

H 形鋼杭で実施した鉛直衝撃載荷試験の事例

鉛直衝撃載荷試験 H 形鋼杭 波形マッチング解析

ジャパンパイル(株) 正 熊谷 裕道 小嶋 英治
(株)ジオトップ 遠藤 勝美
北海道開発局 山口 悟
北海道開発土木研究所 国際 西本 聡 富澤 幸一

1. はじめに 杭の鉛直衝撃載荷試験は、ハンマー等により杭頭に動的荷重を加え、それにより発生する鉛直方向加速度および軸ひずみの時系列データを測定し、波動理論に基づいた解析を実施することで、杭の支持力特性を評価することを手法とする。この試験手法は、比較的低コストで試験時間が短く済むことから、最近では実施事例が増えている¹⁾。ただし、実施事例の杭種に着目すると、そのほとんどが鋼管杭と既製コンクリート杭とで占められている。鉛直衝撃載荷試験をより広範に適用することを考慮した場合、他の杭種での基礎データ収集が望まれる。

筆者らは今回、3 体の H 形鋼杭の鉛直衝撃載荷試験を実施する機会を得た。これらの H 形鋼杭は、仮設として用いることを意図したもので、支持機構に違いを持たせた。本論では同載荷試験の概要を述べるとともに、試験結果および解析結果について示している。

2. 試験杭および試験地盤 表 1 に、鉛直衝撃載荷試験の対象とした H 形鋼杭（以下、試験杭と称す）の仕様を示す。試験杭は計 3 体で、断面寸法はいずれも、H-300mm×300mm×10mm（ウェブ厚）/15mm（フランジ厚）である。載荷試験場所は傾斜地における仮栈橋の建設地であった。各杭を設置するための先行掘削には、ビット付きスクリーロッドを用いた。図 1 に、P1 を含む仮栈橋の断面図ならびに土質柱状図を示す。載荷試験時において、いずれの試験杭も杭先端部は支持地盤である軟岩層にほぼ到達していた。ただし、P1 は杭穴と杭周面部との間には何も充填しなかった。これに対して、P2 と P3 は、杭穴と杭周面部との間にセメントミルクを充填した。セメントミルクの養生期間は、P2 が 3 日間、P3 が 3 週間であった。

3. 測定概要 杭頭に動的荷重を加える装置として、いずれの試験杭においても 2.0ton のモンケンハンマーを使用した。載荷試験ではモンケンハンマーの落下高さを 0.1 ~ 2.0m まで変化させて、その都度、杭の鉛直方向加速度、ならびに軸方向ひずみの時系列データ（サンプリング間隔 15μsec、データ個数 5,000）を集録した。なお、加速度計およびひずみゲージの杭頭からの設置位置は、P1 が 450mm、P2 が 650mm、P3 が 700mm であった。また、加速度計およびひずみゲージは、ウェブ部分には弱軸を対称に 2 箇所、フランジ部分には強軸を対称に 2 箇所、それぞれ計 4 箇所設置した。

4. 試験結果および解析結果

4.1 上昇波形 図 2 に、P1 において、モンケン落下高さ 1.6m（測定点に発生した力 $F=1.63\text{MN}$ ）における軸方向力の上昇波形を示す。上昇波形を算定するうえでの加速度データおよびひずみデータは、センサー設置 4 箇所分の相加平均で評価している（以下同様）。なお、軸方向力は、正値が圧縮側、負値が引張側を示す。また、図中の点線は、杭体往復分の波動伝播時間を示す。これより、上昇波形は一部引張側（ ）に出ている。これは、杭先端部における地盤抵抗が比較的小さかった影響によるものと考えられる。この傾向は、他のモンケン落下高さでも確認された。図 3 に、P2 において、モンケン落下高さ 0.3m ($F=0.74\text{MN}$) と 1.6m ($F=1.58\text{MN}$) における軸方向力の上

表 1 試験杭の仕様

杭略称	杭長(m)	杭周状況	セメントミルク養生期間
P1	12.5	なし	-
P2	9.0	セメントミルク充填	3日間
P3	5.0		3週間

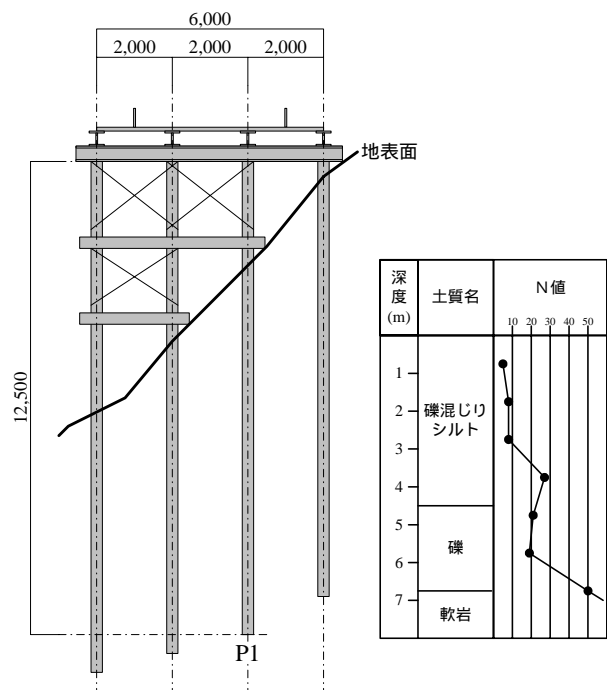


図 1 P1 断面図および土質柱状図

The cases of axial dynamic load test for steel H pile.

H.Kumagai, E.Kojima(Japan Pile Corp.),K.Endo(Geotop Corp.),S.Yamaguchi(Hokkaido Regional Development Bureau),

S.Nishimoto,K.Tomisawa(Civil Engineering Research Institute of Hokkaido)

昇波形をそれぞれ示す。0.3m 時の上昇波形は、セメントミルクによる周面摩擦抵抗の影響で圧縮側に出ている。これとは異なり、1.6m 時の上昇波形は一部引張側()に出ている。これは、0.3m 時と 1.6m 時との間に、モンケン落下高さを変えて試験を 5 回実施しているが、この間に周面摩擦が切れ、かつ杭先端部における地盤抵抗が比較的小さかった影響によると考えられる。図 4 に、P3 において、モンケン落下高さ 1.6m (F=1.84MN) における軸方向力の上昇波形を示す。これより、上昇波形は全て圧縮側に出ている。これは、事前にモンケン落下高さを変えて試験を 8 回実施しているが、杭穴と杭周面部との間に充填したセメントミルクの養生期間が 3 週間と比較的長かったため、P2 のケースとは異なり、周面摩擦がその間ほとんど切れなかったためと考えられる。

4.2 波形マッチング解析 衝撃载荷試験で得られた上昇波形に対して、一次元波動理論に基づく波形マッチング解析を実施し、各試験杭の静的抵抗値を同定した。波形マッチング解析に用いたソフトは、杭周面ならびに杭先端の地盤抵抗モデルに Smith モデルを採用しており、かつ差分法による解法を適用している²⁾。図 5 に、波形マッチング解析結果を示す。これより、周面に関しては、P2(0.3m)のケースで 0.42MN、P3(1.6m)のケースで 0.59 MN と、比較的大きな摩擦抵抗値が得られている。これは、杭周面に充填したセメントミルクの影響によるものと考えられる。先端に関しては、P1(1.6m)のケースで 0.54MN、P2(1.6m) のケースで 0.64 MN と、比較的大きな抵抗値が得られている。これは、P1(1.6m)ではもともと杭周にセメントミルクを用いておらず、また、P2(1.6m)ではセメントミルクによる周面摩擦が切れていたため、ともに杭頭打撃による下降波が杭先端まで到達し、先端抵抗の情報を含む上昇波が得られたためと考えられる。逆に、P2(0.3m)のケースで 0.00MN、P3(1.6m) のケースで 0.04 MN と、先端抵抗値はほとんど得られていない。これは、いずれもセメントミルクによる周面抵抗の影響で、先端抵抗の情報を含む上昇波が得られなかったためと考えられる。特に P3 の場合、より重いハンマーを採用するなどして周面摩擦を切らせることが出来れば、P1(1.6m) のケースや、P2(1.6m) のケースと同等の先端抵抗値が得られたものと考えられる。

5. まとめ 支持機構が異なる 3 体の H 形鋼杭について、鉛直衝撃载荷試験を実施した。それより、以下のような結果が得られた。

- (1) 杭周にセメントミルクを充填しなかった試験杭では、比較的大きな先端抵抗値が得られた。ただし、杭周面の摩擦抵抗値はほとんど得られなかった。
- (2) 杭周に充填したセメントミルクの養生期間を 3 日間とした試験杭では当初、杭周面の摩擦抵抗値は得られたが、先端抵抗値は得られなかった。ただし、モンケンハンマーの落下高さを増やすにつれて杭周面の摩擦は切れ、最終的には先端抵抗値は得られたが、杭周面の摩擦抵抗値はほとんど得られなかった。
- (3) 杭周に充填したセメントミルクの養生期間を 3 週間とした試験杭では、最も大きな摩擦抵抗値が得られた。ただし、周面抵抗の影響により、杭先端に関しては同試験杭が保有する抵抗を検出するに至らなかった。

【参考文献】 1) 脇屋・柴田・西海・西村・林・松本：日本における動的载荷試験の利用状況と支持力の推定精度について、第 35 回地盤工学研究発表会論文集、pp29-30,2000.6 2) 小嶋・桑山：杭の衝撃载荷試験の開発と実験による検証、第 48 回地盤工学シンポジウム、pp99-106,2003.11

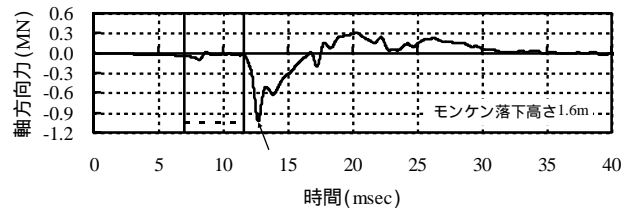


図 2 上昇波形 (P1)

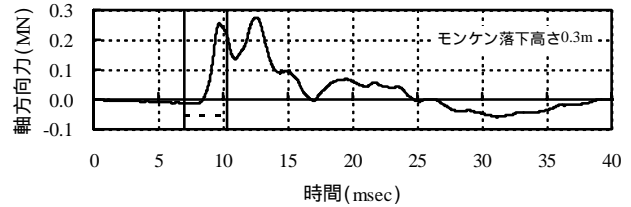


図 3 上昇波形 (P2)

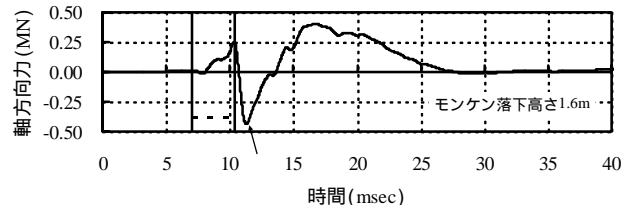


図 4 上昇波形 (P2)

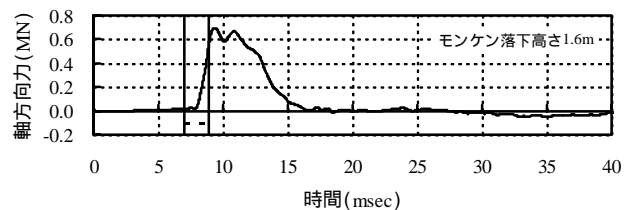
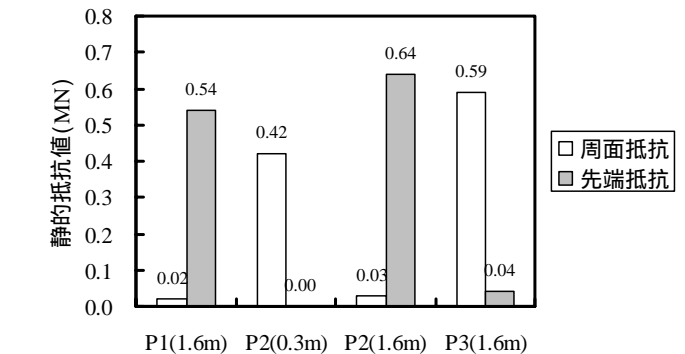


図 5 上昇波形 (P3)



()内はモンケン落下高さを示す。

図 5 波形マッチング解析結果