

X線造影撮影法を用いたコンクリート実構造物の定量的劣化診断に関する実験的研究

東北学院大学工学部 学生員 ○石塚 嗣人
東北学院大学大学院 学生員 菅井 貴洋
東北学院大学工学部 正会員 武田 三弘
東北学院大学工学部 フェロー会員 大塚 浩司

1. まえがき

これまでの本研究室の実験結果より、コンクリートに対してX線造影撮影法を用い、それにより求められた透過線変化量と普通コンクリートの強度との関係には、良い相関関係があることがわかっている。しかし、AEコンクリートに関しては、相関関係はあるものの、ばらつきが大きい傾向が見られたので再実験の必要があった。また、X線フィルムを介在させる測定方法では、フィルム自動現像装置を使用しても、現像液の濃度、品質、室温等の変化により誤差が生じ精度を高めるには限界があると考えられた。そこで本研究では、AEコンクリートにおける透過線変化量と強度との関係を高い精度で求めるために、コンクリートの透過画像を直接コンピュータへ取り込むことができるImage Intensifier（以下I.I.）を用いて複数の空気量を変化させたAEコンクリート供試体による実験を行った。また、その結果が実際の現場供試体に適応できるのかどうかを確認するために、コンクリート実構造物から採取したコアを用いて、X線造影撮影法による実験を行い、コンクリート表層から内部にかけて深さ方向毎の透過線変化量を求め、コンクリートの評価を行った。

2. 実験方法

2.1 実験供試体

実験に用いた供試体は、目標空気量を5.5および6.5%とした、水セメント比をそれぞれ40、50、60および70%に変化させたφ100×200mmのAEコンクリート供試体である。実験供試体は、それぞれエポキシ系のコーティング材で被覆し、硬化した後に厚さ10mmにスライスし、その後、そのスライスした供試体を恒温恒湿室(温度20℃、湿度60%)に24時間保管し、一定の乾燥状態にしてから用いた。また、コンクリート実構造物から採取したコアについても同様の手順でスライスし、そのスライスした供試体を恒温恒湿室に24時間保管した後、一定の乾燥状態にしてから実験に用いた。

2.2 X線造影撮影法

図-1は、X線フィルムによるX線撮影状況を示したものである。

図-2は、I.I.によるX線撮影状況を示したものである。撮影したX線画像を画像処理するための装置としてIMAGEΣ-Vおよびその画像を用いて濃度を測定するソフトウェアIMAGE PRO4.0を使用した。

2.3 透過線変化量の測定方法

濃度は、X線を照射すると同時にI.I.においてコンピュータに取り込んだ画像をIMAGE PRO4.0を用いて求めた。本研究では、この濃度をX線透過線量とした。またX線透過線量を求めるための定義式は、以下の式である。

$$\text{X線透過線量} = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

ここで、式中の I_0 および I は、それぞれ入射光量および透過光量である。これらによって求められた造影剤浸漬前におけるX線透過線量の値から、造影剤浸漬60分後におけるX線透過線量の値の差の絶対値を透過線変化量と定義する。

3. 実験結果

図-3および図-4は、それぞれX線フィルムおよびI.I.におけるX線透過線量と造影剤浸漬時間との関係を表したものである。

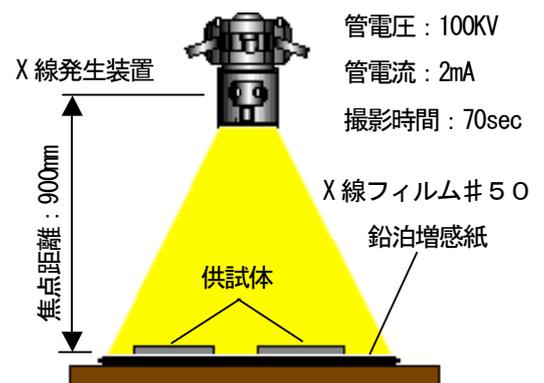


図-1 X線撮影状況（X線フィルム）

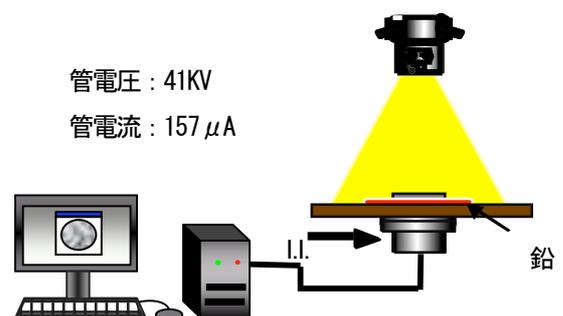


図-2 X線撮影状況（I.I.）

X線フィルムおよびII.におけるX線透過線量と造影剤浸漬時間との関係を比較すると、X線フィルムにより求められたX線透過線量は、コンクリートが高強度になるにつれて変化が見られなくなる傾向があることにに対し、II.により求められたX線透過線量では、コンクリートが高強度になっても変化が見られている。このことから、X線透過線量と造影剤浸漬時間との関係は、II.を用いることによって、高い精度で求めることができると考えられる。

図-5は、それぞれ空気量別AEコンクリートの圧縮強度とX線透過線変化量との関係を表したものである。この図より、空気量別AEコンクリートの圧縮強度とX線透過線変化量との関係には、良い相関関係が得られた。

写真-1および写真-2は、造影剤浸漬60分後において、II.により得られた健全なNon-AEコンクリートおよびコンクリート実構造物から採取したコア供試体のX線造影撮影画像である。これらの画像を比較すると、コンクリート実構造物から採取したコア供試体の画像は、健全なコンクリートに比べて、全体的に白くなっていることがわかる。これは、アルカリ骨材反応によって供試体全体に生じた微細なひび割れに造影剤が浸透したためであると考えられる。

図-6は、コンクリート実構造物から採取したコアにおける造影剤浸漬60分後のX線透過線変化量と上層部から下層部までの位置との関係を表したものである。X線透過線変化量は、上層部から下層部にかけて増減の繰返しが生じている。この現象は、本研究室における過去の研究成果より、アルカリ骨材反応が生じているものに起こることがわかっている。このことから、用いたコンクリート実構造物には、アルカリ骨材反応が生じていると考えられる。

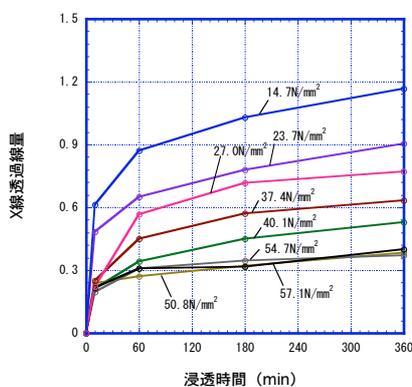


図-3 X線透過線量と造影剤浸透時間との関係 (X線フィルム)

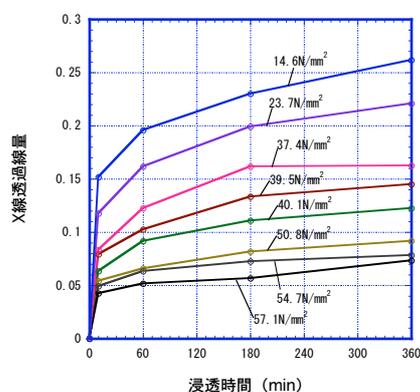


図-4 X線透過線量と造影剤浸透時間との関係 (I. I.)

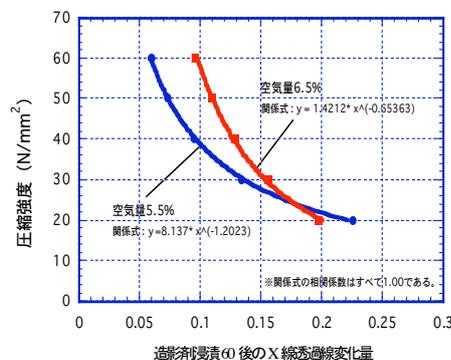


図-5 圧縮強度とX線透過線変化量との関係 (I. I.)

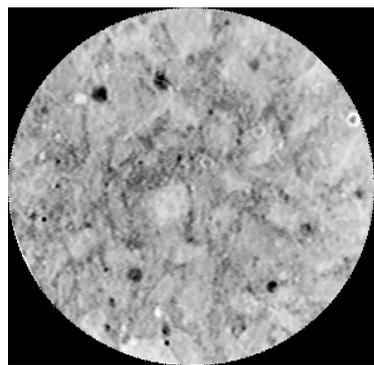


写真-1 造影剤浸漬60分後のX線造影撮影画像 (健全)



写真-2 造影剤浸漬60分後のX線造影撮影画像 (現場供試体)

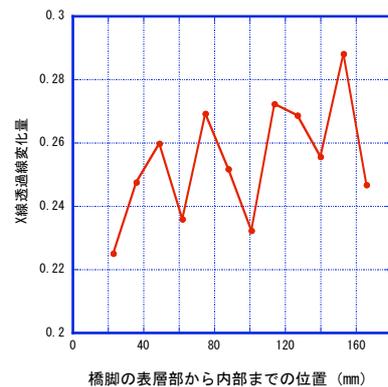


図-6 X線透過線量変化量と上層部から下層部までの位置 (I. I.)

4. まとめ

- 1) X線フィルムおよびII.におけるX線透過線量と造影剤浸漬時間との関係から、それぞれのX線透過線量を比較した結果、II.を用いることによって、X線透過線量を高い精度で求めることができると考えられる。
- 2) コンクリート実構造物から採取したコア供試体にII.を用いてX線造影撮影を行い、得られたX線造影撮影画像およびX線透過線変化量を解析した結果、その供試体には、アルカリ骨材反応が生じていることが判明した。