

# リングネット落石吸収柵工法 高エネルギー吸収タイプ落石防護柵

## 建設技術審査証明事業（砂防技術）

### (1) 技術審査証明の概要

#### 1 技術の概要

リングネット落石吸収柵工法の基本技術は、スイス連邦森林・雪・景観研究所（WSL）とFATZER社が実物大実験を主体として開発したものである。本工法を我が国に適用するにあたり、日本の山岳地形、設置場所の地盤条件に適合するよう柵の支柱間隔が変化しても落石を捕捉でき、ネット以外の部材に落石が衝突しても柵の機能が発揮され、同時に合理的な柵の下部構造設計と維持管理が可能である「リングネット落石吸収柵工法」を開発した。

本工法は、高エネルギー吸収タイプ落石防護柵に分類され、落石の運動エネルギーを剛な構造で対抗

するのではなく、リングネットの大きな変形性およびブレーキリングによってエネルギーを吸収する可撓性の落石防護柵である。

#### 2 技術の特徴

リングネット落石吸収柵工法の特徴は、落石捕捉の性能を実物大実験により確認しその性能を保証していること、合理的な下部構造設計に必要な荷重および柵部材の維持管理基準等も実物大実験と部材要素試験により諸元を定めていることである。

防護柵に衝突した落石の運動エネルギーは、**図3**の概念図に示すような過程で吸収される。

#### ① ネット吸収領域

リングネットは、最初に落石の衝撃を受ける部材



写真1 リングネット落石吸収柵の部材構成

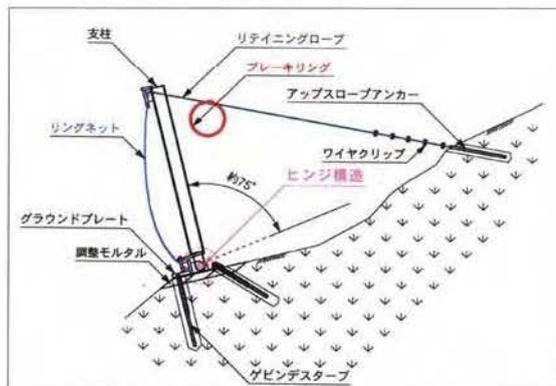


図1 標準構造図（側面図）

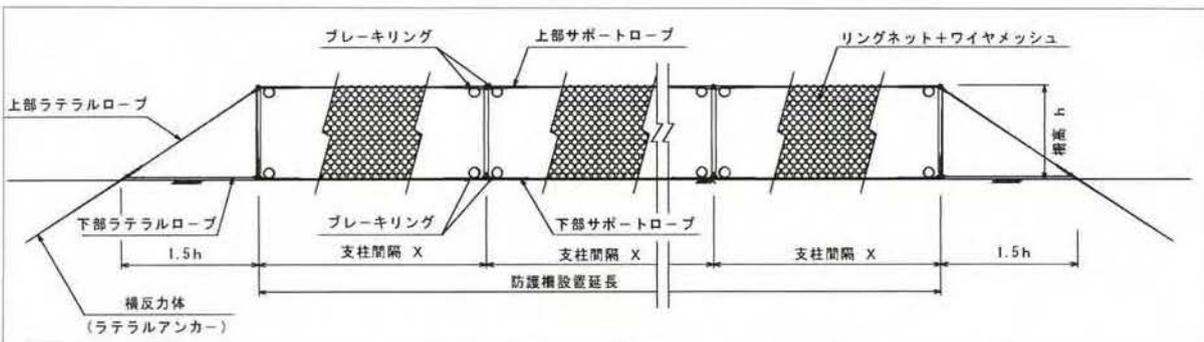


図2 標準構造図（正面図）

である。衝突する落石の運動エネルギーが小さい場合、網を形成しているリングの変形によりエネルギーを吸収する。

② システム吸収領域

リングネットの変形だけで吸収しきれない落石の運動エネルギーは、ブレーキリング（衝撃緩和装置）の働きにより吸収する。

③ 最大吸収領域

さらに、運動エネルギーが大きい場合、柵を構成するシステム全体でエネルギー吸収をする。

3 技術の適用範囲

リングネット落石吸収柵工法は、表1に示すように4タイプの防護柵があり、落石の運動エネルギー2,000kJまでの落石規模に適用が可能である。

リングネット落石吸収柵で防護可能な落石の質量

例を図4に示す。

4 技術審査結果の概要

(1) 落石捕捉に関する性能

支柱間隔5mおよび10mの柵におけるエネルギー吸収能は同一レベルであり、支柱間隔に関わらず、柵が計画上想定される落石の最大エネルギーを吸収することができる。また、落石がリテイニングロープや支柱に衝突しても、部材に一部損傷を生ずるのみであり、柵のエネルギー吸収能は維持されているものと認められる。

(2) 合理的な下部構造設計

ワイヤロープアンカーは、グラウトの付着強度とアンカーに伝達される荷重に基づいて設計されている。そのため、設置位置の地盤条件に適合する合理的な設計ができるものと認められる。

(3) 構造的な維持管理性能

ブレーキリングの変形量やそれ以外の柵部材の変形については交換基準が定められており、落石捕捉後においても柵の適切な維持管理が可能であると認められる。

(4) 施工性能

軽量の柵部材を使用しており、地盤条件に応じた基礎工を用いることができるので、本工法が多様な施工条件に適用できるものと認められる。

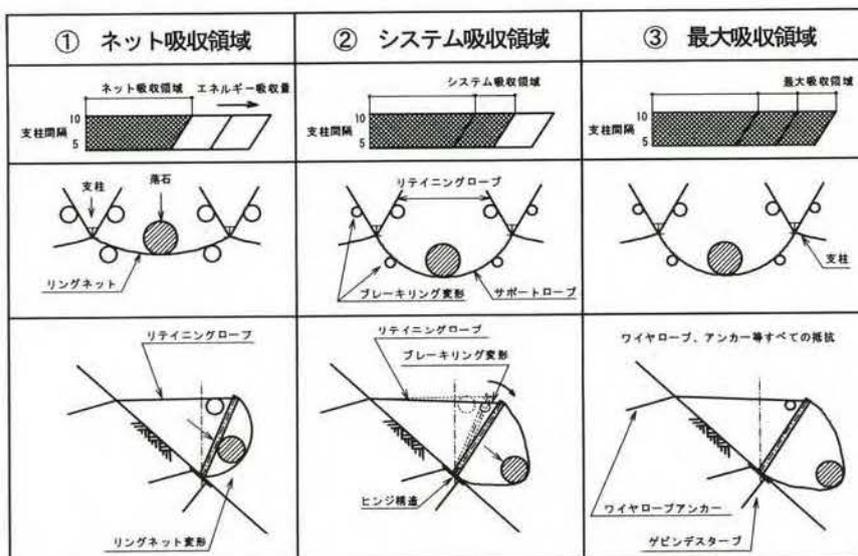


図3 エネルギー吸収概念図

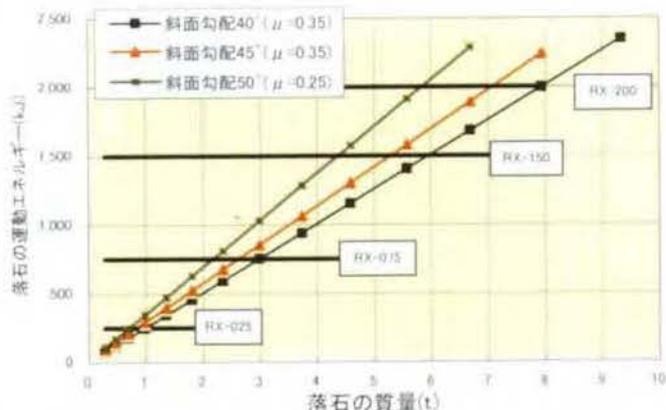


図4 防護可能な落石の質量例

表1 リングネット落石吸収柵工法の適用範囲

防護柵タイプ	最大吸収エネルギー
RX-025	250kJ
RX-075	750kJ
RX-150	1,500kJ
RX-200	2,000kJ

【算定条件】

落石の落下高さ H=40m  
 斜面の等価摩擦係数  $\mu=0.25\sim0.35$   
 斜面勾配  $\theta=40\sim50$ 度

## (2) リングネット施工現場例

### 1 工事概要

- 発注者 北海道留萌森づくりセンター
- 工事件名 平成12年度 別荘漁港地区 復旧治山工事
- 現場所在地 北海道増毛郡増毛町別荘
- リングネット仕様  
防護柵タイプ：RX-200  
柵高：5m  
設置延長：上段40m、中段30m、  
下段30m
- 施工条件  
上段柵 道路から80mの比高差  
下段柵 道路から60mの比高差  
資機材揚重用120tクレーン使用

### 2 施工環境

別荘漁港地区では、直径1m程度の落石が標高150m付近より発生し、斜面防災工事の仮設足場を貫通し、漁港の民家裏を直撃した。そのため早急な落石対策が求められ、今後発生が予測される落石規模に対応可能で急崖斜面にも速やかに設置でき



写真2 別荘漁港を見下ろす標高193mの岬（上段と下段のRN設置完了時）

る、リングネット落石吸収柵工法が落石対策工の一つとして採用された。

北海道での冬季間（11月～2月）施工となり、施工期間中の平均気温は5°Cであった。また、設置斜面は急崖斜面で雪と格闘しながらの施工といえた。

### 3 現場でのエピソード

落石エネルギーが大きいため、リングネット柵の設置位置は道路面より最大80m上方の斜面に、3段のリングネット柵を設置する計画となった。施工ヤードの制約と斜面状況から、資機材の搬入は次の手順で実施した。

- 斜面中腹に資機材揚重足場を設置する。
- 移動式クレーン（120t）で揚重足場に資機材を吊上げ搬入した。
- 用重足場位置から上部の柵設置位置の仮設足場まで斜路を設け、電動ウインチを用いて資機材を引上げた。
- リングネット柵1段毎に、アップスロープアンカー設置用足場と柵組立足場を各々設置した（写真3）。
- このような施工環境であるため、施工中の安全対策には最大限の配慮を必要とした。

冬季間の施工でもあり、斜面に降り積もった雪は容易に斜面を滑落し、「小規模な雪崩」と呼んでも良いような現象が発生したこともあり、施工期間中は、「安全対策」と「雪対策」との格闘でもあった。

## (3) 落石捕捉と維持管理事例

### 1 工事概要

- 発注者 高知県 越智土木事務所
- 工事件名 防災国 第2-210号 国道439号線災害防除



写真3 斜面上に設置中の仮設足場

●**現場所在地** 高知県高岡郡仁淀村太郎田

●**リングネット仕様**

防護柵タイプ：RX-150

柵高：4m

設置延長：68m

## 2 落石の発生と捕捉

### (1) 落石発生状況

平成13年3月24日に芸予地震を誘因とする落石が各地に発生した。標記現場でも多くの落石が発生したがその全てをリングネット柵で捕捉し、落石災害を未然に防ぐことができた。落石発生形態は、柵位置から約70～100m以上上部の基岩からの剥離型落石と推測された。

### (2) 捕捉した落石規模

落石は防護柵中央部の3スパンに集中して衝突した(写真4)。小割り対象とした落石数は9個、その合計質量は約13.1tに達した。柵衝突時の個々の落石運動エネルギーを落石対策便覧に示されている式により算定すると110～1,230kJ/個、累計は約4,000kJに達した。

### (3) 部材の変形

落石の一部は支柱を直撃し、支柱に損傷を生じたが(写真5)、柵の機能は損なわれることなく落石捕捉に成功した。また、防護柵の高さは減少することなく、後続して柵に達した落石を確実に捕捉できた。

柵に衝突した単体落石の最大規模は、1,230kJであり、当該防護柵の最大吸収エネルギーの約80%に相当した。しかし、リングネットのリングに一部(20個のリング)に若干の塑性変形が認められたのみで、弾性変形の範囲で落石の運動エネルギーを吸収した。また、



写真4



写真5

ブレーキリングの作動量は10cm以下にとどまり、交換基準である作動量40cmには達せず。交換の必要はないものと判定された。

## 3 柵の維持管理

柵に多量の落石が捕捉堆積し、支柱を直撃した落石により支柱(No.5)の変形が生じ、同時に支柱基部のグラウンドプレートのヒューズボルト(計画破断部材)が作動したため、柵の維持管理(補修)を実施した。また、準備工を除く実質補修作業は4日間で終了した。

## (4) 最新ニュース——RX-300の導入

### 1 実物大実験

リングネット落石吸収柵の研究・開発においては、必ず実物大実験を実施し、落石捕捉能力の確認と検証がなされている。現在の防護柵タイプは、最大エネルギー吸収量2,000kJのRX-200までであったが、最大吸収エネルギーを3,000kJまで高めた新しい防護柵RX-300の開発が完了し、世界各国で導入が開始された。

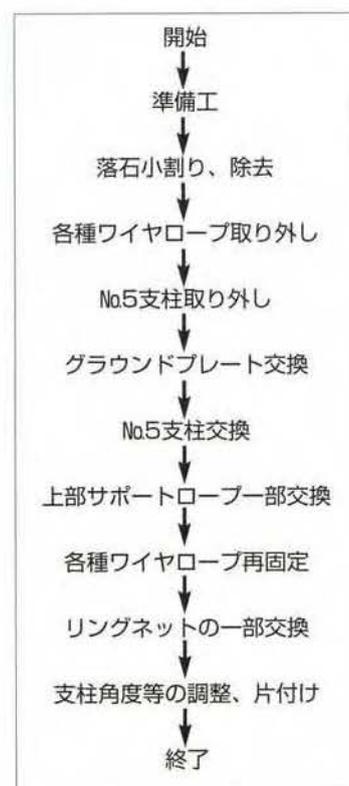


図5 維持管理手順

## 新技術

実物大実験は写真7に示すWalendttadt実験場で実施された。落石実験は表2に示す仕様で行われ、実験結果に基づく落石捕捉能力は、スイス連邦政府機関（WSL及びSAEFL）が発行した証明書により保証されている。

## 2 新技術の導入

RX-200からRX-300への性能向上を図るために、従来の防護柵システムに次のような新技術が導入された。

- 新型グラウンドプレート
- 専用支柱アッセンブリー



写真6 維持管理状況

工種(数量)	平成13年9月			備考
	10日	20日	30日	
準備工(1式)	■			
落石撤去(5.1m <sup>3</sup> )		■		
修復工(1式)		■		
片付け工(1式)			■	

図6 実工程表



写真7 落石実験場 (Walendttadt)

表2 実験仕様

試験日	2001年9月20日
落石の質量	m = 9,640kg
落石の落下高さ	H = 32m
柵衝突時の落石速度	v = 25m/s
落石の運動エネルギー	E = 3,010kJ
柵の最大変位量	6.6m

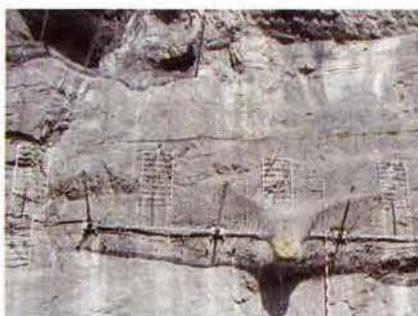


写真8 落石がネットに衝突した瞬間

- ブレーキリングGN-9055
- DIMOシステム

増大する落石エネルギーと落石衝突時の衝撃力に対処するため、並びに設置時の容易性を維持するための改良が、写真9に示すグラウンドプレートと支柱アセンブリーに施された。

リングネット柵の主要なエネルギー吸収部材であるブレーキリングは、エネルギー吸収能力を高めた(図7) GN-9055を開発し、在来型ブレーキリングと

バランス良く組合わせられる。

防護柵システムとしては、図8に示すDIMOシステムを新しく導入した。このシステムは、リングネットに過大な荷重が作用することを避けながら、リングネット面にもブレーキリングを配置し、落石の運動エネルギー吸収量を高めることに成功したものである。

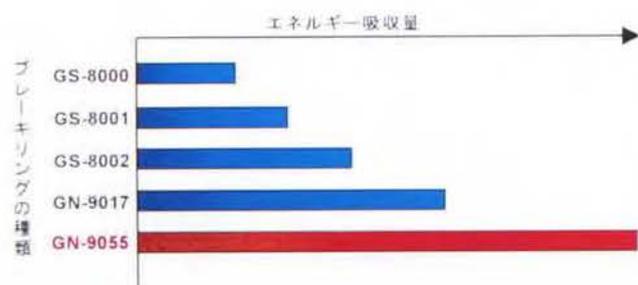


図7 新型ブレーキリングGN-9055の開発



写真9 専用支柱アセンブリー

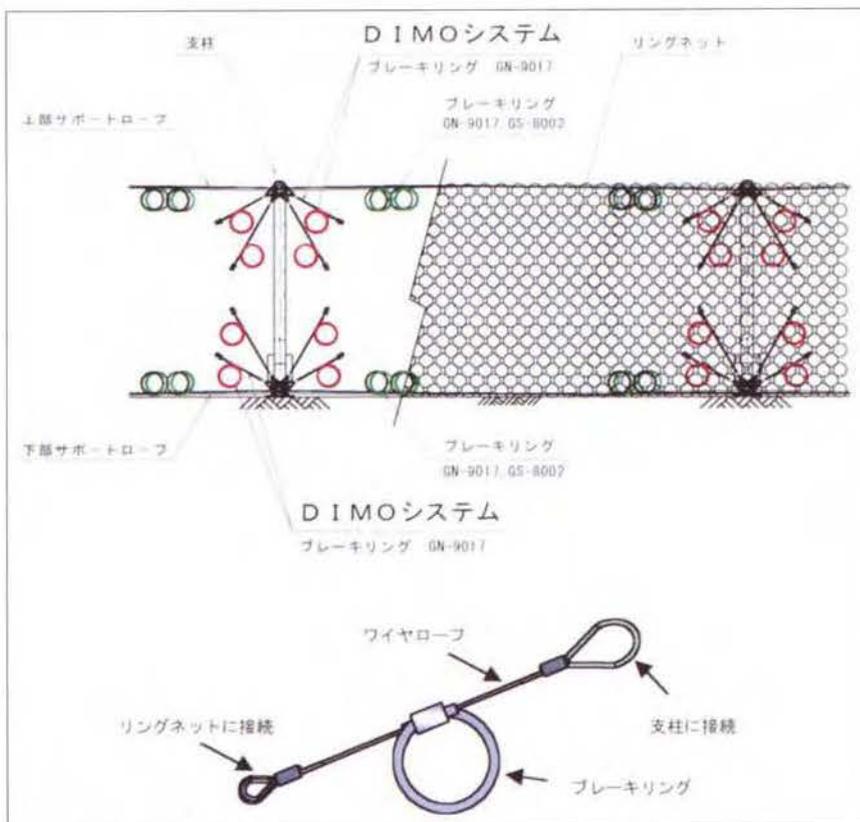


図8 DIMOシステム