

## 研究論文

## 安全ネットの衝撃吸収特性の評価技術に関する研究

杉山 儀<sup>\*1</sup>、原田 真<sup>\*2</sup>、柴田佳孝<sup>\*2</sup>

## Study on the Evaluation of Impact Absorption Characteristics of the Safety Net

Tadashi SUGIYAMA<sup>\*1</sup>, Makoto HARADA<sup>\*2</sup> and Yoshitaka SHIBATA<sup>\*2</sup>Mikawa Textile Research Center<sup>\*1\*2</sup>

本研究では、1m<sup>2</sup>の安全ネットを試験可能な小規模な落錘試験台を試作し、様々な構成要素の安全ネットの落錘試験を行うことで、網の衝撃吸収特性を評価するための簡易な試験方法の確立を目指した。また、本試験機により、新品と使用後の安全ネットについて、錘が落下した時に錘に掛かる減速度や鉛直方向の網の伸びに大きな差が見られたため、引張強度などの力学特性との関係からその要因を追究した。

## 1. はじめに

人の墜落による危険を防止するために建設現場で張られている安全ネットの製造と品質管理において、時間とコストが掛かる要因の一つに落錘試験がある。規格化された落錘試験は、試料サイズ 25m<sup>2</sup> (5m×5m) 専用の実寸大の試験設備と人数、時間を必要とし、それに掛かる費用も発生することになる。

そこで著者らはコストの低減及びスピードアップを図るため、仮設機材の試験規格・方法を簡易的な方法に落とし込み、小サイズの試料かつ短時間で落錘試験評価を可能とする試験方法の確立に取り組んできた。

試作した落錘試験台に様々な構成要素の安全ネットを取り付け、落錘試験を行うことで、網の素材や目合などの構成要素と落錘試験の評価値である錘が安全ネットに落下したときに掛かる減速度や鉛直方向の安全ネットの伸びとの関連を調べる中で、試験方法の高精度化を図ってきた。

また、ナイロン素材 (以下 Ny) の蛙又結節網の新品と使用後の安全ネットについても、減速度と安全ネットの鉛直方向の伸びに差があることが確認されたため<sup>1)</sup>、網糸の引張強度などの力学特性との関係からその原因を追究した。

## 2. 実験方法

## 2.1 試料

「仮設機材認定基準とその解説」<sup>2)</sup> (以下「基準」) において、安全ネットは「網地、縁網、吊網、仕立糸及び吊網等を有し、網目は角目又は菱目とし、網目の1辺の大きさは10cm以下であること、網地の種類は、蛙又結

節網地、無結節網地又はラッセル網地であること」と記載されている。

当センターでは、正方形 1m×1m の網にφ9mm のポリエステルロープ (以下 PET ロープ) を縁網として菱目状に取付けたものを安全ネットとして、それを試験試料とした (図1)。試料は、異なる結節、織度、半目目合 (以下目合) の Ny、PET の素材の網 (表1) を用いた。なお、試験を一度でも実施した安全ネットは使用後の安全ネットということにする。

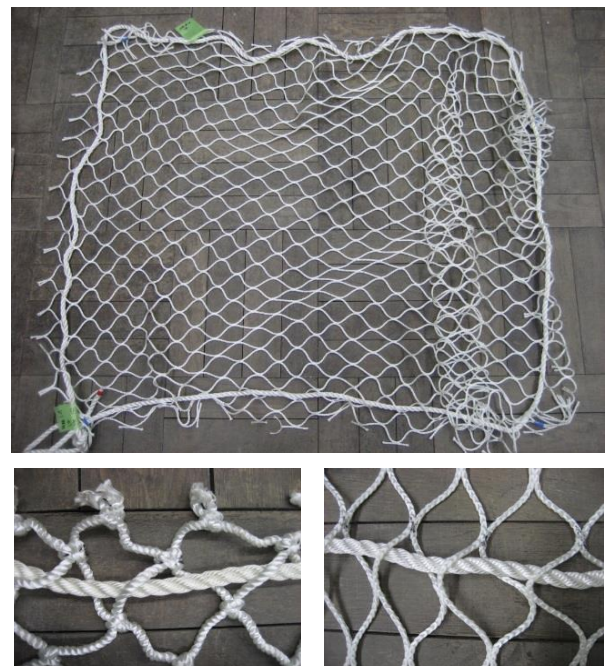


図1 試料 (上 安全ネット 下左 蛙又結節網と縁網 下右 ラッセル結節網と縁網)

\*1 三河繊維技術センター 産業資材開発室 (現産業技術センター 自動車・機械技術室)

\*2 三河繊維技術センター 産業資材開発室

表 1 構成要素の異なる網

試料	素材	結節	織度(dtex)	目合(mm)
①	Ny	蛙又	37,800	50
②			71,400	
③				100
④	PET	蛙又	45,000	100
⑤		ラッセル	43,300	50

## 2.2 安全ネットの取り付け方法

安全ネットは落錘試験台に金属バンドで 8 点支持 (0.5m 間隔) することとした (図 2)。ただし、安全ネットの角については、図 2 のとおり 2 箇所を把持している。

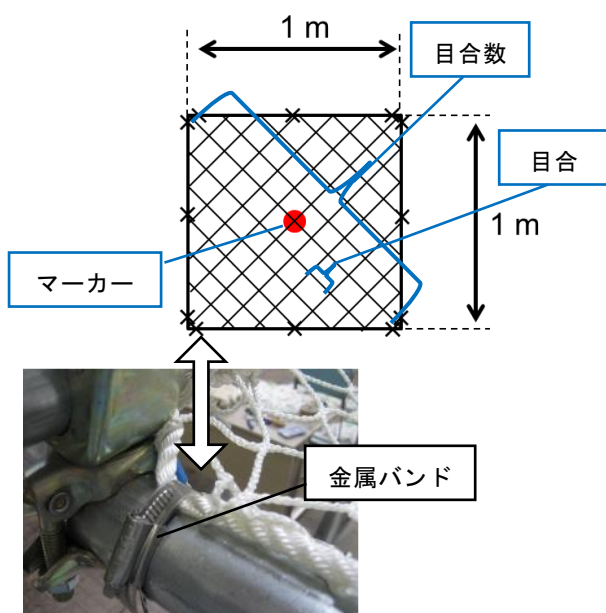


図 2 試料を 8 点で支持した模式図

## 2.3 安全ネットの試験方法

安全ネットの衝撃吸収性能を評価する時、一般的には安全ネットに錘を落とした時に錘に掛かる減速度を調べる。減速度が小さければ安全ネットの衝撃吸収性能が高いと言える。

当センターでは、安全ネットの動的挙動 (鉛直方向の移動距離) は、安全ネットに付けたマーカーを高速カメラ (FASTCAM Photoron 製) で撮影し、錘の挙動 (減速度) を錘に備え付けた加速度測定機 (SAVER 3L30 LANSMONT 製) で観測した。加速度測定機を備えた錘を落下体とよび、落下体が安全ネットに落下した時の安全ネットの鉛直方向の伸びを網鉛直移動距離とした (図 3)。網鉛直移動距離は、網の衝撃吸収性能を見る上で

のある指標になると考えた。また落下体を落とす前の網の自重による網の鉛直方向の自然な伸びの大きさを垂れとした (図 3)。

○測定条件

・高速カメラ撮影速度 2,000fps

・加速度測定 Sample Count 512

Sample Interval 2msec

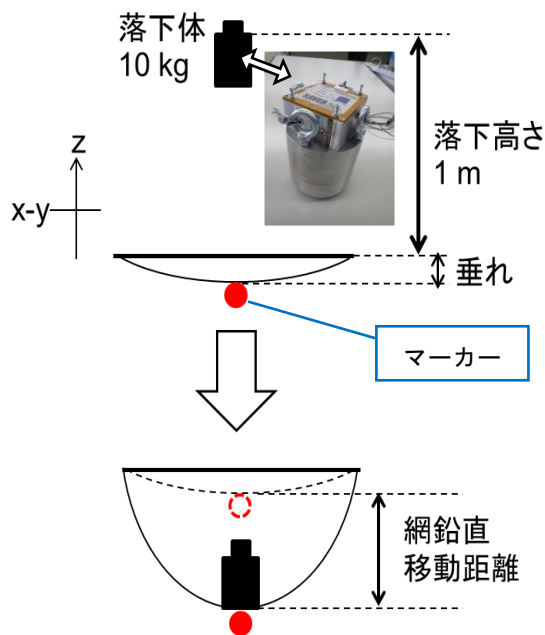


図 3 落錘試験方法

## 2.4 網系の試験方法

網から網の小要素である 1 節 2 脚を切り出し、(1)-(2)、(3)-(4) (または、(1)-(3)、(2)-(4)) をそれぞれ同時に把持して図 4 左のとおり引っ張ることを 1 節 2 脚の縦 (または、横) 方向の引張という。また(1)、(4) (または、(2)、(3)) をそれぞれ把持して、(2)、(3) (または(1)、(4)) を自由にした状態で図 4 右のとおり引っ張ることを 1 節 1 脚の(1),(4)(または(2),(3)) 引張という。引張速度を 200mm/min、チャック間距離を 200mm とした。

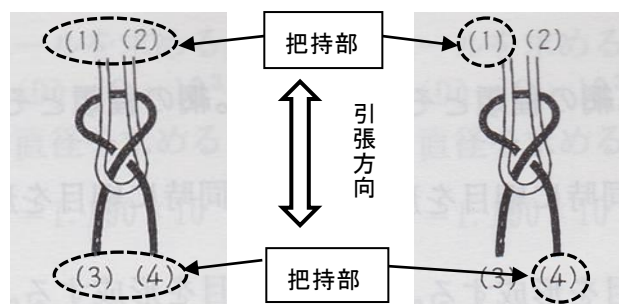


図 4 左 1 節 2 脚の引張 右 1 節 1 脚の引張

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 垂れによる影響

異なる素材、織度、目合の安全ネットの落錘試験を実施した。いずれの網も落錘試験の基準をクリアしたものであるため、減速度が変わらないことが予想された。しかし、表2により、同じ蛙又の試料①から④を比較しても減速度にばらつきが見られた。これは試験時の垂れが10cmから20cmとあいまいであったことによるものと考えられる。つまり、落下高さが同じでも垂れも含めた高さが10%変われば、運動エネルギーが異なる状態（網に落下体が接触する直前の速さでは、およそ5%変わる。）で試験したことになる。そして垂れは、図2による対角線上の目合の数により決まる。ただし、目合の大きさを50mmから100mmと変えて、そのまま対角線上の目合数を1/2にすれば良いというものではなく、実際に安全ネットとして、落錘試験台に取り付けた上で再度、対角線上の目合数により垂れを調整していかなければならない。垂れは、熱セットの状態や網糸の撚り方にも大きく影響を受ける。つまり、垂れは落錘試験方法における重要な条件である。

表2 網の構成要素による試験結果

試料	減速度 (G)	網鉛直移動距離 (mm)
①	17.0	317
②	16.7	347
③	14.8	322
④	20.5	296

#### 3.2 使用前後の縁網による影響

縁網の再利用化を図るため、縁網の使用前後の減速度及び網鉛直移動距離に影響がないことを確認した。

3.1を踏まえて垂れを考慮した上で、試料②は垂れを含んだ落下高さを125cm、⑤は116cmに調整し、蛙又とラッセル結節網の落錘試験を実施したところ、表3より縁網の使用前後による影響は確認されなかった。

表3 使用前後の縁網による試験結果

試料	縁網使用 前後	減速度(G)	網鉛直移動 距離(mm)
②	前	16.7	347
	後	16.8	319
⑤	前	21.2	282
	後	21.4	288

#### 3.3 PET ラッセル結節網の使用回数による影響

一度測定した網は網全体として伸ばされ垂れが大きくなるため、それに合わせて垂れを含んだ落下高さを116cmに調整して落錘試験を実施した。表4よりPETラッセル結節網は、網の使用回数毎の減速度は変わらなかったが、網鉛直移動距離は小さくなることが確認された。ラッセル結節は蛙又結節に比べて、網構造が大きく異なり結節部で網糸と網糸がずれることがないため、網の衝撃吸収性能が低下しにくいことが考えられた。網鉛直移動距離が小さくなる要因として、一度でも落下体が落ちた網は伸ばされるため、その分だけ網鉛直移動距離が小さくなったことが予想されたが、網の衝撃吸収性能との関連は分からなかった。

表4 PET ラッセル結節網の使用回数による試験結果

試料	網使用回 数(回)	減速度 (G)	網鉛直移動 距離 (mm)
⑤	0	21.4	288
	2	22.5	243
	3	22.2	232

※網使用回数1回は測定失敗

#### 3.4 網の力学特性と落錘試験評価値との関係解析

落錘試験前後の新品と使用後の蛙又結節網において、減速度に大きな差があることが確認された<sup>1)</sup>。このとき網目が歪み、結節部で網糸同士のずれが見られた。そこで、その要因が網糸の引張り強度と伸びとの関係にあると考えたため、試験前後の網から網の小要素である1節2脚を切り出し、引張試験を実施した。

1節2脚の引張では、縦、横ともに引張強伸度、荷重・伸び曲線また荷重・伸び曲線の初期段階においても、落錘試験前後の差を確認することができなかった(図5、表5)。

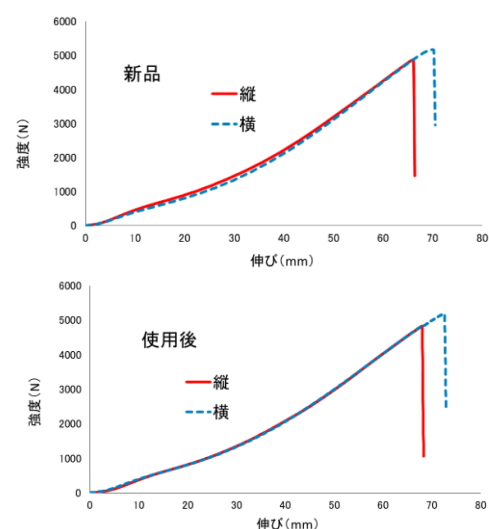


図5 1節2脚の荷重・伸び曲線(上 新品 下 使用后)

表5 1節2脚の引張強伸度

N=3		引張強さ (N)	伸び (mm)
新品	縦	4,950	67.0
	横	5,030	67.8
使用後	縦	4,830	68.5
	横	5,100	71.2

しかし、1節1脚の引張において、荷重・伸び曲線の伸びの初期段階において大きな差が確認された。実際、荷重・伸び曲線を広域的に見ると、結節部での網糸同士がずれることによって発生する摩擦による波形が見られ、新品も使用後も引張方法(1),(4)と(2),(3)で分類され同波形のように見られたが(図6)、初期の狭域を見ると、新品と使用後による大きな差が見られた(図7)。使用後は、落下体を落とした後であるため、網の結節部が締め付けられた状態であると考えられた。そこで図7より100N付近の一

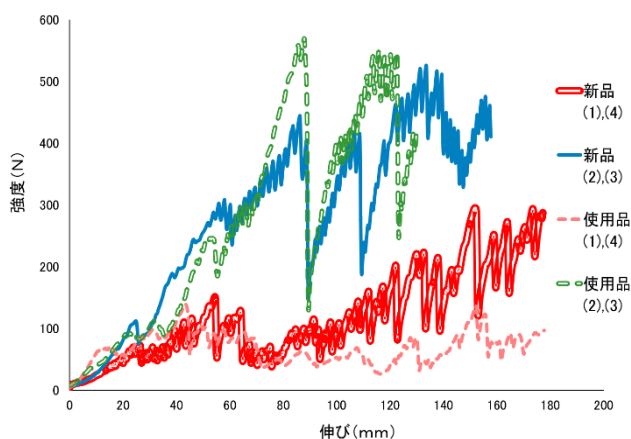


図6 1節1脚の荷重・伸び曲線(広域)

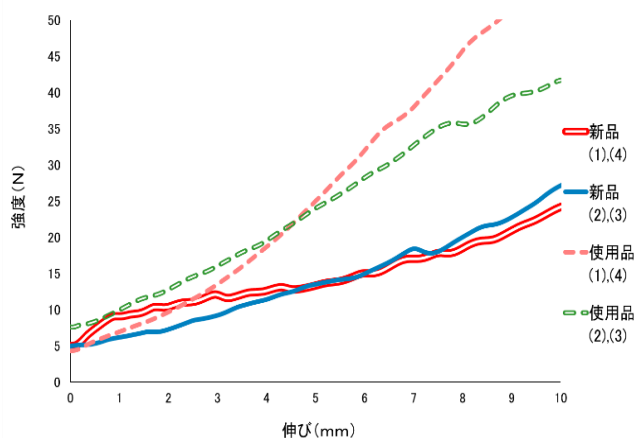


図7 1節1脚の荷重・伸び曲線(図6の初期の狭域)

つ目の極大点が、網糸同士が結節部で締め付けられた状態であると考えられたため、20mm、100N以下で新品と使用後の例えば25N時の伸びを比較した。使用後が約5mmに対して、新品は約10mm伸びることが分かり、網の衝撃吸収性能がこの積分値に起因していると考えた。

よって新品の方がこの積分値が大きいため、衝撃吸収性能に優れていると考えられ、減速度が異なる要因であることが示唆された。

#### 4. 結び

本研究で得られた結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1)落錘試験方法において、垂れが衝撃(運動)エネルギーを決める重要な条件であること、縁網を再利用できることが分かった。
- (2)PET ラッセル結節網は、使用前後で減速度が変わらないこと、つまり網の衝撃吸収性能が低下していないことを確認した。ただし、網の衝撃吸収性能と網鉛直移動距離との関連は分かっていない。
- (3)Ny 蛙又結節網は、使用前後での減速度の差は、結節部での網糸の締め具合の差によるものと示唆された。
- (4)課題として、簡易な落錘試験方法を確立するにあたり、網に縁網を通す作業、落錘試験台に安全ネットを取り付ける作業に大変な労力と時間が掛かった。縁網一つをとっても異なる径、素材のロープでは大きく評価結果が変わるものと考えられる。また、安全ネットは、網と縁網の複合的な関係によって落錘試験の評価値が決定されるため、縁網部分を金属棒などに換え、網のみを測定するなど、より単純化して測定する必要があると考えられた。そのため今後も引き続き試験方法を改良していかなければならない。

#### 謝辞

本研究にあたり、試料をご提供いただいたナカダ産業株式会社に深く御礼申し上げます。

#### 文献

- 1) 杉山儀, 村松圭介, 原田真: あいち産業科学技術総合センター研究報告, 4, 140(2015)
- 2) 一般社団法人 仮設工業会: 仮設機材認定基準とその解説(厚生労働大臣が定める規格と認定基準)