

초음파법을 이용한 콘크리트 역타시공 이음부위의 비파괴검사

Non-destructive Inspection of Top Down Construction Joints of Column in SRC Structure using Ultrasonic Method

박 석 균* 백 운 찬** 이 한 범** 김 명 모***
Park, Seok Kyun Baek, Un Chan Lee, Han Bum Kim Myoung Mo

ABSTRACT

The joint treatment of concrete is one of the technical problems in top down construction method. Joints created with the top down construction result in serious weakness from the aspects of both structural and water-barrier function.

Ultrasonic method was used for the inspection of top down construction joints of column in SRC structure in this study. As a result, it has been verified that the semi-direct measurement method is more effective than the other methods for detecting the voids of construction joints.

1 서론

최근 콘크리트 구조물의 안전진단과 효율적인 유지관리를 위해 비파괴시험(NDT)의 활용도가 높아지고 있다. 여러 가지 비파괴시험 중에서 현재 국내·외에서 가장 많이 사용되고 있는 방법 중 하나가 초음파법이다.

본 연구에서는 역타공법의 시공 이음부위에 대한 콘크리트 충전상태를 초음파법에 의해 조사·분석·평가하였다. 이를 위해 해당 시공방법의 모의실험을 통해 결합부와 전전부의 시험체를 제작하고, 이에 따른 초음파탐사의 직·간접법에 의한 측정을 실시하여 이음부의 충전상태를 분석하여 보았다.

2. 초음파법의 이론적 배경

초음파를 이용한 콘크리트 비파괴검사법에는 전파시간 혹은 전파속도를 측정하는 방법과 공진 주파수로부터 탄성계수를 구하는 방법(공진법)등이 있다.

*정회원, 대전대학교 토목공학과 교수

**정회원, 대전대학교 석사과정

***포항산업과학연구소 선임연구원

전파속도 측정에서는 50~100kHz 정도의 공진 주파수를 갖는 발신용 탐촉자(이하 센서)를 통해 펄스전압(전기적 신호)을 진동(기계적 신호)으로 바꿔 탄성파를 콘크리트 내에 발생시키고, 이를 수신용 센서로 검출한다. 바로 이 센서간 거리를 측정하고, 발·수신 도달시간을 제곱해 나누어줌으로써 전파속도를 구한다.

2.1. 초음파속도 측정법

초음파속도는 직접법(대칭법), 사각법, 간접법(표면법)으로 구할 수 있으며, 초음파속도법으로 균열깊이를 측정할 경우 초음파의 속도는 주로 간접법에 의해 측정하게 된다. 실험의 이해를 돕기 위한 센서의 배치 예를 그림 1에 나타내었다.



그림 1. 초음파센서의 배치

2.2. 균열깊이 측정법

간접법(표면법)을 이용해 균열깊이를 측정하는 방법에는 Tc-To법, T법, BS법 등이 알려져 있다. 여기에서는 그림 1의 (c)에 표시된 Tc-To법에 대해서만 설명한다. Tc-To법은 균열부를 중심으로 하여 동일한 간격으로 발진자와 수신자를 배치하여 초음파전파시간을 측정한 값을 Tc라고하고, 같은 방법으로 균열이 없는 부분에서의 동일한 거리에 대한 전파시간을 측정한 값을 To라하면, 균열깊이는 아래의 식으로 구할 수 있다.

$$h = \frac{L}{2} \times \sqrt{\left(\frac{Tc}{To}\right)^2 - 1} \quad (1)$$

3. 실험계획 및 조건

3.1. 시험체 제작 및 실험개요

시험체는 그림 2 부터 그림 4 까지 와 같이 SRC(철골 철근 콘크리트)조(평면공극), 무결함 무근 콘크리트조, 결함 무근 콘크리트조(V형, 평면형 공극)등 4종류를 제작하였다. SRC조는 내부에 D19의 주철근을 20cm간격으로 배근하였으며 피복두께가 4cm이고, H형강의 치수는 30×30×1.5(cm)이다. 이는 기존의 철근만 있는 콘크리트 시험체에 대해 철골(H형강)이 존재할 때 초음파측정시 어떠한 영향(간섭)을 보이는가를 비교, 검토할 수 있도록 한 것이며, 역타공법이 주로 SRC조 콘크리트 시공으로 실시되는 점을 모의하기 위한 것이다. 또한, 역타 콘크리트에서 시공 이음부를 고려하여 결함부의 무근 콘크리트조는 V형, 평면형 공극으로 나누어 시험체를 제작하였고 SRC조에서는 평면형 공극만을 인공 제작하여 삽입하였다. 결함부 무근 콘크리트의 평면형은 지면에서 30cm의 위치에 결함부(공극)를 -형으로 만들고, V형은 가로 25cm, 세로 10cm, 경사 20°의 결함부를 V형으로 만들었다. 이들 시험체의 각각의 면을 측정하여 중복되는 부분을 제외하고 총 9종을 측정하였으며, 콘크리트 배합은 아

래 표 1과 같다.

표 1. 시험체의 배합조건

W/C (%)	s/a (%)	단위 재료량 (kgf/m ³)				Gmax	Slump (cm)	공기량 (%)	Total
		W	C	S	G				
64	48	165	258	892	972	25	7.5	4.5	2,287

3.2. 실험방법

3.2.1. 결함(공극)부 측정

(1) 직접법(대칭법)

SRC조의 치수는 50×50×100(cm)로 모의하였고 측정개소는 폭(횡) 방향으로 9개소, 축(종) 방향으로 18개소로 총 162개소의 격자망을 형성하였다. 무결함 무근 콘크리트조의 치수는 50×50×50(cm)이며 측정개소는 폭(횡) 방향으로 9개소, 축(종) 방향으로 9개소로 총 81개소의 격자망을 형성하여 측정하였다.

격자형의 망을 형성하여 시험체를 측정한 이유는 공극의 검출특성과 철근 및 철골(H형강)이 초음파측정에 어떠한 간섭을 하는지 알아보기 위한 것으로 SRC조와 무근 시험체를 비교 측정하였다. 초음파 센서의 위치 및 측정방법은 아래 그림 2와 같다.

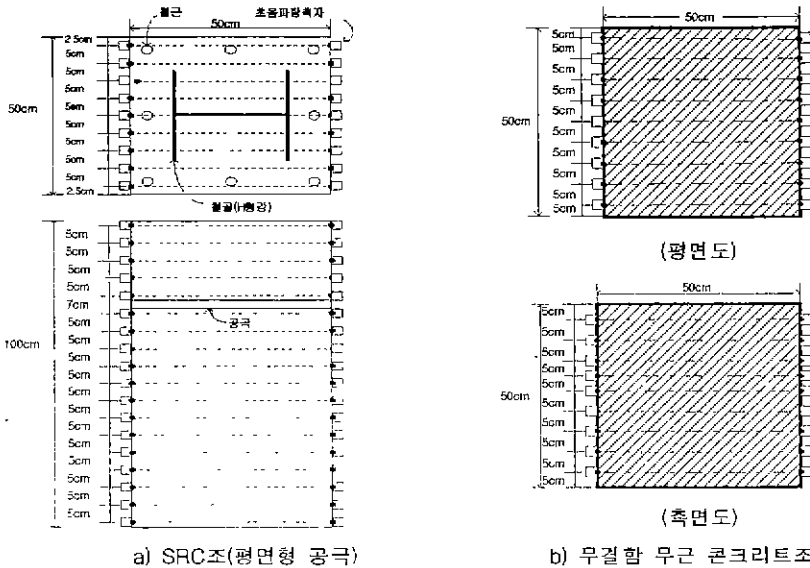


그림 2 직접법에서의 초음파센서의 배치

(2) 사각법

각 시험체에 인공으로 설정해 놓은 공극부를 찾기 위하여 상기의 직접법으로는 검출이 곤란할 것을 대비해 발전자와 수신자를 엇갈리게 하여 측정한 것으로, SRC조에서는 지면으로부터 70cm 높이에

두께 2cm인 아이소핑크를 공극부를 모의하기 위해 철골과 철근을 제외한 콘크리트부에 평면으로 설치하였으며, 결합 무근 콘크리트 중 평면형 공극은 지면에서 30cm 높이에 두께 2cm의 아이소핑크를 평면으로 설치하였고, V형 공극은 지면에서 36cm 높이에 바깥에서 중앙부로 하향 20°각도로 2cm의 아이소핑크를 설치하였다. SRC조의 측정개소는 폭(횡) 방향으로 9개소, 축(종) 방향으로 17개소로 총 153개소의 격자망을 형성하였으며, 결합 무근 콘크리트조의 측정개소는 폭(횡) 방향으로 9개소, 축(종) 방향으로 8개소로 총 72개소의 격자망을 형성하여 측정하였다. 초음파 센서의 위치 및 측정방법은 아래 그림 3과 같다.

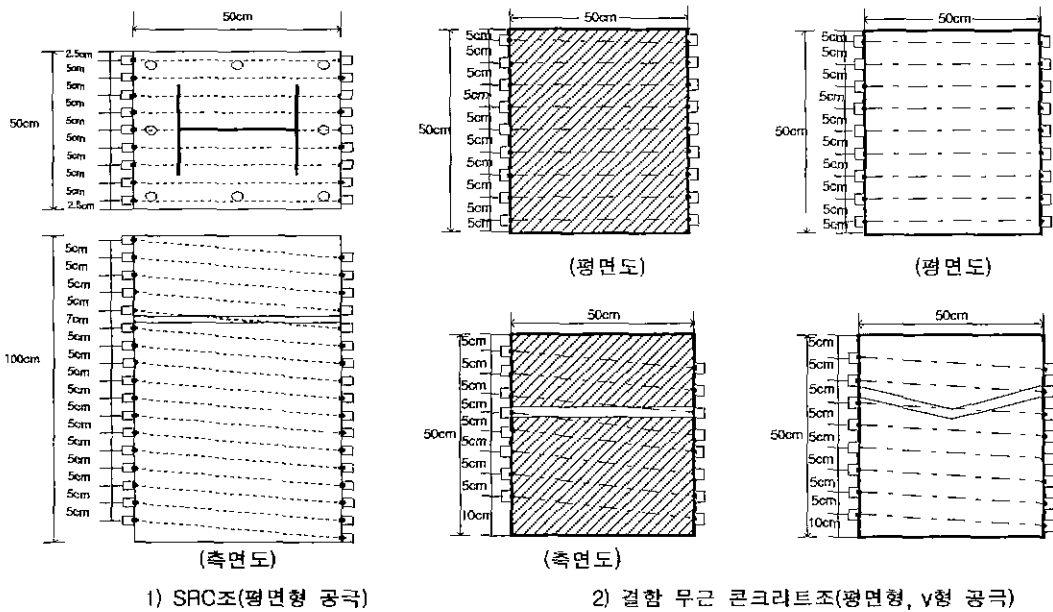


그림 3. 사각법에 의한 초음파센서의 배치

3.2.2. 균열 깊이 측정

앞의 2.2절에서 설명한바와 같이 Tc-To법을 이용하여 각 시험체의 균열깊이를 측정하였으며, 다른 방법들은 제한된 시험체의 크기 때문에 측정하지 못하였다. 초음파 센서의 위치 및 측정방법은 아래 그림 4와 같다.

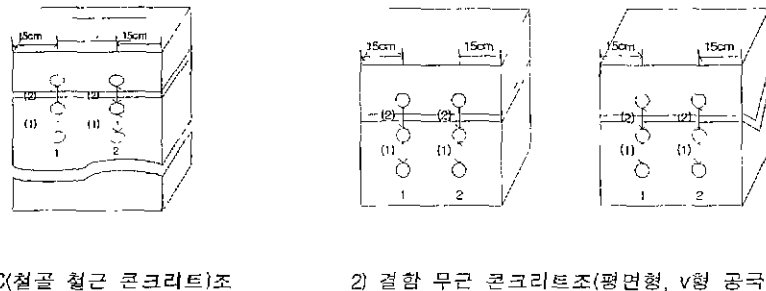


그림 4. 직접법에서의 초음파센서의 배치

4. 결과 및 고찰

4.1. 결함부 측정결과

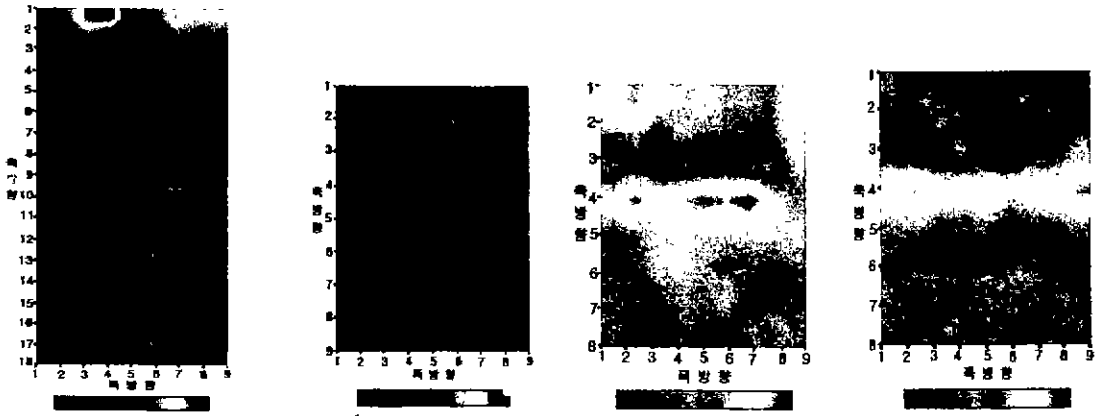
아래의 그림 5는 초음파법에 의해 측정된 값을 화상으로 출력한 결과이다. 초음파 도달시간이 늦을수록 붉은색이, 빠를수록 푸른색이 강하게 나타난다.

4.1.1 직접법(대칭법)

(1) SRC조 : 상단의 일부(붉은색부분)를 제외한 대부분의 콘크리트부분(녹색부분)이 균질하게 타설되었음을 알 수 있으며, 가운데의 파란색 부분은 철골(H형강)부분으로 철골이 초음파 측정에 간섭함을 확연히 알 수 있는 부분이다.(그림 5의 (a))

(2) 무결함 무근 콘크리트조 : 전체적으로 색상의 변화가 없이 일정한 푸른색으로 나타나는 것으로 보아 이물질의 간섭이 거의 없이 비교적 균질하게 타설되어 있음을 알 수 있다.(그림 5의 (b))

(3) 결함 무근 콘크리트(평면형, V형공극)조 : 양쪽 모두 중앙의 공극부(붉은색·노란색부분)가 확실하게 보이며 그 외에 전체적으로는 상단의 일부분((c)의 노란색부분)을 제외하고 콘크리트가 균질하게(녹색부분) 타설되어 있음을 알 수 있다.(그림 5의 (c),(d))



(a) SRC조

(b) 무결함 콘크리트조

(c) 결함 콘크리트조(평면형)

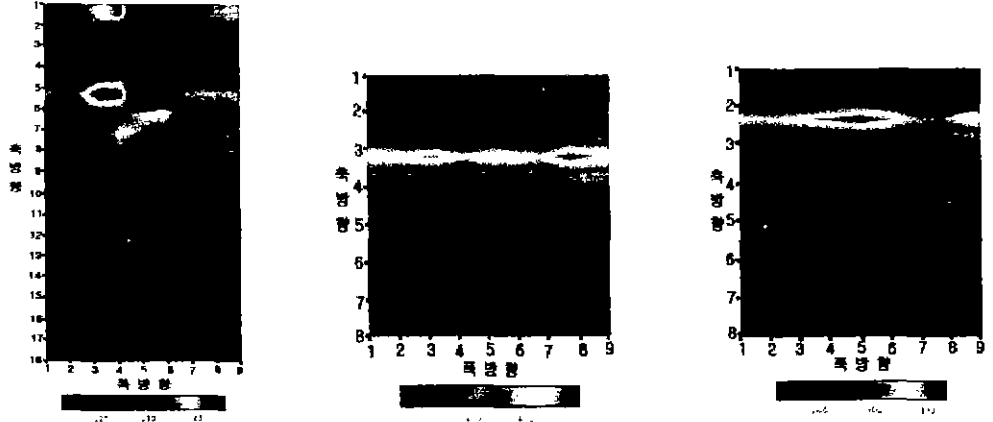
(d) 결함 콘크리트조(V형)

그림 5. 직접법에 의한 측정 결과

4.1.2 사각법

(1) SRC조 : 그림 6의 (a)에서 보는 바와 같이 공극부(측(중)방향 탐촉자 5, 6번 사이)가 시험체와 거의 동일할 정도로 뚜렷이 나타남을 알 수 있으며 철골부분(파란색부분) 역시 확실하게 보임을 알 수 있다.

(2) 결함 무근 콘크리트(평면형, V형)조 : 그림 6의 (b), (c)에서 보는 바와 같이 공극부(측(중)방향으로 평면형은 3, 4번; V형은 2, 3번 탐촉자 사이)가 시험체와 동일한 부분에 나타나 있음을 알 수 있다.



(a) SRC(철골 철근 콘크리트)조 (c) 결함 무근 콘크리트(평면형)조 (b) 결함 무근 콘크리트(V형)조

그림 6. 사각법에 의한 측정 결과

4.2 균열(공극) 깊이 측정 결과

Tc-To법에 의한 균열(공극)깊이 측정결과를 실제깊이와 비교해 표 2.에 나타내었다. 본 결과에서도 알 수 있는 바와 같이 균열 깊이가 얇은 경우(10cm)에는 측정결과와 실제 값과의 차이가 작았으나 -1.5cm와 +2.4cm의 오차를 나타내었고, 깊은 경우(50cm이상)에는 오차가 매우 크게 나타나 측정결과 활용 시에는 많은 주의가 필요함을 알 수 있다.

표 2. 실제균열(공극)깊이와 측정균열(공극)깊이의 비교

시험체 조건	Tc-To법			비고
	실제균열(공극)깊이	측정위치	측정균열(공극)깊이	
철근 철골 콘크리트조	10cm (철골까지)	(1)	8.47cm	철골까지의 피복 두께가 10cm이다.
		(2)	12.44cm	
결함 무근콘크리트조 (평면형)	50cm (관통)	(1)	30.47cm	
		(2)	29.84cm	
결함 무근콘크리트조 (V자형)	56cm (관통) (공극이 V형이므로)	(1)	73.87cm	시험체의 실제 크기는 50cm이다.
		(2)	81.43cm	

5. 결론

이상의 초음파속도법을 이용해 역타공법에 의한 시공 이음부 상태를 평가하는 경우에 있어, 직접법(대청법)을 사용할 때보다 사각법을 사용할 경우가 공극의 발생상태를 효과적으로 판정할 수 있음을 알 수 있었고, 철골 철근이 매설된 조건에서도 공극의 검출이 가능함을 알 수 있으며, 특히 철골(H형강)의 형태도 간접적으로 식별할 수 있는 가능성을 확인하였다.

참 고 문 헌

박석균, "콘크리트 비파괴검사 실용화 연구(1)", 상용중앙연구소 연구보고서, 1988.