

# 仮設H形鋼杭の打ち止め管理とバイブロハンマーの有効打ち込み力評価

Punching Management of Temporary H-shaped Steel Pile and Evaluation  
Of Effective Driving Force of Vibro-hammer

(株)砂子組 ○正員 山本 寛子 (Hiroko Yamamoto)  
 (株)砂子組 正員 井元 俊介 (Syunsuke Imoto)  
 (株)砂子組 非会員 佐藤 欣治 (Kinji Sato)  
 (株)砂子組 正員 長谷川 雅樹 (Masaki Hasegawa)  
 (株)砂子組 正員 古川 大輔 (Daisuke Furukawa)

## 1. はじめに

仮設H形鋼杭を打込む際、支持層が無い場合の打ち止め管理方法については、一般的に仮設構造物工指針<sup>1)</sup>、杭基礎施工便覧<sup>2)</sup>、バイブロハンマ設計施工指針<sup>3)</sup>に基づき実施されているが、その方法は必ずしも明確に規定されていない。施工箇所の地質は、図-1に示す通り、杭先端部でN値15程度の粘性土となっており、支持層と判断できないことから、図-2に示す打ち止め管理フロー<sup>2)</sup>に該当しない。したがって当現場では、仮設H鋼杭を打ち込むに際し、事前に支持層のない場合の打ち止め管理フローを作成し、引抜き試験により仮設杭摩擦力を測定して、支持力確認を行うものとした。また、バイブロハンマーの打込みは、あまり考慮されてないクレーンによる吊りながらの有効打ち込み力に関しても、打込み試験で確認を試みた。

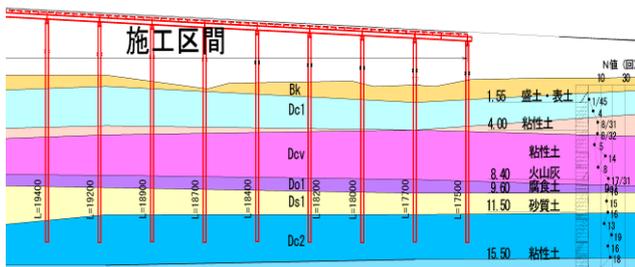


図-1 地質縦断面図

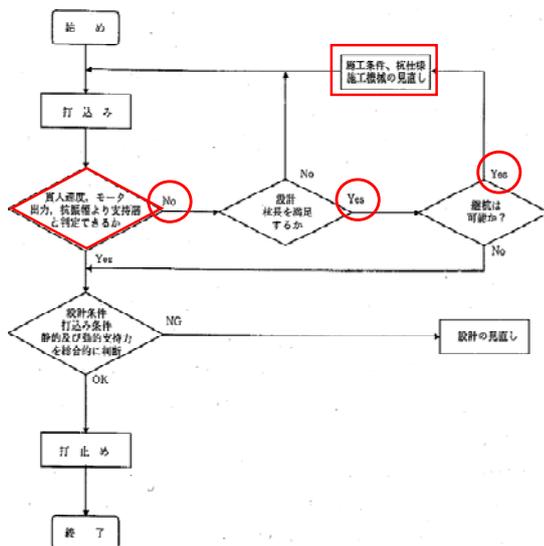


図-2 杭打ち止め管理フロー<sup>2)</sup>

## 2. 支持層のない場合の打ち止め管理フロー(施工前)

図-3より、当現場における支持層が無い場合の打ち止め管理フローでは、所定の根入れ長を計画通り打込むことを前提条件とし、設計値(発生鉛直力および許容支持力)に対し、引抜き試験の結果から得られた支持力で判定を行うものとし、動的支持力の算定式は参考値とした。

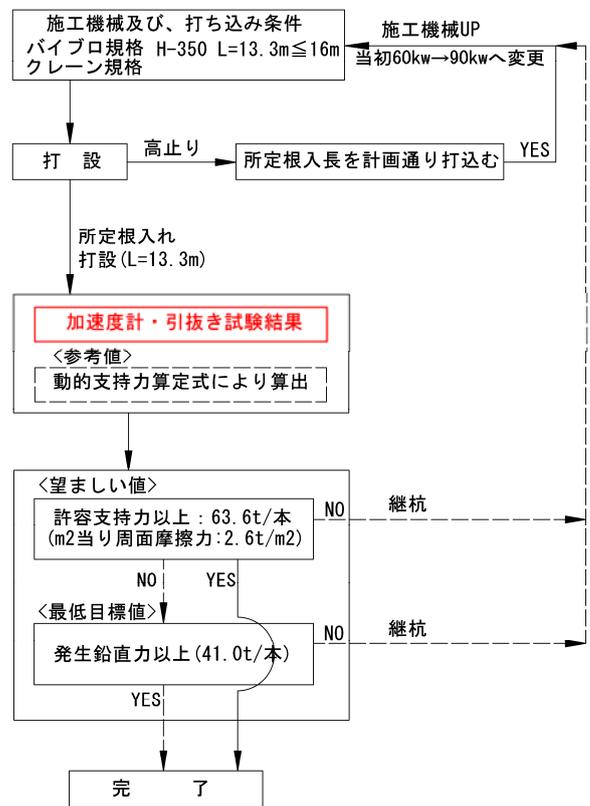


図-3 支持層のない場合の打ち止め管理フロー(施工前)

## 3. 計測概要

図-4に歪みゲージおよび加速度計の設置位置を、写真-1に計測機取り付け状況を示す。測定方向は軸方向とし、歪みゲージは仮設杭上端より1.5m下、下端より1.0m上のフランジに対抗位置に各2点配置し、延長ケーブル(ETFE4C シールド付)は歪みゲージも含めてアルミテープで杭体に定着させ、打込み時の地盤抵抗から保護した。杭頭には加速度計を仮設杭1.5m下のウェブ上に1点配置し、動的な杭の軸力(歪み)をユニバーサルレ

コーダ(EDX-10A)によりサンプリング周波数 1000HZ で計測した。また、図-5 に引抜き試験の計測装置概要を示す。地盤反力確保のため、敷鉄板と 30cm の砂利基礎置換えを行い、油圧ジャッキ(100t) 2台により、杭に引抜き荷重を加えた。引抜き荷重は設計支持力となる 41.0 t、63.6t 付近で荷重持続を行い、仮設杭の荷重および杭軸力(歪み)を計測した。この時の杭軸力は、打込み時に設置した歪みゲージを利用し、ユニバーサルレコーダ(EDX-10A)によりサンプリング速度 1HZ で計測した。

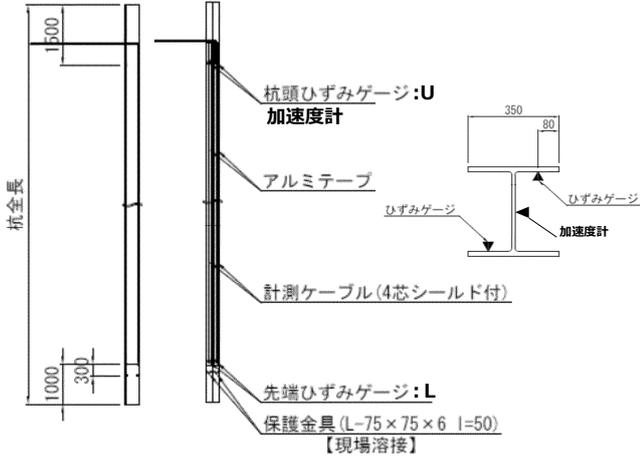


図-4 仮設杭歪みゲージおよび加速度計配置図



写真-1 計測機器取り付け状況

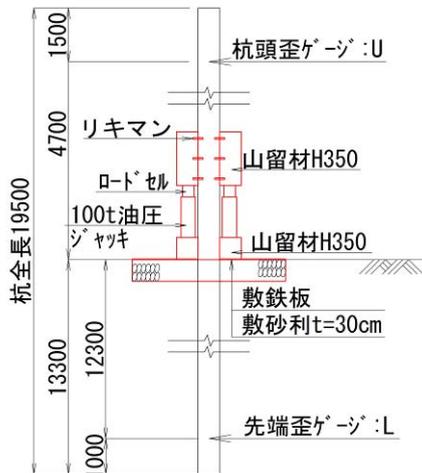


図-5 引抜き試験計測装置概要図

#### 4. 引抜き試験

##### (1) 試験結果

- 図-6 より、引抜き荷重 43t 持続時間(5 分)および、66t 持続時間(3 分)時に上下の歪み値に変化が見受けられた。
- レベル計測より(写真-2)、引抜き荷重 66t 時の引抜き量は 3mm であった。(除荷後 1.5mm まで減少)

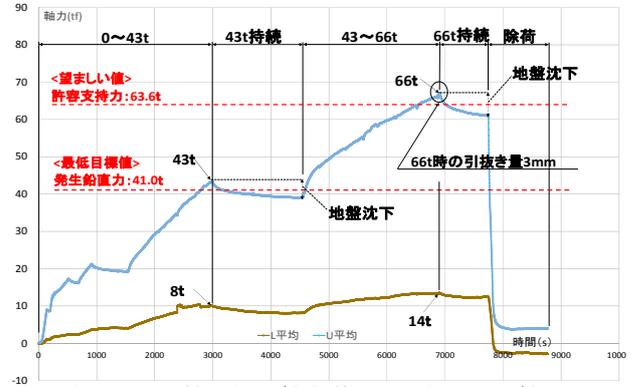


図-6 歪み値からの軸力(打込み長 13.3m 時)



写真-2 レベル計測による引抜き量の確認

##### (2) 周面摩擦力の算定

図-7 に示す、66t 時引抜き試験の結果から求められる周面摩擦力は次の通りとなり、図-8 に結果を示す。

- 根入れ 12.3m(13.3-1.0)区間の周面摩擦力  
杭頭部軸力 66 t - 杭先端部軸力 14 t = 52t
- 杭先端 1.0m 区間の周面摩擦力(想定)  
杭先端部軸力 14t - 杭下端部軸力 0t = 14t
- m<sup>2</sup> 当り周面摩擦力  
(52t+14t)/杭周長 1.4m/根入れ長 13.3m = 3.5t/m<sup>2</sup>

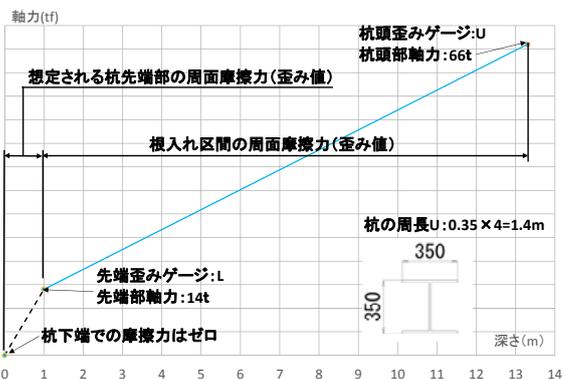


図-7 引抜き荷重 66t 時の周面摩擦力

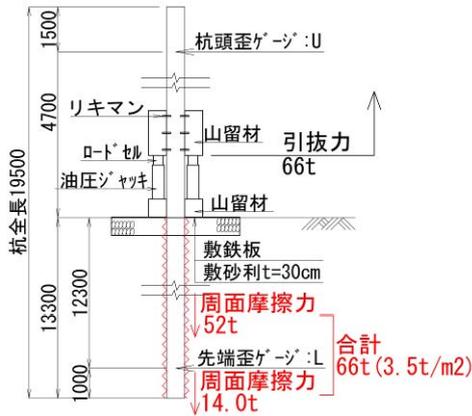


図-8 引抜き荷重 66t 時の周面摩擦力の結果

(3) 引抜き試験の考察

- 1) 引抜き荷重持続時間の歪値の変化は、加圧中に発生した、地盤沈下(-50mm 程度)のためと考えられる。除荷後は-5mm 程度まで地盤が戻ったため、地耐力に問題はない。
- 2) 引抜き荷重 66t 時の引抜き量が 3mm と、経験的に十分小さい値であるため、設計許容支持力 63.6t 以上の支持力が担保されていることが確認できた。
- 3) また、杭の周面摩擦においても、設計許容支持力：63.6t (2.6t/m<sup>2</sup>) 以上の周面摩擦力：66.0t (3.5t/m<sup>2</sup>) が確認できた。
- 4) 本来はこれに先端支持力も加わるため、当現場では十分な支持力が確保されていることが判明し、所定根入れ長を短くできる可能性も考えられる。
- 5) したがって今後は、支持層のない仮設杭の打止め管理の場合は、図-9 に示す管理フローにより、着工前の試験杭で、適度な打込み長毎に引抜き試験を実施し、設計許容値以上の支持力が確保できた時点で打ち止めとすることで、施工性の効率化を図ることも可能と考えられる。

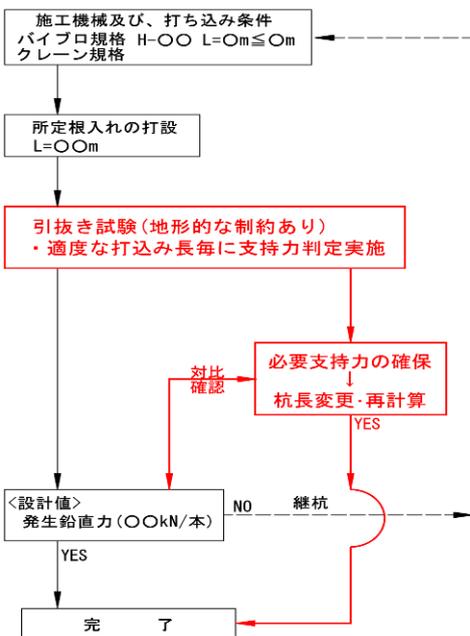


図-9 支持層のない仮設杭の打ち止め管理フロー

5. バイブロハンマー有効打込み力

(1) 打込み試験結果

打込みは、電動バイブロハンマー90kw で行い、打込み長 13.0m 時の計測データ(図-10)より以下の結果を得た。

- 1) 1 打撃当りの加速度計、上下歪みゲージの波形にずれが生じている。
- 2) 打込み速度は 1.83mm/s (打込み長 13.3m, 打込み時間 118 分)であった。
- 3) バイブロハンマーの打込み力に対し、杭頭および、杭先端部にかかる軸力が大きくロスしている。(バイブロ打込み力 55t → 杭頭 20t → 杭先端部 6t)

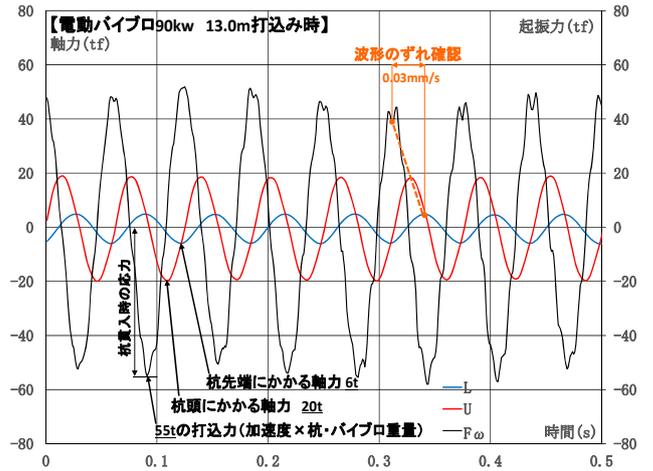


図-10 バイブロ打込み力と軸力の波形

(2) 打込み試験の考察

- 1) 1 打撃当りの波形のずれは、打込み時の状態が、杭上端はフリー、杭下端は土中部で固定されているため、杭のねじれによる位相のずれと思われる。
- 2) 杭打ち込み速度は、打ち止め時の目安 10mm/s<sup>2</sup> を大きく下回り、打込みに要する時間が長いことから、杭の摩擦力が非常に高いことが推測される。
- 3) バイブロ打込み力は、図-11(a)に示す通り、打込み力=杭頭軸力となるべきだが、計測値となる(b)(C)では、バイブロ打込み力が、杭頭軸力で大きく減少していることが判明した。これは仮設杭の杭芯、打込み角度がずれないように、吊り気味にして徐々に打ち下げながら打込みを行っているためと推測される。



写真-3 仮設杭打込み状況

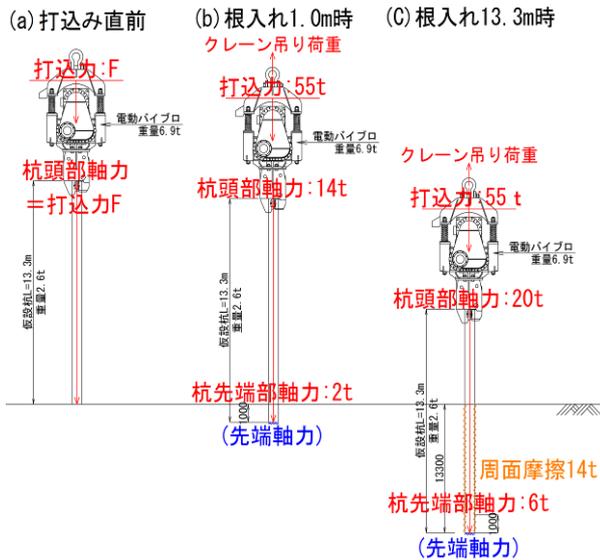


図-11 バイブロの打込み力と軸力の概略図

- 4) この時のバイブロハンマー打込み時の吊荷重は本試験では不明である。
- 5) 図-11(b)(c)より、杭頭部から杭先端部間の軸力の減少は周面摩擦力によるものであるが、吊りながらの打ち込みのため、打込み時の周面摩擦力であるかは不明である。
- 6) 図-10による、打込み力および杭頭・先端部の軸力は、0.1秒に満たない極めて短い時間での振幅となるため、図-12より上下に働く力の差を平均値化した結果、打込み力6t、杭頭・杭先端部の軸力は1.1tとなり、杭先端部にはほぼ打込み力は届いていないことが確認できる。
- 7) 図-13より、打込み力における軸力の割合を伝達関数として整理すると、打込み力に対して杭頭部では40%、杭先端部では10%程度しか軸力が伝達していないことが確認できる。
- 8) したがって、バイブロハンマーの打込みは、バイブロハンマーの強制振動力(起振力・振幅・加速度)をチャック装置を介して杭に伝え、杭周辺の周面摩擦および先端抵抗力を低減させ、バイブロハンマーと杭体の自重で打込みを行っている可能性が高いことが確認できた。
- 9) 以上より、バイブロハンマーの打込み力が大きくロスし、打込み力が効率的に機能していないことが確認できた。効率的な仮設杭の打込みは、地質、クレーンオペレータの熟練度によって大きく左右されるものと思われるが、今後は、着工前の試験杭により、バイブロハンマーの打込み力を有効的に仮設杭に伝えるため、クレーン吊荷重をロードセル等の計測機によりモニタリングし、図-11(a)に示す、バイブロハンマー打込み力=杭頭軸力となるポイントを制御しながら打込むことを課題とし、仮設杭打ち込みの施工効率化を図ることが望ましいと思われる。

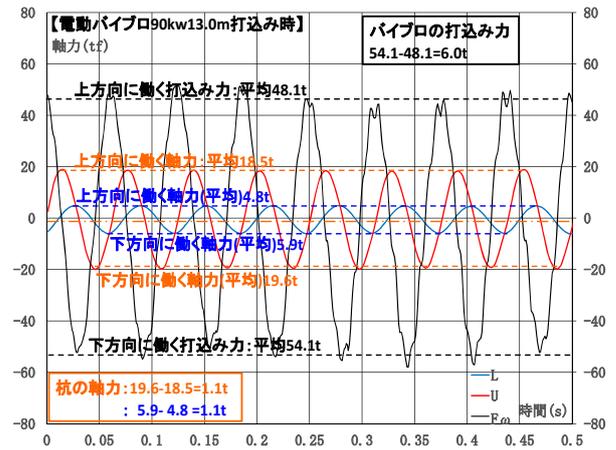


図-12 バイブロの打込み力と軸力の平均値

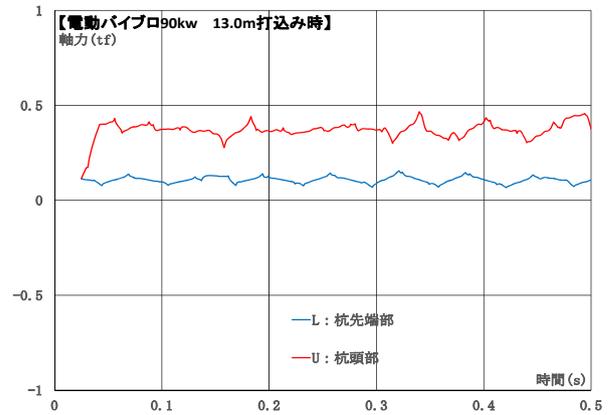


図-13 打込み力に対する上下軸力の伝達関数

## 6. まとめ

支持層のない場合の仮設杭の打ち止め管理は、①適度な打込み長毎の引抜き試験による支持力の確認、②打込み試験による効率的な打込み力の確認を行うために、着工前の試験杭による計測実施が極めて重要であると考えられる。

### 【参考文献】

- 1) 仮設構造物指針：H11, 日本道路協会
- 2) 杭基礎施工便覧：H27, 日本道路協会
- 3) バイブロハンマ設計施工便覧：H15, バイブロハンマ工法技術研究所
- 4) 峰延道路実施設計外一連業務：H27, 札幌開発建設部