

平成 25 年 10 月 17 日

労働安全衛生総合研究所

大幡勝利

1. 建設労務安全研究会、建設産業専門団体連合会の提案する躯体と足場の隙間について

一般社団法人 人間生活工学研究センターの日本人の人体計測データベース 2004-2006 を参考に、人間が落下しない躯体と足場の隙間を考察する。

1. 人体の前後の幅 D

臀部が最も厚く、落下する際にこの部分が引っかかると考えられる。

統計的に 99% をカバーする幅は、20 歳から 69 歳男子では 60-69 歳が最も小さく、
平均値 237.8mm、標準偏差 σ 20.6mm、1%タイル値（99% をカバーする値）
191.3mm となる。作業着等の厚さ等を加味し 200mm 以下にすることは妥当と考える。

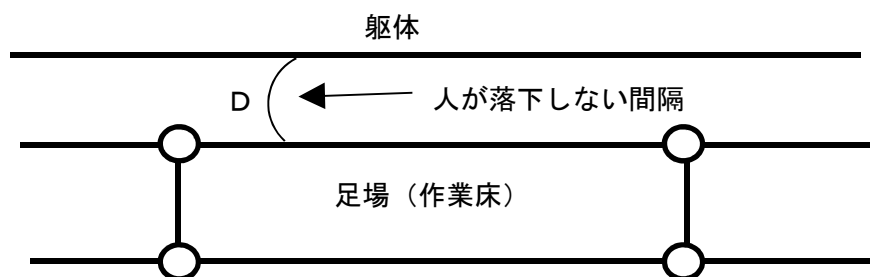
2. 参考

フランス D=200mm

ドイツ D=300mm

米国 D=360mm

英国 人が墜落するおそれがある間隙を生じないように組み立てる



2. 各団体の用いた労働災害データについて

各団体でデータを用いて意見表明がなされているが、客観的に精査すべきではないか。

例えば、日建連の、第8回の資料6、1ページ目の1の①で、平成21～23年度の組立解体中の足場最上階からの墜落災害発生時に、全体の98%（308件中、302件）で安衛則に定める措置を講じていなかったと記載されている。

一方で、全国仮設安全事業協同組合の、第8回の資料4－1に付随する資料3では、平成23年度の足場からの墜落災害のうち99.1%（422件中、418件）が安衛則適用とされている。

どちらが正しいのか精査して論ずるべきである。

なお、検討会の平成23年度分の報告書では、足場からの墜落災害のうち89.6%（422件中、378件）で安衛則に定める措置を講じていなかったと報告されている。

3. くさび緊結式足場の組立・解体時における安全帯取付方法の実験的検討について

くさび緊結式足場における安全帯使用を徹底させるための方策を提案することを目的として、足場のくさび取付穴に安全帯を掛けた場合の足場の安全性について、人体ダミーを用いた落下実験とその実行可能性の確認実験を行い検討した結果、実験を行った製品では、足場のくさび取付穴に安全帯を掛けて使用できることが確認できた（詳細は別添参照）。

平成25年10月17日

この論文は、土木学会論文集F6（安全問題）に掲載されたものに、新たな知見を加えまとめなおしたものである。

くさび緊結式足場の組立・解体時における 安全帯取付方法の検討

大幢 勝利

労働安全衛生総合研究所上席研究員 建設安全研究グループ（〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6）

近年、従来型の単管足場に替わり、組立・解体時における作業性からくさび緊結式足場の使用が拡大している。このくさび緊結式足場については、わく組足場とは異なり、手すり先行工法の導入が困難である場合が多い。さらに、くさび緊結式足場は比較的低層の足場として用いられることが多い等の理由により、安全帯等による墜落防護さえなしの状態、組立・解体作業が行われることが多いという問題点がある。そこで、本研究では、くさび緊結式足場における安全帯使用を徹底させるための方策を提案することを目的として、足場のくさび取付穴に安全帯を掛けた場合の足場の安全性について、人体ダミーを用いた落下実験により調査し、その結果より、くさび緊結式足場の安全な組立・解体方法を提案した。

1. はじめに

墜落・転落災害は、従来から頻発する労働災害として問題となっており、建設業では死亡災害の約4割を占めている。その中でも足場からの墜落災害が最も多く発生しており、平成21年3月に労働安全衛生規則（以下、安衛則）が改正されるなど、足場等からの墜落防止対策が強化されている。

しかしながら、建設業における足場からの墜落・転落災害は後を絶たず、平成22年度における死亡災害は前年度と比較して増加傾向にある。中でも、足場の組立・解体時における災害に関しては、その対策について今回の安衛則の改正には直接反映されていないが、

- ・足場からの墜落・転落による死亡災害の半数近くを占めている
 - ・足場からの墜落・転落災害の中でも、他の災害と比較して死亡災害に至る割合が高い
- などの問題が指摘されている¹⁾。このため、足場の組立・解体時における墜落・転落災害についても、その対

策の強化が必要な状況となっている。

足場の組立・解体時において、その作業を行う足場の最上層では、手すり等の設備的な墜落防止対策が取りづらいという問題点がある。厚生労働省で開催した検討会ではこれらの結果を考慮し、足場からの墜落に対する対策についてリスクアセスメントの観点から、図-1に示すように優先順位をつけて適切な対策を行うことを提言している²⁾。その中で、組立・解体作業時において手すり等の設備的な墜落防止対策が困難な場合は、図-1に示すように個人用保護具として安全帯を使用することとしている。

現行の安衛則においても、手すり等の設備的対策が行えない場合は、安全帯の使用等による墜落防止措置を講ずるとともに、足場の組立て等作業主任者を選任し、組立・解体作業時における安全帯の使用状況等を監視させること等が義務付けられている。このため、安全帯の使用は、リスクアセスメントの優先順位としては低いが、他の墜落防止措置の実施が困難な場合における最低限守るべき基準となっている。

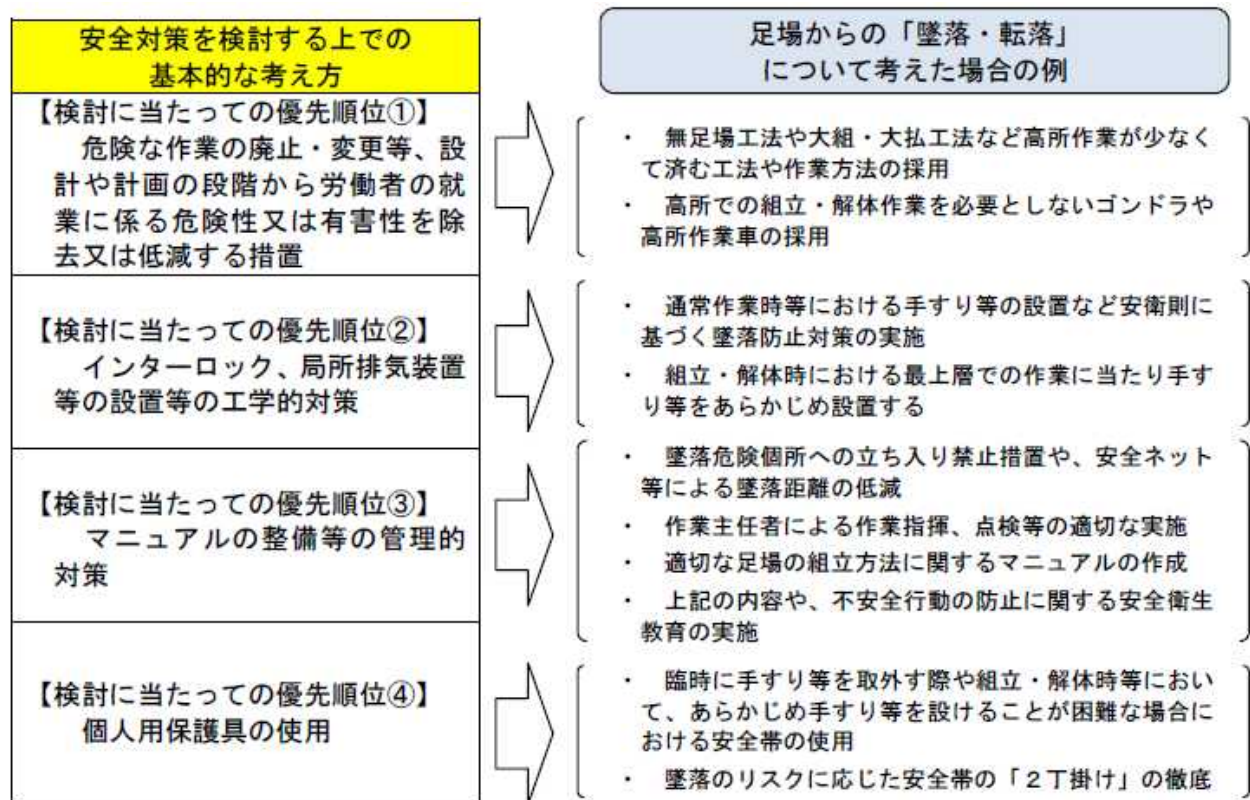


図-1 足場からの墜落防止に関する安全対策を検討する上での基本的な考え方の例



図-2 低層のくさび緊結式足場の例

このような状況の中、最近では、鋼管（単管パイプと呼ばれることもある）と緊結クランプを用いて組立てる従来型の単管足場に替わり、組立・解体時における作業性の良さから、図-2に示すようにくさび緊結式足場の使用が拡大している。このくさび緊結式足場については、比較的low層の足場として用いられることが多く、簡易な足場のため親綱等の設置も困難であることが多い等の理由により、最低限の墜落防護措置である安全帯ですら使用せずに、組立・解体作業が行われることが多いという問題点がある。

この問題を根本的に解決する手段として、近年「手す

り先行工法」と呼ばれる工法が開発されている。同工法は、組立・解体作業を行う最上層の一つ下の層から手すりの取り付け取り外しができる工法であり、足場の最上層では常に手すりが取り付けられている安全な状態で、組立・解体作業を行うことが可能となる。従来は、わく組足場のみ手すり先行工法が可能であったが、最近になってくさび緊結式足場用の工法も開発されており、厚生労働省では「手すり先行工法等に関するガイドライン」を策定し、その普及を図っている。しかし、くさび緊結式足場については、わく組足場とは異なり、手すり先行工法の導入が困難である場合が多く、厚生労働省の調査²⁾でも、わく組足場の場合は40.6%が手すり先行工法を採用しているが、くさび緊結式足場等それ以外の足場では、わずか11.6%の採用に留まっているのが現状である。

そこで、本研究は、手すり等による設備的な墜落防止措置が困難な場合が多い、くさび緊結式足場の組立・解体作業を対象に、安全帯の使用を徹底させるための簡易でかつ安全な方策について検討することを目的とした。その際、安全帯を掛ける場所として、くさび緊結式足場のくさび取付穴など足場を構成する部材を利用する等、親綱等の特別な機材を使用せずとも簡易に安全帯が使用できる方法を考案し、その方法の安全性を人体ダミーを用いた落下実験により検証することとした。最終的には提案した方法で足場の組立・解体作業を試行し、実際に実行可能かどうか確認した。



図3 くさびA



図4 くさびB

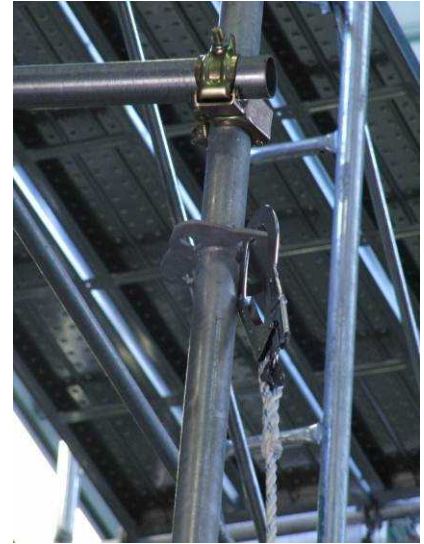


図5 くさびC

2. 実験方法

(1) くさび緊結式足場の種類

足場の組立・解体時において墜落・転落災害に至った事例の中で、安全帯の使用に関するものを調べると、安全帯を掛けていた手すりや支柱等が外れてしまったなど、安全帯取付場所に問題があったと考えられるものが多く見られている^{1,2)}。

そこで本研究では、くさび緊結式足場における安全帯使用を徹底させるための簡易でかつ安全な方策として、この足場に使用する支柱部材に溶接されており容易に外れないと考えられる「くさび取付穴」に着目し、この穴に安全帯のフックを掛けた場合の安全性の検証を行うこととした。

本研究では、市販されている3種類の製品を対象に実験を行うこととした。まず最初に、これらの足場のくさび取付穴に、安全帯のフックを適切に掛けることが可能であるかどうか確認し、適切に掛けることが不可能な場合は、くさび取付穴にフックを掛けるためのリングを取り付ける等、他の方法について検討することとした。図3～図5に、これら3種類の製品のくさび取付穴に、市販されている安全帯のフックを掛けた状況を示すが、全て無理なく適切に掛けることが可能であった。よって、今回は、この状態で人体ダミーを用いた落下実験を行うこととした。

実験では、組立・解体時の足場の構造を再現し、最上層で組立・解体を行っている作業者が、くさび取付穴に安全帯のフックを掛けた状態で作業を行っていることを想定して、その状態で足場から落下した場合の安全性を確認することとした。その際、人体ダミー落下後のくさび取付穴、フック、および足場部材等の変形状況を観察することにより、くさび取付穴への安全帯取り付けの可

否について検討した。最終的には、この状態で足場の組立・解体が可能かどうかを確認するため、実際に作業を行いながらその実行可能性の確認を行い、安全な足場の組立・解体方法を提案することとした。

(2) 足場の構造

安全帯を使用している作業員が足場から墜落する場合、足場は鉛直方向には十分な強度³⁾を有しているため問題ないが、水平方向の安定性が十分でない場合には転倒する恐れがある。そこで、足場の転倒を防止するための壁つなぎ（構造物と足場を連けいする部材）を、安衛則の範囲で最大の間隔となるように設置した場合を想定することとした。単管足場の場合、安衛則では壁つなぎを垂直方向5m×水平方向5.5m以内に取り付けることとされているが、今回対象としたくさび緊結式足場もそれに準じて考えることとした。くさびA、B、Cは、1層の高さ1.8～1.9m、1スパンの長さ1.8mであるが、これらの足場に作業床を入れるレベルで壁つなぎを取り付けるものとする、最大で2層×3スパン以内毎に取り付ける必要がある。よって、この2層3スパンの範囲の足場には、安衛則に従うと必ず壁つなぎが取り付けられることから、この範囲の足場を一つのユニットとして考えて実験を行えば、転倒に対する足場全体の安全性が評価可能となる。

そこで、図6に示すように2層3スパンに組立てた足場の、3層目の組立・解体作業を行う場合を想定して、安全帯を使用した場合の作業の安全性を検討することとした。その際、面外方向（紙面垂直方向）へさらに転倒しやすい構造とするため、足場の幅（図6の面外方向の奥行き）を安衛則の最低値400mmより狭い300mmとし、足場の水平方向の剛性に寄与する床付き布わくは入れない構造とした。また、3層目の支柱は2層目の上に差し込んだだけの構造（2層目と3層目の間につなぎ目がある構造）とした。

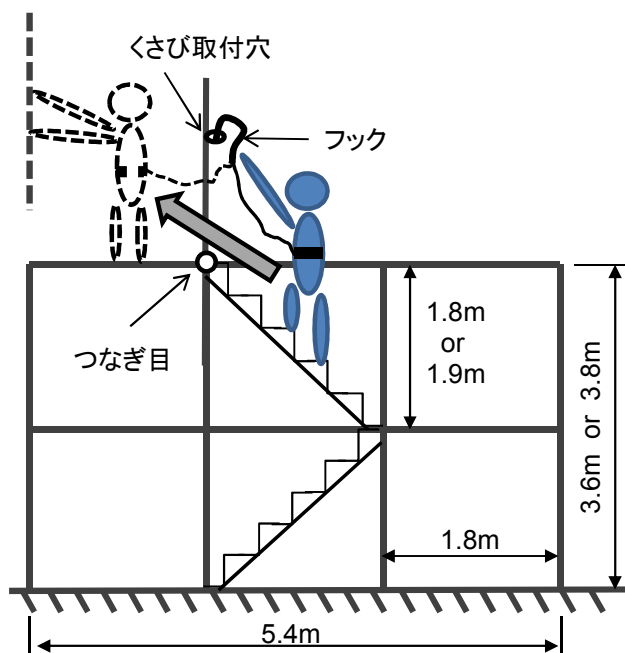


図-6 2層3スパンに組立てた足場の3層目の組立・解体作業

実験では、壁つなぎとしてのひかえの位置を変化させることにより、足場の組立・解体時の様々な状況を再現することとした。足場の構造・ひかえの位置等の実験状況を、図-7に示す。また、図-8に示すように、手すりに安全帯のフックを掛けた場合の実験も実施した。これらの組み合わせ等の実験条件を表-1に示すが、合計で14回実施した。

(3) 人体ダミー落下実験の方法

全ての実験において、図-7に示すように3層目の支柱の高さ900～950mm（くさびの種類による、手すりの場合も含む）の位置に安全帯のフックを掛け、そのフックを掛けた高さで吊り下げた質量100kgの人体ダミーを、切り離し装置により落下させた。その際、人体ダミーと足場の間隔は、図-9に示すように800mmとした。これらの実験条件は、手すり先行工法に使用する先行形手すりのJIS基準⁴⁾における、墜落時の手すりの安全性を確認する試験と同等の方法である。

3. 実験結果

表-2 に、実験結果を示す。すべての実験で、人体ダミーは地上まで落下することなく途中で墜落を食い止めたため、実験後の損傷状況のみ示す。最初に実施したCase 1とCase 2の実験は、壁つなぎであるひかえを、組立・解体作業を行っている作業床レベルの2層下に設け、その作業床レベルには設けない最も危険な状態を再現したものである。安衛則に従えば、2層ごとに壁つなぎを

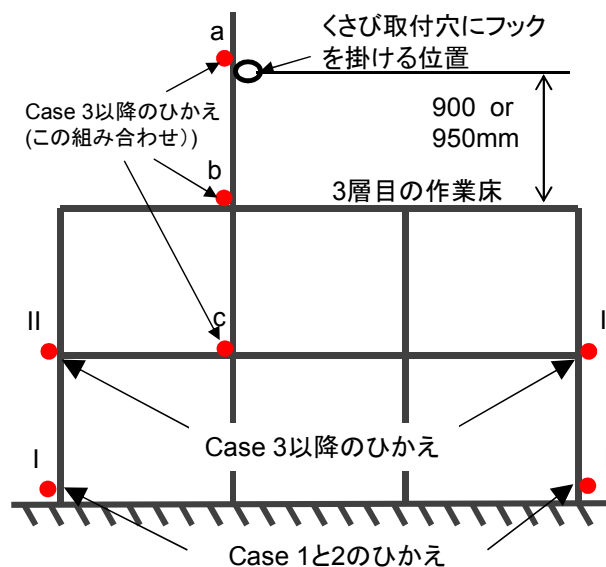


図-7 実験時の足場の構造・ひかえの位置

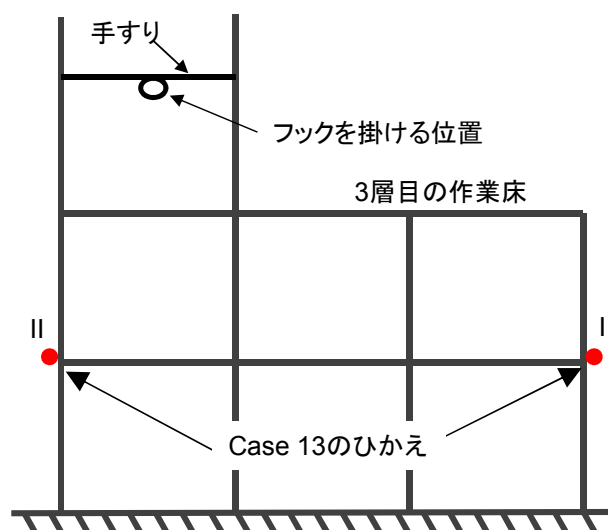


図-8 手すりにフックを掛けた場合の実験状況

表-1 実験条件

Case	くさびの種類	フックを掛ける位置	ひかえの組み合わせ
1	A	外	I
2	A	外	I
3	A	外	II
4	A	内	II, a, b
5	A	横	II, a, b
6	A	外	II, a, b
7	B	内	II, a, b
8	B	横	II, a, b
9	B	外	II, a, b
10	C	c1	II, a, b
11	C	c2	II, a, b
12	C	c3	II, a, b
13	A	手すり	II
14	A	外	II, c

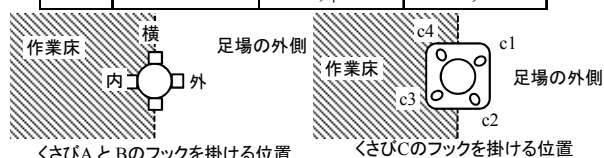




図-9 人体ダミーと足場の間隔

取り付けが必要があるため、この足場の構造は適切な状態ではないが、組立・解体時には十分起こりうる状況のため実験を行うこととした。Case1の実験後の状況を図-10に示すが、人体ダミーが地面にまで落下することはなかったものの、支柱が大きく変形していた。

Case1でその変形量が把握できなかったため、Case2で同じ実験を再度行った。その実験状況を撮影したビデオを観察すると、人体ダミー落下時の衝撃により、足場2層目最上部の端から、300mmの間隔をあけて設置した転倒防止用の架台に、足場が接触するほど大きく変形していた。仮に、この状態で作業を行い実際に墜落してしまった場合には、足場全体が大きく変形し、同一足場に乗っている作業員までもが同時に墜落する恐れがある。このため、この状態で安全帯を使用して作業することは危険と判断し、以降の実験では、ひかえが組立・解体作業を行っているレベルの1層下にある場合を想定した。安衛則に従い、ひかえを常に2層以内に取り付ければ、最低でもこの状態となる。

Case3の実験でその変形状況を確認したが、人体ダミーが地面にまで落下することはなく、転倒防止用の架台に足場が接触することもなかった。そこで、Case4以降はひかえの位置は3回目のままとし、くさび取付穴や支柱のつなぎ目に大きな衝撃力が作用する場合等、様々な条件を想定して実験を行った。図-7に示すaとbの位置にひかえを取り付けるのは、安全帯のフックを掛けたくさび取付穴にのみ、人体落下時の荷重が集中する場合を想定したものである。また、図-7に示すcにひかえを取り付けるのは、人体落下時の曲げモーメントが、支柱のつなぎ目に最も集中する場合を想定したものである。これらの一連の実験では、安全帯のフックやくさび取付穴、支柱に、図-11に示すようにわずかな変形が生じる場合もあったが、全て人体ダミーが地面にまで落下することはなく、墜落を途中で食い止めることができた。また、手すりにフックを掛けたCase13は、支柱にわずかな変形

表-2 実験結果

Case	損傷状況
1	水平変位 > 300mm (不安定)
2	水平変位 > 300mm (不安定)
3	水平変位 < 300mm (安定)
4	フック (わずかな変形)
5	損傷なし
6	損傷なし
7	フックとくさび取付穴 (わずかな変形)
8	損傷なし
9	損傷なし
10	くさび取付穴 (わずかな変形)
11	損傷なし
12	フック (わずかな変形)
13	支柱 (わずかな変形)
14	支柱 (わずかな変形)



図-10 実験後の状況 (Case1)

が見られたものの、フックや手すりに全く変形はなかった。先行形手すりのJIS基準⁴⁾における墜落時の安全性を確認する試験では、手すりの変形量に関する規定はなく、試験後に折損または脱落がないこと、および落体が地面に接触しなければよいと規定されている。それに比べれば、今回の実験による損傷状況は、図-11に示すようなわずかな変形が残るのみであり、十分な安全性が確認できたと考えられる。

以上の実験結果より、安衛則に従った構造の足場の場合、組立・解体を行う作業床の1層下に水平変位を拘束する壁つなぎやひかえ等があれば、安全帯を使用した組立・解体作業を安全に行うことが可能であると考えられる。

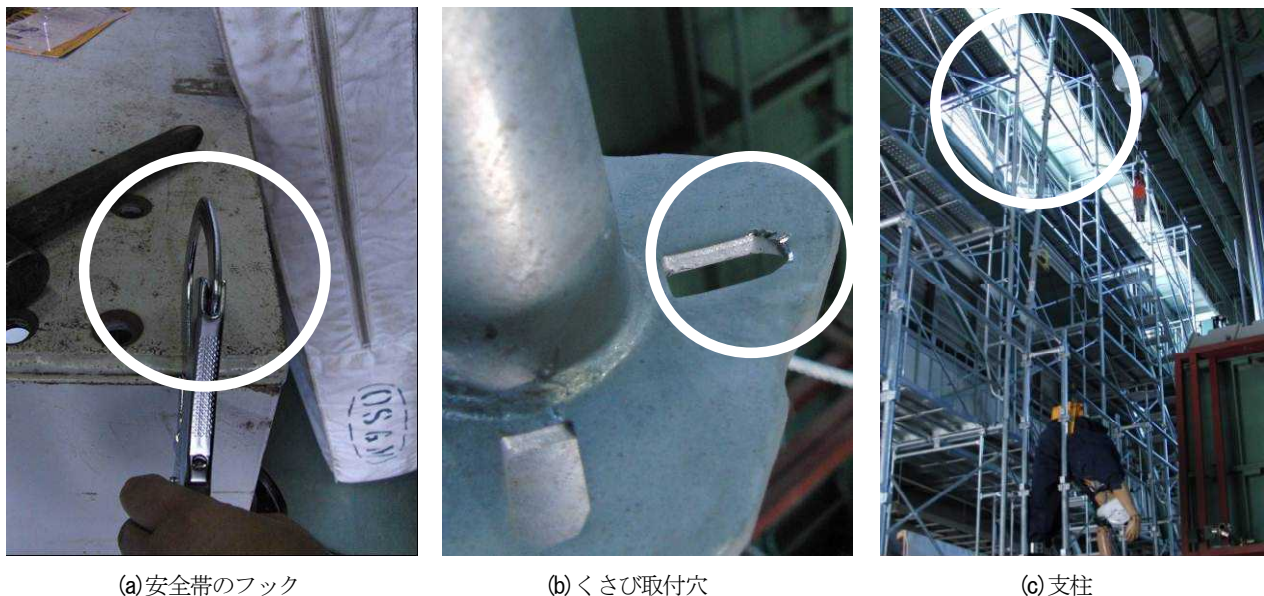


図-11 実験後の損傷状況

4. 安全帯を使用した足場の組立解体の実行可能性の確認

足場の組立・解体を行う各場面で、安全帯を使用した作業が実行可能であるかどうかを確認するため、2層3スパンに組立てたくさび緊結式足場の3層目を組み立てることを想定して、実際に作業を行いながら検証を行った。その際、安全帯は胴ベルト型のものより墜落時の衝撃力を多くの箇所で見受け止め有利である⁹⁾フルハーネス型とし、さらに、フックの掛け替え時においても常に使用した状態となるよう、2丁掛け（2個のフックがある）安全帯とした。

実行可能性の確認を行う足場の構造は、実際の作業の安全性を考えて、最も転倒しやすくなるような構造とした落下実験から少し変更した。まず、足場の面外方向の幅は、落下実験では転倒しやすくなるよう実際にはあり得ない300mmとしたが、ここでは現実の作業を考え900mmとした。また、3層目の支柱は、落下実験のように2層目の上につなぎ目が来るようにするのではなく、図-12に示すようにつなぎ目が無い構造とした。また、壁つなぎは3層目の作業床と同じレベルに取り付けた。

図-13は、2層目から階段により3層目に上がる途中の段階を示したものである。階段の途中の段階で、フックの一つを布材（水平材）に掛けつつ、もう一つを3層目から突き出した支柱の、下から数えて2個目のくさび取付穴（作業床から900mmの位置）に掛けることが可能であることが確認できた。

次に、図-14は、3層目の作業床の上に登り左端の3層目の支柱を取り付けている状況を示す。この時も、右の支柱のくさび取付穴にフックが掛った状態にある。

図-15は、先ほど取り付けた支柱を利用して手すりを取り付け、その手すりにフックを掛けた状態で他の支柱を取り付けている状況である。

以降の作業も実施したが、この手順を繰り返すことにより、常に手すりやくさび取付穴に安全帯を掛けた状態で、全ての組立・解体作業が可能となることが確認できた。

5 妻側からの墜落の検討

図-14において、妻側からの墜落が危惧される。そこで、図-4に示すくさびBを対象に妻側から人体ダミーを落下させる実験を行った。足場の構造は図-7の構造とし、ひかえはIIの位置（組立・解体を行う作業床の1層下）に設置した。

まず、妻側から人体ダミーを落下させようと試みたが、1スパン1.8m（1800mm）のため、通常使用する1700mmのランヤードでは落下させることができなかった。そこで、図-16に示すように、妻側の斜め側方に100kgの人体ダミーを倒して落下させた。

その結果、図-17に示すように、人体ダミーは地面まで落下することはない、また、部材等の損傷も見られなかった。以上のことから、妻側からの墜落に対する安全性も確認できた。

6 くさび緊結式足場の安全な組立・解体方法

以上の落下実験結果と、実際に作業を行った実行可能性の確認実験を基に、くさび緊結式足場の安全な組立・



図-12 支柱が1本だけ突き出した2層3スパンの足場



図-13 階段から支柱のくさび取付穴にフックを掛けた状態



図-14 フックを掛けた状態で左端の支柱の取り付け



図-15 手すりにフックを掛けた状態で他の支柱の取り付け



図-16 妻側斜め側方への墜落（実験前）



図-17 妻側斜め側方への墜落（実験後）

解体方法を以下のように提案する。その際、図-12で示した2層3スパンの足場を一つのユニットとして、それを組み合わせて足場全体を組立・解体するものとする。

- (1) 階段で次の層に上る際に、支柱1本を1層分以上飛び出すように設置し（図-12参照）、最上層から850mm以上の場所にあるくさび取付穴に、階段上から安全帯のフックを掛ける（図-13参照）。
- (2) その際、最上層の作業床は下の層からあらかじめ設置しておき、壁つなぎが作業床レベルまたはその1層下にある状態とすること。

- (3) 安全帯を掛けたまま、前後左右の支柱を取り付け、さらに手すり等の水平材を取り付ける（図-14参照）。
- (4) 安全帯をくさび取付穴や手すり等に掛け替えながら他のスパンに移動し、その層をすべて完成する（図-15参照）。
- (5) (1)の状態を作って繰り返し上の層を作っていく。ただし、階段は3スパンごとに設置する必要はなく、作業性等を勘案して必要に応じて設置する。
- (6) 解体はその逆の手順で行う。
- (7) これらの作業においては、フルハーネス型の安全帯

や二丁掛の安全帯を使用するようにする。また、同一の支柱や水平材に2名以上同時に安全帯を掛けない。

7 まとめ

本研究では、くさび緊結式足場における安全帯使用を徹底させるための方策を提案することを目的として、市販されている3種類の足場のくさび取付穴に安全帯を掛けた場合の安全性について実験的に検討した。その結果をまとめると、今回対象とした3種類のくさび式足場については以下のことが明らかになった。

(1)くさび緊結式足場の「くさび取付穴」に着目し、この穴に安全帯のフックを掛けた場合の組立・解体作業の安全性について、人体ダミーを用いた落下実験により検討した。その結果、安衛則に従った構造の足場の場合、組立・解体を行う作業床の1層下に水平変位を拘束する壁つなぎやひかえ等があれば、安全帯を使用した組立・解体作業を安全に行うことが可能であることが確認できた。

(2)足場の組立・解体を行う各場面で、安全帯を使用した作業が実行可能であるかどうかを確認するため、実際に作業を行いながら検証を行った。その結果、常に手すりやくさび取付穴に安全帯を掛けた状態で、全ての組立・解体作業が可能となることが確認できた。

(3)以上の落下実験結果と、実際に作業を行った実行可能性の確認実験を基に、くさび緊結式足場の安全な組立・解体方法を提案した。

参考文献

- 1) 厚生労働省：足場からの墜落防止措置の効果検証・評価検討会報告書【平成22年度発生分】，2012.
- 2) 厚生労働省：足場からの墜落防止措置の効果検証・評価検討会報告書，2011.
- 3) 仮設工業会：型枠支保工・足場工事計画作成参画者資格研修テキスト，2009.
- 4) 日本規格協会：先行形手すり，JIS A 8961，2006.
- 5) 産業安全研究所：安全帯使用指針，NIIS - TR - NO.37，2004.