

I-504

構造物に作用する衝撃力特性の評価に関する基礎的研究

三菱重工業(株) 正会員 ○榊井 弘樹 神戸大学工学部 正会員 宮本 文穂
 神戸大学大学院 学生員 M. W. KING 神戸大学大学院 学生員 石橋 照久

1.はじめに:各種構造物の耐衝撃設計を行う際の設計衝撃力は、対象とする衝撃体及び衝突条件(衝突角度・衝突速度等)によって決定される。しかし、これら様々な衝撃体及び衝突条件下での衝撃力特性、すなわち最大衝撃力、立ち上がり時間、作用時間、波形の形状等は多様となり、すべてを実験によって把握するのは物理的・経済的に困難なため、限られたバッチの実験から広範囲な条件下での衝撃力特性を得る手法の開発が必要となる。そこで、本研究では多質点ばねモデルによる衝撃力特性解析法¹⁾にSystem Identification (SI)法を適用して任意の衝撃力特性から逆に衝撃体 Γ を推定し、異なった衝突条件下での衝撃力特性を評価する方法を考案し、実験によってその可能性・有効性を検討した。

2.衝撃体 Γ の推定法:Fig.1に示す多質点ばねモデルによる衝撃力特性解析法¹⁾では、衝撃体 Γ 各要素(各質点質量、各ばね定数等)や衝突条件(衝突速度、衝突角度等)が衝撃力特性に種々の特徴的な影響を与えることが明らかとなっている。例えば、衝突速度が既知の場合、先頭のばね定数が衝撃力特性の初期の立ち

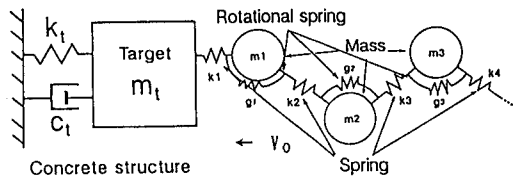


Fig.1 Multi-mass model of impacting body

上がり勾配を支配し、一方、衝突速度や先頭のばね定数が既知の場合、先頭の質点質量が衝撃力波形の第1ピーク値(最大衝撃力の場合もある)をほぼ支配する。また、それ以降の衝撃力波形は2番目以降のばね定数及び質点質量によって影響を受ける²⁾。これらの関係を利用し、SI法を用いて所与の衝撃力特性を忠実に再現できる衝撃体 Γ を以下の手順に従って推定する。ただし、ここでは1例として質点の偏心の影響が無い場合を示す。

①入力データとして衝撃力特性や衝突条件、衝撃体の大まかな種類(例:大型貨物自動車等)を与える。また、力積(衝撃力波形と時間軸で囲まれた面積)より衝撃体総質量を推定する。

②衝撃力特性の初期の立ち上がり勾配より先頭のばね定数を決定する。③衝撃力の第1ピーク値より、先頭の質点質量を決定する。④衝撃体の大まかな種類及び衝撃力波形の形状より、質点数、各質点質量を仮定する。⑤所与の衝撃力特性全体と推定結果の誤差が最小となるよう2番目以降のばね定数を決定する。⑥決定した衝撃体モデルによる衝撃力特性の精度が所定の範囲を越える場合、④に戻る。

3.推定法の適用:以上の推定法の適用性を明らかにするため、模型自動車をを用いて衝突実験を行った。すなわち、重量1.4kgfの市販のエンジン付き模型自動車を約50kgfの金属塊に所定の速度で衝突させた。その際、金属塊前面に設置したロードセルにより衝撃力の時刻歴変化を、

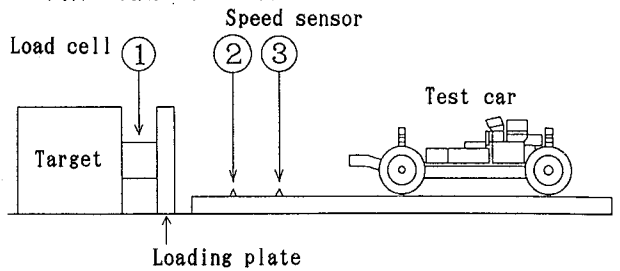


Fig.2 Details of test on 1/10 scale model car

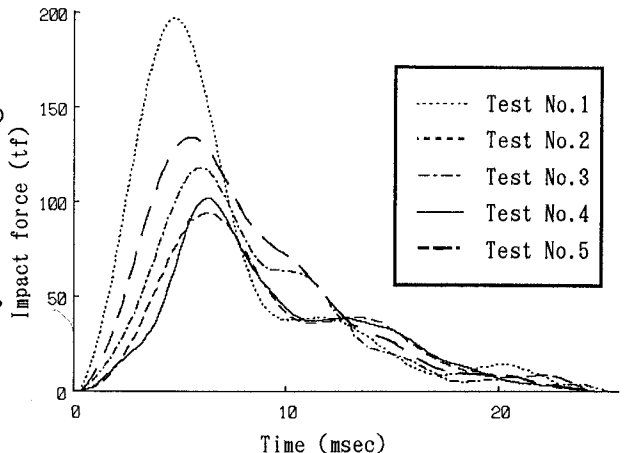


Fig.3 Impact force functions from tests on model car

そして衝突地点直前で衝突速度をそれぞれ測定した（Fig.2参照）。実験は同一模型自動車を計5回衝突させ、最初から順にNo.1～No.5とし、衝突角度は衝撃体 Φ の推定を容易にするため、90度（衝突面に垂直）とした。得られた衝撃力特性をFig.3及びTable 1に示す。ここで、Table 1中の「Loading rate」は衝撃力波形の初期（ここでは最大衝撃力に達するま

Table 1 Test results on model car

Test No.	1	2	3	4	5
Speed of collision (cm/sec)	490.6	285.7	337.7	288.9	481.5
Speed of rebound (cm/sec)	75	100	115	100	125
Impulse (kgf·sec)	1.2869	0.8185	0.9398	0.7963	1.1449
Maximum impact force (kgf)	196.7	91.2	118.0	102.0	134.1
Loading rate (kgf/sec)	59286	22800	27650	13900	37350
Duration (msec)	23.8	25.6	25.4	24.8	24.4

での時間の1/4まで)の立ち上がり勾配を示す。これらのテスト中から1例としてNo.5の場合を取り上げ、この衝撃力特性及び衝突条件から、衝撃体 Φ の推定を試みた。その際、模型自動車の高さ/長さが約1/5（偏心量/ボディの長さはさらに小さい）と比較的小さく、前述の衝撃体 Φ の推定法に対応させるために、衝撃体 Φ は一軸上に質点分布しているものと仮定した。推定した衝撃体 Φ の各要素をTable 2に、また、この衝撃体 Φ による衝撃力特性と実験結果を比較したものをFig.4に示す。これらの結果よりばね定数を線形と仮定したことや、偏心無しと仮定したことにより、多少の差は見られるが、ほぼ同様の衝撃力特性を得ることができたことがわかる。

4. 衝撃力特性の推定: 以上のような結果に基づいて広範囲にわたる衝撃力特性を評価するためには、前述の推定法で得られた衝撃体 Φ に異なる衝突条件を与えて、その場合の衝撃力特性を得ることが必要である。その可能性及び有効性を検証するため、前述の衝撃体 Φ に1例として「Test No.3」の衝突条件を与え、算出された衝撃力特性を実験結果（Test No.3）と比較した結果をFig.5に示す。今回の確認実験では同一車両を繰り返し衝突させたため、 Φ 等の変形によって「Test No.3」より「Test No.5」のほうが車両の見かけの剛性が低下し、その結果、No.5より得られた衝撃体 Φ による最大衝撃力より実験結果の最大衝撃力の方が大きくなる傾向を示したが、これらの原因と衝撃力波形の全体的形状等を併せて検討すると、限られた Φ の実験による衝撃力特性から任意の衝突条件下の衝撃力特性を精度良く推定することが可能であると思われる。

5. まとめ: ①多質点系 Φ による衝撃力特性解析法を用いることにより、任意の衝撃力特性から対応する衝撃体 Φ がほぼ推定可能である。②推定された衝撃体 Φ によって、異なる衝突条件下での衝撃力特性がほぼ精度良く推定できる可能性が示された。

参考文献:1)宮本文穂, M.W.KING, 榊井弘樹:構造物に作用する衝撃力特性の Φ 化に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol.37A, 1991年3月, pp.1555-1566, 2)榊井弘樹:多質点系 Φ を用いた衝撃力特性の再現と設計衝撃力の検討, 神戸大学修士論文, 1991年3月

Table 2 Model predicted by SI Method (1/10 scale model car)

Number of mass	Distribution of weight (kgf)	Distribution of spring modulus (kgf/cm)
3	0.76-0.32-0.32	86.2-72.0-54.2

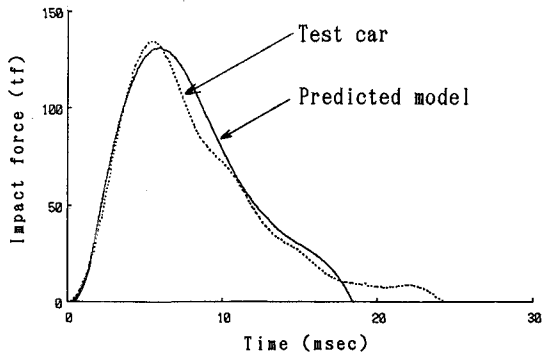


Fig.4 Comparison between test result and model predicted by SI Method (Test No.5)

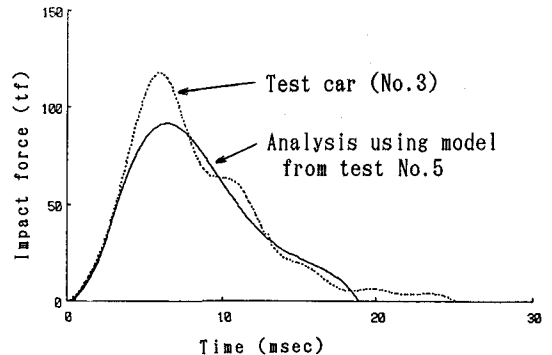


Fig.5 Comparison between test result (No.3) and model predicted by SI Method (Test No.5)