

コンクリートポンプ車用 移動式防音囲い「T-Silent® Cover」の開発

浅井 拓朗^{*1}・長田 篤佳^{*2}・宇津木 淳一^{*2}

Keywords : concrete pump truck, noise abatement enclosure, noise source identification

コンクリートポンプ車, 防音囲い, 音源探査

1. はじめに

建設工事に伴う騒音は、日常的に経験する一般的な交通騒音や機器騒音と比較して大きい。我が国における2023年の典型7公害に関する苦情調査では、騒音に関する苦情総数のうち建設作業が占める割合は38.5%に上る¹⁾。建設工事のコンクリート打設作業で用いられるコンクリートポンプ車（写真-1）は、レディーミクストコンクリートの圧送時に特に大きな騒音が発生し、コンクリート打設期間の日中の長時間にわたり稼働する。特に都市部では、建設現場が狭隘で近隣家屋に近接している場合が多く、これが近隣住民からの騒音苦情に繋がる一因となっている。

その対策として、鋼材フレームに防音シートを張った定置式の防音囲いでコンクリートポンプ車を囲うことがある。しかしながら、この防音囲いはアウトリガーよりも外側に設置する必要があるため、その規模は大きくなる。さらに、コンクリート打設のたびにこのような大規模な防音囲いを都度設置・解体することは、

時間的および費用的な制約から現実的ではない。同様の理由から、コンクリートポンプ車の打設位置の変更に合わせて防音囲いの位置を柔軟に変更することも困難である。さらに、狭隘な現場において、広い領域を占有することでその他の作業効率を低下させる要因となる。

以上のような背景から、移動式かつコンパクトな防音囲いを開発することを目的とし、コンクリートポンプ車の騒音特性の調査に基づき主要な騒音源と騒音伝搬経路を重点的に対策することで、実用的なコンクリートポンプ車の移動式防音囲いT-Silent® Coverを開発した。本報では、この防音囲いの特徴および防音性能等について報告する。

2. コンクリートポンプ車の構造

コンクリートポンプ車は圧送方式によりピストン式とスクイズ式に大別される。ピストン式は、油圧シリンダにより引き込み方向に摺動しレディーミクストコンクリートを吸入し、押し出す方式である。圧送能力に優れるが、騒音は大きい。スクイズ式はポンピングチューブに吸入されたレディーミクストコンクリートをローラにより絞り出すように吐出する方式である。圧送能力は劣るが、騒音が小さい特徴を持つ。これらは要求される圧送能力により選択される。本報告では一般的に大規模な現場で利用されるピストン式を対象とした。ピストン式の機構を図-1に示す。ミキサー車から受け入れたコンクリートを2本並んだシリンダによって交互に吸入、吐出を繰り返す構造となっている。間断なく吐出するよう、吐出先の輸送管に交互に連通させるスイングバルブが左右に繰り返し揺動する機構



写真-1 コンクリートポンプ車 (ピストン式)
Photo.1 Concrete pump truck(piston type)

*1 技術センター 都市基盤技術研究部 音響研究室

*2 サステナビリティ総本部 クリーンエネルギー・環境事業推進本部 自然共生技術部

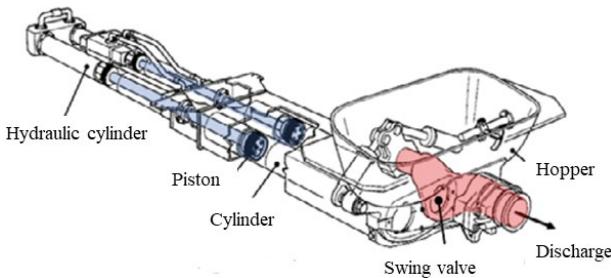
図-1 ピストン式機構²⁾

Fig.1 Mechanism of concrete pump truck

となっている。低騒音型とされているものは、油圧回路・制御システムによりシリンドラ切替時の衝撃音が低減されている。

3. コンクリートポンプ車の騒音特性調査

防音囲いを開発するにあたり、ピストン式コンクリートポンプ車（極東開発工業（株） PY135-28-H）を対象に騒音測定および音源探査測定を実施した。コンクリートポンプ車の稼働条件は、高圧圧送、標準圧送、エンジンアイドリング、エンジン最高回転、エンジンアイドリングかつスイングバルブ稼働の5条件とした。空気送とコンクリート圧送時の騒音に大きな差異がないことを事前に確認の上、圧送時にはレディミクストコンクリートを充填せず、空気送とした。

3.1 測定概要

3.1.1 騒音測定

コンクリートポンプ車の騒音の周波数特性と放射特性を把握するため、図-2に示す車体から300 mmの距離に測定点S1~S12、車体左側方にS13、車体前方にS14、車体右側方にS15を設け、騒音計を用いて測定を行った。高さは1500 mmとした。

3.1.2 音源探査測定

コンクリートポンプ車の圧送時の騒音発生箇所を特定するため、音源探査システム³⁾による測定を実施した。音源探査システムは複数のマイクロホンを用いて音が到来する方向を推定し、画像データと合わせて高精度に可視化するシステムである。測定点は騒音測定点のうちS13~15とし、測定高さは1500 mmとした。

3.2 測定結果

3.2.1 騒音測定

高圧圧送時の各測定点の騒音レベルを図-3に示す。

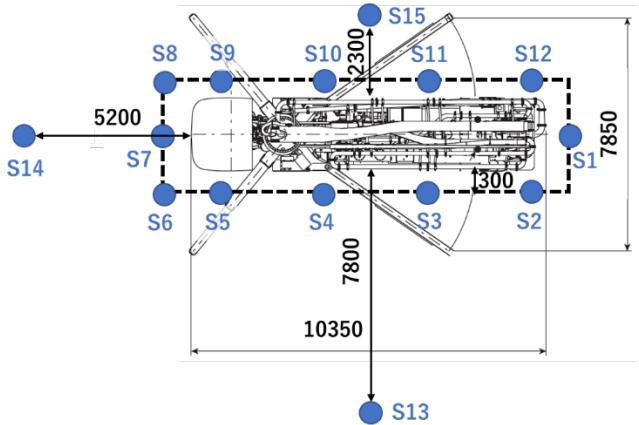


図-2 騒音・音源探査測定点

Fig.2 Noise source identification and noise measurement

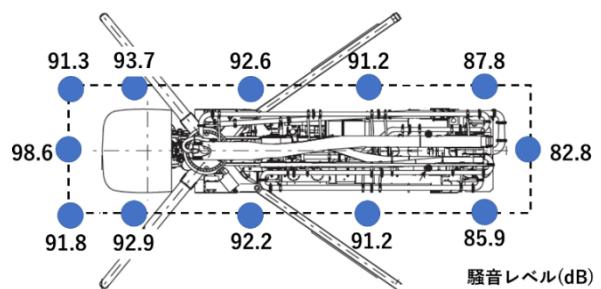


図-3 車体周辺の騒音レベル

Fig.3 A-weighted sound pressure level around the concrete pump vehicle

S1~S12の車体近傍では車体後方よりも車体前方の騒音レベルが大きい。

左側方S4およびS13における各稼働条件の1/3オクターブバンドA特性重み付け音圧レベルを図-4, 5に示す。エンジン最高回転時と高圧圧送時にほとんど差異はないことからエンジン音が支配的である。エンジン近傍のS4の測定結果から、エンジン音は250 Hzに卓越成分を持つ広帯域騒音である。エンジンアイドリング状態とスイングバルブ稼働時の差は僅かであり、スイングバルブの切替音が周囲に与える影響は小さい。

3.2.2 音源探査測定

各測定点からの音源探査結果を図-6~図-8に示す。画像の赤い部分が最も強く音が到来していることを示している。図-6は高圧圧送時の250 Hzにおける音源探査結果である。前方から測定した結果では運転席下部の付近、側方からの結果では運転席下部後方から音が到来している。図-7は高圧圧送時の500 Hz, 1000 Hz帯域の音源探査結果であり、主に車体下部から音の到来が確認された。また、図-8は高圧圧送でスイングバルブ切替時の結果であり1200~1400 Hzの騒音が車体後部のスイングバルブから発生していることが確認できる。

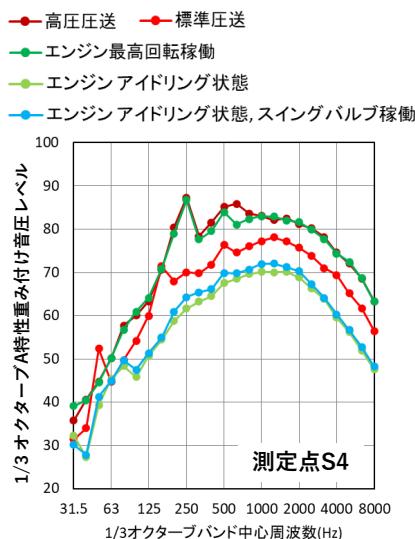


図-4 測定点 S4 1/3 オクターブバンド A 特性重み付け音圧レベル

Fig.4 S4 1/3 octave band A-weighted sound pressure levels

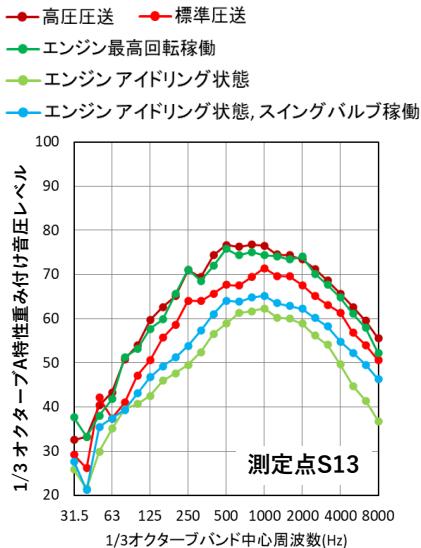


図-5 測定点 S13 1/3 オクターブバンド A 特性重み付け音圧レベル

Fig.5 S13 1/3 octave band A-weighted sound pressure levels

3.2.3 考察

- 騒音特性測定結果を基にコンクリートポンプ車の騒音の特徴を示す。
- 騒音の主な発生箇所は運転席下部エンジン、車体後方のスイングバルブ切替部である。
- スイングバルブ切替時に発生する騒音と比較して、高圧圧送時のエンジン音および車体下部からの騒音が支配的である。
- 運転席下部のエンジン音は 250 Hz に卓越成分を持つ広帯域騒音である。
- 音源探査結果より、高圧圧送時はエンジン音および車体下部が主な騒音源、伝搬経路となっていると考えられる。

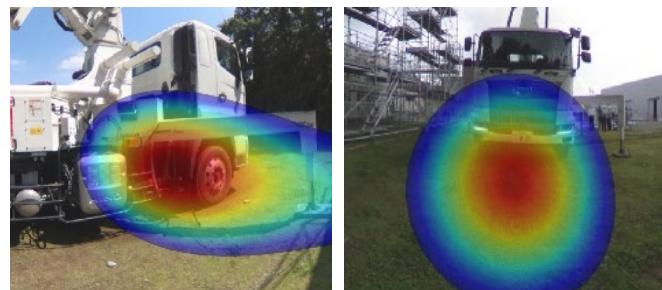


図-6 音源探査結果 高圧圧送時
(左: S14 250 Hz 帯域, 右: S15 250 Hz 帯域)

Fig.6 Noise source identification results during high pressure pumping
(left: S14 250 Hz band; right: S15 250 Hz band)



図-7 音源探査結果 高圧圧送時
(左: S13 500 Hz 帯域, 右: S13 1000 Hz 帯域)

Fig.7 Noise source identification results during high-pressure pumping
(left: S13 500 Hz band; right: S13 1000 Hz band)



図-8 音源探査結果 高圧圧送・スイングバルブ切替時

Fig.8 Noise source identification results during high-pressure pumping and swing valve switching
(S13 1200-1400 Hz)

られる。

以上の調査により特定された主な騒音源、伝搬経路を重点的に対策することとした。特に支配的なエンジン音、車体下部からの騒音を低減することがより効果的であると考えられる。

4. 移動式防音囲い T-Silent Cover の開発

4.1 従来型防音囲いの概要と課題

これまで建設現場で採用されていた一般的なコンク

リートポンプ車の防音囲い（以降、従来型防音囲い）を図-9に示す。囲いの高さは約3.6m、枠組足場に防音シートを貼った構造である。定置式のため、コンクリートポンプ車を移動させる場合には、囲いを一旦解体、運搬し、再度組み立てる作業が必要となる。また、コンクリートポンプ車の転倒防止用のアウトリガーを含む外周に設置することから設置面積が広くなる。

4.2 移動式防音囲いの設計

従来型防音囲いの課題を踏まえ、以下の方針で移動式防音囲いの開発を行った。

- ① 主な騒音発生源であるエンジンと車両下面に重点的に対策を行う
- ② 防音囲いの設置面積（水平投影面積）および高さを抑えることで、囲いを小型化する。囲いの転倒が無いよう安定して設置可能とする。
- ③ 移動が容易に行え、未使用時も建設現場内でコンパクトに保管可能とする。

開発した移動式防音囲い T-Silent Cover を図-10 に示す。脚部にキャスターを有する前面囲いユニットと側面囲いユニットの 2 種類の構成とした。それぞれの特徴について述べる。

4.2.1 前面囲いユニット

エンジン音の前方への放射対策として前面囲い防音ユニット（図-11）を設置した。ユニットサイズは幅1500 mm×奥行900 mm×高さ1800 mmで、2ユニットを組み合わせて使用する。囲いの外面は防音シート

（面密度 1.25 kg/m^2 ）となっており、内面にメッシュ状のポケット（ $600 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$ ）を有している。ポケット内にはグラスウール（密度 32 kg/m^3 , 50 mm 厚）を充填した。ブロック状に配置して吸音面の端部を増やすことで、グラスウールの周辺から音のエネルギーが流入して吸音効果を得られやすくした。また、運転席下部付近から騒音が伝搬しないように囲い高さを設定し、脚部にはストッパー付きのキャスターを設置した。

4.2.2 側面囲いユニット

車体下部からの音の放射の対策として、A型バリケード状の側面囲いユニット（図-12）を設置した。4.2.1と同様に防音シートに吸音材を充填するポケットを有する構造としている。ユニットのサイズは奥行1500 mm×幅600 mm×高さ900 mmである。防音シートの一端を磁石により車体と接合することで、車体下部から放射される騒音に対する遮音および吸音性能を高めた。高さが0.9 mのため、多くのコンクリートポンプ車のアウトリガーの下を通して設置でき、囲いを連結して車体側面に沿って設置することが可能である。

4.3 T-Silent Cover の性能検証

4.3.1 騒音低減性能

T-Silent Cover による騒音低減効果を確認する目的で、騒音測定を行った。騒音源は、3章で騒音特性調査を行ったコンクリートポンプ車と同型車とし、稼働条件は空気送、高圧圧送条件として、囲いなし、従来型囲い、

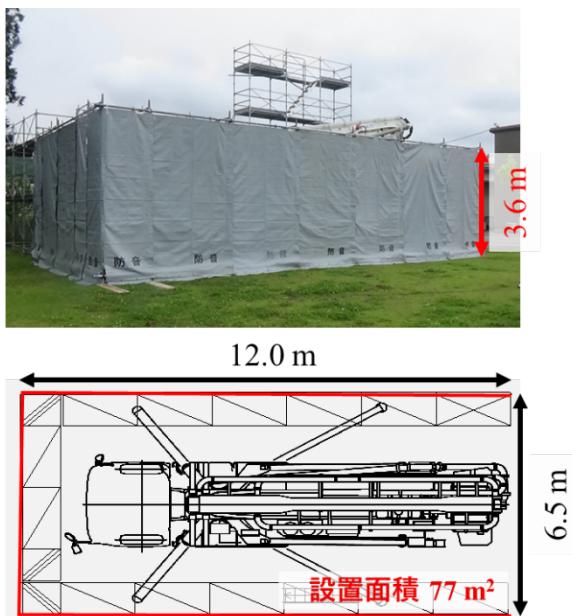


図-9 従来型防音囲い(上：外観 下：平面図)
Fig.9 Conventional stationary soundproof enclosure (upper: exterior view; lower: ground plan)

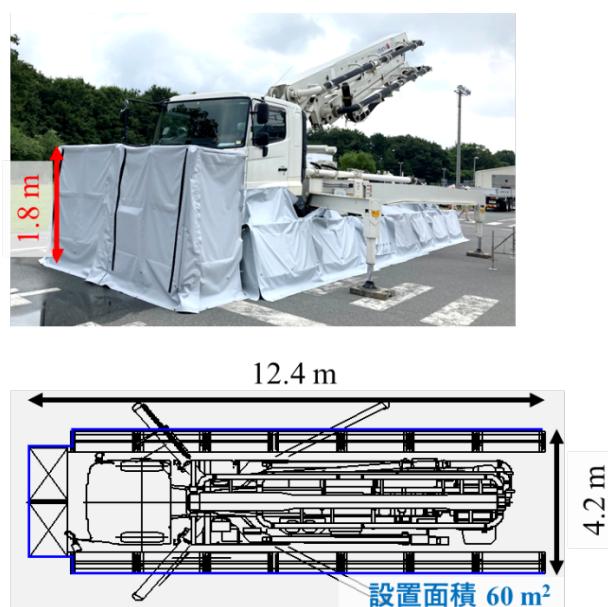


図-10 T-Silent Cover(左：外観 右：平面図)
Fig.9 T-Silent Cover
(left: exterior view; right: ground plan)



図-11 T-Silent Cover 前方囲いユニット
(左: 内面 右: 外観)

Fig.11 Soundproof enclosure front modules



図-12 T-Silent Cover 側方囲いユニット
(左: 内面 右: 外観)

Fig.12 Soundproof enclosure side modules

移動式囲いの計3条件で測定を行った。

囲いありとなしでそれぞれ測った騒音レベルの差を挿入損失とした。図-13に測定点ごとの挿入損失を示す。測定点S2, S4における各条件の1/3オクターブバンドA特性重み付け音圧レベルを図-14, 図-15に示す。

図-12より移動式囲いは車体前方S4, S5では従来型を上回る騒音低減が得られた。車体側方S2では、従来型に対し挿入損失が-2.5 dB下回った。図-13より車体側方S2では、周波数が高くなるにつれて低減量が落ちているが、騒音レベルへの寄与が大きな250~2000 Hz帯域で従来型との差は小さいことから、挿入損失の差は2.5 dBに留まっている。従来型では囲い内面を反射した騒音は上方、後方へと伝搬することでS1やS6の挿入損失が負になっている。一方で移動式囲いは高さが低いものの、主要な騒音伝搬経路を塞ぎ、囲い内面を吸音面としてすることで、上方および後方での低減効果が向上していると考えられる。移動式防音囲いは、側方S2, S3では従来型より低減効果は低いものの、聴感で明らかな低減効果を確認できた。

4.3.2 施工性

T-Silent Coverの施工性について検証した。作業員4名で従来型およびT-Silent Coverの組立、解体、移動にそれぞれ行った。要した時間を表-1に示す。T-Silent Coverは組立が従来型の約半分程度、解体は3割以上低減することができた。移動時間については、従来型で

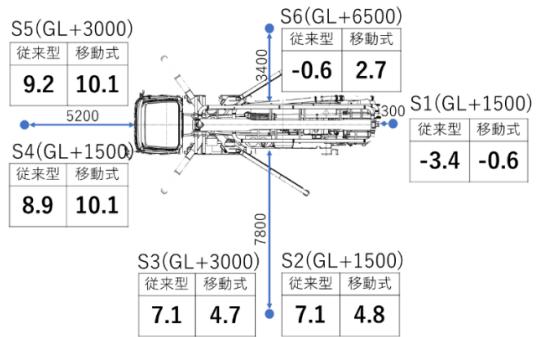


図-13 測定点および騒音レベル挿入損失

Fig.13 A-weighted sound pressure level insertion loss at the measurement points

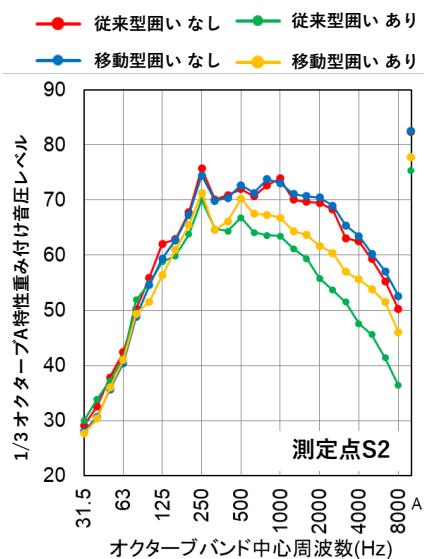


図-14 測定点 S2 1/3オクターブバンド A特性重み付け音圧レベル

Fig.14 S2 1/3 octave band A-weighted sound pressure level

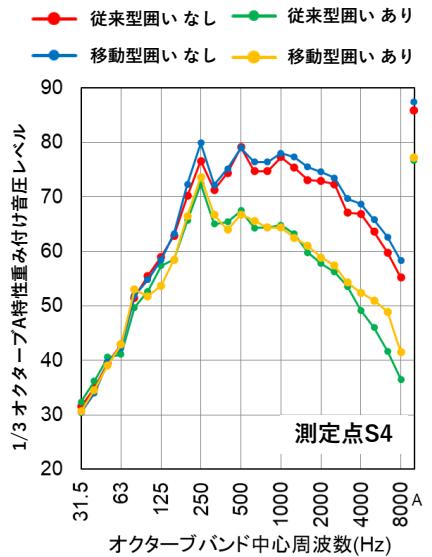


図-15 測定点 S2 1/3オクターブバンド A特性重み付け音圧レベル

Fig.15 S2 1/3 octave band A-weighted sound pressure level

表-1 従来型囲いと移動式囲いの比較(作業員4名)
 Table 1 Comparison of conventional enclosure and movable enclosure (four workers)

項目	従来型防音囲い	T-Silent Cover	低減率
組立時間	150分	75分	50%
解体時間	60分	40分	33%
移動時間	210分	20分	90%
設置面積	77m ²	60m ²	22%
囲い高さ	3.6m	前面1.8m 側面0.9m	50% 25%

は一度解体し運搬するため210分もの時間を要するのに対し、移動式では囲いの面積が小さく、ユニットから構成されているため、容易に運搬することが可能となり、所要時間が大幅に短縮された。T-Silent Coverの高さは従来型の半分以下であり、設置時に高所作業がないことから施工性や安全面についても有利である。

5. まとめ

音源探査技術による騒音発生箇所調査結果に基づいて設計した、コンパクトなコンクリートポンプ車の移動式防音囲いT-Silent Coverについて報告した。車体前方、車体下部からの騒音伝搬経路に対して重点的な対策を施すことによってコンクリートポンプ車全体を覆うことなく、従来型と同等程度の騒音低減効果を有することを確認した。また、囲いをユニット分割することで、高い施工性を有することも確認した。

参考文献

- 1) 令和5年度(2023年度)公害苦情調査結果報告書、総務省公害等調整委員会、2024.
- 2) 千々岩伸佐久、ピストン式コンクリートポンプの歩み、極東開発工業グループ技報、Vol.9, 36-46, 2021.
- 3) T. Asai, K. Masuda, Direction-of-arrival estimation of impulse noise using MUSIC algorithm, *Proceedings of INTER-NOISE 2023*, Chiba, Japan, 20-23 August, 2023.