

ボンゴシ材の腐朽度評価に対する一推定法

金沢工業大学 フェロー 本田 秀行
 金沢工業大学大学院 学生員 大澤 雄司

1. まえがき 17年ほど前から環境への負荷が少ない「木橋」が注目されるようになってきた。その中で、高耐久性材と言われたボンゴシ材を用いた木橋がわが国で250橋以上架設されていると言われる。しかし、平成11年9月にボンゴシ材を使用した木橋として、架橋後10年という早さで初めての落橋事故が発生した。当該の木橋は長期供用と維持管理の簡略化が期待されていたが、この事故により強度、腐朽に強いと言われていたボンゴシ材の腐朽要因と腐朽評価および診断方法の検討が必要となった。

そこで、本研究ではボンゴシの内部腐朽の診断方法を見出す目的から、ボンゴシ材の腐朽度実験を行った。すなわち、ボンゴシ材の内部腐朽度を評価する診断方法として、シルバートテストによる超音波速度および含水率の測定を行い、その超音波速度と含水率を変数としたボンゴシ材の内部腐朽度を断面欠損率として定義して定量化することを試みた。その結果、実験室での限られた結果であるが、超音波速度と含水率でボンゴシ材の断面欠損率を推定する一つの推定法を得た。

2. 使用材料 写真-1に示すボンゴシ材はアフリカ産材で辺材が青みがかったピンク色をしており、赤褐色から黒褐色の心材とはっきり見分けがつく。導管内の沈殿物（シリカ）は白い線や斑点として材面に表れ、木理は交錯して木肌は荒い。非常に硬くて重く、曲げ強度と圧縮強さが木材の中で顕著に大きいのが特徴である。乾燥は困難で、表面割れと木口割れ、ねじれ等が生じやすい。手持ちの工具での加工は困難である。



写真-1 ボンゴシ材

3. 実験概要 本実験では非破壊的方法としてシルバートテストの測定器を用いた超音波伝播速度の測定試験により、ボンゴシ内部の腐朽度評価を行った。実験項目としては

腐朽度による超音波速度の違い、含水率による超音波速度の変化、断面欠損率による超音波速度の変化、含水率と欠損率に伴う超音波速度の変化から腐朽度評価法の検討の4点である。サンプル材は未使用のボンゴシ縦8.0cm、横14.5cmを使用し、長手方向に厚さ2cm間隔で切断した。測定箇所はボンゴシの繊維に対して、図-1に示す水平方向と図-2に示す鉛直方向の2方向で、側面中央を超音波速度の測定箇所とした。なお、含水率の測定には、あらかじめサンプル材の含水率を十分に高くしておき、自然乾燥により徐々に含水率を下げて測定した。

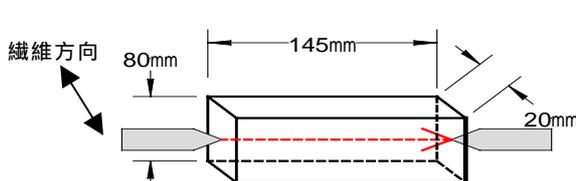


図-1 水平方向に対する超音波伝播の測定方法

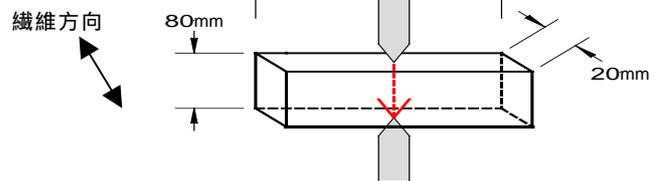


図-2 鉛直方向に対する超音波伝播の測定方法

4. 実験結果 (1) **超音波速度の変化** 図-3は健全材と腐朽材の超音波伝播速度の違いを示している。測定は水平方向と鉛直方向で行い、含水率は未使用、使用どちらも10%前後である。水平方向を見ると、健全材の場合が1700m/s～2000m/sに対して、腐朽材は300m/s～1600m/sと大きく超音波速度の低下が見られる。鉛直方向も多少ではあるが、腐朽材の方が超音波伝播速度の低下が見られる。このことより、内部が腐朽している場合、超音波伝播の速度は遅くなる。また、速度にばらつきがあるのは、内部の腐朽状況の違いから生じている原因と考えられる。すなわち、腐朽の大きさは大小さまざまであり、腐朽状況がひどくなるほど超音波伝播の速度は遅くなると考えられる。

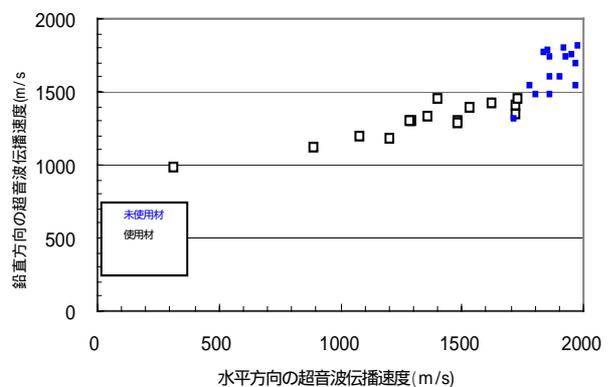


図-3 超音波速度の変化

(2) **含水率の変化** 図-4、図-5は水平方向、鉛直方向の含水率変化による超音波伝播速度を表している。水平方向と鉛直方向ともに、含水率60%のとき超音波速度は1300m/s付近に対して、含水率20%にまで下がると超音波伝播速度は1800m/s付近まで上昇している。

ボンゴシ材、木橋、腐朽度評価

〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇ヶ丘7-1 TEL 076-394-6712

このことから含水率によって超音波速度は変化することが分かる。さらに、含水率が上昇するに伴い速度は低下し、含水率が低下すると超音波速度は上昇することも分かる。従って、同一の部材を測定した場合でも、含水率の変化によって超音波伝播速度はまったく異なることから、含水率の大きいほど超音波伝播速度は小さくなり、腐朽の原因として含水率の影響は非常に大きい要素であると考えられる。

(3) 断面欠損率の推定 本研究では、腐朽度評価法として健全断面と腐朽断面の面積比を断面欠損率(%)に定義した。図-6と図-7は、水平方向と鉛直方向の断面欠損率の推定を示している。これらの図内には含水率を表す6本の曲線が存在し、10%~60%まで分けられている。これらの図は、サンプルを任意に断面欠損を作り超音波伝播測定試験を行った結果を、図-4と図-5の含水率の式を用いて導き出した。その結果、水平方向は上に凸、鉛直方向は下に凸の傾向となる。超音波速度は水平方向と鉛直方向ともに、断面欠損率が大きくなると速度が低下することが言える。これらの図は、現場ですぐに内部腐朽の推定を判断するためのものである。たとえば現場で測定した含水率と超音波伝播速度が分かれば内部腐朽がどの程度進行しているかを推定できる。本実験では断面欠損の作成作業から超音波伝播測定までの工程を2回行った結果、1回目、2回目ともに同じような傾向を示していることから、実用性があると考えられる。図-6と図-7に示した断面欠損率の推定式を次式に示す。

$$\begin{aligned} \text{水平方向: } D &= -2 \times 10^{-5} v^2 + v + 0.0248 \times 10^4 w & (1) \\ &= 40.089 + (-0.0009 w^2 + 0.1545 w) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向: } D &= -2 \times 10^{-5} v^2 + v + 0.078 - 0.275 \times 10^3 w & (2) \\ &= 73.84 - (-0.0009 w^2 + 0.5196 w) \end{aligned}$$

ここに、D：断面欠損率(%)、v：シルバーテストによる超音波伝播速度(m/s)、w：含水率(%)である。

(4) 実用性の検証 図-8と図-9は腐朽したボンゴシ材の超音波伝播速度から図-6と図-7を用いて求めた断面欠損率と実際の断面欠損率の比較を行い、現場での実用性があるか否かの検証を行った。

実験方法としては、異なる含水率で腐朽したボンゴシ材のサンプル数4本を目視で外観診断を行い、腐朽と見られる場所にマーキングをして印をつける。次にマーキングを行った箇所を求め、4本それぞれの断面欠損率の算出を行う。そして最後にサンプル数4本の水平方向と鉛直方向の超音波伝播速度を測定し、本実験で算出した理論値から断面欠損率を導く方法で行った。実際の断面欠損率と本実験の理論値を比較すると、水平方向に対する図-8は実用性が高いと考えられる。一方、図-9のサンプル1、サンプル3の水平方向、鉛直方向の差が大きく離れていることが分かり、最大で18%の差異が生じていることが測定で判明した。図-9に示す鉛直方向に対しては、未だ実用性が高い推定方法とは言いがたいが、実際のボンゴシ材の腐朽度調査で測定される超音波伝播速度の実際的な範囲900~1800m/s以内で検討すれば、比較的高い精度を有していると考えられる。従って、測定のサンプル数が少ない実験室実験での結果であるが、現場でボンゴシ材の腐朽度評価を行う場合の一推定法として、上記の式(1)と式(2)は実用性の可能性が高いと言える。

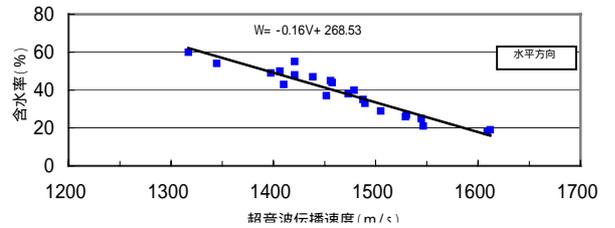


図-4 含水率による超音波伝播速度 (水平方向)

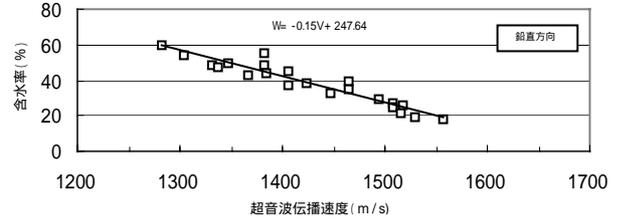


図-5 含水率による超音波伝播速度 (鉛直方向)

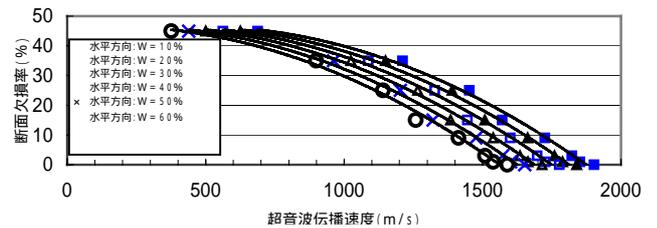


図-6 含水率、欠損率による超音波速度変化 (水平方向)

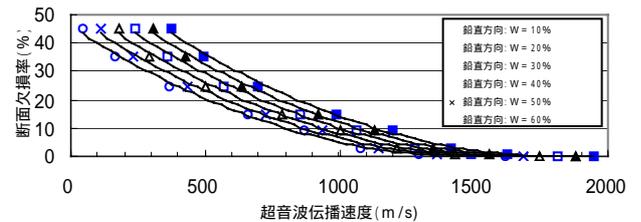


図-7 含水率、欠損率による超音波速度変化 (鉛直方向)

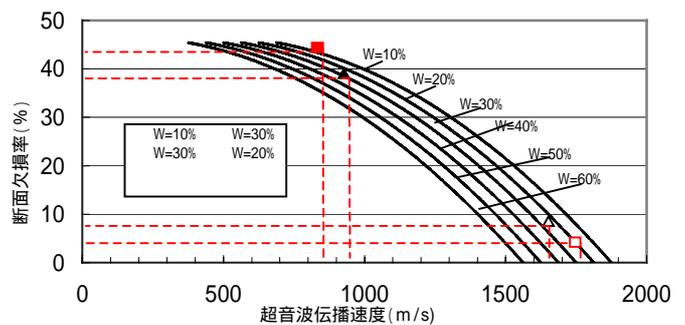


図-8 腐朽度評価 (水平方向)

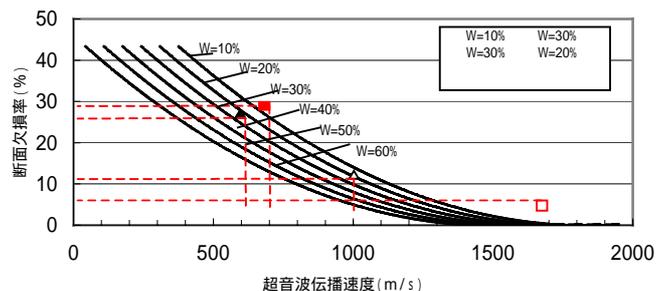


図-9 腐朽度評価 (鉛直方向)