

# ドラグ・ショベルのつり荷走行時の荷振れが 作業半径増加に与える影響

堀 智 仁

ドラグ・ショベルは、建設機械の中でも使用頻度の高い機械である。近年では、クレーン機能を備えたものが広く普及しており、この機械によるクレーン作業中の労働災害も少なからず発生している。ドラグ・ショベルの死亡災害を分析し、クレーン作業中に発生した災害を詳細に分析した結果、つり荷を吊った状態で移動する「つり荷走行中」に転倒する災害が発生していることがわかった。本稿では、ドラグ・ショベルによる死亡災害の分析結果を紹介するとともに、つり荷走行時の荷振れが機械の不安定化に与える影響について検証した結果を述べる。

キーワード：労働災害，死亡災害，掘削用機械，クレーン作業，つり荷走行

## 1. はじめに

建設機械は土木および建築工事において必要不可欠なものであり、中でもドラグ・ショベルは使用頻度の非常に高い機械である。近年では、ドラグ・ショベルにクレーン機能が備わった機械が開発され、その利便性から多くの建設現場で使用されているが、同種機械によるクレーン作業中の災害も頻発している。そこで本研究では、ドラグ・ショベルによる労働災害を分析するとともに、クレーン作業中に発生した「つり荷走行」時の転倒災害に着目し、機械の移動に伴って生じる「荷ぶれ」が機械の不安定化に与える影響について実験的に検証した。

## 2. ドラグ・ショベルに関する安全基準等

ドラグ・ショベルによるクレーン作業は、労働安全衛生規則第164条により、「主たる用途以外の使用」を原則禁止している。しかし、臨時的で代替の方法が採用できない場合、作業上の性質上やむを得ない場合はクレーン作業が認められてきた。2000年には、労働省（現 厚生労働省）労働基準局安全衛生部安全課長より事務連絡として「クレーンを備えた車両建設系建設機械の取扱いについて」が示された。これにより、クレーン機能付きドラグ・ショベルは正式に認可され、ドラグ・ショベルでありながら作業モードを切り替えることで、移動式クローラクレーンとして使用できるようになった。

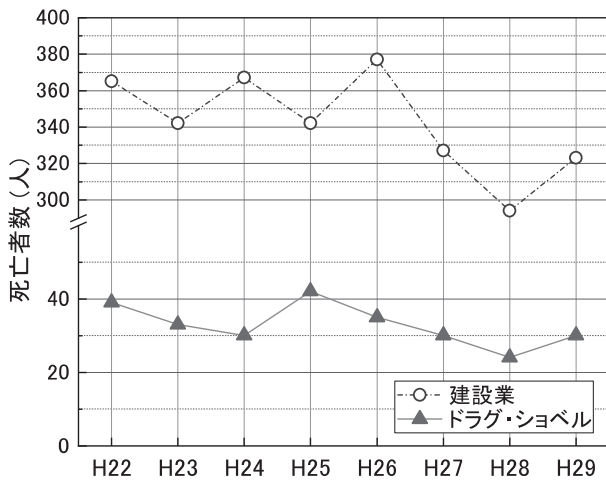
つり荷走行に関するものとしては、日本クレーン協会が2005年に「油圧ショベル兼用屈曲ジブ式クレーンのつり荷走行時の能力設定に関する指針」を制定している<sup>1)</sup>。その主な内容はつり荷の重さを「定格荷重の1/2以下」とし、その走行経路については「水平堅固で傾斜1%以下の傾斜」とするものである。

## 3. ドラグ・ショベルによる死亡災害の分析

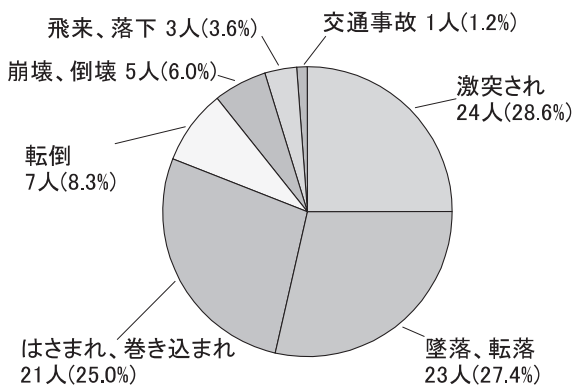
厚生労働省の「職場のあんぜんサイト」には、平成3年から平成30年までに発生した死亡災害の個別の事例の全数が掲載されており（令和4年6月14日閲覧）、この死亡災害データベースには、各事例の発生状況や発生時間、事業場の規模、業種、起因物、事故の型等の情報が記載されている<sup>2)</sup>。

本研究では、平成27年～平成29年の3年間に発生した死亡災害を詳細に分析した。図-1にH22～H29の建設業およびドラグ・ショベルによる死亡災害の推移を示す。当該期間の建設業における死亡者は2,737人（年平均342.1人）であり、H26～H29にかけてやや減少傾向にある。一方、ドラグ・ショベルによる死亡者は263人（年平均32.8人）であり、建設業におけるその約1割を占めていることがわかる。

図-2にドラグ・ショベルにおける「事故の型」別の災害発生状況を示す。図に示したデータはH27～H29のものであり、3年間の死亡者数は84人であった。「事故の型」別でみると、「激突され」が24人（28.6%）と最も多く、次いで、「墜落、転落」が23人（27.4%）、



図一 建設業およびドラグ・ショベルによる死亡災害



図二 ドラグ・ショベルにおける「事故の型」別災害発生状況 (H27~H29)

「はさまれ、巻き込まれ」が21人(25.0%)の順となっており、これら3つの事故の型で、全体の約8割を占めている。

次に、災害の多い3つの「事故の型」について詳細に分析した。図一3に分析結果を示す。

「激突され」(24人, 28.6%)における主な災害は、クレーン作業時に発生した災害が10人、ドラグ・ショベルのバケットに激突された事例が5人、機械の走行・移動中に機械にひかれた事例が2人などであった。

「墜落、転落」(23人, 27.4%)における主な災害は、クレーン作業時に発生した事例が8人、次いで、機械の積み込み・積み下ろし作業中に発生した事例が6人、斜面等を走行中に転落した事例が5人などであった。

「はさまれ、巻き込まれ」(21人, 25.0%)による主な災害は、機械の移動時に作業者が轢かれた事例が9人、回転時に機械とその他の構造物等に挟まれた事例が8人であった。

災害発生時の作業別に結果を取りまとめたものを表一1に示す。最も死亡災害の多い作業は「クレーン作業」であり、24人(28.6%)であった。具体的には、機械が転倒した事例(9人)や、つり荷が落下して被

災した事例(4人)、つり荷が激突して被災した事例(4人)などであった。次いで災害の多い作業は、機械移動時に周辺で作業していた作業者が轢かれた事例が12人(14.3%)、回転時に機械と構造物等にはさまれた事例が12人(11.9%)、機械の積み込み、積み下ろし作業中に登坂用具が重機運搬用トレーラーから外れて機械とともに転落した事例が8人(9.5%)、機械移動時に斜面等から転落した事例が8人(9.5%)、機械が法肩等に位置した際に地山が崩壊して機械とともに転落した事例が6人(7.1%)であった。

以上の結果から、ドラグ・ショベルは掘削用機械でありながら、掘削作業時の災害は少なく、クレーン作業時や機械移動時に災害が多く発生していることがわかる。また、クレーン作業中の災害では、クレーンモードへの切り替えミス等、クレーン機能付きドラグ・ショベル特有の災害も発生しており、過荷重を検知しないことや、回転スピードが早いままであったこと等による災害も数件みられた。

#### 4. つり荷走行に関する実大実験

##### (1) 実験の概要

つり荷走行時に機械が転倒した事例は多くないが、比較的新しい機種はROPS (Roll-Over Protective Structures) や TOPS (Tip-Over Protective Structures) 等の運転員保護構造を有しており、死亡災害には至らなかったものの、つり荷走行中の転倒災害は潜在的に発生していると推察される。筆者らは過去に実機を用いて走行路の地盤条件や走行速度等の違いがつり荷走行時の荷重変動に与える影響について調査を行った<sup>3)</sup>。しかしながら、過去の検討では機械の移動に伴うつり荷の「荷振れ」の影響については考慮していなかった。荷振れによって静止時よりも作業半径が増加し、機体が不安定化することが考えられることから、既往のデータを再度解析して、荷振れが作業半径の増加に与える影響を検討した。

##### (2) 実験条件

図一4につり荷走行実験の概要を示す。本研究では災害の多い小型のドラグ・ショベル(機械総質量43.5kN, 平均接地圧26kN/m<sup>2</sup>)を用いた<sup>4)</sup>。

表一2に実験条件を示す。作業半径 $R_w$ は3mおよび2.1mである。また、定格荷重はそれぞれ5kNおよび10kNである。つり荷の重さ $W_0$ は日本クレーン協会の指針に従い定格荷重の1/2とした。

走行路は水平堅固の理想的な走行路を模擬したコン

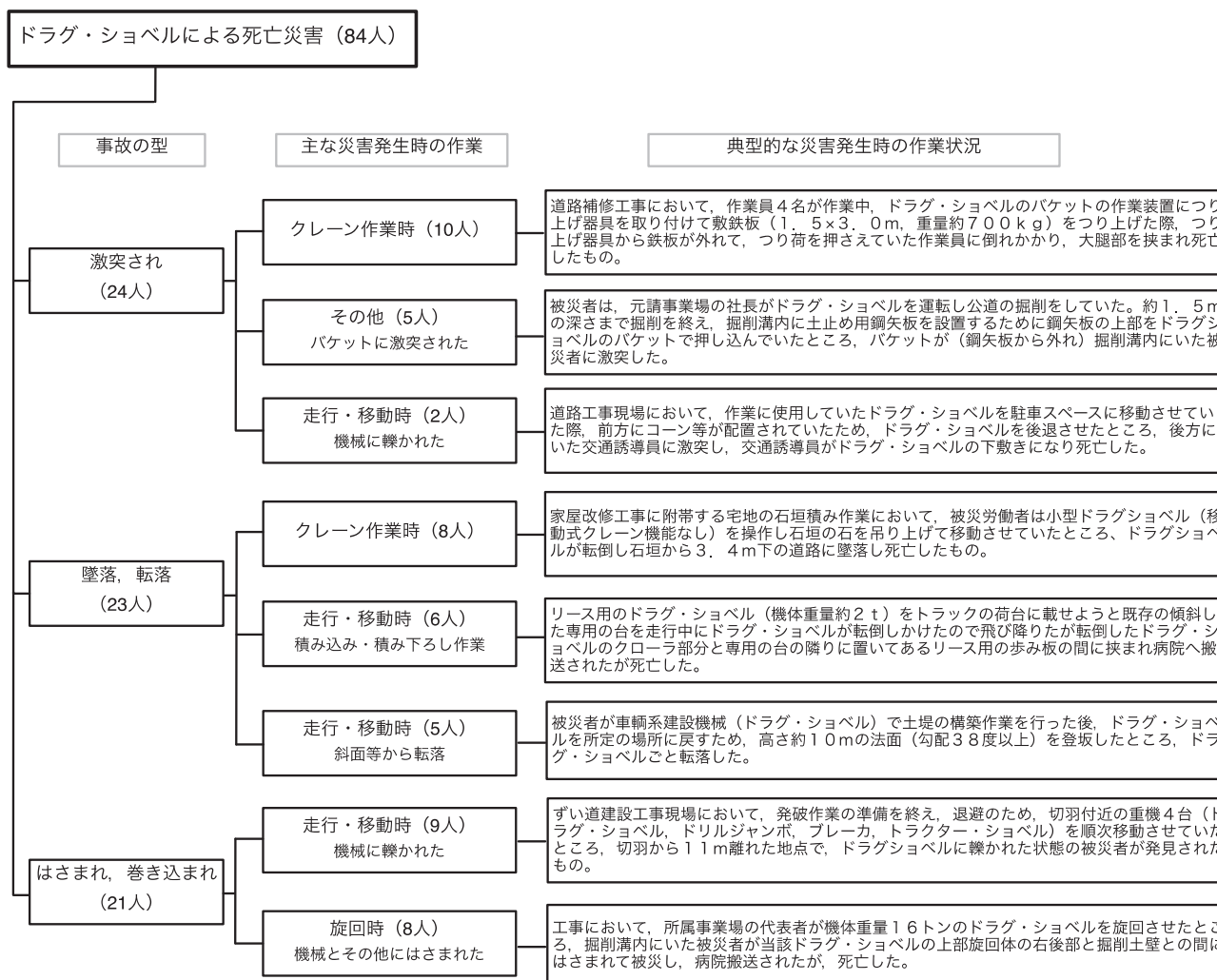


図-3 ドラグ・ショベルにおける死亡災害の詳細分析結果 (H27 ~ H29)

表-1 災害発生時の作業 (H27 ~ H29)

主な災害発生時の作業	死亡者数 (人)	割合 (%)
クレーン作業時	24	28.6
機械移動時 (機械に轢かれた)	12	14.3
旋回時 (機械とその他に挟まれた)	10	11.9
機械の積み込み、積み下ろし作業時	8	9.5
機械移動時 (斜面等から転落した)	8	9.5
機械移動時 (地山等の崩壊に伴い転落)	6	7.1
その他 (機械の誤操作)	2	2.4
その他 (バケットに激突された)	6	7.1
その他 (分類不能)	8	9.5
合計	84	

クリーン床 (以下、理想地盤という) と、関東ロームを盛土して作製した平坦な地盤 (以下、平坦地盤という) および起伏を有する地盤 (以下、起伏地盤) の3種類である。図-5に平坦地盤および起伏地盤の地表形状を示す。

つり荷走行時の機体およびつり荷の揺動を高速度カ

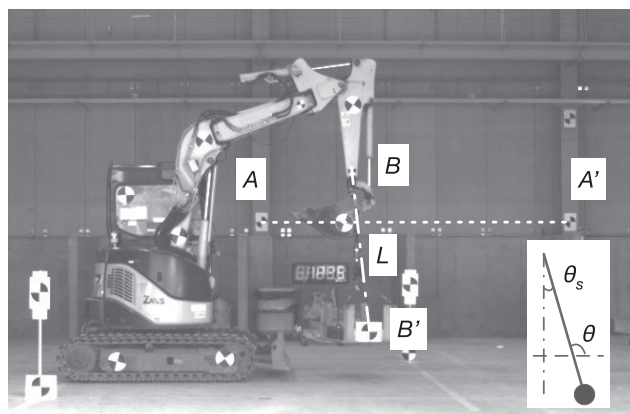
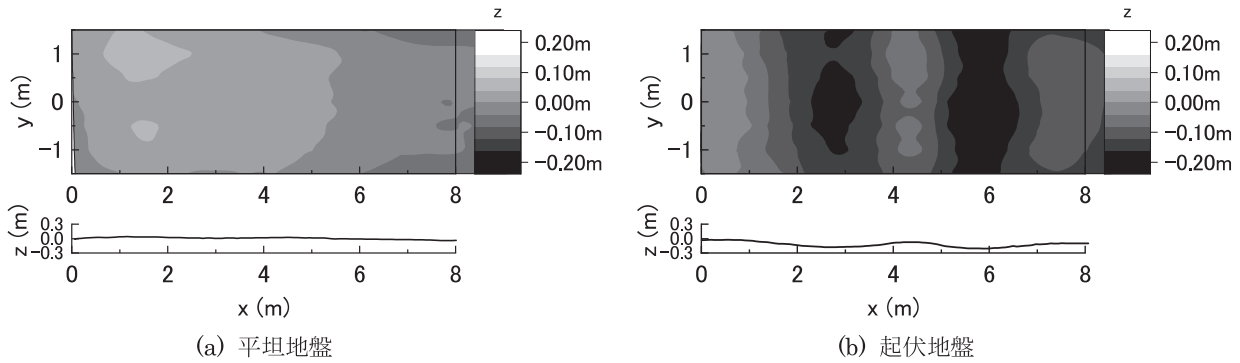


図-4 つり荷走行実験の概要

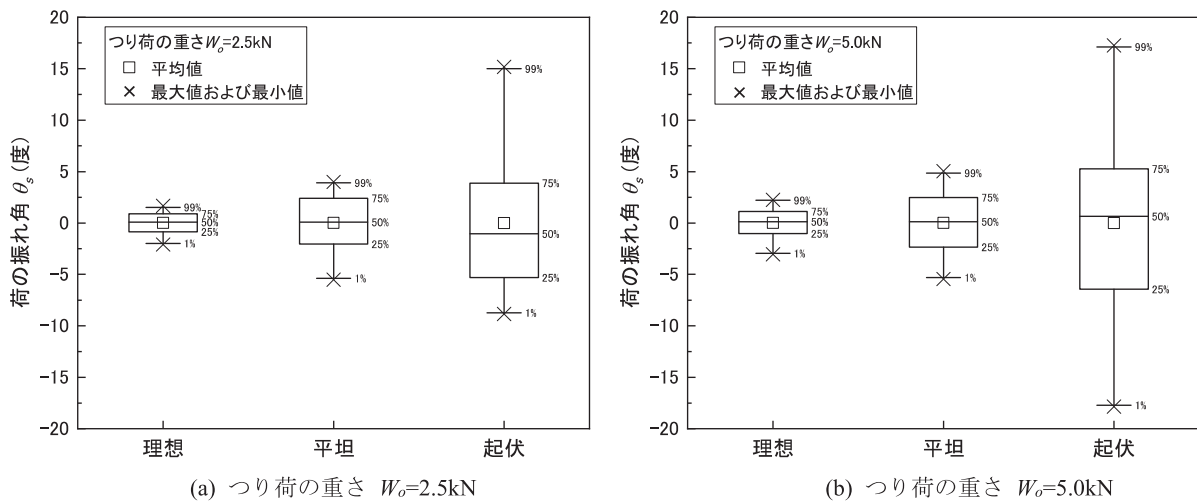
メラで撮影して画像解析により荷の振れ角  $\theta_s$  等を求めた。画像解析では、図-4に示す実験場の壁面に設置したターゲットマーカーAおよびA'を結ぶ線と、ドラグ・ショベルのアームの先端に設置したマーカーBとつり荷に設置したマーカーB'を結ぶ測線とのなす角度  $\theta$  を求めた。本研究では、 $\theta$  とその平均値  $\theta_{ave}$  の差をつり荷の振れ角  $\theta_s$  と定義した。

表一 実験条件

実験名	作業半径 $R_W$ (m)	つり荷の重さ $W_o$ (kN)	走行速度 $v$ (km/h)	走行路
Cs1	3	2.5	2	理想地盤 (コンクリート)
Cs2				平坦地盤 (関東ローム)
Cs3				起伏地盤 (関東ローム)
Cs4	2.1	5.0	2	理想地盤 (コンクリート)
Cs5				平坦地盤 (関東ローム)
Cs6				起伏地盤 (関東ローム)



図一 5 走行路の地表面形状



図一 6 つり荷の振れ角  $\theta_s$

(3) 実験結果

$\theta_s$ の結果をボックスチャートで示したものを図一6に示す。図中には、1、25 (第一四分位)、50 (中央値)、75 (第三四分位)、99 パーセントイルのほか、最小値および最大値、平均値を示した。 $W_o=2.5$  kNの結果 (図一6 (a)) をみると、理想地盤の $\theta_s$ は $\pm 2$ 度付近に分布しているのに対して、平坦地盤では、 $-5$ 度から $4$ 度の範囲に分布しており、理想地盤よりも $\theta_s$ が広い範囲に分布している。これは地表面のわずかな起伏や強度のバラツキに起因するものと考えられる。起伏地盤は、 $-8$ 度から $15$ 度に分布しており、地表面の起伏の影響により $\theta_s$ が大きくなっている。

$W_o=5.0$  kNの結果 (図一6 (b)) も、 $W_o=2.5$  kNの結果と同様の傾向を示しているが、全体的に $\theta_s$ は $W_o=2.5$  kNの結果に比べ大きい。特に起伏地盤の $\theta_s$ は $\pm 17$ 度に分布しており、荷が大きく振れていた。

次に、荷振れによる作業半径の増加について検討した。 $\theta_s$ の最大値 $\theta_{s,max}$ から作業半径の増加量 $\Delta R_W$ は次式により求まる。

$$\Delta R_W = L \times \sin \theta_{s,max} \tag{1}$$

ここで、 $L$ は図一4における $B-B'$ 間の長さである。最大作業半径 $R_{W,max}$ および作業半径の増加率 $R_{Wi}$ は次式により求まる。

$$R_{Wmax} = R_W + \Delta R_W \quad (2)$$

$$R_{Wi} = \frac{R_{Wmax} - R_W}{R_W} \quad (3)$$

表—2に最大作業半径  $R_{Wmax}$  および作業半径の増加率  $R_{Wi}$  を示す。

理想地盤における  $R_{Wi}$  は  $W_o=2.5$  kN (Cs1) で1.65%,  $W_o=5$  kN (Cs4) で3.19%と作業半径の増加はわずかなのであるのに対して, 平坦地盤では,  $W_o=2.5$  kN (Cs2) で3.95%,  $W_o=5$  kN (Cs5) で7.09%と増加した。さらに, 起伏地盤においては,  $W_o=2.5$  kN (Cs3) で14.82%,  $W_o=5$  kN (Cs6) で23.99%と大幅に増加していることが確認できる。

一般的にクレーンのつり上げ能力は作業半径が大きくなるほど定格荷重は小さくなる。本実験で使用したドラグ・ショベルの定格荷重曲線から各  $R_{Wmax}$  に対応した換算定格荷重  $F_r$  を表—2に示す。

$W_o=2.5$  kN では, 機械静止時の定格荷重 5.0 kN に対して,  $F_r$  は平坦地盤で4.67 kN, 起伏地盤では3.83 kN まで低下する。一方,  $W_o=5.0$  kN では, 静止時の定格荷重 10 kN に対して, 平坦地盤では8.77 kN, 起伏地盤では6.77 kN と  $F_r$  が87%~67%と大幅に低下することがわかった。

以上の結果から, 機械の自走中には荷振れによって作業半径が一時的に増加して, 機械を転倒させようとする力が増加するとともに, 見かけの定格荷重が減少するため, 場合によっては機体が著しく不安定化することが考えられる。したがって, 荷振れをなるべく発生させないためにも, 地盤の平坦性の確保は非常に重要であると考えられる。

## 5. おわりに

### (1) ドラグ・ショベルに関する災害分析結果

ドラグ・ショベルによる死亡災害は建設業における

その約1割を占めていることがわかった。また, H27~H29年の死亡災害(84人)の災害発生時の作業別に分析した結果, クレーン作業時の災害が24人(28.6%)と最も多く発生していた。災害の中にはクレーンモードへの切り替え忘れにより, 過荷重を検知しなかった事例は旋回スピードが速く, つり荷が作業者に激突した事例など, クレーン機能付きドラグ・ショベル特有の災害も発生していた。しかしながら, その他の災害の多くは, 玉掛け作業に起因する災害であり, 玉掛け用具の不良や玉掛け方法の不良, 合図の不良および安全確認不足等が災害の原因となっていた。当該機械のクレーン作業における災害を防止するためには一般的な安全対策<sup>5)</sup>の徹底が重要であると考えられる。

### (2) つり荷走行時の荷ぶれの影響

つり荷走行時の荷の揺動の様子を高速度カメラで撮影し, 荷の振れ角  $\theta_s$  を求めた結果, 走行路の起伏や地盤の支持力のバラツキ等によってつり荷が上下動して転倒モーメントを増加させる。これに加えて, 荷が前後に振れると作業半径が増加するため転倒モーメントは増加することが確認された。つり荷走行中には荷振れによって作業半径が一時的に増加するため, 見かけの定格荷重が減少する。そのため, 荷振れによる転倒モーメントの増加を考慮して自走時の定格荷重は適宜減少させることも考慮すべきと考えられる。

JICMA

#### 【参考文献】

- 1) (一社)日本クレーン協会:油圧ショベル兼用屈曲ジブ式移動式クレーンのつり荷走行時の能力設定に関する指針, 日本クレーン協会規格, 2007; JCAS2005-2007.
- 2) 厚生労働省:職場のあんぜんサイト, <http://anzeninfo.mhlw.go.jp>.
- 3) 堀智仁, 玉手聡, 石野貴裕:ドラグ・ショベルのつり荷走行時における不安定要因の実験的検討, 土木学会論文集 F6 (安全問題), vol.69, No.2, pp.I\_159~I\_164, 2013.
- 4) 吉川直孝, 伊藤和也, 堀智仁, 清水憲尚, 濱島京子, 梅崎重夫, 豊澤康男:ドラグ・ショベルに係る死亡災害の詳細分析と再発防止対策の検討, 土木学会論文集 F6 (安全問題), 70 (2), I\_107-I\_114, 2014.
- 5) 厚生労働省通達:玉掛け作業の安全に係るガイドラインの策定について, 平成12年2月24日基発第96号, 2000.

表—3 荷の振れ角から算出した作業半径の概算値

実験名	走行路	$\theta_{smax}$ (度)	$R_{Wmax}$ (m)	$R_{Wi}$ (%)	$F_r$ (kN)
Cs1	理想	1.67	3.05	1.65	4.93
Cs2	平坦	4.00	3.12	3.95	4.67
Cs3	起伏	15.18	3.44	14.82	3.83
Cs4	理想	2.26	2.17	3.19	9.24
Cs5	平坦	5.03	2.25	7.09	8.77
Cs6	起伏	17.26	2.6	23.99	6.77

#### 【筆者紹介】

堀 智仁 (ほり ともひと)

(独)労働者健康安全機構

労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ

上席研究員

