

Easy-break Concrete における炭素繊維アンテナの加熱特性

神戸大学工学部	正会員	竹野 裕正	神戸大学大学院	非会員	田林 準史
神戸大学工学部	非会員	石田 宏樹	神戸大学大学院	非会員	西川 徳光
神戸大学工学部	非会員	中本 聡	神戸大学工学部	非会員	八坂 保能
京橋工業株式会社	正会員	並木 宏徳			

1. はじめに

コンクリート材料のリサイクル促進のために、フィラーを内部に混入して容易に破碎を可能としたコンクリート (Easy-break concrete; 自砕性コンクリート) の開発研究を行なっている [1]。混入するフィラーとしては高い熱膨張率を持つ必要があり、高強度コンクリートに対しては火薬の利用が期待されている。これまで、火薬の点火法を検討してきたが [2]、マイクロ波の照射を受けた炭素繊維の発熱効果の利用が有望との結果を得た [3]。火薬の吸湿防止も含めて、火薬と炭素繊維をカプセルに封入したもの（「火薬カプセルフィラー」と呼ぶ）をフィラーとする方向で、実用化を検討している (図 1 に概念図を示す)。この場合、炭素繊維はマイクロ波のエネルギーを受信する機能と、火薬点火のための熱エネルギーに変換する機能とを併せ持ち、「炭素繊維アンテナ」と呼ばれる。

効率よい点火のために、炭素繊維アンテナが持つべき条件を検討するべく、条件変化に対する加熱効果の変化についての実験を行った。本報告では、これらの結果について発表する。

2. 最適長解析実験

最初に、炭素繊維の最適長を調べた。マイクロ波の照射を受ける導電材が、最も高い加熱効果を示す長さは、マイクロ波の波長と関係することは容易に想像される。しかしながら、これまでの報告では、実験系が異なることもあり、同じ 2.45 GHz の周波数でも、4 cm [1] や 5 cm 前後 [3] と、必ずしも一致を見なかった。これは、導電材の周囲媒質に影響を受けているためと考え、解析実験を行った。

図 2 は、先の報告 [2] と同様の実験系である。加熱効果をみるために、導電材の下に感熱紙を敷き、これらをアクリル台の上に置いて、家庭用電子レンジ内でマイクロ波を照射した。この条件では、以前の報告通り、4 cm が最適長となった。これに対し、アクリル台を棒状の支えに変え、導電材の大部分が空気中に浮くように変更したところ、最適長は 6 cm となった。

これは、導電材と電子レンジの周囲壁とを 2 導体とするマイクロ波伝送系が構成されており、2 導体間の媒質 (誘電率) が、最適長に影響を与えているものと考えられる。アクリル台の上に置いた場合、導電材が線状であるために、マイクロストリップ線路の構成に類似する。実験系をマイクロストリップ線路とみなし、材料の寸法を用いて波長を計算したところ、4 cm は波長の 0.46 倍であった。棒状の支えの最適長の結果と併せると、マイクロ波の波長の 1/2 で最も加熱効果が大きくなるといえる。

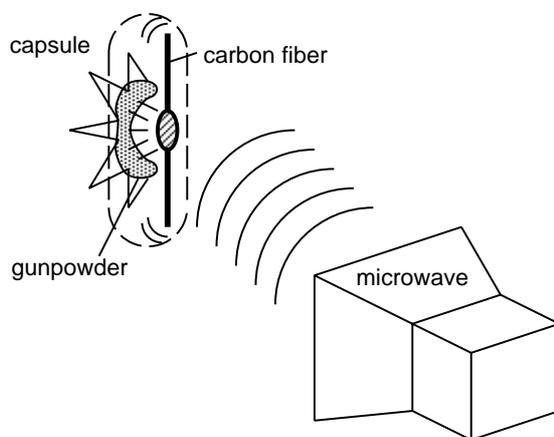


図 1: 火薬カプセルフィラーの概念図

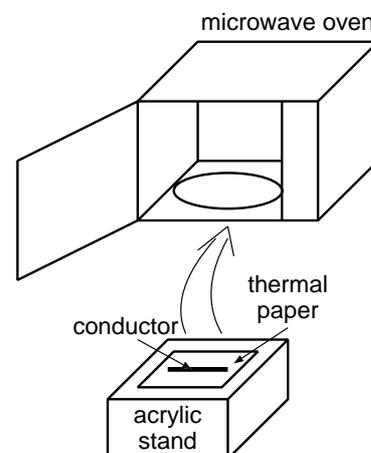


図 2: 最適長解析実験の構成

キーワード：自砕性コンクリート，炭素繊維アンテナ，マイクロ波，寿命制御コンクリート

連絡先：〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部 Tel. & Fax. 078-803-6103

3. 接触点の効果および最適位置の探索実験

先の報告 [3] によると、炭素繊維を切断したものを接触させた点で、高い温度上昇が得られる。これは、接触部では導体としての断面積が小さく、他と比べて高い抵抗となっているために、炭素繊維を流れる電流によるジュール熱の発生が大きいからと予想される。

このような接触部分の最適位置を探る実験を行った。接触部の発熱は、再現性が困難な接触の程度によって左右されると予想される。そこで、高い抵抗部という観点から、市販のカーボン抵抗器で模擬した。

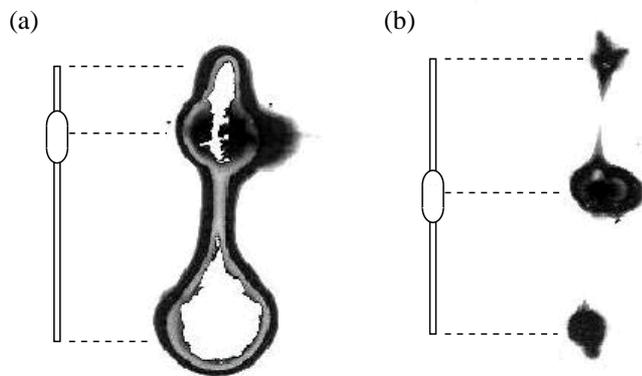


図 3: 抵抗器の位置の変化による加熱効果の変化

図 3 に示すように、接触部を模擬した抵抗器部分に対して、全長を 4 cm とするよう金属線部分の長さを適当に切り、接触部の位置を変えた試料とした。これに、同様のマイクロ波照射を行った。

(a) は 1 cm–3 cm, (b) は 2 cm–2 cm の結果で、(a) の方がより大きな効果が得られていることがわかる。半波長の導体上の電流定在波は、中央位置で最大値をとるが、この観点からの予想とは異なる結果となった。

4. 模擬着火実験

加熱効果には、これまで調べられてきた導電材先端部の電界集中 [2] によるものと、ジュール熱によるものがある。これらの加熱効果を比べる際に、両者のもつ熱総量を考える必要がある。本現象における熱量の定量的な測定は容易ではないが、適当な材料への着火を比較することにより、相対的な比較を試みた。

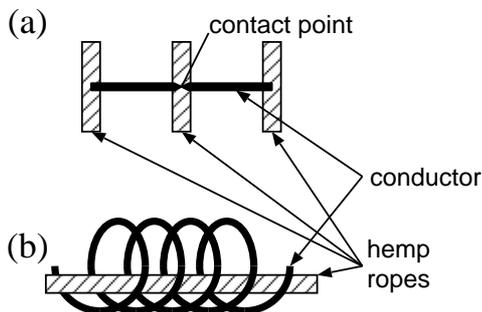


図 4: 模擬着火実験の配置図

図 4 に示すように、(a) 長さ 4 cm の金属線を中央で切断して接触させたものの両端および接触点、(b) 長さ 6 cm の金属線をコイル状に成形したものの内部、それぞれに麻紐を置き、同様のマイクロ波照射を行った。コイルの金属線は、長さ 6 cm で大きな効果があることを、別の実験で確認している。

結果として、(a) の配置では麻紐の場所で放電が確認されたが、間欠的な放電では着火の起こる確率が低かった。一方 (b) の配置では、放電は観測されないが、着火が確認された。

5. 結論

火薬カプセルフィラーの効率よい点火のために、炭素繊維アンテナが持つべき条件を、いくつかの観点から実験的に検討した。最適長は、対抗導体と周囲媒質とで決まるマイクロ波伝送系における半波長の長さがよく、接触点の位置は、必ずしも中央がよいとは限らない。また、放電状のエネルギー発生よりも、ジュール熱に基づくエネルギーの方が、着火能力が高い。

謝辞

本実験は、日本材料学会の複合材料部門委員会の「寿命制御コンクリート」サブワーキンググループの活動の一環として実施されたものである。関係者に謝意を表す。

参考文献

- [1] H. Nishio, *et al.*, Studies on Easy-break Concrete Heating due to Microwave Strong Field Created by Conducting Material, Proc. 2003 Japan–Korea Joint Symp. on Elec. Discharge and High Voltage Eng. 205–208 (2003).
- [2] 竹野 他, 微小爆発を利用した Easy-break concrete 構成のための基礎実験, 平成 15 年度 土木学会全国大会 V–190 (2003).
- [3] 並木 他, Easy-break Concrete におけるマイクロ波照射による微小領域の爆破, 平成 16 年度 土木学会全国大会 5–242 (2004).