

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生総合研究事業

墜落による危険を防止するためのネットの経年
劣化等を含めた安全基準の作成に資する研究

令和4年度～5年度 総合研究報告書

研究代表者 日野 泰道

令和6（2024）年 5月

目 次

I 総合研究報告

A	研究目的	.....	2
B	研究結果	.....	2
	B-1	安全ネットに関する法令、指針の現状	..... 2
	B-2	実験結果に基づく安全ネットの基本性能	..... 6
	B-3	安全ネットの固定点数に着目した実験的検討	..... 23
	B-4	経年劣化の影響に関する実験的検討	..... 28
C	考察（安全ネットの規定のあり方について）	.....	39
D	研究発表	.....	40
E	知的所有権の取得状況	.....	40

II	研究成果の刊行に関する一覧表		44
----	----------------	--	----

第 I 部

総合研究報告

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
（総合）研究報告書

墜落による危険を防止するためのネットの経年劣化を含めた安全基準の作成に資する研究

研究代表者 日野泰道 （独）労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・部長

研究要旨

安全ネットは、墜落による危険を防止するためのネットの構造等の安全基準に関する技術上の指針（大臣公示、以下「技術上の指針」と呼ぶ。）により、その構造、強度等について規定されている。ところが、技術上の指針の作成当時と比較し、安全ネットの種類や構造等は変化し、網目の大きさや、結節構造に違いがみられる。また、安全ネットの建設構造物（鉄骨骨組等）への具体的な取付・固定方法についての基準が定められていない。さらには経年劣化の影響についても不明な点が多い。

本研究は、安全ネットの実情を踏まえ、現行の関連法令や技術上の指針等との関係から、その適用可能性の可否を含めて検討するとともに、現在主流となっている「無結節網地（ラッセルネット）」の基本的な性能を明らかにすることを目的とした。

検討の結果、新品のラッセルネットを対象とした試験においても、落下条件によっては、墜落制止ができない可能性が高いことが明らかとなった。これは、結節編地のネットとは異なり、ラッセルネットには縦横で力学的特性が異なるため、最も不利な落下条件が、従来の実験条件とは異なるためである。そこで、日本で現在流通する安全ネットを対象とし、安全ネットの固定点数を変えて落下試験を実施し、現在流通する安全ネット（新品や経年品）を用いた場合に必要な固定点数の検討を行った。

菱形の網目形状を有する安全ネット（新品）を対象として、当該ネットの剛性が高い方向の端部1mへ落下させた試験の結果、仮設工業会で定める認定基準で固定した場合（本研究では2.5m間隔）でも、国内で流通するネットは、いずれも網目が大きく破損し中破ないし大破した。一方、ネット網目を全マス通した安全ネットを1m間隔で固定した場合、安全ネットの損傷は軽微な損傷にとどまり、墜落の危険を防止する措置を講ずることができた。経年劣化の影響に関する検討では、本実験の範囲では、墜落の危険を防止することが確認できたのは新品ネットのみであった。結論として、安全ネットの墜落による危険を防止する性能は、網糸強度だけでなく、他の構造的要因（網糸の変形性能等）を踏まえる必要があると考えられる。

一連の実験結果を踏まえて、安全ネットの規定のあり方を考察すると、安全ネットに期待する性能として、落下物災害の防止を含めるのか等を踏まえ、業界全体で最適解を整理することが必要と考えられる。

研究分担者

大嶋勝利

(独) 労働者健康安全機構労働安全衛生
総合研究所
所長代理

高橋弘樹

(独) 労働者健康安全機構労働安全衛生
総合研究所
上席研究員

金 恵英

(独) 労働者健康安全機構労働安全衛生
総合研究所
任期付研究員

ている。実際、経年品のラッセルネットを使用していた際の事故報告もなされている。

そこで本研究では、現在流通する安全ネットの実情を踏まえ、現行の関連法令や技術上の指針等との関係から、改めて検討すべき事項を明らかにするとともに、現在主流となっている「無結節網地（ラッセルネット）」の基本的な性能を明らかにすることを目的として、日本で現在流通する安全ネット（計4社）を対象とした新品および経年品を対象とした検討を行い、それらの基本的な性能を把握するための検討を行った。

A 研究目的

安全ネットは労働安全衛生規則において「防網」と表現され、高所作業時の墜落防止対策の一つとして明記されている。また墜落による危険を防止するためのネットの構造等の安全基準に関する技術上の指針（大臣公示、以下「技術上の指針」と呼ぶ。）が昭和51年に出され、安全ネットの構造、強度および使用方法について、技術的な観点から基準が示されている。

ところが、技術上の指針の作成当時と比較し、現在流通している安全ネットの種類や構造等は変化し、網目の大きさや、結節構造に違いがみられる。また、安全ネットの建設構造物（鉄骨骨組等）への具体的な取付・固定方法についての基準が定められていない。併せて同指針では、安全ネットの廃棄基準が示されておらず、適切な廃棄基準を定めることが必要とされ

B 研究結果

B-1 安全ネットに関する法令、指針の現状

1 労働安全衛生規則

墜落防止対策を目的とした安全ネット（防網）の規定には、次に示すものがある。

- (1) 安衛則第518条第2項（作業床の設置）
- (2) 安衛則第519条第2項（囲い等の設置）
- (3) 安衛則第524条（スレート等の屋根上の危険の防止）
- (4) 安衛則第563条（作業床）
- (5) 安衛則第564条（足場の組立て等の作業）
- (6) 安衛則第574条（つり足場）
- (7) 安衛則第575条の6（作業構台についての措置）

また、飛来物対策を目的とした防網の規定としては、次に示すものがある。

- (1) 安衛則第 458 条 (同時作業の禁止)
- (2) 安衛則第 537 条 (物体の落下による危険の防止)

なお、安衛則第 563 条および同規則第 574 条では、墜落防止対策と飛来物対策の双方を目的とした規定となっている。

安全ネットの指針類を見直すにあたっては、上記規則で規定する具体的な作業の場面を想定したものとするのが求められていると考えられる。なお、技術上の指針等は、墜落防止対策を念頭に置いたものであり、飛来物対策に対する具体的な指針類は現段階では存在しない。飛来物対策としての防網のあり方については、別途検討が必要と考えられる。

2 厚労省技術指針 (技術上の指針) について

技術上の指針 (昭和 51 年 8 月 6 日) は、研究報告「安全ネットの性能向上 (産業安全研究所研究報告: 昭和 46 年 11 月 20 日)」などの実験結果を踏まえて取りまとめられた「安全ネット指針 (産業安全研究所技術指針: 昭和 47 年 4 月 1 日)」に基づいて制定されたものとされている。

2-1 安全ネットの性能向上 (産業安全研究所研究報告) について

この研究では、落下衝撃を受けるネットの緩衝性その他力学的性状を解明することを目的とし、大きく分けて 2 種類の検討を行っている。1 つ目は経年使用ネットの安全性を確認するための材料試験、2 つ目は実物大実験による落下衝撃に対する安全性の検討である。

前者の検討では、新品供試体、暴露済供試体および湿潤供試体の 3 種類に対し、ネットの結節状況を変えた引張試験を行

い、概ね次のような知見を得ている。

- ・無結節の場合と比較して結節がある場合では、破断強度が 50% 以下となる傾向にある。
- ・ループ結節とかえるまた結節の強度、ひずみ量は、概ね同じ値となる。
- ・ビニロンネット (ステップル) では水分を含むと強度低下が大きい。
- ・概ね 3 年程度暴露した供試体の強度は、新品時と比較して、50% 程度低下する材質が多くみられる。

一方、後者の検討では、ネット素材として 6 種類、ネットの大きさとして 4 種類 (一辺 3m~6m の正方形)、ネットの網目の寸法として 2 種類 (50 mm と 100 mm) を実験パラメータとして、墜落阻止時の減速度やネット支持点の反力の大きさ、および落下地点の最大変位などについて検討を行っている。なお、落下試験は原則として 8 点支持とし、その落下位置はネット中心部のみとしている。その結果、概ね次のような知見を得ている。

- ・角部と比較して中央部の支持点で反力が大きくなる。
- ・ネットの大きさが大きくなるにつれて最大減速度が減少する傾向にあった。
- ・落下高さが高くなると比例的に最大減速度が増大する傾向にあった。
- ・最大減速度は、支持点数が多くなるにつれて大きくなるが、12 点以上になるとあまり増大しなくなる傾向にあった。
- ・支持点が 16 点以上になると、特定の支持点に主な反力が集中し、他の支持点には均等な小反力しか作用しない傾向にあった。
- ・落下高さ H、ネット一辺の長さ L、落下

回数N、ネット支持点数pと最大減速度Dの関係式を実験から求めることができた。

- ・最大垂下量は、ネット一辺の長さL、落下高さHとの関係式を実験から求めることができた。(ただし8点固定の場合、16点以上になると変位は一定値になる)

2-2 安全ネット指針(産業安全研究所技術指針)について

この指針では、上記研究報告を取りまとめ、安全ネットに関する指針を求めたものである。

その内容は、結節ネットに関するものであり、複合ネット、大型ネット、無結節ネットには十分触れられていない。

本指針の対象となる安全ネットは、網糸、縁綱、仕立糸、吊綱、試験用糸等で構成されたものであり、編地は結節網地(原則として「かえるまた結節」)とし、無結節ネット(ラッセルネット)は除外されている。

同指針では、使用基準として①許容落下高、②ネットの垂れ、③ネット下部の空きについて規定しているが、いずれもかえるまた結節のネットを対象とした実験データを強く反映させたものとなっている。

2-3 技術上の指針の内容と改正に向けた論点について

技術上の指針は、上記安全ネット指針に基づくものであり、5項目(総則、構造等、強度、使用及び管理、表示)で構成されている。

2-3-1 総則について

- (1) 飛来・落下物災害への適用可能性

同指針は「労働者の墜落による危険を防止するため、水平に張って使用するネット」との規定のとおり、墜落災害を対象としており、飛来・落下物災害については、その範疇にないことを明確にしている。技術上の指針を改定する場合、飛来・落下物災害の取り扱いが一つの論点になると考えられる。

(2) 本指針の「ネット」の定義

本指針で使用される「ネット」とは、ネット単体を指すものであるか、あるいはネットを躯体に取付けた全体を指すものであるかを明確にする必要があると考えられる。つまり、安全ネットの躯体への取付けは、同指針作成時においては吊綱を用いて行うものであったが、現在ではネットクランプを用いた取付けも一般的に行われている。このような場合では、ネットクランプ等の支持金具を含めた指針とすることが望ましいものと考えられる。

2-3-2 構造等について

(1) 安全ネットの構成要素

本指針では、「ネットは、縁綱、仕立糸、つり綱、試験用糸等を有するもの」としている。上記のとおり、ネットの躯体への取付けは、ネットクランプによって行うことも一般的に行われており、必ずしも吊綱を利用していない。そのためネットの構成要素として、何を含めるかについて、適切な検討が必要と考えられる。

(2) 材料・編地

本指針では材料を「合成繊維」とし、編地は「結節によること」としている。現状においても合成繊維が用いられているものの、編地は無結節のラッセル編地が大半を占めており、今後も安全ネットの素

材や編み方が変化(進化)していく可能性も考えられる。これらを踏まえて見直しが必要と考えられる。

2-3-3 強度について

(1) 網糸の強度

網糸の強度については、試験用糸による引張試験の方法が示され、また 100 mm 目と 50 mm 目の引張強さの規定が設けられている。そしてこれ以外の寸法の網目については、直線補間値を用いることとしている。ところが、この直線補間値について、現在主流の 15 mm 目に適用すると、必要とされる引張強度は 1 kg となる。このような小さな引張強度では、労働者の墜落阻止の実現は極めて困難と考えられ、適切な見直しが必要と考えられる。

2-3-4 使用及び管理について

(1) 落下高さ、ネットの垂れ、下部の空きについて

同指針では「落下高さ(作業床等とネット取付位置との垂直距離)」、「ネットの垂れ」、「ネット下部の空き」が数式により規定されている。これらの数式は、上記研究報告における実験結果を色濃く反映させたものである。その実験対象は、50 mm 目ないし 100 mm 目のかえるまた結節ネットであり、現在主流の 15 mm 目のラッセルネットとは明らかに異なるものであるから、ここで規定された数式の妥当性については、改めて実験により確認が必要と考えられる。

(2) ネットの支持間隔について

ネットの支持間隔については、「ネット周辺からの墜落による危険がないものであること」と規定し、具体的な支持間隔には言及していない。この点、支持点数が必

要以上に少ない場合には、墜落阻止の実現は困難となる可能性があることから、一定の基準が必要と考えられる。

(3) 定期試験等について

経年劣化によって墜落阻止能力が失われた安全ネットを取り除く目的で、試験用糸による定期試験が規定されている。ところが、現在主流のラッセルネットでは、この試験用糸が附属していない状況である。適切な性能を有する安全ネットを使用する上において、経年劣化の影響を把握することは必要不可欠と考えられることから、ラッセルネットを対象とした定期試験の方法について、検討を行う必要があると考えられる。

(4) 使用制限について

本指針では安全ネットの使用制限として、①必要強度を有しないネットや、②人体と同等の重さを有する落下物による衝撃を受けたネット、③破損部分が補修されていないネット、④強度が明らかでないネットを使用しないことを規定している。安全ネットが繰り返し使用されることを踏まえれば、とりわけ②や③を区別する試験や検査方法が必要と考えられる。

3 小括

厚労省技術指針(技術上の指針)は、50 mm 目ないし 100 mm 目のかえるまた結節ネットを対象とした実験結果を色濃く反映させたものである。これに対し現在主流のネットは 15 mm 目のラッセルネット(無結節ネット)であり、前提となる実験結果とは異なる力学的性状を有する可能性が考えられる。また経年劣化や破損レベルを確認する実験・検査方法が明確にされ

ていない。このような点を踏まえて、見直しを進める必要があると考えられる。

なお、安全ネットの構造等に関する安全基準と解説（仮設工業会、昭和 56 年 7 月 20 日）では、ラッセル編地を用いたネット、目合いの小さい編地を用いたネットを対象とした検討結果が示されている。ここでは、技術上の指針と重複する諸規定が含まれているものの、その一方で、ラッセルネットの網糸を対象とした試験方法に加え、新品時およびネット廃棄時における網糸の引張強度が示されており、また安全性を確認するための落下試験が明示されているなど参考となるものである。ただし、その根拠となった具体的な実験データは示されていないことから、改めてその妥当性を含めた検討が必要と考えられる。

B-2 実験結果に基づく安全ネットの基本性能

1 目的

技術上の指針で対象とする「結節網地のネット」は現在流通しておらず、「無結節網地（ラッセルネット）」が主流となっている。同指針の諸規程は、結節網地を対象とした実験結果に基づいていることから、特にラッセルネットに対する適用の可否を含めた検討が必要である。そこで以下では、現在流通するラッセルネットの基本的な性能を明らかにすることを目的として実験的検討を行った。

2 方法

上述のとおり、技術上の指針は結節網地のネットを対象としており、無結節網地のネットは対象外である。ところが現

在流通する安全ネットは無結節網地のラッセルネットが大半を占めている。このような実情の中、仮設工業会ではラッセルネットに対する基準を設けている。そこで、仮設工業会の基準を参考にしつつ、ラッセルネットの基本的な性能を把握するため、ネットの引張試験および実物大落下試験を行った。

3 結果

3-1 経年品を対象とした落下試験（予備試験の結果）

（1）実験目的

現在流通しているネットは、技術上の指針が対象とする結節網地ではなく無結節網地のラッセルネットが大半である。また、経年品のラッセルネットを使用していた際の事故報告もなされている。そこで、経年品を用いて落下試験を実施し、安全ネットの墜落阻止時の概要を確認することを目的とした。

（2）実験諸元

実験に使用したネットは、仮設工業会の落下試験で頻繁に用いられている 5m×5m の経年品とし、実験条件は、いずれも安全ネットの構造等に関する安全基準と解説（仮設工業会、昭和 56 年 7 月 20 日。以下「仮設工業会の安全基準」と呼ぶ）で定める方法を採用した。なお、当該ネットの使用頻度などの情報はなく不明である。また、ネットと躯体との接合については、吊綱ではなく、つりクランプを用いた。技術上の指針では、吊綱による固定が想定されているが、現在では吊綱による固定は、ほとんど行われていないためである。その接合点数は、3m 以内ごとに固定するものであることから、計 8 点で固定を行

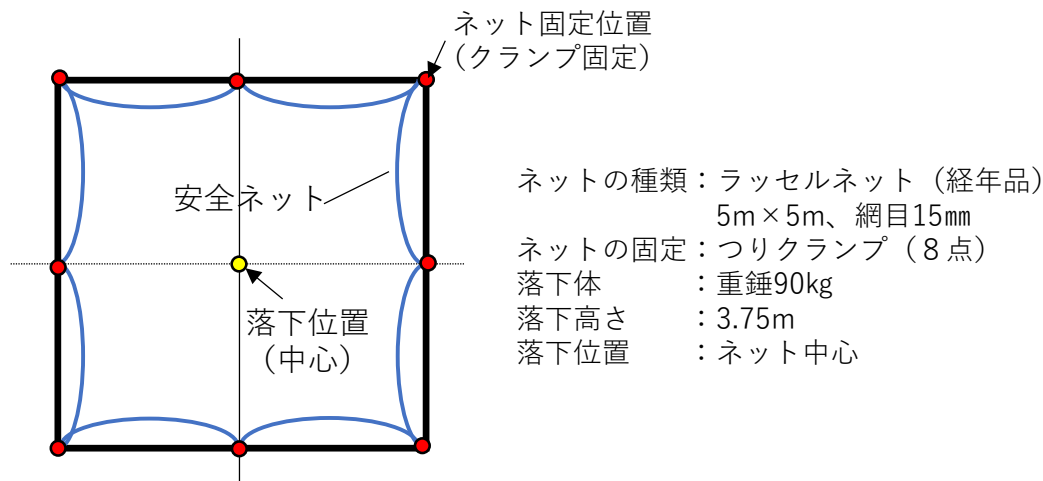


図1 実験諸元

6.4 安全ネットの落錘による性能試験

安全ネットの落錘による性能試験の方法は、次によるものとする。

- (1) 供試ネットを四隅及び各辺の中間部で支持する8点支持の状態では落錘試験設備の吊具に取付け、供試ネットの中央部に重錘を所定の高さから落下させること。
- (2) 上記(1)の落錘試験における重錘の落下高さは、供試ネットの支持点より上方0.75Lの位置とすること。ただし、Lは供試ネットの短辺長(m)とする。
- (3) 落錘試験に用いる重錘は、重量が90kgであって、かつ、形状が図3に示すような円筒形のもので、その軸心上の重心付近に加速度計を取り付けること。

材質 SS41

約 600

重心までの高さ 175±25

φ310±10

R70 R500

図3 重錘

図2 仮設工業会の安全基準における落下試験の方法

った。落体は重さ 90 kg の重錘とし、落下高さを 3.75m とした。実験諸元を図 1、仮設工業会の実験方法を図 2 に示す。

(3) 実験結果

落下試験の様子を図 3 に示す。本ケースでは、重錘の落下をネットが制止することができず、ネットを貫通して地面へ衝突した。本ネットを観察すると、貫通し

た箇所以外にもネットの破損が見られる(図 4)とともに、部分的に補修がなされた部分が存在する(図 5)ことがわかる。また、重錘をネットが受け止めた際、躯体と固定を行っていたネットクランプのうち一か所が外れたことも確認できた。なお、ネットクランプは図 6 のような構造をしており、縁綱の抜け止めが存在する。

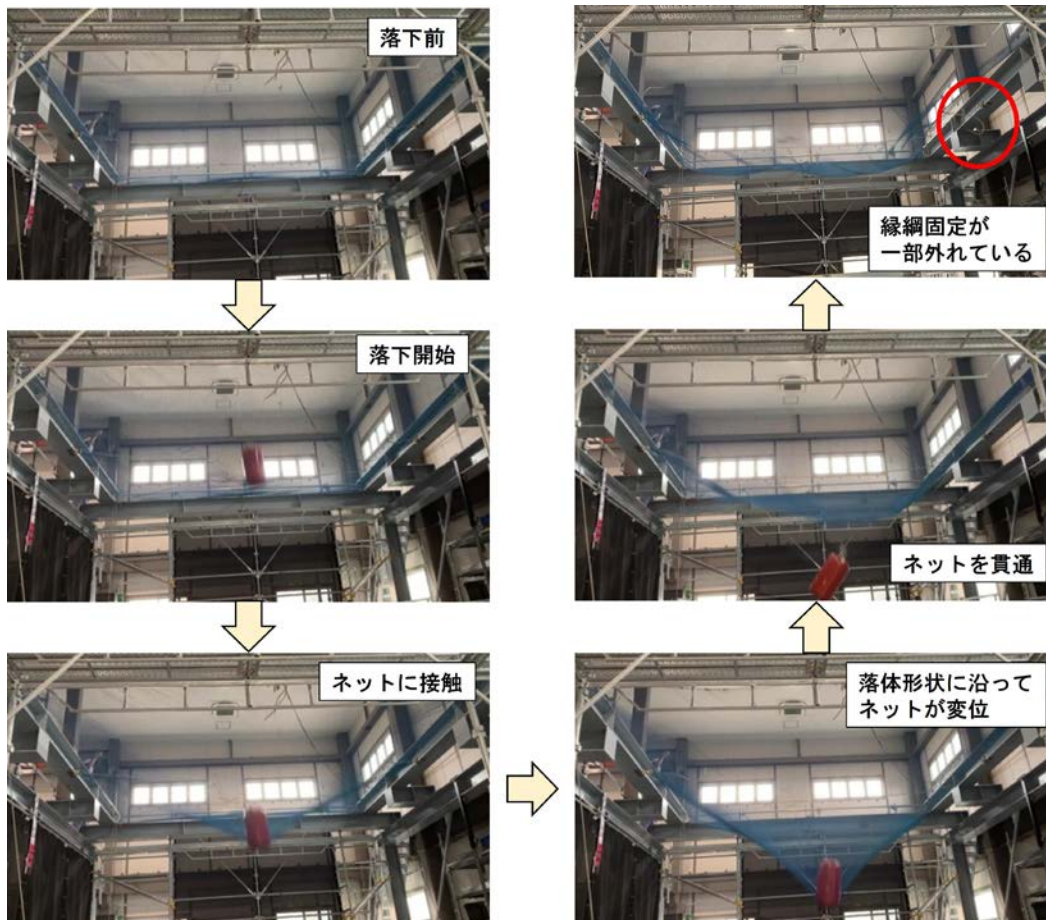


図3 落下試験の様子

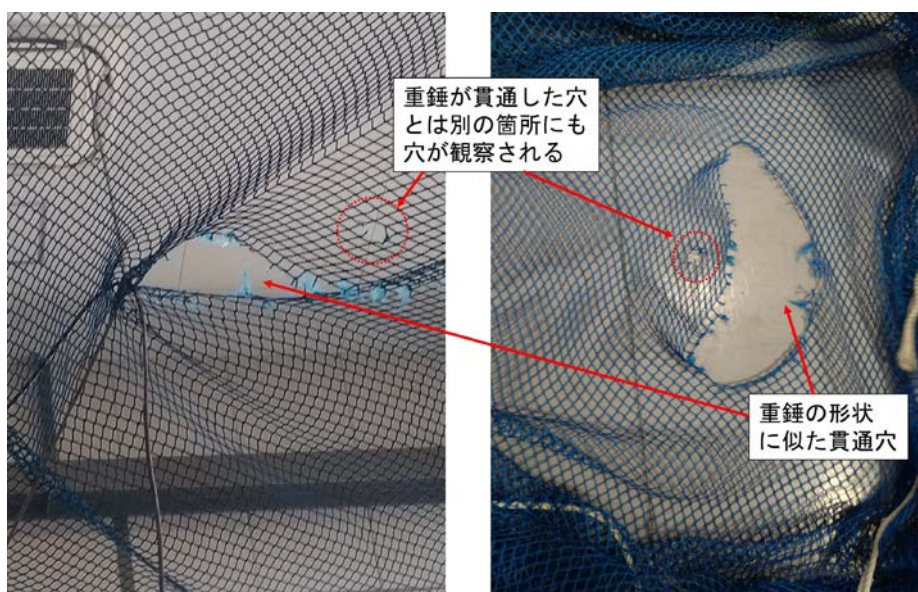


図4 破損したネットの状況



図5 部分的に補修がなされた箇所



図6 ネットクランプ

しかしながら、縁網を適切にクランプに掛けていない場合などでは、本ケースのように躯体との固定が外れてしまうことが本実験により明らかとなった。

(4) 考察

経年品の安全ネットの中には、墜落制止能力が不十分なものが含まれている可能性が示唆された。ただしこの結果は、①ネットの素材としての経年劣化に伴う強度低下によるものなのか、②ネットの縁網の固定の不備によるものなのか、あるいは③部分的に補修されたことによる影響であるか、あるいは④これ以外の影響であるかは不明である。

なお、ネットの縁網と躯体との固定は、ネットクランプを用いる方法の他、H型鋼梁に取付治具(U型のもの等)を溶接したものをを用いる方法が大半を占めている。これら取付治具の性能が不十分である場合、ネットの墜落制止能力に及ぼす影響は大きいと思われるが、現段階において

取付治具に関する基準は存在しないため、なんらかの基準を設ける必要があるものと考えられる。

3-2 流通するネットの状況

(1) はじめに

上記の結果を踏まえると、現在主流となっている無結節網地のラッセルネットの基本的な性能を把握することが必要である。ここではラッセルネットの構造に着目して観察を行った。ここで観察対象としたのは新品のラッセルネットで、その寸法は5m×5mのサイズとされるものである。その観察結果を図7に示す。

(2) ネットの寸法

ネットのサイズを調べた結果、縁網の長さは、4辺で長さが異なることがわかった。図7のとおり、5m以下となる辺はなかったものの概ね10cm程度大きいサイズとなっていた。

(3) 網目の数について

ネットのサイズは縦横で等しいもの

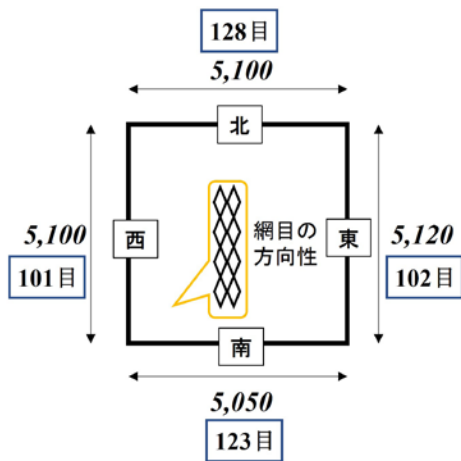


図7 ネットの寸法、網目の数
(5m×5m、網目 15 mm)



図8 ネットの網目の状況

(正方形)であるから、本来は網目の数についても縦横で同じであることが考えられる。この点、技術上の指針を対象としていた結節網地のネットでは、縦横の網目の数はほぼ等しいものである。ところがラッセルネットの場合では、縦横の網目の数が明らかに異なっていることがわかった。本ケースの場合、東西方向で約100目、南北方向で約125目であり、編目の数の差は25目程度あった。

(4) 方向性

ネットの網目の状況を図8に示す。図のとおり、ラッセルネットの網目は、基本的には菱形形状をしており、縦(南北)方向(以下、強軸方向と呼ぶ)と横(東西)方向(以下、弱軸方向と呼ぶ)の力学的性能が明らかに異なる。特に、一定以上の荷重が作用しない間は、強軸方向のみで荷重を負担し、弱軸方向は伸びるだけで荷重をあまり負担しないと考えられる。このことは、ネット端部の墜落制止能力が、強軸方向と弱軸方向で異なることを示唆

するものと考えられた。

3-3 ネット供試体の引張試験

(1) 試験方法(仮設工業会の方法)

現在主流のネットは、無結節網地のラッセルネットであり、技術上の指針で定める試験方法では、適切な評価ができない。そこで仮設工業会の安全基準の試験方法により、引張試験を実施し、基本的な性能を明らかにすることを目的とした。仮設工業会の試験方法を図9に示す。

(2) 必要とされる強度(仮設工業会の安全基準)

仮設工業会の安全基準では、新品に求められる強度と経年品の廃棄基準が別途定められている。その基準をそれぞれ図10、図11に示す。

(3) 新品の試験結果

5m×5mの新品のラッセルネットから6つの供試体を切り取り、引張試験を実施した。引張試験の結果を図12に示す。供試体の最大引張強度は、いずれも仮設工業会の基準を大幅に上回る強度を有して

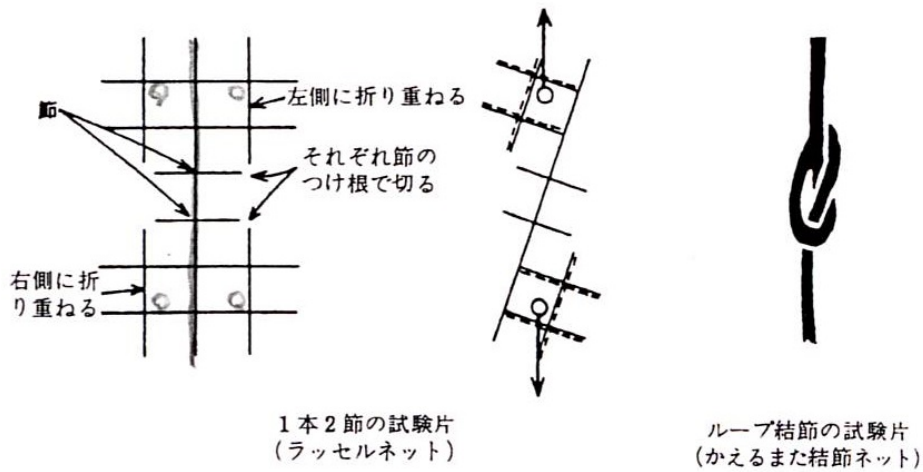


図9 網糸の試験方法（仮設工業会の基準）

表3 新品時における網糸の引張強度 単位：kg

網目の大きさ(cm)	無結節網地	ラッセル網地	かえるまた結節網地
10	240	210	200
5	—	115	110
3	—	75	—
1.5	—	40	—

(注) 網目の大きさが5 cmをこえ10cm未満のもの、3 cmをこえ5 cm未満のもの及び1.5 cmをこえ3 cm未満のものにあつては、それぞれの値により求めた直線補間値以上とする。

図10 網糸の必要強度（新品時）

表6 安全ネットの廃棄時の網糸の強度

網目の大きさ(cm)	無結節網地	ラッセル網地	かえるまた結節網地
10	150	140	135
5	—	60	60
3	—	35	—
1.5	—	17	—

(注) 網目の大きさが5 cmをこえ10cm未満のもの、3 cmをこえ5 cm未満のもの及び1.5 cmをこえ3 cm未満のものにあつては、それぞれの値により求めた直線補間値以上とする。

図11 網糸の必要強度（経年ネットの廃棄基準）

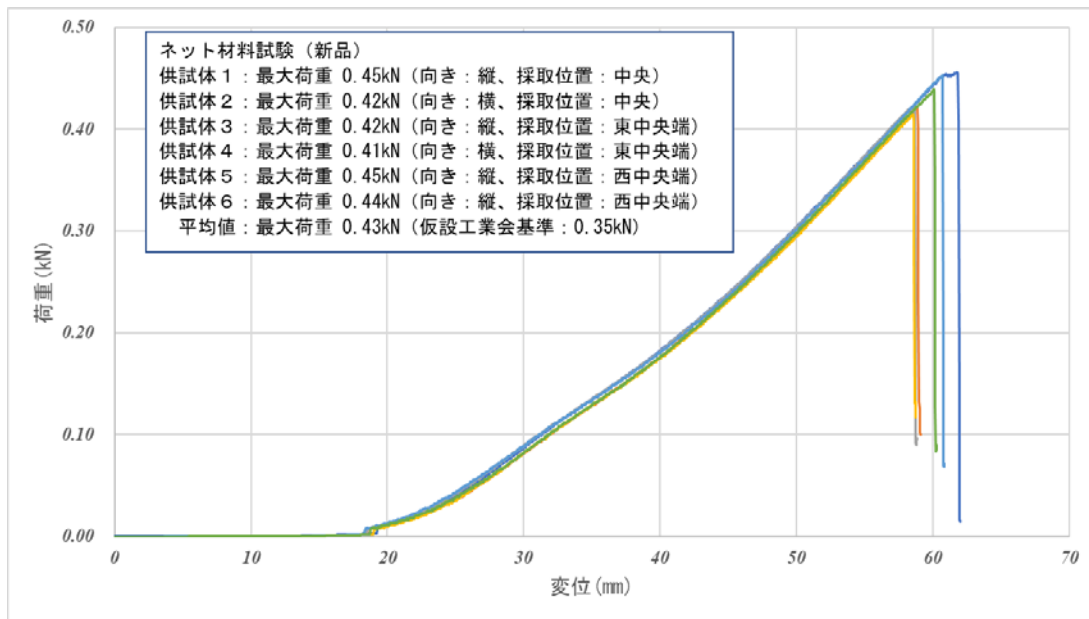


図 1 2 新品の引張試験結果

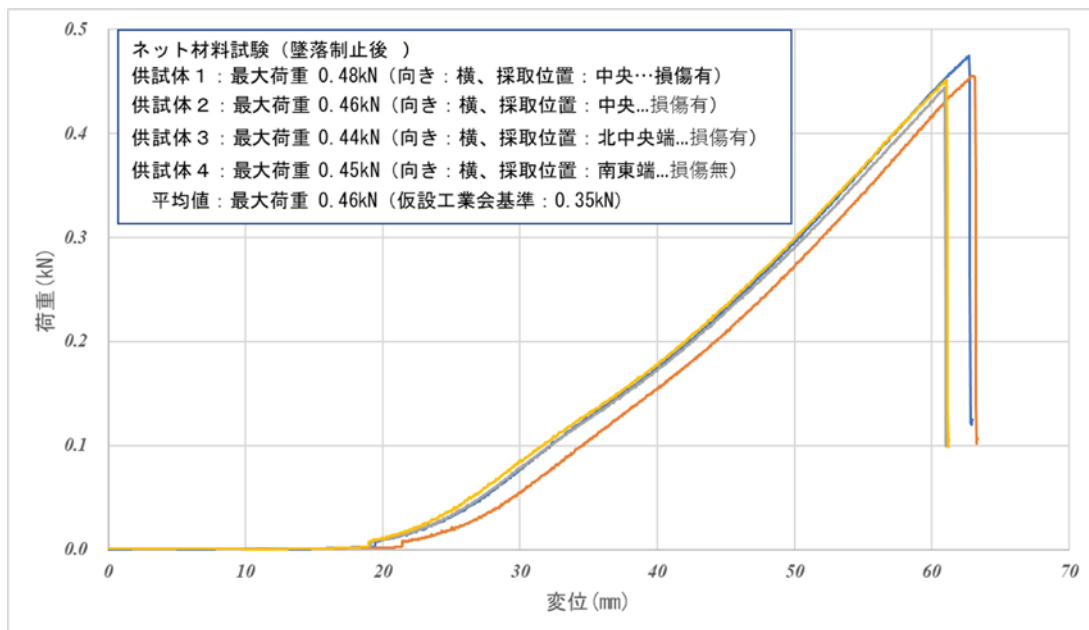


図 1 3 墜落阻止を経験したネットの引張試験結果

おり、その剛性もほぼ等しいことがわかる。

(4) 墜落阻止後の試験結果

5m×5m の新品のラッセルネットを躯体と 8 点で固定し、高さ 3.75m から重錘 90

kg を落下させたものから供試体を 4 つ切り取り、引張試験を実施した。なお、この試験では、重錘の落下を制止し、落下位置でのネットの破れ等の損傷はみられなかった。ただし縁綱付近で若干のネットの

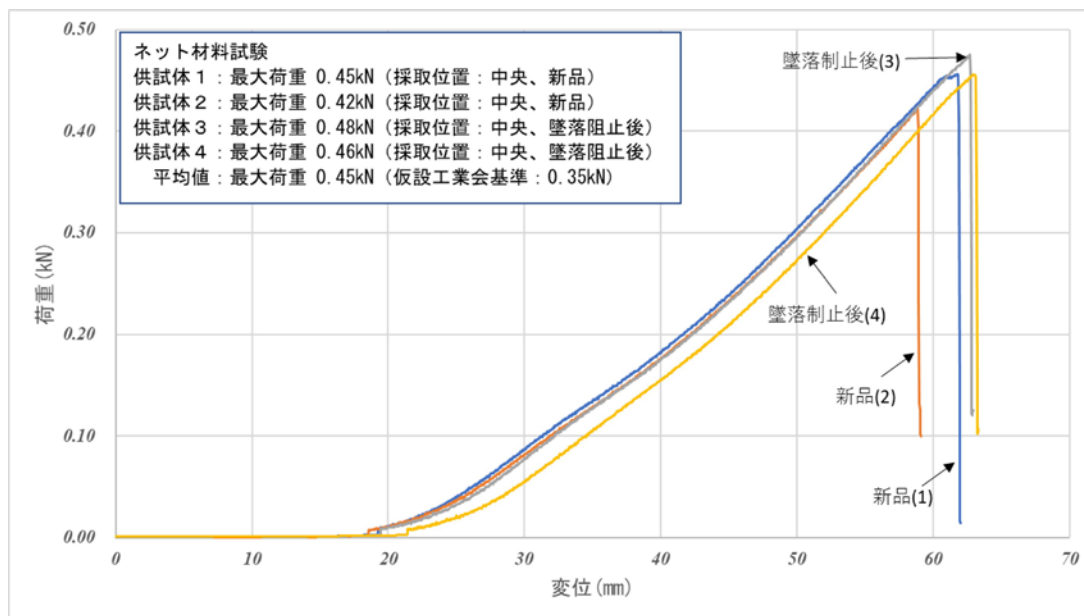


図 1 4 新品と墜落阻止を経験したネットの比較

破れがみられたものである。引張試験結果を図 1 3 に示す。供試体の最大引張強度は、重錘の落下位置を含めて仮設工業会の新品に対する基準を上回る強度を有していることが確認された。

(5) 新品と墜落阻止後の性能比較

図 1 4 は、新品と墜落制止後の供試体を重ねて示したものである。両者を比較すると、その強度に大きな変化はみられず、剛性もあまり違いがみられなかった。このことから、一度落下を経験したネットが全て、墜落制止能力を失うわけではない可能性を示唆している。とはいうものの、この結果は、必ずしも墜落制止後のネットの再使用を可とするものと断定することはできない。すなわち、当該ネットの供試体には、大幅な性能を低下させるような損傷が生じていなかった可能性も考えられ、そもそもネット全体としての墜落制止能力は、単体の材料試験のみに

より評価できるかも現段階では不明である。そのため、落下試験の繰り返しなどによって、具体的にそれを明らかにする必要があると考えられる。

(6) 経年品の引張強度について

技術上の指針で対象とした結節ネットは、材料試験の結果、経年劣化により 3 年程度で強度が半分になることが明らかとなっている。ところがラッセルネットについては、経年劣化による強度低下の程度については明らかにされていない。この点、ラッセルネットを取り扱うメーカーの中で 1 社のみ、I C タグにより使用頻度や経年日数を管理していることがわかった。そこで同社のデータを参考のため、図 1 5 に示す。

同図より、経年に応じて、ラッセルネットの引張強度の低下がみられるが、その低下の傾向は、技術上の指針とは異なり緩やかなものである。そして仮設工業会

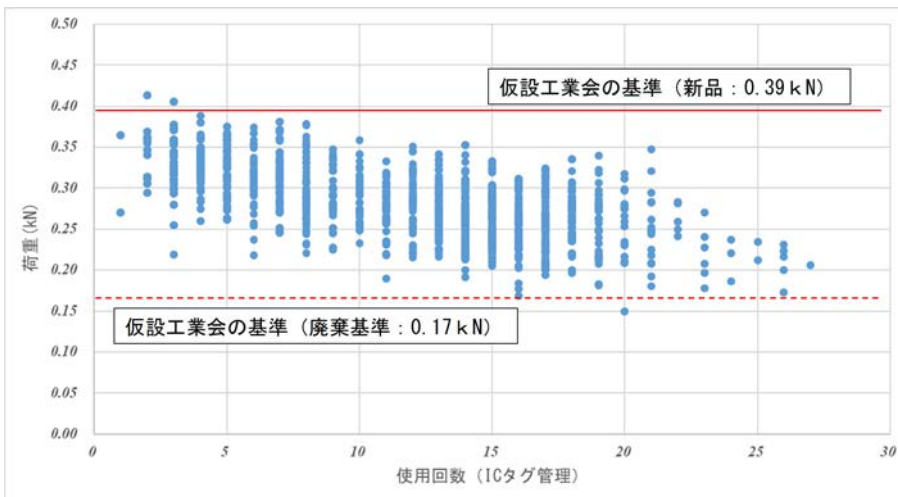
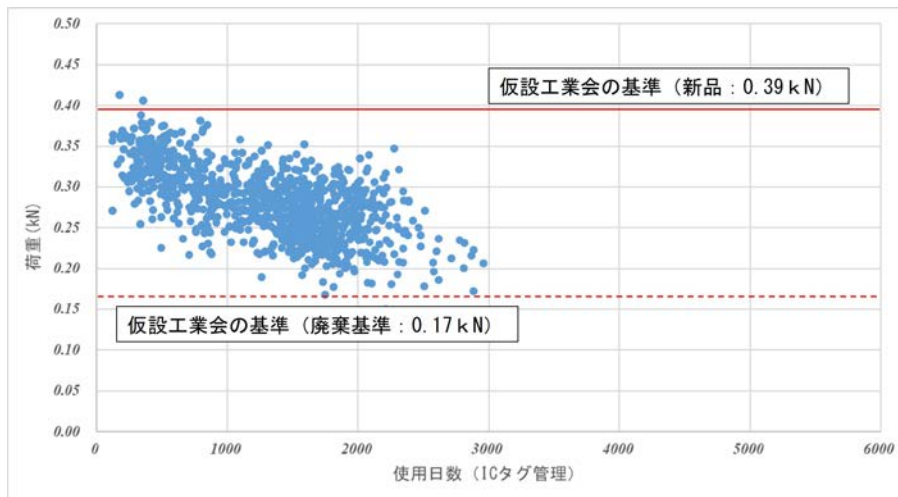
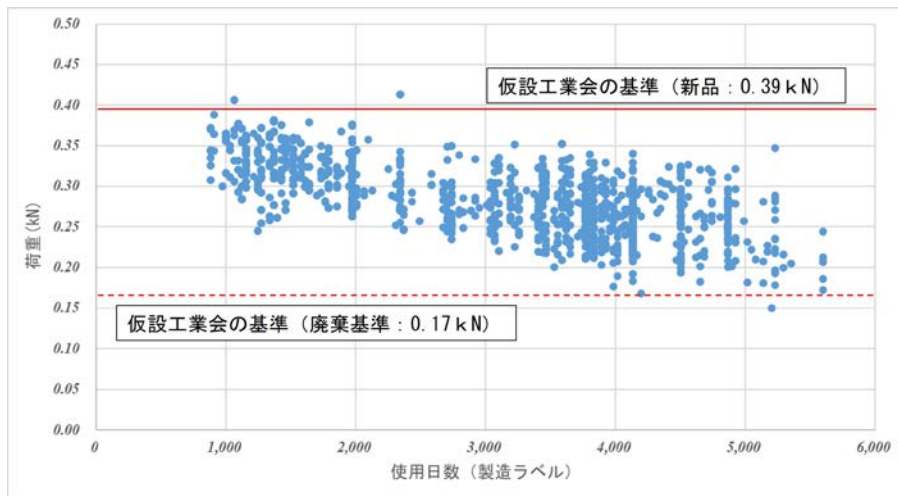


図 15 経年品の引張強度について (キョーワ株式会社より提供)

の安全基準で定める廃棄基準まで強度が低下するのは、概ね10年以上経過したものであることがわかる。

(7) まとめ

新品および墜落制止を経験したネットを対象として引張試験を行った結果、最大引張強度や剛性などの力学的特性に大きな違いはみられなかった。このことは、材料試験によってネット全体の墜落阻止能力を判断することが難しい可能性を示唆していると考えられる。また経年劣化により、ラッセルネットの引張強度が低下することがわかったが、仮設工業会の安全基準で定める廃棄基準の妥当性については、根拠が示されておらず、それを含めた検討が必要と考えられる。

3-4 実物大落下試験結果

(1) はじめに

無結節網地のラッセルネットの墜落阻止能力を把握するため、仮設工業会の基準に基づき落下試験を実施した。実験に使用したネットは、仮設工業会の落下試験で頻繁に用いられている5m×5mである。実験条件は、いずれも仮設工業会の安全基準で定める方法を採用した。

本実験で調べるのは、①縁綱の固定方法の違い、②縁綱の固定点数の違い、③ネットへの落下位置の違い、④一部で縁綱固定が解除された場合の影響、⑤落体の違いによる影響とした。

(2) 縁綱の固定方法の違いによる影響

ネットの躯体への固定方法の違いによる影響を見るため、固定点数を8点、落下位置をネット中央、落下高さを3.75mとした上で、縁綱を吊綱で8点固定した場合とつりクランプで8点固定した場合に

ついて検討を行った。

吊綱で8点固定した場合には、ネットの垂れは87cm、躯体との間の距離は27cmであった。人間の胴体幅を踏まえると、躯体とネットの間の距離はやや大きく、この隙間から墜落する可能性が示唆された。このケースにおける縁綱の固定間隔は2.5mであり、この設置間隔では墜落災害を防止する上で大きすぎると考えられる。図16に落下試験結果を示す。この条件において、重錘はネットを貫通することなく墜落制止させることができた。また墜落制止時の減速度は74m/sec²であり、仮設工業会の基準値以内に収まった。ただし、ネット角部で吊綱が水平方向に移動した。またネットが移動しない方向では、中央部の吊綱固定位置でネットの破損がみられた。なお、梁上で実際の作業（フラットデッキの設置作業）を踏まえると、吊綱を梁に固定したまま作業を行うことはできず、事実上は吊綱による固定は現実的ではないと思われる。

つりクランプで8点固定した場合には、ネットの垂れは80cm、躯体との距離は19cmであり、吊綱との比較では、ややそれらの間隔は小さかった。ただし梁上からの観察する限りでは、その隙間は同様に大きく、この隙間から墜落するリスクを回避する上では、もう少し設置間隔を密にする必要性が示唆された。図17に落下試験結果を示す。吊綱固定の場合と同じく、重錘はネットを貫通することなく墜落制止させることができた。また墜落制止時の減速度も仮設工業会の基準値以内に収まったが、その大きさは吊綱固定の場合よりも増大し112m/sec²であった。

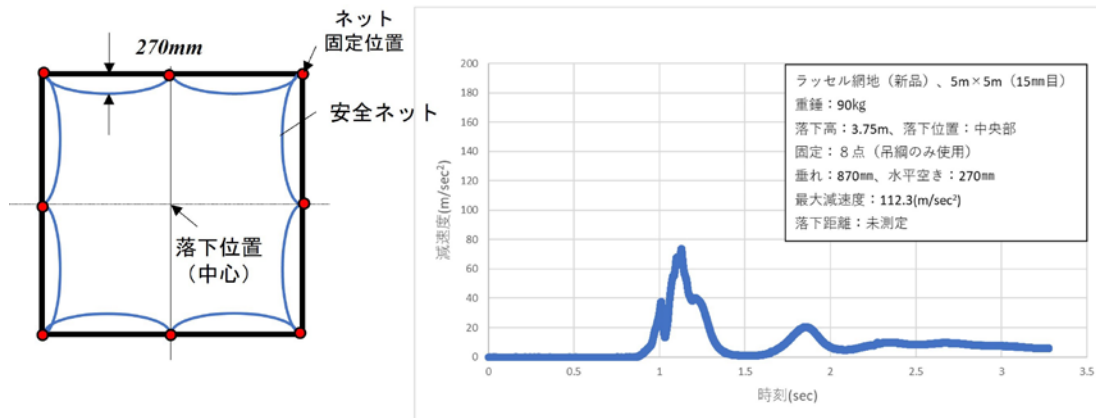


図 1 6 実験結果（吊綱 8 点固定の場合）

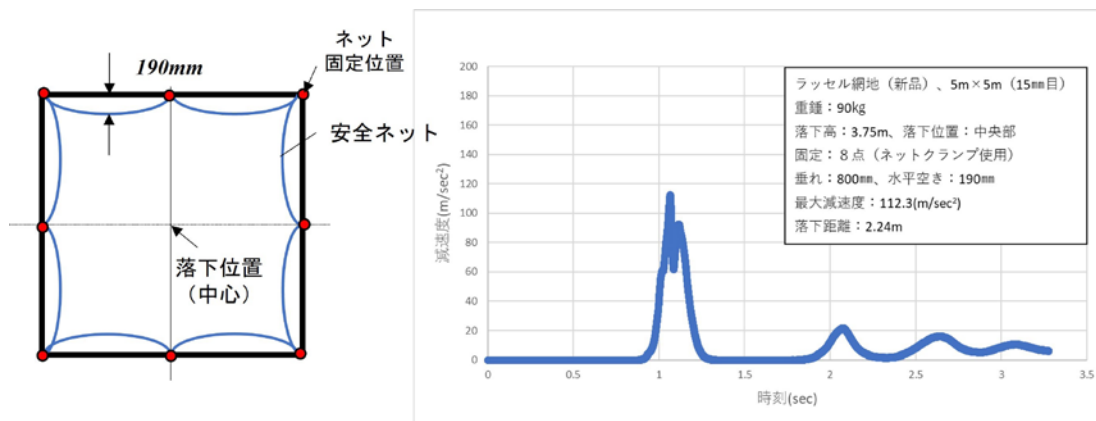


図 1 7 実験結果（ネットクランプ 8 点固定の場合）

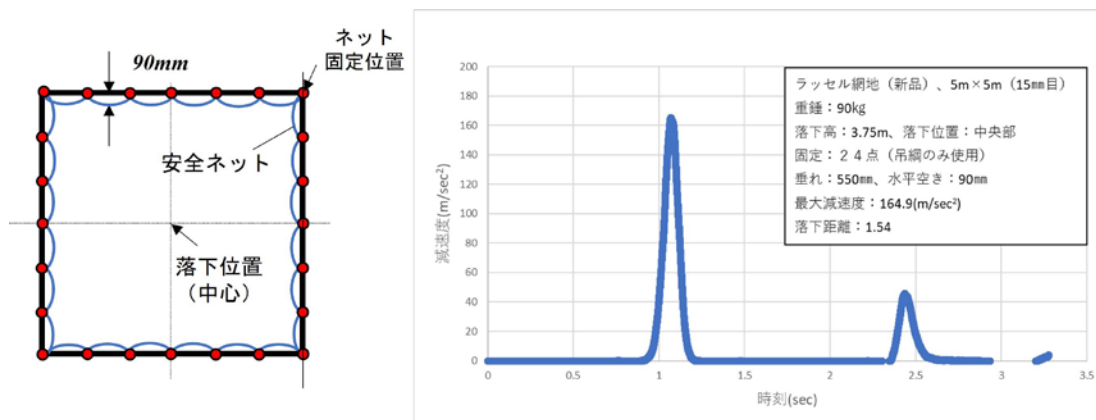


図 1 8 実験結果（ネットクランプ 2 4 点固定の場合）

以上から、2つの固定方法の比較では、いずれの固定方法によっても、縁綱の固定が解除されるようなことがない限り、

墜落制止が実現でき、また減速度も許容範囲に収まることがわかった。

（3）縁綱の固定点数の違いによる影響

縁綱の固定点数の違いによる影響を見るため、つりクランプで24点固定した場合について実験を行った。その他の実験パラメータは上記と同じである。なお、固定点数を24点としたのは、実際の多くの現場で縁綱の固定間隔を1m以内とすることが一般的に行われているとの情報に基づいている。

つりクランプで24点固定した場合は、ネットの垂れは55cm、躯体との距離は9cmであり、8点固定の場合と比較して、躯体との隙間を大幅に小さくすることができることがわかった。梁上からの観察する限りにおいても、その隙間は十分に小さく、この隙間から墜落するリスクは極めて低いものと考えられる。図18に落下試験結果を示す。この場合も、重錘はネットを貫通することなく墜落制止させることができた。ただし墜落阻止時の減速度は 164m/sec^2 となり、仮設工業会の基準値を上回る結果となった。これはネットの垂れがこれまでよりも小さく、ネットの剛性が大きくなった影響と思わ

れる。

(4) 落下位置の違いによる影響(8点固定)

技術上の指針では、ネットの墜落阻止能力を調べる実験として、ネット中央部のみ落下させる試験を参考にしている。これは予備的検討において、ネット中央部への落下が最も厳しい条件であったことによるものである。しかしながら、技術上の指針を作成する際に資料となった研究は、全て結節網地のネットであり、かつネットの網目も現在流通している無結節網地のラッセルネットよりも目が粗いものであった。そのため、ラッセルネットを対象とした場合も、同様の知見が得られるのか定かではない。この点、仮設工業会の基準においても、ネット中央部への落下試験を行うこととなっている。

そこでここでは、重錘の落下位置を変化させた場合について、新品のネットを用いて検討を行った。なお、その他の実験条件は、上記と同じであり、縁綱の固定は8点とした。なおネットの垂れは、それぞ

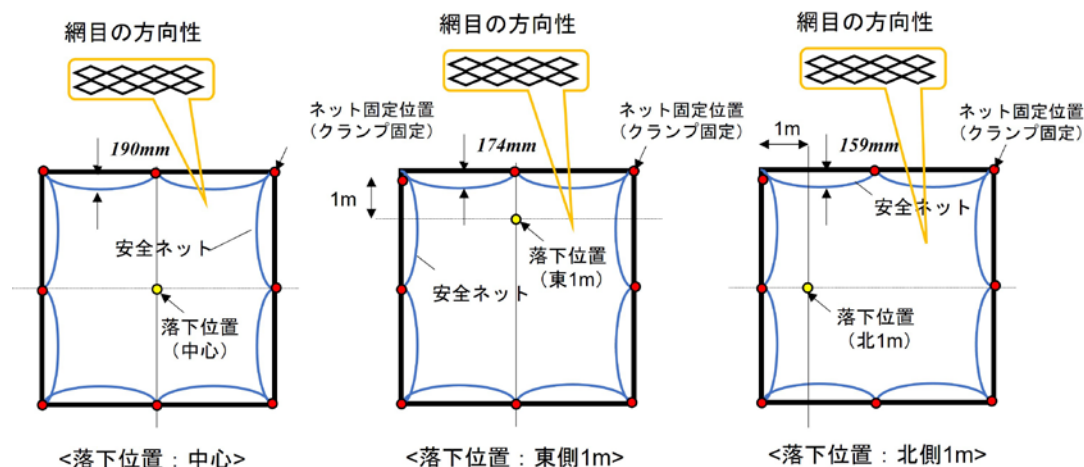


図19 実験条件(落下位置の違いによる影響)

れ 80 cm、74 cm、75 cmで違いはほとんどなかった。また躯体との距離も、それぞれ 19 cm、17 cm、16 cmであり、大きな違いはみられなかった。

図 19 に実験条件を示す。比較対象とする実験は 3 つである。一つ目はネット中央への落下、二つ目と三つ目の実験は、縁綱から 1m 内側の端部への落下であり、それぞれラッセルネットの網目の弱軸側（東側 1m）と強軸側（北側 1m）である。

弱軸側の内側 1m に落下させた試験では、ネット中央に落下させた場合と同じく、重錘が貫通することなく、墜落制止する

ことができた。この場合の減速度も仮設工業会の基準内に収まった。しかしながら強軸側の内側 1m に落下させた試験では、大きくネットが破断し、重錘が貫通して地面へ落下した。この場合のネットの破壊状況を図 20 に示す。

以上のことから、ネットの網目に方向性を有するラッセルネットにおいては、ネット中央部への落下よりもネット端部、とりわけ強軸側への落下に対し、墜落阻止能力が小さいことが明らかとなった。

(5) 一部で縁綱固定が解除された場合の影響（7点固定）

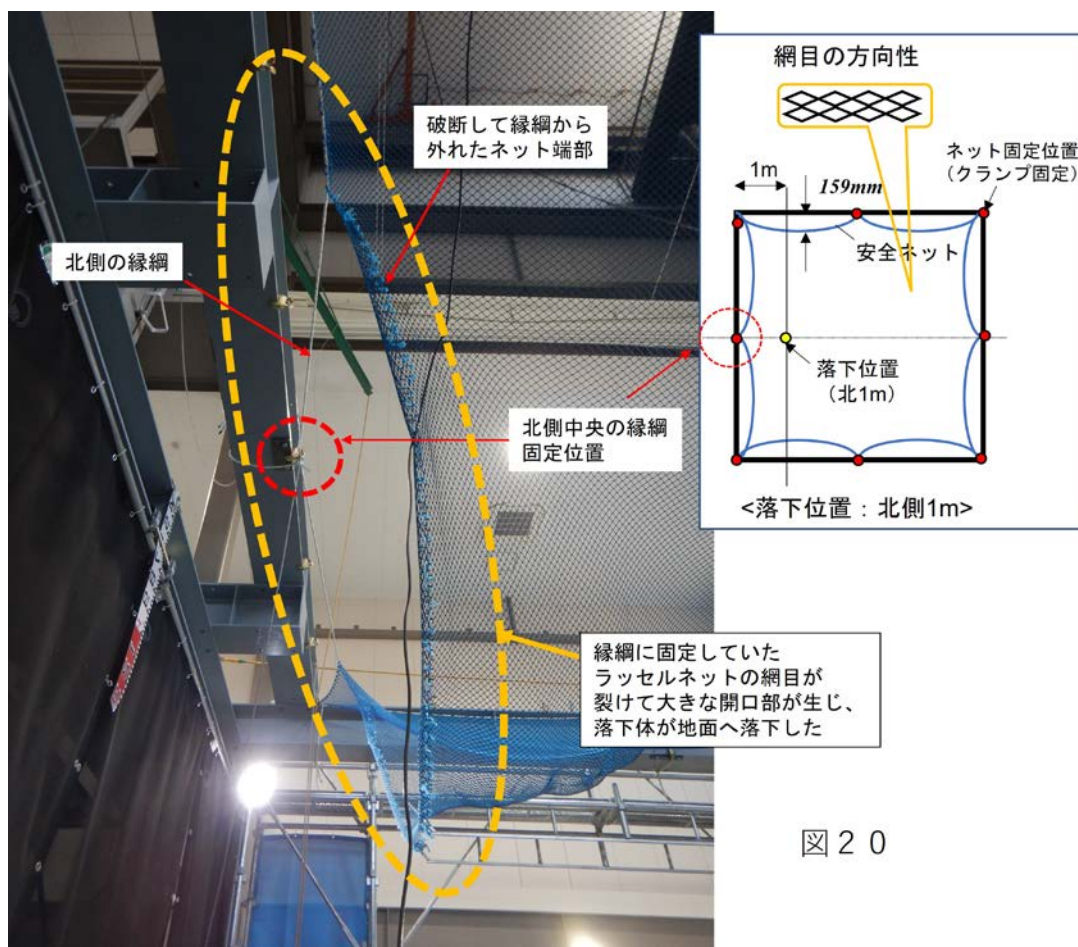


図 20 ネットの破壊状況
(北側 1m に落下した場合の結果)

3-1で説明したとおり、縁綱の固定が落下時に外れた場合において、重錘がネットを貫通し、地面へ落下する結果が得られた。このように、一部で縁綱固定が外れた場合の影響を調べるため、上記(4)で行った実験条件において、落下位置付近の縁綱固定を一か所解除したネットを

対象として実験を行った。実験条件を図21に示す。

弱軸側の内側1mに落下させた試験では、(4)の場合と同じく、重錘が貫通することなく、墜落制止することができた。減速度も仮設工業会の基準内に収まった。一方、強軸側の内側1mに落下させた試験で

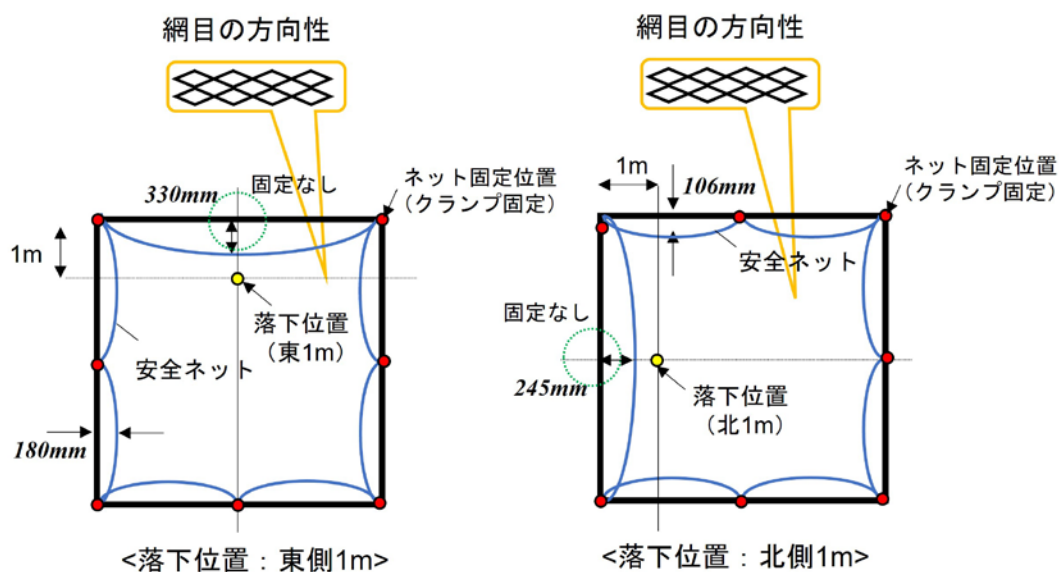


図21 実験条件（一部で縁綱固定が解除された場合）

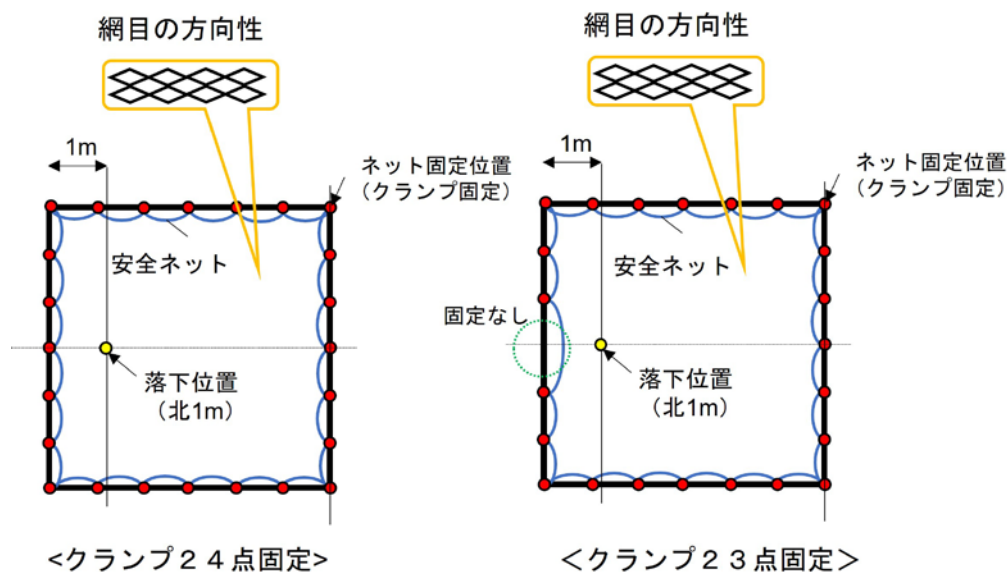


図22 実験条件（落下位置：北1m）

は、(4)の場合と同様、大きくネットが破断し、重錘が貫通して地面へ落下した。

以上のことから、ネットの網目に方向性を有するラッセルネットは、とりわけ強軸側のネット端部への落下に対し、墜落阻止能力が小さいと考えられる。

(6) 縁綱固定を24点にした場合

(5)では、ネット端部に対する落下に対し、とりわけ弱点がみられることがわかった。そこで縁綱の固定点数を8点から24点に増加させた場合についても検討を行った。実験条件を図22に示す。

強軸端部へ落下させた場合、固定点数が24点では、固定点数が8点の場合とは異なり、墜落制止することができた。また縁綱固定を23点に減少させた場合(縁綱固定が一部で外れた場合を想定した場合)でも、同様に墜落制止することが

できた。また、これらの場合の減速度は、前者は118 m/sec²、後者は86 m/sec²となり、いずれも仮設工業会の基準値内に収まった。

以上から、縁綱の支持点を増やすことによって、ネット端部への落下に対しても、墜落制止が実現できることがわかった。また24点固定の場合は、縁綱の一部が外れた場合でも墜落制止が実現できた。

(7) 試験体の落体の違いによる影響

技術上の指針の根拠とする実験においても、仮設工業会の基準で定める落下試験も重さ90kgの重錘を用いてネットの性能を調べている。この点、試験体の形状や重量の違いによって、ネットの墜落制止能力に差が生じるものと考えられる。そこでここでは、落下体を変化させて検討を行った。比較対象としたのは、これまで



図23 実験で用いた供試体

使用していた重さ 90 kg の重錘と、安全靴を端部に配置したモデル（以下、足型モデルと呼ぶ。重さ 90 kg）、および人体ダミー（HybridⅢ pedestrian モデル。以下、人体モデルと呼ぶ：重さ 79 kg）である。これらの落下体を図 2 3 に示す。実験は縁綱の固定点数を 24 点とし、落下位置はネット中央部とした。

落下試験の結果、重錘を用いた実験では、ネットを貫通することなく、墜落制止ができた。一方、足型モデルを用いた実験では、ネットを貫通して地面に落下した（図 2 4）。これは安全靴によるネットへの接触では、重錘と比較して接する面積が小さい上に、ネットとの間に生ずる摩擦力が大きくなることが原因と推測される。通常は労働者が安全靴を着用していることが想定されることからすれば、こ

の影響を踏まえる必要があるようにも思われる。この点、人体モデルを用いた実験では、最初にネットに接触した片足が貫通したものの、身体全体が地面に落下することはなかった（図 2 5）。ネットに落下した際に、両足が揃って一か所に接触する確率は低いと思われることから、少なくとも足型モデルではやや過大な荷重をネットに及ぼしている可能性が考えられる。

4 まとめ

無結節のラッセルネットの経年品を用いた落下試験の結果、落下体の墜落制止が出来ず、ネットを貫通する可能性があることが示された。当該ネットの使用頻度等は不明であり、今後は IC タグ等で管理された経年品を対象にした材料試験お

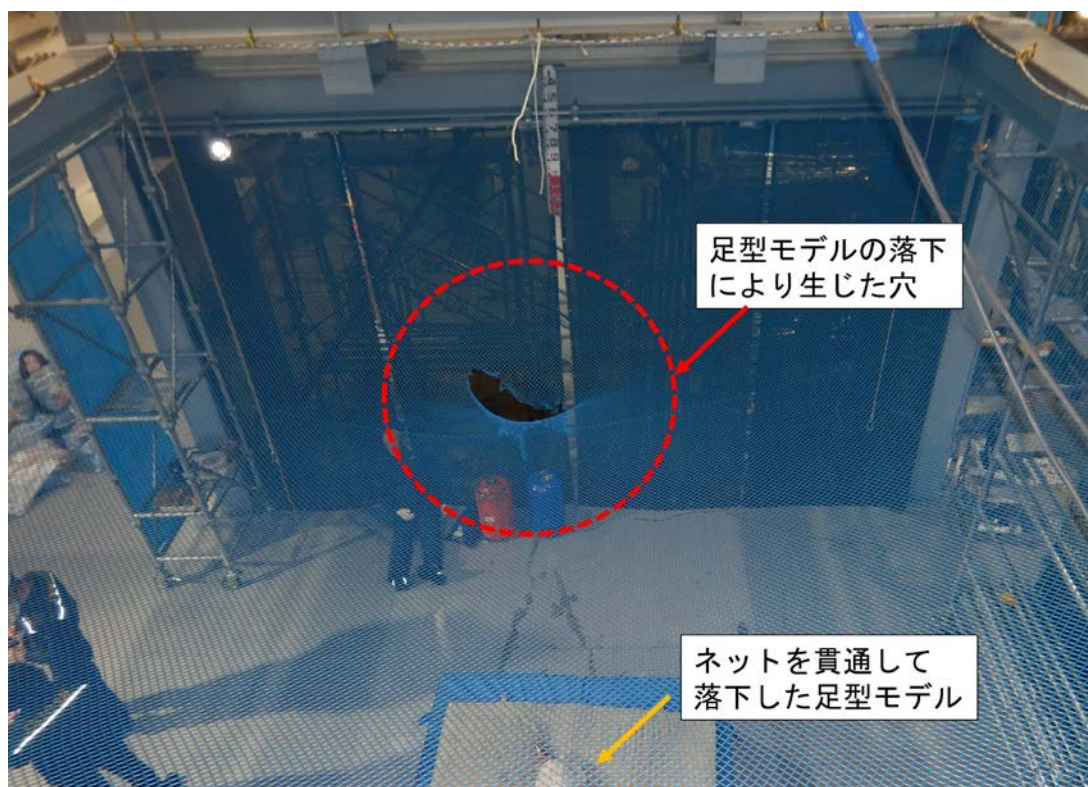


図 2 4 足型モデルの実験結果



図 2 5 人体モデルの実験結果

	落下体	落下位置	支持条件	初期垂れ [mm]	水平空き [mm]	落下距離 [m]	減速度 [m/s ²]	地面との距離 [静止時：m]
1	重り90kg	中央	吊綱8点	870	270	測定なし	73.776	計測せず
2	重り90kg	中央	クランプ8点	800	190	2.24	112.36	1.93
3	重り90kg	中央	クランプ24点	550	90	1.54	164	2.63
4	足型モデル90kg	中央	クランプ24点	610	90	× 貫通	-	0.00
5	人体モデル79kg	中央	クランプ24点	600	90	▲ 1.9(足)	測定なし	2.27(足)
6	重り90kg	東1m	クランプ8点	740	174	2.17	87	2.00
7	重り90kg	東1m	クランプ7点	760	180(330)	2.41	84	1.76
8	重り90kg	北1m	クランプ8点	750	159	× 貫通	78	0.00
9	重り90kg	北1m	クランプ24点	500	86	1.46	118	2.71
10	重り90kg	北1m	クランプ7点	880	278(245)	× 貫通	-	0.00
11	重り90kg	北1m	クランプ23点	590	110(98)	1.73	99	2.45

図 2 6 実験結果の一覧表

よび落下実験を実施し、廃棄すべきネットについて検討を進める必要があると考えられる。なお、IC タグにより管理されたネットの引張試験によると、仮設工業会の安全基準で定める廃棄基準を下回るのは、概ね10年経過後であった。これは、

結節ネットの試験結果（技術上の指針の根拠となった研究）よりも経年劣化の進行は遅いものであった。いずれにせよ仮設工業会の安全基準で定める廃棄基準に該当する引張強度によって、廃棄の有無を判別できるか、検討が必要と考えられ

る。

新品ネットを対象とした実験結果の一覧表を図26に示す。新品のラッセルネットを対象とした試験では、ネットの縁綱の支持点数の違いにより、墜落制止能力に大きな差異が生じることが明らかとなった。とりわけ従来は、落下位置については、ネット中央への落下が最も厳しい条件と考えられていたが、実際には縁綱端部付近への落下が最も厳しい条件であることが明らかとなった。この点、安全ネット使用時の安全性を踏まえると、吊綱によるネット支持は現実的ではなく、ネットクランプ等によってネットを支持することが安全性に寄与するものと考えられる。

その支持点数については、従来から考えられている支持点数（3m以内ごとに支持するという基準）では端部開口部への墜落危険性が排除できないことに加え、ネット上へ墜落した場合でも、縁綱からネットの網目が避けて貫通する可能性があることが明らかとなった。そのため、縁綱の適切な支持点数について明らかにする必要がある。これについては、ネットクランプから縁綱が外れる可能性があることを踏まえた検討が必要と考えられる。

B-3 安全ネットの固定点数に着目した実験的検討

1 目的

技術上の指針の作成当時と比較し、現在流通している安全ネットの種類や構造等は変化している。また同指針では、安全ネットの建設構造物（鉄骨骨組等）への具

体的な取付・固定方法についての基準が定められていない。

この点、主として建設工事用の仮設構造物およびその構成部材についての必要な構造基準、使用基準等の設定や技術的指導を行っている仮設工業会では、現在主流のラッセルネットを対象とした認定基準が整備されており、安全ネットの取付については、縁綱を3m以内毎に設置することとされている。

しかしながら、上記B-1のとおり、現在流通しているラッセルネットの網目は、指針作成当時とは異なる菱形形状（当時は正方形形状）をしており、縦方向と横方向で剛性が大きく異なっていることが明らかとなった。その結果、安全ネットによる墜落の危険を防止する性能試験は、現在、安全ネット中央部に墜落させて確認をしているが、上記B-2のとおり、最も厳しい条件は中央部への墜落ではなく、その剛性の高い方向（菱形の網目の尖った方向）の端部への墜落であることがわかった。しかも3m以内毎に固定した場合において、新品ネットでも安全ネットが破壊し、墜落の危険を防止することが困難な場合もみられた。

そこでここでは、日本で現在流通する安全ネット（計4社）を対象とし、安全ネットの固定点数を変えて落下試験を実施し、現在流通する新品の安全ネットを用いた場合における墜落の危険を防止するために必要な固定点数について検討を行った。

2 方法

安全ネットの墜落制止時の性能を検討するため、図27および図28に示す落

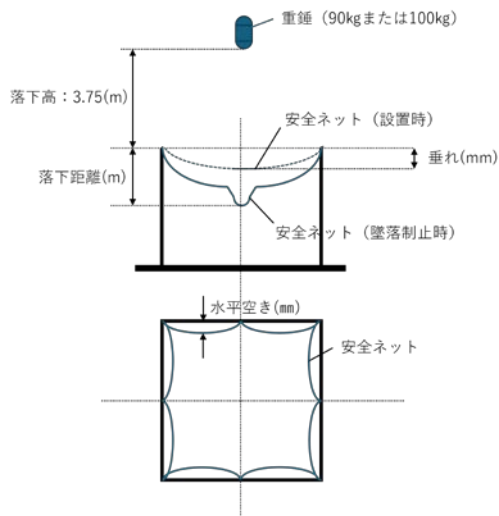


図 2 7 落下試験の概要

下試験を実施した。

実験に使用した安全ネットは、縦横 5m の正方形で 15 mm 網目のラッセルネット（新品）であり、国内に流通する計 4 社の製品である。重錘の落下高さは、仮設工業会の認定基準である 3.75m とし、落下位置は、菱形の網目の剛性が高い方向である北側の端部 1m の箇所とした。これは安

全ネットの端部（鉄骨骨組）から身体のバランスを崩して墜落した場合を想定している。

実験に用いた重錘の質量は、仮設工業会の認定基準で定める 90 kg の他、墜落制止用器具の規格で設定されている 100 kg についても実験を行った。

安全ネットは縦横 5 m の開口部を有する鉄骨梁にネットクランプを用いて固定した。その固定点数は、仮設工業会の基準に従い、8 点固定（2.5m 間隔）の場合と、20 点固定（1m 間隔）の場合の 2 種類とした。なお、後者の設置間隔（1.0m）は、安全ネットが設置された鉄骨梁端部の水平空き（図中参照）の箇所からの墜落の危険を防止することを目的として、大手建設会社で採用されることが多いとの情報に基づき、暫定的に設定したものである。

3 実験前の状況

実験実施前の各社の安全ネットの状況を測定した結果を表 1 に示す。ここで A

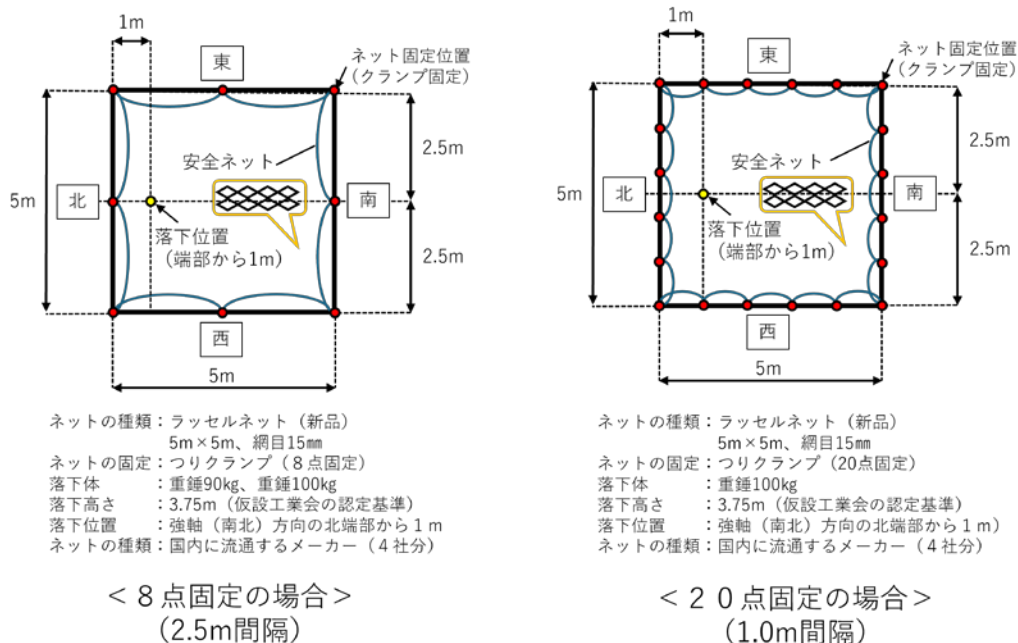


図 2 8 実験対象の安全ネット

表 1 実験実施前の安全ネットの状況

実験No	ネット材質	固定点数	重錘 (kg)	初期垂れ (mm)	縁綱長 (mm)				網目の数				水平空き(mm) (実験前)			
					東	西	南	北	東	西	南	北	東	西	南	北
1	新品 (A)	8	90	800	-	-	-	-	208	207	275	274	240	280	110	105
2	新品 (B)	8	90	800	5,098	5,110	5,044	5,060	204	204	258	257	199	270	114	100
3	新品 (C)	8	90	690	-	-	-	-	209	210	240	239	203	202	118	150
4	新品 (D)	8	90	800	-	-	-	-	219	219	250	250	205	247	70	77
5	新品 (A)	8	100	800	5,180	5,140	5,100	5,110	232	229	276	276	250	251	97	120
6	新品 (B)	8	100	790	5,020	5,100	5,110	5,143	204	206	259	259	220	206	88	96
7	新品 (C)	8	100	800	5,115	5,120	5,045	5,070	202	210	241	250	201	207	125	138
8	新品 (D)	8	100	650	5,140	5,104	5,115	5,080	214	213	250	249	240	215	115	110
9	新品 (A)	20	100	620	5,150	5,180	5,110	5,124	210	206	273	276	121	157	80	75
10	新品 (B)	20	100	610	5,115	5,130	5,010	4,985	202	204	258	259	126	130	65	73
11	新品 (C)	20	100	560	5,150	5,137	5,075	5,100	211	210	241	240	104	114	80	90
12	新品 (D)	20	100	590	5,120	5,135	5,128	5,070	219	218	246	250	120	105	80	77

※縁綱の構造：A社とB社では1マス飛ばし、C社とD社は全マス通しの構造であった。

～Dは、国内で流通する安全ネットのメーカーのことである。

3-1 縁綱について

縁綱の長さは、公称5mのネットにおいて、縦方向と横方向で大きな差異はなく、新品段階で最大3%程度大き目に製造されている傾向にあるようである。ただし公称5mのネットにおいて、それに満たない長さのネット（実験 No. 10 の北側部分）も見受けられた。なお、縁綱と網目の関係を調べたところ、A社とB社では網目を1マス飛ばしで縁綱と連結させた構造、C社とD社では全マス通しの構造であった。

3-2 網目の数について

公称5mの正方形形状の安全ネットであっても、メーカーによって網目の数に違いがみられている。この点、菱形形状の網目の尖った方向（南北方向）の網目の数を見てみると、同じメーカーの製品同士で比較した場合、ほぼ等しい網目の数となっているが、その直交方向（東西方向）

では、同じメーカーの製品であっても網目の数にばらつきが生じるようである。縦横の網目の差異が大きいのはA社製で、30%程度の差異が見られた。一方で網目の差異が小さい製品では15%程度となっていた。

3-3 水平空きについて

安全ネットを鉄骨骨組に固定した際に発生した水平空きは、安全ネットの縦横方向で差異が見られ、ネット網目の構造上、剛性が低い東西方向で大きくなっている。これにつき8点固定の場合では、30cm程度の空きが生じた場合もみられた。一方、1mの設置間隔（20点固定）で安全ネットを固定した場合、8点固定の場合と比較して水平空きは小さくなっている。とりわけ剛性の低い東西方向であっても12cm程度となっており、人間の胴体幅よりも小さく、墜落の危険を防止する措置となっていると考えられる。

4 研究結果

4-1 安全ネットを2.5m間隔で固

定した場合の結果

重錘 90 kgを用い、8点固定（2.5m間隔固定）の安全ネットに行った落下試験の結果を図29から図32に示す。図中の×印は、重錘の落下位置を示し、また各方向で示した数字は、当該方向における安全ネット端部の網目の破損数を示している。なお、「少」は10網目未満の程度の破損数を示し、「多」はそれ以上の大幅な破損があったことを示すものである。

網目の損傷は、重錘を落下させた北側方向で大きく生じた。また相対的にみると、全マスのネット網目を縁綱と固定した構造となっているC社製およびD社製と比較して、1マス飛ばしで縁綱に固定しているA社製およびB社製で損傷が大きい傾向がみられた。

図33に重錘 100 kgを用いた場合の結果を示す。損傷状態は、90 kgを用いた場合と比較して大きくなり、いずれの製品においても北側中央部での網目の破損が著しくなった。これに対して安全ネットの他の固定点での破損はあまり見られない。

以上から、重錘の落下位置の違いにより、墜落制止時に安全ネットに作用する荷重に大きな偏りが生じることがわかった。

4-2 安全ネットを1.0m間隔で固定した場合の結果

重錘 100 kgを用い、20点固定（1.0m間隔固定）の安全ネットに行った落下試験の結果を図34に示す。

8点固定の場合と比較して、全ての製

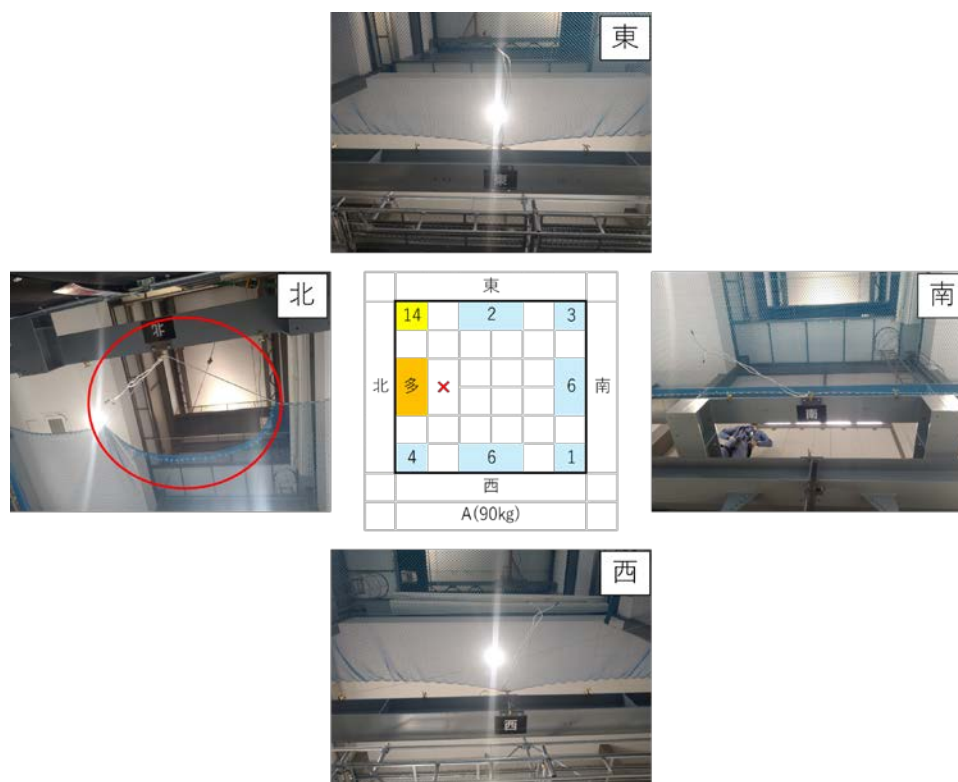


図29 実験 No. 1 の結果（8点固定のネットに90kgの重錘を落下させた場合：A社製）

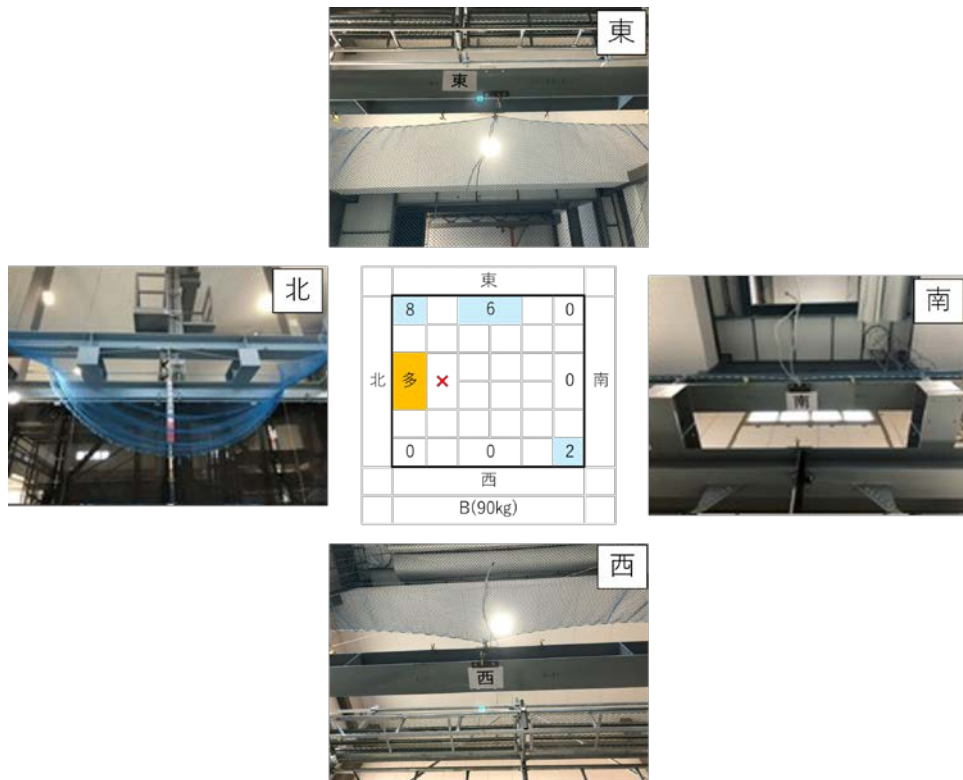


図 3 0 実験 No. 2 の結果 (8 点固定のネットに 90 kg の重錘を落下させた場合 : B 社製)

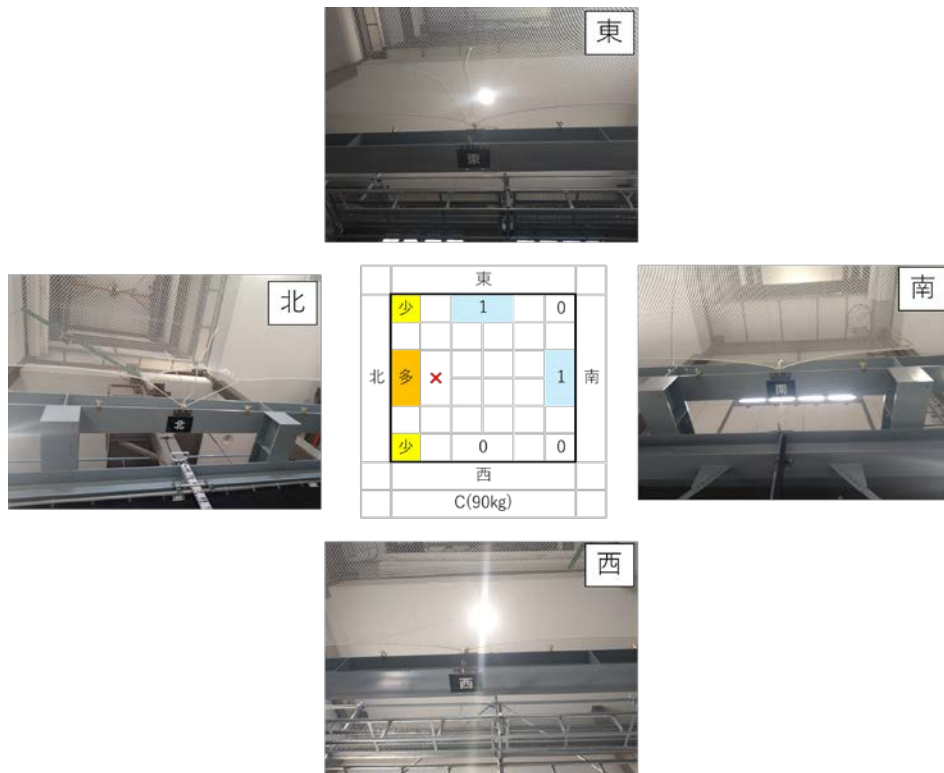


図 3 1 実験 No. 3 の結果 (8 点固定のネットに 90 kg の重錘を落下させた場合 : C 社製)

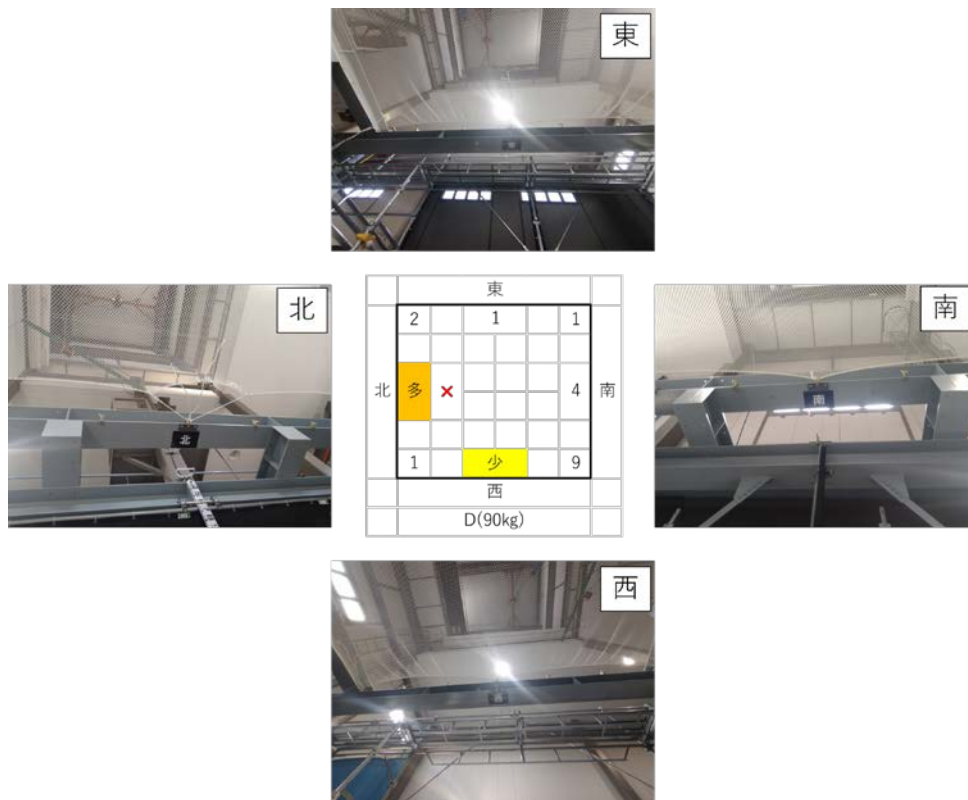


図3-2 実験 No. 4 の結果 (8点固定のネットに90kgの重錘を落下させた場合：D社製)

品で安全ネットの網目の破損が小さくなる傾向がみられた。なおB社製の安全ネットでは他社製のものと比較して、大きな損傷がみられたが、これは表1のとおり、当該ネットの縁綱長が公称5mよりも短いことが確認されており、不良品であった可能性も考えられる。

5 小括

これらの実験結果を取りまとめたものを表2に示す。

8点固定(2.5m間隔固定)の場合、重錘を北側中央部に落下させた場合、いずれの実験においても、網目が大きく破損し、中破ないし大破した。なお、ここでいう「中破」とは、実験後の安全ネットを固定した鉄骨梁とネットとの距離(水平空き)が30cm以上(人体の胴体幅を超える

もの)の損傷幅が観察されたものを示し、「大破」とは当該損傷幅が1m以上観察されたものを示している。

以上からすると、実験結果の範囲では、ネット網目を全マス通しの構造である安全ネットを1m間隔程度で固定することにより、安全ネットの損傷は軽微な損傷にとどまり、墜落の危険を防止する措置を講ずることができる。なお、ここでいう「軽微な損傷」とは、上記損傷幅が30cm未満のものを示すものである。

B-4 経年劣化の影響に関する実験的検討

1 目的

技術上の指針では、安全ネットの廃棄基準が示されておらず、適切な廃棄基準

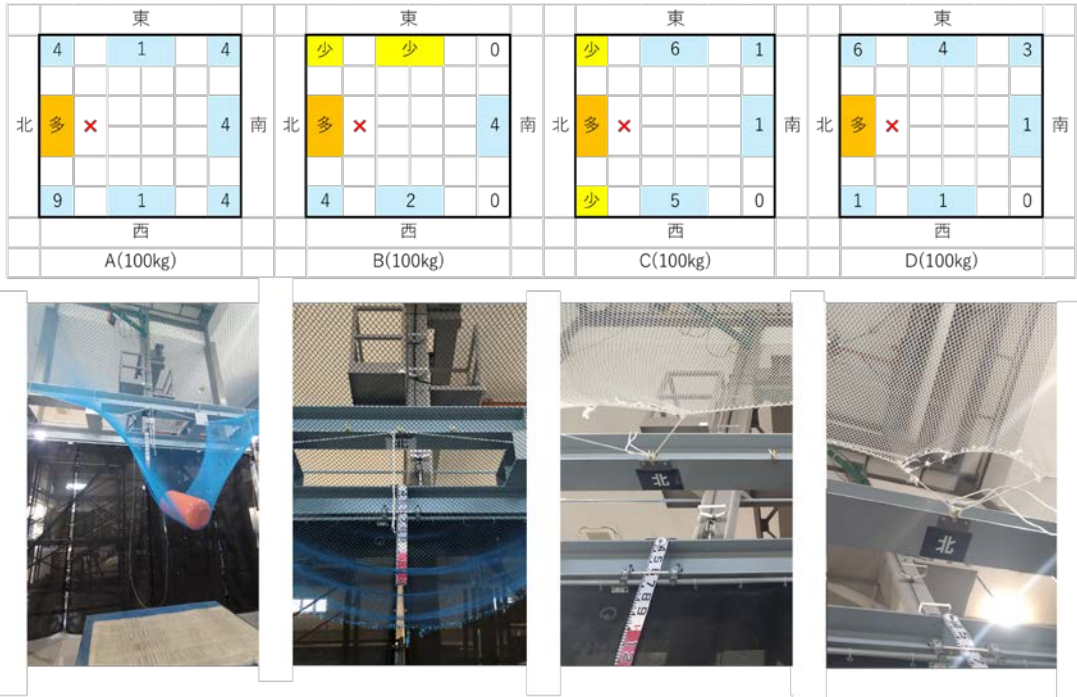


図 3 3 実験結果（8点固定のネットに 100 kgの重錘を落下させた場合）

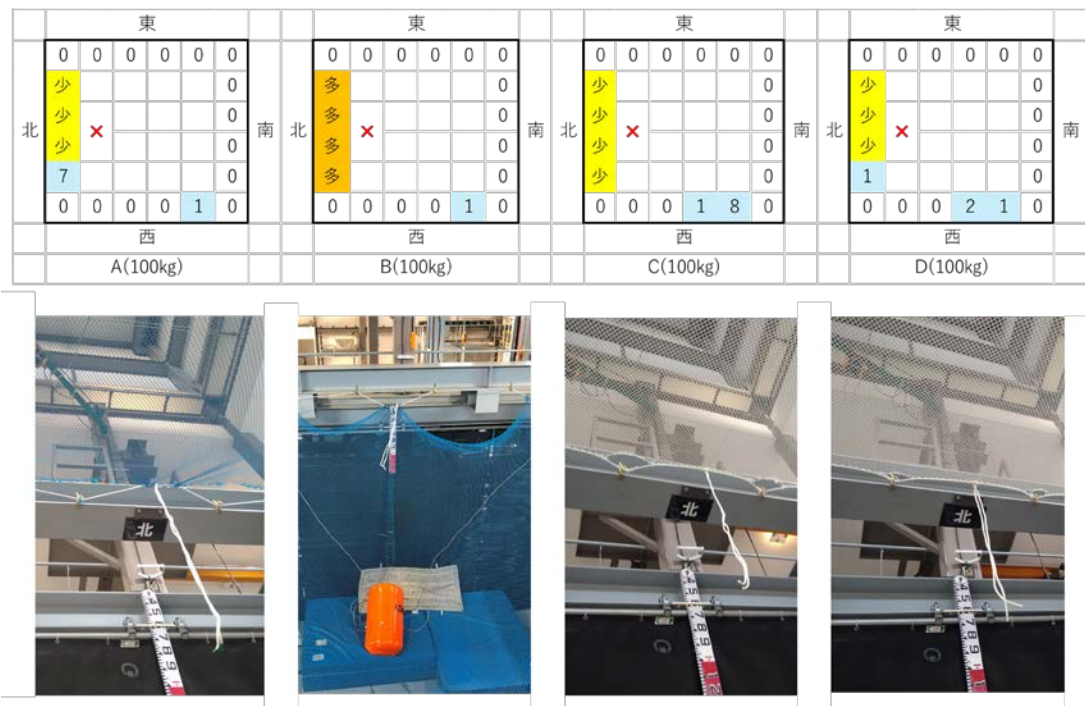


図 3 4 実験結果（20点固定のネットに 100 kgの重錘を落下させた場合）

表 2 実験結果一覧

実験No	ネット寸法	固定点数	重錘 (kg)	ネット材質	推定網糸強度	落下高さ	落下位置	落下距離 (mm)	最大減速度 (Z軸) (m/sec ²)	損傷幅×奥行 (東西幅×南北幅) (mm)	備考
					(N)	(mm)					
1	5m×5m	8	90	新品 (A)	350以上	3,750	北中央(1m)	2,200	96.05	1486×800	中破
2	5m×5m	8	90	新品 (B)	350以上	3,750	北中央(1m)	-	77.77	3120×1780	大破
3	5m×5m	8	90	新品 (C)	350以上	3,750	北中央(1m)	2,090	107.95	905×570	中破
4	5m×5m	8	90	新品 (D)	350以上	3,750	北中央(1m)	1,970	111.78	849×461	中破
5	5m×5m	8	100	新品 (A)	350以上	3,750	北中央(1m)	2,540	80	1670×2360	大破
6	5m×5m	8	100	新品 (B)	350以上	3,750	北中央(1m)	-	68.2	3330×1948	大破
7	5m×5m	8	100	新品 (C)	350以上	3,750	北中央(1m)	2,185	92.4	970×660	中破
8	5m×5m	8	100	新品 (D)	350以上	3,750	北中央(1m)	1,925	106	760×465	中破
9	5m×5m	20	100	新品 (A)	350以上	3,750	北中央(1m)	1,655	112.6	880×356	中破
10	5m×5m	20	100	新品 (B)	350以上	3,750	北中央(1m)	1,680	108.68	1625×750	中破
11	5m×5m	20	100	新品 (C)	350以上	3,750	北中央(1m)	1,685	132.8	270×190	軽微な損傷
12	5m×5m	20	100	新品 (D)	350以上	3,750	北中央(1m)	1,620	125.8	190×100	軽微な損傷

を定めることが必要とされている。実際、経年品のラッセルネットを使用していた際の事故報告もなされている。加えて前年度に実施した予備検討において、経年品を用いた落下試験を実施したところ、重錘が安全ネットを貫通する事象も確認された。

そこでここでは、経年品の安全ネット、および安全ネットの網糸の強度を意図的に小さくしたネットを用いて、落下試験を実施し、経年劣化した安全ネットの基本的な性能を把握することを目的とする。

2 方法

安全ネットの経年劣化による墜落制止性能への影響を調べるため、経年品を対象とした落下試験を実施した。経年劣化の程度については、安全ネットの網糸強度により評価するものとし、実験を実施した安全ネットについては、単純引張試験を実施して、網糸の強度を調べた。

この点、仮設工業会では、安全ネットの新品時の網糸強度として 350N (15 mm網目)、廃棄時の網糸強度として、170N (15 mm網目) と定めている。そこで本研究では、

意図的に網糸強度を低減させた安全ネット (以下、経年劣化モデル) を製作し、併せて実験を行った。

図 3 5 および図 3 6 に落下試験の概要、および実験対象の安全ネットについて示す。

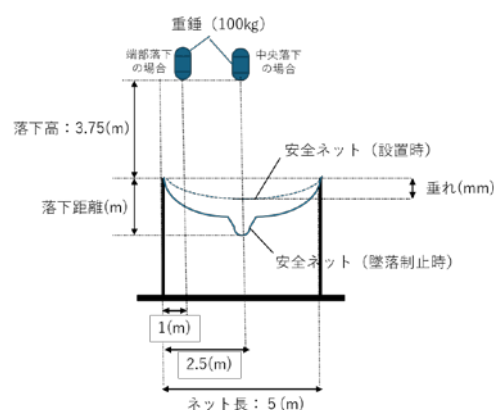
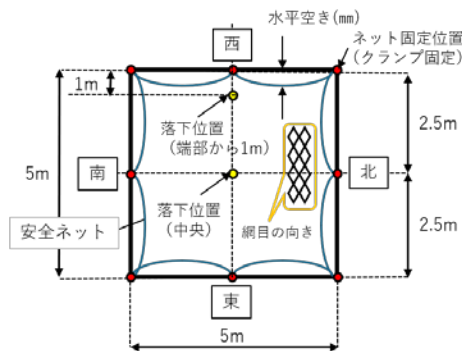


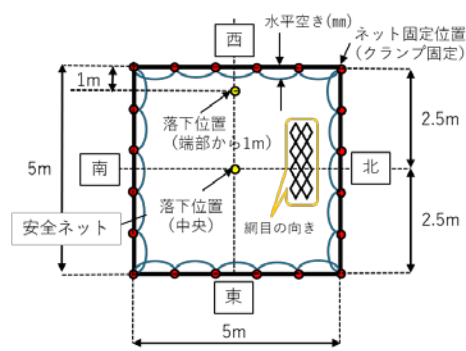
図 3 5 落下試験の概要

実験に使用した安全ネットは、縦横 5m の正方形で 15 mm網目のラッセルネット (新品、経年品、経年劣化モデル) である。重錘の落下高さは、仮設工業会の認定基準である 3.75m とし、落下位置は、安全ネットの中央、および菱形の網目の剛性が高い方向である西側の端部 1m の箇所とした。実験に用いた重錘の質量は 100 kg のものを使用した。



ネットの種類：ラッセルネット（新品）
 5m×5m、網目15mm
 ネットの固定：つりクランプ（8点固定）
 落下体：重錘100kg
 落下高さ：3.75m（仮設工業会の認定基準）
 落下位置：中央、強軸（東西）方向の西端部から1m
 ネットの種類：経年品の網糸強度のデータを有するメーカーのもの

< 8点固定の場合 >
 (2.5m間隔)



ネットの種類：ラッセルネット（新品、経年品、経年劣化モデル）
 5m×5m、網目15mm
 ネットの固定：つりクランプ（20点固定）
 落下体：重錘100kg
 落下高さ：3.75m（仮設工業会の認定基準）
 落下位置：中央、強軸（東西）方向の西端部から1m
 ネットの種類：経年品の網糸強度のデータを有するメーカーのもの

< 20点固定の場合 >
 (1.0m間隔)

図36 実験対象の安全ネット

表3 網糸の引張試験結果一覧表

実験No	ネット寸法	網糸強度(N)						種類別 平均	ネット材質
		1	2	3	4	5	平均		
1	5m×5m	469.4	465.0	496.3	471.4	486.1	477.6	459.5	新品
2	5m×5m	419.7	477.5	430.4	458.2	480.3	453.2		新品
7	5m×5m	475.0	450.6	430.8	447.9	446.5	450.2		新品
8	5m×5m	414.3	466.6	484.1	443.7	477.1	457.2		新品
4	5m×5m	349.3	339.6	299.5	285.4	339.5	322.7	322.7	経年品（2018年製）
5	5m×5m	262.3	247.8	252.1	224.4	244.3	246.2	246.2	経年品（2014年製）
6	5m×5m	329.0	334.4	354.1	326.7	309.3	330.7	333.1	劣化モデル
3	5m×5m	355.6	310.7	326.6	350.0	335.2	335.6		劣化モデル

安全ネットは縦横5mの開口部を有する鉄骨梁にネットクランプを用いて固定した。その固定点数は、仮設工業会の基準に従い、8点固定（2.5m間隔）の場合と、20点固定（1m間隔）の場合の2種類とした。なお、後者の設置間隔（1.0m）は、安全ネットが設置された鉄骨梁端部の水平空き（図中参照）の箇所からの墜落の危険を防止することを目的として、大手建設会社で採用されることが多いとの情報に基づき、暫定的に設定したものである。

なお実験では、重錘の減速度、各ネットクランプが負担する引張荷重、重錘の落

下距離などの計測を行った。

3 研究結果

3-1 実験に用いた安全ネットの網糸強度について

表3に本実験で使用した安全ネットの網糸の引張試験結果一覧表を示す。新品の安全ネット（実験 No. 1、No. 2、No. 7、No. 8 の計4つ）の網糸強度は、約460Nであった。この値は、仮設工業会で規定する新品時の強度（350N）よりも3割程度大きい値となっている。

意図的に網糸強度を小さくした経年劣

化モデル（実験 No. 4 と No. 6 の計 2 つ）の網糸強度は、約 330N であった。これは、仮設工業会で規定する新品時の強度とほぼ等しい値となっている。

経年品（実験 No. 4 と No. 5）では、5 年経過したもの（2018 年製）で約 330N、9 年経過したもの（2014 年製）で約 250N であった。

3-2 8点固定の場合の結果

(1) ネット中央に落下させた場合

図 3 7 に鉄骨梁と 8 点で固定した新品ネットを対象として、ネット中央に落下させた場合の結果を示す。なお、この新品ネットの網糸強度は 457N であり、仮設工業会の基準（350N 以上）よりも 3 割程度大きいものであった。

重錘は地面に落下することなく墜落を制止することができた。墜落制止時の最

大減速度は $111.7(m/sec^2)$ であり、仮設工業会の基準（ $147(m/sec^2)$ 以下）の範囲内となった。その際の落下距離は 2.32m であった。

ネット網目の破断は、菱形形状を有する網目の尖った方向（東西方向）で多くみられ、その直交方向では破断はあまりみられなかった。ネット固定に用いたネットクランプに作用した最大荷重を見ると、相対的に東西方向が南北方向よりも大きく、それらの最大値は、南西角部（4.8 kN）であった。

(2) ネット端部に落下させた場合

図 3 8 に鉄骨梁と 8 点で固定した新品ネットを対象として、強軸（東西）方向の西端部から 1 m の位置に落下させた場合の結果を示す。なお、この新品ネットの網糸強度も 450N であり、仮設工業会の基準

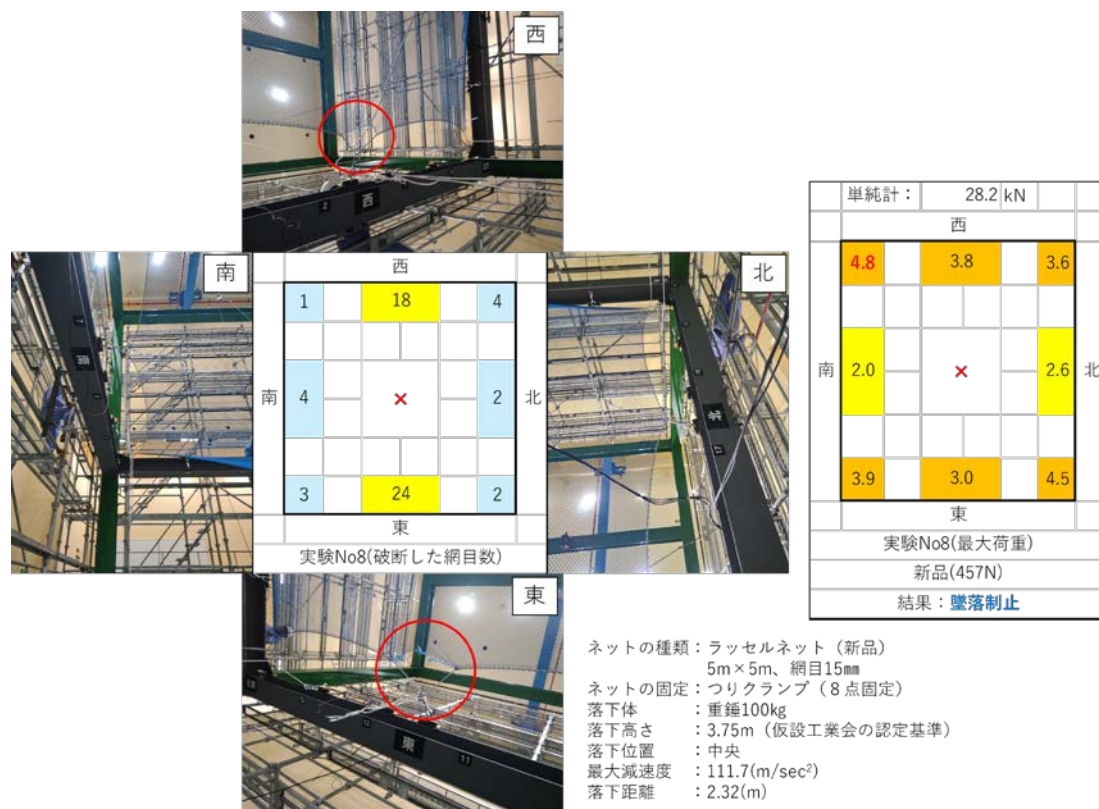


図 3 7 8 点固定（新品ネット、中央落下）の結果

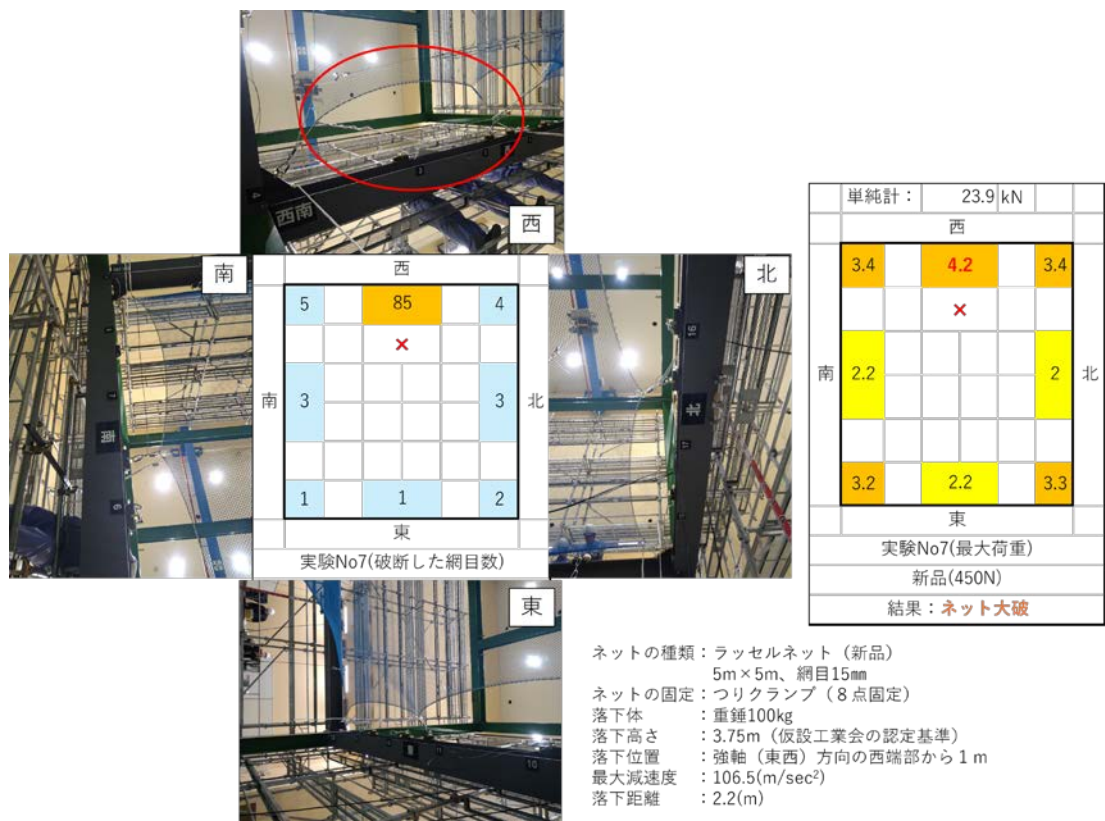


図38 8点固定（新品ネット、西側端部1mへの落下）の結果

(350N以上)よりも3割程度大きいものであった。

中央落下の場合と異なり、落下させた西側端部の安全ネットが大破した。なお、墜落制止時の最大減速度は106.5(m/sec²)、落下距離は2.2mであった。

ネット網目の破断は、落下位置付近の西側端部（菱形形状を有する網目の尖った方向）に集中し、網目の破断は85網目となった。ネット固定に用いたネットクランプに作用した最大荷重は、同様に相対的に東西方向で南北方向よりも大きい傾向にあった。それらの最大値は、西側中央部（4.2 kN）であった。

(3) まとめ

以上から、安全ネットの墜落制止性能は、重錘の落下位置に大きく依存し、菱形形状を有するネット網目の尖った方向で

相対的に大きな荷重を負担する顕著な傾向が見られる。そして8点固定（本実験では2.5m間隔で固定）とした場合、当該端部へ落下した場合、新品の安全ネット（網糸強度が450N程度のものであっても）墜落の危険を防止することができない可能性があり、少なくともより密に鉄骨梁と固定する必要があることが推測される。

3-3 20点固定の場合の結果

(1) 新品ネットの場合

図39に鉄骨梁と20点で固定した新品ネットを対象として、ネット中央に落下させた場合の結果を示す。なお、この新品ネットの網糸強度は478Nである。

重錘は地面に落下することなく墜落を制止することができた。ただし、墜落制止時の最大減速度は146.0(m/sec²)であり、仮設工業会の基準(147(m/sec²)以下)よ

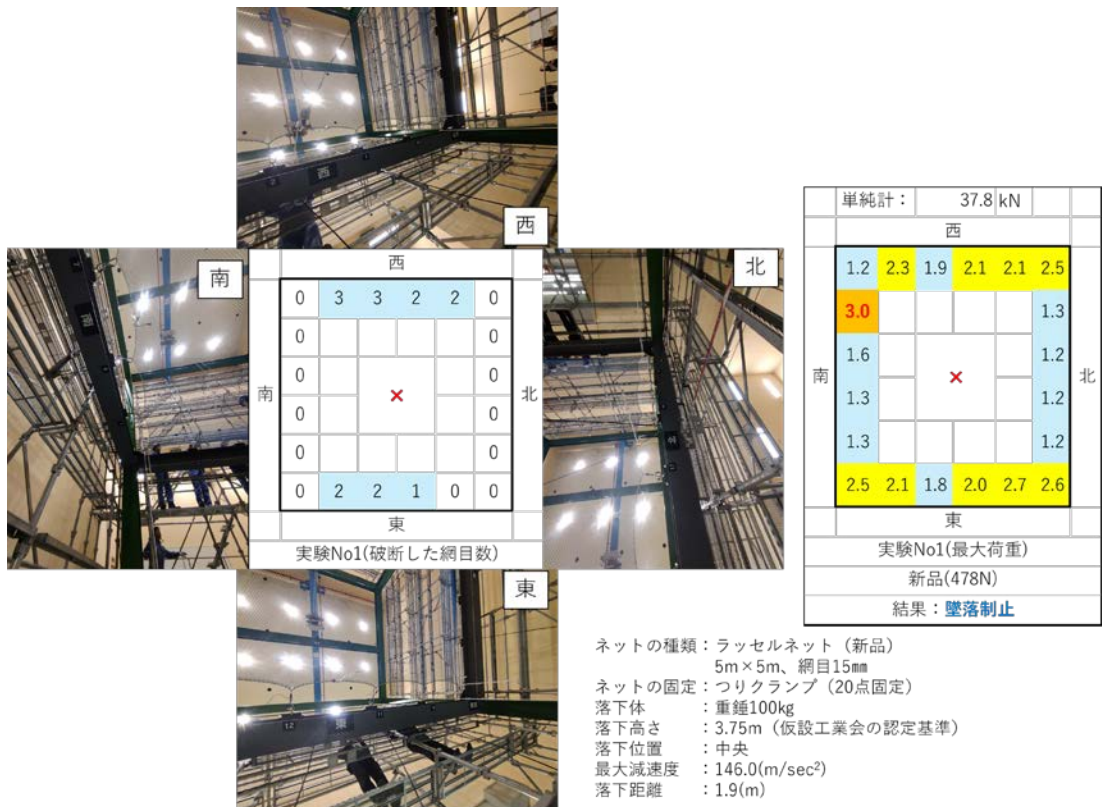


図39 20点固定 (新品ネット、中央落下) の結果

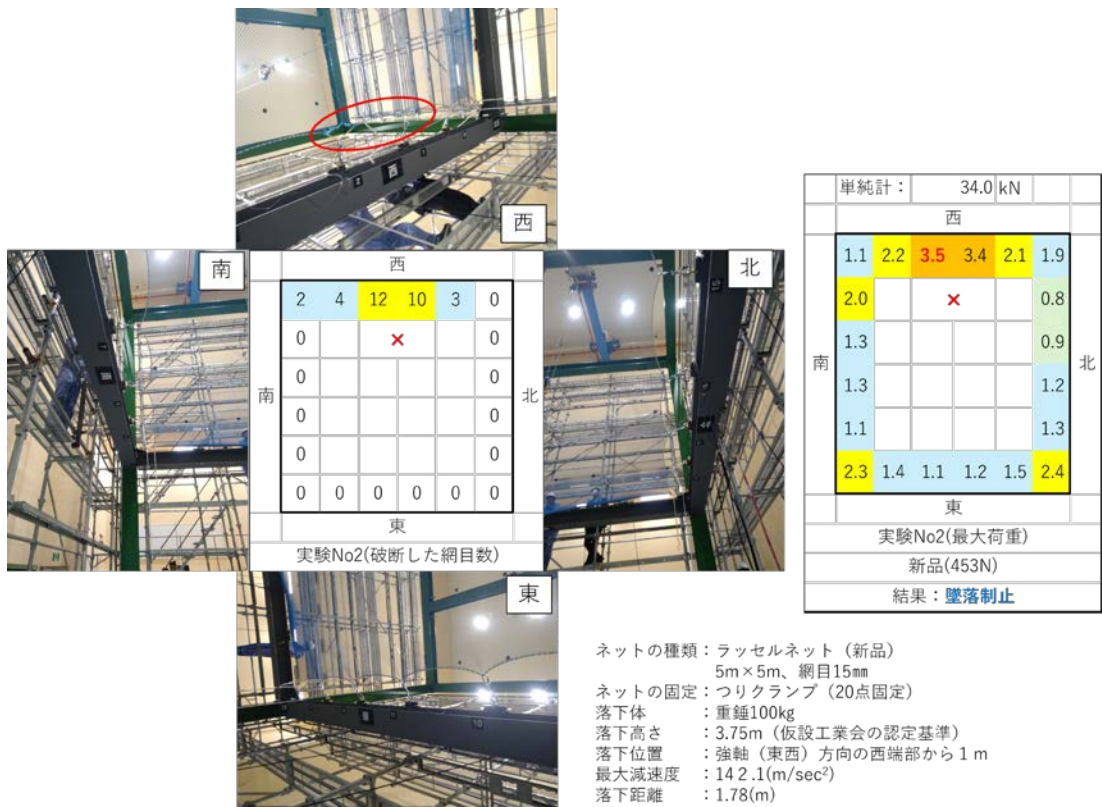


図40 20点固定 (新品ネット、西側端部1mへの落下) の結果

りもわずかに大きい値となった。その際の落下距離は1.9mであった。

ネット網目の破断は、8点固定の場合と比較して、ほとんどみられなかった。ネット固定に用いたネットクランプに作用した最大荷重は、おおむね東西方向で南北方向よりも大きく、それらの最大値は、8点固定の場合よりも小さく、南西方向(3.0kN)であった。

図40に鉄骨梁と20点で固定した新品ネットを対象として、強軸(東西)方向の西端部から1mの位置に落下させた場合の結果を示す。なお、この新品ネットの網糸強度も450Nであり、仮設工業会の基準(350N以上)よりも3割程度大きい。

8点固定の場合と異なり、重錘は地面に落下することなく墜落を制止することができた。なお、墜落制止時の最大減速度は142.1(m/sec²)、落下距離は1.78mであった。

ネット網目の破断は、落下位置付近の西側端部(菱形形状を有する網目の尖った方向)で若干みられたものの、網目の破断は10網目程度にとどまった。ネット固定に用いたネットクランプに作用した最大荷重も、相対的に東西方向で南北方向よりも大きい傾向にあるものの、それらの最大値は、西側中央部(3.5kN)であった。

以上から、新品ネットを20点固定(1m間隔で固定)することにより、墜落の危険を防止できる可能性が高いことがわかった。

(2) 経年劣化モデルの場合

図41および図42に鉄骨梁と20点で固定した経年劣化モデルを対象として、

強軸(東西)方向の西端部から1mの位置に落下させた場合の結果を示す。なお、この経年劣化モデルの網糸強度は表1のとおり約330Nであり、これは概ね仮設工業会の新品ネットの必要強度となっている。

実験の結果、いずれの場合も重錘がネットを貫通し、地面へ落下した。なおネット端部の網目の破断はあまりみられなかった。なお、ネット固定に用いたネットクランプに作用した最大荷重は2.2kNであった。

なお本実験は、安全ネットの網糸強度を意図的に小さくするため、現在流通する安全ネットとは網糸の径などに違いがあるネットを用いたものである。そのため、本実験のみから何かを断定することはできないが、網糸強度が330N程度の場合には、墜落の危険を防止することが難しい可能性がある。

(3) 経年品の場合

図43に鉄骨梁と20点で固定した経年品の安全ネットを対象として、強軸(東西)方向の西端部から1mの位置に落下させた場合の結果を示す。なお、この経年品ネットの網糸強度は246Nであり、仮設工業会の経年品の基準(170N以上)よりも45%程度大きいものとなっている。

その結果、落下させた西側端部で安全ネットが大破し、重錘は地面へ落下した。

ネット網目の破断は、落下位置付近の西側端部(菱形形状を有する網目の尖った方向)に集中し、ネット固定に用いたネットクランプに作用した最大荷重は、西側中央部(3.2kN)であった。

図44は、図43と同じく鉄骨梁と20点で固定した経年品の安全ネットを対

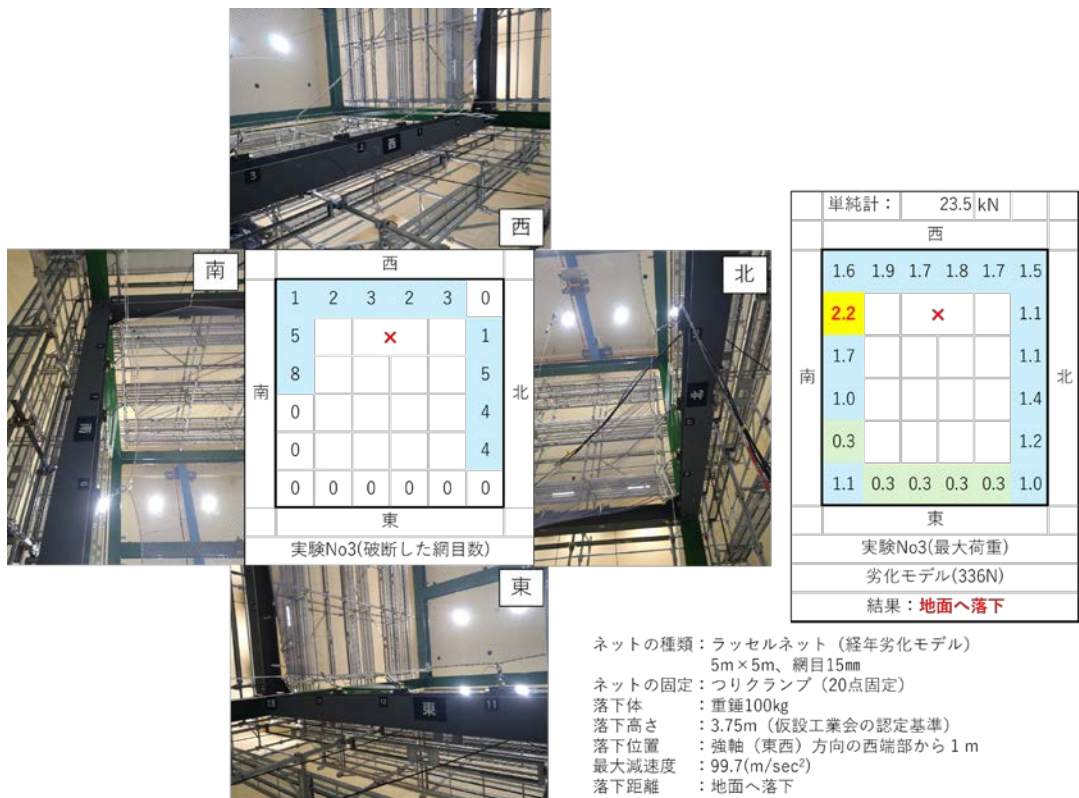


図 4 1 2 0 点固定 (経年劣化モデル、西側端部 1 m への落下) の結果

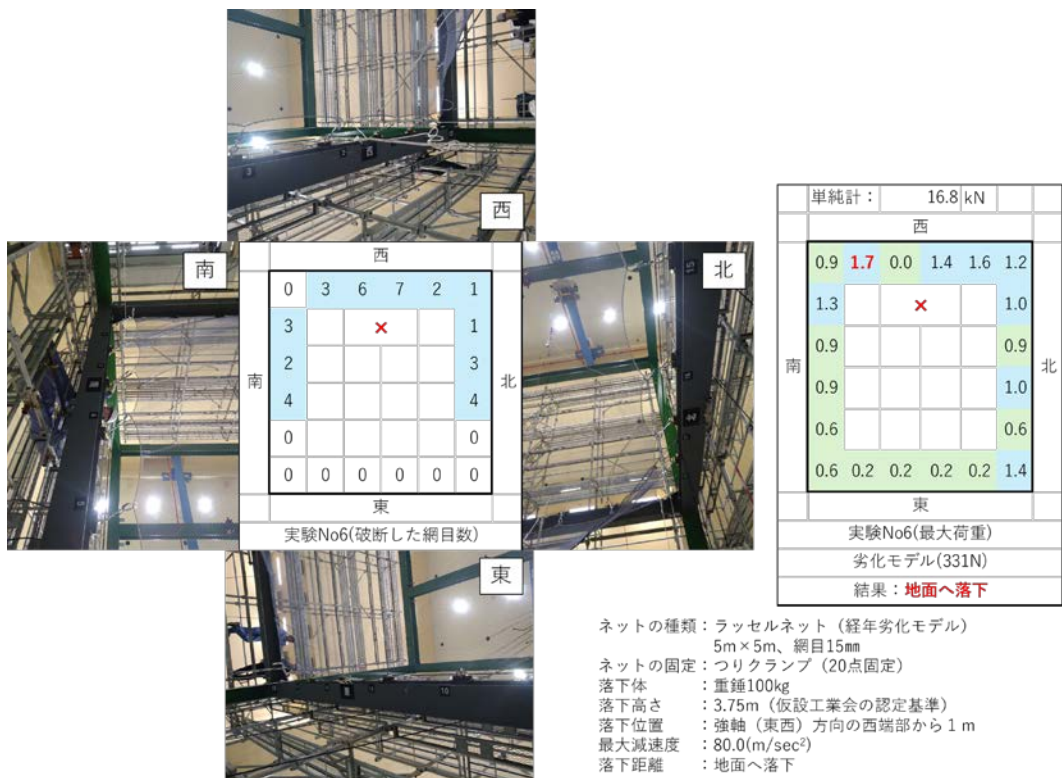


図 4 2 2 0 点固定 (経年劣化モデル、西側端部 1 m への落下) の結果

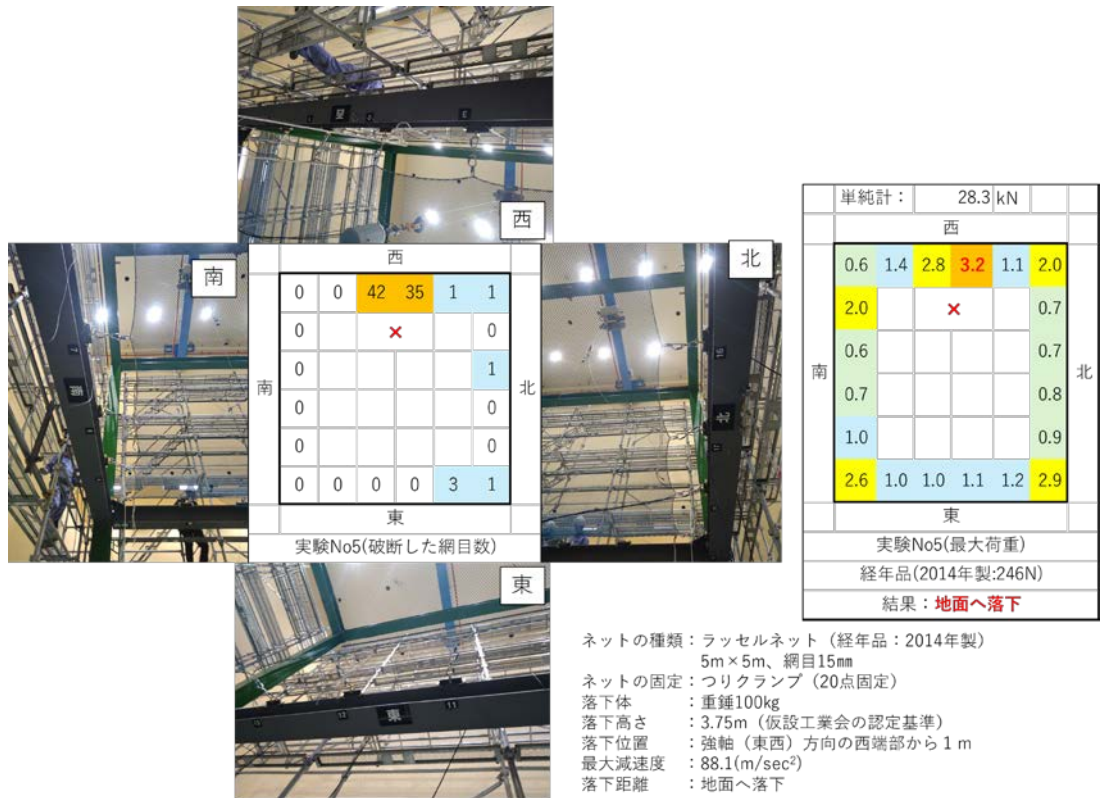


図 4 3 20点固定 (経年品、西側端部1mへの落下) の結果

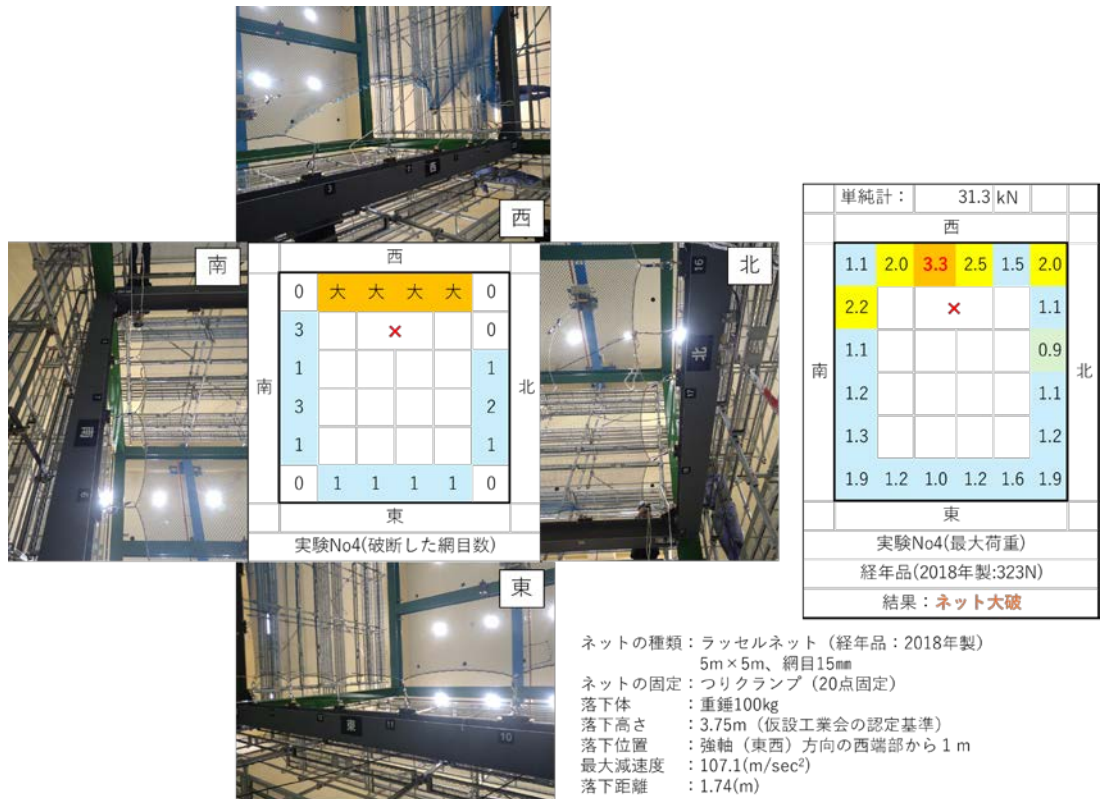


図 4 4 20点固定 (経年品、西側端部1mへの落下) の結果

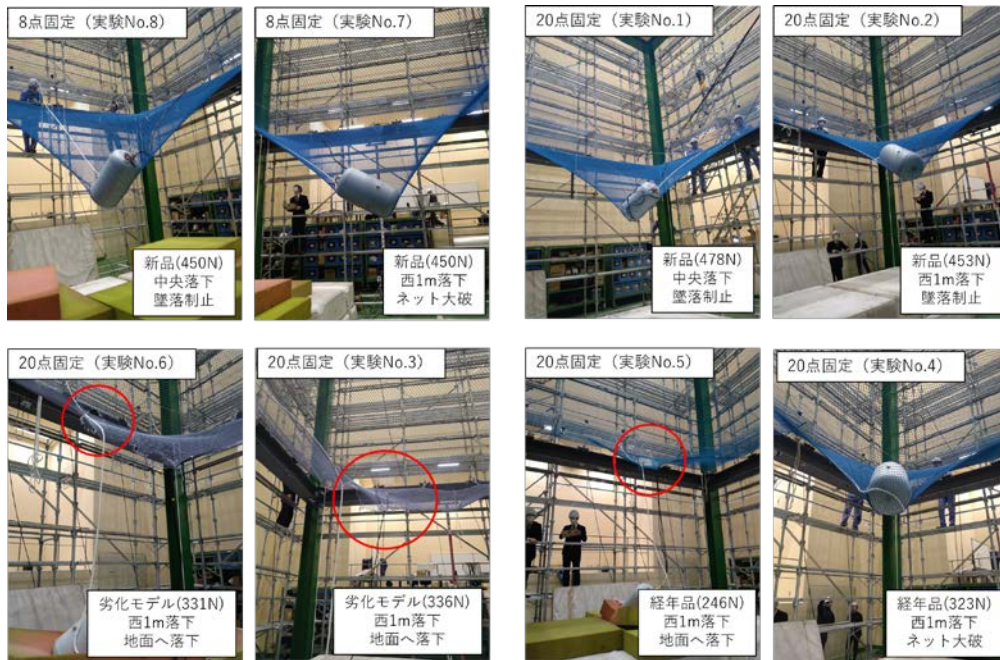


図 4 5 実験後の状況一覧

表 4 実験結果一覧

実験No	ネット寸法	固定点数	重錘 (kg)	ネット材質	平均網糸強度	落下高さ	落下位置	落下距離	最大減速度 (Z軸) (m/sec ²)	備考
					(N)	(mm)		(mm)		
1	5m×5m	20	100	新品	478	3,750	中央	1,900	146.0	OK
2	5m×5m	20	100	新品	453	3,750	西中央(1m)	1,780	142.1	OK
3	5m×5m	20	100	劣化モデル	336	3,750	西中央(1m)	落下	99.7	地面へ落下
4	5m×5m	20	100	経年品 (2018年製)	323	3,750	西中央(1m)	1,740	107.1	ネット大破
5	5m×5m	20	100	経年品 (2014年製)	246	3,750	西中央(1m)	落下	88.1	地面へ落下
6	5m×5m	20	100	劣化モデル	331	3,750	西中央(1m)	落下	80.0	地面へ落下
7	5m×5m	8	100	新品	450	3,750	西中央(1m)	2,200	106.5	ネット大破
8	5m×5m	8	100	新品	457	3,750	中央	2,320	111.7	

象として、強軸（東西）方向の西端部から1 mの位置に落下させた結果を示すものである。ただし、この経年品ネットの網糸強度は323Nであり、図9よりも網糸強度が3割程度大きい（仮設工業会の経年品の基準よりも1.9倍の強度を有する）ものとなっている。

その結果、重錘を落下させた西側端部で安全ネットが大破し、ネット固定に用いたネットクランプに作用した最大荷重も、西側中央部（3.3 kN）となり、図4.3と同様の結果となった。

以上の結果と（2）経年劣化モデルの結果を踏まえると、網糸強度が330 N程度以下のネットでは、落下高さ 3.75m に対して、墜落の危険を防止することが難しい可能性がある。

4 まとめ

本研究で行った実験結果の一覧表を図4.5および表4に示す。本実験の範囲（5m×5mの正方形の安全ネットにより、3.75mの自由落下を伴う墜落が生じた場合）では、墜落の危険を防止することが確認できたのは新品ネットであり、それは450N

以上の網糸強度を有するものであった。そして経年劣化モデルや経年品の安全ネットの実験結果を踏まえると、少なくとも350N程度以上の網糸強度が必要であることが推測される。つまり本実験の範囲では、安全ネットの網糸強度は、350Nから450Nの間に必要強度が存在すると考えられる。

なお、経年劣化モデルと経年品の安全ネットのネット破壊状況には差異が見られた。具体的には前者は、落下位置付近の安全ネットを貫通し、後者はネット端部での大壊する傾向がみられた。そのため安全ネットの墜落による危険を防止する性能は、網糸強度だけでなく、他の構造的要因（網糸の変形性能等）を踏まえる必要がある可能性がある。

C 考察(安全ネットの規定のあり方について)

(1) 安全ネットに期待する性能

技術上の指針および仮設工業会の基準（以下、「指針類」という）では、安全ネットは、労働者の墜落による危険を防止することを目的としている。ところが現場からは、墜落災害のみならず落下物災害の防止を兼用できるネットがあれば利用したいという状況にもある。それに関連してか、技術上の指針制定当時では、50mm網目や100mm網目であった安全ネットの網目は、現在ではより小さい網目である15mm網目が主流となっている。安全ネットは落下物災害の防止を主な目的としたものではないが、これによって、安全ネットに使用される網糸1本あたりの強度が小さいもの（つまり網糸は相対的に切れやすいもの）

となっている。

この点、これまでの実験結果、経年劣化の影響等を踏まえると、現状よりも性能の高い安全ネット（経年劣化の影響が出にくいもの、あるいは新品時の強度が高いもの等）が必要とされる可能性がある。しかしながら、例えば単に新品時強度を高める場合は、安全ネットの単価が上がったり、重量が大きくなり施工しにくくなる等の不具合が生じる可能性も考えられる。

この問題については、ユーザー、メーカー、リース会社でそれぞれ意見の相違がみられており、安全ネットに期待する性能として、まずは墜落防止目的に限定するのか、あるいは落下防止目的も兼ねるのか等、業界全体で最適解を見出す必要があると考えられる。

なお、指針類の規定の方法として、現状では安全ネット単体についての規定が主であり、建設構造物へ取り付けられた全体システムとしての安全性については、規定が十分とは言えないため、使用基準を含めた規定のあり方を検討する必要があると考えられる。

(2) 安全ネットの構造等について

指針類では、安全ネットの構造として、縁綱、仕立て糸、つり綱、試験用糸等を挙げているが、安全ネットの固定には、安全ネットの吊綱というよりは、むしろネットクランプ、あるいは鉄骨梁に事前に溶接したネットフックを用いている。そのため、安全ネットの固定方法に応じた構造、強度等の基準を設ける必要があると思われる。これについては、安全ネットの固定位置に生じる荷重や上記の固定金具類の強度、脱着性等の規定が必要とのユーザーから

の意見もみられている。

また、安全ネットそのものの材質として、指針類では、合成繊維に限定しているが、これまでの実験結果(新品ネットの網糸強度を容易に大きくできない可能性や経年劣化の影響が避けられない可能性)からすると、材質についても幅広い選択肢を検討することも有用と考えられる。これについては、例えば落石防止用ネットや朝顔に使用されているネットなど、参考にできそうなネットが存在する旨の意見もみられている。

(3)安全ネットに関する強度等について

技術上の指針では、ネットの網目の大きさに応じて、直線補間式により網糸に必要な強度を定め、網目が小さくなるに従って、必要強度が小さくなるものとなっている。そのため、当該補間式から求められる15mm網目の必要強度は、20Nに満たないものであり、これまでの実験結果(網糸強度が350N程度以下で墜落の危険を防止できない結果)からすると、墜落の危険を防止することは不可能である。また仮設工業会の認定基準(新品時350N以上、廃棄時170N未満)であっても、困難である可能性がある。そのため、メーカーおよびリース業界の協力のもと、一定程度の経年品等を対象とした実験を積み重ねた上で、経年劣化を踏まえた必要強度等を明らかにする必要があると考えられる。

なお、その必要強度等については、現場の実情を踏まえた落下高さ、ネットの初期垂れ、ネット下部の空き等の基準が必要であり、加えて安全ネットが個人用の墜落制止用器具ではなく、共有物としての安全設備であること等を踏まえた現実的な検討

が必要と考えられる。

(4)安全ネットの管理について

現在流通する安全ネットの特性として、墜落制止を経験したネットであっても、時間の経過に従って、ネットの伸びが元に戻ってしまう等、一見して不良品として認識できない場合も見受けられる。これ以外の不具合(溶接等による網目の局所的な損傷)についても、ユーザー以外によって検査することには限界があると思われる。そのため、ユーザーとの間で一定程度の情報共有を行う取り組みも有用と思われる。

D 研究発表

- 1) 日野泰道、高橋弘樹、金恵英、経年ラッセルネットの墜落制止性能に関する基礎的研究、2024年度日本建築学会大会学術講演会(投稿中)
- 2) 日野泰道、高橋弘樹、金恵英、安全ネットの墜落制止性能に関する基礎的研究、安全工学シンポジウム2024(投稿中)

E 知的所有権の取得状況

該当なし

参考文献

- 1) 労働省 技術上の指針公示第8号、墜落による危険を防止するためのネットの構造等の安全基準に関する技術上の指針、昭和51年8月6日
- 2) 仮設工業会、安全ネットの構造等に関する安全基準と解説、昭和56年7月20日
- 3) 木下釣一、小川勝教、安全ネットの性能向上～安全ネットの特性について

て～、労働省産業安全研究所研究報告、RIIS-RR-20-2、昭和46年11月20日

- 4) 日野泰道、大幢勝利、高橋弘樹、実験結果に基づく安全ネットの基本性能、令和4年度厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)分担研究報告

第Ⅱ部

研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

該当なし

雑誌

- 1) 日野泰道、高橋弘樹、金恵英、経年ラッセルネットの墜落制止性能に関する基礎的研究、2024年度日本建築学会大会学術講演会（投稿中）
- 2) 日野泰道、高橋弘樹、金恵英、安全ネットの墜落制止性能に関する基礎的研究、安全工学シンポジウム 2024（投稿中）