

実規模実験と数値解析によるワイヤリング落石防護 柵の性能照査

園田, 佳巨
九州大学大学院工学研究院社会基盤部門 : 教授

福永, 一基
ゼニス羽田株式会社技術部 : 担当部長

<https://hdl.handle.net/2324/4793201>

出版情報 : Journal of structural engineering. A. 64, pp.811-818, 2018-03. Japan Society of Civil Engineers
バージョン :
権利関係 :



実規模実験と数値解析によるワイヤリング落石防護柵の性能照査

Impact resistance performance check of wire ring net guard fence using full scale test and numerical analysis

園田佳巨[†], 福永一基^{**}

Yoshimi Sonoda, Kazuki Fukunaga

[†]九州大学大学院教授, 工学研究院社会基盤部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地)

^{**}ゼニス羽田株式会社 技術部 担当部長 (〒102-0083 東京都千代田区麹町 5-7-2)

Many kinds of protective nettings and guard fences against rock-fall have already been developed. However, each of them has individual energy absorbing device and there is no unified performance confirmation method. This study aims to confirm impact energy absorbing performance of wire ring net system using not only full-scale impact test but also numerical analysis. Hence, impact analysis method using the concept of particle method was developed and confirmed its accuracy using three levels of test results. After that, full scale weight drop test and test simulation were performed to ensure the energy absorbing capacity of wire ring net system.

Key Words: Wire ring net system, impact energy absorbing capacity, particle method

キーワード: ワイヤリング落石防護柵, 衝撃エネルギー吸収性能, 粒子法

1. はじめに

日本は国土の7割以上が山岳地帯であり, 梅雨や台風等による集中豪雨も多いことから, 全国各地で土砂災害や落石事故などが多発している. 落石に対する防護工には, ロックシェッドに代表される大型の高剛性構造物と鋼製の防護網や防護柵などの変形性能が高い構造物がある. 特に後者の防護工は, 初期建設費用を低く設定できることから, 過去20年ほどで種々の研究¹⁾が行われてきた. 例えば, 前川らの緩衝金具を有するポケット式落石防護網の開発研究^{2), 3)}, 香月らの個別要素法を用いた落石防護網の衝撃解析手法の研究^{4), 5)}, 今野・小室らの従来型ポケット式防護網の耐荷性能照査^{6), 7)}および梶谷らの防護柵上に敷砂を設けた構造の性能照査^{8), 9)}などが挙げられる. 一般に, 落石防護網や防護柵の基本的な耐荷性能の評価は, 落石対策便覧を参照して行うことが規定されているが, 大規模な落石にも対応できる高エネルギー吸収型の構造物は, 個々に独自のエネルギー吸収装置を有することから, その耐衝撃性能は実物大の衝撃試験等によって照査する必要があることが指摘されている.



写真-1 ワイヤリング落石防護柵

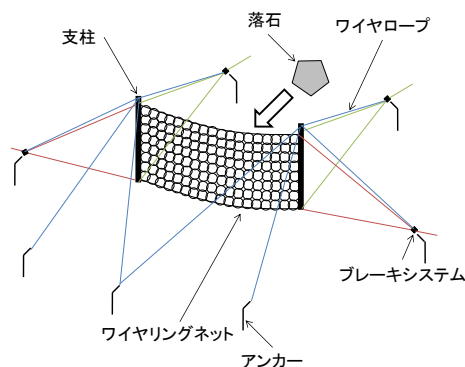


図-1 ワイヤリング落石防護柵 (模式図)

[†] 連絡著者 / Corresponding author

E-mail: sonoda@doc.kyushu-u.ac.jp

写真-1 に示すワイヤリング落石防護柵も高エネルギー吸収型の構造として開発されたもので、図-1 に示すようなワイヤリングネット、ワイヤロープ、支柱などの部材で構成されている。この落石防護柵は、防護柵（ネット）の変形能とワイヤロープ端部に設けられるブレーキ装置の滑動量（スリップ量）で落石エネルギーを吸収する仕組みになっており、その有効性は過去に比較的に中規模な衝撃実験¹⁰において確認されている。本論文は、このワイヤリング落石防護柵が、1000kJ 以上のエネルギーの大規模落石に対しても適用可能か把握するために、実物大衝撃実験と数値解析の両面から性能照査を行うものである。

2. ワイヤリング落石防護柵の衝撃解析手法

ワイヤリング落石防護柵構造の解析手法を開発するため、本研究では3段階に分けたモデル化とその検証実験・解析を行い、手法の妥当性を確認した。

2.1 粒子法を用いたワイヤリングの力学モデル¹¹⁾

ワイヤリングのような隣接するリング間に遊間が存在する場合に張力が働かない構造を汎用の FEM ソフトでモデル化することは容易でない。そのため、本研究では粒子法（SPH 法）のスキームを利用し、カーネル関数に通常と異なる粒子間距離が離れるほど重みが大きくなる関数を与えてリング間の力のやりとりを評価することにした。本解析で用いたカーネル関数およびその一次導関数を以下に示す。

$$W(R, h) = k \times \alpha_d \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(R-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$$W'(R, h) = k \times \alpha_d \frac{-(R-\mu)}{\sigma^2} \times \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(R-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

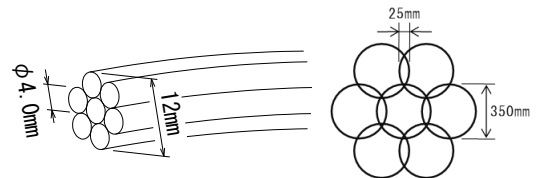
$$\alpha_d = \frac{1}{2\sigma^3 h^3 \pi^{3/2} \sqrt{2}} \quad (3 \text{ 次元})$$

$$R = \frac{r}{h}, \text{ for } (0 \leq R < 2)$$

ここで、 r はリング間距離、 h は影響範囲長で、 σ と μ は、本来はカーネル関数の標準偏差と平均（基準点）に相当するが、本解析では遊間等のリングの配置状況に応じて決定するパラメータ、 $k = \sqrt{2\pi\sigma^2}$ は次元補正係数を示している。

図-3 に式(1)のカーネル関数の形状を示すが、粒子間距離が大きくなるほど重みも大きくなるように設定されている。なお、上式中のパラメータ σ 、 μ を調整することで、カーネル関数の形状を修正できることから、リングの配置が異なるネットにも適用可能と考えられる。

本研究では、ワイヤリングの挙動を正確に表現できるパラメータ σ 、 μ を決定するため、図-4 に示すような



(a) ワイヤ断面 (b) リング供試体寸法
図-2 ワイヤリングの形状寸法

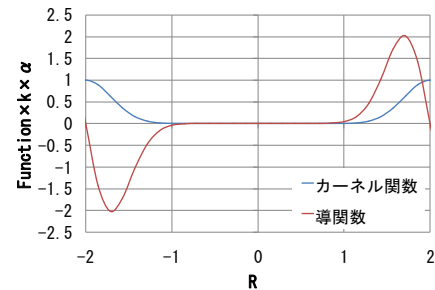
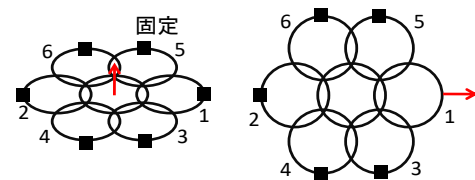


図-3 ワイヤリングのカーネル関数



(a) 面外载荷 (b) 面内载荷
図-4 ワイヤリングの引張载荷試験

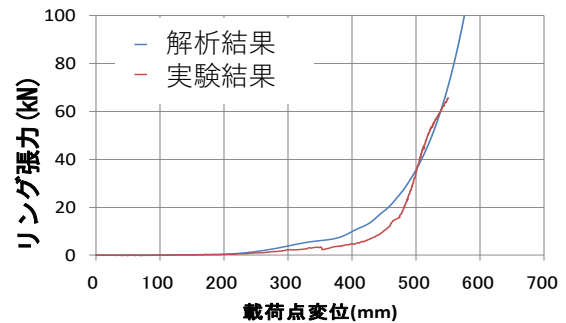


図-5 面外载荷試験結果との比較

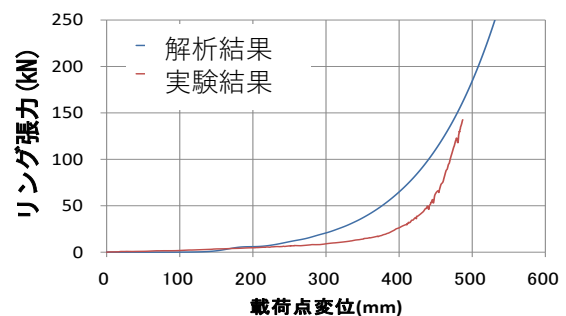


図-6 面内载荷試験結果との比較

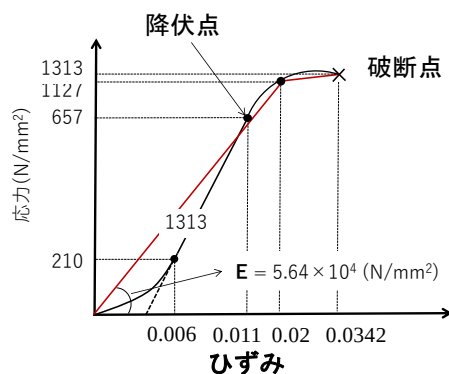
最大 500mm までの変位制御で行った 2 種類の引張試験（面内载荷・面外载荷）の荷重－変位関係を解析的に再現できるパラメータの値を検討した．解析は試験供試体と同様にリング間に 25mm の遊間を持たせるように粒子を配置して行った．図－5 と図－6 にそれぞれ、面外载荷・面内载荷のシミュレーション結果を示すが、 $\sigma=0.2$ 、 $\mu=1.95$ とすれば、ワイヤリングの非線形な変位－張力関係を精度良く再現できることが認められる．なお、本解析では、リング粒子の相当塑性ひずみが鋼材の破断ひずみに達した時にリングが破断したとみなしている．

2.2 ブレーキで支持されたワイヤロープのモデル化

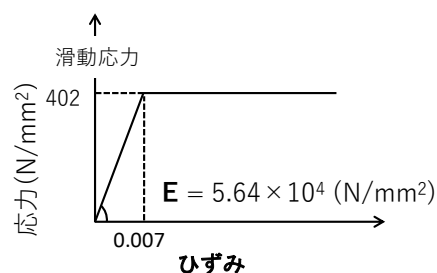
ワイヤリング落石防護柵で用いられるロープはワイヤリングネットに作用する衝撃力をブレーキ装置に伝達するロープと、支柱頂部とアンカーをつないで支柱が転倒しないよう支持するロープの 2 種類に機能別に分けられており、これらを個別にモデル化する必要がある．本解析ではこれらのロープを粒子で離散化し、粒子間を弾塑性バネで接続することで、ロープの塑性化や破断を簡易に表現できるようモデル化した．なお、現実のロープの応力－ひずみ関係は、図－7 に黒線で示すような S 字型の非線形な曲線で表されるが、解析では簡易に赤線で示すバイリニア型の弾塑性特性を与えることにした．その上で、ブレーキ装置につながるロープは、ネットから伝わる落石の衝撃力がブレーキのスリップ張力に達すると、一定の張力を保ちながらロープがブレーキ装置内で滑動し、その摩擦力で落石のエネルギーを吸収する構造となっている．本解析では、この挙動を簡易に表現するため、ロープ端部に設けた粒子に、図－8 に示す完全弾塑性型の特性を与えた．現実には、ブレーキのスリップ量に制限があるので、バネの伸び量（隣の境界粒子との相対変位）がスリップ量の上限（本装置では 550mm）に達した時点でブレーキ粒子の変位を拘束するようにモデル化している．このモデルの妥当性を把握するため、図－9 に示すように平行配置した 2 本のワイヤロープの右端を固定し、左端にブレーキ装置を設けたロープの中央上に重錘を高さ 2m から自由落下させた実験とそのシミュレーションを行った．なお、解析では重錘を直径 10mm の粒子の集合体でモデル化している．図－10 に解析によるロープのスリップ量の時間的変化と実験の平均スリップ量（5 回行った実験終了後のスリップ量の平均値）と概ね一致しており、この簡易なモデルで実際のブレーキ装置の挙動を良好に表現できることが確認された．

2.3 ロープに吊されたワイヤリングのモデル化

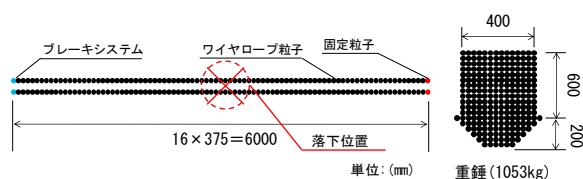
落石の衝撃力は、ネットからロープへと伝達されるが、その際にリング状のネットとロープの間に生じる接触状態を簡易に評価するため、本研究の解析では図－11 に示すように各リング粒子に影響範囲（図中の赤色粒子は影響範囲内で接触と判定）を設け、力をやり取りするロー



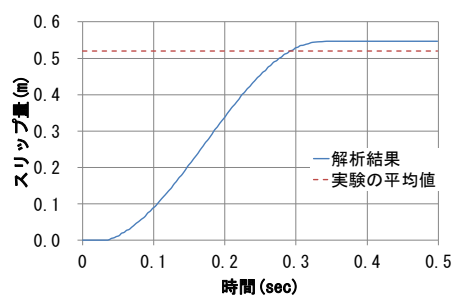
図－7 ワイヤロープの応力ひずみ関係



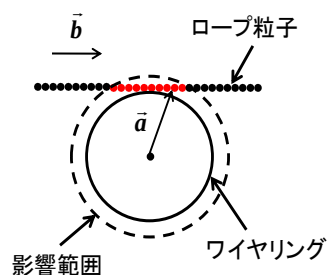
図－8 ブレーキ粒子のバネ特性



図－9 ブレーキ装置の検証解析モデル



図－10 ワイヤロープのスリップ量－時間関係



図－11 リング・ロープの接触モデル

ブ粒子の判定を時刻歴に行っている．この方法を用いることで，ワイヤリングの変形・移動に応じてリングを支えるロープ粒子が代わる（両者がスライドする）挙動を再現可能にしている．なお，接触範囲内の各ロープ粒子には，リングに作用する荷重が伝達・分担される．このことを考慮するため，以下に示すパラメータを用いて各ロープ粒子の分担荷重を計算することにした．

$$\alpha = 1 - \vec{a} \cdot \vec{b} \quad (2)$$

ここで $\vec{a}$ はリング・ロープ間のベクトル， $\vec{b}$ はロープの初期配列を表す．

このモデルの妥当性を検討するため，図-12 に示すようなワイヤリングネットを水平方向と鉛直方向に支持したロープの端部にブレーキ装置を設けた構造に重錘を衝突させた試験とその検証解析を行った．表-1 に解析ケース，図-13 に解析結果の一例を示す．また，CASE1 の重錘変位応答を図-14 に示す．この図より，実験値の残留変位が大きいが，最大変位は良好に一致していることから，本解析手法でロープに吊されたワイヤリング防護柵の挙動を精度良く把握できることが確認できた．なお，残留変位の相違は，解析モデルがリングを球形粒子にモデル化している影響が現れたものと考えられる．

3. 実物大試験によるワイヤリング防護柵の性能照査

本研究で対象とするワイヤリング防護柵の 1000kJ 以上の衝突エネルギーを有する落石に対する適用可能性を調べるために，図-15 に示すような実物大供試体を用いた重錘落下衝撃試験を行った．

3.1 試験概要

実験は，図-15 の供試体を写真-2 に示すように鋼製フレームで水平支持し，クレーンで吊り上げた重錘（高さ $H=32\text{m}$ ，質量 $m=3200\text{kg}$ ）を鉛直落下させた．なお，現実の試験は，図-15 の側面図に示すように，水平面から 15° 傾斜させたネットに重錘を鉛直落下させて行っている．計測項目は，重錘加速度，支柱を支えるロープ張力である．

3.2 試験結果および数値解析による考察

図-16 は，前章の検討で段階的に検証してきた解析の適用可能性を把握するために，実物大供試体による試験で得られた重錘変位と解析結果を比較したもので，この図より粒子法の概念を用いた本解析でワイヤリングネット落石防護柵構造の挙動を概ね再現可能であることが認められる．特に，試験条件と同じ水平面から 15° 傾斜させたネットに重錘を鉛直落下させた解析(oblique と表記)は，最終変位に 10% 程度の差は見られるが，0.25 秒までの挙動は実験結果と良く一致していることがわかる．ま

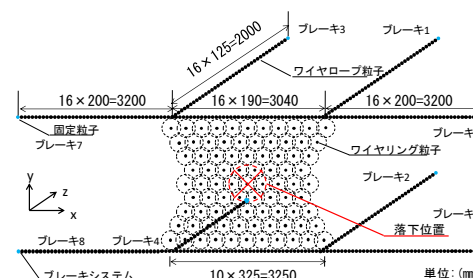


図-12 ブレーキ付きロープに吊されたネット構造

表-1 解析ケース

解析 ケース	ネット No.	重錘 質量 (kg)	落下 高さ (m)	衝突速度 (m/s)	衝突 エネルギー (kJ)	捕捉成否	
						実験	解析
CASE1	(1)	810	20	19.80	158.76	○	○
CASE2	(2)		30	24.25	238.14	○	○

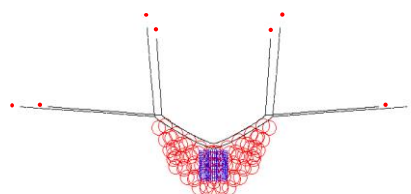


図-13 ロープに吊されたネットの応答状況

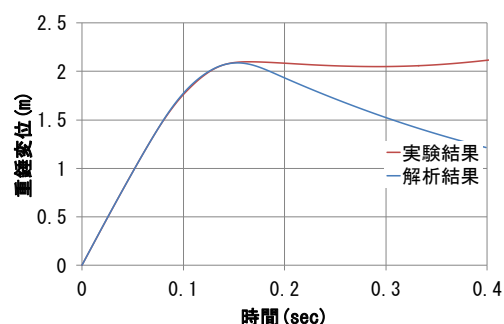
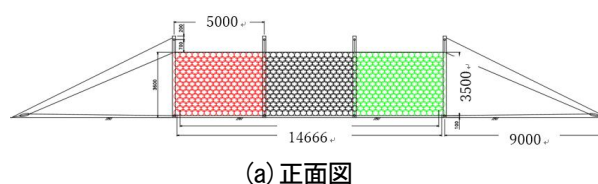
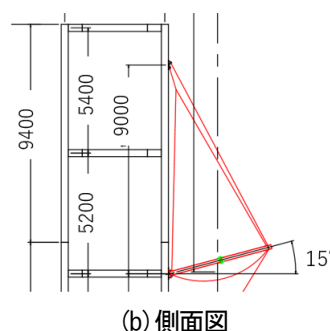


図-14 重錘変位応答 (CASE1)



(a) 正面図



(b) 側面図

図-15 実物大実験供試体 単位 (mm)

た、この結果から実験の正確な再現には、ネット角度なども忠実にモデル化が必要があることがわかる。表-2は、図-17 に示す6箇所の各ブレーキ装置に生じるスリップ量を実験と解析で比較したものである。実験は、高さ32mから重錘を落下させているため、想定位置（中央支間の中心）からずれて重錘が衝突した可能性やブレーキの効きが均等でなかった可能性も考えられ、右側ブレーキのスリップ総量が左側ブレーキの2.2倍に達していることが認められる。そこで、重錘の衝突位置を右に30cmずらした試算結果も表中に記載しているが、右側ブレーキのスリップ総量は左側ブレーキの総量の1.3倍程度と実験の差に比べて小さい結果が得られた。このことから、今回の実験においては各ブレーキの効き具合の差の影響の方が大きかったものと推察される。各ブレーキのスリップ量は実験と解析で異なるが、全ブレーキのスリップ総量の差は10%程度と小さく、落石防護柵構造のエネルギー吸収メカニズムは概ね再現できていると考えられる。次に、図-18 に支柱を支えるロープ張力-時間関係を比較した結果を示す。この図より、どちらも平均して40kN程度のロープ張力が作用していることがわかるが、波形自体には相違が見られる。波形に相違がある理由として、現実には存在する各ロープの正確な初期張力が反映されていない（ロープ両端の間をたるみ無しに張った状態でモデル化）ため、ロープの振動変位に位相のズレが生じたことなどが考えられる。

4. 数値解析による耐荷性能予測

数値解析の利点を活かして、様々な落石条件に対するワイヤリング防護柵の衝撃応答解析を行い、耐荷性能の予測を行った。

4.1 衝撃試験方法に関する考察

落石防護柵の衝撃実験は、振り子式の水平衝突試験やクレーン等を用いた鉛直衝突試験が行われることが多い。一般に、対象構造がRC部材であれば変形量は小さく無視して差し支えないが、高エネルギー吸収柵の場合、ネット自体のたわみにブレーキのスリップ量等も含めると大きな変形が発生し、鉛直載荷試験の場合には、ネットの変形による重錘の位置エネルギー増加量が無視できない場合もあると考えられる。そこで、載荷方向が異なる3種類の衝撃試験（衝突時の重錘の運動エネルギーは同じ）で防護柵の最終的な変形量にどの程度の差が生じるか、解析による試算を行った。図-19に水平衝突、斜め衝突、鉛直衝突の3ケース（全てネットへの衝突速度は25m/s）で重錘変位-時間関係を示す。この図より、ネット面に垂直に入射する水平衝突の方が、重錘の変位とともに位置エネルギーの減少分が加算される斜め衝突よりネットの変位量が大きくなることが認められた。なお、図-16に



写真-2 実物大ワイヤリング防護柵供試体

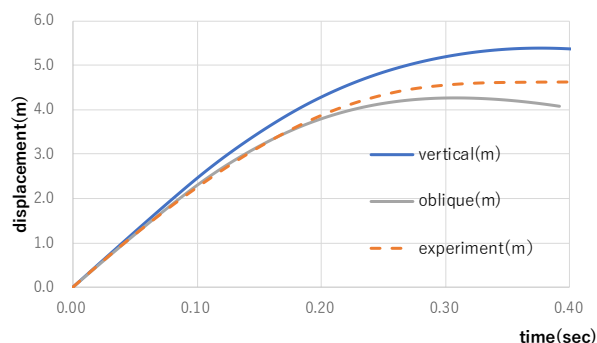


図-16 1000kJ重錘落下時の変位応答

表-2 各ブレーキのスリップ量比較（単位mm）

	実験	解析(中心載荷)	解析(偏心載荷)
No.①左水平方向	1280	811	906
No.②左端支間	1910	881	1026
No.③左中央支間	3030	2451	2653
No.④右中央支間	1950	2416	2190
No.⑤右端支間	610	857	694
No.⑥右水平方向	240	797	685
左側スリップ量	6220	4143	4585
右側スリップ量	2800	4070	3569
総スリップ量	9020	8213	8154

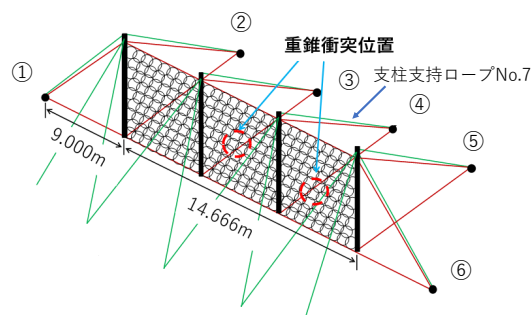


図-17 ブレーキ装置の位置関係

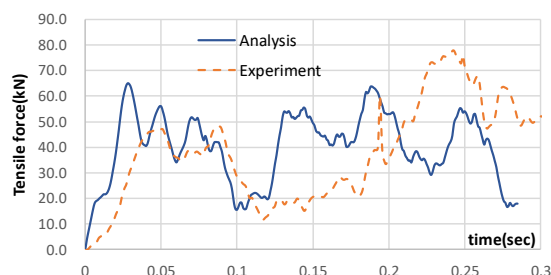


図-18 支柱支持ロープ（No. 7）の張力-時間関係

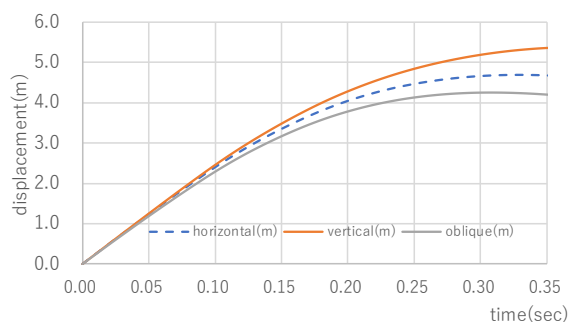


図-19 重錘の衝突角度がネット変位に与える影響

表-3 载荷位置とブレーキのスリップ長 (単位 mm)

ブレーキNo	中央支間载荷	端支間载荷
1	639	1598
2	649	2500
3	2008	2145
4	2043	250
5	679	6
6	670	353

おいても示したが、鉛直落下試験の結果は、現実の条件に近い斜め衝突より20%程度も大きな変位を示していることがわかる。このことから、ネット構造の耐荷性能を鉛直落下試験で評価する場合は、ネットの変形による位置エネルギーの加算分を考慮しても良いと考えられる。

4.2 ワイヤリングネット落石防護柵の性能照査

次に、水平衝突条件で重錘の衝突エネルギーを増加させた解析を行い、ワイヤリングネット落石防護柵の耐衝撃性能を検討した。今回は、ネットの破壊（ネットを構成するリング粒子の相当塑性ひずみが限界値に達して破断：重錘の貫通）とロープの破断の2通りの破壊の可能性を考慮し、所定のブレーキスリップ量（ブレーキ滑動時の摩擦力100kN）範囲内で重錘の衝突エネルギーを吸収可能か評価した。図-20は、重錘が右端支間中央に1000kJのエネルギーで衝突した場合の最大変位時の応答を示したものである。本ケースでは、かろうじて構造側に損傷を生じることなく重錘を捕捉しているが、表-3に示すようにブレーキNo.2はスリップ量上限の2.5mに達しており、同ロープには破断が生じる可能性があることが予想される。このことから、落石防護柵の安全性照査は、端支間に落石が衝突した場合の破壊の可能性も検討しておくべきであると考えられる。

次に、図-21はブレーキスリップ量の上限が2.5m、5.0mの2通りの条件で中央支間に2000kJ（重錘の材料密度を1000kJモデルの2倍として衝突速度は同じ25m/sを仮定）のエネルギーで重錘が衝突した時の応答状況を比較したものである。この図より、スリップ量の上限が2.5mの場合には、上限に達した中央支間のロープが破断す

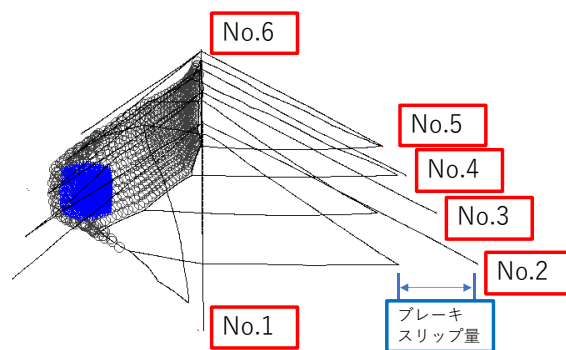
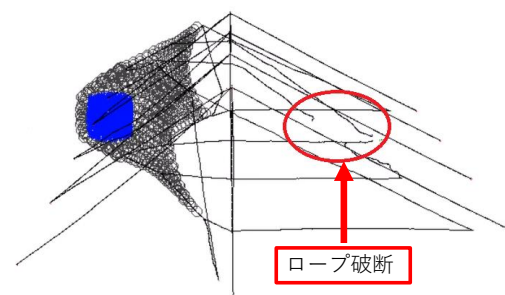
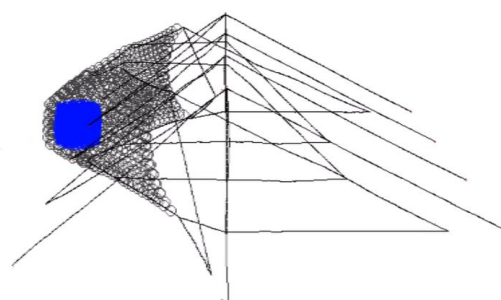


図-20 1000kJの重錘が端支間に衝突した時の応答



(a) ブレーキスリップ量上限 2.5m



(b) ブレーキスリップ量上限 5.0m

図-21 2000kJの重錘衝突時の衝撃応答

る結果となるが、スリップ量の上限を5.0mまで増やすと、防護柵が損傷することなく重錘を捕捉できることが認められる。そこで、ブレーキスリップ量に制限を設けず、中央支間に1000、1500、2000kJの3通り（全て衝突速度は25m/sとし、重錘密度を変えた）のエネルギーで重錘が衝突した場合の衝撃応答解析を行い、表-4に図-22に表示した(A), (B), (C)3箇所のブレーキの左右スリップ量の平均値を比較した結果を示す。この結果より、この落石防護柵の場合、重錘の衝突エネルギーの約70%を3箇所のブレーキ装置で吸収していること、ブレーキ間のエネルギー分担率は、(A), (B), (C)それぞれで19~20%, 20~24%, 56~60%と全体の2/3を中央支間左右のブレーキ(C)で吸収することなどが認められた。

また、本構造の諸元で1000kJのエネルギーを吸収するにはブレーキスリップ量は2.5mで十分であるが、1500kJ

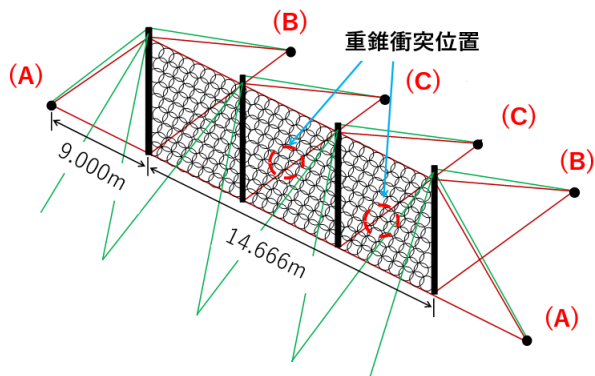


図-22 3箇所のブレーキ装置

表-4 重錘条件とブレーキスリップ量（中央支間水平載荷）

	1000kJ	1500kJ	2000kJ
ブレーキ(A)平均	644	1084	1441
ブレーキ(B)平均	675	1156	1864
ブレーキ(C)平均	2025	3105	4373

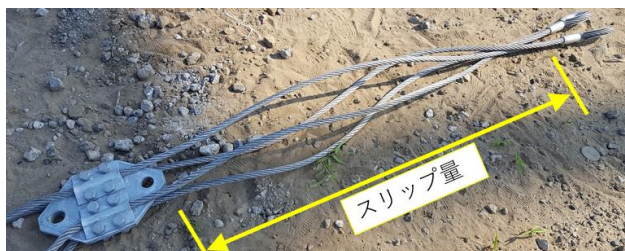


写真-3 衝撃実験後のブレーキ装置の状況

には3.5m程度、2000 kJ のエネルギーに対しては5.0m程度のスリップ量が必要であることがわかる。

写真-3 に、今回用いたブレーキ装置の実験後の状況を示す。現状の装置では100kN の摩擦力で3.0m程度は安定して滑動するが、5.0mのスリップ量もしくは100 kN 以上の摩擦力を確保するためには、材質その他の改良が必要である。したがって、今回の検討対象である5m 程度の小支間ワイヤリング落石防護柵のエネルギー吸収能力は1000～1500kJ 程度であり、2000 kJ のエネルギーを吸収するには、ブレーキ摩擦力・スリップ長の増加を図る必要がある。

5. 結論

本研究では、粒子法概念を用いた落石防護柵の衝撃解析手法の妥当性を実物大実験と比較・検証後に、耐衝撃性能に関する考察を試みた。その結果を以下に示す。

(1) 特殊なカーネル関数を用いたネットにブレーキやネット・ロープ間の滑動等の力の伝達を表現した粒子モデルを追加することで、ワイヤリングネット落石防護柵構造の挙動を再現可能な解析手法を構築することができた。

(2) 検討対象としたワイヤリング落石防護柵の実物大重錘落下式衝撃実験によって、同構造が有するブレーキ装置で1000kJ の衝撃エネルギーを確実に吸収できることを確認した。

(3) 本研究で提示した解析によって、実物大実験における防護柵の変位応答、ブレーキ装置の滑動量および支柱を支持するロープ張力などを精度良く把握できることが認められた。したがって、本研究で用いた解析手法はワイヤリング落石防護柵の耐衝撃性能の評価に適用できると考えられる。

(4) 検討対象の落石防護柵は、現状のブレーキ装置の性能（設定滑動量2.5m）で確実に1000 kJ の落石を捕捉できることが数値解析においても確認できた。また、滑動量の上限を5.0m程度に改良できれば、2000 kJ の落石まで捕捉できることが解析結果から予測することができた。

(5) 落石防護柵の性能を鉛直落下試験で照査する場合、防護柵の鉛直たわみによる位置エネルギーの加算量かなり大きくなる可能性があり、試験条件によっては防護柵の鉛直変位を予め把握して重錘の衝突条件に反映させる方が望ましいと考えられる。

(6) ブレーキ装置を有する高エネルギー吸収柵は、落石の衝突位置によって各ブレーキの効きが大きく異なることがあるため、その点についても性能照査において留意する必要があると考えられる。本研究の試算では、落石が端支間に衝突した場合に衝突位置付近のブレーキ滑動量が顕著に大きくなることが認められた。

参考文献

- 1) 柴田健二, 中田隆, 吉田博: 高エネルギー吸収落石防護柵の設計, 第2回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, 1994
- 2) 田島与典, 前川幸次, 岩崎征夫, 河上康太: 実物大重錘衝突実験による緩衝装置を用いたポケット式落石防護網の評価, 構造工学論文集, Vol.56A, 2010.3
- 3) 難波正和, 前川幸次, 田島与典, 横田哲也: 実斜面を用いた実規模重錘衝突実験によるポケット式落石防護網の評価, 構造工学論文集, Vol.60A, 2014.3
- 4) 直木大輔, 香月智, 田代元司: 円柱形要素を用いた個別要素法による落石防護網の衝撃応答解析, 土木学会論文集 A, Vol.65, No.2, 2009.6
- 5) 高橋利延, 山本佳士, 香月智, 高森潔: 三次元個別要素法による落石防護網の衝撃応答解析, 構造工学論文集, Vol.60A, 2014.3
- 6) 山口悟, 今野久志, 西弘明, 佐々木哲也, 小室雅人: 従来型ポケット式落石防護網の実規模重錘衝突実験, 鋼構造年次論文報告集, 第21 巻, 2013
- 7) 平田健朗, 小室雅人, 西弘明, 今野久志, 山口悟: 従来型ポケット式落石防護網の耐衝撃挙動に関する衝撃応答解析, 鋼構造年次論文報告集, 第22 巻, 2014

- 8)西田陽一, 榊谷浩:ワイヤネット上の敷砂の緩衝性能に関
9)榊谷浩, ホーシートム, 西田陽一:落石防護柵における
 サンドバックの影響に関する研究, 構造工学論文集,
 Vol.60A, 2014.3
10)福永一基, 園田佳巨, 尾鼻秀之, 畑芳宏:ワイヤリング
 落石防護柵の衝撃応答特性に関する基礎的考察, 土木
 学会第 67 回年次学術講演会, 2012.9.

- する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.57A, 2011.3
11)園田佳巨, 畑芳宏, 福永一基:SPH 法を改良したワイヤ
 リング防護柵の衝撃応答解析, 構造工学論文集,
 Vol.57A,2011.3.

(2017 年 9 月 25 日受付)

(2018 年 2 月 1 日受理)