膨張材の特性が温度ひび割れに与える影響

大林組　正会員　　高橋 敏樹
大林組　フェロー　入矢 桂史郎
大林組　フェロー　十河 茂幸

1. はじめに

膨張材を温度ひび割れの抑制に用いる場合, 水和熱抑制型ではない膨張材を用いたコンクリートでは発熱量が大きくなり，温度ひび割れの抑制効果は低減する。そのため, 発熱量や発熱速度を低減した水和熱抑制型の膨張材が開発され, 添加量を減少させても同等の膨張性能を示す低添加型も開発されている。本研究では, 構造物のひび割れ防止対策に膨張材を用いる場合を考え, エトリンガイト系, 石灰系の水和熱抑制型膨張材の, それぞれ標準型と低添加型を用いたコンクリートの膨張特性および発熱特性を実験により比較検討した。さらに拘束枠を用いた温度ひび割れ抵抗性試験を実施し, 実構造物内で予想される温度履歴を与えた場合のひび割れ発生状況から, 膨張材による温度ひび割れ抑制効果について考察した。

2. 実験概要

2.1　使用材料および示方配合

膨張材は**表-1**に示す4種類の水和熱抑制型膨張材を用いた。膨張材以外の材料には，水道水，普通ポルトランドセメント，木更津産陸砂（表乾密度2.60g/cm^3, F.M.2.67），青梅産砕石（表乾密度2.65g/cm^3, 最大寸法20mm）を用いた。AE減水剤にはリグニンスルホン酸化合物ポリオール複合体を用い, 空気量が目標値となるよう別途AE剤を添加して調整した。配合を**表-2**に示す。膨張材を用いないプレーンコンクリートをPL，その他のコンクリートは用いた膨張材の記号（**表-1**）でコンクリートの種類を示した。

2.2　試験方法

各膨張材を用いたコンクリートのフレッシュコンクリートの各種試験，長さ変化試験，凝結試験，温度ひび割れ抵抗性試験を実施し, 各膨張材の特性を比較した。温度ひび割れ抵抗性試験は, JIS原案「コンクリートの水和熱による温度ひび割れ試験方法(案)」の試験方法[1)]に基づき, **図-1**に示す試験装置を用いて行った。

3. 測定結果

3.1　基礎物性

スランプ, 空気量には, 膨張材を混入した影響はほとんどみられなかった。凝結時間に関しては, 膨張材を添加したものは, プレーンに比べ遅れる傾向となったが, エトリンガイト系と石灰系で大きな差はみられなかった。標準型と低添加型を比較すると, 低添加型膨張材の方が凝結遅延が小さくなっており, 凝結速度の遅延が改善されているものと推察される。圧縮強度は，材齢7日で膨張材混和の強度が低く，特に石灰系での強度発現の遅れが認められたが, 材齢28日ではその差は小さくなった。

表-1 使用した膨張材の種類

記号	種類	タイプ	添加量
EN	ｴﾄﾘﾝｶﾞｲﾄ系	標準型	30kg/m^3
EH	ｴﾄﾘﾝｶﾞｲﾄ系	低添加型	20kg/m^3
LN	石灰系	標準型	30kg/m^3
LH	石灰系	低添加型	20kg/m^3

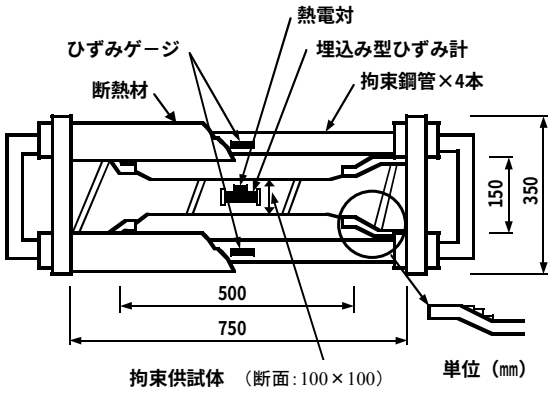

図-1 温度ひび割れ抵抗性試験の概要

表-2 配合

W/C (%)	s/a (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量（kg/m^3）				
				W	C	S	G	AD(C×%)
55	43.0	12.0	4.5	165	300	786	1050	0.25

キーワード：水和熱抑制型膨張材，低添加型，温度ひび割れ，温度ひび割れ抵抗性試験
連絡先　〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 （株）大林組 技術研究所 土木材料研究室　TEL:0424-95-0930

3.2　長さ変化

長さ変化試験は，JIS A 6202のB法に準じて行った。各配合の試験結果を**図-2**に示す。長さ変化率では，石灰系の標準型が最も大きく，材齢4日で最大値となり，収縮側に移行してからも収縮率が最も小さかった。これに対し，同じ石灰系であるが，低添加型は長さ変化率が最も小さくなった。エトリンガイト系の長さ変化率はこの中間であった。

3.3　温度ひび割れ抵抗性試験

温度ひび割れ抵抗性試験は，プレーンおよびエトリンガイト系の標準型，低添加型を用いたコンクリートの3水準を比較した。断熱温度上昇試験より求めた特性値を用い，厚さ1000mmの壁を各配合のコンクリートで打設した場合の壁中央部の温度履歴を2次元FEMの非定常解析により求め（**図-3**），この温度履歴を供試体周辺温度とした。低添加型では初期の発熱が緩やかで，最高温度はプレーンよりも3℃低くなった。また，温度ピーク後の温度降下も緩やかになった。各供試体の応力と材齢の関係を**図-4**に示す。初期材齢で膨張材による圧縮応力が導入されるが，材齢4日前後で引張側に移行した。材齢10日では何れの供試体もひび割れが発生せず，強制引張により材齢13日から14日でひび割れが発生した。

初期の圧縮応力に関しては，低添加型が標準型をやや上回り，添加量が少ないにもかかわらず良好な膨張性能を有していることが確認できる。膨張材添加のものは，最大圧縮応力が約1N/mm^{2}導入され，プレーンとの差は標準型で0.40N/mm^2，低添加型では0.56N/mm^{2}となった。しかし，材齢7日ではこの差がそれぞれ0.21N/mm^2，0.28N/mm^{2}となった。材齢10日でこの差はほとんど変化しなかった。プレーンとの差の減少は，導入された圧縮応力がクリープにより減少していることによるものであると考えられる。圧縮側に移行した後のこのプレーンとの応力差が，温度ひび割れ低減に有効な応力の大きさであると考えられ，この点からは，膨張材により導入された圧縮応力の約50%が失われたことになり，膨張材の効果として見込むことのできる応力の大きさは0.2～0.3N/mm^{2}と考えられる。

4.　まとめ

(1)フレッシュコンクリートの性質はいずれの膨張材を用いた場合もプレーンとほぼ同等である。

(2)長さ変化試験の結果からは，各膨張材に有意な差は認められず，低添加型は少ない添加量でも標準型と同等の膨張性を持つ。

(3)エトリンガイト系膨張材は，応力が引張側に移行してからのプレーンコンクリートとの応力差が0.2～0.3N/mm^{2}となり，この応力差を温度ひび割れ低減効果として見込むことができる。

参考文献

1)JIS原案：コンクリートの水和熱による温度ひび割れ試験方法（案），コンクリート工学，Vol.23，No.3，pp.52-54，1985

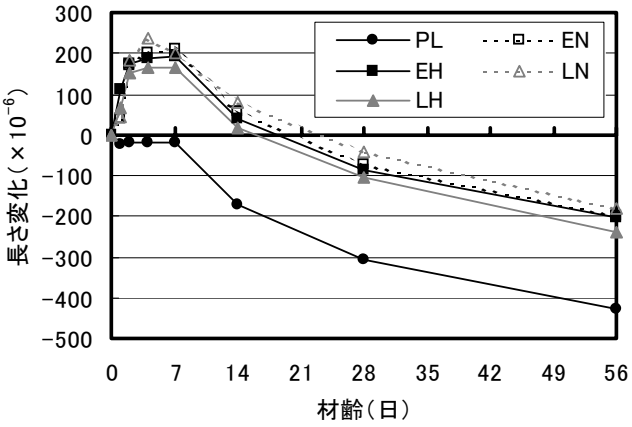

図-2 長さ変化

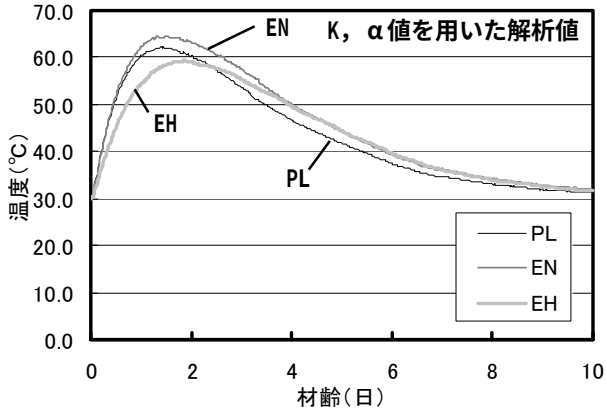

図-3 各配合の温度履歴

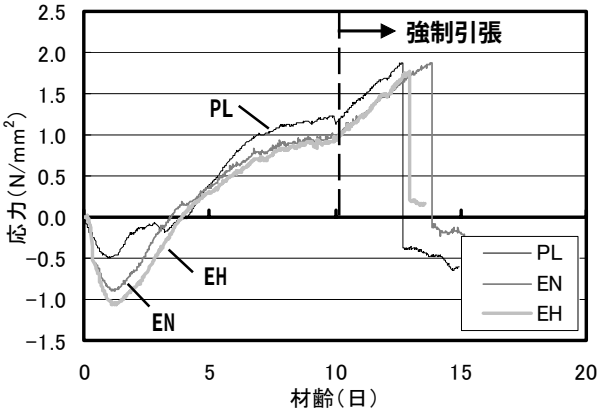

図-4 温度ひび割れ抵抗性試験