

自然斜面補強土工法

PAT.
ユニットネット工法



ユニットネット工法研究会

ユニットネット工法は 森林保全と斜面の補強効果を 両立したエコロジカルな工法です。

従来、斜面の崩壊対策として一般的に行われてきたのは、コンクリートで斜面を固める工法でした。しかしこれらは、優れた強度を持つものの、樹木を切る必要があるため、自然環境を破壊し、美観を損ねる大きな欠点がありました。

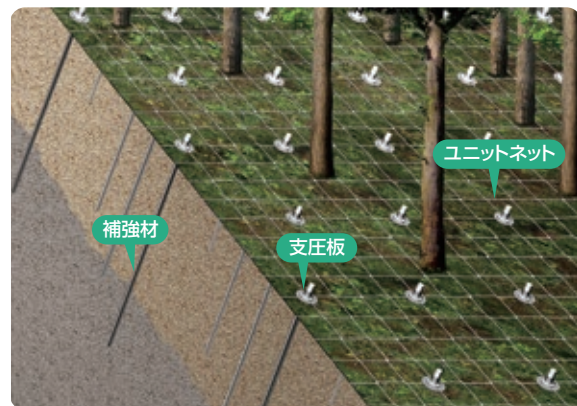
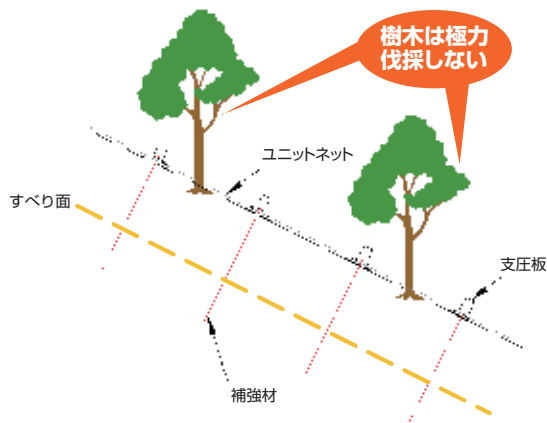
当社のユニットネット工法は、こうした問題を解決する画期的な工法です。

自然の力を最大限に活かしながら、新開発の“ユニットネット”で強さと安定性をプラスすることで、自然環境を守りながら、災害を未然に防ぐ優れた性能を発揮します。

国土交通省NETIS 登録番号KK-010068-V (平成29年4月をもって掲載期間終了)

工法概要

- 補強材(ロックボルト)とユニットネットを支圧板により連結し、これらの相互作用により斜面の安定化を図る地山補強土工法です。
- 適用対象は、層厚3~4m程度までの表層土砂崩壊です。
- ユニットネットが網状の開放型法面工を形成するため、既存の樹木の保護や景観の保全を図ることができます。また緑化工法との併用により全面緑化も可能です。



特徴

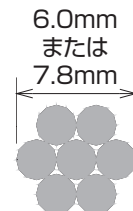
1. 森林の保護、景観の保全、さらには法面の緑化も可能な環境に優しい地山補強土工法です。
2. 自然斜面に対する適用性の高い工法です。
3. コストの縮減と工期の短縮を図ることができます。
4. ユニットネットの表面処理に亜鉛アルミ合金めっきを使用し、耐用年数の向上を図りました。



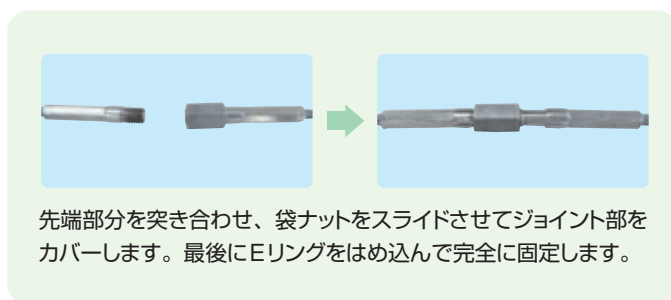
部材・基本構造

部材の特徴

ユニットネットは、亜鉛アルミニウム合金めっきを施した鋼より線を一辺約50cmの正方形に成型したもので、それぞれに強力な連結ができる開閉式ジョイントを備えています。また、ユニットネットには使用する鋼より線の線径によりφ6.0mm(2.0mm×7本より)とφ7.8mm(2.6mm×7本より)の2タイプがあり、ユニットネットに対する作用力によって使い分けます。



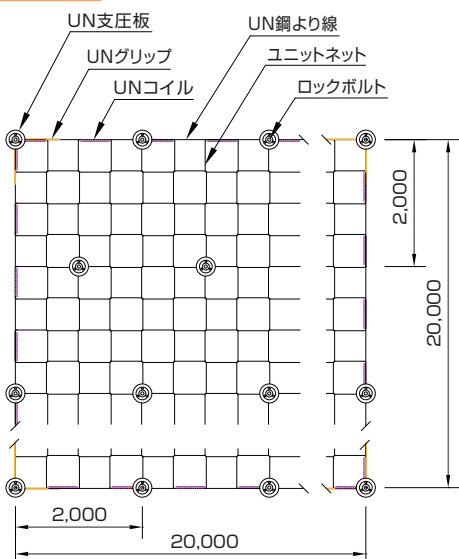
JIS G3537
(亜鉛めっき鋼より線規格)準用



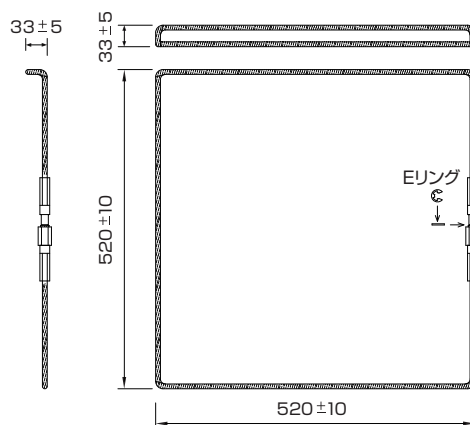
ユニットネットは、持ち運びの利便性や現場敷設作業での能率を考え、ユニット9枚(4.5㎡)を1セットにしております。



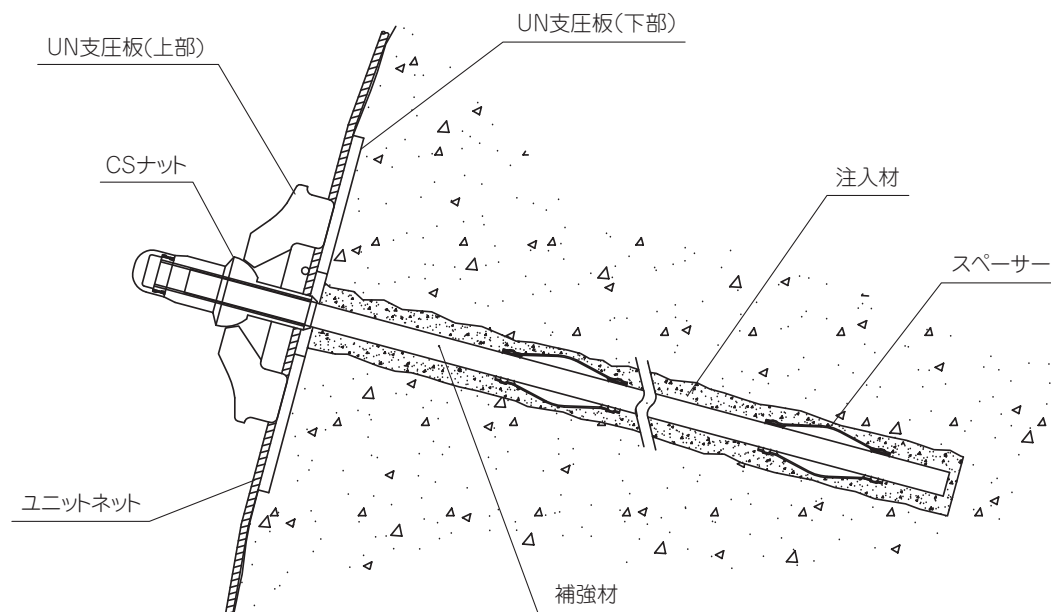
標準展開図



ユニットネット



組み立て図



使用部材一覧表

標準仕様

400㎡あたり

部材名称	材質	表面処理	寸法 (mm)	使用数量	単位
ユニットネット	SWRH62A	亜鉛アルミ合金めっき	φ 6.0mm、520 × 520 φ 7.8mm、520 × 520	800	個
UN 支圧板セット	SS400 相当	亜鉛めっき	φ 300 φ 200	116	組
ネジ節異形棒鋼	SD345	亜鉛めっき	D19 または D22	116	本
スペーサー	N63C	焼付塗装	φ 50 × 115	232	個
CS ナット	FCD450-10	亜鉛めっき	φ 58 × 152	116	個
UN グリップ	SWRH62A	亜鉛アルミ合金めっき		8	本
UN 鋼より線	SWRH62A	亜鉛アルミ合金めっき		80	m
UN コイル	SWRH62A	亜鉛アルミ合金めっき	φ 2.6 × 570	80	個

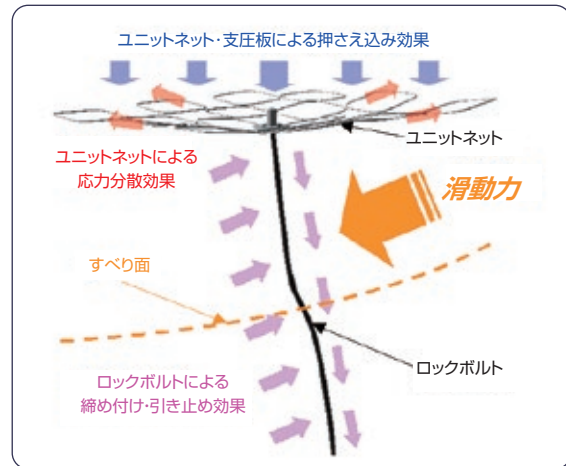


効果

補強効果

ユニットネット工法の開発に当たり、当社では関西大学の協力を得て、ユニットネットの能力・効果を検証するために実験室レベルからフィールドレベルまで、数多くの実験を行いました。その結果、ユニットネット工法に関して、以下のような力学的効果(補強)が確認されました。

1. 補強材(ロックボルト)による補強効果
2. ユニットネットによる応力分散効果
3. ユニットネット+支圧板による地盤の押さえ込み効果



ユニットネットによる補強効果

その他の効果

室内実験や施工後の状況などから、ユニットネットには以下のような効果があることが確認されています。ただしこれらの効果は、定量的に評価することが困難であることから、定性的な効果と位置づけられます。

1. 表流水の分散効果
ユニットネットが斜面表流水の流下経路を分散させ、ガリー浸食等を発生し難くします。
2. 表層土砂の流出抑制効果
横方向のユニットネットに土砂が堆積し、表層土砂の流出を減らします。
3. 植生の育成基盤の生成効果



表土と種子の流出が防がれ、ユニットネットの施工範囲は自然の植生が根づいた。



ネットに土砂や落葉が堆積している

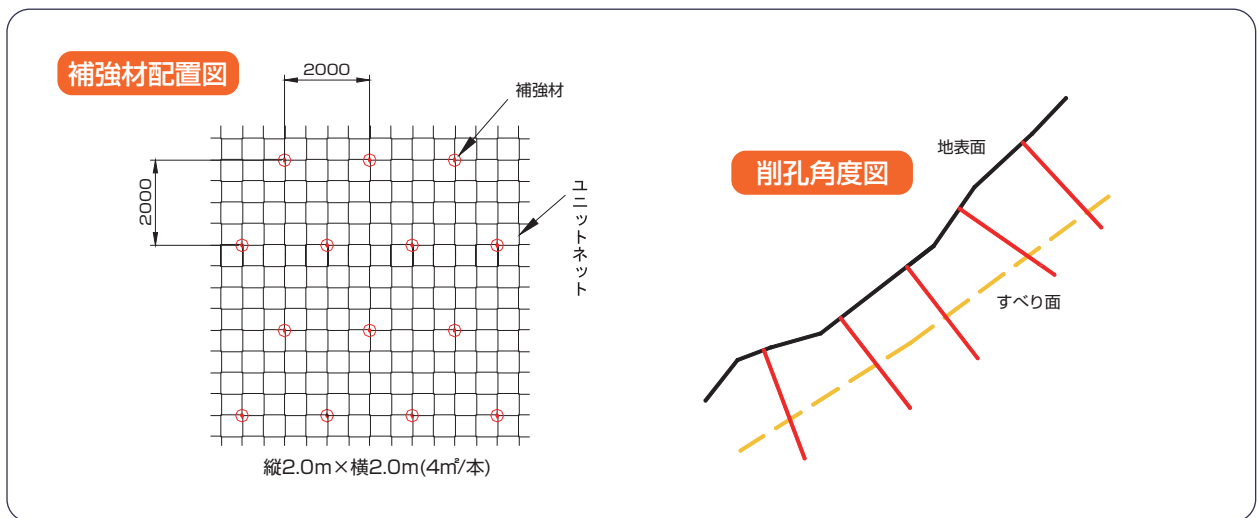
設計手法

設計の基本

- ・ 基本的な設計方法は、「NEXCO:切土補強土工法設計・施工要領」(NEXCO要領)に準じる。
- ・ ユニットネットの効果は、NEXCO要領に含まれる「のり面工低減係数: μ 」によって表現する。

配置設計

- ・ 補強材間隔は、縦2.0m×横2.0m(4㎡/本)間隔を標準とする。
- ・ 補強材の配置形状は、千鳥配置とする。
- ・ 補強材の打設角度は、地表面に直角を基本とする。



設計計算

計算手法

- ・ 補強材の引張り補強効果のみを考慮する。曲げ補強効果、せん断補強効果は考慮しない。
- ・ 「移動土塊の抜け出し抵抗力(T_{1pa})」を考慮する。
- ・ 「補強材引張力の低減係数： λ ($=0.7$)」を導入し、補強材力を低減する。
- ・ 極限周面摩擦抵抗(τ_p)の安全率を2.0とする。
- ・ ユニットネットの効果を「のり面工低減係数: μ 」で表現する。

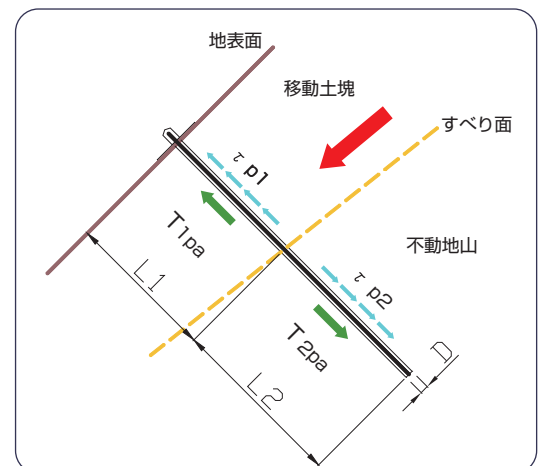
補強材の許容補強材力

- ・ 補強材の許容補強材力 T_{pa} は、次の3つのうち最小のものを用いる。

$$T_{pa} = \min [T_{1pa}, T_{2pa}, T_{sa}]$$

1. 補強材が移動土塊から受ける抜け出し抵抗力: T_{1pa}
2. 不動土塊から受ける引抜き抵抗力: T_{2pa}
3. 補強材の許容引張力: T_{sa}

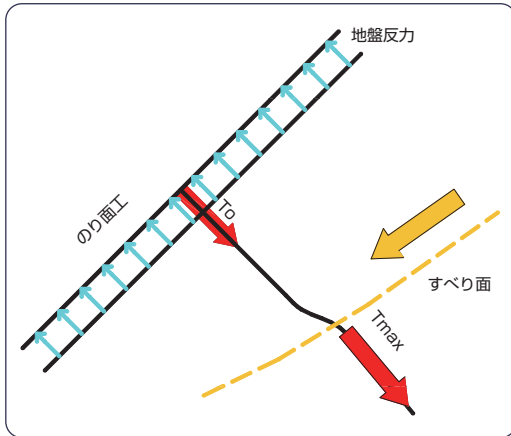
通常、抜け出し抵抗力 T_{1pa} が最小(許容補強材力 T_{pa} =抜け出し抵抗力 T_{1pa})となるケースが多い。



のり面工低減係数： μ

法面工の効果

移動層の変位を抑制→ 移動層の拔出しに対して抵抗力となる。→ 拔出し抵抗 T_{1pa} の増大に寄与



関西大学における実験結果より、
ユニットネット工法に関して $\mu = 0.4 \sim 0.7$ が
得られている。

$$\mu = \frac{T_o}{T_{max}}$$

T_o : のり面工に作用する補強材引張力 (kN/本)

T_{max} : 補強材に働く最大引張力 (kN/本)

μ は 0 ~ 1.0 までの値をとり、1.0 に近いほど
拔出しに対する抵抗力が大きい。

μ の目安

のり面保護工の種類	μ
植生のり面	0
コンクリート吹付工	0.2 ~ 0.6
のり砕工	0.7 ~ 1.0
擁壁類	1.0

補強材引張力の低減係数： λ

・ 設計引張力 T_m は、次式で表される。

$$T_m = \lambda \cdot T_{pa} / SH$$

T_m : 設計引張力 (kN/m)

λ : 補強材引張力の低減係数 (= 0.7)

SH : 横方向補強材間隔 (m)

補強後の安定計算

・ 安定計算では、「引き止め効果」と
「締め付け効果」の両方を考慮する。

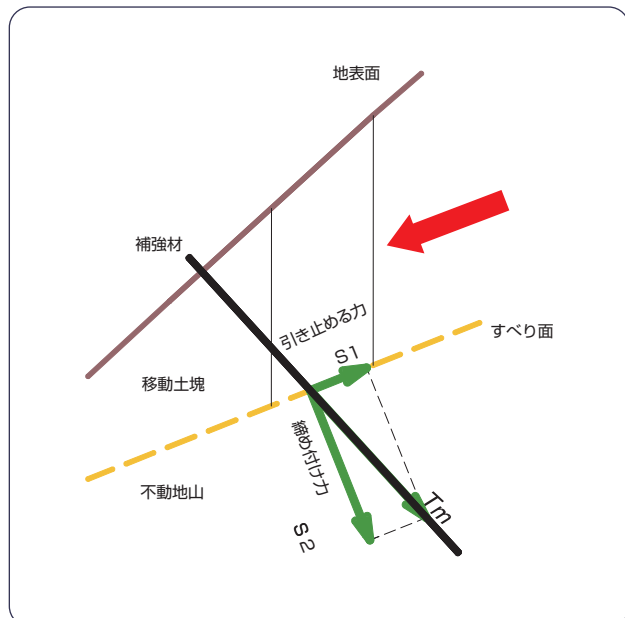
引き止め効果： $T_m \cdot \cos \beta_i$

締め付け効果： $T_m \cdot \sin \beta \cdot \tan \phi$

T_m : 設計引張力 (kN/m)

β_i : 補強材とすべり面のなす角度 ($^\circ$)

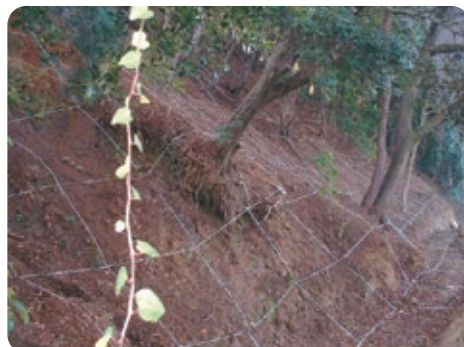
ϕ : 地盤 (すべり面) の内部摩擦角 ($^\circ$)



施工手順

① 割り付け(マーキング工)

設計図書に示された通りにユニットネットが敷設できるよう、対象範囲の中央部付近に設定した縦方向と横方向の基準軸を基準として正方形の施工升目を設定し、これをテープ等によって明示する。



② ユニットネット敷設工

縦方向基準軸を起点として、施工升目に沿って外方向へとユニットネットを敷設していく。ユニットネットは出来る限り地表面に密着するよう、人力で引き込む程度の張力で敷設する。なおユニットネットの四隅の交点は出来るだけ直角とする。

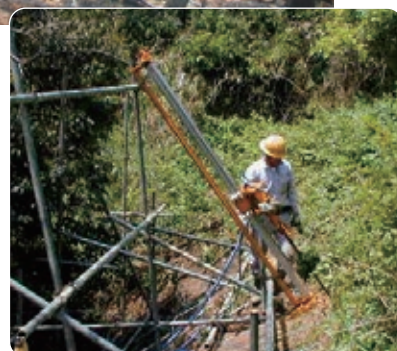


③ 削孔工

削孔に際しては、削孔機によってユニットネットが損傷しないよう、ユニットネットを一旦解放し、補強材の挿入完了後に再度組み立てる。



④ 補強材挿入工



⑤ グラウト注入工



⑥ 支圧板設置工



UN支圧板設置

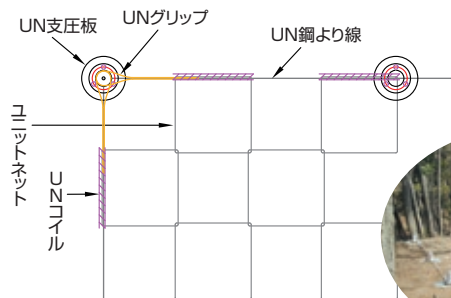


CSネット取付け

⑦ UN鋼より線設置(端部処理)

ユニットネット敷設範囲の外周をUN鋼より線で囲む。

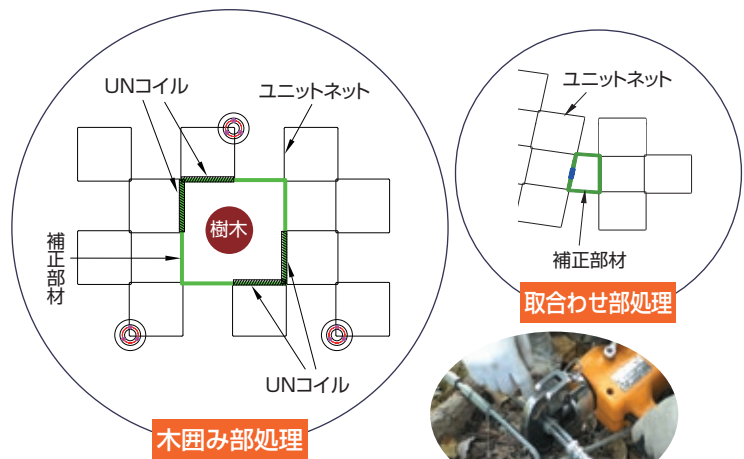
UN鋼より線は、UNコイルでユニットネットと繋ぎ、端部はUNグリップにより補強材に連結させる。



⑧ 補正部材作成等

規格のユニットネットでは対応できない箇所について、現場において**補正部材**を作成することによって対応する。

補正部材にはUN鋼より線を使用し、これを必要な寸法に切断・曲げ加工を行い、端部を圧着してユニットネットとする。



補正部材の取り付け

⑨ 施工完了



植生マット

UN ルーティングマット

- 生育基盤材を充填した厚層植生マットであり、植生基材吹付工と同等の緑化を行うことができます。
- 生育基盤材量を調整することにより、軟岩から土砂まで幅広い地質に適応することができます。
- 全閉型二重織ネット付きの厚層植生マットのため、踏付にも荒れることなく施工ができます。



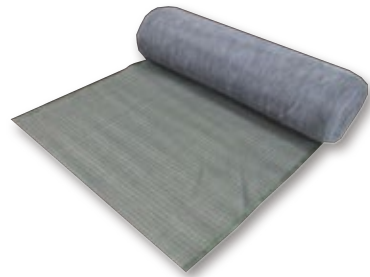
標準仕様表

製品名	寸法(幅×長さ)	重量	梱包単位	適応地質の目安
UN ルーティングマット 1 型	1m × 10m	18kg	1 巻	礫質土・硬質土
UN ルーティングマット 2 型	1m × 5m	15kg	1 巻	軟岩・礫質土
UN ルーティングマット 3 型	1m × 3m	18kg	1 巻	軟岩(硬質)

亀甲金網付き(線形0.8mm、網目40mm)にすることもできます。

UN ソイルマット

- 綿状マットを装着することで雨滴衝撃の緩和や土粒子の移動防止、表面排水材としての機能を図り、法面の侵食防止機能を飛躍的に高めます。
- 施工直後から高い侵食防止機能を発揮するため、侵食を受けやすい地質や豪雨対策として有効です。



標準仕様表

製品名	仕様	寸法(幅×長さ)	重量	梱包単位
UN ソイルマット N	種子なし・肥料なし	1m × 25m	2.25kg	4 巻
UN ソイルマット S	種子入り	1m × 25m	6.0kg	4 巻
UN ソイルマット P50	種子入り・肥料袋付	1m × 10m	6.5kg	4 巻

亀甲金網付き(線形0.8mm、網目40mm)にすることもできます。

打ち込み式排水パイプ

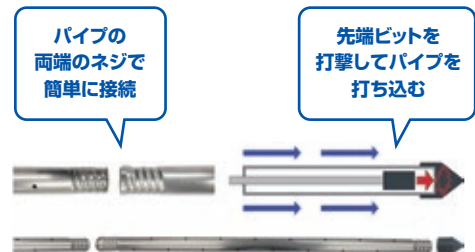
DK ドレーンパイプ

- DK ドレーンパイプはステンレス製の打ち込み式排水パイプです。
- パイプの両端にローブネジ加工が施されており、先端ビットの装着やパイプ同士の接続を容易に行うことができます。
- ユニットネット工法での削孔工で使用される削孔機を用いてDK ドレーンパイプの打ち込みができるため、ボーリングマシン等を準備しなくてよく、作業足場や搬入路の仮設を軽減できます。



仕様表

構成部材	材質	寸法
DK ドレーンパイプ	ステンレス	φ48.6mm×L1065mm 開孔部 φ6mm@100mm ピッチ
先端ビット	FCAD	φ60mm×H93mm



施工手順

1 削孔機・DK ドレーンパイプ設置準備



DK ドレーンパイプ配置箇所に削孔機を据え付け、先端ビットを取り付けたDK ドレーンパイプを準備する。

2 DK ドレーンパイプの打ち込み



削孔機のロッドをDK ドレーンパイプの内側に挿入し先端ビットを打撃して打ち込む。

3 DK ドレーンパイプの継ぎ足し



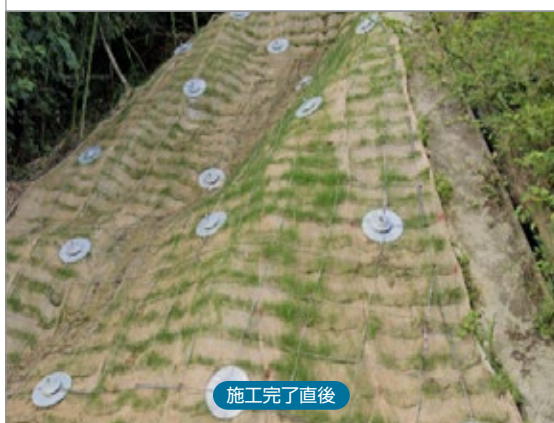
DK ドレーンパイプを孔口まで打ち込んだら、次のDK ドレーンパイプとロッドを継ぎ足し、**2**と同様に打ち込む。**2**と**3**を繰り返して所定の長さを打ち込む。

■ ユニットネット工法とUNルーティングマットの併用事例

崩壊の起きた演習林道の復旧



崩壊の起きた道路沿いの斜面の復旧



■ ユニットネット工法とDK ドレーンパイプの併用事例

DK ドレーンパイプの打ち込み



ポリエチレン管による流末処理



主な施工実績

治山事業

長野県諏訪地域振興局

高部地区



斜面概要 高さ：最大約30m 勾配：1:1.0程度
公園外周の崩壊地（崩壊の拡大予防）

長野県佐久地域振興局

宮東・蕃松院



斜面概要 高さ：最大約20m 勾配：1:1.2
付近の斜面が令和元年東日本台風により被災したことを
受け緊急工事。寺院の裏山であるため、景観に配慮

愛知県東三河農林水産事務所

南神戸地区



斜面概要 高さ：最大約27m 勾配：1:0.6
切土法面、植生マットを併用

滋賀県湖北森林整備事務所

川合地区



斜面概要 高さ：最大約12m 勾配：1:1.0
付近に神社があるため、景観に配慮。小石等の落石防止に
ユニットネットの下に耐候性ポリエステルネットを併用

和歌山県西牟婁振興局

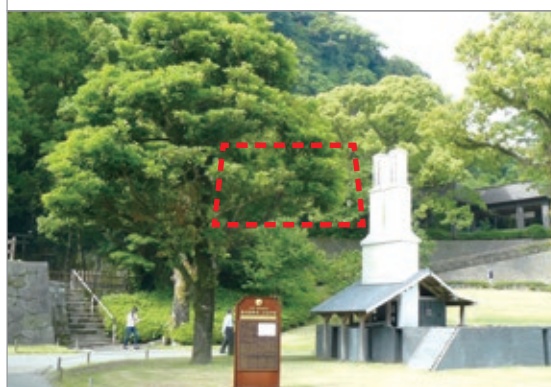
稲成地区



斜面概要 高さ：最大約12m 勾配：1:0.7
斜面上に史跡があるため、景観に配慮

鹿児島地域振興局

仙巖園内



斜面概要 高さ：最大約10m 勾配：1:1.0
世界文化遺産があるため、景観に配慮

急傾斜事業など

福岡県朝倉県土整備事務所 杷木星丸地内



斜面概要 高さ：最大約 13m 勾配：1:0.9
桜の木があり伐採は不可




平成29年7月九州北部豪雨被災後 施工箇所は崩壊しなかった。

兵庫県豊岡市 玄武洞



斜面概要 高さ：最大15m 勾配：1:0.6
国指定の天然記念物である玄武洞の近接斜面で施工

兵庫県西宮土木事務所 芦屋市朝日ヶ丘



斜面概要 高さ：最大約 14m 勾配：1:1.5~1.0
住宅街の中での対策工事で施工ヤードが小さくてすみ当工法で施工

広島県西部建設事務所 東畑口地区



斜面概要 高さ：最大約 13m 勾配：1:1.3
平成25年6月梅雨前線豪雨により発生した崩壊地の上部斜面を緊急対策

徳島県南部総合県民局 鞆浦地区



斜面概要 高さ：最大約 22m 勾配：1:1.0~0.6
小石等の落石防止にユニットネットの下に耐候性ポリエステルネット敷設(海岸付近のため)

急傾斜事業など

八王子市



施工完了直後

斜面概要 高さ：最大約 14m 勾配：1:1.0~0.8
民家裏斜面でレッドゾーン対策



6ヶ月経過

町田市

小山田小学校



斜面概要 高さ：最大約 10m 勾配：1:1.4
災害時避難場所となる小学校に隣接する斜面、桜が生育し景観配慮。当工法の施工によりレッドゾーン解除

神奈川県藤沢土木事務所

岡本1丁目地区



斜面概要 高さ：最大約 50m 勾配：1:1.2~0.7
部材を着色し、景観に配慮

大学構内



斜面概要 高さ：最大約 11m 勾配：1:1.7~1.2
大学構内の急傾斜地対策（環境整備）

福井市

杉谷地区



斜面概要 高さ：最大約 30m 勾配：1:1.3
付近に神社がありできるだけ樹木の伐採をせず施工

道路事業

国土交通省 和歌山河川国道事務所 紀北西道路



施工完了直後

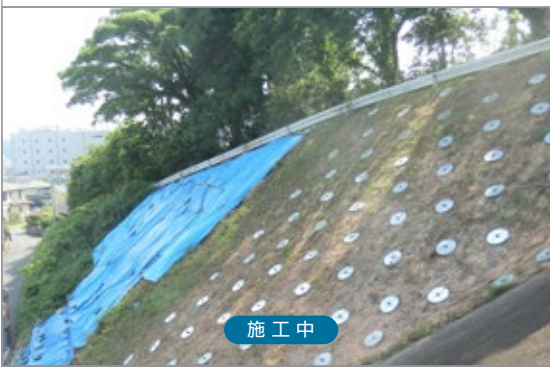
斜面概要 高さ：最大約 10m 勾配：1:1.0
国道沿いの自然斜面



1年半経過

鳥栖市

下岸田中央道路



施工中

斜面概要 高さ：最大約 12m 勾配：1:1.0
道路の雑草対策のためユニットネットの上に
防草シートを併用



施工完了

財務省 関東財務局

西多摩 国有崖地



斜面概要 高さ：最大約 8m 勾配：1:1.5
中学校前の道路沿い、付近に神社もあり景観に配慮

京都府丹後土木事務所

磯地区



斜面概要 高さ：最大6m 勾配：1:1.0
山陰海岸国立公園沿いの道路下部斜面の為、景観に配慮

災害復旧(治山)

京都府中丹広域振興局

堀荒木地区



崩壊発生

斜面概要 高さ：最大約 15m 勾配：1:1.2
平成 30 年 7 月豪雨により斜面崩壊

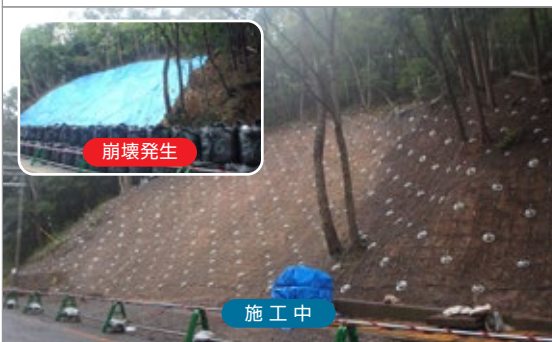


施工完了

災害復旧(道路)

京都府南丹土木事務所

国道423号笑路地区



崩壊発生

施工中

斜面概要 高さ：最大約 13m 勾配：1:1.3~1.0
西日本豪雨により斜面崩壊
当工法で工期短縮、植生基材吹付工と併用



1年経過

奈良県高田土木事務所

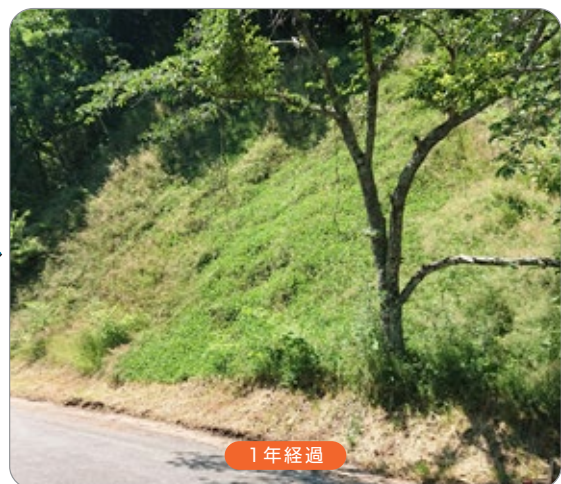
国道309号関谷地区



崩壊発生

施工中

斜面概要 高さ：最大約 13m 勾配：1:0.7
平成 29 年台風 21 号により斜面崩壊
当工法で工期短縮、植生基材吹付工と併用



1年経過

文化財・公園関連

宮内庁 大光明寺陵



斜面概要 高さ：最大約 8m 勾配：1:1.0
 陵墓で樹木や竹の伐採が不可のため当工法にて施工

箕面公園 瀧安寺



斜面概要 高さ：最大約 8m 勾配：1:1.4 ~ 0.8
 箕面国定公園内のため、部材を着色し景観配慮。落石防止のため景観配慮した耐候性ポリエステルネットを併用。

神奈川県横須賀三浦地域県政総合センター 鎌倉市長谷地区



施工完了直後

斜面概要 高さ：最大約 30m 勾配：1:1.0~0.8
 古都における歴史的風土保存区域のため、当工法で施工




4ヶ月経過

立川市 立川公園



施工完了直後

斜面概要 高さ：最大約 8m 勾配：1:1.5~1.0
 公園内の樹木を伐採しないよう、当工法で施工




3ヶ月経過

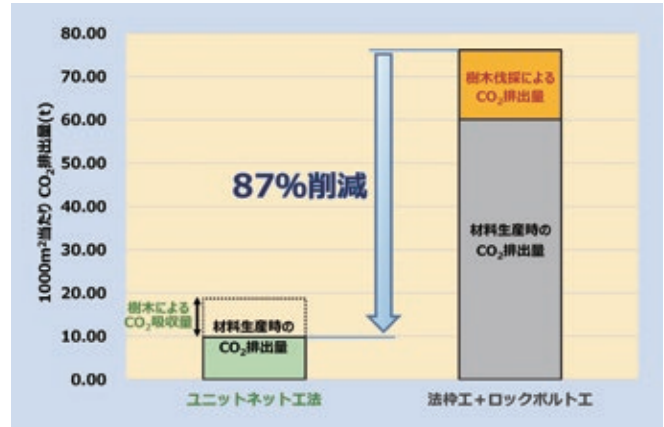
■ カーボンニュートラルを志向したユニットネット工法

ユニットネット工法は従来の法枠工+ロックボルト工に比べ、材料生産時のCO₂排出量が減少します。また、ユニットネット工法で樹木を伐採せず施工すれば樹木由来のCO₂排出量が無く、さらに施工後は保全された樹木によるCO₂吸収量があるため、法枠工+ロックボルト工で施工した場合と比べるとCO₂排出量を 87%削減することが可能となります。



ユニットネット工法

法枠工+ロックボルト工



各工法 1000㎡当たりCO₂排出量の比較

■ ユニットネット工法が持続可能な社会の実現に貢献できること

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

9 産業と技術革新の基盤をつくろう



ユニットネット工法は、従来工法よりも材料生産時のCO₂排出量を抑え、資源利用効率の向上とクリーン技術及び環境に配慮した技術です。

11 住み続けられるまちづくりを



ユニットネット工法は、表層土砂崩壊対策を目的とした斜面安定工法であり、土砂災害による被災者数を削減し経済損失を減らします。また、樹木を極力伐採せずに残しながら斜面安定を図る工法であり、人々に安全で包摂的かつ利用が容易な緑地を残すとともに、自然遺産の保護・保全に貢献します。

13 気候変動に具体的な対策を



ユニットネット工法は、豪雨等に起因する斜面の表層土砂崩壊を未然に防ぎ、気候関連災害や自然災害に対する強靱性の強化に貢献します。また、樹木を極力伐採せずに施工することが可能であり、樹木によるCO₂(温室効果ガス)の吸収を期待することができます。

15 陸の豊かさも守ろう



ユニットネット工法は、樹木を極力伐採せずに残しながら施工することができ、斜面安定化と森林保護を両立させることができます。山地を守り、森林の減少の阻止に貢献します。

- ◆本資料に記載された内容の無断記載や複製はご遠慮下さい。
- ◆本資料に記載された内容の不適切な使用などによって生じた損害につきましては責任を負いかねますのでご了承下さい。
- ◆本資料に記載された内容は、予告なく変更される場合がありますので、予めご了承下さい。
なお、最新情報につきましては、当研究会までお問い合わせ下さい。
- ◆製品改良のため仕様、外観等は予告なしに変更することもございますのでご了承下さい。

ユニットネット工法研究会

事務局 〒550-0003 大阪市西区京町堀1-17-8(京ビル)
TEL.(06)6447-7313(代) FAX.(06)6447-7312

連絡先



URL : <https://www.daika-net.co.jp>
E-mail : doboku@daika-net.co.jp



ウェブで施工実績等を
掲載しております

本 社

〒550-0003
大阪市西区京町堀1-17-8(京ビル)
TEL.(06)6447-7313(代) FAX.(06)6447-7312

九州支店

〒860-0805
熊本県熊本市中央区桜町4-10(甲斐田ビル)5F
TEL.(096)288-4364(代) FAX.(096)288-4365

東京支店

〒103-0022
東京都中央区日本橋室町4-2-12(川口屋ビル)4F
TEL.(03)3241-5555(代) FAX.(03)3241-5551

広島営業所

〒734-0005
広島市南区翠5-22-20
TEL.(082)567-4308(代) FAX.(082)567-4309