

自動車ポール側面衝突を想定した角形金属管の動的側面局部圧縮による吸収エネルギー評価

岡山大院・岡山県警

○小野忠則

岡山大自然

清水一郎

岡山大自然

多田直哉

科学警察研究所

田久保宣晃

Absorbed Energy Evaluation by Dynamic Lateral Local Compression of Rectangular Metal Tube Simulating Pole Side Impact of Vehicle

Tadanori ONO, Ichiro SHIMIZU, Naoya TADA and Nobuaki TAKUBO

1 はじめに

交通事故においては、事故後の車体変形等の情報から衝突時の速度推定を行うことが要求される。電柱などへ車両側面から衝突する事故をポール側面衝突といい、高速度のポール側面衝突では、車体に局所的な潰れ変形と全体的な曲り変形が加わる。しかしながら、曲げ変形が速度推定に及ぼす影響については未だ明らかにされていない。一方、金属管の曲げ試験による潰れ変形や曲げ変形に関する研究例は多数報告されている。著者らはこれまでに、四角形金属管に対する潰れ変形および曲げ変形の解析手法^{1), 2)}を用いて、車体変形を静的縮小モデルで簡易に再現することを試み、速度 80 km/h における側面ポール衝突時の車体変形との比較を行ってきた³⁾。車体変形状況を再現するため、四角形鋼管に対して、側面局部圧縮試験に引き続き三点曲げ試験を行った結果、潰れ変形の後に曲げ変形が加わる変形状況を再現できることを確かめた⁴⁾。しかしながら、動的現象を静的縮小モデル化することの妥当性に関する検討が必要である。そこで本研究では、四角形鋼管に落錘試験を実施し、動的な変形状況および変形吸収エネルギー変化について検討を行った。

2 実験装置および方法

2.1 試験片 試験片素材はアルミニウム合金展伸材 6063-T5 四角形金属管であり、688 K で 2.5 時間保持し、炉冷により焼きなましを行った。断面の寸法は長辺 30 mm、短辺 20 mm、板厚 1.5 mm であり、普通乗用車の車幅 1.7 m および車高 1.4 m を参考として定めた。試験片にはこの管を長さ 200 mm に切断したものをを用いた。

2.2 実験装置 静的縮小モデル試験の実験装置および方法は既報⁴⁾のとおりである。静的縮小モデル試験には 50 kN 万能試験機（島津製オートグラフ DSS-5000）を使用した。静的縮小モデル試験では、同一試験片に対して側面局部圧縮試験に引き続き三点曲げ試験を実施した。側面局部圧縮試験では、試験片を耐圧板上に設置し、先端半径 2.5 mm の圧縮工具により試験片中央を局部的に圧縮した。三点曲げ試験では、両端支持部として半径 20 mm の鋼製円柱を外スパン 100 mm で設置し、中央に側面局部圧縮試験の圧縮工具による負荷を加えた。なお、工具移動速度は 1 mm/min とした。

動的側面局部圧縮の試験方法は、実車の荷重条件を考

え、落錘による動的三点曲げ試験とした。両端支持部には静的縮小モデル試験と同じものを使用しており、試験片中央部に、質量 5 kg に調節した圧縮工具の落下による動的負荷を掛けた。圧縮工具の先端は静的縮小モデル試験と同じく曲率半径 2.5 mm の金属柱とした。落錘試験は落下高さを最大 2 m まで設定可能であり、ガイドレールによって、圧縮工具先端の金属柱側面が、両端支持部の中間位置に真上から適切に落下するようにした。

2.3 計測方法 試験片に加わる荷重 P は、両端の各支持部に掛かる荷重をロードセル（AND LC1205-T005）により計測し、それらを合算することにより求めた。変形状況は、静的試験ではデジタルビデオカメラ（SONY HDR-520X）で、動的試験ではデジタルカメラ（CASIO FH-20）のハイスピード録画モード（1000 fps）で記録した。画像解析により、圧縮工具の変位 u および試験片の潰れ変形深さ Cd 並びに曲げ変形角度 θ を評価した。なお以下では、静的試験結果には添字の S を、動的試験結果には添字の D を付して表す。

2.4 解析方法 試験片の変形吸収エネルギー E は、圧縮工具が試験片に対して行った仕事量とし、荷重 P と圧縮工具の変位 u から算出した。

3 結果および考察

3.1 実験結果 動的試験後の試験片の変形状況を Fig.1 に示す。また、計測した動的試験の荷重 P_D 、圧縮工具が試験片と接触してからの変位 u_D 、試験片の潰れ変形深さ Cd_D および曲げ変形角度 θ_D の変化を Fig.2 に示す。荷重 P_D は衝突直後に急増し、2 ms 後には約 2.8 kN で最大となり、5 ms 後には約 2.2 kN まで一度下がり、再び 7 ms 後に約 2.6 kN へ上昇し、その状態が 12 ms 頃まで続いていた。衝突後 2 ms は、落錘の変位 u_D と潰れ変形深

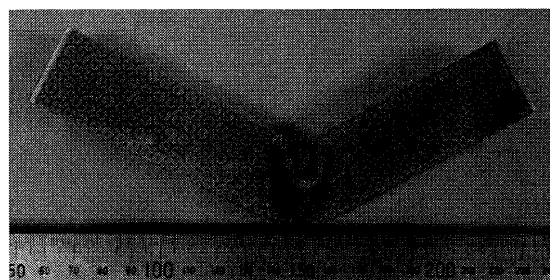


Fig.1 Specimen after dynamic test.

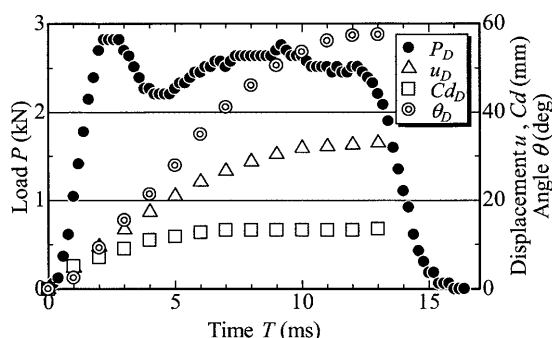


Fig.2 Variations of load, displacement and angle with time in the dynamic test.

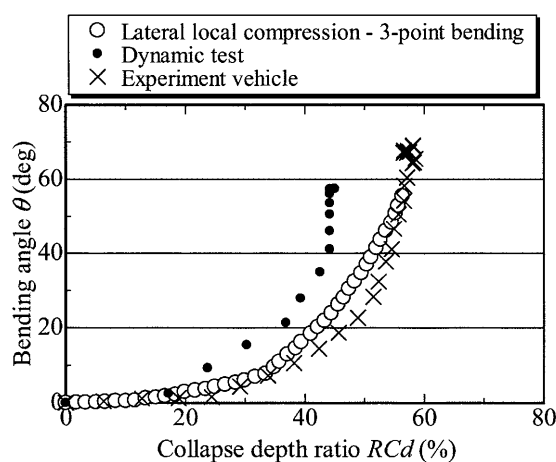
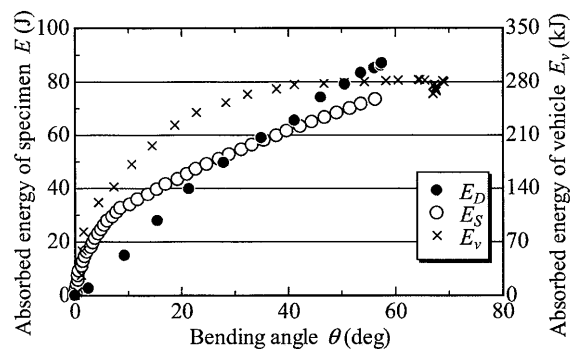


Fig.3 Bending angle-collapse depth ratio curves.

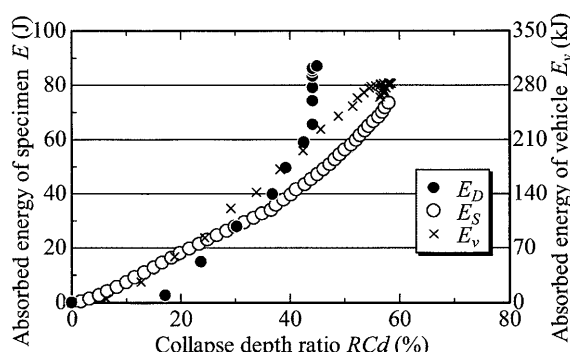
さ Cd_D の差が現れ始め、潰れ変形に曲げ変形が加わり始めた時期である。一方、衝突後 5 ms は、潰れ変形深さ Cd_D の増加が止まり、曲げ変形が顕著になり始めた時期に対応する。

曲げ変形角度 θ と、試験片高さに対する潰れ変形深さの割合である潰れ変形深さ比率 RCd の関係を Fig.3 に示す。動的三点曲げ試験における試験片変形挙動では、静的縮小モデル試験や実車試験の変形挙動と同様に、変形初期に潰れ変形が先行し、続いて曲げ角度の増加が顕著になる状況を再現できていた。この変形挙動は、静的縮小モデル試験および実車試験と同様に 3 段階に分けることができる。第Ⅰ期は潰れ変形が主体的な段階であり、衝突直後から衝突後 2 ms 頃までの期間である。動的試験結果では静的縮小モデル試験と比較してやや期間が短く、潰れ変形深さ比率 RCd が小さい。第Ⅱ期は潰れ変形に全体的な曲げ変形が加わる段階であり、衝突後 2 ms から 5 ms 頃までの期間である。第Ⅲ期は全体的な曲げ変形が支配的であり、潰れ変形がほとんど進展しない段階である。

3.2 解析結果 動的試験における変形吸収エネルギー E を算出した結果を Fig.4 に示す。Fig.4 (a) は曲げ変形角度 θ に、Fig.4 (b) は潰れ変形深さ比率 RCd に対する変化を示している。動的試験では、静的縮小モデル試験および実車試験と比較して、いずれも変形初期の変形吸収エネルギーが小さい。これは潰れ変形量が小さく、早期



(a) Absorbed energy-bending angle curves.



(b) Absorbed energy-collapse depth ratio curves.

Fig.4 Relationship between absorbed energy and bending angle, collapse depth ratio.

に曲げ変形が出現したことが原因と考えられる。しかし、その後の挙動は概ね定性的に再現できており、今後の実験条件最適化により、精度向上が可能と推測される。

4 まとめ

自動車のボール側面衝突のモデル化を目標に、その再現として金属管の動的側面局部圧縮を試みた。実車の荷重条件から動的三点曲げ試験を実施した。その結果を実車試験および静的縮小モデル試験と比較したところ、本研究の実験条件では、変形初期の潰れ変形が小さく、早期に曲げ変形が出現した。しかし、変形挙動および変形吸収エネルギーの変化は定性的に再現できていた。

謝辞

本研究は科研費 (23917014) の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) Gupta, N.K., and Sinha, S.K., Solids Structures, **26**, 601 (1990).
- 2) Gupta, N.K., and Ray, P., Thin-Walled Structures, **34**, 261 (1999).
- 3) 小野忠則, 清水一郎, 多田直哉, 田久保宣晃, 日本法科学技術学会誌第16回学術集会講演要旨集, **15**, Supplement, 95 (2010).
- 4) 小野忠則, 清水一郎, 多田直哉, 田久保宣晃, 日本機械学会, 2011 年度年次大会 DVD-ROM 論文集, 11-1, G030114 (2011).