

平成15年度  
間伐材を利用した建設構造物の強度な  
どについての研究（間伐材ブロック）  
報 告 書

平成16年2月

岐阜社会基盤研究所  
（社）益田建設業協会

# 目 次

## 第1章 はじめに

|     |                             |   |
|-----|-----------------------------|---|
| 1.1 | 研究目的                        | 4 |
| 1.2 | 研究組織                        | 4 |
| 1.3 | 研究経緯                        | 4 |
| 1.4 | 研究スケジュール                    | 4 |
|     | 間伐材建設構造物の強度等についての研究 取り組みフロー | 5 |
| 1.5 | 成果概要                        | 6 |

## 第2章 予備調査

|     |        |    |
|-----|--------|----|
| 2.1 | 類似工法調査 | 7  |
| 2.2 | 計算因子調査 | 9  |
| 2.3 | 設計方法調査 | 12 |
| 2.4 | 歩掛り調査  | 13 |

## 第3章 沐沐ブロック開発の流れ

|     |            |    |
|-----|------------|----|
| 3.1 | 試作品開発と試験施工 | 14 |
| 3.2 | 改良型開発と試験施工 | 17 |

## 第4章 沐沐ブロック（最終モデル）の開発

|     |          |    |
|-----|----------|----|
| 4.1 | 製品提案     | 23 |
| 4.2 | 安定計算     | 23 |
| 4.3 | 暫定施工歩掛   | 30 |
| 4.4 | 施工要領     | 31 |
| 4.5 | PRパンフレット | 31 |

## 添付資料

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| 添付資料1 | PRパンフレット                |
| 添付資料2 | 施行要領                    |
| 添付資料3 | 歩掛り表                    |
| 添付資料4 | 沐沐ブロック（最終モデル）安定計算書      |
| 添付資料5 | 沐沐ブロック（改良モデル）安定計算書      |
| 添付資料6 | 平成15年度社会基盤研究所発表会資料（PPT） |
| 添付資料7 | 平成15年度治山林道研究発表会資料（PPT）  |
| 添付資料8 | 新聞記事                    |

# 第1章 はじめに

## 1.1 研究の目的

県土保全のため間伐の実行が課題であり、間伐材の利用促進が求められている。これまでの間伐材は、修景、補助資材、構造上の強度が必要でない箇所に主に使用されてきた。今後、間伐材の利用拡大のためには、必要な強度を有する建設構造物として利用するなど、新たな利用方法を確立する必要がある。

このため、構造物の強度実験等の実施・分析により、建設構造物としての利用促進のための研究を行う。

間伐材構造物は、強度が一定でない、必要な強度が確保できない、そもそも強度実験データがない、などの理由により、建設構造物としてはほとんど利用されていない。

間伐材の新たな利用方法を確立し、間伐材の利用拡大を図る。

## 1.2 研究組織

(社)益田建設業協会(沐沐委員会) : 工法提案、試験施工、とりまとめ  
岐阜大学 社会基盤工学科 本城研究室 : 強度計算等  
岐阜県建設研究センター : 積算基準、施工基準  
協力・・・岐阜社会基盤研究所  
推薦・・・(社)岐阜県建設業協会  
工法発案・・・酒井 且  
特許出願・・・(社)益田建設業協会・酒井 且  
特願 2003-062276

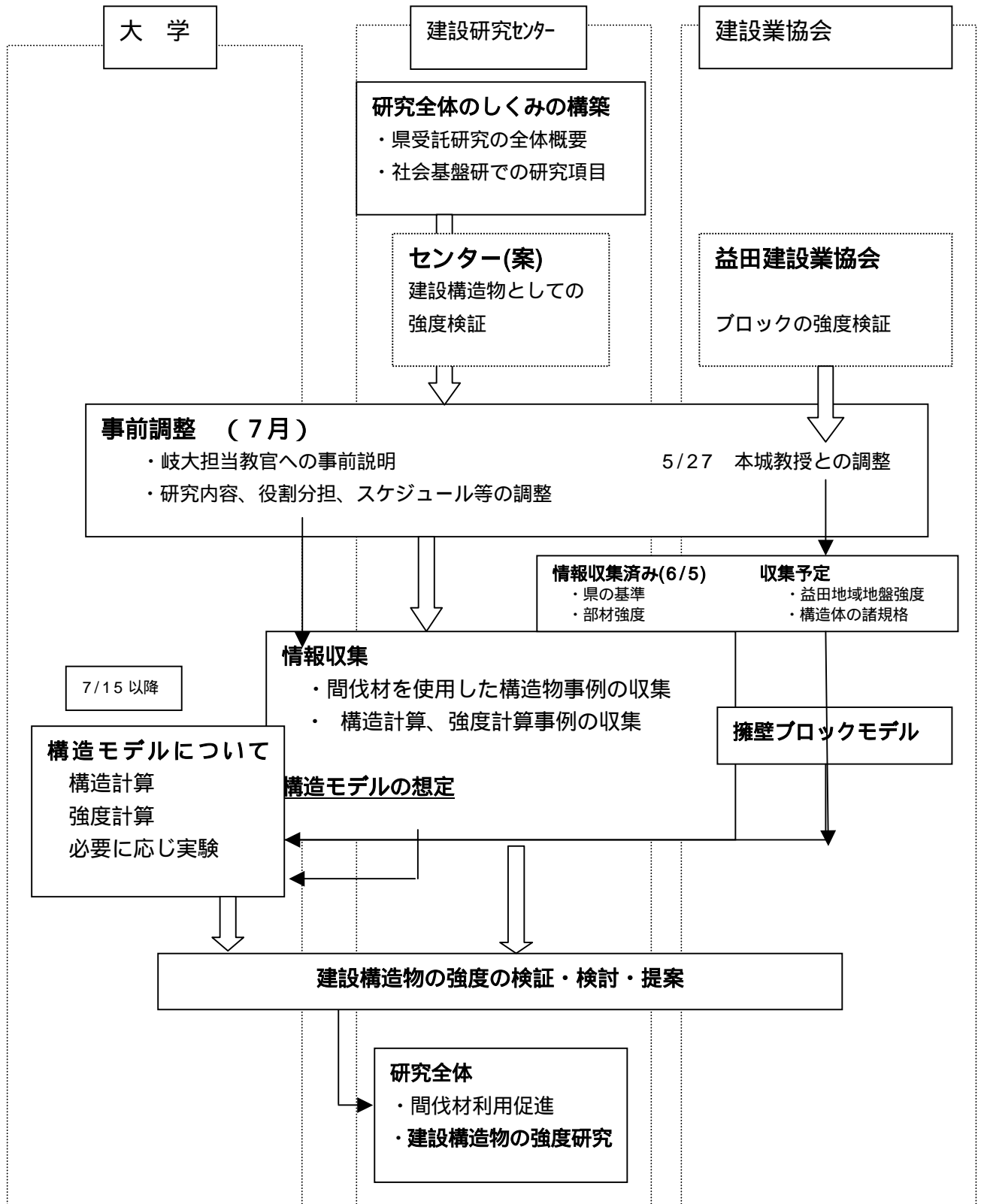
## 1.3 研究経緯

(社)益田建設業協会の会員は、公共事業への依存度が高く、経営体質が受身体質となっています。そこで、意識改革を進め提案型建設業者への転換を目指しました。岐阜県では県土保全のため、間伐の実行が課題であり、間伐材の利用促進が求められていることから、人工林率が高い益田地域の間伐材の利用を目指して、新しい形での間伐材ブロックの開発に取り組みました。更には、会員の意識を高めるため開発した間伐材ブロックの特許申請も行いました。

## 1.4 研究スケジュールと研究フロー

- ・平成15年5月～6月  
間伐材の単木の曲げ強さ等材料強度、耐久性についての検討  
擁壁の安定計算  
地盤指示力の調査及び検討
- ・平成15年7月～10月  
試作品の作成  
試験施行の実施、現地検討
- ・平成15年11月～12月  
歩掛り及び施行基準の決定  
ブロックの改良
- ・平成16年1月～2月  
パンフレット作成  
研究結果の取りまとめ

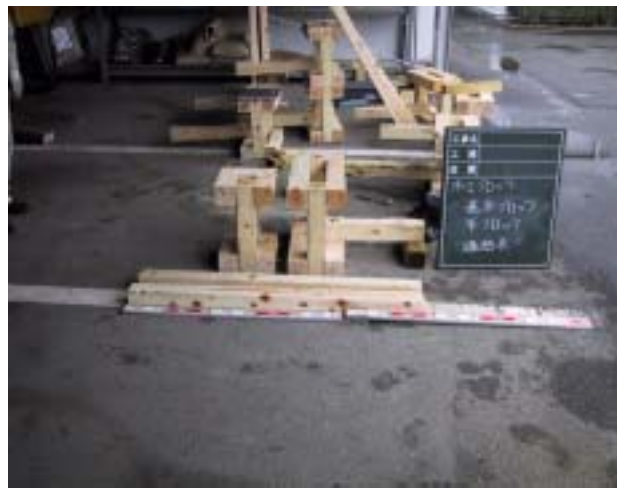
# 間伐材建設構造物の強度等についての研究 取り組みフロー



## 1.5 成果概要

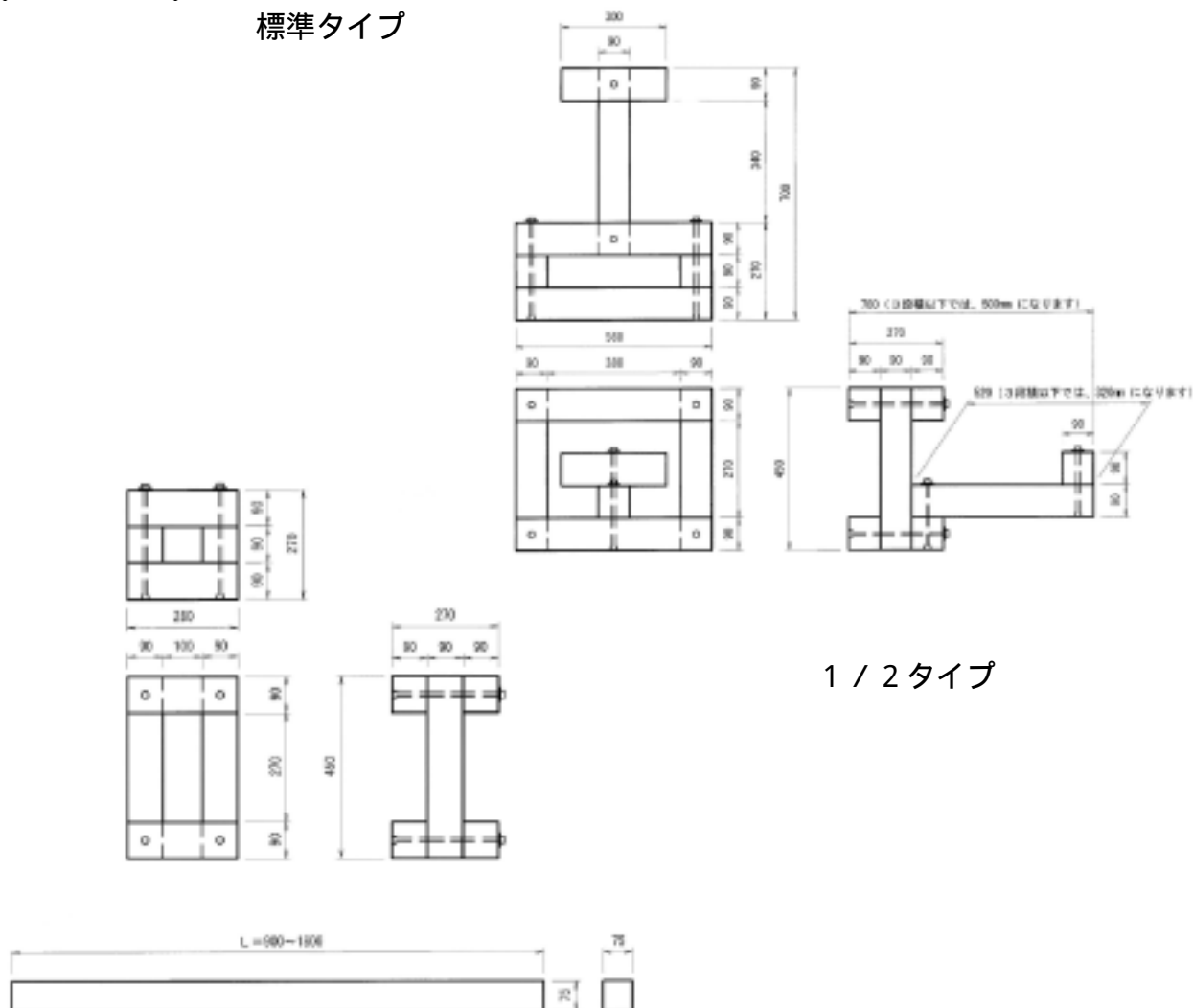
間伐材ブロックの新製品として「沐沐ブロック」を開発した。本製品は従来の間伐材ブロックより大幅に施工性がよくなっており、現場での施工人区や時間が縮減されている。間伐材ブロックの標準タイプの決定、安定計算、暫定歩掛かり、施工要領およびPRパンフレットをとりまとめた。

### 1.5.1 沐沐ブロック形状寸法 (製品写真)



### (製品標準図)

#### 標準タイプ



#### 1/2タイプ

### 1.5.2 組み立て状況写真



### 1.5.3 間伐材ブロックの積み高とブロックの控え長

| 積み段数 | 法長    | 控え長  | 連結木   |
|------|-------|------|-------|
| 2 段  | 0.90m | 0.5m | 0.9m  |
| 3 段  | 1.35m | 0.5m | 1.35m |
| 4 段  | 1.80m | 0.7m | 0.68m |
|      |       |      | 1.12m |

### 1.5.4 暫定歩掛

最終型ブロック積工 防腐処理有り

10 m<sup>2</sup> 当たり

| 名称     | 形状寸法                  | 単位             | 数量   | 単価     | 金額      |
|--------|-----------------------|----------------|------|--------|---------|
| 木製ブロック | 0.72m × 0.36m × 0.27m | m <sup>2</sup> | 10   | 20,061 | 200,610 |
| 連結木    | L=0.9m D=8 cm         | 本              | 52   | 700    | 36,400  |
| 世話役    |                       | 人              | 0.13 | 23,400 | 3,042   |
| 普通作業員  |                       | 人              | 1.25 | 15,800 | 19,750  |
| 諸雑費    | 労務費の合計                | %              | 4    | 228    | 912     |
| 計      |                       |                |      |        | 260,714 |

最終型ブロック積工 防腐処理無し

10 m<sup>2</sup> 当たり

| 名称     | 形状寸法                  | 単位             | 数量   | 単価     | 金額      |
|--------|-----------------------|----------------|------|--------|---------|
| 木製ブロック | 0.72m × 0.36m × 0.27m | m <sup>2</sup> | 10   | 15,046 | 150,460 |
| 連結木    | L=0.9m D=8 cm         | 本              | 52   | 500    | 26,000  |
| 世話役    |                       | 人              | 0.13 | 23,400 | 3,042   |
| 普通作業員  |                       | 人              | 1.25 | 15,800 | 19,750  |
| 諸雑費    | 労務費の合計                | %              | 4    | 228    | 912     |
| 計      |                       |                |      |        | 200,164 |

#### 1.5.5 施工要領とPRパンフレット

- ・ 施工要領 添付資料1
- ・ PRパンフレット 添付資料2

## 第2章 予備調査

間伐材ブロックを開発するに当たって、類似工法の有無、設計因子(地質、間伐材強度、耐久性等) 設計方法、類似歩掛かりの調査を実施し、各種パラメーターの設定をした。

### 2.1 類似工法調査

#### 2.1.1 文献調査

間伐材利用工法を整理した文献として以下のものが出版されている。

(全国)

間伐材で創る公共空間 / (社)全国林業改良普及協会 / 2000

治山事業における木材木製品使用事例集 / 治山技術研究会 / H10

風倒木間伐材等利用事例集 / 風倒木間伐材等用途開発研究会 / H6

(岐阜県)

間伐材等小径木土木関連工事事例集 / 岐阜県 / H15

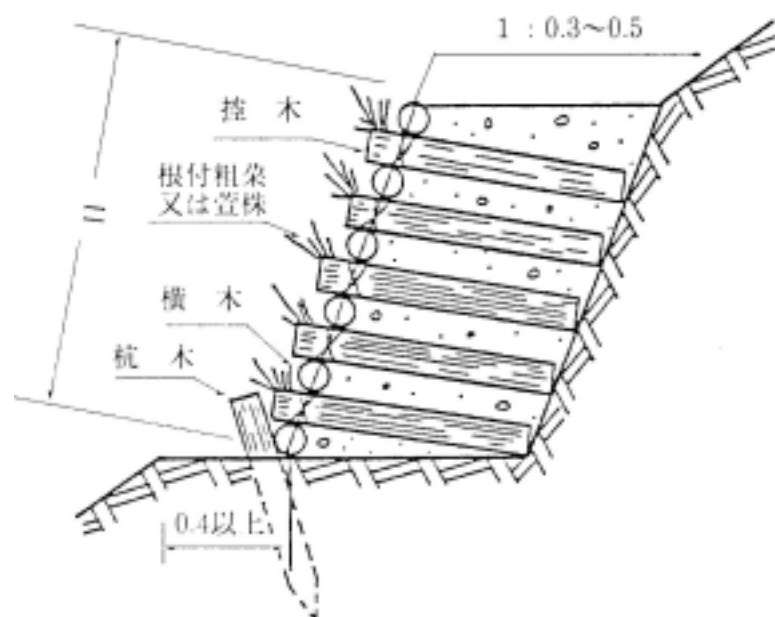
岐阜県間伐材製品 / 岐阜県 / H15

#### 2.1.2 類似工法の概要

高さ1.5m程度の積み高の木製土留工は、大きく分類すると丸太を組み合わせて積み上げるタイプ(丸太積み工)と既製品ブロックを積み上げるタイプ(木製ブロック積み工)の2種類がある。いずれの方法も森林整備必携の中に標準工法として位置づけられている。しかしながら、現場施工に非常に手間を要するとか、製品重量が重いとか組み立てが難しいなどの欠点がある。

#### 1) 丸太積み工

施工標準図

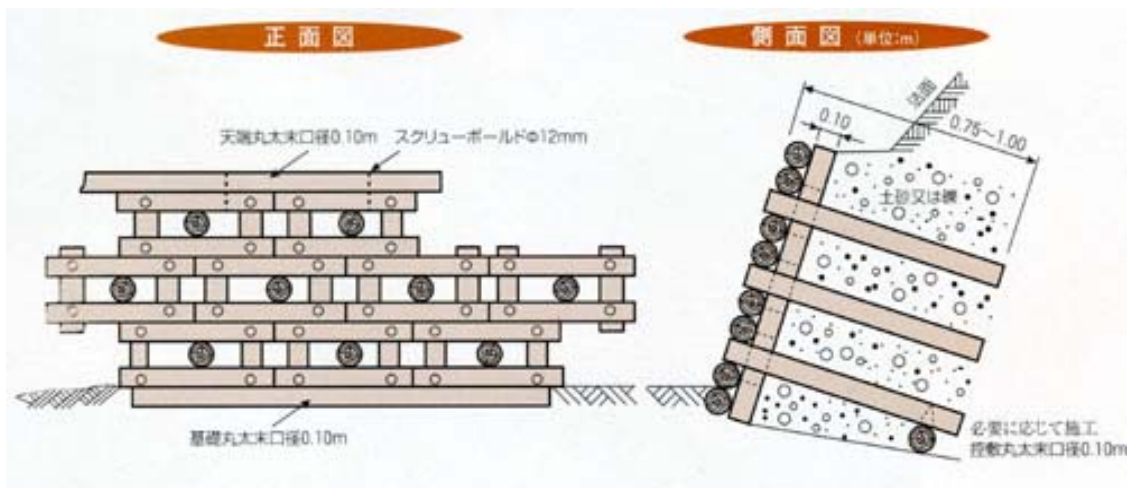




## 施工状況写真



## 2) 木製ブロック積工 (ウッドブロック) 施工標準図



## 施工状況写真



## 2.2 計算因子調査

間伐材ブロックによる土留工の安定計算をするに当たって、安定計算に必要なパラメーターとして、益田地域の地盤指示力、土質、間伐材の強度の調査を実施し、パラメーターの設定をした。

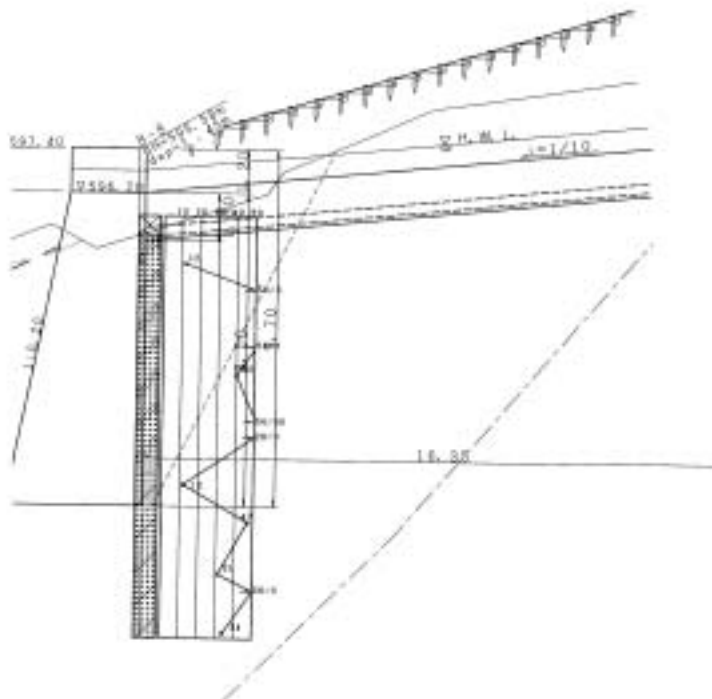
### 2.2.1 地盤調査

#### 1) 地盤指示力

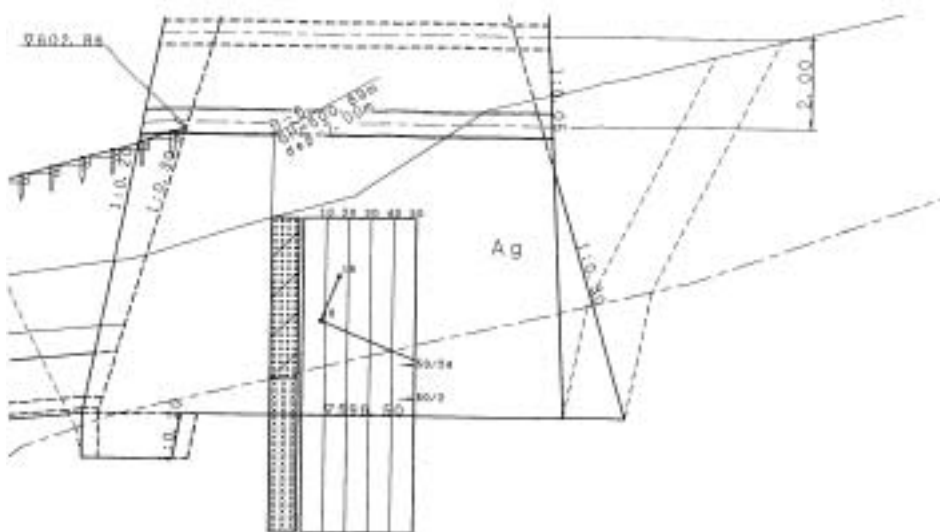
小坂町地内で行ったボーリングデータ等の土質試験からN値12以上で十分な指示力があることを確認した。

表面付近の調査例 N値 12～16

#### 調査事例1



#### 施工事例2



## 2) 土質

土留工の安定計算に使われている土質、摩擦係数を岐阜県、農林水産省及び国土交通省の採用データを調査した結果、基本的にどの設計基準でも同じパラメータを使用していることがわかり以下の土質及び摩擦係数等を使用することとした。

(調査資料)

道路土工・土質調査指針 / 日本道路協会

治山ダム・土留め工断面表 / 林業土木コンサルタント

(計算パラメーター)

背面土単位重量 : 17.7 kN/m<sup>3</sup>

地表面傾斜角 : 10°、20°、30°、35°

但し、地山タイプ > = 、盛土タイプ >

背面土の内部摩擦角 ( ) : 普通土 30°

礫質土 35°

岩 碎 40°

基礎地盤の摩擦係数 ( f ) : 締まった砂質土または礫質土 f = 0.6

固結した砂礫層または岩盤 f = 0.7

### 2.2.1 間伐材調査

#### 1) 間伐材強度

間伐材そのものの強度を岐阜県内及び建築基準、林野庁で採用している数値を調査した。調査結果から乾燥材で使用する場合は、建築基準法に定める数値、間伐後間もない次点で使用する場合は岐阜県の揖斐流域活性化センターで調査した数値を使用することとした。

#### 強度調査

- ・建築基準法の許容応力度 (含水率15%未満)
- ・木材工業ハンドブックに掲載される強度調査
- ・揖斐流域活性化センターの強度調査結果 (含水率115%程度)

#### 強度情報

|        | 岐阜県のスギ  | 岐阜県のヒノキ | 建築基準の<br>スギ | 建築基準の<br>ヒノキ | 備 考                |
|--------|---------|---------|-------------|--------------|--------------------|
| 引張曲げ強度 | 106~120 |         | 75          | 90           | kg/cm <sup>2</sup> |
| 剪断強度   |         |         | 6           | 7            | kg/cm <sup>2</sup> |
| 圧縮強度   |         |         | 60          | 70           | kg/cm <sup>2</sup> |
| ヤング係数  | 74~78   |         | -           | -            | t/cm <sup>2</sup>  |
| 引き抜き強度 | 1.61t   | 1.55t   | -           | -            | 径10cm間伐材・アカボルト     |

下記参考文献及び岐阜社会基盤研究所での強度試験を元に作成しています。

(参考文献)

揖斐川流域間伐材強度試験について/岐阜県・農山村整備局/H12  
岐阜県のスギ・ヒノキ強度試験/岐阜県・森林科学研究所

2) 間伐材腐朽調査

間伐材腐朽文献を調査し、間伐材土留め工の標準的な対応年数を設定した。

防腐処理をしないことを標準とし、耐用年数を7～10年程度とした。

耐腐朽情報

岐阜県の間伐材土木構造物の腐朽調査事例(柵工の杭木 スギ・ヒノキ)

|      | 円柱加工<br>杭 | 無加工杭 |
|------|-----------|------|
| 乾燥土壌 | 8年        | 7年   |
| 湿潤土壌 | 7年        | 6年   |

樹種別腐朽強さ例(地面に打った杭10本の調査例)

|        | スギ | ヒノキ | カラマツ | アカマツ | 辺材(樹種問わず) |
|--------|----|-----|------|------|-----------|
| 強度半減期間 | 6年 | 8年  | 6年   | 4年   | 2.5年      |

(参考文献)

間伐材耐久性追跡調査報告書/岐阜県・林政部

土木構造用木材の耐久性評価/岐阜県・林政部

2.2.3 設計方法調査

土留工の安定計算方法と間伐材製品の計算実施例を調査した。土留工の安定計算としては、重力式擁壁の安定計算を選定した。

(調査資料)

道路設計要領

岐阜県林道設計指針

岐阜県治山必携

土地改良事業計画設計基準の手引き

(土留工の分類)

重力式、

自立型 地山タイプ、盛土タイプ

もたれ型 地山タイプ

(外力)

土圧 地山タイプ 試行くさび法

盛土タイプ クーロン公式

地震荷重および落石の衝撃等の荷重は見込まない。

(安全率)

転倒安全率 1.5以上

滑動安全率 1.5以上

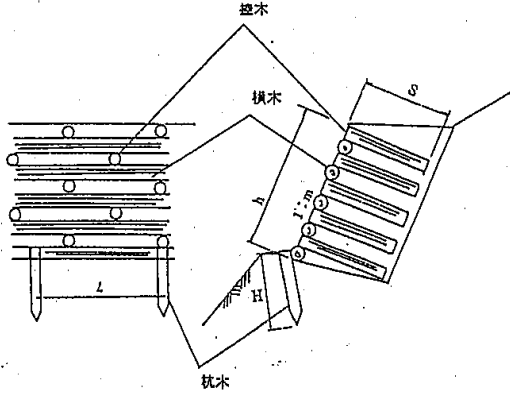
# (間伐材土留工の安定計算例)

## 1 土留工・よう壁工 (重力式構造)

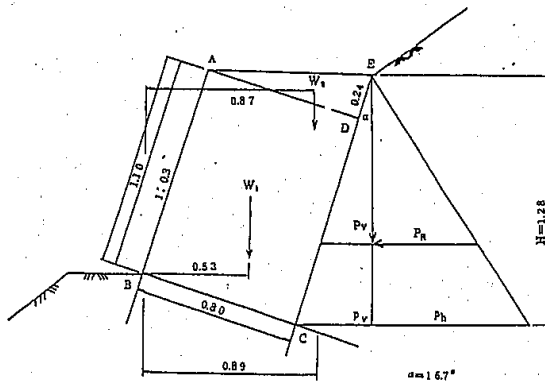
### (1) 設計計算の考え方

丸太積土留工などの安定計算は、種々の方法が考えられるが、ここでは、控木の長さを奥行きとする土塊重量を安定要素とする重力式として計算する。

### (2) 設計条件



- 控木  $S=0.8\text{ m}$      $D=0.1\text{ m}$
- 杭木  $H=0.7\text{ m}$      $D=0.1\text{ m}$
- $L=0.9\text{ m}$
- 横木  $l=2.0\text{ m}$
- $D=0.1\text{ m}$
- のり長  $h=1.1\text{ m}$
- のり勾配  $1:0.3$
- 土圧 クーロン式
- 背面土の単位重量  $\gamma=1.8\text{ t/m}^3$
- 壁体土塊単位重量  $\gamma_1=1.6\text{ t/m}^3$



### (3) 土圧の計算

- 土の内部摩擦角  $\phi = 30^\circ$
- 背面盛土の傾斜  $\beta = 33.7^\circ$  (1:1.5) ( $\phi$ との関係に矛盾があるが。)
- 壁体背面と鉛直面との角度  $\alpha = -16.7^\circ$
- 背面土と壁面丸太との摩擦角  $\delta = 2/3 \phi = 20.0^\circ$
- 土の粘着力  $c = 0$  (無視する。)
- 背面土の単位体積重量  $\gamma = 1.8\text{ t/m}^3$
- 土圧: クーロン式による。

土圧係数:  $K_A$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta) \left\{ 1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)} \right\}^2}$$

(4)

$\beta > \phi$  であることから、 $\sqrt{\quad}$ 内を0として、

$$\text{上式} = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha)} = 0.514$$

$$\text{土圧 } E = 1/2 \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot K_A = 1/2 \times 1.28^2 \times 1.8 \times 0.514 = 0.758\text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} \text{水平土圧 } P_H &= E \cdot \cos(\delta + \alpha) \\ &= 0.758 \times \cos(20.0 + (-16.7)) \\ &= 0.757\text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鉛直土圧 } P_V &= E \cdot \sin(\delta + \alpha) \\ &= 0.758 \times \sin(20.0 + (-16.7)) \\ &= 0.044\text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

(4) みなし壁体重量 W

上図壁体ABCDの1m当たり体積  $v = 0.976 \text{ m}^3$   
 うち控木、横木の体積  $v = 0.154 \text{ m}^3$

$$\text{単位体積重量 } W = \frac{1.8(V-v) + 0.8 \times v}{0.976 \text{ m}^2 (\triangle ABCD \text{ の面積})} = 1.64 \text{ t/m}^3 = 1.6 \text{ t/m}^3$$

$$W_1 = 0.8 \times 1.10 \times 1.6 = 1.41$$

$$W_2 = 0.8 \times 0.24 \times 1 / 2 \times 1.6 = 0.15$$

(5) B点におけるモーメント計算

| 区 分            | 荷 重 t/m <sup>2</sup> |       | アーム長      |      | モーメント t・m/m       |                   |
|----------------|----------------------|-------|-----------|------|-------------------|-------------------|
|                | 水平力H                 | 鉛直力V  | 計 算 式     | アーム長 | 転倒 M <sub>o</sub> | 抵抗 M <sub>r</sub> |
| P <sub>H</sub> | 0.757                |       | H × 1 / 3 | 0.43 | 0.326             |                   |
| P <sub>v</sub> |                      | 0.044 | (図より)     | 0.89 |                   | 0.039             |
| W <sub>1</sub> |                      | 1.64  |           | 0.53 |                   | 0.869             |
| W <sub>2</sub> |                      | 0.15  |           | 0.87 |                   | 0.131             |
| Σ              | 0.757                | 1.834 |           |      | 0.326             | 1.039             |

(6) 安定の検討

$$\text{転倒に関する安全率 } F_0 = \frac{M_r}{M_o} = \frac{1.039}{0.326} = 3.19$$

$$\text{滑動に関する安全率 } F_s = \frac{\Sigma V \cdot f}{\Sigma H} = \frac{1.834 \times 0.6}{0.757} = 1.45$$

(安全率1.45となるが、かつ底面の傾斜及び杭により十分安定)

地耐力の検討

合力着点のB点からの距離 X

$$X = \frac{M_r - M_o}{\Sigma V} = \frac{1.039 - 0.326}{1.834} = 0.39$$

$$\text{偏心距離 } e = \frac{B}{2} - X = \frac{0.77}{2} - 0.39 = -0.005$$

$$\text{地盤反力 } \sigma f = \frac{\Sigma V}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) = \frac{1.83}{0.77} \left( 1 \pm \frac{6(-0.005)}{0.77} \right)$$

$$= 2.28 \text{ t/m}^2, 2.47 \text{ t/m}^2$$

## 2.4 歩掛り調査

既存の間伐材擁壁工法の施行歩掛り調査を実施し、類似製品がないことがわかり、歩掛りについては作成する必要があることとし、本製品の価格目標を設定した。

(価格目安)

既存2次製品ブロック工法と同程度になる

### 単価比較表

丸太積土留工(A)

10m<sup>2</sup>当たり

| 名称    | 形状寸法         | 単位 | 数量   | 単価     | 金額      |
|-------|--------------|----|------|--------|---------|
| 杭木    | L=0.7mD=8cm  | 本  | 13.6 | 450    | 6,120   |
| 横木    | L=2.0mD=10cm | 本  | 27.3 | 740    | 20,202  |
| 控木    | L=0.8mD=10cm | 本  | 90.9 | 410    | 37,269  |
| 鉄線    | なまし10        | kg | 16.1 | 68     | 1,095   |
| 雑草木株  | 茎長0.30m      | 束  | 5    | 0      | 0       |
| 世話役   |              | 人  | 0.6  | 23,400 | 14,040  |
| 普通作業員 |              | 人  | 1.8  | 15,800 | 28,440  |
| 計     |              |    |      |        | 107,166 |

木製ブロック積工

10m<sup>2</sup>当たり

| 名称     | 形状寸法     | 単位             | 数量  | 単価     | 金額      |
|--------|----------|----------------|-----|--------|---------|
| 木製ブロック | 0.75×0.3 | m <sup>2</sup> | 10  | 12000  | 120,000 |
| 世話役    |          | 人              | 0.4 | 23,400 | 9,360   |
| 普通作業員  |          | 人              | 3   | 15,800 | 47,400  |
| 諸雑費    | 労務費の合計   | %              | 2   | 568    | 1,135   |
| 計      |          |                |     |        | 177,895 |