

## 振動締固め途中のフレッシュコンクリートに伝搬される加速度を対象とした加速度センサ付き無線 IC タグを用いた計測システムの開発

徳島大学大学院 学生会員 ○藤原 京介  
 徳島大学大学院 正 会 員 山地 功二  
 徳島大学大学院 フェロー 橋本 親典  
 徳島大学大学院 正 会 員 渡邊 健

### 1. 目的

棒パイプレータによる内部振動機や型枠振動による外部振動機によるコンクリートの締固めに関する既往の研究は大変多い。しかしながら、流動中のフレッシュコンクリートに伝播される加速度を直接計測した研究はあまりみられない。本研究は、最新の IoT 技術を導入し、加速度センサを搭載した無線 IC タグを使って、充填過程のコンクリートの加速度の時系列データでの計測を行った。本計測システムの妥当性を検証するために、加振ボックス充填装置内を流動するフレッシュコンクリートを対象として、障害鉄筋を通過後の B 室側の加速度を計測し、Raspberry Pi と静電容量式の加速度センサを用いた計測システムのデータと比較した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1、配合表を表-2 に示す。水セメント比は 47%，細骨材率は 47% とし、高性能 AE 減水剤の添加量およびスランプロスでスランプの調整を行った。同一配合で、スランプ 17~19cm の 3 種類のコンクリートを実験に供した。

表-1 使用材料

種類	品名	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	粗粒率	産地
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16		
細骨材	砕砂	2.58	2.83	兵庫県赤穂市
粗骨材	砕石1505	2.57	6.40	徳島県板野郡板野町大坂字川走
	砕石2010	2.57	7.06	徳島県板野郡板野町大坂字川走
混和剤	高性能AE減水剤	1.03		
	AE剤	1.02		

#### 2.2 無線 IC タグを用いた計測システム

写真-1 に 3 軸の加速度センサを搭載した無線 IC タグを示す。写真-2 に無線 IC タグの送受信機を示す。また、図-1 に無線加速度計測システムの概要図を示す。ノート PC に送受信機を接続し、無線にて IC タグへ計測開始・終了のコマンドや計測データの送受信を行う。

表-2 配合表

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G			
47	47	165	350	823	555	386	16±2.5	4.5±1.5

#### 2.3 加振ボックス充填装置および計測方法

図-2 に加振ボックス充填装置の外観を示す。加振ボックス充填装置は、土木学会規準 (JSCE-F701) で用いられているものである。A 室・B 室に分かれており、2 室間に鉄筋障害および仕切り版を設置している。以下に計測手順を示す。

- 1) コンクリートを A 室側に充填する。
- 2) 棒状パイプレータを A 室側へ挿入し、加振と同時に仕切り版を外し、B 室側へコンクリートを流動させる。
- 3) 赤線で示す 300mm ラインに到達した時点で計測を終了する。

図-2 に無線 IC タグの設置位置、写真-3 に設置方法を示す。袋状のネットに無線 IC タグを入れ固定を行った。

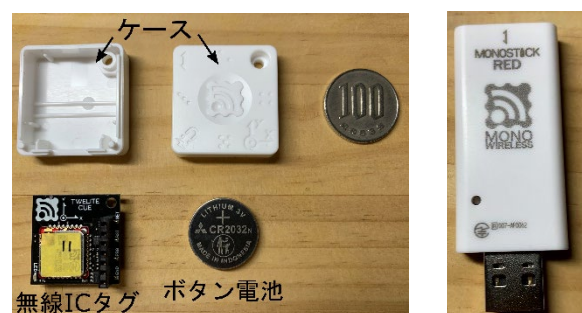


写真-1 無線 IC タグの外観

写真-2 送受信機

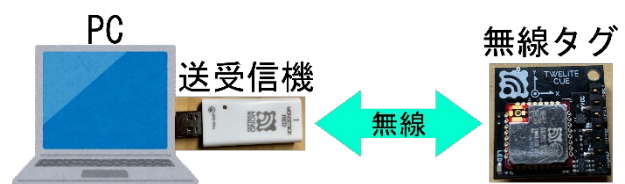


図-1 無線 IC タグを用いた計測システムの概要

キーワード フレッシュコンクリート、加振ボックス充填装置、加速度、無線 IC タグ、締固め、距離減衰  
 連絡先 〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1 徳島大学大学院 社会産業理工学研究部 TEL 088-656-7321

### 3. 結果および考察

実験に使用したコンクリートのフレッシュ性状を表-3に示す。

図-3にスランプ 17cm (1回目)での計測結果を示す。300mmラインにコンクリートが到達するのに要する時間は、計測開始から110秒であった。約15秒から加速度が計測され始め、30~40 m/s<sup>2</sup>程度まで立ち上がったあと、50秒にかけて加速度が小さくなり、約60秒にかけて60m/s<sup>2</sup>程度の最大値を計測している。

図-4にスランプ 17cm(2回目)の結果を示す。300mmライン到達に要する時間は、計測開始から90秒であった。約17秒から加速度が計測され、約40秒にかけて80 m/s<sup>2</sup>程度まで急激に立ち上がり、最大値を計測している。その後は緩やかに加速度が減少していることが分かる。

図-5にスランプ 19cmの結果を示す。300mmライン到達に要する時間は、計測開始から150秒であった。10秒から加速度が計測され、40秒程度において、60m/s<sup>2</sup>の最大の加速度を計測している。その後は緩やかに減少しているが、100秒前後でまた加速度が増大し、計測終了時刻にかけて加速度が増大している。これは、コンクリートをスランプロスさせた3回目の計測であるため、材料分離を引き起こしている可能性が考えられる。

図-6にスランプ 8cmを対象としたRaspberry Piと静電容量式の加速度センサを用いた計測システムでの計測結果を示す。両者のセンサともに、締め固め中の加速度は一定の加速度に収束する傾向が確認できた。

しかしながら、静電容量式の加速度センサは、最大150 m/s<sup>2</sup>程度の加速度を計測した。無線ICタグでの結果と比較して最大加速度が大きかった。スランプが8cmでコンクリートの粘性が小さいこと以外に以下の2つの原因が挙げられる。

一つは、センサの設置位置が異なる点である。静電容量式の加速度センサより無線ICタグは、図-2に示すようにB室の底面付近に設置した。よって、棒パイプレータと無線ICタグに内蔵されたセンサまでの距離が、静電容量式の加速度センサとの距離より長い。距離減衰の影響を大きく受け、加速度が小さくなった。

二つは、無線ICタグが内蔵されたセンサはケース内にあり、ケースという空間を介して振動が伝達される点である。静電容量式の加速度センサとは異なり、棒パイプレータの振動が直接センサに伝達されないため加速度が小さくなった。

### 4. 結論

無線ICタグを用いた完全無線の計測システムは、Raspberry Piと静電容量式の加速度センサを用いた場合の計測システムの時系列データと同様な時系列データが得られた。このシステムを使えば、実際の打ち込み現場での締め固め作業中の加速度を完全無線で、計測することができると思われる。

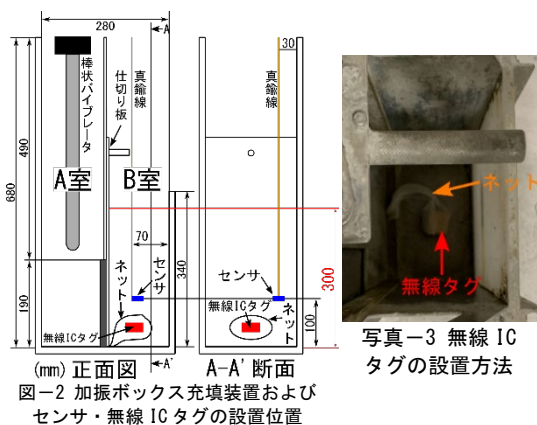


表-3 コンクリートのフレッシュ性状

加速度計	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
無線ICタグ	17.0	3.3	15.6
	17.0	3.3	12.3
	19.0	3.3	12.1
Raspberry Pi	8.0	2.5	17.8

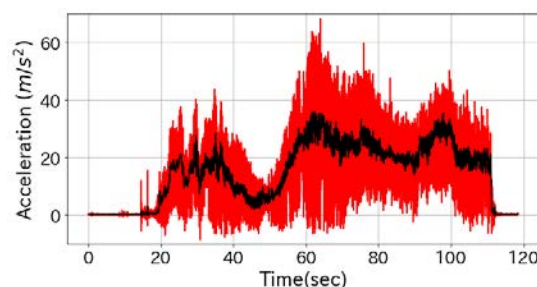


図-3 スランプ 17cmでの計測結果 (1回目)

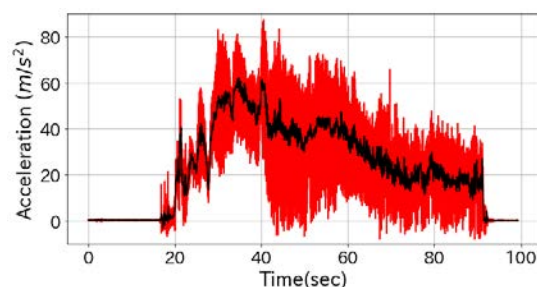


図-4 スランプ 17cmでの計測結果 (2回目)

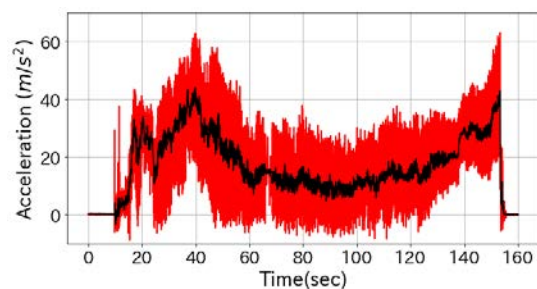


図-5 スランプ 19cmでの計測結果

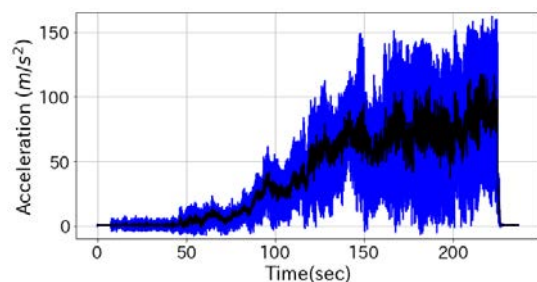


図-6 スランプ 8cm, Raspberry Piと静電容量式の加速度センサを用いた計測システムでの計測結果