

再生モルタルの製造方法および硬化性状に関する検討

(株)内山アドバンス
ものづくり大学
元足利工大

女屋 英明
中田 善久
毛見 虎雄

(株)和田砂利商会 和田 美佐雄 小宮 政光
高橋 俊夫 湯本 哲也
山宗化学(株) 高野 肇 緑川 雅之

1. はじめに

建設現場において発生する残りコンクリートおよび戻りコンクリート(本研究では総称していずれも戻りコンとする)の大半は、レディ-ミクストコンクリート工場において処理されている。しかし、廃棄物の発生抑制および資源の有効利用の観点からは、これを利用することが望ましい。

筆者らは、戻りコンに超遅延剤および流動化剤を添加したコンクリート(以下、前処理コンと称する)をウェットスクリーニングして得られたモルタル(以下、再生モルタルと称する)を翌日以降のポンプ圧送用先送り材に実用化する研究を行い、再生モルタルは先送りモルタルに使用できる品質を満足している¹⁾ことおよび静置ならびにかくはんしながら貯蔵した前処理コンは、いずれの貯蔵方法を用いても翌日の再生モルタルを製造するために必要なフレッシュ性状を確保できることなどを確認している。しかし、再生モルタルを製造した後に静置状態で貯蔵した場合の翌日における再生モルタルのフレッシュ性状については不明な点が多い。

そこで、本報告は、再生モルタルの貯蔵方法の妥当性を確認するために、貯蔵前に製造した再生モルタルを静置状態で貯蔵し、翌日における再生モルタルの品質を調べたものである。また、実際に再生モルタルが型枠内に打込まれたときの性状を把握するために、再生モルタルを敷き均した上にコンクリートを打込んだ模擬試験体を作製し、その硬化性状を調べるとともに模擬試験体から採取したコア供試体の品質についても検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本実験に使用した材料を表1に示す。

2.2 コンクリートの調合

再生モルタルの製造および模擬試験体に打込むために用いたコンクリートの調合を表2に示す。

表1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント(密度3.16g/cm ³)
練混ぜ水	横浜市上水道水
細骨材	S1 粗目砂(福建省産川砂(表乾密度2.60g/cm ³)) S2 細目砂(君津産山砂(表乾密度2.60g/cm ³))
粗骨材	G1 秩父産石灰砕石(表乾密度2.70g/cm ³) G2 大里産硬質砂岩砕石(表乾密度2.68g/cm ³)
化学混和剤	AE減水剤: リグニン系 超遅延剤: オキシカルボン酸系 流動化剤: ポリアルキルアリルスルホン酸系

表2 コンクリートの調合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
		セメント	水	細骨材		粗骨材	
				S1	S2	G1	G2
52.0	45.6	338	176	438	358	495	490

表3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
スランプ・スランプフロー	JIS A 1101・JIS A 1150
モルタルフロー	JIS R 5201(フロー試験)
空気量	JIS A 1128
コンクリート・モルタル温度	棒状アルコール温度計
圧縮強度	JIS A 1108
静弾性係数	JIS A 1149(コンプレッソメータ)

す。なお、AE減水剤はセメントに対し0.25Wt.%を使用した。

2.3 試験項目および試験方法

コンクリート(練混ぜ直後、2時間後、前処理コン)ならびに再生モルタルの試験項目および試験方法を表3に示す。

2.4 実験手順

実験の手順を表4に示す。実機プラントにて練り混ぜたコンクリートの品質が目標範囲内(スランプ18.0±1.5cm, 空気量4.5±1.0%)にあることを確認した後、トラックアジテータにて2時間かくはんした。この製造から2時間経過したコンクリートを戻りコンと想定して再生モルタルを製造し、ホッパに静置した状態で貯蔵した。貯蔵から18時間経過した再生モルタルを再度トラックアジテータに積込み高速かくはんし、型枠内に所定の厚さに敷き均した上からコ

表4 実験手順

時間の経過	実験の流れ	品質確認（試験項目）
0 h r	実機による練混ぜおよびミキサ車への積込み	スランブ(18.0±1.5)・スランブフロー 空気量(4.5±1.0)・試料温度・供試体採取
2 h r	2時間アジテート（戻りコンと想定） 超遅延剤7kg/m ³ ・流動化剤1kg/m ³ 添加（前処理コン製造） ウェットスクリーニング（再生モルタル製造：10mmふるい） 再生モルタル（ホッパに静置状態で貯蔵）	スランブ・空気量・試料温度 スランブ・スランブフロー・空気量 試料温度・供試体採取 モルタルフロー・供試体採取
2 0 h r	トラックアジテータに積込み高速攪拌	モルタルフロー 供試体採取
打ち込み	模擬試験体型枠に敷き均し（100mm・300mm）後、コンクリート打ち込み	
打ち込み後 2 4 h r	脱型・硬化性状確認 外気中に静置	目視・触感
打ち込み後 2 6 日	コア供試体採取 48時間標準水中で養生	
打ち込み後 2 8 日	試験	見掛け密度・圧縮強度・静弾性係数試験

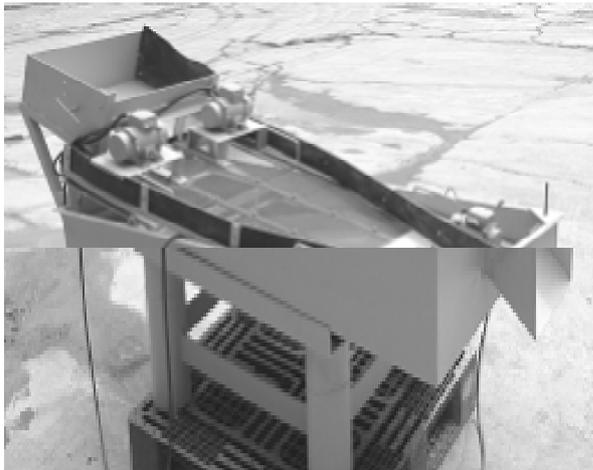


写真1 ウェットスクリーニング装置

ンクリートを打ち込み、模擬試験体を製作した。模擬試験体は、打ち込みから24時間後に脱型して硬化状態を確認した。また、材齢28日にコア供試体を採取し、コア供試体の見掛け密度、圧縮強度および静弾性係数を調べた。

2.5 ウェットスクリーニング装置

再生モルタルの製造に用いたウェットスクリーニング装置を写真1に示す。この装置は、バイブレータの振動により前処理コンを傾斜した呼び寸法10mmのふるい上で流下させ、再生モルタルと粗骨材とに分離させるものである。ふるいの下側にはモルタルを回収するために逆方向の傾斜を設けたシュートが設置されており、写真右側から粗骨材を、左側から再生モルタルを

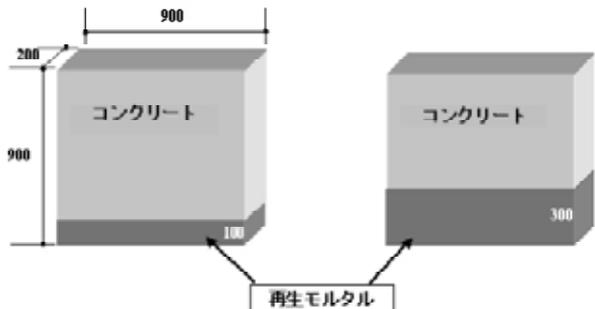


図1 模擬試験体

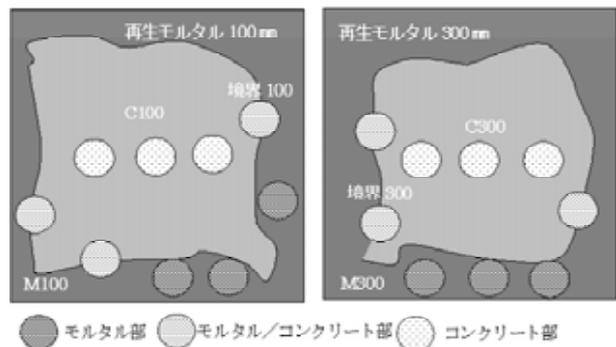


図2 コア供試体採取位置

回収する構造となっている。

2.6 模擬試験体(モデル型枠)の概要

壁部材を想定した模擬試験体の概要を図1に示す。模擬試験体の形状は、b200mm x d900mm x h900mmとなっており、型枠の底面からの高さを100mmと300mmに変えて再生モルタルを敷き均した上に、再生モルタルの原料と同様な調合のコンクリートを型枠上端まで打ち込んだ。

表5 コンクリートおよび再生モルタルの品質

試験対象	試験項目	スランブ (cm)	スランブ フロー (cm)	モルタル フロー (mm)	空気量 (%)	試料の 温度 (°)	材齢28日 圧縮強度 (N/mm ²)
コンクリート(練混ぜ直後)		19.0	31.5 × 30.5		5.0	26.5	
コンクリート(2時間後、戻りコンと想定)		13.0			4.7	26.5	
前処理コン		23.5	46.0 × 45.5		3.9	26.5	30.8
再生モルタル				262 × 261			36.0
再生モルタル(20時間後に高速かくはん後)				228 × 228			34.2
上層に打ち込んだコンクリート(標準養生)		18.0	31.0 × 31.0		5.6	23.0	28.9

2.7 コア供試体の採取位置および試験材齢

コア供試体の採取位置を図2に示す。コア供試体の採取位置は、目視観察による色および肌の違いから、模擬試験体表面をコンクリート部分(模擬試験体の中央部分)、再生モルタル部分(主に模擬試験体の下部)およびコンクリートと再生モルタルの境界部分(境界線が観察された部分)に区分し、各部分からそれぞれ3本ずつのコア供試体を採取した。ここでは、コア供試体の名称を再生モルタルの敷き均し厚さごとに、コンクリート部分はC100およびC300、再生モルタル部分はM100およびM300、コンクリートと再生モルタルの境界部分は境界100および境界300としている。

なお、見掛け密度、圧縮強度および静弾性係数の各試験は、脱型後、外気中に静置した模擬試験体から採取したコア供試体について、材齢28日において行った。

3. 実験結果および考察

3.1 コンクリートおよび静置貯蔵した再生モルタルの品質

コンクリートおよび再生モルタルの品質を表5に示す。練混ぜ直後のコンクリートの品質は、スランブ、空気量ともに目標範囲内であった。ホップ内に18時間静置状態で貯蔵した再生モルタルは、表層部分からブリディング水、セメントペスト、骨材部分にやや分離しているように観察されたが、十分な流動性を有しており、ハンドミキサを用いた簡単なかくはんによってトラックアジテータへの積み込みが可能であった。トラックアジテータにて約30秒間高速かくはんした再生モルタルは、モルタルフローが製造時に比べ若干低下していたが、模擬試験体へ支障なく打ち込むことができた。また、標準養生した供試体の圧縮強度は、製造直後に採取したものおよび18時間経過後に採取したもののいずれも超遅延剤および流動化剤を添加した前処理コンに比べて再生モルタルの方が高く、以前の研究における実験結果と同様の傾向を示した。これは、再生モルタルにおいてはブリデ

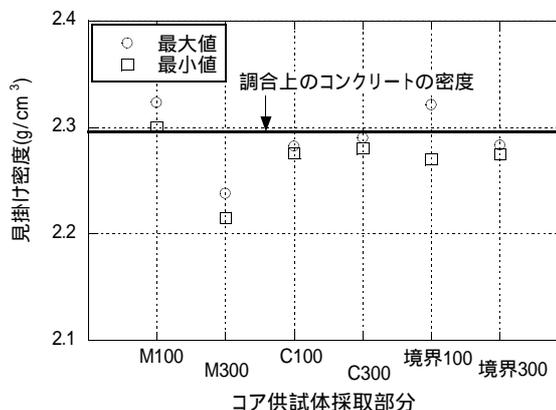


図3 上層に打ち込んだコンクリートの調査上の密度とコア供試体の見掛け密度の関係

ィングを要因とする骨材下部の空隙がコンクリートと比較して小さいこと、超遅延剤や流動化剤などの化学混和剤によりセメントの分散性が良くなったことなどが原因と考えられる。

3.2 脱型時の模擬試験体の状態

再生モルタルの敷き均し厚さ100mmの模擬試験体および敷き均し厚さ300mmの模擬試験体(以下、模擬試験体100および模擬試験体300と称する)について、打込み終了から24時間経過後に脱型した模擬試験体における表面(型枠接触面)の状態を観察したところ、敷き均した再生モルタルが壁面の周囲に押し広げられコンクリート部分を囲むように分布している状況が目視により容易に観察できた。また、コンクリート部分および再生モルタル部分ともに通常の脱型には支障ない程度に硬化していた。

なお、通常の施工において、100mm~300mmの厚さに敷き均したモルタル層の上にコンクリートを打ち込むことは現実的には考えられないが、再生モルタルがポンプ圧送用先送りモルタルとして型枠内に打ち込まれたとしても、本実験時と同程度の環境温度であれば24時間経過後には十分な硬化性状を有しており、実際の現場でのコンクリート工事にも十分適用できる可能性が高いと考えられる。

3.3 コア供試体の試験結果

(1) 見掛け密度

上層に打ち込んだコンクリートの調査上の密

度と模擬試験体から採取したコア供試体の見掛け密度の関係を図3に示す。M300から採取したコア供試体の見掛け密度が小さいことから、模擬試験体300における再生モルタル部分へのコンクリートの混入量は小さかったと思われる。また、境界100では最大値と最小値の差が大きく、模擬試験体の表面における目視観察ではこの部分が再生モルタルとコンクリートの境界部分と思われたが、表層部と内部では混入割合が異なっていたと考えられる。

(2) 圧縮強度

上層部に打込んだコンクリートの試料から採取した供試体とコア供試体の圧縮強度の関係を図4に示す。コア供試体の圧縮強度の最高値はいずれも上層部に打込んだコンクリートの圧縮強度をやや上回っており、圧縮強度の最低値は境界100および境界300を除きコンクリートの圧縮強度とほぼ同等であったが、境界100および境界300における最低値は大幅に小さかった。これは、コア供試体の採取箇所が模擬試験体の比較的端部分であり早期に乾燥したことで、脱型後に水分の供給がなくセメントの水和が十分でなかったことなどが影響している可能性がある。さらに、この部分では、モルタルとコンクリートの界面が多く存在していると考えられることから、コア供試体の側面で目視による確認はできなかったが、十分に一体化していない部分が存在する可能性も皆無ではない。また、同様の原因により、再生モルタルにおいて模擬試験体への打込み前に採取した供試体に比べコア供試体の圧縮強度が全般的に低かったと考えられる。

(3) 静弾性係数

コンクリート部分における静弾性係数の平均値とコア供試体の静弾性係数の関係を図5に示す。M100、M300および境界100において最高値と最低値の間の差がやや大きかったが、他のコア供試体は最高値と最低値の差は小さかった。また、静弾性係数には、見かけ密度および圧縮強度との間に明確な関係は認められなかった。

4. まとめ

再生モルタルの性状について実験的検討を行った結果、次の知見を得た。

再生モルタルは、約18時間の静置貯蔵後にも流動性を有しており、トラックアジテータへの積込みが可能であった。

分離気味の再生モルタルは、トラックアジテータで高速かくはんすることにより、ほぼ製

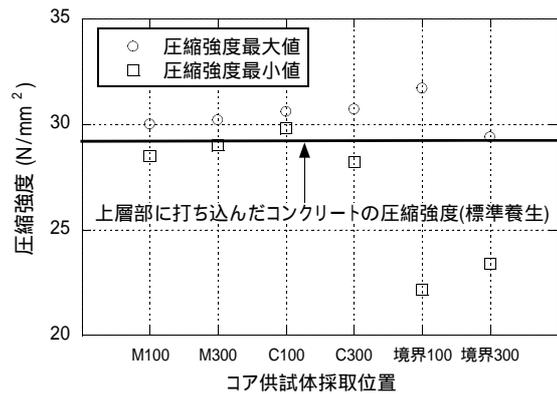


図4 上層に打込んだコンクリートの圧縮強度とコア供試体の圧縮強度の関係

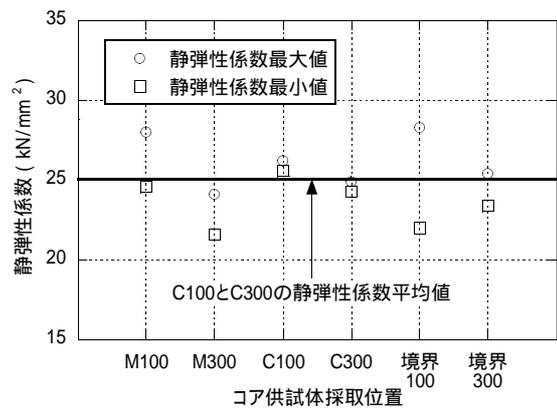


図5 コンクリート部分の静弾性係数(C100とC300の平均値)とコア供試体の静弾性係数の関係

造時の状態に戻すことが可能であった。

再生モルタルが型枠内に打ち込まれコンクリートに混入した場合にも、24時間後に脱型が可能なる程度に硬化していた。

模擬試験体の表面における目視観察で再生モルタルとコンクリートの境界面と思われた箇所では、表層部と内部のコンクリートの混入割合が異なっていたと思われる。

敷き均した再生モルタルの厚さならびに採取部分にかかわらず、コア供試体の圧縮強度の最大値は、いずれも打ち込んだコンクリートから採取した供試体の圧縮強度と同程度であった。

【参考文献】

- 1) 女屋英明他; 「戻りコンクリートを再利用したポンプ圧送用先送りモルタルの実用化に関する研究」, 日本大学生産工学部第38回学術講演会, pp.81 - 84, 2005

【謝辞】

本実験を行うにあたって日本大学大学院生大塚秀三氏ならびに日本大学理工学部佐藤好文君に多大なご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。