

第 1 章

序論

1.1 研究背景

大地震時における建築物の耐震性能は現行の耐震基準において確保されているが、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。特に防災拠点施設（庁舎や避難施設）においては地震直後から建築物の継続使用が求められる。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が必要とされている。

近年の地震被害では、上部構造の被害に加えて杭基礎部材の被害が問題視されてきている。1995年兵庫県南部地震以降、2011年東北地方太平洋沖地震および2016年熊本地震では、杭頭部・パイルキャップの損傷が建築物の軸方向変形に影響を及ぼし、建築物に傾斜を発生させ継続使用を断念、解体に至った例も多い。例えば2016年熊本地震では、上部構造の被害が軽微であったにもかかわらず、既製杭が損傷したことにより上部構造が傾斜する事例^[1-1]が発生した。こうした背景から、大地震時に対する杭基礎部材の継続使用性確保が求められており、杭体の曲げせん断実験や杭基礎部分架構実験が近年果敢に実施されている^{[1-2],[1-3]}。

日本建築学会からは2017年に「鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針（案）・同解説」（以下、基礎部材指針）^[1-4]が刊行され、杭体の曲げ耐力や変形性能算定法が一部盛り込まれた。また、既製杭の変形性能向上を目的に二重鋼管杭^[1-5]や鋼管巻き中実杭^[1-6]など様々な杭体が開発されてきている。このように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研究は行われているが、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。最近になって、パイルキャップの破壊性状に関する実験や、パイルキャップせん断強度式の考察は行われてきた。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だ未解明な部分が多い。さらに、杭頭接合部の構造性能については未解明な部分が多く、実験による耐震性能の把握が求められている。特に、杭頭埋込部の抵抗機構については不明な点が多く、耐力や変形性能の評価法について確立されているとは言い難い。

そこで、パイルキャップ内の補強筋の役割を明確にすることと、パイルキャップ形状の違いがせん断強度式にどう影響するかを十字形の部分架構で確認する。また、パイルキャップを有する杭基礎構造では、杭頭接合面破壊が破壊モードの一つとして考えられる。埋込部に配筋された埋込補強筋の組数の違いによる杭頭接合部の破壊性状を検討する。なお、埋込補強筋とは、埋込部に配筋されている水平補強筋を指しており、パイルキャップ内に配筋されている補強筋とは区別した。また、一般に「ひげ筋」というと杭頭部に溶接される鉄筋を指しているが、ここでは、杭頭定着筋と称している。一方、基礎部材指針で提案されている場所打ち杭を用いたパイルキャップの設計に使われるパイルキャップ曲げ終局強度式がある。しかし、実験結果との整合性がとられていない問題点がある。そこで、試設計したモデルを試験体として実験し、理論式との整合性を明確にし、また場所打ち杭が基礎構造に与える影響を明らかにする。

建築研究資料第195号^[1-3]では、杭体（PHC杭、PRC杭、場所打ち鉄筋コンクリート杭、場所打ち鋼管コンクリート杭、SC杭）の構造実験と、杭基礎部分架構の構造実験、杭頭接合面の要素実験が実施されているが、この中の杭基礎部分架構の構造実験では以下のように報告されている。

- ・パイルキャップ終局せん断耐力式の提案を行い、精度良くパイルキャップのせん断終局強度を評価することが出来た。
- ・杭頭接合部で破壊する杭基礎部分架構試験体を製作し構造実験を実施した結果、杭頭定着面

での抵抗機構と、杭頭を埋め込んだことによるてこ作用による曲げ抵抗機構が確認出来た。

一方この資料で示されている「今後の研究課題」は以下のような課題があり、今回の研究ではこの課題に対応した検討を実施した。

- (1) 基礎部材指針^[1-4]では、場所打ち杭の場合と既製杭とでパイルキャップの設計法が異なっている。さらに、場所打ち杭の場合は接合部曲げ降伏破壊を導入している。しかし、実験結果に基づいたものでは無いためにこれらの実験を行い、妥当性を確認する必要がある。
→4章 「場所打ちコンクリート杭を対象としたパイルキャップ降伏破壊モードの検証実験」にて検討を行う。
- (2) 実際の建築物では、杭芯やパイルキャップ芯に対して柱などが水平方向に偏心して取付く場合があるが、このような場合のパイルキャップのせん断破壊の検討が必要である。
→2章 「パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験」にて検討を行う。
- (3) 杭基礎部分架構を設計するためにモデル化を行う際、杭頭接合面や、柱脚、基礎梁の危険断面位置などを決める必要があるが、これらについて十分に検討できておらず、さらなる検討が必要である。
→各章の実験結果にて検討を行う。
- (4) 杭頭接合部で破壊する杭基礎部分架構試験体の耐力評価を行ったところ、精度良く評価出来たとは言えなかった。基礎部材指針内の既製杭曲げ耐力評価において、埋込部へのコンクリートの支圧による曲げモーメントを三角形分布として評価している。近年の研究^[1-27]では、コンクリートの支圧による曲げモーメントを矩形分布と考え、杭の埋込部側面でのてこ作用による曲げ抵抗（以下、てこ機構）と、杭頭定着筋による杭頭接合面での曲げ抵抗（以下、定着機構）が生じると報告されている。これを踏まえ、基礎部材指針の曲げ耐力評価のままでは、①杭頭接合面の圧縮側（支圧部）コンクリートが支圧効果によって強度が上昇していること、②杭頭部のパイルキャップ内への埋込みによるてこ機構と、杭頭定着筋による定着機構の曲げモーメント耐力寄与分が、基礎部材指針において陽に含まれていないことで精度の良い評価ができないと考えられる。杭頭接合部破壊の評価では、これらの抵抗機構に関する検討が必要である。また、この破壊において靱性を確保するための条件も十分に検討できておらず、さらなる検討が必要である。
→3章 「既製杭を対象とした靱性のある杭頭接合面降伏の実現可能性を確認するための実験」にて検討を行う。

1.2 既往の研究

本研究に関する既往の研究について、表 1.2-1～表 1.2-20 に示す。

表 1.2-1 既往の研究（1）

題目	水平力を受ける場所打ち杭-基礎梁部分架構の力学的特性に関する研究 ^[1-7]
著者	小林勝己, 丸隆宏, 大西靖和, 寺岡勝, 和田章
出典	日本建築学会構造系論文集 第 509 号, pp.83-90, 1998 年 7 月
試験体	<p>試験体は 4 体製作した。</p> <p>本実験では、特に基礎梁との相互作用を考慮した杭頭部の力学特性に焦点を当てている。そのため、柱からの加力を省略し、実験を簡略化している。</p> <p>試験体は、いずれも杭頭部が曲げ破壊するように設計されている。</p> <p>10~15 階の建物中柱直下の杭を想定した約 3 分の 1 縮小模型である No.1 を基本試験体とし、軸力、パイルキャップせい、主筋量を変更させた試験体を用いて実験を行った。</p>
実験結果	<p>すべての試験体において、杭の曲げひび割れ・基礎梁の曲げひび割れに次いで杭主筋の曲げ引張降伏が生じた。杭主筋の降伏後、曲げひび割れが進展するとともに、杭頭部の回転が大きくなり、杭頭部のコンクリートが曲げ圧壊して最大荷重に達した。No.1, No.4 においては加力サイクル中にパイルキャップにせん断ひび割れが生じた。</p>
まとめ	<p>① 中柱直下の杭で、基礎梁の降伏やパイルキャップの破壊が先行しない場合では、基礎梁との相互関係を考慮しても、杭主筋のパイルキャップ内の定着に関して、主筋径の約 40 倍の定着長が有効であり、それ以上は顕著な差が出ないことが判明した。</p> <p>② 柱主筋の降伏までの変形特性は、杭材の曲げ変形及びせん断変形の計算値、杭主筋のパイルキャップからの抜け出しによる変位成分の評価値、基礎梁の変形とそれに伴うパイルキャップの回転による変位成分の測定値の合計で評価することができる。</p> <p>③ 本実験の範囲内では、杭頭部の曲げ耐力と破壊状況に関して、基礎梁の曲げ引張領域に位置するパイルキャップに杭主筋を定着していることの影響は若干であり、いずれの試験体とも大変形時までは安定した履歴性状を示す結果となった。</p>

表 1.2.-2 既往の研究(2)

題目	側柱下の場所打ち杭-基礎梁部分架構の耐震性能に関する研究 ^[1-8]
著者	小林勝己, 丸隆宏, 大西靖和, 寺岡勝, 和田章
出典	日本建築学会構造系論文集 第520号, pp.61-68, 1999年6月
試験体	試験体は3体製作し, 10階建ての建物を想定して, 各部材の大きさを設定し, 約3分の1縮小モデルとした。試験体 No.5 を本実験の基本試験体とし, 試験体 No.6 は No.5 と比べ, パイルキャップせいと柱主筋比を大きくし, 杭補強筋比と杭の終局曲げ耐力時の基礎梁の余裕度を低くしている。試験体 No.7 は No.5 に対して, パイルキャップせいと杭主筋定着長を大きくしている。
実験結果	いずれの試験体も, 杭主筋が曲げ降伏して最大荷重に達した後に, 軸力増大時に杭頭部の曲げ圧壊が著しくなり, 耐力低下を生じた。軸力増大時の最大荷重は, すべての試験体で杭の終局曲げ耐力の計算値を上回っていた。一方, 軸力減少時は, $\delta_p = 60mm$ において, 耐力低下が生じている。これは軸力増大時の損傷の影響と考えられる。
まとめ	<p>① パイルキャップのせん断ひび割れ耐力は, ひび割れ発生状況を考慮して有効体積を仮定し, 平均せん断応力度を算定することにより, 主応力度式を用いた評価がおおむね可能であった。ただし, 軸力減少時には, 基礎梁の下端筋の影響を考慮して, パイルキャップの有効体積を設定する必要がある。</p> <p>② 基礎梁の曲げ耐力及び軸力増大時の変形特性に関して, 基礎梁の有効スパンを設定することにより, 概ね実験値との対応を図ることができた。軸力減少時に基礎梁主筋が降伏した試験体の降伏時変形については, 基礎梁主筋定着部に位置するパイルキャップの損傷による影響と考えられるため, 実験値を過小評価する結果となった。</p>

表 1.2-3 既往の研究 (3)

題目	柱・基礎梁・杭からなるト形部分架構の耐震性能に関する実験的研究 ^[1-9]
著者	岸田慎司, 大村哲矢, 北山和宏
出典	日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道) 2004 年 8 月
試験体	試験体は側柱下の杭頭接合部に注目し, 柱・基礎梁・PHC 杭のト形接合部を対象としたフーチングせいの異なる試験体 Sp2, Sp3 の 2 体である。 試験体形状, 断面寸法および試験体諸元を示す。試験体は実施建物を参考にし, 縮尺を約 2 分の 1 とした。試験体形状及びコンクリート設計基準強度は共通とし, 軸力は実施設計例の構造計算書に基づき 500kN とした。
実験結果	両試験体とも, 下端引張側となる 0.15%時にフーチングとの境界部に曲げひび割れが発生し, 上端引張となる-0.2%時には柱との境界位置に曲げひび割れが発生した。 0.5%時に正載荷ではせん断ひび割れ, 負載荷では接合部に縦方向のせん断ひび割れが発生した。 -1.0%時に試験体 Sp2 は接合部内に多数のせん断ひび割れが発生したが, 試験体 Sp3 は発生しなかった。両試験体とも最終的な破壊形式は杭頭部のアンカー筋の抜け出しによる破壊である。
まとめ	① 層せん断力-層間変形角関係より, 正負で最大層せん断力が異なり, 両試験体とも負載荷で高くなった。また, フーチングせいの違いによる比較すると, フーチングが引張側となる場合にはフーチングせいの大きいほうが最大耐力は大きくなるのに対して, 圧縮側の場合には小さくなった。 ② 梁主筋の応力分布図より, 加力方向により危険断面位置が異なることが分かった。下端引張の場合にはフーチングと梁の付け根が危険断面位置となり, 上端引張の場合には柱位置が危険断面になると考えられる。

表 1.2-4 既往の研究（4）

題目	周辺架構を考慮したパイルキャップの耐震性能評価に関する実験研究 ^[1-10]
著者	酒井慎二, 岸田慎司, 小林恒一, 林静雄
出典	コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, 2008
試験体	試験体はパイルキャップとその周囲にとりついている杭・基礎梁・柱から構成された十字形の部分架構とし, 実在建物の約4分の1の縮小モデルとした。「パイルキャップの幅とせいの寸法」及び「導入軸力」を変化させた試験体を3体製作した。
実験結果	すべての試験体において基礎梁の曲げひび割れ発生後, せん断ひび割れ, 柱及びパイルキャップに斜め方向のひび割れが発生したのちに最大耐力に至った。「RC-0-500」及び「RC-0.32-50」試験体は変位の増大に伴いパイルキャップ底部の杭頭周囲に抜け出しによるひび割れが入った。「RC-0.32-350」試験体はパイルキャップ底部の杭頭付近のコンクリートにひび割れや抜け出しなどの損傷はほとんど生じず, パイルキャップに発生したせん断ひび割れが次第に大きくなり最大耐力に達した。
まとめ	<p>① 「RC-0-500」及び「RC-0.32-500」試験体は杭頭のアンカー筋が降伏後に, 荷重の上限が緩やかになり, その後は杭の抜け出しが増加したため, 変位のみが増大した。「RC-0.32-350」試験体は杭のアンカー筋が降伏する直前にパイルキャップのせん断ひび割れが拡大したことにより耐力が決定した。</p> <p>② パイルキャップを小さくすることでパイルキャップのせん断ひび割れ発生荷重は3割程度低い結果となり, 現状のボリュームが耐震性能にも優れているという考えに至った。しかし, 補強方法によってはボリュームを抑えることも可能と思われる。</p>

表 1.2-5 既往の研究 (5)

題目	ト形部分架構を有するパイルキャップの耐震性能評価 ^[1-11]
著者	松本玄德, 岸田慎司, 酒井慎二, 林静雄
出典	日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北) 2009 年 8 月
試験体	試験体は RC 造 6~10 層程度の中層建物の側柱下におけるト形部分架構を対象とし, 約 1/4 縮小モデルを 4 体製作した。実験変数はパイルキャップ寸法, 基礎梁主筋の定着長さ, 載荷方向とした。No.1 と No.2 を標準型とし, 初めの載荷方向を変えている。No.3 はパイルキャップ寸法をスケールダウンした縮小型, No.4 は基礎梁主筋の定着を柱の外側まで延長した定着型とした。
実験結果	<p>破壊形式については No.1 では上端基礎梁主筋の降伏後の抜け出し, No.2 では基礎梁上端のコンクリート圧壊, No.3 では基礎梁主筋は降伏していないが抜け出し破壊, No.4 では定着を長くしたことにより定着部の跳ね上げ破壊をしている。</p> <p>初期剛性は全試験体とも概ね同程度だが負荷荷から行った No.2 は最大耐力が No.1 に対して約 12%大きくなった。また定着を長くとした No.4 も No.1 に対して約 11%大きい結果となった。全試験体で靱性指針に基づき計算する際はパイルキャップ断面を考慮する必要があると考えられる。</p>
まとめ	<p>① 層せん断力-層間変形角関係から正負の加力方向により危険断面位置が異なり, 耐力に影響する。</p> <p>② 基礎梁主筋の定着長さを長くすると耐力に影響する。</p> <p>③ 基礎梁主筋の折り曲げ定着部は跳ね出し破壊を防ぐため, せん断補強筋による拘束を考えなければならない。</p>

表 1.2-6 既往の研究 (6)

題目	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 ^[1-12]
著者	松本玄徳, 林静雄, 岸田慎司
出典	日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸) 2010 年 9 月
試験体	試験体は RC 造中層建築物の側柱下におけるト形部分架構を対象とし, 約 1/2 縮小モデルを 4 体製作した。実験変数はパイルキャップの寸法・配筋方法, 杭径とした。標準型を標準とし, 縮小型はパイルキャップせいと幅を柱に合わせ, かご筋型はパイルキャップ配筋をかご筋型にした。大径杭型は場所打ち杭を想定して杭径を大きくした。
実験結果	破壊形式はかご筋型が柱の圧壊, 他の試験体はせん断破壊とした。 標準型と比較し, 縮小型の最大耐力は約 24%低い結果となった。かご筋型はパイルキャップのせん断破壊ではなく柱の圧壊によって最大耐力となり, 最大耐力は標準型と比較し約 5%低い結果となった。大径杭型は標準型と比較し約 20%高い結果となった。大径杭型は標準型と比較して杭アンカー筋がパイルキャップ内でより外側に配筋されていることから, 標準型より有効断面が大きく耐力が高い値になったと考えられる。
まとめ	① パイルキャップ内柱せん断補強筋はせん断耐力に影響を及ぼす。 ② 接合部せん断耐力を評価する場合, 有効断面には柱・パイルキャップ・杭を考慮する必要がある。また, 靱性保証型 mean 式ではわずかに危険側になったものの, 柱・パイルキャップ・杭を考慮して計算する場合が安全かつ精度良く評価することが可能であった。

表 1.2-7 既往の研究 (7)

題目	ト形部分架構を有するパイルキャップの耐震性能に関する実験研究 ^[1-13]
著者	大和久貴義, 上坂宜嗣, 岸田慎司, 林静雄
出典	コンクリート工学年次論文集 (名古屋) 2013 年 7 月
試験体	試験体は RC 造中高層建築物の側柱下部におけるト形部分架構を想定し, 約 1/2 縮小モデルとして 3 体製作した。 実験変数はパイルキャップの配筋方法である。全試験体をかご筋型とし, No.1 を基準に No.2 は補強筋量を変えず縦筋を杭の埋め込み部までとした。No.3 は補強筋量のみ増やした。
実験結果	破壊形式は全試験体でパイルキャップ内のせん断補強筋が降伏し, 最大耐力以降で損傷が顕著に見られたことでパイルキャップのせん断破壊とした。 全試験体で, 正負荷荷時の最大層せん断力が異なっており, 正荷荷時で負荷荷時より 25%程度最大耐力が大きくなっている。No.3 の最大耐力は No.1 と比べて正荷荷時は 6.8%, 負荷荷時では 11.3%耐力が大きくなり, せん断補強筋の増加による耐力上昇が見られた。
まとめ	① 加力方向によって, ストラット抵抗機構の形成が異なることが最大耐力に大きな差異が生じる要因となった。これは基礎梁位置を上げた影響により, 負荷荷時でのストラットが重なり合い, 耐力が低くなるためと考えられる。 ② パイルキャップせん断補強筋量を増すことで, 最大耐力の向上, 周辺部材の変形抑制することが可能であった。 ③ 杭頭周囲に配筋をしていない試験体 No.2 では, 試験体 No.1 と比べ, 最大耐力に顕著な違いはないが, 耐力低下が大きかった。

表 1.2-8 既往の研究(8)

題目	ト形部分架構を有するパイルキャップの耐震性能に関する研究 (その3) リング筋の影響 [1-14]
著者	岸田慎司, 小原拓
出典	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)2014年9月
試験体	試験体は RC 造 6~10 階建て中層建築物の側柱下部におけるト形部分架構を想定し, 約 1/2 縮小モデルとして 2 体製作した。実験変数はパイルキャップ内配筋方法である。前項の[7]の試験体 No.3 を基準に No.4 は縦筋を 4 本に減らし補強筋を D13 に大きくした。No.5 は縦筋をそのままに補強筋を D13 に大きくし, パイルキャップ底面のひび割れを補強するためにリング筋を配筋した。
実験結果	破壊形式については全試験体で正負ともに層間変形角 $R=2\%$ 時に最大耐力となり, 同時にパイルキャップせん断補強筋, 柱(接合部内)補強筋が降伏したことからパイルキャップのせん断破壊とした。 No.3 では正載荷時の方が負載荷時より最大耐力が 20%程度大きくなっているが試験体 No.4, No.5 では正載荷時と負載荷時の最大耐力の差は 7%~10%程度まで減少した。また, 全試験体で最大耐力以降の耐力低下が正載荷時には緩やかに低下するが, 負載荷時には急激に低下した。
まとめ	① パイルキャップせん断補強筋比を上げたことで負載荷時の最大耐力が大きく増加する。正負の最大耐力差が試験体 No.3 では 20%程度であったが試験体 No.4, No.5 では 7%~10%程度まで減少した。 ② 杭頭部周辺にリング筋を配筋した試験体 No.5 は最大耐力時($R=2\%$ 時)までは杭の変形を抑えることができた。しかし $R=4\%$ 時にはパイルキャップ底面のひび割れがリング筋状に発生したことで, 杭の変形が大きくなった。

表 1.2-9 既往の研究 (9)

題目	ト形部分架構を有するパイルキャップの耐震性能に関する実験研究 (その4) パイルキャップのせん断強度式の検討 ^[1-15]
著者	小原拓, 岸田慎司
出典	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)2014年9月
試験体	試験体詳細は, [8]と同様である。
実験結果	パイルキャップ内縦筋において, 正負ともにパイルキャップ下部における内部の鉄筋(アンカー筋)の歪みが, 外部の鉄筋(パイルキャップ縦筋)に比べて顕著であった。また, パイルキャップ内補強筋においても内部の鉄筋(接合部内補強筋)の歪みが, 外部の鉄筋(パイルキャップ補強筋)の歪みに比べて顕著であった。これらはパイルキャップ内部の応力が内側に集中していることから生じたと考えられる。
まとめ	<p>① パイルキャップ内縦筋, 補強筋の歪み分布からパイルキャップ内部の鉄筋(アンカー筋, 柱補強筋)の歪みが, パイルキャップ外部の鉄筋(縦筋, 補強筋)の歪みと比べて大きくなり, 梁主筋による応力が大きく影響した。</p> <p>② パイルキャップ内応力伝達機構から, 加力方向によりストラット抵抗機構の形成が異なることで, 最大耐力に差異が生じたと考えられる。またパイルキャップ内の歪みの結果から, パイルキャップの奥行方向でストラットの応力が異なると考えられる。</p> <p>③ 負荷荷時では接合部補強筋比の影響が大きいことが確認でき, 正載荷時と負載荷時では応力のメカニズムが異なることが確認できた。</p>

表 1.2-10 既往の研究 (10)

題目	柱と杭が偏心した基礎接合部の合理的な設計法の開発 (その1) (その2) [1-16]
著者	加地由未子, 杉山誠, 西村泰志
出典	日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) 2005年9月
試験体	<p>この研究では柱と杭が偏心した基礎接合部の耐力評価法の検討を行った。これは柱断面と杭断面の重複した部分 A と重複しない部分 B に分け、それぞれの伝達機構を考えたものである。A は直接杭へ圧縮力を伝達、B はアーチ機構によって杭へ圧縮力が伝達されるものとして足し合わせたものが偏心した基礎接合部の耐力とする。</p> <p>試験体は実験変数を偏心距離 e とし、$e = 123\text{mm}$ の ED123 と $e = 196\text{mm}$ の ED196 合わせて 2 体を計画。結果の比較に既往の実験の試験体で $e = 115\text{mm}$ とした NO 試験体について示した。</p>
実験結果	<p>どちらの試験体も柱と杭が重複している部分では柱脚部の圧壊が顕著であった。このことから重複している部分ではコンクリートが圧縮強度に達しており、重複していない部分では圧縮強度に達していないことが推察される。</p> <p>いずれの試験体も最大耐力発揮後、鉛直変形が水平変形に比べてはるかに大きくなり、急激に耐力が低下している。急激な耐力低下の傾向は偏心距離が小さいほど大きい。</p>
まとめ	<p>① 偏心距離が比較的小さい NO 試験体と ED123 試験体の解析値は実験値を過大評価している。ED196 試験体の解析値はおおむね実験値と一致した。</p> <p>② 耐力の決定要因については実験結果と対応していない部分があり、この点については検討していく必要がある。</p>

表 1.2-11 既往の研究 (11)

題目	柱と梁が偏心した基礎接合部の合理的な設計法の開発(その3)(その4) ^[1-17]
著者	田中麻美, 杉山誠, 西村泰志
出典	日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東) 2006年9月
試験体	柱心と杭心を偏心させた2つの試験体を用意した。 1つはフーチングを無筋コンクリートとしたNFR試験体, 1つはフーチングに下端補強筋を配筋したFR試験体である。 各試験体とも柱及び基礎梁断面、配筋量などは一定とした。
実験結果	各試験体とも圧縮力載荷後、まず、フーチング A あるいは B 面に縦ひび割れが発生した。その後、フーチング A あるいは B 面に斜めひび割れが発生した。最大耐力発揮後、変形の増大に伴って斜めひび割れの幅は大きくなり、最大荷重時に柱脚部の圧壊が観察された。
まとめ	① NFR 試験体の最大荷重は、RC 柱の圧縮耐力の 80%程度である。一方、下端補強筋を有する FR 試験体は RC 柱の圧縮耐力をほぼ発揮している。 ② 下に解析値と実験値の比較の図を示す。 NFR 試験体の解析値は、実験値とほぼ対応しているのに対し、FR 試験体の解析値は、実験値を下回っている。二軸偏心を有する場合、軸力伝達を支障なく行うためには、下端補強筋を配筋する必要があると考えられてきたが、実際は不明な点が多いため、さらに検討をしていく必要がある。

表 1.2-12 既往の研究 (12)

題目	既製杭を用いたト形部分架構 パイルキャップのせん断終局強度の検討 ^[1-18]
著者	桑原亮, 岸田慎司, 向井智久, 伊藤宏亮
出典	コンクリート工学年次論文集 (福岡) 2016年7月
試験体	試験体は実施設計を参考に約 1/2~1/2.5 スケールのト形部分架構とし杭に場所打ち杭・PHC杭・SC杭を用い, パイルキャップ内の配筋を標準型とした試験体を RC, PHC, SC-01 とし, SC杭を用い, 縦筋・帯筋量を 1.5 倍としたかご筋型の試験体を SC-02 として 4 体製作した。 この内の SC-01 と SC-02, [6][7][8]で行った既往の試験体を含めた 9 体を研究の対象とした。
実験結果	破壊形式について SC-01 は帯筋の降伏後に最大耐力となり, 以降はひび割れ幅が増大したことからパイルキャップのせん断破壊とした。SC-02 では帯筋量を増加させたことにより帯筋は最大耐力後に降伏し, 柱脚部が圧壊した。既往の実験結果にこれら 2 つの実験結果を加えて耐力式の提案を行った。
まとめ	<p>① パイルキャップ帯筋及びパイルキャップ内の柱帯筋がせん断に寄与していることが確認できた。縦筋として考慮する鉄筋は柱主筋のみであり, 基礎梁の折り曲げ定着部やパイルキャップの縦筋はせん断に寄与していない。</p> <p>② 柱・基礎梁は部材断面, 杭についてはアンカー筋の外周 100mm を加えた円柱断面においての主筋の応力として圧縮域を考察した結果, 概ね実験時のパイルキャップせん断ひび割れと一致した。</p> <p>③ 本研究では修正荒川 mean 式を参考にパイルキャップせん断強度式を提案した。これはせん断に寄与する有効体積を考察し, それを基に各計算要素をパイルキャップに置き換えたものである。</p> $Q_u = \left\{ \frac{0.068p_t^{0.25}(F_c + 18)}{a/D + 0.12} + 0.2 \sqrt{c^2 p_w c \sigma_{wy} + p_c p_w p_c \sigma_{wy} + 0.1 \sigma_0} \right\} bj$ <p>要素 F_c: コンクリート強度(N/mm²) p_t: 引張鉄筋比(%) a/D: せん断スパン比 p_w: 柱せん断補強筋比 $c \sigma_{wy}$: 柱せん断補強筋降伏強度(N/mm²) $p_c p_w$: パイルキャップせん断補強筋比 $p_c \sigma_{wy}$: パイルキャップせん断補強筋降伏強度(N/mm²) σ_0: 軸方向応力度(N/mm²) b: 部材幅(mm) j: 応力中心間距離(mm)</p>

表 1.2-13 既往の研究（13）

題目	既製杭・RC 杭を用いたト形部分架構に対する静的載荷実験（その3 補修を施した場合） [1-19]
著者	平出務, 岸田慎司, 向井智久, 柏尚稔
出典	日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）2016年8月
試験体	試験体は[11]で製作した試験体のうち RC と SC-01 を実験後に補修したものをを用いる。[11]で行った実験の最終破壊状況は試験体 RC が杭頭部の圧壊、SC-01 ではパイルキャップのせん断破壊となっている。 実験後の試験体のひび割れにエポキシ樹脂・セメントフィラーを注入、欠損部には型枠を作ってモルタルを打設、杭頭の圧壊部分には鋼管を巻くことで補修・補強して載荷実験を行った。
実験結果	破壊形式について RC は杭の抜け出し破壊、SC-01 ではパイルキャップのせん断破壊と判断した。 RC の最大耐力は正・負載荷両方で補修前よりそれぞれ 12.8%, 22%増加し、最大耐力時の R もそれぞれ R=2.96%から 3.97%, R=1.36%から 3.03%へと大きくなった。 SC-01 の最大耐力は正・負載荷両方で補修前よりそれぞれ 38%, 34.4%減少し、最大耐力時の R はそれぞれ R=1.89%から 3.83%, R=1.6%から 1.94%へと大きくなった。
まとめ	① 前回の実験で杭頭部の圧壊をしていた RC では正・負載荷両方で最大耐力が増加し、各部材の変形性能は補修前程度に改善した。 ② 前回の実験でせん断破壊していた SC-01 では正・負載荷両方で耐力上昇は見込めず、それぞれの耐力は 2/3 以下に減少した。各部材の変形性能は正載荷時には補修前と違いはなかったが、負載荷時には柱の変形が大きくなり、正負で部材の変形状況が異なった。

表 1.2-14 既往の研究（14）

題目	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性能評価に関する研究（その15 袖壁付柱と偏心柱を有するSC 杭頭接合部のト形部分架構に関する実験結果） ^[1-20]
著者	中村直樹，郡司大裕，岸田慎司，向井智久
出典	日本建築学会大会学術講演梗概集（広島）2017年9月
試験体	試験体は実建物の1/3スケールで，パイルキャップ内の配筋方法・鉄筋量を変化させたAシリーズ，袖壁付柱を有するBシリーズ，偏心柱を有するCシリーズとした。試験体A-1を基準としてパイルキャップ内を標準型（袴筋・ベース筋・帯筋）に配筋した。試験体A-2，A-3はかご筋型（縦筋・帯筋）に配筋し，A-2の縦筋量はA-1の1.63倍，A-3では3.13倍とした。試験体B-1はパイルキャップ内を標準型に配筋し，厚さ80mm，長さ300mm（柱の1D）の袖壁を設けた。試験体C-1は柱心と杭心が100mmずれており，パイルキャップ内を標準型に配筋した。また試験体C-2はパイルキャップ内をかご筋型に配筋した。
実験結果	試験体A-1，A-2，A-3の最大耐力に差はあまり見られなかったこと。また最大耐力時層間変形角も3試験体とも1~2%の間を示した。袖壁付柱を有する試験体B-1ではA-1と比較し，最大耐力が正側で1.25倍，負側で1.40倍と大きな値となった。耐力低下率では正載荷で27%（A-1は19%）と耐力低下が大きくなった。偏心柱を有する試験体C-2では最大耐力（A-1と比較）が正載荷で0.91倍，負載荷で1.22倍と載荷方向により異なる結果を示した。
まとめ	<p>① パイルキャップ内の配筋方法・縦筋量を変化させても，最大耐力，最大耐力時層間変形角，破壊性状に差異は確認できなかった。パイルキャップ内の配筋方法・縦筋量はパイルキャップのせん断終局強度に及ぼす影響は小さいと考えられる。</p> <p>② パイルキャップせん断破壊した試験体で，パイルキャップ内の配筋が同一であっても，袖壁の有無により最大耐力に差が生じた。袖壁付柱はパイルキャップのせん断終局強度に影響を及ぼすと考えられる。</p> <p>③ 試験体C-2では偏心柱を有しても，パイルキャップ内の配筋をかご筋型とし，縦筋・帯筋ともに増量し，柱脚部に鋼板巻き立て補強を行うことで，パイルキャップの損傷および柱脚の曲げ圧壊を防ぐことができることを確認した。</p>

表 1.2-15 既往の研究 (15)

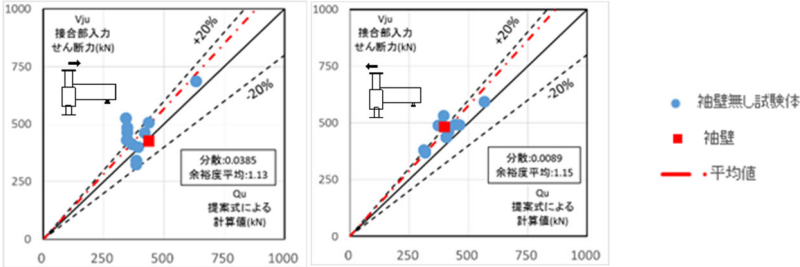
<p>題目</p>	<p>大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造性能評価に関する研究 (その25 既製杭を用いたト形部分架構におけるパイルキャップせん断終局強度式の再検討) [1-21]</p>
<p>著者</p>	<p>岸田慎司, 向井智久, 中村聡宏</p>
<p>出典</p>	<p>日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北) 2018年9月</p>
<p>試験体</p>	<p>[14]の試験体は6体製作した。実験変数をパイルキャップ内の配筋方法 (標準型・かご筋型), 上部構造の形状 (袖壁付近・偏心柱) とした。今回の試験体6体と, [6][7][8][9][12]で行った既往の試験体を含めた12体を研究の対象とした。</p>
<p>修正案</p>	<p>ト形部分架構のパイルキャップにおいて, 杭 - 基礎梁が開く方向では杭のアンカー筋がせん断破壊に対して有効な鉄筋であると判明した。 本研究では[12]にて提案されたパイルキャップせん断強度式をもとに, 式を再検討した。以下にその修正式を示す。</p> $Q_u = \left\{ \frac{0.068p_t^{0.23}(F_c + 18)}{\frac{a}{D} + 0.12} + 0.85\sqrt{c^2P_w c\sigma_{wy} + p_c^2P_w p_c\sigma_{wy} + 0.1\sigma_0} \right\} bj$ <p>ここで F_c:コンクリート強度(N/mm²), p_t: 引張鉄筋比(%) a/D:せん断スパン比, p_w: 柱せん断補強筋比, $c\sigma_{wy}$:柱せん断補強筋降伏強度(N/mm²) $p_c p_w$: パイルキャップせん断補強筋比 $p_c c\sigma_{wy}$: パイルキャップせん断補強筋降伏強度(N/mm²) σ_0:軸方向応力度(N/mm²), b:部材幅(mm),</p> <p>[式の再提案箇所] ・せん断強度算定式時のパイルキャップの作用軸力 N_{pc} 柱軸力と同じ値としていたが, 基礎梁のせん断力による作用軸力の増減を考慮し次式のように定義した。</p> $N_{pc} = N_c + Q_b$ <p>N_c:柱軸力, Q_b:基礎梁せん断力(下向きを正)</p> <p>・せん断補強筋に対する係数 実験値のせん断耐力から靱性指針式より算出した無筋時におけるせん断耐力を除いた値をせん断補強筋の効果量と考え, 0.2としていた。本研究では想定する有効断面が異なるため, 元の修正荒川 mean 式に従い, 係数を0.85とした。</p>  <p>有効断面せいとパイルキャップにせん断強度算定時のパイルキャップの作用軸力, せん断補強筋の係数, 有効引張鉄筋を修正することで, 精度良く実験値を評価できることを確認した。 本式により, [12]において考慮されなかった載荷方向の違いを考慮した評価および袖壁付柱を有する試験体における評価が可能となった。</p>

表 1.2-16 既往の研究 (16)

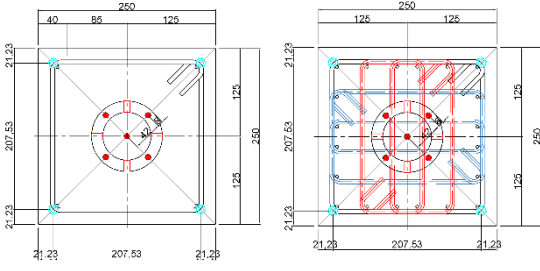
<p>題目</p>	<p>大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造性能評価に関する研究 (その 24 縮小支圧要素試験結果および提案式との比較) [1-22]</p>
<p>著者</p>	<p>浅井陽一, 向井智久</p>
<p>出典</p>	<p>日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北) 2018 年 9 月</p>
<p>試験体</p>	<p>支圧盤及び試験体は実寸に対して 1/10 の縮小寸法とした。試験体は 11 体作製し、実験変数は帯筋有無の影響、支承部と支圧部の面積比、支承部のコンクリート圧縮強度、支圧盤形状、帯筋比の影響、試験体寸法の影響である。No.1-1, No.1-8 の配筋図を図 1 に示す。</p> <p>面積比は標準的な杭寸法及びパイルキャップ寸法による面積比を網羅するように 2.56~4.47 とした。コンクリートの骨材最大寸法は 13mm とし、帯筋の降伏応力度は D6 で 392N/mm², D10 で 361N/mm² である。加力は単調載荷とした。式(1)は圧縮強度と面積比の平方根を、式(2)は引張強度と面積比の平方根を考慮した支圧強度式である。この提案式についても重ねて検討する。</p> $\sigma_{bb} = \sigma_{cb} \times \sqrt{(A_c/A_1)} \dots \dots \dots (1)$ $\begin{aligned} \sigma_{bb} &= 10 \times \sigma_t \times \sqrt{(A_c/A_1)} \\ &= 1.8 \times \sigma_{cb}^{(0.8-\sigma_{cb}/2000)} \times \sqrt{(A_c/A_1)} \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$ <p>σ_{bb} : 支圧強度, σ_{cb} : コンクリートの圧縮強度 σ_t : コンクリートの引張強度(N/mm²) A_c : 支承面積(mm²), A_1 : 支圧面積(mm²)</p>  <p>(a) No. 1-1 (b) No. 1-8</p> <p>図 1 配筋図 (単位 mm)</p>
<p>実験結果</p>	<p>No.0-1, No.0-2 では載荷面において支圧盤から隅角部に向かってひび割れが進展し、その後側面にひび割れが発生し破壊に至った。その他の試験体は側面にひび割れが発生し、その後載荷面において支圧盤から隅角部に向かってひび割れが発生し破壊に至った。</p>
<p>まとめ</p>	<p>支圧部を中空とした試験では、コンクリート引張強度を考慮した提案式(2)と最大荷重との比は 1.04 で式 (1) より適合性が比較的高いことが分かった。中子筋方式は鉄筋補強の影響で耐力が向上し、その他試験体と異なる支圧強度比-めり込み変形関係となった。支圧盤を中実試験体とした場合提案式は過大評価したが、載荷形状の違いが影響した可能性も考えられる。</p>

表 1.2-17 既往の研究（17）

題目	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 ^[1-23]
著者	郡司大裕, 岸田慎司, 向井智久, 毎田悠承
出典	コンクリート工学年次論文集（北海道）2019年7月
試験体	試験体は実建物の1/3スケールで全てかご筋型パイルキャップを用いた。基準試験体をA-4とし、同じ配筋で軸力を変動させる試験体をA-5とした。またパイルキャップ内の帯筋の径、強度、間隔を変えてパイルキャップ帯筋量と柱帯筋量の合計を試験体のA-4の8.12倍配筋した試験体をA-6とした。
実験結果	<p>試験体A-4は正負共にパイルキャップせん断破壊をしたが、軸力を変動させた試験体A-5に関しては軸力比が小さい正載荷側において柱脚部の圧壊、負載荷側でパイルキャップせん断破壊と正負で異なる破壊性状を示した。また帯筋量が多い試験体A-6はパイルキャップの損傷が大きくなり、柱脚の圧壊により破壊した。</p> <p>パイルキャップせん断破壊に特徴的な現象は以下のようなものと分かった。a. 基礎梁主筋に沿ってパイルキャップに水平方向にひび割れが入った。b. 正載荷でパイルキャップ中央部から上下に大きくひび割れが入った。c. 負載荷で柱脚部からパイルキャップ上部にかけて大きくひび割れた。d. 最大耐力時に接合部から杭頭部にかけて縦ひび割れが入った。e. パイルキャップ-基礎梁の接合面で、パイルキャップ下部に鉛直方向と斜め方向にひび割れが入った。加えて、パイルキャップ-杭頭部との接合面にひび割れが進展した。f. 負載荷方向では最大耐力を迎えるまでパイルキャップに目立った損傷は見られず、接合部と柱脚に損傷が集中した。g. パイルキャップ内の補強筋（パイルキャップ縦筋・帯筋、柱帯筋）が大きく歪んだ。h. パイルキャップ-基礎梁の接合面とは反対側の面で、柱主筋に加えてパイルキャップ内補強筋が降伏し、柱主筋に沿って正載荷で縦ひび割れが入った。さらに負載荷で水平方向のひび割れがパイルキャップ中央に入った。i. 最大耐力以降、正載荷ではパイルキャップ下部の損傷が顕著であった。負載荷ではパイルキャップへの損傷も大きいことに加え、接合部の損傷も顕著に表れた。</p>

表 1.2-18 既往の研究 (18)

題目	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 ^[1-24]
著者	岸田慎司, 向井智久, 毎田悠承
出典	コンクリート工学年次論文集 (北海道) 2019年7月
試験体	試験体は実建物の1/3スケールで偏心の無い標準型パイルキャップの試験体A-1を基準とし, 偏心柱を有する試験体をCシリーズとした。偏心距離は100mmとし, 試験体C-1はパイルキャップ内をA-1と同じとした。パイルキャップ内をかご筋型とし, パイルキャップの性能向上型とした試験体をC-2とした。試験体C-3はC-1から柱主筋の強度を上げ, 軸力比を落とした試験体とした。
実験結果	試験体C-1についてはR=2%時に圧縮側の柱脚部に圧壊が拡がり, 軸力保持限界を迎えた。試験体C-2はR=2%まで試験体C-1と同様な性状を示したが, R=3%時の負荷荷時に柱脚部の圧壊が生じ, 主筋の座屈も確認された。試験体C-3についても試験体C-1と同様な性状を示したが, 軸力が小さいことにより, 背面における斜めひび割れやパイルキャップせん断ひび割れの数は少なかった。 最大耐力については, 偏心柱を有する試験体はいずれも荷重方向により最大耐力に差が生じた。試験体C-2は試験体C-1と比べて安定した履歴ループとなった。
まとめ	① 偏心柱を有する場合において, 標準型配筋をかご筋型配筋として, 縦筋および帯筋量を増やすことで耐力が上昇し, ある程度の層間変形角までは軸力を保持できた。 ② 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積については, 偏心の無い場合よりも小さくなっている可能性がある。 ③ 偏心柱を有するパイルキャップの鉄筋のひずみ性状は偏心の無い場合と異なることを確認した。

表 1.2-19 既往の研究 (19)

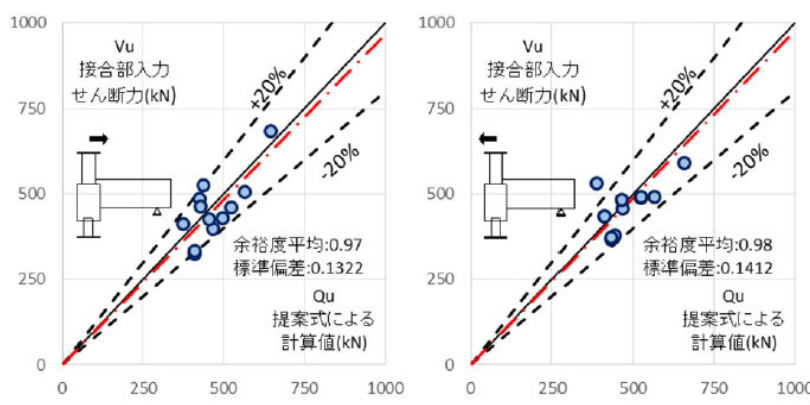
<p>題目</p>	<p>大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造性能評価に関する研究 (その 29 既製杭を用いたト形部分架構におけるパイルキャップのトラス・アーチ機構による影響) [1-25]</p>
<p>著者</p>	<p>岸田慎司, 向井智久</p>
<p>出典</p>	<p>日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸) 2019 年 9 月</p>
<p>提案式</p>	<p>提案したパイルキャップせん断強度 V_u</p> <p>$v_0\sigma_B - c\sigma_t < 0$ のとき</p> <p>V_u は次のうち小さい値とする</p> $V_u = \begin{cases} \frac{\lambda_c v_0 \sigma_B + c p_{we} c \sigma_{we}}{3} c b_e c j_e \\ \frac{\lambda_c v_0 \sigma_B}{2} c b_e c j_e \end{cases}$ <p>$v_0\sigma_B - c\sigma_t \geq 0$ かつ $v_0\sigma_B - c\sigma_t - p_c\sigma_t < 0$ のとき</p> $cV_t = 2 c p_{we} c \sigma_{wy} c b_e c j_e$ <p>$p_c V_t$ は次のうち小さい値とする</p> $p_c V_t = \begin{cases} \frac{\lambda_{p_c} (v_0 \sigma_B - c \sigma_t) + p_c p_{we} p_c \sigma_{we}}{3} p_c b_e p_c j_e \\ \frac{\lambda_{p_c} (v_0 \sigma_B - c \sigma_t)}{2} p_c b_e p_c j_e \end{cases}$ $V_u = cV_t + p_c V_t$ <p>$v_0\sigma_B - c\sigma_t - p_c\sigma_t \geq 0$ のとき</p> $cV_t = 2 c p_{we} c \sigma_{wy} c b_e c j_e$ $p_c V_t = 2 p_c p_{we} p_c \sigma_{wy} p_c b_e p_c j_e$ $V_a = (v_0 \sigma_B - c \sigma_t - p_c \sigma_t) \frac{b x_n}{2} \sin 2\theta$ $V_u = cV_t + p_c V_t + V_a$ <p>上の式で[6][7][8][9][12][15]の試験体を評価した計算値と実験値の比較を下に示す。余裕度は概ね±20%に収まっており、標準偏差からも実験値の評価として妥当性があると考えられる。</p> 

表 1.2-20 既往の研究 (20)

<p>題目</p>	<p>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研究 [1-26]</p>																			
<p>著者</p>	<p>岸田慎司, 秋澤貫哉, 向井智久, 渡邊秀和, 中村総宏, 宮原清</p>																			
<p>出典</p>	<p>日本建築学会大会学術講演梗概集 (千葉) 2020 年 9 月</p>																			
<p>せん断強度式の考察</p>	<p>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-1 の破線および表-1 に示す。実験結果を踏まえ正負それぞれで係数を算出した。</p> <div data-bbox="526 448 1141 761"> </div> <p>図-1 最大耐力時帯筋負担応力と降伏応力の割合</p> <p>表-1 帯筋負担応力係数</p> <table border="1" data-bbox="566 828 1133 974"> <thead> <tr> <th rowspan="2">載荷方向</th> <th colspan="2">パイルキャップ</th> <th colspan="2">柱</th> </tr> <tr> <th>柱-基礎梁閉じ</th> <th>柱-基礎梁開き</th> <th>柱-基礎梁閉じ</th> <th>柱-基礎梁開き</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>負担割合</td> <td>$pcnc$</td> <td>$pcno$</td> <td>cnc ($cPw < 0.15\%$)</td> <td>cno</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.96</td> <td>0.64</td> <td>5.4 cPw</td> <td>0.59</td> </tr> </tbody> </table> <p>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^[19]に、表-1 で求めた係数を代入して計算を行った。結果を図-2 に示す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。対象とする試験体は本研究の試験体と、過去の実験^{[12],[17],[19]}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。計算結果について余裕度 (実験値/計算値) の平均値を^[19]の図と比較すると、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。</p> <div data-bbox="542 1366 1173 1668"> </div> <p>図-2 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</p>	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	$pcnc$	$pcno$	cnc ($cPw < 0.15\%$)	cno		0.96	0.64	5.4 cPw	0.59
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	$pcnc$	$pcno$	cnc ($cPw < 0.15\%$)	cno																
	0.96	0.64	5.4 cPw	0.59																

1.3 各章の概要

章ごとに、研究の概要を以下に示す。

1章では、研究の背景、既往の研究、各章の構成についてまとめた。

2章では、パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験と題して、2019年度に報告したパイルキャップのせん断強度式に対して再評価を実施した。2.1節では、5体のト形部分架構試験体を用いて構造実験を実施した。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動要因とした4体と、柱が杭に対して偏心した1体とした。パイルキャップ内の補強筋量の負担割合が違うことに着目して合理的な評価式としてなるよう検討を行った。2.2節では、架構形状の違いによるせん断強度の評価を行うために十字形部分架構の試験体1体の構造実験を実施した。ト形の場合と比較することで十字形のパイルキャップのせん断性状を報告する。

3章では、既製杭を対象とした靱性のある杭頭接合面降伏の実現可能性を確認するための実験を実施した。3.1節では、パイルキャップを有する杭基礎構造の靱性ある破壊モードとして、杭頭接合面破壊が考えられる。そこで、埋込み部における配筋の違いによる杭頭接合部の破壊性状の検討することを目的として4体の構造実験を実施した。試験体は杭頭接合面位置の埋込補強筋の組数を実験変数とした。3.2節では、靱性のある杭頭接合面降伏時挙動を検証する目的で5体の構造実験を実施した。

4章では、場所打ちコンクリート杭を対象としたパイルキャップ降伏破壊モードの検証を2体の試験体を使用して構造実験により実施した。現状、基礎部材指針^[1-4]で提案されている場所打ち杭を用いたパイルキャップの設計に使われるパイルキャップ曲げ終局強度式がある。実際に試設計したモデルを参照して試験体を2体作製した。提案されている曲げ終局強度式により求められる計算値と実験値との整合性を明らかにすること、また場所打ち杭が基礎構造に与える影響について報告する。

5章では、2章から4章で実施した実験及び検討結果をまとめて本研究で得られた成果と今後の研究課題を示す。

参考文献

- [1-1] 国土技術政策総合研究所，建築研究所：平成28年（2016年）熊本地震建築物被害調査報告（速報），2016年9月
- [1-2] 竹森敬介，本間裕介：既製コンクリート杭の曲げ変形性能に関する研究 その3 CPRC 杭の曲げせん断実験概要，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.761-762, 2016.8
- [1-3] 向井智久ほか：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性能評価に関する研究，建築研究資料，No.195，2019.10
- [1-4] 日本建築学会：鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針（案）・同解説，2017
- [1-5] 本間裕介ほか：二重管方式を採用した高靱性型 SC 杭の変形性能，日本建築学会構造系論文集，第84巻，第760号，pp. 819-829, 2019.6
- [1-6] 渡辺臣ほか：アンボンド鋼管巻き中実杭の載荷試験 その1 実験概要，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 593-594, 2021.9
- [1-7] 小林勝己，丸隆宏，大西靖和，寺岡勝，和田章：水平力を受ける場所打ち杭-基礎梁部分架構の力学的特性に関する研究，日本建築学会構造系論文集 第509号，pp.83-90，1998年7月
- [1-8] 小林勝己，丸隆宏，大西靖和，寺岡勝，和田章：側柱下の場所打ち杭-基礎梁部分架構の耐震性能に関する研究，日本建築学会構造系論文集 第520号，pp.61-68，1999年6月
- [1-9] 岸田慎司，大村哲矢，北山和宏：柱・基礎梁・杭からなるト形部分架構の耐震性能に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）2004年8月
- [1-10] 酒井慎二，岸田慎司，小林恒一，林静雄：周辺架構を考慮したパイルキャップの耐震性能評価に関する実験研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.3，2008
- [1-11] 松本玄德，岸田慎司，酒井慎二，林静雄：ト形部分架構を有するパイルキャップの耐震性能評価，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）2009年8月
- [1-12] 松本玄德，林静雄，岸田慎司：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（北陸）2010年9月
- [1-13] 大和久貴義，上坂宜嗣，岸田慎司，林静雄：ト形部分架構を有するパイルキャップの耐震性能に関する実験研究，コンクリート工学年次論文集（名古屋）2013年7月
- [1-14] 岸田慎司，小原拓：ト形部分架構を有するパイルキャップの耐震性能に関する研究（その3）リング筋の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）2014年9月
- [1-15] 小原拓，岸田慎司：ト形部分架構を有するパイルキャップの耐震性能に関する実験研究（その4）パイルキャップのせん断強度式の検討，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）2014年9月
- [1-16] 加地由未子，杉山誠，西村泰志：柱と杭が偏心した基礎接合部の合理的な設計法の開発（その1）（その2），日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）2005年9月
- [1-17] 田中麻美，杉山誠，西村泰志：柱と梁が偏心した基礎接合部の合理的な設計法の開発（その3）（その4），日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）2006年9月
- [1-18] 桑原亮，岸田慎司，向井智久，伊藤宏亮：既製杭を用いたト形部分架構 パイルキャップのせん断終局強度の検討，コンクリート工学年次論文集（福岡）2016年7月
- [1-19] 平出務，岸田慎司，向井智久，柏尚稔：既製杭・RC 杭を用いたト形部分架構に対する静的載荷実験（その3 補修を施した場合），日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）2016

第1章 序論

年8月

- [1-20] 中村直樹, 郡司大裕, 岸田慎司, 向井智久: 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性能評価に関する研究 (その15 袖壁付柱と偏心柱を有するSC杭頭接合部のト形部分架構に関する実験結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集(広島) 2017年9月
- [1-21] 岸田慎司, 向井智久, 中村聡宏: 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性能評価に関する研究 (その25 既製杭を用いたト形部分架構におけるパイルキャップせん断終局強度式の再検討), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) 2018年9月
- [1-22] 浅井陽一, 向井智久: 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性能評価に関する研究 (その24 縮小支圧要素試験結果および提案式との比較), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) 2018年9月
- [1-23] 郡司大裕, 岸田慎司, 向井智久, 毎田悠承: 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(北海道) 2019年7月
- [1-24] 岸田慎司, 向井智久, 毎田悠承: 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(北海道) 2019年7月
- [1-25] 岸田慎司, 向井智久: 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性能評価に関する研究 (その29 既製杭を用いたト形部分架構におけるパイルキャップのトラス・アーチ機構による影響), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) 2019年9月
- [1-26] 岸田慎司, 秋澤貫哉, 向井智久, 渡邊秀和, 中村総宏, 宮原清: 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研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(千葉) 2020年9月
- [1-27] 松田竜ほか: SC杭頭埋込部の曲げ抵抗機構, 日本建築学会構造系論文集, 日本建築学会構造系論文集, 第85巻, 第776号, pp. 1291-1301, 2020.10