

構造物基礎杭の総合施工管理技術

			北武コンサルタント(株)	フェロー会員	○富澤	幸一
			北武コンサルタント(株)	正会員	渡邊	忠朋
			土木研究所寒地土木研究所	正会員	江川	拓也
北海道大学大学院	正会員	磯部	公一,	京都大学大学院	正会員	木村 亮

1. 目的

地中構造物である構造物基礎杭の設計法において、高度な性能規定化が求められている。これは杭基礎の長寿命化のための健全性ならびに多発する大規模地震動に対する耐震性確保を目指すためと判断される^{1), 2)}。このことは同時に、設計を正規に反映した基礎杭の的確かつ合理的な現場施工管理技術の必要性を示唆する³⁾。しかし現況の現場における杭鉛直性の施工管理は、旧態計測法や熟練技術に頼る傾向にあり、精度が不統一でや信頼性が懸念されるため必要に応じ改善すべきと考えられる。測定実務者の安全面の再考も必要である。

そこで本報では、構造物基礎杭の中でも、特に現場において打止め判定つまり即時の鉛直支持力評価に困難と想定される既製杭の打込み杭工法⁴⁾および埋込み杭工法⁵⁾を対象に、現在電子計測化を主とし種々提案されている管理技術の活用性等を精査し、従来管理法踏襲や確認試験等の評価基準を併用した新たな総合的施工管理技術を検討した。本検討の高精度な杭施工管理技術は情報化施工である i-Construction の一環とも判断する。

筆者ら産学官による本成果は、実務者支援のための今後の構造物基礎杭施工管理ガイドライン策定を目途とする。したがって、本報は杭鉛直性施工管理を特記するが、本論末以降に総括的提案としてあえて記載した打込み杭工法と埋込み杭工法の主たる施工管理技術は、基礎杭の的確な設計支持力確保の共有を主旨とする。

2. 現況杭鉛直施工管理と運用課題

実杭の現場施工管理法は旧来からの経験的専門性より、概ねその主要技術は杭種別にマニュアル化されている³⁾。これらのマニュアルは適正な杭施工を目的に策定されたものであるが、同時に誤った杭支持力判定や施工トラブルを回避のためでもある。その概ねの留意事項については参考文献4)～7)等に記載されている。

ただし現行の構造物基礎杭の性能規定設計法を厳守するためには、今後は大規模地震・洪水災害等も勘案し、施工面でも現設計に準拠した支持層への的確な杭貫入判断等の更なる管理技術の考察が重要と考えられる。

そこで本報では、特に実務的判断で困難が想定される①打込み杭工法の動的管理式および②埋込み杭工法のオーガ掘削管理法の2点に注目し、理解し易い写真等で事例を示しそれぞれの課題を抽出し検討した。本検討は既往判定技術を否定するものではなく、地盤性状は現場別に多種多様であり施工中の杭地中内監視が難しいために、今後の杭施工技術の安全性・正確性・信頼性等を重視した新たに施工管理技術の補完を意図とする。

なお、打込み杭工法および埋込み杭工法の適正な総合施工管理技術に関する他の共有事項は、別項に示した。

(1). 打込み杭工法の動的管理式の実務論点

打込み杭工法は種々あるがここでの対象は、パイプロハンマ工法は除外し油圧ハンマやドロップハンマ等による鋼管杭・PHC杭の打撃工法とする。打込み杭工法では、現場の杭施工時に支持力判定が可能とされる動的管理式が多様されるが、本報ではまずその実務的課題の論点と今後の電子計測技術等の必要性を精査する。

現行において、打込み杭の支持力評価つまり打止め判定として幾つかの管理式が提案されているが、以下にその代表とし建築系管理式(式1)および土木系管理式(式2)を示す。両動的管理式はハンマ打撃による杭設計長打設時における支持層貫入量 S やリバウンド量 K 等の計測値から、杭支持力を推認するものである。なお、他の Hiley 系式の動的管理式を用いた際も、杭打設時の観測値より支持力検証する考え方は同様である。

キーワード 杭基礎、打込み杭、埋込み杭、情報化施工、鉛直支持機構、総合管理

連絡先 〒062-0020 札幌市豊平区月寒中央通7丁目(北武第2ビル) 北武コンサルタント TEL011-851-3012

建築系管理式

$$R_a = \frac{F}{5S + 0.1} \quad (1)$$

ここに、 F : ハンマの打撃エネルギー ドロップハンマ $F = W \cdot H$ ディゼルハンマ $F = 2W \cdot H$ である。

土木系管理式

$$R_a = \frac{1}{3} \left(\frac{AEK}{e_0 l_1} + \frac{\bar{N} U l_2}{e_f} \right) \quad (2)$$

ここに、 A : 杭の純断面積(m^2), E : 杭のヤング係数(kN/m^2), l_1 : 動的先端支持力算定上の杭長(m)
 l_2 : 地中部の杭長(m), U : 杭周長(m), $\bar{N}$: 杭周面の平均 N 値(回), e_0, e_f : 補正係数である。

本検討の建築系管理式(5S式)はハンマ打撃時のエネルギー釣り合い理論、また土木系管理式(道路橋示方書宇都・冬木式)は杭体波動理論から誘導しており、その成立概念は参考文献1), 2) および3), 4) に詳しい。ただし、両式には杭施工観測データの集積からの仮定が一部含まれている点に留意する必要がある。そのため、打込み杭工法の動的管理式は万能ではなく、摩擦杭や支持層に被圧帯を介在する際は用いれない事は周知である。

本報では動的管理式の成立理論そのものの議論では無く、両管理式では杭動的許容支持力 R_a' が杭貫入量 S (杭1打当りの支持層への貫入値(m)) およびリバウンド量 K (杭打撃時の反発値(m)) の計測値を主たるキーワードとして算定されるため、施工管理技術である計測法の妥当性と今後の方向性を検討する事とした。それは動的管理式を基本に杭施工管理を行う際、主要データを正確かつ即時に計測し、施工者・監理者が共有する事で、杭許容設計支持力 R_a に対する杭打止め評価の実務的合理化につながると考えるからに他ならない。

現況施工管理の最たる注意点は、今だに標準的杭設計長打止め時の S と K 等の計測法が、熟練技術のアナログ的計測に頼っている事である(写真-1)。これは打込み杭の施工管理技術の論点の残存要因と判断される。



写真-1 打ち込み杭（鋼管杭）の打撃データ計測状況

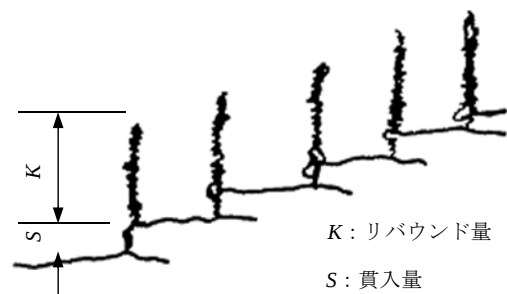


図-1 杭貫入量 S ・リバウンド量 K 手動計測値

アナログ計測法の問題点を指摘し再考する事由は培ってきた専門性を否定するものでは無く、また動的管理式にも適用限界が有るために、杭施工技術の信頼度そのものが今後の大きな論点と判断する事由からである。つまり写真-1 から想定できるように、手動計測では近接測定者に打撃振動が伝わるため精度が不統一となり、ハンマ直下測定者の安全性も不十分と考えられるためである。海上等の水中杭打撃では本測定は困難である。

図-1 には、写真-1 の手動状況で実際にアナログ計測した杭貫入量 S およびリバウンド量 K の関係を示す。一般に実現場では杭最終打撃時に、打設に沿って用紙に印字(ペン)して得られた S と K を建築系管理式や土木系管理式等にそれらを代入させ杭動的許容支持力 R_a' を算定し、杭許容設計支持力 R_a の確保を確認する事で打止めを行う事になる。ただし図によれば S と K は大小の乱れもあり正確な数値判読がやや困難である。このように S と K はペン静置状況の手動計測が常態化しているが、特に土木系管理式(式2)では本式の誘導時に、リバウンド量 K は杭体リバウンド量 K_o と先端地盤リバウンド量 K_s の合計($K = K_o + K_s$)であり、 K_s と杭貫入量 S ($K_s \approx S$) が同等値の場合で適用できるとされているが、その区分判断は図-1 では不可能である。

また建築系管理式（5S 式）を用いる際には、杭貫入量 S を特に注視し、杭打止め判断する事になるが、そのみに拘り極端なハンマ過打撃を継続した場合には杭頭や先端が（ちょうちん）座屈する懸念もある（写真-2）。

したがって、打込み杭工法の現場施工管理時に動的管理式を駆使し、杭所定長の支持層貫入を確認し杭打止めの鉛直支持力判定する際は、誤った計測手法や管理式のみでの判定の過信は避けるべきである。つまり、厳格かつ合理的な杭施工管理のためには、管理式はその適用限界から一つの目安と扱うべきであり、新たな計測技術を活用した総合的評価が必須と考える。

（2）. 埋込み杭工法のオーガ掘削管理法の懸案

埋込み杭工法には中掘り杭・プレボーリング杭・鋼管ソイルセメント杭等があるが、打込み杭工法のように動的管理式による打止め判定が不可能であるため、事前の地質調査に従い（スパイラル等）オーガ掘削の抵抗値や付着した排出土目視等から設計支持層への到達を適正に推認する必要がある。参考として、埋込み杭の現場施工状況を写真-3 に示した。

実杭施工時の具体的な現場掘削管理では、オーガ掘削の抵抗管理値が埋込み杭では重要となる。そこで地盤掘削過程でオーガ駆動装置の電流値（電流計データ）の直接記録し、地質調査結果との対照から主に施工オペレータが電流測定値の変化の状況を見極め、埋込み杭の支持力判定しているのが実情である。つまり、現況のオーガ駆動の電流管理手法は、掘削速度を一定に保てるために写真-4 に示したアナログ型電流計を用いられることが多い。ただしこの旧態の電流計測方式では、時間軸に沿った電流アンペア数から掘削抵抗つまりオーガ強層到達は一見確認できているように推定されるが、この際の時間軸は単に電流計の記録紙が回る一定速さを表しているに過ぎず、掘削モータ時間の速度とは必ずしもリンクしていない。

したがって、支持力判定の管理指標の抵抗力は掘削速度に明らかに依存するために、従来のアナログ型電流計では計測結果に時間的要素が記録されないことから、転石等の障害物に当たった際の針の振れ方と目標支持層に到達した場合との厳密な区別できず、正確な支持層の確認には限界がありこのことは施工上の大きな懸案である。

そのため、杭は施工時に地中内の目視監視が困難である事も考慮すれば、新たに積分電流等を現認しながらのオーガ掘削管理技術が必要である。その活用手法事例の詳細は後述する。

3. 新管理技術の方向性

既製杭である打込み杭工法および埋込み杭工法のそれぞれの課題抽出（特に打込み杭動的管理式および埋込み杭オーガ掘削管理法）等を踏まえ、構造物基礎杭の実設計法を真に反映した的確かつ総合的現場施工管理技術の新技术活用のあるべき方向を、提案されている事例手法⁴⁾の精査等も含め以下に検討した。

（1）. 打込み杭工法の適正管理技術

a). 合理的な管理式運用

打ち込み杭工法の現場施工時において、前記した建築系管理式（式 1）や土木系管理式（式 2）等を用いて杭打ち止め目安の設計鉛直支持力確保の判定を行うためには、各管理式の成立にも則し、ハンマ打撃時の観測データの正確かつ合理的な計測技術運用が重要と考えられる。



写真-2 過打撃した杭先端座屈



写真-3 埋込み杭工法オーガ掘削状況



写真-4 アナログ型電流計測

端的には、種々の管理式で必要なリバウンド量 K を杭体リバウンド量 K_0 と先端地盤リバウンド量 K_s の分離および杭貫入量 S を、**図-2** に示すように正しく計測する工夫が重要となる。このためには、杭体の観測点を静置させずに、ハンマ打撃時の反発と同時に観測ターゲットを一定量水平移動させた状態の計測を行うが必要であるが、従来のアナログ的な手動の静置印字計測法では多少の工夫が出来ても個人誤差が生じ、適正を目的とする杭施工管理は困難と考えられる。

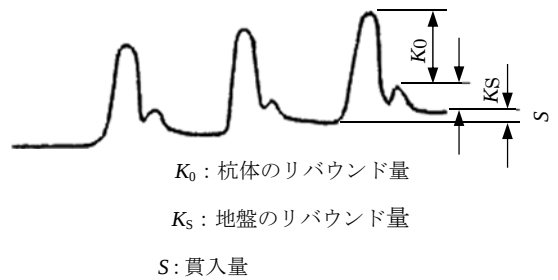


図-2 杭打撃時のターゲット移動計測値

そこで、杭打撃施工時の動的な挙動データを正確に観測するための計測システムが開発・実用化の動向にある。動的管理式を不備なく適正に活用するために、デジタル計測システムは概ね以下の事由（データ信頼性・精度および安全性等）から各機関や協会^{1),4)}で推奨している。

- ① 個人観測誤差の回避、② K の K_0 ・ K_s 分離と S の正確な計測可
- ③ 不動点設定(約 15m)の観測データ同一性、④ 測定者の安全性確保

これらの計測システムでは、例えばハイスピードカメラの高速画像分解能を利用し、**図-2** 相当の貫入量 S およびリバウンド量 K データ等をリアルタイムに計測し保管するものである。参考例として、デジタル計測システムの実施状況を**写真-5**に示したが、種々の動的管理式をシステム内に他の杭諸元・地質データも含めて予め入力すれば、リアルタイムで杭打止め判断つまり的確な施工管理が可能となる。試験杭でデジタル計測システムを駆使すれば適正ハンマ選定も可能と考えられ、そのため今後は実現場において手動アナログ計測と併用したデジタル計測の活用が合理的と考える。

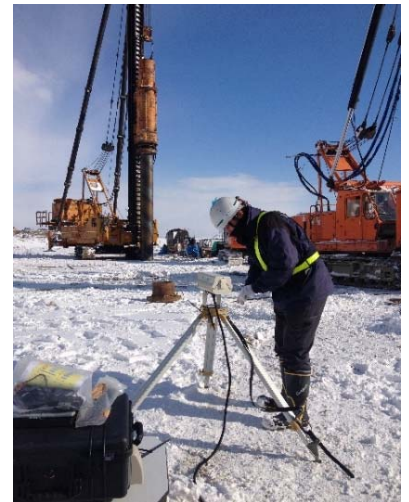


写真-5 デジタル計測状況
(写真提供アカサカテック)

b). 杭衝撃載荷試験活用

打ち込み杭工法の動的管理式は、全ての地盤種別での適用は不可能である。そのため、明確な杭支持力判定のためには杭鉛直載荷試験⁷⁾の実施が確実であるが、高価で試験時間を要するため多用は難しい。

そこで比較的良い信頼度で杭支持力評価が可能である杭衝撃載荷試験の適用が望まれる⁸⁾。**写真-6**に杭衝撃載荷試験の現場実施状況を示したが、本試験は杭打撃施工時のリバウンド量 K の観測と同時に実施可能つまり杭頭に設置した加速度計・動ひずみ計・変位計の計測値を波動解析する事で、簡便に杭鉛直支持力の確認が可能である。



写真-6 杭衝撃載荷試験の現場実施

杭衝撃載荷試験は以下の一次元波動理論の基本式(式 3)に基づく。

$$\left(\frac{\delta^2 u(x, t)}{\delta t^2} = c^2 \cdot \frac{\delta^2 u(x, t)}{\delta x^2} \right) \quad (3)$$

ここに、 c ：杭体中の応力波(縦波)伝播速度(m/s)， u ：鉛直変位量(m)， x ：計測位置(m)， t ：時間軸(s)である。

杭衝撃載荷試験の実施により、(式 3)を基本とした検証から即時に CASE 値で設計支持力確保の把握が概ね可能であり、必要に応じ波形マッチング解析を行う⁹⁾。試験法や精度等の考察は参考文献 8), 9) に詳しい。

したがって、打ち込み杭工法の総合的現場施工管理技術として、杭動的管理式活用のためのデジタル計測システム利用以外にも、現場条件により可能であれば、杭衝撃載荷試験の実施が実務上合理的と考えられる。

(2). 埋込み杭工法の新たな管理技術

a). 統合的施工管理法の必要性

埋込み杭工法の施工管理法では、地盤柱状に則した試験杭施工等よりサイクルタイムを決定する必要がある。そのためには、(スパイラル等) オーガ施工の掘削速度・到達深度・(セメント) ミルク投入量の管理・計測を的確に行う事が最重要であり、つまり前記した通りキーワードである時間軸を常に考慮し掘削抵抗値を実務者が監視・共有する事が必須となる。逆論的にはオペレータ技能や既往地質調査のみに捉われるのではなく、オーガ掘削実施により設計支持層を確認する考え方を持つべきである。その際に、オーガ先端部の付着土砂の直接目視も一法である。予め設定された設計長のみに拘って施工完了とした場合、不静定な杭基礎・構造物を構築しかねない懸念も有り得る。

写真-7 に、従来のアナログ型電流計管理の不備を排除した、実用化される傾向にある統合型管理装置を参考として示した。この際、データ・チャートは確実に記録し保管しなければならない。

他の留意事項として、埋込み杭ではオーガ施工の設計支持層確認のみなく、杭建込み・沈設・保持等の確認施工はいうまでない。つまり、埋込み杭工法においては掘削抵抗値を厳格に監視すると同時に、他のチェックポイント(杭平面位置・杭施工機傾斜・オーガと杭の回転速度および深度等)についても十分注視した統合的施工管理が必要と考えられる。これらの事は参考文献5)においても強説されている。

b). 積分電流値・オーガ駆動電流値管理

埋込み杭工法のオーガ施工では、掘削抵抗値である積分電流値・オーガ駆動電流値の管理が必要となる。図-3 に中掘り杭(コンクリート打設方式)の施工記録の事例を示した³⁾。本図より、オーガ掘削の地盤柱状(N 値)に則した電流値と施工時間が分かる。積分電流計等での正規な掘削抵抗値は、以下の(式4)の概念を持つと考えて良い。

$$R \text{ (掘削抵抗値)} \div M \text{ (速度・回転数)} \times L \text{ (深度)} \times t \text{ (時間)} \quad (4)$$

この事は、コンクリートパイル建設技術協会(COPITA)の新普及制度においても検討とされている施工管理法である。つまりオーガ掘削抵抗値は速度に依存するために旧態のアナログ型電流計測方式のみではなく、速度・時間を正確に時系列で把握し管理する施工実施により、埋込み杭工法の設計支持層到達の現場確認を基本とする統合的かつ新たな総合施工管理技術が発展・確立されていくものと考えてる。

4. 総合施工管理技術の従来管理技法踏襲・再考

本報では、基礎杭の正規な施工管理法構築を目的として、特に実務上の運用課題が多いと推察される打込み杭工法の動的管理式運用および埋込み杭工法のオーガ掘削管理法の2点に絞り込み記載した。

ただし、構造物基礎杭全体の新たな統合施工管理技術の確立に際しては、これまで培ってきた従来管理技法の踏襲や再考も必要と考えられる。そこで本節では、ほぼ各マニュアルや要領に記載済み以外の留意点として、杭施工管理に携わる実務関係者全体が認識・共通概念を持つべき事項の幾つかを以下に列記した。

(1). 情報化連動および連携施工

地質調査から得られる特に N 値等より、杭種および工法選定(打込み杭や埋込み杭等)や支持層判断が一



写真-7 統合型管理装置
(写真提供 ジャパンパイル)

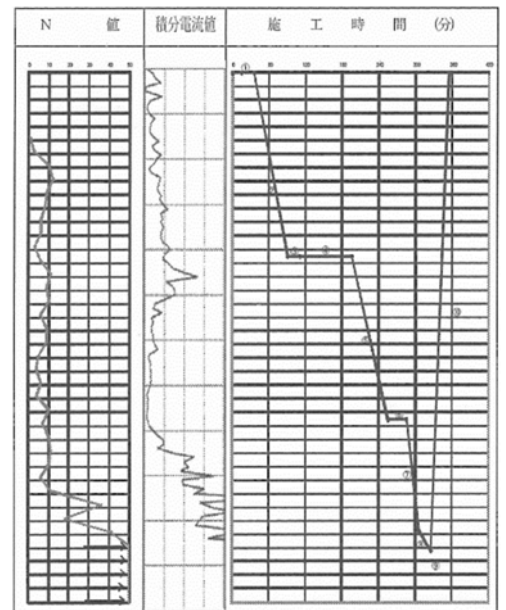


図-3 埋込み杭(中掘り杭)施工記録
(掘削電流抵抗値・施工時間)³⁾

般になされる。ただし適正な構造物基礎杭の設計施工法のためには複雑な自然地盤の地層構成（各層力学・変形特性や支持層不陸・傾斜，連続性等）の密な情報を得る事が望ましい。しかしながらボーリング調査数に限りがあり，でき得る工学的範囲でそれらを判読し杭設計施工を実施せざるを得ないケースもある。その際には逆論として，例えば杭打ち施工をある種の貫入試験さらにオーガ掘削を試掘調査と考え，施工中にそのデータを注視し，事前地質調査と対比つまり施工情報と連動・連携する事で，施工トラブルの回避が可能と考えられる。

（２）．杭長変化・杭種変更の再設計診断

構造物基礎杭の施工時に種々の要因（支持層不陸や湧水発生等多数有り）でトラブルが発生する場合がある。これは地質調査不足や設計施工法の不備が主な要因であるが，その対策工として原因を排除するための物理的手法はマニュアルや要領に記載されている。ただし杭長や杭種の変更となった場合の最終的方策はやや不明瞭である。一基礎内で杭長のばらつきが生じた際は短杭に応力集中する懸念があり，杭種が一部変更（例えば打込み杭の数本に高止まりが生じ中掘り杭に変更）した場合は杭基礎全体のメカニズムが当初設計と異なる事も想定される。そのため，このような変更が生じた場合には必ず変更した基礎杭形式で，常時・地震時の再設計診断が必須である。その際の再設計はフレーム解析や非線形有限要素解析等の厳格な手法が有効である。

（３）．再チェックボーリング・載荷試験活用・設計フィードバック

基礎杭施工時に支持力が明らかに不明確な際は，チェックボーリングによる支持層の再確認が必須であり，必要に応じ載荷試験実施による杭鉛直支持力検証が有効である。載荷試験は高価で時間を要するが，設計値確認のみとして実施するのではなく，試験の信頼性から設計部分係数（安全率）の低減と更には試験実反力を現設計にフィードバックする事で杭緒元のスリム化を図る事が可能な標準試験の位置付けで実施すべきである。日本においてはこのシステムは確立していないが，海外に習った同様の取り組みが今後の展望である。この手法は，多少意味合いが異なると考えるが設計反映の情報化施工すなわち i-Construction と捉える事もできる。

（４）．性能規定化の考慮・産学官関係者共有

基礎杭支持力は杭体と周辺・先端地盤との相対剛性に支配される事を共通概念として認識する必要がある。つまり構造物基礎杭の新たな統合施工管理技術の確立のためには，実務者のみが正規の具体的杭施工管理を承知していれば良いという事ではない。構造物設計の性能規定化および災害対応等を考慮すれば，関係する産学官全体が，種々の重要管理事項を共有する事が求められていると考える。その取り組みから，施工性がスムーズとなり，更には今後の地域性に特化した地質調査・杭種のデータベース化も可能と考える次第である。

５．まとめ

本報では，構造物基礎杭の合理的現場施工管理技術の新たな確立を目的に，特に実務判断で困難が想定される打込み杭工法と埋込み杭工法の課題を抽出し考察した。その結果，関係者全員が新活用・共有すべき技術の方向性の一定成果を導いた。その詳細は，本論次頁に参考として総合施工管理技術の総括的提案を記載した。

参考文献

- 1). 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV下部構造編, pp.226-378, 2017.
- 2). 日本建築学会：建築基礎構造設計指針, pp.173-326, 2001.
- 3). 日本道路協会：杭基礎施工便覧 pp.85-216, 2015.
- 4). (例えば) 一般社団法人 鋼管杭・鋼矢板技術協会：鋼管杭・鋼管矢板基礎の設計と施工, pp.15-42, 2012.
- 5). (例えば) 一般社団法人コンクリートパイル建設技術協会：埋込み工法施工便覧, pp.305-320, 2012.
- 6). 公益社団法人地盤工学会：杭基礎のトラブルとその対策（第1回改訂版），252p, 2014.
- 7). 富澤幸一，三浦清一：火山灰地盤における杭基礎の支持力特性に関する検討，土木学会論文集 C Vol.63 No.1, pp.125-139, 2007.
- 8). 公益社団法人地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説 ー第1回改訂版ー, pp.223-271, 2002.
- 9). 江川拓也，西本聡，富澤幸一：打込み鋼管杭の動的・静的鉛直載荷試験結果の対比，第40回地盤工学研究発表会，pp.1531-1532, 2005.

<参考>

構造物基礎杭の打込み杭工法および埋込み杭工法の適正な施工管理法は、現行では各機関で明確に要領化されているとは言い難いとする。そこで今後のガイドライン策定に向けた施工管理技術（案）を参考とし総括した。

構造物基礎杭の総合施工管理技術の総括（提案）

打込み杭工法について

既製杭 打込み杭（鋼管杭・PHC 杭等）の現場鉛直施工管理法の提案

- (1) 打込み杭施工で動的管理式より現場で設計鉛直支持力に対して杭打止め判定を行う際は、リバウンド量 K の K_o と K_s の分離および正確な杭貫入量 S を計測するため、デジタル計測システムを用いる事を原則とする。実杭長は試験杭施工で決定されるが、動的管理式の確認は全杭検査を基本とする。
(動的管理式は種々の現場地盤種別より万能な支持力判定法ではないため、その適用限界からも一つの目安と扱うべきである。現在、約 15 種類程度の管理式があるが幾つかの式で検証するのも一法である。デジタル計測システムに予め利用する動的管理式および杭諸元を入力しておく事で、リアルタイムで現場打ち込み杭支持力算定が可能である。ただし当面は熟練者による静置手動計測と併用して良い。)
- (2) 打込み杭の施工管理では、鉛直性精度（傾斜・偏心不備排除）・打撃応力（杭頭部・先端部座屈回避）・総打撃回数（ハンマ選定・落下高管理）等の全ての観測値の総合的判断から支持力評価する事を必須とする。極端なハンマ重量の過打撃継続は杭頭・先端座屈や杭体損傷の懸念から避ける必要がある。
- (3) 打込み杭に施工時に支持力判断が不明瞭な際は、チェックボーリングによる支持層の再確認を行う。また必要に応じ载荷試験による杭鉛直支持力確認が有効である。杭鉛直载荷試験は設計値確認のみでなく、試験実反力を現設計にフィードバックする標準試験の実施が望ましい。簡便な試験法とし衝撃载荷試験があり多数実績を有する。（開端杭では管内土測定から概ねの杭先端閉塞効果が確認できる。杭鉛直载荷試験は静的载荷・急速载荷等が有り、打込み杭以外の杭種でも支持力検証が可能である。）
- (4) 打込み杭工法の鋼管杭現場溶接および PHC 杭頭処理等は各基準に準じ行う事になるが、適正な杭鉛直施工を実施するためには、各箇所での X 線等の非破壊検査での杭体品質管理の現場実施を原則とする。
- (5) 打込み杭工法の管理データ共有は、当該現場の関係者全体が重要事項としコンプライアンス上の観点からも必須とする。一連の杭施工データは施工カルテとして保管し、地震・災害時等の対応資料とする。
- (6) その他（打込み杭工法・埋込み杭を含む全構造物基礎杭共通事項）
既往の有効な施工管理要領等は踏襲・厳守し、適正は構造物基礎杭の現場施工管理技術の推進に努める。ただし、工学的根拠により成立した実務者支援のための新たな杭施工管理技術の活用は妨げない。

埋込み杭工法について

既製杭 埋込み杭（中掘り杭・プレボーリング杭・鋼管ソイル杭等）の現場鉛直施工管理法の提案

- (1) 埋込み杭施工管理では（スパイラル等）オーガ施工の掘削速度・到達深度・（セメント）ミルク投入量の管理・計測を的確に行う事が最重要である。そのためには、全埋込み杭施工において掘削抵抗値である積分電流値・オーガ駆動電流値を深度毎に管理可能な統合的装置を用いることを原則とする。
（アナログ型電流計では計測結果に時間的要素が記録されない事から特殊事由や論拠がない限り、実現場では合理化と信頼性堅持の主旨から使用しない事とする。）
- (2) 埋込み杭の設計支持層到達を確認は最重要事項であるため、掘削電流抵抗値と同時に、オーガ先端部の付着土砂の直接目視等が有効であり、オペレータのみでなく現場実務者が共有し注視する必要がある。
- (3) 埋込み杭が支持層不陸から杭長や杭径が変更となった際は、必ず杭基礎全体系の常時・地震時の最設計診断を必ず行う事を原則とする。これは打込み杭を含めた他種杭基礎でも同様に必須である。
- (4) その他
（埋込み杭工法も打込み杭工法での記載内容と同様で、これは全構造物基礎杭の共通事項である。）

留意・検討事項について

- a). 本提案では、杭施工（特に打込み杭と埋込み杭）の安全性・正確性・信頼性を重視した。
- b). 新たな視点とし杭施工トラブル回避のため合理的に電子計測化を念頭とし、総合とは各種多角的な観測値の考察検討も意図とする。
- c). 杭施工の多様性より、他の課題解決は工学的・技術的知見によりその都度実現場で有識者協議により導く事が妥当である。
- d). 通常に厳守すべき付帯一般留意事項は、既往の杭基礎施工便覧および各機関杭施工マニュアル等を参考とされたい。
- e). 本提案は施工実務者支援を主たる目的とするが、産学官関係者全体の共有および共通認識が原則である。

なお、上述した打込み杭工法および埋込み杭工法の現場鉛直施工管理の提案事項は、調査・設計を適正に反映した施工技術を目指し、今後の要領化確立に向けた基礎資料の位置付けにあると考えている。あえて要領形式で記載した本総括（提案）の一端が、実務者支援および継続的検討の起首となる事が切望される。