

## X線造影撮影法によるコンクリート劣化の定量化に関する研究

東北学院大学大学院 学 生 員 山家 信幸  
 東北学院大学工学部 フェロー 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、コンクリート構造物の耐久性診断を行う際には、コンクリートの強度ばかりではなく、様々な性状に関する検査が必要となってきた。特に、耐久性に大きな影響を与えると思われる、コンクリート内部の微細なひび割れ（マイクロクラック）を調べることは重要であると考えられる。しかし、従来の検査方法ではマイクロクラックの検出は困難である。そこで、本研究は、X線造影撮影法を用いてコンクリート内部のマイクロクラックを検出するとともにコンクリートを透過するX線量に応じて変化する、X線フィルム濃度より、コンクリートの劣化を定量化する方法の開発を目的としたものである。今回は、現場より採取したコンクリートと実験室で打設した健全なコンクリートのX線フィルム濃度を比較した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験供試体

現場の実構造物からコア抜きを行いコアコンクリート（直径100mm 円柱コア供試体）を採取した。表—1 に現場の詳細について示す。

現場から採取した供試体と比較するために、実験室で一般的なコンクリートを打設し、そこからもコアを採取した。

コアコンクリートを厚さ10mmにスライスし、実験に使用した。切断後、供試体は恒温恒湿室に24時間放置した。造影剤浸透前にX線撮影（空撮り）を行った後、供試体に、造影剤を浸透させた。また造影剤浸透時間が10分、1時間、3時間、6時間、12時間、毎に造影剤から取り出し、X線造影撮影を行った。

#### 2.2 X線造影撮影方法

図—1 は X線撮影状況を示したものである。X線発生装置の条件は、管電流 2mA、管電圧 100kV とし、撮影条件は焦点距離 900mm、撮影時間 70 秒とした。受光体として、X線フィルム感度 50、鉛箔増感紙を使用した。

#### 2.3 X線フィルム濃度測定方法

供試体に劣化によって発生したマイクロクラックなどが存在する場合、そこに造影剤が浸透し、現像した X線フィルムに白く映る。X線フィルム濃度は光の透過量を測定しているものである。

そのため、劣化した供試体の X線フィルム濃度値は健全なコンクリートより小さくなると考えらる。

各浸透時間毎に得られた X線フィルムの濃度を、フィルム濃度計を用いて測定した。測定箇所は、X線フィルムに写し出された供試体中のモルタル部分である。

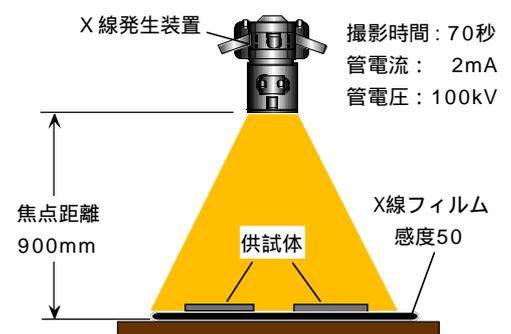
一つの供試体の X線フィルムに対して  $1\text{cm}^2$  の測定範囲を 3 箇所選定し、各箇所当たり 20 点の測定を行った。

キーワード X線造影撮影法、コンクリート劣化の定量化、マイクロクラック  
 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 現場の詳細

現場名	材齢	採取場所	供試体名
O	41年	アスファルト舗装下 橋梁床版部	A-1
			A-2
K	48年	橋脚部	B-1
			B-2
H	44年	堰柱	C-1
			C-2
		パラペット	D-1
			D-2

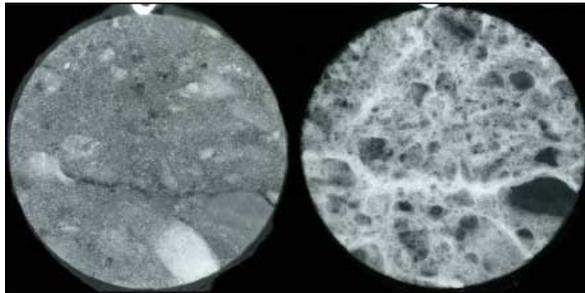
\* 供試体名の後の数字が 1 の時は表層からの距離が 20mm 程度、2 の時は 130mm 程度であることを示す。



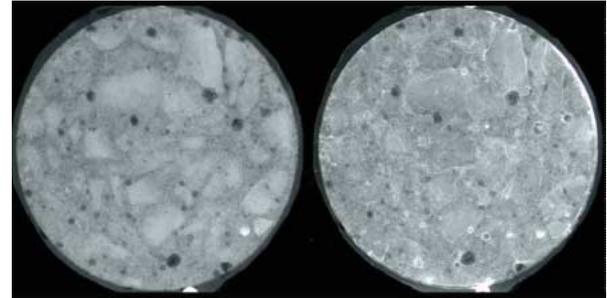
図—1 X線撮影状況

### 3. 実験結果

写真—1 は、現場の供試体 D-1 の造影剤浸透前と浸透時間 10 分の X 線フィルムを示したものである。浸透時間 10 分の X 線フィルムの中央付近にはっきりと、大きなひび割れが確認できる。また、大きなひび割れの周りにもマイクロクラックなどに造影剤が浸透したと思われるところが数カ所確認できる。これらより、造影剤を浸透させる事によってマイクロクラックを検出する事が可能であることがわかった。一方、写真—2 は健全なコンクリートの造影剤浸透前と浸透時間 10 分の X 線フィルムを示したものである。この写真からわかるように健全なコンクリートでは、マイクロクラックに造影剤が浸透したと思われるところをあまり確認することができなかった。



造影剤浸透前                  浸透時間 10 分  
写真—1 X 線フィルム (D-1)



造影剤浸透前                  浸透時間 10 分  
写真—2 X 線フィルム (健全)

図—2 は、X 線フィルム濃度と造影剤浸透時間の関係を示したものである。健全なコンクリートの X 線フィルム濃度に比べ、各現場供試体の X 線フィルム濃度の方が小さいという傾向が見られた。これは、健全なコンクリートに比べて、現場供試体の方が劣化によって発生したと思われるマイクロクラックなどに多く、造影剤が浸透したためだと思われる。

表—2 は、造影剤浸透時間 60 分時のフィルム濃度と現場供試体のフィルム濃度を健全なコンクリートの濃度で除した値を示したものである。これらの数値で見ても健全なコンクリートより各現場供試体のフィルム濃度の方が小さいことがわかる。また、それらの比の値から見ると B-1、C-1、D-1 供試体などは、健全なコンクリートの 50、60% 程度の濃度しかないことがわかる。

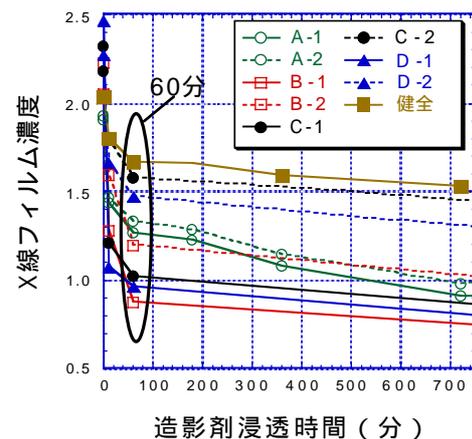
### 4. まとめ

(1) 健全なコンクリートと劣化したコンクリートに対して、X 線造影撮影法により、マイクロクラックの検出を行った結果、健全なコンクリートでは若干のマイクロクラックしか検出できなかったのに対して、劣化コンクリートでは多くのマイクロクラックを検出する事ができた。

(2) X 線フィルムの濃度測定を行い、得られた数値からある程度コンクリート劣化の定量化が可能であることがわかった。

### 5. あとがき

研究の一部は (財) みやぎ建設総合センターの研究助成金を受けて行ったものである。



図—2 X 線フィルム濃度と造影剤浸透時間の関係

表—2 X 線フィルム濃度測定値

供試体名	X線フィルム濃度 (浸透時間60分の場合)	現場供試体 健全なコンクリート
現場から採取したコンクリート		
A-1	1.26	0.76
A-2	1.33	0.80
B-1	0.87	0.52
B-2	1.20	0.72
C-1	1.02	0.61
C-2	1.58	0.95
D-1	0.96	0.59
D-2	1.47	0.89
健全なコンクリート	1.66	1.00