の劣化が懸念されている。塩害で損傷したRC造建物の耐久性能と耐震性能に関する研究は、大地震に対する安全で安心な社会を形成すると共にRC造建物の長寿命化を標榜する上で重要な研究である。そこで本論では、既往の研究では見られない実大に近い断面寸法を持つRC柱の自然暴露実験を沖縄の西海岸にある自然暴露場で約6年間にわたり実施し、そのRC柱の耐久性能と耐震性能について検討をしてきた。また、本論では塩害を低減または抑止する目的でコンクリートにフライアッシュⅢ種を外割混合したRC柱の耐久性能についても言及している。本論は塩化物イオンの浸透量により劣化した鉄筋の力学的性状やRC柱表面のひびわれ発生状況調査等の耐久性能に関する研究と、水平加力実験による耐震性能に関する研究の2つの試験・実験により構成されている。これら試験や実験で得られた知見をもとに、塩害で損傷した大型RC柱の耐久性能と耐震性能にコンクリートのひび割れや鉄筋腐食等の材料面の劣化が与える影響とフライアッシュが混合したRC柱の塩害被害の低減効果について把握することを研究目的とした。

本論は5章で構成されている。

第1章では、本研究の背景と研究目的について述べた。

第2章では、試験体概要及び自然暴露試験の進め方について述べた。

第3章では、3種類のコンクリート調合で製作された試験体を沖縄の海岸で3年～6年の自然暴露試験し、それにより生じたコンクリート表面のひび割れ調査と、コンクリート内部に浸透した含有塩化物イオン浸透量による鉄筋の力学的性状の劣化状態などRC柱に用いられる材料面の耐久性能の劣化について述べた。また、新たな試みとして降伏荷重、引張荷重並びに質量減少率から孔食部分の計算上の断面積を求めた。

第4章では、暴露期間が3年、5年、6年経過した2007年、2009年、2010年に暴露RC柱試験体の一定軸圧縮応力下の正負繰り返し水平加力実験を実施し、耐久性能に問題があるRC柱試験体の耐久性能の低下を、琉球大学工学部実験棟の傍で存置された基準RC柱試験体の実験結果と比較することにより把握した。また、塩害で損傷したRC柱の曲げ強度及びせん断強度の評価手法を水平加力実験と鉄筋の引張試験から得られた実験結果を用いて検証した。その結果、塩害で損傷したRC柱の水平耐力と変形能力の予測は質量減少率で求めた平均断面積を用いた場合が効果的であり、支障がないことがわかった。フライアッシュⅢ種を用いたRC柱は塩化物イオンが浸透しにくく、その結果、鉄筋の腐食劣化も進行が遅くなった。すなわち、耐久性能が普通コンクリートを用いたRC柱より優れ、かつ耐震性能の劣化も遅延することが一定軸力下の正負繰り返し水平加力実験で明らかになった。

第5章では、得られた研究成果を総括し、今後の研究課題を述べた。本研究は基礎研究であり、得られた知見は塩害で損傷したRC柱の耐久性能と耐震性能を評価する上で重要な資料を提供しているものと考えている。自然暴露より損傷した大型のRC柱の耐久性能と耐震性能の把握と、その曲げ耐力並びにせん断耐力の評価方法を提案したこと、並びにRC柱への使用実績がほとんど無いフライアッシュⅢ種を混合したコンクリートの塩害に対する有効性を確認したことに集約される。

氏名 船木 裕之

(様式第5-2)

平成23年 8月 5日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 山川 哲雄

副査 氏名 山田 義智

副査 氏名 三井 宜之



## 学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

### 記

申請者	専攻名 生産エネルギー工学 氏名 船木裕之 学籍番号098652G		
指導教員	山川 哲雄		
成績評価	学位論文	合格 不合格	最終試験 合格 不合格
論文題目	沖縄の西海岸で暴露した大型RC柱の耐久性能と耐震性能に関する実験的研究		
審査要旨（2000字以内）			
丈夫で長持ちするRC造建築物を目指した耐震性能と耐久性能に関する研究は、昨今極めて重要な研究になりつつある。なかでも両者がお互いに連成したRC柱の研究は重要であるにもかかわらず、極めて少ない。すなわち、RC部材に関して耐久性能の劣化レベルに対応した耐震性能レベルは、まだ十分に明らかにされていない。特に、常時鉛直荷重を受け、地震時にも水平抵抗材として重要な耐震要素であるRC柱が、塩害で損傷した場合の弾塑性挙動に関してはまだ未解明である。しかも、沖縄県は高温、多湿の亜熱帯環境という厳しい腐食環境下に加えて四方が海に囲まれ、その上島嶼環境という地理的条件が加わり、RC構造物は塩害を受けやすい環境にある。			

(次頁へ続く)

本論文は塩化物イオンの浸透量により劣化した鉄筋の力学的性状や、RC柱試験体表面のひびわれ発生状況調査等の耐久性能に関する研究と、一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験による耐震性能に関する研究の2分野にわたる試験と実験を平行して行うことにより、耐久性能と耐震性能の相互関係に注力した研究になっている。これらの試験や実験で得られた知見をもとに、塩害で損傷した大型RC柱試験体の耐久性能と耐震性能に、コンクリートのひび割れや鉄筋腐食等の材料面の劣化が与える影響と、フライアッシュが混合されたRC柱試験体に関する塩害の低減効果を解明しようとしたもので、主な成果は次のとおりである。

本研究では、耐久性能に関する評価の観点からは実サイズが重要となるので、既往の研究では見られない実大に近い大きな断面寸法を持つRC柱試験体の自然暴露実験を、沖縄の西海岸にある自然暴露場で6年間にわたり実施している。その間、著者は3年、5年、6年の暴露試験期間経過後に塩害で損傷した暴露RC柱試験体をモニター試験体とともに琉球大学構内の実験棟に運び込み、これらのRC柱試験体の耐久性能と耐震性能について実験的研究を継続的に行ってきた。著者は3種類のコンクリート調合、すなわち普通コンクリート、低強度コンクリートおよび外割でフライアッシュを混入したRC柱試験体を用いて、沖縄の海岸で3年、5年、6年間の自然暴露試験を行い、それにより生じたコンクリート表面のひび割れ調査と、コンクリート内部に浸透した含有塩化物イオン浸透量による鉄筋の力学的性状の劣化状態など、RC柱試験体に用いられる材料面の耐久性能劣化を明らかにした。さらに、降伏荷重、引張荷重並びに質量減少率から、孔食部分の断面積を計算上求めている。さらに、塩害を低減または抑止する目的でコンクリートにフライアッシュⅢ種を外割混合したRC柱試験体は、ほかのRC柱試験体に比較して、耐久性能に関する劣化が遅延することを暴露試験で明らかにしている。

著者は暴露期間が3年、5年、6年経過した2007年、2009年、2010年に、暴露RC柱試験体の一定軸圧縮応力下の正負繰り返し水平加力実験を実施し、耐久性能が劣化したRC柱試験体の耐震性能低下を、琉球大学工学部実験棟の傍に存置された基準RC柱試験体の実験結果と比較することにより明らかにしている。また、塩害で損傷したRC柱試験体の曲げ強度及びせん断強度の評価手法を、水平加力実験と鉄筋の引張試験から得られた実験結果を用いて検証している。その結果、塩害で損傷したRC柱試験体の水平耐力と変形能力の予測は、質量減少率で求めた平均断面積を用いた場合が効果的であり、支障がないことを明らかにしている。

著者はフライアッシュⅢ種を用いたRC柱試験体は塩化物イオンが浸透しにくく、その結果、鉄筋の腐食劣化もその進行が遅くなる事実を見出した。すなわち、フライアッシュを混入すると耐久性能が普通コンクリートを用いたRC柱試験体より優れ、かつ耐震性能の劣化も遅延することを、一定軸力下の正負繰り返し水平加力実験で示している。

したがって、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し、学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに琉球大学大学院理工学研究科博士後期課程修了者として、十分な研究能力を有していることが確認できたので、最終試験を合格とする。