

I - B217

斜面を転倒する落石の落石速度と衝撃力

熊本工業大学工学部 正会員 村田重之
 同 上 正会員 渋谷秀昭
 同 上 学生会員 関屋角栄

1. まえがき 平成5年6月18日熊本県小国町杖立温泉で豪雨による斜面崩壊が発生した。このとき崩壊した斜面の下方には落石防護壁が設置されていた。しかし、流れ出した土砂圧力で防護壁は崩壊し災害を拡大する働きをしてしまった。この防護壁には設計荷重以上の外力が作用して破壊したものと思われる。落石による衝撃力に関する研究はすでに数多くのものがあるが、その多くは空中を鉛直に落下した場合のもので、斜面を転倒してくる落石の衝撃力に関するものはわずかである。落石防護壁の設計荷重として動的な外力をいかに決定するかについてはまだ不明な点が多く残されているようである。この研究では中型の模型斜面を作製し、落石によって発生する衝撃力を実験的に明らかにして設計に役立つような実験式の確立を目指している。今回は斜面長さ6mで実験を行った。衝撃力の計測では、衝撃力の測定に適しているといわれている圧電素子型ロードセルで計測した。さらに落石速度の計測を行い、運動エネルギー等についても検討した。

2. 実験装置および実験方法 実験装置の概略を図1に示す。合板を使って幅35cm、斜面長6m、側壁幅35cmの斜面を作成した。斜面の勾配は自由に変えられる構造になっている。実験装置では落石の衝撃力を受ける部分が最も重要な部分で、落石がどこに当たっても衝撃力が正確に測定できるように二重の鋼鉄製の箱を作製した。内側の箱には上下左右の側面に4個のボルト・ナットを取り付けてスムーズに移動できるようになっている。落石はその鋼鉄製の箱に衝突し、そのときの衝撃力がロードセルに伝わるようになっている。実験に用いた落石には碎石を使用している。碎石の重量は400g、600g、800g、1000gおよび1200gである。これらを転倒距離3m、4m、5mおよび6mの位置から自然落させた。斜面勾配は30度、40度および50度である。1ケースについての実験回数は30~40回である。

3. 実験結果 図2(a)、(b)および(c)は、落石重量が400gで斜面角がそれぞれ30度、40度および50度の場合の落石速度の結果を示している。これらから斜面角が大きくなるほど落石速度が増加するといえる。また、またいづれの斜面勾配でも転倒距離に比例して落石速度が速くなることがわかる。図3には落石重量によって落石速度がどのように変化するかを示しているが、この実験の範囲では落石速度は落石重量に関係なく一定であるといえる。したがって、運動エネルギーは落石重量によって一義的に決まると考えられる。

図4(a)、(b)および(c)は落石重量が1200gで、斜面角が30度、40度および50度の場合の衝撃力の値を示している。図中の衝撃力は測定された値の最大値をプロットしている。測定値にばらつきが生じているのは碎石の転倒経路が変わったり、側壁に接触する回数などが様々ではないことから生じたものと考えられる。これから転倒距離が長くなるほど衝撃力がほぼ直線的に大きくなっている。また、勾配が大きくなるほど衝撃力も大きくなっている。このような傾向は他の落石重量の実験でも同様であった。

落石による衝撃力(y)に影響を及ぼすと思われる要因としては、落石重量(x_1)、転倒距離(x_2)、斜面角(x_3)が考えられる。これらの要因に基づいて衝撃力を推定する線形回帰式を重回帰分析によって求めると、

$$y = -371.6 + 6.45x_1 + 39.0x_2 + 0.0320x_3$$

が求められ、この実験式から衝撃力を推定することができる。また、これらの要因がすべてが統計的に有意であることが確認されている。さらに、これらの標準回帰係数(β)の大きさを比べることで衝撃力への寄与度を比較でき、最も大きいのが落石重量、ついで斜面角、落下距離の順になっている。地表面の状況や種類が衝撃力に影響

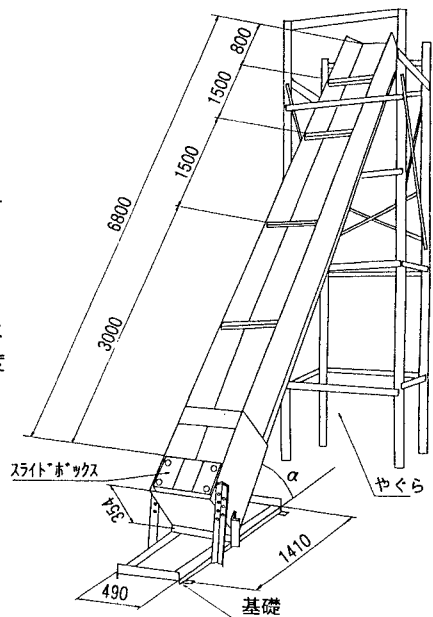


図1 落石実験装置の概略図

響することも考えなければならないが、これについても今後実験的に検討していく予定である。

4. まとめ 落石速度は落石重量には関係なくほぼ一定である。したがって、落石の運動エネルギーは落石重量によって決まると考えられる。落石の衝撃力は、落石重量、転倒距離および斜面角と直線的な相関があり、重回帰式で表現することができる。これらの要因の衝撃力への寄与度は落石重量が最も高く、ついで転倒距離、斜面角の順である。謝 辞：実験に取り組んでくれた本学卒業生の大隈哲也君と福本基義君に感謝の意を表す。また、本研究には平成8年度文部省科学研究費補助金 一般研究(c)の補助を受けた。記して謝意を表す。

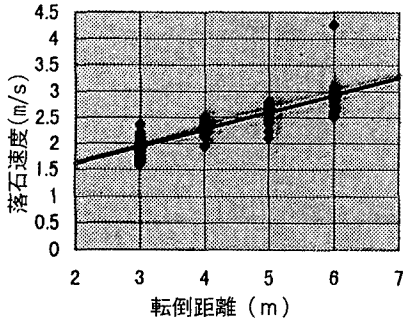


図 2 (a) 落石速度と転倒距離との関係 (400g, 30度)

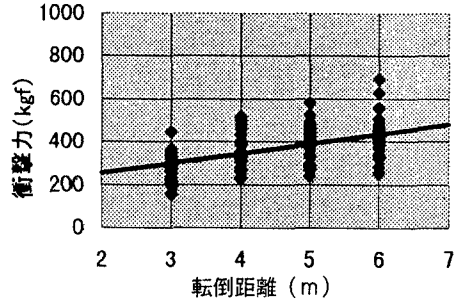


図 4 (a) 衝撃力と転倒距離との関係 (1200g, 30度)

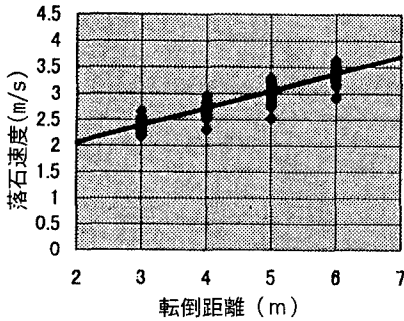


図 2 (b) 落石速度と転倒距離との関係 (400g, 40度)

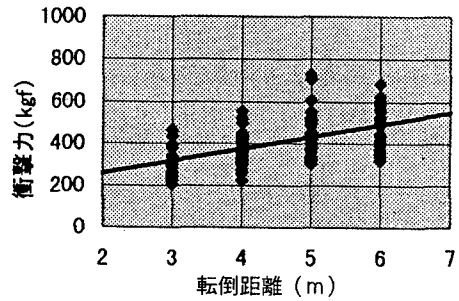


図 4 (b) 衝撃力と転倒距離との関係 (1200g, 40度)

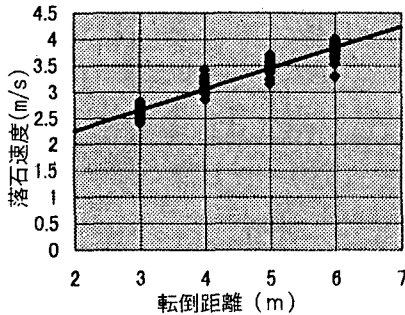


図 2 (c) 落石速度と転倒距離との関係 (400g, 50度)

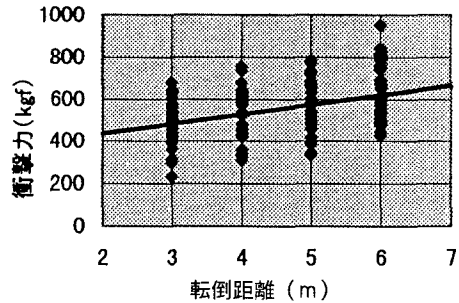


図 4 (c) 衝撃力と転倒距離との関係 (1200g, 50度)

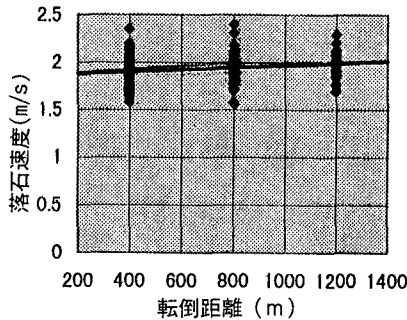


図 3 落石速度と落石重量との関係 (距離 3 m, 30度)