

土石流によって生じる河床地盤振動の特性を明らかにするための 個別要素法を用いたアプローチ

(株)ニュージェック 正会員 ○山田 雅行 正会員 八木 悟 非会員 羽田 浩二
(株)ニュージェック 非会員 藤野 義範 正会員 深津 宗祐
国土交通省 正会員 高原 晃宙 東京理科大学 非会員 栗田 哲

1. はじめに

土木研究所^{例え 1,2)}において振動検知式土石流センサーの開発が行われるなど、振動センサーを用いて土石流の規模や発生回数、移動速度の推定がかねてより行われている^{例え 3)}。大角ら(2006)⁴⁾は、継続時間や周波数特性に着目して、土石流の振動を地震やノイズと区別することを試みているが、その振動の特性や成因にまでは言及されていない。一方、現在までに数多くの土石流シミュレーション^{例え 5)}も行われているが、河床はせん断抵抗力、侵食・堆積による諸量の交換境界として定式化されているに過ぎない。MPS 法、SPH 法、個別要素法(DEM)といった粒子をモデル化した手法^{例え 6)}においても、陽に河床をモデル化している例は見当たらない。そこで、著者らは、土石流によって生じる河床地盤振動の特性や成因を明らかにすることを目的として、個別要素法を用いたアプローチを試みた。

2. 土石流によって生じる河床地盤振動を模擬するための個別要素法を用いたモデル化

土石流によって生じる河床地盤振動は、土石流内の岩石粒子と水粒子が河床に衝突することによって生じると考えられる。そこで、岩石をある高さから、河床と考えた地盤に落下させることによって模擬することとした。なお、今回、水は考慮していない。

河床地盤は C_L 級と考え、物性は $V_s=1.0\text{km/s}$ ($G=2200\text{MPa}$)、 $V_p=2.2\text{km/s}$ ($E=6000\text{MPa}$)、 $\rho=2.2\text{t/m}^3$ とした。河床要素間の強度は破壊を許容しない十分に大きな値とした。ただし、河床地盤と後述の落石との間の圧縮強度は 12MPa 、引張強度は 0MPa に設定した。河床は、 x 方向： $-10\sim+15\text{m}$ 、 y 方向： $-10\sim+10\text{m}$ 、 z 方向： $0\sim5\text{m}$ の領域とし、要素半径 0.1m の要素でモデル化した(図-1)。

落石要素は3種類作成した。落石-1は半径 0.125m の単体要素、落石-2は要素半径 0.25m に近くなるように半径 0.1m の要素の最密六方集合から要素7個を切り取った集合体要素(図-2)、落石-3は要素半径 0.5m に近くなるように半径 0.1m の最密六方集合から要素55個を切り取った集合体要素とした。ただし、集合体要素の内部の強度は破壊を許容しない十分に大きな値とした。また、岩の河床への衝突速度が時速 30km と仮定し、落石の落下高さを 4m とした。

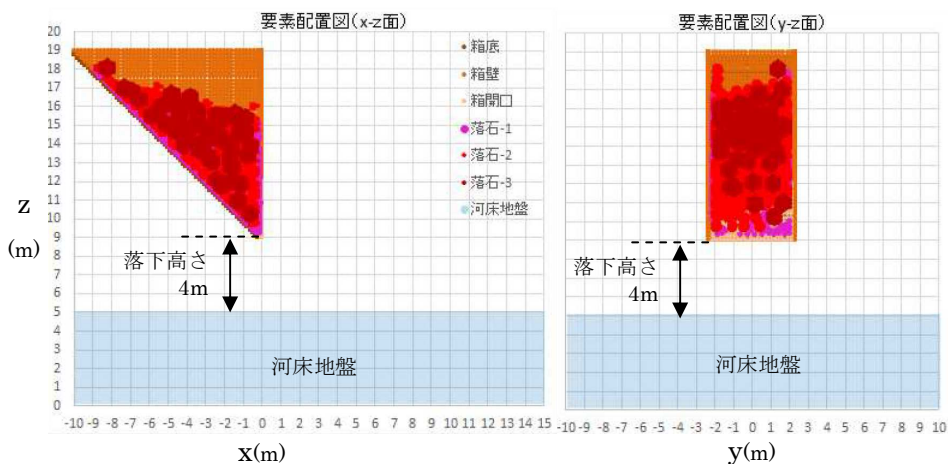


図-1 初期要素配置図($t=0.0\text{s}$)

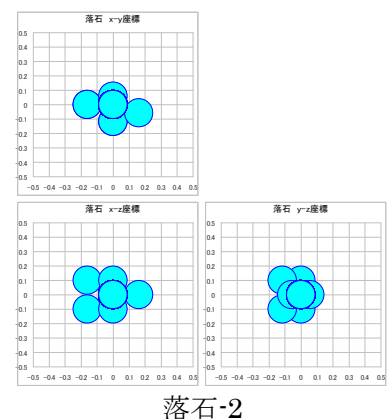


図-2 落石要素(集合体要素)

キーワード 土石流, 河床地盤振動, 個別要素法(DEM), 振動特性, 距離減衰

連絡先 〒531-0074 大阪市北区本庄東2丁目3番20号 (株)ニュージェック 技術研究チーム TEL 06-6374-4238

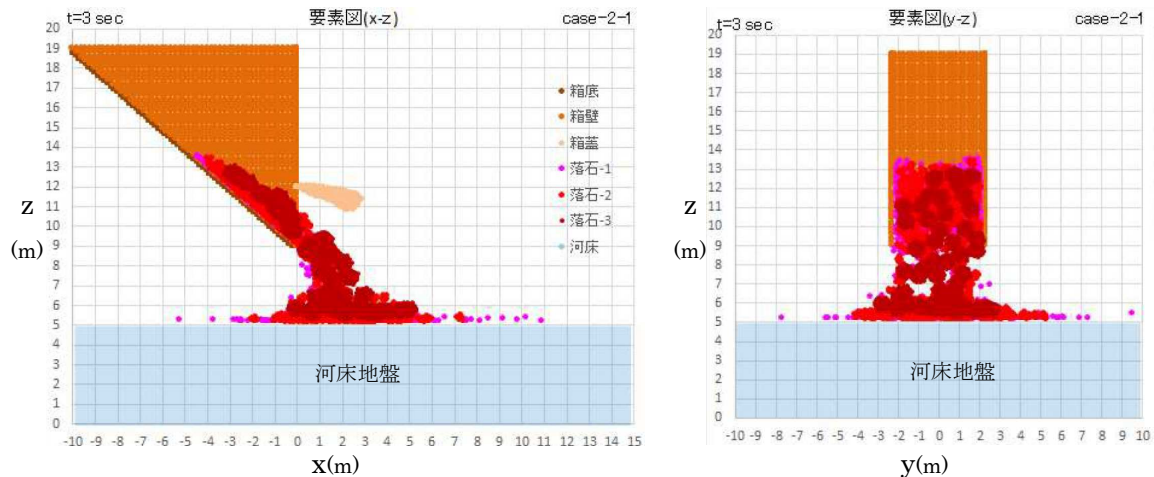


図-3 落石の様子(t=3.0s)

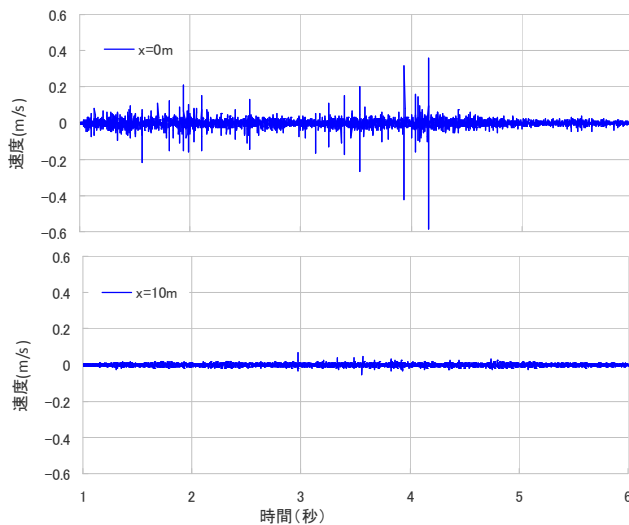


図-4 河床地盤振動時刻歴波形(速度, z 成分)

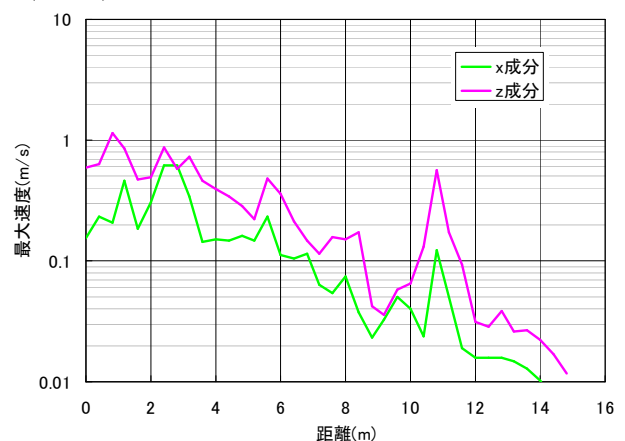


図-5 最大速度振幅の距離減衰

3. 計算結果

図-3 に $t=3.0s$ の落石の落下の様子を示す。落石が河床要素に連続して衝突していることがわかる。図-4 は $y=0m$ における $x=0m$ と $x=10m$ の位置の時刻歴波形(速度, z 成分)である。図-5 は $y=0m$ における最大速度を x 方向の距離に対してプロットした図である。最大を示す $0\sim 2m$ 付近に対して、 $10m$ 離れると $1/10$ 程度まで減衰していることがわかる。

4. おわりに

落石を河床に衝突させることによって、土石流によって生じる河床地盤振動を模擬する計算を行った。通常観測できない土石流直下の河床地盤振動を仮想上ではあるが表現できているものと考えられる。その最大速度振幅は $10m$ 離れると $1/10$ 程度まで減衰することがわかった。今後は、流量、流速、河床の剛性などを変化させ、河床地盤振動の特性や成因に言及していく予定である。

謝辞 個別要素法の計算に関して、白井義朗博士に多大なるご助言、ご協力をいただいた。

参考文献

1)土木研究所：振動検知式土石流センサー設置マニュアル(案)，土木研究所資料 第 3974 号，2005. 2)柳町，能和，武澤，山越，石塚：新型振動検知式土石流センサーの開発および実用化に向けた検討，第 60 回平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集，p.524-525，2011. 3)武澤，神野，柳町，山越，田村：地盤振動を活用した土石流の移動速度推定手法の提案，土木技術資料，51-9，pp.10-15，2009. 4)大角，長山，榎納：振動センサーによる土石流・地震・ノイズ識別検知に関する一考察，砂防学会誌，Vol.59，No.3，p.38-43，2006. 5)中谷：GUI を実装した汎用土石流数値シミュレーションシステムの開発と適用，京都大学学位論文，2010. 6)前田：DEM の基礎・特徴および斜面災害解析への応用例，砂防学会誌，Vol.67，No.5，p.64-70，2015.