

各種センサ等によるコンクリート工事における品質管理の高度化技術の開発（その3）

日本国土開発（株） 正会員 ○山内 匡
 東京大学大学院工学系研究科 正会員 野口 貴文 正会員 北垣 亮馬
 児玉（株） 正会員 西島 茂行 正会員 山本 秀之 江頭 勝吾

1. 目的

コンクリート型枠に搭載された各種センサ付き小型集積回路（以下、スマートセンサと称す）の温度センサによって、コンクリート温度を測定し、構造体コンクリートの強度発現を推定・管理するシステムが開発されている¹⁾。スマートセンサは、温度センサの他に、型枠取外し時期の管理を目的に加速度センサを有している。筆者らは、その加速度値や、測定値に基づいて算出した累積振動締固め総エネルギー²⁾によって、コンクリート打設時の棒状バイブレータによる締固め状況の把握、また締固め度合を評価できる可能性を見出したことを報告³⁾している。本報は、樹脂型枠に搭載したスマートセンサによってコンクリート締固め時の振動加速度を測定し、累積振動締固め総エネルギーからコンクリートの締固め度合を評価する手法について、室内実験および実構造物による試行によって検討した結果を述べるものである。

2. 検討方法

・室内実験

室内実験では、試験体型枠にコンクリートを充填した後、棒状バイブレータによって締固めを行った。その際の、樹脂型枠に搭載したスマートセンサと、一般的なひずみゲージ式加速度計で測定したそれぞれの振動加速度値を比較し、スマートセンサで測定した加速度値の妥当性を再確認した。また、材齢 28 日において、棒状バイブレータから各スマートセンサまでの距離と同一の箇所からコア（φ100）を採取した。試験体型枠の形状寸法や棒状バイブレータの挿入位置、スマートセンサおよび加速度計の設置位置などを併せて図-1 に示す。コンクリートの締固めは棒径 31mm の棒状バイブレータを型枠底面から 50mm の位置まで挿入し、20 秒間作動して振動加速度値を測定した。なお、コンクリートは呼び名「27-20-15N」のレディーミクストコンクリートを使用した。

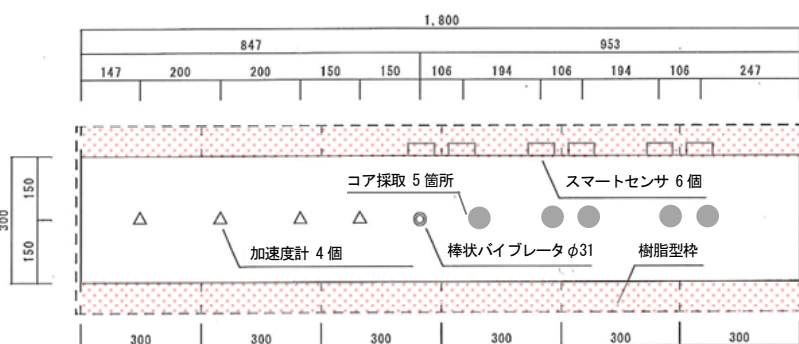


図-1 試験体型枠の平面図

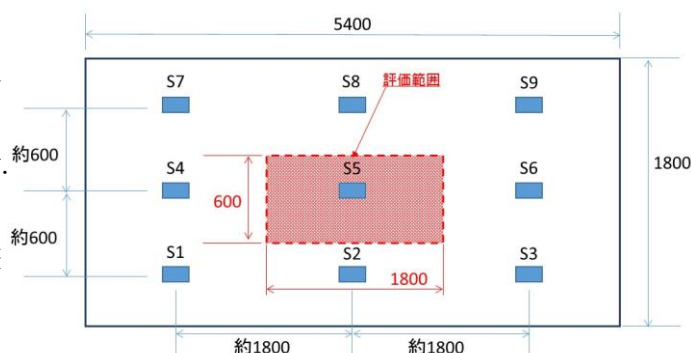


図-2 樹脂型枠の配置

・実構造物による試行

実構造物（壁）による試行では、木製型枠の一部（縦1,800mm×横5,400mm）を樹脂型枠（9枚@縦600mm×横18,00mm）で置換え、各樹脂型枠にはスマートセンサを1台搭載し、コンクリート締固めによる振動加速度値を測定した。樹脂型枠の配置を図-2 に示す。また、型枠脱型後に、材齢 11 日において、各樹脂型枠を評価範囲として計 9 箇所、コンクリート表面の表面吸水速度（SWAT）および透気係数（トレント法）を測定した。なお、コンクリートは呼び名「27-20-12BB」のレディーミクストコンクリートを使用した。また、本施工ではコンクリートの1層打設高さ、および棒状バイブレータの挿入間隔を 50 cm以下として、コンクリートの締固めを行った。

3. 検討結果および考察

・室内実験

キーワード スマートセンサ、加速度計、締固め状況、見える化、品質管理

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9 日本国土開発（株）土木事業本部 技術部

棒状パイプレータからのスマートセンサおよび加速度計までの距離と振動加速度の関係を図-3にそれぞれ示す。既報²⁾と同様に、スマートセンサで測定した加速度(型枠対して垂直方向)は、ひずみゲージ式加速度計で測定した加速度と同レベルの値であり、距離減衰も同様な傾向を示しており、スマートセンサによる加速度測定値は、一般的な加速度計による測定値と同等と評価できる。なお、スマートセンサ、ひずみゲージ式加速度計ともに「加速度」は、測定した振動波形の振幅のピーク値の平均とした。

図-4に振動加速度の測定値に基づいて算出した累積振動締固め総エネルギーとコア強度の関係を示す。同図から、累積振動締固め総エネルギーとコア強度には相関がみられることが分かる。このことから、スマートセンサによって締固めエネルギーを把握・管理することで、コンクリートの締固め度合が評価できると考えられる。

・実構造物による試行

累積振動締固め総エネルギーと表面吸水速度および透気係数の関係を図-4に併せて示す。3段階に分けられた表面吸水速度の評価基準⁴⁾では、いずれの値も「緻密」の評価にあたり、また5段階に分けられた透気係数の評価基準⁵⁾でも、いずれの値も「優」の評価にあたる。つまり、棒状パイプレータの挿入間隔など、通常の施工が行われれば、コンクリートの締固めには十分なエネルギーが与えられていると言える。本試行では、累積振動締固め総エネルギーと表面吸水速度および透気係数に明確な相関はみられなかった。表面吸水速度や透気係数の関係から、スマートセンサによって締固めエネルギーを把握・管理し、コンクリートの締固め度合を評価するには、累積振動締固め総エネルギーが低い領域での検討が必要と考えられる。

4. まとめ

スマートセンサにより締固めエネルギーを把握し、累積振動締固め総エネルギーとコア強度の関係から、コンクリートの締固め度合を評価できると考えられる。表面吸水速度や透気係数の関係を用いたスマートセンサによる締固め度合の評価手法については、累積振動締固め総エネルギーが低い領域での検討が必要である。

参考文献

- 1) NETIS 新技術情報提供システム：http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG_NO=QS-110040
- 2) 梁ほか：締固め完了エネルギーによる同一スランプコンクリートの施工性評価，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31，No. 1，pp1393-1397，2009
- 3) 山内ほか：型枠に設置したセンサによるコンクリート締固め時の振動加速度測定に関する実験，土木学会第72回年次学術講演会，VI部門，pp1543-1544，2017
- 4) 細田ほか：コンクリート構造物の品質向上の取組と非破壊試験による効果の検証，コンクリート工学会年次論文集，Vol. 37，No. 1，2005
- 5) R. torrent et al. : Non-Destructive Test Methods to Measure Gas-permeability, Non-destructive evaluation of the concrete cover. RILEM report 40, pp. 35-70, 2007

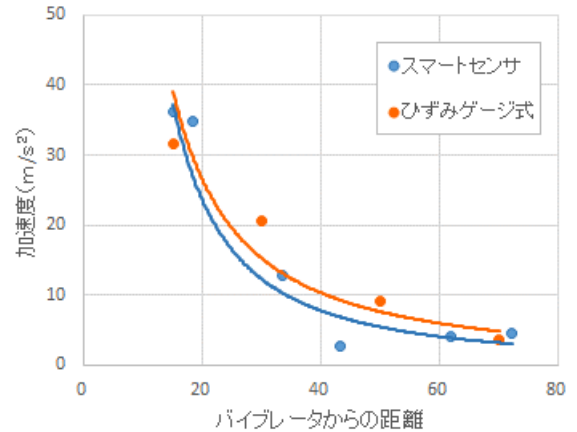


図-3 バイブレータからの距離と加速度の関係

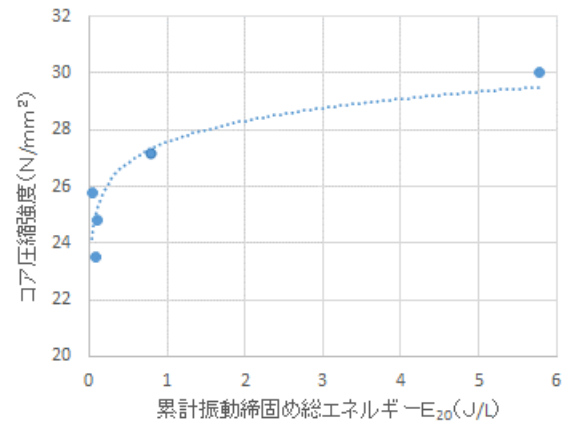


図-4 累積振動締固め総エネルギーとコア強度の関係

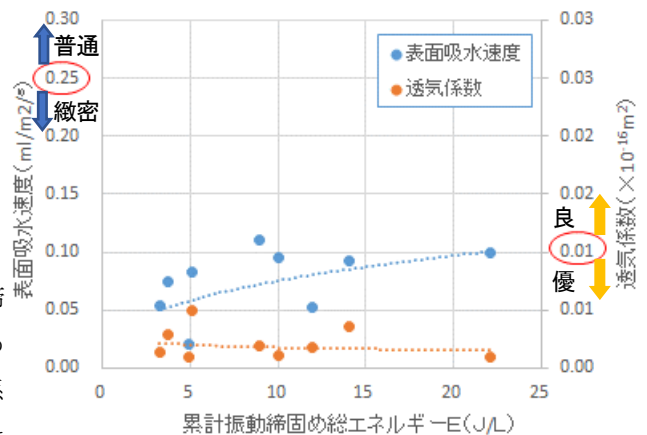


図-5 累積振動締固め総エネルギーと表面吸水速度および透気係数の関係