

足場の組立・解体時における安全带取付設備等の安全性の実験的検討

大幢 勝利*1, 日野 泰道*2, 高橋 弘樹*2, 高梨 成次*2

足場の組立・解体時における安全带取付設備としては、従来から墜落防護時の安全性が確認されている、手すり先行工法に用いる手すりわくや親綱が使用されている。しかし、足場を構成する建地や手すり等、その他の部材に安全带を取り付けた場合の安全性は不明な点が残されている。そこで本研究では、安全带を取り付ける可能性のあるくさび緊結式足場の建地、手すり、またはわく組み足場の建わくに安全带を取り付けた場合の安全性を、人体ダミーを用いた落下実験により確認した。その結果、人体ダミー落下後においてもこれらの部材に大きな損傷もなく、安全带を安全に取り付けることが可能であることがわかった。さらに、手すり先行工法が実施しづらい単管足場で、安全带取付設備となる手すりを先行して取り付ける方法の可能性についても検討した。

キーワード: 足場, 組立・解体, 安全带, 取付設備, 手すり。

1 はじめに

墜落・転落災害は、建設業で最も多く発生している労働災害であり、建設業の死亡災害の約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、労働安全衛生規則（以下、「安衛則」という）の改正やガイドライン等により、足場等からの墜落防止対策が強化されている現状にある。

特に、足場の組立・解体時においては、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、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状況に応じ適切な対策を行うことが提言されている¹⁾。その中で、足場の組立・解体作業時において、手すり等の設置による設備的な墜落防止対策が困難な場合は、図1の右下に示すように個人用保護具として安全带を使用することとしている。このため、安全带の使用は、リスク低減措置の優先順位としては低い²⁾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。

このような状況において、平成27年に改正された安衛則においては、足場の組立・解体時において、安全带取付設備を設置し安全带を使用させることが規定されている。この安全带取付設備としては、手すり先行工法に用いる手すりわくや作業床に下から先行して設置した親綱等があげられるが、これらの設備については安全带取り付け時の安全性が確認されている。しかし、足場を構成する建地や手すり等、その他の部材に安全带を取り付ける可能性があるものの、その際の安全性には不明な点が残されている。

そこで本研究では、現在幅広く普及しているくさび緊結式足場とわく組足場を対象に、これらの足場の組立・

解体時に安全带を取り付ける可能性のある、くさび緊結式足場の建地、手すり、またはわく組み足場の建わくに安全带を取り付けた場合の安全性を、質量100kgの人体ダミーを用いた落下実験により検討した。その際、建地、手すり、建わく等の損傷程度により安全性を判断した。なお、これらの部材への安全带取り付けは、平成27年3月31日付け基発0331第9号「労働安全衛生規則の一部を改正する省令の施行について」に示されている。

さらに、今後の墜落防止対策の参考となるよう、手すり先行工法が実施しづらい単管足場で、安全带取付設備となる手すりを先行して取り付ける方法の可能性についても、海外の事例を参考に検討した。

2 実験方法

1) 足場の種類

本研究では、くさび緊結式足場の建地（以下、「支柱」という）への安全带の取り付け方法として、この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（以下、「緊結部」という）」に着目し、この緊結部に安全带のフックを掛けることとして実験を行った²⁾。

くさび緊結式足場としては、代表的な3種類の製品を対象に実験を行うこととした。最初に、これらの足場の緊結部に、安全带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た。図2～図4に、これら3種類の製品の緊結部に、市販されている安全带のフックを掛けた状況を示すが、落下時にフックに曲げ力が作用することのないよう、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、この状態で実験を行うこととした。さらに、くさび緊結式足場については手すりに安全带を取り付けた場合の実験も行うこととした。また、わく組足場の建わくへの安全带の取り付けについては、図5に示すように、鳥居型の標準わくに比べ補剛材の数が少なく、鉛直方向、水平方向とも強度が低い、簡易わくを用いたわく組足場（以下、「簡易わく組足場」という）を対象に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、くさび緊結式足場の緊結部、手すり、または簡易わく組足場の建わくに安全带のフックを掛けた状態で作業を行っていることを

*1 労働安全衛生総合研究所 労働災害調査分析センター。

*2 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ

連絡先: 〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6

労働安全衛生総合研究所 労働災害調査分析センター 大幢勝利*1

E-mail: ohdo@s.jniosh.go.jp

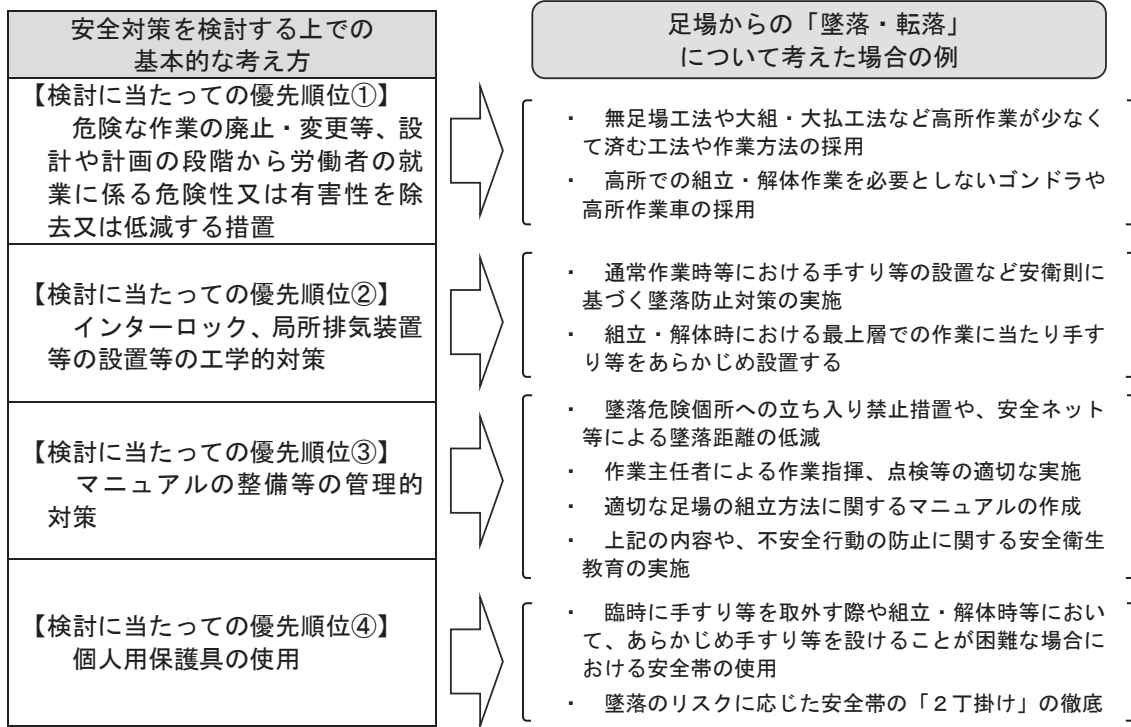


図1 足場からの墜落防止に関する安全対策を検討する上での基本的な考え方の例

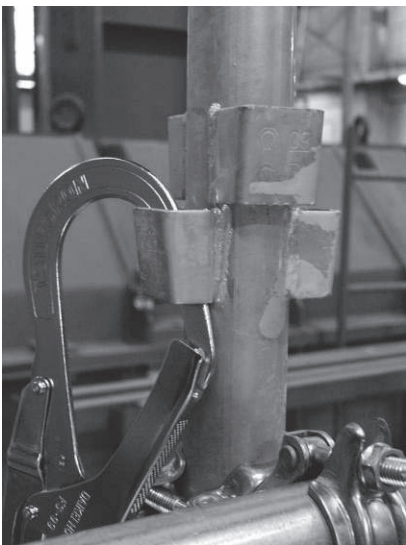


図2 くさびA



図3 くさびB

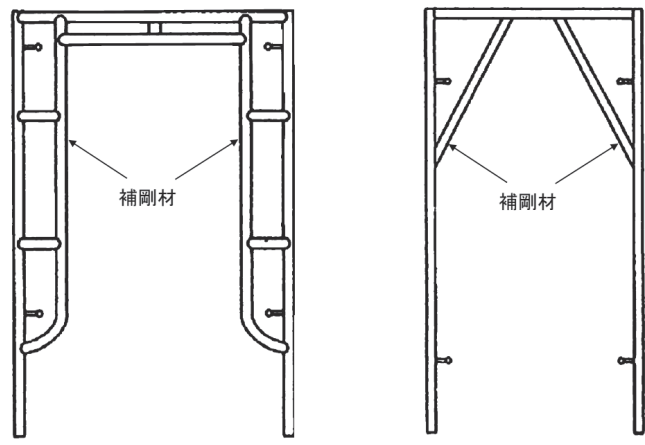


図4 くさびC

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緊結部、手すり、建わく、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、これらの部材に安全帯を取り付けた場合の安全性について検討した。

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足場自体が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、安衛則の範囲内で設置した場合を想定することとした。



a. 標準わく

b. 簡易わく

図5 鳥居型の標準わくと簡易わく

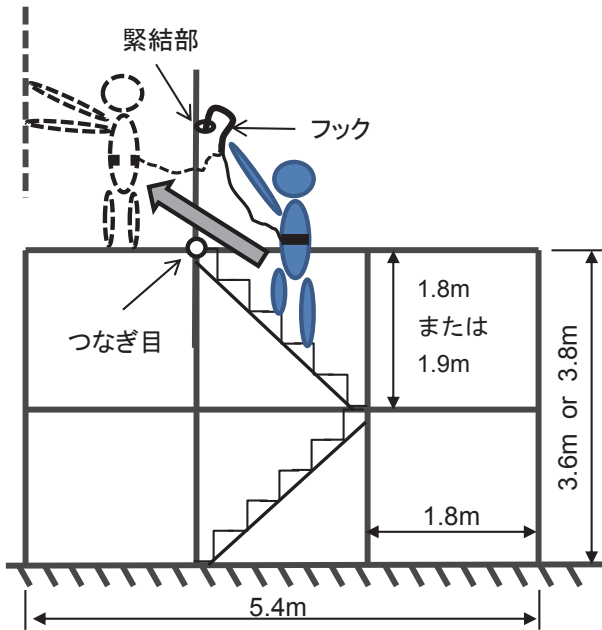
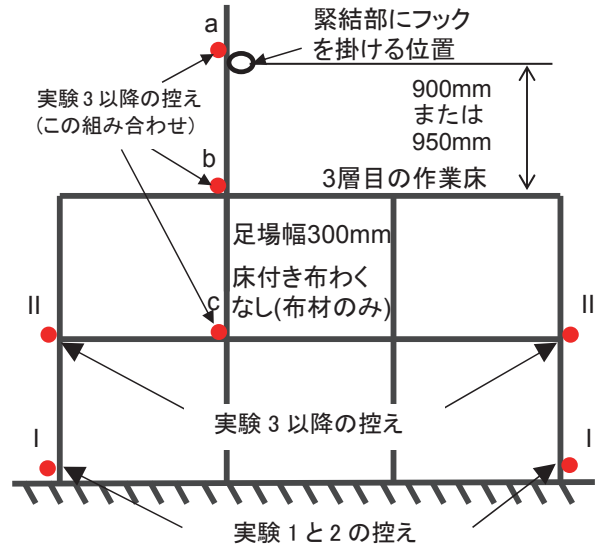


図6 2層3スパンに組立てた足場の3層目の組立・解体作業

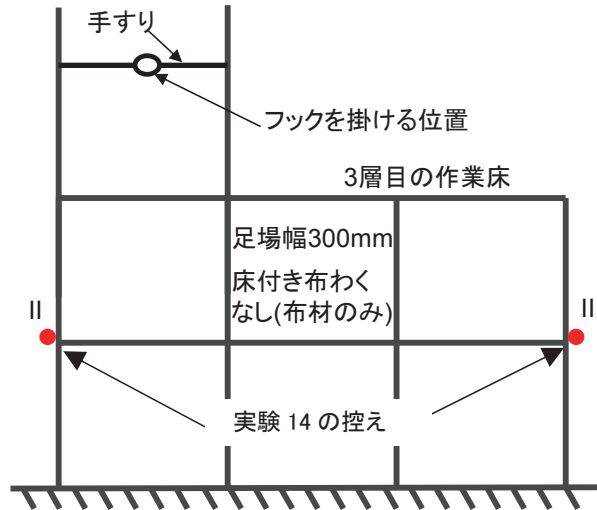
単管足場の場合、安衛則では壁つなぎを垂直方向 5m × 水平方向 5.5m 以内に取り付けることとされているが、今回対象としたくさび緊結式足場もそれに準じて考えることとした。くさび A, B, C は、支柱の直径 48.6mm × 肉厚 2.4mm、手すりの直径 42.7mm × 肉厚 2.3mm で、1 層の高さ 1.8~1.9m、1 スパンの長さ 1.8m であるが、これらの足場に作業床を入れるレベルで壁つなぎを取り付けるものとする、最大で 2 層 × 3 スパン以内毎に取り付ける必要がある。よって、この 2 層 3 スパンの範囲の足場には、安衛則に従うと必ず壁つなぎが取り付けられることから、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、安全帯を取り付けた場合の作業の安全性を検討することとした。

簡易わく組足場については、安衛則では壁つなぎを垂直方向 9m × 水平方向 8.5m 以内に取り付けることとされている。今回対象とした簡易わく組足場は、支柱に相当する脚柱の直径 42.7mm × 肉厚 2.4mm で、1 層の高さ 1.7m、1 スパンの長さ 1.8m であるが、この場合壁つなぎを 5 層 × 4 スパン以内毎に取り付ける必要がある。しかし、実際には足場が受ける風荷重を考えると、これより狭い間隔で壁つなぎを取り付ける場合が多いこと（通常は 2 層 2 スパン程度以内）、および実験時の安全性を考慮して、くさび緊結式足場と同じ 2 層 3 スパンに組立てた足場を対象とすることとした。

その際、面外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）をくさび緊結式足場の場合、安衛則の最低値 400mm より狭い 300mm の部材（本来は、足場の幅方向ではなく手すりとして使用する部材）が製造されているため、より危険



a. 緊結部に対する実験



b. 手すりに対する実験

図7 くさび緊結式足場の緊結部および手すりに対する実験状況

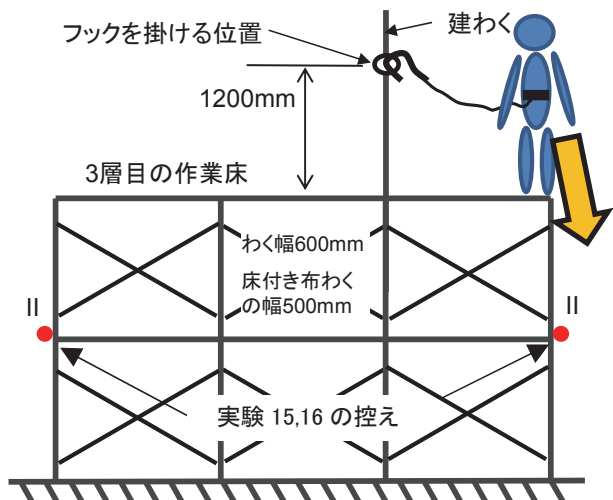


図8 簡易わく組足場の建わくに対する実験状況

表1 実験条件

実験番号	フックを掛ける場所(くさび種類)	フックを掛ける位置	控えの組み合わせ
1	緊結部(A)	外	I
2	緊結部(A)	外	I
3	緊結部(A)	外	II
4	緊結部(A)	内	II, a,b
5	緊結部(A)	横	II, a,b
6	緊結部(A)	外	II, a,b
7	緊結部(B)	内	II, a,b
8	緊結部(B)	横	II, a,b
9	緊結部(B)	外	II, a,b
10	緊結部(C)	c1	II, a,b
11	緊結部(C)	c2	II, a,b
12	緊結部(C)	c3	II, a,b
13	緊結部(A)	外	II, c
14	手すり(A)	支柱間中央	II
15	建わく	前側補剛材	II
16	建わく	奥側補剛材	II

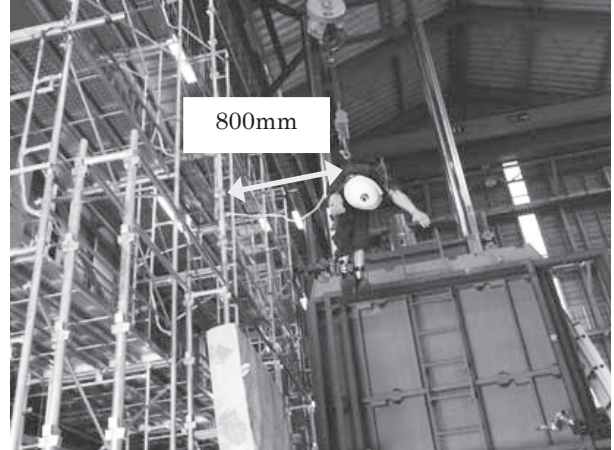
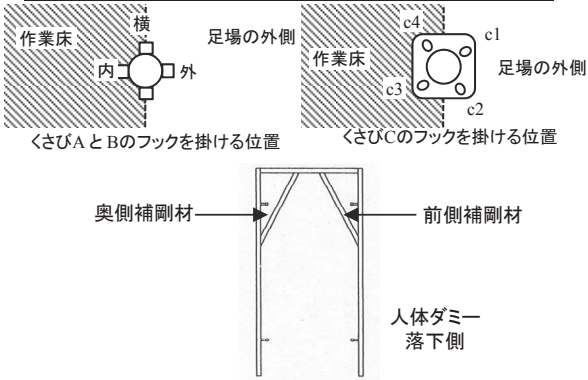


図9 人体ダミーと足場の間隔

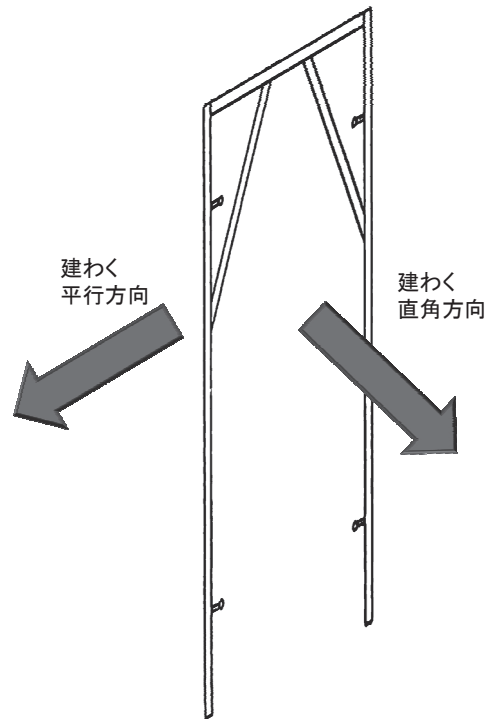


図10 建わくに加わる力の方向

な状況となるようこの部材を使用して 300mm の幅とした。簡易わく組足場の場合は、入手できた製品の最低の幅である 600mm とした。くさび緊結式足場では、足場の水平方向の剛性に寄与する布材は水平材のみとし、床付き布わくは入れない構造とした。簡易わく組足場では、床付き布わくをしないと布材のない状況となるため、わく幅 600mm に適した 500mm の床付き布わくを設置した。また、図 6 に示すように、全ての実験において 3 層目の支柱（または建わく）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。

3) 実験方法

以上の条件をまとめ、くさび緊結式足場の緊結部および手すりに対する実験状況を、図 7 に示す。また、簡易わく組足場の建わくに対する実験状況を図 8 に示す。これらの組み合わせの実験条件を表 1 に示すが、各 1 回ずつ合計で 16 回の実験を実施した（実験 2 のみ実験 1 の再確認で実施）。くさび緊結式足場の緊結部に対する実験が多いが、2 本の支柱で人体ダミー落下時の荷重を負担する、くさび緊結式足場の手すりおよび簡易わく組足場の建わくに対する実験に比べ、1 本の支柱で荷重を負担

するくさび緊結式足場の緊結部に対する実験の方が、支柱 1 本あたりの荷重が大きくなる。このため、人体ダミー落下時に足場の損傷がより大きくなるよう、表 1 に示すようにくさび緊結式足場の緊結部に対する実験で、壁つなぎとしての控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。

人体ダミーの落下実験は、くさび緊結式足場の場合、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、ランヤードの長さは 1.7m とし、人体ダミーと足場の間隔は、図 9 に示すように 800mm とした。

表2 実験結果

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。

簡易わく組足場については、図10に示すように、建わくと平行な方向より直角方向に力が加わった場合に、建わく下端が変形しやすくなると考えられる。このため、図8に示すように、人体ダミー落下時に建わくが変形しやすくなるよう、安全带のフックを高さ1200mmの位置で補剛材下端に掛けた状態で、人体ダミーをランヤードの長さ1.7mの範囲で建わくからできるだけ離し、妻側付近から倒すようにして落下させることにより実験を行った。

以上のように、足場の組立・解体時に安全带を取り付けた場合の安全性の評価を、できるだけ危険な状況で行えるように足場の構造、実験条件を設定した。

3 実験結果

表2に、実験結果を示す。実験1～14はくさび緊結式足場、実験15～16は簡易わく組足場に対する実験である。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、実験後のくさび取付穴、支柱、フック等の損傷状況のみを示す。

最初に実施した実験1は、壁つなぎである控えを、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取り付ける必要があるため、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。実験1の実験後の状況を図11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。

実験2はその再確認として、実験1と同じ条件で行ったものである。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、同一足場に載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、この状態で安全带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、控えが組立・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、控えを常に2層以内に取り付ければ、最悪でもこの状態となる。

実験3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、実験4以降は控えの位置は3回目のままとし、緊結部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の位置に控えを取り付けるのは、安全带のフックを掛けた緊結部にのみ、人体落下時の荷重が集中する場合を想定したもので

実験番号	損傷状況
1	足場最上部の最大水平変位が300mm以上(不安定)
2	足場最上部の最大水平変位が300mm以上(不安定)
3	足場最上部の最大水平変位が300mm未満(安定)
4	フックにわずかな変形
5	損傷なし
6	損傷なし
7	フックとくさび取付穴にわずかな変形
8	損傷なし
9	損傷なし
10	くさび取付穴にわずかな変形
11	損傷なし
12	フックにわずかな変形
13	支柱にわずかな変形
14	支柱にわずかな変形
15	損傷なし
16	損傷なし

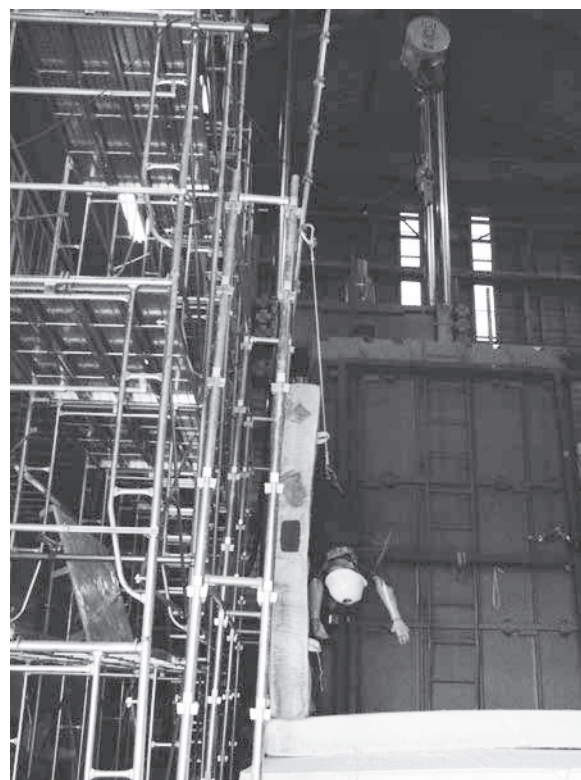


図11 実験後の状況(実験1)

ある。また、図7に示すcに控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、安全带のフックや緊結部、支柱に、図12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なく、墜落を途中で食い止めることができた。

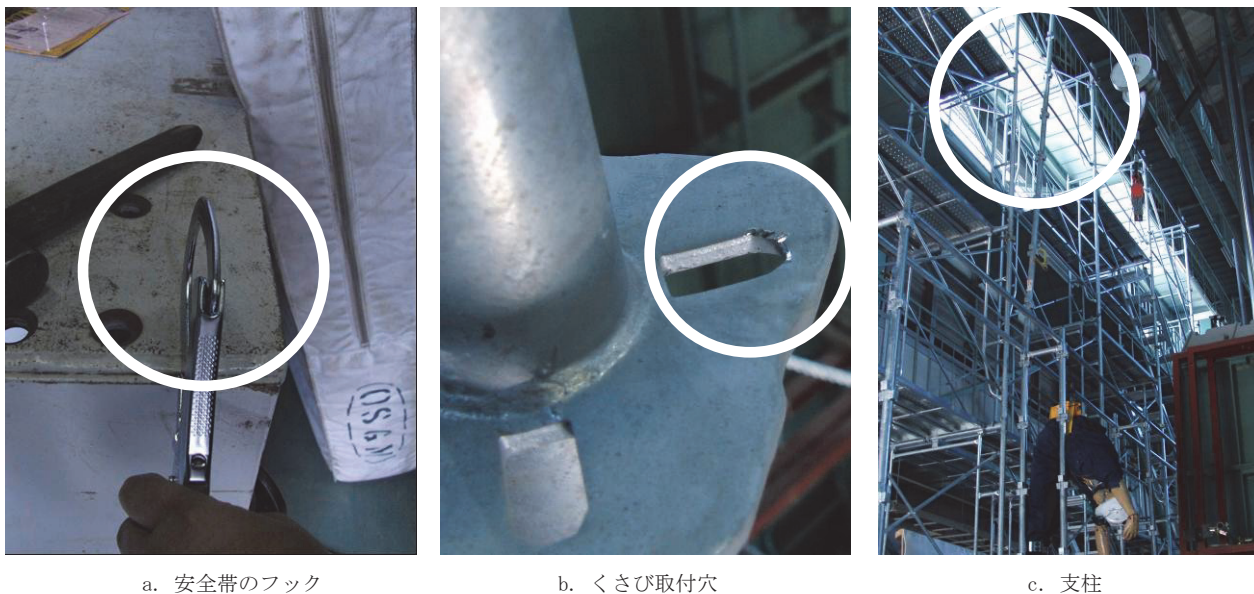


図12 実験後の損傷状況

また、手すりに安全帯のフックを掛けた実験 14 は、2本の支柱により落下時の荷重を受け持つため、1本の支柱の緊結部に安全帯のフックを掛けた場合に比べ安全であると考えられるが、手すりの脱落の有無等を確認するために実験を行った。表 2 より、支柱にわずかな変形が見られたものの、安全帯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 12 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。

簡易わく組足場の建わくに安全帯のフックを掛けた場合の、実験前と実験後の状況を図 13 と図 14 に示す。表 2 に示すように、実験 15~16 では、落下後の安全帯のフックや建わく等の部材に全く変形はなく、十分な安全性が確認できたと考えられる。一般的には、簡易わくより標準わくによるわく組足場の方が幅広く使用されているが、標準わくの方が強度が高いため、標準わくに安全帯のフックを掛けた場合においても安全であると考えられる。

以上の実験結果より、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控え等があれば、今回対象としたくさび緊結式足場の建地（直径 48.6mm×肉厚 2.4mm）、手すり（直径 42.7mm×肉厚 2.3mm）、またはわく組み足場の建わく（脚柱の直径 42.7mm×肉厚 2.4mm、わく幅 600mm）以上の寸法を持つ部材を使用すれば、これらの部材に安全帯を取り付ける方法により、足場の組立・解体作業を安全に行うことが可能であるとえられる。



図13 実験前の状況（実験 15）



図14 実験後の状況（実験 15）

4 単管足場の組立・解体時の安全帯取付設備について

足場の組立・解体時において、安全帯取付設備となる手すりを先行して取り付ける手すり先行工法について、わく組足場やくさび緊結式足場では、既に多くの製品が開発され実際に建設現場等で使用されている。しかし、鋼管とクランプにより組み立てる単管足場については、足場の寸法の固定が困難であることから、一定の寸法を

その結果、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控え等があれば、今回対象としたくさび緊結式足場の支柱（直径48.6mm×肉厚2.4mm）の緊結部に安全帯のフックを掛けた場合において、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) くさび緊結式足場の手すり（直径42.7mm×肉厚2.3mm）に安全帯のフックを掛けた場合については、1)と同様の壁つなぎ条件であれば、今回対象としたくさび緊結式足場の場合、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。

3) わく組足場の建わく（脚柱の直径42.7mm×肉厚2.4mm、わく幅600mm以上）に安全帯のフックを掛けた場合についても、1)と同様の壁つなぎ条件で、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。

4) 単管足場の組立・解体時において、先行して手すりを設置するための方法を海外の事例を参考に検討し、機材

を試作した。その結果、この方法により先行して手すりを設置することが可能であることが確認できた。

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；2011.
- 2) 大嶋勝利, 日野泰道, 高梨成次, 高橋弘樹. 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. 土木学会論文集 F6(安全問題). 2012; 68(2): I_96-I_103.
- 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. 仮設工業会；2016.
- 4) 日本規格協会. 先行形手すり. JIS A 8961. 2014.
- 5) National Access & Scaffolding Confederation. SG4:05. Appendix A, Interim Guidance on Collective Fall Prevention System in Scaffolding. London: National Access & Scaffolding Confederation; 2008, p.5.