

## 論文

[1182] X線CT法による炭素繊維強化モルタル中の短繊維分散状態の  
定量化

正会員○ 林 隆介(新日本製鐵第一技術研究所)

正会員 山田 寛次(新日本製鐵第一技術研究所)

## 1. 緒言

最近、新素材繊維の建築材料への利用の研究開発が盛んに行われており、その中でも、炭素繊維(以下、CFと略す)を分散させた炭素繊維強化モルタル系材料は一部実用化されている。<sup>1)</sup>用いられるCFは直径が約7~10 $\mu$ m、長さが数mmであるが、このような短繊維状CFは繊維同志が絡み合い、塊状のfiber ballを形成してセメントマトリックス中に均一に分散させることが困難であった。そのため、様々な手法を駆使してCFの分散の研究がなされている。<sup>2)</sup>

しかし、CFの定量的な分散評価は行われていないのが現状である。一般的には、目視による方法を採用しているが、人為的誤差が含まれていると推察される。

本研究では、モルタル中のCFの分散程度について、非破壊検査技術の一つとして脚光を浴びているX線CT(Computerized Tomography)法により、定量的評価することを試みた。その結果、材料のX線吸収係数から求められるCT値頻度曲線の半値幅により、繊維の分散を定量的に評価できることがわかった。

## 2. 試料の作製

本研究では、モルタルの基本配合を、水(W)/セメント(C)比を0.6、骨材(S:8号珪砂)/セメント(C)比を0.5とした。これに可塑剤(信越化学社製, hydroxypropylmethylcellulose, 90SH-4,000, 以下MCと記述する)をCに対して0~0.2wt%添加し、粘度が異なるモルタルを調整した。そのモルタルは、粘度の違いによって、塊状のfiber ballを開繊する程度も異なってくると推察される。

ついで、粘度の異なるそれぞれのモルタルに、粉体量(C+S)に対しCFを4wt%添加し混練を行い、CFの分散の状態が異なる試料を作製した。

ここで、モルタルの粘度は、B型粘度計(円筒容器中の物質に、円筒形のローターを挿入後回転させ、発生する回転トルクから粘度を測定する)で測定した。

可塑剤の添加量に対するモルタルの粘度を図1にプロットし、得られた試料の外観(写真1)から、CFの分散の良否を目視で行い、MC/Cが0.2wt%以上の試料が分散が良好と判定した。

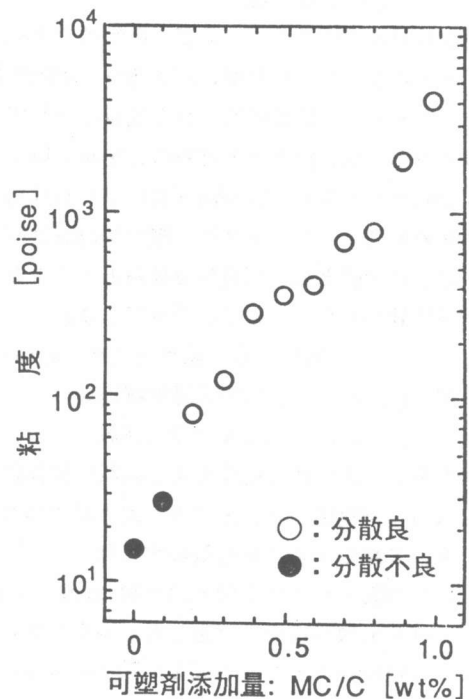


図1 モルタルの粘度とCFの分散程度

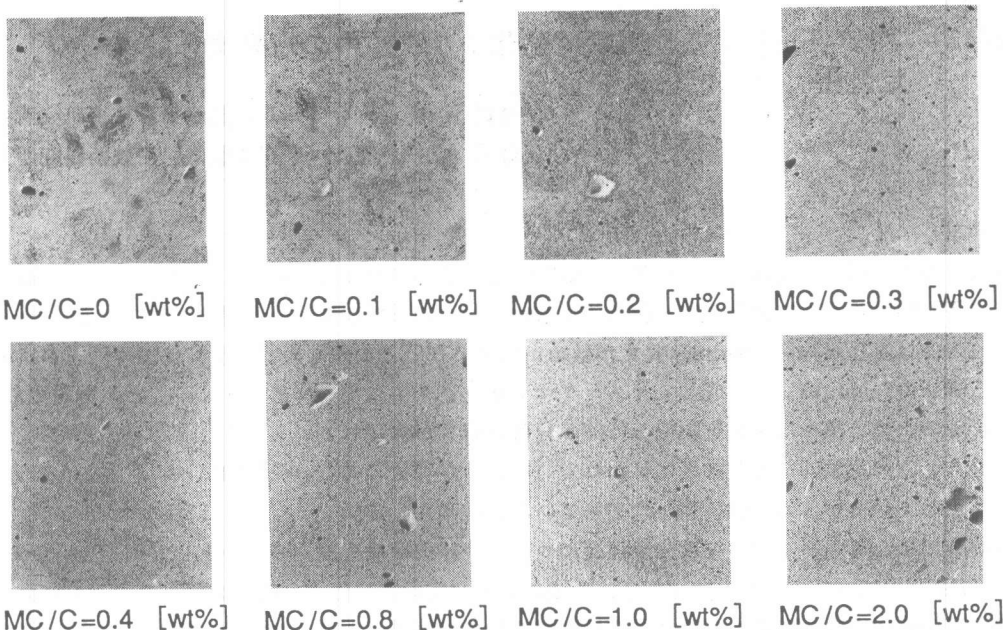


写真1 可塑剤の添加量に対するCF短繊維の分散状況

10mm

### 3. CFの分散状態の定量化

#### 3-1. 分散の評価方法

CFの分散の評価のため、まず、炭素繊維強化モルタル試料に通電加熱し表面の温度分布をサーモグラフにより測定したが、端子部分の接触抵抗がさまざま、定量化はできなかった。そこで、材料の欠陥検出を非破壊的に行う検査手法<sup>3)</sup>であるX線CT法を採用した。使用するX線CT装置のX線出力は、測定する試料の比重が4以下であるため、分解能を良くするため高出力の工業用(420kV)でなく、医療用(120kV)を採用した。この装置は、分解能が $200\mu\text{m}$ で、計算できる画素の配列マトリックスは、縦 $320\times$ 横 $320$ 画素である。

一方、CT値とは、試料単位体積あたりのX線吸収係数の平均値を、水を0、空気を-1,000とした基準で計算した値であり、下式で示される。

$$\text{試料のCT値} = \{ (\mu_{\text{sample}} - \mu_{\text{water}}) / \mu_{\text{water}} \} \cdot 1,000$$

ここで、 $\mu_{\text{sample}}$ ：試料のX線吸収係数

$\mu_{\text{water}}$ ：水のX線吸収係数

すなわち、CFの分散の程度により試料単位体積あたりのX線吸収係数に差があるため、さまざまな $\mu_{\text{sample}}$ が検出され、上式より画素単位のCT値が計算される。

#### 3-2. X線CTによる分散の定量化

2. で作製した試料を $50\times 50\times 10\text{mm}$ の寸法に切り出し、スライス幅を $2\text{mm}$ とし、X線CTによりCFの分散の程度を測定した。測定されたCT値を濃淡で表示したCT画像、および、得られたCT値の頻度分布図を図2に示す。さらに、図2において、分布図ならびに試料の均質の度合を表現する半値幅を計算し、それぞれ、可塑剤の添加量に対する分布図の半値幅として図3に示す。

これから、分散の程度の悪い試料は画素の単位について、CFだけ、モルタルだけの領域があるため、様々なCT値を示し、分布形状は幅広で半値幅は大きくなる。一方、分散の良い試料では、CFとモルタルが均一に存在するため、CT値がほぼ一定になり、分布がシャープで半値幅が小さく一定値に近づくことがわかる。つまり、X線CT法により求められたCT値の半値幅により、CFの分散の程度を定量的に評価できる。

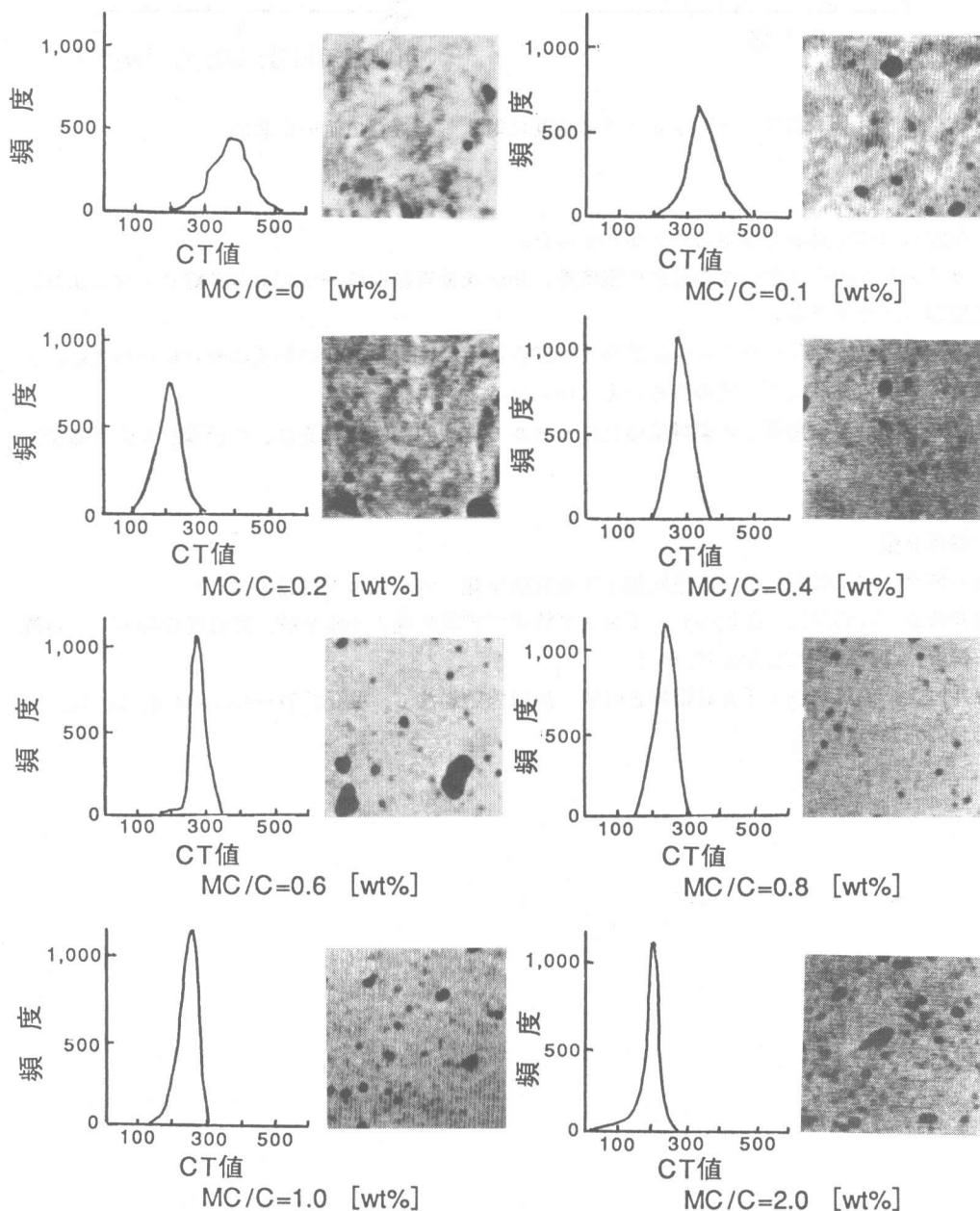


図2 X線CT値分布図およびCT画像

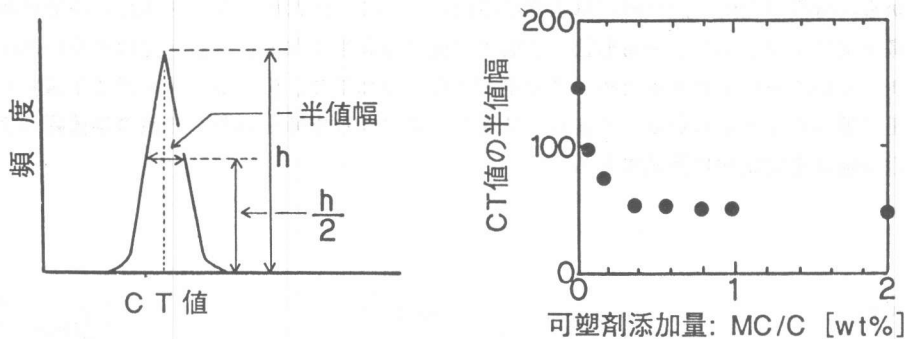


図3 マトリックスの粘度に対するX線CT値の半値幅

#### 4. まとめ

今回の検討結果から以下のことがわかった。

セメントモルタル中のCFの分散の程度を、非破壊検査技術の一つであるX線CT法により、定量的に評価できる。

なお、炭素繊維強化モルタル中に残存するCFの長さの定量化とCFの形状の特定については、X線CT装置の分解能が不足のため行えなかったことを付記する。

また、CFの分散の良否と炭素繊維強化モルタルの機械的物性の関係は、今後検討を進める予定である。

#### 5. 参考文献

- 1) 秋浜繁幸, 末永龍夫ほか: 鹿島建設技術研究所年報, 30~32号 (1982~1984)
- 2) 坂井廣道, 安藤達夫, 高橋啓介: 「コンブ状炭素繊維を投入加水分解, 高強度を発揮」, 日経7-キタチ pp. 68~71 (1989. 10. 16.)
- 3) 土井恒美, 佐藤明良: 「非破壊検査特集 放射線透過法」, 強化プラスチック, Vol. 35, No. 12, pp. 462~467 (1989)