

原 著

頭部衝撃試験機による頭部保護帽の衝撃吸収性能

小山 憲路, 元田 英一

労災リハビリテーション工学センター

(平成 18 年 11 月 15 日受付)

要旨：危険な作業環境で使用されるヘルメットは、衝撃吸収性能などの試験方法が確立されている。一方、転倒やスポーツなどで使用される頭部保護帽の試験方法は標準化されていないため、製造業者が各自の試験方法で評価を行っている。我々は、頭部保護帽の衝撃吸収性能を明らかにするため、簡便に使える頭部衝撃試験機と頭部ダミーモデルを製作し、ヘルメットの試験方法を手掛かりに試験を行った。その結果、頭部保護帽の衝撃吸収率の最高値は 23%、ヘルメットは 46% を示すことが判明した。全体的に頭部保護帽の衝撃吸収性能はヘルメットに比べて低い結果であった。

(日職災医誌, 55: 69—73, 2007)

キーワード

衝撃試験, 頭部保護帽, 衝撃吸収性能

1. はじめに

一般に頭部保護帽は、転倒や落下などで発生する頭部外傷などを減少させる目的で使用されるが、使用環境によりハードタイプとソフトタイプに大別される。ハードタイプは、労働安全衛生の産業安全ヘルメットなどに代表されるように、飛来落下物用と墜落時保護用に使用区分されている。一方ソフトタイプの保護帽は、スポーツ分野を別にすれば、身体障害者福祉の補装具として日常生活用具に分類される。このように使用者が限定されているハードタイプの保護帽（以下ヘルメット）は、墜落や落下、飛来などの衝撃荷重の条件に基づいて強度試験の規格が定められている。一方ソフトタイプは、試験方法の規格がないため、錘りによる自由落下などの条件で各メーカーが独自に評価を行っている。我々は、頭部衝撃試験装置と頭部ダミーモデルを製作し、ヘルメットの強度試験法を手掛かりにソフトタイプの保護帽の衝撃吸収性能について評価を行った。

2. 試験サンプル

試験サンプルは、機能性や通気性を高めた 8 種類の市販保護帽を選び、対比として飛来・落下時保護用のヘルメットをこれに加えた（図 1）。

これらの保護帽の衝撃緩衝素材は、ポリエチレンエラ

ストマーや軟質ウレタン、熱可塑性エラストマーなどが用いられ、ヘルメットは熱可塑性樹脂製帽体と衝撃吸収ライナー（発泡スチロール等）、ハンモックなどで構成されている。

3. 頭部衝撃試験機および頭部ダミーモデル

図 2 は、試作した頭部衝撃試験装置である。この装置は可搬式で、住環境での転倒事故の発生が予測される場所などに移動して計測できるため、床面の条件をそのまま採用できる。この構造は、アルミ鋼材フレームを用いた構造で落下姿勢の再現性の精度を高めるため、フレーム中央に頭部落下用ガイドを設けた。また、床面に対する頭部の打撃部位を設定できるようにアライメント調整機構を頭部下端に付けた。頭部ダミーは、鋼材やポリウレタン樹脂で成形された質量 6.5kg のものとした。

4. 試験方法

試験方法は、ヘルメットの衝撃吸収性能の試験条件に準じた。初期設定として頭部ダミーを床面に対して 60 度傾け、落下用ガイドの落下ロックピンで高さ 1m に固定した。すなわち、落下ロックピンを解除することでリリウム床面（コンクリート下地）に自然落下¹⁾する方法とした。保護帽を装着しない場合と装着した場合の条件で、1 試料について 5 回試行した。衝撃力は、頭部ダミーの下端位置に設置された三方向成分の加速度変換器（AS-500HA：共和電業）の出力をセンサーインターフェース（PCD-300A：共和電業）を介し、床面に対して

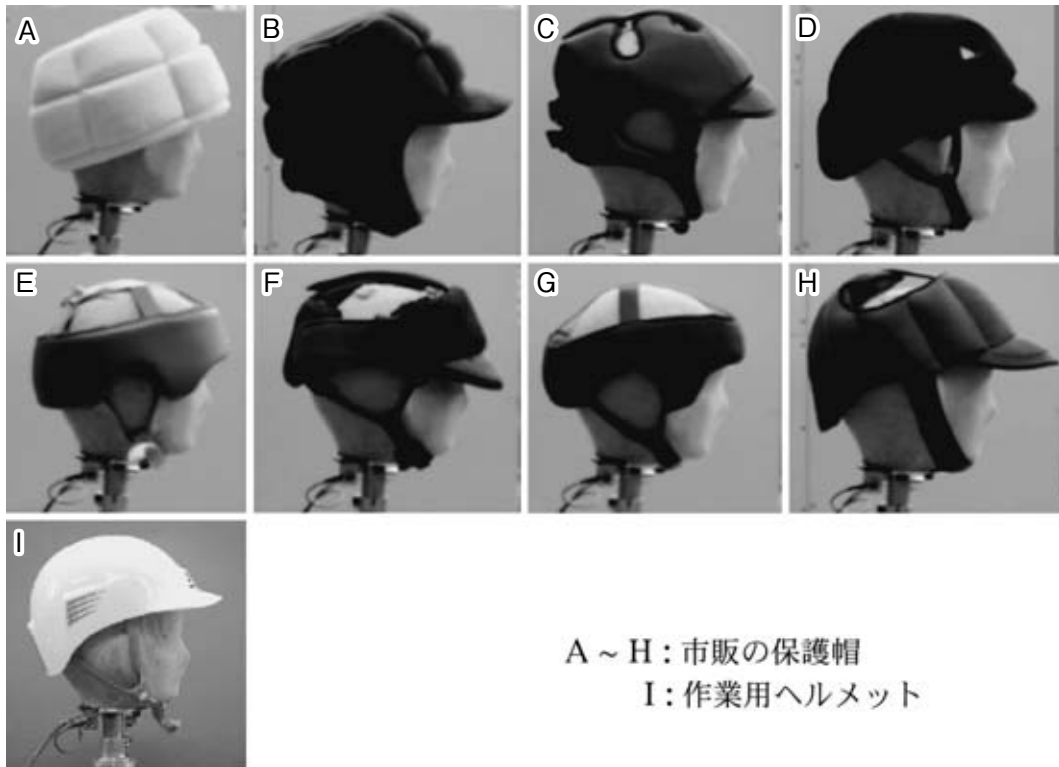


図1 頭部衝撃試験に用いた市販保護帽

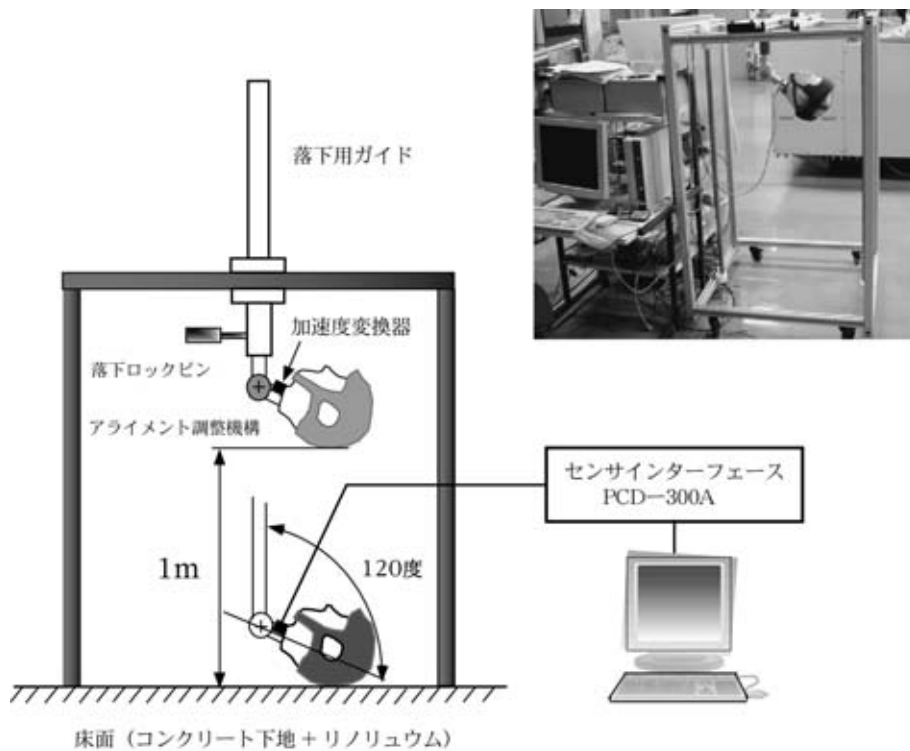


図2 頭部衝撃試験装置

鉛直になるように後処理した。なお、加速度出力波形のサンプリング周波数は1KHzである。

5. 試験結果および考察

図3に平均処理された各試料の衝撃波形をそれぞれ示

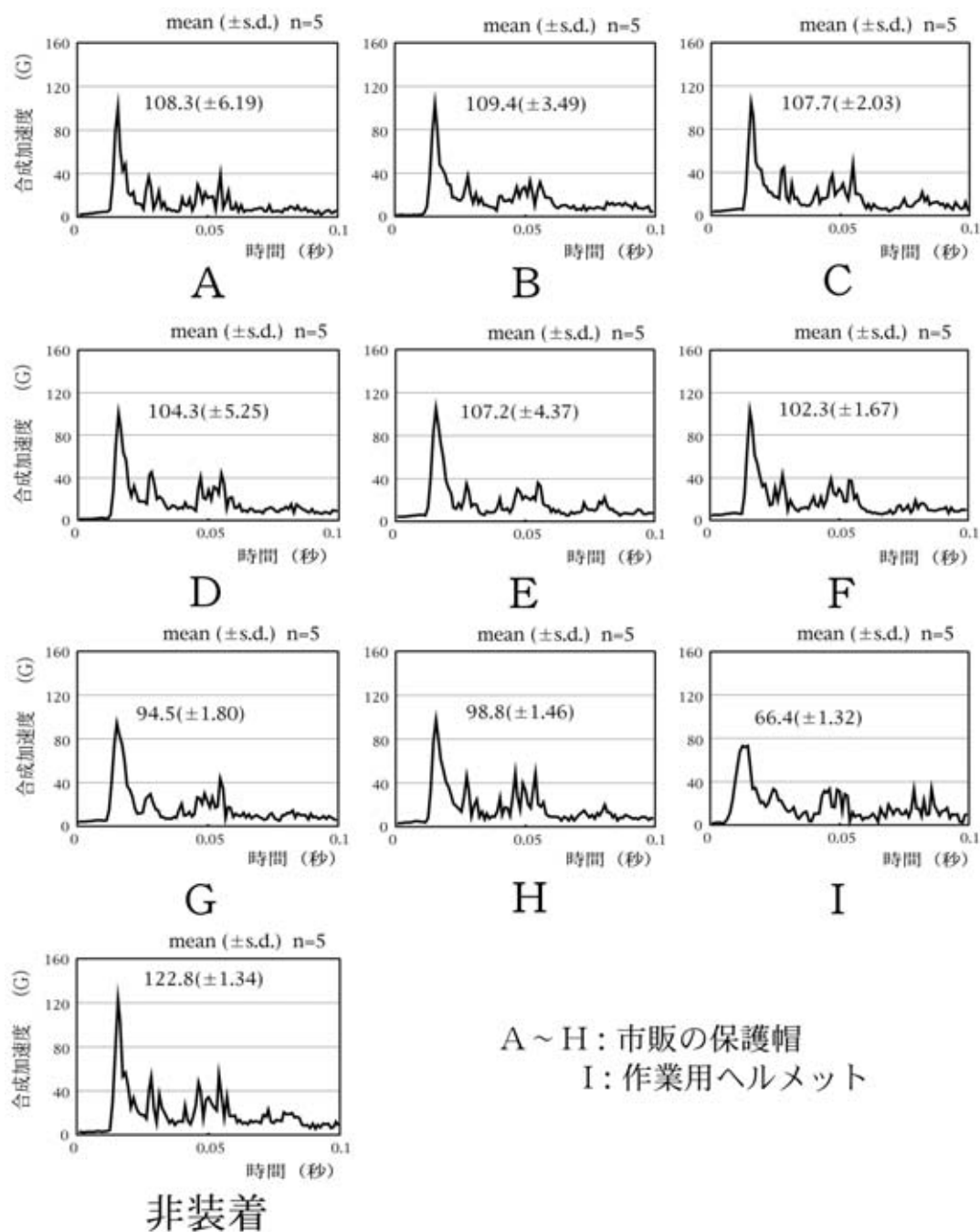


図3 各試料における衝撃波形

す。床面との衝突で生じる加速度波形は、一番目に発生する一次衝撃波形とリバウンドによる二次、三次衝撃波形が出現し徐々に減衰する特徴を示した。この一番目に発生した一次衝撃波形の最大値を衝撃力とした。さらに、保護帽を装着しなかった場合の結果を手掛かりに各試料の衝撃吸収率を求めた(図4)。この結果、ソフトタイプの保護帽は一次衝撃波形の立ち上がりの変化が急速でスパイク波のような現象を示した。これは短時間に衝撃力が身体に作用することを意味している。衝撃吸収率を比べると試験サンプルGはヘルメットの半分、全体では平均15%に留まっている。一方、ヘルメットは衝撃波形の

立ち上がりは緩やかで衝撃力も他のサンプルに比べて低く、衝撃吸収率も46%と高い結果を示した。ヘルメットは、帽体や衝撃吸収材など複数の衝撃吸収メカニズムで頭部を保護していることから、緩衝能力に優れているものと思われる。図5は、保護帽の前方、側方、後方の計測値を手掛かりに衝撃力の変化をレーダーチャートで示した典型例である。この結果、試験サンプルD、Eの両者は後頭部に比べて側方部と前方部の衝撃力が大きく、衝撃緩和の性能が低いことが明らかとなった。一方、ヘルメットは衝撃部位が異なっても衝撃力が小さく均等に衝撃緩和の機能が働いている。

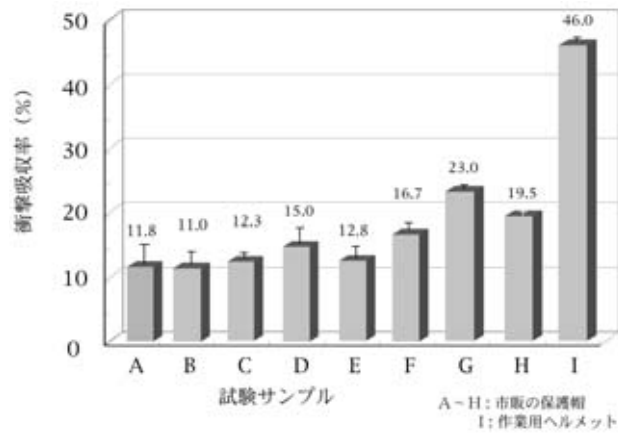
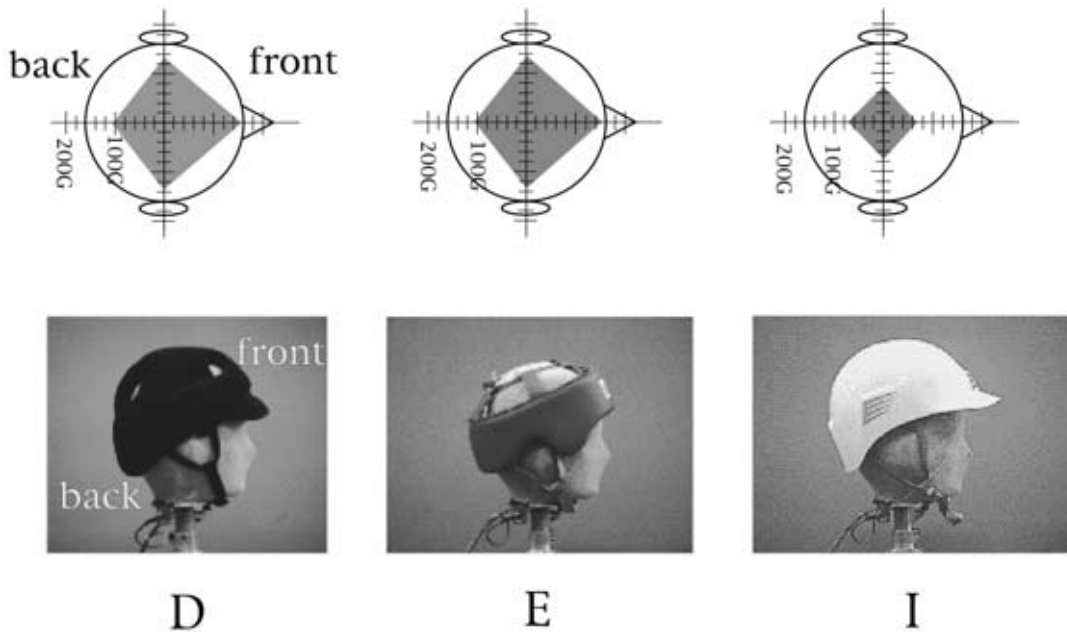


図4 頭部保護帽の衝撃吸収率

衝撃吸収率 (%) = 1 - (保護帽を装着した場合の衝撃力 / 保護帽を装着しない場合の衝撃力) × 100



D, E : 市販の保護帽

I : 作業用ヘルメット

図5 衝撃部位（前方，側方，後方）の衝撃力レーダーチャートの典型例

我々は頭部保護帽の衝撃吸収性能の他に、市販ヒッププロテクターなどの評価²⁾も長年行ってきた。今回の試験は、コンクリート下地のリノリウム床面に対する落下で過酷な条件である。この床面に衝突する試験画像の記録を手掛かりに、保護帽（頭部）とヒッププロテクター（腰部）の接触状況を模式的に比較すると、図6に示すようにヒッププロテクターは床面に対して面接触に近い状態で衝突し、保護帽は点接触の状態での衝突となる。このため、保護帽は部分的に衝撃力が集中することになる^{3)~5)}。冬場のアイスバーンの路面や福祉施設などの床



図6 床面への転倒で生じる腰部と頭部の接触状況

面はこれに類した住環境である。したがって、ソフトタイプの市販保護帽の衝撃緩和の性能を高める必要がある^{6)~8)}。

6. まとめ

市販保護帽の衝撃吸収性能を把握するため、頭部衝撃試験機と頭部ダミーを製作して複数の保護帽について衝撃試験を行った。この結果、現在市販されている保護帽は全体的に衝撃緩和の能力が低い傾向を示した。衝撃を緩和する一般的な方法としては、軟質ウレタンなどの緩衝材の厚みを増す方法や特殊なゲル状の緩衝材が有効と思われる。しかし、装着時の重さや蒸れの問題を考えた場合、既存の衝撃緩衝素材の組み合わせでは衝撃吸収能力の向上などに限界がある。この問題を解決するには、通気性や衝撃緩和に優れたハニカム緩衝などの新たな衝撃緩衝システムを開発する必要がある。

文 献

- 1) 宇治橋貞幸, 田中克典, 松本浩之, 足立忠晴: 落錘試験による繊維強化プラスチックの衝撃強度評価法. 日本機械学会論文集 (A 編) 63 (616): 96—103, 1997.
- 2) 小山憲路, 元田英一, 豊永敏宏: 転倒用ダミーを用いたヒッププロテクターの評価. 日本職業・災害医学会誌 49 (5): 451—455, 2001.
- 3) 弘 卓三, 富岡 徹, 石井哲次, 他: スポーツ用 H 型マウスガードの特性の検討—衝撃緩衝能・呼吸機能からの検討—. 体力科学 46: 297—304, 1997.
- 4) 宮地 力: 着地衝撃における計測とシミュレーション. 計測と制御 31 (3): 425—429, 1992.
- 5) 入江 隆, 岡 久雄, 山本辰馬: 衝撃応答法による生体表面の力学特性の計測. 電子情報通信学会論文誌 D-II, J75—D-II 4: 799—807, 1992.
- 6) 池田憲二, 今野久志, 藤野戸宏樹: 落石による衝撃力の評価式. 開発土木研究所月報 558: 17—19, 1999.
- 7) 若澤靖記, 橋本正俊, 丸井悦男: 粒子充てん構造物の振動減衰特性 (第 2 報)—減衰能発生に関する考察—. 精密工学会誌 69 (5): 710—715, 2003.
- 8) 上西朗弘, 吉田博司, 栗山幸久, 他: 衝突性能最適化のための高速変形特性評価技術. 新日鉄技報 378: 21—24, 2003.

(原稿受付 平成 18. 11. 15)

別刷請求先 〒455-0018 名古屋市港区港明 1—10—5
 労災リハビリテーション工学センター
 小山 憲路

Reprint request:

Kenji Koyama
 Rosai Rehabilitation Engineering Center, 1-10-5, Komei,
 Minato-ku, Nagoya 455-0018, Japan

IMPACT-TESTING : DETERMINING SHOCK-ABSORBING CAPACITIES OF PROTECTIVE HEADGEARS

Kenji KOYAMA and Eiichi GENDA
 Rosai Rehabilitation Engineering Center

Shock-absorbing capacity test regulations for industrial safety helmets worn in dangerous working environments are clearly established ; however, there are no safety test standards for other head protection devices that are supposed to protect heads from a fall and sports injuries. As a result, manufacturers have usually been held responsible to select and adhere to their own safety testing methods and criteria. In order to clarify the shock absorption function of head protection devices, we have created a simple impact-test apparatus, dummy head, and conducted an investigation following industrial safety helmet testing methods. As a result, the maximum shock-absorption value for the head protection device was 23% while the industrial safety helmet was 46%. Results indicated that head protection devices have less shock absorption functions compared to industrial safety helmets.