

新しい法面安定工法「3D protection パネル工法」



所属名:(社)日本建設機械化協会
ライト工業(株)
発表者:池田 桂

はじめに

従来の平面的な金網形状とは異なる、3次元(立体)形状をもつパネルによる新しい法面安定工法を開発した。その独自の形状から施工性の向上、工期短縮によるコスト縮減、耐流速性の向上が図れる。また、植生の回復が容易である。

ここでは、工法の概要とともに、河岸保護工として施工し、施工後の植生状態や耐凍上性能を確認した事例を紹介する。

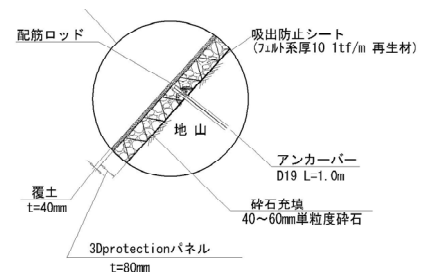


図-1 断面図(碎石+覆土)

1. 工法の概要

当工法は、厚さ8cmの立体形状の金網に粒径40~60mmの碎石を充填し、パネルと一体化させることによって斜面・のり面の保護を図る工法である。

従来は、かご工やジオテキスタイルで対応していた河川護岸、ダム湖岸、道路のり面の保護・安定や排水溝(明渠)等に適用できる。目的に応じ、鉄筋挿入工も併用できる。

当技術は、下記の性能試験を行っている。

- (1) (財)土木研究センターで水理試験を行い、耐流速性能を評価
- (2) 塩水噴霧試験(JIS Z 2371に準拠)を行い、パネルが高い耐食性を有することを確認
- (3) ため池堤体の補強を想定し(独)農村工学研究所で越流試験を実施

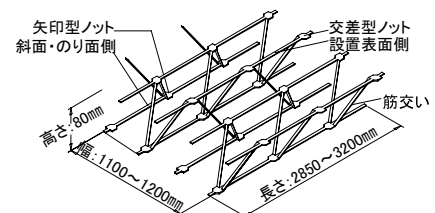


図-2 3Dパネルの形状

2. 3D protection パネルの材料特徴

- (1) パネルは鉄板に切り込みを入れ引き伸ばして立体としているため、溶接によるものと異なり、パネルの強度が高い。
- (2) パネルは3次元トラス形状のため重さは約3kg/m²と軽量でありながら、ジオテキスタイルと比較し引長強さが高い。
- (3) パネルは亜鉛メッキ+PVCコーティングの2重防錆処理をしているため、錆びにくい。
- (4) アンカーバーは頭部にフックつきのため補強鉄筋と連結でき、パネルと一体化した面的なおさえ効果が期待できる。

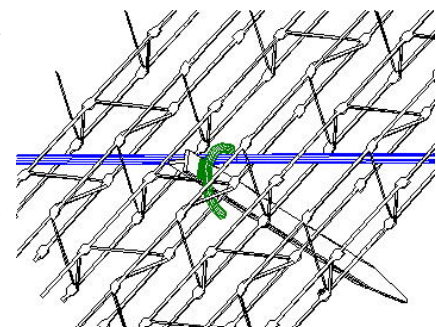


図-3 アンカーバーの打設方法

3. 施工手順

河岸保護工の施工手順を示す(図-4)。

(1) 吸出防止材の設置

河川やダム湖岸の場合、法面整形後、吸出防止材を設置する(写真-1)。

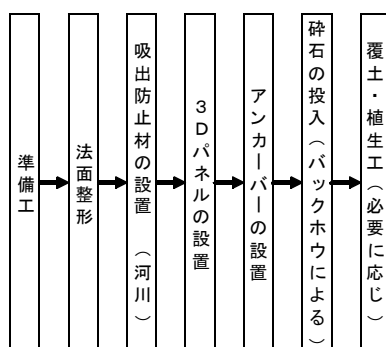


図-4 施工フロー

(2) 3Dパネルの設置

パネルは斜め45度に設置した後、補強鉄筋を水平方向に設置する(写真-2)。

(3) アンカーバー設置

アンカーバー(L=1m)で固定し補強鉄筋とパネルと一体化する。

(4) 碎石の投入

バックホウ等により碎石(粒径40～60mm)を上から落とし込み、碎石充填を行う(写真-3)。

(5) 覆土などの植生工

必要に応じ覆土(土羽・表土利用)や種子散布等を行う。

当事例では次の3パターンで仕上げを行った(写真-4)。

- ① 碎石+覆土(t=4cm・無播種)+植生シート(無播種)
- ② 碎石+覆土(t=4cm・無播種)
- ③ 碎石のみ

4. 性能試験

4. 1 耐凍上性試験

3. の事例につき、越冬前後の耐凍結・凍上性能、覆土の植生状態を確認した。施工場所は北海道空知郡南幌町である。

施工地に最も近い気象庁の恵庭島松データによると、最低気温(平年値)-12.2度(2月)に対し、今年の冬期の最低気温は-20.7度(2月5日)まで低下したこと、覆土面に打設したUピンや張芝面の目ぐしの浮き上がり状態が確認されたこと、対象地山のようなシルトの多い土は凍上しやすいとされていることから、環境条件上では凍上害の発生しやすい条件となっていたも



写真-1 吸出防止材の設置



写真-2 3Dパネルの設置



写真-3 碎石の投入



写真-4 施工完了



写真-5 積雪状況(2008年2月)

のと考えられる。また、最深積雪は102cm(2月28日)(算定積雪荷重306kg/m²)と年ごとの平年値(83cm)と比較すると厳しい気象条件となったものの(写真-5)、凍上害・雪害は確認されなかった。

(1) 3Dパネルの浮き上がりの有無

凍上害による移動量(浮き上がり)の有無を確認するために、不動点よりアンカーバー(L=1000mm)の頭(頂)部の水準測量による移動量、光波測距計による水平距離、角度測量による移動量を越冬前(12月4日)、越冬後(4月1日)に測定した(写真-6、7)。その結果、水準測量および光波測距計による水平距離は-1mm前後、角度は+0度0分80秒前後のみ河川側へ移動と変位はごく少量であり、凍上害は確認されなかった。



写真-6 光波測距計による測量状況



写真-7 水準測量状況

(2) 植生の状態

3Dパネルの後、覆土(無播種)による植生工を実施した。覆土の表面は植生シートのある区とない区を設けた。施工後8ヶ月目(8月)現在、植生シートの有無にかかわらず、覆土の損傷なども見られず、全面緑化・被覆された植生状態となった(写真-8、9)。



写真-8 植生状況(8ヶ月(8月))

(3) 3Dパネルの耐凍上性能

施工後1冬の経過を追跡調査した結果では雪害、凍上害は確認されておらず、当工法が耐凍上性能を有していることが確認された。

当工法が凍上害になぜ有効かを考えると、トラス形状の金網内に投入された碎石層が空隙を有し表面排水しやすいこと、かつ面的に抑え効果を有し、しかも追随性を有していることなどが、凍上害の多発している法枠工などの構造物と比較して凍上害の発生しにくい構造になっているものと考えられる。



写真-9 植生状況(8ヶ月(8月))

4. 2 水理性能試験

河川護岸での3Dパネルの水理特性値を評価する目的で(財)土木研究センターで試験を行った(写真-10)。

試験方法は、『護岸の力学設計法』において掃流による破壊



写真-10 試験状況

形態に分類される法覆工(捨石護岸、籠詰め等)の照査に用いる相当粗度 k_s 、限界掃流力 $\tau * d$ の水力特性値を管水路試験装置による計測値から求めた。

流量は $Q=400\text{l/S}$ 、平均流速 $V=4.44\text{m/s}$ とし、全面移動と判断した時点で試験完了した。

試験結果は次のとおりである。

- (1) 中間移動の流速が捨石護岸と比較して非常に大きく、耐流速性が大幅に高まる(表-1)。
- (2) 3Dパネルの軽量性、碎石の充てん性など施工性が優れる。
- (3) 施工性と維持管理面からトータルコストの縮減が期待できる。

	設計水深 Hd(m)	限界流速 Vd(m/s)	
		3Dパネル	捨石護岸 (比較)
河道底面設置 (平坦)	3.0	3.68	2.94
河道底面設置 (平坦)	3.0	3.45	2.75
河道底面設置 (平坦)	3.0	3.15	2.52

表-1 試験結果



4. 3 植生後の耐流速性能

オーストリアのフォルヒテンスタイン・ダム湖でウィーン大学と共同で最大流速と耐浸食性に関する水理実験を、パネル設置箇所とパネル設置無し(吸出し防止材+菱形金網)の表面を緑化した状態で比較した。

ウィーン大学が実験・測定した流速は、流れの先頭部分の流速で $3.58\text{ m/s} \sim 6.14\text{ m/s}$ であった。

その結果、パネル有箇所(写真左)は部分的な表面客土の流出が発生したが、パネルや中詰め碎石は健全な状態を保持していた。パネル無し(吸出し防止材+菱形金網)箇所(写真右)は、実験開始10分後までに深さ40cmの浸食(地山まで影響)が発生した(写真-11、12)。

写真-11 耐流速性試験状況(貯水流下)



写真-12 耐流速性試験完了

4. 4 塩水噴霧試験

護岸など水の影響の大きい立地条件で用いる場合が多いため、パネルの耐食性を確認する目的で試験を行った。

試験方法はJIS Z 2371に準拠した。パネルの切断部は無処理とし、予めパネル表面にキズをつけた供試体も準備した。

試験結果は、200時間経過後、パネルコーティングのごく表面のみ白錆が発生するものの、キズの有無にかかわらず、パネル金属部への腐食進行は見られず、耐食性に問題のないことが確認された(写真-13、14)。



写真-13 塩水噴霧試験前



写真-14 試験後(200時間後)

5. 施工事例

(1) 道路のり面の保護 (2007年8～9月施工)

工事概要:市道笹目線下河戸線法面保護工事

発注者:大田原市(栃木県)

元設計:簡易のり枠

採用理由:既施工の枠の背面が長期的にすいてくる問題が生じていた。本工法は土砂法面での凍上防止や豪雨対策として有効なため。

施工概要:3D protection パネル・アンカーバー・砕石充填・客土(土羽)2cm・客土吹付工2cm A=600㎡ (写真-15、16)

(2) 谷止工(治山ダム)まわり斜面復旧 (2007年8月施工)

工事概要:登別温泉地区災害関連緊急治山工事

発注者:林野庁後志森林管理局

元設計:ラス張工+厚層基材吹付工

採用理由:沢地形で大雨時にかなりの流下水があり部分的にかごマットが施工されていた。既施工の厚層基材が洗掘された箇所があった。本工法は洗掘防止に有効なため。

施工概要:3D protection パネル・アンカーバー・砕石充填・金網張工 A=450㎡ (写真-17、18)

(3) リヴィーニョ湖(ガッロ・ダム湖)の湖岸対策

工事概要:リヴィーニョ湖岸保護工事

施工場所:イタリア共和国ロンバルディア州ソンドリオ県

施工概要:3D protection パネル・アンカーバー・砕石充填・亀甲金網 A=400㎡ (標高1,816m)

採用理由:水位変動域の波浪浸食防止対策 (写真-19)

6. 工法比較

道路のり面および河川護岸の比較表は次頁に示すとおりである。

おわりに

現在までに、国内では水の影響の大きい谷止工(治山ダム)周りの斜面復旧、道路のり面の保護、河川護岸に採用された実績がある。今後は、ダム湖岸やため池堤体の補強、構造物の壁面緑化工事等への適用にも向け、幅広く展開していく予定である。



写真-15 パネル設置状況



写真-16 施工後1ヶ月(10月)



写真-17 全景



写真-18 施工完了

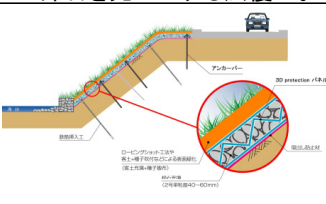


写真-19 施工完了

道路のり面保護工法 比較表

	3D protection パネル工法	簡易吹付のり枠工法	モルタル・コンクリート吹付工
工法概要	三次元形状のパネルに粒径40～60mmの碎石を充てんする法覆工。	吹付モルタルによるのり枠と枠内植生基材吹付けによる工法	金網を設置した後、モルタルまたはコンクリートを5～20cmに吹付ける風化防止工法
概略図		 吹付のり枠	
経済性(概算)	7,500円/㎡ (3Dパネル・吸出防止材設置・碎石充填など材工費)	7,759～9,778円/㎡ (A～Mタイプ材工費 枠間幅1.3m 枠高10～15cm 枠内吹付厚5cm NETIS参照)	3,600～7,550円/㎡ (厚Mo5cm～Co20cm 土木コスト情報2008年7月版 広島県参照)
勾配	1:0.5まで ○	1:0.6まで ○	急勾配可 ◎
耐凍上性・耐背面空洞化	トラス形状・碎石・面的おさえ効果 ◎	のり枠背面が空洞化 △	凍上・乾湿繰り返しにより背面が空洞化 △
表面剥離崩壊	ある程度の抵抗力 ○	ある程度の抵抗力 ○	抵抗力なし △
プラント	バックホウのみ ◎	モルタル吹付機・空気圧縮機(大)・発動発電機(大)・トラクタショベル △	モルタル吹付機・空気圧縮機(大)・発動発電機(大)・トラクタショベル △
熟練度	低い ◎	高い(吹付作業) △	高い(吹付作業) △
景観性	碎石(自然物)・緑化 ◎	のり枠(構造物・当初) △	モルタル・コンクリート面 ×
総合評価	◎	○	△

河川護岸緑化工法 比較表

	3D protection パネル工法	ジオテキスタイル	かご工 (植生蛇籠・かご平張)
工法概要	三次元形状のパネルに粒径40～60mmの碎石を充てんする法覆工。	アンカーボルト打設・グリセル固定法枠形成後、中詰め植生を図る。	鉄線で作られた籠と中詰石(粒径150～200mm)による法覆工。
概略図		 グリセルを用いた格納コンクリート固着上の植生基盤構築工法	 中・下流域・平張り工 http://www.k-harmotech.co.jp/kagomatto/kagomatto.html引用
経済性(概算)	7,500円/㎡ ◎	7,600円/㎡ ○	植生蛇籠 14,000円/㎡ かごマット 8,500円/㎡ △
勾配	1:0.5まで ◎	1:1.0まで ○	1:1.5まで △
耐流速性	4m/s以下 ○	3m/s以下 △	5m/s以下 ◎
剛性 耐光性 耐食性	鉄板+亜鉛メッキ+PVC被覆 ◎	ポリエチレン+アラミド繊維 剛性・耐光性△	鉄線 △
中詰碎石	40～60mm ◎	—	割栗石(150～200mm) △
植生工 客土	4～5cm ◎	30～15cm ○	30cm以上 △
施工性	◎	組立て・厚い客土 △	組立て・厚い客土 △
総合評価	◎	○	○

以上