

# 論文 ト形部分架構パイルキャップにおける補強筋の効果に関する検討

阿部 航<sup>\*1</sup>・岸田 慎司<sup>\*2</sup>・向井 智久<sup>\*3</sup>・渡邊 秀和<sup>\*3</sup>

**要旨：**本研究ではパイルキャップの性能評価を目的とし、パイルキャップを有するト形部分架構の静的載荷実験を行った。その結果パイルキャップの合理的な配筋方法（かご筋型）において配筋される2種類の帯筋の性状を詳細に把握できた。パイルキャップの内側に帯筋を配筋するより、外側に帯筋を配筋することでより大きなせん断力負担に寄与し、パイルキャップの脆性的な破壊を防ぐことができることが分かった。また載荷方向によって帯筋が負担する応力が異なることを確認し、実験結果から得られた係数を用いることで既往の研究で提案されているパイルキャップせん断強度式で実験値を安全側に評価できた。

**キーワード：**パイルキャップ, ト形部分架構, 帯筋量, せん断強度式, 偏心柱

## 1. はじめに

大地震時の建築物の耐震設計は現行の耐震基準に則して行われているが、大地震後の継続使用性を確保する対策は確立されていない。そのため「建築物の地震後の継続使用性」を要求性能とした性能指向型耐震設計の実施に資する手法の構築<sup>1)</sup>が必要とされている。2011年の東日本大震災で杭基礎の被害によって建物を継続使用できなくなる事例が確認されたことにより、基礎構造の終局限界状態における構造性能に基づく設計が求められている。しかし杭体および基礎構造部材の耐震性能を把握するための実験は行われているが、上部構造と基礎構造の架構としての性能評価を目的とした実験は少ない。近年の研究<sup>2)~7)</sup>においてパイルキャップの破壊性状に関する実験は行われてきた。しかしパイルキャップ内に配筋される鉄筋が架構に与える効果は未解明な部分が多い。

また実際の建築の事例において、敷地条件や意匠上の要因により敷地の端に柱が配置される場合、上部柱心と杭心がずれたパイルキャップが計画されることがある。既往の研究<sup>5)</sup>において偏心柱を有するパイルキャップの検討は行われているが、パイルキャップが終局状態に至る場合の検討は行われていない。

そこで本研究ではパイルキャップ内に配筋される2種類の帯筋量を変数としたパイルキャップの架構実験を行い、両帯筋がパイルキャップにどのような影響を及ぼすか明らかにすることを目的とした。また偏心柱を有するパイルキャップが終局状態に至る場合の破壊性状を把握する。加えて既往の研究<sup>6)</sup>で提案されているパイルキャップせん断強度式の評価とパイルキャップせん断ひび割れ強度の考察を行った。

## 2. 実験概要

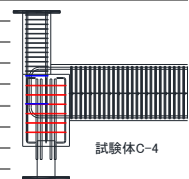
### 2.1 試験体概要

表-1に本研究の試験体及び郡司<sup>4)</sup>による試験体A-4の試験体諸元、図-1に試験体A-8の試験体概要、表-2と表-3に使用した鋼材、コンクリートの力学的特性を示す。試験体は実施設計を参考に建物側柱下部を模擬した約1/3スケールのト形部分架構とした。パイルキャップの配筋については、松本ら<sup>2)</sup>による縦筋・帯筋から構成されるかご筋型を用いた。

Aシリーズ試験体はパイルキャップ帯筋量とパイルキャップ内の柱帯筋量を変化させた試験体である。試験体A-7aと試験体A-8はどちらもパイルキャップ帯筋量

表-1 試験体諸元

試験体	A-4 <sup>4)</sup>	A-7a	A-7b	A-8	A-9	C-4
軸力(柱軸力比)	499kN(0.2)	500kN(0.2)	514kN(0.2)	462kN(0.2)	467kN(0.2)	438kN(0.2)
柱	幅×せい	300mm×300mm				
	主筋	8-D13(SD785)				
	帯筋	D6(SD785)@50				
パイルキャップ内帯筋 (帯筋量 $cPw$ [%])	D6(SD295A)@100 (0.15)	D6(SD295A)@100 (0.15)	D6(SD295A)@50 (0.30)	D6(SD295A)@300 (0.07)	D6(SD295A)@300 (0.07)	D6(SD295A)@300 (0.07)
	幅×せい	200mm×600mm				
基礎梁	主筋	上端下端共3-D22(PBSD930)				
	補強筋	U9.0(1275MPa)ウルボン@50				
	腹筋	2-D6(SD295A)				
杭	杭種	S45C φ190.7 t45mm				
	杭頭定着筋	8-D19(SD490)				
パイルキャップ	幅×せい×高さ	500mm×500mm×770mm				
	縦筋	4-D6(SD295A) 4-D10(SD295A)				
	帯筋 (帯筋量 $pcPw$ [%])	D6(SD295A)@100 (0.10)	D6(SD295A)@50 (0.22)	D6(SD295A)@100 (0.10)	D6(SD295A)@50 (0.22)	D6(SD295A)@100 (0.10)



\*1 (株)竹中工務店 (正会員)

\*2 芝浦工業大学 建築学部建築学科 教授 博士(工学) (正会員)

\*3 建築研究所 構造研究グループ 主任研究員 博士(工学) (正会員)

表-2 鉄筋材料特性(\*は0.2%オフセットにより算出)

試験体	鉄筋	使用部材	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 (×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ (μ)
A-7a A-7b	D6(SD295A)	柱・パイルキャップ	451.2	2.04	2246
	D6(SD785)*	柱	900.4	1.92	6684
	D10(SD295A)	パイルキャップ	361.0	1.83	1989
	D13(SD785)	柱	816.1	1.77	5331
	D19(SD490)	杭頭定着筋	530.0	1.90	3027
	D22(PBSD930/1080)*	基礎梁主筋	999.4	2.03	6933
A-8 A-9 C-4	U9.0(SBPD1275/1420)*	基礎梁補強筋	1319.5	1.98	8672
	D6(SD295A)*	柱・パイルキャップ	378.7	1.82	4079
	D6(SD785)*	柱	928.3	1.86	6985
	D10(SD295A)	パイルキャップ	362.7	1.85	1936
	D13(SD785)*	柱	900.4	1.90	6735
	D16(SD785)*	柱	879.1	1.87	6716
	D19(SD490)	杭頭定着筋	543.5	1.77	3538
	D22(PBSD930/1080)*	基礎梁主筋	1001.6	2.01	6990
U9.0(SBPD1275/1420)*	基礎梁補強筋	1450.8	2.23	8507	

表-3 コンクリート材料特性

試験体	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 (×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度時ひずみ (μ)	引張割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> )
A-7a, A-7b	28.4	2.08	2652	2.16
A-8	25.7	2.01	2767	2.21
A-9	26.0	2.02	2755	2.21
C-4	24.3	1.93	2726	2.21

$pcP_w$  を 0.22%配筋し、試験体 A-8 は試験体 A-7a と比べパイルキャップ内柱帯筋量  $cP_w$  を 0.47 倍配筋した。試験体 A-7b と試験体 A-9 に関してはどちらも  $pcP_w$  を 0.10% 配筋し、試験体 A-9 は試験体 A-7b と比べ  $cP_w$  を 0.23 倍配筋した。また試験体 A-8, A-9 はどちらも  $cP_w=0.07%$  と同量配筋されている。なお本研究における  $pcP_w$  と  $cP_w$  は以下の式で求める。

$$cP_w = c a_w / (b \times l) \quad (1)$$

$$pcP_w = pc a_w / (b \times l) \quad (2)$$

ここで、 $b$ :パイルキャップ幅、 $l$ :部材長さ(基礎梁主筋の重心間距離)、 $c a_w, pc a_w$ :  $b \times l$ の断面内に配筋された柱およびパイルキャップ帯筋のそれぞれの断面積の和である。

試験体 C-4 は柱心と杭心にずれのある偏心柱をもつ試験体である。側柱の柱面とパイルキャップの外表面が一致するよう、偏心距離を 100mm とし、 $pcP_w$  と  $cP_w$  は試験体 A-9 と同量配筋した。また過去の偏心柱を有するパイルキャップの実験<sup>5)</sup>において柱脚部の破壊が顕著に表れたことから、柱主筋の径を D16 とし、パイルキャップの破壊によって終局状態に至るよう設計した。

## 2.2 載荷方法

加力方法は、基礎梁端をピンローラー支持、柱頭および杭脚をピン支持とし、柱頭加力点に軸力を導入後、同加力点から水平力を導入した。軸力は柱断面に対する軸力比 0.2 で一定とし、水平力は柱頭位置での層間変形角にて制御を行い、正負交番繰り返し載荷とした。層間変形角は柱頭の水平変位を柱頭加力点から杭脚支持点までの距離で除したものとした。

## 3. 実験結果

### 3.1 層せん断力-層間変形角関係

図-2 に各試験体の層せん断力  $Q$ -層間変形角  $R$  関係を示す。層せん断力は  $P-\delta$  効果を考慮して実験で計測した基礎梁せん断力を用いて力のつり合いより求めた。

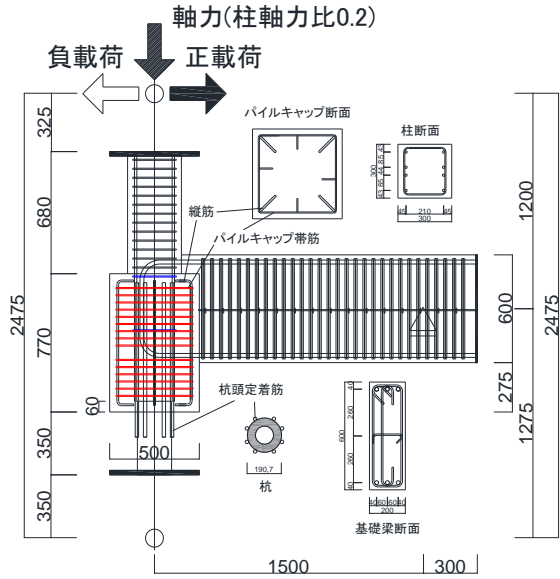


図-1 試験体概要(試験体 A-8) (単位:mm)

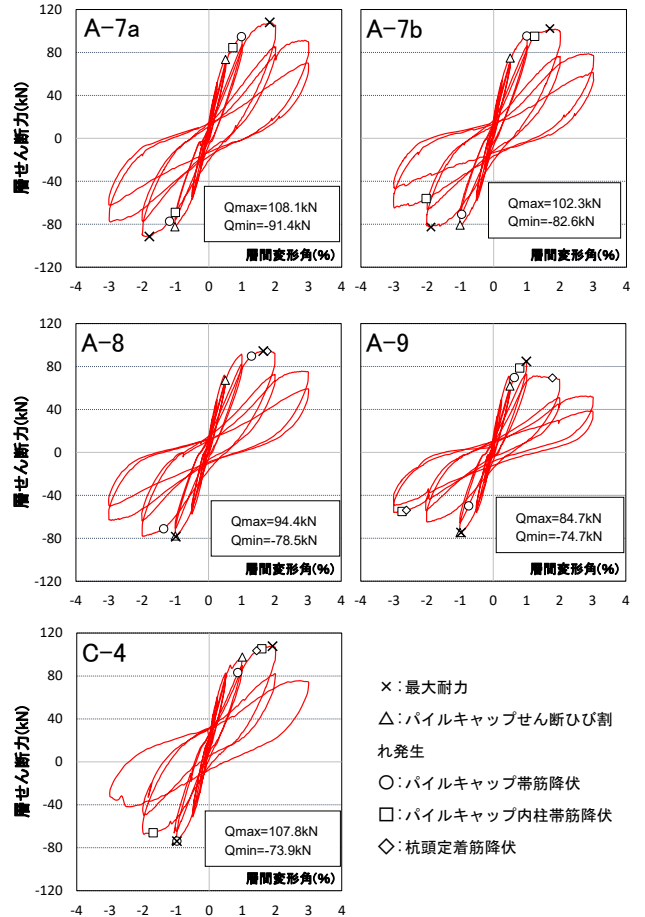


図-2 層せん断力  $Q$ -層間変形角  $R$  関係

試験体 A-7a, A-7b, A-8, A-9 はいずれも最大耐力を迎える前にパイルキャップ帯筋が降伏した。試験体 A-7a と A-7b に関して、最大耐力は試験体 A-7a の方が正載荷側で 1.06 倍、負載荷側で 1.11 倍大きく、最大耐力後の耐力低下率は正載荷側で試験体 A-7a が 17%、試験体 A-7b が 25%( $R=3\%$ と比較)と、柱帯筋よりパイルキャップ帯筋を多く配筋する方が耐力や靱性能への影響が大きくなった。

また試験体 A-8, A-9 とパイルキャップ内の総帯筋量 ( $p_w + c_p$ ) が少なくなるほど最大耐力が小さくなる結果となった。

偏心柱を有する試験体 C-4 は、偏心していない試験体と比べ荷重方向により最大耐力に大きな差が生じた。パイルキャップ内帯筋量が等しい試験体 A-9 と比較すると、負荷側に関しては最大耐力に大きな差が無いのに対し、正荷側では試験体 C-4 の最大耐力が A-9 に比べ 1.27 倍大きい結果となった。

### 3.2 破壊性状

写真-1 に各試験体の破壊状況写真を示す。試験体 A-7a, A-8 は最大耐力前にパイルキャップ縦筋・帯筋が降伏し、最大耐力時には柱脚部の圧壊も見られた。最大耐力後はパイルキャップに縦に連なるパイルキャップせん断ひび割れ幅が増大せず、柱脚部の損傷が大きくなった。しかし両試験体共に郡司<sup>7)</sup>によって示されたパイルキャップせん断破壊に特徴的なパイルキャップ縦ひび割れやパイルキャップ-基礎梁の接合面のひび割れ、またパイルキャップ帯筋・縦筋・柱帯筋の降伏を確認したため、最大耐力はパイルキャップせん断破壊によって決定し、その後には柱の圧壊によって試験体が破壊したと判断した。

試験体 A-7b, A-9 は最大耐力前にパイルキャップ帯筋・縦筋・柱帯筋が降伏し、最大耐力以降パイルキャップせん断ひび割れ幅が増大したことから、パイルキャップせん断破壊と判断した。

試験体 C-4 は正側の最大耐力時にパイルキャップ下面のひび割れが大きくなり、その後も同様の箇所に損傷が集中したことから、杭の埋込部の破壊と判断した。しかし負荷側に関しては最大耐力後のパイルキャップせん断ひび割れ幅の増大や鉄筋の降伏状況から、パイルキャップせん断破壊と判断した。

### 4. パイルキャップ内帯筋量に関する考察

実験結果を踏まえ、パイルキャップ内に配筋される帯筋の効果を考察する。

#### 4.1 パイルキャップのひび割れ性状

パイルキャップ内の総帯筋量 ( $p_w + c_p$ ) がほぼ同量配筋され、 $p_w$  と  $c_p$  それぞれの配筋されている比率が異なる試験体 A-7a と A-7b を比較する。写真-1 の 2 体の最終破壊時のパイルキャップのひび割れを比較すると、パイルキャップ帯筋が多く配筋されている試験体 A-7a はパイルキャップせん断ひび割れが分散している。それと比べ柱帯筋が多く配筋されている試験体 A-7b はひび割れが分散せず、数本のせん断ひび割れ幅が広がるという異なる特徴が見られた。このことから 2 種類の帯筋のうち、外側に配筋されているパイルキャップ帯筋の方が脆性的なせん断破壊を防ぐ効果が高いと考えられる。

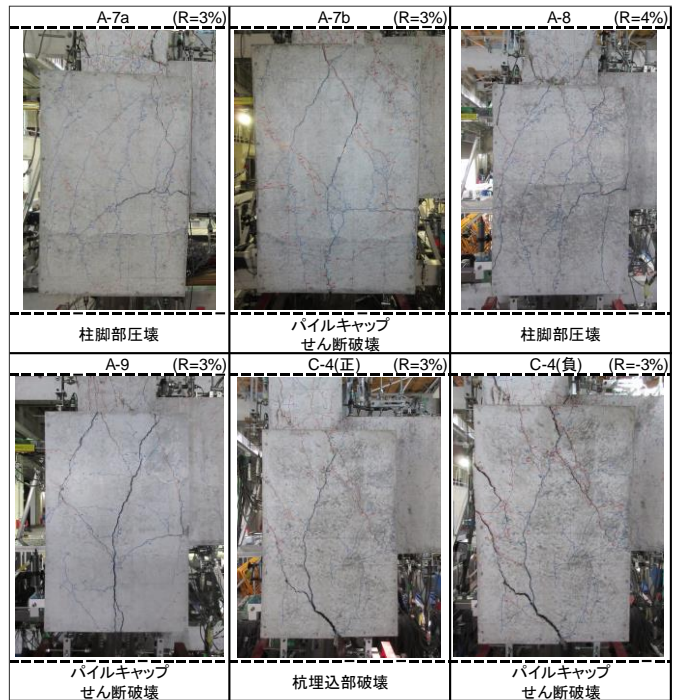


写真-1 各試験体最終破壊状況

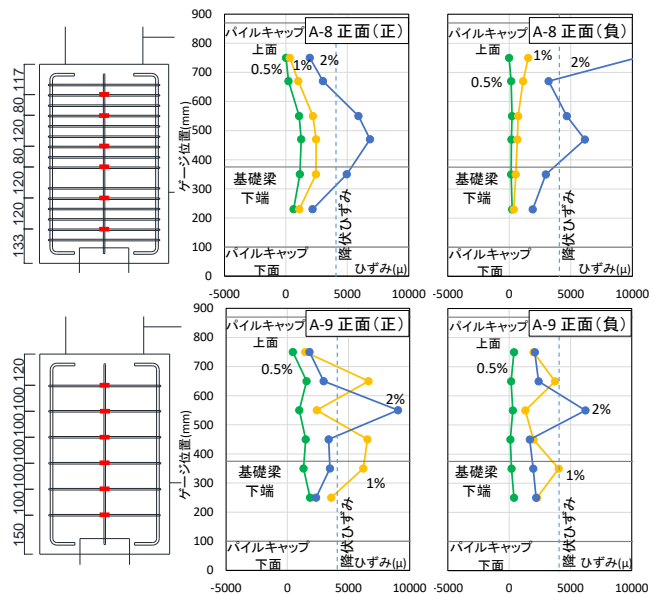


図-3 パイルキャップ帯筋ひずみ分布とゲージ貼付位置

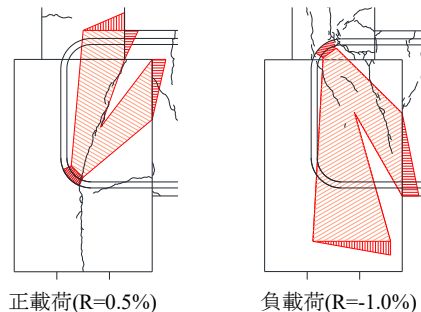


図-4 試験体 A-9 のパイルキャップひび割れ状況と基礎梁折り曲げ部の支圧力による圧縮ストラット

#### 4.2 パイルキャップ内帯筋ひずみ分布

##### (1) パイルキャップ帯筋

図-3 に試験体 A-8 と A-9 のパイルキャップ帯筋のひず



み分布を示す。この2体は $pcP_w$ が異なり、 $cP_w$ は同量配筋されている。正載荷時に関しては両試験体共に基礎梁下端付近のひずみが大きくなり、試験体 A-8 は R=1%まで降伏に達していないが、試験体 A-9 は R=1%の時点で降伏に達する帯筋が確認された。このことから $pcP_w$ が多い試験体 A-8 では帯筋一本あたりに作用する引張力が分散され、R=2%まで帯筋が降伏しなかったと考えられる。

負載荷側に関しては、試験体 A-8 は最大耐力時 (R=-1%) までのひずみ量が正載荷時と比べて小さくなった。また基礎梁下端付近よりもパイルキャップの上部のひずみが大きくなり、載荷方向による違いが見られた。試験体 A-9 も正載荷時と比べてひずみが小さくなり、試験体 A-8 と比較すると正載荷時と同様に R=-1%までひずみは大きくなった。このことから、 $pcP_w$ を多く配筋することでパイルキャップに作用するせん断力に対して、一本当たりの帯筋が負担する割合が少なくなると考えられる。

次に試験体 A-9 の正負それぞれせん断ひび割れ発生時のひび割れ状況と、桑原<sup>3)</sup>により示された基礎梁主筋の折り曲げ部からパイルキャップに作用する支圧力から構成される圧縮ストラットを図-4 に示す。本研究の試験体はト形部分架構であるため、載荷方向によってパイルキャップに作用する応力の伝達機構が異なり、ひび割れの入り方も異なる。全ての試験体において図-4 に示したひび割れが共通して発生しており、正載荷時には柱圧縮縁位置からパイルキャップ下部中央に連なるひび割れが主要なせん断ひび割れとなっている。それに対し負載荷時には柱圧縮縁位置から基礎梁圧縮縁位置に連なるひび割れが主要なせん断ひび割れとなっている。これを見ると正負共に基礎梁主筋折り曲げ部の支圧力による圧縮ストラット位置とパイルキャップのひび割れが発生する位置が概ね一致することが分かる。また図-3 のひずみ分布から、支圧力が発生する位置におけるパイルキャップ帯筋のひずみが大きくなっていることがわかる。このことから、基礎梁主筋折り曲げ部の支圧力による圧縮ストラットがパイルキャップのせん断抵抗機構に大きく影響を及ぼしていると考えられる。

## (2) パイルキャップ内柱帯筋

図-5 に試験体 A-7b と郡司<sup>4)</sup>による試験体 A-4 のパイルキャップ内柱帯筋のひずみ分布を示す。試験体 A-4 は $cP_w$ が0.15%配筋されており、 $pcP_w$ は試験体 A-7b と同量配筋されている。またその他の鉄筋は両試験体共同様の配筋となっている。正載荷時に関しては、両試験体共にパイルキャップ帯筋と同様に基礎梁下端付近のひずみが大きくなる傾向は見られたが、最大耐力時 (R=2%) でも柱帯筋の降伏は確認されなかった。また2体のひずみ量を比較すると、 $cP_w$ を多くしても柱帯筋のひずみはほぼ変わらないことが分かった。

負載荷側に関しても、パイルキャップ帯筋と同様にパイルキャップの上部のひずみが大きくなる傾向があったが、2体のひずみ量の差はあまり見られなかった。このことから、パイルキャップに配筋されるパイルキャップ帯筋と柱帯筋の、パイルキャップに作用するせん断力を負担している割合が異なり、 $pcP_w$ を多くすることでパイルキャップ帯筋一本当たりの引張力が小さくなり柱帯筋より降伏が発生しにくくなることから、パイルキャップ帯筋の方が効果的にせん断抵抗に寄与していると考えられる。これは4.1で示したひび割れ性状の考察と一致する。

## 4.3 パイルキャップ入力せん断力と帯筋量の関係

図-6 に本研究の試験体および郡司<sup>4)</sup>の試験体 A-4 における最大パイルキャップ入力せん断力とパイルキャップ帯筋量および柱帯筋量の関係を示す。パイルキャップ入力せん断力 $V_j$ は仮想基礎梁危険断面位置のひずみから基礎梁主筋引張力を求め、以下に示す式で算出した。

$$V_j = T - Q_c \quad (3)$$

ここで、 $T$ :基礎梁主筋引張力、 $Q_c$ :柱層せん断力である。

仮想危険断面位置は基礎梁引張側主筋に貼付したひずみゲージから平均ひずみを求め、平均ひずみの最大値となる位置を危険断面として設定し、材料強度を使用して

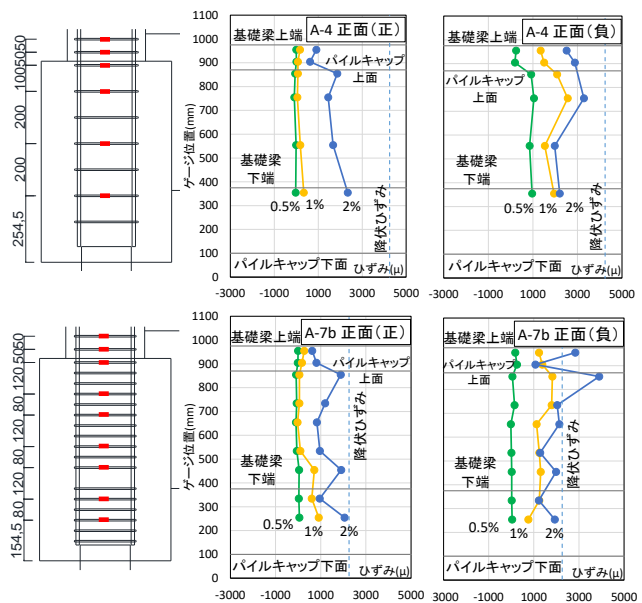


図-5 パイルキャップ内柱帯筋ひずみ分布とゲージ貼付位置

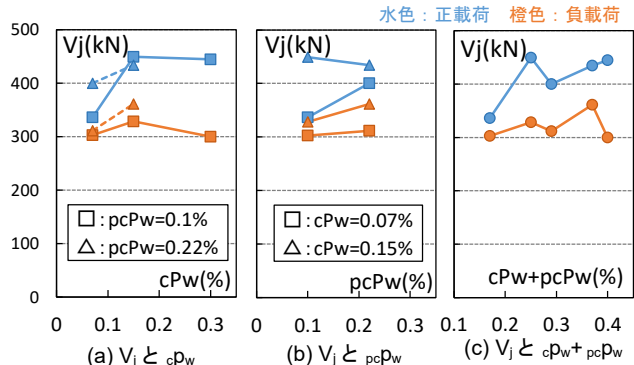


図-6 パイルキャップ入力せん断力 $V_j$ とパイルキャップ内帯筋量の関係

基礎梁主筋引張力を計算した。

$V_j$ と $c_{pw}$ の関係について、 $c_{pw}$ が0.15%より少ない範囲では $c_{pw}$ が多いほど入力せん断力は大きくなるが、0.15%より多い範囲では入力せん断力がほぼ一定となった。また負荷側では $c_{pw}=0.3\%$ の試験体 A-7b の入力せん断力が小さくなっていることから、 $c_{pw}$ がパイルキャップの強度に与える影響は本研究の範囲内では $c_{pw} \leq 0.15\%$ に限られると考えられる。

$V_j$ と $pc_{pw}$ の関係については、 $pc_{pw}$ が多くなっても入力せん断力はほぼ変わらないか、もしくは若干大きくなる傾向が見られた。しかし実験データが少ないため、今後は $pc_{pw}$ を変化させた実験データの蓄積が求められる。

最後に $V_j$ と $c_{pw} + pc_{pw}$ の関係については、正荷側に関しては概ねパイルキャップ内の総帯筋量が多くなるほど入力せん断力が大きくなる傾向にある。しかし負荷側では総帯筋量と入力せん断力の関係があまり変わらない結果となった。

#### 4.4 パイルキャップ内帯筋の負担応力

図-7に本研究の試験体および郡司<sup>4)</sup>の試験体 A-4 における最大耐力時のパイルキャップ内帯筋の平均負担応力と降伏応力の割合を示す。各帯筋の平均負担応力はひずみゲージを貼付した帯筋のひずみを応力に変換し、その値の平均値を用いている。

パイルキャップ帯筋に関して、正荷時にはいずれの試験体においても最大耐力時の応力が大きくなっていることが分かる。それに対し負荷時は試験体によって負担している応力のばらつきが大きい。また柱帯筋に関しては、正荷時の負担応力がパイルキャップ帯筋に比べ全体的に小さくなっている。さらに $c_{pw}$ が0.15%以上配筋されても柱帯筋の負担応力はほぼ一定となっており、これは $V_j$ と $c_{pw}$ の関係において $c_{pw}$ が0.15%以上の範囲で入力せん断力がほぼ一定となったことと一致する。負荷時はパイルキャップ帯筋と同様に試験体によるばらつきが大きくなっている。

以上の結果からパイルキャップ・柱各帯筋の負担応力の割合の平均を近似的に求めた値を図-7の破線および表-4に示す。実験結果や図-4で示した荷重方向による圧縮ストラットの違いを踏まえ、正負それぞれで係数を算出した。正荷時の柱帯筋の負担応力については、 $c_{pw} < 0.15\%$ の範囲では $c_{pw}$ の増量に比例して帯筋が負担する応力の割合が大きくなるように近似し、 $c_{pw} \geq 0.15\%$ の範囲では $c_{pw}$ を増やしても強度が変わらないことを踏まえ、試験体 A-7a の材料強度と負担応力の割合0.81を用いて $c_{pw} \cdot c_{\sigma_y}$ の上限を0.55(N/mm<sup>2</sup>)とする。

#### 4.5 パイルキャップせん断強度式の検討

続いて既往の研究において提案されたトラス・アーチ理論に基づくパイルキャップせん断強度式<sup>6)</sup>に、表-4で

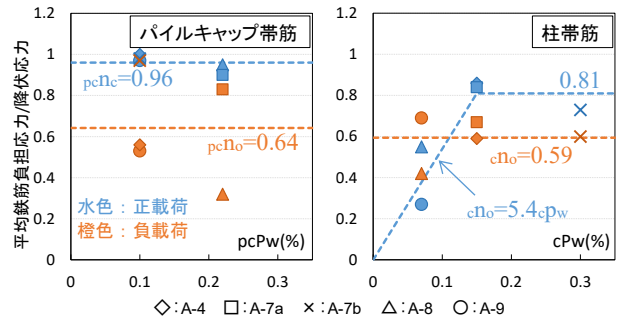


図-7 最大耐力時帯筋負担応力と降伏応力の割合

表-4 帯筋負担応力係数

載荷方向	パイルキャップ		柱	
	柱-基礎梁閉じ	柱-基礎梁開き	柱-基礎梁閉じ	柱-基礎梁開き
負担割合	$pc_{Nc}$	$pc_{No}$	$c_{Nc}$ ( $c_{Pw} < 0.15\%$ )	$c_{No}$
	0.96	0.64	5.4 $c_{Pw}$	0.59

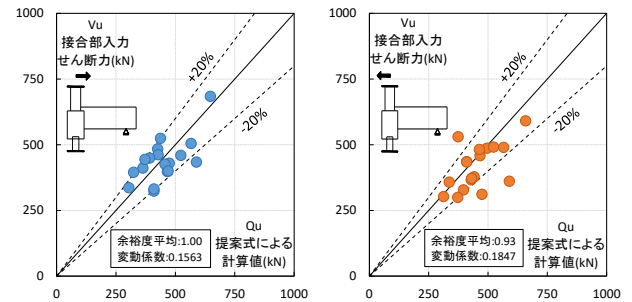


図-8 パイルキャップせん断強度式<sup>6)</sup>の計算値および実験値

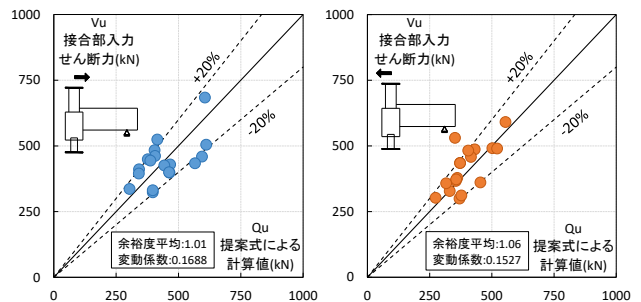


図-9 帯筋負担応力を考慮したパイルキャップせん断強度式の計算値および実験値

求めた係数を代入して計算を行った。せん断強度式の鉄筋材料強度に求めた係数を乗じることで帯筋の負担応力を考慮した。また $c_{pw} \geq 0.15\%$ の範囲では $c_{pw} \cdot c_{\sigma_y} = 0.55$ (N/mm<sup>2</sup>)として計算を行った。対象とする試験体は本研究の試験体と、過去の実験<sup>3)-5)</sup>でパイルキャップせん断破壊と判断した試験体の計18体である。

図-8に既往の研究<sup>6)</sup>における強度式の計算値と実験値の比較、図-9に帯筋負担応力を考慮した場合の計算値と実験値の比較を示す。計算結果について余裕度(実験値/計算値)の平均値を比較すると、各荷重方向において1.00~0.93から1.01~1.06となり、また変動係数は15.6%~18.5%から16.9%~15.3%と、柱-基礎梁が閉じる方向については大きな違いが見られなかったが、柱-基礎梁が開く方向においては帯筋が負担する応力を考慮する方が安全側の評価となった。提案されている強度式におい

て帯筋は全て降伏していると仮定して降伏強度を用いて計算を行っているが、実験結果から、パイルキャップせん断破壊時に帯筋の全てが降伏している訳ではないため、表-4で算出した係数を用いることは妥当性があると考えられる。

## 5. パイルキャップせん断ひび割れ強度の検討

4.1で述べたようにパイルキャップせん断ひび割れは基礎梁折り曲げ部の支圧力による圧縮ストラットによる影響が大きいことから、既往の研究<sup>6)</sup>で示されたアーチ機構の有効断面に対するパイルキャップせん断ひび割れ強度の検討を行う。アーチ機構におけるパイルキャップ有効せいDと有効幅bは以下の式で算出する。

$$D = (cL_d + pcL_d + pL_d)/3 \quad (4)$$

$$b = (cb_j + pcb_j + pb_j)/3 \quad (5)$$

ここで、 $cL_d$ ,  $pcL_d$ :柱・パイルキャップに対する基礎梁主筋の90度折り曲げ筋の水平投影長さ、 $cb_j$ ,  $pcb_j$ :柱・パイルキャップの協力幅の上限をD/4(この場合のDは柱・パイルキャップせい)とした幅、 $pL_d$ ,  $pb_j$ :杭頭定着筋の芯から外周に100mm足した円形断面と部材せいを同じとした長方形断面にした時の杭のせいと幅である。

パイルキャップせん断ひび割れ強度については、岸田<sup>7)</sup>の研究において弾性理論に基づく主応力度式で推定できることが述べられている。以下にその式を示す。

$$\tau_{cr} = \sqrt{\sigma_0 \cdot \sigma_t + \sigma_t^2} \quad (6)$$

$$\sigma_t = 0.33 \times \sqrt{\sigma_B} \quad (7)$$

ここで、 $\sigma_B$ :コンクリート圧縮強度、 $\sigma_0$ :軸力を有効断面積で除した値である。この式を用いて、過去の実験<sup>3)-5)</sup>で報告された試験体と本研究の試験体の計22体に対し、アーチ機構の有効断面を適用した時の計算値と実験値の比較を図-10に示す。

計算結果について余裕度の平均および変動係数は柱-基礎梁が閉じる方向でそれぞれ0.96および22.3%となったが、柱-基礎梁が開く方向ではそれぞれ0.78および29.2%と、荷重方向により異なる結果となった。このことから、荷重方向によってパイルキャップせん断ひび割れ発生時の有効断面が異なる可能性があると考えられる。

## 6. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) かご筋型パイルキャップに配筋される2種類の帯筋の内、パイルキャップ帯筋の方が大きなせん断力負担に寄与しており、パイルキャップ帯筋を多く配筋する方がパイルキャップせん断ひび割れ幅の増大を抑制することができると判明した。
- (2) パイルキャップ内の帯筋量の合計とパイルキャップに入力されるせん断力の関係は荷重方向により

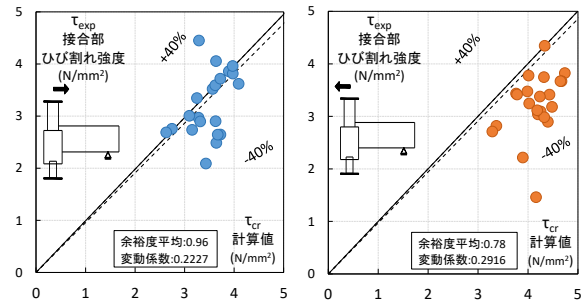


図-10 アーチ機構による有効断面によるパイルキャップせん断ひび割れ強度の計算値および実験値

異なることを確認した。

- (3) パイルキャップせん断破壊時の帯筋の負担割合を考慮することで、過去に提案されたせん断強度式を安全側に評価することができた。
- (4) パイルキャップせん断ひび割れ強度を算定する際の有効断面について、荷重方向によって有効断面が異なる可能性がある。

## 謝辞

本研究は文部科学省科学研究費(基盤研究(C), 課題番号18K04441, 代表者: 岸田慎司)を受け、また(国研)建築研究所指定課題「既存鉄筋コンクリート造建築物の地震後継続使用のための耐震性能評価技術の開発」により実施しました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 向井智久ほか: 建築物の地震後の継続使用性に関する阻害要因分析 その1~5, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.37-46, 2014.9
- 2) 松本玄徳ほか: 軸力を受けるト形部分架構におけるパイルキャップの耐震性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.445-446, 2010.9
- 3) 桑原亮ほか: 既製杭を用いたト形部分架構パイルキャップのせん断強度式の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp.331-336, 2016
- 4) 郡司大裕ほか: 既製杭を用いたト形部分架構パイルキャップの破壊性状の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.2, pp.271-276, 2019
- 5) 岸田慎司ほか: 偏心した柱を有するト形部分架構パイルキャップの破壊性状に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.2, pp.265-270, 2019
- 6) 岸田慎司ほか: 大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造的な性能評価に関する研究 その29, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.221-222, 2019.9
- 7) 岸田慎司ほか: 既製杭を使用した中柱におけるパイルキャップの耐震性能評価に関する実験, 日本建築学会構造系論文集, No.640, pp.1131-1136, 2009.6