

崩土の衝撃荷重の時間変化に関する実験的研究

国土技術政策総合研究所 ○内田太郎, 曾我部匡敏, 寺田秀樹
八千代エンジニアリング 松田義則, 吉川修一, 亀田信康

1 はじめに

斜面崩壊に対する工法のうち待受け式擁壁工は斜面を改変することがないため、植生を残したままで崩壊対策を行なうことが出来るなどの利点がある。従来、待受け式擁壁の設計に際して、地盤の変形を考慮することはなかったが、地盤の変形を考慮した場合、擁壁の断面は従来の設計法に従い設計した場合に比べて小さくなる可能性が考えられる。一方、地盤の変形を考慮した擁壁の設計法を開発するにあたっては、崩土の作用エネルギー、衝撃荷重の時間変化に関する推定手法が不可欠である。

これまで、崩土の挙動に関しては、水路等を用いた実験が行われ(芦田ら, 1986; Iverson et al., 2000 など)、崩土の流動機構の数値モデルが提案されてきた(宮本, 2002 など)。また、崩土が構造物に作用する衝撃荷重に関する検討も室内実験により検討されてきた(仲野・右近, 1984 など)。しかしながら、現在まで、崩土の衝撃荷重の時間変化に関する推定手法は確立されていない。そこで、本研究では、衝撃荷重の時間変化の推定手法確立に向けて室内実験を行い、崩土の流下速度、流動深、流下方向、衝撃荷重の時間変化を崩土の条件を変化させて測定した。

2 実験方法

実験は国土技術政策総合研究所地すべり模型実験施設内の崩土流動実験装置を用いて行った。崩土流動実験装置上流端にある土砂供給装置から、川砂と礫を混合した試料(最大粒径 19.0mm、50%粒径 2.3mm)を勾配 45° の実験斜面に流下させる方法で行った。崩土量は 0.1、0.25、0.5、0.75、1.0m³ の 5 ケースとした。崩土を斜面途中に設置した衝突荷重計測装置に衝突させ、衝撃荷重の時間変化を測定した。崩壊箱から衝突荷重計測装置の受荷台までの距離は 4.25m である(図 1)。

衝突荷重計測装置として、圧縮型ロードセル CLA-NA(東京測器研究所: 荷重に対する変位量 7.0×10^{-4} mm/kN)とばね(荷重に対する変位量 1.0×10^2 mm/kN)を用いた 2 種類のものを作成した。ロードセルを用いた装置(以下、「ロードセル装置」と呼ぶ)では、受荷台背面に 3 台のロードセルを取りつけ、荷重を 1000Hz で測定した。また、ばねを用いた装置(以下、「ばね装置」と呼ぶ)では、受荷台背面に 4 本のばねを取り付け、受荷台の変位量をレーザー変位計を用いて測定し、校正試験により求めたばね定数を用いて荷重に換算した。

また、高速ビデオカメラを用いて撮影した画像から、受荷台から上流に 25cm の地点において崩土の流速、流動深、堆積深、流下方向(斜面に対する角度)を 0.05 秒間隔で測定した。

3 結果と考察

3.1 衝撃荷重の波形

図 2 にロードセル装置で測定した衝撃荷重の波形を示した。高

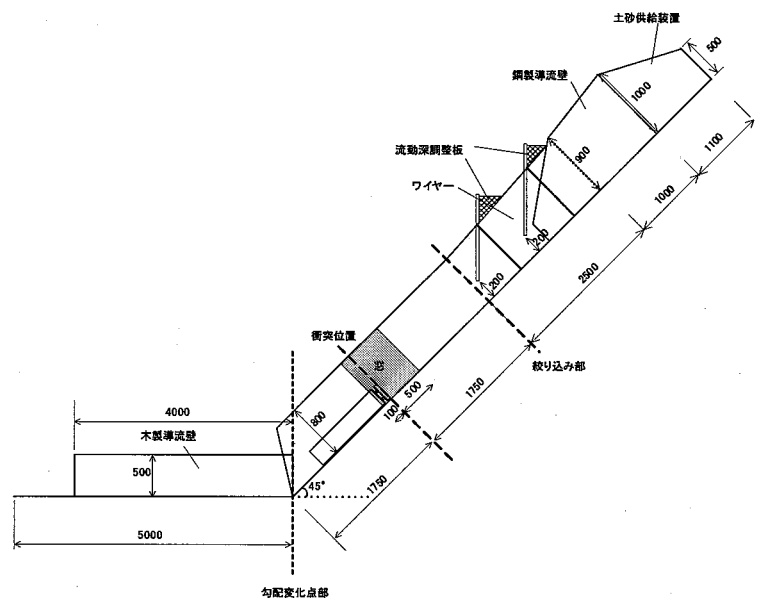


図 1 実験装置

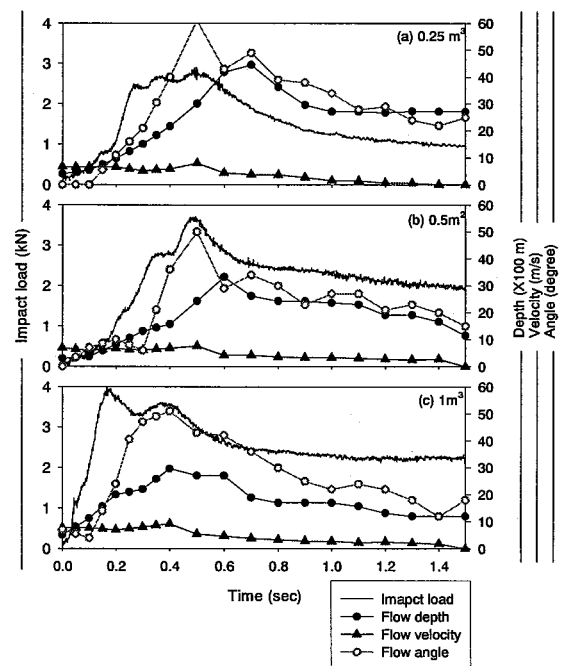


図 2 実験結果

速ビデオで測定した流下速度、流動深、流下方向をあわせて示した。

いずれのケースも衝突開始後、荷重は急激に増大した。増大速度は、崩土量が多いケースほど、大きくなった。最大荷重の出現時間は衝突開始後 0.15～0.5 秒と幅があった。荷重の最大値は崩土量が 0.1 (1.5 kN)、0.25 m³ (2.8 kN) のときは 0.5 m³ はときに比べて小さいが、崩土量が 0.5 m³ 以上のときは崩土量によらずほぼ同程度 (3.6～4.0 kN) であった (図 3)。また、いずれの実験においても、荷重は 2 または 3 つのピークを持つ波形を示した。衝突開始から 1～1.2 秒以後は、荷重の変化は小さく、荷重の大部分はほぼ受荷台より上部に堆積した崩土の堆積土圧であったと考えられる。

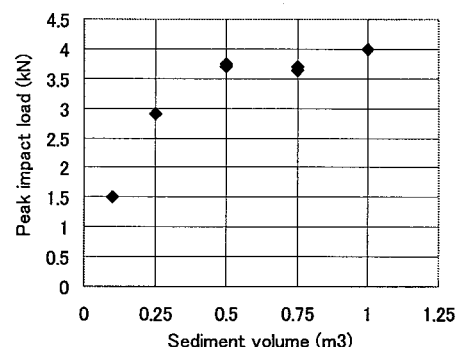


図 3 崩土量-ピーク衝撃荷重の関係

3.2 受荷台の変位量が衝撃荷重に及ぼす影響

図 4 において崩土量 0.25、0.5、1.0m³ のケースのロードセル装置及びばね装置の荷重波形の測定結果を比較した。受荷台の変位量はロードセル装置、ばね装置でそれぞれ 10⁻³mm 以下、50～70mm であった。

ピーク荷重までの荷重の増加過程においては、0.5 m³ のケースの衝突後 0.05～0.35 秒を除くと、衝突開始からの経過時間が同じ時刻のばね装置とロードセル装置の荷重測定値の差は 1kN 以下であった。

一方、低減過程においては、顕著な差が見られ、ロードセル装置測定値の荷重は、ばね装置測定値の荷重の低減に比べて、ピーク後速やかに低下した。

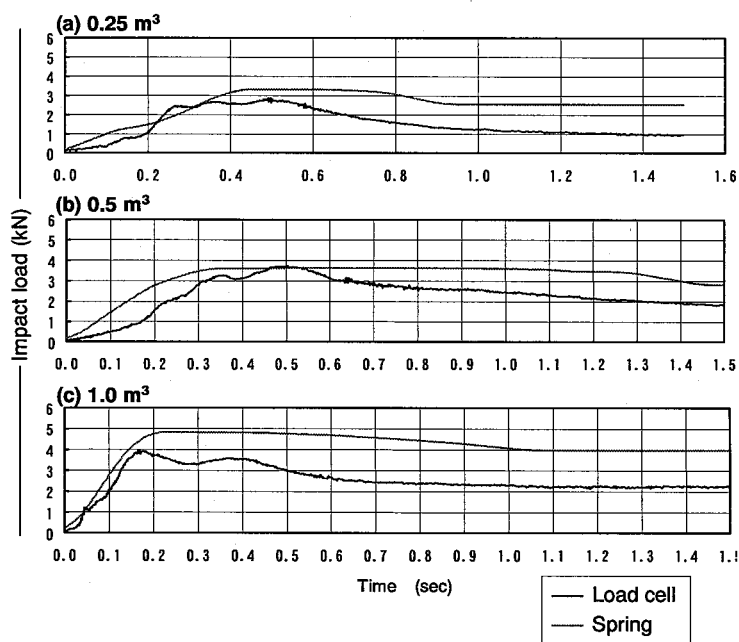


図 4 ロードセル装置とばね装置の測定衝撃力波形の比較

3.3 崩土量と作用時間の関係

図 5 には、実験ケースごとに測定されたサンプリング時刻ごとの荷重を大きい順に並べ替えた結果を示す。また、荷重は各実験ケースの最大値で除した。図より、崩土量にかかわらず、衝撃荷重のピーク値の 80%以上の荷重の継続時間は 0.4 秒以下、70%以上の荷重の継続時間は 0.55 秒以下であることが分かる。また、図より、衝撃荷重の継続時間は 0.8 秒程度であると考えられる。

4. まとめ

衝撃荷重の時間変化の実態を把握する目的で、室内実験を行った。その結果、①受荷台の変位量の違いが荷重に及ぼす影響は荷重のピーク時刻までは小さいこと、②崩土量に関係なく衝撃荷重のピーク値の 80%以上の荷重の継続時間は 0.4 秒以下、70%以上の荷重の継続時間は 0.55 秒以下であること、

③ピーク衝撃荷重は崩土量に依存するが崩土量の増大にともないその依存性は小さくなることが明らかとなった。

ただし、これらの結果は乾燥砂を用いて行った実験の結果であることに注意が必要であると考えられる。すなわち、実際の急傾斜地斜面においては落石、岩盤崩落に近い現象から、湿潤土砂が流下する現象、本実験に近い現象まで様々な崩土の流下現象が生じていると考えられる。今後、様々な条件における、衝撃力、作用エネルギーについて検討を行う必要があると考えられる。

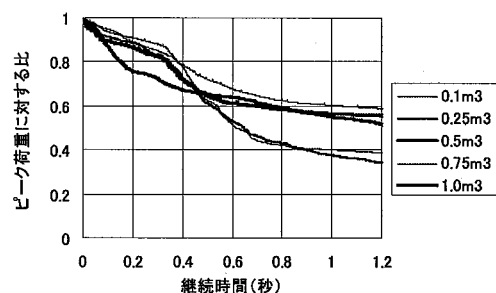


図 5 継続時間と崩土量の関係

参考文献 芦田ら(1984)斜面における土塊の運動・停止機構に関する研究、京大防災研年報27、331-340/Iverson et al. (2000) Acute sensitivity of landslide rates to initial soil porosity, Science, 293, 513-516/宮本(2002)土塊の運動の2次元数値シミュレーション、砂防学会誌55(2)、5-13/仲野・右近(1984)崩土の衝撃力実験報告書(I)、土木研究所資料2131