

木製治山堰堤の腐朽速度に及ぼす気候条件や構造条件の影響

○秋田寛己（信大院工）・北原曜・小野裕（信大農）

1. 背景と目的

木製治山堰堤（以下、木堰堤）はこれまで、日本全国で多数設置されており、経過年数の増大した施設が増えてくる中で、部材の腐朽に対する今後の維持管理が問題となっている。木堰堤の腐朽のメカニズムを解明する上で腐朽速度は重要な要素であるが、調査の蓄積データが少なく、複数年調査からの検討報告はほとんどない。そこで本研究は、将来的な木堰堤の維持管理指針の策定のための基礎資料とすべく、腐朽速度の実態や影響を及ぼすと考えられる各種条件との関係性を解明することを目的とする。

2. 調査地

本研究の調査地は、長野県の木堰堤施工地である。対象とした木堰堤はカラマツ材施工であり、施工後0年経過から7年経過までの施設である。木堰堤構造は井桁組みの台形型で部材には間伐材の丸太、もしくは太鼓材が使用されている。部材径は丸太で $\phi = 15 \sim 20\text{cm}$ 程度、太鼓材で2cm程度カットされた統一基準であり防腐剤も使用されていないことから、調査結果を比較する上での構造上の支障はないと考えられる。調査地の気象条件や施設の構造条件を表-1に示す。

3. 調査方法

腐朽調査は筆者の従来手法通り、スイス PROCEQ 社製のピロディン（ピン打込器）を用いてストライカーピン（maximum depth = 40mm, $\phi = 2.5\text{mm}$, F=6 J）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。貫入位置は横部材の側面に5~20cm間隔で、地際まで縦方向の断面に3箇所打ち込んでいった。施工地の気候条件は、施工地最寄りのアメダス観測所データより気候指数を算出するため、年平均気温・年平均降水量・年降水日数を集計した。

4. 結果と考察

木堰堤の腐朽速度 Δd は継続調査による貫入増加量として、ピロディン貫入量の平均値 μ における前回調査からの増加量を経過年で除して求めた。ここで、 Δd の算出式を以下に示す。

$$\Delta d (\text{貫入増加量}) = \text{ピロディン貫入量 } \mu \text{ の翌年以降の増加分} / \text{経過 } n \text{ 年}$$

4. 1 常水の無い木堰堤における Δd の算出

表-2左には、常水の無い内山3堰堤での Δd 算出例を示す。常水の無い木堰堤では、内山3と中条、上松の Δd の平均結果より、袖部で0.76~3.68mm/yearの範囲となり、本体で0.0~5.29mm/yearとなることがわかる。最大値と比較すると、袖部よりも本体の腐朽が速い傾向がある。通常、木堰堤は袖部で降雨や日射の影響を強く受けるため、本体と比較しても腐朽が大きくなることが明らかである。

4. 2 常水の有る木堰堤における Δd の算出

表-2右には、常水の有る浪合堰堤での Δd の算出例を示す。常水の有る木堰堤では、浪合と高鳥谷、田原における Δd の平均結果より、袖部で2.95~6.68mm/yearの範囲となり、本体で0.10~2.70mm/yearであることがわかった。最低値及び最大値と比較すると、袖部の方が本体と比較して腐朽が速いことになる。常水のある木堰堤では、袖部が湿った環境になり易く、本体と比較して腐朽速度が速くなると考えられる。

4. 3 ヒストグラムの分布形による Δd の比較

図-1には、常水の有無で分割した Δd 分布の比較を示す。袖部では、常水の有無による分布差が見られ、常水の有る場合で袖部の腐朽が進みやすいことがわかる。常水が有ることで本体の腐朽を遅らせることにつながるが、袖部では部材へ水分が供給されやすくなり、腐朽速度が速くなると推察される。

4. 4 Δd と各種条件との関係

木堰堤の腐朽と気候条件及び構造条件の関係については Akita et al. (2014) で重回帰分析を行い、木材腐朽気象指数 Climate Index (CI)、標高、比流量、堤高を関係因子として選び出した。今回は Δd との関係性を同様の4因子から適用性を検討した。図-2には対象地の気候条件を示し、図-3には Δd と気候条件及び構造条件の関係を示す。木堰堤の腐朽速度は CI・標高・比流量・堤高の4因子との関係性が見られることから、施工地の各種条件からある程度の腐朽速度を推定できると考えられる。

5. まとめ

これまでの腐朽継続調査による貫入増加量から腐朽速度 Δd を計算し、常水有無や部位で比較した。その結果、木堰堤における Δd の実態が明らかとなり、CI・標高・比流量・堤高の4因子と関係性があると考えられ

た。腐朽と構造条件との間に関係性があることから、設計段階で腐朽しにくい構造にできる可能性がある。

表 - 1. 調査地の気象条件や施設構造条件

県名	施工地	竣工年及び調査時経過年							木堰堤構造			立地及び気候条件			アメダス観測所						
		竣工年	ビロディン貫入量						樹種	堤長 (m)	堤高 (m)	標高 (m)	流域面積 (km ²)	年平均気温 (°C)	年平均降水量 (mm)	年平均降水日数 (day)	観測所名	標高 (m)	施工地との距離 (km)	適用期間	
			0	1	2	3	4	5													6
長野	内山3	2003			●	●	●	●	●	カラマツ	8.50	2.10	850	0.17	10.9	1,044	109	佐久	683	11.4	2003~2010
	中条	2006	●							9.00	2.10	620	0.05	12.1	1,093	109	松本	610	11.4	2006~2013	
	田原	2003			●	●				10.98	1.96	626	0.09	11.2	1,570	111	伊那	633	5.5	2003~2007	
	高鳥谷	2005		●				●		19.50	3.08	1,080	0.09	11.7	1,498	121	伊那	633	7.8	2005~2010	
	上松	2006	●	●				●		8.65	2.52	800	0.02	10.9	1,941	141	木曾福島	750	14.8	2006~2011	
	浪合	2003			●	●	●	●	●	16.00	2.00	1,090	0.07	9.7	2,644	149	浪合	940	2.7	2003~2010	

表 - 2. Δd 算出結果の例 (左: 常水の無い内山3堰堤、右: 常水の有る浪合堰堤)

経過年数 (year)	n	内山3 μ (mm)							
		1段目	2段目	3段目	4段目	5段目			
3	812	20.68	14.20	25.33	23.68	19.74	18.37	11.94	21.74
4	810	26.22	17.36	30.33	27.74	23.12	22.66	14.01	28.01
5	751	31.69	20.57	34.35	34.07	28.67	27.43	20.85	33.76
6	625	35.41	24.90	33.43	36.92	31.51	31.56	26.33	26.15
7	323	27.79	27.60	34.13	35.32	33.56	32.72	30.37	35.31

経過年数 (year)	Δd 貫入増加量 (mm/year)							
	1段目	2段目	3段目	4段目	5段目			
3→4	5.54	3.15	5.00	4.06	3.38	4.29	2.07	6.27
4→5	5.47	3.22	4.01	6.33	5.55	4.77	6.84	5.75
5→6	3.72	4.32	0.00	2.85	2.84	4.13	5.48	0.00
6→7	0.00	2.70	0.70	0.00	2.05	1.15	4.04	9.16
sum.	14.73	13.40	9.71	13.24	13.82	14.35	18.43	21.17
ave.	3.68	3.35	2.43	3.31	3.46	3.59	4.61	5.29

Note: 縦線は袖部と本体の境を示す。

経過年数 (year)	n	浪合 μ (mm)						
		1段目	2段目	3段目				
3	554	15.42	13.75	13.81	15.83	14.22	17.18	15.04
4	553	18.50	17.65	17.29	21.89	15.78	18.75	15.32
5	556	21.23	19.97	20.25	26.31	14.96	16.96	15.82
6	547	27.20	24.99	26.79	29.90	21.38	23.96	23.11
7	528	31.47	28.88	34.55	31.20	24.19	23.45	23.31

経過年数 (year)	Δd 貫入増加量 (mm/year)						
	1段目	2段目	3段目				
3→4	3.08	3.90	3.48	6.06	1.56	1.58	0.28
4→5	2.72	2.32	2.96	4.41	0.00	0.00	0.50
5→6	5.97	5.02	6.54	3.60	6.42	7.00	7.29
6→7	4.27	3.89	7.76	1.30	2.82	0.00	0.20
sum.	16.04	15.13	20.73	15.37	10.80	8.58	8.27
ave.	4.01	3.78	5.18	3.84	2.70	2.14	2.07

Note: 縦線は袖部と本体の境を示す。

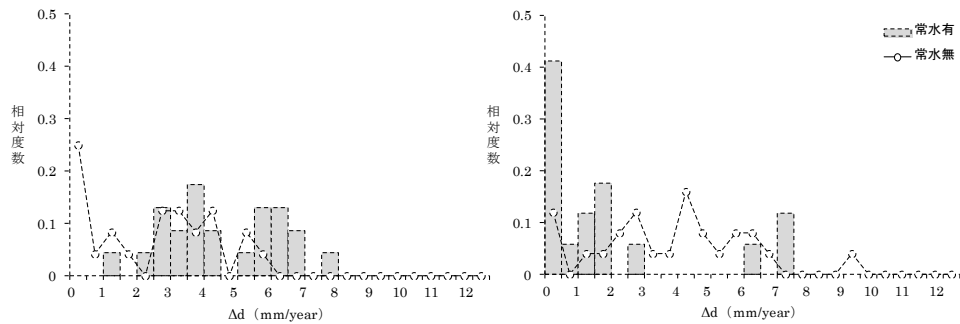


図 - 1. Δd の分布

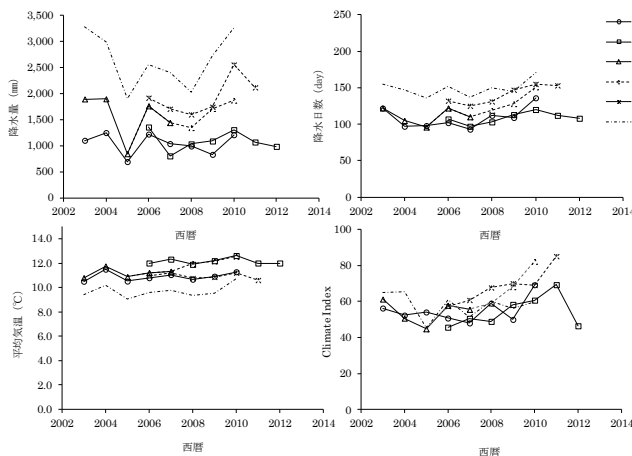


図 - 2. 対象地の気候条件

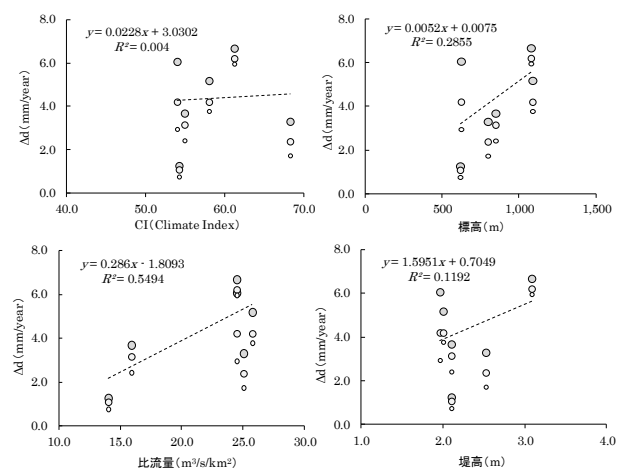


図 - 3. Δd と気候条件及び構造条件の関係