ブレーキシステムに着目したワイヤリング防護柵の衝撃応答解析

九州大学大学院	学生会員	○畑	芳宏
九州大学大学院	正会員	園田	佳巨
九州大学大学院	正会員	福永	一基

1. 緒言

我が国では、国土の大半を急峻な地形が占めることから、毎年の ように落石等の斜面災害が各地で生じている.このような災害に対 して様々な構造物が設置されている.しかし、従来の落石防護構造 物は、ロックシェッドのような鉄筋コンクリート製の構造物が主体 であり、多額の建設費を必要とするだけでなく、景観を阻害するこ となどの短所が指摘されていた.このような背景から、近年では大 きな落石エネルギーを効率的に吸収できる高エネルギー吸収型落石 防護柵が開発され、広く普及している.しかし、その性能を解析的 に評価できる手法は確立されておらず、実物大の衝撃実験で照査し ているのが現状である.本研究では、粒子法の一種である SPH 法の 概念を用い、写真-1に示すようなワイヤリング防護柵の衝撃応答解 析プログラムを開発し、その適用性について検討した.

2. 解析手法

解析対象であるワイヤリング防護柵はワイヤリング,ワイヤロー プ,支柱,ワイヤロープ端部に設けたブレーキシステム等で構成さ れており,その衝撃挙動を表現するために各々の力学特性を適切に モデル化する必要がある.本研究では,ワイヤリング,ワイヤロー プ,ブレーキシステムの3つの主要部材をモデル化し,基礎的な検 討を試みた.

(1)ワイヤリングのモデル化:ワイヤリングによるネットについては, モデルのデータ作成が容易で,大変形問題に対しても適応が可能な メッシュレス法(SPH法)の概念を用いて衝撃解析を行った.具体的 には,個々のリングを1粒子で離散化し,リング間距離が大きくな るほどお互いに作用する引張力も大きくなる力学特性を表現するた めに,図-1に示すような粒子間距離が大きいほど重みが増大する kernel 関数を採用した.

(2)ワイヤロープのモデル化:ワイヤロープについても粒子で離散化 し、粒子間に弾性バネを設けて力の伝達を表現した.また、リング 粒子との間には、図-2に示すように影響範囲を設定し、その影響範 囲内のロープ粒子と力の伝達を行う.伝達力は、図-3に示す単リン



|写真-1 ワイヤリング防護柵|



グの引張試験結果を元に,簡易な変位の非線形関数として表した引張抵抗をリング粒子と影響範囲内のロー プ粒子全てに与えた.なお,影響範囲内のロープ粒子の荷重分担は,図-2に示すリング粒子とロープ粒子間 のベクトル *a* とロープ粒子の初期配列を表すベクトル *b* の内積を用いた式(1)のパラメータαの比率で計算し た.さらに,リング粒子の変位に伴い,力の伝達を行うロープ粒子が変わることでリングの滑りを表現した.

 $\alpha = 1 - \vec{a} \cdot \vec{b}$



(3) ブレーキシステムのモデル化: ブレーキシステムは,所定の張力がロープに作用した時点で一定の力を保持したままロープが滑動を開始し,摩擦抵抗によりエネルギーを吸収する構造である.この特性を考慮するため,解析においては,ロープ粒子端点に図-4に示すような完全弾塑性型のバネ特性を導入した.このバネ特性を導入することで,スリップを開始し始める40kNまでは弾性状態で,40kNに達するとバネ剛性がほぼゼロとなり大きく変位する.このときの粒子の移動距離をスリップ量とみなし計算を行った.

3. 解析結果及び考察

図-5 に示すようなワイヤリングネットに鉛直・水平ロープを通し、ロ ープ両端にブレーキシステムを導入したモデルに質量 810kgの重錘を高 さ 20m の位置から自由落下させたときの重錘変位、ブレーキシステムの スリップ量について実験値との比較を行った.材料定数は表-1 に示す. 図-6 にはワイヤリング防護柵の時刻歴な衝撃挙動を、図-7 には重錘変位 応答を示している.これらの図より、ネットが全体的に中央に変位し、

2 m近い大きな変形を示しており、水平方向、鉛直方向のブレーキシステムが段階的にスリップしているこ とが確認された.図-7に示す重錘変位応答も実験値を概ね再現できていることより本解析手法の適用が妥当 であることが確認できた.また、表-2にブレーキシステムのスリップ量を示している.鉛直、水平方向いず れも解析値の方が100mm 程度小さい結果が得られたが、鉛直方向ブレーキのスリップ量の方が大きい傾向 が概ね再現できていることが確認された.解析値のスリップ量の方が小さい原因については、ワイヤロープ を弾性粒子で表現したことや、実際の構造には各部材間に種々の初期余長が存在することなどが大きく影響 していると推測されることから、今後、それらの影響について定量的に考慮する必要があると考えられる.

4. 結言

本研究で開発した衝撃応答解析プログラムを用いることで,ワイヤリング防護柵の衝撃挙動を概ね再現す ることが確認できた.今後,ブレーキシステムのスリップ量の定量的な精度の向上を計ることで,実際のワ イヤリング防護柵の耐衝撃性能の評価を行っていく予定である.

表-2 ブレーキのスリップ量

			スリップ量 (mm)			
平均①-0 (水平方向ブレーキ 平均⑤-0	平均①-④	実験	292.5			
	(水平方向ブレーキ)	解析	183.0			
	平 均 ⑤ - ⑧ (鉛直方向ブレーキ)	実験	322.5			
		解析	240.2			