

V-131

覆工背面空洞調査への音響波の適用

(株)建設企画コンサルタント 正会員 金子 誓
 “ 正会員 松尾俊明
 (有)戸塚電子計測研究所 秋鹿爲之

1. はじめに

近年、在来工法で施工された既設トンネルの安定性評価に関する調査、検討が各方面で進められている。トンネルの安定性評価の着目点としては、クラックの発生状況、内空断面の変形、覆工厚、コンクリートの品質等があるが、覆工背面の間隙の有無および規模の確認は中でも重要な課題の一つである。現在までに、電磁波探査法等の非破壊試験による調査例は数例報告されているが、超音波を用いた探査では間隙の大きさを定量的に把握するまでには至っていない。ここでは、音響波を用いて実際のトンネルで実施した覆工コンクリート背面の空洞調査例を報告する。

2. 調査手法

測定には電気音響変換する振動子を利用して発生させた横波音響波を用いた。この波は、横波の特性から面積をもった剝離面のような不連続部で反射される。ただし、発泡コンクリートや局部にクラックを含むコンクリートなどではさらに深部まで波動が伝播する。実際には、コンクリートと地山との不連続面およびコンクリートと間隙との境界で反射してコンクリート表面まで戻って来る時間からコンクリートの厚さが把握できる。

また、コンクリート背面に広がりをもった間隙があると、コンクリート表面に微弱膜振動が生じて内部の空気を揺さぶり共鳴現象を起す。この共鳴振動を受信することにより間隙の有無や深さを知ることができる（横波音響波共鳴法）。

厚さ測定では、まず送受振点を30～50cm間隔にしてコンクリートの横波伝播速度を求めた後、送受振点を数cm離してコンクリート表面に直接押しつけ、送振したパルス波（周波数5 KHz）の覆工背面からの反射波を測定した（図-1）。間隙量測定も同様の方法であるが、送振波には2 KHzの波を用いた。受振した波形はオシロスコープに表示させ、その画面を写真撮影した。

3. 測定結果

音響波で測定した覆工コンクリートの厚さと、背面の間隙量は、表-1に示すとおりである。実際の間隙量測定の結果（図-2）によると、覆工背面に存在する間隙の深さに対応して受振波の振幅が変化すること、覆工と地山が密着している場合には共鳴が起こらない（図-2 (b)）ことが分かる。この測定値とコア抜きによる実測値を比較することにより、表-1に示すように間隙量を評価することが可能となる。ここでは実施例が少ないため間隙量を範囲で示している。図-2(a)は厚さ測定例であり、受振波の第1波がコンクリート背面からの反射波を示し、後続する受振波は第2波以降の送振波に対応する反射波である。発振時から第1波の到達までの時間がコンクリート部分を往復した時間であり、別途測定した横波伝播速度から覆工厚を求めることができる。例えば、



図-1 測定状況

表-1のNo.3であると次式のようになる。

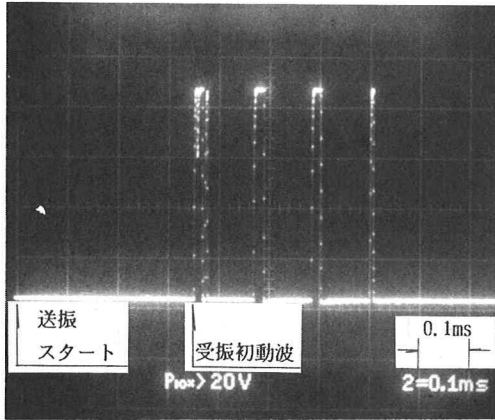
$$\begin{aligned} \text{厚さ(m)} &= \frac{\text{所要時間 ms} \times \text{速度 m/ms}}{2} \\ &= \frac{0.345 \times 1.9}{2} = 0.327 \end{aligned}$$

表-1によると、音響波測定による覆工厚と間隙量は実測値とよい対応をしている。

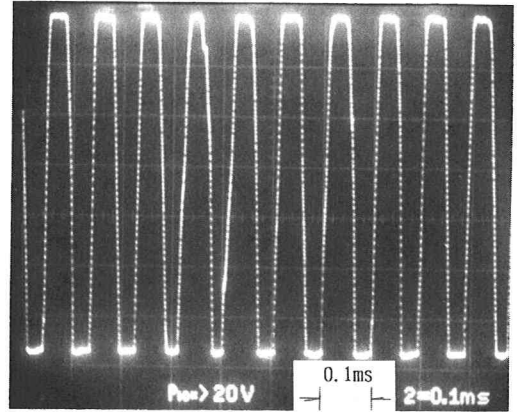
表-1 音響波測定と実測値との比較

No.	箇所	コンクリート厚(cm)		間隙量 (cm)	
		実測	音響波	実測	音響波
1	天端	33	34.8	17	10~20
2	"	40	38.6	26	20以上
3	"	32	32.7	6	5

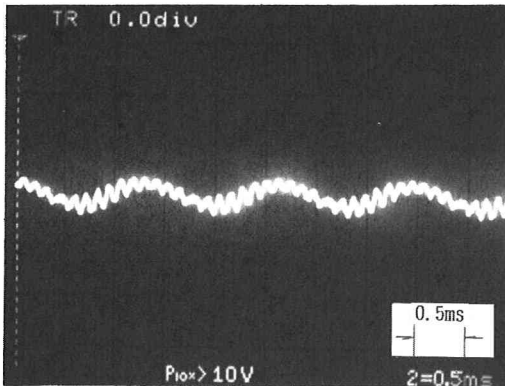
横波伝播速度No.1, 2; 1.66 km/s, No.3; 1.90 km/sとした値 (No.1, 2 と別のトンネル)



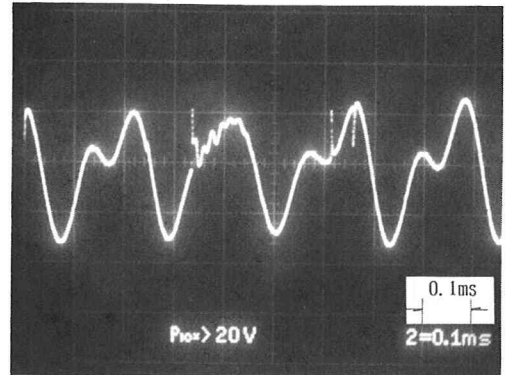
(a) 厚さ測定例



(c) 間隙量測定 (No.2)



(b) 間隙量測定 (密着)



(d) 間隙量測定 (No.3)

図-2 測定結果

4. おわりに

横波音響波を用いた非破壊試験で、覆工コンクリートの厚さとその背面の間隙量が把握できることを示した。厚さ測定においては、測定箇所のクラック等を考慮した横波伝播速度を正確に求めることにより測定精度が向上する。また、間隙量測定については、種々の条件での実績をもとに定量化していくことが必要である。

参考文献 ○ 秋鹿爲之, 金子 誓, 松尾俊明, 吉田 昭: 音響波を用いた吹付けのり面空洞調査, 日本コンクリート工学協会, コンクリートの非破壊試験法に関するシンポジウム発表論文集, 1991.