

CTV ビルの地震崩壊解析

正会員
同○黒田 恭平*1
磯部 大吾郎*2鉄筋コンクリート造建物 CTV ビル 地震応答解析
崩壊解析 ASI-Gauss 法

1. 緒言

2011年2月22日、ニュージーランド(以下、NZ)の大都市クライストチャーチにおいてマグニチュード 6.3 の地震が発生した。この地震により、図 1(a)に示すクライストチャーチ近郊のカンタベリーテレビ(以下、CTV)ビルが、図 1(b)のように北側のエレベータシャフトのみを残して完全崩壊し、日本人の留学生を含む 115 人が犠牲となった。周囲の建物に目立った損傷は見られなかったにも関わらず、CTV ビルのみが崩壊してしまった点に疑問が残る結果となった。CTV ビルの崩壊現象については詳細にわたる調査がなされているが、崩壊原因については予測の域を出ていない。そこで本稿では、CTV ビルの図面¹⁾を参考に作成した解析モデルに対し数値解析を行い、得られた解析結果と実際の崩壊形態を比較することで、崩壊要因について検討した結果を報告する。

2. CTV ビル崩壊過程

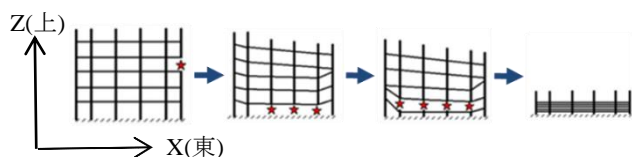
NZ の建築住宅庁が行った調査¹⁾では、図 2 に示すような崩壊過程であったと報告されている。まず CTV ビルが地震動を受けたとき、建物全体が水平方向にねじれる振動が発生した。それに伴い東側中高層の柱が折れ、建物全体が東側に傾いた。その後次々に柱は耐力を失っていき、最終的に全階層の床が重なるように崩壊し、エレベータシャフトのみが残されたとされている。なお、揺れを感知してから CTV ビルが完全に崩壊するまでにかかった時間は、30 秒にも満たなかったという。



(a) 外観図

(b) 崩壊後

図-1 CTV ビル

図-2 CTV ビルの崩壊過程¹⁾

3. 解析手法および解析モデル

解析には ASI-Gauss 法²⁾に基づいて開発された地震崩壊解析コードに RC 構成則の Degrading tri-linear モデル³⁾を導入したものをを用いた。また解析モデルは、NZ 建築住宅庁より入手した CTV ビルの図面を参考にして作成を行った。その図面の梁伏図を図 3 に示し、解析モデルの鳥瞰図を図 4 に示す。解析モデルの総要素数は 2,238、総節点数は 1,540 である。ここで、全体座標系での X 軸方向を東、Y 軸方向を北、Z 軸方向を上向きとしている。CTV ビルは 6 層の鉄筋コンクリート造建物で、北側に耐震壁で構成されたエレベータシャフトがある。また、南北方向の梁は外壁を除いて 1 本も存在せず、床として鋼材とコンクリートで構成された剛性の高いデッキスラブが使用されている。図 4 において黒い部材は床を表し、その床は剛床を仮定した。また、円断面を有する柱は断面積の等しい正方形断面に等価置換を行ってモデル化した。

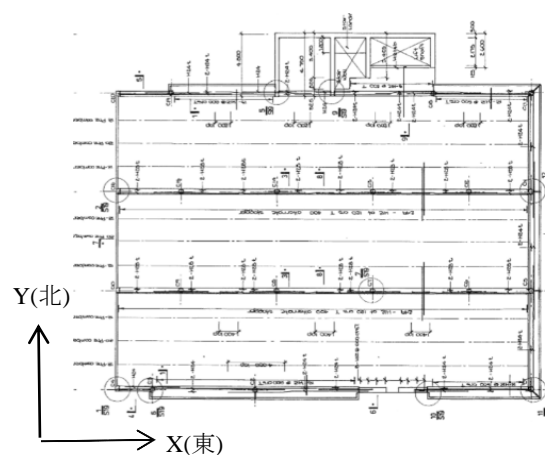
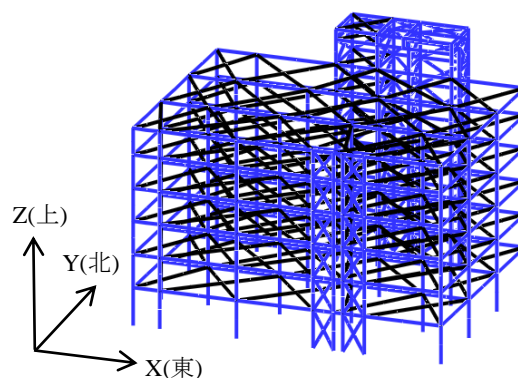
図-3 CTV ビル梁伏図¹⁾

図-4 CTV ビル鳥瞰図

4. 解析条件

入力地震波は、CTV ビルから北におよそ 1.3km 離れた地点で観測された REHS 波を使用した。その REHS 波の加速度波形を図 5 に示す。東西、南北、上下方向すべて、10~13 秒の間に加速度のピークを迎える波形である。この地震波を 30 秒間入力し解析を行った。また、解析の時間増分は 1.0ms、総ステップ数は 30,000step である。

5. 解析結果および考察

REHS 波を入力した際の 10.8 秒時の CTV ビル鳥瞰図を図 6 に、11.8 秒における南方向から見た正面図を図 7 に示す。また、21.7 秒時の鳥瞰図を図 8 に示す。図 6 を見ると、10.8 秒時に東側 2 階の柱が最初に耐力消失したことが分かる。その後、図 7 に示すように建物が東側に傾き、図 8 に示すようにエレベータシャフトのみを残し全階層の床が重なるように崩壊するという崩壊過程となった。また建物の崩壊開始前には、エレベータシャフトを中心に、東西方向にねじれるような動きが見られ、NZ 建築住宅庁が行った調査結果と同様の崩壊過程を示した。

CTV ビルが崩壊した要因として、エレベータシャフトは耐震壁に囲まれていたため、地震に対して十分な強度を持っていたが、建物本体は南北方向の梁が極端に少ないために、エレベータシャフトを中心に東西方向にねじれるような動きが発生したことが考えられる。

6. 結言

NZ 建築住宅庁より入手した CTV ビルの図面を参考にして作成した解析モデルに対し地震崩壊解析を行い、解析結果と実際の崩壊形態を比較した。解析結果は、NZ 建築住宅庁の調査結果と同様の崩壊過程を示した。CTV ビルが崩壊した要

因として、耐震壁に囲まれていたエレベータシャフトは、地震に対して十分な強度を持っていたが、建物本体は南北方向の梁が極端に少ないために、エレベータシャフトを中心に東西方向にねじれるような動きが発生したことが考えられる。

参考文献

- 1) C. Hyland, A. Smith : CTV Building Collapse Investigation, Department of Building and Housing, New Zealand, 2012.
- 2) 磯部大吾郎, チョウミョウリン : 飛行機の衝突に伴う骨組鋼構造の崩壊解析, 日本建築学会構造系論文集, 第 579 号, 2004, pp.39-46.
- 3) 梅村魁 : 鉄筋コンクリート建物の動的耐震設計法:中層編, 技報堂出版, 1982.

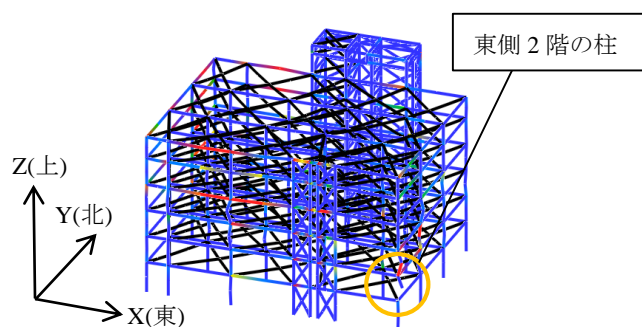


図-6 10.8 秒時の CTV ビル鳥瞰図

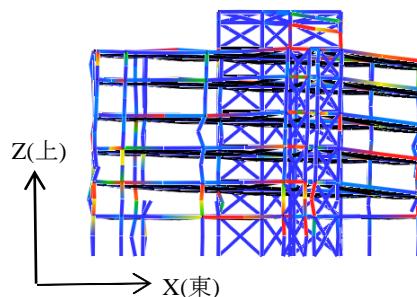


図-7 11.8 秒時の CTV ビル正面図

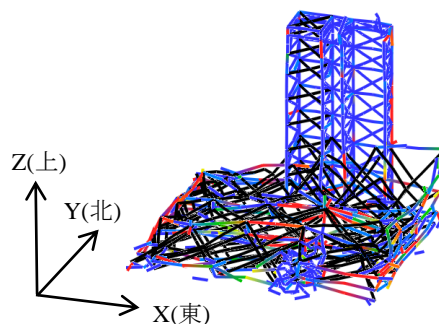


図-8 21.7 秒時の CTV ビル鳥瞰図

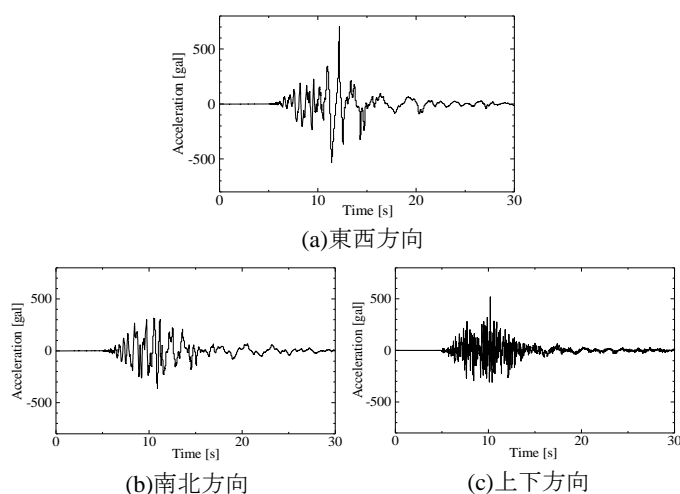


図-5 入力地震波(REHS 波)

*1: 筑波大学大学院システム情報工学研究科 大学院生
*2: 筑波大学教授 博 (工)

*1: Graduate Student, Univ. of Tsukuba
*2: Division of Eng. Mech. and Energy, Univ. of Tsukuba, Dr. Eng.