

密実なかぶり部を構築する新しい発想による外部振動機の開発および検証

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社	正会員	○鈴木 正幸
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社	正会員	今田 勝己
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社		井上 雅王

1. はじめに

コンクリート構造物は、精度の高い配筋・型枠組み、そして密実なコンクリートとなるよう丁寧に、材料分離させることなく打込み、締固めることである。特にかぶり部は、構造物本体の耐久性能を左右する重要なファクターであるといえる。

そこで、かぶり部の密実性を高めるために、指向性を持つ振動を発生させる外部振動機（以下 新型バイブレータという）を立案・開発した。本文は、新型バイブレータを用いて大型コンクリート構造物での各種試験を実施し、かぶり部の密実性に貢献できることが確認できたため、述べるものである。

2. 新型バイブレータ発想の経緯

フレッシュコンクリート中に、適度な振動を加えると、気泡や水分が振動体に引き寄せられ、やがて上方へ発散していく。この原理を利用して、棒状の高周波バイブレータは締固めを行っている。しかし、かぶり部は型枠との隙間が少なく、配筋が密であるため、高周波バイブレータの挿入が困難となる場合が多い。

そこで、かぶり部の締固めについては、従来より以下の2通りの方法が一般的に行われてきた。

①熟練職人による木槌を用いた叩き作業

問題点：熟練職人の減少。丁寧な叩き作業省略。

②型枠バイブレータを用いた締固め

問題点：打設作業が分業化され、作業員の裁量によって、使用有無の判断がなされ表面の密実性および出来栄えにばらつきが生じている。

上記の問題点を解決することが耐久性向上に繋がるものと考えた。

具体的には、作業員の技量に左右されることなく、より深い位置まで、平面においては一定の範囲へ均一な振動伝達を行うことである。これによって、エントラップドエアおよび余分な水分をすばやく型枠近傍に集めて上方へ逃がし、表面気泡の少ない密実なかぶり部が構築できるものと考えた。

その結果、現在の回転モーターによる振動を往復運

動へ変換し、木槌と同様に型枠を叩くような振動機とすることで実現可能であると判断した。

3. 振動のメカニズムについて

振動のメカニズムとして、従来型は内部モーターの回転運動によって振動を発生させている。（写真-1）

一方、新型バイブレータ（写真-2）は、モーターの回転運動を特殊なカム構造（図-1）によって往復運動へ変換し、指向性の高い振動を発生させフレッシュコンクリートの内部まで伝達できる仕組みとした。

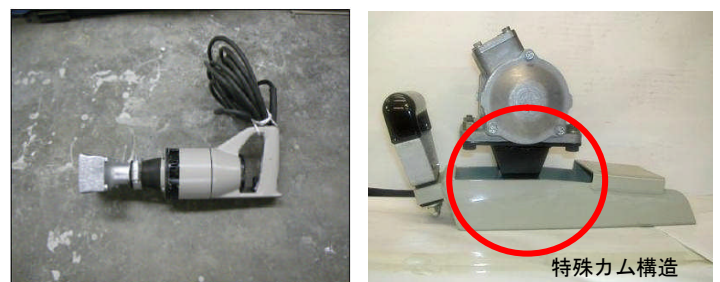


写真-1 従来型バイブレータ

写真-2 新型バイブレータ

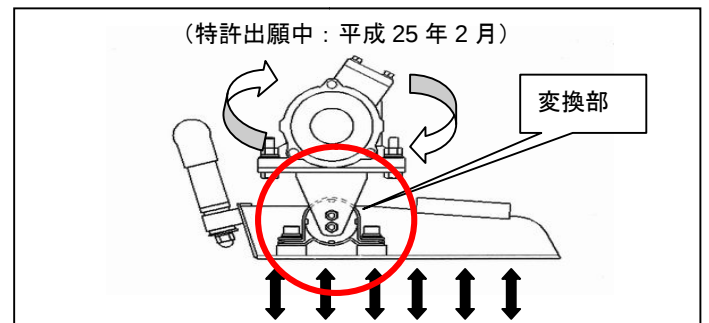


図-1 特殊カム構造図

4. 性能確認試験について

試験項目の選定について、フレッシュコンクリートでは、メカニズムの違いによる締固め性能の差を明確にするため、加速度測定試験および騒音測定を実施した。また、硬化後の密実性の差を明確にするため透気性試験および気泡間隔係数試験を実施した。

5. 試験結果および考察

5-1. 加速度測定試験

橋脚フーチング側面（図-2）において、図-3のように型枠から深さ5cm・水平間隔50cmに加速度計を3箇所設置し、15sec計測を実施した。

測定した加速度と振動数から測定累積時間内で蓄積された締固めエネルギーを式-1より算出し、周波数の異なる振動機の評価をした。

その結果、新型バイブレータは従来型バイブレータに対し、約1.2倍の締固めエネルギーがあった。また、波形からも持続して安定した振動を伝達していることが確認できた。(図-4)

5-2. 騒音測定

室内試験によって動作時の騒音量を確認した結果、新型バイブレータは、従来型より10dB以上の小さい結果となった。したがって、体感的な騒音低下量はかなり大きいといえる。

5-3 透気性試験

硬化後の側面で各振動機使用箇所および無振動箇所にて透気性試験を実施した。表-1のとおり新型バイブレータの評価はグレード2と従来型バイブレータおよび無振動箇所の評価グレード4と比べて気密性が高い密実なかぶり部であることが確認できた。

5-4. 気泡間隔係数試験

従来・新型・無振箇所からコアを採取し、表面から5cmの位置で気泡間隔係数試験を実施した。その結果、図-5のとおり、エントラップドエアが存在するとされている100μm程度以上の気泡は減少していた。

6. まとめ

新型バイブレータは、熟練度に関係なく密実性を高めることが確認できた。また、環境面では騒音低減および手持ち外作業のため、労働基準法における振動障害予防対策となる。さらに、消費電力も1/10で済むことから、CO₂削減にも繋がり非常にエコな製品であるといえる。現在は、図-6のように、一般的な型枠支保工、□60mmおよびφ48.6mmの単管の両方に簡易な工具にてフレキシブルに対応できるよう改良した。

7. 今後の課題

NEXCOでは、トンネル覆工に用いるコンクリートをスランプ15cm程度の種別から中流動コンクリートへ変更した。中流動コンクリートは、型枠バイブレータのみでの締固めを基本としており、覆工施工の際には、セメントルに新型バイブレータを設置して締固めることで密実性が増すと考える。そこで、密実性のさらなる検証とともに、促進中性化試験などを組合せ、中性化進行に関する検証を行うことが今後の課題である。

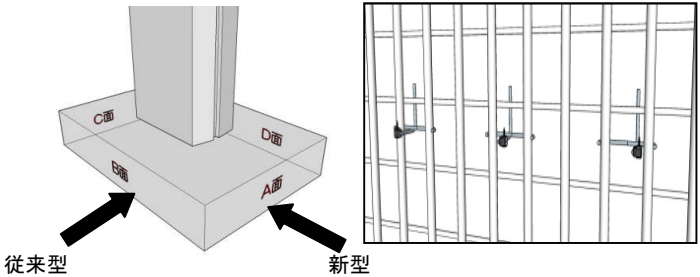
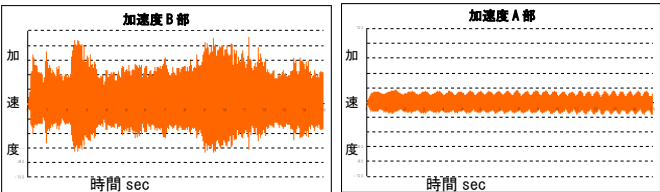


図-2 測定箇所図

図-3 加速度計設置位置

$$E_t = m \cdot \frac{\alpha_{max}^2}{(2\pi)^2 \cdot f} \cdot t \quad \cdots \text{式-1}$$

ここに、 E_t : 締固め仕事量 (J/l)
 m : 試料の密度 (kg/l)
 α_{max} : 最大加速度 (m/s²)
 t : 振動時間 (s)
 f : 振動数 (s⁻¹)



従来型バイブレータ

図-4 波形図

新型バイブレータ

表-1 透気性試験結果

測定面	透水係数 KT (×10 ⁻¹⁵ m)	測定深さL (mm)	透気評価 (参考)
新型バイブレータ: 200V 加振時間: 20s 加振間隔: 50cm	0.038	10	良
	0.016	L<5	良
従来型振動機 (一様に加振)	2.3	55	劣
	2.3	53	劣
無振動	6.3	76	劣

透気係数 KT (×10 ⁻¹⁵ m)	0.001	0.01	0.1	1	10
	~ 0.01	~ 0.1	~ 1	~ 10	~ 100
透気性グレード	1	2	3	4	5
透気性評価	優	良	一般	劣	極劣

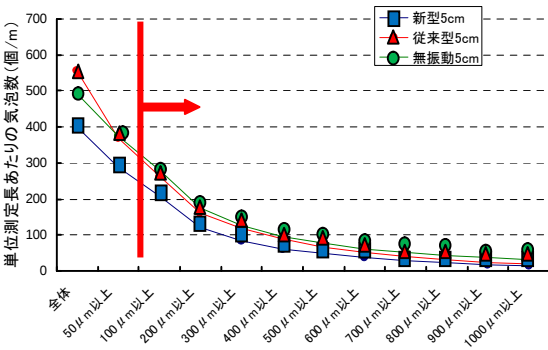


図-5 気泡数グラフ 気泡径長(μm)

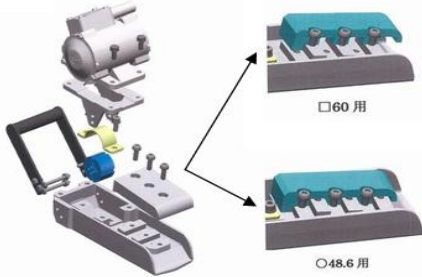


図-6 部材のフレキシブル化