

角の性状に関する衝突安全性評価方法 の研究

住友林業株式会社筑波研究所

住友林業クレスト株式会社

1. プロジェクトの目的

転倒などに起因する衝突時に発生する傷害に関しては、多くの事例が報告されているものの、現在、衝突安全性に関する基準は平面への衝突を想定したもののみであり、角への衝突に関するものは見当たらない。ここで、衝突に関する傷害のうち重篤な事例の一種であり角に特有の傷害である裂傷については、角の形状や硬さなど（以下、性状と記す）をコントロールすることが傷害予防に大きく寄与すると考えられ、その安全基準の整備は急務である。

本プロジェクトは、衝突安全性に配慮した家具等を設計、採用する際の指針となる衝突安全基準を策定することを最終的な目的とし、平成21年度安全知識循環型社会構築事業から継続して実施するものである。

有限要素解析シミュレーション、衝突実験、事故事例調査等、多方面からのアプローチを試み、昨年度までに、R面の方がC面よりも相対的に安全な角形状であることを確認しているが、どのような物理量が皮膚の裂傷を決定づけるのか（裂傷発生メカニズム）は未解明のままである^{1)~4)}。

そこで平成23年度は、裂傷発生メカニズムを解明したうえで、角の衝突安全基準を策定することを目的とし、生体を用いた衝突実験および病院での事故事例調査により、衝突時の衝撃反力、加速度等の各種物理量と裂傷発生有無の関係を整理した。

2. 実施方法

2.1 生体を用いた衝突実験

図1に、衝突実験に用いた衝撃試験システムを、図2および図3に、角試料の例を示す。頭部を角にぶつける状況を想定し、模擬頭部に人間の皮膚の代替として豚の皮を被せて自由落下させ、試験機下部に固定した角試料に衝突させた。模擬頭部にはロードセルと加速度計を設置し、衝撃反力Pおよび加速度Gの時系列変化を取得した。また、試験機上部にレーザー距離計を設置し、模擬頭部の鉛直方向変位hを取得し、衝突速度の算出等に用いた。取得したデータは、コンパクトレコーダに記録した。

対象とした角試料は、鋼、MDF、MDFの表面2mmをシリコンで覆ったもの（以下、シリコンと記す）の硬さの異なる3種の材質とし、形状はR2、4、6、8、10およびC5とした。C5については、衝突角度の影響を比較するため、設置角度 θ を、図3に示す 15° 、 0° の2条件とした。

衝突速度は落下高さを変えることで調整し、材質と形状の組み合わせごとに、裂傷発生確率が0%から100%までの範囲をカバーするよう、実験を進めながら設定することとした。

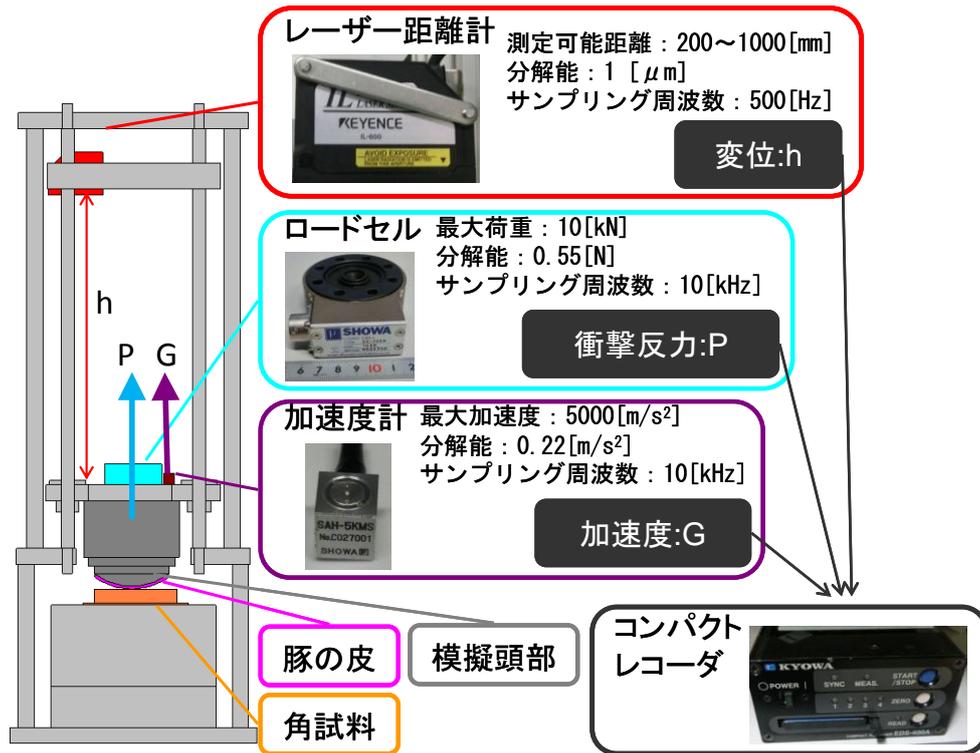


図1 衝突実験に用いた衝撃試験システム

	鋼	MDF	シリコン
R2			
C5			

図2 3種の材質の角試料の例

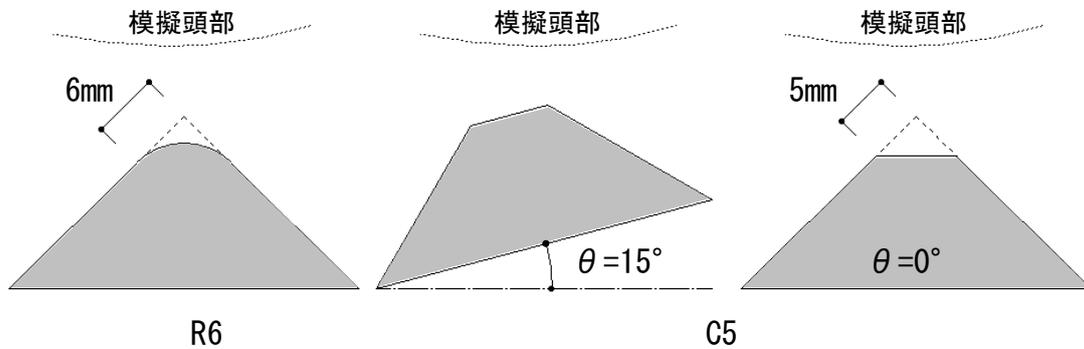


図3 R面とC面の角試料の例と設置方法

2. 2 病院での事故事例調査

病院の協力を仰ぎ、裂傷で病院を訪れた患者への事故状況聞き取り調査を実施した。調査項目は、事故発生時の状況、衝突した角の材質および形状とした。形状は、調査員が協力者宅を訪問し、形状記憶が可能な粘土状の材料で型を取った。実施件数は未だ2件と少なく、2歳男児と1歳男児の事例で、ともに傷害部位は額であったが縫合手術が必要な事例はない。これらの結果詳細は、今後実施予定の事故状況再現シミュレーション結果と合わせて来年度（平成24年度）に報告する。

3. 衝突実験結果および考察

図4に、実験で損傷した豚の皮の例を示す。いずれも衝突速度は約1.5[m/s]である。材質間の比較をすると、いずれの形状でも、シリコン、MDF、鋼の順に傷が鋭くなる様子が確認できる。また、形状間の比較をすると、鋼およびMDFでは、C5($\theta=15^\circ$)の傷が最も鋭く危険である可能性が確認できるが、シリコンでは、R2がC5($\theta=15^\circ$)よりも傷が鋭く危険である可能性がうかがえる。図中、青い線で囲んだ3つは、裂傷が発生していないものである。

尚、1.5[m/s]とは、昨年度（平成22年度）の取組のなかで3歳児の乳幼児マルチボディシミュレーションを使用した転倒シミュレーションを実施した結果、静止状態からよろけて転倒した場合の衝突速度の平均値と同程度の衝突速度である。

図5に、計測した加速度の最大値である最大加速度と衝突速度の関係を示す。材質間の比較をすると、最大加速度は鋼、MDF、シリコンの順に小さくなる。衝撃反力も同様の傾向がみられ、材質による衝撃緩和作用の差が確認できた。

図6, 7, 8に、材質別に、衝突速度および角形状ごとの裂傷発生有無を示す。いずれの材質も、R面では面取り半径が小さくなるほど低い衝突速度で裂傷が発生しており、裂傷発生の危険性が増すことが確認できた。

C面の衝突角度の影響については、鋼およびシリコンで検証数が不十分であるが、MDFでは衝突角度の違いによって裂傷発生の危険性が大きく異なることが確認できた。

R面とC面を比較すると、鋼およびMDFでは、R2がC5($\theta=15^\circ$)よりも安全または同程度の危険性である可能性が示唆されたが、シリコンでは、R2がC5($\theta=15^\circ$)よりも危険である可能性がうかがえる。

シリコンの試料は、図9に示す通り、MDFの表面を厚さが一定のシリコンで覆い、衝突方向のシリコンの厚さを2mmとした試料を使用した。そのため、衝突方向に対して表層のシリコンの角と基材のMDFの角の位置が一致しておらず、衝撃が分散された可能性が考えられる。詳細については、今後実験の継続と並行してシミュレーションによる詳細な検討を行い、明らかにする。

尚、材質間の比較をすると、鋼、MDF、シリコンの順に裂傷が発生し始める衝突速度は大きくなる。

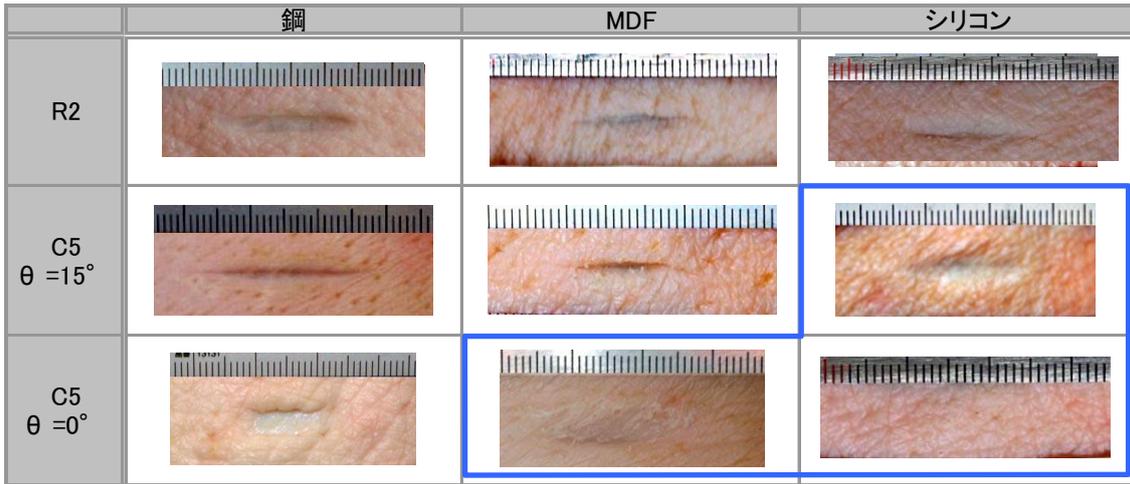


図4 各材質、形状の角への衝突で損傷した豚の皮の例

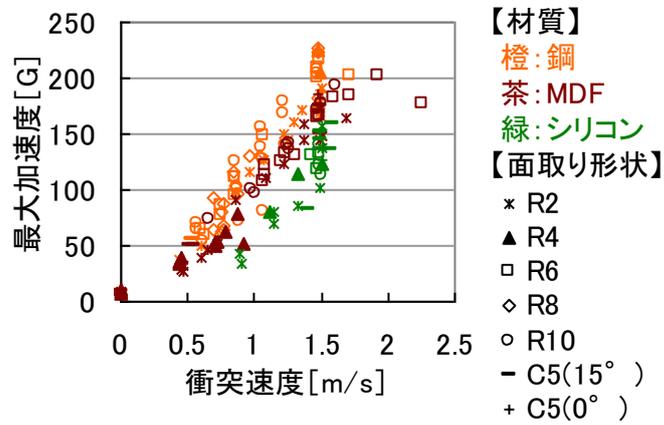


図5 衝突速度と最大加速度

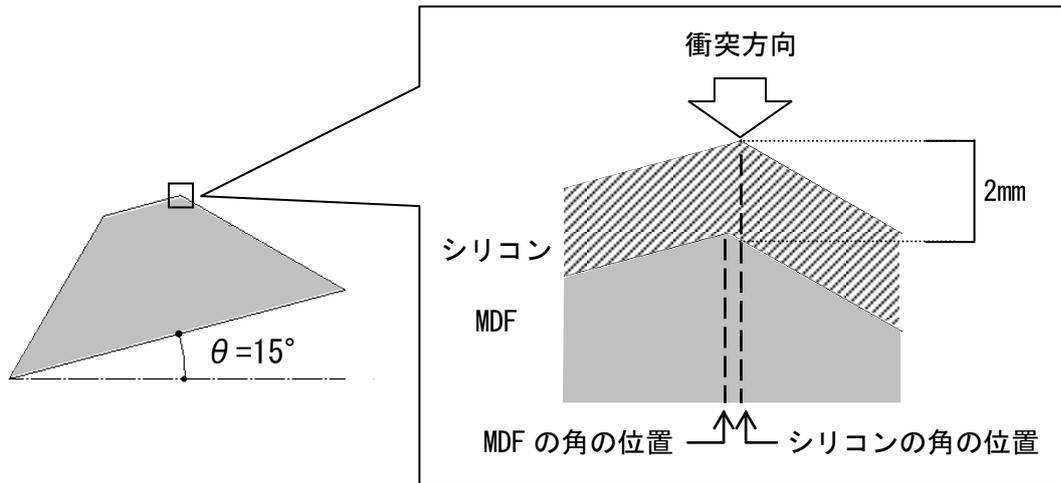


図9 シリコン試料詳細

4. まとめと今後の展開

衝突実験の結果、シリコン、MDF、鋼の順で危険性が高まること、R面の面取り半径が小さいほど危険性が高まることが確認できた。ただし、計測した各種物理量と裂傷発生有無の関係は見出せていない。

4.1 今後の課題

4.1.1 衝突実験の継続

現時点では各条件での実験回数が少ないため、今後も実験を継続してデータを増やし、裂傷発生メカニズムを解明するとともに裂傷発生確率分布を整理する必要がある。

4.1.2 シミュレーションの妥当性確認と裂傷発生判定

衝突実験を再現する衝突シミュレーションを実施し、実験結果と照合することでシミュレーションの妥当性を確認する。

尚、昨年度（平成22年度）既往文献⁵⁾を参考に、仮にせん断ひずみ0.9を閾値として裂傷発生可能性を検討した結果、剛体≒鋼の場合、衝突速度1.52(m/s)ではすべての形状で裂傷が発生するという結果を得ている。これは、本報告で述べた衝突実験結果と一致する。今後は、実験結果を元に裂傷発生有無の境界となる衝突速度近傍でのシミュレーションを重点的に実施する。

妥当性が確認できた場合、実験ではカバーし切れていない角形状や材質についてもシミュレーションで補完していく。

4.1.3 病院での事故事例調査と再現シミュレーション

事故事例調査を継続するとともに、聞き取った事故状況を再現するシミュレーションを実施し、実際の衝突時の各種物理量を整理する。

4.1.4 角の衝突安全基準策定

上記結果を踏まえ、衝突安全性に配慮した家具等を設計、採用する際の指針となる安全基準を策定する。

4.2 製品改善への展開

4.1.4で述べた安全基準に基づき、衝突安全性に配慮した家具シリーズの展開により、ユーザーの選択肢の幅を広げることを目指す。

5. 参考文献

- 1) 経済産業省、平成21年度安全知識循環型社会構築事業報告書
- 2) 経済産業省、平成22年度キッズデザイン製品開発支援事業報告書
- 3) 山本 絵理、荻谷 健司、西田 佳史、宮崎 祐介、丹羽 紀之、角等の性状に関する衝突安全性評価方法の研究、日本建築学会大会学術講演梗概A-1、(2010)、P509-510
- 4) 山本 絵理、荻谷 健司、丹羽 紀之、西田 佳史、宮崎 祐介、角の性状に関する衝突安全性評価方法の研究、日本建築学会大会学術講演梗概E-1、(2011)、P721-722
- 5) 平川 公義、中村 紀夫、益沢 秀明、橋爪 敬三、佐野 圭司、頭部衝撃における人頭皮の緩衝能とそのシミュレーション、人間工学Vo16、No2、P71-80(1970)