

초음파 화상처리기법을 이용한 콘크리트 내부공동의 형상검출에 관한 연구

Detecting Pattern of Voids in Concrete Using Ultrasonic Image Processing Technique

박 석 균* 이 한 범** 오 윤 식***
Park, Seok Kyun Lee, Han Bum Oh, Yun Sic

ABSTRACT

Voids created with concrete construction or deterioration result in serious weakness from the aspects of both structural and durable function. Ultrasonic method using image processing technique was used for detecting pattern of voids in concrete in this study. Experimental investigation was carried out for three types(patterns) of void in concrete. The effect of curing period of concrete and ultrasonic measurement method was also investigated. As a result, it has been verified that the semi-direct measurement method is more effective than the other methods for detecting pattern of voids in concrete in ultrasonic method using image processing technique. The longer the curing period of concrete is, the better the detection accuracy of void pattern can be obtained.

1. 서론

최근 콘크리트 구조물의 안전진단과 구조물의 효율적인 유지관리 및 보수·보강에 대한 관심과 활용도가 점점 더 높아지고 있는 가운데, 이를 위한 비파괴시험에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있는 실정이다. 이러한 여러 가지 비파괴시험 중에서, 현재 국내·외에서 가장 많이 사용되고 있는 방법 중 하나가 바로 초음파법(Ultrasonic method)이다.

이러한 사회적 관심에 맞추어 본 연구에서는, 초음파법(Ultrasonic method) 개념에 근거한 화상처리 기법(Image processing technique)을 이용하여 콘크리트 내 공동(空洞)의 양생기간(채령)에 따른 초음파속도의 차이와, 그에 따른 검출화상차이의 측정을 위해 세 가지 형태의 내부공동(內部空洞)을 가지는 시험체를 각각 제작하였고, 이에 따른 초음파법의 대칭법 및 사각법에 의해 측정을 실시하고 이를 화상처리하여, 시험체 각각이 나타내는 양생기간별 공동형태와 특성을 검출·해석하였다.

*정회원, 대전대학교 토목공학과 조교수

**정회원, 대전대학교 토목공학과 조교

***정회원, 대전대학교 대학원 토목공학과 석사과정

2. 공동(空洞)의 측정방법

초음파를 이용한 콘크리트의 비파괴검사법에는 전파시간 혹은 전파속도를 측정하는 방법과 공진 주파수로부터 탄성계수를 구하는 방법(공진법)등이 있으며, 전파속도 측정에서는 50~100kHz 정도의 공진 주파수를 갖는 발신자를 통해 펄스전압(전기적 신호)을 진동(기계적 신호)으로 바꿔 탄성파를 콘크리트 내에 발생시키고, 이를 수신자로 검출한다. 그리고, 이 탐촉자간의 거리를 측정하여 도달시간을 측정해 나누어줌으로써 전파속도를 구하게 된다.

초음파속도는 대칭법, 사각법, 간접법(표면법)으로 구할 수 있으며, 본 실험에서는 공동(空洞)의 검출을 위한 측정 방법으로 주로 대칭법과 사각법을 이용하였다. 실험의 이해를 돕기 위해 이 두 방법에 대한 초음파 센서의 배치 예를 그림 1에 나타내었다.

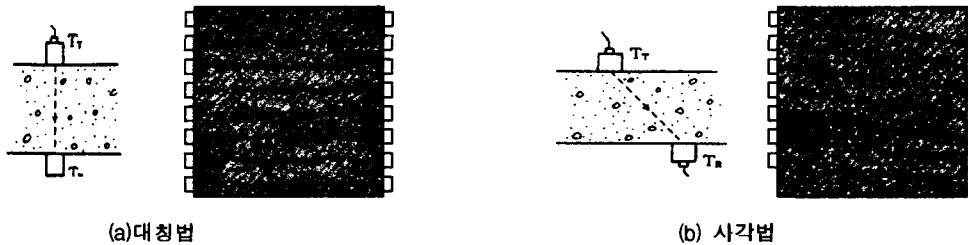


그림 1. 초음파센서의 배치

3. 실험계획 및 조건

3.1. 시험체 제작 및 실험개요

본 실험은, 콘크리트 내의 공동(空洞)을 보다 효율적이고 정확하게 검출하고, 양생기간에 따른 공동의 검출특성 변화를 알기 위한 실험으로서, 세 가지 종류의 시험체를 모의하여 제작하였다. 시험체는 그림 2에서 그림 4에 나타낸바와 같이, 무근 콘크리트조로하고, 그 내부에 삽입한 공동(空洞)의 형태는 아이소핑크재질의 가로30cm, 세로20cm, 두께10cm의 직육면체형과 가로20cm, 세로20cm, 두께20cm의 정육면체형, 그리고 직경 20cm의 고무재질 원형공동 등 세 종류를 제작하였다. 모의 콘크리트 시험체의 배합조건은 아래 표 1과 같다.

표 1. 시험체의 배합조건

W/C (%)	s/a (%)	단위 재료량 (kgf/m ³)				G _{max}	Slump (cm)	공기량 (%)
		W	C	S	G			
64	48	165	258	892	972	25	7.5	4.5

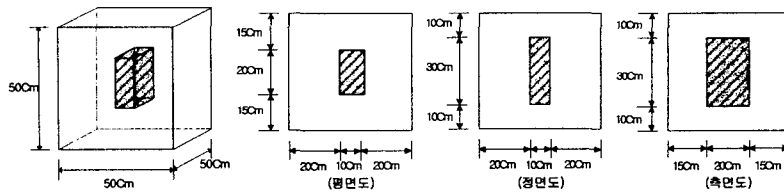


그림 2. 직육면체형 모의공동을 가진 시험체

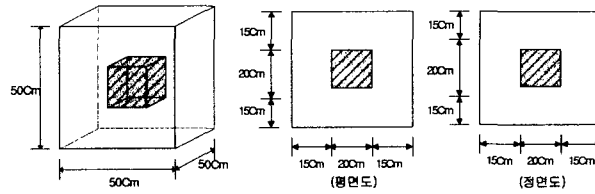


그림 3. 정육면체형 모의공동을 가진 시험체

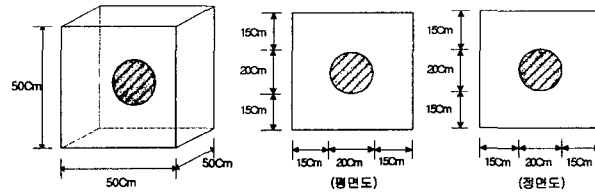


그림 4. 원형 모의공동을 가진 시험체

3.2. 실험방법

(1) 대칭법에 의한 공동(空洞)부 측정

직육면체형 모의공동을 가진 시험체에 대한 초음파의 측정개소는 횡방향으로 10개소, 종방향으로 10개소 총 100개소의 격자망을 형성하여 측정하였다. 또한, 정육면체형 모의공동을 가진 시험체와 원형 모의공동을 가진 시험체도 마찬가지로 상기와 같이 측정하였다.

격자형의 망을 형성하여 시험체를 측정한 이유는, 공동(空洞)의 검출특성과 공동(空洞)과 내부 콘크리트 경계면에서의 초음파 측정값이 어떠한 형태를 나타내는지 알아보기 위한 것으로, 초음파측정법이 내부 공동(空洞)측정에 있어서 얼마만큼의 정확도를 나타내는지 알아보기 위한 것이다.

직육면체형 모의공동을 가진 시험체는 모의공동의 형태가 상기 그림 2에서와 같이 정면과 측면, 두 가지 면(面)의 각기 다른 공동(空洞)형태를 나타내므로, 이에 따라서 두 방향 모두에서 측정을 실시하였다.

(2) 사각법에 의한 공동(空洞)부 측정

세 개의 시험체에 인공으로 설정해 놓은 모의 공동(空洞)부를 찾기 위하여, 상기의 대칭법으로는 검출이 곤란할 것을 대비하고, 또한 세 가지 초음파측정치의 비교·분석을 위해 발신자와 수신자를 엇갈리게 하여 측정한 것으로, 초음파의 측정개소는 직육면체형 및 정육면체형, 원형 모의공동을 가진 시

험체 모두 횡방향으로 10개소, 종방향으로 9개소로 총 90개소의 격자망을 형성하여 각각 측정하였다. 이 방법도 마찬가지로, 직육면체형 모의공동을 가진 시험체는 두 방향(모의공동의 넓은 면 및 좁은 면) 모두에서 측정을 실시하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 공동(空洞)의 측정결과

아래의 그림 5에서 그림 7까지는 초음파법의 대칭법과 사각법으로 측정한 값을 화상처리기법을 통하여 해석한 결과이다. 초음파의 도달시간이 빠를수록 검은색에 가까운 짙은 색으로, 도달시간이 늦을수록 밝은 색으로 나타남을 볼 수 있으며, 각각의 화상에서 특히 하단부분의 뚜렷하게 짙은 검은색으로 나타나는 부분은, 낮은 재령(타설 후 재령 7일)에서 콘크리트 시험체를 초음파로 측정하였기 때문에 미처 배출되지 못한 내부 수분들의 영향으로 판단된다. 또한, 충분한 재령(재령 200일)에서는 시험체를 바닥에서 약 2cm높이의 스티로폼 위에 위치시킨 상태에서 초음파를 측정함에 따라 바닥의 불규칙한 간섭등의 영향이 반영된 것으로 생각된다.

4.2 대칭법

(1) 정육면체형 모의공동

가운데 부분에 사각형의 모의 공동부 모습이 콘크리트 부분과 구별되어 나타난 것을 알 수 있다 (그림 5의 (a)).

(2) 직육면체형 모의공동

모의공동의 모습이 타설된 콘크리트와 구별되어 영상화되기는 하나, 넓은 폭을 갖는 모의공동 천체의 모습이 뚜렷하게 나타나지 않는 것을 알 수 있다. 이것은 모의공동의 모서리부분을 통해 우회해서 전달되는 초음파의 속도나 콘크리트부분을 통과해 직선적으로 전달되는 초음파의 속도가 거의 차이가 없고, 모의공동의 중앙부분을 통해 우회해서 전달되는 초음파의 속도와는 그 차이가 많이 생기게 되므로, 좁은 폭과 거의 차이가 나지 않는 모의공동의 중앙부만이 뚜렷이 나타나는 것을 알 수 있다. 그리고, 시험체 콘크리트는 대부분이 균질하게 타설된 것을 화상처리를 통하여 알 수 있다 (그림 5의 (b), (c)).

또한, 양생기간(재령)에 따라 공동(空洞)의 형상이 더욱 더 뚜렷하게 나타남을 볼 수가 있다.

(3) 원형 모의공동

거의 원형에 가까운 공동의 형상이 영상화되어 나타남을 볼 수가 있다 (그림 6의 (d)).

4.3 사각법

(1) 정육면체형 모의공동

대칭법에 의한 화상처리 결과보다도 더욱 뚜렷한 공동의 모습이 나타남을 알 수 있으며, 콘크리트

의 내부 공동을 검출함에 있어서 대칭법보다는 사각법에 의한 초음파 측정이 보다 유효함을 알 수 있다.(그림 7의 (a))

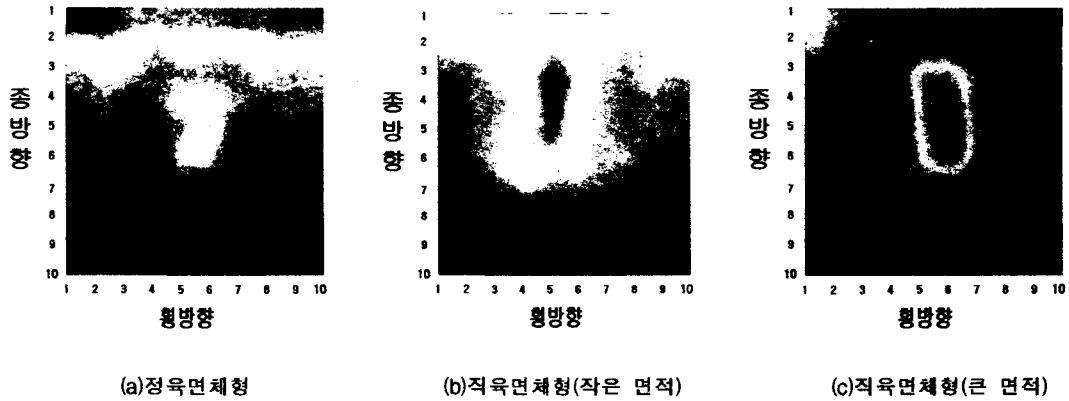


그림 5. 재령 7일째의 대칭법(직접법)에 의한 초음파측정치의 화상처리

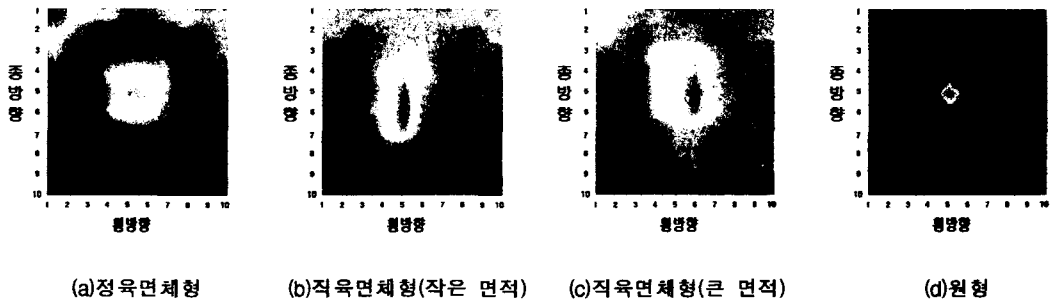


그림 6. 재령 200일째의 대칭법(직접법)에 의한 초음파측정치의 화상처리

(2) 직육면체형 모의공동

모의공동의 모습이 타설된 콘크리트와 구별되어 나타나는 것을 알 수 있다. 또한, 모의공동 모서리 부분에서의 초음파속도와 콘크리트의 초음파속도가 거의 차이가 없고, 모의공동의 중앙부분을 통해 우회해서 전달되는 초음파의 속도와는 그 차이가 많이 생기게 되므로, 모의공동의 중앙부가 더욱 뚜렷이 나타나는 것을 알 수 있다.(그림 7의 (b))

(3) 원형 모의공동

거의 원형에 가까운 공동의 형상이 영상화되어 나타남을 볼 수가 있다. (그림 7의 (c))



그림 7. 재령 200일째의 사각법(엇갈림법)에 의한 초음파측정치의 화상처리

5. 결론

이상의 초음파 화상처리기법을 이용한 콘크리트 내부공동(内部空洞)의 검출 및 해석에 있어서, 양생 기간(재령)이 증가함에 따라 내부공동의 형태를 보다 정확하게 확인할 수 있었으며, 대칭법을 사용할 때보다 사각법을 사용할 경우가 내부공동(内部空洞)의 형태를 더욱 효과적으로 판별할 수 있음을 알 수 있었고, 공동(空洞)의 구분을 보다 더 명확하게 해석할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한, 이전까지의 초음파법 측정의 수치적 데이터로는 판별 및 해석 용이하지 않았던 콘크리트 내의 공동형상(空洞形狀)을 본 연구의 화상처리기법을 이용하여, 보다 효과적이고 명확하게 판별할 수 있는 가능성을 얻었다. 따라서, 노후한 콘크리트구조물의 균열 및 공동 등 이상징후의 파악에 있어 초음파 화상처리기법을 통한 영상화작업이 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 박석균, 백운찬, 이한범, 김명모, “초음파법을 이용한 콘크리트 역타시공 이음부위의 비파괴검사”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제 12권 1호, 2000.
2. 박석균, 백운찬, 이한범, 김명모, “초음파법을 이용한 콘크리트 역타시공 이음부 공극의 화상검출특성”, 한국비파괴검사학회지, 제 20권 4호, 2000.
3. 박석균, 이한범, 백운찬, 오윤식, “초음파 화상처리기법을 이용한 콘크리트 내부공동(内部空洞)의 검출 해석”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제 12권 2호, 2000.