

# 琉球大学学術リポジトリ

## コンクリートを増し打ちした極厚壁に緊張PC鋼棒で鋼板を圧着した耐震補強法の応用

メタデータ	言語: 出版者: 山川哲雄 公開日: 2009-12-17 キーワード (Ja): 合成極厚無筋壁, PC鋼棒, 鋼板, プレストレス, 横拘束, 耐力, 耐震補強, ピロティフレーム, 靱性 キーワード (En): 作成者: 山川, 哲雄, 中田, 幸造, Yamakawa, Tetsuo, Nakada, Kozo メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/14067">http://hdl.handle.net/20.500.12000/14067</a>

コンクリートを増し打ちした極厚壁に  
緊張PC鋼棒で鋼板を圧着した耐震補強法の応用  
(課題番号 17360272)

平成17年度～平成19年度  
科学研究費補助金(基盤研究(B))

研究成果報告書

平成20年5月

研究代表者 山川哲雄  
(琉球大学工学部環境建設工学科)

## 本研究成果の概要

本報告書は、「コンクリートを増し打ちした極厚壁に緊張PC鋼棒で鋼板を圧着した耐震補強法の応用」（課題番号：17360272）という題目で、平成17年4月～平成19年3月の3年間、独立行政法人日本学術振興会から研究助成を受けて行われた研究成果をまとめたものである。

本研究では、ピロティフレームや耐震壁に極厚無筋壁補強法を施すことで、水平耐力と靱性を両方とも同時に増大させ、曲げ壁または回転壁の破壊モードに変換し、これらの耐震性能を大きく改善することを目的としている。極厚無筋壁補強法は、ピロティフレームの場合は（耐震壁やコンクリートブロック壁の場合もほぼ同じ）、柱幅と同厚の極厚壁を新設するためにピロティフレーム内へコンクリートの増し打ちを行う。この時、側柱はチャンネルタイプの薄い鋼板で包み込み、かつ型枠材として使用した壁部分の鋼板を、位置確保に用いたPC鋼棒を利用して、増し打ちコンクリート硬化後にPC鋼棒へ緊張力を導入することで鋼板を圧着し、高横拘束する補強法である（図-1、図-2）。

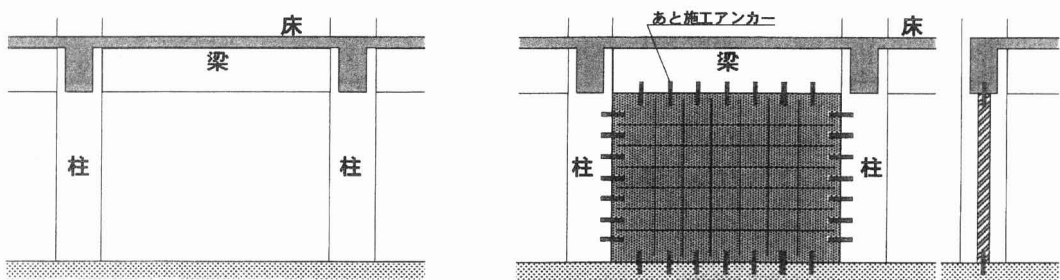


図-1 あと施工アンカーを用いた従来の耐震補強例

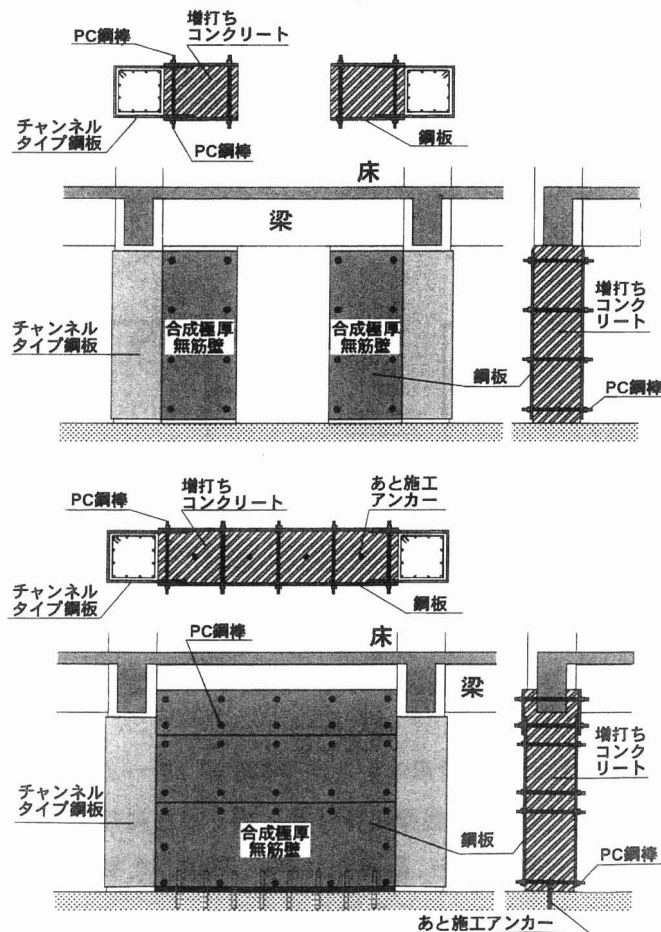


図-2 極厚無筋壁補強法の詳細

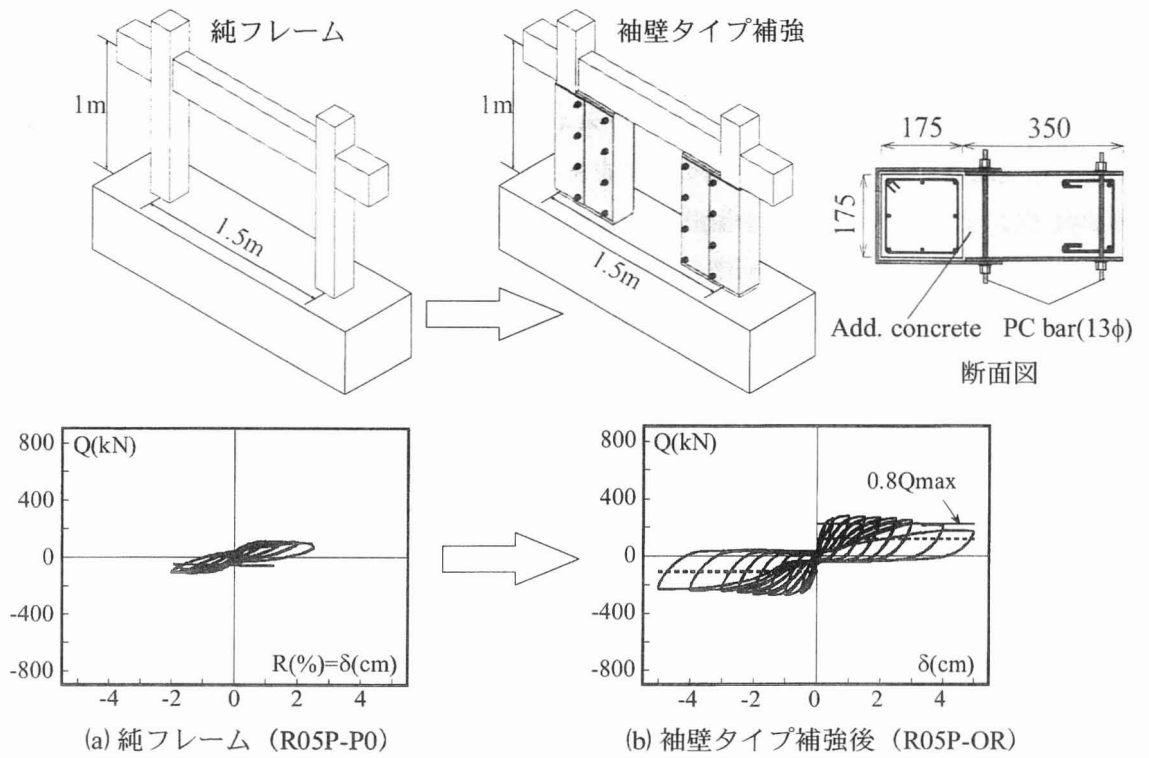


図-3 1スパン1層純フレームの極厚無筋壁補強実験結果

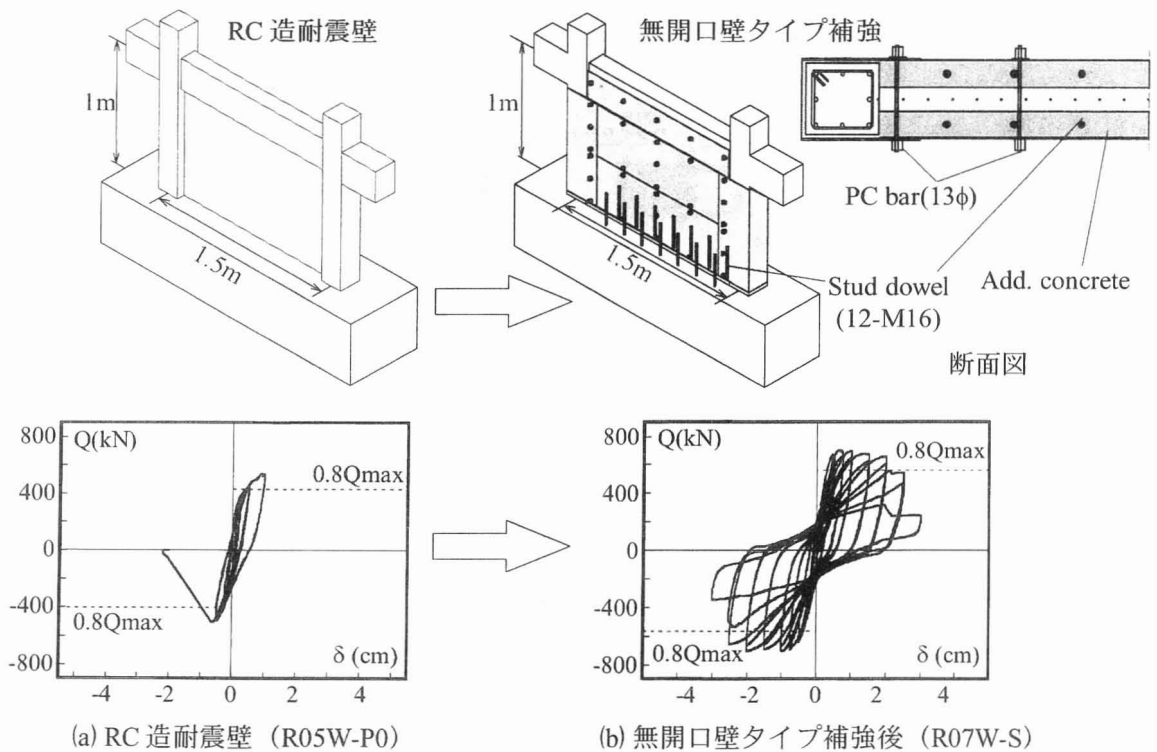


図-4 RC造耐震壁の極厚無筋壁補強実験結果

本研究成果を端的に説明するために、通常の1スパン1層純フレームとRC造耐震壁に対して、袖壁タイプの1スパン1層極厚無筋壁と、RC造耐震壁を側柱幅と同じ厚さにコンクリートを増し打ちし、その型枠として用いた鋼板をコンクリート硬化後に緊張PC鋼棒で圧着した補強耐震壁の合計4体に関する、典型的な実験結果を図-3、4に示す。これらの実験結果から純フレームやRC造耐震壁に対しては、水平耐力と靱性が両方とも同時に大幅に改善されていることがわかる(図-3、4)。特に靱性の改善は予想外の大き

地震に対しても、RC造建物の耐震・構造安全性を確保する意味で、重要な意義を有する。この極厚無筋壁補強法の特徴を挙げると以下ようになる。

- (1) PC鋼棒を型枠兼補強材としての鋼板の位置確保に使用（セパレータ）
- (2) 増し打ちコンクリート硬化後にPC鋼棒を緊張し、鋼板を圧着することで増設部の既存フレームとの一体化が可能
- (3) 上記により、従来工法では多数必要となる、あと施工アンカー使用数の大幅減少（図-1、2）
- (4) 増し打ちコンクリートによる極厚壁が巨大な圧縮ストラットを形成することにより、せん断強度の飛躍的な増大が可能
- (5) 型枠兼補強材である鋼板により、せん断強度のさらなる増大が可能
- (6) ピロティフレームまたは耐震壁の耐力と靱性の同時向上が可能
- (7) ローテク・ローコスト

本研究では、1スパン1層の純フレームに袖壁タイプ補強や無開口壁タイプ補強を施して水平加力実験を行い、実験結果を基に曲げ強度やせん断強度式を提案し、2層部がRC造耐震壁やCB（コンクリートブロック）造壁の1スパン2層ピロティフレームを用いて、極厚無筋壁補強法の耐震補強効果の検証も行っている。併せて、1スパン1層RC造耐震壁やCB造壁に対しても極厚無筋壁補強により、耐力および靱性の同時向上が可能であることを確認している。これらの実験的研究により、極厚無筋壁補強法の耐震補強効果を検証し、得られた荷重-変形関係から復元力特性をモデル化し、地震応答解析を行い、解析によっても極厚無筋壁補強法の有効性を検証している。

極厚無筋壁は、巨大なコンクリートの圧縮束により、せん断強度が飛躍的に上昇し、耐力・靱性を大きく改善するという特徴を持つ一方、重量が大きという難点を有する。重量を減少させる、即ち、使用コンクリート量を減らすことは、せん断強度の減少をもたらすトレードオフの関係にあるが、今後は、発砲スチロールを用いてコンクリート使用量を減らし、壁厚を減少させ、極厚無筋壁をスリム化した補強法の耐震性能を照査する加力実験も行う予定である。

兵庫県南部地震から12年が過ぎた。その後も大きな地震は相次ぎ、2005年福岡県西方沖地震（M=7.0）、2007年新潟県中越沖地震（M=6.8）など、日本列島は自然の震動台と言っても過言でないほど各地で地震活動が活発化している。そしてこの5月（2008年5月12日）には、中国でM=8.0の四川大地震が発生し、多数の建物や社会基盤が壊滅的な被害を受け、死者も4万人を越え未曾有の大震災に見舞われ、たいへんな状況にある。そこでは既存建物の耐震補強も緊急な課題として浮上している。地震被害による尊い教訓を無駄にしないためにも、本研究を実用化に向けて展開していくことが、今後の課題である。

## 研究組織

研究代表者：山川哲雄（琉球大学・工学部・教授）

研究分担者：中田幸造（琉球大学・工学部・助教）

（研究協力者：蔡 克銓（台湾大学・土木工程学系所・教授））

（研究協力者：張 愛暉（浙江大学・建築工程学院・助教））

## 研究経費

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成17年度	4,800,000	0	4,800,000
平成18年度	3,400,000	0	3,400,000
平成19年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
総計	12,700,000	1,350,000	14,050,000

## 研究発表

### 【1】学会誌等

- (1) Tetsuo YAMAKAWA and Md. Nafiur RAHMAN: A Seismic Retrofit Technique for Soft Story Frames Utilizing Extremely Thick Hybrid Walls, Journal of Civil Engineering and Management, Lithuanian Academy of Sciences, 印刷中, 2008
- (2) 小林慎, 山川哲雄, 前田興輝, Javadi PASHA : 極厚無筋壁で耐震補強した1スパン2層ピロティフレームの耐震性能, コンクリート工学年次論文集, 印刷中, 2008
- (3) 高良慎也, 山川哲雄, 森下陽一, 山城浩二 : 耐震補強されたRC造耐震壁の水平加力実験, コンクリート工学年次論文集, 印刷中, 2008
- (4) 山城浩二, 山川哲雄, 森下陽一, 高良慎也 : 極厚無筋壁補強法を用いたCB造耐震壁の耐震補強実験, コンクリート工学年次論文集, 印刷中, 2008
- (5) 前田興輝, 山川哲雄, Md. Nafiur RHAMAN, Javadi PASHA : 1スパン2層ピロティフレームを合成極厚無筋壁で耐震補強した加力実験, コンクリート工学年次論文集, Vol. 29, No. 3, pp.289-294, 2007
- (6) 森下陽一, 山川哲雄, 高良慎也, 山城浩二 : CB造耐震壁の耐震補強実験, コンクリート工学年次論文集, Vol. 29, No. 3, pp.1207-1212, 2007
- (7) 山城浩二, 山川哲雄, 高良慎也, Md. Nafiur RAHMAN : RC造耐震壁の耐震補強実験と解析, コンクリート工学年次論文集, Vol. 29, No. 3, pp.379-384, 2007

- (8) Md. Nafiur RAHMAN and Tetsuo YAMAKAWA: Investigation of a Hybrid Technique for Seismic Retrofitting of Bare Frames, *Journal of Advanced Concrete Technology*, Vol. 5, No. 2, pp. 209-222, 2007
- (9) Md. Nafiur RAHMAN, Tetsuo YAMAKAWA and Yoichi MORISHITA: Investigation of Pilotis Frames Retrofitted by Opening Type Thick Hybrid Wing-walls, *コンクリート工学年次論文集*, Vol. 28, No. 2, pp.1177-1182, 2006
- (10) Tetsuo YAMAKAWA, Md. Nafiur RAHMAN and Yoichi MORISHITA: Experimental Investigation and Analytical Approach for Seismic Retrofit of RC Column with Wing-wall, *日本建築学会構造系論文集*, 第608号, pp.109-117, 2006-10
- (11) Tetsuo YAMAKAWA, Md. Nafiur RAHMAN, Kozo NAKADA and Yoichi MORISHITA: Experimental and Analytical Investigation of Seismic Retrofit Technique for a Bare Frame Utilizing Thick Hybrid-walls, *日本建築学会構造系論文集*, 第610号, pp. 131-138, 2006-12
- (12) Md. Nafiur RAHMAN, Tetsuo YAMAKAWA, Yoichi MORISHITA and Kozo NAKADA: INVESTIGATION OF SEISMIC RETROFIT FOR PILOTIS FRAMES UTILIZING EXTREMELY THICK HYBRID WALLS, *コンクリート工学年次論文集*, Vol. 27, No. 2, pp. 1117-1122, 2005

## 【2】口頭発表

- (1) Shinya TAKARA, Tetsuo YAMAKAWA and Koji YAMASHIRO: Experimental and Analytical Investigation of Seismic Retrofit for RC Framed Shear Walls, *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China, 2008-10 (印刷中)
- (2) 小林慎, 山川哲雄, Pasha JAVADI : 1 スパン2層ピロティフレームを合成極厚無筋壁で耐震補強した水平加力実験, *日本建築学会大会学術講演梗概集*, 印刷中, 2008
- (3) Pasha JAVADI and Tetsuo YAMAKAWA: Seismic Response Analysis of an Existing Soft-first-story RC Building Before and After Retrofitting by Thick Hybrid Wall Technique, *日本建築学会大会学術講演梗概集*, 印刷中, 2008
- (4) 山城浩二, 山川哲雄, 森下陽一, 高良慎也 : 極厚無筋壁補強法を用いた壁体の耐震補強実験と解析(その1), *日本建築学会大会学術講演梗概集*, 印刷中, 2008
- (5) 森下陽一, 山川哲雄, 山城浩二, 高良慎也 : 極厚無筋壁補強法を用いた壁体の耐震補強実験と解析(その2), *日本建築学会大会学術講演梗概集*, 印刷中, 2008
- (6) Tetsuo YAMAKAWA and Pasha JAVADI: A Convenient Seismic Retrofit Technique of Soft Story RC Buildings, *Fifth International Conference on Urban Earthquake Engineering*, March 4-5, 2008, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, pp.155-160, 2008-3

- (7) 前田興輝, 山川哲雄, Pasha JAVADI : 合成極厚無筋壁で耐震補強を施した1スパン2層ピロティフ  
レームの耐震性能の検討, 日本建築学会九州支部研究報告, 第47号, pp. 337-340, 2008
- (8) 山城浩二, 山川哲雄, 森下陽一, 高良慎也 : 極厚無筋壁補強法を用いたCB造耐震壁の水平加力実  
験, 日本建築学会九州支部研究報告, 第47号, pp. 581-584, 2008
- (9) 高良慎也, 山川哲雄, 森下陽一, 山城浩二 : 極厚無筋壁補強法を用いたRC造耐震壁の水平加力実  
験, 日本建築学会九州支部研究報告, 第47号, pp.341-344, 2008
- (10) Pasha JAVADI, Shinya TAKARA, Tetsuo YAMAKAWA, Md. Nafiur RAHMAN and A. J. CARR: Nonlinear  
Dynamic Analysis of Soft-first-story Building before and after Retrofitting, 8th Pacific Conference on Earth-  
quake Engineering, Singapore, Paper No. 257, 2007-12
- (11) Tetsuo YAMAKAWA and Md. Nafiur RAHMAN: A Seismic Retrofit Technique for Soft Story Frames Utiliz-  
ing Extremely Thick Hybrid Walls, The 9th International Conference, "Modern Building Materials, Structures  
and Techniques", Vilnius, LITHUANIA, pp.362-363, 2007-5
- (12) 山川哲雄 : 合成極厚無筋壁を用いた既存中低層RC造建築物の耐震補強技術と新工法, 日本建築学会  
大会学術講演梗概集, Vol. C-2, pp. 13-16, 2007
- (13) 前田興輝, 山川哲雄, Md. Nafiur RAHMAN, Pasha JAVADI : 合成極厚無筋壁で耐震補強した1スパン  
2層ピロティフレームの耐震加力実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. C-2, pp. 527-528, 2007
- (14) 山城浩二, 山川哲雄, 高良慎也, Md. Nafiur RAHMAN : 耐震補強したRC造耐震壁の正負繰り返し  
加力実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. C-2, pp. 465-466, 2007
- (15) 森下陽一, 山川哲雄, 高良慎也, 山城浩二 : 耐震補強したCB造耐震壁の正負繰り返し水平加力実  
験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. C-2, pp. 913-914, 2007
- (16) 高良慎也, 山川哲雄 : 合成極厚壁を用いた沖縄のピロティ建築物の補強例, 日本建築学会大会学術  
講演梗概集, Vol. C-2, pp. 531-532, 2007
- (17) Pasha JAVADI, Tetsuo YAMAKAWA, Md. Nafiur RAHMAN and Shinya TAKARA: Nonlinear Dynamic Re-  
sponse of an Existing Pilotis-type RC Building Before and After Retrofitting, 日本建築学会大会学術講演梗  
概集, Vol. C-2, pp. 529-530, 2007
- (18) 前田興輝, 山川哲雄, Md. Nafiur RAHMAN, Pasha JAVADI : 1スパン2層ピロティフレーンを合成  
極厚無筋壁で耐震補強した水平加力実験, 日本建築学会九州支部研究報告, 第46号, pp. 421-424,  
2007



- (19) 山城浩二, 山川哲雄, 高良慎也, Md. Nafiur RAHMAN : RC 造耐震壁の耐震補強実験, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 46 号, pp. 593-596, 2007
- (20) 森下陽一, 山川哲雄, 高良慎也, 山城浩二 : CB 造耐震壁の耐震補強実験, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 46 号, pp. 617-620, 2007
- (21) 高良伸也, 山川哲雄 : 耐震補強した RC 造耐震壁の一定鉛直荷重下の正負繰返し水平加力実験と解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 151-152, 2006
- (22) Md. Nafiur RAHMAN, Tetsuo YAMAKAWA, Kozo NAKADA and Yoichi MORISHITA: Investigation of Bare Frames Retrofitted by Thick Hybrid Walls under Cyclic Lateral Forces and Constant Vertical Load, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.541-542, 2006
- (23) Tetsuo YAMAKAWA, Hua ZHAO, and Md. Nafiur RAHMAN: Experimental and Analytical Investigation of Seismic Retrofit for RC Framed Shear Walls by Hybrid Techniques, International Association for Cooperation and Research of Steel-Concrete Composite Structures (ASCCS), Harbin China, pp. 811-816, 2006-8
- (24) 山川哲雄 : コンクリートを増し打ちした極厚壁に緊張 PC 鋼棒で鋼板を圧着した耐震補強法 (その 1 : 耐震補強法の提案), 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. C-2, pp. 553-554, 2005
- (25) 新城良大, 山川哲雄, 森下陽一, 中田幸造 : コンクリートを増し打ちした極厚壁に緊張 PC 鋼棒で鋼板を圧着した耐震補強法 (その 2 : 耐震壁への応用例), 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. C-2, pp. 555-556, 2005
- (26) 中田幸造, 山川哲雄, 森下陽一, Md. Nafiur RAHMAN : コンクリートを増し打ちした極厚壁に緊張 PC 鋼棒で鋼板を圧着した耐震補強法 (その 3 : ピロティフレームへの応用例), 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. C-2, pp. 557-558, 2005
- (27) Md. Nafiur RAHMAN, Tetsuo YAMAKAWA, Yoichi MORISHITA and Kozo NAKADA: Cyclic Loading Tests of Pilotis Frames Retrofitted by Thick Hybrid Walls Part 1: Emergency retrofit and opening type wing-wall (axial force ratio=0.1), 日本建築学会九州支部研究報告, 第 45 号, pp. 353-356, 2006
- (28) Md. Nafiur RAHMAN, Tetsuo YAMAKAWA, Yoichi MORISHITA and Kozo NAKADA: Cyclic Loading Tests of Pilotis Frames Retrofitted by Thick Hybrid Walls Part 2: Opening type wing-wall and non-opening type panel wall (axial force ratio=0.2), 日本建築学会九州支部研究報告, 第 45 号, pp. 357-360, 2006
- (29) Hua ZHAO, Tetsuo YAMAKAWA and Md. Nafiur RAHMAN: Cyclic Loading Tests on Retrofitted RC Framed Shear Walls, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 45 号, pp. 361-364, 2006

- (30) 高良慎也, 山川哲雄, 長嶺安一: 沖縄の某ピロティ建築物の耐震補強計画例, 日本建築学会九州支部研究報告, 第45号, pp. 405-408, 2006

## 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

### 出願特許

産業財産権の名称	発明者名	権利者名	工業所有権の種類, 番号	出願年月日
ピロティフレームを備えた建築物の耐震補強方法	山川哲雄	国立大学法人 琉球大学	特願2005-060392	2005.3.4
コンクリート構造物の耐震補強構造および耐震補強方法	山川哲雄	国立大学法人 琉球大学	特願2008-012007	2008.1.22
コンクリート構造物の耐震補強構造	山川哲雄	国立大学法人 琉球大学	特願2008-012004	2008.1.22

### 取得特許

産業財産権の名称	発明者名	権利者名	工業所有権の種類, 番号	取得年月日
壁付き柱の恒久的, 応急的な耐震補強法	山川哲雄	国立大学法人 琉球大学	特許第3834637号	2006.8.4

## 謝辞

本研究で行った地震応答解析では、2006年度日本学術振興会外国人招聘研究者・A. J. CARR教授（カンタベリー大学）に解析ソフトRUAUMOKOを提供して頂くとともに、熱心なご指導を頂きました。極厚無筋壁補強法の公開実験では、松井千秋・九州大学名誉教授から貴重なご助言を頂戴しました。ここに記して深甚なる謝意を表します。

耐震壁の実験で使用した5.4φのPC鋼棒は高周波熱錬株式会社から提供して頂きました。あと施工アンカーについてはサンコーテクノ株式会社、極厚無筋壁に使用した鋼板やチャンネルタイプ鋼板の製作、および加力装置の組み換えでは仲本工業株式会社に、縮小コンクリートブロックの製作では山内コンクリートブロックにお世話になりました。ここに深く感謝致します。

水平加力実験では、砂川恒雄琉球大学技術職員に高速データロガーやアクチュエータの制御および試験体搬入搬出でのフォークリフトの操作等において惜しめない多大なるご尽力を頂きました。試験体製作および水平加力実験においては、山川研究室学生および卒業生諸氏の多大なる協力を得ました。試験体製作を行い、その後の実験スケジュールが過密な中、良好なデータを取得できたのも、沖縄の真夏の実験室という過酷な環境下で、疲労と戦いながら研究を遂行してくれたみなさんの尽力によるものです。

事務的なことでは、我如古富士乃・琉球大学工学部山川研究室事務補佐（前任）および早田正美・同事務補佐（後任）から多大なる尽力を頂戴しました。ここに謹んで謝意を表します。

本研究では上記以外の方々にも大変お世話になりました。末筆になりますが、本研究を通してお世話になった関係各位に厚くお礼申し上げます。

2008年5月

研究代表者 山川哲雄