

氏名	いけうち くにえ 池内 邦江
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	工博乙第61号
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当者
学位授与の年月日	令和6年3月8日
学位論文題目	鉄骨柱が埋め込まれた場所打ちコンクリート杭頭部の構造性能に関する研究
論文審査委員	（主査）教授 宮内 靖昌 教授 馬場 望 教授 大山 理 准教授 向出 静司

論文の内容の要旨

高層建物の地上階と地下階を同時に施工し工期の短縮を図る建設工事に採用される逆打ち工法では、構真柱と呼ばれる鉄骨柱（H形鋼柱，CFT柱等）から構真台柱と呼ばれる場所打ちコンクリート杭へ施工時軸力を伝達するが，その軸力は杭頭部の鉄骨柱埋込み部分のみで杭に伝達することになる。そのため，施工計画で想定した軸力に合わせて鉄骨柱埋込み部分の設計を行う必要がある。

近年，材料の高強度化および工事の大規模化により，逆打ち工法の設計条件が変化している。既往の研究は1990年代の施工状況をベースとして行われたもので，現状に則していない点も多く，また，当時から不明確であった事項も多い。そこで，本研究では，既往の研究では十分に検討されていない内容を明確にし，鉄骨柱埋込み部分の設計に供する知見を得ることを目的としている。

本論文の構成および概要を以下に示す。

第1章では，本研究の背景，既往の研究および本研究の目的を示している。既往の研究では，鉄骨柱埋込み部分は付着力，頭付きスタッドのせん断力，支圧力の各応力伝達力および低減係数を考慮したそれらの累加耐力によること，高強度コンクリートを採用した場合の影響などが示されている。しかし既往研究では明確にされていなかったウイングプレートによる付着耐力増加，鉄骨柱埋込み部分の割裂補強筋の効果および被り厚・偏心の影響の解明，さらに鉄骨柱埋込み部分の耐力評価式の修正提案を本研究の目的としている。

第2章では，H形鋼柱の付着耐力を増大させることを目的としたウイングプレートの影響について，実験により検証し，付着耐力，支圧耐力およびその累加耐力について考察している。ウイングプレートは設置天端から45°の範囲は付着が無効になり，コンクリート強度に対する平均付着応力度比はウイングプレートを有する場合大幅に上昇することを明らかにしている。また，ウイングプレートを有する断面では，付着耐力が支圧耐力に対して大幅に高くなることから，既往の式による累加耐力の計算値が実験値に比べ高くなる傾向にあり，修正が必要であることが示されている。

既往の研究では，日本建築学会プレストレストコンクリート設計・施工規準に準拠して補強筋を配筋するとあるが，補強範囲や想定する応力度レベルが逆打ち工法に則していない上，実験や解析による検証はほとんどなく，準用の可否が問われる状況であった。また，旧来，鉄骨柱断面は杭断面に対して小さく，鉄骨柱の軸耐力が杭の軸耐力に比べ十分に小さかったが，昨今の工事の大規模化や材料の高強度化等の様々な要因により，旧来に比べ鉄骨柱の作用軸力が上昇し，埋込み部分のコンクリート圧縮応力度レベルも高くなる状況にあり，埋込み部分の補強筋量の評価が求められる状況となっている。

そこで，第3章では，まず既往の研究で提案されている補強方法を実験的に検証し，次

に杭の終局圧縮耐力を発揮するために必要な補強筋量の評価式を提案している。CFT 柱で無筋の試験体では、杭全断面積から CFT 断面積を除いた中空断面の圧縮耐力を発揮して割裂破壊する。また、CFT 柱で鉄骨柱埋込先端部分のみに補強筋が配筋された試験体では、杭全断面積の圧縮耐力には至らない。このときの最大耐力は、既往の支圧耐力式における支圧面積として杭全断面積から CFT 柱断面積を除いた面積を用いることで、精度よく算定できる。さらに、CFT 柱で杭全長にわたり補強筋を配筋した試験体では、補強筋の増加とともに軸耐力が上昇する。埋込み部分の圧縮耐力の耐力上昇率を、支圧面積と支承面積の比と補強筋量の関数により評価し、これに基づき杭のコンクリートの圧縮耐力を確保するために必要な補強筋量の算定式を提案している。

近年材料の高強度化や部材断面の縮小化に伴い、被り厚が小さくなる傾向にあるが、杭コンクリートに対する鉄骨柱の被り厚が $1.0D$ (D : 鉄骨柱せい) 未満を対象にした研究は行われていない。また、鉄骨柱のコンクリート杭に対する偏心についても許容しなければならない状況となってきているが、その影響を確認した研究はない。そこで、第 4 章では、被り厚・偏心を対象とした実験を実施し、耐力評価を行っている。

コンクリート強度で無次元化した割裂応力度と被り厚の関係は線形性を示し、被り厚が $1.0D$ 以下の場合、付着耐力とスタッド耐力の累加耐力および杭の割裂応力度に基づく耐力の比較による式で精度よく実験値を評価できることを示している。偏心を有する場合、支圧耐力に対しては勿論のこと、スタッドせん断耐力も低下する。偏心がある場合のスタッド耐力は、コンクリート圧縮強度に偏心を考慮した式を用いることで、精度良く耐力評価できることを明らかにしている。

第 5 章では、第 1 章から第 4 章までの内容を踏まえ、鉄骨柱埋込み部分の各応力伝達要素の耐力評価式、およびそれらの累加耐力評価式を体系的にまとめている。また、実建物の寸法での累加耐力算定例を示し、具体的な計算方法を示している。

第 6 章では、各章についてまとめ、得られた知見を示し、本論文としての結論を示している。

論文審査の結果の要旨

(1) 主論文の審査

2023年12月9日(土)13:00~17:00および2024年1月25日(木)13:00~17:30に審査委員および申請者が一堂に会し、論文内容について質疑・応答した。主な確認事項は以下である。

(a) 副論文として示されている日本建築学会構造系論文集(建築分野の査読付き論文として国内最上位)2編、日本建築学会技術報告集(日本建築学会が査読付き論文として承認)1編および英文論文1編、計4編の内容が、主論文を構成していることを確認した。

(b) 主論文は、高層建物の建設時、地上階と地下階を同時に施工し工期の短縮を図る工事に採用される逆打ち工法において、場所打ちコンクリート杭頭部に埋め込まれた鉄骨柱(構真柱)の応力伝達部が支持することのできる施工時軸力の算定式を修正提案したものである。すなわち、当該箇所の応力伝達機構である、(a)鉄骨柱表面のコンクリートとの付着力、(b)鉄骨柱に打たれた頭付きスタッドによるせん断力、(c)鉄骨柱先端の支圧力、これらが組み合わされた場合の応力伝達力、およびその応力伝達に対する抵抗機構である杭コンクリートの割裂耐力・圧縮耐力に対し、ウイングプレートによって増加する付着耐力、杭に配筋される補強筋によって増加する割裂耐力、さらに鉄骨柱のかぶり厚さの減少および鉄骨柱の偏心により低減する割裂耐力を評価し、耐力算定式の修正を行ったものである。提案された耐力算定式による計算値は、いずれにおいても実験値を精度よく、かつ安全側に評価できることが示されている。得られた知見は、既往の研究には無いもので独自性が高く当該技術の向上に大いに貢献するものであり、また実務においてすぐに役立つものである。

以上、本論文は、当該技術の発展に大いに寄与し、また極めて実用的で有意義な内容であり、学位論文として認められる。

(2) 公聴会の実施

2024年2月9日(金)15:00~16:45に231教室で公聴会を実施した。参加者は、教員・学生17名、学外関係者2名であった。

逆打ち工法に関する事項、研究内容に関する事項など広範囲な質問が9件あり、それぞれの確かな回答がなされた。