

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 31 日現在

機関番号：37111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26820180

研究課題名(和文) 施工の安全性を考慮したポンプ圧送性簡易評価システムの提案

研究課題名(英文) Proposing a simple method for assessing concrete pumpability in consideration of safety of construction practice

研究代表者

橋本 紳一郎 (HASHIMOTO, SHI-NICHIROU)

福岡大学・工学部・助教

研究者番号：70435387

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、振動加速度計の計測によりコンクリートのポンプ圧送性を現場で簡易に計測し、瞬時に評価できる計測システムを検討した。室内試験と試験圧送により得られた結果から、加速度の値や形状の乱れから圧送性の判定を行うことができること、ポンプ車に近い位置で計測した加速度のピーク値から圧送性の判定が可能となるシステムを提案できた。また、その際の圧送性判定の基準となる閾値の設定も行うことができた。

研究成果の概要(英文)：In this study, the authors proposed an evaluation method of concrete pumpability using vibration acceleration as a technique that allows easy direct check of the concrete pumping condition at the construction site. In this study, concrete was pumped at an actual construction site under four kinds of special piping routes, measurement was made with vibration acceleration and the evaluation method was reviewed based on the measurement results. As a result, The authors also indicated that a difference in pumpability could be evaluated using irregularities in acceleration values and the size of the peak value in acceleration. For these evaluations, the results of measurements taken in the bent pipe at the first position of the concrete pumping vehicle and the horizontal pipe beyond the bent pipe was shown to be effective. The threshold amount of pumpability evaluation using measured acceleration values is also determined.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：コンクリート 圧送性評価 閉塞 振動加速度計 加速度 周波数 ベント管 テーパ管

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、コンクリート施工において、コンクリートポンプは施工現場での搬送効率を考えると必要不可欠となっている。コンクリートのポンプ圧送は、多くの施工現場で用いられているが、施工環境や圧送条件、コンクリートの配合条件により、圧送管内は常に一定の状態では圧送されているとは言えない。しかし、通常の施工現場では、圧送管の中を移動するコンクリートの状態を確認する方法はなく、一旦、圧送を始めると、作業を中断するようなトラブルが発生しない限りは圧送が継続される。

(2) 通常の施工現場では、圧送管の中を移動するコンクリートの状態を確認する方法はないため、突然、閉塞のような搬送効率を下げるトラブルが発生する。閉塞が発生した際は、その対応作業だけではなく、閉塞時またはその直前までコンクリートポンプや圧送管に大きな負荷がかかるため、他のトラブルにつながる可能性もある。実際に、圧送管の破裂など非常に危険なトラブルに発展した事例も多く報告されている。そのため、通常の施工現場においても圧送性を把握することは非常に重要である。

(3) これらに対して、実際の圧送条件や施工条件に近い状態で行える試験圧送は、試験の実施自体が大がかりであり、試験圧送を行う場合は特殊なコンクリートの圧送性や特殊な配管条件でのコンクリートの圧送前後の品質変化を把握することが主であり、通常の施工現場での圧送に対しては実施しない。また、試験圧送の際の圧送性評価に用いるコンクリートの管内圧力測定として、ストレインゲージ式や油圧式、スチール製ダイヤフラム式等が提案されているが、これらを通常の施工現場に取り入れるには、計測器具を取り付けるための特殊な配管や多くの測定機材、人員が必要となるため困難であることから、特殊な測定装置や測定用の配管の準備が必要なく、コンクリートポンプの圧送性を実際の施工現場で簡易に測定・評価することのできる計測システムが必要である。

2. 研究の目的

本研究では、特殊な測定装置や測定用の配管の準備が必要なく、コンクリートポンプの圧送性を実際の施工現場で簡易に測定・評価することのできる計測システムを提案することを目的とする。通常の施工現場に取り入れることを考慮し、使用する計測機器は振動加速度計を用い、計測によりコンクリートのポンプ圧送性を現場で簡易に計測し、瞬時に圧送の状態を評価、圧送状態の判定をできる計測システムを提案する。

3. 研究の方法

本研究で行った具体的な試験圧送による圧

送性の検討の一例を以降に示す。

(1) 振動加速度計は、小型 4 チャンネル式のハンディタイプのデータレコーダーに端子で取り外し可能な直径 1.5cm の小型の加速度センサーを使用した。加速度センサーの先端はマグネット式に加工されたもので、配管にマグネットで直接取り付け、コンクリートの圧送による配管の振動などで外れないものを採用した。

(2) 本研究で使用したコンクリートの配合の検討一例を表-1 に示す。配合は、配合名：No.1(試験開始時の目標スランプ：15.0±1.0cm)のスランプを低下させた配合を配合名：No.2(試験開始時の目標スランプ：8.0±1.0cm)、配合名：No.3(試験開始時の目標スランプ：3.0±1.0cm)とした合計 3 水準で検討した。

表-1 コンクリート配合

配合名	s/a (%)	w/c (%)	単位数 (kg/m ³)				目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)
			W	C	S	G		
No.1	48	56	166	296	851	929	15±1.0	4.5±1.5
No.2							8±1.0	
No.3							3±1.0	

(3) 図-1 に試験圧送の配管図を示す。配管は、90度ベント管を 3 箇所と 8m のフレキシブルホースを配置した水平換算距離 86.9m とした。圧送方法は、フレキシブルホースをポンプ車に設置することで、繰り返し圧送可能な循環圧送方式とした。

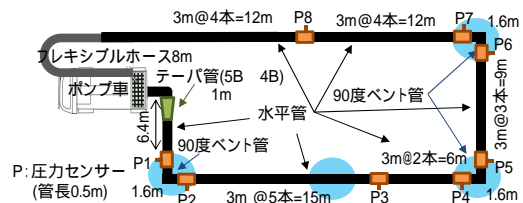


図-1 配管図及び加速度センサーの取り付け位置 (青印)、管内の圧力測定の測定位置

(4) 図-1 に振動加速度計の加速度センサーの取り付け位置 (青印) と同時に計測した管内の圧力測定の測定位置を示す。加速度計は、ベント管に 3 箇所 (ポンプ車から筒先に向かって進行方向順にベント管 1、2、3 と称す) 水平管に 1 箇所設置した。管内の圧力測定は水平管とベント管部の計 8 箇所に設置し、測定を行った。

(5) 振動加速度計は、小型 4 チャンネル式のハンディタイプのデータレコーダーに端子で取り外し可能な直径 1.5cm の小型の加速度センサーを取り付けて使用した。加速度センサーは、先端をマグネット式に加工されたもので、被測振動体 (輸送管) にはマグネット直接取り付け、固定ができるものである。また、配管に取り付けた加速度センサーは、コンクリートの圧送による配管の振動では、

外れないものである。

(6) 写真-1 に加速度センサーの取り付け状況を示す。ベント管での加速度センサーの取り付け位置は、各ベント管に共通して筒先に向かってベント管入口に1点(測定点:1)筒先に向かって内側と外側に各1点(筒先に向かってベント管内側が測定点:2、筒先に向かってベント管外側が測定点:3)、筒先に向かってベント管出口に1点(測定点:4)の計4点とした。水平管での加速度センサーの取り付け位置は、筒先に向かって並列に3点(測定点:1~3)で計測した。計測後、計測した加速度の評価及びFFT解析により周波数と振幅の関係で評価した。



写真-1 水平管とベント管の加速度センサーの取り付け状況

4. 研究成果

(1) 表-2 に各配合の水平管における平均圧力損失と油圧の変動係数の関係、圧送状態の評価、スランプの実測値を示す。各配合の圧送状態は、水平管の平均管内圧力と油圧の変動係数の値、目視により筒先からのコンクリートの排出状態から判定した。その結果、油圧の変動係数も低く、常に一定の状態ですら筒先からコンクリートが排出されていた配合名:No.1と配合名:No.2を順調圧送状態(以降、順調と称す)とし、圧送は可能であったが、油圧の変動係数が非常に高く、筒先からコンクリートが不規則に排出されていた配合名:No.3を不安定圧送状態(以降、不安定と称す)とした。以降、これらの圧送状態と加速度計により計測した結果について検討を行った。

表-2 各配合の圧送状態の判定

配合名	スランプ (cm)	平均ポンプ油圧 (Mpa)	変動係数 (%)	圧送状態
No.1	15cm	0.618	1.719	順調
No.2	8cm	0.708	4.736	
No.3	3cm	1.074	41.38	不安定

(2) 図-2 にベント管1と水平管での測定点:1で計測した先送りモルタルの計測時間と加速度の関係を示す。加速度の値はベント管1と水平管で共に非常に小さく、値に変化は見られなかった。この結果は、粗骨材のないモルタルでは加速度の値は小さく、値に変化が見られないことを示した。

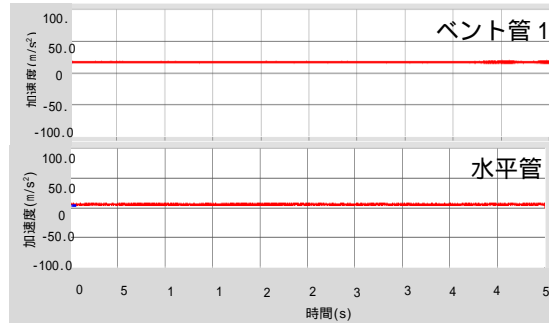


図-2 先送りモルタルの計測時間と加速度の関係

(3) 図-3 に水平管の測定点:1で計測した各配合の計測時間と加速度の関係を示す。各配合の加速度の値に関しては、加速度の値自体も大きく、また、加速度の値は一定時間間隔で確認でき、これはピストン稼働時間と同様であることから、ピストンの動きに合わせてコンクリートが輸送管内を移動していることを示している。コンクリートの配合別では、順調の配合名:No.1と配合名:No.2では、スランプの小さい配合名:No.2の方が加速度の値が大きくなる傾向を示した。また、不安定であった配合名:No.3は、順調の加速度の形状とは異なるが、その値は小さく、水平管の計測のみで圧送状態を判定することは難しい。

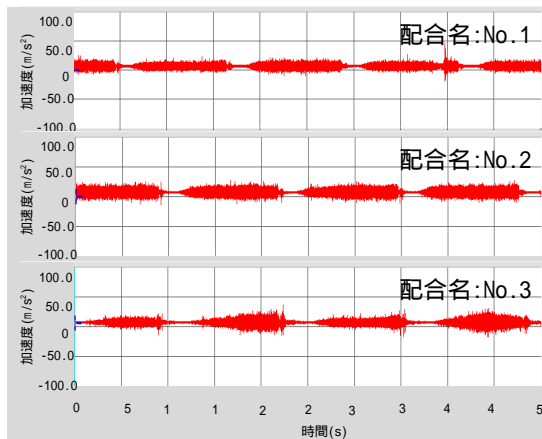


図-3 水平管で計測した各配合の計測時間と加速度の関係

(4) 図-4 に水平管の測定点:1で計測した配合名:No.1の周波数と加速度の関係、図-5 に順調の配合及び圧送速度別(配合名:No.1)の平均管内圧力と加速度のピーク値の関係を示す。配合名:No.1で振幅のピーク値(マル印)の示された周波数は1000Hz付近であった。その他の配合に関しても1000~1500Hz付近で確認できた。また、加速度のピーク値と平均管内圧力については、平均管内圧力が大きくなるに従い、加速度のピーク値も大きくなる傾向を示した。特に、圧送速度が速くなるに従い、平均管内圧力と加速度のピーク値が大きくなる傾向が顕著であった。また、順調の場合、加速度のピーク値と

平均管内圧力に相関関係があることを明らかにした。

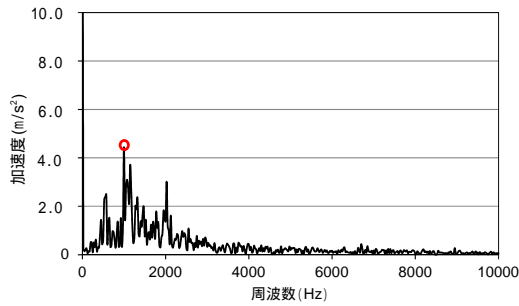


図-4 水平管で計測した周波数と加速度の関係

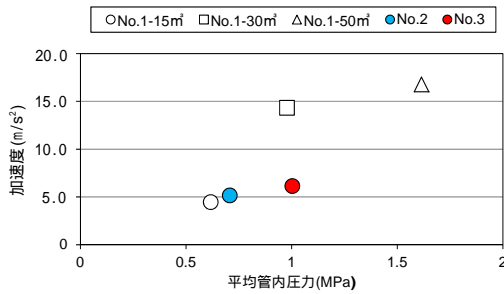


図-5 順調の配合及び圧送速度別の平均管内圧力と加速度のピーク値の関係

(5) 図-9 に順調であった配合名:No.2 と不安定であった配合名:No.3 の水平管部とベント管部で計測した計測時間と加速度の関係を示す。順調と不安定を比較すると、加速度の値に関しては、順調の場合、水平管部に対してベント管部の加速度の値が大きくなった。これに対して、不安定の場合、水平管部の加速度の値は小さく、加速度の値が示される間隔が短くなった。ベント管部では加速度の値は非常に大きく、大きな乱れが見られたことから、順調と不安定では全く異なる加速度の測定結果を示し、これらから圧送状態の判定を行うことは可能である。

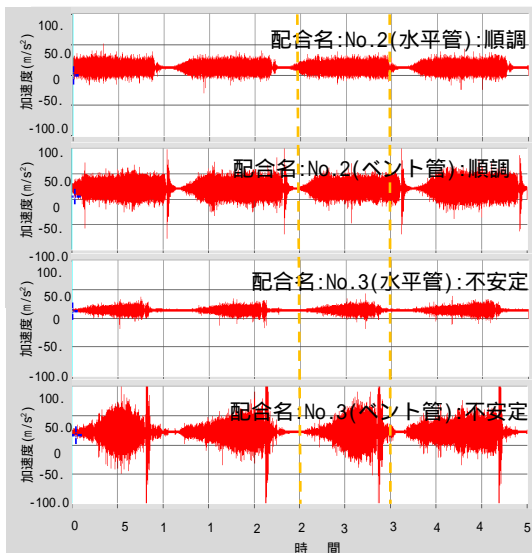


図-9 異なる圧送性での計測時間と加速度の関係

(6) 図-10 にベント管 1 の測定点:1 で計測した各配合の加速度と周波数の関係を示す。順調の配合名:No.1 と不安定の配合名:No.3 の加速度と周波数の関係について、順調と不安定では加速度と周波数の関係図が大きく異なることが確認できる。図-11 に水平管とベント管 1 の測定点:1 で計測した加速度のピーク値を示す。順調の配合名:No.1 と不安定の配合名:No.3 の加速度のピーク値について、圧送性によらず水平管では同程度の値を示したが、ベント管 1 では圧送性の違いが顕著に表れた。これらの圧送性をベント管 1 だけで評価する場合、順調と不安定の加速度のピーク値から約 4m/s^2 の値の違いが確認でき、圧送性の違いを定量的に示すことができた。

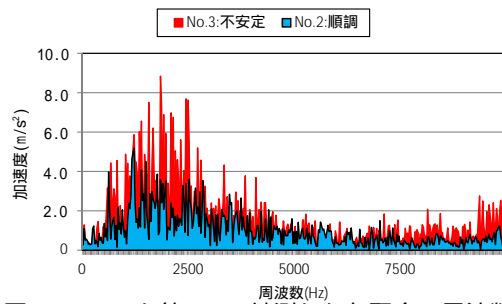


図-10 ベント管:1 で計測した各配合の周波数と振幅の関係

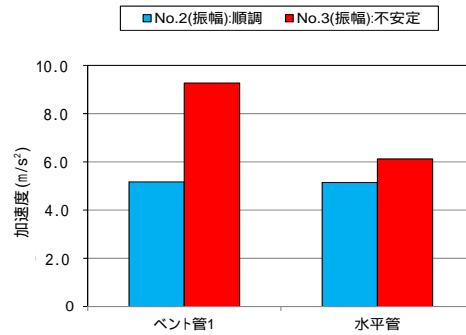


図-11 ベント管:1 と水平管で計測した各配合の周波数と振幅の関係

(7) 図 7 にこれまでの試験圧送により計測したポンプ車に近い位置のベント管で計測した加速度のピーク値とその先の水平管で計測した加速度のピーク値の差を示す。

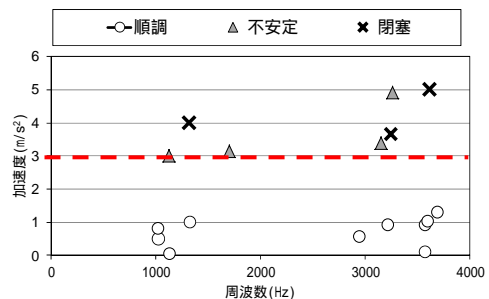


図 7 加速度のピーク値による圧送性の評価

ベント管とその先の水平管で計測した加速度のピーク値の差から評価したものを整理すると、不安定や閉塞はその値が約 3m/s^2 以上で生じると考えられ、これらの値を本研究期間での圧送性判定の閾値として定めることができる。

(8) 本研究結果より、圧送性の評価・判定について、ベント管での計測結果より加速度の値や形状の乱れから圧送性の判定を行うことができること、ポンプ車に近い位置のベント管とその先の水平管で計測した加速度のピーク値の差から圧送性の判定が可能となるシステムを提案できた。また、その際の圧送性判定の閾値として約 3m/s^2 以上を定めることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

根本浩史、田之倉誠、橋本紳一郎、吉田匠吾、2000m を超える長距離圧送におけるコンクリートの配合および品質管理に関する一考察、コンクリート工学、査読有、Vo.54、No.8、2016、pp.768-776

太田健司、南浩輔、橋本紳一郎、北野潤一、コンクリートの簡易圧送性評価の適用性向上に関する研究、コンクリート工学年次論文集、査読有、Vo.38、No.1、2016、pp.1395-1400

平川恭奨、橋本紳一郎、南浩輔、中島良光、長時間の循環圧送におけるコンクリートの簡易圧送性評価、コンクリート工学年次論文集、査読有、Vo.38、No.1、2016、pp.1401-1406

橋本紳一郎、平川恭奨、南浩輔、中島良光、コンクリートの簡易圧送性計測手法における配管条件及び圧送性判定の検討、セメント・コンクリート論文集、査読有、Vo.69、No.1、2016、pp.272-278

橋本紳一郎、江本幸雄、渡辺健、橋本親典、配管及び計測条件がコンクリートの簡易圧送性評価に与える影響、セメント・コンクリート論文集、査読有、Vo.68、No.1、2016、pp.268-274

〔学会発表〕(計6件)

佐藤磨依、橋本紳一郎、江本幸雄、振動加速度計と検知管を用いたコンクリートの圧送性評価に関する検討、平成27年度土木学会西部支部研究発表会、2016年3月、福岡

北野潤一、橋本紳一郎、江本幸雄、圧送形式や計測条件を考慮した振動加速度計による圧送性評価、平成27年度土木学会西部支部研究発表会、2016年3月、福岡

平川恭奨、橋本紳一郎、江本幸雄、振動加速度の計測によるコンクリートの圧送性の評価～加速度の値を指標とした圧送性評価～、土木学会第70回年次学術講演会、2015年9月、岡山

橋本紳一郎、平川恭奨、江本幸雄、振動加速度の計測によるコンクリートの圧送性の評価～加速度のピーク値と周波数を指標とした圧送性評価～、土木学会第70回年次学術講演会、2015年9月、岡山

平川恭奨、橋本紳一郎、江本幸雄、各種配管条件におけるコンクリートの圧送性簡易評価手法の適用、平成26年度土木学会西部支部研究発表会、2015年3月、沖縄

平川恭奨、橋本紳一郎、江本幸雄、各種配管及び圧送条件における振動加速度計を用いたコンクリートの圧送性評価手、土木学会第69回年次学術講演会、2014年9月、大阪

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 紳一郎 (HASHIMOTO, Shin-ichirou)
福岡大学・工学部・助教
研究者番号：70435387