

論文 スマートフォン内蔵の加速度計によるコンクリートポンプの圧送状況の計測方法に関する研究

瀬古 繁喜*1・山口 幹人*2・辻 大二郎*3・小島 正朗*3

要旨: 本報では、ピストン式のコンクリートポンプが圧送する機構のうち、バルブの切替え動作に着目し、バルブの切替え回数をスマートフォン(端末)内蔵の加速度計で測定して圧送状況を推定する方法を検討した。アームバンドとマグネットベースの設置方法では配管の振動の伝達状況が異なると思われること、端末を取り付ける位置ではホップ近くの変動の加速度の変化が大きいこと、1秒当たりのサンプリング数は50Hz以上が望ましいことが分かった。トラックアジテータ1台分で計測した加速度の変化の回数は記録映像のバルブ切替え回数と同じであり、積載量から今回の条件で計算したポンプの吸込み効率は63.3%とやや低い値となった。

キーワード: スマートフォン, 加速度計, コンクリートポンプ, 圧送状況, 吸込み効率

1. はじめに

施工現場におけるコンクリートの打込み状況を把握する手法として、筆者らは、リアルタイムのコンクリート流量と筒先位置を計測して構造体三次元モデル中のコンクリートの充填状況や打重ね時間をシミュレートして可視化する方法を検討している¹⁾。これによれば、筒先位置の施工管理担当者はもちろん、関係者がどこからでもコンクリートの打設数量や充填状況、打重ねの空き時間をリアルタイムで把握する事ができる。

これまではリアルタイムでコンクリート流量を伝達できる車輛を活用してきたが、実働数に限りがあるため、簡易にコンクリート流量を取得する方法を考えた。コンクリートの流量を把握する方法としては、超音波流量計を配管に取り付ける等の方法も考えられるが、複合材料のため流量を精度良く測定することは難しい。また、トラックアジテータ(以下、生コン車)からシュートで荷卸しするときに、コンクリートの流下状況から品質を把握するのに合わせて流量を推定しようとするアイデアもある²⁾。筆者らは、ピストン式のコンクリートポンプがピストンを往復させることで圧送する機構のうち、バルブの切替え時の振動に着目し、バルブの切替え回数を加速度計で測定することで流量を推定する方法を検討した。

本報では、通信機能を有し入手も容易なスマートフォン内蔵の加速度計を活用することとした。まず配管上でスマートフォン(以下、端末)の取付け方法と取付け位置を加速度の大小等から選定した結果を、次に1秒当たりのサンプリング数の影響を検討した結果を示す。さらに、実際の生コン車1台が荷卸しを行う間で測定したバルブの切替え回数によって、ピストンのシリンダー容量

からポンプの吸込み効率を算出してみた結果を示す。

2. スマートフォン内蔵の加速度計の測定方向

今回の実験で使用した端末はAndroid OSのスマートフォンである。端末に内蔵される加速度計は、モーションセンサーのうちTYPE_ACCELERMETERと呼ばれ、X軸、Y軸、Z軸の3方向の加速度を測定できるとされている³⁾。このTYPE_ACCELERMETERで測定される加速度の単位は m/s^2 で、端末内での3方向の定義づけは図-1のように、X軸が端末の面内左右方向で、Y軸は面内軸方向、Z軸は面外方向であり、図中の矢印が正方向となる³⁾。

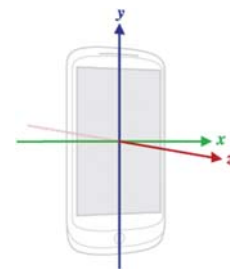


図-1 端末内の加速度計の計測方向³⁾

3. 実験検討の方法

3.1 配管への設置位置

今回の実験で計測の対象としたコンクリートポンプは、P社製でブームが5段式の全長38m、最大理論吐出量 $160m^3/h$ の機種である。端末の設置位置は、ブームを伸ばした後もポンプへ寄り付くことができる範囲で、ホップに近い位置からブーム根元へ向かってポンプ車に固定された配管の3か所に配置した。ホップ寄りにはホップか

*1 愛知工業大学 工学部建築学科教授 博士(工学) (正会員)

*2 (株) コア 中部カンパニー

*3 (株) 竹中工務店 技術研究所 博士(工学) (正会員)

ら斜めに立ち上がる配管とし、中間位置は配管を固定する架台の中央付近とし、ブーム寄りにはブーム根元寄りの配管の架台近くとした。端末の設置位置を写真-1に、各設置位置での状況を写真-2に示す。



写真-1 コンクリートポンプに対する端末の設置位置
(画像はポンプメーカーのカタログ⁴⁾から引用)



写真-2 各設置位置での端末の状況

3.2 端末の配管への取付け方法

端末を配管に取り付ける方法として、ゴム入りの帯をベルクロで留める市販のアームバンドと、マグネットベースの二種類を使用した。アームバンドの帯には樹脂製の架台が取り付けられており、架台と端末は四隅をゴム製の輪で緊結する形である。また、マグネットベースには樹脂製の棒を介して端末の四隅を外側から縮めて固定する樹脂製の架台が取り付けられている。実際の配管にアームバンドで端末を設置した状況を写真-3に、マグネットベースに取り付けた樹脂製の架台で端末を設置した状況を写真-4に示す。

3.3 加速度の計測のサンプリングレート

今回の実験では、加速度は端末内でのデジタル計測としたことから、1秒あたりのデータのサンプリング数(以下、サンプリングレート)として25Hz、50Hz、67Hz、100Hz、200Hz相当の5種類を設定した。端末内の計測アプリで設定可能な最小時間間隔は200Hz相当であり、この場合、1秒当たり200個のデータが取得できる。

3.4 生コン車での実際の荷卸し状況の測定

(1) コンクリートの仕様等の条件

コンクリートの種類は、40-21-25Nであり、水セメント比は42%、単位水量173kg/m³、細骨材率は46.5%で、高性能AE減水剤を使用したものである。実験当日の受入れ検査では、スランブは概ね20cm~21cmであった。ま

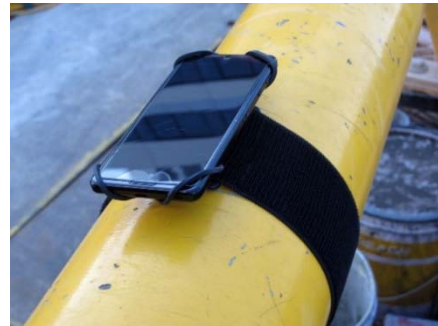


写真-3 アームバンドによる端末の設置状況



写真-4 マグネットベースと架台による設置状況

た、吐出量は日平均で35m³/h程度で、瞬間的には60m³/h程度であった。

(2) 荷卸し開始と終了の記録

生コン車の荷卸し開始と荷卸し終了のタイミングは、目視で確認するとともに、ビデオ映像でも記録した。

(3) 荷卸し中のバルブ切替え回数の記録

生コン車の荷卸し中におけるバルブの切替え回数は、開始と終了を記録するビデオ映像での音声データから拾い出した。また、端末で計測した加速度のデータは、端末内の時刻データと合わせて30秒ごとに無線LANで転送し、別の場所のサーバーへ記録させる方法とした。

3.5 実験全体の組合せ

端末の設置方法や設置位置、加速度のサンプリングレートについて実験全体の組合せを表-1に示す。

表-1 実験全体の組合せ

サンプリングレート	アームバンド			マグネットベース
	ブーム寄り	中間位置	ホッパ寄り	ホッパ寄り
25Hz	-	-	○	-
50Hz	-	-	○*	-
67Hz	-	-	○	○
100Hz	○	○	○	-
200Hz相当	-	-	○	-

*: 1台の生コン車での実際の荷卸し状況の測定も実施した条件

4. 各種の条件での加速度の測定結果

4.1 端末の設置方法の違い

ホッパ寄りに端末を設置する方法として、アームバンドとマグネットベースの2種類を比較した結果を以下に

述べる。ここでのサンプリングレートは 67Hz ($15 \times 10^3 \text{sec}$ ごと) に設定して測定した。20 秒間 ($20,000 \times 10^3 \text{sec}$) での Z 方向の加速度の測定結果を図-2 に示す。また、アームバンドの場合は 8 分間、マグネットベースの場合は 9 分間の測定を行い、これらの測定結果について加速度の最大値と最小値を一つの振動ごとに求め、20 秒間全体の平均値からの加速度差を算出して加速度差の頻度としてまとめたものを図-3 に示す。

図-2 より、アームバンドによる設置方法でもマグネットベースによる設置方法でも 7 秒から 8 秒程度に 1 回の頻度で加速度が大きく変化する状況が見られた。二つの方法を比べると、アームバンドによる設置方法の方が加速度の最大値が大きいのに見える。マグネットベースによる方法では、加速度の最大値はアームバンドよりも小さいものの、最大値の変動は小さいように見える。

図-3 より、二つの設置方法について加速度差の頻度を比較すると、加速度差がプラスの場合ではアームバンドの方がばらつきが大きく最大値も大きい。また、加速度差がマイナスの場合ではマグネットベースの方がばらつきが大きく最大値の絶対値も大きい。加速度差の標準偏差は、アームバンドの場合はプラス側で 6.9m/s^2 、マイナス側で 2.9m/s^2 であった。また、マグネットベースの場合はプラス側で 3.5m/s^2 、マイナス側で 4.5m/s^2 であった。これらの違いは、端末を配管に取り付ける方法によって、配管の振動の伝達状況が異なることが考えられる。今回は加速度波形のデータの演算処理は行っていないが、デ

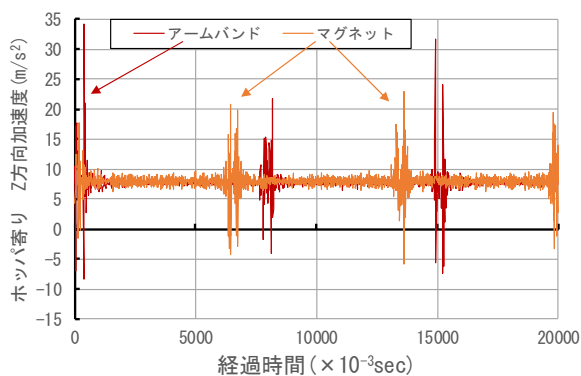


図-2 Z 方向の加速度の結果 (ホッパー寄り : 67Hz)

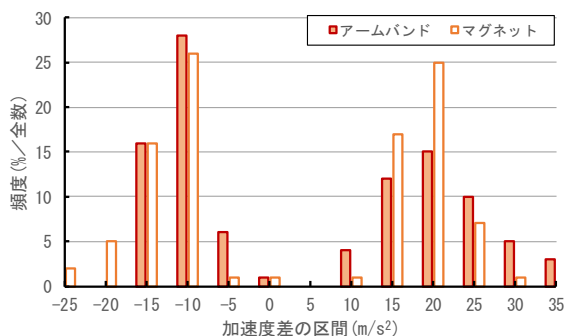


図-3 二つの設置方法の加速度差最大値の頻度の比較

ータ処理の方法を検討するにあたっては、装着方法の影響も今後は把握する必要があると思われる。

4.2 サンプリングレート 100Hz での測定結果

サンプリングレートを 100Hz とした場合の 3 か所の設置位置における、20 秒間 ($20,000 \times 10^3 \text{sec}$) での X 方向、Y 方向、Z 方向の加速度の測定結果を図-4 から図-6 に示す。図-4 から図-6 では、いずれも 5 秒程度に 1 回の頻度で加速度が大きく変化する状況がみられた。加速度が大きく変化する回数は、記録映像の音声でのバルブの切替え回数と同じであった。

各設置位置と計測方向における 20 秒間全体での加速度の測定値の平均値をまとめたものを表-2 に示す。中間位置とブーム寄りでは Z 方向の加速度の平均値は 9.58m/s^2 と 9.69m/s^2 であった。端末に内蔵される加速度計は、

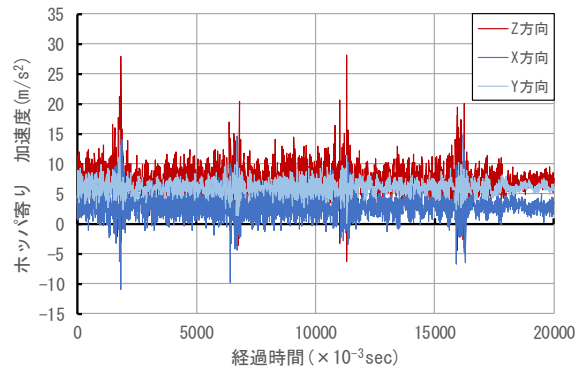


図-4 加速度の測定結果 (ホッパー寄り : 100Hz)

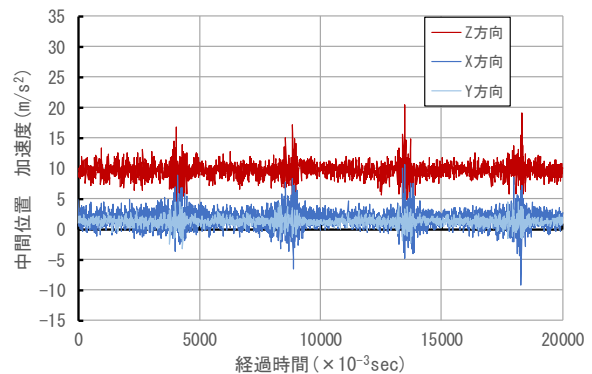


図-5 加速度の測定結果 (中間位置 : 100Hz)

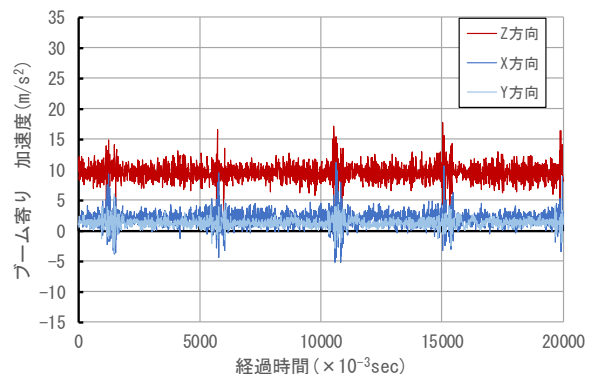


図-6 加速度の測定結果 (ブーム寄り : 100Hz)

表一 各測定位置と測定方向における加速度の平均値

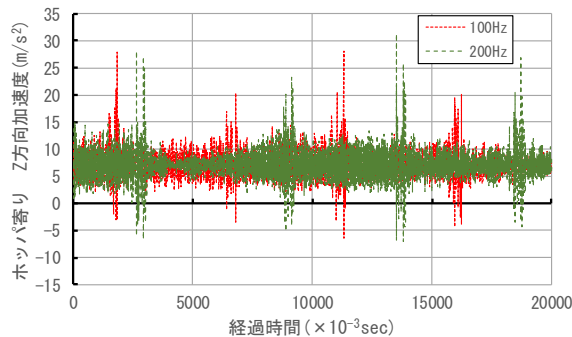
	方向	ブーム寄り	中間位置	ホッパ寄り
加速度の平均値 (m/s ²)	X方向	1.67	1.95	2.76
	Y方向	1.23	1.24	6.08
	Z方向	9.69	9.58	7.08

重力加速度も計測していることから、このように 9.8m/s² 近くの値となる。X方向とY方向の加速度の平均値がゼロでないのは、若干の傾きがあることを示す。ホッパ寄りではZ方向の加速度の平均値は 7m/s²程度となり、Y方向の平均値は 6m/s²程度となった。ホッパ寄りの配管が斜めであることから、重力加速度が端末の面外方向のほか軸方向にも割り振られたためである。

加速度の変動は、測定位置がホッパ寄り(図-4)、中間位置(図-5)、ブーム寄り(図-6)の順で小さくなっているように見える。また、Y方向の加速度の変動に比べると、X方向とZ方向の加速度の変動は大きい。

4.3 200Hz相当で測定したZ方向の加速度

ホッパ寄りの設置位置でサンプリングレートを200Hz相当で測定したZ方向の加速度のデータと、図-4から速度の変動が大きいZ方向のみ抜き出して重ねたときの経過時間と加速度の関係を図-7に示す。サンプリングレートが100Hzと200Hzともに加速度の大きな変



図一 7 加速度の測定結果 (ホッパ寄り Z方向)

表一 3 各設置位置と測定方向での加速度差の降順の上位10組および下位10組

	ブーム寄り [100Hzサンプリング]				中間位置 [100Hzサンプリング]				ホッパ寄り [100Hzサンプリング]				ホッパ寄り [200Hz]							
	時間 (ms)	X方向 (m/s ²)	時間 (ms)	Z方向 (m/s ²)	時間 (ms)	X方向 (m/s ²)	時間 (ms)	Z方向 (m/s ²)	時間 (ms)	X方向 (m/s ²)	時間 (ms)	Z方向 (m/s ²)	時間 (ms)	Z方向 (m/s ²)						
上位10組	10610	9.25	1470	4.76	15030	8.12	13470	8.91	4180	3.29	13470	10.72	16210	12.12	1790	9.53	11310	21.10	13515	24.25
	15080	8.63	6010	3.71	10550	7.64	13400	8.26	17730	3.28	18310	9.48	6720	11.86	11310	5.21	1840	20.79	2645	21.01
	10680	7.88	10730	3.06	5720	7.07	4120	7.24	4020	3.26	8860	7.50	6730	11.86	1730	4.88	1790	14.17	2935	19.89
	5790	7.41	5470	3.05	19890	6.73	17990	6.89	18180	3.17	4060	7.02	1880	11.38	6240	4.12	11020	13.54	18730	19.66
	1240	7.24	19650	2.89	19900	6.73	8850	6.59	17950	3.10	13400	5.95	1840	10.41	6700	4.09	6790	13.26	13805	18.58
	19950	6.92	15290	2.72	15100	6.10	8570	5.99	8310	3.02	18280	5.69	16250	9.61	15990	4.05	1830	13.12	2985	17.75
	19960	6.92	990	2.69	10610	5.82	13720	5.78	4190	2.76	8570	5.29	16290	7.65	6590	3.83	16250	12.93	9120	16.24
	10660	6.84	5790	2.68	10500	5.40	13800	5.77	13220	2.71	8940	5.24	11360	7.50	1000	3.72	15970	12.30	13855	15.41
	5740	5.99	10570	2.66	1230	5.32	8890	5.54	8370	2.60	13700	5.24	1920	7.33	16090	3.69	15930	11.00	13860	14.55
	10830	5.98	10630	2.65	10510	5.28	8920	5.48	18310	2.47	13510	4.87	6440	7.28	11110	3.63	1730	10.60	9185	14.46
下位10組	15030	-5.26	19930	-3.14	1540	-5.43	13420	-5.41	3970	-2.65	18300	-5.07	16310	-6.52	810	-3.47	6400	-8.17	13875	-11.35
	19910	-5.48	19940	-3.14	5710	-5.57	13860	-5.48	18330	-2.72	4010	-5.12	6590	-7.02	15910	-3.47	1670	-9.12	18780	-11.45
	19920	-5.48	10810	-3.15	10870	-5.81	18220	-5.56	18320	-2.75	4270	-5.68	6710	-7.13	11040	-3.50	16180	-9.80	13880	-11.50
	1520	-5.51	5490	-3.32	15140	-6.12	13810	-5.90	4260	-2.76	13680	-5.82	16240	-7.60	6210	-3.62	1800	-10.04	13520	-11.87
	1470	-5.73	15370	-3.81	15340	-6.39	18120	-5.60	17750	-2.84	18290	-6.15	1790	-9.02	1910	-3.78	1820	-10.16	2950	-11.93
	10840	-6.19	15380	-3.82	10650	-6.83	18240	-6.02	8330	-2.93	13450	-6.63	16270	-9.32	15900	-3.84	11010	-10.25	8885	-12.15
	10620	-6.35	1440	-3.89	1160	-6.99	8870	-6.23	13380	-3.05	18260	-6.79	15910	-9.56	6680	-4.68	6780	-10.64	2655	-13.05
	5780	-6.39	10590	-4.03	10520	-7.32	13480	-6.56	13720	-3.54	4040	-7.32	6420	-12.64	6690	-4.68	16230	-11.06	2945	-13.74
	10820	-7.10	1500	-4.09	19870	-7.36	8880	-8.14	3780	-3.67	13490	-8.06	6430	-12.64	6780	-4.71	15950	-11.48	13525	-13.95
	10570	-7.11	1490	-4.82	6000	-7.66	18290	-10.85	4310	-4.46	8840	-8.66	1830	-13.68	11320	-6.09	11320	-13.43	13815	-14.10

動は4回見られるが1回の中で加速度の振幅が大きくなる回数は200Hzの場合の方が多く現れた。したがって、サンプリングレートが変わると加速度の変動として得られるデータの傾向には違いが生じ、当然ながらサンプリングレートが高いほど加速度の変動の実情を表すデータとしては明確になりやすい。

4.4 各設置位置と計測方向での加速度差と頻度

サンプリングレートが100Hzで各設置位置および計測方向において、加速度の測定値から20秒間全体の平均値を差し引いた加速度差と、200Hz相当でホッパ寄りの位置で測定したZ方向のみの加速度差のデータから、加速度差の降順で並べ変えた場合の上位および下位10組での経過時間と加速度差をまとめたものを表一3に示す。表一3の中で青色のハッチの箇所は、加速度差の絶対値が大きい順番の中で、4回ないし5回発生した加速度の変動が大きい箇所での初出の時刻を表す。つまり、各設置位置での計測方向において加速度の変動の大きいときをバルブの切替えタイミングと判断する場合の基準にできると考えられる。

(1) ブーム寄りの設置位置の場合

X方向とZ方向の加速度差は、正の値では最大値で9.25m/s²と8.12m/s²であり、数値の変動が大きい4回が検出できる最小値は6.92m/s²と5.32m/s²であった。Y方向の加速度差は、正の値では最大でも4.76m/s²でありX方向とZ方向に比べると小さい。負の値では最大値で-7.11m/s²と-7.66m/s²であり、数値の変動が大きい4回が検出できる最小値は-5.26m/s²と-6.39m/s²であった。X方向とZ方向でバルブの切替えタイミングを判断する加速度差の閾値は5m/s²程度が考えられるが、この場合は微小な時間のずれで発生する大きな加速度差の値をバルブ切替えとして誤ってしまうことを避ける必要がある。

(2) 中間位置の設置位置の場合

X方向とZ方向の加速度差は、正の値では最大値で

8.91m/s²と10.72m/s²であり、数値の変動が大きい箇所を検出できる最小値は6.59m/s²と7.02m/s²であった。Y方向の加速度差は、正の値では最大でも3.29m/s²で、負の値では最大で-4.46m/s²であり、X方向とZ方向に比べると小さいことはブーム寄りの設置位置と同じであった。負の値では最大値で-10.85m/s²と-8.66m/s²であり、数値の変動が大きい箇所を検出できる最小値は-5.41m/s²と-6.79m/s²であった。X方向の加速度差で見ると、バルブの切替えタイミングを判断する加速度差の閾値は、ブーム寄りの場合と同じく5m/s²程度となり、4回の切替えタイミングに対して10個の加速度差のデータが判断の対象となる。Z方向では加速度差の大きな上位と下位4つのデータが判断の対象となる。加速度差の最大値はX方向とZ方向では同程度であるが、バルブの切替えタイミングを判断するにはZ方向の加速度の値を使用する方が演算条件を設定しやすいと思われる。

(3) ホッパ寄りの設置位置の場合

X方向とZ方向の加速度差は、正の値では最大値で12.12m/s²と21.10m/s²であり、数値の変動が大きい箇所を検出できる最小値は7.50m/s²と12.93m/s²であった。Y方向の加速度差はX方向とZ方向に比べると小さいが、中間位置やブーム寄りに比べると加速度差は大きな値である。負の値では最大値で-13.68m/s²と-13.43m/s²であり、数値の変動が大きい箇所を検出できる最小値は-9.56m/s²と-10.25m/s²であったが、X方向では11秒付近の検出は下位10個の中では出来ていない。

加速度差は、設置位置で比べると、ホッパ寄り>中間位置>ブーム寄りとなっており、バルブが設置されているホッパに近い方が振動が大きく、ホッパから離れるほど振動が低下することを表している。したがって、加速度の値を利用してバルブの切替えタイミングを推定するには、加速度の値が大きいホッパ寄りに設置することが良い。ただし、バルブ切替え時以外の加速度のノイズと、切替え時の加速度のシグナルの比率が演算による判別のために十分であるかは今後検討が必要である。

ホッパ寄りでは、サンプリングレートが200Hz相当の加速度差が100Hzの場合よりも高い値が得られることから、サンプリングレートを高くする方がバルブの切替えタイミングを判断するために望ましいとも考えられる。しかし、200Hz相当で1分間測定するとcsv形式でもデータ容量が300kBにもなったことから、データを無線で転送してサーバーで保存しながら演算処理する場合には負担が大きくなることが懸念される。

4.5 サンプリングレートを50Hzと25Hzとした場合

ホッパ寄りに端末を設置し、サンプリングレートを50Hz(20×10⁻³secごと)と25Hz(40×10⁻³secごと)とに設定して測定した場合のZ方向の加速度の測定結果を

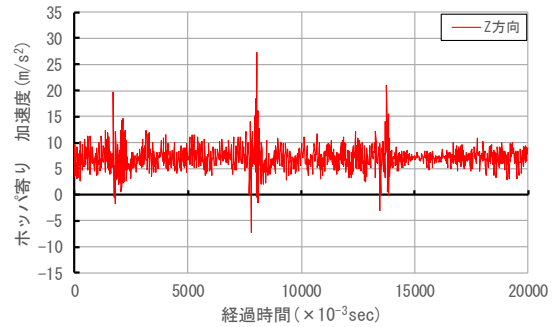


図-8 加速度の測定結果 (ホッパ寄り : 50Hz)

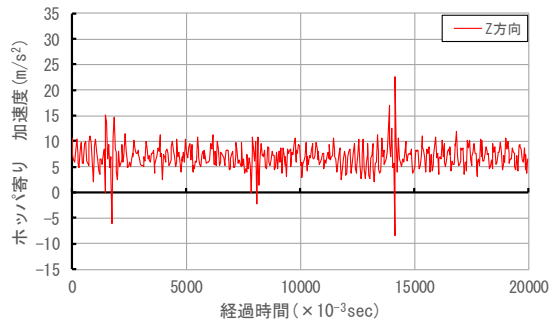


図-9 加速度の測定結果 (ホッパ寄り : 25Hz)

図-8および図-9に示す。なお、図-8と図-9の測定データは、図-4とは異なる日にちと異なるタイミングにおいて設定を変えて測定した結果である。図-8より、サンプリングレートが50Hzの場合にはZ方向の加速度の変化は経過時間が2秒と8秒と13秒くらいで発生したことが分かる。図-9より、サンプリングレートが25Hzの場合にはZ方向の加速度の変化は経過時間が2秒と8秒と14秒くらいで発生したように見える。ただし、経過時間が8秒のときの加速度の変化は2秒と14秒のときの変化に比べると小さく、8秒のときにバルブの切替えがあったと断定することは難しい。

サンプリングレートが100Hzとした図-4と50Hzの場合の図-8および25Hzの場合の図-9を比べると、Z方向の加速度の変化を捉えてバルブの切替えタイミングをデータから判断するためには、今回のポンプとコンクリートの条件では50Hz以上のサンプリングレートで測定することが適当と考えられる。

5. 生コン車の実際の荷卸し状況の測定結果

5.1 サンプリングレート50Hzでの加速度の測定結果

サンプリングレートを50Hzとし、端末をホッパ寄りに設置した場合のZ方向の加速度の測定結果の例を図-10に示す。1台の生コン車での荷卸し開始から終了までの時間は10分間であったが、図-10では加速度の変動を見たくて読み取ることができるように8時42分の荷卸し開始時から5分間の結果を示した。図-10に示した

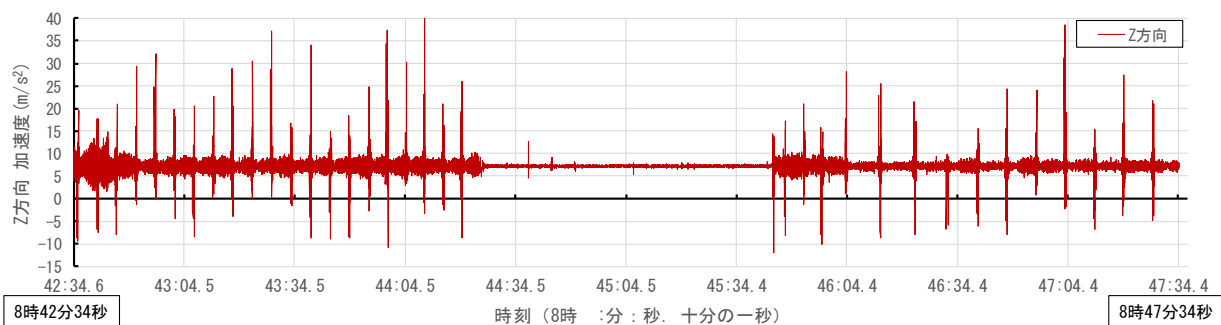


図-10 生コン車の荷卸し中での配管の加速度の測定結果の例

加速度と時刻のデータは、配管に設置した端末で加速度の計測中に Wi-Fi を通じて 30 秒ごとにデータを送信し、別の場所のサーバーに保存された 30 秒分のデータのファイルをつなぎ合わせて作成したものである。つまりサンプリングレート 50Hz のデータのファイルによれば、無線通信を通じたサーバーへのデータの転送は問題なく実行できたことを表している。

図-10 では、加速度は 5 秒程度に 1 回の頻度で大きく変化する状況がみられ、8 時 44 分 26 秒から 8 時 45 分 43 秒までは圧送が停止していた。加速度が変化する回数は、記録映像でのバルブの切替え回数と同じであった。8 時 43 分 4 秒から 43 分 30 秒にかけてと、8 時 43 分 45 秒から 43 分 55 秒にかけての範囲では、加速度の最大値が時間経過とともに高くなっているように見えるが、これは加速度が最大値を示す波形と 50Hz のサンプリングのタイミングが若干ずつずれたためであると考えられる。

5.2 生コン車 1 台の積載量から計算した吸込み効率

生コン車 1 台分で計測したデータを表-4 に示す。表-4 の内容は、図-10 でグラフ化した時刻と加速度の関係から加速度の変化が大きい箇所を数えた回数、記録映像の音声データから拾い出したバルブ切替え回数、1 台の生コン車の伝票上の積載量とその積載量をバルブ切替え回数で除した 1 ストロークあたりのコンクリート流量 (Q) と、カタログから得たシリンダー容積 (Q) で 1 ストロークあたりのコンクリート流量 (Q) を除した吸込み効率である。表-4 によると、バルブの切替え回数は生コン車 1 台の中で加速度の変化と記録映像とで合致した。吸込み効率の計算結果は 63.3% となったが、一般的な値 (80%~90%) に比べると小さく、空打ち等の影響も考えられる。シリンダー容量とバルブ切替え回数の積に吸込み効率を乗じることで、コンクリートの圧送量が分かる。

表-4 バルブの切替え回数とポンプの吸込み効率

生コン車台数	積載量 (Q)	バルブ切替え回数		1 ストロークの流量 (Q)	シリンダー容積 (Q)	吸込み効率 (%)
		記録映像	加速度データ			
2台目	4250	76	76	55.2	87.2	63.3

6. まとめ

加速度計を内蔵する端末を配管に装着し、加速度の変化から、ピストン式ポンプのバルブの切替え回数を実験的に測定した結果得られた事柄を以下にまとめる。

- (1) 端末を設置する方法について、アームバンドとマグネットベースとでは配管の振動の伝達状況が異なることが最大値やばらつきの違いとして見られた。
- (2) 加速度の変動は、測定位置がホップ寄り、中間位置、ブーム寄りの順で小さくなり、方向では端末の面外方向 (Z 方向) が大きくなった。
- (3) 今回の条件では、加速度の変化を捉えるには、サンプリングレートは 50Hz 以上が望ましい。
- (4) サンプリングレート 50Hz で 1 台の生コン車を通じて加速度の変化から捉えたバルブの切替え回数による 1 ストロークの流量とポンプのシリンダー容量から算出した吸込み効率は 63.3% であった。

謝辞

本研究の一部は、令和 4 年度 建設技術研究開発助成制度の補助金で実施した。また、愛知工業大学建築学科 神田楓斗氏、金丸夕真氏の協力に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 瀬古繁喜, 浅野陽向, 菱川水裕, 小川亜希子, 小島正朗: 準天頂衛星システム (SLAS) と車輛管理支援システムを利用したコンクリート工事管理システムの現場実証 その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概, 材料施工, pp.753-754, 2021.9
- 2) 堀田和宏, 神代泰道, 都築正則: 各種センサを用いたフレッシュコンクリートの全量管理システムの開発 その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概, 材料施工, pp.485-486, 2021.9
- 3) Android デベロッパー センサーの概要参照: https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview?hl=ja (閲覧日: 2023 年 12 月 28 日)
- 4) BSF38-5.16HZ G2 データスペック: https://www.kinatsukyou.com/about/pumpcar/BSF%20M38%20_20181105.pdf (閲覧日: 2023 年 12 月 28 日)