

## 工法選定資料(落石防止工の選定)

中鋼産業株式会社

落石防止工の選定（『治山技術基準解説 総則・山地治山編』P335～340参考）

落石防止工は、大きく『落石予防工』と『落石防護工』に分かれる。

(1) 『落石予防工』(発生源対策)

落石予防工は、落石発生源での対策であり、落石の恐れのある転石または亀裂の多い露岩を除去または固定して落石の発生を防止することを目的とする。

(斜面切取工・転石整理工) 切土工、転石除去工など

(被覆工) 法枠工、モルタル吹付工など

(固定工) ワイヤロープ掛工、ロープ伏工(注1)、ロックボルト工など

(根固工) 接着工、コンクリート等を充填

(2) 『落石防護工』(発生した落石による被害を軽減)

落石防護工は、落石の発生源から保全対象に至る山腹斜面において、落石を直接抑止することを目的とする。落石防護工の種類は、落石の形態、地形、保全対象との関連、施工性などを十分考慮して、計画箇所の設置条件、使用条件に応じた適切な種別を選定する。

(落石防護壁工・落石防護柵工) ストンガードなど

(落石防護土留工) 土留工タイプの擁壁工

(落石防止網工) 覆式ロックネット工、ポケット式ロックネット工など

(注1) ワイヤロープ掛工は、ワイヤロープを使用し個々の落石を固定する工法。

固定工の種類として、ロープ掛工・ロープもっこ・ロープネット・ワイヤネット

ロックボルト・接着としている（『治山技術基準解説 総則・山地治山編』P338参考）。

近年の流れのなかで、以下の様に工種を整理し次頁フローチャート図を作成する。

\* ワイヤロープ掛工(ロープ掛・ロープもっこ)⇒ロープの交差部にアンカーを打設しないワイヤロープ単体数本を用いて斜面上の浮石・転石を固定する工法で、一般に応急的に用いられることが多い(ロープ掛)。

浮石・転石を既製品のワイヤ製のもっこを用いて固定する工法(ロープもっこ)。

\* ロープ伏工(ロープネット・ワイヤネット)

ワイヤロープを格子状に編んでクロスクリップ等で留めたもので固定する岩の大きさ、状態でメインロープと補助ロープの径を変えることも可能。斜面の樹木を残存させたまま施工できる利点がある(ロープネット)。

浮石・転石を大きさに合わせた格子状ネットの非ポケット式の落石防止網で浮石・転石を被覆する工法で浮石の周りに比較的小さな転石がある場合に適し、表面の凸凹が著しい岩にもあわせてやすい(ワイヤネット)。(注2)

(注2) ワイヤーネットには、現在ロープネットの特徴に適合し、特殊な強度を持つ金網(シーンネット)を使用した工法が存在する。

その為、通常の落石防止網(ロックネット)を使用したワイヤーネットと特殊金網(シーンネット)を使用したワイヤーネットを区別する。

次頁チャート図では、以下の様に工種の区別をする。

\* ワイヤーネット(斜面の樹木などを残存させたまま施工できる)

シーンネット工法など特殊金網を併用したロープネット工のタイプ

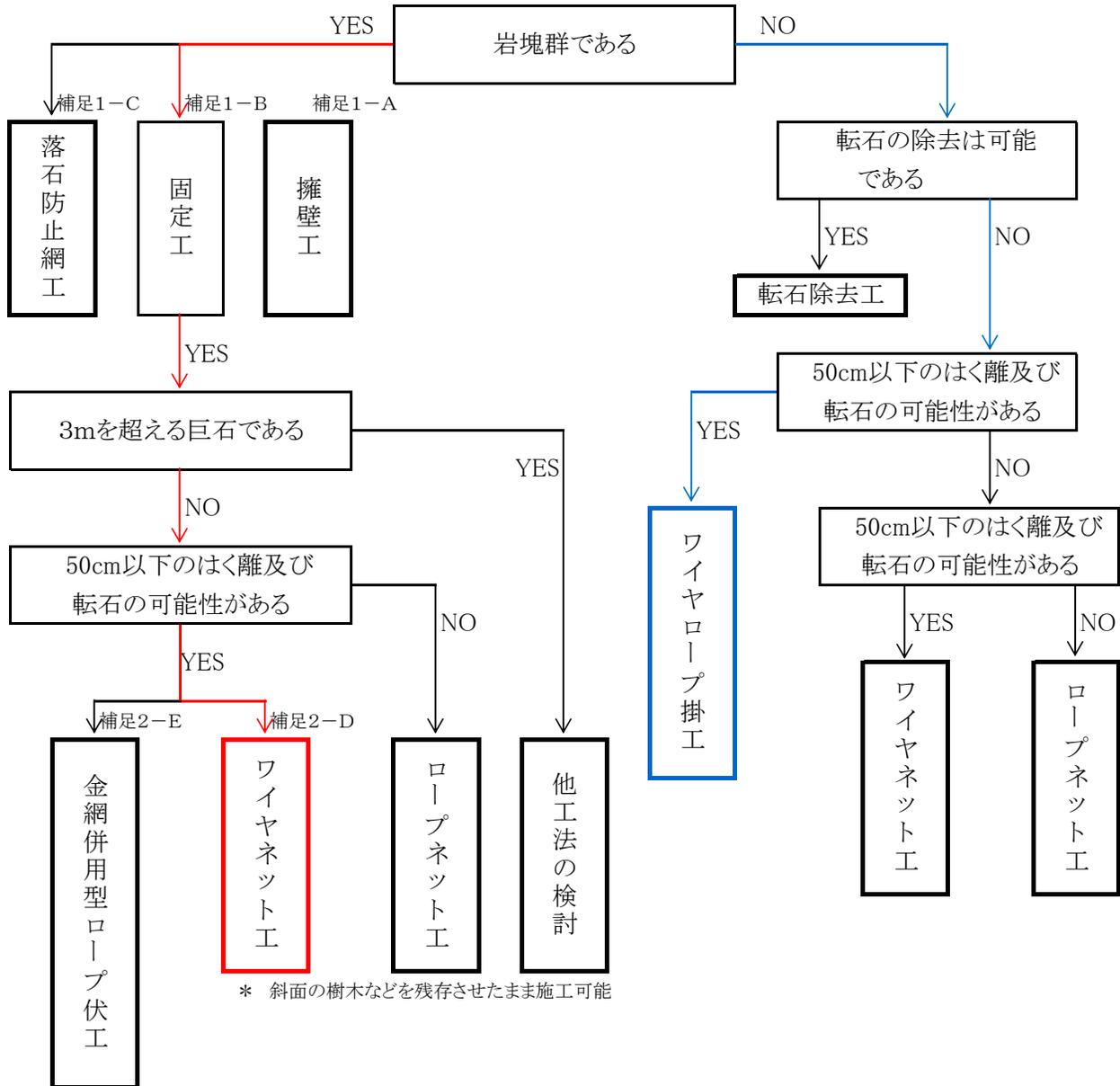
また特殊金網を併用することにより、剥離型落石に効果が大きい

\* 金網併用型ロープ伏工(斜面の樹木などを残存させたまま施工ができない)

金網併用型ロープ伏工はロックネット用金網を併用したロープネット工のタイプ

## 工法選定

当現場において、適切な工法を以下のフローチャートにおいて行う。



\* ロックネットの目合が50×50mmである為、施工にあたりほとんどの樹木の伐採を伴う

上記フローチャートより、現場条件を考慮し、A・C箇所は青線よりワイヤーロープ掛工で行い  
B・D箇所は赤線によりワイヤネット工にて施工を行う。

\* ワイヤネット工は、シーンネット工など特殊金網を併用したロープネット工のタイプ

\* 金網併用型ロープ伏工は、ロックネット用金網を併用したロープネット工のタイプ

## 補足

1. 前頁のフローチャートにおいて、岩塊群である場合には、当現場において擁壁工・固定工・落石防止網工が考えられるが、それぞれの工法を考察する。

### A 擁壁工

擁壁(ストーンガード併用)は、落石の流出を防止する。

ただし、擁壁を設置するためには、法切りが必要である。

施工場所下部の法面は法長15~20m、1:0.5程度の急斜面になっているため、安定勾配の掘削を行うと土量が膨大になる。また、擁壁の裏側が急勾配であるため落石が飛び越えてしまわないよう擁壁高さ(またはストーンガード柵高)が高いものかポケット部分を広くしないといけない。

### B 固定工

固定工は、落石発生源での滑落を防止する。

ただし、落石の大きさや斜面勾配等により工法が多様化する。

施工場所は、剥離型落石となっており、落石の形状は様々であるので抜け落ち等を考慮すると概ねの落石は防止できるが、完全に落石を防ぐことは困難である。

### C 落石防止網工

落石防止網工は、広範囲に展開する落石の流出を防止する。

ただし、施工法面は伐採が必要となり、落石高さ・大きさ・勾配の関連はあるが、概ね1mを超える落石に対しては安定計算でNGとなる。

以上より、安全性・経済性・施工性において固定工を選出する。

2. 前頁のフローチャートにおいて、50cm以下の落石が考えられる場合には、当現場においてワイヤネット工または金網併用型ロープ伏工が考えられるが、それぞれの工法を考察する。

### D ワイヤネット工

石の大きさが概ね1.5m~30cm程度までの落石を防止する。

ただし、樹木の伐採は必要ないが目高5cm以下の雑木や草などの除去は必要である。

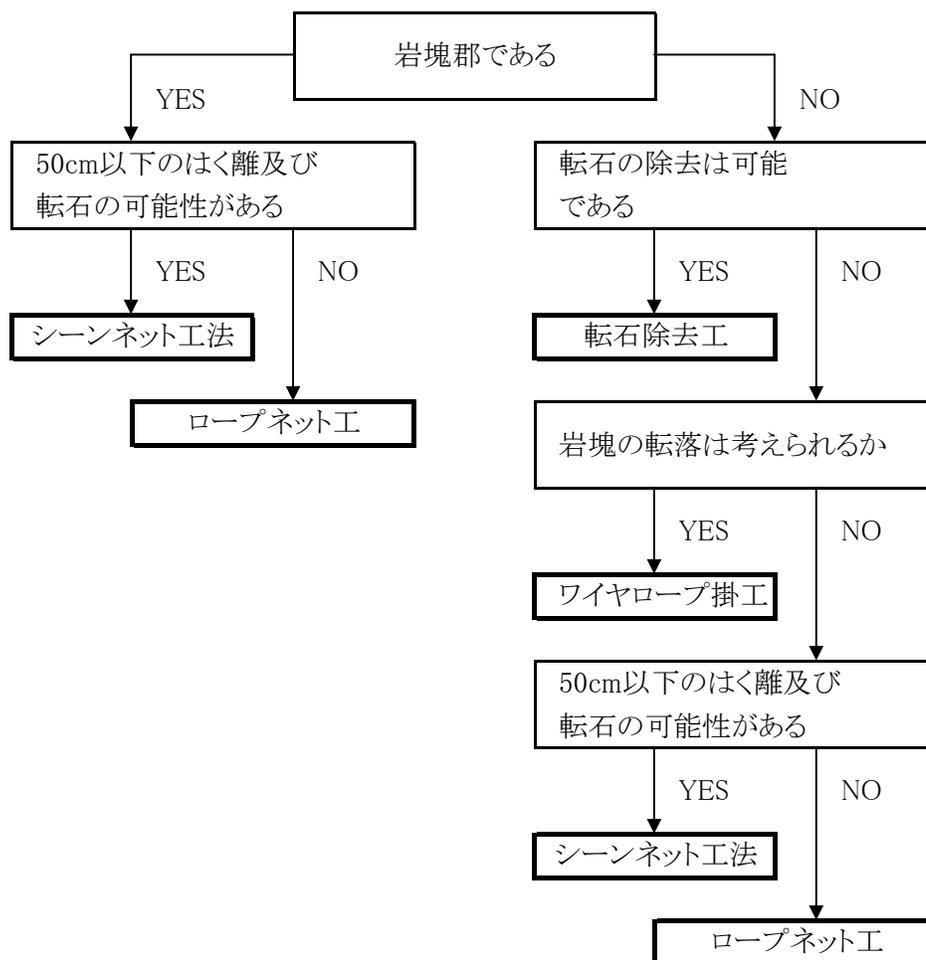
### E 金網併用型ロープ伏工

石の大きさが概ね1.0m~30cm程度までの落石を防止する。

ただし、前項での落石防止網と同様に伐採が必要となり、1mを超える落石に対しては安定計算でNGとなる。

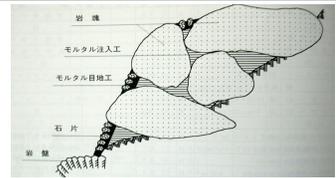
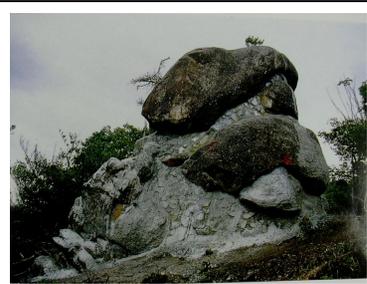
## 工法選定

当現場において適切な工法は、固定工または転石除去と考えられる。  
固定工については、ロープ伏工(シーンネット工法、ロープネット工)、  
ワイヤロープ掛工の3工法で選定し、以下のフローチャートにおいて行う。



ただし、転石除去工を選定するときに、作業を行う際の安全確保のため、  
施工場所下部に防護柵を設置したり、仮設としてワイヤロープで固定し  
ないと岩破碎が出来ない等の場合は、破碎した後の破碎岩の運搬、仮  
設の撤去等を考慮し、安定計算上可能であれば、施工性・経済性・安全  
性においてワイヤロープ掛工を選定する。

### 工法比較表

工法名	シーネット工法	ロープネット工法	転石除去工	接着工・モルタル吹付(充填)工
工法手順	1. シーンネット張工	1. アンカー設置	1. 削孔工	1. 転石清掃工
	2. アンカー工	2. ワイヤロープ設置	2. 静的破砕剤による小割(1次破砕)	2. (亀裂部シール工)
	3. ロープ張工(ネット、アンカー部材取付)	3. 部材取付(アンカー定着金具等)	3. 残土処分(2次破砕～搬出・処分)	3. 接着剤充填(もしくは、モルタル吹付工)
工法概略	<p>ロープを一定間隔に設置し、交点に鉄筋挿入を打設(補強土工)する。各ブロック(2.0m×2.0m・標準)において特殊金網(シーネット)を設置し落石を防ぐ。ロープ間隔を変えることにより多用のブロック構成で現地に適した抑制効果が得られる。</p> <p>シーネット工法は、従来工法で考えると、「ワイヤロープ掛工」と「落石防止網工」を合成させた工法。剥離型落石防止に効果大きい。</p>	<p>「ワイヤロープ掛工」の一種であり、主ロープを2m×2m・補助ロープを0.5m×0.5mに格子状に張ることで、ワイヤロープによるネット状を構成し、転石などを抑止する。</p>	<p>落石予防工として、浮石や転石が落下する恐れのある斜面で破砕し小割してモノレール等で運搬・処理をする。</p> <p>(2) 切土工および浮石・転石除去工 落石予防工としての切土工および浮石・転石除去工は、既存のり面や道路に近接して発達している斜面中に分布する落石の可能性のある浮石・転石を、切土または小割りすることによって除去し、のり面や斜面の安定を図るために行う工法である。</p>	 <p>モルタル吹付工 モルタル目地工 石片 岩塊</p>
概算工事費	¥17,487/㎡	¥19,000/㎡～ ¥21,000/㎡	転石除去工 ¥200,000～300,000/㎡	モルタル充填 ¥700,000/㎡(工法により異なる)
	400㎡当り単価(アンカー 岩:土=1:1)	400㎡当り単価(アンカー 岩:土=1:1)	搬出設備・処分費などは別途計上	工法及び転石の量により異なる
工法長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・樹木の伐採が最小限で施工可能。</li> <li>・ネット形状により、25cm程度の浮石まで防止。</li> <li>・ネット特殊材質により、耐久性が向上している。</li> <li>・シーネット自体に荷重分散効果がある為、維持補修が容易である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・樹木の伐採が最小限で施工可能。</li> <li>・ワイヤロープ構成により、50cm程度の浮石まで防止。</li> <li>・巨岩に適している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・樹木の伐採が最小限で施工可能。</li> <li>・危険対象物除去の為、永久的に安全である。</li> <li>・作業中の落石の危険が少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・樹木の伐採が最小限で施工可能。</li> <li>・不安定な岩塊を一体化し安定する。</li> <li>・亀裂部の侵食風化を防ぐ。</li> </ul>
工法短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・完全な砂質土・砂土(火山性荒廃地など)の場合には、アンカー削孔時に孔壁がセメントペースト注入時まで自立しない可能性がある。アンカータイプの変更が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ワイヤロープ自体に伸縮性がない為、アンカーに落下荷重が直接かかる。</li> <li>・シーネット工法に比べ抜け落ちる転石は大きい。</li> <li>・シーネット工法に比べ維持補修が困難である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他工法に比べ転石が多いと高価である。</li> <li>・他工法に比べ工期がかかる可能性が高い。</li> <li>・他工法に比べ搬出設備が大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・斜面崩壊に伴う落石には効果が少ない。</li> <li>・岩塊の亀裂の細部への注入は確認できない。</li> <li>・吹付工法の場合には、圧送距離の検討が必要。</li> </ul>
施工性	◎部材重量が軽量である為、施工性に優れる。 部材重量(約1,700～2,100kg/400m2)	○パイプアンカーが約19～23kg/本と重量がある。 部材重量(約2,240～4,770kg/400m2)	△転石を1・2次破砕を行い人力で搬出する為、人力で持てる大きさ(約30cm程度)での作業となり、施工性は悪い。	○個々の転石に対して人力作業を行う為、転石の数によっては施工性が落ちる。
耐久性	シーネット130年以上(大気中 田園地帯) (ワイヤロープはG種亜鉛メッキ)	ワイヤロープはG種亜鉛メッキ	危険対象物除去の為、永久的に安全である。	各工法及び、充填材料により異なる。
経済性	◎施工性に優れる為、工期の短縮も可能。ロープネット工法に比べ安価。	○転石除去工・接着(充填)工に比べ工期の短縮が可能。	△対象エリアでの転石の数による。	○対象エリアでの転石の数による。
景観	◎樹木の伐採が最小限で施工可能。	◎樹木の伐採が最小限で施工可能。	◎樹木の伐採が最小限で施工可能。	◎樹木の伐採が最小限で施工可能。
参考図			<p>落石予防工の工種(土工指針より)</p> <p>落石予防工は主として落石予備物質を対象としてとられる工法であり、落石対策としては直接発生源に対して次のような効果を期待して実施される。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①地表水、凍結融解、温度変化、乾燥の繰返し、風力等による侵食風化の進行を防止する。</li> <li>②落石予備物質を現位置で直接抑止する。</li> <li>③落石予備物質を除去あるいは整理する。</li> <li>④斜面崩壊に伴う落石を防止する。</li> </ol>	

## シーンネット工法について

シーンネット工法は、自然地山の補強のうち、ワイヤーネット工に鉄筋挿入工を併用した工法である。

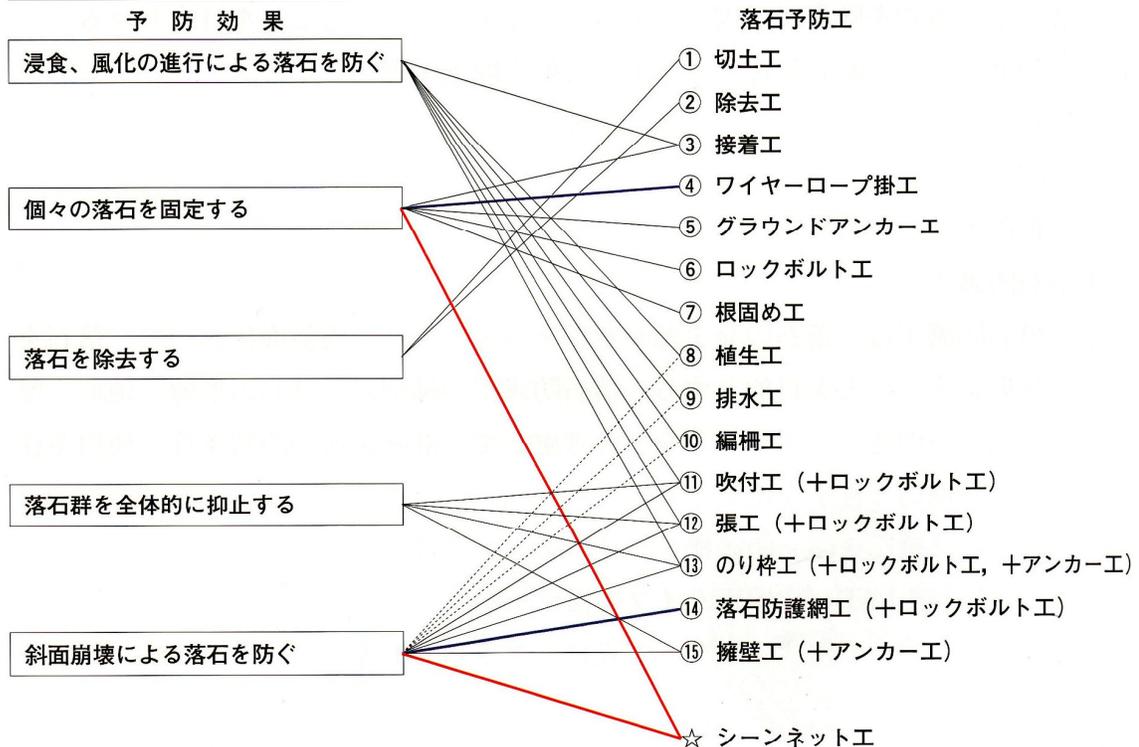
従来のロープ掛工及びロープ伏工では、ワイヤーロープ自体に荷重を吸収(伸縮)する作用がない為、浮石などの滑動時に発生する荷重が直接アンカーに作用する。

しかし、シーンネット工法の場合、荷重を吸収して分散させる構造である特殊金網(シーンネット)を使用することによって、アンカーにかかる荷重を軽減することが可能である。

シーンネット工法は、従来工法で考えると『ワイヤーロープ掛工』と『落石防止網工』を合成させた工法と位置付ける。『個々の落石を固定する』=『ワイヤーロープ掛工』と『落石群を全体的に抑止する』=『落石防止網工(+ロックボルト工)』の利点を持っている。シーンネット工法の新技術としての効果は、従来の落石防止網工(ロックネット工)の場合、樹木の伐採作業が不可欠であったが、シーンネットの開発により、自然の立木をほとんど伐採せずに施工が可能となった。

尚、シーンネットは、アルミ合金メッキ加工である為、「金網は錆るのでは？」との問題に対して格段に耐久性が向上した。

### ☆落石予防工の種類と効果



※『道路土工 のり面工・斜面安定工指針』P 316より抜粋