

論文 戻りコンクリートの諸要因がウェットスクリーニングして得られたモルタルの品質に及ぼす影響

飯生 昌之*¹・奈良 禧徳*²・高野 肇*³・中田 善久*⁴

要旨: 本報告は、戻りコンクリートを翌日以降のポンプ圧送用先送りモルタルとして適用するために、戻りコンクリートの諸要因がウェットスクリーニングして得られたモルタルの品質に及ぼす影響について検討を行ったものである。ここでは、①使用材料の異なる戻りコンクリートから得られたモルタルの品質、②練混ぜからの経過時間の異なる戻りコンクリートから得られたモルタルの品質および③コンクリートに任意の割合で再生モルタルを混合させた場合などの戻りコンクリートの諸要因がウェットスクリーニングして得られたモルタルの品質に及ぼす影響について調べた。

キーワード: 戻りコンクリート, 先送りモルタル, ウェットスクリーニング, 再生モルタル

1. はじめに

近年、レディーミクストコンクリート工場(以下、生コン工場と呼ぶ)では、戻りコンクリートの処理に苦慮しており、管理型廃棄物処分場などが次第に少なくなっている現状を踏まえると、その再利用方法および実用化を検討することは急務と考えられる。著者らは、これまでに戻りコンクリートの再利用方法について提案¹⁾し、その基礎的実験²⁾を行ってきた。

本研究において提案した戻りコンクリートの再利用方法は、超遅延剤および流動化剤を添加したコンクリート(以下、前処理コンクリートと呼ぶ)をウェットスクリーニングして、得られたモルタル(以下、再生モルタルと呼ぶ)を翌日以降のポンプ圧送用先送りモルタルとして適用するものである。戻りコンクリートを実際に適用する場合には、戻りコンクリートの使用材料の違いや生コン工場へ返却されるまでの時間を想定する必要がある。そこで、本報告は、戻りコンクリートの諸要因が再生モルタルの品質に及ぼす影響について検討を行ったものである。

ここでは、①使用材料の異なる戻りコンクリートから得られたモルタルの品質、②練混ぜからの経過時間の異なる戻りコンクリートから得られたモルタルの品質および③コンクリートに任意の割合で再生モルタルを混合させた場合などの戻りコンクリートの諸要因が再生モルタルの品質に及ぼす影響について調べた。

2. 再生モルタルの要求品質

再生モルタルの要求品質を表-1に示す。要求品質の項目は、流動性、凝結遅延性および調合構成であり、既報¹⁾において定めたものとした。

3. 実験概要

実験概要を表-2に、実験フローを図-1に

表-1 再生モルタルの要求品質

要求項目	要求品質
流動性	再生モルタル製造から24時間後におけるモルタルフロー: 150mm以上 ^{*1}
凝結遅延性	水和発熱開始時間: 48時間以上 ^{*2}
配合構成	ウェットスクリーニング後におけるモルタル中の砂セメント比(S/C): 2~4

*1 JIS A 1173に準拠した試験結果

*2 簡易水和発熱温度測定装置による測定結果

*1 株式会社内山アドバンス 中央技術研究所 コンクリート製品研究室 (正会員)

*2 株式会社内山アドバンス 中央技術研究所 所長 (正会員)

*3 山宗化学株式会社 技術部 次長 (正会員)

*4 ものつくり大学 講師 技能工芸学部 建設技能工芸学科 博士(工学) (正会員)

表-2 実験概要

項目	概要	内容
(1) 戻りコンクリートの使用材料の影響	セメント(普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種)および化学混和剤(AE減水剤、高性能AE減水剤)の異なる戻りコンクリートから得られた再生モルタルを混合したものの品質について調べた	<ul style="list-style-type: none"> 普通ポルトランドセメントを用いたコンクリート(24-18-20N)から得られた再生モルタルと高炉セメントを用いたコンクリート(24-18-20BB)から得られた再生モルタルを容積比で50%混合し、容器内にて均一になるまで切返しを行った AE減水剤を用いたコンクリート(24-18-20N)から得られた再生モルタルと高性能AE減水剤を用いたコンクリート(36-18-20N)から得られたモルタルを容積比で50%混合し、容器内にて均一になるまで切返しを行った
(2) 戻りコンクリートの経過時間の影響	練混ぜからの経過時間が1,2および3時間の戻りコンクリートから得られた再生モルタルの品質について調べた	<ul style="list-style-type: none"> 超遅延剤および流動化剤の添加時期は、コンクリート(24-18-20N)の練混ぜから1,2および3時間後とし、コンクリートに添加した超遅延剤量は以下の通りとした 経過時間3時間は、再生モルタル5mmのみ行った ①経過時間1時間 (2.0, 3.0, 4.0kg/m³) ②経過時間2時間 (3.0, 4.0, 5.0kg/m³) ③経過時間3時間 (6.0, 7.0, 8.0kg/m³)
(3) コンクリートと再生モルタルを混合した試料の影響	コンクリートに任意の割合で再生モルタルを混合させた場合の影響について調べた	<ul style="list-style-type: none"> 再生モルタルをコンクリート(24-18-20N)に対して容積比で5,10および20%混合し、容器内にて均一になるまで切返しを行った 再生モルタルは、24-18-20Nのコンクリートから得られたものとした

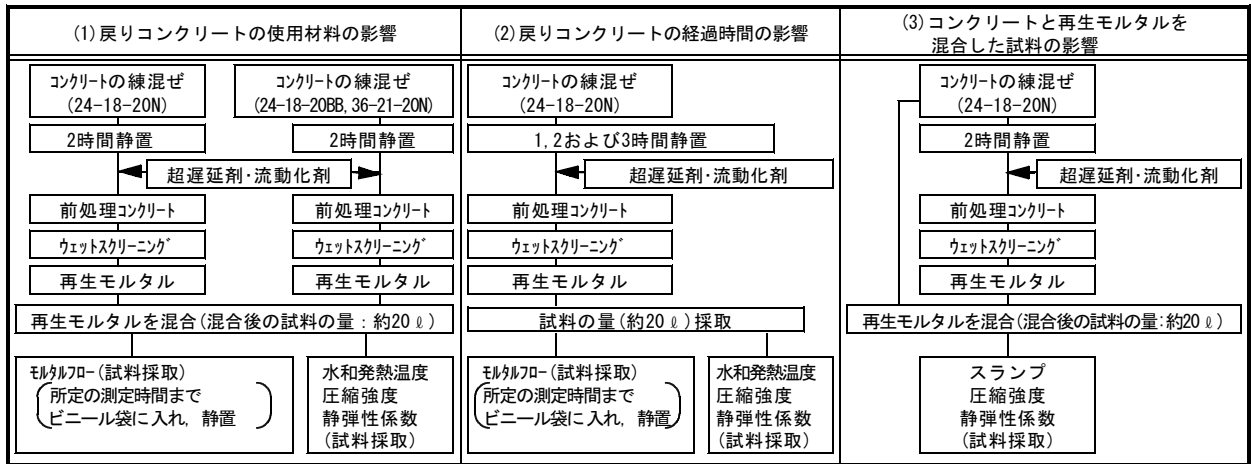


図-1 実験フロー

表-3 使用材料

材料	種類および物性
セメント	普通ポルトランドセメント (密度3.16g/cm ³)
	高炉セメントB種 (密度3.04g/cm ³)
細骨材	君津産山砂 (表乾密度2.61g/cm ³)
粗骨材	鳥形山産碎石 (表乾密度2.71g/cm ³)
化学混和剤	AE減水剤 : リガノール酸塩系
	高性能AE減水剤 : ポリカルボン酸塩系
	流動化剤 : ホリアルキルアルキル酸系特殊界面活性剤
	超遅延剤 : オキシカルボン酸系化合物

表-4 コンクリートの調査

種類 (化学混和剤)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
			水	セメント	細骨材	粗骨材
24-18-20N (AE減水剤)	57.5	45.5	174	303	814	1011
24-18-20BB (AE減水剤)	57.5	45.5	174	303	812	1011
36-21-20N (高性能AE減水剤)	43.5	43.8	177	407	744	990

示す。本実験は、3つの項目に大別して行った。ウェットスクリーニングには、5mm および10mm ふるいを用いた(以下、5mm ふるいを用いて得られた再生モルタルを再生モルタル5mm、10mm ふるいを用いて得られた再生モルタルを再生モルタル10mm と呼ぶ)。

3.1 実験項目

(1) 戻りコンクリートの使用材料の影響

ここでは、生コン工場において、再生モルタルを貯蔵するための方法および設備を考慮すると、使用材料(セメントおよび化学混和剤)の異なる戻りコンクリートから得られた再生モルタルを混合しなければならないため、各種再生モ

ルタルを混合したものの品質について調べた。再生モルタルを製造するための超遅延剤量は、4.0kg/m³とした。

(2) 戻りコンクリートの経過時間の影響

ここでは、生コン工場へ返却されるまでの時間が異なる戻りコンクリートから再生モルタルを製造することを想定して、コンクリートの練混ぜからの経過時間の違いが再生モルタルの品質に及ぼす影響について検討した。JIS A 5308では、コンクリートの練混ぜから荷卸しまでの時間は、最長1.5時間である。本実験で設定した経過時間は、生コン工場へ返却されるまでの最長時間を考慮し、3時間までとした。各試験は20±2℃の条件下で行った。

(3) コンクリートと再生モルタルを混合した試料の影響

ここでは、再生モルタルが、圧送するコンクリートと混合して型枠内に打ち込まれることを想定して、コンクリートに対して任意の割合で再生モルタルと混合したものの品質について調べた。再生モルタルを製造するための超遅延剤量は、 5.0kg/m^3 とした。

3.2 使用材料およびコンクリートの調合

使用材料を表-3に、コンクリートの調合を表-4に示す。前処理コンクリートは、設定した時間まで静置させた各々のコンクリートに対して流動化剤を添加し、スランプが23cm(目標スランプフローとして50cm)となるように製造した。

3.3 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表-5に示す。モルタルフローは、JIS A 1171「ポリマーセメントモルタルの試験方法」に準拠して測定し、測定時間は、再生モルタル製造直後、24時間後、48時間後および72時間後とした。凝結遅延性は、簡易水和発熱温度測定装置²⁾を用いて一定時間毎に発熱温度を測定し、その発熱曲線から温度上昇の開始時間(以下、水和発熱開始時間と呼ぶ)を求めた。圧縮強度試験および静弾性係数試験は、材齢28日に行った。

4. 実験結果および考察

4.1 戻りコンクリートの使用材料の影響

(1) 再生モルタルの流動性および凝結遅延性
モルタルフローの試験結果を図-2に示す。

24-18-20N および24-18-20BB から得られた再生モルタルを混合したときのモルタルフローは、再生モルタル製造から24時間以降において、混合前のモルタルフローの平均値に近くなる傾向を示した。また、混合後の水和発熱開始時間は、混合前の水和発熱開始時間の平均値に近くなる傾向を示し、モルタルフローの結果と同様であった。混合後の再生モルタルの流動性および凝結遅延性は、要求品質を満足する結果となった。

AE減水剤を用いた24-18-20N と高性能 AE減

表-5 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
スランプ	JIS A 1101
スランプフロー	JASS 5T-503
モルタルフロー	JIS A 1171
空気量	JIS A 1128
凝結遅延性	簡易水和発熱測定装置による
圧縮強度	JIS A 1108
静弾性係数	JIS A 1149

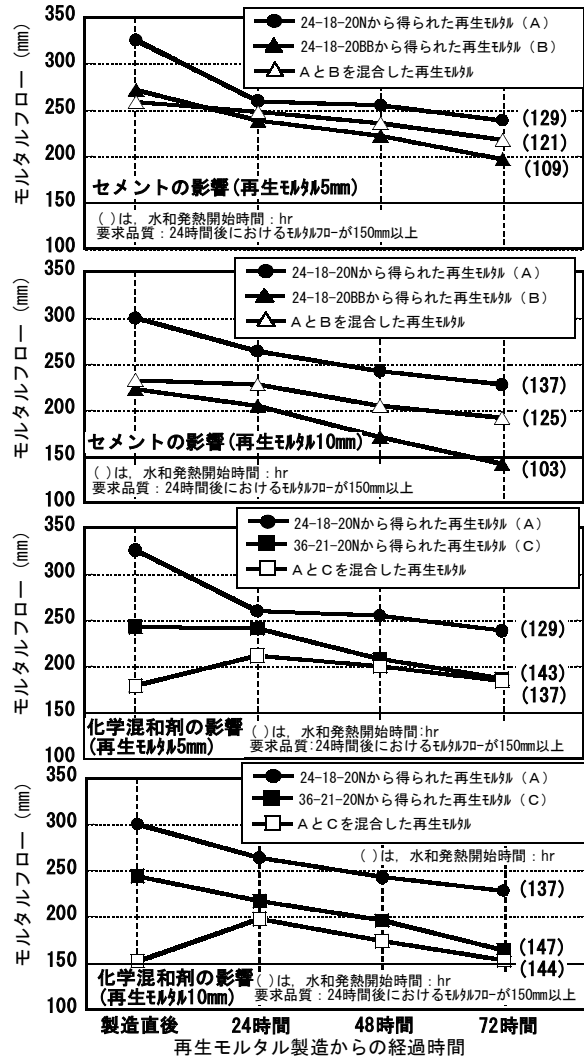


図-2 モルタルフロー試験結果

水剤を用いた36-21-20N を混合したモルタルフローは、混合直後において、切り返しにともなって再生モルタルが凝集し、流動性が低下する傾向がみられた。混合後の水和発熱開始時間は、36-21-20N から得られた再生モルタルとほぼ同程度であった。混合後の再生モルタルの流動性および凝結遅延性は、要求品質を満足する結果となった。しかし、高性能 AE 減水剤は、主成分の異なる混和剤を混合すると、スランプの低下およびこわばりが生じる恐れがあり³⁾、異種

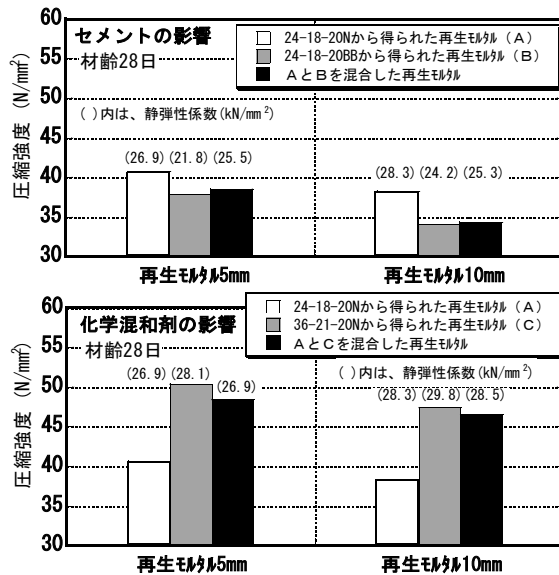


図-3 再生モルタルの圧縮強度および静弾性係数

化学混和剤を用いた再生モルタルを混合する場合には、予めその相性の検討が必要である。

(2) 圧縮強度および静弾性係数

再生モルタルの圧縮強度および静弾性係数を図-3に示す。セメントの種類が異なるコンクリートから得られた再生モルタルを混合した試料の圧縮強度は、24-18-20BB から得られた再生モルタルの圧縮強度と同程度であった。化学混和剤の種類が異なるコンクリートから得られた再生モルタルを混合した試料の圧縮強度は、36-21-20N から得られた再生モルタルの圧縮強度より若干小さくなる結果となった。混合後における再生モルタル5mm および10mm の静弾性係数は、混合前の静弾性係数の小さい再生モルタルの影響が若干みられた。ふるい目が異なる場合、再生モルタルの静弾性係数は、再生モルタル5mm に比べて、骨材の粒径が大きい再生モルタル10mm の方が幾分大きい結果となった。混合後における圧縮強度および静弾性係数は、特に大きく変化する傾向はないことから、セメントまたは化学混和剤の種類による影響は、小さいものと考えられる。

以上のことから、セメントの種類(普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種)および化学混和剤の種類(AE減水剤、高性能AE減水剤)の異なる戻りコンクリートから得られた再生モル

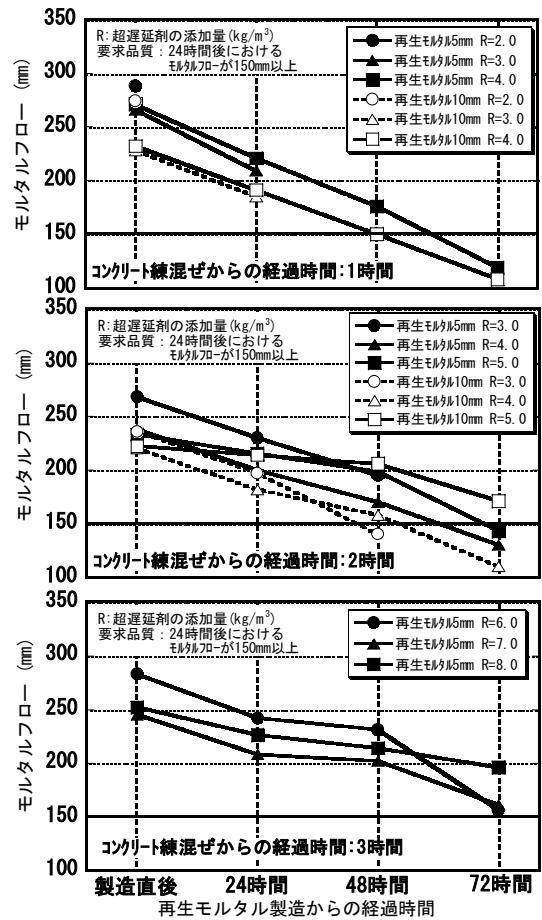


図-4 モルタルフロー試験結果

タルを混合したものは、予め両モルタルの相性を確認することにより、流動性、凝結遅延性、圧縮強度および静弾性係数に問題なく、ポンプ圧送用先送りモルタルとして適用可能であると考えられる。

4.2 戻りコンクリートの経過時間の影響

(1) 再生モルタルの流動性および凝結遅延性

モルタルフロー試験結果を図-4に示す。練混ぜから1時間経過したコンクリートに対して、超遅延剤量を2kg/m³添加した再生モルタル5mm および10mm は、再生モルタルの製造から24時間後に凝結が進み、モルタルフローを測定できない状態となった。その他の再生モルタルは、24時間後におけるモルタルフローが150mm 以上であり、流動性の要求品質を満足していた。また、72時間後において流動性の要求品質を満足していた試料は、練混ぜから2時間経過したコンクリートに対し超遅延剤を5.0kg/m³添加した再生モルタル10mm、練混ぜから3時間経過

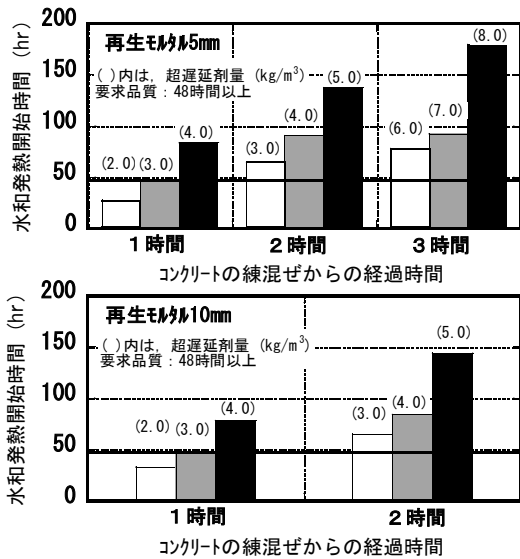


図-5 水和発熱開始時間

したコンクリートに対し超遅延剤を6.0, 7.0および8.0kg/m³添加した再生モルタル5mmであった。

水和発熱開始時間を図-5に示す。練混ぜから1時間経過したコンクリートに対し超遅延剤を2.0kg/m³添加した場合の水和発熱開始時間は、再生モルタルの要求品質を満足できなかった。水和発熱開始時間は、再生モルタル5mmおよび10mmともに、コンクリートの練混ぜからの経過時間が長くなるほど、超遅延剤量の増加にともなって、長く(凝結遅延性が大きく)なる傾向であった。特に、3時間経過したコンクリートに対して、超遅延剤量を8kg/m³添加した場合にその傾向は顕著となり、これらの凝結遅延性の大小が、再生モルタルの製造からの経過時間と流動性の変化の傾向に影響を及ぼしたものと考えられる。

(2) 圧縮強度

練混ぜからの経過時間の異なるコンクリートから得られた再生モルタルの圧縮強度を図-6に示す。圧縮強度は、練混ぜからの経過時間が同じであれば、本実験で添加した超遅延剤量の範囲で同程度となった。コンクリートの練混ぜから1時間経過した再生モルタルの圧縮強度は、2時間経過した再生モルタルの圧縮強度と同程度であった。練混ぜから3時間経過したコンクリートから得られた再生モルタルの圧縮強度は、

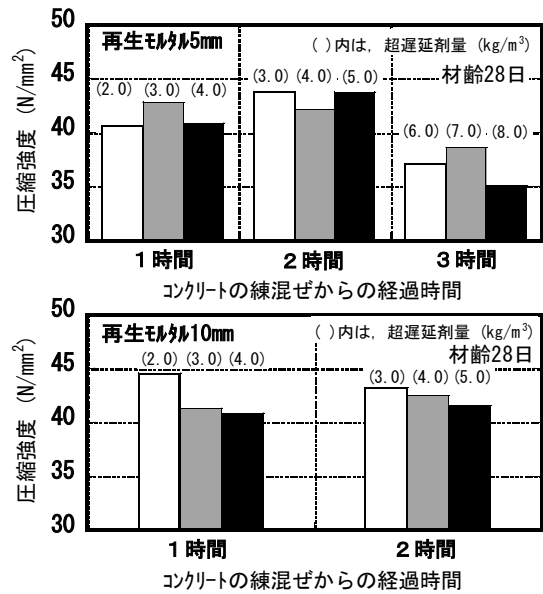


図-6 再生モルタルの圧縮強度

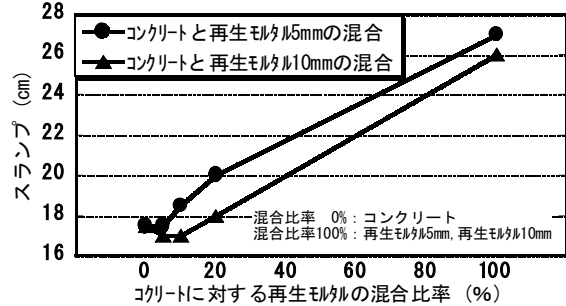


図-7 再生モルタルの混合比率とスランプの関係

他の再生モルタルより若干低い結果となり、既往の文献⁴⁾と同傾向であった。これは、超遅延剤量が他の再生モルタルと比較して多いため、凝結遅延が影響したと思われる。

以上のことから、コンクリートの練混ぜからの経過時間が3時間以内であれば、超遅延剤量を調節することにより、再生モルタルの製造が可能であると考えられる。

4.3 コンクリートと再生モルタルを混合した試料の影響

(1) フレッシュ性状

再生モルタルの混合比率とスランプの関係を図-7に示す。コンクリートと再生モルタル5mmを混合したものは、スランプが大きい再生モルタルの影響を受けて、コンクリートに対する再生モルタルの混合比率が増大するほど、スランプが大きくなる傾向となった。再生モルタルの混合比率が20%のスランプは、スランプ18cmの許容差の上限値に近い値となった。しかし、コン

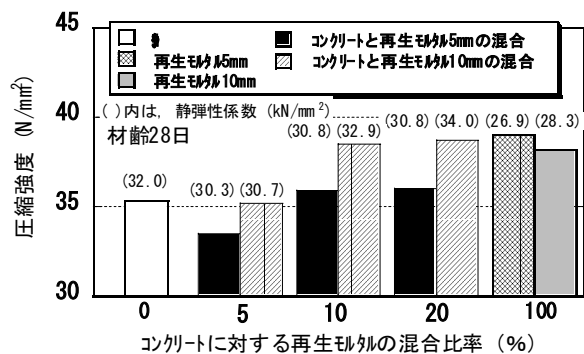


図-8 再生モルタルの圧縮強度および静弾性係数

クリートと再生モルタル10mmを混合したものは、スランブが大きくなる傾向が若干みられたが、大きな変化ではなかった。これより、コンクリートに対する再生モルタルの混合比率が20%までの範囲であれば、再生モルタルの影響は小さいと考えられる。

(2) 圧縮強度および静弾性係数

再生モルタルの圧縮強度および静弾性係数試験結果を図-8に示す。コンクリートに再生モルタルを混合した圧縮強度は、コンクリートに対する再生モルタルの混合比率の増大ともなっており、大きくなる傾向を示した。これは、再生モルタル自体の圧縮強度性状の影響と考えられる。静弾性係数は、再生モルタル10mmを混合したときに若干大きい結果となった。尚、再生モルタル5mmを5%混合した場合には、コンクリートに対して若干低下する結果となったが、これはばらつきの範囲と思われる。

以上のことより、24-18-20Nから得られた再生モルタルをポンプ圧送用先送り材として適用し、圧送するコンクリートが24-18-20Nの場合、コンクリートに対する再生モルタルの混合比率が20%までであれば、圧縮強度および静弾性係数に大きな影響はなく、型枠に打ち込まれてもほとんど問題はないと考えられる。

5. まとめ

戻りコンクリートの諸要因が再生モルタルの品質に及ぼす影響を明らかにするために行った実験の結果から、次のことがいえる。

(1)セメント(普通ポルトランドセメント, 高炉

セメントB種)および化学混和剤(AE減水剤, 高性能AE減水剤)の異なる戻りコンクリートから得られた再生モルタルを混合したものは、流動性, 凝結遅延性における要求品質を満足し, 硬化性状に問題なかったことから, 先送りモルタルとして適用可能である。

(2)コンクリートの練混ぜからの経過時間が3時間以内であれば, 超遅延剤量の調節により, 再生モルタルの製造が可能であると考えられる。

(3)24-18-20Nから得られた再生モルタルを先送り材として適用し, 圧送するコンクリートが24-18-20Nの場合, コンクリートに対する再生モルタルの混合比率が20%までであれば, 圧縮強度および静弾性係数に大きな影響はなく, 型枠に打ち込まれてもほとんど問題はない。

戻りコンクリートを先送りモルタルとして再利用することは, リサイクルの観点から非常に有効な手段の一つといえる。しかし, 戻りコンクリートの品質変動により再生モルタルの品質が変動することは避けられず, 今後はこれらに配慮した検討を行う必要があると思われる。

本研究は, 「エコモルタル研究会」において行われたものであり, 次の委員で構成されている。

毛見虎雄(主査), 奈良禧徳, 飯生昌之(事務局:内山アドバンス中央技術研究所), 中田善久(ものづくり大学), 太田要一(西松建設), 永井香織(大成建設), 池田求(内山アドバンス千葉工場), 女屋英明(内山城南コンクリート工業), 高野肇(山宗化学), 川野辺正徳(内山コンクリート工業), 榎本精一(オブザーバー委員:全国コンクリート圧送事業団体連合会)。

参考文献

- 1)高野肇, 中田善久, 奈良禧徳, 毛見虎雄; 「戻りコンクリートのポンプ圧送用モルタルへの再利用方法の提案と化学混和剤が及ぼす影響に関する基礎的研究」, コンクリート工学論文集, Vol. 11, No. 3, pp. 19-28, 2000. 9
- 2)高野肇, 中田善久, 奈良禧徳, 毛見虎雄; 「戻りコンクリートの配合およびセメントの種類がウェットスクリーニングしたポンプ圧送用モルタルの品質に及ぼす影響」, コンクリート工学論文集, Vol. 12, No. 1, pp. 23-31, 2001. 1
- 3)村田敦盛; 「高性能 AE 減水剤コンクリートの標準化について」, 月刊生コンクリート, Vol. 16, No. 4, pp23-30, 1997. 4
- 4)田麦典房; 「エンサイクロペディア遅延と促進」, セメント・コンクリート, No. 577, pp46-48, 1995. 3