

横衝撃による長柱の座屈促進の効果

(第1報：実験による検討)

東京工業大学 ○足立 忠晴

東京工業大学 アズハリ サストラネガラ

韓国 益山大学 金 善奎

東京工業大学 田中 哲哉

東京工業大学 山路 昭彦

韓国 朝鮮大学 梁 仁榮

1. 緒言

衝突事故において輸送機械の乗員の安全を確保するために、構造を圧潰させることにより衝撃エネルギーを吸収することが行われている。このために車体構造および、その基本構造の衝撃エネルギー吸収に関する研究は今までに数多く行われている¹⁾。実際の車体においては潰れビートと呼ばれる切欠きを構造に設けたり、曲げられた構造などを用いてエネルギー吸収効率を高めている²⁾。これらは基本的には構造の剛性を低下させて座屈もしくは圧潰を容易に生じさせるものであると考えられる。これに対して輸送機械の最も重要な運動性能を得るためには高い車体剛性が要求される。このように矛盾する剛性の要求を適切に満足するように輸送機械の設計が行われているのが現状である。

高速化およびより高い運動性能を得るためには高剛性の構造が要求されるため、構造の剛性を低下させて衝撃エネルギーの吸収を行うことは限界があると思われる。

そこで本研究では潰れビートなどのように、あらかじめ構造の剛性を低下させないで、衝突時においてのみ衝撃エネルギー吸収効率を高める、あるいは吸収量を制御する方法を提案する。本報告では衝突時に外力を加えることにより座屈を生じさせることを試みる。まず基本的な検討するために、横衝撃により長柱の静座屈を促進することが可能かどうかについて考察する。第1報として、まず実験的に長柱に横衝撃を加えることにより座屈を促進させることが可能であることを示すとともに、その座屈を発生させる衝撃条件について考察する。

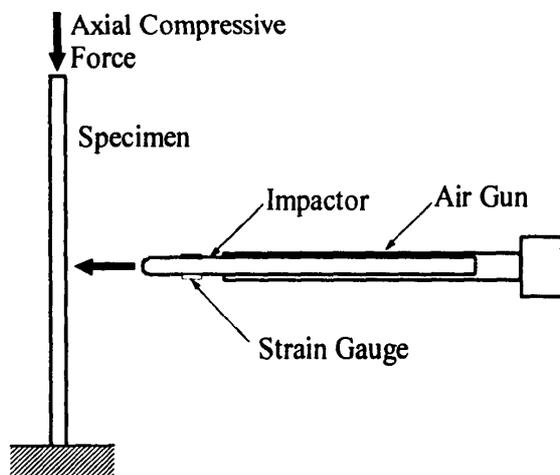


Figure 1 Outline of Experimental Apparatus

2. 実験装置

図1に示されるように、試験片として長さ430mm、幅20mm、厚さ2mmのアルミニウム合金(JIS A6063)製帯板の座屈試験を行った。試験片の下端30mmを万力で挟むことにより固定し、上端の片側が尖るように加工した。試験片の上端をエアシリンダーにより静的に軸荷重を与えた後にエアガンで射出される直径10mm、長さ600mmの丸棒を衝突させて座屈を生じさせた。このとき衝撃荷重の時間変化を変えるために丸棒として軟鋼およびPMMAの2種類の材料を使用した。丸棒に取り付けられたひずみゲージの測定値より衝撃荷重を求

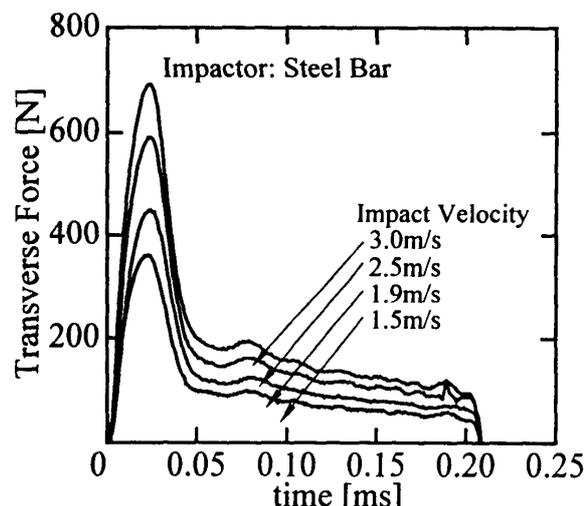


Figure 2 Impact Load

Impactor: Steel Bar, Axial Compressive Force: 270[N]

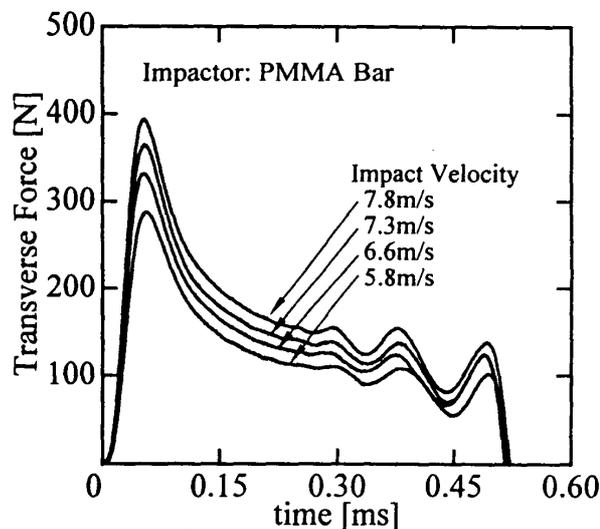


Figure 3 Impact Force

Impactor: PMMA Bar, Axial Compressive Force: 270[N]

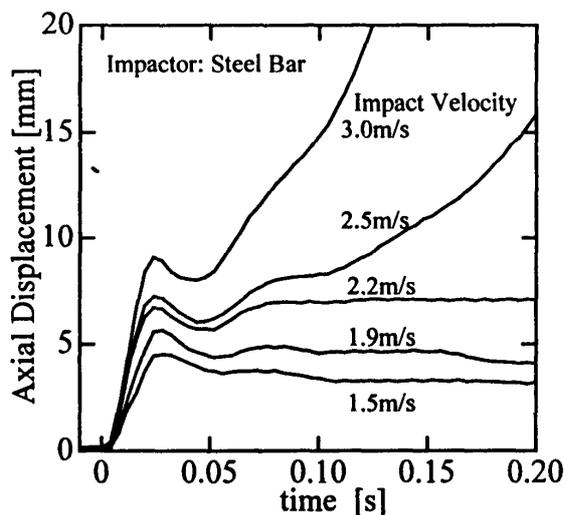


Figure 4 History of Axial Displacement at Top of Specimen

めた。また試験片の上端の時間変化を光学式変位計 (Zimmer 100B)にて測定した。

3. 実験結果

まず試験片の座屈荷重の測定を行った。試験片先端の形状が完全な単純支持条件を満足していないこと、試験片に初期不整があるなどの理由によりオイラーの座屈荷重(400N)に比較して小さい340Nの軸圧縮荷重で座屈を生じた。

次に横荷重を加える実験を行った。以下の実験結果として軸圧縮荷重270Nとし、丸棒を衝突させる位置を下端より160mmの位置とした場合を示す。

軟鋼丸棒を衝突させたときの衝撃荷重と衝突速度の関係を図2に示す。座屈発生の有無にかかわらず、通常弾性衝突と同様に衝突速度に比例した荷重の最大値が得られることがわかる。また衝撃荷重の負荷時間が約0.22msであり、丸棒を往復する縦波の伝播時間にほぼ一致している。丸棒をPMMAとしたときの結果を図3に示す。PMMAにおいても荷重の大きさは衝突速度に比例し、衝撃荷重の負荷時間が0.47msと長くなっていることがわかる。

次に軟鋼およびPMMAの丸棒を衝突させたとき、試験片上端の軸方向変位の時間変化をそれぞれ図4および5に示す。いずれのグラフとも衝撃荷重の負荷時間後、かなり遅れて試験片の軸方向変位が生じていることがわかる。軟鋼丸棒の衝突速度が2.2m/s以下、PMMA丸棒の衝突速度が6.6m/s以下では軸方向変位が時間経過するにつれてほぼ一定の値に収束している。これは試験片が座屈せず、わずかに塑性曲げが生じていることを示している。これに対して、より速い速度で丸棒を衝突させると時間とともに急激に変位が増大し、座屈が生じていることがわかる。

試験片に座屈発生の条件を検討するために、軸圧縮荷重を変えて実験を行った。軸荷重が小さいとき、より大きな横衝撃を与えなければ座屈が生じないことを確認した。また、いずれの条件において1次の座屈モードが発生することがわかった。図には示さないが軟鋼丸棒の場合とPMMA丸棒では座屈を

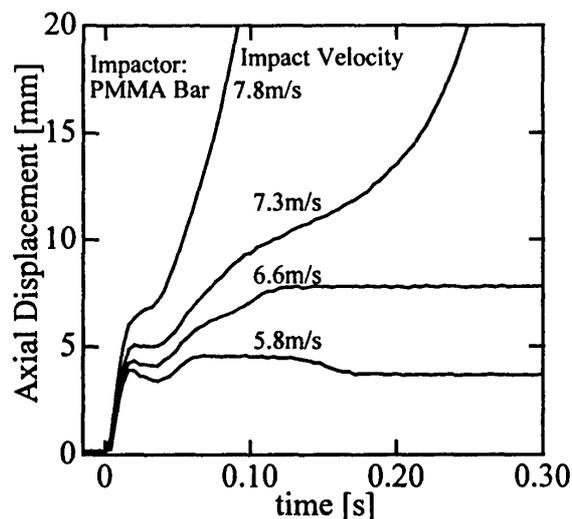


Figure 5 History of Axial Displacement at Top of Specimen

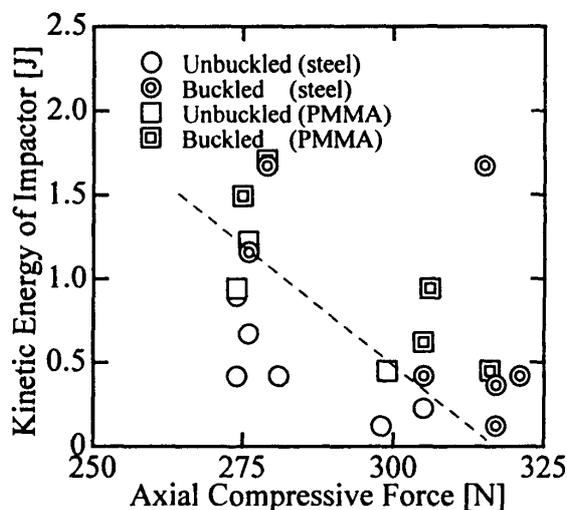


Figure 6 Buckling Condition

生じさせるための衝撃荷重の最大値は異なる結果となった。そこで軸圧縮荷重の大きさと丸棒が試験片に衝突する際の運動エネルギーの組み合わせで座屈が生じたかどうかをまとめたものが図6である。軸圧縮荷重が大きければ横衝撃のエネルギーが、かなり小さくても座屈が生じることがわかる。さらに衝撃体である丸棒の材質に係わらず試験片に与えるエネルギーにより座屈が生じるかどうかについて判定できることがわかった。すなわち、実験を行った範囲では、衝撃荷重の履歴は座屈発生に対しては大きな影響を及ぼさず、衝撃体の運動エネルギーによって試験片に座屈の発生の有無が判定できることが明らかとなった。

参考文献

- 岡 克己, 亀井孝博, 自動車の安全技術, (1996), 朝倉書店.
- N. Jones, Structural Impact, (1989), Cambridge.