

高エネルギー超高輝度 X 線発生装置による RC 梁内部のひび割れの可視化

立命館大学 正会員 ○水田 真紀

立命館大学 正会員

井上 真澄・岡本 享久・尼崎 省二・児島 孝之

立命館大学 非会員 山田 廣成・平井 暢

(株)光子発生技術研究所 非会員 長谷川大祐

1. はじめに

2005 年 6 月「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」の一部が改正され、非破壊検査を目的に 4MeV 以下の直線加速器を一時使用することが可能になった。このような背景から、立命館大学山田研究室と(株)光子発生技術研究所で開発された^{1), 2)}、新しい X 線発生機構に基づく高エネルギー超高輝度 X 線発生装置(立命館大学放射光生命科学センター所有)を用いて、RC 梁の透過撮像を試みた結果について紹介する。

2. 本 X 線発生装置の特徴

図-1 に高エネルギー超高輝度 X 線発生装置を示す。本装置は、電子を発生して 6MeV まで加速できる入射器マイクロトロンと 6MeV の電子を周回軌道に蓄積する電子シンクロトロンで構成される世界最小の卓上型電子シンクロトロンである。小型化により、国内数ヶ所の大型放射光施設で行われるような高精度な分析を実験室で実施することを可能にしている。さらに、光源点サイズが微小で、X 線の発生効率が高いことから、高い分解能と透過能力を併せ持っている。

3. RC 梁の概要および X 線透過撮像方法

まず、図-2 に示す RC 梁の荷重実験を行った。引張鉄筋が降伏し、圧縮縁コンクリートが圧壊する曲げ破壊を生じた後、梁の厚さ方向(厚さ=150mm)に X 線透過撮像を実施した。ここで、荷重実験時のコンクリートの力学的特性は、圧縮強度が 30N/mm^2 、弾性係数が 28.5kN/mm^2 であった。

造影剤を使用せずに X 線透過撮像を実施し、①密着撮像と②拡大撮像(拡大率=3 倍)から獲られた画像を比較した。このときの X 線発生装置と RC 梁の

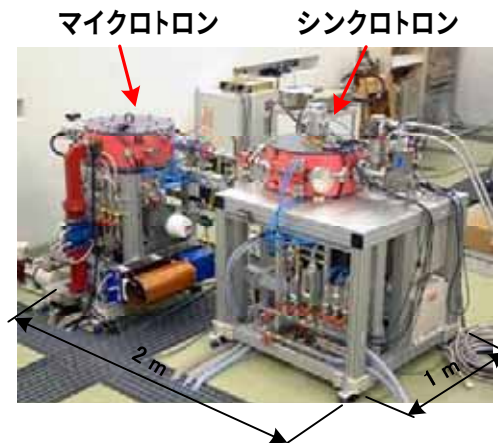


図-1 高エネルギー超高輝度X線発生装置

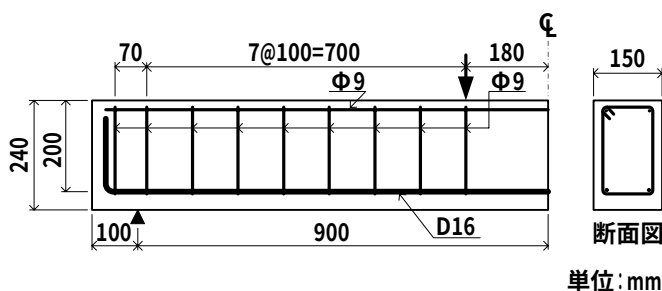


図-2 供試体の概要および荷重条件

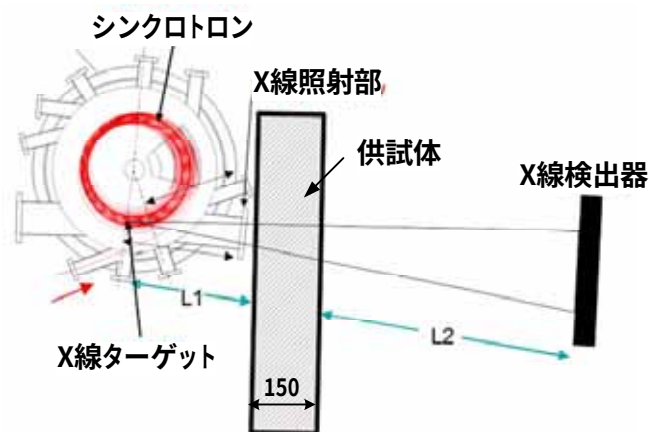


図-3 X線発生装置と供試体の配置図

キーワード 可視化, X線透過, 拡大撮像, 微細ひび割れ

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部都市システム工学科 TEL077-561-3344

配置を図-3に示す。ここで、密着撮像とはRC梁—検出器間距離を $L_2=0\text{mm}$ 、拡大撮像とは光源点—RC梁間の距離 L_1 を密着撮像実施時の1/3にした場合であり、照射視野はそれぞれ $\phi 510\text{mm}$ 、 $\phi 170\text{mm}$ となった。また、X線ターゲットには銅のロッド型ターゲット（直径 $\phi=25\mu\text{m}$ 、深さ $=1\text{mm}$ ）、X線検出器には $300\times 300\text{mm}$ 、解像度 $200\mu\text{m/pixel}$ のイメージングプレートを使用した。

4. X線透過撮像結果

RC梁の荷重点近傍の密着撮像結果を図-4に示す。図-4(a)は等倍イメージ、(b)はA部をデジタルデータ上で拡大したイメージである。このときの撮像に要した時間は100秒であった。等倍イメージでは、厚さ 150mm のRC梁内部に配置されている鉄筋 $\phi 9$ 、D16とコンクリートとを明瞭に判別でき、鉄筋D16のフシも確認することができた。また、コンクリートのひび割れについては、目視可能な曲げひび割れ、圧壊部のひび割れだけでなく、その周辺の微細なひび割れも確認することができた。特に、表面には現れないスターラップ周辺のひび割れまで観察できることがわかる。

図-4(a)のA部の拡大撮像結果を図-5に示す。このときの撮像時間は500秒であった。図-4(b)の拡大イメージのように密着撮像結果を拡大表示すると、解像性能が低下し、ひび割れが不鮮明になったが、拡大撮像をすることにより解像性能が格段に向上した。密着撮像でも確認できたスターラップ周辺のひび割れは、ひび割れの本数、幅、進展方向までも確認できるほど鮮明に捉えることができた。

5. まとめ

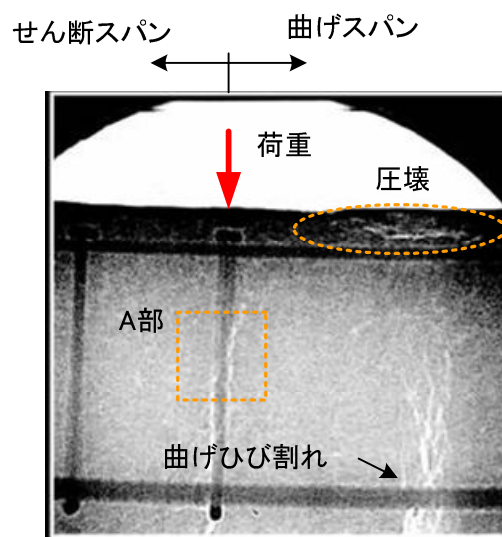
- (1) 高エネルギー超高輝度X線発生装置により透過撮像を実施すると、厚さ 150mm のRC梁内部に生じた微細なひび割れを、造影剤を用いずに検出することができた。
- (2) 拡大撮像をすることにより、撮像結果の解像性能とコントラストが向上した。

6. 今後の展望

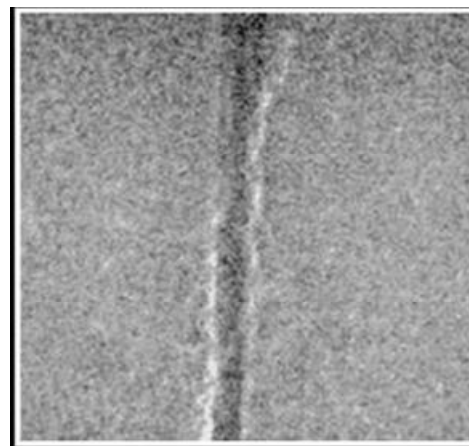
本研究では、コンクリート構造内部の微細な損傷を可視化できる技術を紹介した。現在、シンクロトロン的小型化に基づくさらなる装置小型・軽量化の開発も進められており³⁾、今後の実構造物の劣化・損傷度評価や解析結果の評価指標の1つとして活用できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 山田廣成：応用物理，第74巻，第4号，2005
- 2) H.Yamada：Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B199，pp.509-516，2003
- 3) 山田廣成：近畿技報「繫」、国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所、Vol.17、pp.16-21、2006



(a) 等倍イメージ



(b) 拡大イメージ (A部)

図-4 密着撮像結果

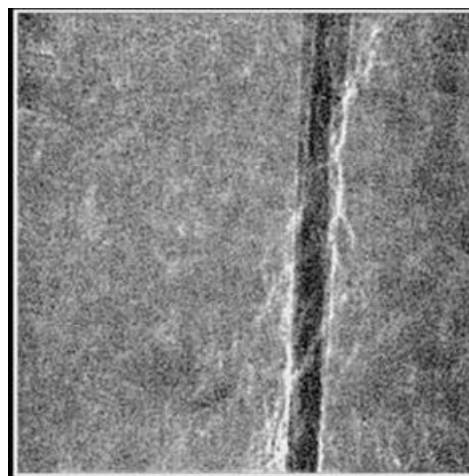


図-5 拡大撮像結果 (A部)