

8. M.V.C.P.工法の施工機械と施工例

(株)大林組 *河村邦夫・松本伸
日平産業(株) 石田芳男

1. まえがき

我が国の海岸地域に広く分布する堆積層や埋立て層の飽和した砂質地盤には近年、種々の重要構造物が建設されている。このような地盤に対する液状化対策工法としては、従来からサンドコンパクションパイル工法が多く用いられてきている。この工法が鉛直振動のみによって地盤に砂杭を造成して砂層を締固めるのに対して、M.V.C.P.工法(マルチバイプロ・コンパクションパイル工法)は、特殊な起振機(マルチ・バイプロ・ハンマ)を使用して鉛直振動に加えてネジリ振動、および両振動を合成した複合振動の組合わせによって、砂杭を締固めながら造成し、かつ砂を強制的に側方へ押し拡げることにより、砂杭と砂杭との杭間を効果的に締固めて均質な地盤改良を意図した新しい工法である。

特殊起振機は、この目的に沿って考案、開発された起振機で、偏心マスの回転機構に特別の工夫を加えて、鉛直振動のほかに、鉛直軸まわりのネジリ振動を発振できる。さらにこれら二つの振動の比率を随意に切換えた複合振動の選択も可能な大きな特徴を有している。

この報告では、工法の特徴と機械装置、および、これまでの施工例から、主に改良効果について従来工法と比較しながら検討した結果について、その概要を紹介する。

2. 工法の概要と特徴

図-1に示すようにM.V.C.P.工法は、特殊な起振機により発生する鉛直振動、ネジリ振動および、これらを合成した複合振動をケーシングに付したウイングを通じて地盤に伝える。工法の特徴を列挙すれば、次のようになる。

(1) 従来工法によれば、砂杭自体は十分に締固まるが杭間では所定の締固め度が不十分となり、これが問題点として指摘されることがあった。しかし、M.V.C.P.工法によれば、上記振動方式の組合せにより砂杭のみを過度に締固めることよりも、砂杭と砂杭との杭間の砂層を効果的に締固め、地盤全体を均質に改良することができる。

(2) 地震時のせん断波に近い水平振動履歴を地盤に与えておくことにより、液状化強度の増大をはじめとして耐震性のある地盤に改良することができる。

(3) ウイングを利用した鉛直、複合およびネジリ振動の締固め機構により、砂圧入率の増大が容易である。

(4) 複合振動によるウイング部のせん断貫入(ネジリ込み)、締固めによって施工速度の向上が可能である。

3. 開発の経緯

本工法の開発にあたっては、鉛直・ネジリ・複合振動を任意に、かつ瞬時に切り換えて加振できる

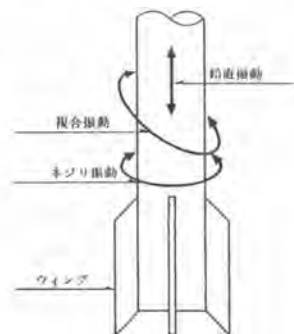


図-1. ケーシング先端部の振動方式

特殊起振機の開発が前提となった。そこで種々の設計、検討を重ねた結果、昭和55年にモータ出力60kwの中間的能力を有する試作機の開発に成功し、その後横浜市埋立て地盤における試験工事、姫路市沖積砂地盤における実際工事に本工法の適用を試みた。これらの工事結果について、地盤改良効果、施工機械の安定性、施工性などの総合的な見地から検討を重ね、従来工法に比べて数多くの利点を確認するとともに、更に、種々の改良を図ってきた経過がある。

その結果、現在の試作機的能力が前述のように中間的能力を有するものであるため、比較的浅層改良(G.L.-10m以浅)に限定されていることを考慮し、今後の大型工事に伴うG.L.-20m以深の深層改良にも対応し、しかも、施工速度の一層の向上を図るため、モータ出力120kwの高性能な大型機の開発検討を重ねてきたが、昭和59年6月、製作完成に至った。本大型機については、現場で機能確認実験を実施し、所定の機能を十分に満足することを確認している。

4. 砂杭打設装置の概要

4.1 杭打ちやぐら、および周辺機械設備

クローラ本体にラチス構造の角型リーダを取付けた杭打ちやぐら、発電機、エアコンプレッサ、昇降ホップ、ドーザショベル等から成るが、これらは従来のサンドコンパクションバイブル工法に使用されているものと同じである。

4.2 摺動装置(ガイドギブ)

振動体は、図-2のように、ダンパー、マルチパイプロハンマ、ガイドギブ、鋼製ケーシングからなる。

振動体とリーダとの取合い部分を摺動装置と称し、振動体はガイドギブ部を介してリーダに沿って上下し、ネジリ方向には自在に回転支承できる構造となっている。そのため砂杭打設中、振動体が旋回していく現象が起こるので、自動調芯によって復元させる1対のエアシリンダが装備されている。

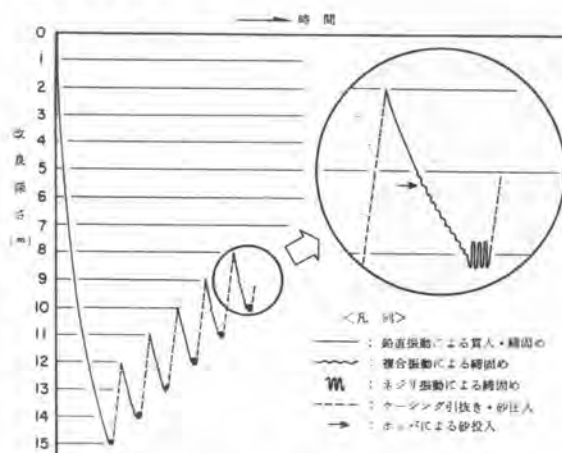


図-3 施工パターンの一例

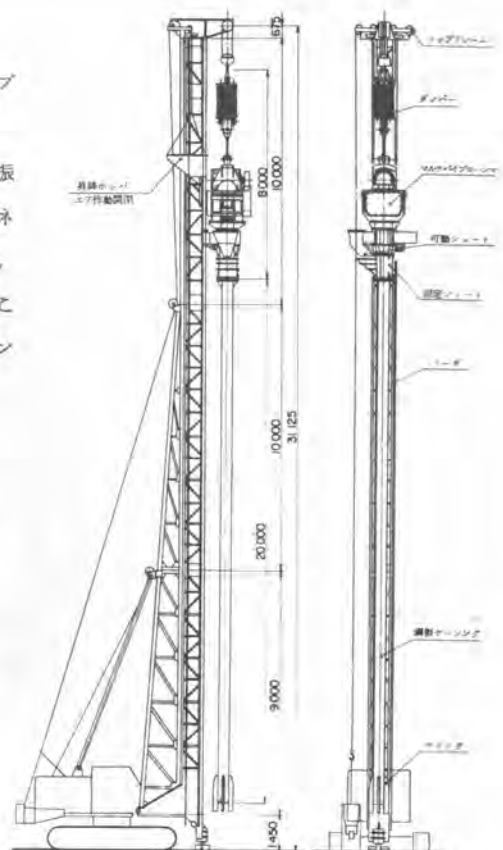


図-2 砂杭打設装置全体図

5. マルチバイブロハンマ(大型機)について

5.1 内部構造

起振力を発生する4個の偏心マスは、各2個ずつ、フロントケースとリヤケースに平面的に配置された簡潔な構造である。電動モータから偏心マスへの主伝動の伝達は、特殊高強度チェーンと平歯車を主とする伝動方式となっている。

5.2 発振原理と位相変換機構

鉛直振動、ネジリ振動または複合振動の各振動方式の発振は、図-4で模式的に示すように、起振機軸芯に対して対角線上に位置した1対の主偏心マス(①, ①')の相対的な静止のなかで、他の対角線上の従偏心マス(②, ②')の回転角の進みあるいは遅れ(これを位相差という)によって行なわれる。即ち、位相差が0°のときは鉛直振動のみ、180°のときはネジリ振動だけが発振される。鉛直振動とネジリ振動の間には、位相差±45°、±90°、±135°のような中間的発振状態が存在し、鉛直とネジリが合成された振動を発生する。これが複合振動である。図-6に各振動方式のときの鉛直とネジリの振動出力の割合と変動状態を示す。

振動方式の変換は、ブレーキ付油圧モータで遊星歯車装置を回転させ得られる。差動機構によって従偏心マスを主偏心マスに対して増速あるいは減速させて任意に指定した位相差が得られる。駆動系に設置されたセンサーで、所定の状態が検出されると油圧モータは停止するように自動制御される。

5.3 加振モードの選択制御

振動方式の変換操作は、起振機の運転を停止させることなく、約3秒の短時間で随時に行えるが、基本的には、図-3の施工パターン例のように、あらかじめ定めた計画に基づいて、ケーシング貫入深度指示値に連動して行う。

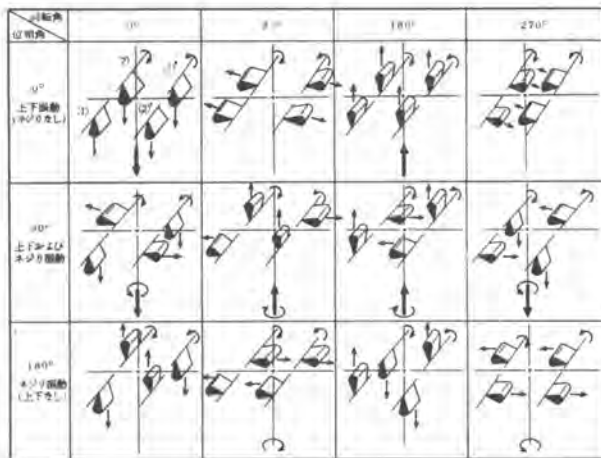


図-4 マルチバイブロハンマ振動発生原理

表-1 大型機の主要性能仕様

起振機	種類	複合振動発振形 2軸1段
	動力伝達方式	ギヤ・チェーン(起振機内部)
電動機	潤滑方式	オイルバスと強制給油方式併用
	駆動方式	(動力伝達部、偏心軸部軸受)
電動機	形式	機型全閉扇外用特殊カプセル3相誘導電動機
	出力	120 kw — 6P
電動機	周波数・電圧	50 Hz : 400 V
	起動方式	スターデルタ起動
出力	偏心モーメント	17000 kg・cm
	偏心マス回転数	560 cpm
鉛直	起振力	59.6 ton (mas)
	理論衝巾	21.5 mm
力	理論加速度	7.6 G
	回転トルク	24600 kg・m (mas)
ネジリ	理論衝巾	15.7 mm (φ406パイ裏面)
	理論加速度	5.5 G (同上)

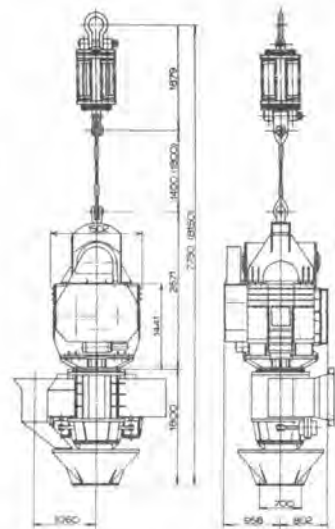


図-5 マルチバイブロハンマ大型機

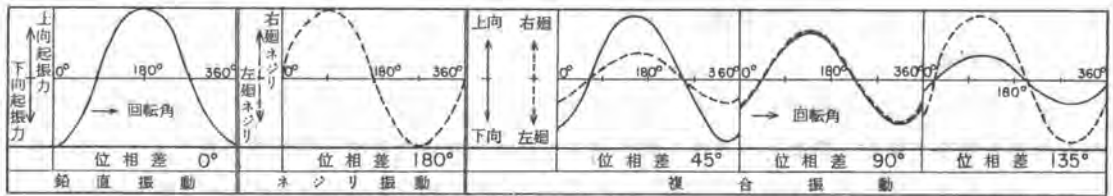


図-6 振動出力の変動 ———：鉛直振動 ……：ネジリ振動

6. 施工例と改良効果

6.1 横浜市金沢区における埋立て地盤での施工例

地盤改良区域を従来工法（S.C.P.工法）ヤードと開発工法（M.V.C.P.工法）ヤードに2分し、砂杭を同じ打設条件で施工した。

その結果、N値について、従来工法と開発工法を比較したのが図-7である。図から明らかなように、開発工法は従来工法に比べて杭芯ではやや小さな値を示すが、杭間では大きな値を示す。前述のように開発工法については杭芯で過大なN値を得ることよりも杭間のN値を効果的に増大させることを意識的に期待するものであり、杭芯と杭間の改良効果の均質化の傾向が認められる。

6.2 姫路市大津区における沖積地盤での施工例

図-8に従来工法との比較結果を示す。N値については前例と同様な傾向を示している。また、杭芯および杭間を改良面積あるいは体積を考慮した換算N値で比べると、杭間N値が大きく影響して開発工法の方が大きな値を示す結果となっている。

次に耐震性についても、改良前後の弾性波速度計測によるせん断弾性係数が、いずれも開発工法の方に良好な結果が得られており、耐震性の大幅な改善がうかがわれている。

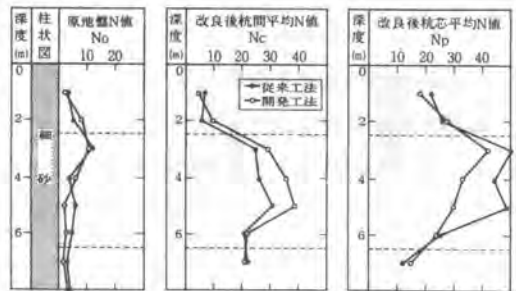


図-7 N値による改良効果の比較（横浜市）
打設ピッチ；正方形1.7m 仕上り杭径；700mm
改良深度；GL-7.0m 圧入率Fv；0.133

7. おわりに

新しく開発した液状化対策工法であるM.V.C.P.工法について、その考え方、特徴および施工例から本工法の有用性を示してきた。特に、改良効果については、当初から意図していた通り杭間でかなり満足のいく結果が得られたと解釈している。また、大型機の完成によって、さらに

強力な改良効果が期待できるため、今後種々の地盤条件に対して実績を積み重ねていく方針である。

本工法の開発にあたっては、榊大林組および日産産業の多数の人々の尽力を得てきている。未筆ながら深甚なる謝意を表する次第である。

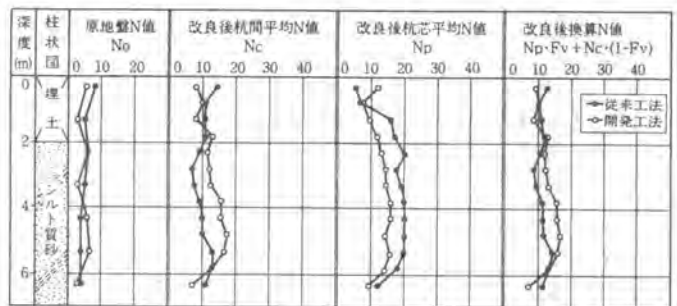


図-8 N値による改良効果の比較（姫路市）
打設ピッチ；正方形1.8m 仕上り杭径；700mm
改良深度；GL-6.5m 圧入率Fv；0.119