

10. ペーパードレーン工法の新しい 施工管理システム

鹿島建設(株) 高野 耕 輔・*三浦 正 之・不動建設(株) 秋 元 明
日進地下開発工業(株) 広 島 利 夫

1. まえがき

ペーパードレーン工法は、軟弱地盤改良工事の増加に伴いその適用性および経済性が注目され、現在最も利用されている地盤改良工法の一つである。しかし、工法上の問題点として打設管に連行されてドレーン材の一部あるいはその全長が地表に向かって上昇する現象、いわゆる「共上り」の発生がよく知られており、打設したドレーン材が所定深度に残置しているかを確認する方法が実用化されていないため、従来から管理技術面の不備が指摘されていた。

そこで、ドレーン材の地中残置状況を正確に検知でき、施工に伴う共上りなどの異常をモニタリングしながら施工できる新しい施工管理システムを開発したので、その概要について紹介する。

2. ペーパードレーン工法の現状

(1) 工法の特徴

ペーパードレーン工法は、プラスチックボードドレーン工法、ボード系ドレーン工法、あるいは人工材ドレーン工法などとも呼ばれ、パーティカルドレーン系に分類される地盤改良工法の一つである。

工法の原理は、合成樹脂あるいは不織布などからなるドレーン材（通気孔を持った透水性脱水用ボード）をまず打設し、その後、盛土などの荷重によって軟弱地盤を圧密し排水させて地盤の強度増加を図るものである。特に粘性土への効果的な工法として、施工性、経済性の面からも多用されている。

現在、一般的に採用されている施工法とドレーン材の特徴を表-1に示す。

(2) 従来の施工管理方法

従来の施工管理方法は、ドレーン材の打設本数と打込み深度との記録を主体とするもので、図-1に示すようにドレーン材の繰出し量を検知する方法、あるいは打設管（ケーシング）の打込み深度を検知する方法が用いられてきた。いずれの方法もドレーン材の残置深度、破断および共上りの状況を定量的に把握することは困難であり、打設管の引抜き時に発生するドレーン材のたるみで破断や共上



写真-1 施工機械

りの発生を知る程度であった。

3. 施工管理システムの狙いと特徴

ペーパードレーン工法の施工にあたり一般に要求されている品質は、確実な施工、迅速な施工、静かな施工であり、これらを機能展開し早急に開発すべき項目を次のように決めた。

- ① ドレーン材の破断や共上りがわかること。
- ② 打設時間、残置深度、打設数量がわかること。
- ③ 共上りの修正ができること。

以上の項目に共通して要求されることは、ドレーン材の地中での残置深度を正確に検知することである。本システムは、打設管先端部からのドレーン材繰出し量を新たに開発した磁気近接式感知器で計測する方式を採用したもので、次のような特徴がある。

- ① 打設管先端部に感知装置が付いているので、地中におけるドレーン材の残置深度の把握および共上りの検知が可能である。
- ② ドレーン材の破断や共上りした場合、警報信号が出るので修正施工が可能である。
- ③ 自動記録装置によりドレーン材の地中残置深度、打設数量および打設時間が記録でき、質の高い施工管理が可能である。

4. 施工管理システムの構成・機能

(1) 全体構成







本システムは図-2に示すように

- ① 被感知材つきドレーン材
- ② 打設管先端部の感知器および打設管の深度検出器から成る検知装置
- ③ 施工機械の運転室に設置する操作・記録装置

から構成され、オペレータが施工機械を運転しながらすべての操作および監視を行うことができる。

表-2にシステムの仕様を示す。

表-1 各種ドレーン工法一覧

ドレーン材名	形状	材質	打設方法	打設機	
タブネルドレーン		○ポリプロピレン連続長繊維 ○全体が不織布	○ケーシング打設	○パイプロ ○圧入 ○スプレット	2連打ち 1連打ち 1連打ち
キャプセルボードドレーン		○表面:特殊合成繊維 ○ポリオレフィン樹脂	○ケーシングおよび機打ち	○機 ○圧入	1本打ち 1連打ち
P C Vドレーン		○全体:塩化ビニール多孔質樹脂	○ケーシング打設	○パイプロ	2連打ち
ゲミカルボードドレーン		○表面:アクリル系合成繊維 ○塩化ビニール樹脂	○ケーシングおよび機打ち	○圧入 ○機	1連打ち 1本打ち
ジョドドレーン		○表面:セルロース、ポリエステル系合成樹脂 ○ポリオレフィン樹脂	○ケーシング打設	○圧入	1連打ち
O Vドレーン		○テトロン短繊維不織布 ○ラセンパイプ	○ケーシング打設	○圧入	2連打ち

(1) 繰出し量検知方式 (2) 打設深度検知方式 (3) 共上りの確認

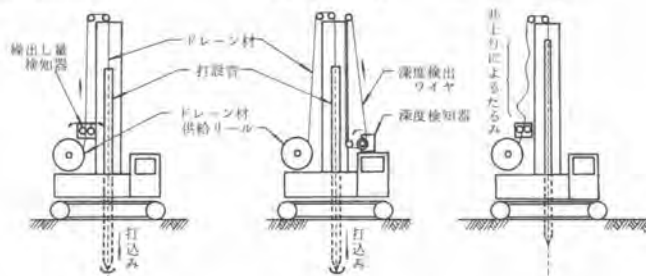


図-1 従来の施工管理方法

② 被感知材つきドレーン材

被感知材には感知器が感知しやすい材質、寸法であること、ドレーン材に取り付ける際の加工性が良いこと、さらに透水性への悪影響がないことなどが要求される。このためプラスチック系ドレーン材には直径40mm、厚さ0.1mmの特殊金属

板を、また不織布系ドレーン材には35mm角、厚さ0.1mmの特殊金属箔を採用した。被感知材の取付間隔は密であるほど検知感度をあげることができるが、経済性から1m間隔を標準とした。

ドレーン材の構造と仕様は図-3に示すとおりであり、被感知材をつけてもドレーン材の特性に影響は出ない。

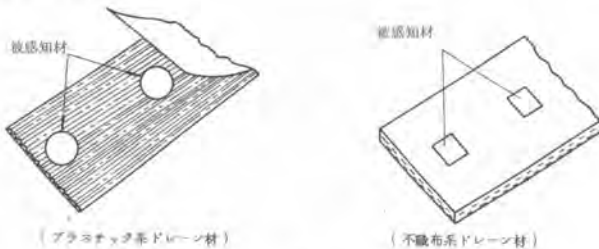


図-3 被感知材つきドレーン材

(3) 検知装置

打設管先端部の感知器は、ドレーン材に取付けた金属板を検知しドレーン材の繰出し量をパルス数として出力する方式のもので、地中への打込みなどの厳しい使用条件を考慮して、前述のとおり「磁気近接式」を採用した。感知器に要求される性能としては、検出可能距離が安定していること、速度応答性が良いこと、打設管など被感知材以外の周囲金属による影響がないなどがあげられ、感知性能試験のデータをもとに動作距離を0~30mmに設定し使用した。

打設管の深度検出器は、打設管の打込み、引抜きの上下動をワイヤを介して回転機構に伝え、角度センサの一種のシンクロ電機を回転させている。シンクロ電機の採用によって地表面での零点補正を容易に行うことができる。

(4) 操作・記録装置

操作・記録装置は、検知装置からの信号を受けて記録計に出力する装置で、次の機能を備えている。

① 感知器の信号の波形を整形し、残置パルス信号として記録する。

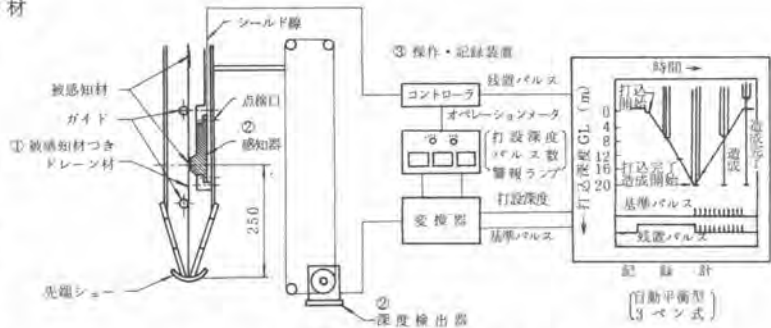


図-2 施工管理システムの全体構成

表-2 システムの仕様

項目	規格・性能
ドレーン材繰出し量感知器	検知方式 高周波発振型磁気近接方式 被感知材 40φ, 0.1mm厚, 35mm角, 0.1mm厚 始動動作距離 30mm 耐衝撃性 2.5G 耐水圧 3kg/cm ²
深度検出器	検知方式 シンクロ電機/ポテンシオメータ 出力 100Ω/m
記録計	記録方式 自動平衡型, 3ペン
その他	検知精度 ±40mm以内 電圧 AC100±20%以内 周囲温度 -15~40℃

項目	材料名	被感知材		方法
		無	有	
透水係数 (cm/sec)	キャッスルボード	3.6×10 ⁻⁴	3.5×10 ⁻⁴	JIS A 1218
	タフネルドレーン	6.1×10 ⁻⁴	5.9×10 ⁻⁴	
引張強度 (kg/巾)	キャッスルボード	260	260	JIS K 8745J JIS L 1068
	タフネルドレーン	120	120	

② 深度検出器のアナログ信号を打設深度として記録するとともに、引抜き時1 mごとに標準パルス信号を作り記録する。

③ 共上りの発生を残置パルス信号と標準パルス信号との位相差によって検知し、警報を発する。

④ 打設状況を数字表示でオペレーションメータに示す。

以上の機能をコンパクトにし、一体化して運転室の前面あるいは側面に設置している。

(5) 共上り検知機能

本システムの最大の特徴である共上り検知機能は、その発生深度と発生量とを図-4に示す方法で容易に把握できる。図のように引抜きの最初で共上りが発生した場合に、被感知材の取付間隔が1 mであっても記録紙上の読取り誤差(約10 cm)程度で共上り量を知ることができる。

5. 施工実績

昭和58年11月から5現場で本システムを適用し、打設延長約11万 mの工事を終了した。適用の結果、開発の狙いの3項目について十分な機能を果していることを確認した。さらに、施工データを分析することによって共上りの発生パターンとその原因を把握でき、対象地盤に応じて先端シューを変えるなど施工にフィードバックすることができた。

共上りの発生は、0.5 m以上の共上りの発生件数が総打設本数に占める割合を共上り発生率として集計した結果、約5%程度であった。

6. あとがき

本システムは施工実績から十分な性能と信頼性を持つことが確認できた。現在、検知感度向上とデータ集計の簡易化を目指した改良を進めている。今後は、本システムを適用した施工実績の蓄積によって共上りのメカニズムを解明し、施工管理の領域から一步踏み出して共上りのない施工法を実現することが大きな課題であろう。

(参考文献)

1. 第19回土質工学研究発表会 昭和59年6月 ベーバードレーン打設時の共上りについて(その1) 共上り検知装置の開発
2. 第19回土質工学研究発表会 昭和59年6月 ベーバードレーン打設時の共上りについて(その2) 現場における共上り状況の調査
3. 建設の機械化 昭和59年6月 ベーバードレーン工法の新しい施工管理システム



写真-2 操作・記録装置

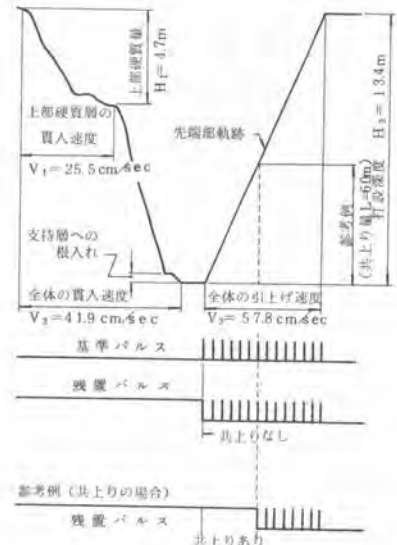


図-4 施工記録例