

構造物背後の津波避難施設に作用する津波荷重に関する考察～その1：津波波力～

関東学院大学 学生会員 ○柴田 零士
 関東学院大学 正会員 福谷 陽
 防衛大学校 正会員 嶋原 良典

1. 背景と目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、東北地方を中心に壊滅的な被害をもたらした。建物の被害では、地震によって起きた津波による建物の倒壊や流出といった被害が顕著となった。一方、前面に構造物があることにより、その背後にある建築物へ作用する津波波力が低減されるという事例があった(図1)。しかしながら、構造物背後に作用する津波波力に関する実験的研究はこれまで行われていない。そこで、本研究では既往の研究の現状を踏まえ、構造物を模した立方体模型を前面に配置し、その背面にある津波避難施設に津波を作用させる水理実験を行い、構造物背後に作用する津波の特性及び現在提案されている津波荷重評価式による推定について考察することを目的とした。



図1 建築物被害が軽減された例(宮古市)

2. 実験概要

津波避難施設に作用する津波波力(水平方向,鉛直方向)及び浸水深,流速のデータを収集しその特性について調べるため,全長17m,幅0.4m,高さ0.3mの開水路を用いて水理実験を実施した。開水路の平面図及び断面図を図2に示す。実験スケールは1/80である。水路内に勾配を設け,勾配終端位置から30cmの位置に前面に置く構造物模型を配置した。津波流

キーワード 津波,波力,構造物

速についてはプロペラ式流速計,水位及び浸水深については容量式波高計,水平波力及び鉛直力については3分力計を用いて計測した。サンプリング時間は1/1000秒とし,ゲート開放から15秒間の計測を行った。各ケースで5回分のデータの中から3回分の実験結果を平均化した値をグラフ作成に用いる。

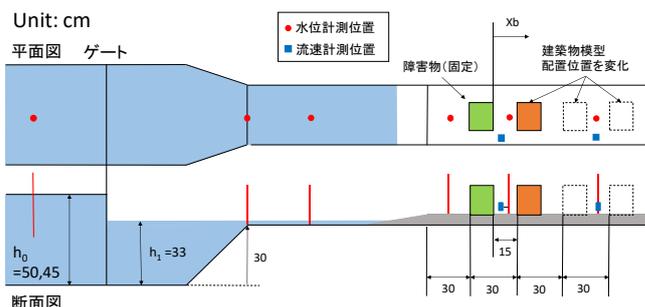


図2 開水路の平面図及び断面図

本実験では,貯水深 h_0 を 50cm, 45cm の 2 通りとし,静水深 h_1 を 33cm にすることで波高が異なる 2 種類の碎波段波を発生させる。実験のパラメータとして前面に配置する構造物模型の背後からそれぞれの配置する模型の距離を 3 通り ($x_b=15\text{cm}, 45\text{cm}, 75\text{cm}$) とし,前面に構造物模型あり・なしの 2 通りを加えた全 12 ケース(表1)で実験を行う。なお,全ケースについて構造物模型を設置した状態で実験を行ったほか,構造物模型を除いた状態と前面にのみ構造物模型を置いた状態で通過波及び流速を計測した。

表1 実験ケース

Name	$h_0[\text{cm}]$	$x_b[\text{cm}]$	前面の建物	評価対象物	計測項目
Case1-1	50	15	なし	立方体	水平波力
Case1-2	45				
Case1-3	50				
Case1-4	45	45			
Case1-5	50				
Case1-6	45				
Case2-1	50	15	立方体		
Case2-2	45				
Case2-3	50				
Case2-4	45	45			
Case2-5	50				
Case2-6	45				

通過波は、実スケール（フルード相似則）で最大流速 12.2m/s、最大浸水深 4.7m の津波に相当し、フルード数は約 1.8 であった。

3. 結果と考察

実験で得られたデータをもとに、 $h_o=50\text{cm}$ 、黒線：構造物なしの波力、赤線：構造物ありの波力としたものを図 3 に示す。

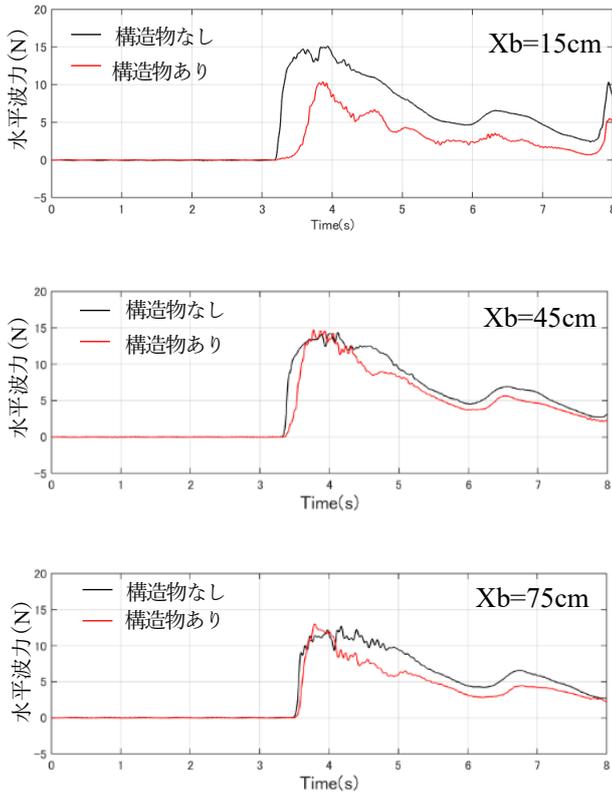


図 3 水平波力の時系列（上から $X_b=15, 45, 75\text{cm}$ ）

また、 F ：前面に構造物模型ありの波力、 F_o ：前面に構造物模型なしの波力、 X_b ：前面に設置する構造物模型の背後からの距離、 B ：構造物模型の幅（15cm）として、縦軸を F/F_o 、横軸 X_b/B で無次元化し、 $h_o=50\text{cm}$ と $h_o=45\text{cm}$ の結果を平均し、2 次式で回帰したものを図 4 に示す。

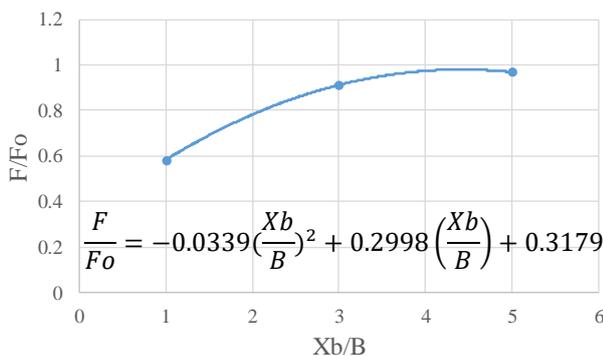


図 4 無次元化したグラフ

図 3 と図 4 から、構造物のすぐ背後に模型がある場合（ $X_b/B=1$ ）は低減率が 40% と大きな低減効果が見られるが、それ以降に置いた場合（ $X_b/B=3$ or 5 ）は低減率が 10% 未満と低減効果が低いことが分かった。評価式は図 4 中に示す通りとなった。

次に、津波荷重評価式（朝倉式）による推定について考察する。建築物等の陸上構造物に作用する津波波力の推定について、朝倉ら（2000）1）は津波の遡上特性を考慮した上で、構造物に作用する波圧分布から評価式（朝倉式）を提案している。

$$F = \frac{1}{2} \rho g (ah)^2 B \quad (1)$$

この評価式を用いて前面に構造物がある場合での水平波力の推定値を算出した。実験値（ F_{exp} ）と推定値（ F_{cal} ）の関係を図 5 に示す。水深係数 a を 0.5 単位で変えていき、実験値に最も近くなるような水深係数 a を求めたところ、 X_b/B と水深係数 a は表 2 の通りとなった。したがって、構造物背後（ $X_b/B=1$ ）では水深係数が $a=1.5$ に低減されるが、構造物背後からの距離が長くなるにつれ、通常の流れに回復し、朝倉らが提案している水深係数 $a=3$ に近づく傾向を示す結果となった。

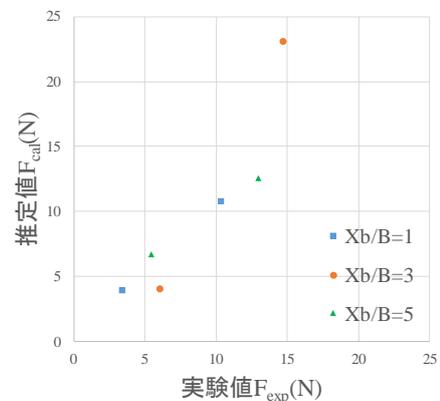


図 5 実験値 F_{exp} と推定値 F_{cal} の関係

表 2 X_b/B と水深係数 a

X_b/B	水深係数 a
1	1.5
3	2
5	3

参考文献

- 朝倉良介・岩瀬浩二・池谷毅・高尾誠・金戸俊道・藤井直樹・大森政則：護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 47 巻，pp. 911-915，2000.