温度履歴を受けたコンクリートのひび割れ発生強度と割裂引張強度の関係

法政大学大学院　　学生会員　○兄父　貴浩
リテックエンジニアリング株式会社　　新井　淳一
法政大学　　正会員　　溝渕　利明

1. はじめに

これまで本研究室では, 実際の構造物内の挙動に近い温度状態を再現することが可能な温度応力シミュレーション装置(以後 TSTM と称する)を用いてコンクリートのひび割れ発生強度についての研究 [1)]を行ってきた. コンクリートのひび割れ発生強度は, 温度依存性が高く, コンクリート内部の温度状態を考慮した引張応力の挙動を把握することは, コンクリートのひび割れ抵抗性を検討する上で重要であるといえる.

そこで本報文では, 各種セメントを用いたコンクリートのひび割れ発生挙動を把握することを目的とし, TSTM を用いて温度履歴を受けたコンクリートのひび割れ抵抗性について検討した.

2. 研究方法

2.1　研究概要

本研究では, TSTM を用いて温度履歴を受けたコンクリートの引張特性を把握し, 温度応力に対するひび割れ抵抗性について検討した.

検討ケースは, 普通ポルトランドセメント, 高炉セメントB種, 低発熱・収縮抑制型高炉セメント B 種の計 3 種類のセメントを用いたコンクリートとし, 水セメント比 50%で行った. コンクリートの配合は, セメント種ごとに目標とするスランプ及び空気量を設定し, AE 減水剤は標準形を使用して配合を決定した.

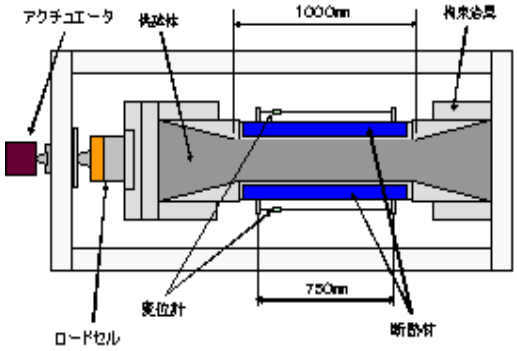
割裂引張強度試験は, JIS A 1113 に準拠して行った. 養生は, 20℃, 60%RH の恒温室で気中養生とし, 試験材齢は 3 日, 5 日, 7 日, 14 日とした. 本研究の検討ケース及び配合を**表－1** 及び**表－2** に示す.

表－1　検討ケース

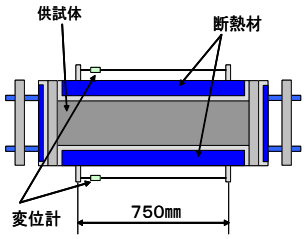
セメント	W/C(%)	拘束度	略称
普通ポルトランドセメント	50	1.0	N
高炉セメントB種			BB
低発熱・収縮抑制型高炉セメントB種			MKCⅢ

表－2　コンクリート配合

セメント	s/a (%)	単位量(kg/m^3)			
		W	C	S	G
普通ポルトランドセメント	44	158	318	786	1037
高炉セメントB種	45	150	300	833	1048
低発熱・収縮抑制型高炉セメントB種	44	150	300	800	1048



図－1　拘束試験装置



図－2　無拘束試験装置

2.2　TSTM 試験の概要

TSTM は, コンクリート供試体に任意の拘束度を与える拘束試験装置と, 拘束制御の基となる無拘束試験装置からなる. 両試験装置には, 型枠内に設置した通水パイプに温冷水を通水させることで, 任意に設定した温度履歴を与えることが可能である. また, 無拘束供試体に生じる温度上昇時の熱膨張や温度降下時の収縮による自由ひずみを基に, 外部アクチュエータから荷重を加えることにより, 拘束供試体のひずみを完全拘束状態（拘束度＝1）から無拘束状態（拘束度＝0）の間の任意の拘束条件下で制御が可能である.

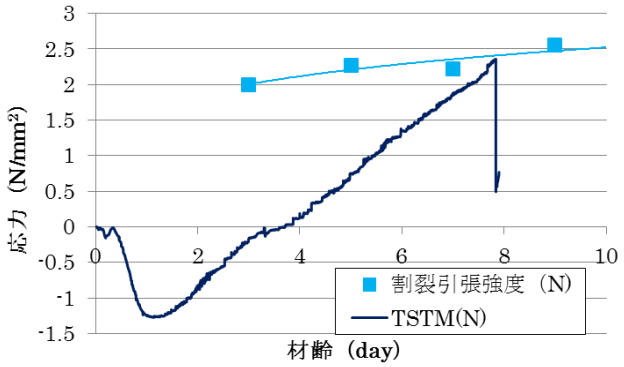
両試験装置では供試体の左右にある変位計によるひずみ及び拘束条件を制御するために加えた荷重, 埋設さ

キーワード　温度応力, ひび割れ発生強度, 割裂引張強度, TSTM
連絡先　〒184-8584　東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学大学院デザイン工学研究科　ＴＥＬ042-387-6286

れた熱電対により供試体内部の温度を測定する．拘束試験装置及び無拘束試験装置の概略図を**図－1** 及び**図－2** に示す．また，実構造物のコンクリート内部に近い温度状態を再現するため，各種コンクリートを用いた各現場の温度計測結果を温度履歴として用いることとした．

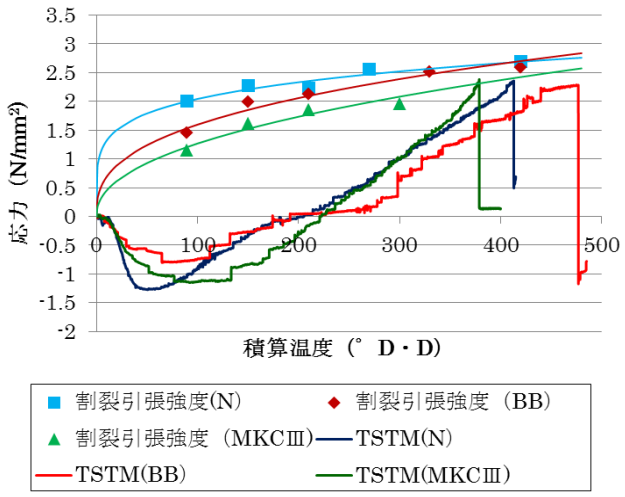
3. ひび割れ発生強度と割裂引張強度の関係

普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの TSTM による応力測定結果と割裂引張強度との関係を**図－3** に示す．図より，試験開始から温度上昇時の熱膨張による圧縮応力が生じ，その後は温度降下時の収縮により引張側に徐々に移行している．また，ひび割れ発生強度は 2.3N/mm^2 程度であり，割裂引張試験の結果とほぼ同等の結果となった．以上のことから，TSTM によるコンクリートのひび割れ発生強度の推定の可能性を見出すことができた．



図－3　材齢と発生応力及び割裂引張強度の関係

しかし，**図－3** において，TSTM は温度履歴を受けた発生応力であるのに対して，割裂引張強度は 20℃一定条件下での供試体を用いており，温度影響の異なる条件で比較することとなる．そこで，異なる温度影響下での TSTM と割裂引張強度との関係について，積算温度で評価することにした．各コンクリートの積算温度と発生応力及び割裂引張強度との関係を**図－4** に示す．図より，ひび割れ発生強度は，いずれのコンクリートにおいても 2.3N/mm^2 程度であった．また，ひび割れ発生強度と割裂引張強度の関係は，低発熱・収縮抑制型高炉セメントB種ではほぼ同等の結果を示すものの，普通ポルトランドセメント及び高炉セメント B 種では，割裂引張強度が 1 割程度大きい結果となった．



図－4　積算温度と発生応力及び割裂引張強度の関係

以上から，温度履歴を受けるコンクリートのひび割れ発生強度は割裂引張強度で評価した場合，危険側の評価をしていると考えられる．また，近年では高強度コンクリート，高流動コンクリートなどの特殊なコンクリートの適用が増加しており，従来の割裂引張強度では，コンクリートの引張強度を正確に把握することが困難であるといえる．本研究においても，TSTM によるひび割れ発生強度と割裂引張強度との関係は，セメント種による影響があり，ばらつきも大きいことから，今後は更なるデータの蓄積を行い，TSTM によるひび割れ発生強度と割裂引張試験による割裂引張強度との関係を明らかにすることで，より精度の良いコンクリートの引張特性を把握することが可能になると思われる．

4. まとめ

本研究では，温度履歴を受けたコンクリートのひび割れ発生強度と割裂引張強度の関係について，セメント種による影響も含めて検討した．その結果，得られた知見を以下に示す．

(1) TSTM を用いることで温度履歴を受けるコンクリートのひび割れ発生強度の推定の可能性を見出した．

(2) TSTM によるひび割れ発生強度と割裂引張強度を比較検討する場合は，積算温度による評価が望ましく，普通ポルトランドセメント及び高炉セメント B 種では，割裂引張強度のほうが 1 割程度大きい結果となった．

参考文献

1) 井上量介，伊藤裕貴，志村智実，溝渕利明：セメントの水和発熱に起因する若材齢時コンクリートの挙動に関する研究，土木学会第 63 回年次学術講演，pp895～896，2008.8