

短 報 (Short Communication)

排水用竹粗朶の製作および設置コスト算出と歩掛の検討

山口 智^{1)*}、田中 良明¹⁾、鈴木 秀典¹⁾

要旨

横断排水溝としての竹粗朶^{そだ}を製作・設置する歩掛を明らかにするため、所要時間を算出するとともに、そのコストを明らかにした。製作過程をビデオ撮影して得た作業時間から、竹粗朶製作の歩掛は 0.032–0.049 人/体、設置段階まで含めた横断排水溝の歩掛は 0.067–0.084 人/基となった。想定する竹粗朶の製作にかかる作業時間を組み合わせ、材料費および燃料油脂代まで含めて積算した竹粗朶製作のコストは、1,137–1,649 円/体、設置段階まで含めた横断排水溝のコストは 1,886–2,398 円/基となった。

キーワード：横断排水溝、モウソウチク、粗朶、製作コスト、作業分析、歩掛

背景と目的

伐採搬出や造林保育を行っていくにあたって、林道や作業道に必要なインフラといえる。しかし、これらを作設した際、特に作業道では舗装を行わないことから、雨水や湧水などにより発生する路面の洗掘が問題となる。洗掘対策としてこまめな排水が必要であり、その手法の一つとして作業道の横断方向に溝を掘って路面上の水を谷側に排出させる方法がある。これは波型排水が轍によって機能しなくなった際や地形的に水が溜まりやすい箇所において特に有効であると考えられる。ただし、溝によって段差ができるため通行する車両が衝撃を受け、ハンドルをとられやすい、荷崩れの恐れがある、などの問題がある。

そこで筆者らは、「近年、竹林の放置とその拡大現象が顕著である」(鳥居・奥田 2010) ことが問題となっているモウソウチクを割って束にしたものを溝にはめ込むことで通水可能にしながら車両の通行を容易にする手法を試行し、有用性を明らかにした(山口ら 2010)。モウソウチクを割って束にしたものを以後では竹粗朶と称する。竹粗朶の仕様は長さ約 3 m、太さは 15–20 cm 程度の大きさである。モウソウチクを割って割竹にしたものや先梢部、枝などを化学繊維のロープで結束して製作される。これらの通水性能については、割竹のみを束ねたものと先梢部や枝も含めたもので比較している(山口ら 2020)。モウソウチクなどの竹類を森林土木構造物に利用する試みは他でも行われ、暫定歩掛が製作されている((社)日本治山治水協会・日本林道協会 2013)。竹粗朶においても普及を進めていくためには歩掛作成が必要である。そこで、これらを達成するために竹粗朶の製作工程における工期調査を行うとともに必要となる資材・油脂類の数量についても調査することで製作コストと設置コスト、歩掛に

ついて試算し、他の材料を使用した際と比較して優位性があるか検討した。

実験方法

竹粗朶を製作する様子を作業時間の分析を行うためにビデオ撮影し、動画を後から再生して作業ごとに区切って秒数を計上した(岡 2001)。2 人作業のときは 1 人 1 人の作業時間を合算した。作業に携わったものは 3 名おり、A、B、C とする。A は、森林作業はほとんど行わないが、竹粗朶の構造や製作方法については熟知している。B と C は、森林作業に普段から携わっているが、構造や製作方法は製作前に説明を受けた程度である。

竹林の皆伐などによって大量に伐採したものを利用する際には、1 番玉だけを用了竹粗朶の製作が可能であると考えられるが、伐採された竹の本数が少ない場合には、玉切りされたモウソウチク 1 本分をチェーンソーで枝払いして製作することも想定し、使用する部分や本数に違いのある 3 種類を製作した。製作した竹粗朶の内容と撮影した年月日は次のとおりである。なお、玉切りはすべて約 3 m で行っている(Table 1)。

(α) 1 番玉(枝なし) 3 本分の割竹による竹粗朶を 2018 年 9 月 5 日に 1 体分、同 11 日に 2 体分。A が担当。(Photo 1)

(β) 1 番玉(枝なし) 1 本分と 2 番玉(チェーンソーで枝を払い、その枝は使用せず) 1 本分の割竹と割らずにそのまま入れる先梢(枝付き、枝払い無) 1 本による竹粗朶を 2019 年 1 月 17 日に 3 体分。B と C が担当。(Photo 2)

(γ) 1 番玉(枝なし) 1 本分と 2 番玉(枝は鉋で払い、粗朶に使用) 1 本分の割竹と割らずにそのまま入れる先梢(枝付き、枝払い無) 1 本による竹粗朶を 2019 年 7 月 11 日に 3 体分。A が担当。(Photo 3)

撮影された動画を再生して、それぞれ以下の作業要素

原稿受付：令和 3 年 9 月 22 日 原稿受理：令和 4 年 5 月 25 日

1) 森林総合研究所 林業工学研究領域

* 森林総合研究所 林業工学研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1



Photo 1. (α) 1 番玉 (枝なし) 3 本分の割竹による竹粗朶



Photo 2. (β) 1 番玉 (枝なし) 1 本分と 2 番玉 (チェーンソーで枝を払い、その枝は使用せず) 1 本分の割竹と割らずにそのまま入れる先梢 (枝付き、枝払い無) 1 本による竹粗朶



Photo 3. (γ) 1 番玉 (枝なし) 1 本分と 2 番玉 (枝は鉋で払い、粗朶に使用) 1 本分の割竹と割らずにそのまま入れる先梢 (枝付き、枝払い無) 1 本による竹粗朶

に分類した。

(α) 稈割り、そろえ並べ、結束、その他

(β) 機械枝払い、稈割り、先梢追加、そろえ並べ、結束、その他

(γ) 人力枝払い、稈割り、先梢追加、枝入れ、そろえ並べ、結束、その他

それぞれの作業要素についての説明を以下で行う。機械枝払いはチェーンソーで枝払いをする作業である。竹稈 1 本分の全時間を合算した。人力枝払いは鉋で枝払いをする作業である。竹稈 1 本分の全時間を合算した。稈割りは 1 番玉や 2 番玉を竹割器で割る作業である。竹稈 1 本ごとの時間を抽出した。先梢追加は先梢部を加える作業である。竹粗朶 1 体分の全時間を合算した。そろえ並べは材料をそろえて並べる作業である。竹粗朶 1 体分の全時間を合算した。結束はロープで割竹や枝、先梢を結束する作業である。(α) と (β) では 3 か所結束したが、製作後移動させる際に結束箇所を持つことで不便を感じたため、(γ) では中心部の結束箇所 2 か所を含む 4 か所としたことから、竹粗朶 1 体分の全時間を合算し、結束箇所数で割ることとした。その他は、本来、製作工程で不要だった動きについて合算したもので、小休止する、順番を確認する、新たに必要になった道具を取りに行く、が含まれる。竹粗朶 1 体分の全時間を合算した。

設置の際には素掘りの横断排水溝を掘削して溝に嵌合するように設置を行うことから、既存の歩掛を基に設置の作業時間とコストを検討した。

結果と考察

各竹粗朶の実作業時間は以下のとおりであった。

(α) 1 体目：601 秒、2 体目：990 秒、3 体目：875 秒。

(β) 1 体目：914 秒、2 体目：495 秒、3 体目：572 秒。

(γ) 1 体目：1185 秒、2 体目：898 秒、3 体目：1241 秒。

各作業要素の作業時間を集計した結果、各作業要素の平均値は Table 2 のようになった。機械枝払いと人力枝払いでは、機械枝払いは 43.0 秒 / 本であるのに対して、人力枝払いは 178.7 秒 / 本と約 4.2 倍の時間がかかった。稈割りは 1 番玉も 2 番玉も含まれるが、1 番玉は合わせて

Table 1. 製作した竹粗朶の仕様一覧

	長さ	1 番玉 (枝なし)	2 番玉	枝払い	枝挿入	先梢挿入
(α)	3 m	割竹 (約 3 m) 3 本分	なし	なし	なし	なし
(β)	3 m	割竹 (約 3 m) 1 本分	割竹 (3 m) 1 本分	機械	なし	あり
(γ)	3 m	割竹 (約 3 m) 1 本分	割竹 (3 m) 1 本分	鉋	あり	あり

使用した竹：全長が 10 m 前後。太さについて、今回は実際に測定していなかった。

参考までに、ここで製作した竹粗朶の材料のモウソウチクが収穫された森林総合研究所構内で同様に収穫されたモウソウチクの寸法を紹介する。なお、元口径と末口径は長径と短径の平均である。

1 番玉：長さ 326 cm、元口径 12.50 cm、末口径 8.13 cm

2 番玉：長さ 326 cm、元口径 8.07 cm、末口径 5.01 cm

3 番玉：長さ 327 cm、元口径 5.01 cm、末口径 1.76 cm

先梢部：長さ 195 cm、元口径 1.69 cm

Table 2. 作業要素別の平均作業時間

作業要素	平均作業時間	繰り返し数
人力枝払い	178.7 秒 / 稈 1 本	3
機械枝払い	43.0 秒 / 稈 1 本	3
稈割り	139.7 秒 / 稈 1 本	21
先梢追加	24.0 秒 / 体	6
枝入れ	105.3 秒 / 体	3
そろえ並べ	66.7 秒 / 体	9
結束	82.0 秒 / 箇所	30
その他	76.8 秒 / 体	9

15本、2番玉は合わせて6本使用した。両者に違いがないか Mann-Whitney 検定を行った。1番玉と2番玉の本数をそれぞれ n_1 、 n_2 、統計量を U とする。 $n_1 = 15$ 、 $n_2 = 6$ であることから $n_1 \cdot n_2 = 90$ となり、 $U = 64$ 、両側確率 $P < 0.05$ となる有意点は $\{19, 71\}$ で、 $19 < U < 71$ により両者に偏りがないという仮定は棄却できない。そこで以下ではまとめて竹稈とする。先梢追加は 24.0 秒 / 体に対して枝入れは 105.3 秒 / 体と約 4.4 倍の時間がかかったが、これは先梢のパーツが1つであるのに対して、枝は何本も枝払いされたところから拾って加えることがその原因と考えられる。「その他」は順番を確認する、道具を取りに行くといったイレギュラーな要素であることから、作業が順調に進んだ場合にはこれは限りなく小さくなると考えられる。

ここで、竹粗朶の構成要素の略称として、竹稈・先梢・枝の組み合わせを「枝込」、竹稈・先梢の組み合わせを「枝抜」、竹稈3本の組み合わせを「割3」とする。枝払いの略称としてチェーンソーを使用した機械枝払いの場合を「機械」、鉋を使用した人力枝払いの場合を「鉋」、材料が現場に搬入される際にあらかじめ2番玉の枝が払われているなど、製作時に枝払いが必要ない場合は枝払いを行

わないことから「無」とする。結束箇所数についての略称は「X結（例：3結、4結）」とする。組み合わせの呼称は以上の略称を用いて、例えば、竹稈・先梢・枝の組み合わせにチェーンソー使用で枝払いをして3か所で結束したものを枝込+機械+3結とする。

Table 2 をもとにして竹粗朶の構成要素、枝払い方法、結束箇所数の違いごとに所要時間を積算すると Fig. 1 のようになる。結束箇所数が1か所増えることで所要時間に 82.0 人・秒の増加が見込まれる。

以上から、竹粗朶の製作部分の所要時間を試算すると、比較したパターンのうち最も所要時間が短いのは、枝抜+無+3結で 693 人・秒となる。最も所要時間が長くなるのは、枝込+鉋+4結で 1,059 人・秒となった。この所要時間から1日6時間労働としたときの歩掛は、0.032–0.049 人 / 体となる。

竹粗朶の製作コストとしては、1. 材料であるモウソウチクの入手コスト（これに玉切りまでのコストを含む）、2. モウソウチクを割って束ねるまでのコスト、3. 結束材料であるロープの価格、4. チェーンソーを使用した場合には燃料油脂代、が含まれると考えられる。このうち、1. は入手ルートが多岐にわたると考えられるため、本論での

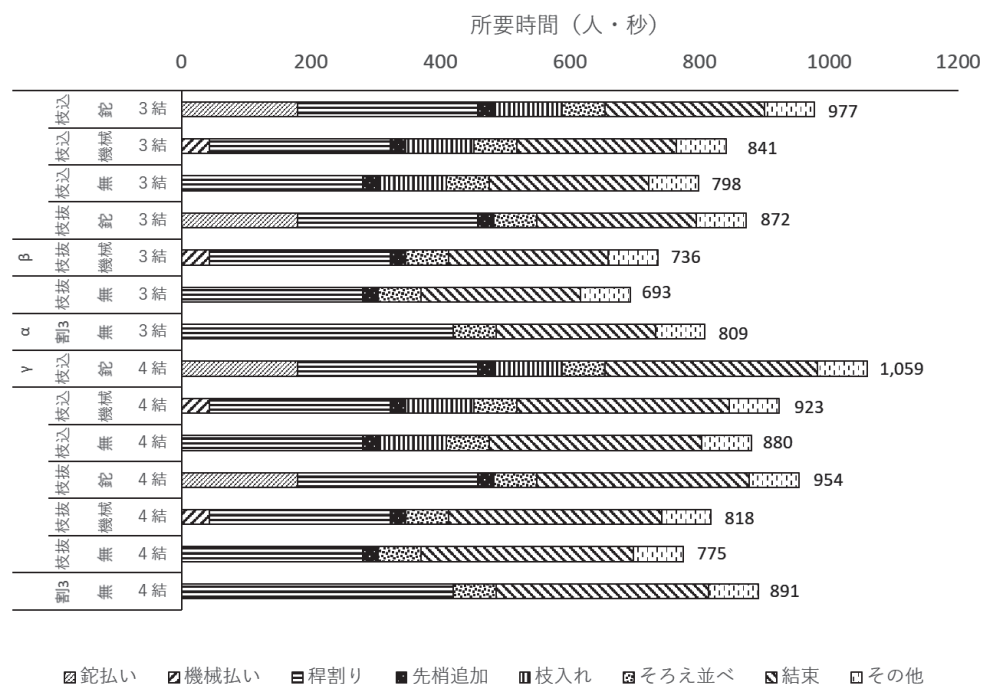


Fig. 1. 作業要素別平均値をもとにした各組合せにおける予測所要時間

左の系列名の略称の注釈：

α、β、γ：作業要素抽出のために実際に製作したタイプ (Photo1–3)

枝込：1番玉と2番玉、2番玉から落とされた枝、先梢による竹粗朶

枝抜：1番玉と2番玉と先梢による竹粗朶

割3：1番玉の竹稈3本の割竹による竹粗朶

機械：チェーンソーを使用して枝払いを実施

鉋：鉋を使用し手動での枝払いを実施

無：材料が現場に搬入される際にあらかじめ2番玉の枝が払われているなど、製作時に枝払いの必要が無い場合

3結 or 4結：結束箇所数

竹粗朶製作コストの検討は2.と3.と4.について行う。

所要時間を基準賃金と突き合わせて人件費を算出する。例として静岡県有林における普通作業員の人件費は21,400円/日、特殊作業員の人件費は22,600円/日(静岡県経済産業部森林・林業局森林整備課2021)であり、ここではいずれも所定労働時間内8時間当たり金額(静岡県交通基盤部建設経済局技術調査課2021)である。チェーンソーで枝払いをする場合のみに特殊作業員の人件費を用いる。歩掛計算の際は1日の実働時間を6時間(岡2001)とした。上記の方法により所要時間から人件費を算出すると、最も所要時間が短い、枝込+無+3結による竹粗朶製作は、所要時間が693人・秒=0.1925人・時間=0.03208人・日であることから、人件費は687円となる。これに対して最も所要時間が長い、枝込+鉋+4結による竹粗朶製作は、所要時間が1,059人・秒=0.294人・時間=0.049人・日であることから、1,049円となる。

結束に使用されるロープの価格について、インターネット通信販売の市況価格によれば使用したポリエステル9mm径のトラックロープ20mの価格は税抜きで1,500円~3,000円である。そこで、高く見積もっても1mあたり150円、結束1か所で約1m使用するため、3結で450円、4結で600円と仮定できる。

チェーンソーを使用した場合には燃料油脂代が追加さ

れる。混合油の価格を136円/L、チェーンオイルの価格を290円/L(静岡県経済産業部森林・林業局森林整備課2021)とする。作業員からの聞き取りによると、使用したチェーンソーには混合油300ml、チェーンソーオイル150ml入れることができる。作業員によれば、モウソウチク10本の伐倒・造材と竹3本分の枝払いを通して、タンク容量に対して消費したのは半分以上7割未満の範囲ということであった。そのうち、枝払いで使用されたのは60~70%であった。これは枝払い時には連続してエンジンをふかすために燃料の消費量が多くなるということであった。この聞き取りから、燃料の消費は全体でタンク容量比60%、その内訳として、枝払いで65%であったと仮定して燃料消費量を計算したところ、伐倒・造材では混合油63ml、チェーンソーオイル31.5ml、枝払いでは混合油117ml、チェーンソーオイル58.5mlとなった。この結果と燃料油脂代の単価から、136(円/L)×117(ml)/1000=15.912、290(円/L)×58.5(ml)/1000=16.965、15.912+16.965=32.877であることから、竹3本分の枝払いにかかる分の費用は33円、竹1本あたりに直すと11円となった。

以上の要因を合算した結果、Fig.2のようになる。最も安価に制作できるのは竹粗朶1体当たりモウソウチク1本分の竹程・先梢を使用する枝抜+無+3結で1,137円/

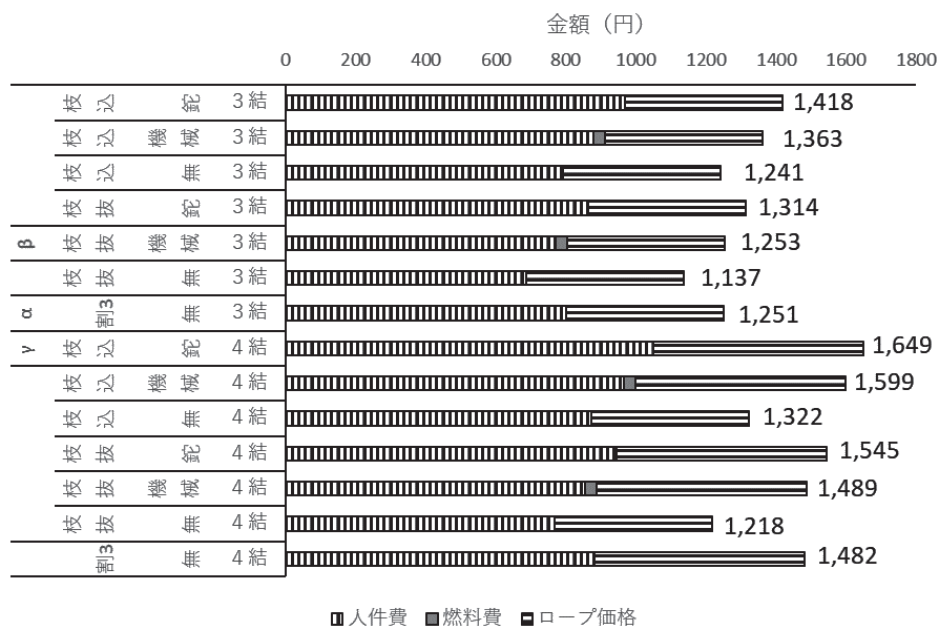


Fig.2 各組合せにおける費用と内訳

左の系列名の略称の注釈:

α、β、γ: 作業要素抽出のために実際に製作したタイプ (Photo1-3)

枝込: 1番玉と2番玉、2番玉から落とされた枝、先梢による竹粗朶

枝抜: 1番玉と2番玉と先梢による竹粗朶

割3: 1番玉の竹程3本の割竹による竹粗朶

機械: チェーンソーを使用して枝払いを実施

鉋: 鉋を使用し手動での枝払いを実施

無: 材料が現場に搬入される際にあらかじめ2番玉の枝が払われているなど、製作時に枝払いの必要が無い場合

3結 or 4結: 結束箇所数

体であった。最も高くなるのは竹粗朶 1 体当たりモウソウチク 1 本分全部を使用する枝込 + 鉋 + 4 結で 1,649 円 / 体であった。

設置の歩掛は次のように考えられた。素掘りの掘削は国土交通省の積算パッケージ型積算基準にある人土工の歩掛 (国土交通省 2012) によれば粘性土・砂・砂質土・レキ質土における人力掘削 (床掘り) 歩掛は普通作業員で 3.9 人 / 10 m³ であることからこれを採用した場合、一貫して普通作業員が作業したとすると、0.15 m 幅、0.15 m 深さの溝を路肩まで含めて 4 m 掘削した場合、掘削量は 0.09 m³ となり、掘削分の歩掛は 0.035 人となる。これに竹粗朶の製作部分の歩掛を含めると 0.067–0.084 人 / 基となる。

続いて、設置まで含んだコストについて検討を行う。普通作業員の人件費は 21,400 円 / 日であることから、掘削分の歩掛 0.035 人より、掘削分の人件費は 749 円になる。これを加えることで粗朶製作から設置まですべて含んだ経費は、例えば枝抜 + 無 + 3 結タイプだと 1,886 円、枝込 + 鉋 + 4 結タイプだと 2,398 円となる。

では、これがどれくらいコスト抑制につながるか考察する。ただし、各工法における排水能力には差異があると考えられるのでその点は考慮する必要がある。インターネット通販サイトで検索すると、横断排水溝に用いるほかの素材自体の価格は、コンクリート製 U 字溝では 150 mm × 150 mm × 600 mm のもので 989 円であるから 3 m (= 3,000 mm) では 4,945 円、プラスチック製 U 字溝で 150 × 150 × 1,000 mm のもので 5,700 円であるから 3 m (= 3,000 mm) では 17,100 円、グレーチングがこれらに対応するものでは 600 mm で 1,590 円であるから 3 m (= 3,000 mm) 分では 7,950 円、1,000 mm で 2,190 円であるから 3 m (= 3,000 mm) 分では 6,570 円と、3 m 分を作ろうとした場合にコンクリート U 字溝とグレーチングの組み合わせで 11,515 円、プラスチック製 U 字溝とグレーチングの組み合わせで 23,670 円と、材料費だけで 10,000 円を超える。ゴムと丸太を用いる木製簡易横断排水溝については現場で自作した場合には、10 m あたりで 12,118 円としており、2.5 m のもので 3,029 円 (静岡県経済産業部森林・林業局森林整備課 2021) というのである。これに則り 3 m あたりに直すと 3,635 円となる。ここでは丸太が現地発生材のため 0 円と計上されており、今回試算を行った竹粗朶の材料も現地発生材として 0 円で入手できると考えた場合にはゴムと丸太を用いて現場施工を行う木製簡易横断排水溝よりも安価で済むことになる。

おわりに

主に作業道の横断排水を目的とする竹粗朶を利用した排水溝を作設することを仮定して、製作から設置までの歩掛とコストを検討した。その結果、竹粗朶の製作にかかる歩掛は 0.032–0.049 人 / 体、材料費および燃料油脂代まで含むコストは、1,137–1,649 円 / 体であった。既存の歩掛から掘削時の人工数を算出した結果、設置段階まで

含めた横断排水溝の歩掛は 0.067–0.084 人 / 基、コストは 1,886–2,398 円 / 基、となった。この結果とほかの素材で横断排水溝を設置する際のコストを比べてもほかの素材による横断排水溝よりさらにコストを抑えた設置が可能であった。竹粗朶を活用した排水処理方法を導入することで路網の作設コストが安価で済み、排水処理が適切に行われ、継続的に路網が利用可能になることで長期的に事業体全体の収支改善につながると考えられる。

謝辞

材料であるモウソウチクの供給および製作、時間観測を行うにあたり、森林研究・整備機構森林総合研究所企画部研究管理科実験林室のご協力をいただいた。また、本研究は (国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクト (課題番号 201805) の研究成果である。ここに記し謝意を示すものである。

引用文献

- 国土交通省 (2012) “施工パッケージ型積算基準 (平成 24 年 10 月 1 日以降入札を行う工事から適用)”, 国土交通省, 198–199,
<https://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekkei/pdf/240508sekoupackage2.pdf>, (参照 2022-01-25).
 (社) 日本治山治水協会・日本林道協会 (2013) 平成 25 年版森林土木製構造物施工マニュアル. (社) 日本治山治水協会・日本林道協会, 276, 302, 316.
 岡 勝 (2001) 生産性の把握. 全国林業改良普及協会編 “機械化のマネジメント”. (社) 全国林業改良普及協会, 90–104.
 岡 勝 (2001) 生産システムの選択. 全国林業改良普及協会編 “機械化のマネジメント”. (社) 全国林業改良普及協会, 105–123.
 静岡県経済産業部森林・林業局森林整備課 (2021) “令和 3 年度県営林事業設計単価表”, 静岡県, 18pp,
<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-630/keneirin/documents/tanka.pdf>, (参照 2021-12-9).
 静岡県交通基盤部建設経済局技術調査課 (2021) “令和 3 年 3 月から適用する静岡県建設資材等価格表 (公共工事設計労務)”, 静岡県, 16pp,
<http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-130/tanka/documents/koujiroumur303.pdf>, (参照 2021-12-9).
 鳥居 厚志・奥田 史郎 (2010) タケは里山の厄介者か? . 森林科学, 58, 2–5.
 山口 智・鈴木 秀典・田中 良明・池田 伸 (2010) 竹製横断排水溝の製作と設置された作業道への影響. 関東森林研究, 61, 249–252.
 山口 智・鈴木 秀典・田中 良明 (2020) 竹粗朶の通水性. 日本森林学会大会学術講演集, 131, 182.

Determination of production cost, installation cost and examination of steps involved in bundled bamboo for drainage

Satoshi YAMAGUCHI^{1)*}, Yoshiaki TANAKA¹⁾ and Hidenori SUZUKI¹⁾

Abstract

To determine the unit work efficiency required to fabricate and install the bamboo strips as cross-drainage ditches, the time required was calculated, and the fabrication and installation cost was determined. Based on the number of working hours spent on the fabrication process, that were obtained via video recording, the efficiency for unit work of the bamboo strips was estimated to be 0.032–0.049 man/unit, and the efficiency for unit work of the cross-drainage ditch including the installation stage was calculated to be 0.067–0.084 man/unit. The cost of the cross-drainage ditches including the installation stage was estimated to be 1,886–2,398 yen/unit, and that of the materials and fuel oil was estimated to be 1,137–1,649 yen/unit.

Key words : cross drainage facility, Moso bamboo, brush, production cost, working analysis, efficiency for unit work

Received 22 September 2021, Accepted 25 May 2022

1) Department of Forest Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* Department of Forest Engineering, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN

森林総合研究所研究報告 第 21 巻 3 号, 2022 |