

論 文 要 旨

Abstract of Thesis

論 文 題 目

Thesis Topic

**SEISMIC RETROFIT OF RC COLUMNS BY USE OF PRESTRESSED ARAMID FIBER BELTS AS EXTERNAL HOOPS
- EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND ANALYTICAL APPROACH -**

The objective of the present research is to assess the effectiveness of the proposed retrofit technique by use of prestressed aramid fiber belts through an experimental program. In this technique, aramid fiber belt is cut in a desired length and impregnated with epoxy resin along only 100 mm lap joint of both cut ends to form a loop, which is straightened to form a two-ply belt. Both ends of the two-ply belt look like eye-hook, through which crossbar can be put. It should be explained that crossbar refers to a piece of steel which has a threaded hole at its both ends. When the two-ply belt is wound around the column, its both ends can be clamped together by putting a couple of crossbars into the end eye-hooks, and then, passing bolt through the threaded hole of crossbar. The prestressing can be given to the belts by manually screw driving the bolts of crossbars. Herein, the assembly of a couple of crossbars and bolts is referred to as coupler. Steel angles, which are located at the corners of the column, have width and length of 50 mm and thickness of 20 mm. The role of steel angles is to protect corner concrete from the bearing failure. An external radius of 20 mm is provided for the corner angle in order to decrease stress concentration in the belt. Moreover, a frictionless film, which is placed between corner angle and belt, reduces the friction between belt and corner angle.

The key advantages of retrofitting of columns by prestressed aramid fiber belts are as follows:

- 1) This technique can be applied quickly and easily without using heavy machinery on site. Specially, the aramid fiber belts can be prestressed manually by a simple wrench. Moreover, this technique can be applied to the columns with spandrel walls, where applications of sheets are not possible.
- 2) Unlike conventional FRP tubes or wraps, where the composite materials are used continuously along the height of column; the proposed technique provides discontinuous application of aramid fiber material, and thus, saves the consumption of expensive composite materials.
- 3) An outstanding characteristic of this new technique is introducing the prestressing into FRP materials. Thereby, the method employs active confinement in addition to passive confinement and shear reinforcing. Experimental results demonstrated that active confinement due to prestressing led to considerable increase in accumulated absorbed energy and lateral strength of column.

Six RC columns with shear span to depth ratio of 1.5 were constructed based on 1:2.4 scale to model the low-rise school buildings designed in accordance with the pre-1971 design code in Japan. These columns are shear critical ones because of poor arrangement of steel hoops. The column specimens were retrofitted and tested under reversed cyclic lateral forces and constant axial load, simultaneously. Experimental and analytical results can be summarized as follows:

- 1) The proposed retrofit technique by prestressed aramid fiber belts is a highly effective retrofit method for RC columns with inadequate shear resistance or poor bond strength. While the original non-retrofitted column exhibited shear failure, the retrofitted column developed ductile flexural response.
- 2) As a technique to quickly retrofit the earthquake-damaged concrete columns, i.e. as an emergency retrofit, the prestressed aramid fiber belts provide an attractive option for restoring the lateral capacity of damaged column. Such an emergency retrofit procedure would be of much use in high-risk seismic zones, where the repair of earthquake-damaged columns is frequently necessary, so as to sustain the vertical loading capacity during subsequent earthquakes.
- 3) In the analytical approach of this study, by use of nonlinear three-dimensional FEM, a model was proposed so as to interpret confining device as nonlinear translation springs, that follows from the important role of lateral stiffness of confining device in the issue of passive confinement. Using this model, stress-strain curves for columns confined by prestressed aramid fiber belts were proposed.

Nasrollahzadeh Nesheli, Kooroush

Name _____

平成 14 年 8 月 8 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 矢吹 哲哉
副査 氏名 崎野 健治



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	理工学研究科・ 生産エネルギー工学 専攻	氏名	Nasrollahzadeh Nesheli, KOOROUGH	学籍 番号	
指導教官名	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	Seismic Retrofit of RC Columns by use of Prestressed Aramid Fiber Belts as External Hoops — Experimental Investigation and Analytical Approach —					

審査要旨 (2000 字以内)

大きな地震があるたびに世界の各地で建築物の損傷や崩壊のみならず、多くの尊い人命が失われてきた。このように地震に弱い建築物が日本はじめ、世界にはたくさん存在する。このような建築物は一般に既存不適格建築物と呼称されている。既存不適格建築物の耐震性能を耐震補強によって大幅に改善し、耐震安全性を確保することは、既存建築物の耐震診断とともに 21 世紀の大きな研究課題である。このような状況下にあつて、多くの研究者や研究機関から様々な耐震補強法が提案されている。耐震補強法は大きく 3 つのカテゴリーに区分され、1) 建築物の水平保有耐力を増大させる方法、2) 建築物の靱性を増大させる方法、3) 地震入力を低減させる方法に整理できる。もつとも、これらの 3 つの方法が混在し、ハイブリッド化される場合もある。

著者は上記 2) の靱性を増大させる方法を本研究で提案している。建築物の靱性を増大させる方法には従来から、鋼板や連続繊維シートで閉鎖形に柱部材を囲い、鋼板補強にあつては柱表面と鋼板の間にグラウト材を充填する工法が一般的に採用されてきた。また、連続繊維シート補強に関しては柱表面を洗浄し、かつ柱隅角部の面取り処理を行った後連続繊維シートを巻き立てエポキシ樹脂を含浸させる工法が採用されている。いづれにしても、これらの補強法は工法として後処理や前処理を前提に、せん断補強効果と受動的横拘束効果を期待するものであつた。これらに対し、本研究で新規に提案された耐震補強方法は既存 RC 柱の隅角部にそれぞれコーナーブロックを配置した上でアラミド繊維ベルトを外帯筋状に巻き付け、輪になったベルトの両端に取り付けたカプラーを介してプレストレスを導入するという能動的な工法である。そのために、従来のせん断と受動的横拘束効果に加えて、新たに能動的横拘束効果が加わり、大きな補強効果が期待できることを明らかにしている。本論文は、このことをせん断スパン比 1.5 の耐震補強 RC 柱に関する一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験で究明し、かつその基礎となるアラミド繊維ベルトの横拘束によって得られたコンファインドコンクリートの力学的特性を解析的に解明しようとしたもので、主な研究成果は次のとおりである。

- 1.プレストレスの導入は靱性のみならず、累積吸収エネルギーや水平耐力の増大に効果的であり、大きな耐震補強効果が得られている。
- 2.本補強法は乾式(ドライ)工法であるがゆえに恒久的な耐震補強のみならず、地震被災直後の応急的な耐震補強にも効果的であることを示している。
- 3.プレストレスを導入したアラミドベルトで横拘束されたコンファインドコンクリートの構成則を、既存の提案式と非線形 3 次元有限要素法を利用して、精度よく解析できることを示し、本補強法の有効性を解析的にも明らかにしている。

以上要するに、本論文は RC 柱にアラミドベルトを外帯筋状に巻き立て、かつプレストレスを導入する耐震補強法が耐震性能に欠けた既存 RC 柱の恒久的な耐震補強のみならず、地震で損傷した RC 柱の応急的な耐震補強にも効果的に利用できることを実験的に解明し、かつ解析的にも示唆したものであり、耐震構造工学上寄与するところが大きい。一方、著者は最終試験において建築構造学、耐震設計工学や耐震補強法などの質問に的確に答えることができた。

よつて、著者は博士(工学)の学位論文審査及び最終試験に合格したものと認める。