

## 7. 圧送時に先送り材を用いたコンクリートの筒先廃棄量の調査

### Investigation of Waste Amount for Pumpability of Concrete is using Various Preceding Lubricants

山崎 順二\*1 荒木 朗\*2

#### 要 旨

先送りモルタル代替として用いられる先送り材は、使用方法や廃棄量が明確ではなく広く活用されていない。本報では、各種の先送り材の性能とそれらを使用したコンクリートの圧送性を評価することを目的として実大規模の圧送実験を実施した。実験の結果から、筒先からの必要廃棄量は、ポンプ機種や先送り材の使用量の多少により増減するが、その量は概ね 100~200(L)程度と推定できた。また、ブーム姿勢は A 形の方が M 形よりも先送り時の圧送性が良いこと、先行水の要否と先送り材の使用量が圧送性に大きな影響を及ぼすために先送り材の性能に応じた適切な使用量を選定することが重要であることなどが分かった。

キーワード：先行材／先送りモルタル／ポンプ／圧送／圧縮強度／廃棄量

#### 1. はじめに

2030 年の SDGs 達成、2050 年のカーボンニュートラル実現に向けた省力化・生産性向上や環境配慮に資する各種の取組みが建設業界において実施されている。筆者らポンプ工法 WG((一社)日本建築学会近畿支部材料・施工部会が近畿生コンクリート圧送協同組から研究委託を受け 2004 年に設置)においても、圧送施工の安全性に加えて脱炭素化を指向した取組みをこれまで実施している<sup>1)</sup>。

廃棄される先送りモルタルやコンクリート（戻りコン・残コン）の量を減らす取組みは、製造時に大量の二酸化炭素を排出するセメントの利用を削減でき、脱炭素化の視点から重要となる。そのための要素技術として、先送りモルタル代替としての先送り材の活用が挙げられる。先送り材の利用により、生コンクリート工場（以下「生コン工場」）では先送りモルタルを製造・運搬し、圧送後に生コン工場に持ち帰って廃棄処分する必要がなくなり、圧送施工における省力化や省エネ化および脱炭素化に少なからず貢献できる。

一方、各種の先送り材はそれぞれその組成成分や使用方法に様々な特徴があり、圧送するコンクリートの種類や配管条件によって先送り材の製造方法や投入量、使用量が異なる。圧送従事者へのアンケート結果においても、圧送施工における環境配慮には総論賛成ではある反面、先送り材については、製造方法や配管状況に応じた使用量や閉塞せずに圧送開始できるかが不明確、閉塞した際の責任所在が不明確、筒先からの廃棄量が不明なことなどを、使用が促進されない理由として挙げている<sup>1)</sup>。先送り材の有効活用

に際しては、先送り材製造会社の技術支援と共に圧送従事者と施工者の技術的な連携が必要なこと、さらには閉塞することなくコンクリートの圧送が開始できるかについての懸念が払拭されることが重要となる。具体的には、各種の先送り材の特徴や使用方法に関する情報を整理するとともに、構造体の品質確保に必要な先端ホース筒先からの廃棄量の目安などを定量的に示すことで、先送り材の使用に対する施工者や圧送従事者の懸念も払拭されることになる。さらに、主としてセメント由来の二酸化炭素排出量の削減効果が期待できる先送り材の使用は、施工者としてもアップフロントカーボンの削減に貢献できる環境に配慮したコンクリートの圧送施工のための有用な要素技術となる。

そこで本報では、各種の先送り材の性能とそれらを使用した際のコンクリートの圧送性を調査するとともに、打ち込まれたコンクリート構造体の品質確保のために必要となる筒先からの廃棄量の目安について、実大の圧送実験を実施して検討した結果について述べる。

#### 2. 先送り材の性能評価のための実大圧送実験

##### 2.1 実験概要

コンクリートポンプの機種とブーム姿勢、さらに先送り材の使用量を実験要因とし、先送り時の圧送性や筒先からの廃棄量（先送り材を含むコンクリートの量、（以下：廃棄量））の目安を把握するための実験を行った。実験は神戸市内の生コン工場敷地にて、2023 年 10 月に実施した。実験の要因と水準を表-1 に示す。

\*1 技術研究所 \*2 技術研究所建築材料研究グループ

表-1 実験の要因と水準

要因		水準
先送り材	種類	R, E, S, H, M
	使用量	種類により 2~3 水準を設定
コンクリート	呼び強度	30
	スランブ	18cm・12cm
ポンプ	機種	ピストン式・スクイズ式
	ブーム姿勢	M 形, A 形

表-2 先送り材の概要

種類	梱包	主成分	調合	特徴
R	20L(20kg) / バック (市販品)	無機系 多孔質 CaCO <sub>3</sub> セルロース ナノファイバー 顔料・水	既調合	バックインボックス タイプ 水の添加や練混ぜ不要 固化しない 着色・先行水不要
E	140g/袋 (市販品)	有機系 ポリアクリル酸 Na 無機塩, 水	水 15L / 袋	主材は白い粉末 15 分の練置き要 処理剤を投入し可燃ごみで処分可能 10t ブームもしくは配管 15m に対し 1 袋を推奨・先行水不要
S	20kg/袋 (市販品)	無機系 モルタル系	水 6L / 袋	主材は黄土色粉末 練置き不要 使用量目安 (T 字管投入) ~28m : 2 袋 ~36m : 4 袋 先行水必要 (2L・4L)
H	普通ポルトランドセメント(C) 回収細骨材(S) 高濃度スラッジ水(Ws)	C:3.7kg S:14.4kg W:3.5L	C400 モルタルの水を Ws と置換 先行水必要 (2L・4L)	
M	普通ポルトランドセメント・細骨材・水 (C550 モルタル)	—	ホッパ投入 (通常通り) 先行水 20L (ホッパ内)	

2.2 先送り材

実験に供した 5 種類の先送り材の概要を表-2 に示す。市販品 3 種 (R・S・E) のうち先送り材 R と S は無機系, E は有機系である。また先送り材 S・H・M は先行水を必要とする (本実験では 2L および 4L とした) が, 先送り材 R と E は不要である。先送り材の使用量によるコンクリートの圧送性への影響を確認するため, 使用量を 3 水準 (E のみ 2 水準) 設定した (詳細は表-4 を参照)。なお, 先送り材 H は, 生コン工場の副産物の高濃度スラッジ水を活用して製造したもの<sup>2)</sup> であり, M は生コン工場で製造した先送りモルタルである。

先送り材の投入方法は, スクイズ式ポンプではホッパから投入 (実験記号 7)8)9)), ピストン式ポンプでは, ポンプ根元の T 字管 (M のみホッパ) から投入した。先行水を使用した S と H は, 計量した先行水 (2L・4L) を T 字管から投入し, その後に所定量の先送り材を投入した。

2.3 コンクリートポンプ

実験に用いたコンクリートポンプは, ピストン式ブーム付ポンプには PY115-26B, スクイズ式ブーム付ポンプには PH50-17 を使用した。実験時のコンクリートポンプのブーム姿勢を写真-1 に示す。先送り材を使用したコンクリートの圧送性に及ぼすブーム姿勢の影響を調査するため, その形状をピストン式ポンプでは A 形と M 形の 2 姿勢とした。さらに両姿勢とも水平到達距離をブーム最大長さの 70%, ブーム先端の地上高さを 1m となるように調整した。スクイズ式ポンプでは A 形のみとしたが, いずれの姿勢でも先端ブーム角度を 45° とした。

ブーム先端には, ピストン式ポンプでは 3m のドッキングホースに 1.2m のテーパ管 (125A⇒100A) と 8m のフレキシブルホースを, スクイズ式では 3m のドッキングホースに 8m のフレキシブルホースを接続した。なお, ポンプ車根元からの配管長は, ピストン式ポンプでは 45.5m, スクイズ式ポンプでは 32.4m となっている。

圧送速度を一定にして実験を行うにあたり, ピストン式ポンプ, スクイズ式ポンプともに, バルブを最大開放した状態でエンジン回転数をアイドリング状態とした。



写真-1 圧送実験時のブーム姿勢

表-3 圧送したコンクリートの使用材料

セメント	C: 普通ポルトランドセメント T 社製
水	W: 地下水および上澄水
細骨材	S1: 砕砂 福岡県北九州市小倉区産 表乾密度 2.68g/cm <sup>3</sup>
	S2: 砕砂 兵庫県赤穂市西有年産 表乾密度 2.58g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	G1: 砕石 2005 兵庫県赤穂市西有年産 表乾密度 2.60g/cm <sup>3</sup>
	G2: 砕石 2005 大分県津久見市青江産 表乾密度 2.69g/cm <sup>3</sup>
混和剤	Ad.1: 高性能 AE 減水剤 標準形 F 社製
	Ad.2: AE 減水剤標準形 F 社製

表-4 圧送したコンクリートの配(調)合

呼び強度 -スランブ	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						混和剤(kg/m <sup>3</sup> )	
			W	C	S1	S2	G1	G2	ad.1	ad.2
30-18	50	49.9	180	360	442	426	602	267	2.92	—
30-12	49	46.9	175	357	419	404	644	286	—	3.57
M*	52	—	290	550	713	686	—	—	—	—

2.4 圧送実験に供したコンクリート

実験に用いたコンクリートの使用材料と配(調)合を表-3 および表-4 に示す。先送り材 M (先送りモルタル

C550) の配(調)合を併記した。なお、コンクリートの使用材料は、生コン工場 S 社が日常的に使用している材料である。各実験に用いたコンクリートの製造量は2.0m<sup>3</sup>とした。

### 2.5 実験水準の組合せ

圧送実験を実施した水準の組合せを表-5 に示す。実験記号の表記は、番号(1)~(19))-ポンプ機種[P: ピストン式, S: スクイズ式]-ブーム姿勢[M: M形, A: A形]-スランブ(cm)-先送り材記号[R, E, S, H, M]-先送り材量(L)(8)の h は 100L)-先行水量(L)である。

### 2.5 圧送実験の方法および試験項目

先送り材 E, S, H は、圧送開始時刻に合わせてメーカー一技術者が所定量の先送り材を練り混ぜて製造した。

生コン工場で圧送するコンクリートを製造した後、出荷後 20 分でフレッシュコンクリートを採取し、圧送前の試験に供した。その後、出荷後 30 分の時点で、S・H・M のみ先行水に続いて先送り材を投入し、続いてコンクリートをホッパに投入し、圧送速度を低速(バルブ開放度最大・エンジン回転数最小、ただし 1)2)は超低速(バルブ開放度最大・エンジン回転数最小))として圧送実験を開始した。

筒先から吐出される先送り材や先行水(S・H)を含むコンクリートは、10 台の一輪車を使用して計 300(L)排出されるまで先端ホース筒先を移動しながら 30(L)ずつ連続的に採取した。なお、C550 モルタル M の 8)PM18M5h20 は 500(L)をホッパに投入しているため、筒先から吐出される先行水を含めた最初の 500(L)を除去した後に、一輪車に試料採取を行った。圧送後のフレッシュコンクリート試料は、吐出開始から 1(m<sup>3</sup>)となる地点で採取した。筒先試料の連続採取の状況を写真-2 に示す。

コンクリートの試験方法と試料採取時点ごとの試験項目を表-6 (本報に記載のない試験結果は文献<sup>1)</sup> 参照) に示す。筒先から吐出されたコンクリートについて、フレッシュコンクリートの試験は偶数台(2,4,6,8,10 台目)の一輪車の試料のみ実施したが、硬化後の圧縮試験は 30(L)ずつ採取した全ての試料から供試体を作製し、材齢 28 日まで標準養生した後に実施した。なお、先送り材 R および E については、1 台目の一輪車に採取された各 0~30(L)試料(3)4)7)9)11)12)14)18))は硬化しなかった。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 コンクリートの圧送状況の定量的評価

今回の実験条件においては、全 19 種の実験要因のうち 15 種は閉塞することなく圧送できたが、4 種の条件でテーパー部やブームのベント管部で閉塞が生じた。詳細には、衝撃を与えて閉塞を解除することができた軽微な閉塞 1)19))

表-5 圧送実験を実施した水準の組合せ

実験記号	ポンプ機種	ブーム姿勢	SL (cm)	先行材			先行水量(L)	先送り材投入位置	
				記号	量(L)	基材 (kg)			
1)PM18R2000	P	M形	18	R	20	20kg	0	T字管	
2)PA18R2000	P	A形	18	R	20	0.14	15	0	〃
3)PM18E1500	P	M形	18	E	15	0.14	15	0	〃
4)PA18E1500	P	A形	18	E	15	0.14	15	0	〃
5)PM18S3000	P	M形	18	S	30	4.0	12.1	0	〃
6)PM18H2002	P	M形	18	H	20	表-2 H		2	〃
7)SA18R2000	S	A形	18	R	20	20kg		0	ホッパ
8)PM18M5h20	P	M形	18	M	500	表-3 M		20	〃
9)SA18E1500	S	A形	18	E	15	0.14	15	0	〃
10)PM12R2000	P	M形	12	R	20	20kg		0	T字管
11)PM12E1500	P	M形	12	E	15	0.14	15	0	〃
12)PM18R4000	P	M形	18	R	40	40kg		0	〃
13)PM18S6004	P	M形	18	S	60	9.0	18	4	〃
14)PM18E0800	P	M形	18	E	7.5	0.07	7.5	0	〃
15)PM18H4002	P	M形	18	H	40	表-2 H		2	〃
16)PM18R3000	P	M形	18	R	30	60kg		0	〃
17)PM18H1004	P	M形	18	H	10	表-2 H		4	〃
18)PM18S4502	P	M形	18	S	45	3.0	9	2	〃
19)PM18R2000	P	M形	18	R	20	20kg		0	〃

(1)と 19)は同条件での再実験)



写真-2 筒先試料の連続採取の状況

表-6 先送り材を含むコンクリートの試験と時期

	試験項目	試験方法	試料採取時期		
			圧送前後	奇数台目*	偶数台目*
フレッシュコンクリート	スランブ・スランブフロー	JIS A 1101, JIS A 1150	●	-	●
	空気量	JIS A 1128	●	-	●
	単位容積質量	空気量測定時の質量測定	●	-	●
	コンクリート温度	JIS A 1156	●	-	-
	外気温	温度計による	●	-	-
	単位水量推定	高周波加熱乾燥法	●	-	-
硬化コンクリート	圧縮強度	JIS A 1108	●	●	●
	見掛け密度	供試体寸法質量測定	●	●	●
	動弾性係数	JIS A 1127	●	●	●

\* : 一輪車による先送り時試料の採取順序の奇数台と偶数台

と、閉塞による中断の後に輸送管の取外しが必要となった閉塞(5)10))が発生した。閉塞しなかった条件では、先送り材が先行した順調に圧送されたもの(8)17)13)18)7)12)3)4)9)11)14))と、先送り材とコンクリートが混ざり合って吐出したもの(6)15)2)16))が確認できた。後者は、輸送管内で先送り材が先行しにくい状況が生じてい

ると推察され、コンクリートの圧送開始時に閉塞が生じる危険性が前者よりも高いと推察される。

そこで、順調圧送が可能な条件を定量的に考察することを目的として、圧送の安定性を表す指標（以降、圧送安定度と称す）を表-7に示すように設定し、0点から5点の6段階の評価を付した。先送り材 M の圧送安定度が5点であるのに対して、その他のものは、先送り材の種類ごとに条件によらず同等の圧送安定度を示すものもあれば、同じ先送り材でも条件によって圧送安定度に差が生じるものもあった。先送り材の種類ごとの圧送安定度について、ピストン式ポンプ、ブーム姿勢M形、呼び強度30スランプ18cmとした条件での平均値の比較を図-1に示す。先送り材 M の圧送安定度が5点であるのに対し、その他の先送り材の圧送安定度は2.8~5.0点となった。詳細には、無機系先送り材のうち、モルタル系の先送り材 H は4.3点で M とほぼ同等であったが、同じモルタル系の先送り材 S では3.3点とやや低くなった。また、先送り材 R は2.8点で今回の実験条件においては最も低くなった。先送り材 R はその他の先送り材よりも流動性が低く粘性が高いため、圧送速度を2.6節に示した低速から超低速とすることで圧送安定度が改善されると推察される。また有機系の先送り材 E は5.0点と高い圧送安定度と評価された。

ブームの姿勢による圧送安定度の違いについて、呼び強度30、スランプ18cmにおけるブーム姿勢A形の2種(2)4)の平均値に対し、M形の12種および先送り材以外は同条件の2種(1)3))をそれぞれ比較して図-2に示す。いずれもA形において圧送安定度が高く、M形においてはA形よりも閉塞危険性が高いと評価できる。これは、M形のブーム姿勢では、輸送管が下り勾配ののちに上り勾配となり、下りから上りに変わるV字部分で先送り材とコンクリートが混ざり合い、先行する先送り材の量が少なくなる危険性があるためと推察される。

先行水と先送り材を合わせた使用量と圧送安定度の関係を図-3に示す。まず、先送り材 M については先行水20(L)と使用量500(L)で順調に圧送できた。その他の先送り材について、先送り材 E は2水準、H・S・R は3水準の使用量をそれぞれ設定し、先行水と先送り材の使用量の違いを比較した。

先送り材 E は最も少ない使用量で安定した圧送が可能となった。先送り材 H は使用量を少なくした際に圧送安定度が高くなったが、先行水の量が僅かではあるが増加している。先送り材 R および S は、使用量を多くすることで圧送安定度が高くなっている。ただし先送り材 S については先行水の増加が圧送安定度を改善している可能性も

表-7 コンクリートの圧送安定度の指標

閉塞なし	先送り材が輸送管内で先行し、順調にコンクリートが圧送できた	5点
	閉塞しなかったが、先送り材とコンクリートが輸送管内で混ざり合って吐出した	4点
閉塞あり	閉塞による中断の後、輸送管などに衝撃を与えることによって閉塞を解除することができた	1点
	閉塞による中断の後、再圧送のために輸送管を取り外し、閉塞部の除去が必要となった	0点

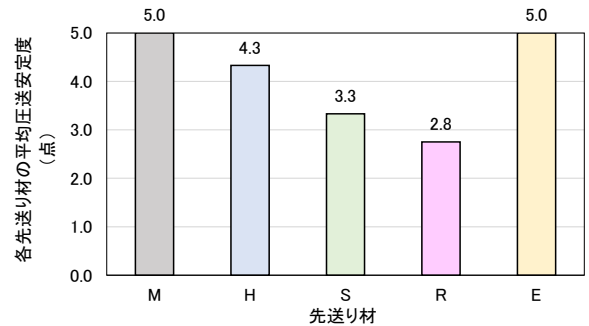


図-1 先送り材ごとの圧送安定度の平均値の比較

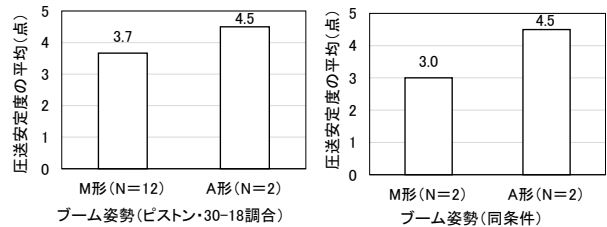


図-2 ブーム姿勢の違いによる圧送安定度の比較

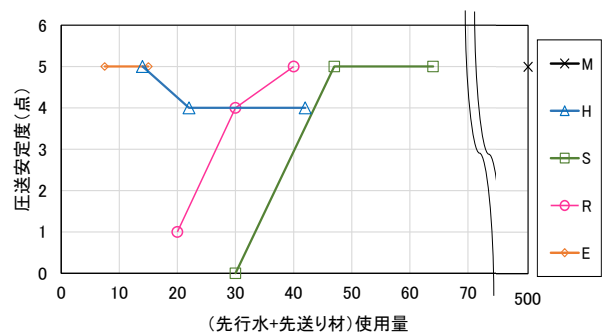


図-3 先行水と先送り材の使用量の違いと圧送安定度

伺える。これらの結果から、先行水使用の要否と先送り材の使用量が圧送安定度に影響を及ぼし、圧送安定度を高めるためにはそれらの適切な使用量を選定することが必要となる。

### 3.2 圧送前後のフレッシュコンクリートの性状

図-4に、先送り材を用いてピストン式ポンプを用いてブーム姿勢M形で圧送されたフレッシュコンクリートの筒先からの吐出量とスランプの変化を先送り材別に示す。図中の吐出量0(L)が圧送前の試料、1000(L)が圧送後の試料による測定結果である。

先送り材 R(1)19))では、吐出量60(L)の地点でのスラン

プの変化が他の先送り材と異なる挙動を示し、先送り材がコンクリートに混入することでスランプが低下する傾向を示し、その他の先送り材ではスランプが増大する様相を呈した。本実験条件では、先送り材の種類に関わらず吐出量が 300(L)に達するまでの地点で、概ね圧送後のスランプ値に漸近することが確認できた。

ブーム姿勢およびポンプ機種の違いがスランプの変化に及ぼす影響について、先送り材 R および E による結果を図-5 に示す。ブーム姿勢がスランプの変化に及ぼす影響について、先送り材 R では 1)19)と 2)を、先送り材 E では 3)と 4)を比較する。圧送によるスランプの変化は、先送り材 R および E 共に M 形と A 形に大きな差異はない。

ポンプ機種の違いがスランプの変化に及ぼす影響について、先送り材 R では 2)と 7)を、先送り材 E では 4)と 9)を比較する。ブーム姿勢の違いと同様の傾向であり、圧送によるスランプの変化はポンプ機種(ピストン式とスクイズ式)の違いによる影響をほぼ受けないと考えられる。なお、圧送による空気量の変化については、高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートにおいて圧送後に増加する傾向にあるが、スランプの変化と概ね同様の様相を示しており、吐出量 300(L)に達するまでの地点で圧送後の空気量に近づくことが確認されている。

### 3.3 フレッシュ性状の変化に基づく必要廃棄量の推定

フレッシュコンクリートの試験結果に基づき、各条件での必要廃棄量を推定する。判定基準として、スランプは計画値 $\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量は $4.5\pm 1.5\%$ とし、試験値が 3 点連続で上記範囲内となった最小吐出量を必要廃棄量とした。ただし 240(L)もしくは 300(L)の時点で上記範囲内となった際にはその地点の吐出量を必要廃棄量とした。

スランプおよび空気量の試験結果から得られた廃棄量のうち大きい方の量を必要廃棄量とした。実験要因ごとの推定結果を先送り材の使用量を加えて図-6 に示す。先送り材 M については圧送前にホッパに投入した 500(L)分を含めた量を必要廃棄量として示している。

先送り材 R での必要廃棄量が 180~300(L)とやや幅があるが、先送り材 S では 120~180(L)、E では 60~120(L)、H では 120(L)であり、ポンプ機種やブーム姿勢、先送り材の使用量にかかわらず、先送り材の種類ごとに概ね一定の必要廃棄量となることが分かった。また先送り材 M は、一般にホッパ投入となるために使用量が多くなるが、廃棄するコンクリート量と比較すると先送り材 R と同程度の廃棄量であることが分かる。

### 3.4 圧送前後の硬化コンクリートの物性

コンクリートの圧送による圧送前後および圧送中の圧

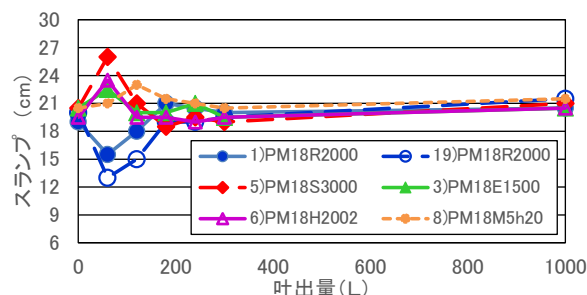


図-4 筒先からの吐出量とスランプの変化

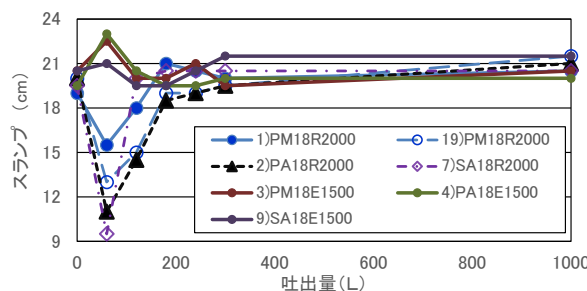


図-5 ブーム姿勢と機種によるスランプの変化 (R・E)

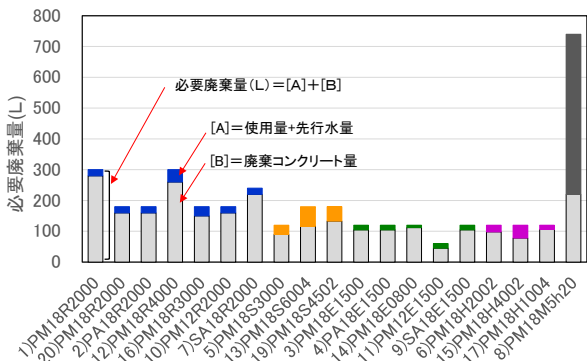


図-6 フレッシュ性状の変化に基づく必要廃棄量の推定

縮強度比率の変化を先送り材ごとに図-7 に示す。ここでの圧縮強度比率は、圧送前のコンクリートの圧縮強度を 100 として各吐出量の圧縮強度の比率を算出した。

先送り材 R は吐出初期の圧縮強度比率が大きいものの、吐出量の増加に伴い徐々に強度が回復している。先送り材 E は使用量が少ないことに起因して強度の回復が最も早くになっている。また、先送り材 S は吐出初期の圧縮強度比率が 70%程度とその他の先送り材と比べて最も強度低下が少ないが、使用量が多いために強度回復はやや緩やかとなった。先送り材 H は吐出初期に圧縮強度比率が 40%まで低下しているが、強度回復は比較的早かった。先送り材 M は C550 モルタルであり、圧縮強度比率が最も高く強度の低下がほぼ生じない結果となった。

図-7 には、圧縮強度比率 90%の位置に破線を付している。実験に用いたコンクリートは呼び強度 30 であり、コンクリートの調合設計指針・同解説(日本建築学会)等で採用されている調合設計時の強度の変動を  $1.73\sigma$  ( $\sigma=0.1\times$

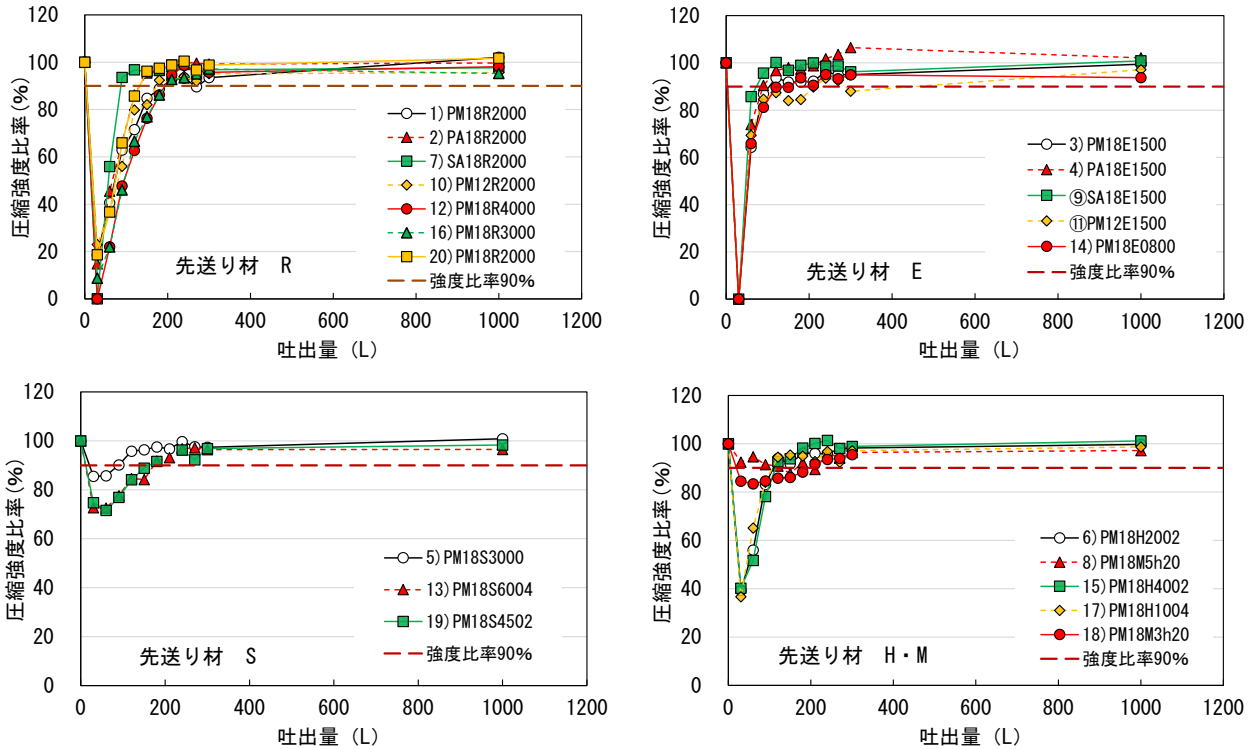


図-7 コンクリートの圧送による圧縮強度比率の変化と吐出量の関係

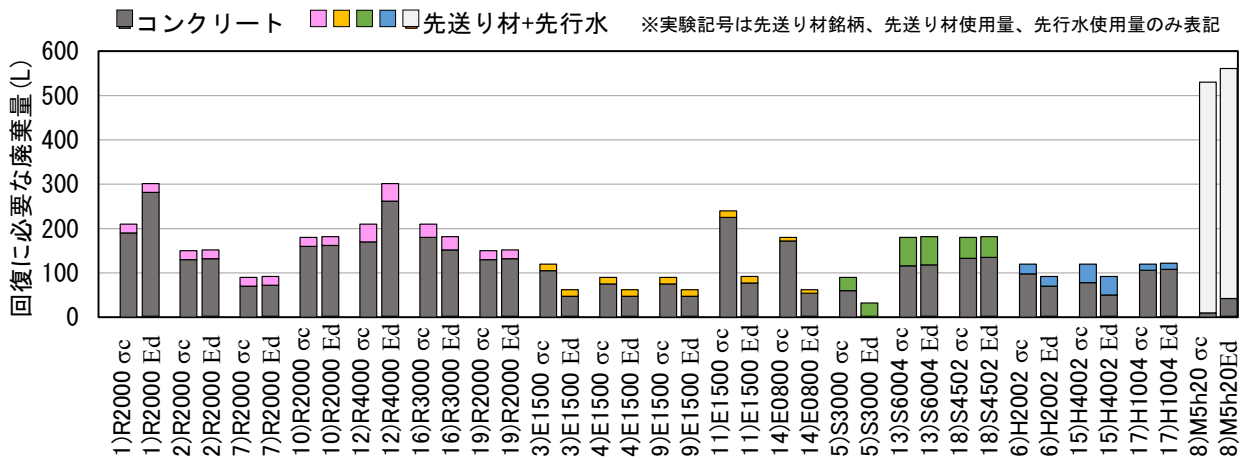


図-8 硬化コンクリートの物性に基づく必要廃棄量の推定

Fm)として算出すると 5.19(N/mm<sup>2</sup>)となる。この値は本実験で用いた圧送前のコンクリートの材齢 28 日圧縮強度の平均値 49.6(N/mm<sup>2</sup>)の約 10%に相当することになる。つまり、圧縮強度比率が 90%以上となれば圧送前のコンクリートの強度の変動範囲内となるため、本報では、圧送前のコンクリートの圧縮強度に対する比率が 90%に達した時点、圧送前と同等の圧縮強度に回復したことを判断するための閾値とした。

なお、圧送前の動弾性係数を 100%とした時の各吐出時点での動弾性係数の比率についても、圧縮強度と動弾性係数の相関が高いと考えられることから、圧縮強度比率と概

ね同等の傾向を示した。

### 3.5 圧縮強度比率の変化に基づく必要廃棄量の推定

各実験要因での圧縮強度比率と動弾性係数比率に基づき必要廃棄量を推定する。必要廃棄量は前述の通り圧縮強度比率が 90%以上となった時点を超えた。動弾性係数比率の閾値は、本実験での圧縮強度(σ<sub>c</sub>)と動弾性係数(Ed)の相関関係を適用し、圧縮強度比率が 90%の時の動弾性係数比率が 94%となることに基づき設定した。

実験結果から推定された実験要因ごとの必要廃棄量の推定値を、先送り材の使用量と合わせて図-8 に示す。一部の要因を除き、硬化コンクリートの物性の回復の程度から

得られた必要廃棄量は、先送り材の使用量と概ね比例する傾向にあるが、概ね 100~200(L)と推定される。なお 1)と 12)の動弾性係数比率は300(L)の廃棄では回復せず 1000(L)の時点で回復している。先送り材の筒先からの必要廃棄量の目安を決める際には、構造体コンクリートの品質確保に対して安全側の廃棄量となるように、圧縮強度比率を指標として設定すれば良いと考える。

#### 4. まとめ

各種の先送り材を用いたコンクリート圧送時の筒先からの廃棄量の目安について実験を行い検討した結果、以下のことが分かった。

- (1) 筒先からの必要廃棄量は、ポンプ機種や先送り材の使用量の多少により廃棄量が増減する傾向にあるが、その量は概ね 100~200(L)程度と推定できる。
- (2) 先行水の要否と先送り材の使用量が圧送性に大きな影響を及ぼすため、先送り材の性能に応じた適切な使用量を選定することが重要である。

以上、コンクリート圧送開始時の先送りモルタルを主とした産業廃棄物を削減することは、環境配慮型施工の推進に有意となり、ひいてはエンボディドカーボンの低減に寄与することに繋がる。本報の調査結果が適切かつ有効に活用されることが望まれる。

#### [謝辞]

本実験の実施に当たり、(一社)日本建築学会近畿支部材料・施工部会ポンプ工法 WG の関係各位に多大なご協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

#### [参考文献]

- 1) 山崎順二ほか: 各種先送り材を用いたコンクリートの圧送性評価, その 1 ~17, 日本建築学会学術講演梗概集 (関東), 1280, PP.559-592, 2024.8.
- 2) 堀秀一ほか: 高濃度スラッジ水を用いた環境配慮型の先送り材の製造とその品質に関する検討 その 1 実験概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.117-118, 2022.9