

武蔵工業大学 ○学生会員 河又 健時
 武蔵工業大学 正会員 末政 直晃
 労働省産業安全研究所 正会員 玉手 聡

1. はじめに

移動式クレーンの転倒災害が毎年多く発生している。その災害原因の約半数が地盤沈下によるものである。クレーン等安全規則において、移動式クレーンの安定性は機体とつり荷の重量による静的な釣り合いから安定限界荷重を算出し、これに安全率を考慮した定格荷重で使用条件を規定している。しかし、作業地盤の強度や沈下特性が厳密には考慮されておらず、クレーンを設置する地盤は水平かつ堅固であることが前提となっている。また、既往の研究においては地盤の支持力試験、動的な運動による安定性の解析等の研究が行なわれているが、クレーンの傾斜から転倒までの一連の動体挙動を実験的に検討した例がないのが現状である。そこで本研究では、移動式クレーンの模型を用いた遠心載荷実験を実施し、地盤沈下の有無がクレーンの転倒に及ぼす影響について検討した。

2. 模型クレーン概要

模型クレーンの側面図及び名称と主な概要をそれぞれ図-1、表-1 に示す。ブームの旋回、伸縮は現在のところ再現できないが、ブーム角度調節ネジをモーターで回すことによって、ブームの角度が手元のコントローラで調節できるようになっており、その速度は約 2.5 度/sec である。また、張り出し幅及びブーム長さが部材の交換により調節可能で、両部材とも 3 種類ずつあることから、寸法による組み合わせは計 9 パターンである。なお、表-1 における車体幅とは側面図奥行方向の車体の長さである。

3. 転倒実験概要

本実験では模型クレーンの性能上、ブーム角度の低下によるクレーン前面への転倒のみを再現した。また、地盤沈下の有無がクレーンの転倒に及ぼす影響を調べるために、地盤が有る場合及び無い場合の 2 ケースについて実験を行い、それぞれを実験ケース 1、実験ケース 2 とした。その実験条件を表-2 に示す。ここで、転倒つり荷重量とは、ブーム角度 45 度において模型クレーンが転倒するようなつり荷重量のことで、予め重力場で求めた値である。

実験ケース 1 において使用した土試料は、表-3 に示すような物理的特性を持つ関東ロームであり、模型

地盤は 2 層に分けて作製した。1 層目は深さが 5cm となるように最適含水比に調整したローム試料を内径 50cm、深さ 30cm の円形土槽に入れ、ベロフラムシリンダーにより 1.0kgf/cm² で締め固めた。2 層目も同様

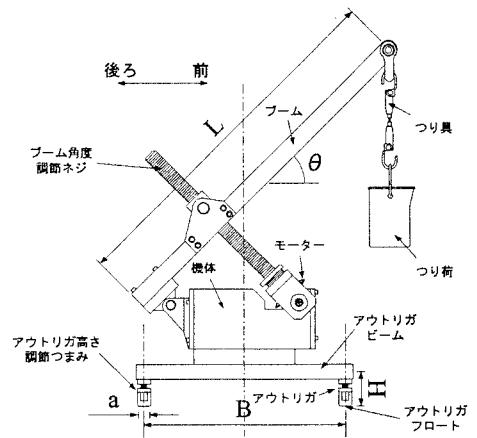


図-1 模型クレーンの側面図及び名称

表-1 模型クレーンの概要

車体幅 A(cm)	20
張り出し幅 B(cm)	10, 15, 20
機体重量 W_m (kgf)	3.12, 3.19, 3.25
ブーム長さ L(cm)	40, 50, 60
ブーム重量 W_p (kgf)	0.95, 1.00, 1.05
アウトリガ高さ H(cm)	2.5~3.3
アウトリガフロート幅 a(cm)	1.5
つり具重量 W_h (kgf)	0.0525
ブーム角度 θ (度)	13~82
ブーム旋回	不可
ブーム伸縮	不可

キーワード：移動式クレーン、地盤沈下、転倒、遠心模型実験

連絡先：武蔵工業大学(世田谷キャンパス) 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL&FAX 03-5707-2202

にして同じ圧縮圧力で半日間圧縮した。さらに、30Gの遠心加速度場において地盤表層の圧縮圧力が1.5kgf/cm²となるようなおもり(98.2kgf)を載せ、沈下量が一定になるまで圧縮し、地盤高さを約10cmとした。

次に図-2に示すように、作製した地盤上に模型クレーンを設置し、変位計、ロードセル及び加速度計をそれぞれ所定の位置に取り付けた。また、ブーム角度及びアウトリガ高さの調節により、4つのアウトリガフロート部が負担する荷重を均等にした。そして、20Gの遠心加速度場に安定させたところでブーム角度を低下させることにより、模型クレーンを転倒させた。

一方、実験ケース2においては模型地盤を作製せずに、直接模型クレーンを土槽底面に設置し、ロードセル及び加速度計を所定の位置に取り付けた。その後は実験ケース1と同様な手順で遠心模型実験を行ない、模型クレーンを転倒させた。

4. 実験結果及び考察

実験ケース1より得られた、前方アウトリガフロート部の沈下量の経時変化を図-3、前方及び後方のアウトリガフロート部の荷重-沈下量関係をそれぞれ図-4(a)、(b)に示す。沈下量に急激な変化が見られないことから、アウトリガフロート部は徐々に地盤へめり込んでいったと考えられる。また、クレーンが左前方向にやや傾きながら転倒したことが解る。その理由としては、地盤作製時における圧縮圧力の不均一性が考えられる。さらに、右前及び左後のアウトリガフロート部において、荷重が減少しているにもかかわらず、沈下量が増加している部分が見られる。その理由としては、クレーンの傾きによる影響が考えられるが、今後の検討課題である。

実験ケース1及び実験ケース2におけるクレーン転倒時のブーム角度は、表-4に示すようにそれぞれ44.5度及び38.5度となった。地盤沈下を伴う転倒を再現した実験ケース1の方が早く、つまり安全側の角度で転倒に至っている。また、実験で用いたつり荷重量(2811kgf)が、重力場ではあるがブーム角度45度で模型クレーンが転倒するように設定した値であるにもかかわらず、両実験ケースにおいてそれを上回る値を示した。その理由としては、遠心载荷時の回転半径の誤差や、加速度計の設置誤差等が考えられる。

以上考察より、今回の実験では多くの検討課題を残した。今後はその検討課題を解明し、より現実に近いクレーンの転倒を再現しようと考えている。

表-2 実験条件

	実験ケース1	実験ケース2
模型地盤	有り	無し
張り出し幅	20cm	
ブーム長さ	50cm	
初期設定ブーム角度	70度	80度
転倒つり荷重量	2.511kgf	

表-3 関東ローム試料の物理的特性

比重 G_s	液性限界 $\omega_L(\%)$	塑性限界 $\omega_P(\%)$	塑性指数 I_p	最適含水比 $\omega_{opt}(\%)$
2.72	120.7	82.4	38.3	85

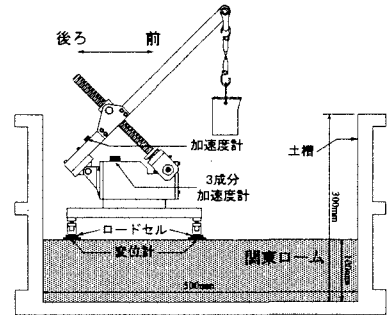


図-2 作製地盤と模型クレーン設置

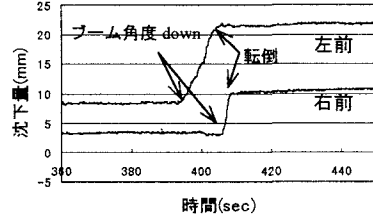


図-3 前方アウトリガフロート部の沈下量経時変化

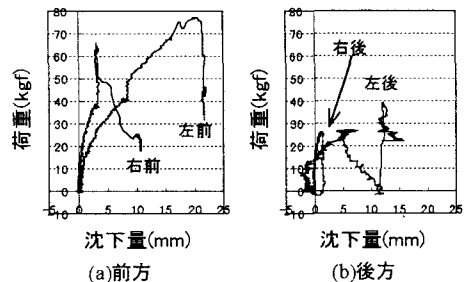


図-4 アウトリガフロート部の荷重-沈下量関係

表-4 クレーン転倒時のブーム角度

	実験ケース1	実験ケース2
クレーン転倒時のブーム角度	44.5度	38.5度