

加速度センサープローブを用いたコンクリート締固め振動の計測と締固めエネルギー

鹿島建設(株) 正会員 ○藤田祐作 露木健一郎 林 大介
鹿島建設(株) 正会員 横関康祐 曾我部直樹

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性や強度を確保するうえで、施工時の締固め作業を適切に管理することは重要な要素である。しかし、締固め管理は目視や締固め時間、または現場作業員の経験によるところが大きく、定性的な評価により行われているのが現状である。そのため、締固め作業を定量的に評価する手法が求められており、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¹⁾。加速度の計測手法の1つに、簡易かつ高精度でコンクリート中の任意の位置にて加速度を計測できる挿入式の加速度センサープローブが考案されている¹⁾。本報では、この加速度センサープローブを用いてコンクリート中の加速度を計測し、同一配合における締固めエネルギーの推移と目視による締固め完了範囲との関係について検討を行った。

2. 試験概要

試験に使用したコンクリートの配合を表-1に、試験体の概要を図-1に示す。幅1200mm×奥行1200mm×高さ300mmの型枠の中心位置に内部振動機(φ40mm、周波数240Hz)を設置し、内部振動機から100mm、250mm、500mmの位置に加速度センサープローブを挿入した。加速度センサープローブの埋込み深さは、試験体高さ300mmの中心位置となる150mmとした。試験は内部振動機による締固め時間を変えた2ケース(締固め時間7sおよび15s)にて行い、それぞれのケースにて加速度を測定した。

各ケースにおけるコンクリートの性状試験結果を表-2に示す。試験実施時期がケース①は7月、ケース②は9月と異なっており、またケース①についてはコンクリートの運搬に時間を要したためコンクリート温度が高いが、2ケースの試験に用いたコンクリートのスランブおよび空気量は同程度であった。

各ケースにおいて、挿入した加速度センサープローブにて計測した加速度から、式(1)により締固めエネルギーを算出した²⁾。加速度の測定については、サンプリング間隔を 1.00×10^{-4} 秒として行った。

$$Et = \frac{\rho \alpha^2 t}{4\pi^2 f} \tag{1}$$

ここで、 Et : t 秒間にコンクリートが受ける締固めエネルギー(J/L)、 t : 振動時間(s)、 α : 加速度(m/s^2)、 f : 振動数(Hz)、 ρ : 単位容積質量(kg/L)

表-1 コンクリートの配合

セメント 種類	最大粗骨材 寸法(mm)	W/C (%)	S/a (%)	目標 スランブ (cm)	単位量 (kg/m^3)						
					W	C	S1	S2	S3	G	AE
N	20	53.0	48.0	8.0	167	316	260	304	304	952	3.79

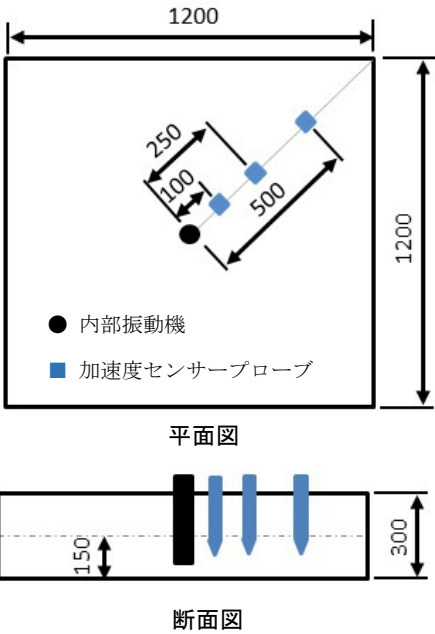


図-1 試験体の概要図

表-2 コンクリート性状の試験結果

試験ケース	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/m^3)	Con温度 ($^{\circ}C$)
CASE① (締固め時間 7s)	9.0	4.9	2,311	34.0
CASE② (締固め時間 15s)	9.5	4.6	2,310	27.3

キーワード 締固め、加速度、加速度センサープローブ、締固めエネルギー、締固め時間
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 TEL042-489-8023

3. 試験結果および考察

各ケースにおける内部振動機からの距離とコンクリート中の加速度の関係を図-2に示す。加速度は距離の増加に伴い減少しており、一般に知られる指数関数にて近似した場合²⁾に相関が高いことを確認した。また、締固め時間と締固めエネルギーの関係を図-3に示す。締固めエネルギーは内部振動機からの距離が大きくなるにしたがって減少することが確認された。

締固めエネルギーの推移について、同一の材料、配合およびスランプのコンクリートにおいては同じ履歴を示すことが考えられたが、締固め時間 7s における締固めエネルギーの値に着目すると、内部振動機から 100mm の位置での値はケース②の方が大きく、250mm, 500mm の位置ではケース①の方が大きな値を示し、締固めエネルギーの推移に違いが生じる結果となった。これは、ケース①と②でコンクリート温度が異なっていたこと、ケース①は練上がりから試験開始までにおよそ2時間程度経過していたことにより、セメント粒子間の結合状況が異なっていた可能性があり、推移の違いに影響を及ぼしたと考えられる。

図-4に内部振動機からの距離と締固めエネルギーの関係を示す。図-4には過去の文献³⁾より、スランプ 9cm における締固め完了エネルギー（締固め度が 99.5%に達したエネルギーを締固め完了エネルギーと定義）の値も併記した。各ケースの目視による締固め完了範囲は、ケース①では内部振動機から半径 250mm の範囲、ケース②では半径 400mm の範囲であった。各ケースともに目視にて締固め完了と判定された内部振動機から 250mm の位置では、加速度センサープローブによる締固めエネルギーにおいても締固め完了と評価でき、目視にて締固めが不十分と判定された 500mm の位置では、加速度センサープローブによる締固めエネルギーにおいて締固め不十分と評価できる。

4. まとめ

本試験の結果から得られた知見を以下に示す。

- (1) 加速度センサープローブにて、コンクリート中の加速度を任意の位置にて簡易に精度よく計測できる可能性がある。
- (2) 同一の材料、配合およびスランプのコンクリートにおいても、コンクリート温度や練上がりからの時間が異なる場合、締固めエネルギーの推移に違いが生じると考えられる。
- (3) 締固め完了範囲について、目視による判定と締固めエネルギーによる判定結果は一致した。

参考文献

- 1) 露木健一郎ほか：加速度計を用いたコンクリート締固め振動計測，土木学会第 70 回年次学術講演会，第 V 部門，pp.441-442，2015.9
- 2) 村田二郎：フレッシュコンクリートの挙動に関する検討，土木学会論文集，Vol.6，No.378，pp.21-33，1987.11
- 3) 梁俊ほか：フレッシュコンクリートの締固め性試験法に関する研究，土木学会論文集，Vol.62，No.2，pp.416-427，2006.6

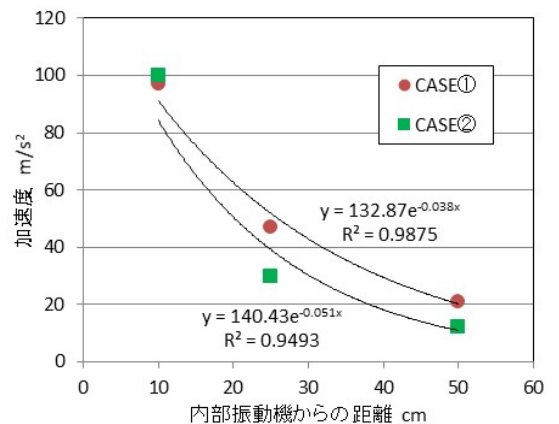
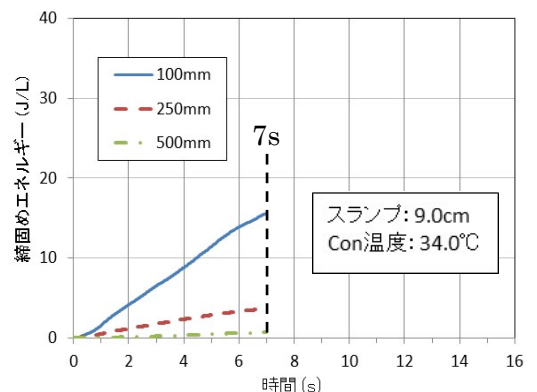
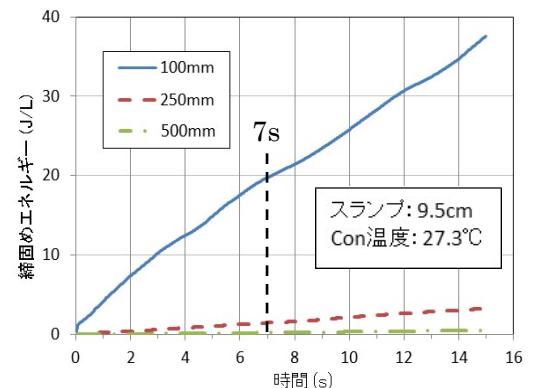


図-2 コンクリート中の加速度の減衰



(a)CASE①の場合



(b)CASE②の場合

図-3 締固めエネルギーの推移

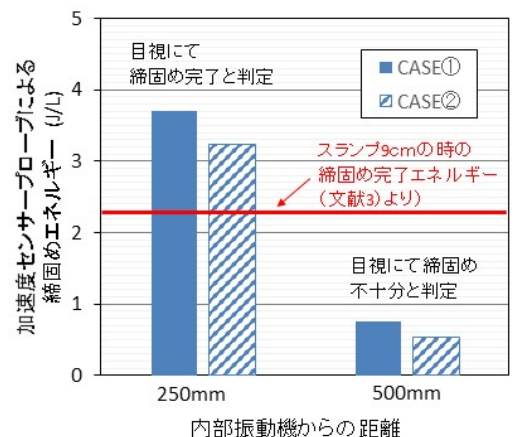


図-4 内部振動機からの距離と締固めエネルギー