

「竹の土木資材活用事例」現地見学会

日時: 令和5年5月16日(火) 10:00~11:30

場所: 阿南町新野

道の駅 信州新野千石平(阿南町新野2700番地)集合、受付、資料配布

10:00 —— 道の駅出発

10:10 —— 現地到着

10:20 —— 現地見学会開始

1. あいさつ

2. 説明

(1) 取り組みの背景 …… 林務課普及係

(2) 竹の土木資材のコンセプト、パッケージ …… (株) 共生

(3) 地産地消の仕組み、地域への落とし込み …… 林務課普及係

(4) 竹材乾燥技術と均質性の確保 …… 根羽村森林組合

(5) エ法のメリットと適性 …… 林務課治山係

3. 質疑・応答 —— 11:20

11:30 —— 現地見学会終了

「竹の土木資材活用」 地産地消活用事例見学会 資料

令和5年5月16日(火)

阿南町新野
県単治山事業6号工事現場

主 催 根羽村森林組合
長野県南信州地域振興局

共 催 阿南町

協力企業 (株) 共 生
有限会社 カ ス ミ

見学会の趣旨・竹の活用が拓く未来

プラスチック製品の普及等により竹材が利用されなくなり、「放置竹林」の景観や環境上の問題が南信州地域でも顕在化しています。

地域団体やNPOなど多くの皆さんが竹林整備に取り組み、メンマづくりなど資源活用の試みが行われていますが、大量利用の決め手なく、活用法の模索が続けられています。

そのような中で、(株)共生により、補強土壁工法の補強材を、従来の合成樹脂から竹に置き換えた資材パッケージが開発されたことから、今回、阿南町において、地域で整備して発生した竹を、根羽村森林組合で乾燥加工し、治山工事の現場で森林内の管理道路整備工事に使用する、「地産地消による竹の土木資材利用」に取り組んでいるところです。

この取り組みは再生力の高い竹を「持続可能な資源」として捉え、地域を起点とした資源の循環利用の仕組みを関係機関の連携により地域に落とし込み、さらに、地域を創り再生する土木工事、森林保全のフィールドへの活用につなげた、全国に先駆けた事例です。

多くの皆さんに、見て、可能性を感じていただきたいという思いで現地見学会を開催しました。

この事例は、竹材の安定的な消費が自然環境や景観の回復につながることのみならず、地産地消することで、資材の輸送にかかるCo2を削減し脱炭素社会の実現に貢献すること、プラスチック製品から自然由来の竹へチェンジすることでプラスチックごみを削減し脱プラスチックに繋がるなどさまざまなメリットがあり、SDGsゴール目標への取り組みに貢献するものです。

本日の見学会を機に、まずは、森林作業道や仮設工などへの活用から検討していただけたらいかがでしょうか。



主催者 根羽村森林組合 (竹材の乾燥加工を担当)

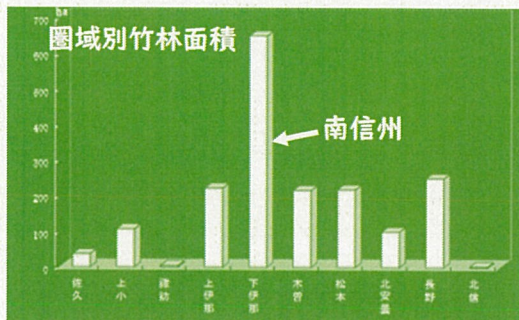
長野県南信州地域振興局 (県単治山事業 工事の発注 局の横断的取組「竹取再生」を担当)

共催者 阿 南 町 (竹林整備・竹素材の採取を担当)

取り組みの背景

南信州の竹林の現状

南信州地域は、竹林面積が約 600ha もあり、県内でも 1 番多い地域です。
そのうち令和 4 年に、竹林整備を進めた面積は年間約 6ha。整備が進まない理由の 1 つに竹の利活用の幅が狭いことが挙げられます。



竹林整備面積 (R元~)				単位:ha)
	R元	R2	R3	R4(要望)
整備面積	3.3	5.4	6.9	6.3
累計	3.3	8.7	15.6	21.9

森林・山村多面機能発揮対策交付金事業による整備面積

理想的な竹林管理をするために

適正に管理されている竹林の成立本数は 6,000 本/ha。
年間 900 本/ha の竹が新たに発生するため、伐採する竹も年間 900 本/ha 必要になります。

管理竹林における立竹密度の設定例	
新竹発生本数	900本/ha
成長期の立竹本数	6,900本/ha
伐竹本数	900本/ha
伐竹後の本数	6,000本/ha



今までの取り組みで考えた場合

年間 900 本/ha の竹の資材消費を、今までの取り組みで考えた場合、とてつもない量の消費が必要となり、大量利用の決め手なく、活用法の模索が続けられています。



メンマ 450 本

450 本=450kg「メンマ」1袋 1kg
で 450 袋

新竹 900 本/ha



チップ 450 本

厚さ 10cm のマルチング
で 0.06ha

竹は古くから人の手によって加工され、
 生活の道具など様々な形で利用されてきました。
 高度経済成長期になるとプラスチック製品の普及が大幅に広がり、
 竹の使用率は一気に減少しました。
 それに伴って管理されなくなった竹林は繁殖と拡大を続け
 「放置竹林」となっていました。

南信州地域でもこの放置竹林が 問題になっています。



竹は恐るべき
 繁殖力で、
 切ってもすぐには
 絶えんもんで
 継続した
 整備をしにや
 ならんけど…

もう歳だで、
 自分で管理
 はできんよ

伐った竹も使う
 場所がないなあ



地域

竹林の整備
 伐採後、規格の
 寸法に加工し
 森林組合まで運搬



今までお金にならなかった
 竹林整備で収入が得られ
 持続した整備ができる。
 やりがいが生まれる。

治山工事を行うことで
 災害に強い山になり
 安心して暮らせる。

地元の 森林組合 乾燥・資材化



森林組合から
 乾燥竹資材を運搬
 (運搬費は工事費に含む)



伐採、加工費用
 森林組合までの
 運搬費用を支払い

竹の乾燥費用
 を支払い

木材乾燥の閑散期に
 乾燥機を有効に
 稼働できる。

竹補強土壁工法の
 資材を一式販売
 竹以外の資材を現場に運搬



治山現場 請負業者

資材 メーカー

自然由来のものを
 資材として活用することで
 脱プラスチックに貢献する
 新たな工法を確立できる。

現場で地域のものを
 活用することで
 コスト的にも抑えられ
 地域に還元ができる。



「バンブー補強土壁工法」

～地産地消活用事例見学会 資料～

1. 構造概要-----	1
2. 品質規格の規定-----	2
3. 加熱乾燥処理の効果-----	3
4. 竹補強材の強度特性-----	4
5. 既存工法との経済性比較-----	6

令和5年5月16日

株式会社 共生

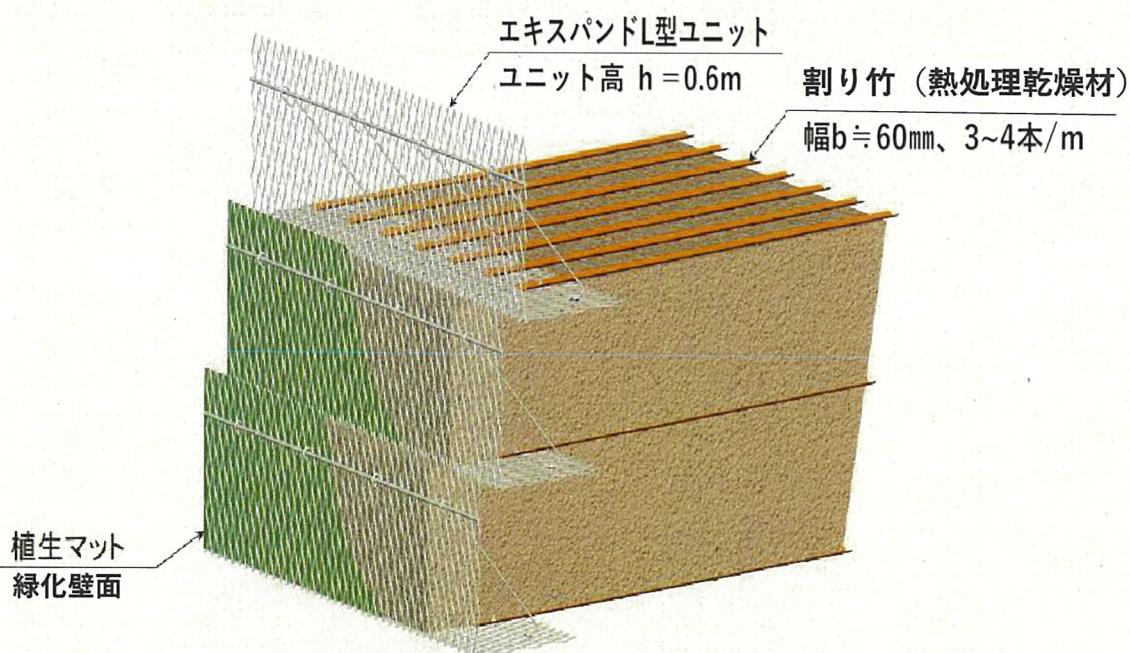
竹は循環資源であり、素材特性からして
構造材料に適しており、
建設土木資材として活用できる。

- ・中空で節があり、軽くて柔軟性に富む
- ・引張強度は木材の2～5倍、鋳鉄なみ

その代表的な活用が、
盛土の水平補強材

- ・竹補強材
- ・それを用いたバンブー補強土壁

竹補強土壁（バンブーウォール）の構造概要



盛土内に配置した摩擦抵抗式の竹補強材
と鋼製壁面材による補強土壁工法

NETIS登録 KK-190027-A

竹補強材の品質規格は次のように規定

●竹の素材

- ・竹の種類は孟宗竹
- ・秋期から早春期までの期間中に伐採
- ・材齢は3～5年

●形状寸法

- ・幅50mm以上、厚さ6mm以上、節間距離350mm以下

●防腐・防虫加工

- ・加熱乾燥処理

●設計強度

- ・引張試験を実施して確認、あるいは既往の試験結果から設定

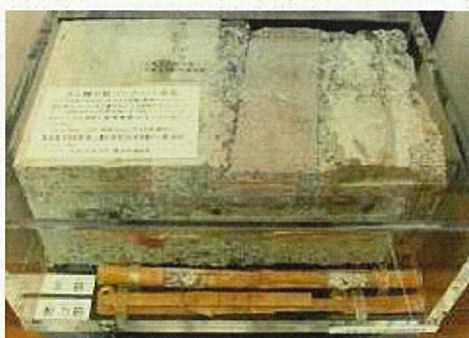
竹材の耐久性 — 実証事例 —

社寺建築の屋根葺きをとめる竹釘



出雲大社の大遷宮。
60年の葺き替え時期
がきても傷みはない。

竹筋コンクリート



約40年間共用した
道路橋旧堂山橋は
腐食なく健全である。

土壁の木舞



城や寺院の壁下木舞
竹を調査した結果に
よると、200年経過
しても引張強さは維
持できている。

港湾における竹杭



インドネシアのタンジュ
ンブリオク港では約50
年前に打設された竹杭
が健全である。

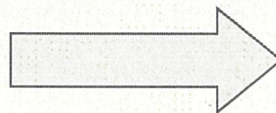
加熱乾燥処理が耐腐朽性に効果があると報告されている論文から

- 1) 小谷公人, 古曳博也, 中原恵他: 生物劣化を抑制する加圧蒸気処理技術の開発 (第1報) —各加圧蒸気処理条件の成虫食害抑制効果について—, 大分県産業科学技術センター平成18年度 (2007)
 - ・常圧 (100°C) の蒸気処理では、食害抑制効果は認められなかった
 - ・加圧蒸気処理では、処理圧力 (温度) が高く処理時間が長くなるほど、成虫食害の抑制効果が高い
 - ・デンプン含有量は、加圧蒸気処理を行っても無処理と同程度
- 2) 伊藤貴文, 増田勝則, 坂井温子: 竹材の耐朽性評価と過熱蒸気処理による耐朽性付与, 奈良県森林技術センター研究報告, 2009年3月
 - ・モウソウチクは熱による変成を受けやすく、過熱蒸気処理により、木材よりもはるかに大きな重量減少率が得られた
 - ・最も軽度な条件である220°Cで2時間という処理でも、JIS K1571に規定された木材保存材の性能基準値を満たした
- 3) 山田宮土理: 竹材の耐腐朽性を向上する加熱処理に関する研究, 平成30年度若手・女性研究会奨励金レポート, 2019年
 - ・無処理試験体では埋没後8週間で著しくカビの発生が認められたのに対し、加熱処理を行った試験体ではカビの発生が抑制できる
 - ・加熱処理温度が高く、また処理時間が長いほどカビが発生しにくくなった
 - ・加熱処理は腐朽環境を形成する水分の吸収を抑制する効果がある

根羽村森林組合での加熱乾燥処理

No.	乾燥(絶乾)前 重量 (g)	乾燥(絶乾)後 重量 (g)	含水率 (%)
1-①	50.149	33.432	50.0
2-①	61.446	42.081	46.0
3-①	35.333	23.651	49.4
4-①	40.845	30.313	34.7
5-①	28.208	20.429	38.1
6-①	23.009	15.886	44.8

平均含水率43.8%



・120°Cで24時間*
・180時間かけて
クールダウンさせながら養生

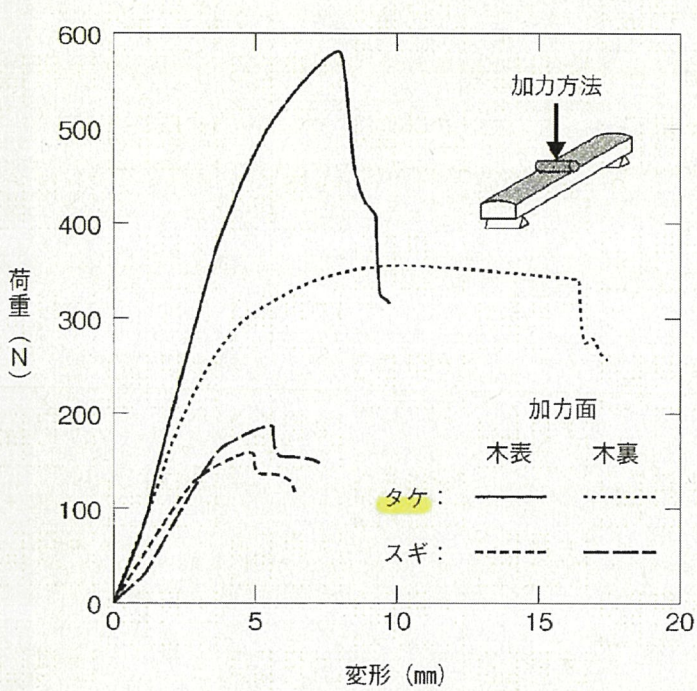
No.	乾燥(絶乾)前 重量 (g)	乾燥(絶乾)後 重量 (g)	含水率 (%)
14-1	17.961	17.047	5.4
14-2	19.310	18.474	4.5
15-1	20.700	19.776	4.7
15-2	18.788	17.980	4.5
16-1	19.601	18.771	4.4
16-2	21.103	20.253	4.2

平均含水率4.6%

大幅に減少

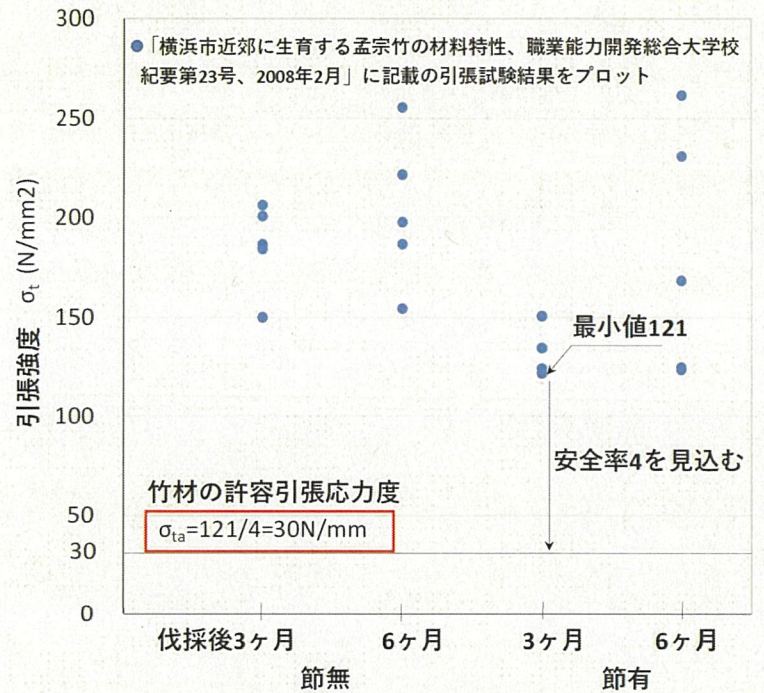
*) 100°C以上の高温で処理時間が長くなるほど、成虫食害の抑制効果が高い。
しかも、締め固めた土中での使用であれば、菌の生存に必要な酸素の配給が遮断されていることから、耐腐朽性は格段に向上するものと考えられる。

竹材の強度特性



竹材の曲げ強度特性

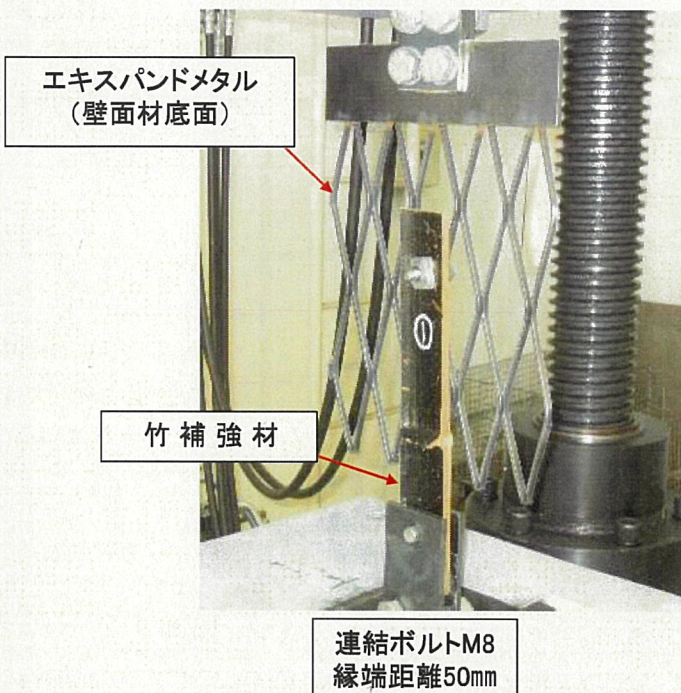
(内村悦三：現代に生かす竹資源、2009年9月)



設計に用いる許容引張応力度の設定

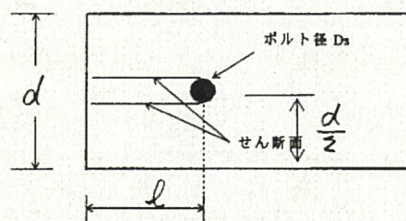
竹補強材の連結部強度

連結部の引張強度試験



連結部の引張強度試験結果

試験体	厚さ (mm)	最大引張力 (kN)	せん断強度 (N/mm ²)
①	7.1	7.48	10.5
②	7.0	7.16	10.2
③	7.0	7.26	10.4
平均	7.0	7.30	10.4



$$\tau = T / (2 \cdot A)$$

ここに、A：せん断面積=縁端距離 l ×厚さ t

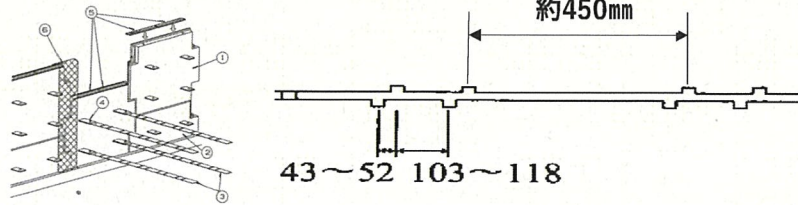
設計許容せん断応力は、安全率4を考慮して

$$\tau_a = 10.4 / 4 = 2.6 \text{ N/mm}^2$$

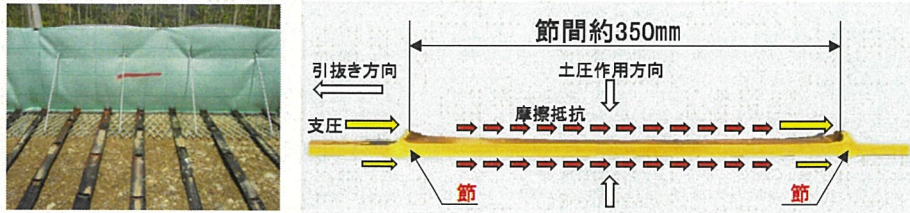
とする。

竹補強材の節の効果

テールアルメのストリップ



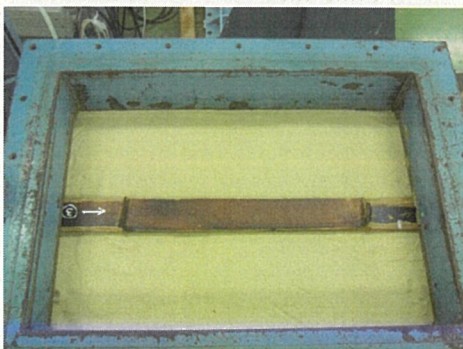
バンブーウォールの竹補強材



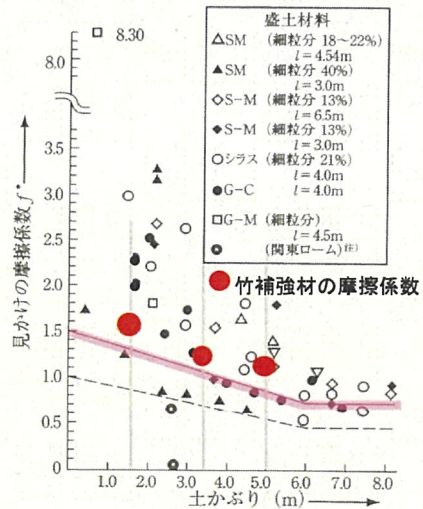
テールアルメに使われているストリップ（鋼製補強材）と同様の機能。

竹補強材の摩擦抵抗特性

引抜き試験



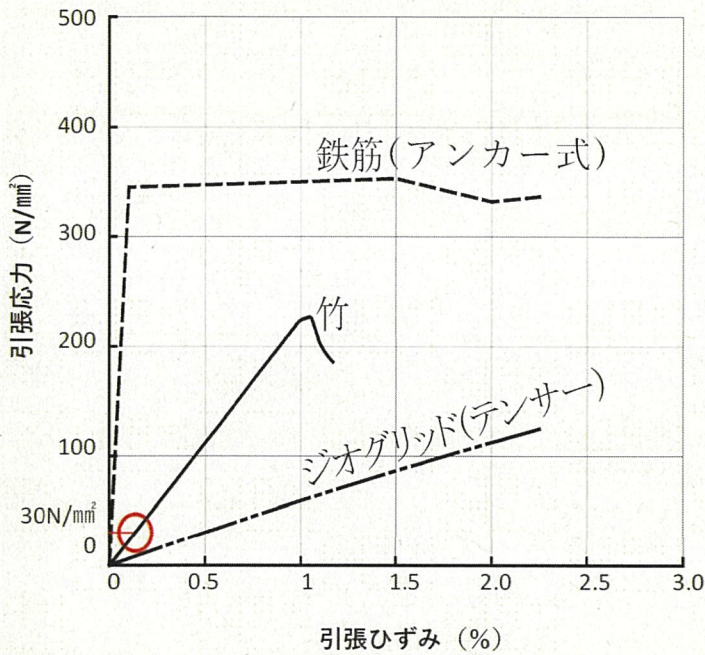
テールアルメとの比較



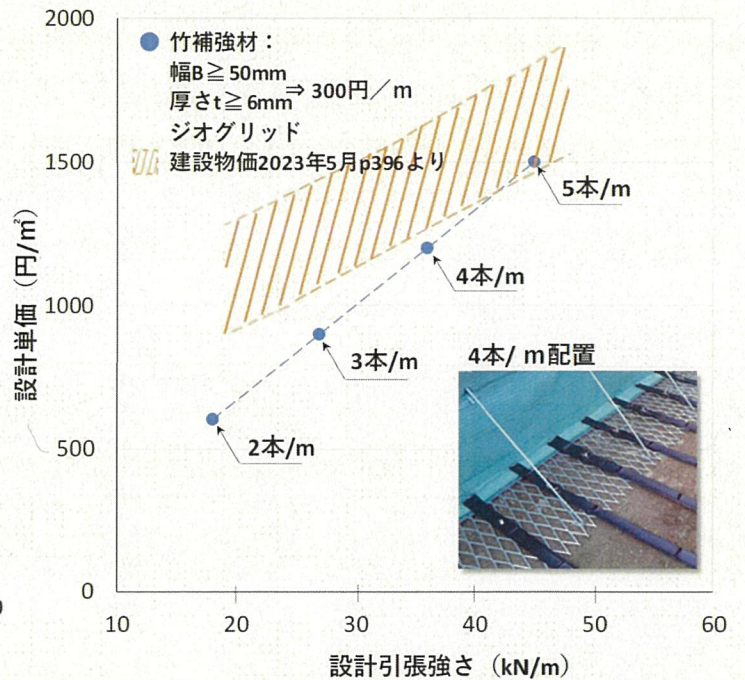
注) この数値は、補強土壁ではなく、これに隣接するブロック積のなかに実験的にストリップを埋設し、これを引抜いたものである。

出典:「補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル」

既存の補強材との強度およびコスト比較



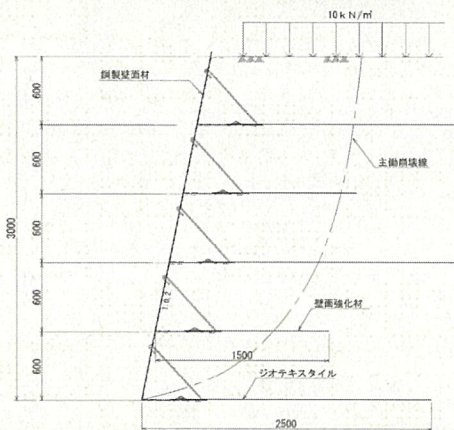
補強材の強度比較



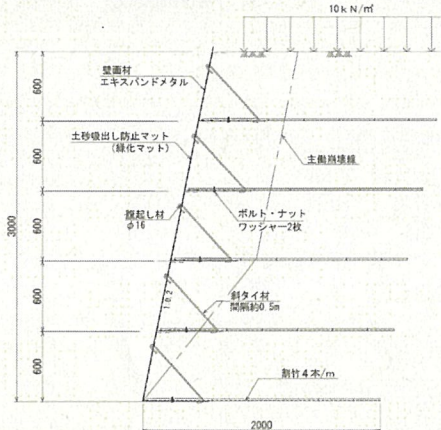
ジオグリッドとのコスト比較

従来工法との経済性比較

<ジオテキスタイル補強土壁>



<バンブー補強土壁 (バンブーウォール)>



ジオテキスタイルから
竹補強材へ

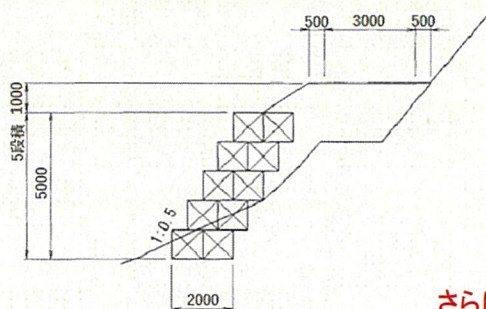
コスト削減が可能
約10%減

項目	仕様	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
ジオテキスタイル工						
鋼製壁面材	一般鋼製枠タイプ	30	m ²	11,000	330,000	壁面ユニット式
補強材	ジオテキスタイル	75	m ²	1,300	97,500	
壁面強化材		30	m ²	1,150	34,500	
壁面材施工費		30	m ²	1,522	45,660	施工パッケージ単価
補強材施工費		105	m ²	232	24,360	施工パッケージ単価
中詰工		75	m ²	950	71,250	施工パッケージ単価
合計					603,300	(20,100円/m ²)

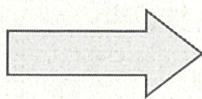
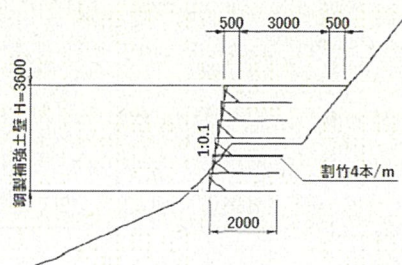
項目	仕様	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
バンブー補強土壁						
鋼製壁面材	エキスパンドL型ユニット	30	m ²	9,800	294,000	斜土材、廣起し材、植生マット補強材取付け金具含む
竹補強材	割竹、L=2000 B ≥ 50mm, t ≥ 6mm	200	本	600	120,000	乾燥処理加工品 延長1mあたり4本
壁面材施工費		30	m ²	1,522	45,660	施工パッケージ単価
補強材施工費	土木一般世話役 普通作業員	200 200	本 本	30 79	6,000 15,800	0.0011人/本 0.0036人/本
中詰工		60	m ²	950	57,000	施工パッケージ単価
合計					538,500	(17,950円/m ²)

仮設作業道における大型土のう積工法との経済性比較

<耐候性大型土のう積>



<バンブー補強土壁 (バンブーウォール)>



用地縮小
壁高縮小

コスト削減
さらに、プラスチック処分量ゼロ

延長10m当たり

項目	仕様	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
耐候性大型土のう積						
大型土のう	容量1m ³ 、3年対応	100	袋	3,550	355,000	
施工費	土木一般世話役	2.78	人	27,100	75,338	
	特殊作業員	2.78	人	24,800	68,944	
	普通作業員	2.78	人	21,900	60,882	
土砂		100	m ³	-	-	現地発生土
バックホウ	クレーン機能付き	2.8	日	52,190	146,132	
	山積0.8m ³ (平積0.6m ³) 吊能力2.9t					
諸経費	労務費合計の4%	1	式	-	8,206	
合計					714,500	

延長10m当たり

項目	仕様	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
バンブー補強土壁						
鋼製壁面材	エキスパンD型ユニット	36	m ²	9,800	352,800	斜タイ材、腹起し材、植生マット補強材取付け金具含む
竹補強材	割竹、L=2000 B≥50mm,t≥6mm	240	本	600	144,000	乾燥処理加工品 延長1mあたり4本
壁面材施工費		36	m ²	1,522	54,790	施工パッケージ単価
補強材施工費	土木一般世話役	240	本	30	7,200	0.0011人/本
	普通作業員	240	本	79	18,960	0.0036人/本
中詰工		72	m ²	950	68,400	施工パッケージ単価
合計					646,200	



株式会社 共生

<http://www.kyosei-kk.co.jp>

本社：東京都新宿区新宿1-23-1新宿マルネビル

Tel.03-3354-2554 Fax.03-3354-2659

根羽村森林組合における土木資材としての竹林活用について

1 バンブーウォールとは

- ① 鋼製壁面材に長さ2m、幅5cmの乾燥した竹材を接続し、それを盛土の水平補強材として使用することにより、鋼製壁面材の転倒を防ぐことができる。
- ② 乾燥竹材を埋設することにより、その優れた摩擦モーメントにより盛土の路体安定を図ることができ、また、調達の簡単な竹地元材を活用できるなど、施工性が高く汎用性のあるバンブーウォールの普及に貢献できる。
- ③ 乾燥した竹材を使用することにより、幅員2~3m程度の敷地で、垂直擁壁の施工が可能のため、作業道開設の際の盛土工法として活用できる。
- ④ 森林組合として、竹林所有者から盛土水平補強材としての竹材を入手し、これを人工乾燥させて腐朽しない土木資材として生産することは、竹材の多量な有効活用に結びつけることができる。
- ⑤ この取り組みは、宅地や森林内等に侵入し増え続けて、景観的にも地域的な課題となっている竹林を、今後活用していくことができる地域の課題解決型の取り組みとなる。
- ⑥ 資材メーカーが竹林所有者に伐採、加工費、運搬費を支払い、森林組合には人工乾燥費を提供することで、地域に循環的な資金の流れが構築できる。また、乾燥竹材の有効性、簡易施工性、地域材調達の簡便性、資金の地域的な循環など、今後の需要が見込まれることから、地域資源の持続的、循環的な有効活用に結びつく。

2 森林組合としてバンブーウォールの有効性について

- ① 治山堰堤が沢筋の下部に設置されていた場合、それを乗り越していく作業道の設置が事実上困難なため、簡易施工できるバンブーウォールによる簡易搬入路の施工が有効である。
- ② 急傾斜地に作業道を開設する場合、盛土の設計傾斜勾配1:1.2で施工すると、法尻が地山に接地しない。その場合、法尻に簡易施工できるバンブーウォールが有効である。
- ③ 堰堤の上部には堆砂地帯があり、常水の有無に影響されるが、集材地、作業土場として使用できる可能性が高い。従って、堰堤を越えた堆砂地帯にタワーヤード等を設置し、架線集材で荷下げ作業による集材作業が可能であれば、ハイリード方式等で流域単位の搬出の可能性が高まる。
- ④ 路体下部の崩壊地発生箇所においても、簡易施工できるバンブーウォールを設置すれば、傾斜地の崩落防止に活用できる。

- ⑤ 造林地及び皆伐実施後の崩落危険個所において、簡易施工できるバンブーウォールが有効である。

3 竹材の乾燥について

- ① 竹材は特に春から夏にかけて伐採したものは、養分や水分が含まれており、それが竹材の表面の油成分で封印されているため、伐採してそのままにしておくとカビが生えたり、腐ったりして長期間利用することができない。
- ② 一般的に竹材を利用するには、秋から冬にかけて養分や水分の少ない時期の時に伐採したものを、竹材表面の油成分を砥の粉で落とし、約 3 か月以上乾燥させたものを使用する。
- ③ 当森林組合には人工乾燥施設があるので、竹材の水分や養分を除くため、木材の構造材と同様の人工乾燥を行い、水分と養分を除去し、含水率を 10%まで低下させることによって乾燥材とした。こうして竹を乾燥することにより腐朽しない竹材として活用でき、また、盛土等の水平補強材として必要な引っ張り強度も高まるため、長期間に渡る使用が可能となる。

4 竹林の現状

- ① 南信州地域には全県の 40%の竹林資源が存在している
- ② しかし、竹製品の用途が減少する等、それが現在十分に活用されていない
- ③ このため、竹林の密度が高まり、竹林が荒廃し景観上好ましくない「放置・無管理竹林」が増え、宅地・農地への侵入、ごみ不法投棄の場所になるなど地域的な問題が発生している
- ④ また、かつてあった竹林資源を活用した様々な竹材製品の利用が衰退し、こうした伝統的な竹材製品製作に伴う技術・技能が損なわれようとしている
- ⑤ さらに、こうした伝統的な竹材製品製作を行える技能ある生産者が高齢化しているため、速やかにこうした伝統的な竹製品製作技術・技能の継承を図らないと、竹材活用に関連する地域文化の消滅が危惧される
- ⑥ さらに、全国的に盛土問題が発生する中で、竹林資源を活用した土木資材への新たな利用が始まるなど、竹林資源の活用が期待されている
- ⑦ その他、超高速再生資源として様々な場面で竹資源が活用されている。
- ⑧ 地域の森林組合として木材を搬出して利用するのと同じように、竹林資源を活用する仕組みに参画し、地域竹林資源を活用することで、地域の経済的な効果を高めていくことが求められている

5 地域の課題解決型「土木資材」として竹林資源利用

- ① こうした再生可能な里山の竹林資源を「土木資材」の活用によって、有効活用することにより、現在発生している荒廃竹林を景観的に美しい竹林に変え、地域の活性化に結び付けて、現状の地域的な竹林資源の課題を解決していきたい
- ② 全県的にも竹林資源が有効活用され、土木資材として活用できれば地域活性化にも結びつくことから、こうした取り組みの先進的モデルケースとして、竹材利用による「土木資材」としての活用に取り組んでいきたい

- ③ すでに南信州で取り組まれている「竹林整備とメンマ生産」の活動等、現時点で取り組まれている竹林資源活用について、さらに全県、全国に向けて発信して、全県の竹林資源の課題解決及び里山経済活性化に貢献したい

6 根羽村森林組合による竹製品の竹部材供給基地としての新たな役割構想

今後竹林資源を利用するにあたり、現在の構想の他、根羽村森林組合では現在行っている木材の丸太搬出材買取、製材加工販売と同様に、竹林資源を2m単位、1本単位で買い取るにより、竹材提供者に材料代を還元できればと検討している。

様々な竹製品の生産にあたっては、竹原材料を加工して竹ひご、竹平材等製品材料を作ることがネックになっているため、竹林資源活用に向けた支援金等の創設活用により、木材活用と同様竹材製品製作のための部材提供に取り組みたい。

また、竹炭生産を行い果樹園に散布することにより、土壌改良を図り良質な果樹生産に取り組む。同時に、土壌に炭素を固定する「4パーミルイニシアチブ」を展開して、地球温暖防止に貢献するなど、自治体において森林環境譲与税等により竹炭を買取、果樹園に散布することで、自治体による地球温暖防止と農業生産振興に寄与するプランも検討したい。

現在、森林組合では木材搬出を中心に事業展開しており、竹林整備まで実施していない。そこで、竹林整備とタケノコ生産に適した施業の標準単価を設定してもらい、経営計画に取り入れて竹林整備を推進したい。このことにより、所有者への賃金支払いによる竹林整備推進が可能になると共に、竹材販売収入、タケノコ・メンマ収入が毎年可能となると検討している。

乾燥機スケジュール (杉材)

桁材

	時間	加熱	排気	蒸煮	fan	
1	10h	0	100	95	60	蒸煮
2	24h	120	90	84	60	ドラインセット
3	75h	90	70	67	60	乾燥
4	75h	90	65	62	60	乾燥
5	24h	0	100	0	30	降温・イコーライジング

断面の大きい割物

1	10h	0	100	95	58
2	12h	120	90	87	58
3	56h	108	78	75	58
4	24h	0	100	0	30

床材 (40mm)

1	8h	0	100	95	58	
2	36h	105	77	74	58	割物の時はこの時間を伸ばします 48~60h
3	12h	90	60	57	58	
4	24h	0	100	0	30	

板材 (18~24mm)

1	8h	0	100	95	58
2	20h	105	77	74	60
3	24h	0	100	0	50

No.1~ No.3の乾燥機がありますが、だいたい同じスケジュールを組んであります。その時々
材の状態を見ながら時間・温度etcを調整しています。



竹の土木資材の 治山事業に おける 活用について

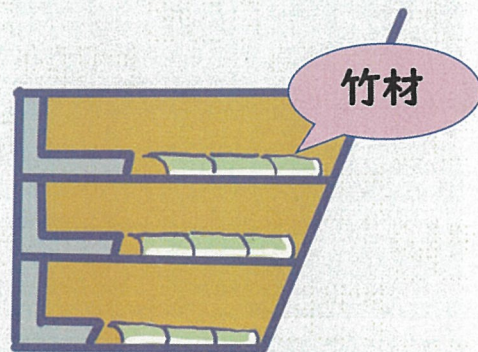
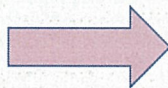
地域材の循環と流域保全を考える

長野県 南信州地域振興局 林務課
令和5年(2023年)5月

地産地消と治山事業

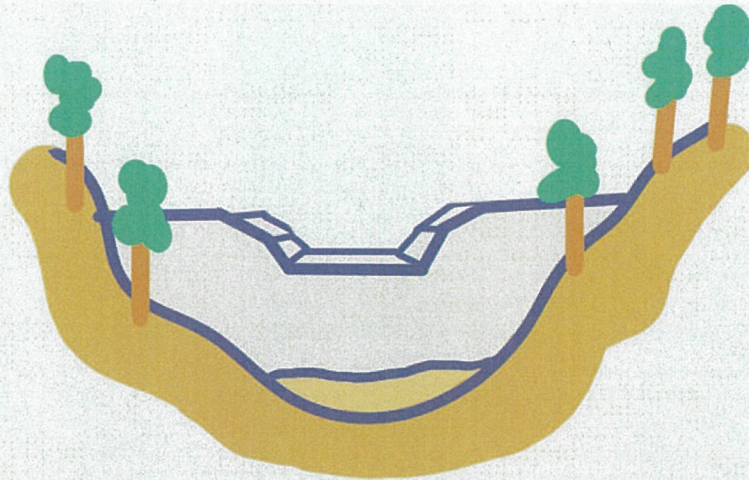
南信州では山林保全の観点から荒廃竹林の整備を推進していますが、伐採された竹の使い道が少なく、用途に限りがありました。

今後、竹の土木資材への活用が進めば厄介者だった竹が循環利用可能な資源へと変わっていくことが期待できます。



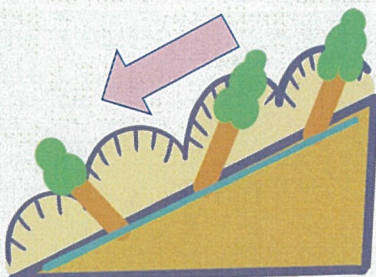
災害に強い森林づくり

長野県では「災害に強い森林づくり指針」を策定し、それに則って山地災害の防止に取り組んでいます。指針では「適地適木」の適正管理により、沢沿いの森林の強化立木の除去、または溪畔林の造成を進めています。

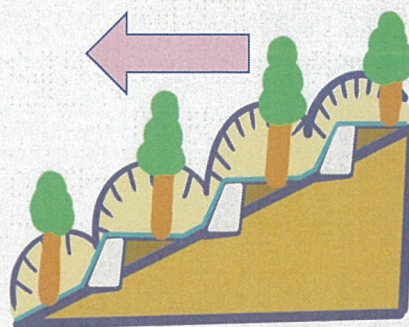


治山ダムとは？

溪床勾配を緩和して安定した勾配に導き、縦侵食及び横侵食を防止するための施設です。



溪床の勾配が急なため、流速が速く、溪岸が侵食される

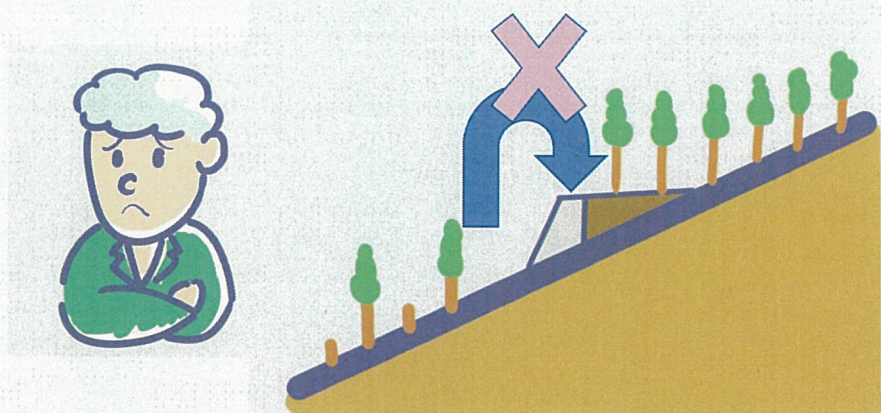


治山ダムの設置により、溪床の勾配を緩くし侵食を抑える

治山ダムの課題

治山ダムを設置することにより、溪流の安定は図れるが、施設の高さによっては、上流域へのアクセスが困難になってしまいます。

上流域へのアクセスができないと、先々の森林整備等の計画が立て辛く、上流施設の点検も困難になってしまいます。



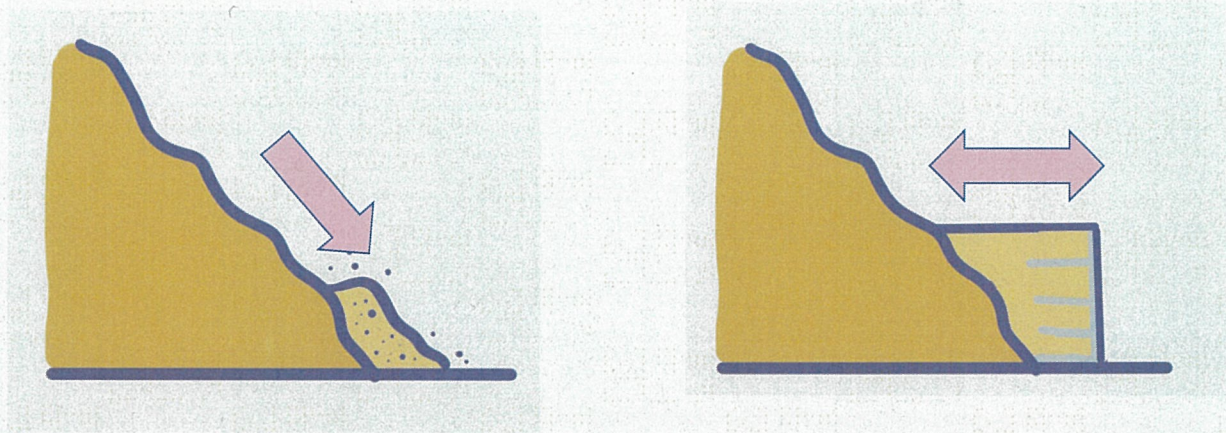
作業道を残して課題を解決

治山ダムの脇に上流域へアクセスできる道を残すことにより、森林へのアクセスが良くなる、インフラ長寿命化の観点からは上流にある既設の治山ダムの点検整備も行いやすくなる、と将来の山林保全や施設管理に有利に働きます。



現場の特性を知る

本現場は急峻かつ風化した花崗岩の「マサ土」が多いため崩れやすい地質です。また、地形が狭隘なため急勾配かつコンパクトに施工が可能な補強土壁工法との親和性が高いと言えます。



補強土壁と他工法の比較

本現場での作業道作設の際の他工種と比較を行ってみると、マサ土で崩れやすく、溪流があり急峻な現場であるため、土砂を安定させるには勾配を緩くし、広いスペースが必要になります。

そのため盛土を一体的に補強する強土壁工法が適しています。



土留擁壁

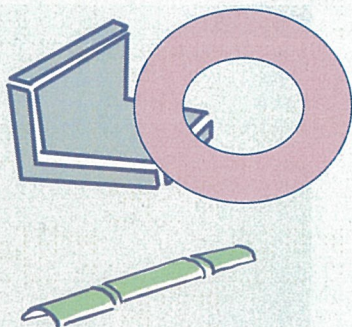
- ・恒久的な施設として一般的
- ・施工にあたっての掘削量が増える
- ・他工種に比べて工費、工期が増える

大型土のう積み

- ・仮設的な施設として一般的
- ・一時的な使用に留まる
- ・盛土を安定させるためには、大型土のうの勾配を緩くせざるを得ないためスペースをとる

竹材の活用で脱プラに

工事の際の仮設作業道では、従来は大型土のうがよく用いられて来ましたが、しかし、施工後は大型土のうはプラスチック産業廃棄物として処分しなければいけません。そこで竹材を活用した補強土壁に置き換えることでプラスチックの処分量を減らし、鋼材は再利用、竹材は焼却処分が可能となります。



鋼材は再利用、竹は焼却処分へ



プラスチックごみとして処分



大型土のう仮設道

直接工事費:¥3,651,000(概算)

大型土のう設置数:99袋



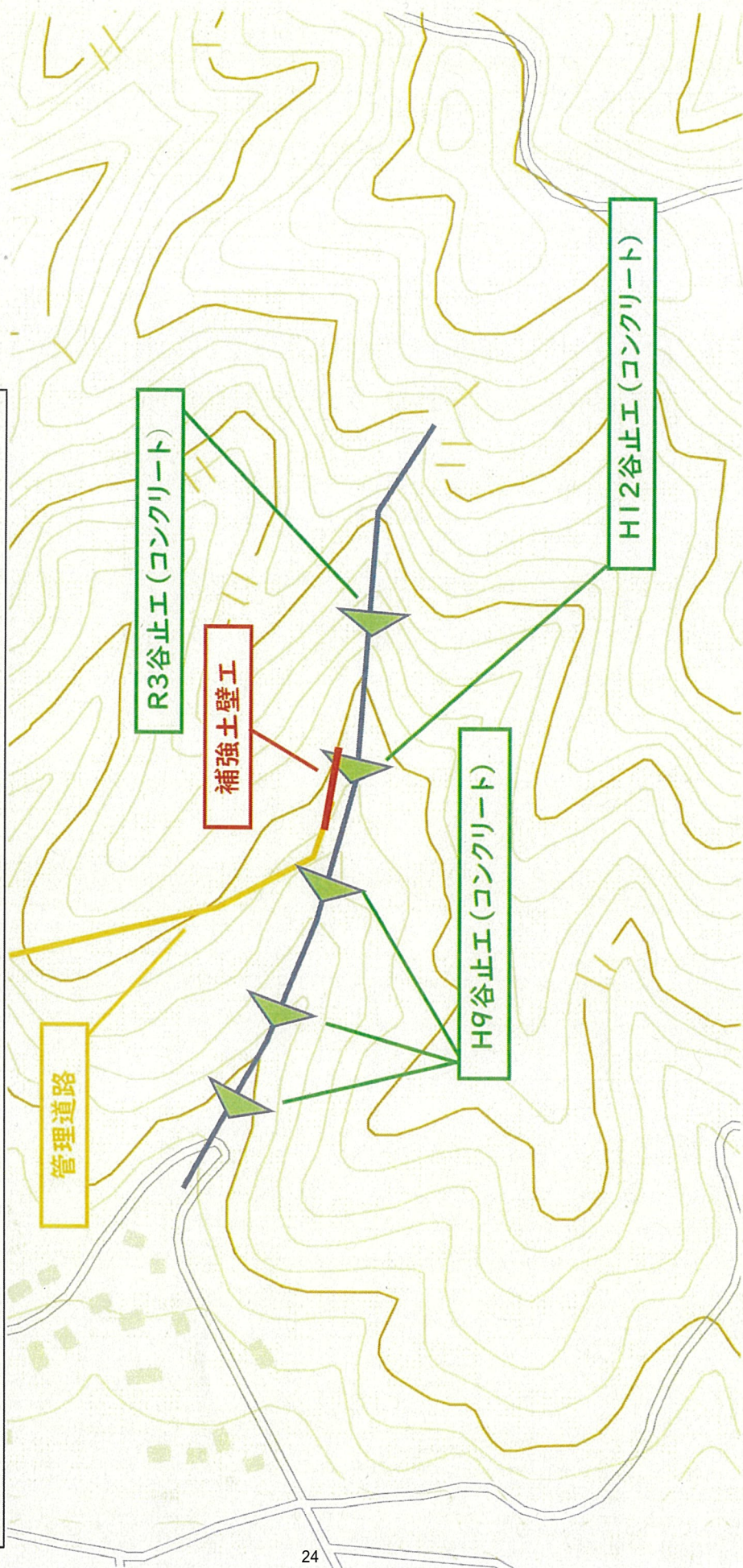
補強土壁工法(バンブーウォール)

直接工事費:¥1,985,000(概算)

補強土壁:24.0m

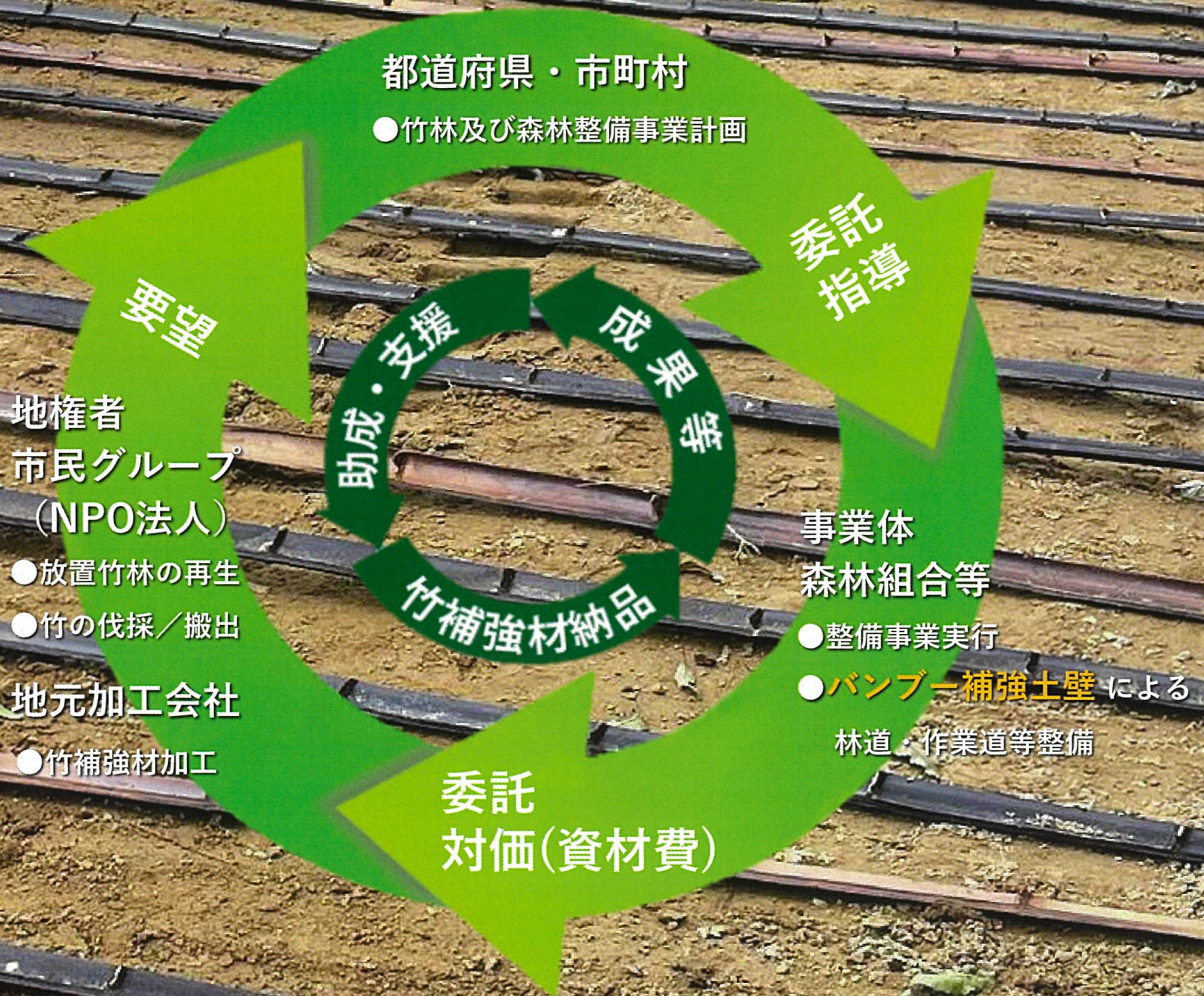
竹の土木資材活用現地見学会 平面図

長野県 下伊那郡 阿南町 字 新野 1:3,000



土木工学とDIY／技術開発と営業ビジネス／デジタルとアナログ／ネットとリアル／そして地雷と地雷／の間に生かされて

竹の資源化が持続可能な社会づくりに役立つことを 願い開発した「バンブー補強土壁」。



地場産の竹を建設土木資材として「盛土の補強材」に活用する。
その竹補強材を林道整備などの道路擁壁、土留擁壁、
そしてダブルウォール治山ダムタイ材として利用し、
放置竹林再生～森林整備まで一貫した施策を推進していくこと
ができれば、竹資源の循環利用を生み出し、地域活性化に
つながるのでは……。

あーでもナイト／こーでもナイト／考えぬかナイト。

補強土工法の原点

古来、盛土斜面の安定化のために、植物性材料を層状に敷設することが行われていました。中国漢代の万里の長城に粗朶を敷固めた版築工法、国内では日本最古のダム式ため池である狭山池、太宰府の特別史跡水城堤の敷葉(敷粗朶)工法などが有名です。この敷葉工法は、江戸城石垣の背面にも使われていたとの記録もあります。



竹補強材が石油系樹脂補強材に取って代わる時

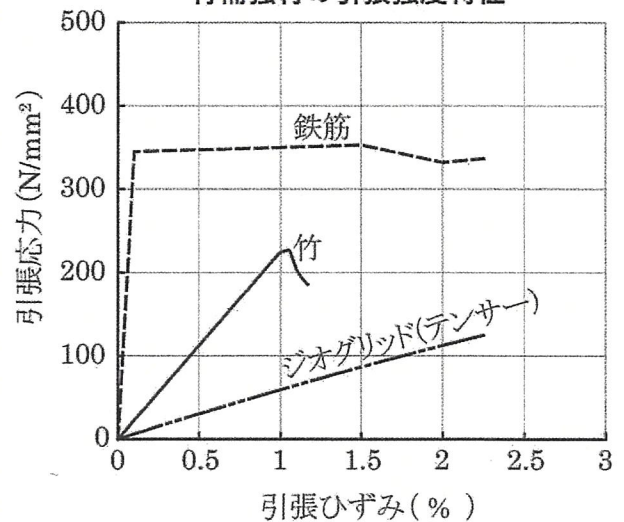
近代的な補強土工法は、帯状鋼板を敷設したテールアルメ工法が1963年に、石油系樹脂材を敷設したジオテキスタイル工法が1970年に海外で開発され、その後日本でも広く普及し今に至っています。

しかし、近年は、温室効果ガス排出による地球温暖化が深刻化しています。この先持続可能な社会を築くためには、工業材料の省資源化に取り組む必要があります。特に石油系樹脂材のプラスチックは、環境への影響が大きく消費の抑制が求められています。

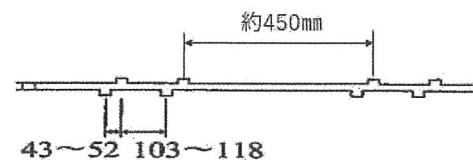
一方、竹は節があり、軽くて柔軟性に富むだけでなく、高い強度を有し素材特性からして補強材に適した資材です。耐久性の問題も燻煙熱処理などを行うことでクリアされます。それを実証するのが、国宝や重要文化財の社寺建築の屋根葺きをとめる竹釘です。焙煎を行うことで腐ることなく40年どころか60年以上もつことが知られています。

鋼材やジオテキスタイルに伍して、建設資材として活かすことができるわけで、自然素材である竹補強材が、まさにいま石油系樹脂補強材に取って代わる時では……。

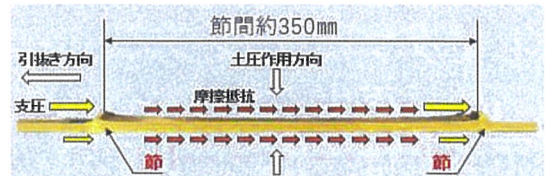
竹補強材の引張強度特性



テールアルメのストリップ



バンパーウォールの竹補強材



朝の来ない夜はナイト。

バンブー補強土壁

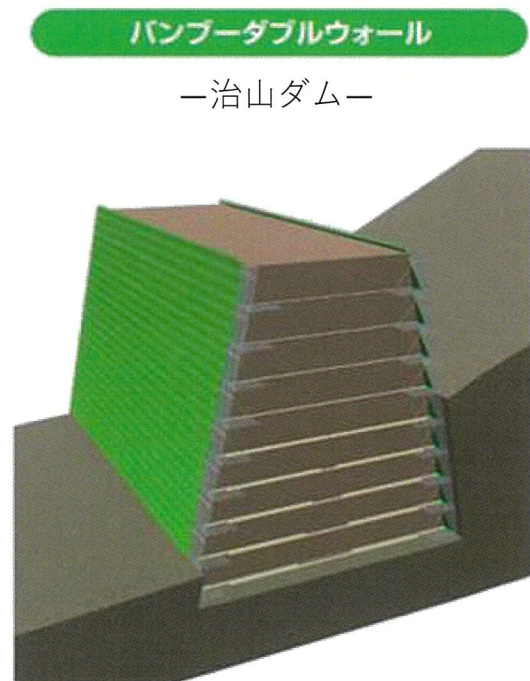
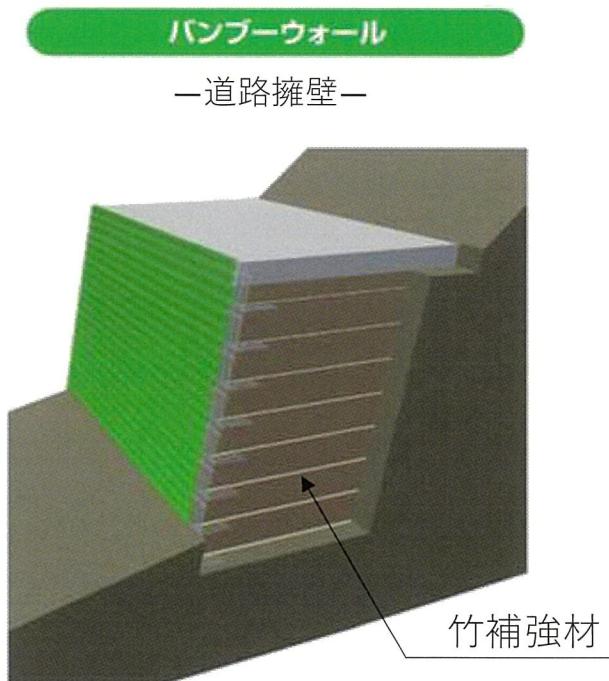
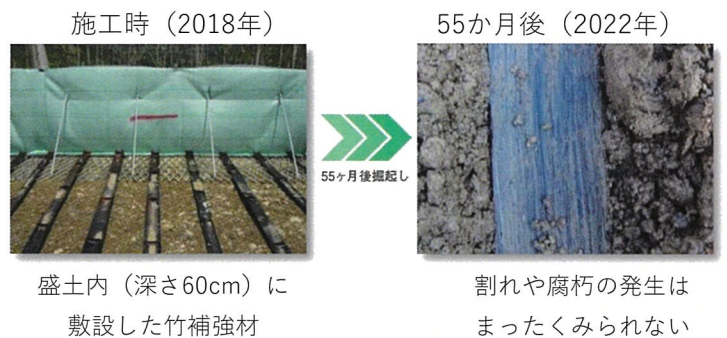
実施していくにあたって問題にされるのは、土中における耐久性。木材と同様に虫や菌による腐朽が寿命を左右することから、耐久性は耐腐朽性と言い換えることができます。これについては、締固めた土中であれば酸素の供給が遮断されていること、燻煙など乾燥処理して竹の含水率を下げること、生物劣化の要因となる糖・デンプンを減少させることによって、耐腐朽性は格段に向上すると考えられます。

現に右の写真は2018年4月に施工した現場の土中における竹補強材の経年変化です。すでに4年以上を経過していますが、割れや腐朽の発生はまったくみられず、今後も補強材としての機能は継続維持されるものと推定できます。

また、工業材料のように耐用年数を保証できるものではありませんが、その耐用年数もあくまでコストや環境への影響との兼ね合い、コスト相応ないしはそれ以上の寿命を見込め、環境保全に貢献できる場合には、妥協の余地が見出せるのではないのでしょうか。

現在、竹材に関する公的な規格（JASなど）や基準はありませんが*¹）、活用していくうえで の掘りどころとなるようにNETIS*²）に登録しております。今は仮設工扱いではありますが、バンブー補強土壁は技術の成立性・活用の妥当性が認められた工法です。

- *1) 国際標準ISO(Internal Standard) には、2004年より竹を用いた建設に関する基準ISO22156とISO22157が制定され、その中に用途として「Reinforcement in Soil」が明記されています。
- *2) [NETIS：バンブーウォールKK190027-A]



転生尋語

温故知新 / ブ・ジャ・デの思考 — 故キヲタズネテ新シキヲ知ル —

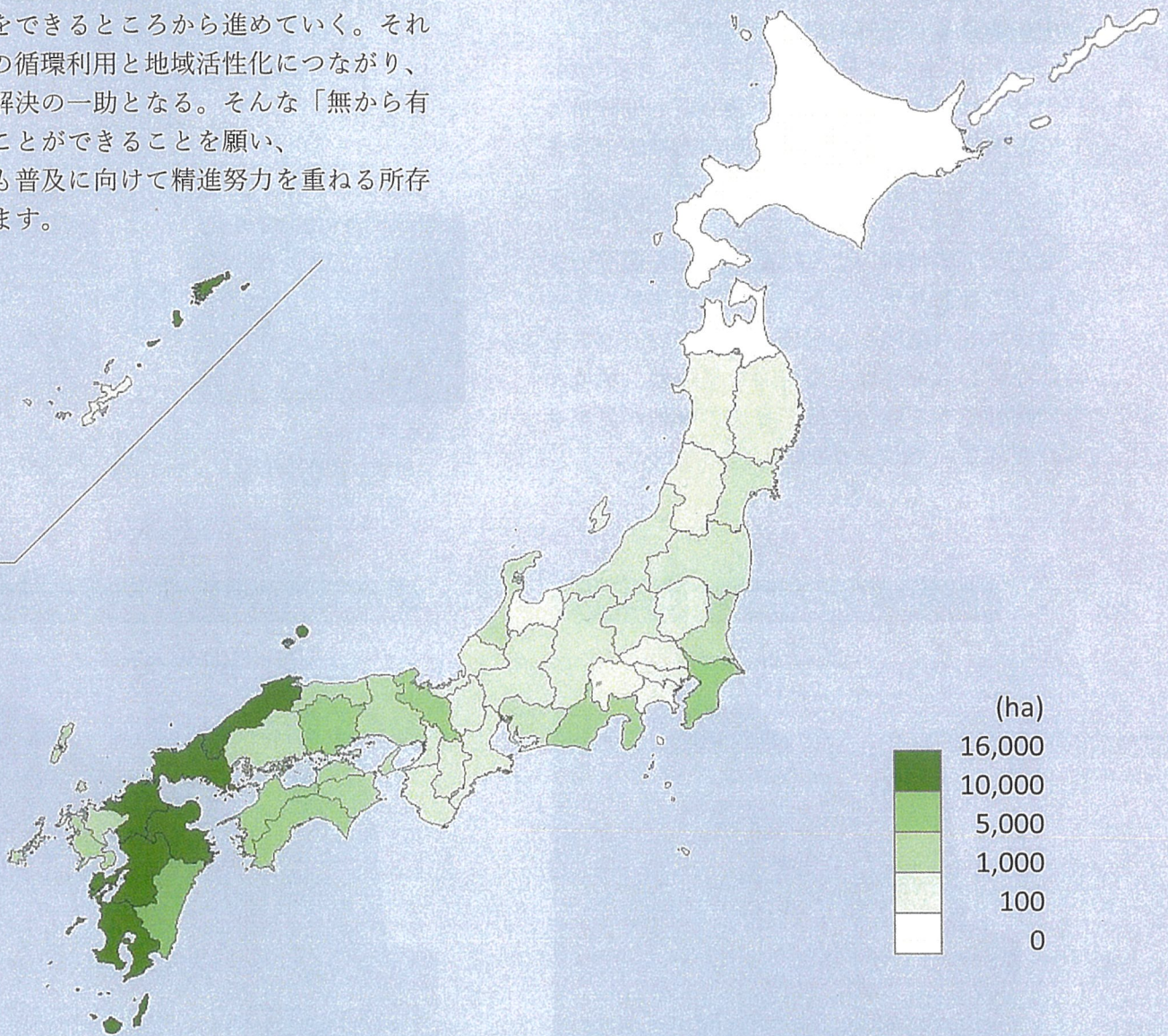
《無から有》を生む《打ち出の小槌》が現実味を・・・・・・・・

竹を育てるにはタネや苗は要らない。肥料や農薬も要らない。枯渴の心配がない。木を育てるなら30年、40年とかかるが、竹は2年で成竹になる。そんな特長を持つ竹を建設土木資材として活用できるようになれば、いわば《無から有》を生む《打ち出の小槌》を手にしたようなスゴイことになるのでは!?

地球環境問題が深刻化している今こそ、工業材料の補強材から自然素材である竹補強材への切り替えをできるところから進めていく。それが竹資源の循環利用と地域活性化につながり、地域課題解決の一助となる。そんな「無から有を生む」ことができることを願い、これからも普及に向けて精進努力を重ねる所存でございます。



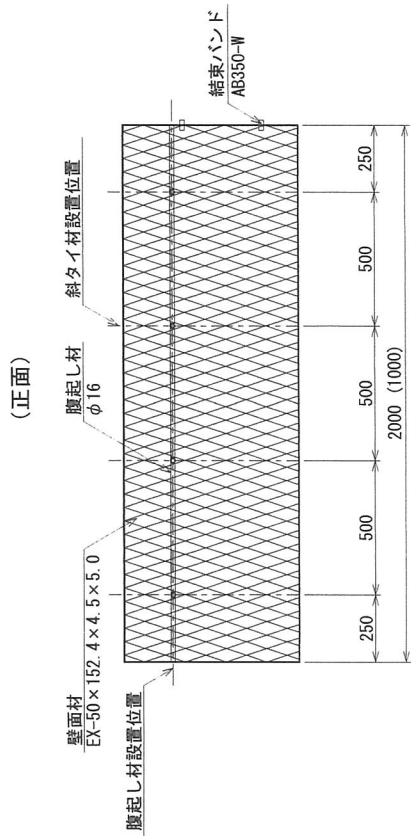
(放置竹林における作業状況：林野庁HPより)



バンブー補強土壁 - 緑化壁面 -

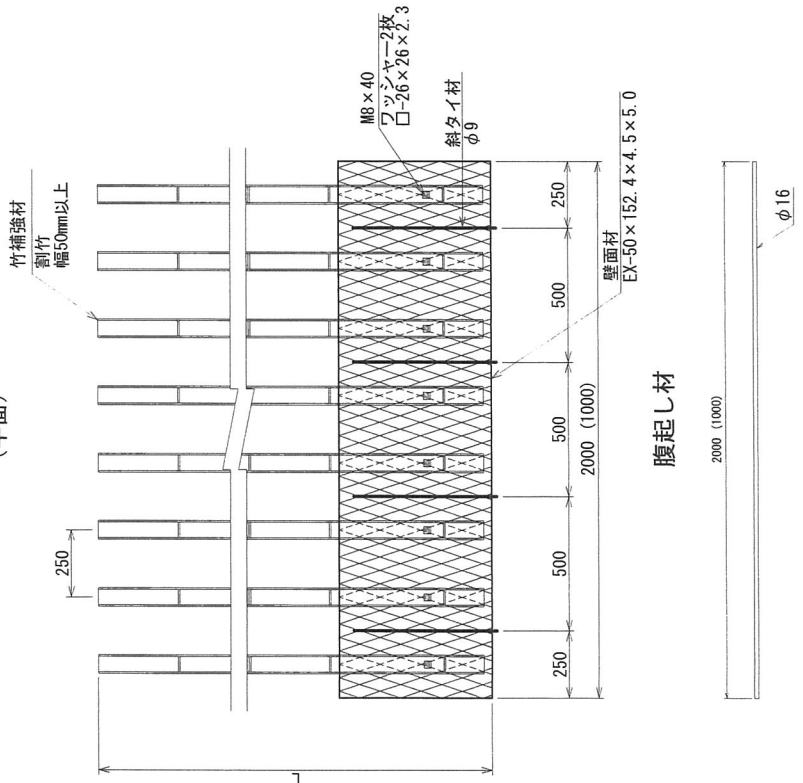
— (壁面勾配=1:0.2) —

構造詳細 S=1/20



(正面)

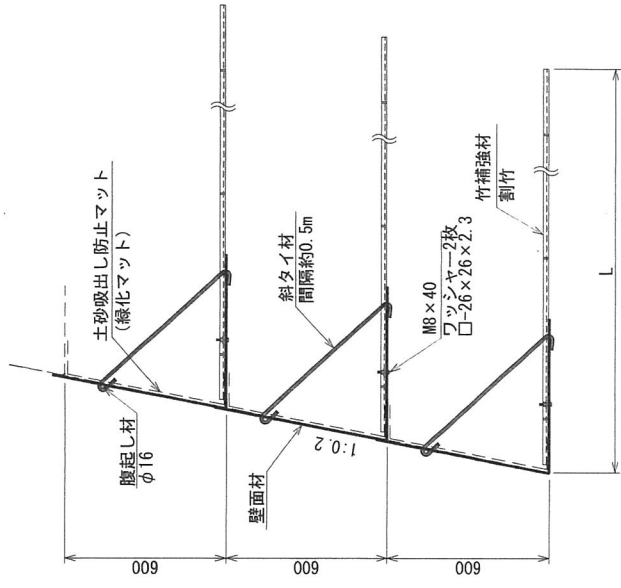
(平面)



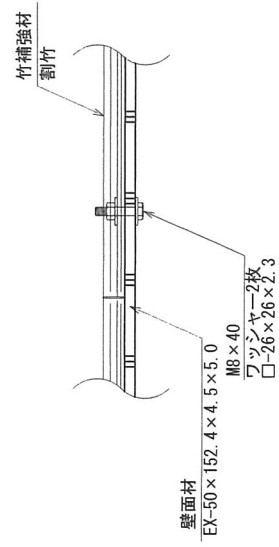
(平面)

腹起し材

積重ね断面 S=1/20



竹補強材連結詳細図 S=1/5



側面板

