

## VI-60

## 地盤破壊を考慮したクレーン車の転倒条件解析

愛媛大学工学部 正会員 深川良一・正会員 室 達朗

基礎地盤コンサルタント 正会員○加藤祐理・正会員 森田悠紀雄

**はじめに** 地盤が堅固な場合と地盤破壊の可能性がある場合についてクレーン車の転倒条件を導き、実際のクレーン車を対象にして転倒条件解析を行った。ここでは特にブーム角及び旋回体回転角をパラメータとして転倒開始時のブーム長さ求めた。

**解析対象としたクレーン車**

転倒条件解析は、実際に稼働している110tオールテレーンクレーン<sup>1)</sup>を念頭におき、クレーン車に作用する諸力と作用位置を図-1のように想定し、次の車両諸元で行った。吊り荷重量： $W=100(\text{tf})$ ，旋回体重量： $W_1=13(\text{tf})$ ，カウンタウェイト重量： $W_2=15(\text{tf})$ ，キャリア重量： $W_3=27(\text{tf})$ ，ブーム重量： $W_4=17(\text{tf})$ ，旋回中心～旋回体重心： $l_1=1.6(\text{m})$ ，旋回中心～カウンタウェイト重心： $l_2=3.8(\text{m})$ ，旋回中心～キャリア重心： $l_3=1.6(\text{m})$ ，アウトリガ張出幅： $r_1=3.5(\text{m})$ ，旋回中心～前アウトリガ： $r_2=4.4(\text{m})$ ，旋回中心～後アウトリガ： $r_3=3.0(\text{m})$ 。また，ブーム角： $\alpha=0^\circ \sim 80^\circ$ ，旋回体回転角： $\theta=0^\circ \sim 90^\circ$ を与え，転倒開始時のブーム長さ $L$ の解析を行った。

**地盤が堅固な場合の転倒条件**

力学的にはクレーン車に作用する諸力の合力が，アウトリガによって決定される長方形の内側に入れば転倒しないから，図-1の $A-A'$ 断面については $a < r_1$ ， $B-B'$ 断面については $b < r_2$ のとき転倒しない。ここでは安全率を考慮して $A-A'$ ， $B-B'$ 断面について各々 $a < 0.9r_1$ ， $b < 0.9r_2$ を満たせば転倒しないものとする（ $a$ ， $b$ ：旋回中心から合力の位置までの距離の $A-A'$ ， $B-B'$ 方向成分）。したがって，転倒が始まるときのブーム長さ $L$ は次式のようになる。

$A-A'$ 断面について，

$$L = \frac{(W+W')0.9r_1 + l_{1a}W_1 + l_{2a}W_2}{\sin\theta \cos\alpha (W+0.45W_4)} \quad (1)$$

$B-B'$ 断面について，

$$L = \frac{(W+W')0.9r_2 + l_{1b}W_1 + l_{2b}W_2 - l_{3b}W_3}{\cos\theta \cos\alpha (W+0.45W_4)} \quad (2)$$

ここで， $W'=W_1+W_2+W_3+W_4$ ， $l_{1a}=l_1\sin\theta$ ， $l_{2a}=l_2\sin\theta$ ， $l_{1b}=l_1\cos\theta$ ， $l_{2b}=l_2\cos\theta$ である。

(1)～(2)式より求められる2つのブーム長さ $L$ の小さい方の値を，地盤が堅固な場合の，転倒開始時のブーム長さ $L$ として解析を行った。

**地盤破壊を考慮した転倒条件**

地盤破壊危険度<sup>2)</sup> $D=1$ のときの荷重 $P$ が降伏荷重 $P_y$ であるから，1) 1支点のみが降伏する場合（ $R_2$ を例にとる）， $R_2 < P_y$ ，2) 長軸方向の片側2支点が同時降伏する場合（ $R_2$ ， $R_4$ を例にとる）， $R_b=R_2+R_4 < 2P_y$ ，3) 短軸方向の片側2支点が同時降伏する場合（ $R_1$ ， $R_2$ を例にとる），

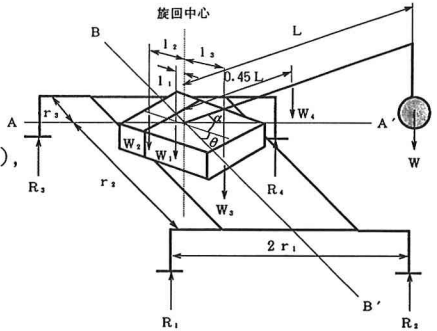


図-1 クレーン車に作用する諸力とその作用位置

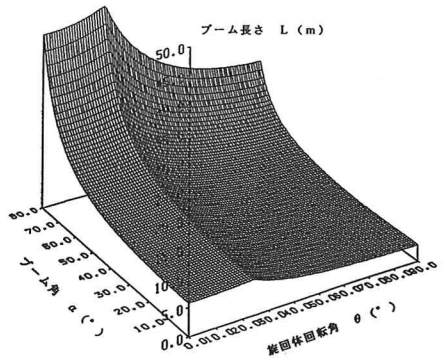


図-2 地盤が堅固な場合の転倒条件

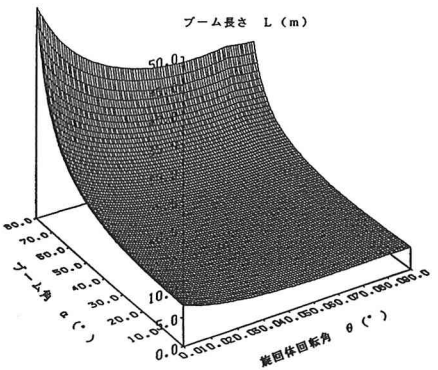


図-3 地盤が破壊する場合の転倒条件

$R_D = R_1 + R_2 < 2P_y$  ならば, 理論的には転倒しないと見なせる。ここでは安全率を考慮して, 1)  $D = R_2/P_y < 0.9$ , 2)  $D = R_D/2P_y < 0.9$ , 3)  $D = R_D/2P_y < 0.9$  ならば転倒しないものとする。よって, 1)  $R_2 = 0.9P_y$ , 2)  $R_D = 1.8P_y$ , 3)  $R_D = 1.8P_y$  のとき転倒が開始するから, そのときのブーム長さ  $L$  は次式のようにになる。

1)  $R_2$  のみが降伏する場合

$$L = \frac{r_1 \{1.8 r_4 P_y - (r_4 - 2 r_3) (W + W') - 2 l_3 W_3\}}{\cos \alpha (W + 0.45 W_4) (2 r_1 \cos \theta + r_4 \sin \theta)} + \frac{l_1 W_1 + l_2 W_2}{\cos \alpha (W + 0.45 W_4)} \quad (3)$$

2)  $R_2, R_4$  が同時に降伏する場合  $L = \frac{(3.6 P_y - W - W') r_1 + l_{1a} W_1 + l_{2a} W_2}{\sin \theta \cos \alpha (W + 0.45 W_4)} \quad (4)$

3)  $R_1, R_2$  が同時に降伏する場合  $L = \frac{1.8 P_y r_4 - (W + W') r_3 + l_{1b} W_1 + l_{2b} W_2 - l_3 W_3}{\cos \theta \cos \alpha (W + 0.45 W_4)} \quad (5)$

(3)~(5) 式より求められる 3 つのブーム長さ  $L$  の最も小さい値を, 地盤破壊を考慮した場合の, 転倒開始時のブーム長さ  $L$  として解析を行った。

**解析結果及び考察** 図-2, 3 に転倒開始時のブーム長さ  $L$  と旋回体回転角  $\theta$ , ブーム角  $\alpha$  の関係を示す。地盤が堅固な場合 (図-2),  $\theta = 25^\circ$  付近で折点が見られるが, これは転倒条件式が変化する点である。 $\theta = 25^\circ$  付近を境に  $\theta$  が大きくなるに従い  $L$  は小さくなる。また,  $\alpha$  が大きくなるに従い  $L$  も大きくなる。地盤が破壊する場合 (図-3,  $P_y = 110(\text{tf})$ ),  $\theta$  の大小に関わらず  $L$  はほぼ一定であるが, これは転倒条件式が 3 つあるため少し複雑な応答を示していることによる。

図-4 に, 地盤が堅固な場合 (直線で示す) の転倒開始時のブーム長さ  $L$ , 地盤が破壊する場合 (プロットで示す) の転倒開始時のブーム長さ  $L$  と降伏支持力  $p_y$  の関係を示す。 $p_y = 26(\text{kgf}/\text{cm}^2)$  付近で折点が見られる。これは, (3)~(5) 式から得られる 3 つの  $L$  のうち最も小さい値を転倒開始時のブーム長さ  $L$  としているため転倒条件式が変化する点である。 $p_y = 52(\text{kgf}/\text{cm}^2)$  以上になると地盤破壊による転倒より力のつりあいによる転倒の方が先に起こる。また,  $p_y$  の値は  $\alpha$  には依存しないようである。

図-5 に限界降伏支持力  $p_{yc}$  (地盤破壊による転倒より力のつりあいによる転倒が先に開始するときの  $p_y$ ) と旋回体回転角  $\theta$  の関係を示す。 $\theta = 25^\circ$  付近をピークに  $\theta = 60^\circ$  以上になると  $p_{yc}$  は一定となる。また, このパターンは  $W$  の値には依存しないようである。 $\theta$  が  $60^\circ$  未満のときは地盤破壊による転倒が相対的に起こりやすいといえるから, 安全管理上留意されるべきであろう。

**まとめ** 地盤が堅固な場合,  $\theta = 25^\circ$  付近に転倒条件式が変化する折点が存在し, その点を境に  $\theta$  が大きくなるに従い  $L$  は小さくなる。 $\alpha$  が大きくなると  $L$  も大きくなる。地盤が破壊する場合,  $\theta$  の大小に関わらず  $L$  はほぼ一定である。また,  $W, \alpha$  の値に関係なく  $\theta$  が  $60^\circ$  未満のときは地盤破壊による転倒が起こりやすいといえる。

《参考文献》1) 住友建機 (株), ALL TERRAIN CRANE SA-1100, 製品パンフレット, 2) 深川, 室, 加藤, 森田: クレーン車の転倒時地盤破壊に対する危険度のリアルタイム評価, 第 28 回土質工学研究発表会, 1993。

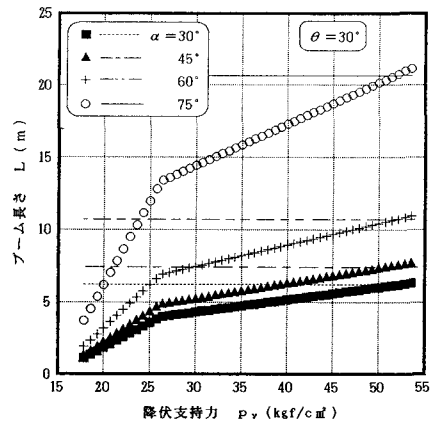


図-4 降伏支持力  $p_y$  とブーム長さ  $L$  の関係

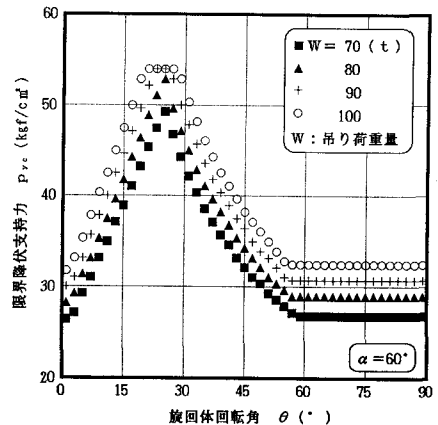


図-5 限界降伏支持力  $p_{yc}$  と旋回体回転角  $\theta$  の関係