

津波避難ビル等の構造基準の合理化

Rationalization of Construction Criteria for Tsunami Evacuation Buildings

福山 貴子 池谷 毅¹⁾ 岩前 伸幸²⁾ 末長 清也
高橋 俊彦³⁾ 秋山 義信 館野 公一⁴⁾ 鈴木 紀雄

要 約

津波避難ビル等の構造的要点の基本的な考え方として、東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件にかかわる暫定指針がとりまとめられている。暫定指針では、津波波圧を算定するための水深係数を3とすることを基本としながら、構造物と海岸線との間の遮蔽物や構造物と海岸線の距離により低減できること、また、開口やピロティを有する構造物はその影響を考慮して作用波力を減らすことができること、等が定められているものの、遮蔽物や距離、開口やピロティの影響を系統立てて検討された事例は少ない。本報告は、暫定指針の合理化に資するデータを得るために、これらの影響を水理模型実験および数値シミュレーションにより検討した結果をとりまとめたものである。

目 次

- I. はじめに
- II. 津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針
- III. 研究成果
- IV. おわりに

I. はじめに

津波避難ビルや津波避難タワー等の施設の構造設計にあたっては、津波による荷重を適切に評価することが重要である。内閣府の「津波避難ビル等に係るガイドライン」巻末資料②「構造的要点の基本的な考え方」¹⁾では、朝倉ら²⁾の実験結果をもとにした式で津波波圧を算定することとしている。この式で用いる水深係数はフルード数に依存するという研究成果³⁾もあるものの、同ガイドラインでは一定値3を用いるものとしている。

東日本大震災後には、震災における津波による建築物被害の調査を踏まえ、津波波圧算定式の見直しが行われており、「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」⁴⁾にとりまとめられている。暫定指針では、対象建築物の海側に遮蔽物がある場合や海岸線からの距離がある場合には水深係数2あるいは1.5を用いることができるとされている。また、建築物が開口やピロティを有している場合には作用荷重を低

減することができる。しかしながら、遮蔽物や海岸線からの離隔距離、開口やピロティの影響についての系統的な検討データは少ない。

本報告では、津波避難ビル等の構造設計の合理化に資することを目的とし、水理模型実験および数値シミュレーションによる検討を行った結果をとりまとめる。

II. 津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針

以下に、津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針の記載内容のうち、本研究で合理化検討を実施した項目について引用する⁵⁾。

1. 津波波圧算定式

構造設計用の進行方向の津波波圧は下式により算定する。

$$qz = \rho g (ah - z) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 qz ：構造設計用の進行方向の津波波圧(kN/m²)、 ρ ：水の単位体積質量(t/m³)、 g ：重力加速度(m/s²)、 h ：設計用浸水深(m)、 z ：当該部分の地盤面からの高さ(0 ≤ z ≤ ah)(m)、 a ：水深係数、である。水深係数 a については3を基本とするが、津波の勢いが低減されることが見込まれる場合には Fig.1 に示すように低減することができる。

1) 東京海洋大学 (当時 技術研究所) Tokyo University of Marine Science and Technology (Ex-member of Kajima Technical Research Institute)
2) 北海道支店 Hokkaido Branch
3) IT ソリューション部 IT Solutions Dept.
4) 建築設計本部 Architectural Design Division

キーワード：津波避難ビル, 津波波力, 津波波圧, 浸水深, 水深係数, フルード数, 水理模型実験, CADMAS-SURF
Keywords: tsunami evacuation building, tsunami wave force, tsunami wave pressure, inundation depth, water depth coefficient, Froude number, hydraulic model test, CADMAS-SURF

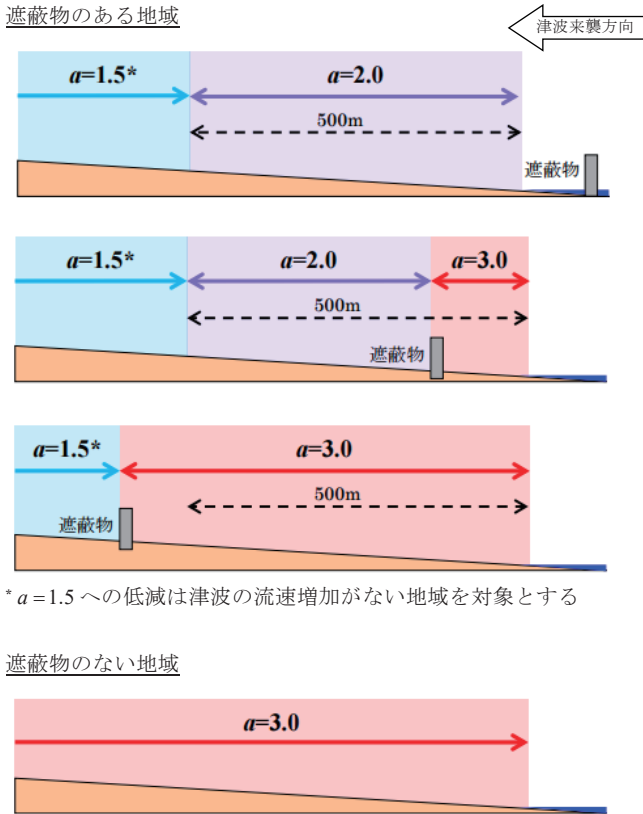


Fig.1 水深係数 a の模式図⁵⁾
(Diagram of Water Depth Coefficient)

2. 津波波力算定式

構造設計用の進行方向の津波波力は (1) 式の津波波圧が同時に生じると仮定し, (2) 式により算定する。

$$Qz = \rho g \int_{z_1}^{z_2} (ah - z) B dz \dots\dots\dots (2)$$

ここに, Qz : 構造設計用の進行方向の津波波力(kN), B : 当該部分の受圧面の幅(m), z_1 : 受圧面の最小高さ(m), z_2 : 受圧面の最大高さ(m)である。受圧面の幅 B は高さに応じて様でない場合があるが, この場合, 各高さに応じた受圧面の幅を用いて積分を行う。

3. 開口による低減

開口部における津波波力は, 各高さの受圧面の幅から各高さの開口部の幅を除外して津波波力を算定すること, または受圧面の面積から開口部の面積を除外した面積を受圧面の面積で除して得た割合を津波波力に乗じることにより低減することができる。ただし, 原則として, 除外する前の津波波力の7割を下回らないこととする。

4. ピロティの取扱い

ピロティを有する部分の津波波力は, ピロティ部分 (柱・梁等の耐圧部材を除く。) に津波波圧が作用しないこととして, 算定することができる。

5. 浮力算定式

開口率を勘案して水位上昇に応じた開口部からの水の流入を考慮して算定することができる。

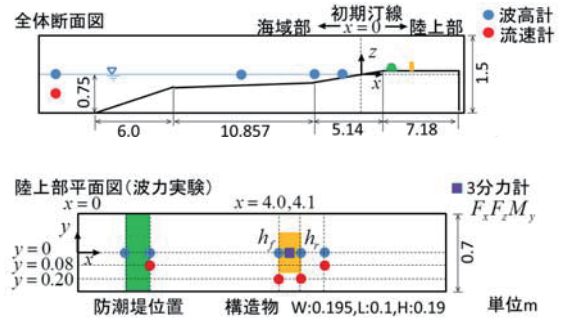


Fig.2 遮蔽物実験のセットアップ⁹⁾
(Setup of Hydraulic Model Test of Protective Barrier)

III. 研究成果

ここでは, 津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針の合理化に資するデータを取得するために実施した水理模型実験および数値シミュレーションで得られた成果を, 建築基準法整備促進事業成果^{6), 7), 8)} および既発表論文より引用する形で紹介する。

なお, 以降で示す水理模型実験は, すべて, 鹿島建設技術研究所海洋・水理実験棟の中型水路 (長さ 60m, 幅 0.7m, 高さ 1.5m) において実施した。実験波は, 環流装置を用いて造波した, 津波もしくは定常流とした。模型や計測諸量はフルード相似則にしたがってモデル化し, 実験縮尺は 1/100 とした。基本的な実験の流れは, 模型を設置しない状態で通過波検定実験を行って所定の津波あるいは定常流を作成して水位・流速を計測した後に, 模型を設置して津波荷重実験を実施した。

1. 遮蔽物・海岸線との離隔距離の影響について

(1) 目的

暫定指針では, 津波避難ビル等の構造設計における津波の波圧の算定時に, Fig.1 に示すように海側に防潮堤等の遮蔽物が存在する場合には海岸線との離隔距離に応じて水深係数を低減できるとしている。そこで, 水理模型実験を行って, 遮蔽物と海岸線との離隔距離の影響を検討する。

(2) 水理模型実験

(a) 実験方法概要⁹⁾

津波条件は, 波高 h_1 を 4 通り (5.0, 6.8, 7.5, 10.0cm), 半周期は 60 秒とし, 環流装置の流量を時間的に変化させることで津波波形を模擬した。

地形は Fig.2 に示すとおりであり, 陸上部には, 標準的な地表面相当 ($n = 0.012m^{-1/3}s$) もしくは街区相当 ($n = 0.020m^{-1/3}s$) の粗度を設置した。遮蔽物は, 法勾配 1:2 の台形型防潮堤とし, 高さ h_w を 3 通り (0.0, 2.5, 7.5cm) とした。

建築物は, 矩形の構造物模型 (幅 19.5cm, 奥行 10cm, 高さ 19cm) を, 海岸線からの距離 (2, 4, 6m) を変化させて設置し, 津波を作用させて水平波力, 建築物前面浸水深, 背面浸水深を計測した。建築物模型は, 水路中央に設置する場合 (3D) を標準とし, 比較のため建築物と水路側壁との間を模擬壁で閉塞させた場合 (2D) についても実施した。

水位 (浸水深), 流速, 波力の計測にはそれぞれ容量式波高計, 直径 5mm のプロペラ式流速計, 3 分力計を用いた。なお, プロペラ式流速計は底面から 8mm の高さに設置した。

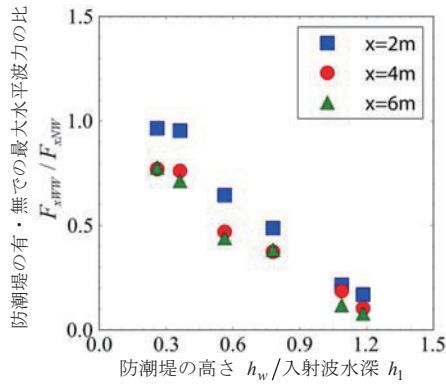


Fig.3 防波堤の高さと海岸線からの距離による波力の低減⁹⁾
(Reduction of Tsunami Wave Force by Protective Barrier)

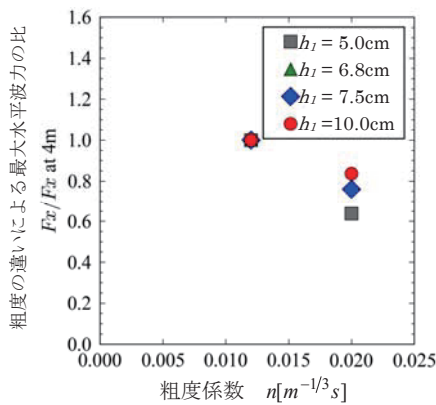


Fig.4 陸上地表面粗度の違いによる波力の低減⁹⁾
(Reduction of Tsunami Wave Force by Roughness of Land)

(b)実験結果概要⁹⁾

防波堤による波力の低減効果を調べるため、Fig.3 に防波堤を設置した場合の最大水平波力 F_{xWW} と防波堤が存在しない場合の最大水平波力 F_{xNW} との比 (F_{xWW}/F_{xNW}) と、防波堤の高さ (h_w) と入射波水深 (h_1) との比 (h_w/h_1) との関係、海岸線と建築物の離隔距離 x をパラメータとして示す。防波堤が高いほど防波堤の背後にある建築物に作用する波力は低減すること、また、防波堤からの離隔距離 x が大きいほど低減効果が大きいことが分かる。粗度 n の大きさが波力低減効果に及ぼす影響を Fig.4 に示す。陸上地表面粗度 n が大きいほど、また入射波水深 h_1 が小さいほど、波力の低減効果が大きいことが分かる。

波力が低減する理由を探るため、波力の評価に用いる抗力係数および水深係数と通過波のフルード数との関係を調べた結果、抗力係数および水深係数はフルード数の関数となることを確認した。定量的な評価を簡便に行うため、遮蔽物の影響を考慮してフルード数の変化を算定することができる水理解析をあわせて実施し、解析値が実験値の傾向を良好に再現することを確認した。さらに、池谷ほか¹⁰⁾ は簡便に入手可能な津波ハザードマップの浸水深に関する情報から、エネルギー線法によるフルード数の変化を表現する方法を提案し、水理模型実験結果と比較して提案方法の妥当性を示した。

また、池谷ほか¹¹⁾ は、有限幅の水域中に設置された広幅直方体構造物を対象として、反射特性を考慮した津波波力の評価方法を提案し、本実験結果と比較して妥当性を示した。

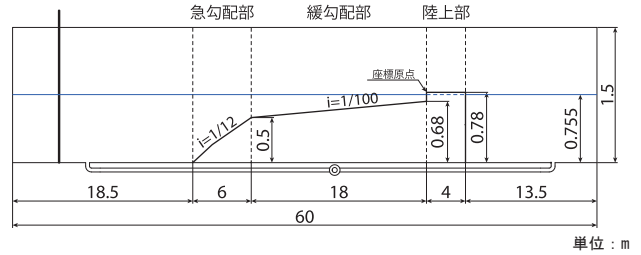


Fig.5 開口部実験およびピロティ実験のセットアップ¹²⁾
(Setup of Opening Experiment and Piloti Experiment)

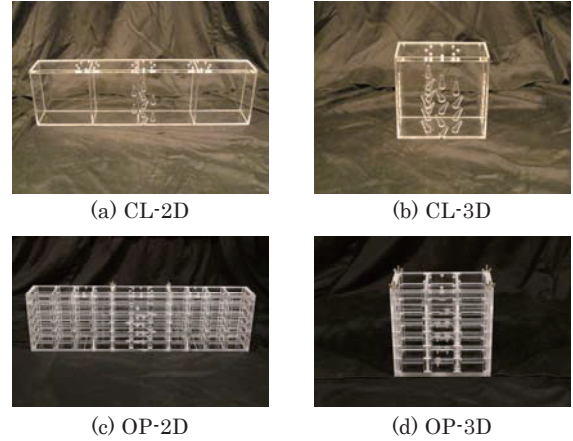


Photo 1 開口部実験模型¹²⁾

(Building Model of Opening Experiment)

2. 開口の影響について

(1) 目的

暫定方針では、受圧面の面積から開口部の面積を除外した面積を受圧面の面積で除した割合で、7割を下限值として津波波力を低減することができるとしている。しかしながら、開口を有する構造物への津波荷重に関する系統的な実験データは少ないため、水理模型実験および数値シミュレーションを行って開口の影響を検討する。

(2) 水理模型実験

(a)実験方法概要¹²⁾

津波条件は、波高 h_1 を4通り (3.0, 5.0, 7.5, 10.0cm)、半周期2通り (30, 60秒) を組合せた8通りとし、環流装置の流量を時間的に変化させることで津波波形を模擬した。

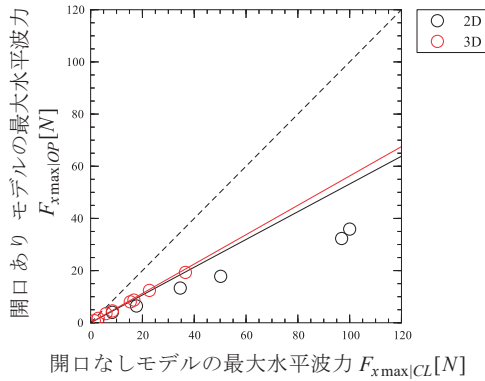
地形は、Fig.5 に示すとおりとし、緩勾配部と陸上部の境界 (護岸) は10cm、護岸前面での静水深は7.5cmとした。

建築物は、側方を水が流下しない2Dモデルと流下する3Dモデルのそれぞれに対して、開口がない場合 (CL; Close) とある場合 (OP; Open) を考えた計4タイプとした (Photo 1)。奥行10cm、高さ19cmは共通で、幅は2Dモデルで69.5cm、3Dモデルで19.5cmとした。模型を正面から見た際の開口部面積 / 全体面積で定義した前面開口率は、OP-2DとOP-3Dで、それぞれ46.8%、43.7%である。

(b)実験結果概要¹²⁾

通過波検定実験では8通りの津波を作成し、陸上部で計測されたフルード数は、最も大きい時刻において1.2から1.4程度であった。

津波荷重実験では、建築物に作用する波力および波圧 (9~32点)



開口ありモデルの最大水平波力 $F_{xmax|OP}$ [N]

開口なしモデルの最大水平波力 $F_{xmax|CL}$ [N]
Fig.6 開口による最大水平波力の低減¹²⁾
(Reduction of Tsunami Wave Force by Opening)

を計測した。得られた津波波力の時系列から、津波のフロントが通過する際の極大値（衝撃波力）と水位が最大となる時間にみられる極大値（持続波力）があり、持続波力は全ケースでみられ、多くの場合は持続波力が最大波力となることが確認された。一方、衝撃波力は、周期が短く波高が大きい場合（フルード数が大きい場合）に発生し、開口なしモデルの方が開口ありモデルに比べて大きな値となった。また、持続波力が最大となる時刻における波圧分布は、建築物前面の最大浸水深における静水圧分布とほぼ等しいことが分かった。

Fig.6は、開口による波力の低減効果を示したものである。各プロットは1つの津波条件に対応しており、横軸は開口なしCLモデル、縦軸は開口ありOPモデルの場合の最大水平波力を示している。図中の実線は、建築物の開口率を λ （2D：46.8%，3D：43.7%）とし、

$$F_{xmax|OP} = (1-\lambda)F_{xmax|CL} \dots\dots\dots (3)$$

を示したものである。式(3)では、津波の作用高さや波圧分布は開口がない場合と同等とし、受圧面積が高さ方向に1- λ 倍になるとして波力を低減している。しかしながら、開口が存在する場合には、建築物前面の最大浸水深が低減され、それにともなって波圧も小さくなるため、実験から得られた値は式(3)よりも小さな値を示していることが分かる。3Dモデルの場合、建築物前面の最大浸水深に対する開口の影響が2Dモデルの場合と比べて相対的に小さいため、波力が低減される割合が小さくなっていると考えられる。以上の結果から、本実験のパラメータ範囲では、現行の津波荷重算定式は安全側の評価を与えるものであることが確認された。

さらに、池谷ほか¹³⁾は、陸上構造物に作用する津波持続波圧の簡便な理論モデル¹⁴⁾を越流や透過流による通下流量がある場合にも適用できるように拡張し、水理模型実験及び次項で述べる数値シミュレーションと比較して、有効性を確認した。

(3) CADMAS-SURF/3Dを用いた数値シミュレーション

(a)数値シミュレーション方法概要

数値解析モデルとして、CADMAS-SURF/3D^{15), 16)}を用いた。CADMAS-SURF/3Dは支配方程式として3次元非圧縮のNavier-Stokes方程式をポアラスモデルに基づいて拡張した方程式を用いており、自由表面の解析はVOF法による。

まず、開口を有する建築物に作用する津波荷重の評価における数値解析モデルの適用性を確認するため、CADMAS-SURF/3Dを用

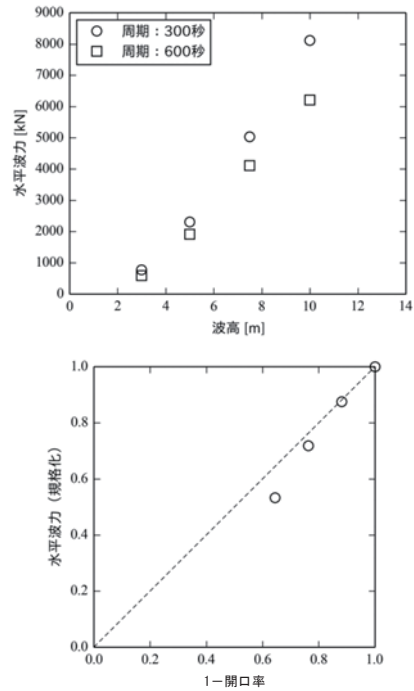


Fig.7 津波条件の影響（上）と開口率の影響（下）⁷⁾
(Effect of Tsunami Condition and Opening Ratio)

いて水理模型実験（建築物：OP-3D、波高：7.5cm、周期：30秒）の再現解析¹²⁾を実施した。さらに、津波条件、海底勾配、開口率、地盤の透水係数をパラメータとして、建築物に作用する津波荷重に及ぼす影響を評価するための解析を実施した。多数の解析を実施する必要があるが、計算効率化については岩前ら¹⁷⁾に示した。

(b)数値シミュレーション結果概要⁷⁾

CADMAS-SURF/3Dを用いた数値シミュレーションにより得られた代表的なパラメータの影響は以下のとおりである。

- a. 津波条件の影響 (Fig.7上)
波高が大きいほど、周期が短いほど最大水平波力が大きい。
- b. 開口率の影響 (Fig.7下)
開口がある場合の水平波力は、ない場合の値に(1-面積開口率)をかけた値よりも小さい。

3. ピロティの影響について

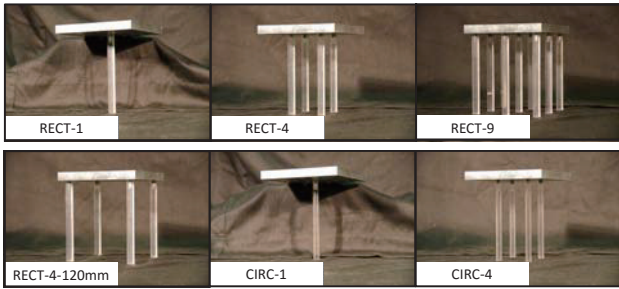
(1) 目的

暫定指針では、ピロティ部分の開口影響により津波波力を低減でき、その低減率は前面開口率によって求められるとしている。しかしながら、ピロティ構造物に作用する津波波力について幅広いパラメータで検討した事例は少ない。本実験では、ピロティの柱部分に作用する津波波力の把握を目的とした実験とピロティ構造を有する建築物に作用する津波波力の把握を目的とした実験とに分けて実施した。

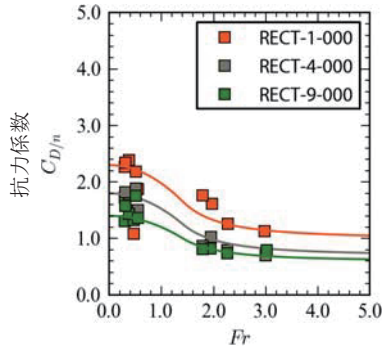
(2) ピロティ構造の柱部分を対象とした水理模型実験

(a)実験方法概要¹⁸⁾

実験水路内に定常流を発生させることにより、陸上に遡上した津波を模擬した実験を実施した。環流装置のポンプの流量および実験部下流端に設置した堰上げ装置の高さを調整することにより、定常流の浸水深および流速を変化させた。さらに、フルード数の大きい

Photo 2 柱実験模型¹⁸⁾

(Pillar Model)

Fig. 8 柱の本数の影響(角柱の場合)¹⁸⁾

(Effect of Number of Pillars)

流れについても検討するため、陸上部上流端に台形型の堰を設けた実験も実施した。津波条件は、低フルード数 (<1 , 常流) 6 ケース、高フルード数 (>1 , 射流) 4 ケースの計 10 ケースの定常流とした。

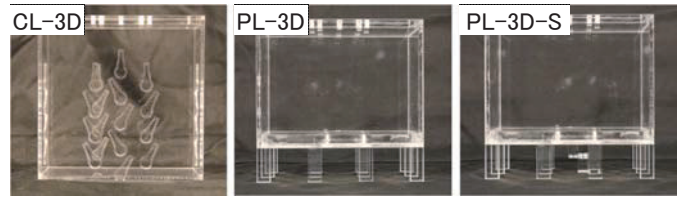
地形は、開口部実験と同様のもの (Fig.5) を使用した。

柱模型は、Photo 2 に示すように平板に柱を取り付けた形状のものとし、柱の高さは 15cm、柱の径は角柱 (1cm×1cm)、円柱 (ϕ 1cm) とした。

(b) 実験結果概要¹⁸⁾

通過波検定実験では、浸水深が 1.0~11.0cm、流速が 0.11~121.4cm/s、フルード数が 0.001~3.07 の範囲となる定常流を作成した。

津波荷重実験では、柱の形状・本数・設置間隔・津波の入射角度 (模型の設置角度) の異なる 9 ケースの模型に対して、通過波検定実験で得られた定常流を作用させた際の波力を計測し、柱 1 本あたりの抗力係数を算出した。いずれの模型条件においても、抗力係数はフルード数が増加するにしたがって減少する傾向が見られた (Fig.8)。そこで、理論モデルから抗力係数とフルード数を関係付ける式を導出し、それに基づき、各実験ケースにおける抗力係数を評価する近似式を提示した¹⁹⁾。柱の形状によらず、柱の本数が増えるにつれて柱 1 本あたりの抗力係数が減少する傾向が見られた。これは、柱が複数列に渡って存在する場合、下流側の柱に作用する流れが上流側の柱の影響を受けるためと考えられる。柱 1 本あたりの抗力係数から、各列の柱に作用する抗力を推定した結果、フルード数が 1 より小さい場合 (常流) は、柱に作用する抗力は下流側に行くにしたがって漸減していた。一方、フルード数が 1 より大きい場合 (射流) では単純減少しないことが分かった。実験結果に基づき、下流側の柱における抗力の低減モデル案を提示した²⁰⁾が、このモデルは津波の入射向きや柱間距離と柱径の比等のパラメータにより

Photo 3 ピロティ実験模型⁷⁾

(Building Model of Piloti Experiment)

大きく異なると考えられる。

(3) ピロティ構造を有する建築物を対象とした水理模型実験⁷⁾

(a) 実験方法概要

1 階部分だけがピロティ構造となった、より現実的な形の建築物模型を用い津波波力を計測する。ピロティ開口のない模型における波力を基準とし、ピロティ構造による波力の低減効果や付属設備 (階段) が波力に与える影響を評価する。

地形は柱実験と同様である。

津波条件は、浸水深 (3.0, 5.0cm) および周期 (30, 60 秒) の組合せの 3 種とした。ここで、浸水深 5.0cm のケースは水位が 2 階部分に達する場合で周期 2 ケース、3.0cm のケースはピロティ部分の柱のみに荷重が作用する場合で周期は 60 秒とした。

模型は開口部実験の CL-3D モデルおよびピロティ模型を用いた (Photo 3)。外形寸法は両模型とも同じであり、ピロティ模型には階段が着脱可能である。

(b) 実験結果概要

3 種類の模型に対して 3 つの津波条件で計 9 ケースの津波荷重実験を実施した。ピロティ構造に作用する水平波力は、ピロティ開口のない構造に作用する水平波力の 40~60% 程度に、また、鉛直力は、10~30% に低減することが確認された。現在のガイドラインにおいては波力の低減率の下限を 70% としているが、今回の実験で得られた低減率はこれよりも小さい。ピロティの柱部分にのみ津波が作用するケースについては、前述の柱体構造物に作用する波力の評価方法により評価したところ、やや大きめの評価値となった。また、外階段の存在は、水平波力を 3~7% ほど増加させる結果となった。

IV. おわりに

本報告では、津波避難ビル等の構造設計の合理化に資することを目的として実施した検討結果をとりまとめた。水理模型実験および数値シミュレーションを実施して、海岸線と建築物の間にある遮蔽物やその離隔距離、建築物の開口の有無、ピロティ構造の影響を系統立てて検討した。

謝 辞

本研究は、国土交通省平成 24 年度建築基準整備促進事業「49.津波避難ビルの構造基準の合理化に資する検討 (研究代表者: 中埜良昭)」, 平成 25 年度および平成 26 年度建築基準整備促進事業「S3.津波避難ビル等の構造基準の合理化に資する検討 (研究代表者: 中埜良昭)」において (独) 建築研究所との共同研究として実施したものである。研究の遂行にあたっては、「津波避難ビルの構造基準の合理化検討委員会」東京大学生産技術研究所・中埜良昭教授をはじめとした各位より貴重な意見を頂いた。ここに記し謝意を表す。

参考文献

- 1) 津波避難ビル等に係るガイドライン検討会 内閣府政策統括官 (防災担当); 津波避難ビル等に係るガイドライン, http://www.bousai.go.jp/kohou/oshirase/h17/tsunami_hinan.html, 2005.
- 2) 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作用する波力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 47 巻, 2000, pp.911-915.
- 3) Asakura, R., K. Iwase, T. Ikeya, M. Takao, T. Kaneto, N. Fujii and M. Ohmori; The tsunami wave force acting on land structure, Proc. of 28th ICCE, ASCE, 2002, pp.1191-1202.
- 4) 国土交通省住宅局長; 津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について (技術的助言), <http://www.mlit.go.jp/common/000172861.pdf>, 2011.
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所; 津波避難ビル等の構造上の要件の解説, 国土技術政策総合研究所資料, 第 673 号, 2012.
- 6) (一社) 建築性能基準推進協会ほか; 平成 24 年度建築基準整備促進事業 49.津波避難ビルの構造基準の合理化に資する検討, <http://www.mlit.go.jp/common/000995446.pdf>, 2013.
- 7) (一社) 建築性能基準推進協会ほか; 平成 25 年度建築基準整備促進事業 S3.津波避難ビル等の構造基準の合理化に資する検討, <http://www.mlit.go.jp/common/001037146.pdf>, 2014.
- 8) (一社) 建築性能基準推進協会ほか; 平成 26 年度建築基準整備促進事業 S3.津波避難ビル等の構造基準の合理化に資する検討, <http://www.mlit.go.jp/common/001037146.pdf>, 2015.
- 9) 池谷毅, 末長清也, 福山貴子, 秋山義信, 館野公一, 鈴木紀雄; 遮蔽物による陸上構造物に作用する津波波力の低減効果, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.71, No.2, 2015, pp.I_569-I_574.
- 10) 池谷毅, 高橋俊彦, 福山貴子, 末長清也, 喜々津仁密, 壁谷澤寿一, 岩田善裕, 奥田泰雄; エネルギー線法による海岸線近傍の遡上津波の特性の評価法, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.72, No.2, 2016 (印刷中).
- 11) 池谷毅, 末長清也, 福山貴子, 秋山義信, 鈴木紀雄, 館野公一; 反射特性を考慮した陸上構造物に作用する津波波力の評価法, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.71, No.2, 2015, pp.I_985-I_990.
- 12) 岩前伸幸, 秋山義信, 池谷毅, 鈴木紀雄, 館野公一; 開口を有する建築物に作用する津波荷重, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 2016 (印刷中).
- 13) 池谷毅, 岩前伸幸, 秋山義信, 福山貴子, 末長清也, 鈴木紀雄, 館野公一; 開口影響を考慮した陸上構造物に作用する津波持続荷重の評価方法, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, No.2, 2014, pp.I_386-I_390.
- 14) 池谷毅, 秋山義信, 岩前伸幸; 陸上構造物に作用する津波持続波圧に関する水理学的考察, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, 2013, pp.I_816-I_820.
- 15) 有川太郎, 山田文則, 秋山実; 3次元数値波動水槽における津波波力に関する適用性の検討, 海岸工学論文集, 第 52 巻, 2005, pp.46-50.
- 16) 有川太郎, 山野貴司, 秋山実; 数値波動水槽における砕波変形計算の高度化, 海岸工学論文集, 第 54 巻, 2007, pp.71-75.
- 17) 岩前伸幸, 池谷毅, 秋山義信, 末長清也, 鈴木紀雄, 館野公一; 開口を有する建築物のポーラスメディアによるモデル化, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, No.2, 2014, pp.I_376-I_380.
- 18) 末長清也, 岩前伸幸, 池谷毅, 秋山義信, 館野公一, 鈴木紀雄; 多柱構造物に作用する津波波力に関する実験的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.70, No.2, 2014, pp.I_390-I_395.
- 19) 末長清也, 岩前伸幸, 秋山義信, 池谷毅, 鈴木紀雄, 館野公一; 多柱構造物の各構面に作用する津波波力の位置検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集, 2015, p.II_189.
- 20) 池谷毅, 岩前伸幸, 末長清也, 秋山義信, 館野公一, 鈴木紀雄; 圧力分布を考慮した柱体に作用する津波波力評価モデル, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.70, No.2, 2014, pp.I_396-I_401.

Rationalization of Construction Criteria for Tsunami Evacuation Buildings

Takako Fukuyama, Tsuyoshi Ikeya¹⁾, Nobuyuki Iwamae²⁾, Seiya Suenaga, Toshihiko Takahashi³⁾, Yoshinobu Akiyama, Tomokazu Tateno⁴⁾ and Norio Suzuki

Based on a survey of building damages caused by the Great East Japan Earthquake Tsunami, interim guidelines have been compiled to cover the structural requirements of tsunami evacuation buildings. To reduce the impact of tsunami wave forces, the guidelines show the use of protective barriers, constructing the buildings further from the coastline, and using buildings with openings and which are built on pilotis. However, there are few cases in which the effects of such measures have been considered systematically. This report summarizes the results of an investigation which used hydraulic model experiments and numerical simulation of these effects in order to obtain data that will help to rationalize the interim guidelines.