

PVCドレーン工法について (第4報)

齋藤二郎 細谷芳己
西林清茂

PVC Drain Method (Part 4)

Jiro Saito Yoshimi Hosoya
Kiyoshige Nishibayashi

Abstract

Two reports on the PVC Drain Method have already been published in the Report of the Research Institute. Part 1 explained the outline of the PVC Drain Method and briefly described two actual construction projects using this drain method. Part 2 explained the characteristics of the PVC drain material for drainage effect determined by laboratory work. This report describes a large-scale development of housing land (Minamisakurai) which was the third example of use of this drain method. Regarding actual construction, descriptions are given of improved driving equipment for the PVC drain material by which driving efficiency was greatly increased and of the improved special cone, etc. The improvement effects analyzed and studied based on settlement measurements and soil investigations are also described.

概要

PVCドレーン工法については、所報のシリーズとして、第1報(工法の概要と現場実施例の簡単な紹介)、第2報(室内実験にもとづくドレーン材の有用性)をすでに発表しているが、今回は、PVCドレーン工法としては第3番目の実施例であり、本格的な大規模工事となった「東武不動産南桜井団地造成工事」の施工結果について述べる。

施工については、打設能率を飛躍的に向上させた改良PVCドレーン打設機およびその施工実績、専用コーンの改良などを中心に述べるとともに、その施工結果については、沈下測定、土質調査結果にもとづいて解析・検討した改良効果について述べる。

1. まえがき

PVCドレーン工法は、昭和47年に研究が開始されて以来、表一に示すように実施工事もすでに7件を数えるにいたった。

実施No.	実施時期	工事名称	工事種類
1	1972	東京都潮霞浄水場発生汚泥処理	汚泥処理
2	1973	国鉄羽沢貨物駅軟弱地盤処理	鉄道
3	1973~	東武不動産南桜井団地軟弱地盤処理	宅地造成
4	1973~	千葉白井宅造工事軟弱地盤処理	宅地造成
5	1974	大阪南港埋立地軟弱地盤処理	道路造成
6	1974	大阪ガス東北工場軟弱地盤処理	道路造成
7	1974	住友化学新居浜工場軟弱地盤処理	敷地造成

表一 PVCドレーン工法実施工事一覧

PVCドレーン材の性能に関しては、透水性、圧密促進効果などの室内実験によって市販のペーパードレーン、サンドドレーンと比較して優れた性能であることが明らかにされてきており(第一、二、三報)、実施工事においても好結果を得ている。

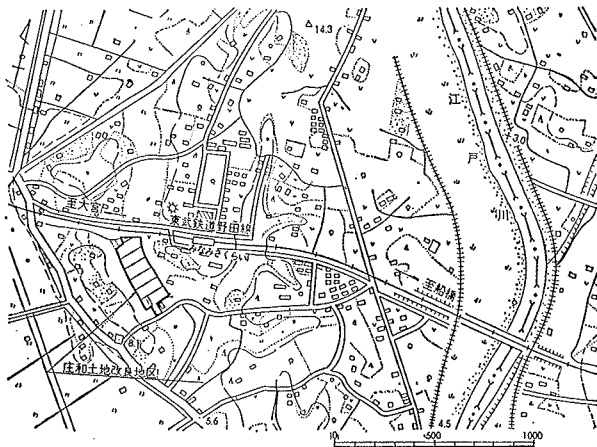
実際工事の施工結果については、表一の実施例1、2について第一報中に概述しているが、工事規模としては実験工事的なものである。今回報告する実施例3の宅地造成のための軟弱地盤改良工事は施工面積的にも、またPVCドレーン材の使用量においても前2例をはるかに上回る本格的な大規模工事であり、工法的にもPVCドレーン工法の一応の原形ともいふべきものの完成をみたと考えている。

以下、当軟弱地盤改良工事について、PVCドレーン打設機の改良点・打設能率・改良型コーン、および施工結果を中心に述べる。

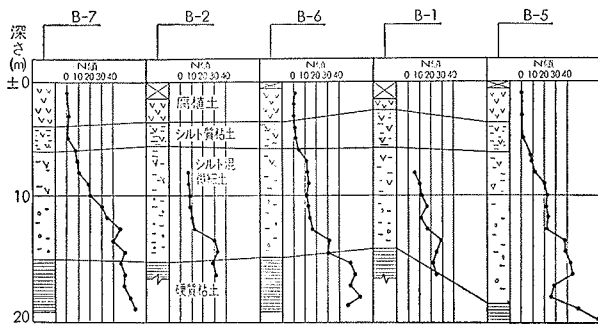
2. 改良地区の地盤状態および土質性状

2.1. 地盤状態

改良地区は、図一に示すように、埼玉県東武野田線南桜井駅南方に位置する。この付近一帯は、以前その東側を流れる江戸川の氾濫原にあたっており、台地上の降雨がこの低地に集中するため、湿地化して所々



図一 地盤改良地区位置図



図二 代表土質柱状図

湛水状態を呈していた。

改良前に実施した土質調査の結果によると、本地域にはコーン指数 $q_c=5 \text{ kg/cm}^2$ 以下の軟弱層がスリパチ状に分布している。(図一3参照)このうち上層 3m~4m は未分解植物繊維を多量に混入した腐植土であり、その下層 2m~3m はシルト質粘性土である。図一2にその代表土質柱状図を示す。

2.2. 土質性状

改良対象となる腐植土およびシルト質粘性土の土質性状を表一2に示す。

腐植土の含水比は600%~850%、自然間隙比16~22と非常に大きく、圧縮指数も8~13と高圧縮特性を示している。また、一軸圧縮強度は $0.05\sim0.5 \text{ kg/cm}^2$ とバラツキが見られるが、全体的に小さい。

一方、シルト質粘性土の含水比は70%~130%、自然間隙比2~4、圧縮指数0.3~2.5と通常の沖積粘土とほぼ同じである。

3. PVC ドレーン工法による地盤改良工事

PVC ドレーン工法の原理については第1報に既述しているの、ここでは、当工事の施工概要とともに、PVC ドレーン打設装置の主要な改良点と打設能率に

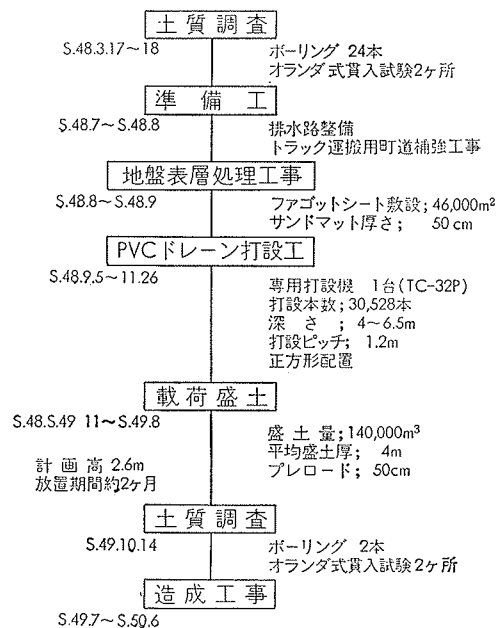
土質試験項目	試験値		
	腐植土	シルト質粘性土	
比重 G_s	2.47	2.65	
単位体積重量 $\gamma_t(\text{g/cm}^3)$	1.03	1.43	
含水比 $w(\%)$	600~850	70~130	
自然間隙比 e	16~22	2~4	
飽和度 $S_r(\%)$	95.2	97.4	
液性限界 $W_L(\%)$	360~400**	70~170	
塑性限界 $W_P(\%)$	90~120	30~50	
粒性度	レキ分 $(\%)$	0	0~13
	砂分 $(\%)$	1~4	3~70
	シルト分 $(\%)$	25~40	30~50
	粘土分 $(\%)$	50~80	6~50
有機物含有量 $(\%)$	52~55	1.5~24	
一軸圧縮強度 $q_u(\text{kg/cm}^2)$	0.05~0.5	0.06~0.2	
粘着力 $C(\text{kg/cm}^2)$	0.1~0.2	0.1以下	
圧密性状	$C_v(\text{cm}^2/\text{sec})$	$(4\sim14)\times 10^{-3}$	$(2\sim7)\times 10^{-3}$
	$m_v(\text{cm}^2/\text{kg})$	$(2.0\sim50)\times 10^0$	$(0.3\sim9)\times 10^{-1}$
	C_c	8~13	0.3~2.5
透水係数 $k(\text{cm/sec})$	$(2.0\sim30)\times 10^{-6}$	$(2.0\sim70)\times 10^{-7}$	

表一2 腐植土およびシルト質粘性土の土質性状

ついて述べる。

3.1. 工事概要

当地域の地盤改良工事は、施工面積約 $46,000\text{m}^2$ で、昭和48年7月より表層処理工に入り、盛土量約 $140,000\text{m}^3$ の搬入後、圧密度 $u=90\%$ の圧密沈下を待つて造成工事を行ない、昭和50年6月までに宅地化するものである。実施施工概要を表一3に示す。



表一3 地盤改良工事実施概要

3.1.1. 表層処理工事およびサンドマット造成工事

工事対象地区は、そのままでは施工機械の搬入・稼働はもちろんのこと、人間の歩行すら困難な状態であったので、PVC ドレーン打設機のトラフィカビリティ確保およびサンドマット造成のためにファゴット工法を適用した。使用したシートはPPF #300であり、サンドマットは透水係数 $k=9 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ の山砂を層厚 50cm に敷均した。なお、サンドマットの排水能力を高めるために $\phi 50\text{m/m}$ および $\phi 80\text{m/m}$ の有孔ドレーンパイプをサンドマット内に埋設し、3000 m^2 に1個の割合で排水釜場を設置した。

3.1.2. PVC ドレーン打設工事 PVC ドレーンの

打設方法は、

パイプロハンマー、マンドレルなどのPVCドレーン材打設用アタッチメントを装着した超湿地用ク

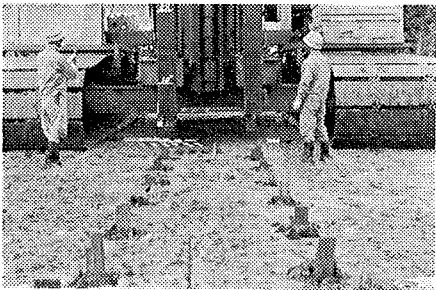


写真-1 PVC ドレーン打設状況

ローラーを用い、ドレーンピッチ 1.2m の正方形配置で同時2本打設を行なった。

3.1.3. 盛土工事 盛土工事は、急速施工による盛土のスベリ破壊を防止するために、第1段階盛土厚さ約1.5m~2m、第2段階盛土厚さ0.5m~2mに分けた段階盛土方式とした。

3.1.4. 施工管理 PVC ドレーン打設後、載荷盛土期間中の圧密改良効果の検討および施工管理をおこなうために沈下測定と水位測定をおこなった。図-3に排水井と沈下板の配置図を示す。

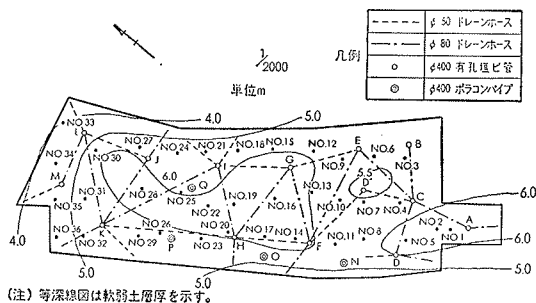


図-3 排水井および沈下板配置図

3.2. 打設装置の改良

3.2.1. 打設機本体 PVC ドレーン打設工事の初期においてはレール移動式の杭打ちやぐらを用いたが、レールの移動・据付けに時間を要し、稼働範囲が限ら

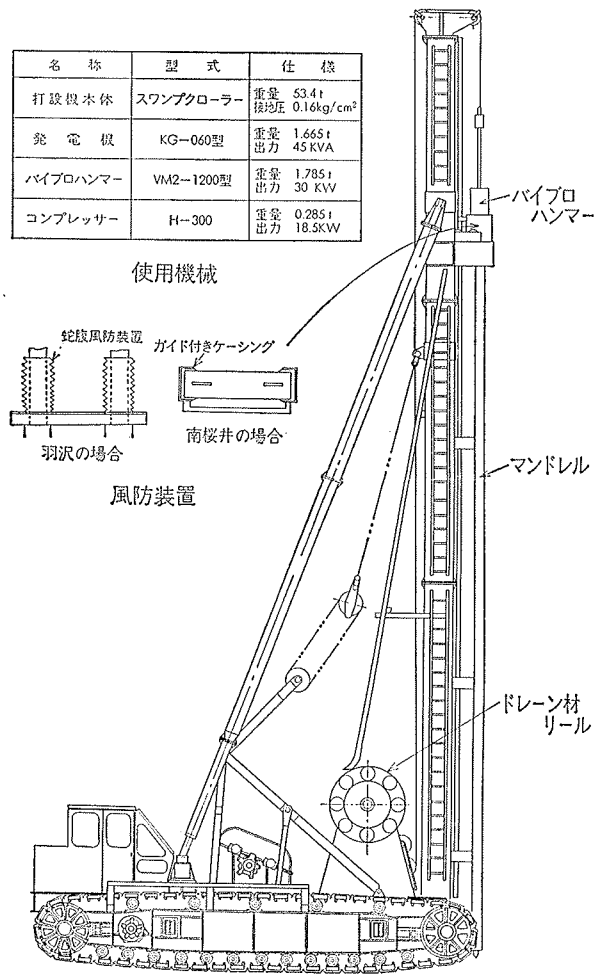


図-4 超湿地用クローラーを使用した打設機

れるなど問題が多かった。そこで本工事では図-4に示す超湿地用クローラーを使用し施工能率の大幅な上昇をみた。

3.2.2. ドレーン材リールおよび風防装置 ドレーン材リールには、総延長 800m のドレーン材をセットする。朝霞・羽沢両実験工事では打設時のドレーン材のたるみ防止を人力に頼っていたが、本工事ではエアブレーキを使用して自動制御した。

また、朝霞実験工事では 5m/sec 前後の風でドレーン材が切断することが多かった。この改良のために図-4に示すように、国鉄羽沢では蛇腹状の風防装置を、本工事ではガイド付きケーシングを装着したところ、10m/sec 程度の強風でも切断しない好結果を得た。

3.2.3. 先端コーンの改良 コーンの翼にかかる土圧によってドレーン材を完全に地中に残してくるためには、このコーンの構造および形状が最も重要である。

従来より使用していたA型コーンでは、傾斜した硬い支持地盤に当たった場合、あるいは仮設道路のように

礫まじりの良く締まった層を打ち抜く際に、コーンがはずれてドレーン材が折れ、共上がりすることが時々みられた。そこで、本工事においては、図-5に示すような安定の良い梯形コーンに改良したものを用いた。

当現場の仮設道路を利用した打設実験によれば、全テスト回数136に対し従来型コーンAでは6本の折損(4.4%)、そのうち $q_c \approx 30 \text{ kg/cm}^2$ 程度の硬い地域では実に12%の折損を示していたものが改良型コーンでは全くそのような折損による共上がり現象はみられなかった。

3.3. 打設実績

表-4に朝霞、羽沢、南桜井におけるPVCドレーン打設実績対照表を示す。打設能率は打設深さ、施工位置条件、施工機械などに左右されるため、一律に比較することができないが、朝霞では実働日当たり75本程度であったものが、羽沢270本/日、当工事では500本/日程度と実に7倍もの飛躍的向上を示し、その間の機械改善の著しさがわかる。

		朝霞	羽沢	南桜井
施工面積 (m ²)		5,700	9,600	46,000
打設深さ (m)		3~7	3~7	4.5~6
打設総本数 (本)		2,583	9,252(3.6)	30,528(11.8)
打設総延長 (m)		15,090	47,202(3.1)	180,028(11.9)
日数	全日数(日)	53	49	83
	実日数(日)	35	34	59.5
本数	全日数当り(本)	48.7	188.8(3.9)	367.8(7.6)
	実日数当り(本)	73.8	272.1(3.7)	513.1(7.0)
長さ	全日数当り(m)	284.7	963.3(3.4)	2168.9(7.6)
	実日数当り(m)	431.1	1388.3(3.2)	3025.7(7.0)

() 内は朝霞を1とした場合の倍率。

表-4 PVCドレーン打設実績対照表

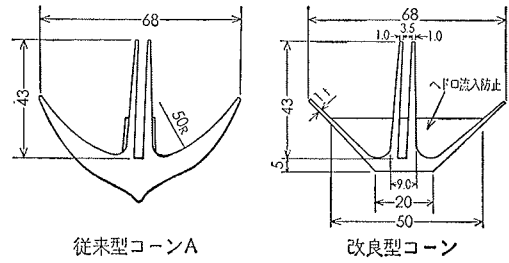


図-5 先端コーンの断面形状

4. 施行結果

4.1. 盛土—時間—沈下量

本区域内に設置された36カ所の沈下板のうち、代表的な No. 11, No. 22, No. 26, No. 30, No. 31の盛土と時間および沈下量の関係を図-6に示す。

- (1) 沈下板 No. 11 南側断面の代表的な沈下性状を示しており、各沈下板の下で盛土厚が3.5mと最小であり、したがって沈下量も70cmと最小である。
- (2) 沈下板 No. 22 この付近の軟弱土層厚は6m以上であり、しかもスリパチ状の中央部に位置しているため沈下量も110cmと大きい。
- (3) 沈下板 No. 26 5月18日以降の盛土施工に対応する沈下曲線は、60日後圧密度82%に達しており、それ以前の残留沈下を考慮すれば、ほぼ理論通りに圧密が進行している。
- (4) 沈下板 No. 30 北側断面の代表的な沈下性状を示しており、予想沈下量90cmに到着している。
- (5) 沈下板 No. 31 盛土厚は5.12mと大きく、したがって沈下量も122cmと大である。

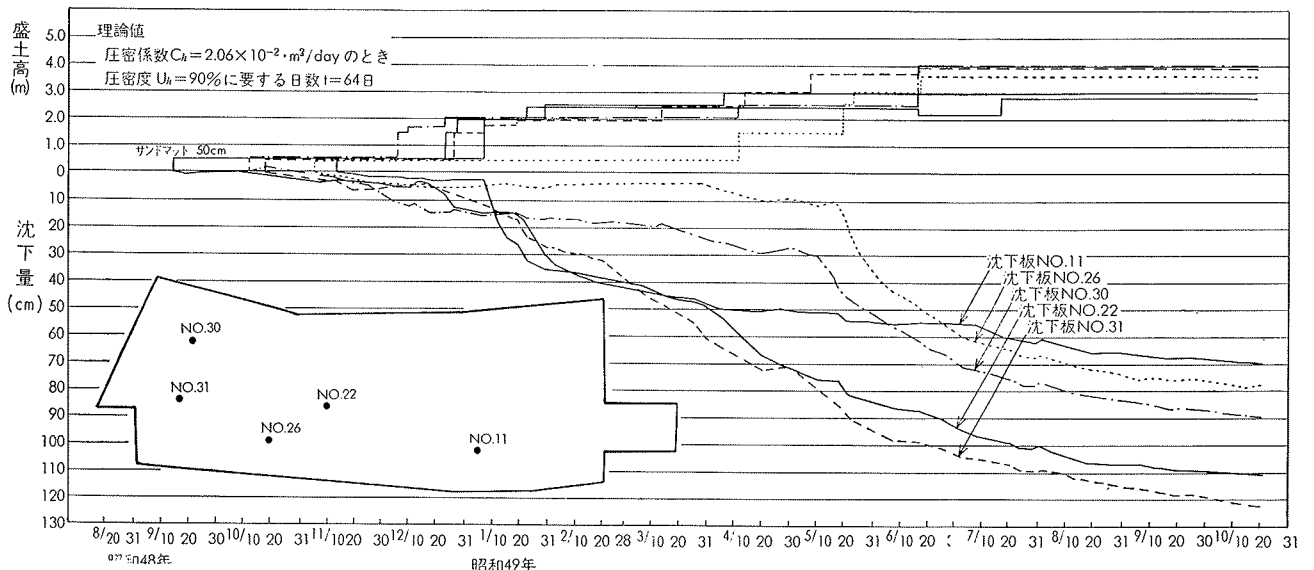


図-6 代表的な盛土—時間—沈下曲線

4.2. 改良効果

4.2.1. コーン指数 改良効果は、深さ 2m 以深について著しく、D-5 については改良前約 1.5 kg/cm² であったものが改良後約 4 kg/cm² に、D-7 については改良前約 1.5 kg/cm² であったものが改良後約 3.5 kg/cm² と貫入抵抗が増大している。

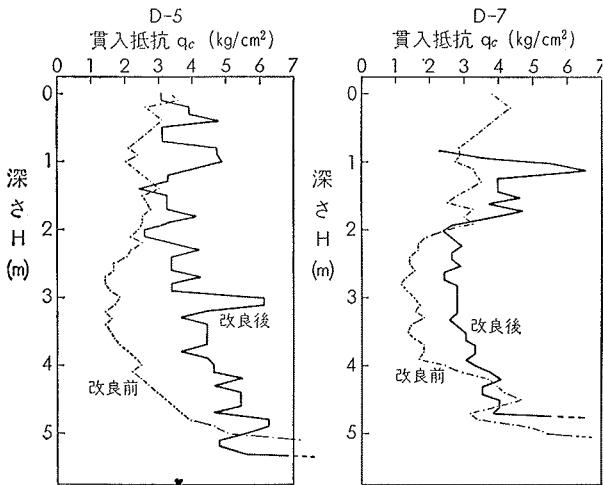


図-7 コーン指数の変化

4.2.2. 含水比 含水比については深さ 3m までの腐植土層の改良効果が著しく認められ、特に深さ 2m ~ 3m 付近の含水比は改良前の約 700% から改良後の約 100% へと著しく改善されており、平均でも 400% 前後含水比が減少している。

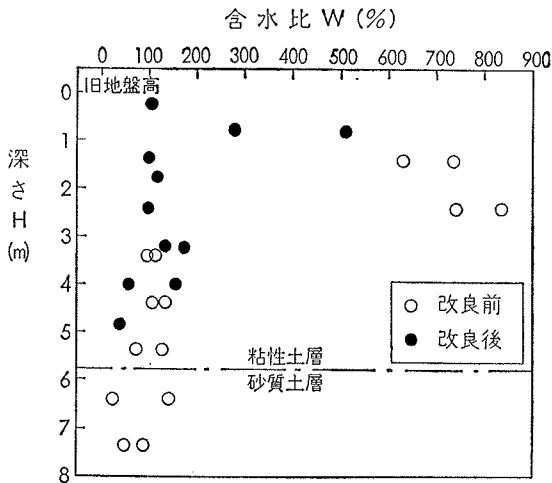


図-8 含水比の変化

4.2.3. 一軸圧縮強度 一軸圧縮強度については、改良前 0.05 kg/cm² ~ 0.2 kg/cm² であったものが、

改良後は 0.25 kg/cm² ~ 0.5 kg/cm² に増加している。この強度の増加程度は、三軸圧縮試験から求めた粘着力をもとに盛土厚さ 4m とした時の強度増加率 C/P = 0.31 から考えても妥当な値であり、地盤改良が順調に行なわれたものと考えられる。

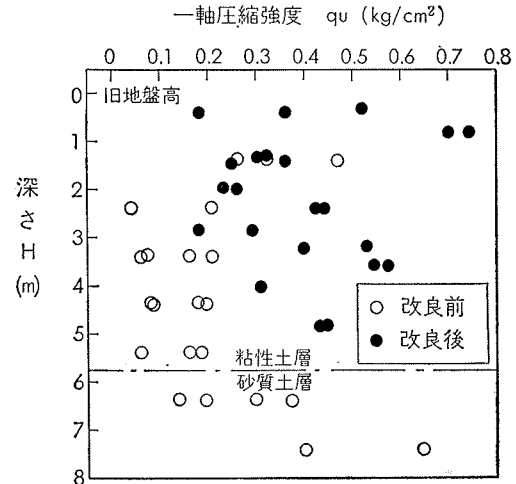


図-9 一軸圧縮強度の変化

4.3. 掘削試験結果

ドレーン材の土中での曲げ性状を調査するために行なった掘削試験によると、ドレーン材は地盤の沈下に追従して蛇行変形しており、切断・破損などの現象は見られなかった。

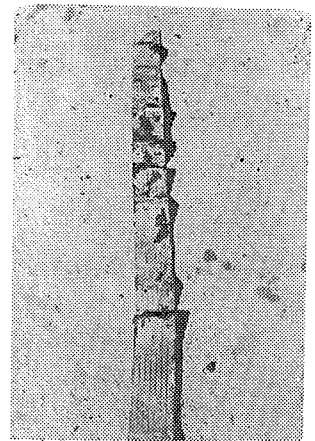


写真-2 土中におけるドレーン材の状況

5. あとがき

以上、PVC ドレーン工法による軟弱地盤改良工事の施工結果について述べた。打設装置、コーン形状などは工事ごとに改良検討が加えられ、施工能率も大幅な上昇を示しているものの、打設機本体の軽量化、深さ 10m 以上の深層改良、超軟弱層中へのドレーン材の残置方法など今後に残されている問題も多い。これらについては将来とも鋭意研究してゆきたい。

最後に、本報をまとめるにあたり、数々の資料の提供、便宜をはかっていただいた庄和町工務所の方々に感謝いたします。