

落石対策の事例報告

(株)ロイヤルコンサルタント 正会員 ○筒井 秀樹
 (株)第一コンサルタンツ 正会員 右城 猛
 田中工業(株) 非会員 折口 康彦

1. はじめに

四国は地形が急峻で地質が脆弱である。このため落石危険箇所が多いが、財政的制約もあって道路の落石対策は十分でない。南海地震が発生すると各地で落石が発生し、道路は寸断されるものと予想され、早急な対策が望まれている。

本報文では、新たに開発した落石防護網工であるロングスパン（ロングスパン・ポケット式落石防護網）について、その適用性を検討したので報告する。

2. 落石防護工の状況

現在、落石防護工としては、ストンガード、ロックネット、ポケット式ロックネット、ロックシェッドなどがある。四国は岩盤を切土して建設された道路が多く、斜面が急勾配であることからポケット式ロックネットが多用されてきた。しかし、ポケット式ロックネットは支柱間隔が3mであるため、落石の頻度が高い沢地形には適用できない。また、落石が支柱を直撃して破壊するといった事故も発生している。

最近では、支柱間隔を最大30mまで延ばした高エネルギー吸収タイプの落石防護網が開発され、施工実績を伸ばしているが、工事費がポケット式の約2倍と高い。また、この工法は、ネットを吊りロープに定着させる構造になっているため施工性が悪い等の問題点もある。

こうしたことから、高いエネルギー吸収性能のポケット式ロックネットの開発が望まれていた。

3. ロングスパンの概要

開発したロングスパンは以下のような特徴を持つ。①従来のポケット式に比べて、支柱間隔を最大30mまで広げることができるため、可能吸収エネルギーが大きく、斜面の下端に設置できる。②斜面下端に設置するため、用地買収を必要とせず、道路敷地内で対策が可能となるケースが多い。③金網の設置面積が少なく、伐採にかかる費用についても少なく、ポケット式に比べてコストが削減できる。④支柱の間隔が広いと、落石の直撃による支柱の損傷を防げる。⑤高エネルギー吸収タイプのように多くの補強ワイヤーを設置していないため、材料費が安い。

4. 適用事例

4.1 適用斜面の状況

検討を行った場所は、高知県内の一般国道の切土斜面であり、その横断面図を図-1に示す。斜面の勾配は $40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 程度。地質は四万十帯特有の砂岩と頁岩の互層である。斜面の上部には崩壊跡があり、斜面の中間部には崩壊時に留まった転石が多数確認されている。このうち、落石エネルギーが最も大きいものは、旧国道より上

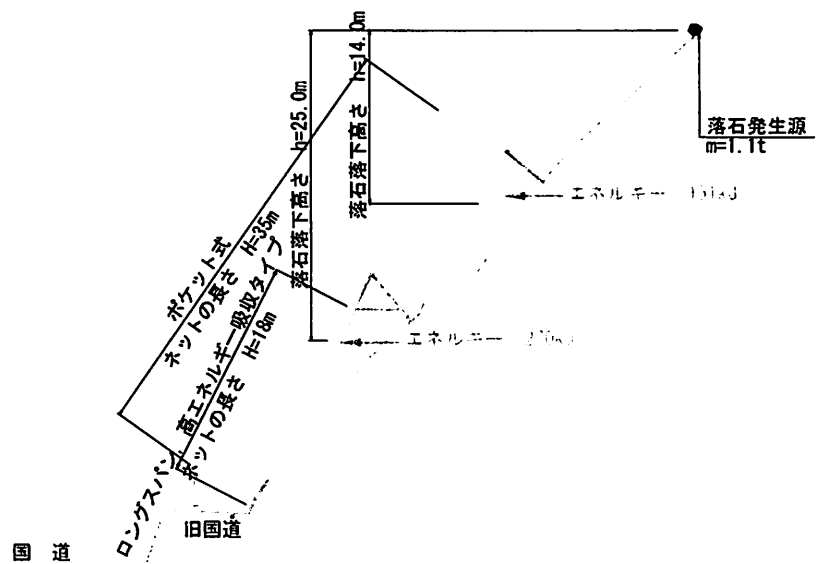


図-1 検討断面

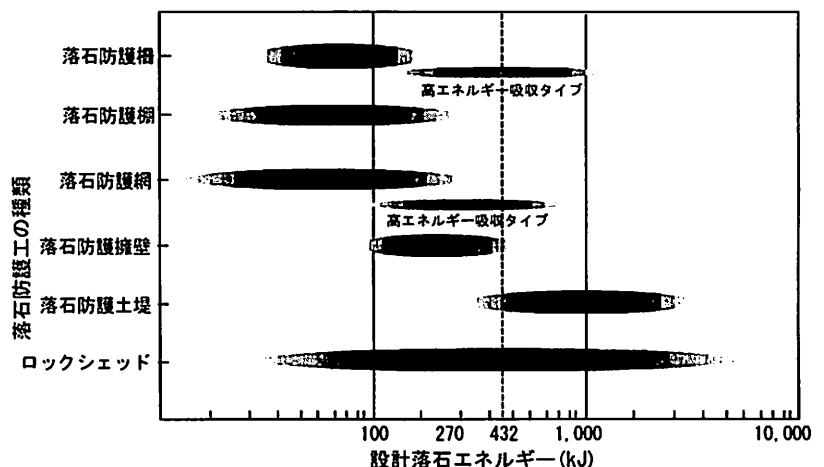


図-2 落石防護工の適用範囲の目安

表－1 各工法の概算工事費

種 別	ポケット式ロックネット	高エネルギー吸収タイプ	ロングスパン
防護網工事費	5,600円/㎡×1,050㎡=5,880千円	16,700円/㎡×592㎡=9,890千円	11,000円/㎡×540㎡=5,940千円
伐 採 費	1,000円/㎡×1,050㎡=1,050千円	1,000円/㎡×600㎡= 600千円	1,000円/㎡×620㎡= 600千円
直接工事費計	6,930千円	10,500千円	6,500千円

方 40mにある、大きさ 1m×1m×0.4m の転石（質量 $m=1.1t$ ）である。

3.2 対策工法

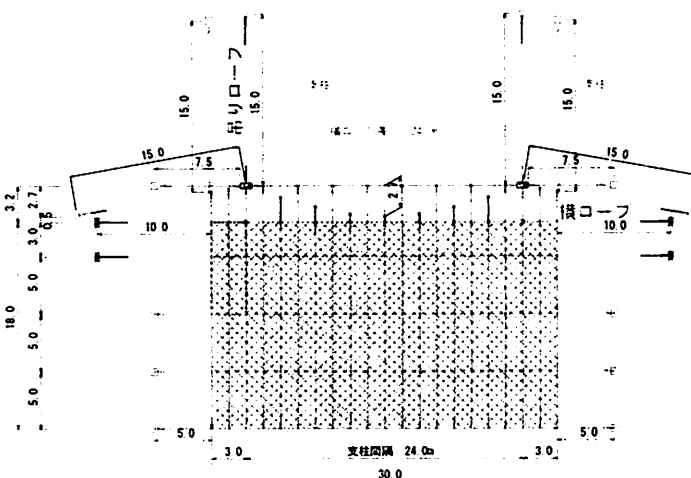
落石エネルギーは、旧国道までの落下高さ約 40m、落石質量 $m=1.1t$ 、等価摩擦係数 $\mu=0.05$ 、落石角度 $\theta=50^\circ$ として計算すると $E=432kJ$ となる。図－2 は落石防護工の適用範囲¹⁾の目安である。旧国道で対策を行うとすれば、高エネルギー吸収タイプの落石防護柵が必要となり不経済である。そのため、落石防護網により落石対策を行うこととした。

3.3 工法比較

落石防護網は、ポケット式落石防護網と高エネルギー吸収タイプ落石防護網が一般的である。この 2 工法にロングスパンを加えた 3 工法で比較検討を行った。各工法の概要を以下に示す。

表－2 各工法の可能吸収エネルギー（単位：kJ）

種 別	ポケット式 ロックネット	高エネルギー 吸収タイプ	ロングスパン
金 網	46.9	57.2	46.9
最上段横ロープ	—	23.9	—
横ロープ	9.9	7.1	13.4
エネルギーロス	108.2	221.8	210.8
合 計	165.0	310.0	271.1



図－3 展開図（ロングスパン）

(1) ポケット式落石防護網

ポケット式落石防護網は可能吸収エネルギーが他の 2 工法に比べて小さいため、落石の運動エネルギーが可能吸収エネルギー以下となる位置まで、開口部を斜面上部に上げる必要がある。開口位置での落石エネルギーは $E=151kJ$ である。敷設面積は他の 2 工法に比べて広がる。支柱の間隔は 3.0m で、落石の経路に設置されるため、落石の直撃による破損の可能性がある。

(2) 高エネルギー吸収タイプ

大型の支柱を斜面の下方に設置して落石を受け止める工法である。金網に補強ロープを取り付け重くしているため、可能吸収エネルギーが大きい、材料費は最も高くなる。支柱間隔は最大 30m で、落石の危険性が低い両端部に設置するので破損する可能性は低い。開口位置での落石エネルギーは $E=270kJ$ である。

(3) ロングスパン

高エネルギー吸収タイプと同様に、大型の支柱を斜面の下方に設置して落石を受け止める工法である。支柱間隔を広げることで、ワイヤーロープの吸収エネルギーと衝突前後のエネルギー差がポケット式より大きくなり、斜面下端への設置が可能になる。高エネルギー吸収タイプのように、金網に補強ロープを取り付けていないため、可能吸収エネルギーは小さいが、当現場の落石エネルギーには十分対応できる。金網の補強が無い分、材料費が高エネルギー吸収タイプに比べて安い。支柱間隔は最大 30m で、落石の危険性が低い両端部に設置するため、破損する可能性は低い。開口位置での落石エネルギーは $E=270kJ$ である。

3.4 検討結果

3 工法の概算工事費を表－1 に示す。防護網の工事費のみではポケット式が最も安い、伐採費用を考慮すればロングスパンが最も経済的となる。用地買収が必要な場合には、さらにロングスパンが有利となる。また、3 工法の可能吸収エネルギーを比較したものが表－2 である。ロングスパンはポケット式の約 1.6 倍、高エネルギー吸収タイプはポケット式の約 1.9 倍の可能吸収エネルギーがある。

以上から、今回の検討箇所では最も経済的で支柱は損の危険性も低いロングスパンが採用された。

4. おわりに

開発を行ったロングスパンは、現在エネルギー吸収装置の採用で可能吸収エネルギーを向上させる改良を行っている。また、実物規模の重錘衝突試験を実施し、エネルギー吸収機構の解明を行っており、次の機会に発表する予定である。

【参考文献】

- 1)(社)日本道路協会：落石対策便覧，2000。