

波動論を用いた鋼管矢板基礎杭の打込み管理

日本道路公団 四日市工事事務所
大林組 木曾川橋 J V 工事事務所
大林組 技術研究所

本荘 清司 前田 晴人
正会員 平櫛 督彦 ○小西 伸彦
正会員 喜多 直之

1. まえがき

第二名神木曾川橋下部工における鋼管矢板井筒工事に先だって、支持力確認のため鋼管杭の静的載荷試験を実施した。その際、試験杭および反力杭の打設にあたっては動的載荷試験を計画・実施し、結果を波動論に基づいて検討した。本報告は、これらの試験の結果から従来の動的支持力式では考慮できないハンマ種類の影響やセットアップ効果について考察し、本工事の施工管理への適用について述べたものである。

2. 支持力管理の現状

動的支持力式による打込み杭の支持力管理は、杭の大径化・長尺化やハンマの高性能化によってその適用範囲を超えることが多くなっている。そのため経験的な係数を便宜的に使用するなどの対策がとられており、支持力算出式としての合理性・信頼性に問題がある。一方、波動論に基づいた支持力管理手法は支持力算定だけではなく、周面摩擦力と先端支持力の分担状況や打撃貫入性の検討も可能であることなど多くの利点があることから、欧米の各国ではすでに基準化されて広く適用されている。

3. 試験工事結果

静的載荷試験を実施した P 2 橋脚地点の地盤柱状図と杭の位置を図-1 に、杭諸元を表-1 に示す。静的載荷試験の結果からは、先端閉塞効果が小さかったこと、シルト層の周面摩擦力が非常に小さく先端付近の硬い層に依存した支持機構であることがわかった。動的載荷試験は、ひずみ計・加速度計を杭頭付近に取り付けて実施した。各杭の施工方法を表-2 に示す。TP-42.0m までバイプロハンマで施工した後、No. 1 と No. 2 を日本車輛 NH-150B (ラム重量 15tf) で、No. 3 から No. 5 を IHC 社 S-200 (ラム重量 10tf) (ともに油圧ハンマ) で所定の位置まで打ち込んだ。

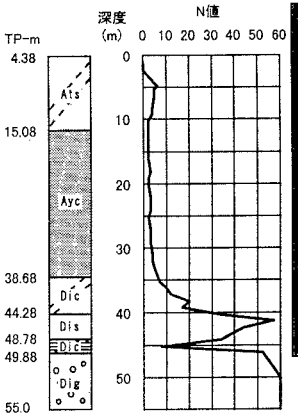


図-1 地盤柱状図

表-1 杭諸元

	外径 (mm)	杭長 L (m)	厚さ t (mm)	断面積 A (cm ²)
試験杭(上部)	φ1200	35.9	22	814.2
試験杭(下部)	φ1200	20.0	16	595.1
反力杭	φ1200	55.9	16	595.1

表-2 杭の施工方法一覧

深度 (TP-m)	試験杭	反力杭				
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	
打込み 42.0	ﾊﾞｲﾌﾟﾛﾊﾝﾏ VM 4 (44.7)	ﾊﾞｲﾌﾟﾛﾊﾝﾏ VM 4	ﾊﾞｲﾌﾟﾛﾊﾝﾏ VM 4	ﾊﾞｲﾌﾟﾛﾊﾝﾏ VM 4	ﾊﾞｲﾌﾟﾛﾊﾝﾏ VM 4	
打込み 51.5	油圧ﾊﾝﾏ 日本車輦 NH-150B	日本車輦 NH-150B	油圧ﾊﾝﾏ IHC S-200	IHC S-200	IHC S-200	
再打撃		IHC S-200	IHC S-200	IHC S-200	IHC S-200	
放置 期間		4 日	4 日	3 時間	2 日 3 日	

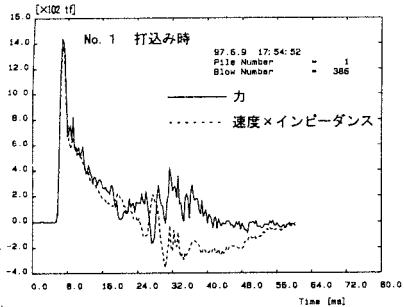


図-2 実測波形

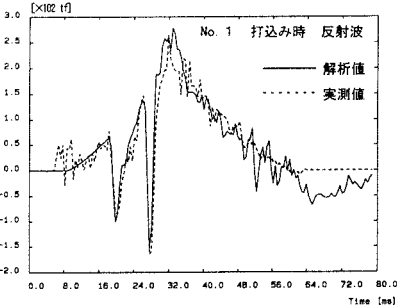


図-3 マッチング結果

反力杭(No. 2～No. 5)については再打撃試験も実施した。再打撃までの放置期間は静的載荷試験の工程から最長4日間とした。実測例として No. 1 (試験杭) の打込み時(打止め)の波形を図－2 に示す。また、No. 1(試験杭)の打込み時のマッチング結果波形(反射波)を図－3 に、各ケースについてのマッチング結果一覧を表－3 に示す。打込み時は NH-150B に比べて S-200 の貫入抵抗が小さくなっていること、再打撃時はいずれも貫入抵抗が増加していることがわかる。S-200 は単位時間あたりの打撃回数が多いことから、貫入抵抗を小さくして効率的に杭を打設しているものと思われる。また、放置後は一般的な油圧ハンマ(NH-150B)と同等の支持力が得られており、これは S-200 のセッアップ率が大きいことを示している。

全抵抗力のうち動的成分を分離した静的抵抗力を再打撃までの放置時間に対してプロットすると図－4 が得られる。平均的なセッアップ率は約 2.6 である。セッアップ率は杭や地盤の条件、施工方法によって決まるものと考えられ、これがわかれば打ち込み時の静的抵抗力から最終的な静的支持力を管理することができる。

4. 施工管理方法

ジャンクションのない単杭の施工管理に関して、試験工事で得られた結果を適用した基本的考え方を次式に示す。

$$Rs = Rd \times Sr \times St$$
 (Rs : 静的支持力、Rd : 全抵抗力、Sr : 静的抵抗比、St : セッアップ率)

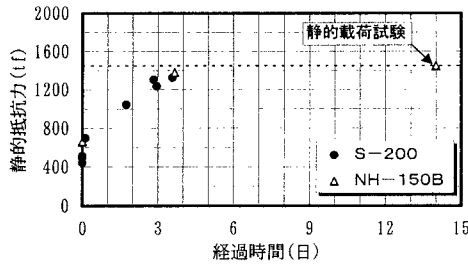
まず、試験工事の打ち止め時の全抵抗力から波形マッチング解析によって静的抵抗力を抽出し、全抵抗力に占める静的抵抗力の比率(静的抵抗比)と、静的抵抗力和静的載荷試験結果との相関(セッアップ率)をあらかじめ求めておく。本工事における各杭の静的支持力は、計測された全抵抗力に静的抵抗比とセッアップ率を乗じて算定する。これを、矢板の設計支持力から換算して単杭として必要とされる支持力と比較することによって支持力を管理する。

5. あとがき

静的載荷試験と動的載荷試験を併せて実施した結果、鋼管杭打設の施工管理に関して有益な知見が得られた。この成果は本工事における鋼管矢板施工に反映され、ここで述べた基本的考え方に基づいた管理方法を用いて支持力管理を実施した。今回の結果は、一例にすぎないが、今後の杭打ち施工管理の参考になれば幸いである。

表－3 マッチング結果一覧

	ハンマ	抗 No 層厚	NH-150B	NH-150B	S-200	S-200	S-200	(tf)
			1	2	3	4	5	
打ち止め時	土層							
	シルト	34.30	13	13	6	0	0	
	シルト質砂	11.20	172	129	107	172	170	
	砂礫	1.62	188	188	188	188	188	
	周面(計)	47.12	373	329	301	360	358	
	先端		287	335	191	153	83	
	合計		660	664	493	512	441	
再打撃時	(全抵抗)		1293	1257	938	1097	877	
	土層							
	放置期間			3.7日	3.6日	3時間	2.8日	1.8日
	シルト	34.30		132	66	13	132	132
	シルト質砂	11.20		532	643	258	493	493
	砂礫	1.62		312	250	188	312	230
	周面(計)	47.12		977	958	459	937	768
	先端			402	363	239	363	273
	合計			1379	1321	698	1301	1042
	静的抵抗力/静的支持力			0.95	0.91	0.48	0.90	0.72
								0.85



図－4 静的抵抗力