

尾瀬木道の劣化状況について

群馬県林業試験場 芳士戸 啓

1 背景

本州最大の高層湿原をもつ尾瀬国立公園には、総延長約 65km の木道が設置されています。この木道は景観の維持、また周辺環境に与える影響を最小限に抑えるため、自然公園等施設技術指針（環境省）等に準じて地元産のカラマツ製材品が使用されています。また、尾瀬への入山者数は平成 8 年のピーク時よりも減少していますが、近年でも年間 20 万人が利用しています（公益財団法人尾瀬保護財団, 2021）。

このように木道は多くの入山者が利用することによる損傷や、木材腐朽菌による劣化が進み、歩行に支障が出ているものもあります。さらに尾瀬では木道での転倒、転落事故も毎年発生しており、入山者の安全を確保するためには、劣化の早期発見、交換が必要不可欠となります。

しかし、山岳地帯である尾瀬への木道資材の搬入や撤去の手段はヘリコプターによる空輸にほぼ限られ、現地での施工も人力で行われています。そのため、設置や更新には多額の費用を要するため施設管理者の負担が大きく、一度に交換できる数が限られていることから、劣化状況を把握したうえで優先順位をつけて交換する必要があります。

そこで、適切な木道の交換時期や優先順位を把握することを目的として、設置から年数が経過した尾瀬の木道敷板の強度を測定することで、歩行時の荷重に対する強度の安全性を確認し、さらに現場で簡易に実施可能な劣化診断方法を検証しました。

2 方法

（1）試験材料

令和 5 年度改修工事により撤去された平成 20 年度設置木道敷板（図 1、設置から 15 年経過の無処理心持カラマツ材、以下 15 年経過材という）の一部を現場から回収して試験体としました。15 年経過材の寸法は公称値で長さが 4,000mm、幅 160 及び 170mm、高さ 120 mm で、15 年経過材と同一断面寸法（幅 170mm、高さ 120mm）のカラマツの新材を比較用としました（表 1）。

これらの試験体を端から長さ 2,500mm に切断し、曲げ試験、打込み貫入試験を行いました。

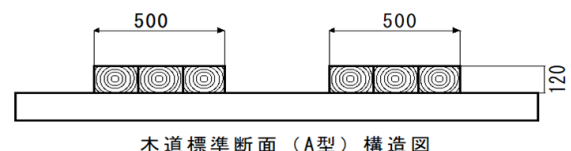


図 1 15 年経過材断面図

表 1 劣化調査に使用した材料

名称	部材名	長さ (mm)	断面寸法 (公称値)		試験体数	断面形状	備考
			W (mm)	H (mm)			
15年経過材	敷板	4,000	160・170 (158~173)	120 (117~124)	45	心持平角	令和5年工事で撤去
(比較用) 新材	敷板	4,000	170	120	10	心持平角	

15年経過材の断面寸法は劣化による欠損等があるため、断面寸法の実測値を（ ）書きとした。

(2) 曲げ試験

15年経過材の曲げ強度の確認と、敷板のピロディン打込み、フォースゲージ貫入試験の整合性を検証するため、曲げ試験を実施しました(図2)。

曲げ試験には前川試験機製作所製の実大強度試験機を用いました。支点間距離は構造用木材の強度試験マニュアル(公益財団法人日本住宅・木材技術センター, 2011)に準じてせい約18倍=2,160mmとし、3等分点4点载荷で行いました。また载荷速度は10mm/minとし、試験体が壊れるまで荷重をかけ、かかった荷重の最大値から曲げ強度を算出しました。



図2 曲げ試験の様子

(3) 強度不足材の評価

登山者が歩行する際に敷板にかかる荷重を木製歩道橋設計時の床板及び床組に作用する活荷重($L=5.0\text{ kN/m}^2$ (財団法人国土技術研究センター, 2003))を用いて敷板1本あたりにかかる荷重を求めました。一方、各敷板の曲げ強度に短期荷重係数=2/3(山辺, 2013)、及び常時湿潤状態の係数=0.7を乗じて曲げ許容応力を求めました。敷板1本あたりの曲げ許容応力が敷板1本あたりにかかる荷重を下回っている敷板を強度不足材と判定しました。

(4) ピロディン打込み、フォースゲージ貫入試験

現場で簡易に実施できる劣化診断方法を検証するため、ピロディン(PILODYN 6J)による打込み試験とフォースゲージ(IMADA社製)による貫入試験を実施し、曲げ強度との関係を調べました(図3)。

ピロディン打込み、フォースゲージ貫入とも現地での非破壊調査を考慮して、踏面(敷板上面)に行いました。ピロディン打込み、フォースゲージ貫入とも幅方向は材中央、長さ方向は曲げ試験時の支点間距離内で等間隔に5か所打込み(図4)、それぞれの結果を平均値で評価しました。また打込み、貫入箇所には節や干割れがある場合は避けて打ち込みました。

なお、フォースゲージ貫入はフォースゲージの先端にマイナスドライバーを装着し、150N時の貫入深を測定しました(野田, 2018)。



図3 打込み、貫入試験の様子(ピロディン打込み)

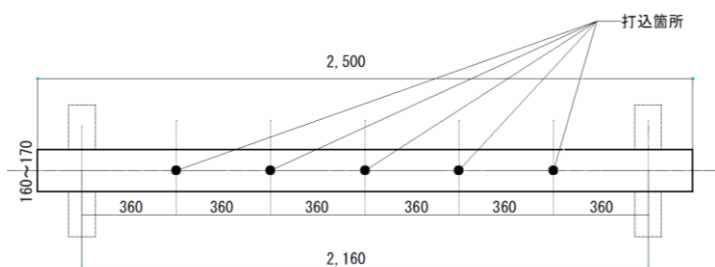


図4 打込み、貫入箇所

3 結果

(1) 敷板の曲げ強度

図 5 に曲げ試験の結果を示します。15 年経過材の曲げ強度は、新材と比較して大幅に低下していることが認められました。

さらに、表 2 に強度不足材の割合を示します。15 年経過材は、45 体の内 12 体が強度不足材と認められました。

このことから、設置から 15 年が経過すると木道として利用するにはリスクを伴うものが一定数存在するため、15 年経過前に劣化診断及び交換、補修が必要であることが示唆されました。

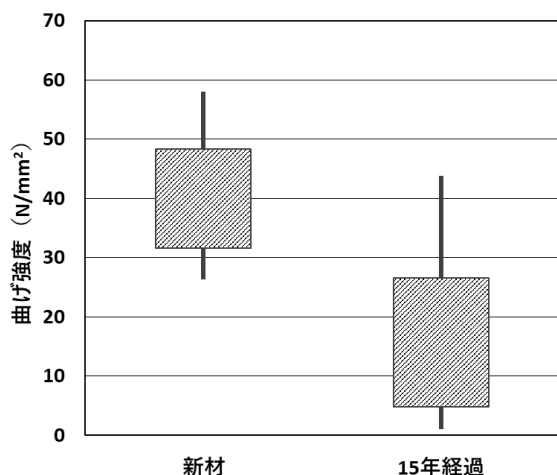


図 5 敷板の曲げ試験結果

表 2 強度不足材の割合

新材		15年経過材	
試験体数	強度不足材数	試験体数	強度不足材数
15	0	45	12

(2) ピロディン打込み、フォースゲージ貫入深平均と曲げ強度

図 6 に 15 年経過材のピロディン打込み深平均と曲げ強度の関係を示します。ピロディン打込み深平均と曲げ強度の間に相関関係（決定係数 $R=0.576$ ）が認められました。また、ピロディン打込み深平均が 25mm 以上では、すべて強度不足材でした。このことから、現地でのピロディン打込みによる非破壊調査で強度を把握でき、ピロディン打込み深平均が 25mm 以上の場合は歩行にリスクを伴うため、早急に交換が必要であることが示唆されました。

図 7 に 15 年経過材のフォースゲージ貫入深平均と曲げ強度の関係を示します。ピロディン打込み深平均と曲げ強度との関係と同様の傾向を示しましたが、フォースゲージ貫入深平均と曲げ強度の間に相関関係は認められませんでした。これは、ほとんどの試験体で貫入深平均が 3mm から 5mm であり、試験体の表面付近しか評価できなかったことが影響していると考えられます。

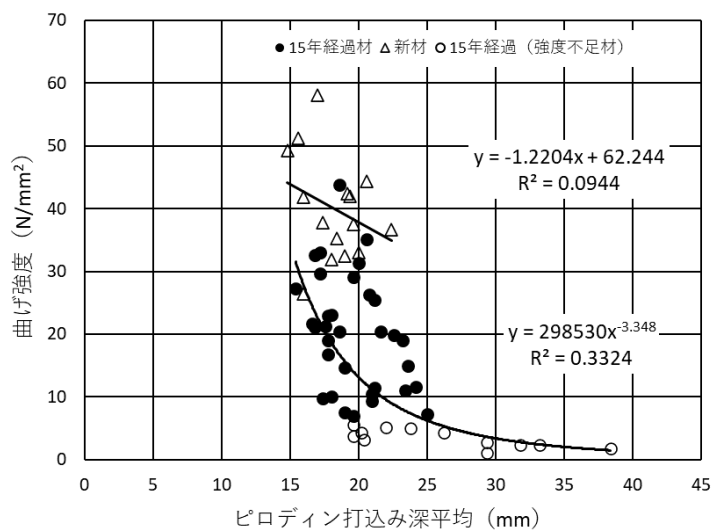


図6 ピロディン打込み深平均と曲げ強度の関係

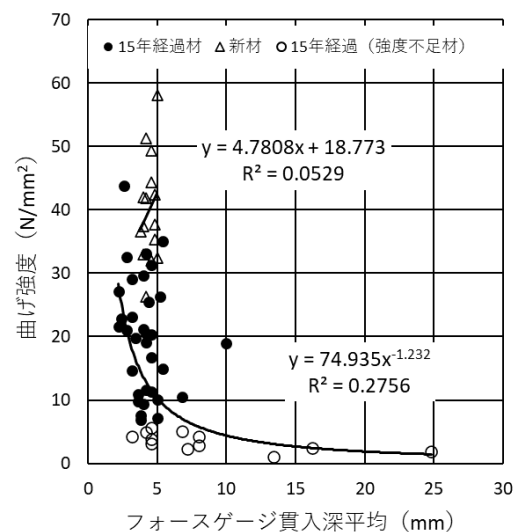


図7 フォースゲージ貫入深平均と曲げ強度の関係

4 まとめ

曲げ試験、打込み貫入試験により、現地で簡易に木道の劣化診断ができ、交換時期や優先順位を判断できることが分かりました。現在は目視でのみ劣化調査が行われていますが、今後ピロディン、フォースゲージのような測定機器を用いた劣化調査が普及することで、だれでも定量的に劣化状態を確認できるため、入山者の安全確保、効率的な木道管理につながると考えます。

5 参考文献

- 公益財団法人尾瀬保護財団（2021），尾瀬データブック，2，8
- 日本住宅・木材技術センター（2011），構造用木材の強度試験マニュアル，18
- 野田龍（2018），荷重測定器を用いた腐朽劣化診断手法の基礎的実験，木材保存 Vol144-1
- 山辺豊彦（2013），ヤマベの木構造改定版，株式会社エクスナレッジブック（399pp，東京）180-181
- 財団法人国土技術研究センター（2003），木製歩道橋設計施工に関する技術資料，第1編第2章1-5