

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560488

研究課題名（和文）変動二軸曲げを受ける鉄筋コンクリート柱の耐震性能に関する実験ならびに解析的研究

研究課題名（英文）Experimental and Analytical Study on Seismic-resistance Performance of Reinforced Concrete Column subjected to Cyclic Biaxial-Bending

研究代表者

水野 英二（MIZUNO EIJI）

中部大学・工学部・教授

研究者番号：80144129

研究成果の概要（和文）：

本研究では、「横拘束筋間隔」および「載荷経路」に加えて、材料学的な観点より「鋼繊維コンクリート」および構造的な観点より「中間補強筋の配置形状」も水準として、一定軸力下での RC 柱の変動二軸曲げ変形特性に関するデータを得た。これらデータの比較を通して、鉄筋コンクリート（RC）柱、鋼繊維補強コンクリート（SFRC）柱および中間補強筋付き RC 柱のポストピーク領域での耐荷特性に関する多くの有益な知見を得た。

研究成果の概要（英文）：

In the present study, experimental data on cyclic-biaxial-deformation properties of reinforced concrete columns have been examined by taking account of factors such as steel fiber concrete and lateral reinforcement, in addition to the factors, i. e., interval of lateral hoop ties and loading patterns. Important information up to the post-peak range has been obtained on the load-resistance properties of several types of RC columns with and without steel fiber concrete or lateral reinforcement.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：構造工学，鉄筋コンクリート柱

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 大規模クラスの地震を対象として、「診断」→「実験」→「解析」→「補強」→「検証」からなる総合的な研究プロセスを通して、

都市部にて重要なインフラストラクチャーを構成している鉄筋コンクリート部材（RC部材）に対する「持続的かつ発展的な劣化診断ならびに耐震補強システム」の確立を目指し

て、研究を実施していた。

(2) その研究の一環として、「一軸曲げを受ける RC 柱の力学特性に関する実験的ならびに解析的研究」を通して、曲げを受ける RC 柱のコアコンクリートの応力-ひずみ関係は、「横補強筋間隔」よりも「載荷軸力」に影響を受けるが、軸圧縮力のみを受ける場合ほどではないことを確認した。さらに、繰り返し一軸曲げ載荷実験を通して、これを確認する必要があると認識した。

(3) この結果を受けて、「繰り返し一軸曲げを受ける RC 柱の変形特性に関する実験的研究」を実施した。ここでは、各種横補強筋体積比 (0.56~2.42 %) を有する RC 柱供試体の変形性能について詳細な検討を行うため、実験の要因として「横補強筋間隔」ならびに「繰り返し載荷履歴」を採用し、軸圧縮下での繰り返し一軸曲げ実験を実施した。エネルギー吸収能および破壊進展の観点から実験データを考察した結果、それら要因が軸圧縮下で繰り返し一軸曲げを受ける RC 柱の変形性能に影響を与えていることを確認した。

よって、「載荷方向」ならびにコンクリートおよび鉄筋の「材料強度」も要因に加えて、変動二軸曲げを受ける RC 柱の載荷実験の必要性を認識した。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、一方向のみならず多方向からの繰り返し力 (例えば、変動二軸曲げ) を受ける鉄筋コンクリート柱 (RC 柱) のポストピーク領域にまで及ぶ耐震性能を実験的ならびに解析的な観点から検証するとともに、以下の課題に取り組むことにある。

(1) 載荷形態 (例えば、一軸曲げ、二軸曲げ)、コンクリート強度、横補強筋比、横補強筋強度、軸方向筋比、軸方向筋強度など各種要因の違いが RC 柱の変形性能に及ぼす影響

(2) 一方向載荷状態よりも厳しい載荷状態である、地震などによる多方向からの繰り返し力に対して、RC 柱のポストピーク領域にまで及ぶ耐震性能を高めるために、内部コンクリートへの拘束効果を効率良く発揮させる合理的な補強法 (特に、横補強法)

## 3. 研究の方法

本研究では、RC 柱のポストピーク領域にまで及ぶ変形特性 (破壊形態および軸方向筋のはらみ出しなども含む)、エネルギー吸収能ならびに耐震性能を検証するために、(1) 実験装置および供試体、(2) 実験内容などを含めた「研究の方法」について説明する。

### (1) 変動二軸曲げ載荷装置および供試体

一定軸力下で変動二軸曲げを受ける RC 柱の変形性能を解明するために、中部大学または愛工大の実験施設所有の変動二軸曲げ載

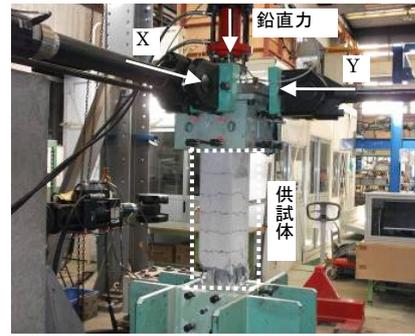


写真-1 変動二軸曲げ載荷装置 (中部大学)

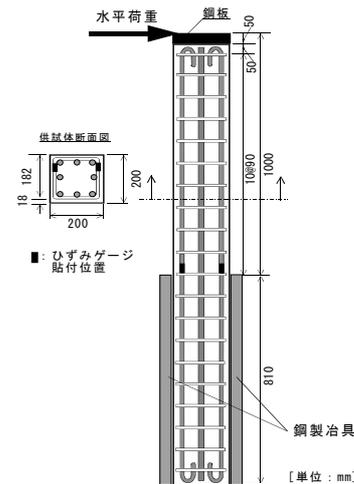


図-1 供試体の概要 (一例)

荷装置 (写真-1) を利用して実験的検証を行う。また、実験で使用する供試体の形状ならびに配筋の一例を図-1 に示す。実験には、断面寸法 200×200 mm、柱有効高さ 1000 mm、せん断スパン比 5 を有する RC 柱供試体を用いた。供試体は曲げ破壊先行型となるように、軸方向筋には D10 (SD295A) を 8 本、横拘束筋には D6 (SD295A) を使用し、間隔  $s = 65, 90, 105, 120$  mm でそれぞれ配筋した。

ここでは、「載荷経路」、「横補強筋間隔」に加えて、材料的な観点からコンクリートの「材料特性」を、構造的な観点から「中間補強筋」の採用を、それぞれ水準とした。

### (2) RC 柱の変動二軸曲げ実験

実験では、供試体 (図-1 参照) を鋼製治具に挿入し、高力ボルトにより完全固定の条件となるように、供試体を固定した。載荷は、供試体に鉛直ジャッキにより軸力を作用させると同時に、写真-1 に示す二方向載荷装置を用いて二方向 (X および Y 方向) からの水平変位を柱頂部に与えることにより、繰り返し二軸曲げ載荷実験を実施した。鉛直軸力の大きさは累加軸耐力の 5% (130 kN~138 kN の範囲) とし、以下の載荷経路に基づいて変位制御により水平荷重を作用させた。載荷経路として、1) 45° 斜め載荷経路、2) 矩形 (正方形) 載荷経路および 3) 三角形載荷経路を

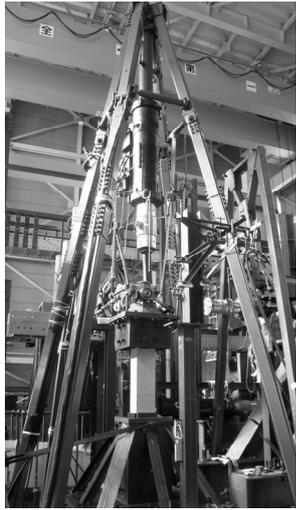


写真-2 変動二軸曲げ装置 (愛工大)

設定し、柱頂部を二方向 (X および Y 方向) からの水平変位により制御した。斜め荷重では、X-Y 方向に同時に同一変位を与えることにより、 $\langle 0 \rightarrow +4\delta_y \rightarrow -4\delta_y \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -8\delta_y \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -16\delta_y \rightarrow +16\delta_y \rangle$  の順に実験を実施した。また、矩形荷重においては、X 方向および Y 方向の変位を、それぞれ  $\langle 0 \rightarrow +4\delta_y \rightarrow -4\delta_y \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -8\delta_y \rightarrow +8\delta_y \rightarrow -16\delta_y \rightarrow +16\delta_y \rangle$  の順に変化させることにより実験を実施した。三角形荷重では、形状的には矩形荷重の半分の荷重経路を採用して、実験を実施した。ここで、図中の「 $\delta_y$ 」は初期荷重での引張側軸方向筋の初期降伏時における柱頭での水平変位  $\delta$  (本実験では、軸方向筋のひずみが  $2,000\mu$  に達した時の降伏水平変位) を意味する。

#### 4. 研究成果

ここでは、「5. 主な発表論文等」で記す文献③ (平成 22 年度)、① (平成 23 年度) および平成 24 年度の研究 (論文として投稿中) の成果について説明する。

(1) 【二方向繰返し力を受ける RC 柱の荷重履歴が変形性状に及ぼす影響に関する研究】 (平成 22 年度)

本研究では、荷重履歴と横拘束筋間隔をパラメータとし、愛工大の荷重装置 (写真-2) を用いて、二方向荷重実験を行い、平成 21 年度までに行ってきた一方向荷重実験結果

と比較することにより、荷重履歴および横拘束筋間隔の違いが、軸方向筋の座屈性状や RC 構造物の変形性能に与える影響について考察した。併せて、同一の変位点へ到達する場合であっても、その荷重経路の違いにより、座屈変形挙動などに与える影響についても考察した。なお、本研究はモデル供試体による実験であるが、これら結果を考察することにより、実寸大 RC 柱の繰返し変形性状を解明する基礎データを得ることが出来た。

一例として、斜め方向荷重、三角形荷重および矩形荷重の最終破壊状況での写真を写真-3~写真-5 に示す。写真中の数字は軸方向筋の位置を表している。横補強筋間隔  $s = 65\text{ mm}$  の斜め方向荷重 (写真-3)、 $s = 65\text{ mm}$  の三角形荷重 (写真-4) ではコアコンクリートの剥落した高さは基部から  $130\text{ mm}$  程度、 $s = 105\text{ mm}$  (写真-5) ではかぶりコンクリートの剥落は基部から  $200\text{ mm}$  程度で起こった。

$s = 65\text{ mm}$  の斜め方向荷重、三角形荷重は③と⑦の軸方向筋を中心とした隅角部の損傷が激しく、軸方向筋の座屈の向きは荷重方向に沿うように、外側に向かい座屈が起こった。斜め方向荷重ではコアコンクリートの損傷、横拘束筋の変形が大きく見られた。

横補強筋間隔  $s = 105\text{ mm}$  の矩形荷重では全面に対して荷重をするため全面的にかぶりコンクリートに損傷が入り、軸方向筋の座屈は面に対して垂直な向きで座屈が生じた。

平成 22 年度の研究成果を、以下のようにまとめることが出来る。

- ① 斜め方向荷重では、主に隅角部の軸方向筋およびコンクリートで荷重を受け持つために損傷が集中する。また、抵抗する軸方向筋およびコンクリートが少ないため、早期に座屈が生ずるとともに、損傷の進展が速い。
- ② コンクリートの破壊領域は荷重方向に集中し、荷重履歴や横拘束筋間隔  $s$  の大きさによる影響は少ないことが確認できた。
- ③ 軸方向筋の座屈範囲は、荷重方向によらずほぼ同じ長さであったが、個々の軸方向筋のはらみ出し量やはらみ出す方向には違いがみられた。
- ④ 荷重経路の違いにより、見かけ上、履歴曲線は異なる挙動を示している。しかし、X

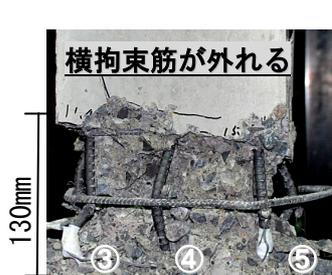


写真-3 破壊状況  
( $s=65\text{ mm}$  斜め方向荷重)

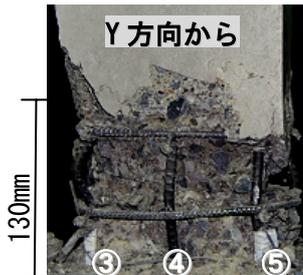


写真-4 破壊状況  
( $s=65\text{ mm}$  三角形荷重)

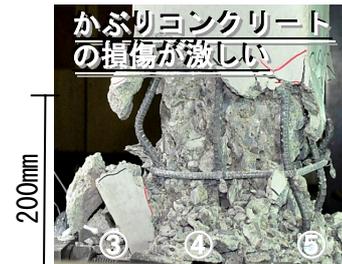


写真-5 破壊状況  
( $s=105\text{ mm}$  矩形荷重)

方向、Y方向それぞれの方向の挙動を個別に取り出して比較すると、例えば、斜め方向載荷の荷重-変位曲線と三角形載荷における、損傷を受けた後の荷重-変位曲線は同じような挙動を示していることが分かった。

- ⑤ 載荷経路により RC 柱の 8 本の軸方向筋が荷重をどのように分担するかが決まり、同様の変位位置に到達している場合であっても、RC 柱の吸収エネルギー量・変形特性が異なり、経路の違いによる影響がみられた。
- ⑥ 破壊形態の違いおよび座屈性状の違いより、今回実施した載荷経路では、斜め方向載荷で実施した場合が耐力低下の点で最も損傷を与える載荷経路であると考えられる。
- ⑦ コアコンクリートの損傷は横拘束筋間隔および載荷履歴の影響を大きく受けることが分かった。

以上より、柱断面形状によっては、載荷方向が柱基部の破壊性状に大きく影響することが確認できたため、それら結果を基に、二方向載荷下でのシビアな載荷経路などを特定することが出来た。

(2) 【載荷履歴の異なる二方向曲げ力を受ける鋼繊維補強コンクリート柱の変形性状に関する研究】（平成 23 年度）

本研究では、既往の研究で扱った「横拘束筋間隔」、「コンクリート材料特性」および、「載荷経路」も要因とすることにより、一定軸力下での二軸繰り返し曲げ載荷実験を実施した。ここでは、「コンクリート材料特性」として、普通コンクリート (RC) に加え鋼繊維補強コンクリート (SFC) を、「載荷経路」としては、斜め載荷および矩形載荷を採用した。これらの条件下で、二軸載荷下でのコンクリートの繰り返し劣化性状および軸方向筋の座屈性状が RC 柱および SFRC 柱のポストピーク領域での耐荷特性に与える影響について検証した。また、RC 柱と SFRC 柱の実験結果を比較することにより、スチールファイバーの有無、載荷経路の違いが、軸方向筋の座屈性状やコンクリートの破壊領域（例えば、写真-6 および写真-7）に与える影響を考察した。さらに、載荷経路とエネルギー吸収量の関係についても考察を行った。以下の知見が得られた。

- ① 斜め載荷および矩形載荷下での変形特性として、SFRC 柱は、RC 柱よりも大きな耐力を大変位領域まで維持することが出来る。
- ② RC 柱では、繰り返しによりコアコンクリートの劣化とともに軸方向筋の座屈が多くの箇所で見られる。一方、SFRC 柱では、コンクリートの劣化が遅いため座屈の

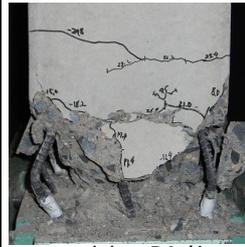


(a) RC 柱  
s=120 mm

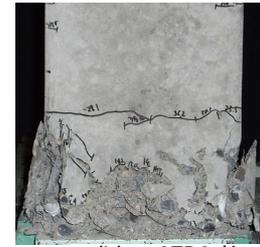


(b) SFRC 柱  
s=120 mm

写真-6 最終破壊状況（斜め載荷）



(a) RC 柱  
s=120 mm



(b) SFRC 柱  
s=120 mm

写真-7 最終破壊状況（矩形載荷）

発生が抑制される反面、多くの軸方向筋の破断が生じた。s = 120 mm の SFRC 供試体の方が軸方向筋の破断が少ないため、大変位領域にて大きな耐荷特性を示した。

- ③ 除荷および再載荷曲線の開始点を基準として整理した「耐力-変位曲線」を考察した結果、斜め載荷下での SFRC 柱の耐荷特性は、一方向繰り返し載荷の耐荷特性と同様の傾向を呈することが分かった。
- ④ 矩形載荷下での SFRC 柱の耐荷特性は、斜め載荷および一方向繰り返し載荷の耐荷特性と比べて低い傾向を呈することが分かった。
- ⑤ SFRC 柱では、軸方向筋の座屈または破断による耐力の低下は、横拘束筋間隔による影響はないことを確認した。
- ⑥ SFRC 柱では、柱基部の破壊領域は小さく、SFRC 柱の方が RC 柱よりも曲率が大きい座屈性状を呈した。

(3) 【材料および構造特性の違いが RC 柱の二方向繰り返し耐荷特性に与える影響】（平成 24 年度）

既往の研究で扱った「横拘束筋間隔」および「載荷経路」の条件下において、後施工が可能な補強筋を配置する手法を想定し「中間補強筋の配置形状」を水準とすることにより、一定軸力下での二軸繰り返し曲げ載荷実験を実施した。「中間補強筋の配置形状」として、2種類の配置形状（十字型およびX字型）を採用し、「載荷経路」としては、これまでと同様な斜め載荷および矩形載荷を採用した。ここでは、これまで報告者が実施した RC 柱および SFRC 柱の二軸曲げ載荷実験結果と本実験結果とを比較することにより、二軸

載荷下でのコンクリートの繰り返し劣化性状および軸方向筋の座屈性状が中間補強筋付き RC 柱のポストピーク領域での耐荷特性に与える影響について、とくに載荷経路と中間補強筋の配筋形状の違いを中心に検証した。得られた知見をまとめると、以下のように要約される。

- ① 斜め載荷および矩形載荷ともに、 $\pm 8 \delta_y$  の繰り返し載荷区間において、SFC および中間補強筋がかぶりコンクリートの剥落を防止することにより、軸方向筋座屈の遅延化をある程度まで図ることが可能である。一方、 $\pm 16 \delta_y$  の載荷区間では、4 種類の RC 柱において、耐力勾配および耐力に差異が生じた。
- ② 横拘束筋間隔、SFC の有無および載荷経路の違いにより、過度に軸方向筋を拘束するために軸方向筋の破断が確認された。ただし、中間補強筋付き RC 柱の場合は、SFRC 柱よりも軸方向筋が破断する箇所は少なく、さらに遅い段階で生じた。
- ③ 斜め載荷下では、横拘束筋間隔 120 mm ~ 130 mm を有する RC 柱の補強策として、材料的には SFC の採用、構造的には X 字型中間補強筋の設置が考えられる。これは、横拘束筋間隔 65 mm を有する RC 柱と同等以上の耐力特性を発揮すると考える。
- ④ 横拘束筋間隔 120 mm ~ 130 mm を有する RC 柱の補強策として、 $\pm 8 \delta_y$  区間内の耐荷特性を高めるためには、SFC および X 字型補強筋の採用が有効であることが分かった。それ以降、最終載荷区間  $< +16 \delta_y \rightarrow 0 \delta_y >$  までは、十字型 RC 柱または SFRC 柱が横拘束筋間隔 65 mm の RC 柱と同程度の残存耐力を発揮することができる。
- ⑤ 斜め載荷下での柱基部の塑性ヒンジ化は矩形載荷の場合と比べて、少ない累積吸収エネルギーにて生ずる、すなわち、斜め載荷の方が少ないエネルギーで RC 柱の破壊状態に至るということが分かった。
- ⑥ 軸方向筋のひずみの変動は、軸方向筋の有無により傾向が違ったものとなる。中間補強筋がある場合には、軸方向筋のひずみの変動が抑えられる傾向にある。
- ⑦ 軸方向筋の座屈状況としては、斜め載荷下では、中間補強筋を配筋した RC 柱および SFRC 柱ともに載荷方向の隅角部の軸方向筋のみに座屈が発生した。RC 柱では、最終的に隅角部以外の多くの軸方向筋にも座屈の発生が確認された。一方、矩形載荷下では、SFRC 柱を除く 3 種類の RC 柱では、殆どの軸方向筋で座屈の発生が確認された。
- ⑧ 横拘束筋間隔、SFC の有無および載荷経路に応じて、軸方向筋の破断が生じないように、耐荷性能の良い RC 柱を設計することが肝要である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

- ① 鈴木森晶, 水野英二, 載荷履歴の異なる二方向曲げ力を受ける鋼繊維補強コンクリート柱の変形性状に関する研究, 土木学会論文集 A2(応用力学), 査読有, 2012, Vol. 68, No. 2 (応用力学論文集 Vol. 15), I\_393-I\_402.
- ② 鈴木森晶, 水野英二, 二方向曲げを受ける鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱の繰り返し耐荷特性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, 査読有, 2012, Vol. 34, No. 2, pp.175-180.
- ③ 鈴木森晶, 水野英二, 二方向繰返し力を受ける RC 柱の載荷履歴が変形性状に及ぼす影響に関する研究, 土木学会論文集 A2 (応用力学), 査読有, 2011, Vol. 67, No. 2, I\_313-I\_320.
- ④ 亀田好洋, 鈴木森晶, 水野英二, 地震動により曲げ圧縮を受ける RC 橋脚の内部性状に関する解析的検討, 性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 査読有, 2011, Vol. 14, pp. 371-378.
- ⑤ 亀田好洋, 鈴木森晶, 水野英二, ポストピーク領域における鉄筋コンクリート柱の繰り返し耐荷特性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, 査読有, 2011, Vol. 33, No. 2, pp.199-204.
- ⑥ 鈴木森晶, 水野英二, 繰返し曲げを受ける RC 柱の鉄筋座屈特性に関する実験的ならびに解析的研究, 応用力学論文集, 査読有, 2010, Vol. 13, pp. 331-342.
- ⑦ 鈴木森晶, 水野英二, 繰返し力を受ける RC 柱の破壊領域での主鉄筋座屈性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集, 査読有, 2010, Vol. 32, No. 2, pp. 151-156.
- ⑧ 水野英二, 鈴木森晶, 亀田好洋, 繰返し曲げを受ける鉄筋コンクリート柱の破壊領域における変形特性に関する実験的研究, 中部大学総合工学研究所紀要, 査読有, 2010, Vol. 22.

〔学会発表〕(計 17 件)

- ① 林由晴, 水野憲司, 鈴木森晶, 水野英二, 中間補強筋を有する RC 柱の二方向繰返し下における耐力特性に関する実験的研究, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会, 2013. 3. 8, 愛知工業大学.
- ② 黒田亮, 水野憲司, 鈴木森晶, 水野英二, 中間補強筋を有する RC 柱の載荷経路の違いによる破壊進展特性に関する実験的研究, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会, 2013. 3. 8, 愛知工業大学.
- ③ 水野憲司, 鈴木森晶, 水野英二, 斜め載荷下で繰返し曲げを受ける RC 柱の中

- 間補強筋による座屈抑制効果について、平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会、2013. 3. 8、愛知工業大学。
- ④ 水野憲司，鈴木森晶，水野英二，斜め載荷を受ける鋼繊維補強コンクリート柱のポストピーク耐荷特性に関する実験的研究，土木学会第 67 回年次学術講演会，2012. 9. 7，名古屋大学。
- ⑤ 永谷勇樹，水野憲司，鈴木森晶，水野英二，二方向繰り返し曲げを受ける SFRC 柱の変形特性に関する実験的研究，土木学会中部支部研究発表会，2012. 3. 8，信州大学。
- ⑥ 水野憲司，永谷勇樹，鈴木森晶，水野英二，異なる載荷装置による RC 柱の二方向繰り返し曲げ変形挙動の比較・検討，土木学会中部支部研究発表会，2012. 3. 8，信州大学。
- ⑦ 杉山彰浩，北瀬昭平，亀田好洋，鈴木森晶，水野英二，異なる横拘束形態を有する RC 柱の繰り返し変形特性に関する実験的研究，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011. 9. 9，愛媛大学。
- ⑧ 北瀬昭平，杉山彰浩，鈴木森晶，水野英二，面外方向に初期損傷を有する RC 柱の繰り返し変形特性に関する実験的研究，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011. 9. 9，愛媛大学。
- ⑨ 水野憲司，磯部友哉，斎藤圭史，鈴木森晶，水野英二，二方向繰り返し曲げを受ける RC 柱の吸収エネルギー量に関する実験的研究，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011. 9. 9，愛媛大学。
- ⑩ 磯部友哉，水野憲司，斎藤圭史，鈴木森晶，水野英二，二方向繰り返し曲げを受ける RC 柱の経路依存性に関する実験的研究，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011. 9. 9，愛媛大学。
- ⑪ 亀田好洋，鈴木森晶，水野英二，RC 橋脚の地震時保有水平耐力照査に用いる材料の応力-ひずみ関係に関する解析的研究，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011. 9. 9，愛媛大学。
- ⑫ 鈴木森晶，亀田好洋，水野英二，軸方向筋の座屈を考慮した RC 柱の耐荷特性に関する実験的研究，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011. 9. 9，愛媛大学。
- ⑬ 杉山彰浩，北瀬昭平，亀田好洋，鈴木森晶，水野英二，横拘束条件が異なる RC 柱の繰り返し載荷下での変形特性に関する実験的研究，土木学会中部支部研究発表会，2011. 3. 4，中部大学。
- ⑭ 北瀬昭平，杉山彰浩，鈴木森晶，水野英二，初期損傷を有する RC 柱の繰り返し変形特性に関する実験的研究，土木学会中部支部研究発表会，2011. 3. 4，中部大学。
- ⑮ 水野憲司，磯部友哉，鈴木森晶，水野英二，二方向繰り返し力を受ける RC 柱の変形特性に関する実験的研究，土木学会中部支部研究発表会，2011. 3. 4，中部大学。
- ⑯ 亀田好洋，水野英二，RC 橋脚の地震時水平保有耐力照査法に用いる応力-ひずみ関係に関する一考察，土木学会中部支部研究発表会，2011. 3. 4，中部大学。
- ⑰ 鈴木森晶，亀田好洋，水野英二，繰り返し曲げを受ける RC 柱の座屈挙動を考慮した変形特性に関する一考察，土木学会中部支部研究発表会，2011. 3. 4，中部大学。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

水野 英二 (MIZUNO EIJI)  
中部大学・工学部・教授  
研究者番号：80144129

### (2) 研究分担者

平澤 征夫 (HIRASAWA IKUO)  
中部大学・工学部・教授  
研究者番号：50065281  
鈴木 森晶 (SUZUKI MORIAKI)  
愛知工業大学・工学部・教授  
研究者番号：90273276  
伊藤 睦 (ITOH ASTUSHI)  
中部大学・工学部・准教授  
研究者番号：00345927