

27. ディープ・バイブロ工法の実証実験

(株)間組：*三原 正哉
 日本海工(株)：豊澤 良二
 青山機工(株)：末広 修三

1. ま え が き

ここに紹介する「ディープ・バイブロ工法」は、西ドイツで開発されたもので、ロッド先端に取り付けた大容量バイブレタを用いて、地盤や供給される中詰め材を水平方向に振動締固めすることにより、軟弱地盤を改良するものである。

本工法を日本に導入するにあたり、日本での施工条件等を考慮し、特に低公害型工法の観点から、機械および施工法に改良を加え、その適用性を現場実験などを実施し確認したので、その概要を紹介する。

2. 開発の背景

本工法と同様な工法としてわが国ではバイブロフローテーション工法があるが、他の振動締固め工法に比較して改良効果が低いこと、貫入・中詰め材供給の補助として多量の水を使用するため（ディープ・バイブロ工法においても海外の施工ではほとんど水を使用している）、排水処理に問題があることや中詰め材として礫材しか使用できないなどの問題があり、近年施工実績が減少している。表-1は、バイブロフロットの容量を本工法のものとして現在日本で使用されているバイブロフローテーション工法のものと比較したものであり、本工法の方が、起振力で4～8倍もある。また、筆者らは、起振力が25 tonf程度あれば、水を使用しなくても圧縮空気を補助として使用することにより、地盤改良が

表-1 バイブロフロットの諸元 (文献1)を修正、加筆)

諸元	バイブロフローテーション (日本国内)		ディープ・バイブロ工法
	15HP型	30HP型	150 HP
電 動 機 (KW)	11	22	118 (油圧式)
振 動 機 (rpm)	1420	1420	1500 ~ max 3000
起 振 力 (tonf)	2.5	5.1	約 25
起 振 点 振 幅 (mm)	4~5	6~7	14
全 重 量 (tonf)	1.7	4.3	振動部+アイソレータ 1.3 tonf 延長パイプ 0.22 tonf/m
有 効 長 (m)	7	15	実 績 max 30
ケーシング外径 (mm)	φ 319	φ 381	振 動 部 φ 325
フィン外径 (mm)	φ 469	φ 500	延長パイプ φ 300
モーター取付位置	本体上部	本体内蔵下部	本体内蔵下部
構造	同左	継足式	継足式

必要な地盤では貫入可能と判断し、施工環境に問題のない水の代わりにエアを使用する施工法の開発を進めることとした。水を使用しないため、中詰め材として砂の使用も可能となり、コストダウンにもつながる。

3. ディープ・バイブロ工法の概要

本工法は砂質土の深層締固め工法の一つである振動締固め工法の一つに分類されるものであり、振動方向が水平

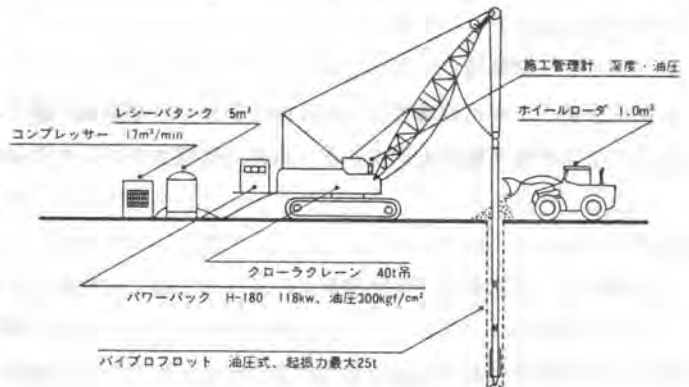


図-1 施工機械の構成

方向であること、中詰め材を地表面から供給する方法であることが特徴である。また、改良目的としては、緩い砂地盤や礫質地盤の地震時の液状化抵抗の増加、沈下量の低減、支持力の増加などがあげられる。施工機械の構成を図-1に示す。

振動締め固めの源となるパイプロフロットの形状を図-2に示す。パイプロフロットは、先端部に偏心ウエイトがあり、これをその直上部にある油圧モータで回転させることにより、パイプロフロットを水平方向に振動させる仕組みになっている。また、先端振動部には、幅15cmのフィンが二枚取り付けられており、偏心ウエイトの回転運動に伴うパイプロフロット自体の回転を防止するだけでなく、地盤への振動伝達を高める働きを持っている。先端部には、中空の延長チューブを通し、エアーが供給され、先端ノズルから噴出される。この振動体の上部には、図-2に示すように、上下に硬質の

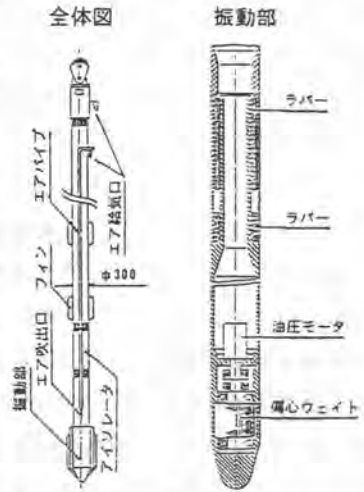
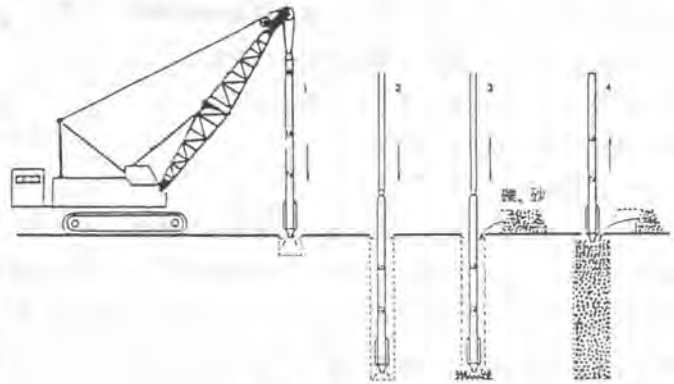


図-2 パイプロフロットの形状

ラバーが取り付けられたアイソレータと呼ばれる振動絶縁装置が接続されており、振動部の振動を上部の延長チューブに伝えない機構となっている。

さらに、今回のエアーを使用した施工法の開発にあたり、延長チューブの外側に2本のエアパイプとフィンを新たに取り付けた(図-2参照)。延長チューブの外側に取り付けたエアパイプは、パイプロフロットの貫入によって生じた孔壁を、パイプ先端から圧縮空気を噴出することにより孔径を大きく



1. 杭芯セット
 2. 貫入
 3. 引上げ
 4. 中詰め材締め固め
- 中詰め材投入
3,4の作業を繰り返しながら、所定面まで仕上げる。

図-3 施工方法

する機能を有している。一方、フィンの役割は、孔壁の拡大およびエアーの地表への逃げ道の確保である。

本工法の施工法を図-3に示すが、先端部で駆動する振動体で、締め固めが必要な地盤を、所定の深さで直接締め固めることができ、締め固め効率が高い。

施工時の管理は、パイプロフロットの深度および油圧モータの圧力を、施工管理計により自動記録していく。パイプロフロットの締め固め時においては、油圧力が 200 kg/cm^2 以上になることを一つの目安としている。中詰め材の投入量は、ホイールローダのバケット回数より算出する。

4. 現場実験

(1) 実験の概要

改良開発したディープ・パイプロ工法の有効性を調査するため、現場実験を実施した。

実験サイトは千葉県の東京湾岸埋立地であり、表層1.5mはN値が15程度と高いが、その下深度7m程度まではほとんどN値10以下の緩い砂層となっており、一部粘性土層が狭在する。

ディーブ・パイロ工法（以下D.V工法と

呼ぶ）の施工法は、今回改良開発したエアを用いる方法である。また、他の振動締め工法との比較を行うため、サンドコンパクションバイロ工法（パイロ容量150kwを使用、以下S.C.P工法と呼ぶ）による地盤改良も行った。

実験ケースは、S.C.P工法を含め全部で4ケースであり、D.V工法では、打設ピッチの影響を調査するため打設ピッチを3種類とした。

改良深度はG.L-9mまでとし、表層2mの締め固めは行っていない。実験ケースの一覧を表-2に示す。また、中詰材としては、全て砂を使用した。

調査項目は、改良前後での標準貫入試験、R1密度検層などを行っている。また、施工環境や地盤変状を調査するため、振動・騒音測定、地中変位測定なども行っている。図-4に、1例としてケース1の調査位置を示す。

(2) 実験結果

D.V工法により改良した地盤での標準貫入試験

結果の1例として、打設ピッチ2.3mの場合（ケース2）を図-5に示す。改良後の標準貫入試験は全て杭間で実施したものである。S.C.P工法を含め、改良後のN値は細粒分の多少によって大きく異なってくる。そこで、横軸に細粒分含有率、縦軸に改良後杭間N値をとったグラフによって、改良効果と比較した。図-6は、D.V工法による打設ピッチの影響を見たものである。図には、1つの例ではあるが、LNG地下式貯槽指針²⁾に示されている「液状化を生じる土の細粒分含有率と限界N値」の関係を表示している。この図から判断すると、今回の地盤では、打設ピッチ2.7mはやや広すぎるが、ピッチ2.3mまでなら十分改良効果があることがわかる。図-7は同じピッチ（打設ピッチ1.8m）で打設したD.V工法とS.C.P工法の改良後N値を比較したものであり、両者ではほとんど差がないことがわかる。

図-8は、ケース1とケース4の改良後の地中変位を示したものである。土層構成から判断すると、ケース1、4とも粘性土層が存在している深度で最大の変位が生じているが、全体の傾向としては、D.V工法による地中変位はS.C.P工法の約6割である。

図-9は、D.V工法とS.C.P工法の振動・騒音を比較したものであり、D.V工法の方が10dB以上低振動・低騒音であることがわかる。特に、振動に関しては、距離減衰がD.V工法では

表-2 実験ケースの一覧

ケース	改良工法	打設配置	打設数	調査項目
ケース1	D.V工法	1.8m正三角形配置	24本	S.P.T, C.P.T密度, サンプリング 地中変位, 騒音・振動
ケース2	D.V工法	2.3m正三角形配置	22本	S.P.T, C.P.T密度, サンプリング
ケース3	D.V工法	2.7m正三角形配置	22本	S.P.T, C.P.T密度, サンプリング
ケース4	S.C.P工法	1.8m正三角形配置	24本	S.P.T, C.P.T密度, サンプリング 地中変位, 騒音・振動

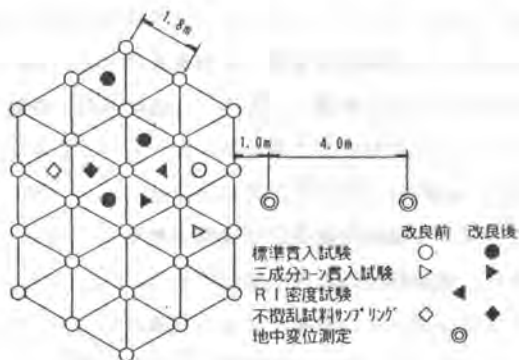


図-4 調査位置（ケース1）

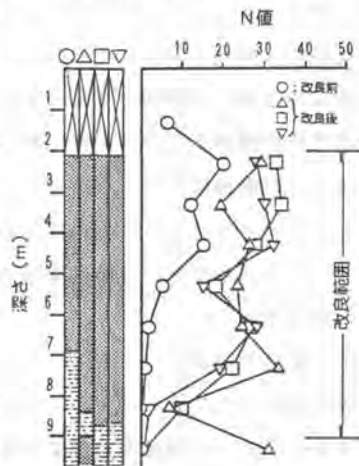


図-5 標準貫入試験結果(ケース2)

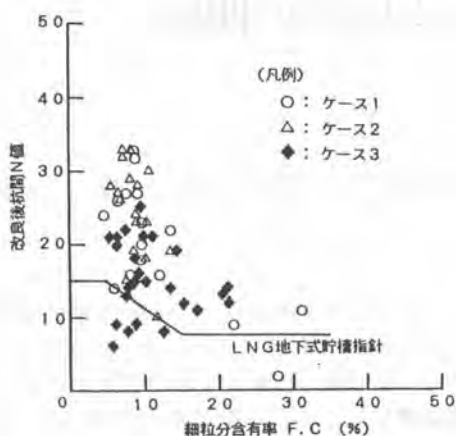


図-6 改良効果(その1)

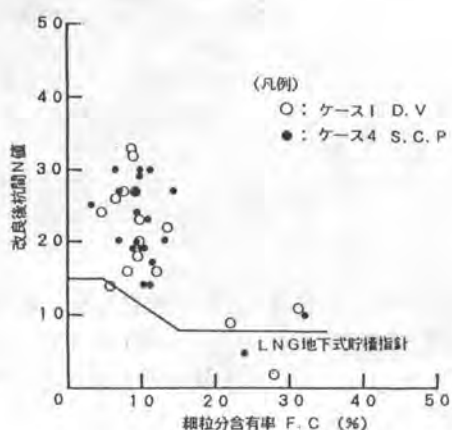


図-7 改良効果(その2)

顕著である。この理由として、D. V工法の振動数は50 Hzであり、S. C. P工法の場合よりもかなり高周波であるためと考えられる

5. あとがき

ディープ・バイプロ工法を日本へ導入するにあたり、日本での施工条件等を考慮し、低公害型工法の観点から、機械および施工法に改良を加え、その適用性を現場実験などを実施し検討した。その結果、十分な締固め効果を有するとともに、施工環境も良好で低振動・低騒音な工法であることを確認した。

また、本工法で使用する施工機はコンパクトであることから、市街地での、液状化対策に代表されるような砂質系地盤の地盤改良に威力を発揮するものと考えている。

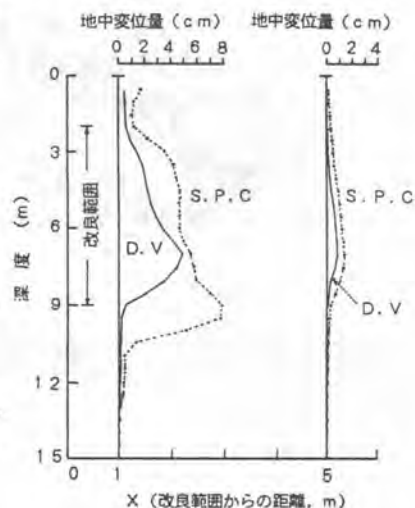


図-8 地中変位の測定結果

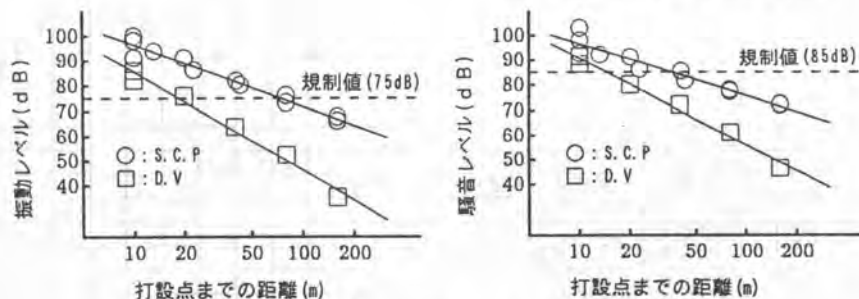


図-9 振動・騒音測定結果

【参考文献】

- 1) 田中誠一：3. 地盤改良工法 ③バイプロフローテーション工法、基礎工、1976. 5
- 2) 日本瓦斯協会天然ガス用貯槽保安調査委員会：LNG地下式貯槽指針、1978.