

第3章 実大2層試験体に対応する倒壊解析

3.1 概要

本章では、以下の通り、立体骨組による数値解析モデルを用いて4種類の検討を行った。

- ①2021 年度に実施した振動台実験について、パラメータの網羅的な探索を行い、実験結果を再現できる解析モデルの構築を行った。
- ② ①の解析モデルを用いて、本年度実施した静的加力実験の加力方法を検討することを目的に、事前解析（パラメータ・スタディ）を行った。
- ③実験で得られた荷重変形関係を再現するため、解析モデルの入力パラメータの再調整を行った。
- ④ ③の解析モデルを元にして、層数、重量を水準としたパラメータ・スタディにより倒壊限界について考察を行った。

3.2 2021 年度振動台実験試験体 W1 に対する事後解析

3.2.1 解析モデルの概要

2021 年度に実施した振動台実験（試験体 W1）について、パラメータの網羅的な探索を行い、実験結果を再現できる解析モデルの構築を行った。データ同化のプロセスを図 3.2.1 に示す。まず、バネと要素のパラメータに補正係数を乗じて、バネの様々な骨格曲線を作成した。次に、1 層の層せん断力-層間変位のみにおいて、解析結果と実験結果を比較し、実験結果との誤差が最も小さい解析結果を抽出した。その結果、実験結果を再現することができた。

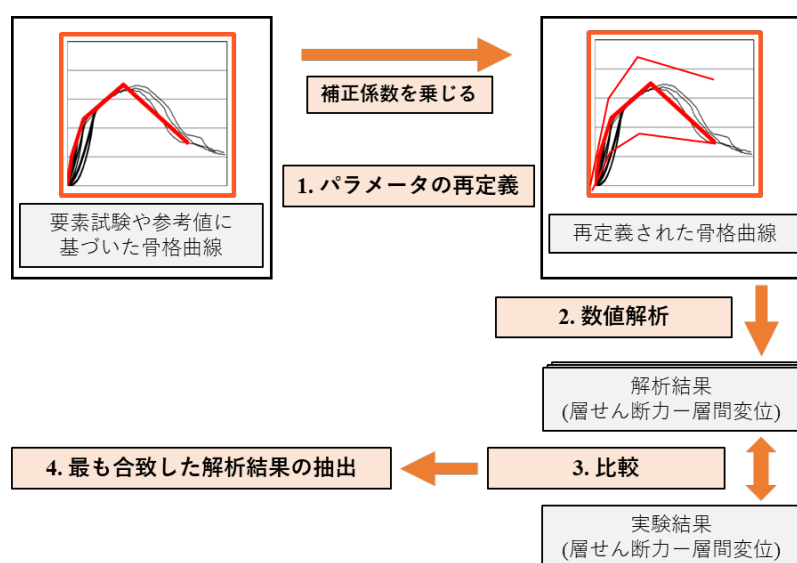


図 3.2.1 データ同化の流れ

CLT 耐震壁のモデル化方法を図 3.2.2 に示す。CLT 耐震壁は、壁幅に相当する長さの剛梁を上下端に持つ梁要素 (MS モデル) としてモデル化した。直交壁、垂れ壁は CLT 耐震壁と同様に梁要素と剛梁でモデル化し、床パネルは梁要素のみでモデル化した。梁要素には、曲げと圧縮の両方に適用できる 1 つのヤング率のみを与えた。CLT マニュアルでは弱軸層のヤング率は 0kN/mm^2 と定義されているため、CLT 耐震壁と垂れ壁のヤング係数は 4.0kN/mm^2 とした。また、床パネルの強軸方向は 2.571kN/mm^2 、弱軸方向は 1.285kN/mm^2 とし、床パネルのパラメータを設定する際は協力幅を考慮した。軸組は要素端に弾塑性回転バネを持つ梁要素としてモデル化した。柱と梁のヤング率をそれぞれ 9.5kN/mm^2 、 10.5kN/mm^2 、曲げ強度をそれぞれ 31.5、30.0MPa とした。このヤング率は、曲げと圧縮の両方に適用された。各接合部のモデル化には非線形の引張バネとせん断バネで、CLT のめりこみ特性のモデル化には非線形圧縮バネを用いた。引張圧縮バネは、引張時にはスリップ、圧縮時には弾塑性としてモデル化した。

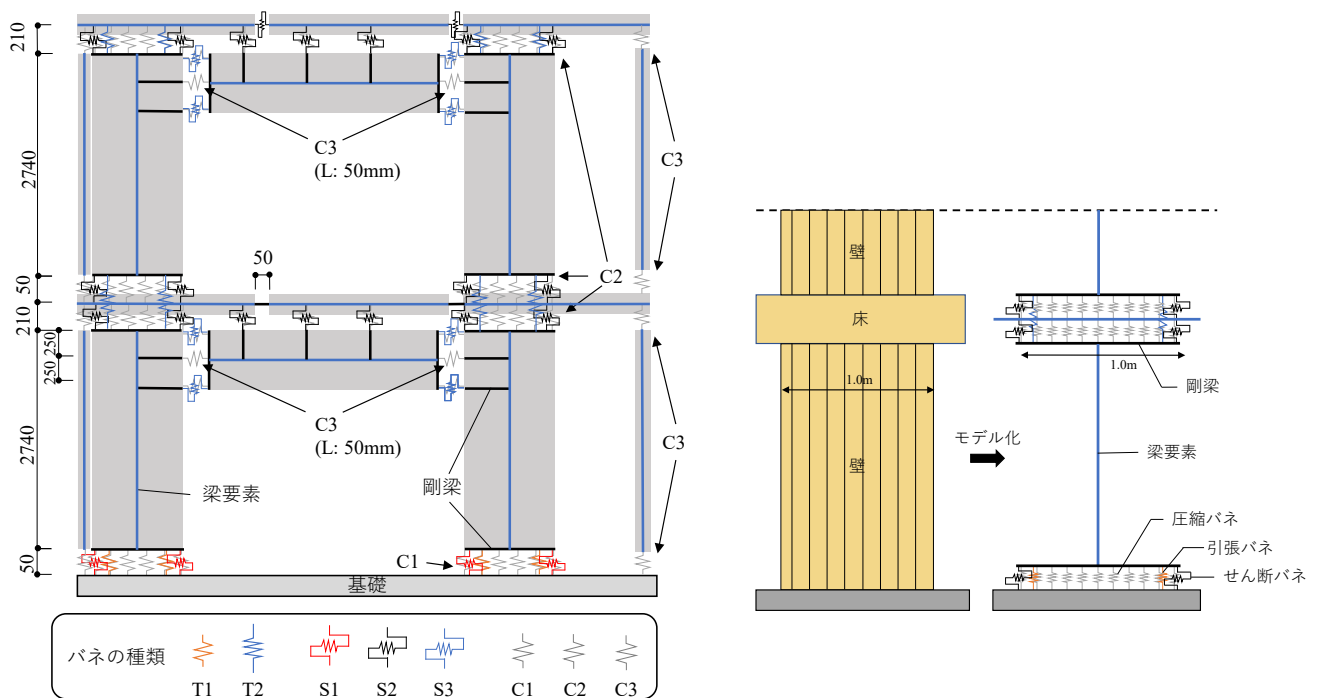


図 3.2.2 解析モデルの概要

JIS B1220 より、壁－基礎接合部(T1)の引張バネの終局耐力は 59.3kN、引張ボルト(ABR490、M16)のヤング率は 205kN/mm²、有効面積は 157mm²と決定した。また、ナット間長さは 400mm とし、CLT マニュアルに基づき、T1 バネの初期剛性は 26.0kN/mm、終局変位は 41mm とした。同様に、壁－壁接合部(T2)の引張ボルト(ABR490、M20)の終局耐力は 93kN、ヤング率は 205kN/mm²、有効面積は 245mm²、ナット間長さは 200mm とした。したがって、T2 バネの初期剛性と終局変位は、CLT マニュアルに基づき、30.0kN/mm と 20mm とした。壁－床せん断バネ(S2)については、壁－床接合部に存在する L 型金物 2 個分の降伏耐力と終局耐力をそれぞれ 54kN と 90kN に CLT マニュアルに基づいて決定した。また、摩擦を考慮し、初期剛性を剛相当とし、引張接合部の許容耐力(79.6kN)と終局耐力(93.0kN)に摩擦係数 0.3 を乗じた値を 54kN と 90kN に加え、降伏耐力と終局耐力を 77.9kN と 118kN とした。4 つのせん断バネが壁－床接合部に配置されているので、降伏耐力と終局耐力は 2 で割られ、最終的に、せん断バネの降伏耐力と終局耐力は 38.9kN と 59.0kN と決定された。また、CLT マニュアルに準拠し、終局変位は 23.86mm とした。

壁－垂れ壁せん断バネ(S3)と壁基礎用圧縮バネ(C1)の骨格曲線は要素試験結果より決定した(図 3.2.3 (c, d))。本解析モデルにおける主要な引張圧縮特性およびせん断バネ特性を表 3.2.1、表 3.2.2 に示す。解析結果はすべて 10⁻⁶ 秒の時間積分ステップで作成した。数値解析には振動台中央で測定された加速度を入力地震動として用いた。モデル重量は、部材および積載重量を含む実大試験体の地震重量と等しく、1 層および 2 層の重量は、それぞれ 100.54kN および 75.41kN に設定した。なお、解析モデルには Sequence1 と Sequence2 を連続で入力したため、Sequence1 での試験体の損傷は解析結果に反映された。

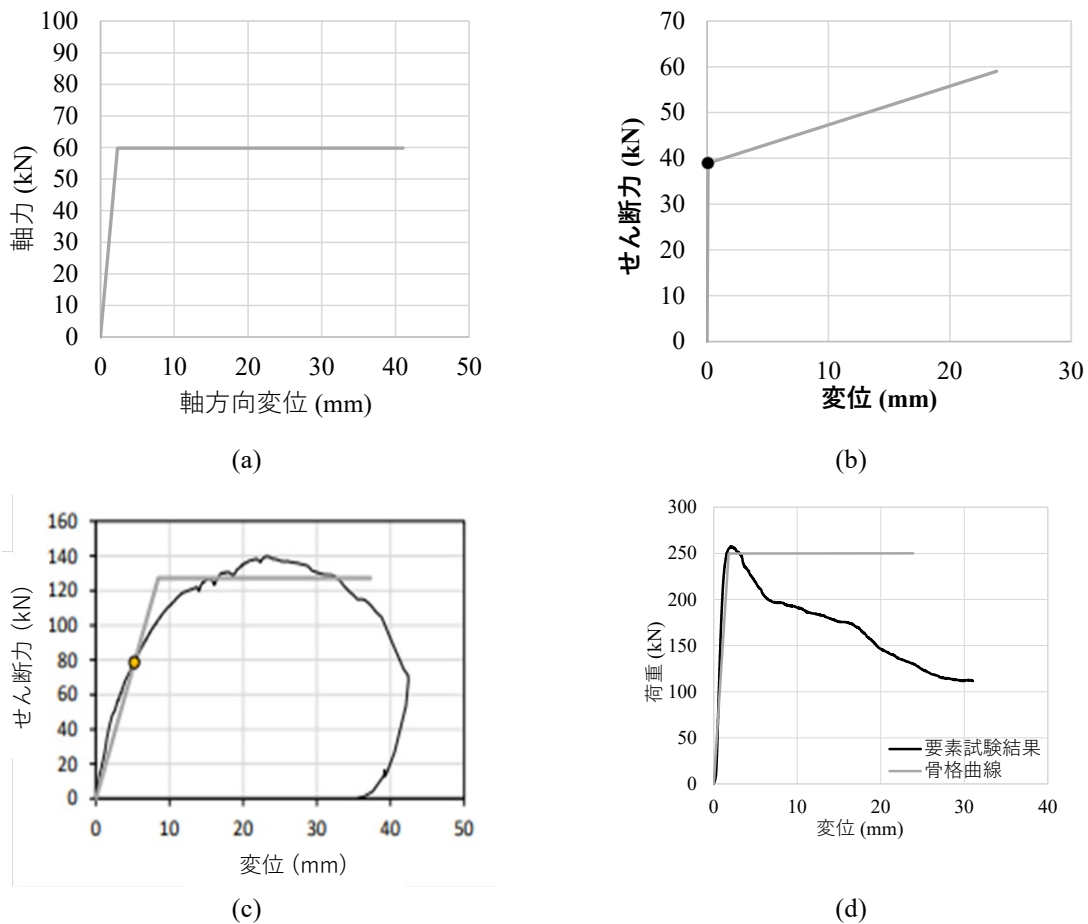


図 3.2.3 事前解析に用いられたバネの骨格曲線

表 3.2.1 要素試験と参考値に基づいて決定された引張圧縮バネ特性

バネ	第一剛性 K_{s1} (kN/mm)	第二剛性 K_{s2} (kN/mm)	第三剛性 K_{s3} (kN/mm)	第一 折れ点 D_{s1} (mm)	第二 折れ点 D_{s2} (mm)	終局変位 D_{s3} (mm)	第一 圧縮剛性 K_{c1} (kN/mm)	第二 圧縮剛性 K_{c3} (kN/mm)	第一 折れ点 D_{c1} (mm)
壁-基礎 (T1)	26	0.001	-0.001	2.3	40	41	0.001	-	-
壁-壁 (T2)	30	0.001	-0.001	3.1	10	20	0.001	-	-
壁-基礎 (C1)	0.001	0.0001	-0.001	13.5	21.6	1000	140.4	0.001	1.78

表 3.2.2 要素試験と参考値に基づいて決定されたせん断バネ特性

バネ	第一剛性 K_{b1} (kN/mm)	第二剛性 K_{b2} (kN/mm)	第一折れ点 D_{b1} (mm)	終局変位 D_{b2} (mm)
壁-基礎 (S1)			剛	
壁-床 (S2)	486.75	0.8445	0.08	23.86
壁-垂れ壁 (S3)	15	0.001	8.5	37

3.2.2 事前解析と振動台実験の比較

ここで述べる事前解析とは、要素試験と文献値を元にバネの骨格曲線を決定した時の解析結果のことである。要素試験結果と基準値に基づいてバネの骨格曲線を決定した解析モデルに対して荷重増分解析を実施し、事前解析を行った。図 3.2.4 は、事前解析と振動台実験における 1 層と 2 層の層せん断力－層間変位関係を示している。実験結果のヒステリシスは、振動台実験で測定された加速度と変位を用いて描かれたものである。ブラインド予測の初期剛性は 1 層、2 層とも実験と一致したが、2 層の最大耐力と 1、2 層の靱性は不十分であった。よって、実験結果により合致するようにデータ同化を行った。

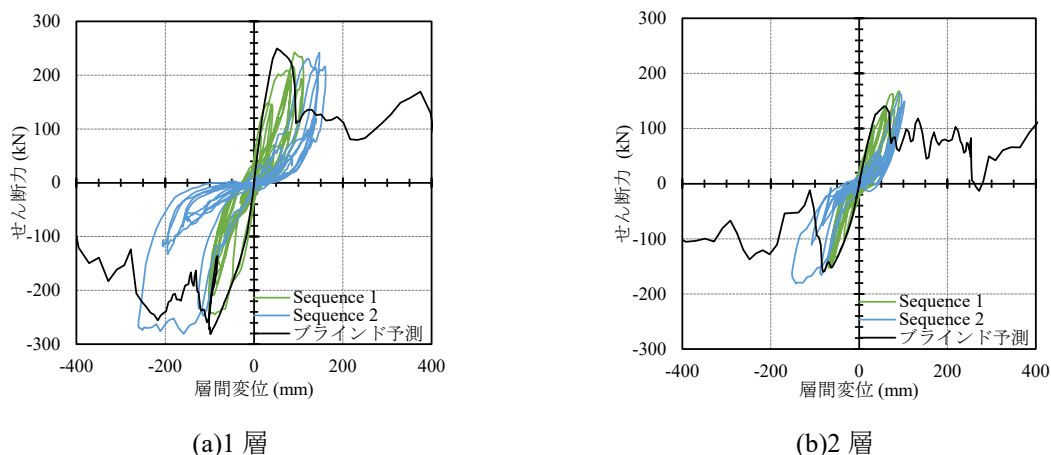


図 3.2.4 事前解析と振動台実験における 1 層と 2 層の層せん断力－層間変位関係

3.2.3 データ同化の概要

前述したように、要素試験結果や文献値に基づいた荷重増分解析(事前解析)では、実大振動台実験の大変形時の挙動を再現できなかった。そこで、振動台実験結果を用いて、壁－基礎の引張接合部およびせん断接合部のバネの特性値をキャリブレーションした(図 3.2.5)。引張バネは、壁－基礎における引張ボルトの軸力－引張変位関係に基づき、スリップ型で再定義した。さらに、実験条件に準拠し、ナットの締め付けによって生じた 20kN の初期引張力を考慮に加えた。せん断バネの骨格曲線は、1 層には CLT 耐力壁が 2 枚あるため、1 層の層せん断力の半分と層間変位の関係をトレースし、スリップ型のヒステリシス特性で定義した。表 3.2.3 にキャリブレーション後の 2 つのバネ特性を示す。ブラインド予測とキャリブレーション後での骨格曲線を比較すると、引張バネのパラメータはよく一致した。一方で、せん断バネにおいては、初期剛性の差が大きくなった。これは、ストッパーと CLT 耐力壁間に鋼板プロテクターを設けたが、CLT 耐力壁がめりこんでしまったためと考えられる。

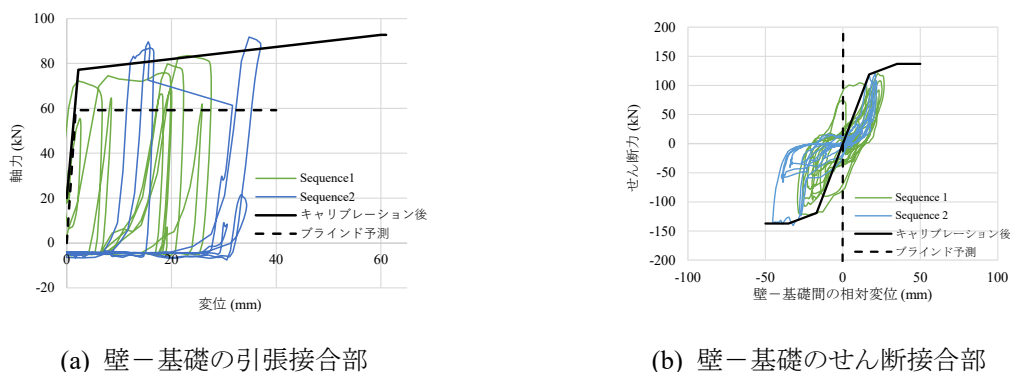


図 3.2.5 振動台実験での履歴曲線と事前解析とキャリブレーション後における骨格曲線

さらに解析結果の再現性を高めるために、データ同化を行った。表 3.2.3 に示すバネと要素の 24 個のパラメータがデータ同化の対象である。より多くのパラメータの組み合わせを探索するため、2 つの L121 直交表を作成した。L121 では、12 個のパラメータに補正係数を乗じてパラメータを 11 段階で変動させることができる。すべての組み合わせを試すと、 $9.85 \times 1024 (= (11^{12})^2)$ ケースを計算することになる。しかし、2 つの直交表を用いると、 $14641 (= 12^{12})$ ケースの計算で済む。補正係数は、解析モデルでは考慮されなかった材料や抵抗係数のばらつきを考慮した幅を持たせている。これらの不確かさによる変動を補正係数の変動係数 $CV=0.2$ 、補正係数の平均値 μ を 1 とすると、式 2.2.5.1 から標準偏差 $\sigma=0.2$ が導き出された。補正係数 x が正規分布であると仮定し、式 3.2.1 により確率変数 z を用いて標準化を行った。このとき、 $0.5 < x < 2.0$ が 99.38% を占め、ほぼすべての可能性をカバーすることができる。そこで、ヤング率、第一剛性、第一折れ点については、補正係数を 0.5~2.0 の範囲において 0.15 刻みで変化させた。第二剛性については、降伏後に剛性が取りうる値をほとんどカバーするために補正係数を 0.0001 から 0.8 の範囲において 0.08 刻みで変化させた。

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad \text{式 3.2.1}$$

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad \text{式 3.2.2}$$

この方法で、様々な骨格曲線を作成し、時刻歴解析を行った。次に、1 層の層せん断力-層間変位関係について実験結果と解析結果を Sequence1, 2 を通じて比較した。そして、実験結果との誤差が最も小さい解析結果を抽出した。その後、同化前(事前解析)と同化後の骨格曲線を比較し、実験結果との誤差が最も小さい 5 つの解析結果を抽出した。このように、Sequence1 と 2 の両方に一致するように同化が行われた。そのため、データ同化後の解析結果には Sequence1 での損傷も考慮された。また、バネや梁要素は並進 Y 方向を除く全方向に自由であるため、バネや梁要素にあらゆる要因が含まれるのであれば、パラメータのデータ同化を行うことで正確な解析モデルを作成できると考えられる。

表 3.2.3 振動台実験に基づきキャリブレーションしたバネ特性

バネ	第一剛性 K_{s1} (kN/mm)	第二剛性 K_{s2} (kN/mm)	第三剛性 K_{s3} (kN/mm)	第一折れ点 D_{s1} (mm)	第二折れ点 D_{s2} (mm)	終局変位 D_{s3} (mm)	圧縮剛性 K_c (kN/mm)
壁-基礎 (T1)	26	0.2685	-0.001	2.2	60	61	0.001
壁-基礎 (S1)	7	1	-0.001	17	35	50	-

表 3.2.4 データ同化対象のパラメータ

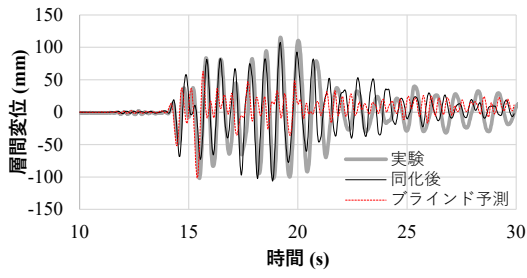
Spring position	Joint type	Spring type	Multiplied parameters
CLT 耐震壁	-	梁要素	曲げヤング率
垂れ壁	-	梁要素	曲げヤング率
床パネル, 梁	-	梁要素	曲げヤング率
壁-壁	引張	圧縮引張	K_{s1} , K_{s2} , D_{s1}
壁-垂れ壁	引張	圧縮引張	K_{s1} , K_{s2} , D_{s1}
柱脚	引張	圧縮引張	K_{s1} , K_{s2} , D_{s1}
壁-壁	せん断	せん断	K_{b1} , K_{b2} , D_{b1}
壁-垂れ壁	せん断	せん断	K_{b1} , K_{b2} , D_{b1}
壁-基礎	圧縮	圧縮引張	K_{c1} , K_{c2} , D_{c1}
壁-垂れ壁	圧縮	圧縮引張	K_{c1} , K_{c2} , D_{c1}

3.2.4 データ同化結果と振動台実験の概要

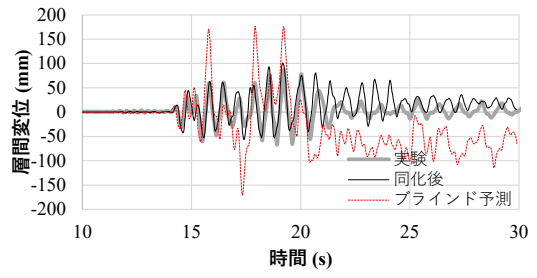
Sequence1, 2 の 1 層と 2 層について、データ同化後の層間変位時刻歴を図 3.2.6 に事前解析、実験結果とともに示す。事前解析は、加振の初期応答を除いて、実験結果と一致しなかった。一方、データ同化後の Sequence1 では、層間振動と位相が実験結果とよく一致している。Sequence2 でも、最大変位後の層間変位は実験結果と若干の誤差があるが、層間変位と位相の傾向はよく一致しており、再現性が高いと考えられる。

図 3.2.7 は、実験、ブラインド予測、データ同化後の Sequence1, 2 の 1 層の層せん断力-層間変位の関係を示したものである。ブラインド予測において、Sequence1 では最大荷重はほぼ一致したが、Sequence2 では一致しなかった。さらに、層間変位と剛性も実験結果と一致しなかった。しかし、同化後の解析結果は実験結果とほぼ一致しており、再現解析により試験体の全体挙動を追跡できることが示された。

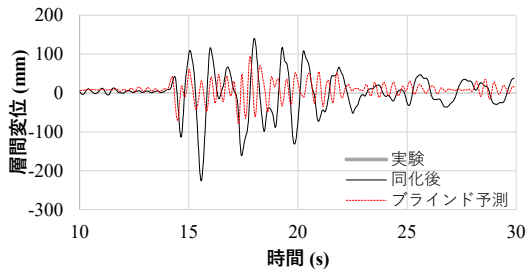
図 3.2.8 は、Sequence 2 における 1 階の CLT 耐力壁脚部の浮き上がり変位時刻歴の実験結果と同化後の解析結果である。同化後の解析結果は、変位および位相において実験結果と一致し、2 階建て CLT 建物の細部の挙動を再現できた。



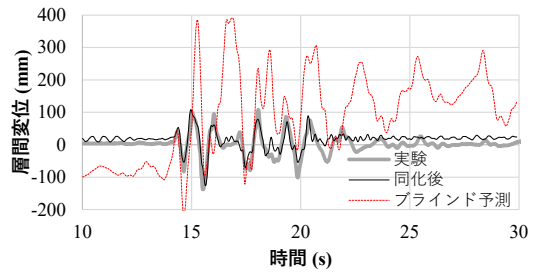
(a) Sequence 1 での 1 層



(b) Sequence 1 での 2 層

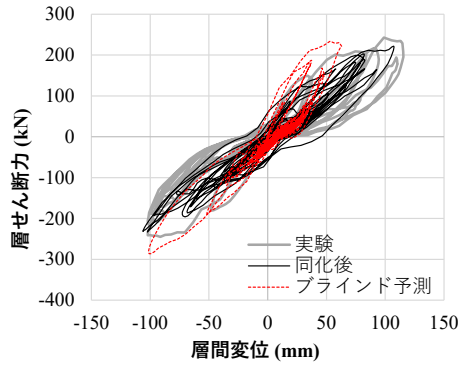


(c) Sequence 2 での 1 層

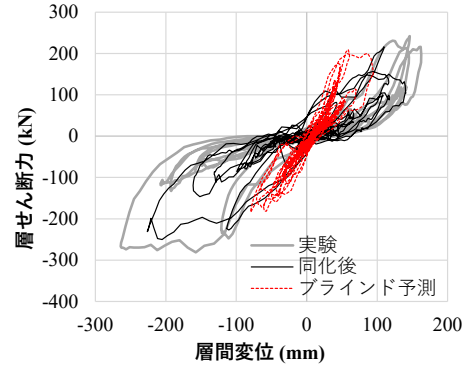


(d) Sequence 2 での 2 層

図 3.2.6 振動台実験、事前解析、データ同化後での層間変位時刻歴

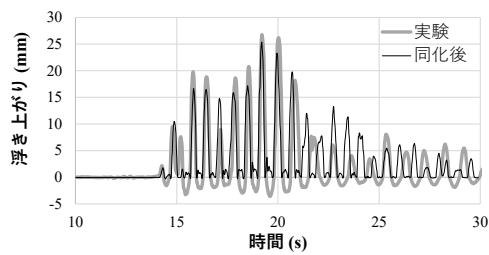


(a) Sequence 1

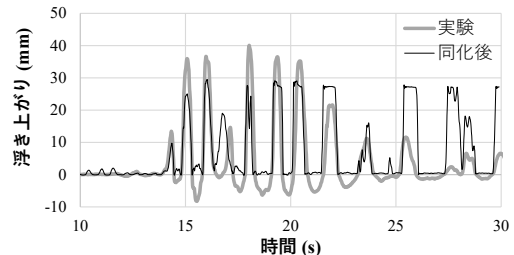


(b) Sequence 2

図 3.2.7 振動台実験、事前解析、データ同化後での 1 層の層せん断力-層間変位関係



(a) Sequence 1



(b) Sequence 2

図 3.2.8 : 1 層の CLT 耐震壁脚部における浮き上がり変位時刻歴

3.3 実大2層試験体に対する事前解析

3.3.1 解析モデルの概要

静的加力実験の試験体に対して、地震時挙動を再現する加力の変位分布を検討することを目的として、前項でキャリブレーションを行った試験体 W1 の解析モデルを元に静的加力実験の仕様に合わせて変更したものをを用いて、試験体 W1, A10N, A10K それぞれについて、事前解析を行った。解析モデルの概要を図 3.3.1、図 3.3.2 に示した。壁パネル、垂れ壁パネル、床パネルは両端に剛域(十分剛な梁要素)を梁要素でモデル化した。壁-基礎、壁-垂れ壁、壁-床接合部は剛域を 100mm で分割した Multiple Spring 要素 (MS 要素) でモデル化した。圧縮バネは MS 要素として分割した節点に配置し、引張バネは実際の位置に最も近い節点に配置した。

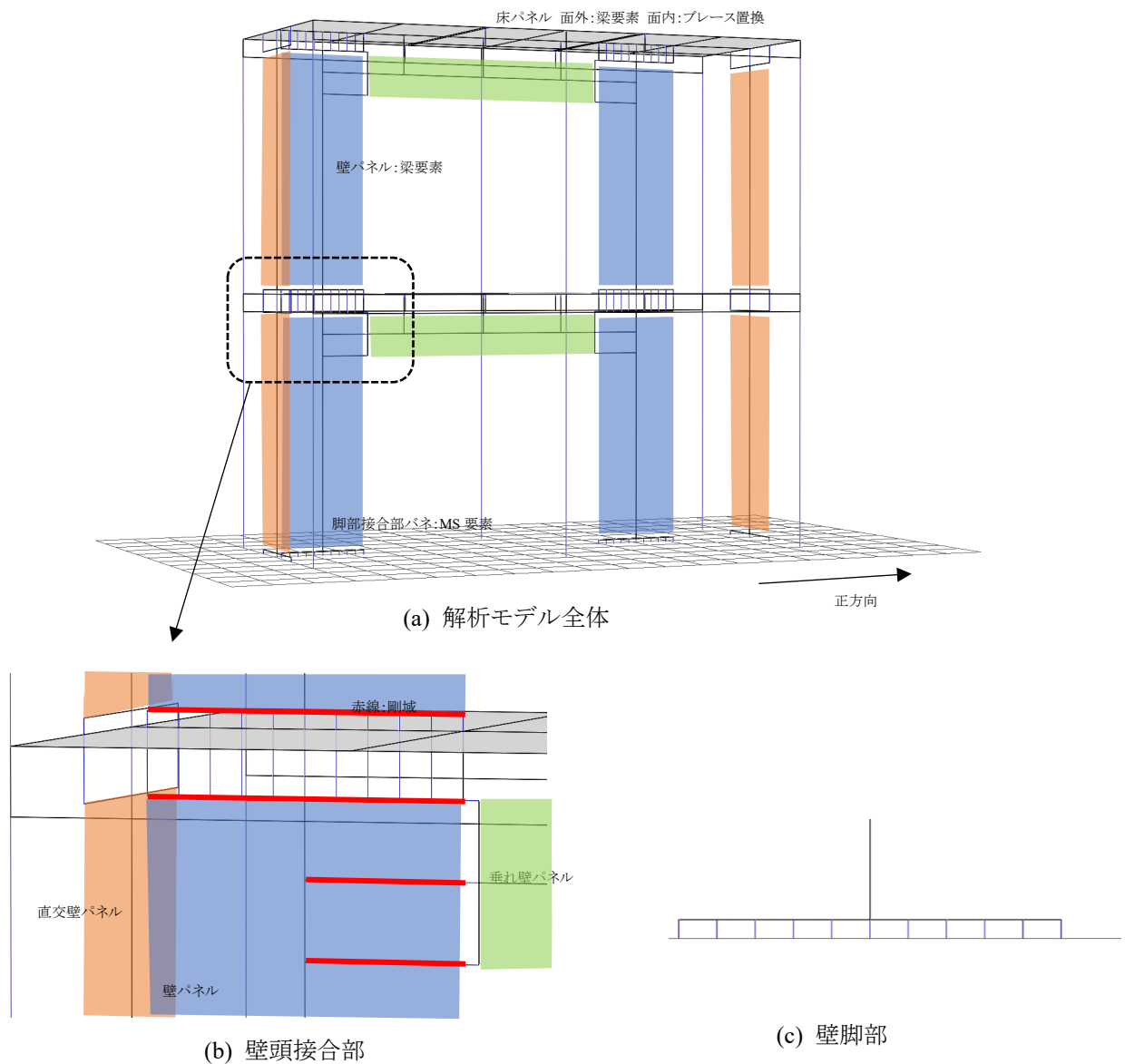


図 3.3.1 解析モデル W1 の概要

その他、大変形に関連した解析モデルの条件は下記の通りである。

- ①CLT パネルの梁要素は曲げの基準強度に達するとピン接合となり曲げモーメントを伝達せず、軸力のみを伝達するものとする。
- ②接合部のバネは変形限界に達すると破断して消失するものとする。
- ③転倒抵抗モーメントとP- Δ 効果は解析モデルの各節点に鉛直下向きに1Gを加え続けることで再現する。

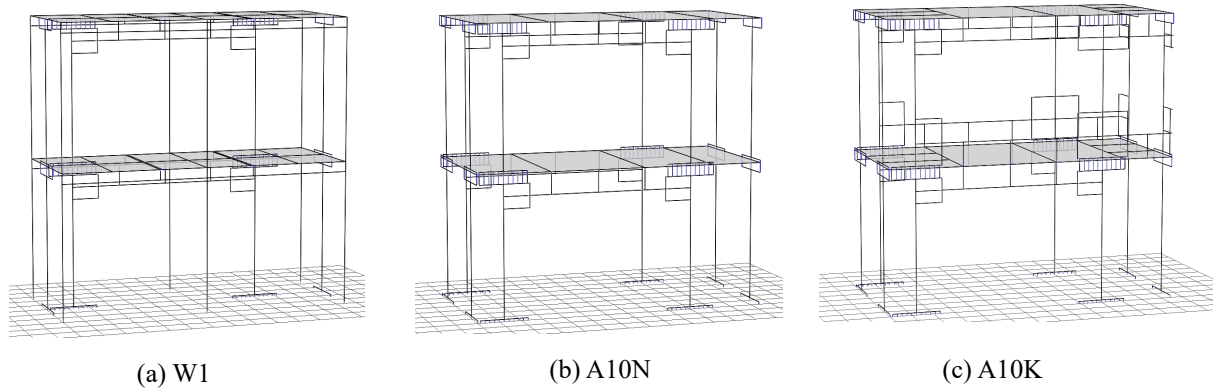


図 3.3.2 解析モデルの概要

3.3.2 解析条件

解析モデルに設定した接合部バネの荷重変形関係を図 3.3.3 に示した。2021 年度に用いた振動台実験のパラメータを標準値として、前項のデータ同化によって再現した荷重変形関係を用いた。CLT・集成材の曲げ基準強度は 1/0.6 倍として実況を反映した。

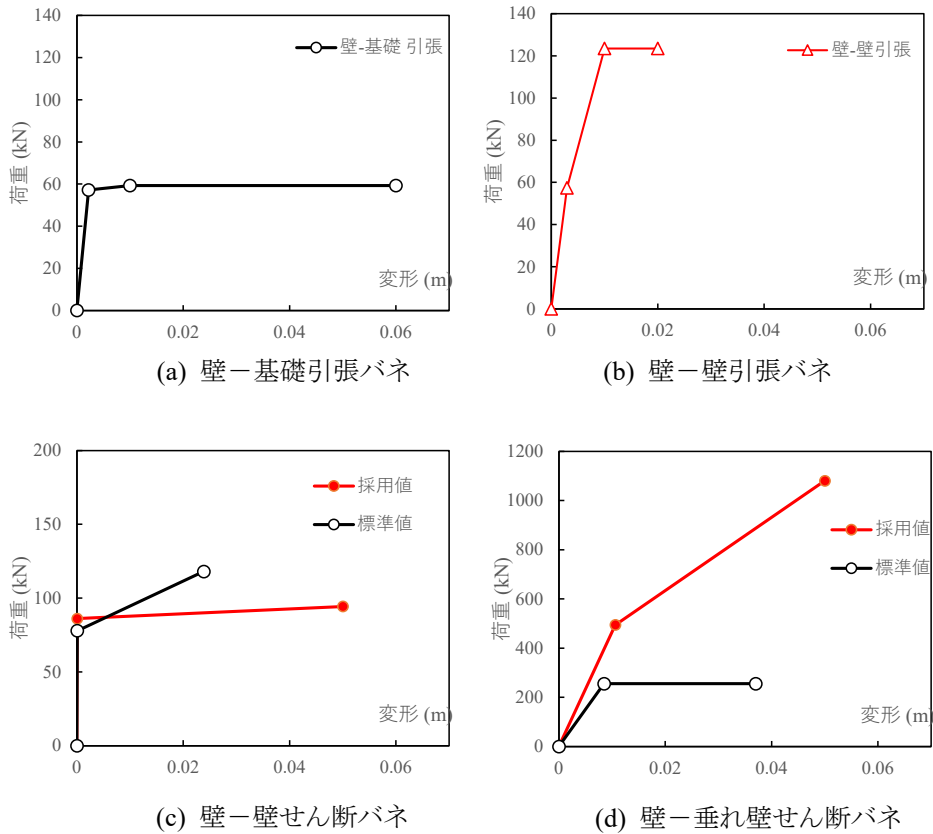


図 3.3.3 接合部バネの荷重変形関係

3.3.3 解析結果

まず初めに各解析モデルについて A_i 分布による荷重増分解析を行い、変形比率の算出を行った。それにより得られた変形比率を目安として、変位分布を水準とした変位増分解析によるパラメータ・スタディを行った。

①-1 W1 の荷重増分解析

W1 の正方向、負方向の荷重増分解析による、荷重変形関係、終局時のモーメント図、バネの破壊箇所、変形比率を図 3.3.4、図 3.3.5 に示した。得られた変形比率から、1:1.6 程度の変形比率が A_i 分布の水平力の比に対応する比率であることがわかる。

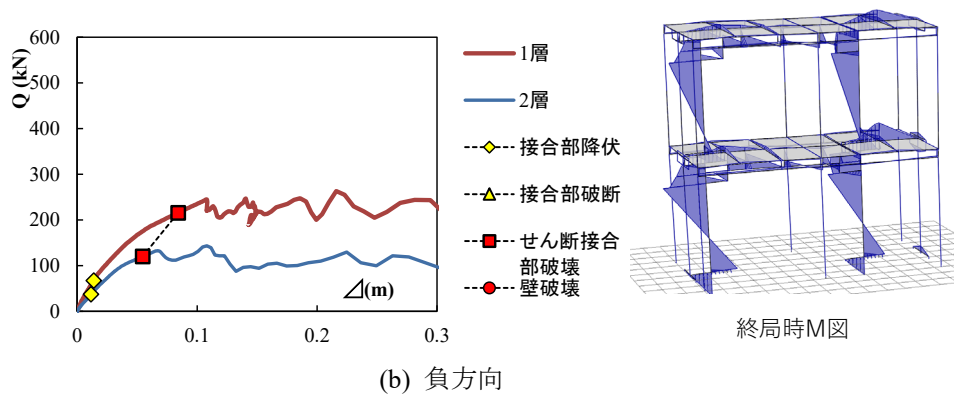
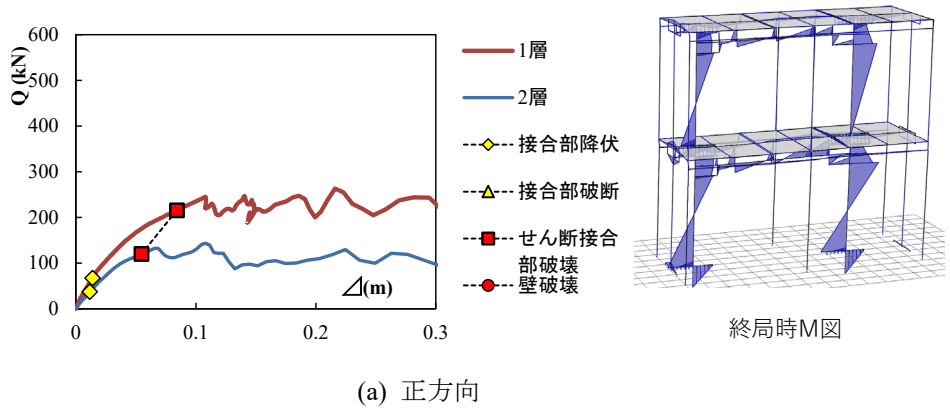


図 3.3.4 W1 の荷重増分解析結果

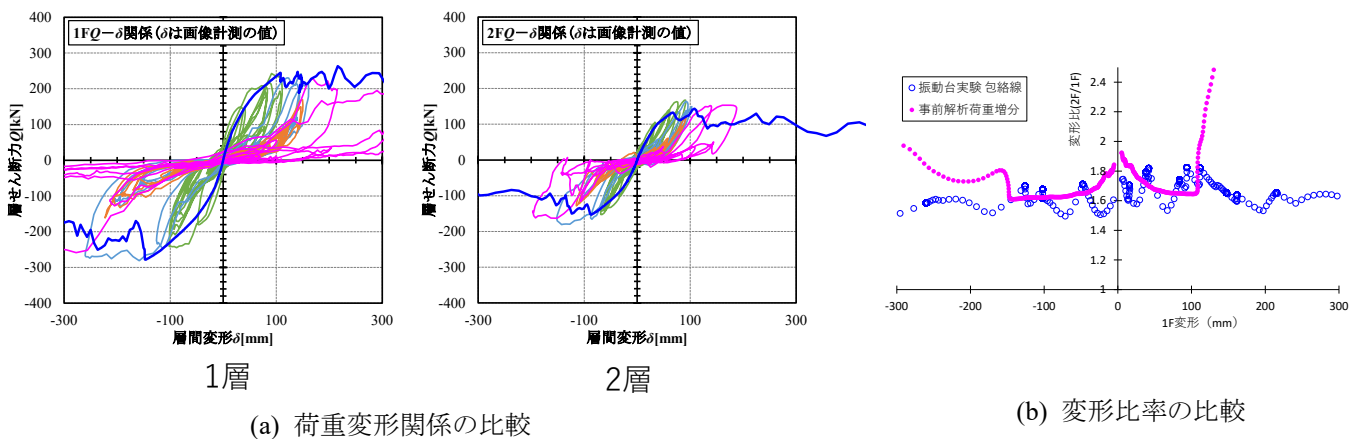
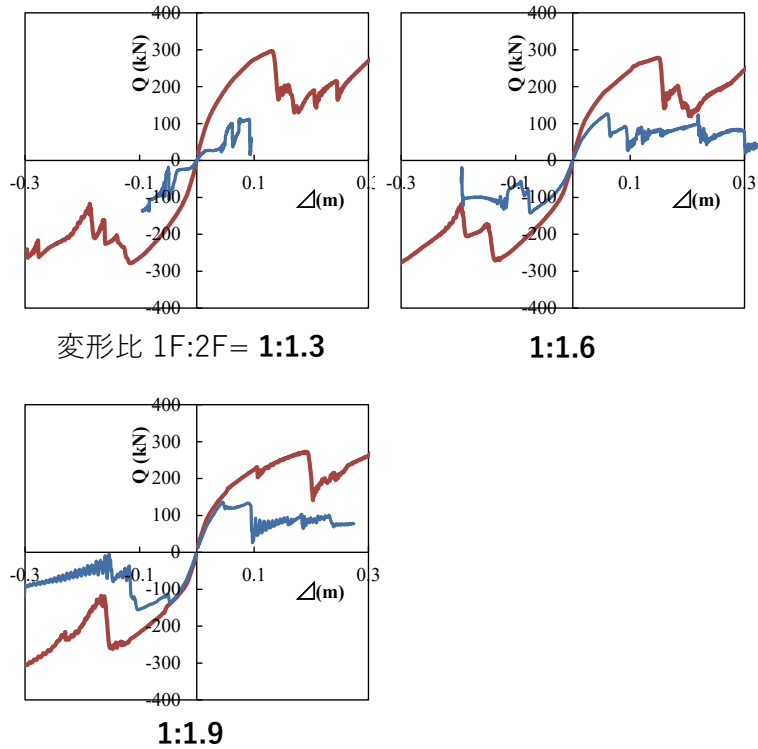


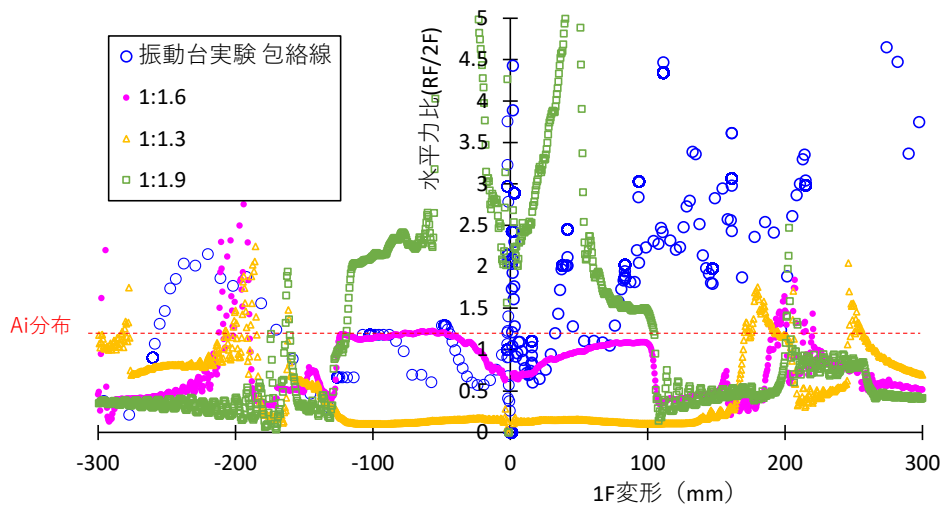
図 3.3.5 荷重増分解析結果と 2021 年度振動台実験と比較した荷重変形関係と変形比率

②-1 W1 の1層、2層の変位分布を水準とした変位増分解析

変形比率を 1:1.3、1:1.6、1:1.9 とした変位増分解析のパラメータ・スタディを行った。荷重変形関係、水平力の比を図 3.3.6 に示す。変形が 100mm 程度までは 1:1.6 の変形比率で加力を行うと Ai 分布に近い水平力比が得られることが予測された。



(a) 変形比ごとの変位増分解析の荷重変形関係



(b) 変形比率と Ai 分布

図 3.3.6 変形比率を変えた変位増分解析結果

②-1 A10N の荷重増分解析

A10N の正方向、負方向の荷重増分解析による、荷重変形関係、終局時のモーメント図、バネの破壊箇所、を図 3.37、変形比率を図 3.3.8 に示した。得られた変形比率から、1:1.6 程度の変形比率が Ai 分布の水平力の比に対応する比率であることがわかる。

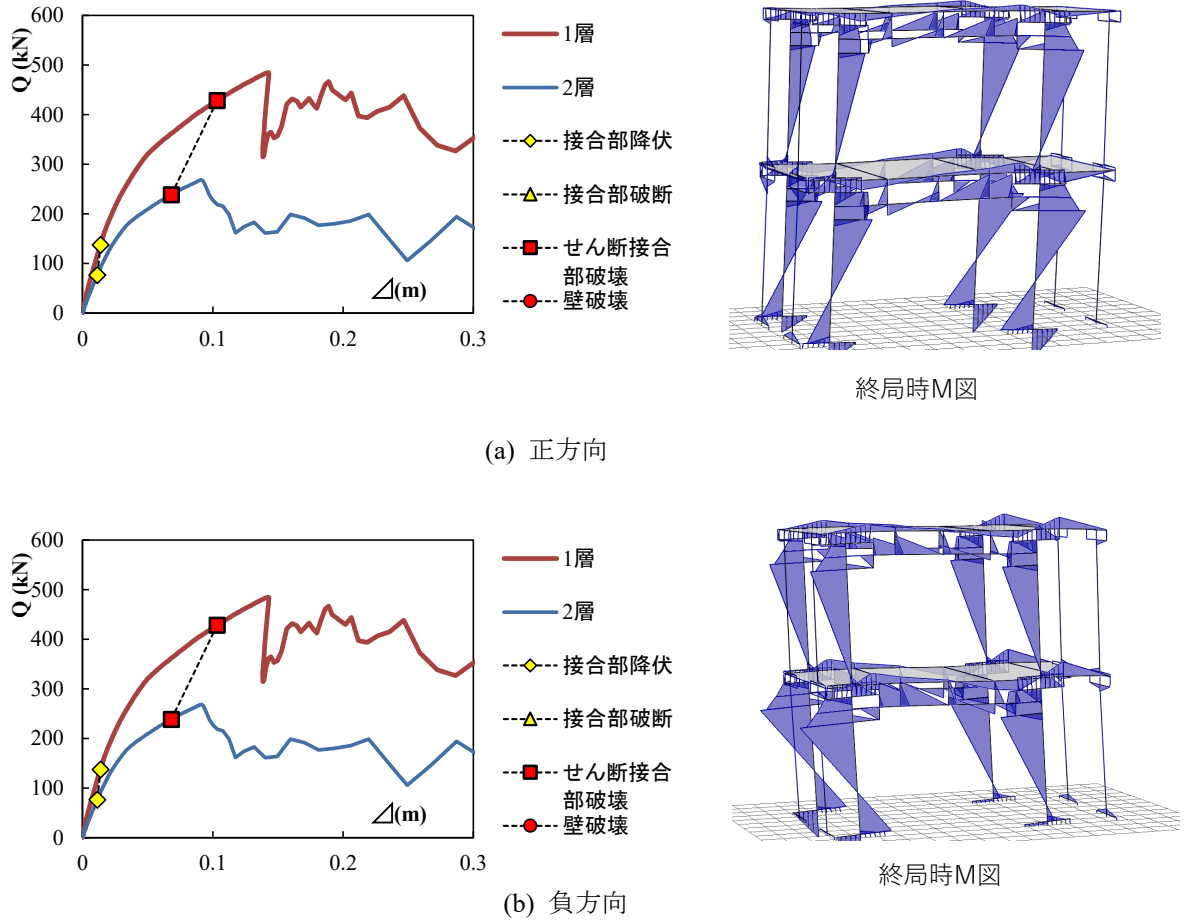


図 3.3.7 A10N の荷重増分解析結果

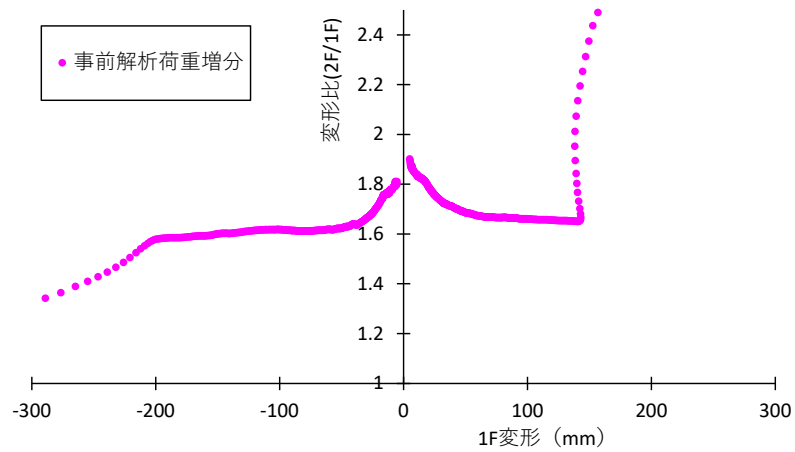
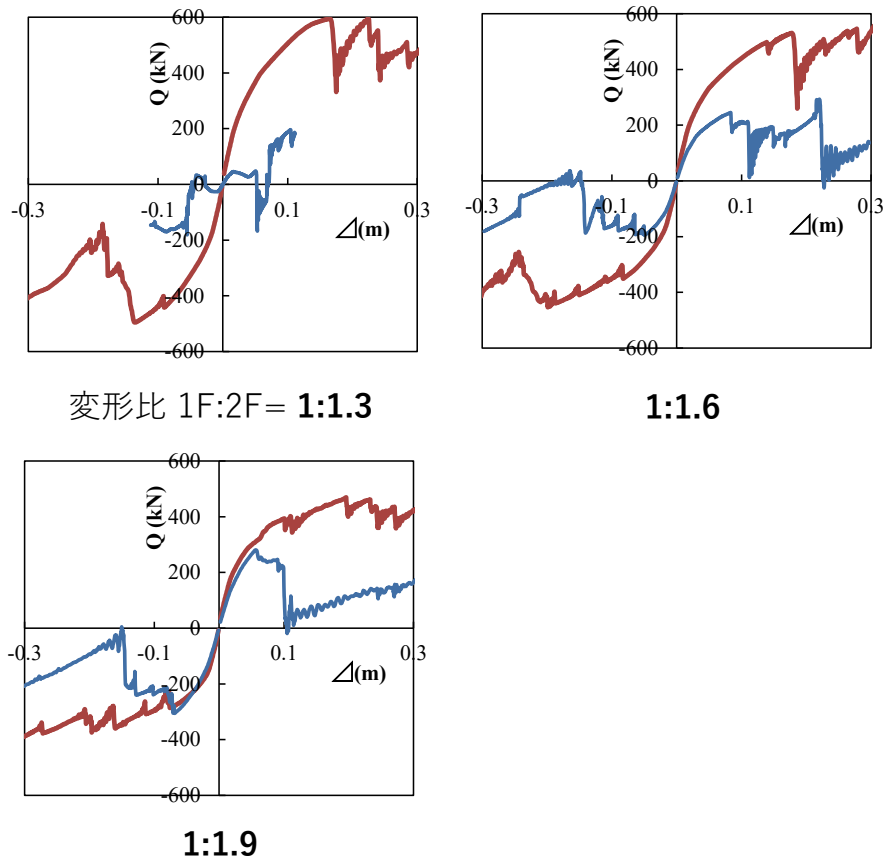


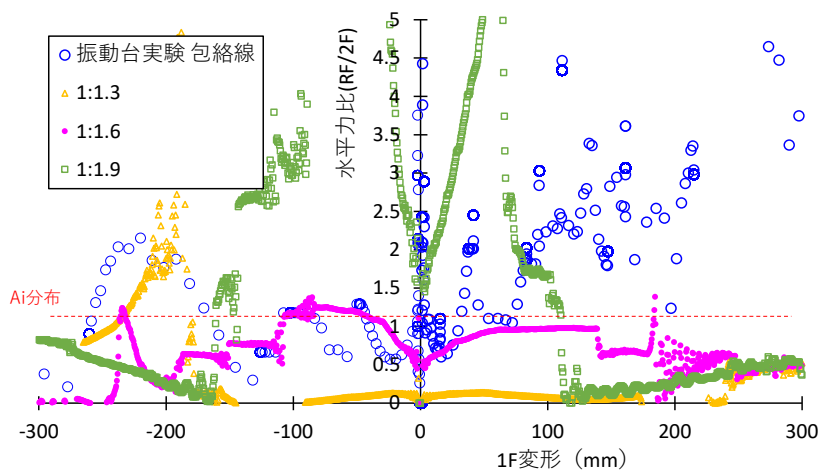
図 3.3.8 変形比率

②-2 A10N の 1 層、2 層の変位分布を水準とした変位増分解析

変形比率を 1:1.3、1:1.6、1:1.9 とした変位増分解析のパラメータ・スタディを行った。荷重変形関係、水平力の比を図 3.3.9 に示す。変形が 100mm 程度までは 1:1.6 の変形比率で加力を行うと Ai 分布に近い水平力比が得られることが予測された。



(a) 変形比ごとの変位増分解析の荷重変形関係



(b) 変形比率と Ai 分布

図 3.3.9 変形比率を変えた変位増分解析結果

③-1 A10K の荷重増分解析

A10K の正方向、負方向の荷重増分解析による、荷重変形関係、終局時のモーメント図、バネの破壊箇所を図 3.3.10、変形比率を図 3.3.11 に示した。得られた変形比率から、1:1.4 程度の変形比率が A_i 分布の水平力の比に対応する比率であることがわかる。

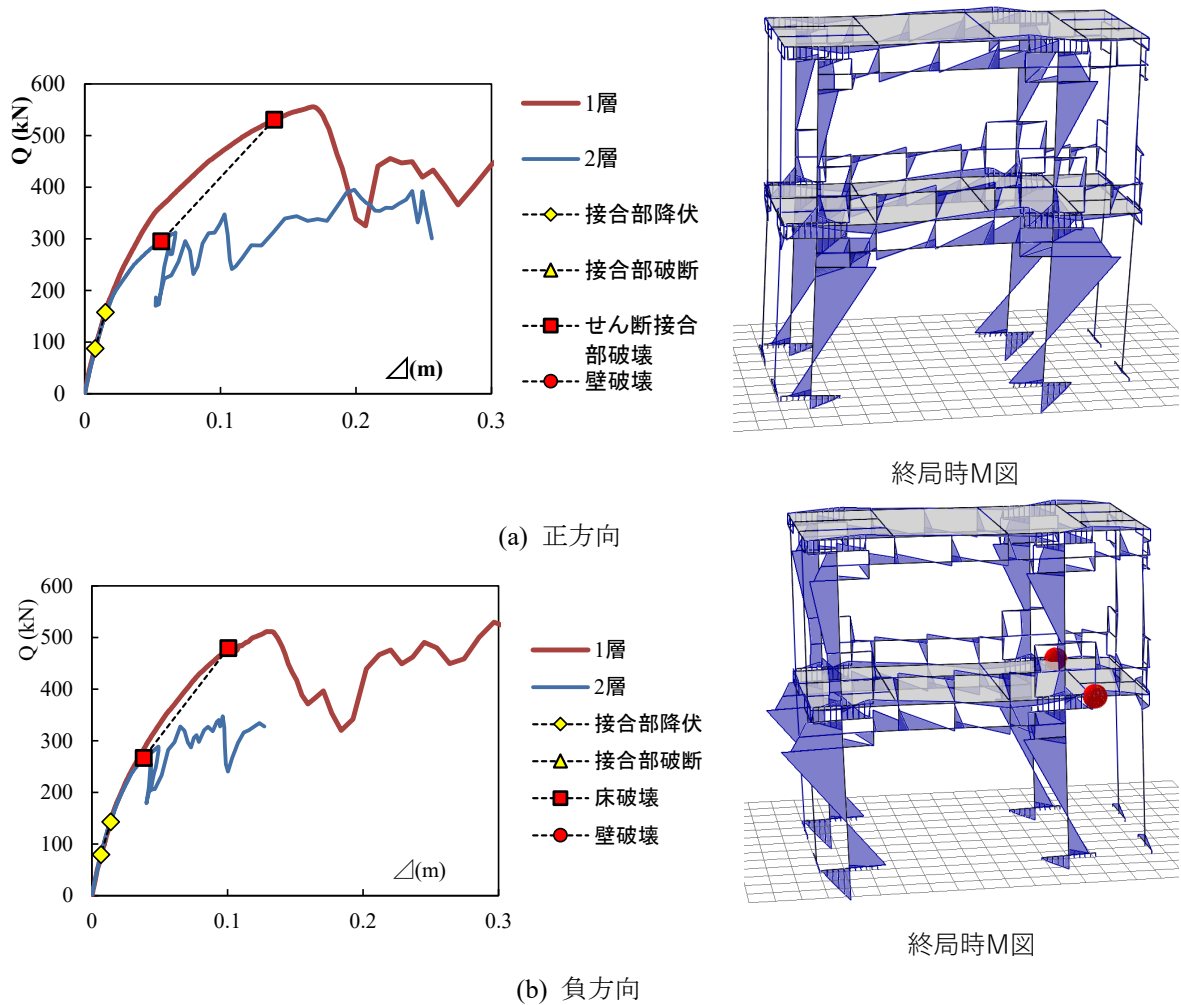


図 3.3.10 A10K の荷重増分解析結果

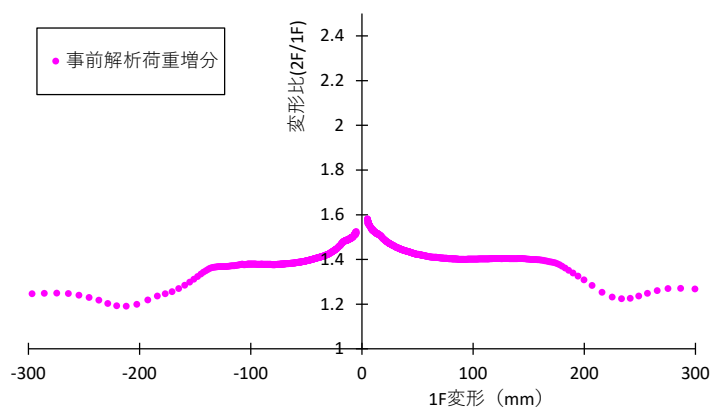
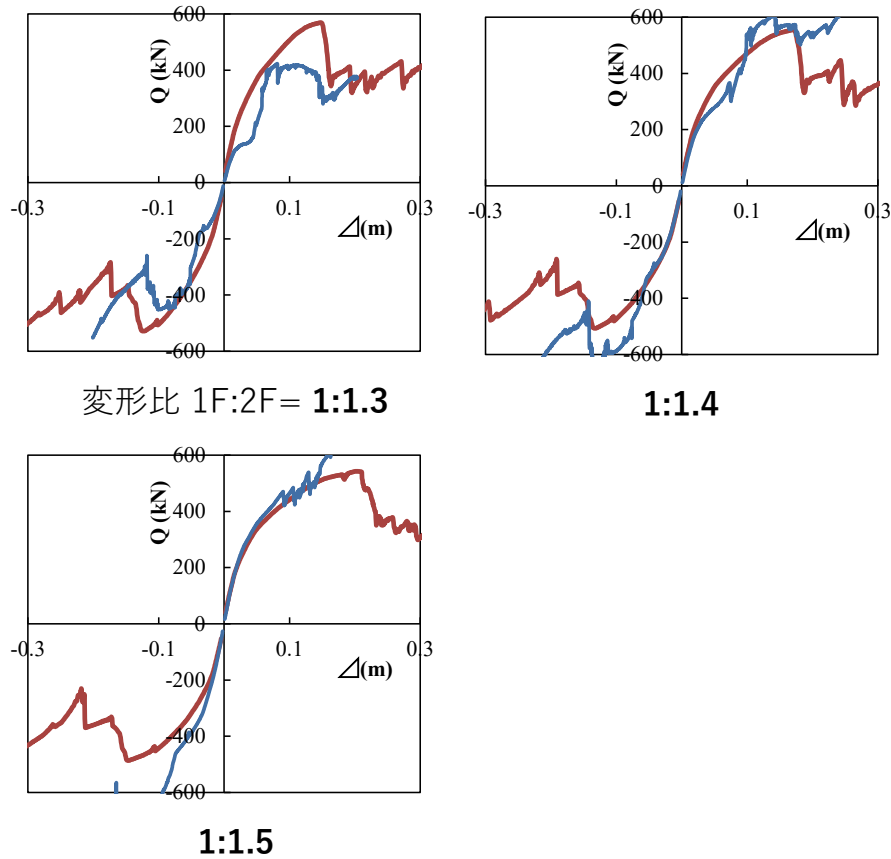


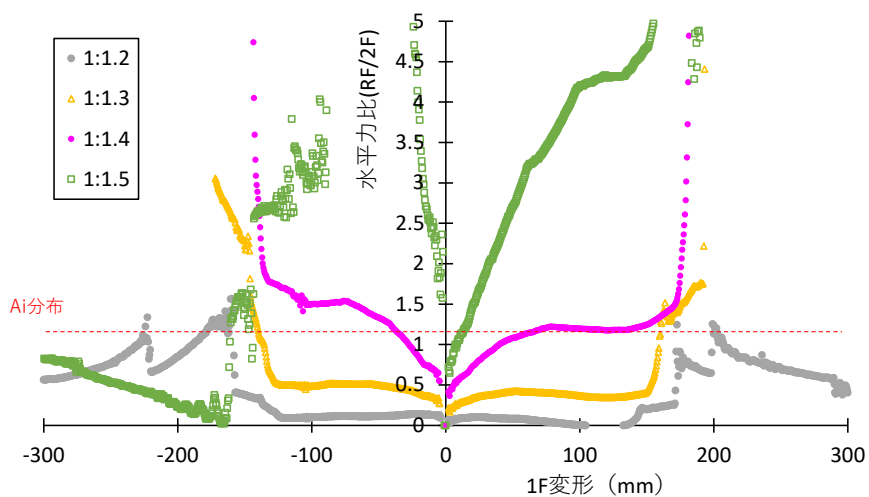
図 3.3.11 変形比率

③-2 A10K の 1 層、2 層の変位分布を水準とした変位増分解析

変形比率を 1:1.2、1:1.3、1:1.4、1:1.5 とした変位増分解析のパラメータ・スタディを行った。荷重変形関係、水平力の比を図 3.3.12 に示す。変形が 100mm 程度までは 1:1.4 の変形比率で加力を行うと Ai 分布に近い水平力比が得られることが予測された。



(a) 変形比ごとの変位増分解析の荷重変形関係



(b) 変形比率と Ai 分布

図 3.3.12 変形比率を変えた変位増分解析結果

3.4 実大2層試験体に対する再現解析

3.4.1 パラメータの調整

静的加力実験結果は事前解析と比べ、W1の100mm程度までの荷重変形関係は一致したが、A10N、A10Kの試験体や大変形域では異なるものであった。そのため、実験結果の荷重変形関係を大変形域まで追跡できる解析モデルの構築を目的として、パラメータの調整を行った。調整内容は以下のとおりである。

- ① 壁-基礎せん断接合部の破壊が実験ではみられなかったため、二次勾配で上昇を続ける設定とした。
- ② 垂れ壁-壁の圧縮バネ(バイリニア)を実験の荷重変形関係に合うように以下の通り設定した。

剛性 125000kN/m 降伏耐力 100kN 降伏後剛性 10kN/m

3.4.2 解析結果

調整後の解析結果の荷重変形関係を試験体ごとに図3.4.1～図3.4.3に実験結果と比較して示した。

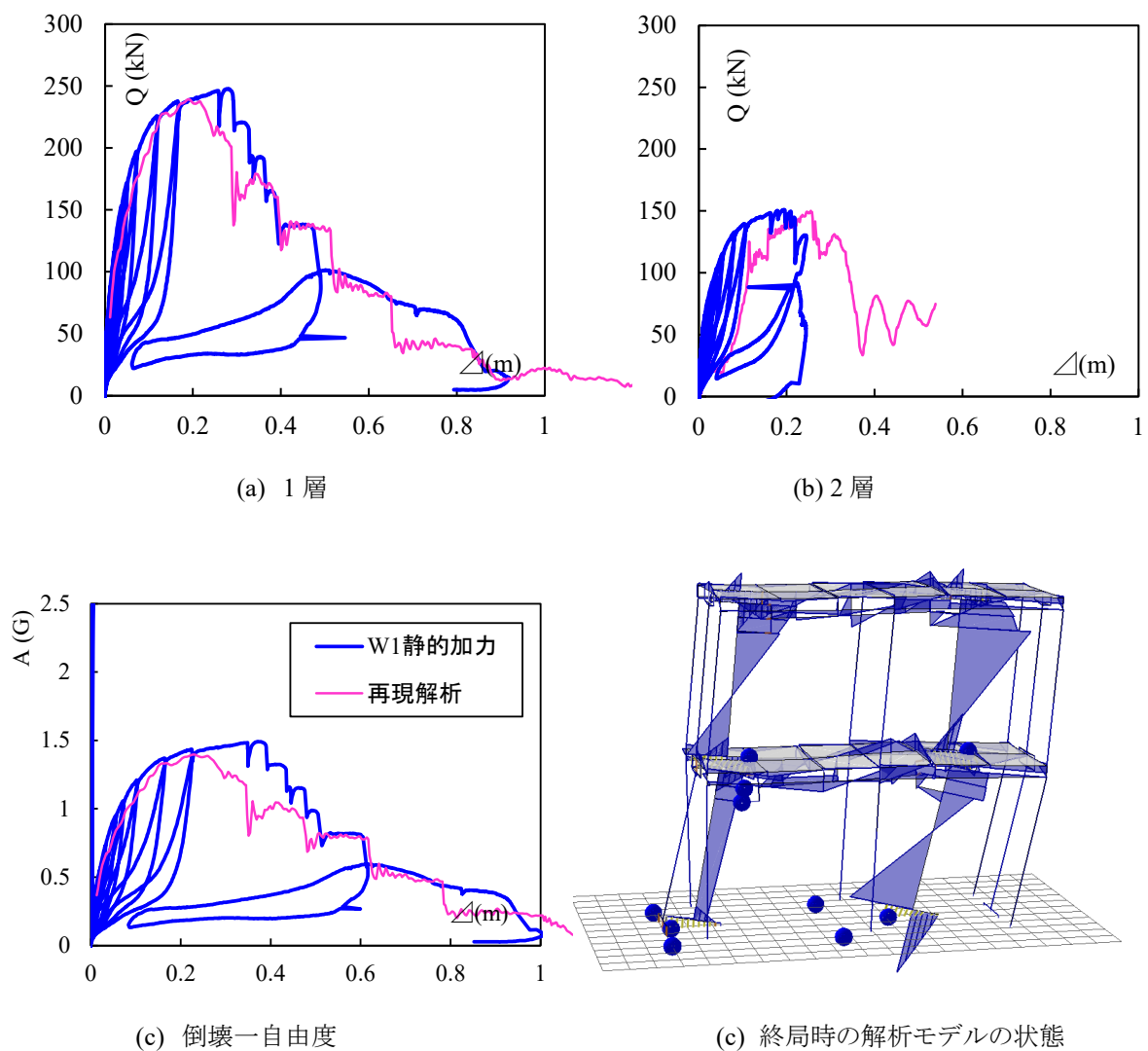


図 3.4.1 W1 の事後解析による荷重変形関係と実大静的加力実験の比較

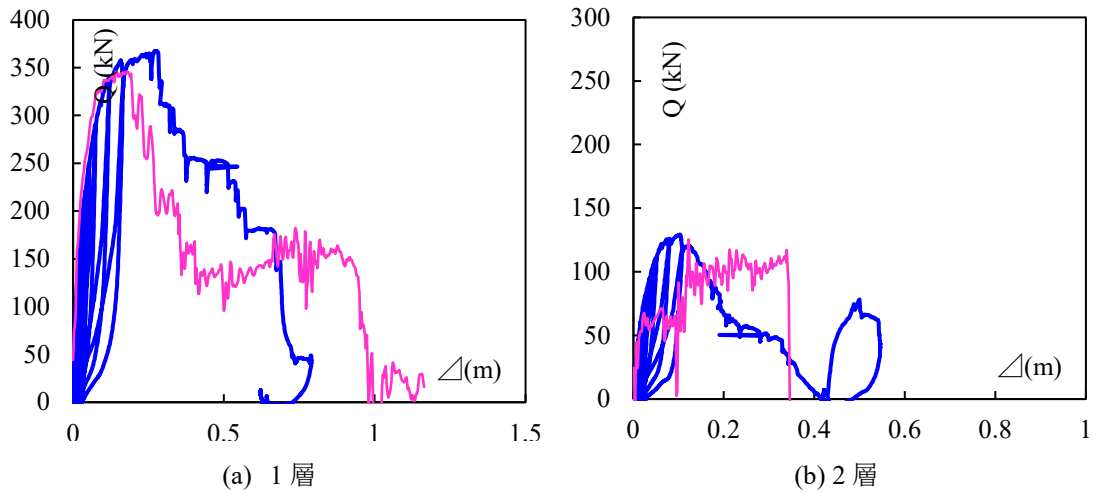


図 3.4.2 A10N の事後解析による荷重変形関係と実大静的加力実験の比較

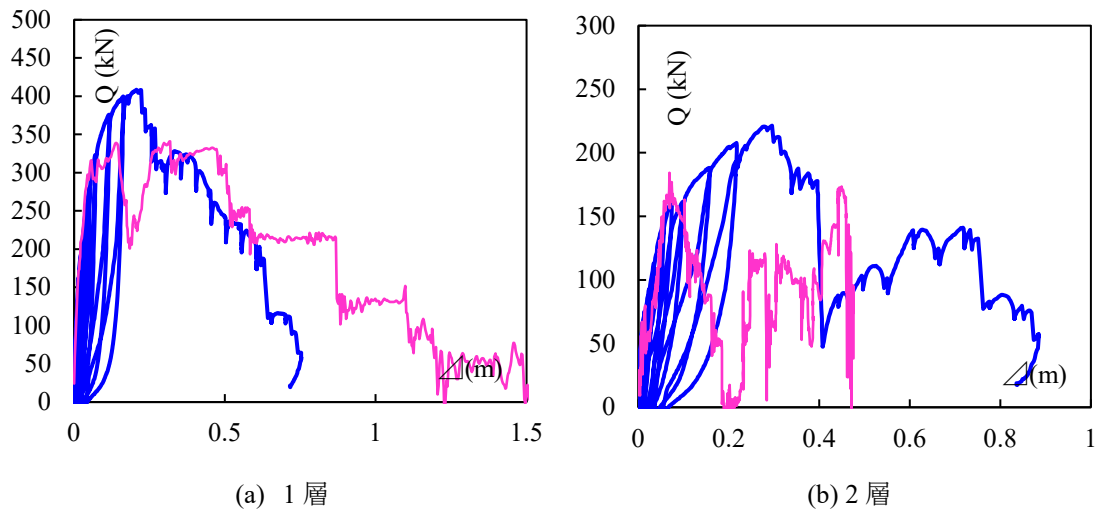


図 3.4.3 A10K の事後解析による荷重変形関係と実大静的加力実験の比較

3.5 再現解析モデルを元にしたパラメータ・スタディ

3.5.1 計算条件

前節で再現した解析モデル W1、A10N、A10K を元に、3 層～5 層まで層数を変化させて、重量を以下の水準を基本 ($A_w=1.0$) として、 $A_w=2.0$ まで増幅させた解析モデルを用いて、倒壊の有無に関するパラメータ・スタディを行った。解析モデルの概要 (W1) を示した。

$$2 \text{ 層架構} \quad \sum W = \frac{15 + 1.5n}{0.2} \cdot 4b \quad (\text{kN}) \quad \text{式 3.5.1}$$

$$3.4 \text{ 層架構} \quad \sum W = \frac{10 + 1.5n}{0.2} \cdot 4b \quad (\text{kN}) \quad \text{式 3.5.2}$$

ここで、 n :対象架構の垂壁の数(= 層数 × 2)

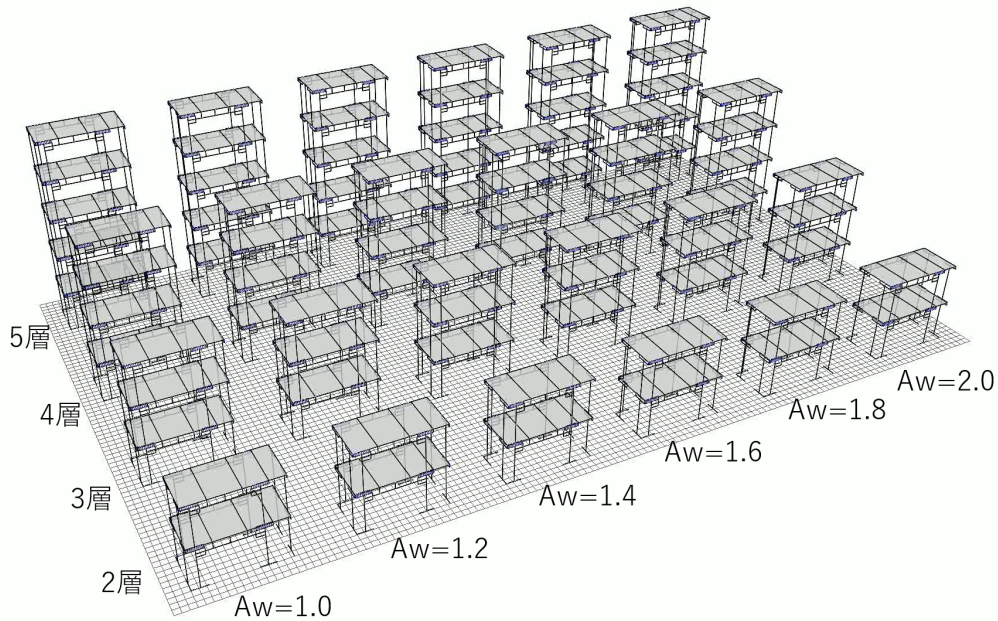


図 3.5.1 W1 のパラメータ・スタディの解析モデルの概要

3.5.2 入力地震動

用いた入力地震動はいずれも 1 方向成分で、これまでの振動台実験等で木造住宅を倒壊させた実績のある地震動や、周期 1 秒～長周期成分の大きい地震動 7 波とした。

- ①JMA 神戸 NS:1995 年兵庫県南部地震の際に神戸気象台で観測された地震動の NS 成分
- ②JR 鷹取 NS:1995 年兵庫県南部地震の際に JR 鷹取駅で観測された地震動の NS 成分
- ③JR 鷹取 R:1995 年兵庫県南部地震の際に JR 鷹取駅で観測された地震動の強軸成分
- ④KiK-net 追分:2018 年北海道胆振東部地震の際に KiK-net 追分観測された地震動の NS 成分
- ⑤台湾集集 TCU068:1999 年に台湾集集地震の際に強震観測点で観測された地震動の NS 成分
- ⑥川口町 EW:2004 年新潟県中越地震の際に川口町で観測された地震動の EW 成分
- ⑦益城町本震 EW:2016 年熊本地震の本震の際に益城町役場で観測された地震動の EW 成分

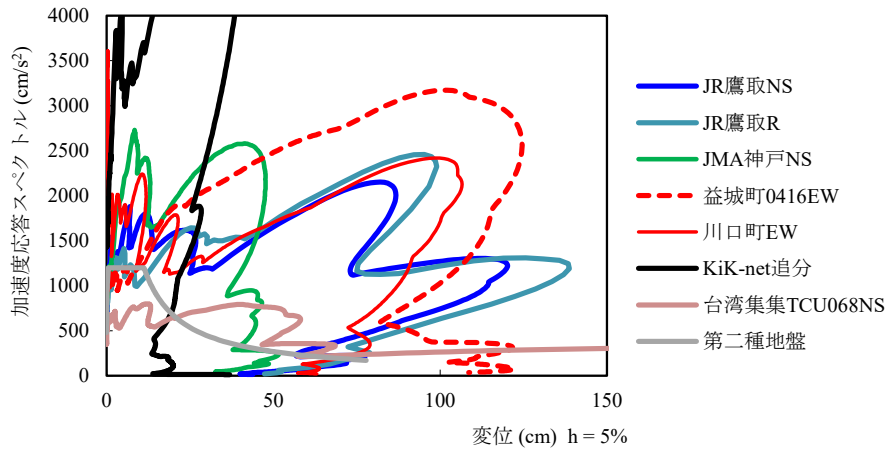


図 3.5.2 用いた地震動の Sa-Sd 関係

3.5.3 計算結果

各解析モデルの重量比 A_w の水準で、各地震動での倒壊の有無を表 3.5.1 にまとめて示した。W1 では、3～4 層の $A_w=2.0$ 以外では倒壊が生じなかった。A10N では $A_w=1.8\sim 2.0$ 程度で倒壊が多く生じた。A10K で JR 鷹取、益城町で倒壊する事例が多い結果となった。

表 3.5.1 解析結果のまとめ

(a) W1

	Aw	神戸	鷹取NS	鷹取R	KIK追分	川口	益城町	台湾
2層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	○	○	○	○	○
	1.6	○	○	○	○	○	○	○
	1.8	○	○	○	○	○	○	○
	2.0	○	○	○	○	○	○	○
3層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	○	○	○	○	○
	1.6	○	○	○	○	○	○	○
	1.8	○	○	○	○	○	○	○
	2.0	○	○	×	○	○	○	○
4層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	○	○	○	○	○
	1.6	○	○	○	○	○	○	○
	1.8	○	○	○	○	○	○	○
	2.0	○	○	×	○	○	○	○
5層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	○	○	○	○	○
	1.6	○	○	○	○	○	○	○
	1.8	○	○	○	○	○	○	○
	2.0	○	○	○	○	○	○	○

(b) A10N

	Aw	神戸	鷹取NS	鷹取R	KIK追分	川口	益城町	集集
2層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	○	○	○	○	○
	1.6	○	○	○	○	○	○	○
	1.8	○	×	×	×	×	×	○
	2.0	×	×	×	×	×	×	×
3層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	○	○	○	○	○
	1.6	○	○	○	○	○	○	○
	1.8	○	×	○	○	○	×	○
	2.0	×	×	○	×	×	×	○
4層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	○	○	○	○	○
	1.6	○	○	○	○	○	○	○
	1.8	○	×	×	○	×	×	○
	2.0	○	×	×	○	×	×	○
5層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	○	○	○	○	○
	1.6	○	○	○	○	○	○	×
	1.8	○	○	○	○	○	×	○
	2.0	○	○	×	○	○	×	○

(c) A10K

	Aw	神戸	鷹取NS	鷹取R	KIK追分	川口	益城町	集集
2層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	○	○	○	○	○
	1.6	○	○	○	○	○	○	○
	1.8	○	○	○	○	○	○	○
	2.0	○	○	○	○	○	○	○
3層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	×	○
	1.4	○	○	×	○	○	×	○
	1.6	○	×	○	○	○	×	○
	1.8	○	×	×	○	○	×	○
	2.0	○	○	×	○	○	×	○
4層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	○	○
	1.4	○	○	×	○	○	×	○
	1.6	○	×	○	○	○	×	○
	1.8	○	×	×	○	○	×	○
	2.0	○	×	×	○	○	○	×
5層	1.0	○	○	○	○	○	○	○
	1.2	○	○	○	○	○	×	○
	1.4	○	○	○	○	○	×	○
	1.6	○	×	×	○	○	×	○
	1.8	○	×	×	○	○	×	○
	2.0	○	×	×	○	○	×	×

3.6 まとめ

W1のように水平構面が CLT 床版である場合には、床の破壊が起こらず、壁幅 1.0m であれば、 $A_w=1.8$ 程度まで倒壊が生じないことが分かった。A10N のような在来軸組構法の床の場合、 $A_w=1.4\sim 1.6$ 程度まで倒壊が生じないことが分かった。A10K については特定の地震動で $A_w=1.2$ 程度でも倒壊する事例があったが、倒壊原因の詳細については今後の検討を要する。A10N の解析モデルが 2 層が崩壊するパターンで、A10K の解析モデルは 1 層が崩壊するパターンであった。