斜面上を運動する粒子群によって誘起される波の発生・伝播機構に関する実験的研究

大阪市立大学大学院　正会員　重松孝昌
大阪市立大学学術交流課　小池敏也
大阪市立大学大学院　学生会員　○河野哲也

１．はじめに

斜面の滑落・崩壊に伴って発生する土塊や岩石等の粒子群の運動により，波が発生する場合がある．このような斜面上を運動する粒子群によって誘起される波の生成・伝播機構は未だ十分に解明されているとは言い難い．重松ら[1)]は，粒子群の初期位置や斜面角度等の条件と生成される波の諸元や伝播特性を検討するために，パラメトリックな実験を行っている．しかし，後述するように金属板を鉛直上向きに引き上げていたので，初期粒子位置が水面下にある場合に，金属板から水滴が落下して実験結果に影響を及ぼしていると思われた．そこで本研究では，金属板を鉛直下向きに引き下げて実験を行い，両実験による結果の相違について検討した後，生成波の諸元と粒子群の初期条件との関係について検討した．

２．実験概要

図-1 に実験装置の概要を示す．実験には長さ 4m，幅 0.25m，高さ 0.5m のアクリル製の水槽を用いた．斜面角度 θ は 30，45，60deg.の３通りとした．この斜面にはスリットが設けられており，スリットに金属板を差し込み，斜面と金属板との間に任意の量の粒子群を配置した．この状態から金属板を鉛直下向きに引き落とすことで，粒子群が斜面上を落下する．金属板には加速度計を取り付け，金属板の運動開始時刻を時間軸の原点としてデータ整理を行った．水深は h=10, 20, 30cm，また，粒子量は V=4.6，13.7，50.2cm^3/cm と，それぞれ変化させて実験を行った．粒子群の運動に誘起される水面変動は，**図-1** に示すように６本の容量式波高計を用いて計測した．粒子群の初期位置は，水面から粒子群下端までの距離 z_0 が z_0=-20～20cm となるように変化させて実験を行った．なお，z_0 は水面より上にある場合を正とした．実験結果の解析にあたって，波はゼロアップクロス法によって定義した．

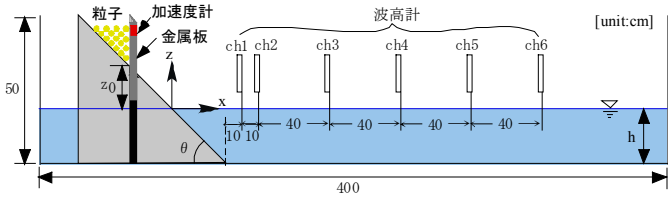
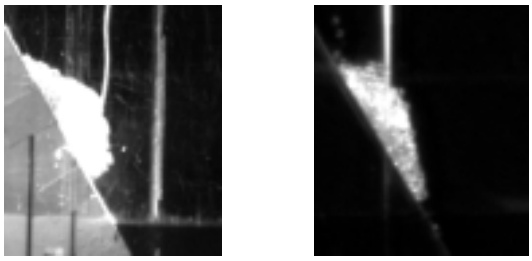


図-1　実験装置

３．実験結果

図-2 は，初期状態として粒子群が水面よりも上にある場合（z_0=+5）に，金属板を引き下げた場合と引き上げた場合の，その直後（18/125 秒後）における粒子群の形状を比較したものである．同図によれば，金属板を引き下げた場合には粒子群の上部から変形し始めるのに対して，引き上げた場合は下部から変形し始めることが分かる．このように，金属板の除去方法によって粒子群の変形過程が異なるため，生成波の諸元は両者で多少異なるものの，大きな差異は見られなかった．以後には，本実験によって得られた結果を述べる．

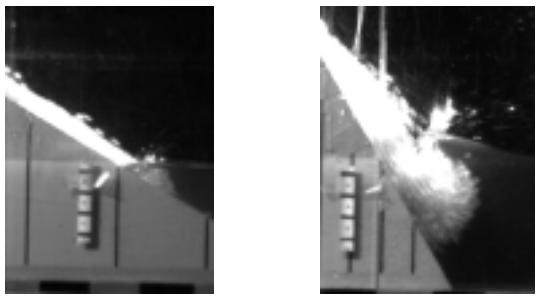
図-3 は，初期状態として水面より高い位置にあった粒子群が，運動を開始してある一定の時間が経過した後の形状を示したものである．θ=30deg.の場合と比較すると θ=60deg.の場合の方がより大きな粒子群を形成していることが分かる．



(a) 金属板を引き落とした場合　(b) 金属板を引き上げた場合

図-2　運動開始直後の粒子群の形状の相違

（θ=60deg，h=11.5cm，z_0=+5cm，V=13.7cm^3/cm ）



(a) 30deg　(b) 60deg

図-3　粒子群の運動形状

（h=11.5cm，z_0=+10cm，V=50.2cm^3/cm ）

図-4 は，粒子群の運動に伴う水位変動の空間分布の一例を示したものである． 同図によれば，第一生成波の水位変動量は斜面に近いほど大きく伝播とともに減衰する傾向を示すのに対して，第二，第三生成波は伝

キーワード：津波，波の生成・伝播機構，固液混相流
連絡先：大阪市住吉区杉本 3-3-138，TEL&FAX:06-6605-2732

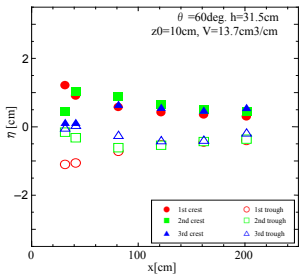


図-4　水位変動の空間分布

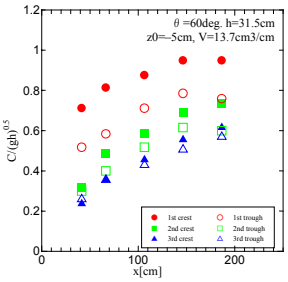


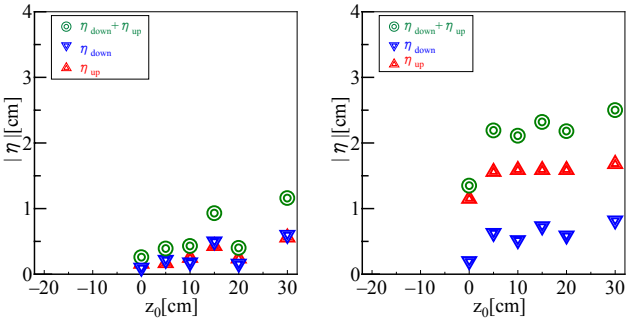
図-5　波速の空間分布

播とともにいったん増加した後に減少傾向を示すことが分かる．**図-5** は，波速の空間分布を示したものである．波速は隣接する波高計で計測された水位記録を基に，波の山あるいは谷の通過時刻と波高計設置間隔より求めた．同図によれば，波速は伝播とともに増加する傾向を示すことが分かる．また，第一波目の波速が最も速く，第一波目の山のそれは$(gh)^{1/2}$に漸近する傾向を示すことが分かる．

図-6 は粒子量の異なるケースについて，粒子初期位置 z_0 と水位変動量 η との関係を示したものである．同図によれば，いずれの粒子量においても粒子初期位置が高くなるとともに線形的に水位変動量が大きくなる．また，粒子量が多くなると η は大きくなるが，静水面から η_{up} の増加幅は静水面から谷間での変位 η_{down} よりも大きいことが分かる．従って，水位変動の増加量は η_{up} に強く依存することが分かる．第一波の η_{up} は粒子群の初期運動が流体に及ぼす影響の大きさに依存すると考えられるので，η は粒子群の初期運動に大きく依存すると考えられる．

図-7 は水深が異なる二つの場合の水位変動を比較したものである．両図を比較すると，水深が浅い場合の方がより大きな水位変動を示すことが分かる．また，粒子初期位置が等しいケースについて水位変動の変化を比較すると，水深が大きくなるのに伴い η_{down} は増加し，η_{up} は減少する．水深の増加に伴う η_{up} の減少量は，水深の増加に伴う η_{down} の変化量より大きいため，結果的に水位変動量 $\eta_{down}+\eta_{up}$ は小さくなる．さらに**図-7 (b)** より，粒子初期位置が水中のケースの水位変動量は，水面より上のケースのそれに比べて著しく小さいことが分かる．

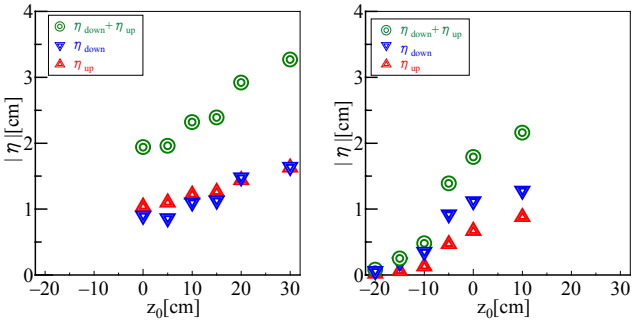
図-8 は第一生成波の周期を示したものである。**図-8** によれば，斜面角度が緩やかな場合ほど粒子初期位置による第一生成波の周期はそのばらつきが大きくなる傾向があるものの，概して，斜面が急勾配になるほど周期が短くなることが分かる．さらに，粒子量が多くなると周期が長くなる傾向があり，斜面角度が緩やかな場合にはその傾向が顕著に表れることが分かる．また，水深にはほとんど依存しないといえる．



（a）V=4.6cm^3/cm　　(b) V=50.2cm^3/cm

図-6　粒子量が異なる場合の水位変動比較

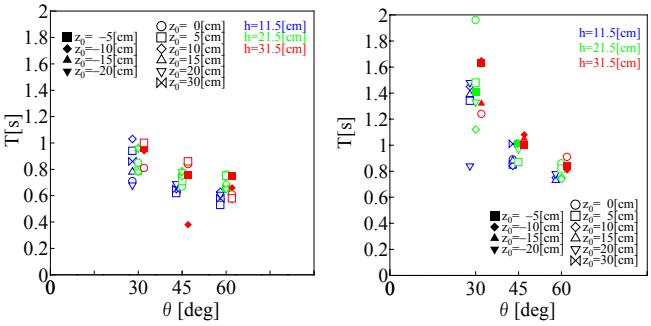
（θ=30deg,　h=11.5cm）



（a）h=11.5cm　　(b) h=31.5cm

図-7　水深が異なる場合の水位変動比較

（θ=60deg,　V=13.7cm^3/cm）



（a）V=4.6cm^3/cm　　(b) V=50.2cm^3/cm

図-8　第一生成波の周期

4．結論

本研究によって得られた結論を要約すると以下のようである．

- 粒子群の運動によって誘起される波の水位変動は，伝播と共に減少し，波速は増加する傾向にある．
- 水位変動量は，粒子量が多くなると大きくなり，水深が深くなると小さくなる．このとき，水位の上昇量が支配的な要因である．さらに，この水位上昇量には粒子群の初期運動が密接に関与している．
- 粒子群の運動によって誘起される第一生成波の周期は斜面角度が急であるほど短くなり，粒子量が多いほど長くなる．

参考文献

重松ら(2003)：粒子群の運動に誘起される波の生成・伝播機構に関する基礎実験，海岸工学論文集，第 50 巻，pp256-260.