

II-58

家屋による抵抗を考慮した津波遡上計算

東北大学大学院 学生員 ○油屋 貴子

東北大学大学院 正 員 今村 文彦

1. はじめに

津波による被害を予測するためには、陸上における津波の挙動を的確に把握することが重要であり、そのためには、土地利用の効果を津波遡上計算に取り入れる必要がある。本研究では、特に家屋の影響に着目し、家屋を抵抗とみなす方法として、合成等価粗度モデルを提案する。また、一定粗度を用いた従来の方法との比較を行う。

2. 家屋の抵抗モデル

2.1 合成等価粗度係数

地形モデルや Morison 式を用いた抵抗モデルの再現性は高い¹⁾が、実際に適用するには複雑である。そこで、精度が高く、簡便な方法を検討する。

流水に作用する力は、底面摩擦力と家屋の抵抗力の和である。これを再び等価な摩擦力として置き換えることにより、合成等価粗度係数 n は式(1)のように導かれる。このとき、家屋の抵抗は式(2)で表される。

$$n = \sqrt{n_0^2 + \frac{C_D}{2gk} \cdot \frac{\theta}{100 - \theta} \cdot D^4} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$F = \frac{1}{2} C_D \rho u^2 (kD) \frac{\theta}{100} dx dy / k^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 n は合成等価粗度、 n_0 は底面粗度、 D は全水深、 k は家屋の幅、 u は流速、 θ は建物占有率である。従来の粗度係数は一定値で与えられるのに対し、合成等価粗度係数では、建物の影響が占有率と水深によって評価される。

2.2 抵抗係数 C_D の算定

津波は非定常性が強く、波力や衝撃力などが作用すること等の影響があるために、定常流における C_D 値を用いた場合、抵抗力を過小評価してしまうと考えられる。そこで、非定常下での C_D を算定するために、図-1 に示す全長 12m の水路で水理実験を行った。水路には家屋を想定した角柱模型を2つ設置し、水路端の

鉛直造波板から段波を発生させた。家屋間の距離 L は 10, 20, 30, 50, 80, 100cm、静水深は 5cm および 10cm に設定した。 C_D はそれぞれの模型で次式(3)より算定し、平均値をとった。 $F_{\max}$ は抵抗力の最大値である。

$$C_D = F_{\max} / \left(\frac{1}{2} \rho u^2 \max k D \right) \quad \dots\dots\dots(3)$$

算定した C_D は、図-2 のように家屋間隔および密度に関係していることがわかる。非定常下の付加質量力も C_D を用いてモデル化しているので、その値は通常より大きい。本実験で想定した津波を現時スケールに換算すると、住宅地域で 6m および 3m 程度の波である。浸水深と家屋被害の関係²⁾から考えると、最大規模と中規模の波を想定していることになる。しかし、津波規模による係数の違いはみられないことがわかった。

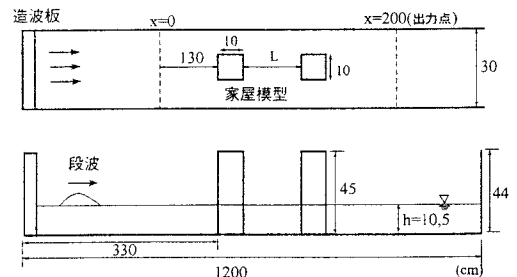
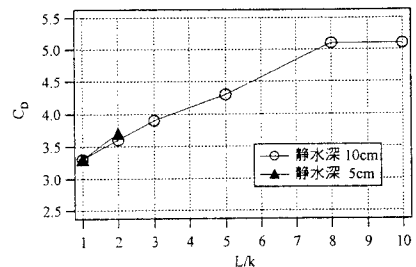


図-1 実験装置の概略

図-2 抵抗係数 C_D の算定結果

次にこれらの係数を用いて実験の再現計算を行った。模型通過後の全水深を図-3 に示す。格子幅 dx が小さくなるほど実験値と良好に一致していることがわかる。ただし、若干の時間的遅れが生じている。

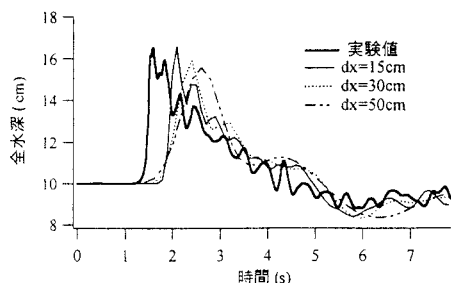


図-3 実験値と計算値との比較（全水深）

3. 実地形への適用

3.1 計算条件

計算対象領域は、図-4 に示すように、1次元岸沖方向に仙台湾の平均的な地形勾配をもつモデル地形に、仙台湾沿岸の荒浜住宅地域を想定した居住区（長さ360m、幅600m）を配置した。

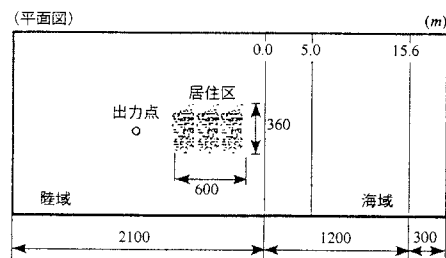


図-4 モデル地形の概略

計算方法は、表-1 に示すように、合成等価粗度、土地利用を考慮した一定粗度、土地利用を考慮しない一様粗度の3種類である。荒浜は住宅が密集した地域なので、合成等価粗度の C_D は、 $L/k=1$ の場合に相当する3.3を用いた。また、家屋幅 k は10mとした。

空間格子間隔 dx は5,10,20,50,100,200mの6ケースとし、周期10分、振幅4m,7mの正弦波を沖側の境界から強制入力した。

表-1 計算方法

計算方法	粗度係数 n	
	居住地域	その他
(a) 合成等価粗度	$n = \sqrt{n_0^2 + \frac{C_D}{2gk} \cdot \frac{\theta}{100 - \theta} \cdot D^{4/3}}$	0.025
(b) 一定粗度	0.06	0.025
(c) 一様粗度	0.025	0.025

3.2 計算結果および考察

格子幅を小さくし、家屋を高い地盤とみなす計算手法（地形モデル）で、最も良い結果が得られることがわかっている¹⁾ので、 $dx=2m$ での計算結果を比較対象とする。居住区を通過後300mの点における最大浸水深について、 $dx=2m$ による計算値との誤差を比較した結果を図-5に示す。全体的に、津波規模が小さい場合に誤差が大きくなっており、波の規模が大きいほど家屋の影響を強く受けることがわかる。一定の粗度を用いた(b)(c)では、特に入射波の振幅7mの場合に格子間隔による差がほとんどみられない。

合成等価粗度を用いた(a)では $dx=50m$ 以下の格子間隔において誤差が10%以下となっており、従来モデルに比べて精度が向上することがわかった。一方、格子間隔の大きな $dx=200m$ については、一定粗度を用いた方がよいということも示された。

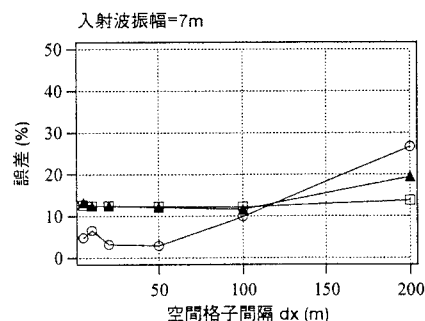
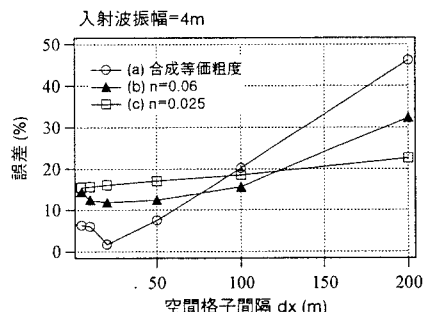


図-5 最大浸水深の誤差比較

参考文献

- 1) 油屋貴子, 今村文彦: 津波数値計算における構造物の抵抗モデル, 東北支部技術研究発表会講演概要, pp232-233, 2001
- 2) 首藤伸夫: 北海道南西沖地震津波による家屋の被害, 津波工学研究報告, 第11号, pp11-28, 1994