

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	既存超高層建物の大振幅地震動に対する制振改修 その1 非制振モデルの地震応答解析
Title(English)	Seismic retrofit considering extreme ground motion for existing super tall building (Part 1: Seismic response analysis for no damper frame)
著者(和文)	佐分利和宏, 上野史也, 渡井一樹, 佐藤大樹, 笠井和彦, 前田達彦, 増田寛之
Authors(English)	Kazuhiro Saburi, Fumiya Ueno, Kazuki Watai, Daiki Sato, Kazuhiko Kasai, Tatsuhiko Maeda, Hiroyuki Masuda
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 861-862
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 861-862
発行日 / Pub. date	2019, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

既存超高層建物の大振幅地震動に対する制振改修 その 1 非制振モデルの地震応答解析

正会員 ○佐分利和宏*1 同 上野史也*2 同 渡井一樹*2
同 佐藤大樹*2 同 笠井和彦*2
同 前田達彦*1 同 増田寛之*1

既存超高層建物 制振改修 長周期地震動
直下型地震動 オイルダンパー ギャップブレース

1. はじめに

近年、南海トラフ地震による長周期地震動が三大都市圏（関東、中京、大阪）等で発生することが予想されており、超高層建物への被害が懸念されている。これに対し、国土交通省は、2016 年に技術的助言を通知し、設計用長周期地震動として基整促波¹⁾を策定した。基整促波は、これまでの設計レベルを大きく上回る値が示されているため、既存超高層建物においても、基整促波に対する耐震性を検証することが望ましく、場合によっては制振ダンパーを用いた制振改修が必要となる可能性がある。

本報ではオイルダンパーを用いた制振改修を対象とする。新築と対比して、既存建物の場合は建築計画や周辺部材の耐力の変更が難しいなどの制約条件が多くなるため、クライテリアを満足するダンパーが設計できない場合も想定される。そこで、ダンパーにより減衰性を高めて加速度などを極力抑えながら層間変形があるレベルを超えたときのみ層剛性を高めて変形増加を防ぐという、かつて提案されたギャップブレース²⁾の適応を考える。

本報その 1 では、ダンパーを設置しない主架構のみのモデル（以下、非制振モデル）の概要、入力地震動および地震応答解析結果を示す。

2. 解析モデルおよび入力地震動の概要

2.1 解析モデル概要

図 1 に本報で対象とした既存超高層建物³⁾の軸組図と基準階平面図を示す。非制振モデルは、地上 37 階、建物高さ 146.1 m、長辺方向を X 方向、短辺方向を Y 方向とし、本報では X 方向を対象とする。平面プランは各階同一の片コア形式を採用している。柱梁部材の材料は SM490 である。梁断面は、最大で 850×350×19×32、最小で 700×250×12×19 であり、柱断面は、最大で 700×700×65×65、最小で 700×700×25×25 である。建物総重量は 514,683 kN である。本報では、これらの各部材の剛性と耐力を個々に設定する部材構成モデルを用いる。なお、解析ソフトは RESP-D を使用する。X 方向の固有周期は、1 次 4.82 s、2 次 1.67 s、3 次 0.99 s である。

図 2 に A_i 分布で規定される地震力で荷重増分解析を行った際の、X 方向の層せん断力 Q_i –層間変形角 R_i 関係を

示す。図 2 中で黒プロットは主架構の弾性限を表しており、全層概ね 0.007 rad. で塑性化していることがわかる。

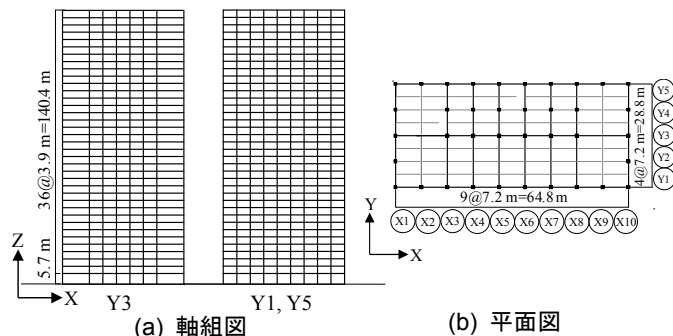


図 1 モデルの概要

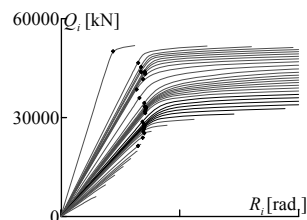


図 2 層せん断力–層間変形角関係 (X 方向)

2.2 入力地震動概要

本報では、レベル 2 相当告示波の ART KOBE (1995 年兵庫県南部地震 NS 位相) と大阪の基整促波である OS2 の地盤増幅を考慮した地震波について検討を行う。なお、地震動名末尾の-T は、地盤増幅を考慮したことを表す。

図 3(a)–(c)に、ART KOBE, OS2, ART KOBE-T および OS2-T の変位、速度および加速度応答スペクトルを示し、非制振モデルの X 方向の 1~3 次の固有周期を併記する。図中で、1st, 2nd および 3rd はそれぞれ固有周期の次数を表す。地盤増幅を考慮すると、いずれのスペクトルも周期 1~5 秒ほどの範囲で増大することがわかる。

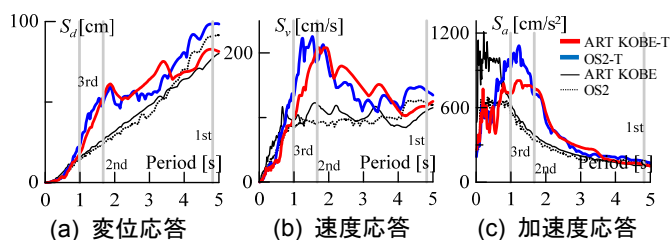


図 3 応答スペクトル ($h=0.05$)

3. 地震応答解析

3.1 解析条件

ART KOBE-T と OS2-T を非制振モデルに入力し、それぞれの弾塑性解析の応答を検討する。減衰は1次の固有周期に対して2%となる剛性比例で与え、解析刻みは $\Delta t = 0.01$ s とする。

3.2 最大応答分布

図4(a), (b)にART KOBE-T と OS2-T 入力時の最大層間変形角 R_i および最大加速度 A_i のそれぞれの高さ方向分布を示す。図4(a)より、ART KOBE-T と OS2-T の応答スペクトル(図3)の概形が似ているにも関わらず、 R_i はART KOBE-T では23層付近、OS2-T では13層付近で突出するという異なる変形分布となることがわかる。 R_i の最大値は0.01 rad.を超え、主架構が損傷すると予想される。図4(b)より、 A_i は上層で 400 cm/s^2 以上と大きい値となった。

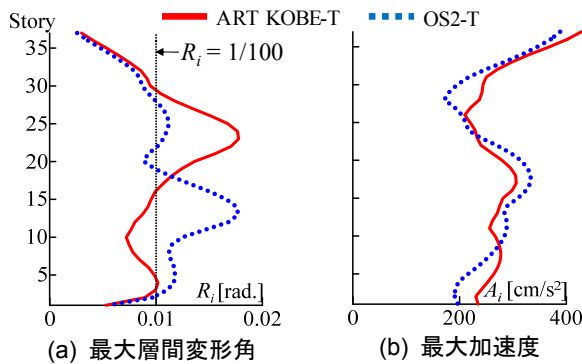


図4 解析結果

3.3 モード解析

ART KOBE-T と OS2-T で大きく異なる変形(図4(a))が生じた理由をモード解析により分析する。そのため、本節では主架構を弾性とする。

図5に非制振モデルのX方向の刺激関数 $\beta_i \phi_{i,j}$ と層間成分の刺激関数 $\beta_i \Delta \phi_{i,j}$ を示す。ここに、 i = 層番号、 j = モード番号、 β_i = 刺激係数、 $\phi_{i,j}$ = 変位モード、 $\Delta \phi_{i,j} = \phi_{i,j} - \phi_{i-1,j}$ = 層間変形モード ($\phi_{0,j} = 0$) である。また、図6に弾性解析におけるART KOBE-T と OS2-T 入力時の13層および23層の各モードの層間変形 ($\beta_i \Delta \phi_{i,j}$ と j 次モード一般化変位時刻歴の積)の最大値付近を示す。非制振モデルは、1次モードでは13層付近で、2次モードでは25層付近で、層間成分が大きくなることがわかる。ART KOBE-T では、23層で1次~3次の最大応答が同時刻に生じており、一方で13層では、1次モードが卓越している。対照的に、OS2-T では、両方の層で1次モードが卓越している。以上より、非制振モデルでのART KOBE-T 入力時は1次~3次モードによる影響により、23層付近に突出した層間変形角が生じる一方で、OS2-T 入力時では1次モードによる影響で13層付近に突出した層間変形角が生じることがわかった。

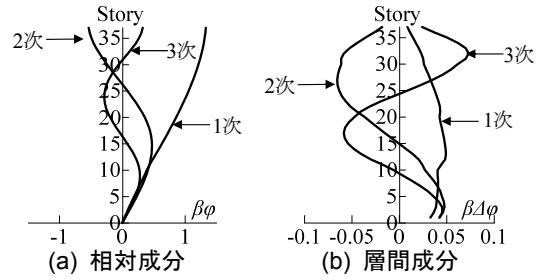


図5 刺激関数

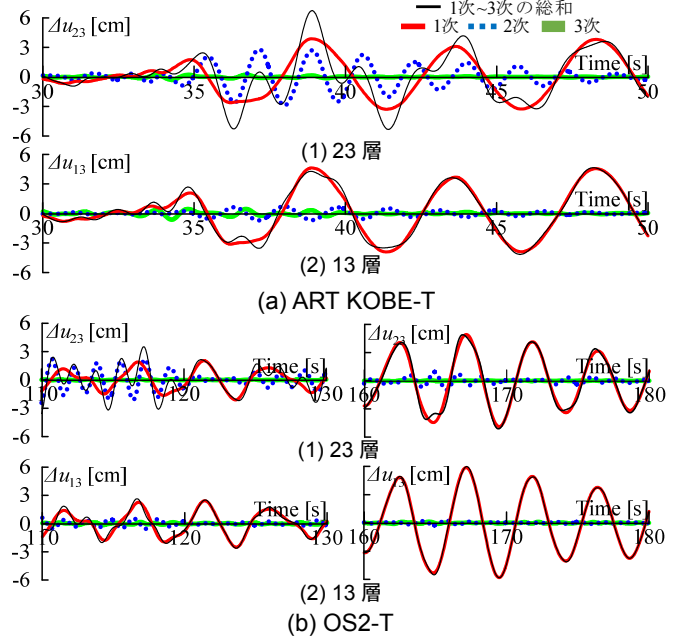


図6 層間変形時刻歴

4. まとめ

主架構のみのモデルの地震応答解析結果を示し、2波の最大層間変形角分布の顕著な違いを弾性のモード解析より明らかにした。本報その2では、オイルダンパーによる制振改修を述べる。

謝辞

本研究は東京工業大学と竹中工務店との共同研究であり、一部はJST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラムによるものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1)国土交通省：超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策について(技術的助言) 2016.06.24
- 2)佐藤大樹，船木尚己，川股重也：硬化型非線形復元力をもつ制振架構の振動応答，日本地震工学シンポジウム論文集，第11号，pp1649-1654，2002.11
- 3)中川真里菜，佐藤大樹，長江拓也，北村春幸，佐野剛志：性能評価シートに基づく既存高層鋼構造建物の柱梁接合部の調査，日本建築学会技術報告集，第19巻，第42号，pp579-584，2013.6
- 4)笠井和彦，伊藤浩資，小椋崇之：オイルダンパーの等価剛性調節による制振構造の応答制御手法，日本建築学会構造系論文集，第630号，pp1281-1288，2008.08
- 5)笠井和彦，西村忠宗：減衰力が速度にバイリニア的に比例するオイルダンパーをもつ制振構造の等価線形化法，日本建築学会構造系論文集，第583号，pp47-54，2004.09
- 6)日本免震構造協会(JSSI)：パッシブ制振構造設計・施工マニュアル第一版，2003.10，第二版，2005.9

*1 竹中工務店

*2 東京工業大学

*1 Takenaka corporation

*2 Tokyo Institute of Technology