

建築解体工事における新しい墜落防止工法に関する検討

日 野 泰 道*1 大 嶋 勝 利*2 高 橋 弘 樹*1

解体工事を含めた建築工事において、死亡災害の多くは墜落に起因し、その95%以上は「安全帯（以下、「墜落制止用器具」と呼ぶ）の不使用を要因としている。不使用の要因としては、墜落制止用器具の掛け替え作業の多さに伴う使用者の使用忘れ、省略作業のほか、そもそも適切な取付設備が現場で計画・設置されていないことが挙げられる。また、旧安全帯の規格が改正され、墜落制止用器具に求められる基本性能に変更が生じている。そのため、墜落制止用器具の取付設備に求められる基本性能についても、改めて検討が必要な状況となっている。このような問題を解決するため、本研究では、墜落制止用器具の掛け替え作業を大幅に低減する新しい工法の適用可能性について、実物大実験等を通じて、その有効性を明らかにした。また、従来から用いられている取付設備として親綱支柱に焦点を当て、その基本性能と評価基準のあり方について、実物大実験によって明らかにした。さらに、これらの工法で使用する墜落制止用器具の基本性能およびその使用方法のあり方について検討を行った。

キーワード: 墜落制止用器具, 親綱支柱, 安全ブロック, ショックアブソーバ, 二丁掛け

1. はじめに

1.1. 研究の背景

墜落災害防止対策の基本は、労働者を墜落させない対策を講じることであり、具体的には作業床の設置（労働安全衛生規則第518条第1項）および囲い等の設置（同規則第519条第1項）が定められている。そしてこのような措置が困難な場合において、墜落制止用器具等の使用が求められている（同規則第518条第2項，同時則第519条第2項）。

1.2. 災害統計から見える課題

1.2.1. 墜落死亡災害における墜落高さとその防止対策

表1は、建設業の墜落死亡災害における被災者の墜落高さ（墜落直前の作業箇所と落下箇所までの距離）を調べたものである。具体的には平成28年被災防安全衛生年鑑に記載された災害概要から情報を抽出している。これによると墜落高さが5m以上であった死亡災害が42%、5m未満であった死亡災害が51%、不明が17%であり、おおむね墜落高さ5mを境界として半数ずつを占めていることがわかる。

このことは、墜落自体を許容した上で、作業箇所から下方の地面等への衝突を防ぐ対策（以下、「フォールアレストシステム（図1）」と呼ぶ）を講じるとすれば、墜落制止用器具の必要性能としては、墜落制止距離を墜落高さ以下とする必要があることを示している。しかしながら、墜落制止時の人体への悪影響を緩和する目的でショックアブソーバを具備したランヤードを用いる性質上、この墜落制止距離は一定以上の長さとなり、墜落直前の作業箇所から地面等までの距離を越えるものとなることが避けられない場合も想定される。とりわけ現行規

格で定める墜落制止用器具として用いられるショックアブソーバとして墜落制止距離の短いタイプ1と呼ばれるものを用いたとしても、その墜落制止距離は5m以上となる可能性がある。このことは、フォールアレストシステムが、これまで過去に発生した約半数を占める墜落死亡災害に対する有効な対策とはなり得ないことを示している。したがって、過去に発生した墜落死亡災害を防止するためには、低所からの墜落防止対策の充実強化といえる。

表1 墜落死亡災害における墜落高さ¹⁾

工事の種類	墜落高さ			計	
	5 m 未満	5 m 以上	不明		
土木 工事	河川	2	0	3	5
	港湾	0	0	1	1
	砂防	0	2	0	2
	橋梁	1	3	0	4
	水力ダム	0	1	0	1
	道路	1	0	4	5
	その他	1	0	0	1
	小計	5	6	8	19
建築 工事	ビル	4	8	5	17
	木造	20	8	1	29
	建築設備	1	1	0	2
	その他	13	20	5	38
	小計	38	37	11	86
設備 工事	機械	1	3	1	5
	その他	5	4	0	9
	電気通信	3	4	2	9
	小計	9	11	3	23
計	52	54	22	128	
割合	41%	42%	17%	100%	

図1にフォールアレストシステム、図2にレストレイントシステム（墜落危険箇所への接近防止による墜落防止対策）の概念図を示す。

*1 労働安全衛生総合研究所建設安全研究グループ

*2 労働安全衛生総合研究所研究推進国際センター

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 建設安全研究グループ 日野泰道

E-mail: hino@s.jniosh.johas.go.jp

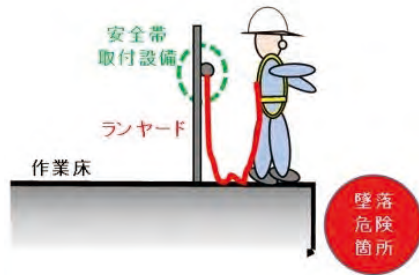


図1 フォールアレストシステム

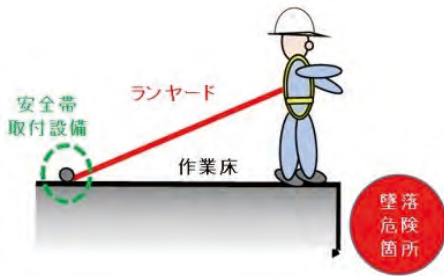


図2 レストレイントシステム

1.2.2. EU 指令から学ぶべき墜落防止対策

墜落制止用器具の使用方法について、わが国では従来から「腰より上にランヤードのフックを掛けること」を合言葉のように言われ続けてきた。そのため図2に示す工法は誤りであると勘違いされ、図1に示す工法が正しい使用方法であるとされてきた。

しかしながら図1の工法は、墜落自体（作業床から落下にいたること）を許容するものであり、しかも十分なクリアランス（作業箇所から下方の地面あるいは資材置き場等の障害物までの距離）がない場合には、これらに激突し災害に至ることとなる。これに対して図2の工法は、墜落危険箇所への接近自体を防ぐものであり、労働者の墜落自体を防ぐことができるため、墜落危険箇所のクリアランスの程度にかかわらず災害防止が可能である。

つまり墜落制止用器具の適切な使用方法とは、本来は“水平方向への配慮”が肝といえる。すなわち墜落危険

箇所から“水平方向”に離れた箇所にフックを取り付けることが基本であり、この水平距離をランヤード長よりも長く取ることができれば、墜落自体を防止することができる。その上で、墜落危険箇所から十分な水平距離が取れない場合には、墜落危険箇所へ墜落に至ることが考えられるため、そこで初めて“なるべく高い箇所にフックを掛ける”という垂直方向への配慮が必要となる。

以上から、墜落制止用器具等を用いた墜落防止対策の基本は、墜落自体を許容する図1の工法（フォールアレストシステム）を採用するのではなく、墜落自体を防ぐ図2の工法（レストレイントシステム）を採用することであり、このことは、同じ墜落制止用器具等を用いたとしても、災害防止対策の基本的考え方が全く異なることを、作業計画者および労働者双方が適切に理解することが、災害防止の観点から極めて重要であるといえる。なお EU 指令においては、フォールアレストシステムは、レストレイントシステムが採用できない場合に採る工法として位置付けられている。

1.2.3. 日米の墜落災害の比較からわかること

図3は、墜落に起因する労働災害のうち、その死亡災害の発生件数の年間推移について、日本²⁾と米国³⁾を対象に比較したものである。図中には、墜落災害防止対策として行ってきた施策も併せて示している。

同図より、1992年における墜落に起因する死亡者数は、日本と米国でほぼ等しく、約600件であったことがわかる。しかし、それから約25年が経過後の2018年では、日本がその約1/3の200件程度まで減少させることに成功している。これに対し、米国では200件増加の約800件となっている。

この25年の間、日本では「墜落の機会そのものをなくす対策」の強化を重視して、墜落災害防止対策の充実を図ってきた。具体的には災害発生件数の多い低層住宅建築工事での墜落防止対策として「足場先行工法のガイドライン(1996年)」を普及させ、多くの現場でその活用

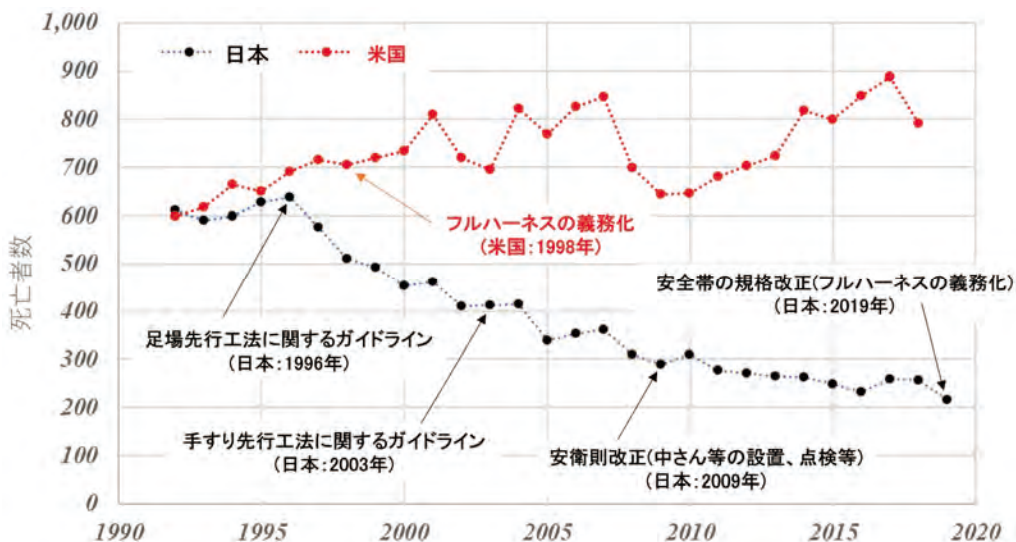


図3 墜落に起因する労働災害（死亡災害）の年間推移（日本と米国の比較）^{2),3)}

がなされるようになった。また足場組立・解体時の墜落防止対策として「手すり先行工法に関するガイドライン(2003年)」を策定し、予め先行して手すりの設置が可能な仮設足場の開発・普及が進んだ。2009年には安衛則改正がなされ、仮設足場の交差筋交いや手すりと作業床との間から墜落する危険の防止策や点検義務化等がなされ、墜落の機会をなくす対策の充実が図られたものである。これらの安衛則・ガイドラインは、必要に応じてその後も随時改正が継続的になされている。

一方米国では、フルハーネスの義務化を1998年に行った。前述のとおり、日本がフルハーネスの義務化に移行したのは2019年であり、約20年後のことである。このように、「やむを得ず墜落自体を許容する対策」のみでは、墜落に起因する死亡災害を大幅に減少させることは困難であり、そのことが同図の統計データにより示されているものと思われる。

つまり、墜落災害防止対策の基本は、依然として「墜落の機会をなくす対策」であり、墜落高さの低い低所での防止対策の充実と考えられる。

1.3. 研究目的

上記のとおり、我が国における墜落防止対策の課題は、低所からの墜落防止対策の充実強化であり、その具体的な対策は、仮設足場等を用いた対策の充実、そして個人用保護具を用いたレストレイントシステムの普及によって、墜落の機会をなくす対策である。

この点、上記のような対策が困難な現場が存在することは明らかである。しかしながら、そのような現場で実施可能な工法については、明確なものが示されているとは言えない。

そこで本研究では、墜落制止用器具を用いた具体的な工法の1つとして、主に仮設足場と安全ブロックを組み合わせた工法(図4)について検討を行った。



図4 安全ブロックを用いた工法概念図

この工法は、過去の墜落死亡事例の大半が安全帯不使用であることから、ランヤードの掛け替え作業を極力少なくする点で、災害防止に寄与することが考えられる。そして最も重要な点は、ランヤードではなく安全ブロックを使用することによって、落下距離を大幅に小さくで

きることである。低所からの墜落防止対策では、墜落危険個所のクリアランスがあまりなく、墜落制止時の落下距離が大きいと、使用者が地面に衝突するリスクが生じるため、この点への十分な配慮が求められる。

更に本研究では、従来から用いられている親綱支柱に墜落制止器具を組み合わせた工法の安全性についても併せて検討を行った。規格改正に基づく落体重量の変更やショックアブソーバの付与など、従来とは異なる使用が想定されているためである。

1.4. 研究概要

安全ブロックを用いた工法によって、墜落防止対策を講ずるための主な具備条件を明らかにするため、実物大実験を実施した(第4章)。当該実験に先立ち、適切なフルハーネス型墜落制止用器具の基本構造を明らかにするため、有限要素法解析を実施した(第2章)。また安全ブロックを用いた本工法では、複数の安全ブロックを併用するため、その際の悪影響等を調べる目的で、二丁掛けを模擬した実験を実施した(第3章)。

また、従来から使用されている親綱支柱を用いた墜落防止対策について、同時落下の影響やショックアブソーバ付与と安全性との関係などについて実物大実験を実施した(第6章)。

2. フルハーネス型墜落制止用器具の基本構造の検討

2.1. はじめに

現在日本で流通しているフルハーネス型は、おおむね図5に示す3種類に大別される。ただし、日本より30年以上前からフルハーネス型を導入している欧米諸国で使用されているものは、腿ベルトV型が圧倒的に多い。また墜落時には、図6に示すように、様々な落下姿勢が想定される。



図5 日本で流通している主なフルハーネス型

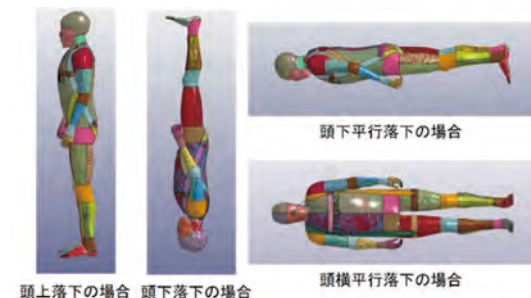


図6 解析対象とした落下姿勢の例

そこで、フルハーネス型の種類、墜落姿勢(頭上落下、頭下落下、頭下平行落下、頭横平行落下)をパラメータ(図6参照)とし、人体有限要素モデル(THUMSモデル)を用いて、衝撃・構造解析ソフトウェアLS-DYNAにより解析を実施した。

2.2. 解析結果

図7に4種類の墜落姿勢について解析を行った結果の例を示したものである。

図7(a)に示す結果は、日本以外の国々は標準モデルとされる腿ベルトV型の結果である。地面と平行な姿勢で落下した場合、身体は90度回転し、後頭部はD環に当たるリスクが確認できる。ただし墜落制止機能は確保できていることがわかる。

図7(b)は、同じく腿ベルトV型を着用した場合であるが、墜落姿勢が頭下となっている場合の結果である。墜落制止時に身体は180度回転し、同様に後頭部がD

環に当たるリスクが確認できる。墜落制止機能については確認することができた。

図7(c)は、腿ベルト平行型を着用し、かつ胸ベルトを使用していない場合の結果である。この場合、肩ベルトが抜けてしまい、身体の墜落制止効果がないことが確認できる。この点、JIS規格では、胸ベルトを「補助ベルト」と規定している。胸ベルトは補助的なものではなく、墜落制止機能を発揮するために重要なベルトと位置付けられるべきと思われる。

図7(d)は、腿ベルト平行型(背中側のベルトがY型のもの)を着用し、頭横姿勢で地面に平行に落下した場合の結果である。この場合、胸ベルトが首を強く圧迫したのち、胸ベルトおよび肩ベルトが身体から抜けてしまう可能性が懸念される結果となった。

表2に墜落制止機能をまとめたものを示す。○印は墜落制止機能が認められたものであり、×印は同機能に問題がある可能性のあるものである。なお?印について

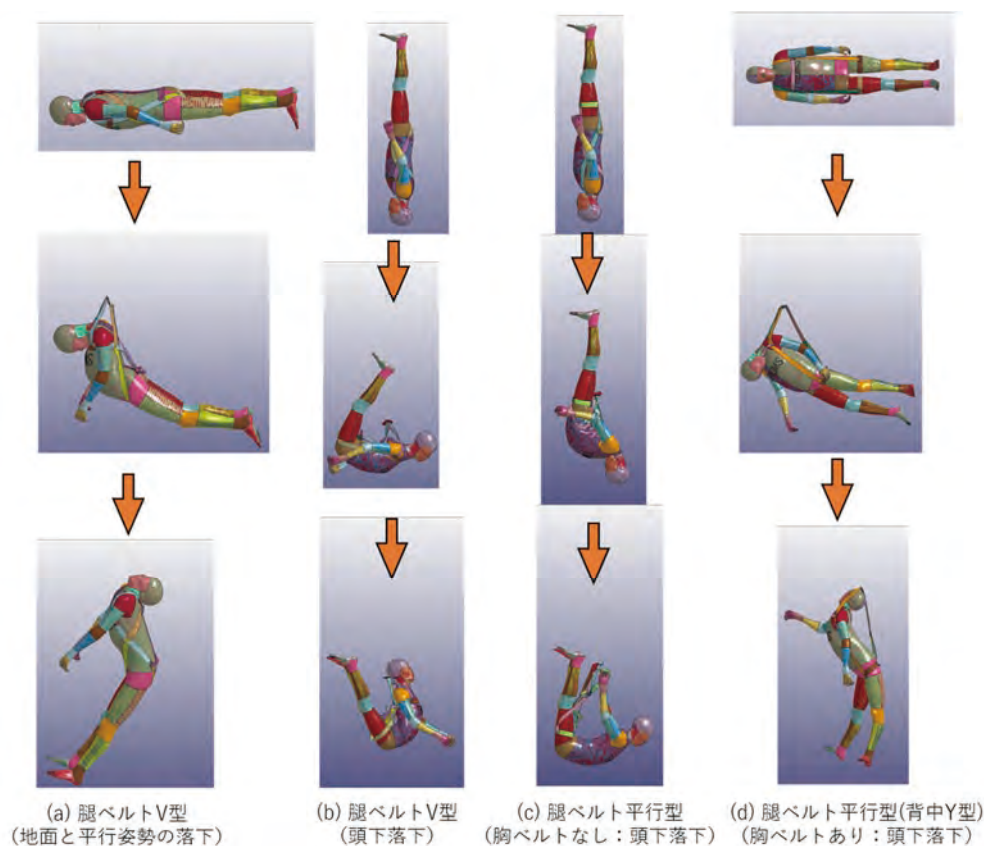


図7 墜落姿勢の例

表2 墜落制止機能のまとめ

フルハーネスの種類	胸ベルトの有無	頭上落下	頭下落下	頭下平行落下	頭横平行落下
腿ベルトV型	有	○	○	○	○
	無	○	×	○	?
腿ベルト平行型	有	○	○	○	○
	無	×	×	○	?
腿ベルト平行型(背面Y型)	有	○	○	?	×
	無	×	×	×	×

は、解析的検討を未実施のものである。同表から、墜落制止機能を発揮させるためには、第一に胸ベルトの着用が必須であることがわかる。その上で腿ベルト V 型ないし腿ベルト平行型を適切に着用することが重要と考えられる。また、墜落制止時における後頭部と D 環との衝突可能性が懸念されることから、D 環部分については金属金具ではない材料の使用、あるいは保護帽の工夫などの措置を講じる必要がある可能性がある。なお、腿ベルト平行型（背中 Y 型）のフルハーネスは、頭上ないし頭下落下という試験が課された現行規格を満たすものの、横方向への衝撃には弱い可能性が考えられる。

以上から、以下の検討においては、墜落制止機能の面から「腿ベルト V 型（胸ベルト有）」のフルハーネス型を用いて検討を行うこととした。

3. 二丁掛け使用における注意事項について

3.1. はじめに

図 4 に示す工法では、一対（2 個）の安全ブロックを用いる。また墜落制止時の衝撃荷重を一定以下に留めるため、ショックアブソーバの併用が必要である。このことは、安全ブロックのみならず、ランヤードを 2 本使用する場合（いわゆる二丁掛け使用の場合）でも生じる。

そこでショックアブソーバ（設計荷重：4kN）を 1 つ用いた場合と 2 つ併用した場合の違いについて実験的検



図 8 実験で用いた落体と実験条件

討を行った。実験に用いた落体と実験条件を図 8 に示す。また図 9 に実験結果を示す。

3.2. 実験結果

図 9 のとおり、ショックアブソーバなしの場合（左の 2 つのグラフ）では、ショックアブソーバ有りの場合（中央および右のグラフ）と比較して、大きい加速度および衝撃荷重が人体に作用する。つまり、ショックアブソーバを用いることで、人体に作用する衝撃荷重や衝撃加速度が抑制されることがわかる。一方、ショックアブソーバを 1 つ用いた場合（図 9 の中央の 2 つのグラフ）と 2 つ併用した場合（右のグラフ）を比較すると、2 つのショックアブソーバを併用することによって、むしろ人体に作用する衝撃荷重および衝撃加速度が概ね 2 倍に増大したことがわかる。これは、2 つのショックアブソーバが、それぞれ 4kN まで荷重を負担できるため、合計で最大 8kN の荷重が人体に作用してしまう余地が生じるためである。

そこで図 4 に示す工法では、図 10 に示す方法（安全ブロック一つずつにショックアブソーバを取り付けるのではなく、2 対の安全ブロックに対し、連結ベルトを介して、1 つのショックアブソーバを取り付ける方法）を採用することとした。

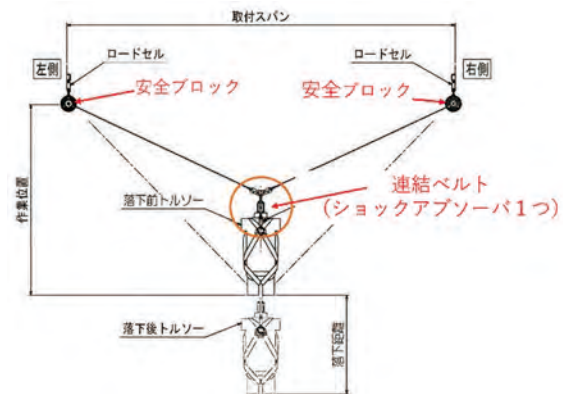


図 10 安全ブロックとショックアブソーバの関係

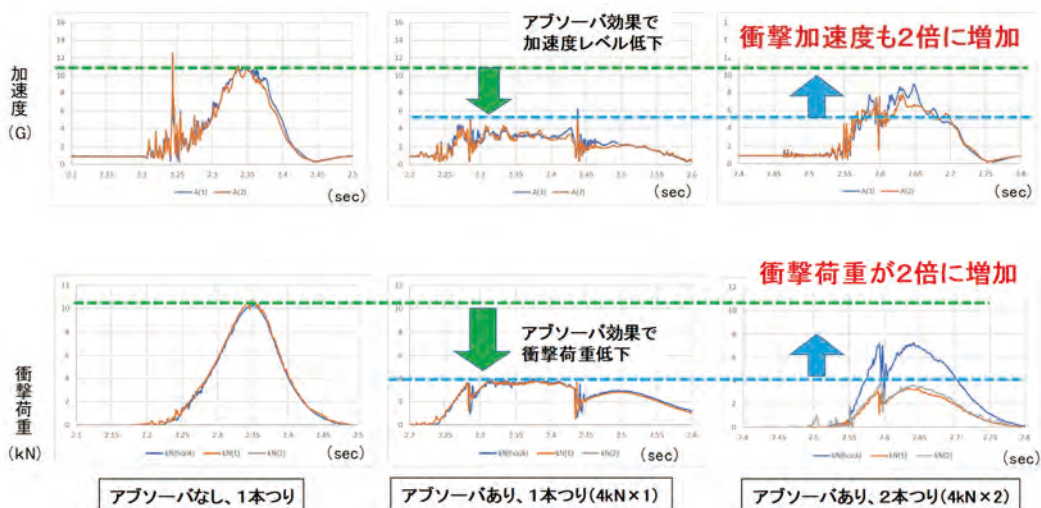


図 9 実験結果

4. 墜落制止用器具の掛替作業を低減する新工法

4.1. はじめに

図4に示す安全ブロックを用いた工法の有効性を検証するため実物大試験を行った。図11に実験の様子、表3に実験パラメータ、図12に実験概要を示す。

4.2. 実験諸元

主な検証内容としては、①墜落制止時の衝撃荷重が、いわゆるタイプ1と呼ばれるショックアブソーバの最大衝撃荷重である4kN以下にとどまるかどうか、②落下距離が3m以下（2階床上と地面までの距離、あるいは小屋梁上から2階床上までの距離として、3m程度と推測される）であるかに注目した。主な実験パラメータとしては、ショックアブソーバの有無、ショックアブソーバの設計荷重（3kN, 4kN）、頭つなぎ（足場頂部に水平材を設けて水平剛性を高めるもの）の有無などである。

実験は、四方に仮設足場を設置し、向かい合う足場両端に安全ブロックを取り付け、ハーネス型墜落制止用器具（腿ベルトV型）を着用させた人体ダミーと連結させ（図10参照）、落下させて、墜落制止時の衝撃荷重と落下距離を測定した。

4.3. 実験結果

今回行った実験の範囲では、目安となる衝撃荷重あるいは落下距離に留まる場合と、そうでない場合がみられたが、いずれの場合においても地面への人体ダミー（トルソー）の接触はなく、足場の倒壊もなかったことから、同工法が墜落防止対策として、有効なものとして利用で

きる可能性のあることが確認できた。

図13に各実験における衝撃荷重の最大値と墜落制止時の落下高さの関係を示す。墜落制止時の衝撃荷重を4kN以下とし、かつ落下距離を3m未満とするためには、適切に設計された3kNのショックアブソーバを使用し、

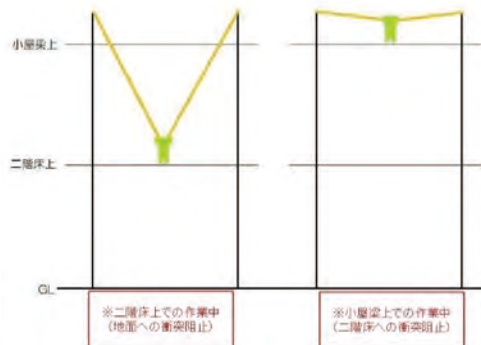


図12 実験概要

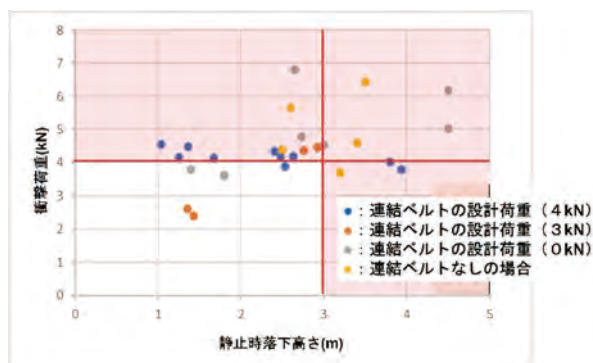


図13 実験結果

表3 実験パラメータ (計29ケース)



図11 実験の様子

連結ベルト (kN)	つり上げ高さ (m)	落体の位置	安全ブロック			
			2点間 (m)	取付位置	取付高さ	ストラップ長(m)
4	3	スパン中央	6	レール中央	8.275	8
3	3	スパン中央	6	レール中央	8.275	8
0	3	スパン中央	6.3	レール中央	7.8	15
0	3	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
4	3	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
3	3	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
4	3.7	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
4	3	スパン中央	6	レール支持点	8.275	15
4	6	スパン中央	6	レール中央	8.275	8
3	6	スパン中央	6	レール中央	8.275	8
0	6	スパン中央	6.3	レール中央	7.8	15
無	6	スパン中央	6.3	レール中央	7.8	15
0	6	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
4	6	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
3	6	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
4	6.7	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
4	6	スパン中央	6	レール支持点	8.275	15
4	6	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
0	6	スパン中央	6	レール中央	8.275	15
0	6	スパン中央	9.9	レール中央	7.8	15
4	6	スパン中央	9.6	レール中央	8.275	15
無	6	スパン中央	9.9	レール支持点	7.8	15
0	6	スパン中央	9.9	レール支持点	7.8	15
無	6	スパン中央	9.9	レール支持点	7.8	15
無	6	スパン中央	9.9	レール中央	8.75	15
無	6	スパン中央	9.9	レール中央	8.75	15
無	6	スパン端部	9.9	レール中央	8.75	15
0	6	スパン端部	9.6	レール中央	8.275	15
4	6	スパン端部	9.6	レール中央	8.275	15

墜落開始前の吊り角度（2つの安全ブロックと落体のD環とのなす角度）が120度以内とすることが有効な手段となりうるということがわかった。

5. 墜落制止用器具に適合する親網支柱のあり方

5.1. はじめに

第4章で検討を行った工法においては、安全ブロックの取付けを行う仮設足場の強度や剛性の違いによって、墜落制止時の衝撃荷重の大きさや、落下距離が異なることが考えられる。この点、従来から用いられてきた親網支柱にランヤードのフックを取り付ける墜落防止対策においても、親網支柱や親網自体の強度・剛性の違いによって、同様の影響が考えられる。特に墜落制止用器具の規格改正に伴い、ショックアブソーバの併用や落体重量の変更などがなされたことから、親網支柱を用いた工法においても、この問題について早急に明らかにする必要がある。

そこで本章では、現在流通している親網支柱を対象とした実物大試験を実施し、墜落制止用器具との相性等の検討を行った。

5.2. 実験諸元

実験パラメータは、親網支柱の種類（強度及び剛性の違い）、親網の種類（ワイヤーロープ又は繊維ロープ）、ショックアブソーバの有無等とし、計82ケースの実物大実験を行った。実験装置の概念図を図14に示す。

基本となる実験は、親網支柱を10mスパンで鉄骨梁に設置し、質量100kgの重すいにランヤードを取り付け、親網にフックを掛けて落下させた。その際に親網および落体に作用する衝撃荷重を測定するとともに、落体の落下距離を計測した。

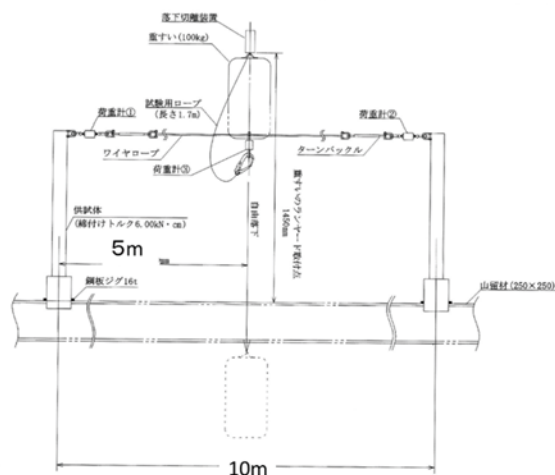


図14 実験装置の概念図

5.3. 実験結果

典型的な実験結果について、試験前の状況と試験後の状況を比較したものを図15に示す。実験の結果、親網支柱は、墜落制止時の荷重を高い強度・剛性によって支持するタイプや、支柱端部に曲げヒンジを意図的に生じさせて耐えうる構造とするタイプなど、様々な種類があることが分かった。前者の場合、墜落制止時の落下距離は小さくなる傾向にあるが、想定外の荷重が作用した場合の安全性に対する余力については不明な面が残る。一方、後者の場合は、墜落制止時の落下距離は大きくなることも想定されるが、想定外の荷重に対する余力は大きいと思われる。

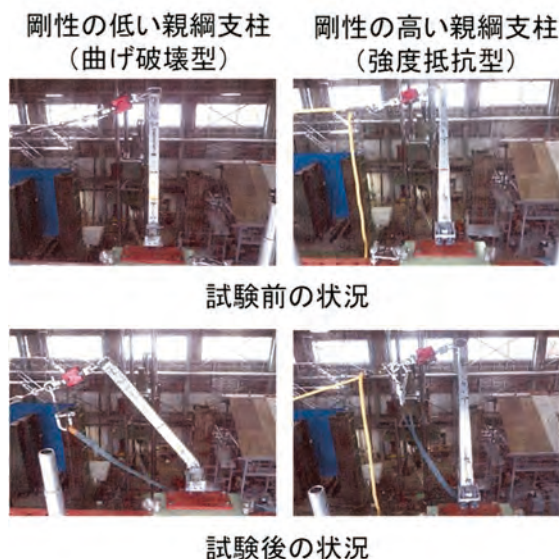


図15 墜落制止後の親網支柱の状況

実験結果の例を表4に示す。親網の種類としては、繊維ロープよりもワイヤーロープを使用した方が、落下距離が50cm程度小さくなっている。またショックアブソーバの使用によって、墜落制止時の衝撃荷重が小さくなることがわかる。加えて親網支柱に作用する水平力も小さくなる。

5.4. まとめ

以上からすると、親網支柱の剛性にかかわらず、親網にはワイヤーロープを使用し、ショックアブソーバを併用する工法が、安全上有利であると考えられる。

現在、親網としては繊維ロープを利用する現場が大半であるが、足場に親網を設置した場合においても、同様にワイヤーロープ製を用いた方が、墜落制止時の安全性が高まるものと思われる。

表 4 実験結果の例

メーカー	親綱種別 (1スパン:10m)	アブソーバ	親綱 垂下量 (m)	落体 垂下量 (m)	人体 衝撃荷重 (kN)	支柱 水平荷重 (kN)	支柱	抵抗形式
A社製	ワイヤーロープ	無	1.2	4.1	3.7	6.1	大変形	曲げ破壊型
A社製	ワイヤーロープ	有	1.1	4.1	3.7	6.3	大変形	曲げ破壊型
A社製	繊維ロープ	無	1.6	4.6	5.0	6.0	変形	曲げ破壊型
A社製	繊維ロープ	有	1.1	4.8	3.8	5.3	変形	曲げ破壊型
B社製	ワイヤーロープ	無	0.6	3.6	5.8	10.4	微変形	強度抵抗型
B社製	ワイヤーロープ	有	0.3	4.0	3.8	8.5	微変形	強度抵抗型
B社製	繊維ロープ	無	1.4	4.4	6.3	8.6	微変形	強度抵抗型
B社製	繊維ロープ	有	1.0	4.7	4.7	6.8	微変形	強度抵抗型

6. まとめ

以上の検討結果をまとめると、次のとおりである。

6.1. 基本となる墜落防止対策と課題

日米における墜落防止対策の変遷と災害事例の関係、あるいはEU指令における基本となる考え方を踏まえると、基本となる墜落防止対策は、「墜落させない対策」であり、具体的には仮設足場等を用いた作業床の設置および囲い等の設置である。また囲い等の設置が困難な場合には、個人用保護具を用いたレストレイントシステムの利用・普及が有効と考えられる。

そして上記の対策が困難な場合においては、墜落制止用器具を用いた対策（墜落を許容した上で災害発生リスクを最小限にとどめる工法）が必要となる。とりわけ大きな課題となっているのは、墜落制止時の落下高さが一定以上確保できない「低所からの墜落防止対策」であり、その具体的な対策が一般に示されていない。

本研究はこの部分に焦点を当てたものである。

6.2. フルハーネス型墜落制止用器具の基本構造

日本で主に流通しているフルハーネス型は、図5に示したとおりであるが、欧米諸外国では、腿ベルトV型が主流となっており、他の型のフルハーネス型は、ほとんどみられない。そこで本研究では、規格上では考慮されていない様々な落下姿勢を想定し、人体有限要素モデル（THUMSモデル）を用いて、LS-DYNAにより解析を実施した。本解析モデルは、流通しているフルハーネス型の強度・剛性等の詳細を忠実に再現したものではないが、少なくとも腿ベルトV型のフルハーネスであれば、墜落制止効果が期待できることが確認できた。適切なフルハーネス型の基本構造等のあり方については、更なる検討が必要と考えられる。

6.3. 二丁掛け使用における注意事項

墜落制止用器具の規格ではランヤードにショックアブソーバを併用して使用することが規定されている。この点、1本のランヤードに1つのショックアブソーバを備えたランヤードを用いて二丁掛けを行うと、墜落制止時

に人体に作用する衝撃荷重は、ショックアブソーバの設計荷重の2倍となる（いわゆるタイプ1のショックアブソーバを備えたものであれば、 $8\text{kN}=4\text{kN}\times 2$ となる）可能性があることが明らかとなった。そのため、二丁掛け使用を前提として2本のランヤードを使用する場合には、2本のランヤードに対して1つのショックアブソーバを備えた二丁掛け専用ランヤードを使用することが必要である。そのため、安全ブロックを2つ併用する墜落防止工法（第4章）においても、同様の対策が必要であることがわかった。

6.4. 墜落制止用器具の掛替作業を低減する新工法

我が国における墜落死亡災害の大半は、安全帯の不使用方法である。図4で示す新しい工法は、ランヤードのフック掛け替え作業を最小限に留める工法であるとともに、低所からの墜落災害防止対策の課題である、落下距離を最小限に留める工法でもある。計29ケースの実物大実験を行った結果、いずれの場合も地面への人体ダミー（トルソー）の接触はなく、有効な工法として利用できる可能性が確認できた。特に最大落下距離を3m未満、墜落制止時の最大衝撃荷重を4kN以内に留めることを安全基準とするならば、適切に設計された3kNのショックアブソーバを使用し、墜落直前の吊り角度（2つの安全ブロックと落体のD環とのなす角度）が120度以内とすることが有効であることがわかった。

なお、本実物大実験は、1種類の仮設足場を用いて行ったものであり、実際の現場では、仮設足場の強度や剛性に差異があるものと考えられる。この点に関して、様々な強度・剛性の親綱支柱を用いて、墜落制止時の性能を検討した結果（第5章）、親綱支柱（ランヤードの取付設備）の強度・剛性にかかわらず、適切なショックアブソーバを用いることで、衝撃荷重の最大値をコントロールでき、かつ落下距離を抑制することが確認できた。

6.5. 墜落制止用器具に適合する親綱支柱のあり方

安全帯を用いた墜落防止対策の一つとして、従来から親綱支柱を用いた対策がある。この点、墜落制止用器具の規格改正に伴い、親綱支柱の性能のあり方を改めて検討する必要が生じていた。

本研究では、落体重量の変更、同時落下の影響、ショックアブソーバ付与と安全性との関係などについて、実物大実験を実施した。その結果、親綱支柱の種類にかかわらず、親綱にはワイヤーロープを使用し、ショックアブソーバを併用する工法が、安全上有利であることが分かった。

謝 辞

墜落制止用器具の掛替作業を低減する新工法の検討においては、厚生労働省、建設業労働災害防止協会、株式会社東京BK足場、藤井電工株式会社の多大なるご協力を頂きました。また墜落制止用器具に適合する親綱支柱のあり方に関する検討においては、一般社団法人仮設工業会に多大なるご協力を頂きました。末筆ながらここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 建設業労働災害防止協会. 平成 28 年版 建設業安全衛生年鑑. 2016.
- 2) 厚生労働省. 職場のあんぜんサイト. 2020.
<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/index.html> (最終アクセス日 2020 年 12 月 1 日)
- 3) 米国労働統計局. 米国労働省 HP.
<http://www.bls.gov> (最終アクセス日 2020 年 12 月 1 日)