

Easy-break Concrete におけるマイクロ波照射による微小領域の爆破

京橋工業 正会員 ○並木 宏徳 立命館大学理工学部 非会員 日下 貴之
 神戸大学工学部 正会員 竹野 裕正 産業技術総合研究所 非会員 ト部 啓
 産業技術総合研究所 正会員 緒方 雄二 京橋工業 非会員 大野 一樹

1. はじめに

コンクリートのリサイクルまで含めたライフサイクル・コストが最小となるような環境に優しい新材料の一つとしてEasy-break Concreteの開発を進めてきた¹⁾²⁾。ここでは混入された爆発性フィラーに内蔵されたアンテナに外部よりマイクロ波を照射して、導火線を用いることなくコンクリート内部に多数の微小爆発（マルチ・マイクロエクスプロージョン、MMと呼ぶ）を起こして破碎可能な形態のEasy-break Concreteについて基礎的な研究を行った。

2. 起爆用のマイクロ波アンテナ

雷管をマイクロ波照射により点火しようとする試み³⁾は以前からなされており、金属性ダイポールアンテナと白金・イリジウム合金の発熱体を用い、鋭敏なDDNP／アエロジルの点火薬に埋め込んだ特殊雷管を用いて2.45GHzのマイクロ波発振器を用いて推定電界強度 $0.25\text{W}/\text{cm}^2$ (2.45GHz) で点火に成功した例がある。マイクロ波は人体に悪影響を及ぼすので、マイクロ波を発振する機器からの漏洩電力は $5\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下に制限されている。更に高感度のアンテナを開発するためにアンテナ材料の実験的検討から研究を開始した。

実験は簡易電磁遮蔽されたチャンバー内で写真1のようにマイクロ波発振器(2.45GHz)から導波管およびホーンアンテナを経てターゲット材料を照射し、アンテナ特性を赤外線サーモグラフィによる温度特性で評価した。種々の材料の中で炭素繊維が有望であると判ったので、東レ高性能炭素繊維トレカ T700S を用いて性能を調べた。

A) フィラメント数 写真2に示すターゲットA1はフィラメント数を変えた試験体で左端が原糸で12,000フィラメントから構成されている。それを右端の128分割(94フィラメント)まで次々と2分割した試験体を製作し試験したところ188と94フィラメントの炭素繊維



写真1. マイクロ波照射装置

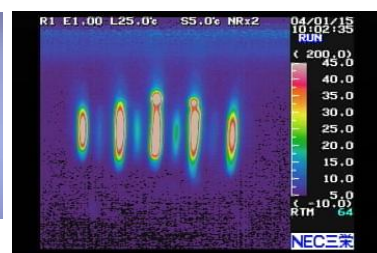
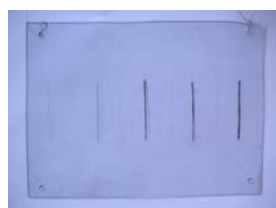
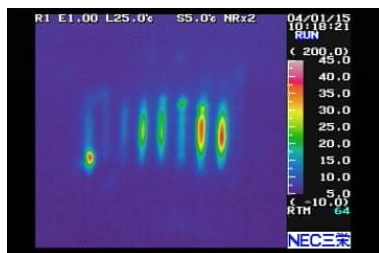
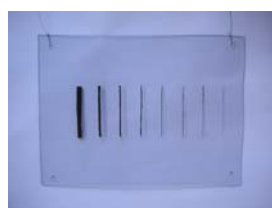


写真2. ターゲットA1とそのサーモグラフィ画像 写真3. ターゲットA2とそのサーモグラフィ画像

の加熱特性が優れていた。次に1500から94フィラメントまでを搭載した写真3のターゲットA2では750から188フィラメントの炭素繊維の温度上昇が大きく200フィラメント程度の太さが良好であった。ターゲットA2では極細の50フィラメント以下の炭素繊維を間に配置しているが、かすかに発熱する程度であった。

B) アンテナ長さ 写真4から6までに炭素繊維長さを変えた試験体を2体ずつ配置したターゲットをマイクロ波照射した時のサーモグラフィ画像を示す。太さが一定でないで固体差もあるが、概ねマイクロ波の波

キーワード Easy-break Concrete, マルチ・マイクロエクスプロージョン, マイクロ波, 炭素繊維

連絡先 〒536-0014 大阪市城東区鳴野西2丁目2番21号 京橋工業（株） TEL 06-6961-6173



写真4. 4cm 3.5cm

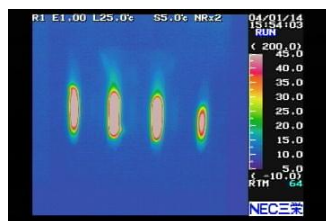


写真5. 5cm 4.5cm

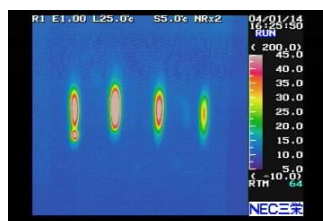


写真6. 6cm 7cm

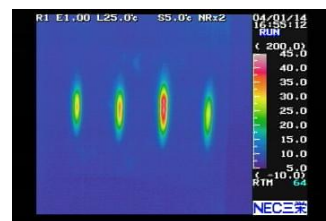


写真7. 8cm 10cm

長 12.2cm の半波長に近い長さの試験体の温度が高く、5cm 程度のアンテナ長さは必要であると結論された。

C)アンテナ形状 炭素繊維をスパークさせると更に高温が得られると考えて繊維の接触状態を変えて観測を行った所、写真8のサーモグラフィ画像の右下の点のように接触点が輝点となって激しい発熱を起こすケースがあることを見出した。この点の顕微鏡写真9から判るように接触点が繊維全断面ではなく一部分となっており、この部分にスパークが発生したものであると推定された。詳細は省略するが、輝点に導火線を接触させて起爆実験を行ったところ、マイクロ波電界強度 $32\text{mW}/\text{cm}^2$ で起爆することができた。マイクロ波照射によ

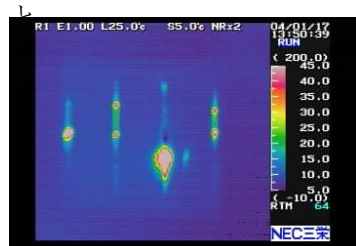


写真8. 輝点

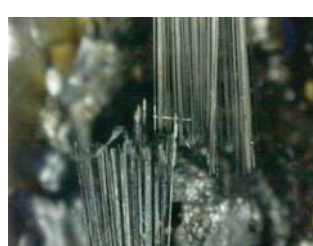


写真9. 輝点の顕微鏡写真



写真10. 型枠



写真11. 爆破後

る導体の発熱メカニズムは複雑であり、電界中に置かれた負荷抵抗に電流が流れることにより発生する磁界の空間位相変化による作用が大きいといわれている。金属材料で観察されたのは単純に電気抵抗の大きな材料はジュール損失も大きく発熱しやすいという結果であった。そこで金属以外の材料として炭素繊維を試験し良好な温度特性を得ることができたが、これは炭素繊維が極細であるので電気抵抗が大でありかつ熱容量が小であるなどの条件が揃ったためであると推定された。今後更に炭素繊維アンテナの特性を研究する所存である。

3. マイクロ波照射による微小領域の爆破

写真10に示すように炭素繊維アンテナを備え、少量の火薬を入れたカプセルを型枠内の鉄筋に取り付けてコンクリート打設し試験体を製作した。そしてマイクロ波照射により起爆することにより写真11に示すように微小領域を爆破することができた。単位カプセルによる爆破体積を数リットル以下の微小領域とするこのMM工法により、コンクリート構造物を殆ど防護することなく短時間で爆破解体することが可能となる。

4. おわりに

炭素繊維製アンテナを用いることにより、導火線を用いることなく離れた位置からマイクロ波照射によりコンクリート中の火薬カプセルに点火・爆破することが可能であることが示され、必要なマイクロ波出力も作業員の位置では許容範囲内とできると考えられて Easy-break Concrete の実用化に一步近づくことができた。

謝辞 この研究は、日本材料学会複合材料部門委員会「寿命制御コンクリートワーキンググループ」の委員の方々にアドバイザーとして、経済産業省「地域新生コンソーシアム研究開発事業」として実施された。関係各位に深甚の謝意を表する。

参考文献 1) 日下貴之, 並木宏徳, 堀川教世, 北條正樹: ライフサイクルコストを考慮した Easy-break Concrete, コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム, 2003/10/24 京都

2) N. Horikawa, T. Kusaka, H. Namiki, K. Urabe, Y. Tada, H. Takeno, N. Takagi, M. Sakane, M. Ho, Fracture behavior of life-controllable smart concrete using the recycled PET resin, ATEM'03 (International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2003). September 10 - 12, 2003. Nagoya Congress Center Nagoya

3) 中原正二外4名, 特許公開平7-280497 「マイクロ波起爆用雷管の構造」