

スチールウール廃材を利用したコンクリート補強線材の開発

Development of the Reinforcing Steel Fiber for the Concrete Utilizing the Scrap Wire of Steel Wool

中 川 威 雄*・柳 沢 章**

Takeo NAKAGAWA, Akira YANAGISAWA

1. はじめに

コンクリートのような脆性的破壊挙動を示す材料は、繊維状の補強材を混入することによって、その特性が大きく改善されることは、古くから知られており、種々の補強材による試みが活発に行われている。とくに鋼製の繊維をコンクリート中に分散させた鋼繊維補強コンクリート(SFRC)に関しては、理論的、実験的に数多くの検討がなされ、その物性的な優秀さが確認されており、また、実験的施工例も相当数存在する。この優れた素材の、建築・土木分野へのなお一層の普及のためには、設計、施工などの利用技術の確立とともに、鋼繊維そのものの特性の向上、コストの低減が重要であり設計、施工に関しては、近い将来その指針が決定することになっているが、鋼繊維の特性の向上、コストの低減は、困難な要因が多く、鋼繊維補強コンクリートの普及を阻んでいる。

著者らは以前から、この SFRC 研究のハード面とも言うべき鋼繊維製造法に関する研究を行っており、フライス切削法、びびり振動切削法の 2 つの鋼繊維製造法を開発した。^{1,2)} フライス切削法は鋼の厚板をフライス刃物で切削し製造するもので、素材として加工度の低い連铸スラブ等が用いられることによる製造コストの低減を主な目的としているが、コンクリートとの付着強度、混練性等の繊維特性も優れており、すでに実用に供されている。また、びびり振動切削法による鋼繊維の製造は、丸棒旋削時に発生する工具の自励振動を利用するもので、素材は丸棒材に限定されるが、比較的小寸法の鋼繊維を高能率で生産することの特徴としており、この方法による鋼繊維は、コンクリート補強用より、セメント、モルタル等の補強材として適していると思われる。しかしながら、これらの方法は、従来から行われている鋼繊維製造法に比較して、材料コスト、生産性の点で優れているものの、素材として新規に製造される鋼材を用いることは同一で、繊維コストの低減にも限界があった。したがって、著者らは建築・土木材料として多量に用いられる

SFRC 用鋼繊維の大幅なコスト低減は、新製鋼材を用いては不可能と考え、各種廃鋼材の活用を検討した。

本報告は、その 1 例として、スチールウール製造により生産される廃線材を利用したコンクリート補強材の開発について述べるものである。この廃線材は、材質、形状、また廃材であるために伴う生産量の制約等を考慮しても、簡単な加工を行えば、コンクリート補強材として十分活用可能であり、その形状、寸法から考えて従来の鋼繊維とは異なった補強効果を持つことも期待される。以下に、このスチールウール廃材を用いて行ったコンクリート補強材の開発について述べる。

2. スチールウール廃材を用いたコンクリート補強材

図 1 に今回の補強材開発に用いたスチールウール製造によって生ずる廃材の外観および断面を示す。スチールウールとは、文字どおり金属製の wool(羊毛)で、研磨材、濾過材として主として用いられるものである。その製造法は、廃線材の断面形状とも関係するので、概略を述べると図 2 に示すように、素材の線材(直径約 3 mm)が案内溝のついた左右 1 対のドラムに多数回巻きつけられた状態で供給・排出され、したがって多数条の線材が平面状に並んで、同速度で送られる状態となり、これに押し付けられるように固定されたカッターによって、スチールウールが切削される。結局、この製造法は素材線材が一方のリールから供給され、切削加工後、他方のリ-

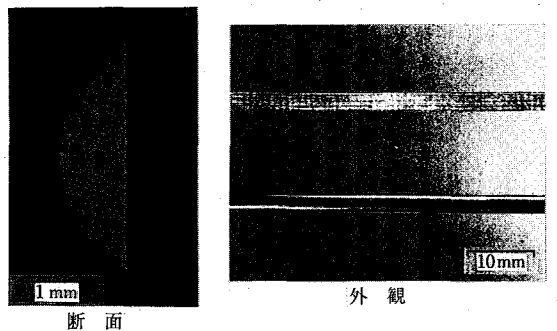


図 1 スチールウール廃材

* 東京大学生産技術研究所 第 2 部

** 日本工業大学

研 究 速 報

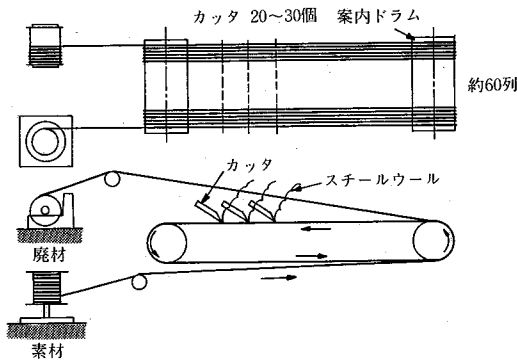


図2 スチールウール製造工程

ルに連続的に巻き取られていくもので、図1に示したような割円断面形状の削り残り廢線材を生ずるのが避けられない。また、スチールウール特有の繊維形状を生成するために、カンナの刃状のカッタの背面には、極めて細かい縦溝があり、これが廢線材割円断面の直線部分の細かい凹凸を生じさせている。これらの特徴から判断して、この廢線材は大きな比表面積を持ち、かつ扁平な断面であるため、これを利用すればコンクリートマトリクスとの付着力が高く、分散性に優れた良好な補強材となると思われる。さらにこの素材線材はマンガン成分の高い良質の鋼種で、引張り強さも 105 kg/mm² あり、その点でも補強材としての利用に適している。

この廢線材を補強材として用いる場合、その特性を生かすために、これに異形加工を施すことが適当と考えられる。すなわち断面形状から考えて、この廢線材を適当な長さの補強材とした場合、かなり良い分散性を示すと思われるので、分散性を多少犠牲にしても引抜抵抗を増加させるために異形加工を施すことが得策であるし、また、これによって材料強度も有効利用できると思われる。この廢線材の形状に対する異形加工としては種々のものが考えられるが、分散性をあまり阻害しないこと、材料強度を生かせること、加工が容易であること、などを考慮して図3に示すような形状の異形加工を行った。補強材長さは、アスペクト比等を考慮して、55,66,77 mm のものを試作した。図4に試作補強材の外観を示す。

3. 補強材の特性

今回開発したスチールウール廢材を用いた補強材は従来の鋼繊維と比較し、寸法・形状が大きく異なり、すでに予備の実験によって、補強効果も確認されている。以下に従来より用いられている鋼繊維と比較して、その特性を述べる。鋼繊維の製造法としては、先に述べたフライス切削法、びびり振動切削法の外に、広く行われてい

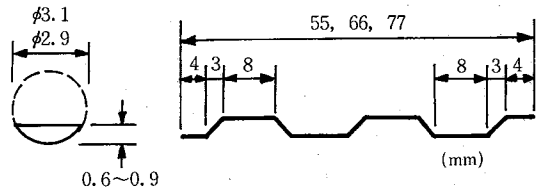


図3 補強材異形加工形状

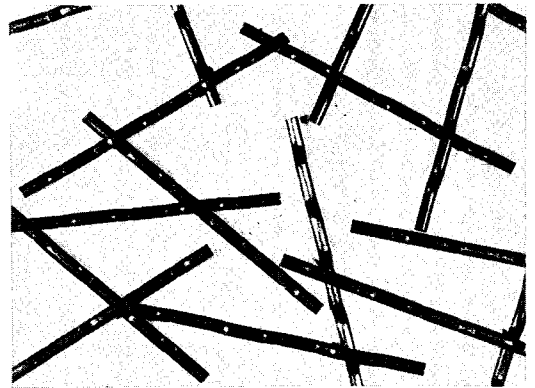


図4 試作補強材外観

る製造法として、カットワイヤー法、薄板せん断法がある。カットワイヤー法とは、引抜き加工で製造された鋼線を一定の長さに切断して鋼繊維とするもので、通常、附着強度を高めるために異形加工を行う。薄板せん断法は、繊維長さに等しい幅にスリットされた薄板をせん断加工して得られるもので、現在最も一般的に用いられている鋼繊維である。この他溶鋼抽出法等の製造法があるが、これら従来の鋼繊維は大半が直径 0.5 mm、長さ 30 mm 程度の寸法であり、例外的に直径 0.6 mm、長さ 60 mm のものが使用されている。これに対して、今回開発した補強材は、廢材厚さを 0.7 mm とすると、断面積約 1.2 mm²、換算直径 1.2 mm となり、直径で 2.4 倍、断面積で 6 倍となる。また、この補強材のアスペクト比を従来の鋼繊維と同程度が適当であると仮定すると、今回試作した補強材の中では、77 mm のものがこれに相当し、これを従来の鋼繊維と比較すると 1 本が約 15 本分に相当することになる。これらのことから考えて、今回開発した補強材は、従来の鋼繊維とはかなり性格を異にするものであり、新しい形式の補強材と考えることもできる。また、強化能の点から考えても、コンクリート中に分散させた場合に補強材の平均間隔が増加すること、セメントマトリクスと補強材との附着総面積が減少することなどの要因により補強効果が減少することが考えられ、また、引抜防止のための効果的な異形加工が行えること、補強材の強度が高いこと等の利点により、強化能の向上

研究速報
 が期待できる。さらに、補強材の長さとも関連して、ワーカビリティの検討も必要となる。今回試作した補強材のうち、最も短い 55 mm の補強材について、東京大学生産技術研究所・小林研究室において、補強効果の確認実験を行った結果、混練にとくに問題はなく、強化能も薄板せん断法による鋼繊維より高いことが確認された。

4. 製 造 装 置

本補強材の開発のために製作した補強材の製造装置について述べる。補強材の異形加工形状の検討、強化能の確認の実験段階での試作には、形状・寸法の変更の容易なプレス加工方式により、また量産機として製作した製

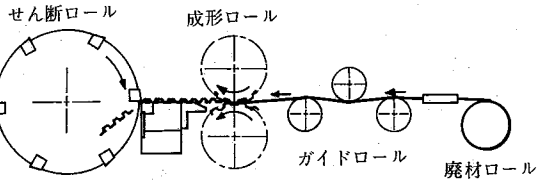
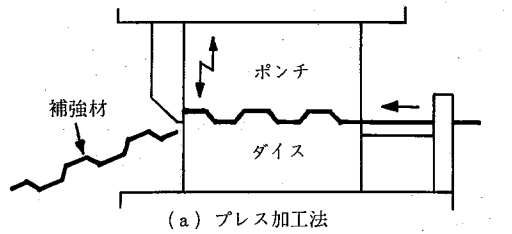
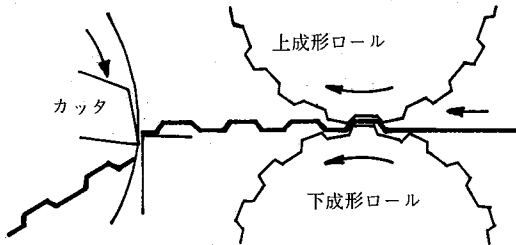


図7 ロール方式による製造工程



(a) プレス加工法



(b) ロール加工法

図5 補強材製造方式

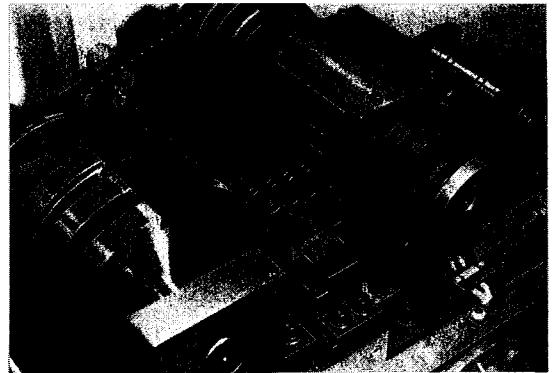


図8 補強材製造装置 (成形ロール, せん断ロール部)

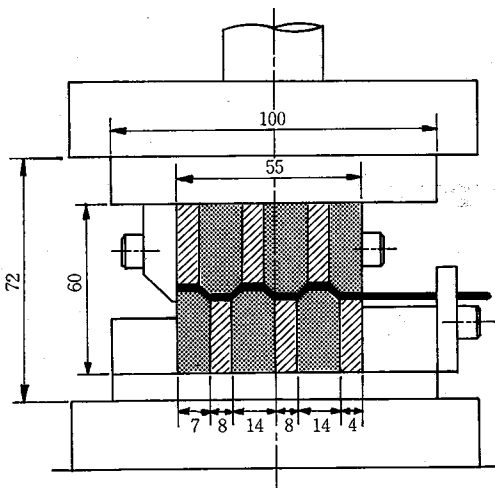


図6 プレス加工用金型

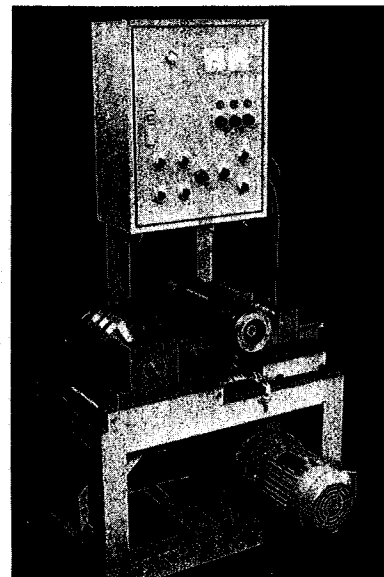


図9 補強材製造装置外観

研 究 速 報

性の高い製造装置の開発が必須の条件である。このために、図5(b)に示すようなロール加工方式を採用した補強材製造装置を製作した。その構成を図7に示す。また、実際の生産においては、スチールウール製造装置と直結し、廃材の排出と同時に成形、切断して補強材を製造する方式と、廃線材を一度コイル状に巻き取ってから加工する、いわゆるオフラインの製造方式とが考えられるであろう。前者の方式では製造人員を全く必要としない反面、廃線材を単列でしか加工できないため、生産量が低いという欠点があり、後者の方式では、多列加工により生産性は高いが、余分の製造人員を必要とする欠点がある。開発した装置はこの両者の製造方式に対応できるような構成とした。この製造装置の加工過程は、成形ロールで異形加工を行った後、回転せん断刃で切断するという単純なもので、回転せん断刃の回転数がせん断速度の上限により制限され、150 rpm 程度であることから、被加工線材の供給速度は25~35 m/分となる。4列供給で加工を行えば、生産量は50~80 kg/時となり、各種鋼繊維の製造装置と比較しても十分高効率な製造装置といえる。また、当然のことながら本装置は計量装置との連動機構も備えている。図8に成形ロール部、回転せん断部の外観を、図9に本製造装置全体の外観を示す。

5. お わ り に

優れた特性を持つ鋼繊維補強コンクリートが広く用い

られるための重要な要因である繊維コストの低減を計るために著者らはその製造法に関する一連の研究を行ってきた。今回は原材料の面から検討を行い、スチールウール製造時の廃材を利用した補強材の開発を行った。廃材を利用することにより大幅なコストの低減が実現できること、また、従来の鋼繊維とはその寸法形状、特性のかなり異なる補強材となることが確認された。この補強材は従来の鋼繊維に比較して、かなり大寸法であることから、骨材寸法の大きなコンクリート中での補強効果も期待でき、新しい用途が広がることも考えられる。

おわりに、本補強材の開発にあたり種々有益な御助言をいただいた東京大学生産技術研究所、小林一輔教授、補強材混入コンクリートの強度試験に便宜をはかっていただいた小林研究室の諸氏に心より感謝いたします。

(1982年4月8日受理)

参 考 文 献

- 1) T. Nakagawa, T. Uchida and K. Suzuki: International Journal of Machine Tool Design and Research, (1980), Vol. 20, p. 251-264
- 2) 中川・鈴木・柳沢・小山: 昭和56年度精機学会秋季大会学術講演会論文集, (1981), p. 482-484
- 3) 中川・柳沢: 日本鉄鋼協会第103回講演大学講演概要集, (1982, 3), p. 316
- 4) 小林: 繊維補強コンクリート オーム社

