

4. 低騒音形ブルドーザ（D60P）の開発

(株)小松製作所 飯塚 武彦・杉本 豊
*平 賢治・福島 明

1. まえがき

環境保全に対する社会的な要請により、都市土木における騒音振動公害は工事施工上の欠く事の出来ない重要な問題の一つとなって来た。騒音に関しては、騒音規制法が昭和43年に施工されてから、東京都をはじめとする数都府県が条例によりブルドーザ等による作業時の騒音を工事敷地境界線より30m地点で75ホン(dB(A))以下と定めている。しかしながら工事現場周辺住民の苦情は、条例をクリアしているからといって収まるものでもなく、できるだけ低いレベルが要求されている。一つの目安として環境庁通達の「騒音に係る環境基準について」(表1)があり、一般的な目標値については、通産省による機情法(特定機械情報産業振興臨時措置法)や、海外に於ける種々の規制値がある。(図1)このような低騒音化の社会的要請に応えるべく、定置ハイアイドル周囲30mで60dB(A)、後進中間速フル走行時30m側方で64dB(A)の中型湿地ブルドーザを開発した。

なお、本研究は建設省土木研究所の委託を受けて(社)日本建設機械化協会が昭和53年から55年計画で実施して来た「低騒音型土工機械の開発」⁽¹⁾の一部でもある。以下開発成果について紹介する。

2. 開発目標

(社)日本建設機械化協会と実施して来た「低騒音型土工機械の開発」の昭和57年度最終目標値を、開発の目標に設定した。(表2)本レベルは、昭和53年に建設省に納入した⁽²⁾D60P低騒音ブルよりも、騒音、ヒートバランス両方に於いて厳しいものである。また走行騒音についても、このクラスとしては最高のレベルといえる。

3. 開発の経緯

この低騒音型ブルドーザD60Pは、数多くの先行研究の積み重ねで出来上がったものである。それらの基本は、①エンジンルームの密閉と冷却系の効率向上、②足まわり騒音低減用緩衝装置の開発、③音源となるコンポーネント及び装置の騒音低減技術開発の3つから大きく成り立っている。特に、①の騒音低減とヒートバランスの背反性の克服は大きな開発のポイントである。図1に当社の中型湿地ブルドーザD60Pを中心とした騒音低減技術の推移を示す。

地域の 類型	時間の区分			該当地域
	昼間	朝・夕	夜間	
AA	45ホン(A) 以下	40ホン(A) 以下	35ホン(A) 以下	指針基準に係る水域及び地域の指定権限の委任に関する政令(昭和46年政令第159号)第2項の規定に基づき都道府県知事が地域の区分ごとに指定する地域
A	50ホン(A) 以下	45ホン(A) 以下	40ホン(A) 以下	
B	60ホン(A) 以下	55ホン(A) 以下	50ホン(A) 以下	

(注) 1. Aをあてはめる地域は、娯楽施設が集まって設置される地域などくに静穏を要する地域とすること。
2. Aをあてはめる地域は、主として住居の用に供される地域とすること。
3. Bをあてはめる地域は、相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とすること。
ただし、次表に掲げる地域に該当する地域(以下「道路に面する地域」という)については、その環境基準は上表によらず次表の基準値の欄に掲げるとおりとする。

地域の区分	時間の区分		
	昼間	朝・夕	夜間
A地域のうち2車線を有する道路に面する地域	65ホン(A) 以下	60ホン(A) 以下	45ホン(A) 以下
A地域のうち2車線を越える車線を有する道路に面する地域	60ホン(A) 以下	55ホン(A) 以下	50ホン(A) 以下
B地域のうち2車線以下の車線を有する道路に面する地域	65ホン(A) 以下	60ホン(A) 以下	55ホン(A) 以下
B地域のうち2車線を越える車線を有する道路に面する地域	65ホン(A) 以下	65ホン(A) 以下	60ホン(A) 以下

備考 車線とは、1縦列の自動車安全かつ円滑に走行するために必要な一定の幅員を有する帯状の車道部分をいう。

表1 騒音に係る環境基準(昭和46年環境庁通達)

	目標	現状	D60P 建設省
定置ハイアイドル 30m周囲dB(A)	61 以下	74	65
R2フル走行 側方30mdB(A)	67 以下	77	72
ヒートバランス 許容大気温度℃	40 以上	45	35

表2 騒音レベルの現状と目標

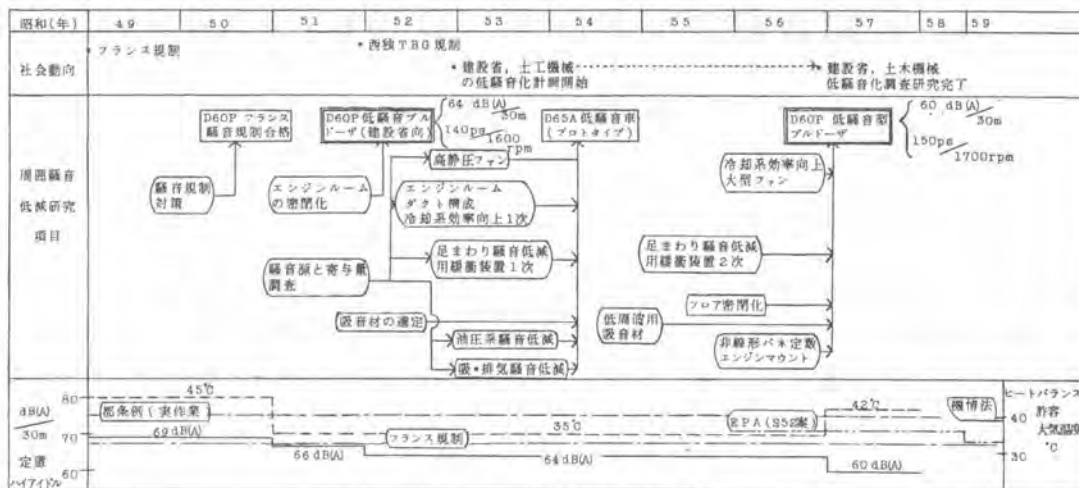


図1 D60Pを中心とした騒音低減技術の推移

4. 低騒音型ブルドーザD60Pの概要

図2に低騒音型ブルドーザD60Pの外観写真を示し、表3に標準車と比較した概略仕様値を示す。さらに改造概要を図3に示す。この改造に於ける設計上の基本は下記とした。

- (i) 騒音以外の基本性能及び車両の耐用年数は、標準車と同等であること。
- (ii) 車両性能のうち標準車の持っているパワフルさを保ちつつ、特にヒートバランス、整備性が標準車と同等であること。
- (iii) ゴム部品、吸音材は定期交換部品とし、その為の交換は容易なこと。



図2 D60P低騒音型ブルドーザ

表3 D60P仕様値概略

項目	D60P	低騒音型	標準車
運転整備量	Kg	(ROPSキヤ付) 20000	キヤ付18340 (キヤ無17140)
エンジン定格	PS/rpm	→	155/1700
接地圧	Kg/cm ²	(ROPSキヤ付) 0.34	キヤ付0.31 (キヤ無0.29)
車速	FL/F2/F3/F4/P5 km/H	→	2.6/3.7/5.3/7.4/10.9
	RL/R2/R3/R4 km/H	→	3.4/4.8/6.9/9.7
全長	mm	5680	5585
全幅	mm	→	3970
許容大気温度	°C	42	45

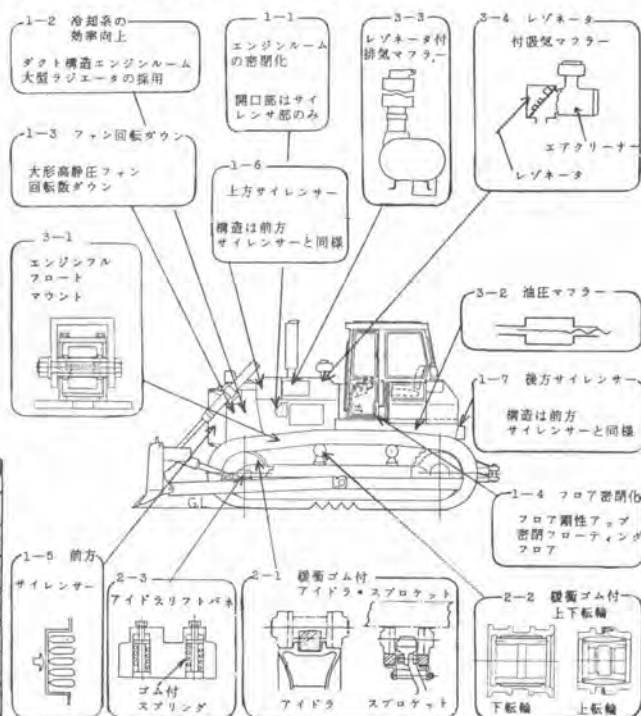


図3 D60P 低騒音型ブルドーザ改造実施概要

4. 1 騒音源と寄与量

定置ハイアイドル時の騒音では、エンジン、ファン音が最も大きく（図4）、目標レベル達成には14.5~16.5 dB(A)低減する必要がある事がわかる。また走行時の騒音では足まわり騒音がエンジンファン音とほぼ同等のレベルにある事がわかる（図5）。

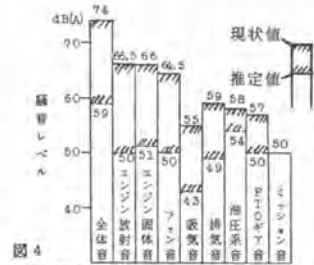


図4 D60P定置ハイアイドル30m周遊騒音寄与量



図5 D60P R2フル走行側方30m騒音寄与量

そして、目標達成には足まわり騒音を10dB(A)下げなくてはならない事がわかる。

4. 2 エンジンルーム内の空気流れの効率化

エンジンルームは、風のみを流して音を外に出しにくい構造とする為に①エンジンルーム・車両内部を全体でダクトに準ずる構成とし、（図6）風の流れる方向を規制し、外部に対し風の出入口を除き密閉構造とする。②ダクトが曲がっている事で減音作用があり、③吸い込まれた風はラジエータ、エンジン、マフラーを冷却しながら効率良く流れ出る。④風の出入口にはサイレンサーと称する吸音板を設けたダクト部を構成し、外部へ音が伝播するのを減ずる。⑤密閉化による内部音圧上昇を防ぐ為にエンジンルーム内壁の一部に吸音材を貼り付けた。

ファンは、ラジエータを大型化するのと同時に、高静圧タイプの大型吸い込みファンを用いて、回転数を落とした。

4. 3 コンポーネント（吸・排気マフラー、エンジンマウント、油圧マフラー）

吸排気音は、エンジンの燃焼に起因する脈動音と気流音に分けられる。一般に低減が困難とされているのは、燃焼の低次の周波数音であり、D60P（定格1700 rpm）では1次85Hzである。今回低周波成分を減音する為に、レゾネータ付エアクリナー（図7）及び、分散、膨張タイプにレゾネータを加えた大型マフラーを開発した。これらレゾネータは、エンジンの燃焼1次2次成分を中心に減音する為の2種類の形状を1つの中で持っている。

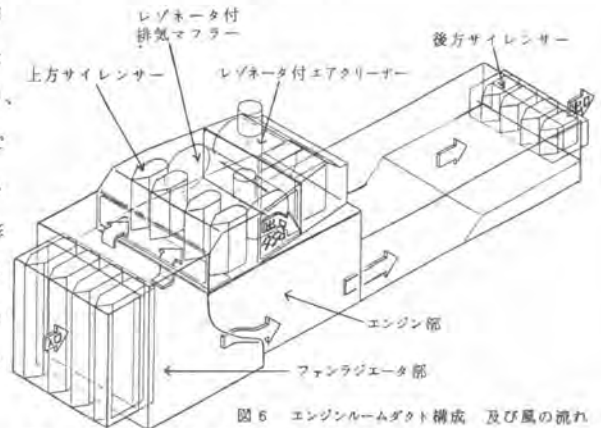


図6 エンジンルームダクト構成及び風の流れ

（注1）レゾネータ（共鳴箱）⁽³⁾

$$\text{共鳴周波数 } f_p = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{nSp}{V}}$$

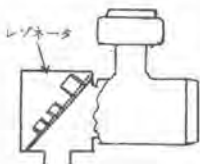


図7 レゾネータ付エアクリナー

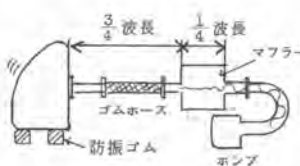


図8 油圧マフラー

前方サイレンサー

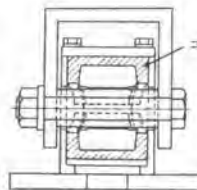
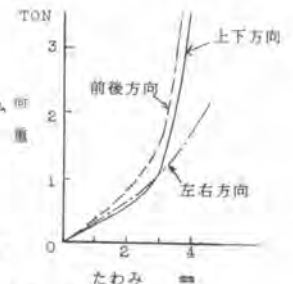


図9 エンジンマウント



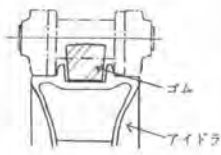


図10 アイドラ

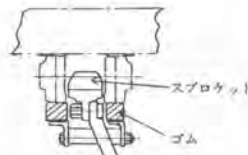


図11 スプロケット

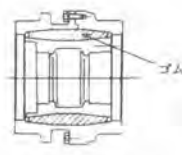


図12 上転輪

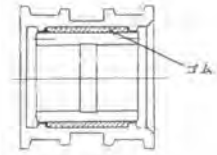


図13 下転輪

油圧タンク周辺から出る音は、ギアポンプの脈動により配管タンクが振動する事が原因である。脈動を低減する為に、タンクより3/4波長の所へ、1/4波長の長さの油圧マフラーを設けた。この位相の反転を利用して脈動を減じたタンクを、さらに防振支持した(図8)。

エンジン振動による固体音の低減方法は、エンジンの防振支持が最も良いわけであるが、建設機械の如く苛酷な外部振動系の中で使用される場合、大きな外部低周波振動に対しては変位を押さえて衝撃を緩和する硬いバネ定数を持ち、通常は軟いバネ定数で振動を吸収するマウントが必要となる。今回、この様な非線形バネ特性を全方向に対して持つコンパクトなゴムマウント(図9)を採用した。

4.4 アイドラ・スプロケット・上下転輪

アイドラ・スプロケットに関しては、図10、11に示す如く、当社では十分実績のあるゴムで直接緩衝させる方式を採用した。上下転輪に関しては、主に耐久性上より緩衝ゴムを内蔵したタイプを採用した。内蔵タイプの場合、外観上標準品とほとんど変わらないし、部品がサブアッセンシで交換可能となる。

5. 結果

図14、15に測定結果を示す。騒音レベルは目標に達し、ヒートバランスも許容大気温度として、現標準車と同等の42°Cという結果となり、全て開発目標値をクリアした。

6. あとがき

以上、低騒音型ブルドーザR60Pの概要を述べたが、全体の騒音レベルがここまで下がると、さらに低減する為には、各コンポーネント、特にエンジン単体騒音の低減に力を注ぐ必要がある。

なお、本車両は57/3建設機械化研究所にて騒音、ヒートバランステストを行なった後、ユーザーデモで好評を博し、その後千葉の生コン業者に納入された。現地では早朝から稼働しており住民からの苦情も無いと聞いており、今後は耐久品質をフォローしてゆく所存である。

参考文献

- (1) (社)日本建設機械化協会：騒音振動対策工法及び対策機械の開発委託業務報告書 1982.3
- (2) 塩野久夫：騒音対策型ブルドーザの開発、建設の機械化 1978.1 P62
- (3) 福田基一：騒音防止工学、日刊工業新聞社

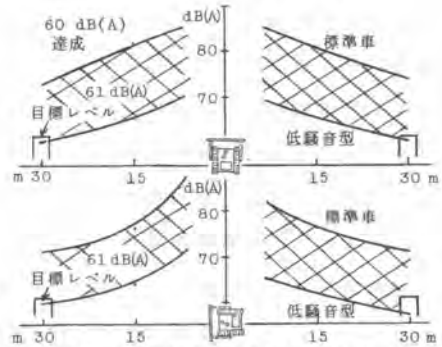


図14 定置ハイアイドル周囲騒音レベル

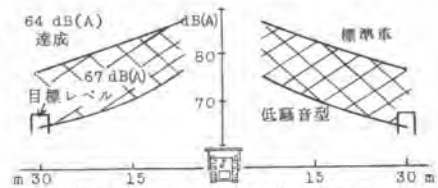


図15 R2速フル走行側方騒音レベル