

津波氾濫流の密度に関する基礎検討

秋田大学 学生員○川島 峻 秋田大学 正 員 松富英夫

1. はじめに これまでの RC 造建築物を含めた陸上構造物に作用する津波荷重の評価では、津波氾濫水の密度 ρ を一定値 (1.03 g/cm^3) として取り扱ってきている。米国連邦緊急事態管理庁(FEMA)は、氾濫水の平均土砂濃度を 10%として、氾濫水密度= 1.2 g/cm^3 を採用するように推奨しているが¹⁾、その根拠は明示されていない。氾濫水の最大密度または土砂の飽和濃度については、津波に比べて比較的身近な洪水でさえも定説がない。2011 年東北地方太平洋沖地震津波後、防波堤や胸壁では全静水圧の 5~20%程度の全動水圧を考慮するなどの津波荷重評価の見直しが行われようとしている。これを踏まえ、かつ、概算であるが、氾濫水密度の影響度 ($\div 1.2/1.03=1.17$ 倍)を考慮すれば、氾濫水密度は津波荷重評価において重要因子と言える。

本研究は津波荷重に線形的に影響を与える津波氾濫水の「最大密度」を簡易水理実験に基づいて検討する。

2. 実験とデータ解析の方法 実験水路は高シールズ数を確保するためすべり台状とした。ただし、すべり台下端に土砂を敷詰める水平水路部を設け、水平水路部他端に緩い上り勾配のジャンプ台を接続した。実験水路の概略と測定具の配置、正面写真を図-1 に示す。

津波氾濫流はすべり台の上端水平部にゲート付きの貯水槽を設置し、ゲート急開流で模擬した。ゲートはすべり台の斜面開始部の直背後に位置し、すべり台の高さは 2 m、水路幅は 0.3 m、貯水槽の諸元は高さ 0.5 m、幅 0.3 m、奥行 0.3 m で、貯水深、すべり台の斜面勾配、接続部の曲面長さ(図-1 参照)、水平水路長、緩い上り勾配のジャンプ台の高さや斜面勾配は試行錯誤して決定した。図-1 中の諸元は試行錯誤後の最終的なものである。

氾濫流はすべり台を流下し、水平水路部に敷詰められた土砂を巻き込み、他端の勾配の緩いジャンプ台を駆け上がり、空中に飛出す。飛出した土砂水の一部分は落下域に斜めに設置されたメスシリンダー群(外径 42 mm、秤量 250 cm^3 のものを流れ方向に 5 本、水路横断方向に 8 本の計 40 本)に飛込む。あらかじめ各メスシリンダーの重量を量り、土砂水が飛込んだ後の各メスシリンダーの重量を量れば、土砂水の体積はメスシリンダーから直接読み取ることができるので、土砂水の密度が計算できる。

土砂は秋田県の西目海岸と仙台海岸の東北地方太平洋沖地震津波の浸水域で採取した 3 種類を用いた。土砂の条件と粒径加積曲線を各々表-1 と図-2 に示す。名取市の貞山堀(仙台空港)近くで採取した土砂の粒径が細かめ目であるが、3 種類に大差はない。

キーワード：密度、氾濫流、津波、実験

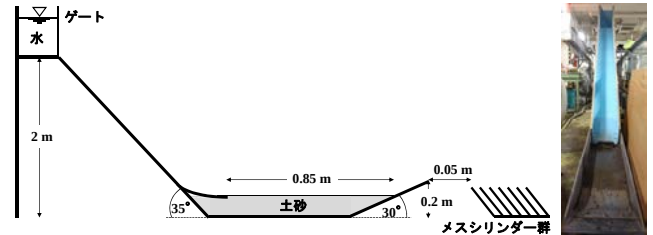


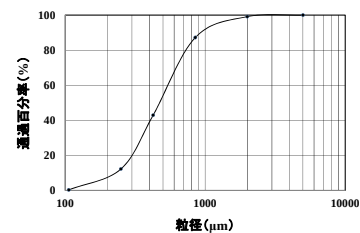
図-1 実験水路の概略と測定具の配置、正面写真

表-1 土砂の粒度条件

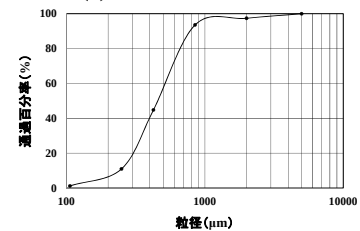
土砂産地	中央粒径 (mm)	均等 係数	曲率 係数
秋田県西目海岸	0.48	2.41	0.991
仙台市荒浜今切	0.44	2.26	1.024
名取市貞山堀	0.335	2.17	1.282

表-2 実験条件と実験結果

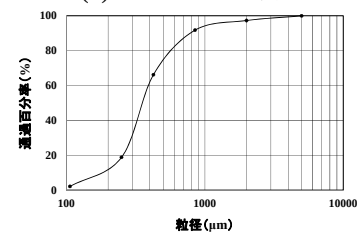
	土砂産地	水路勾配 (度)	水平水路長 (cm)	貯水深 (cm)	水平水路下流端勾配 (度)	水平水路下流端斜面高 (cm)	水平水路下流端とメスシリンダー間距離 (cm)	土砂量 (cm^3)	飛込み土砂量 (g)	平均氾濫水密度 (g/cm^3)
Run 1	秋田県西目海岸	35	85	30	30	20	5	20703	4284.9	1.185
Run 2	秋田県西目海岸	35	85	25	30	20	5	20703	5535.3	1.209
Run 3	仙台市荒浜今切	35	85	25	30	20	5	17745	5451.7	1.174
Run 4	名取市貞山堀	35	85	25	30	20	5	18484	5634.1	1.209



(a) 秋田県西目海岸



(b) 仙台市荒浜今切



(c) 名取市貞山堀

図-2 実験土砂の粒径加積曲線

試行錯誤後の実験条件と実験結果を表-2 にまとめて示す。実験では炉乾燥した土砂を水平水路部に敷詰めた。実験は各 Run 1 回のみである。

3. 結果と考察 図-3 (a)~(d)に氾濫水の密度(左図)と採水体積に関する実験結果を示す。各図の手前側が上流側、奥側が下流側で、水路横断方向にメスシリンダーを 8 本、流れ方向に 5 本設置している。図-3 (a)と(b)の実験条件は初期の貯水深が異なるのみである。

連絡先 (〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2363)

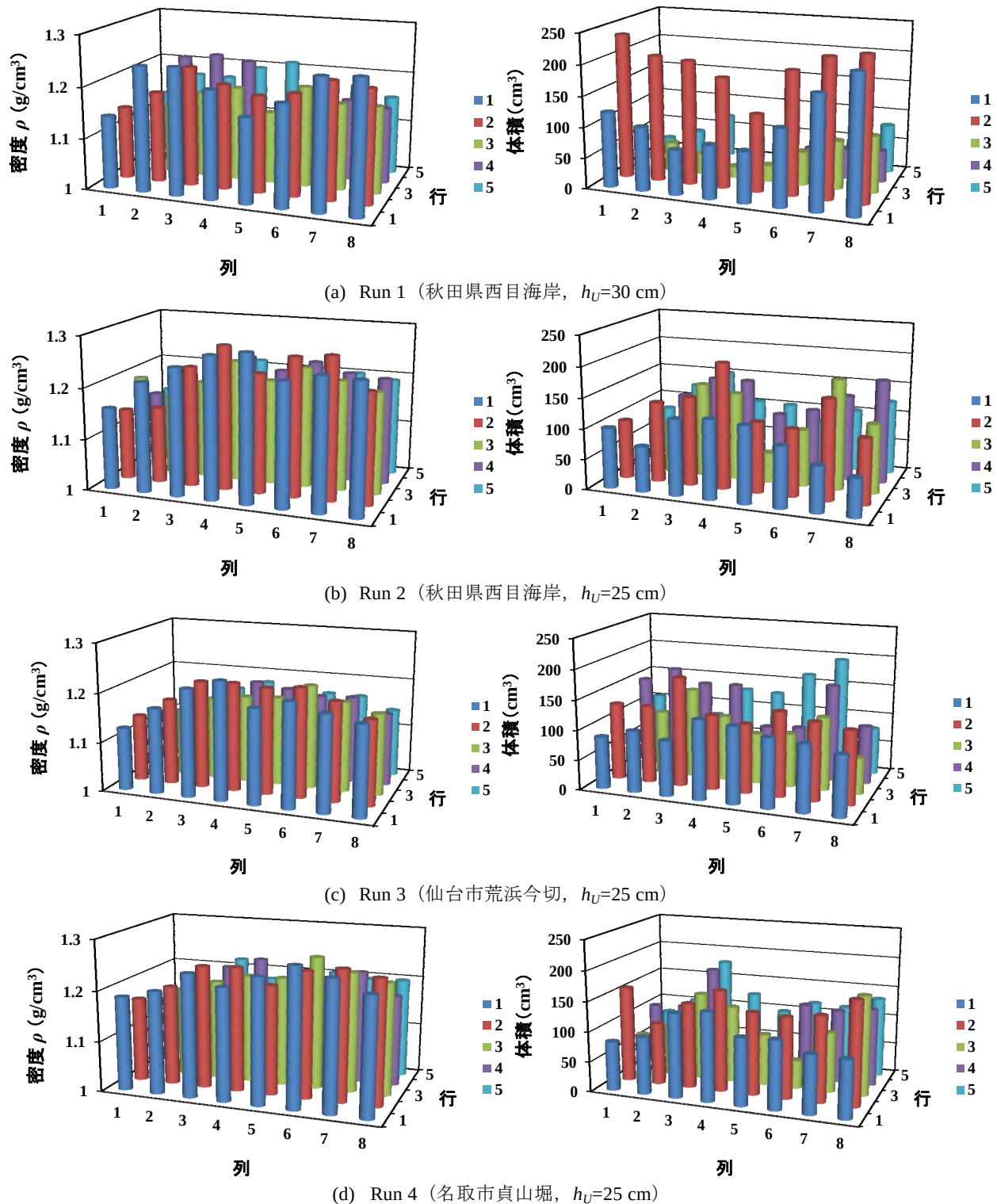


図-3 氾濫水の密度と採水体積の空間分布例

図によると、水路の左右端部分や水平水路下流部の緩いジャンプ台頂点から離れるにつれて密度が小さくなる傾向にあるが、平均的に密度は 1.19 g/cm^3 に達している。採水体積が大きいからといって、密度が高いとは限らない。また、図-3 (a)と(b)から、平均密度は流量に依存していないと言えよう。

模擬した氾濫流が実際の津波氾濫流とほぼ同じと言ってよいか、水路縦断面形が乱れを過度に励起させていないか、氾濫水の採水方法は妥当（実験結果は断面平均密度と言える）か、水路幅は妥当か、初期の土砂量は妥当か、炉乾燥状態の土砂で実験を行ってよいか、

水理量を測定していないなど、検討課題や確認事項が多々残されている。とは言え、氾濫水密度が 1.2 g/cm^3 程度に達し得ることを確認できたと考えている。

4. おわりに 本実験の氾濫流が実際の津波氾濫流と大きく異なっている可能性があるが、氾濫水密度が 1.2 g/cm^3 程度に達し得ることを確認した。今後は実験装置や実験方法を改良し、より確かな実験成果としたい。

謝辞：本研究の発端は建築学会津波荷重小委員会における議論と八戸工業大学名誉教授塩井幸武先生との八戸市で開催された講演会終了後の意見交換にある。

参考文献 1)FEMA: Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation, FEMA P 646, 2012.