

機械インピーダンスによる埋設管土圧の推定

日東建設	正会員	久保	元樹
日東建設	正会員	金田	重夫
コサカ技研	正会員	福井	啓人
iTECS 技術協会	正会員	極檀	邦夫

1. まえがき

埋設管周囲の土の特徴は、埋設管とそれを取り巻いている土全体と一緒に作用する点である。土は管路に作用する荷重となり、管路を支持している基盤であり、また地表の荷重を伝達する媒体であるが、管路の変形と密接に関係する。埋め戻し土から管路へ作用する能動的な圧力や反力的な圧力は管路の設置深さ、埋め戻し土の物理的性質、管の剛性、設置方法、さらに管路の基盤の支持状態とも関係する。

管路とその周辺の埋め戻し土の圧力の状況を把握することは構造力学的な見地だけではなく、管路の健全性検査の視点からも重要である。しかしながら、現在のところ簡単な装置でリアルタイムで管に作用する土圧を推定する測定手法は報告されていないようである。

本文は、加速度計内蔵のハンマーで、管の内側から打撃し、打撃力応答波形から機械インピーダンスを計算して、これを検量線に当てはめて推定強度を求め、その分布から管の土圧を検討したところ、妥当と考えられる結果が得られたので報告する。

2. 測定内容

測定した埋設管は、施工直後の遠心力鉄筋コンクリート製の新設ヒューム管である。内径 900mm、肉厚 75mm、長さ 2400mm の円形管である。土かぶり厚さは約 1900mm、砂利を敷く基盤の幅は 1300mm である。道路を横断するときは管と密着するように半球形の台座コンクリートに支持されているが、道路と平行な畑地では基礎砂利に載っている。埋め戻し土は砂質土で、タッピングで十分に締固めた。

測定風景を写真-1 に示す。

インパルスハンマーによる測定について

測定装置は、近年、開発・実用化された機械インピーダンス法によるハンマーを使用した。このハンマー内部には加速度計が内蔵されており、コンクリートを打撃したときの加速度を計測し、打撃力の時間波形を測定・解析することによりコンクリート表面の強度の推



写真-1 測定風景

定、表面の劣化の度合いおよび表面近傍の浮きを測定できる機能を持っている。

使用したハンマー重量は 190 グラム、内蔵加速度計の性能は、感度 $0.04mV/(m/s^2)$ 、機械的耐衝撃 $50000m/s^2$ 、データのサンプリングクロックは 0.5 マイクロ秒である。

機械インピーダンス法の概略¹⁾

コンクリート構造物を半無限弾性体とし、ハンマー打撃によるコンクリート板のたわみ変位の影響は考慮しない場合について述べる。質量 m のハンマーが速度 V でコンクリート表面に衝突するときの変位量を x とし、バネ係数を k とする。

ハンマー衝突の最大運動エネルギー $\frac{1}{2}mv^2$ とコンクリートの最大ひずみエネルギー $\frac{1}{2}kx^2$ は等しいので、 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow \sqrt{mk} = \frac{F}{v}$ が得られる。

機械インピーダンスは、打撃力波形の最大値 F_{max} を境界として前半 Z_A と後半 Z_R に分割して、両者の比を表面劣化の指標とした。

$$Z_A = \frac{F_{max}}{V_A} \quad Z_R = \frac{F_{max}}{V_R}$$

コンクリート強度は、円柱供試体の圧縮強度試験と後半の Z_R とから検量線を作成して推定した。

剥離を調べる実験では、直径 20cm の疑似剥離ではかぶり厚さ 5cm まで 190 グラムのハンマーで検出できている²⁾。薄いコンクリート板では、打撃力によって板が微小にたわみ変形するので機械インピーダンス

キーワード 埋設管, 機械インピーダンス, 推定強度, 土圧分布

連絡先 札幌市白石区北郷 3 条 4 丁目 9-8 日東建設札幌支店 TEL 011-874-6200 Email genki@nittokensetsu.co.jp

による推定強度は減少するが、今回の場合、管自身と土圧（管の支持条件と埋め戻し土の締固め程度）の複合作用に対して、どのように応答するかは明確ではないので検討した。

3. 測定結果と検討

3-1. 地上ヒューム管の推定強度の分布

図-1に地上ヒューム管での機械インピーダンスの推定強度とリバウンドハンマの推定強度の分布を示す。推定強度の大きさは矢印の長さで比例させた。

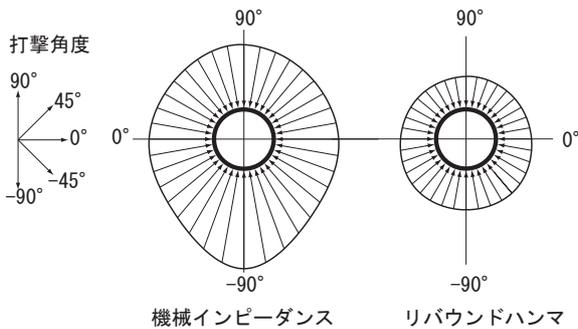


図-1 地上ヒューム管の推定強度の分布

機械インピーダンスでは、打撃角度が0°よりプラス側でほとんど変化は見られないが、0°よりマイナス側で徐々に大きくなり、マイナス90°(底部)では+90°(上部)に比べ、約40%増加している。機械インピーダンスは、管と土圧の両者が合体した曲げ剛性に応答するものであり、ヒューム管のように肉厚が比較薄いものでは、コンクリートの強度だけではなく、土圧も加味した構造的な剛性を計測すると考えられる。地上ヒューム管は底部のみコンクリート床面に接地しているがその他は空気層の空間である。このため、空間は管が自由に変位できるが底部は変形できないという違いが原因で底部の推定強度が大きいと考えられる。

ところが、リバウンドハンマでは、底部でやや測定値が増加しているが、ほぼ全周方向で変化はない。リバウンドハンマは打撃エネルギーの損失を測定原理としており、打撃によって対象物に変位が発生しても、反発値の変化は微小であるため、全周方向で測定値に違いが出ないものと考えられる。

3-2. 埋設ヒューム管の推定強度の分布

図-2は、埋設ヒューム管の3断面を表示した。マンホール直下の断面は管底部に半球型台座が敷設、道路直下の砂利基盤、畑地の砂利基盤の推定強度の分布である。

機械インピーダンスの推定強度は、半球型台座の断面では、底部で約80MPaと推定強度が大きく、台座がない場合は、約64MPaと明瞭な違いが見られた。道路直下の断面と畑地の断面では、やや底部の推定強

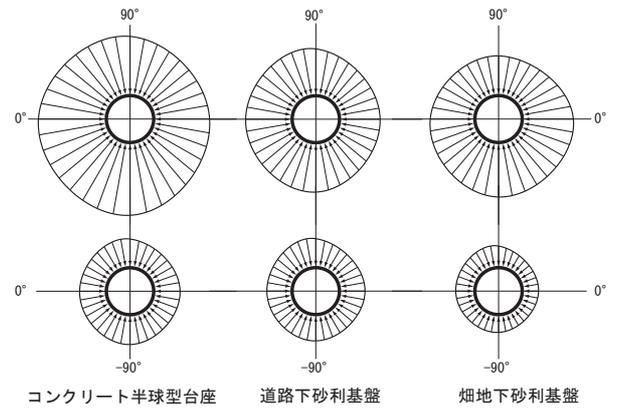


図-2 埋設ヒューム管の推定強度分布

度が大きい、測定方向による数値の相違はほとんど見られなかった。リバウンドハンマでは、数値の大小は多少生じているが、全箇所測定方向による大きな相違は認められなかった。

4. まとめ

質量190グラムの加速度計内蔵のハンマーで内径900mm、板厚75mmの埋設ヒューム管を内側から打撃したところ、機械インピーダンスの推定強度は管の土圧に反応していると推量される。

1. 地上ヒューム管はコンクリート床面に密着した下部の推定強度約87MPaは、空間に接する測点約63MPaよりも大きな値である。両者の相違は、空間は管が自由に変位できるがコンクリート密着は変形が拘束されているという違いが原因と考えられる。

2. 埋設管の下部にコンクリートの半球型台座がある点の推定強度は80MPaであるが、無い場所では64MPaと明確な違いがあった。

3. 道路直下および道路に平行な畑地の埋設管の推定強度は、埋め戻し土の入念な締固めによって、管円周の上下左右とも約60MPaとなりほぼ等分布な値となった。

4. 管周囲の埋め戻し土の密度や地盤反力係数を測定していないので研究課題は残っているが、機械インピーダンスの推定強度は、管の土圧を推定できる有効な手法となる可能性が高い。今後は新設埋設管だけではなく老朽埋設管のデータも収集して検討する所存である。

参考文献

1) 久保元, 金田重夫, 久保元樹, 極檀邦夫; ハンマ打撃によるコンクリート強度の推定, コンクリート工学協会誌, 5月号 Vol.44, No.5, pp41-44, 2006.5
 2) 金田重夫, 久保元, 極檀邦夫, 境友昭, 植松武是; 機械インピーダンスによるコンクリート剥離検知の基礎的実験, 土木学会 北海道支部, Vol.60, V 部門, 2004.2