ドラグ・ショベルのクレーン作業による死亡災害の分析と つり荷走行時の荷振れによる作業半径の増加

堀 智 仁^{*1}, 玉 手 聡^{*2}

ドラグ・ショベルは、建設機械の中でも使用頻度の高い建設機械である。近年では、クレーン機能を備えたものが広く普及しているが、そのクレーン作業による労働災害も発生している。そこで本研究では、平成22年から平成26年の5年間に発生したドラグ・ショベルによる死亡災害（179人）の分析をするとともに、そのクレーン作業中の災害を詳細分析した。その結果、つり荷走行中に転倒する特有な災害が明らかとなった。さらに本研究では、つり荷走行時の「荷振れ」が機械を転倒させようとする力の増加に与える影響について調べた。その結果、移動に伴う荷振れによって作業半径は増加することが確認された。また、その増加量は平坦かつ堅土に養生された地盤で3.95%、起伏を有する地盤では14.82%と、地表面の起伏の程度に応じて増加することがわかった。

キーワード: ドラグ・ショベル, 死亡災害, クレーン作業, つり荷走行

1 はじめに

建設機械は土木、建築工事において今や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。一方、狭隘な建設現場では建設機械と労働者が接近して作業を行わざるを得ない場合があり、労働災害の発生する危険性が高い。また、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それに伴い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、そのクレーン作業中の災害を詳細分析した。さらに、クレーン作業中に発生した「つり荷走行」時の転倒災害に焦点をあて、機械の移動に伴って生じる荷振れが機械を転倒させようとする力の増加に与える影響について検討した。

2 安全基準等

1) 安全関係の基準等

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が、臨時的で代替の方法が採用できない場合等、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。

1980年代に、ドラグ・ショベルのアームの中に巻揚機を埋め込んだ機械が開発された¹⁾。これは、排水溝造成工事などで、排水用のU字溝を埋設する際に、建設現場の地盤が悪く、クレーンの設置が難しい状況が多く生じたため、そのような現場のニーズに対応するためであった。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「クレーン機能を備えた車両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、作業半径とつり荷荷重から許容安定荷重を演算して転倒防止を図る機能をもつ移動式クローラークレーンとして使用できるようになった。これは海外にはない日本独自の規格である¹⁾。

ドラグ・ショベルにクレーン機能を付与することにより、作業の効率性に寄与する一方で、そのクレーン作業中の災害が発生するようになった^{2) 3) 4)}。その一つに、つり荷走行中の転倒や接触災害がある。

2) 日本クレーン協会指針

2005年、日本クレーン協会では「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」⁵⁾を制定した。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」とするものであった。ドラグ・ショベルのつり荷走行について、小型機と中型機を用いた実験例⁶⁾がある。その実験では、コンクリート上に設置した金属板の段差を乗り越える際のつり荷荷重の変動が計測され、指針に考慮された。しかしながら、段差と建設現場の起伏は異なる。また、現場の地盤には強度的なバラツキも存在するため、機械はより不安定化することが考えられる。

3 掘削用機械による死亡災害

3) 建設業における死亡災害

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28年までに発生した死亡災害の個別事例の全数が掲載されており、このデータベースには、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。

図1に建設業およびドラグ・ショベルによる死亡災害を示す。平成22年から平成26年に発生した建設業における死亡者は1793人（平均358.6人/年）であり、その

原稿受付 2019年6月3日 (Received date: June 3, 2019)

原稿受理 2019年10月1日 (Accepted date: October 1, 2019)

J-STAGE Advance published date: November 8, 2019

*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労働災害調査分析センター

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 堀 智仁

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

doi: 10.2486/josh.JOSH-2019-0004-GE

図1 建設業およびドラグ・ショベルにおける死亡災害

値には小さな増減があるもののほぼ横ばいとなっている。ドラグ・ショベルによる死亡災害についても年間30人から42人の間で推移しており減少は見られない。そして、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10%を占めている。

4) 「事故の型」別の災害発生状況

図2にドラグ・ショベルによる死亡災害(179人)について「事故の型」別の災害発生割合を示す。「墜落、転落」が29.1%(52人)と最も多い。次いで、「はさまれ、巻き込まれ」が26.3%(47人)、「激突され」が23.5%(42人)と続く。これら3つの事故の型で、全体の約80%を占めていることがわかる。

図3に災害の多い4つの「事故の型」について詳細分析した結果を示す。分析では、災害発生時の作業を「掘削等」、「走行・移動」、「クレーン作業」および「その他」に分類し、その典型的事例を列挙した。

(1) 「墜落、転落」(29.1%, 52人)

「墜落、転落」(52人)の内訳は以下の通りである。

「掘削等」(12人)のうち、斜面や掘削残土の上で作業中に機械とともに転落した事例(7人)が多くを占めていた。その他、地山の崩壊に伴い転落した事例が4人であった。

「走行・移動」(21人)のうち、路肩から機械が転落した事例が10人であった。その他、積み下ろし作業中に発生した事例(8人)が多く見受けられた。具体的には、登坂用具が運搬用トレーラーの荷台から外れて機械とともに転落した事例や、登坂用具を使用していない状態で発生した事例であった。

「クレーン作業」(10人)中の災害は、機械が転倒した事例が8人であり、そのうち、旋回中に転倒した事例が5人であった。その他の事例は、玉掛けしていたワイヤーが外れた事例や、過荷重による機械の転倒、つり荷走行中に機械が転倒して運転者が墜落した事例などであった。

(2) 「はさまれ、巻き込まれ」(26.3%, 47人)

「はさまれ、巻き込まれ」(47人)の内訳は以下の通りである。

「掘削等」(5人)による主な災害は、旋回中に機械と

図2 ドラグ・ショベルにおける「事故の型」別の災害発生割合

構造物の間に労働者が挟まれた事例(5人)であった。

「走行・移動」(31人)中に発生した主な災害は、作業者が機械に轢かれた事例(25人)であり、そのうち機械の後退中に轢かれた事例は18人であった。

「クレーン作業」中の災害(6人)は、玉掛け作業中に荷とその他の構造物の間に挟まれた事例(2人)や、荷が落下した事例などであった。

「その他」(5人)の災害は、運転者が運転席から身を乗り出しながら機械を操作中にブーム等の間に挟まれた事例(3人)や、運転者の雨具や安全チョッキ、安全帯等が機械の操作レバーに引っかかり機械が誤作動して、機械の周辺で作業していた労働者が被災した事例(2人)であった。いずれの災害も運転者の不注意によるものと言える。

(3) 「激突され」(23.5%, 42人)

「激突され」(42人)の内訳は以下の通りである。

「掘削等」(3人)による主な災害は、機械が旋回した際にバケット等に激突された事例などであった。

「走行・移動」(16人)中の災害の多くは、機械に轢かれた事例(12人)であった。

「クレーン作業」(14人)中に発生した災害の多くは、つり荷に激突された事例(6人)であった。具体的には、荷を吊った状態で旋回した際に、つり荷が作業者に当たり被災した事例(3人)や、過荷重により突然機械の上部旋回体が旋回して荷に激突されて被災した事例(2人)、クレーンモードへ切り替えずに作業を行い、つり荷が激突した事例(1人)などであった。

(4) 「飛来、落下」(7.8%, 14人)

「クレーン作業」中につり荷が落下した事例(8人)が主な災害であった。具体的には、ワイヤーロープがフックから外れてつり荷が落下した事例が3人、玉掛け用つりクランプがつり荷から外れて落下した事例が2人であった。また、つり荷の多くがコンクリート製の集水枡や地盤養生用の敷鉄板などの重量物であった。

5) 作業の種類別の災害発生状況

図3の結果から、「クレーン作業」中の災害は、複数の事故の型に含まれていることがわかる。そこで本研究では、「事故の型」ではなく、災害発生時の「作業の種類」と「状況」別に結果を整理した。表1に作業の種類と状況について集計した結果を示す。ここで、「転倒」とは、

図3 ドラグ・ショベルによる死亡災害の概要

表1 災害発生時の作業と状況の関係

状況	転倒 (人)	接触 (人)	その他 (人)	合計 (人)	割合 (%)
掘削等	16	9	4	29	16.2
走行・移動 ^{※1}	33	45	1	79	44.1
クレーン作業 ^{※2}	15	25	2	42	23.5
その他	7	9	9	29	16.2
合計	71	88	16	179	
割合(%)	39.7	49.2	8.9		

※1 つり荷走行を除く

※2 つり荷走行を含む

ドラグ・ショベルが転倒および転落した事例であり、「接触」は主に作業者が機械に挟まれたり、巻き込まれたり、激突されて被災した事例を示す。分析結果から、ドラグ・ショベルによる災害のうち、「走行・移動」中の災害は79人であり、全体の44.1%を占めている。「状況」は、機械の「転倒」(33人)に比べ、作業者への「接触」災害(45人)が多い。

「クレーン作業」による災害は42人であり、全体に占める割合は23.5%であった。クレーン作業時には、機械が「転倒」する災害よりも、周辺で作業している作業者が機械と「接触」するケースの多いことがわかった。一方、「掘削等」による災害は29人であった。全体に占める割合は16.2%であり、ドラグ・ショベルは掘削機械でありながら、掘削時の災害は相対的に少ないことがわか

図4 クレーン作業に起因する死亡災害の内訳

図5 つり荷の種類

った。また、既往の分析結果⁴⁾から、機械の後退中に作業者がひかれる事例が多いことは知られているが、クレーン作業による災害も多く発生していることが明らかになった。

4 クレーン作業による死亡災害の分析

1) 作業別の災害発生状況

クレーン作業による災害(42人、23.5%)に着目して分析を行った。その結果、「機械の転倒」、「つり荷の落下」、「つり荷の激突」、「その他」の4つに分類することがわかった。図4にそれぞれの死亡者数を示す。

(1)「機械の転倒」(14人、33.3%)

「機械の転倒」災害の内訳は以下の通りである。荷を吊った状態で「旋回した際に転倒」し死亡した事例が5人、「吊り上げ作業中に転倒」した事例が4人、「つり荷を吊った状態で走行して転倒した」事例が2人、「地切り作業中に転倒した」事例、そして「クレーンモードへの切り替えミス」と「誤操作」による事例がそれぞれ1人であった。クレーンモードへの切り替えミスによる災害はクレーン機能付きドラグ・ショベル特有の災害である。

(2)「つり荷の落下」(13人、31.0%)

「つり荷の落下」については、「ワイヤロープがフックから外れた」事例が4人、「ワイヤロープがつり荷から外れた」事例が2人、「つりクランプからつり荷が落下」した事例が3人、「フックが破損した」事例が2人、「誤操作」と思われる事例と「機械の用途外使用」による事例がそれぞれ1人であった。

表2 つり荷の内訳と重量

	つり荷の内訳	重量(kN)
1	電柱	7.8
2	敷鉄板	1.2
3	H形鋼	14.7
4	振動ローラ	5.9
5	コンクリート製品	6.2
6	フレキシブルコンテナバッグ(砂利)	9.8
7	敷鉄板	7.8
8	コンウリート製品	9.8
9	フレキシブルコンテナバッグ(土砂)	9.8
10	フレキシブルコンテナバッグ(土砂)	9.8
11	敷鉄板	7.8
12	丸太の束	3.2
13	敷鉄板	7.8
14	コンクリートブロック	29.4
15	ホッパー(コンクリート)	3.9
16	コンクリート製品(集水枡)	12.7
17	敷鉄板(1.5t)	14.7
18	コンクリート製品(L型擁壁)	17.6
19	コンクリート製品(板)	19.6
20	コンクリート製品(雨水枡)	2.2
21	敷鉄板	7.8
22	コンクリートブロック	12.7

図6 つり荷重量のヒストグラム

(3)「つり荷の激突」(6人、14.3%)

「つり荷の激突」による災害については、「吊り下ろし作業中」の事例が2人、つり荷作業中に「機械が不意に旋回した」事例が2人、「吊り上げ作業中」の事例が1人、「クレーンモードへの切り替えミス」が1人であった。

(4)「その他」(9人、14.3%)

「その他」については、まず意思の不疎通による事例が見られた。具体的には、「運転者の誤認」による事例が2人、「機械の誤操作」による事例が1人であった。

以上の結果から、クレーン作業中に旋回した際に転倒

表3 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
Cs2				平坦地盤
Cs3				起伏地盤

図7 実験に使用したドラグ・ショベル⁷⁾

した事例や、つり荷が落下した事例等、通常の移動式クレーンの作業でも同様な災害が見られた。一方、つり荷走行中に転倒した事例や高速旋回してつり荷が作業者に激突した事例はクレーン機能付きドラグ・ショベル特有の災害と言える。これは、クレーンモードへの切り替え忘れにより過荷重を検知なかったり、旋回スピードが速いままであったことや、必ずしも水平かつ堅固でない現場内をつり荷走行したことが原因と見られるためである。

2) つり荷の種類及び重量

クレーン作業による死亡災害について、つり荷の種類と重量を調査した。図5につり荷の種類と割合を示す。

図5より、U字溝や集水枘、L型擁壁などのコンクリート製品が最も多く、全体の38.1%を占めていた。次いで、建設現場の地盤を養生するための敷鉄板等の鋼材が全体の26.2%、砂や砂利を運搬するためのフレキシブルコンテナバッグ(9.5%)、フレッシュコンクリートを運搬するためのホッパー(4.8%)、木材(4.8%)の順となっていた。「その他」については、小型振動ローラや電柱、ドラグ・ショベルのアタッチメント、パイプの束等であった。

次に、つり荷の重量が把握できた22事例について、つり荷の内訳および重量を表2に示した。さらに、つり荷重量のヒストグラムを図6に示す。災害発生時の状況別に図示した。「転倒」に着目すると、4kN～15kNの荷を吊った時に集中して災害が発生していた。クレーン機能付きドラグ・ショベルのつり上げ荷重は、通常のドラグ・ショベルは28.4kN(2.9t)で、ミニショベルは8.8kN(0.9t)である。さらに、定格荷重は作業半径(旋回中心からフックまでの距離)によって異なる。分析に用いた災害データには作業時の作業半径や機械クラス条件

(a) 平坦地盤 (関東ローム)

(b) 起伏地盤 (関東ローム)

図8 走行路の地表面形状

が記載されていないため、当時の定格荷重は不明である。しかしながら、小規模工事ではミニショベルが多く用いられていることから、相当数の災害は過荷重な条件で発生した可能性は否定できない。

5 つり荷走行時の荷重変動計測

1) 実験の概要

災害分析の結果から、災害発生件数は多くないものの、荷を吊った状態で走行中に機械が転倒するクレーン機能付きドラグ・ショベル特有の事例が見受けられた。

著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⁷⁾。しかしながら、既報の論文では、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するとともに機械を転倒させようとする力(転倒モーメント)も増加することが考えられる。そこで、既往のデータを再解析して、つり荷の荷振れが作業半径の増加に与える影響を検討した。

(1) 実験条件

実験では災害の多い小型のドラグ・ショベルを用いた⁴⁾。使用したドラグ・ショベル(機械総質量43.5kN、平均接地圧26kN/m²)を図7に示し、表3に実験条件を示す。作業半径 R_W は、旋回中心からフック先端までの

図9 つり荷の振れ角の計測

図10 つり荷の振れ角のヒストグラム ($W_o=2.5\text{ kN}$)

水平距離であり、本実験では R_W を3mとした。定格荷重 F_r は5kNであるため、つり荷の重さ(W_o)は、その1/2である2.5kNとした。

(2) 走行路(地盤)の条件

走行実験は3種類の走行路で実施した。その走行路は、水平堅固の理想的な走行路を模擬したコンクリート床(以下、「理想地盤」と言う)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」と言う)と起伏を有する地盤(以下、「起伏地盤」と言う)である。図8に平坦地盤および起伏地盤のコンター図と $y=0\text{ m}$ におけるxz断面図を示す。

(3) つり荷の揺動解析

つり荷走行時の荷の揺動を高速カメラで撮影し、画像解析から荷の振れ角 θ_s を計測した。図9に計測概要を示す。画像解析では、実験施設の壁面に設置した解析用のマーカーAおよびA'を結ぶ線と、ドラグ・ショベルのアーム先端に設置した解析用マーカーBとつり荷に設

表4 つり荷の振れ角から算出した作業半径の概算値

実験名	地盤	θ_{smax} (度)	R_{West} (m)	R_{Wi} (%)
Cs1	理想	1.67	3.05	1.65
Cs2	平坦	4.00	3.12	3.95
Cs3	起伏	15.18	3.44	14.82

置したマーカーB'を結ぶ線のなす角度 θ を求めた。本研究では、画像解析から求めた θ とその平均値 θ_{ave} の差をつり荷の振れ角 θ_s と定義した。

2) 解析結果

図10に $W_o=2.5\text{ kN}$ における θ_s のヒストグラムを示す。理想地盤の θ_s は -2.10 度から $+1.67$ 度に分布しており、移動に伴うつり荷の揺動は小さい。平坦地盤では、 -5.50 度から $+4.00$ 度に分布しており、理想地盤に比べて θ_s の変動は僅かに大きい。これは地表面の僅かな凹凸の影響によるものと考えられる。起伏地盤では θ_s が -8.84 度から $+15.18$ 度の広い範囲に分布しており、荷が大きく揺動していることがわかる。

次に、 θ_s の最大値 θ_{smax} から作業半径の概算値 R_{West} を求め、荷振れによる作業半径の増加について検討した。

荷振れによって生じた荷の振れ角の最大値 θ_{smax} から、作業半径の増加量 ΔR_W は式(1)により求まる。

$$\Delta R_W = L \times \sin \theta_{smax} \quad (1)$$

ここで、 L は図9に示すターゲットマーカーBおよびB'間の長さである。

次に、荷振れを考慮した作業半径の概算値 R_{West} および作業半径の増加率 R_{Wi} は式(2)および式(3)により求めることができる。

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

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

表4に作業半径の概算値 R_{West} および作業半径の増加率 R_{Wi} を示す。平坦地盤における R_{Wi} は3.95%であり、走行に伴う荷振れによって作業半径が増加することがわかる。一方、起伏地盤の R_{Wi} は14.82%であり、作業半径が大幅に増加する可能性があることがわかった。

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_{West} に対する定格荷重 F_r を求めると、平坦地盤における F_r は約4.7kNであり、起伏地盤における F_r は約3.8kNであった。

以上の結果から、機械の移動に伴って生じる「荷振れ」によって作業半径が一時的に増加するとともに、定格荷重が減少することが確認された。そのため、安全につり荷走行を行うためには、地表面の平坦性を確保し、荷振れを小さくすることが重要であると考えられる。

6 まとめ

1) ドラグ・ショベルに関する災害分析結果について

平成22年から平成26年の5年間に発生したドラグ・ショベルによる死亡災害は179人であり、建設業における死亡災害の約1割を占めていた。

災害発生時の作業と状況別に分析した結果、機械の走行および移動時に発生した災害は79人であり、全体に占める割合は44.1%であった。クレーン作業による災害は42人であり、全体の23.5%を占めていた。一方、「掘削等」による災害は29人(16.2%)であった。したがって、掘削時の災害は相対的に少なく、クレーン作業による災害が多いことがわかった。

ドラグ・ショベルのクレーン作業中の災害を分析した結果、つり荷走行中に転倒した事例や、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や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が発生していた。しかしながら、その他の災害は、通常の移動式クレーンによる災害と類似したものであるため、クレーン作業における一般的な安全対策の徹底が重要であると考えられる⁸⁾。

2) つり荷走行時の荷振れの影響

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 θ を画像解析から求めた結果、移動に伴う荷振れによって作業半径は増加することが確認された。また、その増加量は平坦地盤で3.95%、起伏地盤では14.82%と、地表面の起伏の程度に応じて増加することがわかった。また、作業半径の増加に伴って定格荷重が減少することから、つり荷走行時の安全性の確保では地盤条件が重要となる。したがって、まず現場は平坦かつ堅土に養生することが不可欠であって、さらに敷鉄板を敷設するなどして地盤支持力を平均化させることが必

要である。

3) つり荷走行上の注意点

つり荷の定格荷重は、ドラグ・ショベルが静止した状態の値である。移動時は、地表面の起伏や走行速度および荷振れの影響等を考慮して、つり荷の低減を考慮しなければならない。低減係数は、今後の実験により数値化していきたい。

文 献

- 1) 生田正治. 油圧ショベルの技術の系統化調査. 国立科学博物館・技術の系統化調査報告. 2015; 22: 1-77.
- 2) 榮田昭彦. ドラグ・ショベル(バックホウ)のクレーン仕様機に関する作業上の安全対策. クレーン. 2011; 49-3 18-24.
- 3) 清水順一. クレーン機能付きドラグ・ショベル: クレーン機能付きドラグ・ショベルの普及状況とその安全対策. 2012; 48-2: 53-58.
- 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), 2014; 70 (2): I_107-I_114.
- 5) (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.
- 6) 杉沢博. JCA規格「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」について(屈曲ジブ式移動式クレーン委員会報告), クレーン, 2006; 44-8: 23-26.
- 7) 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), 2013; 69 (2): I_159-I_164.
- 8) 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. 2000; 平成12年2月24日基発第96号.

Analysis of fatal accidents of hydraulic excavators with crane operations and increase of working radius due to swing of a load during propelling.

by

Tomohito HORI*¹ and Satoshi TAMATE*²

As hydraulic excavators are widely used as construction machines, they are a cause of many labour accidents. In recent years, hydraulic excavators equipped with a crane function have been developed and widely used; however, many labour accidents during crane operation have also occurred. In this study, we analysed the fatal accidents (involving 179 workers) caused by hydraulic excavators during the five years from 2010 to 2014, and investigated their causes. The analysis revealed that 23.5% (42 workers) cases of fatal accidents were caused by the crane operations.

In addition, the dynamic behaviour of a lifted load on a propelling excavator was measured by using an actual machine. It was observed that it is important to confirm the flatness of the site and decrease the propelling speed in order to reduce the fluctuation in the lifted load during the propelling of an excavator.

Key Words: excavator, fatal accidents, crane operation

*1 Construction Safety Research Group, National Institute of Occupational Safety and Health

*2 Center for Occupational Accident Investigation, National Institute of Occupational Safety and Health