

木材を用いた土木構造物の
劣化診断技術の開発

構造利用研究領域 材料接合研究室 加藤 英雄
構造利用研究領域 チーム長□□□□ 長尾 博文
構造利用研究領域 材料接合研究室 井道 裕史

1. はじめに

木材を主要構造物に用いた土木構造物を永続的かつ安全に維持するには、使用部材の性能を定期的に点検することが不可欠であるが、実際問題としては、どのような点検、すなわち劣化診断を行うかが重要である。

診断の方法には、目視点検と機器による非破壊的評価法とがある。目視点検は、最も頻繁に実施されている劣化診断の方法であり、速い、器具が不要、これまでの経験が豊富などの利点があるが、部材内部の劣化診断が難しい、点検実施者の経験や勘に依存するところが多く、診断結果に個人差が生じるなどの欠点がある。そのため、安全を期すためには、複数の人数で点検を行い、点検結果については、よく検討することなどが必要である。これに対して、機器による方法は、測定結果に客観性があり、部材内部の劣化診断が可能であるなどの優れた点があるが、木材を用いた土木構造物に適用されている例は、非常に少ない。

非破壊的評価法の研究は数多く行われ、この結果を元に開発された市販の測定機器は少なくない。しかし、それぞれの測定機器には長所・短所があるため、それに応じた使い方をしなければならない。実際に、木材を用いた土木構造物に使われない理由は、それらを使う技術が十分に開発されていないからである。

そこで、木材を主要構造物とした土木構造物の適正な維持・管理システムを確立するため、劣化診断に用いる様々な測定機器の特長を明らかにするとともに、実在の土木構造物を対象として、これらの機器を実際の劣化診断に適用し、その有効性について検討した。

2. 機器を用いた劣化診断

劣化診断手法の原理及び特徴を表1に示す。この中で、弾性波伝播法は、部材の片側に超音波を発振させたり、ハンマーなどの打撃によって応力波を生じさせ、それが他端に伝わるまでの時間を測定する方法である。この方法を利用した測定機器には、測定対象物に端子を接触させるタイプと打ち込むタイプがある。端子を接触させるタイプは、測定対象物を傷付けない、同一箇所でも繰り返し測定ができるという特長がある。端子を打ち込むタイプは、測定対象の表面状態に左右されない、端子の密着性がよく測定が安定するという特長があり、測定対象ごとに機器のタイプを適宜選択することが必要である。なお、表に示した以外にも、X線やγ線を利用した方法や赤外線サーモグラフィによる方法もある。

(右上へ)

(左下へ)

表1. 機器を用いた劣化診断手法の原理及び特徴

手 法	原 理	特 徴
弾性波伝播法	・超音波、または、応力波が木材中を伝わる速度（伝播速度）を測定。 ・劣化した材は、健全な材に比べて、伝播速度が遅い。	・同一箇所でも、測定の繰り返しが可能。 ・外部および内部劣化の検知が可能。 ・測定対象ごとに端子の形状を適宜選択する必要がある。
ピン打ち込み法	・一定のエネルギーでピンを木材に打ち込んだときのピンの深さを測定。 ・劣化した材は、健全な材に比べて、ピン打ち込み深さが深い。	・外部劣化を定量化しやすい。 ・密度の推定が可能。 ・内部劣化の検知が困難。
せん孔抵抗法	・一定速度で回転するドリルを木材に挿入しときに生じる抵抗を測定。 ・劣化した材は、健全な材に比べて、切削抵抗が小さい。	・連続した材内の密度変化の測定が可能。 ・測定対象にドリル痕が残る。

3. 実際の土木構造物を対象とした劣化診断

事前調査で内部に劣化が発生している可能性を持つと判断された木橋（木橋A）及びほぼ健全と判断された木橋（木橋B）を対象に、表1の手法を用いて劣化診断を試みた。対象とした2橋の概要を表2に示す。以下に超音波伝播速度（端子を接触させるタイプのパンジット

PUNDIT, Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Indicating Tester.C.S.N.ELECTRONICS LTD製を使用）の結果を示す。なお、木橋Aについては、劣化の進行度合を観察するため、1回目の測定から0.5年後と1.5年後に再度測定した。

測定した伝播速度の累積度数分布を図1に示す。木橋Bでは、伝播速度が1,500m/s以下では度数が0%だったのに対し、木橋Aでは、1回目が2.0%、2回目が2.1%、3回目が3.0%と増加している。

また、伝播速度から劣化の有無を判定するために、落橋事故の起きた木橋から採取したボンゴシ材を用いて、劣化部位と伝播速度との関係調べた。その結果を図2に示す。図中の木口面の写真は、暗色部分が健全部で、明色部分が腐朽菌によって劣化した部分である。伝播速度は、健全部から劣化部に移行するに従って遅くなり、その境界は、およそ1,000～1,500m/sの範囲であることが認められた。

以上のことから、木橋Bはほぼ健全で、木橋Aは伝播速度が1,500m/s以下の測定箇所でも、劣化が生じていると推察できる。また、測定時期によって伝播速度が変化する傾向が認められたため、時間の経過とともに劣化が進行していると推察できるが、季節変動や温湿度等の影響も考えられるため、今後の検討課題とした。

表2. 測定を実施した橋の概要

項目	木橋A	木橋B
橋梁形式	トラス橋	積層桁橋
橋長	15m	85m
使用樹種	ボンゴシ	ボンゴシ
竣工年	1990年	1994年
測定日 () 内は、測定箇所数	1999年10月 (720) 2000年3月 (714) 2001年3月 (714)	2000年10月 (783)

4. おわりに

本研究では、木材の劣化診断技術の開発を目的とし、いくつかの機器による手法を実在する木橋の劣化診断に適用した結果、超音波伝播法が劣化部分を程度よく判断できることが分かった。今後は、木橋以外の土木構造物に対しても適用を試み、より適正な維持・管理システムを構築していく必要がある。

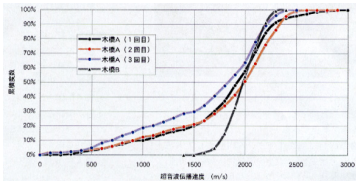


図1. 木橋Aと木橋Bとを対象に測定した超音波伝播速度の累積度数分布

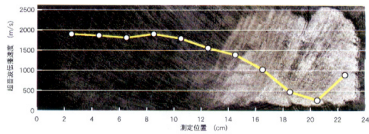


図2. 木口面から見た劣化状態と超音波伝播速度との関係

※○は、図中の上下に測定端子を配置して測定した超音波伝播速度