

高エネルギー吸収柵の開発と緩衝装置のエネルギー吸収実験

(株) エイ・シー・デイ 正員 吉 田 博
 (株) セントテクノス 細 川 豊
 金沢大学工学部 正員 前 川 幸 次
 金森藤平商事(株) 南 和 夫

1. まえがき

これまでの落石防護柵は、H形鋼の支柱、支柱間に一定の間隔で張られたワイヤロープ、ワイヤロープの前面に張られた金網からなっており、落石の衝撃エネルギーを、金網の形状変形、ワイヤロープの弾性伸びおよび支柱の塑性変形によって吸収するように設計されている。

ワイヤロープが吸収するエネルギーは、支柱や金網の吸収エネルギーに比し小さく、設計落石エネルギー以上の落石に対しては、ワイヤロープが切断したり、防護柵全体が破壊する。また、ワイヤロープの吸収エネルギーを高めるために、支柱の剛性を上げると、支柱が塑性変形しないため、可能吸収エネルギーはトータルで小さくなってしまふ。このように既往の衝撃吸収柵は、衝撃エネルギー吸収能力が小さいことから、落石防護柵を突き破って落石が走行車両に衝突し大事故となったケースも見られる。

一方、本格的な落石防護施設は極めて高価であることから敷設箇所も限定されており、安価でかつ信頼性のある落石防護システムの開発が望まれていた。

2. 高エネルギー吸収落石防護柵の構造

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PC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る。ワイヤロープは、一定の張力に達すると滑りだす緩衝定着具を用いることにより、ロープの張力を制御してワイヤロープの切断や定着金具の破壊を防護するとともに、ワイヤロープのエネルギー吸収量を飛躍的に増大させている。

図-1にこの防護柵の構造概要を、図-2に緩衝機構の模式図を示す。支柱はコンクリート充填鋼管柱であり、横方向ワイヤロープ用の緩衝定着具が取り付けられている。支柱の頭部には、控えワイヤロープが取り付けられており、その他端は緩衝定着具を介してアンカーに固定されている。防護柵の上部では、支柱間に張られた水平ワイヤロープの両端は、緩衝定着具を通してさらに一定長さを確保して端ストッパーを取付ける。この端ストッパーは、水平ワイヤロープの緩衝定着具内の滑り量を制限する働きをする。また、防護柵の下部では、水平ワイヤロープの両端を緩衝定着具に通し、一定長さの位置で中間ストッパーを、さらに一定長さを確保して端ストッパーを取付ける。水平ワイヤロープは、緩衝定着具内で締め付けられており、ある張力に達すると定着具内を滑り出す構造となっている。

3. 設計の概要

・落石が支柱間に衝突する場合 過大な衝撃エネルギーが作用し、水平ワイヤロープに緩衝定着具の設定定着荷重以上の張力が作用した場合、水平ワイヤロープは設定定着荷重を保ったまま定着具内で滑りだし、エネルギーを吸収する。

落石が防護柵の上部に衝突する場合、水平ワイヤロープの滑りにより衝突エネルギーを吸収しきれず、端ストッパーが支柱に取付けられた緩衝定着具にぶつかり、これ以上の水平ワイヤロープの滑りが抑制されることにより、水平ワイヤロープの張力が増大し、支柱を変形させようとする。支柱は下端で降伏を開始し変形が増大する。支柱の変形にともない、控えワイヤロープが緩衝定着具内で滑りが発生する。このような場合には、支柱の塑性変形によるエネルギー吸収と控えワイヤロープの滑りによるエネルギー吸収も合わせて期待できる。

落石が防護柵の下部に衝突した場合は、下部に配置した

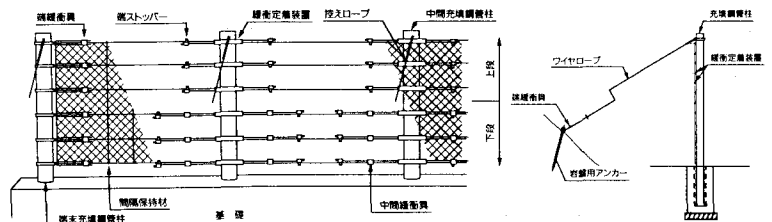
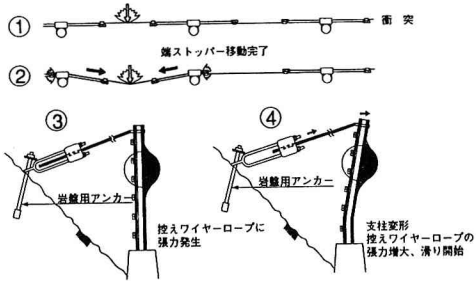


図-1 高エネルギー吸収柵の構造概要

■上段①→②→③→④



■下段①→②→③→④→⑤

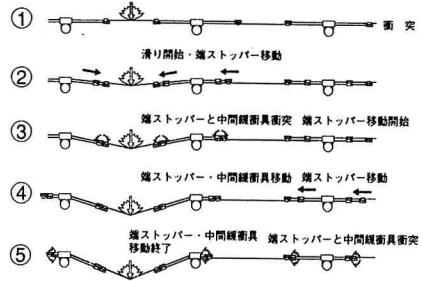


図-2 高エネルギー吸収柵の緩衝機構

水平ワイヤーロープの張力のみでは、支柱の塑性曲げによるエネルギー吸収が期待できないため、水平ワイヤーロープのみでエネルギーを吸収する必要がある。その場合は、落石が衝突した水平ワイヤーロープは弾性変形した後に、緩衝定着具内で滑りだす。所定の滑り量に達すると端ストッパーと中間緩衝具が衝突し、水平ワイヤーロープの張力は増大する。これまでに落石エネルギーが吸収しきれていない場合には、水平ワイヤーロープは隣接する支柱に取り付けられた緩衝定着具内で滑りが発生する。

・落石が支柱に衝突する場合 落石が支柱に衝突する場合は、支柱下端に大きい曲げモーメントが発生し、支柱は塑性変形を開始する。同時に、控えロープおよび水平に張られた水平ワイヤーロープにも張力が発生し、いずれも設定定着荷重以上になると滑りだす。

4. 緩衝定着具の衝撃実験

支柱に取付ける緩衝定着装置およびワイヤーロープの途中に取付ける中間緩衝具は、水平ワイヤーロープを2本重ねて締め付けることにより、また、控えワイヤーのアンカー端および端末支柱に取付ける端緩衝定着具は、ロープ1本を締め付けることにより、ロープにある一定以上の張力が作用すると滑りが発生する機構を有するものである。共に一定の張力を保ったまま滑りが持続する機能を有するものである。

これらの緩衝具の性能を検証するために、衝撃実験を行なった。ワイヤーロープ(3×7GX/O 18φ)の余長をもたせて緩衝具内で重ね合わせて一定トルクでボルトを締め付け、ワイヤーロープの一端に重錘(重量1.2tf)を取付けて釣り下げ、上端はフレームに取付けたロードセル(容量20tf)の下端に固定した(写真-1)。重錘を一定の高さ(2.0m)まで吊り上げ、自由落下させることにより、緩衝具に衝撃力を作用させた。重錘には加速度計が取付けられており、ロードセルによる衝撃力と加速度計による衝撃加速度の測定を行なった。緩衝具による吸収エネルギーは、ワイヤーロープの滑り量および測定衝撃力と加速度を2回積分して得られる荷重-変位から求めた。

図-3に、緩衝定着装置の実験結果を示した。図は荷重の経時変化と変位量の経時変化から時間を消去した荷重と変位量の関係を示している。図の曲線の最大変位までの下側の面積が吸収エネルギーであり、 $E_s = 233.7\text{tf-m}$ となっている。これは、重錘の位置エネルギー $E_p = 1.2 \times 200 = 2.4\text{tf-m}$ にほぼ等しい値となっている。他の緩衝具に対しても同様の結果が得られている。

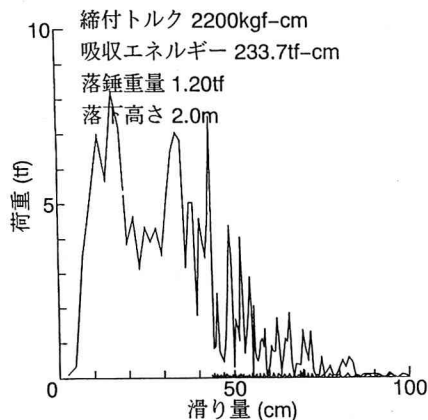


図-3 荷重-滑り量関係



写真-1 衝撃試験装置