衝撃荷重を受ける各種材料の摩擦係数の評価

Evaluation of Friction Coefficient of Various Materials Subjected to Impact Load

○学 大島 直樹 (工学院大院) 正 小林 光男 (工学院大学)

学 田頭 和洋 (工学院大学) 正 後藤 芳樹 (工学院大学)

Naoki OHSHIMA : Kogakuin University, Nishishinjuku 1-24-2, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8677

Mitsuo KOBAYASHI : Kogakuin University, Nishishinjuku 1-24-2, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8677

Kazuhiro TAGASHIRA : Kogakuin University, Nishishinjuku 1-24-2, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8677

Yoshiki GOTOH : Kogakuin University, Nishishinjuku 1-24-2, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8677

Key Words : Coefficient of Friction , Impact Load , Materials , Static Friction , Measuring System , Experiment

1. はじめに

地震などの動的な外力が物体に作用した場合、物体の移動および転倒による人的被害は大きく、減災工学分野ではライフラインの確保と同様に重要な問題である。地震による物体の運動および転倒は接触している材料間の摩擦係数により影響を受けると考えられる。地震による震動及び衝撃が建物内の家具などの物体の運動を起こし、物体の運動及び倒壊により被害が発生すると考え、その被害防止のために、衝撃を受ける物体の挙動を明らかにする必要がある。本研究は、地震により生じる物体間の運動を摩擦の側面から考察するもので、静止摩擦及び運動摩擦とは別に、新たに衝撃摩擦係数として表現し、その必要性を示し、衝撃を受ける物体の運動から衝撃に対する2物体の接触面における各種材料の摩擦係数を求めるものである。

2. 実験

2.1 衝撃摩擦係数の求め方

衝撃及び振動などの動的な外力が物体に作用すると、物体の運動は材料間の摩擦係数により影響を受けると考えられる。衝撃に対する物体の摩擦は定義されていないため、本研究において、衝撃による物体の移動距離を求め、移動距離に対してこれを微少にした時(例えば0.1mm)の大きさを動き出す値として、静止摩擦係数のように求める。

2.2 衝撃摩擦係数測定装置

図1は、衝撃に対する物体の挙動を求めるために製作した試験機の概略図で、主要部を図2にを示す。この装置は圧縮荷重装置、振り子式ハンマー、ロードセルに固定された静止試料(硬さ基準片A)、リニアスケール上に置いた移動試料(硬さ基準片B)、リニアスケール、渦電流式非接触変位センサ、ロードセル、加速度ピックアップ、油圧方式の荷重荷重装置のポンプで構成している。また、摩擦面の試料は、HS71のショア硬さ基準片を使用している。また、応用とし地震等の減災を考慮して各種材料について身の回りにある材料を選んでいく。

2.3 実験方法

実験は、油圧ポンプにより摩擦面に垂直荷重を負荷し、衝撃(間接衝撃:リニアスケールの設置部分、直接衝撃:

移動試料)を与える。この時、移動物体の動きはリニアスケールの長手方向となるように錘により物体の動きに制約を与えている。従って、衝撃荷重に対する垂直荷重荷重 W 、物体に付けた錘の重さ F 、物体の移動距離 S (1/1000mm)を実験値として求める。ここで、 W と F の大きさと物体の移動距離の大きさが変化することになる。

Fig1 Summary of the testing equipment

Fig.2 Main part of device

3. 実験結果及び考察

初めに衝撃摩擦係数と比較するために基準値として同じ条件の試料について最大静止摩擦係数を測定する。各種材料について負荷荷重を変化させ求め基準とする。

図3及び図4に実験結果として衝撃の摩擦係数を示す。

Fig.3 Relations of energy and the coefficient of friction by the impact

Fig.4 Influence of tension force to the impact coefficient of friction

3.1 衝撃に対する物体の挙動

衝撃エネルギーを一定にした場合、負荷荷重 W と物体の移動距離 S の関係を引張り力 F をパラメータにして示すと、負荷荷重が大きいと移動距離は小さく、負荷荷重が低下すると移動距離が大きくなる傾向となり、引張り力が大きい程その傾向が強い。すなわち、負荷荷重が増加すると、移動距離が減少し、物体が動きにくくなる。この傾向は、 F が変化しても変わらず、 F が小さくなる程この傾向は益々顕著になる。また、衝撃エネルギーの変化及び潤滑状態の変化等により、当然物体の挙動も影響を受けることになり、衝撃エネルギーが増加すると、物体は動き易くなるが、潤滑の影響の解明はやや複雑で負荷荷重の依存性も見受けられると考える。

3.2 衝撃を受ける物体の摩擦係数の考え方

物体に衝撃が作用した場合の摩擦挙動は複雑で、静止摩擦係数の定義で、動き出す瞬間の力(動き出す瞬間を微小動きとして捉える)のつり合いから、いわゆる最大静止摩擦係数の考え方を使い、 $F = \mu I$ を適用する。ただし、 μI は衝撃の場合の摩擦係数である。

すなわち、物体に衝撃が負荷される場合、衝撃により移動物体に及ぼす F 方向成分の力を $f(x)$ とすると、移動物体は $\{F, f(x)\}$ という小さい力で動くことになる。動かこうとする瞬間の力を求めて、このときの摩擦係数 μI を衝撃摩擦係数と呼ぶ。ただし、 F は、移動物体の動き出す瞬間を移動物体の微小動きとして求めるものである。

3.3 衝撃摩擦係数

横軸に物体の微小動きをとり、それに対応する摩擦係数の変化を衝撃摩擦係数として求めたものである。最大静止摩擦係数の動き出す瞬間の捉え方により、静止摩擦係数でも微小動きを大きくとった場合、最大静止摩擦係数に近づいて行くことが推定出来る。衝撃摩擦係数は、ねじの締付けにおけるインパクトレンチ等の衝撃締付けによる締過ぎ及びねじの衝撃に対するゆるみ等の解明及びねじ締結体の設計に対する有効な注意点となると考える。

(1)引張り力が一定の場合：図2は、ステンレス鋼と炭素鋼の場合における、衝撃エネルギーに対して衝撃摩擦係数として表したものである。衝撃エネルギーが増加して行くと摩擦係数が急激に低下する傾向となっている。また、衝撃エネルギーが低い領域では摩擦係数のばらつきが大きく、衝撃エネルギーが1kJ以上では比較的ばらつきが小さい。そして引張り力及び材料についての影響はあまり明確では無い。

実験結果より、1N当たりの摩擦係数を求めると、各々 $0.0218 \cdot 0.0068 \cdot 0.0013$ と求まる。この3つのデータの平均をとると1KJで1Nあたりの衝撃摩擦係数の値は0.001となる。

(2)衝撃エネルギーが一定の場合：図4は、前述と同じ材料について衝撃エネルギーを一定にした場合、引張り力の変化に対応した摩擦係数の値を示したものである。引張り力が小さいと移動距離が小さくなり、衝撃エネルギーの大きさによって、衝撃摩擦係数にバラつきが生じている。

実験結果より、衝撃エネルギー1KJで1Nあたりの衝撃摩擦係数を求めると各々 $0.0007 \cdot 0.0023 \cdot 0.0205$ と求まる。この3つのデータの平均をとると1KJで1Nあたりの衝撃摩擦係数の値は0.069となる。

(3)以上の結果より、2つの方法から求めた結果、衝撃エネルギーが一定の場合の方が、引張力が一定の場合より、1KJで1Nあたりの衝撃摩擦係数の値が大きいことが分かった。

5. 結 言

- (1)衝撃摩擦係数を求めるために実験装置を設計・製作した。
- (2)衝撃摩擦係数は、微小動きの大きさで変化するが、最大静止摩擦係数より大幅に低く、設計上注意を要する。
- (3)衝撃による摩擦係数の値は、ステンレス鋼の場合0.035 鉄鋼の場合0.001となった。静止摩擦係数と比較しても小さな値である。また、引張り力が一定の場合で求めることにより、正確な値が求められることが分かった。

これらの原因を追究することで、地震などによる物体の運動を把握することが可能になり、減災に繋がることになる。