

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04668

研究課題名（和文）地表断層を伴う地震時の震源近傍に建つ超高層RC造建物の被害予測

研究課題名（英文）Damage prediction of super high-rise RC buildings constructed nearby surface faulting

研究代表者

永野 正行（Nagano, Masayuki）

東京理科大学・創域理工学部建築学科・教授

研究者番号：60416865

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：地表断層の出現を伴う震源近傍における地震動評価を通じ、断層パラメータの設定、地盤構造等とパルス性地震動特性との関係の評価するとともに、階数、設計用ベースシア係数、アスペクト比等の基本情報を利用して、多数の超高層RC造建物群に適用でき、かつ大振幅応答まで評価可能な魚骨モデルに基づく汎用的な振動解析モデルを構築し、地表断層の出現を伴う地震の震源近傍における建物応答評価を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

1995年兵庫県南部地震から始まり、2016年熊本地震本震、さらには2023年トルコ・シリア地震に至るまで、地表断層の出現を伴う地震が多数発生している。現在の耐震設計で用いられる振幅レベル以上の強震記録が得られている。本研究を通じ国内に建つ1400棟を超えるRC造超高層建物に対し、今後予測される大地震発生時の応答予測に資する成果が得られた。

研究成果の概要（英文）：Through the evaluation of near field ground motions close to the surface faulting, the relationship between the fault parameters, subsurface structure models, etc. and pulse-type ground motions were investigated. Averaged nonlinear vibration analysis models that can be applied to a large number of super high-rise RC buildings were constructed based on the fishbone model to evaluate extremely large amplitude responses by using basic information such as number of stories, design base shear coefficient, and aspect ratio.

研究分野：地震工学

キーワード：パルス性地震動 地盤増幅 超高層RC造建物 魚骨モデル

1. 研究開始当初の背景

2016年熊本地震(本震 M_J7.3)時には、震源近傍の益城町や西原村で極めて大きな振幅を有するパルス性地震動が観測された。特に西原村では、周期3秒程度の「長周期パルス」と呼ばれる地震動が観測され社会的な問題となった。西原村で記録された長周期パルス地震動の生成メカニズムについては、地表断層を伴う浅い震源断層でのすべり破壊が大きな影響を与えたことが指摘されている。地表断層を伴う極めて大きな振幅を有するパルス性地震動と超高層集合住宅の建物応答、被害との関係を把握することは、大都市部に建つ超高層 RC 造建物群の被災度を即時的に評価するとともに、居住者の避難の要否や建物補修の必要性の判断に有用な資料となる。

2016年熊本地震の震源域からやや離れるものの、熊本市内には3棟の超高層集合住宅が建設されている。その一部では、非構造部材の亀裂などの被害が確認されており、また家具の転倒・移動などの室内被害も大きかったことが報告されている。地表断層を伴う極めて大きな振幅を有するパルス性地震動と超高層集合住宅の建物応答、被害との関係を把握することは、大都市部に建つ超高層 RC 造建物群の被災度を即時的に評価するとともに、居住者の避難の要否や建物補修の必要性の判断に有用な資料となる。

上記の問題を解明するために、最初に地表断層を伴うパルス性地震動について、地震動の空間変動とともに、震源パラメータ、地震基盤上の堆積層との関係を検討する必要がある。また大きな振幅レベルを有するパルス性地震動が入力したときの超高層 RC 造建物の非線形応答について、国内に多数存在する個々の超高層 RC 造建物の被災度を簡便にかつ精度よく推定できる手法を開発し、パルス性地震動の特性と最大層間変形角が数10分の1を超えるレベルの大振幅応答との関係等を把握する必要がある。

2. 研究の目的

地表断層を伴うパルス性地震動について、地震動の空間変動とともに、震源パラメータ、地震基盤上の堆積層との関係を検討する。震源近傍における地震動評価として2016年熊本地震の強震動シミュレーション解析等は行われているが、その発生メカニズムや将来の地表断層近傍における地震動予測については課題が多く残されている。そこで本研究では、地表断層を伴う震源パラメータとその近傍におけるフリングパルスと指向性パルスが混在する地震動との関係、また地盤構造との関係を詳細に評価する。

国内に建つ超高層集合住宅群を対象としてデータベースを構築し、1質点系モデルによる検討を進めてきた。また多数の超高層 RC 造建物の構造計算書を分析し、階数、設計用ベースシア係数等の情報から汎用性のある多質点せん断型、曲げせん断型モデルを開発してきた。これにより、今まで評価が困難であった、階数、設計用ベースシア係数等の情報のみを用いる汎用的な振動解析モデルの構築が可能となった。ただし、1質点系モデルではパルス性地震動入力時に建物のどの層で被害が大きいのかを特定することが難しい。また多質点せん断型、曲げせん断型モデルでは、特定層への変形集中の影響もあり、最大層間変形角が1/100radを超える建物応答を精度良く評価することは難しい。本研究では、大振幅のパルス性地震動が入力した際の応答評価にも対応可能であり、かつ多数の超高層 RC 造建物群にも適用可能な非線形魚骨モデルを構築する。

3. 研究の方法

(1) 地表断層を伴う大振幅パルス地震動の評価および各種パラメータによる影響評価

2016年熊本地震本震時に得られた震源近傍の地震動を対象に、特性化震源モデルに基づく強震動シミュレーション解析の高精度化を図る。熊本地震本震時のパルス周期をカバーする振動数2Hzまでの地震動評価を通じ、震源断層パラメータの設定、浅部の低速度層を含む地盤構造が地震動特性に与える影響を評価する。

(2) 既存超高層 RC 造建物の構造部材の分析

基礎データとして、既存超高層集合住宅の評定資料等を参照して、代表的な柱部材、梁部材の断面、配筋、剛性等をまとめ、ひび割れ耐力、降伏耐力等の傾向を整理する。

(3) 汎用多質点魚骨モデルを用いた非線形地震応答解析モデルの開発

上記で整理した柱部材、梁部材の非線形特性に基づき、多質点魚骨モデルを構築する。また、既に整理されている多質点曲げせん断、せん断モデルの非線形特性の平均像と整合し、かつ階数、設計用ベースシア係数等のパラメータに基づき汎用性のある多質点魚骨モデルの構築を行う。

(4) 大振幅パルス性地震動に対する超高層 RC 造建物の被害予測

地表断層を伴う大振幅パルス地震動を入力として、開発した汎用型魚骨モデルの振動解析を行い、大振幅応答特性を把握する。大変形応答まで評価可能な汎用型魚骨モデルをデータベースとリンクさせ、地表断層を伴うパルス性地震動による超高層集合住宅の被災度分布を評価する。

4. 研究成果

(1) 地表断層を伴う大振幅パルス地震動の評価および各種パラメータによる影響評価

2016年熊本地震本震時に得られた震源近傍の地震動を対象に、特性化震源モデルに基づく強

震動シミュレーション解析の高精度化を図った。熊本地震本震時のパルス周期をカバーする振動数 2Hz までの地震動評価を通じ、震源断層パラメータの設定、浅部の低速度層を含む地盤構造が地震動特性に与える影響を評価した。さらに、熊本市内の浅部・深部の 3 次元地盤構造を用いた地盤増幅特性を検討した。

(a) 2016 年熊本地震本震時の特性化震源モデルの高精度化

特性化震源モデルを強震動生成域 SMGA、長周期地震動生成域 LMGA、背景領域の 3 領域で構成し、既往の震源モデルを参照しながらフォワードモデリングにより推定した。図 1 に示す震源モデルでは、各セグメントに 1 つか 2 つの SMGA が推定された。この特性化震源モデルにより地表断層近傍の益城町や西原村の記録を含む震源断層周辺の記録を良好に再現できた。KiK-net 益城(KMMH16)における周期 1 秒前後のパルス性地震動について、直下の SMGA による上向きの破壊伝播効果による寄与が大きい傾向は既往の研究と同様に見られ、直下に複数の SMGA を推定し、寄与を分割することで K-NET 益城(KMM006)における再現精度も向上した。西原村小森(93048)における長周期速度パルスについても、出ノ口断層と布田川断層浅部のすべり破壊の影響が大きいという定性的な傾向は既報と同様である。ただし、合成結果に対する寄与は短周期成分のみならず長周期成分に対しても LMGA よりも SMGA の方が大きいことが分かった。(文献①)

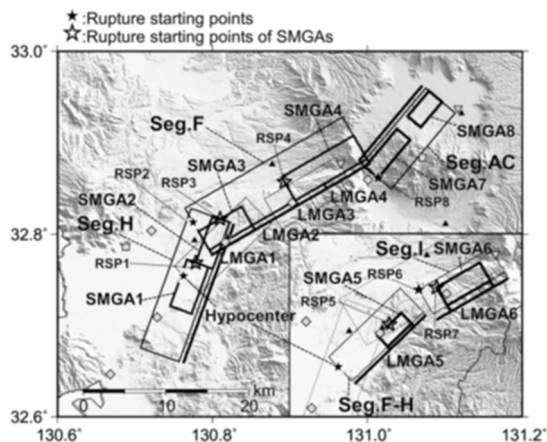


図 1 2016 年熊本地震本震の震源モデル (文献①)

(b) 震源パラメータ、地盤構造の感度解析

断層破壊が地表面まで到達する単純な鉛直右横ずれ断層モデルを用いて、浅部・深部断層破壊が断層近傍の地震動に与える影響を調べた。長周期地震動生成領域の幅が大きくなるほど、強震動生成領域による断層近傍の地震動は広帯域で速度応答値が低減する。浅部のすべり速度時間関数のライズタイムを 3 秒と 2 秒とした場合では、断層近傍で計算される地震動の特性は大きく異なり、ライズタイムが短くすべり速度時間関数のピークが大きくなると長周期地震動生成領域のみでも十分に大きな地震動が計算される。断層の上端が地表まで到達する場合、浅部・深部地盤を同時に考慮した一体解析と分離解析による評価は差異が現れる場合がある。(文献①)

(c) 浅部・深部統合地盤構造モデルに基づく 2016 年熊本地震本震時の熊本平野における地盤増幅特性

特性化震源モデルと熊本平野の浅部・深部統合地盤構造モデルに基づき、表層地盤を考慮した三次元差分法解析により 2016 年熊本地震本震時の地震動評価を行った。Vs=1100m/s 以浅の堆積地盤の影響を検討した結果、最大速度増幅率が 2 倍以上になり、EEB 周辺では 1.5 倍程度となった。熊本市内中央部から沿岸部にかけての浅部の低速度層による地震動増幅への影響は大きい。EEB について、三次元地盤構造を用いることで周期 1~2 秒程度の成分が増幅し、水平成層地盤を用いることで EW・UD 方向の応答スペクトルが観測記録に対して過小評価になった。また、三次元的な熊本平野の地下構造は地震動の継続時間を延伸させたことが分かった。(文献②)

(d) 深部浅部地盤の増幅を考慮したパルス性地震動の入力評価

パルス性地震動による地盤増幅のより一般的な検討を目的として、大阪平野、首都圏における深部浅部地盤の増幅を考慮したパルス性地震動の入力評価を検討した。

首都圏では図 2 に示す浅部・深部統合地盤構造モデルを利用し、パルス性地震動入力時の地盤増幅特性を検討した。パルス性地震動として pSV_{max} が一定のリッカー波を地震基盤での地震動として用いた。深部地盤の地盤増幅により、地震基盤での pSV_{max} が 20cm/s の地震動は解放工学的基盤で 35~65cm/s 程度まで増幅するが、一般的に入力波の周期特性や地域による違いは小さい。一方、浅部地盤による地盤増幅により pSV_{max} が 20~140cm/s に変動し、隅田川と江戸川に挟まれたエリアや東京湾沿岸部で特に大きな応答を示す。入力波による違いも顕著であり、入力波の 1.2 倍程度に卓越周期が伸びている地盤で最も応答が大きくなる傾向がある。地震基盤から地表近傍までの地盤応答は浅部地盤が支配的となる。地表近傍の地盤応答を支配する浅部地盤の指標として、AVS30 と Vs=200m/s 以上の地層の上面深さである D200 について検討した。その結果、AVS30 のみでは地盤増幅が増幅する周期は予測できないが、D200 により地表近傍のパルス性地

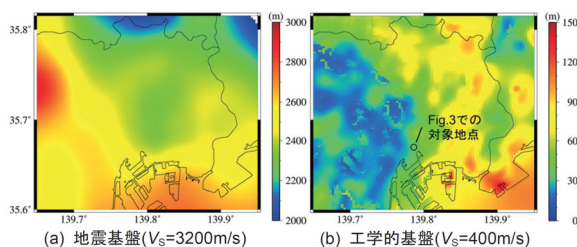


図 2 首都圏における浅部深部地盤構造 (文献③)

震動の振幅である pSv_{max} と卓越周期 T_G の傾向を把握することができることを示した。

(2) 既存超高層 RC 造建物の構造部材の分析

(a) 検討対象建物

現在、国内では多数の超高層集合住宅が竣工されており、直下型地震等で大振幅地震動が観測された時の建物応答の傾向を即時に把握できることが望ましい。そのため、超高層建物の振動特性をより簡便かつ正確に評価可能な解析モデルが提案されてきた。より少ない条件で構築可能な振動解析モデルの 1 つとして、超高層 RC 造建物の平均的な構造特性を反映させた多質点系モデル（以下、汎用多質点系モデル）が提案された（文献④）。また、大振幅地震動入力時の超高層 RC 造建物の応答を表現可能なモデルとして魚骨モデルがある。比較的整形な平面を有する超高層集合住宅 8 棟を対象として、建物の概ね中心に位置する柱、梁の部材情報を整理し、その平均像を把握する。階数の異なる複数の建物の部材断面の平均像を把握するとともに、それを反映させた魚骨モデルの構築に必要な情報を整理した。（文献⑤）

(b) 分析結果

縦軸の高度は 0~1 で規準化する。平均値は基準化高さを 20 分割した各位置（梁は床位置、柱は床間中心位置）で求めた。部材の断面積は高さ方向で大きく変化せず、階数による変動も比較的小さい。せん断剛性 GA/L 、曲げ剛性 EI/L 、第 2 曲げ剛性と初期曲げ剛性の比 $K2/K1$ （剛性低下率）、曲げひび割れ耐力 M_c 、曲げ終局耐力 M_u の高さ方向分布を整理した。一例を図 3 に示す。剛性について、階による変動は大きいものの、平均値をとることで上層部ほど値が小さくなる傾向を把握できる。剛性低下率について、ばらつきはあるものの、梁は 0.07 前後、柱は 0.15 前後となる。耐力は建物によるばらつきがやや大きい。軸力の影響が大きい柱の高さ方向の耐力分布の変化は、梁に比べ大きい。これらの耐力を設計用層せん断力で除して基準化した結果はばらつきが小さくなり、高さ方向の変化も小さくなった。（文献⑤）

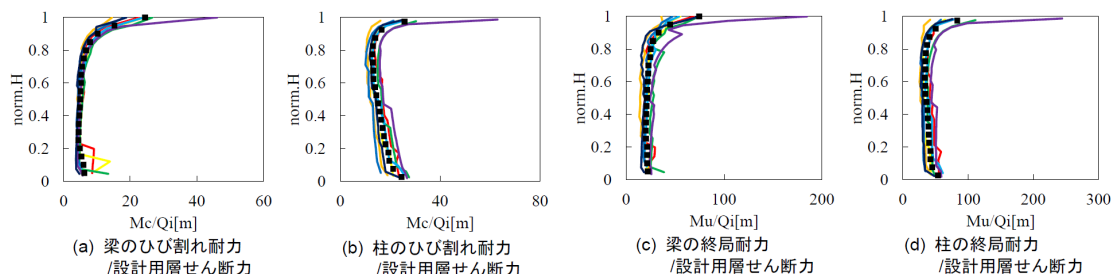


図 3 基準化した耐力の高さ方向分布（文献⑤）

(3) 汎用多質点魚骨モデルを用いた非線形地震応答解析モデルの開発

(a) 汎用多質点モデルの梁理論に基づく再構築

平均的な構造特性を反映した多質点汎用曲げせん断モデル（以降、汎用 BS モデル）の構築法を提案してきた。しかし、汎用 BS モデルは基にした多質点汎用せん断モデル（以降、汎用 S モデル）と 1 次固有周期が僅かに一致しなかった。本研究では、超高層 RC 造建物 39 棟に 8 棟を追加し、構造特性を再整理した。曲げ剛性評価手法を改善し、梁理論に整合する汎用 BS モデルを構築した。具体的には、各建物の曲げ剛性について、縦軸を基準化高さとした面積が 1 となるように整理し、最初に平均的な曲げ剛性分布を規定した。これより曲げ変形を算出し、せん断変形からせん断ばねを設定するアプローチを採用した。

実建物モデルを用いて曲げ剛性の評価法を検討し、修正法により設計図書値と正確に一致することを確認した。梁理論に整合する曲げ変形を考慮した修正 BS モデルの 1 次固有周期は、元となる汎用 S モデルのそれと一致した。修正 BS モデルと汎用 BS モデルの非線形応答解析を行った結果、最大加速度分布図では中層で差異が生じたが、どちらの応答値も大きな差異は見られなかった。（文献⑥）

(b) 全体曲げ変形を考慮した多質点魚骨モデルの構築と検証

本研究で提案する RC 造魚骨モデルでは、建物全体の曲げ変形を評価するために軸方向の挙動を考慮しないせん断型魚骨モデルの梁の両端に軸ばねを取り付けた。図 4 にモデルを示す。ここで、梁の反曲点は部材中央と仮定する。

この過程で、曲げせん断型多質点系モデルのせん断ばねのみを取り出した純せん断型多質点系モデル(PS モデル)が、せん断型魚骨モデル(SFB モデル)と同じ振動特性(固有周期、刺激関数)となることを見出した。そこで、最初に PS モデルから SFB モデルを構築し、次に全体曲げ変形を考慮したモデルと固有周期が一致するように、梁の両端に取り付ける軸ばねの大きさを調整した。

実建物モデルを用いた検討では、強震記録に対する応答解析により、観測記録を良好に

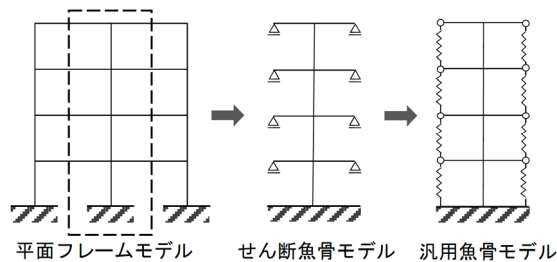


図 4 全体曲げ変形を考慮した多質点魚骨モデル（文献⑦）

再現できることを確認した。また南海トラフ地震に対する応答解析を行い、柱梁接合部のスリップ挙動により最大応答値が大きな影響を受けることを確認した。(文献⑦)

(c) 汎用多質点魚骨モデルの構築

平均的な修正魚骨モデルの構築手順を以下の通りとした。

- ① 実建物 8 棟を対象に柱梁部材の断面性能を評価する。平均的な特性により魚骨モデルを構築する。梁長は 5.2m とし、階高は既往研究に基づき、1 階は 5 m、2 階は 4 m、3 階以上は 3 m とする。また、各層の質量についても既往研究に基づき算出する。
- ② ①で構築した魚骨モデルより層全体のせん断剛性分布を評価する。実建物 39 棟から求めた多質点系曲げせん断型モデルのせん断剛性ととの比の平均値を求め、魚骨モデルの部材のせん断剛性、曲げ剛性を調整する。
- ③ 修正魚骨モデルの梁の両端に付与する軸ばねは柱の軸剛性を参照し、この 1 次固有周期が多質点曲げせん断型モデルと一致するように、軸剛性を係数倍する。
- ④ 柱、梁の曲げひび割れモーメント M_c 、および降伏曲げモーメント M_y は、多質点曲げせん断型モデルの降伏耐力分布と整合するように設定する。

上記の手法により構築した修正魚骨モデルの固有周期は、元となる多質点曲げせん断型モデルの結果と整合した。入力波は最大速度を 50 cm/s に基準化した EL Centro 波(NS)とする。解析結果のうち、弾性時、弾塑性時の最大層間変形角の比較を図 5 に示す。弾性時では修正魚骨モデルと曲げせん断モデルで解析結果がほぼ一致した。弾塑性時では地震波や階数によってやや差異がみられるものの、概ね解析結果は整合した。

(文献⑧)

(d) 履歴則の違いによる最大応答

梁部材の材端に設定した回転ばねの復元力特性について、柱梁接合部でのスリップ変形を考慮し、武田モデルだけではなく、トリリニアスリップモデルとした解析ケースも設定した。超高層 RC 造建物の建物階数は 20、30、40、50 階とした。入力波は BCJ-L2 波を用い、入力レベルを 1.5 倍とし、単独・連続入力の違いについても検討した。連続入力の場合は 2 回の地震波の間に 100s 間のゼロ振幅を仮定した。トリリニアスリップでは、武田モデルに比べて特に上層部での応答の増加が著しく、応答が 6 倍以上になるケースもあった。これは、上層部の梁がスリップ挙動を起こすと柱の固定度が低下し、片持ち柱のように振る舞うことが原因と考えられる。単独入力と連続入力の最大層間変形角を比較すると、1.0~2.5 倍程度大きくなる。武田モデルに比べ、トリリニアスリップモデルの方が最大層間変形角の増加率は大きい傾向にある。

(文献⑧)

(4) 大振幅パルス性地震動に対する超高層 RC 造建物の被害予測

パルス性地震動を単純化した Ricker wavelet を速度波形とし、周期特性による建物応答の変化を検討するため、 $pSv_{max}=200\text{cm/s}$ に固定、このときの卓越周期 T_p を 0.1s 刻みに変化させた。また、Ricker wavelet を連続入力した場合についても検討する。本検討では、梁部材の復元力特性を、武田モデル及びトリリニアスリップモデルとした場合の応答を比較する。減衰は瞬間剛性比例型で 3%とし、P- Δ 効果を考慮した。

Ricker wavelet の単独入力の場合の最大層間変形角は履歴則による違いはほとんどない。武田モデルによる応答の傾向は単独入力時と同様の傾向であり、そのまま変形が進行している。それに対し、トリリニアスリップモデルによる応答は上層の応答の増加が著しく、30 層のモデルの場合、単独入力と比べて最大 8 倍程度増加した。(文献⑨)

<引用文献>

- ① 貴堂峻至、永野正行：2016 年熊本地震における大振幅速度パルスの解釈と断層近傍地震動に対する浅部・深部断層破壊の影響、日本建築学会構造系論文集、第 85 巻、第 773 号、pp.879-890、2020.7、<https://doi.org/10.3130/aijs.85.879>
- ② 吉村惇郁、小口智弘、貴堂峻至、先名重樹、永野正行：浅部・深部統合地盤構造モデルに基づく 2016 年熊本地震本震時の熊本平野における地盤増幅特性、日本建築学会大会学術講演梗概集、21177、構造 II、pp.353-354、2021.9
- ③ 鈴木健太、小口智弘、先名重樹、永野正行：パルス性地震動による地盤増幅を考慮した首都圏における超高層 RC 造建物の応答評価—浅部地盤構造が地震応答に与える影響に着目した検討—、日本建築学会構造系論文集、第 87 巻、第 801 号、pp.1002-1012、2022.11、DOI <https://doi.org/10.3130/aijs.87.1002>
- ④ 村田将一、永野正行、田沼毅彦、小田聡：超高層 RC 造建物の設計データベースに基づく振動解析モデルの構築とパルス性地震動入力に対する非線形応答特性の分析、日本建築学会技術報告集、第 26 巻、第 64 号、pp.881-886、2020.10、<https://doi.org/10.3130/aijt.26.881>
- ⑤ 飯田里緒、西峰大生、田沼毅彦、永野正行：超高層 RC 造建物の汎用魚骨モデルの構築及び弾塑性地震応答 その 1：柱梁の部材情報の整理および平均値の評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、21073、構造、pp.145-146、2021.9
- ⑥ 野村基紀、永野正行：梁理論に整合する曲げ変形を考慮した超高層 RC 造建物の多質点曲げせん断モデル、日本建築学会大会学術講演梗概集、23207、構造、pp.413-414、2022.9
- ⑦ 飯田里緒、王欣、永野正行：超高層 RC 造建物の全体曲げ変形を考慮した魚骨モデルの構築と大振幅地震動入力時の非線形応答の精度検証、日本建築学会大会学術講演梗概集、21160、構造 II、pp.319-320、2020.9.8-9.10
- ⑧ 飯田里緒、谷翼、中嶋拓、永野正行：魚骨モデルを用いた超高層 RC 造建物の大振幅地震応答とスリップ特性に伴う応答増幅 その 3：平均的な部材特性を有する修正魚骨モデルの大振幅応答、日本建築学会大会学術講演梗概集、21441、構造、pp.885-886、2022.9
- ⑨ 山本直、劉虹、永野正行：平均的な特性を有する超高層 RC 造魚骨モデルの改良と大振幅のパルス性地震動に対する非線形応答、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造、2023.9

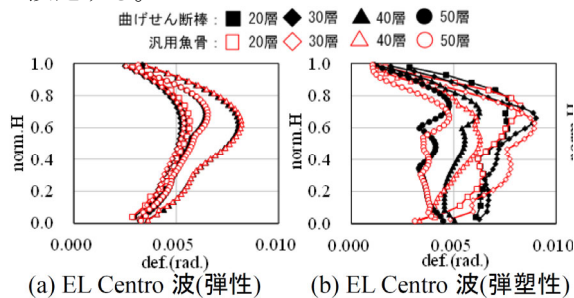


図 5 20~50 階モデルの応答比較 (文献⑧)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 MURATA Masakazu, NAGANO Masayuki, TANUMA Takehiko, ODA Satoshi	4. 巻 26
2. 論文標題 VIBRATION ANALYSIS MODELS OF SUPER HIGH-RISE RC BUILDINGS BASED ON DATABASE FOR STRUCTURAL DESIGN AND STUDY ON NONLINEAR RESPONSE CHARACTERISTICS TO PULSE-LIKE GROUND MOTIONS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 881 ~ 886
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.26.881	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 KIDOH Toshimichi, NAGANO Masayuki	4. 巻 85
2. 論文標題 INTERPRETATION OF LARGE-AMPLITUDE VELOCITY PULSES DURING THE 2016 KUMAMOTO EARTHQUAKE AND THE EFFECTS OF THE SHALLOW AND DEEP PARTS OF THE FAULT RUPTURES ON THE NEAR-FAULT GROUND MOTIONS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 879 ~ 889
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijs.85.879	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 WATANABE Tetsushi, WANG Xin, NAGANO Masayuki	4. 巻 27
2. 論文標題 SHAKING AND INDOOR DAMAGES OF HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS DURING THE 2018 HUALIEN, TAIWAN, EARTHQUAKE INFERRED FROM QUESTIONNAIRE SURVEY	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 142 ~ 147
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.27.142	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Wang Xin, Nagano Masayuki, Si Hongjun, Chang Wen-Yen, Kuo Chun-Hsiang, Lin Che-Min	4. 巻 61
2. 論文標題 Questionnaire surveys on damages at high-rise buildings and synthesized near-fault long-period strong ground motions of the 2018 Hualien, Taiwan, earthquake	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Disaster Risk Reduction	6. 最初と最後の頁 102343 ~ 102343
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ijdr.2021.102343	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 KARATSU Hiroki, HIDA Takenori, NAGANO Masayuki	4. 巻 86
2. 論文標題 EVALUATION OF HUMAN RESPONSES TOWARD INJURY PREDICTION IN SUPER HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS EXCITED BY PULSE-LIKE GROUND MOTIONS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 1056 ~ 1067
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.86.1056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 SUZUKI Kenta, OGUCHI Tomohiro, SENNA Shigeki, NAGANO Masayuki	4. 巻 87
2. 論文標題 SEISMIC RESPONSE EVALUATION OF SUPER HIGH-RISE RC BUILDINGS IN THE TOKYO METROPOLITAN AREA TO PULSE-LIKE GROUND MOTIONS AMPLIFIED IN SUBSURFACE STRUCTURE	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 1002 ~ 1012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.87.1002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 TSUTSUMI Shunsuke, MORIKIYO Nobuki, TANUMA Takehiko, NAGANO Masayuki	4. 巻 88
2. 論文標題 杭基礎・地盤との動的相互作用がパルス性地震動入力時の超高層RC造建物の非線形応答に与える影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 722 ~ 733
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.88.722	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 白井和貴, 永野正行, 谷翼, 中嶋拓, 笹元克紀, 貞許美和, 竹内崇, 岡野創
2. 発表標題 RC 建物の大振幅地震動に対する応答と損傷・修復費評価, シンポジウム「大振幅地震動に対する耐震性能評価」- 実験データに基づく建築物の損傷予測: 部材フラジリティと修復コストのDB化を目指して -
3. 学会等名 日本建築学会シンポジウム「大振幅地震動に対する耐震性能評価」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永野正行
2. 発表標題 大阪平野の浅部・深部地盤が強震動と建物応答に与える影響
3. 学会等名 日本建築学会 第49回地盤震動シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村田将一, 田沼毅彦, 小田聡, 王欣, 永野正行
2. 発表標題 超高層RC 造建物の設計データベースに基づく曲げ変形を考慮した汎用多質点モデルの改良
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21161, 構造 , pp.321-322
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 飯田里緒, 王欣, 永野正行
2. 発表標題 超高層RC 造建物の全体曲げ変形を考慮した魚骨モデルの構築と大振幅地震動入力時の非線形応答の精度検証
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21160, 構造 , pp.319-320
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木健太, 小口智弘, 先名重樹, 王欣, 永野正行
2. 発表標題 関東地域における浅部深部統合地盤を用いた超高層集合住宅の地震応答評価
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21107, 構造 , pp.213-214
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 貴堂峻至, 永野正行
2. 発表標題 地表断層を伴う震源モデルを用いた断層近傍における地盤震動特性- 鉛直右横ずれ断層モデルを用いた検討 -
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21079, 構造 , pp.157-158
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永野正行
2. 発表標題 床応答記録と室内被害に基づく超高層集合住宅における気象庁長周期地震動階級の適用性
3. 学会等名 長周期地震動の予測情報に関する実証実験成果報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堤俊介, 先名重樹, 永野正行
2. 発表標題 MeSO-net 観測記録を用いたパルス性地震動に対する超高層RC 造建物の応答と動的相互作用効果の評価
3. 学会等名 日本地震工学会・大会 - 2022梗概集, TS_20220246, 2022.12
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗原大晟, 永野正行
2. 発表標題 パルス性地震動を受ける超高層RC造建物の建物・地盤の非線形性と基礎埋込みによる影響を考慮した杭応力評価
3. 学会等名 日本地震工学会・大会 - 2022梗概集, TS_20220172, 2022.12
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木健太, 永野正行
2. 発表標題 大阪平野におけるパルス性地震動の一次元地盤増幅を考慮した超高層集合住宅の応答評価と表層地盤の影響
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21054, 構造, pp.107-108, 2022.9
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村基紀, 永野正行
2. 発表標題 梁理論に整合する曲げ変形を考慮した超高層RC 造建物の多質点曲げせん断モデル
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 23207, 構造, pp.413-414, 2022.9
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堤俊介, 森清宣貴, 田沼毅彦, 鹿嶋俊英, 永野正行
2. 発表標題 地盤の非線形化を考慮した杭基礎の基礎入力動評価と強震記録に基づく建物応答の検証
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21222, 構造, pp.443-444, 2022.9
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 飯田里緒, 谷翼, 中嶋拓, 永野正行
2. 発表標題 魚骨モデルを用いた超高層RC 造建物の大振幅地震応答とスリップ特性に伴う応答増幅 その3: 平均的な部材特性を有する修正魚骨モデルの大振幅応答
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21441, 構造, pp.885-886, 2022.9
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中嶋拓, 谷翼, 永野正行
2. 発表標題 魚骨モデルを用いた超高層RC 造建物の大振幅地震応答とスリップ特性に伴う応答増幅 その2: 中央に吹き抜けのある実建物モデルを用いた検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21442, 構造, pp.883-884, 2022.9
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷翼, 中嶋拓, 永野正行
2. 発表標題 魚骨モデルを用いた超高層RC 造建物の大振幅地震応答とスリップ特性に伴う応答増幅 その1: 整形な平面を有する実建物モデルを用いた検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21441, 構造, pp.881-882, 2022.9
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三好依利紗, 藤本拓実, 畑田朋彦, 肥田剛典, 鹿嶋俊英, 永野正行
2. 発表標題 超高層RC 造制震建物のパルス性地震動に対する応答特性 その2: パルス性地震動に対する応答
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21283, 構造, pp.565-566, 2022.9
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本拓実, 三好依利紗, 畑田朋彦, 肥田剛典, 鹿嶋俊英, 永野正行
2. 発表標題 超高層RC 造制震建物のパルス性地震動に対する応答特性 その1: 検討対象建物と制震装置のモデル化
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21282, 構造, pp.563-564, 2022.9
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗原大晟, 永野正行
2. 発表標題 パルス性地震動に対する超高層RC 造建物の杭応力評価における埋込みの影響の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集, 21224, 構造, pp.448-449, 2022.9
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------