

5 年経過した突出丸太の劣化度調査

飛島建設
飛島建設
国際緑化推進センター
国際緑化推進センター

正会員 ○沼田 淳紀
正会員 村田 拓海
非会員 外崎真理雄
非会員 高原 繁

1. はじめに

我国は、毎年気候変動枠組条約に基づき温室効果ガスの排出・吸収量を条約事務局に報告しており、この中で HWP (Harvested Wood Products) も、森林と同様に二酸化炭素吸収源として計上可能になり、2015 年以降 HWP の炭素蓄積量を報告している。液状化対策や軟弱地盤対策として、丸太を地盤に打設する工法は、炭素の地中貯蔵が期待される。しかしながら、現状では、これらの工法に用いられる丸太は、伐採時点で即時排出と計算されている。これらの工法による炭素貯蔵量を計上可能にするには、炭素貯蔵に関するデータを蓄積し、我が国特有の推定方法を開発する必要がある。

そこで、筆者らは地盤に打設された丸太などの掘出し調査を実施し、丸太の劣化度を求め、各条件による丸太の質量減少の半減期を求めている。特に、丸太の劣化は、地盤に対する丸太頭部の位置、地下水位、地盤の特性に大きく影響を受けると想定され、これらの環境におけるデータを蓄積する必要がある。地盤に打設された丸太の劣化度の調査事例は散見される¹⁾²⁾³⁾⁴⁾などが、健全であった丸太の調査結果が多く、また、半減期まで求められた事例がほとんどない。本報では、丸太頭部が地盤より突出した状態で、5 年間野外に設置された丸太の劣化度の調査を行った。

2. 調査概要

調査は、千葉県野田市で実施した。試験に用いた丸太は、長さ 1m、末口直径約 0.1m の皮を剥いだスギ材である。試験には、無処理の丸太 (CUI) と、銅系の薬剤で加圧注入し保存処理した丸太 (CPP) を用いた。丸太は、2016 年 6 月 23 日に、地盤から丸太頭部が 30cm 程度突出するようにかけやで打設し、頭部の木口面を塩ビキャップで保護した。この状態で屋外に放置し、2021 年 6 月 24 日 (1,827 日、5.0 年経過) に、これらの内 CUI と CPP でそれぞれ 5 本を取り出し調査した。表-1 に、地盤の物理特性を示す。地盤は、粒度配合の良い礫または砂質土のロームであり、有機質分が多く、掘削した GL-1m 以浅の範囲では地下水位は確認されない。

3. 調査手順

掘出しは、丸太側面にバックホウで溝を掘り、そこから丁寧に人力で掘削し丸太打設断面を観察した後に、丸太を採取し、調査を実施した。以下に、調査手順を示す。

(1)打設された丸太の地盤断面の観察、撮影、(2)丸太の採取、(3)採取された丸太の観察、撮影、(4)丸太の洗浄、表面拭き取り、(5)撮影 (周面 4 方向と全体)、被害度判定(被害度、JIS K 1571、2 名、深度方向 10cm ごと、周面 4 方向)、(6)ピロディン貫入試験 (ピロディン貫入量 P_d 、深度方向 10cm ごと、周面 4 方向)、(7)丸太を切断して供試体作製 (深度方向 20cm ごと、両木口面が平行かつ平滑となるように帯鋸で切断)、(8)供試体の観察、撮影 (木口上面、木口下面)、(9)供試体の湿潤質量計測 (湿潤質量 m_t)、(10)供試体の飽和化 (丸太が水中で浮き上がらなくなるまで水浸)、(11)飽和した供試体の寸法および飽和質量計測 (直径 D_{sat} 、高さ H_{sat} 、湿潤体積 V_{sat} 、飽和質量 m_{sat})、(12)縦圧縮試験 (縦圧縮強さ σ_{dL} 、長さ 20cm の供試体を使い JIS Z 2101 に準拠、代表的な 1 本のみ実施)、(13)炉乾燥 (110℃で 1 週間以上)、(14)乾燥供試体の寸法および全乾質量計測 (直径 D_d 、高さ H_d 、湿潤体積 V_d 、全乾質量 m_d 、含水率 $u=(m_t-m_d) \times 100/m_d$ 、飽和時含水率 $u_{sat}=100 \times (m_{sat}-m_d)/m_d$ 、容積密度 $\rho_{Rt}=m_d/V_{sat}$)、(15)標本作製 (代表的な 1 本)

4. 容積密度の調査結果

採取した丸太は、無処理 (CUI) の場合、地際付近で深から激しく劣化し、断面が大きく欠損していた。

以下に、容積密度の調査結果を示す。なお、JIS K 1571 に基づく被害度判定、含水率、ピロディン貫入試験、縦圧縮試験も実施したが、ここでは省略する。

図-1 に、容積密度の深度分布を示す。断面欠損のある場合の容積密度は、実際の断面積を用いると残存した部分のみの密度を計測していることになり、劣化による欠損部分の評価ができないので、

表-1 地盤の物理的性質

		無処理地点(CUI)		保存処理地点(CPP)	
		GL-0.25m	GL-0.75m	GL-0.25m	GL-0.75m
土質分類		細粒分質砂質土	細粒分質砂質土	細粒分質砂質土	細粒分質砂質土
土粒子密度	$\rho_s(g/cm^3)$	2.620	2.629	2.615	2.605
含水率(全粒径)	$w_{all}(\%)$	95.7	66.9	38.4	45.9
含水率(2mm以下)	$w_{2.00}(\%)$	96.4	74.4	53.5	57.6
強熱減量	$L(\%)$	15.8	12.8	12.4	12.7
最大粒径	$D_{max}(mm)$	37.5	37.5	26.5	26.5
礫分含有率	$P_G(\%)$	11.9	24.1	38.7	30.3
砂分含有率	$P_S(\%)$	41.5	33.8	32.3	43.5
シルト分含有率	$P_M(\%)$	40.8	37.6	25.9	22.6
粘土分含有率	$P_C(\%)$	5.8	4.5	3.1	3.6
50μ粒径	$D_{50}(\mu m)$	0.113	0.159	0.380	0.348
10μ粒径	$D_{10}(\mu m)$	—	0.011	0.019	—

キーワード 地盤改良、地中、丸太、HWP、質量残存率、半減期、
連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 1-8-15
飛島建設(株)土木本部 TEL090-5992-8173

残存している個所の全乾質量を欠損がない丸太頭部の断面積と供試体高さより求めた体積で除して求めた。図中には、スギの容積密度の一般値 314kg/m³ も併記した⁴⁾。保存処理は一般値より大きく、深度が深くなるほど僅かに容積密度が低下する傾向があるが、深度方向でほぼ一定値である。無処理は、頭部では保存処理とほぼ同じであるが、地表に近づくと低下し、一般値を下回り、かなりの質量が劣化により失われていることがわかる。

5. 半減期

5 年経過後の丸太の各深度における質量残存率より半減期を求める。図- 2 に、ほとんど劣化が認められなかった丸太頭部の供試体ごとの容積密度を示す。丸太頭部では無処理 (CUI) も保存処理 (CPP) もほぼ同じであり、また、前述の丸太頭部の容積密度も一般値以上であったことから、丸太頭部は健全であり、ほぼ初期の状態を維持していると言える。多少のバラツキがあるが、これは樹種の持つバラツキと考えられる。そこで、丸太個々のばらつきを考慮し、それぞれの丸太頭部における容積密度を初期の容積密度と仮定し、各深度における容積密度より残存率 (=各深度における容積密度)/(初期の容積密度) を求めた。図- 3 に、質量残存率の深度分布を示す。保存処理 (CPP) は、深度が深くなるほど僅かに残存率が低下する傾向が認められるが、多くが 90%以上である。一方、無処理 (CUI) は、地際付近以深で多くが 50%程度以下となり低いものでは 10%まで低下している。

図- 3 より、各深度における質量残存率の最小値と最大値を求め (緑の破線)、この値を用いて半減期を求めた。表- 2 に、各深度における半減期を示す。GL0m 以深の地中部の平均値を見ると、保存処理の半減期は 30~114 年であるが、無処理では 2.5~4.2 年と小さく、丸太頭部が地表より突出し、丸太が地下水位以浅にあるような環境下では、丸太は劣化しやすく、炭素貯蔵効果は大きくは期待できないといえる。

6. まとめ

- (1) 無処理と保存処理した丸太ともに、地表より突出した丸太頭部の塩ビ管のキャップで保護した個所では、劣化は認められなかった。
- (2) 地際以深の地中部では、保存処理では深度方向に大きな変化は認められずほぼ健全であったが、無処理では地際付近以深で激しい劣化が認められた。
- (3) 丸太頭部における丸太の容積密度を初期値と仮定し、各深度の容積密度より質量残存率を求め、これより地表より突出した丸太の半減期を計算すると、地際以深の地中部では、保存処理は 30~114 年であるが、無処理は 2.5~4.2 年と小さかった。

謝辞

本報調査は、(公財) 国際緑化推進センターが実施した林野庁補助事業「軟弱地盤対策のための地中利用木材の CO₂ 蓄積量の評価に関する調査 (令和 2 年度 CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業)」の一つとして実施した。

参考文献

1) 佐藤謙吉, 丸山昭治: 東京駅丸の内本屋基礎松杭の老朽調査, 構造物設計資料, No.57, pp.14-17, 1979.

2) 木方洋二, 金川靖, 奥山剛, 服部芳明, 高田喜久夫: 名古屋駅基礎木杭の 50 年間の変質に関する調査(第一報)-杭材の強度, 老朽度試験-, 名大演報, No.10, pp.71-80, 1990.

3) 川上敬介, 大原明伸: 土木用材として 40 年近く水中に設置されていたマツ丸太の強度性能, 木材工業, 55(4), pp.165-169, 2000.

4) 水野弘二, 藤原寅士良, 野澤伸一郎, 水谷洋介: 砂地盤かつ地下水位以浅に位置する木杭の耐久性評価, 土木学会論文集 C, 75(1), pp.35-48, 2019.

5) 日本国: 京都議定書 3 条 3 及び 4 の下での LULUCF 活動の補足情報に関する報告書, p.20, 2009.4.

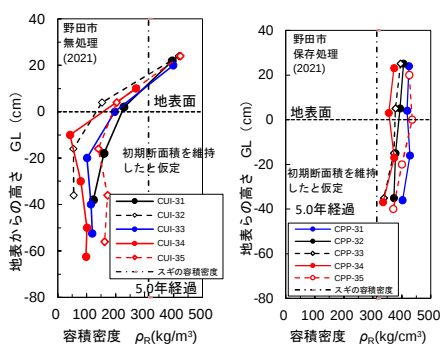


図- 1 容積密度の深度分布

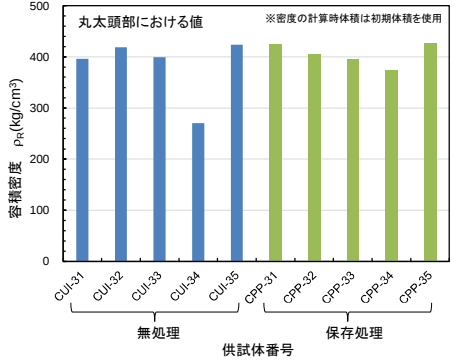


図- 2 丸太頭の容積密度

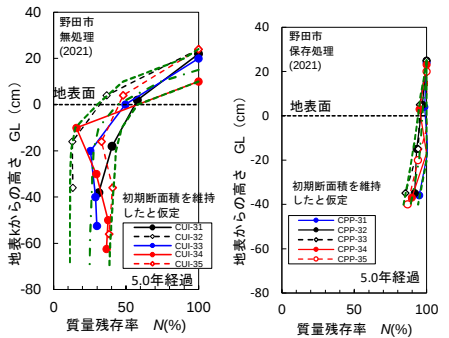


図- 3 質量残存率の深度分布

表- 2 頭部が突出したスギ丸太の半減期

	地表面からの高さ cm	残存率			半減期		
		最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値
		N_{min}	N_{ave}	N_{max}	T_{min}	T_{ave}	T_{max}
無処理	25	100	100	100	∞	∞	∞
	20	90	100	100	32.9	∞	∞
	10	48	74	100	4.7	11.5	∞
	0	30	44	58	2.9	4.2	6.4
	-10	15	31	47	1.8	3.0	4.6
	-20	12	28	43	1.6	2.7	4.1
	-30	12	27	42	1.6	2.6	4.0
	-40	11	26	41	1.6	2.6	3.9
保存処理	-50	11	26	40	1.6	2.5	3.8
	-60	11	25	39	1.6	2.5	3.7
	25	100	100	100	∞	∞	∞
	20	99	100	100	265	∞	∞
	10	96	98	100	85	172	∞
	0	94	97	100	56	114	∞
	-10	92	96	100	42	85	∞
	-20	90	95	100	31	64	∞
	-30	87	92	97	25	42	114
	-40	84	89	94	20	30	56