

磁気探査装置を用いたコンクリート中の 鋼繊維量測定方法に関する研究

Determination of Steel Fiber Content of SFRC by Electro-Magnetic Method

魚本 健人*・小林 一輔*・西村 次男*

Taketo UOMOTO, Kazusuke KOBAYASHI and Tsugio NISHIMURA

1. は し が き

近年、鋼繊維補強コンクリートの構造物への適用例が増加しているが、これに伴って、コンクリート中の鋼繊維量を簡便に測定する方法に対する要望が高まっている。これは、鋼繊維補強コンクリートでは繊維混入率がその品質の指標となるため、打設コンクリートの品質を管理する上でも非常に重要となるからである。

従来、鋼繊維量の測定方法として提案されているものには、洗い分析方法やX線写真による方法などがあるが、いずれも手間がかかるばかりでなく、前者はフレッシュコンクリートの場合にしか適用することができず、後者は主に硬化コンクリートの場合にしか実際には適用できない。しかし、フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートのいずれの場合にも適用が可能で、また簡便に測定することのできる方法として、磁気を利用する方法が考えられる。

そこで、前報¹⁾で行った鉄筋探査計による検討結果をふまえ、定量的にも鋼繊維量を測定することのできる磁気探査装置を試作し、その適用可能性について検討することにした。

本文は、新たに試作した磁気探査装置の諸特性を明らかにすると同時に、その測定精度について検討した結果を報告するものである。

2. 磁気探査装置とその原理

磁気を利用してコンクリート中の鋼材の位置や量を推定する方法は特に目新しいものではなく、既に鉄筋の位置やかぶり厚さを調べる方法として鉄筋探査計などがある。著者らも、市販の鉄筋探査計の適用可能性について既に検討を行っているが¹⁾、探査子からの距離が近い鋼繊維ほど測定値に及ぼす影響が大きく、鋼繊維量を定量的に求めるためには、市販の鉄筋探査計では不十分である

ことが明らかとなった。

しかし、磁気を利用する場合、探査子からの距離の影響を完全に除くことは不可能であることから、測定対象物の形状寸法を限定し、なるべくその影響を減少させる方法を考案した。すなわち、測定対象物を一般に用いられる圧縮強度用供試体 ($\phi 10 \times 20 \text{cm}$) や曲げ強度用供試体 ($10 \times 10 \times 40 \text{cm}$) などの柱状物とすれば、利用する場合にも便利であり、距離による影響も小さくなると考えられる。

このような観点から、写真-1に示すような磁気探査装置を試作した。この装置は鉄筋探査計と同様に、電磁誘導法を利用したもので、探査子と検出装置から成る。すなわち、写真-1に示すように円形または正方形の開口部を持つ探査子に組み込まれた1次側コイルを励磁し、この探査子開口部内に挿入された鋼繊維補強コンクリート中の鋼繊維によって誘導された2次側コイルの電流を検出するもので、その出力は鋼繊維の量が多いものほど大きくなるため、各断面における鋼繊維量を求めることができる。

この装置はフレッシュコンクリート、硬化コンクリートのいずれの場合にも適用が可能であるが、フレッシュコンクリートに適用する場合には $\phi 10 \times 20 \text{cm}$ または 10

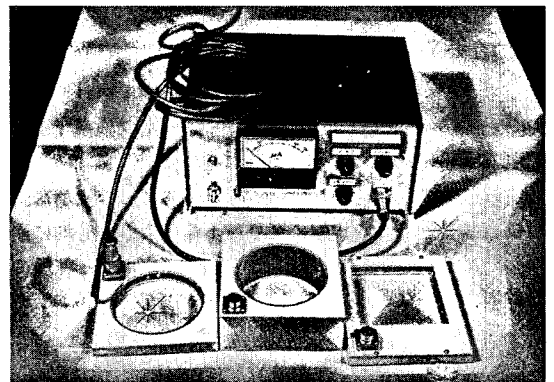


写真-1 磁気探査装置の外観 (手前が探査子)

* 東京大学生産技術研究所 第5部

×10×40cmのアクリル製型枠等に打設すれば、型枠ごと測定することができる。

3. 磁気探査装置の測定値に及ぼす各種要因の影響

磁気探査装置の原理からも明らかなように、この装置で鋼繊維量を測定することは洗い分析方法やX線写真による方法に比べ、測定に要する時間ははるかに短く、現場においても簡便に測定できるという長所がある。しかし、その反面解決すべき問題点も多い。

問題点の主なものとして、次に示すことがあげられる。

- ① 探査子のコイル巻き幅の大小によって、測定値が変化する。
- ② 測定用供試体の端面からの距離によって測定値が変化する。
- ③ 探査子と同一面内にある鋼繊維であっても、コイルに近い鋼繊維ほど測定値に及ぼす影響は大きい。
- ④ 同じ位置にある鋼繊維であっても、その傾きによって測定値は変化する。

そこで、これらの問題点を明らかにすると同時に、その対策について検討を行うため、磁気探査装置による測定値に及ぼす各種要因の影響について調べた。

図-1はφ4mmの丸棒を均等に配置した標準供試体を用い、コイル幅10mmおよび60mmの探査子で同一断面を測定した結果を示したものである。この図から明らかなように、コイル幅を大きくすると測定値は小さくなるが、その比率はほぼ一定である。すなわち、コイル幅を変えた場合には測定値に定数を乗じて補正すれば良いことを意味する。しかし、鋼繊維がランダムに混入されている場合には、コイル幅の大きなものほどその測定値は平均化されるため、局所的な鋼繊維量の変動を把握しにくいことになる(図-2参照)。このことから、分布を知る上ではコイル幅の小さな探査子の方が望ましい。

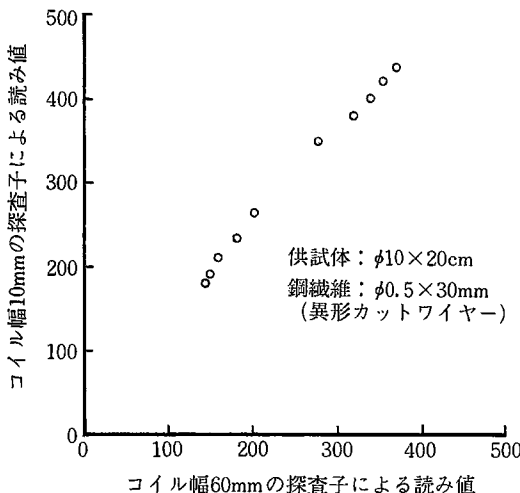


図-1 コイル幅の異なる探査子を用いた場合の読み値の比較

図-3は、上記の標準供試体を用いて端面からの影響を調べたものである。この図から明らかなように探査子のコイル幅と無関係に、供試体端面に近くなるほど測定

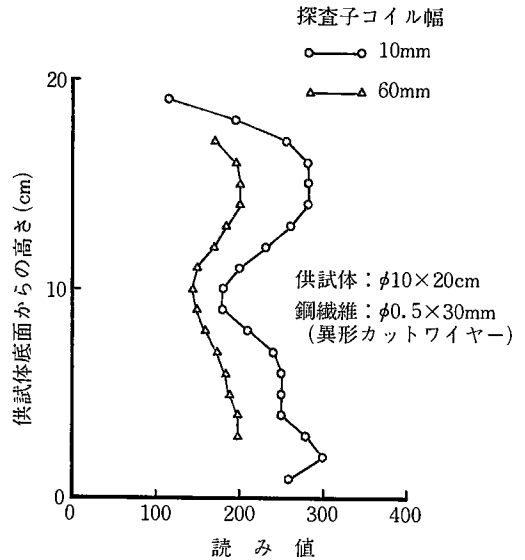


図-2 探査子コイル幅が読み値に及ぼす影響

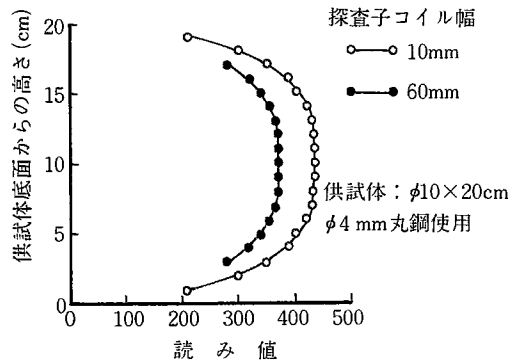


図-3 供試体端面からの距離が読み値に及ぼす影響

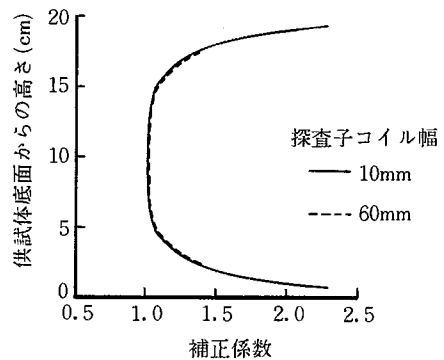


図-4 供試体測定位置と補正係数

研究速報

値は小さくなり、端面から7.5cm以上の範囲ではほぼ一定の値となる。このような現象は、電磁誘導法を用いた本装置では避けることのできないものであるが、標準供試体はいずれの断面においても同じ鋼材量であることから、端面から7.5cm以内の範囲では測定値を補正する必要がある。そこで中央部の測定値は一定であり、端面の影響をほとんど受けていないと考えられるため、図-4に示すような補正係数を乗じて各断面における鋼繊維量

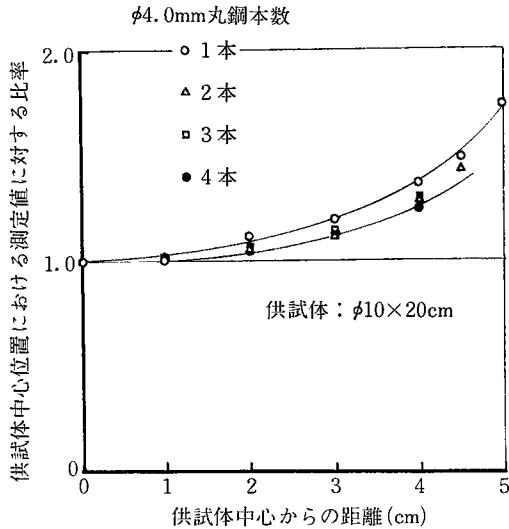


図-5 供試体中心からの距離が測定値に及ぼす影響

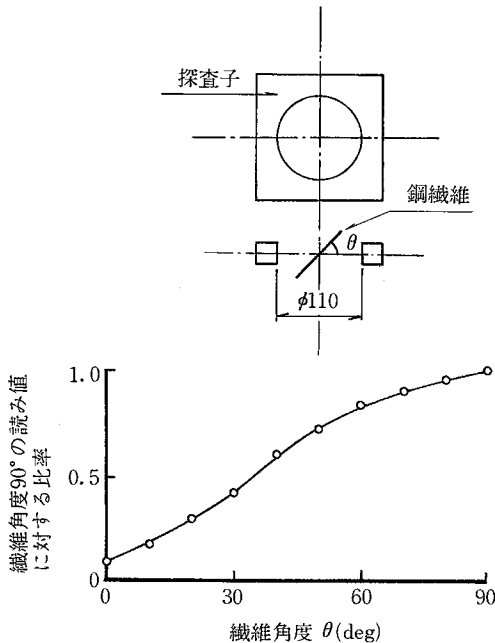


図-6 繊維角度が読み値に及ぼす影響

を求めることとした。

図-5は、測定断面内に含まれる鋼材量は一定で、断面方向の分布が異なっている場合に測定値がどのように変化するかを示したものである。この図から明らかなように、供試体側面に近い鋼繊維ほど測定値に及ぼす影響が大きく、測定値は大きくなる。しかし、鋼繊維補強コンクリートに含まれる鋼繊維は、一般にどの断面でもその分布が一定となることはない。このため、測定断面数を増大させれば、たとえ部分的に鋼繊維の分布が片寄っていても全体としては測定値と実鋼繊維量の誤差は小さくなると推定される。

図-6は鋼繊維の傾きが測定値に及ぼす影響を示したものである。この図から明らかなように繊維が測定断面に垂直になると最も大きな値を示し、測定断面に平行になると「0」に近い値となる。これは鋼繊維量を測定する場合にはなるべく測定断面直角方向に繊維が配向するように打設すれば良いことを意味している。すなわち、繊維の配向状態によって測定値は異なるため、繊維の配向係数が既知となるように打設するか、配向係数を求めることが必要となる。しかし、コンクリートの打設方法が一定で、使用する鋼繊維が同じ寸法であれば、ほぼ一定の配向状態になると推定される。

4. 磁気探査装置による鋼繊維量測定精度

磁気探査装置の鋼繊維量測定精度を調べるためには、繊維混入率の明らかな供試体を用いて比較する必要がある。しかし、鋼繊維補強コンクリート中に含まれる鋼繊維量は微視的にはバラツキが大きく、フレッシュコンクリート、硬化コンクリートのいずれの場合であっても全く同じ供試体で比較しなければならない。そこで、鋼繊維量を調べる他の方法のうち、より確実な洗い分析試験との比較を行うこととした。

測定に用いた鋼繊維補強コンクリートの繊維混入率は0.25%~2.0%とし、鋼繊維には $\phi 0.5 \times 30\text{mm}$ の異形カットワイヤーを用いた。コンクリート中の鋼繊維量は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の亚克力製容器に打設したコンクリートを容器ごと磁気探査装置で測定し、その後洗い分析試験で鋼繊維量を求めた。なお、3で述べた結果をふまえ、探査子はコイル幅10mmのものとし、2cm間隔で9断面を測定し、その値を図-4の補正係数を用いて補正し、平均した。

磁気探査装置並びに洗い試験から求めた鋼繊維量を、繊維混入率に換算して比較したものを図-7に示す。この図から明らかなように、磁気探査装置で求めた値と洗い試験で求めた値は相関係数0.941で、ほぼ良い一致を示すと言えよう。特に、磁気探査装置で求めた値は計9

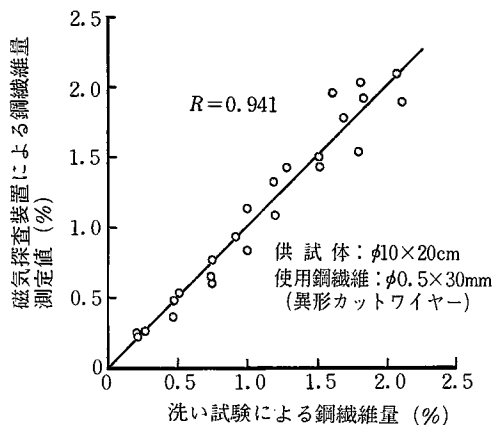


図-7 磁気探査装置で求めた鋼繊維量と洗い試験により求めた鋼繊維量との比較

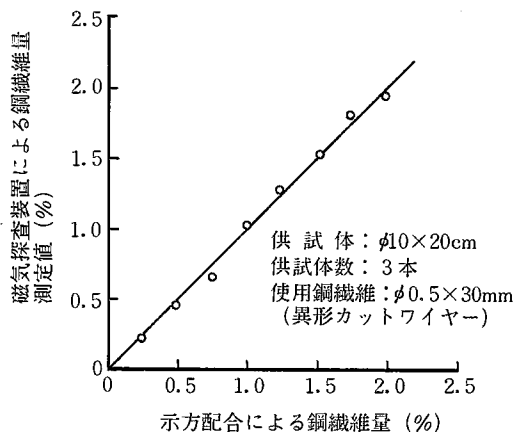


図-8 磁気探査装置で求めた鋼繊維量と示方配合による鋼繊維量との比較

断面の値を平均しただけであるにもかかわらず、この程度の値が得られたということは、各断面での値も大きく異なっていないと推定される。なお、本実験で求めた測定値のバラツキより、測定すべき供試体本数を求めると約6本となるが、これは鋼繊維補強コンクリートそのもののバラツキや使用したアクリル製容器が小さかったことに起因するものと考えられる。なお、3本の供試体の平均値を用いても図-8に示すようになり、配合値とも近い値となる。

5. あとがき

本研究で明らかのように、磁気を利用して鋼繊維補強コンクリート中の鋼繊維量を求める方法は、測定も簡便であり、しかもフレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートのいずれに対しても適用可能である。このため現場における鋼繊維補強コンクリートの品質管理にも十分利用しうるものと考えられる。しかし、この方法で鋼繊維の分布や鋼繊維量を求める場合には、その特徴を十分考慮した取扱いをすることが必要である。

なお、本研究に用いた磁気探査装置を試作するにあたっては(株)丸東製作所の協力を得たことを付記する。

(1981年8月31日受理)

参考文献

1) 小林・魚本・峰松：生産研究 vol 31, No 1, 1979. 1

