

1. はじめに

著者は津波規模や津波荷重評価の高度化を目指して、津波氾濫水密度 ρ （または比重 $=\rho/\rho_w$ 、 ρ_w は清水の密度）の入射フルード数 F_{ri} や土砂中央粒径 d_{50} への依存性ととも、土砂水遡上距離・清水遡上距離比 L_R/L_{RW} や土砂堆積距離・土砂水遡上距離比 L_{RS}/L_R 、平均土砂堆積厚・土砂堆積距離比 Z/L_{RS} 、津波荷重（水平力 F_x と鉛直力 F_z ）の氾濫水密度への依存性も検討している。本発表目的は氾濫水密度の重要性の周知と検討結果の現状紹介である。

2. 実験

2.1 土砂

使用土砂は宮城県仙台海岸と秋田県南部海岸のもので、中央粒径 d_{50} は0.21-0.48 mm、均等係数は1.29-2.72である。

2.2 実験方法

実験水路は簡易に高シールズ数を得るためすべり台状の開水路とした。すべり台斜面の下端には土砂を敷く水平部①、その下流端には土砂を巻込んだ氾濫水（土砂水）を制限して採水するために高さが低く短い上り斜面を設けた。遡上距離・土砂堆積実験ではその上り斜面に続けて緩斜面を、津波荷重実験では直方体建築物模型を設置する水平部②を設けた。水路幅は0.3 mである。実験水路の概略、測定器具の配置と諸記号の定義を図1に示す。

津波氾濫流はすべり台上端にゲート付きの貯水槽を設置し、ゲート急開流れで模擬した。すべり台上端高さ h_D や貯水深 h_U 、すべり台斜面勾配 S_1 、水平部①の初期土砂層域長 L_S 、初期土砂層厚 h_T 、上り斜面の高さ h_S と勾配 S_2 、上り斜面下流端とメスシリンダー群先端間の水平距離 L_G と鉛直距離 L_V 、上り斜面に続く緩斜面の長さ L_{RS} と勾配 S_3 、メスシリンダー群の傾き S_4 は予備実験を行って決めた。

水理量評価のため初期土砂層域の上下流端に超音波式水位計を設置した。水平部①と②における入射氾濫流の先端移動速度、非先端部氾濫水深、人為的に発生させたマッハ波の角、フルード数 F_{ri} 、氾濫流速を評価するため、スケールを配置し、上方や側方からビデオ撮影を行った。

2.3 遡上距離や土砂堆積の解析法

遡上距離・土砂堆積実験後の緩斜面域は平面形が舌状の土砂堆積域とその上流側の非常に厚さの薄い水路床を汚す程度の土砂堆積域に大別される。図2にその状況例を示す。本研究では舌状部を有意な土砂堆積域とし、流れ方向は5 cm間隔、水路横断方向は8等分（9測点）して、ポイントゲージにより格子状に堆積厚を測定した。

2.4 実験条件

実験条件を表1に示す。実験では炉乾燥後に自然放置して冷ました土砂を水平部①に敷詰めた。氾濫水密度実験と土砂水による津波荷重・土砂堆積実験は各ケース1回、清水による津波荷重実験は各ケース4回行った。

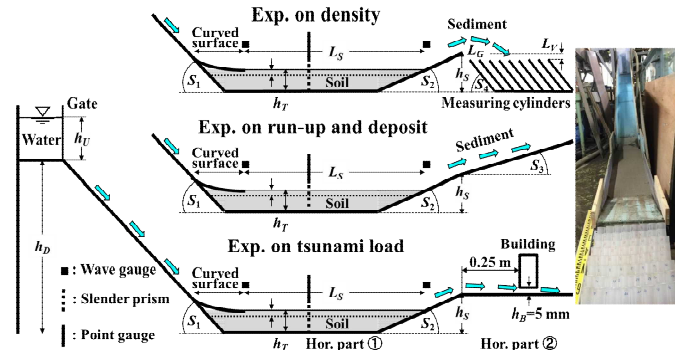


図1 実験水路の概略、測定器具の配置と諸記号の定義

表1 実験条件

h_D (cm)	h_U (cm)	S_1 (°)	L_S (cm)	h_S (cm)	S_2 (°)	S_3 (°)	S_4 (°)	L_G (cm)	L_V (cm)	h_T (cm)
50~ 200	20~ 30	8~ 35	85~ 301	8~ 23	5~ 30	0~ 7.3	45~ 90	-1~ 5	0~ 11.5	0, 0.5, 1, 2, 6

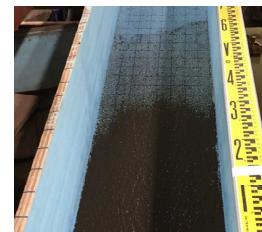


図2 緩斜面上の土砂堆積と土砂水の遡上状況例

3. 実験結果と考察

3.1 氾濫水密度

図3に入射フルード数 F_{ri} と氾濫水密度 ρ の関係を示す。入射フルード数はビデオ解析に基づく入射氾濫流の先端移動速度と非先端部氾濫水深を用いて評価している。図から、入射フルード数が大きくなれば、氾濫水密度が高くなるのが判る。実線は高い実験値側の包絡線である。

3.2 遡上距離、土砂堆積距離と平均土砂堆積厚

図4に氾濫水密度 ρ と土砂水遡上距離・清水遡上距離比 L_R/L_{RW} の関係を示す。遡上距離は最大値を採用している。実線は実験値に対する近似線である。図から、遡上距離は氾濫水密度が清水から少し高くなるだけで急減し、その後は緩やかに減少することが判る。遡上距離急減域の氾濫水密度は実際の、歴史津波の規模評価に関わる。

図5に氾濫水密度 ρ と土砂堆積距離・土砂水遡上距離比 L_{RS}/L_R の関係を示す。堆積距離も遡上距離も最大値を採用している。図から、氾濫水密度が高いほど、土砂堆積距離・土砂水遡上距離比は小さい傾向にあることが判る。

図6に氾濫水密度 ρ と平均土砂堆積厚・土砂堆積距離比 Z/L_{RS} の関係を示す。図から、氾濫水密度が高くなるにつれて、平均土砂堆積厚・土砂堆積距離比は上に凸の曲線傾向で大きくなるのが判る。実線は破線囲いの実験値を除いた場合の実験値に対する近似線である。

3.3 津波荷重

図7に水平力 F_x と建築物前面浸水深 h の関係を示す。図

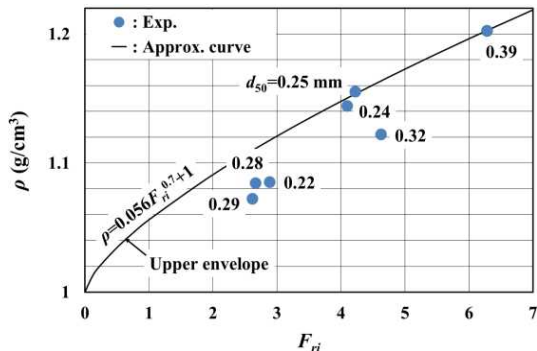


図3 入射フルード数 F_{ri} と氾濫水密度 ρ の関係($h_T=6$ cmに限定)

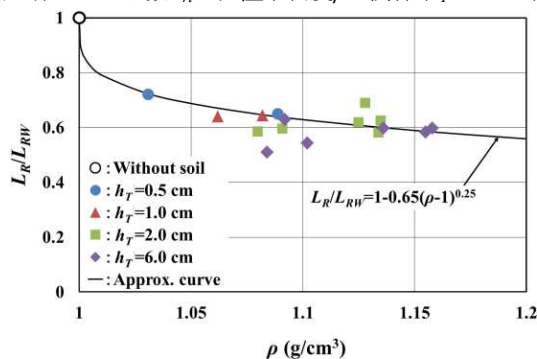


図4 ρ と土砂水越上距離・清水水越上距離比 L_R/L_{RW} の関係

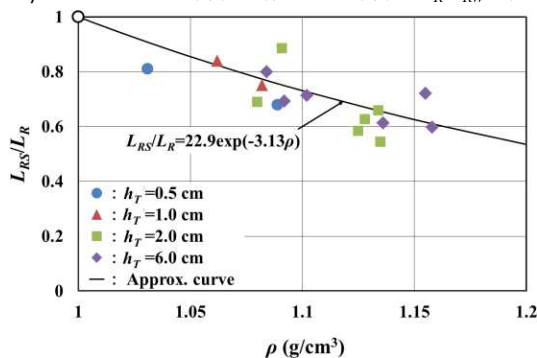


図5 ρ と土砂堆積距離・土砂水越上距離比 L_{RS}/L_R の関係

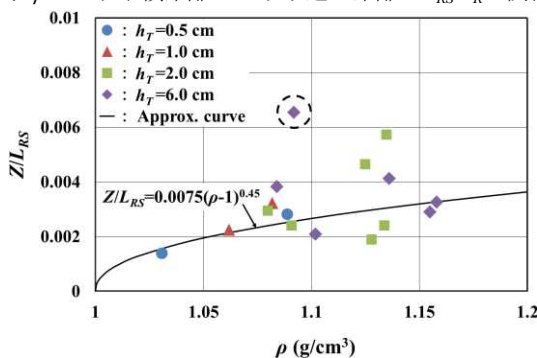


図6 ρ と平均土砂堆積厚・土砂堆積距離比 Z/L_{RS} の関係

中には実線で前面浸水深と床高 h_B に基づく清水の計算上の前面全静水圧 $(=\rho_w g(h-h_B)^2 B)/2$. g は重力加速度, B は建築物模型幅)が示されている. 図から, (1)清水を用いた貯水域の長い実験では, 建築物模型幅に比べて前面浸水深が小さい場合を除き, 水平力は前面全静水圧で評価できることが示されたが, 本研究実験の水平力は前面全静水圧の1/2~1/3程度と小さい, (2)前面浸水深が同じ場合, 清水による水平力に対する土砂水による水平力の増加率は氾濫水密度の増加率(7.2-8.5%)より大きいことが判る.

図8に前面全静水圧で無次元化した水平力と前面浸水深係数(h/h_{iup})の関係を示す. 入射氾濫水深として初期土

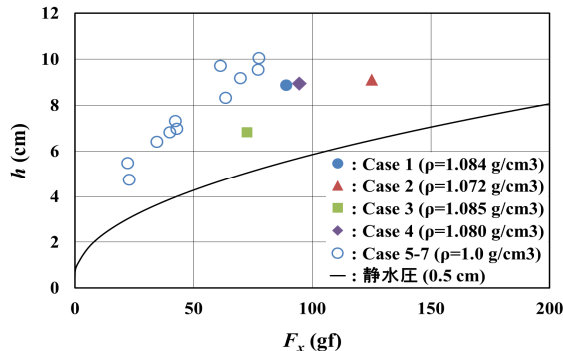


図7 水平力 F_x と建築物前面浸水深 h の関係(開口率0%, $h_B=5$ mm)

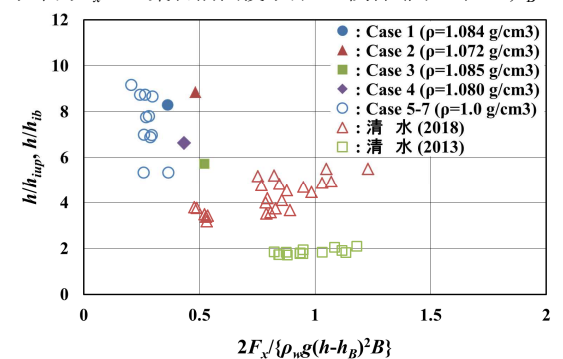


図8 無次元水平力と前面浸水深係数(h/h_{iup} または h/h_{ib})の関係

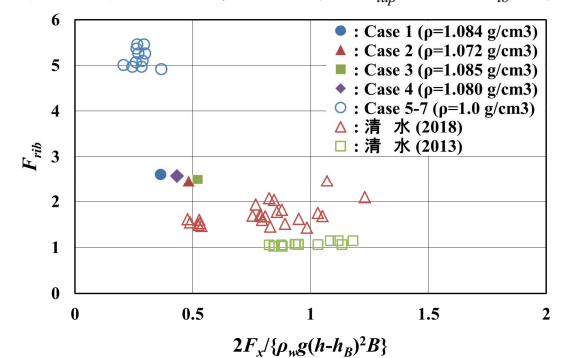


図9 無次元水平力と入射フルード数 F_{rib} の関係

砂層域上流端におけるものを採用している. 図から, (1)前面浸水深係数が小さくなれば, 無次元水平力は大きくなり, 水平力は前面全静水圧に近づく, (2)土砂水の場合, 氾濫水密度が大きくなれば, 前面浸水深係数は小さく, 水平力は前面全静水圧に近づく傾向にあることが判る.

図9に前面全静水圧で無次元化した水平力と建築物模型前面における入射フルード数 F_{rib} の関係を示す. 図から, 入射フルード数が小さくなれば, 無次元水平力は大きくなり, 水平力は前面全静水圧に近づくことが判る. この傾向を明示するため, 図中に既存実験値を加えている.

4. おわりに

これまでの主な結果として以下を得ている.

- (1) 氾濫水密度 ρ は入射フルード数 F_{ri} (～シーلز数) や土砂中央粒径 d_{50} (粒度分布) に依存する(図3).
- (2) 土砂水越上距離・清水水越上距離比 L_R/L_{RW} , 土砂堆積距離・土砂水越上距離比 L_{RS}/L_R , 平均土砂堆積厚・土砂堆積距離比 Z/L_{RS} (図4~6)は氾濫水密度に依存する.
- (3) 氾濫水密度の入射フルード数への依存, L_R/L_{RW} と L_{RS}/L_R , Z/L_{RS} の氾濫水密度への依存に関する4実験式を得た.
- (4) 建築物に作用する津波荷重(水平力 F_x と鉛直力 F_z)が氾濫水密度に依存することを実証した(例えば図7~9).