

D. P. C. 工法の施工とその効果について

釧路市
鹿島建設(株)

湯山啓一
○ 砂子 羊男
岩尾 康弘
片平 正夫

まえがき

本報告は、釧路西港第1埠頭上家地盤改良工事における浚渫土砂によるゆるい砂質埋立地盤に対して、将来の沈下阻止並びに地震時の流動化防止を目的とした締め固め工法として採用された Direct Power Compaction 工法(D.P.C.工法)に関するものである。

本工法は北海道での実績はなく、当工事に於いて初めて施工され、所期の目的を十分果すと共に経済性が確認出来ましたので、ここにD.P.C.工法の原理、施工並びに効果について報告するものです。

[1] 工事概要

本工事はゆるい砂地盤を締め固めることにより、i) 荷重に対する沈下阻止 ii) 地震時の砂の流動化現象防止、並びにiii) 根切り掘削土量の減少を目的とした地盤改良工事でその概要は次の通りである。

- 1) 企業者 釧路市
- 2) 工事名 釧路西港第1埠頭上家地盤改良工事
- 3) 施工業者 鹿島建設(株)
- 4) 工事場所 釧路西港埋立地 (図-1参照)
- 5) 工事内容

a) 施工面積

$$1号上家 \quad A = 112^m \times 45^m = 5,040^m^2$$

$$2号上家 \quad A = 118^m \times 51^m = 6,018^m^2 \quad \Sigma A = 11,058^m^2$$

b) D.P.C. Pileの仕様及び本数

	1号上家	2号上家
パイルピッチ	1.8 ^m (正三角形)	1.8 ^m (正三角形)
パイル長さ	$L = 10.5^m$	$L = 10.0^m$
パイル本数	$n = 1,875^本$	$n = 2,244^本$
パイル延長	$L = 19,687^m$	$L = 22,440^m$
	$\Sigma L = 42,127^m$	

c) 工期 S. 50. 6. 21 ~ S. 50. 8. 10

d) 設計仕様

- a) 平均N値をN₀≧20に改良する。
- b) 締め固めによる地盤沈下量を約1^m程度とする。
- c) 地表面附近の締め固め用ローラーなどにより転圧する。
- d) 既設エプロンコンクリート及び既設基礎に影響を与えない。

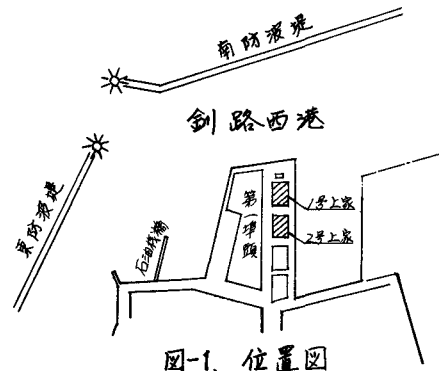


図-1. 位置図

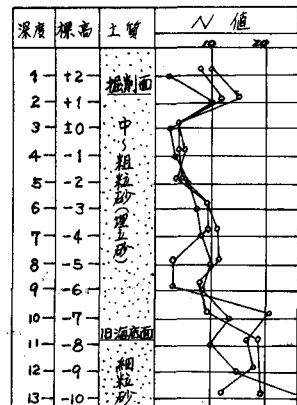


図-2 土質柱状図

Ⅳ 地盤概要

当地盤は港内浚渫土砂による埋立地であり図-2に示す如く旧海底面は $-25^m \sim -20^m$ で埋立層厚は $H=10.5^m \sim 10.0^m$ である。

埋立層は N 値が $N < 10$ のゆるい砂層で旧海底面以下は $N=15 \sim 25$ の中位に締った砂層である。又、粒土特性は図-3に示す如く粗めの砂で砂分 $90 \sim 95\%$ 、シルト分 $5 \sim 10\%$ の粘性土の非常に少ない粒土分布を示している。均等係数は $C_u=3.8 \sim 5.8$ とかなりのばらつきが見られるが、平均的に $C_u=6.0$ の程度と比較的粒土配合のよい粒土分布を示している。

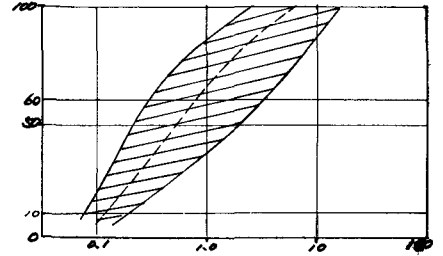


図-3 粒径加積曲線

Ⅳ ダイレクト・パワー・インパクション工法

1. 原理

Direct Power Compaction 工法は粒性土分の少ないゆるい砂質地盤の締め固め工法として適用されるもので補給材なしで現地地盤を削り込みながら振動及び地中深部における直接突き固めによって地盤を締め固め密度増加を促進し、その安定化を図ろうとするものである。本工法は図-4に示す如くH型鋼の先端フランジ部にス枚のアレスパネルをヒンジで取付けた簡単な機構を有する①コンパクターとH型鋼よりなる②支柱並びに上部に③インパクトランマー又はバイアロハンマーを締め固め動力として取付けたものより構成されている。

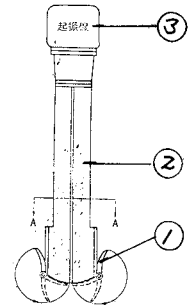


図-4 コンパクター

2. 施工方法

施工法は図-5に示す如く次の通りである。

1) ス枚のアレスパネルを外側にはねて、所定位置にコンパクターをセットし計画している改良深度まで起振機により打ち込む。この打設時にアレスパネル及びH型支柱のチャンネル部により地表及び地中の土が削り込まれる。(a)(b)

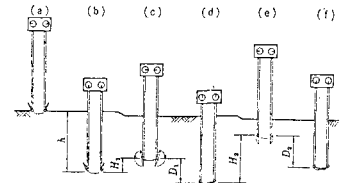


図-5 突固め過程

2) 支柱を所定高さ H だけ引抜くとアレスパネルが自動的に垂下し、引抜き部分は削り込み土砂で満たされる。(c)

3) コンパクターを打込むとアレスパネルが内側に閉じて先端閉塞状態で下部の削り込み土砂を直接突き固めると共に振動により周辺地盤をも締め固める。(d)

4) この2)及び3)の作業を連続的に地表部まで段階的に繰返すことにより全層を締め固めるものである(ef)以上の如く本工法は簡単な装置と単純な連続作業からなるもので、何ら特殊な装置又は機械を必要としない。1打設地点でこのような直接突き固めを実施すると、その打設地点附近において地盤内にある密度の高い領域が形成され、適当なピッチで正三角形又は正方形配置によりこの高密度領域を互いに重ね合わせるによって地盤全体を比較的一様な均一地盤に改良することができる。

3. 特徴

本工法の特徴は次の通りである。

- 1) 振動による周辺地盤の締め固め並びに地中深部に於ける直接突き固めにより密度を増大させる。
- 2) 粒性土の少ない地盤では現地地盤の土そのものを削り込み締め固めるための補給材が不要である。
- 3) 本工法に適した地盤では他の工法に比べ締め固め効果が大きい。

- 4) 装置が簡単で補給機が不要であるため他の工法より経済的である。
- 5) 建物など根切りを必要とする構造物においては締め固め効果による地盤沈下により掘削土量が減少する。
- 6) 本工法は適用地盤が限定され、いかなる地盤にでも適用出来るものではない。
- 尚、本工法は日本開発コンサルタント(株)が特許権を有し、鹿島建設他数社が実施権を得ているものである。

Ⅳ) 試験打について

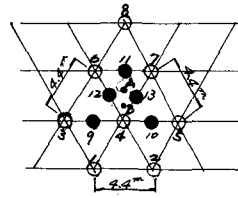
本工事着手前に表-1 及び 図-6 に示す 4 Case のピッチについて試験打を行ない次の事項について確認を行なった。

- (1) パイルピッチと締め固め効果
- (2) パイルピッチと地盤変形量
- (3) 設計パイルピッチの妥当性
- (4) 締め固めパターンの決定

試験打の結果は表-1 及び 図-7 に示す通りである。この結果によれば $N=20$ 以上の締め固め効果を得るためには、パイルピッチ $S=2.2\text{m}$ (正三角形配置) で良いことが確認されたが地盤の不均一性並びに土性の变化を考慮し、当初の設計通り $S=1.8\text{m}$ のピッチを採用した。又地盤の変形状況については 図-8 に示す如く地表沈下として、 $70\sim 80\text{mm}$ 程度であること及び打設による影響範囲は約 8m であることが確認された。

表-1 パイルピッチと改良後の N 値の関係

	パイルピッチ	N_{max}	N_{min}	N	打設本数
改良前		14	3	7	
改良後	4.4m	15	7	11	8
	3.6m	20	10	15	8
	2.2m	25	13	22	(8)+5
	1.8m	34	20	30	(8)+3



第1段階
NO.1~NO.8 打設後テスト・計測

第2段階
NO.9~NO.13 打設後テスト・計測

(注) 3.6m 及び 1.8m ピッチの場合
図-8 参照

図-6 試験打パイル配置図

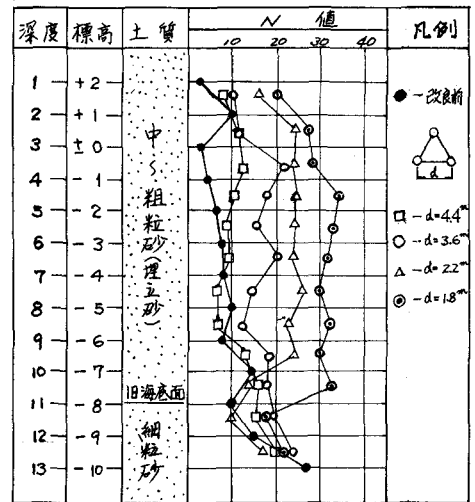


図-7 パイルピッチと改良後 N 値の関係

Ⅴ) 本工事について

1. 使用機械

施工に使用した機械は表-2 に示す通りである

表-2 上家地盤改良工事使用機械

名称	仕様	数量
フロー式杭打機	直結三点支持式リグ長18m	5台
バイブロハンマー	90KW	5台
発電機	300KVA	5台
H形打込支柱	400x400x12m	5台
アレスパネル	450x450	5枚
自記記録計	差動インジケータ、電流インジケータ	5組
トラクター・ショベル	1.1m ³	1台
ローラークレーン	16t	1台

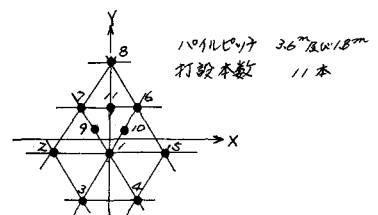
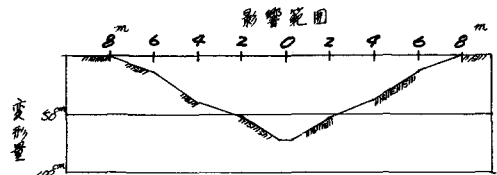


図-8 地盤変形図

2. 打込みパターン

地盤の締め固めに最も影響を与える締め固めパターンについては、地盤が全層均一に締め固められるよう試験打の結果を参考にして、図-9に示すパターンで実施した。又、この締め固めパターンを種々変えることにより比較的粘性土の多い地盤についても本工法が適用し得ることを当工事地点以外の地点において試験打を行ない確認することができた。

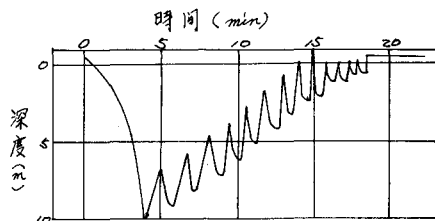


図-9 締め固めパターン

3. 締め固め効果

締め固め効果は図-10及び表-3に示す通りで、第1号上屋と第2号上屋で幾分差があるがいずれにしても平均N値が20以上であり、所期の目的を十分果すことができ、改良効果は満足すべきものであった。ただし、地表面1~2mの締め固め効果は殆んどないが、これは他の工法についても同様であり当初より地表面附近はローラー転圧により締め固められている。

表-3 改良効果

		Nmax	Nmin	N
改良前	第1号上屋	13	3	8
	第2号上屋	12	2	6
改良後	第1号上屋	40	9	28
	第2号上屋	38	6	23

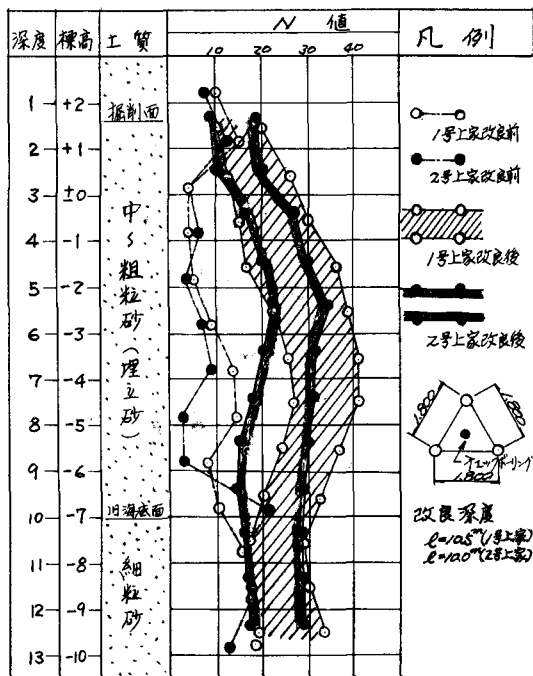


図-10 改良前-改良後N値図

4. 地盤変形

地盤改良後の地盤沈下の平均は表-4に示す通りで、 $\delta = 70 \sim 90 \text{ cm}$ であった。

表-4 平均地盤変形量

	平均沈下量
第1号上屋	89 cm
第2号上屋	72 cm

5. 施工管理

地盤改良工事のように地表面下の土を材料とするものにあつては、その状況や効果が直接目に見えないために、品質、施工管理がもっとも重要なことであり、施工中常にその状況を把握し、地盤の変化に迅速に対処し精度を向上させることが必要である。

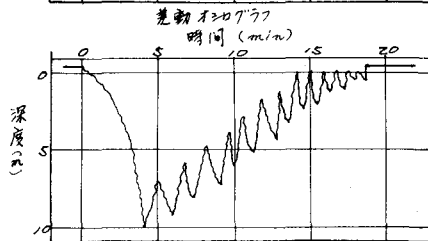
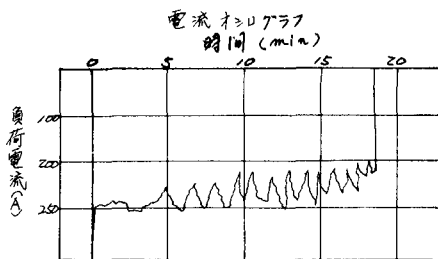


図-11 施工管理オシグラフ

当工事においては、下記に示す如く施工中の管理として自記記録計測装置を使用し、施工後の改良効果確認のために、部分的に完了した改良エリアに対し直ちにチェックボーリングを順次実施した。

施工管理方式

- (i) 差動オシログラフ(パイルの貫入、締め固め過程の連続記録) 図-11 参照
- (ii) 電流オシログラフ(貫入、締め固め時の振動機の 負荷電流の連続記録) 図-11 参照
- (iii) チェックボーリング(第1号上家10ヶ所、第2号上家10ヶ所)

あとがき

本工法は北海道で初めて当工事において施工され、計画以上の改良効果を得ることができ、また当工事地点以外の比較的粘性土分の多い地点における試験工事の結果からもその改良効果、及び経済性が確認されました。

現在の所、D.P.C.工法の実績は少なく、設計法も確定されておりませんが、当地区の場合、従来の一般的な設計法の妥当性が認められました。

なお、改良効果は土性値、施工機械、締め固めパターン等により種々変化しますので、本工事着手前に試験打を実施し、最適のパイル打設ピッチ、締め固めパターン、施工機械等を決定するのがよいと思います。

終りに、本工事施工に際し、多大の御指導、御協力をいただきました(株)日本開発コンサルタント 森本辰雄氏、並びに札幌日報社、川辺恒孝氏に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 森本辰雄；軟弱地盤におけるダイレクト・パワー・コンパクション工法、建設の機械化、第214号、p.42。軟弱地盤の処理工法、第10回発電水力協会講習会テキスト、p.43。
- 2) 北条繁次、白井正浩；ダイレクト・パワー・コンパクション工法、施工技術、第3巻12号。
- 3) 松浦忠実；ダイレクト・パワー・コンパクション工法、施工技術、第5巻第6号。



写真-1 杭打機とコンパクター

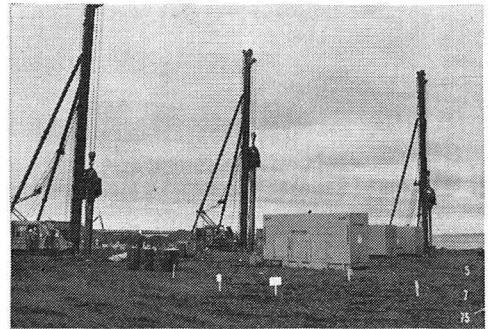


写真-2 D.P.C. 工事中全景