

## 新しい落石防護ネット・ロングスパンの重錘衝突実験

(株)ロイヤルコンサルタント 正員 ○筒井 秀樹  
 (株)第一コンサルタンツ 正員 右城 猛  
 〃 正員 加賀山 肇

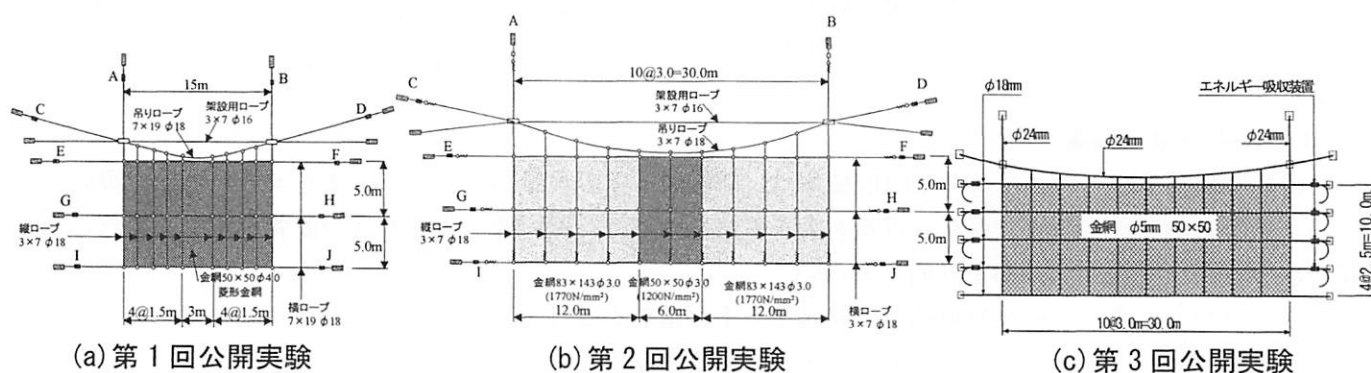
## 1.はじめに

地盤工学会四国支部落石対策研究委員会と愛媛大学防災情報研究センターならびに、落石対策技術研究会は、新しい落石防護ネットの開発に取り組んできた。開発にあたっては実物大での実験で性能評価をしており、これまでに3回の公開実験を行ったので報告する。

## 2.実験の概要

## (1)実験装置

実験に用いた落石防護ネットの形状寸法と計測項目を図・1 および表・1 に示す。実験は、車輪付きの重錘を高さ20m、傾斜角45°のレール上を滑走させて、下端に設置した落石防護ネットに衝突させる方法で行った。



図・1 実験に用いた落石防護ネットの形状

表・1 実験装置と計測項目

| 実験番号 |            | 第1回公開実験             |        | 第2回公開実験            | 第3回公開実験            |
|------|------------|---------------------|--------|--------------------|--------------------|
| 実験日  |            | CASE.1              | CASE.2 | H20.10.10          | H20.12.8           |
| 使用重錘 | 形状         | H20.5.27            |        | 球形                 | 球形                 |
|      | 質量         | 700kg               | 1000kg | 2000kg             | 2100kg             |
|      | 金網         | φ4mm-50×50          |        | φ3mm-50×50(高強度)    | φ5mm-50×50         |
|      | 支柱吊り・サグロープ | 7×19 φ18mm          |        | 3×7 φ18mm          | 7×7 φ24mm          |
|      | 横ロープ       | 7×19 φ18mm(5.0m 間隔) |        | 3×7 φ18mm(5.0m 間隔) | 7×7 φ18mm(2.5m 間隔) |
| 計測項目 | 縦ロープ       | 3×7 φ18mm           |        | 3×7 φ18mm          | 3×7 φ18mm          |
|      | 緩衝金具       | 支柱吊／サグ／横一全10カ所      |        | 支柱吊／サグ／横一全10カ所     | 横一上下段を除く6カ所        |
|      | ワイヤーロープの張力 | 歪みゲージ10カ所           |        | 歪みゲージ10カ所          | 歪みゲージ8カ所           |
|      | 緩衝金具の挙動    | 滑り量の測定              |        | 滑り量の測定             | 滑り量の測定             |
|      | ネット中央部の変位量 | 高速度カメラによる画像計測       |        | 高速度カメラによる画像計測      | 高速度カメラによる画像計測      |
|      | 衝突エネルギー    | 赤外線センサ／加速度センサ       |        | 赤外線センサ／加速度センサ      | 赤外線センサ／加速度センサ      |

## (2)実験内容

現在施工されているポケット式落石防護ネットの可能吸収エネルギーは、通常のタイプが50～100kJ、高エネルギー吸収タイプが100～500kJである。この可能吸収エネルギーは、現行の設計手法により計算されたもので実験等により検証されていない。現行の設計手法については、ネットが吸収できるエネルギー量の算定式に問題があるとの指摘もある。

また、落石がネットに衝突すると大きな衝撃力が発生するが、現行の手法では、衝撃に対する照査が行われていない。筆者らが行った実物大



写真1 スリップした緩衝金具

実験では、70kJのエネルギーでアンカーボルトがせん断破壊した。また、アンカーの強度を大きくすると今度は、ワイヤーロープが降伏した。これらの課題を克服するため、筆者らは、衝撃力が大きく加わるワイヤーロープに緩衝金具を設置することで、部材の規格寸法を現状のままに抑え、経済的でより安全な落石防護ネットの開発に成功した。

第1回の公開実験では、全てのワイヤーロープに緩衝金具を設置し、その機構の検証を行った。緩衝金具は、平均50kNの張力でロープが滑り出し、それ以上の荷重が部材に作用しない機構である。第2回の公開実験では、更に大きな落石エネルギーについての検証を行い、第3回の公開実験では、第2回で明らかとなった課題について対策を講じ、400kJの落石エネルギーを吸収できることが実証された。

なお、実物大の実験は、性能を評価する点において優れているが、多くの落石が衝突するなど、色々な条件での実験が出来ない。それらについては、動的FEMによるシミュレーション解析を行う予定であり、本実験では、そのための基礎データの収集も目的の一つである。

### (3)実験の結果

実験の結果と、課題を表-2に示す。

表-2 実験結果

| 実験番号       | 第1回公開実験       |               | 第2回公開実験       | 第3回公開実験       |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|            | Case1         | Case2         |               |               |
| 重錘質量       | 700 k g       | 1000 k g      | 2000 k g      | 2100 k g      |
| ワイヤーロープの張力 | 49 k N～73 k N | 58 k N～94 k N | 46 k N～92 k N | 62 k N～98 k N |
| 緩衝金具の滑り量   | 9mm～70mm      | 20mm～134mm    | 35mm～635mm    | 160mm～680mm   |
| ネット中央部の変位量 | 3.3m          | 3.8m          | 7.5m          |               |
| 衝突速度       | 17.1m/s       | 17.3m/s       | 19.5m/s       | 19.5m/s       |
| 衝突エネルギー    | 102 k J       | 150 k J       | 380 k J       | 400 k J       |

実験の結果、ワイヤーロープの最大張力は94kNとなった。これは衝突エネルギーが大きくなった第2回、第3回とも同様の値である。第2回の公開実験では、横ロープの連結に使用した巻き付けグリップが引き抜けた。巻き付けグリップは、施工性が良いためワイヤーロープの引き留め具として既存の落石防護ネットに数多く採用されている。この製品は、母材の破断荷重と同等の保持力があるとされているが、本実験では、約1/2の荷重で引き抜けた。また、ネットの孕み出しが大きい場合には、これに伴ってネットの裾部分が持ち上がり、地山との間にできた隙間から重錘が転がり出る。そのため路側に余裕の無い道路では安全性に問題があることが明らかとなった。



写真-2 緩衝金具設置状況



a) 第2回公開実験

b) 第3回公開実験

### 3.まとめ

写真-3 重錘の衝突状況

落石防護ネットの横ロープに使用する

7×7φ18の破断強度は209kN、安全率2.0とすると許容荷重は、105kNであり、スリップ荷重の変動を考慮しても緩衝金具は、有効に働いている。巻き付けグリップについては、衝撃力に対する安全性に問題があり、衝撃荷重が大きく作用する箇所へは採用しないこととした。ネットの孕み出しと重錘の転げ出しについては、横ロープ本数を増加、緩衝金具の取り付け箇所を横ロープに限定、補助アンカーによるネット裾部の持ち上がり防止、の組合せにより制御できることが確認できた。