NOV. 1971 RIIS-RR-20-2

UDC 614.821:677.664

產業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-20-2

安全ネットの性能向上

――安全ネットの特性について――

木 下 鈞 — 小 川 勝 教

労働省産業安全研究所 MINISTRY OF LABOUR THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

安全ネットの性能向上

――安全ネットの特性について――

木 下 鈞 一

Efficiency Improvement of the Safety Net

---about special character of the safety net---

by K.KINOSHITA K.OGAWA

The safety net has been used for the prevention of fall accidents in construction sites and others, while it is under the necessity of standardizing the specification of it. This report investigates experimentally into the dynamical characteristics of the safety net made of synthetics fiber for the above necessity.

In the experiment, fall impacts were made on the following conditions;

- 1) The dummy in a hollow cylinder is made of iron, 90kg in weight, and 33cm in diameter.
- 2) The position to fall it is the center of a net.
- 3) The number of suspending points of a net is eight points.
- 4) The height of free fall is meosured upward from the level where the weight of the dummy balances with the reactionary force of the net.

Then, the deceleration acting on the dummy, tensile forces in suspending points, and the distance of displacement of the dummy were measured.

From the experiment we get the following empirical equations among some variables and other results;

1) In the first impact, selations between the maximum deceleration, D_1 (9.8 m/sec²) and the ratio the length of one side of a net, L (m) to the height of free fall, H (m) are found, without regard to the material of nets, as follows;

$$D_1 = 6.50 \frac{L}{H} + 3.85 \dots 10 \text{ cm}$$
 meshes
 $D_1 = 7.79 \frac{L}{H} + 3.46 \dots 5 \text{ cm}$ meshes

2) When the fall-impact is repeated on the same conditions, the following equation is found,

$$D_N = a (1 - e^{-b(N-1)}) \frac{L}{H} + D_1$$

a, b: Constant value due to the characteristics of nets,

 D_N : The maximum deceleration in the nth impact $(9.8\,\mathrm{m/sec^2})$.

In the penetrated cases by fall impacts, the selations between the average breoking strength of twines, T (kg) and the maximum deceleration, D_b (9.8 m/sec²) is regarded as follows

$$D_b = 0.044 T + 6.4 \cdots 10 \text{ cm}$$
 meshes $D_b = 0.112 T + 7.1 \cdots 5 \text{ cm}$ meshes

- 4) The ratios of tensile forces in suspending points to the maximum impact load are estimated about $30\sim40\%$
- 5) With the distance of maximum displacement, S (m) from the level of initial sag, following empirical equations are found;

$$S/L=0.045 \ H/L+0.44 \cdots 10 \ \text{cm}$$
 meshes $S/L=0.070 \ H/L+0.39 \cdots 5 \ \text{cm}$ meshes

16) It is confirmed that, in comparison with the volue of maximum deceleration of each net, barely Nylon nets and Polypropylene nets are superior to vinylon nets in buffer effect but proctically they have the same effect.

1. 緒 言

毎年、建設業における死亡災害のうち約半数ちかくは高所からの墜落によるものであり、墜落災害防止対策の急務が叫ばれて久しい。この対策の一つとして数年前から安全ネットが建設工事現場、造船所などで使われはじめた。そこで筆者らは、ネットの安全基準を定める目的で、小規模ながら実物大ネットを用いて実験を行ない、その結果を研究報告*1とした。しかし、前報では供試用ネットの辺の寸法が3m×3mのもののみについて落下衝撃実験を行なっているので、安全ネットの大きさと緩衝効果の関係については確かめることができなかった。

耐候性の試験としてウエザーメーターによって網糸の曝露を行ない、破断強度をしらべているが、天然曝露については行なっていない。また、衝撃落下高さとネットに作用する衝撃荷重の関係などについても十分解明することができず、安全ネットの基準化には資料が不十分であった。よって本報では次の点に重点をおき、詳細に実験を行ない、落下衝撃を受けるネットの緩衝性その他の力学的な性状について解明を図った。

- 1) 各種網糸の耐候性について
- 2) 安全ネットの辺の寸法と落下体の受ける減速度 との関係について
- 3) 落下高さと落下体の受ける減速度との関係について
- 4) 同一ネットに対する落下衝撃の繰り返し回数と 落下体の受ける減速度との関係について
- 5) ネットを支持する支持点の数と、落下体の 受ける減速度との関係について
- 6) ネットを支持する支持点反力の大きさについて
- 7) 落下衝撃時におけるネットの衝撃荷重作用 点の垂直方向変位量について
- 8) 安全ネットの素材の違いによる緩衝効果の 差について

以上の研究結果から特殊な寸法,使用条件のネットを除いて,現在広く使用されている一般的なネットの緩衝効果その他の問題点について実験的に解明できたので報告する。

2. 網糸の力学的性状

安全ネットの安全性を左右する主要な点は網糸の力 学的性状であるので、網糸の破断強度、伸度について 十分調べておく必要がある。このため、次のような点 について明らかにするため、各材料から試料を作成し 引張試験を行なった。

- 1) 後に記すように、結節のある網糸は、結節のない網糸に比較して破断強度が低下するので、新品の網糸、曝露済みの網糸、湿潤状態の網糸ごとにその低下の割合を明らかにする。
- 2) 安全ネットは屋外の使用がほとんどであるので、経時使用ネットの安全性を確認することが重要な問題となる。よって、新品の網糸の試験と同時に、天然曝露した網糸について試験を行ない、曝露による破断強度の低下をみる。また、そのときの試料は各材料ごとに作成して実験を行ない、ネットの材料の耐候性の比較をする。
- 3) また、安全ネットが屋外で使用されることを考慮に入れ、試験は乾燥した試料と湿潤試料(24時間浸水)の二通りの場合について行ない、両者の強度差を比較する。(ただし、この試験は新品の試料のみについて行なう。)

2.1 網糸の試験方法

試験に用いた試料は、落下衝撃実験に供されるネットと同じ種類のネットから切り取った。

結節の有無による破断強度の低下の割合を調べるた

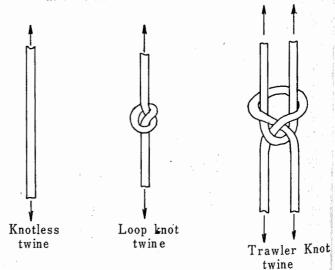


Fig. 1 Sort of the test piece of twine.

Material	Number Diameter		Knotless twine		Loop knot twine		Trawler knot twine	
Material	of hank and yarn	of a twine	Breaking strength	Elongation	Breaking strength	Elongation	Breaking strength	Elongation
Polypropylene	5 S 3/54	6	(kg) 293	(%) 24. 6	(kg) 130.8	(%) 32. 4	(kg) 260	24 (%)
Vinylon(staple)	5 S 3/57	5	225. 5	19	95. 9	26.9	205. 9	22.4
Vinylon(filament)	3000 d 3/21	4. 5	262.7	24.7	137. 2	28. 5	277	24.3
.Nylon(I)	840 d 3/66	4	356	25.3	177	29.6	379	27.8
Polyethylene	500 d 3/105	4	93	58.7	73. 2	33. 3	127.8	32.3
Nylon(II)	840 d 3/60	4	295. 7	34	130	39.8	280	34

Table 1 Breaking strength of various dry netting twines. 各種網糸(乾燥)の破断強度

Table 2Breaking strength of variovs wet netting twines.各種網糸(湿潤)の破断強度

Sort of test piece	Knotless	twine	Loop knot twine		
Material	Breaking strength	Elongation	Breaking strength	Elongation	
Polypropylene	268 (kg)	32.3(%)	147.0(kg)	35.8(%)	
Vinylon (staple)	140	26	75.7	29. 2	
Vinylon (filament)	241.7	28.3	124.3	35. 0	
Nylon (I)	342.3	26.7	163. 3	31.8	
Polyethylene	99. 3	43. 3	75.3	37	

め、無結節の試料と、1本の網糸から最も簡単な結び 目を作った試料(これをループ結節試料と呼び、後の 蛙又結節試料と区別する。) および蛙又結節(ネット の一般的な結節法である。) 試料の3種とした。

なお、引張力を加える方向は Fig. 1 のようにした。 引張試験は万能引張試験機(東洋測器製 UTM-10型)を用い、試料の伸びを正確に測定するため、前報*1と同様に試験体の両端をエポキシ樹脂で固め、この部分を試験機のチャックでつかみ、引張速度を 30cm/minとする等速引張試験とした。なお、試料の長さは 20~30cm とした。

2.2 試験の結果

新品の網糸についての試験結果を **Table 1~2** に示す。なお、表中の値は各種類につき 5 本以上の試料の 平均値を採っている。

無結節試料の破断荷重の値に対する結節試料の破断荷重の値の比を結節強度比と名づけ、その値を求める

と **Table** 3 となる。ただし無結節の場合,試料の端部をエポキシ樹脂で固めるため,いわゆるチャック切れを起こす(結節の場合はチャック切れを起こさず,結節点で切断する。)ので真の破断強度よりやや低くなっていると思われるが,これにかわる試験方法がないのでやむを得ずこの値を採っている。

ループ結節強度比は、ポリプロピレンで約45%、ビニロン(ステップル)で42%、ビニロン(フィラメント)で52%、ナイロン(I)で50%、ポリエチレンで79%となり、この比の値は各網糸の種類によってかなりの違いがあることがわかった。一方、蛙又結節の場合も、ループ結節強度比と同程度の値となっている。なお、蛙又結節の引張試験は、無結節およびループ結節の場合と異なり、同時に2本の試料を引張試験したことになるため、ループ結節強度比と比較するときは表中の蛙又の欄の値の1/2をとることが必要である。

乾燥試料と湿潤試料について、それらの破断強度を 比較した結果を **Table 4** に示す。ビニロン(ステッ プル)は他の繊維に比べて湿潤試料の強度が著しく低くなり、ループ結節の試料では、乾燥試料に対する湿潤試料の破断強度は78.9%にも低下することがわかった。なお、ビニロン(フィラメント)でも90.5%とな

Table 3 Ratio of the breaking strength of Knotted twine to that of Knotless twine. 網糸の結節強度比

Sort of test Wet twine Dry twine piece Trawle Loop knot Loop knot Material knot Polypropylene 88.7 54.8 44.6 Vinylon(staple) 42.5 91.3 54 Vinylon 52.2 105.451.4(filament) Nylon(I) 49.7106.4 47.7 Polyethylene 75.8 78.7 137.4 Nylon(II) 43.9 94.9

りビニロン繊維は水分を含んだとき破断強度の低下が 大きい。その他の網糸については湿潤試料と乾燥試料 との間にあまり大きな差は見られなかった。この結果 から即断はできないが、ビニロンネットでは雨天時に 屋外で使用されて十分に水分を含んだとき、その安全

Table 4 Ratio of the breaking strength of wet twine to that of dry twine. 網糸の乾燥試料の強度に対する湿潤試料の強度比

Sort of test piece Matterial	Knotless twine	Knotted twine (loop)
Polypropylene	91.4	112
Vinylon(staple)	62	78.9
Vinylon(filament)	92.0	90.5
Nylon(I)	96.1	92.2
Polyethylene	107	103

Table 5Breaking strength and elongation of various天然曝露した網糸

Material	Number of	Sort of	New twine		6 months	
Material	hank and yarn	testpiece	B. S. (kg)	E (%)	B. S. (kg)	E (%)
Polypropylene (I)	5 s 3/17	Knotless	206.7	29.3	99.6	20.3
1 orypropyrene (I)	33 3/17	Loop knot	121.1	26.7	73.6	24.5
Polypropylene (II)	5 s 3/16	Knotless	185	44.7	101.8	26.4
	5 5 3/10	Loop knot	105.8	48.3	94	33.2
Polypropylene (Ⅲ)	5 s 2×3/11	Knotless	221	37.8	190.4	29.1
	58 2×3/11	Loop knot	134.5	52.3	126.8	35.4
D-1(**)	5 s 2×3/11	Knotless			314	45.4
Polypropylene (N)	$5 \text{ s} 2 \times 3/11$	Loop knot			152.2	41.6
Polyothylana (vallayy)	2/49	Knotless	211	37.2	145.2	21.7
Polyethylene (yellow)	3/48	Loop knot	143.7	32	99.2	23.5
Polyrothyrlana (Plack)	2/40	Knotless				
Polyethylene (Black)	3/48	Loop knot				1 14
Vinylon (stonle)	F ~ 9/90	Knotless	177.5	37.5	157	38
Vinylon (staple)	5 s 3/20	Loop knot	92	38.4	73.4	34.7
Nytlon	-	Knotless	300	50	289. 9	39. 4
Nylon	_	Loop knot	174	49. 9	164	44.7

B.S. denotes breaking strength

E denotes elongation

産が低下することを考慮する必要があるように思われる。

2.3 網糸の耐候性について

網糸の耐候性について調べるために,前報で使用した網糸について,昭和41年3月から,44年3月まで天然曝露を行なった。曝露台は当初埼玉県東松山市内に設け,南面向きで水平面に45°の角度で設置したが,1年後曝露台を東京都清瀬市の当研究所附属実験場内に移設し,同一試料の曝露を2年間,計3年間連続して行なった。試料の採取は曝露中の網糸から6か月ごとに切り取った。

引張試験の際の試料は無結節試料およびループ結節 の2種類とし、蛙又結節の試験は試料の都合上行なわ なかった。

試験結果について Table 5 に示す。これより天然 曝露による破断強度の低下率を求めて図に表わすと、 Fig. 2 になる。 この図からわかるように、黒色に染色されたポリエチレンの網糸は強度の低下が他のものに比してきわめて少なく、同じ材質の黄色に染色された網糸はかなり低下がはげしい。そのほかの材料についてみると、ビニロンも割合に低下が少なく、ポリプロピレンと比較して耐候性にすぐれている。また、ナイロンも耐候性の良いほうに属する。とくに、はじめの1か年間の劣化は割合少なく、2年目から劣化が進む傾向を示した。試験した材料の中で、ポリプロピレンが最も耐候性に乏しく、ループ結節の試料では、曝露開始から12か月後で70%前後になり、さらに24か月後では約40%以下となった。

なお、ポリプロピレンの網糸の種類は I、II、II、II、IIの4種類あるが、ポリプロピレン I は、ポリプロピレン I に比較してストランドのピンチが長いものであるが、いずれも白色である。ポリプロピレン II は黄色に染色した二つ撚りのもので、ストランドのピッチが長いものである。また、ポリプロピレン II は、II の網

netting twines exposed to the sun light の破断強度と伸び

12 m	onths	18 m	onths	24 m	onths	30 m	onths	36 months	
3. S. (kg)	E (%)	B. S. (kg)	E (%)	B. S. (kg)	E (%)	B.S. (kg)	E (%)	B. S. (kg)	E (%)
72. 2 68. 6	19. 4 23	52 47.6	20.1 28.2	30. 4 30	13.6 24.6	13.3 25.5	11.1		
101	24. 4	53. 8	23. 4	42.1	22	38·1	21.7	30.9	23. 4
81	31. 1	59. 5	36. 1	45.7	38.7	22·8	29.5	32.2	37
115.8	29·1	76.6	24	53. 4	23.6	34.3	19.8	34· 2	24
93	38·2	64.3	38.9	39. 8	36.8	24.8	37	39	41.8
222	39.8	202. 4	41.2	178	38.6	167.3	36·2	171·1	33.6
145. 6	40.6	126. 3	47.4	119. 2	51.5	114	45·8	121·3	42.8
124 77.5	19.6 20	74.3 65.7	13.8 19.9	34.9 28.5	14.7 20				
212.6	27·1	214·4	29. 2	205	29.7	205.3	29.8	191	28. 4
120	23	128·7	26. 7	134·3	31.6	135	32.6	114.6	29. 7
174.7	50	151. 4	48.5	152.8	47.5	142. 4	50. 4	135· 2	46. 4
79.4	43.8	75. 4	44.2	76.9	49	68. 7	42. 9	70· 5	43. 1
278. 4	47·1	230.6	37.4	178.4	36.5	154. 4	32.5	149.2	34.3
149. 2	43·3	119.8	38.1	110.8	41.4	102. 3	42.7	87.3	38

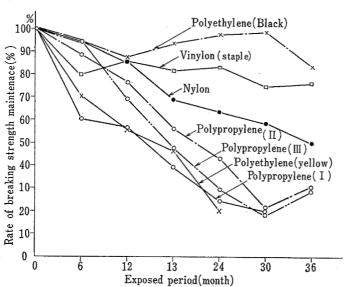


Fig. 2 Avarage decrease on the rate of breaking strength of various netting twines exposed to the sun light.

天然曝露された網糸の引張強度

糸表面に樹脂加工をほどこしたもので、この網糸はネットの製品として市販されていないが、樹脂加工による耐候性がどの程度まで向上するかを調べるため、とくに特殊表面加工したものである。この網糸は表面加工した効果がかなり現われ、強度の低下が少なくだいたいビニロンと同程度となった。

3. ネットの落下衝撃実験

3.1 落下衝撃実験装置および測定 装置

落下衝撃実験装置は Photo. 1, Fig. 3 に見られるように, 鋼製枠(枠組足場用)を用いて高さ24mの落下塔を組みたて, この落下塔最上部の梁の中央に滑車を取りつけ, 落下体を電動ウインチでつり上げられ

るようにした。また、落下体をつるすフックの部分には地上からのスイッチ操作によって落下体を切り離すための電磁装置を取りつけ、落下体を所定の高さから落下させることができるようにした。この落下塔の下には、実験に予定している各種の大きさのネットを取りつけるための堅固なネット支持台を設置した。

測定装置は落下体が受ける減速度および、ネット支

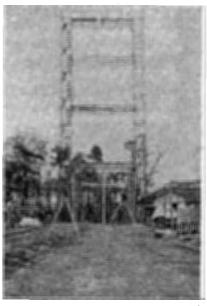


Photo. 1 Tower for the fall inpact test. 落下衝擊実驗塔

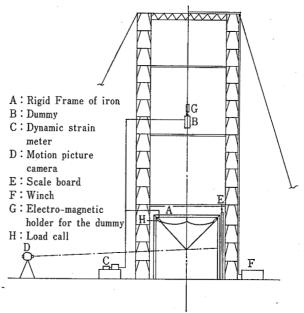


Fig. 3 Sketch of the opparatus for the fall impact test.

落下衝撃実験装置の概略

持点反力を測定するため、動歪計、電磁オッシログラフを使用した。またネットを支持台に取りつけた状態における衝撃荷重点の自然のたるみ、落下体を静かにネット上におろし、静的つり合いの状態となったときの同点のたわみ、および落下衝撃時の同点の変位量などを測定するため、 $64p/\sec$ の撮影速度を有する 16 mm 撮影機を使用した。

3.2 落下実験条件

落下実験における実験条件を以下に示す。

3.2.1 落下衝撃体の形状と重量

落下体の形状は Fig. 4 に示すものである。寸法は 直径 33 cm, 高さ 60 cm, 重量 90 kg で鉄製とした。この重量を 90 kg とした理由は、 British Standrd*3で落下体の重量を 2001bs とするように規定があり、この値を採用したものである。この落下体には重量の調整のためと、落下時の落下体の向きを安定させる目物で底部に取りはずし可能なウエイトを備えているが、

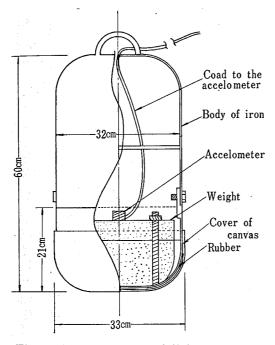


Fig. 4 Dummy for the fall impact test. 落下衝擊体

そのウェイトには加速度計を取りつけた。また、落下体の底面には厚さ 10 mm の硬質ゴムを張り、厚手のズック製のおおいをした。これは落下衝撃時において衝撃面がネットに弾力性をもって接するようにしたものである。

3.2.2 ネットの支持点数等

ネットの支持点数は **Fig.** 5 に示すように, 原則として8点支持とした。この理由は実際にネットが使用されている状況に近いからである。

ただし、支持点数と減速度および支点反力の関係を調べる目的の場合は、4点~32点支持とした。また、供試用ネットはあらかじめ各辺の寸法が所定の長さとなっていることを確かめた。縁綱と支持台の結合には

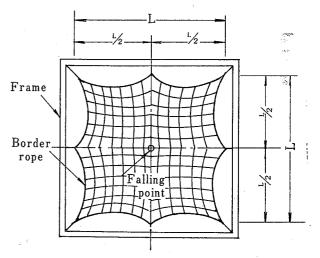


Fig. 5 Position of eight suspending points. ネットの8点支持法

鉄製金具(タンバックル)を使用し、供試用ネットの 張りぐあいの調節、取りはずしの便を図った。

3.2.3 落下荷重作用点位置

落下体は、ネットの周辺の位置よりも中心部に落下させたときに最も貫通しやすいことが、前回までの実験で判明しているので、落下体を落下せしめる位置はすべてネットの中心部とした。

3.2.4 落 下 高 さ

落下高さは、支持台上部のネットを支持しているレベルを基準にして決めると、現場で安全ネットを使用するとき、実験結果から直ちにネットの設置高さを決めることができるので便利である。しかし、ネットの製法、材料が各種まちまちであるため、ネットを支持台に取りつけたとき、ネットのたるみに差があり、このレベルを基準にすると正確に落下高さが定められない。

よって本実験では、支持台に取りつけられたネット 上に落下体を静置させたときの位置を基準にとり、落 下高さを定めることとした。実験はこの落下高さをネ ットの破れない範囲内で種々変えて行なった。

3.2.5 落下衝撃の繰り返し回数

落下衝撃を受けたことのないネットは結節点が堅く しまっていないが、落下衝撃を受ける回数を重ねるに したがい、結節点が固く締り、ネットの緩衝性がわる くなることが予想される。このことを明らかにする目 的でネットが落下衝撃によって破断しなかった場合、 同一ネットに同一条件をもってネットが破断するまで、 落下衝撃を繰り返し、もし破断しない場合は5回まで

Size of Weight of net Number of Shape of Material hank and yarn mesh mesh $6m \times 6m$ $5m \times 5m$ $4m \times 4m$ $3m \times 3m$ $10\,\mathrm{cm}$ $9.9 \, \text{kg}$ 7.3 kg5.2 kg $3.4 \,\mathrm{kg}$ Polypropylene Square 5 s 3/54 5 21.715.710.36.5 10.8 8.3 5.9 4 10 Vinylon (staple) 3/57 Square 5 s 5 15.5 10.4 6.43.9 10 11.28.2 6 Vinylon (filament) Square 3000 d 3/215 17.711.67 Square 10.9 6.1 Nylon (I) 840 d 3/66 10 8.3 4.3Polyethylene Square 22.3 6.5 500 d 3/105 5 Diagonal 7.25.3 3.5 10 9.8 Nylon (Ⅱ) 840 d 3/60 Square 17.212.1 8.9 5 5.4

Table 6 Specification and sort of the net used in the experiment. 実験に使用したネットの種類とその仕様

繰り返した。

3.3 実験に使用したネットの種類

実験に使用したネットは、素材別にみると6種類である。現在、使用されている安全ネットはすべて合成繊維のものであるので、天然繊維のものは全く対称としなかった。また、供試用ネットの大きさは各種の素材について、正方形の一辺の長さが 3m, 4m, 5m, 6mの4種類である。網目の寸法は5cm および10cm, 結節は蛙又結節である。網目の形は製品の都合上、大部分のネットが角目であるが、ナイロン(II)ネットは5cm 網目が角目、10cm 網目のものが菱目となっている。縁綱は、 $12mm\sim15mm$ の太さで各ネットの網糸と同じ素材のロープが使用されている。ポリエチレンのネットは橙色、ナイロン(II)ネットは緑色に着色されたものであり、その他の種類のネットは無染色(白色)のものであった。 $Table\ 6$ に各ネットの種類とその重量を示す。

3.4 減速度,支持点反力,変位点の測定

3.4.1 減速度および支持点反力の測定

落下体をネットに落下せしめたとき、落下体の受ける減速度を測定するため落下体内部に加速度検出器を装着した。加速度検出器は、非接着型抵抗線式のもので固有振動数 575 Hz、最高 50 G まで測定可能なものである。衝撃時に生ずる減速度をこの加速度検出器を



Photo. 2 Load-cell for measuring the tensil force on a suspending point. 落下衝撃時の引張力検出器

用い,動歪計および電磁オッシログラフにて測定記録した。また,衝撃時におけるネットの支持点の反力測定は, Photo. 2 に示すように縁綱と支持台の間に抵抗歪線式引張計を取りつけ,その値を減速度といっしょに同一オッシログラフ上に記録させた。

3.4.2 変位測定方法

ネット中心部の自然のたるみ、および、静置させたときの荷重点のたわみは、スチールテープによる直接計測と撮影フィルムの解析の2法を併用して測定した。一方、衝撃時におけるネットの荷重点の変位量の測定は、撮影フィルム解析のみによって行なった。この場合、撮影画面の座標として幅2m高さ5mのベニヤ

板製スクリーンに 10 cm 目盛りの方眼をつけた目盛板 を Fig. 3 に示す位置に設置した.

4. 実験の結果と考察

4.1 測定の結果

測定の結果はかなりの分量になるので、以下にその 測定結果の一部を示すことにする。

まず、落下体の受ける減速度、およびネット支持点の反力を記録した一例を Fig. 6 に示す。Fig. 6(a)は第1回目の落下衝撃で貫通しなかったもので、Fig.

6(b) は第1回目の落下衝撃で落下体が網を貫通したものである。A点は落下体が自由落下を開始しはじめる点、B点はネットからの反力を受けはじめる点、C点は静的なつり合いの点、D点は最大減速度を受ける点である。この波形から最大減速度の値、支持点反力、衝撃作用時間および衝撃が作用しはじめてから 0.01 sec ごとの減速度の値が求められる。

次に 16mm フィルムの撮影結果から求めた, 落下 衝撃体の変位量――時間線図の一例を Fig.7 に示す。

以上の例にみられるような測定結果をもとに、減速 度に対し支配的影響を与えるとみなされる落下高さH、網の一辺の長さL、落下衝撃回数N、網の支持点の数

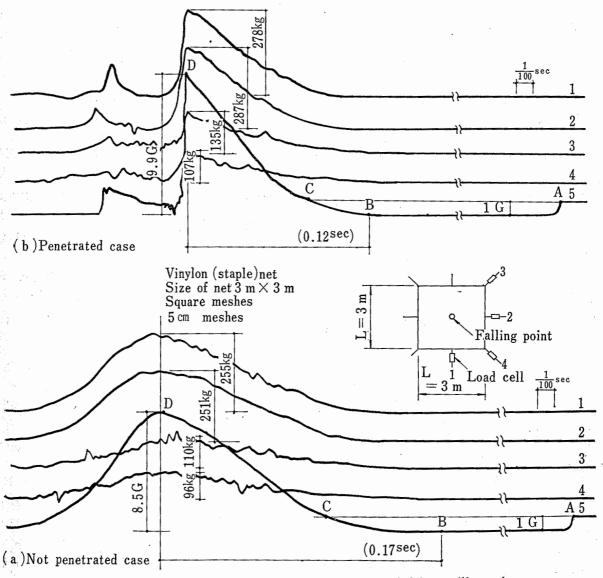


Fig. 6 Weves of deceleration and tensile forces recorded by oscillograph. 落下衝撃時のオッシログラフの波形

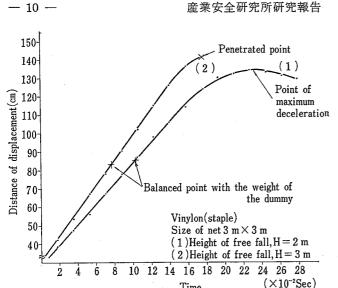


Fig. 7 Llis-tance of displacement from the level of initial sag (Example). 落下衝撃時のネットの変位

pなどの変数を選び、その変数と減速度の値との関係、 あるいは変数と落下衝撃時のネットの変位量の関係に ついて考察した結果を以下に示す。

4.2 最大減速度とその影響要素との関係に ついて

4.2.1 ネットの大きさおよび落下高さと最大減速 度について

ネットの大きさが大きくなると網糸の伸びが大きく なり、緩衝効果は増大する。ネットの大きさによるこ の緩衝効果の差を調べるため種々の大きさのネットで 落下衝撃実験をし、最大減速度を求め Fig. 8 に示す ような結果を得た。ただし、この図はいずれも第1回 目の落下衝撃の結果である。この図からネットの大き さと減速度の関係は同一落下高さの点を線で結ぶと, ネットの大きさが大きくなるにつれて最大減速度の値 は減少し、両者の関係は、概略双曲線に似た関数関係 となるように思われる。また、落下高さが高くなると 最大減速度の値も比例的に増大する。よって、いま落 下高さHとネットの一辺の長さLとの比H/L が最大 減速度に関係すると考え、その関係を Fig. 9 に表わ してみた。なお、同図はネットの素材による差をみる ために、素材別に作図している。 これらの図から、それ ぞれ各種の素材のネットについて最大減速度と H/L との間には、ネットの大きさに関係なくほぼ直線的関 係があることが判明した。ただし、グラフの先端が少 し折れ曲がっているが、この点については後に触れる。

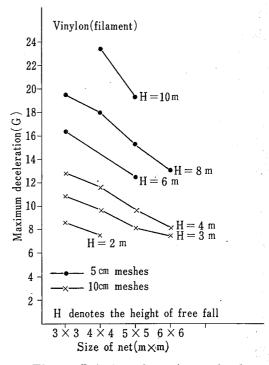


Fig. 8 Relation of maximum decelerations to the size of net. ネットの大きさと最大減速度と の関係

この関係をネットの素材について比較してみると,こ の関数関係が素材の種類によって大差ないことが確か められた。よって Fig.9 を同一図上に重ね合わせた 結果 Fig. 10 が得られた。

この図について, 回帰線の方程式はそれぞれ

$$D_1 = 6.50 \left(\frac{H}{L}\right) + 3.85$$
 (5 cm 網目の場合)
$$D_1 = 7.79 \left(\frac{H}{L}\right) + 3.46$$
 (10 cm 網目の場合) (1)

となる。(1)式から 5cm の網目のほうが直線の勾配 が小さいことがわかる。これは 10 cm の網目のネット に比し結節点の数が多いことなど、緩衝効果が高いこ とによるものと考えられる。ただし、(1)式は H/Lの値が0.3以下の場合、あるいは極端に大きい場合に ついては実験を行なっていないので、適用しないもの とする。

また、あとに触れるように、落下衝撃が繰り返され るにつれて、減速度の値が変化し、しかもネットの素 材によってその変化の程度に差があることが実験的に 確かめられているので、(1)式は第1回目の落下衝撃 を与えたときにのみ適用するものとする。

4.2.2 ネットの大きさ、落下高さおよび落下衝撃

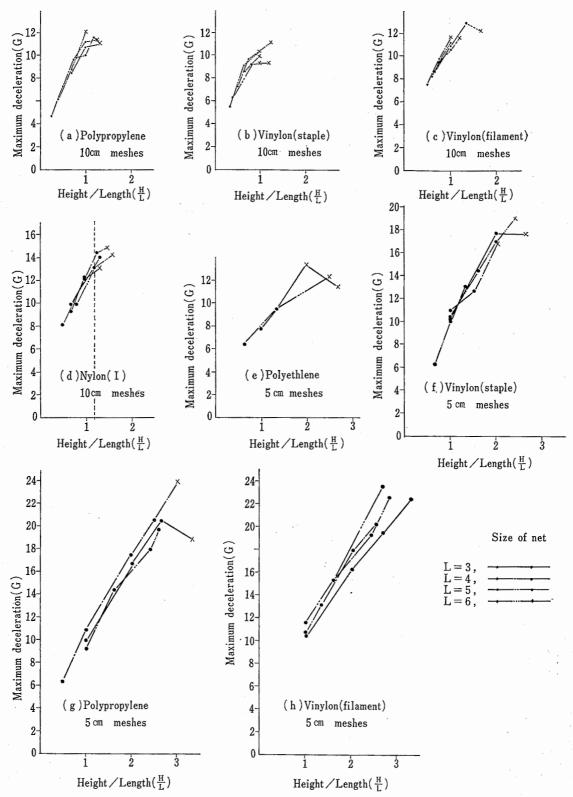


Fig. 9 Relations between the maximum deceleration and the ratio, H/L. ネット一辺の長さに対する落下衝撃高さと最大減速度の関係

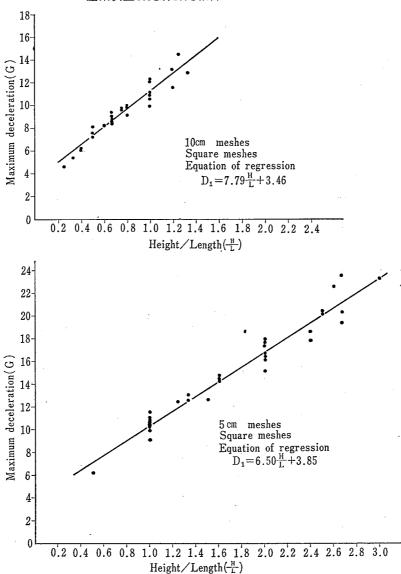


Fig. 10 Relations of maximum decelerations to the ratio, *H/L*. ネット一辺の長さに対する落下衝撃高さと最大減速度の関係

[回数と最大減速度

結節が締まっていくことと、網糸自身も弾力性を失っていくことなどのため、落下衝撃を繰り返すと、ネットは次第に緩衝性を失い減速度の大きさは増大しつつ、ある有限の値に近づくものと予想される。よって、落下衝撃回数と最大減速度の関係を調べるため、本実験では、初回の落下衝撃で貫通しなかったネットについては同一高かさから落下衝撃を貫通するまで繰り返した。その結果は Fig. 11 に示すようになった。

この結果から,H/L の値が一定のとき繰り返し落下衝撃を与えたとき,最大減速度の値は指数関数的に増大することがわかった。よって,各種の素材および

網目の寸法ごとにネットの大きさ、落下高さおよび落 下衝撃回数と最大減速度との関係を示す実験式として, 次式を得た。

$$D_{N} = a(1 - e^{-b(N-1)})\frac{H}{L} + D_{1}$$
 (2)

ただし、 D_N は第N回目の落下衝撃時の最大減速度である。a、b はネットの固有の特性値と考えられる値で、実験データから統計的に決定される。N は落下衝撃回数、 D_1 は第1 回目の落下衝撃時の最大減速度で、前述の(1)式で与えられる。

次にa, bの求め方について述べる。まず, D'_N を次のようにおき

Table 7 Values of (a), (b) in the equation (2) 各種のネットについての(2)式中のa, b の値

Sort of net	L	H	а	— b
	(m)	(m)	(G) 10.00	0.58
+ 1.5 - ±/	4	2	10.70	0.56
Polypropylene	4	3	6.94	0.66
	. 5	2	8.89	0.60
Average			9.13	0.60
E. C.	4	2	11.30	0.62
Vinylon (staple)	5	2	11.50	0.69
	6	2	11.09	0.62
Average			11.30	0.64
	4	2	13.20	0.61
Vinylon (filament)	5	3	9.88	0.78
	6	3	11.36	0.58
Average			11.48	0.66
	3	2	3.04	1.17
Nylon (I)	3	3	2.82	1.24
MAION (I)	4	2	5.00	1.14
	5	4	3.30	1.27
Average			3.54	1.21
	3	3	9.71	0.42
idy Elek	4	2	8.72	0.49
Polypropylene	4	4	9.71	0.42
	5	5	9.71	0.42
	6	8	7.88	0.49
Average			9. 15	0.45
	3	3	9.75	0.64
Vinylon (staple)	4	4	9.05	0.55
	6	6	10.00	0.69
Average			9.60	0.63
	3	3	8.3	0.76
Vinylon	4	4	10.49	0.72
(filament)	5	5	9.71	0.72
<u></u>	5	6	10.00	0.69
Average			9.63	0.72

$$D'_{N}=D_{N}-D_{1}=a(1-e^{-b(N-1)})\frac{H}{L}$$
 (3)

 D_{N+1} と D_N と関係を示すと次式となる。

Table 8 Values of the maximum deceleration calculated from the empirical equation.

実験式よ	n	求めた最大減速度の値	
	_		

人の人がは、いいでは、人が人に人でいた。								
Sort of net	Size	H	$D_N(G)$					
oort or net	mesh	\overline{L}	N=1	N=2	N=4			
Polyropylene	10	0.5	7.3 (7.2)	9.4 (9.5)	11·1 (11·2)			
Vinylon(staple)	10	0.5	7.3 (7.2)	10.0 (9.8)	$\begin{array}{c} 12 \cdot 1 \\ (12 \cdot 1) \end{array}$			
Vinylon (filament)	10	0.5	7.3 (7.5)	10·1 (10·3)	12.3 (12.9)			
Nylon (I)	10	0.5	7.3 (8.1)	8.5 (9.8)	9.0 (10.6)			
Polypropylene	5	0.5	7·1 (6·2)	8.8 (7.9)	10.5 (9.5)			
Vinylon (staple)	5	0.5	(7·1 (—)	9.3	11.2			
Vinylon (fiament)	5	0.5	(7·1 (—)	9.6 (—)	11.4			

$$D'_{N+1} = e^{-b}D'_N + a(1 - e^{-b})\frac{H}{L}$$
 (4)

もし、式中の a, b および H/L が定数であれば、上式は D'_{N+1} と D'_N の直線関係を表わす式となる。

したがって、横軸に D'_N 、縦軸に D'_{N+1} をとり、同座標上に点 (D'_N, D'_{N+1}) $(N=1,2,3,\cdots\cdots)$ をプロットし、各点がほぼある直線上にあることがわかれば、その直線の勾配A、縦軸の截切長Bから、a、b を求めることができることになる。

$$A=e^{-b} \tag{5}$$

$$B = a(1 - e^{-b})\frac{H}{L}$$
 (6)

以上の方法により、ネットの素材ごとに、 L および H に対して a, b を求めた結果が Table 7 である。 なお、この a, b の値についてみると、同一素材ではほぼ一定の値となり、他の素材と比較すると明白な差があることがわかる。とくに、10 cm 網目の場合、ナイロンの a の値がきわめて小さく、 b の値が大きい。これは Fig. 11 からわかるように落下衝撃を繰り返しても最大減速度が余り増大しないことを示している。また、ポリプロピレン、ビニロン(フィラメント)、

ビニロン (ステップル) の3種の a, b の値を比較すると, 三者とも大きな差はなく同程度の値となった。

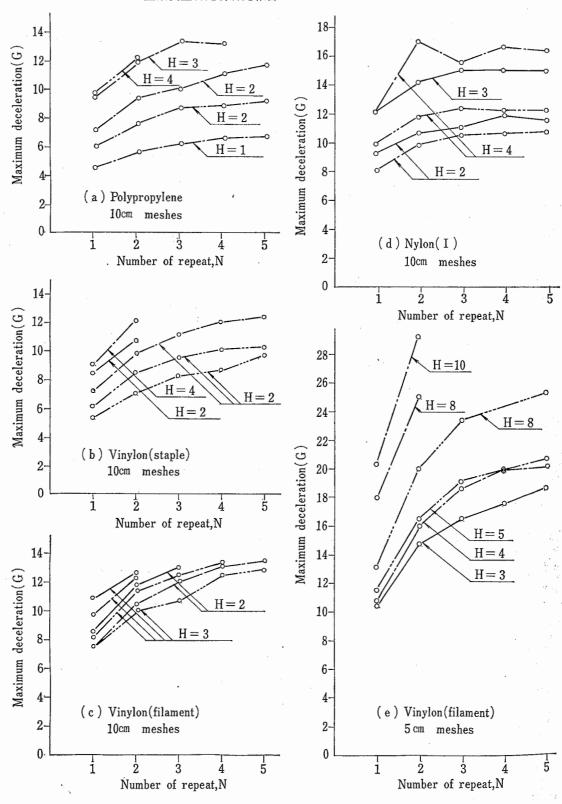
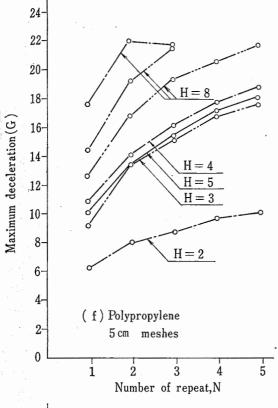
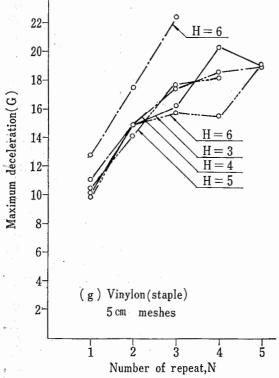


Fig. 11 Curves of the maximum deceleration in くり返し落下衝撃時の





of net as follows.

repeated fall impact in

repeaded fall impact in a valious nets. 最大減速度の値 また、同一素材について5 cm の網目のネットと10 cm の網目のネットを比較してみると、ビニロンネットを除きほぼ同一の値となることがわかった。ただし、同表には、5 cm の網目のナイロンネットについては実験できなかったので記載してない。また、ポリエチレンネットは、繰り返し落下衝撃を与えると2 回目,または3 回目でネットが貫通し、良好なデータを得ることができず、 a, b の値を定めることができなかったので記載してない。

上記の結果を利用し、各種のネットの緩衝性能について比較してみる。

いま,一例として H/L=0.5, N=1, N=2, および N=4 のときのDの値を各種のネットの場合について計算してみた結果 **Table** 8 のような表になる。

参考のため同表のかっこ内に実験値を記入しておく。 この表からポリプロピレンネットおよびナイロンネットはビニロンネットよりやや緩衝性が高いが、大差は ないことがわかる。ただし、落下回数を繰り返すとナ イロンネットが最も有利であるという結果となる。

次に、網目の寸法について緩衝効果を比較すると、同表から 5 cm 網目のネットのほうが 10 cm 網目のネットに比較してややすぐれているものと判断される。ここで、(2)式において

$$D_N = 0.95 D_{\infty} \tag{7}$$

なる関係に達するときの落下回数Nを求めてみると、 次式となる。

$$N=1-\frac{1}{b}\ln\left[\frac{0.05\left(\frac{aH}{L}+D_{1}\right)}{\frac{aH}{L}}\right] \tag{8}$$

一例として、b の値が最も大きいナイロンネットの場合 (b=1.21, 網目寸法 10 cm, H/L=1) と最も小さいポリプロピレンネット (b=0.45, 網目寸法 5 cm, H/L=1) の場合についてNの値を求めると

ナイロン N≒2.3回

ポリプロピレン N = 5.9回

となり、他のネットはこの両者の中間の回数となる。 4.2.3 支持点数と減速度

ネットの周辺の支持点数が減速度におよぼす影響を調べるため、とくに、ナイロン(Π)ネットを供試用ネットとし、ネット周辺の支持点数を4, 8, 12, 16, 20, 28, 32点と変化させ落下衝撃実験を行なってみた。その結果の一例を **Fig.** 12 に示す。

これより支持点数が多くなるにつれて減速度の値は

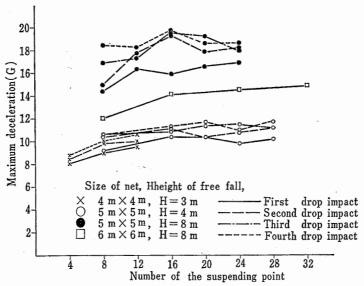


Fig. 12 Relations between the maximum deceleration and the number of the suspending points. ネット支持点数と最大減速度との関係

増大するが、支持点数が12点以上になるとあまり増大 しなくなり、一定値に近づくものとみてよい。

このことから、できるだけ支持点数の少ないほうが

緩衝性が良いことと推察されるが、ネットの大きさから考えて実際には、8点支持以上とせざるを得ないように思われる。

ここで前節と同様な手法で、支持点数8 点を基準にとり、支持点数を8点以上に増加さたときの最大減速度の増分を実験データから求め、これを(2)式に補追すればネットの大きさL、落下高さH、落下衝撃回数N、およびネット支持点数pの四つの変数を含む総合的実験式として次式が得られる。

$$D=q(1-e^{-r(p-8)})$$

$$+a(1-e^{-b(N-1)})\frac{H}{L}+D_{1} \qquad (9)$$

ただし、q、rの値は,第1回目の落下 衝撃実験で得られたデータから決定される 定数で,次の値となる。

$$q = 2.0 \sim 2.9$$

 $r = 0.60 \sim 0.71$

なお、実験はナイロン(Π)ネットのみについて行なったので上記のQ、rの値はネットの素材別、網目の寸法別に明示できな

かった。しかし、他の素材のネットについても支持点数の変化が最大減速度にそれほど大きな影響を与えるとは考えられないので、上記の実験式で概略の傾向を

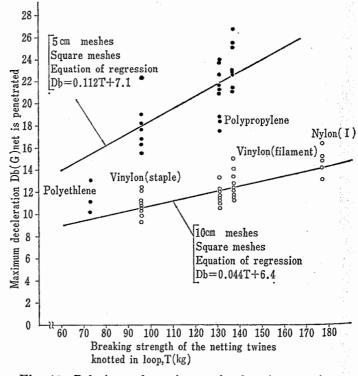


Fig. 13 Relations of maximum decelerations to the breaking strength of the netting twines knotted in a loop. 結節された網糸の破断強度と最大減速度(貫通時)の関係

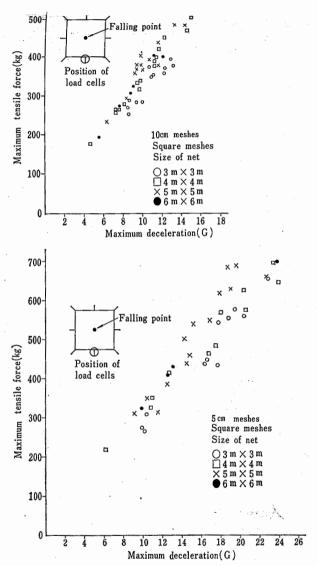


Fig. 14 Maximum tensile force acted in a suspending point of the center of side to the maximum deceleration.

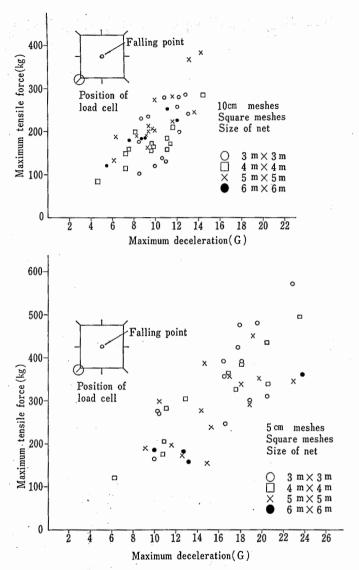


Fig. 15 Maximum tensile force acted in a suspending point of the maximum deceleration. 最大減速度とネット支持点(隅角部)の反力

把握することはできるように思われる。

4.2.4 ネット貫通時の最大減速度と網糸の破断強度の関係について

前に掲げた Fig. 9 ではグラフの上端が折れ曲がっているが、これはネットが貫通したため最大減速度が上昇しなかったことを意味している。このグラフが折れ曲がらないと仮定したときの最大減速度の値と、貫通時の最大減速度の値の差をみると、約1~2 Gほどとなる。同図は第1回目の落下衝撃実験のデータのみを記したものであるが、繰り返し落下衝撃によってネットが貫通したときの最大減速度の値も、ほぼ同程度の値となるものと考えられる。

次に、ネットを貫通したときの最大減速度を縦軸に とり、網糸のループ結節強度を横軸にとって全実験データをプロットした図が **Fig.** 13 である。

この図から、網糸の破断強度とネット貫通時の最大減速度との関係は概略直線的な関係になるものと推察される。よって、その回帰線の方程式を求めると次式となる。

 D_b =0.112 T+7.1 5 cm 網目の場合 D_b =0.044 T+6.4 10 cm 網目の場合 tだし, D_b はネット貫通時の最大減速度の値(G) t が網糸の引張強度(kg)である。

4.2.5 最大減速度と支持点反力との関係について 8点支持された角目のネットにおける、ネット辺中 央部の支持点反力と最大減速度との関係、ネット隅角部の支持点反力と最大減速度との関係をそれぞれ Fig. 14、Fig. 15 に示す。これらの図から、支持点反力と最大減速度とはほぼ比例することがわかる。いま、最大減速度を最大衝撃荷重に換算してその比を求めると、辺中央部の支持点反力は $P_{\rm max}$ の約30~40%,隅角部の支持点反力は $P_{\rm max}$ の約20~30%となる。また、このことから、辺中央部は隅角部の約1.5倍の反力を負担していることがわかる。

一方,菱目のネットの場合は,支持点反力が最大減速度にほぼ比例することは角目の場合と同様であるが,辺中央部と隅角部の反力の比較では,角目の場合と逆に,辺中央部が $P_{\rm max}$ の約35~45%となる。

次に、(支持点反力)/ P_{max} が支持点数pとどのような関係にあるかを、ナイロンネットについて示したのが **Fig.** 16 である。ただし同図では角目が 5 cm 網目、菱目が 10 cm 網目とならざるを得なかったが、角目と菱目の比較は一応可能と思われる。さて同図から、pが16以上になると、特定の支持点(角目ネットにおける辺中央部、菱目ネットにおける隅角部)におもな反力が作用し、他の支持点には均等な小反力しか作用していないことがわかる。このことは衝撃荷重の大部分が、ある特定の網糸(落下体底面と接触している網糸で角目ネットにおける中線的網糸、菱目ネットにおけ

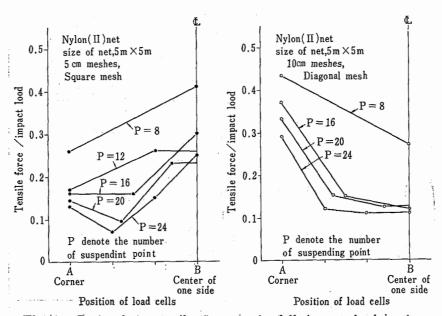


Fig. 16 Ratio of the tensile force to the fall impact load in the various number of suspending points.

支持点数を変えた場合における衝撃荷重に対する支持点反力の比

る対角線的網糸)を通じて直接支持点に伝 えられていることを示す証拠である。

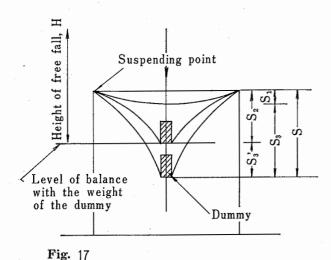
4.3 落下衝撃荷重を受けるネット の荷重点の変位

以下にネットを支持台に取りつけたときの自然のたるみの位置(ネットの支持レベルからの距離)、落下体をネット上に静置したときのたわみ(ネットの支持レベルからの距離)および落下衝撃時の変位量について考察する。

4.3.1 ネットの自然のたるみおよび落下体静置時の荷重点(ネットの中央)のた わみ

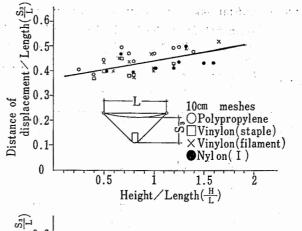
Fig. 17 に示すように、ネット支持台のネットを支持している点、この高さを基準としてネットを取りつけたときのたるみ S_1 および落下体静置時のネット中央の部分のたわみ S_2 の測定結果を Table 9に示す。

ネットを支持台に取りつけたときのネットの自然たるみは、各ネットの種類、ネットの大きさによってかなり差があるが、平均するとネットの一辺の長さに対して、10cm 網目で約10%程度、5cm 網目のもの



で15~20%である。

落下体静置時におけるたわみは、ネットの一辺の長さに対して10cm 網目で30~40%,5cm 網目で35~45%程度であり、落下体静置時で、すでにかなり大き



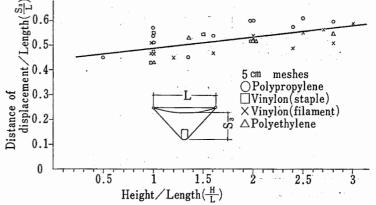


Fig. 18 Llistance of maximum displacement from the level of the initial sag to the ratio, H/L. H/L の比に対する自然のたるみの位置からの最大変位量

な変位をする。 また、 $5 \, \text{cm}$ 網目のネットは $10 \, \text{cm}$ 網目のネットに比べて約 $5 \, \%$ 程度大きくたわむが、これは結節数が $10 \, \text{cm}$ 網目に比べて多いためと思われる。

4.3.2 落下衝撃時の最大変位量

衝撃時の最大変位量は、ネットを設置して自然にたるんだ位置を基準とし、その基準をもとに測定した結果を ${f Fig.}$ 18 に示す。 同図は、 縦軸にネットの一辺の長さLに対する最大変位量 S_3 の比、 S_3/L をとり、横軸にネットの一辺の長さに対する落下高さHの比、H/L をとり、それを図上にプロットしたものである。

実験を行なった範囲で量大変位量の平均値を求めると、5 cm 網目のとき約 S_3 =0.65L, 10 cm 網目では約 S_3 =0.55L であった。この値を、落下体静置時のつり合いの位置を基準にして求めてみると、5 cm 網目で S_3' =0.35L, 10 cm 網目では S_3' =0.25L 程度となり、落下体静置によるたわみ(ネットの取付レベルを基準にした。)と同程度の変位量となることがわかった。なお、図中の回帰線の方程式は次式となる。

Table 9 Initial sag and the distance of displacement coused by putting the dummy on a net from the level of suspending points.

ネット支持点からの自然たるみの位置および落下体静置時の変位量

Material	Size of net	mesh	Initia	l sag	Displacement		
	$(L \mathrm{m} \times L \mathrm{m})$	cm	Distance (S ₁) mm	S_1/L	Distance (S ₂) mm	S_2/L	
Polypropylene	3 ×3	10 5	198 530	0.066 0.177	1, 050 1, 573	0·35 0·524	
	4 ×4	10 5	227 361	0.057 0.09	1, 352 1, 470	0.338 0.368	
	5 ×5	10 5	245 554	0.049 0.111	1, 508 1, 938	0.302 0.388	
	6 ×6	10 5	575 1,100	0.096 0.183	2, 085 2, 410	0·348 0·402	
Vinylon (staple)	3 ×3	10 5	450 480	0.15 0.16	1, 315 1, 400	0. 438 0. 467	
	4 ×4	10 5	510 337	0·128 0·084	1, 535 1, 373	0.384 0.377	
	5 ×5	10 5	521	0.104	1,664	0.333	
	6 ×6	10 5	943 1, 023	0.157 0.171	2, 098 2, 345	0.35 0.391	
Vinylon (filament)	3 ×3	10 5	320 . 330	0·107 0·11	1, 223 1, 250	0. 408 0. 417	
	4 ×4	10 5	322 610	0.08 0.153	1, 443 1, 738	0.361 0.435	
	5 ×5	10 5	410	0.082	1,608	0.322	
	6 ×6	10 5	745 1, 220	0·124 0·203	2, 143 2, 740	0.357 0.457	
Nylon (I)	3 ×3	10 5	370	0.123	1, 218	0.406	
	4 ×4	10 5	388	0.097	1, 325	0.331	
	5 ×5	10 5	407	0.081	1, 403	0.281	
	6 ×6	10 5			1,742	0.29	
Polyethylene	3 ×3	10 5	129	0.043	830	0.277	
**************************************	4 ×4	10 5		•			
* * *	5 ×5	10 5					
	6 ×6	10 5			1,798	0.3	

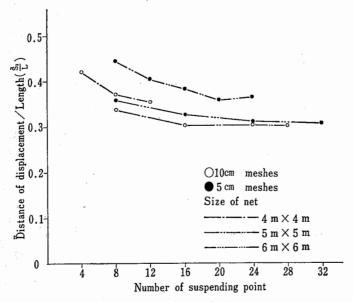


Fig. 19 Relation of the ratio, L/H to the number of suspending points.
ネットー辺に対する荷重作用点の変位とネット支持点数との関係

$$\left(\frac{S_3}{L}\right)$$
=0.07 $\left(\frac{H}{L}\right)$ +0.37 \cdots 5 cm の網目の場合 $\left(\frac{S_3}{L}\right)$ =0.045 $\left(\frac{H}{L}\right)$ +0.44 \cdots 10 cm の網目の場合

上記の実験は、いずれも8点支持で行なって得た結果であるが、支持点数を変えて変位量を調べた結果を Fig. 19 に示す。

支持点数を増すことによって、ネットの拘束度が高くなるので、変位量は少なくなるが、支持点数が16点以上になると変位量はそれほど少なくならず、ある一定の値に近づく傾向を示した。

また、各材料による変位量の差についてみると、ポリプロピレンのネットが他のネットに比較してやや大きい値となることがわかったが、他の種のネットについてはほぼ同程度となった。

4.4 ネットの衝撃荷重と変位の関係

網目が 10 cm で落下高さが 4 m, 網目が 5 cm で落下高さが 8 m の場合について、オッシログラフから求めた衝撃荷重(落下体の質量と減速度の積)と、16 mm フィルムから求めた変位量との関係を、ネットの素材別に図示したのが \mathbf{Fig} . 20 である。ただし、同図は第1回目の落下衝撃を対象としており、かつ、横軸に

x/L をとっている。さて同図から,同一素材については,衝撃荷重と変位との間に,他の条件いかんにかかわらず,一つの関係式で表わす関係が成り立つように思われる。よって,衝撃荷重Pと変位xについて次の実験式を得た。

$$P = \alpha \left(\frac{x}{L}\right) \exp\left(\beta \cdot \frac{x}{L}\right) \tag{12}$$

ただし、 α 、 β はネットの素材に関係する定数で、実験データから定めることができる。**Table** 10 に各素材に対する α 、 β の値を示す。同表からポリプロピレン、ナイロン、ビニロンの順に変位が大きく表われることがわかる。

次に、繰り返し落下衝撃を加えた場合の 衝撃荷重と変位との関係を Fig. 21 に示す。 同図は 10 cm 網目のナイロンネットについ ての結果であるが、第2回目以降は第1回

目に比べて、P-(x/L) 曲線の立ち上がりが早く、かつ、急になるが、回数を重ねていくにしたがって、曲線の立ち上がりの変化が鈍り、終局的にはある一定の

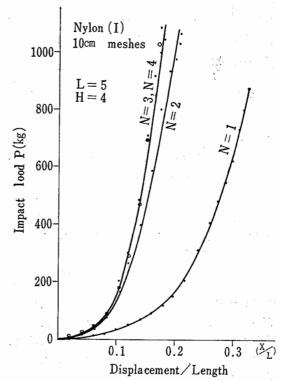


Fig. 21 Comparison of relation between impact load and displacement (in the repeaded cose)

くり返し衝撃による衝撃荷重――変位曲線

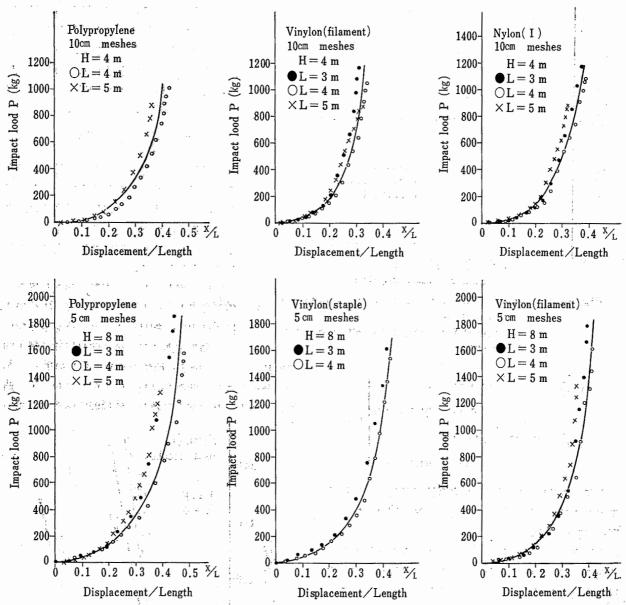


Fig. 20 Relations between impact load and displacement. 各種のネットの衝撃荷重——変位曲線

Table 10 Values of α , β in the equation (12) α , β \mathcal{O} 値

	* -			
	mesh	H	α	β
Polypropylene	10	4	140.9	7.24
Vinylon filament	10	4	113.8	10.05
Nylon	10	4	151.6	7.99
Polypropylene	5	8	194.2	6.39
Vinylon staple	. 5	. 8	176.7	7.09
Vinylon filament	5	8	155.4	7.90

曲線に収斂するように思われる。

5. 結 語

1. 結節強度比は素材によりいろいろ異なった値となる。最も高い比を示したのは、ポリエチレンで79%で、最も低い比を示したものは、ビニロン (ステップル)で42%となった。また、湿潤試料についてもほぼ同程度となった。結節を作ることによって破断強度の低下が著しいことがわかった。

2. 天然曝露を行ない耐候性の試験をした結果, 黒

色に染色されたポリエチレンの網糸、およびビニロン (ステップル) の網糸が最も耐候性にすぐれていることがわかった。同一の材質でも黄色染色されたポリエチレンの網糸の耐候性は、黒色に比し劣化がはげしい。 染色により差が大きくなったことは注目すべき点である。また、ポリプロピレンの網糸は、他の繊維に比し軽いため、ネットにしたとき扱いやすいという利点はあるが、経続天然曝露1年目で70%、2年目で40%に低下し、耐候性が他の繊維に比しきわめて劣っていることがわかった。

- 3. 湿潤した網糸と乾燥した網糸と破断強度の比較をすると、ビニロン (ステップル)、ビニロン (フィラメント)、ナイロンなどの湿潤した網糸は、乾燥した網糸に対しそれぞれ、約79%、90%、92%に低下することがわかった。また、ポリプロピレン、ポリエチレンの網糸の強度の低下は認められなかった。
- 4. 落下衝撃高さH, ネットの一辺の長さL, 落下衝撃回数Nおよびネット支持点数pと最大減速度Dとの関係は次の実験式で表わすことができる。
- 1) 第1回目の落下衝撃時で支持点数が8点のときは、ネットの素材に関係なく次式となる。

$$D_1 = 6.50 \left(\frac{H}{L}\right) + 3.85$$
 (5cm 網目の場合)
$$D_1 = 7.79 \left(\frac{H}{L}\right) + 3.46$$
 (10cm 網目の場合)

2) 落下衝撃回数がN回目のときは、次式となる。 $D_N = a (1 - e^{-b(N-1)}) \frac{H}{T} + D_1$

ただし、a、bはネット固有の定数で実験結果から 決定できる。

3) ネット支持点数が多いときは、次式となる。 *U*

$$D\!=\!q\,(1\!-\!e^{-\tau(p-8)})+a\,(1\!-\!e^{-b(N-1)})\frac{H}{L}\!+\!D_1$$

ただし、 *q* 、 r はネット固有の定数で、実験結果から求めることができる。

- 5. 上記のほか、さらにネットの緩衝効果について 述べると、次のとおりである。
- 1) 一般に、ネットが大きくなるにつれて緩衝効果は増大するが、落下高さが低い場合にはネットの大きさを必要以上に大きくしても効果はあがらない。
- 2) 一般に、落下衝撃回数を繰り返すにしたがい、 緩衝効果は低下するが、ナイロンネットで2回、その 他のネットでは4~6回以上繰り返し落下衝撃を与え ると、緩衝効果は一定の値になる。

- 3) 一般に、ネット支持点数が増加すれば、緩衝効果は低下するが、12点以上になると緩衝効果は一定の値になる。
- 4) ネットの素材について緩衝効果を比較してみると、ナイロンネット、およびポリプロピレンネットはピニロンネットよりややすぐれているとみられる。なお、ナイロンネットは繰り返し衝撃荷重を受けたとき、他のネットに比較して有利である。
- 5) 網目の寸法が 5cm の網目のネットと 10cm の網目のネットと比較すると, 5cm の網目のネットのほうがやや緩衝性が高い。
- 6. ネットを貫通する場合の最大減速度 D_b と網糸の破断強度Tとの関係は、次の実験式で表わすことができる。

$$D_b=0.112\,T+7.1$$
 (5cm 網目の場合) $D_b=0.044\,T+6.4$ (10cm 網目の場合)

- 7. 落下衝撃時の支持点の反力は最大減速度の値にほぼ比例する。角目ネットでは、辺中央部の支持点反力,および隅角部支持点の反力はそれぞれ最大衝撃荷重(最大減速度と落下体質量の積)の約30~40%,および20~30%となる。
- 8. 菱目のネットと角目のネットについて最大減速 度の値を比較すると、明確な差は認められなかったの で、両者同等の緩衝効果をもつものであろうと考えら れる。
- 9. 落下衝撃荷重を受けるネットの荷重点(ネットの中央)の変位Sは、次の実験式で表わすことができる。

$$\left(\frac{S}{L}\right)$$
=0.07 $\left(\frac{H}{L}\right)$ +0.37 (5cm 網目の場合)

$$\left(\frac{S}{L}\right)$$
=0.045 $\left(\frac{H}{L}\right)$ +0.44 (10cm 網目の場合)

ただし、上式はネットの支持点数を8点とした場合 である。支持点を多くすれば変位量は、漸次少なくな る傾向にあるが、16点以上になると変位はほぼ一定の 値になる。

10. ネットの衝撃荷重——変位曲線は、衝撃荷重をP、変位を α とするとき、次の実験式であらわすことができる。

$$P = \alpha \cdot \frac{x}{L} \cdot \exp\left(\beta \cdot \frac{x}{L}\right)$$

ただし、 α 、 β は定数で、実測値から求めることができる。

参考文献

- 1) 木下鈞一, 小川勝教, 産業安全研究所研究報告, 14, (2), 1, 1965
- 2) 田代憲輝, "各種のロープの曝露試験に関する研究"科学と工業, 37, 296, 1963, および, 38, 479, 1964
- 3) British Standard, Specification for industrial sefety net, B.S. 3913, 1965
- 4) 増山元三郎"実験公式の求め方" 竹内書店, 1965
- 5) 星野茂雄,豊田実 "緩衝性包装設計ハンドブック"日本生産性本部, p. 123, 1969

[8月30日受理]

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-20-2

昭和 46 年 11 月 20 日発行

発行所 労働省産業安全研究所

東京都港区芝5丁目35番1号電 話 453 — 8441番(代)印刷所新日本印刷株式会社

郵便番号 108

UDC 614, 821:677, 664 安全ネットの性能向上 一安全ネットの特性について一 木下鈞一・小川勝教 産業安全研究所報告 RIIS-RR-20-2, 1~19 (1971)

墜落災害防止用ネットについての構造規準を定めるため、各種の合成繊維で製作された 安全ネットに落下衝撃を加える実験を行なった。この実験の結果からネットに作用する最 大衝撃荷重、衝撃荷重時のネットの最大変位量などを求める関係式を得た。またその他落 下衝撃をうけるネットの力学的性状のいくつかの点について明らかにした。 (表10, 図21, 写真 2, 参5)

UDC 614, 821 : 677, 664

Efficiency improvement of the safety net—about special character of the safety net—K. Kinoshita, K. Ogawa
Research Report of the Research Institute of Industrial Safety
RIIS-RR-20-2, 1~19 (1971)

For the purpose of standardizing the specification of the safety net which have been used for the prevention of fall accidents in construction sites and others, this report investigates into their dynamical characteristics by fall impact. From the results of experiment we get relative formulas to give the maximum deceleration and the distance of the maximum displacement of each net., and other relations with the characteristics of the net, in the case of fall-impact on it.

(10 Tables, 21 Figures, 2 Photographs, 5 References)