

地震による建物の機能被害予測システム Evaluation of Functional Damage to Buildings Caused by Earthquakes

諏訪 仁 Hitoshi Suwa

1. はじめに

東日本大震災では、震災時に重要な役割が求められる病院に一部損壊などの被害が発生し、地震直後には外来ならびに入院の受入制限を実施した事例が見られた。地震後に建物の機能を維持するには、構造躯体に加えて非構造部材や建築設備などを含めた総合的な耐震性能が必要となる。しかし、地震による機能被害の程度は、想定する地震、建物の設計仕様、建築設備の設置状況などにより大きく異なる。このため、既存建物を対象に、建物機能の弱点を知り地震対策を効果的に実施することを目的に地震による建物の機能被害予測システムを開発したので紹介する。

2. 地震による建物の機能被害予測システム

2.1 予測方法

地震による建物の機能被害予測フローを、Fig. 1 に示す。建物をモデル化して地震応答解析を行い、建物各階の応答値（最大加速度と最大層間変形角）を計算する。柱や天井などの部位の応答値は、階の応答値に部位ごとに設定された応答倍率を乗じて計算する。つぎに、部位の機能被害レベルを、Table 1 に示すように3段階に区分し、各被害レベルに対応した限界値を部位ごとに設定する。このとき、応答値に対する余裕度 D を応答値に対する限界値の比率で定義し、 D 値が1以下のときは機能被害の恐れ有り と判定する。

2.2 予測システムの特長

本システムは、建物概要シート、入力データシート、機能被害計算シート、機能被害結果シートから構成される。入力データシートでは建物ならびに部位の条件設定を行い、機能被害計算シートでは入力データを用いて応答値に対する余裕度 D などを計算し、機能被害結果シートでは各階ごとに部位の機能被害レベルを表示する。本システムの特長は、以下となる。

- 1) 地震に対する建物各部位の応答値と限界値を入力すると、地震による機能被害を短期間で予測。
- 2) 構造躯体、非構造部材、建築設備など部位ごとに地震による機能被害を予測。
- 3) 予測結果を、3段階の被害ランクでわかりやすく表示。

3. 地震による建物の機能被害予測例

首都圏に存在するSRC造8階の病院建物を対象に、地震による建物の機能被害を評価する。東京湾北部を震源とする首都直下地震を想定して工学的基盤の地震動を導き、表層地盤の等価線形解析を行い地表面の地震動を計算する。建物を等価せん断モデルに置換して地震応答解析を行い、建物各階の応答値（最大加速度と最大層間変形角）を計算するとFig. 2となる。つぎに、予測対象とする部位をTable 2に、部位の応答倍率や限界値などの条件設定画面をFig. 3に示す。部位の応答値と限界値の関係を用いて、軽微な機能被害ならびに中程度以上の機能被害を対象に応答値に対する余裕度 D を計算するとFig. 4となる。 D 値

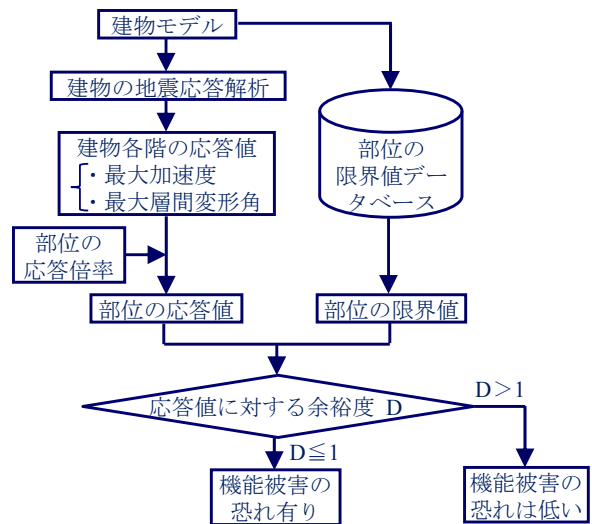


Fig. 1 地震による建物の機能被害予測フロー
Evaluation of Functional Damage of Buildings

Table 1 部位の機能被害レベルの設定
Level of Functional Damage of Building elements

機能被害レベル	建物の機能	補修の可能性
機能被害の恐れは低い	被害の可能性は低く、機能継続できる可能性が高い	補修が必要となる可能性は低い
軽微な機能被害の恐れ有り	軽微な被害が発生するものの、機能が停止する可能性は低い	軽微な補修が必要となる可能性が高い
中程度以上の機能被害の恐れ有り	被害が広範囲に生じて、一部または多くの機能が停止する可能性がある	大規模な補修が必要となる可能性がある

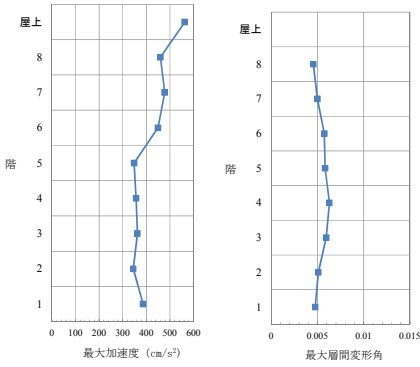


Fig. 2 建物の応答値
Response Values of the Building

Table 2 予測対象とする部位

Set of Building Elements	
部位	
建物	柱
	外壁
	天井
	間仕切壁
建築設備	建築設備機器
	天吊機器
	横引配管
	ダクト
	電気配線
	エレベータ (機械室、昇降路)
	床固定機器
医療設備	キャスター付き機器 (固定有りならびに 固定無し)

◆部位の条件設定

部位	柱	外壁	天井	間仕切壁	建築設備機器	天吊機器
応答指標	最大層間変形角	最大層間変形角	最大加速度	最大層間変形角	最大加速度	最大加速度
入力単位	-	-	G	-	G	G
部位の応答倍率	1.0	1.0	2.0	1.5	2.0	2.0
床吊タイプ	-	-	○	-	-	○

◆部位の限界値(軽微な機能被害)

部位	柱	外壁	天井	間仕切壁	建築設備機器	天吊機器
入力単位	-	-	G	-	G	G
屋上	-	-	-	-	1.5	-
8	0.0067	0.005	1.0	0.005	1.5	1.5
7	0.0067	0.005	1.0	0.005	1.0	1.5
6	0.0067	0.005	1.0	0.005	1.0	1.5
5	0.0067	0.005	1.0	0.005	1.0	1
4	0.0067	0.005	1.0	0.005	1.0	1
3	0.0067	0.005	1.0	0.005	1.0	1
2	0.0067	0.005	1.0	0.005	1.0	1
1	0.0067	0.005	1.0	0.005	1.0	1

Fig. 3 部位の条件設定画面
Condition of Building Elements

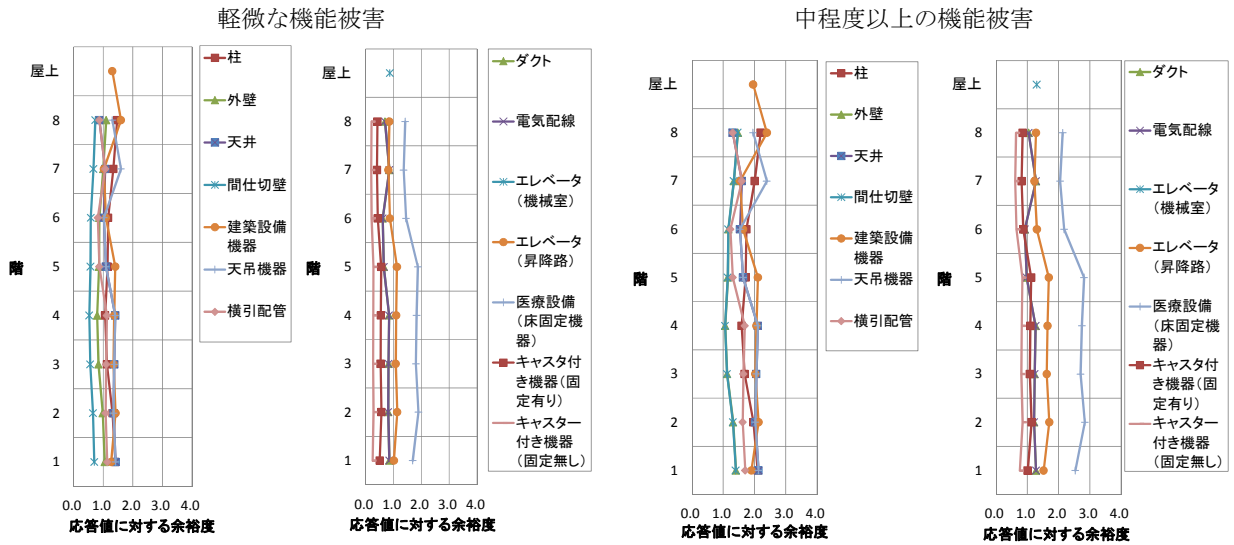


Fig. 4 応答値に対する余裕度
Margin Ratio to Response Values of each Building Element

Table 3 部位の機能被害レベルの予測結果
Results of Functional Damage of Building Elements

階	柱	外壁	天井	間仕切壁	建築設備機器	天吊機器	横引配管	ダクト	電気配線	エレベータ(機械室)	エレベータ(昇降路)	医療設備(床固定機器)	キャスター付き機器(固定有り)	キャスター付き機器(固定無し)
屋上					○					▲				
8	○	○	▲	▲	○	○	▲	▲	▲		▲	○	■	■
7	○	○	○	▲	○	○	○	▲	▲		▲	○	■	■
6	○	▲	○	▲	○	○	▲	■	■		▲	○	■	■
5	○	▲	○	▲	○	○	▲	■	■		▲	○	▲	■
4	○	▲	○	▲	○	○	▲	▲	▲		○	○	▲	■
3	○	▲	○	▲	○	○	▲	▲	▲		○	○	▲	■
2	○	▲	○	▲	○	○	○	▲	▲		○	○	▲	■
1	○	○	○	▲	○	○	○	▲	▲		○	○	▲	■

○：機能被害の恐れは低い、▲：軽微な機能被害の恐れ有り、■：中程度以上の機能被害の恐れ有り

が1以下のとき機能被害の恐れ有りと判定すると、部位の機能被害レベルの予測結果はTable 3となる。機能被害レベルは、部位の種類および設置階により大きく異なることがわかる。このように、個別の建物特性を用いて地震による部位の機能被害レベルを予測し、予測結果を参照することで地震対策を優先的に行う部位の特定などに活用できる。

4. まとめ

東日本大震災における建物の機能被害を踏まえ、既存建物を対象に、地震に対する建物の機能被害予測システムを開発した。今後は、機能被害予測システムを活用して、費用対効果の高い地震対策の提案を行う。