

Form 3

## 論文要旨

## Abstract

論文題目

Title

AN INNOVATIVE SEISMIC RETROFIT TECHNIQUE OF CAST-IN-SITE THICK  
HYBRID INFILL WALL INTO RC FRAME

- EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND ANALYTICAL APPROACH -

RC 骨組に合成極厚壁を現場で打設する耐震補強技術

—実験および解析的検討—

A seismic retrofit technique of cast-in-site thick hybrid infill wall using additional concrete sandwiched by steel plates and PC bar prestressing for low-rise to mid-rise RC buildings having either all bare frames in the first story or partial discontinuity of framed shear wall in the first story or upper stories is proposed in this thesis. To verify the effectiveness of the proposed technique, the cyclic loading tests under constant vertical load were conducted for one-sided and both-sided RC wing-wall column members as well as for one-story one-bay RC bare frames retrofitted by casting infill wing-walls or panel-wall into the bare frames. The cyclic loading test was also conducted to ensure the seismic performance recovery of shear-damaged non-retrofitted standard frame specimen, after applying the emergency retrofit to it.

Experimentally, it was verified that the proposed technique was effective in terms of increasing lateral strength, stiffness and ductility of shear critical wing-wall column members. Based on the similar retrofit concept, by installing additional cast-in-site thick hybrid infill wing-walls into the bare frame without additional reinforcement inside the wing-walls, the lateral strength, stiffness and ductility were also considerably enhanced. By the enlargement of beam depth with additional longitudinal rebars in it and also retrofitting like the wing-wall column, the greater increases in lateral force capacity and stiffness were achieved while maintaining ductility. By installing cast-in-site thick hybrid panel-wall into the bare frame and by strengthening the top panel-wall-beam connection with casting additional concrete sandwiched by steel plate and PC bar prestressing up to the beam as well as the bottom connection with providing stud dowels, the lateral force capacity increased significantly. Since 80% of this lateral force capacity maintained up to the drift angle of about 2.5%, therefore, in the context of practical design drift angle (namely, 1%), such retrofit method can be recommended for very large seismic excitations.

To calculate the moment capacity of non-retrofitted and retrofitted, one-sided and both-sided wing-wall column sections, the simplified equations based on the widely accepted ACI concept of an equivalent rectangular stress block for concrete in compression are newly proposed for small levels of axial forces. To calculate the shear strength, the simplified equations based on the arch mechanism according to the AIJ, and the truss mechanism with assuming the diagonal concrete strut at 45° according to the ACI are also proposed. Based on the proposed shear strength mechanism, the guidelines for the selection of steel plate thickness as well as the diameter and minimum number of PC bars are suggested.

In the proposed retrofit technique, steel plates and PC bars can act as formwork and form-ties during the casting of the additional concrete. After hardening of the post-cast concrete, they can serve for shear strengthening and confinement. They can also maintain the rigidity and provide protection against the spalling of cover concrete and the local buckling of longitudinal reinforcement. As columns and wing-walls are firmly united, they can act as unified members. As a result, shear strength is increased due to the formation of a large compression strut, and flexural strength is increased by the provision of a large, unified section with a large lever arm for moment resistance. Another significant point is that the thickness of the additional cast-in-site wall is the same as the width of the column, and thus the construction process is easy and effective confinement can be achieved. In this retrofit technique, essentially no flexural reinforcement is provided inside the wing-wall or panel-wall in either the longitudinal or transverse direction. Therefore, it may be concluded that the proposed retrofit technique is simple, convenient, economic and effective.

Name RAHMAN MD. NAFIUR

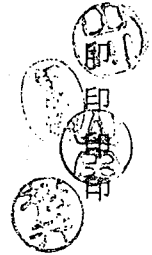
(様式第5-2)

2007年7月17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 伊良波繁雄  
副査 氏名 山田 義智  
副査 氏名 松井 千秋



### 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 氏名 RAHMAN MD. NAFIUR 学籍番号 048613C	
指導教員	山川 哲雄	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	<b>An Innovative Seismic Retrofit Technique of Cast-in-site Thick Hybrid Infill Wall into RC Frame - Experimental Investigation and Analytical Approach -</b>	
審査要旨（2000字以内）		
<p>既存不適格建築物の耐震補強技術に関する研究開発は、地震の多い日本や諸外国で大きな社会的課題であり、現在重要な研究分野を形成している。そういう中であって、本研究は袖壁（2次壁）を下地材として利用した袖壁付き柱の耐震補強技術と、これを基礎に発展させた合成極厚無筋壁（袖壁タイプと無開口タイプの2種類）を純フレーム内に新設する耐震補強技術を新規に提案している。いずれの技術も強度と靱性を同時に、しかも大幅に改善する方法である。本研究は重要な耐震補強要素としての壁に関する技術提案を耐震加力実験で検証し、かつその設計式を提案しようとしたもので、主な成果は次の通りである。</p>		

1. 日本の中低層のRC造建築物には袖壁、腰壁、垂れ壁など2次壁がよく利用される。しかし、これらの2次壁が柱を短柱化して、結果的に脆性的なせん断破壊を誘発し、建物の耐震性能を低下せしめていることが、多くの地震被害例から指摘されている。そこで、本研究では袖壁に限定して両袖壁、または片袖壁を下地材に、かつ鋼板を型枠にしてPC鋼棒を緊結材にコンクリートを柱表面まで増し打ちし、コンクリートが硬化後、PC鋼棒に緊張力を導入し、鋼板を圧着する耐震補強法を提案している。その結果、水平耐力が単独柱の2.5倍から4-6倍まで増加し、かつ変形能力が5-10倍ほど増大した。すなわち、強度と靱性を両方とも同時に、しかも大幅に改善することを可能にした。この耐震補強法が本研究の出発点にもなっている。

2. ピロティ建築物の1階ピロティ部や一般のRC造建築物における壁抜け層などの純フレーム部分の水平耐力と剛性を確保する観点から、壁を新設して耐震補強する技術を提案している。従来の技術であれば、壁筋を配筋して既存フレームにあと施工アンカーを打ち込み、新設RC造壁と既存フレームを一体化する方法がとられる。この場合には水平耐力と剛性を増大させるだけで靱性の確保は困難である。しかるに、本耐震補強技術は鋼板で既存柱を包み込み（鋼板巻き立て技術に類似）、鋼板を型枠にコンクリートのみをその空間に流し込み、柱と同厚の無筋極厚壁を新設する方法である。その間、鋼板がコンクリートの側圧ではじけないように、PC鋼棒を緊結材として利用する。なお、既存柱の表面と鋼板間の小さな隙間には、グラウト材を注入し鋼板と柱の一体化をはかる。コンクリートが硬化後はPC鋼棒に緊張力を導入して、鋼板を圧着してせん断補強材として有効に利用する。このようにして今までにない合成極厚無筋壁を純フレーム内に新設する。合成極厚無筋壁は開口のある袖壁タイプと無開口壁タイプの2種類があり、必要とする強度や剛性、さらには建築計画上の要求にしたがって、どちらを採用するか選択すればよいことになる。これらは純ラーメンに比較して、水平耐力が袖壁タイプで約2.5倍から4倍、無開口壁タイプで8倍から10倍（浮き上がり無視の場合）に増大する。一方、靱性に関しては袖壁タイプが無開口壁より大きく、靱性指標F値で最大の3.2は容易に確保できる。無開口壁タイプではF値で2は問題なく確保できる。このように強度と靱性に富んだ合成極厚無筋壁を有効な耐震補強技術として提案している。これらは250mm正方形断面柱で構成された1スパン1層フレーム6体と、175mm正方形断面柱で構成された1スパン1層フレーム6体の合計12体の耐震加力実験で検証されている。

3. 上記に述べた袖壁付き柱や合成極厚無筋壁などの耐震補強要素、およびこれらを組み込んだフレームの耐震性能評価法を提案すべく、曲げ、せん断、すべりなどに関する強度算定式と靱性評価法について検討している。特に、曲げ強度とせん断強度に関してはより簡便な設計式を定式化している。さらに、耐震補強フレームの強度評価にあたっては骨組としてもメカニズム、すなわち崩壊機構の評価も重要になってくるので、著者はこれに関してもその計算法についてフローチャートを示している。

以上要するに、著者は袖壁付き柱の耐震補強法、次いでこのアイデアを拡張し合成極厚無筋壁を袖壁タイプと無開口タイプに関して新規に提案した。さらに、これらの壁を純フレームの水平耐力（剛性含む）と靱性増大に有効に活用する耐震補強技術に関して、実験と解析を行い、その耐震補強設計法を最後に提案している。これらの研究成果は、中低層RC造建築物の耐震補強設計に大きく寄与するものである。最終試験では、博士論文提出者による博士論文内容についての発表が行われた後、質疑応答が行われ、各質問に対する回答は適切であったと判断される。以上により、学位論文審査委員一同は、本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認め、本論文提出者 MD. Nafiur RAHMAN は最終試験に合格したものと認める。