

空き缶を利用した衝撃緩衝工の開発(その1)

JR 東日本 正会員 ○栗田 淳

島津 優

川人 麻紀夫

飯島 利夫

1. はじめに

本稿では、橋りょうの空頭支障に対する衝撃緩衝工の開発について述べる。

2. 開発ニーズ

鉄道構造物の損傷によって列車の安全・安定輸送を損なうケースのひとつに、橋りょう道路交差部における自動車衝撃の問題がある。これに対して、従来は道路交差部周辺に橋桁防護工として鋼製門型構造物を設置することで対処してきた。一方で市街地や河川堤防上など門型支柱の設置スペースが確保できない場合や、設置に際して法令上の制限を受ける場合もあり、このような箇所ではこれまで注意喚起表示の強化や衝撃監視システムによって対応してきたところである。

以上のような経緯を踏まえ、橋桁防護工の設置が難しい橋りょうに対して、これらの空頭支障による損傷を軽減・解消する目的で開発に着手した。

3. 検討モデルの比較

従来型の防護工が適用できないサイトの共通点は、基礎・支柱の設置が困難なことである。これに対して今回の開発では、防護すべき構造物の部位に、直接添架するタイプの衝撃緩衝工を計画した。材料および構造・形状に関して検討したモデルは以下のとおりである。

モデルⅠ：鋼製－梁部材－曲げ破壊

モデルⅡ：アルミ合金－梁部材－曲げ破壊

モデルⅢ：鋼製－柱状部材－軸圧壊

モデルⅣ：アルミ合金－柱状部材－軸圧壊

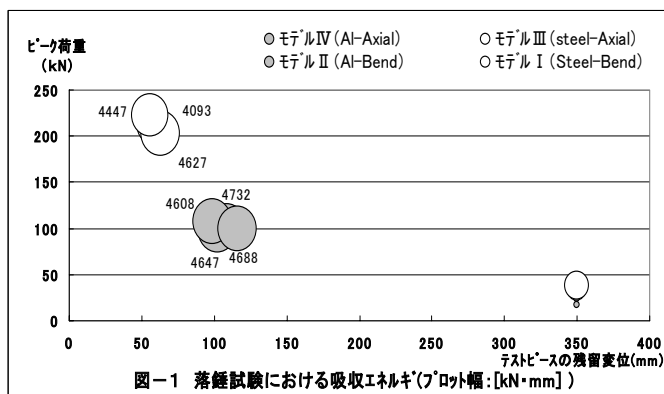
上記について市販の中空角型管をテストピースに用い、落錘衝撃実験を実施した。評価項目は以下のように設定した。

- ① テストピース（以下 TP）を介して衝撃荷重を支持することによる荷重低減効果
- ② 衝撃による TP の変位
- ③ TP の荷重-変位曲線、吸収エネルギー

実験では 68kg の錘を 5.0m の高さから落下させ、測定した。TP の形状・寸法および測定結果を表-1 に示す。

表-1 落錘衝撃実験

モデル	破壊形式	材料	形状	断面寸法	軸方向長さ (mm)	ピーク荷重 (PL) [kN]	変位 (D) [mm]	吸収エネルギー (E) [kJ・mm]	エネルギー吸収効率 E/(PL・D)
Ⅰ	曲げ破壊	鋼製	中空角形管 スパン700mm	50mm × 50mm t=1.5mm	—	32	350	991	0.088
			中空角形管 スパン700mm		—	34	350	1028	0.086
			中空角形管 スパン500mm		—	33	350	2267	0.196
			中空角形管 スパン300mm		—	38	350	2972	0.223
Ⅱ	曲げ破壊	アルミニウム	中空角形管 スパン700mm	50mm × 50mm t=2.0mm	—	17	350	721	0.121
			中空角形管 スパン500mm		—	23	350	764	0.095
Ⅲ	軸方向圧壊	鋼製	中空角形管	50mm × 50mm t=1.5mm	250	212	59	4093	0.327
					250	203	63	4627	0.362
					250	223	56	4447	0.356
Ⅳ	軸方向圧壊	アルミニウム	中空角形管	50mm × 50mm t=2.0mm	250	102	109	4732	0.426
					250	98	102	4647	0.465
					250	107	99	4608	0.435
					250	100	116	4688	0.404



曲げ破壊形式ではいずれのケースにおいても落錘を静止できず、表-1 のモデルⅠ・モデルⅡに示す変位は、TP が床面に衝突した値を 350mm としている（写真-1）。

図-1 は各モデルの残留変位、ピーク荷重、吸収エネルギーをバブルチャートで示したものである。これによると曲げ破壊形式は、軸方向圧壊と比較して相対的にピーク荷重および吸収エネルギーは小さく、変位は大きい。

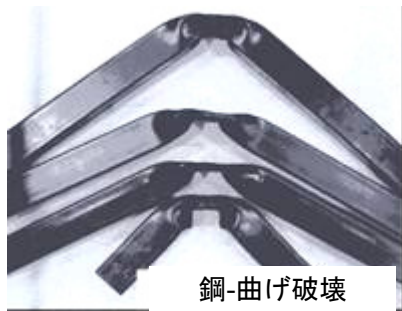
図-2 は表-1 に示すエネルギー吸収効率の比較である。この値は吸収エネルギーを変位とピーク荷重の積で除した無次元量であり、仮にピーク荷重の突出がなく、荷重-変位関係のグラフが矩形であれば 1 となる。この値から、曲げ破壊モデルは軸圧壊モデルと比較して性能が劣る傾向が窺われる。

キーワード：衝撃緩衝工，空き缶，軸圧壊，エネルギー吸収効率，落錘衝撃実験

連絡先：〒260-0031 千葉県千葉市中央区新千葉1丁目3番24号 千葉土木技術センター tel (043)221-7582, fax (043)221-7582



アルミ-曲げ破壊



鋼-曲げ破壊

写真-1 TPの圧壊状況（上：アルミニウム製，下：鋼製）

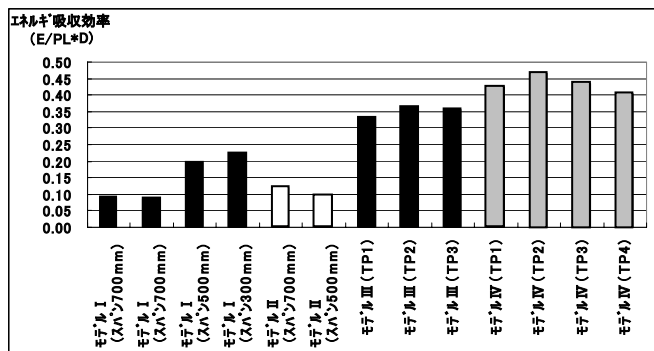


図-2 エネルギー吸収効率の比較

実験では実橋レベルでの相似性を考慮していないが、無次元量であるエネルギー吸収効率をもって比較した結果、大変形を前提とした曲げ破壊モデルでは降伏後の支持力が小さく、エネルギーの吸収性能が劣ることを確認した。このため、従来型の防護工のように降伏点までを設計範囲とした場合に梁部材モデルは有効であるが、緩衝材には適していないとの結論を得た。

4. 軸圧壊モデルの改善点

軸圧壊モデルの荷重-変位曲線を図-3に、また実験後のTPを写真-2に示す。今回の荷重レベルおよびTPの強度レベルに関しては、アルミの方がピーク荷重を低減でき、さらに高いエネルギー吸収能力を持っていることがわかる。一方、この結果は荷重重量や入力エネルギーに対してTPの断面積や肉厚、形状、強度などの比較が不十分であり、一般的な傾向とはいえない。

また、図-3から明らかなように、ピーク荷重は錘がTPに接触した直後に発生し、その後、ピーク荷重の60%を超える値は計測されていない。

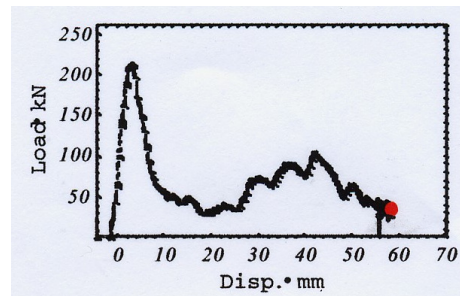
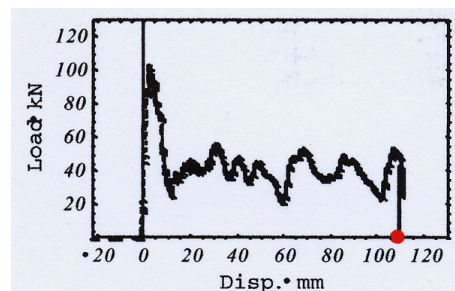


図-3 荷重-変位関係（上：アルミニウム製，下：鋼製）

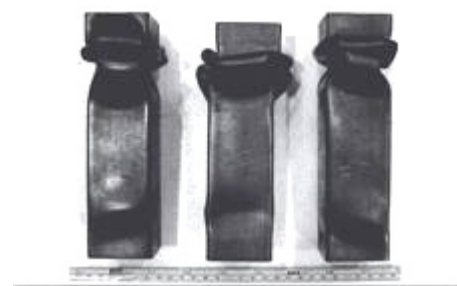
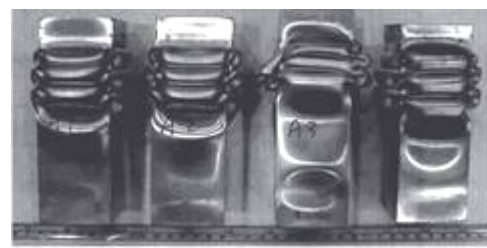


写真-2 TPの圧壊状況（上：アルミニウム製，下：鋼製）

このため改善点として、錘が荷重された直後、部材がより小さな荷重で降伏し、その値の近傍を推移する履歴特性が望ましいと考え、部材側面の加工形状が、荷重履歴にどのような影響を与えるかについて調査が必要である。

5. おわりに

橋桁における自動車の衝撃を緩和する手段として角型管をTPに用いて衝撃実験を行った。その結果、曲げ破壊モデルは、軸圧壊モデルに比して衝撃緩和性能が劣ることを確認した。また軸圧壊モデルにおいては、ピーク荷重の低減が課題となった。

参考文献

- 1) 土木学会：衝撃実験・解析の基礎と応用，丸善 2004. 3
- 2) ティモシェンコ・ヤング，材料力学要論，コロナ社，1964. 7