# 散乱 X 線法によるコンクリート構造物の非破壊診断に関する研究

(財)	(財)鉄道総合技術研究所		正会員〇鳥取		誠一	正会員	吉田	幸司
	同上		正会員	岡本	大	正会員	佐藤	勉
三素	菱重工業 (株)	広島研究所	䜣	手島	和範			

#### 1. はじめに

平成 11 年に発生したコンクリート剥落事故は、土木構造物に期待される安全性を再認識させるとともに、 維持管理の在り方等について再考する契機となった. コンクリートの内部欠陥(剥離,空洞など)を非破壊 検査する手法としては、打音法、衝撃弾性波法、AE法、赤外線法、放射線法などの種々の方法が提案され ている<sup>1) 2)</sup>. しかし、検査の精度、難易度、作業性など検査の目的に応じて使い分けるとともに、さらなる 研究を要する部分も多い. 今回、コンクリートの剥離、剥落を生じさせるような内部欠陥を検出する手法と して、後方散乱 X 線を測定する手法(以下、散乱 X 線法という.)について、変状検出可能深さ等の基本性 能を把握することを目的に実験的検討を行った.

#### 2. 散乱 X 線法の原理

X線法は物質の性質や欠陥等の条件によって変化す る透過X線強度を撮影する方法である<sup>3)</sup>.しかし,透 過X線の検出では,測定対象の背面にX線フィルム等 を設置する必要があるため、トンネル覆工の検査に適 用することはできない.

そこで、表面から検出することを考え、後方に散乱 する二次的な X 線を検出し、健全部と空隙部の散乱 X 線量の差異から内部欠陥を把握しようとする方法が散 乱 X 線法である.コンクリートに内部欠陥がある場合、 欠陥部では X 線が散乱しない性質を利用し、図1に示 すように、深さ方向の X 線散乱量を測定し、検出した 散乱 X 線量の谷の部分を欠陥と判定する.

#### 3. 実験概要

供試体は、図2に示すように、コンクリートと物性 の異なる発砲スチロール製の薄板を空隙に見立て、供 試体内に埋設することで内部欠陥を模擬した.また、 空隙深さおよび空隙厚さをパラメータとして、表1に 示す7体を用いた.

試験は、X線照射条件を絞りφ2mm,管電圧を200, 250,320kVの3パターン,電流10mA一定とし、模 擬空隙試験体による空隙深さの検知性能を把握した.





図2 模擬空隙供試体の概要

表1 供試体諸元

	单 <sup>1</sup> U:mm			
供試体寸法	空隙寸法	空隙深さ		
		5		
	$50 \times 50 \times 1$	10		
		20		
$300 \times 200 \times 80$	$50 \times 50 \times 3$	20		
		20		
	$50 \times 50 \times 5$	30		
		50		

Keyword 非破壊検査,X線法、コンクリート構造、内部欠陥
連絡先:〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 tel:042-573-7281 fax:042-573-7282

### 4. 実験結果及び考察

**図3**および**図4**に内部欠陥検出の試験結果例を示す. **図3**は空隙深さ20mm,空隙厚さ3mm,**図4**はそれぞれ,30mm,5mmの場合である.

検出された散乱X線強度の深さ方向の分布を見ると、 模擬空隙を設置した付近で散乱X線強度の谷間が確認さ れ、内部欠陥の検出ができている.しかし、空隙深さを 一定(20mm)にして空隙厚さを変えた場合、空隙厚さ が3mm程度までは確認されるが(図3参照)、空隙厚さ を小さくしていくと、徐々に谷間が小さくなり、厚さ 1mmでは、空隙の検出が困難となった.また、空隙厚 さを一定(5mm)として空隙深さを変化させた結果、空 隙深さ 30mm程度までは内部欠陥の検出ができている が(図4参照)、50mmになると困難であった.

以上の検討結果から, 散乱 X 線法における内部欠陥の 検出深さは, 空隙厚さに依存し, 今回の試験条件に対し て, 検出可能な空隙深さとしては 30mm 程度であると考 えられる.

最後に, 散乱 X 線法による模擬空隙供試体の内部欠陥 検出の図化処理例を図5に示す.これは, 散乱 X 線強度 の谷間(すなわち,空隙)検出を供試体の表面から走査 ピッチ 2.5mm で 2 次元的に繰返し実施して, 3 次元の 画像処理を行ったものである.画像処理により,内部欠 陥の状況が鮮明に把握できることが確認できる.

## 5. まとめ

散乱X線法によるコンクリート非破壊検査に関する試験を実施 し、以下の知見を得た.

- ① 検出できる空隙深さは、空隙厚に依存し、空隙厚 5mm では 空隙深さ 30mm までの検出が可能であることを把握した.
- ② 2次元的に内部欠陥のスキャンを実施し、画像処理した結果、 内部の模擬空隙の形状が鮮明に把握できることを確認した.

また、本法はX線照射側から測定を行うため、トンネル覆工の ように片面が地山に接している場合にも適用可能なこと、画像処 理により内部欠陥を明瞭に捉えられる等の特徴があり、コンクリ ート構造物の新しい非破壊検査として可能性のある手法と思われ る. なお、本研究は、運輸施設整備事業団の「運輸分野における

基礎的研究推進制度」の一部として実施したものであり、関係各位の方々に謝意を表します.

(参考文献) 1)土木学会:コンクリート標準示方書(維持管理編), 2001.1

2)鉄道総合技術研究所:建造物保守管理の標準・同解説(コンクリート構造), 1987.9 3)日本非破壊検査協会:非破壊試験概論, 1993

-855-



V - 427