

低炭素型無収縮モルタルの品質性能に関する実験的検討

太平洋マテリアル（株） 正会員 ○柴垣 昌範
太平洋マテリアル（株） 正会員 川崎 泰平

1. はじめに

近年、地球温暖化対策として環境負荷を低減した取り組みが積極的に行われている。コンクリート分野においても高炉スラグ微粉末など産業副産物を利用した低炭素型コンクリートの技術が活発に検討されている¹⁾。一方で、コンクリートに比べ使用量が少なく、単位セメント量の多い配合設計から成る無収縮モルタルについては、あまり検討がなされていない。本検討では、従来比（一般的な無収縮モルタル、S/C=1:1）73%のCO₂を削減した無収縮プレミックスモルタルを材料開発し、各種品質性能について試験を行い、物性を評価した。

2. 実験概要

2.1 低炭素型無収縮モルタル

表－1に開発した低炭素型無収縮モルタルと従来品の無収縮モルタル（S/C=1:1）の材料設計を示す。開発品は、従来品に比べ単位セメント（C）量を約85%低減し、副産物である低カーボン材（高炉スラグ微粉末（BS）及びシリカフェューム（SF））を結合材として補填した。細骨材（S）は、粒径3mm以下の細骨材と粒径4～6mmの比較的大きい細骨材を組合せ、減水剤と微量特殊混和剤を配合することで、単位水量（W）を206kg/m³に減じても高速ハンドミキサで容易に攪拌でき、高強度発現性且つ高流動性を有する高性能な材料とした。また、膨張材（EX）をセメントの内割で混和し、寸法安定性並びに各種耐久性を向上させた材料設計とした。表－2に開発品と従来品の算出したCO₂排出量を示す。無収縮モルタルのCO₂排出量は、原材料のCO₂排出原単位を用いて配合割合より算出した。開発品は、従来比73%と大幅にCO₂を削減した環境負荷低減型の材料となっている。

2.2 評価項目及び試験方法

評価項目及び試験方法を表－3に示す。評価項目として、NEXCO 構造物施工管理要領の無収縮モルタルの品質基準項目⁵⁾及び耐久性（寸法安定性及び凍結融解抵抗性、中性化抵抗性）の評価を行った。尚、開発品は、上述を配合したモルタルであるため、流動性についてはJ14

表－1 低炭素型無収縮モルタルの主な材料設計

材料	単位量(kg/m ³)			
	B(C+EX+BS+SF)	B(C+EX)	S	W
低炭素型無収縮モルタル（開発品）	570	0	1475	206
無収縮モルタル、S/C=1:1（従来品；比較参考品）	0	957	973	388

表－2 低炭素型無収縮モルタルのCO₂排出量

材料	CO ₂ 排出量(kg/m ³)
低炭素型無収縮モルタル（開発品）	196
無収縮モルタル、S/C=1:1（従来品；比較参考品）	719

【CO₂排出原単位(kg-CO₂/t)】
C: 762.7²⁾, BS: 26.5³⁾, SF: 19.6³⁾, S: 3.5³⁾, W: 0.2⁴⁾
※SFのCO₂排出量はフライアッシュと類似と仮定しその値を使用。
※CO₂排出量が僅かな単位量3kg/m³以下の微量混和剤、従来品同等以下の単位量を混和したEXのCO₂排出量については除外した。

表－3 評価項目及び試験方法

区分	評価項目	試験方法
NEXCO 無収縮 モルタル 品質基準 項目	コンシステンシー（流動性）	JIS R 5201（引抜フローによる）
	ブリーディング	NEXCO 試験法 312
	膨張収縮率	NEXCO 試験法 312
	凝結時間	NEXCO 試験法 312
	圧縮強度	NEXCO 試験法 312
	鉄筋との付着強度	NEXCO 試験法 312
耐久性	寸法安定性	JIS A 1129-3
	中性化抵抗性	JIS A 1153
	凍結融解抵抗性	JIS A 1148

キーワード 無収縮モルタル，環境負荷低減性，低炭素型，CO₂排出量，高強度

連絡先 〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋マテリアル（株）開発研究所 TEL 043-498-3921

漏斗流下時間の代用としてテーブルフロー値を測定した。無収縮モルタルの練混ぜは、環境温度 20℃、相対湿度 80%条件下で高速ハンドミキサ（回転数 1000rpm）を用い、90 秒間攪拌してグラウトモルタルを作製した。開発品は水/材料比 10%とし、比較参考品の従来品については施工要領書に従い、水/材料比 18%でグラウトモルタルを作製した。

3. 試験結果

3. 1 NEXCO 無収縮モルタルの品質試験

開発品のテーブルフロー及びブリーディング、膨張収縮率測定結果を表-4に、凝結時間測定結果を表-5に示す。開発品の流動性指標となるフロー値(降伏値)は、212mm の高流動性が確認された。また、ブリーディングの発生もなく材料分離抵抗性にも優れていることを確認し、良好な無収縮性を示した。凝結時間は、単位セメント量が顕著に少ないにも関わらず、硬化遅延することなく従来品並みの凝結時間が確認された。表-6に強度試験結果を示す。開発品の圧縮強度は材齢 28 日で 69.1N/mm² の高強度発現性を示し、4.6N/mm² の鉄筋との付着強度が確認された。

3. 2 耐久性

図-2に寸法変化率（乾燥収縮率）測定結果を示す。材齢 91 日において 500×10⁻⁶ 以下の低収縮性が確認された。図-3に凍結融解試験結果を示す。開発品の相対動弾性係数は、300 サイクル時点で 100%を維持し、質量変化のスケール抵抗性も良好な結果を示した。表-7に促進中性化試験結果を示す。開発品の中性化深さは、材齢 13 週時点で 0mm と認められず、単位セメント量が顕著に少ないにも関わらず、優れた中性化抵抗性を示した。

4. まとめ

本検討では、従来比（無収縮モルタル(S/C=1:1)）72%の CO₂ を削減した無収縮プレミックスモルタルを材料開発し、各種品質性能について実験的に試験を行い、物性を評価した。その結果、開発品は無収縮モルタルとしての高い品質性能が確認され、地球温暖化対策の環境負荷低減材料としてコンクリート構造物との隙間や鋼構造物との間隙への充填、小規模な高流動コンクリート代替等、幅広く利用できるものと考えられる。

【参考文献】

1) 荻野正貴, 大脇英司, 白根勇二, 中村英佑: 低炭素型のコンクリートの耐久性と性能評価方法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol37, No.1, 2 版, pp.211-216, 2015

2) セメント協会: セメントの LCI データの概要 2021.4 公表

3) 土木学会: コンクリート技術シリーズ 62 コンクリートの環境負荷評価(その 2), 2004,9

4) 東京都水道局 HP

5) 構造物施工管理要領(東・中・西日本高速道路株式会社,令和 2 年 7 月): 無収縮モルタルの品質基準項目

表-4 フロー及びブリーディング試験結果

評価項目	開発品
テーブルフロー(mm)	212
ブリーディング率(%)	3hr 後 : 0.0 24hr 後 : 0.0
膨張収縮率(%)	0.23

表-5 凝結時間測定結果

凝結時間	開発品	従来品
始発 (h-m)	5-40	5-50
終結 (h-m)	6-40	6-45

表-6 強度試験結果 (材齢 28 日)

評価項目	開発品
圧縮強度 (N/mm ²)	69.1
鉄筋との付着強度 (N/mm ²)	4.6

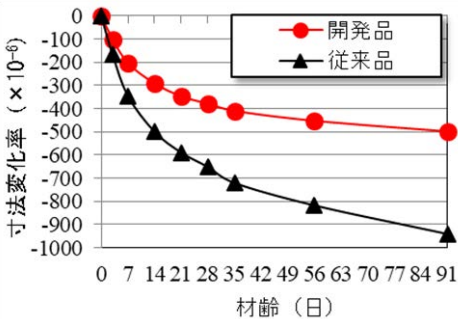


図-2 寸法変化率試験結果

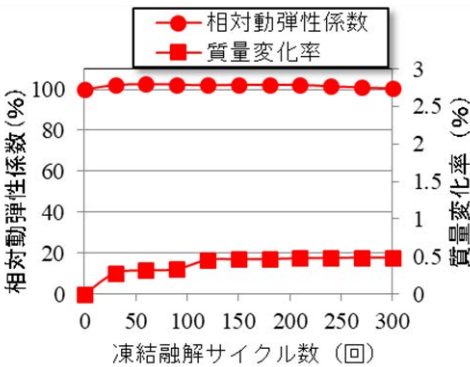


図-3 凍結融解抵抗性結果

表-7 促進中性化試験結果

評価項目	中性化深さ(mm)		
試験材齢	1W	4W	13W
開発品	0.0	0.0	0.0