

8. 既往の架構実験を題材とした CLT 袖壁の解析モデルの妥当性確認

8.1. 目的

本章では、CLT 袖壁を有する鉄筋コンクリート構造の設計を進めるに際し、既往の架構実験²⁾³⁾を題材にして解析モデルの妥当性を確認するものである。また、一貫構造計算プログラムで入力可能な解析モデルとして「圧縮ブレース柱モデル」を提案し、その解析モデルの妥当性を確認する。

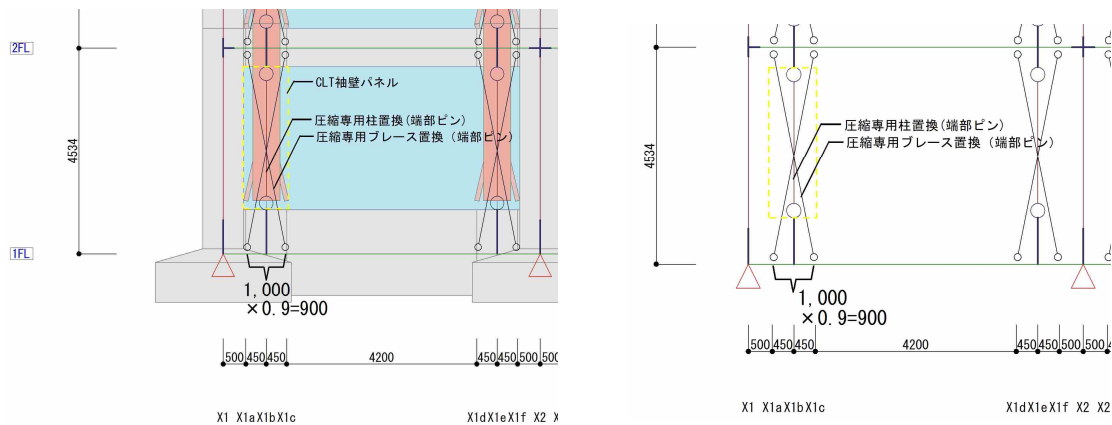


図 8.1.1 本設計で用いる CLT 袖壁パネルの「圧縮ブレース柱モデル」一例

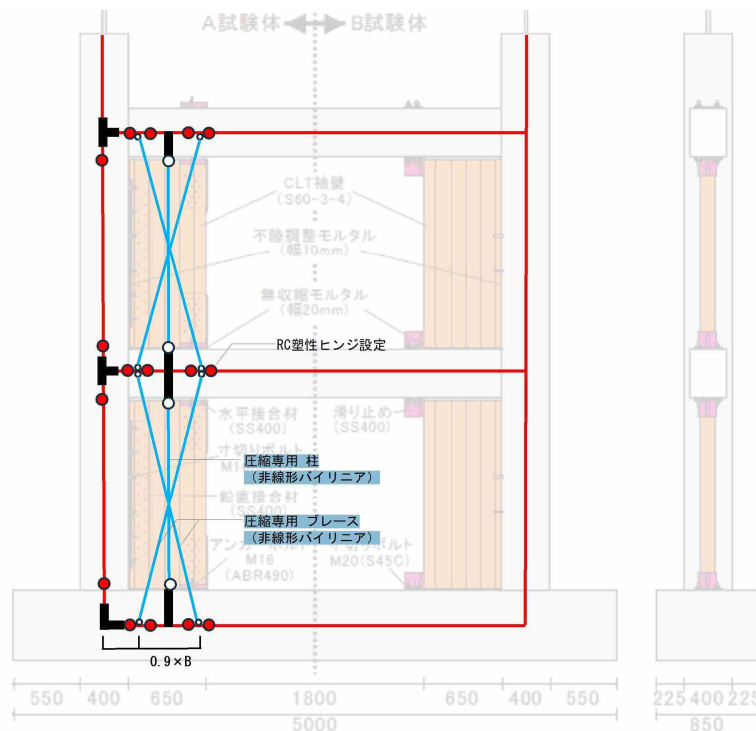


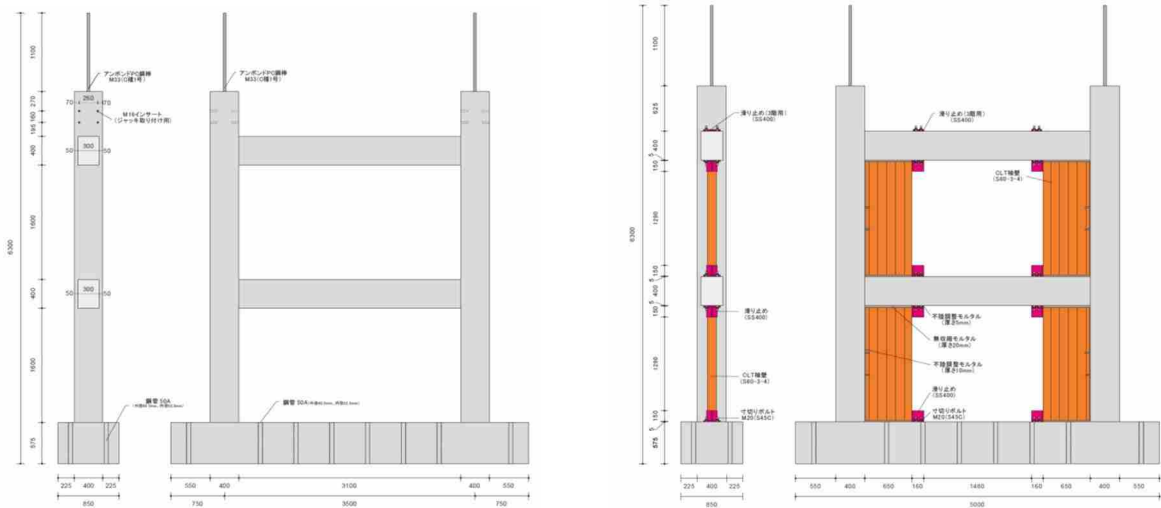
図 8.1.2 本章で検証する試験体架構と「圧縮ブレース柱モデル」

参考文献

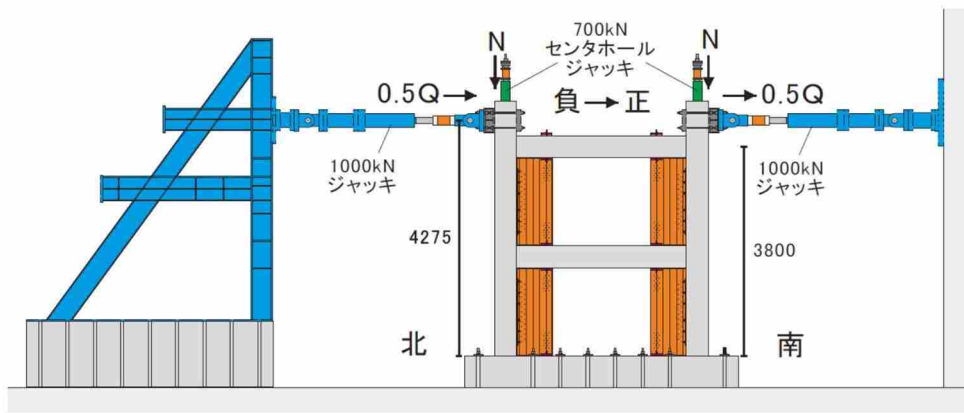
- 2) 坂下雅信、毎田悠承、瀧裕、荒木康弘、福山洋、中川貴文、五十田博：CLT 袖壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究 その1 実験概要，日本建築学会大会学術講演梗概集 423-424, 2020.9
- 3) 毎田悠承、坂下雅信、瀧裕、荒木康弘、福山洋、中川貴文、五十田博：CLT 袖壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究 その2 荷重変形関係，損傷状況，日本建築学会大会学術講演梗概集 425-426, 2020.9

8.2. 既往の架構実験概要

本章で題材とする既往の架構実験は、文献 2-3) に示された RC ラーメンに CLT 袖壁を設置した 2 層縮小試験体である。本章で対象とするのは純 RC ラーメン試験体（試験体 C）と、RC ラーメンフレームに CLT 袖壁を簡易な接合で独立して設置した試験体（試験体 B）の 2 種類とする。詳細は参考資料に示す。



試験体 C (RC 純ラーメン) 試験体 B (RC ラーメン+CLT 袖壁 (簡易な接合))



試験セットアップ

図 8.2.1 検証の題材とする架構実験

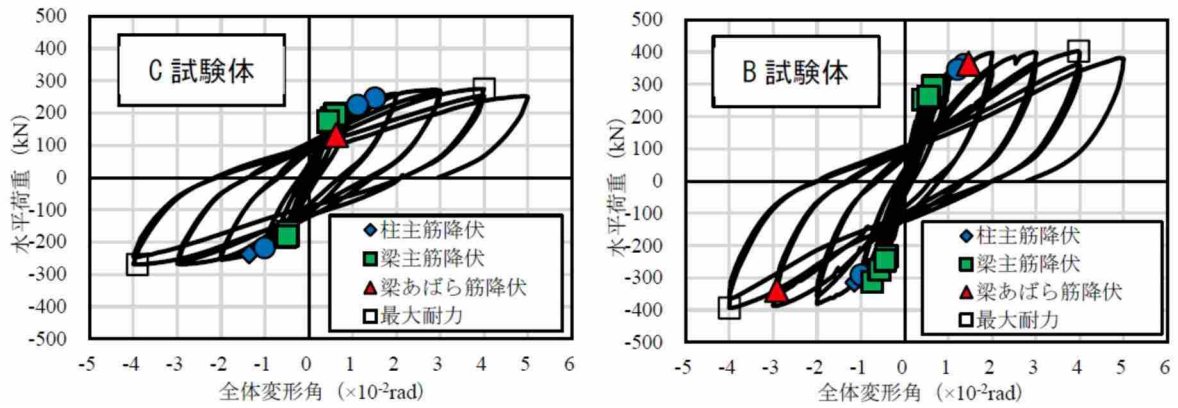


図 8.2.2 水平荷重—全体変形角関係

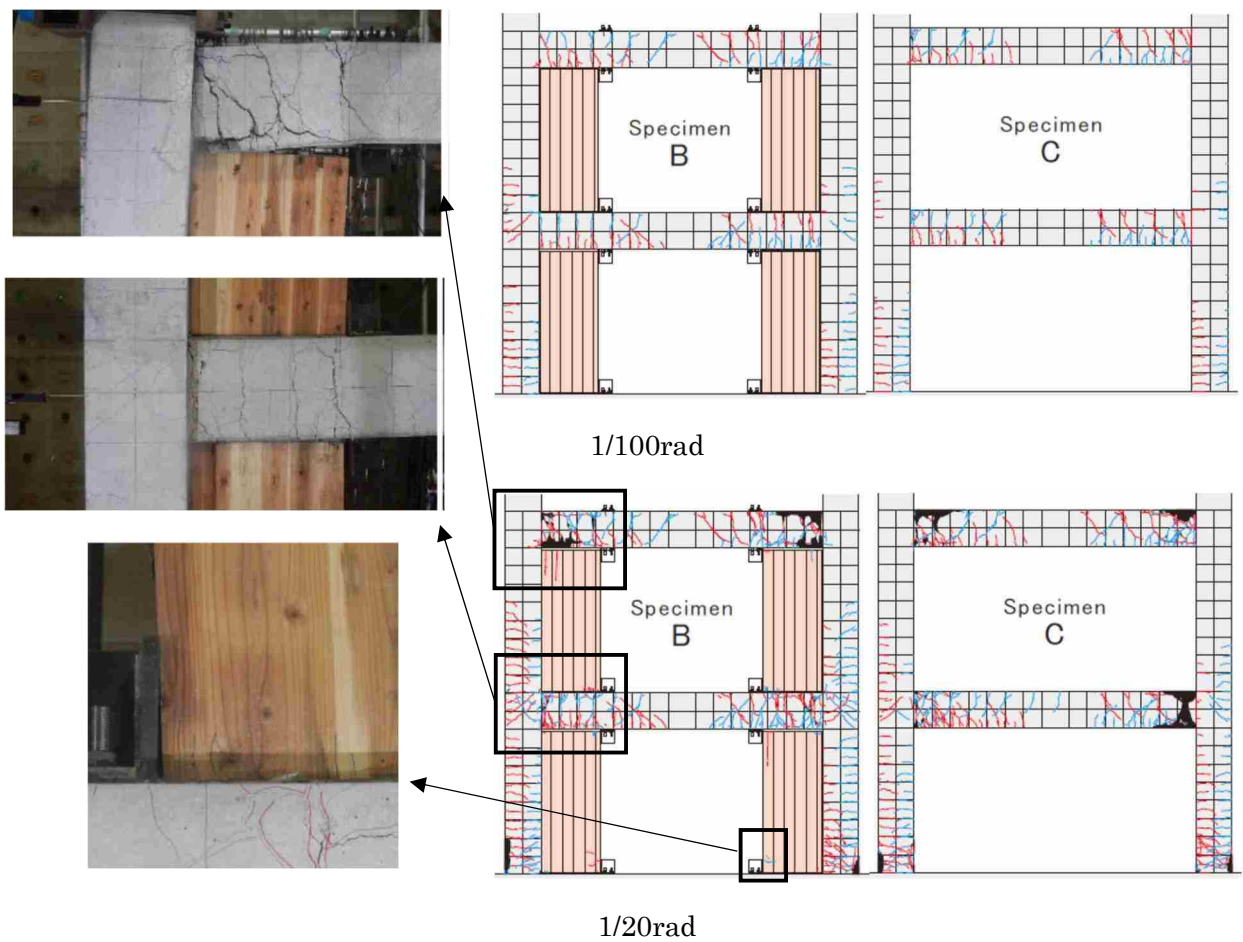


図 8.2.3 ひび割れ図及び損傷状況

<主な結果>

- ・ CLT 袖壁を設けた B 試験体は C 試験体と比較し、初期剛性は 1.61 倍、最大耐力は 1.47 倍に増大した。
- ・ CLT 袖壁を設けた B 試験体は、C 試験体と同様に $R=1/25\text{rad}$ サイクルに到達するまで、繰り返し荷重による水平荷重の低下は見られず、靱性に富む挙動を示した。
- ・ B 試験体では、CLT 袖壁の損傷は、水平目地と接する部分における局所的な圧縮しわや亀裂に留まり、顕著な損傷は見られなかった。

8.3. 解析モデル概要

本設計で用いる CLT 袖壁パネルの「圧縮ブレース柱モデル」を検証するに際して、以下の 4 つのモデルを構築し、各モデルの差異を実験結果とも照らし合わせ、その精度を検証する。以下に各モデルを示し、詳細は次項以降に示す。

- ・ ラーメンのみ
- ・ ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)
- ・ ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレースモデル)
- ・ ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレース柱モデル)

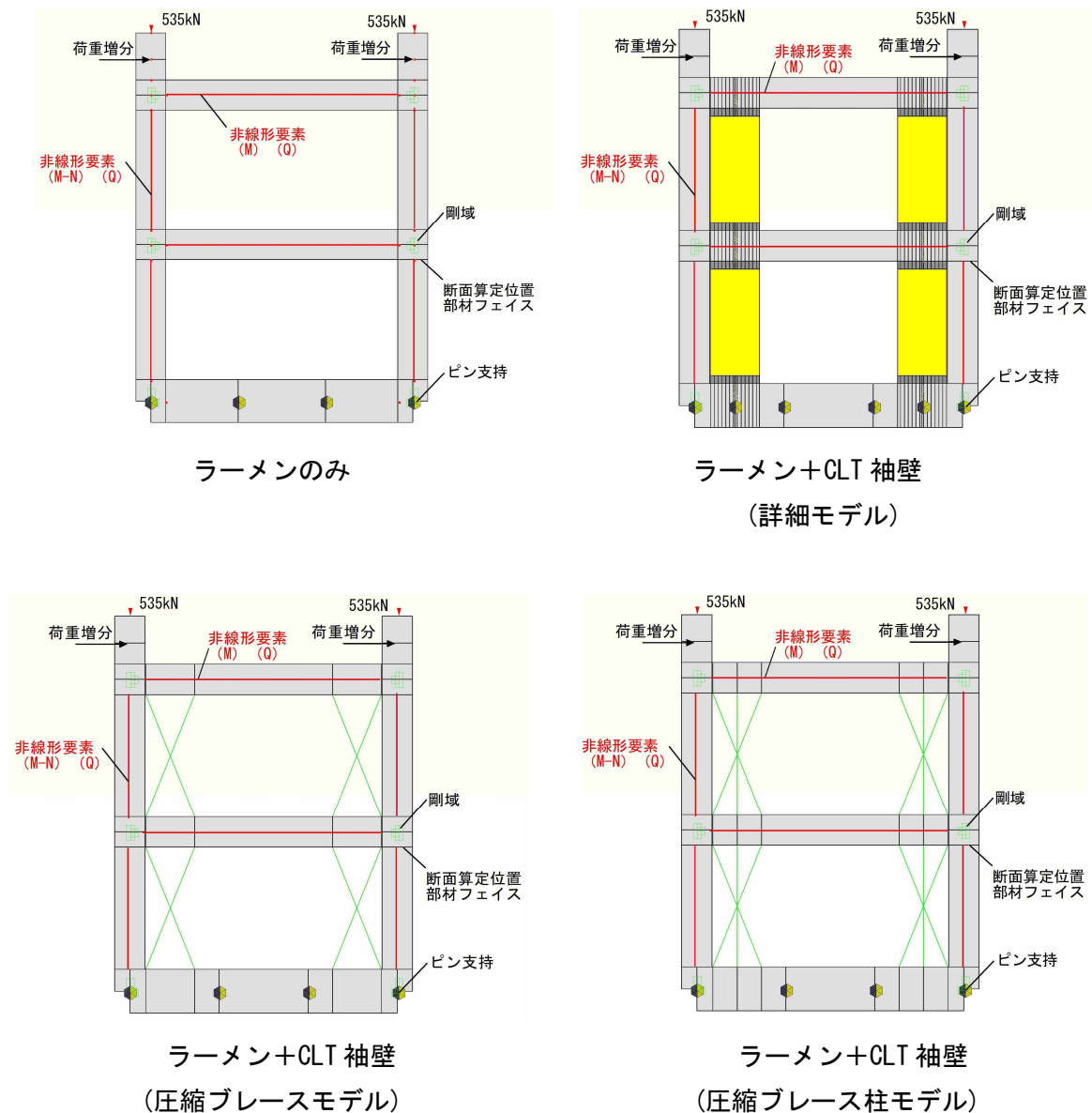


図 8.3.1 解析モデル一覧

8.3.1. ラーメン

解析モデルを以下に示す。解析プログラムは MIDAS/iGen を用いる。柱は MN 相関を考慮した RC 柱の非線形特性に、終局せん断耐力についても非線形を考慮する。また梁は曲げ及びせん断非線形要素として設定した。各特性値は、一般的な実務設計で採用される値を用いた。

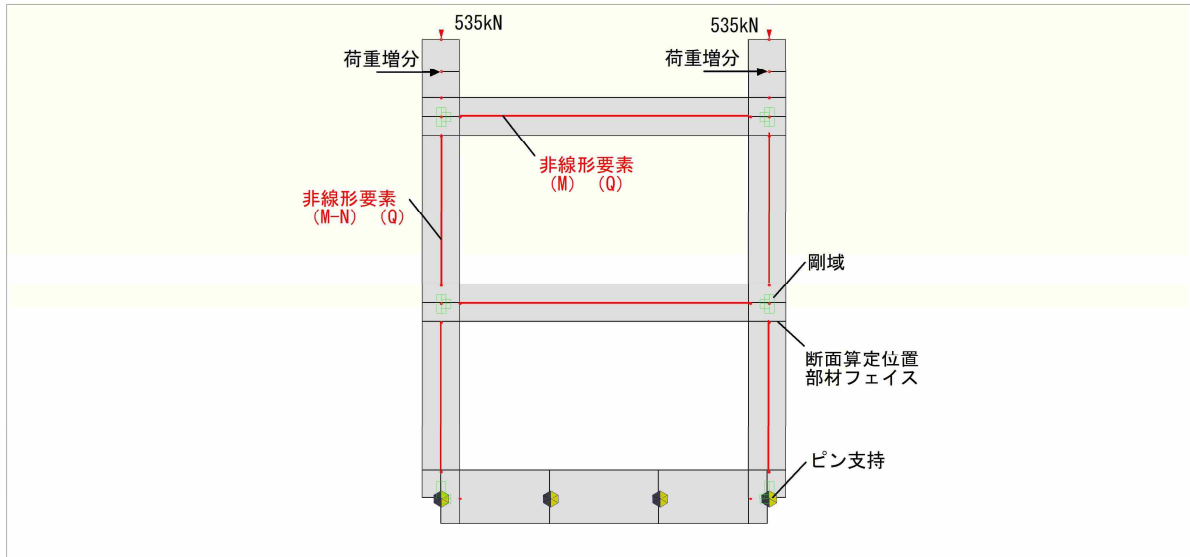


図 8.3.1.1 解析モデル (ラーメン)

8.3.2. ラーメン+CLT 袖壁（詳細モデル）

解析モデルを以下に示す。CLT 袖壁のモデル化は、CLT 設計施工マニュアルに準拠したエレメントモデルとし、上下の RC 梁との接合部部分には 50mm に分割した圧縮専用バネ ($K_e=15.6\text{N/mm}^2$) を配置し、支圧強度で降伏するバイリニアモデルとした。

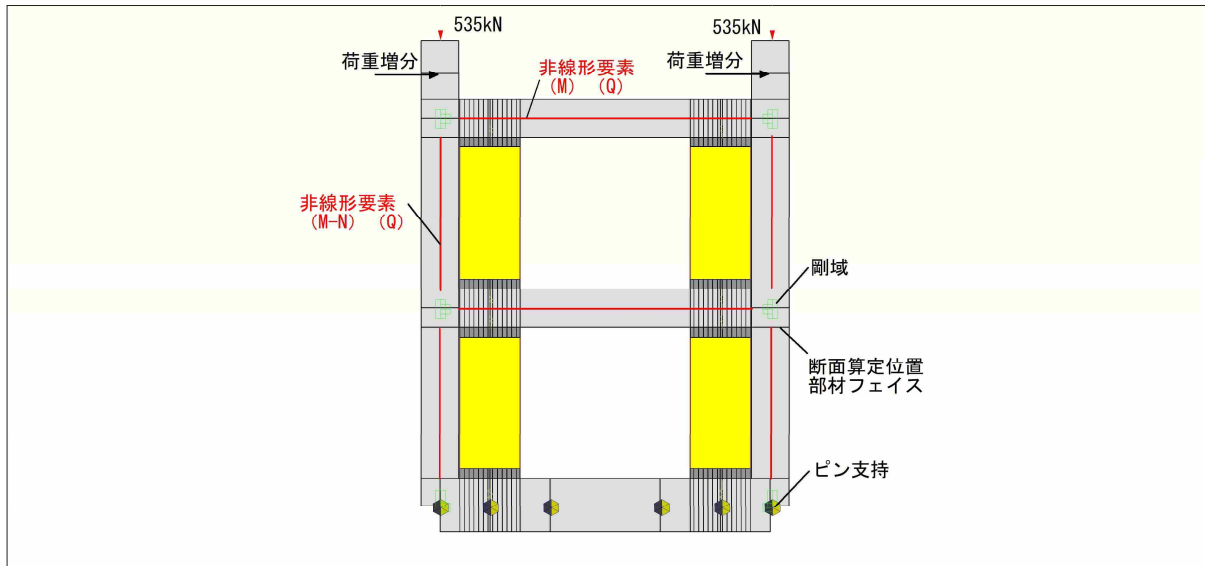


図 8.3.2.1 解析モデル（ラーメン+CLT 袖壁（詳細モデル））

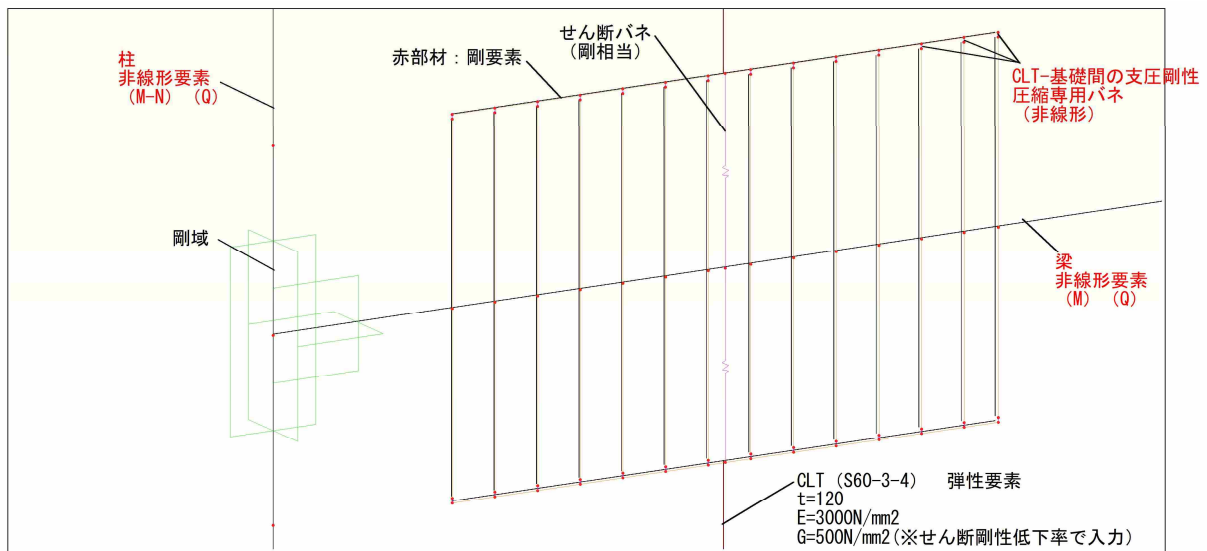


図 8.3.2.2 解析モデル（ラーメン+CLT 袖壁（詳細モデル））

8.3.3. ラーメン+CLT 袖壁（圧縮ブレースモデル）

解析モデルを以下に示す。圧縮ブレースのモデル化方法は、6.2.3 と同様であるためここでは割愛する。

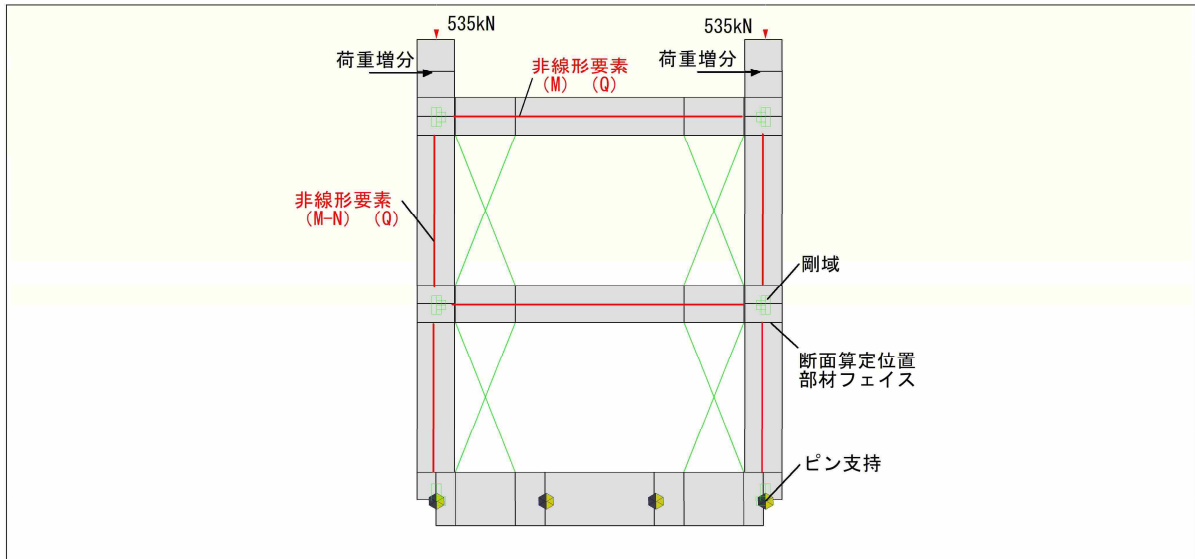


図 8.3.3.1 解析モデル（ラーメン+CLT 袖壁（圧縮トラスモデル））

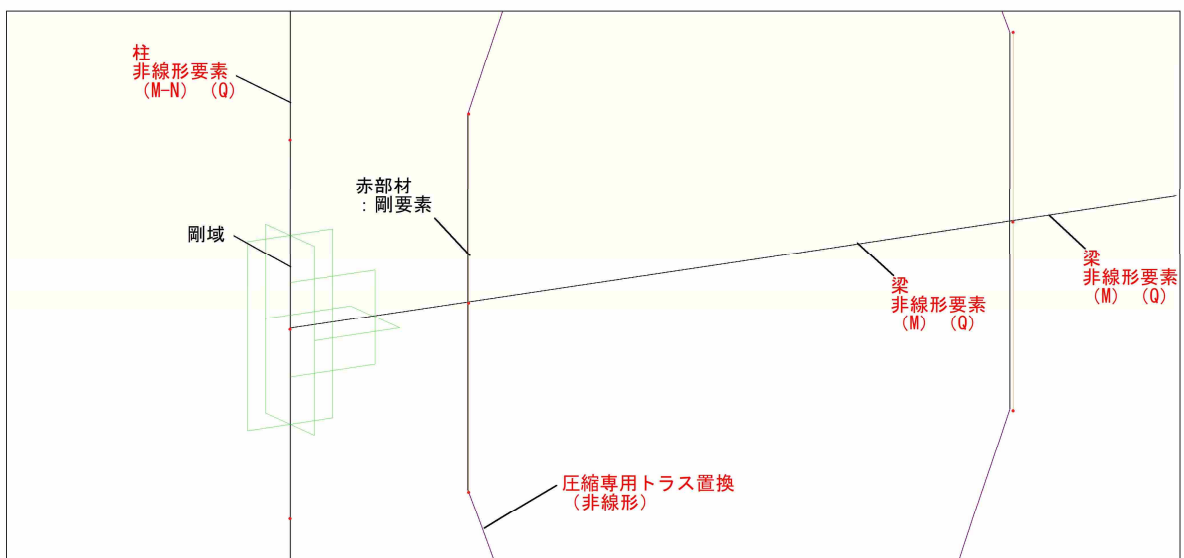


図 8.3.3.2 解析モデル（ラーメン+CLT 袖壁（圧縮トラスモデル））

8.3.4. ラーメン+CLT 袖壁（圧縮ブレース柱モデル）

解析モデルを以下に示す。圧縮ブレース柱のモデル化方法は、6.2.3 と同様であるためここでは割愛する。

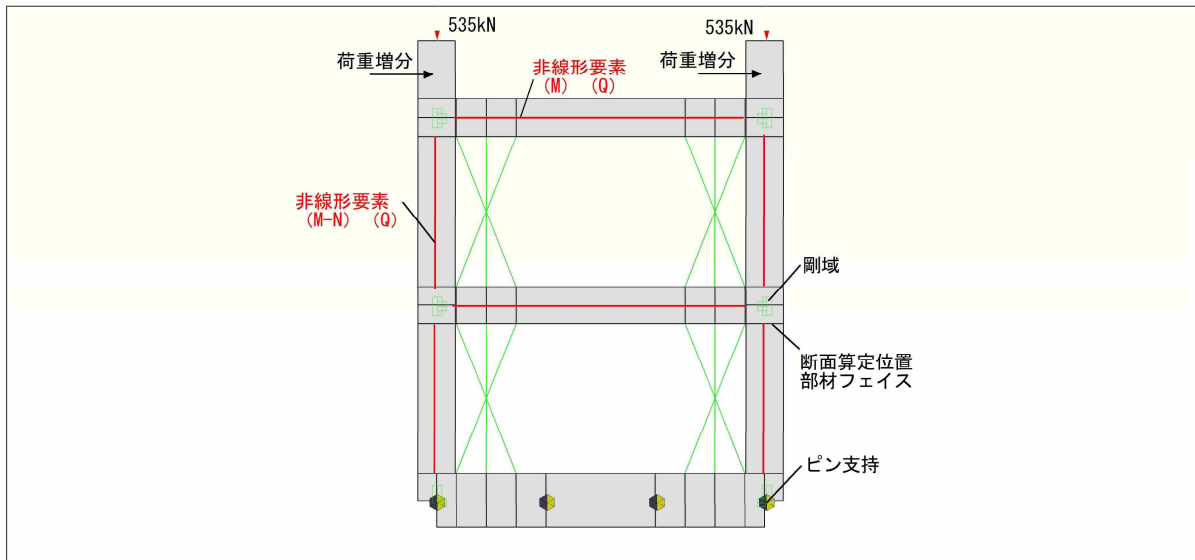


図 8.3.4.1 解析モデル（ラーメン+CLT 袖壁（圧縮トラス柱モデル））

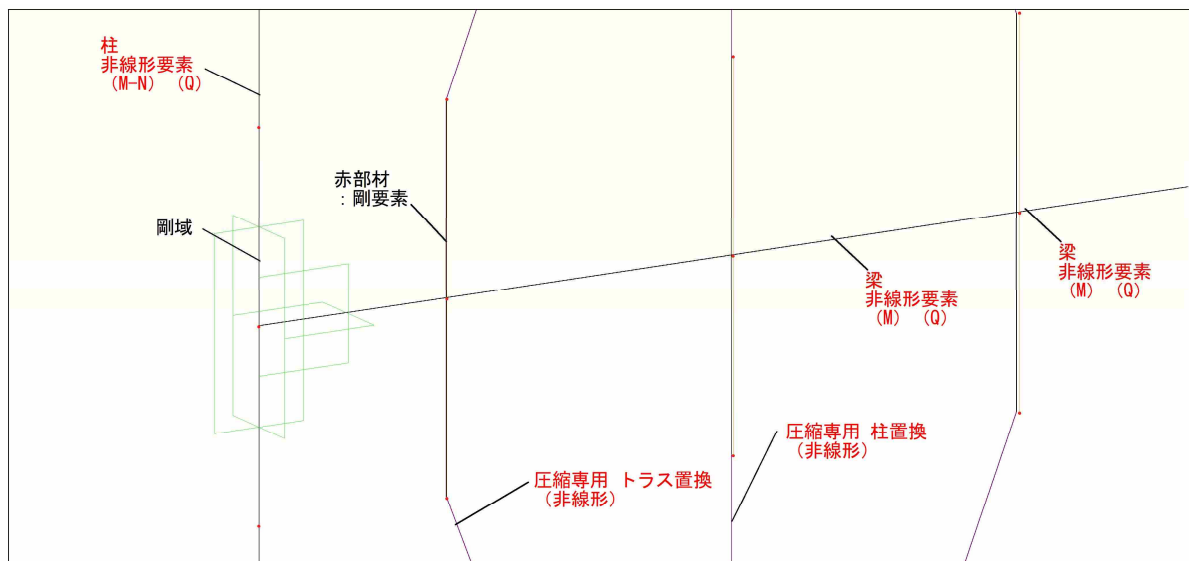


図 8.3.4.2 解析モデル（ラーメン+CLT 袖壁（圧縮トラス柱モデル））

8.4. 実験値と解析値の比較

8.4.1. 試験体 C (ラーメン)

解析結果を以下に示す。本解析は既往の実験結果及び解析結果と概ね一致することが確認できる。

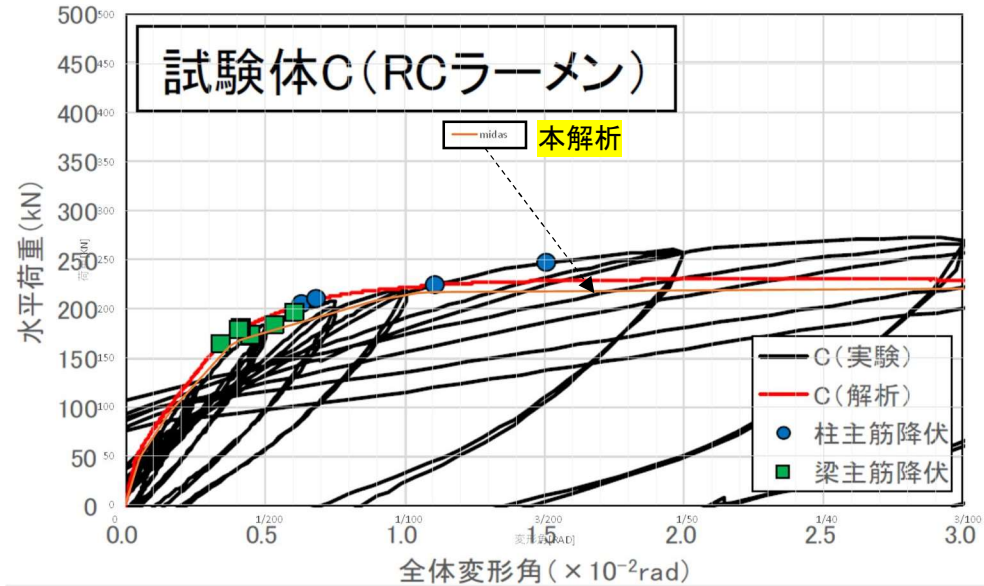


図 8.4.1.1 試験体 C (ラーメンモデル) 荷重変形角関係

8.4.2. 試験体 B (ラーメン+CLT 袖壁)

解析結果を以下に示す。なお解析値は詳細モデルの結果を示す。本解析は既往の実験結果及び解析結果と概ね一致することが確認できる。

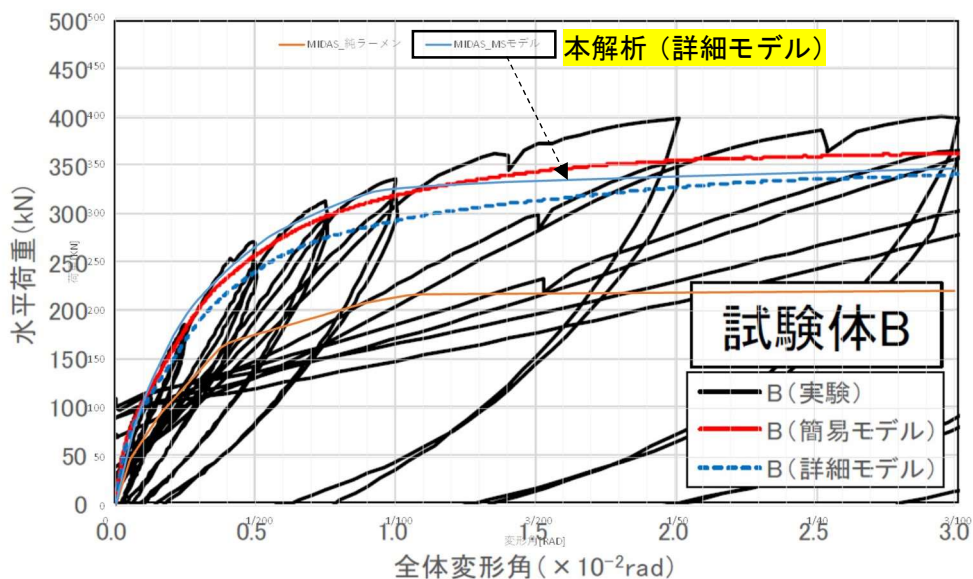


図 8.4.2.1 試験体 B (ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)) 荷重変形角関係

8.5. 解析モデルの比較

8.5.1. 荷重変形角関係

解析結果として、各モデルの荷重変形角関係を以下に示す。圧縮ブレースモデルは、初期剛性は概ね詳細モデルと対応しているが、終局耐力が10%程度低く、安全側となっていることが確認できる。また、精度を高めるため、水平方向に等価な性能を図った圧縮ブレースモデルに対して、鉛直方向の性能も概ね等価とするため圧縮専用柱要素を追加した「圧縮ブレース柱モデル」は、詳細モデルと剛性及び終局耐力が概ね等価であることが確認できる。

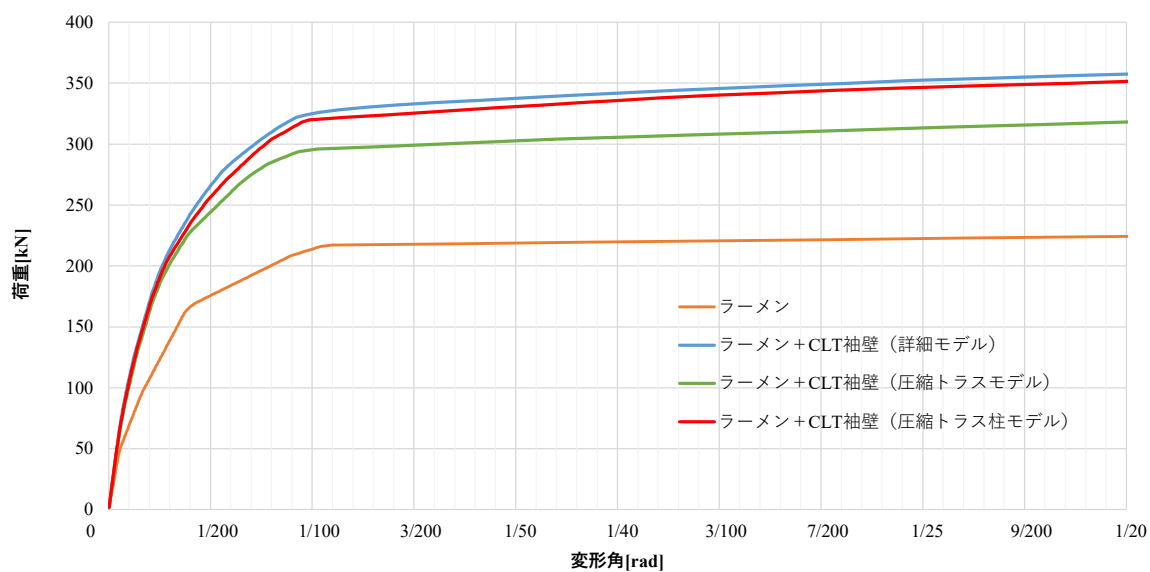
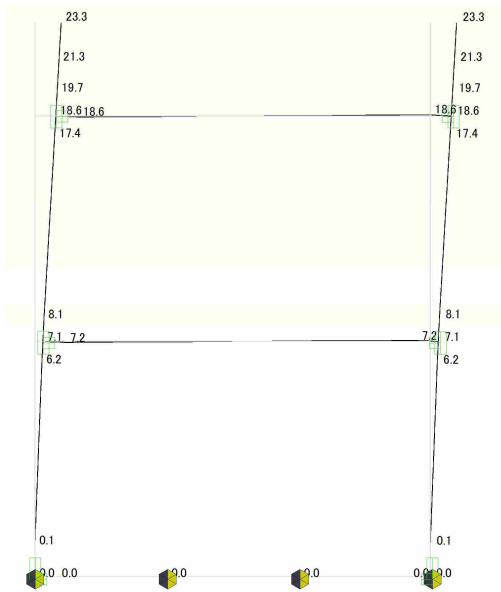


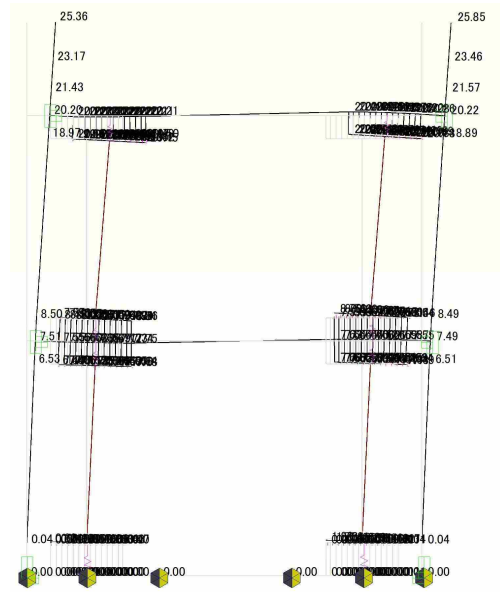
図 8.5.1.1 各解析モデルの荷重変形角関係

8.5.2. 1/200rad 時の変形、ヒンジ、応力図比較

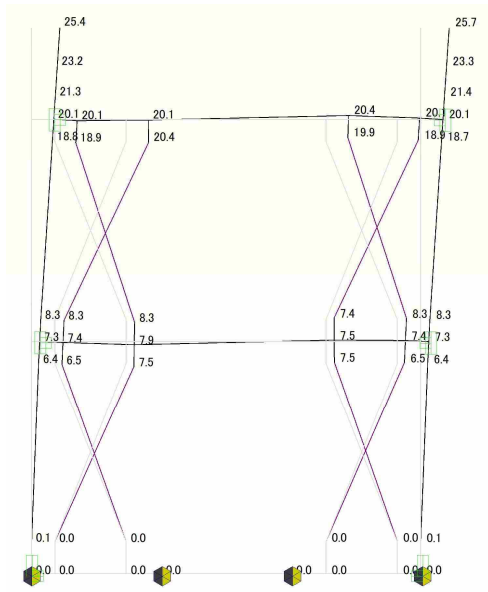
解析結果を以下に示す。



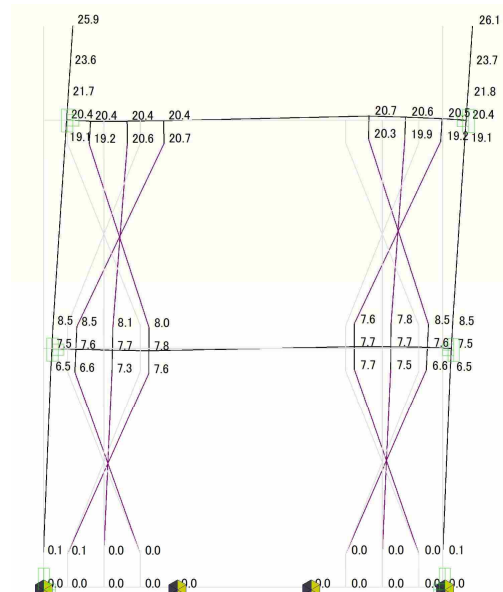
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)

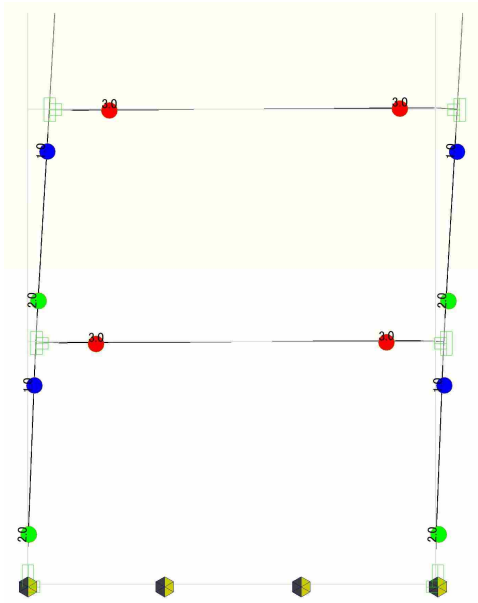


ラーメン+CLT 袖壁(圧縮ブレースモデル)

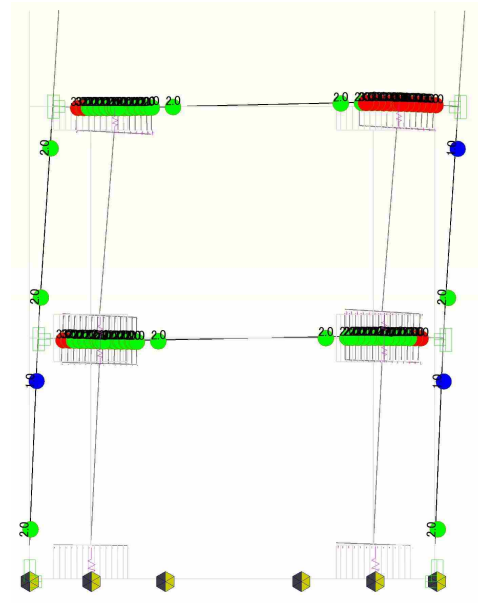


ラーメン+CLT 袖壁(圧縮ブレース柱モデル)

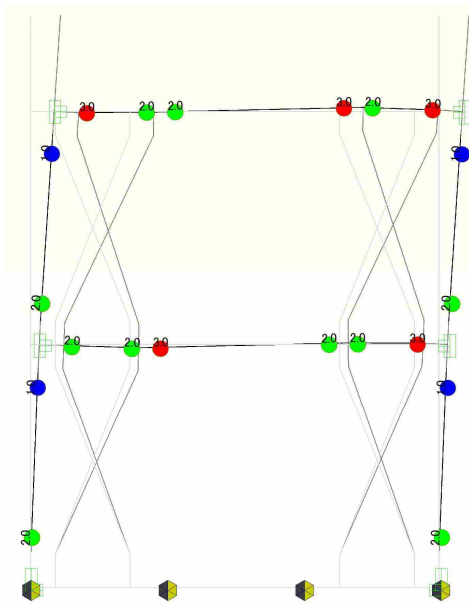
図 8.5.2.1 各解析モデルの変形図 (1/200)



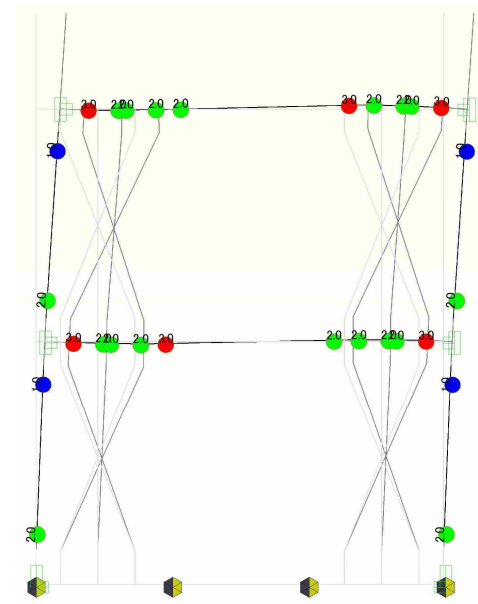
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)

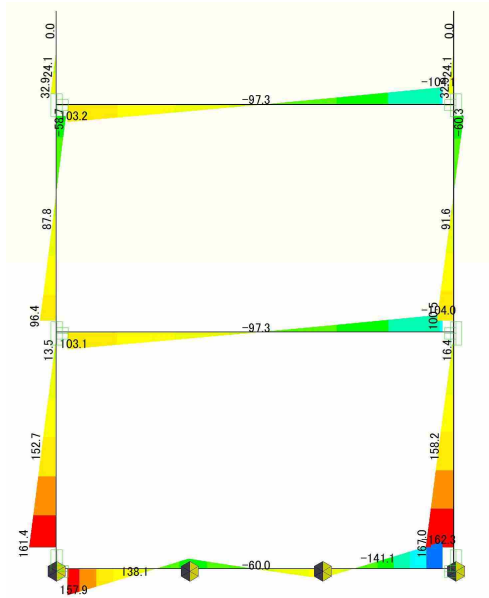


ラーメン+CLT 袖壁(圧縮ブレースモデル)

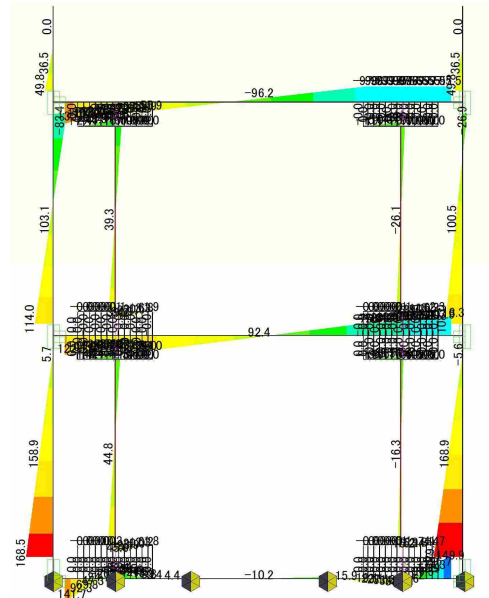


ラーメン+CLT 袖壁(圧縮ブレース柱モデル)

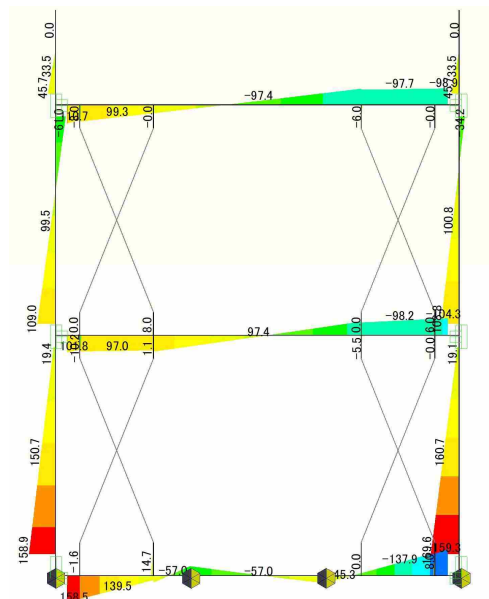
図 8.5.2.2 各解析モデルの曲げヒンジ図 (1/200)



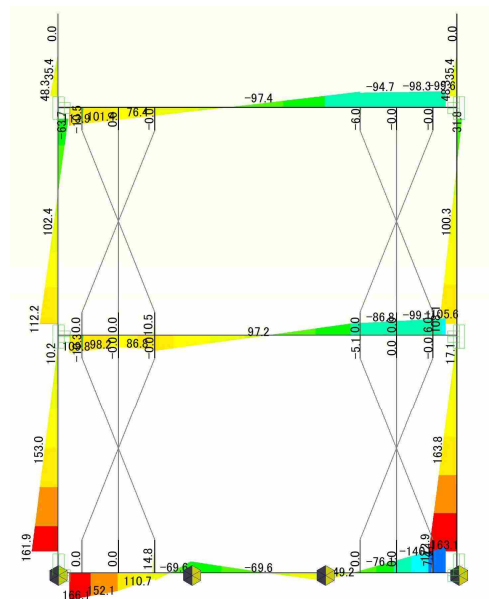
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)

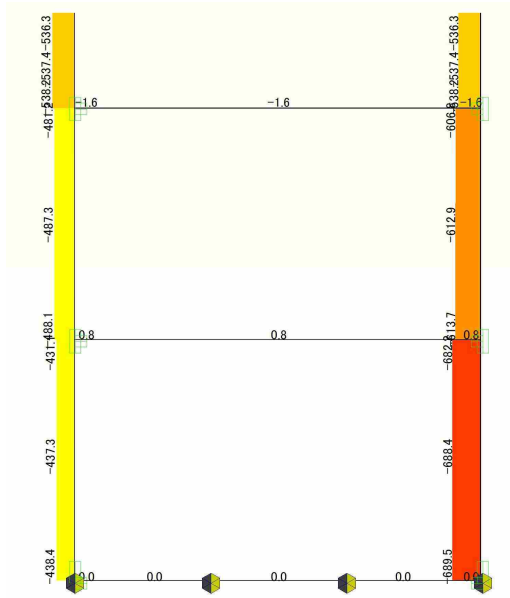


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレースモデル)

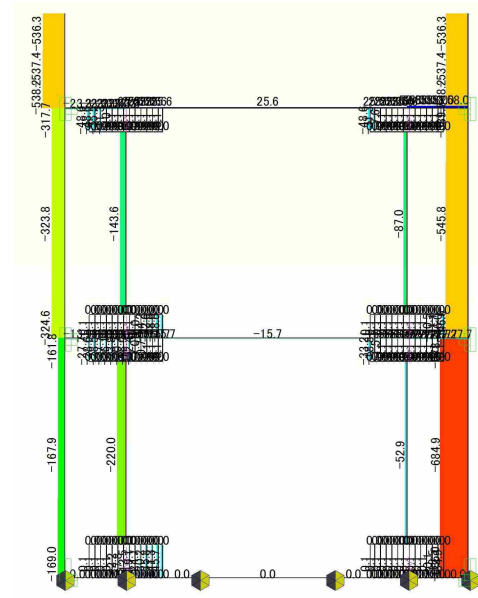


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレース柱モデル)

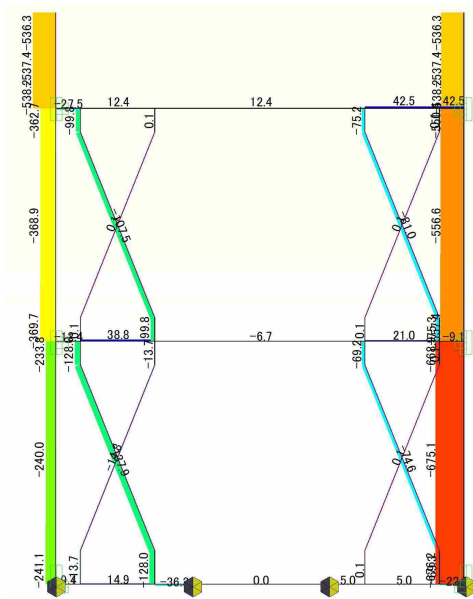
図 8.5.2.3 各解析モデルの曲げモーメント図 (1/200) 単位: kN・m



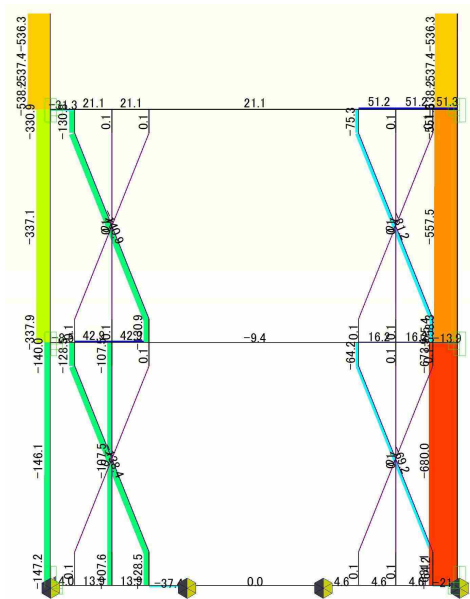
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)

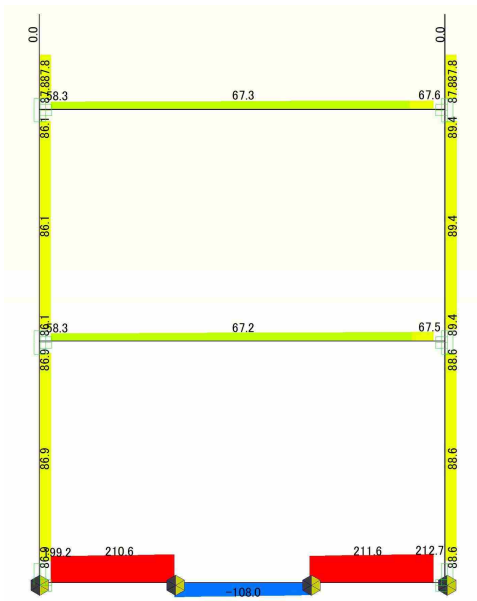


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレースモデル)

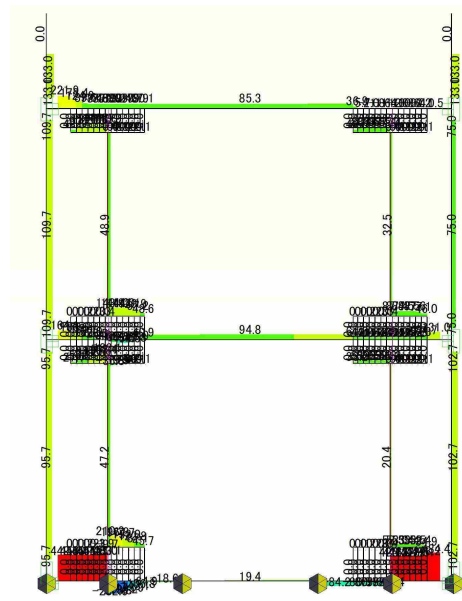


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレース柱モデル)

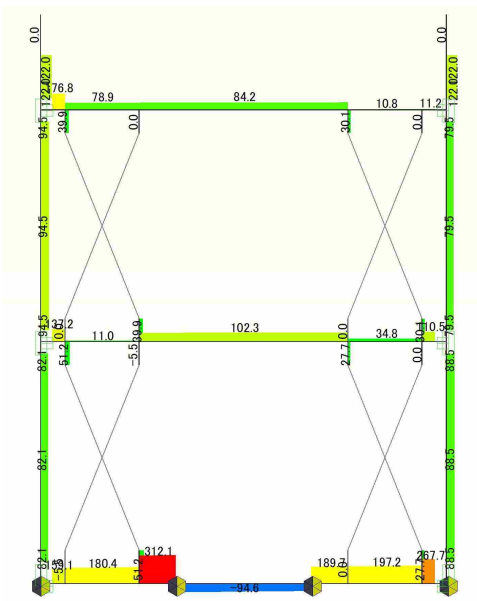
図 8.5.2.4 各解析モデルの軸力図 (1/200) 単位 : kN



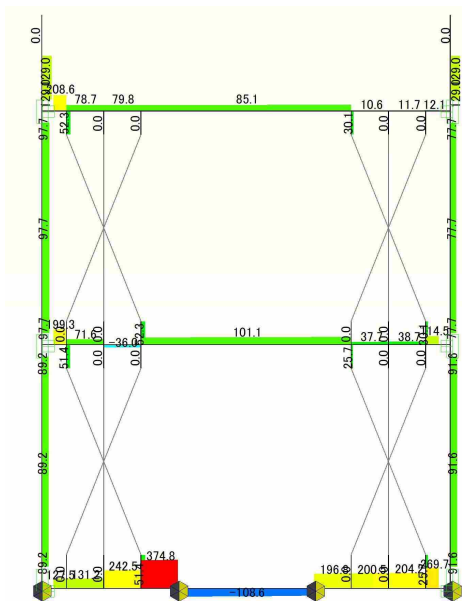
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)



ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレースモデル)

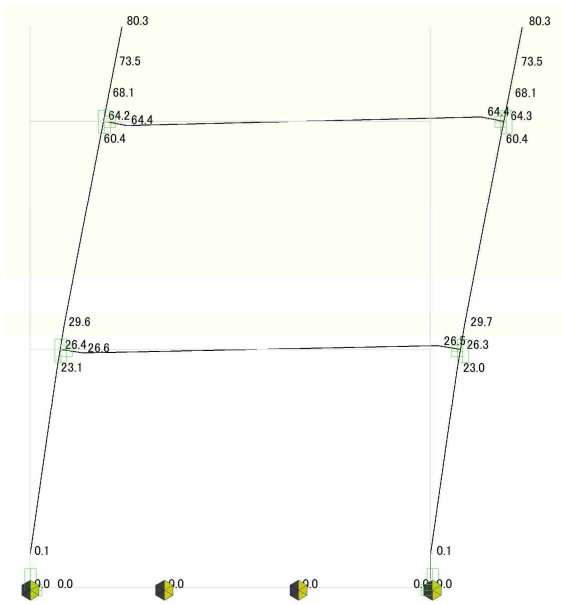


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレース柱モデル)

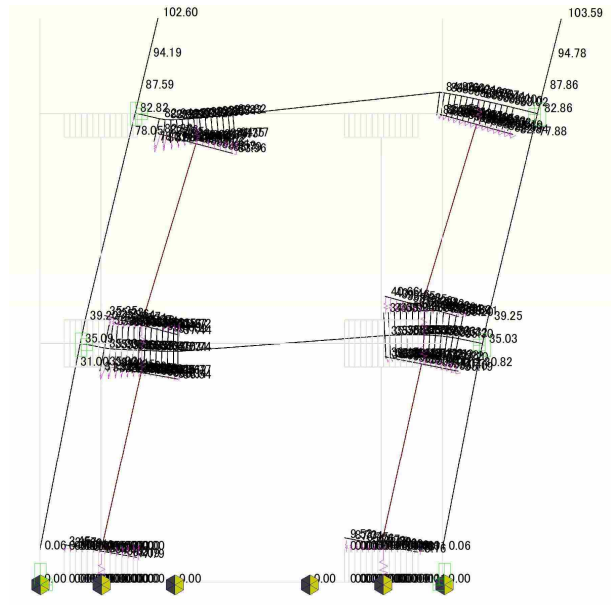
図 8.5.2.5 各解析モデルのせん断力図 (1/200) 単位 : kN

8.5.3. 1/50rad 時の変形、ヒンジ、応力図比較

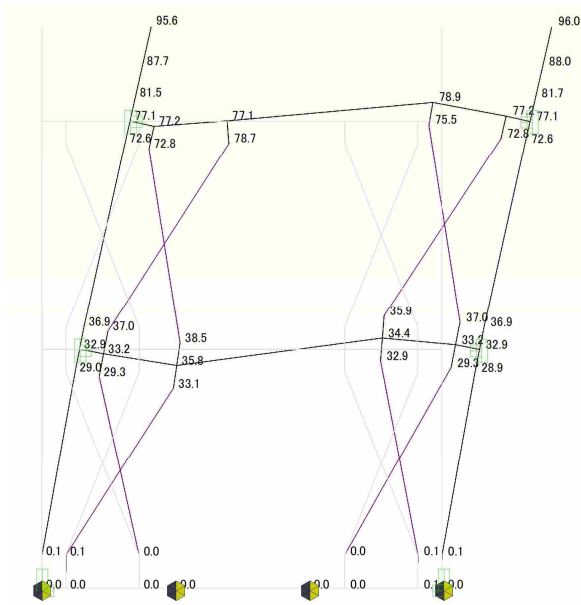
解析結果を以下に示す。



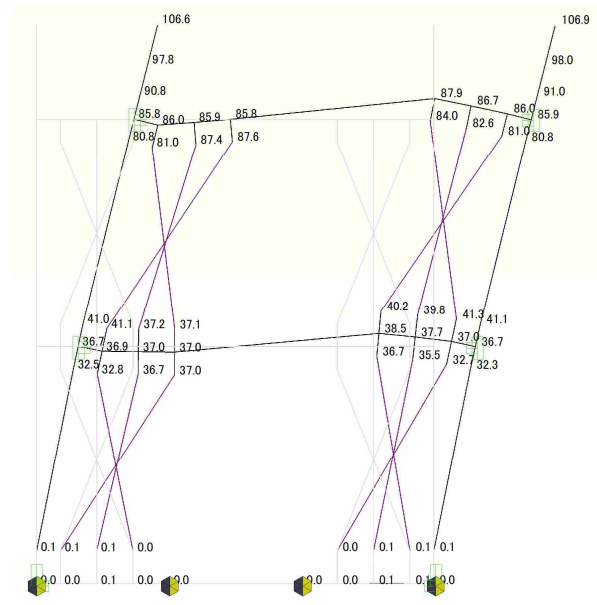
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)

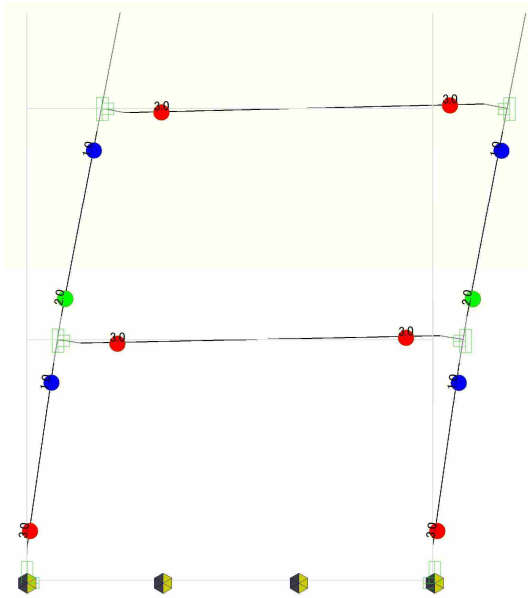


ラーメン+CLT 袖壁(圧縮ブレースモデル)

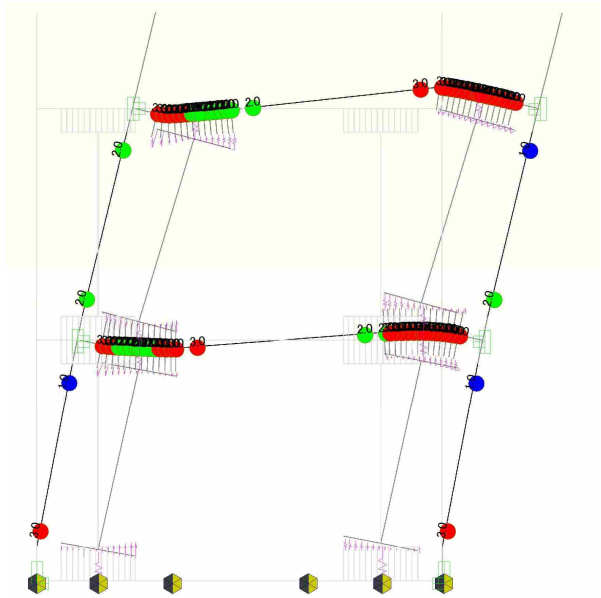


ラーメン+CLT 袖壁(圧縮ブレース柱モデル)

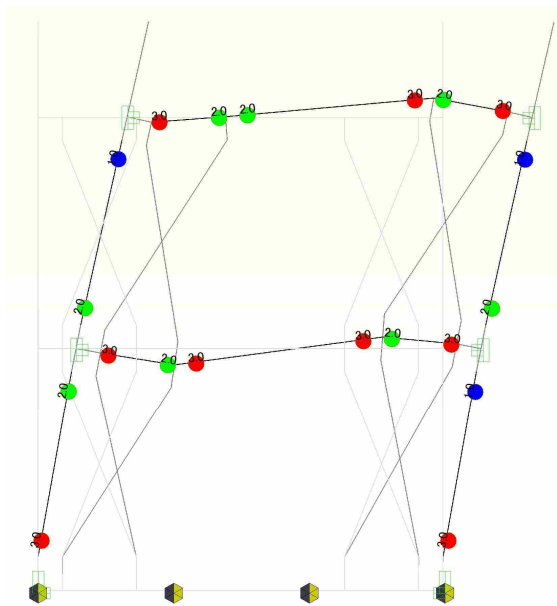
図 8.5.3.1 各解析モデルの変形図 (≒1/50rad)



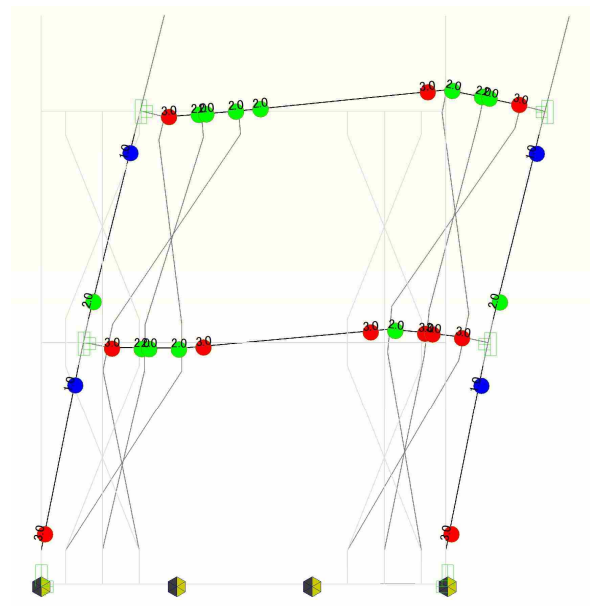
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)

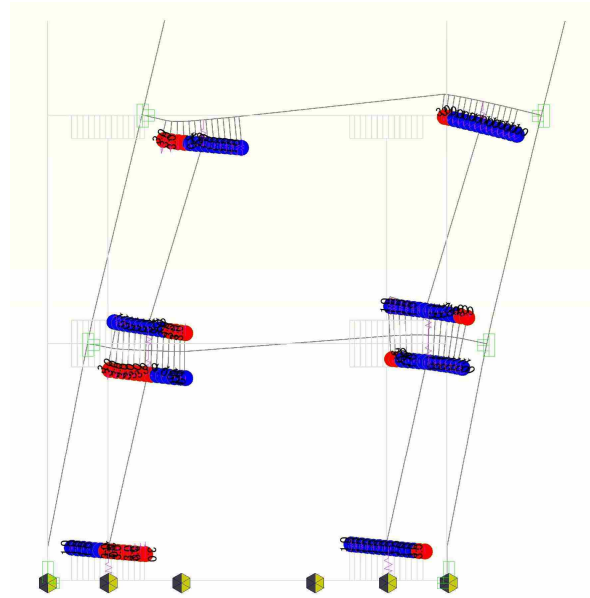


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレースモデル)



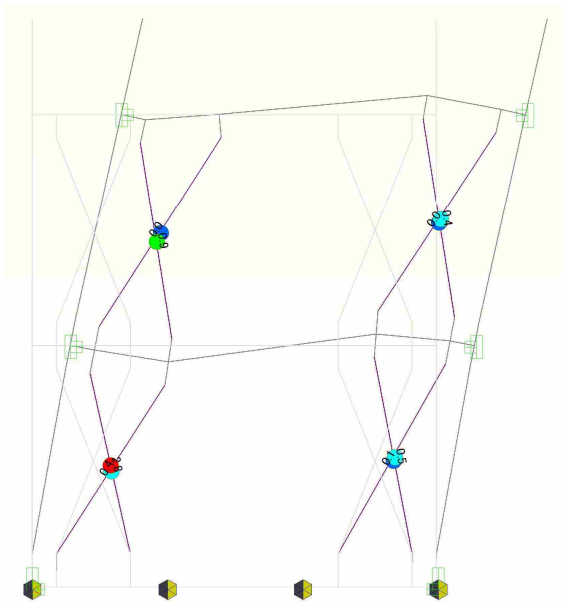
ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレース柱モデル)

図 8.5.3.2 各解析モデルの曲げヒンジ図 (1/50rad)

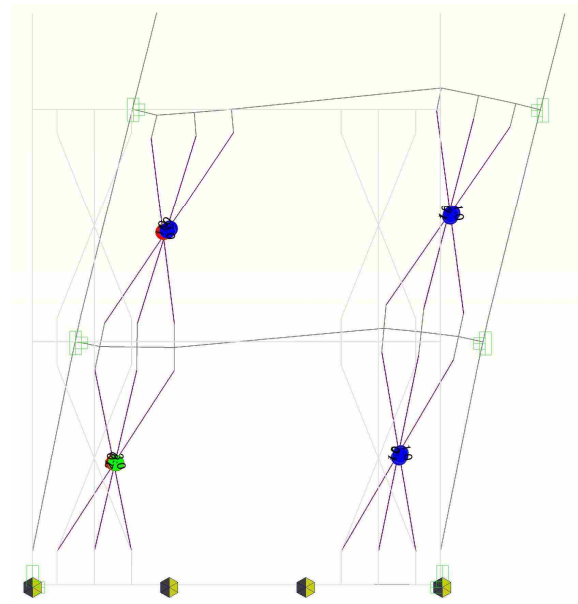


ラーメン

ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)

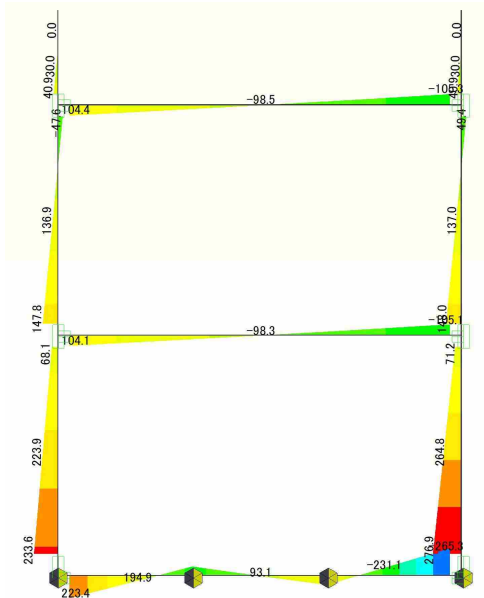


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮トラスモデル)

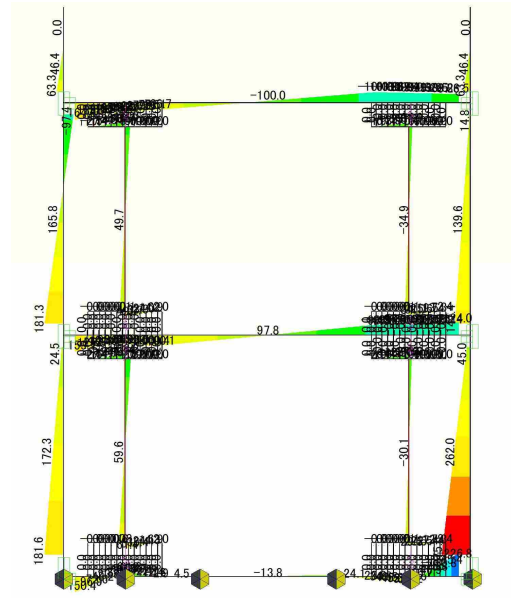


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮トラス柱モデル)

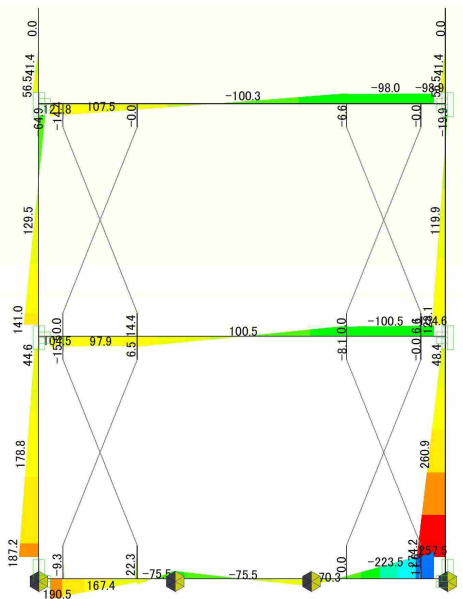
図 8.5.3.3 各解析モデルの軸圧縮ヒンジ図 (1/50rad)



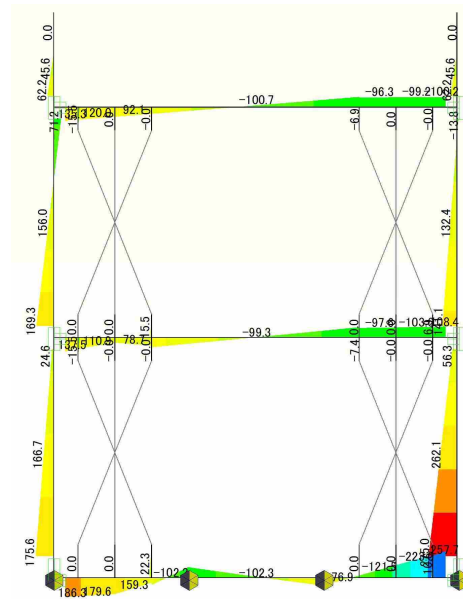
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)

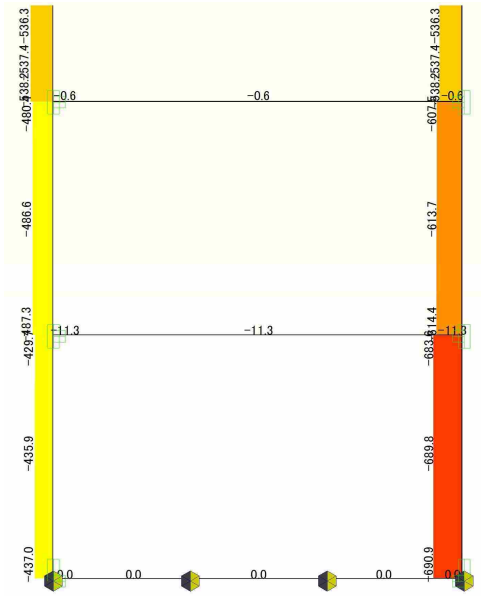


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレースモデル)

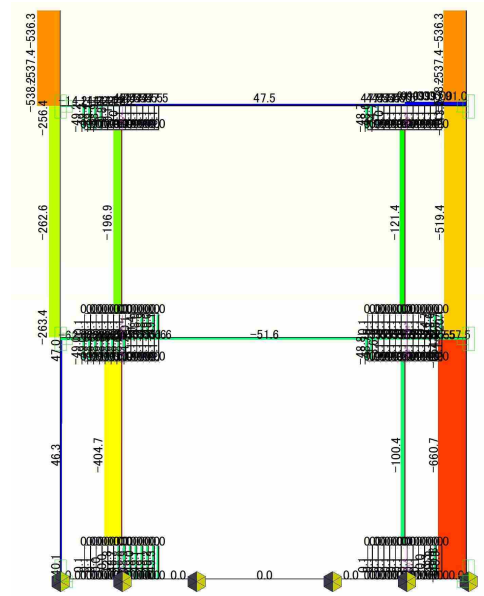


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレース柱モデル)

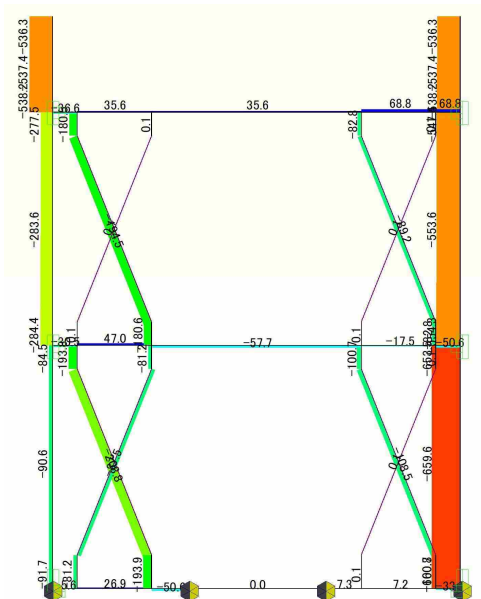
図 8.5.3.4 各解析モデルの曲げモーメント図 (1/50rad) 単位 : kN・m



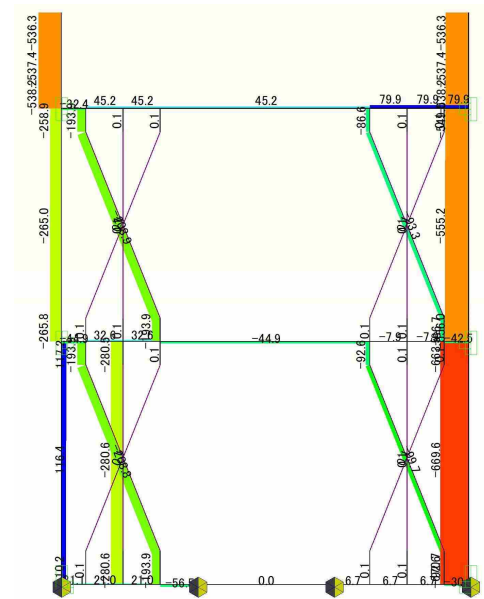
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)

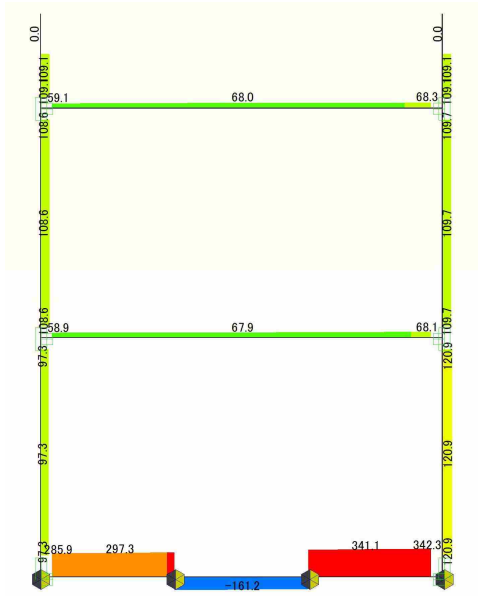


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレースモデル)

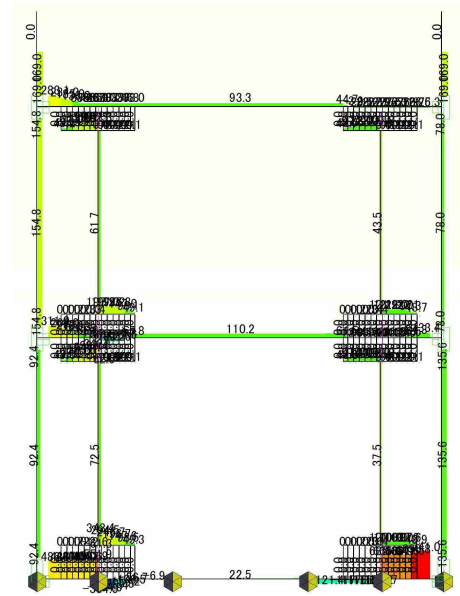


ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレース柱モデル)

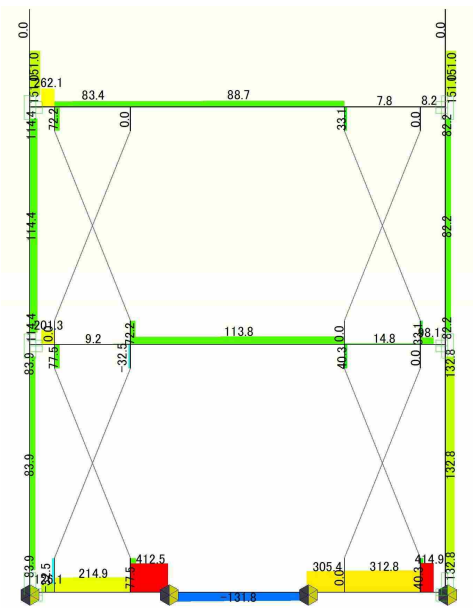
図 8.5.3.5 各解析モデルの軸力図 (1/50rad) 単位 : kN



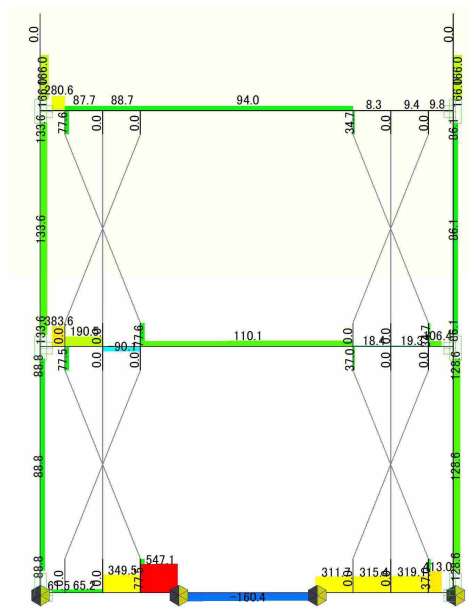
ラーメン



ラーメン+CLT 袖壁 (詳細モデル)



ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレースモデル)



ラーメン+CLT 袖壁 (圧縮ブレース柱モデル)

図 8.5.3.6 各解析モデルのせん断力図 (1/50rad) 単位 : kN

8.6. 解析結果まとめ

以上より、精度を高めるため、水平方向に等価な性能を図った圧縮ブレースモデルに対して、鉛直方向の性能も概ね等価とするため圧縮専用柱要素を追加した「圧縮ブレース柱モデル」は、詳細モデルと剛性及び終局耐力が概ね等価であり、各変形角における応力状態も詳細モデルと概ね対応することを確認した。

以上より、精度が確認された「圧縮ブレース柱モデル」を用いて、モデルプランの設計を行う。