

26. 大型土砂圧送ポンプから発生する振動・騒音対策

佐藤工業㈱：*花田 行和、小林 拓、
軽込 茂

1. はじめに

営団地下鉄11号線土木工事の本所工区において、大断面泥土圧シールドの土砂搬出設備に大容量のポンプを使った土砂圧送システムを採用し、その施工能力について十分な結果を得た。

しかし、二次的な問題として、土砂圧送ポンプから発生する振動・騒音に関して、その対応策が求められた。ピストン式土砂圧送ポンプから発生する振動・騒音は、構造上避けられないものであるが、坑内の作業環境が悪くなるだけでなく、その大きさによっては坑外、および近隣の住民に影響を与えることになる。

本工事においても、掘削土を搬出する土砂圧送管から発生する衝撃音や、圧送ポンプ本体から発生する振動に対して、沿道住民から苦情が寄せられたため、作業時間帯の工夫や設備の固定方法の改善等様々な方法で対処した。本稿では、これらの対策方法として、設備の面で最も効果的と思われる防音対策（圧送配管の途中に取り付けたサイレンスダンパー）および、振動対策（ポンプ本体に取り付けたエアークッション）について、その構造と測定結果を報告する。

2. 工事概要

工事場所：墨田区錦糸三丁目～墨田区業平三丁目

掘削期間：平成12年6月29日～平成13年2月28日

工事内容：トンネル施工延長	907m	地質概要：施工地盤	沖積粘性土層
シールド外径	φ9,600mm	掘進地層	下部有楽町粘性土
セグメント種類	R C 平板型	N 値	0～1(GL-20m まで)
セグメント外径	φ9,400mm		2～5(GL-20m 以下)
セグメント厚さ	440mm	液性指数	1.0 (掘進区間の大部分)
構築平均土被り	約 15m		1.4～2.0 (到達付近)

3. 土砂圧送システムの概要

大断面泥土圧シールドの土砂圧送システムに、従来の圧送ポンプを組み合わせた場合、吐出量および吐出圧力共に能力不足となる。

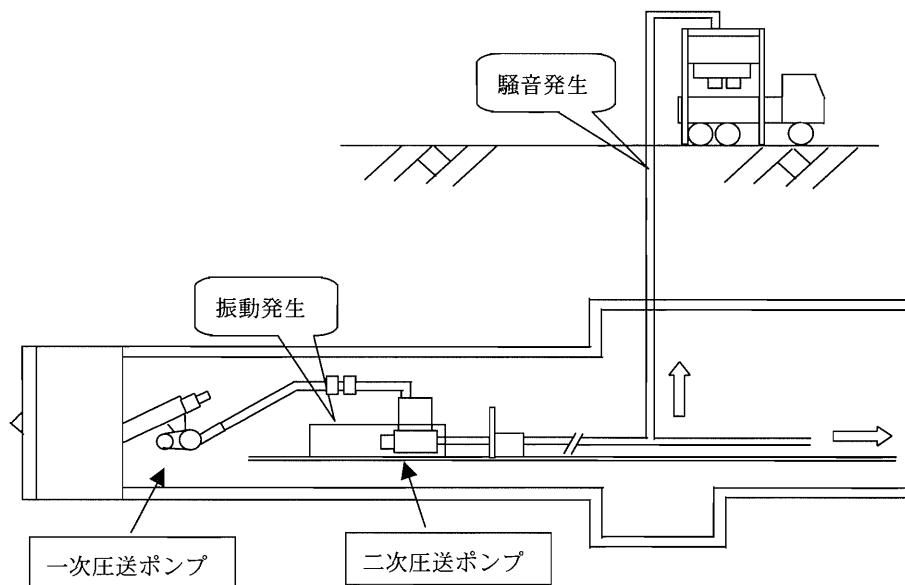
そこで、今回新たに大容量のポンプを製作し、大断面シールドに対応した土砂圧送システムを確立した。これは、一次ポンプに、ロータリーポンプ、二次圧送ポンプには、超大型ポンプを組み合わせたものであり、切羽から坑外までの土砂搬出を1系統・1台で圧送可能とし、坑内には中継ポンプの無い最もシンプルなシステムである。

4. 施工上の問題点

4. 1 輸送管の騒音対策

土砂搬送に圧送ポンプを用いる際、輸送管から生じる衝撃音と振動は、管内流速が大きい程、また圧送抵抗の大きい程大きくなる傾向がある。この騒音・振動は、当工区のような市街地工事においては、非常に大きな問題となる。(図一1に騒音・振動の発生個所を示す)

当工区では、配管から生じる騒音の最も効果的な解消方法として、サイレンスダンパー(衝撃音と振動を同時に吸収し、低減できる装置)を採用した。

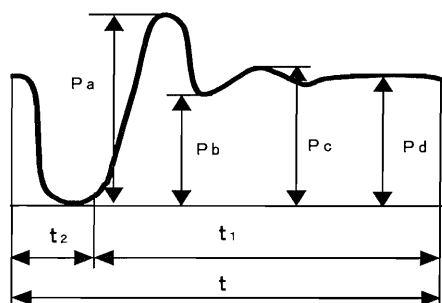


図一1 土砂圧送設備概要図

○土砂の管内圧送メカニズム

図一2に、ピストン式圧送ポンプの圧力波形模式図を示す。

ポンプの圧送機構上、ピストンの動きは連続的ではないため、輸送管内の土砂の流れは間欠的になる。これは、左右のピストンが切り替わる際、ピストンが一時的に停止する時間 (t_2) に、圧送圧力は0に近づき、その後、ピストンの移動開始に伴って瞬間的に最大ピーク圧力



図一2 圧力波形模式図

(P_a) に達し、(P_b) (P_c) の変動を経て、定常圧力 (P_d) となるためである。

このような圧力の変動は、輸送管内を流れる土砂の形成を乱し、最大圧力時から正常な状態になろうとした時、管壁に衝突し、衝撃音と振動を誘発する。

○装置の構造と原理

図-3にサイレンスダンパーの構造を示す。サイレンスダンパーは、圧送管の中間にY字形管と、その枝管部の先端に取付られたシリンダーとからなり、シリンダー内部には常時圧力 0.5~2.0Mpa の窒素ガスがピストンにより封入されている。圧送管内の圧力が上昇すると、枝管部に流入した土砂によってピストンが押し上げられ、窒素ガスが圧縮される。圧送管内の圧力が低下した際は、この窒素ガスの圧力によって枝管部の土砂が圧送管に押し戻される。その結果、衝撃音や振動の発生が緩和される。

○サイレンスダンパー取付位置と騒音測定結果

サイレンスダンパーは、二次圧送ポンプの後部に移動式（シールドの進捗に応じて移動する）を設置し、トンネルの中間点（450m）および、坑口付近に、固定式を設置した。図-4に、土砂圧送ポンプ稼働時の騒音測定結果を示す。

圧送ポンプ稼働時の衝撃音は、ポンプ後部より200mの位置で最大115dBを示しているが、トンネル中間点に設置したダンパー②においては、100dBまで下がり、10~15dBの減衰効果が現れている。

また、坑口に設置したダンパー③では、15~20dBの顕著な減衰効果が現れており、坑口から100m離れた位置、および200m離れた位置では、坑内における暗騒音（70dB）近くまで下がっている。昇降階段に沿って配置した配管および路上においては、土砂圧送における騒音は全く感じられなかった。

4. 2 機械の振動対策

ポンプ稼働時の振動に対する苦情に対し、原因調査のために、振動源と思われる圧送ポンプ直上の路面において振動調査を行った。

その結果、ポンプ圧送時の振動が最大53dBとなり規則正しく現れていた。この振動レベルは、「騒音に関する環境基準」でも一部の人に影響があることが記されている。

本工程では、この振動防止対策として、圧送ポンプ

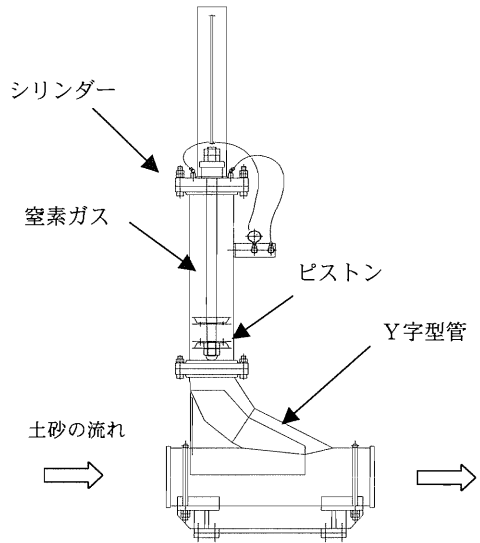


図-3 サイレンスダンパー構造図

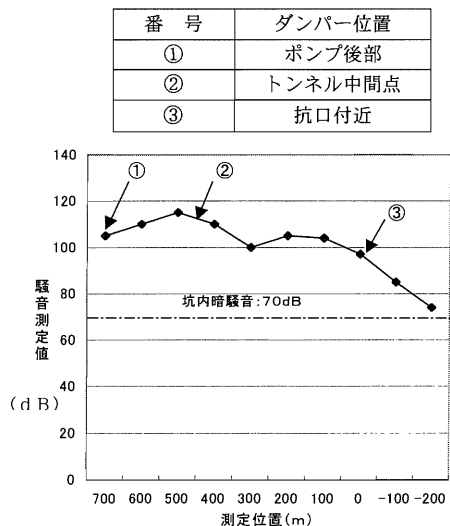
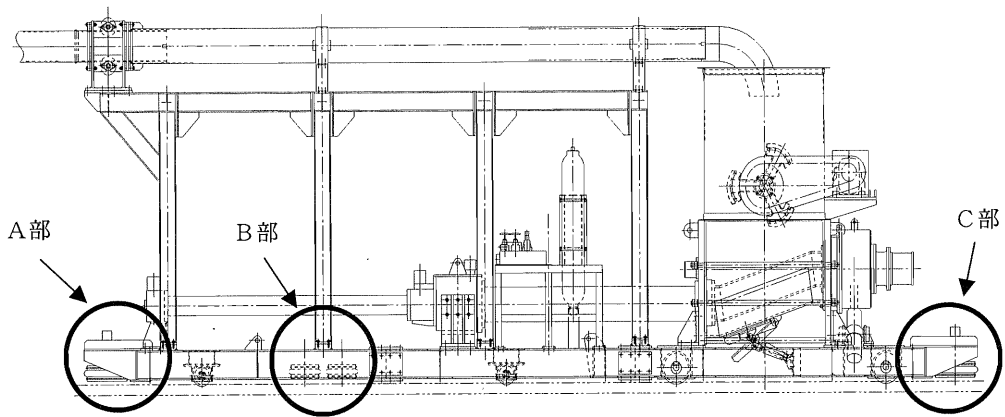


図-4 騒音測定結果

とレールとの間に緩衝材を取り付けることによって、セグメントに伝わる振動をできるだけ抑える方法を採用した。図-5にエアークッションの構造および取付図を示す。(A, B, C部)

エアークッションは、機械の重量配分によって選定し、また、圧送配管の延長時にはポンプ本体を移動する必要があるため、油圧ジャッキを縮めて牽引できる構造とした。



○ 振動測定結果

エアークッション取付後に、再度振動測定を行った結果、トンネル坑内では、エアークッション取付前の値60 dBに対し、5～6 dBの減衰となった。路面での測定結果では、エアークッション取付前の値に対し、約10 dB減衰し42～43 dBまで低減したことが確認された。これは、人体にはほとんど感じられない値である。

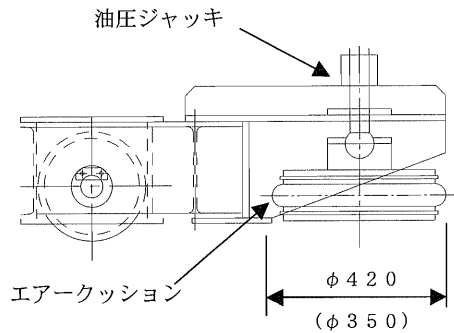


図-5 エアークッション取り付け図

5. おわりに

大容量のポンプを使った土砂圧送システムにおける施工上の弊害として、圧送時に発生する騒音振動の影響が、坑内の作業環境および沿道住民に対して大きな問題となった。

本工事では、これらの防止対策として、サイレンスダンパーやエアークッションを採用することにより、その影響を機械的に低減させ、作業員や住民の苦情等に対処した。

今後は、これらの防音・防振装置について、より効果が発揮できるよう、設置位置の再検討が必要と思われる。

表-1 振動測定結果 (dB)

測定位置	対策前	対策後
坑内	60	54～55
路上	53	42～43