

X線造影撮影法によるコンクリート実構造物の強度評価に関する実験的研究

東北学院大学大学院学 生 員○齋藤 広忠

東北学院大学工学部フェロー会員大塚 浩司

東北学院大学工学部正 会 員武田 三弘

1. はじめに

近年、コンクリート実構造物の早期劣化が問題となっているなか、宮城県内にあるN橋は、昭和49年の竣工より14年経過した頃から損傷が確認され始めた。そのため、床版増厚、防水工、下面ライニング、年8回の舗装補修、縦桁増設などの補修・補強の工事が行われた。しかし、これらの補修工事の実施にもかかわらず、平成16年度には、床版コンクリートの打換えを行う結果となった。

本研究は床版打ち換えに至った原因調査の一つとして、N橋打換え前の床版コンクリートからコアコンクリートを採取し、X線造影撮影法を用い床版のひび割れ発生状況やコンクリート強度を調べることを目的とした。

2. 実験方法

2.1 実験供試体

表-1は、N橋の概要を記したものである。実験供試体には、N橋床版より採取したコアコンクリートを使用した。この供試体は、コーティング材で被覆・硬化後、厚さ10mm毎にスライスし、恒温恒湿室（温度20℃、湿度60％）に24時間保管した。その後、X線造影撮影が行われた。

2.2 X線造影撮影法

図-1は、X線撮影状況を示したものである。X線撮影条件は、管電流2mA、管電圧100kV、焦点距離900mm、撮影時間90秒とした。受光体は、X線フィルム（感度50）と鉛箔増感紙を使用した。X線撮影は、本研究室で開発した造影剤に浸漬前と浸漬後60分に行った。

2.3 X線フィルム濃度測定方法

フィルム濃度は照度計を用いて求めた。X線フィルム観察装置からでる光量を照度計で測定し、それを入射照度とした。次に観察装置の上にX線フィルムを乗せ、X線フィルムを透過した時の光量をそのX線フィルムの透過照度とした。これらを以下の(1)式に代入し、得られた値をX線フィルム濃度とした。

$$X線フィルム濃度 = \log \left(\frac{入射照度}{透過照度} \right) \quad (1)$$

キーワード X線造影撮影法 X線フィルム濃度 強度推定

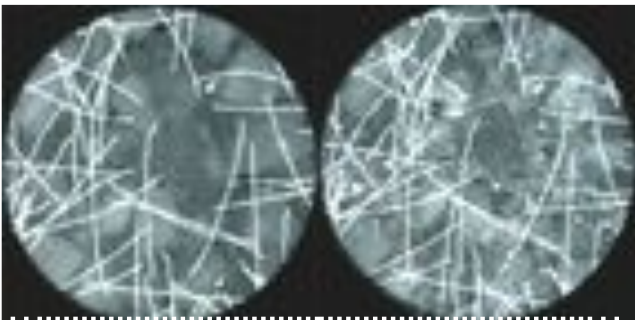
連絡先 : 〒985-8537 宮城県多賀城市中央1-13-1 TEL 022-368-7479 FAX 022-368-7479

表-1 N橋概要

竣工	S. 49 年 11 月
橋梁形式	3 径間連続非合成板桁
交通状況	14,000 台/日
設計荷重	TL-20 (H. 9 年 B 活荷重対応)

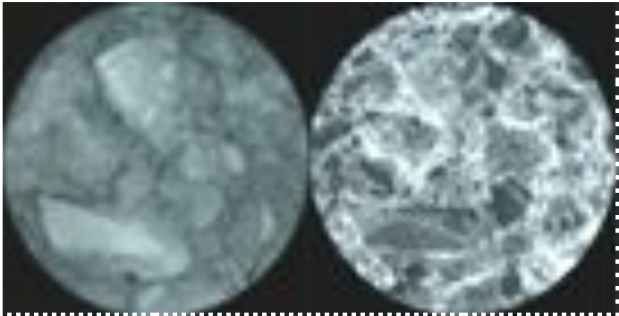


図-1 X線撮影状況



造影剤浸漬前 造影剤浸漬 60 分後

写真-1 N橋フィルム画像（上層部）



造影剤浸漬前 造影剤浸漬 60 分後

写真-2 N橋フィルム画像（下層部）

また、造影剤浸漬前のフィルム濃度から浸漬60分後のフィルム濃度の差を、X線フィルム濃度変化量とした。

3. 実験結果

写真-1は、N橋床版上層部コンクリートの造影剤浸漬前と浸漬60分後のX線フィルム画像である。画像より鋼繊維とAE剤によるエントレインドエアが確認できた。

写真-2は、N橋床版下層部コンクリートの造影剤浸漬前と浸漬60分後のX線フィルム画像である。造影剤浸漬60分後では、コンクリート中の微細ひび割れに造影剤が浸透し、その箇所が白く検出されていることがわかる。

図-2は、造影剤浸漬60分後のX線フィルム濃度変化量と上層部からの供試体採取位置との関係を示したものである。このグラフから、補修によって増厚された上層部では鋼繊維の補強の効果もあり、微細なひび割れの発生状況は、ほとんど確認できず、X線フィルム濃度変化量が小さい傾向を示したが、上層から深さ30mm以下の竣工時のコンクリート層では、微細ひび割れが数多く検出され、X線フィルム濃度変化量は0.8～1.2程度と上層部に対して大きくなった。

写真-3は、一般のAEコンクリートのSEM画像（35倍）である。こ

の写真からわかるように、AE剤を用いた場合の気泡が明細にわかる。

写真-4は、N橋コンクリートのSEM画像（35倍）である。この写真から、AEコンクリートの様な気泡がみられなかった。よって、このN橋床版のコンクリートは、Non-AEコンクリートであると推測できる。図-3は、本研究室で多くの実験より得られた、X線フィルム濃度変化量とコンクリート圧縮強度との関係の図である。図-2で得られたX線フィルム濃度変化量から推定した結果を、図-3のNon-AEコンクリートの曲線にあてはめると、図-4の結果が得られた。図-4は、X線フィルム濃度変化量と圧縮強度との関係を用いて推定した推定強度と、コアコンクリートの圧縮試験より得られた強度との関係を示したものである。折れ線はX線フィルムより求めた推定強度、直線は圧縮試験より求めた実験強度である。この図より、推定強度と実験強度とは、ほぼ同程度の値を示す結果が得られた。

4. まとめ

実コンクリート構造物にX線造影撮影を適用した結果、深さ方向のひび割れ発生状況やAE剤による気泡を検出することが出来た。また、この手法による強度推定値と圧縮試験値とは、ほぼ同等の結果となることから、深さ方向の強度分布がどのようなひび割れ量によって変化するのかを求めることも可能であると思われる。

5. 謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金（基盤研究C）の補助金により行ったものである。

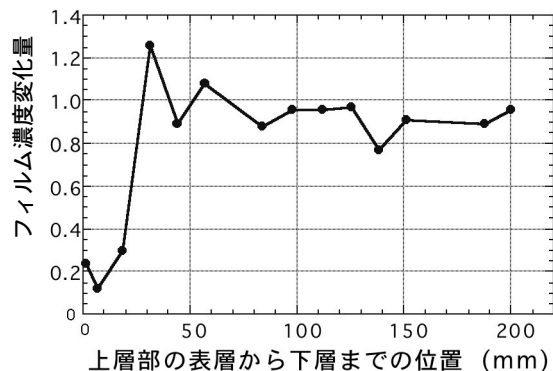


図-2 X線フィルム濃度変化量と採取位置の関係

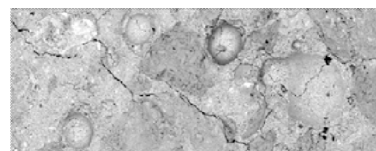


写真-3 AEコンクリート SEM 画像

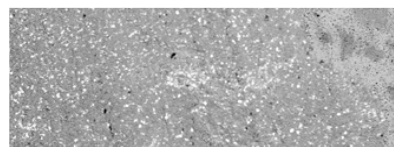


写真-4 N橋コンクリート SEM 画像

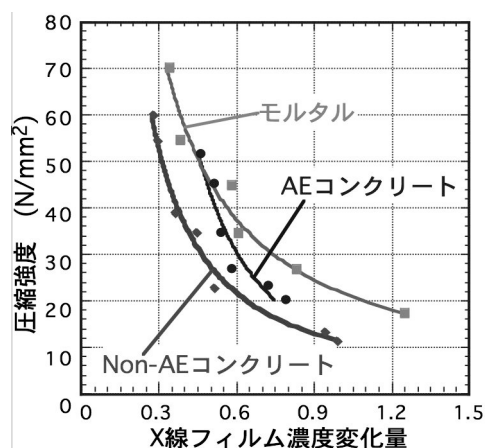


図-3 フィルム濃度変化量と圧縮強度との関係

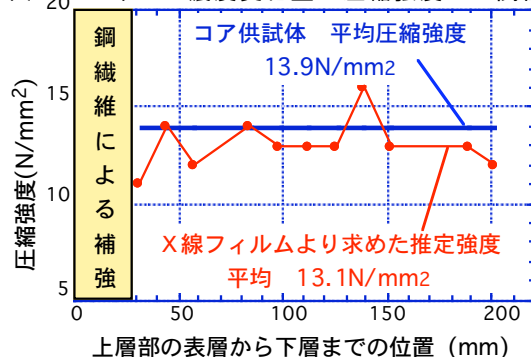


図-4 圧縮強度と層ごとの推定強度との関係