

RC造プレキャストコア壁における 水平つなぎ筋量の影響に関する実験的研究*

仲地 唯治^{*1}

Experimental Study on Effect of Quantity of Horizontal Tied Rebars on Precast Reinforced Concrete Core Walls

Tadaharu NAKACHI^{*1}

^{*1} Department of Architecture and Environmental Engineering

Precast core walls are considered effective for construction because they can be built more quickly than cast-in-place core walls. In this study, lateral loading tests were conducted on wall columns simulating the corner and the area near the corner of an L-shaped core wall with horizontal tied rebars. The specimen consisted of four square-section precast columns. The vertical joints between the precast columns were grouted with high-strength mortar. Each precast column had cotters at the vertical joint, and horizontal tied rebars were concentrated at the second and third floor levels, and the mid height level of the first story. Based on the results of lateral loading tests, the effect of quantity of horizontal tied rebars was clarified.

Key Words : Reinforced Concrete, Core Wall, Precast, Horizontal Tied Rebar, Cotter

1. はじめに

超高層建物において、コア部分をRC造連層耐震壁とした場合、建設時の工期短縮、省力化のために連層耐震壁のプレキャスト化が必要であると考えられる。超高層建物の連層耐震壁をプレキャスト化した例に関しては、古宮ら⁽¹⁾が断面両端部をプレキャスト化した壁柱について曲げせん断実験を実施し、構造性能を検討している。また、中澤ら⁽²⁾が両側端部にプレキャスト柱型を有するRCコアウォールについて性能確認実験を実施している。これらに対し、著者らはこれまでにRC造コア壁をフルプレキャスト化した場合について構造性能を検討するため、コア壁の圧縮端部近傍を模擬したプレキャスト壁柱による水平加力実験を行った⁽³⁾。この実験における壁柱のプレキャスト化は、壁柱を柱形に分割し、柱部材間の接合面には接合筋を配筋せず、コッターを設けグラウトを充填する方法とした。柱部材間の接合を目的とした配筋として、水平つなぎ筋を2階、3階床レベルに集中配筋した。これに対し、柱部材間の一体化をより強める為に、水平つなぎ筋をさらに1階中央高さにも加えた試験体による加力実験を実施した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。また、水平つなぎ筋を2階、3階床レベル及び1階中央高さに集中配筋した場合について、水平つなぎ筋量が少ない場合について水平加力実験を行い、その構造性能について検討した⁽⁶⁾。本研究は、これら既発表済の研究に追記して纏めたもので、水平つなぎ筋量の異なる試験体について構造性能を比較検討し、水平つなぎ筋量の影響について考察したものである。

2. 実験概要

2.1 試験体

Fig.1に試験体の形状、配筋を示す。また、Table 1, Table 2にコンクリート及び鉄筋の材料試験結果を示す。試験体は25階程度の超高層建物の最下層を想定した実大の約1/8のモデル3体で、コア壁の壁板を模擬した長方

* 原稿受付 2015年2月27日

^{*1} 建築生活環境学科

E-mail: nakachi@fukui-ut.ac.jp

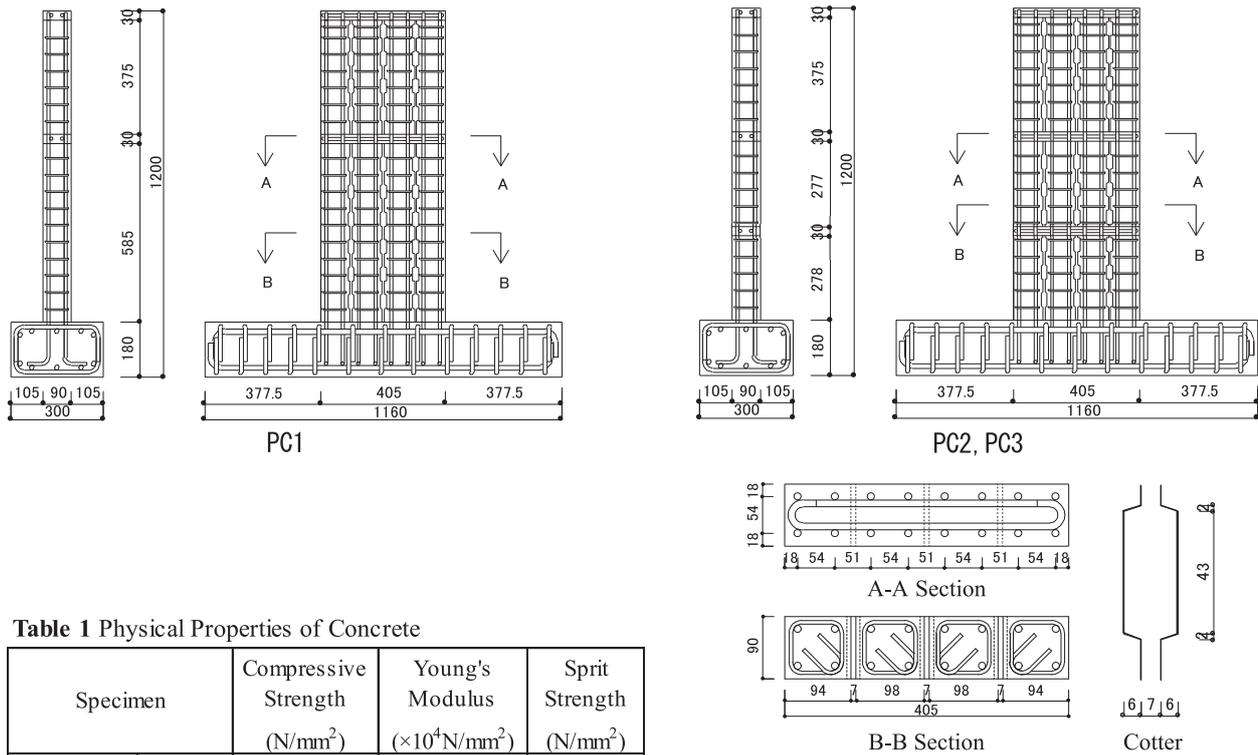


Fig. 1 Test Specimen

Table 1 Physical Properties of Concrete

Specimen		Compressive Strength (N/mm ²)	Young's Modulus ($\times 10^4$ N/mm ²)	Split Strength (N/mm ²)
PC1	Precast	67.0	2.94	2.45
	Latter	65.3	2.85	2.34
	Grout	89.6	2.89	6.08
PC2	Precast	60.6	2.63	2.75
	Latter	58.7	2.65	2.13
	Grout	91.7	3.24	4.85
PC3	Precast	65.1	2.97	2.92
	Latter	59.1	2.77	3.00
	Grout	92.1	2.89	6.59

Table 2 Physical Properties of Steel

Bar Size	Yield Strength (N/mm ²)	Maximum Strength (N/mm ²)	Young's Modulus ($\times 10^5$ N/mm ²)	Elongation (%)
D10	393	568	2.04	25.8
U5.1	1368	1491	2.11	9.3
D6	409	553	1.83	20.1

形断面のプレキャスト壁柱試験体 PC1, PC2, PC3 である。壁断面はいずれも $b \times D = 90\text{mm} \times 405\text{mm}$ である。コンクリート調合強度を 60N/mm^2 、軸力比 $\sigma_0/\sigma_B = 0.2$ ($\sigma_0 = N/A$, N :軸力, A :断面積, σ_B :コンクリート圧縮強度) とした。また、グラウトの調合強度を 80N/mm^2 とした。試験体は正方形断面のプレキャスト柱を 4 本並べ、柱間は 7mm とし、深さ 6mm のコッターを設け、グラウトを充填した。試験体のかぶり厚さは 6mm である。

PC1 では 2 階、3 階の床部分をコンクリート後打ちとし、水平つなぎ筋を配筋した。PC2 ではさらに 1 階柱を 1 階中央高さ付近で 2 分割し、分割した上下柱間の部分を、2 階、3 階の床部分と同様にコンクリート後打ちとし、水平つなぎ筋を配筋した。すなわち、PC2 は PC1 に対し、1 階中央高さに水平つなぎ筋を加え、プレキャスト柱間の一体性を高めた。PC3 は PC2 と同様、2 階及び 3 階の床部分と 1 階中央高さに水平つなぎ筋を配筋し、それぞれの水平つなぎ筋の鉄筋径をより小径のものをを用いることで、PC2 に対し水平つなぎ筋の量を 0.45 倍とし、水平つなぎ筋量の少ない試験体とした。柱主筋には D10 (SD345) を用い、水平つなぎ筋には PC1 及び PC2 では D10 (SD345) を、PC3 では D6 (SD345) をそれぞれ用いた。帯筋には高強度鉄筋 U5.1 (1300N/mm^2 級) を用い、ピッチを 55mm とした。水平つなぎ筋は後配筋で、両端柱主筋に水平つなぎ筋の両端フックを掛けるのが困難の為、両端 180° フックとし、2 本一組で向き合せて試験体側面より主筋内側に差し込んだ。試験体は横打ちで、柱主筋は通し配筋とし、グラウトは流し込みである。

2.2 実験方法

Fig.2 に加力装置を示す。加力は一定軸力下における正負交番繰り返し加力とした。試験体の下端を加力フレームに固定し、キャンチレバー型で水平力を作用させた。図中、試験体左側より水平ジャッキで押す場合を負加力

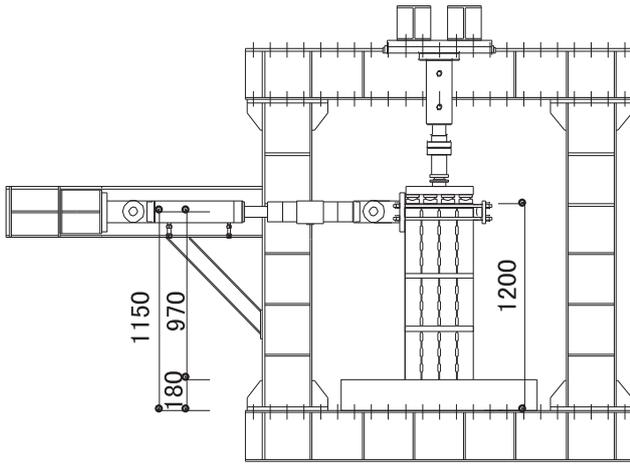


Fig. 2 Loading System

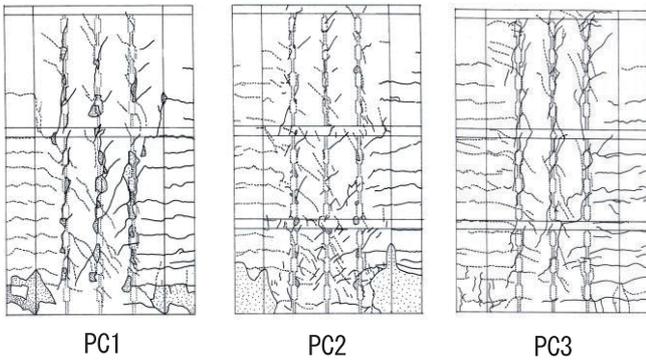


Fig. 3 Crack Patterns (Final Stage)

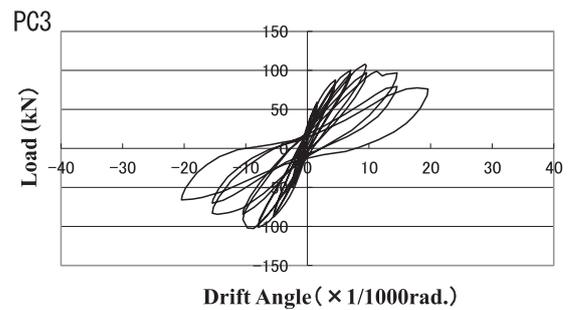
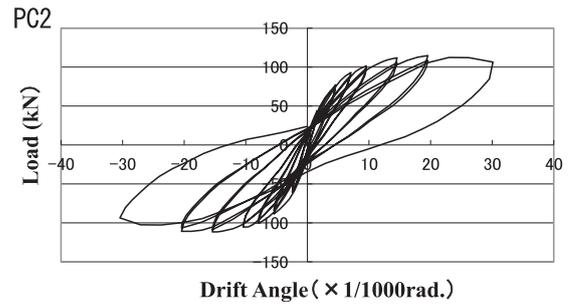
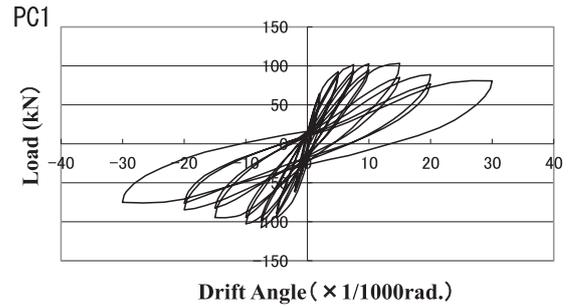


Fig. 4 Load - Deflection Curve

とした。正加力は、試験体右側に設置したピン支承及び PC 鋼棒を介して、水平ジャッキで引くことにより载荷した。すなわち、試験体にとっては右側を押すこととなる。ただし、柱部材どうしを PC 鋼棒で締め付けることがないようにして载荷した。せん断スパン比は 2.4 である。軸力は試験体上方の油圧ジャッキにより载荷し、軸力比 0.2 の定軸力 (PC1 : 488kN, PC2 : 441kN, PC3 : 474kN) とした。試験体上面には、各柱部材の上部にピン支承を設け、鋼板を介して油圧ジャッキにより軸力を加えた。加力は 2 階床レベル高さ (615mm) での変位制御とし、部材角 1/1000 (rad.) (1 回), 2/1000, 5, 7.5, 10, 15, 20, (各 2 回), 30/1000 (1 回) における正負交番繰り返し加力とした。変位計で各区間の伸縮量, 柱部材間の目開き及びずれを, また, ワイヤーストレインゲージで帯筋, 水平つなぎ筋, 及び主筋のひずみを計測した。帯筋のゲージ貼付位置は帯筋各辺の中央とした。

3. 実験結果

3.1 破壊状況

Fig.3 にひび割れ状況を示す。ひび割れは、PC1, PC2, PC3 のいずれも、正負加力時において、2/1000 までに曲げひび割れが試験体下部に発生した。その後、曲げひび割れは上方及び中央寄りに進展した。また、5/1000 までに曲げせん断ひび割れ及びコッター部におけるせん断ひび割れが発生し、進展した。5/1000 におけるコッター部のせん断ひび割れは、PC1, PC3 に比べて、PC2 では少なかった。正負加力時とも、PC1, PC2 では 5/1000 までに、PC3 では 7.5/1000 までに、それぞれ圧縮側脚部においてコンクリートの圧壊 (縦ひび割れ) が発生した。

鉄筋の降伏については、正加力時に、PC1とPC3では5/1000までに、PC2では7.5/1000までに、それぞれ最外縁圧縮主筋が圧縮降伏（降伏ひずみ2146 μ ）した。また、3体いずれも、15/1000までに、最外縁引張主筋が引張降伏した。

7.5/1000以降、PC1においては、コッター部のせん断破壊、すなわち、コッター部せん断ひび割れの進展、ひび割れ幅の拡大、さらには、コッターのグラウトおよび周辺コンクリートの剥落が生じ、また、脚部のコンクリート圧壊も生じて20/1000以降、耐力がやや低下した。PC2においては、コッター部のせん断ひび割れの進展は大きくなく、曲げひび割れおよび曲げせん断ひび割れの進展、ならびに脚部のコンクリート圧壊が生じ、30/1000のサイクルで耐力がやや低下した。但し、30/1000の耐力が低下するあたりでは、わずかではあるが、コッター部のグラウトとコンクリートとの目開きが観察された。PC3では、コッター部のせん断破壊により15/1000以降耐力が大きく低下した。3体とも、加力終了に至るまで軸力を保持していた。

3体を比較すると、脚部の圧壊はPC1、PC2で目立ち、特にPC2で顕著であった。一方、PC3では縦ひび割れは発生、進展したが、かぶりコンクリートの剥落はほとんど生じず、圧壊はPC1、PC2に比べ少なかった。コッター部のせん断破壊は、PC1、PC3で目立ち、PC2では少なかった。

3.2 荷重－変形関係

Fig.4に荷重－変形関係を示す。PC1では、最大荷重は正加力時において15/1000で103.0kN、負加力時において7.5/1000で107.5kNであった。正側では20/1000以降、負側では10/1000以降、荷重がやや低下した。PC2では、最大荷重は正加力時において20/1000で114.8kN、負加力時において15/1000で111.5kNであった。正側、負側とも、最終の30/1000のサイクルにおいて、荷重がやや低下した。PC3では、最大荷重は正加力時において10/1000で107.8kN、負加力時において10/1000で103.5kNであった。正負加力時とも15/1000から耐力が低下し始め、20/1000で大きく耐力が低下した。20/1000では最大耐力の80%以下の荷重となり、加力を終了した。

3体を比較すると、PC2では最終付近まで耐力低下は少なかったのに対し、PC1、PC3では15/1000前後から耐力低下が生じた。特にPC3では低下が大きく、脆性的であった。

3.3 帯筋（壁厚さ方向測定点）の水平方向ひずみ分布

Fig.5に高さ152.5mmにおける帯筋の水平方向ひずみ分布を示す。ここで、帯筋におけるひずみゲージ貼付位置は、壁厚さ方向中央である。帯筋の壁厚さ方向は、加力直交方向であるため、壁厚さ方向測定点の値は、水平力に対するせん断補強効果よりも、軸応力に対するコンクリート拘束効果を表すと考えられる。グラフは、正加力時の各部材角における圧縮端部からの距離と帯筋ひずみの関係を示している。いずれの高さにおいても部材角の増大とともに帯筋ひずみは増えている。

PC1では、圧縮端部より114mmの点は、5/1000まではあまり変化は見られないが、7.5/1000以降、ひずみの増大が大きくなり、10/1000以降では最もひずみが大い点となっている。圧縮端部より114mmの点は、圧縮端部から2番目の柱の圧縮側に位置する。したがって、圧縮端部の柱と2番目の柱はそれぞれ、より圧縮側のひずみの方が大きく、これら2本の柱は7.5/1000以降、独立したコンクリート圧縮応力状態の傾向が強まっていると考えられる。PC2では、圧縮端部から中央寄りに向かって、ひずみが徐々に減少しており、圧縮端部の柱と2番目の柱が一体となった圧縮応力状態であると考えられる。ただし、最終の30/1000においては、若干、独立した圧縮応力状態の傾向が見られる。PC3では、圧縮端部より114mmの点にて、特に15/1000からはひずみの増大が大きい。これはPC1の場合と同様、圧縮端部から2番目のプレキャスト柱の独立した動きによるものと考えられる。

3体を比較すると、PC1とPC3にプレキャスト柱の独立した動きが見られるのに対し、PC2では、最終の30/1000において若干みられる程度である。これは、PC2では水平つなぎ筋量が他の2体よりも多く、そのため最終近くまで一体性が保たれたためと考えられる。PC1とPC3を比較すると、20/1000まで、各測定点におけるひずみの値はほぼ同程度である。PC3は耐力低下のため、20/1000で加力を終了したが、PC3では、最終の30/1000において、圧縮端部より114mmの点におけるひずみはさらに増大しており、独立した傾向はさらに増している。

3.4 壁脚部における鉛直ひずみの水平方向分布

Fig.6に、壁脚部からの検長を65mmとした場合の変位計による鉛直ひずみの水平方向分布を示す。グラフは、

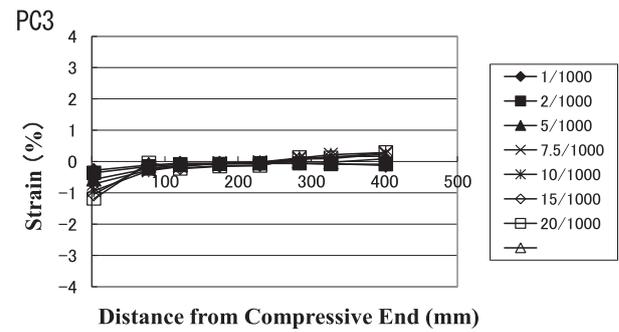
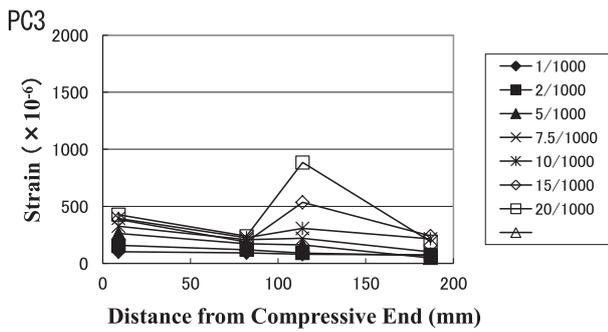
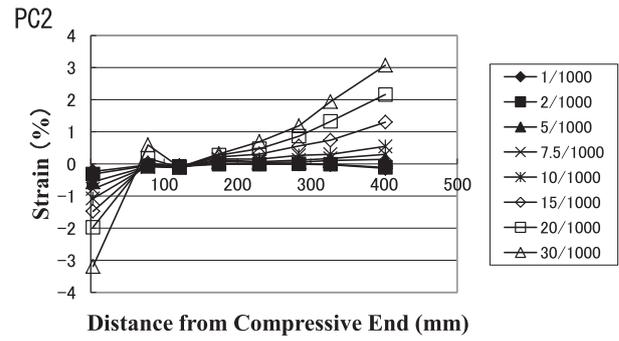
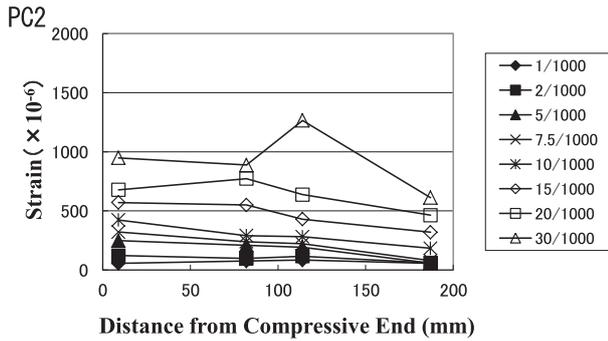
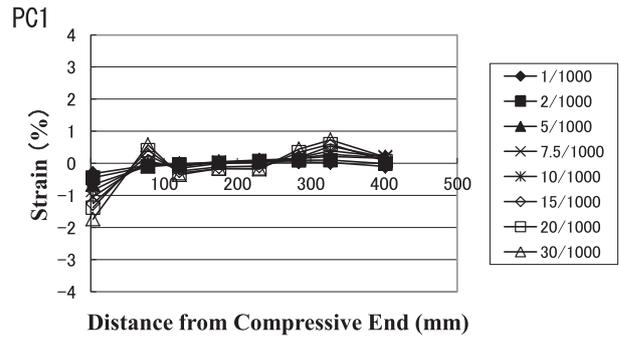
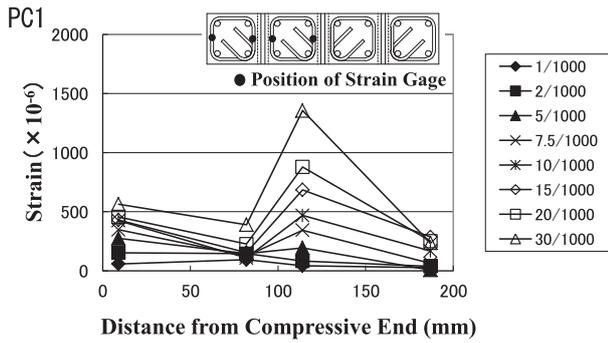


Fig. 5 Horizontal Strain Distribution of Hoop (Height of 152.5 mm)

Fig. 6 Horizontal Distribution of Vertical Strain at Bottom

正加力時の各部材角における圧縮端部からの距離と、変位計によるひずみの関係を示している。PC1においては、5/1000までは、圧縮端部から引張端部にかけて、全体的には直線的に圧縮ひずみから引張ひずみへ変化している。一方、7.5/1000以降、圧縮端部より78mmの点において引張ひずみの増大が顕著である。78mmの測定点より1つ中央寄り、圧縮端部より121mmの測定点では2/1000から最終の30/1000に至るまで圧縮ひずみが増加し続けたことより、両者の間には不連続な挙動が見られる。すなわち、78mmの測定点は、圧縮端部のプレキャスト柱の範囲にあり、121mmの測定点は圧縮端部から2番目のプレキャスト柱の範囲にあることから、これは、圧縮端部の柱と2番目の柱の独立した挙動を示すものと考えられる。また、この挙動は、帯筋の水平方向分布において7.5/1000以降に示された、両柱間の独立した圧縮応力状態に対応していると考えられる。なお、引張端部におけるひずみは最終の30/1000に至るまで、あまり増大していない。

PC2においては30/1000に至るまで、全体的に圧縮端部から引張端部にかけて、直線的に圧縮ひずみから引張ひずみへ変化している。PC1と比べて、特に、引張側におけるひずみの増大が大きい。ただし、20/1000以降において、PC1と同様に、圧縮端部より78mmの点において引張ひずみの増大が見られ、PC1より遅い最終近くの段階で、圧縮端部の柱と2番目の柱の独立した挙動を示したものと考えられる。

PC3では、圧縮端部より78mmの測定点では、10/1000まで圧縮ひずみが増加していたが、15/1000から減少し始め、20/1000では0に近づいている。78mmの測定点より1つ中央寄り、圧縮端部より121mmの測定点では最終の20/1000まで圧縮ひずみが増加し続けたことより、PC1の場合と同様、両者間に不連続な挙動が見られる。

3体を比較すると、圧縮端部から引張端部にかけて全体的にPC1、PC3と比べて明らかにPC2の値が大きく、特に引張側でその傾向が顕著である。また、圧縮端部から引張端部にかけての変化の仕方がPC2はより直線的で、平面保持の傾向が大きい。これは、プレキャスト柱間の一体性がより強いことを表していると考えられ、水平つなぎ筋量が多いためであると考えられる。上述のように、PC1及びPC3では圧縮端部の柱と2番目の柱の独立した挙動が顕著で、部材角の増大と共にプレキャスト柱間の一体性が低下し、そのため、特に引張側での値が小さいと考えられる。この傾向は特にPC3において顕著で、圧縮端部より284mm、327mmの測定点、すなわち、引張側から2番目、3番目の測定点では、PC1に比べPC3の値が特に小さい。

3.5 水平つなぎ筋のひずみ分布

Fig.7に、正加力時の各部材角における水平つなぎ筋のひずみ分布を示す。ひずみ分布は各試験体において最も値の大きい高さでの分布を示しており、PC1及びPC3では2階床レベル、PC2では1階中央高さレベルでのひずみ分布である。降伏ひずみ(PC1及びPC2:2146 μ 、PC3:4229 μ 、但し、PC3では明瞭な降伏点をもたない為、0.2%オフセット法による)以下のひずみでは、全体的に引張端部側より圧縮端部側の方がひずみ大きい。

PC1では2/1000から5/1000までの部材角で、ひずみの増大が顕著である。また、20/1000に達すると圧縮端部より93mmの点、すなわち、圧縮端部の柱と2番目の柱の境界部における測定点でひずみが降伏ひずみを超え、急激に増大している。これは、PC1における20/1000以降の耐力低下に対応していると考えられる。前述の壁脚部における鉛直ひずみの水平方向分布等では、圧縮端部の柱と2番目の柱の独立した挙動を示している。したがって、この境界部分における水平つなぎ筋の降伏により両柱の一体性が弱まり、独立した挙動となり、耐力が低下したものと考えられる。

PC2では、PC1と同様2/1000から5/1000までの部材角でひずみの増大が顕著である。また、30/1000に達すると圧縮端部より93mmの点でひずみが降伏ひずみを超え、急激に増大している。PC2では30/1000のサイクルにおいて耐力がやや低下し、また、壁脚部における鉛直ひずみの水平方向分布等より、圧縮端部の柱と2番目の柱の独立した挙動を示している。したがって、30/1000のサイクルにおいて、PC1の場合と同様この境界部分における水平つなぎ筋の降伏により両柱の一体性が弱まり、独立した挙動となり、耐力がやや低下したと考えられる。

PC3では、10/1000に達すると圧縮端部より307.5mmの点で降伏ひずみを超え、急激に増大している。グラフでは正加力2回目の値を示しているが、当該測定点は、10/1000の負加力1回目の時に既に降伏している。すなわち、当該測定点が10/1000で圧縮側となった時に降伏している。また、15/1000では圧縮端部より97.5mmの点で降伏ひずみを超え、さらに、20/1000では圧縮端部より202.5mmの点で降伏ひずみを超えている。

3体のひずみ分布を比較すると、圧縮端部の柱と2番目の柱の境界部における測定点でひずみが降伏ひずみを超える部材角がPC1、PC2、PC3でそれぞれ20/1000、30/1000、15/1000となっており、いずれの場合も荷重が低下し始める部材角に対応している。特にPC3では、20/1000までに、3箇所すべての柱境界部で降伏ひずみを超えており、荷重-変形関係において3体中最も脆性的であったことと対応している。また、壁脚部における鉛直ひずみの水平方向分布等における柱の独立した挙動とも対応している。したがって、水平つなぎ筋の降伏によりプレキャスト柱間の一体性が低下し、プレキャスト柱が独立した挙動を始め、そのため荷重が低下したと考えられる。これらの挙動が始まった部材角がPC3で最も小さく、PC2で最も大きかったことから、水平つなぎ筋量が少ないほど一体性に乏しく、また、PC2ではほぼ一体的な挙動を示したといえる。

3.6 圧縮側端部の鉛直方向ひずみ分布

Fig.8に圧縮側端部における変位計による鉛直方向ひずみ分布をそれぞれ示す。グラフは正加力時の各部材角における壁脚部からの高さとの鉛直方向ひずみの関係を示している。全体的に脚部に近いほど、ひずみが大きくなっており、部材角の増大とともにひずみは増大している。

PC1では、2/1000で脚部から65mmまで、約0.5%のひずみが発生しているが、10/1000になると脚部から170mmまで0.5%のひずみの値となっている。さらに30/1000では、170mmまで1%を超えるひずみとなっている。これらひずみの特に大きい領域は高さ170mmまでに集中し、前述のひび割れ状況での圧壊領域と対応している。

PC2においては、5/1000で脚部から65mmまで、約0.5%のひずみが発生しているが、15/1000になると脚部から170mmまで0.5%のひずみの値となっている。さらに30/1000では、65mmまで3%を超える特に大きなひずみ

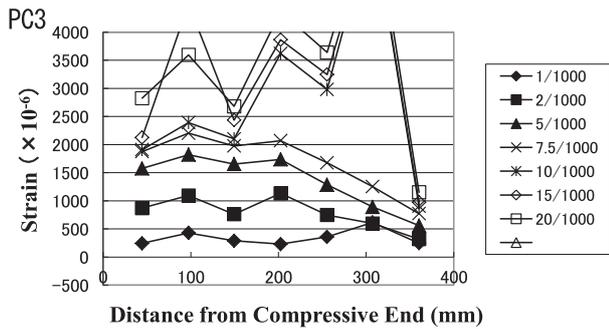
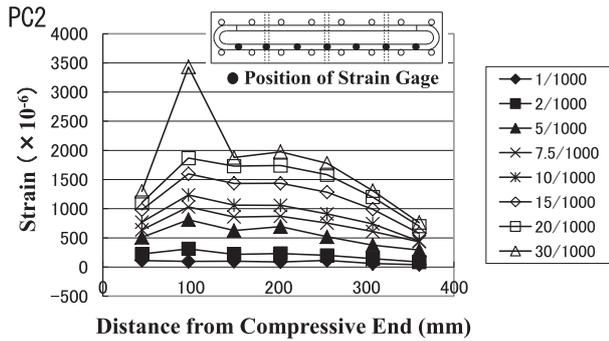
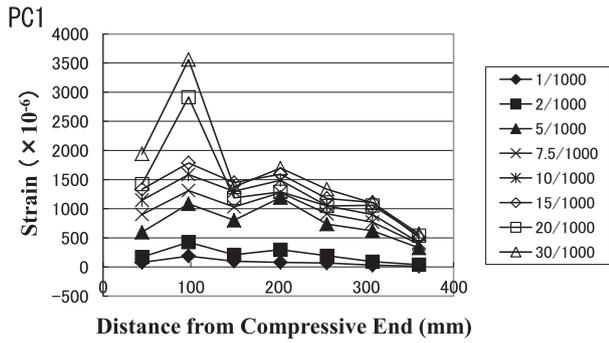


Fig. 7 Strain Distribution of Horizontal Tied Rebars

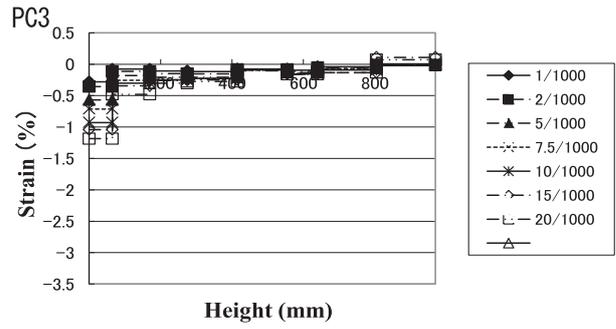
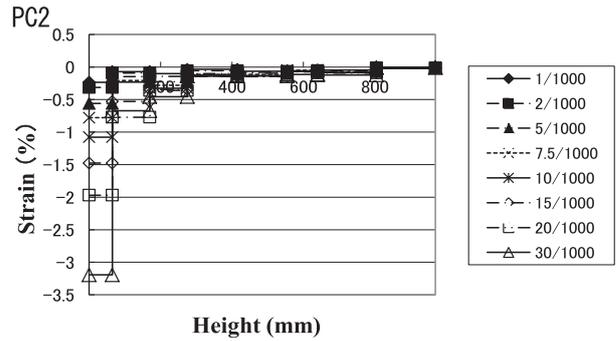
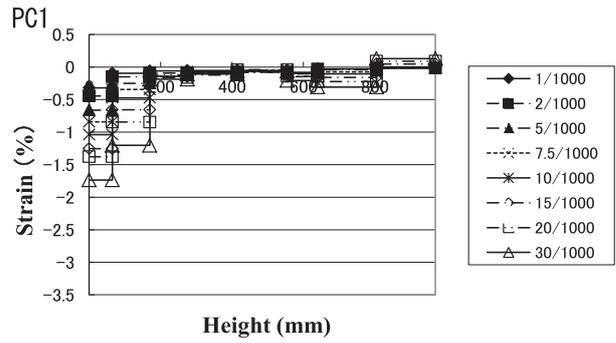


Fig. 8 Vertical Distribution of Strain at Compressive End

となっており、275mmまでにおいても0.45%を超えるひずみとなっている。これらひずみの特に大きい領域は高さ275mmまでに集中しており、PC1の場合と同様、ひび割れ状況における圧壊領域と対応している。

PC3では20/1000になると脚部から170mmまで約0.5%のひずみとなっている。PC3においては、PC1、PC2のようなかぶりコンクリートが剥落する顕著な圧壊はあまり見られなかったが、ひび割れ状況において示したように、脚部の圧縮領域において7.5/1000までに縦ひび割れが発生し、その後、進展した。したがって、20/1000で脚部から170mmまで約0.5%のひずみとなった領域は縦ひび割れが進展した領域に対応していると考えられる。

3体を比較すると、脚部から65mmまでの領域では、特にPC2の値が大きく、最終で3%を超えている。また、PC2では、0.45%を超えるひずみが275mmまで広がっており、ひび割れ状況からも圧壊領域が最も大きいと言える。これは、PC2が最も一体性が高く、圧縮端部への応力集中が高まったためと考えられる。PC1では65mmから170mmまでのひずみがPC2よりも大きい。PC3は脚部から65mmまでの領域で3体中最も小さいひずみで、ひび割れ状況にも表れている。これは、PC3がプレキャスト柱間の一体性が特に低く、そのため、脚部の圧壊よりも鉛直接合部におけるせん断破壊が先行したためと考えられる。

3.7 鉛直接合部の挙動

3.7.1 目開きの水平方向分布

Fig.9に、正加力時のプレキャスト柱部材間の鉛直接合部における目開きの水平方向分布を示す。目開きの測定位置は、1段目は1階柱下部（高さ170mm）、2段目は1階柱上部（高さ415mm）、3段目は2階柱中央部（高さ

805mm) である。ここでは、最も値の大きかった2段目の測定結果を示す。目開きは、柱部材間の水平方向相対変位を変位計で測定した。いずれの段においても、部材角の増大とともに目開きは増えている。

PC1では、2/1000までと比べて5/1000から目開きが増大し始めている。水平方向の分布は、圧縮端部側と引張端部側で目開きが大きく、中央部では小さい。この傾向は、7.5/1000から徐々に目立ち始めている。分布はほぼ左右対称形である。最大値は30/1000において、引張端部側で3.7mmとなった。なお、最大値は、1段目では圧縮端部側で2.4mm、3段目では中央部で1.0mmであった。

PC2では、分布形状はPC1とほぼ同様であるが、目開きの値は全体にPC1より小さい。目開きの増加は、耐力低下の見られた30/1000でやや大きい。最大値は30/1000において、引張端部側で1.1mmとなった。最大値は、1段目では圧縮端部側で1.1mm、3段目では圧縮端部側で0.7mmであった。

PC3では、水平方向の分布は、圧縮端部側から引張端部側にかけて差は小さく、圧縮側がやや大きい。15/1000から20/1000にかけて引張側でやや増大し、最大値は20/1000において、圧縮端部側で1.3mmとなった。最大値は、1段目では圧縮端部側で0.9mm、3段目では圧縮端部側で0.9mmであった。

3体を比較すると、PC1の目開きが特に大きく、次いでPC3、PC2の順である。分布形状はPC1とPC2では両端が大きく、同様の形状である。PC2は水平つなぎ筋量が最も多く、前述の水平つなぎ筋のひずみ分布においても降伏は3体の中で最も遅く、一体性は最も高いと考えられる。そのため、目開きも最も小さいと考えられる。PC1は1階中央高さに水平つなぎ筋が配筋されていないことが、目開きが特に大きい原因と考えられる。

3.7.2 ずれの水平方向分布

Fig.10に、正加力時のプレキャスト柱部材間の鉛直接合部におけるずれの水平方向分布を示す。ここで、ずれの測定位置は、前述の目開きの測定位置と同じである。ずれは、柱部材間の鉛直方向相対変位を変位計で測定した。正加力時に鉛直接合部の圧縮端部側が、引張端部側よりも相対的に上方にずれる場合を正とした。いずれの段においても、部材角の増大とともにずれは増えている。

PC1では目開きと同様、2/1000までと比べて、5/1000からずれが増大し始めている。圧縮端部に近いほどずれは大きい傾向にある。最大値は30/1000で3.9mmとなった。最大値は、1段目では圧縮端部側で3.2mm、3段目では圧縮端部側で1.4mmであった。

PC2では圧縮端部側、引張端部側と比べ、中央部で小さい。全体的に値はPC1より小さく、20/1000までの最大値は0.7mmで、30/1000で圧縮端部側のひずみが急増し、最大値は1.5mmとなった。他の段の最大値は、1段目では圧縮端部側において30/1000で値が0.8mmから急増し1.9mm、3段目では圧縮端部側で1.0mmである。

PC3では圧縮端部に近いほどずれは大きい傾向にある。圧縮端部側では、最終的に20/1000で2.6mmとなった。最大値は、1段目では圧縮端部側で1.4mm、3段目では圧縮端部側で2.3mmであった。

3体を比較すると、PC1の目開きが最も大きく、次いでPC3、PC2の順である。但し、PC1とPC3を比較すると、最終部材角がPC1では30/1000であるのに対し、PC3では20/1000であるため、最大値ではPC1の3.9mmに対しPC3は2.6mmと小さくなっているが、同じ部材角で比較すると、特に、15/1000及び20/1000では両者はほぼ同じ値となっている。上述の目開きの場合、PC3に対しPC1の値が大きく、PC1では1階中央高さに水平つなぎ筋が配筋されていない為と思われるが、ずれの場合、その影響は少ないと考えられる。PC2は水平つなぎ筋量が最も多く、一体性は最も高いと考えられ、そのため目開きの場合と同様、ずれも最も小さいと考えられる。

3.8 最大耐力

Table 3に最大耐力を示す。最大耐力の計算は、既往の壁、壁柱の式が中間の全縦筋引張降伏を仮定し、本実験結果と異なる為、Table 3に示す既往の柱の曲げ耐力式を用いた。実験値は計算値に対し、コッター部のせん断破壊により一体性の弱まったPC1では、13~17%低い。一体性がほぼ保たれたPC2では1に近い値となった。PC1と同様コッター部のせん断破壊が顕著であったPC3は実験値の方が11~15%低い。PC1とPC3は、コッター部のせん断破壊で耐力が大きく低下したことから、鉛直接合部耐力が鉛直接合部の作用せん断力を下回り、鉛直接合部破壊が曲げ破壊に先行したと考えられる。

一方、PC2はコッター部のせん断破壊がPC1及びPC3ほど顕著ではなく、鉛直接合部耐力が鉛直接合部の作用せん断力を上回ったと考えられる。そのため最終の30/1000付近まで一体性が保たれ、荷重がほとんど低下しな

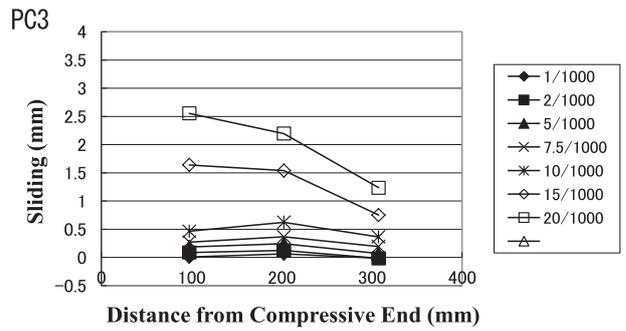
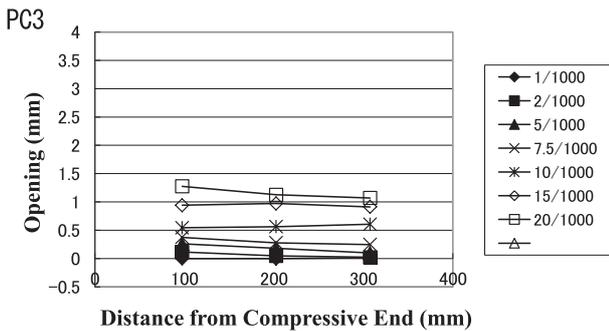
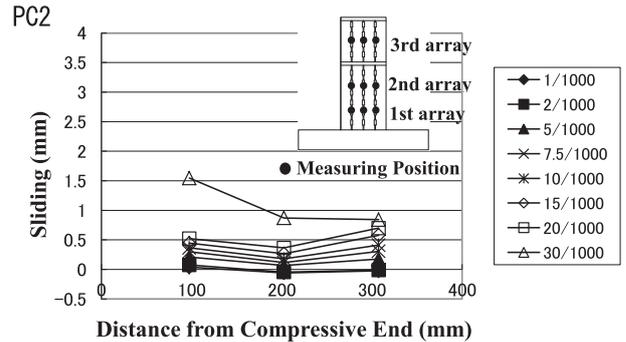
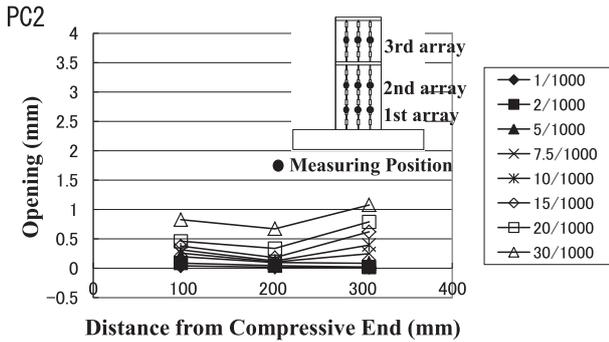
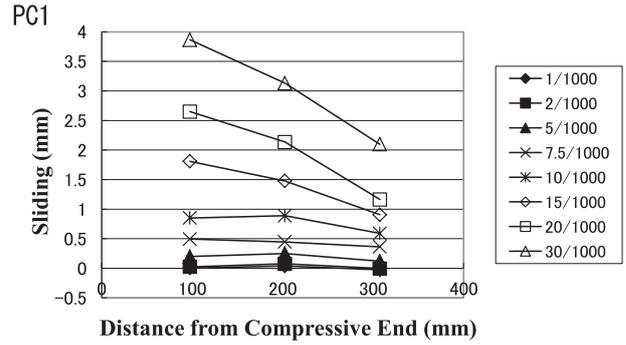
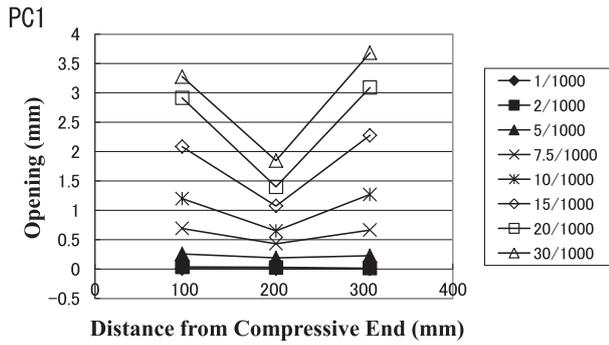


Fig. 9 Horizontal Distribution of Opening (Second Array)

Fig. 10 Horizontal Distribution of Sliding (Second Array)

Specimen	Horizontal Strength		
	Exp. Load	Cal. Load	Exp./Cal.
PC1	103.0(107.5)	123.5	0.83(0.87)
PC2	114.8(111.5)	115.7	0.99(0.96)
PC3	107.8(103.5)	121.2	0.89(0.85)

Cal. Load of Horizontal Strength P_{NU} : REFERENCES ⁽⁷⁾

$P_{NU} = M_u / H$, H : Height of Loading

$M_u = 0.5 a_g \sigma_y g_1 D + 0.5 N D (1 - N / (b D F_c))$

かったと考えられる。設計時には靱性確保の観点から、脆性的な鉛直接合部破壊を避ける必要がある。鉛直接合部耐力には、水平つなぎ筋量が大きく影響すると考えられるが、PC1, PC3 では水平つなぎ筋量が少なく、そのため鉛直接合部耐力が鉛直接合部の作用せん断力を下回り、脆性的な耐力低下に至ったと考えられる。PC3 では特にその傾向が顕著であった。

4. まとめ

水平つなぎ筋量が異なるフルプレキャスト壁柱試験体による水平加力実験を行い、その構造性能について比較検討した。試験体は水平つなぎ筋を2階、3階床レベルにのみ集中配筋したPC1、これに対し、柱部材間の一体化をより強めるために、水平つなぎ筋をさらに1階中央高さにも加えたPC2、また、PC2に対して水平つなぎ筋量が少ないPC3である。検討の結果、水平つなぎ筋量の影響について以下のことが明らかとなった。

- (1) 水平つなぎ筋量の少ないPC1、PC3では、コッター部におけるせん断破壊が顕著で、それによってPC1では20/1000から、PC3では15/1000から耐力が低下した。特にPC3では20/1000における耐力低下が大きく、最大耐力の80%以下となった。
- (2) 水平つなぎ筋量の多いPC2では、コッター部におけるせん断破壊は少なく、脚部の圧縮端部における圧壊が目立ったが、大きな耐力低下にはつながらなかった。
- (3) 帯筋の水平方向ひずみ分布及び壁脚部における鉛直ひずみの水平方向分布より、PC1及びPC3において、プレキャスト柱間の顕著な独立した挙動が見られた。PC2においても、最終の30/1000付近で同様な傾向が見られた。
- (4) 水平つなぎ筋のひずみ分布において、PC1では20/1000から、PC2では30/1000で、PC3では15/1000から圧縮端部の柱と2番目の柱の境界部において降伏している。これらの境界部分における水平つなぎ筋の降伏によりこれらプレキャスト柱の一体性が弱まり、上述の独立した挙動となって耐力が低下したと考えられる。
- (5) 鉛直接合部における目開きは、PC1が最も大きく、水平つなぎ筋量の多いPC2は最も小さい。ずれはPC1とPC3は同程度で、PC2が最も小さい。これらの挙動はプレキャスト柱の一体性に対応しており、耐力低下につながると考えられる。
- (6) 最大耐力に関して、PC1とPC3は実験値が既往の柱の曲げ耐力式による計算結果を下回った。これはこれら2体の水平つなぎ筋量が少なく、鉛直接合部耐力が鉛直接合部の作用せん断力を下回り、鉛直接合部破壊が曲げ破壊に先行したためであると考えられる。一方、PC2は鉛直接合部耐力が鉛直接合部の作用せん断力を上回り、そのため最終の30/1000付近まで一体性が保たれ、荷重がほとんど低下しなかったと考えられる。

文 献

- (1) 古宮嘉之, 山本憲一郎, 向出静司, 益尾潔, “鉛直接合部を介してプレキャスト部と現場打ち部を一体化したRC造壁柱の曲げせん断実験(その1, その2)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (2003), pp.255-258
- (2) 中澤春生, 大久保香織, 刑部章, 淵本正樹, “プレキャスト柱型を内蔵するRCコアウォールの耐力及び変形性能評価に関する実験”, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, (2009), pp.463-468
- (3) 仲地唯治, 徳永諒太, “RC造プレキャストコア壁の構造性能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, (2012), pp.367-370
- (4) 仲地唯治, “RC造プレキャストコア壁における水平つなぎ筋の効果”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (2013), pp.105-106
- (5) Tadaharu Nakachi, “Effect of Horizontal Tied Rebars on Precast Reinforced Concrete Core Walls”, 福井工業大学研究紀要, (2013), 第43号, pp.191-201
- (6) 仲地唯治, “水平つなぎ筋量の少ないRC造プレキャストコア壁の構造性能に関する実験的研究”, 福井工業大学研究紀要, (2014), 第44号, 投稿中
- (7) 日本建築学会編, 建築耐震設計における保有耐力と変形性能(1990), pp.396-397, 日本建築学会

(平成27年3月31日受理)