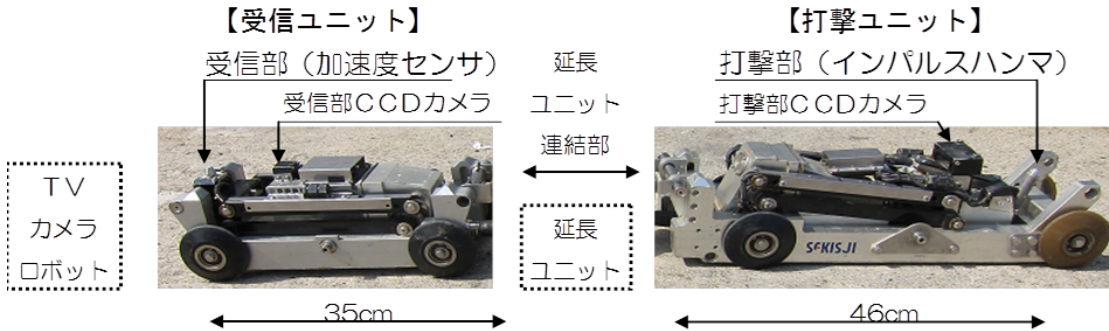


衝撃弾性波検査法の活用と管路のストックマネジメント

下村常雄

(公財) 日本下水道新技術機構 研究第二部長

衝撃弾性波検査法は、軽い衝撃を管に与えて内部の様子を探る、非破壊検査である。機器は打撃ユニットと受信ユニットで構成され、従来型のTVカメラロボットで牽引する。調査対象は200～700mmのコンクリート管。200～350mm用と400～700mm用の2種ある。



分析は管の剛性によって打撃時の周波数が異なることを応用するもので3.5KHZ以上の高周波成分を全周波成分で割った値である高周波成分比で判定する。

5回打撃し、データはパソコンで高速フーリエ変換し、衝撃波周波数分布図の中央値を採用する。高周波成分比は管厚及び破壊加重と相関関係にあり、データから仮想管厚と仮想破壊加重を計算し、これを用いて管の耐荷力を算定する。管つり下げ実験で、実破壊荷重と仮想破壊荷重は良く一致することが確認されている。健全度は管の耐荷力を管にかかる荷重で割った値で、評価は管一本毎におこない、4段階にランク付けする。

(2) 管1本ごとの評価

【管1本ごとの評価基準の例】

ランク	衝撃弾性波検査法による管の健全度	説明	
A	0～60%以下	管の有する破壊耐荷力が規格値を下回り、管の耐荷性能に影響する劣化事象がある状態。	標準的な埋設条件下において、管の有する破壊耐荷力が、管に作用する荷重を下回り、管の安全性が損なわれている状態
B	60%を超えて80%以下		標準的な埋設条件下において、管の有する破壊耐荷力が、管に作用する荷重を上回るものの、一般的な安全率を満足できていない状態
C	80%を超えて100%未満		標準的な埋設条件下において、管の破壊耐荷力が作用荷重を上回り、かつ一般的な安全率を満足できるが、終局限界状態に対する十分な安全係数を確保できない状態
なし	100%	管の有する破壊耐荷力が規格値と同等以上であり、構造的に健全な状態。	

- スパン全体の健全度が高くても、そのうちの管1本の劣化でも陥没リスクはある。
- 管1本ごとの定量的な健全度の把握・蓄積が有効

次に管の耐荷力を荷重で割った値である安全度についてスパン単位の安全度平均値を求め、4段階の緊急度判定に使う。ここで安全度が2以上は緊急度なしとする。

(3) スパン全体の評価

スパンでの管の安全度 F_B の平均値を算出することで、緊急度判定が可能

【スパン全体の緊急度の判定基準例】

緊急度	定義	衝撃弾性波検査法による管の安全度 $[F_B]$	説明
I	速やかに措置の必要な場合	$1.25 > F_B$ の平均値 または $1.25 > F_B$ となる管の本数が20%以上	管の有する破壊耐力が、管に作用する荷重を下回り、管の安全性が損なわれている状態
II	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合	$1.6 > F_B$ の平均値 ≥ 1.25	管の有する破壊耐力が、管に作用する荷重を上回るものの、一般的な安全率を満足できていない状態
III	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる場合	$2.0 > F_B$ の平均値 ≥ 1.6	管の破壊耐力が作用荷重を上回り、かつ一般的な安全率を満足できるが、終局限界状態に対する十分な安全係数を確保できない状態
なし	衝撃弾性波検査法において異常が認められないもの	F_B の平均値 ≥ 2.0	管の破壊耐力が作用荷重を上回り、かつ終局限界状態に対する十分な安全係数を確保できる状態

スパン全体での緊急度 I 以外であっても、スパン内の緊急度 I に相当する管 ($1.25 > F_B$) については、個別に判断

TVカメラ調査との比較では管の腐食、破損などについては衝撃弾性波法が良いが、画像がない結果、管のたるみ、侵入水、異物の突き出しなどはTVカメラ調査でないとわからないので、衝撃弾性波法はTVカメラ調査と組み合わせるのがいい。

衝撃弾性波検査法の活用により、TVカメラで検知できない劣化を発見でき、適切な工法選定に役立ち、管の残存体力が測定できるので部分補修で継続使用ができ、また健全度曲線から耐用年数が算定でき、長期計画を策定しやすい。

管の強度が計算できるため、複合管による管更正の適応可能性が計算可能である。

仮想管厚から剛性 EI を算出し、弾性率からコンクリート強度の算出ができる。計算例を紹介すると調査対象4スパンのうち、3スパンについて複合管の適用が可能とされ、弾性波検査費用を入れても、自立管とする場合に較べて16%費用低減が図れた。

健全度であるが、設置後50年以上でも新管並の健全率が100%以上のケースがけっこうある。設置後60年数以上でも多くは残存強度がある。また、緊急度が高くても部分的な劣化の場合もある。TVカメラ調査で緊急度Iのところでも、弾性波検査で部分的な補修で済む場合もある。両方の検査を組み合わせると対処方針を決めていくのが良い。

LCCの検討で、布設替え、更正工法による長寿命化、部分改築し耐用年数に至ったのちに長寿命化対策の3ケースが考えられるが、部分改築は2割くらい経済的である。

健全率予測式を作って目標耐用年数を設定し、費用算出、事業費の平準化作業を行い長期的な改築計画をつくっていくのであるが、適切な改築時期や優先順位をどうするかが基本となる。国交省のHPの健全率予測式から20~40年で健全率が下がっていくことが示されている。改築時期は早すぎると投資がふくらみ。遅すぎると高年度負担が増大する。通常の耐用年数は50年であるが、目標耐用年数を東京都では80年、その他の自治体では90年としているところもある。

健全率予測式はマルコフモデル、ワイブル分布などの他、独自の予測式を使う都市もある。また過去の改築実績に基づいて耐用年数を設定しているところもある。

財団の提案になるが、スパン全体の緊急度Ⅰ、Ⅱの割合が50%以上、スパンの健全度が80%以下になるところで年数を設定したらどうだろうか。

ある事例で、健全率予測式から、緊急度割合50%となる年数を計算すると、一般環境73年、腐食環境33年と設定される。

また健全度平均値が80%になるのは早期に劣化が顕在化する場合41年、穏やかに性能低下する場合87年、腐食環境19年となる。

事業の平準化のため、事業のボリュームが分かってきたら平準化する必要があるが、財団では発生確率や被害規模などを考えたブロック単位の整備優先度を設定するよう提案をしている。優先度は管の施工年度、埋設深さ、苦情の情報などの発生確率と重要施設や重要道路などの被害規模、の2面から決定する。市町村をまわるとストックマネジメントまでの手が回らない余裕がないところが多い。しかし、コスト縮減や事業の平準化もあるので将来の見通しを持って欲しいと考えている。財団もそういうところでお手伝いしていきたい。