

## キャプテンパイル工法

吉松敏行・西村憲義・山浦一郎

地震国である我が国において、建物供用中、その規模を問わず地震に遭遇する確率が高い。被災後の建物評価において、目視でも観察評価できる上部構造物に対して、杭基礎は地中に存在するため損傷の程度が分かりにくく、事前に損傷を回避できる方策が求められている。本報文では、地震時に集中する杭頭部の応力を緩和し、杭体の損傷を回避することに加え、杭径や基礎梁の縮小化等によるコストダウンを目的に開発した杭頭半固定工法の概要ならびに工法を適用した案件における施工プロセスについて述べる。

キーワード：建築、基礎、杭、工法、接合部、半固定

### 1. はじめに

杭基礎の地震時応力低減や地盤変形への追従性向上を図り、杭体特に杭頭部の損傷を低減する目的で、杭頭の固定度を緩和する杭頭接合工法が、これまで数多く提案され、実用化されている。

今回開発した杭頭半固定工法（キャプテンパイル工法：略称CTP工法）は、地震時の杭頭部引張力抵抗に対する機能を有し、杭頭部の接合断面縮小による効率的な半固定化も実現させた場所打ちコンクリート杭用杭頭半固定工法であり、地震時における杭頭部の損傷回避に対して有効である。開発完了後、半年の間で本工法の適用案件は10件に至り、適用杭本数は400本弱と急速に普及している。

### 2. キャプテンパイル工法の概要

#### (1) 開発経緯

CTP工法は、2002年12月に日本建築センターの一般評定を取得した鹿島建設㈱の「キャプリングパイル工法（CP工法）」の拡張タイプである。このCP工法に引張抵抗機能を付加し、大口径まで適用可能とするため、2004年4月に共研体制（鹿島建設㈱、㈱奥村組、五洋建設㈱、戸田建設㈱、飛鳥建設㈱、西松建設㈱、㈱長谷工コーポレーション、松井建設㈱、三井住友建設㈱、高周波熱錬㈱の10社）を組み、研究開発に着手した。約1.5年の間に各種の構造実験・施工実験等を実施<sup>1)～4)</sup>し、「キャプテンパイル工法（CTP

工法）」として設計・施工システムを確立させ、2005年12月に財団法人日本建築センターの一般評定（BCJ評定-FD0230-01）を取得した。

#### (2) キャプテンパイル工法とは

CTP工法概念図を図-1、適用範囲を表-1、杭頭接合部の力の伝達メカニズムを図-2、杭頭断面図を図-3にそれぞれ示す。

CTP工法は、プレキャストコンクリート製のリング（PCリング）を杭頭に被せ、杭と基礎とを接合する工法である。このPCリングを介して地震時に生じる上部構造からのせん断力を杭に伝達させる機構を持つのが特徴である。杭頭を緩衝材で絞り半固定状態とすることにより、杭頭に集中する地震時の応力を緩和できるため、杭材の損傷を軽減できるだけでなく、杭や基礎梁等の断面縮小化によるコスト低減が図れる。また、必要に応じて杭頭部に引張定着筋を配筋することにより、引張力に抵抗させることができる。

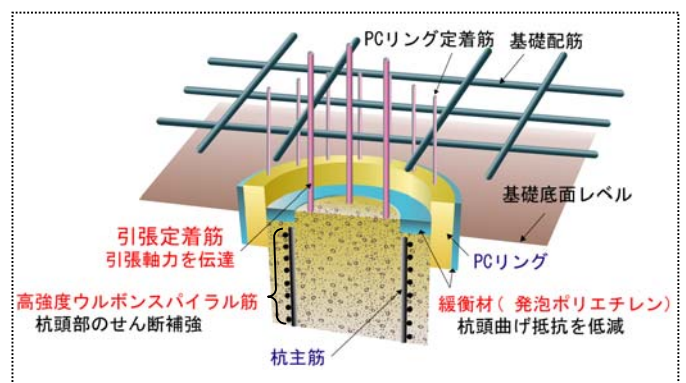


図-1 CTP工法概念図

表-1 CTP工法の適用範囲

CTP工法を採用する場合の建物制限		
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)	} 制限なし	
CTP工法を適用する場合の杭仕様		
1. 杭種 : 場所打ち杭 または 鋼管巻き場所打ち杭 2. 杭径 : 800~3,000mm 3. コンクリート強度 : $F_c 21N/mm^2$ 以上 ※ 同一建物で、CTP工法と在来一般工法を併用することができる		

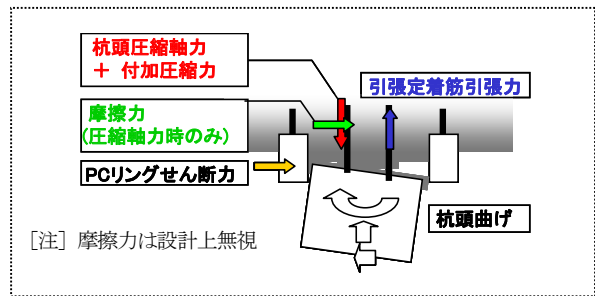
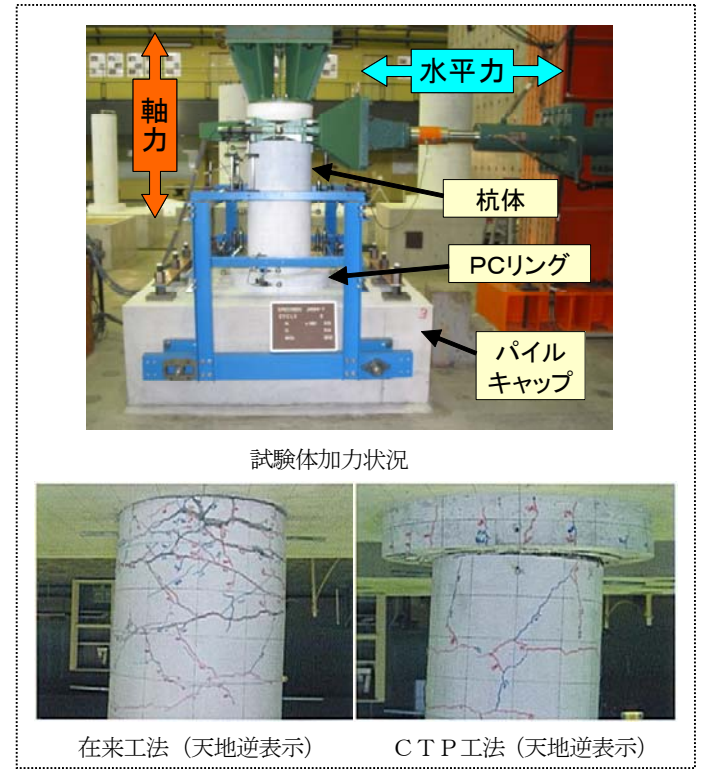


図-2 CTP工法における力の伝達メカニズム

設置し、引張定着筋を設けている。

実験により、CTP工法による杭頭接合部の回転性能は、絞り部や引張定着筋で発揮され、在来工法に比べ杭体の損傷が少なく、安定した回転性状を有すること<sup>1)</sup>が確認されている。



試験体加力状況

在来工法 (天地逆表示) CTP工法 (天地逆表示)

写真-1 杭頭接合部の曲げせん断実験

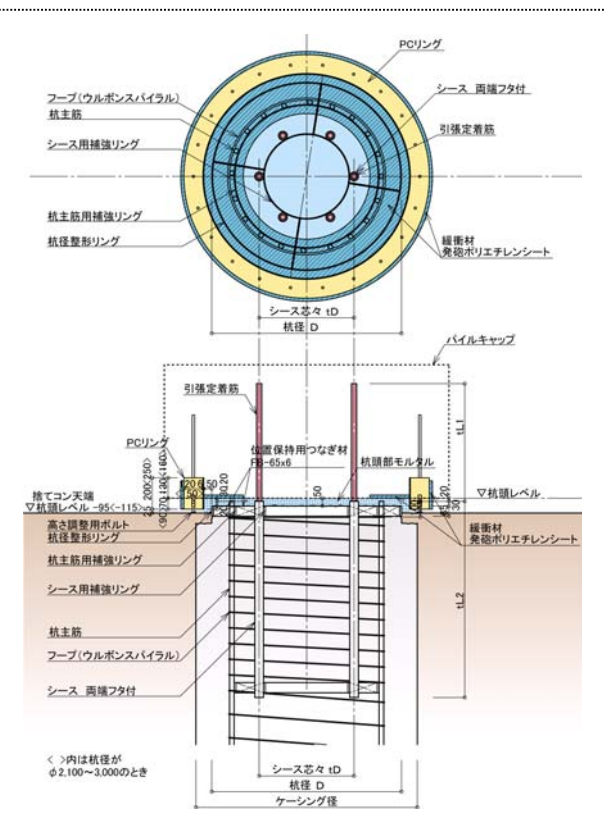


図-3 CTP工法 杭頭断面図

### (3) 在来工法との性能比較

開発過程において実施した杭頭接合部の曲げせん断実験結果を写真-1に示す。写真の試験体は、実験終了後の状態で、天地を逆に表示しているが、杭頭の損傷の違いが歴然としている。CTP工法の試験体は、杭頭部を在来工法に比べ約7割に絞り、PCリングを

### (4) キャプテンパイル協会

開発終了と同時に2006年4月に、工法の普及と技術の向上を図ることを目的に、共研構成会社を会員とする協会を設立している。

協会の組織構成を図-4に示す。活動の一端である第三者への技術供与に対し、協会内の各部会がそれぞれ設計および施工を指導・支援する体制を整えている。また、協会の趣旨に賛同する建設会社の入会に対しては広く門戸を開放している。

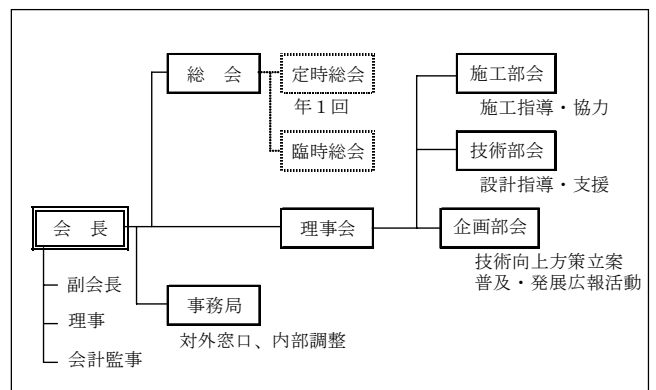


図-4 CTP協会組織構成



### 3. キャプテンパイル工法の施工

#### (1) 施工手順

CTP工法の施工フローを図-5に示す。

二重枠の項目が本工法の特有の作業項目である。引張定着筋の設置方法には2方式あり、杭の鉄筋かご製作時に端部小口を養生したシース管を設置し、杭頭処理後に引張定着筋を挿入するシース方式と事前に鉄筋かごに取り付けておく先付方式がある。

シース方式を採用すると、杭頭処理時に余盛りコンクリート部分に杭主筋に加え、引張定着筋といった軸方向鉄筋が存在しないことにより、はつり作業を効率的に行えるといった本工法の施工上の特長を十分に活かすことができる。

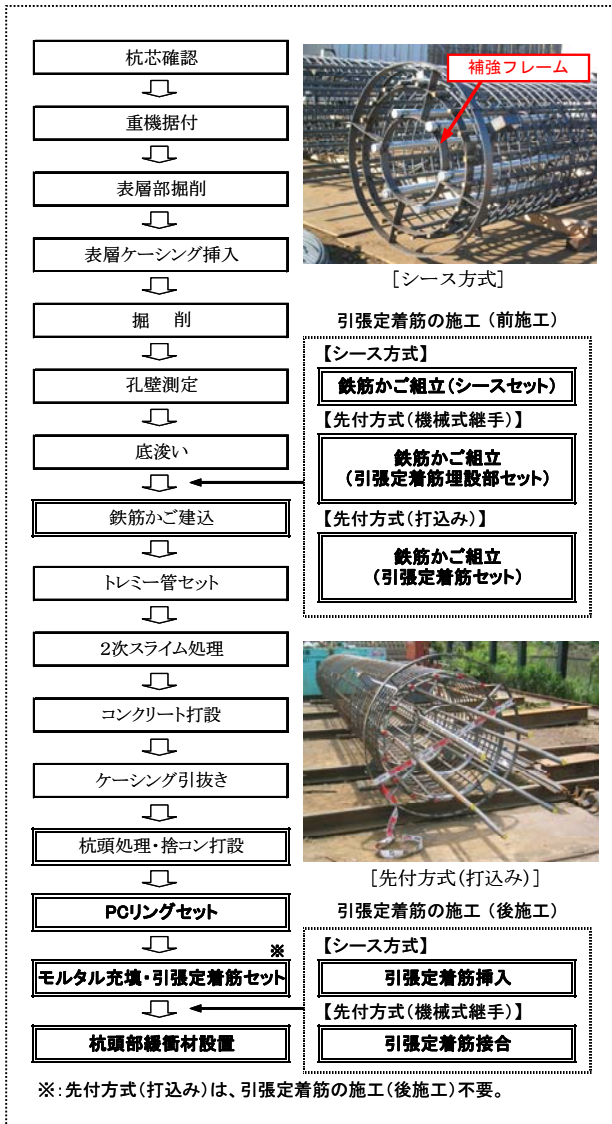


図-5 CTP工法の施工フロー

以下、2節にて、実施工案件におけるCTP工法の特有作業について述べる。

#### (2) 施工事例

##### (a) 建物概要

構造種別：鉄筋コンクリート造 地上34階地下1階  
 主要用途：共同住宅  
 基礎構造：場所打ち杭 φ2200 他38本 杭長42m



図-6 建物外観パース

##### (b) CTP工法の施工

###### ① 鉄筋かごの製作・建込み

杭の鉄筋かご組立て時に杭頭部に引張定着筋を設置するが、当現場では写真-2に示すようにシース方式を採用した。



写真-2 杭の鉄筋かごの組立て



## ② 杭頭処理

シース方式の場合には、杭頭の余盛りコンクリートをはつる際に軸方向鉄筋の突出が無いことから施工が速く、簡単である。杭頭処理後は杭頭周辺に捨てコンクリートを打設し、本工法特有のPCリングの設置となる。



写真-3 杭頭処理後

## ③ PCリングの設置

製作工場より搬入したPCリングをクレーン等の揚重機にて杭に被せるように設置する。そのレベル調整はPCリング下面に3箇所備わっている調整ボルトにて行う。

設置後、PCリング下面の空隙を確保するため、その内側と外側にバックアップ材または硬練りモルタルで土手を作り、杭頭部モルタルやリング周囲に打設する捨てコンクリートがリング下面へ入り込まないよう処置を行う。



写真-4 PCリングの搬入



写真-5 PCリングの設置

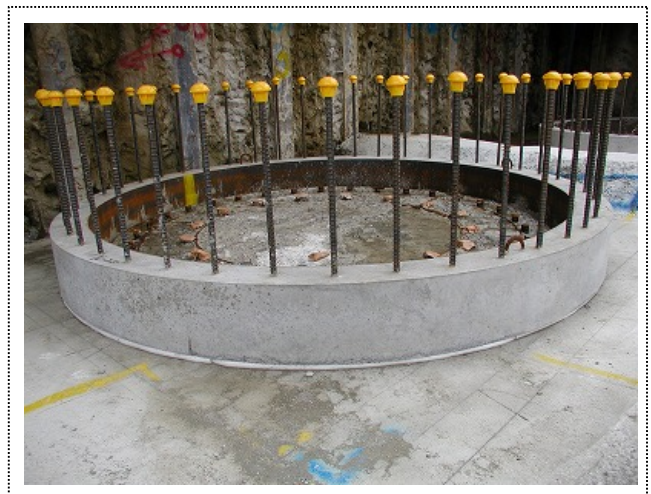


写真-6 PCリング下面の目詰め

## ④ モルタル打設、引張定着筋の設置

シース内の洗浄後、無収縮モルタルを充填し、引張定着筋の挿入、杭頭モルタルの打設といった一連の杭頭形成作業を行う。

本案件では、プレミックス型のモルタルの混練り、圧送作業に対し、スラリー供給システムを採用した。このシステムは専用ローリー車に搭載されたミキサーとポンプで行うもので、従来の混練り手間、機械類の手配が不要となり、施工の大幅な合理化を可能とした。なお、施工に先がけ、使用するローリー車で混練りを行い、適正水量を把握し、施工時にはJロート試験によるコンシステンシーの確認を行った。





写真-7 ローリー車によるモルタル製造



写真-10 引張定着筋の挿入



写真-8 ローリー車によるモルタル圧送



写真-11 杭頭接合部へのモルタル流し込み



写真-9 シース内へのモルタル充填

### ⑤ 杭頭緩衝材の設置

杭頭部モルタルの硬化後PCリング外周部と杭頭部に緩衝材（発泡ポリエチレン）を設置して杭頭半固定工法の作業が完了する。



写真-12 杭頭部への発泡ポリエチレン設置

#### 4. キャプテンパイル工法の設計

CTP工法の簡易設計フローを図-7に示す。基本的な計算の流れは、杭頭を固定とした従来の方法と同じである。従来の計算では、杭の水平剛性に応じてせん断力を配分していたが、CTP工法の場合、杭頭の固定度に応じて各杭にせん断力の配分を行うところに違いがある。また、杭頭の固定度の算定において、杭頭接合面の断面解析が必要なことなど若干複雑な計算を伴うが、手計算レベルで検討を行うことができるように、固定度とせん断力の関係を出力するエクセルシートを用意した。さらに、固定度の算定から杭の応力算定、断面計算までの一連の計算を行う設計プログラムの開発も行っており、設計にかかる時間およびコストをさらに低減することができるようにした。

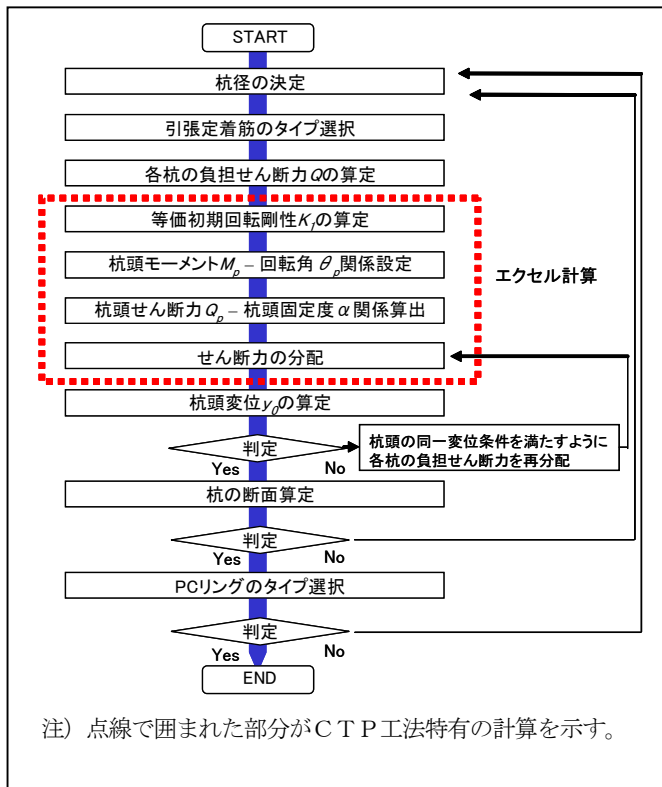


図-7 簡易設計フロー

#### 5. おわりに

近年、建物建設において環境へ配慮した設計や、環境負荷の低い建設手法の採用が求められる機会が増えている。CTP工法は、杭断面を縮小化できる点により、杭や基礎梁のコンクリートや鉄筋の使用量を削減できるだけでなく、建設廃棄物や副産物として問題となる建設汚泥や残土の排出量を削減でき、環境負荷の低減に寄与できる工法と言える。

#### 《参考文献》

- 1) 吉松敏行他：場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発その1～その9，日本建築学会大会学術講演梗概集／構造I，pp. 349～366，2006年9月
- 2) 宮田 章他：杭頭半固定接合部に用いるリング部材のせん断抵抗，第41回地盤工学研究発表会平成18年度発表講演集，pp. 1427～1428，2006年7月
- 3) 新井寿昭他：杭頭半固定接合部に用いる定着筋の引抜試験，第41回地盤工学研究発表会平成18年度発表講演集，pp. 1429～1430，2006年7月
- 4) 秦 雅史他：杭頭半固定接合部の圧縮試験，第41回地盤工学研究発表会平成18年度発表講演集，pp. 1431～1432，2006年7月

#### 〔著者紹介〕



吉松 敏行 (よしまつ としゆき)  
鹿島建設株式会社  
建築設計本部  
構造設計統括グループ  
統括グループリーダー



西村 憲義 (にしむら のりよし)  
三井住友建設株式会社  
建築管理本部  
建築技術部  
部長



山浦 一郎 (やまうら いちろう)  
五洋建設株式会社  
建築本部  
建築エンジニアリング部  
部長