

研究速報

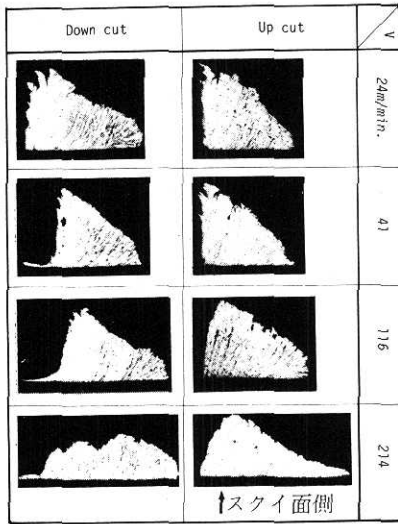


図3 切削ファイバーの断面形状と切削速度Vの関係
S8C焼準材, D = φ 100 mm, Sz = t = 0.5 mm
α = 15°, θ = 0°

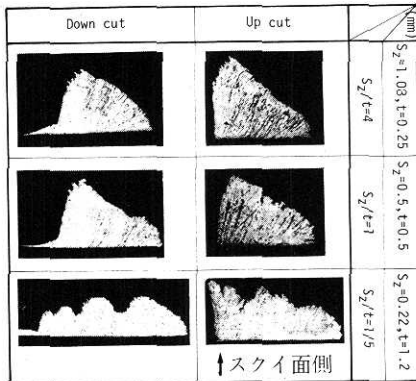


図4 切削ファイバーの断面形状と送り切込みの比 Sz/t の関係
S8C焼準材, D = φ 100 mm, V = 116 m/min
α = 15°, θ = 0°

断面が生じており、これがファイバーの表面積を増し、補強効果を一層増大させるものと思われる。切削状態の安定性や工具寿命の点から考えても、ダウンカットの方が有利となる。

c) 切削速度の影響 切削速度が増すにつれてファイバーの断面形状は薄くなる。(図3) 生産性を向上させるため、また、断続切削により生ずる不規則な振動を減少させるためにも、切削速度は工具寿命を損なわない限り高くするのが望ましい。

d) 送り切込みの比, Sz/t の影響 同一断面積において、送り切込みの比を変えることによっても断面形状は変化する。すなわち、送り切込みの比が、ある値(カ

ッター径が100 mmの場合で、Sz/t = 30~40) を中心として大きくずれる程、薄い断面形状になる傾向がある。(図4) つまり、切削厚さが全体的に薄くなるような条件では断面形状が薄くなる。工具寿命や生産性の点からは、一般に切込みでかせぐ方が望ましい。図4中、顕著な凹凸が生じているファイバーがあるが、これはひげ状断面同様、ファイバーの表面積を増大させ、補強効果上、有利な形状と言える。

e) カッター径の影響 送り切込みが一定でも、用いるカッターの径が大きくなれば、ファイバーの断面は薄くなる。これは、切削機構上、送り切込みの比と同様の効果と見なされ、カッター径を大きくすれば切削厚さが全体的に薄くなり、このため断面形状が薄くなると説明できる。

f) 鋼材質の影響 鋼材質の変化によってもかなり断面形状は変化する。一般に軟質の材料を用いた場合程まとまった形の断面形状を持つファイバーが得られる。激しい変形を必要とするので、できるだけ延性に富む材料を用いることが望ましい。

g) 材料加熱温度の影響 カッターすくい角が負であることから生じる切削動力、および切削時の振動の増大に対する対策として、被加工材を加熱して温間切削を行うことも考えられている。図5は、加熱切削によりファイバーの断面形状が変化する様子を示したものであるが、材料の加熱温度が高くなる程、断面形状が薄くなっている。しかし、同じ影響について調べた図6を仔細に検討する

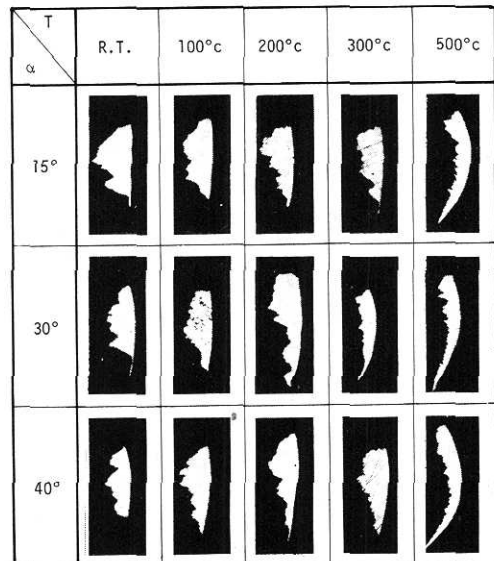


図5 切削ファイバーの断面形状と材料加熱温度Tの関係
0.04% C軟鋼, D = φ 100 mm, V = 116 m/min
Sz = t = 0.5 mm, θ = -15°, Down cut

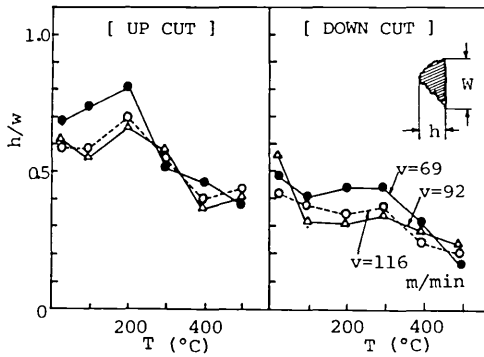


図6 切削ファイバーの断面形状と材料加熱温度Tの関係
0.04% C 軟鋼, D = φ 100 mm, Sz = t = 0.5 mm
α = 15°, θ = -15°

と、一樣な変化ではなく、いったん2~300°Cで厚みが増す傾向があるのがわかる。これは、軟鋼の青熱温度域での脆性挙動と関係しているものと思われる。

4. 切削ファイバーの表面形状

断面形状においてみられた凹凸は、ファイバー表面においては波状の凹凸となっている。この波状凹凸は、ファイバーのコンクリートマトリクスとの付着性を高め、補強効果上有利であることが実際の混入試験により確かめられている³⁾。従って、この切削ファイバー独特の形状に着目して製造条件との関係を検討する。

4.1 波状凹凸と製造条件 カッターのねじれ角は、凹凸の生成と間接的な関係を持っている。図7により示されているように、ねじれ角が増大すると、波状凹凸がファイバーの長手方向となす角も増大する。凹凸が斜めに走ることは、ファイバーのコンクリートマトリクスからの引抜き抵抗を増大させることになり、さらに有利な特性になると考えられる。

このほかに凹凸の発生には、θ = -15°という様にかかなり大きい負のスキユ角をつけることが必要となる。切削方向に関しては、図7からダウンカットの方が凹凸を生じやすいことがわかる。切削速度は大きい程、凹凸が生成しやすい。(図8)送り切込みの比やカッター径の影響については、断面形状のところで述べたように、断面形状が薄くなるような条件の時に凹凸が生じる傾向がある。材料の加熱温度による影響については、常温でも凹凸が発生しているが、2~300°Cの加熱によっても生じており、断面形状で見た場合の傾向と対応している。(図9)

4.2 凹凸の生成状況 波状凹凸の生成は、図2内で示されたせん断角の変化によって説明できる。カッター刃先が材料に食い込むにつれて、すくい角が負であるために切屑が盛上がり、これに応じてせん断角が減少し、せん断歪は大きくなっていく。ある程度せん断角が増す

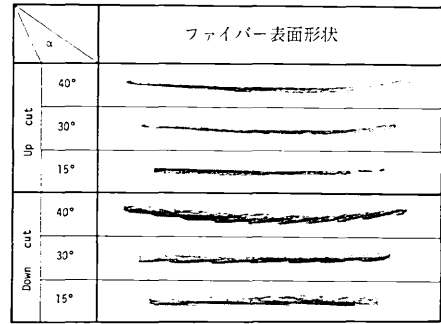


図7 切削ファイバーの表面形状とネジれ角αの関係
0.04% C 軟鋼, D = φ 100 mm, V = 116 m/min
Sz = t = 0.5 mm, θ = -15°

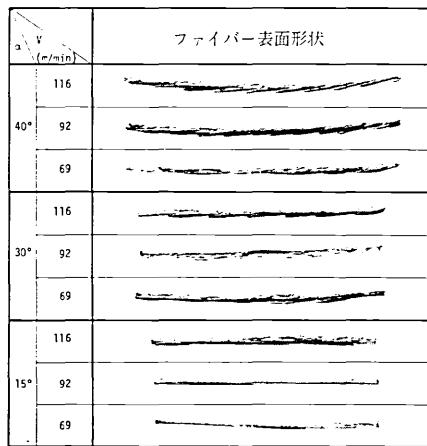


図8 切削ファイバーの表面形状と切削速度Vの関係
0.04% C 軟鋼, D = φ 100 mm, Sz = t = 0.5 mm
θ = -15°, Down cut

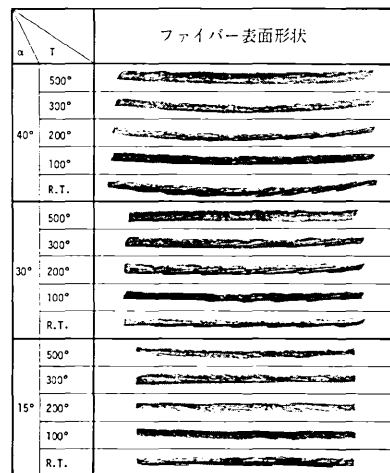


図9 切削ファイバーの表面形状と材料加熱温度Tの関係
0.04% C 軟鋼, D = φ 100 mm, V = 116 m/min
Sz = t = 0.5 mm, θ = -15°, Down cut

研究速報

と、普通ならば、すべり破壊が生じる場所であるが、延性が大きい材料を用い、しかもすくい角が負に大きいため、すべり面に高い圧縮力が加わり、き裂の発生は抑制される。切削の進行に従って、すくい面と切屑の間の接触長さが増し、同時にすくい面と切屑の間の摩擦力も増すため、切屑の排出が困難となって加工硬化した切屑がすくい面上に滞留する。この結果、せん断角が小さくなり、切屑を押上げる力も大きくなって、切屑のすくい面に沿う移動速度が増す。この動きによってせん断角はより安定である大きさに回復し、凹凸の一山が形成される。そして、この現象が1本のファイバーを切削する間に数回繰返され、このため条数の凹凸が形成されることになる。ここまでは、2次元切削の範囲であるが、実際はねじれ刃平フライスを用いているので、切刃は直線ではなく、切刃に沿って切削厚さが異なっている。従って、切刃に沿うせん断角の変化に時間的ずれが生じるため、凹凸が斜めに走るような形状になる。

フライス切削においては、切削厚さが過渡的に変化するが、この変化の度合も凹凸の形成に関与していると考えられる。すなわち、アップカットで凹凸が生じにくいのは、切削の進行につれ切削厚さが増し、このためせん断角が常に増大する方向、つまりより安定な状態に向かっているからと考えられる。また、送り切込みの比、カッター径の変更は、切削厚さの減少率或は増大率に変化を与え、これが凹凸の生成に影響を及ぼすものと思われる。材料加熱による影響は直接的に、また、切削速度による影響は、生じる切削熱を通じて間接的に材料特性を変化させ、このためせん断角の変化に影響を及ぼしているものと考えられる。

5. 切削ファイバーの強度特性

強度特性に大きい影響を及ぼす因子としては、切削速度と材料加熱温度とがある。切削速度の影響については、切削速度の上昇と共に引張強度は増大する傾向がある。(図10)ファイバーの靱性も高速切削程、良好な傾向を示

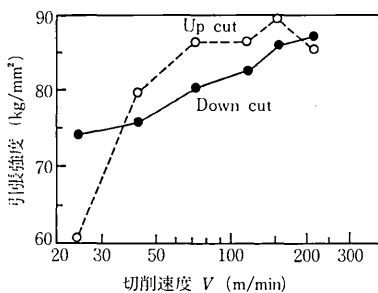


図10 切削ファイバーの引張強度と切削速度Vの関係
S8C焼準材, D = φ 100 mm, Sz = t = 0.5 mm
α = 15°, θ = 0°

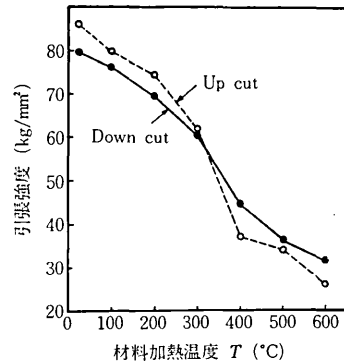


図11 切削ファイバーの引張強度と材料加熱温度Tの関係
0.04% C軟鋼, D = φ 100 mm, Sz = t = 0.5 mm
V = 116 m/min, α = 15°, θ = -15°

す。また、材料の加熱温度が高くなると一様に強度が減少する傾向があり、600 °C では 30 ~ 35 kg/mm² と母材強度と同程度になっている。(図11)これは、熱間で加工が行われると加工硬化も生じにくく、さらに加熱と切削熱の相乗作用による自己焼鈍作用によって軟化するためと考えられる。アップカットの加熱による強度の低下率がダウンカットより大きいのは、アップカットの方が変形量及び切削熱のいずれもが大きいためである。

切削ファイバーでは、大体ほとんどの条件において十分な強度が得られており、実用に際して特に強度の検討が必要になることはないと考えられる。

6. おわりに

切削条件を適当に選ぶことにより、表面に適度に傾いた波状凹凸を持ち、十分な引張強度や靱性を備え、補強効果が優れている切削ファイバーを得ることができる。たとえば、材料をインゴットなどの極軟鋼とし、カッターとして、径が250 mm、ねじれ角15°, すくい角-15°なる諸元を持つものを用い、送り0.3 mm, 切込み0.86 mm 切削速度100 m/minと設定した場合のダウンカットにより得られるファイバーなどその好例と言えよう。

おわりに、実験に協力戴いた日本工業大学、長塚悟君及び、実験に便宜を図って下さったアイダエンジニアリング社に感謝致します。(1978年10月7日受理)

参考文献

- 1) 小林ほか, コンクリート工学, 15-3, (1977.3)
- 2) T. Nakagawa, K. Suzuki, 生産研究 28-11, (1976.11), P. 44
- 3) 中川, 小林, 内田, 生産研究 30-5, (1978.5), P. 39
- 4) 中川, 鉄鋼界 (1978.8), P. 40