

4. 静電容量による非接触式コンクリート打込み高さ測定方法の開発

Development of a Non-Contact Method for Measuring the Height of Concrete Placement by Capacitance

梶原 陸* 村田康平* 駒田憲司* 佐藤俊男**

ー概要ー

コンクリート構造物の品質を確保するためには、要求される強度と耐久性を満たす品質のコンクリートを均質に打設することが必要である。そのためには打設中のコンクリートの打込み高さを正確に把握することが非常に重要な要素となる。しかし、トンネル覆工や RC 巻き立て工などでは、型枠内が狭隘で複雑になるため、目視による確認やレーザー距離計の設置が困難である。また、型枠内部にセンサーを設置した場合は埋め殺しとなるため、転用が不可能となる。そこで、本報ではコンクリートの打込み高さを測定する新たな方法として、コンクリートに直接接せず、型枠外面から型枠内部の打込み高さを把握する方法について報告する。

ー技術的な特長ー

センサーは、導線が接続された一対の銅シートで構成されており、銅シートを型枠の外面に間隔が一定になるように設置する（図1）（写真1）。ただし、センサーは導電性がある金属性の型枠には使用できない。計測装置には、電子部品材料等の特性評価に使用される LCR メーターを用いた。

型枠の材質が異なる場合のセンサーの適応性を調べるため、木製型枠（板厚 12mm）と FRP 型枠（板厚 5mm）に非接触センサーを高さ方向に設置し、モルタル打設高さに対する静電容量の値を測定した（図2）（図3）。木製型枠と FRP 型枠の両方において、静電容量とモルタル打設高さの間に比例関係が確認でき、FRP 型枠の方が木製型枠よりも勾配が大きくなった。よって、木製型枠および FRP 型枠の両方に適用可能である。さらに、FRP 型枠の方がより高い精度で打込み高さを検出できると考えられる。

実際の規模の型枠における性能について調べるため、プラスチック管を使用してモルタル注入開始からの経過時間と静電容量の相関を確認した（図4）。静電容量は時間経過とともに上昇し、その上昇はほぼ比例関係にあることが確認できた。より高い打込み高さであっても、非接触式センサーによる打込み高さの検出が可能であると判断できる。

以上のことから静電容量を用いた非接触式センサーは、現場での使用においても十分に機能するものであると考えられる。

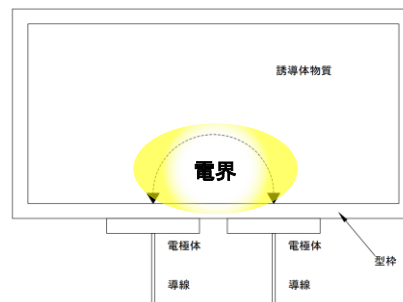


図1 センサーの構成



写真1 センサーの設置状況

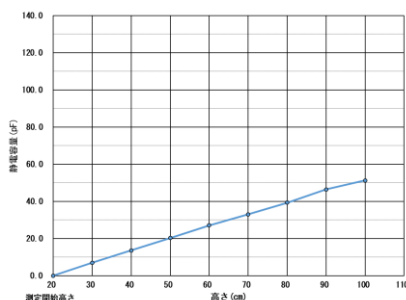


図2 木製型枠測定結果

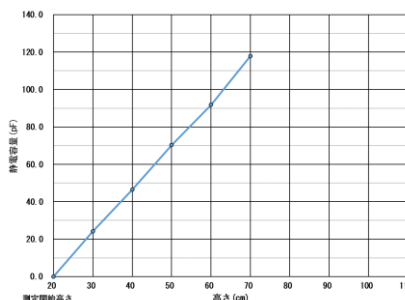


図3 FRP型枠測定結果

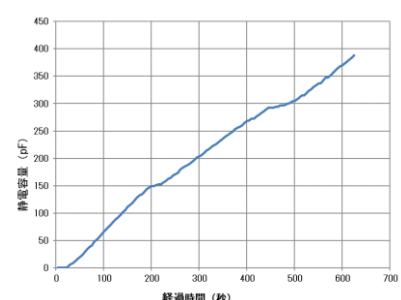


図4 8mセンサー測定結果

静電容量による非接触式コンクリート打込み高さ測定方法の開発

Development of a Non-Contact Method for Measuring the Height of Concrete Placement by Capacitance

○梶原 陸*

Riku KAJIWARA

村田 康平*

Kohei MURATA

駒田 憲司*

Kenji KOMADA

佐藤 俊男**

Toshio SATO

ABSTRACT To ensure the quality of concrete structures, it is essential to accurately determine the placement height. However, in cases where the formwork is narrow and has a complex shape, conventional methods for confirming the placement height become challenging. This technology measures electrostatic capacitance by installing sensors on the external surface of the formwork, allowing for the determination of the placement height. Verification experiments on the sensors have shown that they can be applied to both wooden and FRP formworks, with particularly high measurement accuracy in FRP formworks. Furthermore, it was confirmed that the sensors remain effective even at placement heights simulating actual site conditions. These findings indicate that the non-contact sensor using electrostatic capacitance can function effectively in on-site concrete placement.

Keywords :打込み高さ, 静電容量, 打設管理

Concrete placement height, Capacitance, Placement management

1. はじめに

コンクリート構造物の品質を確保するためには、要求される強度、耐久性を満足できる品質のコンクリートを均一に打設する必要がある。均質なコンクリートを得るには打上がり面がほぼ水平になるように均等にコンクリートを 40～50cm 以下の高さで打ち込み、締固めを行い、なるべく短い打重ね時間間隔で打設を行う必要がある。上記した均等高さでの打込みや打ち重ね時間間隔の短縮を実現するうえで打設中の打込み高さを正確に把握することは非常に重要な要素である。

打込み高さを把握する手段として、型枠内部を目視で確認する方法や、型枠内にセンサーやレーザー距離計を設置するといった方法があるが、トンネル覆工や RC 巻立て工といった工事によっては高密度な配筋と複雑な形状の型枠になり、型枠内が入り組んだ状況になる場合がある。こういった、センサーの設置や直接の視認が困難な状況では、型枠内部から打込み高さを確認することは難しい。また、型枠内部にセンサーを設置した場合には、センサーが埋め殺しになり転用も不可

能となる。そこで、本報ではコンクリートの打込み高さを測定する新たな方法として、コンクリートに直接接触せず、型枠外面から型枠内部の打込み高さを把握する方法について報告する。

2. 技術の内容

本技術はコンクリートの持つ電氣的な性質に着目し、型枠外面に貼り付けたセンサーによりコンクリートの静電容量を計測し、コンクリートの打込み高さを把握するものである。

2.1 測定原理

本技術の測定原理を図 1、図 2 に示す。型枠等の外面に一对の帯状電極体からなるセンサーを狭小な平行距離を置いて配置し、高周波の交流電流を印加すると帯状電極体間に電界が発生し、コンデンサのように静電容量が生じる。

この電界内に空気よりも比誘電率が高いコンクリートや水といった誘導体物質が充填されると、充填高さが増加するとともに電極体間の静電容量の値も増加することで打設高さを検知することが可能になる。

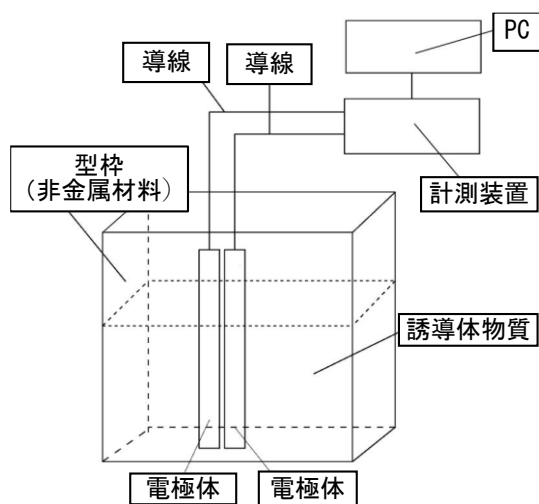


図1 測定概略斜視図

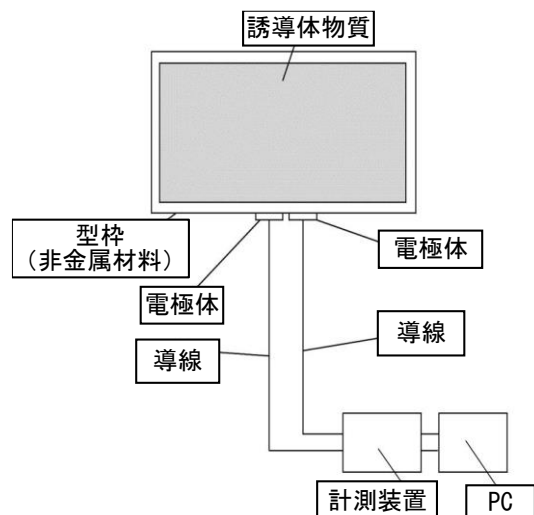


図2 測定概略上視面図

2.2 センサーの概要

測定に使用するセンサーの概要を写真1に示す。センサーは導線が接続された一対の銅シートであり、型枠の外面に設置して使用する。設置は一対の銅シート間の間隔が一定となるよう離隔を保ち配置する。

2.3 本技術の適用範囲

静電容量による非接触式高さ測定方法は型枠を隔てコンクリートの静電容量を測定することから、金属の型枠では使用できず、非金属性の型枠に使用可能な技術である。



写真1 センサー（電極体）

3. 検証実験

コンクリートの打設に使用される非金属性の型枠には一般的に合板の木製型枠や、耐久性に優れたFRP型枠が使用されているが、型枠材質の違いがセンサーの性能に与える影響は明らかになっていない。

また、これまで本非接触センサーで高さ2m以下まで測定可能であることは検証したが、現場のコンクリート打設を想定した高さの検証は実施していなかった。

本研究では、型枠材質が異なる場合と、実規模の型枠においてのセンサー適応性を検証するためにモルタルを用いて以下の実験を実施した。

3.1 型枠材質によるセンサー性能の検証実験

この実験では高さ1800mmの木製型枠とFRP面を備えた型枠を製作した。このとき、型枠の板厚は木製型枠では板厚12mm、FRP型枠では板厚5mmを使用した。これらの型枠について非接触センサーを高さ方向に設置し、モルタル打設高さに対して静電容量の値を測定した。測定結果を図3と図4に示す。

木製型枠とFRP型枠の両方で静電容量とモルタル打設高さの間で比例関係を確認できた。さらに、FRP型枠は木製型枠よりも勾配が大きくなった。これは、型枠の板厚、材質や含水率等の影響が考えられ、FRP型枠は木製型枠より精度よく打込み高さを検出できる可能性がある。

3.2 実規模レベル検証実験

先の実験により、木製型枠と FRP 型枠において非接触式センサーを用いてコンクリートの打込み高さが検出可能であることが分かった。ここでは、より高い打込み高さである場合に静電容量の検出が可能か否かを確認するため、 $\phi 100\text{mm} \times 8000\text{mm}$ のプラスチック管を用いた実験を行った。プラスチック管の比誘電率は FRP と同程度である。同管の高さ方向に長さ 8m の非接触式センサーを配置し、管内にモルタルを注入しながらモルタル高さを一定速度で上昇させた。そしてモルタルの注入開始からの経過時間とセンサーが示す静電容量の値との相関を確認した。測定結果を図 5 に示す。

静電容量は時間経過とともに上昇し、ほぼ比例関係にあることが確認できた。よって、より高い打込み高さであっても非接触式センサーによる打込み高さの検出が可能である。この実験ではモルタルを使用した但、同じセメント系材料であるコンクリートについても同様の検出が可能であると思われる。

4. まとめ

非接触式センサーは木製型枠、FRP 型枠の両方において適用可能であることが分かった。併せて、FRP 型枠の方が精度よく打込み高さを検出可能であると考えられる。また、実際に現場のコンクリート打設を想定した 8m 程度のより高い打込み高さのセンサーを使用した場合も静電容量の測定が可能である事が分かった。

これらのことから、静電容量を用いた非接触式センサーは現場においても十分に機能するものであると考えられる。

【参考文献】

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書[施工編]，pp.120-124，2023

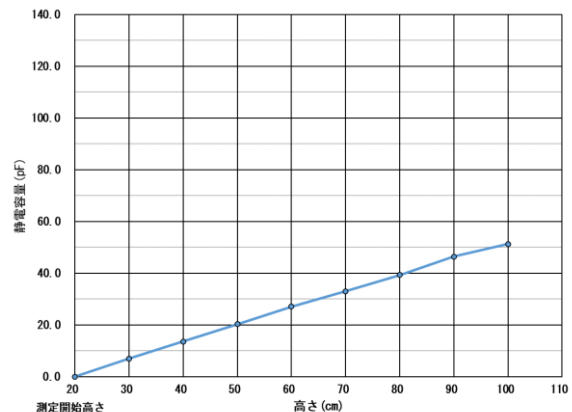


図3 木製型枠測定結果

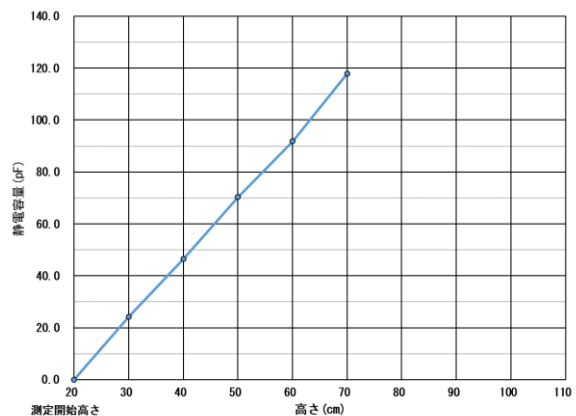


図4 FRP 型枠測定結果

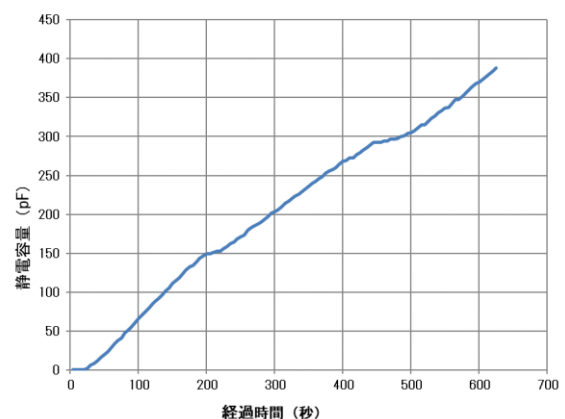


図5 8m センサー測定結果