

超低収縮コンクリートの実現性に関する研究

1915051 牧田 朋憲
指導教員：太田 達見

川砂・川砂利 石灰砕石 膨張材
収縮低減剤 中庸熱ポルトランドセメント 長さ変化率

1. はじめに

静岡県内は、工場や物流倉庫など平面的に大きな建物が多い。これらの建物に用いるため、スラブや壁は、部材厚さが薄く、かつ露出面が少ないため、コンクリート打ち込み後、比較的早期から乾燥しやすい条件下にあることもひび割れ発生の一因と考えられる。

本研究は、大井川産骨材による普通コンクリートに収縮低減効果が期待される中庸熱ポルトランドセメント、膨張材および4種類の収縮低減剤を添加し、その収縮低減効果を確認する実験（室内試験練り）を行い、各材料の収縮低減効果の定量化を目的とした。また、超低収縮コンクリート、すなわち、静岡県内で入手可能な材料で2022年版JASS5の低収縮等級3を超えることを目指し、津久見産石灰砕石・砕砂による普通コンクリートとの比較を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの計画調合

実験で用いた材料を表1に、コンクリートの計画調合を表2に、試験練りを行ったコンクリートの仕様と目標値を表3にそれぞれ示す。なお、対象としたコンクリートについては、静岡県内の工場や物流倉庫のスラブや壁への適用を想定し、呼び強度は27、目標スランプは18.0cmとした。

表1 使用材料の諸元

使用材料	記号	該当規格・種類・諸元
セメント	M	JIS A 5210：中庸熱ポルトランドセメント 密度3.21g/cm ³ UBE三菱セメント
	C	JIS A 5210：普通ポルトランドセメント 密度3.21g/cm ³ UBE三菱セメント
細骨材	S1	JIS A 5380附属書A：大井川産川砂 表乾密度:2.62g/cm ³ 粗粒率:2.75
	S2	JIS A 5005：津久見産石灰砕砂 表乾密度:2.70g/cm ³
粗骨材	G1	JIS A 5380附属書A：大井川産川砂利 表乾密度:2.64g/cm ³ 実積率64.0%
	G2	JIS A 5005：津久見産石灰砕石 表乾密度:2.70g/cm ³ 実積率60.0%
膨張材	EX1	JIS A 6202：太平洋ハイパーエキスパン 主成分：酸化カルシウム・石灰系
収縮低減剤	SR1	JIS A 6211：マスターライフSRA900 主成分：アルキレングリコール系誘導体
	SR2	JIS A 6211：ヤマソーDS100 主成分：グリコールエーテル系誘導体
	SR3	JIS A 6211：チヂミガード 主成分：グリコールエーテル系誘導体
	SR4	アクアガードTD-200 主成分：特殊ポリオキシアルキレングリコール
練混ぜ水	W	地下水

表2 コンクリートの計画調合

記号	単位数 (kg/m ³)													W/B* (%)	s/a (%)
	W	M	C	S1	S2	G1	G2	EX1	SR1	SR2	SR3	SR4			
SRA	171	330	-	802	-	974	-	20	6	-	-	-	-	48.9	45.3
DS	171	330	-	802	-	974	-	20	-	8	-	-	-	48.9	45.3
TG	171	330	-	802	-	974	-	20	-	-	6	-	-	48.9	45.3
TD	171	330	-	802	-	974	-	20	-	-	-	25	-	48.9	45.3
TD-L	176	340	-	-	826	-	972	20	-	-	-	25	-	48.9	46.0
N-PL	171	-	342	823	-	956	-	-	-	-	-	-	-	50.0	46.4
N-SRA	171	-	322	823	-	956	-	20	6	-	-	-	-	50.0	46.4

*B=M+EX1またはC+EX1

表3 コンクリートの仕様および目標値

項目	仕様・目標性能
呼び強度	27
スランプ	18.0+2.5cm
空気量	4.5±1.5%
材料分離抵抗性	目視で材料分離していないこと
ブリーディング量	0.3cm ³ /cm ³ 以下
凝結性状	著しい凝結の遅延がないこと
ヤング係数	JASS 5 (3.1) 式による算定値の80%以上
初期膨張量	200×10 ⁻⁶
乾燥収縮ひずみ*	乾燥開始から26週で300×10 ⁻⁶ 以下

*2022年版JASS5に基づき「低収縮等級3」を超えるを目標とした

2.2 測定項目および測定方法

本実験における測定項目および測定方法を、表4に示す。このうち、コンクリートの初期膨張量の測定は、JCI-S-009-2012:円筒型枠を用いた膨張コンクリートの拘束膨張試験方法に準拠し、膨張材を添加した3調合のコンクリートに対し、1週間継続した。

また、コンクリートの乾燥収縮率は、JIS A 1129-2:モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法-第2部:コンタクトゲージ方法に準拠し、乾燥開始から26週まで実施した。一方、コンクリートの圧縮強度は、材齢7、28、56、91日で測定し、材齢7日を除く圧縮強度試験時においてヤング係数を求めた。

表4 測定項目および測定方法

項目	方法	測定状況または供試体
スランプ	JIS A 1101	室内環境下 (練り上がり直後から30分)
空気量	JIS A 1128	
コンクリート温度	JIS A 1156	
ブリーディング量	JASS 5 T-504	室内環境下: φ150×200mm供試体
凝結性状	JIS A 1147	150×150×530 鋼製型枠
圧縮強度	JIS A 1108	標準養生: φ100×200mm供試体
ヤング係数	JIS A 1149	
初期膨張量	JCI-009-2012	膨張材を添加したコンクリート φ100×200供試体: 3本ずつ
乾燥収縮ひずみ	JIS A 1129-1	100×100×400mm供試体

3. 実験結果

3.1 フレッシュ性状

試験練りで得たコンクリートのスランプは、練上がり直後で目標値を満足し、また空気量も目標値を満足した。

3.2 ブリーディング・凝結性状

ブリーディング試験と凝結試験の結果を表5に示す。石灰石を用いた調合 (TD-L) 以外は、日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針 (案)・同解説に示される上限値の $0.3\text{cm}^3/\text{cm}^2$ を満足せず、大井川産骨材を用いたコンクリートはブリーディング量が多い傾向にあった。また、凝結性状は、中庸熱ポルトランドセメントと収縮低減剤によって遅延が認められた。

表5 ブリーディング量と凝結

項目	調合名						
	SRA	DS	TG	TD	TD-L	N-PL	N-SRA
ブリーディング量 (cm^3/cm^2)	0.63	0.52	0.51	0.37	0.18	0.45	0.55
凝結性状	始発時間 (分)	466	444	468	503	438	313
	終結時間 (分)	585	561	578	621	571	450

3.3 圧縮強度・ヤング係数

圧縮強度測定結果を図1に示す。圧縮強度は、いずれの調合も材齢28日において $34\text{N}/\text{mm}^2$ 以上で、呼び強度27を大きく上回った。また、長期材齢において、中庸熱ポルトランドセメントを用いたコンクリートの圧縮強度増進が認められた。

また、ヤング係数はいずれも JASS5 (3.1) 式による算定値の80%以上であった。

3.4 初期膨張量・乾燥収縮ひずみ

初期膨張量測定結果を図2に示す。最大膨張ひずみは、膨張材を用いたすべての調合において、本研究における目標値である 200×10^{-6} を達成した。また、TDよりもTD-Lの初期膨張量が約 70×10^{-6} 大きかった。

乾燥開始から26週までの乾燥収縮ひずみ測定結果を図3に示す。中庸熱ポルトランドセメントを用いて、膨張材と収縮低減剤 (アクアガード TD-200) を添加し、骨材に石灰碎石・砕砂を用いた TD-L のみが、本研究における目標値である 300×10^{-6} を達成した。また TD と TD-L を比較すると、石灰碎石による収縮低減率は約40%と高い収縮低減効果を有することが分かった。

4. 実験結果まとめ

本実験で得られた結果をまとめると、以下のようになる。

- ① いずれの調合もフレッシュ性状、圧縮強度およびヤング係数で目標値を満たし、膨張材および収縮低減剤による影響はほとんどなかった。
- ② 大井川産骨材を用いたコンクリートのブリーディング量は多い傾向にあった。また、中庸熱ポルトランドセメントと収縮低減剤の使用によって遅延傾向にあった。

- ③ 標準使用量において、4種類の収縮低減剤の中で最も高い収縮低減効果を示したのは、保水作用をもちコンクリート中の毛細管からの水分蒸発の抑制をすることによって収縮低減効果をもたらす収縮低減剤 (アクアガード TD-200) であった。また、本研究における最大収縮低減効果を発揮した調合は TD-L であり、乾燥収縮ひずみは材齢26週で 210×10^{-6} であった。

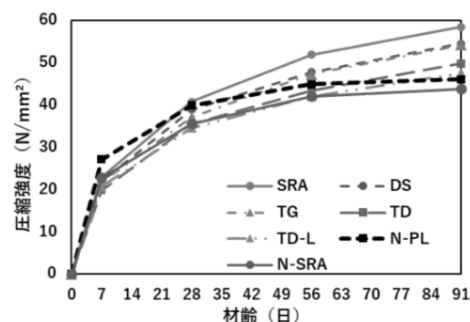


図1 圧縮強度の測定結果

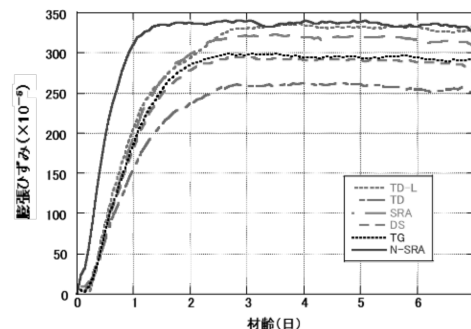


図2 初期膨張量の測定結果

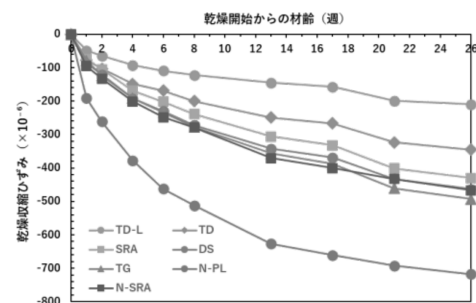


図3 乾燥開始26週までの乾燥収縮ひずみ

5. 今後の課題

- ・ 本研究で使用した津久見産石灰石は乾燥収縮ひずみを約40%低減することが分かったが、同研究室における研究で、豊橋産石灰石は約10%の低減効果を示していた。そのため石灰碎石・砕砂の産地による収縮低減効果を把握する必要がある。
- ・ 単位量の変更または混和材料の使用量の調整といった調合の見直しによって、大井川産川砂川砂利を用いたコンクリートのブリーディング量および凝結性状の改善をする必要がある。