

締固め能力を向上させた細径バイブレータの開発

清水建設株式会社 正会員 ○宮田 佳和
清水建設株式会社 正会員 根本 浩史

清水建設株式会社 正会員 鈴木 正憲
清水建設株式会社 正会員 前田 敏也

1. はじめに

近年、耐震基準の改定、事業継続計画(BCP)の概念導入などにより、構造物の耐震に対する要求性能は高まっており、土木構造物においても梁柱接合部などで高密度配筋となるケースが増えてきている。このような構造物でコンクリートの未充填、豆板等の不具合を未然に防ぐためには、鉄筋間にバイブレータを挿入してコンクリートを確実に締め固める必要がある。そのため、従来型よりも細径で、かつ締固め能力の高いバイブレータを開発し、その性能を確認した。

2. 新型バイブレータの概要

従来の汎用細径バイブレータの径は31mmであるのに対し、新型は振動体の構造を工夫することにより27mmとすることができた(写真1参照)。また、コンクリート標準示方書でバイブレータの挿入間隔は50cmが目安とされているため、その境界となる300mm付近の締固め能力が実用的には重要であると考え、300mm離れた地点での締固め能力に着目して仕様を決定した。300mm地点での締固めエネルギーは従来型の約3倍となった。

3. 締固めエネルギーの影響因子

内部振動機がコンクリートに与える締固めエネルギーの理論式としては下記の式(1)がある¹⁾。

$$E = \rho \cdot \alpha_{\max}^2 \cdot \frac{t_0}{4\pi^2 \cdot f} \quad \text{式(1)}$$

ここで、E:締固めエネルギー(J/L)、 ρ :コンクリートの単位容積重量(kg/L)、 t_0 :締固め時間(s)、 $\alpha_{\max}$:最大加速度(m/s²)、f:振動数(Hz)

式(1)において、 $\alpha_{\max}$ には振動数と振幅が関係しており、これら2つの値を大きくすれば締固めエネルギーを増大させることができる。振動数はモーターで、振幅は振子の偏心重量(重量×偏心距離)で調整可能である。



写真1 新型(φ27mm)と汎用型(φ31mm)の比較

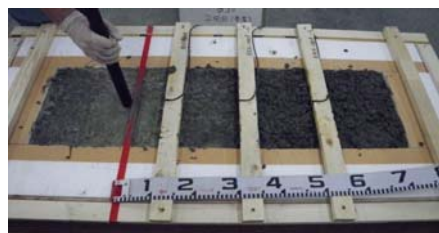


写真2 実験状況

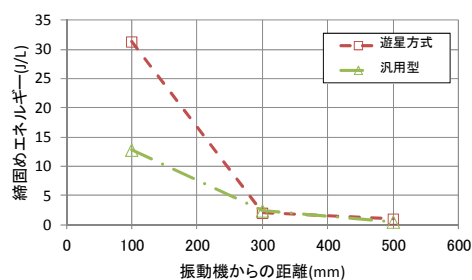


図1 距離による締固めエネルギーの低下

4. 従来型による実験(実験1)

従来型の2種類の締固め能力を比較するための実験を行った。一方は、振動体内にモーターと振子を内蔵したタイプ(以下、汎用型)、もう一方は、遊星方式の振動体を駆動させ、汎用型よりも振動数を大きくしたタイプ(以下、遊星方式)である。振動数は汎用型180Hz、遊星方式270Hzであり、偏心重量はいずれも0.005N・mである(図2参照)。

発泡スチロール製の型枠(L=1000mm×B=300mm×H=250mm)にスランプ8cmのコンクリートを詰め、振動機から100mm、300mm、500mm(深さ125mm)の位置に加速度計を埋め込んで振動時の加速度を計測し(写真2参照)、式(1)により各位置における締固めエネルギーを算出した。締固めエネルギーの計算結果を図1に示す。

キーワード 締固め、バイブレータ、内部振動機、締固めエネルギー

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2-16-1 清水建設株式会社 土木技術本部 TEL 03-3561-3915

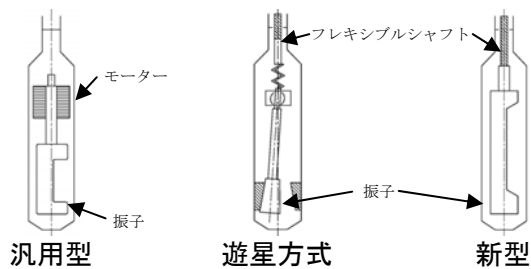


図2 従来型2種と新型の振動体

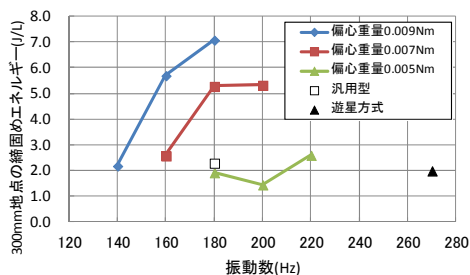


図3 試作品と従来型の実験結果(300mm地点)

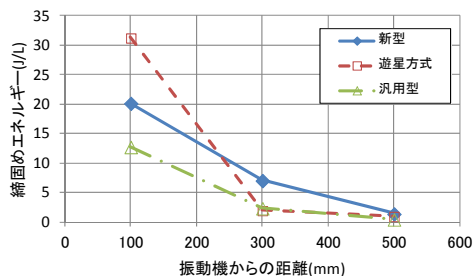


図4 新型の性能比較

図1より、振動機から100mmの地点では、遊星方式の締固めエネルギーは汎用型より高くなっており、これは理論式通り振動数が高いことによると考えられる。ただし、300mm地点、500mm地点ではほぼ同じ値となっている。

物質中を振動が伝わる場合は、振動の中心から離れるにしたがって様々な要因により加速度が減衰するが、振動数が高いほどその減衰は顕著になる。コンクリートについては振動数と減衰の関係は定式化されていないが、本実験で遊星方式の300mm地点の締固めエネルギーが汎用型と同等になったことから、コンクリートにおいても振動数が減衰に大きく影響することがわかった。

5. 新型の試作品による実験(実験2)

実験1より、振動数を高くすると、理論上は締固めエネルギーが高くなるが、減衰の影響も大きく受けることがわかった。ここでは、300mm地点の締固めエネルギーを最大化することを目的に、影響要因である振動数と偏心重量をパラメータとした実験を行った。実験方法は実験1と同一とした。

偏心質量を0.005N・m、0.007N・m、0.009N・mとした

試作品を製作し、振動数を変化させて測定を行った。振動体の比較を図2に示す。試作品の振動体について、汎用型と同じく振動体内にモーターを内蔵した構造では偏心重量を大きくすることが困難であったため、遊星方式と同じくフレキシブルシャフトにより振子を駆動する構造とした。300mm地点における締固めエネルギーを図3に示す。図3より、偏心質量0.005N・mの全ケースおよび偏心質量0.007N・mで振動数180~200Hzのケースでは、振動数を大きくしても締固めエネルギーは横ばいとなっており、これは減衰を受けて300mm地点での締固めエネルギーが増大しなかったためと考えられる。また、偏心重量で比較すると、同じ振動数では偏心重量を大きくした方が締固めエネルギーは高くなった。

この実験により300mm地点の締固めエネルギーが最も高かった、偏心重量0.009N・m、振動数180Hzの試作品の仕様を新型バイブレータの仕様とした。

6. 新型の性能比較

新型、遊星方式、汎用型の100mm、300mm、500mm地点における締固めエネルギーを図4に示す。図4より、汎用型は新型と振動数が同じで偏心重量が小さいため、全ての測定点において締固めエネルギーは新型を下回った。

また、遊星方式について、100mm地点では新型より締固めエネルギーは高いが、300mm、500mm地点では締固めエネルギーは逆転している。これは振動数の低い新型の方が減衰の影響を受けにくかったためと考えられる。

なお、300mm地点での締固めエネルギーは、汎用型は2.3J/L、遊星方式は2.0J/Lであるのに対し、新型は7.1J/Lとなった。

7. まとめ

①偏心重量0.009N・m、振動数180Hzとすることにより、300mm地点での締固めエネルギーは従来型の約3倍の値となった。

②コンクリート中を伝わる振動の減衰は、振動数の大きさと関連があることが実験的に明確になった。

今後は、振動の伝達と減衰に関するデータの蓄積によってバイブレータの能力を向上し、未充填、豆板等の不具合防止に貢献したい。

参考文献: 1) 村田二郎ほか: コンクリート施工設計学序説, 技報堂出版, p143, 2004年