

東京理工専門学校 正会員 ○趙 力采
 東大生研 正会員 小林一輔
 東大生研 正会員 西村次男

1. はしがき

近年、鋼繊維補強コンクリート（以下SFRCとする）の舗装やトンネルライニングなどへの施工例が増大しており、それにともなうSFRCの品質を現場において簡便に管理できる試験方法の確立が切に望まれている。SFRCの引張強度や曲げ強度の試験方法は未だ規格化されておらず、またその載荷治具も特殊なものであって簡便とはいえない。これらの力学的特性を従来のコンクリートの引張強度試験方法である圧裂試験（JIS A 1113）による結果から推定できれば現場のSFRCの品質を管理する上で好都合である。

本研究は上記の点を検討するために、まず、圧裂試験によりSFRCの引張強度特性をどの程度正確に評価できるかについて検討を加え、その結果に基づき引張強度を引張強度係数より推定する実験式を示した。さらに、SFRCの曲げ強度と引張強度係数との関係を明らかにし、引張強度係数を用いて曲げ強度を推定する実験式を示した。

2. 使用材料

鋼繊維は一部に長さの異なるものを用いた以外はすべて $0.5 \times 0.5 \times 30$ mmのせん断ファイバーを用いた。コンクリートは水セメント比が40、50と60%の3種とし、すべて細骨材率を一定（60%）とした。なお、粗骨材は最大寸法が15mmの辟石を用い、セメントは一部に普通ポルトランドセメントを用いた以外はすべて早強ポルトランドセメントを用いた。

3. 実験方法

圧裂試験供試体は直径が10cm、長さが5、10、15及び20cmの4種を作製し、ひびわれ荷重と最大荷重を求め、前者から従来のコンクリートの引張強度係数算定式を用いてひびわれ強度を求め、後者の値から同様式を用いて便宜的にSFRCの引張強度係数とした。なお、ひびわれの発生は供試体端面にアセトン塗布して判別した。一方、引張強度係数と繊維混入率ならびに繊維の長さとの関係は $\phi 10 \times 15$ cm供試体を用いた。

直接引張試験は中央部に断面が 10×6 cmで4cmの長さの平行部を持つ供試体を用いて行い、曲げ試験は断面寸法が $10 \times 10 \times 40$ cmの供試体を用い、スパンを30cmとして三等分点二点載荷を行ない、曲げ破壊係数を求めて圧裂試験の結果と比較検討した。

4. 実験結果と考察

4.1 圧裂試験によるSFRCの引張強度係数の検討

図-1は引張強度係数、ひびわれ強度と供試体長さとの関係を示したものである。図より、1)SFRCを用いた場合、引張強度係数は供試体の長さにかかわらずひびわれ強度より大きい値となる、2)プレーンコン

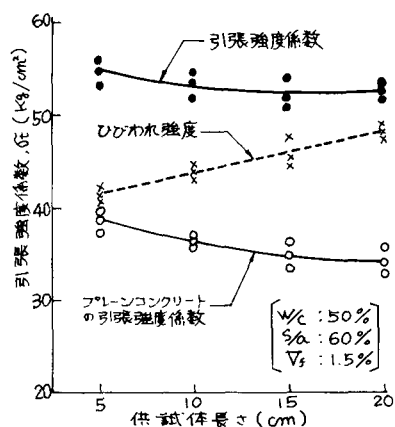


図-1. 引張強度係数と供試体長さとの関係

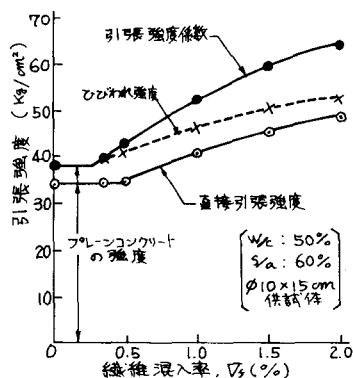


図-2. 引張強度係数、直接引張強度と繊維混入率との関係

クリートの場合、供試体が長くなるほど引張強度係数が低くなるのに対して、SFRCの場合、ひびわれ強度は供試体が長くなるほど増大するが、引張強度係数は供試体の長さにより影響されず、ことごとが明らかである。1)の結果は圧裂試験特有のものであって、ひびわれ発生以後は、鋼繊維によってブリッジされた左右の半円柱体の圧縮試験を行っているような状態となっていることを示すものである。また2)において、プレーンコンクリートの場合、供試体長さの増大に伴って引張強度係数が低くなるのは供試体の内部欠陥の増大と側面の不整の増大によるものと考えられる。一方、SFRCの強度が増大するのは主として鋼繊維の三次元拘束効果によるものと考えられる。

図-2は引張強度係数とひびわれ強度ならびに直接引張強度と繊維混入率との関係を示したものである。この図より明らかなことは、1)その値まではほとんど補強効果を示さない限界の繊維混入率が捉えられており、2)その後の引張強度と繊維混入率との関係も直接引張強度と同様に非線形となる、3)ひびわれ強度は直接引張強度にほぼ近い値となることなどである。以上の結果は圧裂試験によってSFRCの引張強度を評価しうることを示唆するものである。しかし、ひびわれの判定が難しいばかりでなく、供試体両端面のひびわれ強度がほとんどの場合、相違するので、引張強度係数を用いて評価することにした。

4.2 引張強度係数による直接引張強度と曲げ強度の推定

図-3は引張強度係数と直接引張強度との関係を示したものであって、繊維混入率が増すにつれて引張強度係数が直接引張強度より大きくなる傾向を示すが、その関係は用いるセメントの種類にかかわらず直線関係(式1)となることが明らかである。一方、図-4は引張強度係数と曲げ破壊係数との関係を示したものであるが、プレーンコンクリートにおける従来の結果と同様に、それらの関係は良好な直線関係(式2)となる。さらに、図-5は引張強度係数と繊維混入率との関係に及ぼす水セメント比の影響を示したものである。図より明らかなように、その関係は直接引張強度及び曲げ強度における場合と同様に、コンクリートマトリックスの強度が鋼繊維の補強分に対して加算的に寄与することがわかる。以上の関係は引張強度係数を用いてSFRCの引張強度ならびに曲げ強度を推定しうることを示すものである。しかしながら、図-6に示すように、引張強度係数と曲げ破壊係数は直接引張強度の場合とは異なり、用いる鋼繊維の長さ(即ちアスペクト比)によって影響される。その影響の程度をプレーンコンクリートに対する強度比として示せば、引張強度係数の場合、式3、曲げ破壊係数は式4で表わされる。すなわち、圧裂試験による引張強度係数からSFRCの引張強度は(1)と(2)式を用いて、一方、曲げ強度は(2)と(4)式を用いてほぼ推定できるものと思われる。

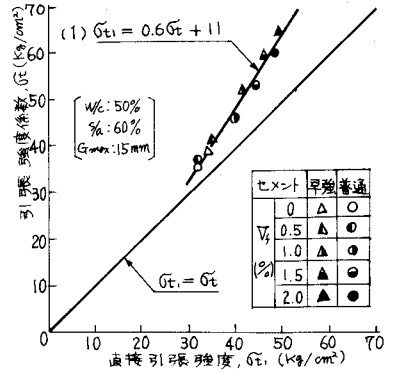


図-3. 引張強度係数と直接引張強度との関係

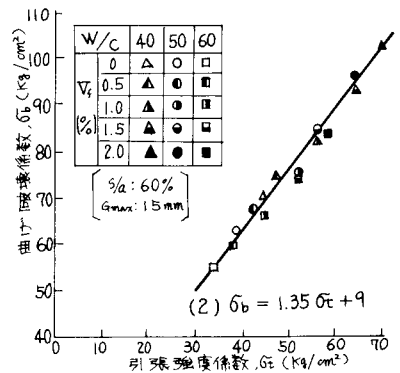


図-4. 引張強度係数と曲げ破壊係数との関係

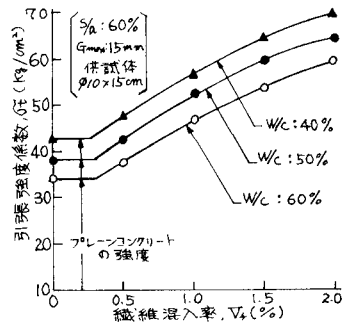


図-5. 引張強度係数と繊維混入率との関係に及ぼす水セメント比の影響

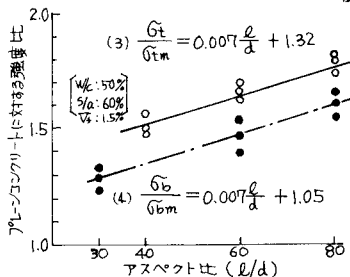


図-6. 引張強度係数と曲げ破壊係数に及ぼす鋼繊維の長さの影響