

令和6年度 建築基準整備促進事業

大規模地震発生後のRC造共同住宅の継続使用性 評価手法に関する検討 (事業番号M13)

事業主体名： 一般社団法人新都市ハウジング協会
株式会社 堀江建築工学研究所
共同研究： 国立研究開発法人 建築研究所

■背景

今後30年以内の発生確率が80%程度とされている南海トラフ地震や首都直下地震では、建築物の各部材への著しい損傷が懸念されている。過去の地震においても、倒壊は免れても非構造壁等の損傷の度合いが著しく、継続使用が困難なケースも発生している。

近年、地震時の部材の損傷低減に効果のある新技術が開発されているが、応答に基づく損傷制御性等の有効性を検証し、評価する方法が確立していないといった課題がある。

また、これらの地震では、膨大な数の避難者の発生が想定されており、対策として、災害時に自宅にとどまる者を増やす等、生活継続に関する必要性が高まっている。このため、地震後の建築物（共同住宅）の継続使用性能についての的確に評価・表示し、構造設計者のみならず建築主も含めて分かりやすく普及させる必要がある。

■ 調査の目的

RC造の共同住宅を対象として、大地震後の継続使用性を評価する技術を構築し、地震後に継続使用できる共同住宅を促進するために評価方法基準等の整備に資する資料をまとめること。

■ 実施項目

(イ) 応答に基づく損傷制御性等の評価方法技術の構築とその普及策の検討

地震時の部材の損傷低減に効果のある新技術を対象に構造実験を実施することで、当該技術を使用したときの建築物の応答に基づく損傷制御性等の有効性を検証し、評価方法を構築する。

その際、現在の構造計算プログラムとの連携を考慮しながら、一般的な設計者が利用することができる検証方法についても検討する。

(ロ) 地震後継続使用性能の評価基準整備に資する検討

(イ) の結果に基づき、評価方法基準等への地震後継続使用性能の評価基準の整備に資する技術資料をまとめる。

■ 基本方針

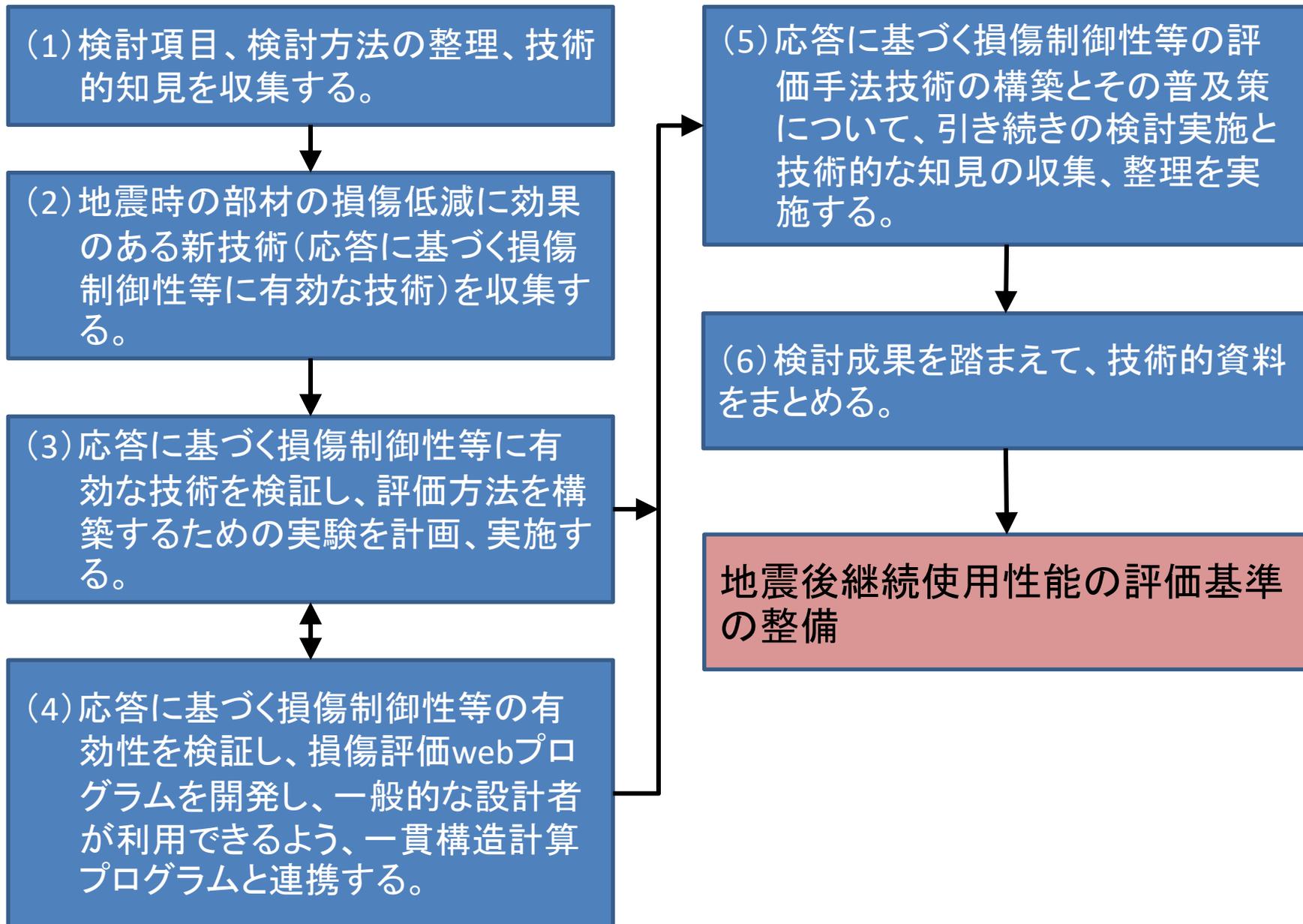
- 新技術を用いた建築物の応答評価法について検討する。
- 新技術の損傷制御の有効性について構造実験により検証する。
- 損傷評価webプログラムを開発し、一貫構造計算プログラムと連携する。
- 地震後継続使用性能の評価基準整備に資する技術的知見の収集および検討を行う。

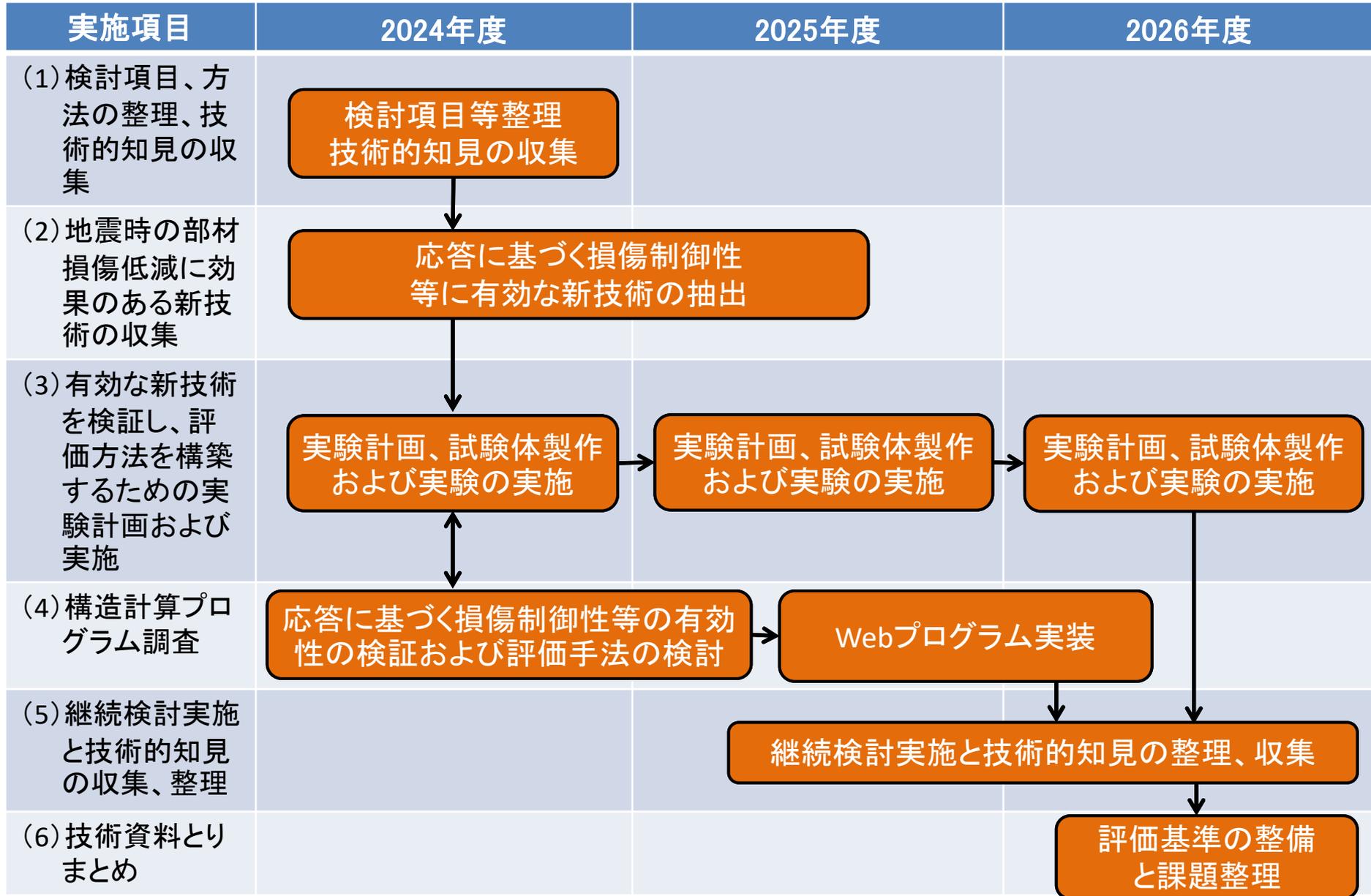
■ 実施体制

- 本調査は、一般社団法人・新都市ハウジング協会及び株式会社堀江建築工学研究所が主体となり、業務を実施するとともに、国立研究開発法人・建築研究所との共同研究体制下で実施する。
- 新都市ハウジング協会内にある会員の建設会社の専門家からなる委員会（耐震性能に基づく性能表示検討部会）で資料の提供、現実性等についての意見を集約する。
- 必要に応じ、当該分野に造詣の深い学識経験者の参画を仰ぐものとする。

「大規模地震発生後のRC造共同住宅の継続使用性評価手法に関する検討」に関する調査委員会

委員長	楠 浩一	東京大学地震研究所	災害科学系研究部門 教授
委員	坂下 雅信	(国研)建築研究所	構造研究グループ 主任研究員
委員	中村 聡宏	(国研)建築研究所	構造研究グループ 主任研究員
委員	渡邊 秀和	(国研)建築研究所	国際地震工学センター 主任研究員
委員	田沼 毅彦	(独)都市再生機構	東日本賃貸住宅本部 技術監理部 担当課長
委員	吉田 浩三	(株)長谷エコーポレーション	住宅企画推進室 室長
委員	迫田 丈志	(株)堀江建築工学研究所	代表取締役社長
委員	鹿島 孝	(一社)日本建築構造技術者協会 ((株)三菱地所設計)	プログラム部会 (DX推進部 BIM推進室)
委員	小林 光男	(一社)日本建築構造技術者協会 ((株)織本構造設計)	性能設計部会 (代表取締役社長)
協力委員	竹村 好史	国土交通省	国土技術政策総合研究所 建築研究部基準認証システム研究室長
協力委員	向井 智久	国土交通省	国土技術政策総合研究所 建築研究部構造基準研究室長
協力委員	小原 拓	国土交通省	国土技術政策総合研究所 建築研究部構造基準研究室主任研究官
ワーカー	橋口 真依	国土交通省	住宅局住宅生産課 企画専門官
ワーカー	種子田 翔一	国土交通省	住宅局住宅生産課 課長補佐
ワーカー	久保 寿斗	国土交通省	住宅局住宅生産課 係長
ワーカー	小板橋 紀哉	国土交通省	住宅局住宅生産課 係長
事務局	中西 浩	(一社)新都市ハウジング協会	専務理事
事務局	橋本 隆史	(一社)新都市ハウジング協会	企画部長
事務局	太田 勤	(株)堀江建築工学研究所	取締役会長
事務局	清原 俊彦	(株)堀江建築工学研究所	取締役所長
事務局	高橋 愛	(株)堀江建築工学研究所	企画開発部課長





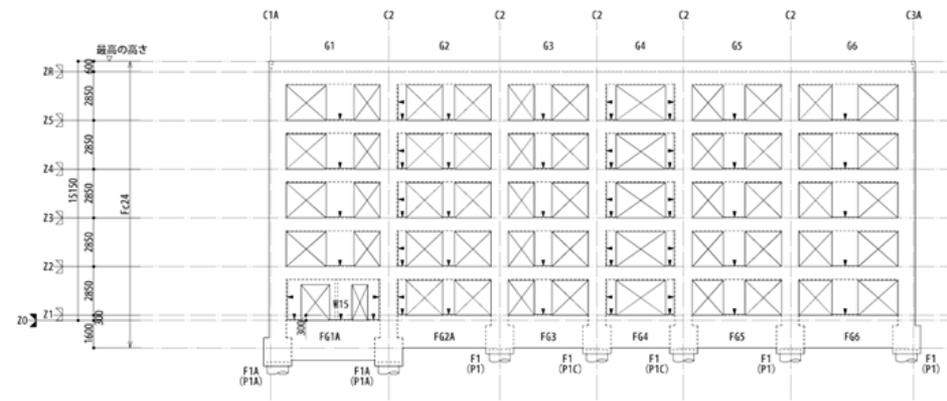
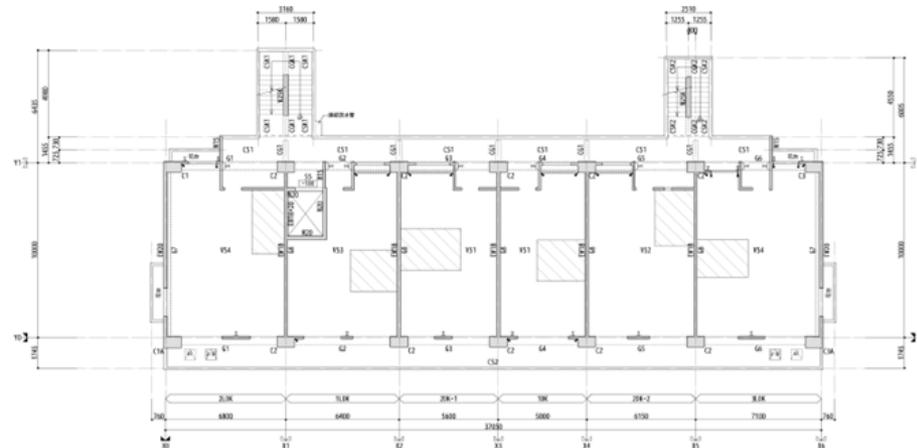
第2編 新技術を用いた建築物の応答に基づく 損傷制御性等の有効性の検証及び評価方法の構築

目的:

鉄筋コンクリート造純ラーメン架構を損傷制御するための新技術として、鋼材せん断パネル降伏による**方立壁ダンパー**を設置したRC造建物の応答評価と、損傷制御性**の有効性の検証および評価方法の構築**

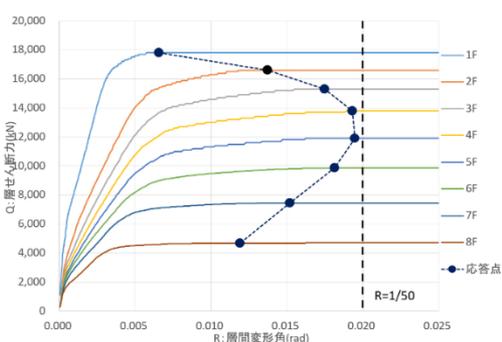
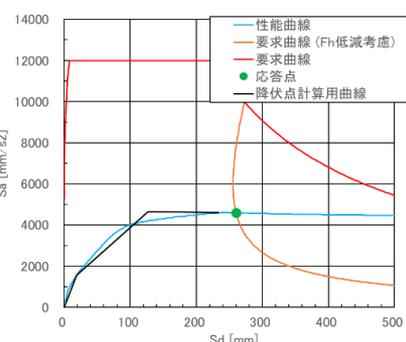
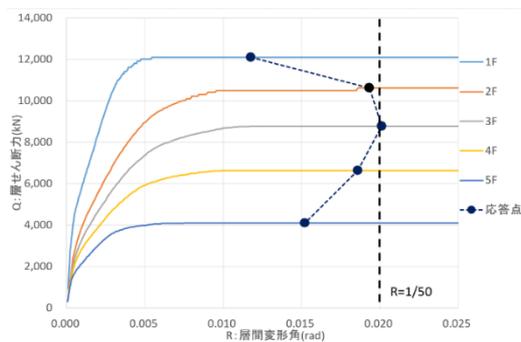
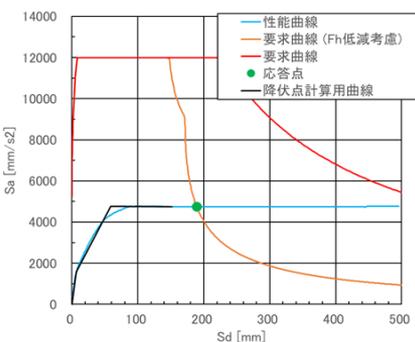
検討方針:

- ・RC造5階建て、8階建て、11階建て、14階建ての板状集合住宅の桁行方向純ラーメン架構を対象
- ・方立壁ダンパーを設置し、等価線形化法による応答値が1/75以下となることの確認、および損傷状況の評価



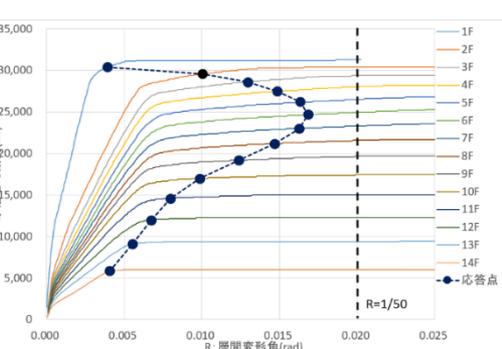
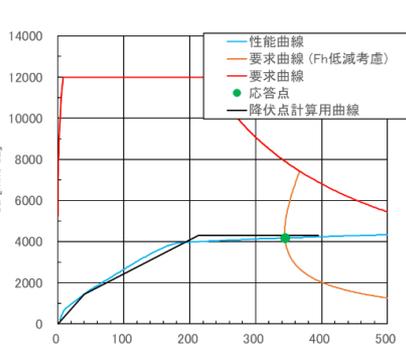
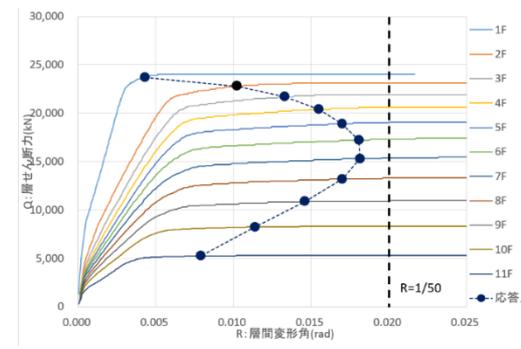
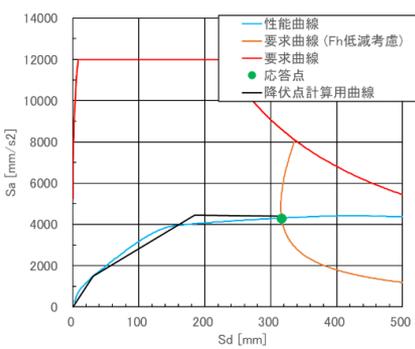
純ラーメン架構の応答評価 (Ai分布を用いた応答スペクトル法)

各建物とも大地震時の最大層間変形角は1/50程度となった。



【5層モデル】

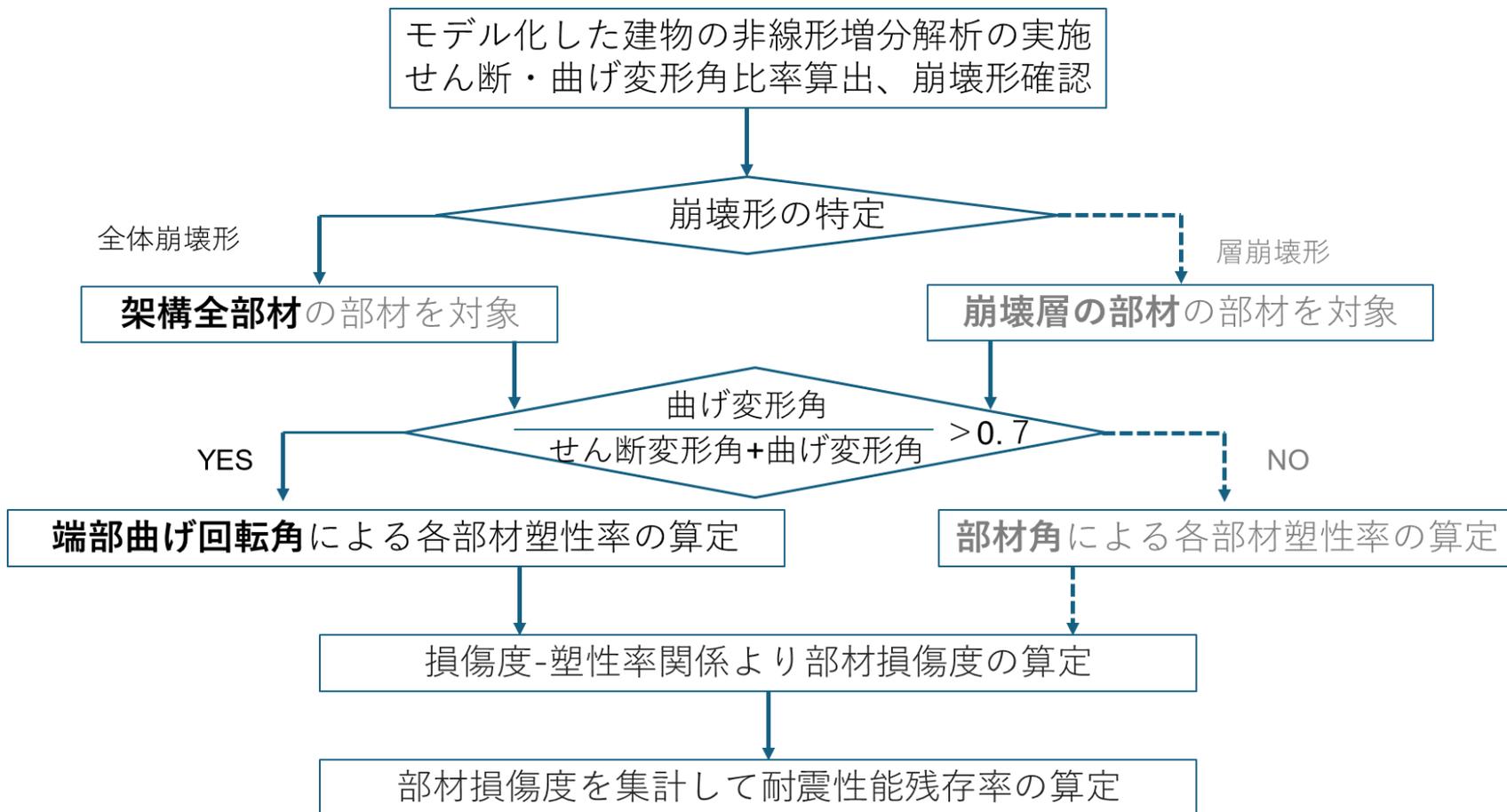
【8層モデル】



【11層モデル】

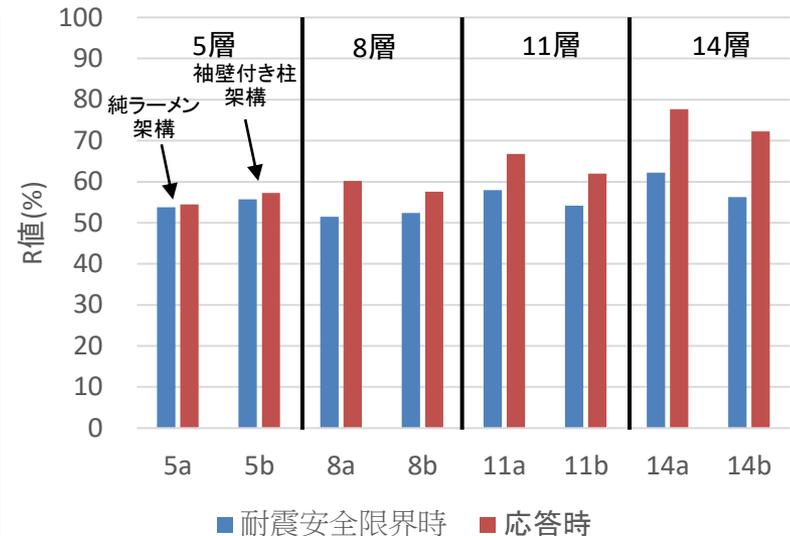
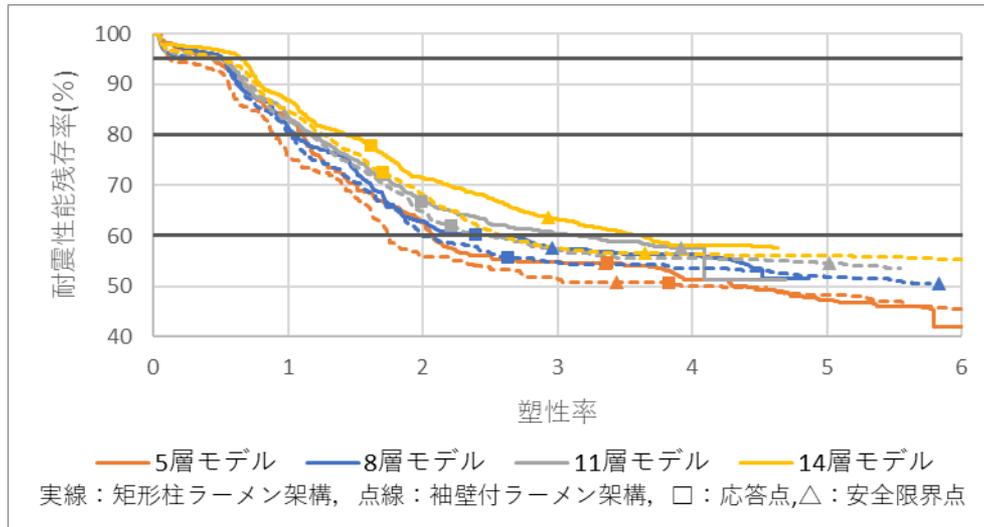
【14層モデル】

● 耐震性能残存率算出方法



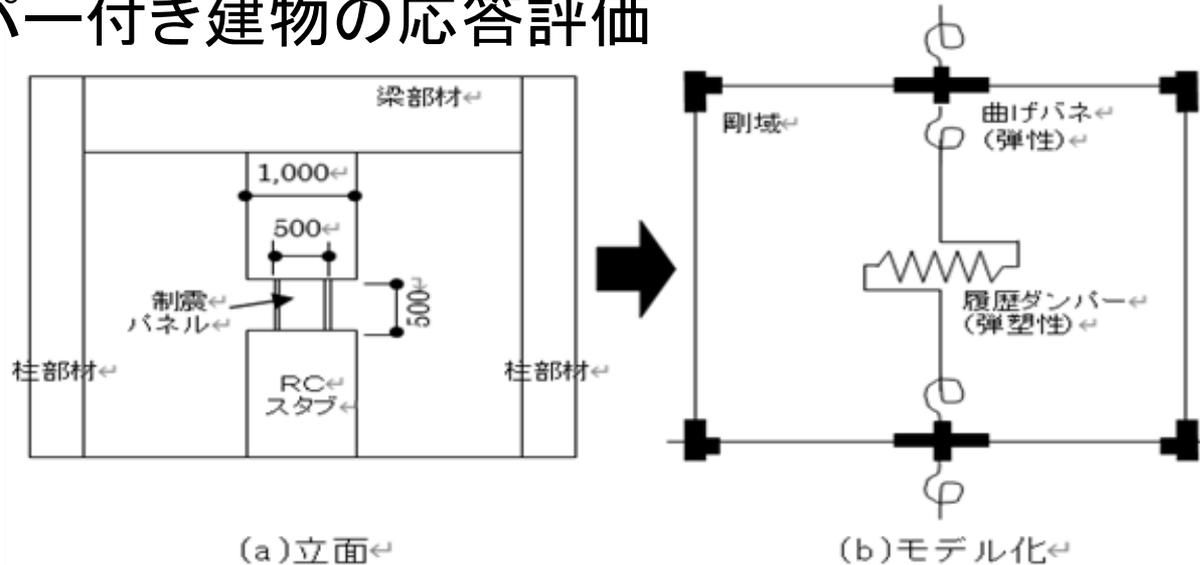
純ラーメン架構の損傷評価

- 耐震性能残存率R値：95%以下が小破，80%以下が中破，60%以下が大破



- 5a,5b,8b は応答時にR 値が60%を下回り大破(安全限界点は概ねR値55%で同等)。
- 建物階数が多いほど応答時代表塑性率が小さいため応答時R値も大きい。
- 耐震安全限界時は損傷部材の数と位置が決まるためR 値の変化が小さく55%程度を推移する。

制震ダンパー付き建物の応答評価



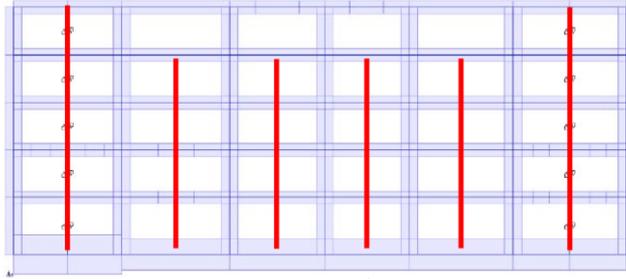
(a) 立面 ← 柱・梁骨組みへのダンパー設置方法とモデル化
(b) モデル化 ←

- ・制震ダンパーは幅500mm × 高さ500mmの正方形形状
- ・柱スパン中央に方立壁形式で設けたRCスタブ内に設置
- ・ダンパー量は、層が支える建物重量の10% (中高層) ~ 20% (低層) を仮配置して予備応答から増減させて決定

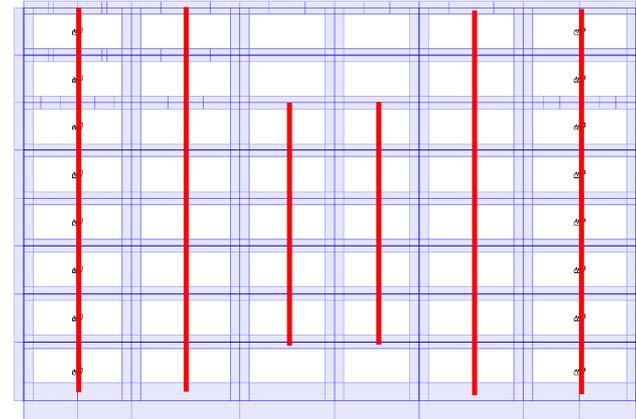
※ダンパー割合 (各層の質量に対するダンパー第2点耐力の割合)

5層の2~3階が0.33~0.43、8層の2~4階が0.18~0.22、
11層の2~4階が0.06~0.10、14層の4~6階が0.06~0.07
⇒ダンパー割合は低層モデルほど大きい。

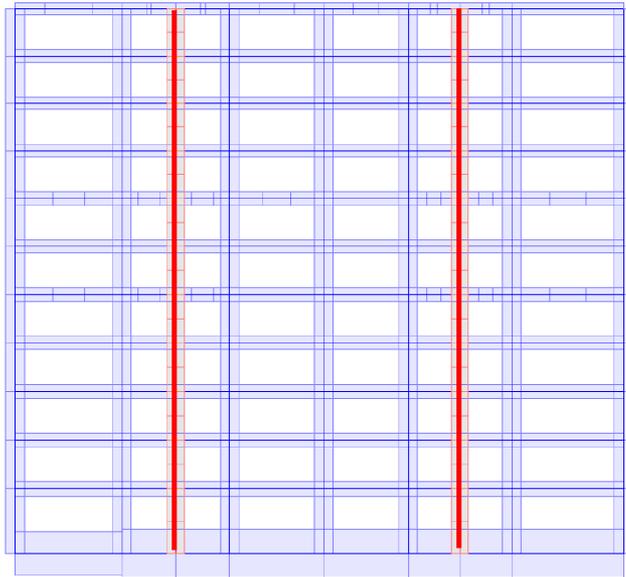
制震ダンパー付き建物の応答評価



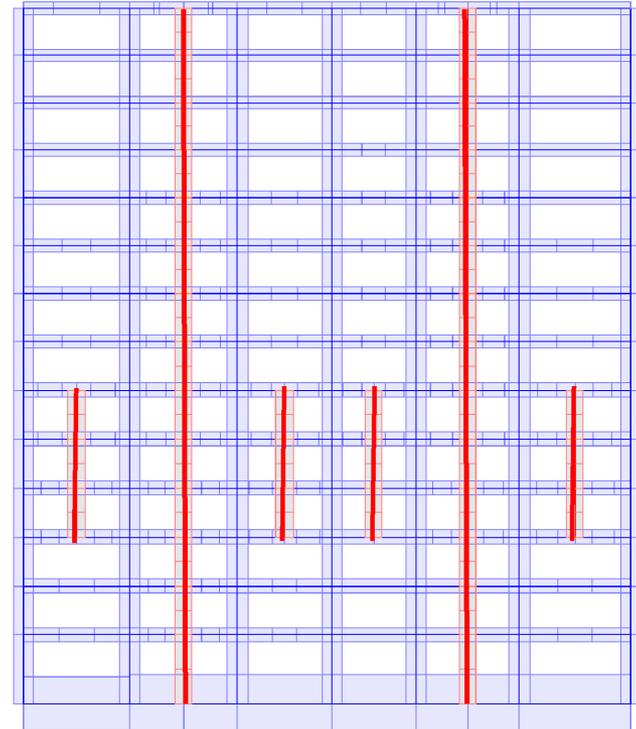
5層モデル



8層モデル



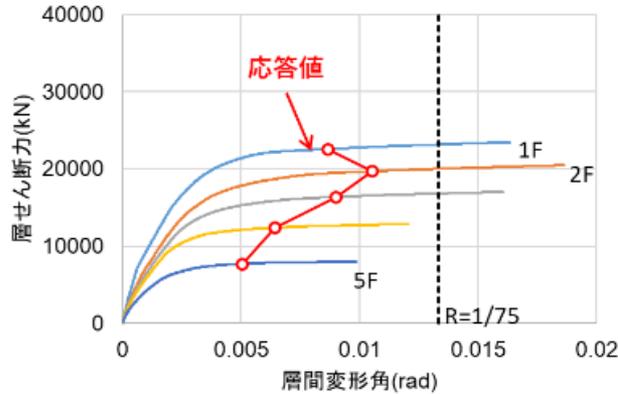
11層モデル



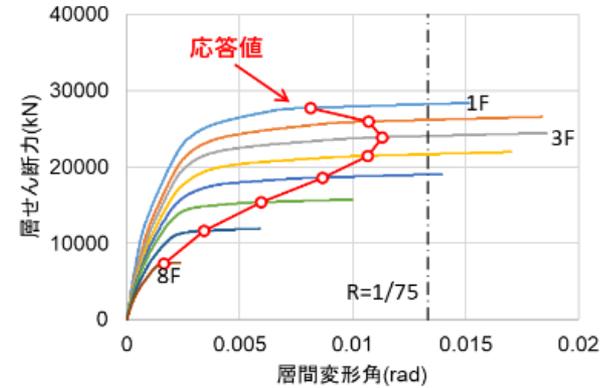
14層モデル

制震ダンパー付き建物の応答評価

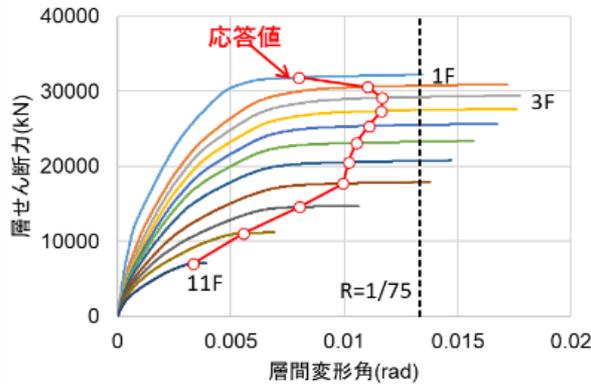
・応答スペクトル法計算結果



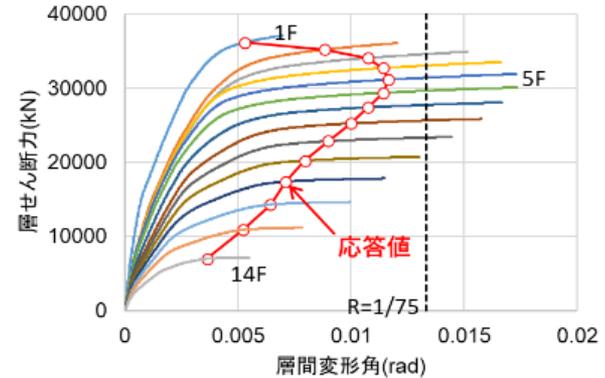
【5層モデル】



【8層モデル】



【11層モデル】

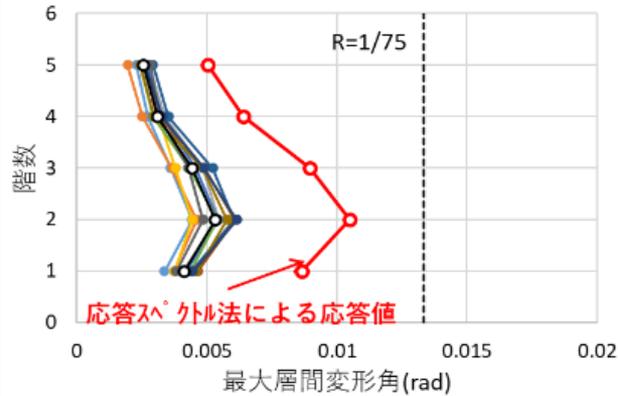


【14層モデル】

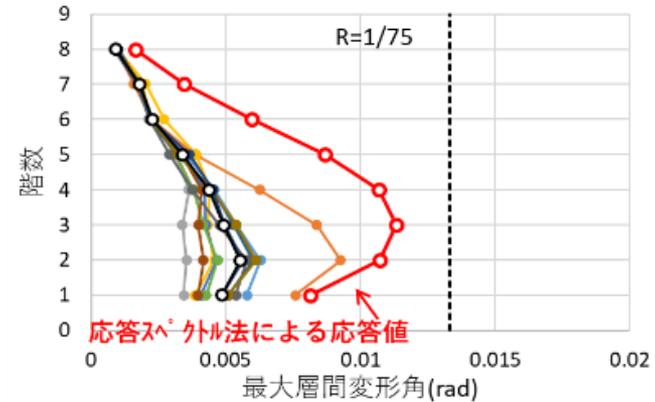
ダンパーを設置した各建物ともに限界耐力計算による応答値が1/75以下となることを確認

制震ダンパー付き建物の応答評価

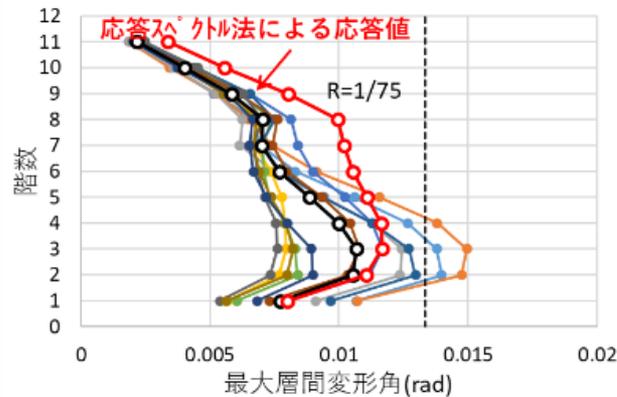
・時刻歴応答解析結果



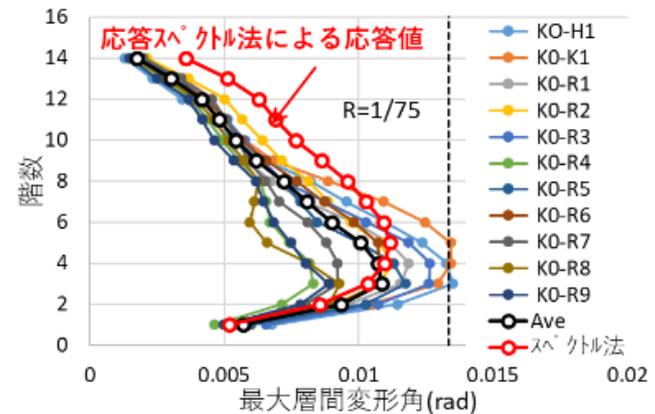
【5層モデル】



【8層モデル】



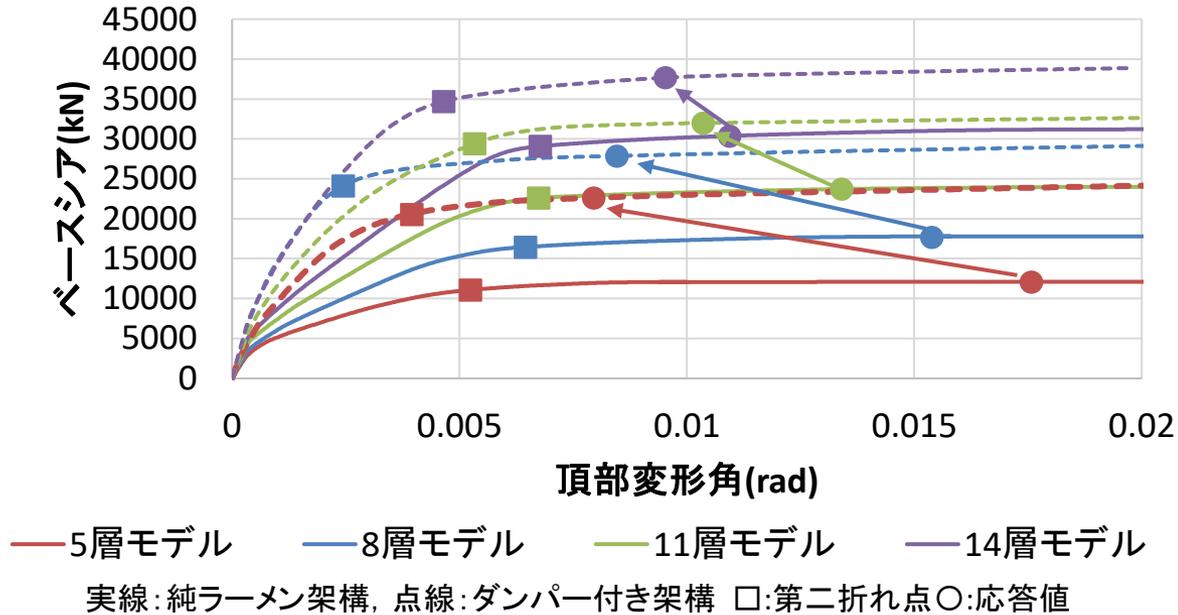
【11層モデル】



【14層モデル】

ダンパーありの各層モデルの時刻歴応答解析結果は、応答スペクトル法の応答値に比べ、全体的に小さく、平均値では応答スペクトル法の応答値が概ね安全側。

制震ダンパー付き建物の荷重変形角関係



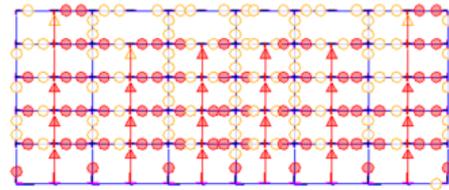
応答時代表塑性率

	5層	8層	11層	14層
純ラーメン架構	3.35	2.39	1.99	1.62
ダンパー付き架構	2.01	3.46	1.94	2.04

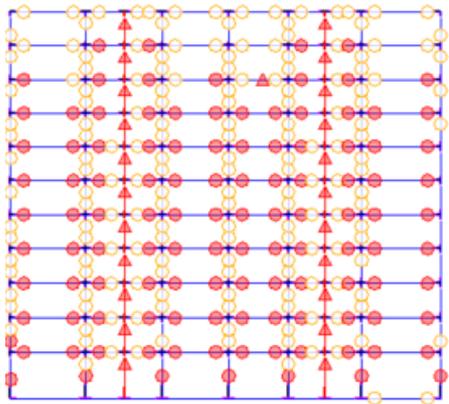
- ・応答時の頂部変形角はダンパー付き架構の方が小さい。
- ・応答時の代表塑性率は8層, 14層で純ラーメン架構の方が小さい。

制震ダンパー付き建物の応答時ヒンジ状態図

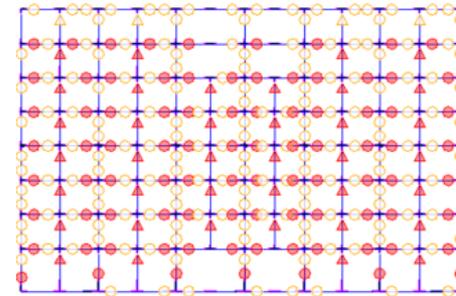
△:ダンパーの降伏, ○:柱梁の損傷
(赤:ヒンジ, 黄色:ひび割れ)



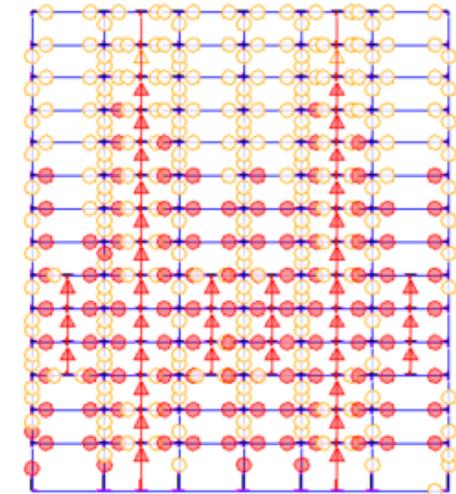
【5層モデル】



【11層モデル】



【8層モデル】

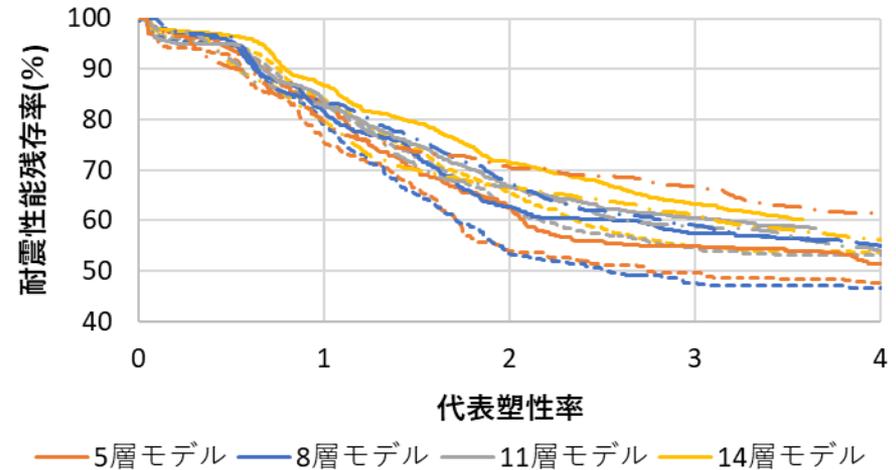
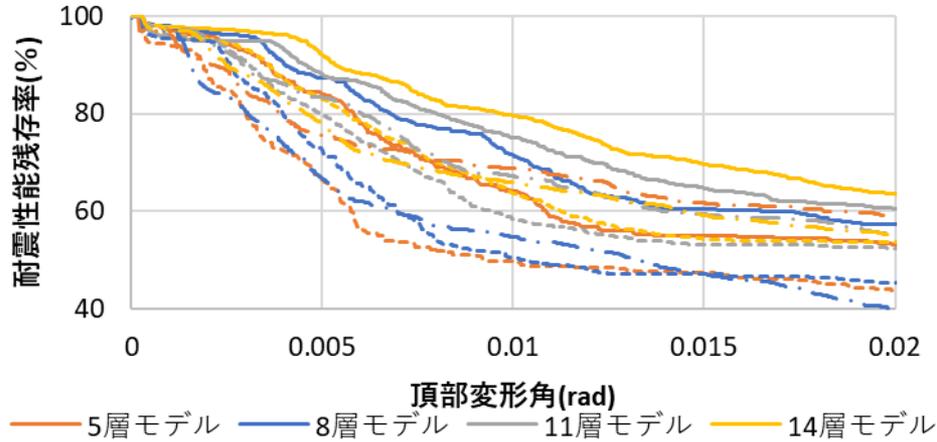


【14層モデル】

- ・ダンパー付き架構は応答時に上層の梁にヒンジが発生しない。
- ・5層は梁のダンパー側にもヒンジが多く生じるが8,11,14層の梁のダンパー側にはヒンジはほとんど発生しない。

制震ダンパー付き建物の損傷評価(既往の評価手法)

・耐震性能残存率R値



応答時R値

応答時R値(%)	5層	8層	11層	14層
純ラーメン架構	54.48	60.19	66.79	77.65
ダンパー付き架構	61.37	56.43	66.90	66.50

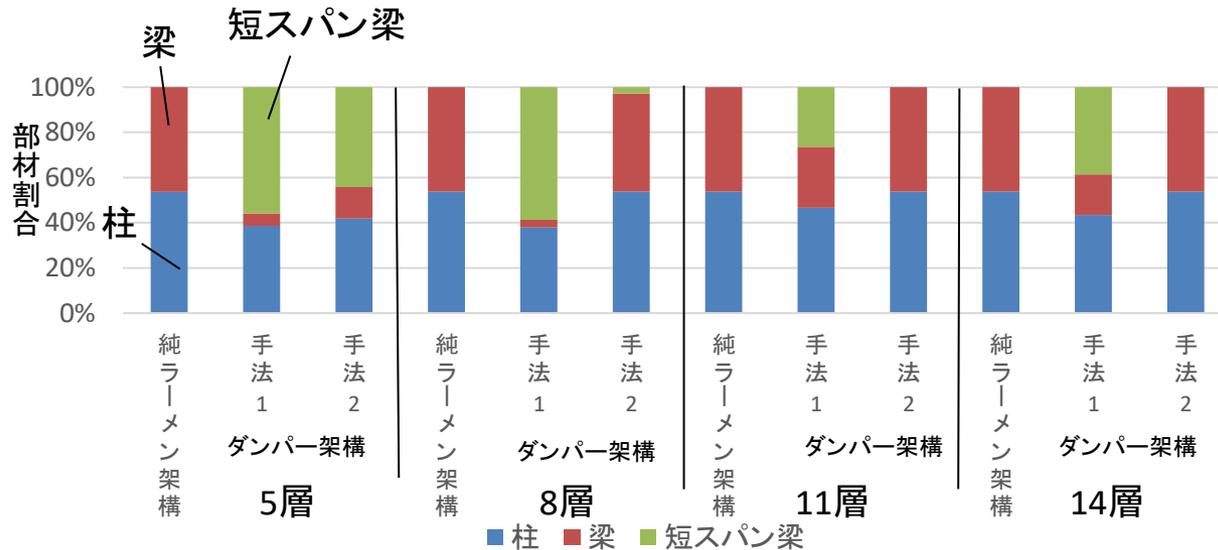
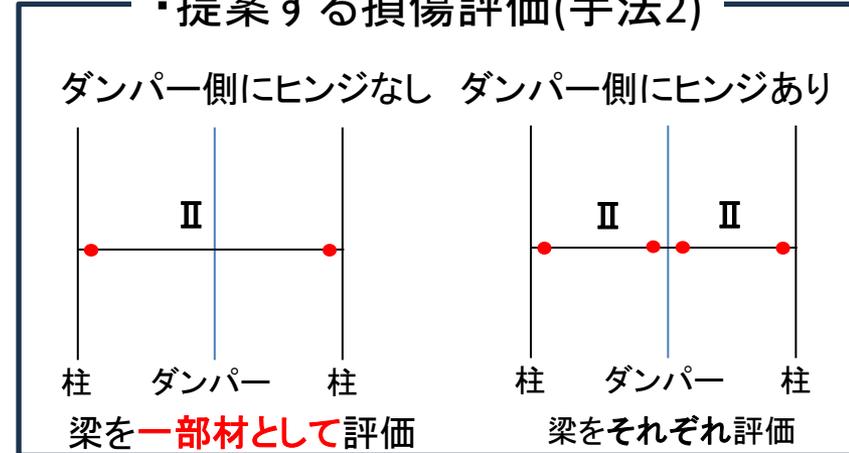
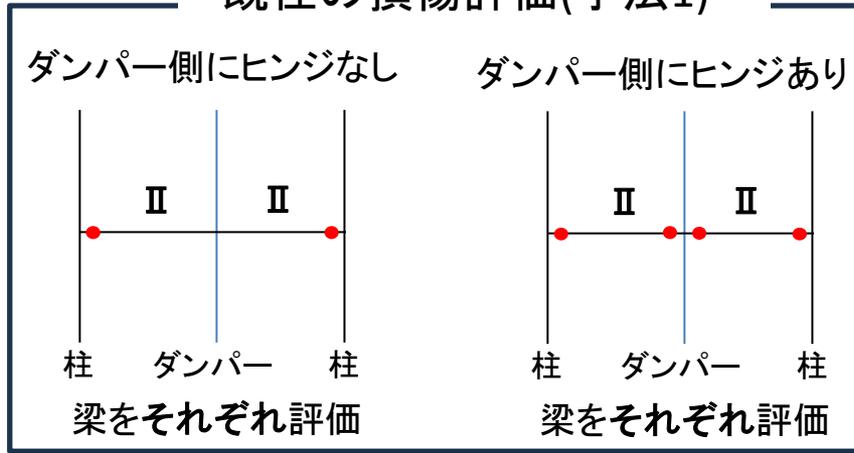
- ・8層はダンパー付き架構において応答時R値が60%以下(大破)となり他と傾向が異なる。
- ・8層と14層はダンパー付き架構の方が応答時R値が小さいため(損傷が大きく評価)、既往の手法1は修正必要。

制震ダンパー付き建物の新たな損傷評価手法

・既往の損傷評価(手法1)

・提案する損傷評価(手法2)

短
ス
パ
ン
梁
の
扱
い



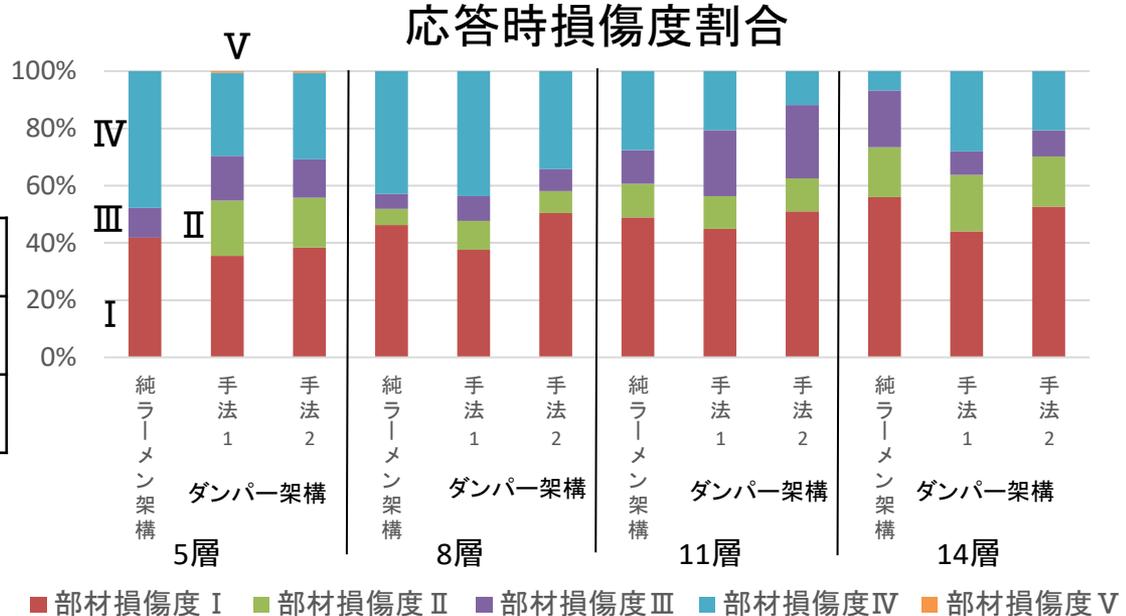
・手法2では5層を除き純ラーメン架構の柱・梁の評価本数割合と同程度となる。

制震ダンパー付き建物の損傷評価

部材損傷度区分(建研データベース)

	I	II	III	IV	V
柱	ひび割れ時 塑性率	0.87	1.81	3.70	10.0
梁		0.87	1.58	2.29	10.0

梁は短スパン梁も同様の損傷度区分を用いる



応答時R値

	5層	8層	11層	14層
純ラーメン架構	54.5	60.2	66.8	77.6
手法1	61.4	56.4	66.9	66.5
手法2	62.3	64.3	72.3	72.3

- ・提案した手法2はR値を高く評価し、既往の手法1に比べてダンパーの効果が表れた。
- ・14層のみ純ラーメン架構の方が手法2よりR値が高い値となる。
- ・低層の架構の方がダンパーを設置することで被災度を改善させることができた。

第2編のまとめ

- ・RC造共同住宅(5層、8層、11層、14層モデル)の純ラーメン方向について、等価線形化法による応答点と損傷度を確認した。
- ・上記建物に方立壁制震ダンパーを配置した制振ダンパー付き建物についても同様に、等価線形化法による応答評価を行い、最大層間変形角が $1/75$ 以下となることを確認した。必要ダンパー量は、低層建物ほど純ラーメン架構の層せん断力に対する割合が多くなる傾向となった。
- ・時刻歴応答解析により、等価線形化法による応答評価が概ね安全側の評価となることを確認した。
- ・RC純ラーメン建物と制震ダンパー付き建物について、応答点における損傷を評価した。

第3編 実験計画、試験体製作および実験の実施

目的:

RC造の共同住宅を対象に、地震時の部材の損傷低減に効果がある新技術を対象とした構造実験を実施し、当該技術を使用したときの損傷制御性等の有効性を実証すると共に、評価方法の構築に必要なデータを収集する。

検討方針:

- 鋼材ダンパー付きRC壁の部材試験体の製作、同試験体を用いた構造実験を実施し、構造性能や損傷量を評価するための基礎データを収集する(第1章)
- 損傷低減要素として方立壁や鋼材ダンパーを挿入した架構試験体*の設計や実験計画の立案を行う(第2章)

* 建築研究所の指定課題「建築物の耐震レジリエンス性能指向型設計・評価手法に関する研究」(令和4～6年度)および国土技術政策総合研究所の総合技術開発プロジェクト「社会環境の変化に対応した住宅・建築物の性能評価技術の開発」(令和4～8年度)と連携

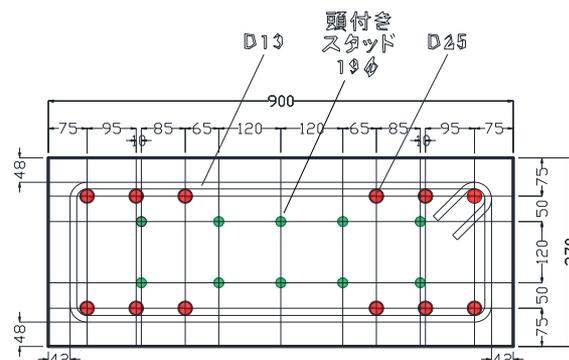
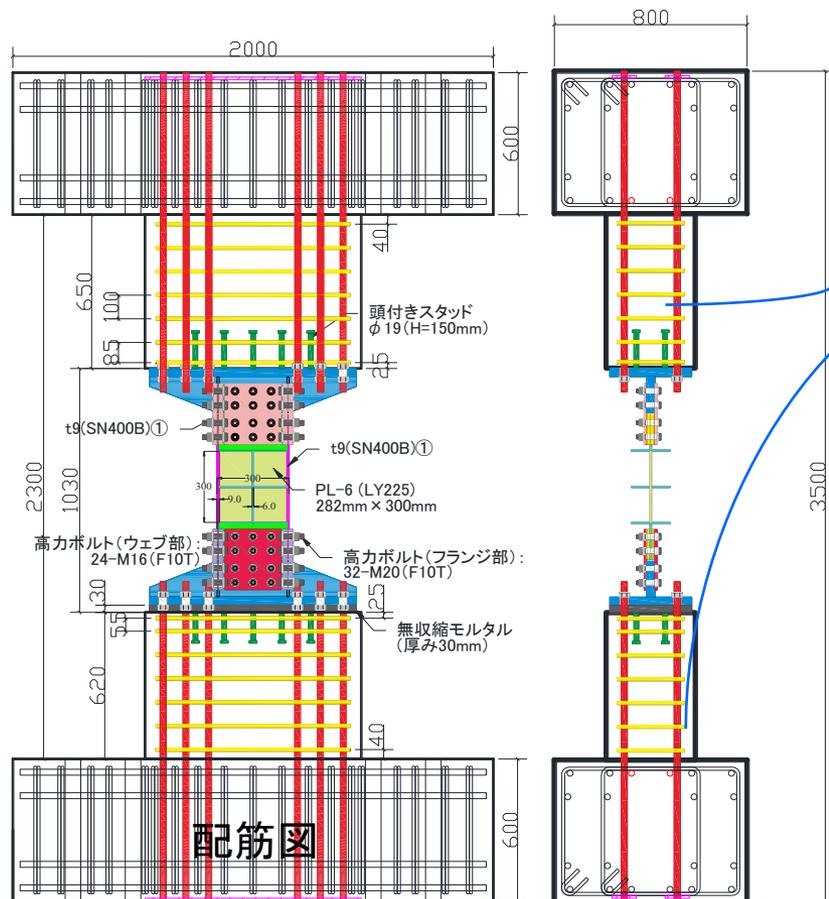
- 同試験体では、地震被害の多い非構造壁を、鋼材ダンパーを有する間柱形式の壁部材に置き換えることで被害低減およびエネルギー吸収を図ることを想定する。(後述する架構試験体のダンパー壁部材と同形状)
- 構造性能だけでなく、架構実験での評価を念頭に鋼材の歪計測等から曲げモーメント等の応力算定方法についても検討する。



全体写真

試験体概要:

- 試験体は、部材高さ中央にせん断パネル型ダンパーを配置し、パネル部には低降伏点鋼LY225を使用している。
- パネル部以外はSN400B材を使用し、部分的にハイテンションボルトで板状の鋼材を介して接合している。
- ダンパーとコンクリート部材間は、スタッドおよびネジ鉄筋により一体化を図っている。

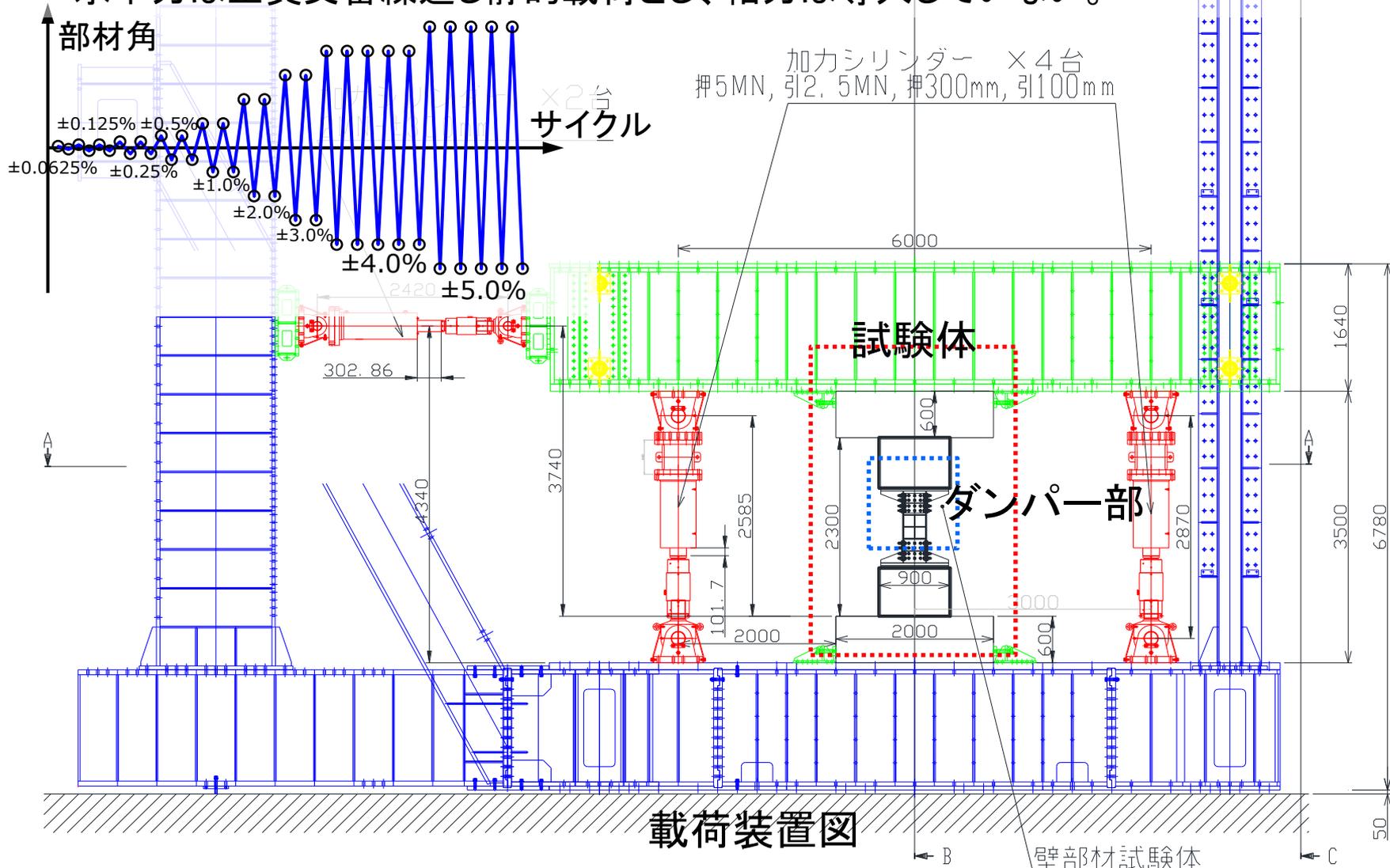


壁柱断面

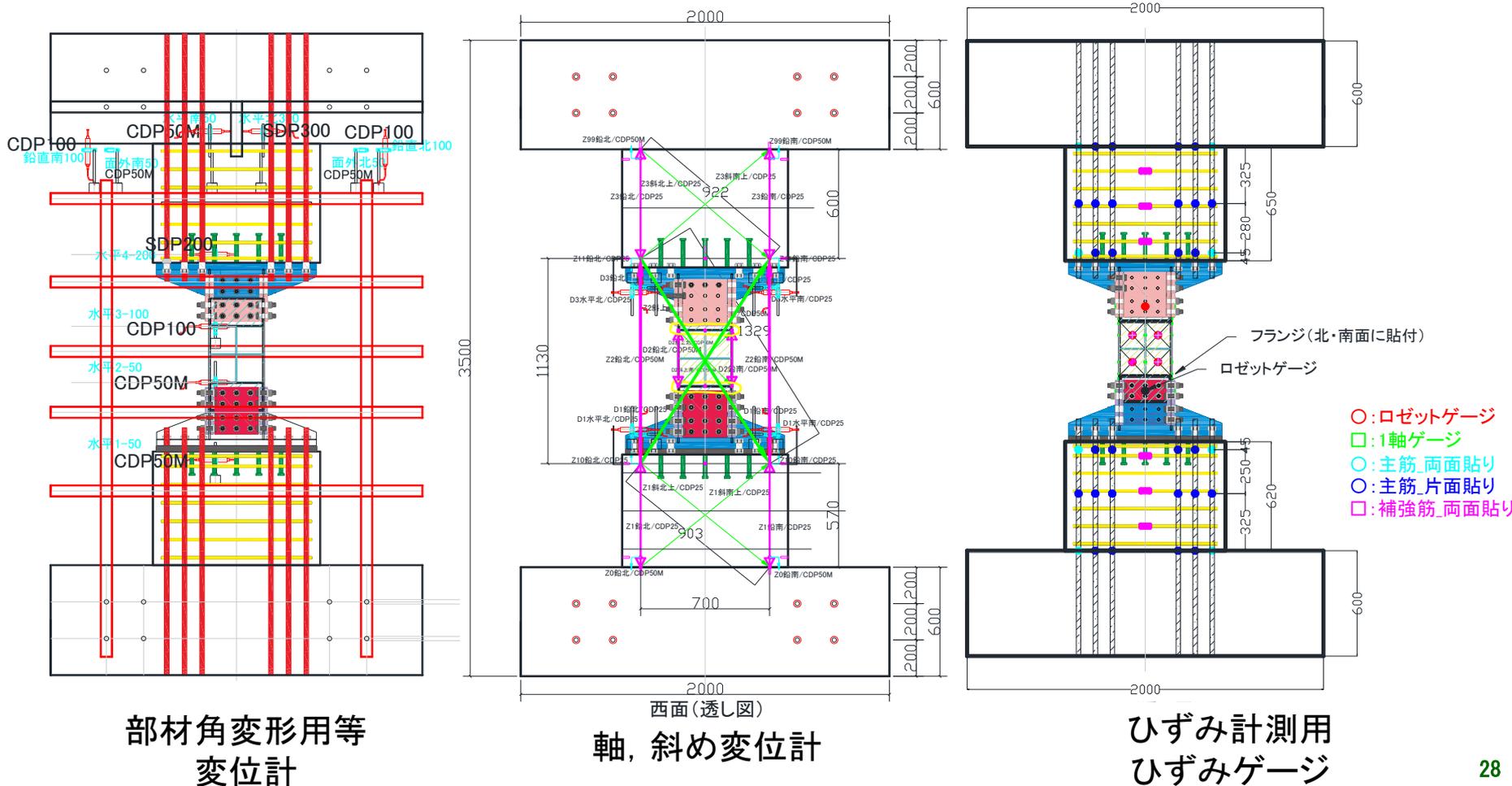
- ✓ 主筋: ダブル配筋D25 (SD345)
- ✓ せん断補強筋: D13 (SD345) @100mm
- ✓ コンクリート強度: 約30MPa

加力概要:

- 加力は逆対称曲げせん断加力とし、上下スタブが常に平行を維持するように制御した。
- 水平力は正負交番繰返し静的载荷とし、軸力は導入していない。

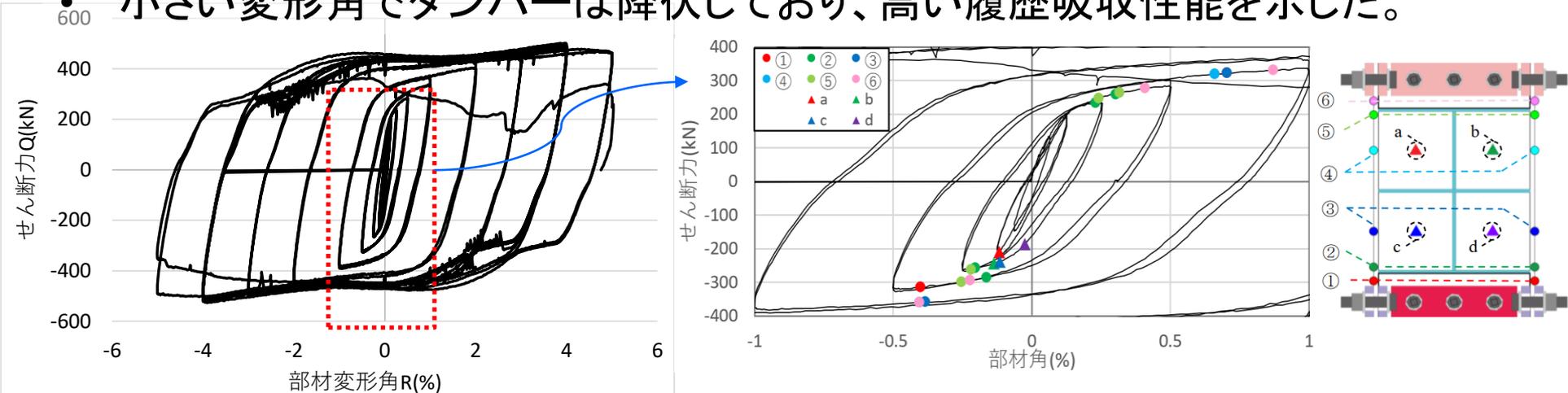


- 試験体の変形状況を確認するために、3区間に分けて軸および斜め方向に変位計を設置した。
- 鋼材の応力状態を確認するためにダンパー部および主筋、せん断補強筋にひずみゲージを貼付した。



実験結果:

- 部材角 $R=2.0\%$ まで安定した履歴復元力特性を示した。せん断力は部材角が大きくなるにつれて大きくなっている。
- 小さい変形角でダンパーは降伏しており、高い履歴吸収性能を示した。



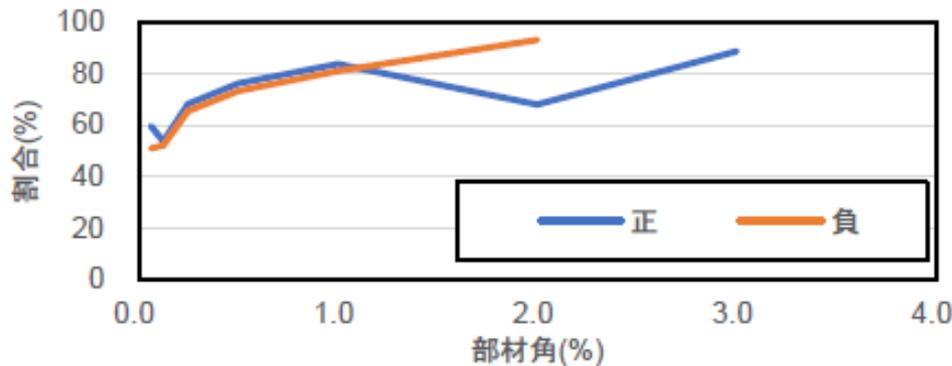
荷重－変形角関係(左:全体図、右:拡大図)



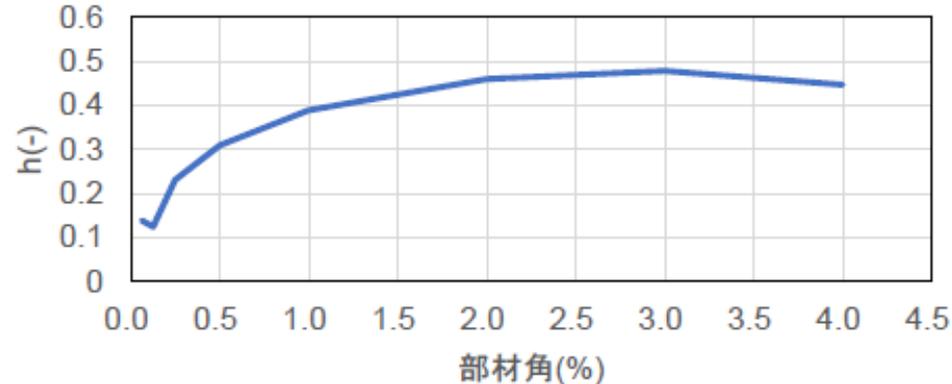
最終破壊状況

実験結果:

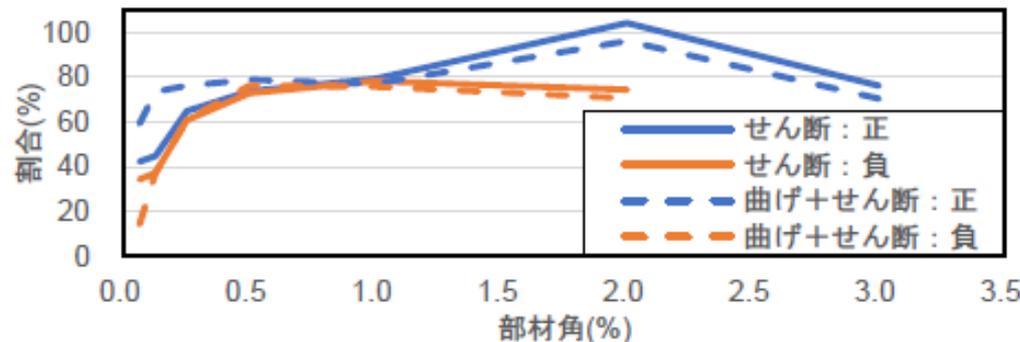
- heqは部材角R=0.5%で30%程度、R=1.0%で約40%程度を示しており、高いエネルギー吸収性能を発揮した。
- 全体変形のうち大部分がダンパー部の変形であり、R=0.5%~1.0%時において、高さ中央区間の変形割合は約70%~80%であった。



全体変形に対する高さ中央区間
の変形割合

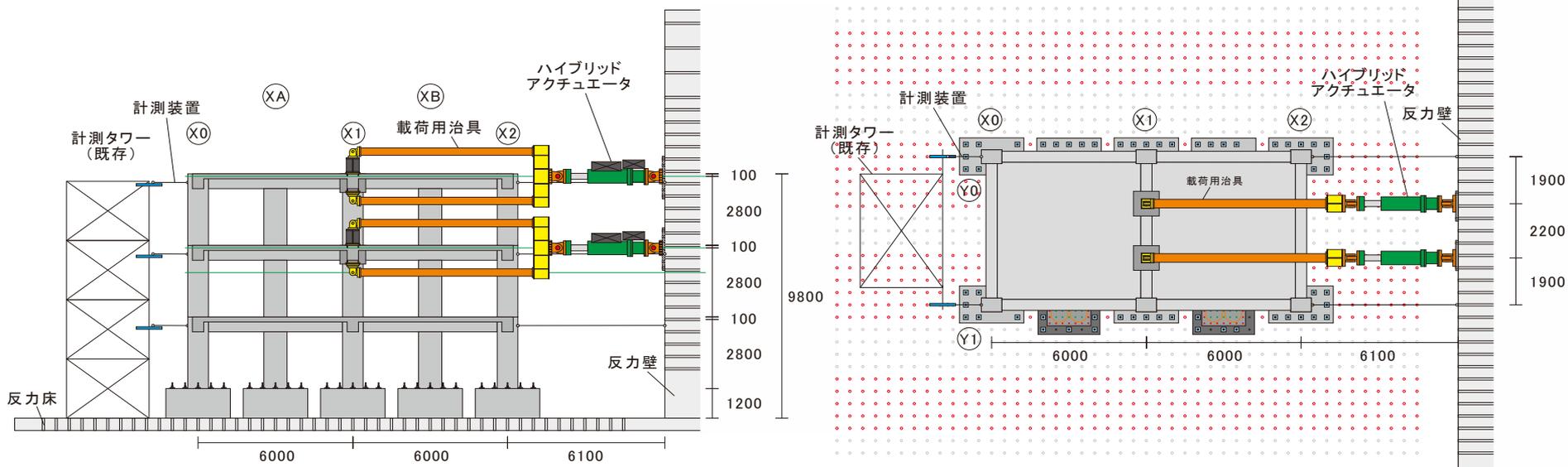


等価粘性減衰定数



高さ中央区間の変形のうちダンパー部の変形割合

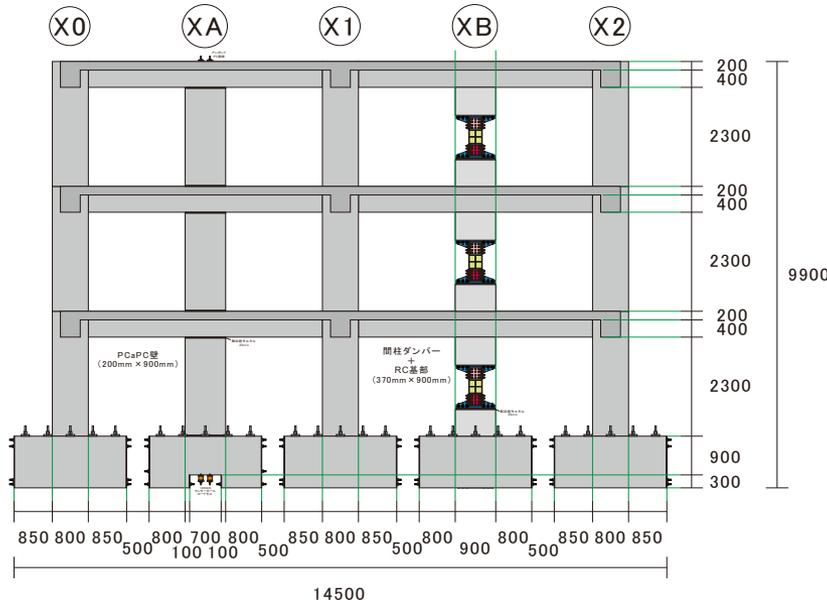
- 中層規模の共同住宅の下層部分を模擬した3層の実大架構試験体の実験計画を立案した。
- 同試験体では、地震被害の多い非構造壁を、4種類の損傷低減要素に置き換えることで被害低減を図ることを想定する。
- 損傷低減要素だけでなく、その周囲の柱や梁を含めた計測、観測を行い、架構全体の損傷状況を把握する。(総プロトとの共同で実施)



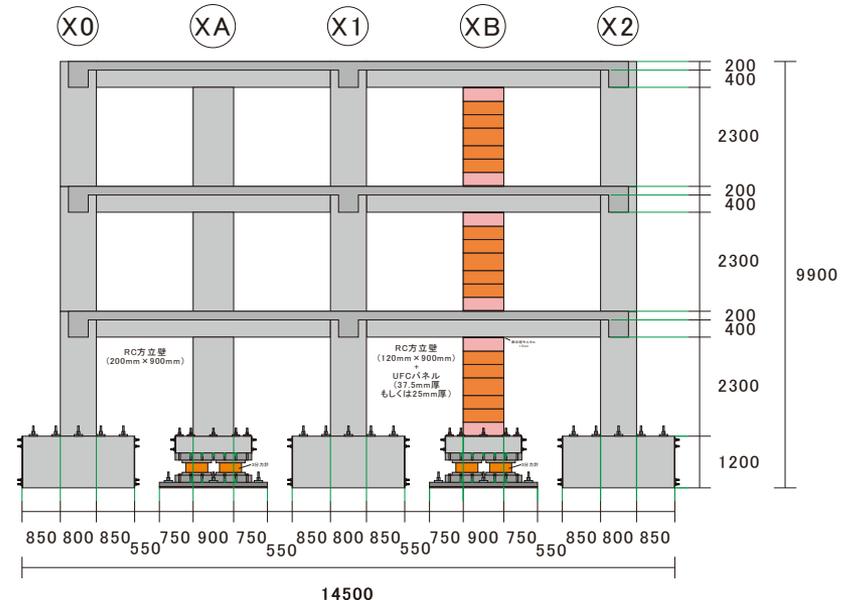
架構試験体の形状と加力装置(4本のアクチュエータで水平加力を行う)

検証を行う損傷低減要素

- RC方立壁(ダブル)Y1XA** : 非構造壁と比較して壁厚が大きく、壁筋をダブル配筋、壁端に拘束域を設けることで損傷低減を図りつつ、架構の剛性、耐力を増大させる。
- RC方立壁(シングル)Y1XB** : 非構造壁と同等の壁厚、配筋だが、側面にUFCパネルを接着することで、損傷低減を図りつつ、架構の剛性、耐力を増大させる。
- PCaPC方立壁Y0XA** : PC鋼材を用いて架構と一体化する。変形が目地部に集中し、損傷や残留変形が残りやすい。架構の剛性、耐力を増大させる。
- 間柱ダンパーY0XB** : 低降伏点鋼を用いた履歴ダンパーの上下にRC基部を設けている。鋼材のエネルギー吸収によって、架構の応答変形の低減を図る。



Y0構面



Y1構面

架構試験体に設けた損傷低減要素(XA、XB構面)(総プロとの共同)

第3編のまとめ

- ・鋼材ダンパーを有する壁柱の静的繰返し載荷実験を計画し、構造実験を行った。大変形時まで安定した履歴復元力特性を示し、高いエネルギー吸収性能を発揮した。
- ・総プロや建研課題により静的非線形増分解析の結果を基に、損傷低減要素を構面内に設けた3層の架構試験体の設計や、加力・計測・観測に関する計画の立案が行われた。加力実験は令和7年度に実施予定である。

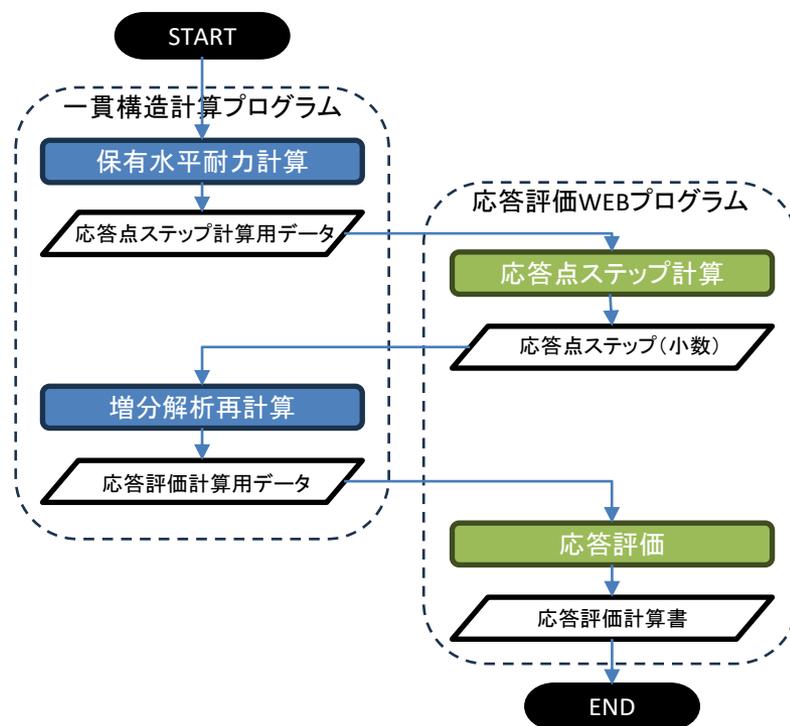
第4編 応答に基づく損傷制御性等の評価手法の検討

2.1 構造計算プログラムにおける応答点変位の計算例と再現性の検証

目的

構造計算プログラムと応答評価Webプログラムを用いて地震時応答層間変形角を算定するためには、応答評価Webプログラムで算定した応答点ステップ（小数）を、構造計算プログラムの2回目の増分解析において再現する必要がある。

令和5年度の検討で用いた「5層スリットモデル」のX方向を対象に、4つの一貫構造計算プログラムで荷重増分解析を実施し、応答点の再現性を検証した。



2.1 構造計算プログラムにおける応答点変位の計算例と再現性の検証

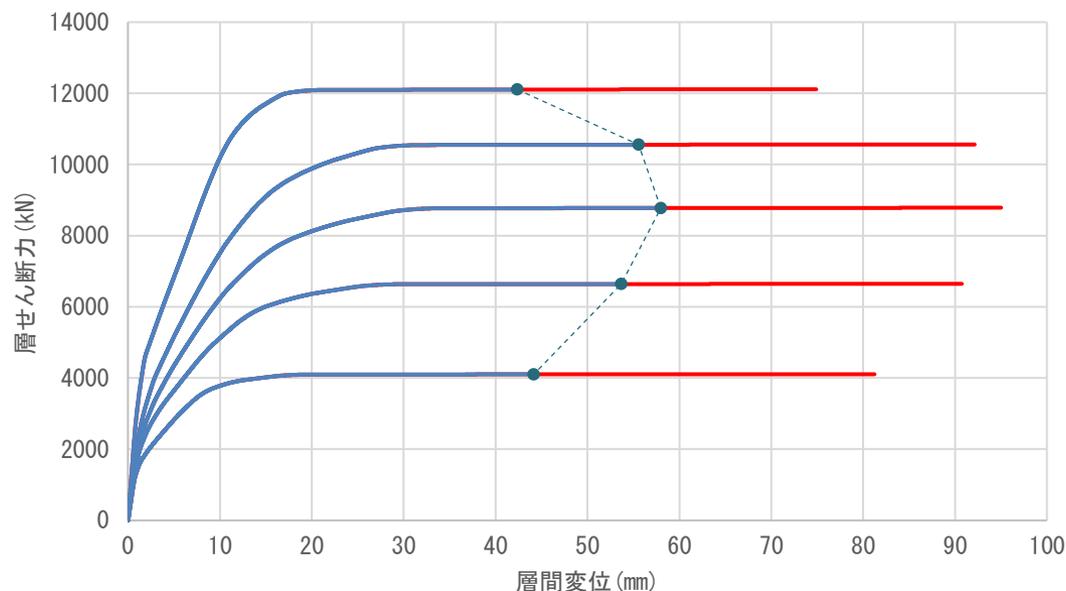
• 2回目の荷重増分解析条件

- 応答点ステップ（小数点付）に対して、1回目の荷重増分解析の前後のステップのQと δ を直線補間して応答点の層間変位を算定する。2回目の荷重増分解析では、解析終了点がこの層間変位にできるだけ近づくように解析条件を設定する必要がある。
- **構造モデラー+NBUS7**
 - 荷重増分の制御法として「**変形制御**」を用いる。「変形制御」はマスター節点の変位量を制御する方法で、Q- δ の勾配が小さくなるほど増分荷重量が小さくなるため、目標とする層間変位を精度よく一致させることができる。
- **SuperBuild/SS7、BUILD.一貫VI**
 - 荷重増分の制御法として「**等比級数**」を用いる。「等比級数」は解析ステップが進むほど増分荷重量を小さくする方法であるが、目標とする層間変位に一致させることは難しいため、応答点ステップ（小数点付）とその次のステップの層間変位の差が十分小さくなるまで、増分刻みを小さくして解析を繰り返す必要がある。2回目の荷重増分解析は1回目の応答点ステップ（小数点付）の次のステップを解析終了ステップとして指定する。
- **SEIN La CREA**
 - 荷重増分の制御法として、**ステップ毎の増分量を直接指定**できる機能があるため、2回目の荷重増分解析で目標変位付近の増分量を小さく設定することで、目標とする層間変位に近づけることができる。

2.1 構造計算プログラムにおける応答点変位の計算例と再現性の検証

• 2回目の荷重増分解析結果

- 1回目のQ- δ (赤線) と、2回目のQ- δ (青線) を重ね合わせた結果を示す。図中の青丸は応答点 (2回目の解析終了ステップ) である。
- 各プログラムとも1回目と2回目のQ- δ はよく重なっており、荷重増分解析の制御方法の違いによる、応答点までの途中経過に違いは見られない。

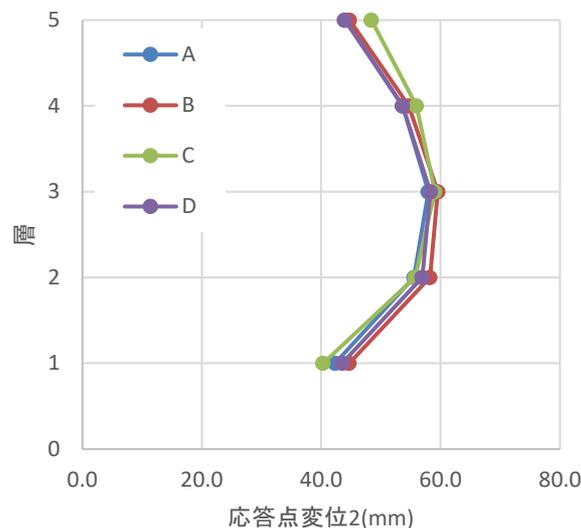
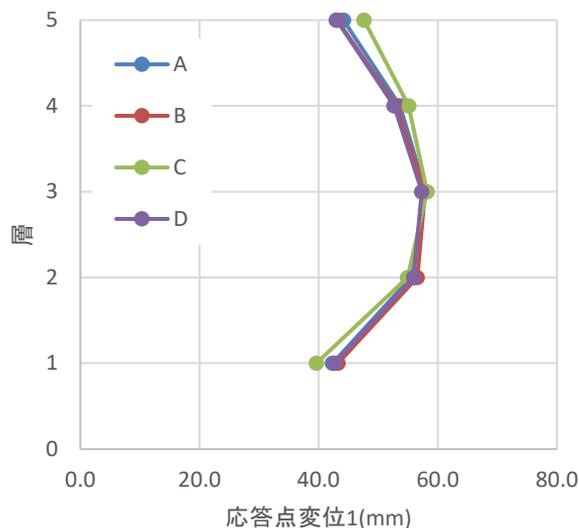


構造モデラー+NBUS7の例

2.1 構造計算プログラムにおける応答点変位の計算例と再現性の検証

• 応答点の再現性

- 応答点ステップ（小数点付き）に対して、1回目の荷重増分解析の前後のステップのQと δ を直線補間して応答点の層間変位（応答点変位1）と、2回目の荷重増分解析の終了ステップ = 応答点の層間変位（応答点変位2）、および、各層の応答点変位1と応答点変位2の誤差を示す。
- プログラムによって応答点変位は若干ばらつくものの、各プログラムの誤差は十分小さな値となっており、2回目の荷重増分解析における応答点の再現性が確保されている。



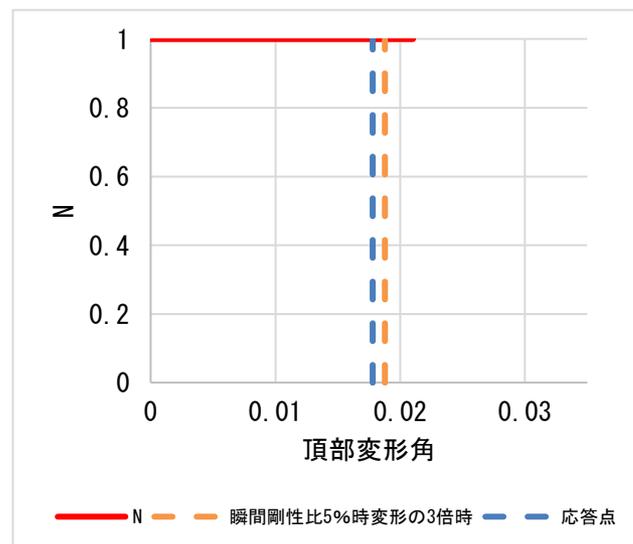
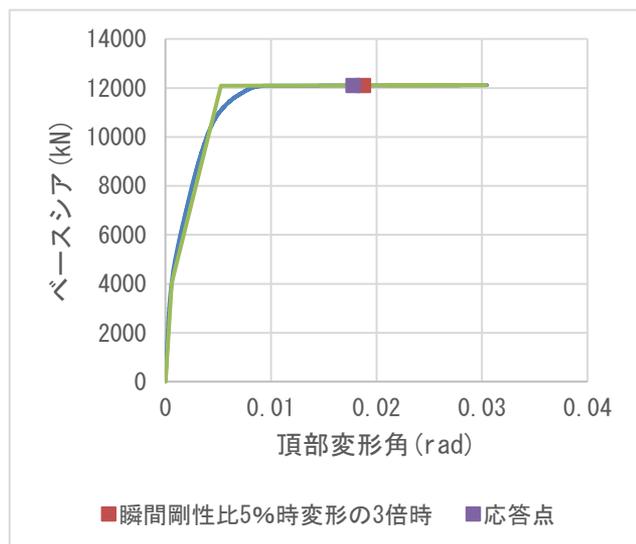
一貫計算プログラムA社、B社、C社、D社
応答点変位1と応答点変位2の誤差

層	A	B	C	D
5	0.0%	3.7%	1.7%	2.2%
4	0.0%	3.1%	1.5%	1.9%
3	0.0%	2.9%	1.4%	1.7%
2	0.0%	3.0%	1.5%	1.8%
1	0.0%	3.4%	1.8%	2.1%

2.1 構造計算プログラムにおける応答点変位の計算例と再現性の検証

• 全体崩壊形の確認

- 本検討では全体崩壊形であることを確認する必要があり、日本建築学会「鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準・同解説」の全体崩壊形とみなせる条件を用いて確認した。
 - 頂部変形角とベースシアの関係において瞬間剛性が初期剛性の5%になった変形角の3倍以上
 - 各階の層間変形角が最大層間変形角の1/2以上である層数が全層数の70%以上



N: 全層数に対する「層間変形角が最大層間変形角の1/2以上である層数」の比率

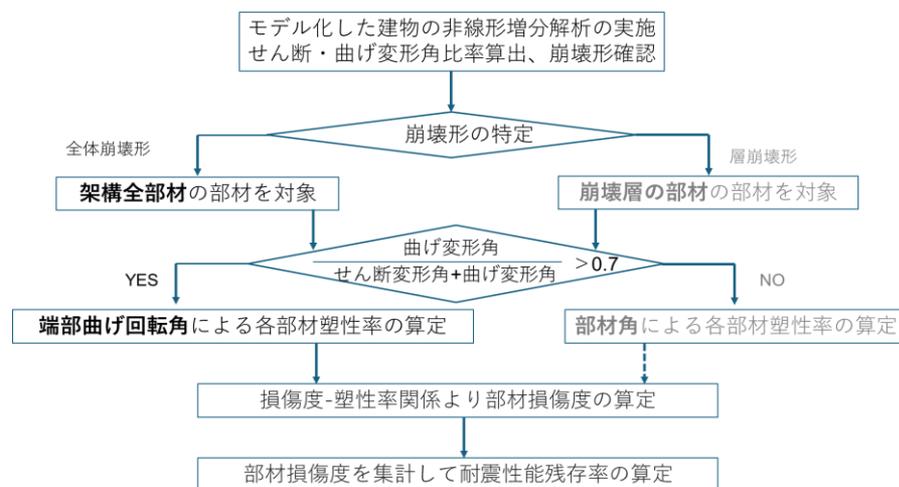
2.2 応答評価Web プログラムの機能改善

- a. 既存のWEB プログラムの**地震地域係数チェック**は、昭和55年の市町村区分を元にチェックしているため、正確なチェックができていない。そこで現在の市町村区分でのチェックができるように修正した。
- b. 現状、各社の応答点ステップ計算用インプットファイルには、一部手入力の部分が残っている。手入力部分を**インプットファイル**に追加して自動入力化した。
- c. **取扱説明書**をWeb プログラム上で表示する機能を追加した。
- d. **適用範囲**を明確に記載する機能を追加した。
- e. 応答点ステップ**計算結果の保存**ができるように改善した。
- f. **応答点評価結果の保存**ができるように改善した。
- g. グラフ表示などの**表示機能**を修正・改善した。

3.1 損傷評価のための塑性率等の標準的な計算方法

• 目的

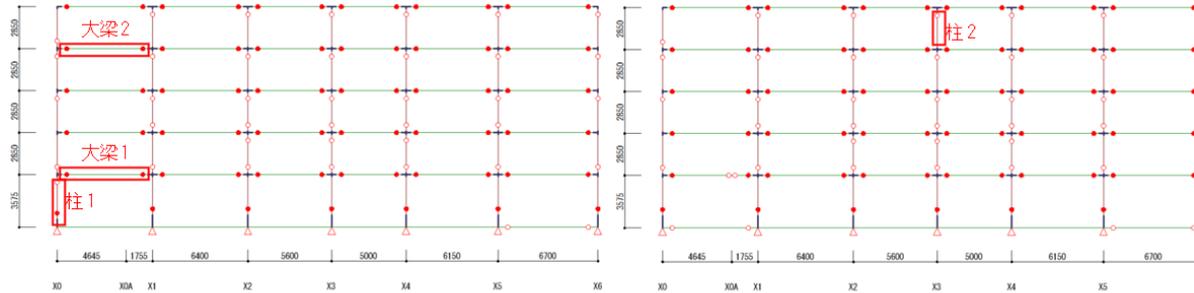
- 通常の保有水平耐力計算では**部材の塑性率**は耐震指標になっておらず、また限界耐力計算においては部材の塑性率が用いられているものの建築物の構造関係技術基準解説書などにも詳細な計算方法は示されていないため、プログラムによって計算方法に違いがある。**損傷評価に用いる4つの指標について標準的な計算方法を定義した。**
 - せん断変形角
 - 曲げ変形角
 - 端部曲げ回転角による塑性率
 - 部材角による塑性率
- 現状の構造計算プログラムでの計算方法との違いを整理し、損傷評価指標の計算結果への影響を考察した。



解析結果を用いた被災度算定フロー

3.2 構造計算プログラムによる損傷評価のための塑性率等の計算例と課題

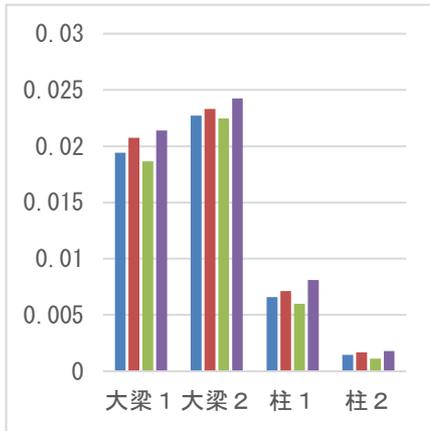
- 「5層スリットモデル」のX方向を柱・梁を対象に4つの損傷評価指標を比較した。



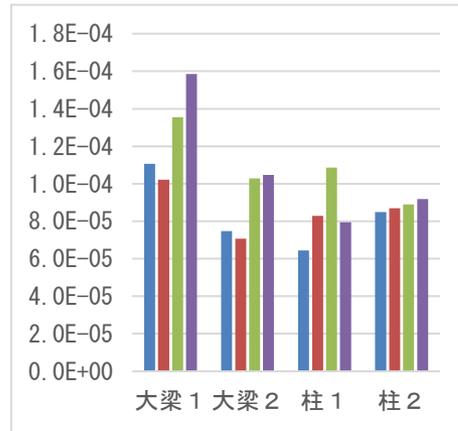
(a) Y0 通

(b) Y1 通

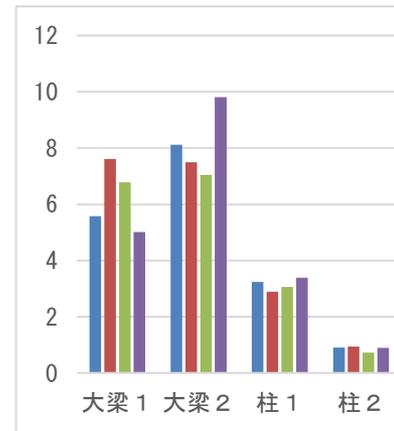
比較した柱・大梁の位置



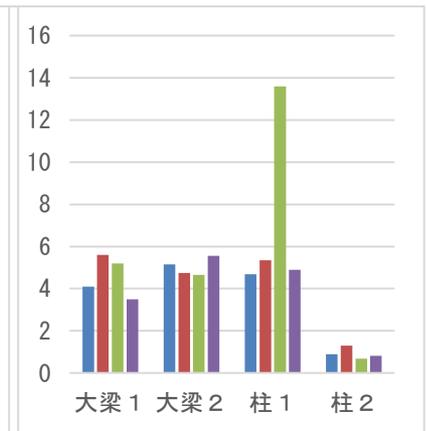
曲げ回転角 (θbn)



せん断変形角 (θsn)



材端曲げ回転角による塑性率 (μB)



部材角による塑性率 (μA)

■ : 構造モデラー+NBUS7 ■ : SuperBuild/SS7 ■ : SEIN La CREA ■ : BUILD.一貫VI

3.3 構造計算プログラムから出力する損傷評価用データフォーマットの検討

• 塑性化状況

- 損傷評価手法では、曲げひび割れ強度を超えて曲げ終局強度に達していない部材も塑性率を計算する必要があるが、現状の構造計算プログラムでは曲げ終局強度に達していない場合の塑性率を正しく計算することが難しい。そこで、昨年度提案したフォーマットに、始端・終端の塑性化状況（弾性/ひび割れ/降伏）を追加し、Webプログラム側で損傷評価を行うための判断材料とする。

属性名	型	必須	説明	補足
name	string	○	要素名	
type	string	○	以下のいずれかの値をとる COLUMN: 柱 GIRDER: 大梁	
plastic_angle	double	○	部材角による塑性率	
plastic_rotation	double	○	端部曲げ回転角による塑性率	
shear_angle	double	○	せん断変形角の分母	※①
bending_angle	double	○	曲げ変形角の分母	※①
plasticity_start	integer	○	始端の塑性化状況で以下の値とする 0: 弾性 1: ひび割れ 2: 曲げ終局強度超え	
plasticity_end	integer	○	終端の塑性化状況で以下の値とする 0: 弾性 1: ひび割れ 2: 曲げ終局強度超え	

第5編 令和6年度検討結果のまとめ

第2編

- ・ RC造共同住宅（5層、8層、11層、14層モデル）の純ラーメン方向について、等価線形化法による応答点と損傷度を確認した。
- ・ 上記建物に方立壁制震ダンパーを配置し、等価線形化法による応答評価を行い、目標最大層間変形角を1/75以下とした。必要ダンパー量は、低層建物ほど純ラーメン架構の層せん断力に対する割合が多くなる傾向となった。
- ・ 時刻歴応答解析により、制震ダンパー付き架構の応答評価は概ね安全側の評価となることを確認した。
- ・ RC純ラーメン建物と制震ダンパー付き建物について、応答点における損傷を評価した。

第3編

- ・ 鋼材ダンパーを有する壁柱の静的繰返し載荷実験を行った。大変形時まで安定した履歴復元力特性を示し、高いエネルギー吸収性能を発揮した。
- ・ 総プロや建研課題とともに計画した、損傷低減要素を構面内に設けた3層の架構試験体について、令和7年度に加力予定である。

第4編

- 地震時応答層間変形角算定の検討では、5層スリットモデルを用いて、Webプログラムで算定した応答点ステップ（小数点付）を構造計算プログラムの荷重増分解析で再現性できることを確認した。また、実装済みの応答評価Webプログラムの機能改善を行った。
- 地震時損傷評価手法の検討では、4つの損傷評価指標の標準的な計算方法を示し、現状の構造計算プログラムの計算方法との違いを整理し、5層スリットモデルを用いてその違いについて考察した。その結果より、構造計算プログラムから損傷評価Webプログラムに渡すデータフォーマットの提案を行った。

令和6年度(1年目)研究成果の総論

- ・非構造制震ダンパー付き架構の応答と損傷評価により、応答スペクトル法の適用性や損傷評価の妥当性について検討した。
- ・鋼材パネル制震ダンパーの性能を実験により確認し、架構へ与える影響を確認するための架構試験体を計画した。
- ・各社一貫計算プログラムにより応答点ステップ評価誤差や損傷評価への塑性率算定内容について検討した。
- ・以上より損傷性と修復性の評価に向けた基礎的な取り組みができた。