

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04338

研究課題名（和文）曲げ降伏後に軸崩壊する鉄筋コンクリート柱梁接合部の力学モデル構築と耐震性能評価

研究課題名（英文）Seismic Performance Evaluation Based on Mechanical Model for Reinforced Concrete Beam-Column Joint Suffering Axial Collapse after Joint-hinging Failure

研究代表者

北山 和宏 (Kitayama, Kazuhiro)

東京都立大学・都市環境科学研究科・教授

研究者番号：70204922

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：地震動を受けた鉄筋コンクリート骨組の柱梁接合部が降伏破壊した後に柱の圧縮軸力を保持できなくなり、建物の崩壊に至る危険な破壊形式がある。そこで建物外周部にあって梁が三本貫入する柱、および互いに直交する二本の梁が貫入する隅柱の各柱梁接合部が降伏破壊後に軸崩壊に至る力学機構を、柱梁部分骨組に二方向水平力および変動する柱軸力を載荷する実験によって検討した。また軸崩壊直前の柱梁接合部の力学モデルを構築した。

建物外周部の柱梁接合部が二方向水平力によって降伏破壊後に軸崩壊すること、柱主筋の座屈が軸崩壊を引き起こすこと、接合部横補強筋を密に配筋することで軸崩壊を抑止できること、などを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地震動を受けた鉄筋コンクリート（RC）建物の柱と梁との交差部（柱梁接合部）が降伏破壊した後に三方向地震動によって軸崩壊に至る力学挙動を実験によって詳細に把握するとともに、その力学モデルの原案を提示した。

この成果は降伏破壊したRC柱梁接合部の軸崩壊を防止するための新しい耐震設計法の提案に活用できる。これは新規に設計する鉄筋コンクリート建物の耐震性能の向上および建物の長寿命化に貢献するため、社会的な意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：It is fatal collapse behavior in reinforced concrete (R/C) buildings consisting of beam-column frames that the beam-column joint region which failed in joint-hinging is not able to sustain the column axial load during earthquakes. Such a collapse mechanism for R/C perimeter column-beam joints and corner column-beam joints was investigated through tests using beam-column subassemblages subjected to bi-directional lateral loads and varying column axial load. A kinematic model for axial collapse in a beam-column joint after joint-hinging failure was proposed. Primary findings drawn from the study are as follow. Axial collapse at a perimeter column-beam joint occurred after joint-hinging failure as well as a corner column-beam joint. Local buckling of column longitudinal bars in a joint region caused axial collapse of the joint. Closely-spaced joint lateral hoops contributed to prevention of axial collapse of the joint.

研究分野：建築構造学

キーワード：建築構造・材料 鉄筋コンクリート構造 柱梁接合部 接合部降伏破壊 軸崩壊 力学モデル 耐震性能

1. 研究開始当初の背景

建物の柱および梁の交差部（以下、柱梁接合部）は柱の一部であるため、地震時に複雑に変動する鉛直軸力が作用する。地震動を受ける鉄筋コンクリート（RC）建物の崩壊は柱のせん断破壊によって生じることが多いが、柱梁接合部が柱軸力を保持できなくなって（これを柱梁接合部の軸崩壊と呼ぶ）建物の崩壊を招いた例が海外には多々存在する（例えば Mochle 2003、Park・Mosalam 2013）。日本では許容応力度設計の余沢として柱断面が大きくなることが多く、柱梁接合部の軸崩壊は見られなかった。しかし 2016 年の熊本地震では 5 階建て RC 庁舎が外構面の柱梁接合部の軸崩壊によって部分的に崩壊した（向井 2016/2021）。

柱梁接合部には軸力とともにせん断力および曲げモーメントも作用し、せん断設計は既に行われている。一方、曲げモーメントに対する設計は、RC 柱梁接合部の曲げ降伏破壊（塩原 2008）が 21 世紀に発見されたこともあって未だ為されていない。柱梁接合部の曲げ降伏破壊は節点での柱梁曲げ耐力比が 1 に近いと生じる（楠原・塩原 2010 他）ため、日本の耐震設計法で設計された中低層 RC 建物の柱梁接合部は曲げ降伏破壊し易く、上述の RC 庁舎も柱梁接合部が曲げ降伏破壊した後に軸崩壊を生じた（斎藤・塩原ら 2018）。日本では柱のせん断破壊防止の対策が進んで骨組内の弱点が柱梁接合部に移行し、RC 建物の崩壊は曲げ降伏破壊した柱梁接合部の軸崩壊によって発生することが今後は多いと予想する。そこで柱梁接合部の曲げ降伏後の軸崩壊を防止し、建物の要求性能を確保する手法を提示することは喫緊の課題である。

では、曲げ降伏した RC 柱梁接合部はどのような状況で軸崩壊に至るのか。この問いに答えるためには曲げ降伏後に軸崩壊する RC 柱梁接合部の耐震性能評価を要するが、その研究は始まったばかりである。先行研究として、ト形の平面柱梁部分骨組に水平力と変動軸力とを載荷する実験研究（村上・晋・前田ら 2017、2018、西田・前田ら 2019）がある。しかし実建物は三方向地震動を受けるので、申請者は 2018~2020 年度の科研費基盤研究 C の補助を得て立体隅柱梁部分骨組に二方向水平力と変動する柱軸力とを載荷する実験研究を実施し、中間報告を発表した（藤間・北山・晋ら 2020）。申請者はこの研究で、曲げ降伏した RC 柱梁接合部の軸崩壊機構を右図の二種に分類した。すなわち、a) 隅柱梁接合部の梁の取り付けにくい隅部でかぶりコンクリートが剥落し柱梁接合部内でのコアコンクリートの圧壊および柱主筋の座屈によって軸崩壊に至る機構 I、および、b) 地震時水平力により引張り軸力を受ける外柱梁接合部に生じた斜めひび割れ（図 b) の破線で囲った部分）が逆方向に反転した水平載荷時に閉じずに、圧縮軸力を受ける上柱がそのひび割れ面に沿って下降して軸崩壊を生じる機構 II、である。

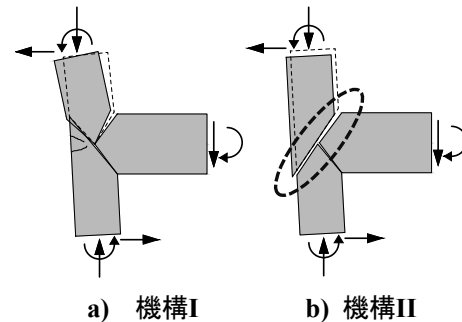


図 1 曲げ降伏後に軸崩壊する RC 柱梁接合部の崩壊機構（検討途上）

申請者による立体隅柱梁部分骨組の三方向加力実験では機構 I のみが観察されたが、前田らの平面ト形柱梁部分骨組実験では両方の機構が見られた。両者の実験結果を比較すると、柱梁接合部が曲げ降伏後に軸崩壊したときの柱の層間変形角（骨組の変形性能）および圧縮軸力比（柱梁接合部の軸支持性能）は大きく相違した。これらの差異の原因は不明なため（「軸崩壊の謎」と呼ぶ）、曲げ降伏した RC 柱梁接合部の軸崩壊機構をさらに追究し、その耐震性能を精度よく評価する研究は RC 建物の地震時安全性の向上の観点から重要かつ不可欠である。そこで本研究では、柱梁接合部の曲げ降伏後の軸崩壊を防止して建物に要求される耐震性能を確保することを最終目標に据えて、上述の下線部を学術的な問いに設定する。

申請者による立体隅柱梁部分骨組の三方向加力実験では機構 I のみが観察されたが、前田らの平面ト形柱梁部分骨組実験では両方の機構が見られた。両者の実験結果を比較すると、柱梁接合部が曲げ降伏後に軸崩壊したときの柱の層間変形角（骨組の変形性能）および圧縮軸力比（柱梁接合部の軸支持性能）は大きく相違した。これらの差異の原因は不明なため（「軸崩壊の謎」と呼ぶ）、曲げ降伏した RC 柱梁接合部の軸崩壊機構をさらに追究し、その耐震性能を精度よく評価する研究は RC 建物の地震時安全性の向上の観点から重要かつ不可欠である。そこで本研究では、柱梁接合部の曲げ降伏後の軸崩壊を防止して建物に要求される耐震性能を確保することを最終目標に据えて、上述の下線部を学術的な問いに設定する。

2. 研究の目的

上記（下線部）の学術的な問いに回答するために、次の三つの課題を設定する。

課題1: 二方向水平力と変動する柱軸力とを載荷する立体柱梁部分骨組を対象とした静的実験および三次元非線形有限要素（FEM）解析を新たに実施し、既往の実験研究も参照しつつ曲げ降伏した RC 柱梁接合部の軸崩壊機構をさらに深化探究する。

課題2: 課題 1 の成果に基づき曲げ降伏後に軸崩壊する柱梁接合部の力学モデルを構築し、実験および FEM による多変数解析の各結果と比較検証することでその精緻化を図る。

課題3: 課題 2 の力学モデルを用い、実験では検証できなかった種々の条件下で曲げ降伏後に軸崩壊する柱梁接合部の耐震性能（具体には軸崩壊するときの柱軸力比や骨組の限界変形角など）を定量的に評価する。これより「軸崩壊の謎」を解明する。

このように課題 3 の遂行が本研究の目的である。その結果を敷衍して、柱梁接合部が軸崩壊するときの骨組の限界変形を簡易に評価する手法を作成し、軸崩壊を防止して建物に要求される変形性能を確保するための方策（柱主筋量、接合部横補強筋量、コンクリート圧縮強度などの規定値および柱中段筋や接合部横補強筋の配筋詳細）を提示することを目指す。

本研究の独自性は、申請者以外に実施例のない三方向加力実験および三次元 FEM 解析に基づいて柱梁接合部の曲げ降伏後の軸崩壊機構を深く探究し、その結果として創出される精緻な力学モデルを利用することで柱梁接合部の耐震性能を評価する点にある。これによって曲げ降伏した RC 柱梁接合部が軸崩壊するときの柱軸力比や骨組の限界変形角を定量的に明示できれば、建物の耐震性能向上に直接に寄与し得る。すなわち、前述のように日本の中低層 RC 建物の柱梁接合部において今後増加すると予想される曲げ降伏後の軸崩壊を防止するという視点のもとで、社会の安全確保の更なる増進に貢献する本研究の枠組みに創造性がある。

3. 研究の方法

申請者が過去に実施した隅柱梁部分架構試験体（互いに直交する二本の梁が柱梁接合部に貫入）に三方向加力する実験の結果を詳細に分析することによって、降伏破壊後に軸崩壊する柱梁接合部の力学モデルの構築を試みる。なお平面 T 形柱梁部分架構を対象として非線形 FEM 解析に着手したが所定の成果を得るには至らなかったため、ここでは報告を割愛する。

申請者によるこれまでの研究は、互いに直交する二本の梁が隅柱に貫入する隅柱梁接合部を対象にした。しかし上述のように熊本地震（2016 年）では 5 階建て RC 庁舎において外周柱梁接合部の軸崩壊が発生した。そこでこの建物を対象として二方向水平力および各層の梁せん断力の総和として生じる柱の変動軸力を考慮して外周柱梁部分架構の崩壊形を検討した。その結果、当該柱梁接合部の降伏破壊は構面主軸の一方方向水平加力時ではなく二方向水平力が同時に作用するとき発生したことが明らかになった（井上・晋・北山ら 2022）。

この崩壊事例のように三本の梁が貫入する外周柱梁接合部の降伏破壊後の軸崩壊を三方向加力実験によって検討した研究はこれまでにない。そこで外周柱梁部分架構試験体に三方向加力して接合部降伏破壊から軸崩壊に至る実験を行なった。接合部横補強筋の配筋がその挙動に与える影響を調べるために、互いに直交する二本の梁が貫入する隅柱梁部分架構試験体に三方向加力する実験もあわせて実施し、既往の隅柱梁部分架構実験との比較・検討を行なった。

この実験では、上記の軸崩壊した実建物の外周柱梁接合部で予測された破壊機構と同一になるように外周柱梁部分架構試験体の配筋を調整した。すなわち一方方向水平加力時には梁曲げ降伏が先行するが、二方向水平加力時には接合部降伏破壊が生じるように計画した。なお既往の隅柱梁部分架構実験との比較を容易にするため、柱断面（310mm 角の正方形）、梁断面（幅 250mm, せい 400mm）、梁スパンおよび柱の階高は共通とした。実験変数は接合部横補強筋の配筋（2-D6 三組および 2-D4 六組）、柱主筋の配筋（8-D16 および 8-D13）および柱に貫入する梁の本数（三本 [外周柱梁部分架構] および互いに直交する二本 [隅柱梁部分架構]）である。これに基づいて外周柱梁部分架構試験体を三体、接合部横補強筋を密に配筋（2-D4 六組）した隅柱梁部分架構試験体を一体、それぞれ作製して三方向加力実験を行なった。実験は本学の大型構造物実験棟で実施した。実験の状況を写真 1 に示す。

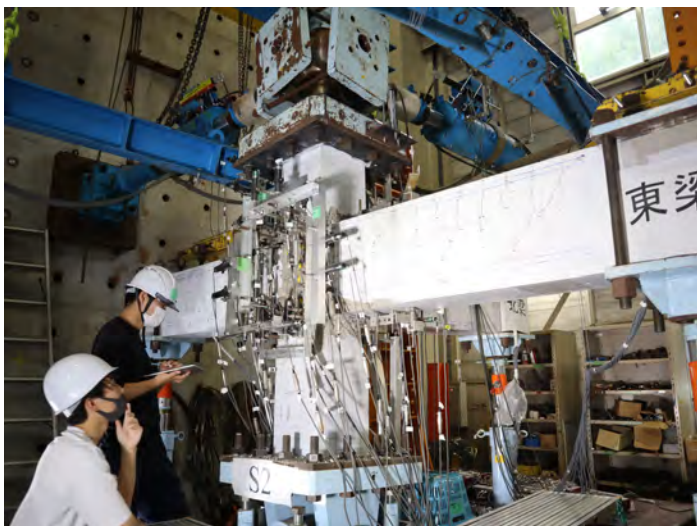


写真 1 鉄筋コンクリート外周柱梁部分架構の実験

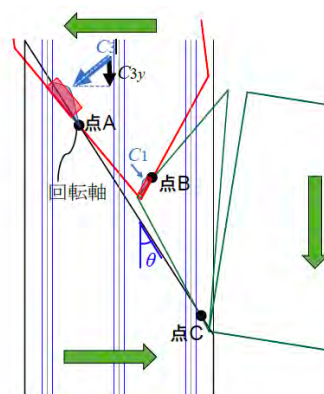


図 2 軸崩壊直前の変形機構

4. 研究成果

(1) 降伏破壊後に軸崩壊する柱梁接合部の力学モデルの構築

互いに直交する二本の梁が柱に貫入する隅柱梁接合部では、梁の取り付け側に配筋された柱主筋が柱梁接合部内で座屈することによって柱梁接合部の軸崩壊が惹起される。そこでこれまでに実施した隅柱梁部分架構の三方向加力実験の結果を用いて、柱主筋の座屈発生時期を柱主筋ひずみの測定値から判断し、その座屈長さを特定した。また座屈発生時における柱主筋の圧縮ひずみを加藤大介（新潟大学）の柱部材に対する提案手法（1992）を準用して評価し、実験による測定値を適切に評価できる場合があることを示した。

降伏破壊を生じた隅柱梁接合部に圧縮軸力が加わると柱梁接合部の損傷進展にともなって下柱に対する上柱の相対回転角が増大し、接合部出隅部のコンクリートが圧壊したのちに「く」の字状に折れ曲がる軸崩壊に至ることが、これまでの検討によって分かっている。そこで軸崩壊直前の柱梁接合部の変形機構を提案し（図2）、実験結果と比較した。具体には、楠原・塩原による接合部降伏破壊時の変形機構を参照して、力の釣り合い条件および柱梁接合部の隅部コンクリートが圧壊するときの変形の適合条件を考慮したマクロ・モデルを作成した。この際に上述の柱主筋の座屈長さおよび座屈時圧縮ひずみを使用した。このモデルによる変形機構から算出した下柱に対する上柱の相対回転角（1.8%から4.6%）は実験によって測定したその急増地点とほぼ対応した。また軸崩壊直前に生じる接合部コンクリートの圧壊時期をおおむね推定できた。ただし、二方向水平力を考慮した変形機構への展開は今後の検討課題である。

(2) 鉄筋コンクリート柱梁部分架構の三方向加力実験

外周柱梁部分架構および隅柱梁部分架構ごとに得られた研究成果を以下に示す。

① 外周柱梁部分架構の実験

全試験体で最大耐力に到達した層間変形角 1.5%までに柱主筋、梁主筋および接合部横補強筋の引張降伏が発生した。層間変形角 1.5%では層せん断力が梁曲げ降伏耐力計算値に到達あるいは接近したことから、このときに梁曲げ降伏が生じたと考える。一方向載荷時の最大耐力発揮後、南西地点および北東地点へ向かう水平二方向載荷時に層せん断力が接合部降伏破壊耐力の予測曲面に到達し、層間変形角 1.5%の南西地点で接合部降伏破壊を生じたと判断する。

層間変形角 2%では全試験体で柱主筋の圧縮降伏が発生し、柱梁接合部のかぶりコンクリートの圧壊が進行して十字形方向の水平耐力が低下した。層間変形角 3%では柱梁接合部のかぶりコンクリートの圧壊がさらに進み、梁の取り付け南面の柱主筋が露出して座屈の兆候が見られた。層間変形角 4%では、柱梁接合部のコアコンクリートの圧壊にともなって柱主筋が柱梁接合部内で座屈し、軸崩壊へ向かう挙動へと転じた。柱主筋の座屈挙動は細径で柱主筋比が 1.1%と小さい試験体で最も激しく、接合部横補強筋を分散配置した試験体で少ない傾向を示した。

層間変形角 4%の第二サイクルでの二方向載荷時に、柱主筋を細径（8-D13）とした柱梁部分架構では下柱に対する上柱の回転角が南方向に増大して三軸一点クレビスの回転限界に到達したために実験を中止した。これに対して柱主筋を 8-D16 とした二体では層間変形角 4%の第二サイクルの載荷を完了して実験を終了した。得られた知見を以下にまとめる。

①-1 接合部横補強筋として 2-D6 を三組配筋した柱梁接合部では鉛直方向の軸崩壊が発生した（写真2）。それに対して 2-D4 を六組配筋した柱梁接合部では柱主筋の座屈は生じたがその軸崩壊には至らなかった。同程度の補強筋比でも接合部横補強筋を密に配置することが軸崩壊の防止に寄与した。

①-2 柱主筋径を D13 から D16 へ大きくすることで柱主筋の座屈が抑制されて柱梁接合部の損傷を軽減し、その軸崩壊発生を遅らせることができた。

①-3 梁が三本貫入する外周柱梁接合部では、接合部両側に直交梁が取り付け荷方向（すなわちト形方向）において接合部降伏後も水平耐力の低下が抑えられた。層間変形角 3%の第二サイクルで柱梁接合部が軸崩壊した既往の隅柱梁部分架構と比較すると、外周柱梁部分架構では層間変形角 4%の第二サイクル以降に軸崩壊が発生したことから骨組の変形性能の靱性化が見られた。外周柱梁接合部では両側の直交梁が柱梁接合部を拘束することで水平耐力の保持能力が向上し、柱梁接合部の軸崩壊の抑制に寄与した。

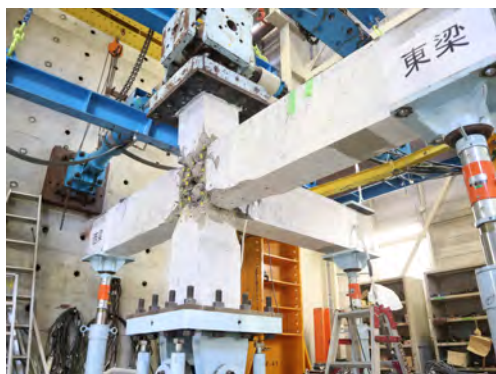


写真2 鉄筋コンクリート外周柱梁接合部の軸崩壊

② 隅柱梁部分架構の実験

ここでは、接合部横補強筋を密に配筋（2-D4 六組）した隅柱梁部分架構試験体 F5 と、同一形状で接合部横補強筋として 2-D6 を 75mm 間隔に三組配置した既往試験体 F3（藤間ら 2020）および T1（変動軸力の減少側において引張り軸力を導入した試験体 [石川・晋・北山ら 2021]）とを比較した。全ての試験体において最大耐力到達までに梁曲げ降伏を生じたが、水平二方向載荷によって柱梁接合部の損傷が激しくなり接合部降伏破壊に至った。層間変形角 3%の第2加力サ

イクルにおいて南方向载荷中に各試験体ともに柱梁接合部が軸崩壊した（写真3）が、接合部横補強筋を密に配筋した試験体 F5 ではその発生に至るまでの柱頭累積変位が増大した。

最大耐力に到達して接合部降伏破壊を生じた層間変形角 1.5%までは接合部横補強筋の配置間隔によらず二方向载荷時の水平耐力はほぼ同等であった。層間変形角 3%になると接合部横補強筋を密に配置した試験体 F5 における二方向载荷時の水平耐力が試験体 F3 のそれを上回った。

試験体 T1 に対して接合部横補強筋を密に配置した試験体 F5 では、接合部コンクリート損傷の軽減にともなって柱主筋の座屈発生時期が遅れた。下柱に対する上柱の回転角の増大も抑えられた。接合部横補強筋の密な配置は接合部降伏破壊後の水平耐力の低下を抑制し、その後の接合部軸崩壊防止に有効に機能することを確認した。



写真3 鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊（試験体 F5）

引用文献

- ・ Jack P. Moehle: Assessment of the Collapse of a Concrete Frame Intended to Meet U.S. Seismic Requirements, The Fifth U.S.-Japan Workshop on Performance-Based Earthquake Engineering Methodology for Reinforced Concrete Building Structures, pp. 45-59, 2003.9.
- ・ Sangjoon Park, Khalid M. Mosalam: Experimental Investigation of Nonductile RC Corner Beam-Column Joints with Floor Slabs, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 139, No. 1, pp. 1-14, 2013.1.
- ・ 建築研究所:熊本地震で被災した鉄筋コンクリート造建築物を対象とした地震後継続使用確保に関する検討、建築研究資料、No.204、第9章「建築物 G に関する調査分析」、2021.10.
- ・ 塩原 等:鉄筋コンクリート柱梁接合部:見逃された破壊機構、日本建築学会構造系論文集、第73巻、第631号、pp.1641-1648、2008.9.
- ・ 楠原文雄、塩原 等、田崎 渉、朴 星勇:柱と梁の曲げ強度の比が小さい鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部の耐震性能、第75巻、第656号、pp.1873-1882、2010.10.
- ・ 楠原文雄、塩原 等:柱と梁の曲げ強度の比が小さい鉄筋コンクリート造ト形柱梁接合部の耐震性能、日本建築学会構造系論文集、第78巻、第693号、pp.1939-1948、2013.11.
- ・ 斎藤真也、向井智久、塩原 等:2016年熊本地震により被災した鉄筋コンクリート造庁舎の柱梁接合部に関する検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.40、No.2、pp.1039-1044、2018.7.
- ・ 村上久志、晉 沂雄、鈴木裕介、前田匡樹:接合部横補強筋及び軸力が RC 造ト形柱梁接合部の構造性能に及ぼす影響に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.39、No.2、pp.205-210、2017.7.
- ・ 村上久志、胡 焱冰、晉 沂雄、前田匡樹:高変動軸力を受ける RC 造外柱梁接合部の破壊性状と構造性能、コンクリート工学年次論文集、Vol.40、No.2、pp.223-228、2018.7.
- ・ 西田智康、鈴木裕介、前田匡樹:変動軸力の大きさが接合部降伏するト形柱梁接合部の破壊性状及び構造性能に与える影響に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.41、No.2、pp.253-258、2019.
- ・ 藤間 淳、王 君穎、佐野由宇、鄭 家斉、石川巧真、晉 沂雄、北山和宏:変動軸力および2方向水平力を受ける RC 隅柱梁接合部の降伏破壊および軸崩壊に関する研究 その1~5、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 IV、pp. 357-366、2020.9.
- ・ 井上 諒、村野竜也、佐野由宇、晉 沂雄、北山和宏:地震被害を受けた RC 造中低層建物の接合部降伏破壊に関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 IV、pp.105-106、2022.9.
- ・ 加藤大介:鉄筋コンクリート部材の主筋の座屈性状に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第436号、pp.135-143、1992.6.
- ・ 石川巧真、村野竜也、佐野由宇、晉 沂雄、北山和宏:三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究、その1~4、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 IV、pp. 371-378、2021.9.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 北山和宏, 村野竜也, 井上 諒, 菅 沂雄	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 降伏破壊する鉄筋コンクリート造側柱梁接合部の構造性能評価に関する研究 その1: 実験概要	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 363-364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村野竜也, 井上 諒, 菅 沂雄, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 降伏破壊する鉄筋コンクリート造側柱梁接合部の構造性能評価に関する研究 その2: 実験結果および考察	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 365-366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kiwoong Jin, Ota Riku, Linfei Hao and Kazuhiro Kitayama	4. 巻 Appl. Sci. 2023, 13(5), 2843
2. 論文標題 Evaluation Method for Ultimate Flexural State of Prestressed Precast Reinforced Concrete Beam-Column Connection with Debonded Partial Tendon	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app13052843	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 井上 諒, 村野竜也, 佐野由宇, 菅沂雄, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 地震被害を受けたRC造中低層建物の接合部降伏破壊に関する考察	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 105-106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村野竜也, 佐野由宇, 井上諒, 晉沂雄, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究 その5: 軸崩壊に至る柱梁接合部における柱主筋の座屈性状の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 101-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐野由宇, 村野竜也, 井上諒, 晉沂雄, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究 その6: 柱梁接合部の軸崩壊発生直前における変形機構の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 103-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐野由宇, 藤間 淳, 石川巧真, 晋 沂雄, 北山和宏	4. 巻 第87巻
2. 論文標題 変動軸力および2方向水平力が作用する鉄筋コンクリート立体隅柱梁接合部における降伏破壊および軸崩壊に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会構造系論文集	6. 最初と最後の頁 217-228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.87.217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 北山和宏, 石川巧真, 村野竜也, 佐野由宇, 晉沂雄	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究, その1: 実験概要	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 371-372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村野竜也, 石川巧真, 佐野由宇, 北山和宏, 晉沂雄	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究, その2: 実験結果および破壊モードの特定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 373-374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐野由宇, 石川巧真, 村野竜也, 北山和宏, 晉沂雄	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究, その3: 柱梁接合部の降伏破壊および軸崩壊に向かう挙動	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 375-376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石川巧真, 村野竜也, 佐野由宇, 晉沂雄, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究, その4: 隅柱梁接合部の軸崩壊および変形性能に対する柱主筋の影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 377-378
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 北山和宏, 村野竜也, 井上 諒, 晉 沂雄
2. 発表標題 降伏破壊する鉄筋コンクリート造側柱梁接合部の構造性能評価に関する研究 その1: 実験概要
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村野竜也, 井上 諒, 晉 沂雄, 北山和宏
2. 発表標題 降伏破壊する鉄筋コンクリート造側柱梁接合部の構造性能評価に関する研究 その2: 実験結果および考察
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上諒, 村野竜也, 佐野由宇, 晉沂雄, 北山和宏
2. 発表標題 地震被害を受けたRC造中低層建物の接合部降伏破壊に関する考察
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村野竜也, 佐野由宇, 井上諒, 晉沂雄, 北山和宏
2. 発表標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究 その5: 軸崩壊に至る柱梁接合部における柱主筋の座屈性状の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野由宇, 村野竜也, 井上諒, 晉沂雄, 北山和宏
2. 発表標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究 その6: 柱梁接合部の軸崩壊発生直前における変形機構の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北山和宏, 石川巧真, 村野竜也, 佐野由宇, 晉沂雄
2. 発表標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究, その1: 実験概要
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村野竜也, 石川巧真, 佐野由宇, 北山和宏, 晉沂雄
2. 発表標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究, その2: 実験結果および破壊モードの特定
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野由宇, 石川巧真, 村野竜也, 北山和宏, 晉沂雄
2. 発表標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究, その3: 柱梁接合部の降伏破壊および軸崩壊に向かう挙動
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川巧真, 村野竜也, 佐野由宇, 晉沂雄, 北山和宏
2. 発表標題 三方向地震力を受けて降伏破壊した鉄筋コンクリート隅柱梁接合部の軸崩壊に関する研究, その4: 隅柱梁接合部の軸崩壊および変形性能に対する柱主筋の影響
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	晉 沂雄 (JIN Kiwoong) (60727006)	明治大学・理工学部・専任准教授 (32682)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------