

岩盤上の表土が落石の跳ね返り速度に及ぼす影響に関する研究

2010.9.17 徳島大学

(株)第一コンサルタンツ
日本プロテクト(株)

右城 猛, 楠本雅博
加賀山 肇

研究の内容

2010/9/17 右城猛

- 運動形態には、転がり、すべり、飛行、衝突があるが、落石の運動は「飛行と衝突」を繰り返すバウンドが主体的である。
- 落石の運動の予測問題は、衝突による運動の変化を予測する問題。
- 平坦に仕上げた岩盤の上にコンクリート球を直接あるいは表土を被せた人工地盤に自由落下させ、地盤の破壊形態を観察すると共に衝撃加速度を測定し、跳ね返り速度を求めた。
- 跳ね返り速度の算定法を提案し、その妥当性を確認した。

自由落下実験

2010/9/17 右城猛

岩盤面への落下



盛土厚1.8mへの落下



加速度計の性能



半導体加速度計
周波数帯域 430Hz以上
応答周期 0.0023秒
有効計測範囲-1690 ~ 1690m/s²
感度誤差 ±8%



盛土厚1.8mへの落下

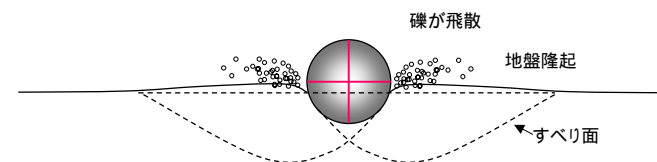
2010/9/17 右城猛



衝突と同時に破線の範囲の地盤が浮き上がる。その後球が右方向にロッキングを開始する。



球が右にロッキングを継続。付近の土が飛散する。



衝突で球が地盤にめり込むと同時に周辺の地盤が隆起する。その後、周辺の礫が飛散する。

衝突面の状況

2010/9/17 右城猛



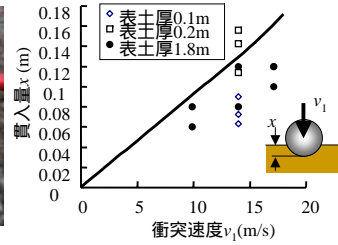
岩盤の変形による窪み(落下高4m)
窪みの直径14~15cm, 深さ1cm



岩盤の節理面に沿ったくさび状破壊(落下高6m)

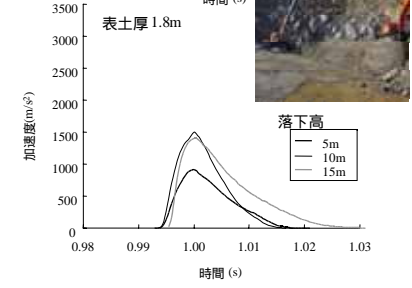
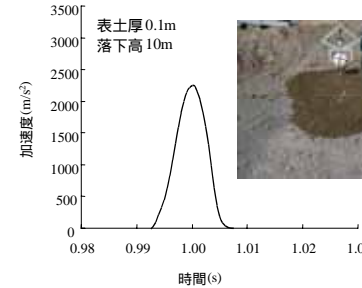
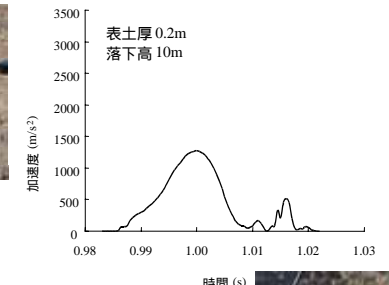
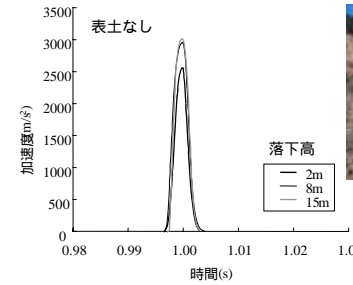


土砂の窪み



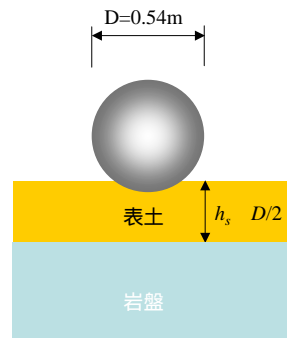
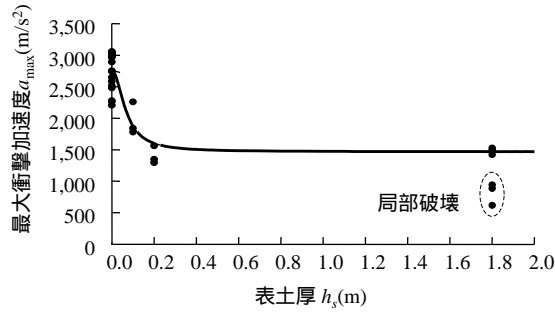
加速度波形

2010/9/17 右城猛



表土厚と加速度の関係

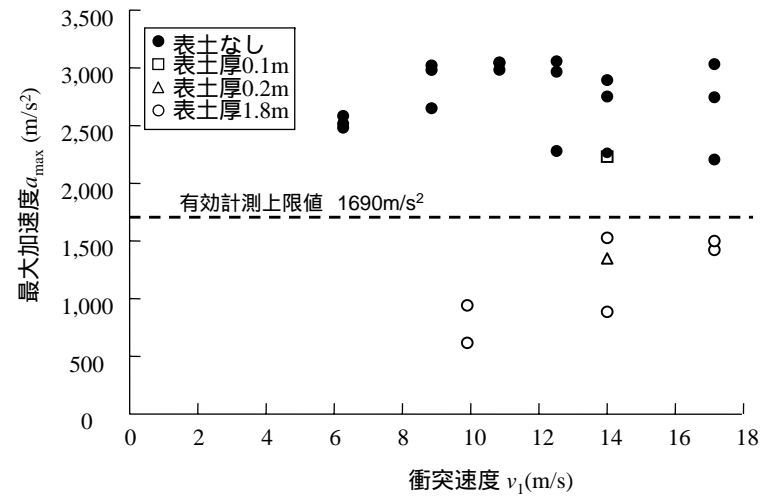
2010/9/17 右城猛



表土厚さが落石の半径(20~30cm)程度あれば
 反発係数は土砂地盤と同じ

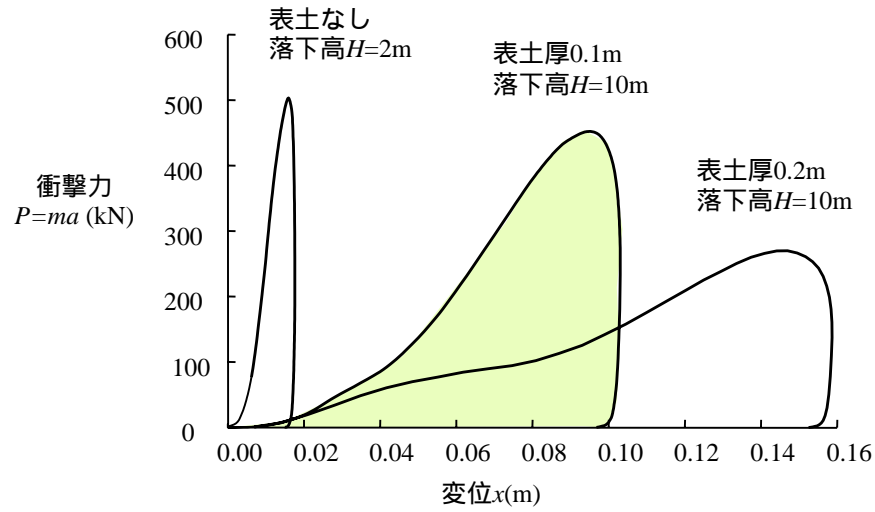
衝突速度と加速度の関係

2010/9/17 右城猛



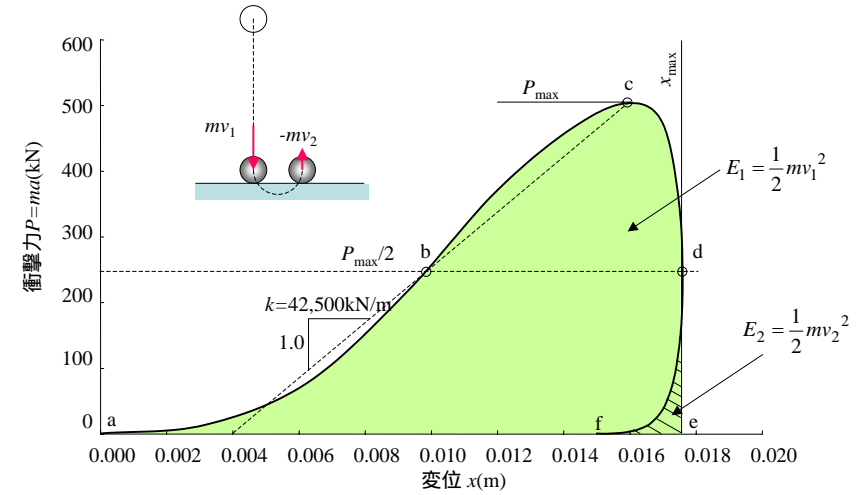
衝撃力と変位の関係 1

2010/9/17 右城猛



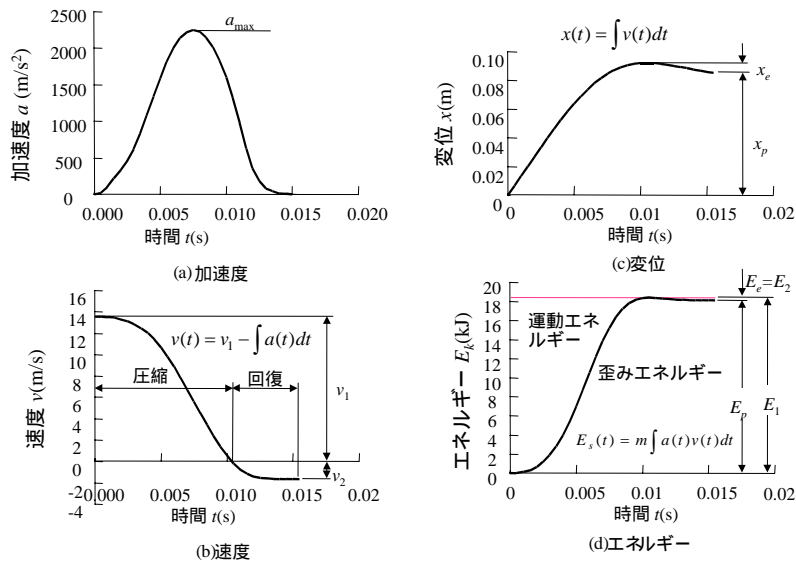
衝撃力と変位の関係 2

2010/9/17 右城猛



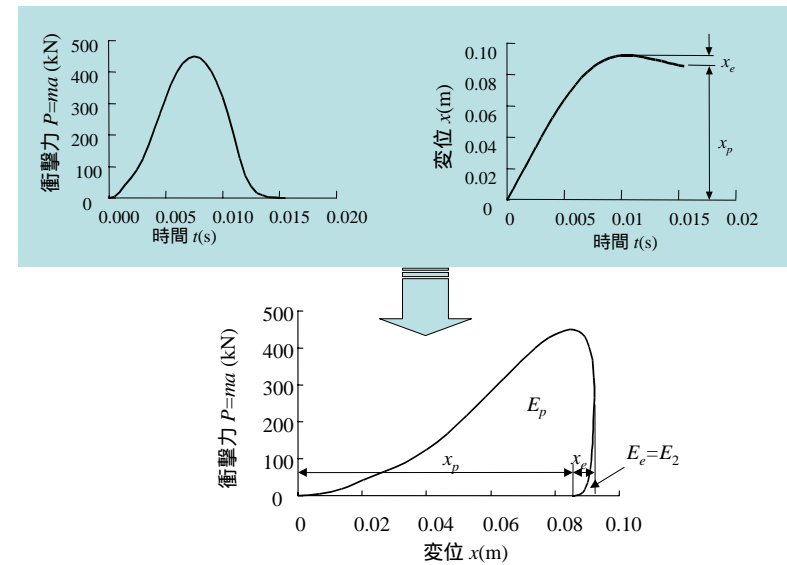
衝突期間中の挙動 1

2010/9/17 右城猛



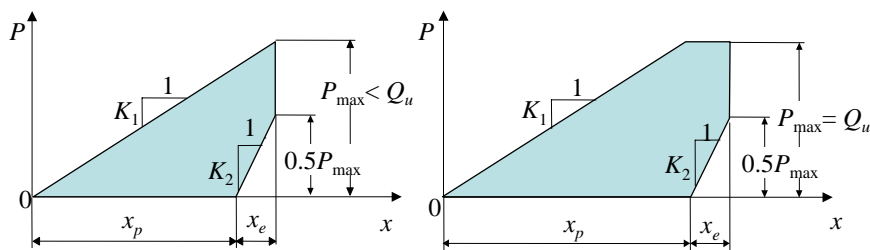
衝突期間中の挙動 2

2010/9/17 右城猛



跳ね返り速度(係数)の算定法

2010/9/17 右城猛



(a) $P_{\max} < Q_u$

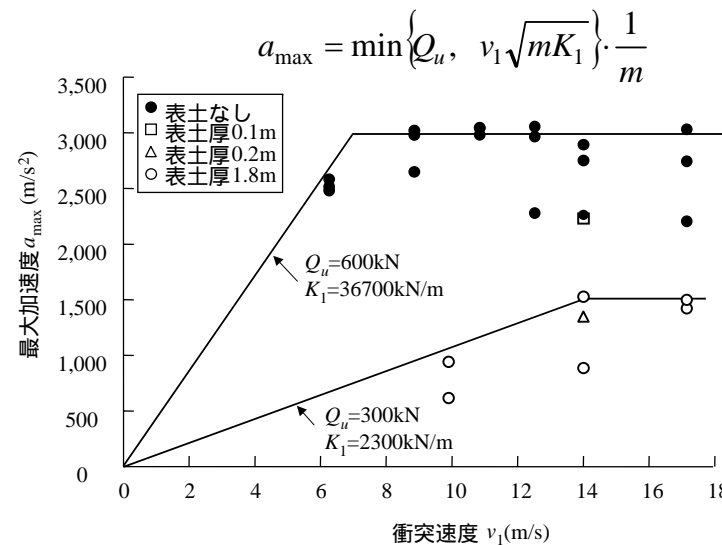
(b) $P_{\max} = Q_u$

最大衝撃力 $P_{\max} = \min\{Q_u, v_1\sqrt{mK_1}\}$ 跳ね返り速度 $v_2 = -\frac{a_{\max}}{2} \sqrt{\frac{m}{K_2}}$

最大加速度 $a_{\max} = \frac{P_{\max}}{m}$ 跳ね返り係数 $e = -\frac{v_2}{v_1}$

衝突速度と最大加速度の関係

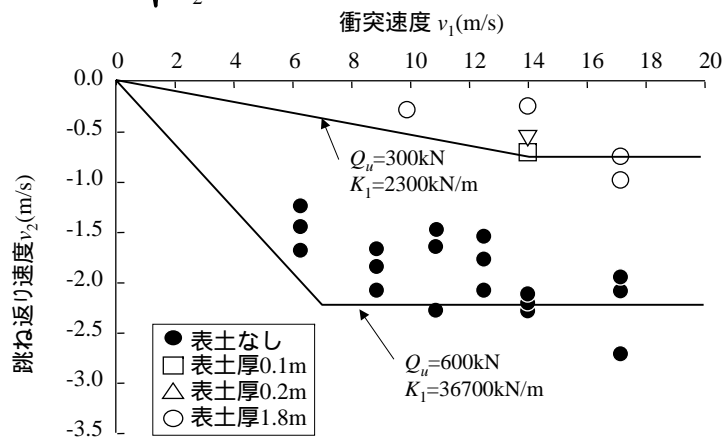
2010/9/17 右城猛



衝突速度と跳ね返り速度

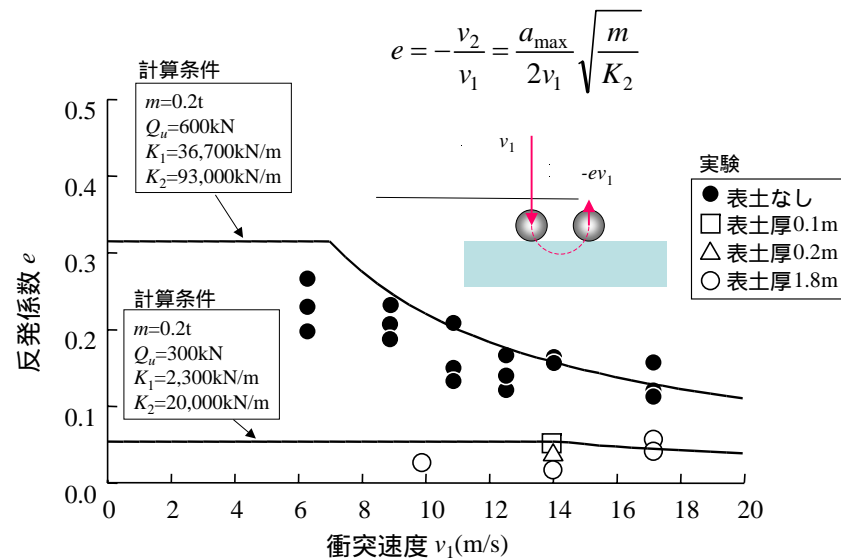
2010/9/17 右城猛

$$v_2 = -\frac{a_{\max}}{2} \sqrt{\frac{m}{K_2}}$$



跳ね返り係数

2010/9/17 右城猛



- 衝突速度が速くなると地盤がせん断破壊するので加速度はある値以上にはならない。
- 反発係数は、衝突速度が小さい範囲では一定値を示すが、衝撃力が地盤支持力に達すると衝突速度の増大に伴い減少する。
- 岩盤上に落石径程度の表土を被っていると、跳ね返り速度は土砂地盤と同じになる。
- 地盤の支持力 Q_u 、圧縮期間のばね定数 K_1 、回復期間のばね定数 K_2 を適切に求めることができれば、提案した方法で反発係数を予測することができる。