

膨張材の添加量を変化させたときのコンクリートの応力低減効果について

東亜建設工業(株) 正会員 ○田中 亮一

電気化学工業(株) 正会員 保利 彰宏

東亜建設工業(株) 正会員 羽瀧 貴士

東亜建設工業(株) 正会員 網野 貴彦

東亜建設工業(株) 正会員 上村 恭子

1. はじめに

マスコンクリートの温度ひび割れ抑制対策や乾燥収縮ひび割れ抑制対策として膨張材によるひび割れ抑制方法があるが、その使用量は近年開発された低添加型膨張材で 20kg/m^3 が標準とされている．しかし、構造物の条件によっては 20kg/m^3 より少ない添加量でも十分なひび割れ抑制効果が得られる場合も考えられ、最適な膨張材の添加量を選定することにより、効果的なひび割れ対策とコストダウンを実現できる可能性が考えられる．そこで、本稿では、膨張材の添加量を変化させた供試体を作製して温度応力低減効果について検討した結果を述べる．

2. 実験概要

表－１に使用材料を、表－２に検討したコンクリート配合を示す．なお、本検討では、全てのケースにおいて高炉セメント B 種を、膨張材はエトリンガイト石灰複合系のものを使用し、検討ケースとしてプレーン（膨張材無添加）、膨張材添加量 10kg/m^3 、 20 kg/m^3 の 3 ケースを設定した．

また、各供試体中の発生応力を比較するために、図－１に示す装置を使用した 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）」に準拠した試験を実施した（以下、拘束試験と称する）．この装置は、任意の温度履歴を供試体に与えることができ、コンクリートの長さ変化を拘束する拘束鋼管の実測ひずみから応力が算出される．なお、拘束鋼管内の循環水温度は試験中 20°C 一定とし、拘束鋼管には供試体に与えた温度変化の影響が及ばないようにした．また、本検討では打設温度 20°C 、外気温 15°C 一定として厚さ 80cm の壁中心部における温度履歴を 2 次元 FEM 解析により求め、図－２に示す同じ温度履歴を各供試体に与えた．

また、各供試体の線膨張係数を把握するため、拘束供試体の作製と合わせて、ひずみ計および熱電対を埋設した $10\times 10\times 40\text{cm}$ の無拘束供試体を作製し、自由膨張ひずみについても測定を行った．

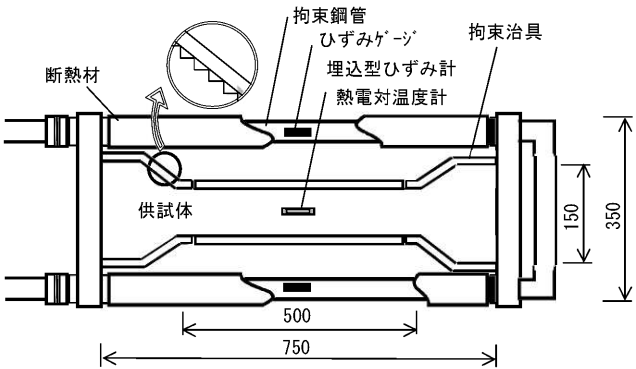
なお、拘束試験においては、いずれの供試体においても材齢 7 日以降から引張応力が一定となりひび割れが

表－１ 使用材料

項目	名 称
セメント	高炉セメントB種（比重：3.05，比表面積：3800cm ² /g）
膨張材	エトリンガイト石灰複合系（比重：2.86，比表面積：3100cm ² /g）
細骨材	川砂（姫川水系産 比重：2.62）
粗骨材	川砂利（姫川水系産 比重：2.65，Gmax：25mm）
混和剤	高性能AE減水剤（ポリカルボン酸系）
水	上水道水

表－２ 検討配合

名称	単位量(kg/m ³)					
	W	C	EX	S	G	Add
プレーン	168	314	0	868	947	調整
EX10	168	304	10	868	947	調整
EX20	168	294	20	868	947	調整



図－１ 温度応力試験装置
(拘束試験装置)

キーワード 膨張材，添加量，少量添加，温度応力低減効果，線膨張係数

連絡先 〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善 1 丁目 3 東亜建設工業(株)技術研究開発センター TEL 045-503-3741

確認されなかったため、材齢 12 日から循環水温度を上昇 ($3^{\circ}\text{C}/\text{日}$) させて強制的に引張応力を与え、ひび割れが確認されるまで試験を行った。

3. 温度応力試験結果

無拘束供試体における温度とひずみの関係を図-3に示す。温度上昇時の線膨張係数 ($\alpha 1$) を見ると、膨張材添加量の増加に伴い線膨張係数も大きくなる傾向が見られた。一方、温度下降時 ($\alpha 2$) について比較すると、プレーンと添加量 $10\text{kg}/\text{m}^3$ の場合にほとんど違いが見られなかったのに対し、添加量 $20\text{kg}/\text{m}^3$ の線膨張係数はプレーンに対して約 0.87 倍となり、若干小さめの値であった。以上から、膨張材の添加量が標準の $20\text{kg}/\text{m}^3$ より少ない場合、線膨張係数を変えた温度応力解析手法では膨張材添加によるひび割れ抑制効果を適切に評価できない可能性が考えられた。

次に、拘束試験における供試体の応力推移を図-4に示す。これを見ると、初期の圧縮応力は添加量 $20\text{kg}/\text{m}^3$ が最も大きかったが、 $10\text{kg}/\text{m}^3$ ではプレーンとほぼ同じであった。一方、材齢 12 日後における引張応力で比較すると、プレーンは $1.26\text{N}/\text{mm}^2$ 、 $10\text{kg}/\text{m}^3$ では $1.06\text{N}/\text{mm}^2$ 、 $20\text{kg}/\text{m}^3$ では $0.75\text{N}/\text{mm}^2$ となり、膨張材の添加量の違いに応じた発生応力の低減が確認された。なお、ひび割れ発生時の応力を見ると、 $1.67\text{N}/\text{mm}^2$ から $1.86\text{N}/\text{mm}^2$ で同程度であった。

図-5に、引張応力が安定した材齢 12 日目における各供試体の発生応力をプレーンの発生応力に対する比として整理した。これによると、添加量 $10\text{kg}/\text{m}^3$ では 0.84、 $20\text{kg}/\text{m}^3$ では 0.60 であり、標準添加量より少ない添加量においても温度応力の低減を図れることが確認された。なお、 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 添加のときの発生応力の低減量は標準添加量 $20\text{kg}/\text{m}^3$ のときの 4 割程度であり、発生応力の低減量は添加量に単純に比例しないことが分かった。

4. まとめ

高炉セメント B 種およびエトリンガイト石灰複合系膨張材を用いて、膨張材の添加量の違いによる温度応力低減効果を検討した。その結果、標準より少ない添加量でも発生応力の低減効果があること、膨張材添加による発生応力の低減量は添加量に単純に比例しないことが確認された。

今後は実物大実験により、膨張材添加量の違いによる発生応力低減効果を検討する予定である。

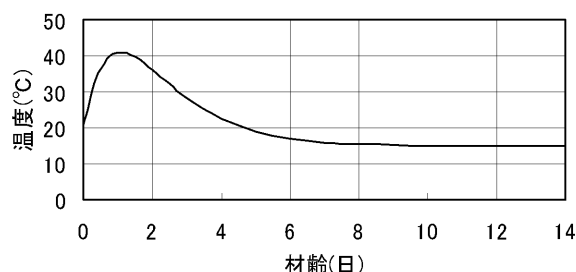


図-2 試験に用いた温度履歴

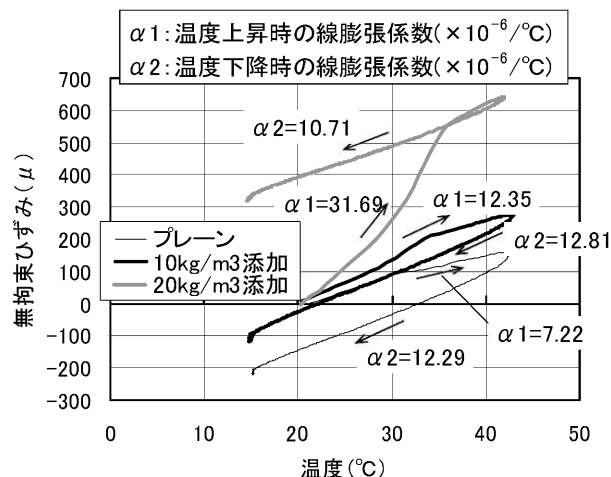


図-3 供試体温度と無拘束ひずみの関係

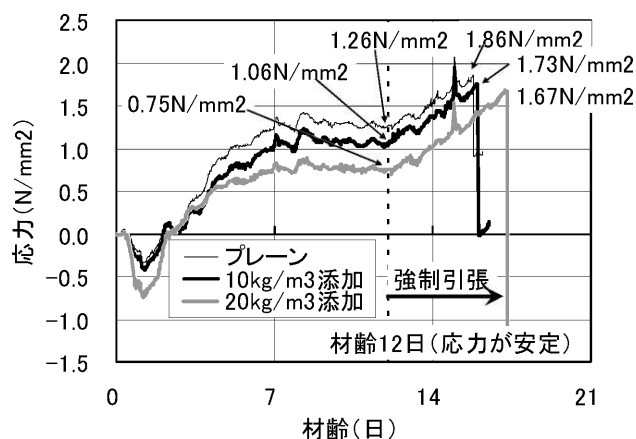


図-4 供試体の発生応力の推移
(拘束試験)

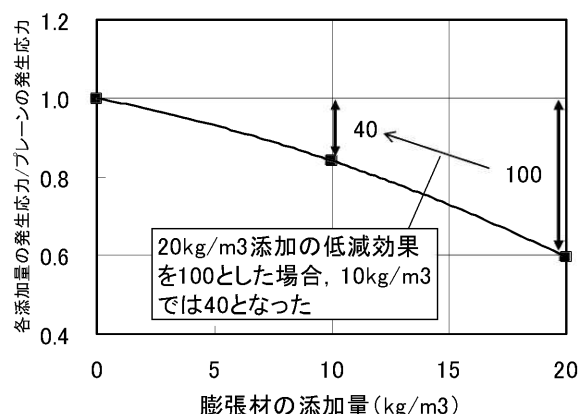


図-5 各添加量における応力比