

消防用人体ダミーの開発について

上 野 幸*
 伏 見 英**
 小 西 光 雄**

1. はじめに

人命救助用エアマットや救助訓練用安全マットなどの性能実験には、主に重量60~70kg程度の円柱型鋼製又は砂ダミーが使用されてきた。また、救助訓練用模擬人体としても既製のマネキンや応急的に作った人形などが使用されているのが現状である。

マット上に飛び降りた人体の受ける衝撃力の測定、挙動の観測、あるいは救助訓練ほどもを現実的に行うためには、より実際の人体に近い形状、重量配分、機能、感触等を考慮した人体ダミーが必要となってきた。



写真1 人体ダミー

そこで、今回、衝撃、落下実験用のほか、救助訓練にも使用可能な人体ダミーを開発したので、構造、機能及び自由落下衝撃実験の結果などについて概要を報告する。

2. 構造概要

試作した人体ダミーは、写真1に示すとおりで、各部の重量配分は、表1に示す文献^(*)による身体各部の重量配分比率にしたがって可能なかぎり近似したものとした。

各部の構造、寸法、材質等については、図1に示すとおりで、胴体部、腕部、脚部の身幹中心には人体骨格に相当するものとして、直径4mmの鋼線を配し、関節部には金属製自在継手を用いて各

表1 体重の配分

身体部位名	Braun, Fisher ^(*) の配分比(%)	試作ダミーの配分比(%)
頭部および頸部	7.06	6.0
身幹部	42.7	40.0
上膊部	7.2	8.0
前膊部および手部	6.24	5.0
大腿部	23.1	25.0
大腿部および足部	14.1	16

* 文献値^(*)による

部を相互に結合した。身体部を構成する主要材料は、ポリエステル樹脂をガラス繊維で補強したFRPで、人体重量に近似させるため砂鉄を混合し硬化させたものである。また、身体表層面は、軟質ポリウレタンフォームで10～50mmの肉厚とした。

頭部、顔面、手首、足首等については、衝撃による変形、切損を受けやすい部位であるため、軟質塩化ビニル、又は合成ゴムを使用した。なお、頭髪はナイロン製のものを接着した。

身体の外装については、美観、取扱時の損傷防止を考慮し、肉厚3mmの合成ゴムの表面に伸縮性の良い布地を貼ったウエットスーツを装着させた。

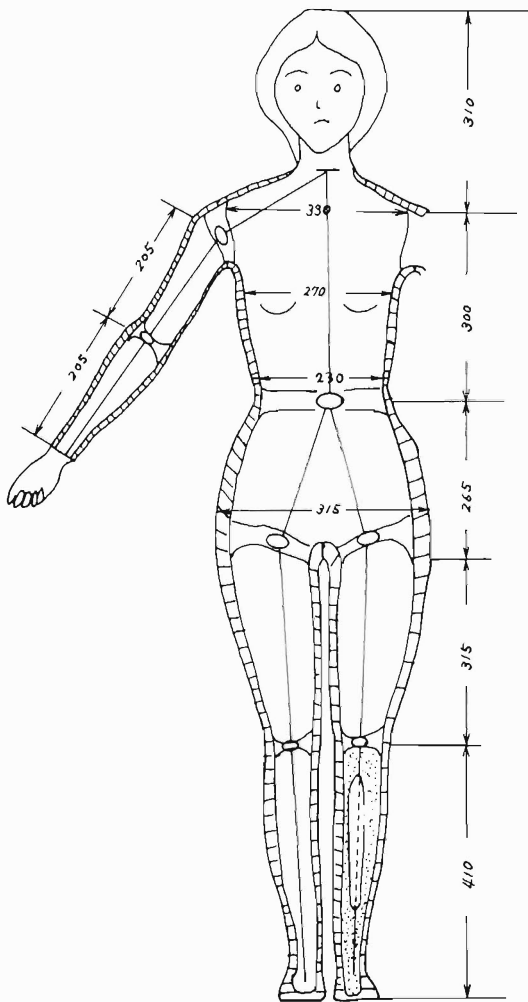


図1 試作人体ダミーの概略図(単位mm)

3. 落下実験

人体ダミー及び鋼製ダミーを用い、救助訓練用安全マットの緩衝性について衝撃減速度(G; 重力加速度gの倍数)の測定を行い、両者の比較を行った。

(1) 実験方法

図2及び写真2に示すとおり、地上に訓練用安全マットを置き、マットの直上3m、5mの位置に人体ダミー及び鋼製ダミーを吊し、マット上に

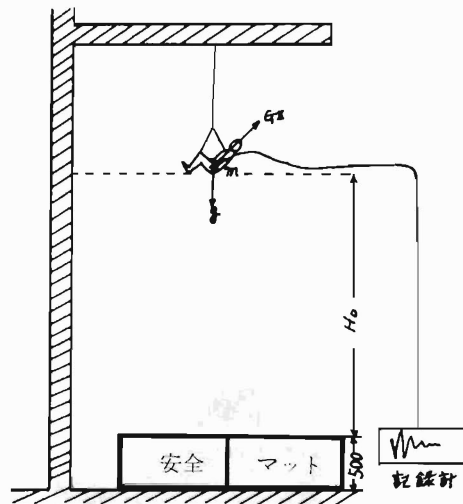


図2 実験概略図



写真2 鋼製ダミーの落下実験

落下させたときの減速度(G)を測定した。

人体ダミーの内部には骨盤部にx y z 3軸用加速度計を取付け、また、鋼製ダミーの内部には1軸用加速度計を取付けておき、落下衝撃を受けた場合の減速度(G)を電磁オシログラフで記録した。

人体ダミーの落下方法は、身幹部と大腿部、大

腿部と下腿部が直角になるように各々の関節を曲げた姿勢で、図2に示すようにシートベルトで落下装置に吊し、切り離し装置によってマット上に落下させた。また、鋼製ダミーについても同一の落下高さで実施した。

なお、実験に使用した救助訓練用安全マットの形状、寸法等は図3のとおりである。

(2) 実験結果

鋼製ダミーと人体ダミーによる減速度（G）の測定結果の一例を図4・図5・図6に示した。

両者の記録波形を比較してみると、鋼製ダミー

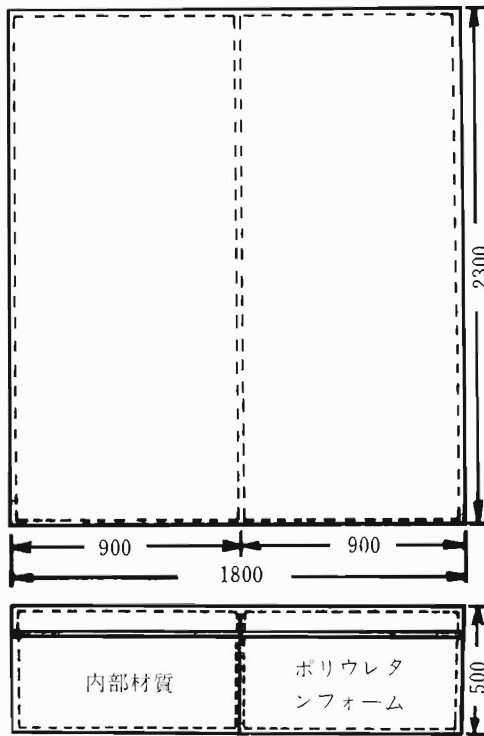


図3 安全マットの概略図（単位mm）

では単純な波形となるが、人体ダミーではマットに衝突してから静止するまでに複雑な挙動をするため、複雑な波形を示した。減速度（G）のピーク値は、人体ダミーの方が鋼製ダミーより大きく表われ、また、減速度（G）の負荷時間は鋼製ダミーの方が人体ダミーより多く表われるなど、ダミーの形状・重量配分等により、応答がかなり異なることがわかった。

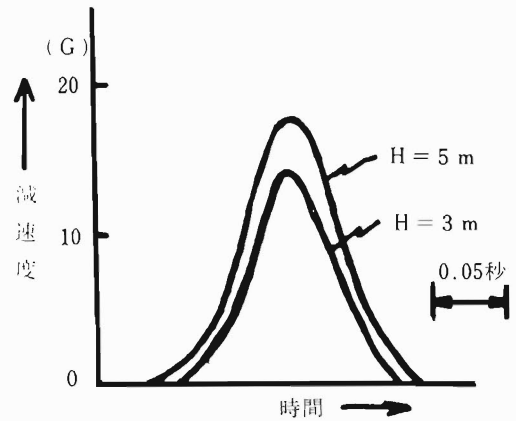


図4 鋼製ダミーの場合

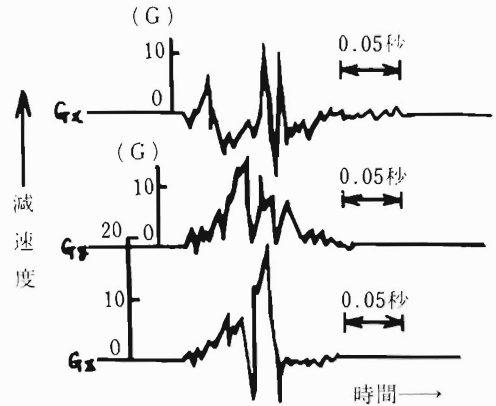


図5 人体ダミーの計測値（H=3m）

加速度環境に関する衝撃減速度と負荷時間^{※(2)}の安全値として17G・0.04秒、10G・0.1秒であり、衝撃減速度と負荷時間が密接に関係しており、本実験のような落下条件であれば、落下距離として3m程度が人体の安全限界と考えられる。

4. 総合的考察

人間工学の研究分野においては、その使用目的に応じて種々の構造、機能性をもった人体ダミーが使用されているが、今回試作した人体ダミーは、消防用として新しい構想に基づいて研究開発したものである。

消防訓練等で人体ダミーを使用する場合には、取扱い易さ（使い勝手）の良いたが大切であり、救助隊員が人体ダミーを背負って高所から降りる訓練では、隊員に対しあまり過酷な荷重条件にすると実施不能な状態になるなど実状を考慮し、今回の実験ではダミー全体重量を32kgとしたので、鋼製ダミーと人体ダミーの計測値は対応していない

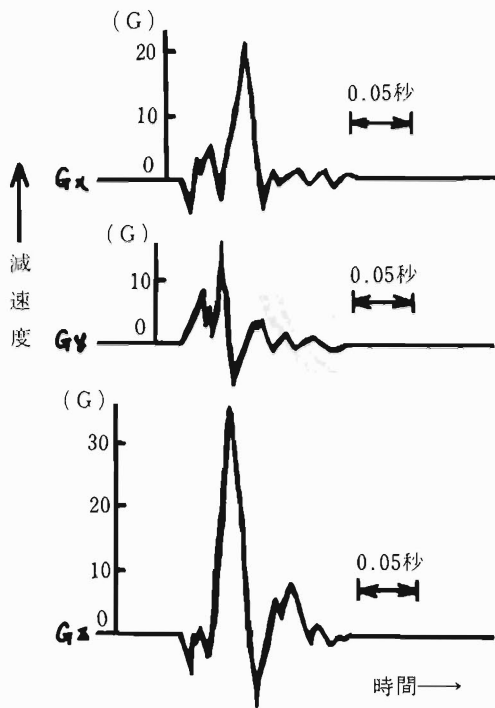


図6 人体ダミーの計測値 (H=5m)

いが、今後さらに検討をする必要があると考えて

いる。

計測用人体ダミーについては、従来から自動車の研究分野で使用されているものなどがあるが、高所からの落下衝撃に耐えるダミーとしては既製のものがなく、消防用救助資機材の性能実験用として特に開発する必要性があった。

実験結果のとおり、円柱形の鋼製ダミーでは剛体として運動するため垂直方向の1軸の減速度 (G_z) を測定したが、衝撃による生体への影響を調べるには、3軸方向の減速度 (G_x , G_y , G_z) を計測する必要があり、解析も複雑になる。

将来、人体ダミーは、シミュレーションの適正化を計ることによって、信頼性が高く、性能の良い救助器材の研究開発に役立てることができると考えられる。

5. 参考文献

- (1) 大島正光, 人間工学, コロナ社, 昭49年
- (2) 人間環境系, 上下巻, 人間と技術社
- (3) 万木良平他, Air Bag の生物的影響に関する研究