

非破壊 CT-XRD 連成法による省エネルギー・高効率な解体工法のための コンクリート破壊メカニズムの解明

Investigation of Fracture Mechanism of Concrete Structure for Development of the Energy Saving and High Efficiency Demolishing Method by Using Non-destructive Integrated CT-XRD Method.

高橋 駿人^a
Hayato Takahashi^a

^a 東京理科大学
^a Tokyo University of Science

本研究は、内部から発生する膨張応力によるひび割れ発生メカニズムの解明のため、コンクリート系材料に膨張材を充填した後の幾何学的変化および鉱物組成の変化に着目した。測定には非破壊 CT-XRD 連成法を用いて、膨張材:水=1:1 で充填した後の経時変化を観察した。結果として、投入から 2 日経過後で、膨張材中の鉱物組成の変化は示唆されたものの、ひび割れの発生には至らず、混和材の使用条件等の課題が見られた。

キーワード： コンクリート, 破壊, 解体, 非破壊 CT-XRD 連成

背景と研究目的：

コンクリート構造物の維持補修や供用終了の際にはコンクリートの解体が必要となる。現状は大型重機を利用した解体作業がほとんどであり、騒音、粉塵等の環境問題のために、施工時間の制限など解体工事は大きな制約を受けている。また解体で排出されるコンクリート塊は、道路の路盤材やコンクリート用再生骨材として利用が進められているが、品質確保に課題が多い。これら課題の解決のため、新たな解体工法開発へのニーズは高いと考えられる。そこで本提案では、脆性材料であるコンクリートの特性を利用して、内部の応力状態を制御して、制御した条件下でのコンクリートにおけるひび割れの発生手法の開発を目的とする。まずその第一歩としてひび割れ発生メカニズムの解明に取り組む。

本研究では、その開発の起点として、供試体に内部応力を発生させる手法を適用し、コンクリートの変形・破壊挙動の理解より、制御可能な解体技術工法の開発に資する知見の取得を目的とする。具体的には、供試体内に膨張性物質を投入し局所的な膨張応力を発生させ、破壊の起点となるひび割れの発生とその伝播について、BL28B2 に設置の非破壊 CT-XRD 連成法での観察を意図する。既往の研究では、環境負荷が小さく、穿孔したコンクリート内に充填し膨張させ、ひび割れを発生させることができる静的破砕剤の効率的な活用が検討されている[1]。また田鶴らはシェアの多いコンクリート用膨張材で静的破砕を検討している[2]。しかし、詳細なメカニズムの解明には至っておらず、微視的な観点が重要であると考えられる。そこで、混和剤の添加による特定の鉱物組成や新生鉱物を起点としたひび割れの検出と発生条件について、セメント組織の形状と鉱物分布の検出に着目して非破壊 CT-XRD 連成法による観察の適用性の確認を目的とする。

実験：

試料は水セメント比 0.5, 砂セメント比 2.5 のモルタルである。使用したセメントは普通ポルトランドセメント (密度: 3.15 g/cm³), 砂は富士川産川砂 (密度: 2.63 g/cm³), 水は上水道水である。上記の材料を練り混ぜ、40×40×160 mm の型枠に打設後 1 日で脱型し、材齢 28 日まで水中養生した。その後、2.5×2.5×5 mm 程度に切断加工し、膨張材混入用の孔を設けた。測定前に膨張材:水 = 1:1 で練り混ぜたものを、設けた孔に投入して、測定に供した。また投入から約 48 時間後に再度測定し、経時変化を観察した。

測定手法として、X 線 CT 法による供試体内部の幾何学的形状や劣化状態を把握した上で、非破壊で局所 XRD を実施できる、非破壊 CT-XRD 連成法を用いた。手法の概要を図 1 に示す。局

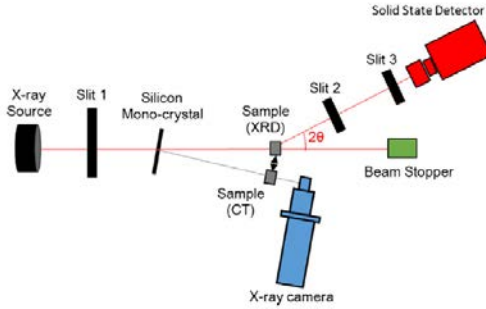


図 1. 非破壊 CT-XRD 連成法の概要[3]

所 XRD には、関心領域の固定のため白色 X 線を使用して、エネルギー分散型の回折プロファイルを取得した。実験測定条件は、X 線 CT 測定のエネルギーが 25keV、投影数が 1500 枚、露光時間が 0.4 秒、画素長が 2.46 μm で実施した。XRD 用の半導体検出器 (SSD) と光軸のなす角度は 5° ($2\theta = 10^\circ$) であり、ビームの幅は 50 μm 、高さ 300 μm であった。また XRD 測定では、供試体から下流側のスリット 2 までは 150 mm、スリット 2 から SSD 前のスリット 3 までは 450 mm であった。XRD 測定は、膨張材の充填領域を関心領域として測定を実施した。

結果および考察：

図 2 に供試体の CT 断面画像を、膨張材投入直後と投入 2 日後についてそれぞれ示す。これによると、膨張材が充填している様子は視認できるが、コントラストは大きくない。また膨張材投入部近傍でひび割れが生じることを予想していたが、ひび割れは観察されなかった。膨張材充填

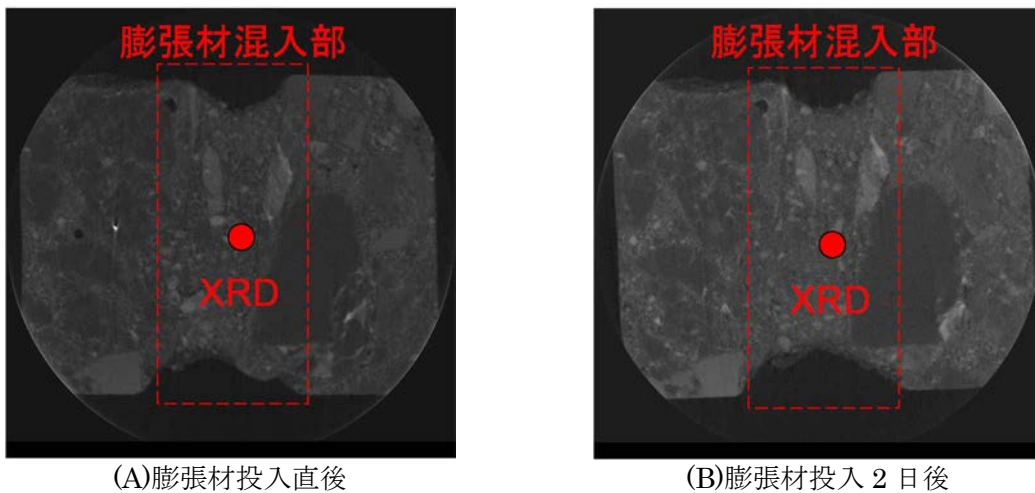


図 2. CT 断面画像

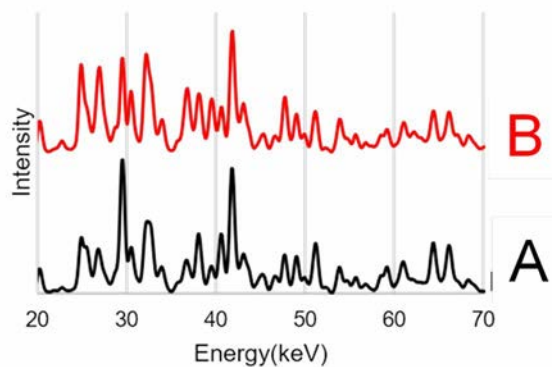


図 3. XRD プロファイル

領域の鉱物組成の変化を観察するため、図 3 に膨張材投入直後 (A) と 2 日後 (B) の XRD プロファイルの結果を示す。これによると、20~40keV の範囲でピークの強度比に変化が認められた。したがって、膨張材の水和反応は進行していたと考えられる。しかし、ひび割れが生じるほどの反応が進行していないことが示唆された。

今後の課題：

今後は、ひび割れが生じるほどの反応を予備実験で検討の上、2021B 期以降の実験に反映させる。

参考文献：

- [1] H. Cho et al., *Mater. Struct.* **51**, 169 (2018).
- [2] 田鶴大樹, 他, コンクリート工学年次論文集, 39(1), pp.1411-1416 (2017).
- [3] H. Takahashi, T. Sugiyama, *Construct. Build. Mater.* **203**, pp.579-588 (2019).