

加速度計を用いたコンクリート締固め振動の計測

鹿島建設(株) 正会員 ○露木健一郎 正会員 林 大介
 正会員 高木 英知 正会員 横関 康祐
 正会員 曾我部直樹

1. はじめに

フレッシュコンクリートの振動締固め管理は、目視と締固め時間、また作業者の経験に基づく判断に多くを依存しており、より安定した施工品質を実現するために、定量的な指標に基づく管理が望まれている。定量的な締固め判定については、コンクリート中における内部振動機から伝達する加速度の計測に基づいた評価などが試みられているが、確立された計測、評価方法はないのが現状である。また、コンクリート中に加速度計などの振動センサを適切に埋設することは簡単な作業ではなく、打設場所の移動に合わせて多点で計測することは困難であった。これに対し、簡便かつ高精度でコンクリート中の加速度を計測できる挿入式の加速度センサプローブを考案した。そして、同プローブを用いて締固め時におけるコンクリート中での振動加速度の計測を行い、締固め度合いと加速度減衰の関係について検討した。

2. コンクリート中の加速度計測実験

(1) 実験に使用した材料

本実験に使用したコンクリートは、近隣のプラントで製造したレディミクストコンクリートであり、受入れ検査時のスランプは 9.0cm、空気量は 4.1%、単位容積重量は 2307kg/m^3 であった。

(2) 実験の方法

実験に使用した試験体の概要を図 1 に示す。実験用型枠の内寸は、 $1000 \times 1000 \times 300\text{mm}$ である。型枠中央に内部振動機を固定し、離隔距離 50mm, 110mm, 300mm の位置に加速度センサプローブを挿入した。加速度センサの鉛直高さはコンクリート打込み高さの半分となる 140mm とした。加速度センサプローブの外観を図 2 に示す。防水性を備え、フレッシュコンクリートに繰り返し挿入して加速度を計測できる。加速度センサの仕様を表 1 に示す。内部振動機は外径 $\phi 40\text{mm}$ で、加振周波数が連続的に可変である。

実験条件は表 2 に示すように加振周波数を 2 水準とし、同じフレッシュコンクリート試験体に対し実験ケース 1, 2 を続けて実施した。

表 1 加速度センサの仕様

	周波数帯域	電圧感度	離隔距離
センサ A	10～10000Hz($\pm 3\text{dB}$)	$2\text{mV}/(\text{m/s}^2)$	50, 110mm
センサ B	10～15000Hz($\pm 3\text{dB}$)	$20\text{mV}/(\text{m/s}^2)$	300mm

表 2 実験条件

実験ケース	加振周波数	加振時間
1	100Hz	20s
2	170Hz	20s

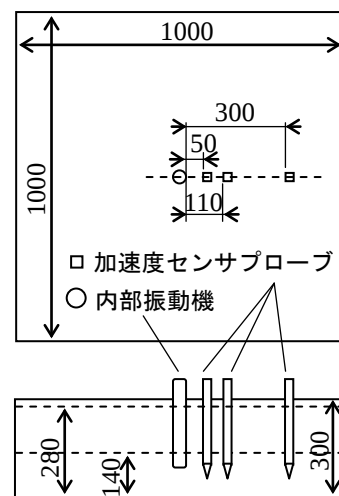


図 1 試験体概要



図 2 センサプローブ外観

3. 実験結果

100Hz 加振では加振力が弱く締固め不十分であったが、170Hz で加振している間、締固めが進行する様子が目視で確認できた。センサプローブで計測した加速度波形には時間的な変動が見られたので、加振を行って

キーワード フレッシュコンクリート、締固め、内部振動、加速度、計測、減衰

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-6238

る時間に対応する加速度データについて実効値（二乗平均値，RMS）を求め，各計測点における加速度の代表値とした。

内部振動機から各計測点までの離隔距離と加速度の関係を図3に示す。図より，計測されたコンクリート中の振動加速度は，距離に関して指数関数的に減少していることが分かる。一般に振動の距離減衰を表すとされる指数関数で近似した場合の相関係数は0.9以上と高く，精度よく加速度を計測できていると考えられる。

加速度減衰の時間的な変化に着目すると，100Hz加振時では締固め開始後5秒程度以降，距離減衰の傾向はほぼ変化していない（図3）。一方，170Hz加振時には，締固め開始後4秒程度までの間で，距離減衰の傾向が変化している（図4）。

加速度減衰の強さの時間的な変化を詳細に調べた結果を図5に示す。本図で縦軸の減衰率は指数関数の指数を表す。170Hz加振時について加速度の減衰率を1秒ごとに求めると，締固めの進行に伴って減衰率が低下していることが分かる。また，加振力が弱い100Hz加振の場合，20s間の締固め後でも減衰率の値は高いままである。

以上のように，考案・試作したセンサプローブでコンクリート中の加速度を計測したところ，締固め度合いの変化に応じて，加速度減衰の強さが変化することを確認できた。今後，こうした分析指標と締固め度合いの相関を明確にすることで，締固め度合いを定量的に計測，評価できる可能性がある。

4. おわりに

振動締固めに伴うフレッシュコンクリート中の加速度を簡易なセンサプローブで計測，分析した結果，以下を確認した。

- ①考案した加速度センサプローブにより，コンクリート中の振動加速度を直接，簡便に計測できる。
- ②コンクリート締固め時の振動伝搬挙動を分析することで，締固め度合いを推定できる可能性がある。

今後は，本プローブを利用して様々なコンクリート材料における振動伝搬性状を計測することにより締固め評価の検討を進めるとともに，現場適用性についても検討を行う予定である。

参考文献

- 1) Behavior of fresh concrete during vibration (ACI 309.1R-93), ACI Manual of Concrete Practice, Part 2, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004.

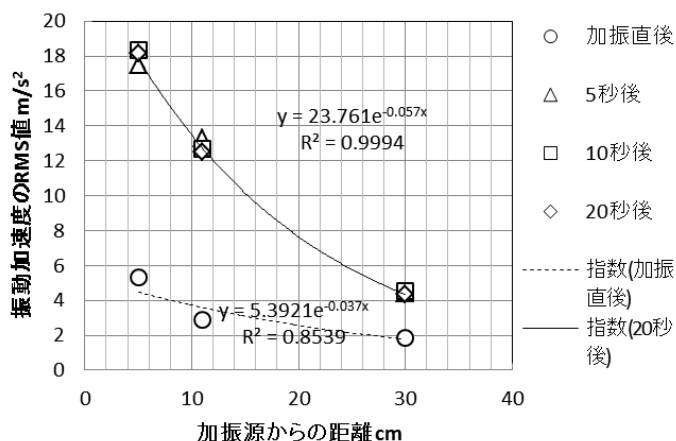


図3 100Hz 加振時の加速度減衰

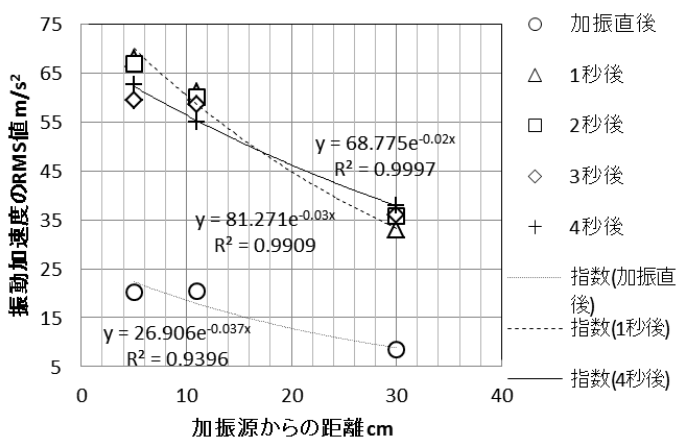


図4 170Hz 加振時の加速度減衰

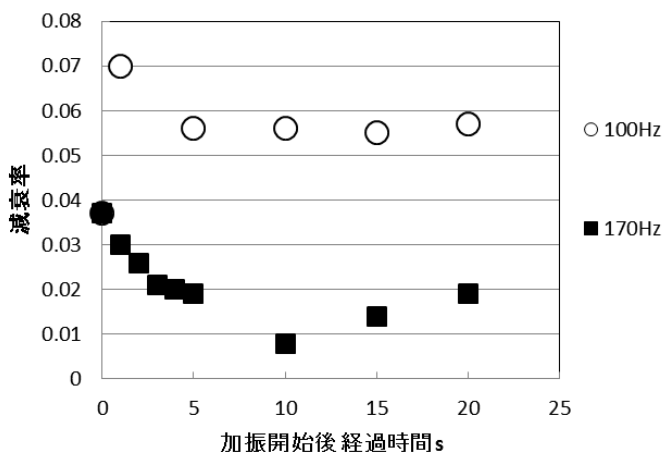


図5 締固め加振中の加速度減衰率の変化