

津波波力および建物耐力の確率分布を考慮した 被害確率分布の評価法に関する研究

泉宮 尊司・吉田 裕一・石橋 邦彦

1. はじめに

津波波力等による建物の被害状況を把握することは、被害を予測する上だけでなく、減災対策にも役立つために大変重要なことである。これまでに発生した巨大地震津波による建物被害関数に関する研究は精力的に行われ、明らかにされてきた。しかしながら、建物の耐力や津波波力の特性とは明確に関係付けられておらず、被害関数の結果の解釈が十分ではなかった。そこで本研究では、検査断面を設けて運動量保存則により、建物に働く津波波力を理論的に評価する。また、津波波力および建物耐力の確率分布を考慮した被害確率分布を理論的に評価することを研究の目的としている。

2. 研究の方法

流体中の物体に働く力は、運動量保存則を利用して評価されることが一般的である。本研究においても、図1に示すように検査断面をとり、運動量保存則により、建物1mあたりに働く力 F が、 $F = (1/2) w h^2 (1 + 2Fr^2) \cos \theta$ と求められている。ここに、 Fr はフルード数、 h は浸水深、 w は流体の単位体積重量である。この F には、静水圧の合力および流体力の両方とも含まれている。ちなみに、 $a^2 = (1 + 2Fr^2)$ とおき、 $Fr = 2.0$ とおくと $a = 3$ となり、朝倉らの津波波力の合力と一致する。ここで津波による

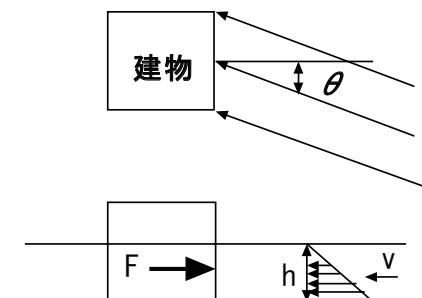


図1 津波による流体力 F の評価

単位幅当たりの波力 F および建物耐力 R が、それぞれ $N(\mu_F, \sigma_F^2)$ 、 $N(\mu_R, \sigma_R^2)$ の Gauss 分布に従うものと仮定すると、 $Z = R - F$ の確率密度関数は、 $N(\mu_R - \mu_F, (\sigma_R^2 + \sigma_F^2))$ の Gauss 分布となる。ここに、 μ_i は平均値、 σ_i は標準偏差を示している。したがって、建物の破壊確率は $Z = R - F \leq 0$ の確率を求めればよいことになる。また、一方で建物の被害関数（確率密度関数）が求められたならば、津波による波力 F あるいは建物耐力 R の確率密度関数の何れかが分れば、もう一方の確率分布が理論的に算定できることが分る。

3. 主要な結果

- (1) 検査断面を設けて運動量保存則により、津波波力を理論的に評価したところ、図2に示すように津波波力は、浸水深 h とフルード数 Fr に依存して変化し、 $Fr = 1.0$ で $h = 2.0\text{m}$ 、および $h = 4.0\text{m}$ の場合、それぞれ $F = 60\text{kN/m}$ 、 240kN/m にもなることが示された。
- (2) 津波による単位幅当たりの波力 F および建物耐力 R が図3に示すように、Gauss 分布で近似されるな

らば、限界状態関数（性能関数）の確率密度関数は理論的に得られ、 $N(\mu_R - \mu_F, (\sigma_R^2 + \sigma_F^2))$ のGauss分布となる。この確率密度関数より、 $Z=R-F \leq 0$ となる確率を算定することで、破壊確率を容易に求めることができる。

- (3) 東日本太平洋沖地震津波による建物被害率を、国土地理による航空写真と地盤高データ、および東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによる浸水深データを用いて算定した。図4は、国土交通省都市局のデータを図化したものである。浸水深が2m以上になると、建物の全壊率が50%以上となることが分かる。図5は、津波波力および建物耐力を考慮して、建物破壊率を推定した結果と比較したものである。浸水深2m以下では、平均耐力と分散との関係がやや正確ではないためにずれがあるが、浸水深2m以上では、実測の建物破壊確率と比較的よく一致していると判断される。

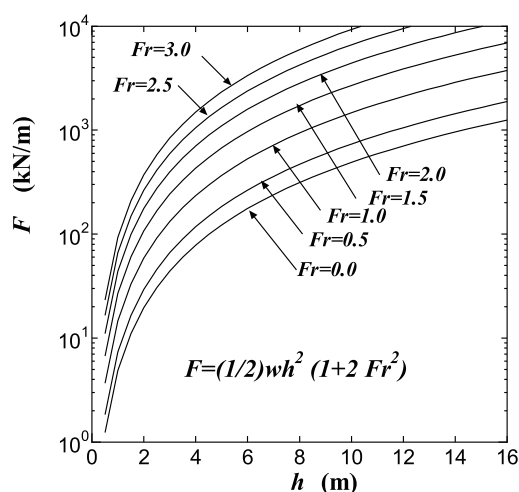


図2 浸水深 h および Fr による津波波力の変化

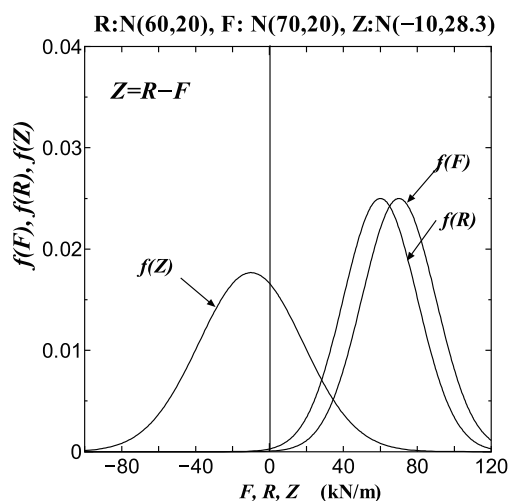


図3 建物耐力 R 、津波波力 F 、性能関数 Z の確率密度関数

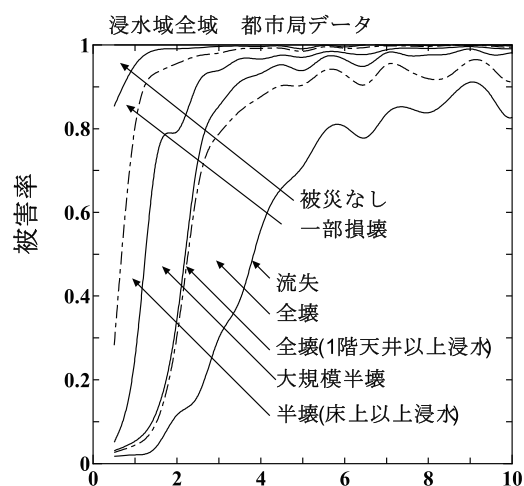


図4 建物の流失、全壊、半壊等の被害率（浸水域全域）国土交通省都市局のデータによる

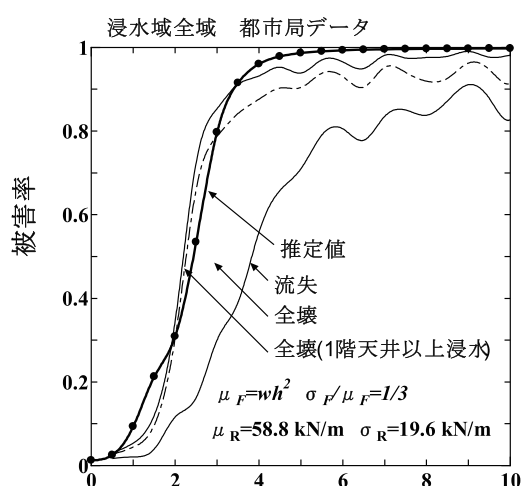


図5 建物全壊率の実測値との比較（浸水域全域）