

◆ 報 文 ◆

# 既存杭の再利用技術の開発

犬飼瑞郎\*

## 1. はじめに

これまでに蓄積されてきた膨大な建築ストックを再利用することが、厳しい財政事情、さらには環境問題の観点から、強く求められている。そのため、総合技術開発プロジェクト「社会資本ストックの管理運営技術の開発」(平成14~16年度)において、既存杭の再利用技術について検討しているため、その内容を報告する。

基礎杭とは、おおまかに、工事現場でコンクリートを打設して敷設する場所打ち杭と、あらかじめ工場で製作した既製杭に分類される。1900年前半には、無筋のペデスタル杭が使用され始めたが、まだ支持力は小さかった。その後、大口径杭、拡底杭などが開発され、大きな支持力を負担することが可能となった上に、工事現場での低騒音・低振動施工が可能となった(図-1)。そのため、基礎杭は、都市部の中高層建築物にも多く用いられるようになった。

今後予想される多くの建築物の解体時に、既存杭を除却すれば、その工事に伴い、コストや環境負荷が増大し、更には、地盤に空洞が出来ることから、周辺地盤を变形させるおそれもある。しかし、既存杭の中に、健全な状態であり、耐久性も保持しているものがあることは十分に考えられ、

それらを再利用すれば、経済性、環境面に効果が得られると思われる。

## 2. 既存杭の再利用の実態調査

建物の建替え計画が発生した場合、その多くは既存杭を残したまま、或いは、新設杭の施工上障害となる既存杭のみを撤去することにより、新築工事の施工を行っているのが実情のようである。

今回、既存杭を構造部材として再利用した物件について調査したところ、1990年以降に公開されている3件が確認された(事例:1~事例:3)。

## 3. 既存杭の性能調査技術

既存杭を再利用するにあたっては、現状の既存杭の性能を把握する必要がある。そのためには、竣工時の設計方針、施工方法や竣工後の劣化状況を調査しなければならない。竣工時の設計方針、施工方法については、設計図書、構造計算書、施工記録が保存されていれば、調査可能である。竣工後の劣化状況については、地盤中に施工されている既存杭の場合、把握しにくい。以下に示す方法で性能を調査することも可能である。

### ① 耐久性調査方法

杭の耐久性を調査するため、コンクリート強度・劣化、鉄筋の強度・腐食を調査する方法に、

杭工法	年代					
	西暦 1900	1920	1940	1960	1980	現在
ペデスタル		■				
深礎			■			
オールケーシング*				■		
アースドリル				■		■(拡底)
リバース				■		■(拡底)

図-1 場所打ち杭工法の開発年代<sup>(1)</sup>

事例：1 事務所ビル

- 場所：東京都中央区  
 既存建物 (事務所)  
 設計者：清水建設  
 施工者：清水建設  
 建物規模：地上8階、地下3階  
 杭種：深礎杭  
 竣工年月日：昭和30年代  
 新設建物 (事務所)  
 設計者：清水建設  
 施工者：清水建設  
 建物規模：地上11階、地下3階 (既存利用)  
 杭種：大口径深礎杭 (軸径5m、拡底径6.5m)  
 資料、文献：structure No.49 1994.1<sup>(2)</sup>

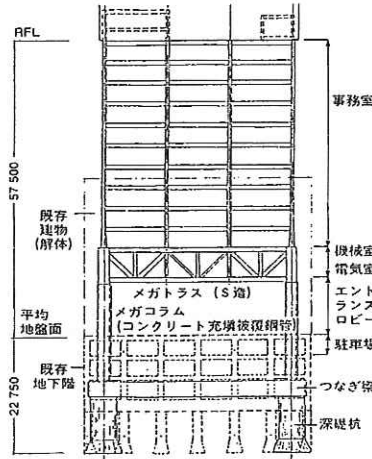


図-2.1 断面図

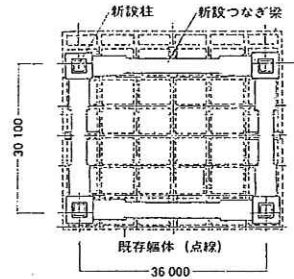


図-2.2 基礎伏図

① 敷地・既存建物からの与条件

- ・ 既存建物が、敷地いっぱいを地下3階まで利用しており、深礎杭が柱ごとに地下23mの深さにまで打ち込まれている。
- 敷地 (境界) 制約条件をメリットに (既設地下躯体、杭の再利用)
- ・ 既存杭は存置。地下外壁の山留壁利用。

② 地上新築部の計画に、大きな制約条件とならないか。

- ・ 施主および設計者側の設計趣旨が損なわれることなく新ビルを計画する。
- ・ オフィスのインテリジェント化。
- 地上4本柱によるメガストラクチャー案の採用にて解決。

③ 再利用する杭体の強度・耐久性に、問題はないか。

- ・ 既存建物は、昭和30年代の竣工。(新耐震以前)
- ・ 既存地下3層は、新設構造体とは縁を切り、独立した建物扱い。
- ・ 既存地上部の解体、地下部の継続利用。
- 問題なし

④ 環境への貢献が、期待できるのか。

- ・ 既存地下躯体および杭の再利用。
- ・ 地下2階の一部と地下3階のスペースを、デッドスペースとして地上解体物や建設廃材の埋設に有効利用。
- ・ トータルで在来工法とあまり変わらぬ建設コストで完成。
- 建設廃材の排出量削減。再利用による騒音、振動の抑制。省資源、省エネ。

以下のものがある。

1) 目視調査

かぶりコンクリートをはつり取って、鉄筋の腐食状態、コンクリートかぶり厚さを調査する。

2) 強度試験

コアボーリングによりコンクリート試料を抜き取り、コンクリート圧縮試験を行う。また、鉄筋試験片を抜き取り、強度試験を行う。その他、シュミットハンマーによるコンクリートの非破壊試験

も有効である。

3) 中性化試験

コンクリートは打設当初、強アルカリ性であるが、長期間使用するうちに、炭酸ガスにより表面から中性化するため、コンクリート中の鉄筋が錆びやすくなる。その中性化が進展した深さを測定する。測定用試料は、通常、杭から採取したコンクリートコアであるが、杭表面からドリルで孔を開け、その時に生じるコンクリート粉を利用する

事例：2 事務所ビル

場所：東京都千代田区  
 □既存建物（事務所）  
 設計者：不明  
 施工者：不明  
 建物規模：地上階、地下階  
 杭種：場所打ち杭（深礎工法）  
 竣工年月日：昭和40年代後半  
 □新設建物（事務所）  
 設計者：竹中工務店  
 施工者：竹中工務店  
 建物規模：地上10階、地下3階  
 杭種：既存杭14本、新設杭8本

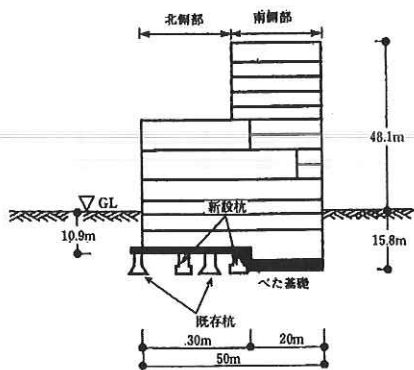


図-2.3 杭の再利用の概要

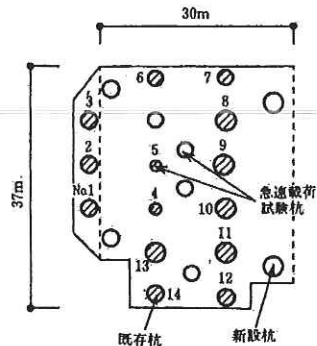


図-2.4 杭配置図

竣工年月日：1994年以降  
 資料、文献：既存杭利用の手引き 平成15年2月 (社)建築業協会<sup>(1)</sup>  
 基礎工 1996.8<sup>(3)</sup>

① 敷地・既存建物からの与条件

- ・再利用する既存杭と、追加する新設杭の位置関係
- 厚さ1.4mの新設マットスラブによる応力処理。
- ・設計上、既存杭は鉛直力のみを負担し、地震時の水平力は新設杭のみですべて負担できるものとした。

② 地上新築部の計画に、大きな制約条件とならないか。

- ・地上新築部の柱位置と、既存杭位置との対応。
- 厚さ1.4mの新設マットスラブによる応力処理。

③ 再利用する杭体の強度・耐久性に、問題はないか。

- ・急速載荷試験（スタナミック試験）の実施（自主的）  
 （既存杭と新設杭の沈下剛性差の確認）
- ・設計より行政庁に事前説明。
- ・既存杭の調査実施（非破壊試験（IT）ほか、健全性、耐久性、支持力の調査試験）
- 問題なし
- ・スタナミック試験により、既存杭と新設杭の沈下剛性に差がないことを確認。

④ 環境への貢献が、期待できるのか。

- ・既存杭の再利用。
- 建設廃材の排出量削減。再利用による騒音、振動の抑制。省資源、省エネ。

こともできる。

②健全性調査方法<sup>(4)</sup>

既存杭の健全性を調査する方法を以下に示す（表-1）。調査項目は、杭の長さ、径、損傷位置などである。

1) 目視調査

目視調査では、掘削により杭頭が露出可能な場合、杭心位置や杭径などをスケールにより測定する。また、杭頭部の配筋状況や最小かぶり厚さの測定も可能である。本調査は、目視によるため、他の調査方法と比べて、信頼性・客観性が高い。

表-1 主な健全性調査法一覧

試験方法	目視調査	インテグリティ	ボアホールカメラ
調査項目	杭、杭径等	杭長、損傷位置	損傷位置・程度
試験方法	杭頭から露出させたところを、目視により健全性を調査する。	ハンマーにより杭を振動させ、その反射波をセンサーで計測し、杭長、損傷位置を計測する。	杭内部に開けたボーリング孔にCCDカメラ等を挿入し、杭内側から損傷を調査する。
試験条件	掘削可能な範囲まで	できれば、杭頭露出（ハンマーの振動が伝わる範囲を限定する必要有り）	杭内部にボーリング孔

事例：3 外務省本庁舎 耐震改修工事

場所：東京都千代田区霞ヶ関  
 □既存建物（外務省本庁舎）  
 設計者：国土交通省大臣官房官庁営繕部  
 施工者：不明  
 建物規模：地上8階、地下1階（中央・南庁舎）、  
 地上8階、地下2階（北庁舎）  
 杭種：手掘り拡底深礎杭（中央・南庁舎）、  
 ペDESTAL杭（北庁舎）  
 竣工年月日：1970年（中央・南庁舎）、1960年（北  
 庁舎）

□新設建物（外務省本庁舎）  
 設計者：国土交通省大臣官房官庁営繕部、山下設計  
 施工者：竹中・五洋、真柄特定建設工事共同企業体  
 建物規模：地上8階、地下1階（中央・南庁舎）、地上8階、地下2階（北庁舎）  
 杭種：既存杭+新設杭（場所打ちコンクリート杭）（中央・南庁舎）  
 新設杭（鋼管圧入杭+場所打ちコンクリート杭）（北庁舎）  
 竣工年月日：平成15年3月  
 資料、文献：国土交通省 平面形状の異なる二つの建物を基礎部で一体化した  
 免震レトロフィット

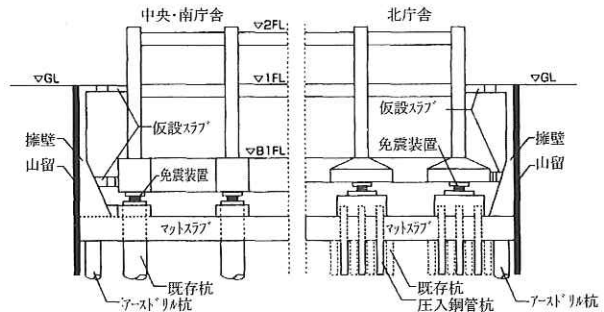


図-2.5 新旧杭の配置図

① 敷地・既存建物からの与条件

・地震災害時に必要となる機能（災害応急対策活動拠点）を確保する。

→ 免震レトロフィットの採用

② 地上新築部の計画に、大きな制約条件とならないか。

・免震レトロフィットであり、特になし。

③ 再利用する杭体の強度・耐久性に、問題はないか。

・北庁舎の既存杭はペDESTAL杭となっており、杭の支持能力が不明なため新設杭（鋼管圧入杭）により対応。

④ 環境への貢献が、期待できるのか。

・既存杭の再利用。

→ 建設廃材の排出量削減。再利用による騒音、振動の抑制。省資源、省エネ。

2) インテグリティ試験

インテグリティ試験は、杭施工時の品質管理のために開発され、杭長など構造諸元の調査に用いるものであり、地震などで被災した既存杭の損傷調査にも適用できる。

これは、杭頭部にセンサーを設置し、杭頭を小型のハンマーで軽打して、杭体を伝搬する弾性波が損傷位置や断面変化位置から反射されるのを計測し、それらの位置を判定する手法である。

この試験方法では、ハンマーによる振動が伝達される範囲を限定することにより、調査の精度が向上するので、通常は、フーチングや上部構造を切り離し、杭頭を露出させることが多い。

3) ボアホールカメラを用いた損傷調査

ボアホールカメラを用いた損傷調査では、せん孔機械を用いて杭内部に孔を開け、その孔内に

CCDカメラ等を挿入し、孔壁の亀裂等をカメラ映像で調査する。

③ 載荷試験

載荷試験により、既存杭の鉛直支持力、水平耐力、沈下剛性を調査することができる。調査する内容により、試験方法が開発されており、近年は、急速載荷試験が実施されたこともある。

4. 既存杭の調査

2. において、公開されている事例を紹介したが、既存杭の耐久性、健全性は、施工年、施工場所等によって変わると考えられる。そこで、除却予定の既存杭について、耐久性及び健全性の調査を行った。以下に示す調査は、上部構造の除却が終了したあとに実施したものであり、杭頭が露出した状態で行った。健全性調査には、インテグ

リティ試験を用い、ひび割れ、断面欠損等の深さを計測したが、その信頼性を確認するため、可能な限り、試験後に杭を引き抜き、実際のひび割れや断面欠損の深さを目視で確認した。

#### ①集合住宅

調査した集合住宅は、昭和36年に埼玉県内で建築された4階建て鉄筋コンクリート造壁式構造である。既存杭の種類は、1辺が300mmの三角節杭であり、杭長は5.4mである。

杭頭が露出したあと、三角節杭のうち、30本についてインテグリティ試験を行った。その後、引き抜かれた杭から、直径100mmのコンクリートテストピースを材軸と直行方向にコア抜きし、コンクリートの圧縮試験及び中性化試験を行った。また、鉄筋を長さ約300mm切り取り、引張試験を行った。

その結果、コンクリートの圧縮試験及び鉄筋の引張試験は、施工時の設計強度を上回り、コンクリートの中性化は、1mm程度と小さかった。

インテグリティ試験によると、半数以上の24本の杭において、ひび割れが深さ1~2mで観測され、残りの6本においては、ひび割れが観測されなかった。杭が引き抜かれた後に、ひび割れを目視で確認したところ、ひび割れを観測した24本のうち11本において、観測と同じ深さでひび割れを確認した。ひび割れが観測されなかった6本に、ひび割れは確認できなかった。このことから、インテグリティ試験により、ある程度正確に、ひび割れを観測できると思われる。なお、約半数の杭において、ひび割れが生じていたのは、上部構造の除却工事中の作業も一因と考えられる。

#### ②事務所ビル

調査した事務所ビルは、昭和40年頃に東京都区内で建築された6階建て鉄筋コンクリート造である。既存杭の種類は、杭径が1.0~1.4mのアースドリル杭であり、杭長は15mである。

この杭については、除却工事の都合から2本のみを調査し、耐久性について、特に問題はなかった。インテグリティ試験によると、杭1本からひび割れが杭頭からの深さ約5mで観測されたが、目視確認は出来なかった。

### 5. 杭の再利用に当たっての検討手順

既存杭の再利用には、性能調査の他に、新設建

物を支持する耐力が十分かどうかについても、検討する必要がある。以下では、主な検討項目を挙げ、検討手順のフローを図-3に示した。既存杭を再利用しない場合には、別途、既存杭が残存する影響や既存杭を除却する影響などについても検討を要する。

#### ①事前検討

事前検討では、既存杭の再利用の可能性を検討する。この検討では、既存杭の性能を設計図書で確認し、設計図書どおりに施工されているかどうか



写真-1 三角節杭の目視検査

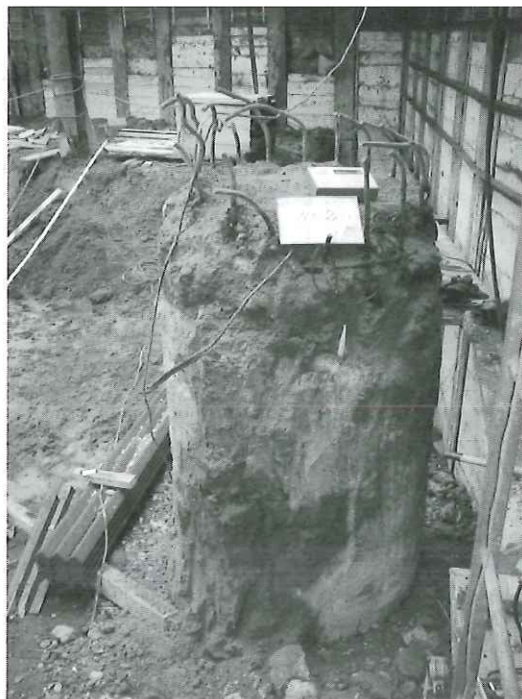


写真-2 アースドリル杭のインテグリティ試験

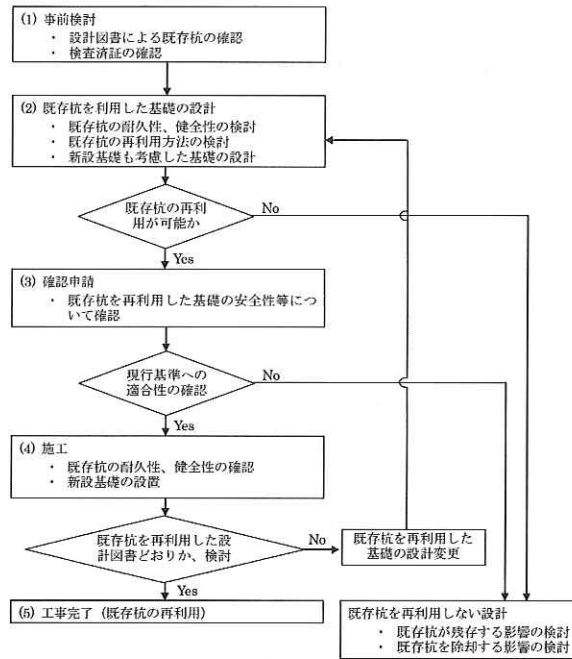


図-3 既存杭再利用のフロー

かを検査済証で確認する。ここで検討する主な項目を以下に示す。

- (1) 設計図書、(2) 検査済証、(3) 建築年、等
- ②既存杭を利用した基礎の設計

既存杭を利用した基礎の設計では、既存杭の鉛直支持力、水平支持力等の性能を考慮して、新設の建物を安全に支持できるかどうかを検討する。

既存杭の鉛直支持力、水平支持力等の性能は、現行基準により、新たに求める。特に、古い基準で設計されている場合、設計図書で支持力等が検討されていないこともあるが、再利用時には、現行基準に適合するように設計する。

③確認申請

建築確認を必要とする場合、既存杭を利用した基礎の安全性等について、現行基準への適合性を確認する。

④施工段階

設計図書どおりに施工されているかを確認する。新規に必要とする基礎、杭等を施工する。

6. 今後の方針

既存杭の再利用のため、健全性及び耐久性調査法の概要をまとめ、再利用事例を収集し、既存杭を調査した。事例及び調査結果によると、さらなる

調査を要する点はあるが、健全性及び耐久性ともに十分確保されていると評価してよく、既存杭の再利用は可能と考えられる。今後、既存杭の再利用が適切に促進されるように、5. に示した検討手順を主な内容とする技術マニュアルをとりまとめる予定である。

参考文献

- 1) 建築業協会、「既存杭利用の手引き」、平成15年2月
- 2) 秋山顕二郎、「既存地下構造物を有効利用した建替え兼松ビル」、(社)日本建築構造技術者協会、Structure No.49、1994.1、pp.54-55
- 3) 山下 清等、「深礎杭に対する急速載荷試験の実施例」、総合土木研究所、基礎工、1996年8月、pp.94-97
- 4) 建設省土木研究所、「橋梁基礎構造の形状および損傷調査マニュアル (案)」、平成11年12月

犬飼瑞郎\*



国土交通省国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター  
評価システム研究室長  
Mizuo INUKAI