

Research Report of the Research Institute
of Industrial Safety, RIIS-SRR-87, 1987.
UDC 624 : 614. 821 : 69. 057

V 木造住宅屋根工事用の親綱システムの具備条件

小川 勝教* 中屋敷 勝也*

On the Safety of Lifeline Employed in the Works on the Sloped Roof

by Katsunori OGAWA* Katsuya NAKAYASHIKI*

Abstract ; Every year heavy casualties take place in construction industry. In particular, fall accidents represent about 40% of the fatality in construction industry. Among them, the wooden house construction sector has a higher accident frequency rate than the other construction sectors. Whill the lifeline has been used for the prevention of fall accidents in the construction site, the specification of it is yet to be standardized.

This report investigates experimentally into the dynamic characteristics of lifeline employed in the work on the sloped roof.

The experiments were carried out by dropping a dummy connected to lifeline along the roof. Experimental condition are as follows :

- 1) Lifeline ; ϕ 5 and ϕ 9mm wire ropes and ϕ 10, ϕ 12 and ϕ 16mm nylon ropes
- 2) Length of lifeline ; 3, 5 and 7m.
- 3) Length of horizontal lifeline ; 2, 3 and 5m.
- 4) Angle of sloped roof ; 20-45 degrees.
- 5) Weight of dummy : 75.8kg.

The results of the experiments are summarized as follows :

- 1) The impact load of the dummy is not influenced by the length and diameter of lifeline on condition that the descent distance is the same.
- 2) For the lifeline of wire, the more the stiffness of the parts suspending the lifeline is increased, the larger the impact load of the dummy becomes.
- 3) For the lifeline of nylon, the impact load of the dummy is not influenced by the stiffness of its parts.
- 4) For the horizontal lifeline of nylon, the impact load of the dummy is 1.0~1.7 times as large as that for the vertical lifeline.
- 5) For the horizontal lifeline of wire, the impact load of the dummy is 2.5~3.5 times, as large as that for the vertical lifeline. With respect of the impact load of the dummy, the empirical expression is shown in chapter 3.

Keywords ; Construction work, Fall, Impact load, Lifeline, Safety equipment, Temporary construction equipment

* 土木建築研究部, Construction Safety Research Division

1. 緒言

墜落・転落による労働災害の発生件数は、労働災害の第1位を占め、繰返型災害の典型とされている。その発生場所はさまざまであるが、特に建設工事現場で多数発生しており、その中でも木造建築工事等小規模建築工事において、足場、屋根等からの墜落がきわめて多い。「昭和59年建設業における死亡災害の種類別、工事の種類別発生状況」によると、木造家屋建築工事関係での災害は、建設工事全体の約10%を占め、その木造家屋建築工事関係の災害のうち、墜落災害は約74%となっている。

労働安全衛生規則によると、高さ2 m以上で作業を行う場合は、当該作業位置に作業床を設け、かつ、作業床周辺に手摺等を取り付けることが規定されており、それらが困難である場合は、安全ネットを張るか、作業者に安全帯を使用させる等の墜落防止の措置を講じたのちでなければ、作業させてはならないことになっている。しかし、建設工事現場のように作業環境が時々刻々と変化する場合には、作業床を設けることが困難となり、安全帯の使用を行わなければならない機会も多くなる。

他方、我が国の労働人口の高齢化とともに、建設工事に従事する高齢作業者の比率も高まりつつあり、特に、木造建築工事等小規模建設工事には、高齢作業者の就労が多いことから、高齢作業者に対する墜落災害防止技術の確立が急がれている。

本報においては、最も同災害の多発傾向にある木造住宅建築時の屋根作業において、安全帯が容易に使用でき、また高齢作業者をも念頭においた親綱システムの具備すべき必要条件を明確にするために、一連の研究を行ったので、以下にその内容を報告する。

2. 実験方法等

2.1 模擬屋根及び測定装置

この研究を行うにあたって、勾配を自由に变化することができる木造家屋の模擬屋根(幅2.7m,長さ8m)を製作した。

Photo. 1及び2に示すように、この屋根の上を落体が滑落するときの滑落距離を容易に測定することができるよう模擬屋根面には10cm間隔に白線で目盛をひいた。滑落面は鉄板葺のもの、日本瓦を張った瓦葺のもの2種類とした。なお、屋根の頂部には、親綱



Photo. 1 M imic roof laid with galvanized iron sheet
カラー鉄板葺模擬屋根



Photo. 2 Mimic roof laid with tiles
瓦葺模擬屋根

等が取付けられる鋼製の支持部を備えた。

測定装置は、垂直親網により落体の滑落を阻止したときの水平親網に作用する荷重、垂直親網に作用する荷重及び落体に作用する加速度を計測するために動歪計—電磁オシログラフ等を使用した。また、落体の滑落量及び滑落速度を計測するために16mm 撮影機及びビデオカメラを使用した。

2.2 実験条件

2.2.1 模擬屋根の勾配

木造住宅の屋根勾配は、カラー鉄板葺屋根で10~15度、瓦葺屋根で20~25度程度が一般的である。そこで、実験においては、木造住宅の屋根の多半を占めるであろうと思われる10~45度の屋根勾配を対象として、45度の場合について主に行うこととした。なお、屋根勾配の相違による滑落の状況を調べる場合においては、5度間隔で、模擬屋根の勾配を変化させた。

2.2.2 垂直親網の支持点

屋根作業において垂直親網を使用する方法としては、垂直親網を固定支点に取り付ける方法と、作業者の横移動に対応して自動的に移動する支点として水平親網を用いる方法の2通りがある。

そこで、実験においては、固定支点の場合は、親網に作用する荷重が支点の弾性に影響されるものと思われるので、支点の弾性を変化させるため、Table 1に示

すコイルバネを実験に応じ種々取り付けた。また、垂直親網の支持点として水平親網を用いる場合は、20~30kgfの初期張力で張ったナイロンロープ製又はワイヤロープ製水平親網の midpoint に垂直親網を取り付けた。

2.3 供試用親網

実験に用いた垂直親網及び水平親網は、実用面を考慮し、Table 2に示すワイヤロープとナイロンロープの材料のものとした。

親網の長さは、垂直親網にあつては、3 m, 5 m, 7 m, 水平親網にあつては、2 m, 3 m, 5 mとした。

また、親網の末端は Fig. 1に示すように、サツマ加工のアイ加工とした。

2.4 作用荷重、加速度、滑落距離等の測定方法

2.4.1 作用荷重及び加速度の測定

垂直親網に衝撃荷重が作用した場合の作用荷重の測定は、垂直親網の支持点に取り付けられた最高1 tonfまで測定可能なロードセルにより測定し、動歪計—電磁オシログラフ等を用いて記録することにした。一方、垂直親網の支持点として水平親網を用いた場合の水平親網の取付点の作用荷重の測定には、親網の末端と取付点との間に3 tonfまで測定可能なロードセルを使

Table 1 List of springs
コイルバネの種類

公称バネ定数 kgf/mm	材料径 mm	コイルバネの 中心径 mm	有効巻数	バネ長 mm	重量 kgf	許容引張力 kgf
5	φ 12	φ 68	12.5	288	2.5	490
10	φ 16	φ 84	10.5	330	5	980

Table 2 List of lifelines
供試用親網の種類

親網の材料	公称径 mm
ワイヤロープ	φ 5
	φ 9
ナイロンロープ	φ 10
	φ 12
	φ 16

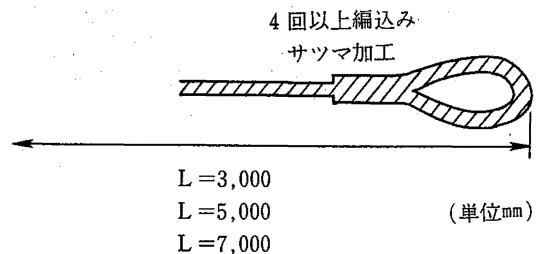


Fig. 1 Shape of the end of lifeline
供試用親網の末端の形状

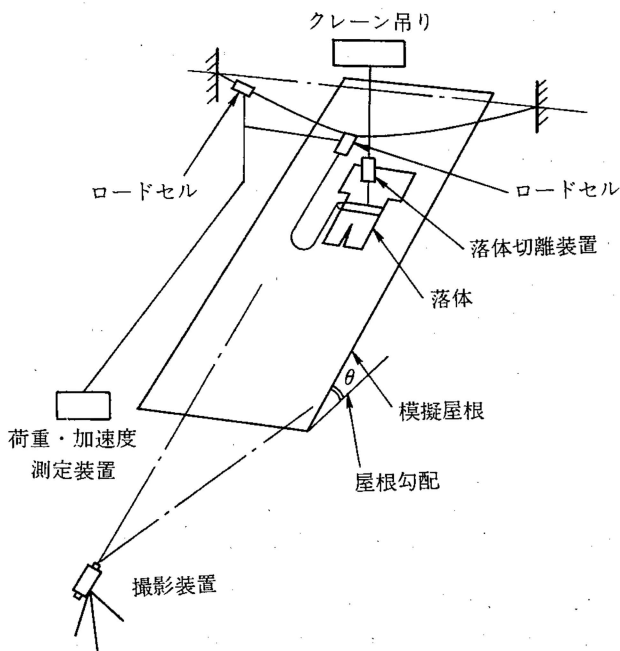


Fig. 2 Schematic diagram of the experiment
実験概要図



Photo. 3 Dummy for the experiment
落体

用し、垂直親綱の作用荷重と同時に記録した。また、加速度を測定するため、落体に最高20Gまで測定可能な三軸加速度計を内蔵させた。

2.4.2 滑落距離及び速度の測定

落体の滑落距離及びその時の速度は、16mmカメラ撮影による撮影フィルムの解析及びビデオカメラによるビデオ画像解析の2方法を併用して行った。

2.5 実験方法

実験は、垂直親綱の下端が安全帯のベルトのD環に直接取り付けられている安全帯のベルトを装着した落体を所定の距離滑落させ、落体の滑落を阻止した場合における垂直親綱支点に作用する衝撃荷重、水平親綱を支持点とした場合の水平親綱の取付点に作用する衝撃荷重、落体に作用する加速度及び落体の速度を測定することとした。水平親綱を垂直親綱の支持点とした場合における実験概要図を Fig. 2に示す。

落体の滑落は落体をホイストにより模擬屋根に沿って所定の屋根面の位置まで引き上げ、電磁石を利用した落体切離装置により滑落させた。

落体には Photo. 3に示すように、高さ90cm、幅49cm、重量75.8kg fの胴部人体ダミーを用いた。なお、ダミーには、ポリエステル65%、綿35%の衣製の上下つなぎの作業服を着せ、ダミーの重心位置にA種安全帯のベルトを装着した。ベルトは、実験毎に締め直し、また、D環は変形をおこしたものはその都度取替えた。

3. 実験結果及び考察

3.1 衝撃荷重について

3.1.1 滑落距離による影響

模擬屋根の勾配が45度で、親綱の長さ5mのものを剛な支持点に取り付けた場合について、落体の滑落距離に対する衝撃荷重の関係を調べた。結果はカラー鉄板葺のものについては Fig. 3に、瓦葺のものについては Fig. 4に示す。

衝撃荷重は、滑落距離に対し直線的に比例し、滑落距離が長くなるほど、それらの値は増大した。ワイヤロープ製親綱の場合、滑落距離が1m増大することにより衝撃荷重が約200kgf増加することがわかった。また、ナイロンロープ製親綱の場合は、約50kgfほど増加するものの、衝撃荷重は、ワイヤロープ製親綱と比べて半分以下と小さく、親綱の長さと同程度の距離を滑落させた場合にあっても約400kgfとなった。

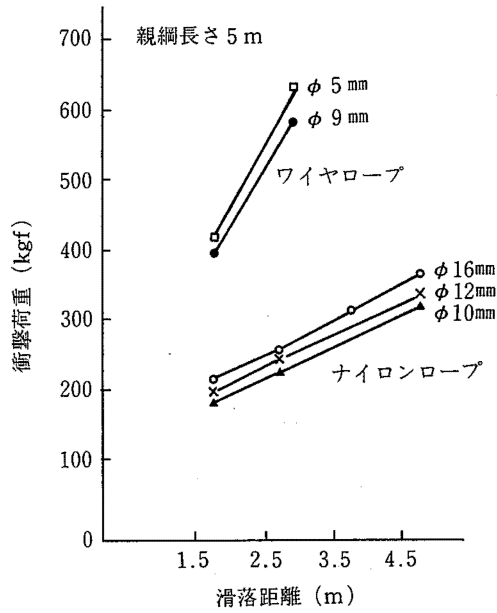


Fig. 3 Relation between descent distance and impact load in case of roof laid with galvanized iron sheet
滑落距離と衝撃荷重の関係 (カラー鉄板葺)

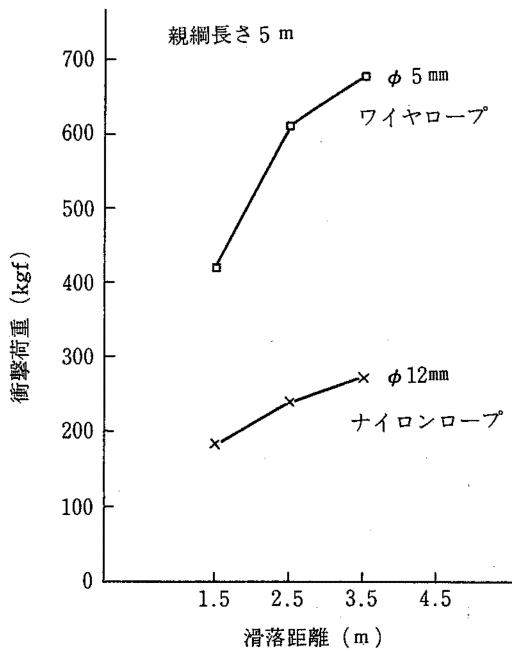


Fig. 4 Relation between descent distance and impact load in case of roof laid with tiles
滑落距離と衝撃荷重の関係 (瓦葺)

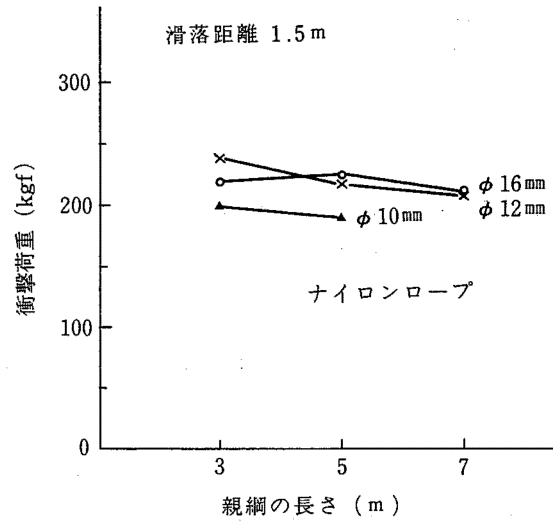


Fig. 5 Relation between length of lifeline and impact load
親網の長さ と 衝撃荷重の関係

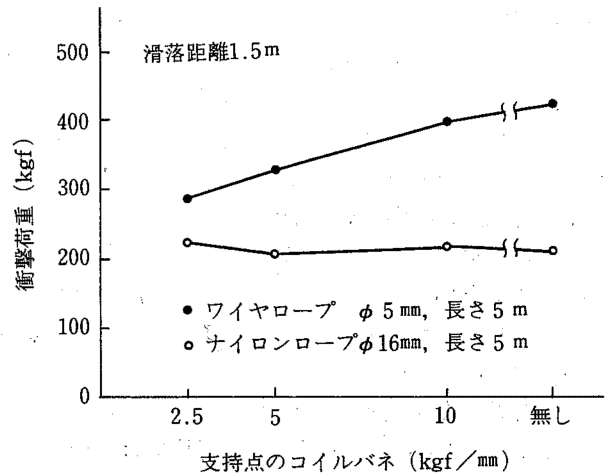


Fig. 6 Relation between stiffness of spring and impact load
コイルバネの剛性と衝撃荷重の関係

なお、今回の実験の範囲内では、親網の径の大きさによる衝撃荷重の差異はあまりなかった。

3.1.2 親網の長さによる影響

Fig. 5にナイロンロープ製親網を使用したときにおける親網の長さに対する衝撃荷重の関係を示す。衝撃荷重は、親網の長さの増大に応じて減少しているようであるが、その減少程度は小さく、親網の長さによる影響は、実質的には考えなくてもよい程度のものであると思われる。ただし、これは、親網の長さが3~7 mの場合に對し言えることであり、親網の長さが非常

に短い場合、又は、かなり長い場合には大きな影響が現れてくるかもしれないので注意を必要とする。なお、ワイヤロープ製親綱の場合にあっても、ナイロンロープ製親綱と同様、親綱の長さによる影響はあまりなかった。

3.1.3 支持点の弾性による影響

親綱の支持点の弾性が親綱の衝撃荷重に与える影響を調べるため、支持点にコイルバネを使用した。一般に、支持点にコイルバネを使用することは、剛な支持点に比べ、より以上の緩衝効果が現われることが予想される。

Fig. 6は、支持点にコイルバネを用いたワイヤロープ製親綱及びナイロンロープ製親綱について、落体を同一距離滑落させた場合のときの衝撃荷重を調べたものである。その結果、ワイヤロープ製親綱の場合、支持点に取り付けたコイルバネのバネ定数が高いほど、衝撃荷重は大きくなった。

一方、ナイロンロープ製親綱の場合には、ワイヤロープ製親綱のようなコイルバネの影響はあまりなかった。これは、支持点に使用したコイルバネのバネ定数に比較してナイロンロープ製親綱の相当バネ定数がかなり低いため、支持点のコイルバネの弾性の影響は無視できることを意味しているものと思われる。

3.1.4 繰返し使用による影響

ナイロンロープ製親綱を使用した場合において、繰返し衝撃を加えることにより、どの程度、衝撃荷重値が低下するのかを確認するために行った実験の結果を Fig. 7に示す。

その結果、衝撃荷重値に顕著な変化は見られなかった。これは、約400kgf程度の衝撃荷重では、ナイロンロープに塑性変形等損傷が生じないためであろうと思われる。

3.1.5 垂直親綱を安全帯ロープの支持点とする場合による影響

ワイヤロープ製の垂直親綱を安全帯ロープ（ナイロン製で径10mm、長さ1.5mであるもの）の支持点とする場合の衝撃荷重を調べた結果を Table 3に示す。

その結果、ワイヤロープ製親綱だけの場合と比べて50～62%の値まで衝撃荷重が低下した。また、3.1.3のときのワイヤロープ製親綱の支持点にバネ定数2.5kgf/mmのコイルバネを用いた場合よりも衝撃荷重が低かった。

以上のことより、ワイヤロープ製親綱を用いる場合には、衝撃荷重を低下させるため、支持点に弾性を与

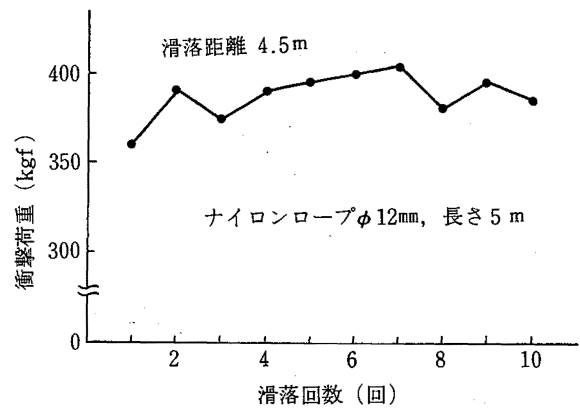


Fig. 7 Relation between the number of fall and impact load
滑落回数と衝撃荷重の関係

Table 3 Values of impact load in case of using nylon rope instead of connecting safety belt with vertical lifeline of wire directly
垂直親綱を安全帯ロープの支持点とする場合の衝撃荷重値

親綱の種類	滑落距離 (m)	衝撃荷重 (kgf)
ワイヤロープ φ 5 mm L = 3 mm	1.5	250
	2.5	356
	3.0	411
ワイヤロープ φ 5 mm L = 5 m	1.5	266
	4.5	546
	5.5	661

えるなど工夫するよりも、垂直親綱を安全帯ロープの支持点として使用するのが有効であると思われる。

3.1.6 水平親綱を垂直親綱の支持点とする場合について

Fig. 8に垂直親綱の支持点として水平親綱を用いた場合における衝撃荷重の結果を示す。

まず、垂直親綱についての衝撃荷重は、3.1.3と同様、垂直親綱がナイロンロープ製の場合は、水平親綱の種類による影響はあまりなかったが、ワイヤロープ製の場合は、水平親綱がナイロンロープ製であるか、又はワイヤロープ製であるかの違いにより、かなり影響された。これは、3.1.3で述べた理由と同様の理由によるものと思われる。

次に、水平親綱の衝撃荷重については、水平親綱の

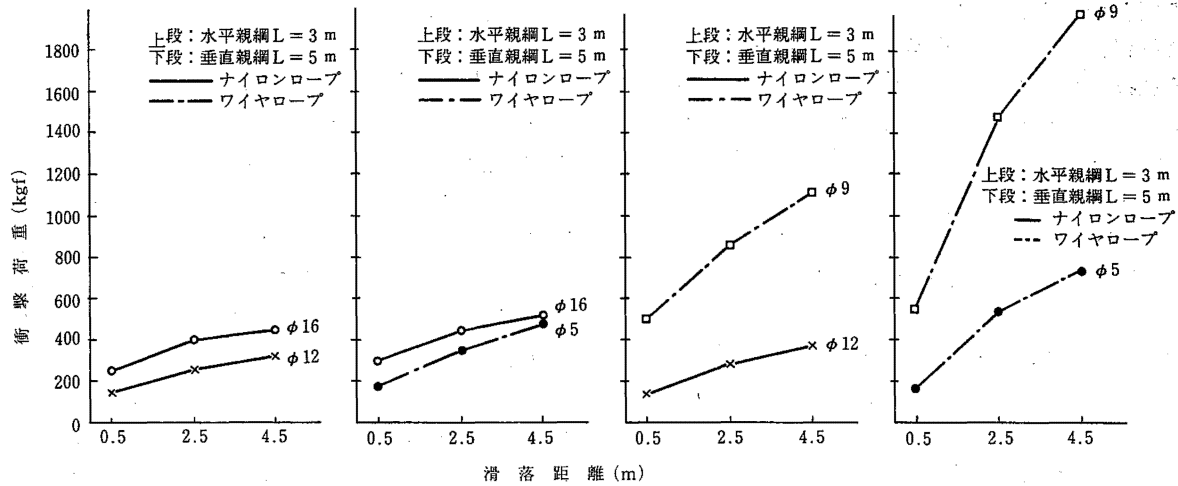


Fig. 8 Relations between descent distance and impact load in case of using horizontal lifeline
 滑落距離と垂直親網及び水平親網の衝撃荷重の関係

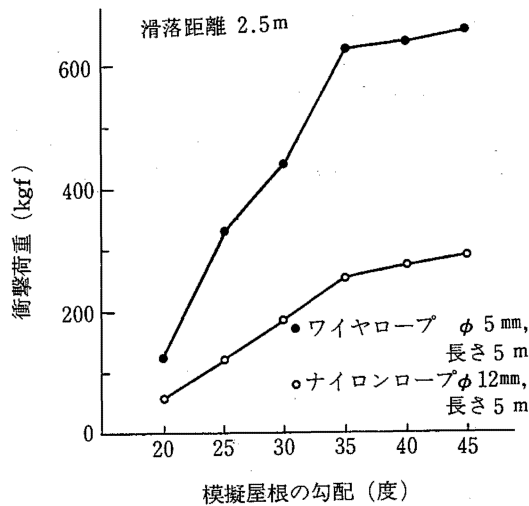


Fig. 9 Relation between slope and impact load in case of roof laid with galvanized iron sheet
 勾配と衝撃荷重の関係(カラー鉄板葺)

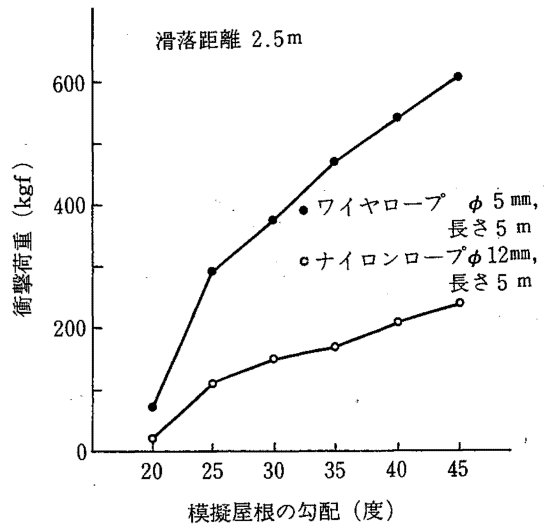


Fig. 10 Relation between slope and impact load in case of roof laid with tiles
 勾配と衝撃荷重の関係(瓦葺)

種類により、かなり大きな差を生じ、同じ種類の垂直親網でかつ同一滑落距離において、衝撃荷重が最大約1500kgfの違いを生じた。

なお、水平親網の衝撃荷重は、垂直親網に対する衝撃荷重を1としたとき、ナイロンロープ製水平親網は1.0~1.7、ワイヤロープ製水平親網は2.5~3.5となることがわかった。

3.1.7 模擬屋根の勾配による影響

前項までは、模擬屋根の勾配を45度とした場合にお

いて、種々の観点から調べた実験結果を示してきたが、本項では、模擬屋根の勾配を変化させたときの衝撃荷重の変化の様子を調べた。

滑落距離を2.5mに固定して、45度の角度から5度づつ勾配を下げて実験を行った結果を Fig. 9及び Fig. 10に示す。

衝撃荷重は、ナイロンロープ製親網、ワイヤロープ製親網とも、角度が大きくなるにつれて大きくなるが、ワイヤロープ製親網の方がナイロンロープ製親網より

も増加の割合が大きかった。また、同一角度においては、瓦葺屋根よりカラー鉄板葺屋根の方が落体と屋根面の摩擦抵抗が少なく、落下速度が大きいため、衝撃荷重の値が大きくなることが確認された。なお、模擬屋根の勾配が15度以下のときは、落体は滑落しなかった。

次に、勾配を変化させたときにおける滑落距離の相違による影響を調べた結果を Fig. 11及び Fig. 12に示す。

その結果、傾きにかかわらず、ワイヤロープ製親綱を使用して0.5m 滑落させた場合は、ナイロンロープ製親綱を使用して2.5m 滑落させた場合にほぼ相当することがわかった。従って、ワイヤロープ製親綱を使用した場合は、ナイロンロープ製親綱に比べて、同一角度においても滑落距離が長い場合には衝撃荷重の値が相当大きくなるので注意を要する必要がある。

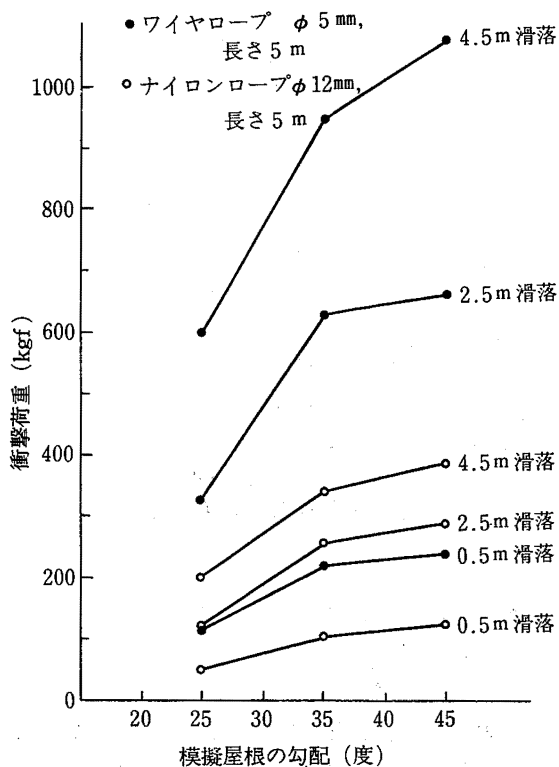


Fig. 11 Relation between slope, descent distance and impact load in case of roof laid with galvanized iron sheet
勾配及び滑落距離と衝撃荷重の関係 (カラー鉄板葺)

3.2 減速度等について

3.2.1 落体に作用する減速度について

一般に、傷害の程度を軽減するためには、衝突における加速度（又は減速度）の最大値を低くすることを目標とすればよいと言われている。そこで、落体に内蔵された加速度計で測定した滑落方向の最大加速度をここで減速度と定義して、勾配45度における滑落距離と減速度の関係を調べた結果を Fig. 13に、勾配と減速度の関係を調べた結果を Fig. 14に示す。

その結果、ワイヤロープ製親綱の場合は、ナイロンロープ製親綱のときに比べてかなり大きい減速度であることがわかった。何らかの自覚的残さない限度、即ち減速度の安全限界は、6 Gと大島正光氏らが提唱されている点を考慮すると、親綱としてはナイロンロープを使用の方が望ましく、ワイヤロープ製のものを使用する場合は注意を必要とするであろう。

3.2.2 落体に作用する衝撃度について

横軸に時間軸、縦軸に加速度及び衝撃荷重値をとった衝撃波形の例を Fig. 15示す。

その結果、ナイロンロープ製親綱の場合とワイヤロープ製親綱の場合では波形が相当違うことがわかった。

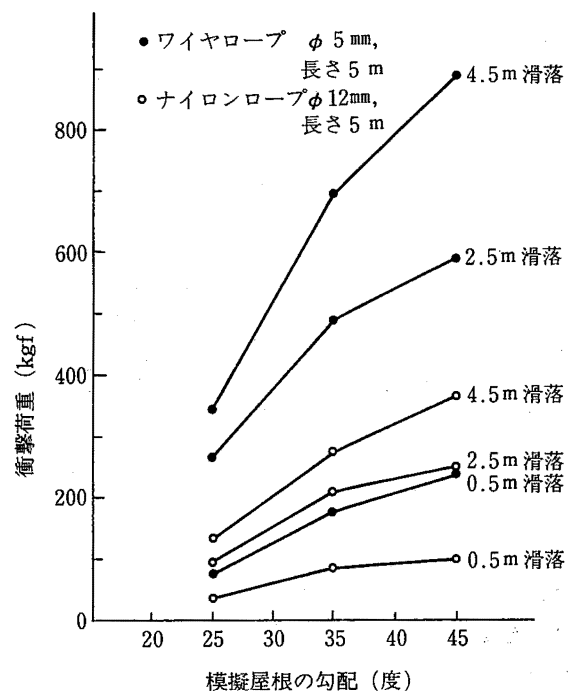


Fig. 12 Relation between slope, descent distance and impact load in case of roof laid with tiles
勾配及び滑落距離と衝撃荷重の関係 (瓦葺)

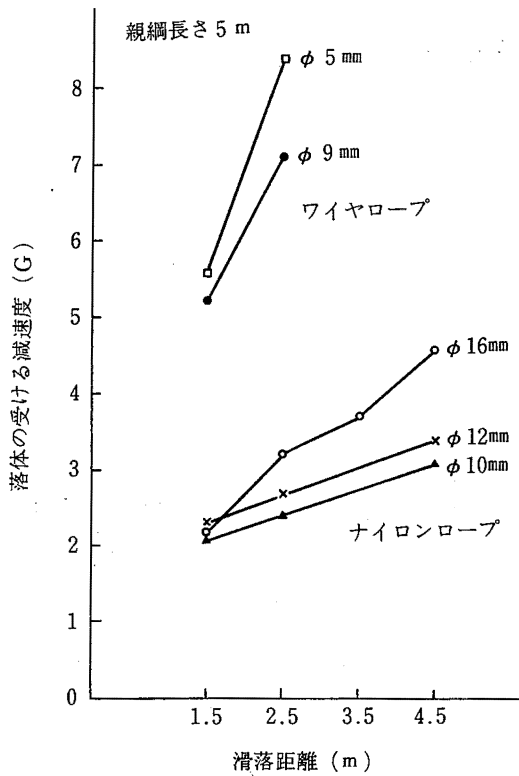


Fig. 13 Relation between descent distance and deceleration
 滑落距離と減速度の関係

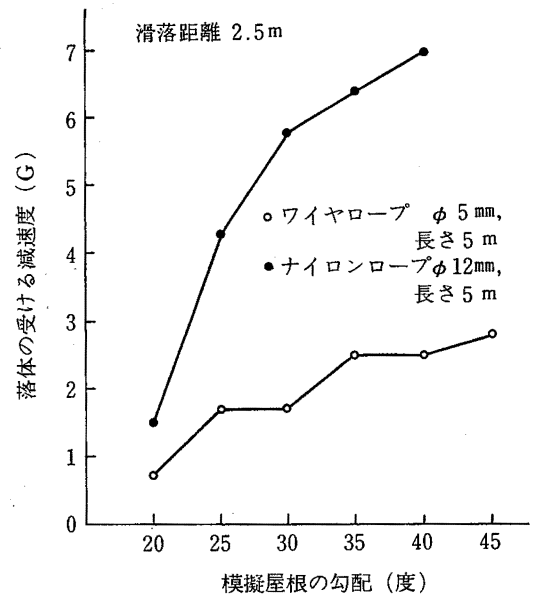


Fig. 14 Relation between slope and deceleration
 勾配と減速度の関係

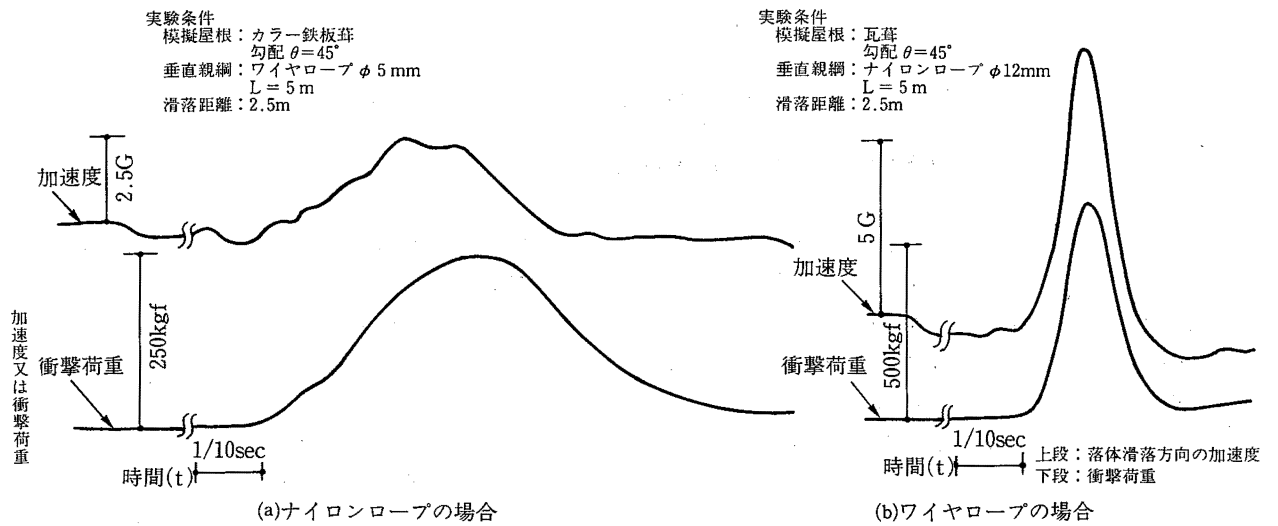


Fig. 15 Waves of deceleration and impact load recorded by oscillograph.
 落体滑落時のオシログラフの波形

そこで、減速度 (Fig. 15中の記号 G) と立上り時間 (Fig. 15中の記号 t) との比をここで衝撃度と定義して、種々の支持点条件下でのナイロンロープ製親網及

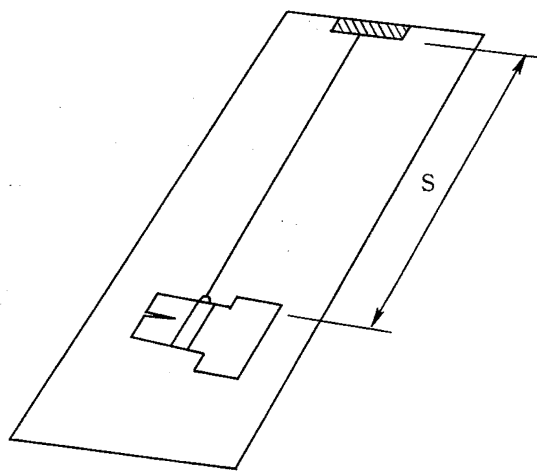
びワイヤロープ製親網使用時の衝撃度を調べた結果を Table 4に示す。減速度が同じ値でも、最大値までに達する時間 (立上り時間) が短ければ、即ち、衝撃度

Table 4 Values of onset rate
落体に作用する衝撃度の値

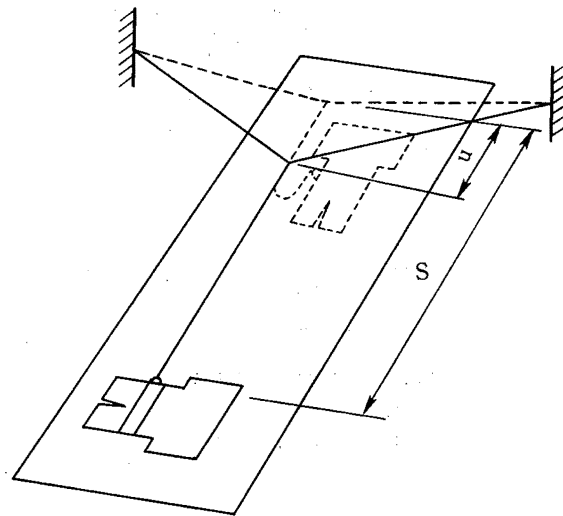
単位は G/sec

支持点条件 親綱種類	堅固なものに に取付け	コイルバネ 2.5kgf/mmを 介して取付け	水平親綱 ワイヤロープ φ9 L=3mに 取付け	水平親綱 ワイヤロープ φ9 L=5mに 取付け	水平親綱 ナイロンロープ φ16L=3mに 取付け	水平親綱 ナイロンロープ φ16L=5mに 取付け
ナイロンロープ φ12mm, 5m	15.0	16.5	12.4	11.6	8.6	6.7
ワイヤロープ φ5mm, 5m	84.0	35.0	45.0	39.3	18.7	12.1

(滑落距離 2.5m)



(a) 固定支持点の場合



(b) 水平親綱を用いた場合

Fig. 16 Explanatory diagram of displacement (S) and deflection (U) at mid-span with impact load

伸び及び垂下量の取り方の説明図

が大きければ、速度が急激に変化するために、それだけ人体に対する影響は大きいものとなる。

その結果、前項の減速度の場合と同様、ワイヤロープ製親綱の場合は、ナイロンロープ製親綱の場合と比べて、かなり大きい衝撃度であることがわかった。しかし、何らかの自覚的症状を残さない限度、即ち衝撃度の面の安全限界は100G/secと大島氏らが提唱されている点を考慮すると、衝撃度の点では、普通の木造建築の小規模屋根作業においては、前述の安全限界を超える可能性は薄いであろう。

3.3 伸びについて

模擬屋根の勾配が45度であるときの落体の滑落距離と親綱の支持点より最高に親綱が伸びた位置までの距

離 (Fig. 16(a)中の記号 S) の関係を Fig. 17に、水平親綱を垂直親綱の支持点とした場合における落体の滑落距離と水平親綱の垂下量 (Fig. 16(b)中の記号 u) 及び垂直親綱の当初の支持点の位置より最高に親綱が伸びた位置までの距離 (Fig. 16(b)中の記号 S) の関係を Fig. 18に、標擬屋根の勾配を変化させたときの角度と Fig. 16(a)中の記号 S の関係を Fig. 19に示す。

親綱の伸びは滑落距離に対し、直線的に比例し、滑落距離が長くなるほど、それらの値は増大した。また、衝撃荷重とは異なり、径が小さくなるほど伸びは大きくなり、径16mmのナイロンロープ製親綱で親綱の長さの6~10%、径12mmで10~16%、径10mmで10~19%の伸び量であった。

水平親綱をナイロンロープ製垂直親綱に取り付けた

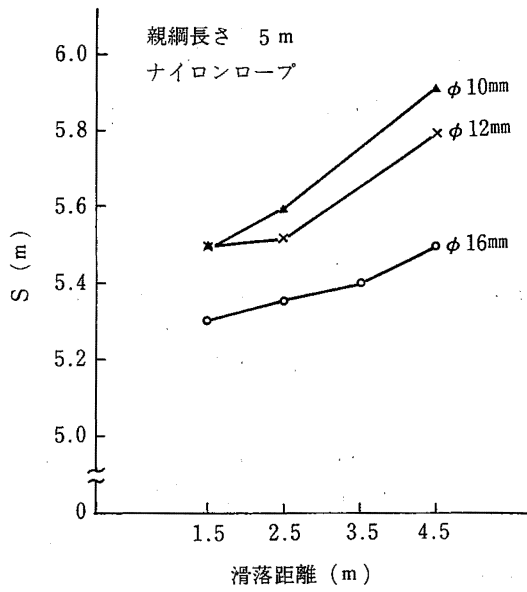


Fig. 17 Relation between descent distance and displacement (S)
滑落距離と伸びの関係

場合、水平親網の径及び長さ並びに垂直親網の径及び長さが同じであれば、Fig. 16(b)中の記号Sの値は、同一滑落距離に対して、それ程相違ないということがわ

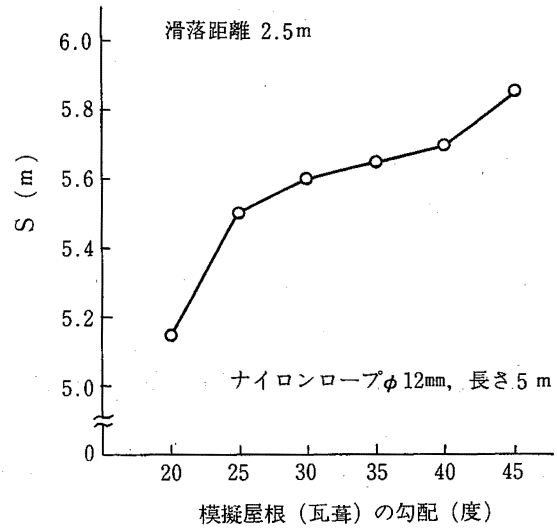


Fig. 19 Relation between slope and displacement (S)
勾配と伸びの関係

かった。つまり、水平親網がナイロンロープ製の場合は、水平親網の垂下量は大きいですが、その分衝撃荷重が小さくなって垂直親網の伸び (Fig. 16(b)中の記号Sの値から記号uの値を差引いたもの) が小さくなり、一方、水平親網がワイヤロープ製の場合は、水平親網の

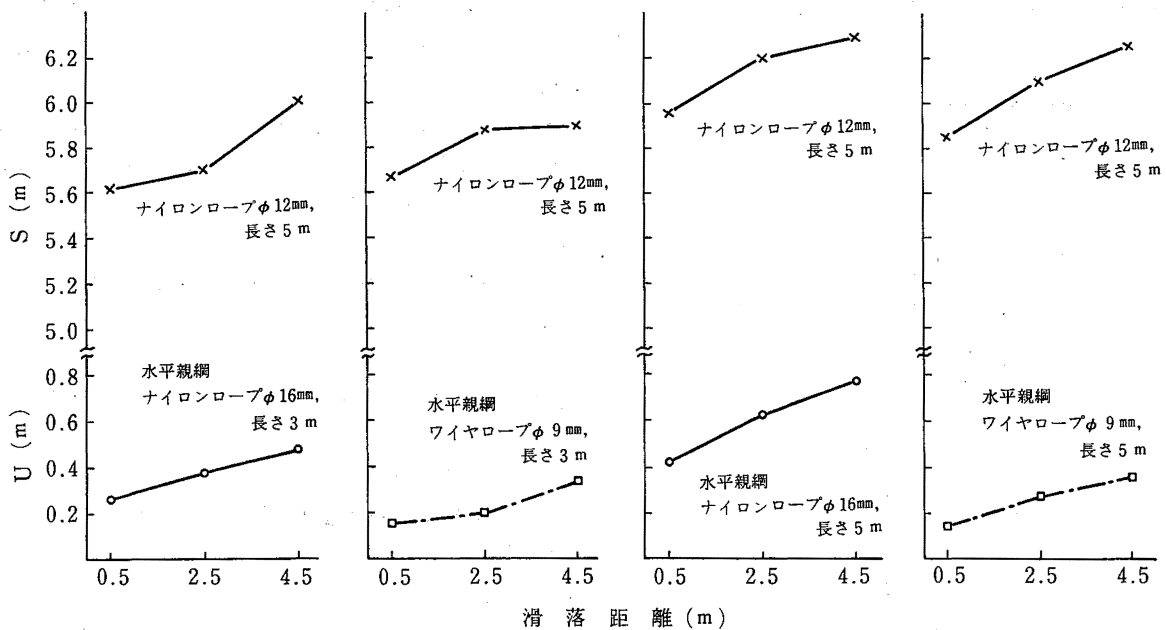


Fig. 18 Relations between descent distance and displacement (S) or deflection (U) in case using horizontal lifeline
滑落距離と伸び又は垂下量の関係

垂下量が小さい反面、衝撃荷重が大きくなって、垂直親綱の伸びが大きくなり、その2つの相互効果より Fig. 16(b)中の記号 S の値はそれほど相違ない結果になるであろう。

また、模擬屋根の勾配とナイロンロープ製親綱の伸びの関係は、Fig. 10と同様の傾向を示した。

なお、ワイヤロープ製垂直親綱の場合は、ナイロン製垂直親綱に比べ S の値が少なく親綱そのものの伸び量はごくわずかであった。

3.4 滑落阻止時における衝撃荷重に関する検討

ここでは、前節まで述べてきた実験結果に基づき、模擬屋根の勾配20～45度及び落体の滑落距離0.5～4.5 mの条件下で、長さ3～7 mのナイロンロープ製垂直親綱を使用した場合において落体の滑落を阻止したときに生ずる衝撃荷重の値について検討する。なお、検討にあたっては、実験で判明していない落体と屋根面間における動摩擦係数、親綱のバネ定数、安全帯の弾性係数等の諸係数を包括的に実験係数として処理を行うことにする。

3.4.1 自由落下時の衝撃荷重について

ここで、斜面滑落時の衝撃荷重に関する実験式を求めるため、まず、Fig. 20に示すように落体を自由落下させたときの実験を行い、その時に垂直親綱に作用する衝撃荷重を求めた。なお、HはFig. 21に示すとおり屋

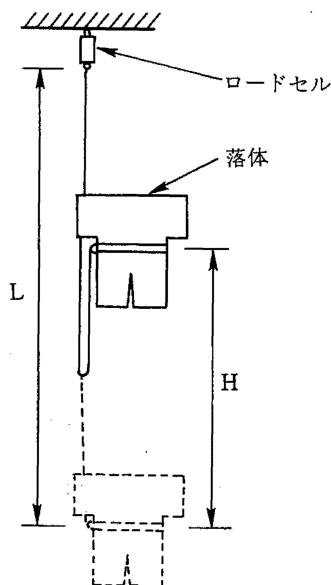


Fig. 20 Schematic diagram of freely falling test
自由落下実験の概要

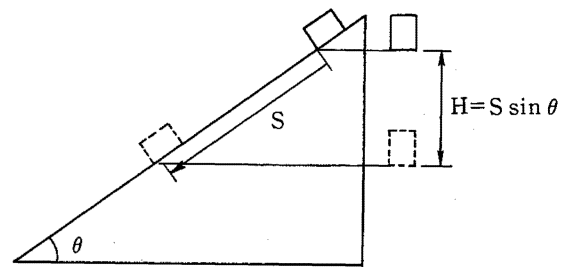


Fig. 21 Explanatory diagram of relation between descent distance (S) and height (H)
SとHの関係の説明図

Table 5 Values of impact load in the freely falling test
自由落下実験における衝撃荷重値

滑落距離 S (m)	自由落下 高さ $H = \frac{S}{\sqrt{2}}$ (m)	衝撃荷重 (kgf)			
		親綱径 16mm	親綱径 12mm	親綱径 10mm	平均
0.5	0.35	281	296	276	284
2.5	1.77	506	504	506	505
4.5	3.18	652	654	653	653

(親綱の長さ L = 5 m)

根勾配 $\theta = 45^\circ$ のときの値 $H = S \sin 45^\circ$ をとった。その実験結果を Table 5に示す。

その結果、模擬屋根上を滑落させる実験と同様、径10～16mmの範囲内では、親綱の径による衝撃荷重の差異はなかった。

そこで、Table 5の実験値と衝撃荷重の理論値 $(M + \sqrt{M^2 + 2 MKS \sin 45^\circ})$; ここで M は落体の重量 (kgf) とを比較する場合、理論値を求めるにはバネ定数 K が判明していなければ求められない。そのため、横軸に \sqrt{MS} 、縦軸に自由落下時の衝撃荷重 F_0 (kgf) をとり、Table 5の値をプロットし、 \sqrt{MS} と実験値の関係を調べてみると、Fig. 22のようになった。同図より F_0 と \sqrt{MS} は直線関係にあり、次の式のように表すことができた。

$$F_0 = 31.26 \sqrt{MS} + M \quad (1)$$

3.4.2 勾配における衝撃荷重について

親綱の径12mm、長さ5 mのナイロンロープ親綱を使用して、勾配45度の各種の模擬屋根の上で落体を滑落させた時の衝撃荷重 F_1 (kgf) と F_0 を比較した結果を Table 6に示す。

その結果、 F_1/F_0 はおおむね0.4～0.6の範囲内にあることがわかった。

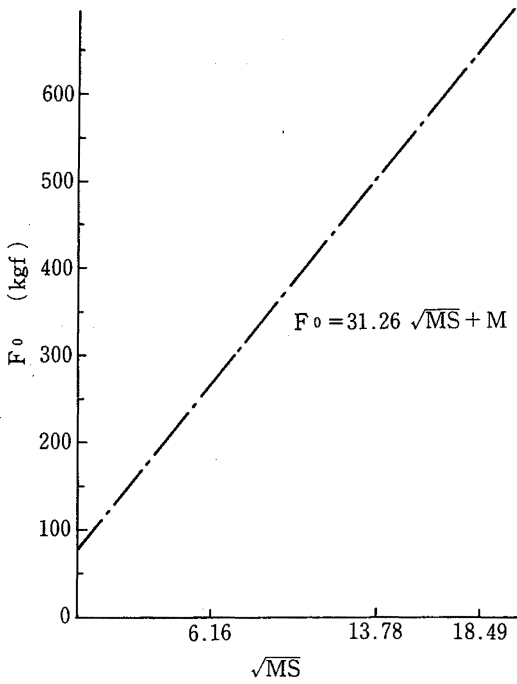


Fig. 22 Relation between \sqrt{MS} and F_0
 \sqrt{MS} と F_0 の関係

Table 6 Values of ratio (F_1/F_0)
 F_1/F_0 の値

		滑落距離 0.5m	滑落距離 2.5m	滑落距離 4.5m
ナイロン ロープ 径φ12mm L = 5 m	カラー 鉄板葺	0.42	0.54	0.56
	瓦 葺	0.43	0.48	0.58

そこで、包括的に

$$F_1 = 0.50F_0 \quad (2)$$

とすることとする。

次に、3.1.7の結果より、同一滑落距離における各種の勾配時の衝撃荷重 F (kgf) の、勾配45度の衝撃荷重 F_1 に対する割合と勾配 θ (度) との関係を探るため、横軸に $\sin\theta$ 、縦軸に F/F_1 をとると Fig. 23 のようになった。

そこで、勾配の小さい屋根を主に考慮し、便宜上、最小2乗法により、一次の近似式を求めると

$$F/F_1 = 2.27\sin\theta - 0.54 \quad (3)$$

の実験式が求められた。

3.4.3 衝撃荷重に関する実験式

上記の式(1)、(2)及び式(3)より

$$F = 0.50 (31.26\sqrt{MS} + M) (2.27\sin\theta - 0.54) \quad (4)$$

ここで、 F ：各勾配におけるナイロンロープ製親網の衝撃荷重 (kgf)

M ：落体の重量 (kgf)

S ：落体の滑落距離 (m)

θ ：模擬屋根の勾配 (度)

の実験式が求まった。

3.4.4 実験式の妥当性

落体を滑落させた場合におけるナイロンロープ製親網の衝撃荷重 F の値を式(4)の計算式より求め、実験値と比較を行い、実験式の妥当性について考察した。

Fig. 24は、衝撃荷重について、ナイロンロープ製垂直親網を剛な支持点に取り付け、落体を屋根面に沿って滑落させたときの全実験値を横軸に、計算値を縦軸にとり、各々プロットしたものである。

その結果、衝撃荷重について実験値と計算値の比が0.8~1.2の範囲、即ち、実験値に対する計算値と実験値の差が20%以内であるものが、実験数49件中の約82%を占めている。また、30%以内であるものが約94%を占めているが、残りの6%については実験値が計算値よりも小さくなっており、安全側になっている。

よって、式(4)の実験式は、一般に小規模屋根作業で

滑落距離2.5m (ナイロンロープφ12mm,
L = 5 m 使用)

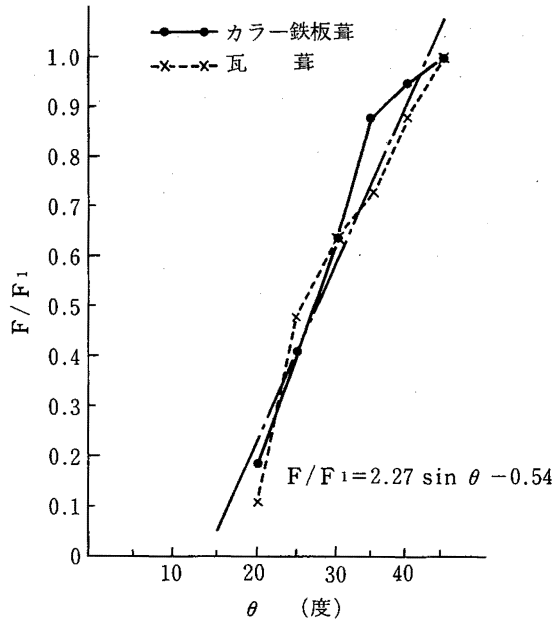


Fig. 23 Relation between θ and ratio (F/F_1)
 θ と F/F_1 の関係

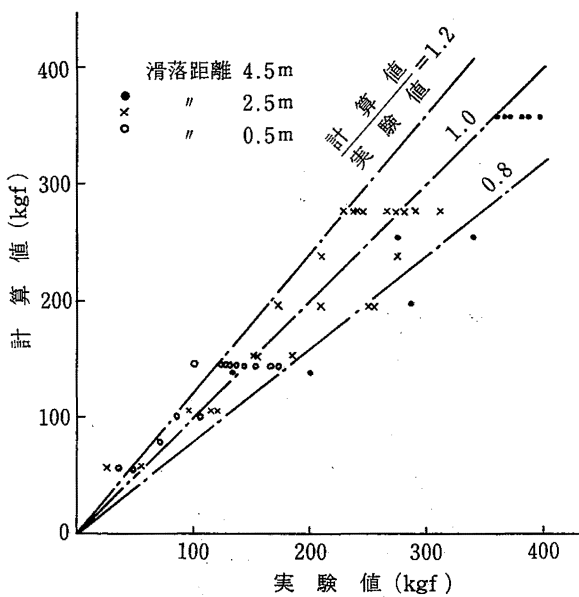


Fig. 24 Relation between experimental values and the results of empirical expression
親網の衝撃荷重の実験値と計算値の比較

の条件と思われる勾配20~45度、落体の滑落距離0.5~4.5mの条件下で長さ3~7mのナイロンロープ製親網を直接剛な支持点に取り付けたときの実験式として有用ではないかと思われる。

4. 結 言

以上をまとめると、次のとおりである。

- (1) 今回実験を行った親網の径の大きさ及び長さの範囲内では、径の大きさ及び長さの違いによる衝撃荷重の差異はあまりない。
- (2) ワイヤロープ製親網においては、衝撃荷重は支持点の弾性が高くなるほど大きくなるが、ナイロンロープ製親網においては、衝撃荷重は、支持点の弾性が変わってもほぼ一定の値である。

(3) 勾配の大きい屋根でワイヤロープ製親網を使用することは、人体に与える影響の面から好ましくないが、安全带ロープを併用することによって、より良い緩衝効果を生じさせることができる。

(4) 水平親網の衝撃荷重は、垂直親網に関する衝撃荷重を1として、ナイロンロープ製水平親網で1.0~1.7、ワイヤロープ製水平親網で2.5~3.5となる。

(5) ナイロンロープ製垂直親網について、落体の落下阻止時における衝撃荷重は、勾配20~45度、滑落距離0.5~4.5m及び親網の長さ3~7mの範囲において、次のような式で求めることができ、この関係を用いることにより、簡便に衝撃荷重を推定する一方法として有用であると考えられる。

$$F = 0.50 (31.26 \sqrt{MS} + M) (2.27 \sin \theta - 0.54)$$

- ただし、F：各勾配におけるナイロンロープ製親網の衝撃荷重 (kgf)
 M：落体の重量 (kgf)
 S：落体の滑落距離 (m)
 θ：屋根の勾配 (度)

(昭和62年4月1日受理)

参 考 文 献

- 1) 産業安全年鑑(昭和60年版), 中央労働災害防止協会刊
- 2) 小川勝教・森 宜制: 足場の組立・解体作業時に用いる水平親網システムの安全性に関する研究, 労働省産業安全研究所技術資料, RIIS-TN-81-3, 1982
- 3) “安全带構造指針, 安全带使用指針”産業安全研究所技術指針. RIIS-TR-76-3
- 4) 安全带資料(第二部), 株式会社グリアン廣瀬英二郎
- 5) “Gに関するデータ” 航空医学実験隊報告—8 (昭和33年11月)。