

2019年11月 第1版
2022年11月 第2版
2025年 9月 第3版

キャプテンパイル工法

(場所打ち杭用杭頭半固定工法)

設計Q&A

【第3版】

2025年9月

キャプテンパイル協会

設計Q&A作成にあたり

キャプテンパイル協会は2006年の設立から十数年が経過し、その間建築基準法改正による設計基準の見直しがあり、同時に本協会における様々なワーキング活動を通じて蓄積された知見や設計手法が協会の御尽力により築き上げられております。

2019年度普及促進ワーキングは予めから協会員より要望のあった設計Q&Aの作成を主たる活動目的として、協会発足当時に作成された「よくある質問」（キャプテンパイル協会ホームページに掲載）、過去に技術部会で取り組まれたワーキング成果、会員各社に向けて実施したアンケートを集約し、新たに「設計Q&A」として取り纏めました。

本設計Q&Aは、はじめてキャプテンパイル工法の設計に取り組む協会各社の構造設計者は元より、キャプテンパイル工法に携わる方への参考資料として本工法を採用する際の一助となり、普及促進に繋がることを期待しております。

本設計Q&Aの作成にあたっては下記の資料を参考に作成しておりますので、併せてご確認下さい。

[主な参考文献]

- ・キャプテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
- ・キャプテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
- ・技術部会WG報告書（2007年～2018年）

※参考文献はキャプテンパイル協会ホームページで公開されている資料を除き非公開となっております。

お問い合わせ頂いた場合も公開いたしかねます。

（協会員は「会員専用」にて閲覧することができます。）

※参考文献は、本設計Q&A作成時の年版としております。

[注意事項]

- ・本設計Q&Aは、キャプテンパイル工法・評定条件等に照らし作成しておりますが、回答の妥当性は、各設計者によって適切に判断してください。

2019年11月

キャプテンパイル協会
2019年度普及促進WG

設計Q&A改訂第2版発行にあたり

2019年度普及促進WGにおいて設計Q&A（第1版）を作成してから3年が経過し、記載内容の改善や新たなQ&Aの策定、使い勝手の向上を望む意見が寄せられておりました。

2022年度普及促進WGでは、主に以下の項目について改訂を行っております。

1. 記載内容の不備、わかり難い表現等の改善。
2. 新たに整備された解決方法を新規Q&Aとして策定。
3. PDFデータ内にしおり、リンク機能を追加。

※改訂、新規策定項目は、「設計Q&A 更新履歴」を参照して下さい。

2022年11月

キャプテンパイル協会

2022年度普及促進WG

設計Q&A改訂第3版発行にあたり

2024年度普及促進WGにおいて「設計Q&A」の外部公開が検討されました。
本WGでは、外部公開に伴う記載内容の修正および誤記訂正を行っております。

※改訂項目は、「設計Q&A 更新履歴」を参照して下さい。

2025年9月
キャプテンパイル協会
2024年度普及促進WG

- 目 次 -

1. 工法概要

1-1 キャブテンパイル工法とは

Q 1-1-01 キャブテンパイル工法とはどのような工法ですか。

Q 1-1-02 なぜキャブテンパイル工法という名称なのですか。

1-2 長所と短所

Q 1-2-01 従来の杭頭固定工法との違いは何ですか。また、長所と短所を教えてください。

Q 1-2-02 耐震性が高いとは具体的にどのように高いのですか。

Q 1-2-03 東海・南海地震クラスの大地震があっても資産価値を維持できますか。

Q 1-2-04 なぜコストダウンが可能になるのですか。

従来の杭頭固定工法と比べてどの程度安くなりますか。

Q 1-2-05 キャブテンパイル工法を採用してコストを下げるために注力すべき点は何ですか。

Q 1-2-06 場所打ち鋼管コンクリート杭にキャブテンパイル工法を採用した場合の効果や留意点はどのようなものですか。

Q 1-2-07 キャブテンパイル工法が不利になるのはどのような場合ですか。

Q 1-2-08 キャブテンパイル工法の一般的なメリット以外で、設計上有効な場面はありますか。

Q 1-2-09 従来の杭頭固定工法と比べ工期に差はありますか。

Q 1-2-10 設計が現場に対してキャブテンパイル工法をアピールできる要素は何ですか。

1-3 適用範囲

Q 1-3-01 評価範囲・適用範囲を教えてください。

Q 1-3-02 超高層建物にも適用できますか。

Q 1-3-03 キャブテンパイル工法と他の工法を併用することは可能ですか。

1-4 取り扱い

Q 1-4-01 協会以外の会社が使用する際の条件や杭施工業者の指定はありますか。

Q 1-4-02 本工法は特許工法ですか。特許について教えてください。

Q 1-4-03 図面に掲載する工法基準図等のデータはありますか。

Q 1-4-04 キャブテンパイル工法に関する問い合わせ先を教えてください。

Q 1-4-05 確認申請・評価物件で特別な対応が必要になりますか。

また、V E 提案にも使えますか。

1-5 P C リングについて

Q 1-5-01 P C リングとは何ですか。

Q 1-5-02 P C リングの耐力はどのように決まっているのですか。

Q 1-5-03 P C リングの製作について、コストダウンを目的として P C リング製作メーカーを追加することはできませんか。

2. 設計概要

2-1 設計一般

- Q 2-1-01 設計の初期段階で採用の可能性を判断するにはどうすれば良いですか。
また、どのような建物（規模、地盤、杭長）でコストメリットがありますか。
- Q 2-1-02 キャブテンパイル工法はどのような建物・地盤条件に採用されることが多いですか。
また、従来の杭頭固定工法と比較して、設計上不利になる事がありますか。
- Q 2-1-03 引抜きがある場合の建物でもメリットが出ますか。
- Q 2-1-04 従来の杭頭固定工法と比べて設計に手間がかかったり、煩雑になったりしませんか。
特別な難しい計算が必要ですか。
- Q 2-1-05 従来の杭頭固定工法の設計方法との違いは何ですか。
キャブテンパイル工法の設計手順を教えてください。
- Q 2-1-06 仮定断面（杭径）を決める場合、どのようにすれば合理的ですか。
- Q 2-1-07 杭頭接合部の標準断面を教えてください。
- Q 2-1-08 キャブテンパイル工法のコストを抑えるには、どのような断面設計が良いですか。
- Q 2-1-09 キャブテンパイル工法を採用する場合、常に二次設計まで検討する必要はありますか。
また、一次設計のみの場合、従来の杭頭固定工法よりも高価になりませんか。
- Q 2-1-10 キャブテンパイル工法でメリットを見出すためには、どのような方向性で検討を進めれば良いですか。
- Q 2-1-11 キャブテンパイル工法は、負担せん断力が軸力にも依存するため数値合わせに手間が掛かります。簡単な検討方法はありますか。
- Q 2-1-12 曲げモーメントやせん断力はどのように伝達されるのですか。
- Q 2-1-13 杭頭接合部の許容曲げモーメントがコンクリートで決まっている場合、杭体のコンクリート強度を上げてても許容曲げモーメントが増加しないのはなぜですか。
- Q 2-1-14 絞り部の発泡ポリエチレン（上面緩衝材）の軸力負担はどの程度ですか。
- Q 2-1-15 杭頭絞り部について、径を絞ることにより、杭体の許容軸力を低減する必要がないのはなぜですか。
- Q 2-1-16 杭頭を半固定とすることで上部構造にどのような影響がありますか。
- Q 2-1-17 従来の杭頭固定工法と比較して、工事監理ではどのような違いがありますか。
- Q 2-1-18 地盤変位の影響を考慮する設計が確認申請において義務化されたときにメリットはありますか。
- Q 2-1-19 建物慣性力による応力と地盤の応答変位による応力はどのように重ね合わせれば良いですか。
- Q 2-1-20 免震建物で採用した場合、上部構造の応答は変わりますか。
また、設計上、杭の固定度の影響を考慮する必要はありますか。
- Q 2-1-21 キャブテンパイル工法を場所打ち鋼管コンクリート杭に採用する場合、鋼管天端レベルはどのようになりますか。

2-2 固定度について

- Q 2-2-01 杭頭の固定度について教えてください。
- Q 2-2-02 キャブテンパイル工法において杭頭固定度を低減するメカニズムはどのようなものですか。
- Q 2-2-03 杭頭固定度はどの程度になるのですか。あるいは、どの程度の固定度とするのが合理的ですか。
- Q 2-2-04 杭頭固定度は、できる限り小さくした方が有利な設計となるのですか。
また、杭頭固定度を0.3程度まで低くしても問題ありませんか。
- Q 2-2-05 杭頭絞り係数はどのように設計しますか。

- Q 2-2-06 絞りの有無による杭頭固定度の違いはどの程度ですか。
- Q 2-2-07 杭頭絞り係数と引張定着筋の設定方法に目安はありますか。
- Q 2-2-08 杭頭固定度を調整する方法はありますか。

2-3 引張定着筋について

- Q 2-3-01 引張定着筋はどのように設計しますか。
また、引抜き力が大きい場合、引張定着筋はどの程度余裕度を持たせる必要がありますか。
- Q 2-3-02 引張定着筋の仕様を教えてください。
- Q 2-3-03 どの程度の引抜き力に対応できますか。
塔状建物など引抜き力の大きい場合も適用可能ですか。
- Q 2-3-04 引張定着筋と基礎梁主筋の干渉を減らす方法としてはどのような方法がありますか。
- Q 2-3-05 引抜き耐力を確保しながら杭頭固定度を下げるには、どのような方法がありますか。
- Q 2-3-06 キャブテンパイル工法では、引張定着筋を必ず配置しなければならないのですか。
- Q 2-3-07 引抜き力が生じた場合はどのような納まりになりますか。
引張定着筋を配置する場合はどのような納まりになりますか。
- Q 2-3-08 引張定着筋はどのような平面配置になりますか。

2-4 地盤について

- Q 2-4-01 キャブテンパイル工法は、液状化するような地盤でも適用することは可能ですか。
また、採用のメリットはありますか。
- Q 2-4-02 杭頭部の地盤条件が悪い場合でも適用可能ですか。
また、採用のメリットはありますか。

2-5 変形について

- Q 2-5-01 杭頭半固定工法では杭頭変位が大きくなると考えられますが、一次設計時の杭頭変位量はどの程度を目安にしたら良いですか。
また、杭頭変位・杭頭回転角の制限値はありますか。
- Q 2-5-02 従来の杭頭固定工法と比較して、キャブテンパイル工法ではどの程度杭頭変位量は大きくなりますか。
- Q 2-5-03 キャブテンパイル工法において、軟弱地盤における杭頭変位を抑える方法として、杭剛性を高める以外にどのような方法がありますか。
また、軟弱地盤で杭頭変位・杭頭曲げモーメントが大きな場合の対処方法にはどのような方法がありますか。

2-6 パイルキャップについて

- Q 2-6-01 パイルキャップの寸法は、従来の杭頭固定工法の場合と同じで問題ありませんか。
また、杭の最小間隔が規定されていますが、P Cリングを杭とみなす必要はありますか。
- Q 2-6-02 2本打ち、3本打ち杭は可能ですか。
また、その場合の杭芯間隔やパイルキャップの設計は従来の杭頭固定工法と同様ですか。
- Q 2-6-03 P Cリングの側面緩衝材より外側の部分にコンクリートを打設しても良いですか。

2-7 基礎梁について

Q 2-7-01 E Vや階段下のように片方向に地中梁が無い場合も採用可能ですか。
また、正負各方向毎に基礎梁の検討が必要ですか。

Q 2-7-02 杭頭が半固定になることで、基礎梁への曲げ戻しも低減されると考えられますが、その効果はどの程度ですか。

2-8 杭頭部応力について

Q 2-8-01 杭頭部のせん断補強の考え方（1 D、4 D）について教えてください。
また、杭頭部にウルボン筋を必ず使用しなければならないのですか。

Q 2-8-02 設計・施工マニュアルにおける、杭頭1 Dのせん断補強筋（ウルボン）の規定は、どのような根拠によるものですか。
また、その規定を外れてキャブテンパイル工法を使用する事はできますか。

Q 2-8-03 ウルボンスパイラル筋の納期を教えてください。

2-9 設計プログラムについて

Q 2-9-01 設計ソフトは誰でも利用できますか、販売されていますか。

Q 2-9-02 検討を行ったことがないのですが、検討は専用のソフトもしくはエクセル等でできますか。

Q 2-9-03 プログラムでは杭水平変位による水平地盤反力係数khの非線形性の考慮を行っていますか。

Q 2-9-04 キャブテンパイル工法設計プログラムで得た杭頭曲げモーメントを一貫計算に転送できませんか。

Q 2-9-05 場所打ち鋼管コンクリート杭に適用できる設計プログラムはありますか。

3. 質疑事項への対応事例

3-1 審査機関及びディベロッパーからの質疑事項への対応事例

Q 3-1-01 キャブテンパイル工法の適用範囲について、審査機関、ディベロッパーへ回答する際に参考となる資料はありますか。

Q 3-1-02 45度方向加力に対して出隅・入隅柱および杭の安全性について、審査機関、ディベロッパーに回答した事例はありますか。

Q 3-1-03 使用しているコンクリート強度と鉄筋（SD490・SBPD1275/1420）の適用制限、及びSD490鉄筋の定着について説明してください。

Q 3-1-04 杭頭変位が大きい場合、P- δ 効果を考慮する必要はありませんか。

Q 3-1-05 シース取り付け用フラットバーの取り付けピッチに規定値を設けていますか。

Q 3-1-06 杭頭接合部径の絞り係数の適用範囲を示してください。

Q 3-1-07 杭頭変位の許容範囲はありますか。

また、変位によるkhの非線形性の考慮をプログラム内で行っていますか。

Q 3-1-08 杭頭曲げモーメント低減率0.85の根拠を示してください。

設計Q&A 更新履歷

2025.09 更新

[illegible]

キャプテンパイル工法とはどのような工法ですか。

【キーワード】

キャプテンパイル工法

・キャプテンパイル工法とは、コンクリート製のリング（PCリングと呼ぶ）を杭頭に被せ、杭と基礎とを接合する場所打ち杭用杭頭半固定工法です。

PCリングを介して地震時に生じる上部構造のせん断力を杭に伝達させます。

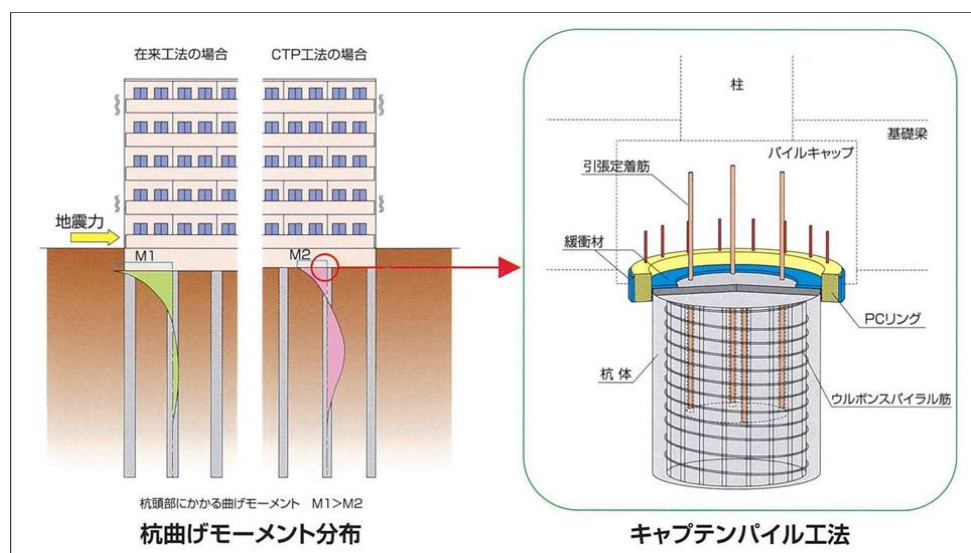
○杭頭半固定工法は、杭頭と基礎との接合部で、曲げに対する回転拘束だけ緩める工法です。

○杭頭に集中する地震時の応力を緩和できるため、杭材の損傷が低減できます。

○杭天端緩衝材（絞り部）や引張定着筋の有無により、杭頭固定度を設計者が調整できます。

○杭や基礎梁等のコスト低減が図れます。

○引張定着筋を配置することにより杭に生じる引抜き力にも対応できます。



杭曲げモーメント分布及びキャプテンパイル工法概念図
パンフレットより抜粋

表 1.1.1 杭頭接合タイプ区分

	I	II	III	IV
引張定着筋	有り	有り	無し	無し
絞り部	有り	無し	有り	無し

設計・施工マニュアル（1.1）より抜粋

【参考文献、WG活動】

・キャプテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

まえがき、1.1 キャプテンパイル工法

・2006年度 キャプテンパイル工法 普及促進ワーキング HP用Q & A

・関連Q & A：Q1-1-02 なぜキャプテンパイル工法という名称なのか。

なぜキャブテンパイル工法という名称なのですか。

【キーワード】

キャブテンパイル工法

- ・キャブテンパイル工法（C a p T e n P i l e 工法）、略称はCTP工法です。
- ・『CAPTEN』、つまり「CAP」+「TENSION」で、引張対応型のテンションと10社共同開発のテンを兼ねています。
CAPはPCリングをイメージしております。
- ・ゼネコン9社と、高強度せん断補強筋メーカー1社の計10社が共同開発した工法で、2005年12月に（一財）日本建築センターの一般評定を取得しました。
（BCJ評定-FD0230-01）
5年ごとに評定更新を行っております。最新の評定番号は別途確認して下さい。
- ・既製杭用の杭頭半固定工法として、
キャブリングパイル工法（C a p r i n g P i l e 工法）、略称CP工法もあります。

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
まえがき
- ・2006年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング HP用Q & A

従来の杭頭固定工法との違いは何ですか。また、長所と短所を教えてください。

【キーワード】

杭頭固定工法・長所・短所

・従来の杭頭固定工法は杭主筋をパイルキャップや基礎梁に定着しますので、柱・梁接合部と同様に剛接続とする構造です。

一方、キャブテンパイル工法は杭頭半固定工法であり、杭頭の回転拘束を緩和することで地震時の杭頭曲げモーメントが低減され、損傷の軽減（構造性能の確保）を可能とします。

したがって、

長所としては、杭頭部・基礎梁の損傷が少なくなると共に杭や基礎梁の断面を小さく抑えることができ、施工性や経済性が有利になることです。

また、従来の杭頭固定工法では避けられなかった杭主筋のやり出し作業が軽減され、杭頭レベルを揃える程度のやり作業で済むことに加え、杭頭部（引張定着筋）と基礎梁配筋の干渉が緩和され、施工性の向上を図ることができます。

短所としては、それほど大きなものは無いと考えられますが、地盤や建物の条件によっては、杭頭部よりも地中部の配筋量が増える場合があること、建物の地震時水平変位が増えること、などが挙げられます。

【参考文献、WG活動】

・2006年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング HP用Q & A

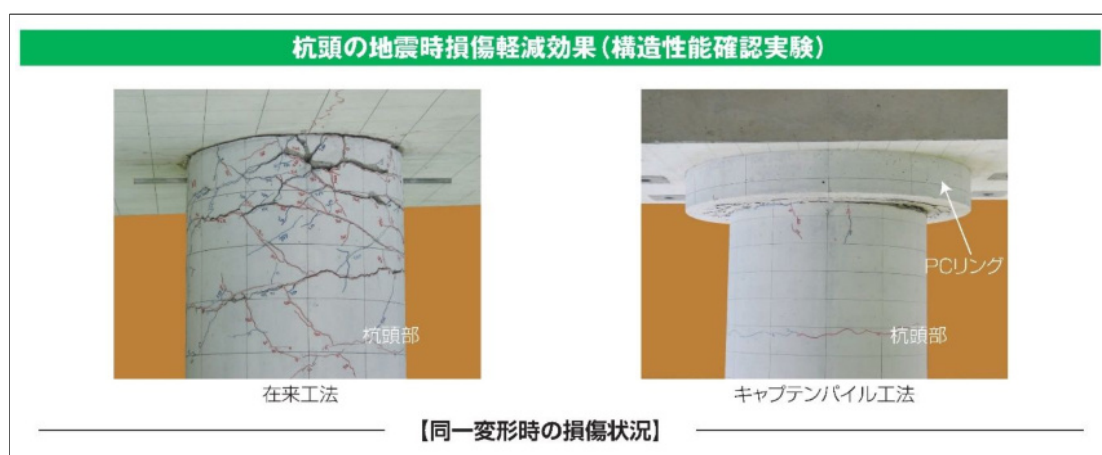
耐震性が高いとは具体的にどのように高いのですか。

【キーワード】

耐震性

- ・キャブテンパイル工法は、杭頭を半固定にすることで、杭頭部に集中する曲げモーメントを低減し、杭頭部の損傷を軽減することが可能です。

同一変形時の構造性能実験において、従来の杭頭固定工法は、杭体に多くのひび割れが認められる一方で、本工法は殆ど発生しないことが確認されております。



また、中小地震時には、杭頭接合部の回転剛性が剛接合に近いいため、従来の杭頭固定工法と比べて著しく杭頭変位が増大する訳ではなく、大地震時には、杭頭とパイルキャップの一部が離れ、杭頭が回転することで杭体の損傷を軽減することが可能です。

杭体損傷が少ないことから、大地震後も建物の支持能力を維持しますので、余震に対しても安心です。

【参考文献、WG活動】

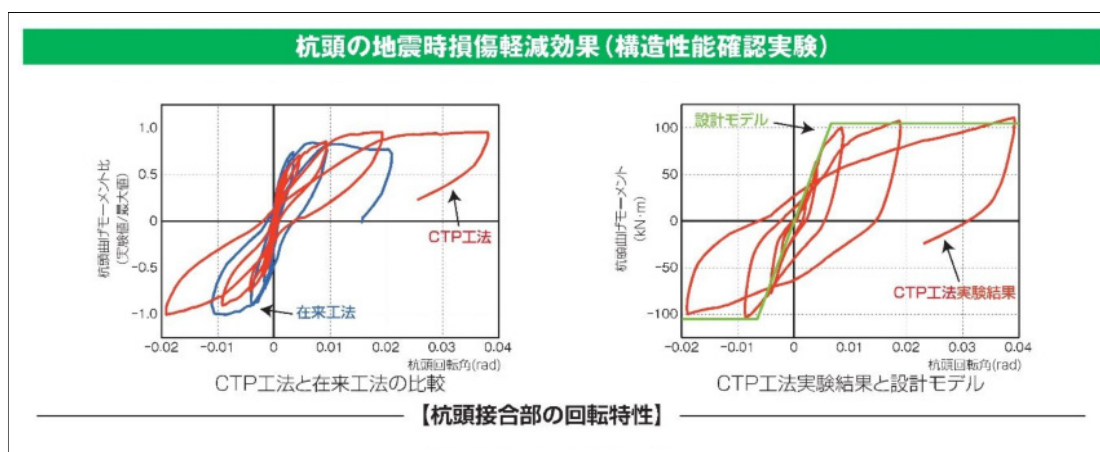
- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
まえがき
- ・2006年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング HP用Q & A
- ・関連Q & A：Q1-2-03 東海・東南海地震クラスの大震災があっても資産価値を維持できますか。

東海・東南海地震クラスの大地震があっても資産価値を維持できますか。

【キーワード】

耐震性

- ・本工法は、大規模な地震に対して、杭体の損傷を軽減することが可能です。
- 一方で、杭体に作用する引抜力に対しては引張定着筋が抵抗するため、転倒を抑止することが可能です。
- また、大規模地震を想定した繰返しの曲げ性能試験を実施しており、大きな余震への備えとして期待できます。
- これらの点から、資産価値の低下を抑制できます。



パンフレットより抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・2006年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング HP用Q & A

なぜコストダウンが可能になるのですか。
従来の杭頭固定工法と比べてどの程度安くなりますか。

【キーワード】

杭頭固定工法・コストダウン

- ・杭頭接合部を半固定化することにより、地震時の杭頭部応力を低減できます。
これにより杭径や基礎梁断面が小さくなりコストダウンが可能となります。
- ・従来の杭頭固定工法と比べた場合の低減率は、
杭工事・基礎土工事・基礎躯体工事の合計に対して10%～15%程度です。
内訳は、杭工事関連で2／3、基礎土工事・基礎躯体関連で1／3程度です。
地盤条件や建物規模などにより一概には言えませんし、P Cリング等増える部分もありますが、杭や基礎梁断面を小さくできるため、全体的にコストダウンが見込める事が多いです。
- ・過去のWGの中で、コスト比較をした結果を参考に記載します。
○2008年度普及促進WGでは、
R C造12階建て共同住宅の元設計場所打ち鋼管コンクリート杭に対して、キャブテンパイル工法で検討した結果、杭工事費で10%以上のコストダウンを確認した結果となっています。 [補足]杭工事費＝杭体＋P Cリング
○2012年度C T P工法のフーチング・基礎梁コスト低減効果確認WGでは、
15階建ての仮想建物において、キャブテンパイル工法を採用した場合の基礎部工事費の低減効果は、場所打ち鋼管コンクリート杭に対しては約13%、場所打ちコンクリート杭に対しては約33%との結果があります。
[補足]基礎部工事費＝パイルキャップ＋基礎梁＋掘削土
○2013年度T B杭のC T P工法適用化WGでは、
場所打ち鋼管コンクリート杭において、従来の杭頭固定工法とキャブテンパイル工法を比較した場合、杭コストが同等としても、杭と基礎部の合計コストで考えると、3～4%程度の低減効果があるとの結果になっています。
[補足]杭と基礎部の合計コスト＝杭体＋P Cリング＋パイルキャップ＋基礎梁＋掘削土

【参考文献、WG活動】

- ・2006年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング H P用Q & A
- ・2008年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング
- ・2012年度 キャブテンパイル工法のフーチング・基礎梁コスト低減効果確認ワーキング
- ・2013年度 キャブテンパイル工法 T B杭のC T P工法適用化ワーキング
- ・関連Q & A：Q1-2-05 キャブテンパイル工法を採用してコストを下げるために注力すべき点は何ですか。

キャブテンパイル工法を採用してコストを下げるために注力すべき点は何ですか。

【キーワード】

コストダウン・コストメリット・杭頭固定度・杭頭曲げモーメント・地中部曲げモーメント

・従来の杭頭固定工法と比較してキャブテンパイル工法を用いる場合、杭頭曲げモーメントと地中部曲げモーメントをバランスよく分布させ、杭頭曲げモーメントを低減することができます。また、基礎梁設計用応力が小さくなり、基礎梁せいを小さくできることで掘削土量の縮減が図れます。

ただし、基礎梁せいを小さくすることにより、基礎部分の剛性が減少し、基礎梁にて杭頭曲げモーメントを全て処理するという仮定条件が成立しなくなる可能性があるため、設計上注意が必要となります。

・コンクリート+掘削の施工費が杭工事の約70%を占めるため、杭径をできるだけ細くすることがコストを下げる一番の方法となります。

・杭体同士のコスト比較をすると、キャブテンパイル工法も従来の杭頭固定工法もあまり変わらない場合もあります。

曲げ戻し低減による基礎梁せいの低減を踏まえ、掘削土量および山留め深さの低減までをコスト比較に含めてください。

・本工法を採用することで、場所打ち鋼管コンクリート杭（杭頭固定工法）の鋼管を不要とした設計事例もあるため、V E 提案の1つとしてご検討ください。

【参考文献、WG活動】

- ・2009年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング
- ・2012年度 キャブテンパイル工法のフーチング・基礎梁コスト低減効果確認ワーキング
- ・2018年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング アンケート

場所打ち鋼管コンクリート杭にキャブテンパイル工法を採用した場合の効果や留意点はどのようなものですか。

【キーワード】

場所打ち鋼管コンクリート杭・コストダウン・施工性・設計留意点

・コスト低減効果

2013年に行われた「T B杭のC T P工法適用化ワーキング」の試算では、場所打ち鋼管コンクリート杭（杭頭固定工法）と比較して、杭と基礎部の合計コストで3～4%程度、杭頭曲げモーメントは25%～35%の低減効果がある結果となっています。

・施工性への効果

場所打ち鋼管コンクリート杭の場合、場所打ちコンクリート杭に比べ杭径が小さく、杭の曲げ耐力が大きいことから、杭頭補強筋の本数が多くなり、一般的に基礎梁主筋との納まりが厳しくなるとされています。

キャブテンパイル工法を採用することにより、杭頭引張補強筋に代わる引張定着筋の本数が縮減され、基礎梁主筋との干渉が緩和されます。

・設計上の留意点

1) キャブテンパイル工法設計・施工マニュアルでは、「杭上部1 Dはウルボン筋を用い、せん断補強筋比は0.15%かつ設計せん断力に必要なせん断補強筋比以上とし、配筋間隔は@100以下とする。」と記載されていますが、これは、場所打ちコンクリート杭への適用を前提とした規定です。ウルボン筋によるせん断補強について、評定上、規定はありません。

2) 場所打ち鋼管コンクリート杭の場合、杭径を小さく抑えられますが、それにより杭頭接合部の設計が厳しくなる場合があります。

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）

1.12 場所打ち鋼管コンクリート杭への適用

・2013年度 キャブテンパイル工法 T B杭のC T P工法適用化ワーキング

・2015年度 キャブテンパイル工法 傾向分析ワーキング

・2017年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング

・関連Q & A：Q2-8-01 杭頭部のせん断補強の考え方（1D、4D）について教えてください。

また、杭頭部にウルボン筋を必ず使用しなければならないのですか。

キャブテンパイル工法が不利になるのはどのような場合ですか。

【キーワード】

デメリット・軟弱地盤・水平変位

・経済性で従来の杭頭固定工法より不利となる条件として、

キャブテンパイル工法は軟らかな地盤に適していますが、非常に軟らかな地盤では、杭頭水平変位がクリティカルになり、杭頭変位を抑制するために杭径を大きくする必要が生じる場合があります、不利になることがあります。

杭長については、

比較対象が場所打ちコンクリート杭の場合は、キャブテンパイル工法の方が小さい杭径で設計されるため、杭長が長い方が掘削ボリュームの低減効果が大きくなり、キャブテンパイル工法が有利になると考えられます。

比較対象が場所打ち鋼管コンクリート杭の場合は、キャブテンパイル工法の方が大きな杭径で設計されるため、掘削ボリューム増分と鋼管金額との比較になり、杭長は短い方が鋼管の影響が大きくなり、キャブテンパイル工法が有利になると考えられます。

（「2012年度 キャブテンパイル工法 C T P 工法に向けた建物の分析ワーキング」のまとめより、拡頭杭は除いた場合の傾向です。）

【参考文献、WG活動】

- ・2006年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング H P 用 Q & A
- ・2012年度 キャブテンパイル工法 C T P 工法に向けた建物の分析ワーキング
- ・関連 Q & A : Q2-5-01 杭頭半固定工法では杭頭変位が大きくなると考えられますが、一次設計時の杭頭変位量はどの程度を目安にしたら良いですか。
また、杭頭変位・杭頭回転角の制限値はありますか。

キャブテンパイル工法の一般的なメリット以外で、設計上有効な場面はありますか。

【キーワード】

有効性

- ・キャブテンパイル工法は、従来の杭頭固定工法と比較して、地震時の杭頭曲げモーメントを低減し、杭体の損傷も少なくでき、耐震性向上も図れるという特長があります。
- ・上記の一般的なメリット以外では、キャブテンパイル工法を用いた場合、設計者が杭頭固定度を調整できるため、杭の水平力分配・調整が容易に行えます。
例えば、部分地下などで杭長が異なる場合、杭頭の固定度により各杭の水平力分担を設計者が設定できるので、同径の杭に統一するなどの調整が可能です。

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
まえがき
- ・2018年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング アンケート

従来の杭頭固定工法と比べ工期に差はありますか。

【キーワード】

工期

- ・従来の杭頭固定工法には無いP Cリングの設置作業工程分が増えますが、全体の杭施工期間の差は殆どありません。むしろ、杭頭処理時に杭定着筋がないので杭頭の研りが容易になります。

本工法特有の作業

- 鉄筋かご筋組立時の引張定着筋用シース取付
- 杭頭処理後のレベル調整コンクリート打設とP Cリング設置
- 引張定着筋の挿入
- 杭頭部モルタル打設と緩衝材設置



シース取付



P Cリング設置



引張定着筋挿入



杭頭部モルタル打設、緩衝材設置

キャブテンパイル工法施工写真（H P）より抜粋

[参考文献、WG活動]

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
4.1 施工要領 P.4-2
- ・2018年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング アンケート
- ・協会HP/ダウンロード/施工写真：<http://www.cepia.biz/download/000089.html>

設計が現場に対してキャブテンパイル工法をアピールできる要素は何ですか。

【キーワード】

施工性

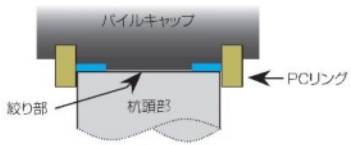
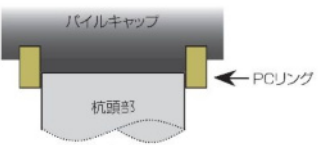
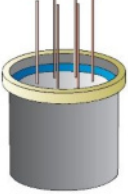
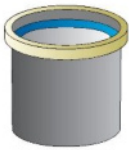
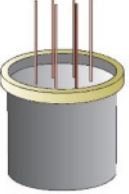

- ・従来の杭頭固定工法の杭頭補強筋が引張定着筋に置き換えられ、配置本数が格段に少ないことが最も喜ばれます。

設計者としては、最低4本は入りたい気持ちを抑え、引抜きが発生しない箇所は、0本で設計すると現場へのインパクトは強いでしょう。

- ・杭頭処理時に定着筋が無いので杭頭研りが容易になり、鉄筋の損傷が避けられます。
- ・杭頭接合部はP Cリングを設置するだけのシンプルな納まりなので施工性が向上します。

■杭頭接合部タイプ

引張定着筋や絞りの有無により、建物に応じた最適な設計が可能となります。

絞	有り		無し	
杭頭断面				
イメージ	 引張定着筋有り	 引張定着筋無し	 引張定着筋有り	 引張定着筋無し

パンフレットより抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・2018年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング アンケート
- ・関連Q & A：Q1-2-09 従来の杭頭固定工法と比べ工期に差はありますか。

評価範囲・適用範囲を教えてください。

【キーワード】

適用範囲・評価範囲・免震建物・場所打ち鋼管コンクリート杭・杭径・コンクリート強度・PCリング

・本工法を採用する場合の建物についての制限は特にありません。

1. 建物規模（階数・面積）
2. 建物形状（整形・不整形）
3. 構造種別（S造・RC造・SRC造等）

これらについて何ら制限は設けておりません。免震建物でも採用されています。

・本工法は杭頭を半固定とするものであり、杭頭曲げモーメントが発生します。

従って、杭頭の曲げ戻しによるモーメントを処理できる部材（基礎梁等）を配置する必要があります。

・本工法を適用する杭仕様は以下の通りとなっています。

1. 杭種：場所打ちコンクリート杭 または 場所打ち鋼管コンクリート杭
2. 杭径：800φ～3000φ（正会員）

800φ～2500φ（正会員以外）

3. 杭体のコンクリート設計基準強度： $F_c \geq 21\text{N/mm}^2$ （RC規準、JASS5最新版に準ずる）

杭頭接合部と建物を連結する基礎部コンクリートの設計基準強度： $F_c 21\text{N/mm}^2$ 以上

杭頭に用いるモルタルの圧縮強度： 36N/mm^2 以上、かつ

杭体コンクリートと基礎部コンクリートの設計基準強度のうち小さい方を上回る値以上

PCリングに用いるコンクリートの設計基準強度： $F_c 36\text{N/mm}^2$ 以上

シースグラウト材：圧縮強度 36N/mm^2 以上の無収縮高強度モルタル

・同一建物の杭頭接合工法として、本工法と従来の杭頭固定工法を併用することも可能です。

・拡底杭・拡頭杭に適用可能です。

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

1.2 適用範囲、2.1 使用材料および材料強度

・関連Q & A：Q1-4-01 協会以外の会社が使用する際の条件や杭施工業者の指定はありますか。

超高層建物にも適用できますか。

【キーワード】

適用範囲・評価範囲・建物規模

- ・上部構造の制限はありませんので、超高層建物にも適用できます。

ただし、建物の重要度が高いと考えられるので、必要に応じて、弾性支承梁理論の式ではなく、杭・地盤・杭頭ばねをモデル化した解析モデルにて荷重増分解析を行う方法などが考えられます。

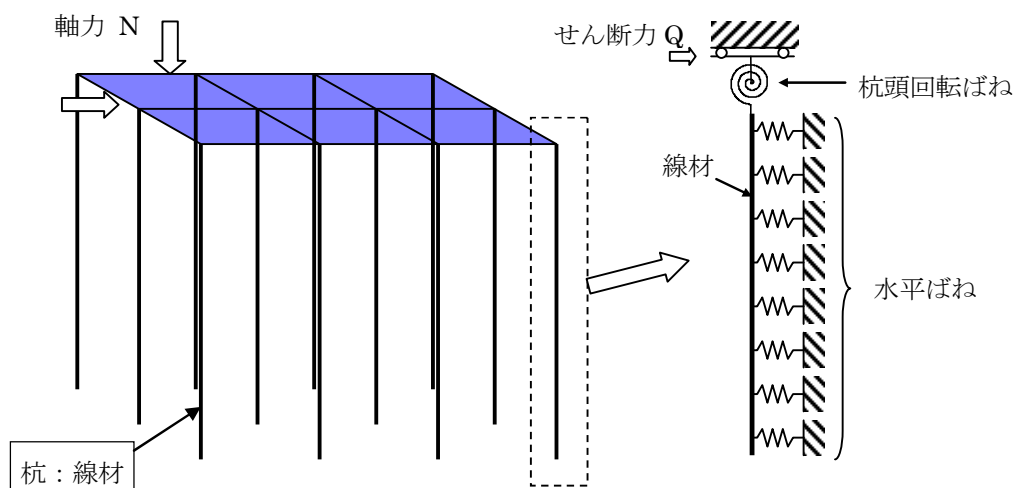


図3.3.2解析モデル

設計・施工マニュアル（3.3）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

3.3 設計フロー

- ・関連Q & A：Q2-3-03 どの程度の引抜き力に対応できますか。

塔状建物など引抜き力の大きい場合も適用可能ですか。

キャブテンパイル工法と他の工法を併用することは可能ですか。

【キーワード】

適用範囲・評価範囲・杭頭固定・拡底杭工法・場所打ち鋼管コンクリート杭

- ・従来の杭頭固定工法との併用が可能です。

また、キャブテンパイル工法の設計プログラムにて併用した検討が可能です。

- ・他の杭頭半固定工法との併用はできません。

杭頭半固定工法以外の評価工法（例：拡底杭工法など）との併用は可能です。

- ・場所打ち鋼管コンクリート杭への適用も可能です。

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

1.2 適用範囲

- ・キャブテンパイル工法設計プログラム 解説書

- ・関連Q & A：Q2-9-05 場所打ち鋼管コンクリート杭に適用できる設計プログラムはありますか。

協会以外の会社が使用する際の条件や杭施工業者の指定はありますか。

【キーワード】

使用条件・第三者使用・杭径・杭施工業者

- ・ 第三者（本工法評定取得者以外のゼネコン）のキャブテンパイル工法使用に当たっては、物件ごとに使用許諾を行う等の「第三者使用規定」が適用されます。
- ・ 第三者がキャブテンパイル工法を使用する際には以下の条件が適用されます。
 1. 使用できる本工法の杭径は800mm以上2500mm以下です。
 2. 本工法の使用料は1件あたり20万円～30万円です。
 3. 本工法の構成部材であるPCリングを高周波熱錬(株)より購入する必要があります。
サイトPCリングを採用する場合も、PCリング構成部材は、高周波熱錬(株)より購入します。
- ・ 本工法独自部分の解析については、第三者自身が行うこととしますが、解析に当たっての「キャブテンパイル工法設計プログラム」の使用願いについては、「設計プログラム配布・使用規定」が適用されます。
- ・ 設計事務所と問い合わせを受けた会員会社との設計協力による本工法の設計図書への織込みは自由に行えますが、「設計事務所による工法織込規定」が適用されます。
- ・ 「第三者使用規定」、「設計プログラム配布・使用規定」、「設計事務所による工法織込規定」の詳細は協会HP/会員専用/協会内規をご参照いただき、事務局へお問い合わせください。
- ・ 杭施工業者の指定はありません。

【参考文献、WG活動】

- ・ 協会HP/よくある質問2)取り扱い：<http://www.cepia.biz/faq/regulation/>
- ・ 協会HP/よくある質問/4)施工：<http://www.cepia.biz/faq/construction/>
- ・ 協会HP/第三者使用申請：<http://www.cepia.biz/use/>
- ・ 協会HP/会員専用/協会内規：<http://www.cepia.biz/member/regulation/>
- ・ 関連Q & A：Q1-4-04 キャブテンパイル工法に関する問い合わせ先を教えてください。

本工法は特許工法ですか。特許について教えてください。

【キーワード】

使用条件・特許

- ・本工法は、協会の一員である鹿島建設が単独で特許を取得しています。
(特許番号：特許第380443号，特許第4432597号)
- ・本工法に係る特許の実施権は、正会員が有しています。
準会員は本工法に係る特許製品(PCリング)を購入することにより実施権を有することになります。
- ・第三者（正会員および準会員以外）の本工法使用に当たっては「第三者使用規定」が適用され、物件ごとに使用許諾を行う必要があります。

【参考文献、WG活動】

- ・協会HP/会員専用/協会内規：<http://www.cepia.biz/member/regulation/>

【キーワード】

- ・PCリング標準仕様、PCリング施工精度管理、PCリング設置手順等を記載した

[illegible]

キャプテンパイル工法基準図（2018.10.01バージョン）

[参考文献、WG活動]

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
- ### 3.1 一般事項
- ・キャブテンパイル工法基準図（1） 工法概要・PCリング・施工手順（2018年10月1日第4版）
 - ・キャブテンパイル工法基準図（2） 引張定着筋・ウルボン配筋図（円形配置、正方形配置）
（2018年10月1日第4版）

キャプテンパイル工法に関する問い合わせ先を教えてください。

【キーワード】

問い合わせ先・キャプテンパイル協会・PCリング・ウルボンスパイラル

・各問い合わせ先、主要資材手配連絡先は下記の通りです。

キャプテンパイル協会事務局・購入窓口：高周波熱錬(株)

PCリング：(株)富士ピー・エス

サイトPCリング型枠（サイトP Cリング構成部材）：(株)タカミヤ

ウルボンスパイラル：高周波熱錬(株)

スパイラルシース：グローバルジャパン(株)、栗本鐵工所(株)、(株)秦野製作所 等

U-グラウト：宇部興産建材(株)

ウレタン(PCリング下端用)：大進商工(株)

キャプテンパイル協会HPにて主要資材手配連絡先をご覧ください。

<http://www.cepia.biz/member/construction/000295.html>

・なお、工法に関するお問い合わせは、キャプテンパイル協会HPからも受け付けております。

キャプテンパイル協会：<http://www.cepia.biz/>

お問い合わせ：<https://www.sslforms.net/ssl/cepia/mailform.html>

また、協会加盟会社所属の各社協会員にも問い合わせ可能です。

【参考文献、WG活動】

確認申請・評定物件で特別な対応が必要になりますか。
また、V E 提案にも使えますか。

【キーワード】

確認申請・評定物件・性能評価・VE・変更申請

- ・（一財）日本建築センターにて一般評定を取得しております。
工法評定を取得することにより、建築確認申請等に当たっての技術的根拠資料として活用できます。
- ・杭、基礎工事において、VE提案が可能です。ただし、杭や基礎梁等の主要構造部材の変更を伴う場合、許認可上の設計変更手続きが必要となります。

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
- ・関連Q & A：Q1-2-04 なぜコストダウンが可能になるのですか。
従来の杭頭固定工法と比べてどの程度安くなりますか。

PCリングとは何ですか。

【キーワード】

PCリング・PCリング種類・PCリングコンクリート強度

・杭頭に被せるリング状のコンクリート部材で、上部構造と杭との間でせん断力を伝達させるものです。

圧縮軸力時には杭頭の接合面摩擦によるせん断力の伝達も期待できますが、引張軸力時を考慮して、設計上はすべてPCリングにせん断力を負担させる事にしています。

尚、終局時、圧縮軸力側の杭体には、杭ーコンクリート間の摩擦抵抗を考慮する事が可能です。但し、摩擦係数は、せん断力における軸圧縮の効果〔※1〕を参考に0.1としています。

(〔※1〕 広沢他：軸力を受ける鉄筋コンクリート部材の強度と粘り(その2 既往の資料に関する検討)日本建築学会大会 1971.11)

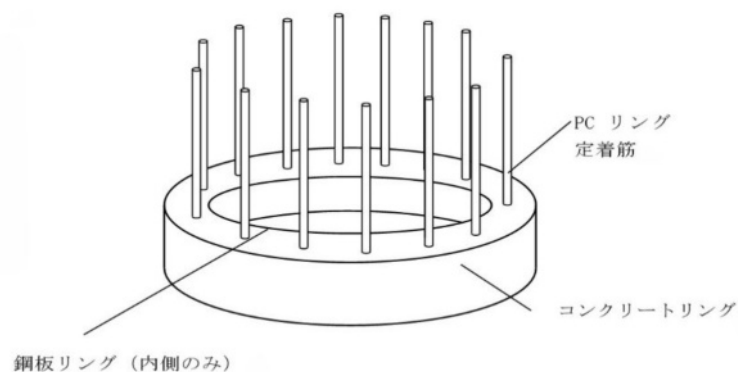


図 2.2.1 PCリング概要

設計・施工マニュアル (2.2) より抜粋

・PCリングは主にコンクリートで構成されており、断面内に高強度せん断補強筋、PCリング内側には鋼板リングが設置されており、高いせん断耐力と靱性を確保しています。

また、PCリングから上方に向けて配筋された定着筋で、基礎と一体化します。

〔参考文献、WG活動〕

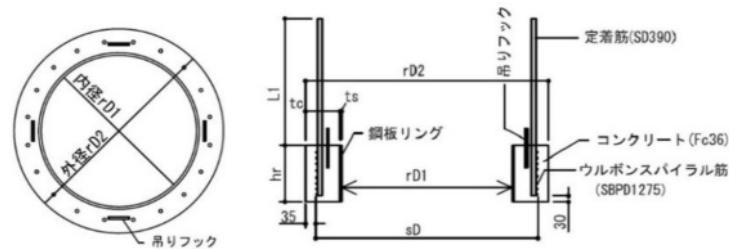
・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル (2016年4月1日第4版)

2.1 使用材料および材料強度、2.2 PCリング仕様

・関連Q & A : Q2-1-12 曲げモーメントやせん断力はどのように伝達されるのですか。

- ・杭径800～3000mmで、杭径ごとに許容せん断力の異なるNタイプ、S 1タイプ、S 2タイプの3タイプがあります。

尚、P Cリングの内径 および せい は3タイプとも共通で、鋼板リングの肉厚・ウルボンスパイラル筋の径が異なります。



※rD2：専用型枠を含まない

設計・施工マニュアル（2.2）より抜粋

尚、キャブテンパイル工法標準仕様の使用材料は、以下としております。

PCリングのコンクリート：設計基準強度 $F_c \geq 36 \text{ N/mm}^2$

杭体のコンクリート：設計基準強度 $F_c \geq 21 \text{ N/mm}^2$

(6) PCリング仕様一覧

表 2.2.1 PCリング仕様 (標準-N)

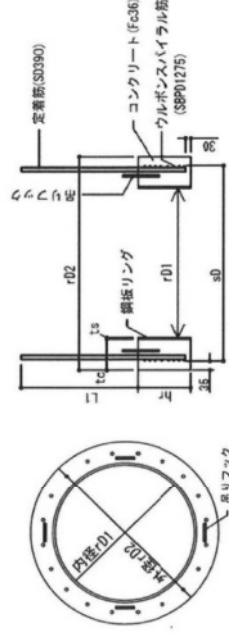
仕様 (mm)	タイプ	PCリング		Pca		鋼板リング		スライム処理	定着筋		質量 (kg)	
		内径 rD1 (mm)	外径 rD2 (mm)	厚さ tc (mm)	せい hr (mm)	材質	径 φ (mm)	間隔 (巻き数)	配筋	定着長さ L (mm)		
800	800-N	800	1152	120	200	6.0	SS400	9	φ30 (8)	10-D16	350	234
900	900-N	1000	1252	120	200	6.0	SS400	9	φ30 (8)	10-D16	350	255
1000	1000-N	1100	1352	120	200	6.0	SS400	9	φ30 (8)	12-D16	350	280
1100	1100-N	1200	1452	120	200	6.0	SS400	9	φ30 (8)	12-D16	350	299
1200	1200-N	1300	1552	120	200	6.0	SS400	9	φ30 (8)	12-D16	350	321
1300	1300-N	1400	1652	120	200	6.0	SS400	9	φ30 (8)	14-D16	350	345
1400	1400-N	1500	1752	120	200	6.0	SS400	10	φ30 (8)	14-D16	350	367
1500	1500-N	1600	1852	120	200	6.0	SS400	10	φ30 (8)	16-D16	350	390
1600	1600-N	1700	1952	120	200	9.0	SM450A	10	φ30 (8)	16-D19	400	449
1700	1700-N	1800	2052	120	200	9.0	SM450A	10	φ30 (8)	18-D19	400	474
1800	1800-N	1900	2152	120	200	9.0	SM450A	10	φ30 (8)	18-D19	400	498
1900	1900-N	2000	2252	120	200	9.0	SM450A	10	φ30 (8)	20-D19	400	524
2000	2000-N	2100	2352	120	200	9.0	SM450A	10	φ30 (8)	20-D19	400	548
2100	2100-N	2200	2452	150	250	9.0	SM450A	10	φ25 (10)	22-D19	400	659
2200	2200-N	2300	2552	150	250	9.0	SM450A	10	φ25 (10)	24-D19	400	685
2300	2300-N	2400	2652	150	250	9.0	SM450A	10	φ25 (10)	24-D19	400	718
2400	2400-N	2500	2752	150	250	12.0	SM450A	10	φ25 (10)	26-D19	400	1024
2500	2500-N	2600	2852	150	250	12.0	SM450A	10	φ25 (10)	26-D19	400	1063
2600	2600-N	2700	2952	150	250	12.0	SM450A	10	φ25 (10)	28-D19	400	1101
2700	2700-N	2800	3052	150	250	16.0	SM450A	12	φ25 (10)	28-D19	400	1224
2800	2800-N	2900	3152	150	250	16.0	SM450A	12	φ25 (10)	28-D19	400	1265
2900	2900-N	3000	3252	150	250	16.0	SM450A	12	φ25 (10)	30-D19	400	1307
3000	3000-N	3100	3352	150	250	16.0	SM450A	12	φ25 (10)	30-D19	400	1348

表 2.2.2 PCリング仕様 (S1)

仕様 (mm)	タイプ	PCリング		Pca		鋼板リング		スライラ出板		定着筋		質量 (kg)
		内径 rD1 (mm)	外径 rD2 (mm)	厚さ tc (mm)	せい hr (mm)	材質	径 φ (mm)	間隔 (巻き数)	配筋	定着量 L (mm)		
800	800-S1	900	1152	120	200	6.0	SS400	12.6	φ30 (8)	10-D16	350	234
900	900-S1	1000	1252	120	200	6.0	SS400	12.6	φ30 (8)	10-D16	350	256
1000	1000-S1	1100	1352	120	200	6.0	SS400	12.6	φ30 (8)	12-D16	350	280
1100	1100-S1	1200	1452	120	200	9.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	12-D16	350	327
1200	1200-S1	1300	1552	120	200	9.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	12-D16	350	351
1300	1300-S1	1400	1652	120	200	9.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	14-D16	350	377
1400	1400-S1	1500	1752	120	200	9.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	14-D16	350	401
1500	1500-S1	1600	1852	120	200	9.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	16-D16	350	427
1600	1600-S1	1700	1952	120	200	12.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	16-D19	400	487
1700	1700-S1	1800	2052	120	200	12.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	18-D19	400	515
1800	1800-S1	1900	2152	120	200	12.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	18-D19	400	542
1900	1900-S1	2000	2252	120	200	12.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	20-D19	400	569
2000	2000-S1	2100	2352	120	200	12.0	SM450A	12.6	φ30 (8)	20-D19	400	596
2100	2100-S1	2200	2452	150	250	12.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	22-D19	400	821
2200	2200-S1	2300	2552	150	250	12.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	22-D19	400	860
2300	2300-S1	2400	2652	150	250	12.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	24-D19	400	1000
2400	2400-S1	2500	2752	150	250	19.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	24-D19	400	1189
2500	2500-S1	2600	2852	150	250	19.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	26-D19	400	1235
2600	2600-S1	2700	2952	150	250	19.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	26-D19	400	1278
2700	2700-S1	2800	3044	150	250	22.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	28-D19	400	1382
2800	2800-S1	2900	3244	150	250	22.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	28-D19	400	1428
2900	2900-S1	3000	3344	150	250	22.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	30-D19	400	1476
3000	3000-S1	3100	3444	150	250	22.0	SM450A	12.6	φ25 (10)	30-D19	400	1522

表 2.2.3 PCリング仕様 (S2)

仕様 (mm)	タイプ	PCリング		Pca	鋼板リング		スライラビタ	定着筋		質量 (kg)		
		内径 rD1 (mm)	外径 rD2 (mm)		厚さ tc (mm)	せい hr (mm)		材質 ts (mm)	径 φ (mm)		間隔 (巻き数)	配筋
800	800-S2	900	1158	120	200	9.0	SM490	12.6	φ30 (8)	10-D16	350	255
900	900-S2	1000	1258	120	200	9.0	SM490	12.6	φ30 (8)	10-D16	350	280
1000	1000-S2	1100	1358	120	200	9.0	SM490	12.6	φ30 (8)	12-D16	350	306
1100	1100-S2	1200	1454	120	200	12.0	SM490	12.6	φ30 (8)	12-D16	350	335
1200	1200-S2	1300	1554	120	200	12.0	SM490	12.6	φ30 (8)	12-D16	350	362
1300	1300-S2	1400	1654	120	200	12.0	SM490	12.6	φ30 (8)	14-D16	350	410
1400	1400-S2	1500	1754	120	200	12.0	SM490	12.6	φ30 (8)	14-D16	350	436
1500	1500-S2	1600	1854	120	200	12.0	SM490	12.6	φ30 (8)	16-D16	350	464
1600	1600-S2	1700	1952	120	200	16.0	SM490	12.6	φ30 (8)	16-D19	400	539
1700	1700-S2	1800	2052	120	200	16.0	SM490	12.6	φ30 (8)	18-D19	400	570
1800	1800-S2	1900	2152	120	200	16.0	SM490	12.6	φ30 (8)	18-D19	400	599
1900	1900-S2	2000	2272	120	200	16.0	SM490	12.6	φ30 (8)	20-D19	400	630
2000	2000-S2	2100	2372	120	200	16.0	SM490	12.6	φ30 (8)	20-D19	400	659
2100	2100-S2	2200	2538	150	250	18.0	SM490	12.6	φ25 (10)	22-D19	400	1098
2200	2200-S2	2300	2638	150	250	19.0	SM490	12.6	φ25 (10)	22-D19	400	1113
2300	2300-S2	2400	2738	150	250	19.0	SM490	12.6	φ25 (10)	24-D19	400	1160
2400	2400-S2	2500	2844	150	250	22.0	SM490	12.6	φ25 (10)	24-D19	400	1260
2500	2500-S2	2600	2944	150	250	22.0	SM490	12.6	φ25 (10)	26-D19	400	1313
2600	2600-S2	2700	3044	150	250	22.0	SM490	12.6	φ25 (10)	26-D19	400	1356
2700	2700-S2	2800	3190	150	250	25.0	SM490	12.6	φ25 (10)	28-D19	400	1462
2800	2800-S2	2900	3290	150	250	25.0	SM490	12.6	φ25 (10)	28-D19	400	1510
2900	2900-S2	3000	3350	150	250	25.0	SM490	12.6	φ25 (10)	30-D19	400	1561
3000	3000-S2	3100	3450	150	250	25.0	SM490	12.6	φ25 (10)	30-D19	400	1609



※rD2: 専用型枠を含まない

表 2.2.4 P C リングの長期・短期許容せん断力比較

杭径 (mm)	長期許容せん断力 (kN)		短期許容せん断力 (kN)		許容せん断力比	
	N	S1	S2	N	S1	S2/N
800	310	350	670	620	710	1.34
900	320	370	700	650	740	1.14
1000	340	380	730	680	770	1.13
1100	350	770	960	710	1540	1.970
1200	370	800	1030	750	1610	2.060
1300	390	830	1070	780	1670	2.15
1400	420	870	1120	850	1740	2.14
1500	440	900	1160	880	1800	2.240
1600	900	1200	1560	1800	2410	2.05
1700	930	1250	1620	1860	2500	2.05
1800	960	1290	1680	1930	2590	2.05
1900	990	1330	1740	1990	2670	2.05
2000	1030	1380	1800	2060	2760	2.05
2100	1140	1530	2340	2290	3070	2.680
2200	1180	1580	2410	2360	3160	2.680
2300	1210	1620	2470	2420	3240	2.680
2400	1620	2540	2920	3240	5090	3.120
2500	1660	2610	3000	3330	5230	3.120
2600	1710	2680	3080	3420	5370	3.120
2700	2340	3160	3570	4680	6320	2.710
2800	2400	3240	3660	4800	6490	2.710
2900	2460	3320	3760	4920	6650	2.710
3000	2520	3400	3850	5040	6810	2.710

※ パイルキャップの設計基準強度 $F_c=21\text{N/mm}^2$ の場合

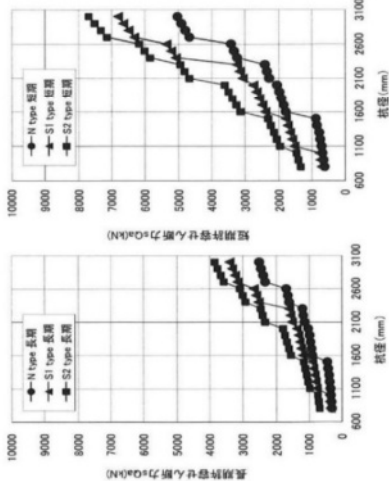


図 2.2.7 P C リングの許容せん断力

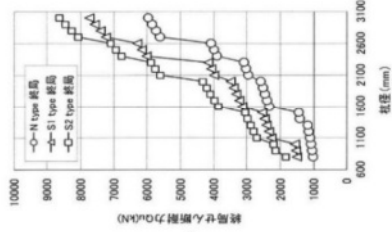
2-10

表 2.2.5 P C リングの終局せん断耐力比較

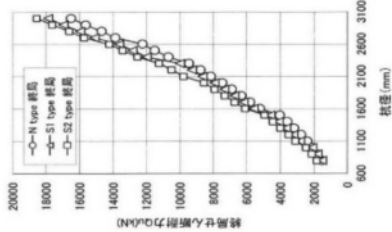
杭径 (mm)	N		S1		S2	
	R_{s1}'	R_{s2}'	R_{s1}'	R_{s2}'	R_{s1}'	R_{s2}'
800	295	738	1240	1530	296	1510
900	328	788	1345	1600	320	1610
1000	358	838	1450	1680	350	1710
1100	381	888	1555	1760	380	1810
1200	424	938	1660	1840	410	1910
1300	467	988	1765	1920	440	2010
1400	491	1038	1870	2000	470	2110
1500	521	1088	1975	2080	500	2210
1600	1132	1201	4088	2330	1508	1640
1700	1188	1261	4208	2400	1588	1700
1800	1248	1321	4328	2470	1668	1760
1900	1288	1381	4448	2540	1748	1820
2000	1348	1441	4568	2610	1828	1880
2100	1408	1501	4688	2680	1908	1940
2200	1527	1565	4808	2750	2028	2000
2300	1588	1625	4928	2820	2108	2060
2400	2204	1708	5503	3010	2531	2250
2500	2294	1768	5623	3080	2611	2310
2600	2383	1828	5743	3150	2691	2370
2700	2408	1853	5768	3175	2716	2395
2800	3408	2327	11303	5730	4700	5110
2900	3525	2327	11319	5850	4818	5230
3000	3644	2327	11335	5970	4936	5350

※1 通常は「摩擦無視」を用いる。

※2 パイルキャップの設計基準強度 $F_c=21\text{N/mm}^2$ の場合



(a) 通常の場合



(b) 終局時圧縮軸力を受ける杭頭の上限值

図 2.2.8 P C リングの終局せん断耐力

2-11

PCリングの耐力はどのように決まっているのですか。

【キーワード】

PCリング耐力

- ・実験で検証された耐力算定法を用いて、PCリング内のウルボンスパイラル筋及び内側の鋼板リング、PCリング定着筋等により決まっています。
- ・PCリングのせん断抵抗 Q_a は、杭頭せん断力を受ける加力前面のせん断抵抗 R_a と加力側面のせん断抵抗 R_b に分けて算定した和とします。

R_a ：加力前面のせん断抵抗で、PCリング定着筋による水平抵抗力和鋼板リングのせん断抵抗力の和。

R_b ：加力側面のせん断抵抗で、杭体からの水平力が鋼板リング及びスパイラル筋の引張力で側面に伝達（ R_{b1} ）した後、PCリング定着筋及びPCリング内コンクリートのせん断によってパイルキャップへ伝達（ R_{b2} ）されるとして、両者のうち、小さな方の値を R_b とする。

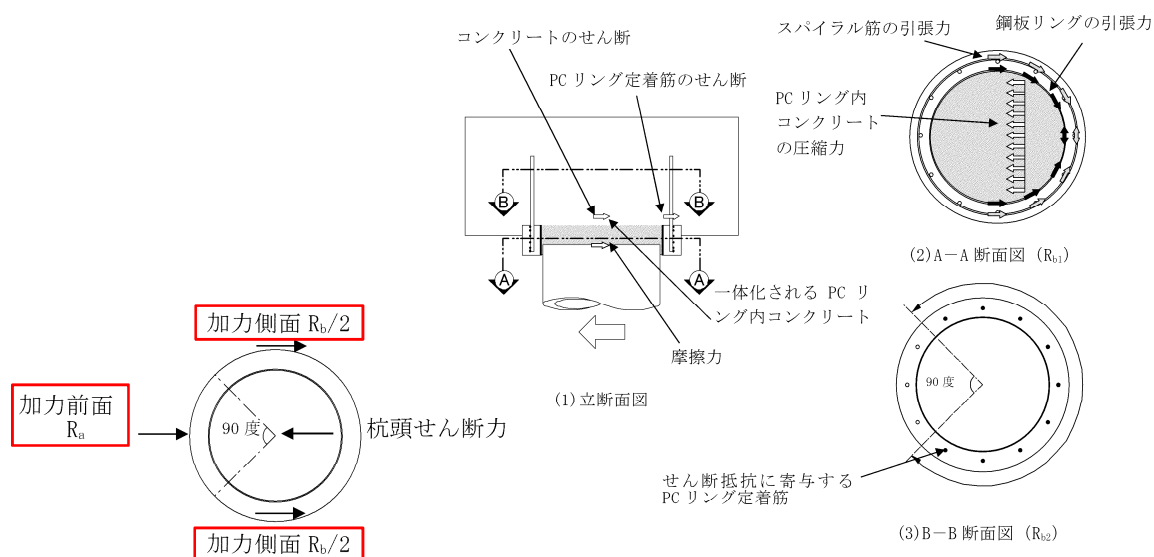


図 2.2.2 PCリングのせん断抵抗

図 2.2.6 R_b の評価モデル

設計・施工マニュアル (2.2) より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル (2016年4月1日第4版)

2.2 PCリング仕様

PCリングの製作について、コストダウンを目的としてPCリング製作メーカーを追加することはできませんか。

【キーワード】

PCリング製作

- ・PCリング製作メーカーは本工法の特許権所有者である 鹿島建設(株)が、PCリングの製作を許諾した者に限られます。

現状、工場で製作するPCリングは、(株)富士ピー・エス、現場で製作するPCリング（杭頭サイトPCリング、ヤードサイトPCリング）の型枠は、(株)タカミヤとなっています。

尚、山留配置の影響でPCリングを設置し難い場合等、サイトPCリングを採用する事でコストダウンとなる可能性がありますので、施工方法の一つとしてご検討下さい。

【PCリング・用語の定義】

- ・工場で製作するPCリング ⇒ PCリング（又は工場サイトPCリング）
- ・現場の杭頭で製作するPCリング ⇒ 杭頭サイトPCリング
- ・現場のヤードで製作するPCリング ⇒ ヤードサイトPCリング

【参考文献、WG活動】

- ・2013年度 施工部会 サイトPCリングワーキング

設計の初期段階で採用の可能性を判断するにはどうすれば良いですか。
また、どのような建物（規模、地盤、杭長）でコストメリットがありますか。

【キーワード】

実施案件シート・建物規模・地盤・杭長・コストメリット

○実施案件シート

- ・設計初期段階でCTP工法採用の可能性を判断するには、過去の案件を整理した実施案件シートが参考になります。「設計条件」、「柱状図」、「代表図面」、「代表部材リスト」がまとめられており、類似した設計条件を有する案件の判断材料になります。
(ただし、実施案件シートは協会外部には非公開となっています。)

○建物（規模、地盤、杭長）に応じたコストメリット

- ・キャブテンパイル工法は建物の規模、構造種別、用途等を問わず、杭基礎で計画する大半の建物に採用することができます。
- ・地盤については、比較的柔らかい地盤でキャブテンパイル工法の優位性がやすい傾向にありますが、極端に軟弱な地盤で杭頭変位によって杭径が決定される場合や、杭周面摩擦を確保するために杭径を増大させる場合にはメリットがでにくいとされています。
- ・基礎工事全体に占める杭工事の割合は杭長が長いほど大きく、CTP工法採用により杭径を縮小できる場合は、残土やコンクリート量の削減が図れ、条件によっては大きなコストメリットを見い出せる可能性があります。

【参考文献、WG活動】

- ・2010年度 キャブテンパイル工法 設計事例分析ワーキング
 - ・2011年度 キャブテンパイル工法 キャブテンパイル工法に向けた建物の分析ワーキング
 - ・2012年度 キャブテンパイル工法 キャブテンパイル工法に向けた建物の分析ワーキング
 - ・2015年度 キャブテンパイル工法 傾向分析ワーキング
 - ・2016年度 キャブテンパイル工法 キャブテンパイル工法の合理的設計法提案ワーキング
 - ・2017年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング
 - ・2020年度 キャブテンパイル工法 施工部会 工法採用支援WG
- テーマ3：事業主・設計事務所等の第三者向けの簡潔なコストメリットを示せる資料の作成
- ・関連Q & A：Q2-1-02 キャブテンパイル工法はどのような建物・地盤条件に採用されることが多いですか。また、従来の杭頭固定工法と比較して、設計上不利になる事がありますか。

○15階建て板状集合住宅における試算

- ・ 2020年度 施工部会 工法採用支援WGでは、15階建て板状集合住宅を検討モデルに、「RC杭とTB杭」、「長い杭と短い杭」、「杭頭固定杭と杭頭半固定杭（CTP工法）」、「軟弱地盤と硬い地盤」の4種パラメータを設定し、これら組み合わせによる全16ケースの試算結果が以下の通り報告されております。

<基礎工事全体のコスト大小関係>

短い杭の場合：RC杭+Fix \geq TB杭+CTP > RC杭+CTP, TB杭+Fix

長い杭の場合：RC杭+Fix >> TB杭+CTP \geq RC杭+CTP, TB杭+Fix

* RC杭：場所打ちコンクリート杭、TB杭：鋼管巻き場所打ちコンクリート杭

CTP：杭頭半固定杭（キャプテインパイル工法）、Fix：杭頭固定杭

- ・ CTP杭がTB杭+Fixと同等以上のコストになる場合でも、杭頭Fixでは杭頭定着筋が過密状態である一方で、CTP杭では引張定着筋が不要、あるいは簡便な配筋を可能とするため、基礎梁配筋との調整が容易になります。またTB杭+CTP工法の組み合わせは、鋼管やPCリングなど特有のコストアップ要因があるものの、長い杭では両工法の優位性と施工性の向上により、設計・施工全体でのコストメリットが期待できます。

キャブテンパイル工法はどのような建物・地盤条件に採用されることが多いですか。
また、従来の杭頭固定工法と比較して、設計上不利になる事がありますか。

【キーワード】

建物規模・支持層深さ・地盤の性状・実施案件シート

・キャブテンパイル工法が採用された建物の特徴について下記に示します。（2010年時点）

1. 階数については、5階～15階の建物が80%以上となります。
2. 建築面積1,000㎡以下の建物が80%以上となります。
3. 平面形状は長辺/短辺比＝3までの割合が65%となります。
4. 地盤N値が5以下への適用割合が50%以上となります。
5. 地盤変形係数3MN/m²以下への適用割合が50%となります。
6. 杭長20～30mの適用割合が約50%となります。

・杭が必要となる大半の建物にキャブテンパイル工法を採用することができます。

但し、杭頭変位により杭径が決定している場合や周面摩擦確保のために杭径を小さくできない場合はメリットが出にくいです。

・杭頭に配置される引張鉄筋により杭の引き抜きにも対応できるため、塔状建物であっても採用することができます。

・過去の実施案件を整理した実施案件シートが参考になります。

「設計条件」「柱状図」「代表図面」「代表部材リスト」がまとめられており、類似した設計条件を有する案件の判断材料になります。

（ただし、実施案件シートは協会外部には非公開となっています。）

・杭頭半固定工法であるため、杭径が同一の場合は杭頭変位が杭頭固定工法に比べて大きくなります。

・キャブテンパイル工法では、固定度が概ね0.3～0.7程度に変化します。固定度を考慮した弾性支承梁理論の式によると、固定度が0.3～0.7の場合には、杭頭固定に対して1.7～1.3倍程度の変形量となります（杭頭ピンの場合は杭頭固定の2倍の変形量となります）。

【参考文献、WG活動】

- ・2010年度 キャブテンパイル工法 設計事例分析ワーキング
- ・2011年度 キャブテンパイル工法 キャブテンパイル工法に向けた建物の分析ワーキング
- ・2017年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング
- ・関連Q & A：Q2-1-01 設計の初期段階で採用の可能性を判断するにはどうすれば良いですか。
また、どのような建物（規模、地盤、杭長）でコストメリットがありますか。
- ・関連Q & A：Q2-5-02 従来の杭頭固定工法と比較して、キャブテンパイル工法ではどの程度杭頭変位量は大きくなりますか。

引抜きがある場合の建物でもメリットが出ますか。

【キーワード】

引抜き

- ・ 引張定着筋を設けることで引抜き力にも対応できるため、コストメリットを出すことができます。
- ・ ただし、引抜き抵抗により杭径・杭長が決定する場合、掘削・コンクリート量を削減することができないため、杭自体のコスト削減効果は小さくなります。

【参考文献、WG活動】

- ・ 関連Q & A : Q2-1-01 どのような建物（建物規模、地盤、杭長）でコストメリットがありますか。
また、設計の初期段階で採用の可能性を判断するにはどうすれば良いですか。
- ・ 関連Q & A : Q2-1-02 キャブテンパイル工法はどのような建物・地盤条件に採用されることが多い
ですか。また、従来の杭頭固定工法と比較して、設計上不利になる事がありますか。

従来の杭頭固定工法と比べて設計に手間がかかったり、煩雑になったりしませんか。
特別な難しい計算が必要ですか。

【キーワード】

計算・キャブテンパイル工法設計プログラム

- ・ 基本的な計算の流れは、従来の杭頭固定工法と同じです。
ただし、杭頭に作用する軸力とせん断力、絞り部径、引張定着筋等から杭頭の回転剛性を算出し、その回転剛性を考慮して各杭へのせん断力配分を行います。
- ・ 計算を省力化するため、杭径や軸力など必要な条件を入力することで簡単に回転剛性の計算やせん断力の配分、杭の応力算定、断面計算までの一連の計算を行う「キャブテンパイル工法設計プログラム」を用意しております。
- ・ 一連計算プログラムと軸力・基礎梁への曲げ戻しモーメントのやり取りを自動で行うことはできませんが、慣れれば煩雑な作業とはなりません。
- ・ キャブテンパイル工法設計プログラムは、キャブテンパイル協会に加盟する正会員会社、準会員会社、賛助会員会社、特別協賛会社については無償で利用することができます。
また設計プログラムは、一般利用者向けに販売しておりませんが、協会加盟会社以外の第三者が使用を希望する場合、キャブテンパイル協会が定める「設計プログラム使用規定」に基づき、設計プログラム貸与覚書の締結を行い、無償にて貸し出しを行っております。

【参考文献、WG活動】

- ・ キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版） 3.3 設計フロー
- ・ キャブテンパイル工法 設計プログラム解説書（2013/10/02）
- ・ 関連Q & A：Q2-1-05 従来の杭頭固定工法の設計方法との違いは何ですか。
キャブテンパイル工法の設計手順を教えてください。
- ・ 関連Q & A：Q2-9-01 設計ソフトは誰でも利用できますか、販売されていますか。

基本事項 (2)

打設条件(設計上)
☒ 泥水なし
☐ 泥水あり

コンクリート強度
 杭体 30 N/mm²
 基礎 36 N/mm²

引張定着筋配置
☒ 円形配置
☐ 正方形配置

地盤変形係数E₀
 多層地盤入力

設計用せん断力
 短期 5100 kN
 終局時 X方向 kN
 終局時 Y方向 kN

杭種類
 杭グループ数 6 種類

通り数(任意)
 X方向 2
 Y方向 3 符号入力

OK キャンセル データクリア

鉄筋終局強度倍率
 杭体主筋 - 倍
 引張定着筋 1 倍
 ※SD390以下は1.1、SD490以上は1.0または実状による。

設計応力の割増し
 短期
 曲げモーメントの割増し 1 倍
 せん断力の割増し 1.5 倍
 終局時
 曲げモーメントの割増し 倍
 せん断力の割増し 倍
 杭頭曲げモーメント
 低減率 0.85 倍
 ※引張定着筋配筋時に有効

せん断力の接合面摩擦伝達
☒ 考慮しない ☐ 考慮する
 ※終局時のみ有効

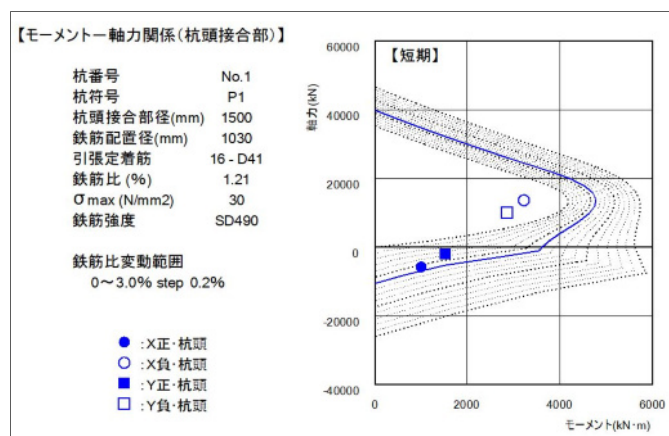
杭体および杭頭接合部の入力条件

杭体							杭頭接合部		地盤条件
No	杭符号	杭径(mm)	杭本数	dt(mm)	杭先端レベル(m)	杭頭レベル(m)	紋り部径(mm)	sD(mm)	地盤No
1	P1	1500	1	150	30	0	1500	1030	1
2	P2	1500	1	150	30	0	1500	1030	1
3	P3	1500	1	150	30	0	1275	1030	1
4	P4	1500	1	150	30	0	1275	1030	1
5	P5	1500	1	150	30	0	1500	1030	1
6	P6	1500	1	150	30	0	1500	1030	1

No 杭符号 杭径(mm) 杭本数 dt(mm) 杭先端(m) 杭頭(m)
 4 P4 1500 1 150 30 0
 dt: 外端からの主筋重心位置
 杭頭レベルは入力地盤条件のOmを基準に入力
 (例: 杭頭がOmより3mの場合1.3と正の値を入力)

紋り率
☐ 1.0
☒ 0.85
☐ 0.7
 【円形配置】sD=引張定着筋配置直径
 ※sDは配置径の最大値です。

※杭頭の紋り部径に1.0以下の数値を入力することで固定床を指定することができます。このときsDは任意の数値で可。



キャプテンパイル工法設計プログラムより引用

従来の杭頭固定工法の設計方法との違いは何ですか。
キャブテンパイル工法の設計手順を教えてください。

【キーワード】

設計方法

- ・従来の杭頭固定工法の設計では、杭頭を一律に固定とし、杭と地盤の水平剛性に応じてせん断力を配分していました。
- ・キャブテンパイル工法では、杭に作用する軸力とせん断力、絞り部径、引張定着筋等から杭頭の回転剛性を算出し、回転剛性を考慮してせん断力を配分しますので、ここに大きな違いがあります。すなわち、軸力の大きさにより杭頭の回転剛性が変化しますので、実際の地震時と同様に、各杭が負担するせん断力は地震力の方向ごとに変化することになります。
- ・設計手順は下記の通りです。
 1. 杭をグルーピング
 - 1-1 長期軸力から拡底径を仮定。
 - 1-2 長期軸力と圧縮側変動軸力から軸径を仮定。
 - 1-3 地震時圧縮軸力（地震時変動軸力）の大きさをグループ分け。
 2. 計算時のチェック
 - 2-1 変形チェック（目安：短期50mm、終局150mm）。
 - 2-2 杭頭曲げモーメントから主筋量チェック。満足しない場合は軸径をアップする。
 - 2-3 地中部曲げモーメントに余裕あれば絞りを検討し杭頭曲げモーメントの低減を行う。
 - 2-4 せん断力のチェック。満足しない場合は軸径またはコンクリート強度を上げる。
 - 2-5 杭頭部と地中部曲げモーメントを比較し地中部が極端に大きい場合は引張定着筋を増やしたり、絞り部径を大きくする。
 - 2-6 引張定着筋をチェックする。満足しない場合は、引張定着筋増または絞り部径を大きくする。

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版） 3.3 設計フロー
- ・2009年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング
- ・関連Q & A：Q2-1-04 従来の杭頭固定工法と比べて設計に手間がかかったり、煩雑になったりしませんか。特別な難しい計算が必要ですか。

2-7 P Cリングのせん断チェックを行う。

2-8 固定度のチェックを行う。極端に固定度が小さい杭がある場合、引張定着筋を増やしたり、絞り部径を大きくする。

2-9 効率的で無理のない断面仕様であるか見直し

- ・断面が「曲げ」「せん断」どちらで決まるか確認
- ・固定度の変動が大きい杭の断面仕様の確認
- ・軸力変動が大きく、必要鉄筋量に差がある杭断面仕様の確認
- ・支持力検討など、プログラムで確認できない検討を実施

2-10 評定条件等の確認

- ・設計内容が本工法の評定条件、規定に抵触していないかを確認

3. コストを下げるためには

3-1 杭径をできるだけ小さくする。

但し、主筋間隔、フープ間隔は施工できる間隔とする。

3-2 絞り係数の設定

- ・杭頭部、地中部の曲げモーメントが同じ程度になるように調整する。
- ・変動軸力が少ない（中央）杭等にはせん断力を集めた方が良いので、その他の杭よりも絞り部径を大きくする。
- ・引張定着筋が不足する場合は、絞り部径を大きくする。

(3) 杭頭接合部設計フロー

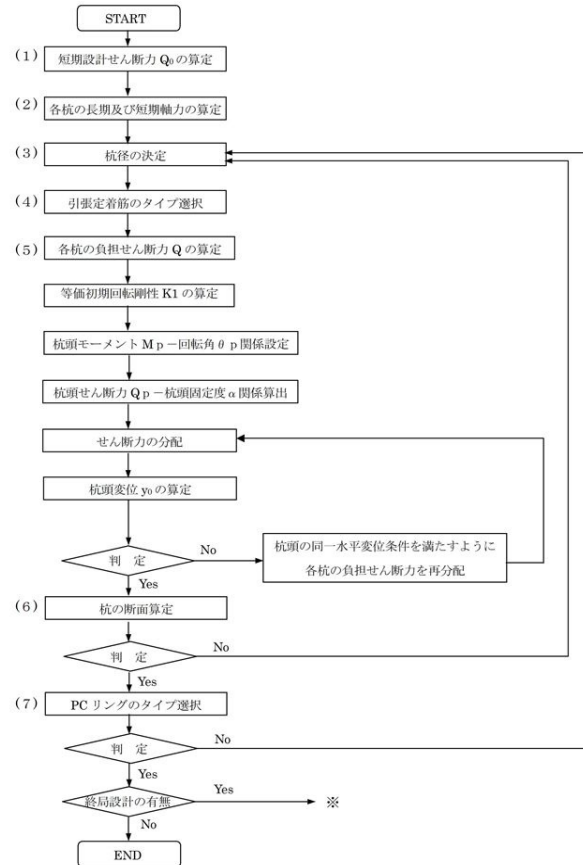


図3.3.4 杭頭接合部設計フロー（略算、短期）

終局設計は、設計者の判断にて必要に応じて行うものとする。

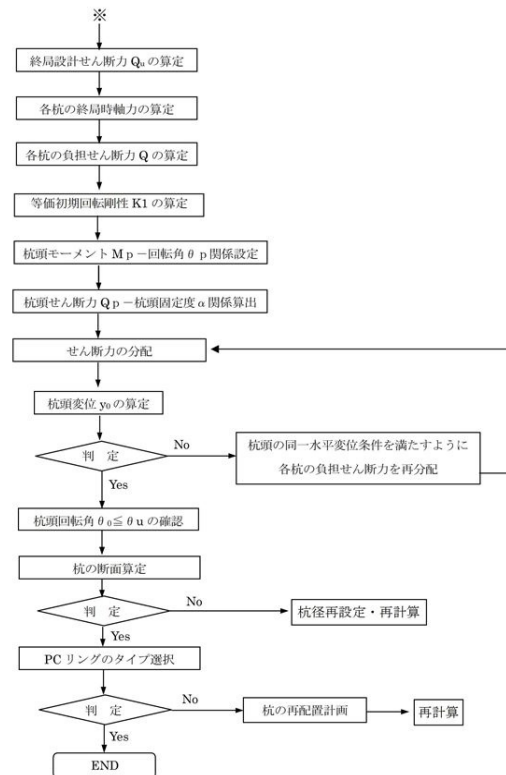


図3.3.5 杭頭接合部設計フロー（略算、終局）

仮定断面（杭径）を決める場合、どのようにすれば合理的ですか。

【キーワード】

設計方法・仮定断面・キャプテンパイル工法設計プログラム

・まず、軸力に応じて杭径を仮定し、せん断力に対してNGにならないことを確認しながら、主筋と引張定着筋が配置できる範囲で杭径を小さくします。

ただし、杭1本でも杭頭部径を変更すると、各杭の固定度が変化し、せん断力の配分が変わるため、常に全体を見る必要があります。

・計算を省力化するため、杭径や軸力など必要な条件を入力することで簡単に回転剛性の計算やせん断力の配分、杭の応力算定、断面計算までの一連の計算を行う「キャプテンパイル工法設計プログラム」を用意しております。

・キャプテンパイル工法設計プログラムは、キャプテンパイル協会に加盟する正会員会社、準会員会社、賛助会員会社、特別協賛会社については無償で利用することができます。また設計プログラムは、一般利用者向けに販売しておりませんが、協会加盟会社以外の第三者が使用を希望する場合、キャプテンパイル協会が定める「設計プログラム使用規定」に基づき、設計プログラム貸与覚書の締結を行い、無償にて貸し出しを行っております。

【参考文献、WG活動】

・関連Q & A : Q2-1-04 従来の杭頭固定工法と比べて設計に手間がかかったり、煩雑になったりしませんか。特別な難しい計算が必要ですか。

・関連Q & A : Q2-9-01 設計ソフトは誰でも利用できますか、販売されていますか。

杭頭接合部の標準断面を教えてください。

【キーワード】

杭頭接合部・絞り

・杭頭接合部は、杭頭部径に対して絞り無しとした場合の1.0倍、絞り有りとした場合の0.85倍と0.7倍が標準断面となります。絞り有りとした場合には0.7倍以上1.0倍未満で自由に設定できますが、標準断面である0.85倍と0.7倍にした方が、絞り部に設置される緩衝材がより安価に調達することができます。

また、杭頭接合部断面は杭毎に絞り部径を設計者が任意に設定し、組み合わせることができるため、効率的な設計が可能になります。

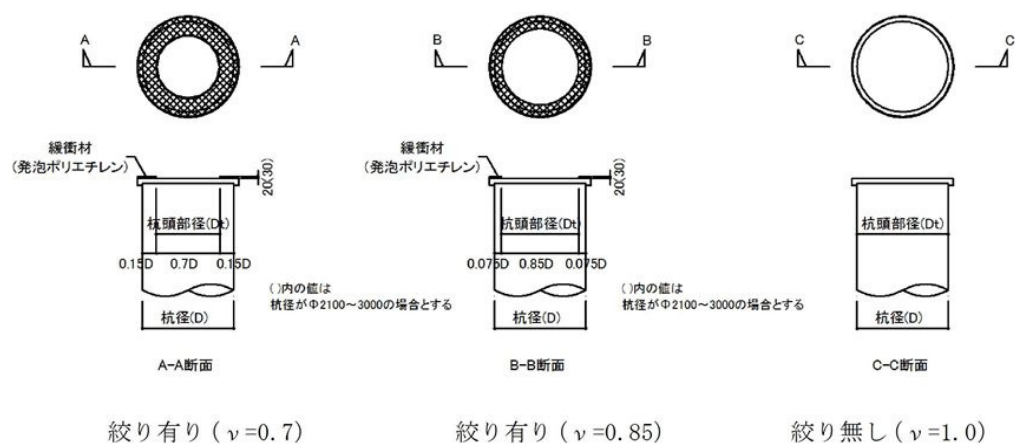


図 2.4.1 杭頭接合部断面形状

設計・施工マニュアル (2.4) より抜粋

[参考文献、WG活動]

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル (2016年4月1日第4版)

2.4 杭頭部形状・補強仕様

キャブテンパイル工法のコストを抑えるには、どのような断面設計が良いですか。

【キーワード】

太径鉄筋ダブル配置・杭主筋ピッチ

・コストのみを考えるのであれば、杭を極力細径とすることが掘削残土、コンクリート量の削減になり、最も効率が良いと考えられます。

杭径を抑える方法は、杭頭部の主筋に高強度筋、太径鉄筋あるいは束ね筋を採用し、杭主筋間隔を最小値の $3.7d$ (d :鉄筋の呼び径) 確保しながら杭断面を仮定するとコスト削減に繋がります。

【参考文献、WG活動】

・2009年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング

キャブテンパイル工法を採用する場合、常に二次設計まで検討する必要がありますか。
また、一次設計のみの場合、従来の杭頭固定工法よりも高価になりませんか。

【キーワード】

一次設計・二次設計・ウルボン筋・設計用せん断力割増・変動軸力・杭頭固定度

・従来の杭頭固定工法と同様にキャブテンパイル工法においても、必ずしも二次設計まで行う必要はなく設計者判断となります。キャブテンパイル工法は、地震時変動軸力による影響で杭頭の固定度が変化し、杭に生じる応力も変動します。終局時は短期時に比べて変動軸力が相対的に大きいため、杭頭固定度並びに杭に生じる応力の変動も大きくなります。

従って、一次設計のみではなく二次設計まで行うことを推奨しています。

従来の杭頭固定工法と比較してコストアップとなる可能性はありますが、ウルボン筋の採用や二次設計まで行う場合に杭体の一次設計時せん断力割増が不要となること、キャブテンパイル工法の特徴である杭頭部の応力が低減できることなど（基礎梁の設計においても利点あり）により、コストを抑えた設計もできると考えます。

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

3.2 設計方針

キャブテンパイル工法でメリットを見出すためには、どのような方向性で検討を進めれば良いですか。

【キーワード】

鋼管杭・ウルボンスパイラル筋・場所打ちコンクリート杭

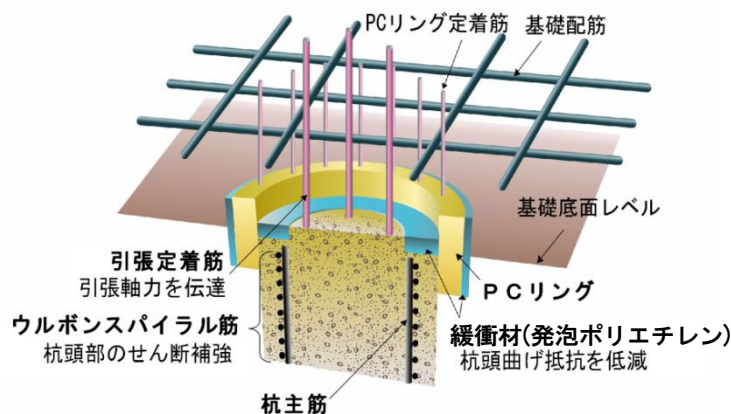
・様々な方向性が考えられますが、ここではメリットを見出す方法を2例記載します。

例 1

・従来の杭頭固定工法による杭径に対して、杭頭半固定の効果とウルボンスパイラル筋の効果を活かして、杭径を絞ることを検討する。（200mm以上絞ることが目安）

例 2

・従来の杭頭固定工法による場所打ち鋼管コンクリート杭の場合、杭頭半固定による杭頭曲げ応力の低減とウルボンスパイラル筋のせん断耐力向上効果を活かして、鋼管を取り止め、場所打ちコンクリート杭として設計することを検討する。可能であれば、杭径もダウンさせる。



設計・施工マニュアル（まえがき）より抜粋

〔参考文献、WG活動〕

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

まえがき

・2009年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング

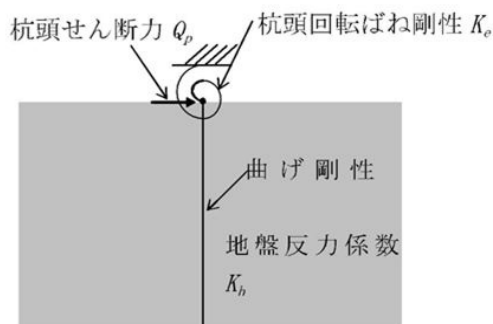
・2016年度 キャブテンパイル工法 キャブテンパイル工法の合理的設計法提案ワーキング

キャブテンパイル工法は、負担せん断力が軸力にも依存するため数値合わせに手間が掛かります。簡単な検討方法はありませんか。

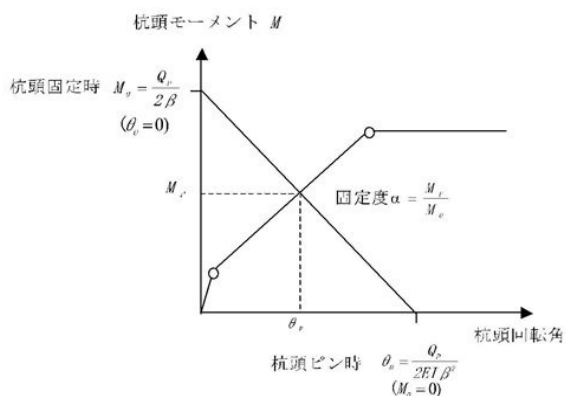
【キーワード】

負担せん断力・杭頭固定度・杭頭回転剛性・略算

- ・軸力を個別に設定せずに、ある程度の範囲でまとめることで、手戻りをなくすことができます。ただし、軸力が固定度にどの程度影響しているかは、設計者が把握しておく必要があります。キャブテンパイル工法の設計における軸力の影響を検討した過去WGが参考になります。



杭頭半固定時モデル図（概要）



杭頭半固定時の杭頭曲げモーメントー回転角 θ 関係図 ※tri-linearとして仮定

設計・施工マニュアル技術資料（P.16）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
3.4 杭頭固定度評価法
- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
1.8 固定度とせん断力負担の関係
- ・2011年度 キャブテンパイル工法 軸力影響緩和・概算精度向上ワーキング

曲げモーメントやせん断力はどのように伝達されるのですか。

【キーワード】

曲げモーメント・圧縮軸力時・引張軸力時・せん断伝達機構

・杭体－パイルキャップ間の応力伝達は図のようになります。曲げモーメントは、杭頭接合面の圧縮力及び引張定着筋の引張力で伝達されます。せん断力は、圧縮軸力の場合は接合面摩擦により伝達される要素もありますが引張軸力の場合には期待できません。このため杭体の負担せん断力は全てPCリングが伝達できるように、PCリング仕様を定めています。

※終局時は杭頭接合面の摩擦抵抗を考慮することも可能です。

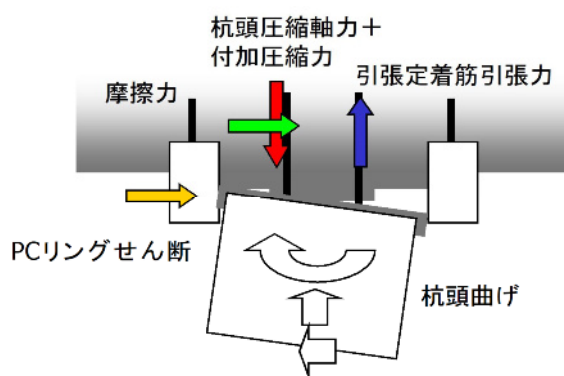


図 杭頭接合部の応力伝達

設計・施工マニュアル技術資料（P.15）より抜粋

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）

1.7 終局時圧縮軸力側杭で考慮する摩擦抵抗力の設定

杭頭接合部の許容曲げモーメントがコンクリートで決まっている場合、杭体のコンクリート強度を上げてても許容曲げモーメントが増加しないのはなぜですか。

【キーワード】

杭頭接合部・パイルキャップ・杭・コンクリート強度

・杭頭接合部の短期許容曲げモーメントは以下の小さい方の値で決定します。

但し、引張定着筋を配置しない場合には、以下の②に達した時の値とします。

① 最外縁の引張定着筋が降伏するとき

② 圧縮縁コンクリートが短期許容圧縮応力度 ($2/3 \times F_c / v^2$) に達したとき

F_c : コンクリートの設計基準強度

v : 絞り係数

②で用いる F_c は、杭体とパイルキャップのうち最小値が採用されるため、許容曲げモーメントがコンクリートで決まっている場合には、杭体と合わせてパイルキャップの F_c も上げる必要があります。これは杭体－パイルキャップ間の曲げモーメントの圧縮側の応力伝達が杭頭接合面の圧縮力により伝達されるためです。

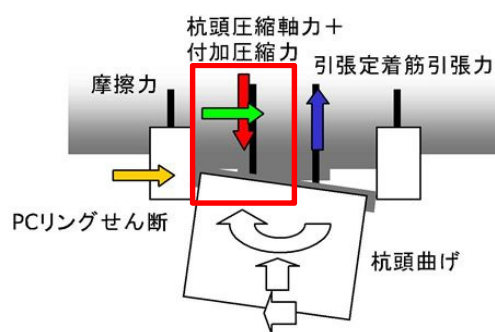


図 杭頭接合部の応力伝達

設計・施工マニュアル (1.1) より抜粋

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル (2016年4月1日第4版)

1.1 キャブテンパイル工法

付 評定書 3.3 杭頭部の曲げ耐力の算定法

絞り部の発泡ポリエチレン（上面緩衝材）の軸力負担はどの程度ですか。

【キーワード】

軸力伝達・発泡ポリエチレン（上面緩衝材）・絞り部

・軸力は、絞り部（発泡ポリエチレンを除く内側の縮小部）のみにおいて伝達されます。

発泡ポリエチレン（上面緩衝材）部分は軸力を負担しないものとして評価しています。

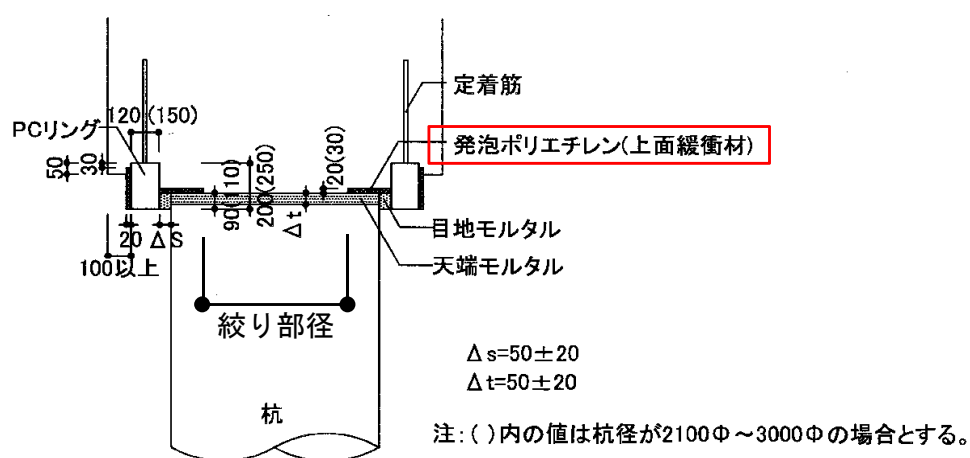


図 PCリングー杭頭部形状

設計・施工マニュアル（2.4）より抜粋

[参考文献、WG活動]

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
- 2.4 杭頭部形状・補強仕様
- ・2009年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング

杭頭絞り部について、径を絞ることにより、杭体の許容軸力を低減する必要がないのはなぜですか。

【キーワード】

設計手順

- ・杭頭絞り部は支圧効果によるコンクリート強度上昇が見込まれるため、杭体の許容軸力は低減されません。

なお、絞り係数を0.7以上とする根拠は、絞り係数0.7の条件による試験でコンクリート強度上昇が認められたためです。

2. コンクリートの許容圧縮応力度比の対応

建築基準法等により許容圧縮応力度は表1のように定められている。上部構造体である絞り部に接する杭体には、最大で $4.5/3.0=1.5$ 倍の許容応力度比がある。絞り部圧縮試験結果を考察し、 $p_w \geq 0.15\%$ とすれば杭体コンクリート強度を1.5倍以上高められることを確認した。

表1 コンクリートの許容圧縮応力度

部位	打設方法	長期許容圧縮応力度	短期許容圧縮応力度
上部構造体		$F_c/3$	長期の2倍
杭体	掘削時に水若しくは泥水を使用しない方法によって打設する場合 強度、寸法及び形状を杭体の打設の状況を考慮した強度試験により確認できる場合	$F_c/4$	
	その他	$F_c/4.5$ 又は 6 のうち小さい数値	

※ F_c は設計基準強度を表す

設計・施工マニュアル技術資料（P.21）抜粋

〔参考文献、WG活動〕

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）

1.11 杭頭部におけるせん断補強筋比 $p_w \geq 0.15\%$ の背景

2. コンクリートの許容圧縮応力度比の対応

杭頭を半固定とすることで上部構造にどのような影響がありますか。

【キーワード】

杭頭半固定・上部構造に対する影響

- ・杭頭固定度が下がるため上部構造の水平変位は増加しますが、杭頭の曲げ応力は従来の杭頭固定工法と比較して小さくなり、杭から基礎梁への曲げ戻しによる応力も減じられます。よって、基礎梁の断面縮小と鉄筋量の低減が図れます。
- 柱に対して、基礎梁断面を極端に縮小しなければ、上部構造への影響は少ないと考えられます。

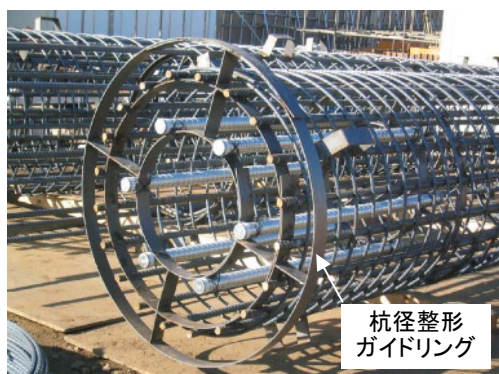
【参考文献、WG活動】

従来の杭頭固定工法と比較して、工事監理ではどのような違いがありますか。

【キーワード】

杭径整形ガイドリング・PCリング・引張定着筋定着部

- ・キャブテンパイル工法では杭径整形ガイドリング（仮設材）が杭頭レベルや杭頭の形状を決める重要な金物であり、その取り付け精度について十分に確認する必要があります。
- ・従来の杭頭固定工法による杭にはない、PCリング部材があり、その製作図チェック、工場で製作する場合は製品検査を行う必要があります。
- ・引張定着筋をシース管を用いて施工する場合、シースグラウト材の品質管理（フレッシュ時のロート試験、硬化後の材令28日強度）が必要となります。



キャブテンパイル工法施工写真（HP）より抜粋

〔参考文献、WG活動〕

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
 4. 施工基準
- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
 2. 施工編
- ・キャブテンパイル工法 HP

地盤変位の影響を考慮する設計が確認申請において義務化されたときにメリットはありますか。

【キーワード】

設計手順・応答変位法

- ・地盤変位の影響を考慮する設計においても、キャブテンパイル工法の杭頭半固定による杭頭の応力集中を分散できる特徴により、杭頭で断面が決定する場合等において、杭断面を小さくでき、基礎梁の断面縮小と鉄筋量の低減が図れます。

〔参考文献、WG活動〕

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
1.2 地盤変位の影響
- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
- ・キャブテンパイル工法 地盤変位を考慮したキャブテンパイル工法設計法ワーキング（2018年）

建物慣性力による応力と地盤の応答変位による応力はどうに重ね合わせれば良いですか。

【キーワード】

設計手順・応答変位法

- ・建物慣性力による杭応力と地盤応答変位による杭応力の組み合わせについては、①二乗和平方根、②絶対値和、③時刻歴を考慮した時刻ごとの単純和などが考えられます。
キャブテンパイル工法の設計手法に関わらず、今後、日本建築学会等で提案があると考えられるため、同規準で示される組み合わせを参考に検討する方法が考えられます。
また、確認審査機関等による指導の有無については確認する必要があります。

[参考文献、WG活動]

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
1.2 地盤変位の影響
- ・キャブテンパイル工法 地盤変位を考慮したキャブテンパイル工法設計法ワーキング（2018年）

免震建物で採用した場合、上部構造の応答は変わりますか。
また、設計上、杭の固定度の影響を考慮する必要がありますか。

【キーワード】

設計手順

・上部構造の応答に影響します。また、杭頭固定度の影響を考慮する必要があります。

・免震建物にキャブテンパイル工法を採用する場合、次の点に注意が必要です。

キャブテンパイル工法は、杭頭を半固定とするものであり、杭頭曲げモーメントが発生します。従って、杭頭の曲げ戻しモーメントを処理できる部材（基礎梁など）を配置することが、本工法の適用条件となります。従って、下図の②基礎免震、③柱頭免震は基礎梁が配置されることからキャブテンパイル工法を適用することができます。

①杭頭免震の場合には、杭頭曲げ戻しモーメントを処理できる基礎梁がないため、設計に際して注意が必要です。

免震建物に本工法を適用する際には、建物－杭－地盤の連成系地震応答解析や建物－杭－地盤系の一体解析などを行い、別途安全性を確認する必要があると考えられます。

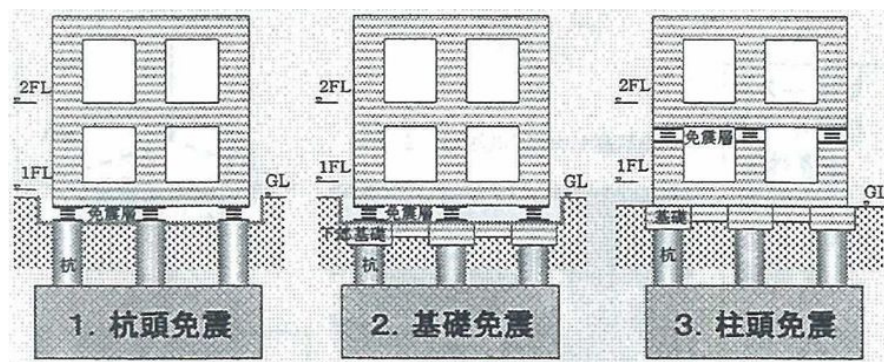


図 免震建物の分類

設計・施工マニュアル技術資料（P.3）より抜粋

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）

1.1 軟弱地盤への適用（液状化、杭頭水平変位、杭頭免震

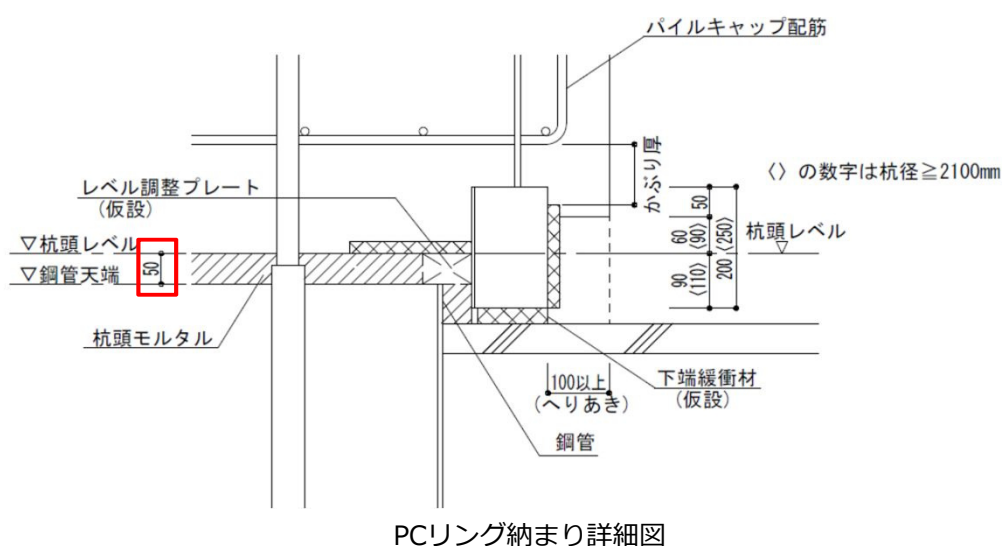
4. 免震建物などへの適用

キャブテンパイル工法を場所打ち鋼管コンクリート杭に採用する場合、鋼管天端レベルはどのようなになりますか。

【キーワード】

場所打ち鋼管コンクリート杭・鋼管天端レベル

- ・ 鋼管天端レベルは、杭頭レベル（杭頭モルタル天端レベル）-50mmとなります。
- なお、鋼管内に鉄筋がない場合は、杭頭モルタル内に追加フープ1巻を配筋する必要はありません。



【注記】

- ・ キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）には、これについて記載がありませんが、2020年の評定更新後のマニュアル改定版に明記する予定です。

（評定更新およびマニュアル改定の予定時期）

- 2020年7月 評定更新（予定）
- 2021年4月 設計・施工マニュアル（第5版）発行（予定）

【参考文献、WG活動】

杭頭の固定度について教えてください。

【キーワード】

杭頭固定度・杭頭回転特性

- ・日本建築学会「建築基礎構造設計指針」に従い、杭頭を完全固定とした時に生じる杭頭曲げモーメント M_0 に対する、半固定時に生じる杭頭曲げモーメント M_p の比を固定度と定義しています。

杭頭ピンの場合、 $M_p = 0$ となり固定度 $\alpha = 0$ 、杭頭固定の場合 $M_p = M_0$ となり固定度 $\alpha = 1$ となります。

$$\text{杭頭固定度 } \alpha = M_p / M_0$$

ここで、 M_p ：半固定時に生じる杭頭曲げモーメント

M_0 ：杭頭固定としたときに生じる杭頭曲げモーメント

- ・杭頭の固定度は、杭に作用する軸力、せん断力、引張定着筋の量や、杭頭部の絞り係数によって変動します。
- ・杭頭固定度と、杭頭曲げ応力、杭中間部曲げ応力、杭頭変位には以下の関係があります。

＜固定度と杭頭曲げの関係＞

杭頭の固定度： 小 \Leftrightarrow 大

杭頭曲げ： 小 \Leftrightarrow 大

＜固定度と杭中間部曲げの関係＞

杭頭の固定度： 小 \Leftrightarrow 大

杭中間部曲げ： 大 \Leftrightarrow 小

＜固定度と杭頭変位の関係＞

杭頭の固定度： 小 \Leftrightarrow 大

杭頭変位： 大 \Leftrightarrow 小

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版） 1.3 用語
- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
- 1.8 固定度とせん断力負担の関係
- ・建築基礎構造設計指針：「日本建築学会（2001）」
- ・地震力に対する建築物の基礎の設計指針：「日本建築センター」
- ・関連Q & A：Q2-2-02 キャブテンパイル工法において杭頭固定度を低減するメカニズムはどのようなものですか。

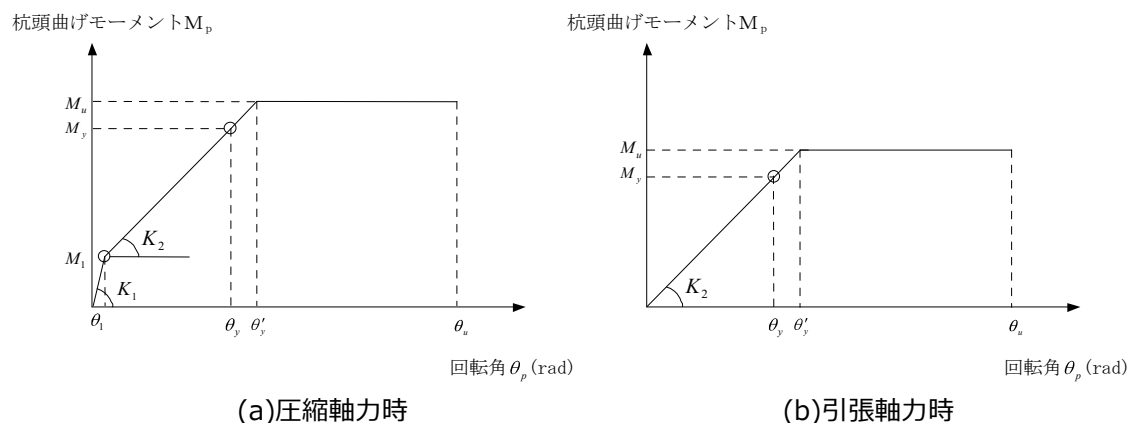
キャブテンパイル工法において杭頭固定度を低減するメカニズムはどのようなものですか。

【キーワード】

杭頭固定度・引張定着筋・絞り係数

・キャブテンパイル工法は、杭頭曲げが最大抵抗モーメント M_u を超えると、杭頭とパイルキャップのコンクリートが離れて引張側のコンクリートには引張ひずみが生じないメカニズムとなっています。

すなわち、引張側のコンクリートの剛性の影響がなくなることにより、杭頭固定度が杭頭固定工法と比較して小さなものとなります。



杭頭曲げモーメント M_p と回転角 θ_p の関係図

設計・施工マニュアル（3.4）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
3.4 杭頭固定度評価法
- ・2015年度 キャブテンパイル工法 傾向分析ワーキング
- ・2016年度 キャブテンパイル工法 キャブテンパイル工法の合理的設計法提案ワーキング

杭頭固定度はどの程度になるのですか。あるいは、どの程度の固定度とするのが合理的ですか。

【キーワード】

杭頭固定度

・杭頭固定度は地盤条件、建物規模、構造形式（変動軸力）に左右されるため、どの程度となるかは一概には言えませんが、過去の技術部会WG（2008年度～2012年度_普及促進WG、2013年度～2018年度_設計支援WG）で行われた試設計結果が参考になります。また過去の実施案件を整理した実施案件シートには固定度の最大値と最小値が記載されており、類似した設計条件を有する建物の判断材料になります。

（実施案件シートは協会外部には非公開となっています。）

- ・杭頭部と杭中間部の曲げ応力が同程度となるように固定度を調整することが合理的であると考えられます。これは、杭径をできるだけ小さくするために杭設計曲げモーメントを最小とするためです。
- ・固定度を下げすぎると杭中間部の曲げ応力と杭頭部変位・回転角が過大となる可能性があるため、注意が必要です。

【参考文献、WG活動】

- ・2008年度～2012年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング
- ・2013年度～2018年度 キャブテンパイル工法 設計支援ワーキング
- ・2017年 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング

杭頭固定度は、できる限り小さくした方が有利な設計となるのですか。
また、杭頭固定度を0.3程度まで低くしても問題ありませんか。

【キーワード】

杭頭固定度・杭頭部変位

- ・地盤条件や建物規模により異なりますが、杭頭部と杭中間部の応力が同程度となるように固定度を調整することが合理的であると考えられます。
- これは、杭径をできるだけ小さくするために杭設計曲げモーメントを最小とするためです。
- ・杭頭固定度を下げすぎると杭頭部の応力は小さくなりますが、杭中間部の応力が大きくなり設計が厳しくなるため、適切に杭頭固定度を調整する必要があります。
- ・杭頭固定度を下げすぎると杭頭部の変位が大きくなるので、注意が必要です。

＜固定度と杭頭曲げの関係＞

杭頭の固定度： 小 ⇔ 大

杭頭曲げ： 小 ⇔ 大

＜固定度と杭中間部曲げの関係＞

杭頭の固定度： 小 ⇔ 大

杭中間部曲げ： 大 ⇔ 小

＜固定度と杭頭変位の関係＞

杭頭の固定度： 小 ⇔ 大

杭頭変位： 大 ⇔ 小

- ・大きな引張力が生じる板状の集合住宅などでは、引張側の杭の固定度が0.3程度まで低下する場合があります。
- ・杭や基礎梁など、建物の基礎構造を構成する部材の応力が許容値以下で問題がなく、杭頭部の水平変位量が許容でき、水平変位量と杭設計用の地盤定数の間に整合性が保たれているのであれば、0.3程度まで低くしても差し支えないと考えられます。
- ・杭頭の固定度が低い場合は、杭頭変位および回転角、杭中間部の曲げ応力が大きくなるので、注意が必要です。

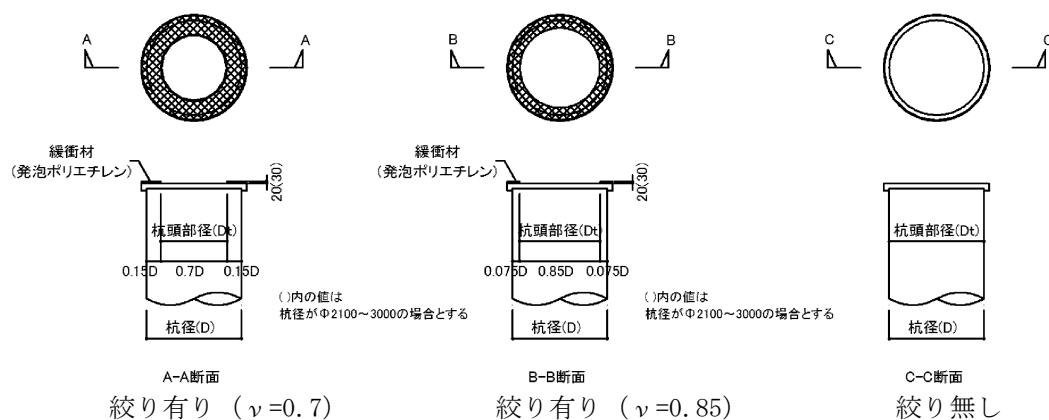
【参考文献、WG活動】

杭頭絞り係数はどのように設計しますか。

【キーワード】

絞り係数・杭頭固定度

- ・杭頭の曲げ応力が大きい場合、絞り係数を小さくして杭頭固定度を下げることにより、杭頭の曲げ応力を小さくすることができます。（引張定着筋でも固定度を調整できます。）
- ・絞り係数は1.0～0.7の範囲で任意に設定できますが、緩衝材（発砲ポリエチレン）は絞り係数0.7および0.85で規格化されており、比較的安価に入手できます。その他の絞り係数を採用する場合は、緩衝材は特注品となります。



設計・施工マニュアル（2.4）より抜粋

- ・杭頭絞り係数は、杭頭部と杭中間部の曲げモーメントが同程度になる杭頭固定度となるように調整することが望ましいと考えられます。これは、杭径をできるだけ小さくするために杭の設計曲げモーメントを最小とするためです。

また、変動軸力が小さい杭の絞り部径を大きくします。これは変動軸力が小さく、杭設計において有利な杭にせん断力を負担させるためです。

- ・杭頭固定度を下げすぎると、杭頭変位および回転角、杭中間部の曲げ応力が大きくなるため、注意が必要です。また杭頭絞り係数を0.7とすると、引張定着筋の配置できる本数が減少するため、注意が必要です。（絞り無しと絞り係数0.85は、引張定着筋の配置できる本数は同じです。）

【参考文献、WG活動】

- ・2009年度 キャブテンパイル工法 普及促進WG
- ・2015年度 キャブテンパイル工法 傾向分析ワーキング
- ・関連Q & A：Q2-2-07 杭頭絞り係数と引張定着筋の設定方法に目安はありますか。
- ・関連Q & A：Q2-2-08 杭頭固定度を調整する方法はありますか。

絞りの有無による杭頭固定度の違いはどの程度ですか。

【キーワード】

杭頭固定度・絞り係数

- ・軸力、負担せん断力、引張定着筋の量などを同一条件とした場合、絞りが無い場合に対して、絞り係数を杭径の0.7倍とした場合には80～85%程度の固定度となります。
- ・杭頭絞り係数の他に、引張定着筋量でも杭頭固定度の調整が可能です。

【参考文献、WG活動】

- ・2016年度 キャブテンパイル工法 キャブテンパイル工法の合理的設計法提案ワーキング
- ・関連Q & A：Q2-2-08 杭頭固定度を調整する方法はありますか。

杭頭絞り係数と引張定着筋の設定方法に目安はありますか。

【キーワード】

杭頭絞り係数・引張定着筋・杭頭固定度

・杭径をできるだけ小さくするため、杭頭部と杭中間部の設計曲げモーメントを同程度にすることがポイントです。設計曲げモーメントの調整は、杭頭絞り係数と引張定着筋の本数によって杭頭固定度を設計者が任意に設定することで可能となります。

また、変動軸力が小さい杭の絞り係数を大きくします。これは変動軸力が小さく、杭設計において有利な杭にせん断力を負担させるためです。

・板状R C共同住宅における試設計の耐震壁方向加力において以下の傾向が確認されています。

①せん断で建物全体の杭断面が決定する場合、杭全体の水平力を平準化するため、引張定着筋を適切に配置することがポイントになります。圧縮側の杭は杭頭固定度と共に水平力負担が相対的に大きくなるため、引張側の杭に引張定着筋を多く配置し杭頭固定度を上げることで圧縮側と引張側の水平力の差をできるだけ少なくすることが良いとされており

ます。

板状R C共同住宅は、圧縮力と引張が加力方向によって一般的に逆の値となりますが、引張定着筋を杭全体に渡り多く配置するほど、水平力の負担が均一化される傾向にあります。

②圧縮時の設計においては、杭頭固定度は杭頭絞り係数・引張定着筋本数が変わっても固定度は大きく変わることなく、地中部に比べて大きな応力となる杭頭部にて断面が決定します。

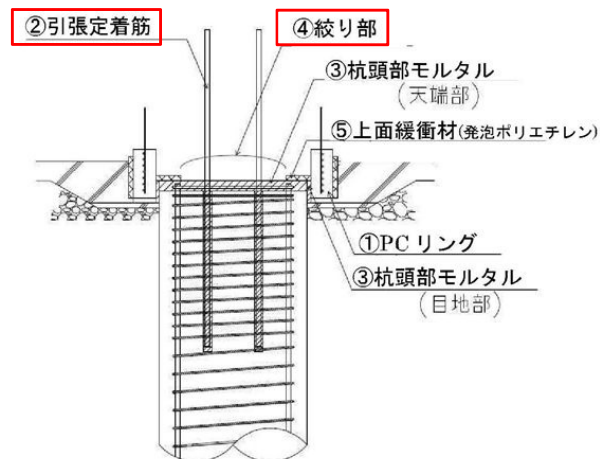
【参考文献、WG活動】

- ・2009年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング
- ・2015年度 キャブテンパイル工法 傾向分析ワーキング
- ・関連Q & A : Q2-2-05 杭頭絞り係数はどのように設計しますか。
- ・関連Q & A : Q2-2-08 杭頭固定度を調整する方法はありますか。
- ・関連Q & A : Q2-3-01 引張定着筋はどのように設計しますか。 また、引抜き力が大きい場合、引張定着筋はどの程度余裕度を持たせる必要がありますか。

③圧縮時のモーメントは杭頭絞り係数の影響を受けにくいとされています。

④引張時で杭断面が決定する場合は、杭頭固定度を調整して効率的な曲げ応力分布とすることができます。杭頭固定度の調整は、杭頭絞り係数よりも引張定着筋の増減による方が効果的であり、変動軸力が大きくなるにしたがって引張定着筋本数を増加させた方が良いとされています。

⑤引張側は固定度の調整により杭頭と杭中間部の曲げ応力は大きく変化します。



設計・施工マニュアル（1.1）より抜粋

杭頭固定度を調整する方法はありますか。

【キーワード】

杭頭固定度・引張定着筋・絞り係数

- ・杭頭固定度は軸力による影響を受けて変動しますが、杭頭部の絞り係数や引張定着筋等によりある程度は調整できます。

【杭頭固定度の調整方法】

- ①引張定着筋の本数を変更する（本数を減らす場合は引張耐力に注意）。
- ②絞り係数を変更する。
- ③固定度を小さくしたい杭のみ杭径を小さくする。

- ・軸力、杭頭絞り係数、引張定着筋量と杭頭固定度には以下の関係があります。

＜軸力と固定度の関係＞

軸力：引張 ⇔ 圧縮
杭頭の固定度：小 ⇔ 大

＜杭頭絞り係数と固定度の関係＞

杭頭の絞り係数：小 ⇔ 大
杭頭の固定度：小 ⇔ 大

＜引張定着筋量と固定度の関係＞

引張定着筋量：少 ⇔ 多
杭頭の固定度：小 ⇔ 大

- ・引抜き耐力を確保しながら杭頭固定度を下げるには以下のような方法があります。

- ①引張定着筋にSD490やSD685を使用して、本数を減らす。
- ②必要な引張定着筋量を確保しながら絞り係数を下げる。

ただし、絞り係数を0.7とすると引張定着筋の配置径が小さくなり引張定着筋の配置可能な本数が減少することに注意が必要です。

- ・その他、以下を考慮しながら固定度を調整する必要があります。

- ①圧縮軸力時の固定度の変化は小さく、引張軸力時の固定度の変化が大きい。
- ②軸力変動の小さい中杭は「杭頭絞り係数」を大きく、「引張定着筋」を多くし、軸力変動の大きな側杭・隅杭は「杭頭絞り係数」を小さく、「引張定着筋」を少なくすると良い。

【参考文献、WG活動】

- ・関連Q & A：Q2-2-07 杭頭絞り係数と引張定着筋の設定方法に目安はありますか。

引張定着筋はどのように設計しますか。

また、引抜き力が大きい場合、引張定着筋はどの程度余裕度を持たせる必要がありますか。

【キーワード】

引張定着筋・杭頭固定度

- ・引張軸力に対しては引張定着筋だけが抵抗するため、短期設計時、終局時の引張軸力に対して安全に設計を行う必要があります。
- ・引張定着筋の引張耐力が終局時引張軸力を処理できるように適切な余裕度を確保して設計します。設計施工マニュアル技術資料では、終局時の存在引張軸力に対して1.5倍、一次設計による簡略検討の場合は短期変動軸力に対して2.5倍を目安とすると良いとされていますが、一次設計時の標準せん断力係数 C_o と二次設計時の構造特性係数 D_s の比率により一次設計軸力を割増す等、設計者によって適切に判断してください。
- ・終局時の引張耐力算定においては、鉄筋終局強度倍率をSD390以下のJIS規格品であれば1.1倍することができます。SD490やSD685の場合で1.0倍を超える倍率とする場合には特別な研究や調査などが必要となり、一般的には1.0倍とすることに注意が必要です。
- ・引張定着筋のパイルキャップおよび杭体への定着長さは、杭体への定着方式（シース又は先付け）、鉄筋材種、呼び名、コンクリート強度に応じて必要長さを決定します。
- ・引張定着筋量を調整することにより、杭頭の固定度をある程度調整することが可能です。杭頭固定度は軸力、杭頭絞り係数、引張定着筋量等により変動して以下の関係がありますが、固定度が小さくなり過ぎる場合には、さらに引張定着筋量を多くするなどの配慮が必要です。

＜軸力と固定度の関係＞

軸力：引張 ⇔ 圧縮
杭頭の固定度：小 ⇔ 大

＜杭頭絞り係数と固定度の関係＞

杭頭の絞り係数：小 ⇔ 大
杭頭の固定度：小 ⇔ 大

＜引張定着筋量と固定度の関係＞

引張定着筋量：少 ⇔ 多
杭頭の固定度：小 ⇔ 大

〔参考文献、WG活動〕

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
2.3 引張定着筋仕様
- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
1.4 引張定着筋の断面仮定に関する解説

引張定着筋の仕様を教えてください。

【キーワード】

引張定着筋・杭頭固定度

- ・材種はSD390、SD490、SD685、径はD29～D41とすることができますが、SD490/D38、SD490/D41、SD685/D41の組み合わせを推奨仕様としています。
- ・配置は円形配置と正方形配置があり、本数は引張軸力や杭頭固定度等に応じて定めます。なお、配置する場合の最小本数は4本です。
- ・杭体への定着方式にはシース方式と先付け方式の2種類があり、多くの場合で施工性の良いシース方式が採用されています。シース方式を採用し杭径が小さい場合は、杭主筋とシースの空き間隔に注意が必要です。
- ・杭体やパイルキャップへの定着長さは、引張定着筋の材種と呼び名、コンクリート強度、定着方式（シース又は先付け）に応じて必要長さが決定します。

2.3 引張定着筋仕様

(1) 使用材料

a) 鉄筋

鉄筋種別：SD390, SD490, SD685 鉄筋径：D29～D41

b) コンクリート及びモルタル強度

基礎部及び杭体コンクリート：Fc 21N/mm² 以上

シースグラウト材 ：圧縮強度 36N/mm² 以上（無収縮高強度モルタル）

c) シース（鉄筋最外径+20mm 以内のシース内径を利用）

表 2.3.1 引張定着筋とシース径の関係

		呼び名（下段 最外径 mm）				
シース (mm)		D29	D32	D35	D38	D41
外径	内径	33	36	40	43	50
53	50	○				
55	52	○	○			
58	55		○	○		
61	58			○	○	
63	60				○	○

設計・施工マニュアル（2.3）より抜粋

[参考文献、WG活動]

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

2.3 引張定着筋仕様

- ・キャブテンパイル工法基準図（2） 引張定着筋・ウルボン配筋図（円形配置、正方形配置）（2018年10月1日第4版）

どの程度の引抜き力に対応できますか。
塔状建物など引抜き力の大きい場合も適用可能ですか。

【キーワード】

引張定着筋・引抜き力

- ・キャブテンパイル工法の基準図に、引張定着筋の仕様に応じた短期許容引張力が示されています。例えば、引張定着筋の仕様がSD490、10-D38の場合、5586kNまで対応できます。
- ・引張定着筋により引抜き力を処理できるため、引抜き力の大きい場合も適用可能です。
- ・終局時の引張耐力算定における鉄筋終局強度倍率は、SD390以下のJIS規格品であれば1.1倍とすることができます。SD490やSD685の場合は一般的には1.0倍のため、注意が必要です。
- ・引張定着筋の引張耐力が終局時引張軸力を処理できるように適切な余裕度を確保して設計します。設計・施工マニュアル技術資料では、終局時の存在引張軸力に対して1.5倍、一次設計による簡略検討の場合は短期変動軸力に対して2.5倍を目安とすると良いとされていますが、一次設計時の標準せん断力係数 C_o と二次設計時の構造特性係数 D_s の比率により一次設計軸力を割増す等、設計者によって適切に判断してください。

表-2 引張定着筋の短期許容引張力 sPt (kN)

鉄筋材質		SD390		SD490		SD685
鉄筋径		D38	D41	D38	D41	D41
短期許容引張力	4本	1,778	2,090	2,234	2,626	3,671
	6本	2,667	3,135	3,351	3,939	5,507
	8本	3,556	4,180	4,468	5,252	7,343
	10本	4,446	5,226	5,586	6,566	9,179
	12本	5,335	6,271	6,702	7,879	11,014
	16本	7,113	8,361	8,936	10,505	14,686
	20本	8,892	10,452	11,172	13,132	18,358
備考	1. 上記以外の本数タイプについては必要に応じて個別に算出するものとする。 2. 引張定着筋の短期許容引張力sPt $sPt = n \times A \times sft$ n: 引張定着筋本数 A: 引張定着筋1本あたりの断面積 sft: 引張定着筋1本あたりの短期許容応力度 3. SD685を使用する場合は、建築基準法第37条二号の規定による指定建築材料の大臣認定品とする。					

※キャブテンパイル工法
基準図(2)より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
2.3 引張定着筋仕様、 3.5 設計例
- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
1.4 引張定着筋の断面仮定に関する解説
- ・キャブテンパイル工法基準図（2） 引張定着筋・ウルボン配筋図（円形配置、正方形配置）
（2018年10月1日第4版）
- ・関連Q & A：Q1-3-02 超高層建物にも適用できますか。

引張定着筋と基礎梁主筋の干渉を減らす方法としてはどのような方法がありますか。

【キーワード】

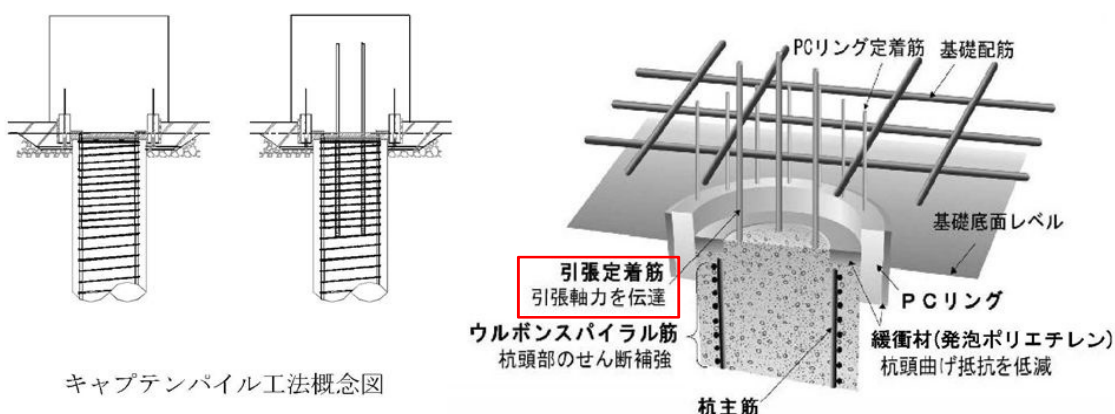
引張定着筋・基礎梁主筋鉄筋納まり・SD685

・基礎梁主筋との干渉を減らすためには、以下の方法等が考えられます。

- ①引張定着筋にSD685を使用して本数を減らす
- ②引抜き力が生じない杭に引張定着筋を配筋しない

なお地盤性状や構造形式等にもよりますが、一般的に引張定着筋を設けなくて設計できる規模としては7階建て程度と考えられます。

・杭頭の固定度が小さくなり過ぎる場合には、引抜き力による必要量以上に引張定着筋量を多くして固定度を調整するなどの配慮が必要です。



キャプテンパイル工法概念図

キャプテンパイル工法概念図

設計・施工マニュアル（まえがき）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャプテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
 - 1.4 引張定着筋の断面仮定に関する解説
- ・2007年度 キャプテンパイル工法 課題解決ワーキング
- ・2009年度 キャプテンパイル工法 新しい引張定着筋の定着法ワーキング
- ・関連Q & A：Q2-3-01 引張定着筋はどのように設計しますか。また、引抜き力が大きい場合、引張定着筋はどの程度余裕度を持たせる必要がありますか。

引抜き耐力を確保しながら杭頭固定度を下げるには、どのような方法がありますか。

【キーワード】

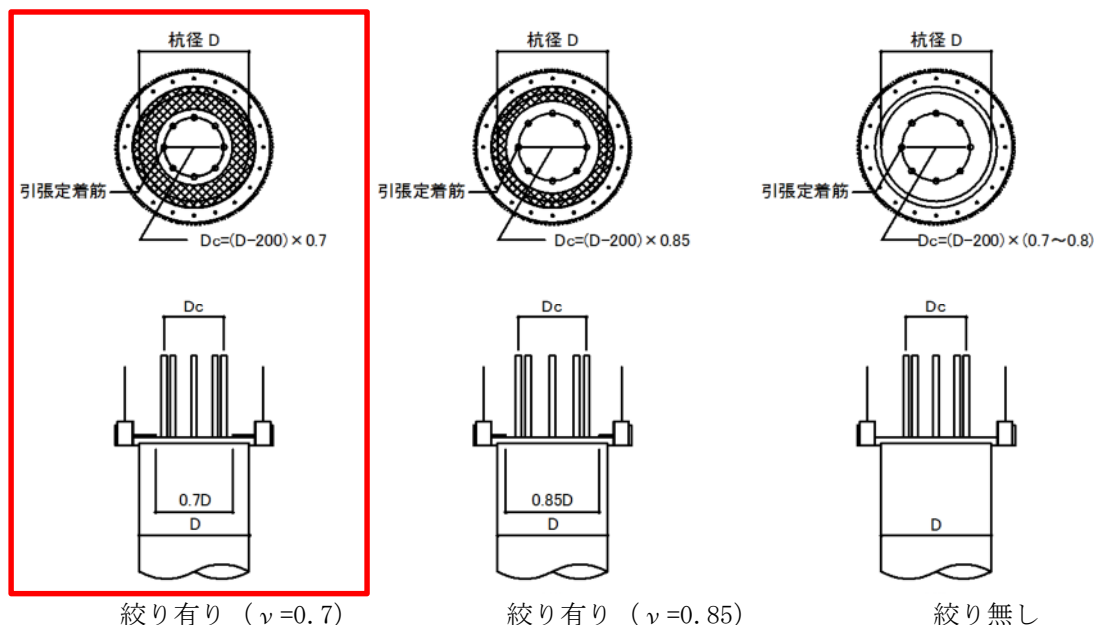
引抜き力・引張定着筋・杭頭固定度・絞り係数

・高層の建物は引抜き力が大きいことがあるため、一般的に引張定着筋を多く配置する必要があり、引張定着筋の配筋本数増が杭頭固定度を高めて応力の増加につながり、堂々巡りとなってしまう納まらない事例が見受けられますが、引抜き耐力を確保しながら杭頭固定度を下げるには以下のような方法が考えられます。

- ①引張定着筋にSD490やSD685を使用して、本数を減らす。
- ②必要な引張定着筋量を確保しながら絞り係数を下げる。ただし、絞り係数を0.7とすると引張定着筋の配置径が小さくなり引張定着筋の配置可能な本数が減少することに注意が必要です。

・地盤性状や構造形式にもよりますが、高層建物においても採用実績はあります。

※絞り係数0.7では
引張定着筋配置径が小さい



設計・施工マニュアル (2.4) より抜粋

[参考文献、WG活動]

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル (2016年4月1日第4版)

2.3 引張定着筋仕様

・2009年度 キャブテンパイル工法 新しい引張定着筋の定着法ワーキング

キャブテンパイル工法では、引張定着筋を必ず配置しなければならないのですか。

【キーワード】

引張定着筋・引抜き力

- ・引抜き力が作用する場合は、引抜き力を適切に処理できるように適当な余裕度を確保して引張定着筋を配置する必要があります。
- ・引抜き力が作用しない杭には引張定着筋を配置しなくても問題ありませんが、杭頭固定度を調整するために引張定着筋を配置する場合があります。

表 1.1.1 杭頭接合タイプ区分

	I	II	III	IV
引張定着筋	有り	有り	無し	無し
絞り部	有り	無し	有り	無し

引張定着筋有り

引張定着筋無し

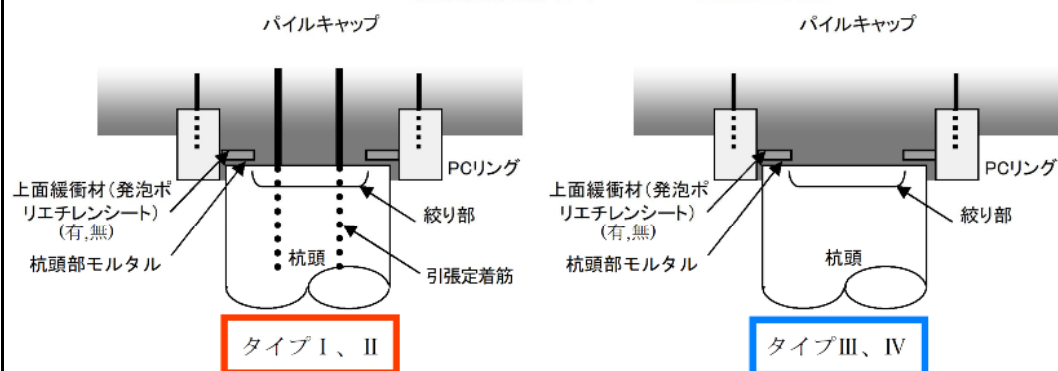


図 1.1.1 工法のタイプ

- ・引張定着筋：杭に引抜き力が発生した場合に、パイロキャップから杭へ、この引抜き力を伝達する為に杭中央部に配置した鉄筋である。
- ・絞り部：杭天端に環状の発泡ポリエチレンを置くことで杭頭断面を絞り、杭頭の固定度を下げる役割を持つ。

設計・施工マニュアル（1.1）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

1. 工法概要

- ・関連 Q & A：Q2-3-01 引張定着筋はどのように設計しますか。また、引抜き力が大きい場合、引張定着筋はどの程度余裕度を持たせる必要がありますか。

引抜き力が生じた場合はどのような納まりになりますか。
引張定着筋を配置する場合はどのような納まりになりますか。

【キーワード】

引張定着筋・杭頭固定度

- ・引抜き力は引張定着筋によりパイルキャップから杭に伝達されるため、引抜き力が作用する場合は引抜き力を処理できるように適切な余裕度を確保して引張定着筋を配置する必要があります。
- ・杭頭絞り係数を0.7とすると、引張定着筋の配置できる本数が減少するため注意が必要です。（絞り無しと絞り係数0.85は、配置できる引張定着筋の本数は同じです。）
- ・杭体への定着方式にはシース方式と先付け方式の2種類があります。シース方式を採用し杭径が小さい場合は、杭主筋とシースの空き間隔に注意が必要です。

表 1.1.1 杭頭接合タイプ区分

	I	II	III	IV
引張定着筋	有り	有り	無し	無し
絞り部	有り	無し	有り	無し

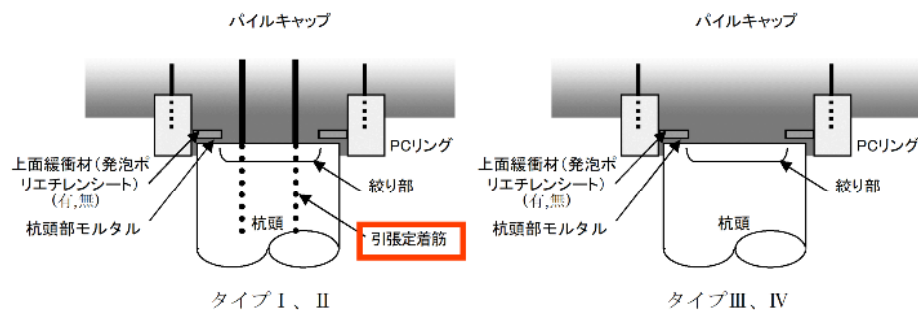


図 1.1.1 工法のタイプ

- ・引張定着筋：杭に引抜き力が発生した場合に、パイルキャップから杭へ、この引抜き力を伝達する為に杭中央部に配置した鉄筋である。
- ・絞り部：杭天端に環状の発泡ポリエチレンを置くことで杭頭断面を絞り、杭頭の固定度を下げる役割を持つ。

※設計・施工マニュアル（1.1）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
2.3 引張定着筋仕様
- ・キャブテンパイル工法基準図（2） 引張定着筋・ウルボン配筋図（円形配置、正方形配置）（2018年10月1日第4版）
- ・関連Q & A：Q2-3-01 引張定着筋はどのように設計しますか。また、引抜き力が大きい場合、引張定着筋はどの程度余裕度を持たせる必要がありますか。

引張定着筋はどのような平面配置になりますか。

【キーワード】

引張定着筋・絞り率

・引張定着筋は、杭芯を中心とする円形配置を標準とします。ただし、正方形配置も可能です。

・円形配置の原則は以下とします。

①引張定着筋の最小配置本数は4本とします。

②引張定着筋の最小配置間隔（ピッチ）は、鉄筋径（公称径）の3.7倍かつシース外径の2.5倍とします。

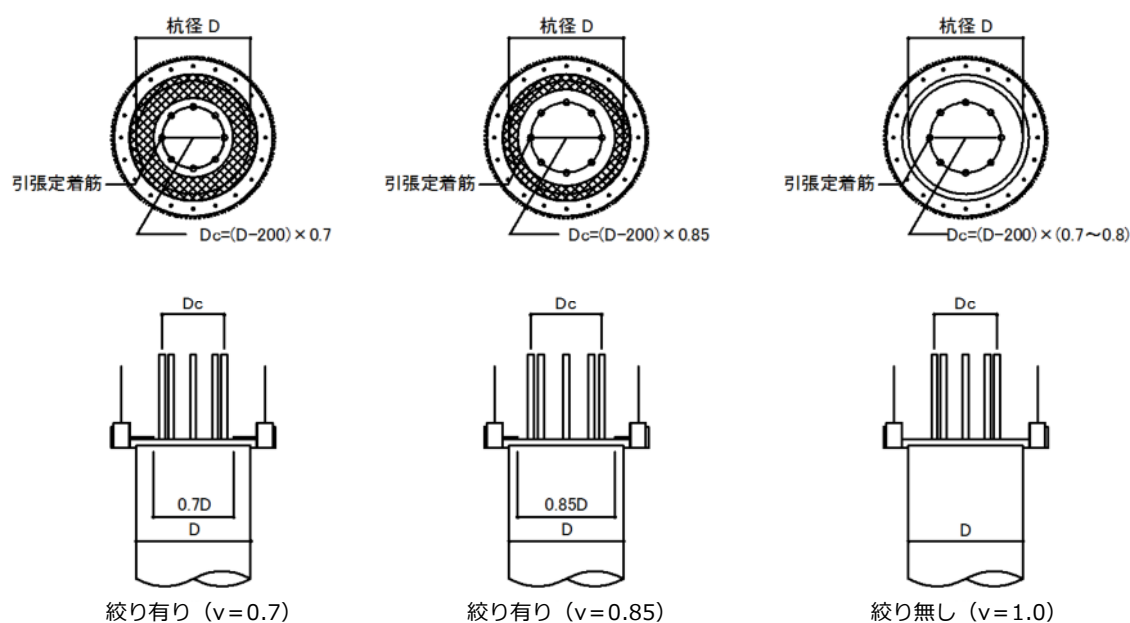
③円形配置とした時の鉄筋－鉄筋の直径（ D_c ）は以下を標準とします（下図参照）。

絞り有り（ $v=0.7$ ）： $D_c = (\text{杭径} D - 200) \times 0.70$

（ $v=0.85$ ）： $D_c = (\text{杭径} D - 200) \times 0.70 \sim 0.90$

絞り無し（ $v=1.0$ ）： $D_c = (\text{杭径} D - 200) \times 0.70 \sim 0.90$

・引張定着筋の配置径 D_c の最大値は設計・施工マニュアル表2.4.1及び表2.4.2を参照下さい。



設計・施工マニュアル（2.4）より抜粋

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2021年4月1日第5版）

2.4 杭頭部形状・補強仕様

・キャブテンパイル工法基準図（2） 引張定着筋・ウルボン配筋図（円形配置、正方形配置）

（2021年4月1日第5版）

・関連Q & A：Q2-3-07 引抜き力が生じた場合はどのような納まりになりますか。

引張定着筋を配置する場合はどのような納まりになりますか。

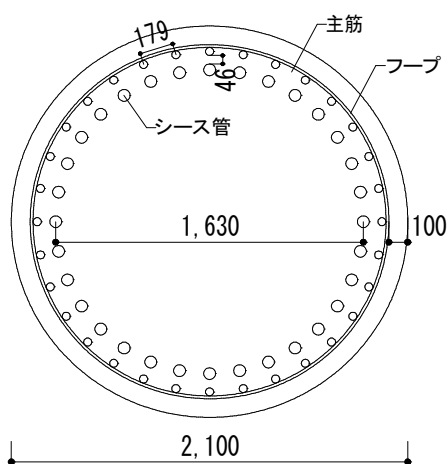
- ・引張定着筋のシース管と杭主筋のあき寸法が確保されていることを設計時に確認することが重要です。

特に、

- ・ 絞り無し ($v=1.0$) の場合
- ・ 杭体のかぶり厚さを100mm超とする場合 (例えばオールケーシング工法の場合)
- ・ 杭主筋に束ね筋を採用する場合

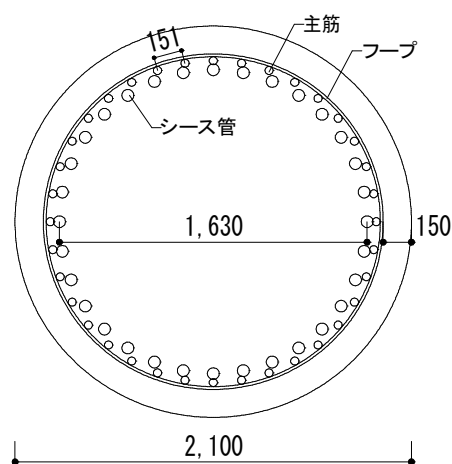
の条件が重なると、シース管と主筋のあき寸法が厳しくなります。

①説明用標準設定



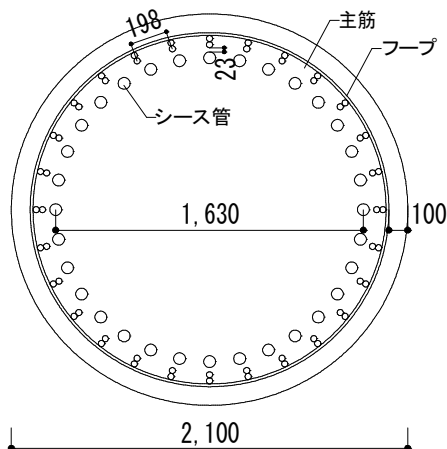
φ2100
かぶり: 100mm
主筋: 32-D38 ($3.7d=140.6$)
フープ: U15
引張定着筋: 32-D41 (シース管: 外径63mm)

②かぶり厚さ大(標準設定に対して)



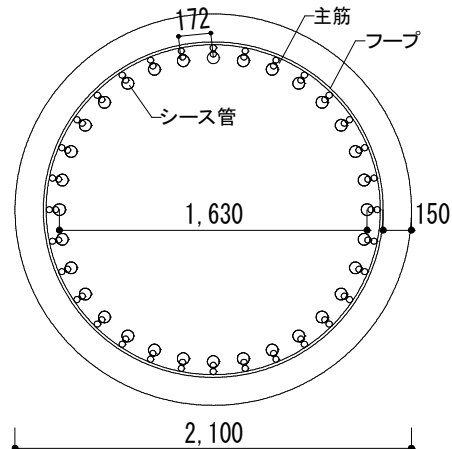
φ2100
かぶり: 150mm
主筋: 36-D38 ($3.7d=140.6$)
フープ: U15
引張定着筋: 32-D41 (シース管: 外径63mm)

③束ね筋採用(標準設定に対して)



φ2100
かぶり: 100mm
主筋: 28-28-D29 ($3.7d=107.3$)
フープ: U15
引張定着筋: 32-D41 (シース管: 外径63mm)

④束ね筋採用、かぶり厚さ大(標準設定に対して)



φ2100
かぶり: 150mm
主筋: 32-32-D29 ($3.7d=107.3$)
フープ: U15
引張定着筋: 32-D41 (シース管: 外径63mm)

各条件による納まり例

キャブテンパイル工法は、液状化するような地盤でも適用することは可能ですか。
また、採用のメリットはありますか。

【キーワード】

液状化指数（PL値）・液状化地盤の地表面変位（Dcy値）・液状化・地盤の有効応力解析
建物-杭-地盤の連成系地盤応答解析

・液状化する地盤でも適用できます。

ただし、杭頭変位が大きく、杭径が増大するためコストメリットが出にくい傾向にあります。液状化の恐れがある地盤に適用する場合は、液状化指数（PL値）または液状化地盤の地表面変位（Dcy値）を評価し、本工法の適用性を検討することとします。

PL値または、Dcy値による本工法の推奨値の範囲を以下に示します。

$20 \geq PL > 5$ または $20 \geq Dcy > 5$ ↓ 原則として適用不可
 $20 \geq PL > 5$ または $20 \geq Dcy > 5$ → 原則として二次設計必要

上記のPL値またはDcy値を超えた範囲で本工法を適用する場合は、建物-杭-地盤の連成系地盤応答解析や地盤の有効応力解析などにより、別途安全性を検討することとなります。

(2) 液状化の生じる地盤においては、基礎指針に基づき水平地盤反力係数を低減する。水平地盤反力係数 k_h および塑性水平地盤反力 P_y を次式によって低減する。(図2、図3)

$$k_{hl} = \beta \cdot k_{h0} \cdot y_r^{-1/2}$$

$$P_{yl} = \alpha \cdot P_{y0}$$

ここで、 β ：水平地盤反力係数の低減率

α ：塑性水平地盤反力の低減率（暫定的に $\alpha = \beta$ ）

y_r ：液状化を考慮した杭の地盤の相対変位

P_{y0} ：砂質土地盤の塑性液状化を考慮した杭の地盤の相対変位

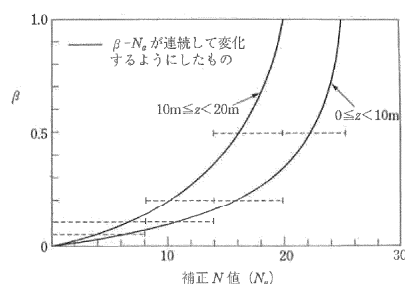
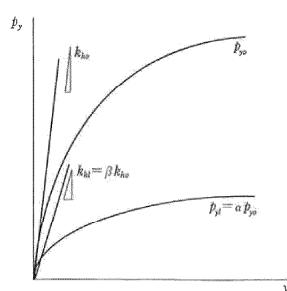


図2 杭の水平地盤反力と変位関係のモデル化¹⁾ 図3 地盤反力係数の低減率¹⁾

設計・施工マニュアル技術資料（P.2）より抜粋

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）

1.1 軟弱地盤への適用（液状化、杭頭水平変位、杭頭免震など）

杭頭部の地盤条件が悪い場合でも適用可能ですか。
また、採用のメリットはありますか。

【キーワード】

多層地盤・地中部曲げモーメント

・適用可能です。

杭頭部の地盤条件が悪い場合でも、杭頭の固定度を調整することで、杭頭部と地中部の曲げモーメントを平準化することができます。その結果、杭頭からの曲げ戻しを減らし、基礎梁設計用の応力を減少させ基礎梁のコストダウンを行うことや、杭径を小さくすることができる可能性があります。

また、協会で用意している設計プログラムは多層地盤にも対応したものとなっており、地盤剛性を考慮した深度ごとの細かな応力を算出することができます。

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）
 - 1.1 軟弱地盤への適用（液状化、杭頭水平変位、杭頭免震など）

杭頭半固定工法では杭頭変位が大きくなると考えられますが、一次設計時の杭頭変位量はどの程度を目安にしたら良いですか。

また、杭頭変位・杭頭回転角の制限値はありますか。

【キーワード】

杭頭変位・杭頭接合部の限界回転角

- ・（一財）日本建築センターの一般評定において、杭頭接合部の限界回転角0.04radが規定されていますが、変形量に関する制限値は設けていません。キャブテンパイル協会では、下記に示す推奨制限値を目安としておりますが通常の杭の設計と同様に、設計者にて適切に設定してください。

杭頭水平変位の推奨制限値 一次設計：50mm以下、二次設計：150mm以下

1. 水平変位の推奨制限値

(1) 本工法の杭頭限界回転角は、日本建築センターの一般評定において0.04rad以下とすることが規定されているが、水平変位に関する制限値は設けられていない。日本建築学会の建築基礎構造設計指針（2001）¹⁾（以下、基礎指針と示す）など建築の基準・指針類においても、一般に水平変位に関する制限値はなく、建物の要求性能などを考慮して設計者が水平変位を評価している。しかし、地震時における杭の挙動には未解明な点が残されており、杭径の1%（杭径1.5m以下では15mm）以上の水平変位が生じた場合、残留変位が生じるとの報告²⁾もある。また、本工法が実際の建物に適用されてから、まだ多くの地震を経験していないことなども考慮し、以下の水平変位の推奨制限値を設けることとした。

水平変位の推奨制限値 一次設計：50mm以下 二次設計：150mm以下

(2) 水平地盤反力係数(k_h)は、水平変位(y)によって変化することが知られている。基礎指針では図1に示す以下の関係が示されている。水平変位が10mmを越える場合は、水平地盤反力係数が基準水平地盤反力係数(k_{h0})よりも低下するため、水平変位に応じて水平地盤反力係数を低減する必要がある。

$$0.0 \leq y \leq 0.1 : k_h = 3.16 \cdot k_{h0}$$

$$0.1 < y : k_h = k_{h0} \cdot y^{-1/2}$$

$$\text{ただし、} P = k_h \cdot y \leq P_y$$

ここで、 P_y ：塑性水平地盤反力

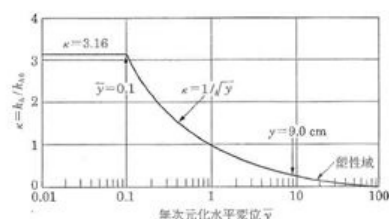


図1 水平地盤反力係数と杭水平変位の関係¹⁾

設計・施工マニュアル技術資料（P.1）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月）

1.1 軟弱地盤への適用（液状化、杭頭水平変位、杭頭免震など）

従来の杭頭固定工法と比較して、キャブテンパイル工法ではどの程度杭頭変位量は大きくなりますか。

【キーワード】

杭頭固定度・杭頭変位量・弾性支承梁理論

・キャブテンパイル工法では、固定度が概ね0.3～0.7程度に変化します。固定度を考慮した弾性支承梁理論の式によると、固定度が0.3～0.7の場合には、従来の杭頭固定工法に対して1.7～1.3倍程度の変形量となります。

（杭頭ピンの場合は従来の杭頭固定工法の2倍の変形量となります）

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）
3.4 杭頭固定度評価法
- ・2009年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング
- ・2015年度 キャブテンパイル工法 傾向分析ワーキング

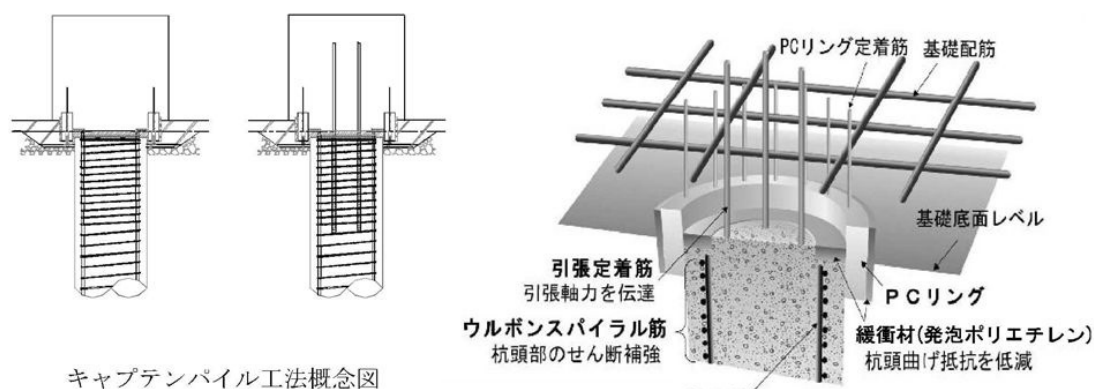
キャブテンパイル工法において、軟弱地盤における杭頭変位を抑える方法として、杭剛性を高める以外にどのような方法がありますか。

また、軟弱地盤で杭頭変位・杭頭曲げモーメントが大きな場合の対処方法にはどのような方法がありますか。

【キーワード】

軟弱地盤・杭頭変位

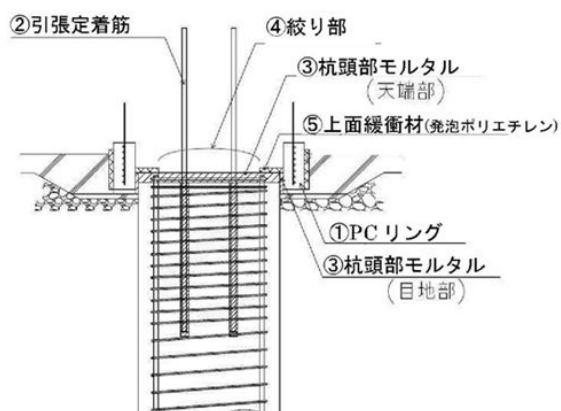
- ・キャブテンパイル工法と従来の杭頭固定工法を併用する方法があります。
- ・杭頭絞り無しとし、引張定着筋を比較的多く配置するという対処方法があります。



キャブテンパイル工法概念図

キャブテンパイル工法概念図

設計・施工マニュアル（まえがき）より抜粋



設計・施工マニュアル（1.1）より抜粋

【参考文献、WG活動】

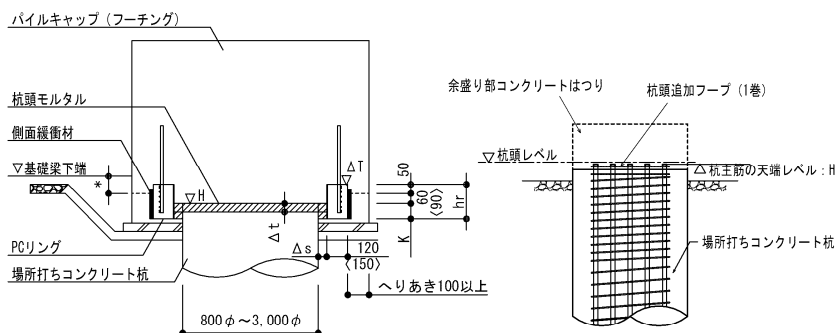
- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

3.4 杭頭固定度評価法

- ・2013年度 キャブテンパイル工法 設計支援ワーキング

【キーワード】

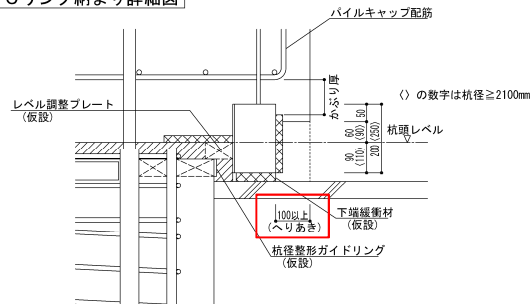
- ・キャブテンパイル工法では、杭頭部に P C リングと称する杭径よりも大径の部材を設置するので、パイルキャップの平面寸法は同杭径の従来の杭頭固定工法より大きくなります。特に、隅杭などで山留めに近接する杭では、杭偏心の影響等により、P C リングからのかぶり厚さを確保できなくなる場合があるので、注意が必要です。
- ・杭に被す P C リングは杭ではないので、杭の最小配置間隔判定には杭径を用いることとします。



項目	PCリング施工 誤差許容値 (mm)
1. 杭主筋の天端レベル：H＝杭頭レベル-20	H±20
2. 杭とPCリングの空き寸法：ΔS	50±20
3. PCリングの左右天端レベル差：ΔT	0～+20 (0～+30)
4. 杭頭のモルタル厚さ：Δt	50±20
5. PCリング下端から杭頭部モルタル天端までの寸法：K	(90(110)) 0～+20

註) 1. < >は、杭径2,100φ～3,000φの場合
2. 杭頭レベル = 杭頭モルタル天端レベル
3. 基礎梁下端とフーチング下端の差*は50mm以上とする。
4. パイルキャップ外面とPCリング外面との差は100mm以上とする。

PCリング納まり詳細図



キャプテンパイル工法基準図より抜粋

[参考文献、WG活動]

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版） 2.2 PCリング仕様
- ・キャブテンパイル工法基準図（1）、（2）（2018年10月1日第4版）
- ・関連Q & A：Q2-6-02 2本打ち、3本打ち杭は可能ですか。また、その場合の杭芯間隔や
パイルキャップの設計は従来の杭頭固定下法と同様ですか。

2本打ち、3本打ち杭は可能ですか。

また、その場合の杭芯間隔やパイルキャップの設計は従来の杭頭固定工法と同様ですか。

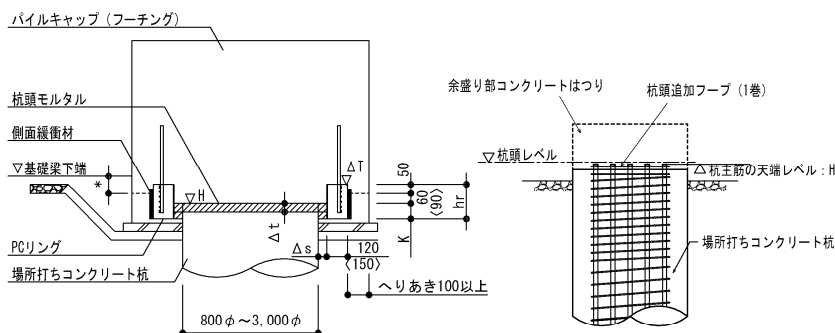
【キーワード】

パイルキャップ・P Cリング・へり空き

・可能です。

ただし、杭頭回転剛性が軸力に依存することから、同一基礎で杭負担軸力が異なる場合は、杭頭回転剛性に留意する必要があります。

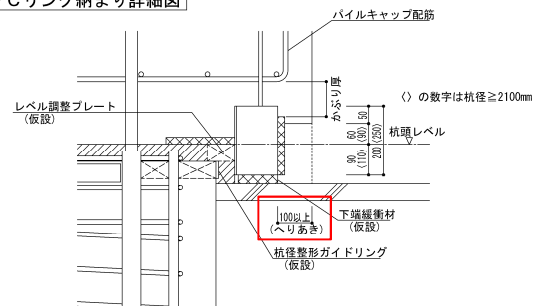
杭芯間隔やパイルキャップの設計は、従来の杭頭固定工法と同様に行えますが、パイルキャップのへり空きをP Cリング外面から確保する必要があります。



項目	PCリング施工 誤差許容値 (mm)
1. 杭主筋の天端レベル: H=杭頭レベル-20	H±20
2. 杭とPCリングの空き寸法: Δs	50±20
3. PCリングの左右天端レベル差: ΔT	0~+20 (0~+30)
4. 杭頭のモルタル厚さ: Δt	50±20
5. PCリング下端から杭頭部モルタル天端までの寸法: K	(90<110) 0~+20

註) 1. < >は、杭径2,100φ~3,000φの場合
 2. 杭頭レベル = 杭頭モルタル天端レベル
 3. 基礎梁下端とフーチング下端の差*は50mm以上とする。
 4. パイルキャップ外面とPCリング外面との差は100mm以上とする。

PCリング納まり詳細図



キャブテンパイル工法基準図より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル (2016年4月1日第4版) 2.2 P Cリング仕様
- ・キャブテンパイル工法基準図 (1)、(2) (2018年10月1日第4版)
- ・関連Q & A : Q2-6-01 パイルキャップの寸法は、従来の杭頭固定工法の場合と同じで問題ありませんか。また、杭の最小間隔が規定されていますが、PCリングを杭とみなす必要はありますか。

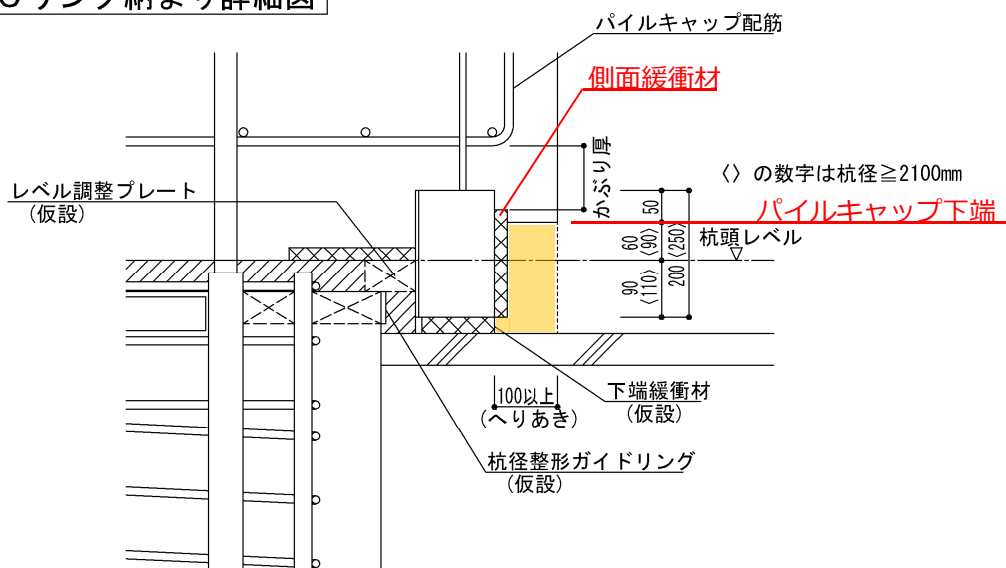
P Cリングの側面緩衝材より外側の部分にコンクリートを打設しても良いですか。

【キーワード】

パイルキャップ・P Cリング

- ・P Cリング周面には緩衝材を設置しており、杭頭の回転拘束への影響は小さいと考えられるため、施工のしやすさから下図着色（黄色）部分はパイルキャップコンクリートと同時に打設することが一般的な施工方法とされております。また当該範囲のコンクリートの有無について、評定上の規定は特段設けておりませんが、妥当性は各設計者によって適切に判断して下さい。

P Cリング納まり詳細図



キャブテンパイル工法基準図(2)より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法基準図 (2) P Cリング納まり詳細図
(2021年4月1日バージョン)

E Vや階段下のように片方向に地中梁が無い場合も採用可能ですか。
また、正負各方向毎に基礎梁の検討が必要です。

【キーワード】

基礎梁・外部コア

- ・キャブテンパイル工法は杭頭を半固定とするものであり、杭頭モーメントが発生する為、杭頭の曲げ戻しモーメントを処理できる部材（基礎梁など）を配置することが、本工法の適用条件となっておりますが、基礎梁が片方向に無い場合でも、曲げモーメントを処理できれば採用可能です。
- ・正負加力方向毎の軸力変動によって、杭頭固定度、杭の負担せん断力や杭頭曲げモーメントが一定ではないため、加力方向毎に基礎梁の検討が必要です。
- ・固定度が小さい杭は、逆方向加力時に固定度が大きくなり、応力が大きくなる場合があるため、杭体だけでなく基礎梁の設計においても確認が必要です。

【参考文献、WG活動】

- ・2009年度 キャブテンパイル工法 普及促進ワーキング

杭頭が半固定になることで、基礎梁への曲げ戻しも低減されと考えられますが、その効果はどの程度ですか。

【キーワード】

コスト低減効果・メリット

・効果の程度は条件によって異なるので一概に言えませんが、協会で実施した試設計では杭頭半固定の効果により基礎梁が2割程度、合理的に設計できたという例もありました。

・試設計の概要（試設計は、仮想建物を想定して実施。）

建物規模 : RC造、地上15階の共同住宅

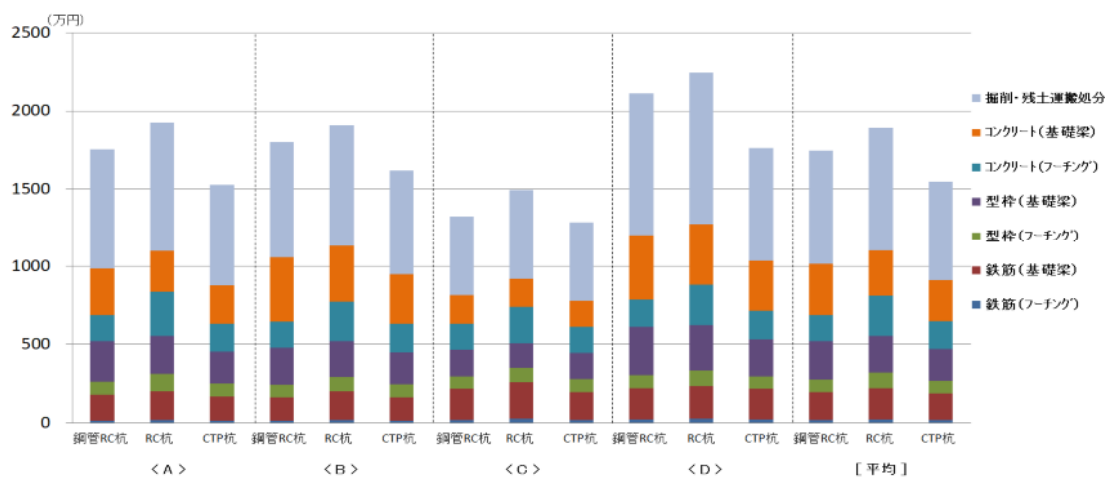
平面形状 : X方向 32.5m（約6.5m×5スパン）、Y方向 12.0m（1スパン）

架構形式 : X方向・ラーメン構造、Y方向・耐震壁付ラーメン構造

杭工法 : 場所打ち鋼管コンクリート杭、場所打ちコンクリート杭、
キャブテンパイル工法

杭長 : 40m

地盤 : $E_o=7000 \text{ kN/m}^2$



2012年度・フーチング、基礎梁コスト低減効果確認ワーキング資料より抜粋

【参考文献、WG活動】

・2012年度 キャブテンパイル工法 フーチング、基礎梁コスト低減効果確認ワーキング

杭頭部のせん断補強の考え方（1 D、4 D）について教えてください。
また、杭頭部にウルボン筋を必ず使用しなければならないのですか。

【キーワード】

杭頭部せん断補強筋・ウルボンスパイラル筋

・本工法の杭頭部は一般の工法と比較して杭頭曲げモーメントが小さくなる事から、杭径を細くする事も可能です。しかし、杭径を細くすると、せん断に対しては、せん断補強筋の依存度が相対的に大きくなります。その為、杭頭から5.0Dの範囲のせん断補強筋は、原則としてウルボンスパイラル筋を用います。

また、杭頭から1.0Dの範囲については、コンクリートを十分に拘束する意味合いから密に配筋する仕様としています。杭頭から1.0Dを除くその下部4.0Dの範囲については許容応力度設計のみとしたケースに限り、ウルボン材又はSD材とする事ができます。

(4) 杭頭部補強

杭頭部とは杭天端より下方へ杭径の5倍までの範囲をいい、この範囲の補強は原則としてウルボン材を用いて以下の要領にて行う。

a. 上部1 Dの補強要領

上部1 Dはウルボン材を用いる。せん断補強筋比は0.15%かつ設計せん断力に必要なせん断補強筋比以上とし、配筋間隔は@100以下とする。なお、束ねフープを用いた場合は@125以上、@150以下としてよい。

b. 上部1 Dの下4 Dの補強要領

上部1 Dの下4 Dの配筋間隔は@150以下とし、ウルボン材又はSD材（短期許容応力度設計のみとした場合に限り）を用いる。ウルボン材を用いる場合のせん断補強筋比は0.1%以上とする。

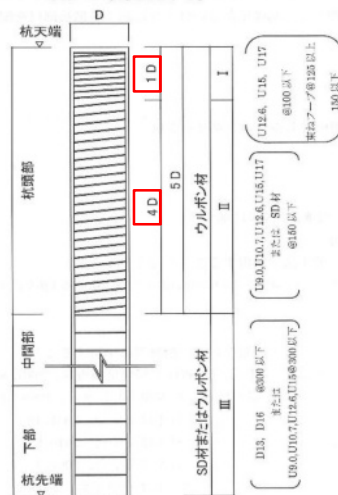


図 2.4.4 杭体補強要領

表 2.4.3 杭頭部せん断補強範囲

杭径D(mm)	1.0 D (mm)	4.0 D (mm)
800	800	3200
900	900	3600
1000	1000	4000
1100	1100	4400
1200	1200	4800
1300	1300	5200
1400	1400	5600
1500	1500	6000
1600	1600	6400
1700	1700	6800
1800	1800	7200
1900	1900	7600
2000	2000	8000
2100	2100	8400
2200	2200	8800
2300	2300	9200
2400	2400	9600
2500	2500	10000
2600	2600	10400
2700	2700	10800
2800	2800	11200
2900	2900	11600
3000	3000	12000

設計・施工マニュアル（2.4）より抜粋

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

2.4 杭頭部形状・補強仕様

設計・施工マニュアルにおける、杭頭1Dのせん断補強筋（ウルボン）の規定は、どのような根拠によるものですか。

また、その規定を外れてキャブテンパイル工法を使用する事はできますか。

【キーワード】

杭頭部せん断補強筋

- ・ 絞り部に接する杭体コンクリートの健全性を確保する為に、杭頭1Dの範囲は十分に拘束する必要があります。

杭頭から1.0D（D：杭径）の範囲については、せん断補強と軸拘束の補強を兼ねて、実験結果から、せん断補強筋(ウルボン)を $\rho_w \geq 0.15\%$ かつ ピッチ100mm以下とする構造規定としています。

- ・ 評定取得条件である為、この杭頭1Dのせん断補強筋（ウルボン）の規定を外れてキャブテンパイル工法を使用する事はできません。

但し、場所打ち鋼管コンクリート杭にキャブテンパイル工法を用いる場合は、杭頭部の鋼管による拘束効果が見込める為、その限りではありません。

【参考文献、WG活動】

- ・ 関連Q & A：Q1-2-06 場所打ち鋼管コンクリート杭にキャブテンパイル工法を採用した場合の効果や留意点はどのようなものですか。

ウルボンスパイラル筋の納期を教えてください。

【キーワード】

ウルボンスパイラル筋納期

・ご注文明細決定後、2～3週間程度〔※〕で納入します。

尚、ウルボン径U15、U17については事前に高周波熱錬(株)までご相談ください。

※ 上記は、高周波熱錬(株)の2019.03現在の納入状況の目安です。

納期は、状況により変動致しますので、ご検討の際には、直接お問合せ頂く事をお勧め致します。

〔参考文献、WG活動〕

設計ソフトは誰でも利用できますか、販売されていますか。

【キーワード】

設計ソフト・キャブテンパイル工法設計プログラム・会員会社・第三者利用・販売

- ・キャブテンパイル工法設計プログラムは、キャブテンパイル協会に加盟する正会員会社、準会員会社、賛助会員会社、特別協賛会社については無償で利用することができます。
- また設計プログラムは、一般利用者向けに販売しておりませんが、協会加盟会社以外の第三者が使用を希望する場合、キャブテンパイル協会が定める「設計プログラム使用規定」に基づき、設計プログラム貸与覚書の締結を行い、無償にて貸し出しを行っております。
- ※第三者が使用できるキャブテンパイル工法の杭径は800mm以上2500mm以下となります。
- ※ご依頼により当該物件に対する工法有効性の事前検討を協会にて実施し、結果（杭断面等技術的内容のみ）を回答しております。

第1版：2008.07.20
第2版：2008.04.01
第3版：2010.04.01

覚 書

キャブテンパイル協会（以下「甲」という。）と〇〇〇〇（以下「乙」という。）は甲の所有する「キャブテンパイル工法設計プログラム」（以下「本プログラム」という。）を乙が使用することについて、下記の通り合意する。

記

1. 甲は乙が「本プログラム」を使用するに際し、乙は無償にて貸与する。
2. 乙が「本プログラム」を使用した計算結果について、甲は一切の責任を負わない。
3. 乙が「本プログラム」を使用できる対象案件は、乙がキャブテンパイル工法を採用する建設会社よりキャブテンパイル工法適用部分の設計について委託を受けた案件（(案件名)〇〇〇〇建設工事）に限る。
4. 乙は「本プログラム」を複製して保存・使用してはならない。
5. 乙は「本プログラム」もしくは複製した「本プログラム」をいかなる第三者にも貸与、譲渡してはならない。
6. 乙はキャブテンパイル工法適用部分の算定設計完了後、速やかに、甲へ「本プログラム」を返却する。
7. 本覚書に定めのない事項又は前条に抵触を生じたときは、甲、乙は誠意をもって協議し、これを協議する。

本覚書締結の日として本書と連名を作成し、甲、乙記名押印の上各1通を保存する。

平成〇〇年〇月〇日

甲：東京都品川区東五反田2丁目17番1号 高層建築技術内
キャブテンパイル協会
会長 梶井 寿昭 印

乙：(住所) 〇〇〇〇〇〇 〇〇〇〇
(会社名) 〇〇〇〇
(役職) 〇〇〇〇 (氏名) 〇〇〇〇 印

設計プログラム貸与覚書

キャブテンパイル協会ホームページより引用

【参考文献、WG活動】

- ・協会HP/設計プログラム使用規定：<http://www.cepia.biz/use/>
- ・関連Q & A：Q2-9-02 検討を行ったことがないのですが、検討は専用のソフトもしくはエクセル等でできますか。

検討を行ったことがないのですが、検討は専用のソフトもしくはエクセル等でできますか。

【キーワード】

設計ソフト・キャプテンパイル工法設計プログラム・解説書

・キャプテンパイル工法の設計にあたり、協会ではキャプテンパイル工法設計プログラムを用意しております。本プログラムは、①キャプテンパイル工法による杭の設計、②キャプテンパイル工法（自動断面算定）、③固定度－せん断力関係の算定の三つの計算を行うことができます。

本プログラムは、水平方向に対する検討を主に扱いますので、杭支持力の算定、基礎フーチングの設計、その他必要事項は、設計者にて別途行うことが必要です。

設計にあたっては、キャプテンパイル協会・キャプテンパイル工法設計プログラム解説書を準備しておりますので、参考にしてください。



設計プログラム解説書

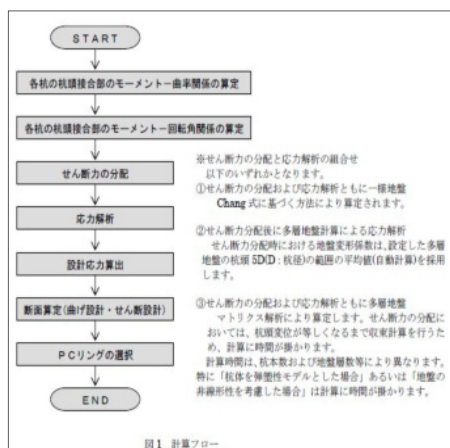
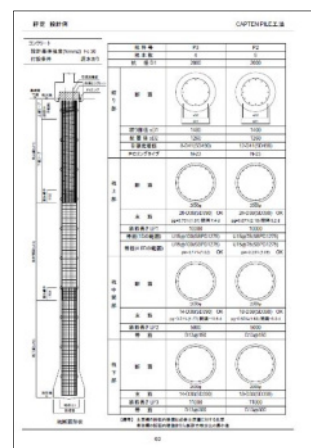


図1 計算フロー



断面算定事例

キャプテンパイル工法設計プログラム解説書（9.1）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャプテンパイル工法 設計プログラム解説書（2012/08/20版） 9.1 概要
- ・関連Q & A：Q2-9-01 設計ソフトは誰でも利用できますか、販売されていますか。

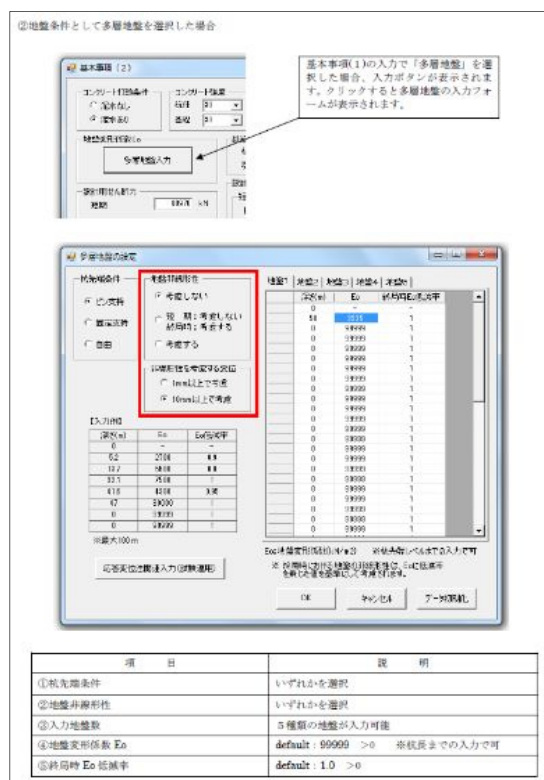
プログラムでは杭水平変位による水平地盤反力係数 kh の非線形性の考慮を行っていますか。

【キーワード】

水平地盤反力係数・地盤非線形性・設計プログラム

・キャプテンパイル工法設計プログラムでは、地盤の非線形性について、非線形性を考慮しない場合、考慮する場合、短期検討時に考慮しない場合・終局検討時に考慮する場合の3パターンを選択することが可能です。

また、非線形性を考慮する場合の杭水平変位について、1mm以上で考慮、10mm以上で考慮の2パターンを選択することができます。



地盤非線形性の選択

キャプテンパイル工法設計プログラム解説書（4.3）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャプテンパイル工法 設計プログラム解説書（2012/08/20版） 4.3 基本事項(2)の入力
- ・関連Q & A : Q3-1-07 杭頭変位の許容範囲はありますか。

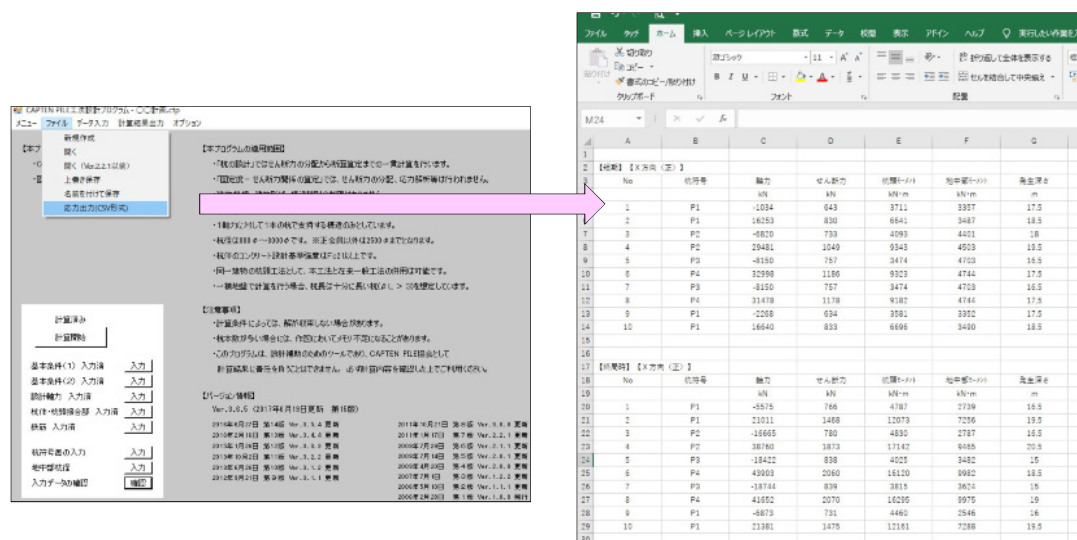
また、変位による kh の非線形性の考慮をプログラム内で行っていますか。

キャプテンパイル工法設計プログラムで得た杭頭曲げモーメントを一貫計算に転送できませんか。

【キーワード】

杭頭モーメント・キャプテンパイル工法設計プログラム・一貫計算・CSV

- ・キャプテンパイル工法設計プログラムでは、市販されている構造計算ソフトで可能な杭検討時に得られた杭頭モーメントを一貫計算と直接的に連動して計算することはできません。本プログラムでは、キャプテンパイル工法における杭の検討で得られた各種応力算定結果等をCSVファイル形式に出力することが可能です。



【杭頭】

No	杭番号	軸力	せん断力	曲げモーメント	地中固定モーメント	発生深さ
1	P1	643	0	0	0	0
2	P1	16253	830	6841	3487	17.5
3	P2	-8620	733	4093	4601	18
4	P2	29461	1249	3343	4523	19.5
5	P3	-8130	757	3474	4703	19.5
6	P4	32998	1106	9323	4744	17.5
7	P3	-8150	757	3474	4703	19.5
8	P4	31478	1178	9187	4744	17.5
9	P1	-2258	624	3581	3932	17.5
10	P1	16640	833	6996	3490	18.5

【杭底】

No	杭番号	軸力	せん断力	曲げモーメント	地中固定モーメント	発生深さ
1	P1	643	0	0	0	0
2	P1	21011	1468	12079	7296	19.5
3	P2	-16665	780	4830	2787	18.5
4	P2	38769	1873	17147	8485	20.5
5	P3	-18422	838	4025	3482	18
6	P4	45903	2050	16120	9902	19.5
7	P3	-18744	838	3815	3674	18
8	P4	41052	2070	16295	9975	19
9	P1	-8873	731	4460	2546	16
10	P1	21181	1475	12181	7288	19.5

CSVファイル形式への出力
キャプテンパイル工法設計プログラムより引用

【参考文献、WG活動】

- ・キャプテンパイル工法設計プログラム
- ・関連Q & A：Q2-9-02 検討を行ったことがないのですが、検討は専用のソフトもしくはエクセル等でできますか。

場所打ち鋼管コンクリート杭に適用できる設計プログラムはありますか。

【キーワード】

鋼管・場所打ち鋼管コンクリート杭・設計プログラム

- ・キャブテンパイル工法設計プログラムは、場所打ち鋼管コンクリート杭を対象とした構成にはなっていませんが、プログラム内で杭剛性を直接入力することが可能です。

設計手法の一例になりますが、場所打ち鋼管コンクリート杭の剛性を別途評価し、本機能を利用することで応力計算、杭頭接合部等の検討を本プログラムで行い、断面算定などの検討は別プログラムを用いるなどが考えられます。

※設計手法の妥当性は、設計者によって適切に判断してください。

- ・2019年9月現在、当協会の賛助会員である（株）タカミヤがキャブテンパイル工法、キャブリングパイル工法を採用した杭基礎設計用プログラムの開発を進めております。
- 当プログラムは、場所打ち鋼管コンクリート杭の検討を含む設計プログラムとして開発中ですので参考にしてください。

杭剛性（K）の入力例

キャブテンパイル工法設計プログラムより引用

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法設計プログラム
- ・関連Q & A：Q2-9-04 キャブテンパイル工法設計プログラムで得た杭頭曲げモーメントを一貫計算に転送できませんか。

キャブテンパイル工法の適用範囲について、審査機関、ディベロッパーへ回答する際に参考となる資料はありますか。

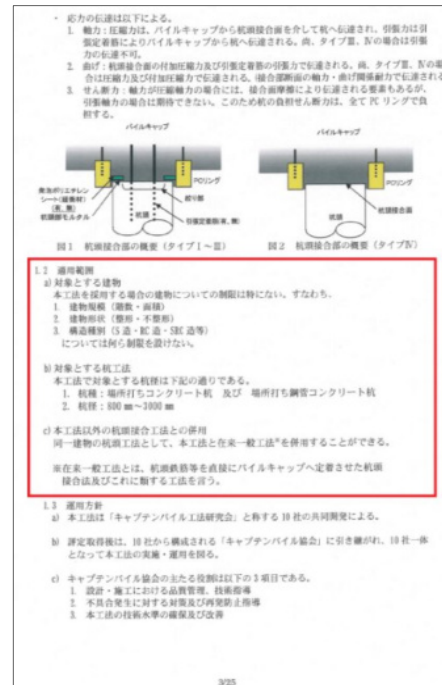
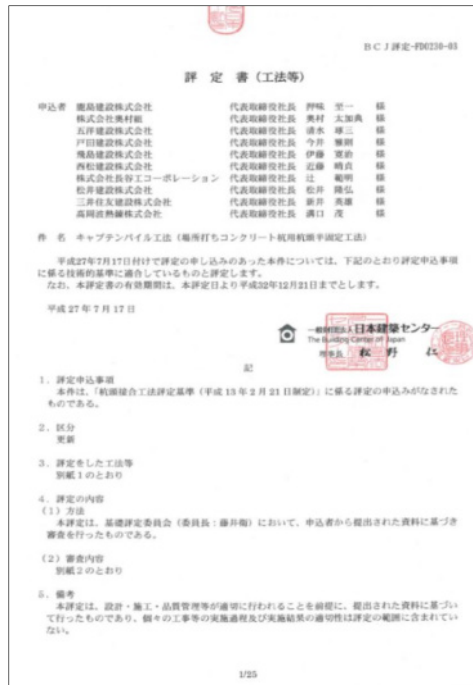
【キーワード】

適用範囲・評定・質疑回答例・審査機関質疑・ディベロッパー質疑

キャブテンパイル工法について、評定を取得した際の適用範囲を以下としております。

- ・対象とする建物：本工法を採用する場合の建物用途・規模等についての制限は特にはない。
- ・杭種：場所打ちコンクリート杭 及び 場所打ち鋼管コンクリート杭
- ・杭径：800mm～3000mm ※本会員以外は、杭径800mm～2500mm
- ・他工法との併用：同一建物の杭頭工法として、本工法と杭頭固定工法を併用できる

評定書その他、キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル、同・技術資料等に本工法に関する解説が記載されておりますので、設計を行う際の参考にしてください。



設計・施工マニュアル（付 評定書）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版） 付_評定書
- ・関連Q & A：Q3-1-03 使用しているコンクリート強度と鉄筋（SD490・SBPD1275/1420）の適用制限、及びSD490鉄筋の定着について説明してください。

45度方向加力に対して出隅・入隅柱および杭の安全性について、審査機関、ディベロッパーに回答した事例はありますか。

【キーワード】

45度加力・質疑回答例・審査機関質疑・ディベロッパー質疑

当協会内で情報共有している回答事例はありませんが、ご質問の意図より以下の内容が考えられます。

- ・「2015年版建築物の構造関係技術基準解説書」にある4本柱等の冗長性の低い建築物に対する応力の割増しに関して、斜め45度方向加力にて検討を行うなどの記載がありますが、キャブテンパイル工法も同様に、建物形状によってはX Y方向加力に加えて別途安全性を検証する必要があると考えられます。

キャブテンパイル工法における杭頭固定度は、軸力による影響を受けて変化するため、変動軸力が大きくなることが想定される場合には注意が必要であり、引張軸力は引張定着筋のみで抵抗するため、建物の特性に応じて、斜め45度方向加力や設計用せん断力を割増して検討を行うなど、適切に判断する必要があると考えられます。

※注意：回答・検討方法の妥当性は、設計者によって適切に判断してください。

【参考文献、WG活動】

- ・2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書 P.323

使用しているコンクリート強度と鉄筋（SD490・SBPD1275/1420）の適用制限、及びSD490鉄筋の定着について説明してください。

【キーワード】

コンクリート強度・鉄筋種別・適用制限・SD490・SBPD1275/1420・定着・質疑回答例
審査機関質疑・ディベロッパ質疑

・キャブテンパイル工法の使用材料は、基礎部および杭体コンクリート： $F_c \geq 21\text{N/mm}^2$ 、引張定着筋：SD390、SD490、SD685の使用が可能です。また、杭頭部1Dのせん断補強材として、ウルボンスパイラル筋(SBPD1275/1420)の使用が前提となっております。

定着鉄筋SD490(D41)の定着長さについては、「キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル」に準拠し、下式により算出しております。

2.3 引張定着筋仕様

(1) 使用材料

- a) 鉄筋
鉄筋種別：SD390、SD490、SD685 鉄筋径：D29～D41
- b) コンクリート及びモルタル強度
基礎部及び杭体コンクリート： $F_c \geq 21\text{N/mm}^2$ 以上（無収縮高強度モルタル）
シーシングラウト材：圧縮強度 36N/mm^2 以上（無収縮高強度モルタル）
- c) シース（鉄筋最外径+20mm 以内のシース内径を利用）

表 2.3.1 引張定着筋とシース径の関係

		呼び名 (下段 最外径 mm)				
シース (mm)		D29	D32	D35	D38	D41
外径	内径	33	36	40	43	50
53	50	○				
55	52	○	○			
58	55		○	○		
61	58			○	○	
63	60				○	○

(2) 引張定着筋の短期許容引張力： P_t (N/mm²)

$$P_t = n \cdot A_s \cdot f_t = n \cdot A_s \cdot P_t \quad \text{式 2.3.1}$$

$$A_s P_t = A_s \cdot f_t \quad \text{式 2.3.2}$$

n ：引張定着筋本数

A_s ：引張定着筋1本あたりの断面積 (mm²)

f_t ：引張定着筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)

(3) パイルキャップ部定着長さ

- a) 定着板を用いない場合： L_d (mm)

$$L_d \geq P_t / (\phi \cdot f_t) \quad \text{式 2.3.3}$$

ϕ ：鉄筋の周長 (mm)

f_t ：短期許容付着応力度 ($= 1.5 \times (1.35 + F_c/25)$) (N/mm²)

- b) 定着板を用いる場合： L_d (mm)（評定又は技術審査証明による。下記は例）

$$L_d \geq 0.3 \cdot P_t / (\phi \cdot f_t) \quad \text{かつ} \quad 12d_r \quad \text{式 2.3.4}$$

d_r ：鉄筋の直径 (mm)

(4) 杭体部定着長さ

- a) シース内グラウト方式の場合： L_d (mm)

$$L_d \geq \text{MAX} [P_t / (\phi \cdot f_t), P_t / (\phi \cdot f_t)] \quad \text{式 2.3.5}$$

ϕ ：シース（外径）周長 (mm)

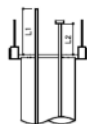
(5) 引張定着筋定着長さ仕様

(1)～(4)の条件より算定した必要定着長さを以下に示す。ただし、実用上の取り扱いを考慮、50mm 単位で切り上げた値とする。

- a) パイルキャップ部定着長さ： L_{d1}, L_{d2}

表 2.3.2 パイルキャップ部定着長さ

		定着板なし (L1)					定着板あり (L2)				
		D29	D32	D35	D38	D41	D29	D32	D35	D38	D41
SD390	Fe21	850	950	1050	1150	1250	350	400	450	500	550
	Fe24	850	900	1000	1100	1200	350	400	450	500	550
	Fe27	800	850	950	1050	1150	350	400	450	500	550
	Fe ≥ 30	750	850	900	1000	1100	350	400	450	500	550
SD490	Fe21	1100	1200	1300	1450	1550	400	450	500	550	600
	Fe24	1050	1150	1250	1350	1500	400	450	500	550	600
	Fe27	1000	1100	1200	1300	1400	400	450	500	550	600
	Fe ≥ 30	950	1050	1150	1250	1350	400	450	500	550	600
SD685	Fe21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Fe24	—	—	—	1900	2050	—	—	—	—	—
	Fe27	—	—	—	1800	1950	—	—	—	—	—
	Fe ≥ 30	—	—	1600	1750	1850	—	—	—	—	—



（注：コンクリート設計基準強度 F_c はパイルキャップ部の値）

設計施工マニュアル（2.3）より抜粋

※注意：回答の妥当性は、設計者によって適切に判断してください。

【参考文献、WG活動】

・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

1.2 適用範囲、2.1 使用材料および材料強度、2.3 引張定着筋仕様

・2011年度 キャブテンパイル工法 高強度鉄筋を用いた場所打ち杭ワーキング

・関連Q & A：Q3-1-01 キャブテンパイル工法の適用範囲について、審査機関、ディベロッパへ回答する際に参考となる資料はありますか。

杭頭変位が大きい場合、P- δ 効果を考慮する必要はありませんか。

【キーワード】

P- δ 効果・杭頭変位・質疑回答例・協会会員からの質疑

【ある設計者の回答事例】

・建築基準法をはじめ、本協会設計マニュアルにおいても、P- δ 効果を考慮すべき明確な基準はありませんが、軟弱地盤等で杭頭部の水平変位が大きく、その影響が無視できない場合は、P- δ 効果による付加応力がどの程度生じるかを把握することが望ましいと考えられます。

例えば、杭長 L に対する変形角 (δ/L) が大きい場合、杭径に対する杭頭変位量が大きい場合、杭あたりの負担軸力や水平力が大きい場合など、基礎部材に対する影響度合いを考慮して、断面に余裕度を確保するなど、建物の特性に応じて検討することが考えられます。キャブテンパイル協会では杭頭水平変位の推奨制限値の目安を設けておりますが、当該数値以下であればP- δ 効果の影響を考慮する必要性は低いと考えられます。

※注意：回答の妥当性は、設計者によって適切に判断してください。

【参考文献、WG活動】

- ・関連Q & A：Q2-5-01 杭頭半固定工法では杭頭変位が大きくなると考えられますが、一次設計時の杭頭変位量はどの程度を目安にしたら良いですか。また、杭頭変位・杭頭回転角の制限値はありますか。

シース取り付け用フラットバーの取り付けピッチに規定値を設けていますか。

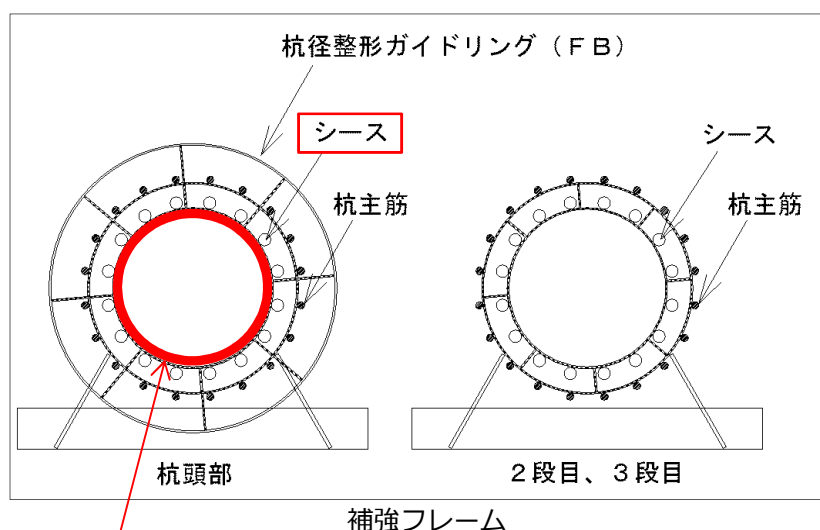
【キーワード】

シース・フラットバー・質疑回答例・審査機関質疑・ディベロッパー質疑

【ある設計者の回答事例】

- ・シース取付用のフラットバーは仮設材のため規定値を設けておりませんが、杭体コンクリートの硬化後、引張定着筋を挿入、設置するため、コンクリートの側圧等に対して移動しないように、最低限シースの上端部、中間部、下端部に固定するものとしております。

※注意：回答の妥当性は、設計者によって適切に判断してください。



シース用フラットバー



設計・施工マニュアル（4.1）より抜粋

補強フレーム（写真）

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版） 4.1 施工要領

杭頭接合部径の絞り係数の適用範囲を示してください。

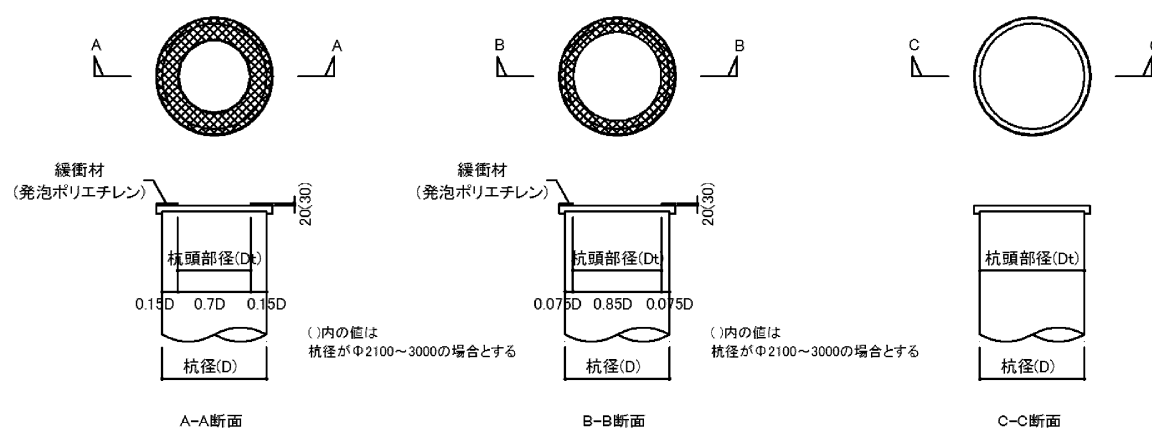
【キーワード】

絞り係数・杭頭接合部・質疑回答例・審査機関質疑・ディベロッパー質疑

【ある設計者の回答事例】

- ・絞り係数は、0.70、0.85を標準として、1.00～0.70の範囲で設定することが可能です。
- 絞り係数の下限値を0.70とした根拠は、絞り係数 $v=0.7$ （ $=D_t/D$, D_t ：杭頭部縮小断面の直径、 D ：杭体断面の直径）の条件で、支圧効果によるコンクリート強度上昇が十分発揮され、必要とする耐力を確保できたことによります。

※注意：回答の妥当性は、設計者によって適切に判断してください。



絞り有り ($v=0.7$)

絞り有り ($v=0.85$)

絞り無し ($v=1.0$)

図 2.4.1 杭頭接合部断面形状

杭頭接合部標準断面形状

設計・施工マニュアル（2.4）より抜粋

【参考文献、WG活動】

- ・キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル（2016年4月1日第4版）

2.4 杭頭部形状・補強仕様

- ・関連Q & A：Q3-1-01 キャブテンパイル工法の適用範囲について、審査機関、ディベロッパーへ回答する際に参考となる資料はありますか。

杭頭変位の許容範囲はありますか。
また、変位によるkhの非線形性の考慮をプログラム内で行っていますか。

【キーワード】

杭頭変位・許容範囲・非線形・地盤反力係数kh・質疑回答例・審査機関質疑・
ディベロッパー質疑

【ある設計者の回答事例】

- ・ 本工法の杭頭限界回転角は、（一財）日本建築センターの一般評定において0.04rad 以下とすることが規定されていますが、水平変位に関する制限値は設けられておりません。
各種基準・指針類においても、一般に水平変位に関する制限値はなく、建物の要求性能などを考慮して設計者が水平変位を評価するものとされています。
- ・ 本工法が実際の建物に適用されてから、まだ多くの地震を経験していないことなども考慮し、以下の水平変位の推奨制限値を設けることとしております。
- ・ 杭頭回転特性は、設計・施工マニュアル（2016年4月1日 第4版）3.4杭頭固定度固定度評価法（3-16）により杭頭曲げモーメント M_p と回転角 θ_p の関係図より評価します。

杭頭水平変位の推奨制限値 一次設計：50mm 以下、二次設計：150mm 以下

- ・ キャブテンパイル工法設計プログラムでは、地盤の非線形性について、非線形性を考慮しない場合、考慮する場合、短期検討時に考慮しない場合・終局検討時に考慮する場合の3パターンを選択することが可能です。
- ・ また、非線形性を考慮する場合の地盤変位について、1mm以上で考慮、10mm以上で考慮の2パターンを選択することができます。

※注意：回答の妥当性は、設計者によって適切に判断してください。

【参考文献、WG活動】

- ・ キャブテンパイル工法 設計・施工マニュアル技術資料（2008年10月） 1.1 軟弱地盤への適用
- ・ 関連Q & A：Q2-5-01 杭頭半固定工法では杭頭変位が大きくなると考えられますが、一次設計時の杭頭変位量はどの程度を目安にしたら良いですか。また、杭頭変位・杭頭回転角の制限値はありますか。
- ・ 関連Q & A：Q2-9-03 プログラムでは杭水平変位による水平地盤反力係数khの非線形性の考慮を行っていますか。

杭頭曲げモーメント低減率0.85の根拠を示してください。

【キーワード】

杭頭曲げモーメント低減率・質疑回答例・審査機関質疑・ディベロッパ質疑

・引張定着筋を配置した場合、杭頭部では引張定着筋と杭体主筋の重なりによって鉄筋比が増大し、当該部分では十分な曲げ耐力を有することになります。

そこで杭頭部の断面算定において、引張定着筋を配置した場合、設計者が任意に杭頭曲げモーメントを低減してよいこととしており、その根拠は「場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発その7杭頭主筋算定用曲げモーメント」に示されております。

20181

場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発
その7 杭頭主筋算定用曲げモーメント

正会員○吉川 清峰（飛鳥建設） 同 秦 雅史（奥村組）
同 青山 隆行（三井住友建設） 同 新井 寿昭（西松建設）
同 堀越 章仁（松井建設） 同 吉松 敏行（鹿島建設）

1. はじめに

杭頭曲げモーメントに低減率を乗じることで、評価する杭体（引張定着筋下層）の断面算定用曲げモーメントについて述べる。

2. 杭頭の固定度がαの杭の曲げモーメント

無次元化した曲げモーメント

$$M' = \frac{M}{Q} = \frac{1}{2} e^{-\alpha x_1} [\alpha \cos \beta x_1 - (2 - \alpha) \sin \beta x_1] \quad (2)$$

杭頭曲げモーメント M'_0

$$M'_0 = \frac{\beta}{Q} M_0 = \frac{\beta}{2} \alpha \quad (3)$$

3. 断面算定位置での曲げモーメント

杭頭主筋の断面算定位置は、杭頭からの深さ x_1 にある引張定着筋下層（図1）とする。 x_1 は本工法標準仕様書の最小値である700mmとする。杭はβの異なる3種類の杭を想定した（表1）。

表1 想定した杭及び地盤の諸元

杭	A	B	C
径φ(mm)	3,000	1,800	800
N値	1	5	10
定着係数 E_s (N/mm ²)	0.7	3.5	7.0
コンクリート強度 F_c (N/mm ²)	30		
特性値β (1/mm)	6.0×10^{-4}	1.2×10^{-4}	3.0×10^{-4}
長さL(mm)	50,000	37,500	20,000
βL	3.0	4.5	6.0

x_1 とβを定めたので(2)式はαの1次関数となる。

$$M'_1 = \frac{1}{2} e^{-\alpha x_1} (\sin \beta x_1 + \cos \beta x_1) \alpha - e^{-\alpha x_1} \sin \beta x_1 \quad (5)$$

図2にαと M'_1 の関係（黒破線）を示す。

4. 断面算定用曲げモーメント

杭頭主筋量を簡便に算定するために、断面算定位置の実際の応力である M'_1 を求めるのではなく、 M'_0 を用いた評価を行う。具体的には、(6)式を満たすような低減率 k (≤ 1.0) を定め、 kM'_0 に対して断面算定を行う。

$$kM'_0 = M'_1 \quad (6)$$

図2に $k=0.85$ のときの kM'_0 （赤破線）を示す。Aの杭ではαが0.55以上で(6)式を満たさない。次にβをAの杭（ 6.0×10^{-4} (1/mm)）に固定し、 x_1 と k を変数として、(6)式が成り立つαの範囲を調べる。(6)式に(3)式と(5)式を代入して(7)式を得る。

$$\alpha \leq \frac{2e^{-\alpha x_1} \sin \beta x_1}{e^{-\alpha x_1} (\sin \beta x_1 + \cos \beta x_1) - k} \quad (7)$$

(7)式を図3（黒破線）に示す。

図2 固定度αと曲げモーメント M'_1 の関係

引張定着筋を本工法の推奨仕様（SD490.D38/SD490.D41/SD685.D41、シース方式）としたときの x_1 を図3a）（緑実線）に示す。αは0.85程度以下であり、 $k=0.85$ を採用することができる。

図3 断面算定位置 x_1 、低減率 k と固定度αの関係（β = 6.0×10^{-4} (1/mm)）

5. まとめ

杭頭主筋の断面算定用曲げモーメントを、杭頭曲げモーメントと低減率で評価し、低減率の略算式を示した。以下に、固定度や他の条件に関わらず用いることのできる低減率の値を示す。

- βが 1.2×10^{-4} (1/mm) 以上の杭における $k=0.85$ 。
- βが 6.0×10^{-4} (1/mm) の杭で、引張定着筋を打込み方式としたときの $k=0.90$ 。
- 全ての杭における $k=0.95$ 。
- 引張定着筋を推奨仕様としたときの $k=0.85$ 。

2006年度 日本建築学会大会学術講演梗概集

場所打ち杭用半固定工法の開発 その7 杭頭主筋算定用曲げモーメントより引用

※注意：回答の妥当性は、設計者によって適切に判断してください。

【参考文献、WG活動】

・2006年度 日本建築学会大会学術講演梗概集

場所打ち杭用半固定工法の開発 その7 杭頭主筋算定用曲げモーメント