

生産性が向上する新型軽量コンクリートバイブレータの開発

大林組 正会員 ○中家 康宏
 大林組 正会員 上垣 義明
 エクセン 岡本 敏道
 エクセン 井上 和

1. はじめに

コンクリート打設における締固めは、品質を確保するための最も重要な工種の一つである。締固めは主にバイブレータを用いて行うのが一般であるが、バイブレータは重く、締固め時には振動も伴うため作業員への負担が大きいという課題がある。特に、土木構造物においては大型躯体の構築が多く、多量のコンクリート打設時には締固め作業が長時間に及ぶことから、その負担は多大なものとなる。さらに、阪神大震災以降は鉄筋コンクリート構造物の耐震性能の向上を目的として、耐震設計基準が見直されたことから、鉄筋量が増加している傾向にある。そのため、これまで土木構造物では標準であったスランプ 8cm では、コンクリートに必要な施工性能を満足することができず、欠陥が生じるケースがある。そこで、必要とされる施工性能を配合設計時に確認できる手法が構築され¹⁾、施工性能に見合ったスランプの設定が可能となった。さらには、スランプが 12cm を超えるようなコンクリートを用いる場合の技術的な留意事項を取りまとめたガイドライン²⁾も制定されたことから、流動性の高いコンクリートの適用事例が増加している。一般に、流動性の高いコンクリートを用いると施工性能は向上するが、打設速度が速くなるため、作業員への負担はさらに増えることが予測される。

「かる楽バイブレータ[®]」は、振動体を軽量化することでコンクリート締固め工の負担を軽減し、生産性を向上させるとともに、振動体の先端形状を工夫することで振動が下方にも伝播しコンクリートの品質の向上が期待できる新型軽量バイブレータである。本論文は、かる楽バイブレータの概要と性能について報告するものである。

2. かる楽バイブレータの概要

(1) 振動体の軽量化

従来型バイブレータとかる楽バイブレータの基本性能と重量を表-1 に示す。ここに示す従来型バイブレータは、土木工事で多く用いられる直径 50mm のタイプである。かる楽バイブレータは、従来型と同様の直径 50mm としながらも振動体の重量を 56%に抑えることで、ホースを合わせた重量であっても約 25%の軽量化を可能とした。これにより長時間の締固め作業の負担を軽減できると考えられる。

また、軽量化により締固め能力が低下することのないように、周波数、振動数、振幅については従来型と同等としている。

表-1 バイブレータの仕様

バイブレータの種類	振動体寸法 (直径×長さ)	周波数・振動数 (Hz)	振幅 (mm)	振動体重量	振動体+6m ホース重量
従来型	φ 52×380mm	200/240	1.36	4.75kg 【1.00】	11.1kg 【1.00】
かる楽	φ 52×244mm	200/240	1.32	2.66kg 【0.56】	8.3kg 【0.75】

※【 】は従来型に対する比率

キーワード 締固め, バイブレータ, 生産性向上

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 生産技術本部 技術第一部 TEL03-5769-1322

(2) 先端形状の改善

従来型バイブレータの振動体先端は半球状である。そのため、振動体の水平方向には振動が伝播しても先端方向には伝わり難いという特性がある。先端方向への振動伝播性能の改善を行うことで下方への締固め性能が向上し、コンクリート品質の向上に期待ができる。

そこでかる楽バイブレータは振動体先端部に写真-1 に示すような突起を付けることで、先端方向への確実な振動の伝播を可能とした。

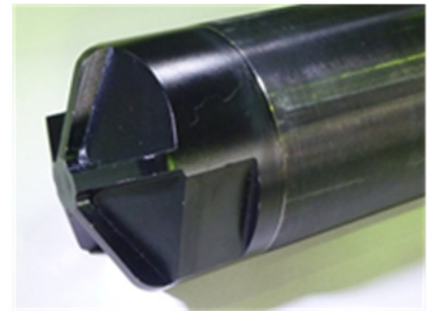


写真-1 かる楽バイブレータの先端

3. 性能評価

(1) 概要

コンクリート強度は締固めが十分に行われることで向上する。かる楽バイブレータの性能は、締固め時にバイブレータを挿入した箇所の水平方向、及び先端方向の振動加速度・コンクリート強度を確認することで評価した。本検討では従来型バイブレータ（直径 50mm：写真-2）を用いた場合についても評価を行い、従来型とかる楽バイブレータの性能を比較することで、軽量なかる楽バイブレータでもこれまでと同様の締固めが可能であるか確認を行った。



写真-2 従来型バイブレータ（上）及びかる楽バイブレータ（下）

(2) 水平方向の締固め性能

両バイブレータを用いて 10 秒間締固めたコンクリート（27-12-20N）の図-1 に示す箇所から、圧縮強度試験用の試験体（φ100×200mm）を採取し圧縮強度試験を行った。試験体はバイブレータの中心から半径 30cm と 40cm の箇所から採取し、標準養生後、材齢 28 日で試験を行った。圧縮強度試験結果を表-2 に示す。

バイブレータからの距離に関わらず、圧縮強度はいずれのバイブレータでも同等の結果であった。よって、かる楽バイブレータは振動体の重量が従来型の 56%であるが、締固め性能は従来型と同等であることを確認した。この結果により、かる楽バイブレータにおいても従来通りの「50cm 間隔（半径 25cm）で締固め」を行うことにより、コンクリートの品質を確保できることを確認できた。

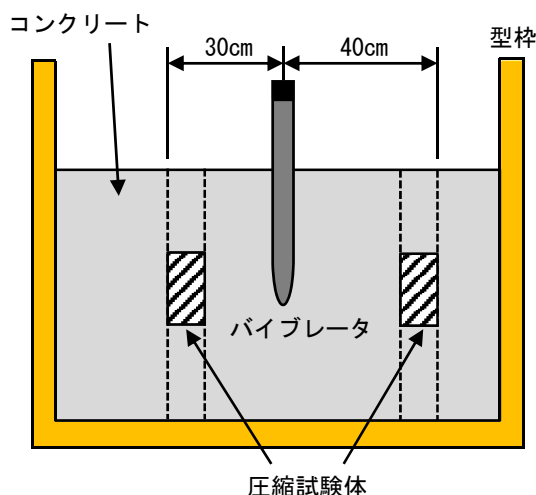


図-1 試験体採取位置断面図

表-2 圧縮強度試験結果（材齢 28 日）

バイブレータの種類	バイブレータからの距離	
	30cm	40cm
従来型	33.9 N/mm ²	34.0 N/mm ²
かる楽	33.8 N/mm ²	33.6 N/mm ²

(3) 先端方向の振動加速度

バイブレータを用いた締固めは、一定以上の振動を与えられると粘性が急激に低下するコンクリートの特性を利用したものである。締固め性能は振動加速度の増加に伴い向上するため、振動加速度の測定により締固め性能を評価することが可能である。

本検討では、先端方向への振動伝播性能の評価を行うために、コンクリートを各バイブレータにより締固めた際の振動体直下における振動加速度の計測を行った。計測方法を図-2 に示す。

計測を行うにあたり、底板上に振動加速度計をはめ込んだ内寸 500×500×500mm の木製型枠を作製した。コンクリート（27-12-20N）を 80L 投入し、型枠底面より 100mm の高さまでバイブレータを挿入し、5 秒間の締固めを行った。振動加速度の計測は、底板上に設置した振動加速度計を用いて行った。

計測した振動加速度の履歴を図-3 に示す。同図より、先端形状を改善したかる楽バイブレータを使用することで、従来型バイブレータの最大 3 倍の振動が伝播することを確認できた。

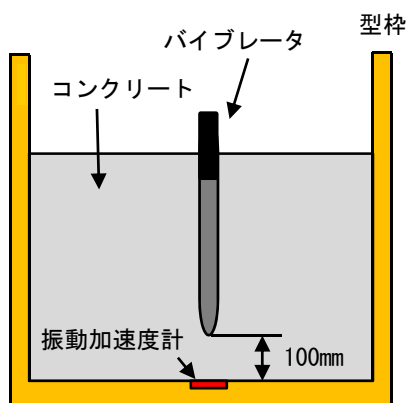


図-2 振動加速度の計測方法

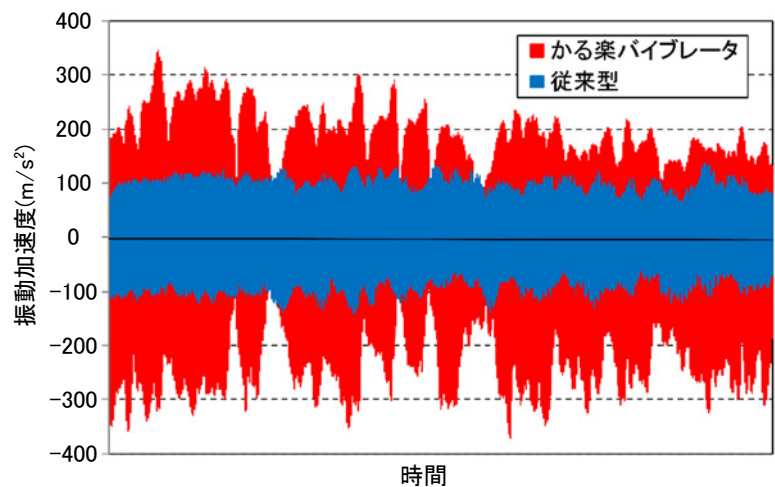


図-3 振動体直下の振動加速度履歴図

(4) 先端方向の締固め性能

先端方向への締固め性能を確認するために、各バイブレータを用いて締固めを行ったコンクリートの圧縮強度試験を行った。圧縮強度確認用の試験体は各バイブレータ 3 体ずつ計 6 体、以下の手順により作製した。

内寸 500×500×500mm の木製型枠に、コンクリート（27-12-20N）を 80L 投入し、型枠の中心及び底面から 150mm の深さまでバイブレータを挿入して締固めを行った。材齢 7 日まで 20℃で養生した後、底面から 100mm の高さがコアの中心となるように、試験体の側面から φ 100mm のコアを採取した（図-4）。採取したコアの中心部、長さ 200mm の区間を切り出し圧縮強度試験用の供試体（φ 100×200mm）とした。コア採取後、材齢 28 日まで標準養生を行い、圧縮強度試験を実施した。圧縮強度試験の結果を表-3 に示す。

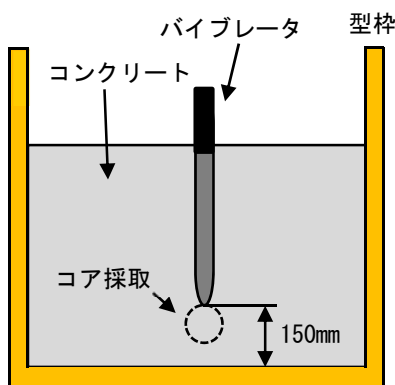


図-4 コア採取位置断面図

表-3 圧縮強度試験結果

バイブレータ の種類	圧縮強度(N/mm ²)		B/A
		平均	
従来型(A)	37.8	37.1	105%
	37.0		
	36.5		
かる楽(B)	37.7	39.0	
	39.2		
	40.0		

かる楽バイブレータを用いた場合には強度が 5%向上することが確認された。3. (3)で述べたように、先端の形状を改善したことで振動がバイブレータ先端方向にも伝播されたため、締固めが十分に行われたと推測される。

以上の結果より、かる楽バイブレータの振動体は従来型の 56%の重量であるが、水平方向に関しては同等、先端方向に関してはより高い締固め性能を保持していることを確認した。

4. 更なる生産性向上にむけて

バイブレータを用いてコンクリートを締固める際には、操作者の他に後方でスイッチの操作を行う者が必要である。このスイッチ操作者を削減するために、打設コンクリートへのバイブレータの挿入・引抜きを通電の有無により検知して電源の ON・OFF を自動で行うシステム（オートマチックドライブシステム：ADS、図-5）が開発されている。今回のかる楽バイブレータも従来型バイブレータと同様にこのシステムに接続することができる。

したがって、かる楽バイブレータとこの ADS の併用（写真-3）により、コンクリートの締固め作業員の負担を軽減できるとともに、締固めに係る人数も 25%減らすことができることから、コンクリート工の省人化が可能となる（表-4）。

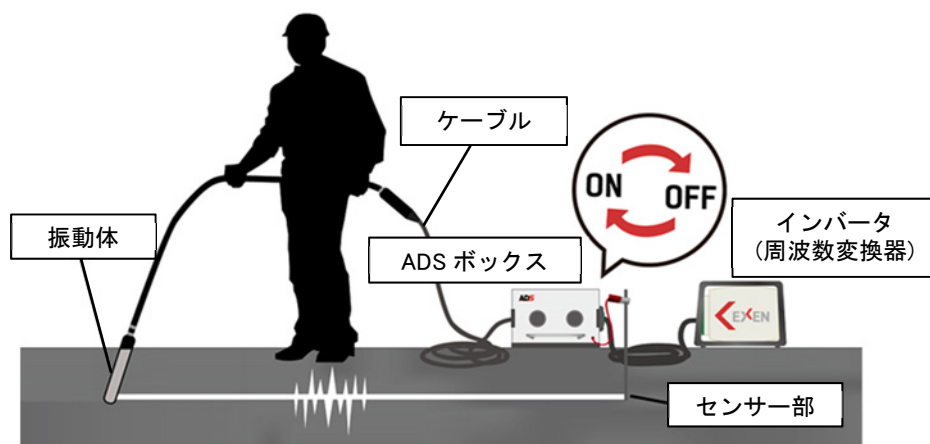


図-5 オートマチックドライブシステム（ADS）概念図



写真-3 ADS を使用した振動締固め状況

表-4 バイブレータ 4 本使用時の標準的な作業員数の比較

ADS	締固め作業員	補助作業員 (スイッチ係)	合計	低減率
未使用	4 名	4 名	8 名	—
使用	4 名	2 名	6 名 (-2 名)	-25%

5. おわりに

近年、土木工事では流動性を高めたコンクリートの使用が増加している。流動性の向上に伴って打設速度が速くなるため、コンクリートの締固め工への負担が増えている状況にある。かる楽バイブレータがその負担を軽減するとともに、コンクリート工の生産性向上に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針〔2016 年版〕,平成 28 年 6 月。
- 2) 国土交通省：流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン,平成 29 年 3 月。