

非破壊 CT-XRD 連成法によるセメント硬化体中のひび割れの存在が 解体時の破壊メカニズムに与える影響の解明

Investigation of Effect of Existing Crack in Cementitious Materials on Fracture Behavior in Demolition

高橋 駿人^a, 人見 尚^b
Hayato Takahashi^a, Takashi Hitomi^b

^a 東京理科大学, ^b 大林組
^a Tokyo University of Science, ^b Obayashi Corporation

本研究は、外部応力による微視的なひび割れ発生メカニズムの解明のため、ひび割れを導入したコンクリート系材料中へのひび割れの発生および伝播について、非破壊 CT-XRD 連成法を用いて観察を行った。結果として、モルタルはひび割れ発生と同時に破壊に至り、鉄筋を模擬した鋼線入りモルタルでは鋼線が引張力を担保したため破壊に至らず、モルタル部の骨材の界面を中心にひび割れが発生していることが観察された。

キーワード： コンクリート, 破壊, 解体, 非破壊 CT-XRD 連成法

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、応力状態を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最終目的とする。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んでいる。

本研究では、その開発の起点として、供試体に外部から応力を導入する手法を適用し、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、供試体外部から応力載荷状態を制御した状態で、破壊の起点となるひび割れの発生とその伝播について、SPring-8 内のビームライン BL28B2 に設置の非破壊 CT-XRD 連成法での観察を実施する。

供用中のコンクリート構造物では、環境作用による材料劣化に加えて、繰り返しの輪荷重や乾燥による収縮ひび割れが生じていることは十分に考えられ、解体時にはこれらが視認できないマイクロスケールレベルで内部に顕在化していると考えられる。そのため、本研究では、変質の有無に加えて、既に発生していたひび割れの存在が、解体する際の応力載荷時に、ひび割れの進展に与える影響について検討することを目的とする。

実験：

試料は水セメント比 (W/C) が 0.5 で砂セメント比 (S/C) が 1.0 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)、砂は秩父産石灰石砕砂 (密度: 2.60 g/cm³) を粒径 0.6 mm 以下にふるったもの、水は上水道水 (密度: 1.00 g/cm³) である。上記の材料を練り混ぜた後に、 $\varnothing 3.0 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ の型枠に模擬ひび割れを導入するためにオブラートを設置したものに打設した。また、中央に鉄筋を模擬した鋼線を設置した型枠にも打設した。打設後 1 日で脱型し、材齢 7 日まで水中養生した。

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[1]。図1に非破壊CT-XRD連成法の概要を示す。CT測定では、特定のエネルギーを取得するようシリコン単結晶で回折させ、透過像を取得して画像を再構成する。局所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する。実験測定条件は、X線CT測定のエネルギーが25 keV、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°(2θ=10°)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。

図2にCT測定時に供試体中に応力を載荷できるシステムの概要を示す。供試体はアルミ製治具上の、背面支持がある台座内に設置する。外部にネジ送り式のステンレス圧子を設置し、これを操作して供試体への応力載荷状態を制御する。ネジは1回転毎に0.5 mm進む設計になっており、今回は圧子が接触した時点を目安としたネジの回転角度で応力状態を制御した。

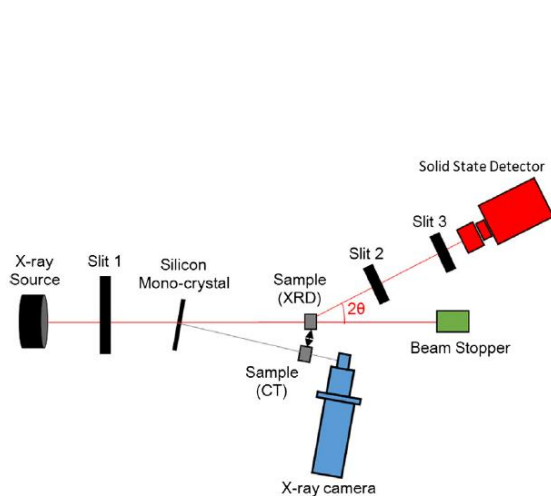


図 1. 非破壊 CT-XRD 連成法の概要[1]

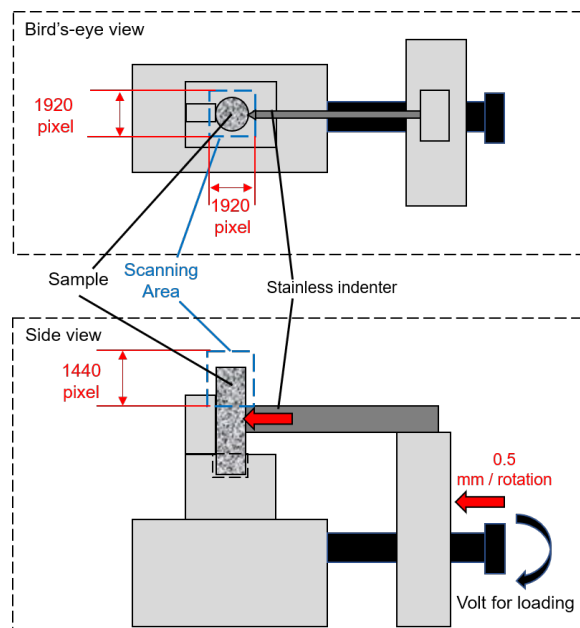


図 2. CT 測定時の応力載荷システムの概要

結果および考察：

図3に鋼線入りモルタル供試体のひび割れ前後の経時変化を示す。これによると、ひび割れの形状に着目して観察すれば、骨材の界面から発生していることがわかる。骨材とセメントペースト間に、材料的に不連続で空隙が多い遷移帯と呼ばれる領域があり、この領域を起点にひび割れが発生したためと考えられる[2]。しかし紙面に掲載していないが、鋼線が入っていないモルタル単味では、経時的なひび割れは見られず急激な破壊を迎えたため、ひび割れのCT画像を取得することはできなかった。このように鋼線の有無で違いが生じた理由としては、弱材齢の供試体であったため特に引張強度が弱く、鋼線が無い場合ではすぐに割裂破壊が生じたと考えられる。一方、鋼線がある場合では、鋼線が引張力を担保したため、ひび割れが存在していたとしても供試体全体として破壊が生じなかったと考えられる。

以上のように、事前にひび割れが存在している中で、材料の構成が異なる供試体間での基礎的なひび割れ性状の違いを整理することが出来た。

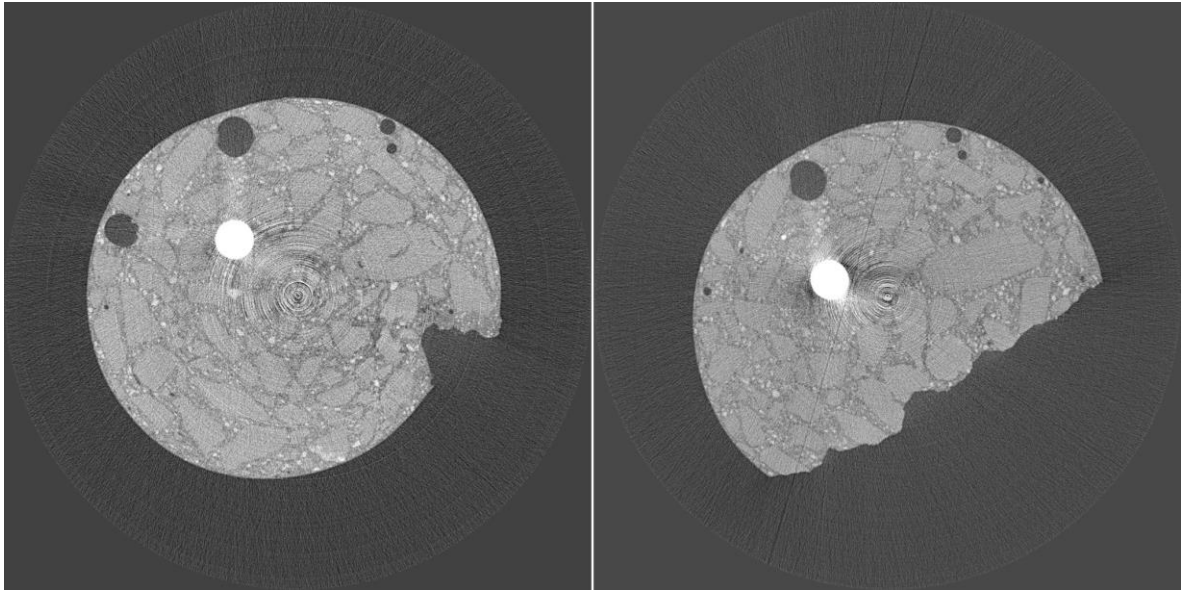


図 3. 鋼線入りモルタル供試体のひび割れ前後の CT 画像

今後の課題：

今後はひび割れ幅の大きさを考慮したひび割れ機構の違いを検討していきたい。

参考文献：

- [1] H. Takahashi, T. Sugiyama, *Construct. Build. Mater.* **203**, pp.579–588 (2019).
- [2] B. D. Barnes et al., *Cem. Concr. Res.*, **8**(2), pp.233–243 (1978).