

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04435

研究課題名(和文) 曲げ降伏破壊する鉄筋コンクリート柱梁接合部の軸崩壊機構の解明と防止法

研究課題名(英文) Axial Collapse Mechanism and Its Prevention Method for Reinforced Concrete Beam-Column Joint Failing in Joint Hinging

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) 3,400,000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建物の柱と梁との交差部(柱梁接合部)が曲げ降伏破壊したあとに柱の圧縮軸力を保持できなくなり、建物の崩壊を招来する被害が見られる。本研究では隅柱の柱梁接合部がこのような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。

引張りから圧縮まで変動する柱軸力および二方向から作用する水平力が柱梁接合部の軸崩壊を加速すること、柱梁接合部内のコンクリートが圧壊して柱主筋が座屈することによって上柱と下柱とが「く」の字状に折れ曲がることで骨組の崩壊が生じること、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)建物の柱梁接合部が曲げ降伏破壊したあと、三方向地震動によって軸崩壊に至る力学機構を三つのモードに分類してその特徴を明らかにした。本研究で実施したRC柱梁部分骨組の実験に基づき、柱梁接合部内で柱主筋が座屈しコンクリートが圧壊することで、上柱と下柱とが柱梁接合部を中心に折れ曲がって柱軸力を保持できなくなり、軸崩壊することを指摘した。

この成果は、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)：Many reinforced concrete (R/C) buildings consisting of beam-column frames have collapsed during earthquakes because the beam-column joint region which failed in joint-hinging was not able to sustain the column axial load. Such a collapse mechanism for R/C corner column-beam joints was investigated through laboratory tests using beam-column subassemblages subjected to bi-directional lateral loads and varying column axial load. Primary findings drawn from the study are as follow.

Axial collapse in a corner column-beam joint was accelerated by column axial load varying from tension to compression and bi-lateral cyclic reversed loads. Crash of concrete and local buckling of column longitudinal bars within the joint, placed along column faces without framing beams, caused an abrupt inclination of the upper column to the lower column, inducing a loss of ability for sustaining vertical load.

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 降伏破壊 軸崩壊

1. 研究開始当初の背景

建物の崩壊は軸力支持能力の喪失によって生じる。軸力を支持するのは主として柱であり、一本の柱は層間の内法部分とその上下の柱梁接合部（柱および梁の交差部）とに分けられる。地震動を受ける鉄筋コンクリート（RC）建物の崩壊は、日本では柱内法部分のせん断破壊や柱頭・柱脚の曲げ破壊による層崩壊によってもたらされることが多かった。しかし国外では、柱梁接合部が柱軸力を保持できずに建物の崩壊を招いた例が多々存在する（例えば Moehle 2003、Park・Mosalam 2013）。国外の事例では、柱梁接合部の横補強筋量が少ない、あるいは柱断面が小さいという設計法の抱える問題を指摘でき、日本とは事情が異なるという見方が一般的であった。ところが2016年の熊本地震によって、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ほぼ倒壊するという被害（向井 2016）が日本でも出現した。

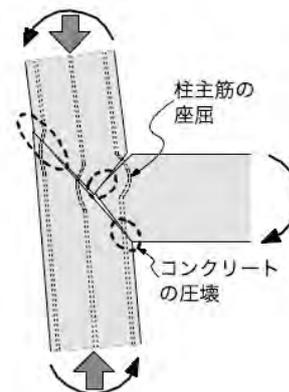


図1 RC柱梁接合部の曲げ降伏破壊とその後の軸崩壊

RC柱梁接合部の耐震設計では、せん断破壊の防止に主眼が置かれる。しかし塩原(2008)は柱梁接合部において曲げ抵抗機構の破壊（以降、曲げ降伏破壊）を生じるとする理論（図1）を提唱し、この現象は実験によって追認された。柱梁接合部の曲げ降伏破壊では斜めひび割れがせん断破壊と同様にX状に発生するため、見落とされたのである。そして今までのせん断破壊防止の設計では、柱梁接合部の曲げ降伏破壊を防止できないことが明らかになった。

上記のRC庁舎（旧耐震基準により設計）では柱梁接合部が曲げ降伏破壊した後、その軸崩壊が生じたと推定される。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、2013）。そのため、現行の耐震設計法のもとでは中低層RC建物の柱梁接合部は曲げ降伏破壊し易いと思われる。日本では柱のせん断破壊を防ぐための対策が進んだので骨組内の弱点部位の移行が予想され、RC建物の地震による崩壊は今後、曲げ降伏破壊する柱梁接合部の軸崩壊（図1）によって引き起こされる可能性が高い。

しかし従来のRC柱梁接合部の研究ではせん断破壊に注目して来たため、実験で柱梁接合部の軸崩壊が報告された研究はほとんどない。わずかに木村・川合ら（1997）等の報告があるが、当時は柱梁接合部の曲げ降伏破壊は認知されず、柱梁接合部の軸崩壊への関心は極めて低かった。柱梁接合部のせん断破壊を防止すれば軸力支持能力が問題となるのは柱内法部分であるとの共通認識の下で、柱梁接合部の軸崩壊は見過ごされて研究されなかった。

2010年代中盤以降、柱梁接合部の曲げ降伏破壊の認知が進み、それを検討対象としてRC柱梁部分骨組や骨組全体を用いた実験研究が行われ始めた。ただし、曲げ降伏破壊した柱梁接合部の軸崩壊挙動の研究は緒についたばかりで、ト形の平面柱梁部分骨組に水平力および変動軸力を載荷する実験（村上・前田ら 2017）が挙げられる程度である。実建物では三方向地震動を受けるが、立体隅柱梁部分骨組に二方向水平力および一定圧縮軸力を載荷する実験（片江・北山 2015）において柱梁接合部内の柱主筋が座屈して軸崩壊の兆候が見られたとする報告があるに過ぎず、系統立った実験研究は未だ行われていない。柱梁接合部が軸崩壊するときの骨組の限界変形については、Hassan・Moehle（2012、2013）の研究のみである。

ここに、三方向地震動を受けて曲げ降伏破壊したRC柱梁接合部の軸崩壊を対象として、1) 曲げ降伏破壊から軸崩壊に至る機構の解明、2) 軸崩壊時の限界変形の把握と定量評価、および、3) 軸崩壊を防止して変形性能を確保する手法の提案、という学術的な問いが浮上する。

2. 研究の目的

そこで本研究では以下の二つの課題に取り組み、各知見を統合し、上述の学術的な問いに回答することを研究の目的とした。すなわち、実験および力学モデルによって柱梁接合部の軸崩壊機構を解明し、力学モデルを参照して軸崩壊時の限界変形を定量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手法（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や配筋詳細）を提案する。これによって、建物に要求される変形まで柱梁接合部が軸崩壊せずに軸力支持能力を発揮することが可能となる。

課題1： 柱梁接合部が曲げ降伏破壊する立体柱梁部分骨組試験体を用い、二方向水平力および変動する柱軸力を静的載荷する実験によって軸崩壊に至る挙動を詳細に追跡し、その機構を究明する。また柱梁接合部の軸崩壊が生じるときの限界変形を把握する。

課題2： 曲げ降伏破壊した柱梁接合部が軸崩壊するときの力学モデルを構築し、軸崩壊に至る骨組の限界変形を定量的に評価する手法を作成する。

3. 研究の方法

(1) 柱梁部分骨組の実験

直交する梁が一本ずつ貫入する立体隅柱梁部分骨組試験体5体に変動する柱軸力および二方

向水平力を正負交番载荷する静的実験を行った。実験では、変動軸力の载荷方法（変動軸力を層間変形に比例させる方法、および層せん断力に比例させる方法）、変動軸力の振れ幅（上柱の軸力0から圧縮軸力比0.13まで、および引張り軸力比0.20から圧縮軸力比0.13まで）、柱梁接合部の横補強筋比（0.21%および0.47%）、および柱の主筋量（主筋の径 [D13 および D16] および中段筋の本数 [柱断面の各面1本および2本]）を変数とした。柱梁曲げ耐力比（梁曲げ終局耐力に対する柱曲げ終局耐力の比）は柱軸力の大きさおよび水平力の载荷方向によって0.77から3.90まで変化する。コンクリートの圧縮強度は66から68 N/mm²であった。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。

(2) 曲げ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

本研究における実験の成果および既往研究で得られた知見をもとにして、水平力および柱軸力を受ける柱梁接合部が曲げ降伏破壊後に軸崩壊するときの破壊機構を表現できる力学モデルを考案した。



写真1 鉄筋コンクリート柱梁部分骨組の実験



写真2 柱梁接合部の軸崩壊

4. 研究成果

上記の(1)および(2)の研究によって得られた知見を以下にそれぞれ示す。

(1) 柱梁部分骨組の実験

① 実験では梁主筋および接合部横補強筋が層間変形角1%までに降伏し、柱主筋は層間変形角1%から1.5%までに引張り降伏した。層間変形角1%から1.5%で柱梁接合部の曲げ降伏破壊によって最大耐力に達したのち、水平耐力が低下した。その後、柱梁接合部内のコンクリートの圧壊および交錯するひび割れによる粉砕化が進むとともに柱主筋の局部的な座屈が生じ、柱の圧縮軸力を保持できなくなって柱梁接合部の軸崩壊に至った（写真2）。

柱梁接合部が軸崩壊したときの水平変形性能は、上柱の軸力を0から圧縮軸力比0.13まで変動させた部分骨組では層間変形角3%から4%であり、上柱の軸力を引張り軸力比0.20から圧縮軸力比0.13まで変動させた部分骨組では層間変形角3%（D16の柱中段筋が各面1本の試験体）あるいは4%（D16の柱中段筋が各面2本の試験体）であった。

なお部分骨組が経験した水平変形の最大値は上記の層間変形角を $\sqrt{2}$ 倍した数値（すなわち $3\sqrt{2}=4.2\%$ あるいは $4\sqrt{2}=5.7\%$ ）である。この二方向水平载荷時の変形性能は、平面ト形部分骨組の柱梁接合部が軸崩壊したときの層間変形角3%から4%（西田・前田ら2019）よりは若干大きかったが、西田・前田らの実験での柱圧縮軸力比は0.3から0.5であり、本実験よりも3倍程度大きいことに注意を要する。これは、実地震動と同様に二方向水平力を受ける隅柱梁部分骨組では、一方向水平力のみを受ける平面ト形部分骨組の1/3程度の圧縮軸力（本実験で経験した最大圧縮軸力比は0.13）で柱梁接合部の軸崩壊が生じ得ることを示す。水平二方向载荷による柱梁接合部への損傷が水平一方向载荷の場合と比べて顕著なために、より小さな圧縮軸力比で軸崩壊に至ったと考えるが、詳細な検討は今後の課題である。

② 接合部横補強筋比を0.21%から0.47%へと約2倍増やすと、軸力減少側の水平耐力が1.1倍上昇し、最大耐力以後の耐力低下も緩和された。接合部横補強筋量の多い柱梁接合部では層間変形角4%で軸崩壊したのに対して、接合部横補強筋量の少ない柱梁接合部ではそれより早期の層間変形角3%で軸崩壊した。接合部横補強筋の増量は柱梁接合部の損傷を抑制してその軸崩壊に至る水平変形性能を増大させた。

③ 最大耐力以後、柱梁接合部内における柱中段筋の圧縮ひずみは、梁の取り付け側の柱中段筋において梁の取り付け側のそれよりも増大して両者の乖離が急増した。この結果、柱梁接合部の曲げ降伏破壊後に接合部内の柱主筋の負担圧縮軸力に偏りが生じて、軸崩壊が促進された。局部座屈が最も激しかった出隅部の柱主筋では最大耐力経験後に圧縮ひずみが急増し、鉄筋の材料試験によるひずみ硬化開始時のひずみを超えた。柱梁接合部が軸崩壊するときの柱主筋

の圧縮ひずみは、既往研究（加藤大介 1992）による RC 柱主筋の座屈発生時のひずみ評価値とほぼ同等となる場合も見られた。梁の取り付けかない側で接合部コンクリートの損傷および剥落が進み、出隅部の柱主筋が座屈して柱梁接合部内の圧縮ひずみに偏りが生じたため、上柱および下柱が柱梁接合部を中心に互いに「く」の字状に傾いて軸崩壊に至った。

④ 下柱に対する上柱の相対回転角は最大耐力以降から増加し、軸力増大側での出隅部柱主筋の圧縮ひずみの増加時期と良好に対応した。この相対回転角の推移は柱梁接合部の材軸における鉛直変位（軸縮み）の推移とほぼ一致し、両者は密接に関係した。これより本実験における立体隅柱梁接合部の軸崩壊は、柱梁接合部の曲げ降伏破壊後に梁の取り付けかない側の柱主筋が柱梁接合部内の主対角ストラットに沿って座屈し、これに伴い下柱に対する上柱の相対回転角および接合部の軸縮みが増大することで発生したと考える。

⑤ 柱主筋径を同一（D16）のまま中段筋の本数を柱断面の各面 1 本から 2 本に増やすことによって（柱主筋比は 1.6%から 2.5%に増大）、柱主筋座屈時の層間変形角は 2%から 3%へと増加し、柱主筋の局部座屈が抑制された。このとき柱梁接合部の軸崩壊時の柱頭水平変位累積値は 16% 増加した。柱中段筋の本数の増加は柱梁接合部の軸崩壊防止に寄与し、それによって部分骨組の水平変形性能の向上をもたらした。

ただし、柱主筋比が同等の場合（ここでは 1.6%程度）、柱中段筋本数を各面 1 本から 2 本に増やしても柱主筋径を D16 から D13 へと小さくすると、接合部横補強筋および柱中段筋の降伏が早期に生じて柱梁接合部の損傷が激化し、接合部軸崩壊の抑止には不利であった。

⑥ 二方向水平力および変動する柱軸力を受ける隅柱梁接合部の曲げ降伏破壊について得られた知見を⑥および⑦に記す。隅柱梁部分骨組の軸力増大側では梁曲げ降伏耐力にほぼ到達したが、いずれも梁曲げ終局耐力の計算値には至らず、軸力減少側では梁曲げ降伏耐力の計算値にも到達しない場合が多かった。層せん断力の二軸相関（二方向水平載荷状態）では、軸力 0 の軸力減少地点では最大耐力実験値が接合部曲げ終局耐力計算値に到達しなかったが、圧縮軸力比 0.04 から 0.13 の地点では両者がおおむね一致した。

上柱の圧縮軸力比 0.04 から 0.13 の範囲では、二方向水平載荷時の最大耐力は楕円補完した接合部曲げ終局耐力計算値とほぼ一致した。一方、上柱の軸力が引張りから低圧縮（引張り軸力比-0.20 から圧縮軸力比 0.04）の範囲では、接合部曲げ終局耐力の計算値が実験値を 7%から 14%上回った。引張り軸力あるいは低圧縮軸力を受ける場合の接合部曲げ終局耐力の評価は今後検討が必要である。

⑦ 一方向水平加力時の柱梁接合部の曲げ終局耐力計算値を用いて、二方向水平力下での接合部曲げ終局耐力を楕円補完して強度低下率 β_j （梁曲げ終局時の耐力に対する接合部降伏破壊時の耐力の比）を算出し、二方向水平加力時の β_j 実験値と比較した。一定軸力および変動軸力を導入した隅柱梁部分骨組の強度低下率 β_j の実験値は計算値とおおむね一致した。一方向水平加力時に β_j 計算値が 1.0 から 1.36 と 1 を上回っても、二方向水平加力時に柱梁接合部の曲げ降伏破壊が先行することによって期待した梁曲げ終局耐力を発揮できない場合が多々見られた。

(2) 曲げ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

本研究での実験の観察結果および既往研究の知見から隅柱梁接合部の軸崩壊機構を図 2 および写真 3 のように三つに分類した。

機構 I は Hassan・Mochle (2013) の提案したもので、柱梁接合部のせん断摩擦理論による軸崩壊機構である。スラブを付加した立体隅柱梁部分骨組に二方向水平力および変動軸力を与える静的載荷実験を行い、柱梁接合部の斜めひび割れ面に沿ったせん断摩擦抵抗が喪失することで軸崩壊に至ったとする。ただし当該研究では既存の古い RC 建物を対象としたために接合部横補強筋が配されていないなど日本の実情とは異なる点が存在する。

機構 II は本研究での実験および隅柱梁部分骨組に二方向水平力と一定圧縮軸力とを載荷した実験（片江・北山 2015）で観察された破壊モードである。柱梁接合部の出隅部のかぶりコンクリートが剥落し、コアコンクリートの圧壊にともなって柱主筋が座屈することにより軸崩壊に至った。大変形時には下柱に対する上柱の回転角が増大することにより、上柱および下柱が互いに「く」の字状に傾くことが特徴である。機構 II は平面ト形部分骨組に一方向水平力および変動軸力を載荷した既往実験（村上・前田ら 2018）でも観察された。

機構 III は平面ト形部分骨組に一方向水平力および変動軸力を載荷した既往実験（村上・前田ら 2018）で見られた軸崩壊機構である。これは負載荷（梁の取り付け方向への柱頭水平力の載荷）時の高引張り軸力によって柱梁接合部に生じた斜めひび割れが正載荷（梁の取り付けかない方向への載荷）時に閉じずに、高圧縮軸力を受ける上柱がその面に沿って下降して軸崩壊を生じたものである。負載荷時に開く接合部斜めひび割れ面が軸崩壊する際の危険断面となる可能性が村上・前田らによって示唆されており、機構 III は比較的高引張りおよび高圧縮の変動軸力（村上・前田らでは軸力比-0.60 および 0.44）が作用するときに発生すると考えられる。

以上から日本国内の RC 建物においては機構 II あるいは機構 III が接合部降伏破壊後の軸崩壊機構になり得ると判断した。これらの軸崩壊機構の発生条件、軸崩壊時の RC 骨組の水平変形性能の評価手法等については今後の検討課題とする。

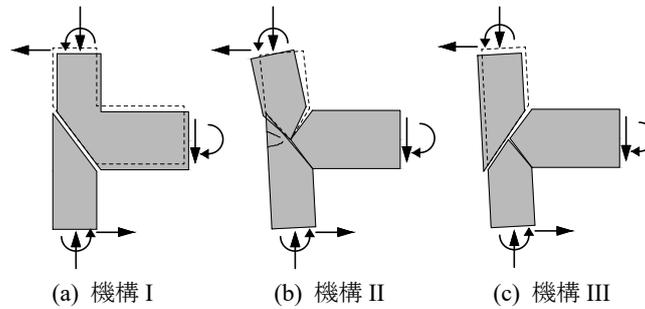


図2 柱梁接合部の軸崩壊機構の分類

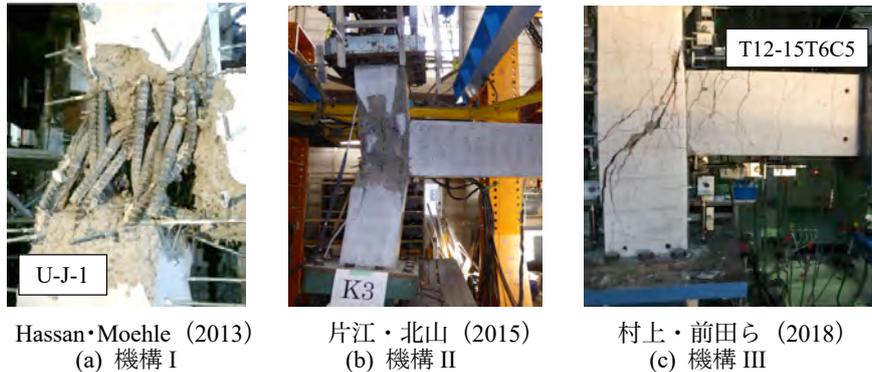


写真3 柱梁接合部の軸崩壊機構の分類

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.
- 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T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.
- 木村秀樹、川合 拓、岩田昌之、渡井富喜男：高強度材料を用いたRC柱・梁ト型接合部の高軸力下の挙動に関する実験的研究（その1、その2）、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-2、構造IV、pp.389-392、1997.9.
- 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T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.
- 片江 拡、北山和宏：3方向加力される鉄筋コンクリート立体隅柱梁接合部の耐震性能に関する実験研究、日本建築学会構造系論文集、第80巻、第713号、pp.1133-1143、2015.7.
- Hassan, W. M. and J. P. Moehle: Experimental Assessment of Seismic Vulnerability of Corner Beam-Column Joints in Older Concrete Buildings, Proceedings of the 15th World Conference of Earthquake Engineering, Lisbon, Portugal, September, 2012.
- W. M. Hassan, and J. P. Moehle: Quantification of Residual Axial Capacity of Beam-column Joints in Existing Concrete Buildings under Seismic Load Reversals, 4th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Kos Island, Greece, 2013.6.
- 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T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.
- 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.
- 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.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 石川巧真, 藤間淳, 佐野由宇, 鄭家斉, 王君穎, 晉沂雄, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 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5: 隅柱梁接合部の軸崩壊機構の分類と変形性能	5. 発行年 2020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 藤間淳, 石川巧真, 王君穎, 佐野由宇, 鄭家斉, 晉沂雄, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 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4: 隅柱梁接合部の軸崩壊機構	5. 発行年 2020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 鄭家斉, 王君穎, 佐野由宇, 藤間淳, 石川巧真, 北山和宏, 晉沂雄	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 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3: 層せん断力の二軸相関および変形成分	5. 発行年 2020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 361-362
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, 鄭家斉, 王君穎, 石川巧真, 北山和宏, 晉沂雄	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 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2: 破壊性状及び荷重-変形関係	5. 発行年 2020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 359-360
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 王君穎, 藤間淳, 佐野由宇, 鄭家齊, 石川巧真, 晉沂雄, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 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: 実験概要	5. 発行年 2020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 357-358
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 李 夢丹, 北山和宏	4. 巻 41-2
2. 論文標題 アンボンド・プレキャスト・プレストレストコンクリート十字形架構の柱梁接合部における曲げ終局モーメントの評価法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 277-282
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 有
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 胡 文靖, 北山和宏	4. 巻 CD-Rom
2. 論文標題 鉄筋コンクリート梁部材のかぶりコンクリート圧壊時の変形性能評価法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本地震工学会大会2019梗概集	6. 最初と最後の頁 1-10
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 鄒 珊珊, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 アンボンドPCaPC骨組における外柱梁接合部の破壊性状に関する研究	5. 発行年 2018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 779-780
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 北山和宏, 村上 研, 岸田慎司, 村田義行, 小田 稔	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価 (その1 実験概要)	5. 発行年 2018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 639-640
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 村上 研, 岸田慎司, 村田義行, 北山和宏, 小田 稔	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価 (その2 十字形柱梁部分架構の実験結果)	5. 発行年 2018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 641-642
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 小田 稔, 村上 研, 岸田慎司, 村田義行, 北山和宏	4. 巻 構造IV
2. 論文標題 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価 (その3 十字形柱梁部分架構の実験結果)	5. 発行年 2018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 643-644
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14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 王君穎, 藤間淳, 佐野由宇, 鄭家齊, 石川巧真, 晉沂雄, 北山和宏
2. 発表標題 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: 実験概要
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐野由宇, 藤間淳, 鄭家斉, 王君穎, 石川巧真, 北山和宏, 晉沂雄
2. 発表標題 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2: 破壊性状及び荷重-変形関係
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鄭家斉, 王君穎, 佐野由宇, 藤間淳, 石川巧真, 北山和宏, 晉沂雄
2. 発表標題 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3: 層せん断力の二軸相関および変形成分
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤間淳, 石川巧真, 王君穎, 佐野由宇, 鄭家斉, 晉沂雄, 北山和宏
2. 発表標題 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4: 隅柱梁接合部の軸崩壊機構
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川巧真, 藤間淳, 佐野由宇, 鄭家斉, 王君穎, 晉沂雄, 北山和宏
2. 発表標題 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5: 隅柱梁接合部の軸崩壊機構の分類と変形性能
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李 梦丹, 北山和宏
2. 発表標題 アンボンド・プレキャスト・プレストレストコンクリート架構の柱梁接合部降伏破壊に関する解析研究 その1 十字形柱梁接合部の曲げ終局モーメント算定法
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北山和宏, 李 梦丹
2. 発表標題 アンボンド・プレキャスト・プレストレストコンクリート架構の柱梁接合部降伏破壊に関する解析研究 その2 実験による提案手法の検証および諸因子解析
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上 研, 石川巧真, 山谷裕介, 岸田慎司, 北山和宏, 村田義行
2. 発表標題 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価 その4 実験概要
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田 稔, 石川巧真, 村上 研, 岸田慎司, 北山和宏, 村田義行
2. 発表標題 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価 その5 十字形柱梁部分架構の実験結果
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川巧真, 村上 研, 小田 稔, 北山和宏, 岸田慎司, 村田義行
2. 発表標題 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価 その6 ト形柱梁部分架構の実験結果
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鄒 珊珊, 北山和宏
2. 発表標題 アンボンドPCaPC骨組における外柱梁接合部の破壊性状に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北山和宏, 村上 研, 岸田慎司, 村田義行, 小田 稔
2. 発表標題 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価 (その1 実験概要)
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村上 研, 岸田慎司, 村田義行, 北山和宏, 小田 稔
2. 発表標題 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価 (その2 十字形柱梁部分架構の実験結果)
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小田 稔, 村上 研, 岸田慎司, 村田義行, 北山和宏
2. 発表標題 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価 (その3 十字形柱梁部分架構の実験結果)
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 日本建築学会 鉄筋コンクリート構造運営委員会	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本建築学会	5. 総ページ数 326
3. 書名 鉄筋コンクリート部材の構造性能評価の現状と将来, 分担執筆 (2.2 梁・柱のせん断破壊時の変形と耐力 pp.5-12, 3.3 二方向水平力を受ける柱梁接合部 pp.100-106, 3.4 柱梁接合部の柱軸力支持能力 pp.107-111, 8 まとめ pp.325-326)	

1. 著者名 日本建築学会	4. 発行年 2019年
2. 出版社 丸善出版株式会社	5. 総ページ数 306
3. 書名 鉄筋コンクリート造建物の等価線形化法に基づく耐震性能評価型設計指針(案)・同解説	

1. 著者名 日本建築学会	4. 発行年 2021年
2. 出版社 丸善出版株式会社	5. 総ページ数 434
3. 書名 鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準・同解説	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------