

ペレット混入モルタルのマイクロ波による破砕条件

京橋工業株式会社 正会員 ○並木宏徳

明星大学理工学部

正会員 鈴木博之

立命館大学

日下貴之

新エネルギー・産業技術総合開発機構 正会員 堀川教世

ケイコン株式会社

多田幸生

1. まえがき

自砕性コンクリート（Easy-break Concrete）とは予め破砕し易い特性を付与したコンクリートで、これを構造物に用いることによりリサイクルを容易にできることから持続性社会構築のためのツールの一つとして提案している²⁾³⁾。ここではその一形態として樹脂ペレットを混入したモルタルを取り上げ、マイクロ波照射により解体することを試みて破壊条件などを調べ、混入する樹脂のマイクロ波エネルギー・吸収効率を向上する手法について検討を加えた。さらに低コストで実用的であると考えられる再生 PET 樹脂製のペレットを混入した場合の強度低下特性をモルタルへの混入率を変化させて実験的に検証した。

2. 樹脂ペレット混入モルタルの破壊条件

図1のように樹脂の円筒とコンクリートの円柱を両端で剛に接合した並列モデルを仮定する。樹脂材料とコンクリートの温度が等しいとし、弾性係数にも差が無いと仮定すると、コンクリートに一定の幅を持つひび割れが発生する温度 T は

$$T = 2\varepsilon_c / \{ (\alpha_p - \alpha_c) - (\alpha_p + \alpha_c) \varepsilon_c \} \quad (1)$$

ここで ε_c ；コンクリートのひび割れに相当するひずみ、

ε_e ；コンクリートおよび樹脂材料の弾性ひずみ

α_c ；コンクリートの線膨張率、 α_p ；樹脂材料の線膨張率

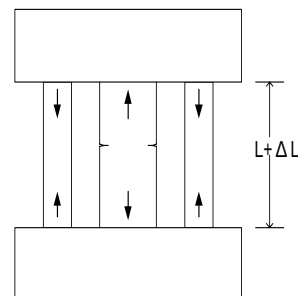


Fig.1 Cylinder and column model

で示される。ただし、ここでは樹脂材料とコンクリートの弾性係数に差がないとしている。解体するためには、ある程度の幅を持つクラックを発生させることが必要であるから、コンクリートのひび割れに相当するひずみとして長さ 1cm の部分に 0.1mm 幅のクラックを発生させるとして、 $\varepsilon_c = 0.01$ 、弾性ひずみとしては $\varepsilon_e = 0.002$ 程度とし、線膨張率は $\alpha_c = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、 $\alpha_p = 10 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ とすると破砕温度は 230 と試算される。コンクリート構造物に樹脂材料を混合した場合においてはこのような簡単なモデルではなく、構成材料の物性・形状・サイズ・位置等が影響し、熱応力条件下における破壊力学の取り扱い領域となる。

3. モルタルの破砕実験

全ての加熱実験はマイクロ波発振周波数 2.45GHz、高周波出力 500W の Panasonic 2M235H-M2 のマグネトロンを用いて 10 ないし 30 秒間照射し、ほぼ同時刻でキ・エンス社製赤外線表面温度計で温度計測を行う方法で実施した。

モルタルに混入する高分子材料としてエポナイト樹脂、変性ポリエチレンテレフタレート樹脂、アクリル樹脂、塩化ビニル樹脂の各 1 辺 10mm の立方体を用いた実験を最初に行った。

加熱試験の結果、全てのケ-スで 110 - 150 程度で幅 0.1

mm 以上の目視で観察できる亀裂が発生し、軽く叩くと分離することから亀裂はほぼ断面を貫通していると判断された。次に市販の再生 PET ペレットを重量比で 2.8% 混入したモルタルを同条件で破砕した結果を写真 1 に示す。ペレットは径が 3mm、長さも 3mm 程度と小さいので 60 程度で微細なクラックが無数に入るが大きいクラックに成長せず実用的な破砕には不適當であり、最適サイズがあると推定される。



写真 1. PET ペレット混入試験片

キ-ワ-ド：自砕性コンクリート、Easy-break Concrete、マイクロ波、樹脂ペレット

連絡先：〒536-0014 大阪市城東区鳴野西 2-2-21 京橋工業株式会社 設計部 Tel 06-6961-6173

またカーボンブラック入りのペレットを用いた試験片が写真右であるが、意外にもクラック発生までのマイクロ波照射時間および上昇温度は同じであった。

4. 樹脂のマイクロ波吸収特性向上試験

a) 金属の混入

内部を観察しながら加熱できるように、透明なエポキシ樹脂に電磁波を吸収しやすい金属を重量比で 7% 封入した実験を行った結果を図 2 に示す。金属の種類および形状は、

○ ; 厚さ 0.03mm 幅 0.3mm のステンレス薄帯をコイル状に丸め、不規則に折り曲げ加工して封入。

□ ; 同上で厚さ 0.04mm 幅 1mm のステンレス薄帯。

□ ; 直径 1mm の鋼鉄線を屈曲させて環状に封入。

で何れの場合も加熱効率は上昇したが、スパークで樹脂が焼損する欠点があることが判った。

b) カ - ボンブラックの混入

高ストラクチャー - のカ - ボンブラックをエポキシ樹脂中に混入した試験片を上と同様にマイクロ波加熱した時の温度特性を図 3 に示す。重量比で 10% 以上混入することにより加熱特性は著しく向上する。

5. 樹脂混入モルタルの強度試験

直径 5 cm 高さ 10cm の標準モルタル試験体において砂の代わりに同重量の再生 PET ペレットを混入した試験体の 4 週強度を調べた結果、図 4 に示すように、ペレット混合比率が増加すると圧縮強度が減少する。適度の自砕性を有すると推定される約 2% の混入率では約 30% 程度の強度低下を引き起こす恐れがあることが判った。

6. まとめ

線膨張率がコンクリートの約 10 倍ある高分子材料を混入することにより、コンクリート構造物に破砕性を付与することが可能であることを実験により確認した。クラック発生温度は樹脂の種類や形状に依存するが、一例として加熱温度を 120 とし、必要なエネルギーを計算すると約 26Mcal/t となり、これは 29kwh に相当するから 20 円 / kwh の商用電力を用いればおよそ 580 円 / t を要する。また再生 PET 樹脂を 2% (20 kg / t) 用いれば、材料費におよそ 1,000 円 / t 要し、合計 1,580 円 / t のコストを要する。大型プレカで破砕すると 6.2Mcal / t¹⁾といわれているからエネルギー消費面からも効率が悪く、実用化には全体を加熱するのではなく樹脂ペレットへのマイクロ波エネルギーの集中が必要条件となり、またマイクロ波の浸入深度を大とすること、特定部位にエネルギーを集中するなど照射方法の探究も必要であろう。

本実験に用いた再生 PET ペレットに関してはよのペットボトルリサイクル(株)の三大寺工場長に種々ご教示賜り、住化カラ(株)には試料を提供いただきました。ここに記して深謝いたします。なお、本研究は日本材料学会・複合材料部門委員会のワーキンググループ(テーマ: 寿命制御コンクリート)活動の一環であり、委員各位のご指導を感謝いたします。

【参考文献】 1) 原田 実: コンクリートの解体と再生、山海堂、1998、 2) 並木他: 高分子材料を用いた自砕性コンクリートの破壊特性、日本材料学会第 50 期学術講演会, pp.69-70, 2001、 3) 鈴木他: マイクロ波照射によるモルタルの破壊条件の検討、土木学会第 29 回関東支部技術研究発表会講演概要集 pp.850-851, 2002

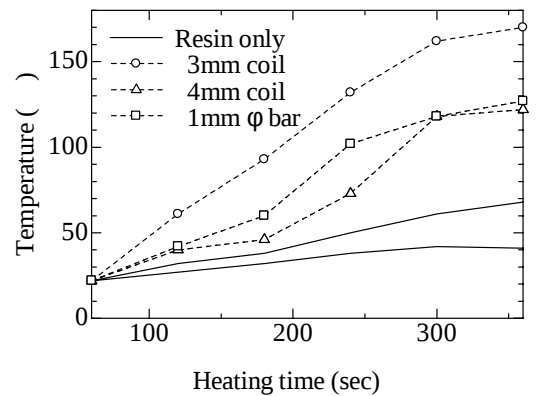


Fig.2 Thermal characteristics of metal mixed resin blocks under micro wave heating

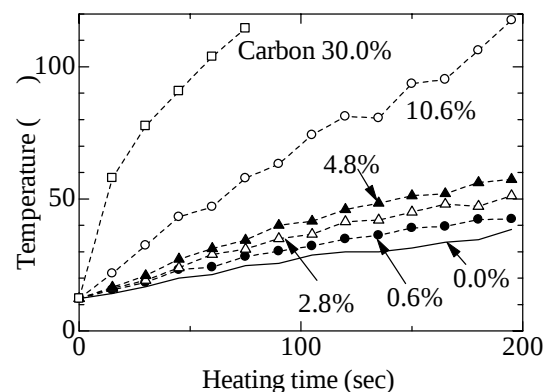


Fig.3 Thermal characteristics of carbon mixed resin blocks under micro wave heating

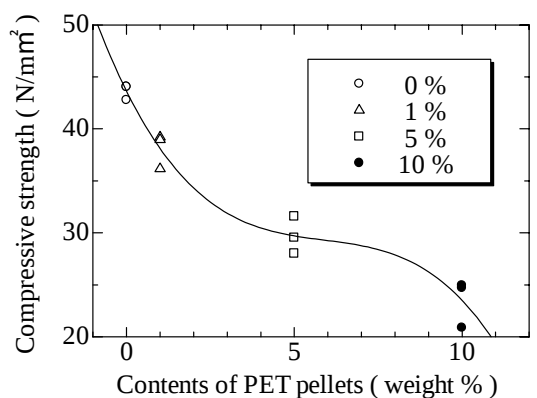


Fig.4 Compressive strength of PET pellets mixed mortar