

おびじめ工法の工法概要と施工報告

技術本部 土木技術第二部 松井 裕一
土木本部 土木統括部土木部 中村 憲司
技術本部 土木技術第二部 杉本 昌由

概要: おびじめ工法は、表層崩壊が予想されるような自然斜面もしくはのり面において、格子状に配置されたおびじめバンドを、地山に押込むことによりおびじめバンドに張力を発生させる。この張力の地山方向分力が想定すべり面に比較的均等な応力を発生させ、斜面の崩壊を抑止する工法である。本工法について開発のめどがつき施工確認試験を行ったので報告する。

Key Words: 斜面安定, 連続繊維補強材, 維持管理

1. はじめに

表層崩壊が予想されるような自然斜面、のり面において、のり面保護工の施工方法の約半数がコンクリートあるいはモルタルの吹付工が行われており、その他の工法では、植生工、コンクリート枠工、ブロック積み等が用いられている。これらは、斜面作業上で重量物を扱うため、作業性の効率、安全性の観点から多くの問題を有している。また、これらの工法は、補修、補強等の維持管理が困難であり、それらの問題点を解決するために様々な工法が提案されてきている。

その中で我々は連続繊維補強材が軽量で高強度であることに着目し、その材料の特性を生かし、補修・維持管理施工が比較的容易にできるおびじめ工法を開発した。

2. 工法概要

本工法は、表層崩壊が予想されるような自然斜面もしくは、のり面において、格子状に配置された①おびじめバンドを補強材とおびじめプレートを利用して地山に押込むことにより発生する②張力を利用して、想定すべり面に比較的均等な抑止力③を発生させ安定化させる工法である(図-1)。

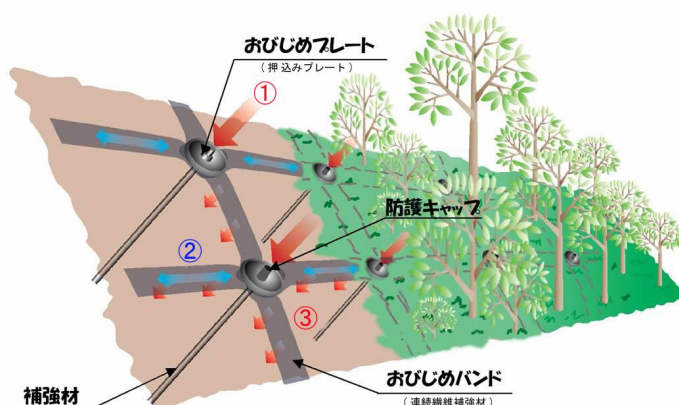


図-1 おびじめ工法概念図



松井 裕一



中村 憲司



杉本 昌由

また断面図で表すと図-2 のように表示される。

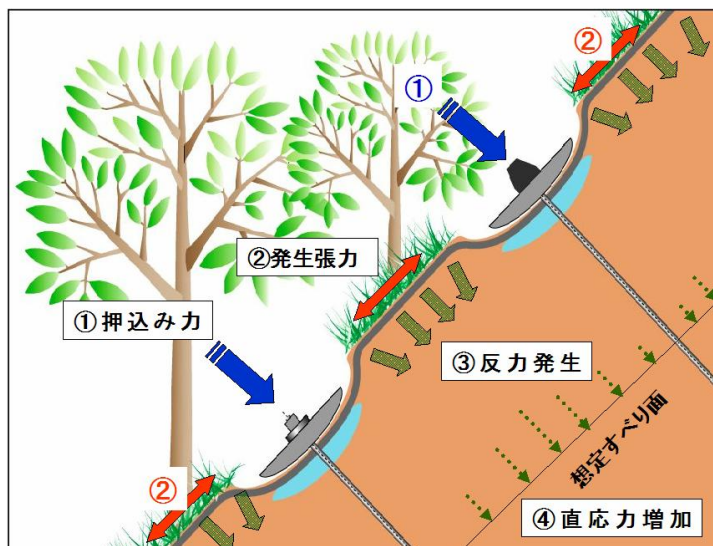


図-2 断面概念図

(1) おびじめ工法の特徴

本工法は以下の特徴を持つ工法である。

- 斜面拘束補強・複合抑止効果による斜面安定が可能である。
- 部材には軽量・高強度の新素材を多く使用している工法である。
- 部材の一部取り替え作業ができ維持管理が容易な工法である。
- 植生を残した工事ができ景観・環境に配慮した工事ができる。
- 部材が軽量化されているので作業性が優れた工法である。

(2) おびじめ工法の複合抑止効果

基本的にはおびじめバンドの地山拘束力により、すべり面せん断抵抗を増加させすべり土塊の変位を抑えるが、何らかの原因ですべり土塊に微小な変位を生じても、従来の補強土工法と同様に補強材本体の引張補強、せん断補強効果により急速な地山崩壊を防止する工法である。

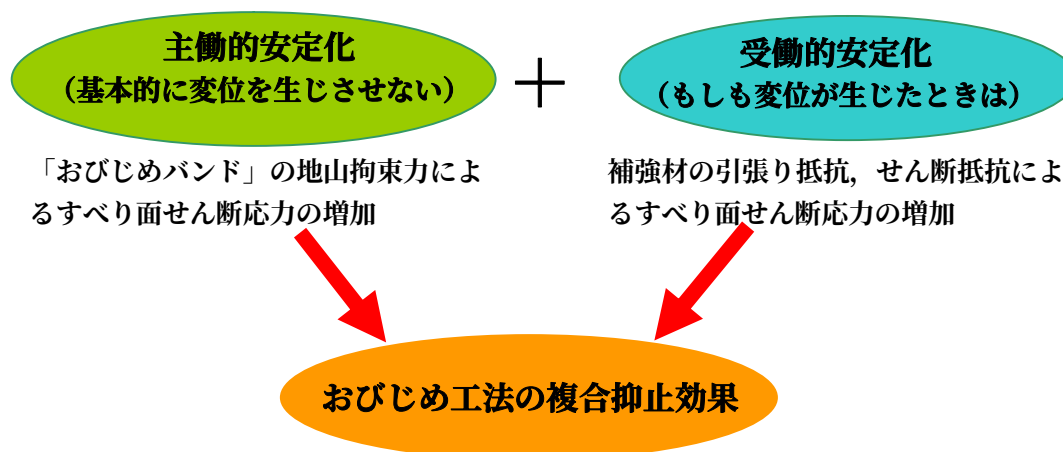


図-3 複合抑止効果概念図

(3) 本工法の適用範囲

本工法は、斜面の安定性を高めることを目的とし、以下の斜面について適用可能な工法である。

・ 表層崩壊など比較的必要抑止力の小さい斜面

国内における斜面崩壊の90%が深さ3m以内で発生しており、土質的には表土、崩積土、強風化岩層で生じている。本工法は、このようなすべり面の深さが比較的浅く、安定解析から得られる必要抑止力が比較的小さい崩壊を対象としている。本工法は、浅層の崩壊を対象とするものであり、すべり土塊が大きく深いすべり線となるような大規模な斜面崩壊には適さない工法である。

・ 勾配は1:0.5より緩い斜面

本工法は、緑化工との併用を標準としている。したがって、緑化工の一般的な限界勾配である1:0.5より緩い斜面を標準とした工法である。

(4) 施工手順

おびじめ工法は以下の手順で施工を行う。

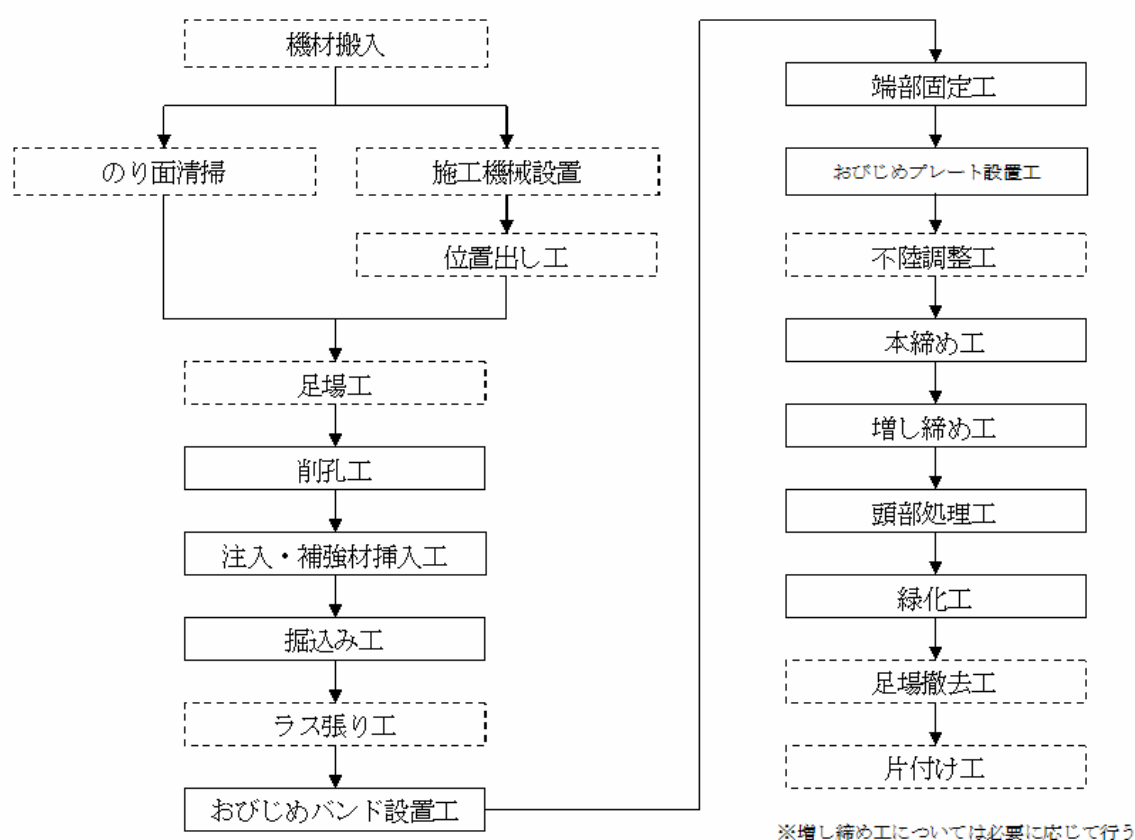


図-4 施工手順フロー

3. 使用材料特性

おびじめ工法をする上で作業上扱いやすいように軽量・高強度な材料を開発した。その中で主材料であるおびじめバンドとおびじめプレートの材料特性値を示す。

(1) おびじめバンド

おびじめバンドに用いる連続繊維補強材は、材料に引張特性、温度特性、耐久性等を持つ材料である。

・ おびじめバンドの種類

おびじめバンドに用いる連続繊維補強材としてアラミド繊維、炭素繊維を用いた物を考案した。

現在アラミド繊維タイプのバンドを開発し、炭素繊維タイプのバンドについては開発中である。

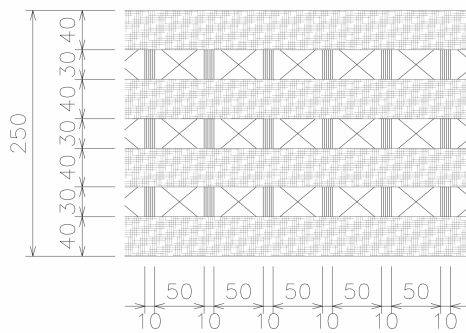


図-5 おびじめバンド一般図



写真-1 おびじめバンド

- ・ おびじめバンド (アラミド繊維タイプ) の設計基準値は以下の通りである。

表-1 有効断面積, 設計引張荷重, 有効ヤング係数

種類	呼称	外形 (mm)	有効断面積 (cm ²)※	設計引張荷重 (kN)	設計基準強度 (N/mm ²)	有効ヤング係数 (N/mm ²)
アラミド繊維	編物	幅 250	1.153	184	1596	61×10 ³

※) 有効断面積は、引張耐力や剛性に寄与している部分の面積である

表-2 おびじめバンドの許容引張荷重

種類	呼称	押込み中(kN)※ 0.8 σ_{pu}	押込み直後(kN)※ 0.7 σ_{pu}	設計荷重作用時(kN)※ 0.6 σ_{pu}
アラミド繊維	編物	147(1277)	129(1117)	110(958)

※ () 内は N/mm²

表-3 破断伸び, 単位質量, 線膨張係数, 見かけのリラクセーション率

種類	呼称	伸び (%)	単位質量 (g/m)	線膨張係数 (×10 ⁻⁶ /°C)	見かけのリラクセーション率 (%) ※
アラミド繊維	編物	4.5	300	-6	40.0(20.0)

※ () 内は押込み前の純リラクセーションを示す

(2) おびじめプレート

おびじめプレートは押込み力、おびじめバンドからの反力に対して、破壊や、著しい変形を生じることのないような構造および強度を有する材料である。

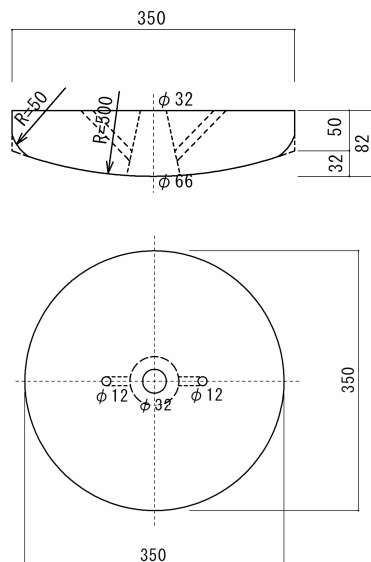


図-6 おびじめプレート一般図



写真-2 おびじめプレート

材質は超高強度鋼繊維補強モルタルを用い、表-4 の性状を持つ。

表-4 超高強度鋼繊維補強モルタルの性状

スランプフロー (mm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
225±25	3.0±1.5	150	8	15	28×10 ³

3. 施工報告

本工法を行うにはおびじめバンドに張力を発生させるためにおびじめバンドの両端を固定し、おびじめプレートを所定の力で押込み、おびじめバンドに張力を発生させる必要がある。また、維持管理上は、おびじめバンドの接続、取り替えが容易なことが要求される。これらの要求性能を満足するために次の項目について2現場にて改良を重ねながら施工確認試験を行った。

(1) 施工確認項目

- ① おびじめバンド、その他部材の設置作業性
- ② おびじめバンドの端部固定方法
- ③ おびじめプレート押込み方法
- ④ おびじめバンドの地山への密着性
- ⑤ おびじめバンドの接続と取り替え

(2) 施工箇所

- ① 工事場所: 千葉県長生郡長南町笠森、笠森霊園地内
数 量: 150m²
施工時期: 平成 16 年 11 月
- ② 工事場所: 神奈川県横浜市青葉区、青葉の里地内
数 量: 200m²
施工時期: 平成 17 年 2 月

(3) 施工確認項目結果

1) おびじめバンド, その他部材の設置作業性

a) 評価

補強材の設置からおびじめバンドの設置, おびじめプレート設置, 押込み力導入の一連の作業は使用材料が軽量であり, 簡易足場での作業と人力のみによる作業が可能であったため 2 日程度で完了し, 従来の工法に比較して大幅に短縮できることを確認した。



写真-3 おびじめバンド設置状況



写真-4 おびじめプレート設置状況

b) 検討課題

補強材打設位置の周辺地山を, おびじめプレートの押込み量確保のため写真-5,6 に示したように掘込む必要がある。補強材を中心として直径 400mm~500mm, 深さは押込み力に応じた深さ (概ね 10cm 程度) を, おびじめバンド設置前にあらかじめ掘込んでおかなければならない。この作業は地山が砂質土、粘性土、礫混じり土の場合には、鍬などを用いて人力で行えるが、軟岩の場合ピックハンマー等が必要となり作業量が増えるので簡易な削岩機械が必要と思われる。現在、小型削岩機の開発を検討している。



写真-5 おびじめプレート設置位置掘削状況



写真-6 設置確認状況

2) おびじめバンドの端部固定方法

a) 評価

おびじめバンドはアラミド繊維で構成されており, 高張力が作用することから, 所定の強度と施工性が要求される。おびじめバンドを斜面に設置する際に, おびじめバンドの両端に接続具を十分に巻き付け, 端部補強材に端部固定具で固定する。その際, 接続具へのおびじめバンドの巻きしろが両端 1m 程度ずつ必要である。おびじめバンドの両端を接続具に十分に巻き付け, 端部補強材に端部固定具を用いて固定すれば斜面施工においても高張力を維持し容易に施工できることを確認した。

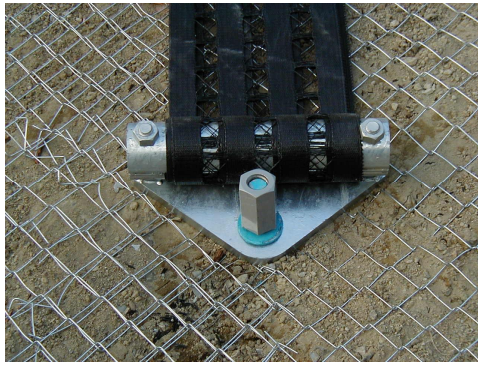


写真-7 初期型端部固定具



写真-8 改良型端部固定具

b) 検討課題

一回目施工確認試験においての端部固定具は作業性の面で重量物であったため作業効率が悪いことを指摘された。そこで二回目施工確認試験において部材軽量化を行い施工した。一回目に比べて改善はしたがさらなる軽量化に向け材質・形状等を検討中である。

また、端部固定時、表層部が緩い場合表層部に亀裂が生じる場合があるので、図-7 のような養生方法を検討している。

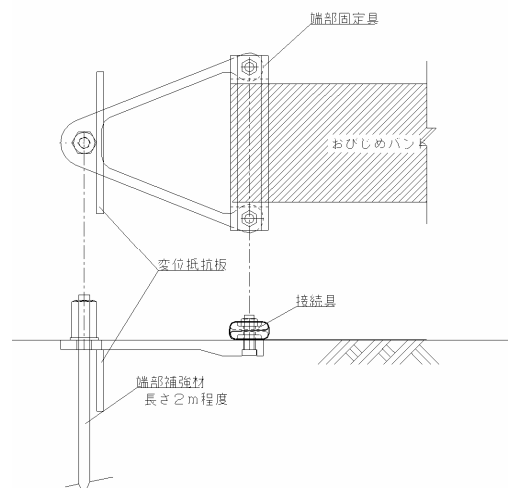


図-7 変位抵抗板設置養生方法

3) おびじめプレート押し込み方法

a) 評価

おびじめプレートを所定の力で押込む方法として小型軽量ジャッキ、トルクレンチによる方法について試験を行った。おびじめプレートに対しての押し込み力は 20kN から 50kN の力が必要となる。小型軽量ジャッキを使用することにより、押し込み力の導入管理、作業性、安全性の観点から優れていることを確認した。



写真-9 油圧ジャッキによる押し込み



写真-10 小型ジャッキ管理による押し込み

b) 検討項目

アラミド繊維製のおびじめバンドは、リラクセーション率が大きいため導入した押込み荷重の減少が生じる。そのため、本締め工の翌日以降に増し締め工を実施し、おびじめバンドに生じるリラクセーションの低減を計らなくてはならない。同じ作業工程が2度行われるので、作業効率をよくするために押込み力を導入するジャッキの軽量化、小型化を検討している。

4) おびじめバンドの地山への密着性**a) 評価**

本工法はおびじめバンドから押込み力が地山に伝達されるため、地山への密着性が要求される。おびじめバンドは柔軟性に富んでいるため、地山に密着することを確認した。



写真-11 斜面とおびじめ材の密着状況



写真-12 斜面とおびじめ材の密着状況

b) 検討項目

自然斜面での施工では不陸が多いためおびじめバンドと地山との間に隙間が生じる場合がある。バンドの張力を地山に伝達させるためにはおびじめプレート間のバンドは地山と接している必要がある。そのためには土砂等充填袋を隙間に設置する方法、補強材設置時のバンド間隔の調整で対処できる。現在、地山とバンドの隙間を充填することが可能で耐候性を持つ充填袋を検討中である。

5) おびじめバンドの接続と取り替え**a) 評価**

本工法は補修・維持管理が可能な事を前提としているため、おびじめバンドの切断（落石等）、バンドの一部の取り替え性能が要求される。今回の試験は斜面上でおびじめバンドを切断し、一部分取り替えを行い、押込み力の再導入を斜面上で行い、維持管理上の要求性能が満足されることを確認した。



写真-13 おびじめバンド再接続状況



写真-14 押込み力再導入状況

b) 検討項目

接続具は強度確保のため端部固定具と材質は同じであり重量物である。斜面作業での作業効率を上げるため材

質の選定を再度行い更なる軽量化を検討している。

各施工現場における完了状況を写真-15,16 に示す。



写真-15 千葉県現場おびじめ工法完了



写真-16 神奈川県現場おびじめ工法完了

4. まとめ

連続繊維補強材は高強度で軽量 (比強度が高い) であることから、航空宇宙産業や自動車産業では多用されている。しかし、鋼材に比較して高い材料費が建設コストに跳ね返り、土木分野においては特殊環境下以外では使用されてこなかった。

しかし、自然斜面の場合、人力に依存する作業が多く、高齢化の進んでいる昨今、部材の軽量化、作業の省力化が要求されるようになった。本工法は、斜面での作業を大幅に減じることによりコスト縮減を図り、おびじめバンドからの押込み力によって、従来ののり枠以上の性能を発揮することを目的としている。また、最近では、維持管理が容易あり、環境保全の観点から自然植栽を斜面上に極力残すような工法が要求されるようになった。これらの要求性能をほぼ満足できる工法として、本工法の研究・開発を進めてきたが施工確認試験により、実用性がある工法であると確認した。これにより更なる改良を加えよりよい工法としていきたい。

おびじめ工法については設計施工マニュアル、積算マニュアルを作成しているので工法等の詳細はそちらも参照していただきたい。

謝辞

本工法の開発では、ライト工業株式会社、前田工織株式会社、東京製綱株式会社の方々の多大なご支援をいただいている。これら関係各位に、心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) おびじめ工法 設計・施工マニュアル:平成 17 年 3 月
- 2) グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説地盤工学会基準:(JGS4101-2000)
- 3) 道路土工 のり面工・斜面安定工指針 (社) 日本道路協会:平成 11 年 3 月
- 4) 連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物設計・施工マニュアル(案):ACC 倶楽部:2003 年 10 月