

床構法が転倒時の頭部衝撃に与える影響

The Effect by Floor Construction on Head Impact during Accidental Fall

矢島規雄*, 直井英雄**

Yajima Norio, Naoi Hideo

要 旨

本研究は、転倒事故被害を減少させるための基礎資料として、床構法が転倒時の頭部衝撃に与える影響を人体ダミーを用いた実験により明らかにすることを目的としている。研究の結果、コンクリートスラブに直仕上を施した床は、頭部に生死にかかわる衝撃を与えるが、コンクリートスラブであっても転ばし根太床やタタミ敷仕上とした床は、そのような衝撃を与えないことが分かった。

キーワード：床構法，頭部衝撃，転倒事故，人体ダミー

Summary

The purpose of this study is to grasp basic data to reduce damage caused by accidental fall through an experiment using dammy of human body to clarify the effect on the head impact by floor construction. As the result, we cleared the fact that the impact by floor of direct finish on concrete-slab gives fatal damage to human head, but the impact by floor of wood framed finish or tatami mat on concrete-slab doesn't give fatal damage.

Keywords: floor construction, head impact, accidental fall on floor, dammy of human body

1. 本研究の概要

日常災害のなかで、転倒事故は量的にも極めて重要な位置を占めている。この事故を防止するには、事故の起因となるすべりやつまづきを防止することに加え、転倒して床に体を打ちつけた場合の傷害程度を軽くする措置も重要である。

本研究は、転倒時の頭部衝撃が床構法の違いにより、どのように左右されるかを人体ダミーを用いて実験的に明らかにすることにより、事故防止の一助となる知見を得ようとするものである。

実験は2段階で行うこととした。第1段階の頭部ダミーを用いた実験は、わが国の住宅の代表的な床構法を対象に、転倒に伴って頭部が床に衝突する状況を再現し、その場合の衝撃力をとらえ、医学的知見を援用して評価しようとするものである。第2段階の全身ダミーを用いた実験は、前記実験が人体側の条件として片寄っているかも知れないとの疑念に対し、その知見を補おうとするものである。本研究と同じような主旨の研究に小野らの研究がある¹⁾が、これは主に人の官能評価をもとに転倒時の衝撃を相対的に評価しようとしたものであり、本論文で行おうとしている医学的知見にもとづいて生死の判定をしようとするものとは根本的に異なっている。

なお、本論文は、過去に日本建築学会で発表した3編の大会学術講演梗概²⁾³⁾⁴⁾をもとに今回改めて再構成したものである。

2. 人体頭部ダミーを用いた実験

2-1. 実験方法

表-1 頭部ダミー実験における実験対象床構法

躯体	下 地	仕 上 げ 材	
RCスラブ	下地なし (またはモルタル下地、 セルフレベリング下地)	仕上げ無し	
		磁器タイル ※	
		Pタイル ※	
		タタミ 55mm(発泡ポリエチレンシート敷き)	
		カーペット 7mm(フェルト10mm敷き)	
		ビニル床シート 2.3mm	
		ビニル床シート 3.5mm	
	転ばし根太	合板 12mm	仕上げ無し
			タタミ 55mm
		木質系フローリング(2種) 12mm	
置き床	合板 5.5mm	仕上げ無し	
		タタミ 55mm	
		カーペット 7mm(フェルト10mm敷き)	
		ビニル床シート 2.3mm	
	木質系フローリング(2種) 12mm		
木質系フローリング(1種) 15mm			
発泡プラスチック系床 (セルフレベリング下地)	合板 12mm	仕上げ無し	
		タタミ 55mm	
		カーペット 7mm(フェルト10mm敷き)	
		ビニル床シート 2.3mm	
	木質系フローリング(2種) 12mm		
木質系フローリング(1種) 15mm			
2"×4"住宅床 (1階床組) (2階床組)	合板 12mm	木質系フローリング(1種) 15mm ※	
		木質系フローリング(1種) 15mm ※	
FRP防水パン			

注)※は現場実験、他は実験室実験によりデータを得ている。

*東京理科大学助手・工修 **東京理科大学教授・工博

1) 実験の方針

実際の転倒事故では、倒れた時の身のこなしなどにより、かなり衝撃力が軽減される可能性がある。しかし、この実験では、「不利」な条件で判断するために、それらが何も関与しない状態、すなわち後頭部をまともに打つ状態を想定し、頭部ダミーを直接床に自由落下させる方法をとった。また、使用する頭部ダミーは、この事故の主たる被害対象を考えて成人としたが、医学分野においても加齢による影響は明らかになっておらず、従ってこの実験により得られる結果は、成人一般についてのものと考えざるを得ない。

2) 実験装置および実験方法

実験用の頭部ダミーとしては、自動車の衝撃実験などによく用いられる3-DGM-JM 50-67型(伊藤精機製、重量約3.9kg)のダミーを使用し、床構法としては、表-1に示す公団の代表的な床等を対象とした。実験方法は、30cmごとに180cmまでの6通りの高さからそれぞれ5回ずつ後頭部を打つように落下させ、ダミーに組み込まれた加速度変換器(AS-500TAZ10)及び動ひずみ測定器(DDM-612B)により加速度の大きさを検出し、電磁オシログラフ(RMS-11LPT)にその時間変動を記録させた。また、実験の精度を検討するために、いくつかの代表的な床については30回のデータをとった。測定機器の概略を図-1および写真-1に、実験状況を写真-2に示す。

3) データの読みとり方と評価方法

一項目の実験で得られる5回のデータのうち、最大加速度の値の中央のものに、その高さでの値を代表させることとした。その読み取り方、医学分野でとられている手法に従い、得られた加速度曲線が最大値の1/10に達した点から再び1/10に降下するまでの時間を衝撃作用時間とし、この時間内の加速度変動の平均値を平均加速度とした。(図-2参照)

頭部の衝撃耐性に関して、医学分野ではこれまでにいく通りかの考え方が報告されている。図-3は、そのうちの3例を示したものである。図からもわかるように、これらはある精度の範囲ではほぼ同じ特性を示しており、今回の実験の意味や精度から考えて、評価・判定に十分に使えるものと判断できる。そこで今回は、その中でも過去の諸説をふまえながら提案された、慈恵医大中村紀夫教授らによる頭部の衝撃耐性曲線⁵⁾を用いることとした

2-2. 実験結果および考察

まず、同一実験項目についての30回の繰り返し実験からえられた平均加速度及び作用時間のデータは、図-4に一例を示すが、ほぼ正規分布に従っており、かつ平均値の前後1割程度の範囲に95%のデータが入っていることがわかった。この精度は、この研究に必要な精度を十分満たすものと考えられる。

図-5はRC直仕上床について、また図-6は、転ばし根太床について、それぞれ仕上げを替えて実験した結果である。これを見ると仕上げ材よりも、下地による影響がずっと大きいことがわかる。すなわち、仕上げ材の種類にかかわらず、RC直床下地は極めて硬く、一方、転ばし根太下地はかなり軟らかい。RC直床下地の硬さは、畳を除いた比較

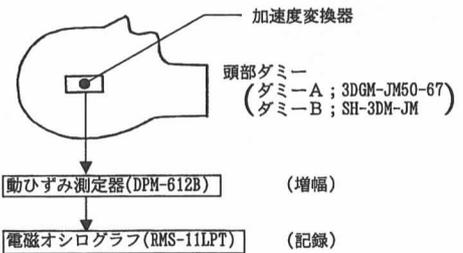


図-1 測定機器の系統図



写真-1 測定機器

写真-2 実験状況

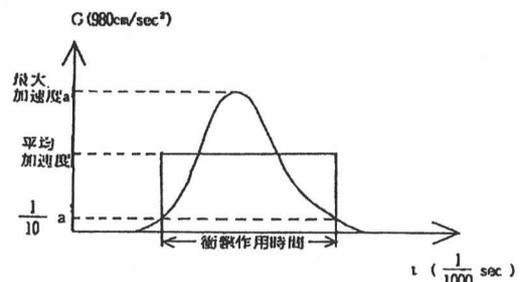


図-2 データの読み取り方

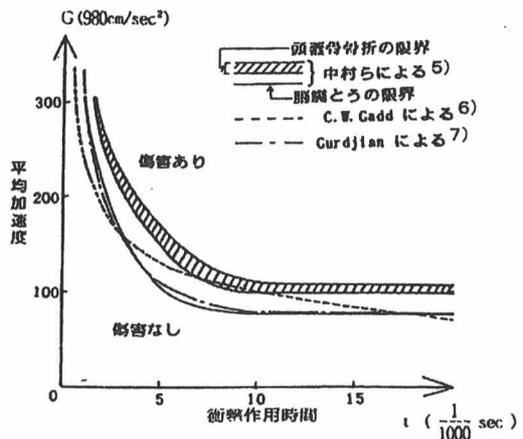


図-3 頭部の衝撃耐性曲線の例

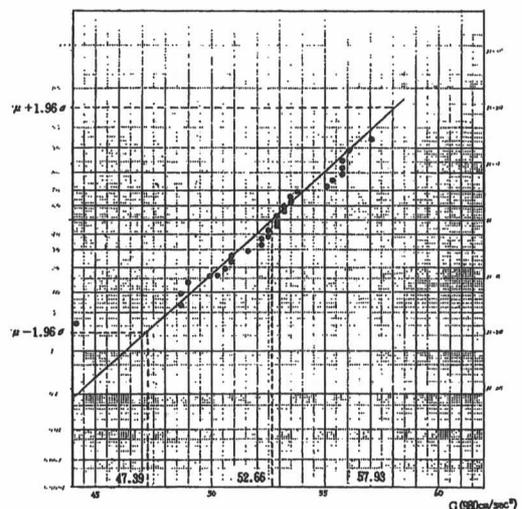


図-4 実験精度の検討（平均加速度）

(RCスラブ+転ばし根太+合板12mm+木質系フローリング15mm〈根太間〉)

的薄い仕上げ材では吸収することができず、例えば立位からの転倒を考えて150cmの高さをとると、ほとんど傷害の可能性のある範囲内になる。これに対して、転ばし根太下地は、立位からの転倒に対してほぼ安全な範囲にある。なお、発砲プラスチック系床下地は、ほぼこれらの中間、また、置き床下地は転ばし根太下地とほぼ同等の値であった。

図-7は、転ばし根太床について、落下位置による違いを示したものである。当然のことながら、位置により若干の違いがみられるが、比較的硬い部分（根太直上・根太大引交差部）でもRC直仕上床に比べればずっと軟らかく、特には問題としなくともよい程度の値と考えられている。

3. 人体全身ダミーを用いた実験

3-1. 実験方法

1) 実験の方針

頭部ダミーを用いた前実験は、床構造側の条件に関しては、広い知見が得られているが、頭部みの落下現象の再現という弱点を持つものである。そこで、本実験では、床構造については種類を限定するが、全身ダミーを用い、前実験のデータを補う知見を得ようとするものである。

2) 実験装置および実験方法

今回の実験で用いた人体ダミーは頭部ダミーと同タイプの成人ダミー、3DGM-JM50-67である。この姿図を写真-3に示す。対象とした床構造は代表的な2種類のみとした。実験項目の一覧を表-2に示す。人体ダミーは首、腰、膝の関節の動きによって転倒時の挙動が大いに異なってくるので、この3関節を固めるか、緩めるかによって、表-3に示すように人体の状態を6種設定した。

なお、実験に用いた測定機器類は、前実験と同じである。

3) データの読み取り方と評価方法

前実験と同じ方法をとった。

3-2. 実験結果及び考察

図-8は本実験の代表的な結果、およびそれに対する前回結果を表示したものである。これを見ると、頭部ダミーの結果に比べ、全身ダミーの場合は、極めてばらついた値を示している。表-3の設定との関係で言えば、どちらかという、固定の度合いの強いものほど高い加速度を示す傾向が見られ、特にRC直床の場合に相当大きな加速度値が観測されている。このことは、頭部ダミー実験により得られた過去の知見は全体的な傾向としては変える必要がないものの、転倒に伴う衝撃値としてはより危険な場合があることも考えなければならないことを示している。

4. まとめ

本研究の結果、転倒時に頭を床にまともに着つけた場合の床構造と頭部傷害の関係として、以下の知見が得られた。

- ①コンクリート直仕上床は、たたみ等の十分厚い仕上を除き、転倒時に死ぬ危険を持つ。
- ②転ばし根太床は、仕上材および、落下位置（根太直上およびその中間）にかかわらず、転倒時に死ぬ危険性はほとんどない。

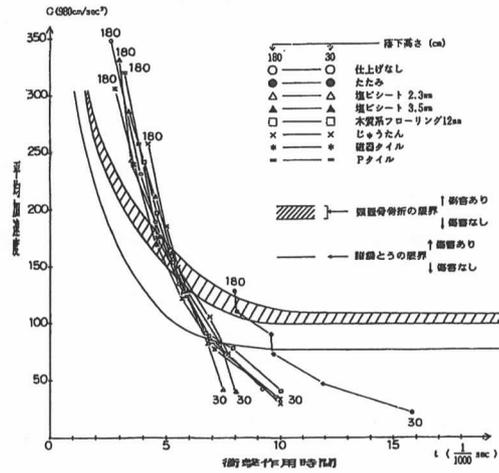


図-5 RC直仕上床における仕上げ別衝撃値

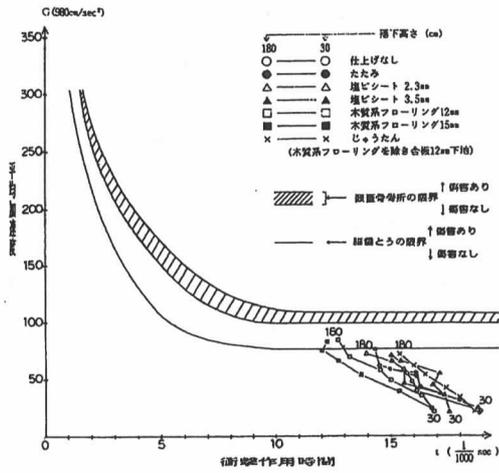


図-6 転ばし根太床における仕上げ別衝撃値

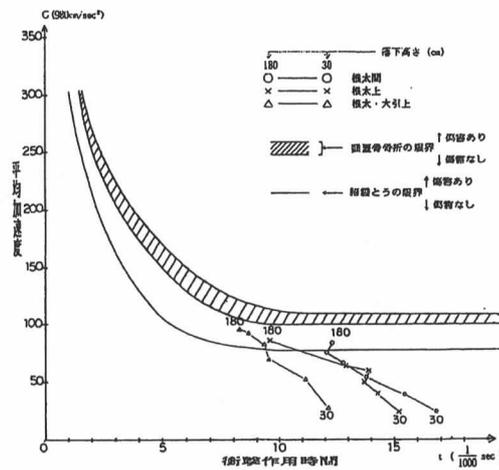


図-7 転ばし根太床における落下位置別衝撃値

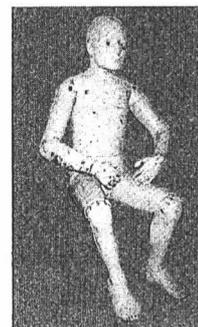


写真-3 成人ダミー (3DGM-JM50-67)

なお、言うまでもなく、実際の転倒事故においては、首をすくめたり、手をついたりといった身のこなしや、頭髮などのクッションとなるものの存在などによって衝撃力が軽減される可能性がある。従って以上の知見は、影響力が最も危険側に出た事態と考えるべきである。

5. 謝辞

本研究は、1985年～1991年にかけて、東京理科大学直井研究室で行ったものであり、この研究遂行にあたっては、当時の多くの学生諸君の協力を得た。特に、このテーマで修士論文をまとめた佐藤英幸氏には多大の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

【注】

- 1) 代表的な論文に以下がある。
 - ①小野英哲, 三上貴正: 衝突時の身体の安全性からみた床・壁のかたさ測定装置設計・試作のための基礎的資料の集積 衝突時の身体の安全性からみた床・壁のかたさの評価方法に関する研究(第1報), 日本建築学会構造系論文報告集, 1987年3月
 - ②小野英哲, 三上貴正: 衝突時の身体の安全性からみた床・壁のかたさ測定装置の設計・試作 衝突時の身体の安全性からみた床・壁のかたさの評価方法に関する研究(第2報), 日本建築学会構造系論文報告集, 1987年11月
 - ③小野英哲, 三上貴正: 衝突時の身体の安全性からみた床・壁のかたさの評価方法の提示 衝突時の身体の安全性からみた床・壁のかたさの評価方法に関する研究(第3報), 日本建築学会構造系論文報告集, 1988年12月
- 2) 佐藤英幸, 長谷川敦志, 直井英雄, 馬場孝吉, 渡辺明: 床構法が転倒時の頭部衝撃に与える影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1986年8月
- 3) 直井英雄, 佐藤英幸, 長谷川敦志, 天神良久: 床構法が転倒時の頭部衝撃に与える影響(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1987年10月
- 4) 下村龍治, 小野行彦, 天神良久, 直井英雄: 床及び壁構法が転倒時の頭部衝撃に与える影響について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1990年10月
- 5) 中村紀夫他: 重傷脳外傷の一次性死因の解明とその対策, 昭和58年度科学研究費補助金(一般研究A) 研究報告書, 1983年3月
- 6) J.P. Danford & C.W. Gadd: Use of a Weighted Impulse Criterion for Estimating Injury Hazard, Proceedings of the 10th STAPP CAR Crash Conference (1966)
- 7) E.S. Gurdjian, J.E. Webster, H.L. Lissner: Studies on Skull Fracture with Particular Reference to Engineering Factors, Amer. J. Surg., 78, 1949

(2002年10月31日原稿受理, 2003年1月20日採用決定)

表-2 全身ダミー実験における実験項目一覧

実験種別	実験対象床構法			転倒状態または落下高さ(cm)					
	骨組	下地	仕上げ	30	60	90	120	150	180
頭部ダミー 3.9kg 自由落下	RCスラブ	モルタル	Pタイル	○	○	○	○	○	○
		転ばし根太 +合板12mm	仕上げなし	○	○	○	○	○	○
1-A 人体ダミー (成人) 転倒	RCスラブ	モルタル	Pタイル	立位よりの転倒及び 座位よりの転倒					
		転ばし根太 +合板12mm	仕上げなし	同上					
子供ダミー (3歳) (6歳) 転倒 1-C	RCスラブ	モルタル	Pタイル	立位よりの転倒					
		転ばし根太 +合板12mm	仕上げなし	同上					

表-3 人体ダミー状態一覧

実験種類	関節			凡例
	首	腰	膝	
1-A	●	●	●	●—関節を固めた状態 ○—関節を緩めた状態
	○	○	○	
	●	○	●	
	○	●	○	
	○	○	●	
	●	○	○	

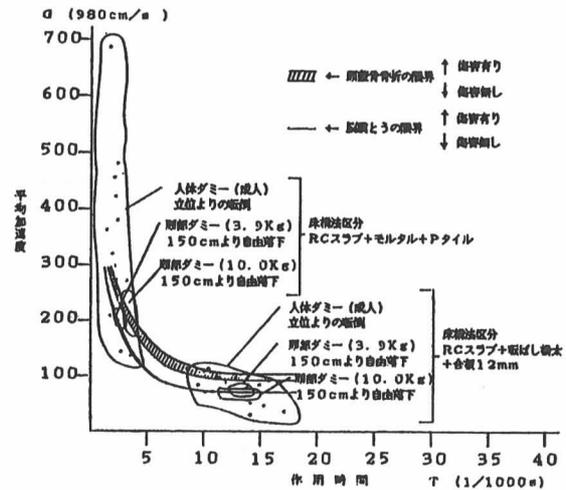


図-8 全身ダミー実験結果と頭部ダミー実験結果との比較