

### 若材齢時の体積変化に伴う収縮挙動

法政大学大学院 学生会員 ○綱島 隆将  
 法政大学大学院 学生会員 井上 量介  
 法政大学 フェロー会員 満木 泰郎  
 法政大学 正会員 溝渕 利明

#### 1. 目的

コンクリート構造物に発生するひび割れは、塩害や中性化等の劣化の進行を促進し、耐久性に大きな影響を与えることがあることから、コンクリート構造物のひび割れを予測・制御することは耐久性上重要な課題のひとつといえる。

近年、大型の構造物にとどまらず、橋梁下部工やボックスカルバート等をはじめとするコンクリート構造物において、体積変化に起因するひび割れの発生が数多く指摘されている。数値解析によって算出したコンクリート部材に発生する応力やひび割れ発生は、温度特性や力学的特性値といったデータの精度に大きく左右される。特に、若材齢時コンクリートは水和の進行速度が速く、コンクリートの諸物性が時々刻々と変化するため、精度の高い試験装置でデータを得ることが必要となる。このような試験装置としては、R.Springenschmid<sup>1)</sup>らが提案した Thermal-Stress Testing Machine (TSTM) が最も適していると思われる。TSTM は打設直後からセメントの水和熱による発熱過程を忠実に再現するとともに、一軸方向に対して任意の拘束条件を与えることができる試験機であり、脱型後に拘束したり載荷したりする従来の試験機とは一線を画するものである。また、従来の試験機や実構造物では計測が難しい、若材齢時のクリープや自己収縮の測定も可能な試験機である。

本研究では、若材齢時のコンクリートを対象とし、TSTM を用いた試験および割裂引張試験から、異なる拘束条件下における応力の発生やひび割れ発生挙動を把握することを目的とし、実験的検討を行った。

#### 2. 試験方法および装置の概要

試験開始はコンクリートの凝結始発時間とし、コンクリート内部の温度、変位、及びコンクリート供試体に加えた荷重の測定を開始する。温度は拘束供試体で5点、無拘束供試体で3点、変位はともに左右1点ずつの計4点で測定する。TSTM は任意の拘束度を与える拘束試験装置(図-1)及び、無拘束試験装置(図-2)からなる。今回の研究では、拘束度 1.0 と 0.6 の2種類を行い、使用材料や配合などの条件は同じものとした。

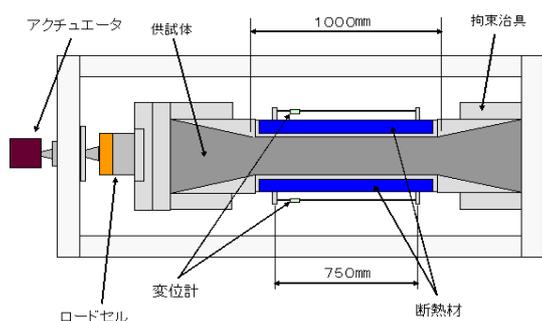


図-1 拘束試験装置

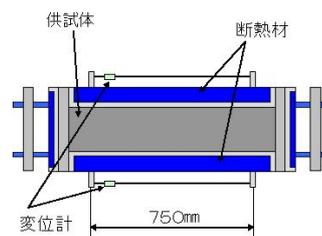


図-2 無拘束試験装置

#### 3. 使用材料および配合

本研究では、普通ポルトランドセメントを使用した。表-1にコンクリートの配合を示す。

表-1 コンクリート配合

スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
				水	セメント	細骨材	粗骨材	AE剤	AE減水剤
8	4.5	50	45.5	164	328	810	985	0.76	0.98

キーワード TSTM, 若材齢コンクリート, 引張強度, 拘束応力

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部都市環境デザイン工学科 TEL042-387-6286

4. 試験結果および考察

拘束度 1.0 とした場合の TSTM で測定した応力と割裂引張強度との比較を図-3 に、拘束度 1.0 および 0.6 における応力の比較を図-4 に示す。また、TSTM で測定したひずみと温度のデータを基に算出した熱膨張係数を図-5 に示す。なお、図-4 の引張強度の推定値は、材齢が経つにつれて引張強度が増進すると仮定し、拘束度 1.0 とした場合の TSTM 試験によって得られたひび割れ発生応力を基に推定したものである。

図-3 より、拘束度 1.0 の条件下においては、ひび割れが発生した時の応力と、その時点における割裂引張強度の割合が 85% となり、van Breugel<sup>2)</sup>らが示している 75% よりも若干大きい結果となったものの、TSTM によって得られた引張強度は割裂引張強度よりもおおよそ 2 割程小さいと考えられる。このことは、コンクリート部材に発生するひび割れを数値解析によって算出する際、割裂引張強度を用いると、ひび割れ抵抗性を過大評価する可能性があることを示すものである。

図-4 より、拘束度を小さくすると、クリープによる応力緩和の影響を大きく受けているにもかかわらず、引張強度の推定値に達する前にひび割れが生じる結果となった。試験データが少ないため、ひび割れ強度のばらつきについては明らかではないが、若材時においてはクリープの影響を大きく受けるため、さらに実験を重ね、クリープによる応力緩和の影響を検討していく必要がある。応力緩和に影響する要因としては、拘束応力の値や履歴、その期間などが考えられる。さらに実験を行い、今回の試験と類似した結果が得られた場合には、引張応力が引張強度を超えた時をひび割れ発生条件とする仮定は成り立たないと考えられる。他に考えられるひび割れ発生条件の要因としては、引張応力が引張強度の一定割合に達する場合や、引張ひずみが伸び能力を超える場合などが考えられる。

図-5 より、若材齢時の熱膨張係数は、膨張時よりも収縮時で大きくなる傾向が現れ、解析を行う際に一般に用いられる一定値  $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  より小さい結果となった。しかし、この熱膨張係数は自己収縮による体積変化の影響を含む見掛けの値であり、数値解析にこの値を用いた場合に解析の精度が向上するかどうか確認する必要がある。

5. まとめ

本研究では、若材齢時のコンクリートを対象とし、TSTM を用いた試験および割裂引張試験を用いて、異なる拘束条件下における応力の発生やひび割れ発生挙動の検討を行った。その結果、一般に用いられる割裂引張強度を数値解析に用いるとひび割れ抵抗性を過大評価する可能性があることが分かった。今後さらに異なる拘束条件下での試験を行い、拘束条件が応力の発生やひび割れ発生挙動に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

参考文献

1) R. Springenschmid: Thermal Cracking in Concrete at Early Ages, E&FN SPON Inc. pp.137-144, 1994  
 2) K. van Breugel: Predicting cracks in hardening concrete using a stress-based cracking criterion, Control of Cracking in Early Age Concrete, edited by Mihashi & Wittmann, Swets & Zeitlinger, pp. 317-324, 2002

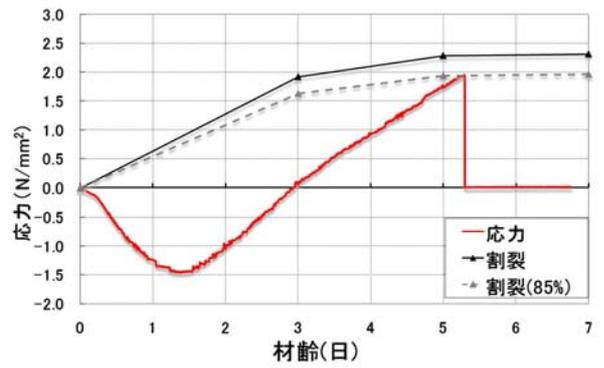


図-3 応力比較(拘束度 1.0)

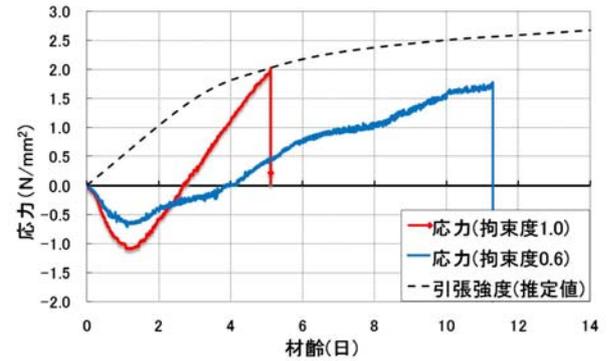


図-4 応力比較(異なる拘束度)

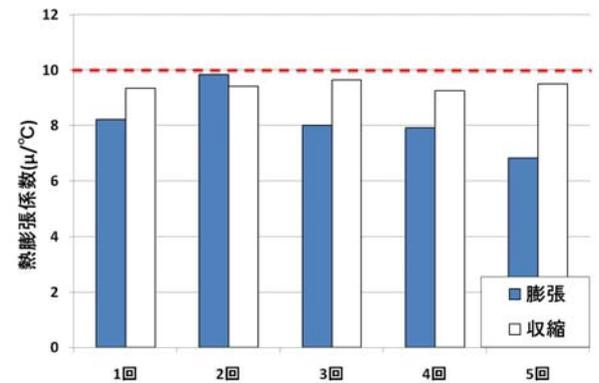


図-5 熱膨張係数