

衝撃載荷試験に基づく鋼管矢板の継ぎ手管特性

鋼管矢板、衝撃載荷試験、支持力

北海道開発土木研究所 正会員 富澤幸一
(株)ジオトップ 技術開発本部 正会員 小嶋英治

1. はじめに

鋼管矢板基礎は、最終的に鋼管矢板を閉合させた一体基礎とする必要があるが、継ぎ手管の存在により単独杭に比べ打込みが困難となる傾向にあることから、打止め判定に関わる明確な施工管理手法が確立されていない現況にある。

そのため、鋼管矢板基礎の適正な施工管理法確立のための基礎資料を得る目的から、新たな試みとして長尺鋼管矢板基礎現場において衝撃載荷試験を実施した。本報では、衝撃載荷試験結果から、特に鋼管矢板の鉛直支持力検証のために技術的懸案と考えられる継ぎ手管の抵抗力特性および支持機構について考察を行った。

2. 現場概要

鋼管矢板基礎の衝撃載荷試験を実施した対象現場は、北海道開発局管内 一般国道 38 号 新釧路川橋 P4 橋脚(鋼管矢板 SKY400 1000mm, 厚さ $t=12\text{mm}$, 矢板長 $L=61.5\text{m}$, 矢板本数 $n=26$ 本)である。また、当該現場地盤は深さ 40 ~ 50m 程度まで非常に軟弱な第四紀沖積シルトが分布しており、支持層は 60m 以深の砂礫層に求めている。なお、鋼管矢板施工では 5 ロッドの現場接合を必要とするが、施工性および矢板打設に伴う残留応力を考慮し 1 本置きに先打ち矢板を打ちその間に後打ち矢板を打込み各ロッド毎で閉合させる方式としている。また、鋼管矢板の継ぎ手管形状については、当該の P4 鋼管矢板基礎では一般形式の P-P 型としている。

3. 衝撃載荷試験法

衝撃載荷試験は、鉛直に設置された単杭に軸方向衝撃力を作用させ、動ひずみ・加速度の測定値から波動理論に基づく解析により抵抗力を算定する試験で、実用的試験法としてマニュアル化されている¹⁾。一般に、杭体の軸方向に短時間の荷重を加えた場合、応力波は杭体軸方向に伝播するがこの波動現象は下記の一次元波動方程式で表される。

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} \quad c: \text{応力波伝播速度}(\text{m/sec}^2) \quad u: \text{変位}(\text{m}) \quad x: \text{位置}(\text{m}) \quad t: \text{時間}(\text{sec})$$

杭支持力は、動ひずみおよび加速度測定値を一次元波動理論の一般解を用い、杭頭に与えた打撃による入射波と反射波との和が地盤抵抗と釣り合うとした CASE 法¹⁾により全抵抗 $R_t (= \text{静的抵抗成分 } R_s + \text{動的抵抗成分 } R_d)$ として算定される。このため衝撃載荷試験は、一般に単独の鋼杭・既成コンクリート杭など実施されているものであるが、今回鋼管矢板基礎の鉛直支持力算定のための衝撃載荷試験の適用手法を新たに考案した。

図 - 1 に、本衝撃載荷試験の検討イメージ図を示す。鋼管矢板の鉛直支持力は単独杭と異なり、閉合された鋼管矢板 1 本(以下、単独鋼管矢板と称す)の鉛直支持力 P_1 は先端支持力 A と周面抵抗 B の他に継ぎ手部に生じる抵抗 C からなると考えられる。つまり、 $P_1=A+B+C$ の関係にある。また、閉合された鋼管矢板のうちの 2 本(以下、連結鋼管矢板と称す)を同時に打撃するジグを用いて衝撃載荷試験を行えば、継ぎ手管の競り合いは無視できることから、連結鋼管矢板の鉛直支持力は $P_2=2A+2B+C$ であると考えられる。したがって、単独鋼管矢板の鉛直支持力 P_1 と連結鋼管矢板の鉛直支持力 P_2 が算定されれば、中間の継ぎ手管の抵抗 C を除去した矢板支持力 P は、次式で示すように P_2 と P_1 の差より算定が可能となる。

$$P = P_2 - P_1 = (2A+2B+C) - (A+B+C) = A+B$$

連結鋼管矢板では 2 本の鋼管矢板を同時に打撃するジグだけでなく、連結鋼管矢板とその中央にある継ぎ手管を溶接することにより、継ぎ手管の競り合いを無視出来るように配慮した。また、衝撃載荷試験は、油圧ハンマ(ラム重量 11.5ton)の落下高さを変化させて実施した。

4. 動的抵抗力

衝撃載荷試験による鋼管矢板の支持力を確認するため、横軸に杭頭ひずみより求めた力の最大値を、縦軸に CASE 法で求めた動的抵抗の最大値の関係を図 - 2 に示した。単独鋼管矢板の結果は、杭頭に取り付けた軸対象の一对の加速度計、ひずみ計の平均値から求めた。また、連結鋼管矢板は同様に矢板 2 本の 4 測定点の平均値から求めた。図 - 2 の単独鋼管矢板の 1, 2 は連結鋼管矢板のそれぞれ独立に打撃した結果を、連結鋼管矢板の 1, 2 は 2 回行った結果を示した。ただし、図中の連結鋼管矢板の頭部に発生した力および動的支持力は、単独鋼管矢板との比較のため、1 本分の値で示

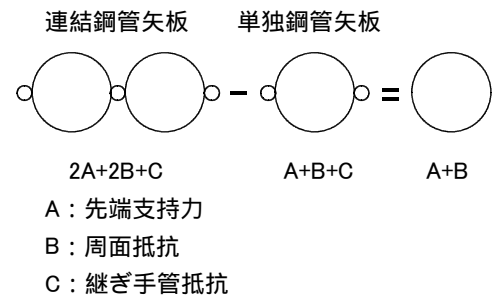


図 - 1 衝撃載荷試験検討イメージ図

Characteristics on joints of steel-pipe sheet pile foundation by dynamic loading tests

Kouichi TOMISAWA,eiji KOJIMA (Civil Engineering Research Institute of Hokkaido,Geotop Corporation Technology Development Division)

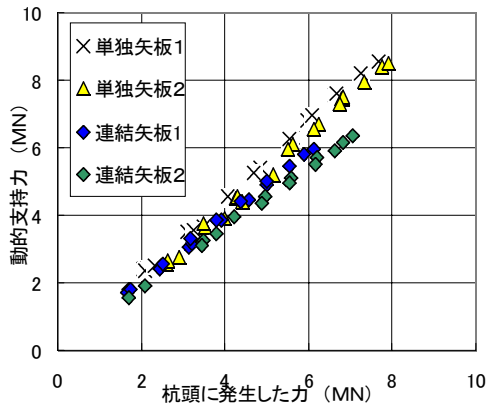


図 - 2 CASE法による動的抵抗力

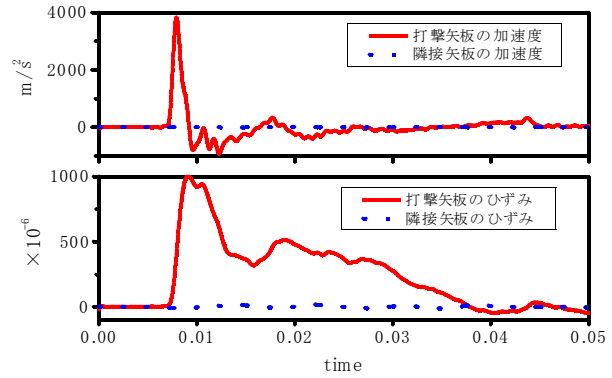


図 - 3 鋼管矢板打撃時の隣接矢板への影響

した。単独鋼管矢板・連結鋼管矢板のデータは、杭頭に発生した力に対して動的支持力は比例関係を示しておりデータの再現性が良いことが分かる。単独鋼管矢板と連結鋼管矢板の違いは鋼管矢板 2 本当りの力の差を示している。矢板打止めの試験時では矢板の貫入量は過小であり、その結果衝撃力は鋼管矢板先端まで伝達されていないものと想定される。

5. 隣接鋼管矢板の打撃力影響

鋼管矢板打設時の継ぎ手管を介した隣接矢板への影響を検証した。調査は単独および連結鋼管矢板において、鋼管矢板打撃時の隣接矢板の加速度と動ひずみの同時測定によった。図 - 3 に単独鋼管矢板の調査結果を示す。上図が加速度波形で、下図が動ひずみ波形である。また、図中の実線が打撃した鋼管矢板で、点線が隣接した鋼管矢板を表している。この結果、打撃した鋼管矢板のみが打込まれ、隣接鋼管矢板にはほとんど影響のないことが確認できる。目視によれば鋼管矢板が互いに継ぎ手管でかみ合っていることから、打設時における継ぎ手管の抵抗力が大きいことが推定できる。

6. 継ぎ手管抵抗

衝撃載荷試験の結果得られた、単独鋼管矢板と連結鋼管矢板の関係から矢板 1 本当りの杭頭の力（ひずみから換算）の最大値の等しい反射波を、それぞれ図 - 4 に示した。連結鋼管矢板の油圧ハンマの高さ 1.8m と等しい単独鋼管矢板の落下高さは 1.575m であった。矢板に生じる往復の波動時間は図中の下線で示した約 7.5 ~ 30ms 内である。試験システムより、下線の 30ms の左側が矢板頭部の与えられるもので鋼管矢板周面抵抗 B と継ぎ手部に生じる抵抗 C による後退波である。また、下線より右側が先端支持力 A により生じる後退波であり、矢板先端に打撃力が伝達されていないと推定される。その結果、当初の検討に従い、単独鋼管矢板の鉛直支持力 P1 および連結鋼管矢板の鉛直支持力 P2 は、矢板先端への打撃力の伝達が少ないとして先端支持力 A = 0 とすれば、それぞれ次式の関係が得られる。

$$P1 = B+C \quad P2 = 2B+C$$

さらに、図より単独鋼管矢板と連結鋼管矢板の反射波形がほぼ合致していることが分かるが、これは鋼管矢板に生じる往復の波動時間内では $P1 = P2$ の関係にあることを意味する。つまり、周面抵抗 B = 0 すなわち鋼管矢板周面摩擦力が発現されていないことになり、このことは当該地盤の軟弱な土質柱状とも合致する。従って、反射波の算定から得られる最大約 2MN の抵抗力は継ぎ手部に生じる抵抗 C と考察することができる。

7. 結論

衝撃載荷試験の実施により、入射波と反射波を分離した解析から、継ぎ手管本体が持つ抵抗力は比較的大きいことなど、現況で不明瞭とされている鋼管矢板の支持力特性が概ね明らかとなった。特に今回の鋼管矢板における衝撃載荷試験の研究活用²⁾は、今後の合理的施工管理法の確立に向けた、継ぎ手管の影響を考慮した鋼管矢板の鉛直支持力算定法の新たな可能性を見出したものとする。

- 参考文献 -

- 1) 地盤工学会：杭鉛直載荷試験方法・同解説 2002.5
- 2) 富澤幸一・西川純一：鋼管矢板基礎の継ぎ手特性を考慮した鉛直支持機構について - 現場打撃試験・衝撃載荷試験による支持力評価法 - 地盤工学会北海道支部 第 43 回年次学術報告会 2003.2

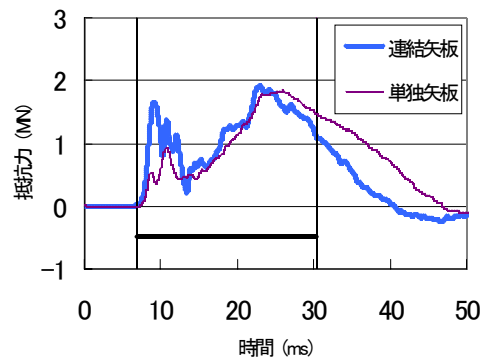


図-4 単独矢板と接続矢板の反射波形