

GS1604 頭部に対する自動車用スライドドア開閉時における衝撃力特性

Characteristics of Impact Force by Shutting Automobile Sliding Door for Head

正 康井 義明 (東海大) ○学 木村 翔 (東海大院)

Yoshiaki YASUI, Tokai University, Kitakaname1117, Hiratsuka-shi, Kanagawa

Kakeru KIMURA, Tokai University

Keywords: Sliding Door. Skull. Brain. Impact Force. Kinetic Energy. Mises Stress. Pressure

1. 緒言

自動車用スライドドアの開閉時における衝撃力(231kgf)はヒンジドア(95kgf)に比べ2倍以上と重傷となる恐れがある⁽¹⁾。さらに、5歳児が他人の閉めたスライドドアに頭部を挟まれ、頭部打撲・頭部挫傷を負う事故も報告されている。また、スライドドアのセンサーは挟まれ方によって作動しない場合もあり、制御安全のみで事故を予防することは難しい。これより、スライドドアの質量及び速度の本質設計から指針を示すことが重要となる。

本研究ではスライドドアの本質設計が人体頭部の傷害に与える影響を明確にする目的で動的解析を行った。そこで、スライドドアの質量及び速度の影響を把握し、ドア形状及びEPDMによる緩衝特性を明確にした。

2. 数値解析

頭部の構造は頭蓋骨と脳の二層構造でモデル化した。また、ドア及びピラー端部の材質をエチレンプロピレン(EPDM)とし、Blatz-Ko Rubberでモデル化した。頭蓋骨、脳及びEPDMの物性をTable.1に示す。また、それぞれの寸法・形状をFig.1に示す⁽²⁾⁽³⁾。頭部の寸法は成人の平均値とし、スライドドアは実際の寸法から平均的な値とした。

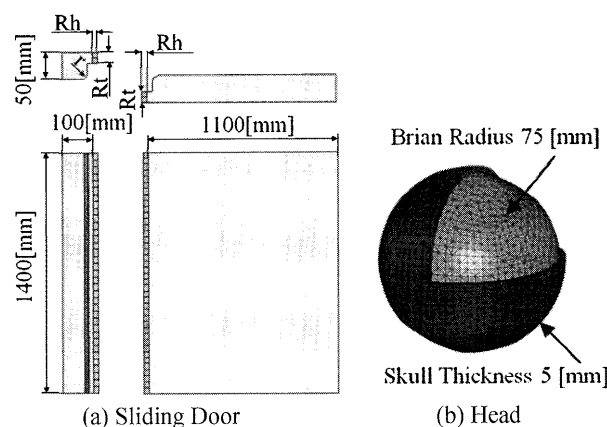


Fig.1 Shape of Models

Table.1 Mechanical Properties

Part	Skull	Brain	Rubber
E MPa	8750	0.558	—
ρ kg/m ³	2100	1040	860
ν	0.25	0.49	0.463
G MPa	—	—	1.59

E:Young's Modulus, ρ :Density, ν :Poisson's Ratio,

G:Shear Modulus

3. 解析条件

Fig.2より、頭部をピラー側に接触させた状態から、スライドドアに初速度を与え衝突させた。また、大型のスライドドアを想定し質量30kgとした。本研究では骨の降伏点を70MPaとし降伏点以降の応力を破壊開始と判断した。さらに、Grossらにより、膨張圧が約102KPa以上になるとびまん性脳損傷が生じるとされている⁽⁴⁾。

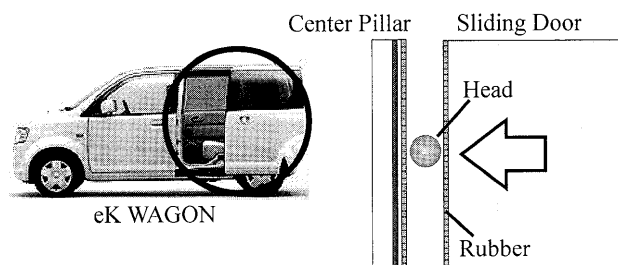


Fig.2 Conditions of Models

4. 結果および考察

4. 1 スライドドアの運動エネルギー

大型から小型のスライドドアを想定し、質量 $M=10, 30\text{kg}$ とした。さらに、実際に閉まる速度の範囲 $V=0.1\sim 1\text{m/s}$ で検討した。スライドドアの運動エネルギーと頭蓋骨に発生した最大応力の関係をFig.3に示す。スライドドアの運動エネルギーは式Iに示す。ドアの運動エネルギーの低下に伴い、頭蓋骨に発生する応力は減少する傾向を確認できる。さらに、スライドドアの運動エネルギー1.35J以下で、頭蓋骨は降伏応力以下となることが分かった。

$$\text{Kinetic Energy} = mv^2/2 \quad \dots \dots (I)$$

m:Mass of Sliding Door, v: Initial Velocity

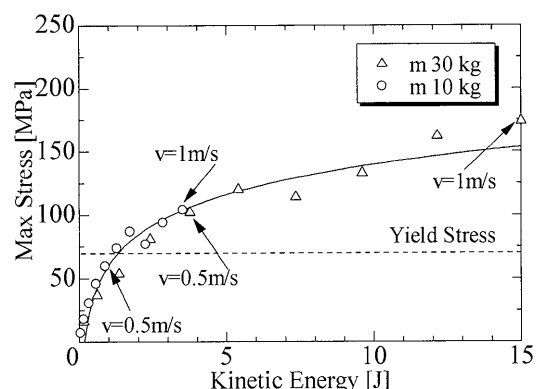


Fig.3 Kinetic Energy of Sliding Door and Skull

4. 2 ドア及びピラー端部形状の影響

頭蓋骨に発生する最大応力及び脳内圧力とピラー形状 r の関係を Fig.4 に示す. ピラー形状 $r=30\text{mm}$ の応力 194MPa は $r=10\text{mm}$ の 178MPa に比べ 8%増加した. これは, ピラーの接触面積の減少が要因と考える. また, 脳内圧力においても頭蓋骨の応力増加に伴い 46%増加した.

$r=40\text{mm}$ 以降の頭部は Y 軸方向に挙動を示すため $r=10\sim 30\text{mm}$ に比べ, 最大応力は減少した. 一方, 脳内圧力は頭部の挙動により加速度が発生したため, 増加したと考えられる. これより, 頭蓋骨の破壊および脳内圧力を基準とした場合, 頭部損傷を軽減させるにはピラー形状だけでなく緩衝材の検討が必要と考える.

4. 3 EPDM の緩衝効果

頭蓋骨のドア側及びピラー側に発生した応力と時間の関係を Fig.5 に示す. $R_h \cdot R_t=0$ の場合, ドア側とピラー側の応力は交互に増加し, $\text{Time}=5.3\text{ms}$ には, 最大応力 221MPa にも達する. これに対して, $R_h=20\text{mm}$, $R_t=30\text{mm}$ の場合,

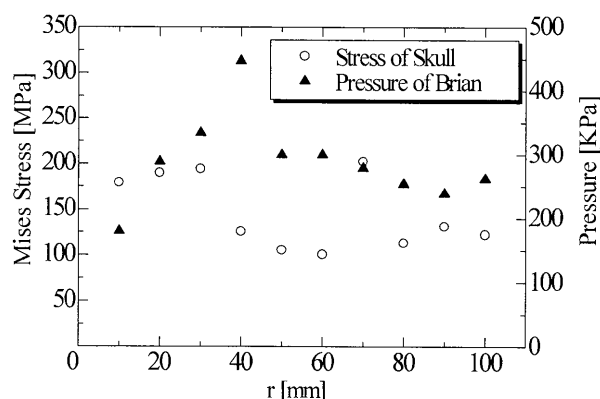


Fig.4 Pillar of r Shapes to Stress of Skull and Pressure of Brian

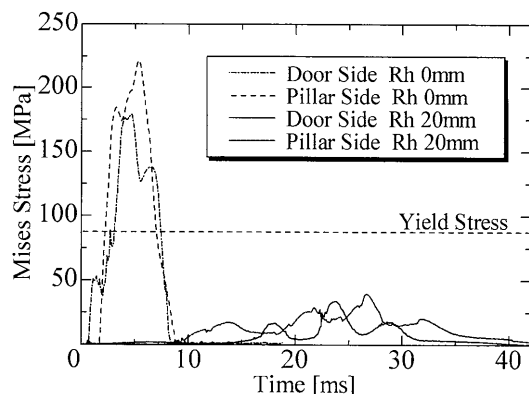


Fig.5 Buffering Effect by EPDM for Skull ($R_t=30\text{mm}$)

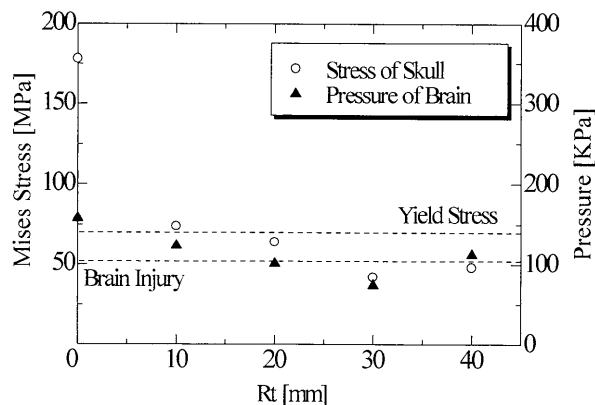


Fig.6 Buffering Effect by EPDM of R_t for Head ($R_h=10\text{mm}$)

応力は緩やかに増加し $\text{Time}=26.7\text{ms}$ において, 最大応力 39MPa となる. これより, 応力は EPDM の緩衝特性により 82%減少したことから, EPDM はスライドドアの衝撃力による緩和の向上に有効であると判断できる.

4. 4 EPDM による形状特性

$R_h=10\text{mm}$ における, 頭蓋骨に発生する最大応力と R_t の関係を Fig.6 に示す. $R_t=10\text{mm}$ の最大応力は $R_t=0\text{mm}$ に比べ, 66%の減少した. これは, EPDM によりドアの衝撃が緩衝されたためである. また, 頭部の挙動はドア側の EPDM に接触した後に, ドア表面に衝突するため, 最大応力は 73.8MPa に達した. また, $R_t=20\text{mm}$ 以降, 頭部はドア表面に接触しないため, 64MPa 以下ではほぼ一定の応力となった.

$R_t=30\text{mm}$ において, 頭蓋骨に発生する最大応力及び脳内の最大圧力と R_h の関係を Fig.7 に示す. R_h の増加に伴い応力は低下する傾向を確認できる. また, $R_h=30\text{mm}$ は $R_h=20\text{mm}$ に比べ, 応力が 36%減少し, 緩衝特性が大きく向上した. 一方, $R_h=50\text{mm}$ は $R_h=40\text{mm}$ に比べ, 応力は 6%の減少となった. これより, $R_h=40\text{mm}$ 以上の場合, 緩衝効果の増加は低下すると考えられる. これに対して, 脳内圧力の場合, $R_h=50\text{mm}$ は $R_h=40\text{mm}$ に比べ 40%減少した.

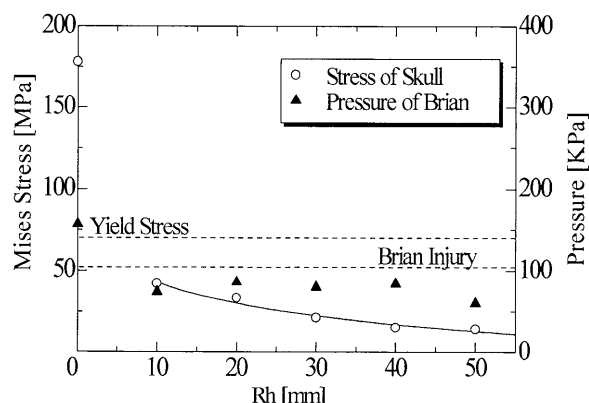


Fig.7 Buffering Effect by EPDM of R_h for Head ($R_t=30\text{mm}$)

5. 結言

本研究ではスライドドアの本質設計が人体頭部の傷害に与える影響を明確にする目的で動的解析を行った. その結果, 以下の知見および成果を得た.

1. ドアの運動エネルギーの低下に伴い, 頭蓋骨に発生する最大応力は減少する. また, 1.35J 以下で頭蓋骨は降伏応力以下となることを把握した.
2. EPDM の形状が $R_t=20\text{mm}$ 以上の場合, 頭蓋骨は降伏応力, 脳内圧力は損傷値以下となり緩衝材として有効であると判断できる.
3. EPDM の圧肉化は緩衝特性の向上に大きく寄与し, 頭部傷害の軽減に有効となることを把握した.

参考文献

- (1) 国民生活センター, 月刊国民生活, 36-3(2006), 48
- (2) 西本, 村上, 阿部, 小野, 日本機械学会論文集(A編), 64-59(1995), 2386-2392
- (3) 康井, 大西, 日本機械学会東北支部秋季講演会論文集, 43(2007), 39-40
- (4) Gross, A.G.J. Neurosurgery, 15(1958), 548-561