



衝撃荷重下における人頭模型の緩衝性能

メタデータ	言語: jpn 出版者: 日本機械学会 公開日: 2016-09-13 キーワード (Ja): キーワード (En): American football, Dummy head, Acceleration, Reaction time, Buffering performance 作成者: 佐々木, 達哉, 藤木, 裕行 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009005

衝撃荷重下における人頭模型の緩衝性能

佐々木 達哉^{*1}, 藤木 裕行^{*2}

Buffering Performance of Dummy Head under Impact Load

Tatsuya SASAKI^{*1} and Hiroyuki FUJIKI^{*1} Muroran Institute of Technology
Mizumotocho 27-1, Muroran-shi, Hokkaido, 050-8585 Japan

The safe performance of current helmet for American football is evaluated by the standard of NOCSAE, National Operating Committee on Standards for Athletic Equipment. However the evaluation does not consider that head injury is developed by repeated impacts and a risk of shortened protection performance by the aged deterioration of buffer materials. Therefore, final objective of this study is to establish a new standard considering the influence of them. However in evaluation of helmet, a dummy head which can get acceleration is necessary. Accordingly, this paper intends to create it which indicates the acceleration reply like a conventional dummy head and to evaluate it by drop test. Self-making dummy head is made of urethane foam because it is easy to work and mold. As a result of drop test, the buffering performance of self-making dummy head is not suitable for the evaluation of head injury. Then it is necessary to ensure the buffering performance by changing physical property of urethane foam. From compression test for urethane foam, it is found that young's modulus and yield point are correlated to density. Therefore, after this, it is necessary to inspect the density that is suitable for dummy head under impact load.

Key Words : American football, Dummy head, Acceleration, Reaction time, Buffering performance

1. 緒 言

アメリカンフットボール（以下アメフト）は選手同士が激しい接触を繰り返すため打撲や骨折、頭部傷害などの怪我が絶えない。中でも頭部傷害は深刻で半身不随などの重大な後遺症や、最悪の場合死に至る危険性もある。そのため頭部を保護するヘルメットはプロテクタの中でも重要視されており、頭部傷害を予防するためのルール の制定・改訂が繰り返されており、現在は National Operating Committee on Standards for Athletic Equipment（以下 NOCSAE）によって保護性能の評価が行なわれている⁽¹⁾。NOCSAE 基準では競技中に受ける単発の衝撃を想定し、ヘルメットを装着した人頭模型の落下試験を行い、Severity Index（以下 SI）によって頭蓋骨骨折の発症のみが考慮されている。しかしアメフトでは繰り返し受ける衝撃により発症する頭部障害も危険視されていることから、十分にヘルメットの保護性能を評価しているとは言難い。また緩衝材の経年劣化により保護性能が低下する危険性があるにも関わらず、耐用年数の規定が存在しない。そこで本研究は現在の基準では考慮されていない、繰り返しの衝撃による頭部への影響と、経年による保護性能の低下について考慮した新たなアメフト用ヘルメットの安全基準を確立する。

ヘルメットの性能を評価するにあたり、本研究では Head Injury Criterion（以下 HIC）という、頭部傷害を重症度別の発症確率で示す指標を用いる⁽²⁾。HIC は頭部に生じる合成加速度と衝撃作用時間から算出されるため、ヘルメットの性能を評価するには加速度を測定できる人頭模型が必要となる。そこで本研究ではその人頭模型を作製することを目的とし、落下試験で得られる加速度応答を用いて作製した人頭模型の緩衝性能を評価する。

^{*1} 学生員, 室蘭工業大学 工学研究科 (〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1)

^{*2} 正員, 室蘭工業大学 工学研究科

E-mail: 14042034@mmm.muroran-it.ac.jp

2. 落下試験

2・1 試験方法

NOCSAE の落下試験を採用し、1.5m の高さからアメフト用ヘルメットを装着した人頭模型を鋼鉄板に載せたゴム板（ショア A45）に自由落下させる⁶⁾。衝撃入射面は本来であれば 6 面であるが、現状では評価を容易に行うため頭頂部の入射とし、同一の人頭模型で 6 回実施した。

図 1 に本研究で作製した人頭模型を示す。Fiber Reinforced Plastics（以下 FRP）で人頭形状の型を作製し、2 液性発泡ウレタンを注入することでマネキン成形する。衝撃入射面である頭頂部においてマネキンの破損が想定されるため、保護を目的として FRP は離型せずに人頭模型の一部として利用する。また首元には 3 軸加速度センサ（共和電業製、ASHT-A-1K）を設置し、衝突時に人頭模型内で生じる加速度を測定する。

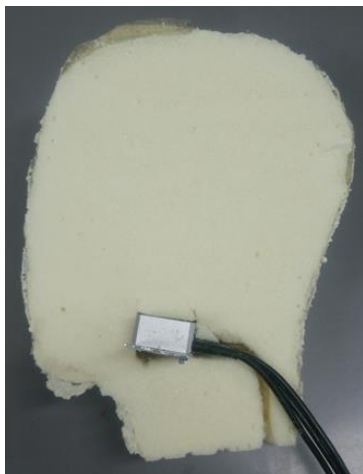


Fig. 1 Self-making head form

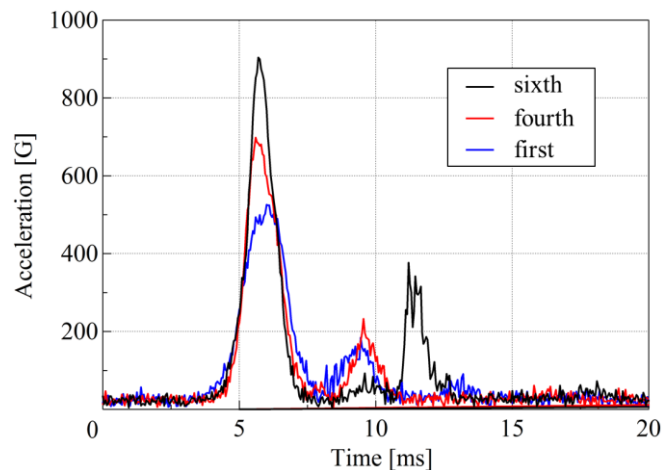


Fig. 2 Result of the drop test for self-making head form

2・2 試験結果・考察

図 2 に落下回数 1・4・6 回目の合成加速度 - 時間線図を示す。回数が増える度に加速度のピークが大きくなり、2 つ目の立上りのタイミングが遅れていることがわかる。これらは試験後に加速度センサ周辺のウレタンが著しく変形していることから、加速度センサの設置方法が原因であると考えられる。現状ではウレタンを除去したくぼみに加速度センサを設置しているだけであり、試験を繰り返すことで加工した点から破壊が進行してしまうと考えられる。さらにくぼみが拡張するとその中で加速度センサが独立して移動するため、衝突による加速度よりも大きな値を示してしまう。よって今後は 2 液性発泡ウレタンの接着性・流動性を利用し、ウレタンを注入する時点で加速度センサを埋没させ、加速度センサとウレタンの隙間をなくすことで破壊の起点をずらすなどの対策を施す必要がある。

また最も低いピークを示す 1 回目の加速度応答を見るとピーク値は約 530G、ピークを含む山の作用時間は約 6ms であり、この加速度応答を HIC で評価すると 2773 という値を示す。ところが HIC は 2000 を超えると 100% の確率で死に至る頭部傷害が発症することを現すため、自作した人頭模型の緩衝性能が不十分であることは明白である。そこでマネキンを構成するウレタンの物性値を変更することで緩衝性能を高めることを試みる。

3. 発泡ウレタン

3・1 密度変更

2 液性発泡ウレタンは 2 液の混合比率を変更することで、組成の異なるウレタンフォームを作製することができる。しかし本研究で用いているウレタンフォーム（フォモジヤパン製、ハンディフォーム#212）は製品の特性上、2 液の混合比率を操作することが困難である。そこで一定容量の型への充填量を変更することで異なる密度のウレタンフォームを作製し、密度の変更に伴う縦弾性係数・降伏点の変化を検証する。ただし圧縮試験の際に用いる試験片は試験片作製の工程により、表面層の高密度スキン層を取除いている。

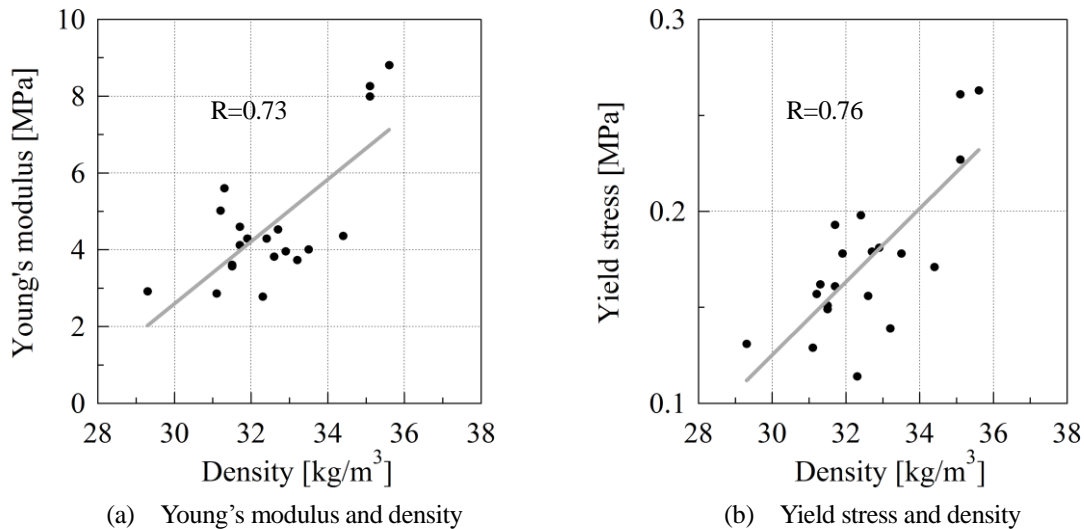


Fig. 3 Correlative relationship of physical property

3・2 試験結果・考察

図3に (a) 縦弾性係数 - 密度, (b) 降伏点 - 密度の関係を示す. (a)・(b) とともに密度が大きくなると各物性値も増加する傾向が見られる. そこで各相関係数を算出すると $R=0.73$, $R=0.76$ を示し, 強い相関を持つと判断できるため, 密度を変更することで縦弾性係数・降伏点を調整できると考えられる. しかし同じウレタン充填率であるにも関わらず密度にばらつきが生じていることから, 均一な密度のウレタンを成形するには一定の技術や条件が必要であると考えられる.

さらに密度の最大・最小値で約 22%の差が生じているが, この差が人頭模型の緩衝性能・HIC 値にどの程度まで影響するかは不明である. 緩衝性能を高めるには衝突の際にウレタンが大きく変形する, つまり縦弾性係数を小さくする必要があるが, 複数回の試験に耐えうる強度も必要になる. 今後は密度をより大きく変化させて緩衝性能と強度を維持する値を見つける, もしくは異なる素材を用いて人頭模型を作製する必要がある.

4. 結 語

作製した人頭模型による落下試験, ウレタンの密度変更に伴う物性値の変化の検証から以下の結論を得た.

- (1) 2液性発泡ウレタンで作製した人頭模型は HIC が過大な値を示しており, 緩衝性能が著しく乏しく頭部障害を評価できる性能がない.
- (2) 現状の加速度センサ設置方法では, 落下時に加速度センサ周辺が破損してしまうため, ウレタンを注入する際に予め加速度センサを埋没させるなどの工夫が必要である.
- (3) ウレタン製の試験片で圧縮試験を実施した結果, 縦弾性係数と降伏点は密度に対して強い相関を持つことがわかった.
- (4) 今後は密度の変化割合を大きくし, 人頭模型の緩衝性能と強度を維持する密度を検証する必要がある.

文 献

- (1) Adam Bartsch etc, Impact test comparisons of 20th and 21st century American football helmets, *Journal of Neurosurgery*, DOI:10.3171/2011.9.JNS111059 (2011), pp. 2-3.
- (2) 中野正博・他 (2010)「頭部損傷基準値 (HIC) の理論的分析」, *バイオメディカル・フィジィ・システム学会誌* Vol.12, No.2, pp.58-59.
- (3) Keer, L.M., Knapp, W., and Hocken, R., "Resonance Effects for a Crack Near a Free Surface", *Transactions of the ASME, Journal of Applied Mechanics*, Vol. 51, No. 1 (1986), pp. 65-69.