

◇技術紹介 Technical Report

建物の津波リスク評価システム Risk Evaluation of Buildings in Case of Tsunami

諏訪 仁 Hitoshi Suwa
野畑 有秀 Arihide Nobata

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震では巨大津波が発生し、RC造やS造建物などに甚大な津波被害が発生した。このため、津波避難ビル等に係るガイドライン¹⁾を基本に被害調査結果などを踏まえて技術的助言²⁾が示され、一方、南海トラフで発生する巨大地震に対する予想津波高さ³⁾が最新の知見をもとに更新されている。発生頻度は低いが大規模の津波に対しては、被害の最小化を目指した減災対策が重要になり、津波に対する建物の構造安全性に加えて、在館者の避難安全などソフト対策が必要になる。従って、建物のみならず避難などを含めて現状の問題点を総合的に把握し、効果的な津波対策を実施する必要がある。

事業継続マネジメント(BCM)支援を目的に、地震、台風、大雨を対象に短時間で簡易にリスク評価できる自然災害リスク診断システム⁴⁾を既に開発し、実建物に適用している。今回、東北地方太平洋沖地震における津波被害を踏まえ、自然災害リスク診断システムに津波リスク評価の機能追加を行ったので紹介する。

2. 建物の津波リスク評価システム

2.1 評価システムの概要

本システムでは、工場や事務所などを対象に、津波に対する建物被害、人的被害、生産設備被害、資産の喪失、営業停止、機能低下、外部への影響の7項目を迅速かつ定量的に評価する。診断結果は、数値が大きいほど津波による影響度が大きくなるように0~10の相対値で計算され、評価項目ごとにレーダーチャートを用いて視覚的に表示される。

2.2 評価方法

2.2.1 建物被害の評価 津波に対する建物被害は、水深係数の逆数を用いて作成された Fig.1 の津波被害率曲線⁵⁾に基づき評価する。水深係数⁶⁾は、東北地方太平洋沖地震におけるRC造建物の津波被害データを用い、建物に作用した津波荷重に対する建物耐力の比率で定義された係数である。水深係数の逆数が約1.0付近から転倒の被害が生じ始め、水深係数の逆数が約2.0を超過するとほぼ全てのRC造建物に層崩壊や転倒の被害が発生している。建物被害の評価フローを、Fig.2に示す。遮蔽物の有無、海岸や河川等からの距離、建物の開口率などを考慮して津波荷重を計算し、津波荷重と地震時の保有水

平耐力を等値して水深係数を計算し、水深係数を Fig.1 の津波被害率曲線に代入することで全壊被害を評価する。つぎに、一部損壊(ほぼ1階天井以下の浸水)と半壊(1階天井以上浸水しているものの復旧で使用可能)の調査結果⁷⁾に基づき、全壊被害との相対関係を比較して一部損壊と半壊の被害を評価する。

2.2.2 建物以外の被害の評価 生産設備被害の評価フローを、Fig.3に示す。建物被害が全壊の場合は、建物自体に層崩壊や転倒の被害が発生するため、生産設備被害の影響度を10に設定する。一方、建物被害が半壊以下の場合には、建物内は浸水するものの建物自体は残存して

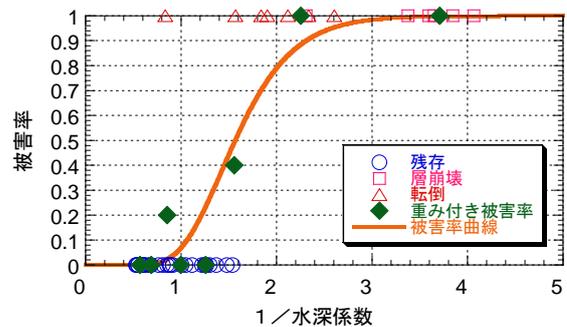


Fig. 1 津波被害率曲線⁵⁾
Damage Ratio Curve of Buildings Due to Tsunami

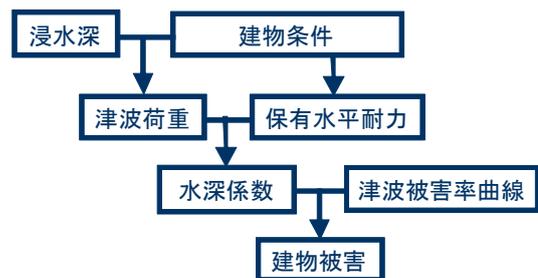


Fig. 2 建物被害の評価フロー
Evaluation of Damage of Building

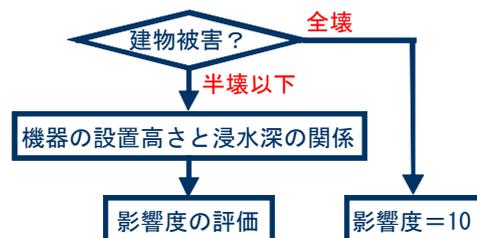


Fig. 3 生産設備被害の評価フロー
Evaluation of Damage of Productive Equipment

いるため、生産設備機器の設置高さや浸水深の関係を比較することで生産設備被害を評価する。このとき、東北地方太平洋沖地震の津波被害では、浸水深に相当する階のみならず上階部分も津波のせき上げ効果による水位上昇により被害を受けたので、浸水深に安全率を考慮して生産設備被害を評価する。人的被害の評価は、生産設備被害の評価フローと同様に避難階の安全性を評価するが、これ以外にも平常時の避難訓練の実施状況、地震時の通信手段の有無、建物周辺の危険物貯蔵施設の有無なども考慮して評価する。機能低下の評価は、建物被害と生産設備被害に加えて、建築設備や非常用発電設備の被害も考慮して評価する。資産の喪失は、生産設備被害の評価フローを基本に、重要データなどのバックアップ状況を考慮して評価する。営業停止も、生産設備被害の評価フローを基本に、代替施設の有無を考慮して評価する。外部への影響は、建物被害、生産設備被害、建築設備の被害、危険物による影響を総合的に考慮して評価する。

2.3 評価の流れ

建設地の浸水深は、津波遡上解析や浸水域ハザードマップを活用して設定する。建物特性(建物高さ、階数、建物形状、建物の開口率、構造特性係数などの項目)は、設計図書を参照して設定する。つぎに、建物周辺の状況、重要な生産設備機器の設置階、防災倉庫や非常用発電設備の有無や設置階、代替施設の有無などの項目を対象に、現地調査や顧客へのヒアリングを行う。建設地の浸水深、建物特性、現地調査およびヒアリング結果を統合して津波リスクを評価する。

3. 津波リスクの評価例

RC造3階の建物を対象に、建物の津波リスクを評価する。建物高さを10.5m、建物の奥行を25.0m、建物の開口率を0.3、構造特性係数を0.3に設定し、建物周辺の状況は遮蔽物が有りて海岸から十分離れている条件で計算すると、津波損傷度曲線はFig.4となる。浸水深を2.0mに設定すると、建物被害は発生確率が最も大きい被害程度で評価されるので一部損壊となる。建物被害が半壊以下であるため、生産設備機器が1階に設置された条件で被害影響度を評価するとFig.5となり、1階部分の浸水により生産設備機器が甚大な被害を受ける。このため、津波対策として生産設備機器を3階に移設すると被害影響度は0となり対策の効果が確認できる。このように、現状の問題点が簡易に把握できるため、詳細検討の必要性の判断や実効性の高い津波対策を実施することができる。

4. まとめ

東北地方太平洋沖地震における甚大な津波被害を踏まえ、今後発生懸念される南海トラフなどの巨大地震に備えるため建物の津波リスク評価システムを開発した。

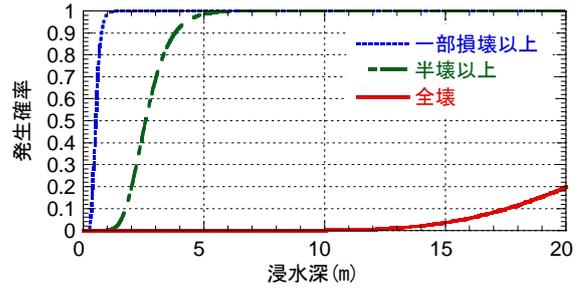


Fig. 4 津波損傷度曲線
Example Fragility Curves of Building Due to Tsunami

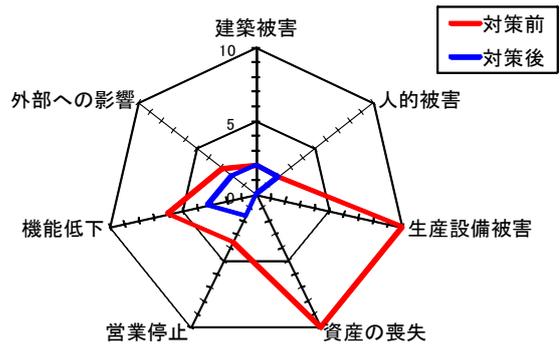


Fig. 5 被害影響度
Example Estimated Damage Level Due to Tsunami

本システムでは、現地調査やヒアリング結果などの情報を用いて建物の津波リスクを簡易に評価できるため、津波対策を実施する際の事前検討において有効活用される。

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、(2005)
- 2) 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)、(2011)
- 3) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について(第一次報告)、(2012)
- 4) 富家貞男他：事業継続マネジメント(BCM)簡易評価システムの開発、大林組技術研究所報、第71号、(2007)
- 5) 諏訪仁：2011年東北地方太平洋沖地震における津波被害データを用いたRC造建物の津波損傷度曲線、日本建築学会大会梗概集、(2012)
- 6) 東京大学生産技術研究所：平成23年度建築基準整備促進事業「40.津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」中間報告書 その2、(2011)
- 7) 国土交通省都市局：東日本大震災の津波被災現況調査結果(第2次報告)、(2011)