134 長柱の軸衝撃エネルギー吸収に及ぼす横衝撃の影響

Effect of transverse impact on axial impact energy absorption of column

○アズハリ サストラネガラ (東工大院) 正 足立 忠晴 (東工大院) 正 山路 昭彦 (東工大院)

Azhari SASTRANEGARA, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo

Tadaharu ADACHI, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo

Akihiko YAMAJI, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo

Key words: Impact, Energy Absorption, Crashworthiness, Buckling Control

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多数行われている。実際の車体においては潰れビード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⁽¹⁾⁽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。これに対して高速で移動する輸送機械の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。このような車体運動性能と衝撃エネルギー吸収効率を適切に満足するように輸送機械の剛性が設定されているのが現状である。

本研究では潰れビードなどのように、あらかじめ構造の剛性を低下させることなく衝撃時において外力により構造の剛性を低下させてエネルギー吸収効率を向上させる方法について検討する。すでに著者らは横衝撃により長柱の軸方向の衝撃エネルギー吸収を増加させることを実験的に実証した⁽³⁾。本報告では有限要素法により長柱の衝撃エネルギー吸収に及ぼす横衝撃の影響を検討し、実験結果を確認する。吸収エネルギーに及ぼす横衝撃の作用時間および軸衝撃に対して横衝撃の加える時間の影響について考察する。

2. 計算の概要

研究において対象としたモデル Fig.1 に示す。Fig.1(a)は実験装置の概要であり、Fig.1(b)は有限要素法で使用したモデルである。本報告の計算ではクロスヘッド上面の置かれたゴム層を無くし、軸衝撃棒の弾性率を小さくし軸衝撃の作用時間が長くなるようにした。計算モデルのそれぞれの材料特性を表 1 に示す。

表 1 有限要素法モデルの諸元

Part	E [MPa]	P [kg/m ³]	ν	y-length [mm]	x-width [mm]	Sectional area [mm ²]
Impactor	0.28	7850	0.3	750	35	1260
Crosshead	210	7850	0.3	200	100	10000
Specimen	70	2700	0.3	400	3	60

速度 V_0 で衝撃棒をクロスヘッド部に衝突をさせて、生じる軸衝撃が作用中に横から動的荷重 $Q(t)$ を加える。Fig.2 に示されるように実験⁽³⁾から得られる横衝撃荷重の近似であり、次式で与える。

$$Q(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \cos \frac{2\pi}{T} (t - t_T) & t_T < t < t_T + T \\ 0 & 0 < t < t_T, t > t_T \end{cases} \quad (1)$$

ここで t は時間、 T は横荷重の作用時間、 t_T は軸衝撃が開始した時点から横荷重が作用するまでの時間である。横荷重の作用点は試験片下端より 250 mm とした。数値計算は汎用有限要素法プログラム MARC ver. K7 で行った。

Figure 1 Outline of simulation model

Figure 2 Transverse load $Q(t)$

3. 解析結果

軸衝撃速度を $V_0 = 2.8$ m/s としたときの軸衝撃荷重、試験片上端の変位およびエネルギー吸収の時間変化を Fig.3 に示す。Fig.3 (a) は横衝撃の作用時間 T が 1.0 ms、最大荷重 Q_{max} が 500 N であり、Fig.3 (b) ではそれぞれ

$T = 0.4 \text{ ms}$ と $Q_{\max} = 250 \text{ N}$ である。両図において横衝撃を加えない場合は最大荷重が約 5.3 kN 、軸衝撃の作用時間が約 8 ms となっている。横衝撃を加えることで軸衝撃の最大荷重は減少し、作用時間はほとんど変化しないことがわかる。Fig.3 の二つの条件においてでは軸衝撃荷重の最大値が 30% 減少し、試験片上端の変位が約 1.8 倍に大きくなった。また同図から軸荷重 P と試験片上端の変位 u の関係から次式によりエネルギー吸収 E_{ab} を求めた。

$$E_{ab} = \int_0^{u_T} P(u) du \quad (2)$$

ここで u_T は衝突が終了した時の変位である。

Fig.3 のいずれの結果とも、軸衝撃とほぼ同時に横衝撃を作用させた場合 ($t_T \approx 0 \text{ ms}$) がエネルギー吸収が高くなった。また、横衝撃時間が遅くなるとともにエネルギー吸収があまり増加しないことが分かった。この結果は実験で得られた結果⁽³⁾と一致している。

Figure 3. Simulation results. Axial impact velocity $V_0 = 2.8 \text{ m/s}$

Fig.4 に横衝撃時間 t_T とエネルギー吸収 E_{ab} の関係を説明する。ここでエネルギー吸収率は軸衝撃棒の衝撃直前の運動エネルギーに対する吸収エネルギーの比である。Fig.4(a) から、横衝撃時間 $t_T = 0.4 \text{ ms}$ の時はエネルギー吸収量は最大となった。また、横衝撃荷重の最立ち $Q_{\max}$ が 100 N の時はエネルギー吸収量が最大となり、 $Q_{\max}$ が 1000 N の時はエネルギー吸収が横衝撃を加えない場合より低くなった。すなわち大きな横衝撃を加え

ることで長柱の剛性が過剰に低下するため吸収エネルギーも低下したと考えられる。Fig.4(b)では横衝撃荷重の作用時間の短い場合 ($T = 0.4 \text{ ms}$) の結果を示す。このとき $Q_{\max} = 1000 \text{ N}$ でも吸収エネルギーが増加している。

Fig.5 には横衝撃の作用時間 T および横衝撃時間 $t_T = 1.0 \text{ ms}$ 、最大エネルギー吸収と $Q_{\max}$ の関係を示す。 $Q_{\max}$ が低くなるとエネルギー吸収が増加するが、 $Q_{\max}$ が小さい範囲で最大値が存在することがわかる。

(a) Impact duration $T = 1.0 \text{ ms}$

(b) Impact duration $T = 0.4 \text{ ms}$

Figure 4. Relation of E_{ab} and t_T

Figure 5. Relation of E_{ab} and $Q_{\max}$
Impact duration $T = 1.0 \text{ ms}$

4. 文献

- 1) Alghamdi AAA. Collapsible impact energy absorbers: an overview. Thin-Walled Structures 2001; 39: 189-213.
- 2) N. Jones, Structural Impact, (1989), Cambridge
- 3) アズハリら, 長柱の軸衝撃エネルギーに及ぼす横衝撃の影響, 日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集, No. 02-05, (2002), pp.675-676