

VI-110

打音による推進管周辺の地盤内空洞探査方法の研究

清水建設（株） 正会員 ○児玉一夫

清水建設（株） 正会員 岩田 敏

日本物理探鑑（株） 渡辺文雄

秩父コンクリート工業（株） 松村武文

1. 概 説

従来、地盤内の非破壊空洞探査は打音・超音波・電磁波等を利用する方法が応用されてきているが、特に地盤内の深部でしかも地下水位以下の場合には、適用限界、精度上の問題から、探査事例は極めて少ないのが現状である。

本研究では、都市等の地下に施工された推進管周辺の空洞探査に着目し、打音の分析にあたりウェーブレット変換（WT変換）を利用する技術を検討した。そして、実用性確認のため、実証実験・現地調査を実施したのでその探査効果について報告する。

2. 打音による探査方法

今回の探査は、図-1に示すような手順で実施した。この内、手順①～⑤は現地における即時対応である。

3. ウェーブレット（WT）変換

振動波形のデータ解析には、従来からフーリエ変換が多用されており、打音探査においても同変換を利用した事例が発表されている。

しかしながら、衝撃的な音波を対象とする場合には、時間の概念のあるWT変換の方がその特徴を説明しやすい点に着目し、本研究ではWT変換を採用した。

WT変換は非定常信号の分析に適した新しい解析方法で、音声の認識や乱流現象の分析に利用されつつあり、下式にて表現される。

$$WT(\tau, a) = -\frac{1}{\sqrt{a}} \int x(t) h\left(\frac{t-\tau}{a}\right) dt$$

ここに、 $WT(\tau, a)$: 打音データ $x(t)$ のWT変換

h : WT関数

τ : 経過時間

a : スケーリングファクター

4. 実証実験

(1) 実験装置

図-2のように、二重円筒状の装置を鉛直に立て、円筒間の内空を遮断壁にて仕切って空洞を設けた。また、底の部分を全面鋼板で覆い、端部を止水した。

(2) 実験条件

実験は図-3に示すように、空洞の形状および充填物の違いにより6ケースについて実施した。

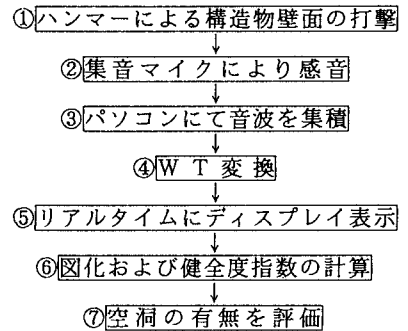


図-1 打音による探査の手順

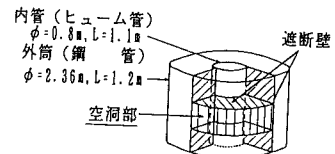


図-2 実験装置概要図

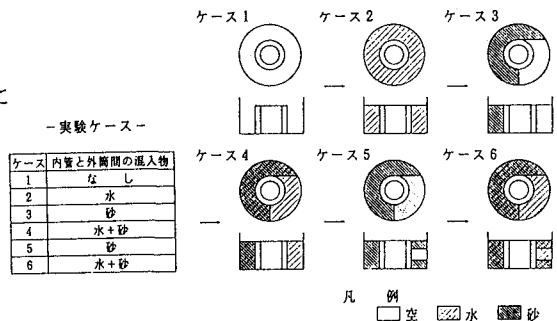


図-3 実験ケースについて

（3）実験結果

図-4に示すように、ヒューム管の内面に平面位置で6箇所、深さ方向に1段（一部3段）の測点を設け、各点において打撃し、近接点にて集音をした。

最も空洞形状が複雑で、現場の状態に近いケース6についてその結果を図化すると、図-5のように空洞の有無と周波数～継続時間図に表現された形状の相関が明らかであり、打音による空洞の探查効果を把握することができた。

（4）考察

図-5のように、空洞部の調査結果は、他部よりも長時間の残響音が継続していることがわかる。これは、ヒューム管の外面が拘束されていないためと思われる。

また、この測定結果を数量化し、健全度指数として表現してみると、表-1のような分布図が得られ、ランク分けが可能である。ただし

$$\text{健全度指数} = 1 - \frac{\text{等高線で囲まれた面積} \times \text{算定係数}}{\text{グラフ全体面積}}$$

さらに、調査結果のバラツキを把握するため、同じ測点において数回の測定を実施した結果、同じような結果を得ることができ、再現性も確認した。

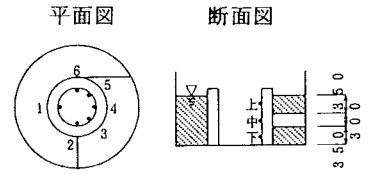


図-4 測点位置図

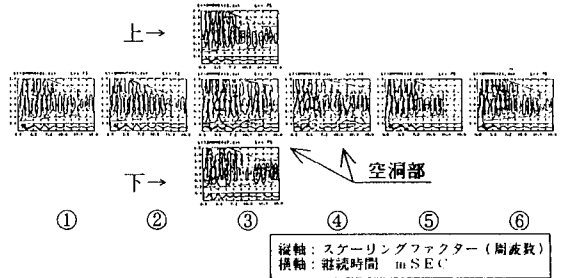


図-5 実験結果の概要

種別	位置	1	2	3	4	5	6
状態	上						
	中			空洞	空洞		
	下						
健全度指数	上			7.5			
	中	7.3	7.2	4.6	4.5	7.9	7.0
	下			6.6			

表-1 健全度指数による評価

5. 現地調査

実証実験の結果をふまえ、現地における適用性および実用性を把握、確認するため、都内の推進工事現場において裏込注入工の施工前後に現地調査を実施した。

現場の概要は、推進管内径φ1,650mm、延長17.0m、土盛り約7.4m、周辺の土質はN≧40の砂質土で、地下水位はGL-5.2mである。

図-6に結果の一部を示すように、裏込注入工を施工する前、つまり、推進管周辺が空洞になっている場合と、裏込注入工施工後ではWT変換後の差が歴然としており、実験の結果と同様な結果が得られた。

従って、現場における適用性は確認できたが、今回は推進管という厚さの様な構造物が介在しているので、好結果が得られている点にも留意が必要である。

6. 結論

以上のように、本研究では、打音により推進管周辺の地盤内空洞を非破壊にて探查する技術について検討した。その結果、つぎの点を明らかにすることができた。

- ①地下水位以下の地盤内においても、打音により空洞の有無を探查することが可能であり、その場合WT変換が有効に活用できる。ただし、探查作業は人間が入るスペースを必要とする。
- ②空洞の分布、広さを把握することはできるが、深さは評価できない。
- ③また、構造物の厚さについては、一様でRCの場合30cm程度以内が望ましい。

最後に、現状の課題としては、探查方法の標準化、WT変換図の定量的評価法検討、音響理論による説明と空洞深さの把握等が考えられ、今後さらに研究を進め、調査実績の積み重ね、適用範囲の拡大を図っていく予定である。

図-6 現地調査結果

