振動加速度の計測によるコンクリートの圧送性の評価

～振動圧電素子を用いたセンサによるコンクリートの圧送性評価～

前田建設工業(株)　正会員 ○南　浩輔　正会員　中島 良光
福岡大学　正会員　橋本 紳一郎　学生会員　平川 恭奨

1. はじめに

近年，コンクリート施工は土木・建築を問わずコンクリートポンプを用いた打込みが主流であり，搬送効率の飛躍的な向上が図られている．一方，使用材料の多様化や天然骨材の枯渇ならびに混和剤の普及に伴い，多様なコンクリート配合が産み出され，同じスランプを有する配合であっても，施工性能が大きく異なる状況となっている．更に，施工条件の多様化や熟練労働者の減少に伴い，圧送中のトラブルが数多く報告される状況となっている．

これらに対し，著者らは，コンクリートの圧送状態を施工段階で確認する手法として，振動加速度計測による簡易な圧送性評価手法を提案している[1),2)]．しかし，動的計測はデータの取得にノウハウが必要であり，また，得られた情報は容量が大きく，分析・評価に際し多大な労力を有する．本研究では配管から得られる微細な振動を電気的な情報に変換・取得し，コンクリートの圧送性の評価の効率化について検討した結果を報告する．

2. 試験概要

本研究は，現場を模擬したフィールド計測において，コンクリートを実際に圧送し，その際の圧送性を振動圧電素子を用いたセンサにより計測・評価した（写真 1 参照）．計測位置は，閉塞の危険性を早期に発見し，回避および対処を施すことを念頭にコンクリートポンプ近傍としている（写真 1：点線枠内）．圧送に用いたコンクリートは，呼び強度が 18 および 27 のスランプ 8cm ならびに呼び強度が 36 のスランプ 18cm の計 3 種類とした．圧送経路は大ループ，小ループ，小ループ（打上げ・打ち下し）の 3 系統とし，圧送速度はそれぞれ 20m³/hr，30m³/hr，40m³/hr の 3 水準とした．本報告では，大ループ（水平換算距離：約 120m，125A）で得られた計測結果を用いて説明する．

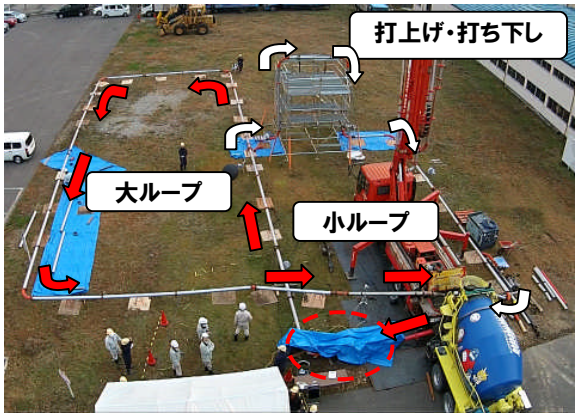

写真1　フィールド計測全景

3. 計測結果および考察

3.1 振動圧電素子を用いたセンサによる計測結果

表 1 に配合および使用材料ならびに受入れ検査時のフレッシュ性状を示す．本研究に用いた 3 種類のコンクリートは，受入れ時のフレッシュ試験やタンピング試験ならびに目視確認の結果，36-18-20N が最も閉塞が生じ難い配合と推察され，18-8-20N と 27-8-20N は，36-18-20N に比して圧送性は幾分劣るものの，両者の圧送性は概ね同程度か，わずかながらに 27-8-20N の圧送性が優れていると判断された．

図 1 に振動圧電素子を用いたセンサにより，圧送時の配管に生じる微細な振動を電圧（電気的エネルギー）として取り出した結果を示す．図 1 に示す通り，呼び強度 36 の配合と呼び強度 18 および 27 の配合では，明らかに生じている電圧が異なることが判る．これは，配合と圧送性の関係を，配管に生じる微細な振動を介して電気的エネルギーとして取り出すことで，圧送抵抗を目に見える形でリアルタイムに評価可能であることを示唆している．また，これまでは熟練のコンクリート技術者の判断を要していた配合の違いについても，本計測方法を用

表1　各コンクリートの配合および試験結果

項目	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)							試験結果			
			W	C	S1	S2	G	A1	A2	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮σ28 (N/mm²)	単位容積重量 (g/cm³)
18-8-20N	67.5	47.2	166	246	433	433	976	2.710	—	7.0	3.8	28.1	2.286
27-8-20N	53.0	44.3	166	314	394	395	998	3.140	—	9.0	4.3	41.0	2.291
36-18-20N	43.6	44.4	184	422	365	365	920	—	3.800	17.5	3.4	57.4	2.331

W：水，C：セメント，S：細骨材，G：粗骨材，A1 および A2：AE 減水剤

【使用材料】普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm³），細骨材（酒田市広岡神田産山砂（密度：2.59g/cm³），東根市観音寺岩下産砕砂（密度：2.58g/cm³）），粗骨材（東根市観音寺岩下産砕石 2005（密度：2.60g/cm³））

キーワード　圧送性，圧電素子，電圧，閉塞
連絡先　〒179-8914　東京都練馬区旭町 1-39-16　前田建設工業(株) 技術研究所　TEL：03-3977-2241

いることで評価できる可能性がある．なお，本計測では試験的に導入したセンサであるため，必ずしも最適なセンサであるとは言えず，得られた電圧値は小さいものとなった．今後，より明確に差異が読み取れるようセンサの改良を行う予定である．

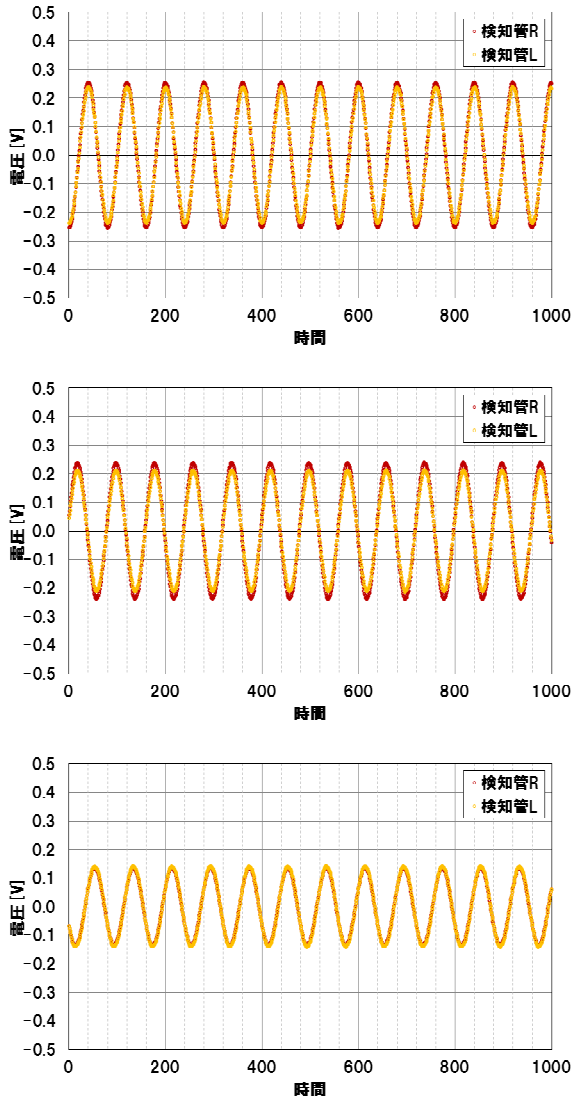

図 1 順調圧送時(V=40m³/hr)の電圧
（上から 18-8-20N，27-8-20N，36-18-20Nの順）

3.2 振動圧電素子を用いたセンサによる計測結果の定量化

圧送時に配管に生じる振動は，配合の他にも圧送速度や配管の影響を受ける．ここでは，3.1 節に示した電圧と同じ条件で計測した配管のひずみ測定の結果（図 2 参照）を用いて，圧送速度の影響を踏まえた圧送性の評価について報告する．図 2 に示す通り，配管の変位を計測することで，コンクリートポンプに備えられたピストンの 1 ストローク当りの吐出時間を求めることができる．ピストンの径と長さは使用するコンクリートポンプの仕様から既知の項目であり，1 ストローク当りの吐出量を算出することができる．これらの計測結果を用いることで，単位容積当り（1 ストローク）の圧送に要する電圧量の平均値（電気的エネルギー）を求めることが可能となる．表 2 に示す通り，ひずみから求めた吐出量は配合に依らず安定した値を得ることができる．また，表 2，図 3 に示す通り，電圧量の平均値を用いてコンクリートの圧送性を評価することは，定量評価として有効な手段であることが示唆される結果となった．

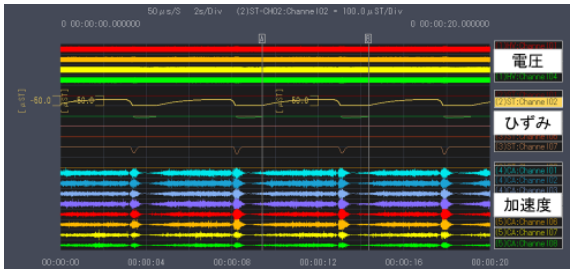

図 2 計測結果の例（上から，電圧，ひずみ，加速度の順）

表 2 配合および圧送速度と1ストローク当りの電圧量

配合	圧送速度の実測値 [m³/hr]	ひずみから求めた 1st 当りの吐出量[L/st]	電圧量の平均値（左右 2 箇所計測）[V/time]
18-8-20N	21	56.7	7.88
	30	57.1	7.90
	40	55.0	7.75
27-8-20N	30	53.7	6.99
36-18-20N	31	54.4	4.38

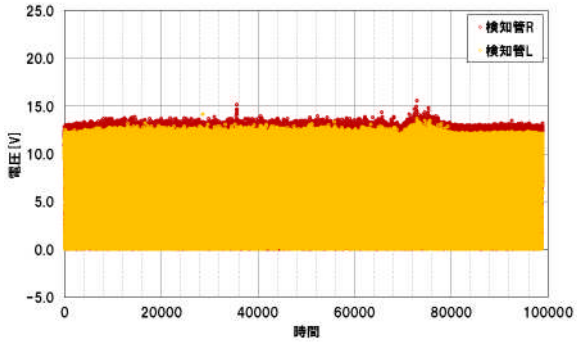

図 3 1ストローク当りの電圧量（18-8-20N，40m³/hr）

4. まとめ

配管に生じる圧送抵抗を圧電素子を用いたセンサにより電気信号に変換・取得することにより，圧送速度に依らずコンクリートの圧送性を定量的に評価することができる．また，大幅なデータ量の縮減が図れることから，分析・評価の効率化ならびにハンドリング性能の向上，円滑なリアルタイム計測による構造物の品質管理ならびに安全性の向上に寄与できると考える．

<参考文献>

1）橋本紳一郎，江本幸雄，伊達重之，橋本親典：コンクリートのポンプ圧送性簡易評価手法の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，pp.1186-1191，2012
2）案浦侑己，橋本紳一郎，渡辺健，橋本親典：振動加速度計を用いたコンクリートの圧送性簡易評価手法の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1，pp.1201-1206，2013