

# B

## 衝撃・高速変形を受ける部材の性能評価

構造部材が静的にゆっくり力を受ける場合と動的に速く力を受ける場合とでは、その応答（耐力・変形特性など）の異なることが知られている。しかし、その速さの程度による応答の相違については、意外にわかっていないことが多いため、動的に速い荷重を受ける部材の耐力特性を把握して設計に反映させることが重要になる。

衝撃変形と高速変形の間には明確な区分があるわけではない。ここでは、載荷速度が約10m/sec以上（ひずみ速度で約10sec<sup>-1</sup>以上）の場合を衝撃変形、0.5~10m/sec（ひずみ速度で10<sup>-2</sup>~1sec<sup>-1</sup>）の場合を高速変形と定義する<sup>1),2)</sup>。前者の例として「落重式衝撃圧壊試験」、後者の例として「落橋防止構造高速引張試験」を取りあげ、載荷方法・計測システムを紹介する。

### B-1

## 落重式衝撃圧壊試験

1)山村正明：衝撃試験技術、こべるにくす（コベルコ科研・技術ノート）Vol.5, No.10, 1996年10月, p.12

2)土木学会構造工学委員会、衝突問題研究小委員会：構造物の衝撃挙動と設計法、1993年1月, p.36, p.61, 土木学会

3)岩瀬耕二ほか1名：軽量化と安全に貢献する自動車用鋼板、自動車用材料シンポジウム、1994年3月, p.73

自動車業界では現在、低燃費・軽量・環境適合・安全性などをキーワードにして、開発にしのぎを削っている。安全性の観点から特に重要となるものの一つとして、衝突事故の際の安全確保がある。このため車の衝突時のエネルギーを緩和することを目的にして、さまざまに工夫された部材が開発されている。これらの部材の耐衝撃性をあらかじめ評価しておくことが重要になる。

車の耐衝突安全性を高めるための部位例を第1表<sup>3)</sup>に示す。このうち衝突時の耐衝撃性向上を狙った部材として、フロントおよびリアサイドメンバーがある。ここでは、これらの部材の耐衝撃性を評価する試験方法の一つとして、落重式衝撃圧壊試験を紹介する。

これは衝撃吸収特性評価法の一つとして用いられているものである。落重式衝撃圧壊試験では、衝撃荷重を正確に把握するため、落下してくる重錘を高剛性・高強度の定盤上で受け止める必要がある。

当社尼崎事業所では、テストベッド（1.5m厚の鉄筋コンクリート床版）上に、試験装置の基礎ベース板を設置している。基礎ベース板上には、最大高さ約12mのタワーを設けており、最大落下速度50km/hrを可能にしている。タワー上部には最大10kNの重錘巻き上げ用ウインチを設置し、重量・落下高さを可変とする。

上記試験装置を用いた計測システムを第2図に示す。荷重測定には、基礎ベース板上に設置されたロードセル（最大1,000kN）、供試体の変位測定には、高速変形に追従可能なレーザー式変位計を使用する。

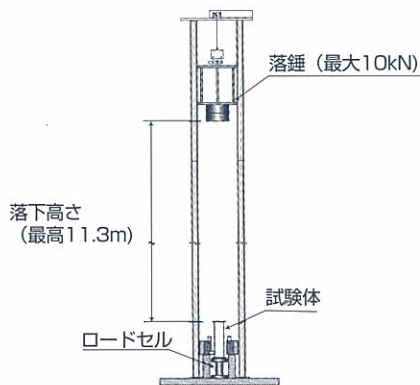
第1表 耐衝突安全性部位<sup>3)</sup>

適用部位	強度範囲 MPa					
	340	390	440	590	780	980
ピラー、レール類 (センターピラー、サイドレール)	[Bar chart showing strength range from 340 to 980 MPa]					
メンバー類	サイドメンバー	[Bar chart showing strength range from 340 to 980 MPa]				
	フロアクロスメンバー	[Bar chart showing strength range from 340 to 980 MPa]				
補強部材(ドアインパクトビーム、バンパー リインフォースメント)	[Bar chart showing strength range from 340 to 980 MPa]					

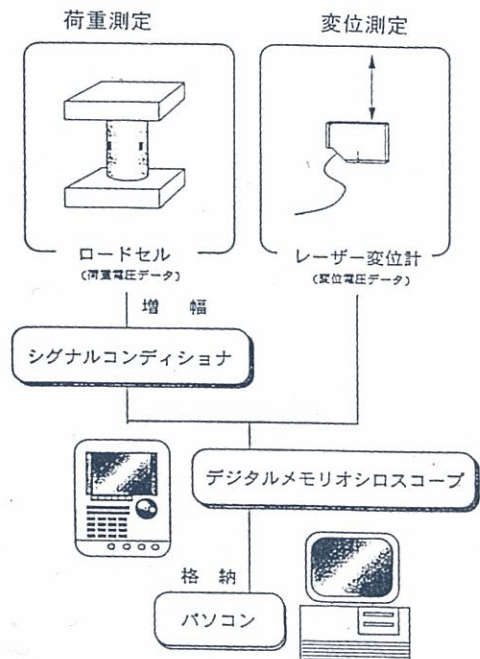
■現状、→将来

### 試験装置・計測システム

落重式衝撃圧壊試験装置を第1図に示す。



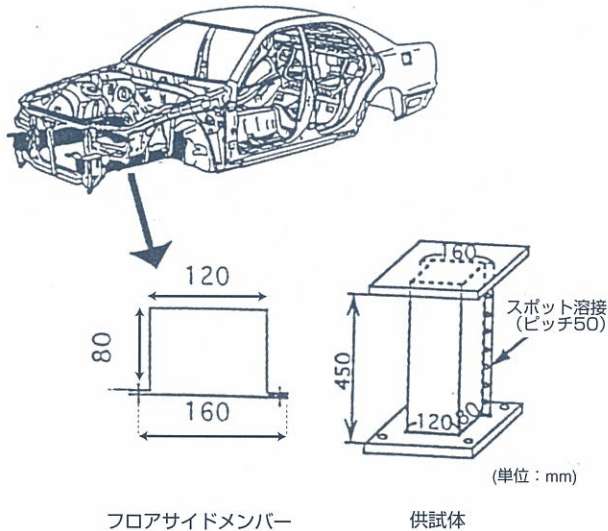
第1図 落重衝撃試験装置



第2図 衝撃試験データ計測システム

## 試験結果の例

供試体の一例として、第3図<sup>4)</sup>に自動車の前面衝突時の衝撃吸収用部品（フロントサイドメンバー）およびその断面形状のモデル化した供試体を示す。



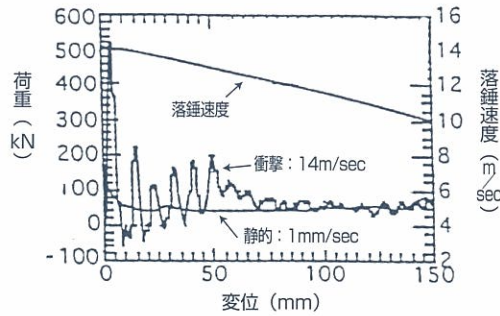
フロアサイドメンバー

供試体

第3図 衝撃吸収用部品（フロントサイドメンバー<sup>4)</sup>およびその供試体

供試体の試験条件は、落錘重量200kgf、落下高11.3m、衝突時速度約50km/hrである。

衝撃荷重を受けた供試体は、第4図<sup>4)</sup>に示すように静的圧壊の場合と異なり、鋼板が座屈を繰返すごとに荷重値が大きな振動を起している様子が見られる。



荷重-変位曲線と落錘速度変化の例



供試体の試験後

第4図 自動車の衝撃圧壊試験データ<sup>4)</sup>

## 落橋防止構造の高速引張試験

道路橋示方書<sup>5)</sup>では、橋梁に対して設計で想定されない地震動が作用した場合などの不測の事態に対して、フェイルセーフ機構として落橋防止システムの設置が義務づけられている。落橋防止システムは、桁かかり長・落橋防止構造・ジョイントプロテクター・変位制限構造・段差防止構造を総称したものである。第5図に落橋防止構造の一例を示す。

落橋防止構造に要求される機能は、下部構造（橋台、橋脚、基礎）または支承（第5図参照）が破壊し、上部構造（橋桁、床版）と下部構造の間に桁かかり長をこえるような変形を発生させないことにある<sup>5)</sup>。すなわち落橋防止構造は、桁かかり

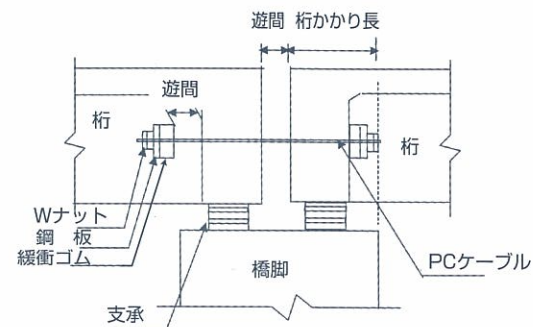
長を補完するものであり、上下部構造間の予期せぬ相対変位が桁かかり長に達する前に機能させようとするものである。現状の落橋防止構造の種類には、筆者の知る限り4種類ある<sup>6), 7)</sup>。すなわち、(1)PCケーブルによる連結構造 (2)チェーンによる連結構造 (3)緩衝ピン付き連結板 (4)下部工の突起構造である。

現行の落橋防止構造の設計では、地震力を死荷重反力の1.5倍、最大移動量を桁かかり長の0.75倍と規定している<sup>5)</sup>。しかしながら、これらの規定が落橋防止構造およびその定着部に地震力のような高速載荷が作用した場合の挙動を反映しているとはいいがたい。また、これに関する既往の文献も少ない。

当社では高速載荷が可能な次項の試験装置および計測システムを導入し、上記背景から予測される試験ニーズに応えられるようにした。

### 高速載荷装置

試験装置を第6図に示す。図中のアクチュエータの仕様は、最大荷重600kN、最大速度150cm/sec最大変位量500mmである。この種の試験の場合、目標とする荷重・速度・変位量に到達させるまでの時間をできるだけ短くする（Ramp波入力）必要がある。



第5図 落橋防止構造<sup>5)</sup>

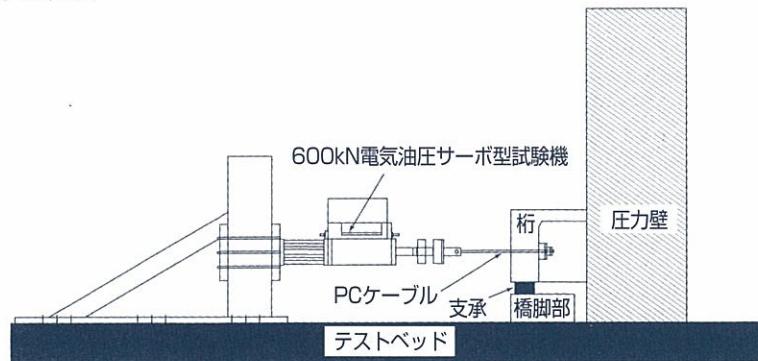
4) 渡辺憲一ほか3名：高強度複合組織鋼板の衝撃変形特性，97年秋季塑性加工連合講演会，1999年7月，p.27

5) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説（V耐震設計編），1996年12月，p.199

6) 伊藤敏弘ほか5名：供用下の高架橋における落橋防止システムの設計・施工、橋梁と基礎，1999年4月，p.1

7) 石川信隆ほか4名：ゴム緩衝ピンを用いた新しい落橋防止装置の耐震補強効果について、耐震補強・補修技術、耐震診断技術に関するシンポジウム（土木学会），1997年7月，p.175

目標値までの短時間化を達成するためには、試験機の性能のほかに供試体の剛性も関係するので一律に扱えないが、最短0.1秒間程度で目標値に達することが可能である。



第6図 落橋防止の高速引張試験装置

第2表 アクチュエータ容量の一覧

アクチュエータ荷重	最大速度 (cm/sec)	最大変位 (mm)
600kN	150	500
1,000kN	15	400
3,000kN	15	400

第3表 相似率の例

物理量	模型/実物
力	$(L_m/L_p)^2$
応力度	1
変形速度	1
ひずみ速度	$L_p/L_m$

(注) L: 供試体の長さ  
m: 模型  
p: 実物

当社では、ほかに第2表に示すタイプのアクチュエータも保有している。これらのアクチュエータは、荷重・速度・変位量について、それぞれ特徴があるため、試験目的に合わせてアクチュエータを選択することができる。実大構造物を試験対象にする場合には、上記アクチュエータでは不可能になるケースも発生する。この場合には、第3表に示す相似率による縮小供試体を用いた試験が可能である。

## 計測システム

計測システムは第2図の場合と同様である。この場合の特徴として、アクチュエータのストロークにより荷重・速度・変位量を制御すること、および供試体の測定点数が多くなることからパソコンでのリアルタイム処理に代わり、データレコーダに保存した後、A/D変換を行っている。

これらの計測システムにより得られた試験データの一例を第7図に示す。

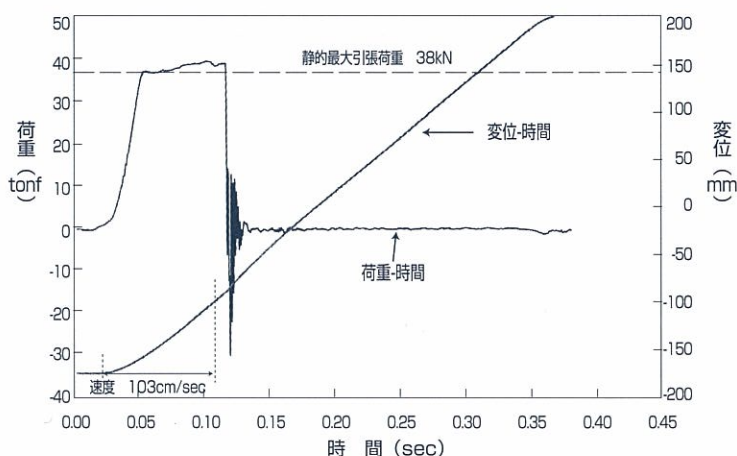
図のデータは試験速度103cm/secで荷重し、最大引張荷重約38kNで破断したケーブルの例である。静的に破断した場合と比較して、約10%高い荷重が得られた。

当社保有の落重式衝撃圧壊試験技術およびアクチュエータ式高速引張試験技術を紹介した。

これらの試験のほかに防絨材の高速圧縮試験の実績もある。今後、荷重の速さのニーズに応じて、さらにさまざまな工夫をし種々の評価試験に取り組んでいきたい。

紙面の都合上、詳細部分を割愛したので、これらについて改めて問い合わせいただければ幸いです。

[尼崎事業所 構造強度技術室 樫尾安雄]



第7図 荷重-変位、時間関係の一例