

コンクリートの簡易圧送性評価手法を用いたリアルタイム評価に関する検討

前田建設工業 正会員○南 浩輔 前田建設工業 正会員 太田 健司
福岡大学 正会員 橋本 紳一郎 ヤマコン 正会員 吉田 兼治

1. はじめに

建設投資の急激な減少や少子高齢化の進展とともに、建設産業における担い手不足は深刻さを増しつつあり、圧送の危険性を判断できる熟練労働者も減少し、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。また、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環境となっている。圧送は、コンクリート工事の基礎を担う技術であるにも関わらず、その評価方法は確立されておらず、定量評価に至っていないのが現状である。

これらに対し、著者らは施工中のコンクリートの圧送状態を現地で確認する手法として、加速度センサーを用いた簡易な圧送性評価手法を提案している^{1),2)}。この計測手法は、圧送の際にコンクリート中の粗骨材が粗骨材粒子群同士あるいは管壁と衝突を繰り返し生じる微細な振動を直接配管に取り付けた加速度センサーにより計測する方法であり、加速度の波形やFFT解析により圧送性の評価が可能であることを示している³⁾。また、本手法に特殊な形状を持つ輸送管（以下、検知管と記す）を組み合わせることで、配管経路に依らず様々なコンクリートに対し圧送性評価の精度向上が可能であることを示している⁴⁾。本研究では、コンクリートの圧送性のリアルタイム評価への取り組みについて報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合条件

既報⁴⁾では、JIS認証を持つレディーミクスト工場で行われる27・8・20N（単位セメント量：295kg/m³）を基準配合とし、単位セメント量や細骨材率を増減させた配合に対し、簡易圧送性評価手法および検知管を適用することで、配合条件の違いを明確に捉えることが可能となることを報告した。

そこで本研究では、圧送性がより厳しいと考えられる24・8・20N（単位セメント量：274kg/m³）を基準配合とし、基準配合24・8・20Nに対して単位水量および単位粗骨材量一定条件のもと、単位セメント量を30kg/m³増減させた配合をそれぞれ配合名：C+30kg、C-30kgとし、基準配合に対して単位水量および単位セメント量一定条件のもと、細骨材率を3%増減させた配合を配合名：s/a+3%、s/a-3%とした5種類の配合について検討を行った。なお、実験後改めて使用骨材の物性試験を実施したところ、使用骨材には75μmアンダーの微粒子分が0.9～2.7%と比較的多く含まれており、骨材に含まれる微粒子分を粉体量としてみなした見掛けの単位粉体量は275～335kg/m³と大幅に増加する結果となった。表-1および

表-2に本検討で使用したコンクリートの使用材料および配合を示す。

2.2 圧送条件および計測方法

図-1に圧送試験に用いた配管図ならびに計測位置を示す。本検討ではコンクリートポンプ車（理論吐出量：100m³/h、吐出圧力：5.6MPa）を用い、輸送管は外径が125A（以下、5Bと記す）の直管（以下、水平管と記す）を用いた。配管は延長35.9m（水平換算距離：40.9m）の直線配置とした。圧送速度は、理論吐出量で30、40、50m³/hの3水準とした。圧送計測には、加速度センサーおよび圧力計を使用し、加速度センサーは配管外周面に直接貼り付け、圧力計の設置には圧力計測用の輸送管を用いた。以下、本検討では、圧送速度30m³/hと50m³/hの結果を用いて説明する。

3. 各計測手法とコンクリートの圧送性の評価

3.1 平均管内圧力計測

図-2に平均管内圧力の計測結果を示す。圧送速度が30m³/hの場合、平均管内圧力は単位セメント量が多くペースト部の粘性が高いと考えられる配合：C+30kgが最も高い値を示し、概ね配合が有する粘性の影響が表れる結

表-1 使用材料

項目	記号	種別	密度(再試験) [g/cm ³]	骨材中の 微粒子分[%]	粗粒率FM
セメント	C	普通ポルトランドセメント	3.16	—	—
水	W	工業用水・上澄水	1.00	—	—
山砂	S1	千葉県君津市産	2.61	0.88	2.75
砕砂	S2	栃木県佐野市産	2.63(2.61)	2.66	3.08
砕石2005	G1	北海道北斗市産	2.70(2.71)	2.73	6.38
	G2	栃木県栃木市産	2.71	1.02	6.52
混和剤	Ad1	AE減水剤(高機能タイプ)	1.04~1.10	—	—
	Ad2	AE剤	1.03~1.06	—	—

表-2 配合およびフレッシュ試験結果

No.	配合名	W/C (W/P)	s/a	単位量 (kg/m ³)								スランプ (cm)	空気量 (%)	C.T (℃)	圧送
				W	C (P)	S1	S2	G1	G2	Ad1	Ad2				
1	24-8-20N	59.2 (53.0)	45.6 (45.9)	162 (162)	274 (306)	632 (626)	210 (204)	518 (504)	520 (514)	2.74	1.0A	10.0	3.5	19.4	順調
2	C+30kg	53.2 (48.3)	44.9 (45.1)	162 (162)	304 (335)	613 (608)	205 (200)	518 (504)	520 (514)	3.34	1.5A	10.0	3.5	21.2	順調
3	C-30kg	66.2 (58.7)	46.4 (46.6)	162 (162)	244 (276)	650 (644)	218 (212)	518 (504)	520 (514)	2.93	0.5A	9.5	4.1	19.6	順調
4	s/a+3%	59.2 (53.1)	48.6 (48.8)	162 (162)	274 (305)	673 (667)	224 (218)	491 (478)	491 (485)	3.56	0.5A	8.5	4.0	19.9	順調
5	s/a-3%	59.2 (52.9)	42.6 (42.9)	162 (162)	274 (306)	590 (585)	197 (192)	548 (533)	547 (540)	2.33	2.0A	9.5	4.9	19.6	順調

※()内の数値:骨材に含まれる75μmアンダーの微粒子分を粉体量とみなした場合

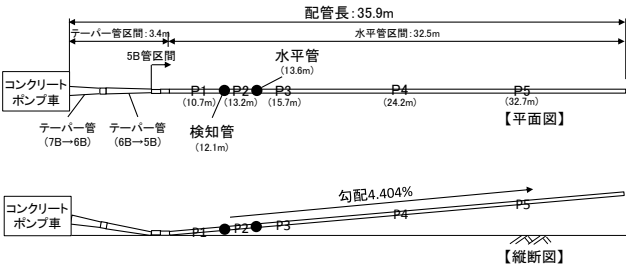


図-1 配管図

キーワード 圧送性、加速度、管内圧力、検知管
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

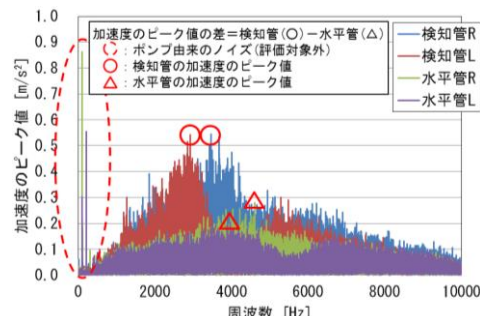
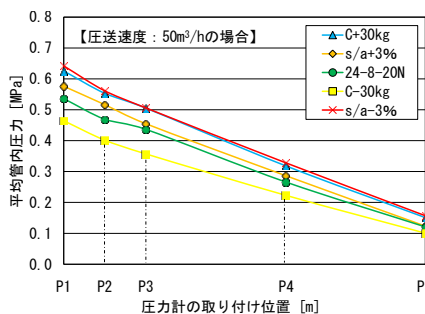
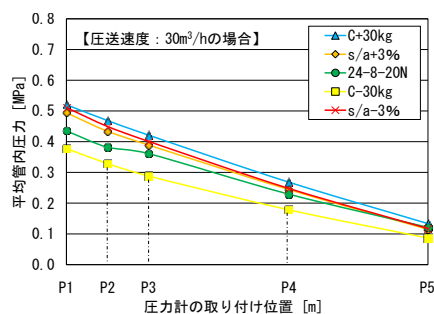
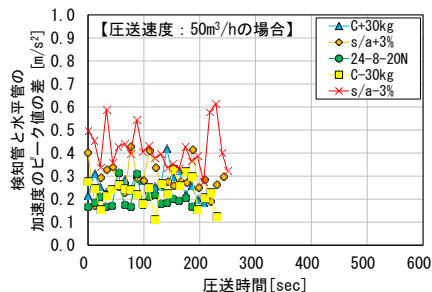
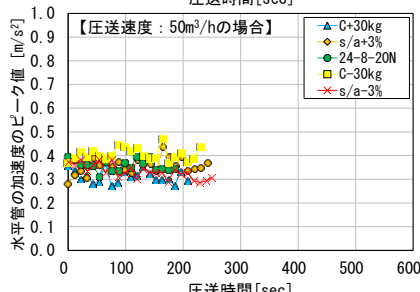
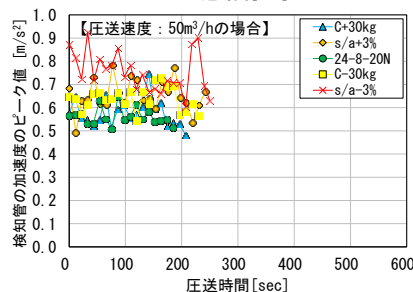
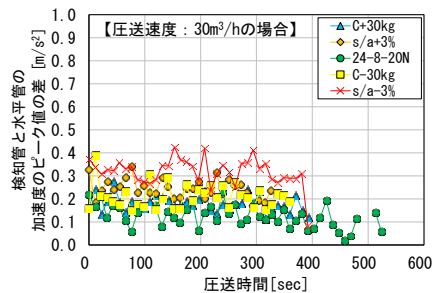
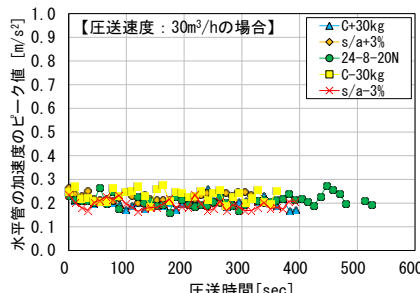
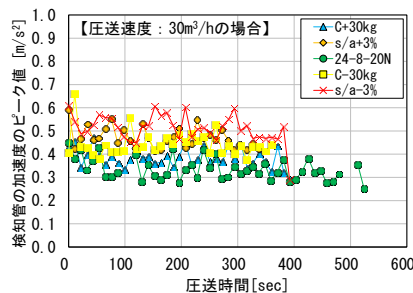


図-2 平均管内圧力(左: 圧送速度 30m³/h の場合, 右: 圧送速度 50m³/h の場合)

図-3 加速度のピーク値の算出方法



(a) 検知管の加速度のピーク値

(b) 水平管の加速度のピーク値

(c) 検知管-水平管の加速度のピーク値の差

図-4 加速度計測によるリアルタイムな圧送性評価(上: 圧送速度 30m³/h の場合, 下: 圧送速度 50m³/h の場合)

果となった。一方、圧送速度が50m³/hと速くなった場合、平均管内圧力は配合: s/a-3%が最も高い値を示し、粘性に加えて単位粗骨材絶対容積の影響が加味された結果が表れたものと推察される。

3.2 加速度計測によるリアルタイムな圧送性の評価

図-3に加速度のピーク値の差の算出方法を示す。

図-4に示す通り、検知管および水平管から得られた加速度のピーク値ならびに検知管と水平管の加速度のピーク値の差は、圧送速度の増加に伴い若干値が増加するものの、各配合と加速度のピーク値の関係は圧送速度に依らず同様の傾向を示し、単位粗骨材絶対容積が0.40m³/m³に近い配合: s/a-3%が最も高い値を示し、粗骨材の配管内での停滞や粗骨材絶対容積などの影響を鋭敏に捉えていると推察される。

水平管から得られる加速度のピーク値は、いずれの配合も圧送時間の経過による大きな差は認められない。一方、検知管から得られる加速度のピーク値は水平管に比べ変動が大きく、コンクリートが有する圧送負荷が顕著に現れる結果となった。圧送速度が速くなると、検知管と水平管の加速度のピーク値の差は大きくなり、圧送性が低下する傾向も認められた。いずれも順調に圧送が行えた配合であるためその差は小さいものの、配合: s/a-3%は他の配合に比べ加速度のピーク値の差が大き

く、圧送速度が速い場合、時系列の変動も大きいことが判る。また、配合: C-30kgは、圧送速度に依らず水平管においても加速度のピーク値が上位に位置する傾向を示し、他の配合に比べペースト量の減少に伴う圧送負荷が計測結果に表れたものと推察される。

加速度計測においては計測結果のばらつき(左右や瞬時値)が生じることは否めないが、本検討で示したように、リアルタイムにかつ連続的に評価を行うことで、配合の違い、圧送速度の影響、アジテータ車内のコンクリートの偏りを確認することができる。更に長期に渡って計測することで、製造の日変動や季節変動が確認でき、不具合の早期発見や高精度な品質管理を行うことも可能になると考えられる。

<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) 案浦信己, 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
- 3) 橋本紳一郎, 平川恭斐, 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, Vol.69, No.1, pp.272-278, 2015
- 4) 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検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.1395-1400, 2016