

耐久性を備えた簡易な木柵工の 施工と課題の検討

渡辺 浩¹・下妻 達也²・大隣 昭作³

¹正会員 福岡大学教授 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1)
E-mail:mag@fukuoka-u.ac.jp

²正会員 福岡大学助教 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1)
E-mail:shimozuma@fukuoka-u.ac.jp

³正会員 福岡大学助手 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1)
E-mail:ohtonari@fukuoka-u.ac.jp

福岡県内のある小学校には、敷地に隣接したアスレチック広場がある。ここは、自然の地形の中を駆け回ることができることから、児童や保護者に人気がある。しかしながら、通路の斜面が長期の使用で崩れてきており、何らかの対策が求められる状況であった。斜面保護工というとコンクリート製のものが多いがそれらは高価であり、また資材量が多く大型機械が必要である。この例では、自主管理のためその費用が工面できない上、現場に機械を入れることもできない。そこで、円柱状のスギ材を組み合わせた簡単な木柵工の利用を考えた。ただし、木材をこのように利用するには耐久性に考慮する必要がある。そこで合板工場で産出される剥き芯材を使用することにした。本稿では、この広場に設置する簡易な木柵工の実際の設計と施工を通じて、その課題の検討を行う。

Key Words: *timber retaining wall, peeled core limber, durability, handmade structure*

1. はじめに

一般に斜面保護工というとコンクリート擁壁が多く用いられる。仮設構造物では鋼矢板の事例も多い。それらは背面土圧に対しても十分な性能を持たせることができるが、高価であることと現場に多くの資材や大きな施工用機械を持ち込む必要がある。

遊歩道や登山道にも斜面の保護が必要な箇所は多いが、その性格から上記のような大規模な構造物は好まれない。また、資材の搬入や重機の乗り入れが困難な場所も多いため、資材が軽量であり施工に大型の機械を必要としないものが望ましい。

一方で、崩落の防止や歩行者の保護を目的とした大きな耐力を必要としない事例も多い。写真-1はそのような目的で設置されている木柵工の例である。木材は安いことと軽い割に強いことから施工時の機械も小型ですむため鋼矢板やコンクリート擁壁等と比較して大幅なコスト削減が可能である。この事例では道路は確保されているが、山中の狭い歩道等では省力化のメリットはかなり大きい。雰囲気にもマッチしやすいのも利点である。

しかしながら、木材が土中に打ち込まれ背面土を押さえる構造であることから、耐久性が課題となる。そこで本文では、一定の耐久性が確保されつつコストメリットを失わないような小規模な斜面保護工を設計し、施工を行うことでその課題について検討したものである。

2. 施工箇所

検討対象地は、福岡県内にある市立小学校である。こ



写真-1 木柵工の例 (柵アリモト工業提供)



写真2 検討対象のアスレチック広場



写真4 電子平板での測量の様子



写真3 斜面崩落の様子

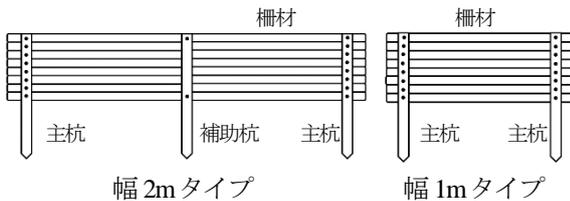


図-1 設置した木柵の概要

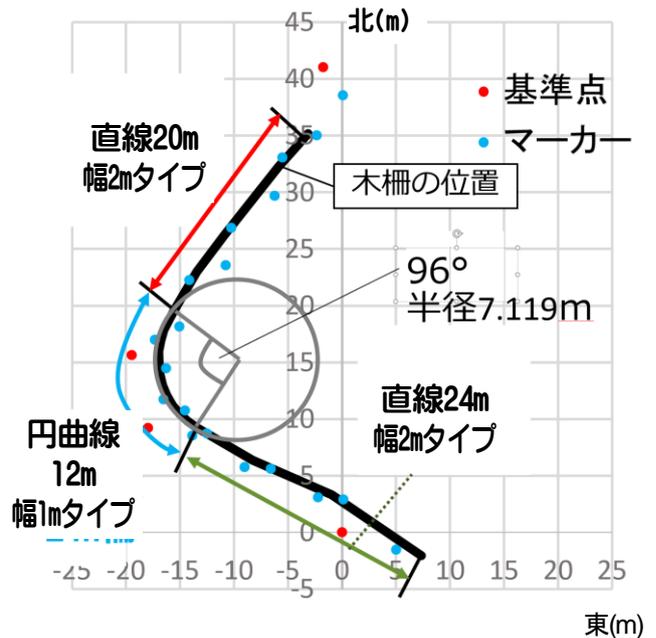


図-2 基準点測量の結果と木柵の設置位置

こには、校地に隣接する市有地を活用した 1982 年完成の**写真-2**のようなアスレチック広場がある。木々に覆われた自然の地形の中に木製遊具が置かれ、さながら森の中を駆け回っているように遊ぶことができることから、児童にも保護者にも好評を博している。

この広場のもうひとつの特徴は、その管理者が行政機関や学校ではなく同小 PTA であることである。施設や遊具は寄附を受けたり他の公園から譲り受けたりしたものであるが、それらの保守管理は保護者らの手によって行われている。40 年近く大きな事故は生じていないことから、素人の手によっても一定レベルの管理ができていくことがわかる。

一方で長期的な課題もあった。**写真-3**はこの広場の中央を貫く通路であるが、斜面を切り取って作ったことから、長期の利用により道沿いの斜面の崩落が進んでいた。その結果写真のように樹木の根が露出してきており枯死

や倒木の懸念があった。しかしながら、地形的に建設機械の搬入は難しく、擁壁設置を外注する費用も工面できない状況であった。

ここで求められているのは、斜面保護といっても主体的に土圧を受けるものではなく今後崩落する土砂を受け止める能力を持つことと、十分に安価であること、ある程度の耐久性が期待できることであった。一方で、保護者らの意欲は高く、人手は確保できる状況であった。そこで、木杭に直交して柵材を取り付ける、**図-1**のような木柵工を自分たちの手で設置することにした。

3. 現地の測量と設置位置の決定

まず、現地の地形情報を得るため、基準点測量および写真測量を行った。施工区間となる通路上に 4 箇所の基準点を設置し、トータルステーションで相互の位置関係を求めた。次に、木柵工の施工の必要があると考えられ



図-3 写真測量の結果（円曲線の12m部分）



写真-5 合板工場から産出された剥き芯材

る斜面に19点のマーカを設置し、写真-4のように電子平板によりその位置を求めた。

図-2は基準点とマーカ的位置を示したものである。通路は図の右下にある入口側から30mほど直線状に進み、右に90度ほどカーブしてさらに20m直線状に進んでいることがわかった。

図-3は、カーブの近傍について、通路上のやや離れた通路上から斜面に向かって複数の写真を撮影し、それらをAgisoft PhotoScanで解析し合成したものである。これより、カーブ区間の斜面の形状が求められる。この結果より、柵の設置位置を交角 96° 、曲線半径7.119m、曲線区間長12mの円曲線上とした。カーブ区間の両側は、通路の幅を確保しつつ測設作業を簡単にするため、24mと20mの直線とした。木柵工を設置する位置を示すと図-2の実線の総延長は56mとなる。

なお、設置区間はほぼ下り坂となっており、厳密には柵材長と区間長は異なる。ここでは、異なる長さの柵材を使い分ける煩雑を避けるために、斜面に沿った斜距離を等距離とした。このため、後述する杭位置の測設では、これを考慮して補正した。

4. 木柵工の設計

このような外構材では、一般的に防腐処理された針葉樹材が用いられるが、費用の面から防腐処理材の利用は難しかった。そこで合板工場で産出される写真-5のよう



写真-6 部材の養生の様子

な剥き芯材を用いることにした。これは単板を桂剥きする際に残る芯の部分であるが、合板原木は大径のため剥き芯材は心材部である。心材は耐朽性が高いため、外構材でもある程度の耐久性が期待できる。工場副産物であるため安価でもある。ここでは、合板工場から長さ約2m、径60mmの円柱状であるスギ剥き芯材を入手し、これを無処理無塗装で使用することとした。

柵の高さは小学生の遊び場であることと現場の状況から60mmの柵材8段に相当する480mmとした。長さは図-1のように杭3本を有する2mタイプと杭2本を有する1mタイプのものを併用するものとし、直線区間では施工性を考慮して2mタイプ、曲線区間では納まりを考慮して1mタイプを用いるものとした。2mタイプ、1mタイプともに柵材端から120mmの位置に主杭材を配置し、8段の柵材全てをコーススレッド(4.2×75)で固定するものとした。加えて、2mタイプでは、中央に上下端の柵材のみを固定する補助杭材を追加した。また全ての杭の天端と最上段柵材の間を60mmのかすがいで固定するものとした。なお、施工精度が低いであろうことを考慮して、隣接する柵相互は連結しないこととした。

なお部材に発生する応力は、柵材については全面に土圧が作用しても十分に小さいが、杭材については基部に発生する応力が過大となる。しかしながらそのような荷重が作用することは考えにくく、実用上は問題ないと考えられる。

以上により、使用する資材は剥き芯材が2m換算で257本、コーススレッドが568本、かすがいが90本となった。

5. 部材の調達と加工

杭や柵材となる剥き芯材は、新栄合板工業(株)水俣工場から調達した。長さは1990~2050mmであった。これらを写真-6のように加工まで1ヶ月程度室内で養生した。そのうち任意の20本について高周波容量型含水率計(フソーFSK-118)で測定したところ、当初の含水率は40~100%であったものが加工直前は11~28%に下がって



写真-7 杭材の加工と防腐剤噴霧



写真-11 柵材の取り付けの様子



写真-8 穴掘りの様子



写真-12 完成した木柵工



写真-9 礫が多い箇所の穴掘りの様子



写真-12 隣接した柵のずれの例



写真-10 杭材の打ち込みの様子

いた。このときの密度は $380\sim 600\text{kg/m}^3$ であった。なお、これらの含水率はその3ヶ月後にはいずれも10%程度となっており、曲がりを生じたものがあつた。加工や施工

の時点では乾燥が不十分であつたことがうかがえる。

杭材は長さ1mに切断し先端を尖らせ、柵材固定位置に写真-7のように30mmの座堀を施した後に局所的な腐朽を防止するため噴霧式防腐剤（ガイエンス・サンプルザーOGR）を噴霧した。柵材は998mmまたは1998mmの長さに切断した。なお、この時点ですでに曲がりが大きいのものがあつたため、1998mm材には使用しなかつた。

6. 現場施工の状況と課題

現場施工に先立ち、主杭材を打設する位置にトータルステーションを用いてマーカを設置した。なお、省力化のため直線区間においては3または4直線の屈曲点を設置し、その間はテープを用いて杭位置にマーカを設置した。

設置作業では、まずマーカの位置に写真-8のように

径75mm用のらせん型穴掘り器により深さ300mm程度の穴を掘った。土は適度に柔らかく穴掘りはスムーズであったが、マーカを1mmの精度で設置したものの穴を掘り始めるとずれを調整することができなかった。また礫が多い箇所では写真-9のように穴が大きく広がり、精度はさらに低下した。

その穴に主杭材を差し込み、写真-10のように回転に注意しながら所定の高さまで200mm程度カケヤで打ち込んだ。礫が多い箇所以外では打ち込むことで杭材は十分に固定できたが、礫が多い箇所では掘り出された礫や土を埋め戻し固めた。

次に、主杭に柵材を斜面側に写真-11のようにコーススレッドで固定した。一部の柵材に曲がり大きいものがあり、コーススレッドの打ち込み向きを調整する必要はあったが、全て固定することができた。

続いて長さ2mタイプの中央に補助杭の穴を掘って打ち込み、柵材と固定した。補助杭の穴を柵設置後に掘ることにしたのは主杭の設置位置がずれた場合に備えてであったが、実際には下段の柵材が穴掘りの邪魔になった上、穴の位置のずれ以上に柵材の曲がりの影響が大きく、補助杭に接触や固定できないものがあった。

最後に柵の斜面側に吸出し防止シート（アオイ化学工業・キュアマット CC-10）を敷設した。また杭天端と最上段柵材とをかすがいで固定した。写真-12は完成した木柵工である。礫が多い区間では写真-13のようにずれが生じた箇所もあったが、機能上は問題ないと考えられる。

作業には小学校の関係者約30名が参加した。施工経験がない人の集団ではあったが作業はスムーズであり、6時間程度で終了した。

資材のみを考慮した費用は1mあたり440円程度であった。ただし、そのうちの7割がシート代であり、木材代は1割未満であった。器材で購入したのは穴掘り器4個のみで、他は現有の器材で対応できた。結果として、管理者の想定よりも安価に施工することができた。

7. まとめ

本稿では、広場内の通路に沿った斜面の崩落防止のための簡易な木柵工を設計し、施工を通じてその課題の検討を行った。その結果、低コストの木柵工を、施工経験がない人の手により実用上問題のない精度で設置することができた。様々な課題が想定されたが、制作や施工に関して特に問題となることはなかった。耐久性も十分に確保できていることが期待されるが、これらについては経過を観察していく予定である。

謝辞

本取り組みでは、宗像市立自由ヶ丘小学校ならびに同校PTAの全面的な協力を得ました。また剥き芯材は新栄合板工業(株)に提供いただきました。遂行にあたっては田崎 雄大氏（現(株)協和コンサルタンツ）に多大なるご協力をいただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 渡辺 浩, 西山 拓弥, 吉田 昂生: スギ剥き芯材の土木資材としての利用価値の検討と耐久性試験, 第66回日本木材学会大会(名古屋), N28-P-07, 2016.

(Received August 31, 2019)
(Accepted November 11, 2019)

EXECUTION AND DISCUSSION OF SIMPLE TIMBER RETAINING WALLS WITH ENOUGH SERVICE DURABILITY

Hiroshi WATANABE, Tatsuya SHIMOZUMA and Shosaku OHTONARI

There is a forest park adjoining a public elementary school. It is much popular with children and parents because they enjoy running in the forest. However, an effective counterplan was required because slopes border along a path was crumbled down. Retaining wall made of concrete has good performance, but is expensive and needed large material and big construction machinery. The owner could not raise enough money and it was difficult that construction machinery is carried in the field. Therefore, a simple timber retaining wall built up columnar members was proposed. Since exterior woods do not have enough durability, peeled core limbers discharged at the plywood factory were used. It is explained and considered that such as the simple timber alls are dedigned and constructed.