

高エネルギー吸収落石防護柵の落石衝突シミュレーション

金沢大学大学院 学 藤 拔 雅 夫
 金沢大学工学部 正 前 川 幸 次
 愛知県庁 村 山 貴 弘

1. はじめに

高エネルギー吸収落石防護柵は、既存の落石防護柵の支柱およびワイヤーロープの弱点を補うために考案されたものである。支柱にはアンボンドP C鋼材を埋め込んだコンクリート充填鋼管柱を用いて靱性を高め、支柱の曲げによるエネルギー吸収量を増大させた。横方向ワイヤーロープ及び控えワイヤーロープは、一定の張力に達すると滑り出し、張力を一定に保ったまま、所定量まで滑る機構を有する緩衝定着装置により支柱に固定されている。緩衝定着装置は、ロープの張力を制御してワイヤーロープの切断や緩衝定着装置の破壊を防止するとともにワイヤーロープの滑りにともなう摩擦力によって衝撃エネルギー量を飛躍的に増大させている。本研究では、汎用構造解析プログラムMARCを用いて高エネルギー吸収落石防護柵に落石が衝突する時のシミュレーションを行った。

2. 解析モデル

解析は図-1に示すように実物実験に用いた落石防護柵と同じ寸法及び構造で行った。ただし、トップ鋼管は、省略し、対称性を利用して解析領域を1/2とした。

1) ワイヤーロープ及び緩衝装置のモデル化 この解析においては、ワイヤーロープをトラス要素でモデル化し、緩衝装置の特性はトラス要素の応力-ひずみ関係として表した。横ワイヤーロープの緩衝装置は、防護柵の先端側と根元側で異なるため、モデルにおいてもネット部分を先端側8本と根元側7本に分けた。それぞれの横ワイヤーロープについて、緩衝装置の単体実験を行い、その

結果をもとに図-2(a)(b)に示すように応力-ひずみ関係を設定した。また控えワイヤーロープについても図-2(c)に示すように応力-ひずみ関係を設定した。縦チェーンは、横ワイヤーロープの間隔保持のため取り付けられたものであり、解析では、力学的特性を近似したトラス要素で表現した。

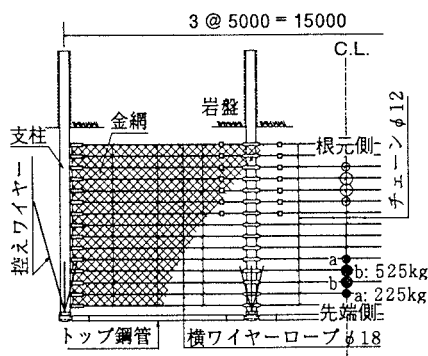


図-1 全体図

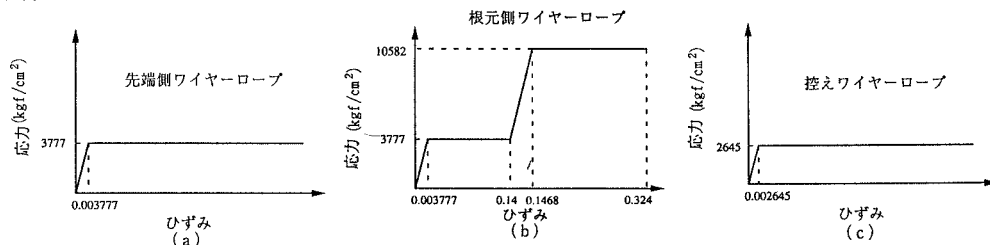


図-2 ワイヤーロープの応力-ひずみ関係

2) 支柱のモデル化 支柱に用いたP C鋼棒で補強を行ったコンクリート充填鋼管について、別途、静的3点曲げによる単体試験を行い図-3の結果を得ている。解析では、簡単のため、パイプ断面は要素を用いることとし、単体試験結果とほぼ同等な剛性を持つように、断面寸法($\phi 26.7 \times 1.5$)及び材料特性(図-4)を試行錯誤により決定した。

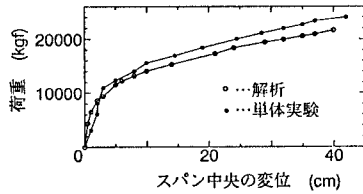


図-3 支柱単体試験の結果

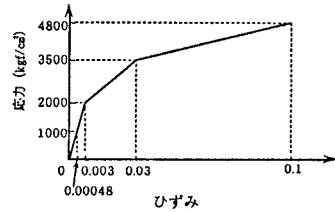


図-4 支柱の応力-ひずみ関係のモデル化

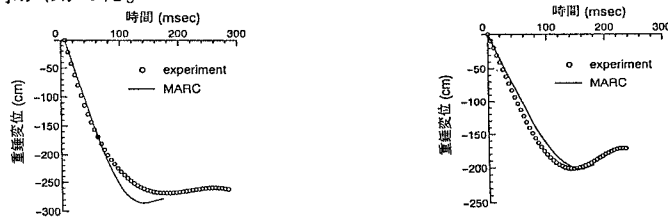
3) 落石のモデル化 実物実験における落錘条件（質量3000kg, 落下高17m）を表現するために、図-1のように節点に集中質量を作用させた。解析領域が1/2なので、実験に用いた重錘の半分の質量を4つの節点に分配し、落下高さに相当する初速度($V_0=1807\text{cm/sec}$)を与えた。

4) 落下位置 中央のスパンのワイヤーロープの防護柵の根元側と、先端側の2通りについて解析を行った。

3. 解析結果と考察

重錘の変位-時間関係について実験値と解析値の比較を図-5に示す。また図-6には各解析ケースの防護柵形状の経時変化を示す。そして、表-1には解析における重錘変位の最大時における、構成部材のエネルギー吸収率を示してある。

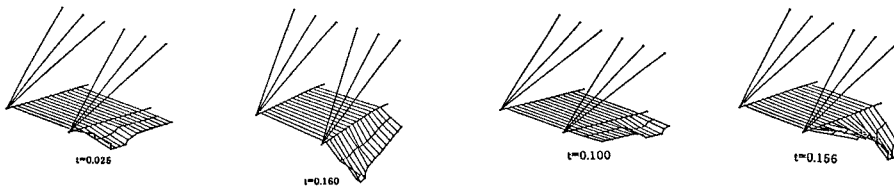
解析結果より、落石が根元側の場合、落石のあった中央スパンと支柱でほとんどの落石エネルギーを吸収している事がわかった。また、落石が先端側の場合では、中央スパンと支柱、そして控えワイヤーロープで落石エネルギーを吸収している。また落石位置が防護柵の先端側の場合エネルギー吸収の割合が横ワイヤーロープに比べて支柱や控えワイヤーロープで大きくなる事がわかった。いずれの場合においても、中央スパンに落石があっても隣のサイドスパンではあまりエネルギーを吸収せず、その他の部材によりエネルギーが吸収されている事がわかった。



(a) 落石が先端側の場合

(b) 落石が根元側の場合

図-5 重錘の変位-時間関係



(a) 落石が先端側の場合

(b) 落石が根元側の場合

図-6 防護柵形状の経時変化

表-1 エネルギー吸収率

(a) 落石が先端側の場合						(b) 落石が根元側の場合					
エネルギー吸収率 (%)	中央スパン		サイドスパン		支柱	控えロープ	エネルギー吸収率 (%)	中央スパン		サイドスパン	
	横ワイヤー	チェーン	ワイヤーロープ	ワイヤーロープ				横ワイヤー	チェーン	ワイヤーロープ	ワイヤーロープ
	19.987	0.670	0.078		59.724	22.541		63.656	0.003	0.002	
										36.269	0.070

4. あとがき

汎用構造プログラムMARCにより、落石防護柵の落石による挙動を把握できることがわかった。