

8. トラクタショベルの衝突振動

三菱重工業 岸 芳夫 野上 義正

1. まえがき

整地、掘削作業を行うトラクタショベルは、その最大掘削力でも掘削不可能な場合は、衝撃掘削作業を行うことがある。建設機械としては、このような厳しい使用条件に対しても、塑性変形を生じない適正な構造設計を行う必要がある。従来、トラクタショベルの衝突時の強度計算は、類似種類の衝突時の加速度を基に静的な立体骨組構造解析を行って来たが、更に限界設計による軽量高性能化を図るには、衝突時の過渡現象を正確に把握する必要がある。そこで下記のことを実施した。

- (1) 走行中の車両が障害物に衝突した場合の解析手法を確立し、汎用解析プログラムを開発した。
- (2) トラクタショベル BS3 の衝突振動の解析及び実験した。
- (3) これによって、トラクタショベルのリフトアームの適正な構造設計を容易にした。

2. 衝突振動の取扱い

走行車両と障害物とは、衝突開始時には接して一体の構造物と考えられる。そこで本研究では最大た力の生じる1回目の衝突現象と線形として取扱い分離後の解析は省略した。計算手法としては種々あるが、ここでは主強度部材の最大た力と支配するのは振動モードの初めの数迄までであり、しかも構造の減衰は小さいので立体骨組系のモード解析を行い、これから規準度探理論により図1に示すような互に独立な幾つかの自由度系を作りこれらの過渡応答を重ね合わせる、いわゆる1-モード

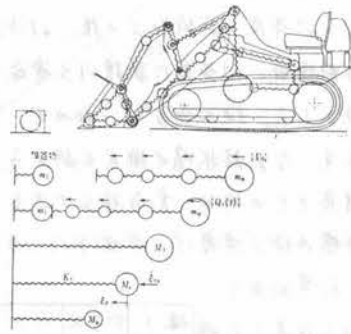


図1 衝突振動

モード法を採用した。衝突現象の扱いとしては、走行車両の各質量に衝突速度と生じるような力積が瞬間的に作用したと考えた。何故ならば本問題のように走行車両の衝突速度が与えられても、衝撃力の大きさは構造物の弾性をその他に関係し一般的な力の釣合方程式に外力の形と与えられないからである。この作用した力積により各振動モードは、それぞれの初速度を得て自由振動を行う。全体の応答はこれらを重ね合わせることにより得られ、その大きさは衝突速度の1乗に比例する。

3. トラクタショベル BS3 の衝突振動の解析及び実験

(1) 解析モデル

トラクタショベル BS3 が 6ton の障害物に衝突する場合のモデルを図2に示す。ショベルリンク機構はリフトシリンダ、ダンブシリンダを含んでおり、この左右のシリンダは油圧ホースで連結されており、満心衝量が

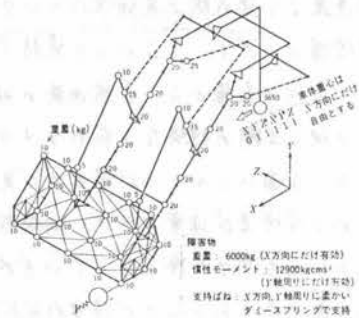


図2 振動モデル

加わっても左右のシリンダには等しい軸力が作用するので、適切なモデル化が必要である。油圧シリンダの剛性はロッドのみではなく回路内の油の圧縮性、ホースの弾性も考慮して等価な値を設定した。

(2) 衝突振動の計算

速度 7 km/h で 6 ton の障害物にシヨベル左端で衝突した場合の主要部材の過渡応答を図 3 に示す。この図によれば、構造形状の影響は少く、計算及び実験の誤差範囲に含まれる。また応答波形の傾向は実験とよく一致し、最大応力の生じるのは衝突後約 0.65 であり第 1 次

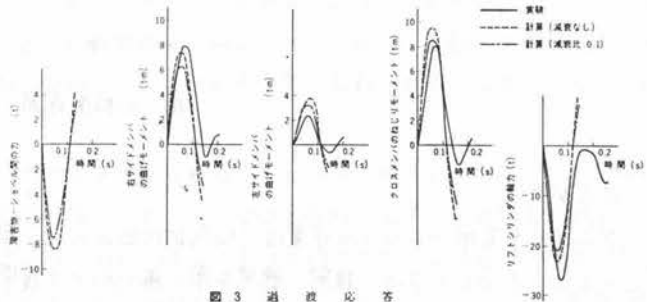


図 3 過渡応答

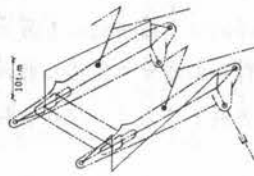


図 4 6t の障害物の端にシヨベル左端が衝突したときの曲げモーメントの計算結果

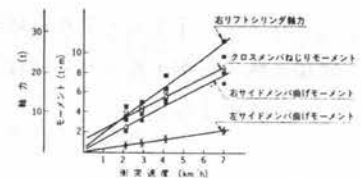


図 5 衝突速度と部材力の関係

モードの $1/4$ 周期に近い。部材力の分布を図 4 に示す。この分布形は静的掘削作業時の分布に類似していて、シヨベル左端が衝突した場合に衝突側のサイドメンバは大きく変形しようとするが、反対側のサイドメンバは変形が少ないためクロスメンバのねじりによって両者の相対変形が拘束され、その結果、衝突側と反対側のサイドメンバに大きな曲げモーメントが生じる。したがってリフトアームの設計にはサイドメンバの曲げ強さとクロスメンバのねじり強さを同等に計画することが重要である。また、この時に生じる部材力は最大掘削作業時の約 2~25 倍である。

(3) 衝突振動の実験

図 2 に示した振動モデルのように 6 ton の障害物の端にシヨベル左端で衝突する実験を行った。計測方法は、リフトシリンダに装着した油圧ピックアップとリフトアームに貼布した抵抗線歪ゲージを用いた。第 1 次衝突時に生じる部材力の応答波形は図 3 に示したように、その最大値及びそれに達する時間は計算とほぼ一致する。種々の衝突速度による部材の歪みの変化も図 5 に示すように直線性を示し、衝突により生じた部材力は衝突速度の 1 乗に比例して大きくなることを確認できた。

4. おわりに

本研究では走行中の車両が障害物に衝突した場合の過渡応答解析の手法を確立し、その手法に基づいて汎用プログラムの開発に成功した。次に BS3 について計算と実験を行い次の成果を得た。

- (1) 部材に生じる応力は衝突速度の 1 乗に比例することが解析及び実験の双方から確認できた。
- (2) トラクタシヨベルのリンク機構の解析をするには、油圧回路の特性を考慮する必要がある。
- (3) サイドメンバの曲げ強さとクロスメンバのねじり強さを同等に設計することが重要である。
- (4) 第 1 次衝突に対しては構造形状の影響は小さく、これを省略しても、実用上の精度がある。

参考文献

岸, トラクタシヨベルの衝突振動, 三菱重工技報, Vol. 12 No. 4 (1975)