

丸太打設液状化対策工法における炭素収支原単位

飛島建設 正会員○沼田淳紀, 正会員 筒井雅行
フェロー 三輪 滋
兼松日産農林 正会員 三村佳織
昭和マテリアル 正会員 池田浩明

1. はじめに

筆者らは木材を利用することが地球温暖化緩和に有効であることから¹⁾, 丸太を地中に打設し液状化対策とする工法(丸太打設液状化対策&カーボンストック工法)を開発した. この工法の大きな特徴は, 液状化対策を実施することで, 地盤中に炭素貯蔵ができることである. 木材は, 地中の地下水位以深では, 生物劣化することなく 100 年を優に超えて健全性を保つ²⁾ので, 本工法により大気中から二酸化炭素を吸収し炭素を固定した樹木を長期安定的に貯蔵できるのである. 液状化対策工事により二酸化炭素を排出するが, この量は, 固定された炭素量と比べ少なく, 本工法は, 工事すること自体が二酸化炭素削減に寄与でき, このことが既に検証されている³⁾.

著者らは, 炭素貯蔵量と工事による二酸化炭素貯蔵量を継続的に計測してきている⁴⁾. そこで, 本稿では, 7 地点の実績より, 工事による二酸化炭素排出と丸太による炭素貯蔵の収支について, 種々の方法で原単位を求め, その特徴について述べる.

2. 検討方法

本検討では, 丸太が地盤中の地下水位以深では 100 年を優に超えて健全性を保つので, 打設後の丸太は, 半無限に炭素を貯蔵するものとする. また, 二酸化炭素排出および炭素貯蔵は, 全て二酸化炭素に換算して示す.

表-1 に, 対象とした 7 事例の工事概要を示す.

丸太による炭素貯蔵量 S_{LOG} は, $S_{LOG}=n \times V_{LOG} \times \rho_{LOG} \times K_C \times K_{CO2/C}$ (kg-CO₂) より求めた. ここで, n : 丸太打設本数(本), V_{LOG} : 丸太材積(m³), ρ_{LOG} : 丸太の容積密度(kg/m³), K_C : 木材の質量に対する炭素量の割合 (=樹種によらず 0.5), $K_{CO2/C}$: 炭素を二酸化炭素に換算する係数 (=44/12) である.

既往の研究成果では, 丸太材積 V_{LOG} は, 実測の周長と長さより求め, かつ, 実際の施工で高止まりなどにより丸太頭部を切断した場合はそれを差し引いて求めたものを示してきた. ここでは, 実際に貯蔵した炭素量ではなく一般的な値を知りたいので, 丸太は設計通りに打設されてものとし, 丸太の材積は, 設計に用いた丸太の末口径より, 末口二乗法で求めた断面積に丸太長さの設計値を乗じて求めた. 用いた丸太の樹種は, スギまたはカラマツで, 一部ヒノキが含まれている. ただし, ヒノキは量が少ないのでスギとして計算した. 丸太先端部を尖らせる先付け部分は, 材積計算では考慮していない.

地盤改良の面積 A は, $A=n \times B^2$ (m²) より求めた. ここで, B : 丸太打設間隔(m)である.

地盤改良の体積 V (m³) は, 地盤改良の面積に地盤改良の対策深度 Z (m) を乗じて求めた. この深度は, 丸太打設による丸太先端部分の深度で, 丸太頭部の充填材部分(丸太頭部を地下水位以深まで打設することによりできた孔を充填材で埋める部分)を含んでいる.

二酸化炭素の排出は, 実測された現場内で消費されたエネルギーのみを対象とした. 具体的には, 丸太打設に用いる重機, 整地や丸太移動などに用いるバックホウ, 現場内で用いる発電機, 鋼製の継ぎ材を対象とした. 丸太の素材生産にかかわる二酸化炭素排出や, 通勤や運搬などによる排出量は対象としない. ちなみに, これらを考慮しても, 一般的には工事

による二酸化炭素排出量よりも, 丸太によって貯蔵された炭素量の方が多い^{3,4)}.

丸太打設に用いた重機は, 10t クラスと 60t クラスである. その他の計算方法は, 文献 4) を参照されたい.

表-1 7 事例の工事概要

地 点	使用丸太				地盤改良規模				二酸化炭素収支		
	末口径	長さ	本数	打設間隔	改良面積	改良深さ	改良体積	樹種	施工重機	炭素貯蔵量	二酸化炭素排出量
	D_1	L	n	B	A	Z	V			S_{CO2}	EC_{TOTAL}
	m	m	本数	m	m ²	m	m ³			t-CO ₂	t-CO ₂
千葉県浦安市舞浜A	0.16	8.0	36	0.80	23.0	8.0	184.3	スギ	10t級	4.13	0.25
千葉県浦安市舞浜C	0.16	8.0	64	0.65	27.0	8.0	216.3	スギ	10t級	7.55	0.34
千葉県浦安市舞浜E	0.16	8.0	100	0.50	25.0	8.0	200.0	スギ	10t級	11.79	0.45
千葉県木更津市木材港	0.14	4.0	64	0.65	27.0	5.0	135.2	カラマツ	10t級	3.72	0.09
千葉県浦安市美浜	0.14	6.0	380	0.55	115.0	7.5	862.1	カラマツ	10t級	38.00	2.67
千葉県浦安市美浜H会館	0.14	11.0	594	0.45	120.3	12.0	1443.4	スギ	60t級	90.96	7.40
千葉県神崎町	0.14	4.0	172	0.65	72.7	5.0	363.4	スギ	10t級	76.14	6.35

キーワード: 液状化, 地盤改良, 丸太, 二酸化炭素排出, 炭素貯蔵, 地球温暖化
〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472, TEL 04-7198-7559, FAX 04-7198-7586

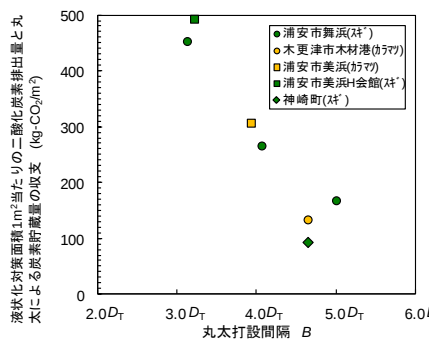


図-1 丸太打設間隔と液状化対策面積 1m^2 当たりの炭素収支の関係

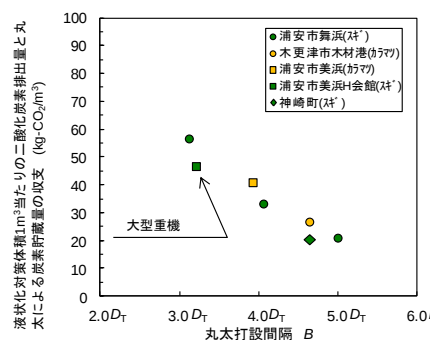


図-2 丸太打設間隔と液状化対策体積 1m^3 当たりの炭素収支の関係

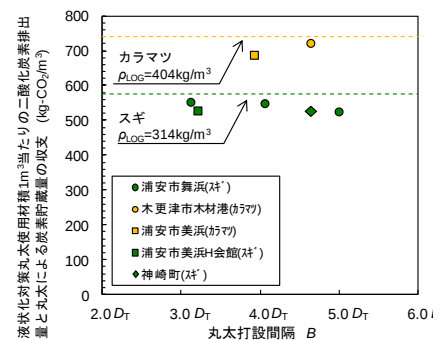


図-3 丸太打設間隔と液状化対策面積 1m^2 当たりの炭素収支の関係

2. 原単位

図-1 に、丸太打設間隔と液状化対策面積 1m^2 当たりの収支の関係を示す。ここで丸太打設間隔は、丸太末口径 D_T の倍数で示した。これは、打設間隔が同じでも丸太径により改良率が異なるので、打設間隔を末口径で正規化したためである。

図より、丸太打設間隔が小さくなるほど改良面積当たりの炭素貯蔵量が大きくなることがわかる。丸太打設間隔が小さくなるほど、丸太打設回数が増え施工量が増えるが、それ以上に使用材積による炭素貯蔵量が増加するといえる。図中、上に位置するのは、改良深度の大きな浦安市美浜 H 会館で、下に位置するのは改良深度の小さな木更津市木材港と神崎町である。このように、原単位を液状化対策面積 1m^2 当たりとした場合には、丸太打設間隔と収支の関係は負の相関があるが、改良深さに大きく影響されることがわかる。

図-2 に、丸太打設間隔と液状化対策体積 1m^3 当たりの収支の関係を示す。丸太打設間隔が小さくなるほど改良面積当たりの炭素貯蔵量が大きくなる傾向が明確で、面積 1m^2 当たりとするする以上に相関が高いことがわかる。ここで上に位置するものは、容積密度の大きいカラマツを用いたもの、下に位置するものは大型重機を用いたものである。

図-3 に、丸太打設間隔と使用した丸太の材積 1m^3 当たりの収支の関係を示す。木材の分野では、木材の材積当たりとして検討される場合が多い。使用材積当たりとすると、この関係はほぼ X 軸と平行となり、カラマツが $700\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ 程度、スギが $500\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ 程度であることがわかる。図中には、スギとカラマツの材積 1m^3 当たりの炭素量を破線で示した。それぞれこの線よりやや下に位置し、この差分が二酸化炭素排出量である。二酸化炭素排出量は、使用丸太の材積 1m^3 当たりとすると、丸太打設間隔にほとんど影響されず、また、その量は貯蔵量に比較してわずかであることがわかる。

3. まとめ

- (1) 原単位を液状化対策面積 1m^2 当たりの収支で求めた場合は、改良深さの影響を大きく受ける。
- (2) 原単位を液状化対策体積 1m^3 当たりの収支で求めた場合は、丸太末口径の倍数で表した丸太打設間隔との相関が高い。
- (3) 原単位を使用した丸太の材積 1m^3 当たりの収支で求めた場合は、丸太打設間隔にほとんど影響されずほぼ一定値であり、その値は、工事によって排出される二酸化炭素排出量が丸太によって貯蔵された炭素量と比較しわずかであるので、丸太の容積密度より求めた炭素量に近い値となる。

謝辞：本研究は、(独)日本学術振興会の科研費（22310107）の助成を得たものである。

参考文献

- 1) 富松義晴, 沼田淳紀, 濱田政則, 三輪滋, 本山寛：持続可能社会へ向けた土木事業における木材利用の提案, 土木学会論文集 F4(建設マネジメント), Vol.68, No.2, pp.80-91, 2012.7.
- 2) 沼田淳紀, 桃原郁夫, 久保光, 本山寛：地中における木材腐朽に対する一考察, 第 61 回日本木材学会大会, N20-07-1130, 2011.3.
- 3) 沼田淳紀, 外崎真理雄, 濱田政則, 久保光, 吉田雅穂, 野村崇, 本山寛：丸太打設地盤改良による地球温暖化対策の可能性, 第 8 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, 地盤工学会, pp.399-404, 2009.7.
- 4) 池田浩明, 沼田淳紀, 水谷羊介, 坂部晃子, RIAZ Saima：丸太打設による液状化対策の炭素貯蔵効果, 木材利用研究論文報告集 12, 土木学会木材工学委員会, pp.101-108, 2013.8.