

水平つなぎ筋を有する RC 造 PCa コア壁において せん断スパン比が構造性能に及ぼす影響*

仲地 唯治^{*1}, マ キョウ^{*2}

Effect of Shear Span Ratio on Structural Performance of Precast Reinforced Concrete Core Walls with Horizontal Tied Rebars

Tadaharu NAKACHI^{*1} and Xiao MA^{*2}

^{*1} Faculty of Engineering, Department of Architecture and Civil Engineering

Precast core walls in high-rise buildings are effective for construction because they can be built more quickly than cast-in-place core walls. In this study, lateral loading test results were analyzed 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 shear span ratio on structural performance of precast reinforced concrete core walls was clarified.

Key Words : Reinforced Concrete, Core Wall, Precast, Shear Span Ratio, Horizontal Tied Rebar

1. はじめに

建設業における労働力不足の深刻化に対し、超高層建物において、建設時の工期短縮、省力化のためにプレキャスト化が有効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として、向出ら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。毛利ら²⁾は、隅角部及び先端部をプレキャスト化したコ型 PCaPC 造コア壁について静的交番載荷実験を実施している。また、中澤ら³⁾は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。

一方、著者らは RC 造コア壁を端部だけでなく全体をプレキャスト化した場合の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壁柱による水平加力実験を行った⁴⁾。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。柱部材間の接合には建設時の施工性を考慮し、鉛直接合部に分散して配筋する接合筋ではなく、床レベル等に集中配筋する水平つなぎ筋を用いた。

また、同様のプレキャスト壁柱試験体により、せん断スパン比が異なる場合の水平加力実験を実施し、水平つなぎ筋量、コッター数が異なる場合の、せん断スパン比が構造性能に与える影響について検討した⁵⁾。

本研究では、これらに対し、さらにせん断スパン比が小さい場合の水平加力実験を実施し、せん断スパン比が構造性能に与える影響について検討した。

2. 実験概要

* 原稿受付 2023 年 4 月 28 日

^{*1} 工学部 建築土木工学科

^{*2} 社会システム学専攻 大学院生

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

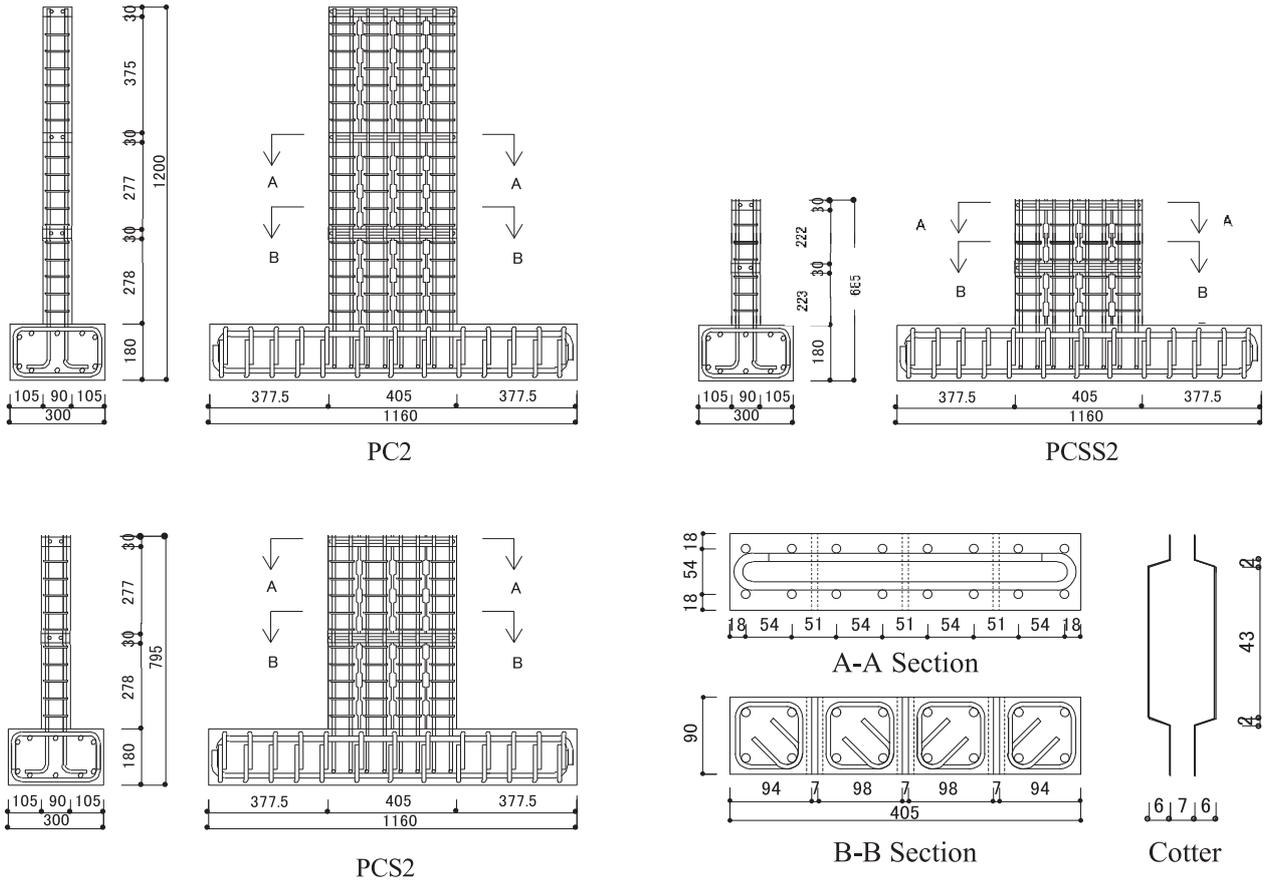


Fig. 1 Test Specimen

Table 1 Physical Properties of Concrete

Specimen	Compressive Strength (N/mm ²)	Young's Modulus (×10 ⁴ N/mm ²)	Split Strength (N/mm ²)
PC2	Precast	60.6	2.75
	Latter	58.7	2.13
	Grout	91.7	4.85
PCS2	Precast	60.9	2.67
	Latter	56.5	2.27
	Grout	96.7	5.64
PCSS2	Precast	67.6	3.26
	Latter	60.6	3.60
	Grout	101.2	4.31

Table 2 Physical Properties of Steel

Bar Size	Yield Strength (N/mm ²)	Maximum Strength (N/mm ²)	Young's Modulus (×10 ⁵ N/mm ²)	Elongation (%)
D10(PC2,PCS2)	397	577	1.85	18.5
D10(PCSS2)	404	576	1.84	17.4
U5.1	1368	1491	2.11	9.3

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を想定した実大の約 1/8 のモデルで、コア壁の圧縮端部近傍壁板を模擬した長方形断面の壁柱試験体 PCSS2 である。以前に実施した、せん断スパン比が PCSS2 よりも大きい試験体 PC2⁴⁾、PCS2⁵⁾ についても合わせて示している。

壁柱断面 $b \times D = 90\text{mm} \times 405\text{mm}$ 、コンクリート調合強度 60N/mm^2 、最大骨材寸法 5mm である。軸力は、いずれも軸力比 $\sigma_0/\sigma_B = 0.2$ ($\sigma_0 = N/A$, N : 軸力, A : 断面積, σ_B : コンクリート圧縮強度) とした。

いずれの試験体も、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 で平滑な面のコッターを設け、調合強度 80N/mm^2 のグラウトを充填した。2 階 (PC2 においては 3 階も) の床部分はコンクリ

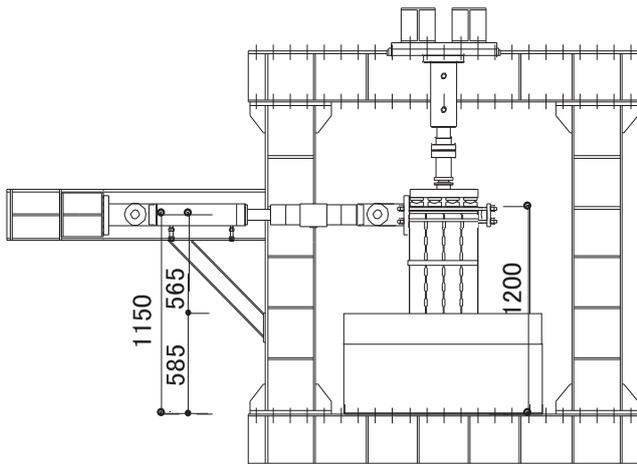


Fig. 2 Loading System

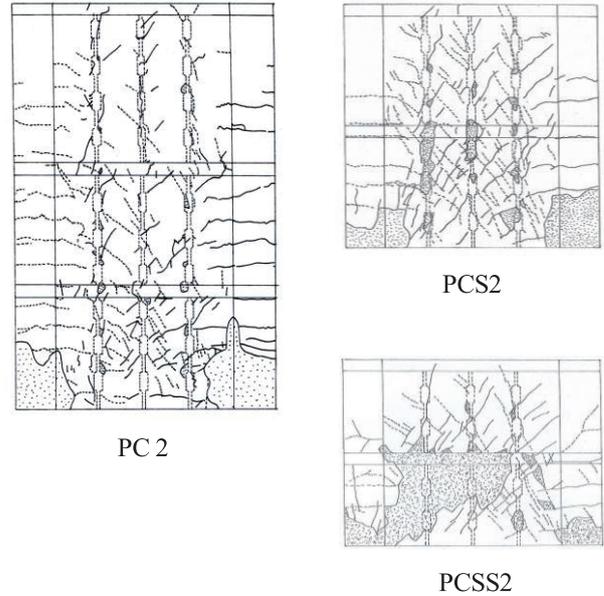


Fig. 3 Crack Patterns

ート後打ちとし、水平つなぎ筋を配筋した。また、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。せん断スパン比は1.1である。

水平つなぎ筋は後から配筋し、両端主筋に水平つなぎ筋の両端フックを掛けるのが困難であるため、両端180°フック、2本一組の向い合せで(フック部重ね長さ87mm)試験体側面より主筋内側に差し込んだ。主筋は通し配筋、グラウトは流し込みで、柱間7mmに対シグラウトの粘性が高く、充填性向上のため、試験体作製は横打ちとした。

主筋及び水平つなぎ筋にはD10(SD345)を用い、帯筋には高強度鉄筋U5.1 (1300 N/mm²級)を用い、ピッチを55mmとした。いずれの試験体もかぶり厚さは6mmである。

2.2 実験方法

Fig.2に加力装置を示す。図はPCS2の加力装置を示している。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。水平力を作用させる水平ジャッキは載荷能力の都合上、PCSS2では両側に、PC2、PCS2では片側に設置した。図は片側のみに設置した場合を示す。

図中、試験体左側より水平ジャッキで押す場合を負加力とした。PCSS2においては、同様に試験体右側より水平ジャッキで押す場合を正加力とした。Fig.2のPCS2においては、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、水平ジャッキで引くことで載荷した。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載荷した。PC2においてもPCS2と同様の載荷方法とした。せん断スパン比はPCSS2が1.1、PCS2が1.4、PC2が2.4である。

軸力は試験体上方の油圧ジャッキにより載荷し、軸力比0.2の定軸力(PCSS2:493kN、PCS2:444kN、PC2:441kN)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(PCSS2:455mm、PCS2:565mm、PC2:615mm)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、箔ゲージで帯筋、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、壁厚さ方向および壁長さ方向のひずみを計測した。

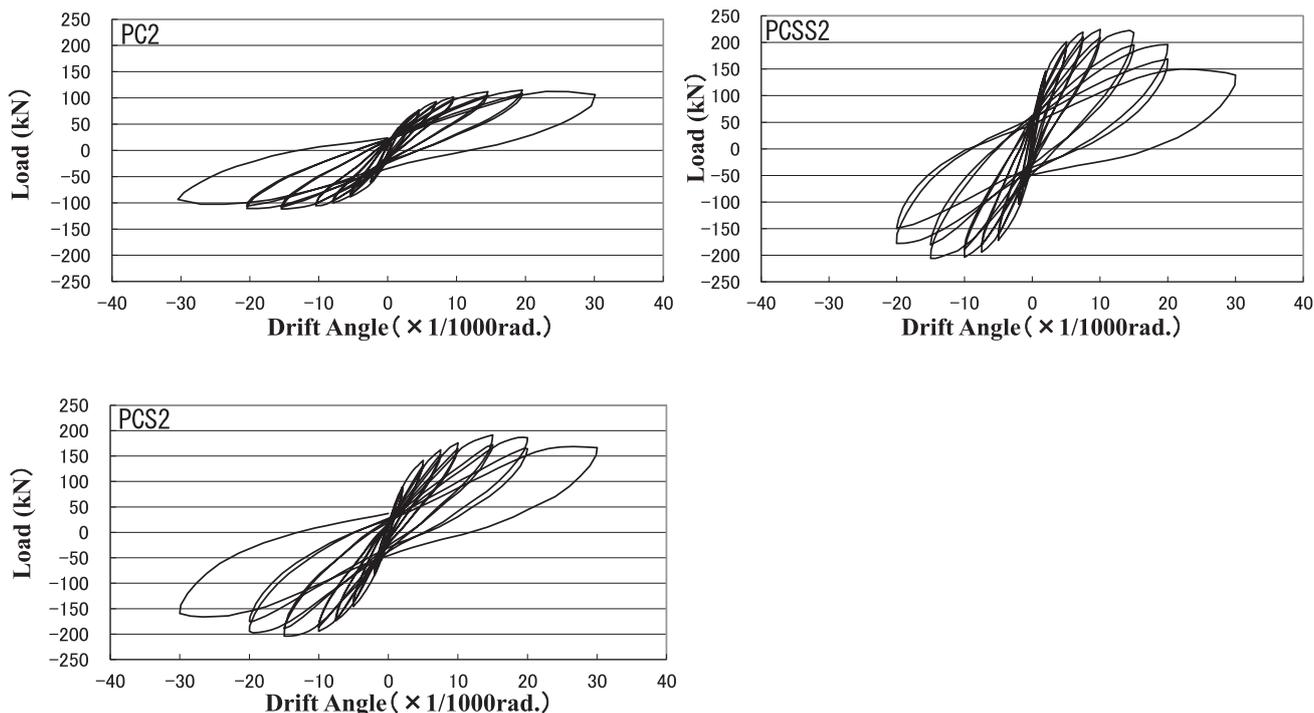


Fig. 4 Load - Deflection Curve

3. 実験結果

3.1 破壊状況

Fig.3 に最終ひび割れ状況を示す。ひび割れは、PC2, PCS2 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。PCSS2 では、正負加力時ともに 2/1000 までに、せん断ひび割れが発生し、5/1000 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、PC2 では 5/1000 までに、PCS2, PCSS2 では 2/1000 までにコッター部におけるせん断ひび割れが発生し、進展した。正負加力時とも、PC2 では 5/1000 までに、PCSS2 では 7.5/1000 までに、PCS2 では 10/1000 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。

7.5/1000 以降、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。PCS2 では、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、コッター部のグラウトおよび周辺コンクリートの剥落が生じた。PCSS2 では、圧縮側のせん断ひび割れ部においてせん断圧縮破壊が生じ、また、コッター部のせん断ひび割れが進展し、耐力が大きく低下した。

3 体を比較すると、いずれも脚部の圧壊が認められた。一方、コッター部のせん断破壊は、PCS2, PCSS2 で目立ち、PC2 では少なかった。コッター部におけるせん断ひび割れは、PC2 では 5/1000 まで、PCS2, PCSS2 では 2/1000 までに発生しており、PC2 の方が遅い段階でコッター部にせん断ひび割れが発生していた。その後、PC2 ではコッター部のひび割れに進展はあったものの、目立った破壊はなかった。一方、PCS2, PCSS2 では破壊が進展しコッター部コンクリートの剥落も生じた。せん断スパン比の小さい PCS2, PCSS2 では PC2 に比べて鉛直接合部の耐力が低く、鉛直接合部に破壊が集中したと考えられる。さらに PCSS2 では、PC2, PCS2 と異なり、破壊形式がせん断圧縮破壊となり、荷重が 3 体中、最も大きく低下した。

3.2 荷重－変形関係

Fig.4 に荷重－変形関係を示す。また、Table 3 に最大耐力を示す。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

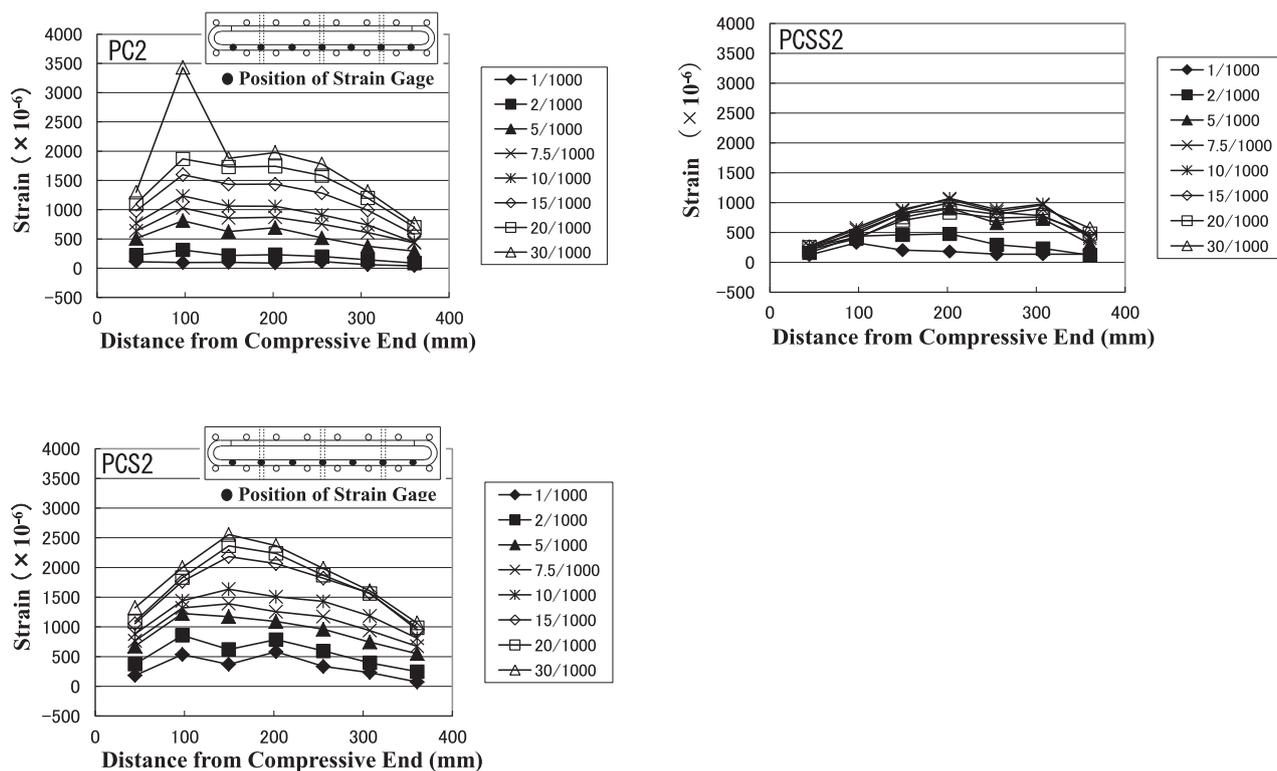


Fig. 5 Strain Distribution of Horizontal Tied Rebars

て、荷重がやや低下した。PCS2 では、最大荷重は正加力時において 15/1000 で 191.5kN、負加力時において 15/1000 で 204.0kN であった。正負加力時とも 20/1000 から耐力が低下し始めた。

PCSS2 では、最大荷重は正加力時において 10/1000 で 224.5kN、負加力時において 15/1000 で 206.0kN であった。正加力時は 15/1000 から、負加力時は 20/1000 から耐力が低下し始めた。最終の 30/1000 において、荷重は最大荷重の 80%以下となった。

3 体を比較すると、PC2 では最終付近まで耐力低下は少なく靱性が高かったのに対し、PCS2 では 20/1000 から顕著に耐力低下が生じ、脆性的な性状を示した。PCS2 の脆性的な性状はコッター部のせん断破壊によるものと考えられ、PC2 では、コッター部の損傷が少なかったため耐力低下も少なかったと考えられる。PCSS2 では、圧縮側のせん断ひび割れ部においてせん断圧縮破壊が生じ、また、コッター部のせん断ひび割れも進展し、せん断破壊が生じたことから、3 体中、最も大きい耐力低下となった。

3.3 水平つなぎ筋のひずみ分布

Fig.5 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大値が最も大きい高さでの分布を示し、PC2、PCS2、PCSS2 のいずれも 1 階中央高さレベルでのひずみ分布である。

PC2 では、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 (2146μ) を超え、急激に増大している。PC2 では 30/1000 のサイクルで耐力がやや低下し、また、帯筋の水平方向ひずみ分布等より、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。よって、この境界部分での水平つなぎ筋の降伏により両柱の一体性が弱まり、耐力がやや低下したと考えられる。

PCS2 では、15/1000 で 2184μ となり、降伏ひずみを超えている。各部材角における最大値は 5/1000 までは圧縮端部から 97.5mm の点、7.5/1000 以降は圧縮端部から 149.5mm の点である。先に示した最終ひび割れ状況では、1 階中央高さレベルの後打ちコンクリート部において、圧縮端部柱と 2 番目の柱の間、2 番目と 3 番目の柱の間でそれぞれコンクリートの破壊が顕著で、それらの位置は破壊が顕著であった鉛直接合部の延長線上にある。これらコンクリートの破壊が顕著であった位置は、圧縮端部から 97.5mm 及び 202.5mm であり、水平つなぎ筋のひず

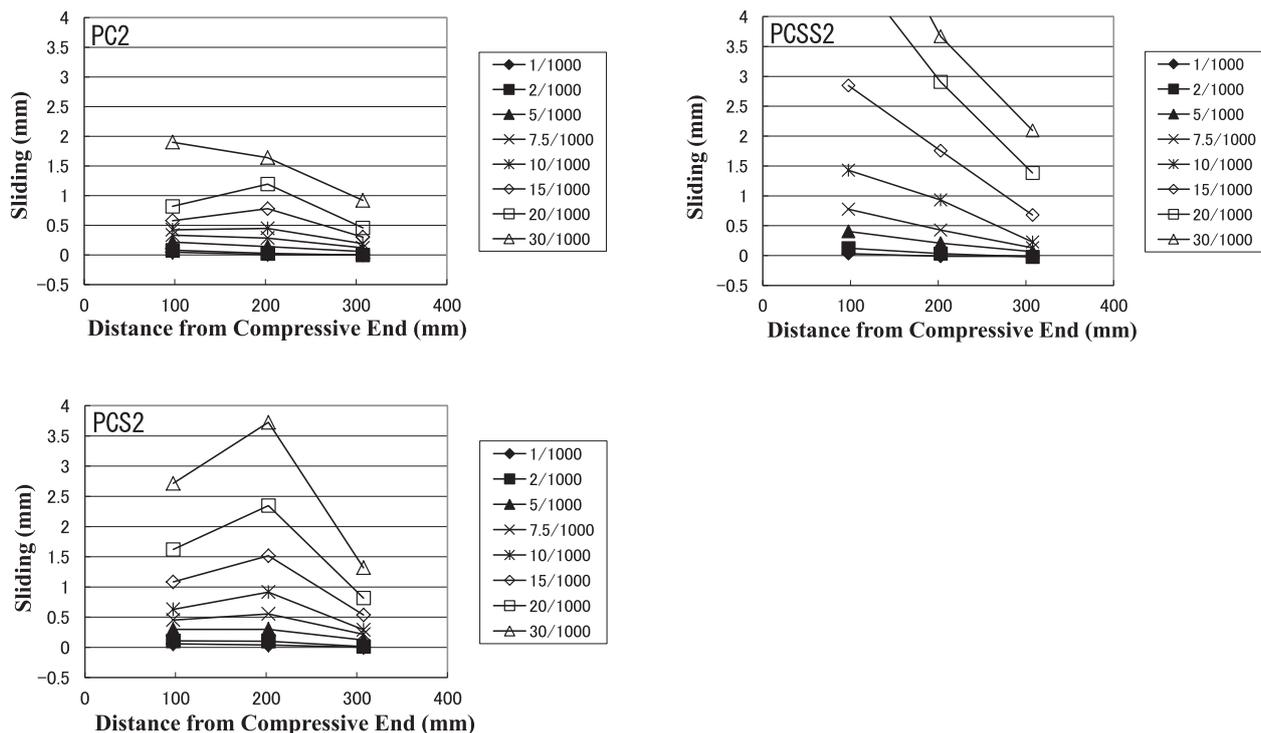


Fig. 6 Horizontal Distribution of Sliding at Vertical Joint

みが特に大きい位置とほぼ一致する。よって水平つなぎ筋のひずみ分布は、鉛直接合部の破壊状況に対応していると考えられる。

PCSS2 では、2/1000 から 5/1000 にかけてひずみが増大している。これは水平つなぎ筋のまわりのコンクリートにせん断ひび割れが発生した時期と一致している。5/1000 以降、最終の 30/1000 まで同程度の割合で増大が続いているものの、あまり変化は見られない。特に、10/1000 以降はひずみが減少している。これは、水平つなぎ筋まわりのコンクリートの破壊が進み、水平つなぎ筋とコンクリートの付着力が低下したことによると考えられる。また、最終の 30/1000 に至るまで降伏ひずみに達していない。

3 体のひずみ分布を比較すると、降伏の生じた PC2、PCS2 と最終に至るまで降伏の生じなかった PCSS2 に分けられる。降伏の生じた PC2 と PCS2 を比較すると、降伏の生じた部材角が大きな差違であるといえる。PC2 では最終の 30/1000 において、降伏によってプレキャスト柱間の一体性が弱まったと考えられる。一方、PCS2 では、15/1000 で降伏しており、鉛直接合部のせん断破壊によりプレキャスト柱間の一体性が弱まったことに対応すると考えられる。

PCSS2 は降伏の生じた PC2、PCS2 と比較して、各部材角におけるひずみは明らかに小さい。特に、10/1000 以降は PC2、PCS2 では部材角の増大と共に、ひずみも増大しているのに対し、逆に減少している。これは、前述のように、水平つなぎ筋まわりのコンクリートの破壊によるものと考えられる。したがって、水平つなぎ筋のひずみ分布は、試験体の破壊性状に対応しているといえ、さらに荷重-変形関係に影響を及ぼすと考えられる。

3.4 ずれの水平方向分布

Fig.6 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。ずれの測定位置は、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、PC2 のみ) である。ここでは、1 段目の測定結果を示す。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。

PC2 では 2/1000 までと比べて、5/1000 から徐々にずれが大きくなっている。水平方向で比較すると、7.5/1000 までは圧縮端部に近いほどずれは大きい傾向にあるが 10/1000 以降は中央部が大きく、20/1000 から 30/1000 にか

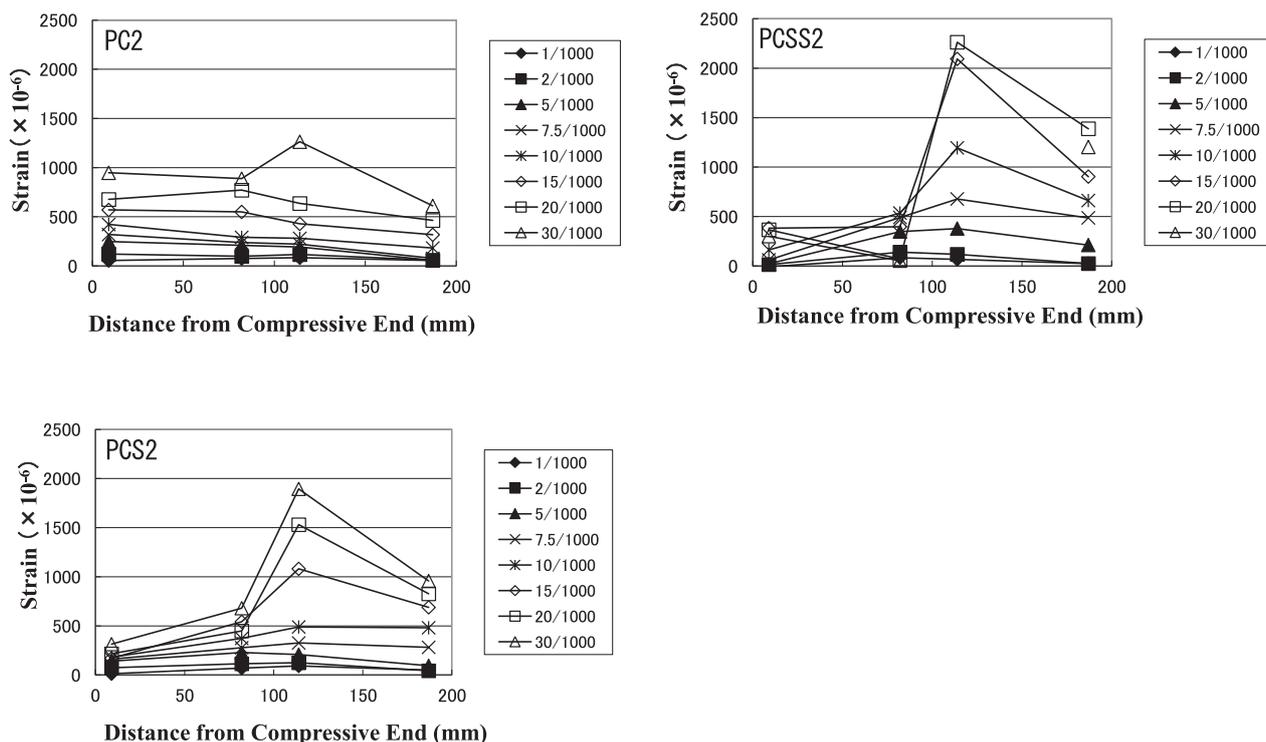


Fig. 7 Horizontal Strain Distribution of Hoop at Precast Column

けて圧縮端部側で大きく増大し、再び圧縮端部側が最大となる。圧縮端部側では、最終的に 30/1000 で 1.9mm となった。他の段の最大値は、2 段目では圧縮端部側において 1.5mm、3 段目では圧縮端部側で 1.0mm である。

PCS2 では 7.5/1000 以降、両端部に比べて中央部のずれが大きくなり、その傾向は最終の 30/1000 まで続く。特に 15/1000 以降、中央部のずれの増大は大きく、最終的に 30/1000 で 3.7mm となった。最大値は、2 段目では中央部で 1.6mm であった。

PCSS2 では 30/1000 に至るまで、全体として圧縮端部側の方がずれは大きく、引張端部側の方が小さい傾向にある。15/1000 以降では圧縮端部側で大きく増大し、最終的に 30/1000 で 6.6mm となった。2 段目の最大値は引張端部側で 1.9mm であった。

3 体を比較すると、最大値は PC2 では 1.9mm、PCS2 では 3.7mm、PCSS2 では 6.6mm となり、せん断スパン比の小さい方がずれは大きい結果となった。これはせん断スパン比 1.4 の PCS2、1.1 の PCSS2 では鉛直接合部においてせん断破壊が顕著で、さらに、PCSS2 ではせん断圧縮破壊が加わり、鉛直接合部のせん断破壊がより激しくなったためと考えられる。一方、PC2 においては、鉛直接合部のせん断ひび割れが発生したものの、その後の部材角では大きく破壊せず、プレキャスト柱間の一体性は保たれたと考えられる。

せん断スパン比 1.4 の PCS2 と 1.1 の PCSS2 のずれの分布を比較すると、中央部におけるずれの値は両者で大差はないが、圧縮端部側において、PCSS2 の方が非常に大きくなっている。これは、上述のように、PCSS2 においては、せん断圧縮破壊が生じ、その破壊領域が圧縮端部側の測定点の位置に一致するためと考えられる。

3.5 帯筋の水平方向分布

Fig.7 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。

PC2 では最終の 30/1000 を除き、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

Table 3 Horizontal Strength and Strength of Vertical Joint unit(kN)

Specimen	Horizontal Strength			Strength of Vertical Joint	
	Exp. Load	Cal. Load	Exp./Cal.	Shear Force	Shear Strength
PC2	114.8(111.5)	115.7	0.99(0.96)	374.6	415.7
PCS2	191.5(204.0)	199.4	0.96(1.02)	389.3	261.5
PCSS2	224.5(206.0)	266.6	0.84(0.77)	427.4	223.1

Cal. Load of Horizontal Strength P_{NU} : REFERENCES⁽⁶⁾

$$P_{NU} = M_u / H, \quad H: \text{Height of Loading} \quad M_u = 0.5a_g \sigma_y g_1 D + 0.5ND(1 - N / (bDF_c))$$

Shear Force of Vertical Joint: $P_{NU} H_w / L_w$ H_w : Height of Wall Column

L_w : Distance between Centers of Both Side Columns

Shear Strength of Vertical Joint: REFERENCES⁽⁷⁾ Equation(9.3) $Q_{DV} = 0.10F_c \cdot A_{sc} + \sigma_y \Sigma a_v$

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。一方、PCS2では、圧縮端部より114mmの点において、15/1000以降、特にひずみの増大が大きくなっている。これは圧縮端部のプレキャスト柱に対して、圧縮端部から2番目のプレキャスト柱が独立した動きしている為と考えられる。すなわち、高さ152.5mmにおいては、隣接するプレキャスト柱の一体性が低下していると考えられる。これは、最終ひび割れ状況における圧縮端部柱と2番目の柱の間の鉛直接合部の、当該高さでのせん断破壊によると考えられる。

PCSS2ではPCS2と同様、圧縮端部より114mmの点においてひずみが大きい。特に10/1000及び15/1000において、ひずみの増大が大きい。これは圧縮端部のプレキャスト柱に対して、圧縮端部から2番目のプレキャスト柱が独立した動きしている為と考えられる。一方、圧縮端部より82mmの点においては、15/1000以降、ひずみが減少している。

3体を比較すると、PCS2、PCSS2で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、PCS2、PCSS2では2/1000から鉛直接合部におけるせん断ひび割れが目立ち、その後、ひび割れの進展、グラウトおよび周辺コンクリートの剥落へと進んでいったのに対し、PC2では最終近くまで鉛直接合部の破壊が少なく、一体性が保たれたためと考えられる。

PCS2とPCSS2のひずみ分布はいずれも圧縮端部より114mmの点においてひずみが大きく、同様の分布形状を示しているが、各測定点の値はPCSS2の方が大きい。すなわち、PCSS2の方がより大きな圧縮力を受けていると考えられる。これは、PCSS2の破壊状況において、高さ152.5mmでは、特に圧縮端部から2番目のプレキャスト柱の圧壊が目立つことと対応している。

3.6 最大耐力

Table 3に最大耐力を示す。水平耐力の計算は、Table 3に示す既往の柱の曲げ耐力式を用いた。但し、ここでは両端部縦筋それぞれ5本のみを主筋とし、主筋すべてが降伏しているものとし、その他の縦筋はひずみが降伏ひずみに比較して十分小さい為、すべて計算から除外している。実験値は計算値に対し、一体性がほぼ保たれたPC2では1に近い値となった。これより、脚部断面において、柱の曲げ耐力式で仮定した応力状態と本実験における応力状態はほぼ同じであったと考えられる。鉛直接合部のせん断破壊が認められるものの、縦筋引張ひずみの大きかったPCS2もやや1に近い値となった。よって、PCS2においても同様に、仮定応力状態と実験の応力状態はほぼ同じであったと考えられる。

せん断圧縮破壊が顕著であったPCSS2では1よりやや低い値となった。これは、圧縮側のコンクリート強度が低下し、脚部断面における中立軸が中央寄りに移動したことによると考えられる。

鉛直接合部耐力についてもTable 3に示す式を用いた。ただし、せん断耐力を求める際、水平つなぎ筋量を接合筋量とみなした。鉛直接合部破壊が顕著なPCS2、PCSS2ではせん断耐力が作用せん断力を下回り、顕著な破壊のなかったPC2ではせん断耐力が上回った。したがって、せん断耐力と作用せん断力の大小関係は接合部の破壊状況に対応しており、今回用いた計算式により鉛直接合部破壊は推定できると考えられる。

4. まとめ

RC造フルプレキャストコア壁におけるコッター数の影響に関し、水平加力実験より以下のことが明らかとなった。

- 1) せん断スパン比 2.4 の場合、一体性が高く、最終まで耐力低下が少なかったのに対し、せん断スパン比 1.4 では鉛直接合部のせん断破壊、1.1 ではせん断圧縮破壊により荷重が低下した。
- 2) 水平つなぎ筋は、せん断スパン比 1.1 では降伏せず、せん断スパン比 1.4 の場合、最も小さい部材角で降伏した。
- 3) 鉛直接合部におけるずれの値はせん断スパン比の小さい方がより大きい結果となった。これはせん断スパン比 1.4, 1.1 では鉛直接合部においてせん断破壊が顕著で、さらに、1.1 ではせん断破壊が加わったためと考えられる。
- 4) 帯筋のひずみ分布より、せん断スパン比 2.4 の場合、一体性が高く、1.4, 1.1 ではプレキャスト柱の独立した動きが見られた。
- 5) 最大耐力において、実験値は計算値に対し、せん断スパン比 2.4, 1.4 の場合、1に近い値となった。一方、せん断スパン比 1.1 では1よりやや低い値となった。鉛直接合部耐力については、鉛直接合部破壊が顕著な場合、せん断耐力が作用せん断力を下回り、顕著な破壊のなかった場合はせん断耐力が上回った。

文 献

- 1) 向出静司, 古宮嘉之, 山本憲一郎, 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性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.2, pp.805-810, 2003.7
- 2) 毛利浩他 : コ型 PCaPC 造コア壁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, pp.805-808, 2007.8
- 3) 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, No.2, pp.463-468, 2009.7
- 4) 仲地唯治 : 水平つなぎ筋を有する 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, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.39, pp.295-300, 2017.7
- 5) 仲地唯治他 : 水平つなぎ筋を有する RC 造プレキャストコア壁におけるせん断スパン比の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.41, pp.361-366, 2019.7
- 6) 日本建築学会 : 建築耐震設計における保有耐力と変形性能, 1990
- 7) 日本建築学会 : 壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造設計規準・同解説, 1982

(2023年8月3日受理)