

各種膨張材を用いたコンクリートの膨張特性に関する研究

宇都宮大学工学部 学生会員 ○小山田邦弘
宇都宮大学工学部 正会員 藤原浩己
宇都宮大学工学部 正会員 丸岡正知
株式会社デイ・シー 事業開発部 正会員 二戸信和

1. はじめに

膨張材は、乾燥収縮等の体積変化によるコンクリートのひび割れ防止や、ケミカルプレストレスの導入のために用いられている。近年、低添加型膨張材等の開発により膨張材は、従来の工場製品だけでなくマスコンクリート構造物の初期ひび割れ対策など、広く使用されるようになった。この膨張材を添加したコンクリートの膨張特性に関する研究が近年行われているが、各種膨張材を用いたコンクリートの膨張特性に関して比較検討されている例は少ない。

本研究では、各種膨張材を用いたコンクリートの膨張圧の違いに着目し、検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

本実験の使用材料を表 1、実験に使用した膨張材の化学成分を表 2 に示す。また、使用したコンクリートの配合を表 3 に示す。それぞれの膨張材の添加量はセメントに内割り添加で 30kg/m³とし(配合 1)、低添加型膨張材については 20 kg/m³とした(配合 2)。ただし、E3 については比較のため単位量 20,30 kg/m³の 2 水準で行った。なお、混和剤の添加量はスランプの目標値 18±2.0cm空気量の目標値 4.5±1.0%を満たすように調整した。

2.2 実験項目および実験方法

(1)スランプ試験：JIS A 1101 準拠した。

- (2)空気量試験：JIS A 1128 に準拠した。
- (3)圧縮強度試験：JIS A 1108 に準拠した。
- (4)静弾性係数試験 JIS A 1149 に準拠した。
- (5)膨張圧の測定

膨張圧の測定は日本コンクリート工学協会の自己収縮研究委員会報告書¹⁾に記載されている自己収縮応力測定方法に準拠して行った。図 1 に示す寸法 100×100×1500mmの鋼製型枠に、中心部 300mm長にわたってリブと節を取り除いたD32 の異形鉄筋を設置し、鉄筋の中央部にひずみゲージを貼り付け、鉄筋に発生するひずみを測定した。コンクリート打ち込み後、材齢 24 時間で供試体を脱型し全面をアルミ箔粘着テープでシールした。ただし実構造物を想定し材齢 7 日でアルミテープをはがして温度 20℃、湿度 60%の恒温恒湿室にて、乾燥状態に切り替えて測定した。得られた鉄筋のひずみより(1)式を用いて膨張圧を算出した。

$$\sigma_c = (E_s \times \varepsilon_s \times A_s) / A_c \cdots \cdots (1)$$

ここに、 σ_c ：膨張圧(N/mm²)
 E_s ：鋼材の弾性係数(N/mm²)
(=1.81×10⁵ N/mm²)
 ε_s ：鋼材のひずみ
 A_s ：鋼材の中央部断面積(mm²)
 A_c ：コンクリートの純断面積(mm²)

表 2 化学成分

	比表面積 (cm ² /g)	化学成分 (%)			
		SiO2	Al2O3	CaO	SO3
E1	4240	8.57	2.26	71.36	12.72
E2	3380	1.43	14.26	53.37	26.72
E3	4680	5.09	2.17	76.86	11.62
E4	3230	4.62	1.22	77.33	13.23
E5	3090	1.84	5.81	68.94	18.52

表 1 使用材料

材料	記号	材料名	密度(g/cm ³)
セメント	C	高炉セメントB種	3.04
細骨材	S	鬼怒川産川砂	2.61
粗骨材	G	葛生産碎石	2.70
膨張材	E1	石灰系膨張材	3.14
	E2	エトリンガイト系膨張材	2.93
	E3	石灰系膨張材	3.15
	E4	石灰系低添加型膨張材	3.19
	E5	エトリンガイト石灰複合系低添加型膨張材	3.10
混和剤	SP	AE減水剤	1.04
	AE	AE剤	1.02
水	W	水道水	1.00

表 3 使用配合

配合	SL (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
					W	C	E	S	G
1	18±2.0	4.5±1.0	55	45.4	175	288	30	797	963
2						298	20		

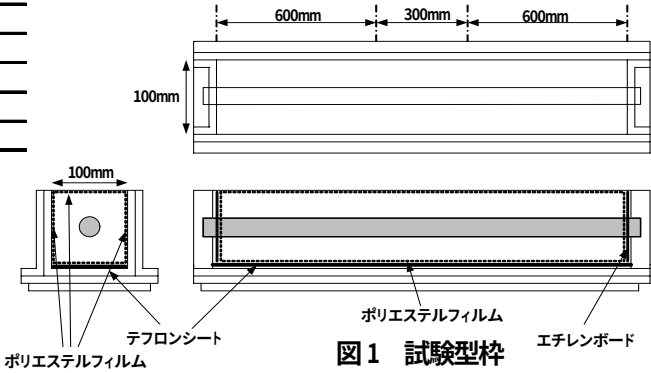


図 1 試験型枠

キーワード：石灰系膨張材 エトリンガイト系膨張材 膨張圧

連絡先：〒321－8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科材料研究室 TEL 028-689-6211

3. 結果と考察

3.1 試験結果

膨張圧以外の試験結果を表4に示す。フレッシュ性状は目標値を満足した。

3.2 膨張圧の測定

膨張材E1,E2およびE3を使用した配合1の注水後24時間の初期膨張圧測定結果を図2に、その後材齢28日までの膨張圧測定結果を図3にそれぞれ示す。膨張材E1は、注水18時間後から膨張圧が増大し始め、材齢3日まで直線的に膨張圧が増大した。膨張材E2およびE3は注水15時間後から膨張圧が増大し始め、材齢3日まで増大した。膨張圧増大割合はE2が大きかった。また、いずれの膨張材も材齢3日後から膨張圧が減少し、アルミテープをはがした材齢7日以降は膨張圧が負に転じた。膨張圧の減少は膨張材の水和反応よりも硬化体の収縮の方が大きくなったためであると考えられる。また、E3が材齢20日で再び膨張しているのは供試体の中央断面にひび割れが生じ鉄筋の拘束が緩和されたためと考えられる。E1、E3と比較してE2が急激に膨張しているのは、水和反応速度の速い Al_2O_3 の含有量が多いためであると考えられる。またE1、E3において膨張圧増大時期が異なるのは、比表面積の大きいE3は水和反応が活発に進行したためであると考えられる。

膨張材E3,E4およびE5を使用した配合2の初期膨張圧測定結果を図4に、材齢28日までの膨張圧測定結果を図5にそれぞれ示す。また、中央部のひび割れ状況を図6に示す。膨張材E4は注水15時間後から膨張圧が増大し始め、材齢5日まで増大が継続した。膨張材E5は注水15

時間後から膨張圧が増大し始め、材齢2日まで継続した。膨張材E3は他の膨張材と比較して膨張圧が小さかった。この膨張材は標準添加量が $30kg/m^3$ であり、添加量が少ない $20kg/m^3$ では膨張効果が小さいと考えられる。また膨張材E5は材齢2日、E4は材齢5日で収縮し始め、配合1の結果と同様にアルミテープをはがし乾燥状態に切り替えた後は膨張圧が負に転じた。またE3,E4では途中で膨張に転じているが、これはコンクリートにひび割れが発生したためと考えられる。またE4、E5の初期膨張については差が無く同じ挙動を示した。しかし、E4はE5と比較して膨張圧の増大が長く継続している。これはE4がCaOを多く含有しており、膨張材の水和反応が長いと考えられる。

4. まとめ

配合1ではエトリンガイト系膨張材のほうが石灰系膨張材に比べて膨張圧増大時期が早く、膨張圧増大割合も大きいことがわかった。

配合2ではエトリンガイト石灰複合系と石灰系低添加型膨張材では初期膨張に差は無いが、CaOを多く含有する石灰系低添加型の膨張材のほうが膨張材の水和反応が長いことがわかった。

参考文献

- 1)自己収縮研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会、1996

表4 試験結果

		スラン プ(cm)	Air (%)	圧縮強度 (N/mm^2)		弾性係数 (N/mm^2)	
				7日	28日	7日	28日
配合1	E1	19.5	3.6	14.6	31.3	23.8	28.0
	E2	18.5	5.3	16.6	26.2	20.7	27.3
	E3	20.0	5.0	17.9	25.5	21.5	28.8
配合2	E4	18.5	4.8	14.1	31.8	20.5	27.9
	E5	19.0	4.5	19.9	30.0	20.1	27.5
	E3	19.5	4.5	16.0	28.9	19.9	27.7

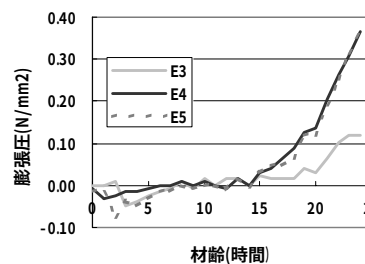


図4 初期膨張圧

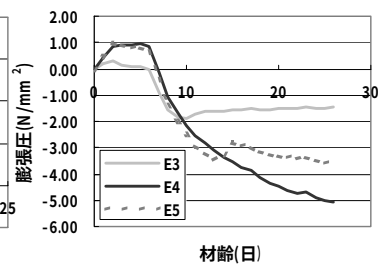


図5 膨張圧

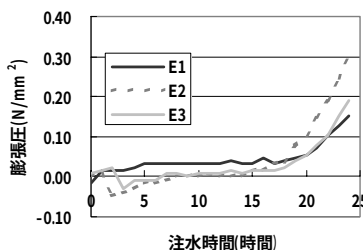


図2 初期膨張圧

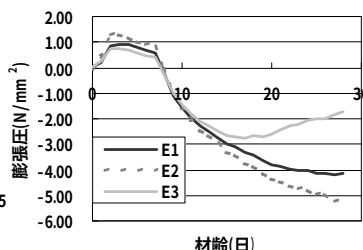


図3 膨張圧



図6 中央部のひび割れ状況 (右 E3 左 E5)