

報告 ポンプ圧送用特殊先送りモルタルの現場適用実験

明石峰子*¹・毛見虎雄*²・藤井和俊*³・地頭菌博*⁴

要旨：コンクリートのポンプ工法において、先送り材の使用量の低減およびコンクリートに混入しても圧送コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことを目的として開発された特殊モルタルを用いて実施工での使用を想定した現場圧送実験を行った。その結果、特殊モルタルをコンクリートポンプ車ホッパーに投入する場合、特殊モルタルが有効に圧送されるためには、ホッパーの構造に合わせた量を投入する必要があること、圧送コンクリート ($F_c=18$ および 21N/mm^2) に特殊モルタルが混入しても圧送コンクリートの品質低下が少ないことが確認できた。

キーワード：特殊モルタル、先送り材、ポンプ圧送

1. はじめに

多くの建設現場においてコンクリートの打込みはコンクリートポンプ工法により行われている。日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」¹⁾では、圧送時にコンクリートのモルタル部分が配管壁面やジョイント部分に付着して失われ、閉塞や圧送コンクリートの品質低下が生じるのを防ぐ目的で、コンクリートに先立ち潤滑材として先行水および先送りモルタルを圧送することが定められている。一般的には、先行水により配管内を十分に湿らせ、1 : 3 または 1 : 2 モルタルなどを圧送する場合が多い²⁾。また先送り材の必要量は、配管径および圧送距離により決まるが、実際には生コン工場で先送りモルタルを製造する場合が多く、設備等の制約から先送りモルタルの使用量は 0.5m^3 あるいは 1.0m^3 が一般的である²⁾。

筒先から排出される先送りモルタルについては、水が異常に混入した部分や明らかに品質が損なわれた部分等は廃棄すること、健全

なモルタルは広い範囲に薄い層にして打ち込むことが定められている¹⁾。また筒先から排出される初期のコンクリートの品質は、先行水や先送りモルタルの品質の影響を受けることが報告³⁾されている。しかし、排出されるコンクリートおよびモルタルの品質に関しては詳細な規定は定められていない。このことから、理想的な先送り材としては、少量で所定の距離圧送できること、コンクリートと同時に構造体に打ち込まれても品質に悪影響を及ぼさないことなどが望ましいと考えられる。最近では、増粘剤やポリマーを用いた先送り材なども報告^{4)~6)}されている。筆者らはこれまでに、少量で圧送性が良く、圧送コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないブレミックスされた特殊モルタル（普通用、高強度用）の研究^{7)~10)}を行ってきた。

本報告は、特殊モルタルを実施工に適用するために、特殊モルタルの使用量と圧送距離の関係およびコンクリート品質への影響について、現場実験を行った結果を報告するも

* 1 三菱建設(株)技術研究所 材料研究室 研究員 (正会員)

* 2 足利工業大学教授 工学部建築学科 工博 (正会員)

* 3 三菱建設(株)技術研究所 材料研究室長 博士 (工学) (正会員)

* 4 三菱マテリアル(株)セメント研究所 主任研究員 (正会員)

のである。

2. 特殊モルタルに関する既往の研究

既往の研究^{7)~10)}では、圧送性の向上と圧送コンクリートの品質への悪影響を及ぼさないことを目的として、ポルトランドセメントと粒度調整した細骨材（粗粒率 1.54）を 1 : 1.5 の割合でブレミックスした特殊モルタルを用いて、60~100m 程度の配管条件で普通コンクリート ($F_c=21\text{N/mm}^2$)、高強度コンクリート ($F_c=42\text{N/mm}^2$) および高流動コンクリート ($F_c=60\text{N/mm}^2$) を圧送して模擬柱試験体に打ち込み、コンクリートの圧送性および筒先から採取した試料やコア試料から圧送コンクリートの品質を調査した。その結果以下のことを報告してきた。①ポンプ車付近の配管に取り

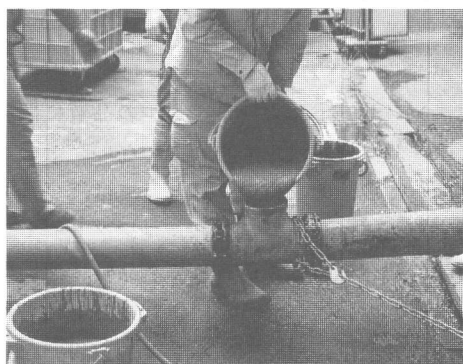


写真-1 特殊 T 字管

付けた特殊 T 字管（写真-1）から特殊モルタルを投入する場合には、特殊モルタルの使用量 40~60 ℓ程度で配管長 100m 程度の圧送ができる。②圧送するコンクリートの設計基準強度が、特殊モルタル普通用では 40N/mm^2 以下、高強度用では 60N/mm^2 以下であれば、特殊モルタルが圧送コンクリートに混入しても、硬化コンクリートの品質低下は少ない。

既往の研究^{7)~10)}では特殊モルタルを特殊 T 字管から投入しているため、実施工で特殊モルタルを使用することを想定した圧送実験を行い、先送り材として特殊モルタルを用いた場合のコンクリートの圧送性および圧送コンクリートの品質について検討した。

表-1 実験概要

圧送	圧送 1	圧送 2
打設箇所	2 階スラブ	1 階土間スラブ
使用 コンクリート	$F_c=21\text{N/mm}^2$	$F_c=18\text{N/mm}^2$
コンクリート ポンプ車 仕様	ピストン式（スイングバルブ式）	
	新潟鉄工所製 NCP 11FB-324 最大吐出 115m ³ /h	三菱重工製 DC-SL 1000BD 最大吐出 100m ³ /h
配管長	62m	83m
特殊モルタル 使用量	100ℓ	150ℓ

表-2 コンクリートの調査

コンクリート種類	設計基準 強度 (N/mm^2)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (Kg/m^3)				
				セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
圧送 1	21	62.0	45.4	275	170	827	1013	2.97
圧送 2	18	66.9	46.2	255	170	848	1008	2.75

表-3 コンクリートおよび特殊モルタルの物性

種類		フレッシュ性状	硬化性状（材齢 28 日）		
			圧縮強度 (N/mm^2)	静弾性係数 $\times 10^4$ (N/mm^2)	単位容積質量 (t/m^3)
コンクリート	圧送 1	空気量 : 4.5%, スランプ : 18.5cm	24.0	2.46	2.29
	圧送 2	空気量 : 6.5%, スランプ : 15.5cm	19.7	2.36	2.28
特殊 モルタル	圧送 1	スランプフロー : 61.2cm	54.0	2.47	2.22
	圧送 2	スランプフロー : 77.5cm	44.5	2.33	2.19

3. 実験計画

3. 1 実験概要

倉庫（S造）新築工事の1階土間スラブおよび2階スラブコンクリート打設において、先送り材に特殊モルタルを用いて普通コンクリート（ $F_c=18$ および 21N/mm^2 ）の圧送を行い、特殊モルタルの使用量と圧送距離の関係および特殊モルタルが混入した圧送コンクリートの品質を調査した。実験概要を表-1に、コンクリートの調合を表-2に、コンクリートおよび特殊モルタルの物性を表-3に示す。特殊モルタルの水セメント比は約50%とした。

3. 2 圧送条件

配管条件を図-1に示す。配管は打設時の配管取り替えの作業を低減するために、筒先の移動が広い範囲に可能となるように配管途中の一部にフレキシブルホースを組み合わせた。配管径はブーム管が125A、その他は100Aとした。圧送には用いたピストン式コンクリートポンプのバルブ形式はホッパーの内部で吐出管を左右に揺動させ、2本のコンクリートシリンダを交互に吐出口に接続するスイング形式である。コンクリートポンプの概要¹⁾を図-2に示す。

特殊モルタルの投入はポンプ車ホッパーから行った。特殊モルタルの使用量は、圧送1では、特殊T字管を用いた既往の実験結果^{8), 10)}に基づいた圧送距離62mに対する使用量（30ℓ）に、ホッパー底部に残留する量（70ℓ）を加えて100ℓとした。圧送2では、既往の実験結果からの使用量（40ℓ）の2倍にホッパーに残留する量（70ℓ）を加えて150ℓとした。特殊モルタルの混練はハンドミキサーで行い、バケツでホッパーに投入した。投入状況を写真-2に示す。また、既往の実験^{8), 10)}と同様に先行水は使用しなかった。

3. 3 試験方法

特殊モルタルがコンクリートに混入した場合の圧送コンクリートの品質を調査するために、初期に排出される圧送コンクリートの圧縮強度、静弾性係数および単位容積質量を圧送後のコン

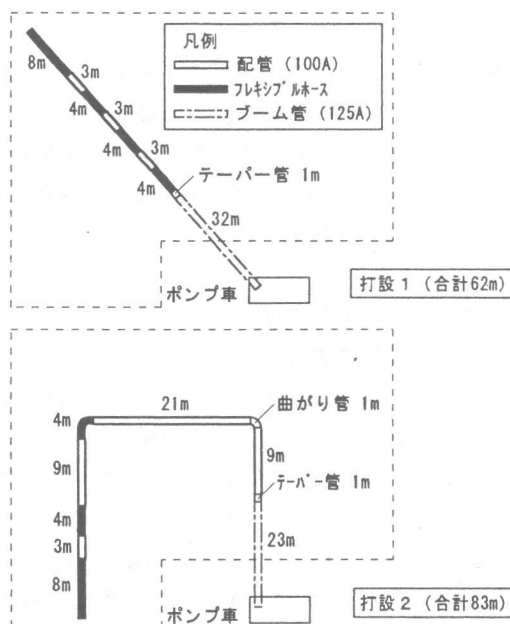


図-1 配管条件

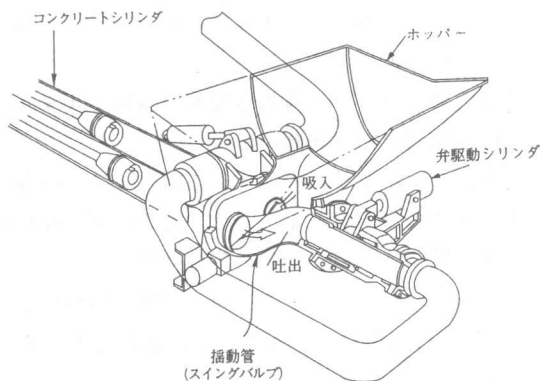


図-2 コンクリートポンプ概要¹⁾

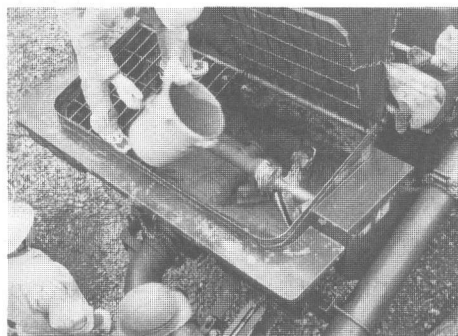


写真-2 特殊モルタルの投入

クリートと比較した。筒先から排出される圧送コンクリートは7ヶ所の位置で、1ヶ所につき約20ℓ採取した。各試料をハンドスコップで均一になるよう切り返した後、圧縮強度用供試体(φ10×20cm)を3本ずつ作製した。供試体は材齢2日で脱型後、標準養生を行い、材齢28日で圧縮強度試験を行った。

4. 結果および考察

4. 1 圧送状況

圧送1では、圧送距離32mのブーム管直後のテーパー管内でコンクリートが閉塞した。閉塞箇所では、コンクリートのモルタル部分が失われて粗骨材が多い状態が観察された。この後、閉塞箇所の粗骨材を取り除き、閉塞した配管部の先端から特殊モルタル10ℓを投入して再圧送することにより、所定の62mまで圧送することができた。圧送2では閉塞せずに圧送でき、筒先から排出された試料の初めの40ℓ程度はモルタル部分が多く、粗骨材がほとんど含まれていない状態であった。

4. 2 ホッパー投入の場合の特殊モルタルの使用量と圧送距離の関係

ポンプ車ホッパーの模式図を図-3に、特殊モルタルの使用量と圧送距離の関係を図-4に示す。図-4には、既往の実験結果¹⁰⁾および「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」¹⁾に示される先送りモルタルの必要量をあわせて示す。

特殊モルタルは左右2ヶ所の吸入口からピストンによりコンクリートシリンダに吸入される。本実験では図-3に示すように投入量のうち吸入口高さより低い位置の容量(70ℓ)は、ピストンによる吸入ができずにホッパーの底に残留し、圧送に寄与しない特殊モルタルと考え、圧送に必要な使用量は圧送距離に応じて既往の実験結果¹⁰⁾から算出した。

圧送1では残留量70ℓに、図-4の既往の実験結果¹⁰⁾から圧送距離62mに対して必要な使用量30ℓを、加え合計100ℓ投入したが、図-

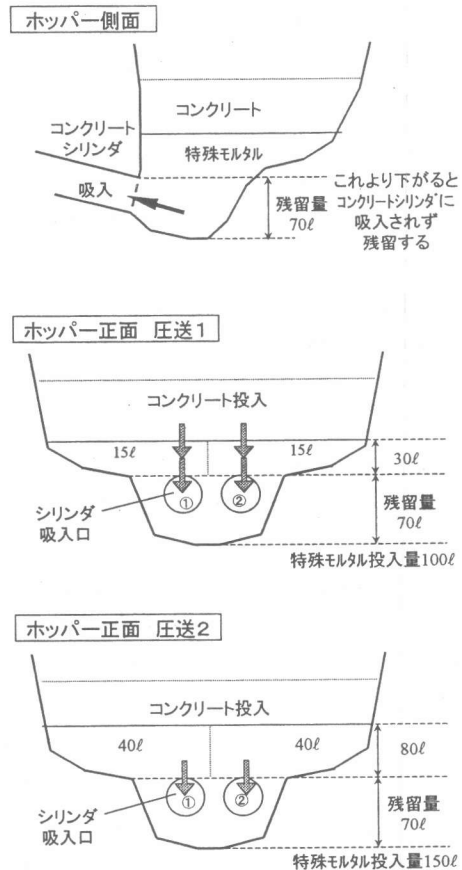


図-3 ホッパーの模式図

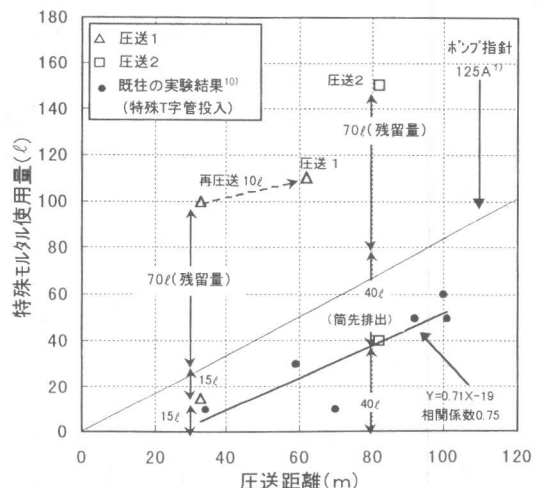


図-4 特殊モルタルの使用量と圧送距離の関係

3に示すようにシリンダ①には左半分の 15 ℓ が、シリンダ②には右半分の 15 ℓ が吸入され、同時に、投入したコンクリートも混在することになった。従って実際に先送り材として有効に働いた特殊モルタル量はシリンダ①に吸入された 15 ℓ のみである。図-4 の既往の実験結果¹⁰⁾では特殊モルタル使用量 15 ℓ の場合の圧送距離は 45 ～ 50m 程度となるが、圧送 1 では 32m で閉塞した。このように本実験で既往の実験結果¹⁰⁾のような圧送距離が得られなかったのは、ポンプ直後にある太径管やテーパー管の影響があったものと考えられる。

圧送 2 では残留量 70 ℓ に、既往の実験結果¹⁰⁾から 82m 圧送するのに必要な使用量 40 ℓ がシリンダ①、②の各々に吸入されるように、2 倍の 80 ℓ を加え合計 150 ℓ 投入した。このように、圧送距離に応じた特殊モルタル量をシリンダ①に吸入させることにより所定の距離圧送できるものといえる。このことから、特殊 T 字管を使用した場合の圧送距離と特殊モルタル使用量の関係式¹⁰⁾は、特殊モルタルをホッパーに投入して圧送する場合も利用できるものと思われる。

これらの結果より、特殊モルタルをホッパーに投入する場合には、圧送距離に対する使用量が先送り材として有効に圧送されることが重要であるといえる。特殊モルタルの使用量は、ホッパー底部に残留する量に、圧送距離に対する必要量がコンクリートシリンダに特殊モルタル単体で吸入される量を加えて決定し、ポンプ本体の直後にある太径管、テーパー管、フレキシブルホースなど配管条件の影響も考慮する必要がある。しかしホッパーに残留した特殊モルタルはコンクリートと混在して筒先から排出され、先送り材としての必要量以上を圧送することになる。少量で所定の距離圧送できる特殊モルタルの特長を活かすには、このような増加量を低減する投入方法を検討する必要がある、ポンプ車本体の吐出口直後のテーパー管を鉛直に起こし、そこから特殊モルタルを投入することなどが考えられる。

また、圧送 1 において閉塞箇所からの再圧送では、特殊モルタル 10 ℓ を用いて筒先までの 30m を圧送でき (図-4 の破線矢印)、既往の実験結果¹⁰⁾とほぼ一致する。このような特殊モルタルの利用法は閉塞が生じた場合の対処策として、閉塞を解消した後の再圧送に有効であると考えられる。

4. 3 圧送コンクリートの品質への影響

筒先から採取した試料について、排出開始からの排出量とコンクリート品質の関係 (圧送後コンクリートに対する割合) を図-5 に示す。

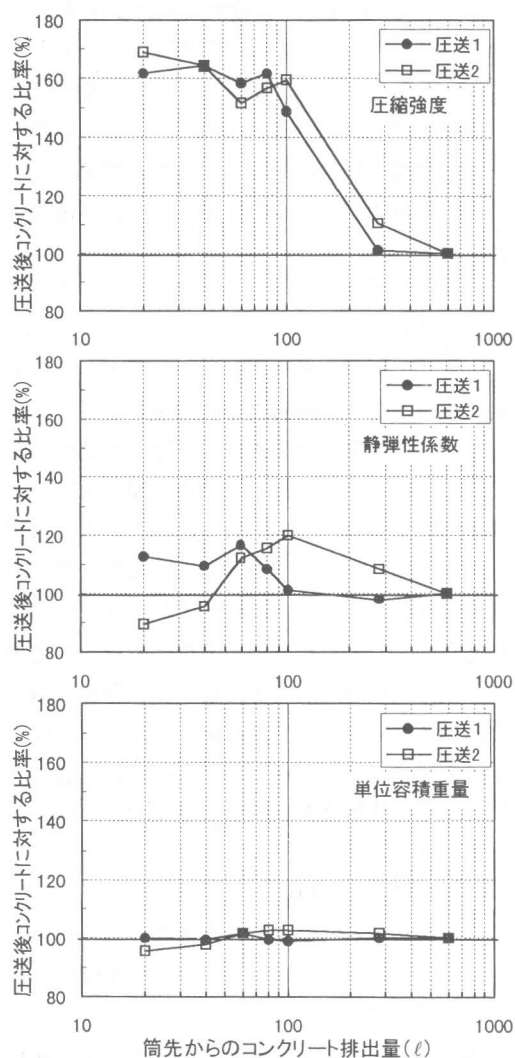


図-5 筒先からの排出量と
コンクリート品質の関係

排出開始から 100 ℓまでは圧縮強度の変動が大きい。これは、先送りとして消費されずに排出した特殊モルタルおよびホッパー内に残留した特殊モルタルの影響である。既往の実験¹⁰⁾では特殊モルタルの圧縮強度が圧送するコンクリートの圧縮強度より高い場合には、特殊モルタルが混入しても圧送コンクリートの品質の低下は少ないことが確認されている。今回の実験においても圧送するコンクリートに対して特殊モルタルの圧縮強度が大きく、圧送コンクリートの強度低下は見られなかった。圧送2では、排出開始から 40 ℓまでの静弾性係数がやや低くなったが、90%以上の品質を確保することができた。このことより、圧送するコンクリートの圧縮強度が 24N/mm²程度の場合、圧送コンクリートに特殊モルタルが混入しても、圧送コンクリートの品質低下は極めて少ないことが確認できた。

5. まとめ

ポンプ工法の先送り材として、ポルトランドセメントおよび粒度調整細骨材をプレミックスした特殊モルタル（普通用）を用いて実施工を想定した圧送実験を行い、以下の知見を得た。

(1)特殊モルタルをポンプ車ホッパーに投入する場合には、ホッパーの構造上、使用量の一部は先送り材として有効に働かずにホッパーに残留する。このため特殊T字管投入の場合の使用量に、ホッパーの構造を考慮した必要量を増加する必要がある。実施工において、少量で所定距離を圧送できる特殊モルタルの特長を活かすには、この増加量を低減する投入方法の検討が必要であり、次のような提案ができる。

①特殊T字管を用いる。

②ポンプ車本体の吐出口直後につくテーパ管を鉛直に起こし、そこから特殊モルタルを投入する。

(2)普通コンクリート ($F_c=18$ および 21N/mm^2) に特殊モルタルが混入しても圧送コンクリートの品質の低下は極めて少ないことが確認できた。

謝辞

現場圧送実験では、三菱建設の竹下一信工事長、松元久暢所長にご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：コンクリートポンプ工法施工指針・同解説，日本建築学会，pp. 79-84，1994
- 2) 毛見虎雄・中田善久・長尾信夫・小池茂・藤井和俊：ポンプ工法における先送りモルタルの低減に関する研究，日本建築学会技術報告集，第2号，pp. 1-6，1996. 3
- 3) 森永繁・野萱勝久・成田一徳・妻島淳二：コンクリートポンプ工法における先送りモルタルの品質，日本建築学会大会学術講演梗概集 A，pp. 381-382，1979. 9
- 4) 高野肇・毛見虎雄・中田善久：小型コンクリート圧送試験装置による先送り材の種類および量に関する検討，セメント技術大会講演要旨，pp. 334-335，1997. 5
- 5) 高野肇・毛見虎雄・中田善久：増粘材系ポンプ先送り材を用いた圧送後のコンクリートの性状について，セメント技術大会講演要旨，pp. 382-383，1998. 5
- 6) 松尾茂美・永峯秀則・太田晃：新規なポンプ圧送向上剤の作用機構，セメント技術大会講演要旨，pp. 178-179，1997. 5
- 7) 今泉裕隆・毛見虎雄・藤井和俊・地頭菌博：ポンプ圧送用先送り特殊モルタルに関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集 A，pp. 251-252，1994. 9
- 8) 今泉裕隆・毛見虎雄・藤井和俊・地頭菌博：ポンプ圧送用先送り特殊モルタルに関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集 A，pp. 937-938，1995. 8
- 9) 今泉裕隆・毛見虎雄・藤井和俊・井上敏克・宇仁菅康行・地頭菌博：ポンプ圧送用先送り特殊モルタルに関する研究（その3）高強度コンクリートへの適用，日本建築学会大会学術講演梗概集 A，pp. 585-586，1998. 9
- 10) 今泉裕隆・地頭菌博・毛見虎雄・藤井和俊：ポンプ用先送り潤滑材に関する研究，第52回セメント技術大会講演要旨，pp. 378-379，1998. 5