

インテグリティ試験による杭の劣化診断

日本物理探査株式会社 〇篠田 里子、内田 篤貴

1. はじめに

国土交通省においては、施設の機能や性能に不具合が生じてから対策を行う「事後保全」から、不具合が発生する前に対策を行う「予防保全」へ転換し、持続的・効率的なインフラメンテナンスの実現を推進している。

さらに、我が国のインフラは、その多くが高度経済成長期以降に整備されており、建設から半世紀以上経過する構造物の割合が加速度的に増加するなかで、社会経済活動の基盤となるインフラの維持管理・更新を計画的に進めていく必要がある。

その問題を解決するためには、定量的な計測が最善であるが、膨大な構造物を対象とするため、調査方法が簡便で経済的負担が少なく、定性的評価が可能な調査方法も必要である。

本報告は、既設杭等の健全性の評価にインテグリティ試験を適用した事例の報告である。

2. 調査方法

(1) 試験原理

本論で使用したインテグリティ試験は、杭長、杭断面の変化、クラック等の性状について杭頭を打撃することにより、杭中を伝播する弾性波がインピーダンスの異なる境界で反射する現象を利用して杭の長さ、健全度を診断する装置である。

試験は、図-1に示すように杭の表面にセンサを固定し、プラスチックハンマーの打撃位置は、杭の表面で平滑な部分とした。弾性波を正確に伝えるため、打撃方向は杭に対して伸長方向とした。波形記録の信頼性を上げるため、必要に応じて打撃位置を変え数回試験を行った。

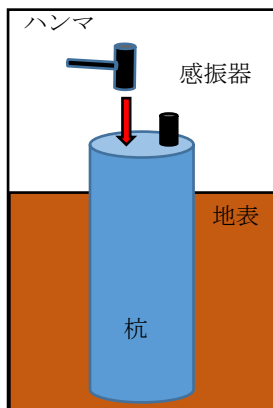


図-1 試験の模式図

健全性の判定は、図-2に示すように、打撃位置から杭先端までの波形内に急激な凹凸の特徴の有無を確認し判定した。特に、入力波と同じ上向き（凸型）の波形は断

面の減少を示すため、留意した。

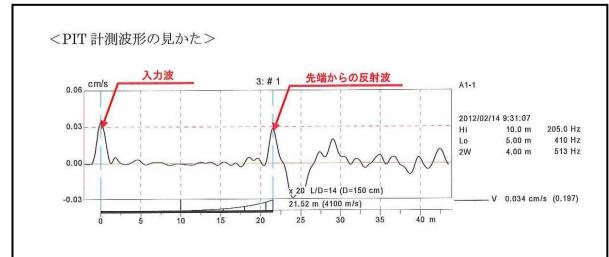


図-2 インテグリティ試験の波形

計測波形は、計測した加速度を積分し速度で表示している。縦軸は速度、横軸は波動の伝播時間から計算した杭の深度である。時間と杭の深度の関係は以下のとおりである。

$$t=2L/c \quad c=\sqrt{E/\rho}$$

t: 時間 (s)

L: 杭長 (支柱の打撃位置から先端までの距離 (m))

E: 支柱のヤング率 (N/m²)

ρ: 支柱の密度 (kg/m³)

c: 弾性波速度 (m/s)

(2) 仕様

使用した機材の仕様を表-1に示す。杭長にして30m程度までの測定が可能である。

表-1 機材(PIT-X)の仕様

名称	仕様	
PIT-X	感度	: 50mV/g
	周波数特性	: 0.7~9000Hz
	共振周波数	: 40kHz
	ハンマー	: 3ポンド1.4kgf)・他
	電源	: 内臓バッテリー
	重量	: 約0.45kg

3. 調査例

図-3は調査により得られた杭別の波形例を示す。ヤング率や密度が減少しインピーダンスが低下した場合は、入力波と同じ向きの反射波が戻ってくる。したがって支柱先端からの反射波は通常、入力波と同じ向きとなる。インピーダンスの減少と同様の反射波となるのは、クラック等の欠損があり鋼材のヤング率が低くなっている場合である。

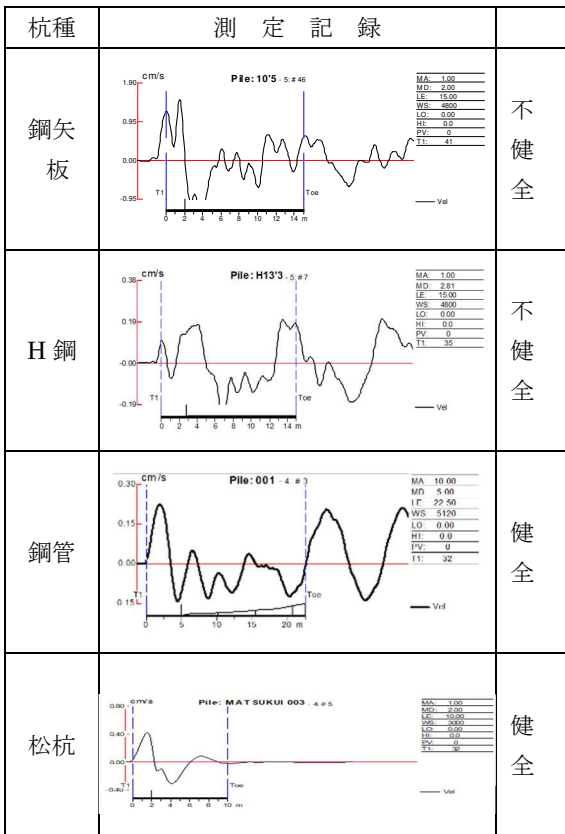


図-3 測定記録例

波形と特徴	
健全	上側に凸の波形がない
予防保全	上に凸の波形振幅が初動より小さい
早期措置	波形の振幅が初動より大きい
	上に凸の波形の振幅が連続する

図-4 インテグリティ試験波形と健全度

健全度の分類は、国土交通省（2019）¹⁾の分類を利用し、健全、予防保全、早期措置の3段階に区分した。図-3の波形を、図-4に示した健全度の判別指標案に順じ判定し、今後の利用方法の目安とした。

図-5は、インテグリティ試験により早期措置が必要と判断された街路灯支柱の肉厚調査結果である。地際周辺の肉厚測定をそれぞれ30度ごとに全周測定し、肉厚等高

線を作成した。地際より-0.15mにおいて、腐食が進み肉厚の減少、錆による肉厚の増加が発生していたことが検証された。

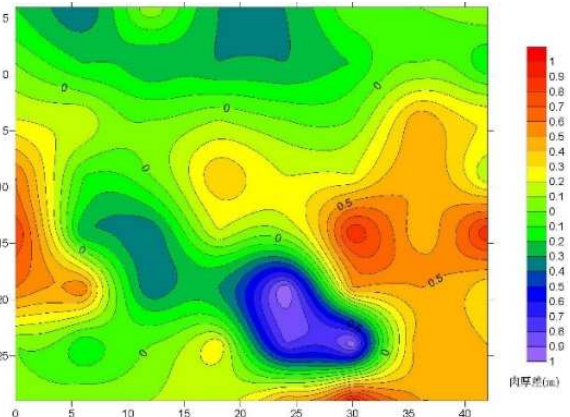


図-5 街路灯支柱の地際肉厚測定結果展開図

(肉厚4.7mmに対して、暖色系が増加、寒色系が減少、縦軸0cmが地表、下側が地中、単位はcm)

4. 試験の特徴

試験の特徴を整理し、表-2に示す。

表-2 試験の特徴

	長所	短所
測定条件	非破壊、その場でおおよその答えが得られる	材質が特定でき、均質である必要がある
杭等の諸元	杭の長さ、材質が判明していれば、健全度の判定ができる	おおよその長さ、材質が不明であるとデータの解析が困難
打撃	対象物、長さにより打撃方法を変えることで測定が可能	打撃の仕方によって記録の良、不良が現れる
感振器の設置	1回の測定時間が短く、1日で多くの測定ができ経済的	打振面に凹凸があると感振器が設置できない
データ	定性的なデータ	定量的でない

5. まとめ

インテグリティ試験は、非破壊で杭等の健全性を経済的に判断することが可能である。材質、おおよその長さ等杭の諸元が判明しているときは有効な手法であると考えられる。

杭に限らず、街路灯、標識等の支柱の健全性にも活用することができ、想定できない倒壊を未然に防ぐ観点からも有効な手法の1つである。

《引用・参考文献》

- 1) 国土交通省道路局 国道・技術、pp.41、2019、附属物（標識・照明施設等）定期点検要領。