

I-B215

鋼製緩衝装置の緩衝効果に関する解析的検討

首都高速道路公団 正 島田 泰至 東京都立大学 正 長嶋 文雄
武蔵工業大学 正 皆川 勝 (株)横河メンティック 正 寺尾 圭史
NKK(株) 正 佐藤 豪

1. はじめに 本報告は、激震時に橋桁とバラベットあるいは橋桁とストッパーとの衝突が万が一起きた場合に、この衝突によって発生する衝撃エネルギーを吸収する目的で設置される緩衝工として形鋼を用いる試みを行ったものである。橋台あるいは橋脚の天端でエネルギー吸収が行われると橋桁の損傷が軽減されるばかりではなく、下部工に及ぼす影響が少なくなる。しかし、殆どが設置スペースが限られる場所であるため、エネルギー効率の良い緩衝装置、すなわち、荷重-変位関係において荷重が殆ど不変で塑性化による変形だけが増してエネルギーが増大する形態が望ましい。非線形衝撃応答解析により緩衝工の衝撃エネルギーの吸収性能などについて検討し、形鋼を用いた鋼製緩衝装置の有効性について調べた。

2. 検討モデルおよび解析手法 鋼材SS400、断面積をほぼ一定とした4種類の鋼製緩衝装置を解析対象とし、静的(圧縮・引張)解析と重量10tfの物体を速度80cm/secで衝突させた衝撃解析を行った。静的圧縮においては実験結果と解析との比較をし、本解析の精度の検討を行った。また、現在使用されているゴムを用いた緩衝装置とのエネルギー吸収効率の差異を比較検討するため、ゴムの静的圧縮実験結果を併記した。

解析プログラムにはLS-DYNAを使用し、解析パラメータである形鋼の真応力-真歪関係は、1軸引張実験結果から得られる公称応力-公称歪関係を体積一定の条件のもとで真応力-真歪関係に変換した。また、衝撃による歪速度効果は降伏点に動的倍率を掛けることで考慮した。その際、歪速度に対する動的倍率の関係は文献2)に従った。

3. 解析結果 図1にはゴム製緩衝装置の静的圧縮実験結果、図2～図5には鋼製緩衝装置(B,C,D,E-Type)の静的圧縮実験結果を示した。解析では実験結果と殆ど変わらない荷重-変位関係、変形状態が得られた。しかし、細部はうまくシミュレートできていない。その原因としてメッシュサイズの影響、解析パラメータの精度、溶接部の処理などが考えられる。ただし、吸収エネルギーの点からは殆ど変わらない結果となり(図6)、妥当な精度が得られたと考えられる。さらに吸収エネルギー比較(図6)では、どの許容変位量においてもA-Type(ゴム製)に比べてB,C,E-Typeの鋼製緩衝装置のほうが吸収エネルギーは大きくなり、鋼製緩衝装置の有効性を示す結果となった。B-Typeでは、溶接部近傍が最初に降伏し、以後円中央断面部分へと応力が伝わっていくことがわかった。B-Typeの静的引張解析(図7)では溶接部近傍の応力が大きくなり、そこから破断が生じた。また、圧縮と比べて最大荷重が大きく、伸び変形が小さい結果となった。

衝撃解析(図8～図12)では、B,C,D,E-Type全てが衝突体を跳ね返した。その際生ずる緩衝装置の変位量は、衝突体の運動エネルギーと緩衝装置の内部仕事を等価とおくことによって簡便に計算でき、設計も容易になることが分かった。ここで、緩衝装置の内部仕事は静的圧縮試験の結果を簡略化して降伏荷重 $P \times$ 変位量 δ とした。実際には歪速度効果のため降伏荷重は上昇するが、歪速度効果を考慮しない場合安全側の設計となる。B-Typeの解析では歪速度は約10～151/secで降伏点は1.1倍程度上昇した(図9 荷重の時刻歴波形)。また、図9～図12の衝突体加速度をみると力積は同じであることがわかる。

4. まとめ

形鋼を用いた鋼製緩衝装置について、圧縮・引張・衝撃解析を行いエネルギー吸収特性や衝撃応答特性について調べたところ、非常に効率の良い圧縮側の衝撃エネルギー吸収特性があることが分かった。形鋼緩衝装置を多重に用いることにより、ほぼ任意の荷重-変位関係を与えることができる。また、衝撃応答曲線を望ましい形に与えることができ、しかも要請される衝撃吸収エネルギーを精度良く装置に設定できるため、扱い易いことが分かった。

今後は、繰り返し荷重下の特性を調べる予定である。

[参考文献] 1)田嶋・半野・久保田・金井・中村:落橋防止構造連結板の衝撃破壊実験と強度特性、構造工学論文集、Vol. 44A、1998年3月。2)土木設計便覧編集委員会:土木設計便覧、丸善、1998年8月。3)長嶋・島田・今野:鋼橋における耐震連結板の衝撃破壊解析、鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集、1998年11月。

キーワード:緩衝装置 衝撃応答解析 耐震設計

連絡先:東京都立大学工学研究科土木工学専攻(〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

静的圧縮

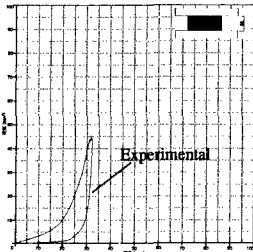


図1 A-Type

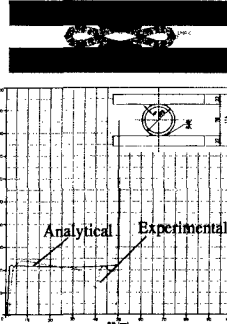


図2 B-Type

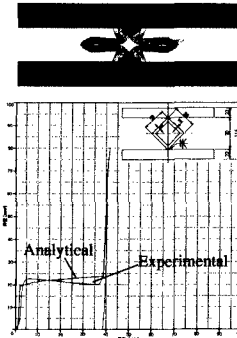


図3 C-Type

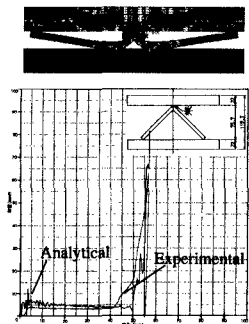


図4 D-Type

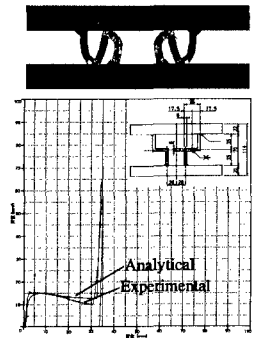


図5 E-Type

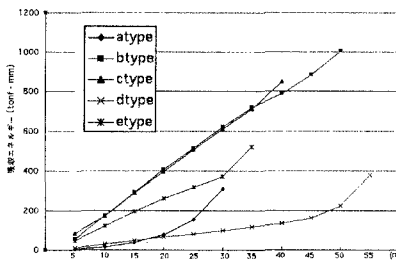


図6-1 実験結果による比較

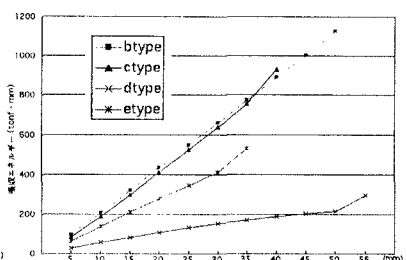


図6-2 解析結果による比較

図6 許容変位量による吸収エネルギー比較

静的引張解析

衝撃解析

初期状態



0.2 秒



0.4 秒



0.6 秒



図8 時刻歴変形図(B-Type)

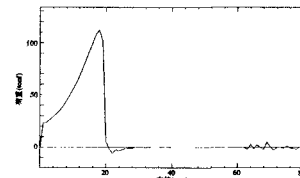


図7 静的引張解析結果(B-Type)

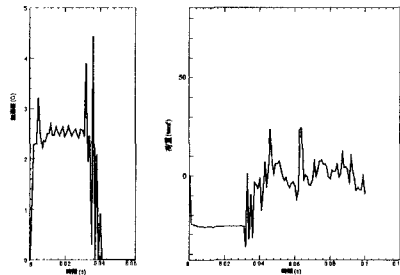


図9 衝突体加速度&荷重の時刻歴波形(B-Type)

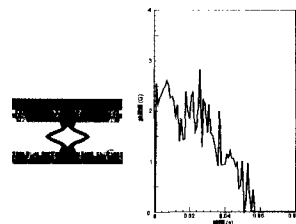


図10 解析結果(C-Type)

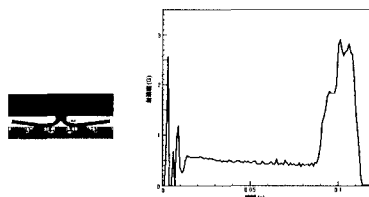


図11 解析結果(D-Type)

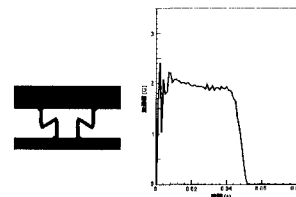


図12 解析結果(E-Type)