

# 部材軸側方に圧縮力が作用したRC柱の挙動に関する考察

著者	丸山 健太郎, 遠藤 典男, 福原 冴基, 川合 晃生
雑誌名	長野工業高等専門学校紀要
号	51
ページ	1-11
発行年	2017-06-30
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1051/00000998/">http://id.nii.ac.jp/1051/00000998/</a>



## 部材軸側方に圧縮力が作用した RC 柱の挙動に関する考察

丸山健太郎\*<sup>1</sup>・遠藤典男\*<sup>2</sup>・福原冨基\*<sup>3</sup>・川合晃生\*<sup>4</sup>

### A study on behavior for RC- Column acting in compressive force to side-direction of member axis

MARUYAMA Kentaro, ENDOH Norio, FUKUHARA Saeki and KAWAI Kohki

In this study, evaluating behavior for RC-Column which compressive force acting to cross-sectional direction of member axis. It is explained a method of acting on compression force in RC-Column, at first, open a hole in it side cross section, and through a steel bar which was threaded at both ends into that hole, after that, fill void in grout and tighten a nut with a predetermined torque.

In order to evaluate behavior of such processing member, carrying out static loading test for the other two members, which one of them is innocent RC-Column and the other is fixed steel bar to cross-sectional direction, it is compared with that member.

As the results, it is found that RC-Column, which compressive force acting to cross-sectional direction of member axis, was appeared effects constraining the cross-sectional deformation – one direction is burying direction of a steel bar, and other direction is its perpendicular direction. By an effect of this, reducing strain and crack to cross-sectional direction of member axis.

キーワード：鋼棒埋め込み，部材軸側方圧縮力，プレストレス

### 1. ま え が き

既設構造物の長寿命化が社会的なニーズになって久しく、また、昨今の地震被害を受けて設計指針が変更され、新しい指針の基で耐力が不足する構造物も現れると予想される。これら構造物に対しても適切な補強を行うことにより供用期間を延長させることが求められている。このような見地から、現在では構造物に対する補強手法が目立っており、新たな補強工法も提案され、新工法での施工実績も多くなりつつある。

ここで、損傷の著しい構造物や耐震補強、あるいは耐力不足の観点より、重要構造物が既に補強さ

れているのに対し、比較的重要でないと判断された構造物や、近い将来の新設が検討されている構造物に対しては、極度の損傷が発生していない場合を除いて、現状の構造物を使用することになる。しかしながら、昨今の予算的な制約の中で、長期的には補強や新設の予定が不確定な場合も多く、地震時のみならず、日常の使用に対しても安全性が懸念される。

現在、構造物、中でも重要構造物に対する補強工法<sup>1)</sup>は、外ケーブル工法、コンクリート巻立て・増厚工法、鋼板・連続繊維シート等の接着工法等が有効とされており、施工実績も多い。コンクリート巻立て・増厚工法と鋼板接着工法は、有効な補強手法である一方、施工には多くの資材と重機が必要であり、予算的な負担も大きい。連続繊維シート接着工法は、施工は容易であるがシート自体が高価であることと、補強材料の接着によりコンクリートの変状を確認できないため、構造物の維持管理の観点では好ましくない。また、補強材料と被補強部材界面への雨水の侵入、さらには橋梁等の繰り返し荷重が作用する構造物では振動により、接着力が低下し両者の剥離に伴う補強効果が減少する、等の側面も有し

\*1 技術支援部 技術職員

\*2 環境都市工学科 教授

\*3 平成 28 年度環境都市工学科卒業研究生  
(現：横浜国立大学 都市科学部)

\*4 平成 28 年度環境都市工学科卒業研究生  
(現：三井住友建設(株))

原稿受付 2017 年 5 月 19 日

ている。

そこで、本研究は、RC柱に対する容易、かつ、経済的に施工できる補強法を提案するにあたり、基礎的な力学性状を把握することを目的とする。すなわち、プレストレストコンクリートの技術を応用し、既存RC柱の部材軸直角方向に圧縮力を作用させることによる力学的挙動、特に部材軸直角方向のひずみや、ひび割れ性状、ひいては破壊性状を評価するものである。提起する手法は非常に簡便なボルトーナット方式により、対象部材の側方に圧縮力を作用させるため、施工後においても部材の変状が確認できるという利点がある一方で、部材軸側方に圧縮力を作用させるため、圧縮部材であるRC柱の耐荷力の増加は期待できないと考えられる。

先に著者らは、RC橋、特にT桁橋のような比較的断面幅の小さいはりに対して、補強手法を提起したうえで、その有効性を検証した<sup>2)</sup>。その結果、健全なRCはりに対して、提起した手法により補強を行うことにより、せん断耐荷力は著しく向上するとともに、せん断ひび割れの抑制効果も期待できる。さらに、せん断ひび割れが発生した位置に、鉛直方向の圧縮力を作用させることにより復元力も増大し、荷重を除荷した後の鉛直変位、ひび割れ幅が著しく減少する、等の知見を得た。

これらの知見を基に、側方圧縮力作用下におけるRC柱の静的載荷試験を行い、その挙動に対して考察する。なお、RC柱に対する補強手法としては、後述する補強するための治具であるボルトーナットがRC柱側面に突出している、被補強部材の形状寸法に対する補強治具の形状寸法や設置間隔、さらには導入する圧縮力の大きさの関係、等々を評価する必要があると考えられるが、本文ではこれらに対する言及はせず、補強後における力学的挙動を評価し検証するものである。

## 2. 試験体の作製

RC柱作製時に打設したコンクリートの配合を表-1に示す。設定スランプ、および空気量に対する各々の実測値は7.5[cm]と4.0[%]であった。水セメント比

は0.58とし、設計基準強度 $f'_{ck}$ を24[MPa]とした。なお、28日圧縮強度の平均は26.4[MPa]であった。また、骨材は千曲川水系の川砂利、川砂を、セメントは普通ポルトランドセメントを、混和剤としてスルホン酸系のAE減水剤を使用した。

図-1に試験体、施工方法の概要を示す。試験体の断面寸法は、一辺が150[mm]の正方形断面であり、

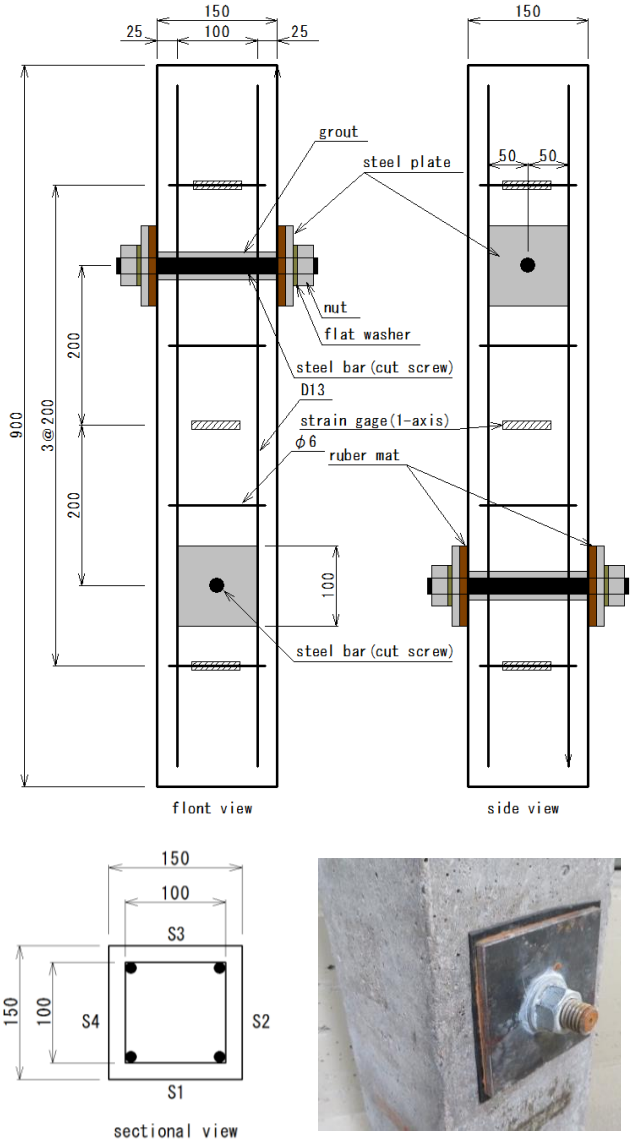


図1 試験体の概要

写真1 側方圧縮力作用部

表1 コンクリートの配合

粗骨材 最大寸法 [mm]	スランプ [cm]	水セメン ト比 W/C [%]	空気量 [%]	細骨材率 s/a [%]	単位量[kg/m <sup>3</sup> ]				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 A
20	8	58	5	50	155	267	923	927	2.67

各材料の密度は、セメント： $\rho_c=3.15[g/cm^3]$ 、水： $\rho_w=1.00[g/cm^3]$   
細骨材： $\rho_s=2.60[g/cm^3]$ 、粗骨材： $\rho_g=2.62[g/cm^3]$ を用いた。

部材軸方向の長さを 900[mm]とした．主鉄筋として直径 13[mm]の異形棒鋼（材質：SD295）4本をかぶり厚さ 25[mm]の位置に配置し（断面積： $A_s=506.8[\text{mm}^2]$ ），直径 6[mm]の丸棒鋼（材質：SR235）で作製した帯鉄筋を 200[mm]間隔で配置した（断面積： $A_w=57[\text{mm}^2]$ ）．なお，載荷試験後の部材の性状を考察するにあたり，便宜上，最も損傷が著しかった面を S1 面とし，以下図-1 に示すように，載荷試験時に試験体上部から見た面 S1 の右側面を面 S2，以下同様に反時計回りで面 S3，面 S4 とする．写真-1 に後述する部材側方圧縮力を導入した状態を示す．

ここで，作製する RC 柱の耐荷力を算出するため，次式で示される細長比  $\lambda$  を計算する<sup>3)</sup>．

$$\lambda = \frac{l_e}{r} \quad (1)$$

ただし， $l_e$ は柱の有効長さ（=弾性座屈長）であり， $r$ は回転半径  $r = \sqrt{I/A}$ ， $I$ は断面 2 次モーメント， $A$ はコンクリートの総断面積である．柱の有効長さは，柱の固定度に応じて定める．ここで，柱の端部が横方向に支持されている場合には，柱の有効長さとして構造物の軸線の長さをとるため， $l_e=900[\text{mm}]$ となる．以上より，細長比  $\lambda$  を算出すると

$$\lambda = 20.8 \quad (2)$$

のように得られる．前出の参考文献 3) 土木学会コンクリート標準示方書では，細長比が 35 以下の柱に対しては，部材軸直角方向に生じる変位の影響を無視できる短柱として設計してよいとされており，以後，試験体として作製した RC 柱は短柱として取り扱う．

ここで，軸方向圧縮力を受ける部材の，圧縮耐荷力の上限值  $N'_{oud}$  は，参考文献 3) にしたがって，次式から算出する．

$$N'_{oud} = (k_1 f'_{cd} A_c + f'_{yd} A_{st}) / \gamma_b \quad (3)$$

なお， $A_c$ はコンクリートの断面積， $A_{st}$ は部材軸方向鉄筋の全断面積， $f'_{cd}$ はコンクリートの設計圧縮強度， $f'_{yd}$ は部材軸方向鉄筋の設計圧縮降伏強度であり， $k_1$ はコンクリートの強度低減係数（設計基準強度  $f'_{ck} < 40[\text{MPa}]$  の場合には， $k_1=0.85$ ）である．

$\gamma_b$ は部材係数であり，施工精度，断面寸法のばらつき等を鑑み 1.1 を用いる．さらに，RC 柱は圧縮部材のため，設計基準強度  $f'_{ck}$  と設計圧縮強度  $f'_{cd}$  が等しいと仮定し，また，試験体の断面寸法と使用材料を鑑み， $A_c = 22500[\text{mm}^2]$ ， $A_{st} = 506.8[\text{mm}^2]$ ，

$f'_{cd} = 24[\text{MPa}]$ ， $f'_{yd} = 295[\text{MPa}]$ を式(2)に代入し，部材軸方向圧縮耐力を算出すると

$$N'_{oud} = 550.7[\text{kN}] \quad (4)$$

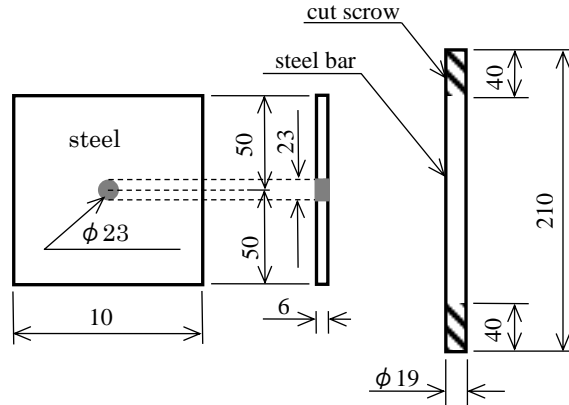


図 2 有効鋼板および鋼棒の概略図

が得られる．

### 3. 部材軸側方への圧縮力導入について

本研究では，部材軸直角方向の RC 柱側面に圧縮力を作用させるにあたり，図-2 に示す治具を用いた．すなわち，直径 23[mm]の孔を有する厚さ 6[mm]，断面寸法が 100[mm]×100[mm]の鋼板（材質：SS400）と，ボルトとして使用する両端 40[mm]をねじ切り加工した直径 19[mm]の丸鋼棒（材質：SR235，断面積： $283.5\text{mm}^2$ ），およびナットの 3 つであり，極めて簡単な構造である．

圧縮力を導入する施工過程を以下に記す．まず図-1 で示すように，RC 柱の中央部より上下 200[mm]の位置に，部材軸と直角な方向で，各々の孔が直交するよう直径 25[mm]の孔を部材側面に削孔する．この孔へ両端ねじ切りをした鋼棒を挿通後，空隙にグラウト材を注入する．なお，グラウト材として水セメント比 (W/C) が 0.30 のセメントペーストを用いた．鋼棒の両端に，直径 23[mm]の円孔を有する鋼板を設置し，RC 柱の孔部に鋼棒を挿通後，ボルト・ナットに所定のトルクを導入する．部材表面のコンクリートと鋼板との接触を均一にするため，RC 柱と鋼板の間に，中央部を開孔した厚さ 3[mm]，形状寸法は鋼板と同一である 10[mm]×10[mm]の天然ゴム製マットを設置した．また，鋼板とナットの間には平ワッシャーを配置した．

ボルト・ナットにトルクを作用させることにより，鋼棒部には引張力が，RC 柱側面には圧縮力が作用することになるが，作用トルクと鋼材に発生する応力，ひいては部材側方に作用する圧縮力の大きさ，ゴムマットや鋼棒の弾性変形等の影響，等を評価する必要がある．このため，試験体の載荷試験に先立ち，予備実験としてボルト・ナットに作用させるトルクと，トルクの導入により鋼棒に発生する引張応

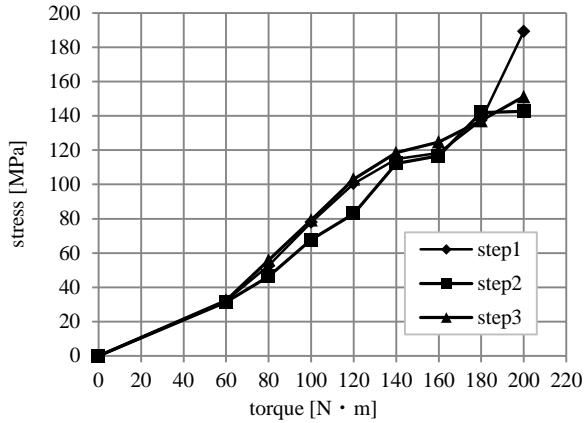


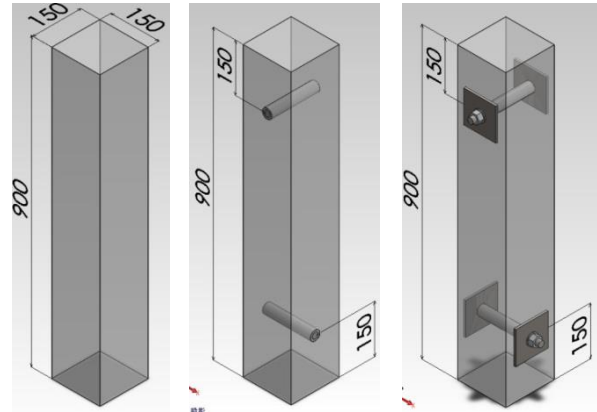
図3 作用トルク引張応力関係

力の関係を計測した。作用させるトルクは 0[N・m] から 200[N・m]まで、20[N・m]ピッチで増加させる操作を 3 回行った。

図-3 に、ナットに作用させるトルクと鋼棒に発生する引張応力の関係を示す。作用トルクが 60[N・m] 以下ではゴムマットの影響が大きく、鋼棒に発生するひずみの値が非常に小さかったため、同図では作用トルクが 60[N・m]以下を図示していない。また、作用トルクが 200[N・m]以上では、鋼棒のねじ切り部分の変形や損傷が懸念され、また、使用したトルクレンチの長さが 1[m]程度であり、人力によりトルクの導入をしているため、200[N・m]以上のトルク導入が困難と判断し、予備実験、における作用トルクの最大値を 200[N・m]とした。

予備実験の結果とコンクリートの設計基準強度  $f'_{ck}$  が 24[MPa]であること、鋼棒の材質が SR235 であり、作用トルクが 200[N・m]において鋼棒の降伏応力の 60%程度の引張応力が作用していること、および鋼棒に作用している応力がすべて試験体側方に圧縮力として作用していると仮定すると、その圧縮力の大きさは 45[kN]程度であること等を鑑み、載荷実験においてボルト・ナットに作用させるトルクを予備実験で作用させた最大トルクである 200[N・m]とした。

ここで、本施工を行った後の RC 柱に対して考察する。まず、圧縮部材である RC 柱にひび割れ一特にせん断ひび割れが発生する際には、コンクリート内部において体積変化が生じることになる。一方、圧縮部材の側方に水平方向の圧縮力が作用することで、断面拘束効果が得られ、ひび割れ発生時に生じることになると考えられる。その結果、体積変化が抑制されるとともに、水平方向のひずみ、ひいてはひび割れの発生も抑制されることになると予想される。



(1) 試験体 C1 (2) 試験体 C2 (3) 試験体 C3

図4 試験体 C1~3 の概略図

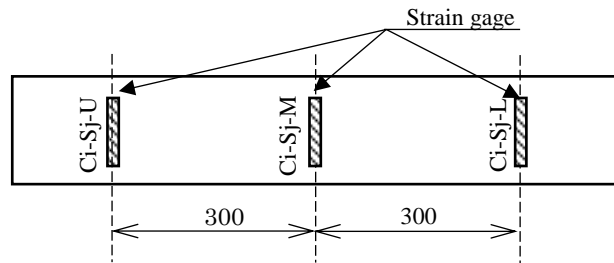


図5 ひずみゲージ設置位置とゲージ番号

#### 4. 載荷試験

図-1 に示す寸法を有する、以下に示す 3 種類の RC 柱に対して、静的載荷試験を実施した。なお、載荷試験における荷重増加量は各試験体とも 25[kN]とした。以下に図-4 に示す試験体の概要を記す。

試験体 C1 : 無垢な RC 柱 (図-4(1))

試験体 C2 : 鋼棒を埋設したのみの RC 柱  
(図-4(2))

試験体 C3 : 鋼棒を埋設後 200[N・m]のトルクを導入した RC 柱 (図-4(3))

という 3 種類の試験体に対して静的載荷試験を行い、比較検討することで側方圧縮力が作用した RC 柱の力学的挙動を評価する。

ここで、各試験体に設置したひずみゲージの位置を図-5 に示す。ひずみゲージは一軸ゲージを用い、これを試験体中央部、および中央から 300[mm]離れた、載荷試験時に上部と下部となる位置に、水平方向に設置し、各面に 3 箇所、ひとつの試験体につき 12 枚のひずみゲージにより、部材軸直角方向のひずみを計測した。同図にはひずみゲージの設置位置を示す記号を記しており、Ci (i=1~3) で試験体の種類を、Sj (j=1~4) で図-1 にて示した試験体の面を

表した。さらに、当該面に設置したひずみゲージの名前を便宜上、試験体上部から順に Ci-Sj-U, Ci-Sj-M, Ci-Sj-L とした。

写真-2 に試験体 C1 (無垢な RC 柱) の荷重試験後の性状を、図-6 に同試験体上部における荷重-水平ひずみ関係を示す。写真-2(1)に示すように面 S1 の上部に 2 本の大きいひび割れが確認でき、その最大ひび割れ幅は 1.9[mm]であり、後述する他の試験体に比べ大きなひび割れが発生した。図-6 に示す荷重-水平ひずみ関係からもわかるように、300[kN]付近で、最初に面 S1 の水平ひずみが増大しており、この荷重近傍でひび割れが発生したと考えられる。写真-2(1)でも確認できるように、ひび割れはせん断に起因したものと考えられる。また、同図でも確認できるように 450[kN]前後、すなわち、式(4)で算出された部材軸方向圧縮耐力よりも若干小さい荷重で面 S2~S4 でも水平ひずみが増大している。また、同写真(2),(4)でも確認できるように、比較的小さい荷重の段階で、面 S1 で進展したひび割れが面 S2, S4 の端部に伝達され、これらの面の端部ではかぶりコンクリートの剥離によるひび割れが発生した。さらなる荷重の増加により、これらの面の中央部にひび割れが発生したものと考えられる。一方、面 S3 では面 S1 のひび割れ進展に伴うひずみやひび割れの増加は確認できず、面 S2,S4 と同様に、かぶりコンクリートの剥離によるひび割れと、荷重の増加による同面中央部のひび割れが確認されるのみであった。

なお、静的荷重試験を実施した 3 本の試験体全てで、試験体上部に顕著なひび割れが発生し、水平ひずみの増加も著しかった。また、試験体中央部と下部には、目視による確認ではあるが、顕著なひび割れは確認できなかった。これは、試験体が設置されている耐圧試験機底部が、上昇し試験体上部は静止した状態で荷重される機構であること、および試験機上部の荷重盤が球座になっており、試験体下部に比し荷重面にわずかな傾きがある面を上面に配したことが要因と思われる。このため、後述する試験体 C2,C3 においても、荷重試験後の荷重-水平ひずみ関係は試験体上部に設置したひずみゲージにより計測した値を示している。

写真-3 に試験体 C2 (鋼棒を埋設したのみの RC 柱) の荷重試験後の性状を、図-7 に同試験体の荷重-水平ひずみ関係を示す。同図より面 S1 において卓越したひび割れが発生したことが確認できるとともに、写真-3(1)からも面 S1 において部材軸方向に、比較的幅の小さい多数のひび割れが確認でき、幅の最大



(1) 面 S1 (2) 面 S2 (3) 面 S3 (4) 面 S4

写真 2 試験体 C1 の荷重試験後の性状

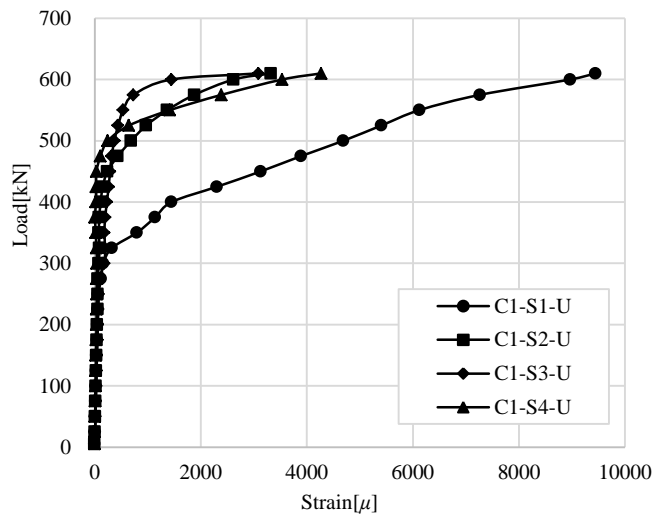


図 6 試験体 C1 上部の荷重-水平ひずみ関係

値は 0.4~0.5[mm]程度あった。同写真(3)に示す面 S3 の上部においても多数のひび割れが確認できる。一方、同写真(2),(4)に示す面 S2 と面 S4 のひび割れは、部材側面近くでひび割れが発生しているが、側面中央部では顕著なひび割れは確認できない。部材側面近くのひび割れはかぶりコンクリートの剥離に起因するひび割れと考えられる。図-7 におけるひずみゲージ C2-S2-U と C2-S4-U の値が小さいことから、中央部-特にひずみゲージ設置位置におけるひび割れは皆無、若しくは非常に軽微なものであると考えられる。これは、面 S1 から面 S3 の方向に鋼棒を埋設したため、鋼棒の埋設方向と同方向である面 S2,S4



にひずみを拘束する効果が生じた影響と考えられる。これに対し、鋼棒が埋設されておらず拘束のない面 S1, S3 は面 S2, S4 に比し脆弱な面なため、部材軸方向に比較的小さなひび割れが多数の発生していることが確認できる。また、同写真(1),(3)の鋼棒埋設位置よりも下方において部材軸方向のひび割れが1本確認できる。これは、脆弱な面 S1, S3 の上部で発生したひび割れが進展し、鋼棒近傍へと拡大したものである。埋設した鋼棒が丸鋼棒であり、鋼棒表面とグラウト材の接する面積が小さいため付着力が不十分であること、また、直径 25[mm]の孔に直径 19[mm]の鋼棒を挿入することで、グラウト材を充填する空隙が少なく、一部に施工不良が生じた可能性もある、等が影響していると思われる。

ここで、図-7 に示すひずみゲージ C2-S3-U は載荷重が 400[kN]を超えると、載荷重が単調に増加しているのに対し、一部載荷重の区間で水平ひずみが増減していることがわかる。これは、写真-3 からわかるように、面 S1 の部材軸方向のひび割れは早期の載荷重で発生し、このひび割れが進展した結果、面 S3 にひび割れが発生したと考えられる。このため、面 S1 のひび割れは面 S3 のそれに比し支配的であり、面 S1 のひび割れの進展に伴う体積変化が面 S3 におけるひび割れ性状と、荷重増加に伴うひずみの変動に影響を及ぼしたと考える。

写真-4 に試験体 C3 (鋼棒を埋設後 200[N・m]のトルクを導入した RC 柱) の載荷試験後の性状を、図-8 に同試験体の荷重-水平ひずみ関係を示す。同図より、部材軸側方の全ての面において、発生した最大水平ひずみが 1000[μ]程度であり、C1-S1-U や C2-S1-U のように 9000[μ]程度の水平ひずみは発生しなかった。また、本試験体でも載荷重が 400[kN]を越えた付近で、面 S1 のひずみが増加しており、ひび割れが発生したと考えられる。しかしながら、面 S1 のひずみが 450[kN]付近から増減している。これは後述する面 S1 に発生したひび割れがひずみゲージ付近で発生したことにより、ひずみの変動に影響を及ぼしたと考える。

ここで、写真-3(1)で示されるように、鋼棒を埋設したのみの試験体 C2 では鋼棒埋設方向と直交する面において、微細なひび割れが何本か発生している。これに対し、写真-4(1)で示される、鋼棒の埋設とともに引張力を作用させ、試験体側方のコンクリート部に圧縮力を作用させている試験体 C3 の面 S1 では、水平ひずみ計測位置においてひび割れが確認できるが、その幅が小さく(ひび割れ幅は最大でも 0.2[mm]程度)、また、試験体上部に治具として設置した鋼板



(1) 面 S1 (2) 面 S2 (3) 面 S3 (4) 面 S4

写真 6 試験体 C2 の載荷試験後の性状

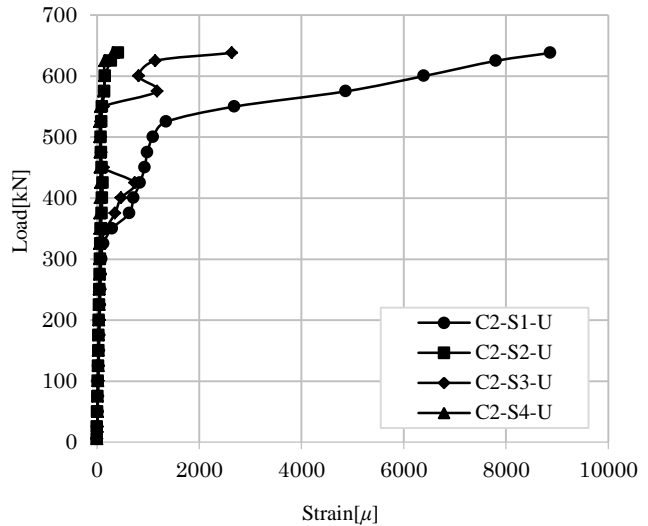


図 7 試験体 C2 上部の荷重-水平ひずみ関係

上方にも進展していることがわかる。このひび割れは、ひずみゲージ C3-S1-U において水平ひずみを計測する位置にも存在しているが、ひずみの計測値は他の面で計測された値と同程度であった。

写真-5 に鋼板を取り除いた後の C3-S1 面の鋼板周辺の状況を示す。同写真に示すように、鋼板を設置した直下の箇所にはひび割れは進展せず、鋼板の左右にひび割れが進展したことが確認できた。試験体 C2 でも確認された鋼棒埋設方向と直交する面で発生する部材軸方向のひび割れは、試験体 C3 においては、鋼棒に引張力を導入するための治具である鋼板が、RC 柱の部材軸直角方向に圧縮力を導入する



(1) 面 S1 (2) 面 S2 (3) 面 S3 (4) 面 S4

写真 4 載荷試験後の試験体 C3 の性状

と同時に側面に圧接することで拘束効果が発生したことに起因し、ひび割れの進展が抑制されたと考えられる。

なお、写真-4(2),(4)において、試験体上部側方で大きなひび割れが確認される。このひび割れは、かぶりコンクリートの剥離であり、脆性部において発生したひび割れで、試験体に甚大な影響を与えるものではないと考えられる。

以上のことから、圧縮部材の部材軸直角方向に鋼棒を埋設するとともに引張力を、部材には圧縮力を導入することにより、鋼棒埋設方向のひずみ増加、ひいてはひび割れを抑制する効果に加え、鋼棒埋設方向に直交する面におけるひずみとひび割れを低減させる効果が期待できると考えられる。なお、本文ではひずみやひび割れの抑制効果と鋼板の形状寸法、鋼棒に導入する引張力の関係性には言及はしていないが、これらの因子はひずみとひび割れを低減させ得る効果に影響を与えられ、今後の検討課題としたい。

またここで、試験体 C3 の耐荷力は 540[kN] であり、試験体 C1, C2 に比し 15% 程度小さかったが、式(4)で算出された部材軸方向圧縮耐荷力が 550[kN] 程度であったことから、有意な差ではないと考える。

図-9 は先に示した図-6,7,8 において、3 本の試験体上部における水平ひずみが卓越した面 S1 (全ての試験体で Ci-S1-U のひずみゲージ) の荷重-水平ひずみの関係を示す。再掲ではあるが、載荷重に対する

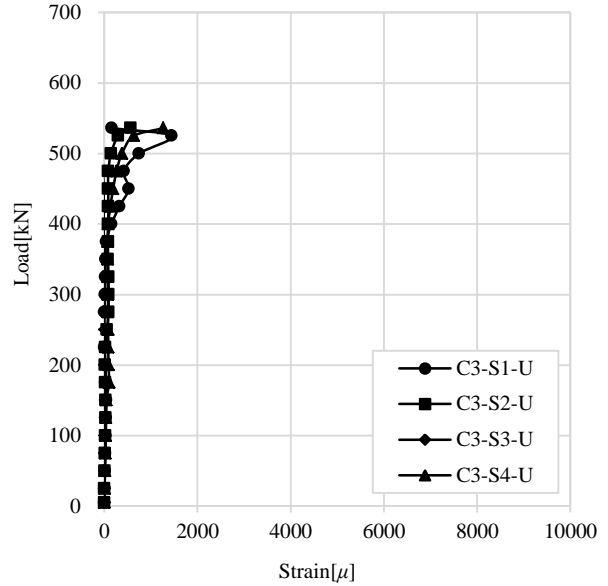


図 8 試験体 C3 上部の荷重-水平ひずみ関係



写真 5 試験体 C3 面 S1 の鋼板直下のひび割れ状況

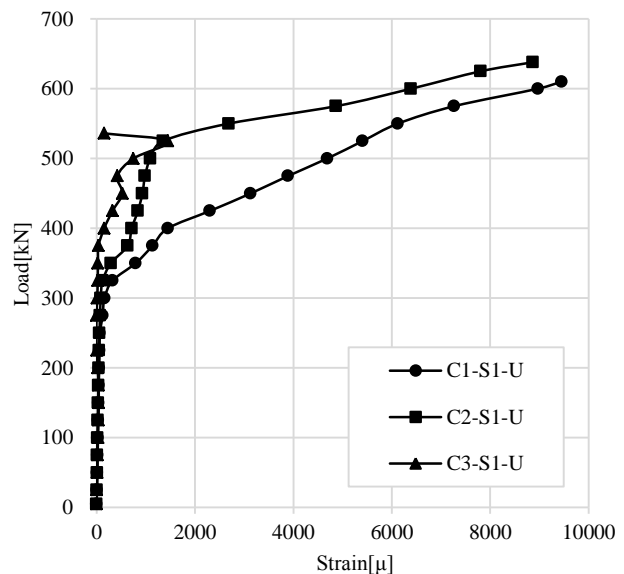


図 9 各試験体上部の荷重-水平ひずみ関係 (卓越したひび割れが発生した面)



各試験体のひずみの増加状況がよくわかる。すなわち、試験体 C1,C2 では載荷重が 300[kN]を越えたあたりでひび割れが発生したと考えられ、荷重の増加に伴いひずみの増加も顕著となっている。一方、載荷重が 300[kN]程度では試験体 C3 の面 S1 においてひび割れが発生していないと考えられ、載荷重が 400[kN]を越えたあたりから、水平ひずみの増加は見られるが、増加量は試験体 C1 や C2 に比べ小さい。試験体 C3 の顕著なひずみの発生は、圧縮耐荷力に近い 500[kN]付近からである。

一方図-10 は、卓越したひび割れが発生した面と隣り合う面 S2 における、試験体上部の荷重—水平ひずみ関係である。無垢な試験体である C1 の当該ひずみは、隣接する卓越したひび割れが発生した後、そのひび割れの影響を受けて載荷重の増加に伴いひずみも増加している。これに対し、試験体 C2,C3 は鋼棒を埋設することで生じた断面拘束効果により、ひずみの増加が小さいことがわかる。

最後に、各試験体のひび割れが発生しなかった、面 S1 における試験体中央部の荷重—水平ひずみ関係を図-11 に示す（ひずみの値が小さいため、strain[ $\mu$ ]の最大値を 1000 とした）。各試験体に生じた水平ひずみは、ひび割れが発生していないため 100[ $\mu$ ]前後のひずみが発生しただけであった。当初、試験体 C3 は計測位置の上下で部材軸側方の圧縮力が作用しているため、他の試験体に比し載荷重の増加に伴うひずみの増分も小さいと予想した。しかしながら、各試験体とも、上部からひび割れが発生したことで、試験体中央部にはひずみが伝達せず、水平方向の体積変化が生じなかったためであると考えられる。ゆえに、ひずみが発生する前は、部材軸側方の圧縮力の影響はほぼ皆無であると考えられる。なお、試験体下部の荷重—水平ひずみ関係も図-11 に示したものと同様の傾向を示した。また図-11 における C2-S1-M のひずみが 500[kN]を超えたあたりから減少しているのは、前述した写真-3(1)の鋼棒埋設位置より下方に進展したひび割れに影響され、荷重増加に伴うひずみの変動に影響を及ぼしたと考える。

## 5. 結 言

本研究では部材軸側面に圧縮力を作用させた場合における RC 柱の力学的挙動について実験的に考察した。得られた知見を以下に記す。

部材軸側方に圧縮力を作用させることにより、圧縮力を作用させた方向のひずみとひび割れの抑制のみならず、圧縮力を作用させるために用いた治具で

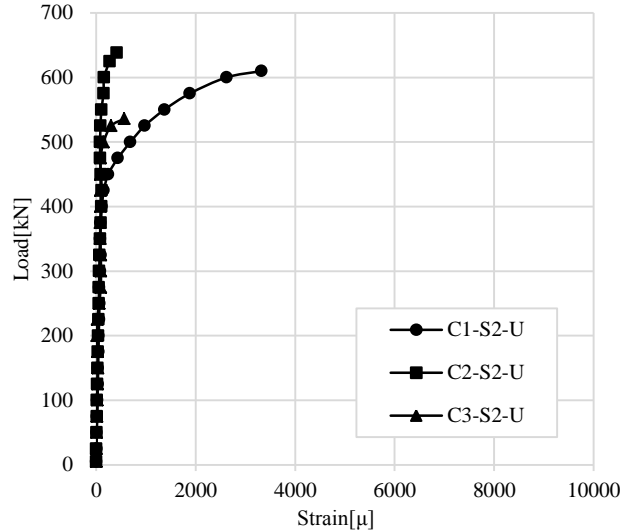


図 10 各試験体上部の荷重—水平ひずみ関係  
(卓越したひび割れが発生したため面の直角面)

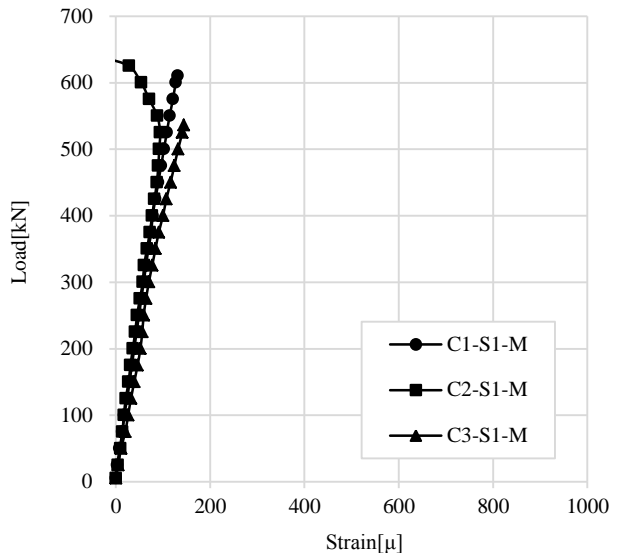


図 11 試験体中央部の荷重—水平ひずみ関係

ある鋼板を設置することにより、圧縮力と直交する面の水平ひずみやひび割れの進展抑制効果が期待できる。

本文では、側方圧縮力作用下における RC 柱の圧縮挙動に対して考察するのみであったが、今後、部材の形状寸法と側方圧縮力の大きさや作用場所の検討、美観上の配慮や治具の改良などを検討することで、RC 柱に対する安価な補強手法を提案してゆく。

## 参 考 文 献

- 1) 宮川豊章 編：コンクリート補修・補強ハンドブック，朝倉書店，2011。
- 2) 遠藤典男，丸山健太郎，中村紅実，大上俊之：軸鉛直方向に圧縮力を作用させた RC はりの補

部材軸側方に圧縮力が作用した RC 柱の挙動に関する考察

- 強効果に関する考察, 構造工学論文集, Vol.59A, pp.820-827, 2013.
- 3) 土木学会コンクリート委員会編：コンクリート標準示方書〔設計編〕, 丸善, 2013.
  - 4) 宮内靖昌, 藤原一馬, 土肥大輝, 西村泰志：部分的な鋼板貼付による既存RC柱のせん断補強, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.2, pp.1273-1278, 2014.
  - 5) 中田幸三, 前田興輝, 森下陽一, 照屋秀明：ラッシングベルトで能動拘束したせん断損傷 RC 柱に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.103-108, 2013.
  - 6) 中田幸造, 山川哲雄, 許田昇：緊張 PC 鋼棒と鋼板による低強度コンクリート RC 柱への能動的な横拘束効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, pp.145-150, 2010.
  - 7) ルクマン, 市之瀬敏勝, 武田三弘, 大塚浩司：アラミド繊維で補強したRC柱の三次元ひずみと内部ひび割れ, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.205-210, 2009.
  - 8) 大浜設志, 中村佳史, 篠原保二, 林静雄：鉄筋コンクリート中のせん断ひび割れ幅抑制によるせん断力の表館に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.157-162, 2008.
  - 9) Sudhira DE SILVA, 睦好宏史, 浅本晋吾, 前川敦：Shear Cracking Behavior of Ultra-High-Strength Pressured Reinforced Concrete Beams, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.823-828, 2008.