

I-548

高エネルギー吸収防護柵の緩衝装置の性能試験

金森藤平商事(株)

正会員 南 和夫

(株)エイ・シー・デイ

正会員 吉 田 博

金沢大学工学部土木建設工学科

正会員 前川 幸次

1. まえがき

高エネルギー吸収防護柵は、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。図-1にこの高エネルギー吸収防護柵の構造概要を示す。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ている。横方向に配置されたワイヤーロープ(以後、横ロープという)は、一定の張力に達すると滑りだし、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。

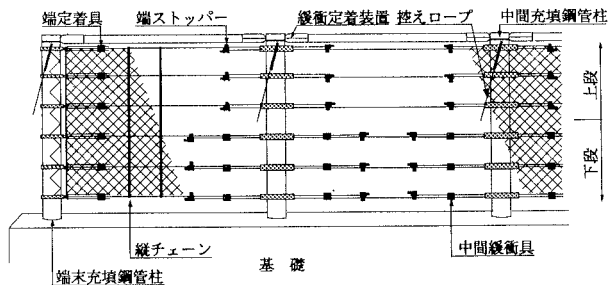


図-1 高エネルギー吸収防護柵の構造概要

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伴う摩擦力によって、衝撃エネルギー吸収量を飛躍的に増大させている。支柱間に張られた横ロープの両端は、緩衝定着装置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ている。この端ストッパーは、横ロープの緩衝定着装置内の滑り量を制限する働きをする。すなわち、横ロープが緩衝定着装置内を、所定の滑り量を越えて滑った場合、ストッパーが緩衝定着装置にかみ合うようになっている。また、支柱に取付けた緩衝定着装置のみでは吸収エネルギー量が不足する場合には、支柱間に補助の緩衝金具(中間緩衝具)が取付けられる。支柱頭部には、控えのワイヤーロープを取り付け、他端を斜面に埋め込まれたアンカーに緩衝具(以後、端緩衝具という)を介して固定される。

本研究では、この高エネルギー吸収防護柵に用いる緩衝装置類の性能試験結果について報告する。

2. 緩衝具の性能試験方法

高エネルギー吸収柵で使用する緩衝部品としては、支柱に取付ける緩衝定着装置、緩衝定着装置とストッパーの間に挿入する中間緩衝具、および端支柱および控えロープの定着部に用いる端緩衝具がある。これらの緩衝装置および緩衝具は、単体で用いられるほか、組み合わせても用いられる。

これらの使用状態に対し、衝撃力が作用したときの衝撃挙動および緩衝性能についての試験を行なった。供試体として、以下の4タイプを用いた。各タイプの供試体に用いる緩衝装置または緩衝具およびその配置を図-2に示す。

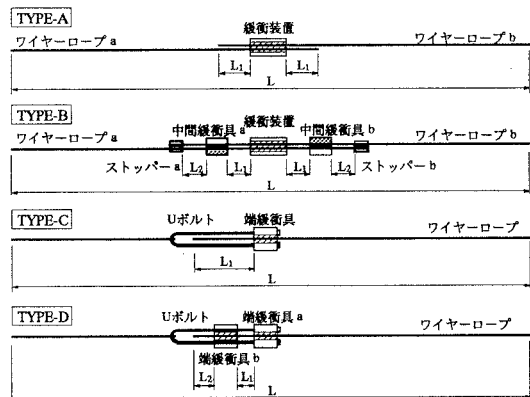


図-2 緩衝性能試験用供試体

TYPE-A: 緩衝定着装置に対する供試体である。ワイヤーロープaおよびbに余長 L_1 をとり、衝撃荷重を作用させて余長の変化、すなわち滑り量を測定する。

TYPE-B: 緩衝定着装置と中間緩衝具を組み合わせた供試体で、緩衝定着装置と中間緩衝具の間には純間隔 L_1 を確保し、さらに、中間緩衝具とストッパーの間には純間隔 L_2 を確保している。中間緩衝具aは、ワイヤーロープaを締め付けており、ワイヤーロープbは内部を褶動できるようになっている。同様に、中間緩衝具bは、ワイヤーロープbを締め付けており、ワイヤーロープaは内部を褶動できるようになっている。一方、ストッパーaは、ワイヤーロープbに固定されワイヤーロープaとは自由に褶動可能となっている。同様に、ストッパーbは、ワイヤーロープaに固定されワイヤーロープbとは自由に褶動可能である。

TYPE-C: 端緩衝具に対する供試体である。端緩衝具はUボルトを用いて抜け出さないようにナットで止め、端

緩衝具の内部にワイヤロープを通して締め付けボルトで締め付ける。衝撃荷重が作用したときのワイヤロープの余長 L_f の変化を測定する。

TYPE-D：端緩衝具 1 個では吸収エネルギー量が不足する場合、または、大きい端緩衝具 1 個では衝撃作用が大き過ぎる場合、2 個の端緩衝具を間隔を空けて直列に配置して用いると効果的である。端緩衝具を U ボルトを用いて定着するのは TYPE-C と同様であるが、2 個の端緩衝具の間には純間隔 L_1 を確保し、さらにワイヤロープの余長 L_2 を確保する。ある大きさ以上の衝撃荷重が作用すると、 L_1 がまず零となり L_2 が減少する。実験では、 L_1 および L_2 の変化量を測定する。

これらの供試体の実験におけるワイヤロープの締め付けトルクを表-1に示す。なお、実験は各供試体名について3体ずつ行なった。図-2は、本試験のために製作した緩衝性能試験装置である。供試体は載荷フレームの両端にロードセルを介して水平に固定する。衝撃荷重は、質量1.0tの重錘をワイヤロープ上1.0mの高さから鉛直に落下させることにより作用させる。試験においては、重錘の変位量、加速度計およびワイヤロープの張力、滑り量の時間的変化を測定した。

3. 実験結果

表-2には、TYPE-A および TYPE-C の実験における重錘の位置エネルギーを緩衝定着装置および緩衝具内の横ロープの滑り量で除した値、すなわち、横ロープが最大滑り量に到達するまでの平均張力を計算したものが示されている。

また表には、TYPE-A および TYPE-C の緩衝装置を組み合わせた実験 (TYPE-B, TYPE-D) において、ストッパーが中間緩衝具に衝突するまでの滑り量 ΔL_1 と、衝突後に緩衝定着装置または緩衝具と中間緩衝具が一体となって滑る場合の滑り量 ΔL_2 が示されている。また、算出された平均張力を用いてストッパーが中間緩衝具に衝突するまでの滑り量 ΔL_1 に対する吸収エネルギーと、衝突後に緩衝定着装置または緩衝具と中間緩衝具が一体となって滑る場合の滑り量 ΔL_2 に対する吸収エネルギーが示されている。後者の吸収エネルギーは、表-1 の定着締付トルクを参照して、TYPE-B においては TYPE-A-2 の平均張力と TYPE-C の各ケースの平均張力の 2 倍の和と ΔL_2 の積で、また、TYPE-D においては、TYPE-C の各ケースの平均張力の 2 倍と ΔL_2 の積で求められる。これらの合計およびその位置エネルギーに対する比 (百分率) も示されている。

これらの結果によれば、上記の吸収エネルギーの算出法では TYPE-B においては締め付け力が小さい場合には過大に、締め付け力が大きい場合には過小に評価され、TYPE-D では締め付け力が大きいほど過小に評価されることがわかる。

表-1 各供試体の定着締付けトルク

供試體名	緩衝裝置	中間緩衝具	端緩衝具
A-1	9.80	—	—
A-2	17.64	—	—
A-3	25.48	—	—
B-1	17.64	9.80	—
B-2	17.64	14.70	—
B-3	17.64	19.60	—
C-1	—	—	9.80
C-2	—	—	14.70
C-3	—	—	19.60
D-1	—	—	9.80
D-2	—	—	14.70
D-3	—	—	19.60

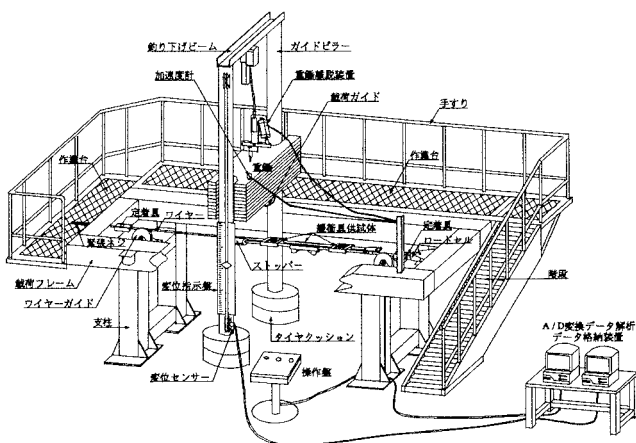


圖-3 緩衝具性能試驗裝置

表-2 緩衝装置および緩衝具実験結果一覧表

TYPE	ΔL_1 (m)	$\Delta L_1 + \Delta L_2$ (m)	ΔL	最大落差 (m)	滑り量 (m)	E_w 位置時 E_w^* (kN·m)	E_g 加力時 E_g^* (kN·m)	平均張力 (kN)	$\frac{E_g}{E_w}$ (%)	E_a 吸収時 E_a^* (kN·m)	$\frac{E_a}{E_w}$ (%)
A-1	0.595		0.649	2.279	0.618	22.338	21.821	37.69	98	21.400	96
A-2	0.413		0.472	2.109	0.471	20.668	20.574	50.28	100	20.405	99
A-3	0.146		0.192	1.688	0.186	16.546	17.247	112.93	104	16.617	99
B-1	0.150	0.286	0.240	1.840	0.275	18.032	17.281		96	17.962	100
B-2	0.150	0.236	0.282	1.869	0.292	18.317	17.565		96	19.744	108
B-3	0.150	0.168	0.232	1.763	0.228	17.274	16.595		96	13.885	80
C-1	0.786		0.825	2.451	0.753	24.023	26.255	30.68	109	23.796	99
C-2	0.504		0.542	2.183	0.542	21.396	21.881	42.42	102	21.317	100
C-3	0.480		0.521	2.137	0.493	21.276	21.552	44.56	101	20.420	96
D-1	0.200	0.407	0.446	2.063	0.433	20.221	19.941		98	18.811	93
D-2	0.200	0.265	0.297	1.890	0.307	18.519	17.322		93	17.344	94
D-3	0.200	0.230	0.262	1.836	0.272	17.993	17.677		98	18.683	104