

安全帽の材質および構造が性能に及ぼす影響

安 藤 正
佐 藤 智 彦
末 吉 昭 一

1. ま え が き

落下物の衝撃に対する安全帽の緩衝性能測定の実験において、3.6 kg の鉄ボールを 1.5 m の高さから衝撃荷重測定用のロードセルの上に直接落下させたときの荷重は大体 3,200 kg となる。つぎに安全帽を木製の人頭模型に装着して、この上に鉄ボールを落したときの衝撃荷重は、帽体や着装体の材質あるいはその構造によつて一定でないが、衝撃によつて帽体が木型の頂部に接触しなければ 170 ~ 250 kg となり、まれには 300 kg を越えるものもある。

したがつて、この実験では安全帽によつて 92 ~ 95% の衝撃エネルギーが吸収されたことになる。

このエネルギーの吸収は帽体の変形と着装体の伸びなどによることはいふまでもない。また、帽体が木型に接触しなければという前提条件があるので、安全帽はかぶつたときの頭頂部のスキマが重要な意義をもつことになる。これは安全帽が落下物の衝撃をうけると、帽体の変形と着装体の伸びなどによつて頭頂部のスキマは縮小される。

もし、スキマよりも変形と伸びの合計が大であると、帽体が直接頭頂部にタッチして頭部傷害を起すことになる。したがつて性能上の条件としては、この変形や伸びには限度があり、なるべく少ない方がよい。

このような見地から安全帽としては、帽体の剛性、ハンモック用テープの強度や延伸性、帽体と着装体との連結方法等について十分検討してみる必要がある。

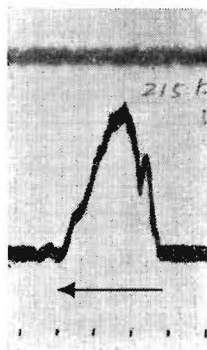


図 1

本文の用語の中で着装体とは、ハンモック、連結紐またはリベット、環紐、汗止革のことをいい、またハンモックは普通 6 本のテープと環紐によつて構成されたものである。

2. 衝撃試験における安全帽の変形現象

安全帽の衝撃試験において衝撃荷重を抵抗線動歪計によつて測定したチャートには、図 1 に示すように、必ず 2 つのピークがあらわれる。このグラフが画かれる過程において、帽体や着装体などがどのように変形しているかについて検討してみることは安全帽の性能の向上に重要なことであると思う。

着装体を繊維製の丸紐で帽体に連結した構造のものであるが、試験に先立つて紐の各部を十分しめつけるのであるが、これがなかなか平均に固くしまらない。このように不平均にしまつたものでも、帽体にあけた小穴に、丸紐を交互に通してあるので、その摩擦抵抗によつてある程度の衝撃には耐え得るが、衝撃荷重が 120 ~ 130 kg になると連結紐の摩擦抵抗だけでは支えきれなくなつて、ゆるみのあつた部分がズレて、しまり工合が急に平均化する。このズレが起るために衝撃エネルギーが吸収されて荷重が一時的に低下する。すなわち 図 1 のチャートの進行方向の上昇カーブは、その途中で一時的に下り、しまり工合が平均化し、ズレが止まればカーブは再び上昇する。これが第 1 のピークのできる理由である。第 1 のピークを通りすぎても帽体は鉄ボールに押えられて変形を増し、着装体は伸びるという現象は続く、しかし、変形および伸びの抵抗はますます増大し、その量は減少する。この過程において変形と伸びが零となつた瞬間が衝撃荷重は最大を示す。これが第 2 の最高のピークである。

そのつぎの瞬間からは衝撃エネルギーは急に低下するので、安全帽の方の変形や伸びの抵抗のために、鉄ボールは反対にはねあげられる。そこで帽体の形は元に戻しハンモックの伸びも大体元の長さまでもどる（幾分か永久伸びが残る）。これが $2/100 \sim 3/100$ 秒という極めて短い時間内に起る衝撃による安全帽の変形現象である。

3. 帽体の変形と着装体の伸びの特性曲線

安全帽が落下物の衝撃をうけた場合、瞬間的に起る変

形現象をわかりやすくするために、木製の人頭模型に装着した安全帽に鉛ボールをのせて、これに静荷重をかけながら帽体の変形と着装体の伸びを測定すると、荷重のかかりはじめには帽体は少しも変形せず、ハンモックだけが伸びる。特に繊維製のテープを使つたハンモックの場合にこの傾向が顕著にあらわれる。荷重が次第に増加すると、帽体が少しおくれて変形しはじめる。

帽体の変形しはじめる荷重は帽体の材質や肉厚などによつて相異し、熱可塑性の樹脂は 20~30 kg、熱硬化性の樹脂でできたものは 60~100 kg である。荷重に対する伸びの関係をグラフにすると 図 2~6 に示す曲線となる。

(1) 材質別の帽体の特性

図 2 は積層ベークライト製安全帽の特性曲線である。荷重のかかりはじめには帽体は少しも変形せず、着装体だけが伸びるから、曲線は 1 本ではじまり、荷重が 100 kg になると帽体の変形しはじめる。したがつて、それ以後は着装体の伸びの曲線と、これに帽体の変形が加わつた曲線との 2 本にわかれるので Y 字形となる。1 本の曲線の部分から Y 字形の左側に連なる曲線 1 が着装体だけの伸びをあらわし、Y 字形の右側の曲線 2 は帽体の変形と着装体の伸びを合計した曲線である。この合計曲線が横軸となす角度はおよそ 45 度となつてゐる。

この曲線が横軸側に傾斜するほど性能の低いことを意味するものである。また、この曲線とは別に左側にある曲線 3 は帽体だけの変形をあらわしたもので、この曲線

も横軸側に傾斜するほど帽体は弱いことになる。

図 3 は、ポリエステル樹脂製安全帽の特性曲線である。帽体は荷重が 80 kg から変形しはじめるがその量は極めて少ないから、縦軸側に接近した曲線となり、合計曲線 2 が横軸となす角度は約 70 度で、他の材質に比較して帽体の剛性が高く、製品となつた安全帽の性能も優秀である。

図 4 はハイゼックス製安全帽の特性曲線である。

ハンモックはポリエチレンシート製で、しかも帽体との連結はブラケット止めであるから着装体の伸びは比較的少ないが、帽体は 25 kg 程度の低い荷重の頃から変形をはじめ、その合計曲線 2 は大きく横に倒れ、その横軸との角度はおよそ 35 度である。このような材質で作つた帽体は剛性が低く、耐衝撃性のみを対象として検討する場合は帽体の変形量が多くなるために不利である。

図 5 は ABS 樹脂 (アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン樹脂、一般にはサイコラックという商品名で市販されている) 製のものである。ハンモックは帽体から内側に突出したブラケットの矩形の穴にかけてあるから伸びが少ない。帽体は荷重 35 kg 頃から変形しはじめるが、合計曲線 2 はハイゼックス製のものほど倒れず、曲線の横軸となす角度は約 60 度である。帽体の剛性はポリエステル樹脂製には及ばないが、ハンモックの連結がブラケット止めであるために、これがよくその欠陥を補つて、製品としての性能は一般に優秀なものが造られて

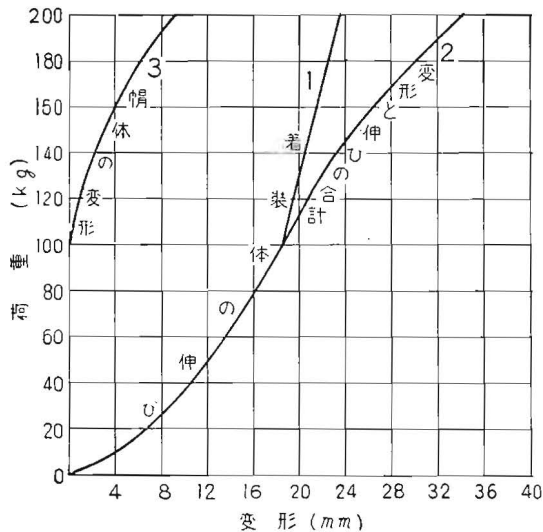


図 2

(帽体は積層ベークライト製 MP 型
ハンモックは 25 mm 幅の綿テープ製紐止め
安全帽の全重量 390 g)

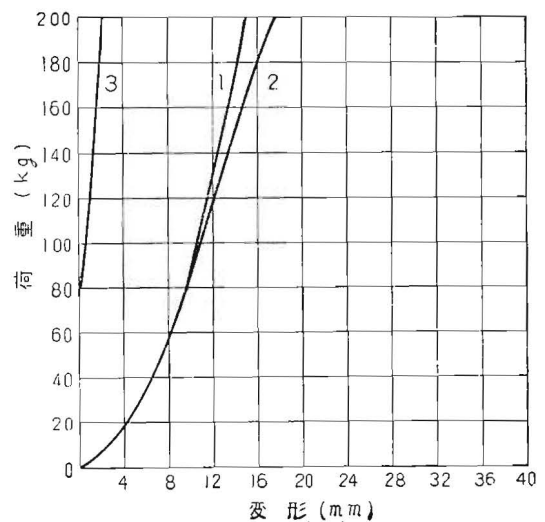


図 3

(帽体はポリエステル樹脂製 MP 型
ハンモックは 26 mm 幅の綿テープ製紐止め
安全帽の全重量 370 g)

いる。

図6はポリカーボネート製安全帽の特性曲線であるが、帽体は荷重20kgから変形をはじめ、合計曲線2が横軸となす角度は30度である。この曲線はハイゼックスによく似た形状で、着装体の伸びもやや多いが、帽体の変形は更に多く、性能もよくない。ポリカーボネートは他の樹脂よりも機械的強度は高いはずであるが、衝撃荷重を対象とする帽体の材質としては、その諸条件を満足するところまでに達していないようである。そこに技術的なむずかしさがあり、研究の分野が残されていると思われる。以上の特性曲線は各材質毎に大体の傾向を示したもので、帽体の構造や樹脂の配合等の製造上の条件により変化するのはいうまでもない。

4. ハンモックの伸びが安全帽の性能に及ぼす影響

安全帽用のハンモックは普通6本のテープによって帽体をつり上げるように構成されている。前述した3.6kgの鉄ボールを1.5mの高さから自由落下させて行なう衝撃試験において、衝撃荷重が240kgであつたと仮定すれば、ハンモックを構成する1本のテープにかかる荷重は40kgとなる。ハンモック用テープとしては、その強度と伸び率が問題となる。しかも伸び率の検討にあたっては高負荷における伸び率のごときは問題にする必要はなく、40~50kgの低荷重範囲における伸びの多少が安全帽の性能に大きく影響する。すなわち、低負荷における伸びはなるべく少ない方がよい。しかし、この伸びが極

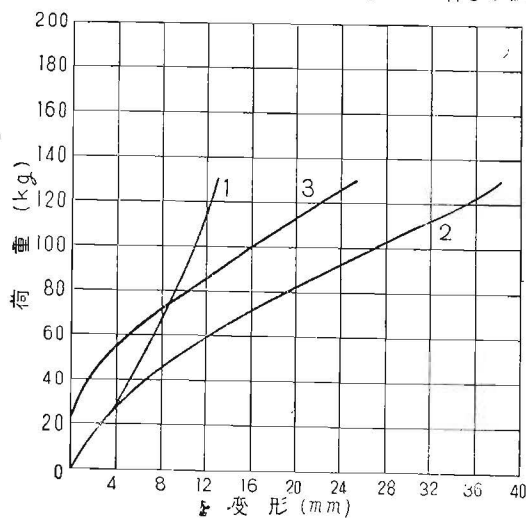


図4

帽体はハイゼックス製 MP型
ハンモックはポリエチレン製ブラケット止め
安全帽の全重量 360g

端に少ないものも緩衝体として用をなさないので、適当な伸びのものを選択する必要がある。

ここに数種のテープについて引張荷重に対する伸びを測定して、ハンモック用テープとしての適否を検討してみる。図7は各種テープの引張強さと伸び率をあらわしたグラフである。縦軸は荷重(kg)、横軸は伸び率(%)である。図において1のポリエチレンシート製のテープは荷重40kgのときの伸びが3%で最も少なく、2のナイ

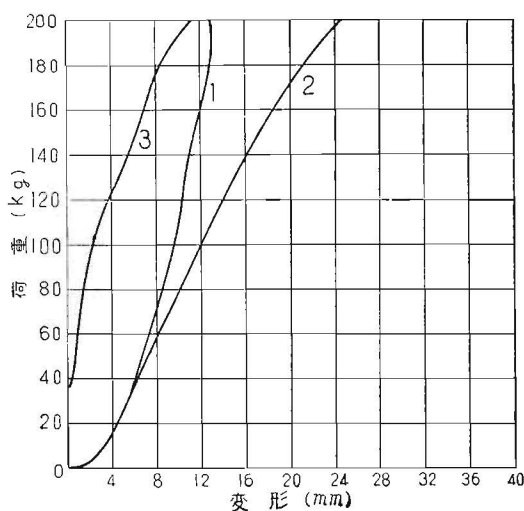


図5

帽体はABS樹脂製 MP型
ハンモックは20mm幅綿テープ製ブラケット止め
安全帽の全重量 390g

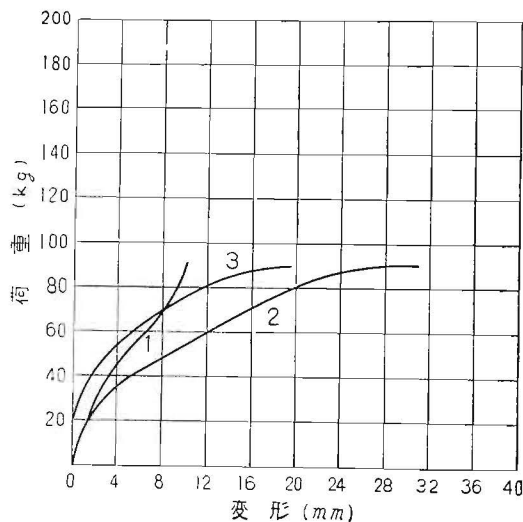


図6

帽体はポリカーボネート製 MP型
ハンモックは20mm幅綿テープ製ブラケット止め
保安帽の全重量 330g

ロン糸による平編みテープは5%, 3のナイロンと強力人絹との交織製のテープの伸びは8%, 4の綿製テープでは9.6%, 同じく5が10.5%, 6の伸びは最も多く17%となつている。

試料1のポリエチレンシート製のテープは伸びが極めて少ないからハンモック全体を縫目なしのものでできるとすれば、これはほとんど緩衝体としての用をなさないことになる。しかし、実際には分割されており、テープは頂部で繊維製の環紐で結束したり、内装と帽体とを繊維製の丸紐によつて取付けるような構造となつているため適度の緩衝性が附与されている。

特にこの材質を採用するに当つては成形されたハンモック部品についての強度を十分検討し、さきに記載した衝撃試験の荷重に対し、十分耐え得る構造とすべきである。

2のナイロン糸による平編みテープと、3のナイロンと強力人絹との交織製のテープは何れも適度の伸びと、高い強度を有するのでハンモック用のテープとしては理想的なものといえる。

4および5の綿製テープは従来広く使用されているも

のであるが、少なくとも4程度のものを使用することが望ましい。

6のテープは最近まで実際使用されていたものであつて、これは荷重が40kgのとき17%も伸びるから、これを使用した安全帽の性能は著しく低下するのが普通である。いま試みに伸びの異なる2本のテープで着装体を作り、これが安全帽の性能に如何に影響するかを実験してみる。図8は20mm幅の綿およびナイロンテープの荷重に対する伸びの関係をあらわすグラフである。綿テープの伸びはナイロンよりも3~4%少なくなつている。

この伸びの異なるテープでハンモックを造つて、その性能を測定すると表1に示すような結果となる。

ただしこの実験に使用した帽体は射出成形したABS樹脂製で、帽体と着装体との連結は帽体から内側にコの字形に突出したブラケットの凹形の穴にテープを通し、環紐で結束したので、紐止めのような連結部の影響は完全に取り除いたものである。

表に示すようにナイロン製テープのハンモックをつけた安全帽の性能の平均は31mmであるのに対し、綿製テープのハンモックをつけた方は24mmとその性能が非常

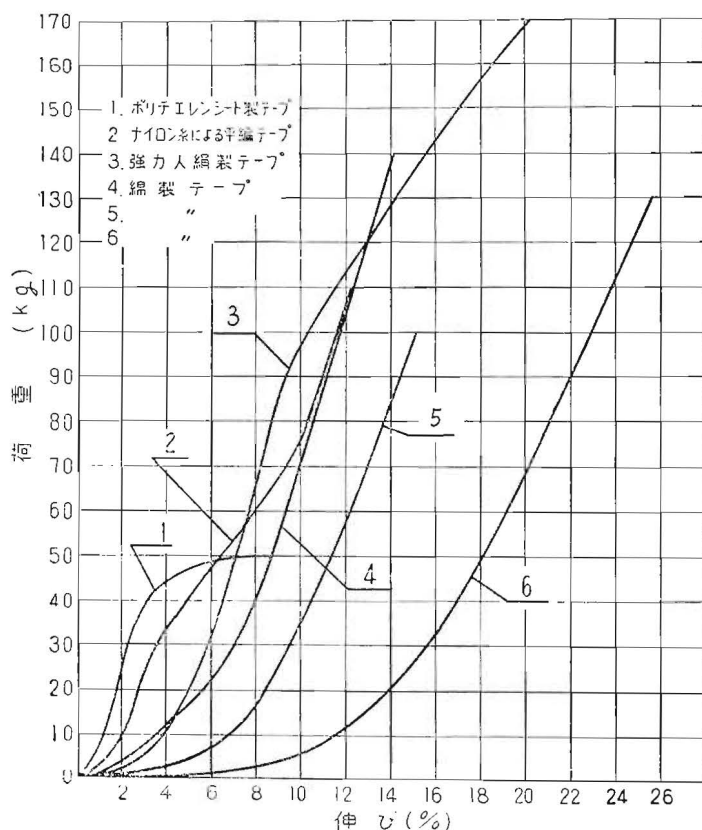


図7 各種テープの荷重と伸びの関係

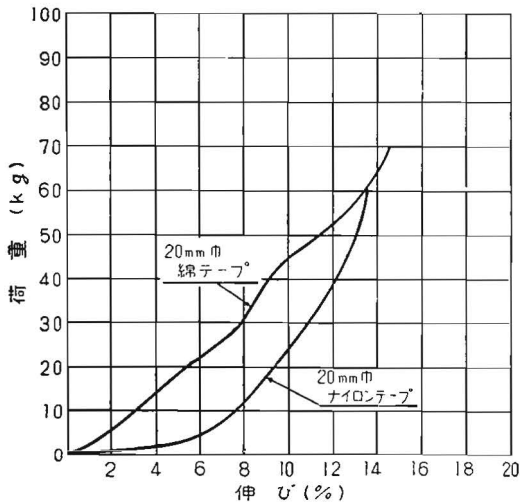


図 8 ナイロンおよび綿テープの荷重と伸びの関係

表 1 ハンモック用テープの材質による安全帽の性能の比較

テープの材質	単位mm				
	1	2	3	4	5
ナイロン製テープ	30	30	33	31	30
綿製テープ	27	26	28	21	26

によくなっている。従来ハンモック用のテープは引張強さだけが問題とされていたが、如何に引張強さが強くても伸び率の多いものはハンモック用テープとしては不適当であることが、この実験によって明瞭となる。

表 2 帽体と内装との連結が紐止めの場合の性能

試料番号	安全帽の重量 (g)	帽体の変形 (mm)	着装体の伸び (mm)	合計 (mm)	衝撃荷重 (kg)
No. 1	390	8.5	21.5	30	297
No. 2	380	9.5	20.5	30	255

注 (1) 帽体はABS樹脂製

(2) ハンモックは20mm幅の綿テープ

表 3 帽体と内装との連結がブラケット止めの場合の性能

試料番号	安全帽の重量 (g)	帽体の変形 (mm)	着装体の伸び (mm)	合計 (mm)	衝撃荷重 (kg)
No. 1	400	13.5	14.5	28	297
No. 2	395	11.5	9.5	21	354
No. 3	400	12.0	14.0	26	360
No. 4	390	9.75	12.25	22	314
No. 5	390	13.0	13.0	26	345

注 (1) 帽体はABS樹脂製

(2) ハンモックは20mm幅の綿テープ

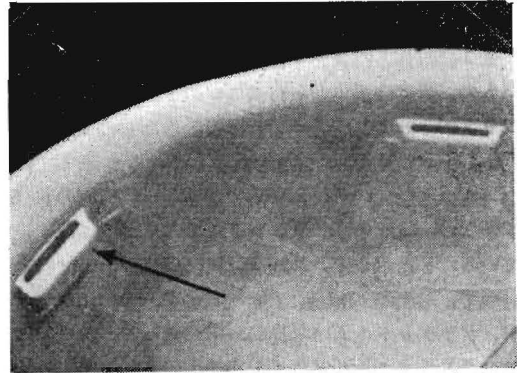


図 9

5. 帽体と着装体との連結方法がハンモックの伸びならびに安全帽の性能に及ぼす影響

前述したように帽体と着装体とを繊維製の丸紐で連結したもので、この紐がしめにくいし、相当強くしめてあつても衝撃試験における性能は幾分かは低下する。

また紐を通す穴のピッチなども性能に影響する。

図9の矢印に見られるごとく帽体から内側にコの字型に突出したブラケットの矩型の穴にテープを通して連結する方法、あるいはこれに類似した手段によれば、連結するための性能に及ぼす影響の大部分が取除かれるはずである。

表2および3は帽体とハンモック用のテープは共に同一品で、帽体との連結方法のみが異なる場合の、衝撃試験における着装体の伸びや安全帽の性能をあらわした。

のである。

表2は帽体と内装とを径4mmの化繊の丸紐で連結したもので、表3は帽体から内側にコの字型に突出したブラケットの矩形の穴にテープを直接通したものである。表2および3で着装体の伸びを比較してみると表2では平均21mm伸びているが、表3では平均12.2mmの伸びにすぎない。紐止めはブラケット止めより約72%多く伸びている。したがって、これが性能に影響するのは当然であつて、合計欄の成績において紐止めは30mmであるが、ブラケット止めは平均24.6mmとなり、紐止めはブラケット止めより22%多く変形している。

この両表の比較によつて明瞭なように帽体と着装体との連結方法も安全帽の性能に大きく影響するから、連結はブラケット、あるいはそれに類似した方法によるのが有利である。

帽体およびハンモック用テープは何れも衝撃荷重によつて変形しあるいは伸びる性質があるから、この両者間には相関関係があり、同一帽体でも着装体の伸びを少くすれば、着装体によつて吸収されなかつたエネルギーはそれだけ帽体の方に多くかかるため、帽体の変形が多くなる。

同じ帽体でありながら表2の帽体の変形よりも表3の方が多くなっているのは以上のごとき理由によるものである。

6. む す び

安全帽の帽体の材質としては、従来から使用されているもの、新しく開発されたものなど数種類が市販されて

いる。特にこの1～2年来ハイゼックス、ABS樹脂、ポリカーボネート等の新しい材質の製品があらわれているが、これらは海外においてはすでに相当普及しているといわれ、我国でも、その製造が急がれたものである。

しかし、製品化して間もなく性能上のトラブルを起したり、相当長期にわたつて商品化できなかった例もある。たとえばABS樹脂製の帽体に対し、シンナを溶剤とした塗料で塗装すると、帽体はもろくなつて、衝撃をうけると割れるようになるし、ポリカーボネート製のものも大体同じような傾向があるといわれる。したがってこれらの帽体に対しては勝手に塗装することは禁物である。また、ハイゼックス製の帽体は季節的な温度の影響で、その性能が変りやすいなどの欠陥がある。これらの新しい材料は原料費が高むというので、初めは特殊用途を目的とした電気用安全帽を対象として製造されたが、その製造工程は射出成形機によるので量産できるために、生産費は比較的低下するといわれ、最近では一般産業用の安全帽としても進出するまでになつている。

しかし、従来から使用されている材質でも、変形の特性曲線から判断すると、ポリエステル樹脂製のごときは一般産業用安全帽の帽体の材質としては優秀な条件を備えたものとして、むしろ見直さるべきものであると思われる。ただ新しい材質、すなわち熱可塑性のもののように量産できないという点だけが今後の問題として残されている。

Measurement of Electrostatic Charges in Loading Oil Tank Trucks.

by S. Kozuki
K. Sakanushi

Some explosion accidents occurred while oil is loaded into tank trucks were reported. Therefore, to prevent these accidents, the writers measured the electrostatic charges induced and accumulated in loading rubber-tired oil tank trucks with gasoline and fuel oil. The writers found out there are some definite relations between induced electrostatic charges and loading conditions.

Effects of Material and Construction of Safety Helment on its Performances

by T. Ando
T. Sato
S. Sueyoshi

With an aim of adding to the betterment [of performances of safety helmets, the writers conducted the rigidity test on safety helmets made of various materials, so that the suitability of each material might be graded.

Secondly, the writers studied the deformation phenomenon which occurs when the safety helmet is subjected to the impact by a falling object, and found that the method of binding the hammock to the shell affects considerably the performances of helmet.

Thus, backed up by tests writers conducted, they proved that the elongation of hammock greatly influences the performances of safety helmet.

On Result of Comparison between "On—the—Job " Accidents and " Off—the—Job " Accidents

by Section of Technical
Gnidance

As the result of our investigation of comparing "on-the-job" accidents with "off-the-job" accidents occurred in the period of Jan. 1st ~ March 31st, 1962 in 133 plants from various industries in Japan each of which employed more than 100 workers, the