

ダブルパンチ法によるSFRCの引張強度試験法 に関する実験検討

日本大学大学院 学生員 ○横尾 彰彦

日本大学工学部 正会員 原 忠勝

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリート（SFRC）は、普通コンクリートに比べて、曲げ強度、じん性、および耐衝撃性などに優れた複合材料である。このうち引張強度については、直接引張法や鉄筋の付着試験に類似した両引き法による検討がなされているが、規準化されるまでに至っていないのが現状である。

このような背景の下に本研究では、ひび割れ発生以後の挙動も把握できる簡便なSFRCの引張強度試験法としてダブルパンチ法の適用性について検討するものである。ここでは、切削型鋼繊維を用いた場合について、JIS法、および直接引張試験法との比較を行った。

2. 実験概要

JIS法（A-1113）による引張強度試験は、 $\phi 10 \times 20$ cmの円柱供試体を使用し、引張方向のひずみも測定した。直接引張強度試験は、 $10 \times 10 \times 40$ cmの角柱供試体を使用し、引張応力を集中させるため、切込み（ノッチ）の数を1、3、および5とし、引張方向のひずみと変位も測定した。また、引張強度は、最大荷重と試験後の破断面積で求めた。2次元のダブルパンチ試験には、図-1に示すように、 $30 \times 30 \times 10$ cmの正方形コンクリートブロックの供試体を用いた。載荷板幅は3cmとし、直接引張強度試験と同様にひずみと変位の測定を行った。また、引張強度はChenの式を用いて計算した。

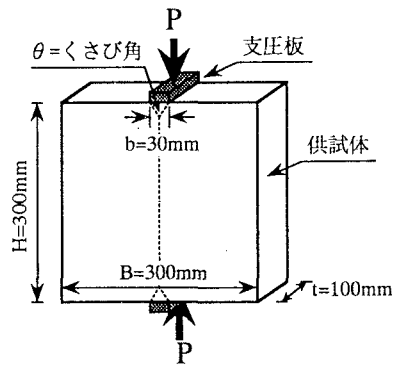


図-1 ダブルパンチ引張強度試験の
供試体の形状寸法

$$f_t = \frac{2P}{\pi H t} \left[1 - \frac{t}{2b} (\theta - \sin \theta) \right]$$

H：供試体高さ(cm)，b：載荷幅(cm)

t：供試体奥行き(cm)， θ ：くさび角

コンクリートには、粗骨材の最大寸法=20mm、呼び強度=21N/mm²、目標スランプ=18±2.5cmのレディーミクストコンクリートを使用し、鋼繊維には切削型鋼繊維を用い、混入率の有無（Vf=0,1.0%）を条件とした。また混入率は、外割り計算で行い、レディーミクストコンクリート100ℓに対して鋼繊維を1ℓの割合で混ぜ合わせた。なお、SFRCの作製は、JIS-F551に準じて行った。

フレッシュコンクリートの性質は、実験に先立って、スランプ、空気量、温度、および単位容積質量の測定した。次に、硬化コンクリートの性質は、実験の前後にPhase 1、2として圧縮強度試験を行った。表-1は、硬化コンクリートの性質についての結果を示したものである。

表-1 硬化コンクリートの性質

Phase	Vf (vol.%)	No.	Compressive Strength f _c (N/mm ²)	Strain at Peak Stress ε _c	Young's Modulus E _c (kN/mm ²)	Poisson's Ratio ν
1	0.0	1	26.24	0.0025	20.9	0.159
		2	25.90	0.0026	20.3	0.200
		3	25.35	—	—	—
		4	23.84	—	—	—
		Ave.	25.33	0.0026	20.6	0.18
		S.D.	0.92	0.0001	0.3	0.021
	1.0	1	24.27	0.0024	20.1	0.167
		2	24.32	0.0025	20.1	0.18
		3	22.50	—	—	—
		4	23.82	—	—	—
		Ave.	23.73	0.0025	20.1	0.177
		S.D.	0.73	0.0001	0.0	0.010
2	0.0	1	(24.82)	(0.0023)	(14.5)	(0.241)
		2	25.23	0.0022	20.4	0.172
		3	25.32	—	—	—
		4	26.54	—	—	—
		Ave.	25.48	0.0023	20.4	0.207
		S.D.	0.64	0.0001	0.0	0.035
	1.0	1	24.89	0.0024	19.4	0.195
		2	26.54	0.0025	14.5	0.147
		3	23.86	—	—	—
		4	24.20	—	—	—
		Ave.	24.87	0.0025	17.0	0.171
		S.D.	1.03	0.0001	2.5	0.024

3. 実験結果および考察

図-2は、各試験法と最大引張強度の関係を示したものである。図に示すように、最大引張強度は、鋼繊維の有無にかかわらず、どの試験法においても約 2.5N/mm^2 であった。

ひび割れ以後の挙動について、JIS法は鋼繊維の影響により、圧縮的な状態になり測定が困難である。また直接引張強度試験は、ひび割れ後、鋼繊維の有無にかかわらず、脆性的に破壊するため、X-Yレコーダーによるアナログ測定が必要である。しかし、SFRCのアナログ測定は、鋼繊維の影響により供試体の前後に配置した変位計の変位には、ばらつきがあり測定が困難である。また図-3は、ダブルパンチ試験における $V_f=1.0\text{vol.}\%$ の応力と変形の関係を示したものであり、図に示すように、最大引張応力以後の変形挙動は、全体的に変位が約2mmの付近で曲線が変化し、徐々に引張応力が軟化していく傾向が明確に現われており、デジタルによる測定も可能である。

図-4は、混入率 $V_f=1.0\text{vol.}\%$ における引張応力とひずみの関係を示したものであり、図中には、圧縮強度試験結果から求めたヤング係数を用い、応力-ひずみ関係の計算値も示した。図に示すように、引張ひずみ $\epsilon_t=100\mu$ に対する引張応力は、JIS法では約 1.6N/mm^2 、直接引張強度試験では約 2.2N/mm^2 、ダブルパンチ試験では約 1.2N/mm^2 であった。これらの違いは、供試体の形状寸法および試験方法の違いにより、引張応力によるひずみがポアソン効果の影響を受けたと考えられる。

4. まとめ

本研究の目的は、SFRCの引張強度試験法としての2次元ダブルパンチ法による適用性について検討することであり、異なる試験法で比較検討を行った。その結果、以下のようなことが明らかになった。

- (1) 試験法ごとに最大引張応力を変動係数で比較検討した結果、試験法による大差は、あまりないことがわかった。
- (2) SFRCの最大引張応力以後の変形性状は、他の試験法と比較して、ダブルパンチ試験を用いることにより、デジタル計測が可能でありその面では適切な方法である。
- (3) しかしながら、応力-ひずみ関係については、鉛直応力によるポアソン効果の影響を受け、同一応力では引張応力によるひずみより大きくなることを配慮する必要がある。

今後の展望は、これらの結果からダブルパンチ試験を取り上げ、ポアソン比の影響を補正し、SFRCの引張軟化曲線に対する検討を行う。

[謝辞]

本研究の実施に際しては、日鐵建材工業㈱、および平成8年度卒業研究生の協力を得たものである。本文をお借りして厚くお礼申し上げます。

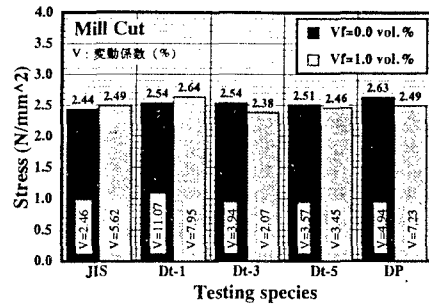


図-2 試験法と最大引張強度の関係

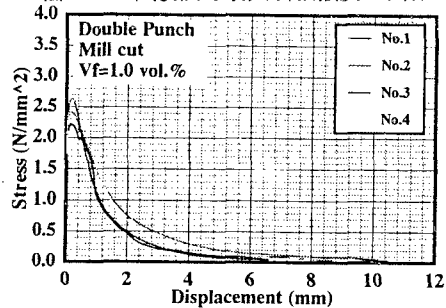


図-3 引張応力-変形関係

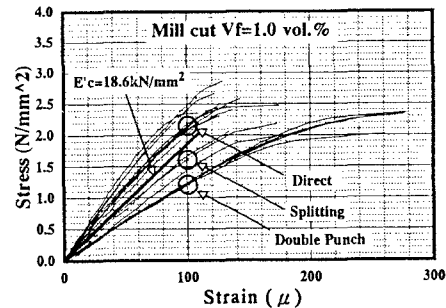


図-4 引張応力-ひずみの関係