

Ⅲ-444

能越3号橋打込み鋼管杭の施工・支持力管理（その2）

一 動的載荷試験による支持力特性の推定 一

NKK基盤技術研究所 正会員 ○林 正宏
 石川県土木部 二塚 保之
 （株）吉光組 正会員 道 勇治
 金沢大学工学部 正会員 松本 樹典

1. はじめに

石川県能登半島内の能越自動車道3号橋建設に伴い、施工管理、支持力確認および荷重一沈下関係の推定を目的として、珪藻泥岩地盤において鋼管杭の動的載荷試験を実施した。工事概要および各種支持力推定式での支持力比較については、「能越3号橋打込み鋼管杭の施工・支持力管理（その1）ー各種支持力推定式の信頼性についてー」を参照されたい。本報では、波形マッチング解析を実施し、それぞれの杭の支持力特性を推定した結果について述べる。

2. 動的載荷試験

動的載荷試験では、F P D S (Foundation Pile Diagnostic System、TNO)を用いて動的測定を実施した。このシステムは、杭頭部にひずみ・加速度センサーを取り付け、打撃ごとの力・速度波形を測定し、抵抗力や打撃エネルギーなどを求めるものである。動的載荷試験はP1橋脚（全12本）とA1橋台（全20本）について実施した。本報ではその内のP1橋脚について報告をする。全12本の杭の内、10本について初期打撃時と再打撃時の測定を実施し、既設杭の2本については再打撃時の測定を実施した。杭の諸元を表-1に示す。

表-1 杭の諸元

長さ	L (m)	10.0
外径	D (mm)	600.0
板厚	t_w (mm)	9.0
断面積	A (mm ²)	0.0167
ヤング率	E (tf/m ²)	2.1×10^7
密度	ρ (t/m ³)	7.85
波速度	v_o (m/s)	5120
質量	m (t)	1.337

図-1に代表的な1本の杭の深度ごとのCASE法による全抵抗力 R_d ($J_c=0$ とした場合)、1打当たり

の貫入量 S およびハンマーから杭への伝達エネルギー E_H の分布を示す。他の杭も同様に杭先端深度が大きくなるほど全抵抗力・ハンマーエネルギーが増加し、貫入量が小さくなる傾向を示していた。図-2に全杭の深度ごとの全抵抗力の分布を示す。同地盤・同仕様の杭であっても全抵抗力はこの図に示す程度のばらつきを持っていることがわかる。

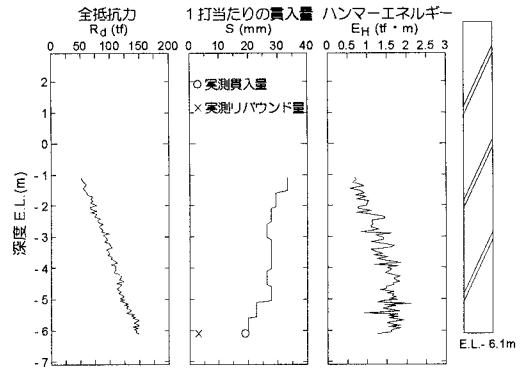


図-1 動的載荷試験の測定結果（代表的な杭）

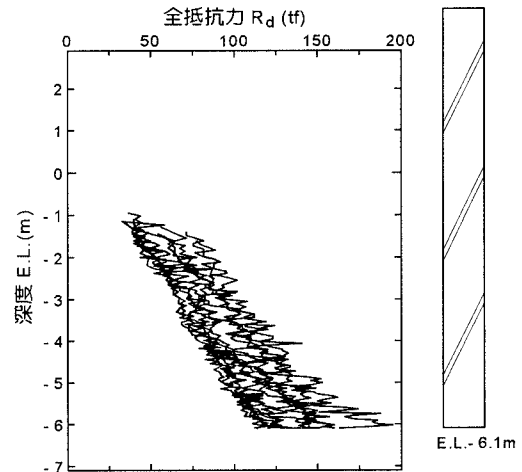


図-2 深度～全抵抗力分布（全杭表示）

3. 波形マッチング解析

各杭の初期打撃時最終打撃付近と再打撃時の測定波形について、特性曲線解析法による波形マッチング解析（TNOWAVE）を実施した。この解析では周面抵抗力と先端抵抗力を分離して求めることができ、より詳細な支持力解析を行うことができる。この解析で設定した地盤定数を用いて、荷重—沈下関係の解析を実施した結果の一例を図-3に示す。経過時間が9分後の再打撃時の荷重—沈下関係は初期打撃時に比べ、抵抗力が回復した様子をよく示している。また、全杭の初期打撃時と再打撃時の荷重—沈下関係を表した結果を図-4に示す。初期打撃時と比較して再打撃時の結果はどの杭も抵抗力が回復している。波形マッチング解析における周面抵抗力と先端抵抗力の分担率はほぼ同等であり、150～250tf前後で周面から先端に荷重の伝達が行われていく様子が見られる。また、時間経過による回復度合いの違いなどの影響もあるが、静的最大荷重のばらつきは100tf程度に収まっている。

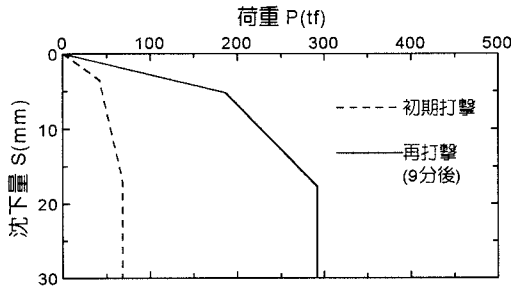


図-3 荷重—沈下関係（代表的な杭）

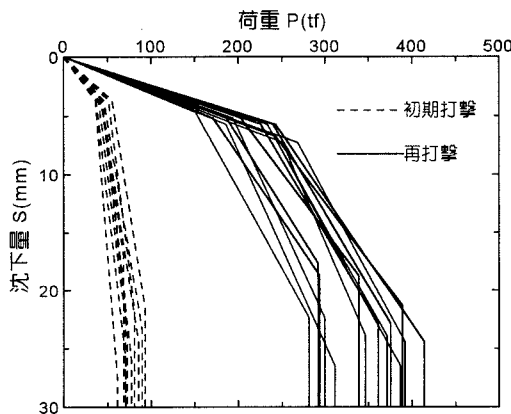


図-4 荷重—沈下関係（全杭表示）

図-5は再打撃までの経過時間に伴う抵抗力の変化を表わしている。白丸はCASE法による全抵抗力であり、黒丸は波形マッチング解析により得られた静的抵抗力 R_s である。2分後の再打撃での静的抵抗力は初期打撃時と比較して約4倍となり、100分程度で抵抗力の回復はほぼ完了している様子が見られた。その時の初期打撃と再打撃との比（セットアップ）は約5倍程度であった。また、100分以上の経過時間で再打撃を実施した結果については、設計極限支持力値を上回る値を示しており、100分以下の再打撃の結果についても100分以上の時間が経過すれば、設計極限支持力値を満足する結果が得られるものといえる。このように全ての杭について静的抵抗力を確認することができる場合には、杭の支持力の安全率を低減させることも可能であるといえる。

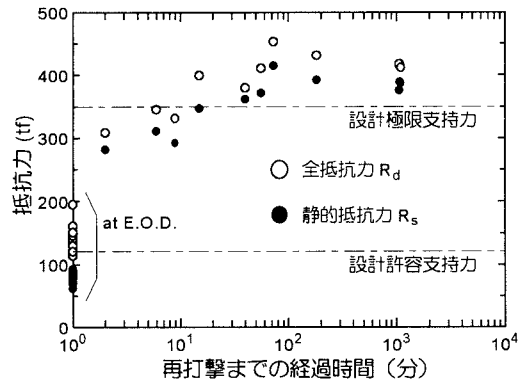


図-5 経過時間と抵抗力

4. おわりに

実施工の現場に動的載荷試験の全数測定の実用を試みた。杭打込みは3月13日から16日までの4日間実施されたが、動的載荷試験による施工工程の遅れなど生ずることもなく、通常の杭打ちを実施することができた。このことより、実施現場への動的載荷試験の施工工程上の適応は十分可能であることを示した。また、動的載荷試験により各杭の支持力特性を把握することにより、杭基礎全体の信頼性を確認することができた。A1橋台の杭の動的載荷試験結果については、別の機会に投稿予定である。