

44. 気送システムを用いた土砂搬送装置

東急建設(株)：大野 邦夫・西尾 仁

まえがき

近年の、土木工事は空間的、時間的な制約が多く、また作業環境改善の要求も高まっている。その中で地下掘削施工の状況も多様化し、掘削した土砂を速く安全に搬送することが課題となっている。土砂の搬出方法としてはクラムシェルや機械的なコンベアー装置、スラリー輸送等の多様な設備が用いられているが、狭い空間や少量の場合には、相変わらず人力に頼っている。今回実験導入した気送システムは、他分野で多く採用されているものを土木工事に採用したものであり、従来不可能と考えられていた粘性土を自然状態で気送できるよう考案した。

- 本報では 1. 気送システムの開発と経緯
2. 現場導入実験
3. 粘性土にたいする改善
4. 今後の展開 について報告する。

1. 気送システムの開発と経緯

今回 導入したシステムはコンクリートガラ回収で効果的に稼働した装置を一般土砂に適合するよう改造したものである。このシステムには30kwのルーツブローアをパワーユニットとして使用し、パイプラインは4インチを使用した。排土装置は土質により連続搬出式と真空タンク式を使い分けた。

粘性土・砂質土・碎石それぞれについて基礎データの収集を行った。実験の目的は、①所要動力・騒音の測定 ②気送システムの作業性の確認 ③搬送能力と輸送管圧力損失の確認 ④閉塞トラブルの要因調査 ⑤試作ノズルの効果 ⑥分離器の分離・排出効果などである。

実験の方法は ①パワーユニット(ルーツブローア)より10Mの位置での騒音測定 ②気送ホースとして吸入ノズルから分離器までホース8Mと直管8Mを連結した。

分類	品名	仕様
真空ポンプ	ルーツブロー	30KW 35m ³ /min 5000mAq 1200rpm
分離器	真空ヘッドタンク	容量1.2m ³
分離器	連続排出タンク	容量0.6m ³ ダブルチャンバークイクロン
輸送管	鋼管、ホース	内径100mm
吸入器	吸い込みノズル	型寸筒形 断面積 78d /ズメ定数 0.0078

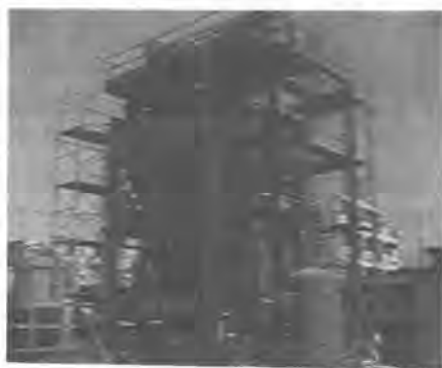


写真-1 基礎データ収集試験全景

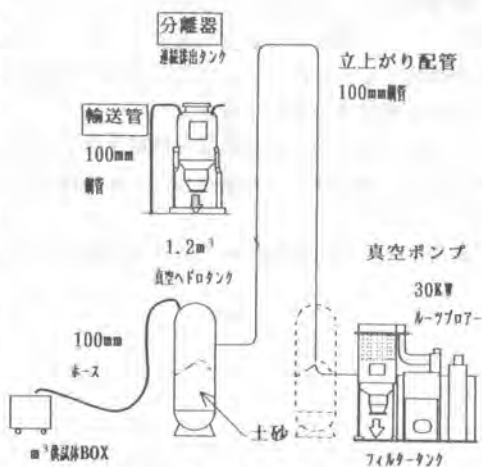


図-1 基礎データ収集システム構成図

2. 現場導入実験

基礎データの収集後自社工事での試験導入を検討し、鉄道（複々線）工事の基礎杭オーガ削孔土砂搬送及び建築に於けるエレベータビット掘削の土砂搬送に本システムを試用した。



写真-2 オーガ削孔残土の泥土搬送

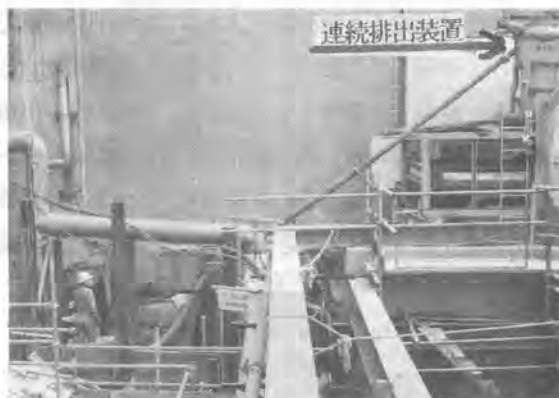


写真-3 エレベータビット掘削工事のズリ搬送

- 気体を輸送媒体として物質を搬送する場合
気体の質量に対する単位時間当たりの固体粒子の輸送重量を混合比で表す。

$$G_g = \text{単位時間当たりの固体粒子の輸送重量 (kg/sec)}$$

$$G_a = \text{気体の流量 (kg/sec)}$$

$$\mu = \text{混合比 (無次元)}$$

$$\text{とすれば } \mu = \frac{G_g}{G_a}$$

表-2 現場導入試験結果

本実験で使用した真空ポンプ(ターボポンプ)の能力は $35\text{m}^3/\text{分}$ であるが、実際には、配管・フィルター部の抵抗があり搬送空気量は減少する。実験では吸込ノズルの平均空気速度をマンメーターで計測し混合比を算定した。
* 空気量 $20\text{m}^3/\text{分}$ の場合
 $20\text{m}^3/\text{分} \times 1.293\text{kg}/\text{m}^3 = 24\text{kg}/\text{分}$
(空気の流量) (空気の質量: G_a) (固体粒子の輸送重量: G_g)

実験場	資料分類	配管条件		搬送量 m^3/h	混合比 %	観察		
		ノズル	輸送管					
1 掘削土砂	オーガ	土丹	無し	100φ 10m+0m	計測不能	固めの粘土、真空タンク吸い込み口のバンド箇所、ホース内に付着により閉塞多い ホース重く作業困難		
			スクリーン 40mm	100φ 8m+0m	0.4	33	ヘドロ状態、ドボドボと音を立ててタンクに移送されるが、時たま粘土中に含まれる塊で閉塞する	
			スクリーン 40mm	100φ 8m+0m	0.8	66	スクリーンで塊は除去出来るがヘドロをスコップで引き寄せる作業である	
A エレベータビット	掘削土砂	土丹	コンクリートガラ 乾燥状態	無し	100φ 20m+0m	2.8	231	形状がゴツゴツしており絡み合って吸い込み口で閉塞する、微粉末は分離できずフィータータンクに直行
			コンクリートガラ 散水状態	縦型	100φ 20m+0m	3.0	247	管内移送中、粒径の大きな物の表面水に微粉末が付着し微粉末の分離良好
			無し	100φ 8m+6m	計測不能		粘土とコンクリートガラ(1:2)を交互に吸わせることにより閉塞は防げるが、分離器での付着により排出不能	
			無し	100φ 8m+12m	2.4	198	拾い取るように吸うことによりかなりの大粒の物も吸引するが輸送管内で回転して通り時たま閉塞する	
			縦型	100φ 8m+12m	2.6	214	ノズルを通過しても、管内で回転して摩擦によりスピードが落ち後続のズリと噛み合いホース内で閉塞	
			縦型	100φ 8m+18m	3.8	313	堆積した山に突っ込んで吸い出される 時たま噛み合せてノズル口で閉塞するが回転すると吸い込まれる	
			無し	100φ 8m+18m	2.8	231	一時的にはたくさんの量が吸われるが、ノズル口での閉塞が多い	

3. 粘性土に対する改善

従来 粘性土は自然状態での気送は難しいとされており表-3の実験でも同様の結果が出た。

粘性土は、管内を移送する際、粘着力により壁面に付着しながら移動する。含水比が大きいときには、液状（ヘドロ状）であるが、含水比が低下すると塑性状態となり、さらに乾燥すると粘りを失って半固体状のものになる。特に取り込み口ではヘドロ状態でも、管の下面を波動し、搬送空気との速度差により水分が分離して固形プラグになり管内摩擦が増大し速度が低下する。しかし管内静圧がプラグを破壊し断続的に粘土を搬送する（脈動）。管路のバンド箇所では直線部を流れていた粘土が慣性力で管の外周にたたき付けられ、あたかも吹き付けコンクリートのごとく堆積しバンド部は閉塞する。付着は閉塞原因のみならず、輸送管の重量増加は多大で、作業性を大きく損なう。実作業時には大量の水を混合させて粘性土をスラリー化させてパイプライン内を通過させるため産廃処理が必要となっていた。



写真-4 粘性土の閉塞状態(曲がり管部)

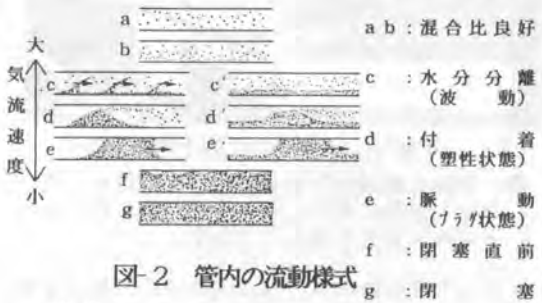


図-2 管内の流動様式

今回これを改善させるため高吸水性樹脂を添加し乾燥状態での気送を試みた。高吸水性樹脂の特徴を次に述べる。①自重の数十倍～数百倍の水を吸う樹脂であり材料そのものが、水を吸うので、少々を圧力を加えても水を放出しない。②吸水前後を問わず粘着性・付着性は小さい。この特性を利用し、含水比を塑性限界以下まで低下(吸水)させることにより粘性土を半固体状に改良し気送効率を向上させた。

図-3に添加量の参考値を示す。

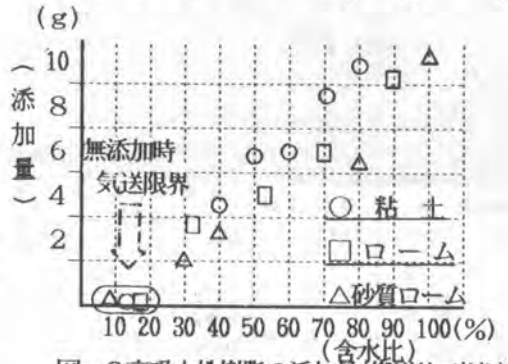


図-3 高吸水性樹脂の添加量(搬送1kg当り)



写真-5 粉末高吸水性樹脂添加装置



写真-6 液体吸水性樹脂添加装置



写真-7 液体吸水性樹脂



写真-8 高吸水性樹脂添加ポンプと混合ノズル



写真-9 吸い込みノズル

4. 今後の展開

技術的課題として

- ①気送システムの信頼性向上（閉塞による作業休止時間の低減）
- ②土質および含水比の対応幅の拡大
- ③省エネ化-----気送システムのエネルギー効率はこのコンベアシステムと比較して劣る。吸入部分を改造し混合比を制御できる構造としたい。
- ④高吸水性樹脂添加ノズルの軽量化と添加量の自動制御
- ⑤システムの導入適用を軌道工事杭打ち作業のオーガ削孔時の排土作業に絞り込み自動化を図りたい。



写真-10 ノズルマニピュレータ

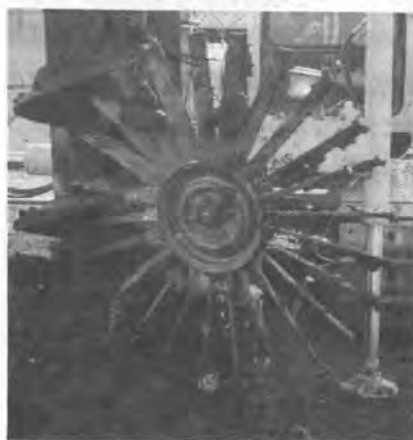


写真-11 オーガー付着残土除去装置

参考文献

- | | | |
|---------------|-------------------|-----------|
| 1) 梶原 滋美・古見 通 | 流体(気送)コンベア、八雲書店 | P・69～P・70 |
| 2) 森川 敬信 | ；流体-固体二層流、日刊工業新聞社 | P・169 |
| 3) 辻 裕 | ；空気輸送の基礎、養賢堂 | P・57 |