

温度ひび割れ評価のためのコンクリートの引張強度特性に関する研究

秩父小野田（株） 中央研究所 正会員 狩野 敏也
建設省土木研究所 正会員 渡辺 博志
建設省土木研究所 正会員 河野 広隆

1. はじめに

現在、マスコンクリートの温度ひび割れに対する危険性は温度ひび割れ指数によって検討されている。その際必要となるコンクリートの引張強度は、一般に割裂引張試験の値をもとに積算温度を考慮した形で算出されている。ひび割れの発生が引張強度に依存するのであれば、二軸応力となる割裂引張試験の値を用いずに、本来は純粋な一軸引張状態の引張強度により検討すべきであるが、試験の難しさや精度の問題もあって行われていない。また、割裂引張強度は直接引張強度と異なる¹⁾ことも報告されている。他方、温度ひび割れ指数の分母にあたる部材内の温度応力の推定に当たっては、引張力に対するヤング係数や引張クリープなどの引張特性が関係しており、引張強度についてもこれらの影響を受けている可能性が考えられる。

そこで、本研究では、マスコンクリートのひび割れ発生危険度に関する推定精度向上のための基礎的資料を得ることを目的として、直接引張試験を行い、この試験値と割裂引張強度との関係、養生方法および持続引張载荷の影響について実験的検討を行った。

2. 試験概要

コンクリートに使用した材料は、セメントが普通ポルトランドセメント（比重3.16）、細骨材が静岡県大井川産の川砂（比重2.64）、粗骨材が茨城県笠間産の碎石2005（比重2.68）、混和剤としてA E減水剤標準形を使用した。コンクリートの配合は水セメント比60%、スランプ 8 ± 2.5 cm、空気量 4 ± 1 %とした。

図-1に直接引張試験に用いた装置を示す。供試体の寸法は $10 \times 10 \times 40$ cmとし、両端部のネジを切ったボルトの埋込長は120mmとした。荷重の導入はベアリングワッシャー側の長ネジを回転させることにより行い、荷重の検出についてはアイナットにひずみゲージを貼り付け、これをロードセルとして使用することにより行った。強度発現の確認試験は、20℃封緘養生（供試体をサランラップで密封）を主に、20℃気中養生および材齢2日まで40℃封緘以降20℃一定の養生（以下高温養生と呼ぶ）について行った。なお標準水中養生についても一部試験を実施した。また、持続引張载荷後の直接引張試験に関する試験条件を表-1に示す。試験の手順は、各試験条件につき6本の供試体を用いて、所定の材齢で所定の応力強度比となるよう引張荷重を導入し、シリーズⅠは材齢3日、シリーズⅡは材齢7日までこの荷重を保持したのち直接引張強度試験を行った。

3. 結果および考察

図-2に封緘養生を行った直接引張強度と割裂引張強度の強度発現を示す。これによると、割裂引張強度は材齢28日まで強度の増進が認められるのに対し、直接引張強度は材齢14日で頭打ちとなり、材齢28日では強度の低下が見られる。長期でのこの低下傾向は、再試験や標準水中養生についても同様であった。

図-3に割裂引張強度に対する直接引張強度の比を、割裂引張強度の強度レベルによってプロットしたものを示す。封緘養生の直接引張強度は、強度が 1 kgf/cm^2 程度といった極初期（材令12時間）で割裂引張強度を下回るものの、以降割裂引張強度が20

表-1 持続引張载荷後の直接引張強度試験

試験名称	持続荷重を導入する材齢	封緘	持続荷重を導入する時の応力強度比(%)
シリーズⅠ	12, 18, 24h	封緘	40, 55, 70, 85
シリーズⅡ	2日	封緘	55, 70, 85 気中は85のみ 高温は70, 85
		気中	
		高温	
		封緘	
	4日	気中	

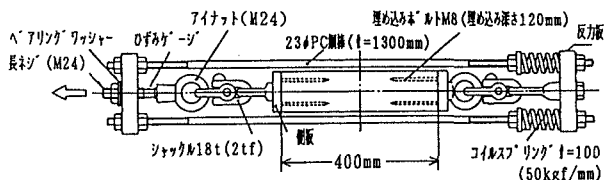


図-1 直接引張試験に用いた装置の概要

kgf/cm²程度までは約1.1～1.2倍と上回っている。しかし割裂引張強度がさらに大きくなると、即ち材齢が進むとこれを下回り、材齢28日では割裂引張強度の約0.7倍となる。一方、気中養生では、直接引張強度は割裂引張強度を常に下回り、割裂引張強度の上昇とともにその比が低下する。なお高温養生では試験の範囲が狭くばらついているものの、直接引張強度はほぼ割裂引張強度程度の値を示していると言える。

図-4に圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数の関係を示す。一般に、圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数はほぼ等しい¹⁾とされており、本試験でも同様の結果となった。

図-5にシリーズ I における直接引張強度に及ぼす持続引張载荷の影響を示す。縦軸は無载荷供試体に対する持続引張载荷供試体の強度比で表したものである。直接引張強度のばらつきがやや大きいので、ここでは応力強度比ごとに無载荷供試体と平均値の差の検定を危険率5%で実施したところ、持続引張载荷の影響はほとんど認められない結果となった。

図-6にシリーズ II の高温養生の結果を示す。シリーズ I と同様な検定を行った結果有意な差となり、導入時の応力強度比が大きくなるに従い直接引張強度は小さくなることも示された。

これらのことから、直接引張強度に及ぼす持続引張载荷の影響は、その後の強度増進が活発な若材令では影響がほとんど認められなくなるのに対し、高温履歴を与えて強度発現を促進させたものは、その後の組織変化が少ないために、持続引張载荷による組織の劣化が修復されず、無载荷供試体に対する強度の低下が比較的顕著になったものと推察される。

4. まとめ

本試験の範囲により得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 直接引張強度の強度発現は、割裂引張強度が増進しているにもかかわらず材令14日で頭打ちとなった。
- 2) 直接引張強度の割裂引張強度との関係は材齢および養生条件によって変化し、割裂引張強度が高いとこれを下回る傾向にある。特に気中養生では、割裂引張強度に対する比がより小さくなった。
- 3) 圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数の関係は、従来言われているようにほぼ同等であった。
- 4) 持続引張载荷の影響は、導入時の応力強度比が85%と大きな場合でも、その後の強度増進が活発な若材令のコンクリートでは影響がほとんど認められなくなるのに対し、高温履歴を与えて強度の発現をより促進させたものは、その後の直接引張強度が無载荷の供試体と比較してやや低下することが認められた。

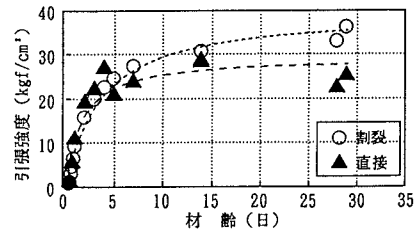


図-2 直接引張強度と割裂引張強度の強度発現（封緘養生）

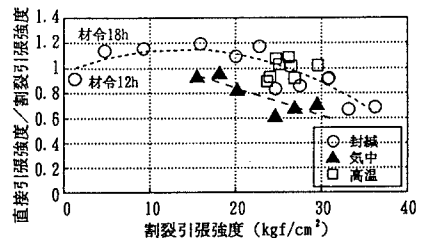


図-3 割裂引張強度に対する直接引張強度の比

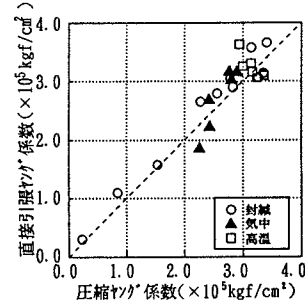


図-4 圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数の関係

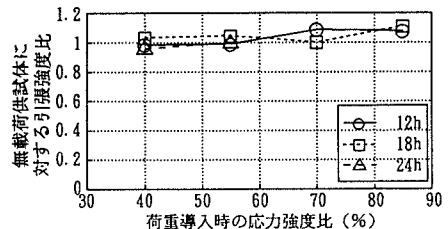


図-5 直接引張強度に及ぼす持続引張荷の影響（シリーズ I）

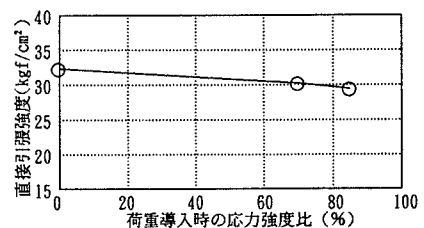


図-6 直接引張強度に及ぼす持続引張荷の影響（高温養生）

参考文献 1) 米山紘一, 川瀬清孝, 竹田光明: 若材令コンクリートの引張特性, セメント技術年報42, pp. 196-199, 1988