

金沢大学工学部 正 榊 谷 浩
 スイス工科大学 F. Descoeudres
 スイス工科大学 Cl.-Al. Schmidhalter

1. まえがき

落石による衝撃力の評価は、山岳道路の各種防護構造物の設計において重要な事項である。日本では緩衝材として最近では発泡スチロールの利用を含め多層構造も見られるようになってきた。しかし、その場合でも砂が緩衝材の一部として用いられ、大部分の覆工には砂だけが用いられているのが現状である。スイスはやはり山岳国であるため多くの防護工が建設されているが、落石ならびに斜面崩壊や雪崩などの災害が後を立たないのが現状である。防護工の設計に際して文献1に示す調査報告書が用いられているが、クッション材や衝撃力評価に関する記述はない。そのため、衝撃力評価を目的とし3種の砂を用いて落石実験を行った。本研究では、その実験結果の一部とその結果に基づいた衝撃力の評価方法について報告するものである。

2. 実験方法

Fig.1は実験施設を示した物である。実験は、実験室に掘られた深さ8mのホール底部に落石覆工の屋根部のモデルである鉄筋コンクリート板（縦横3.4m、厚さ20cm）を4点支持で設置し、コンクリートを充填した重錘を自由落下させ実験を行った。用いたコンクリートの圧縮強度は32.2MN/m²、縦弾性係数は29700MN/m²である。落石としてはコンクリートを鋼殻に充填した質量100kg,500kg,1000kgの3種類を用いた。クッション材として用いた砂の粒径加積曲線はFig.2に示す通りである。なお、コンクリート板上には圧力測定用にコンクリート用細骨材を10cmの厚さで敷いた。重錘衝突実験では、重錘の加速度、コンクリート板上での圧力、コンクリート板の変位、支点反力を測定した（Fig.3）。

3. 実験結果

Fig.4(1)と(2)は厚さ1.0mと0.5mであるCushion 1に対する落下高さと土圧衝撃力（クッション底での圧力の合計）の関係を示したものである。図中には参考のために次式で表される落石対策便覧式を示した。

$$P = 0.097L_s^{2/5}m^{2/3}H^{3/5} \quad (1)$$

ここに、 L_s はクッション材のラメ定数（980kN/m²）であり、 m は落石の質量(kg)、 H は落下高さ(m)である。これより、厚さ1.0mのCushion 1では、100kgの重錘で落石対策便覧式とほぼ

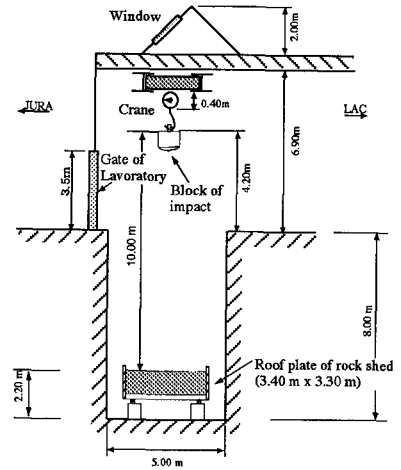


Fig. 1 Set-up of Impact Test

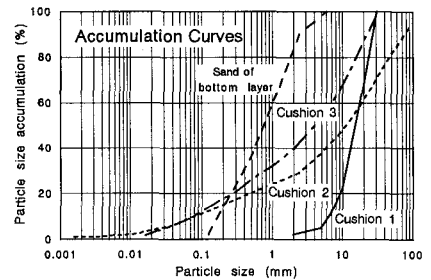


Fig. 2 Accumulation Curves of Cushions

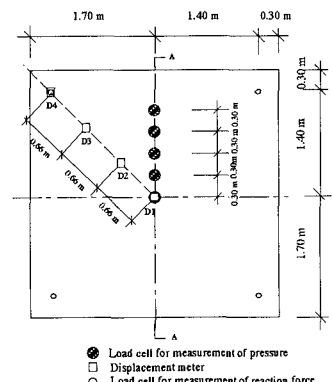


Fig. 3 RC Plate and Points of Sensors

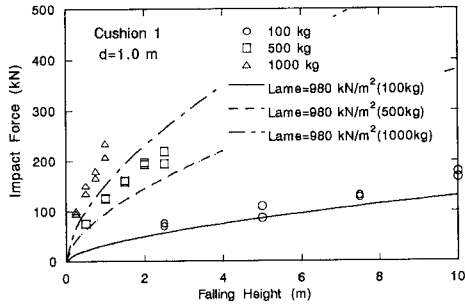
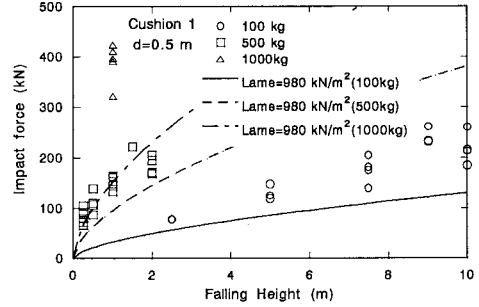

(a) Cushion 1, $d=1.0\text{m}$

(b) Cushion 1, $d=0.5\text{m}$

Fig. 4 Impact Force

同程度の衝撃力が発生しているが、500kgや1000kgでは落石対策便覧式よりかなり大きな衝撃力となっていることがわかる。クッション材の厚さを0.5mと薄くした場合には、衝撃力が当然大きくなっていることが確認できる。

一般に構造物の動的応答量よりある仮定のもとに等価衝撃力を求めることができる。ここでは、覆工屋根を1質点1ばね系と仮定し、応答量より等価衝撃力とコンクリート板に伝達されたエネルギーを求めた。Fig.5,6,7はおのこのCushion 1,2,3に対する落下高さで伝達されたエネルギーの関係を示したものである。ここに、 E_{int} は土圧衝撃力とコンクリート板の中央変位より求めた衝撃力の板に対してなす仕事、 E_{disp} はコンクリート中央部の最大変位と静的試験より得られた屋根部の等価ばねより求めた屋根部ひずみエネルギーであり、 E_{rec} は最大反力と等価ばねより求めたものある。これより、どのクッション材においてもエネルギー算定法が異なっているが、落下高さの増加に伴い伝達エネルギーは単調に増加していることが分かる。またクッション材が異なっても重錘の初期エネルギーの1%から2%程度であることがわかる。

4. あとがき

本研究では、3種のクッション材を用いた落石衝突実験結果の一部として、衝撃力と覆工屋根部へのエネルギー伝達について報告した。さらにデータ解析をすすめ衝撃力評価の一般化について検討していきたいと考えている。実験のデータ処理には不破貴宏氏（現名古屋鉄道株式会社）に協力頂いた。ここに深く感謝する。

参考文献

1)Heierli W., Merk A., Temperli A. : Protection contre les chutes de pierres (2e édition), Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie office fédéral des routes, Nov. 1985.

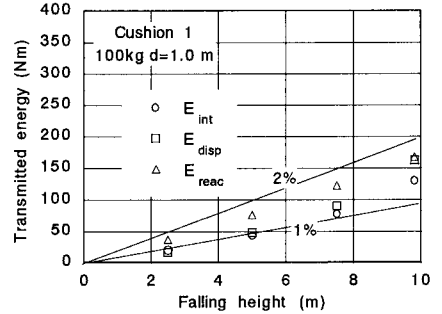


Fig. 5 Transmitted force (Cushion 1)

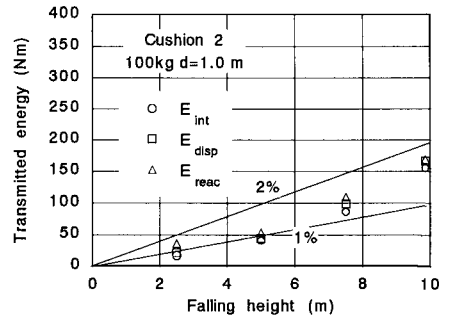


Fig. 6 Transmitted force (Cushion 2)

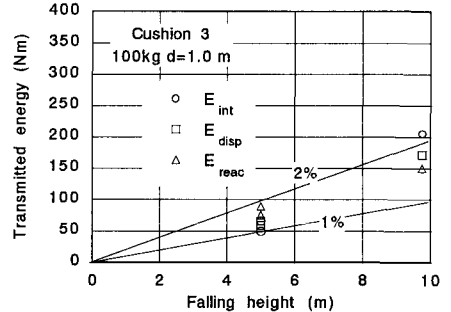


Fig. 7 Transmitted force (Cushion 3)