地盤養生の違いがつり荷走行するドラグ・ショベルの揺動に与える影響

(独)労働安全衛生総合研究所　正会員　○玉手 聡，堀 智仁
東京都市大学　学生会員　石野貴裕，正会員　末政直晃

1 はじめに

ドラグ・ショベルの転倒災害が多く発生しているが，その状況を調査するとクレーン作業中に発生したものが多く見られる．ドラグ・ショベルは掘削機械であるためクレーン作業は原則禁止されているが，作業上やむを得ない場合に限り認められてもいる．本研究では，このクレーン作業の中でも「つり荷走行」に着目し，機体の揺動に与える地盤養生の影響を実験的に調査した．本報告では，つり荷走行の安全基準を整理するとともに，実験的な調査方法とその結果について述べる．

2　安全基準とその留意点

労働安全衛生規則第 164 条[1)]では車両系建設機械を主たる用途外の用途に使用してはならないと定めている．しかし，同 164 条の 2 では(1)作業の性質上やむを得ない場合，(2)安全な作業の遂行上必要なとき，(3)バケットにフック等つり上げ用の器具を取付けて使用するときについては例外的に認めている．また，平成 12 年に厚生労働省安全課長事務連絡「クレーン機能を備えた車両系建設機械の取り扱いについて」によってクレーン機能付きドラグ・ショベルが移動式クレーンとして正式に使用が認められ，現場に普及するようになった．しかしながら，同機能付きドラグ・ショベルのつり荷走行時の死亡災害が依然発生する状況にあったため，日本クレーン協会(JCA)では平成 17 年に「油圧シャ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[2)]」を示し，つり荷走行時の安全項目とその基準値を**表 1** のように定めた．その中の「地盤」の条件については「水平(1%)，堅固」としているものの，「水平 1%」の部分の意味が作業現場の平均勾配を意味するものなのか，あるいは現場内の起伏も考慮すべきものなのかは明確にされてない．特に，後者の起伏を考慮する場合には，対象とする起伏の長さや凹凸の大きさなどの養生目標を明らかにする必要がある．そこで本研究では，ドラグ・ショベルの実機を用いた走行実験を行って，走行路の起伏の大きさや地盤養生の違いが機体揺動に与える影響を調査することとした．

3 実大つり荷走行実験

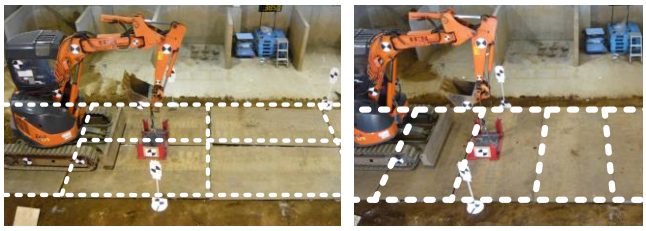
本研究では，ドラグ・ショベルの安定性に与える地盤の平坦さの影響を確認するために，バケット容量が 0.1m^3 クラス(機体質量 3.6 トン)の実機を用いてつり荷走行実験を行った．今回の実験では，**表 1** の安全項目について走行速度を除いたすべてのパラメーターを JCA 指針の上限値に設定し，走行速度については基準値の 2/3 と安全側の条件とした．これらを共通条件として異なる走行路を自走させ，機体揺動を比較した．**表 2** は走行実験を行った路面の状態と養生条件を示す．走行路の種類はコンクリート床(FH)，平坦ローム(FS)，起伏ローム(RS)の 3 つである．FH は平坦かつ堅固な理想的条件の工事現場をコンクリート床で再現したものである．FS は関東ロームを高さ 1m,幅 4.0m に長さ 11m に盛土してハンドローラーで締固め，平坦に仕上げた走行路であり，良好な作業現場を模擬した．RS は同じく作製した盛土の表面に起伏を与えた走行路であり，災害復旧現場などで地盤養生が十分でない条件を仮定したものである．**図 1** に各走行路表面の起伏の分布を示す．FS は走行距離 8m に対して高低差は 0.05m であり，平均傾斜は約 0.4 度と小さい．RS は FS に比べて大きな起伏が再現されており，その波長は約 3m である．しかしながら，平均勾配は約 0.5 度であり FS とほぼ同じ

表 1 つり荷走行に関する JCA 指針[2)]

安全項目	基準値
作業半径 R	定置つり荷の最大作業半径の 70%以下
定格荷重	定置定格荷重の 50%
姿勢	荷を手前に持ってきた姿勢
つり荷下面高さ	地上 0.3m 以下
走行速度 v	3.0km/h 以下
地盤	水平（1%以下），堅土

表 2 つり荷走行実験の条件

	Case 1	Case2			Case3		
		a	b	c	a	b	c
作業半径 R	2.1m						
つり荷の重さ W	5kN						
走行速度 v	2.0km/h						
走行路面	コンクリート床 FH	平坦ローム FS			起伏ローム RS		
敷鉄板	無	縦	横	無	縦	横	無



(a) 縦向き　　(b) 横向き

写真 1 敷鉄板の配置と向き

キーワード：建設機械，転倒，つり荷走行，実大規模実験，地盤養生
連絡先：〒204-0024　東京都清瀬市梅園 1-4-6　(独)労働安全衛生総合研究所　建設安全研究グループ　TEL 042-491-4512

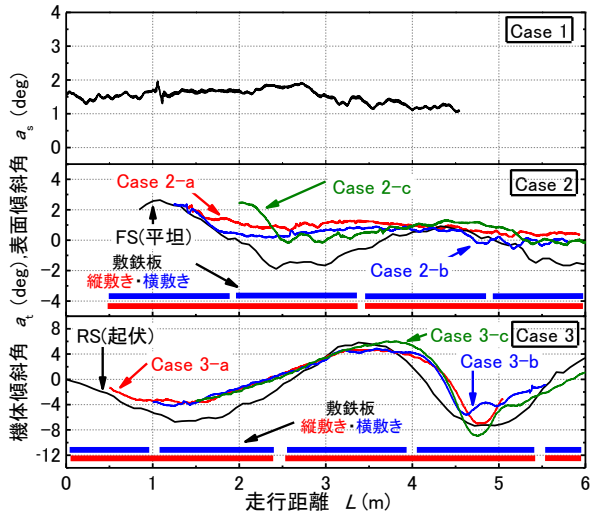


図 2 実験における機体傾斜角と走行距離の関係

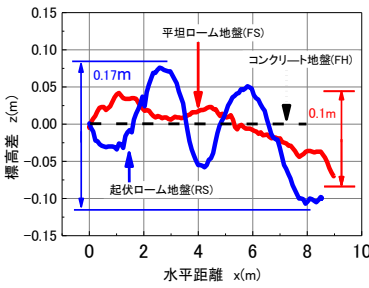


図 1 走行路の起伏条件

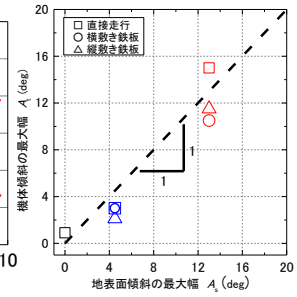


図 3 A_t と A_s の関係

である. さらに FS と RS では, 表面に敷鉄板を敷設し, 地盤養生による機体揺動の低減効果を調査した. よってこの調査では, 敷鉄板の敷設の有無と敷設の向きの違いによる効果も比較した. **写真 1** は走行路に敷設された敷鉄板の状態を示す. 敷鉄板は, 縦 1.5m, 横 3.0m の大きさであり, ドラグ・ショベルの進行方向に対して縦向き(**写真 1a**)と横向き(**写真 1b**)の 2 種類の方法で設置した. 機体にマーカーを設置して走行中の動きを 2 台の高速度カメラで撮影し, 機体傾斜角 a_t を解析した.

4 機体揺動の解析

図 2 は走行路面の種類ごとに, 走行時の機体傾斜角 a_t と走行距離 L の関係を示す. 上段は理想的な水平・堅固を再現したコンクリート床(FH)の走行時における機体傾斜角 a_t と走行距離 L の関係を示す. 上段の Case1 では a_t の値が $1.0 \leqq a_t \leqq 1.9$ の範囲で分布しており, 波形を見ると短い周期の揺動も見られる. ここで a_t の最大値と最小値の差を最大幅 A_t と定義するとその値は 0.9 であった. 中段の Case2 は平坦に均したローム地盤(*FS*)を走行した際の a_t と L の関係とともに走行路の表面傾斜角 a_s も併せて示す. ここで同様に, a_s の最大幅を A_s と定義する. a_s は $-2.0 \leqq a_s \leqq 2.5$ であり, その最大値は平均勾配(0.5 度)の約 5 倍である. この走行路を直接走行させた Case2-c では A_t が 3.0 程度であり, 地表面 A_s に対する比は 0.67 である. Case2-c の A_t は Case1 のそれの約 3 倍となってなり, 走行路の違いが機体揺動に与える影響を明確に見ることができる. 次に走行路の表面に敷鉄板設置して走行させたケースを見ると, 縦敷きした Case2-a では a_t は $0.2 \leqq a_t \leqq 2.3$ の間で変化しており, A_t は 2.1 と小さい. 一方, 横敷きした Case2-b では, A_t が 3.0 と大きくなっており, その値は地盤上を直接走行させた時と同じ値であった. 下段の Case3 は表面に起伏を再現したローム盛土(RS)を走行させた際の a_t と L の関係を示したものである. a_s は $-7.0 \leqq a_s \leqq 6.0$ の間で分布しており, A_s は 13.0 と大きい. 直接走行した Case 3 の波形を見ると, 走行路の頂点部を通過直後に機体の a_t は急減する様子が現れている. これは履帯の中心がピークを通過した際に生じた回転運動と考えられ, 起伏部を走行する際の特徴が現れている. この 3 つの曲線の減少勾配はほぼ同じに現れているが最少 a_t は Case 3-c が最も小さい. その結果, 落下高さは大きくなって回転運動エネルギーは増加した. そのため, このエネルギーが前輪を支点とした回転運動に保存されて後輪がわずかに浮き上がったと考えられる.

図 3 は全実験ケースの A_t と A_s をまとめたものであるが, A_s の増加に対して A_t は増加する傾向が見られる. したがって, 機体の揺動を低減するためには走行路の起伏を小さくする養生が必要と言える. 加えて, A_s が 13.0 の大きな起伏を通過した際に, Case3-c の A_t/A_s は 1 以上となっている. これは発生した運動エネルギーによって後輪が浮き上がり, 転倒の危険が増加したことを示す. 敷き鉄板の敷設による揺動の低減効果は A_s が 13.0 と大きな条件で高く見られたが, 縦敷きと横敷きの向きの違いによる効果の差については, 起伏との相対的な位置関係の影響もあって一貫した傾向を見ることはできなかった. 安全なつり荷走行に必要な地盤養生の条件について, 引き続き調査研究する予定である.

5 まとめ

ドラグ・ショベルによるつり荷走行について, 現場の地盤養生に違いによる機体の揺動を調べるために実機を用いた走行実験を行い, 以下の事が明らかとなった.

(1) 機体は走行路の起伏を通過する際に揺動が生じて安定度は変化する. したがって作業現場の養生では単に平均勾配を 1%以下とするだけではなく, 起伏も小さくすることが必要なことがわかった.

(2) 機体の傾斜の最大幅 A_t は走行路の傾斜の最大幅 A_s とほぼ比例した関係となるが, 敷鉄板を設置することによって A_t は直接走行した場合よりも小さくできることがわかった. したがって, 敷鉄板による養生は揺動の低減に有効なことが確かめられた.

参考文献：1) 労働法便覧 I 平成 24 年版：労働安全衛生法規則第 164 条(主たる用途以外の使用制限), p.1007, 2013. 2) 日本クレーン協会規格（JCAS2005-2005：油圧シャベル兼用屈曲ジブ式移動式クレーンのつり荷素行時の能力設定に関する指針,2005.