

項目	コメント内容
津波 (第8条)	海水密度(1050kg/m ³)に、巻き込まれた土砂やヘドロ等の影響が含まれているか。いないならその妥当性を説明すること。参考として、米国 FEMA P-646 では沈殿物と混合した海水の密度を1128kg/m ³ としている。

(回答)

津波による土砂等の巻き上げを考慮しない海水密度は、水温や塩分により多少変化するが、概ね1030kg/m³であり、多くの津波防護施設の対津波評価では海水密度を1030kg/m³と設定している。津波による土砂等の巻き上げを考慮した海水密度は、海水中の浮遊砂濃度を基に設定できる。高橋ほか(1999)⁽¹⁾では、津波による土砂移動モデルの開発とその再現性の検討が実施されている。高橋ほか(1999)⁽¹⁾を検証した文献を整理し、浮遊砂濃度上限値についてまとめたものを以下の表1に示す。上限値5%の検証結果(※1, ※2)から、浮遊砂濃度上限値5%は過大評価になると考えられる。上限値1%の検証結果(※3, ※4)から、浮遊砂濃度上限値1%は妥当な設定値であると考えられる。

表1 高橋ほか(1999)⁽¹⁾の検証事例

実規模検証	文献	計算使用砂粒径	計算格子間隔	浮遊砂濃度上限	浮遊砂濃度上限に関する評価
気仙沼湾 (1960年チリ地震津波)	玉田ほか (2009) ⁽²⁾	0.001~ 1mm	25m, 5m	1%, 5%	・計算格子間隔が5mの場合、浮遊砂濃度上限5%では実績値より侵食深を過大に評価(※1)
八戸港 (1960年チリ地震津波)	藤田ほか (2010) ⁽³⁾	0.26mm	10.3m	1%, 2%, 5%	・浮遊砂濃度上限5%は過大に評価(※2) ・浮遊砂濃度上限1~2%の場合の再現性が良好(※3)
宮古港 (2011年東北地方太平洋沖地震津波)	近藤ほか (2012) ⁽⁴⁾	0.08mm	10m	1%	・土砂移動の全体的な傾向は良く一致 ・防波堤堤頭部の最大洗掘深や断面地形も定量的に概ね良い一致(※4)

また、以下に示すFEMA(2019)⁽⁵⁾での津波荷重の算定についての記載では、「津波は、堆積物と海水の混合物で構成される。浮遊砂濃度は7%を超えない。海水中の浮遊砂濃度の垂直方向の平均を7%と仮定すると、津波の密度は海水密度の1.1倍、つまり $\rho_s=1,128\text{kg/m}^3$ と見なされる。」とあるが、上記の検証事例とは異なる仮定の下での設定となっていると考えられる。

8.6.1 Key Assumptions for Estimating Tsunami Loads and Effects

ASCE/SEI 7-16 tsunami loads are determined using the following key assumptions:

- ・Tsunami flows consist of a mixture of sediment and seawater. Most suspended sediment transport flows do not exceed 7% sediment concentration. Based on an assumption of vertically averaged sediment-volume concentration of 7% in seawater, the fluid density of tsunami flow is taken as 1.1 times the density of seawater, or $\rho_s = 1,128 \text{ kg/m}^3 = 2.2 \text{ slugs/ft}^3$.

以上より、当社施設の対津波評価では、津波による土砂等の巻き上げを考慮し、浮遊砂濃度の上限値を1%と仮定し、海水密度を1050kg/m³と設定している。

表2 海水密度の設定

	密度[kg/m ³]
海水	1030
砂	2800
海水+砂 (濃度 1%)	1050

【参考文献】

- (1) 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔 (1999) : 掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集, Vol. 46, pp. 606-610.
- (2) 玉田崇・田村保・高橋智幸・佐々木元 (2009) : 河川での津波防災検討における津波移動床モデルの適用性に関する研究, 土木工学論文集B2 (海岸工学), Vol. 65, No. 1, pp. 301-305.
- (3) 藤田尚毅・稲垣和男・藤井直樹・高尾誠・金戸俊道 (2010) : 津波による海底地形変化評価モデルの現地適用性に関する研究, 海洋開発論文集, Vol. 26, pp. 213-218.
- (4) 近藤武司・森本徹・藤本典子・殿最浩司・志方建仁 (2012) : 港湾での津波による土砂移動計算の再現性評価, 土木工学論文集B2 (海岸工学), Vol. 68, No. 2, pp. I_396-I_400.
- (5) Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Third Edition FEMA P-646 August 2019

以上