

木製治山えん堤の腐朽の進行過程に及ぼす設置環境の影響

○秋田寛己（日本工営（株））・北原曜・小野裕（信大農）

1. 背景と目的

木えん堤とは木材を組んで構成された谷止工や床固工のことである。一般的なコンクリート堰堤と同じく、えん堤本体の自重で外力に対抗する重力式が主であり、台形型やλ型等の形状に分類される。天然素材を用いた木えん堤は水土保全機能の発揮と河川生態系の保全の両立が可能であるが、腐朽や摩耗に対して著しく弱いという特徴を持つ。近年、木えん堤は全国的に多数設置され、長野県内においても平成13～19年度までに、全域で88基が施工されている。しかし、木えん堤には木材腐朽という大きな問題点があり、腐朽しやすい環境や部位などの解明が不十分で、部材の交換方法等の開発は遅れている。

そこで、本研究では長野県内に施工された木えん堤を対象に腐朽の実態調査及び環境調査を行うことで、木えん堤の腐朽の進行過程に及ぼす設置環境の影響を解明することを目的とした。

2. 調査地

調査地は長野県内全域の木えん堤施工地である。施工後1～5年と21年経過したものを調査対象とし、施工直後の木えん堤に関しても、腐朽の比較基準とするために調査を行った。対象とした木えん堤の形状は全て台形型で、部材はカラマツ間伐材の剥皮丸太もしくは太鼓材を使用しているという統一した基準で調査を行った。

3. 調査方法

調査日は平成18年4月から平成20年8月までである。腐朽調査はピロディンを用いてピンを打ち込み、部材の外側から内側への半径方向のピロディン貫入量を測定した。部材は流水方向と平行に配列した部材を縦部材とし、直交する部材を横部材とした。図-1に示すように、縦部材は部材上面に各断面で3箇所につき同様に3箇所打ち込んだ。

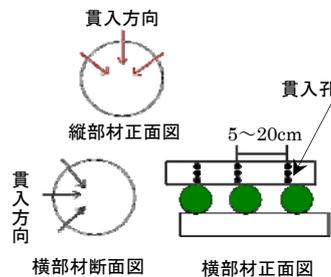


図-1. 縦・横部材の貫入位置

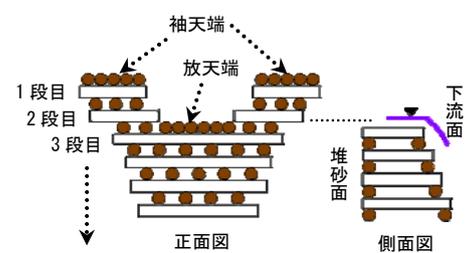


図-2. 測定部材の位置

図-2に測定部材の位置を示す。縦部材に関しては、木えん堤天端上に設置された部材のみを対象とし、天端材が設置された木えん堤のみで測定している。横部材は全ての木えん堤に関して、最上段を1段目とした下流面側の全部材と、上流面側の袖部で堆砂面から露出している部材を測定対象とした。また、1基の木えん堤を対象として、放水路と袖部の堆砂土砂を掘り返し、土砂で埋没した横部材のピロディン貫入量も同様に測定した。

環境調査では部材の表面温度、地下水位、木えん堤上空の開空度を測定した。部材温度に関しては、対象を1基の木えん堤に固定して平成18年6月～平成19年10月までの2年間測定した。地下水位に関しては1基の木えん堤を対象として、平成18年6月～平成19年11月の期間に観測した。上流面に浅井戸を掘削し、そこに塩ビ有孔管を埋設し、測定には自記式水位計を使用した。開空度は平成19年6月～11月までの展葉期に、施工後3年及び4年経過した木えん堤を対象に、木えん堤上空の全天空写真を撮影した。

4. 結果と考察

4.1 確率分布

下流面のピロディン貫入量の相対度数より、ヒストグラムを作成し、確率密度関数からの分布曲線と適合させた結果、図-3のように施工直後の木えん堤のピロディン貫入量は正規分布を示し、腐朽した木えん堤のピロディン貫入量は全て対数正規分布を示した。より腐朽した木えん堤ほど、対数正規曲線は平らになる。腐朽した木えん堤のピロディン貫入量の相対度数は対数正規曲線で近似でき、ピロディン貫入量の平均値 μ と標準偏差 σ を求めることで、腐朽程度の推定が可能と判断された。

4.2 腐朽比率

以下に示す式のように、施工直後の木えん堤の貫入量上限である26mm以上を腐朽とみなし、 μ と σ より求めた分布曲線の推定値より、木えん堤

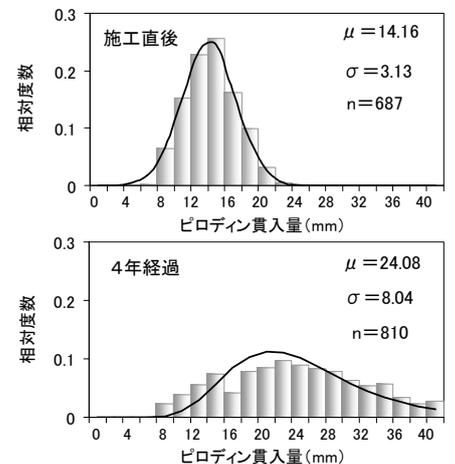


図-3. 木えん堤の確率分布の一例

部位別の腐朽程度の比較を試みた。

腐朽比率 (%) = 26mm 以上の相対度数積算値 × 100

表-1 に一例として、4年経過した木えん堤の腐朽比率を示す。下流面では袖部で腐朽が大きく、中でも上段と下段において腐朽の進行が速い。本体は常水がある場合には腐朽しないが、無い場合には袖部と同程度に腐朽が大きくなる。常水が無い本体では上部ほど腐朽が大きく、下部へ移行するほど小さくなるが、地際の部材で再び大きくなる。また、河川流水の多い場所に設置された木えん堤では、21年経過しても本体はほとんど腐朽していなかった。このことより、通常の河川流水の多い場所に設置された木えん堤ほど、腐朽の進行が遅くなると考えられた。次に上流面では、地際へ移行するほど腐朽の増加が見られた。堆砂面では本体側、袖部側ともに3年経過時点でほとんど腐朽の進行は見られなかった。土砂に埋没し、酸素供給が遮断されるために腐朽しにくくなると考えられた。

4. 3 腐朽と環境因子との関係

地下水位との関係では、堆砂面の部材が地下水に触れた時間を水没時間割合として、腐朽との関係を調べた結果、水没時間の割合が増すほど、腐朽比率は減少する傾向があった。このことから、堤体下部の部材ほど地下水に触れやすいために腐朽の進行が阻害されると思われた。部材温度との関係では、1基の木えん堤の部材表面温度を広範に測定した結果、部材の表面温度が上昇するほど、腐朽比率は増加する傾向があった。そのため、袖部のような腐朽しやすい部位は部材温度が高くなりやすく腐朽の進行が速いと考えられた。開空度との関係では、腐朽の大きい3年及び4年経過した木えん堤を対象に、袖部の左右岸の開空度を算出して腐朽と対照させた結果、開空度が高いほど腐朽比率が減少する傾向があった。開空しているほど部材が乾燥しやすく、腐朽の進行が遅滞すると考えられた。

4. 4 腐朽の経年変化

確率分布と腐朽比率を総合することで、木えん堤の腐朽の経年変化を考察した。図-4に、測定した全木えん堤の袖部と本体における分布曲線を集約し経年変化を示した。集約し比較すると、施工直後の正規型から、腐朽すると対数正規型へ移行する様子がわかる。さらに、図-5のように、分布曲線を求めるための因子であるピロディン貫入量の μ 、 σ と経過年数は線形関係にあり、さらに腐朽比率と経過年数は経時直線の関係ではないが、年数を経過するほど増加することがわかった。経過年数より μ と σ の推定が可能であり、この2つから求める分布曲線で木えん堤の年数経過による腐朽程度を評価できることがわかった。

5. まとめ

今回の研究結果から、木えん堤の腐朽は常水の有無、地下水位、部材温度、開空度の各環境因子の影響で進行程度に相違があり、施工後5年経過で環境によっては激しく腐朽することがわかった。最後に腐朽と各環境因子との関係より、設置環境を以下のようにコントロールすることで木えん堤の耐用年数を向上させることができると考えられる。

- ・部材温度が高いほど腐朽しやすいため、天端部材等で被覆し部材の温度を低下させる
- ・地下水位の高い環境が適すると考えられるため、僅かでも部材を地下水位に触れさせることが重要である。地下水位を高めることで、本体の腐朽を大幅に軽減できる
- ・設置場所の開空度を高め、部材を乾燥させることで腐朽速度が遅滞する

末尾ですが、本研究を進めるにあたり、信州大学農学部治山学研究室の皆様、長野県林務部および各地方事務所林務課の方々のご協力を賜りました。この場をお借りして、心より感謝を申し上げます。

表-1. 腐朽比率の一例 (4年経過)

内山		内山3		浪合	
袖部	腐朽比率(%)	袖部	腐朽比率(%)	袖部	腐朽比率(%)
1段目	20.17	1段目	51.08	1段目	11.60
2段目	22.72	2段目	10.30	2段目	13.00
本体		3段目	74.86	3段目	11.28
3段目	10.54	本体		4段目	25.45
4段目	12.80	4段目	51.56	本体	
5段目	6.76	5段目	32.18	5段目	0.66
6段目	2.62	6段目	28.95	6段目	6.40
7段目	2.06	7段目	0.83	7段目	6.11
		8段目	60.23		

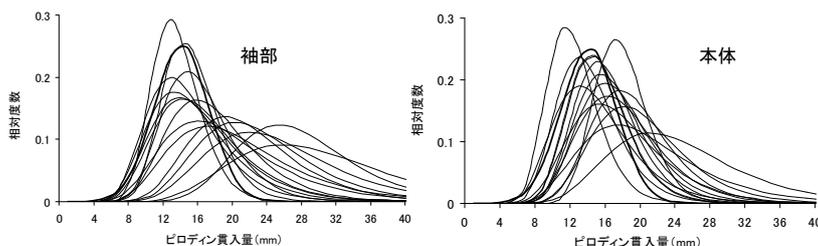
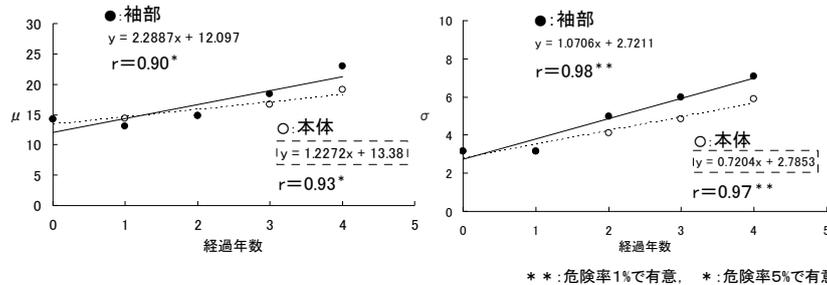


図-4. 木えん堤の袖部と本体における分布曲線の経年変化



** : 危険率1%で有意, * : 危険率5%で有意

図-5. 木えん堤の μ 、 σ と経過年数の関係 (各年数の平均)