

人間工学に基づいた軽量設計 「ウェアラブルバイブレータ[®]」の開発

コンクリート締固め作業を省人化，品質向上にも寄与

弓 削 毅

建設就業者数は平成9年の685万人をピークとして、平成27年には500万人へと約3/4に減少する状況下であり、国土交通省のi-Constructionに示されるように、近年建設現場の生産性向上の取り組みが加速している。特に土木工事に使用されるコンクリートは建築に比べスランプは小さく硬練りの場合が多く、バイブレータを使った締固めは非常に労力のいる作業である。こういった慢性的な建設就業者数の不足対策と労働環境の改善は喫緊の課題であり、機械化・自動化のニーズは高まっている。

本編では現場打ちコンクリートの締固め作業の省人化を目的とし、リチウムイオンバッテリーを採用して電源コードを省略した背負い式バイブレータ「ウェアラブルバイブレータ」（以下「本開発機」という）を開発したので、ここに紹介する。

キーワード：コンクリート打設，生産性向上，ウェアラブルバイブレータ，線持ち，偏心式，高性能リチウムイオン電池

1. はじめに

国内の建設現場では、コンクリートの締固め機械として、モータを本体に内蔵した偏心式バイブレータを一般的に用いている。ただし、このバイブレータを、スラブのような面積の広い場所の締固めに用いた場合、電源コードが締固め作業の支障となるため、取回しに補助作業員（以下「線持ち」という）を必要とする（写真-1）。

一方、米国をはじめとする諸外国ではエンジン式の背負い式バイブレータ（以下「エンジン式バイブレータ」という）を主流としており、小型のエンジンを駆動源とし、フレキシブルシャフトを介してエンジンの回転力を振動体に伝達させることによって締固めを

行っている。上記海外製エンジン式バイブレータは、補助作業員（線持ち）を削減できるという利点はあるものの、重い重量等は課題であった。そこで本開発では、背負い式の利点を生かしてこの課題を解決する、軽量のバイブレータについて検討を行った。

2. 海外製エンジン式バイブレータの試適用

開発に先立ち、海外製エンジン式バイブレータを現場に試適用（写真-2）した結果、以下の3つの課題が抽出された。



写真-1 従来の一般的な締固め作業



写真-2 海外製エンジン式バイブレータ

- ①重い重量 (20 kg 程度)
- ②シャフトは硬く、取回しにくい
- ③エンジンの排気ガスは熱く、騒音も大きい

バイブレータの振動方式には2種類あり、偏心させたおもりの両端を固定し、内蔵したモータによって回転させる偏心式と、シャフトに連結されたおもりの片端を固定し、その回転による揺動によって振動を起こす揺動式である(図-1)。海外製エンジン式バイブレータでは、エンジンの回転力をそのままシャフトに伝達させる揺動式を採用しており、シャフトの硬さがそのまま取回しにくさに直結していた。

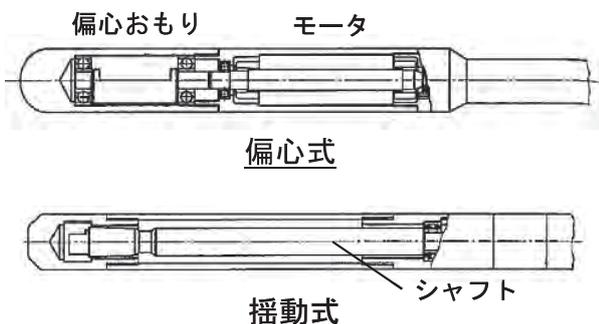


図-1 バイブレータの振動方式¹⁾

3. 本開発機の開発方針

そこで本開発では、これらの課題を解決し、線持ち作業員の省人化を図るため、電源コードのない背負い式バイブレータを目指すこととした。開発方針は、下記のとおりである。

- ①本体重量 10 kg 以下
- ②偏心式バイブレータの採用
- ③動力源にリチウムイオンバッテリーの採用 (連続使用時間 60 分以上)

4. 本開発機の仕様

本開発機(写真-3)は、大容量バッテリー、インバータ、振動体およびフレキシブルホースを一体化したものである。表-1に本開発機の仕様を示す。本体に高性能リチウムイオン電池を採用し、装置全体として10 kg以下(上部バッテリー5.7 kg, 下部インバータ3.9 kg)という軽量化を実現した。また、人間工学の観点から、重いバッテリー部分を本体上部に配置することによって、長時間使用しても疲れにくく、操作者に優しい設計とした。さらに1台分の電池によってφ40 mmのバイブレータを約70分間連続運転可能とし、予備電池と急速充電器を併用すると、使用時間に

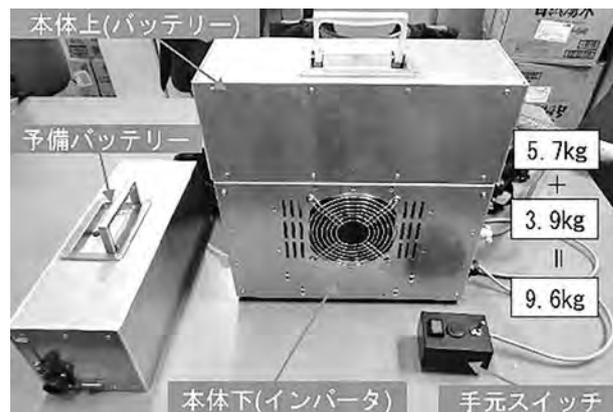


写真-3 本開発機の外観

表-1 本開発機の仕様

本体	外形寸法	335 W × 125 D × 335 H (mm)
	重量	9.6 kg (上部 5.7 kg, 下部 3.9 kg)
	使用可能時間	約 70 分 (φ 40 mm バイブレータ時)
	その他	独立起動スイッチ
蓄電池	名称	高性能リチウムイオン電池
	定格電圧	48.1 V
	公称容量	10 Ah
	付属品	急速充電器

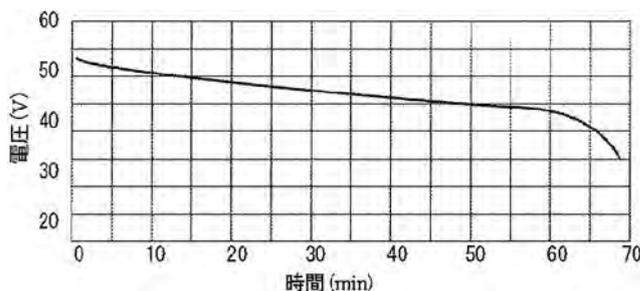


図-2 バッテリー電圧と運転時間の関係

関係なく作業することも可能とした(図-2)。

本開発機の使用により、電源装置などとの接続コードがなくなるため、線持ちは不要となり省人化を図るとともに、作業環境の改善にもつながる。また、狭隘な場所での締固めを容易にし、従来線持ちによる電源ON/OFFを操作者自身により可能となったため、丁寧かつ機動的な締固め作業による、コンクリートの品質向上効果も期待できる。

5. 現場試適用および評価

本開発機を現場に試適用(写真-4)した結果、下記の意見を抽出した。

- (利点)
- ・手元のON/OFF操作は便利



写真—4 本開発機の試適用状況

- ・電池が着脱式で交換も容易
(改良が必要な点)
 - ・狭隘な場所での周囲との接触に対して、本体の強度が不足
 - ・ケーブルのコネクター部分が脆弱
- 全体的には「取扱い易く、重量も許容範囲だが、もう少し軽い方が良い」という意見であった。

6. 改良機の開発

現在は上記評価を考慮した、改良機(写真—5)に移行している。表—2に改良機の仕様を示す。初期の開発機は専用電池仕様であったため、電池故障の場合は、製作メーカーによる修理となり、手間と費用を要した。また、電池性能は日進月歩であり、新たに高性能な電池を製作した場合、別途多大な手間と費用を必要とする。そこで改良機では、これらの懸念事項を

表—2 改良機の仕様

本 体	外形寸法	250W×200D×560H(mm)
	重 量	7.8kg(電池2個装備時) 9.6kg(電池4個装備時)
	使用可能時間	約22分(電池2個装備時) 約45分(電池4個装備時) ※φ40mmパイプレータ使用時
	そ の 他	独立起動スイッチ
蓄 電 池	名 称	リチウムイオン電池
	個 数	カートリッジ式4個
	定 格 電 圧	25.2V
	公 称 容 量	4Ah
	付 属 品	急速充電器

解消するため、安価な市販品の電池を採用した。その結果、故障時に代替品確保が容易になるとともに、電池劣化時の交換・改良された新製品への対応も可能となった。

今回改良した点は以下のとおりである。

- ・市販品のカートリッジ式電池を採用し、電池製作リスク(故障時や性能向上時の手間と費用)を回避した。
- ・カートリッジ式電池を本体1台につき4個装備した。ただし、2個でも運転を可能として、軽量化を図った。
- (2個の場合に重量7.8kgで連続運転時間約22分、4個の場合は重量9.6kgで連続運転時間約45分)
- ・筐体にプラスチック製樹脂(ABS樹脂)を採用し、軽量化を図った(初期はアルミニウム製)。
- ・現場における過酷な環境に耐えられるよう、コネクター部の耐久性を向上させた。
- ・市販を考慮して、デザイン性を向上させた。

改良機を現場に試適用した(写真—6)。その結果、パイプレータ2台に1人必要であった線持ちを削減



写真—5 改良機の外観(左:電池4個装備,右:電池2個装備)



写真—6 改良機の試適用状況

し、約30%の省人化効果を確認できた。電源コードと線持ちの省略により、非常にすっきりとした打設風景となり、作業員同士の接触による怪我のリスクも減少した。また、狭隘な場所での締固めを容易にし、従来の線持ちによる電源ON/OFFを操作者自身によって可能としたため、丁寧かつ機動的な締固めによるコンクリートの品質向上効果も期待できることを確認した。

7. おわりに

現在は、改良機のウェアラブルバイブレータを全国の土木建築現場に展開して実適用を続けており、バッテリー性能の向上や軽量化を続け、更なる現場打ちコ

ンクリートの締固め作業の生産性向上を図っていく所存である。

JCMIA

《参考文献》

- 1) JIS A 8610：建設用機械及び装置—コンクリート内部振動機 付属書 A 図2 振動機の内部構造

【筆者紹介】

弓削 毅 (ゆげ たけし)
鹿島建設(株)
機械部 技術2グループ
次長

