

## 海底地すべりの加速クリープ段階における津波振幅変化に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○湯原 諒真  
 名古屋工業大学 正会員 岩井 裕正  
 名古屋工業大学 正会員 張 鋒

## 1. 序論

海底地すべりの発生に伴い励起される津波は地震性津波の被害を増大させることで知られる。地すべり土塊の運動と津波の関係について体系的に取り扱った研究例は少ない。

安井ら(2020)<sup>1)</sup>による既往の研究では、海底地すべりを模擬した水中模型実験により、水中での地すべり運動形態が3パターンに大別されることを明らかにし、さらに安井ら(2021)<sup>2)</sup>はすべり初期の水位低下量である初期ドロウダウンはすべり土塊の初期加速度と線形比例関係であることを明らかにしてきた。しかし、これらの研究においては主に地すべり発生直後に発生する波の規模を中心に観測しており、加速クリープ段階を経て大規模にすべる形態の津波規模について検討するに至っていない。

そこで本研究では海底地すべり開始直後の波の変化に加え、加速クリープおよびその後の津波振幅変化を観測するために模型実験を実施した。

## 2. 模型実験概

## 2.1 実験方法

本実験では、アクリル製の土槽内に斜面角度  $10^\circ$  の斜面模型を設置した装置を用いた。装置の概要の詳細については参考文献2を参照されたい。地盤材料には豊浦砂を用いた。

地盤は相対密度  $D_r=40\%$  で水中落下法により作製した。地盤下部層は全ケース  $40\text{mm}$  とし、粘性土層を模擬した厚さ  $1\text{mm}$  のビニールシートを下層表面に設置し、さらにその上に  $20\text{mm}$  の地すべり上部層を設置し、外部に設置した水位昇降装置を用いて水位差を与えすべりを誘発した。

発生した地すべりの変位・速度、それに伴う水位変動を高速度カメラで撮影し、PTV解析を行うことで計測した。解析にあたり、土塊のすべり、変位は、土層上に設置した標点の動きを追うことで計測した。水位変動は、テグスに標点を通し水面に浮かべ、水深  $60\text{mm}$  の位置にある標点の動きより計測した。

## 2.2 実験条件及び実験ケース

実験ケースは表-1の網掛け部分の計6ケースを行った。ケース名は左から順にCase-(土塊の長さ)-(全層厚)-(設定水位差)-(実施回数)を表している。 $h_c$ は全層厚の限界動水勾配時の水位差を表している。実験は地すべり土塊の長さを  $920\text{mm}$  と  $460\text{mm}$  の2種類設定した。これは土塊の長さの違いから得られる初期加速度-初期ドロウダウン関係の違いや、土塊長さを短くしすべり距離を長くすることで加速クリープ段階をより詳細に観察するという目的がある。

## 3. 実験結果及び考察

表-1にはすべり開始直後の最大速度である初期ピーク速度、初期ピーク速度に至るまでの初期加速度、すべり開始時に観測される初期の水位低下量を表す初期ドロウダウン、加速クリープ後地すべり停止時に観測される負の加速度、それに伴い発生する波の両振幅を示した。なお土塊の長さ  $920\text{mm}$  のケースは参考文献2の実験結果を抜粋したものである。

## 3.1 初期加速度・初期ドロウダウンの関係

図-1は土塊の速度と変位、水位変動の時刻歴を表しており、図-1(a)は土塊の長さ  $920\text{mm}$  のケース、図-1(b)は土塊の長さ  $460\text{mm}$  のケースを示している。また、図-1の黄色部分で囲まれている図は初期ピーク速度と初期ドロウダウンの時刻歴の拡大図である。初期加速度と初期ドロウダウンの関係のグラフを図-2に示す。図-2では黒のプロットが長さ  $920\text{mm}$ 、全層厚  $61\text{mm}$  のケースであり、赤のプロットが土塊の長さ  $460\text{mm}$ 、全層厚  $61\text{mm}$  のケースである。

図-2よりすべり土塊の長さが異なるケースでも同様に初期加速度と初期ドロウダウンの関係は線形関係が得られることが示された。それらの点から近似直線を引いた結果、土塊の長さ  $920\text{mm}$  のケースの傾きが  $0.013$ 、土塊の長さ  $460\text{mm}$  のケースの傾きが  $0.0047$  となり、地すべり土塊層の長さが2倍の時、傾きは2.77倍の差ができた。これより、初期加速度と初期ドロウダウンの関係は線形関係であることが分かった。また、線形的ではないが、その勾配は土塊の長さに影響していることが示唆された。

表-1 実験ケースおよび主な結果

Case名	初期ピーク速度 [mm/s]	初期加速度 [mm/s <sup>2</sup> ]	初期ドロウダウン [mm]	停止時の加速度 [mm/s <sup>2</sup> ]	波の両振幅 [mm]
Case-920-61-8h <sub>c</sub> -3	14.15	21.28	0.32	39.5	1.07
Case-920-61-12h <sub>c</sub> -1	6.93	10.43	0.16	13.91	0.31
Case-920-61-12h <sub>c</sub> -2	4.76	1.68	0.043	32.16	0.81
Case-920-61-12h <sub>c</sub> -3	15.61	15.61	0.37	27.99	0.95
Case-460-61-12h <sub>c</sub> -1	14.58	23.83	0.16	174.62	5.44
Case-460-61-12h <sub>c</sub> -2	9.02	17.83	0.11	/	/
Case-460-61-12h <sub>c</sub> -3	4.86	11.90	0.095	/	/
Case-460-61-12h <sub>c</sub> -4	10.45	34.35	0.31	75.36	2.01
Case-460--61-12h <sub>c</sub> -5	22.77	95.79	0.41	/	/
Case-460-61-12h <sub>c</sub> -6	14.24	69.96	0.28	131.43	3.29

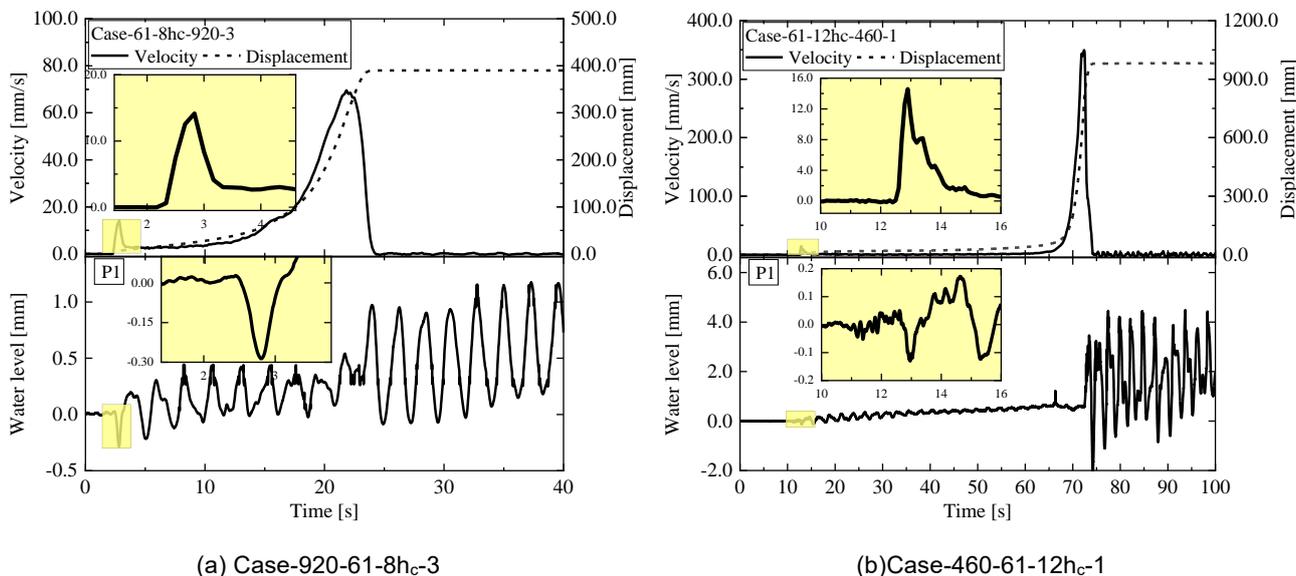


図-1 土塊の速度と変位, 水位変動の時刻歴

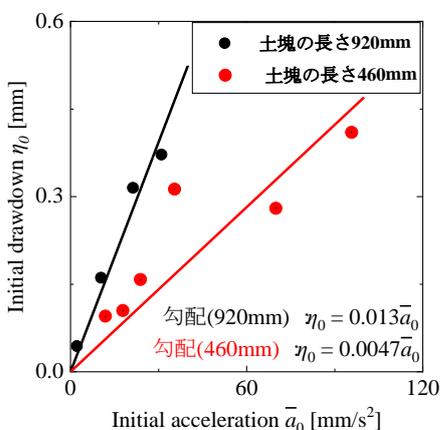


図-2 初期加速度-初期ドローダウン関係

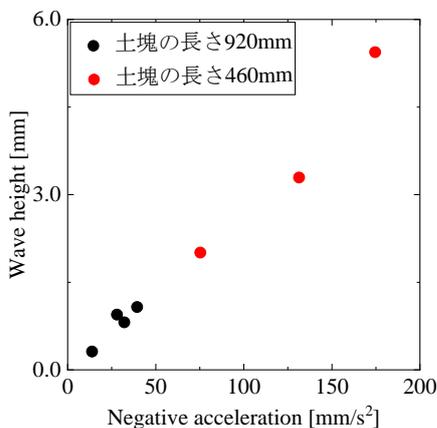


図-3 土塊停止時の加速度-両振幅関係

### 3.2 加速クリープ～地すべり停止時の振幅変化

図-1 から加速クリープを経て土塊が停止する際の加速度が発生している時に、初期ドローダウンより大きい波が観測されていることが示されている。このことから、加速クリープ段階を経て大規模なすべりに至る地すべり形態での土塊停止に伴い発生する津波のほうが大きく、津波の被害の危険性が高いことが示唆されたため、すべり後期における波に着目し検討した。

この土塊停止時の加速度と波の両振幅の関係について図-3 に示した。図-2 と同様に、黒のプロットが土塊の長さ 920mm, 地すべり土塊層厚 20mm, 赤のプロットが土塊の長さ 460mm, 地すべり土塊層厚 20mm のケースである。図-3 より、加速度の絶対値が大きくなるほど、振幅の大きさも大きくなっているため、初期加速度と初期ドローダウンの関係と同様に、負の加速度と両振幅の関係も線形関係にあることが示された。しかし、初期におけるすべりと波の関係性とは異なり、図-3 では土塊の長さによって傾きが異なるようなことがなく、ほぼ同一直線上にプロットされていることが示されている。負の加速度と振幅の関係が同一直線上に表れた要因については今後より詳細に検討していく。

### 4. 結論と今後の課題

本研究では海底地すべり運動の加速・減速時における津波振幅変化特性に着目した模型実験を実施し、加速度の大きさと波の大きさの関係性について検討した。以下に得られた知見と今後の課題を示す。

- ✓ すべり土塊の長さが異なるケースで実験を行っても、すべりの初期加速度と初期ドローダウンの関係は線形関係にあり、その勾配は土塊の長さに影響していることが示唆された。
- ✓ 加速クリープ後に負の加速度が発生する際に初期より大きい振幅が発生し、初期と同様に加速度と両振幅に線形関係があることが示された。
- ✓ 加速クリープ時における振幅を観測する際の課題点として、初期の波の位相が考慮されていないことについては、今後さらに詳細な検討が必要である。

謝辞：本研究は、JSPS KAKENHI Grant Number JP20K14823 補助金の交付を受けて行った研究の成果である。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

1. 安井俊平, 岩井裕正, 木村真郷, 張鋒: 難透水層を有する海底斜面における地すべり運動に関する研究, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 76, No. 2, pp.I\_313-I\_323, 2020.
2. 安井俊平, 弘津航太郎, 岩井裕正, 張鋒: 海底地すべり性津波に関する基礎的研究, 第 56 回地盤工学研究発表会, 山形県, 2021.