

中空微粒子を用いたひび割れ補修材料の高度化に関する研究 Development of Crack Repair Material for Concrete Structure by using Hollow Particles

○鈴木 哲也*・藤井 伸之**・小嶋 篤志**・須田 翼**

○Tetsuya Suzuki, Nobuyuki Fujii, Atsushi Kojima and Tsubasa Suda

1. はじめに

コンクリート構造物にひび割れ損傷が発達した場合、注入工による補修が施されることが多い。一般的に樹脂剤に気泡を注入した場合、注入材の弾性率の改善が期待できる。筆者らは、注入材の物性改善と非破壊照査精度の高度化を目的に中空粒子（GB）を混和したひび割れ補修材を開発している。既往研究では、物性改善、赤外線サーモグラフィ法による照査精度改善を確認している^{1)~4)}。

本報では、中空粒子混和補修材の物性改善効果について報告する。

2. 中空粒子による注入材の物性改善

高分子化合物に無機微粒子（フィラー）を混和し複合材を形成することで寸法安定性、加熱ひずみ温度、衝撃強さおよび引張り強さが改善されることが Nielsen⁵⁾により示されている。三輪ら⁶⁾は、混和粒子の粒径が小さくなるにつれ複合材の弾性係数は上昇することを報告している。足立ら⁷⁾は、無機微粒子に中空粒子を用い樹脂 - 中空粒子複合材を製作することによる力学特性の改善効果を報告している。本研究で用いた中空粒子の顕微鏡写真を図-1 に示し、割裂ひび割れに中空粒子を混和した軟質樹脂を注入した状況を図-2 に示す。

3. 実験方法

供試体は 80×20×10 mm の直方体モルタル 2 本の間 10 mm の厚さで樹脂を充填した。軟質樹脂を充填したものを MHP、GB 混和軟質樹脂

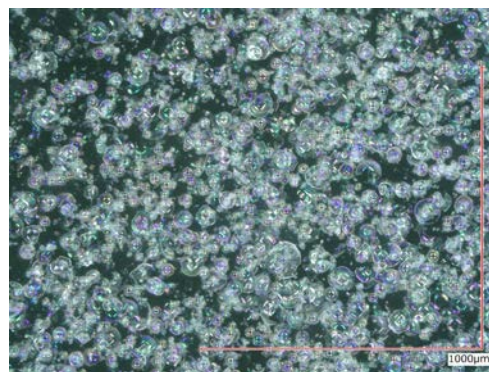


図-1 中空粒子・顕微鏡写真



図-2 開発樹脂のひび割れ注入状況

を充填したものを MHPG とした。混和率は体積含有率 0.1, 0.18, 0.5 とし、MHP を含め各ケースで 3 本、計 30 本作成した。MHPG については以下、各供試体の名称は「MHPG_GB 名称_混和率」で示すためモルタルとの複合材を作成し、供試体とした。一軸引張り試験に使用した試験機は精密万能試験機 AG-250kNI(島津製作所製)を用いた。ロードセル容量は 250 kN, 最大ストロークは 800 mm である。載荷は 0.5

*新潟大学自然科学系（農学部） Faculty of Agriculture, Niigata University.

**株式会社福田組 Fukudagumi CO. LTD.

キーワード：ひび割れ損傷、コンクリート構造物、補修工、中空粒子、非破壊検査

mm/min で行い供試体が破断および降伏するまで継続した。破壊に伴う弾性波動現象の発生を検出するため、载荷初期から停止まで AE 頻度計数と波形の記録を行った。AE 計測には、AE Win SAMOS (Physical Acoustic Corp.社製) を使用した。AE センサは R15- α (共振周波数 150 kHz) を 2 つ用い、AE センサはエレクトロニックワックスにて貼付した。図-3 に AE センサ貼付位置を示す。

4. 結果および考察

4.1 一軸引張試験結果

供試体 MHP 及び MHPG (MHPG_M_0.5) の一軸引張試験の結果を図-4 に示す。モルタルは最大荷重 697 N, 最大変位 0.7 mm, MHP が降伏点荷重 49 N, 変位 1.4 mm, MHPG が降伏点荷重 101 N, 変位 1.6 mm であった。軟質樹脂充填供試体は、GB の混和により最大荷重、降伏点変位が増加し、強度の上昇と変形追従性の向上が確認された。

4.2 AE エネルギー解析結果

本報では、AE エネルギーを指標に引張破壊の進展時のエネルギー解放特性の観点から混和率毎の力学特性の改善効果を実験的に明らかにした。そこで一軸引張試験時に放出された AE エネルギーの重心位置求め、その時点の荷重を「重心荷重」と定義した。供試体の最大荷重と重心荷重の変位量の差から、混和 GB の粒径毎に AE エネルギーの発生位置の特徴を求めた。AE エネルギーの重心変位と最大変位の差が小さいほど载荷の後半にエネルギー放出が確認され、樹脂強度が高いと推察された。

5. まとめ

本試験及び解析の結果以下のことが明らかになった。

- 1) 軟質樹脂は変形追従性が高く、中空粒子の混和により強度の上昇と軽量化が実現した。
- 2) AE エネルギーの放出位置から中空粒子の充填量増加による強度上昇効果が引張载荷条件においても確認された。

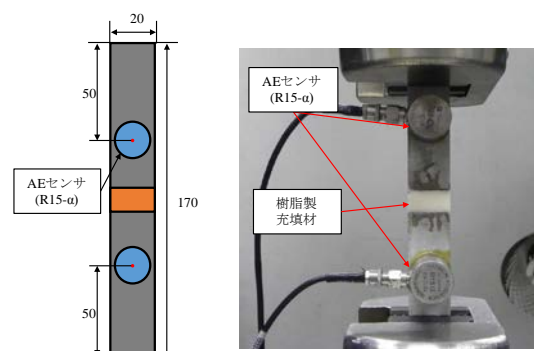


図-3 一軸引張試験概要・AE 計測状況

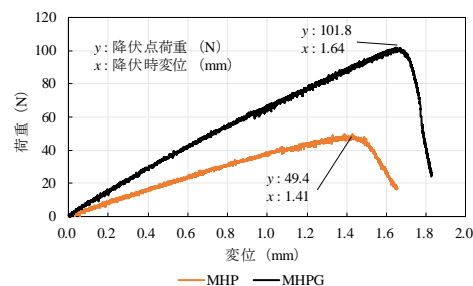


図-4 荷重-変位曲線

引用文献 1) 鈴木哲也 他：コンクリート用充填材、コンクリート構造物の補修方法及びコンクリート用充填材の充填確認方法，特許願 P300417N1 (平成 30 年 4 月 30 日)，2018.， 2) 鈴木哲也：赤外線画像を用いた中空粒子混和樹脂材のひび割れ充填度評価に関する研究，非破壊手法を用いたコンクリート構造物の補修評価委員会 (JCI-C94) 報告書，153-158，2018.， 3) 高橋航，鈴木哲也，藤井伸之：AE 法による中空粒子混和樹脂 - モルタル複合材の引張破壊特性評価，コンクリート工学年次論文集，Vol. 41，2019.， 4) 小嶋篤志，高橋航，鈴木哲也，藤井伸之：赤外線画像を用いた中空粒子混和樹脂材の充填率評価に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 40，No.1，1803-1808，2018.， 5) Nielsen, L. E.: Mechanical properties of polymers and composites, Marcel Dekker, 385-405, 1993.， 6) 三輪実，大沢直志，小原康博，中山晃：粒子充てん高分子複合材料の弾性率に及ぼす粒子サイズの影響，高分子論文集，Vol. 35，No. 2，125-129，1978.， 7) 足立忠晴，荒木稚子，樋口理宏：エポキシ樹脂複合材料の力学特性に及ぼすシリカ粒子充填の効果，日本接着学会誌，Vol. 46，No. 6，222-229，2001.