

地震時建物損傷評価システムのBCP訓練への活用

BCP Training Using Damage Estimation System of Structures During Earthquakes

○山田 哲也¹
Tetsuya YAMADA¹

¹三井住友建設株式会社 技術本部 技術研究所

Technical Research Institute, Technical & Engineering Service Division, Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd.,

Initial response of Business Continuity Plan (BCP) of a company includes setting of a disaster response headquarter (HQ). Before the judgment of the setting place of the HQ, it is necessary to confirm the safety of the building for the HQ. Damage estimation system of structures during earthquakes utilized to head and branch buildings was applied to BCP training. This system measures a relative story displacement of a building using a camera and judges the safe of the continuation use of a building from the trace data. The data immediately be displayed in a mail delivery and on a web. The effects of immediacy, understandability of this system were confirmed through BCP training.

Key Words : BCP, Earthquake, Damage Estimation, Relative Story Displacement, Remote Monitoring System

1. はじめに

地震時の事業継続計画（BCP）の初期対応として安否確認に続き、インフラや構造物の被災状況の確認が必要になる。確認すべき対象物は BCP の主体によって異なり、地震発生後の経過時間によって目的も変化する。

企業は、被災直後、BCP に基づき対策本部を設置する。事業を継続するのか、中断して建物から退避する必要があるのか判断を迫られる。建物の安全性が確保されない場合、対策本部の代替機能を確保する必要がある。このような一連の動きを速やかに実施するためには、即時に建物の安全性を判断する必要がある。

建物の被災度判定は、一般に目視で実施することになるが、時間と労力を必要とする。被災直後は、労力をかける余裕がなく、また建物の軸体の損傷は内装材や外装材に覆われているため目視による正確な判断が難しい。このため、加速度センサーなどを用いたモニタリングシステムも研究されている。この方法で建物の変形状態を把握するためには応答解析モデルを用いて解析する必要があるため判定に時間を要する。

本論で検討する地震時建物損傷評価システムは、建物の層間変位をカメラで直接的に計測する¹⁾。層間変位や残留変位の量は、一般的に建物の損傷状態と相関関係が大きく被災度区分判定に使われる²⁾。この方法により、目視や加速度センサーを用いる方法に比べ、効率的で分かりやすい判定が可能になる。

本論では、一般企業の事業継続に着目し、被災直後の建物の被災状況を把握するシステムを BCP 訓練に活用し、その有効性について実務の立場から論じるものである。

2. システム構成

(1) 概要

建物の損傷評価を即時に行うシステムは、建物の層間変形を計測する装置「地震時建物変位計測装置」とパソコン、インターネットネット回線、メールサーバー、クラウドサーバーで構成される（図 1）。地震時に計測された建物の変位軌跡データは、メールサーバーから登録

したメールアドレスに配信される。また、クラウドサーバーには複数の建物の変位軌跡データが集約され、ウェブ上で各損傷状態を確認することができる。

変位軌跡データの最大値と事前に決めておいた建物の損傷度の閾値との関係を判断し、継続使用の可・不可の情報を配信する。

(2) 地震時建物変位計測装置

本装置は、カメラと LED ターゲット（図 2）で構成される。カメラを床上、LED ターゲットを上階床下に固定し、建物の層間変位の軌跡を 2 次元的にリアルタイムで計測する。

LED ターゲットは複数の LED を有しているが、待機時は 1 個の LED のみを発光させ地震時の記録に備えている。複数の LED を任意に発光させることで、BCP 訓練時に模擬的に建物の揺れを再現することができる。

(3) E メール配信システム

各地震時建物変位計測装置によって計測された変位軌跡データ（図 3）は、BCP 運用上の管理者に発信される。計測後即時に発信されるため、外出時や休日、または遠隔にいても受信することができる。

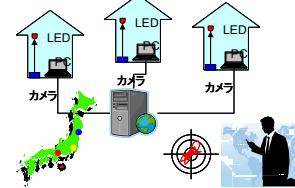


図 1 システム概要

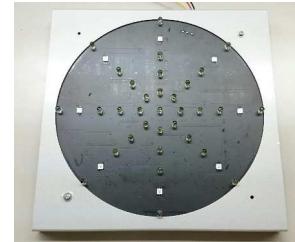


図 2 LED ターゲット

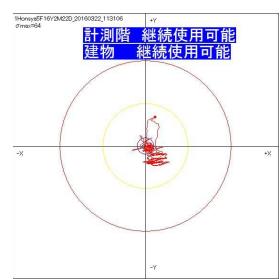


図 3 変位軌跡データ



図 4 地震時建物変位観測
ウェブシステム

(4) 地震時建物変位観測ウェブシステム

本ウェブシステムは、各装置の設置場所を地図上に表現し、装置が計測した軌跡データを表示する。地図上に複数の建物のデータが同時に表示され、建物の被災レベルに応じて色別に表示される（図4）。

3. 建物損傷評価方法

地震後の建物損傷評価は、直後には応急危険度判定による罹災証明の発行、継続使用の判断、復旧段階では補修や建替の判断に必要になる。被災度の判定は、地震後の現地調査により損傷度を数値化して複数のレベルに分類される各種のものがある³⁾。

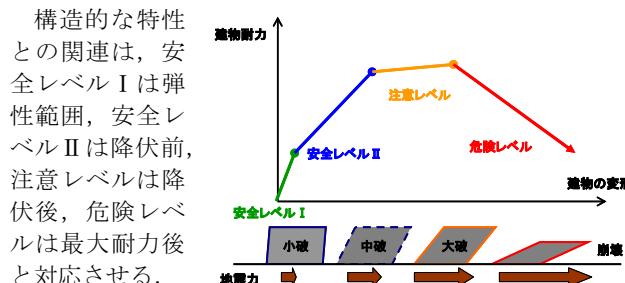
本システムの建物の被災度判定は、図5に示す建物の層間変形と耐力の関係から以下の4分類の損傷レベルを3つの閾値で判断する。

安全レベルI（建物小破、継続使用可）

安全レベルII（建物中破、継続使用可）

注意レベル（余震注意、限定的継続使用可）

危険レベル（継続使用不可）



構造的な特性との関連は、安全レベルIは弹性範囲、安全レベルIIは降伏前、注意レベルは降伏後、危険レベルは最大耐力後と対応させる。

各建物の閾値は、部材種や構造形式によって異なるため、設計図書や解析モデルがある場合は詳細な検討が可能であるが、本論では、標準値として表1に示す閾値を採用している。

表1 損傷レベルと変形角の関係(構造種別)

	安全Iと 安全IIレベル	安全IIと 注意レベル	注意と 危険レベル
RC 造骨組	1/500	1/100	1/50
RC 造壁式	1/1000	1/100	1/50
S 造骨組	1/200	1/100	1/50
SRC 造骨組	1/500	1/100	1/50
CFT 造骨組	1/500	1/100	1/50

また、建物の破壊パターンには、高さ方向に種々のものがある。本装置の設置階が、最大層間変形角を生じる階と異なる場合は、荷重増分解析による高さ方向の層間変形角分布に基づき補正をする必要がある。

4. BCP訓練への活用

企業や自治体は、地震時のリスクマネジメントの一環としてBCPマニュアルを整備し、被災後の円滑な事業遂行が社会的な責務になっている。そのためには、マニュアルを整備するだけではなく、実施可能にするための訓練も必要である。

ここでは、東京に本店、大阪に支店を持つ企業を想定し、東京で地震が発生した場合に、大阪支店が本店の建物の被災状況を遠隔で把握し、バックアップ本部を設置する訓練で、本装置を活用する事例について説明する。

バックアップ本部の設置基準は、①本店が被災し入館

不能またはインフラ途絶等の状態となり、中央対策本部の機能を果たすことが困難であると中央対策本部長が判断した場合、②災害発生後、大阪支店総務部長が中央対策本部事務局（本店総務部）と連絡をとることが出来ない場合である。本店、支店の建物の概要を表2に示す。

表2 本店・支店の建物概要

	構造	築年代	階	設置階	装置設置場所
本店	CFT	1995～	8	5	配管スペース
支店	SRC	～1972	7	2	執務室

東京と大阪の建物の変形状態を、相互に把握できるようするため、東京本店総務部と大阪支店総務部の各BCP担当者は、両建物の変位軌跡データのEメールを受信可能にするとともに、地震時建物変位観測ウェブシステムへのアクセス権を付与する。

想定した地震発生時刻に、東京本店のLEDターチゲットを地震を模擬して動かす。

これに反応して、東京本店の装置は地震継続時間を想定した一定時間、LEDの動き（図6）を計測する。その後、軌跡データは、各BCP担当者にメール送信され、居場所に捉われず確認できる。軌跡データには、層間変形の最大値に応じて損傷レベルが表示されるため、レベルに応じた即時対応が可能になる。本例は、最大値が最外円（1/50）に近く、計測階（5階）は注意レベルの上限であることが分かる。また、建物全体の損傷レベルは、補正を考慮して危険レベルであることを示している。

東京本店の中央対策本部事務局は、危険レベルの場合には中央対策本部の代替オフィスの検討が必要になる。また、震源から遠方の大坂支店総務部長は、本システムによって東京本店の建物の損傷状態を即時に把握し、バックアップ本部機能の開設準備が可能になる。バックアップ本部は、役職員安否確認・情報収集・連絡体制の整備・活動拠点の確保などを中央対策本部に代わりサポートし、事業継続の速やかな推進を期待される。

5.まとめ

企業の本店・支店を想定した建物に地震時建物損傷評価システムを適用し、BCP訓練に活用した。本システムは、即時性・簡易判断性・効率性を特徴とし、その効果を確認することができた。同様の訓練を繰り返すことにより、地震時対応の柔軟性や構造物の損傷に対する理解が進むことが期待される。

参考文献

- 1) 山田哲也 他 : 地震後の建物の健全性に関する研究（その1 非接触型層間変位計測システム），B-2, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp.669-670, 2009.
- 2) 財団法人 日本建築防災協会: 再使用の可能性を判定し、復旧するための震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針。
- 3) 岡田成幸, 高井伸雄: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, 第524号, pp.65-72, 1999.

