

15. 油圧式バイブロハンマ(KOBELCO-ICE) の性能特性

建設機械化研究所：安達 経治・上石 修二
 (株)神戸製鋼所： 青井 實・芦田 恵樹

1. まえがき

年々拡大する建設需要にともない、土木施工技術はますます多様化と高度化の傾向を呈している。とくに近年具体化の進む多くの海洋大型プロジェクト工事や市街地域の都市再開発事業などの分野では、水上や水中での施工方法と、より高まる公害対策に関して新しい技術の開発が期待されている。

ここで紹介するKOBELCO-ICE油圧式バイブロハンマ（以下油圧バイブロと略す）は新しいタイプの振動式杭打抜機であり、打込み性能の良さ、低騒音、低振動に加えて、直接本体を水中につけて施工できるなどの特徴をもっている。このため陸上、海上を問わず、仮設杭の打設や引抜き、基礎杭の打設、地盤の振動締固めなど振動を要する様々な工事への適用が期待できる。（写真-1）

1987年にオランダより導入以来、多くの開発実験工事ならびに実工事による性能確認を行い、性能の向上、改善に努めてきた。本稿ではこれらの結果にもとづき、本油圧バイブロの特徴およびその性能特性の概要を紹介する。

2. 作動原理

振動式杭打工法は、杭に上下方向の振動を伝え、杭に作用する土の抵抗を低減した状態で装置や杭の重さにより打込みをおこなう工法である。上下方向の振動は、二つの偏心ウェイトを同一の回転速度で互いに反対方向に回転させることによってえられる。各対の偏心ウェイトの発生する合成力の和が上下振動に対する機械の起振力である。

3. 構造と仕様

装置は、バイブロ本体と油圧パワーバックに大別される。装置の構造を図-1に、仕様を表-1に示す。

バイブロ本体は、クレーンなどにつり下げられ杭に振動を伝える装置で、ハンマヘッド、振動発生装置、油圧式クランプなどから構成されている。

ハンマヘッドは本体の発生する振動を吸収して、クレーンブームへの振動伝播を防ぐものである。



写真-1 大型機種による海洋工事
(SHP240型)

表-1 仕様一覧表

項目	型式	SHP 15	SHP 20	SHP 35	SHP 65	SHP 70	SHP100	SHP130	SHP240
偏心モーメント	kgf.cm	400	700	1150	2300	1150	2300	4600	11500
最大起振力	tf	15	20	34	67	69	105	129	239
最大周波数	rpm	1800	1600	1600	1600	2300	2000	1570	1350
空振幅(片振幅)	mm	5.0	5.6	7.8	6.6	6.3	5.8	10.2	13.5
最大油圧力	kgf	40	71	95	188	157	261	300	442
総重量	kgf	1330	1700	2070	5950	2570	6450	6950	12400
長さ	mm	1450	1550	1590	2650	1590	2650	2650	2440
幅	mm	405	405	400	495	440	700	720	1040
高さ	mm	1710	1915	2275	2900	2575	2900	3300	4080
エンジンパワー	kw	50	85	128	220	200	300	375	552

従来の電動バイブロでは振動部がコイルスプリングを介してつり下げられているため、杭の建込み時や引抜き時には振動の吸収が不十分となる場合が多い。本油圧バイブロは、振動吸収材に振動の緩衝効果の高い高分子ゴムを採用している。

振動発生装置は、高速回転の油圧モータでピニオン、ギヤを介して偏心体を回転させ、前述のメカニズムによって振動を発生させる。また油圧式クランプは油圧シリンダによって杭と振動発生装置を結合し振動を確実に伝達するもので、従来のバイブロの構造とほぼ同じものである。

油圧パワーバックは本体を駆動させる油圧を発生させる装置で、ディーゼルエンジンにより油圧ポンプを駆動して圧力油をえている。

○構造

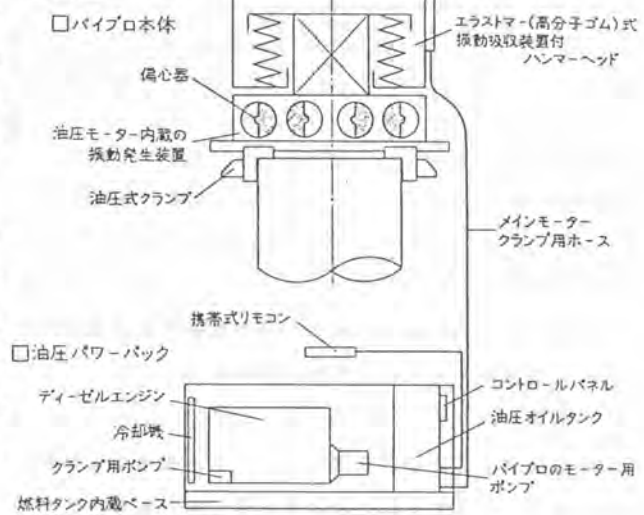


図-1 油圧バイブロの構造図

4. 特徴

上述の原理および構造にもとづく本油圧バイブロは、つぎのような特徴を有している。

- 1) 全油圧駆動方式であるため漏電やスパークなどの事故がないことに加え、密閉型ギヤボックスに取付けられた内外圧バランス装置の採用により、直接本体を水中につけて施工を行うことができる。
- 2) 高い振動周波数によって大きな振動加速度がえられる一方、地盤の振動減衰が大きいので周辺への振動の伝播が小さい。このため都市部など振動の規制された場所での使用が可能である。
- 3) 振動の緩衝には高分子ゴムの特殊振動吸収材を採用しているため本体騒音が小さく、その上クレーンブームへの振動伝播がほとんどない。このためオペレータの作業環境改善、クレーンの小型化、さらにクレーンブームから発生する2次騒音の低減が可能である。また中小型機種においてはラフテレーンクレーンでの使用が可能である。
- 4) 特殊振動吸収材を介する非振動のハンマーヘッドにエキストラウェイトを容易に装着でき、振幅や振動加速度を低減させることなく打込み荷重を大きくすることができる。このため打込み速さの向上や打込み抵抗の大きな地盤への適用が可能である。
- 5) 全油圧駆動方式の採用に加え、複数組の小型偏心体によって偏心モーメントを発生させているため、本体が軽量コンパクトである。このためクレーンなどベースマシンの小型化が可能である。

5. 施工性能

5.1 概要

本油圧バイブロはヨーロッパ、中近東、東南アジアを中心に多くの施工実績を有しているが、各現場での土質にもとづく性能評価のデータは十分

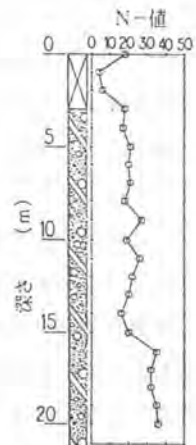


図-2 性能試験現場の土質柱状図

表-2 試験に用いた機種の種類

項目	機種	SHP130 Normal	SHP130 withEW	SHP200 Normal	SHP200 withEW	Electric Vibro
偏心モーメント	kgf.cm	4600	4600	11500	11500	15000/20000
最大起振力	tf	129	129	185	185	65/66
最大周波数	rpm	1570	1570	1200	1200	620
振動部重量	kgf	6150	6150	10700	10700	10950
総重量	kgf	8600	12600	14600	29100	11380

注) EWはエキストラウェイトを表す。

ではない。そこで本油圧パイプロの性能特性を把握するために、大型機種をもちいて性能試験を実施した。

5.2 土質データ

試験現場の土質柱状図を図-2に示す。現場は洪積粘土質砂礫層で、介在する粘土によりほぼ一様の粘着力を有する地盤である。三軸圧縮試験(UU試験)によってえられた粘着力は、 $c = 2.7 \text{ tf/m}^2$ であった。また試験によりえられた粒径加積曲線を図-3に示す。

5.3 打込み性能

鋼管杭の打込みによる各機種能力比較を行った。試験に用いた機種の種類を表-2に示す。またそれぞれの機種、打込み深さとそれに要した時間の関係、および一定深さにおける打込み速さを図-4、図-5に示す。

図-4では、SHP130型の打込み速さが従来の電動型機種(偏心モーメント15000 kgf.cm)よりも大きいことが示される。また同じSHP130型においても、前述のエキストラウェイト(4t)を装着して非振動部重量を増すことによって打込み速さが大きくなることわかる。図-5ではSHP130型とその上級機種SHP200型との打込み速さの相違が示され、またSHP200型におけるエキストラウェイト(14.5t)の効果も顕著に表される。

5.4 打込み速さの予測

パイプロの打込み性能要素のひとつに、杭の重量とパイプロの重量を合わせた総重量があげられる。パイプロの発生する振動によって杭周囲の土の抵抗が低減したとき、打込み性能は上下方向の荷重、すなわち総重量に支配されると考えられる。

この考えにもとづき、打込み時の動的地盤抵抗値に対する総重量の割合と、打込み性能を表す打込み速さとの関係を図-6に示す。ここに総重量はパイプロ本体の全重量と杭の重量の和であり、エキ

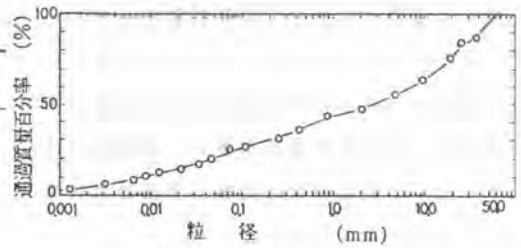
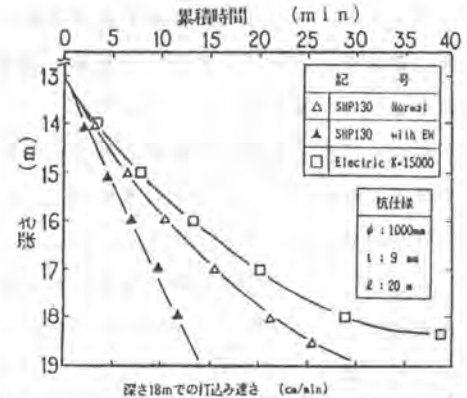
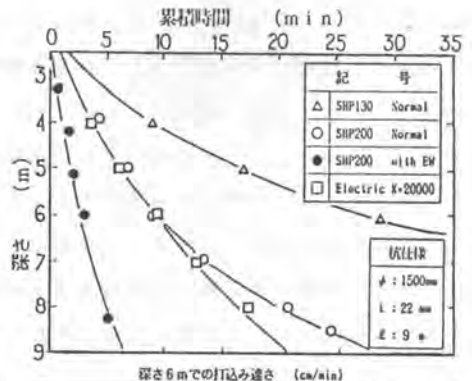


図-3 現場試料の粒径加積曲線



機種	深さ18mでの打込み速さ (cm/min)			
	10	20	30	40
SHP130 Normal	△	18.3		
SHP130 with EW	▲	37.5		
Electric K-15000	□	11.3		

図-4 $\phi 1000\text{mm}$ 鋼管杭による打込み性能比較



機種	深さ6mでの打込み速さ (cm/min)			
	20	40	60	80
SHP130 Normal	△	16		
SHP200 Normal	○	38		
SHP200 with EW	●	100		
Electric K-20000	□	28		

図-5 $\phi 1500\text{mm}$ 鋼管杭による打込み性能比較

ストラウエイト装着時はその重量も含んでいる。また動的地盤抵抗は以下によって求めた値である。

(動的地盤抵抗) = (動的先端抵抗) + (動の周面抵抗)

ただし、動的先端抵抗 $R_v = e_v \cdot R$

動の周面抵抗 $T_v = e_v \cdot \mu \cdot T$

R 、 T はそれぞれ静的先端抵抗、静的周面抵抗、 μ は周面摩擦低減率、 e_v は動的低減率である。

この図から、総重量(打込む力)が動的地盤抵抗(抵抗する力)より大きいほど杭が速く貫入し、これらが等しくなった点において貫入が停止することが確認でき、打込み性能が総重量によって支配されるとする考えの妥当性が示される。また同図から次の打込み速さ予測式がえられる。

$$V \text{ (cm/min)} = 83 \cdot (W / F_v) - 83 \quad \dots (1)$$

以上からエキストラウエイトの効果が定量的に表現されるとともに、この考えにもとづいてデータを積み重ねることによって、パイプロ性能予測手法の確立の可能性がうかがえる。

6. クレーンブームへの振動伝播緩衝特性

前述のとおり本油圧パイプロは振動吸収材を内在したハンマヘッドを介してクレーンにつり下げられているため、クレーンブームへの振動伝播がきわめて小さい。この効果を定量的に把握するために、性能試験において杭径1500mm、肉厚22mm、長さ18mの鋼管杭の打込み中に計測を実施した。この結果を図-7に示す。ここに縦軸の振動伝播率は、パイプロ本体の振動加速度に対するクレーンブームの振動加速度の比を表し、伝播の大きさを示す指標である。

この図から、従来の電動パイプロでは杭の建込み中や引抜き時などパイプロをクレーンでついている状態に、とくにクレーンブームへの振動伝播が大きいことに対し、本油圧パイプロの振動緩衝効果が大きいことが顕著に示される。

7. あとがき

以上油圧式パイプロハンマの特徴と性能の概要を述べ、粘性を有する地盤での本油圧パイプロの位置づけを示した。しかし振動方式による杭の打設は、パイプロ本体の性能に加え地盤の条件や杭の仕様、施工の方法など確認しなければならない要素の多い分野である。今後も試験データをさらに解析して装置の改善、研究開発を継続するとともに、様々な施工現場でのデータを積み重ねて、より精度の高い施工性評価手法の確立に反映させていく予定である。

- 参考文献 : 1) 日本建設機械化協会編: 仮設鋼矢板施工ハンドブック, (1972), 技報堂出版
2) 日本建設機械化協会編: 日本建設機械要覧, (1986), 技報堂出版

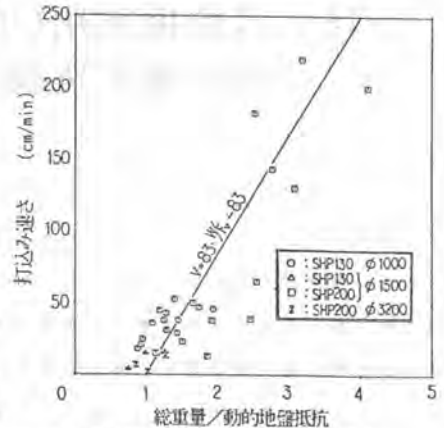


図-6 動的地盤抵抗に対する総重量の割合と打込み速さとの関係

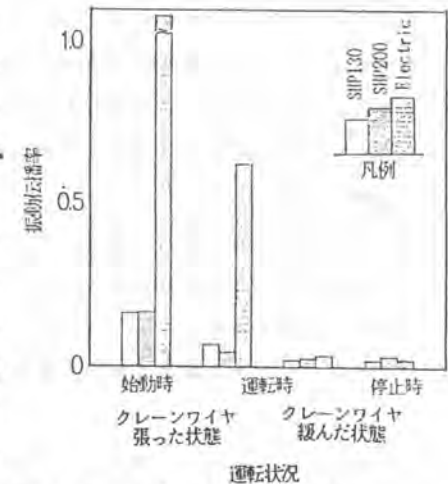


図-7 クレーンブームへの振動伝播に対する振動吸収材の効果