# コンクリート構造物の漏水発生位置検出手法の基礎的検討

- 独立行政法人土木研究所 正会員 山口 嘉一
  - 坂田電機㈱ 正会員 樋口 佳意
    - 非会員 山崎 宣悦
    - 非会員 後藤 知英

# 1.はじめに

コンクリート建築物の屋根やトンネル覆工などの遮 水機能が求められるコンクリート構造物に対して確実 な維持管理を行なうために,漏水の発生位置を検出す るシステムの開発が求められている.

コンクリートにクラックが生じて浸水したとすると, その周囲の誘電率は大きくなる.平行二線の特性イン ピーダンスは,周囲の媒質の誘電率によって変化する. つまり,コンクリート中に平行二線を埋設すると浸水に より特性インピーダンスが低下する.また,平行二線 にパルス波を入射すると特性インピーダンスが変化す る箇所で反射波が発生することから,入射から反射波 到達までの時間を測定することで漏水の発生位置を特 定できる.そこで,平行二線としてレッヘル線をコン クリート内部に配置し,電気パルスを入射して反射波 形を観測する漏水発生位置検出手法についての基礎的 検討を実施した.

# 2.漏水発生位置検出原理

平行二線の特性インピーダンスZは次式で表される.

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\mu}} \ln \frac{D}{a}$$
(1)

ここで,µは平行二線周囲の媒質の透磁率, は平行 二線周囲の媒質の誘電率,Dは線間の中心距離,aは 線の半径とする.

(1)式より明らかなように,誘電率 がコンクリート に比べて大きい水が平行二線の周囲に混入すると,そ の区間の特性インピーダンスは低下する.また,特性イ ンピーダンスが Z<sub>0</sub>から Z<sub>1</sub>へ変化する箇所では反射波が 生じ,その反射率 は次式で表される.

$$=\frac{Z_{1}-Z_{0}}{Z_{1}+Z_{0}}$$
(2)

いま,浸水していない箇所の特性インピーダンスがZ<sub>0</sub>, 浸水している箇所のそれがZ<sub>1</sub>である場合,Z<sub>0</sub>>Z<sub>1</sub>すなわ キーワード コンクリート,漏水,クラック,位置検出,パルス 連絡先 〒202-0022 東京都西東京市柳沢 2-17-20 坂田電機㈱ TEL 0424-64-3111

ち <0 となり、反射波は入射波に対して逆極性となる. 平行二線の長さ方向における特性インピーダンスの 変化の例を図1に示す。図1において平行二線の左端 に電気パルスを入射すると、第一の反射波は図中の で発生し、第二の反射波は図中の ,第三の反射波は 終端である図中の で発生する.第一の反射波は入射 波に対して負極性となり、第二、第三の反射波は正極 性となる.つまり、 から までの区間が水の存在を 示す領域となる.



図1 浸潤部分を有する平行二線の特性インピーダンス







## 3.実験方法

実験の概要を図2に示す.図3に示すような平行二 線である市販のレッヘル線を内部に配置した長さ4m のコンクリート供試体を製作し,人工的に形成したク ラックから注水することで擬似した漏水を発生させた 時の反射波の観測を行った.

入射する電気パルスは幅 10ns,振幅 4.5Vとし,反射 波はオシロスコープを用いて反射波を測定するととも にパソコンにて記録した.なお,パルスは,反射波形 をオシロスコープで常に監視できるように,10µs 程度 の間隔で連続的に出力した.

実験は,表1に示す 注水前(漏水なし), レッヘ ル線の長さ方向の範囲が5cmになるクラックを形成し て注水, 範囲が10cmになるクラックを形成して注水,

範囲が40cmになるクラックを発生させて注水の4ケ ースについて行なった.また,クラックの範囲は,レ ッヘル線が測定器から8mになる箇所を基準に,測定器 から離れる方向へ広げた.

表1 実験ケース

実験ケース	クラック範囲 <sub>(cm)</sub> 注水の有無		備考
	0	×	
	5		<sub>8.00~8.05m</sub> の箇所
	10		8.00~8.10m "
	40		8.00~8.40m ″

### 4.実験結果

ケース の注水前に観測した反射波を図 4 に,ケー ス のクラック範囲が 40cmである場合の結果を図 5 に 示す.ここで横軸については,パルス入射時間を基準 とし,波形の観測時間とパルスの伝搬速度から反射波 発生位置を算出したうえで整理している.

図4と図5を比較すると,注水箇所である測定器か ら8mの位置において入射波に対する負極性の反射波 が生じている.これから,クラック範囲40cm相当の浸 潤により,明らかな反射波が注水位置に生じることが わかった.

図6は、図4と図5の結果の差分を示したものである.1m および3m付近で乱反射による波形が見られるものの,注水箇所である8m反射波が生じていることがより明確にわかる.

一方,ケース , のクラック範囲が 5cm,10cmの 場合では反射波の振幅が小さく,注水位置の検出は困 難であった.つまり,漏水を確実に検知するためには, レッヘル線に沿って数十 cm 程度以上の浸水が必要で あることがわかる.したがって,実際のコンクリート 構造物に発生するような幅の狭いクラックを検出する ためには,クラックからの浸水をレッヘル線周辺で拡 散させる工夫が必要と考えられる.

#### 5.まとめ

平行二線であるレッヘル線への電気パルスの入射に より,コンクリート内の漏水発生位置が検出できるこ とが確認された.その際,反射波の漏水前後における 波形の差分を得ることにより,漏水発生位置をより明 確に検出できることが確認できた.

しかし,レッヘル線を使用してコンクリートに形成 された範囲の狭いクラックによる漏水を検出する場合, レッヘル線と浸潤した水の接する区間が狭いため感度 が低くなる.今後は,レッヘル線などの平行二線の周 囲に浸水性の高い材料を配置し,狭いクラックからの 漏水が広い区間で平行二線と接する構造のセンサケー ブルを検討する.

