

# 衝撃弾性波によるトンネル背面空洞探査に関する実験 Experiments on applicability of detection of cavities behind tunnels by impact elastic-wave method

茨田 匠 ○浅尾 瞳 澤田 豊 河端俊典

IBATA Takumi, ASAO Hitomi, SAWADA Yutaka, KAWABATA Toshinori

## 1. はじめに

水路トンネルなどの覆工コンクリートは、アーチ型の断面形状を持つことで地圧に耐えうる構造となっている。このような構造物におけるコンクリート背面空洞の存在は、構造物の機能低下や突発性の崩壊を招くとして適切な検査が実施される必要がある。一般的に背面空洞の探査には電磁波レーダ法が用いられるが、有筋構造物を対象としたとき探査が著しく困難になる。それに対し、衝撃弾性波法は用いる音波の波長帯域が低く鉄筋の影響を受けにくいとされる。

筆者らは衝撃弾性波を探査媒体として、**Fig. 1** を探査のイメージとする背面空洞探査実験を行い、コンクリート中の鉄筋の有無にかかわらず突発性崩壊の対策として有効である空洞深さ 250mm での探査が可能であり、探査に最適な受信周波数が 20kHz であることを明らかにした。一方、背面空洞の面積に関する評価はほとんど行われていない。また、背面空洞内には崩れた地山が存在することも多いが、この場合の測定の可否も明らかでない。

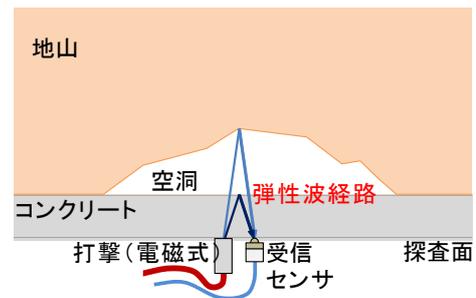
そこで本研究では、衝撃弾性波法の実構造物への適用へ向けて、空洞面積や空洞内の崩落土の影響を考慮した背面空洞探査実験を実施し、そのときの測定の可否、測定精度を評価した。

## 2. 異なる面積における背面空洞探査実験

本実験では、木枠とけい砂を用いて **Fig. 2** のような空洞を土槽内に作製し、その上にコンクリート試験体を載せることで **Fig. 1** の状況を模擬した。空洞の面積は 500×500mm, 250×250mm とし、深さは 250mm とした。コンクリート試験体は縦横 1000×1000mm であり、厚さは 242mm、無筋の試験体と有筋の試験体を用いた。

測定には電磁ハンマーと受信センサーを使用した。電磁ハンマーを用いることにより、機械的に測定面から垂直かつ打撃強さが一定の波動エネルギーを入力可能であり、同一測点上における繰り返し測定も容易に行うことができる。計測時の受信周波数は既往の研究で得られた値である 20kHz とした。

**Fig. 3** にそれぞれの空洞面積において有筋の試験体を用いたときの測定波形を示す。試験体中の鉄筋の有無による測定波形への影響は全く見られなかった。図中の 1 本目の線分は弾性波がコンクリート試験体を透過するのに要した時間の計算値、2 本目は地盤からの反射波を捉えた時間を示す。**Fig. 3** よりいずれの空洞面積においても地盤からの反射



**Fig. 1** 衝撃弾性波法による測定  
Measurement of shock elastic wave method



**Fig. 2** 背面空洞  
The model of back cave

波を明瞭に受信することができることがわかる。

また、得られた値から試験体の透過時間を除き、往復時間であるため2で除し、空洞内の音速（気中の音速 345m/s）を乗じることで推定空洞深さを算出することができる。得られた推定空洞深さを Fig. 3 の赤枠内に示す。このとき設定空洞深さは 250mm であることから、いずれの空洞深さにおいても非常に正確な推定が可能であることが明らかになった。

### 3. 崩落土の影響に関する背面空洞探査実験

背面空洞内部には地山の一部分が崩落し堆積することがある。本実験ではこの状況を模擬崩落土を用いて再現し、より実構造物に近い状況での測定の可否、測定精度を評価した。

用いた模型を Fig. 4 に示す。コンクリート試験体、計測機器は先の実験と同一である。なお、空洞深さは 300mm とした。本実験では試験体の下から測定を実施したため、模擬崩落土を設置しない状態の測定を行い、土槽を用いた実験と整合性があることを確認した上で模擬崩落土を設置した実験を行った。

結果を Fig. 5 に示す。グラフから模擬崩落土の有無に関わらず、地盤の反射波を捉えられていることがわかり、赤枠中に示した推定空洞深さも設定空洞深さに対して非常に精度の良いものである。

また、この結果は矢板工法により施工された空洞内部に矢板が存在する場合にも適用が可能であることを示している。

### 4. まとめ

以上の結果から、衝撃弾性波法による背面空洞探査は実構造物の状況に近い環境を模擬した場合も有効であることが明らかになった。

#### 参考文献

- 池田和彦, 秋鹿為之: 土木分野における衝撃弾性波による非破壊測定, 土と基礎, 287, pp.39-43, 1981.  
 茨田 匠, 浅尾 瞳, 澤田 豊, 河端俊典: 衝撃弾性波を用いたコンクリート構造物の背面空洞深さ測定に関する実験, H26 度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 2014.

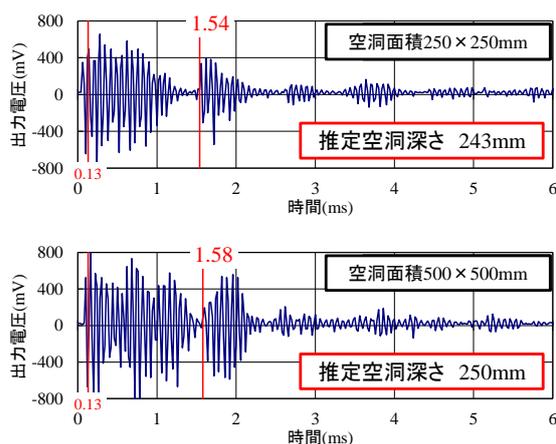


Fig. 3 異なる空洞面積における出力電圧の変化  
Changes of output voltage in different dimension

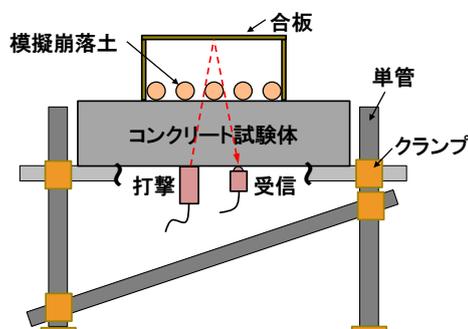


Fig. 4 模擬崩落土の影響に関する実験の模式図  
Pattern diagram of the examination  
on influence of collapse soil

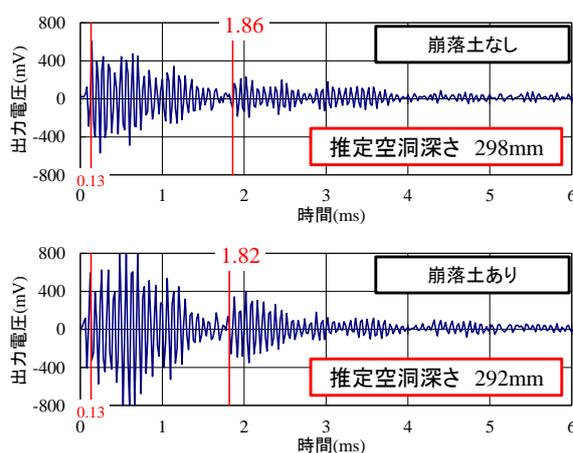


Fig. 5 崩落土に関する出力電圧の変化  
Changes of output voltage in the examination about  
collapse soil