

# 레이더법을 이용한 터널 배면 공동 영향특성 실험

## An Experimental Study for Void Lengths and Locations under Concrete Tunnel Lining using Radar Method

박 석 균\*      김 대 훈\*\*

Park, Seok Kyun      Kim Dae Hun

---

### ABSTRACT

The radar method based non-destruction inspection stands in the spotlight of concrete tunnel lining due to the advantages of less restrictions of applicability, simpleness and quickness. However, in the case of utilizing at constructions, the decomposition ability is decreased because the effect of damping and dispersion is potent and the utilization of high frequency is difficult. In particular, it is very difficult to investigate the size and thickness of tunnel using the low frequency radar with low decomposition ability. In this work, to resolve the above problems, the effect of arrangement between adjacent tunnels is investigated utilizing the low frequency radar and results are reported.

---

### 1. 서 론

레이더법에 의한 콘크리트의 비파괴검사는 적용부재에 대하여 제약이 비교적 적고, 측정도 다른 검사 방법 보다 빠르고 간단하기 때문에, 콘크리트 배면 공동의 검출에 최적의 검사방법으로서 각광받고 있다. 그러나 토목 구조물에 대하여 적용하는 경우에는 감쇠 및 산란 등의 영향이 크고, 고주파 성분의 사용이 곤란하기 때문에 분해능도 나빠진다. 특히 공동의 크기나 두께를 분해능이 좋지 않은 저주파수 레이더로 탐사하는 일은 매우 어려운 작업이다. 본 연구는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 저주파수 대 레이더를 이용해 인접한 공동간의 배치변화에 의한 영향을 검토하였다.

### 2. 실험조건

실험체 매질 내의 공동이 하나의 형태만이 존재하지 않고, 서로 인접한 2가지 이상의 형태로서 존재 하게 되는 경우가 있다. 그 양자간의 간격이 충분히 독립된 거리가 아니라 서로 레이더 신호에 영향을 부여하는 거리 상에 존재하는 경우에는 레이더의 반사신호의 해석이 매우 어려워진다. 이와 같은 현상에 대응하기 위해 그림 1에 나타낸 바와 같이 다양한 형태로 인접하여 있는 공동간의 배치를 실험적으로 제조하여 이들에 대한 변화의 영향을 나타내었다.

특히, 배면공동 탐사용 레이더의 경우는 보통 600MHz이하의 저주파수 레이더장비를 이용하였다. 본 실험에서는 지중탐사형 레이더인 GPR(Ground Probing Radar)을 사용하였다. 주파수 범위는 20MH

---

\*정회원, 대전대학교 토목공학과 부교수

\*\*정회원, 대전대학교 대학원 토목공학과 석사과정

$z \sim 1\text{GHz}$ 의 광대역이고 중심주파수는  $600\text{MHz}$ 이다.

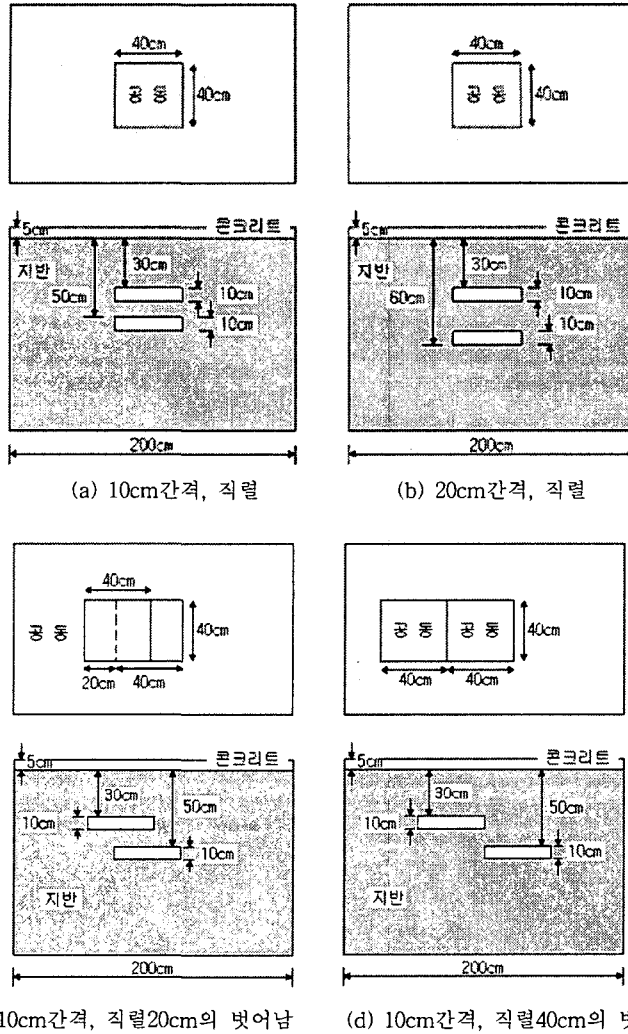


그림 1 인접한 공동 간의 위치변화에 의한 공동배치

### 3. 결과 및 분석

이들에 대한 측정결과를 그림 2~그림 5에 나타내었다. 먼저 그림 1의 (a) (b)의 예에 대한 측정결과를 분석해 본다. 양 공동간의 거리가 10cm인 그림 1의 (a) 경우에서의 측정결과(그림 2)를 비교해 보면 처음의 반사신호 후에 각각 44cm와 57cm 깊이의 위치(A모드 상의 ▼와 ▽)에서 가장 큰 반사신호가 얻어지고, 양 신호간의 차가 13cm인 것을 알 수 있다. 이들 신호는 그림 6에서 나타낸 바와 같이 첫 번째 공동과 같은 열의 바로 밑에 위치 한 두 번째 공동으로부터의 반사신호, 즉  $D1'+D2'$ 로부터 반사해서 돌아 온 신호(화면표시위치)를 의미한다. 특히, 양 신호간의 차이 13cm는 10cm의 공동 두께와 양 공동간(지반)의 10cm 거리를 그림 6의 식에 의해 지반의 비유전율을 베이스로 하여 계산 한 측상의 거리(깊이)와 일치하기 때문에, 양 공동으로부터의 반사신호인 것이 입증되었다. 단, 이 경우에 처음의 공동으로부터의 반사신호가 34cm의 깊이가 얻어지고, 실제로 매설된 공동의 깊이는 배치도상

의 깊이와 약 4cm의 차를 나타내고 있음을 알 수 있다.

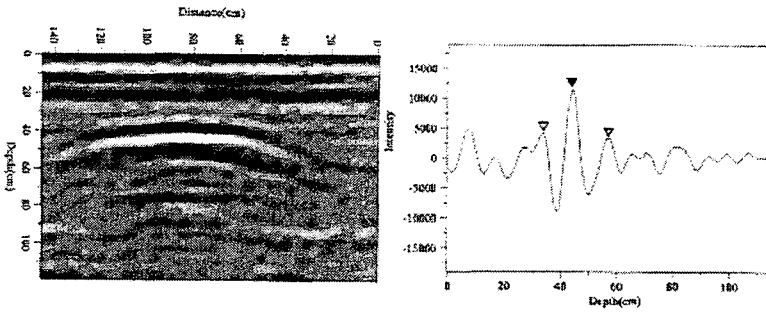


그림 2 그림 1(a) 10cm간격, 직립의 측정결과(좌: B모드, 우: A모드)

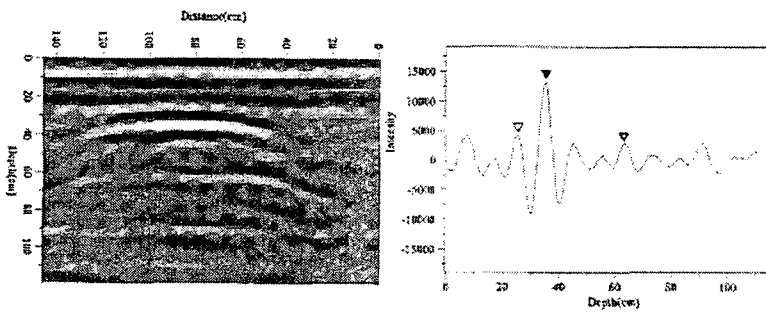


그림 3 그림 1(b) 20cm간격, 직립의 측정결과(좌: B모드, 우: A모드)

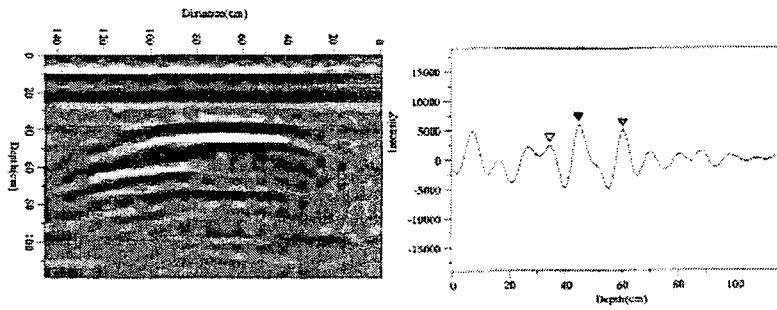


그림 4 그림 1(c) 20cm벗어남의 측정결과(좌: B모드, 우: A모드)

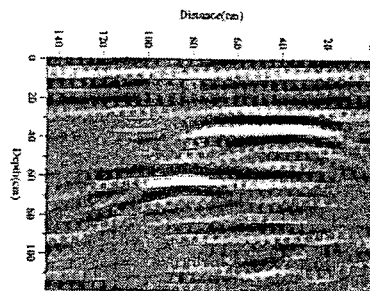


그림 5 그림 1(d) 40cm벗어남의 측정결과

다음은 양 공동간의 거리가 20cm인 그림 1의 (b)의 경우인 측정결과(그림 3)를 상기에서와 같이 비교해서 보면, 35cm와 62cm 깊이 위치(A모드 상의 ▼와 ▽)에서 가장 큰 반사신호가 얻어지고, 양 신호간의 차가 27cm인 것을 알 수 있다. 이는 상기와 같은 양 공동간의 계산 상 거리에 환산한 23cm와 비교하면 4cm의 차가 발생하고 실제의 매설 위치상의 차로써 보여 진다. 본 경우에서도 처음의 공동으로부터의 반사신호가 25cm로 얻어지고, 배치도의 20cm와는 5cm의 차이를 나타내고 있다. 한편, 그림 3의 결과를 보면 35cm와 62cm(A모드 상의 ▼와 ▽)의 각 공동으로부터의 반사신호 이외에도 이들과 같은 간격(27cm)의 위치인 약 89cm의 깊이위치에 또 하나의 반사신호대가 나타남을 알 수 있다. 이 신호는 양 공동간을 다중으로 반사해서 나타내는 신호로서, 링킹 등과는 차이가 있어 그 발생주기가 다르다.

다음은 그림 1의 (c) (d)에 대한 측정결과를 분석해 보면, 그림 4에서는 그림 7의 B' 위치에서의 A모드결과에서의 A모드 결과에서 각각 46cm와 61cm(▼와 ▽)의 위치에서 최대반사신호가 나타나고, 그림 1 (a)의 결과에 비해 경사져 입사한 신호의 굴절영향에 의해 신호의 도달시간에 차가 발생한 것을 알 수 있다. 즉 상하 공동의 위치에 따라 하층의 공동이 상층의 공동에 복합되지 않은 부분에서는 공동으로부터의 반사신호가 명확히 나타나지만, 복합되어 있는 부분에서는 위에서 설명한 공동의 위치가 변화하고 다층경계의 복잡한 전파양상에 따라 신호를 알 수 있다. 특히 그림 6에 나타낸 바와 같이 상하공동의 어긋남 폭에 따라 경사져 입사되는 파의 전파양상이 하층의 공동 각면과 정면에 다른 각도에 따라 복잡한 반사패턴을 만들어 내기 때문이다.

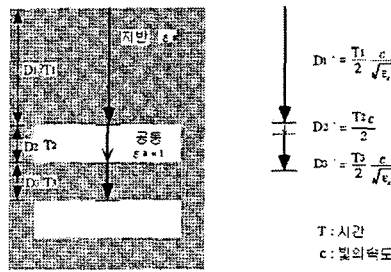


그림 6 같은 열에 직렬배치된 상하공동에서의 화면 표시위치 개념

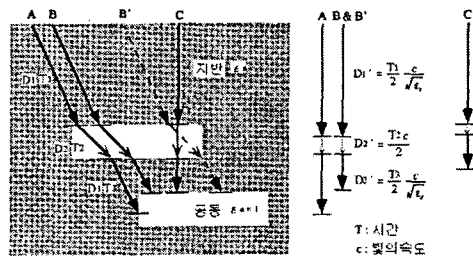


그림 7 상하열간 어긋남이 있는 상하공동에서의 화면 표시위치 개념

#### 4. 결 론

인접한 공동 간의 위치변화에 의한 공동배치 예 즉 10cm간격의 직렬, 20cm간격의 직렬, 10cm간격의 직렬20cm의 벗어남, 10cm간격의 직렬40cm의 벗어남이 유발된 경우의 레이더 측정과 상하공동조건에서의 화면 표시위치 개념 결과의 분석방법 등에 논하여 해석시 기준 참고자료로 활용할 예정이다.