

首都圏に建つ超高層建築の制震補強に関する研究

D1-07159 藤波 昭秀

1.はじめに

近年首都圏では首都直下型地震による震源近傍の強震動や東海・東南海連動地震による長周期地震動に対し、超高層建築の対策が重要視されている。また、構造的被害だけでなく、BCP(事業継続計画)などを始めとする、建物の機能維持も求められるようになってきている。その為には、地震波からの応答を制御し、被害を抑えることが有効な手段の一つである。

本研究では、新宿副都心の一角に位置する STEC 情報ビル(以下オフィス棟と呼ぶ)の立体フレームモデルを使用し、首都圏で想定される地震波を用いた弾塑性地震応答解析を行う。その結果から構造被害予測を行い、制震補強案の検討を行う。

2. モデル概要

使用するモデルは、従来の研究¹⁾で妥当性が確認されているモデルを使用する。仮定条件および解析条件を以下に示す。

- ・各階の床は剛床と仮定
- ・パネルゾーンは剛域と仮定
- ・柱脚の支持条件は固定と仮定
- ・ブレースの材長が節点間距離となっているが実際の材長等を考慮した軸力剛性に補正している。補正前後の固有周期の比較を表1に示す
- ・並進1次及び2次に減衰定数1%のレーリー減衰
- ・NS成分・EW成分・UD成分の3方向同時入力
- ・梁は材端パネモデルとし全ての部材を合成梁として評価し正負で異なる全塑性モーメントを算出
- ・ブレースは座屈を考慮した柴田-若林の履歴特性²⁾を使用し、座屈荷重および座屈後安定耐力は学会基準³⁾および指針⁴⁾より算出

表1 固有周期比較

	NS1次	NS2次	EW1次	EW2次	ねじれ1次
微動観測	2.79	0.87	2.64	0.83	1.9
補正前	2.75	0.91	2.71	0.90	2.0
補正後	2.72	0.89	2.65	0.88	1.9

3. 弾塑性地震応答解析

3.1 入力地震波

入力地震波には想定東海・東南海連動地震⁵⁾(以下想定連動地震と呼ぶ)および想定首都直下型地震⁶⁾(以下想定直下地震と呼ぶ)を用いる。従来の研究で使用されていた直下型地震は、1秒が卓越した地震動だったため

オフィス棟の2次モードと共振をしてしまい、応答が大きくなる。そのため今回の解析では、従来の研究で使用しているCASE1と1秒付近の卓越が目立たない同規模の地震動のCASE2を解析に使用し、共振による影響についても確認をする。使用する想定連動地震は参考文献を参照。それぞれの地震波の時刻歴波形と速度応答スペクトルを図1に示す。

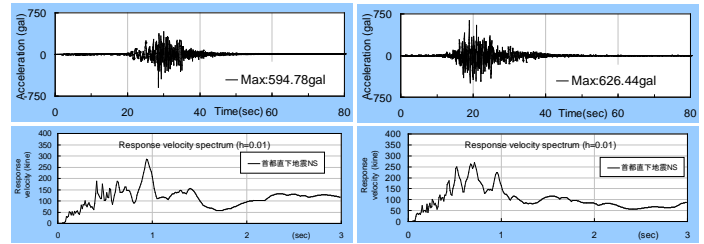


図1 想定直下地震 NS方向

左図: CASE1 右図: CASE2

(上: 加速度時刻歴波形 下: 速度応答スペクトル)

3.2 地震応答解析結果

図2、図3に想定直下地震の解析結果を示す。紙面の都合上、想定連動地震は補強前の結果は省略する。ひずみエネルギーがCASE1では4割を超えているのに対しCASE2では2割ほどである。最大加速度はCASE2の方が大きいが、塑性率はCASE1のほうが大きく21階周辺と下層で被害が大きくなっている。共振の影響により被害差が大きく出ていることがわかる。

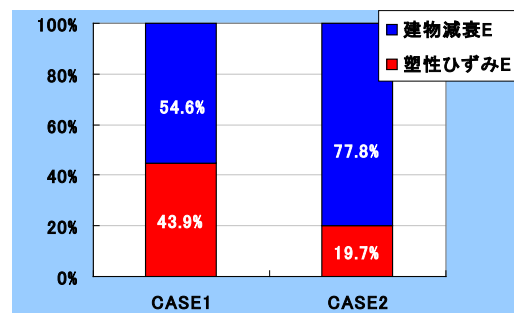


図2 エネルギー割合

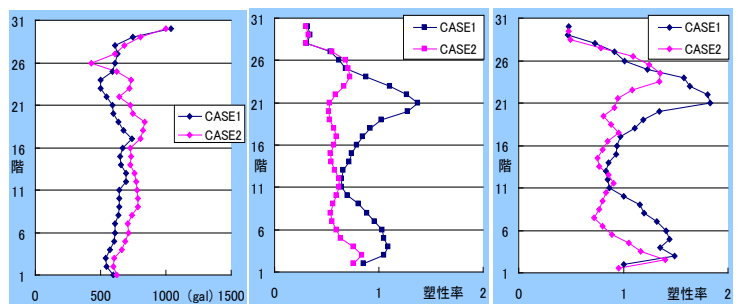


図3 左から最大加速度・梁平均塑性率・ブレース平均塑性率
想定直下地震 NS方向

3. 3 偏心の影響

オフィス棟は東西のコアの大きさが違うためブレース配置が対称ではなく偏心をしている。そのため、東西端部で被害が異なる。図4にCASE1の東西端部応答値比較を示す。西側では、被害は少なく被害の目立つ階もない。しかし、東側では21階周辺の被害が大きく出ている。ねじれの影響による被害は東側に集中している。

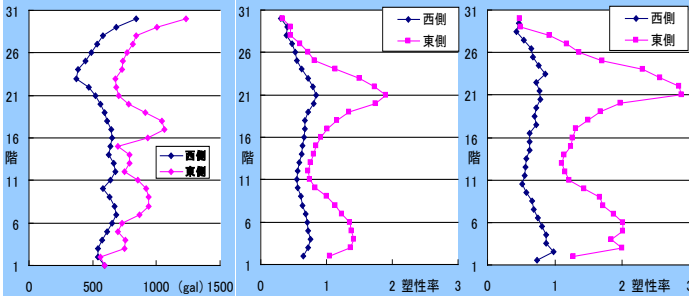


図4 左から最大加速度・梁平均塑性率・ブレース平均塑性率
想定直下地震 CASE1 NS方向

4. 制震補強案の検討

解析結果から、共振をしてしまった時に被害の大きい東側21階周辺の塑性率を2割低減させることを目標として制震補強案を検討する。使用するオイルダンパー性能を表2、図5に示す。本数は36本。オイルダンパー設置位置を図6に示す。

表2 オイルダンパー性能

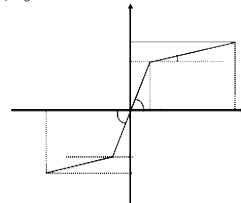


図5 使用オイルダンパー減衰力-速度関係図

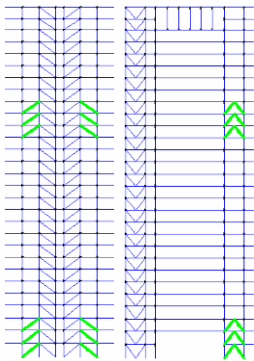


図6 オイルダンパー設置位置(緑線)

右: 軸組図(左:X17 右:Y3)、左: 平面図

5. 地震応答解析結果比較

被害が大きかったCASE1の東側と想定連動地震の解析結果比較を図7~図9に示す。補強前と補強後で、エネルギー割合、NS方向最大加速度、梁・ブレース平均塑性率について比較をする。

最大加速度については大きな変化はないが塑性率では21階周辺で2割以上低減、下層では1割ほど低減した。また、想定直下地震の対策とした補強案だが、想定連動地震に対しても1割ほどの応答低減効果がある。

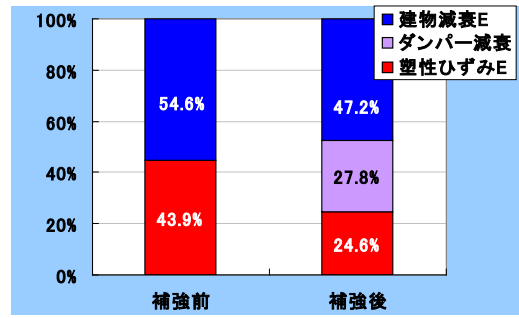


図7 エネルギー割合

想定直下地震 CASE1

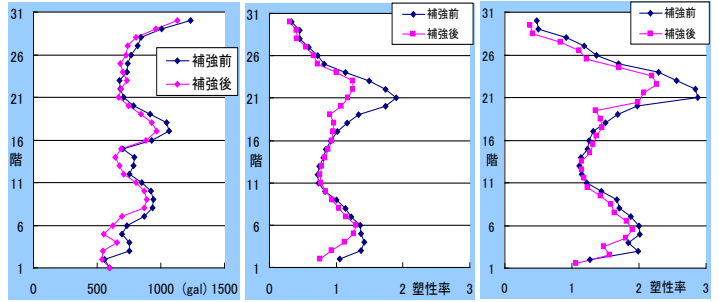


図8 左から最大加速度・梁平均塑性率・ブレース平均塑性率
想定直下地震 CASE1 東側 NS方向

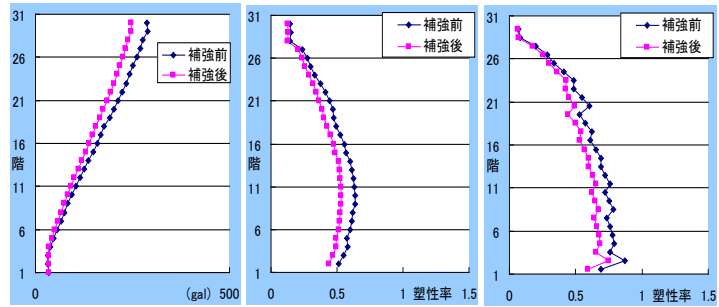


図9 左から最大加速度・梁平均塑性率・ブレース平均塑性率
想定連動地震 NS方向

6. まとめと今後の課題

1秒が卓越した地震動だと2次モードで共振をして、被害が大きくなることを確認した。応答の大きい階にダンパーを設置し、応答を低減できた。連動地震に対しても応答低減効果があった。

今後の課題として、実際に補強を行う上で施工性、経済性、運搬性などの検討が必要。また、多くの企業が事務所として利用しているのでBCP(事業継続計画)についても検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 島村賢太: 首都圏に建つ超高層建築物の地震応答と制震補強に関する研究 工学院大学 2009年度修士論文
- 2) 株式会社構造システム: SNAP Ver.3 テクニカルマニュアル
- 3) 日本建築学会編: 鋼構造設計基準、日本建築学会
- 4) 日本建築学会編: 鋼構造限界状態設計指針・同解説、日本建築学会
- 5) 大成建設株式会社: 新宿センタービルの長周期・長時間地震対策、POST ECC資料、2008.8.5
- 6) 田中良一他: 首都圏に建つ超高層キャンパスと地域連携による地震防災に関する研究(その2) 首都直下地震の強震動予測、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、構造II、pp.815-816、2008.9