

令和3年度 木材産業・木造建築活性化対策のうち  
CLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業のうち  
CLT・LVL等を活用した建築物低コスト化・検証等

## CLTパネル工法の構造計算のモデル化手法、 階数制限緩和、プログラム開発に向けた検討

### 事業報告書

令和4年3月

一般社団法人 日本CLT協会  
公益財団法人 日本住宅・木材技術センター

CLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業のうち CLT・LVL等を活用した建築物低コスト化・検証等  
CLT パネル工法の構造計算のモデル化手法、階数制限緩和、プログラム開発に向けた検討 事業報告書

## 目 次

<b>第1章 はじめに</b> .....	第1章-1
1. 1 事業の目的.....	第1章-1
1. 2 実施概要.....	第1章-1
1. 3 実施体制.....	第1章-2
<b>第2章 構造計算モデルの簡略化</b> .....	第2章-1
2. 1 基本方針.....	第2章-2
2. 2 簡易モデル概要と検討対象.....	第2章-2
2. 2. 1 簡易モデル概要.....	第2章-2
2. 2. 2 検討対象と適用範囲.....	第2章-55
2. 3 大版パネル架構②の簡易モデル.....	第2章-56
2. 3. 1 検証方針.....	第2章-56
2. 3. 2 解析パラメータ.....	第2章-56
2. 3. 3 静的解析による検証.....	第2章-57
2. 3. 4 まとめ.....	第2章-92
2. 4 6層までを対象とした簡易モデルの適用性.....	第2章-95
2. 4. 1 検証方針.....	第2章-95
2. 4. 2 解析パラメータ.....	第2章-95
2. 4. 3 静的解析による検証.....	第2章-96
2. 4. 4 まとめ.....	第2章-174
2. 5 その他架構形式の簡易モデル.....	第2章-179
2. 5. 1 検証方針.....	第2章-179
2. 5. 2 解析パラメータ.....	第2章-179
2. 5. 3 静的解析による検証.....	第2章-180
2. 5. 4 まとめ.....	第2章-216
2. 6 小幅パネル架構を対象とした保有水平耐力計算の簡易モデル.....	第2章-219
2. 6. 1 検証方針.....	第2章-219
2. 6. 2 解析パラメータ.....	第2章-222
2. 6. 3 荷重増分解析による検証.....	第2章-223
2. 6. 4 まとめ.....	第2章-244
2. 7 水平構面の簡易モデル.....	第2章-245
2. 7. 1 検証方針.....	第2章-245
2. 7. 2 解析パラメータ.....	第2章-254
2. 7. 3 静的解析による検証.....	第2章-254
2. 7. 4 まとめ.....	第2章-280
2. 8 まとめ.....	第2章-281
<b>第3章 一貫構造計算プログラムを用いた簡易モデル検討</b> .....	第3章-1
3. 1 基本方針.....	第3章-1
3. 2 簡易モデル概要と検討対象.....	第3章-1
3. 2. 1 簡易モデル概要.....	第3章-1
3. 2. 2 検討対象と適用範囲.....	第3章-1
3. 3 静的解析による検証.....	第3章-2

3. 3. 1	解析モデル	第 3 章-2
3. 3. 2	解析結果	第 3 章-3
3. 4	まとめ	第 3 章-14
<b>第 4 章</b>	<b>高さ方向の緩和検討</b>	<b>第 4 章-1</b>
4. 1	目的	第 4 章-1
4. 2	適用範囲	第 4 章-2
4. 3	Ds,Rf の評価方法	第 4 章-2
4. 3. 1	許容耐力時、終局時の定義	第 4 章-2
4. 3. 2	等価一自由度系に関する諸量	第 4 章-2
4. 3. 3	Ds の評価方法	第 4 章-2
4. 3. 4	Rf の評価方法	第 4 章-3
4. 4	垂壁・腰壁一壁接合部のモデル化	第 4 章-4
4. 4. 1	検討方法	第 4 章-4
4. 4. 2	解析諸元	第 4 章-4
4. 4. 3	増分解析結果と構面試験結果の比較	第 4 章-5
4. 5	2次元モデルによる増分解析ケーススタディ	第 4 章-6
4. 5. 1	検討方法	第 4 章-6
4. 5. 2	解析諸元	第 4 章-6
4. 5. 3	解析結果	第 4 章-10
4. 5. 4	解析結果まとめ	第 4 章-47
4. 5. 5	今後の課題	第 4 章-52
4. 6	まとめ	第 4 章-52
<b>第 5 章</b>	<b>プログラム開発に向けた調査</b>	<b>第 5 章-1</b>
5. 1	背景	第 5 章-1
5. 2	目的	第 5 章-1
5. 3	実施内容	第 5 章-1
5. 4	構造設計者が行う解析手法における現状の把握	第 5 章-2
5. 4. 1	モデル設計例 4 階建て共同住宅の概要	第 5 章-2
5. 4. 2	モデル設計例を活用したモデリングについて	第 5 章-3
5. 4. 3	課題・まとめ	第 5 章-18
5. 5	一貫構造計算システム開発についての調査	第 5 章-20
5. 5. 1	調査方法	第 5 章-20
5. 5. 2	提案依頼書について	第 5 章-21
5. 6	まとめ	第 5 章-27
5. 6. 1	構造設計者が行う解析手法における現状の把握	第 5 章-27
5. 6. 2	一貫構造計算システム開発についての調査	第 5 章-27
<b>第 6 章</b>	<b>まとめ</b>	<b>第 6 章-1</b>

巻末資料

資料 1 CLT パネル工法向け一貫構造計算システムの開発に向けた提案依頼書

巻末資料 (付録 CD)

参考 2-1 モデル設計例 4 階建て共同住宅 設計図書 (意匠図)  
 資料 2-2 モデル設計例 4 階建て共同住宅 設計図書 (構造図)  
 資料 2-3 モデル設計例 4 階建て共同住宅 構造検討書

# 第1章 はじめに

## 1. 1 事業の目的

中大規模建築物の木造化を普及・推進してゆくにあたっては、CLT パネル工法は有効な構造方法である。しかし、既存の軸組構法が手計算で解析できるのに対して、現状の CLT パネル工法の構造計算は、一般的に普及していない解析ソフトを用いて、複雑で先の見通しの立て難い手間のかかる解析作業を必要としている。この解析作業の大変さは、他構造をメインとする構造設計者の参入意欲を減じ、構造設計者の裾野が広がらない状況とし、CLT パネル工法普及の障害になっている。

よって、CLT パネル工法の構造計算方法を改良し、構造計算ルートの適用範囲の拡充と構造計算方法の合理化を行い、意匠設計者、構造設計者共に CLT パネル工法を扱いやすい環境を整え、CLT パネル工法の普及を図ることが目的である。

CLT パネル工法の構造計算合理化のためには、一般的なラーメン構造用フレームモデル等と同様な形式を持つ、簡易な構造設計用モデルを構築するためのモデル化手法が必要であり、このための簡易モデルについては、令和 2 年度事業においてモデル化の提案と基礎的検証を終了している。

令和 3 年度は、令和 2 年度に提案された簡易モデルを汎用化させるために必要な、モデル要素の設定位置、剛域設定、パラメータの設定手法等を内容とするモデル化手法の開発を行う。

次に、精緻な MS モデル・壁エレメントモデルや簡易モデル等を用いて、構造計算ルート 2 の見直しを行い、合理的な応力割増係数の設定などを行うことにより、現状のルート 2 の階数緩和など適用範囲の拡大を目指す。

## 1. 2 実施概要

### (1) 検討委員会の開催等

学識経験者、設計実務者等により構成される検討委員会を設置し、CLT パネル工法の構造計算方法の合理化、適用範囲拡大の検証等について検討する。

### (2) 簡易モデル化手法の整備

許容応力度等計算（構造計算ルート 2）に使用できる構造計算用モデルについて、そのモデル化手法の整備（定型化）に向けた構造形式等の適用範囲について検討する。

- ・保有水平耐力計算（構造計算ルート 3）に使用できる CLT パネル工法の特徴を反映した簡易な構造計算用モデルについて、検討を行う。
- ・簡易な構造計算モデルの妥当性を確認するための実験的検討を行う。

### (3) CLT パネル工法の構造計算用ルート 2 の階数緩和など適用範囲の拡大の検討

精緻な MS モデルや簡易モデル、既存の実験結果等を用いて、構造計算ルート 2 の見直しを行い、適切な構造特性係数や応力割増係数の算定などを行い、CLT パネル工法構造計算ルート 2 の階数緩和など適用範囲拡大に関して検討を行う。

### (4) 簡易モデルを用いたプログラム開発に向けた検討

プログラム開発に向けて現状の具体的問題点の把握と、必要事項の整理、ソフトの計算フローとアルゴリズム構成などの検討を実施する。(2)で提案する簡易モデルを用いた CLT 工法の一貫構造計算プログラム開発に向け、市販の構造計算プログラムメーカー数社に対し、以下の依頼をする。

- A) 必要な入力項目の整理
- B) 入力インタフェースのイメージ図作成
- C) 計算方法
- D) 構造計算書出力項目および出力イメージ図作成
- E) 必要なデータベース

最終的には、上記の点を含めたプログラム開発費用を試算する。検討に際し、市販プログラムの一部改良で開発可能かも検討する。

#### (5) 成果の取りまとめ

これらの検討をもとに検討委員会において、「CLT パネル工法の構造計算用簡易モデル化手法」(案)を取りまとめる。

### 1. 3 実施体制

本事業は、学識経験者、構造設計実務者等により構成される検討委員会を設置して実施した。次項に委員会名簿を示す。委員会開催の実績は以下にて示す。

#### 委員会開催の実績

##### 第1回

日時：2021年6月23日(水) 18:00~19:30

場所：(一社)日本 CLT 協会事務局 (Web 併用)

##### 第2回

日時：2021年10月14日(木) 16:00~18:00

場所：(一社)日本 CLT 協会事務局 (Web 併用)

##### 第3回

日時：2022年2月25日(金) 15:00~17:00

場所：(一社)日本 CLT 協会事務局 (Web 併用)

## CLT パネル工法の構造計算のモデル化手法、階数制限緩和、プログラム開発に向けた検討委員会

### 委員名簿

(順不同、敬称略)

委員長	五十田 博	京大大学生存圏研究所 生活圏木質構造科学分野	教授
委員	前田 匡樹	東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻	教授
	中川 貴文	京大大学生存圏研究所 生活圏木質構造科学分野	准教授
	荒木 康弘	国土技術政策総合研究所 建築研究部	主任研究官
	中島 昌一	国立研究開発法人建築研究所 構造研究グループ	主任研究員
	三宅 辰哉	株式会社日本システム設計	代表取締役
	向井 昭義	公益財団法人日本住宅・木材技術センター	常勤理事兼試験研究所長
	飯島 敏夫	公益財団法人日本住宅・木材技術センター	参与兼認証部長
	鈴木 圭	木構造振興株式会社	主任研究員
行政			
	日向 潔美	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室	木材専門官
	増田 莉菜	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室	木材専門官
	納富 昭光	国土交通省住宅局参事官(建築企画担当)付	課長補佐
	野原 邦治	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室	企画専門官
コンサル			
	篠原 昌寿	株式会社構造計画研究所	構造設計 2 部
	都丸 貴文	株式会社ベクトル・ジャパン	設計事業部
	重山 遊	株式会社ベクトル・ジャパン	設計事業部
	中越 隆道	中越建築設計事務所一級建築士事務所	代表
オブザーバー			
	櫻井 郁子	株式会社日本システム設計	常務取締役
事務局			
	坂部 芳平	一般社団法人日本 CLT 協会	専務理事
	谷口 翼	一般社団法人日本 CLT 協会	開発技術部
	宿輪 桃花	一般社団法人日本 CLT 協会	開発技術部
	金子 弘	公益財団法人日本住宅・木材技術センター	専務理事兼研究技術部長
	伊巻 和貴	公益財団法人日本住宅・木材技術センター	首席研究員
	高橋 秀樹	公益財団法人日本住宅・木材技術センター	技術主任
	緒方 舞	公益財団法人日本住宅・木材技術センター	技術主任
	平野 陽子	株式会社ドットコーポレーション	代表取締役
	中村 亜弥子	株式会社ドットコーポレーション	取締役
	山崎 渉	株式会社ドットコーポレーション	

## 第2章 構造計算モデルの簡略化

### 2.1 基本方針

許容応力度等計算(ルート 2)による構造計算では数値解析に用いる構造モデルが必要であるが、CLT 設計施工マニュアル<sup>1)</sup>に例示される構造モデルは構成が複雑であり、構造設計者が CLT パネル工法を敬遠する一因となっている。令和2年度林野庁委託事業報告書<sup>2)</sup>において、3層までの小幅パネル架構を対象に CLT 接合部を回転バネと軸バネで置換した簡易モデルが提案され、現行の解析モデルとの比較検討によりその妥当性が確認された。本事業では令和2年度林野庁委託事業報告書<sup>2)</sup>で示された簡易モデルの適用範囲拡大を目的に、大版パネル架構<sup>2)</sup>、6層モデル、その他架構(集成材梁勝ち、鉄骨梁勝ち、通し壁)、小幅パネル架構の保有水平耐力計算への拡張、CLT 水平構面の簡易モデルについて検討した。

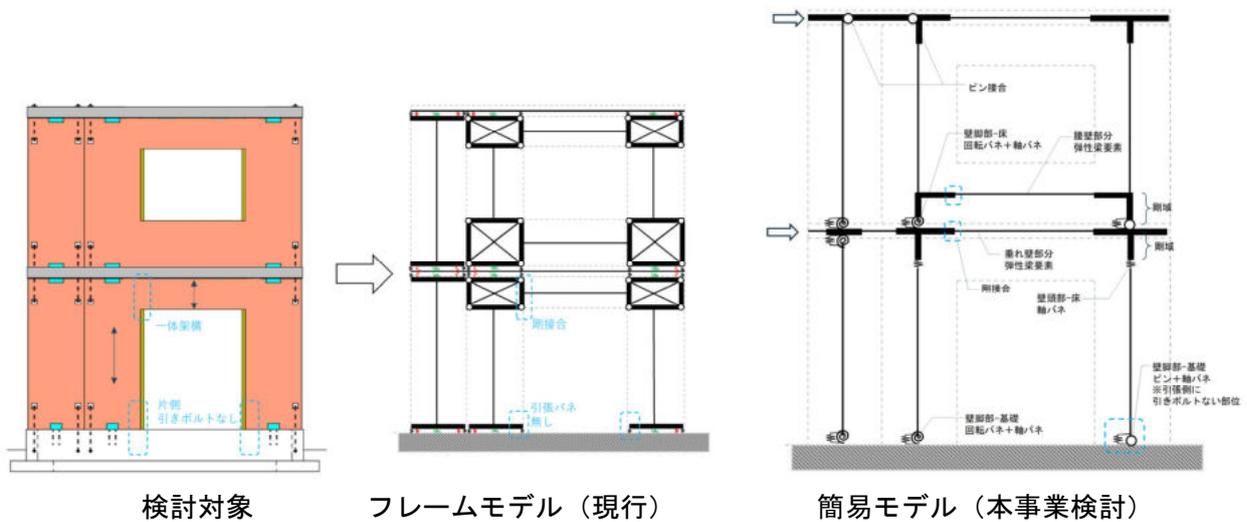


図 2.1-1 本事業における簡易モデルイメージ (例：大版パネル架構<sup>2)</sup>)

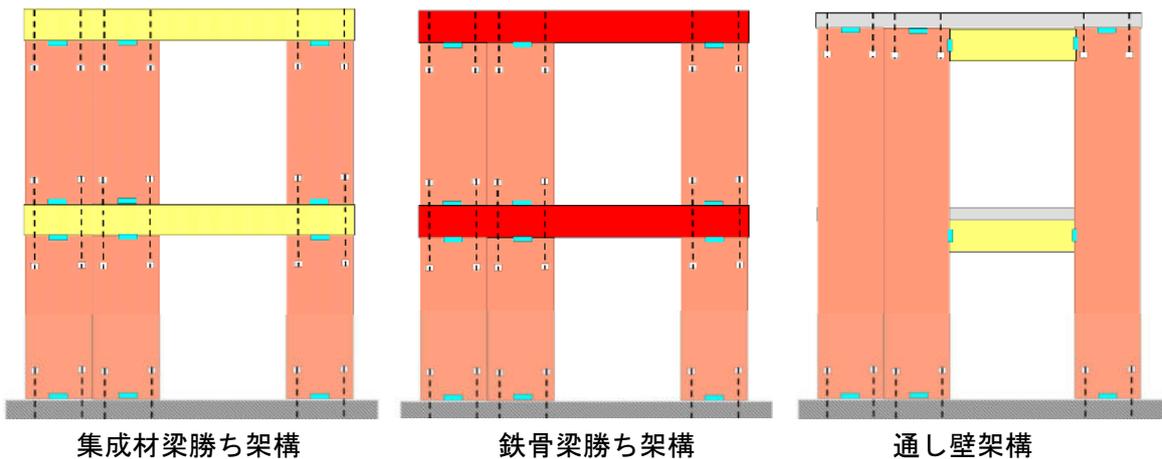


図 2.1-2 検討対象としたその他架構形式

#### 参考文献

- 1) 「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」(公財) 日本住宅・木材技術センター,2016
- 2) 令和2年度林野庁補助事業「令和2年度 中高層建築物を中心とした CLT 等の木質建築部材の利用促進事業のうち CLT 等の利用促進及び低コスト化の推進に係る技術開発・検証等 CLT パネル工法ルート2のモデル化、階数制限の緩和検討 事業報告書」

## 2. 2 簡易モデル概要と検討対象

### 2. 2. 1 簡易モデル概要

詳細モデルは精度よく CLT パネル工法の耐力発現機構を再現できるが、接合部に圧縮専用バネや引張専用バネなどの非線形バネを用いなければならないこと、節点数および要素数が多くなることなど、モデル化における煩雑さがある。そこで、簡易モデルの基本方針は令和 2 年度林野庁委託事業報告書<sup>2)</sup>と同様、安全な建物を設計することを大前提に、従来までの正確なモデル化にこだわらず、実務者が他構造で馴染みのあるモデル化手法と同等の解析モデルを構築する方針とする。

簡易モデルでは、煩雑な CLT 端部接合部を、梁要素の材端回転バネや軸バネに置き換えることを基本的に考える。ここでは、検討対象とした鉛直構面として、令和 2 年度林野庁委託事業報告書<sup>2)</sup>で検討された小幅パネル架構の簡易モデルについて変更点を含めて改めて示し、本報告書で追加検討した大版パネル架構<sup>2)</sup>、その他架構（集成材梁勝ち、鉄骨梁勝ち、通し壁）の簡易モデルを説明する。

#### (1) 小幅パネル架構

小幅パネルを対象とした簡易モデルの概要を次項に示す。令和 2 年度林野庁委託事業報告書<sup>2)</sup>から精度を向上させるため主に 3 つの変更を行っている。以下に変更点の概要を述べ、詳細は次項以降に示す。

1 つは腰壁のモデル化である。令和 2 年度林野庁委託事業報告書<sup>2)</sup>ではより部材数の少ないモデルを目指して床芯レベルに垂れ壁と腰壁の性能を足し合わせた性能を想定していたが、上下の壁パネルの応力分担の精度が悪くなるケースが確認された。一方で近年の一貫構造計算プログラムは任意レベルへ梁材の入力が可能となっているものも存在することから、今年度は主たる層として床芯レベルに垂れ壁を入力し、腰壁は腰壁の芯位置に別途入力している。なお、モデル簡易化に重きを置き、基本的には CLT 床パネルは面外方向に期待しないものとして床芯レベルに垂れ壁をモデル化しているが、より精度を求める場合は、床芯レベルに床要素を配置（面外方向に期待しない場合は両端ピンとする）し、垂れ壁芯レベルに垂れ壁を入力することも考えられる。

2 つ目は、壁基礎接合部及び壁床接合部の回転バネの変更である。令和 2 年度林野庁委託事業報告書<sup>2)</sup>では CLT 設計施工マニュアル<sup>1)</sup>に準拠し、壁パネルの隅角部に引張バネと圧縮バネを配置する場合の低減係数  $R=0.83$  を用いて回転バネを算出していた。本事業では文献<sup>3)</sup>を参考に、引張接合部と圧縮側支圧抵抗の力と変形の釣合いより中立軸を算定し回転バネを算出する方法とした。また比較対象とする詳細モデルも、簡易モデルと条件を合わせるため、圧縮バネは MSS モデルとして分散配置したモデルとした。

3 つ目は、最上階以外の連続壁間の接合方法である。令和 2 年度林野庁委託事業報告書<sup>2)</sup>では圧縮ストラット<sup>1)</sup>に相当する局所変形をせん断バネ若しくは水平梁要素の等価曲げ性能として検討したが、本事業では後述する梁勝ち架構との簡易モデルと連続性に配慮し、適切な剛域を設定した有効幅 1.0m の床要素でモデル化し、かつ、壁頭部に壁床回転バネを設けるように変更する。これは壁-直交壁の応力伝達も同様であるため同様にモデル化を行う。剛域の設定については、実際には応力状態や床要素の性能とそれに接続される袖壁要素などとの関係から剛域長さは変化することが知られている<sup>4)</sup>が、本報告書では後述するスタディの結果に基づき暫定的な数値を採用している。そのため、本検討範囲を超える場合には注意をして設定する必要がある。なお、圧縮ストラットが期待できるため床要素の断面算定は対象外でよい<sup>1)</sup>。

---

#### 参考文献

3) 稲山正弘：引きボルト式木造ラーメン柱脚接合部の設計法に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 621-622,2013.8

4) 北川敦他：水平力を受ける鉄筋コンクリート架構の剛域に関する研究、日本建築学会技術報告集 第 12 巻 第 63 号,73-78,2001.1

表 2.2.1-1 各部位の簡易モデル化方法（小幅パネル架構）

No.	部位・部材	モデル化方法
①	袖壁（壁パネル）	エレメント置換（梁要素および上部剛梁要素）
②	壁-基礎接合部	材端バネ（回転バネ+軸バネ）※軸バネは圧縮・引張の平均値
③	壁-床接合部	材端バネ（回転バネ+軸バネ）※軸バネは圧縮・引張の平均値として壁頭壁脚に振り分ける。なお、連続壁間は回転バネを壁頭にも設ける。
④a	垂壁	梁要素（床芯レベルに入力）※床要素はモデル化しない
④b	腰壁	梁要素（腰壁芯レベルに入力）
⑤	垂壁・腰壁接合部	材端バネ（回転バネ）、垂壁・腰壁せいの 1/2 までを剛域に設定
⑥	壁-直交壁間の接合 連続壁間の接合 （最上層以外）	床要素の面外曲げせん断を介しての応力伝達を想定し、適切な剛域を設定した床要素（CLT マニュアルに準拠し有効幅 1.0m とする）による接合。ただし、CLT マニュアルに準拠し、床を介して壁壁間の圧縮ストラットが見込めるため断面算定対象外とする。
⑦	壁-直交壁間の接合 連続壁間の接合 （最上層以外）	原則床に応力負担を期待しないため、両端ピン要素で接合。ただし、積極的に床要素に応力負担を期待する場合は⑥を参考にモデル化してもよい。
その他		原則床はモデル化せず、断面算定対象外部材とする（床版の面外剛性・面外耐力は無視する（0 とする）） 応力解析上、各せん断金物接合部のせん断剛性は考慮しない（剛とする）

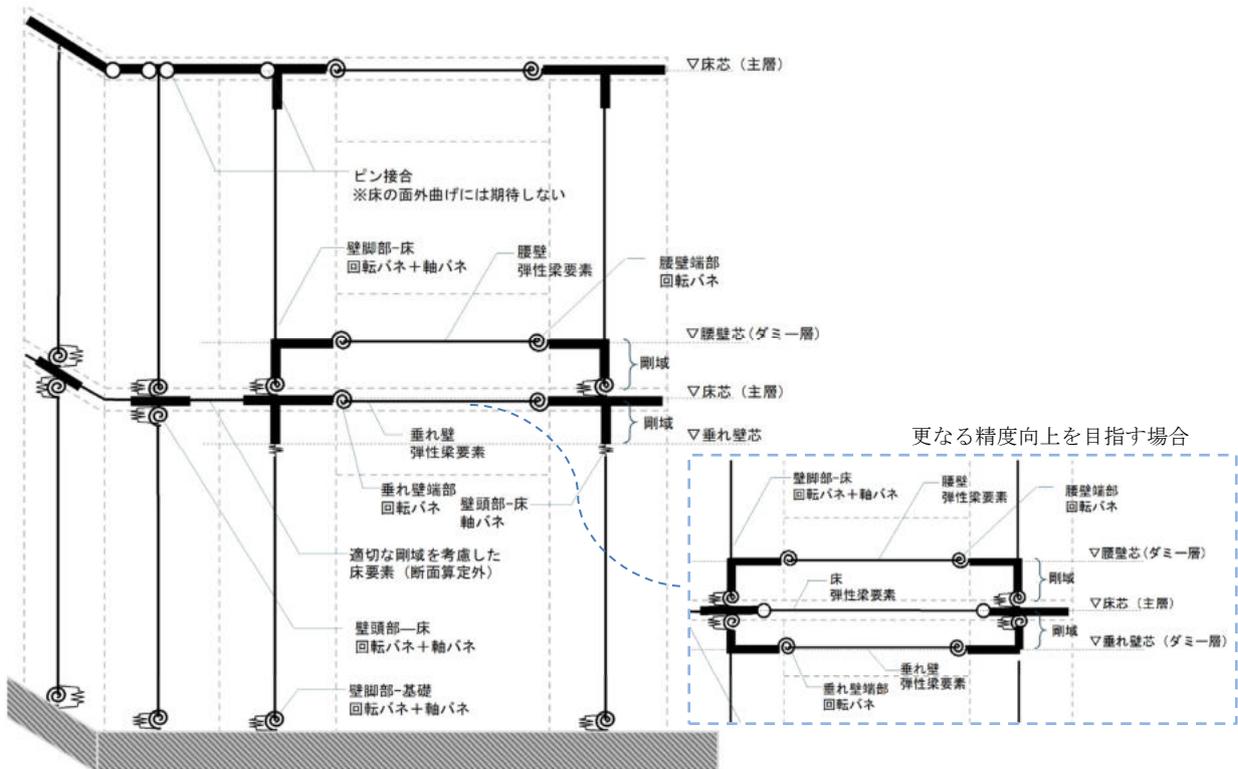


図 2.2.1-1 簡易モデル概要（小幅パネル架構）

(ア) 壁 - 基礎接合部のモデル化方法

壁・基礎接合部は詳細モデルにおいて、非線形の軸バネである圧縮専用バネおよび引張専用バネ、せん断接合部を表したせん断バネで構成される。簡易モデルでは以下に示すように、これらのバネを一つの回転バネと軸バネに置き換える。これにより詳細モデルでは節点間バネでしか入力できなかったモデルが、より簡単な材端バネとして設定することが可能となる。なお、簡易モデルは接合部のせん断剛性は考慮しない。

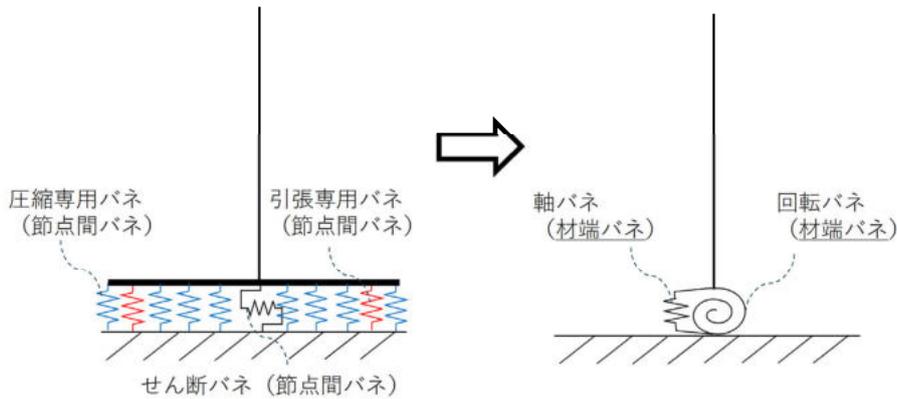


図 2.2.1-2 壁基礎接合部の簡易モデル化概要

壁・基礎接合部の回転バネの算出方法を以下に示す。簡単のため、軸力がない状態を考える。CLT 壁脚部は、曲げモーメント  $M$  に対し、引張接合部の引張力と CLT 基礎端部の支圧力が抵抗する。下図のように支圧力の合力を  $P_c = \sum N$ 、CLT 壁の圧縮側最外縁の変形量を  $\delta_c$ 、引張接合部の引張力を  $P_t$ 、変形量を  $\delta_t$  とし、CLT 壁端部は平面保持の仮定が成り立つとすると、引張接合部の引張力  $P_t$  と支圧力の合力  $P_c = \sum N$  は次式で表される。

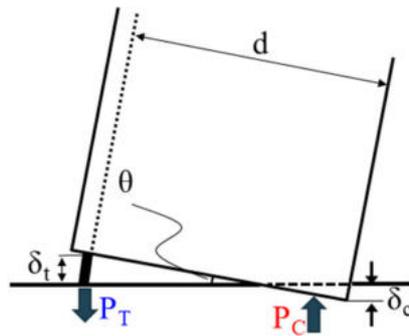


図 2.2.1-3 壁基礎接合部の回転剛性算出の概要図

$$P_t = K_{wt} \cdot \delta_t \tag{式 2.2.1-1}$$

$$P_t = P_c = \sum N \tag{式 2.2.1-2}$$

ここで、 $K_{wt}$  : 引張接合部の引張剛性

次に鉄筋コンクリートと同様に力と変形の釣合い条件により圧縮側縁から中立軸までの距離  $x_n$  を求める。

$$\sum N = \frac{1}{2} x_n^2 \cdot t \cdot k_e \cdot \theta \quad (\text{式 2.2.1-3})$$

$$\delta_t = P_t \left( \frac{1}{K_{wt}} \right) \quad (\text{式 2.2.1-4})$$

ここで、 $k_e$  : 壁パネルの支圧剛性(=  $15.6 \text{ N/mm}^3$ ) ※CLT 設計施工マニュアル<sup>1)</sup>に準拠

$t$  : 壁厚

$d$  : 引張接合部から壁パネル圧縮縁までの距離

力の釣合いより

$$\sum N = P_t \quad (\text{式 2.2.1-5})$$

変形の釣合いより

$$(d - x_n)\theta = \delta_t \quad (\text{式 2.2.1-6})$$

上記より得られた 2 次方程式を解く。

$$\frac{1}{2} x_n^2 \cdot t \cdot k_e \cdot \theta = \frac{(d - x_n)\theta}{\left( \frac{1}{K_{wt}} \right)} \quad (\text{式 2.2.1-7})$$

$$\frac{1}{2} \cdot t \cdot k_e \cdot x_n^2 + K_{wt} \cdot x_n - K_{wt} \cdot d = 0 \quad (\text{式 2.2.1-8})$$

これより

$$a = \frac{1}{2} \cdot t \cdot k_e \quad (\text{式 2.2.1-9a})$$

$$b = K_{wt} \quad (\text{式 2.2.1-9b})$$

$$c = -K_{wt} \cdot d \quad (\text{式 2.2.1-9c})$$

とおくと、圧縮側縁から中立軸までの距離  $x_n$  が算出できる

$$x_n = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (\text{式 2.2.1-10})$$

次に応力中心間距離  $j$  は以下となる

$$j = d - \frac{1}{3} x_n \quad (\text{式 2.2.1-11})$$

壁脚モーメントと回転角  $\theta$  の関係は

$$M = \sum N \cdot j = P_t \cdot j = \frac{(d - x_n)\theta}{\left( \frac{1}{K_{wt}} \right)} \cdot j \quad (\text{式 2.2.1-12})$$

回転剛性  $K_{w\theta}$  は

$$K_{w\theta} = \frac{M}{\theta} = \frac{(d - x_n)}{\left( \frac{1}{K_{wt}} \right)} \cdot j = K_{wt} (d - x_n) \cdot \left( d - \frac{1}{3} x_n \right) \quad (\text{式 2.2.1-13})$$

次に壁-基礎接合部の軸バネ剛性の算出方法を以下に示す。簡単のため、軸剛性 $K_{WA}$ は引張接合部の引張剛性と圧縮接合部の圧縮剛性の平均値を用いる。

全面 $K_{wc}$  : 圧縮接合部の圧縮剛性 ( $K_{wc} = k_e \cdot A_c$ )

$A_c$  : 支圧面積 (壁パネルの厚さ  $t \times B$  とする) ※ $B$  : 壁幅

$n$  : 引張接合本数

$$K_{WA} = \frac{n \cdot K_{wt} + \text{全面}K_{wc}}{2} \quad (\text{式 2.2.1-14})$$

(イ) 壁 - 床接合部のモデル化方法

壁-床接合部も基本的に壁-基礎接合部と同様に簡易モデル化を図る。壁基礎接合部と異なるパラメータは以下に示すように支圧剛性がめり込み剛性となる。

$k_e$  : 床パネルのめり込み剛性(= $\frac{E_{90}}{Z_0} N/mm^3$ とする) ※CLT 設計施工マニュアル ①に準拠

$E_{90}$  : 床パネルラミナの繊維直交方向のヤング係数

(繊維並行方向のヤング係数の 1/30 とする) ※CLT 設計施工マニュアル ①に準拠

$Z_0$  : 床パネルの厚さ ※CLT 設計施工マニュアル ①に準拠

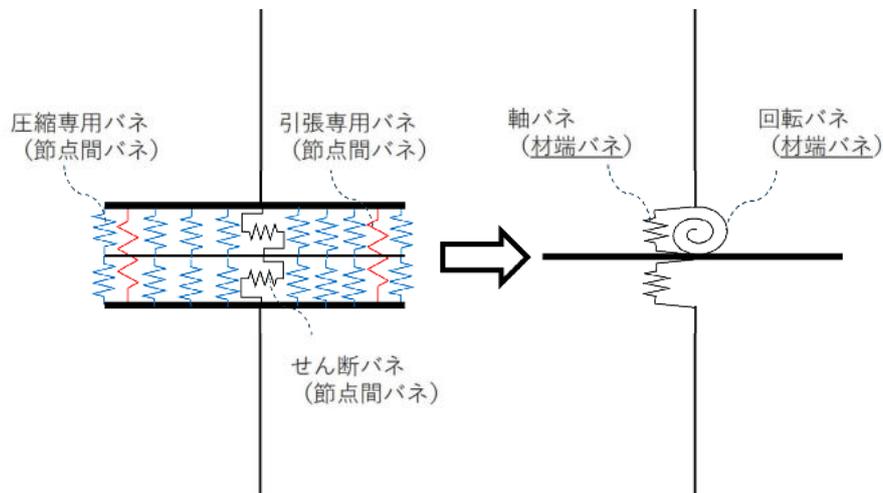


図 2.2.1-4 壁床接合部の簡易モデル化概要

次に壁-床接合部の軸バネ剛性の算出方法を以下に示す。簡単のため、軸剛性 $K_{WA}$ は引張接合部の引張剛性と圧縮接合部の圧縮剛性の平均値を用いる。なお、軸バネは壁頭壁脚にそれぞれ設けるため、剛性を 2 倍して配置する

全面 $K_{wc}$  : 圧縮接合部の圧縮剛性 ( $K_{wc} = k_e \cdot A_c$ )

$A_c$  : 支圧面積 (壁パネルの厚さ  $t \times B$  とする) ※ $B$  : 壁幅

$n$  : 引張接合本数

$$K_{WA} = 2 \times \frac{n \cdot K_{wt} + \text{全面}K_{wc}}{2} \quad (\text{式 2.2.1-15})$$

(ウ) 壁 - 垂れ壁(腰壁) 接合部のモデル化方法

壁・垂れ壁(腰壁)接合部は詳細モデルにおいて、非線形の軸バネである圧縮専用バネおよびせん断接合部を表したせん断バネで構成される。簡易モデルでは以下に示したように、これらの垂壁・腰壁端部の回転バネに置き換え、回転剛性を設定する。なお、簡易モデルは接合部のせん断剛性は考慮しない。

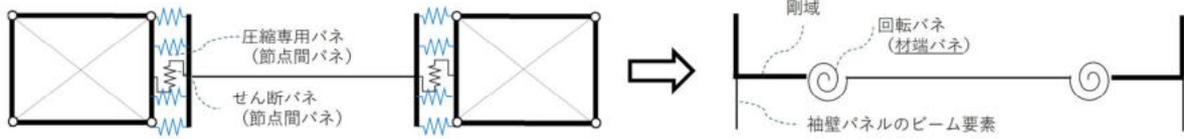


図 2.2.1-5 壁垂れ壁(腰壁)接合部の簡易モデル化概要

垂壁・腰壁接合部の回転バネ剛性の算出方法を以下に示す。垂壁・腰壁端部は曲げモーメント  $M$  に対して、垂壁・腰壁間の支圧力  $C_L$  と  $C_R$  で抵抗する。ここで、 $C_L = C_R$  とする。下図のように垂壁圧縮端部から回転中心までの距離を  $x$  とし、 $x = \frac{Ht}{2}$  と仮定する。圧縮端部のめり込み変位を  $\delta$  とすると、壁・垂壁間回転角  $\theta$  は次式で表される。

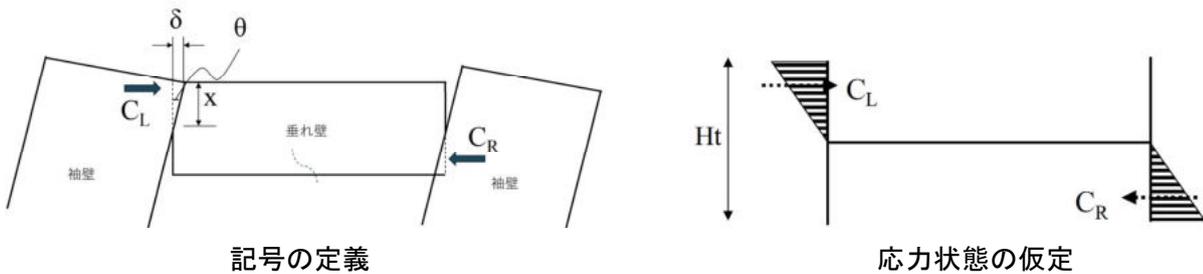


図 2.2.1-6 壁垂れ壁(腰壁)接合部の簡易モデル化概要

$$C_L = \sum N = \frac{1}{2} \left( \frac{Ht}{2} \right)^2 \cdot t \cdot k_e \cdot \theta \quad (\text{式 2.2.1-16})$$

次に応力中心間距離  $j$  は以下とする

$$j = \frac{2}{3} \left( \frac{Ht}{2} \right) \quad (\text{式 2.2.1-17})$$

壁脚モーメントと回転角  $\theta$  の関係は

$$M = \sum N \cdot j = \frac{1}{2} \left( \frac{Ht}{2} \right)^2 \cdot t \cdot k_e \cdot \theta \cdot j \quad (\text{式 2.2.1-18})$$

回転剛性  $K_{w\theta}$  は

$$K_{w\theta} = \frac{M}{\theta} = \frac{1}{2} \left( \frac{Ht}{2} \right)^2 \cdot t \cdot k_e \cdot j = \left( \frac{Ht^3}{24} \right) \cdot t \cdot \frac{1.5E_{90}}{Z_0} \quad (\text{式 2.2.1-19})$$

ここで、 $t$ : 壁厚

$k_e$ : 壁 - 垂れ壁のめり込み剛性(=  $\frac{1.5E_{90}}{Z_0} N/mm^3$  とする) ※CLT 設計施工マニュアル<sup>1)</sup>に準拠

$E_{90}$  : 床パネルラミナの繊維直交方向のヤング係数  
 (繊維並行方向のヤング係数の 1/30 とする)  
 $Z_0$  : ラミナ幅

※CLT 設計施工マニュアル ①に準拠  
 ※CLT 設計施工マニュアル ①に準拠

(エ) 水平方向に連続した壁間のモデル化方法

水平方向に壁パネルを連続的に配置する場合の簡易モデル化方法を以下に示す。詳細モデルでは壁床接合部の圧縮バネと引張バネが、床要素を介して力が伝達される。簡易モデルでは、基本的には床要素の面外方向への応力負担を期待しないことから、最上階については両端ピン要素でつなぎ、床による曲げ戻しに期待しないモデルとする。最上階以外では、床パネルを介しての応力伝達ではあるが床パネル内に圧縮ストラットが形成されるためこの部分の床要素の断面算定は省略してよいものとなっている ①。簡易モデルでは下図に示すように、ある剛域を設定した床要素を配置し、前述で算出した壁床接合部の回転バネと軸バネを上下に配置するモデルとする。なお、床要素は断面算定対象外とし、壁と直交壁間も同様の応力負担となることから、同様にモデル化を行う。

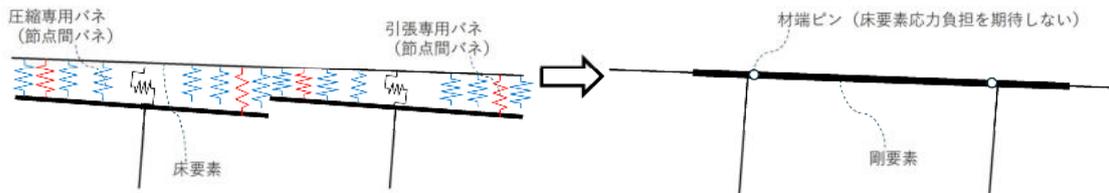


図 2.2.1-7 連続壁間の簡易モデル化概要 (最上階)

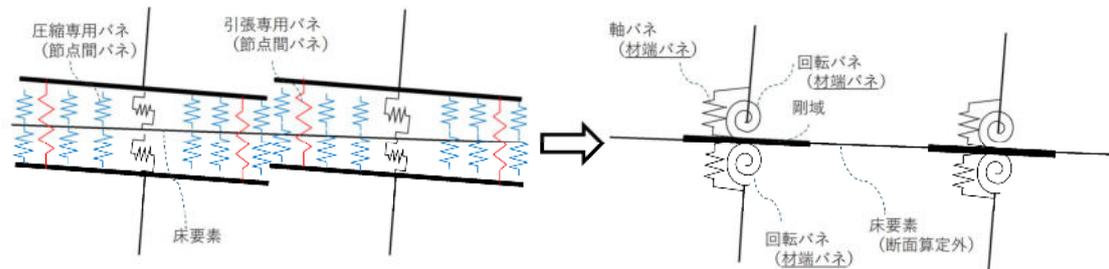


図 2.2.1-8 連続壁間の簡易モデル化概要 (最上階以外)



図 2.2.1-9 圧縮ストラット効果 (連続壁パネル継ぎ目位置における床パネルの面外変形状態)

連続壁間の簡易モデルにおける床要素に設定する適切な剛域長を検討するため、詳細モデルと剛域を変数とした簡易モデルによる解析スタディを実施した。解析モデルは以下に示すような 2 次元フレームモデルであり、各部の詳細パラメータは 2.4 に示すパラスタの数値と同様の値を用いる。床要素は Mx60-5-7 の強軸方向、厚さ 210mm で有効幅 1m の梁要素とした。また 3 層モデルと 6 層モデル、壁を 1m、2m とした 4 つのモデルに対して、簡易モデルの床要素の剛域長を、「なし」、「壁幅の半分×0.25」、「壁幅の半分×0.50」、「壁幅の半分×0.75」、「壁幅の半分×0.95」と変数にした。

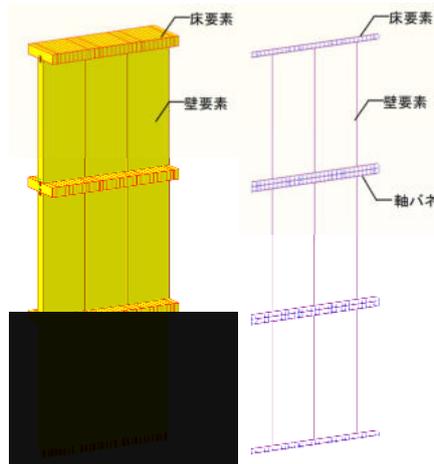


図 2.2.1-10 連続壁間の床要素の剛域長検証用モデル (詳細モデル)

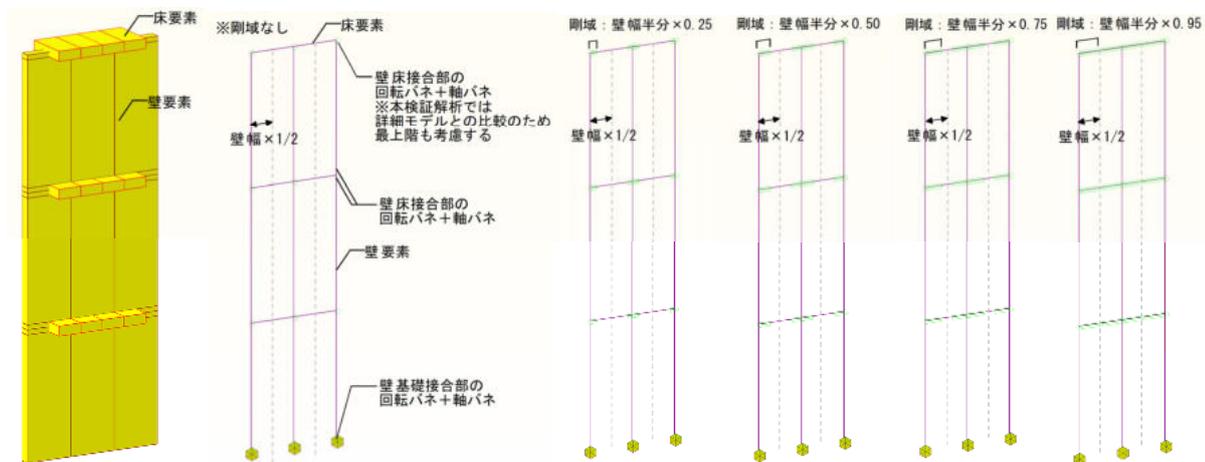


図 2.2.1-11 連続壁間の床要素の剛域長検証用モデル (簡易モデル)

次項以降に、詳細モデルと剛域をパラメータとした簡易モデルの解析結果として、変形図と曲げモーメント図の比較を示す。なお、詳細モデルでは軸力の影響により壁基礎接合部や壁床接合部の回転剛性が変動するため、圧縮軸力が発生する右下の壁パネルの負担曲げモーメント及びせん断力が他の壁パネルに対して大きくなる傾向はこれまでの検討からもわかっている。ここでは頂部の水平変形と、変動軸力の影響が少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントについて、詳細モデルに対する簡易モデルの比率を主に分析した。また床の変形状態を確認するため、詳細モデルについては変形倍率を高く設定した変形拡大図も併せて示す。

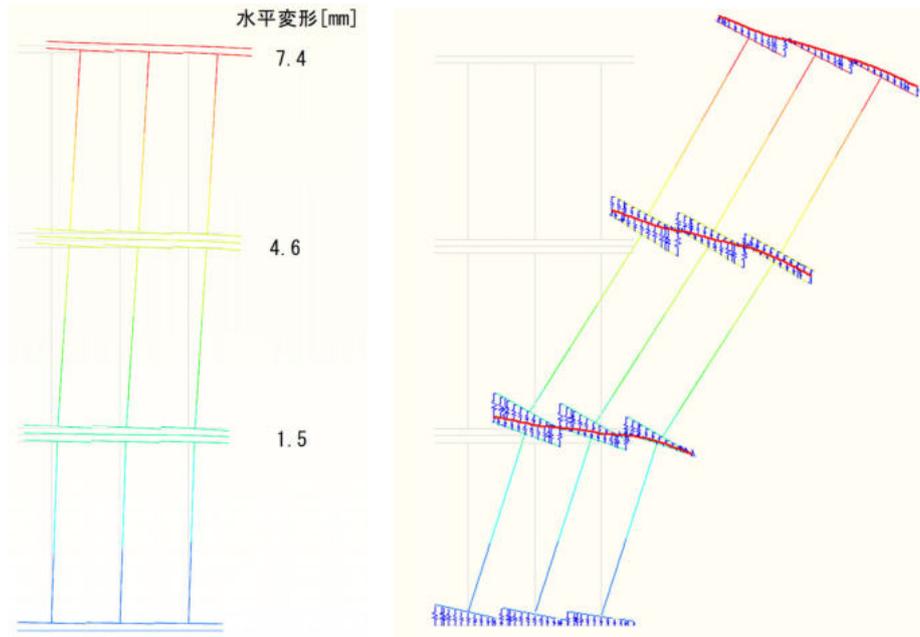


図 2.2.1-12 連続壁の床要素剛域検証 詳細モデルの解析結果 変形図[mm] (3層、壁幅 1.0m)

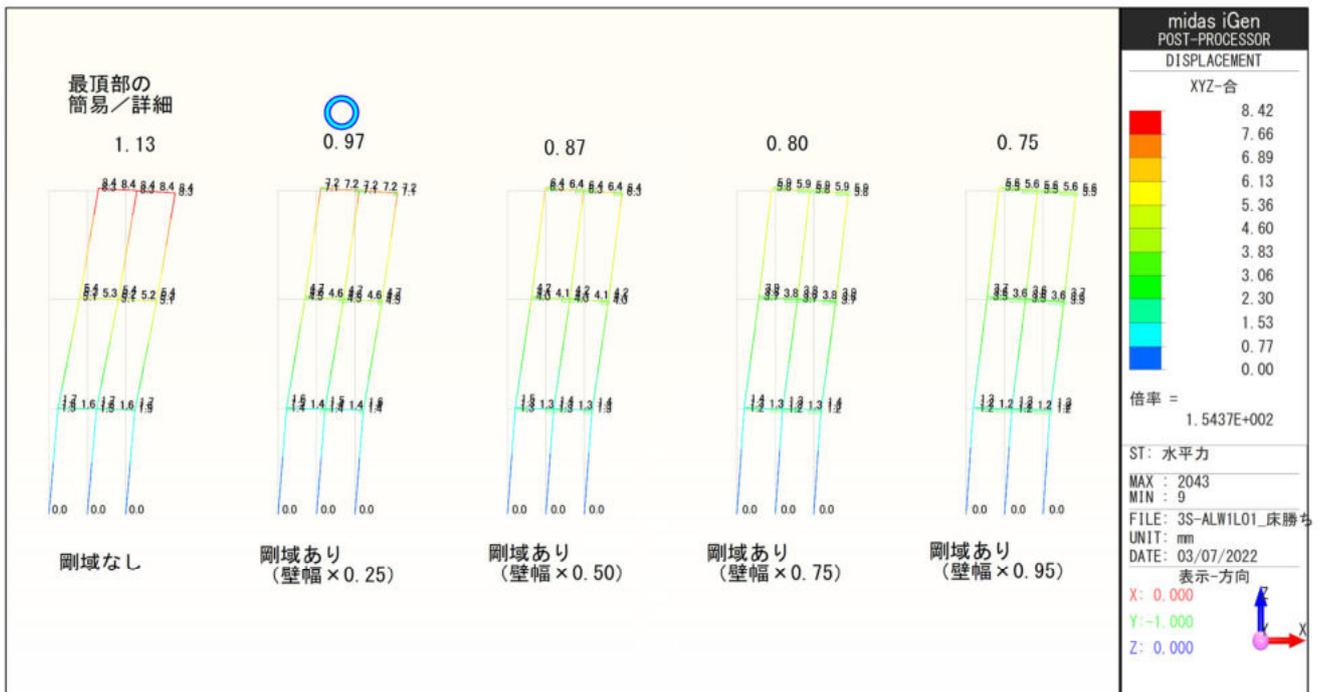
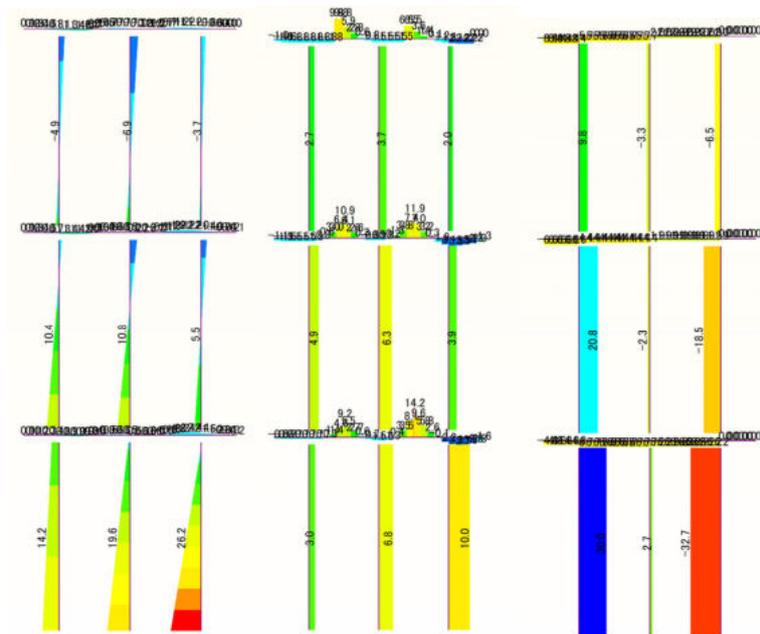


図 2.2.1-13 連続壁の床要素剛域検証 簡易モデルの解析結果 変形図[mm] (3層、壁幅 1.0m)



曲げモーメント[kN・m]      せん断力[kN]      軸力[kN]

図 2.2.1-14 連続壁の床要素剛域検証 詳細モデルの解析結果 応力図 (3層、壁幅 1.0m)

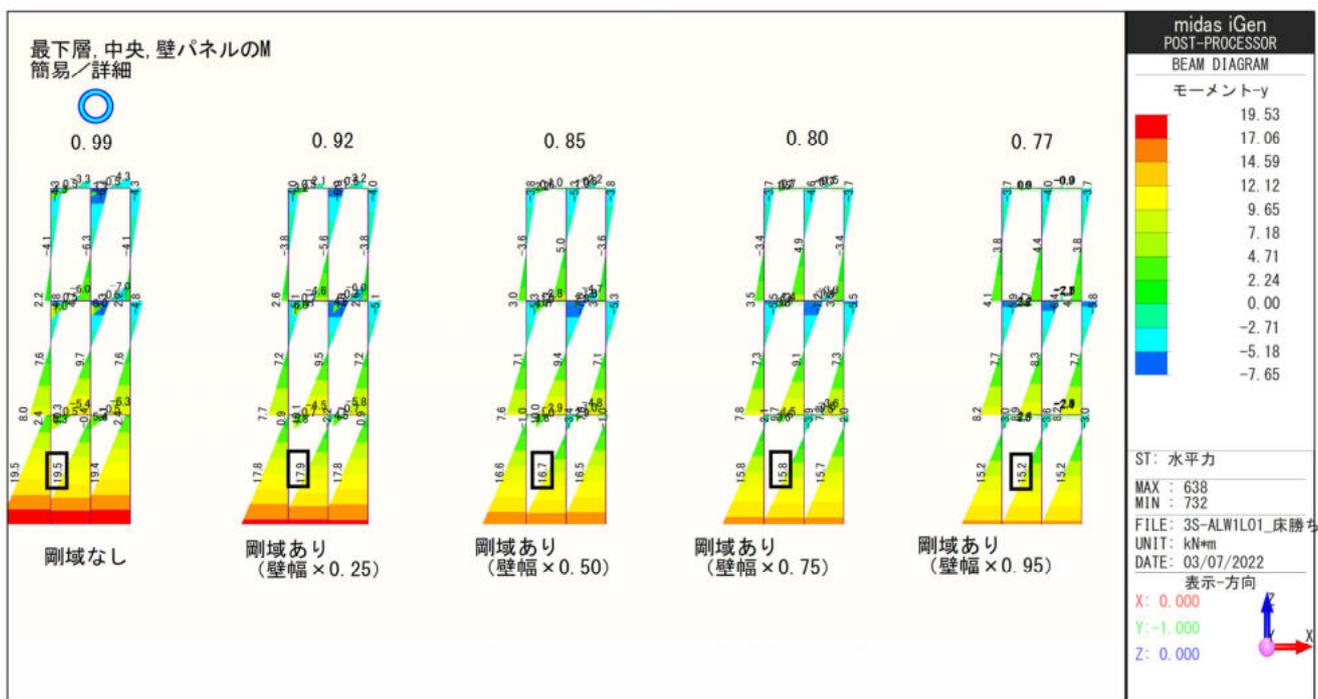


図 2.2.1-15 連続壁の床要素剛域検証 簡易モデルの解析結果 曲げモーメント図 (3層、壁幅 1.0m)

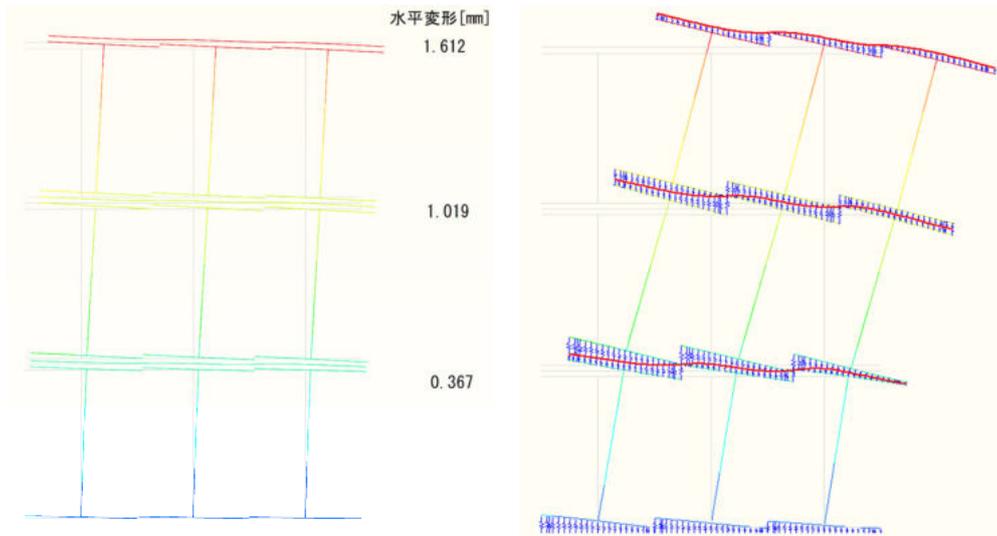


図 2.2.1-16 連続壁の床要素剛域検証 詳細モデルの解析結果 変形図[mm] (3層、壁幅 2.0m)

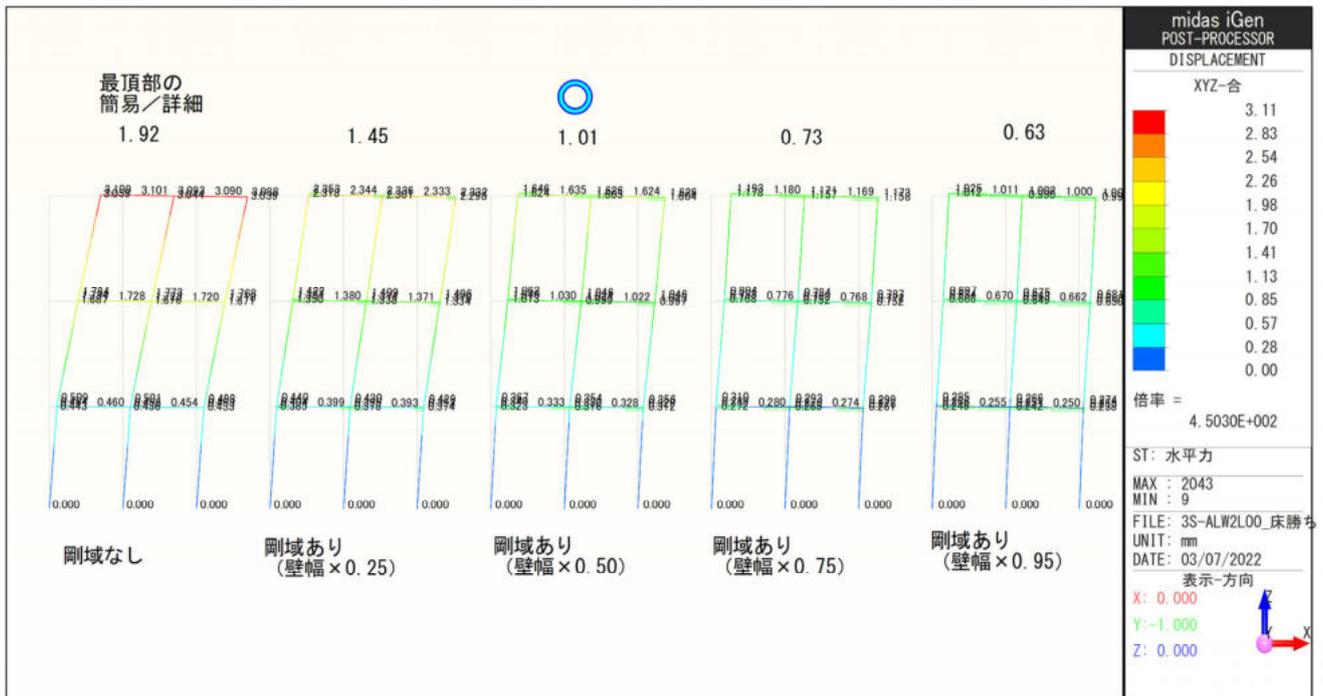
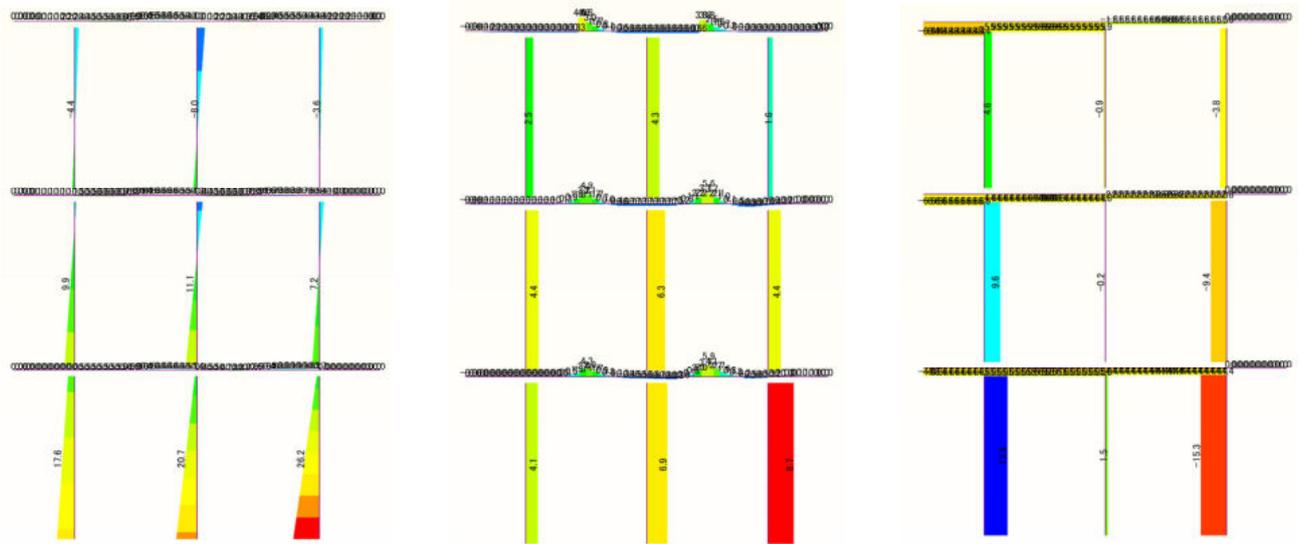


図 2.2.1-17 連続壁の床要素剛域検証 簡易モデルの解析結果 変形図[mm] (3層、壁幅 2.0m)



曲げモーメント [kN・m]

せん断力 [kN]

軸力 [kN]

図 2.2.1-18 連続壁の床要素剛域検証 詳細モデルの解析結果 応力図 (3層、壁幅 2.0m)

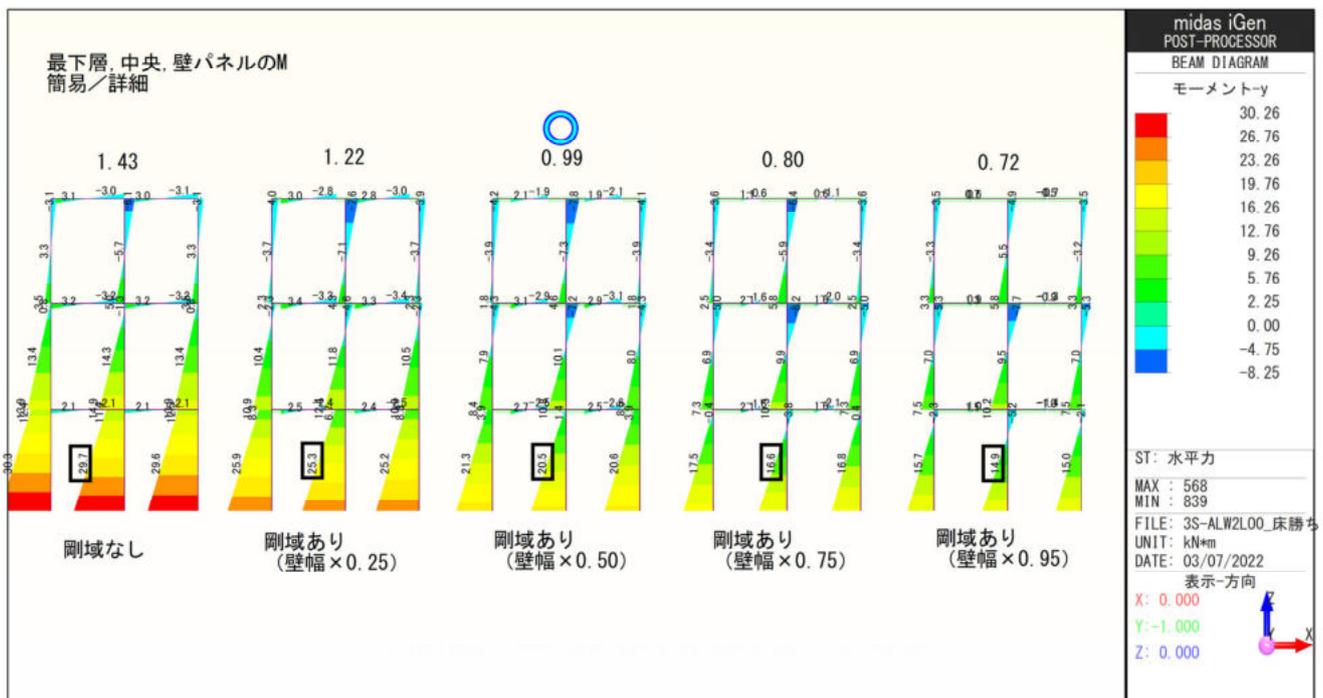


図 2.2.1-19 連続壁の床要素剛域検証 簡易モデルの解析結果 曲げモーメント図 (3層、壁幅 2.0m)

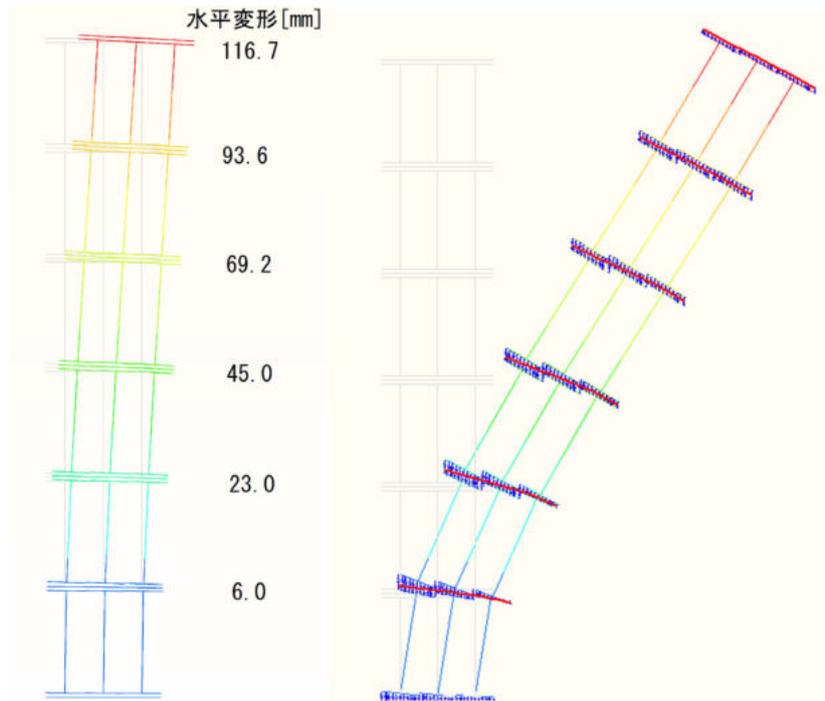


図 2.2.1-20 連続壁の床要素剛域検証 詳細モデルの解析結果 変形図[mm] (6層、壁幅 1.0m)

最頂部の  
簡易/詳細

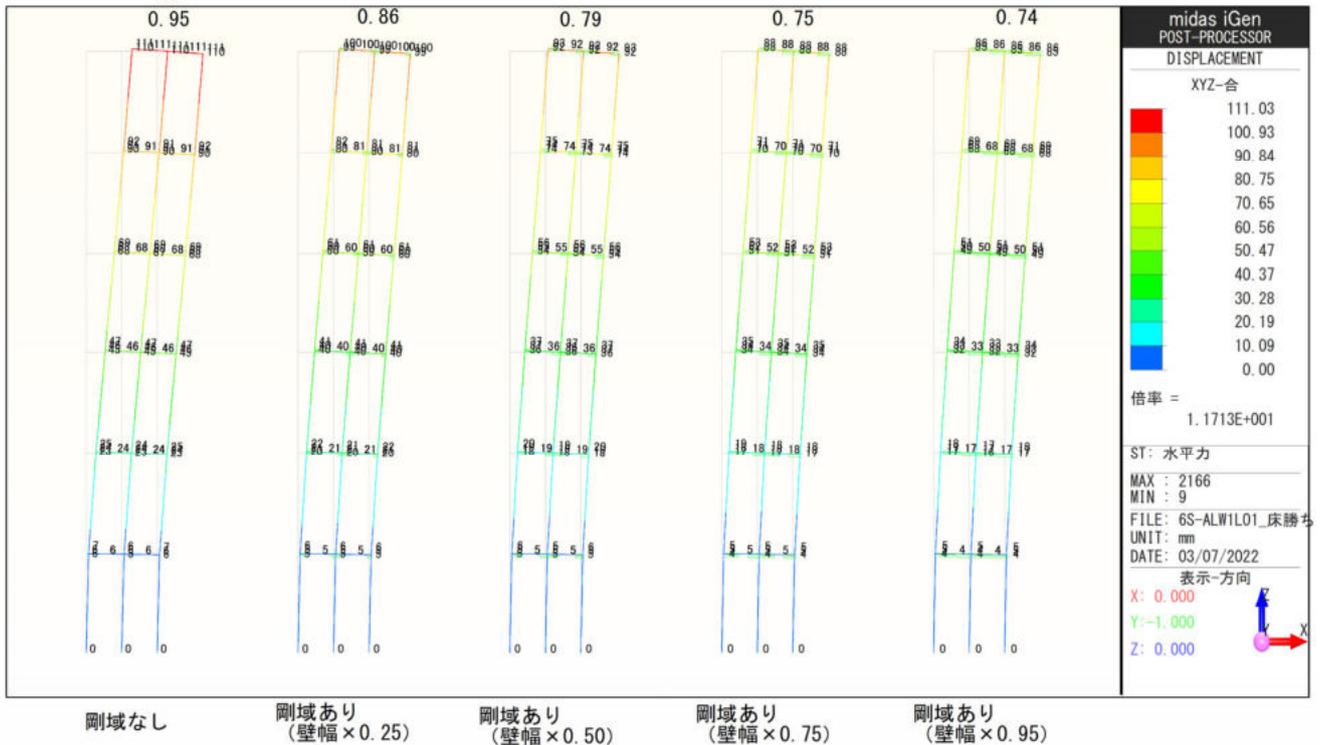
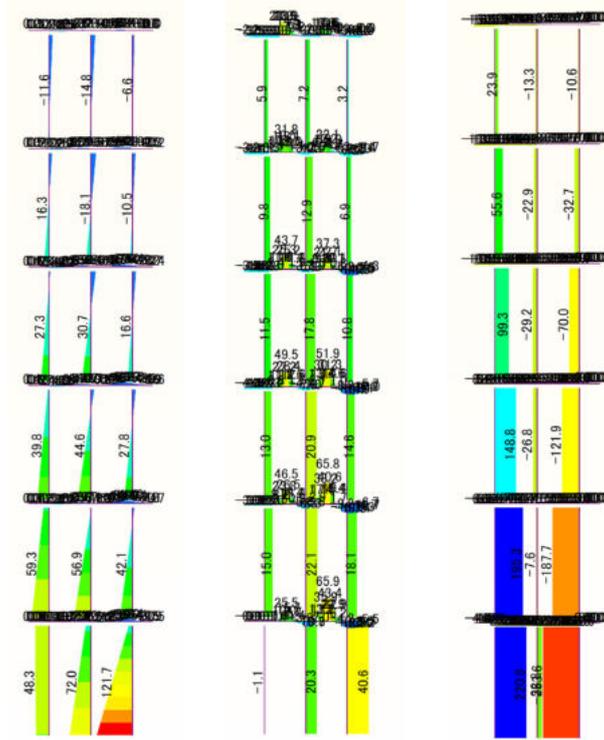


図 2.2.1-21 連続壁の床要素剛域検証 簡易モデルの解析結果 変形図[mm] (6層、壁幅 1.0m)



曲げモーメント[kN・m]      せん断力[kN]      軸力[kN]

図 2.2.1-22 連続壁の床要素剛域検証 詳細モデルの解析結果 応力図 (6層、壁幅 1.0m)

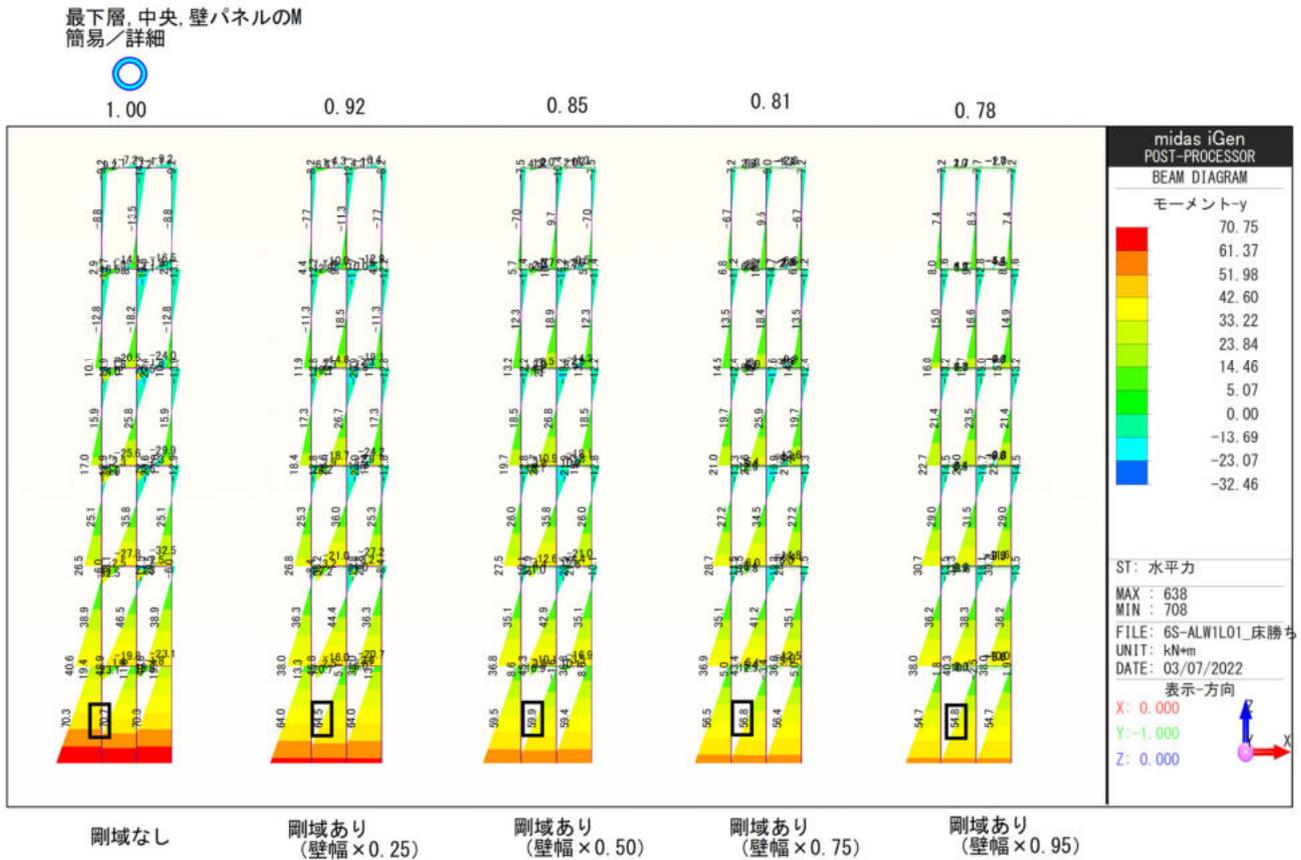


図 2.2.1-23 連続壁の床要素剛域検証 簡易モデルの解析結果 曲げモーメント図 (6層、壁幅 1.0m)

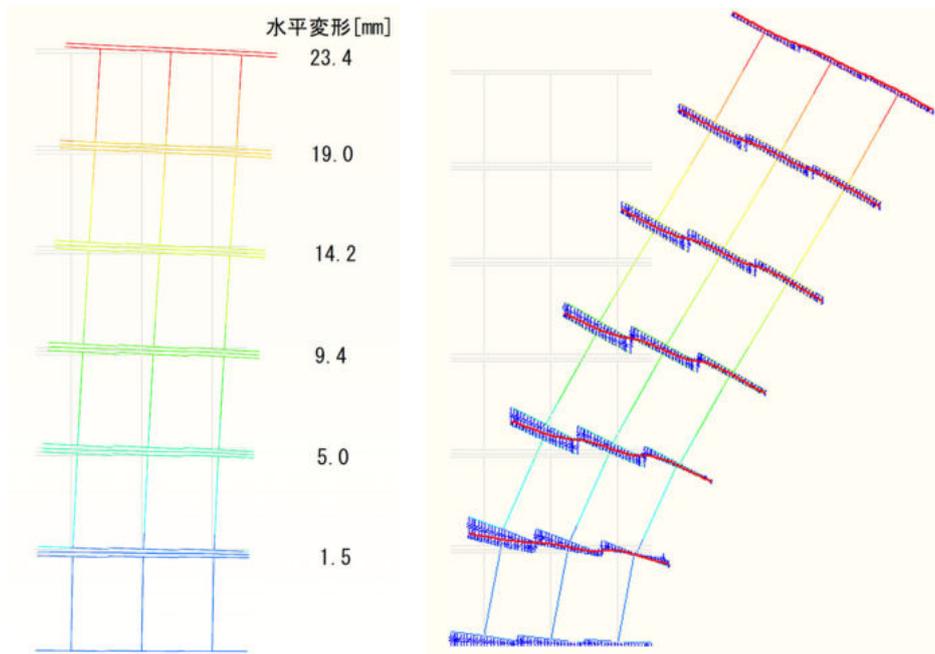


図 2.2.1-24 連続壁の床要素剛域検証 詳細モデルの解析結果 変形図[mm] (6層、壁幅 2.0m)

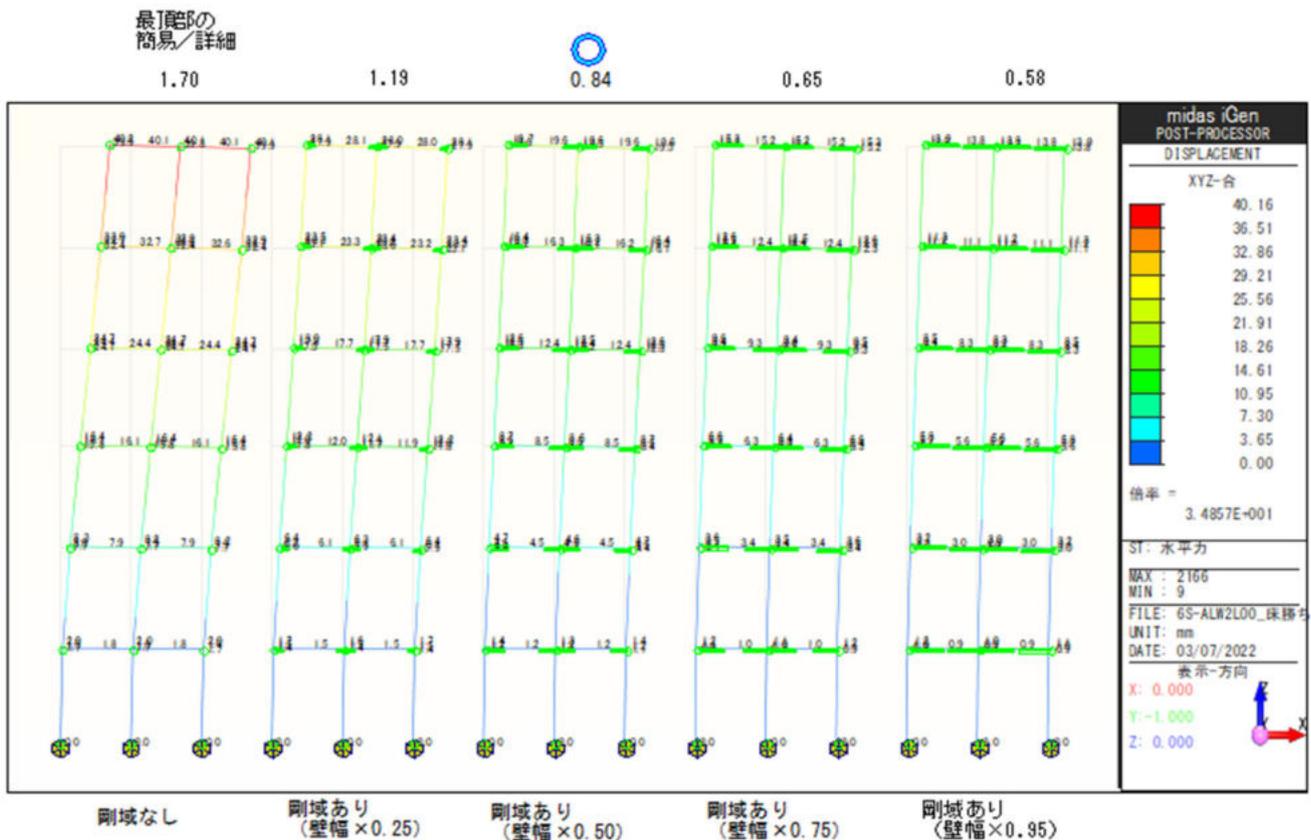
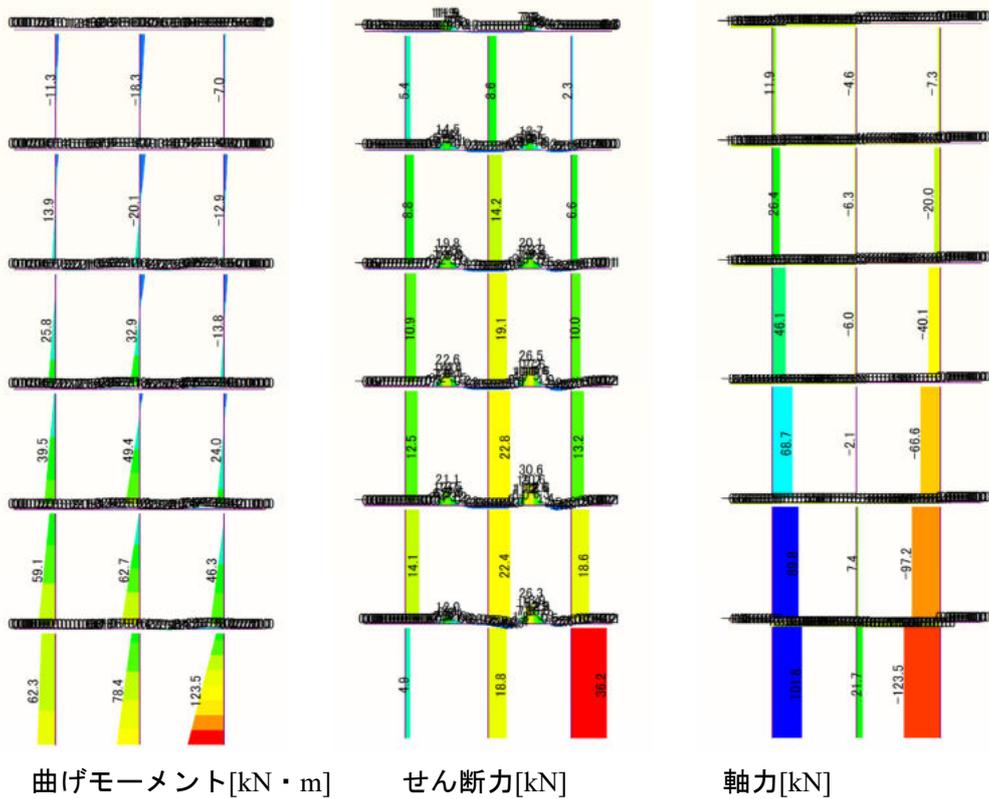


図 2.2.1-25 連続壁の床要素剛域検証 簡易モデルの解析結果 変形図[mm] (6層、壁幅 2.0m)



曲げモーメント[kN・m]      せん断力[kN]      軸力[kN]

図 2.2.1-26 連続壁の床要素剛域検証 詳細モデルの解析結果 応力図 (6層、壁幅 2.0m)

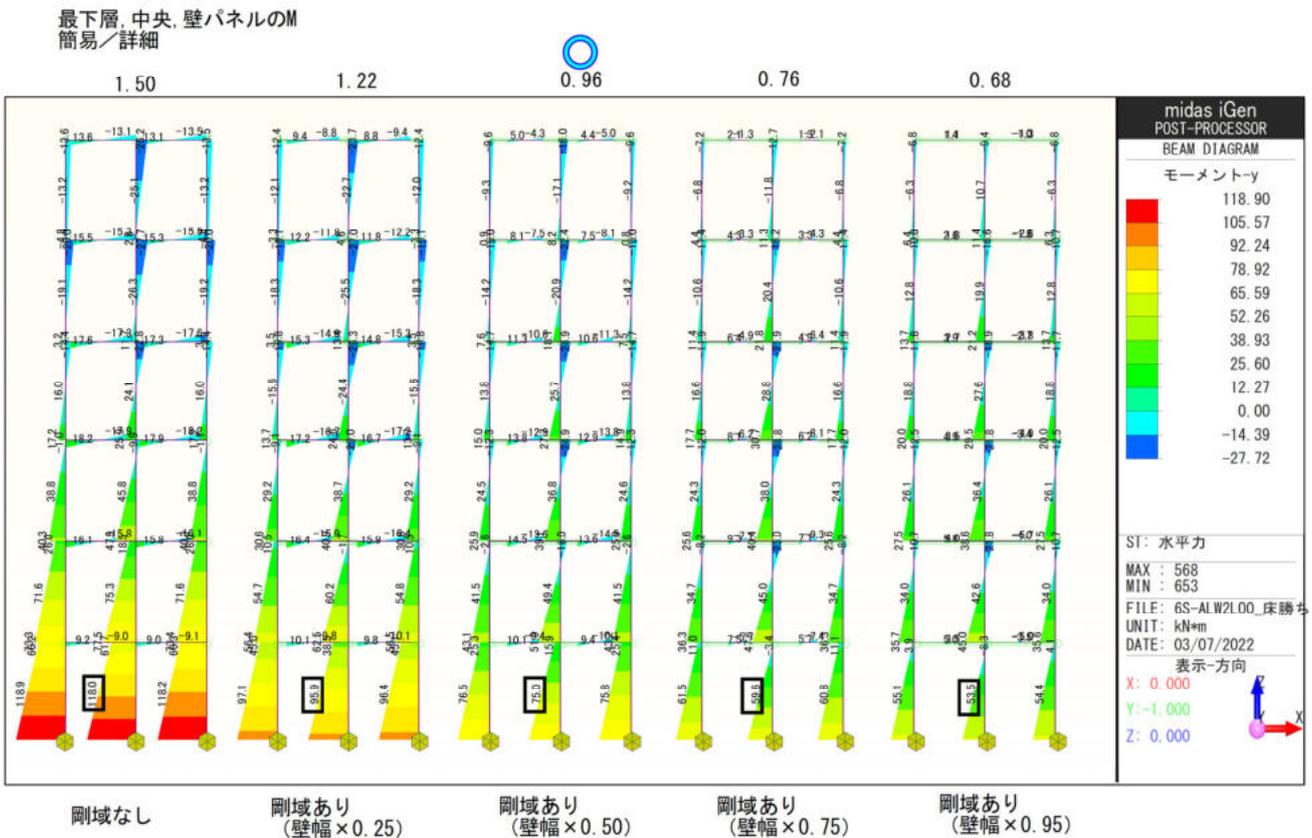


図 2.2.1-27 連続壁の床要素剛域検証 簡易モデルの解析結果 曲げモーメント図 (6層、壁幅 2.0m)

連続壁間を繋ぐ床要素の剛域設定についての検討結果を以下にまとめる。

- ・壁幅 1.0m の場合は 3 層モデル、6 層モデルいずれの場合も、「剛域なし」や「剛域壁幅の半分×0.25」が、簡易モデルの変形及び負担応力ともに、詳細モデルと概ね対応することが確認された。これは、詳細モデルの拡大変形図による上下の壁パネルで挟まれる床要素の区間に着目しても、床要素には明確な剛域区間が確認されていないことと対応すると考えられる。次に、詳細モデルに対する簡易モデルの最頂部の水平変形の比率は 1.13~0.74、変動軸力に少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントの比率は 1.00~0.77 となり、剛域長が与える変動が少ないことも確認できる。
- ・壁幅 2.0m の場合は 3 層モデル、6 層モデルいずれの場合も、「剛域壁幅の半分×0.50」が、簡易モデルの変形及び負担応力ともに、詳細モデルと概ね対応することが確認された。これは、詳細モデルの拡大変形図による上下の壁パネルで挟まれる床要素の区間に着目しても、床要素は壁幅の半分程度が、壁の変形と追従して剛として変形していることと対応すると考えられる。次に、詳細モデルに対する簡易モデルの最頂部の水平変形の比率は 1.92~0.58、変動軸力に少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントの比率は 1.50~0.68 となり、壁幅 1.0m に比べて剛域長が与える変動が大きい。
- ・以上より、連続壁間を繋ぐ床要素の剛域設定については、壁パネルのサイズによって詳細モデルと適用率が高い剛域長は異なり、また厳密には接合部性能や床性能によっても適切な剛域長は変動すると考えられ、今後も検討の余地があると考えられるが、今回検討した 6 層程度まで、壁幅 2.0m 程度であれば、「剛域を壁幅の半分×0.50」とすることにより、詳細モデルに対する簡易モデルの変形及び曲げモーメントの割合は 1.01~0.79 程度と、壁幅や高さが異なっても、概ね詳細モデルとの対応が良いことが確認できた。

## (2) 大版パネル架構②

大版パネル架構②の特徴は、袖壁パネルと垂れ壁・腰壁パネルの端部が一体化されており、一体化された縁部の引張接合を省略できることであり、CLT 設計施工マニュアルでは「一体型架構」として位置づけられている。簡易モデルは基本的には前述した小幅パネル架構と同様であり、ここでは小幅パネル架構と異なる部分について簡易モデル化方法を述べる。

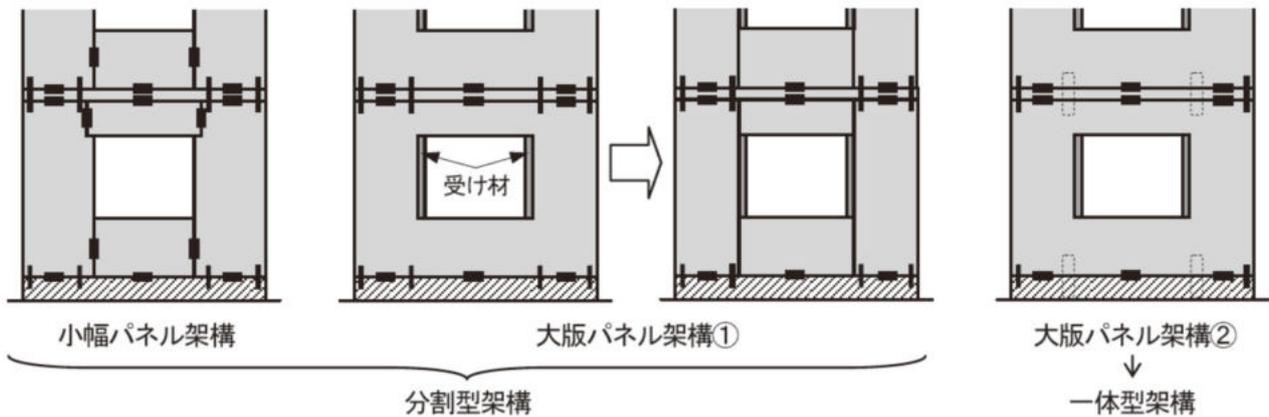


図 2.2.1-28 CLT パネル工法の架構形式の分類と大版パネル架構②

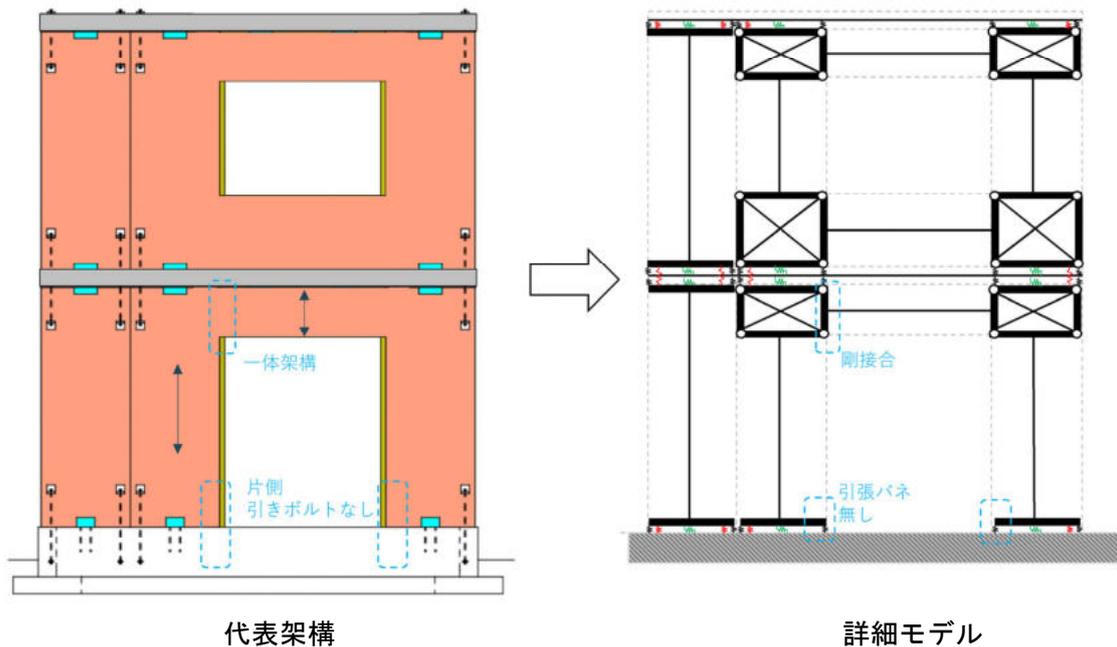


図 2.2.1-29 大版パネル架構②の架構と詳細モデル

表 2.2.1-2 各部位の簡易モデル化方法 (大版パネル架構②)

No.	部位・部材	モデル化方法
②b	壁・基礎接合部 (引張側に引張接合がない部位)	材端バネ (回転ピン+軸バネ) ※軸バネは圧縮・引張の平均値
③b	壁・床接合部 (引張側に引張接合がない部位)	材端バネ (回転ピン+軸バネ) ※軸バネは圧縮・引張の平均値として壁頭壁脚に振り分ける。
⑤b	垂壁部位・腰壁部位接合部 (一部部)	剛接合
⑤c	垂壁部位・腰壁部位接合部 (垂壁部位、腰壁部位の強軸方向が鉛直方向の場合)	材端バネ (回転バネ)。垂壁・腰壁せいまで 1/2 を剛域に設定。

※上記は小版パネル架構との相違点のみ示し、それら以外の部位は小版パネル架構を参照

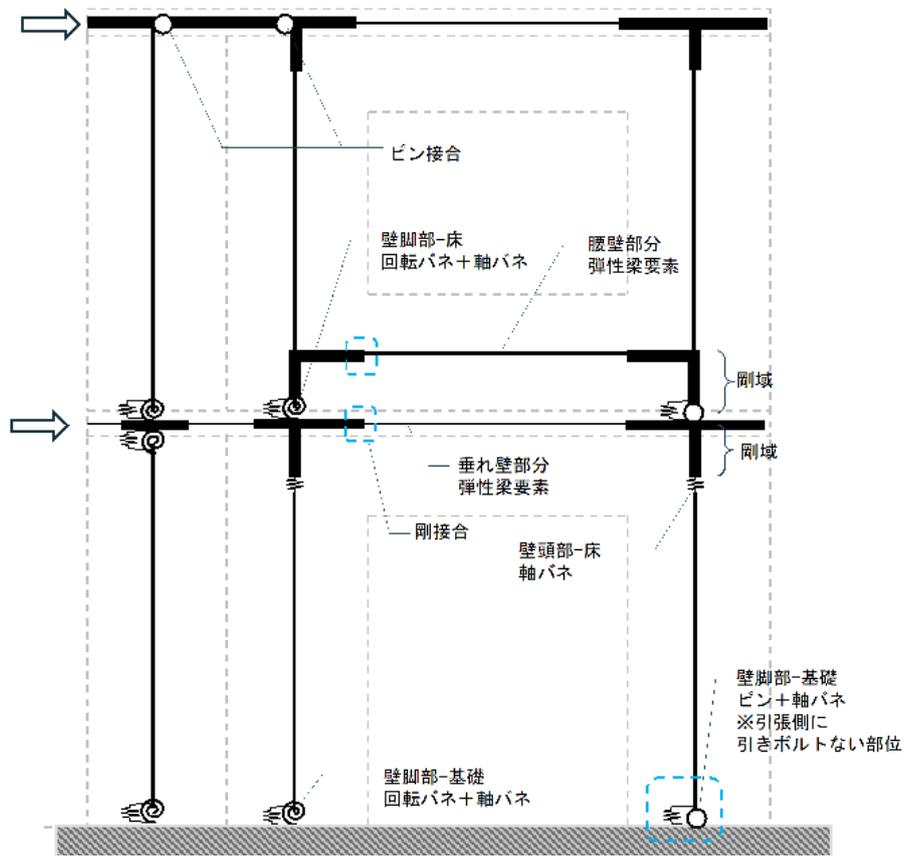


図 2.2.1-30 簡易モデル概要 (大版パネル架構②)

### (ア) 壁 - 基礎接合部（引張側に引張ボルトがない部位）のモデル化方法

引張側に引張ボルトがない壁基礎接合部の回転バネに関しては、以下 2 ケースを考えた。

- 簡易 A：ピンとする（正負で回転剛性が異なる）【採用】
- 簡易 B：小幅パネル架構の壁基礎接合部の同様に算定した値の 1/2 とする（正負の平均剛性）

簡易モデル A は壁が負担する軸力を 0 と考えた場合、力学的に考えると妥当なモデル化である一方で、正負で回転剛性が異なるため、簡易モデル作成に際して手間が増えることが予想される（実際詳細モデルでは正負で剛性が異なる）。簡易モデル B は簡易モデル A のデメリットである正負で解析モデルを分ける手間を省くため、壁には長期の軸力や付加軸力が発生して脚部に若干の回転剛性を有することを勘案して、便宜的に正負の回転剛性の平均値とした場合である。なお、いずれの場合も簡易モデルの軸方向バネは、(式 2.2.1-15) による引張接合部の個数  $n$  を存在する片側分のみとした計算値とする。

これらの違いを分析するため、代表ケースとして 2 次元フレームモデルによる一例（3 層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m、I ココ型）を用いて、詳細モデルと簡易モデル A、簡易モデル B それぞれについて事前に検証分析した。

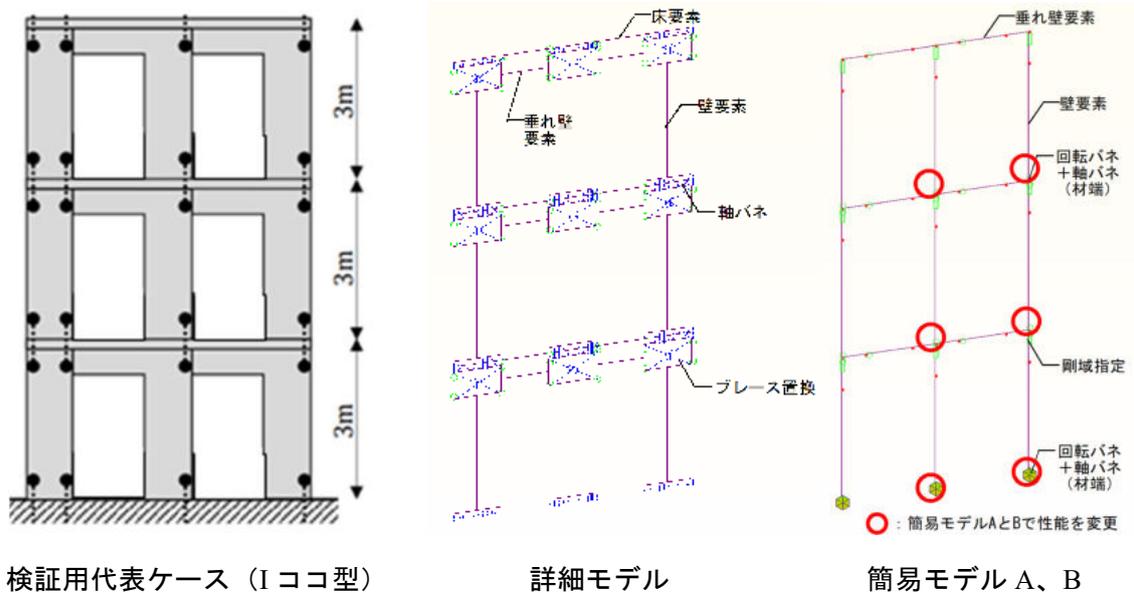
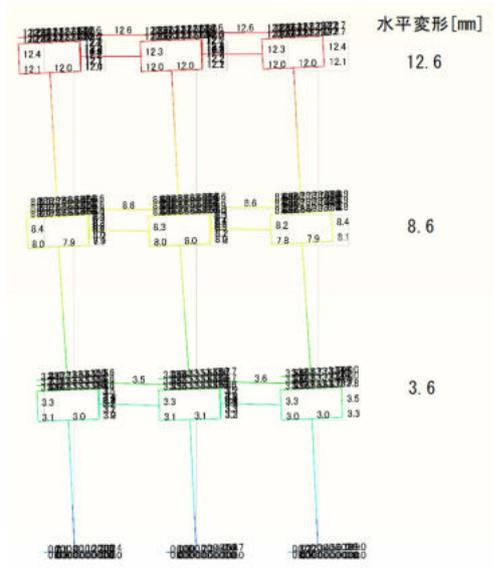
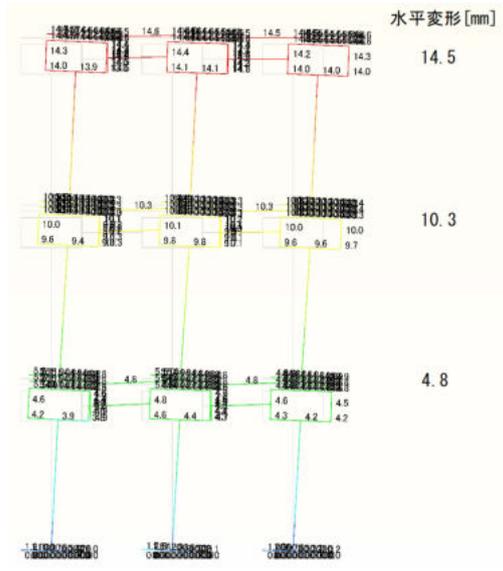


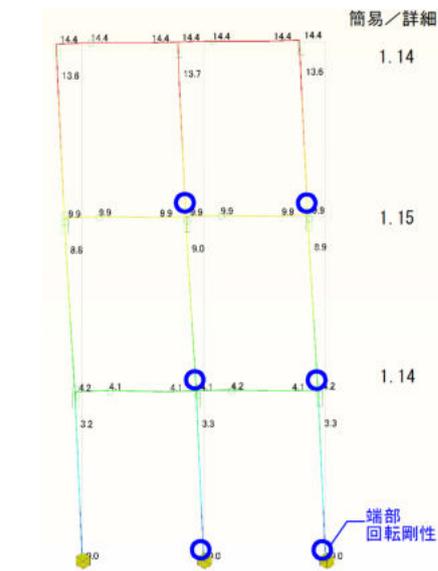
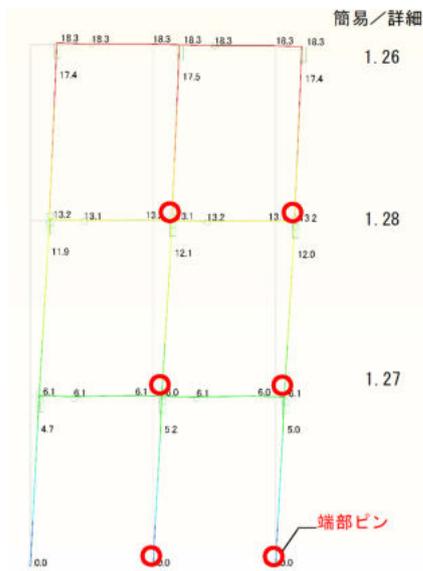
図 2.2.1-31 片側に引張ボルトがない部位の簡易モデル検証用事前解析モデル

次頁に検討結果として、各モデルに同じ水平力を与えた際の変形図と曲げモーメント図を示す。なお、詳細モデル及び簡易モデル A は正負で結果が異なる解析モデルとなるため、正加力及び負加力の結果をそれぞれ示す。

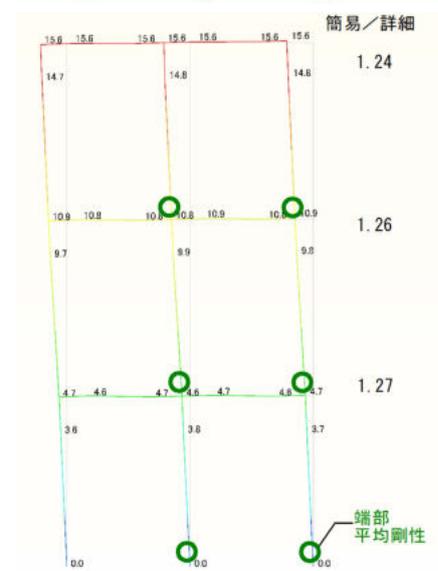
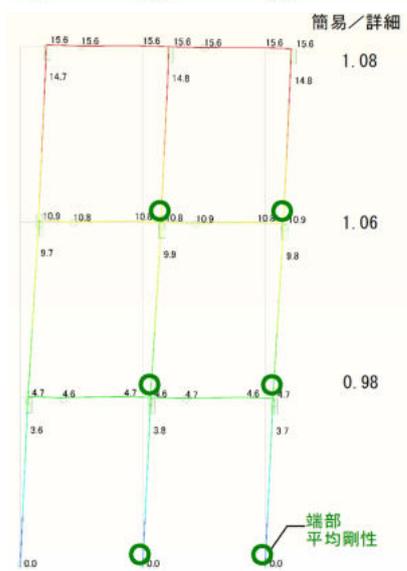
詳細モデル



簡易モデルA



簡易モデルB

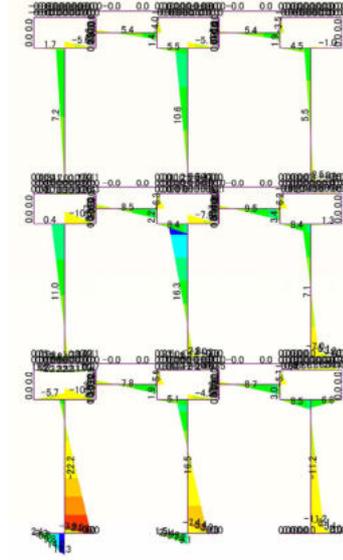
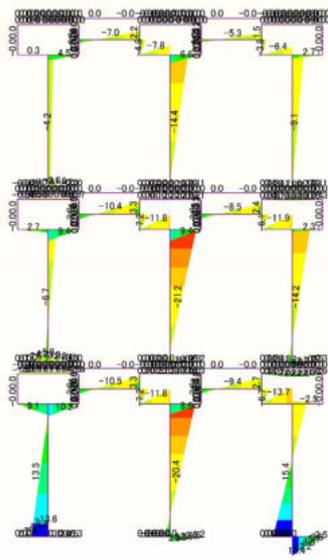


正加力

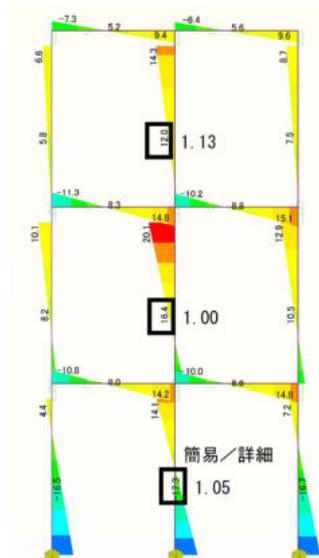
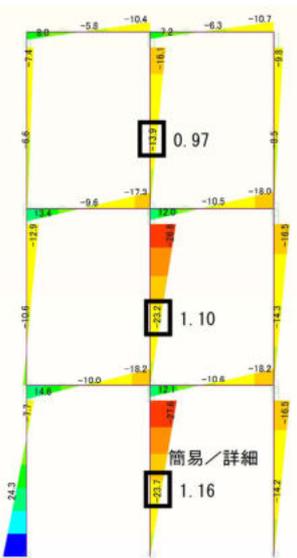
負加力

図 2.2.1-32 片側に引張ボルトがない部位の簡易モデル検証用事前解析 解析結果 変形図[mm]

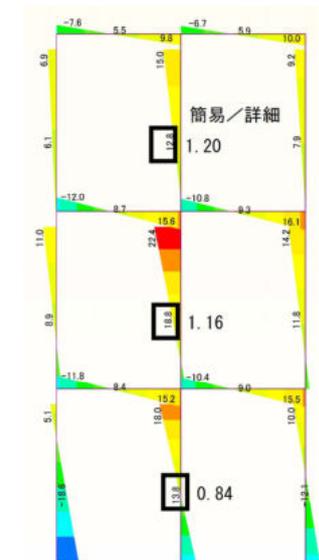
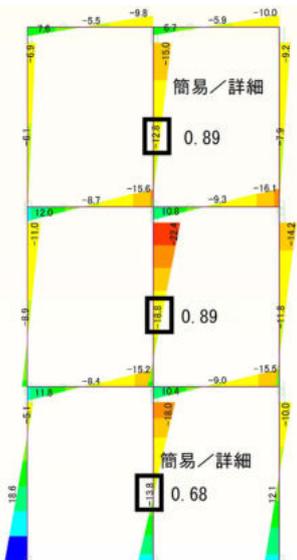
詳細モデル



簡易モデルA



簡易モデルB



正加力

負加力

図 2.2.1-33 片側に引張ボルトがない部位の簡易モデル検証用事前解析 解析結果 M 図[kN・m]

大版パネル架構②の片側に引張ボルトがない部位の簡易モデルの設定について、事前検討の結果を以下にまとめる。

- ・詳細モデルは、壁基礎接合部及び壁床接合部の回転剛性が軸力の影響を受けるため、正加力において引張側に引張接合を有しない壁パネルも圧縮力が発生する部位は回転剛性を有し、曲げモーメントが発生していることが確認できる。これは簡易モデルでは再現できない挙動であるが詳細モデルではそのような挙動が特徴として確認された。

- ・簡易モデル A (正負で性能が異なる)は、詳細モデルに対する簡易モデルの変形比率が正加力 1.26～1.28、負加力 1.14～1.15 となった。また、付加軸力の影響が少ない中央の壁パネルの曲げモーメントの比率は正加力 0.97～1.16、負加力 1.00～1.13 となった。

以上より、簡易モデル A の変形の傾向は正負加力ともに詳細モデルに対して 10～20%程度大きくなり、応力も同様に 10～20%程度大きくなることから、各部の剛性バランスは詳細モデルと概ね対応しており、若干安全側にモデル化できていることが確認できる。

- ・簡易モデル B (正負の平均回転剛性)は、詳細モデルに対する簡易モデルの変形比率が正加力 0.98～1.08、負加力 1.24～1.27 となった。また、付加軸力の影響が少ない中央の壁パネルの曲げモーメントの比率は正加力 0.68～0.89、負加力 0.84～1.20 となった。

以上より、簡易モデル B の変形の傾向は、詳細モデルに対して正加力で 10%程度、負加力 20～30%程度大きくなり、応力は正加力で 30～10%程度小さく、負加力で-15%～+20%程度と、簡易モデル A に比べてバラつきがあり、変形と応力状態が異なる傾向が確認された。

- ・以上より、本報告書では変形と応力状態の対応より簡易モデル A を採用することにした。

#### (イ) 壁 - 床接合部 (引張側に引張ボルトがない部位) のモデル化方法

引張側に引張ボルトがない壁基礎接合部の回転バネと同様とする。

#### (ウ) 壁 - 垂れ壁・腰壁接合部 (一体化) のモデル化方法

剛接合とする。

#### (エ) 壁 - 垂れ壁・腰壁接合部 (垂壁部位、腰壁部位の強軸方向が鉛直方向の場合) のモデル化方法

I ココ型やロコ型の場合、鉛直方向に強軸配置となる袖壁パネルに、強軸方向が鉛直方向となる垂壁や腰壁部位の接合部であるが、(式 2.2.1-19) にて回転バネに置換する。その際、めり込み剛性  $k_e$  を、壁基礎支圧剛性の半分の値( $k_e = \frac{15.6}{2} N/mm^3$ ) として算出した。ただし、この性能値は CLT 設計施工マニュアルにも示されていないため暫定値として、詳細モデルも簡易モデルもこの値を設定したため、今後の知見に応じて適切な値を採用する。

(3) その他架構

＜集成材梁勝ち架構＞

集成材梁勝ち架構の簡易モデルは基本的には前述した小幅パネル架構と同様であり、ここでは小幅パネル架構と異なる部分について簡易モデル化方法を述べる。

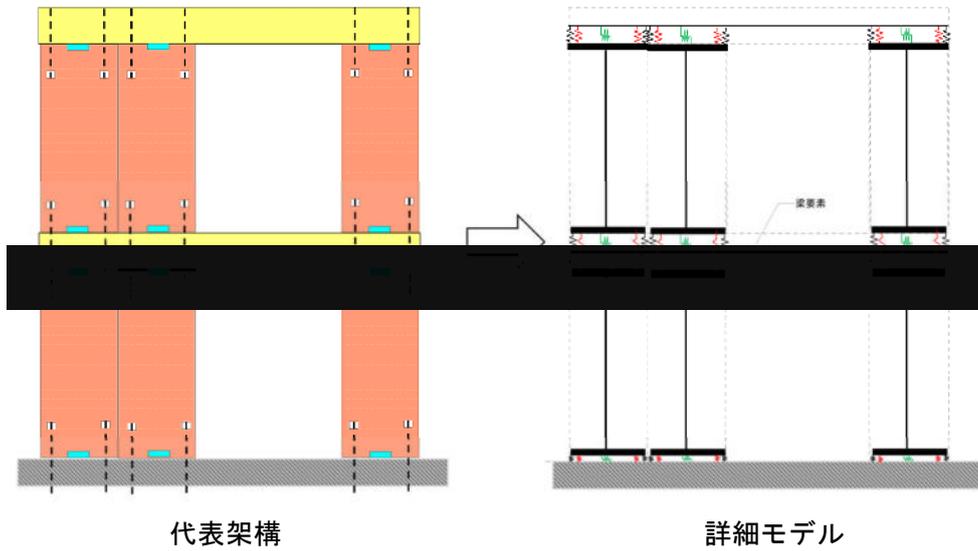


図 2.2.1-34 集成材梁勝ち架構と詳細モデル

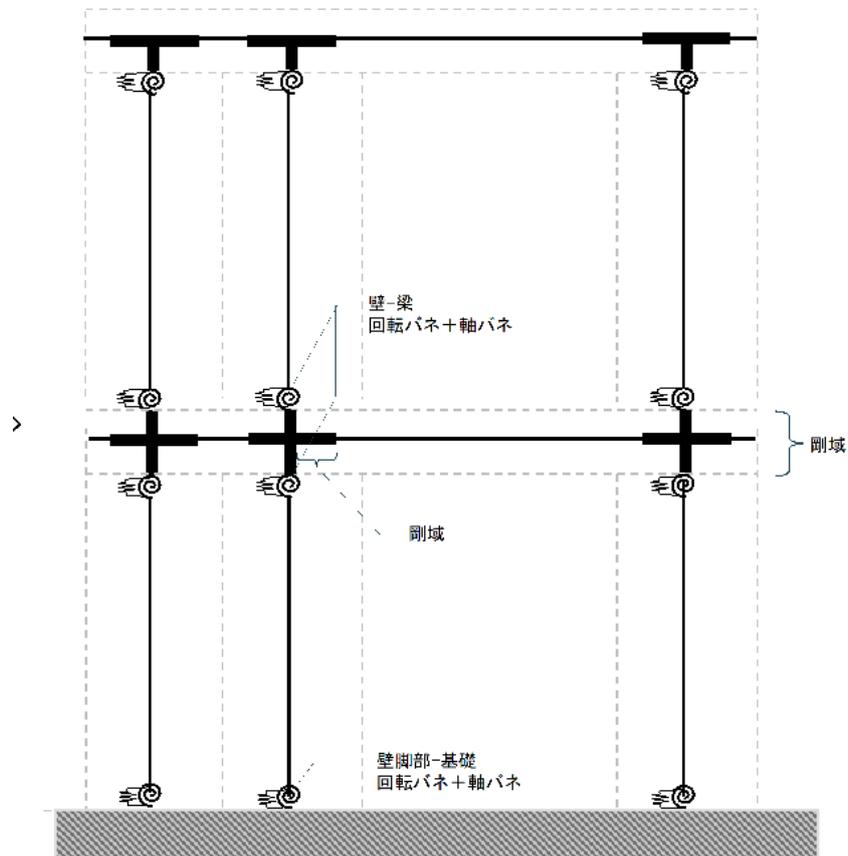


図 2.2.1-35 簡易モデル概要（集成材梁勝ち架構）

表 2.2.1-3 各部位の簡易モデル化方法（集成材梁勝ち架構）

No.	部位・部材	モデル化方法
② c	壁・梁接合部	材端バネ（回転バネ+軸バネ）※回転バネ、軸バネは圧縮・引張の平均値として壁頭壁脚に振り分ける。

※上記は小幅パネル架構との相違点のみ示し、それら以外の部位は小幅パネル架構を参照

（ア）壁 - 梁接合部のモデル化方法

壁と梁接合部のモデル化方法は、小幅パネル架構における水平方向に壁パネルを連続的に配置する場合の壁床接合部の簡易モデル化方法と基本的に同様である。詳細モデルでは壁梁接合部の圧縮バネと引張バネが、梁要素を介して力が伝達される。簡易モデルでは下図に示すように、ある剛域を設定した梁要素を配置し、小幅パネル架構の壁床接合部で算出した回転バネと軸バネを上下に配置するモデルとする。なお、集成材梁勝ち架構では積極的に梁による曲げ戻しに期待するため、最上階も回転バネと軸バネを用いた簡易モデルとし、梁材はいずれも断面算定対象とする。

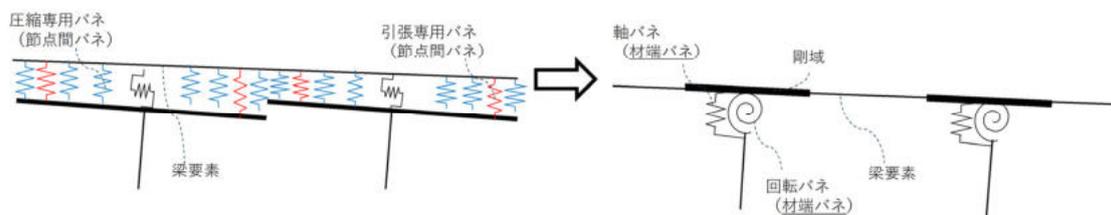


図 2.2.1-36 壁梁接合部の簡易モデル化概要（最上階）

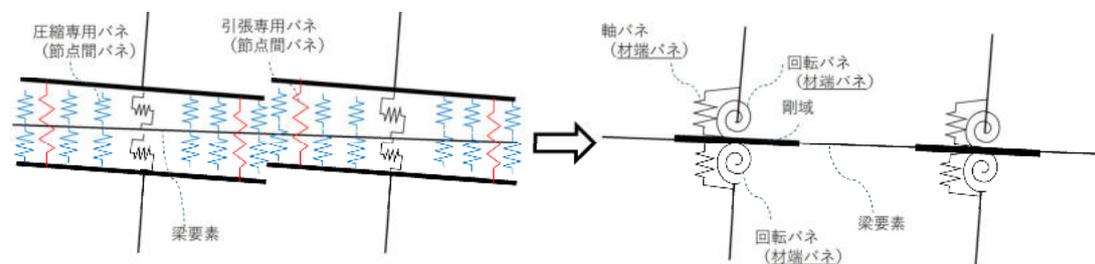


図 2.2.1-37 壁梁接合部の簡易モデル化概要（最上階以外）

梁勝ち架構の簡易モデルにおける梁要素の適切な剛域長を検討するため、詳細モデルと剛域を変更した簡易モデルによる解析スタディを実施した。解析モデルは 2 次元フレームモデルであり、各部の詳細パラメータは 2.4.3 に示す数値と同様の値を用いる。また 3 層モデルと 6 層モデル、壁を 1m、2m とした 4 つのモデルに対して、簡易モデルの床要素の剛域長を、「なし」、「壁幅の半分×0.25」、「壁幅の半分×0.50」、「壁幅の半分×0.75」と変数にした。ただし、この検証モデルでの 3 層モデルは、6 層モデルの上層 3 層を削除して作成したモデルとしている。

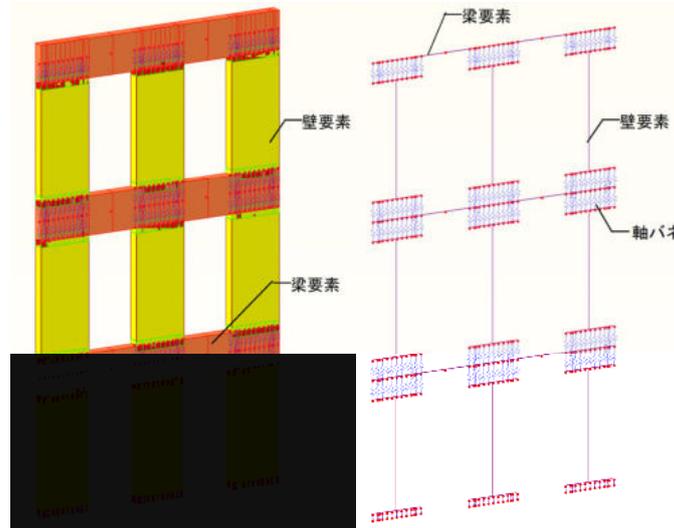


図 2.2.1-38 梁勝ち架構の梁要素の剛域長検証用モデル（詳細モデル）

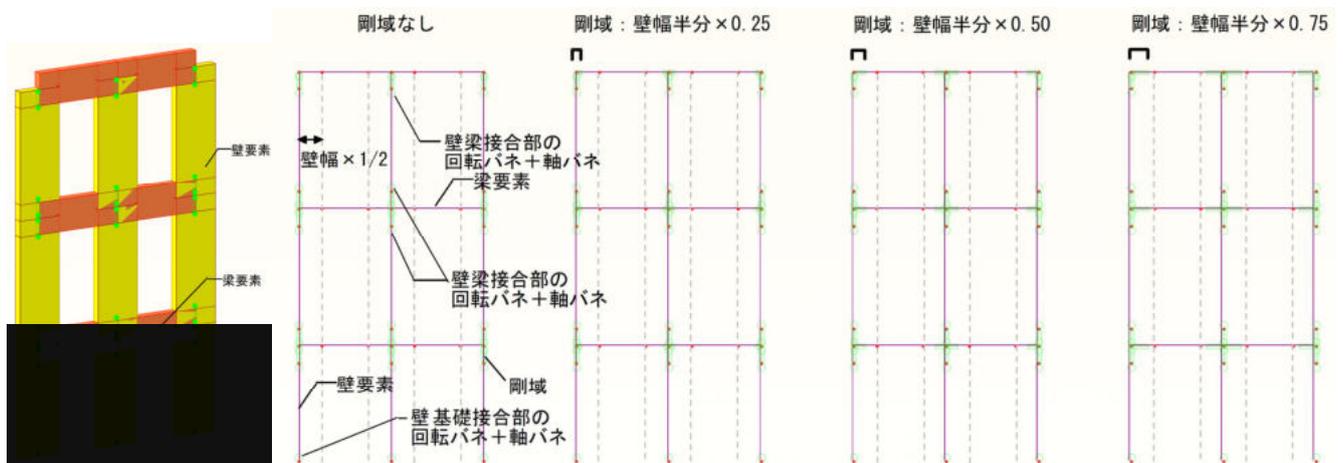


図 2.2.1-39 梁勝ち架構の梁要素の剛域長検証用モデル（簡易モデル）

次項以降に、詳細モデルと剛域をパラメータとした簡易モデルの解析結果として、変形図と曲げモーメント図の比較を示す。ここでは頂部の水平変形と、変動軸力の影響が少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントについて、詳細モデルに対する簡易モデルの比率を主に分析した。また梁の変形状態を確認するため、詳細モデルについては変形倍率を高く設定した変形拡大図も併せて示す。

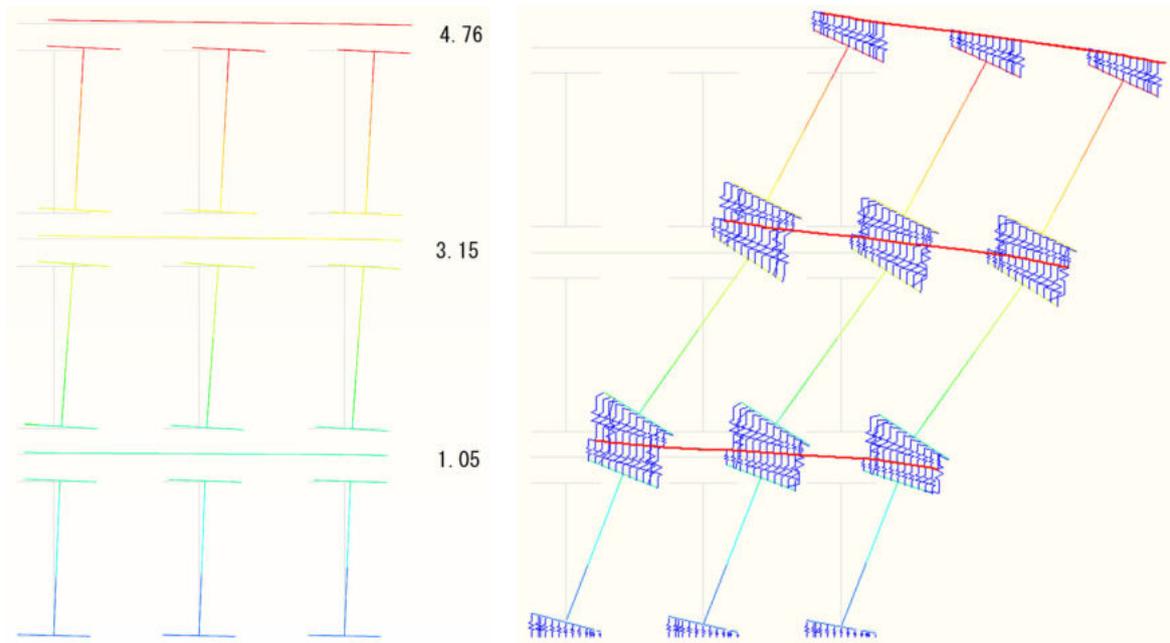


図 2.2.1-40 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図[mm] (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

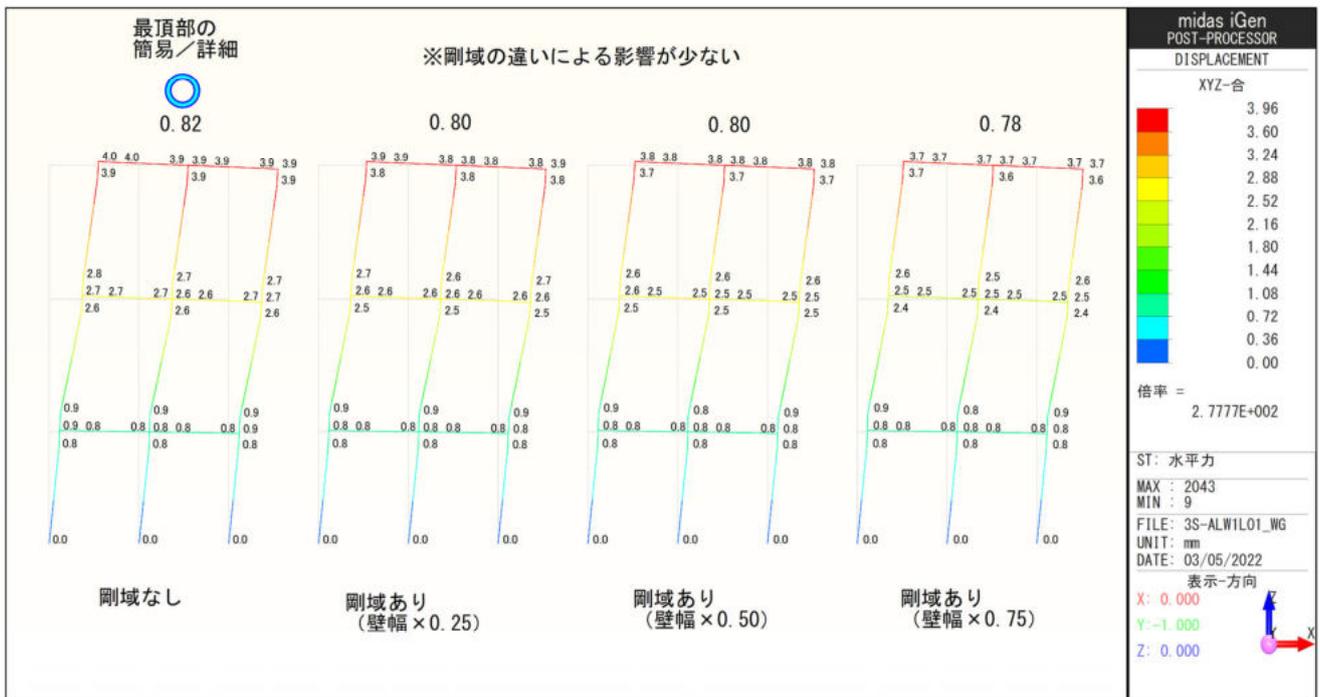
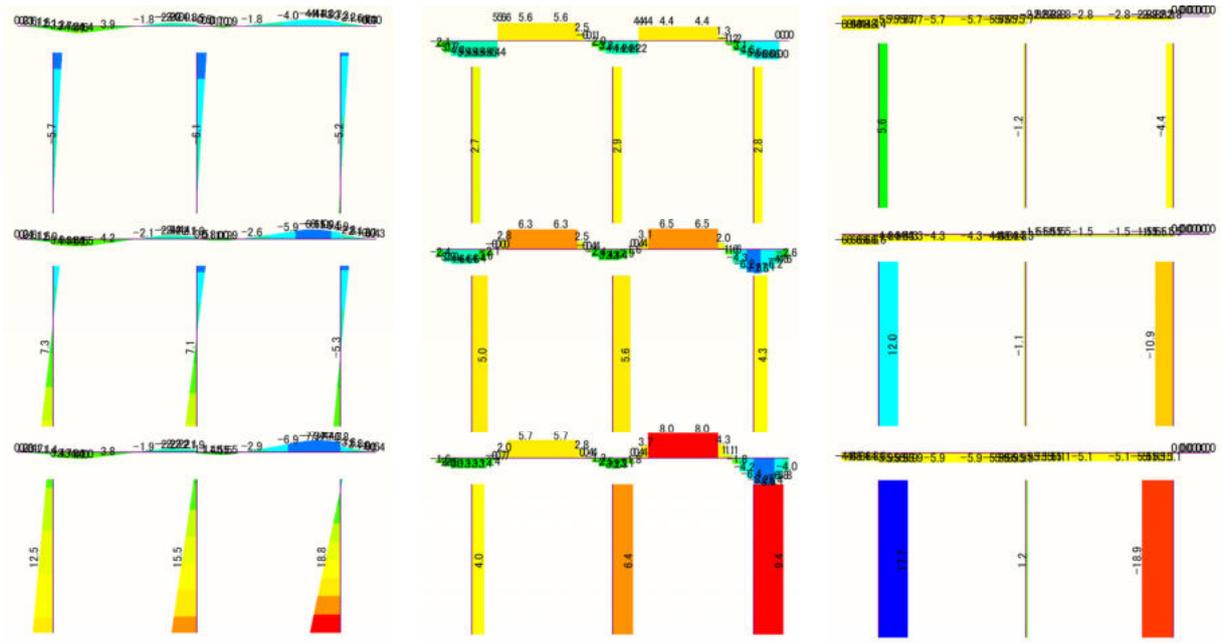


図 2.2.1-41 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図[mm] (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)



曲げモーメント[kN・m]

せん断力[kN]

軸力[kN]

図 2.2.1-42 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図 (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

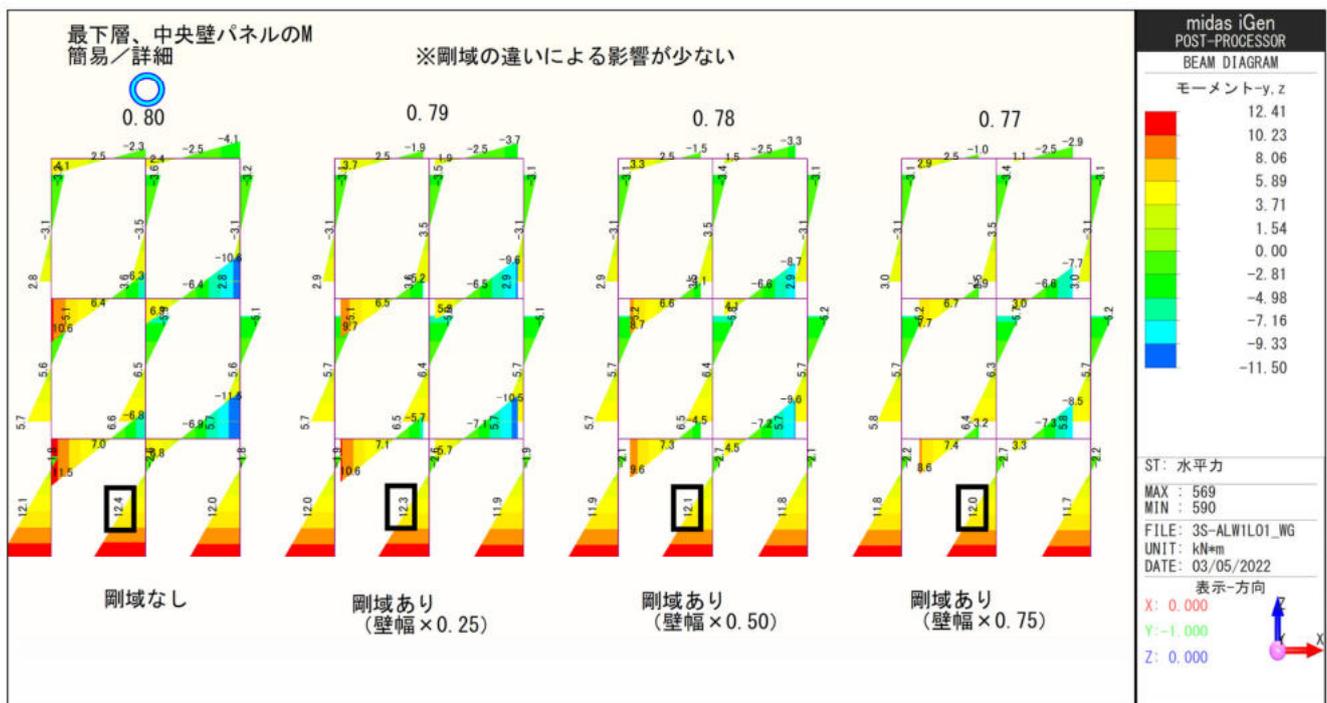


図 2.2.1-43 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M図 (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

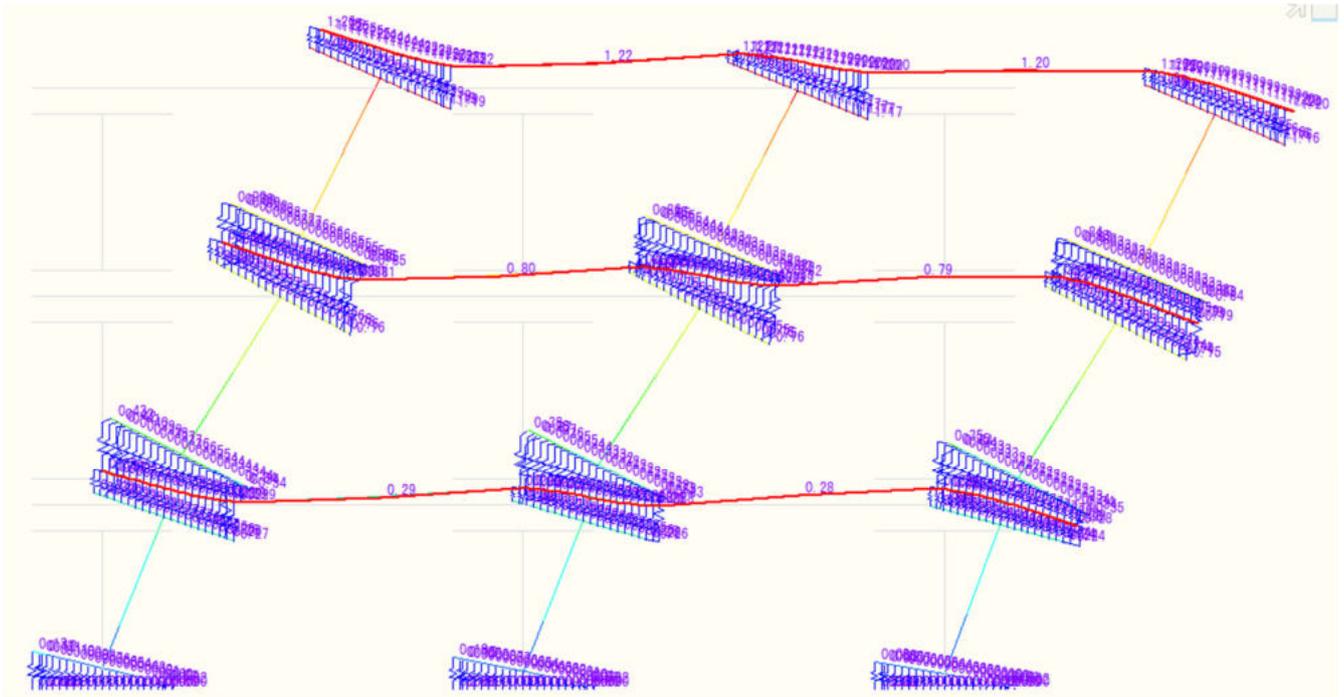


図 2.2.1-44 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図[mm] (3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

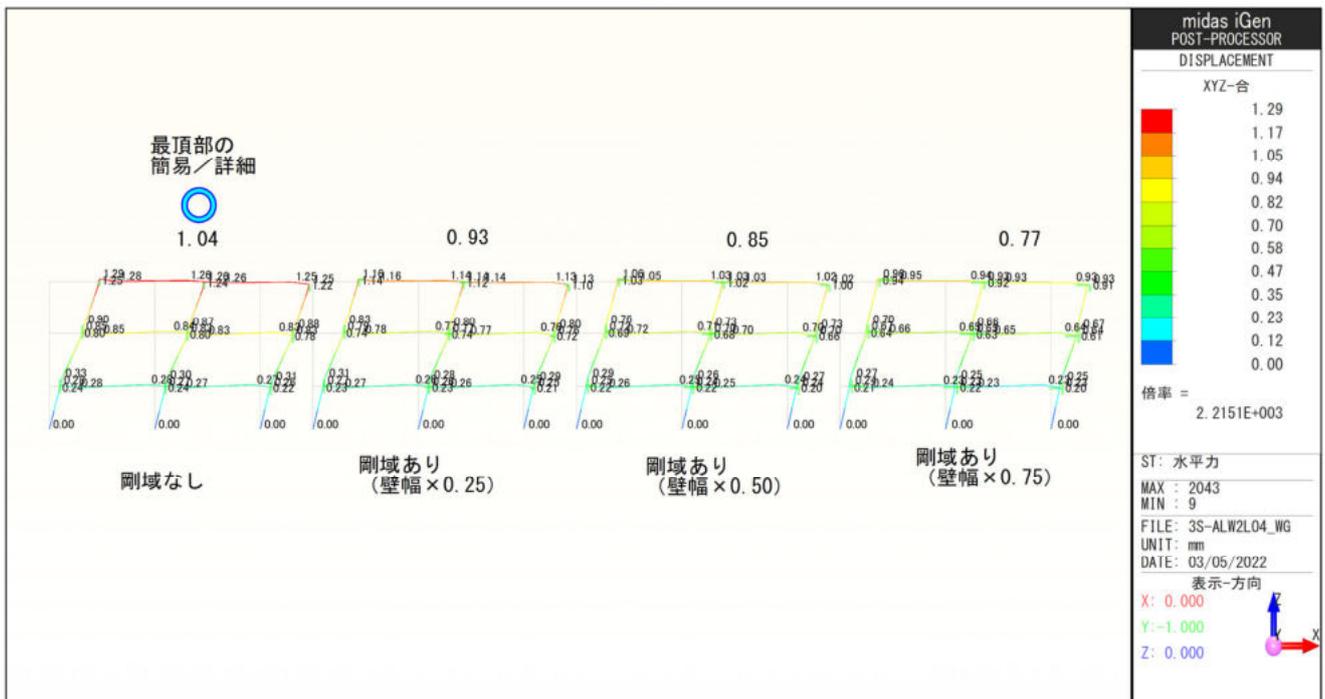
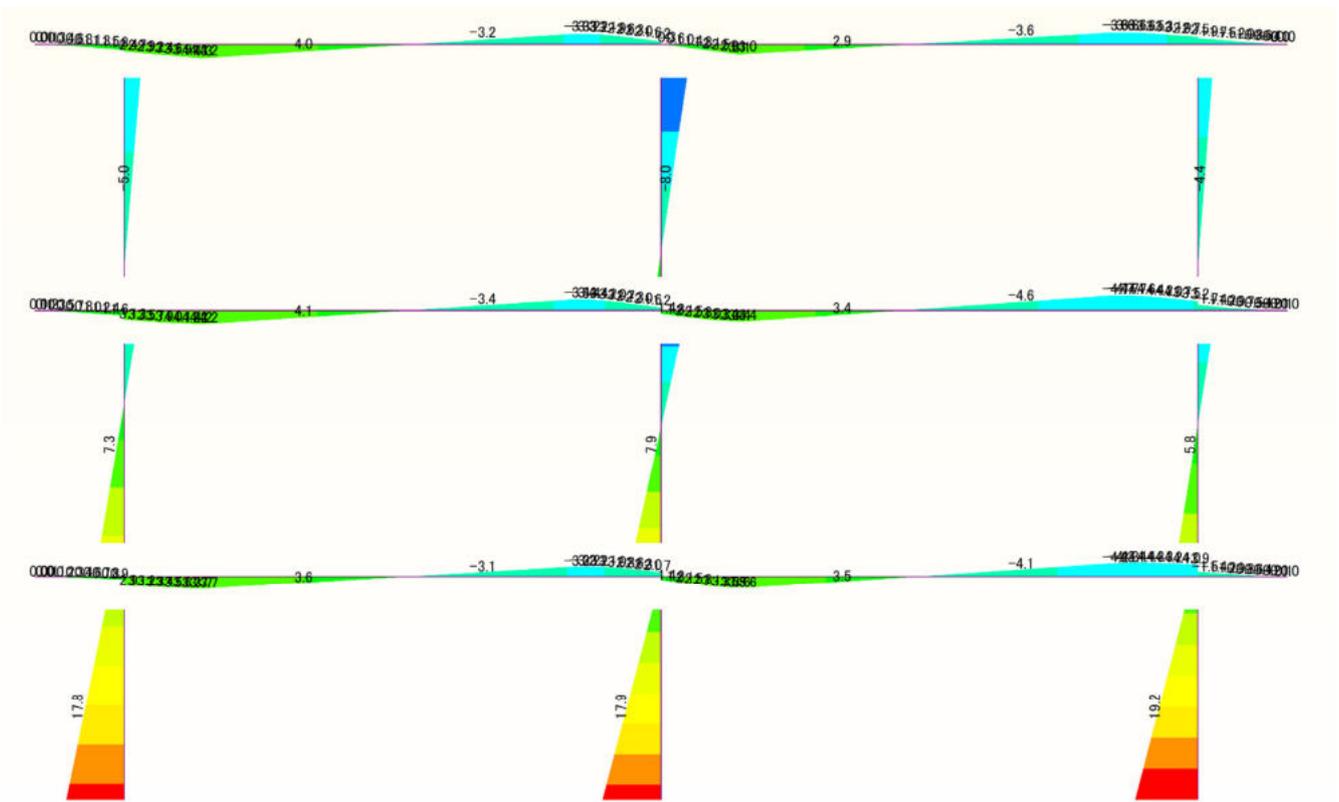


図 2.2.1-45 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図[mm] (3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)



曲げモーメント[kN・m]

図 2.2.1-46 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図 (3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

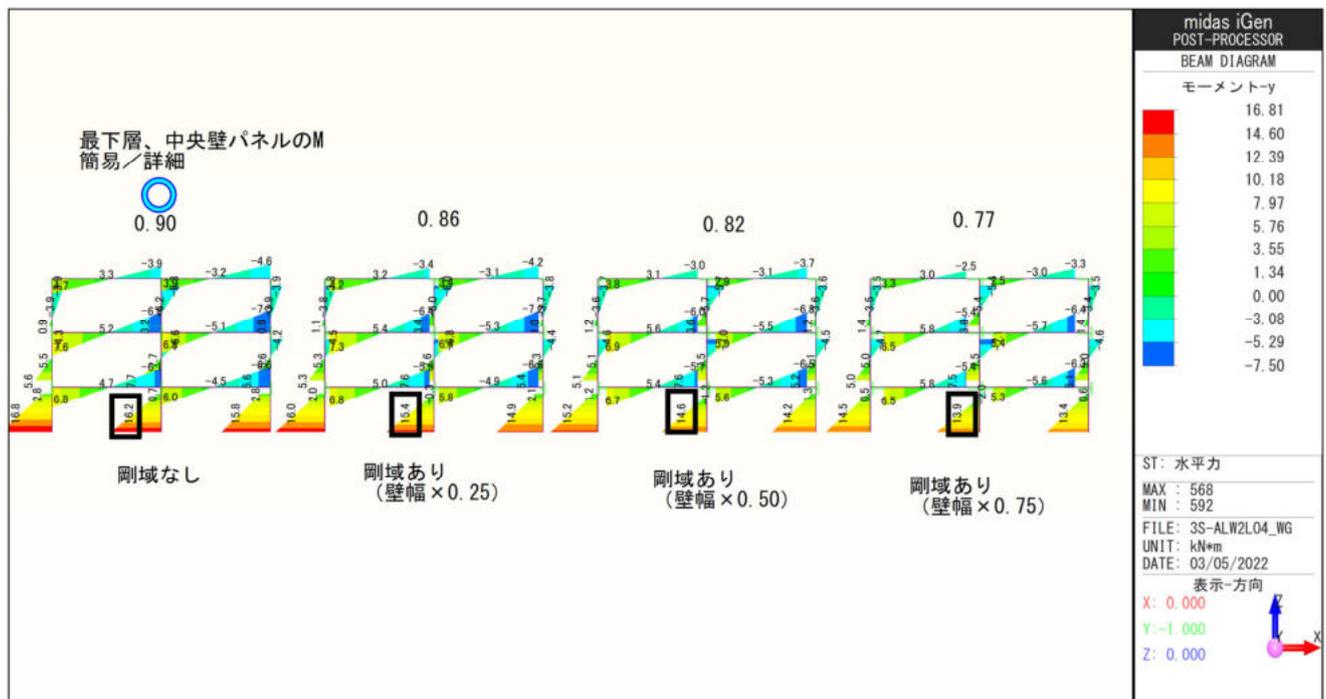


図 2.2.1-47 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M図 (3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

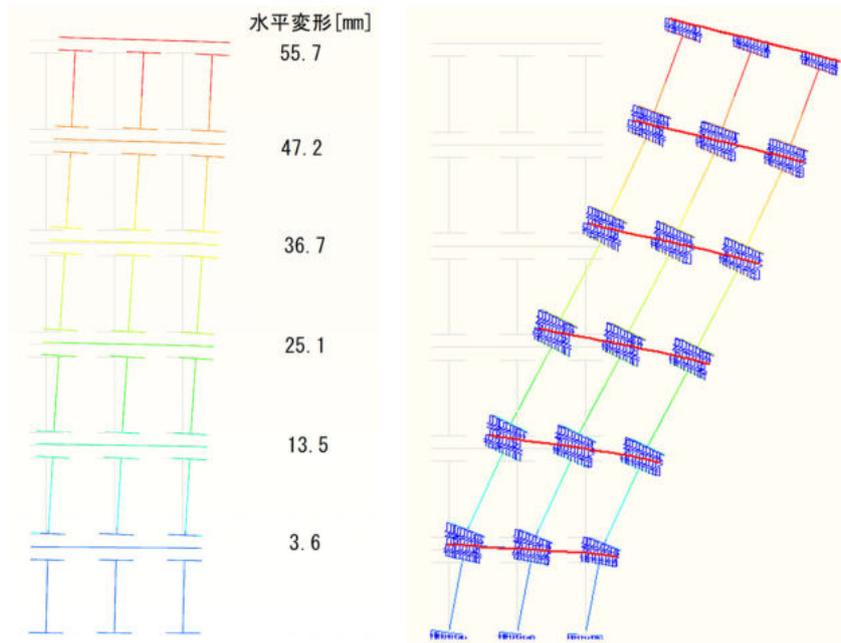


図 2.2.1-48 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図[mm] (6層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

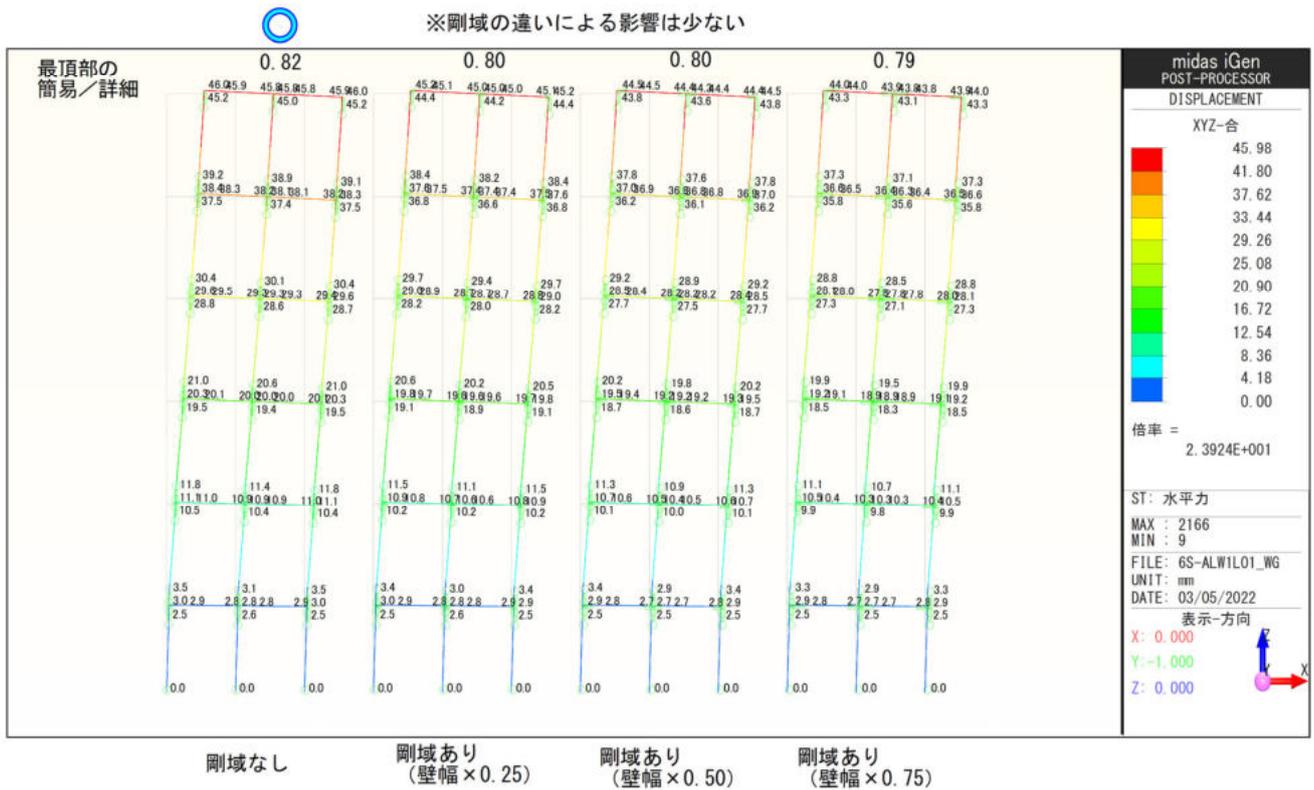
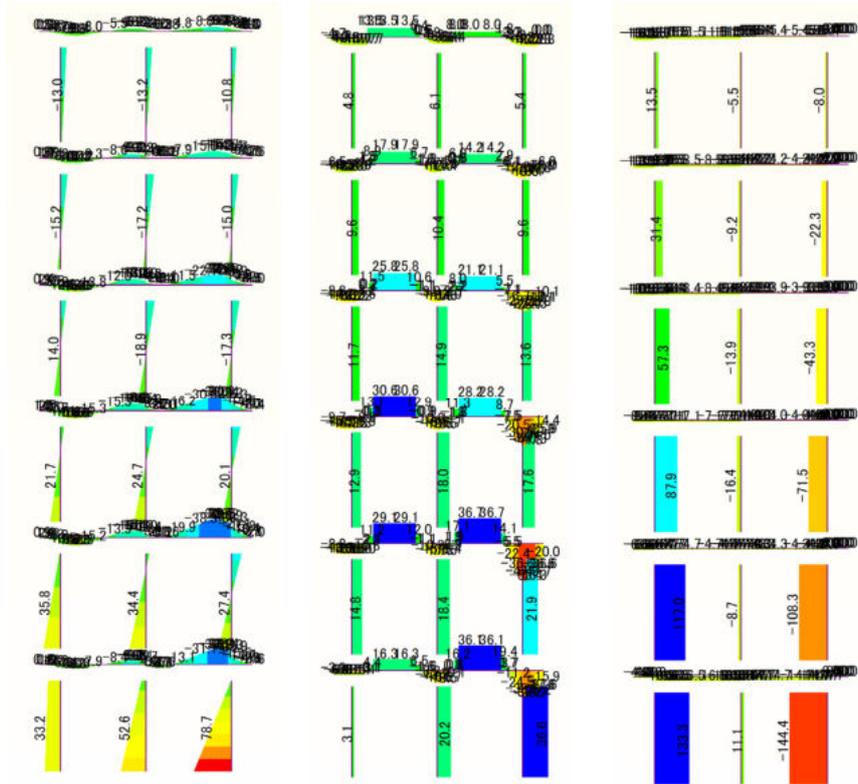


図 2.2.1-49 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図[mm] (6層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)



曲げモーメント[kN・m]      せん断力[kN]      軸力[kN]

図 2.2.1-50 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図 (6層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

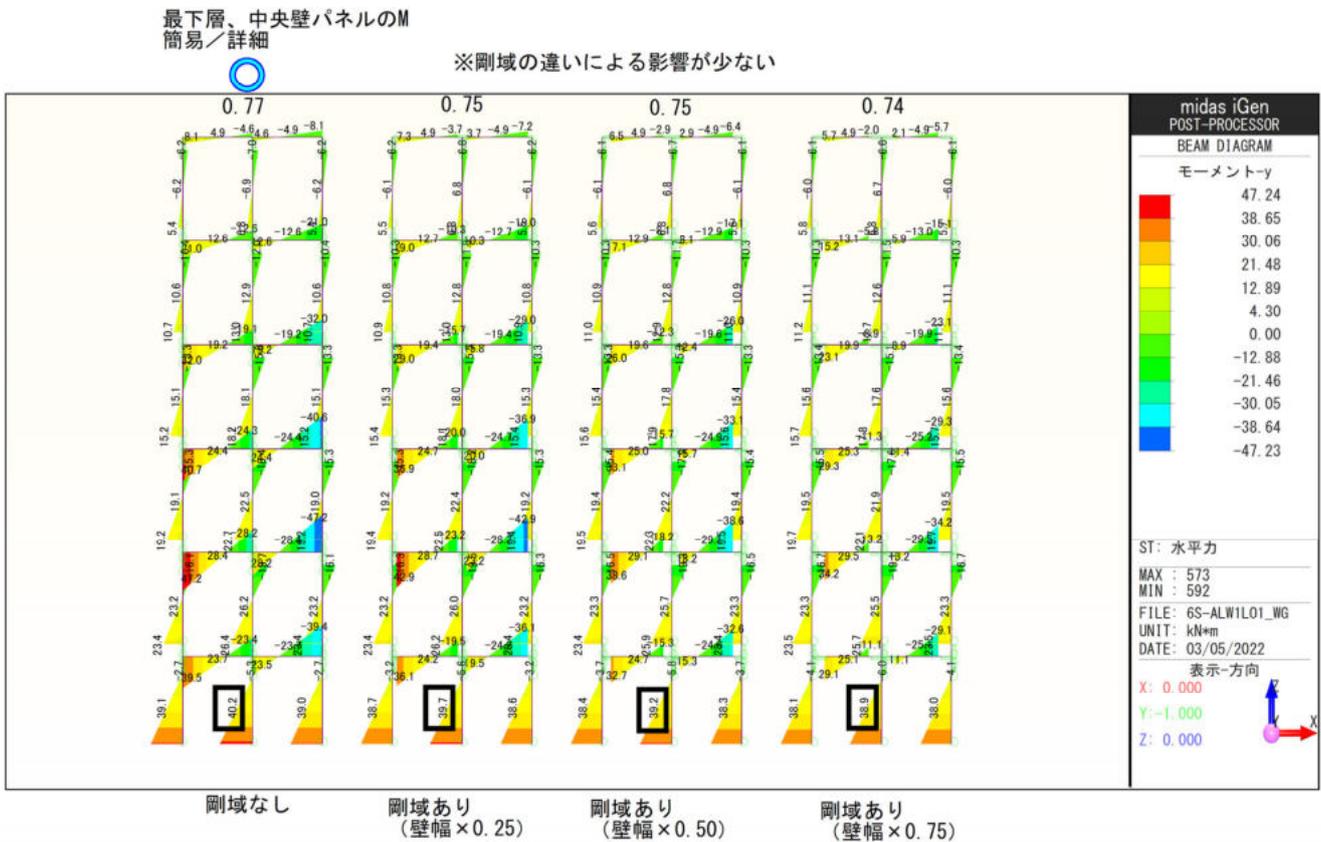


図 2.2.1-51 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M図 (6層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

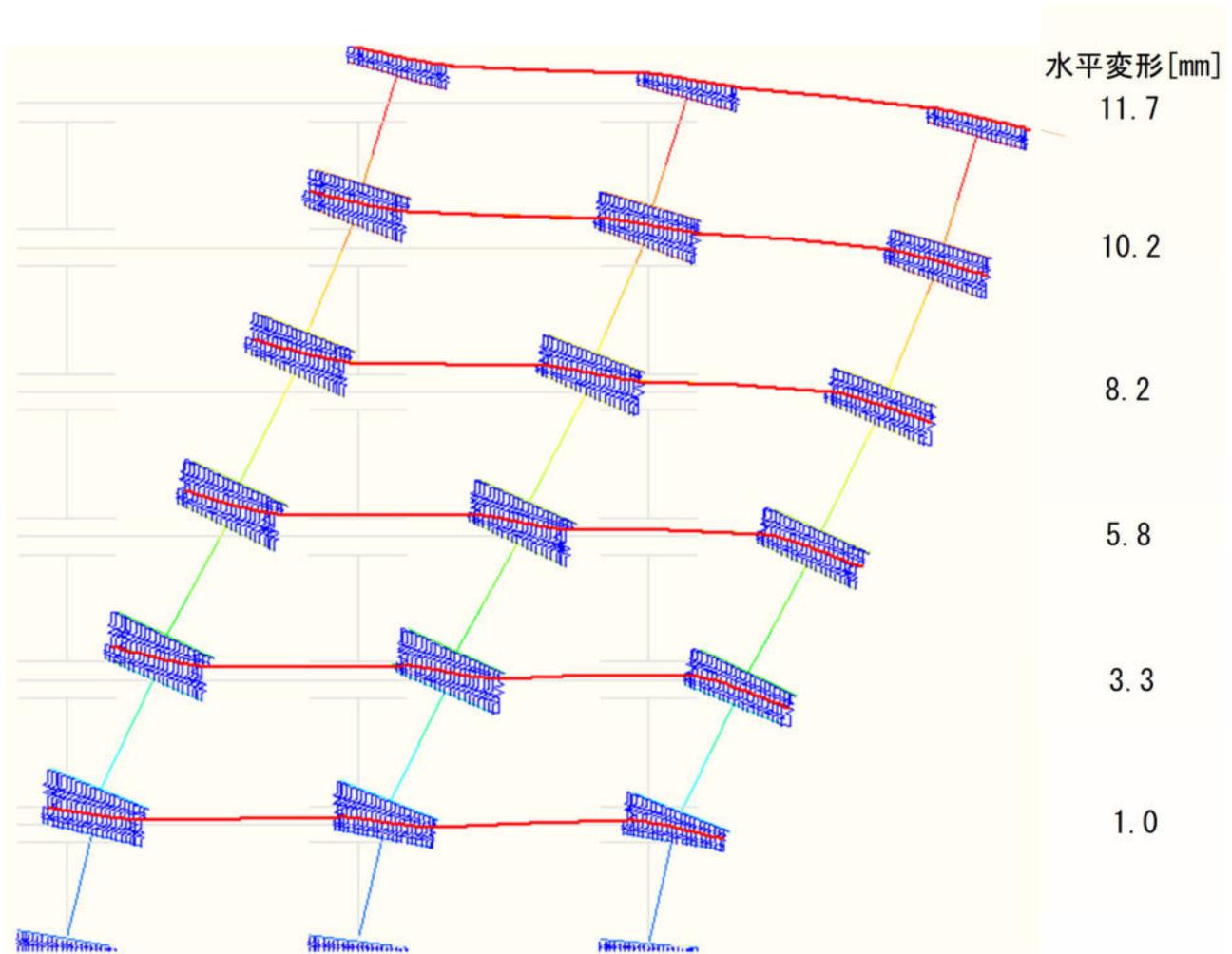


図 2.2.1-52 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図[mm] (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

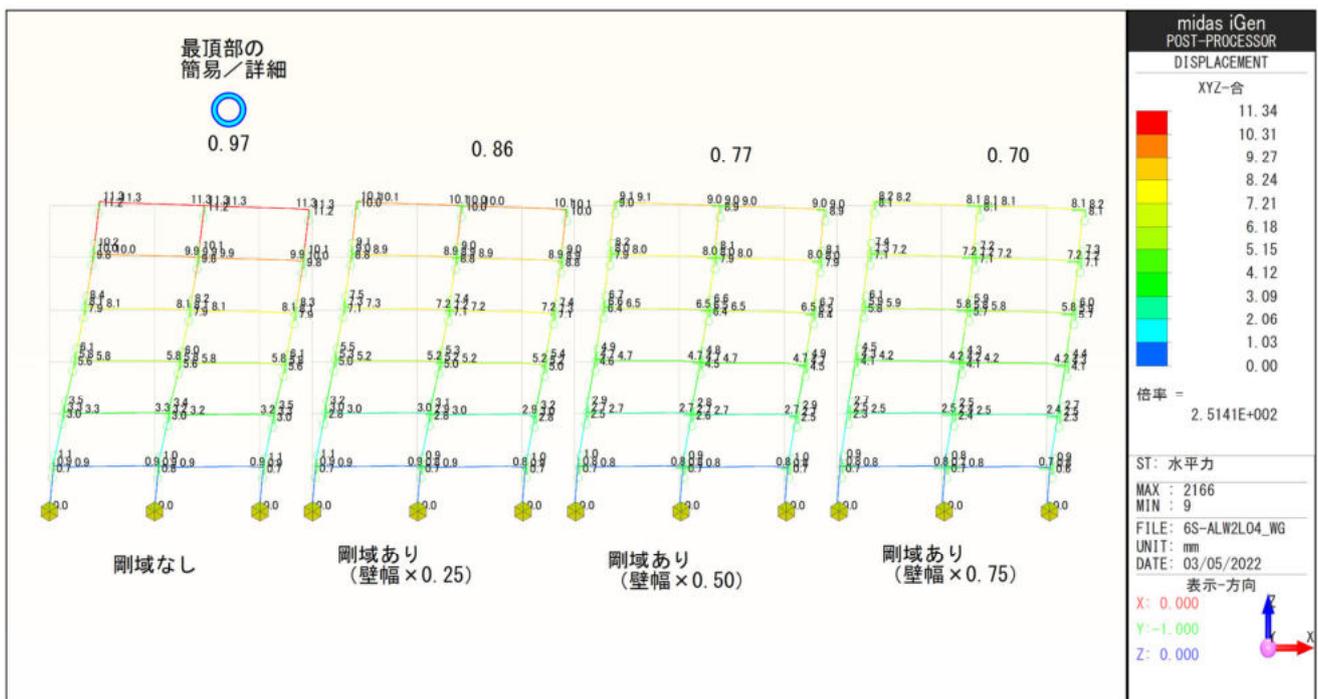
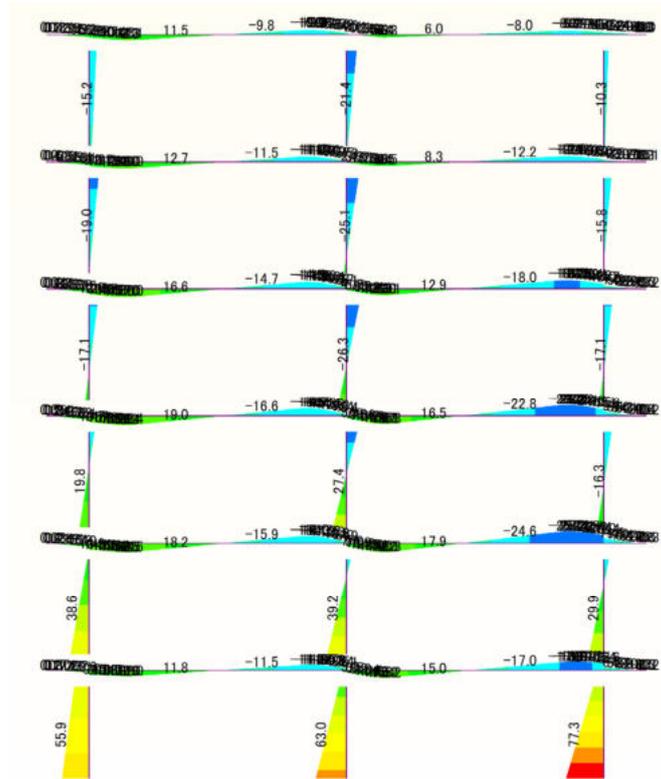


図 2.2.1-53 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図[mm] (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)



曲げモーメント[kN・m]

図 2.2.1-54 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図 (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

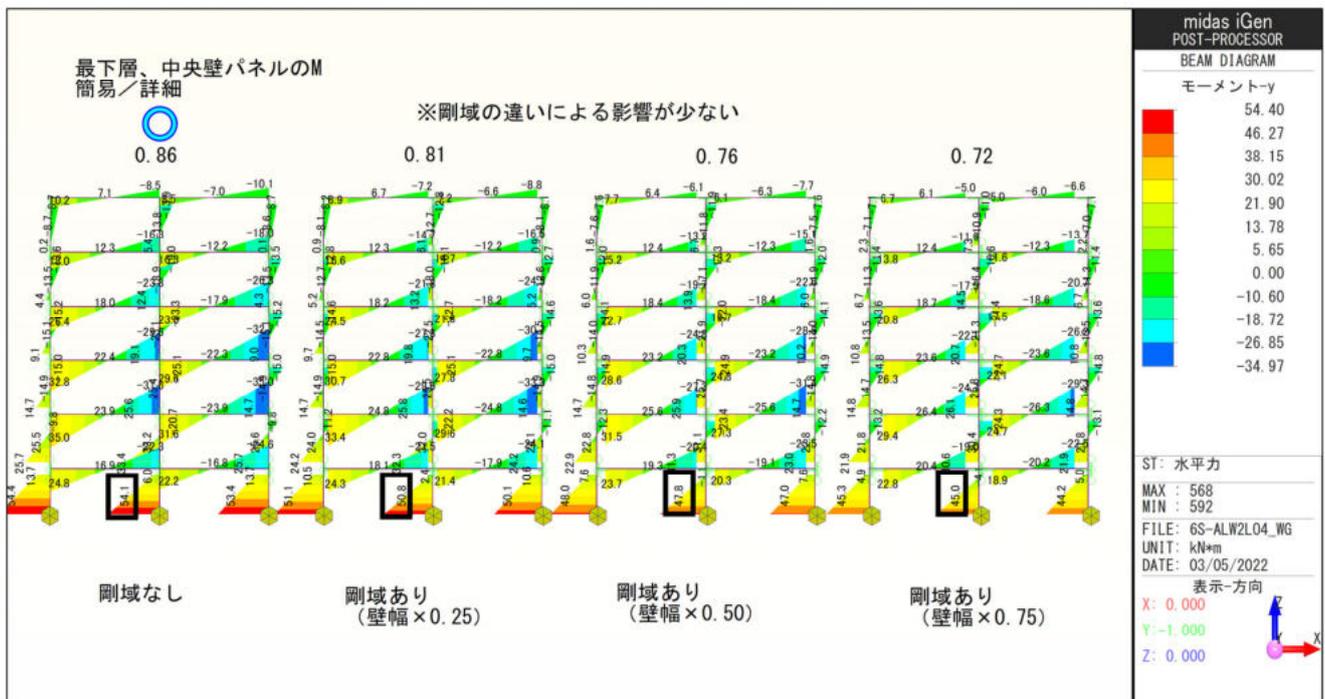


図 2.2.1-55 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M 図 (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

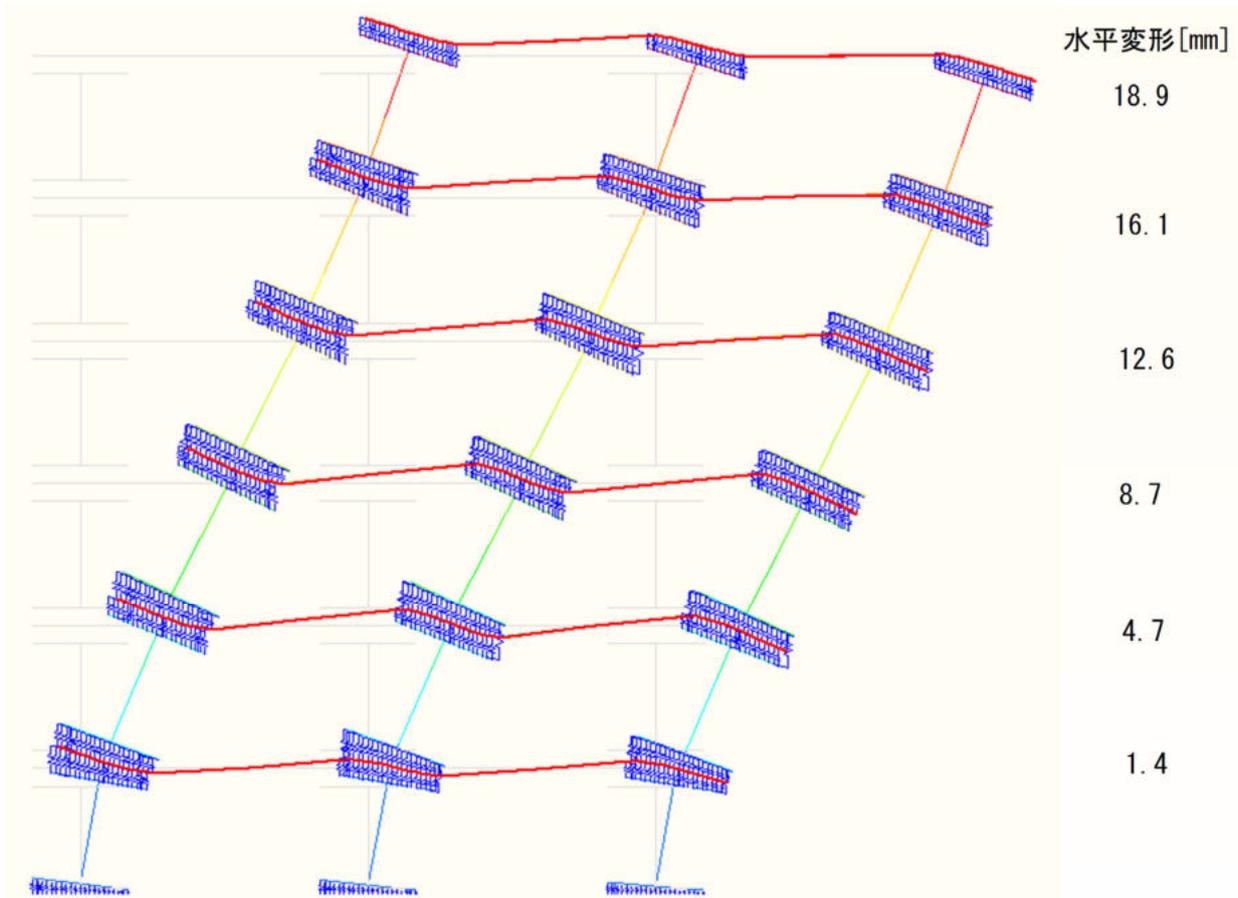


図 2.2.1-56 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図[mm] (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)  
 ※集成材の曲げ剛性 0.25倍

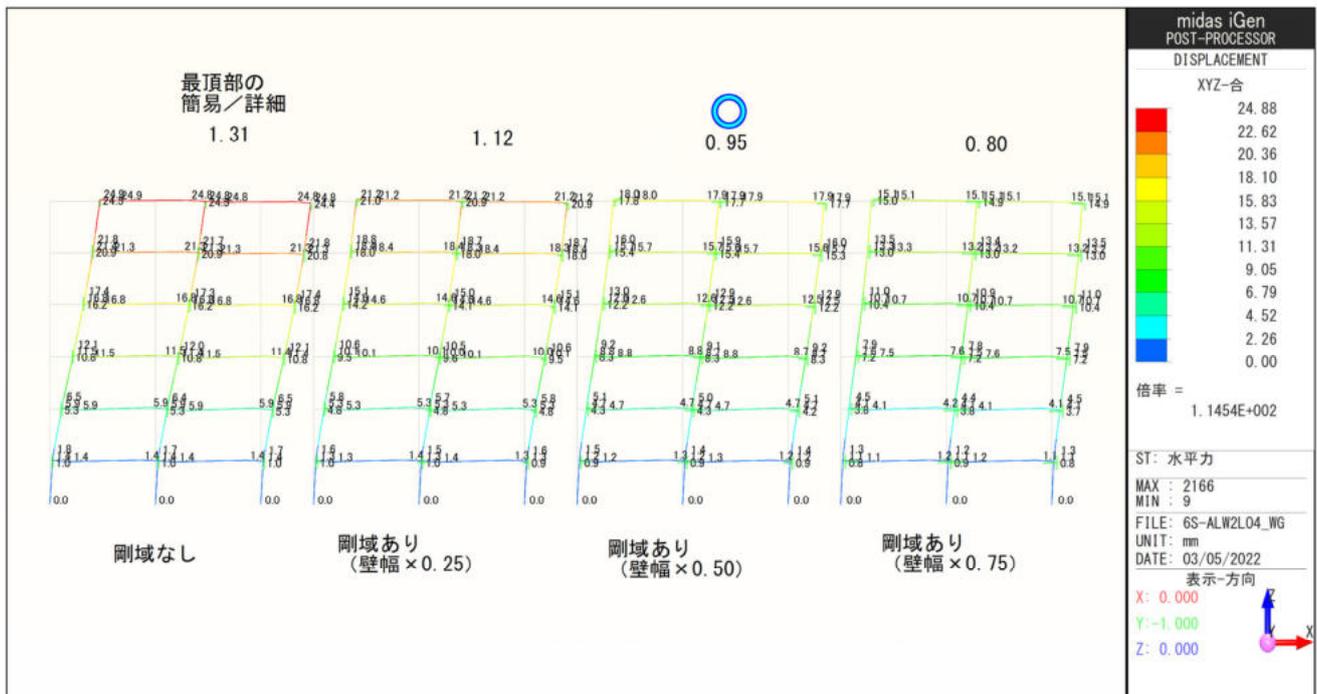
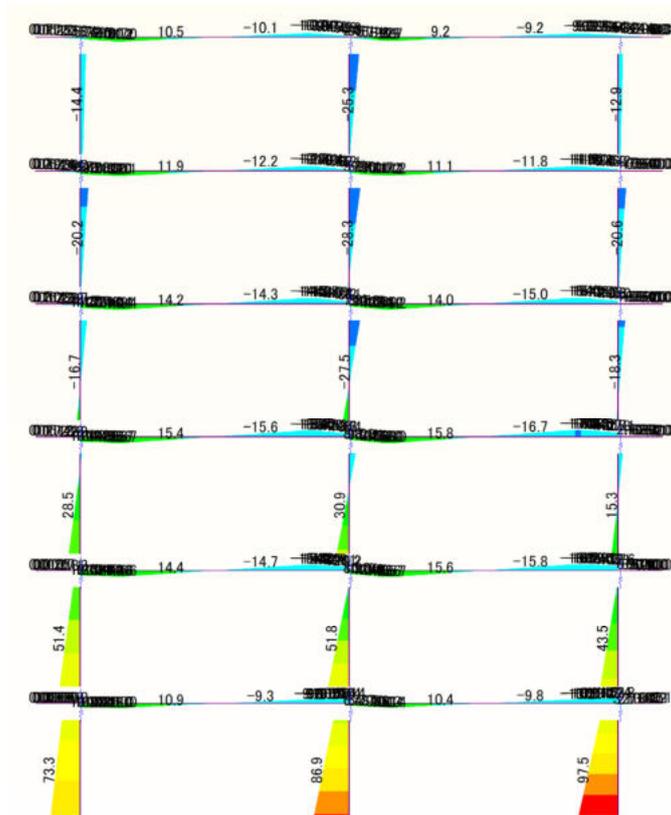


図 2.2.1-57 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図[mm] (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)  
 ※集成材の曲げ剛性 0.25倍



曲げモーメント[kN・m]

図 2.2.1-58 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図 (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)  
 ※集成材の曲げ剛性 0.25倍

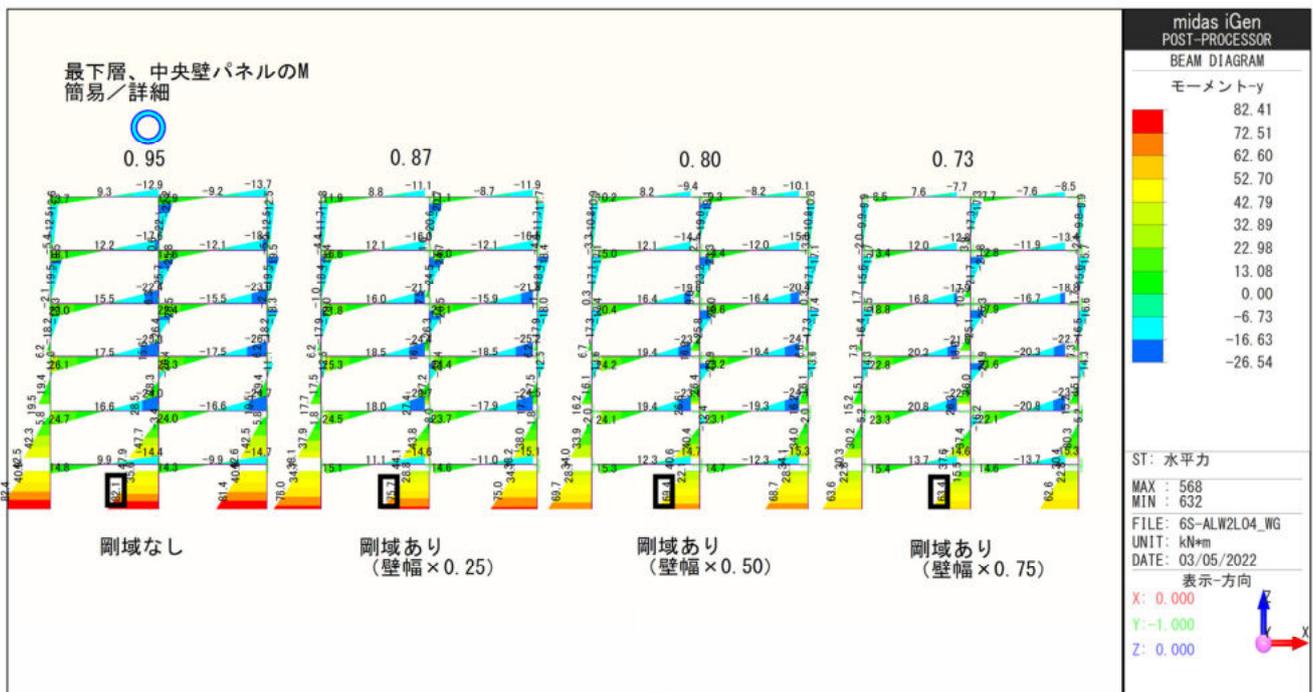


図 2.2.1-59 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M図 (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)  
 ※集成材の曲げ剛性 0.25倍

集成材梁勝ち架構の梁要素の剛域設定についての検討の結果を以下にまとめる。

- ・壁幅 1.0m、スパン 1.0m の場合は 3 層モデル、6 層モデルいずれの場合も、「剛域なし」が、簡易モデルの変形及び負担応力ともに、詳細モデルと概ね対応することが確認された。詳細モデルの拡大変形図より、上下の壁パネルで挟まれる梁要素の区間に着目しても、梁要素は明確な剛域区間は確認されていないことと対応すると考えられる。詳細モデルに対する簡易モデルの最頂部の水平変形の比率は 0.82~0.78、変動軸力に少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントの比率は 0.80~0.74 となり、剛域長が与える変動が少ないことも確認できる。
- ・壁幅 2.0m、スパン 4.0m の場合は 3 層、6 層モデルいずれの場合も、「剛域なし」が、簡易モデルの変形及び負担応力ともに、詳細モデルと概ね対応することが確認された。これは、詳細モデルの拡大変形図の上下の壁パネルで挟まれる梁要素の区間に着目しても、梁要素は壁幅の半分程度が、壁の変形と追従して変形はしているものの、剛としての挙動までには至っていないこととも対応すると考えられる。また、詳細モデルに対する簡易モデルの最頂部の水平変形の比率は 1.04~0.72、変動軸力に少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントの比率は 0.90~0.72 となり、剛域長が与える変動が少ないが、壁幅 1.0m に比べると剛域長が与える変動が大きくなっている。以上から、壁の剛性に比べて、梁の剛性が低い場合に剛域による影響が高くなることがわかる。
- ・次に壁幅 2.0m、スパン 4.0m の場合に対して、より剛域による影響を調べるために 6 層モデルの場合についてのみ、集成材の剛性を 0.25 倍とした場合も同様に検討した。結果、変形は「剛域を壁幅の半分×0.50」が、応力は「剛域なし」が、簡易モデルと詳細モデルが概ね対応する。詳細モデルの拡大変形図から明らかに、壁に挟まれる梁部分は、壁の変形と追従して剛として変形している領域が増えていることが確認できる。詳細モデルに対する簡易モデルの最頂部の水平変形の比率で 1.31~0.80、変動軸力に少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントの比率で 0.95~0.73 と剛域による影響が特に変形に与える割合が増加した。
- ・以上より、集成材梁勝ち架構の梁要素の剛域設定については、壁や梁、更には接合部の剛性バランスの違いによって、適切な剛域長は変動することも確認された。特に部材剛性は部材の“せい”が最も影響しており、RC 造の剛域は部材せいをパラメータとして、梁せいの 0.25 倍を剛域入り長さとして指針に示されている（下図参考）。本報告書では、RC 造の設定方法も参考に「剛域入り長さを梁せいの 0.5 倍」とした。これは、梁せいが大きい場合は梁の剛性が高くなり剛域が少なくなり、逆に梁せいが小さい場合は剛域が大きくなることを反映できると考え設定した。この妥当性は後述する 2 次元フレームによるパラスタにより確認する。

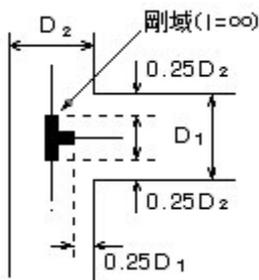


図 2.2.1-60 RC 造の剛域設定

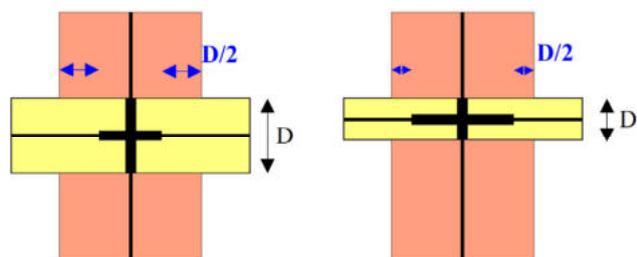


図 2.2.1-61 集成材梁勝ち架構の剛域設定（本報告書）

<鉄骨梁勝ち架構>

鉄骨梁勝ち架構の簡易モデルは基本的には前述した集成材梁勝ち架構と同様である。

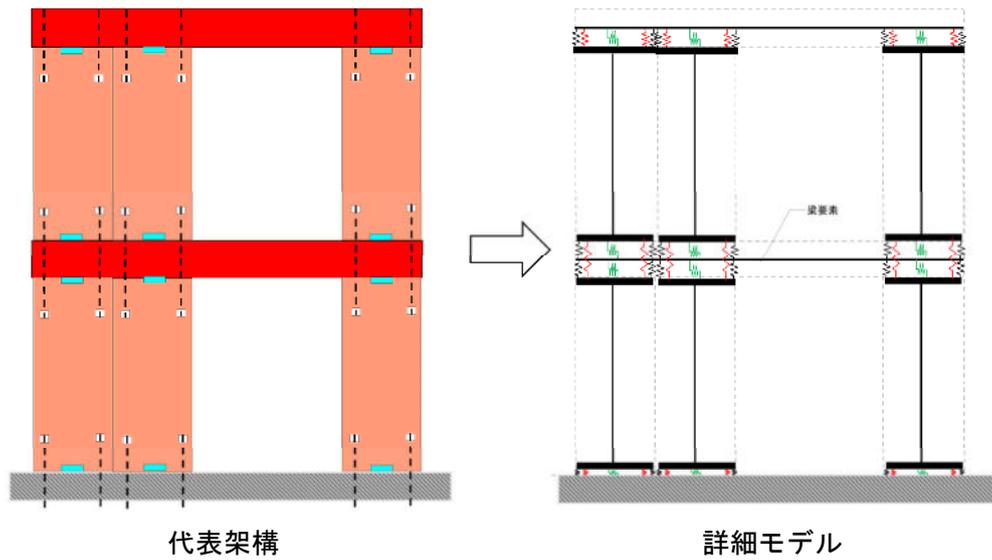


図 2.2.1-62 鉄骨梁勝ち架構と詳細モデル

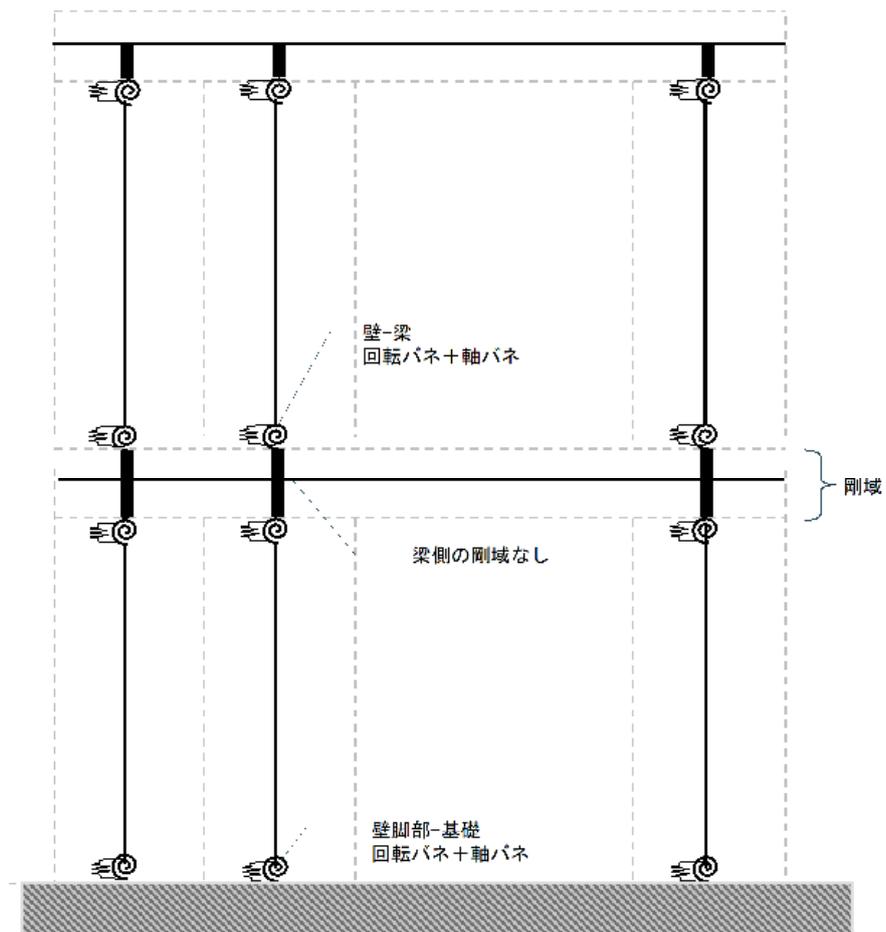


図 2.2.1-63 簡易モデル概要（鉄骨梁勝ち架構）

表 2.2.1-4 各部位の簡易モデル化方法（鉄骨梁勝ち架構）

No.	部位・部材	モデル化方法
③ c	壁・梁接合部	材端バネ（回転バネ+軸バネ）※回転バネ、軸バネは圧縮・引張の平均値として壁頭壁脚に振り分ける。

※上記は小幅パネル架構との相違点のみ示し、それら以外の部位は小幅パネル架構を参照

(ア) 壁 - 梁接合部のモデル化方法

壁と梁接合部のモデル化方法は、小幅パネル架構における水平方向に壁パネルを連続的に配置する場合の壁と床の簡易モデル化方法と基本的に同様であり、壁と鉄骨梁はめり込み抵抗ではないため、壁基礎と同じ支圧剛性を用いる。詳細モデルでは壁梁接合部の圧縮バネと引張バネが、梁要素を介して力が伝達される。簡易モデルでは下図に示すように、梁要素を配置し、小幅パネル架構の壁床接合部で算出した回転バネと軸バネを上下に配置するモデルとする。なお、鉄骨梁勝ち架構では積極的に梁による曲げ戻しに期待するため、最上階も回転バネと軸バネを用いた簡易モデルとし、梁材はいずれも断面算定対象とする。なお鉄骨梁は CLT 壁に対して比較的剛性が高いことから、事前のスタディの結果より本報告書では梁の剛域は設けていない。

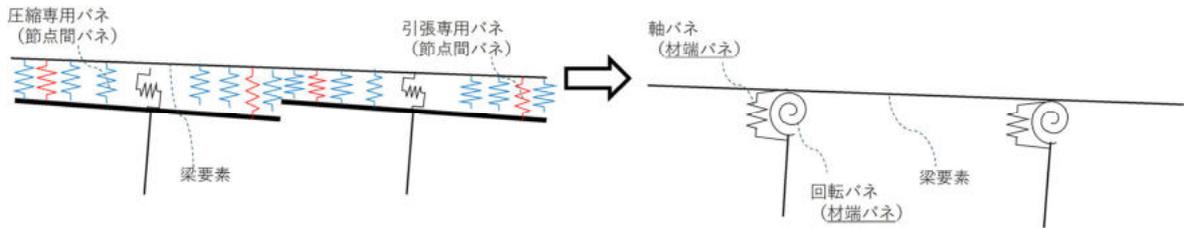


図 2.2.1-64 壁梁接合部の簡易モデル化概要（最上階）

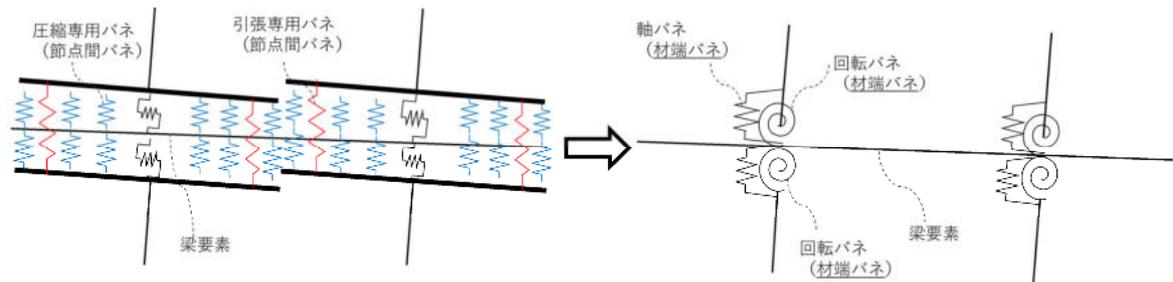


図 2.2.1-65 壁梁接合部の簡易モデル化概要（最上階以外）

鉄骨梁勝ち架構の簡易モデルにおける梁要素に設定する適切な剛域長を検討するため、詳細モデルと剛域を変更した簡易モデルによる解析スタディを実施した。解析モデルは以下に示すような 2 次元フレームモデルであり、各部の詳細パラメータは 2.4.3 に示す数値と同様の値を用いる。また 3 層モデルと 6 層モデル、壁を 1m、2m とした 4 つのモデルに対して、簡易モデルの床要素の剛域長を、「なし」、「壁幅の半分×0.25」、「壁幅の半分×0.50」、「壁幅の半分×0.75」と変数にした。ただし、この検証モデルでの 3 層モデルは、6 層モデルの上層 3 層を削除して作成したモデルとしている。

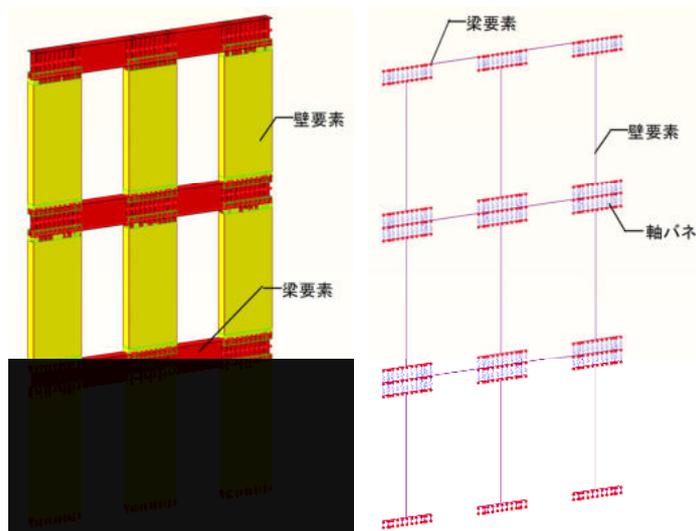


図 2.2.1-66 梁勝ち架構の梁要素の剛域長検証用モデル（詳細モデル）

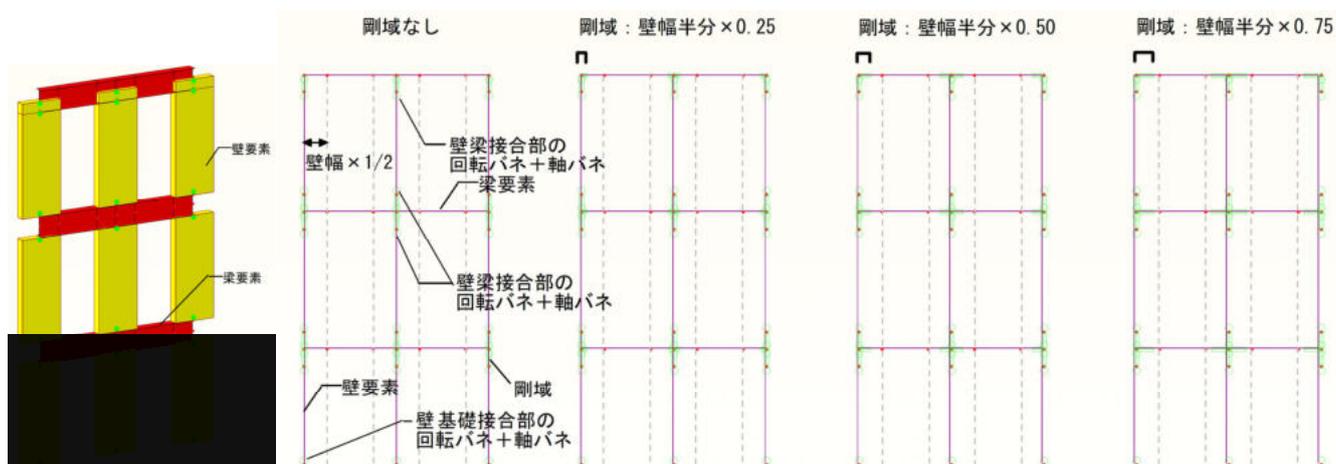


図 2.2.1-67 梁勝ち架構の梁要素の剛域長検証用モデル（簡易モデル）

次項以降に、詳細モデルと剛域をパラメータとした簡易モデルの解析結果として、変形図と曲げモーメント図の比較資料を示す。ここでは頂部の水平変形と、変動軸力の影響が少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントについて、詳細モデルに対する簡易モデルの比率を主に分析した。また梁の変形状態を確認するため、詳細モデルについては変形倍率を高く設定した変形拡大図も併せて示す。

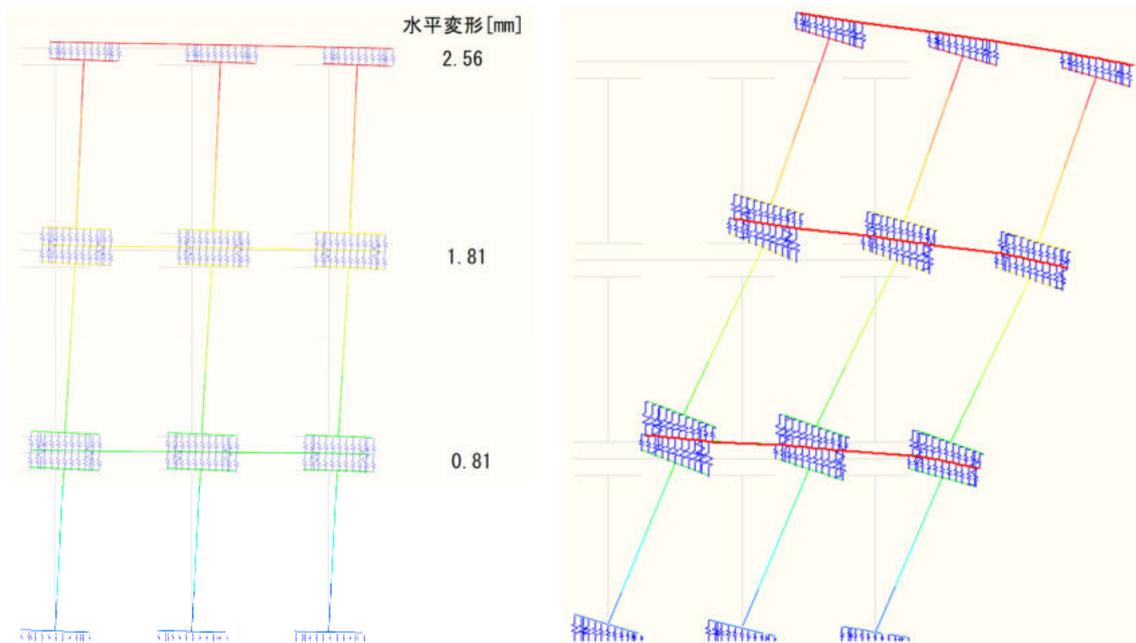


図 2.2.1-68 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図 [mm]  
(3 層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

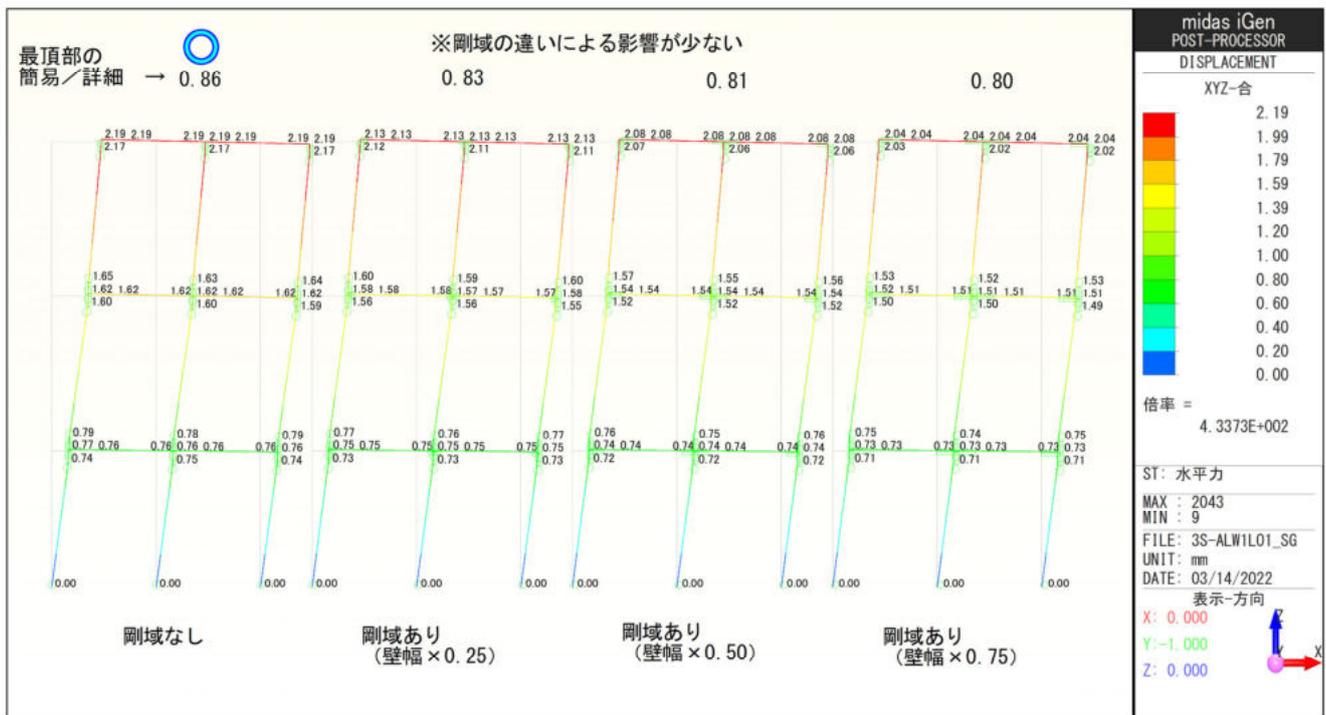
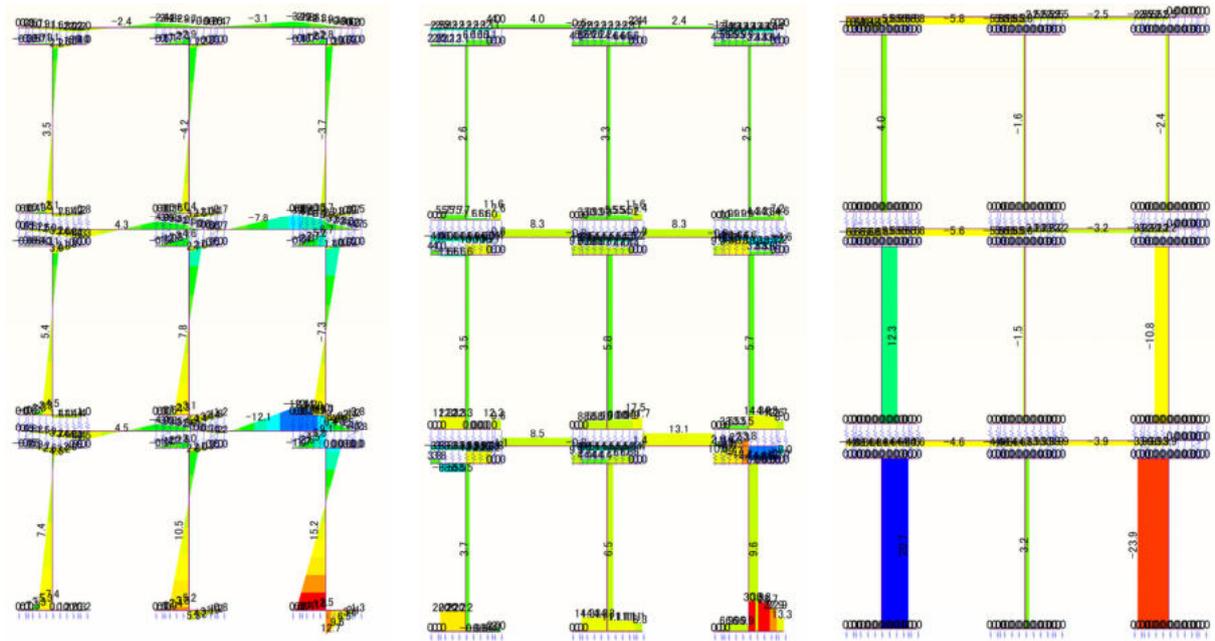


図 2.2.1-69 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図 [mm]  
(3 層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)



曲げモーメント[kN・m]      せん断力[kN]      軸力[kN]

図 2.2.1-70 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図 (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

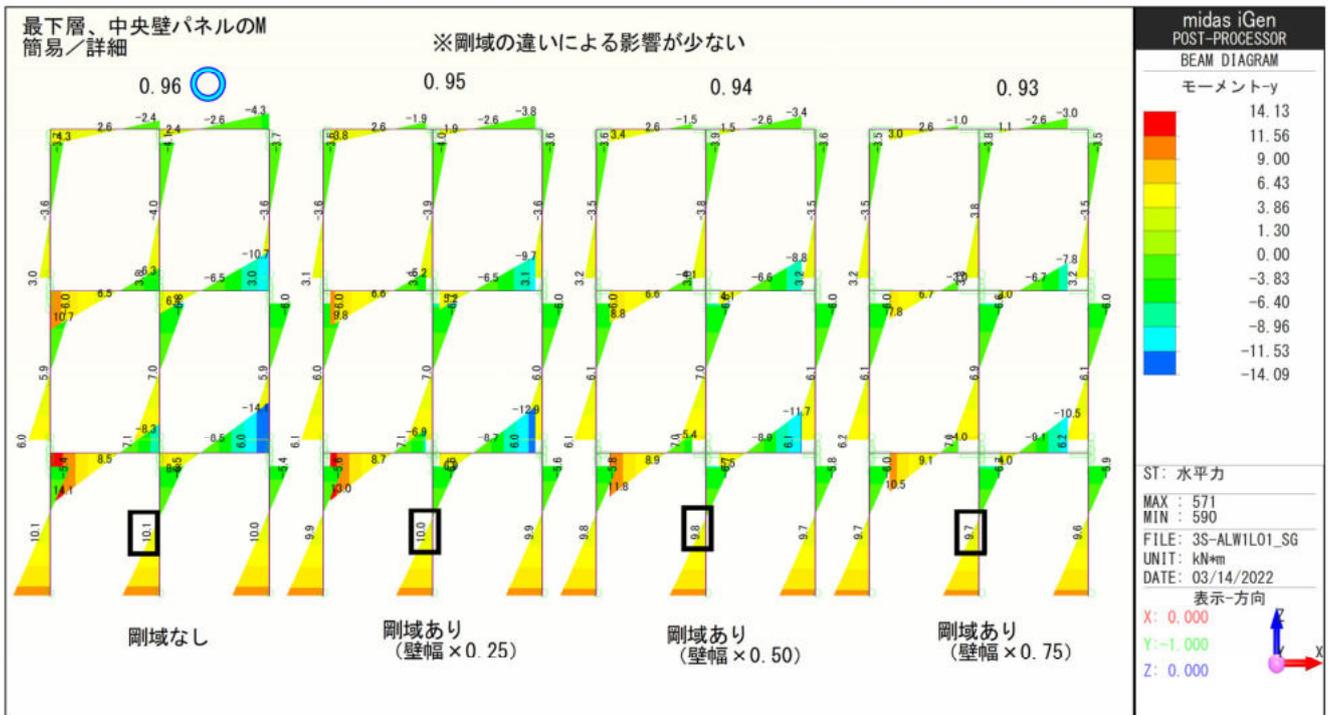


図 2.2.1-71 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M図 (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

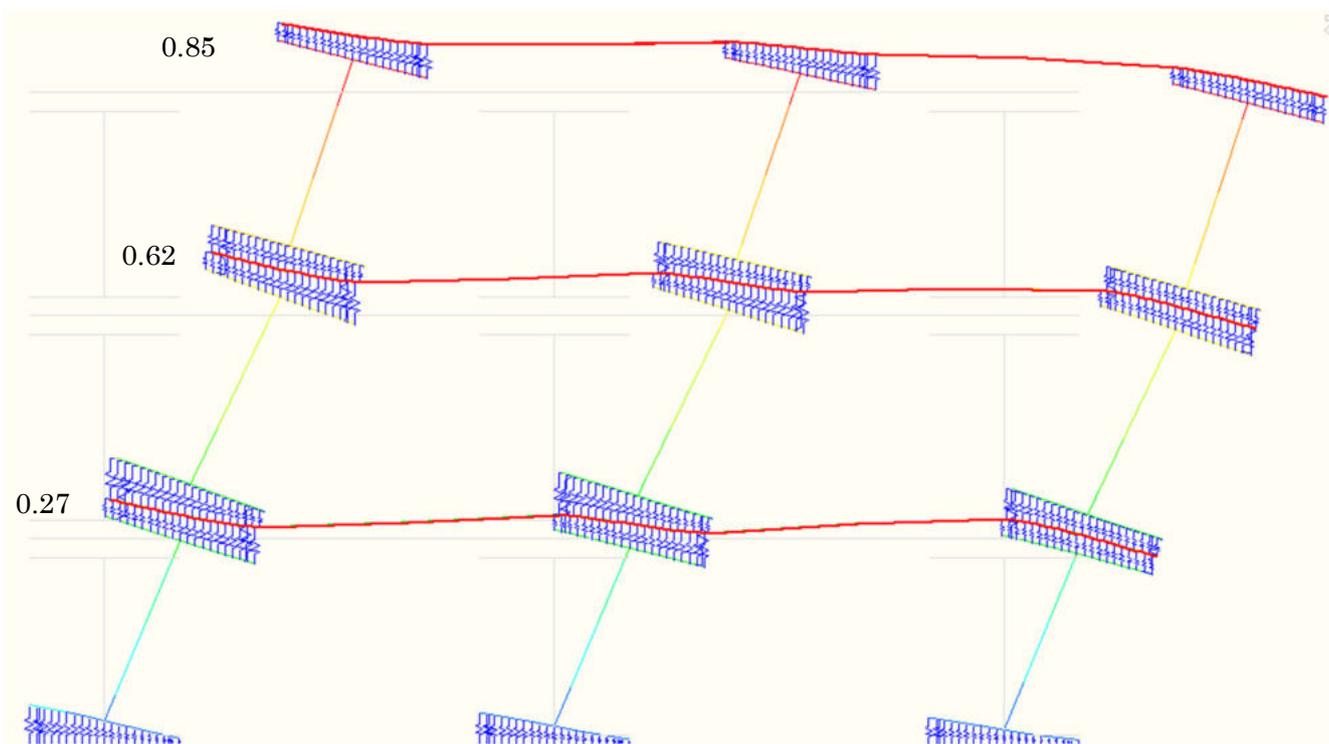


図 2.2.1-72 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図 [mm]  
 (3 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

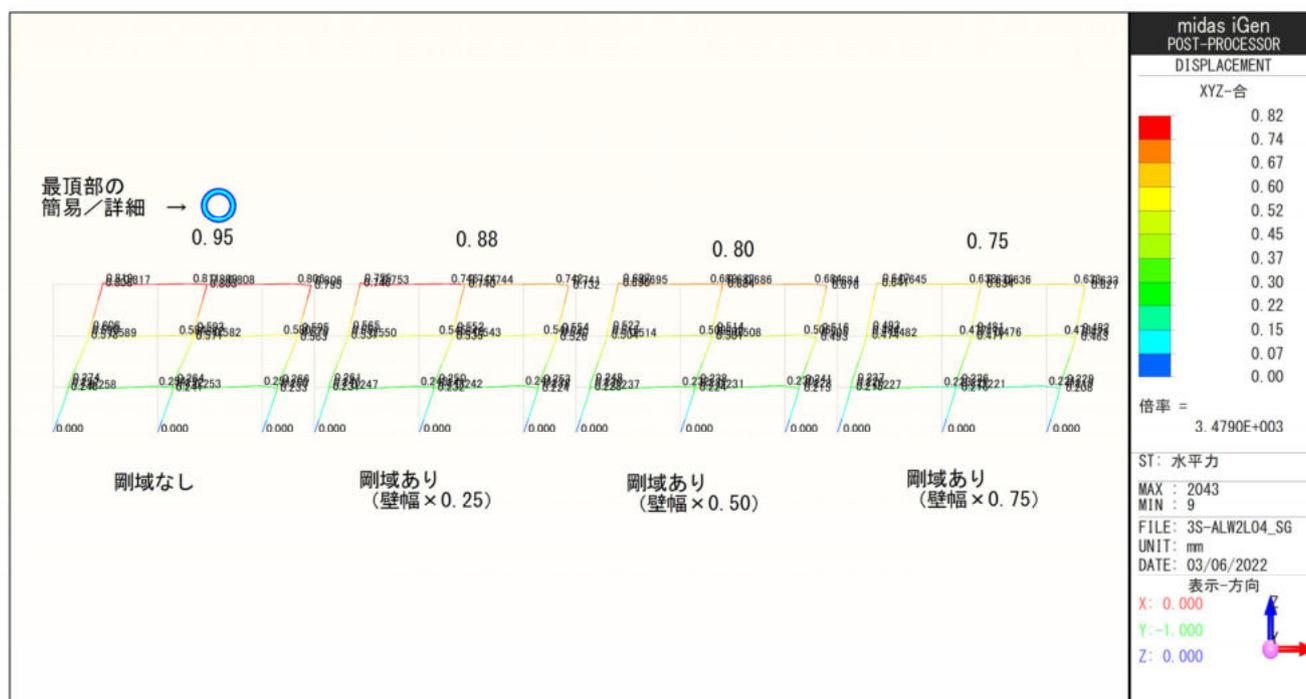
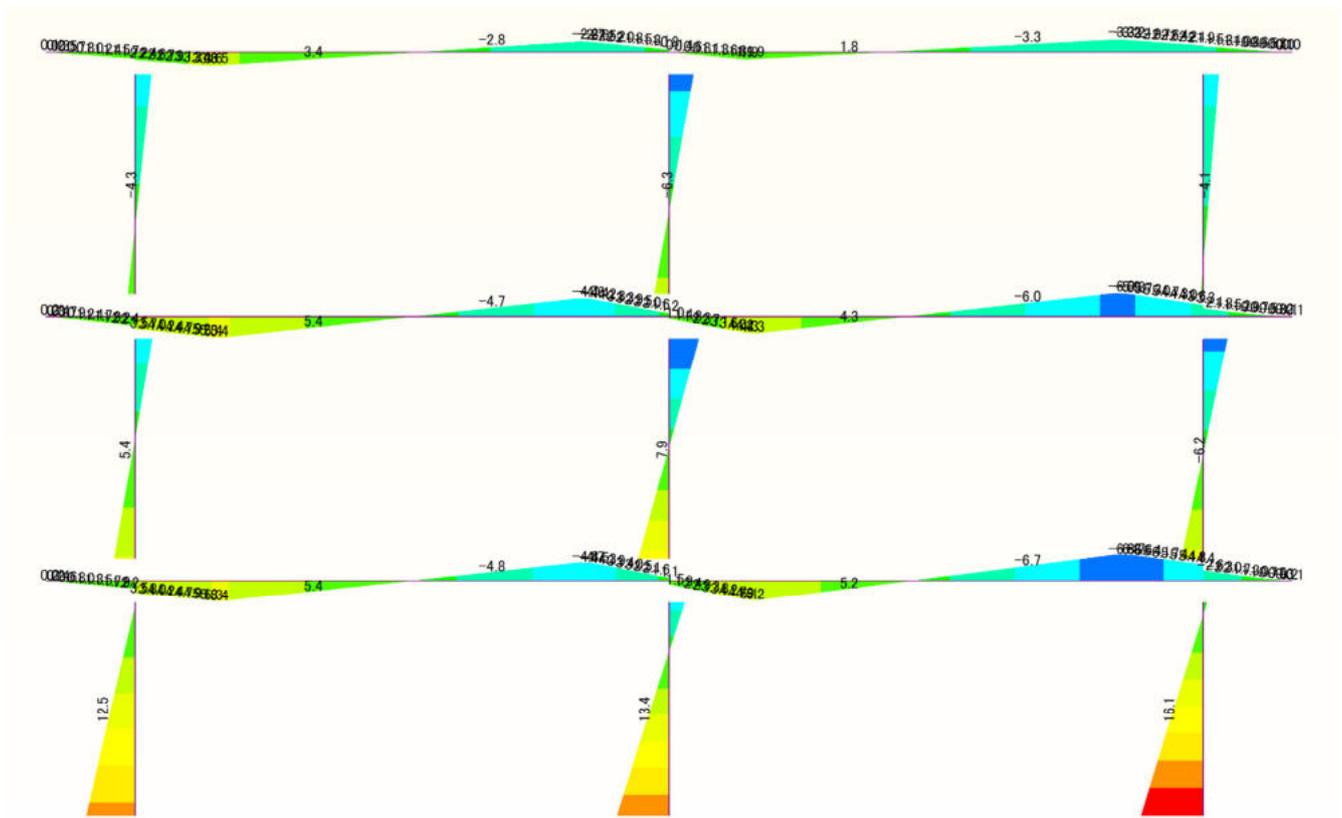


図 2.2.1-73 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図 [mm]  
 (3 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)



曲げモーメント[kN・m]

図 2.2.1-74 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図 (3 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

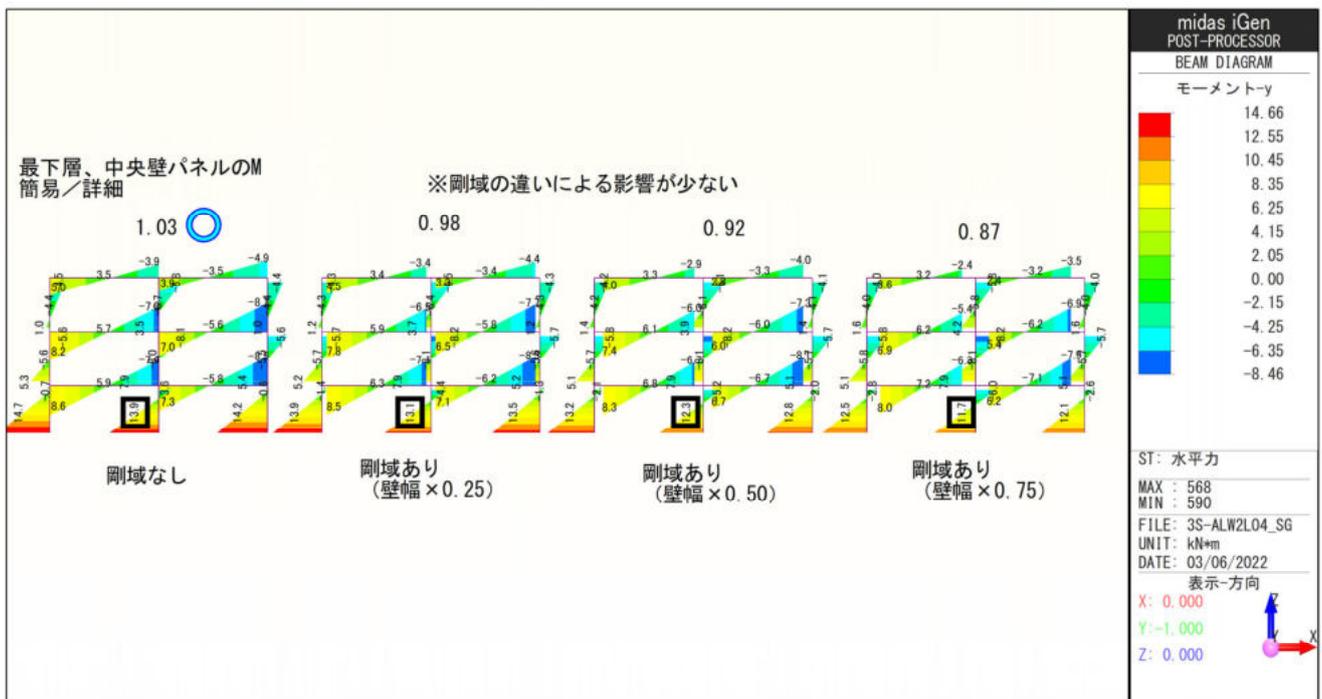


図 2.2.1-75 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M 図 (3 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

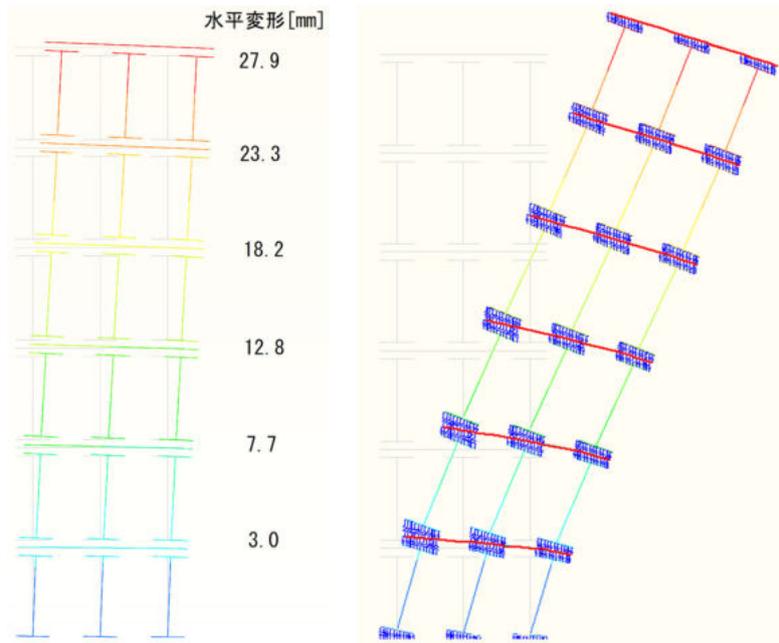


図 2.2.1-76 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図 [mm]  
(6 層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

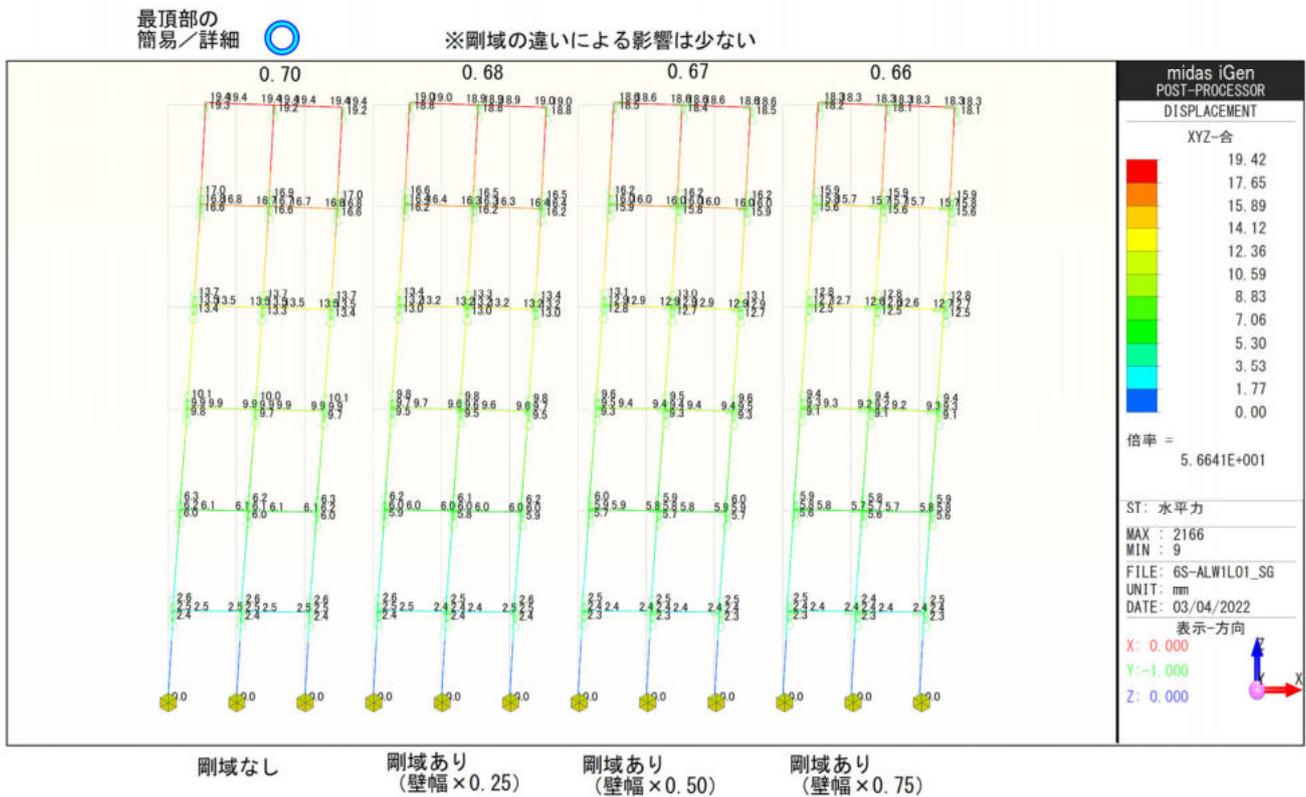
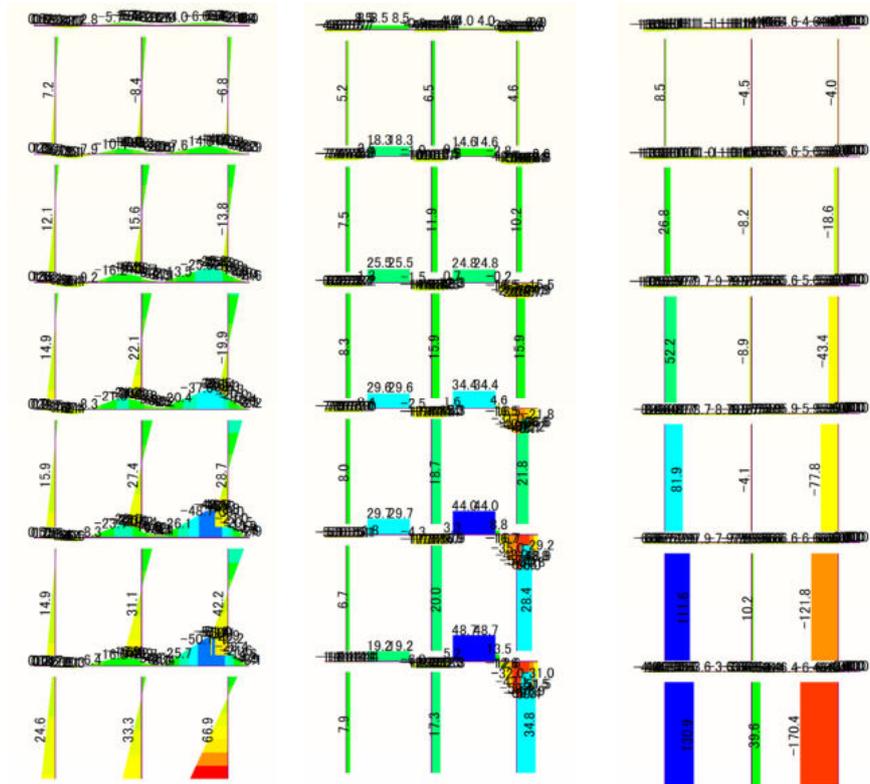


図 2.2.1-77 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図 [mm]  
(6 層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)



曲げモーメント[kN・m]      せん断力[kN]      軸力[kN]

図 2.2.1-78 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図 (6 層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

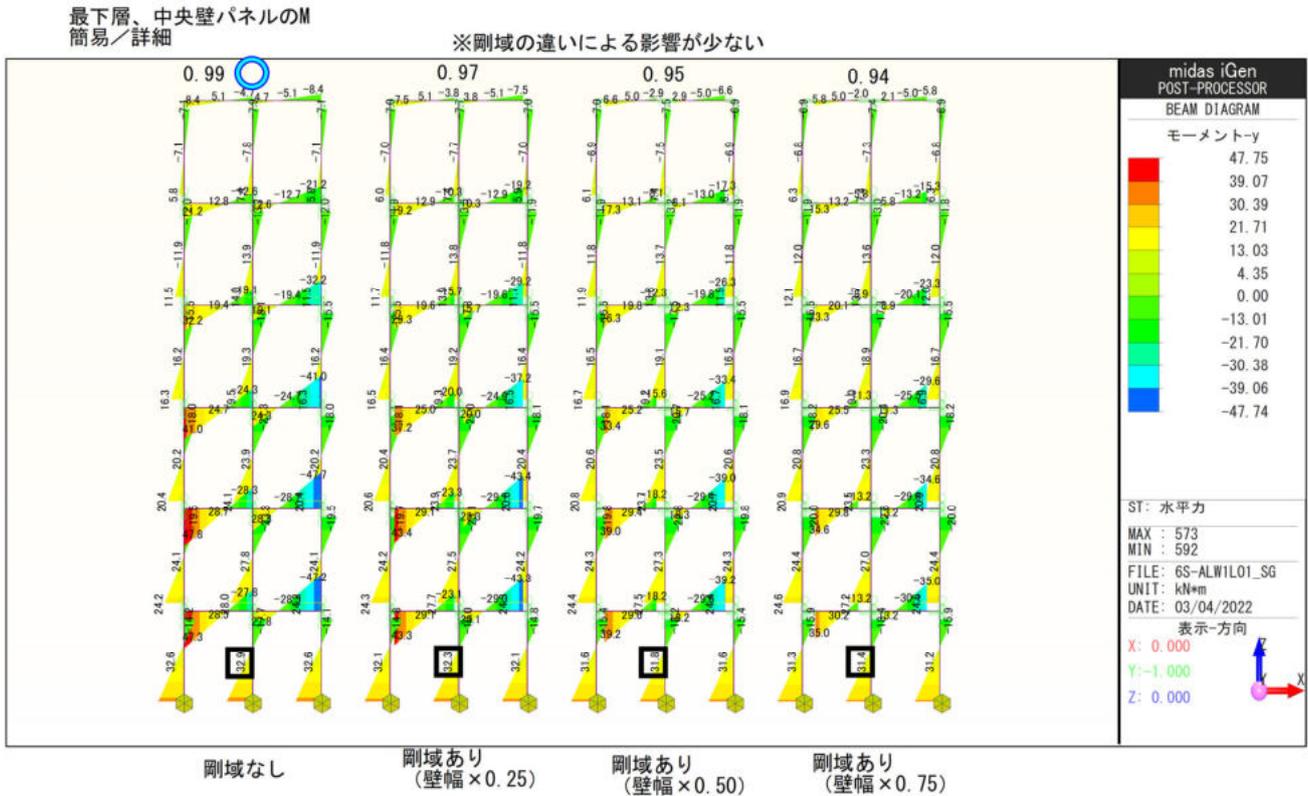


図 2.2.1-79 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M 図 (6 層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

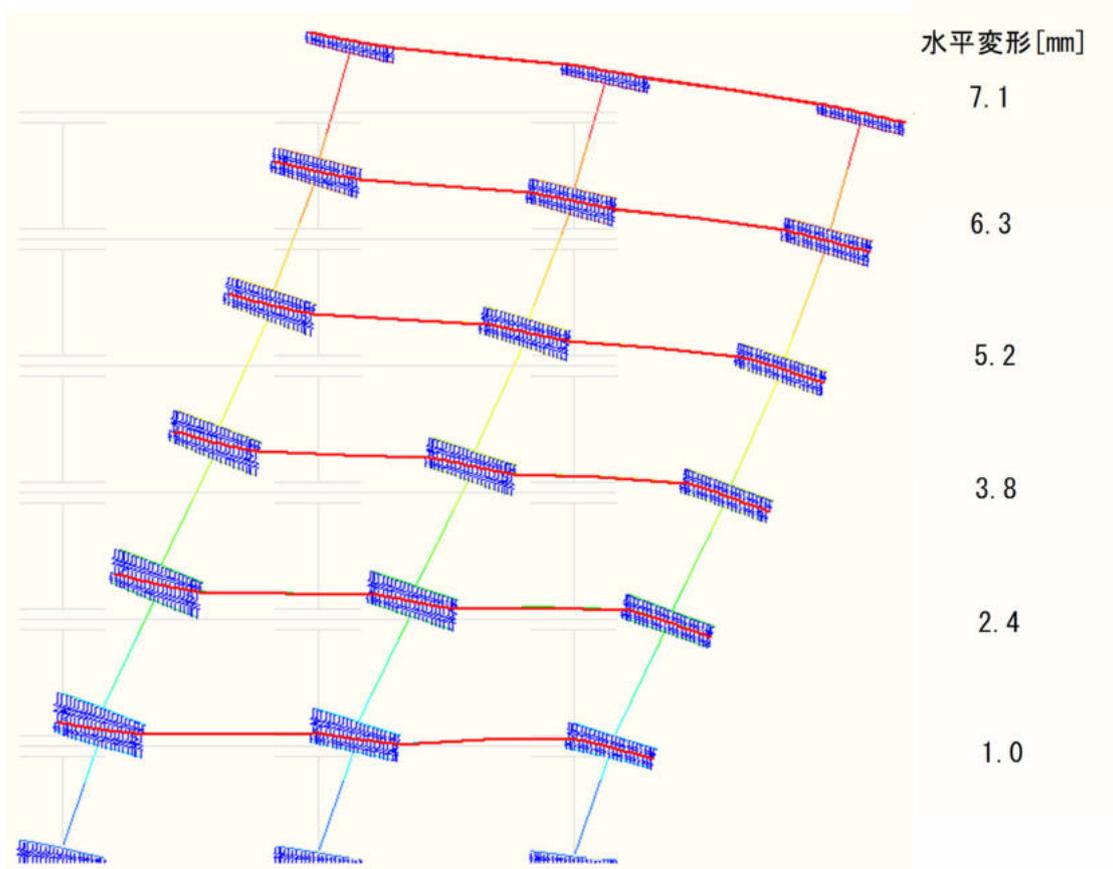


図 2.2.1-80 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図 [mm]  
(6 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

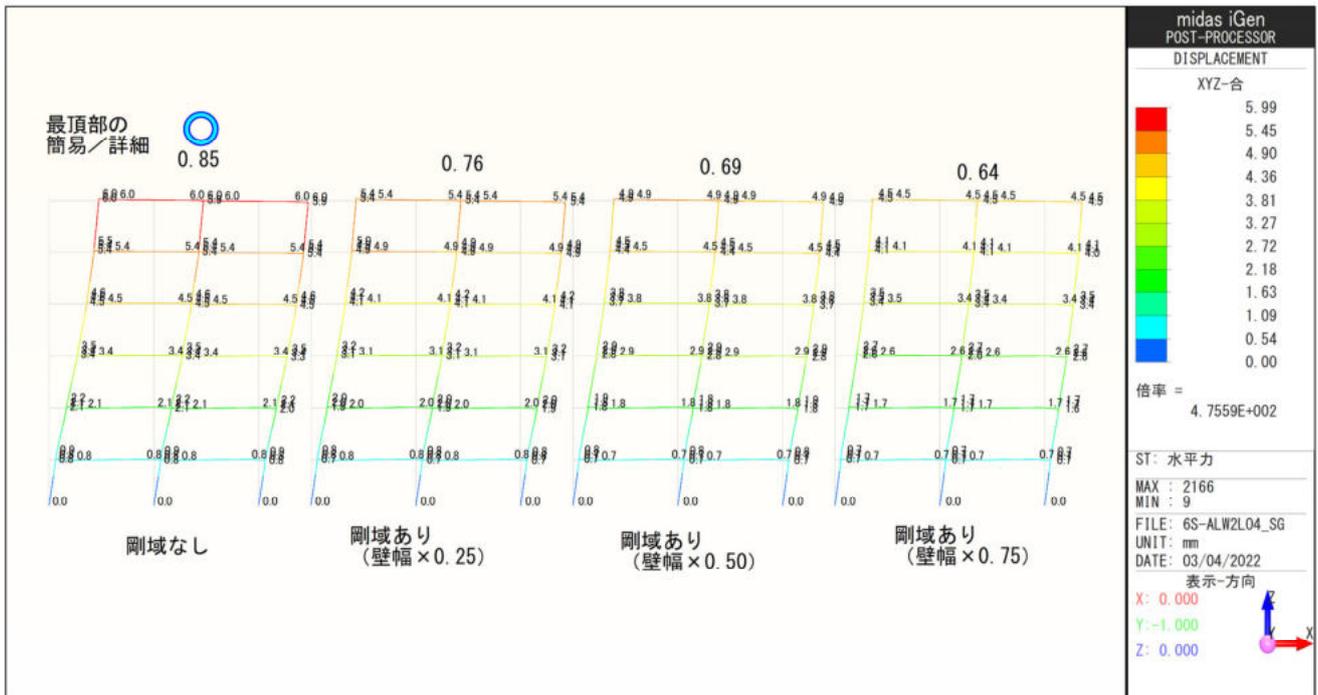
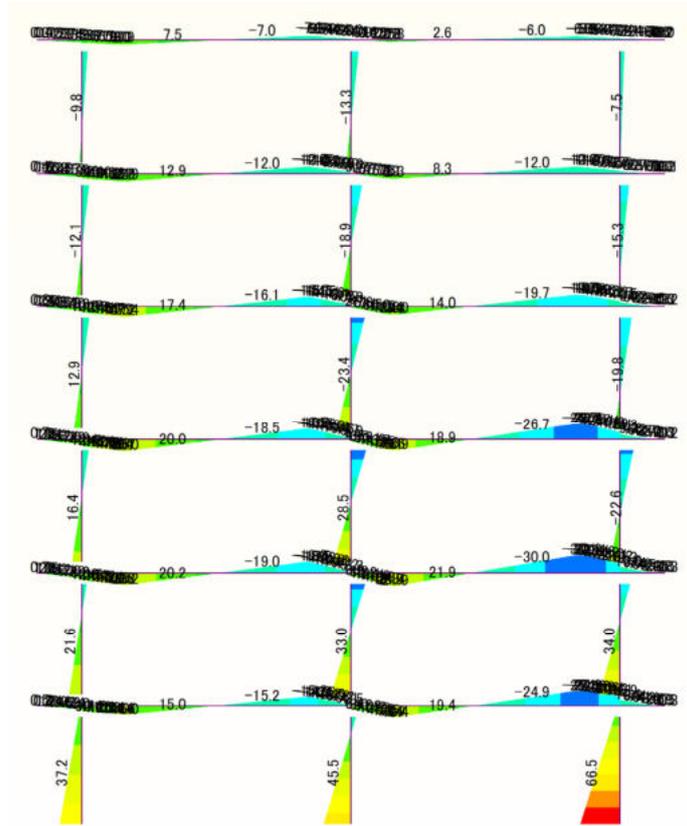


図 2.2.1-81 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図 [mm]  
(6 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)



曲げモーメント[kN・m]

図 2.2.1-82 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図  
(6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

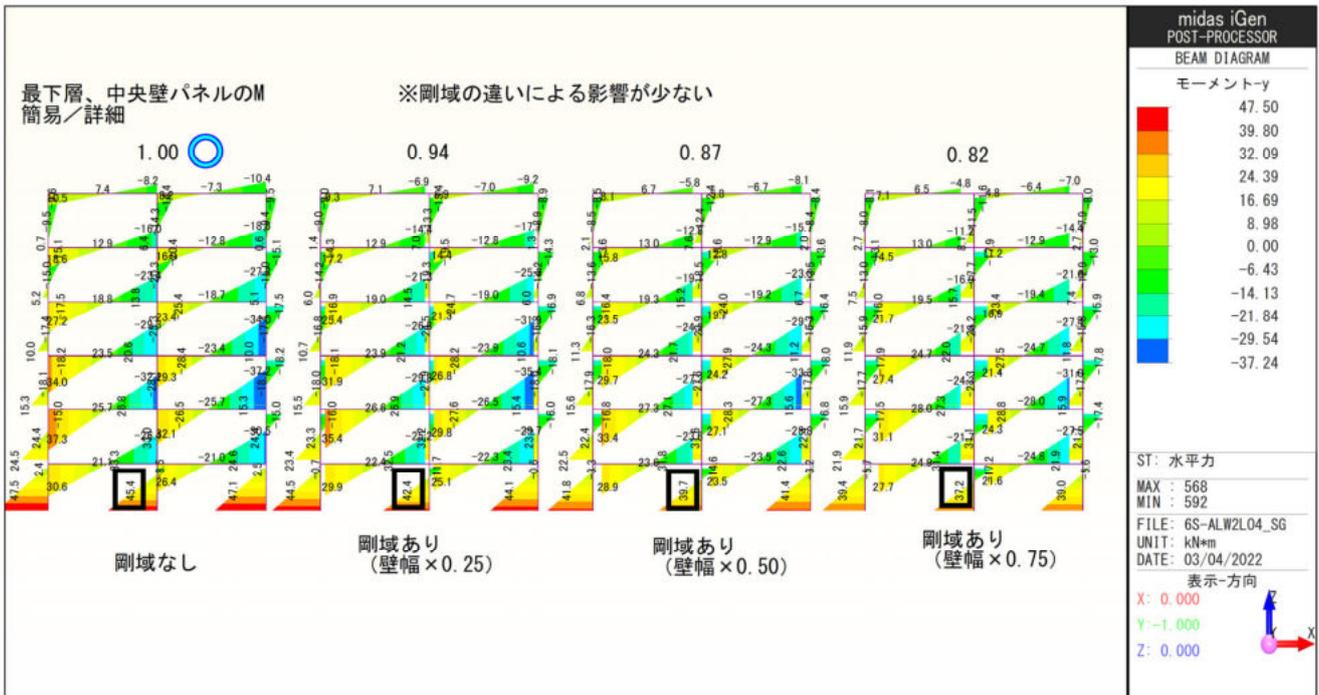


図 2.2.1-83 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M 図  
(6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

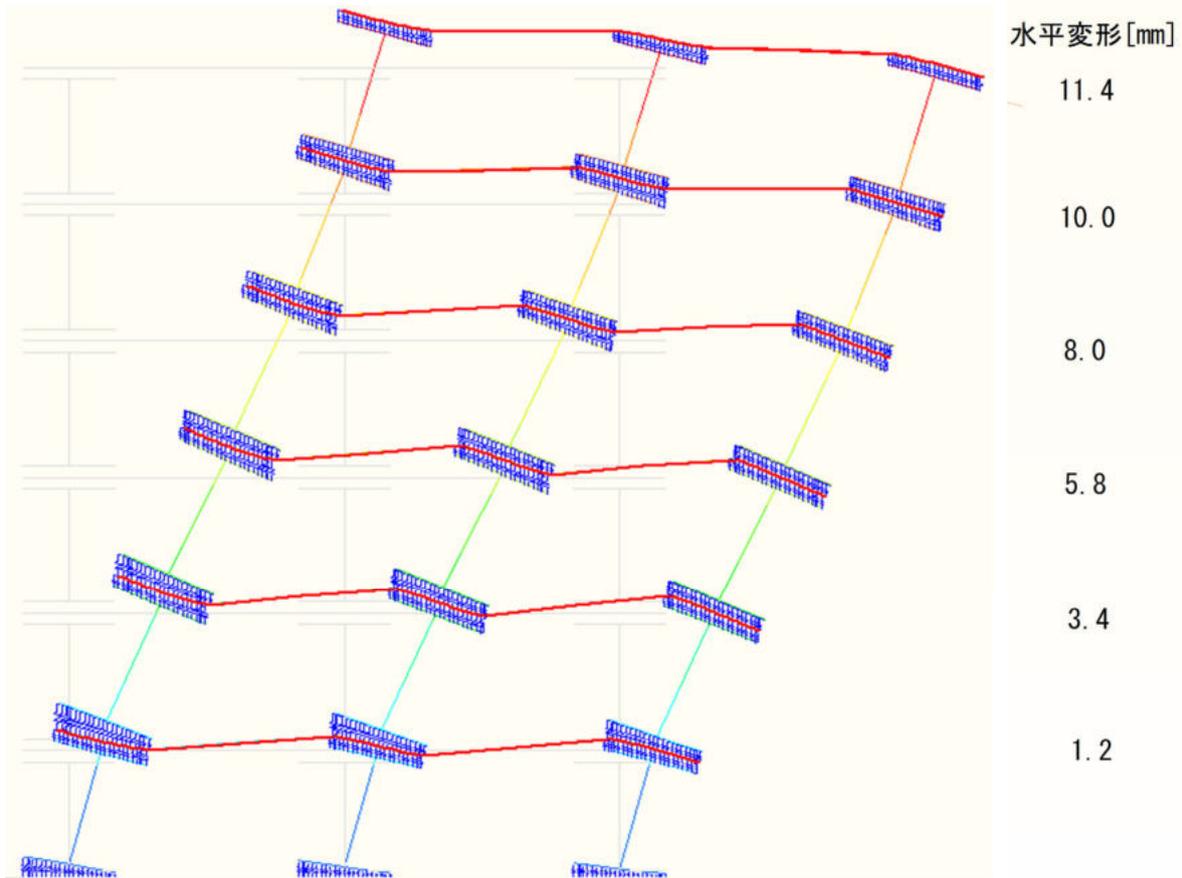


図 2.2.1-84 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 変形図 [mm]  
 (6 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m) S 梁の剛性 0.25 倍

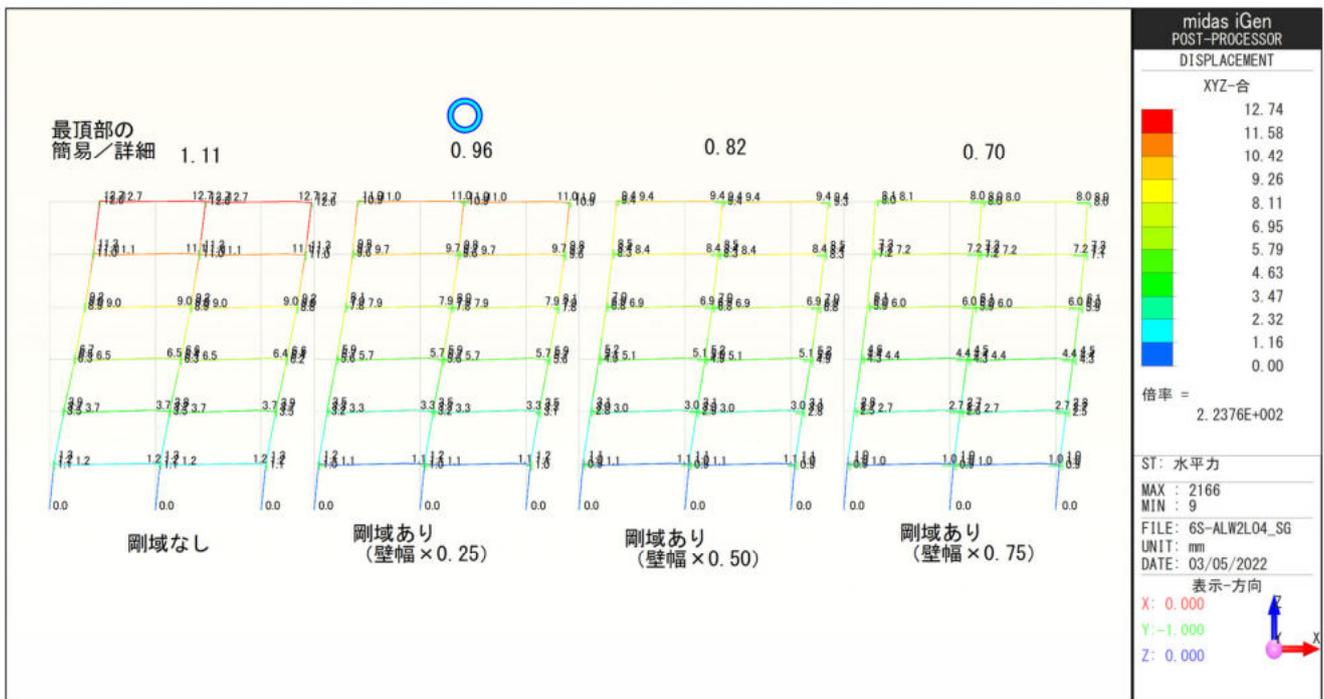
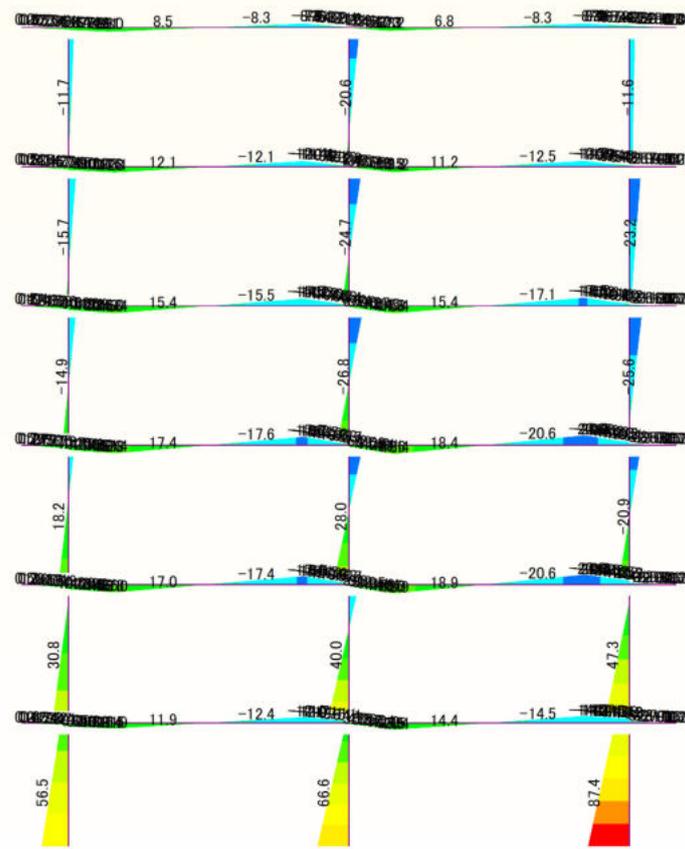


図 2.2.1-85 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル 変形図 [mm]  
 (6 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m) S 梁の剛性 0.25 倍



曲げモーメント[kN・m]

図 2.2.1-86 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 詳細モデル 応力図  
(6 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m) S 梁の剛性 0.25 倍

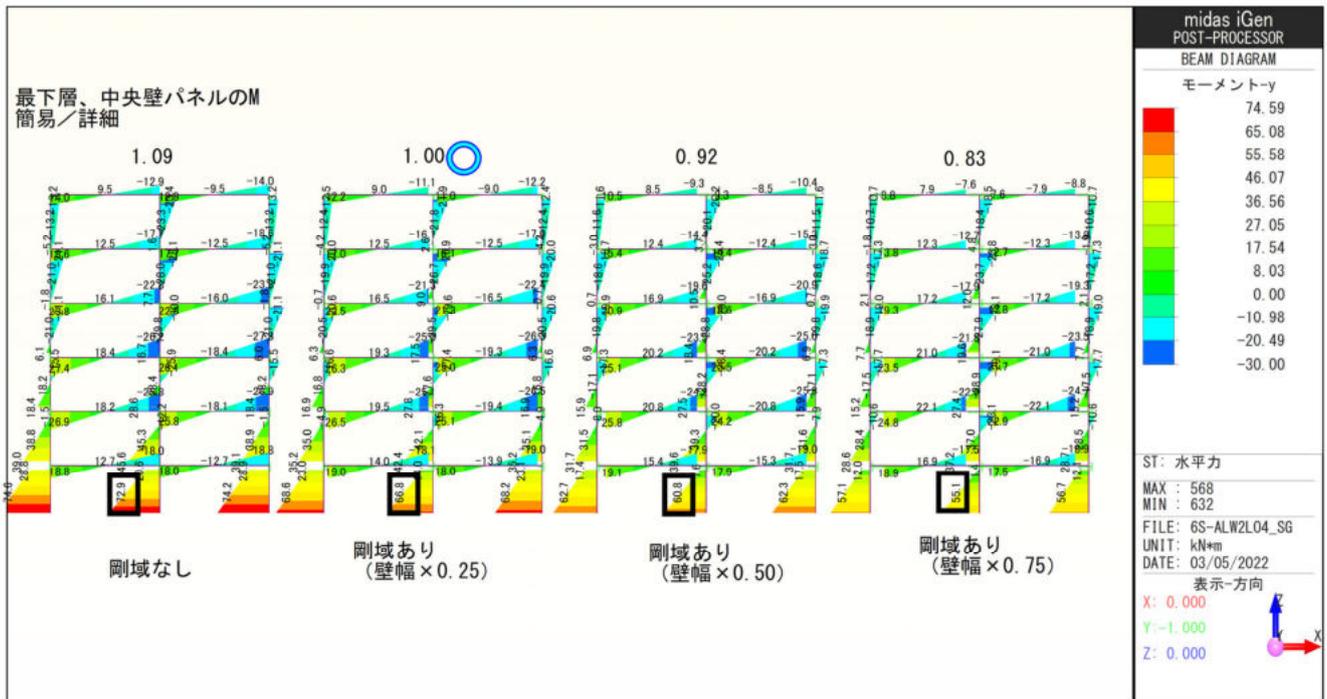


図 2.2.1-87 S 梁勝ち架構の梁要素剛域検証 簡易モデル M 図  
(6 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m) S 梁の剛性 0.25 倍

鉄骨梁勝ち架構の梁要素の剛域設定についての検討の結果を以下にまとめる。

- ・壁幅 1.0m、スパン 1.0m の場合は 3 層モデル、6 層モデルいずれの場合も、「剛域なし」が、簡易モデルの変形及び負担応力とともに、詳細モデルと概ね対応（一番近い）することが確認された。詳細モデルに対する簡易モデルの最頂部の水平変形の比率は 3 層が 0.86~0.80、6 層が 0.70-0.66 であり、変動軸力に少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントの比率は 3 層が 0.96~0.93、6 層が 0.99~0.94 となった。変形は簡易モデルの方が 10-20%程度小さくなる傾向であり、応力は概ね対応している。
- ・壁幅 2.0m、スパン 4.0m の場合は 3 層モデル、6 層モデルいずれの場合も、「剛域なし」が、簡易モデルの変形及び負担応力とともに、詳細モデルと概ね対応（一番近い）することが確認された。詳細モデルに対する簡易モデルの最頂部の水平変形の比率は 3 層が 0.95~0.75、6 層が 0.85-0.64 であり、変動軸力に少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントの比率は 3 層が 1.03~0.87、6 層が 1.00~0.82 となった。変形は簡易モデルの方が 10%程度小さくなる傾向であり、応力は概ね対応している。これは壁幅 1.0m、スパン 1.0m の場合（アスペクト比が高い）と同様の傾向であるが、壁幅 2.0m、スパン 4.0m の場合（アスペクト比が低い）の方が、詳細モデルとの対応が良く、また剛域の設定による結果の差が大きい傾向が確認される。
- ・次に壁幅 2.0m、スパン 4.0m、6 層モデルの場合に対して、より剛域による影響を調べるために、集成材の剛性を 0.25 倍とした場合も同様に検討した。結果、変形・応力ともに「剛域を壁幅の半分×0.25」が、簡易モデルと詳細モデルが概ね対応する。詳細モデルの拡大変形図より、上下の壁パネルで挟まれ梁要素の区間に着目すると、集成材の剛性を 0.25 倍した場合は、明らかに壁の変形と追従して剛として変形している領域が増えていることが確認できる。詳細モデルに対する簡易モデルの最頂部の水平変形の比率は 1.11~0.70、変動軸力に少ない最下層の中央壁パネルの曲げモーメントの比率で 1.09~0.83 と梁の剛性が低い方が剛域による影響が増加した。
- ・以上より、鉄骨梁勝ち架構の梁要素の剛域設定については、壁や梁、更には接合部の剛性バランスの違いによって、適切な剛域長は変動することも確認された。集成材梁勝ちに比べて、梁の剛性が比較的高いこと、また本検討結果より、本報告書では、「剛域なし」とした。この妥当性は後述する 2 次元フレームによるパラスタにより確認する。

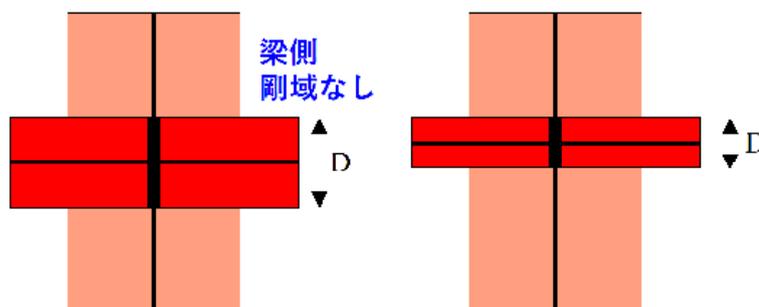


図 2.2.1-88 鉄骨梁勝ち架構の剛域設定（本報告書）

### <通し壁架構>

通し壁架構の簡易モデルは基本的には前述した小梁勝ち架構と同様であり、ここでの詳細な説明は省略する。

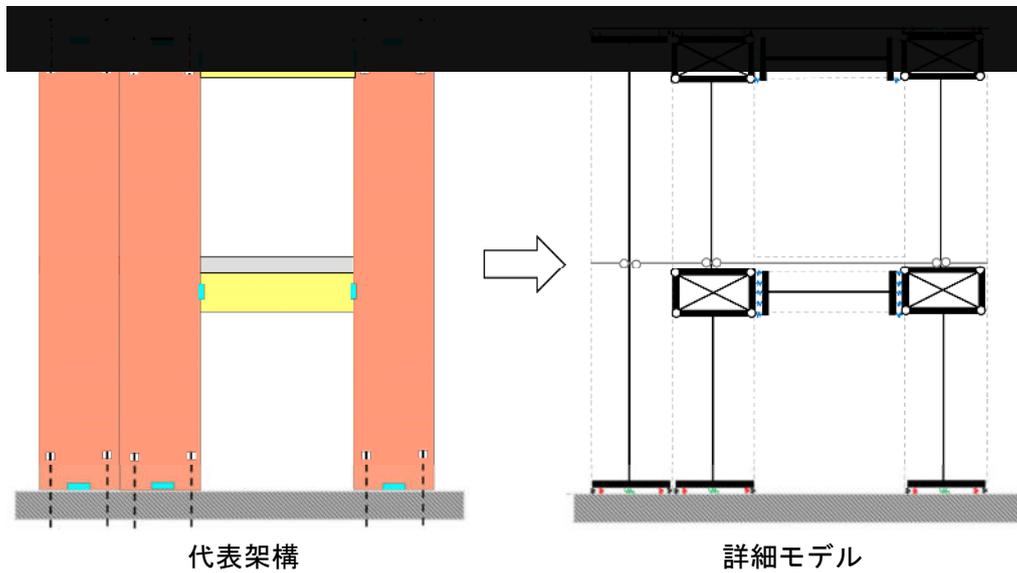


図 2.2.1-89 通し壁架構と詳細モデル

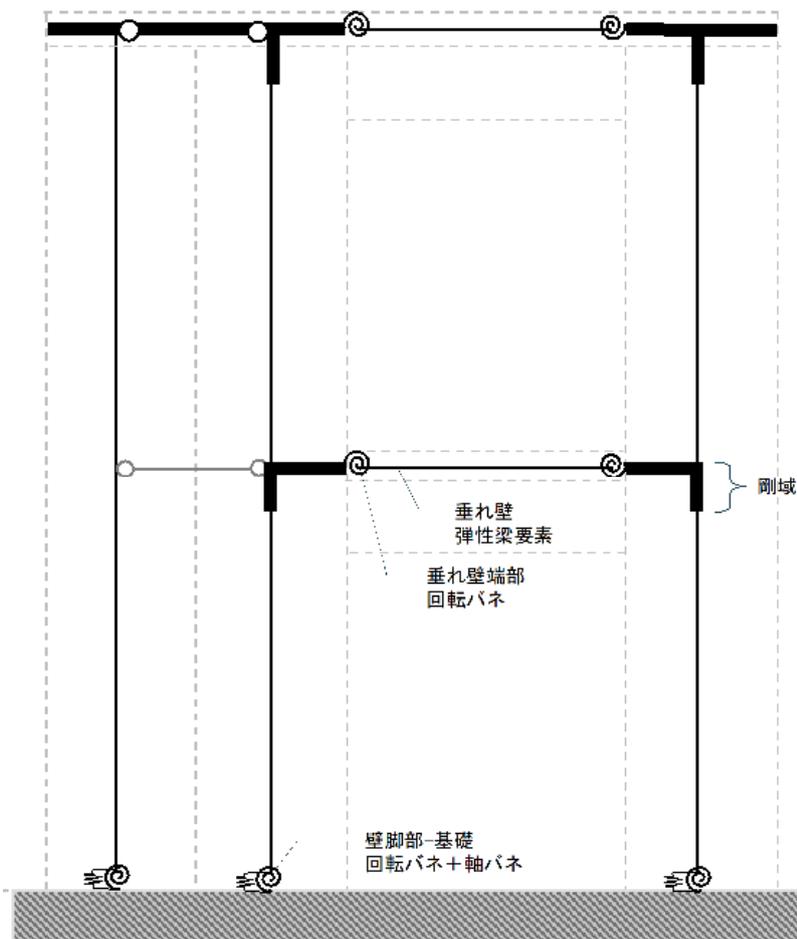


図 2.2.1-90 簡易モデル概要（通し壁架構）

## 2. 2. 2 検討対象と適用範囲

本事業にて検討する簡易モデルの適用範囲を以下に示す。

- ・ 構造計算ルート : ルート 2 (応力割増は現行法に準拠)
- ・ 架構構成 : 床勝ち小幅パネル架構 (大版パネル架構①も含む)  
: 大版パネル架構②  
: 集成材梁勝ち架構  
: 鉄骨梁勝ち架構  
: 通し壁架構
- ・ 階数 : 6 層以下

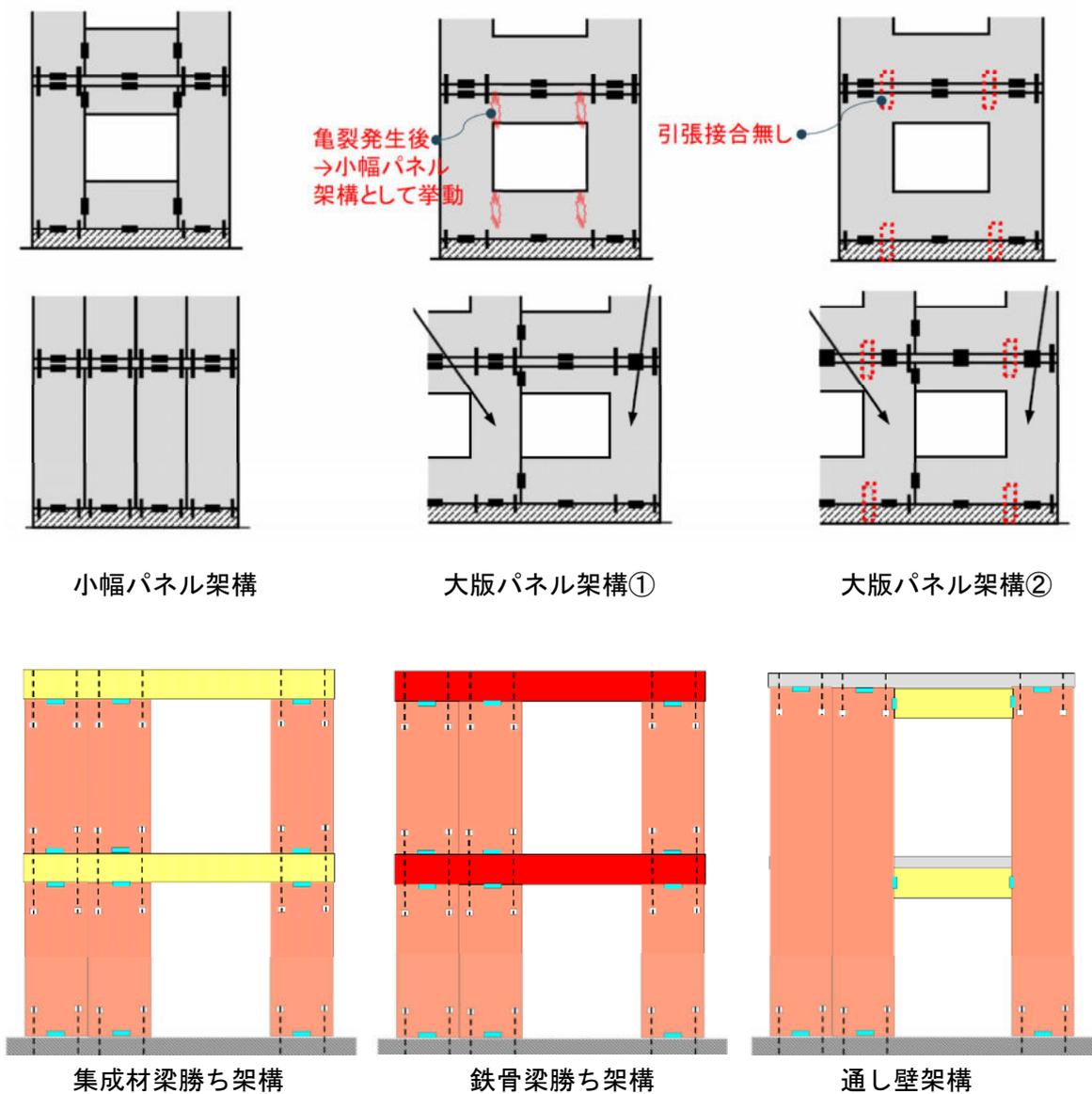


図 2.2.2-1 適用範囲の架構形式

## 2. 3 大版パネル架構②の簡易モデル

### 2. 3. 1 検証方針

ここでは、3層2スパンの2次元フレームモデルを対象とし、大版パネルを用いた床勝ち架構の詳細モデルと簡易モデルで解析結果の比較を行う。2. 3. 2に示す解析パラメータの組み合わせにより、想定される一般的な架構を網羅的に検証する。

### 2. 3. 2 解析パラメータ

本検討における解析パラメータを表 2.3.2-1、図 2.3.2-1～3 に示す。パラメータはパネルパターン、架構パターン、壁幅、開口幅の4種類とする。

表 2.3.2-1 解析パラメータ一覧

パラメータ①	パラメータ②	パラメータ③	パラメータ④
パネルパターン	架構パターン	壁幅 $L_w$ (m)	開口幅 $L_o$ (m)
ロコ形	全層垂れ壁のみ (A)	1	1
ロコ形	1層垂れ壁のみ 2・3層垂腰壁あり (B)	2	4
Iココ形	全層垂腰壁あり (C)	-	-

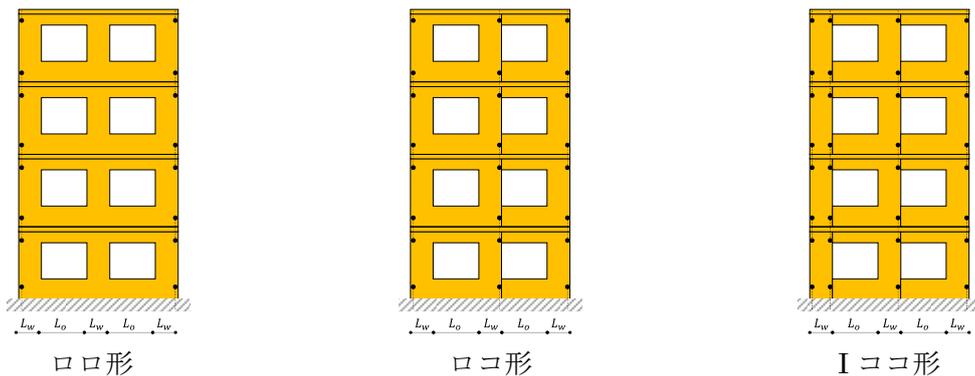


図 2.3.2-1 解析パラメータモデル図 (パラメータ① パネルパターン)

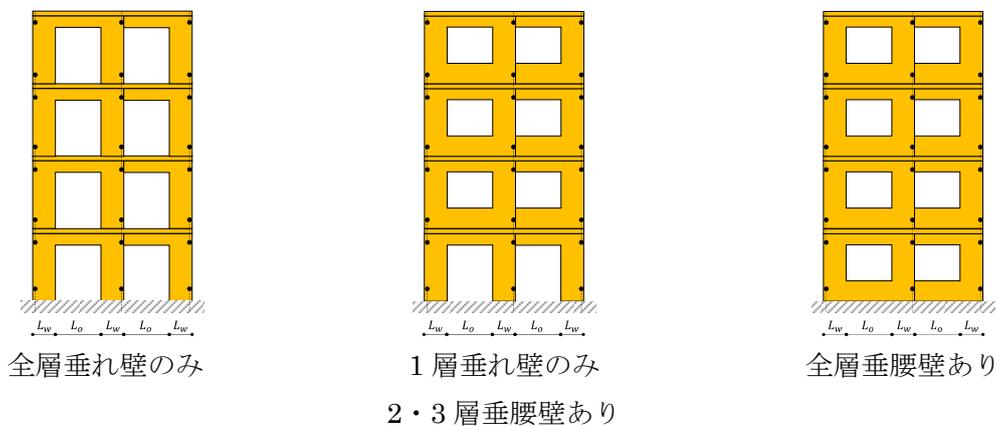


図 2.3.2-2 解析パラメータモデル図 (パラメータ② 架構パターン)

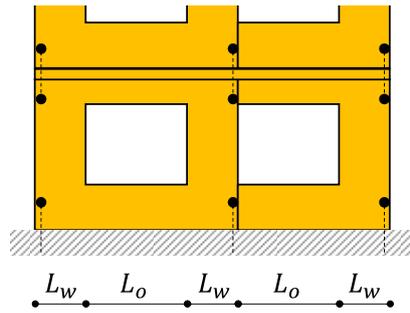


図 2.3.2-3 解析パラメータモデル図 (パラメータ③ 壁幅  $L_w$  / パラメータ④ 開口幅  $L_o$ )

### 2. 3. 3 静的解析による検証

#### (1) 解析モデル

解析パラメータ以外の解析条件は以下の通りとする。

#### A) 架構条件

架構条件は表 2.3.3-1 に示す通りとする。

表 2.3.3-1 共通架構条件

階数	3
スパン	2
階高	3m
垂壁高さ	500mm
腰壁高さ	900mm

#### B) 荷重条件

本検討においては、長期荷重は考慮しない。

各階の水平力は  $A_i$  分布を用いて表 2.3.3-2 に示す通り定め、各層床端部に節点荷重として入力した。加力方向は、左→右方向とする。

表 2.3.3-2 各階の水平力

階	水平力 (kN)
3	12.2
2	10.4
1	7.4

#### C) CLT パネル

各部の CLT パネルの仕様は表 2.3.3-3 に示す通りとする。壁パネルの袖壁部分と垂壁・腰壁部分は主軸方向が直交するため、袖壁部分には面内強軸方向の弾性係数を、垂壁・腰壁部分には面内弱軸方向の弾性係数を用いる。

表 2.3.3-3 CLT パネル仕様と諸元

	強度等級	板厚	E
壁パネル	S60-3-3	90mm	4000N/mm <sup>2</sup> (面内強軸)
			2000N/mm <sup>2</sup> (面内弱軸)
床パネル	Mx60-5-7	210mm	5536N/mm <sup>2</sup> (面外強軸)

D) 接合部

(ア) 詳細モデルの圧縮接合部

圧縮接合部の剛性は、CLT 設計施工マニュアル<sup>1)</sup> に示されている方法に準拠して算出した。圧縮接合部の剛性一覧を表 2.3.3-4 に示す。

表 2.3.3-4 詳細モデルの圧縮接合部剛性

部位	支圧剛性 (N/mm <sup>2</sup> )	めり込み剛性 (N/mm <sup>2</sup> )
壁-基礎接合部	15.6	-
壁-床接合部	-	(6000 ÷ 30) ÷ 210=0.95
袖壁-垂壁、袖壁-腰壁接合部	-	(6000 ÷ 30) ÷ 120=1.67

(イ) 詳細モデルの引張接合部

引張接合部の剛性は、平成 30 年度林野庁委託事業報告書<sup>2)</sup> 2 章 p.9 に記載されている接合部性能のうち設計性能を用いた。用いた接合部性能を表 2.3.3-5 に示す。壁-基礎引張接合部は 1-M16 (SNR490)、壁-壁及び壁-床引張接合部は 1-M20 (SNR490) を想定した性能であり、ルート 1 に規定される金物同等の設定となる。

表 2.3.3-5 詳細モデルの引張接合部剛性

部位	引張剛性 (kN/mm)
壁-基礎接合部	35
壁-壁接合部	38
壁-床接合部	38

(ウ) 詳細モデルのせん断接合部

せん断接合部は簡易モデルと前提条件を合わせるためすべて剛とし、剛性を高めた弾性要素として設定した。また、垂壁および腰壁パネルを個別に回転させるために、垂腰壁-床間にはせん断接合部を設けないものとした。

(エ) 簡易モデルの接合部

簡易モデルに設定した壁端部の回転ばね及び軸ばね性能を表 2.3.3-6 に示す。壁-基礎及び壁-床接合部の回転ばねについては、引張側に接合金物がある場合のみ壁脚に同表の値を設定し、それ以外の壁脚はピン接合とした。

表 2.3.3-6 簡易モデルの接合部剛性

部位		回転ばね (kN・m/rad)	軸ばね (kN/m)		
			両側引張	片側引張	引張なし
壁-基礎接合部	壁幅 1m	19147	737000	719500	702000
	壁幅 2m	98201	1439000	1421500	1404000
壁-床接合部	壁幅 1m	8512.5	161710	123710	85710
	壁幅 2m	56182	247430	209430	171430
壁-垂壁接合部		3656.3	-	-	-
壁-腰壁接合部		21323.3	-	-	-

以上の条件により検討を行った解析モデルのパラメータ組み合わせ一覧を表 2.3.3-7~9 に示す。

表 2.3.3-7 解析ケース一覧 (大版パネル架構②) ロコ形

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層	
3M-ALw1Lo1_ロコ	詳細モデル	全層垂壁のみ	1	1	3	3S-ALw1Lo1_ロコ	簡易モデル	全層垂壁のみ	1	1	3		
3M-ALw1Lo4_ロコ				4		3S-ALw1Lo4_ロコ				4			
3M-ALw2Lo1_ロコ			2	1		3S-ALw2Lo1_ロコ			1				
3M-ALw2Lo4_ロコ				4		3S-ALw2Lo4_ロコ			4				
3M-BLw1Lo1_ロコ		2・3層垂壁のみ	1	1		3S-BLw1Lo1_ロコ		2・3層垂壁のみ	1	1			
3M-BLw2Lo4_ロコ						2						4	3S-BLw2Lo4_ロコ
3M-CLw1Lo1_ロコ		全層垂腰壁あり	1	1				3S-CLw1Lo1_ロコ	全層垂腰壁あり	1			1
3M-CLw1Lo4_ロコ						4		3S-CLw1Lo4_ロコ				4	
3M-CLw2Lo1_ロコ			2	1		3S-CLw2Lo1_ロコ		2		1			
3M-CLw2Lo4_ロコ						4						3S-CLw2Lo4_ロコ	4

表 2.3.3-8 解析ケース一覧 (大版パネル架構②) ロコ形

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層	
3M-ALw1Lo1_ロコ	詳細モデル	全層垂壁のみ	1	1	3	3S-ALw1Lo1_ロコ	簡易モデル	全層垂壁のみ	1	1	3		
3M-ALw1Lo4_ロコ				4		3S-ALw1Lo4_ロコ				4			
3M-ALw2Lo1_ロコ			2	1		3S-ALw2Lo1_ロコ			2	1			
3M-ALw2Lo4_ロコ						4						3S-ALw2Lo4_ロコ	4
3M-BLw1Lo1_ロコ		2・3層垂壁のみ	1	1		3S-BLw1Lo1_ロコ		2・3層垂壁のみ	1	1			
3M-BLw2Lo4_ロコ						2						4	3S-BLw2Lo4_ロコ
3M-CLw1Lo1_ロコ		全層垂腰壁あり	1	1				3S-CLw1Lo1_ロコ	全層垂腰壁あり	1			1
3M-CLw1Lo4_ロコ						4		3S-CLw1Lo4_ロコ				4	
3M-CLw2Lo1_ロコ			2	1		3S-CLw2Lo1_ロコ		2		1			
3M-CLw2Lo4_ロコ						4						3S-CLw2Lo4_ロコ	4

表 2.3.3-9 解析ケース一覧 (大版パネル架構②) I ココ形

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層		
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)			
3M-ALw1Lo1_Iココ	詳細モデル	全層垂壁のみ	1	1	3	3S-ALw1Lo1_Iココ	簡易モデル	全層垂壁のみ	1	1	3		
3M-ALw1Lo4_Iココ			4			3S-ALw1Lo4_Iココ			4				
3M-ALw2Lo1_Iココ			2	1					3S-ALw2Lo1_Iココ	1			
3M-ALw2Lo4_Iココ				4					3S-ALw2Lo4_Iココ	4			
3M-BLw1Lo1_Iココ		2・3層垂壁あり	1	1		3S-BLw1Lo1_Iココ		1	1				
3M-BLw2Lo4_Iココ			2	4		3S-BLw2Lo4_Iココ		2	4				
3M-CLw1Lo1_Iココ		全層垂腰壁あり	1	1				3S-CLw1Lo1_Iココ	全層垂腰壁あり	1		1	
3M-CLw1Lo4_Iココ				4				3S-CLw1Lo4_Iココ				4	
3M-CLw2Lo1_Iココ			2	1				3S-CLw2Lo1_Iココ		1			
3M-CLw2Lo4_Iココ				4				3S-CLw2Lo4_Iココ		4			

図 2.3.3-1 に大版パネル架構②の一例として「ロココ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m」の解析モデルを示す。

#### A) 詳細モデル

袖壁の上下および垂腰壁端部のパネル小口接触面は、等間隔分布とした圧縮ばねと十分に剛なせん断ばね(10000kN/mm)とする。

壁頭、壁脚の引張金物は引張ばねとする。上下階を繋ぐ金物は床を貫通するため、実状通り壁頭と壁脚の間に引張ばねを配置する。引張金物は各大版パネルの端部にのみ取り付けると考え、ロココ形のパネルには左右 2 箇所、ココ形のパネルには右側 1 箇所をモデル化する。

パネルゾーンの剛性はブレース置換として、パネルゾーン外周部やそこに接する部材端は剛な梁要素(弾性係数 10000N/mm<sup>2</sup>、断面幅 90mm、断面高さ 150mm)とする。

床パネルは幅 1m の梁要素としてモデル化する。

#### B) 簡易モデル

袖壁の脚部および垂腰壁端部のパネル小口接触面は、表 2.3.3-6 の回転ばねを設定する。また袖壁の上下端には同表の軸ばねを設定する。

パネルゾーンは袖壁および垂腰壁の端部に剛域を設定し、袖壁については垂腰壁せいの 1/2 まで、垂腰壁については袖壁のフェイスまでを剛域長さとする。モデル化上、要素全域が剛域となる要素については、剛な梁要素(弾性係数 10000N/mm<sup>2</sup>、断面幅 90mm、断面高さ 150mm)とする。

簡易モデルでは床パネルの剛性は無視し、垂壁高さを床心にモデル化する。腰壁は実形状通りの高さとする。

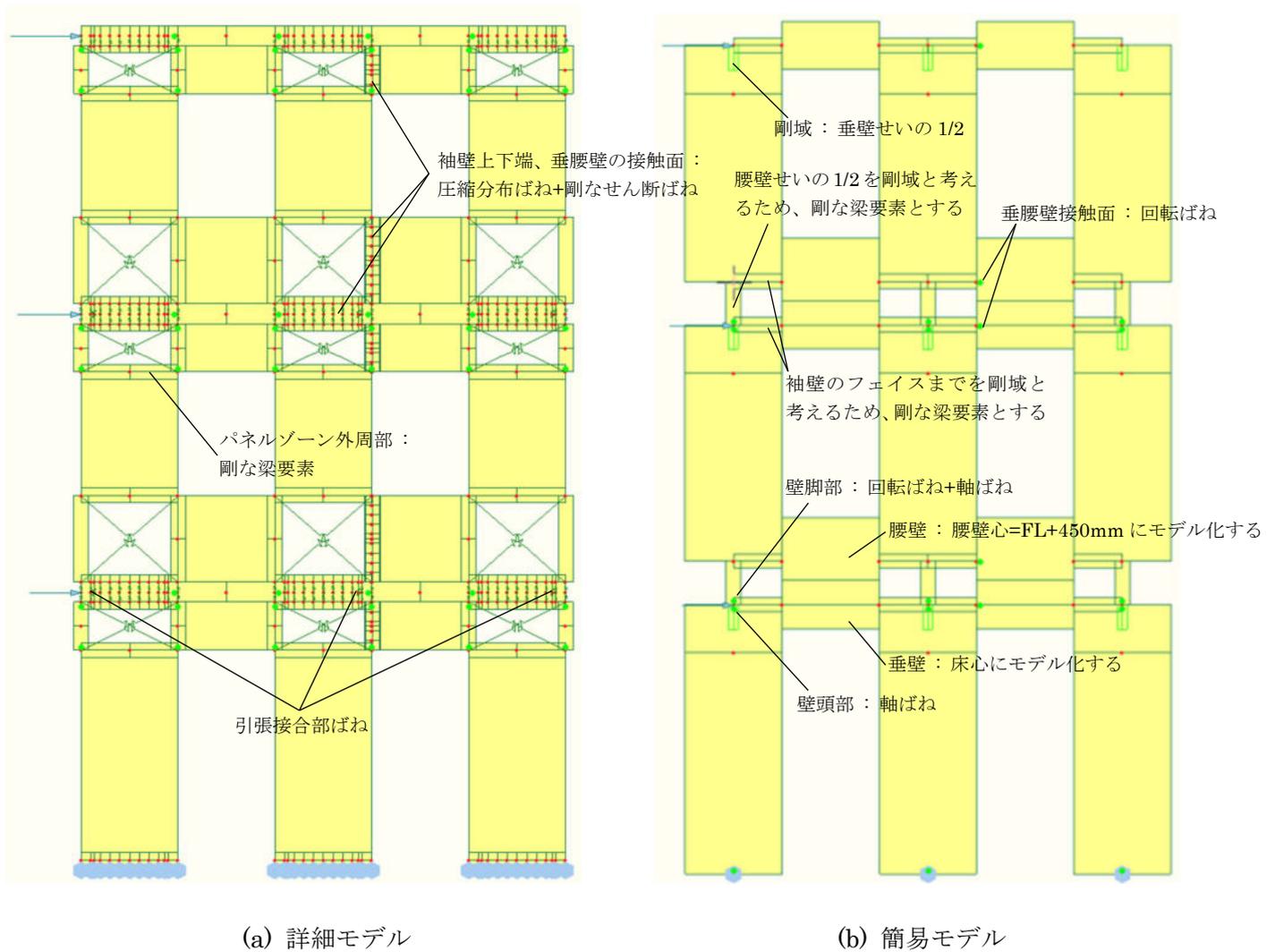


図 2.3.3-1 解析モデル例（ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m）

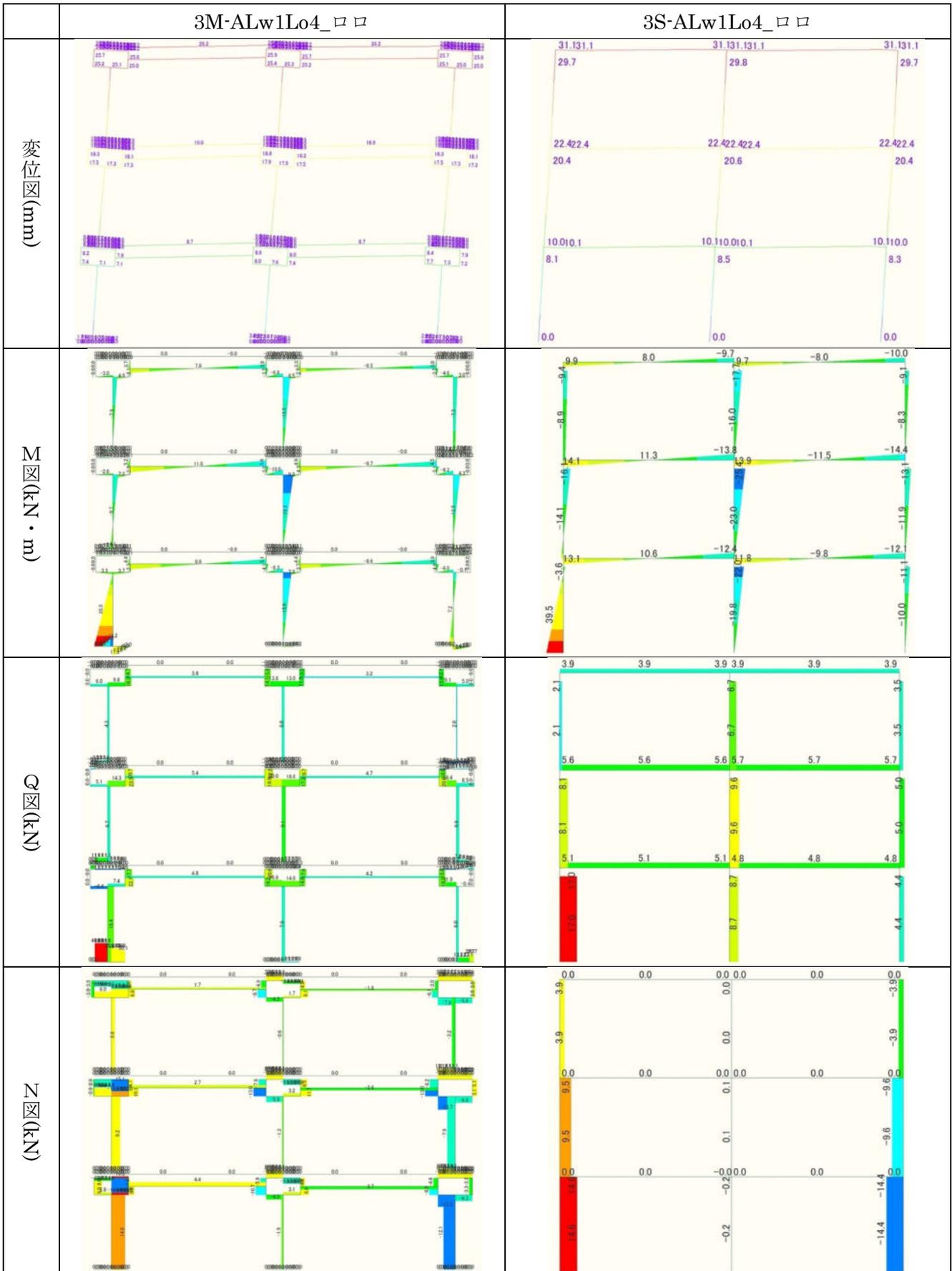
(2) 解析結果

各解析モデルの変位および応力計算結果を以下に示す。

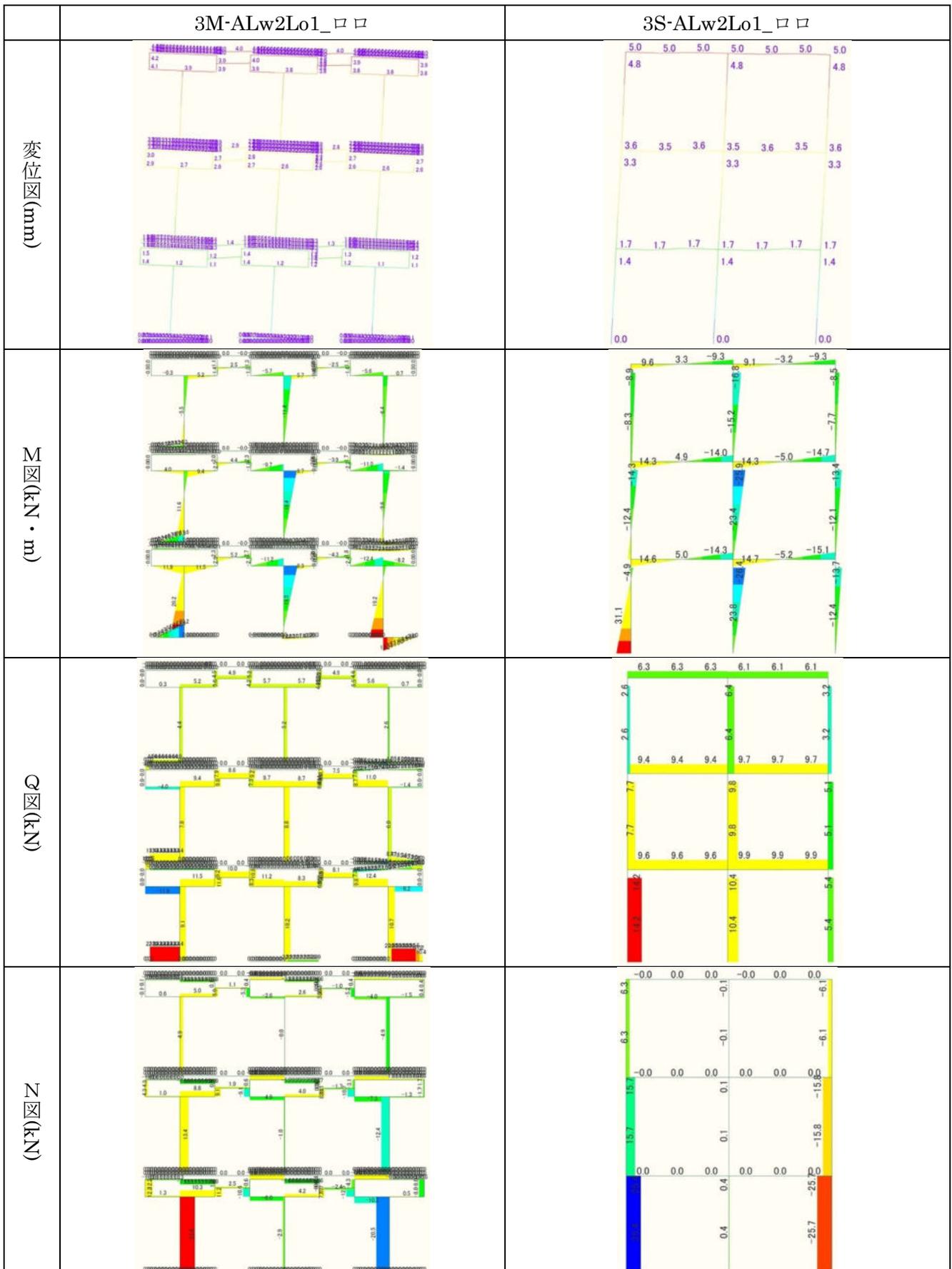
ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅1m、開口幅1m

	3M-ALw1Lo1_ロコ	3S-ALw1Lo1_ロコ
変位図(mm)		
M図(kN・m)		
Q図(kN)		
N図(kN)		

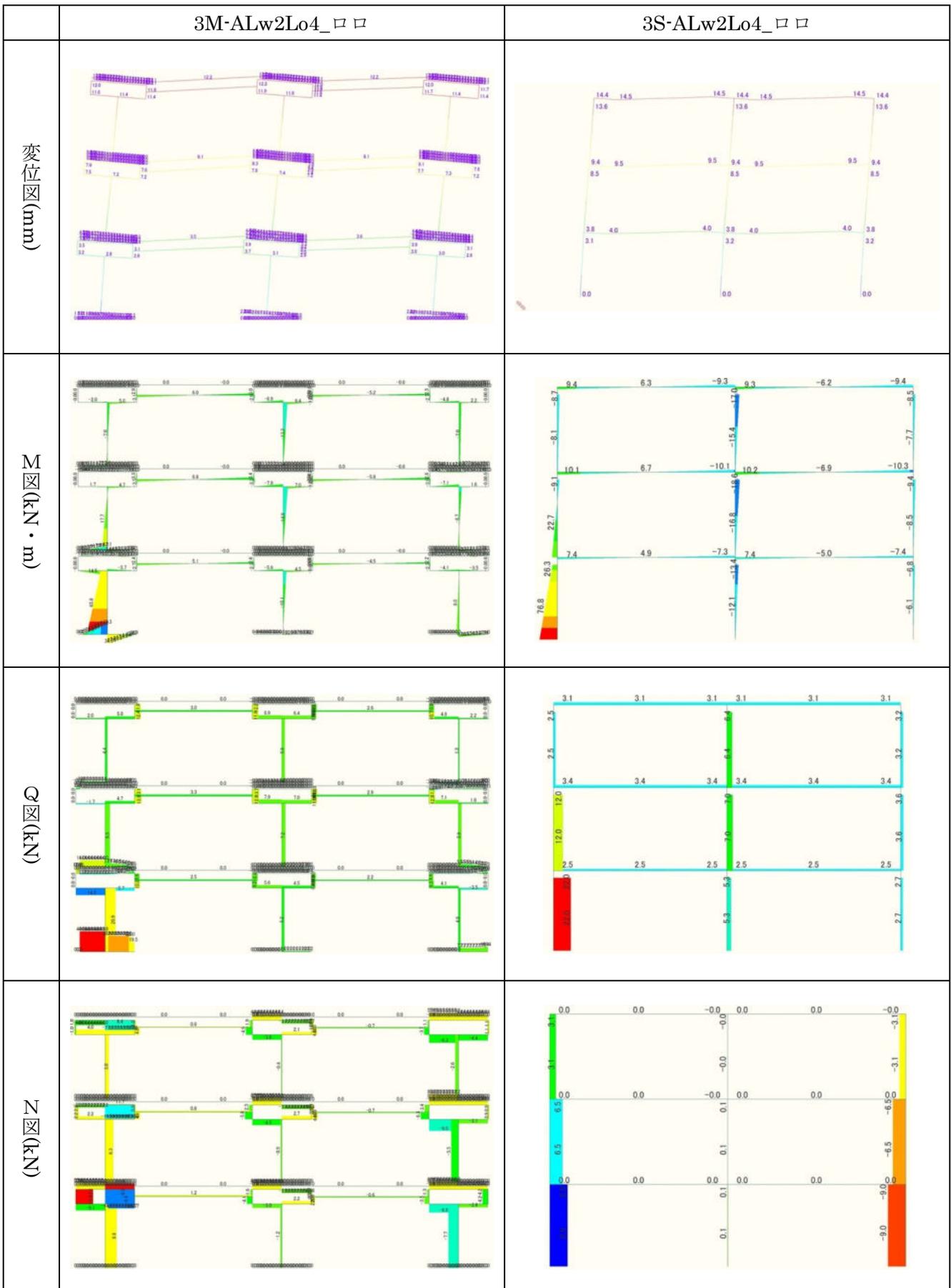
ロロ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 4m



ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 1m



ロロ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m



ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m

	3M-BLw1Lo1_ロコ	3S-BLw1Lo1_ロコ
変位図(mm)		
M図(kN・m)		
Q図(kN)		
N図(kN)		

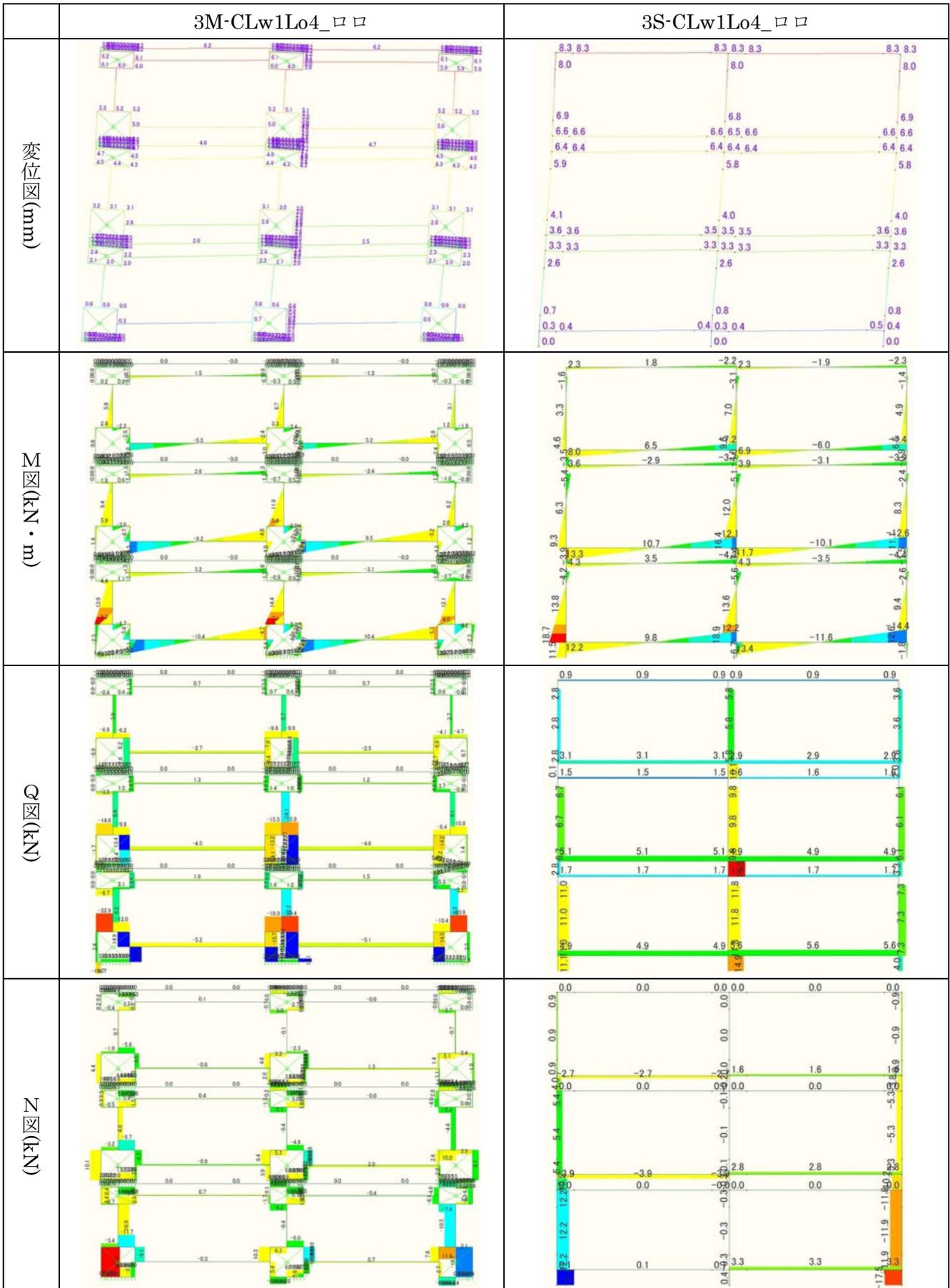
ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m

	3M-BLw2Lo4_ロコ	3S-BLw2Lo4_ロコ
変位図(mm)		
M図(kN・m)		
Q図(kN)		
N図(kN)		

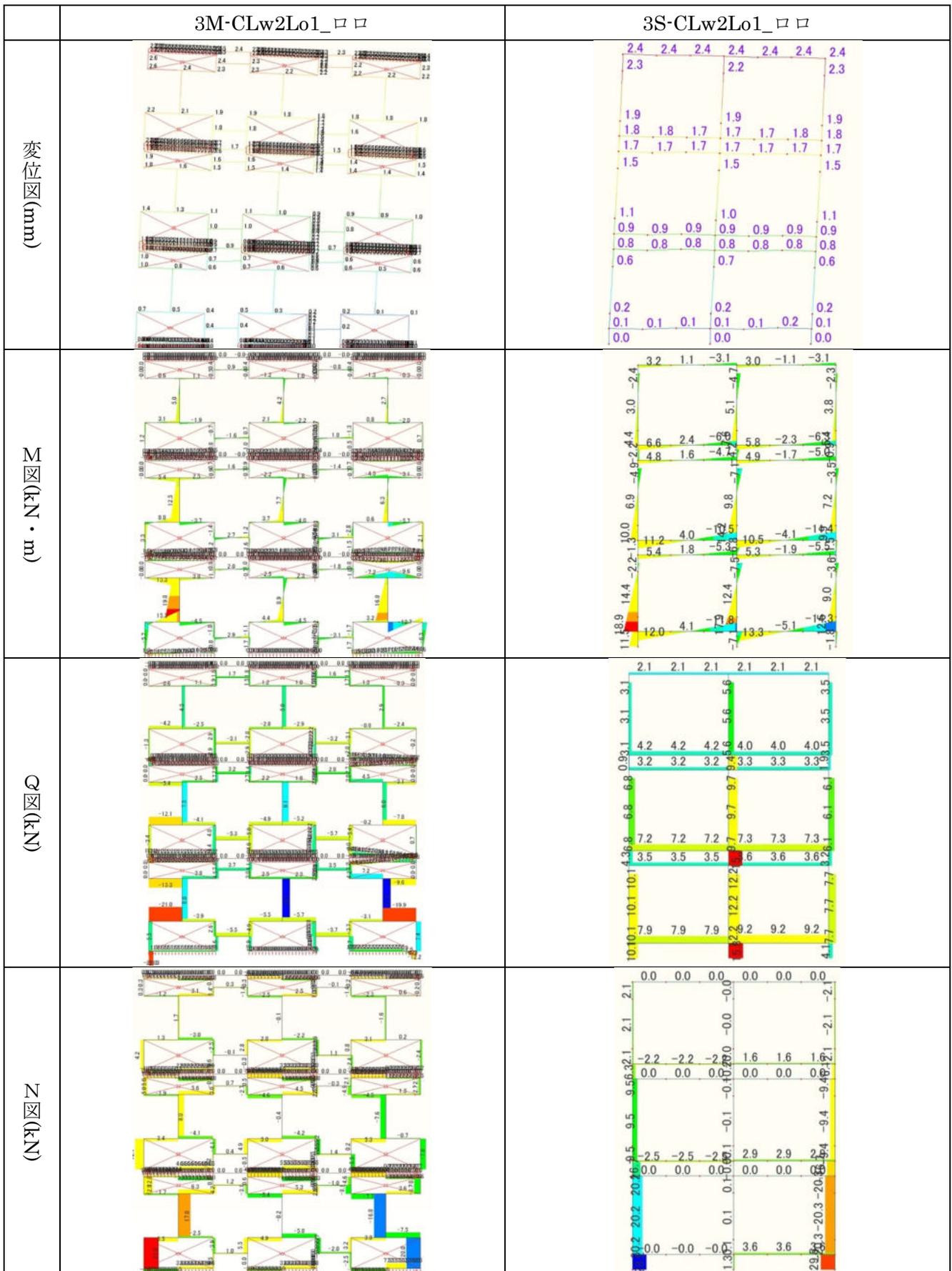
口ロ形、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m

	3M-CLw1Lo1_口ロ	3S-CLw1Lo1_口ロ
変位図(mm)		
M図(kN・m)		
Q図(kN)		
N図(kN)		

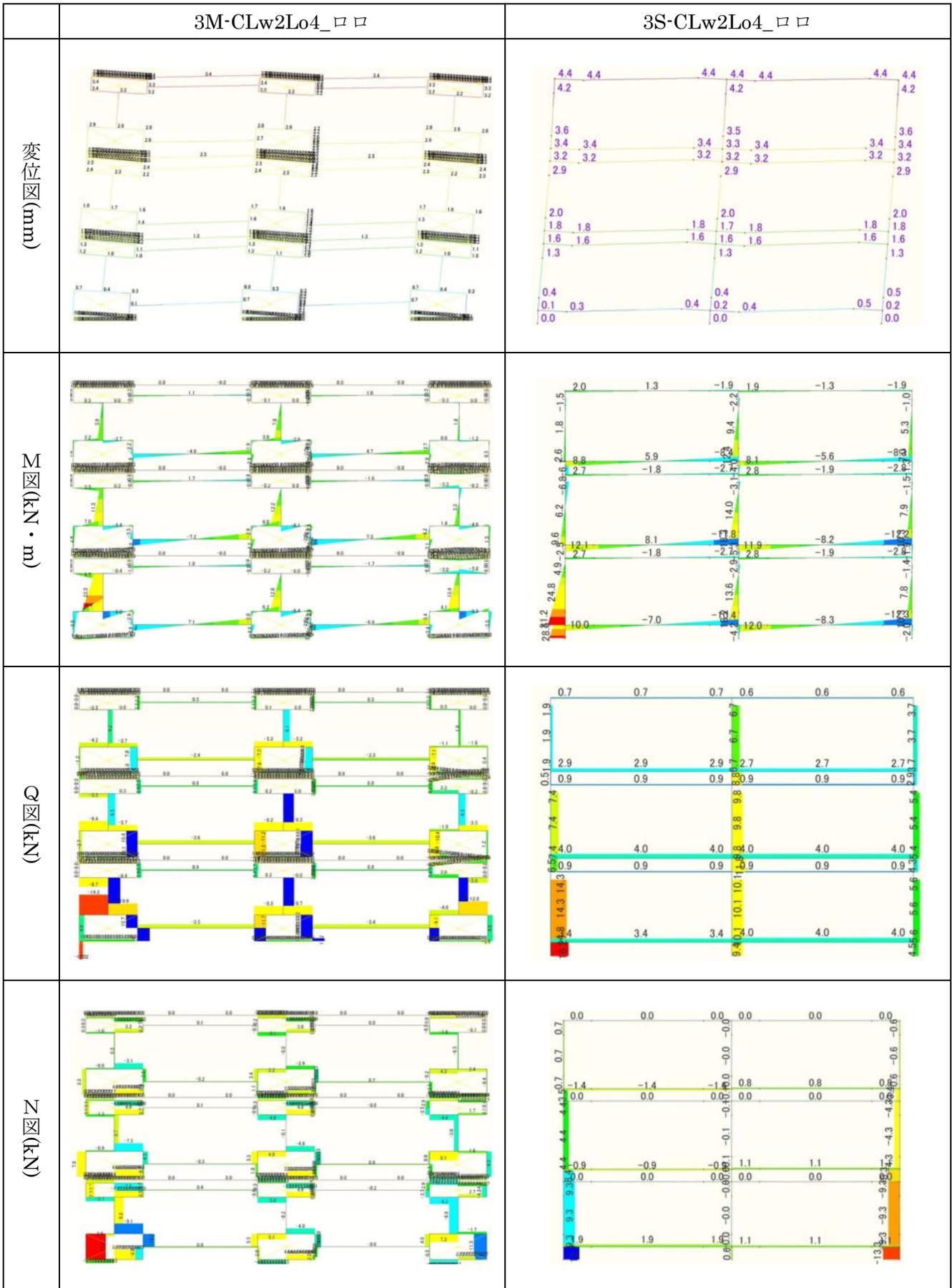
口形、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 4m



ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 1m

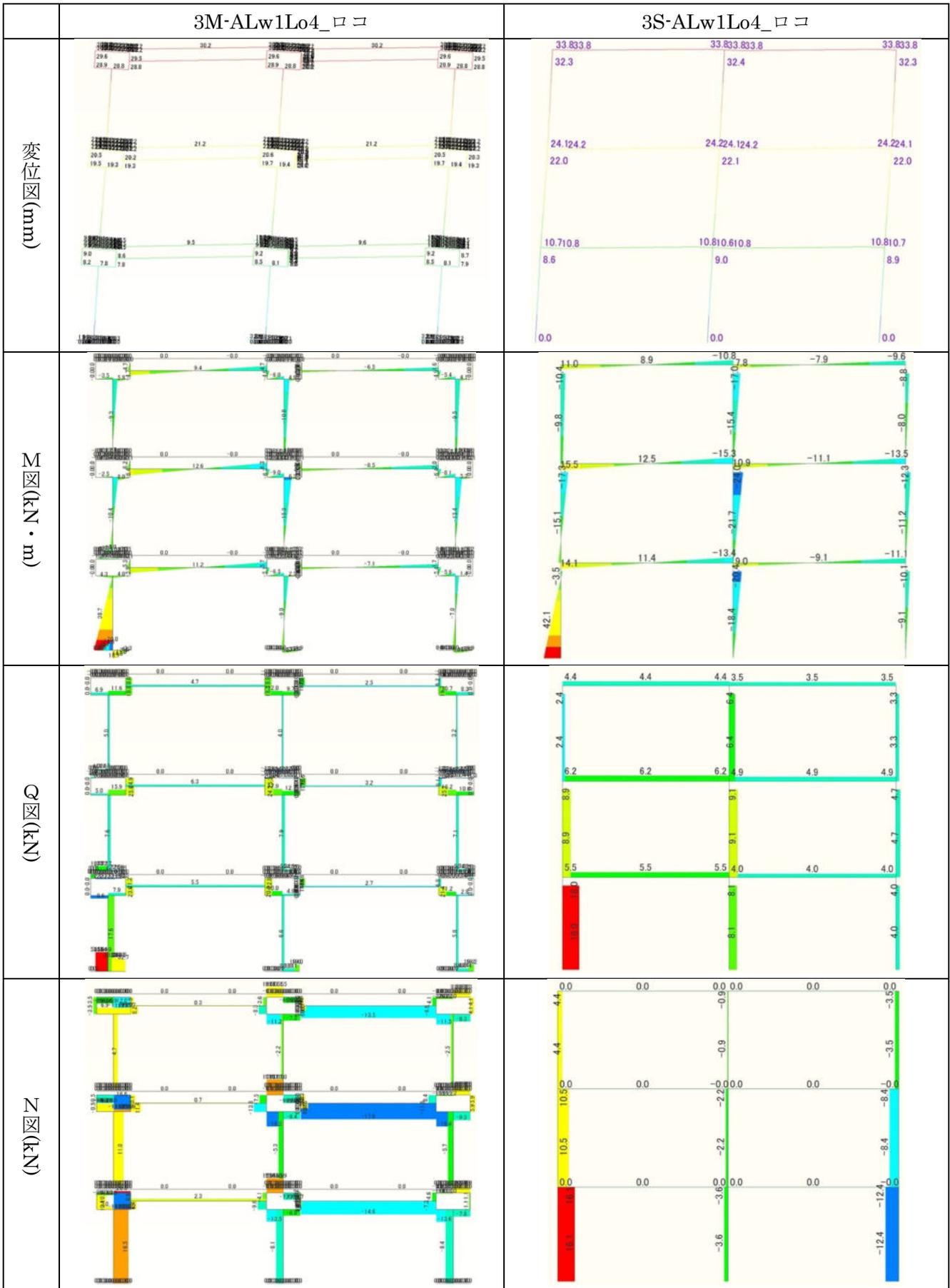


口形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m

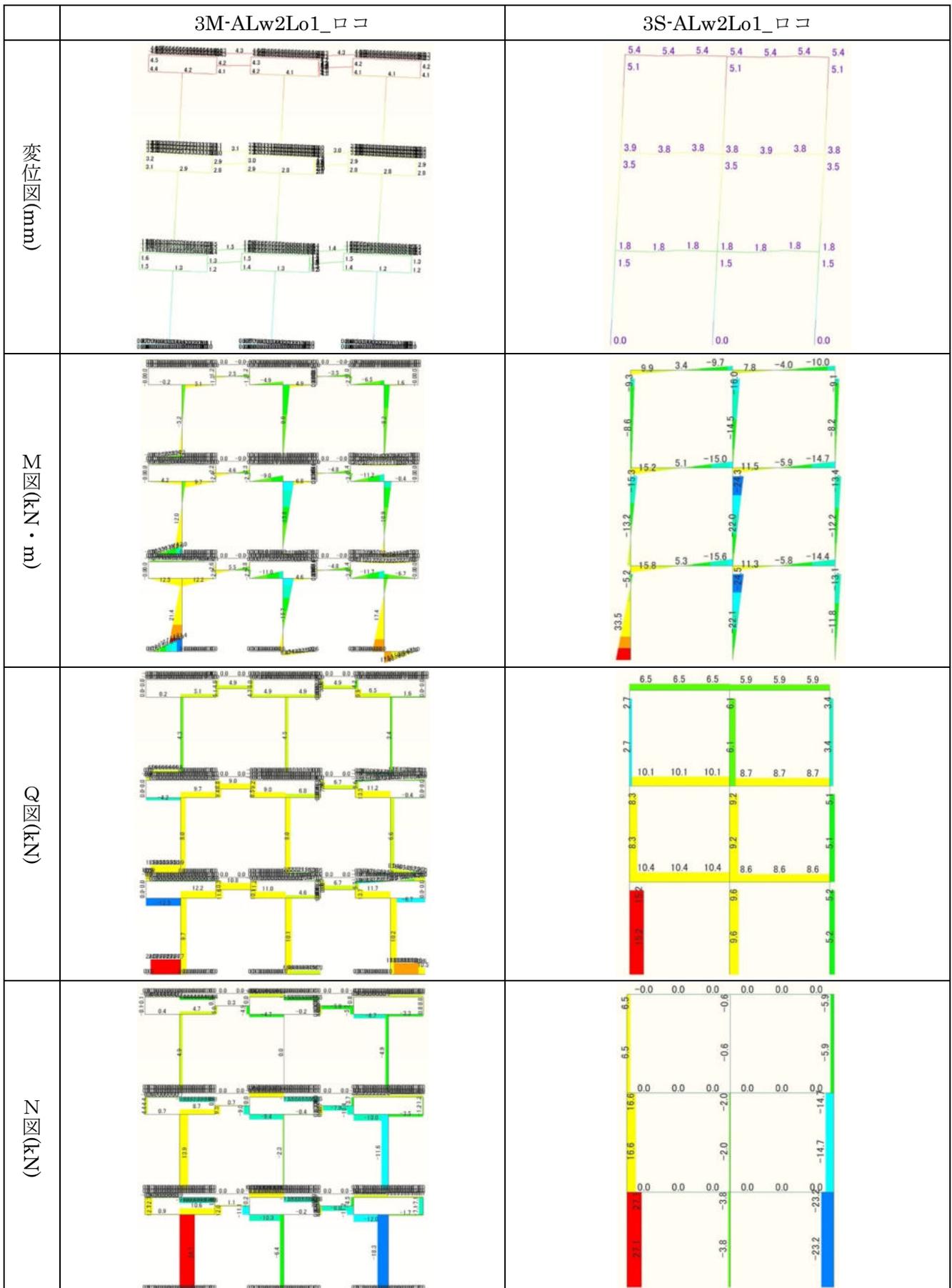




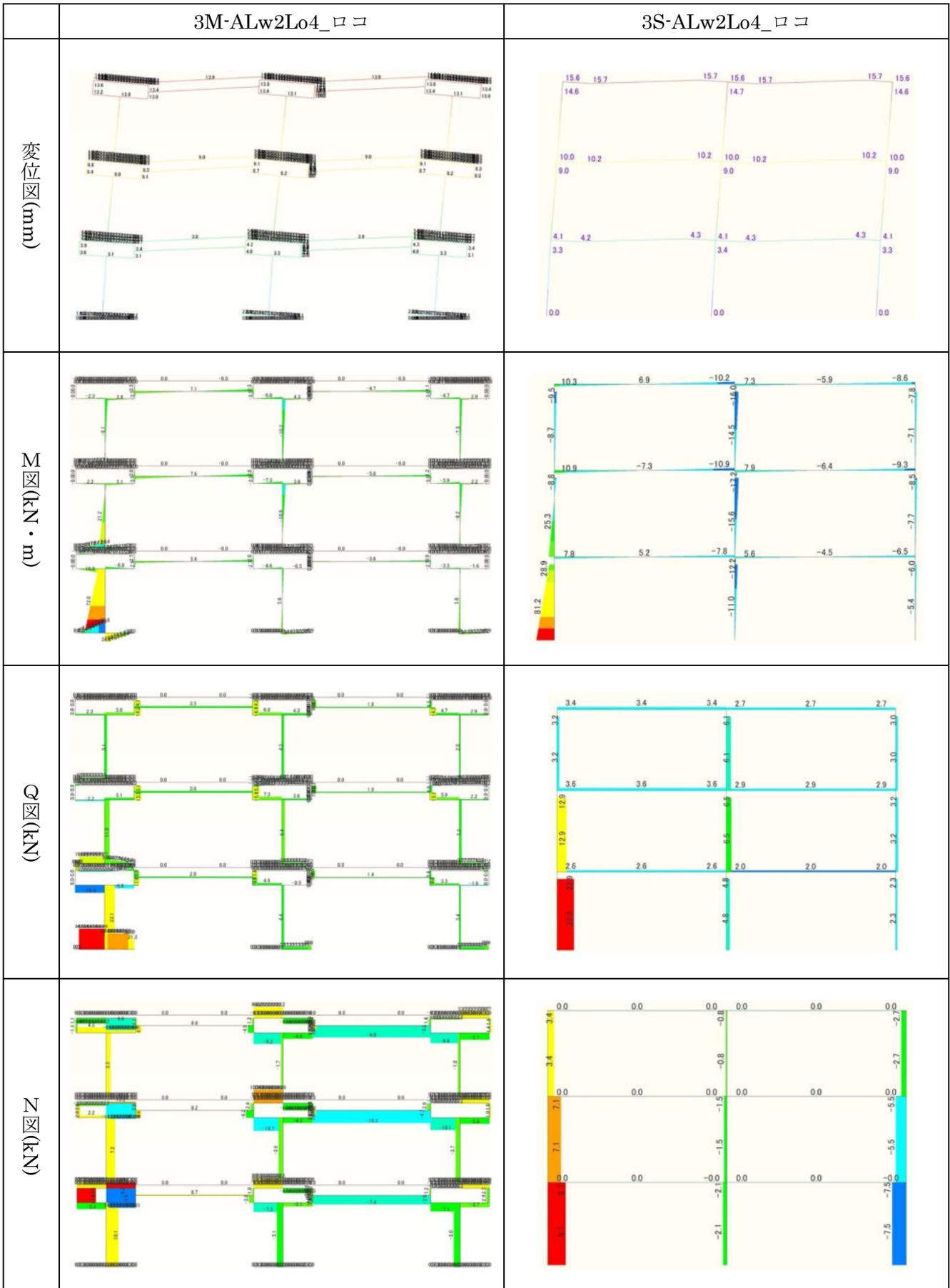
ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 4m



ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 1m



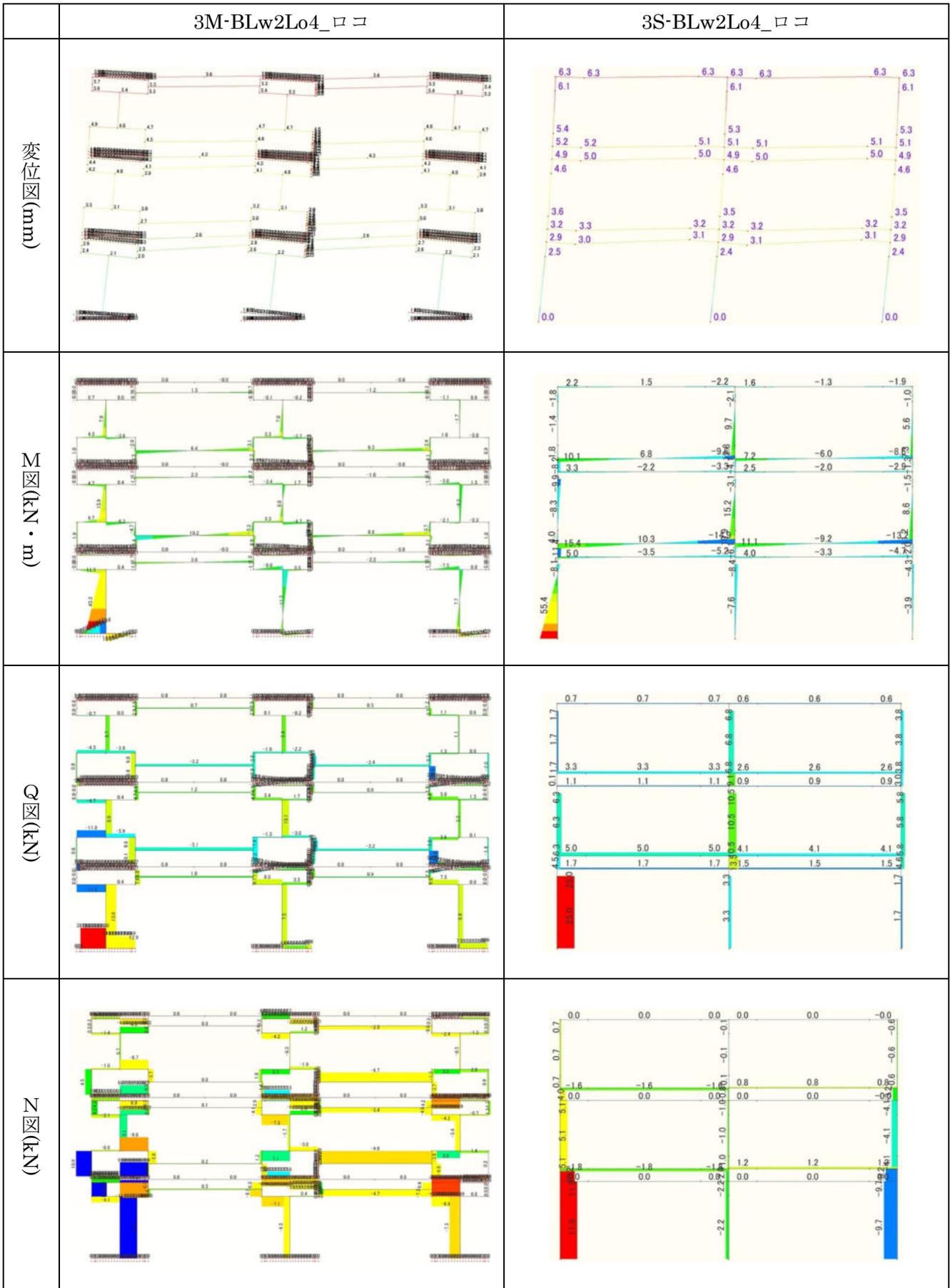
ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m



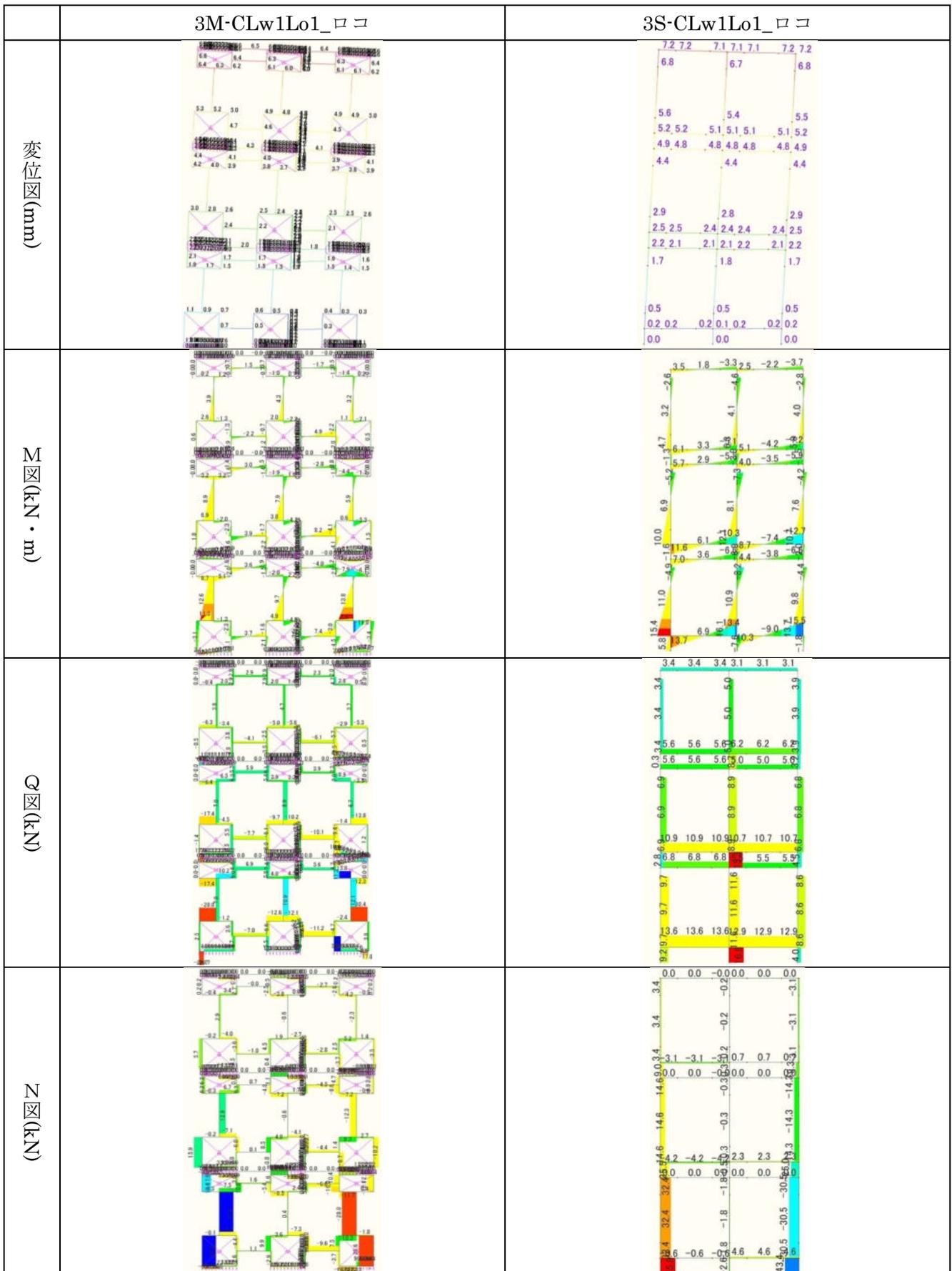
ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m

	3M-BLw1Lo1_ロコ	3S-BLw1Lo1_ロコ
変位図(mm)		
M図(kN・m)		
Q図(kN)		
N図(kN)		

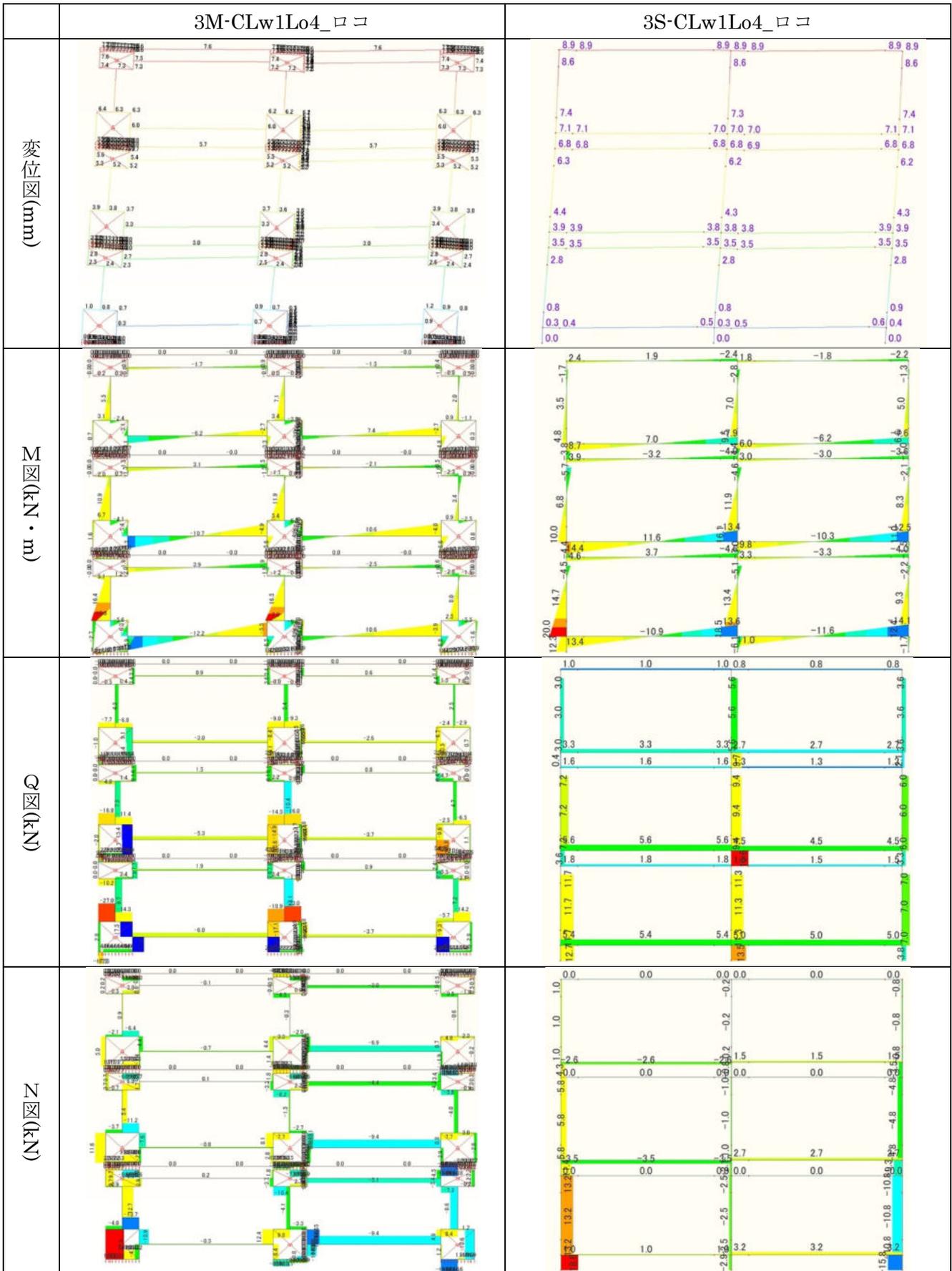
ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



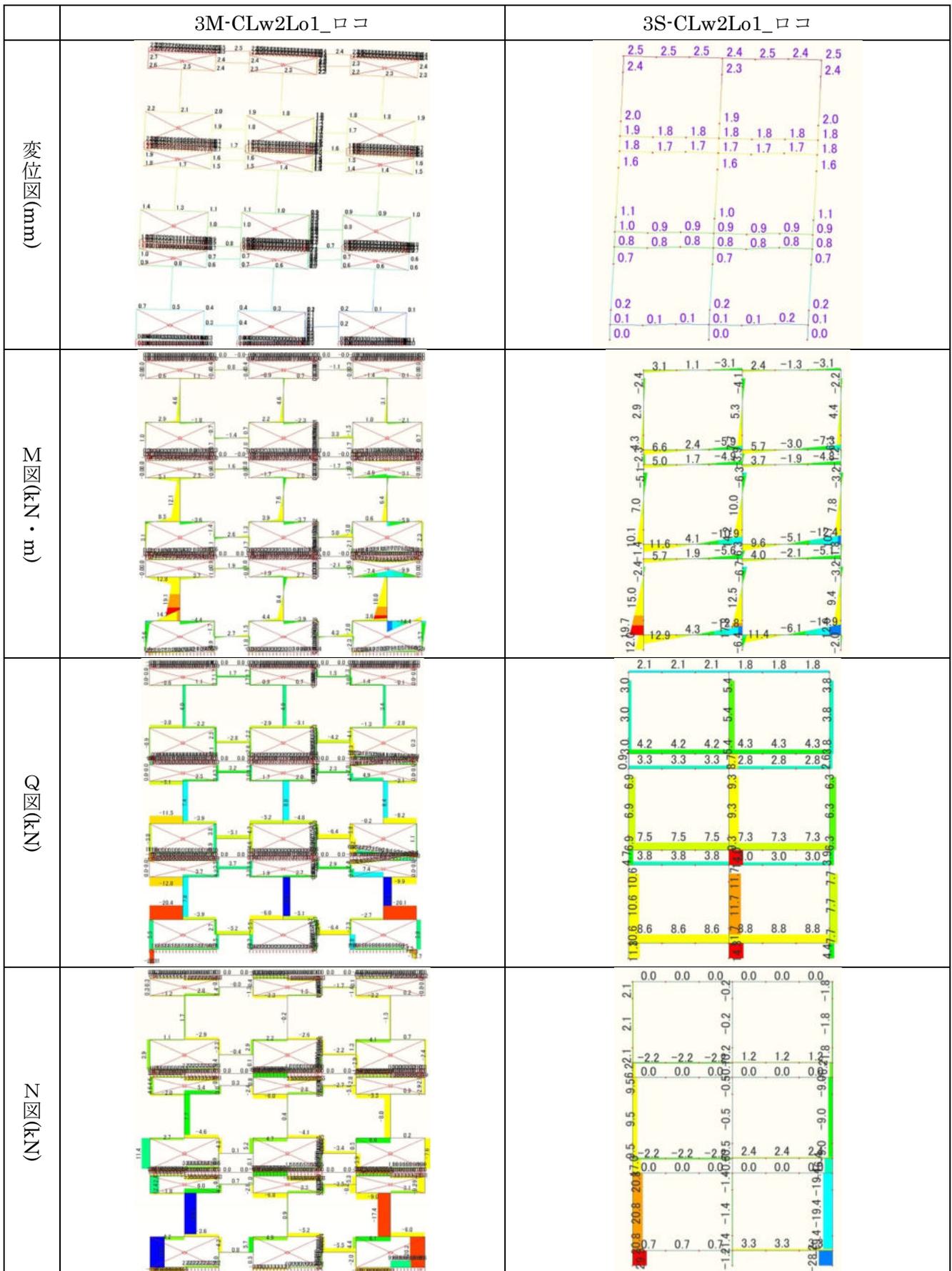
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m



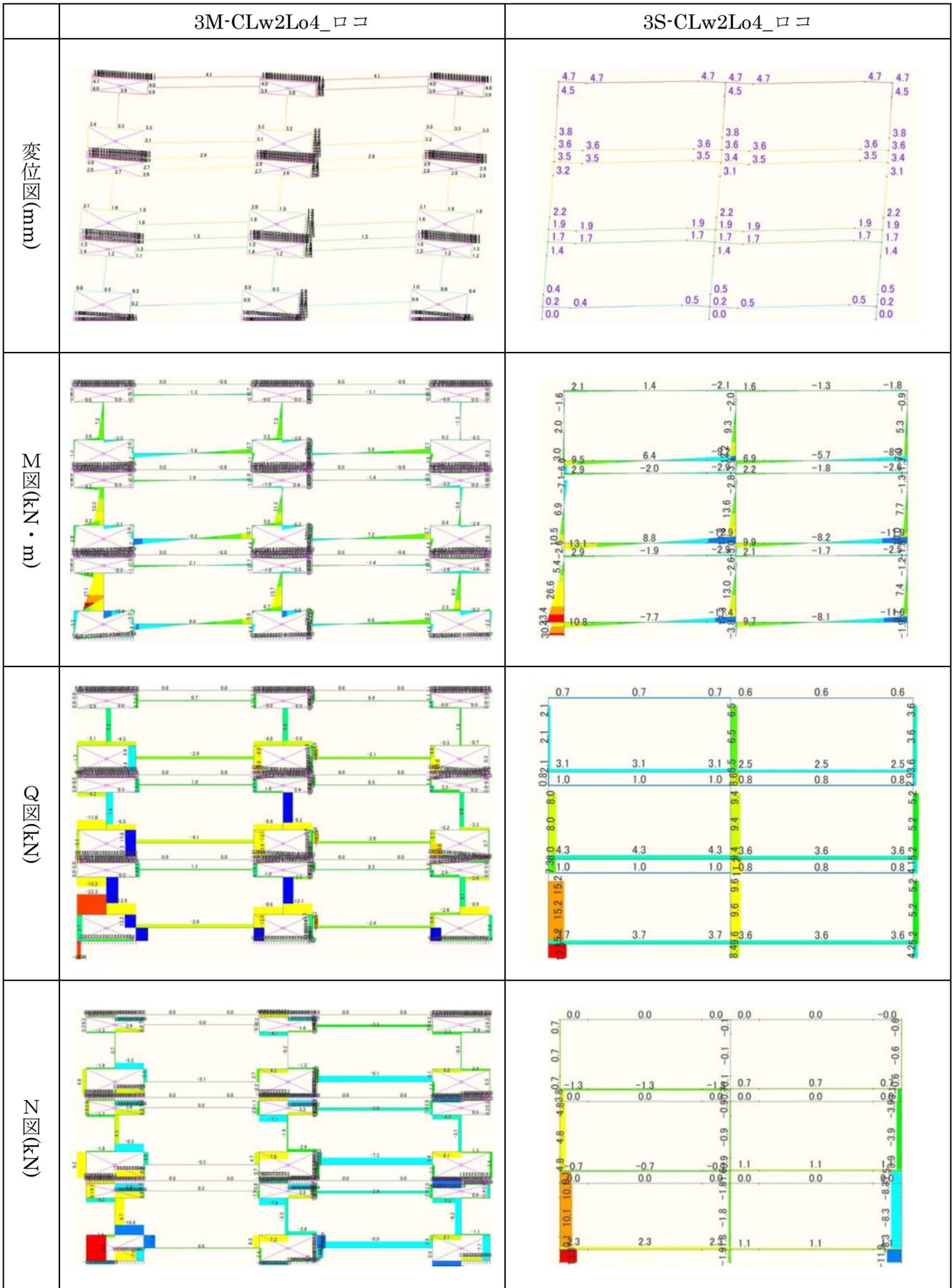
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 4m



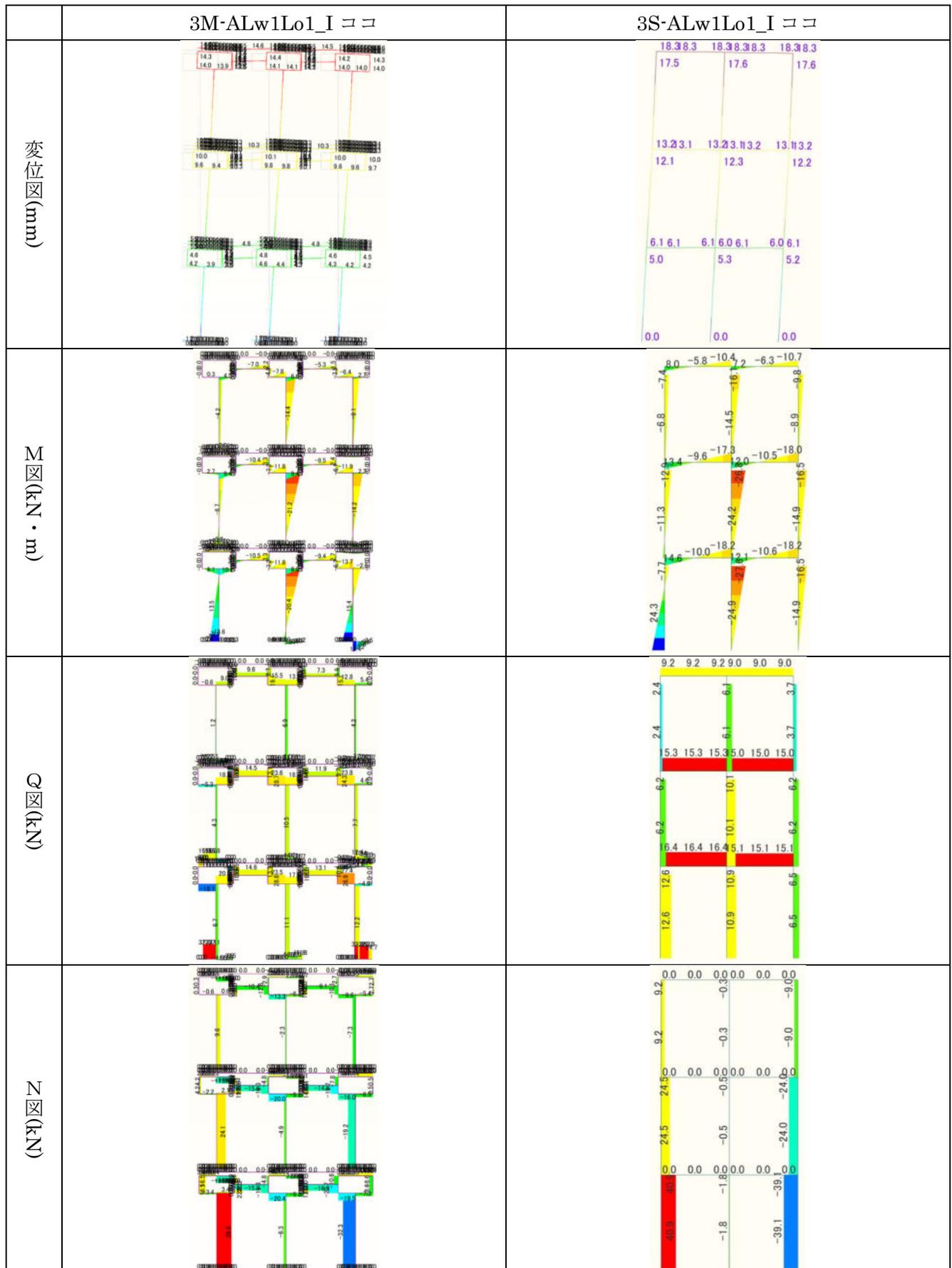
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 1m



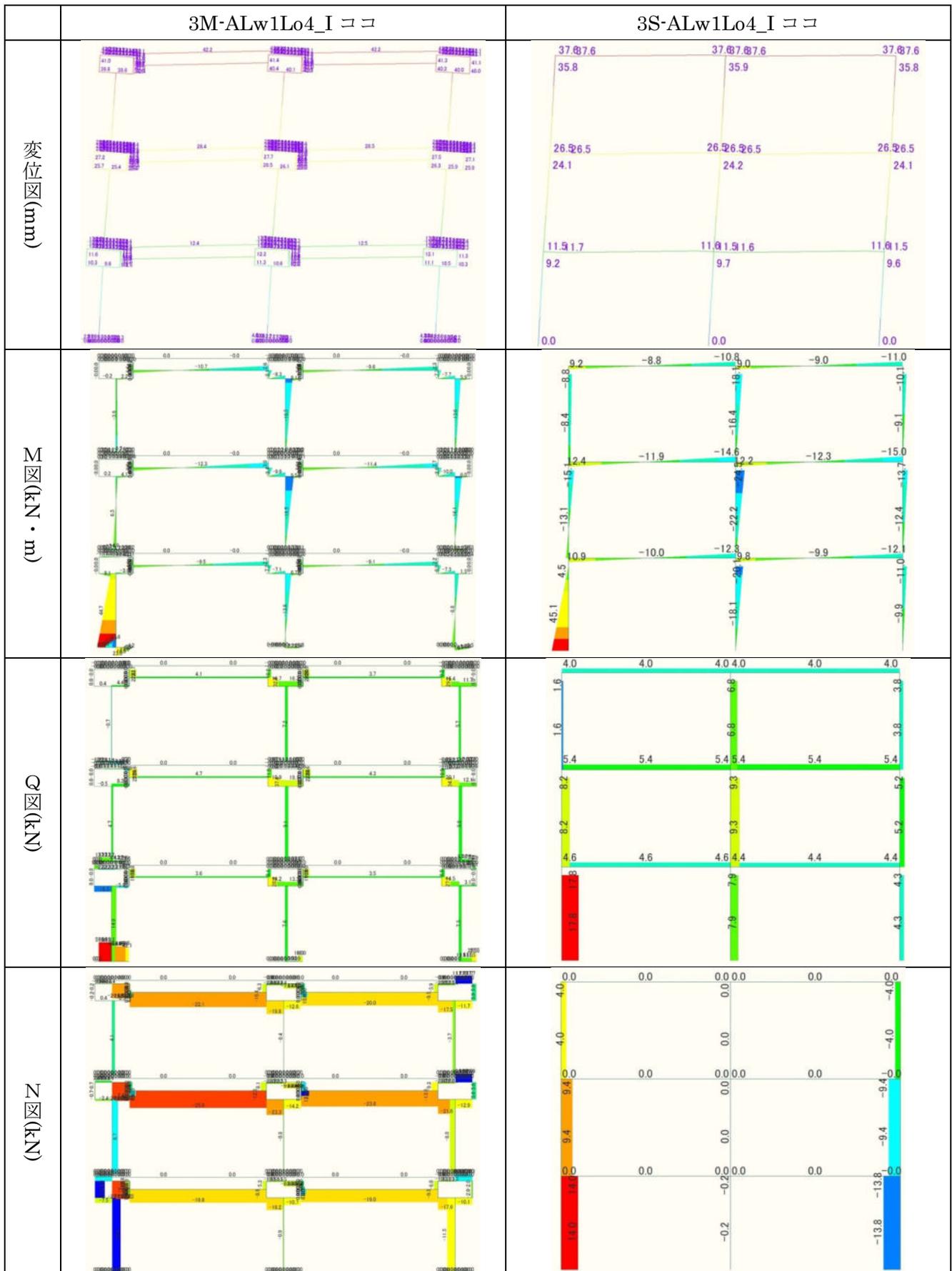
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m



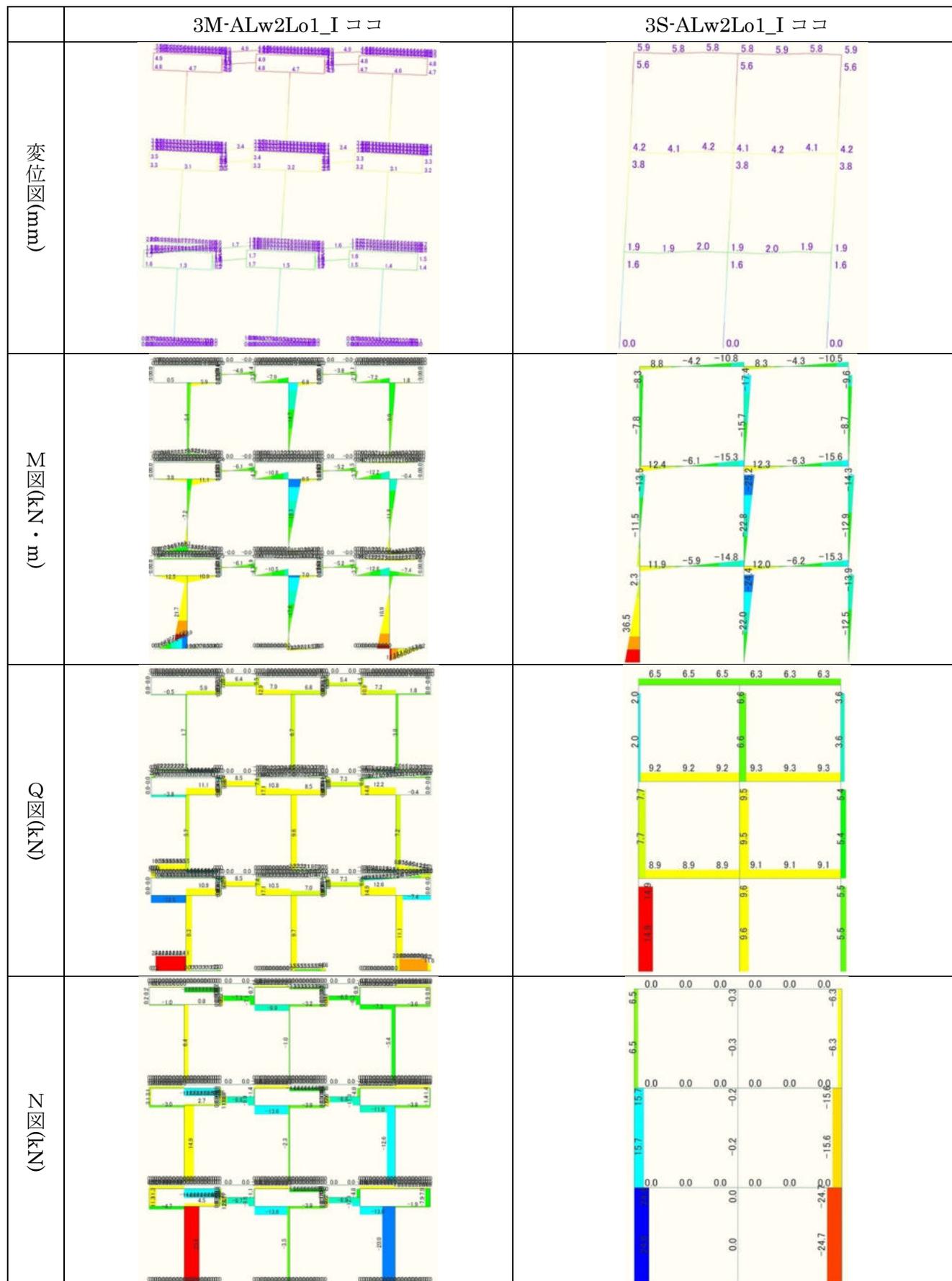
I ココ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m



I ココ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 4m



I ココ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 1m



I ココ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m

	3M-ALw2Lo4_I ココ	3S-ALw2Lo4_I ココ
変位図(mm)		
M図(kN・m)		
Q図(kN)		
N図(kN)		

I ココ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m

	3M-BLw1Lo1_I ココ	3S-BLw1Lo1_I ココ
変位図(mm)		
M図(kN・m)		
Q図(kN)		
N図(kN)		

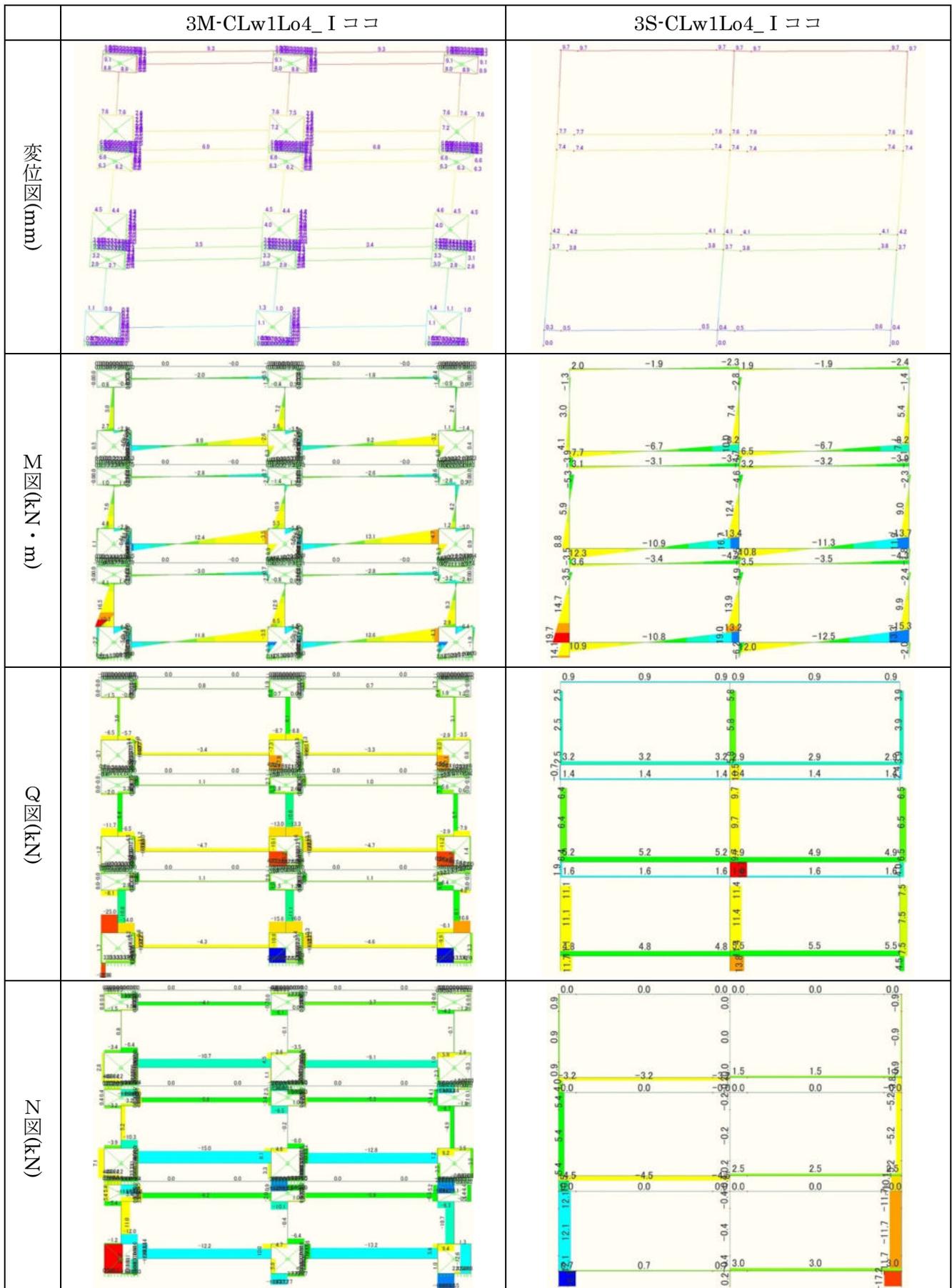
I ココ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m

	3M-BLw2Lo4_I ココ	3S-BLw2Lo4_I ココ
変位図(mm)		
M図(kN・m)		
Q図(kN)		
N図(kN)		

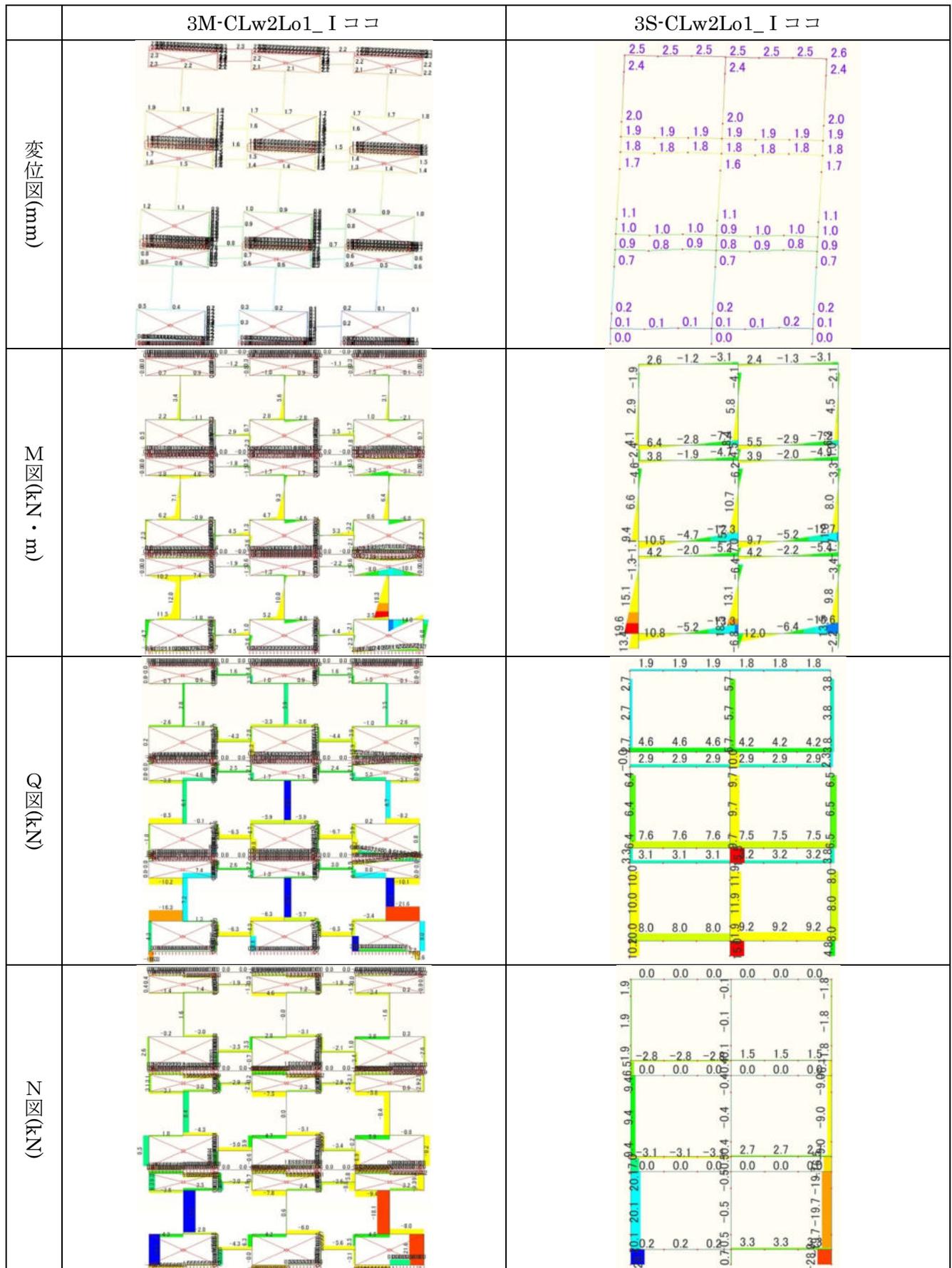
I ココ形、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m

	3M-CLw1Lo1_I ココ	3S-CLw1Lo1_I ココ
変位図(mm)		
M 図(kN・m)		
Q 図(kN)		
N 図(kN)		

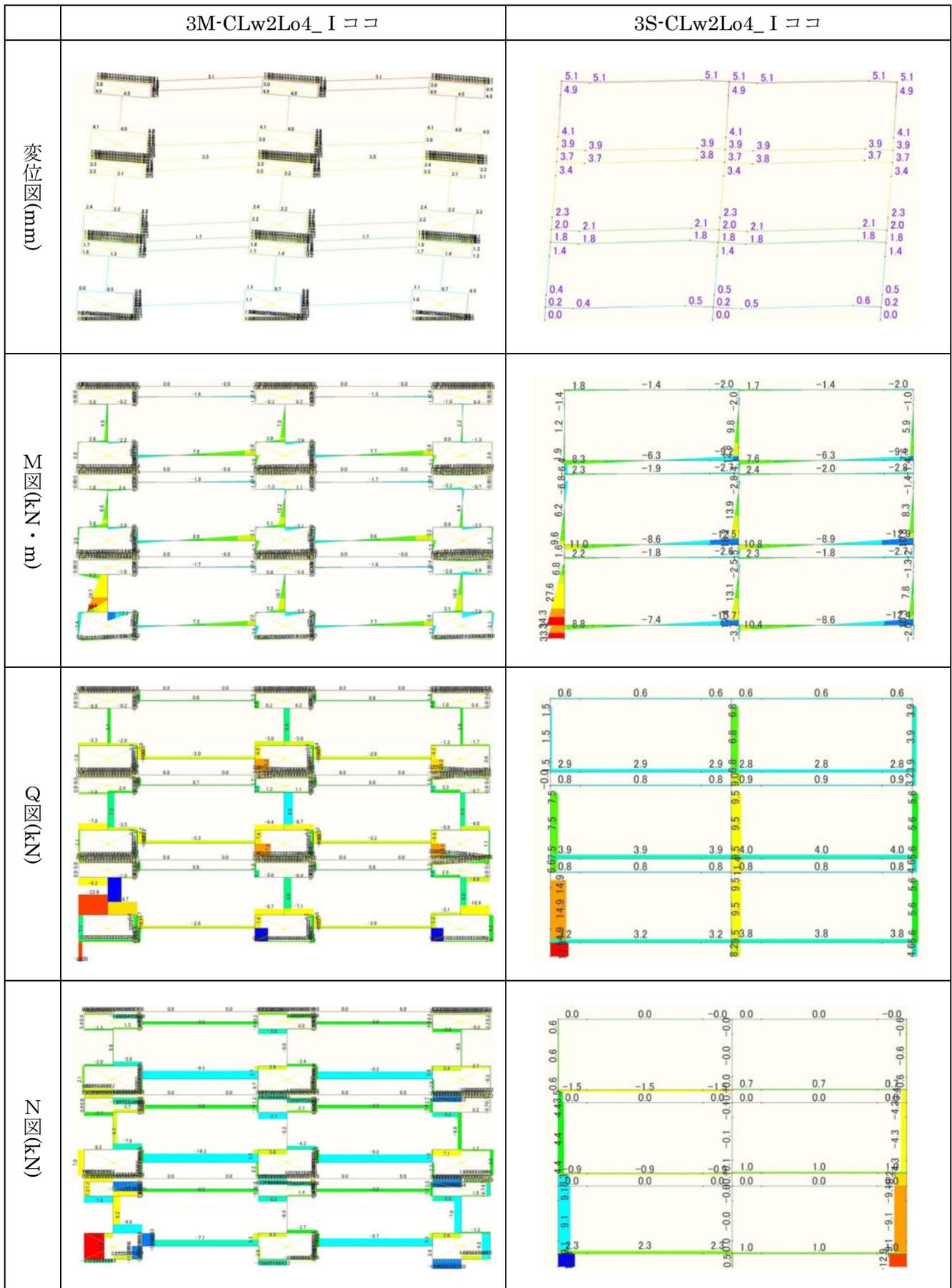
I ココ形、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 4m



Iココ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 1m



I ココ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m



### 2.3.4 まとめ

表 2.3.4-1 は、各検討ケースの詳細モデルと簡易モデルで各層の変位量の比較を示したものである。表中の S/D は詳細モデルと簡易モデルの解析結果値の比を表しており、1.0 に近いほどフレーム剛性をよく近似できていることになる。また 1.0 を上回る場合は簡易モデルの変位量が詳細モデルよりも大きく、変形に対しては安全側に評価できていると考えられ、逆に 1.0 を下回る場合は危険側に評価していると考えられる。

パネルパターンで比較すると、ロコ形>ロコ形>I ココ形の順に簡易モデルの変位量が詳細モデルに比べて大きい傾向があるが、壁幅や開口幅の短い縦長のフレームモデルでは大小が逆転しているケースも見られる。架構パターンで見ると、垂れ壁のみのモデル (A) よりも腰壁ありモデル (B、C) の方が若干精度良く、壁幅や開口幅の変化に対して安定しているようである。

I ココ形のように分割の多いパネルパターンではロコ形よりも接合部が多くなるため、接合部ばねの簡易化による影響がより大きいと考えられる。また垂壁のみのモデルでは壁脚の剛性が接合部の回転ばねによってのみ決まるが、腰壁が取り付くことにより壁脚接合部の簡易化の影響が低減し、比較的良好な結果となったのではないかと考えられる。

表 2.3.4-2 は、一部のケースを抜粋して変位量に加え各部材の最大応力を比較したものである。左右袖壁の曲げ応力・せん断応力が、他の箇所比べてばらつきが大きい。簡易モデルでは引張側に接合金物のない壁脚部はピンにモデル化しているが、詳細モデルではピンと仮定した壁脚部にも曲げ応力が生じており、ばらつきの原因になっていると考えられる。

壁幅や開口幅の広い横長なフレームのモデルでは、詳細モデルと簡易モデルの応力図は似た形状をしており、壁脚をピンとした袖壁の曲げ応力は詳細モデルでも小さいことから実用的には問題なさそうであるが、縦長フレームのモデルでは曲げ応力やせん断力の負担割合の違いを無視できなくなってくるため、断面の検討や接合部の設計には注意を要する。

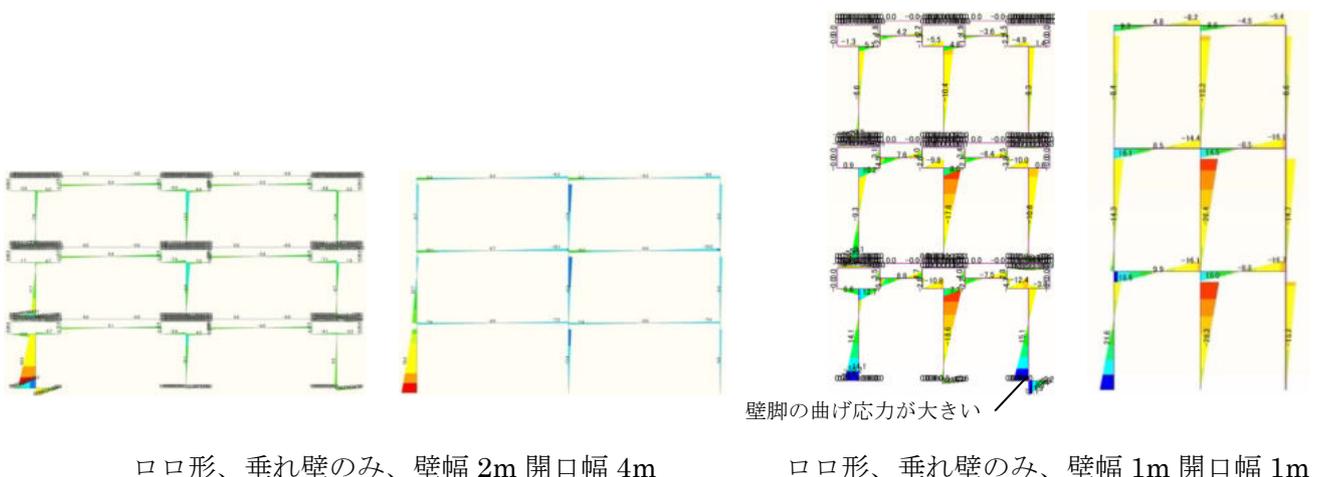


図 2.3.4-1 横長フレームと縦長フレームの曲げ応力図比較

表 2.3.4-1 各層変位量の解析結果比較 (大版パネル架構②)

架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位	
				簡易(S)	S/D
				詳細(D)	
□□ A	1	1	3	16.1 11.7	1.376
			2	11.6 8.3	1.398
			1	5.3 3.9	1.359
□□ A	1	4	3	31.1 26.2	1.187
			2	22.4 19	1.179
			1	10.1 8.7	1.161
□□ A	2	1	3	5 4	1.250
			2	3.5 2.9	1.207
			1	1.7 1.4	1.214
□□ A	2	4	3	14.5 12.2	1.189
			2	9.5 8.1	1.173
			1	4 3.5	1.143
□□ B	1	1	3	10.5 8.4	1.250
			2	8 6.2	1.290
			1	5 3.9	1.282
□□ B	2	4	3	5.9 5	1.180
			2	4.7 4.1	1.146
			1	2.9 2.7	1.074
□□ C	1	1	3	7 6.4	1.094
			2	4.7 4.2	1.119
			1	2.1 2	1.050
□□ C	1	4	3	8.3 6.2	1.339
			2	6.4 4.8	1.333
			1	3.3 2.8	1.179
□□ C	2	1	3	2.4 2.4	1.000
			2	1.7 1.7	1.000
			1	0.8 0.9	0.889
□□ C	2	4	3	4.4 3.4	1.294
			2	3.2 2.5	1.280
			1	1.6 1.3	1.231

架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位	
				簡易(S)	S/D
				詳細(D)	
□□ A	1	1	3	17 12.5	1.360
			2	12.1 8.7	1.391
			1	5.6 4.1	1.366
□□ A	1	4	3	33.8 30.2	1.119
			2	24.2 21.2	1.142
			1	10.8 9.5	1.137
□□ A	2	1	3	5.4 4.3	1.256
			2	3.8 3.1	1.226
			1	1.8 1.5	1.200
□□ A	2	4	3	15.7 13.9	1.129
			2	10.2 9	1.133
			1	4.2 3.8	1.105
□□ B	1	1	3	10.9 8.7	1.253
			2	8.3 6.4	1.297
			1	5.3 4	1.325
□□ B	2	4	3	6.3 5.7	1.105
			2	4.9 4.4	1.114
			1	2.9 2.6	1.115
□□ C	1	1	3	7.2 6.6	1.091
			2	4.9 4.4	1.114
			1	2.2 2.1	1.048
□□ C	1	4	3	8.9 7.6	1.171
			2	6.8 5.7	1.193
			1	3.5 3	1.167
□□ C	2	1	3	2.5 2.5	1.000
			2	1.8 1.7	1.059
			1	0.8 0.8	1.000
□□ C	2	4	3	4.7 4.1	1.146
			2	3.5 2.9	1.207
			1	1.7 1.5	1.133

架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位	
				簡易(S)	S/D
				詳細(D)	
□□ A	1	1	3	18.3 14.6	1.253
			2	13.2 10.3	1.282
			1	6.1 4.8	1.271
□□ A	1	4	3	37.6 42.2	0.891
			2	26.5 28.4	0.933
			1	11.7 12.4	0.944
□□ A	2	1	3	5.8 4.9	1.184
			2	4.1 3.4	1.206
			1	1.9 1.7	1.118
□□ A	2	4	3	17 17.6	0.966
			2	10.9 11	0.991
			1	4.5 4.5	1.000
□□ B	1	1	3	11.2 8.4	1.333
			2	8.6 6.4	1.344
			1	5.6 4.1	1.366
□□ B	2	4	3	6.7 6.6	1.015
			2	5.3 4.8	1.104
			1	3.2 2.7	1.185
□□ C	1	1	3	7.2 5.9	1.220
			2	5 3.9	1.282
			1	2.2 1.8	1.222
□□ C	1	4	3	9.7 9.3	1.043
			2	7.4 6.9	1.072
			1	3.8 3.5	1.086
□□ C	2	1	3	2.5 2.3	1.087
			2	1.8 1.6	1.125
			1	0.8 0.8	1.000
□□ C	2	4	3	5.1 5	1.020
			2	3.7 3.5	1.057
			1	1.8 1.7	1.059



## 2. 4 6層までを対象とした簡易モデルの適用性

### 2. 4. 1 検証方針

前節では3層の架構を対象に詳細モデルと簡易モデルの解析結果の比較を行ったが、ここでは3層を超え6層までの架構にて同様の検討を行う。2スパンの2次元フレームモデルを対象とし、大版パネル架構および小版パネル架構について検証する。

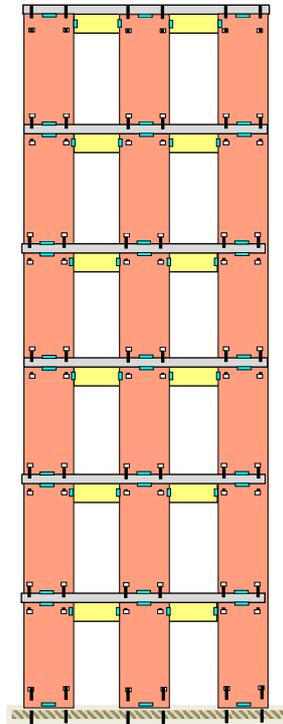


図 2.4.1-1 小版パネル架構

### 2. 4. 2 解析パラメータ

本検討における解析パラメータを表 2.4.2-1 に示す。前章のパラメータに階数を追加し5種類とする。またパネルパターンに小版架構を検討対象として加える。

表 2.4.2-1 解析パラメーター一覧

パラメータ①	パラメータ②	パラメータ③	パラメータ④	パラメータ⑤
階数	パネルパターン	架構パターン	壁幅 $L_w$ (m)	開口幅 $L_o$ (m)
4	ロコ形	全層垂れ壁のみ (A)	1	1
6	ロコ形	1層垂れ壁のみ 2・3層垂腰壁あり (B)	2	4
-	Iココ形	全層垂腰壁あり (C)	-	-
-	小版	-	-	-

### 2. 4. 3 静的解析による検証

#### (1) 解析モデル

解析パラメータ以外の解析条件は以下の通りとする。

#### A) 架構条件

架構条件は表 2.4.3-1 に示す通りとする。

表 2.4.3-1 共通架構条件

スパン	2
階高	3m
垂壁高さ	500mm
腰壁高さ	900mm

#### B) 荷重条件

各階の水平力は前節同様に  $A_i$  分布を用いて表 2.4.3-2 に示す通り定め、各層床端部に節点荷重として入力した。加力方向は、左→右方向とする。

表 2.4.3-2 各階の水平力

階	水平力 (kN)	
	4層モデル	6層モデル
6	-	16.3
5	-	13.3
4	15.3	10.5
3	12.9	8.4
2	9.7	6.6
1	7.0	4.8

#### C) CLT パネル

各部の CLT パネルの仕様は表 2.4.3-3 に示す通りとする。

表 2.4.3-3 CLT パネル仕様と諸元

		強度等級	板厚	E
壁パネル	4層モデル	S60-5-5	150mm	3600N/mm <sup>2</sup> (面内強軸) 2400N/mm <sup>2</sup> (面内弱軸)
	6層モデル	S90-5-7	210mm	6428N/mm <sup>2</sup> (面内強軸) 2571N/mm <sup>2</sup> (面内弱軸)
床パネル		Mx60-5-7	210mm	5536N/mm <sup>2</sup> (面外強軸)

#### D) 接合部

##### (ア) 詳細モデルの圧縮接合部

圧縮接合部の剛性は、大版パネル架構については前節と同様に算出した。小幅パネル架構では垂壁・

腰壁のパネルが強軸方向に配置されるため 1.5 倍の剛性となる。圧縮接合部の剛性一覧を表 2.4.3-4 に示す。

表 2.4.3-4 詳細モデルの圧縮接合部剛性

部位		支圧剛性 (N/mm <sup>2</sup> )	めり込み剛性 (N/mm <sup>2</sup> )
壁-基礎接合部		15.6	-
壁-床接合部		-	(6000 ÷ 30) ÷ 210 = 0.95
袖壁-垂壁、袖壁-腰壁接合部	大版架構	-	(6000 ÷ 30) ÷ 120 = 1.67
	小幅架構	-	(6000 ÷ 30) × 1.5 ÷ 120 = 2.50

(イ) 詳細モデルの引張接合部

引張接合部の剛性は、4層モデル・6層モデルそれぞれに見合った仕様とする。引張接合部の剛性一覧を表 2.4.3-5 に示す。

表 2.4.3-5 詳細モデルの引張接合部剛性

部位	引張剛性 (kN/mm)	
	4層モデル	6層モデル
壁-基礎接合部	48.69 (1-M20)	105.59 (4-M20)
壁-壁接合部	48.32 (1-M22)	71.65 (4-M20)
壁-床接合部	83.06 (1-M22)	65.34 (4-M20)

(ウ) 詳細モデルのせん断接合部

せん断接合部は簡易モデルと前提条件を合わせるためすべて剛とし、剛性を高めた弾性要素として設定した。また、垂壁および腰壁パネルを個別に回転させるために、垂腰壁-床間にはせん断接合部を設けないものとした。

(エ) 簡易モデルの接合部

簡易モデルに設定した壁端部の回転ばね及び軸ばね性能を表 2.4.3-6 に示す。壁-基礎及び壁-床接合部の回転ばねについては、引張側に接合金物がある場合のみ壁脚に同表の値を設定し、それ以外の壁脚はピン接合とした。

表 2.4.3-6 簡易モデルの接合部剛性

部位		4層モデル				6層モデル			
		回転ばね (kN・m/rad)	軸ばね(kN/m)			回転ばね (kN・m/rad)	軸ばね(kN/m)		
			両側 引張	片側 引張	引張 なし		両側 引張	片側 引張	引張 なし
壁-基礎	壁幅 1m	27350.6	1218690	1194350	1170000	55401.8	1743590	1690800	1638000
	壁幅 2m	139134.6	2388690	2364350	2340000	287810.3	3381590	3328800	3276000
壁-床	壁幅 1m	16036.8	308980	225920	142860	17030.2	330680	265340	200000
	壁幅 2m	109765.8	451830	368770	285710	108106.1	530680	465340	400000
壁-垂壁	大版(弱軸)	6093.8	-	-	-	8531.3	-	-	-
	小幅(強軸)	1953.1	-	-	-	2734.4	-	-	-
壁-腰壁	大版(弱軸)	35538.8	-	-	-	49754.3	-	-	-
	小幅(強軸)	11390.6	-	-	-	15946.9	-	-	-

以上の条件により検討を行った解析モデルのパラメータ組み合わせ一覧を表 2.4.3-7 に示す。

表 2.4.3-7 解析ケース一覧 (6層まで)

(a) ロロ形

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	
6M-ALw1Lo1_ロロ	詳細モデル	全層垂壁のみ	1	1	6	6S-ALw1Lo1_ロロ	簡易モデル	全層垂壁のみ	1	1	6
6M-ALw2Lo4_ロロ		2	4	6S-ALw2Lo4_ロロ		2		4			
6M-BLw1Lo1_ロロ		2・1層垂壁のみ	1	1		6S-BLw1Lo1_ロロ		2・1層垂壁のみ	1	1	
6M-BLw2Lo4_ロロ		2	4	6S-BLw2Lo4_ロロ		2		4			
6M-CLw1Lo1_ロロ		全層垂壁あり	1	1		6S-CLw1Lo1_ロロ		全層垂壁あり	1	1	
6M-CLw2Lo4_ロロ		2	4	6S-CLw2Lo4_ロロ		2		4			

(b) ロコ形

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	
6M-ALw1Lo1_ロコ	詳細モデル	全層垂壁のみ	1	1	6	6S-ALw1Lo1_ロコ	簡易モデル	全層垂壁のみ	1	1	6
6M-ALw2Lo4_ロコ		2	4	6S-ALw2Lo4_ロコ		2		4			
6M-BLw1Lo1_ロコ		2・1層垂壁のみ	1	1		6S-BLw1Lo1_ロコ		2・1層垂壁のみ	1	1	
6M-BLw2Lo4_ロコ		2	4	6S-BLw2Lo4_ロコ		2		4			
6M-CLw1Lo1_ロコ		全層垂壁あり	1	1		6S-CLw1Lo1_ロコ		全層垂壁あり	1	1	
6M-CLw2Lo4_ロコ		2	4	6S-CLw2Lo4_ロコ		2		4			

(c) I ココ形

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層	
6M-ALw1Lo1_Iココ	詳細モデル	全層垂壁のみ	1	1	6	6S-ALw1Lo1_Iココ	簡易モデル	全層垂壁のみ	1	1	6		
6M-ALw2Lo4_Iココ		2	4	6S-ALw2Lo4_Iココ		2		4					
6M-BLw1Lo1_Iココ		2・1層垂壁のみ	1	1		6S-BLw1Lo1_Iココ		2・1層垂壁のみ	1	4			
6M-BLw2Lo4_Iココ		2・3層垂壁あり	2	4		6S-BLw2Lo4_Iココ		2・3層垂壁あり	2	4			
6M-CLw1Lo1_Iココ		全層垂壁あり	1	1		6S-CLw1Lo1_Iココ		全層垂壁あり	1	1			
6M-CLw2Lo4_Iココ		2	4	6S-CLw2Lo4_Iココ		2		4					

(d) 小幅

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層	
6M-ALw1Lo1_小幅	詳細モデル	全層垂壁のみ	1	1	6	6S-ALw1Lo1_小幅	簡易モデル	全層垂壁のみ	1	1	6		
6M-ALw2Lo4_小幅		2	4	6S-ALw2Lo4_小幅		2		4					
6M-BLw1Lo1_小幅		2・1層垂壁のみ	1	1		6S-BLw1Lo1_小幅		2・1層垂壁のみ	1	1			
6M-BLw2Lo4_小幅		2・3層垂壁あり	2	4		6S-BLw2Lo4_小幅		2・3層垂壁あり	2	4			
6M-CLw1Lo1_小幅		全層垂壁あり	1	1		6S-CLw1Lo1_小幅		全層垂壁あり	1	1			
6M-CLw2Lo4_小幅		2	4	6S-CLw2Lo4_小幅		2		4					

(e) 4層ロココ形

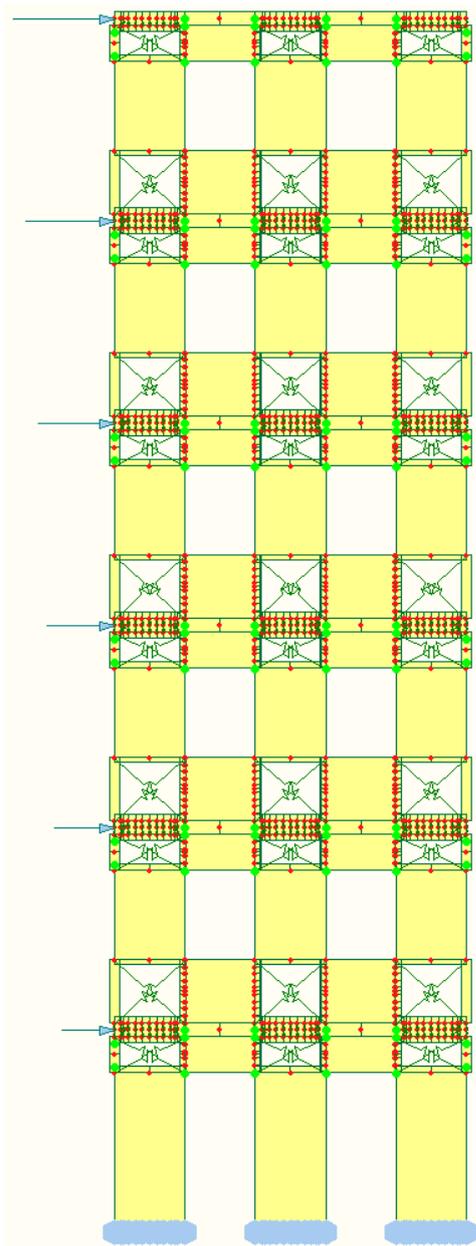
解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ				層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層	
4M-ALw1Lo1_ロココ	詳細モデル	全層垂壁のみ	1	1	4	4S-ALw1Lo1_ロココ	簡易モデル	全層垂壁のみ	1	1	4		
4M-ALw2Lo4_ロココ		2	4	4S-ALw2Lo4_ロココ		2		4					
4M-BLw1Lo1_ロココ		2・1層垂壁のみ	1	1		4S-BLw1Lo1_ロココ		2・1層垂壁のみ	1	1			
4M-BLw2Lo4_ロココ		2・3層垂壁あり	2	4		4S-BLw2Lo4_ロココ		2・3層垂壁あり	2	4			
4M-CLw1Lo2_ロココ		全層垂壁あり	1	2		4S-CLw1Lo2_ロココ		全層垂壁あり	1	2			
4M-CLw2Lo4_ロココ		2	4	4S-CLw2Lo4_ロココ		2		4					

(f) 4層小幅

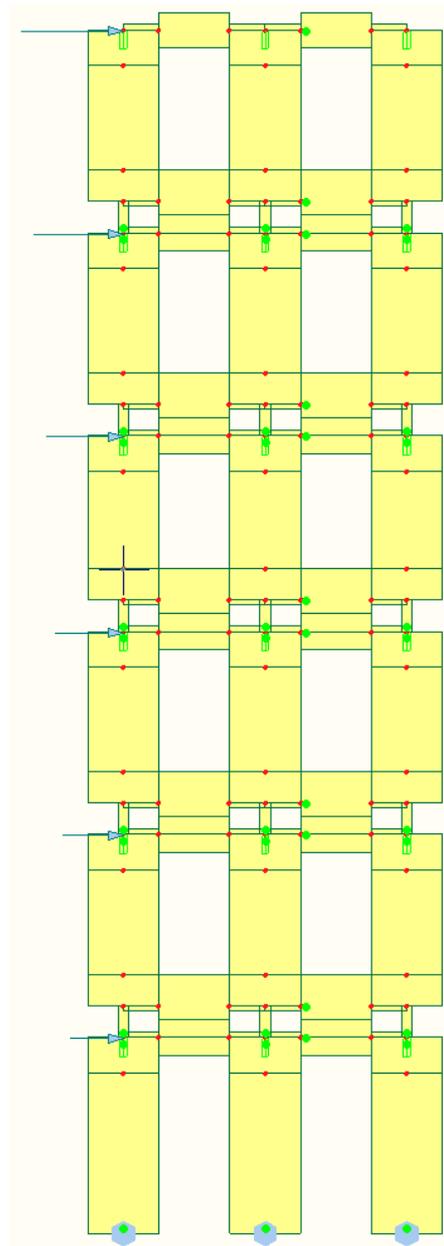
解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	
4M-ALw1Lo1_小幅	詳細モデル	全層垂壁のみ	1	1	4	4S-ALw1Lo1_小幅	簡易モデル	全層垂壁のみ	1	1	
4M-ALw2Lo4_小幅		2	4	4S-ALw2Lo4_小幅		2		4			
4M-BLw1Lo1_小幅		2・1層垂壁あり	1	1		4S-BLw1Lo1_小幅		2・1層垂壁あり	1	1	
4M-BLw2Lo4_小幅		2	4	4S-BLw2Lo4_小幅		2		4			
4M-CLw1Lo2_小幅		全層垂腰壁あり	1	2		4S-CLw1Lo2_小幅		全層垂腰壁あり	1	2	
4M-CLw2Lo4_小幅		2	4	4S-CLw2Lo4_小幅		2		4			

図 2.4.1-2 に、6層モデルの一例として「小幅、1層垂れ壁のみ 2・3層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m」の解析モデルを示す。

詳細モデル、簡易モデル共に前節と同様の方法でモデル化する。小幅パネル架構では各袖壁上下端の両側に引張金物があり、垂腰壁の向きが強軸方向となるため弾性係数や接合部の圧縮ばね値・回転ばね値が大版パネル架構②とは異なる。



(a) 詳細モデル



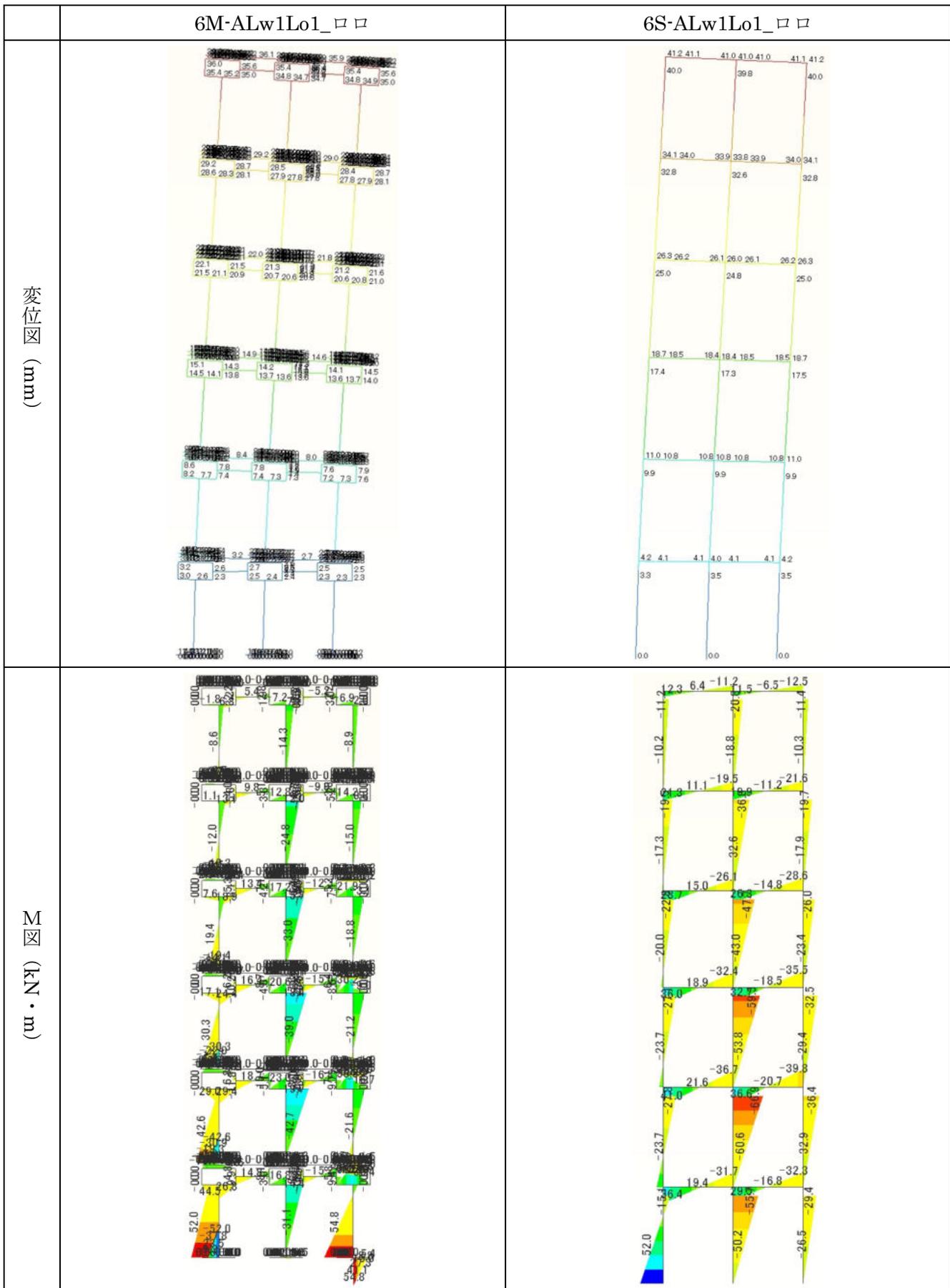
(b) 簡易モデル

図 2.4.1-2 解析モデル例 (小幅、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m)

(2) 解析結果

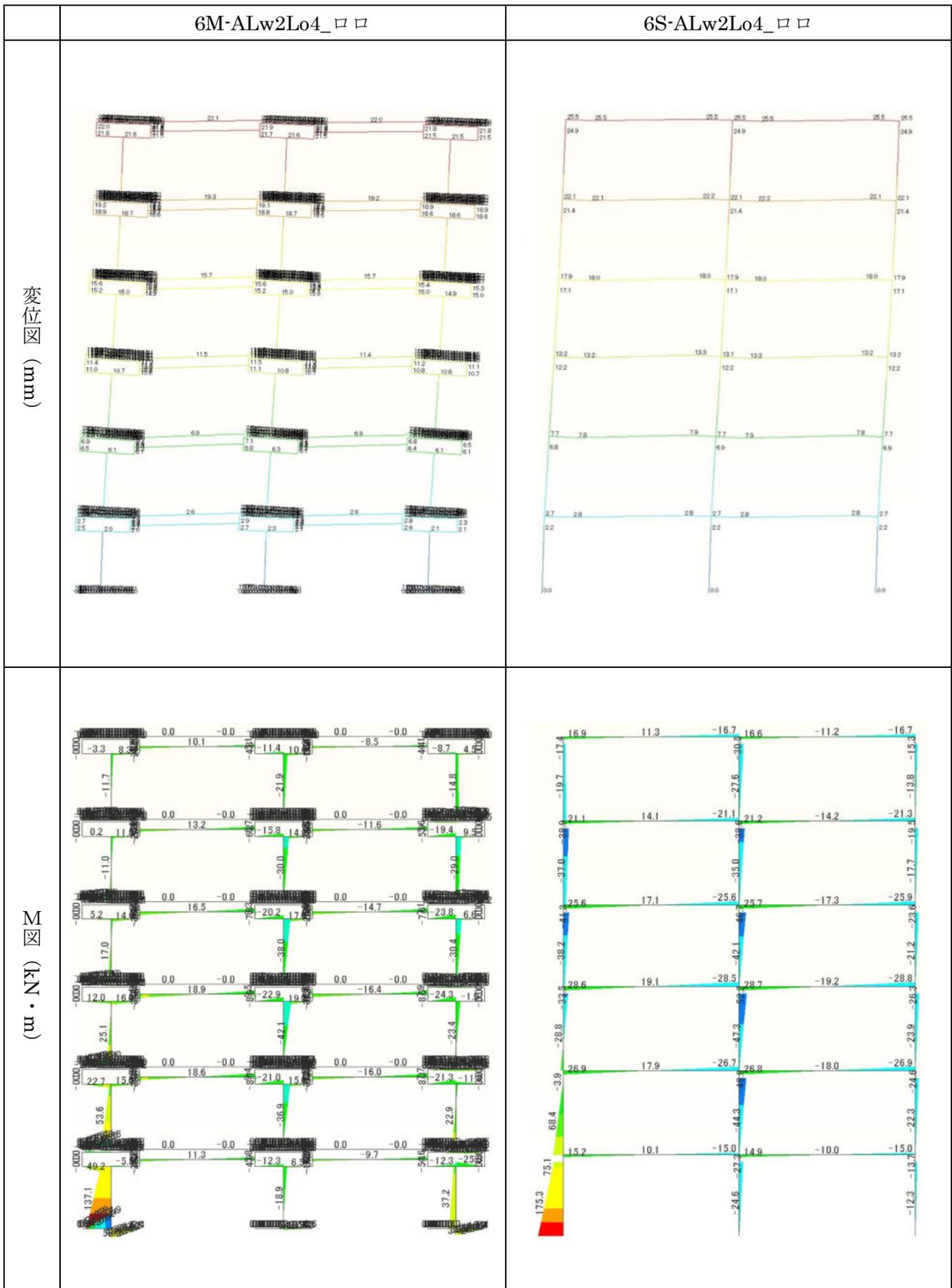
各解析モデルの変位および応力計算結果を以下に示す。

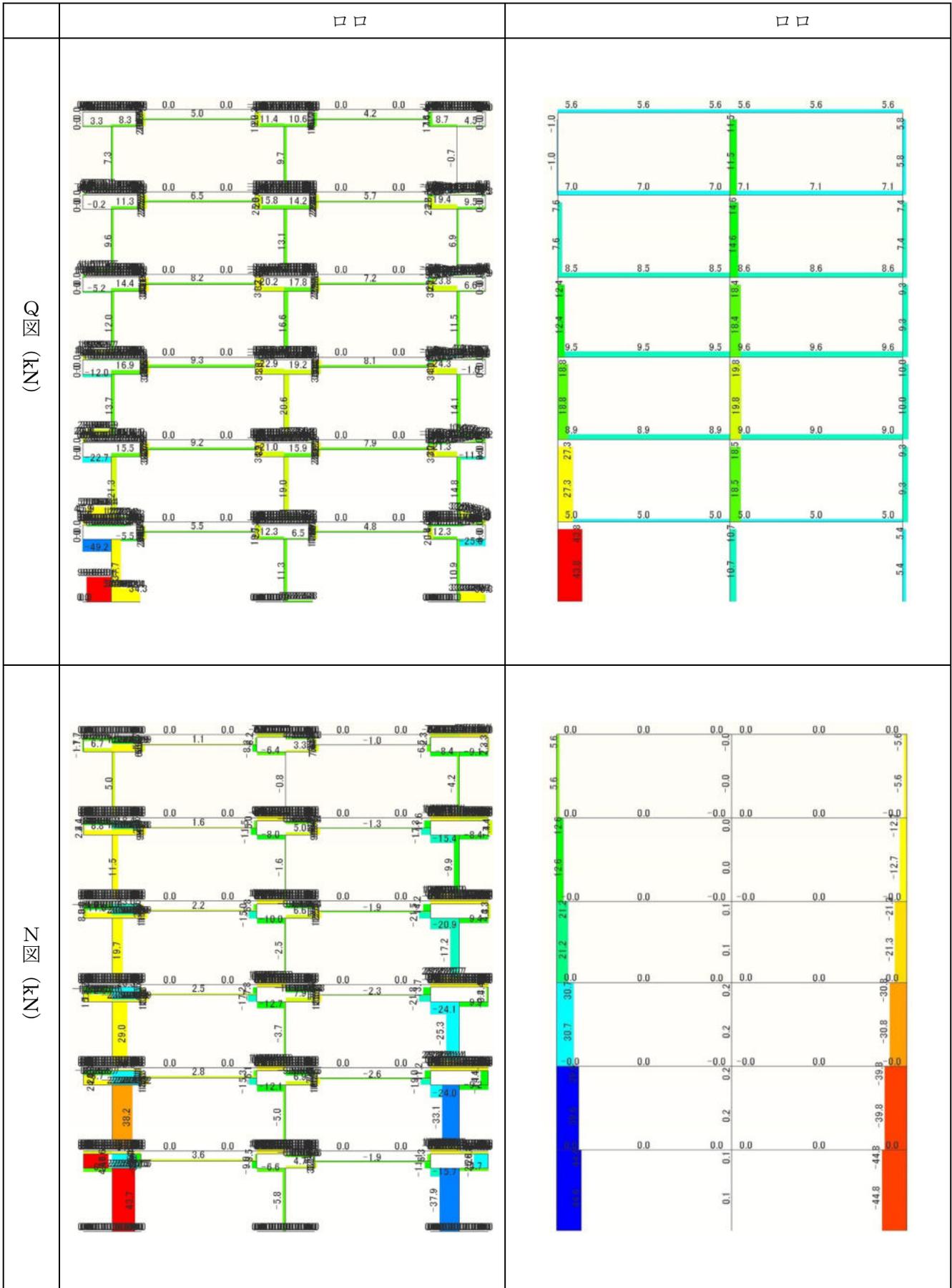
ロ口形、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m



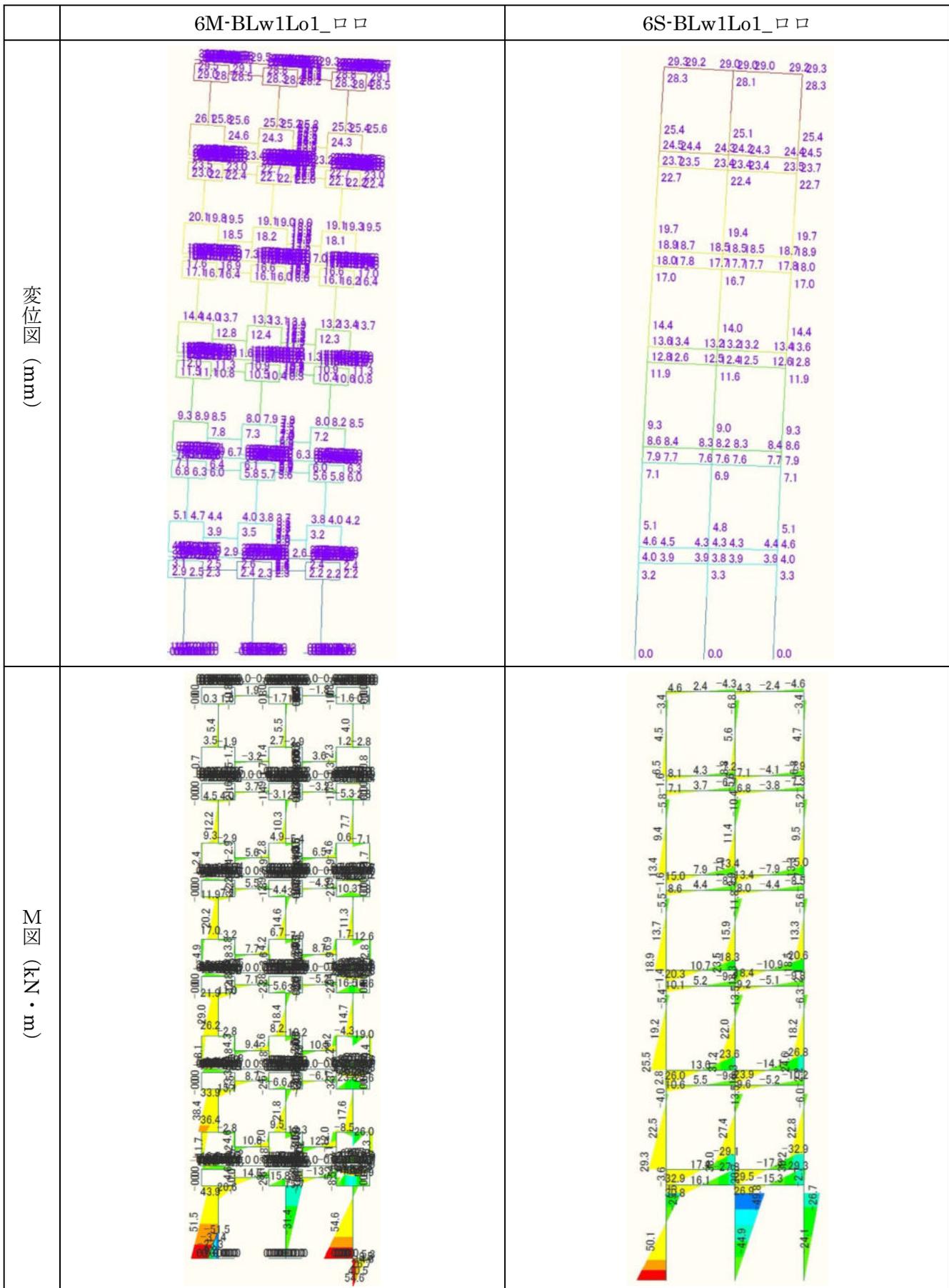


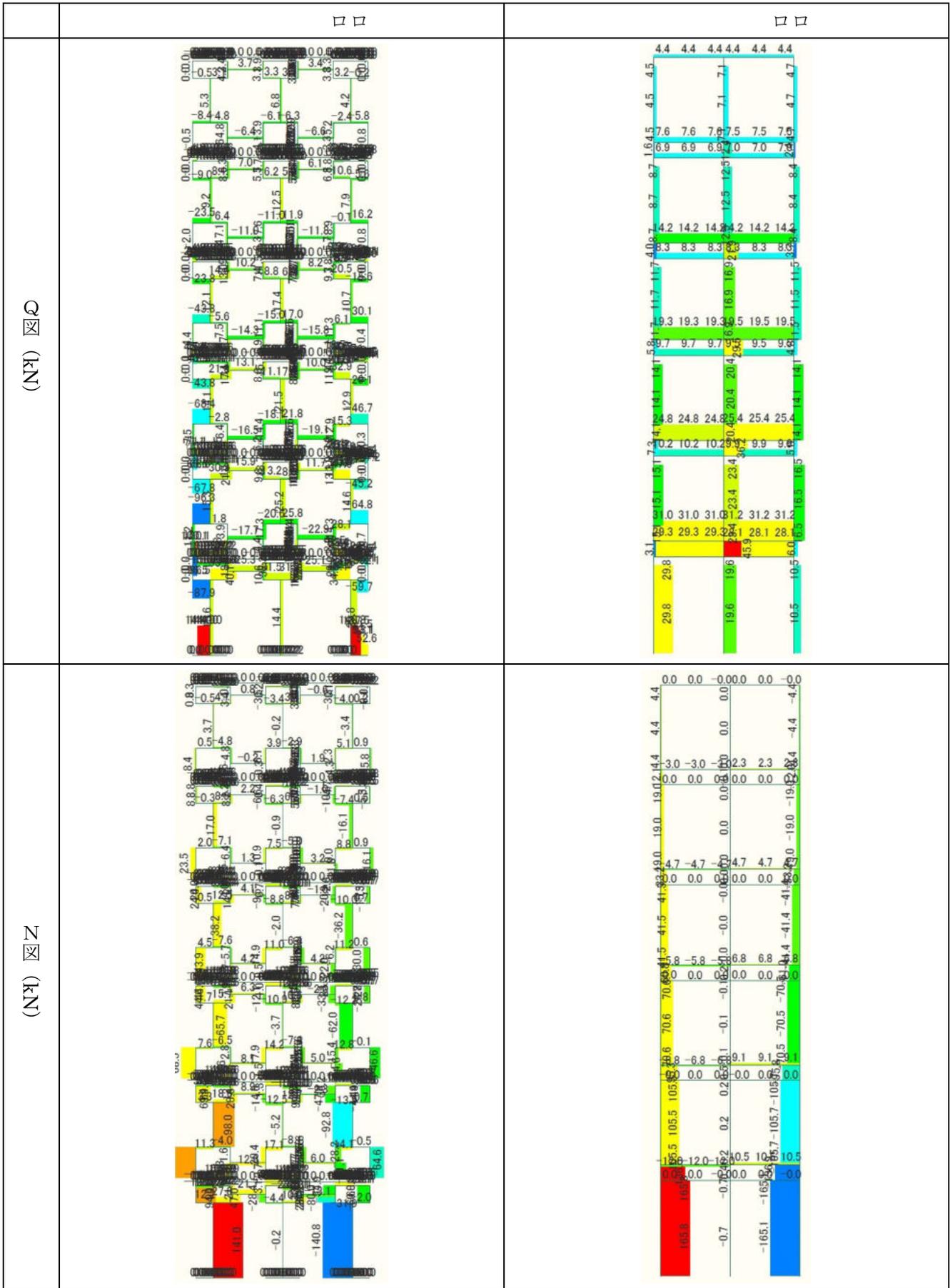
ロ口形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m



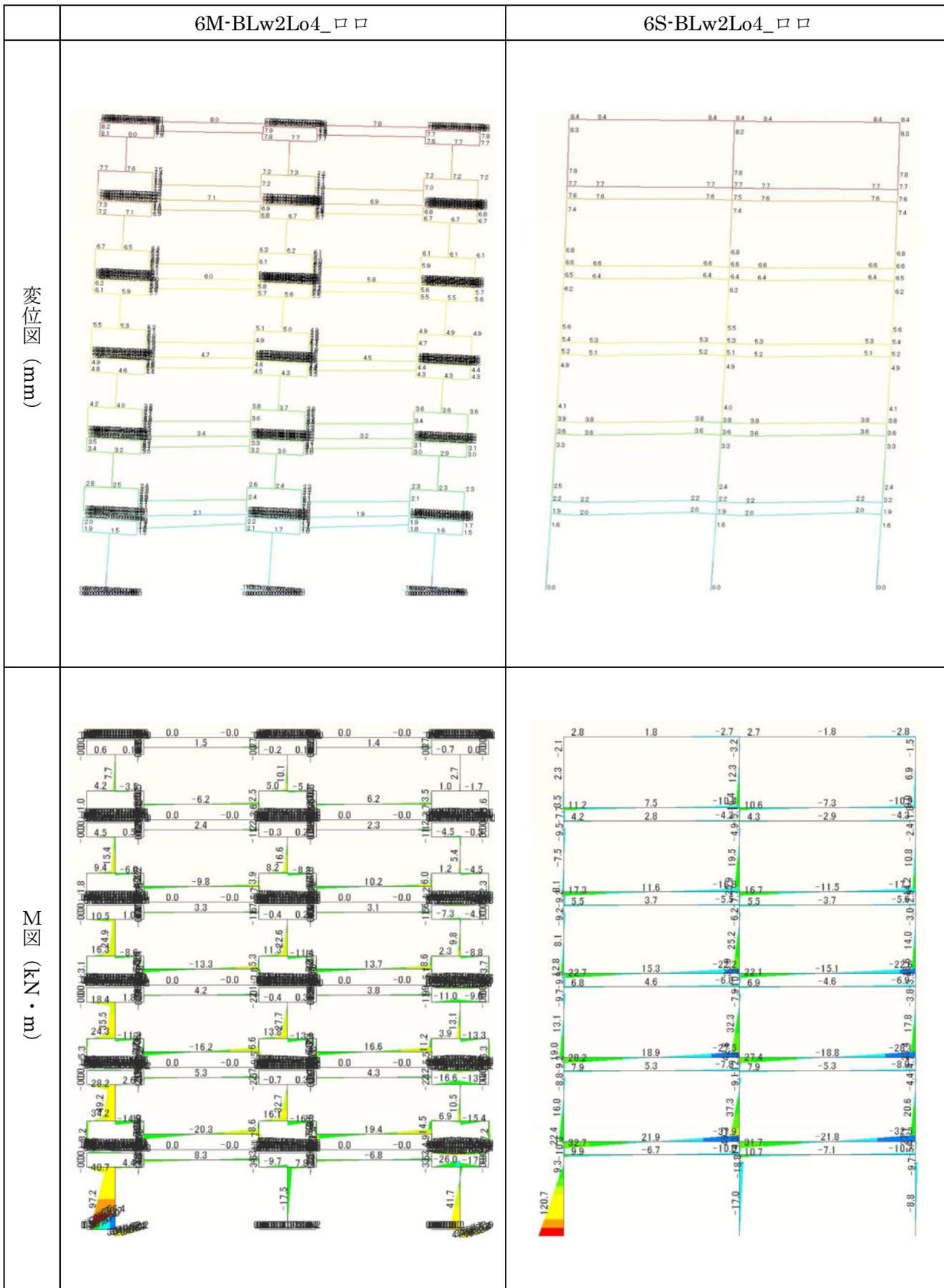


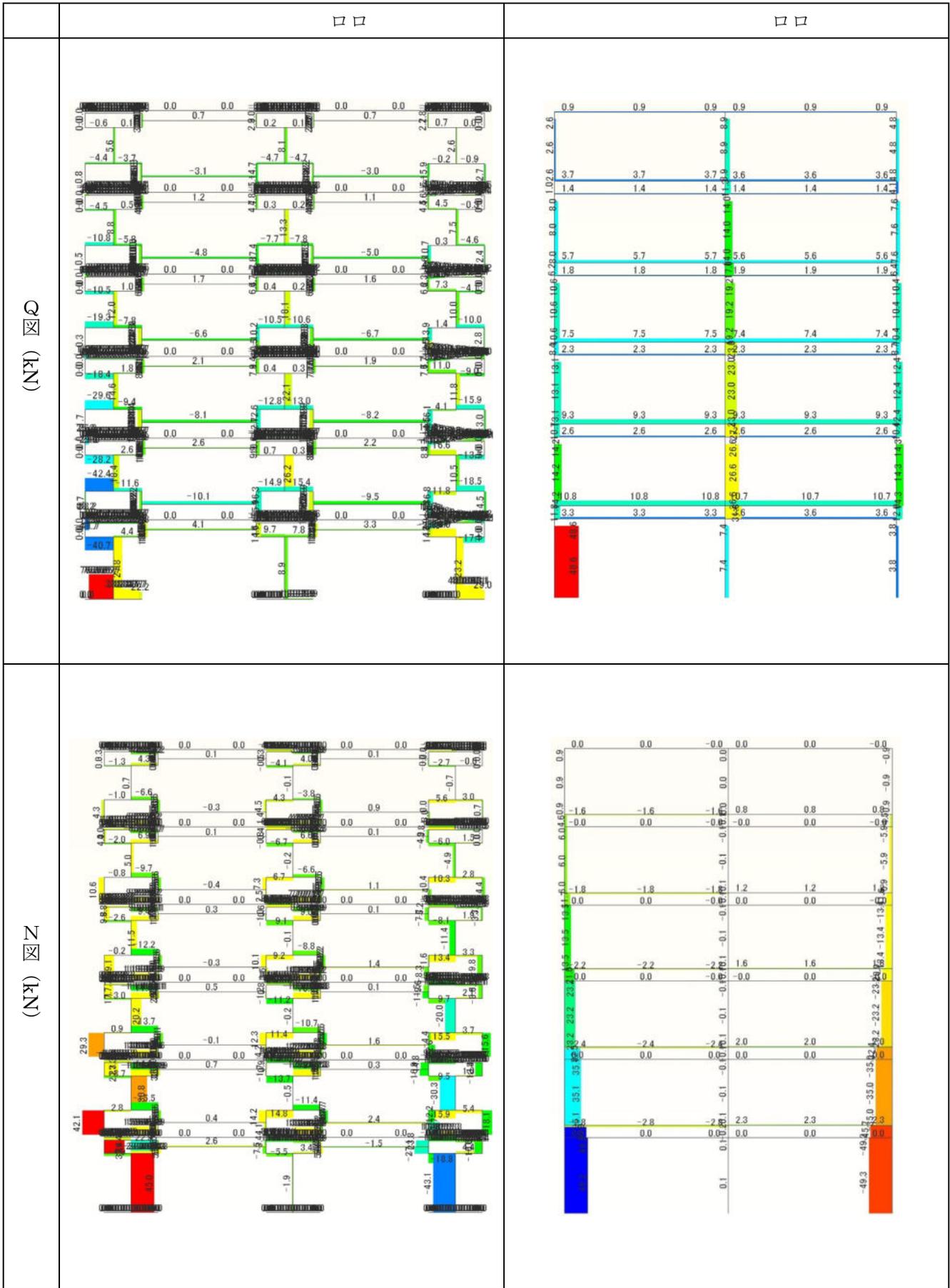
ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m



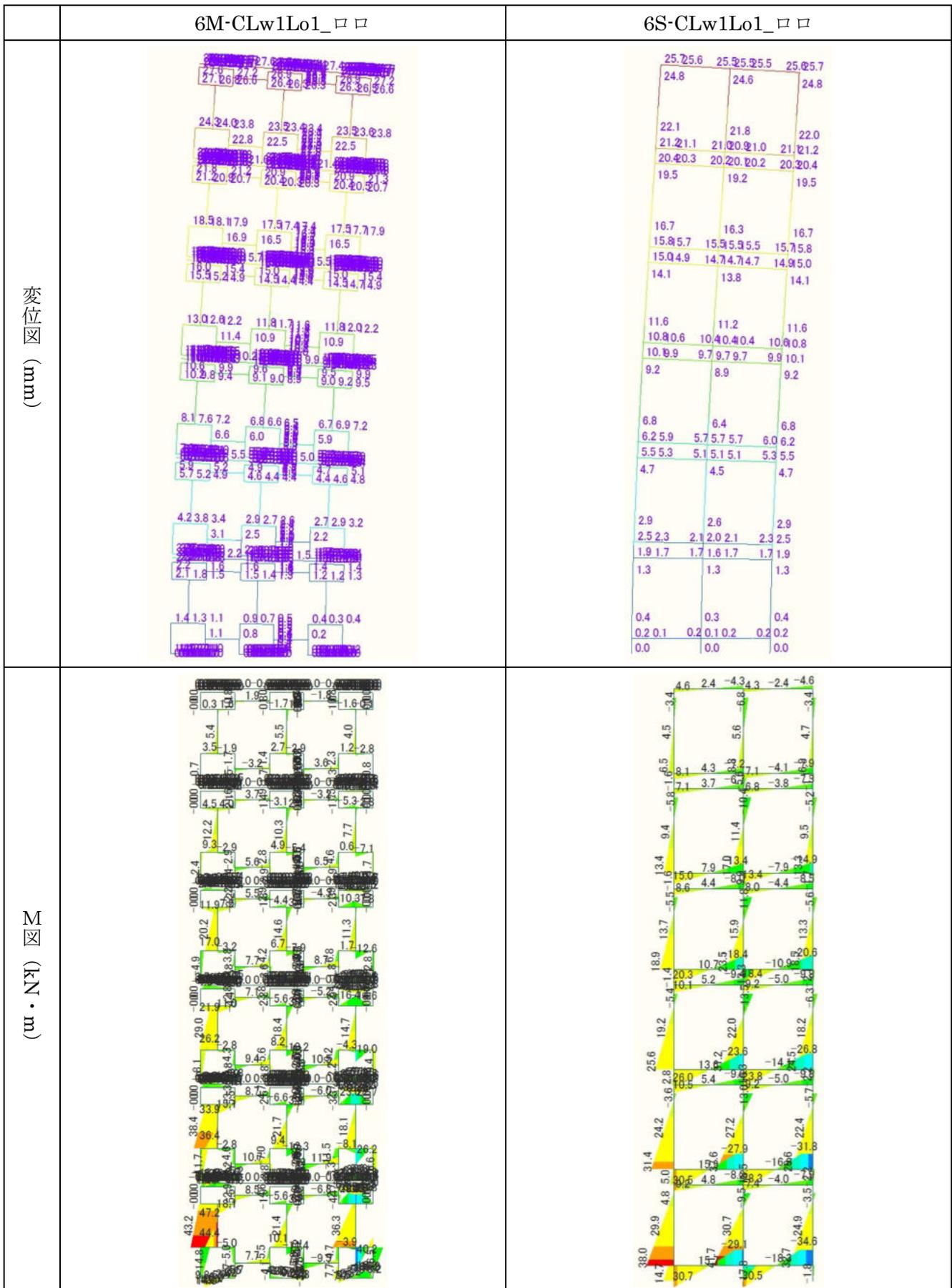


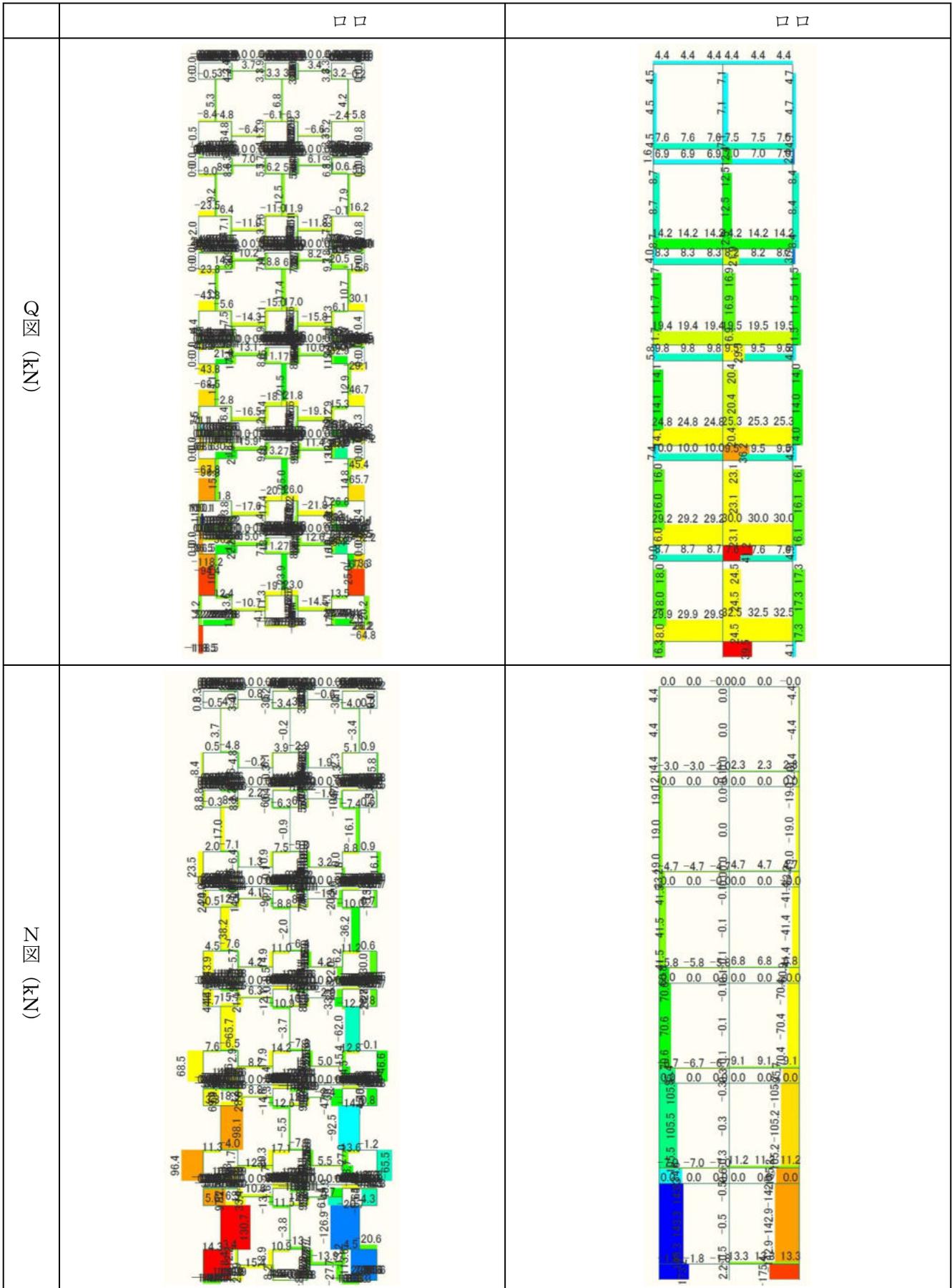
ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



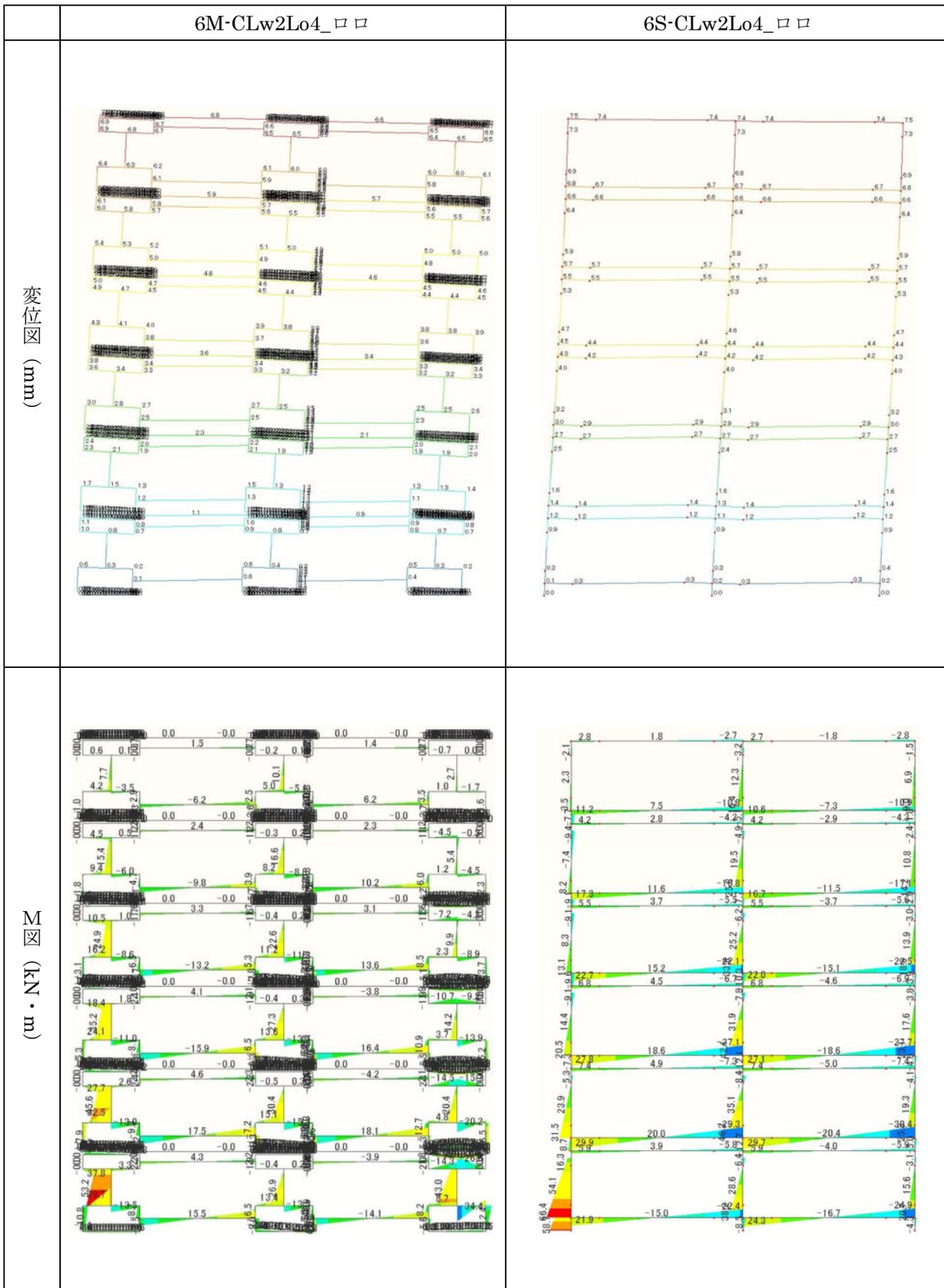


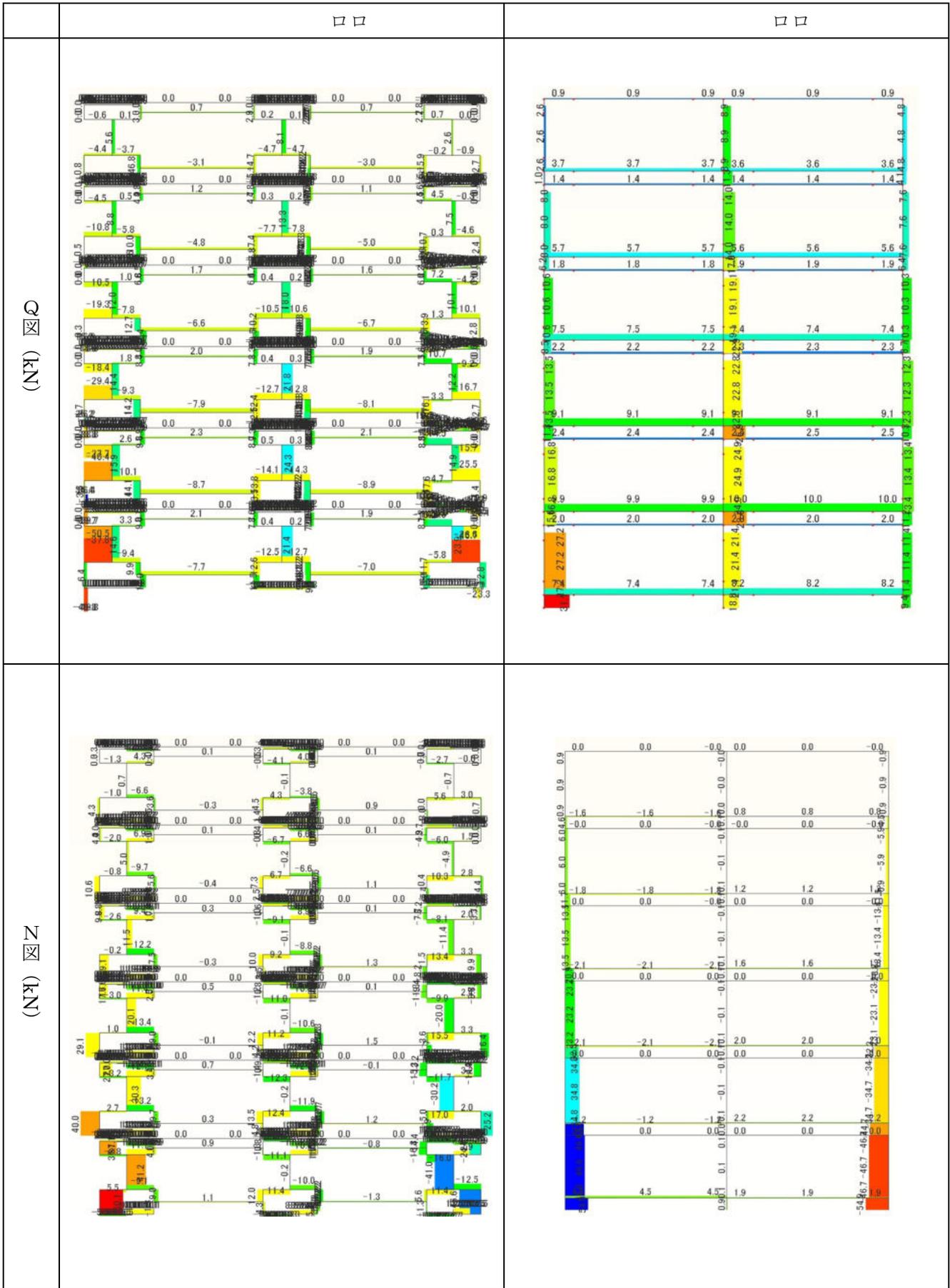
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m



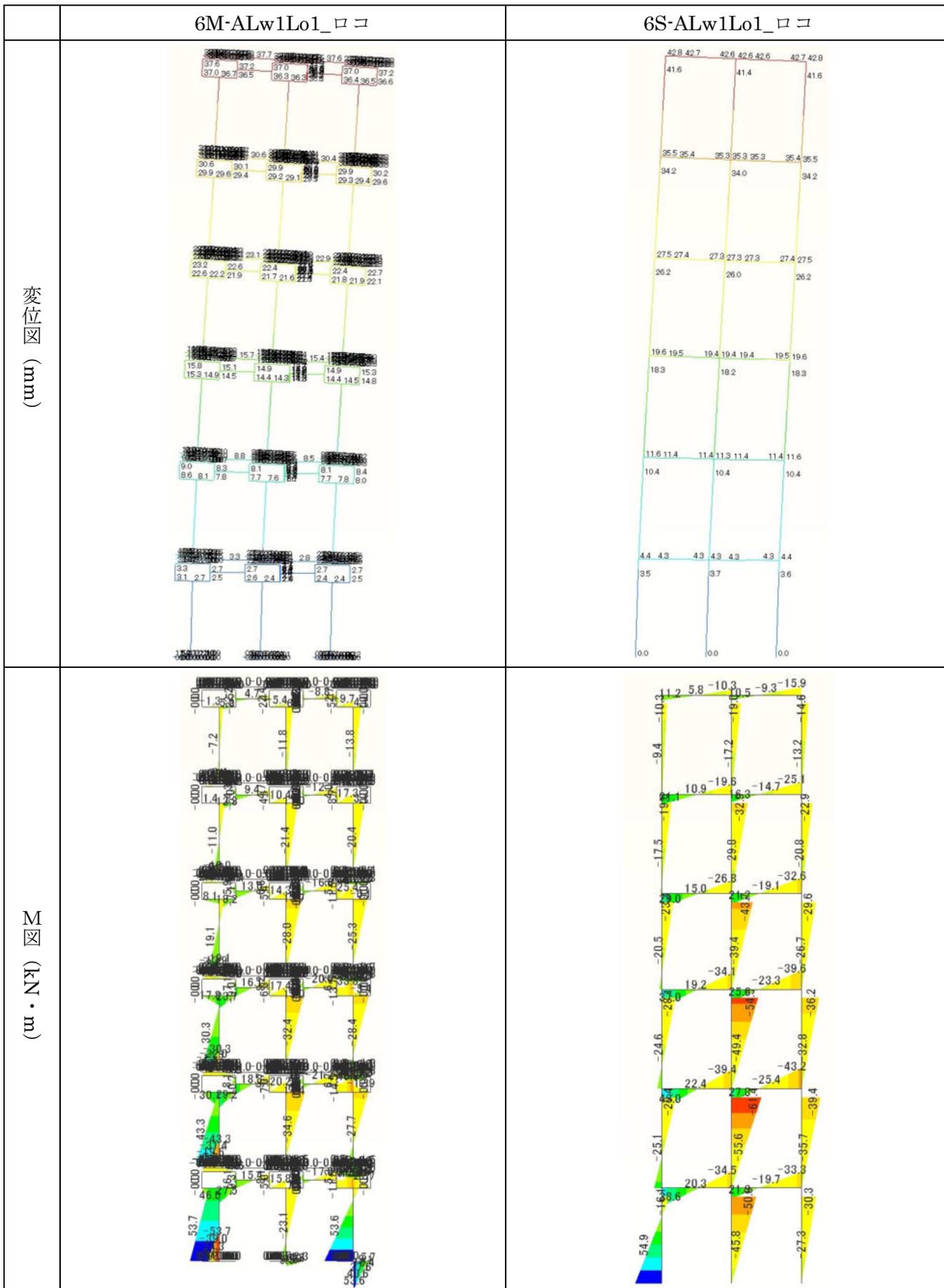


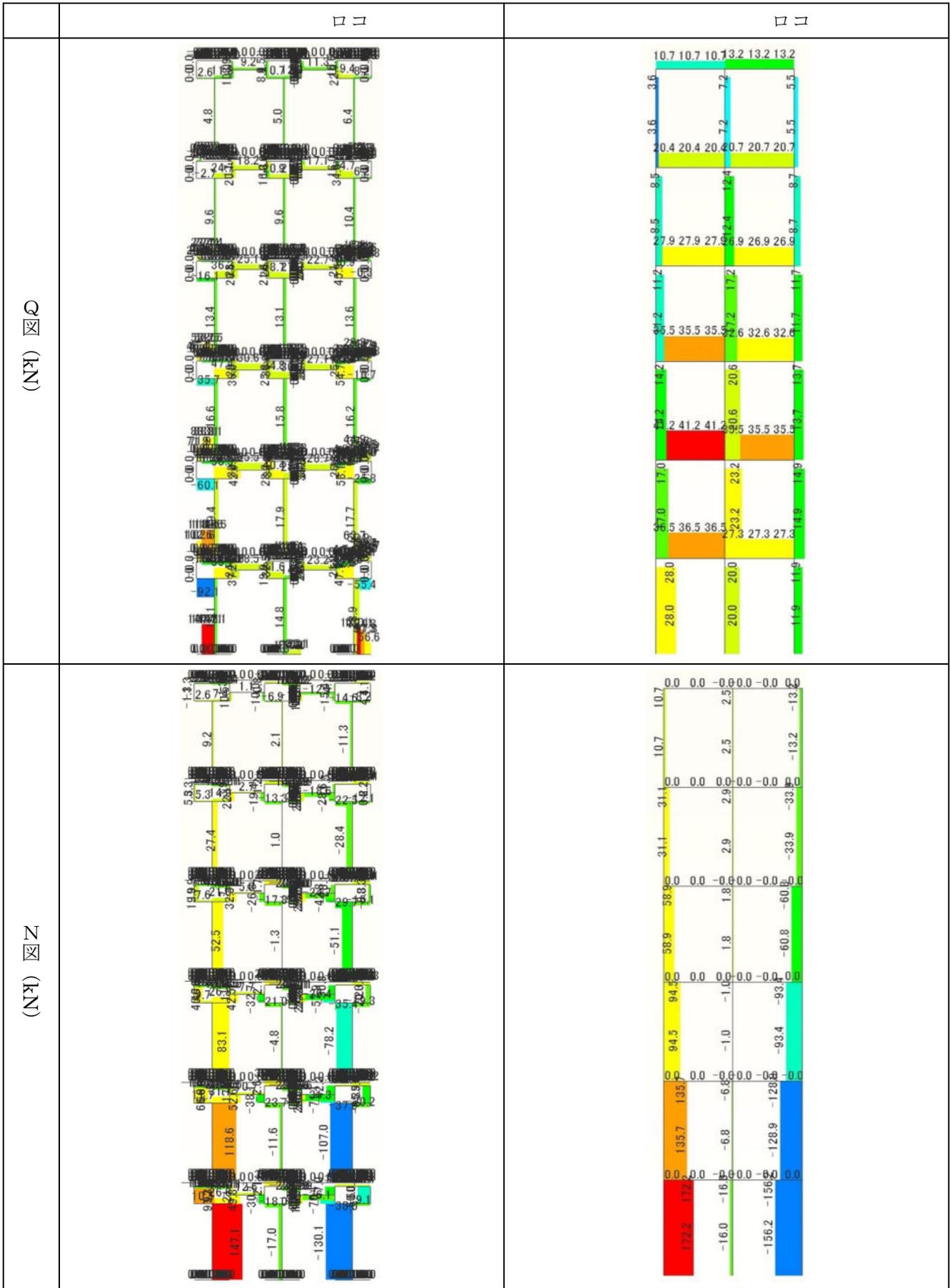
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m



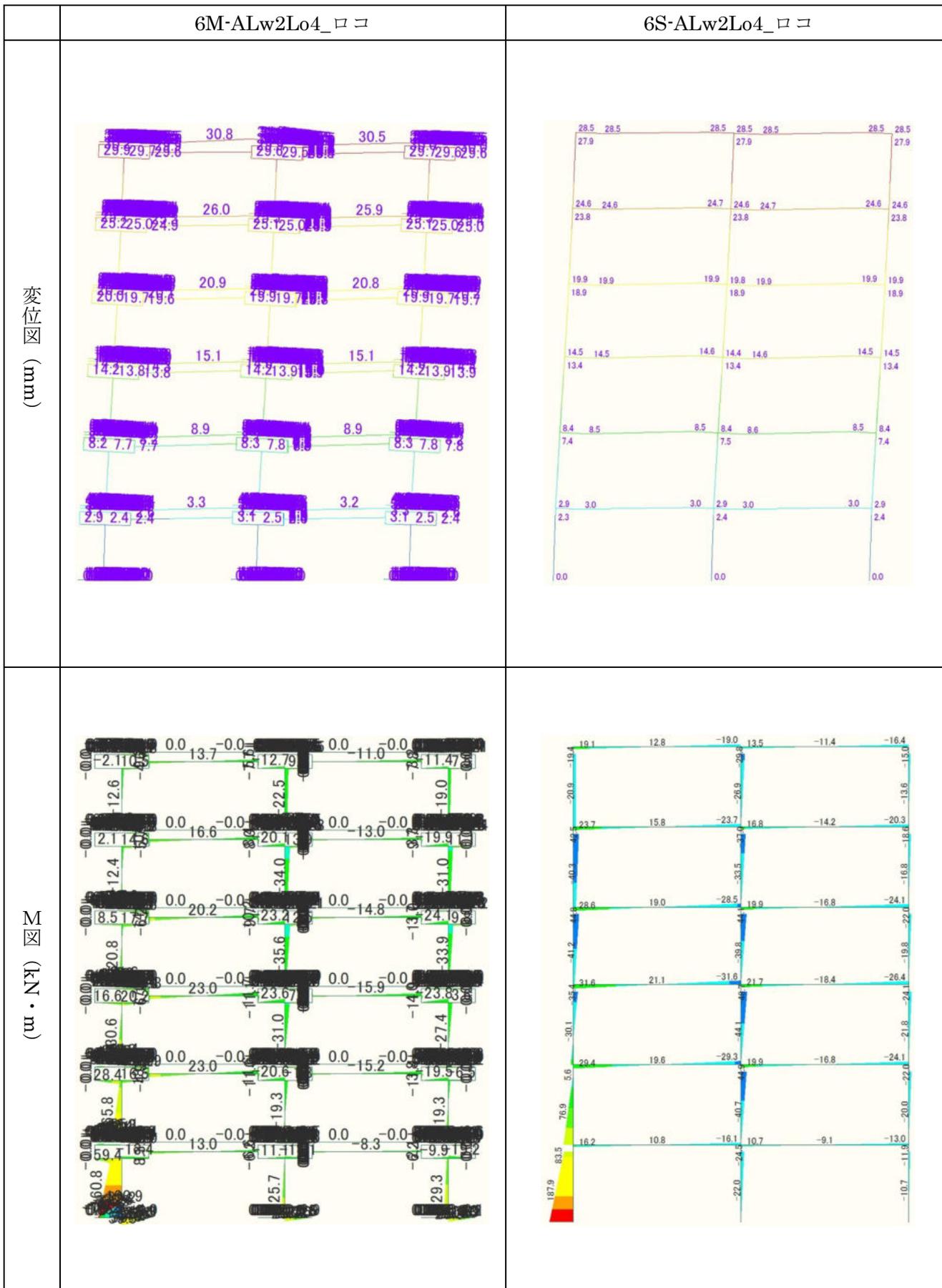


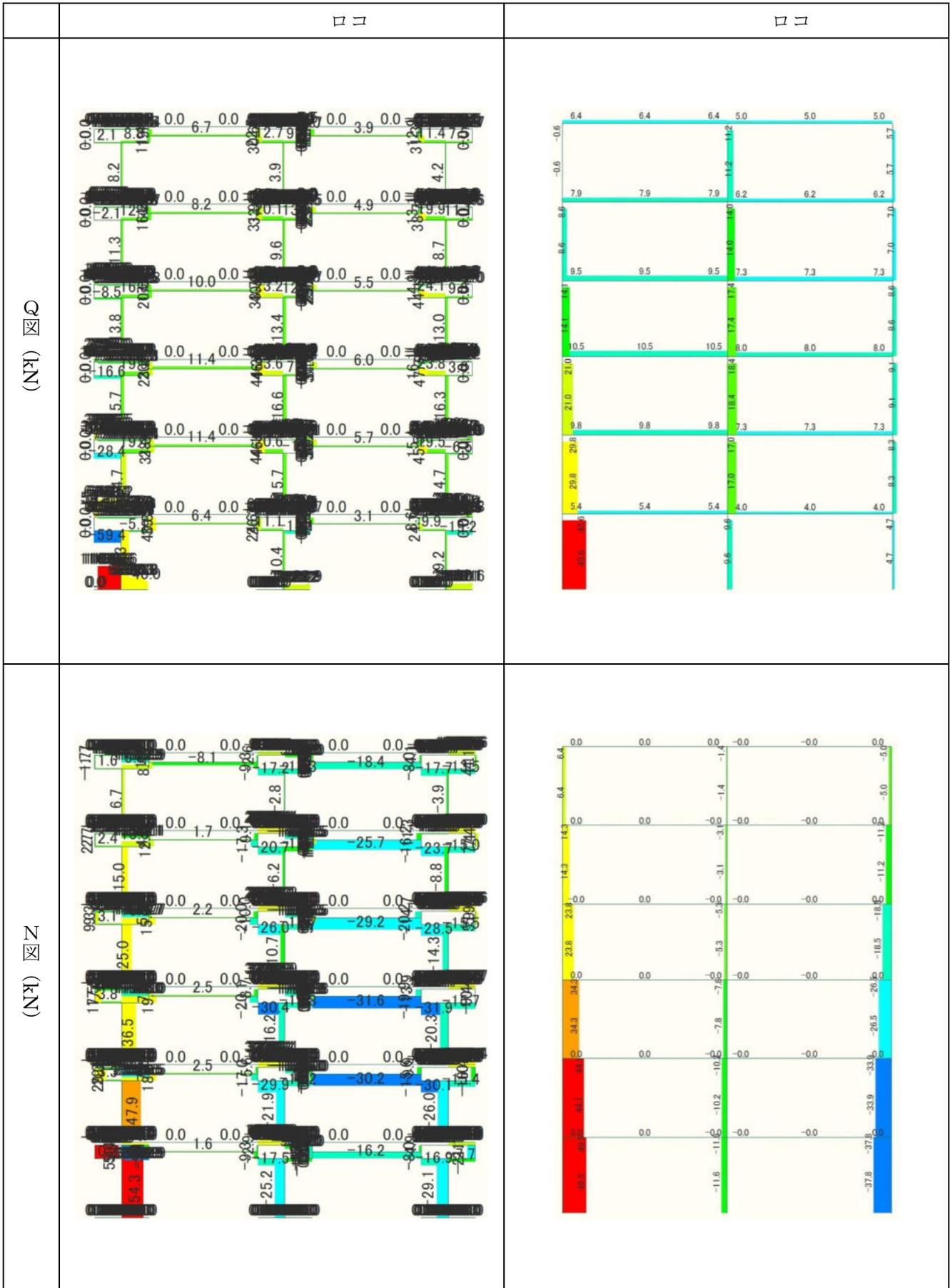
ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m



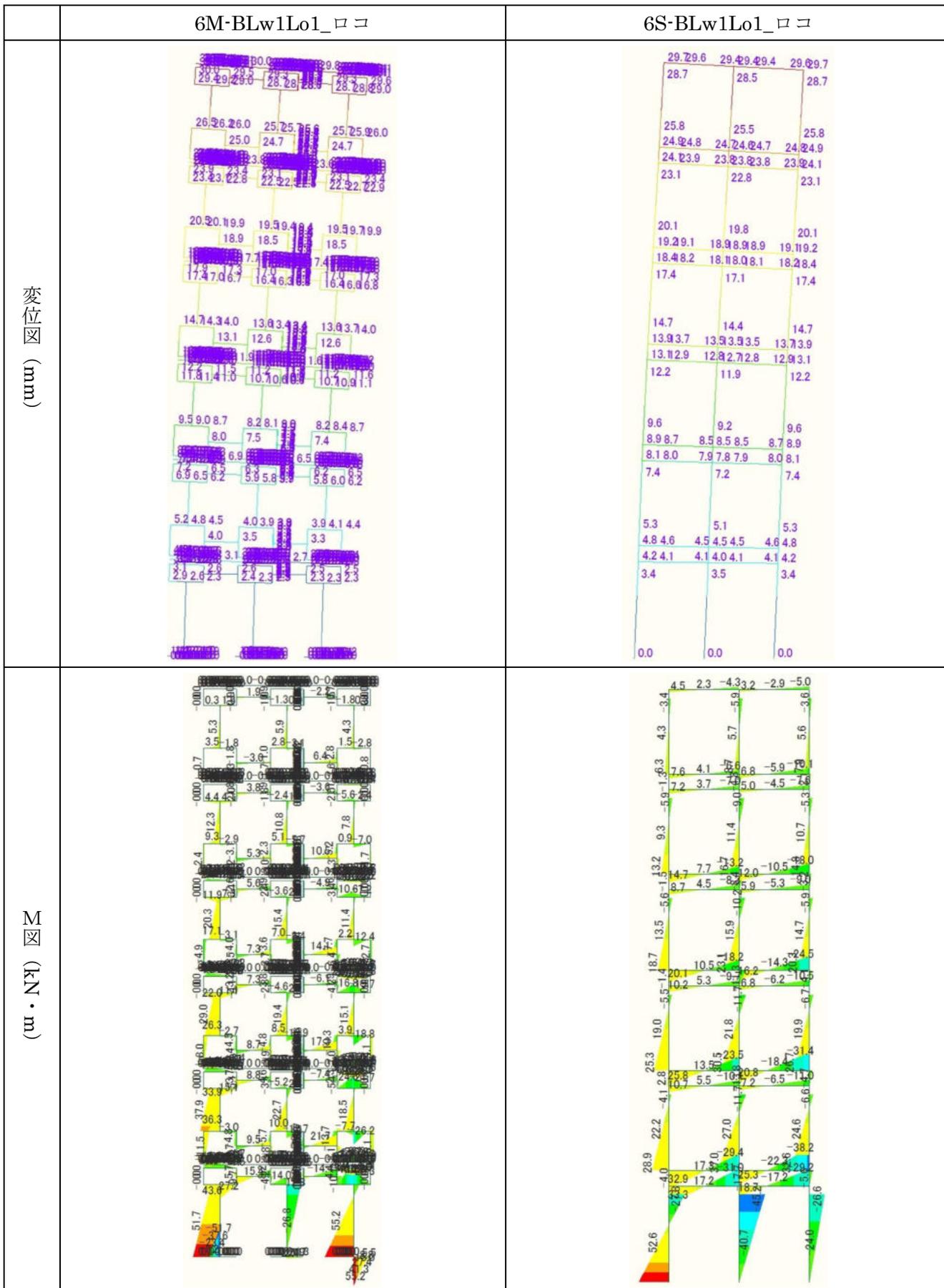


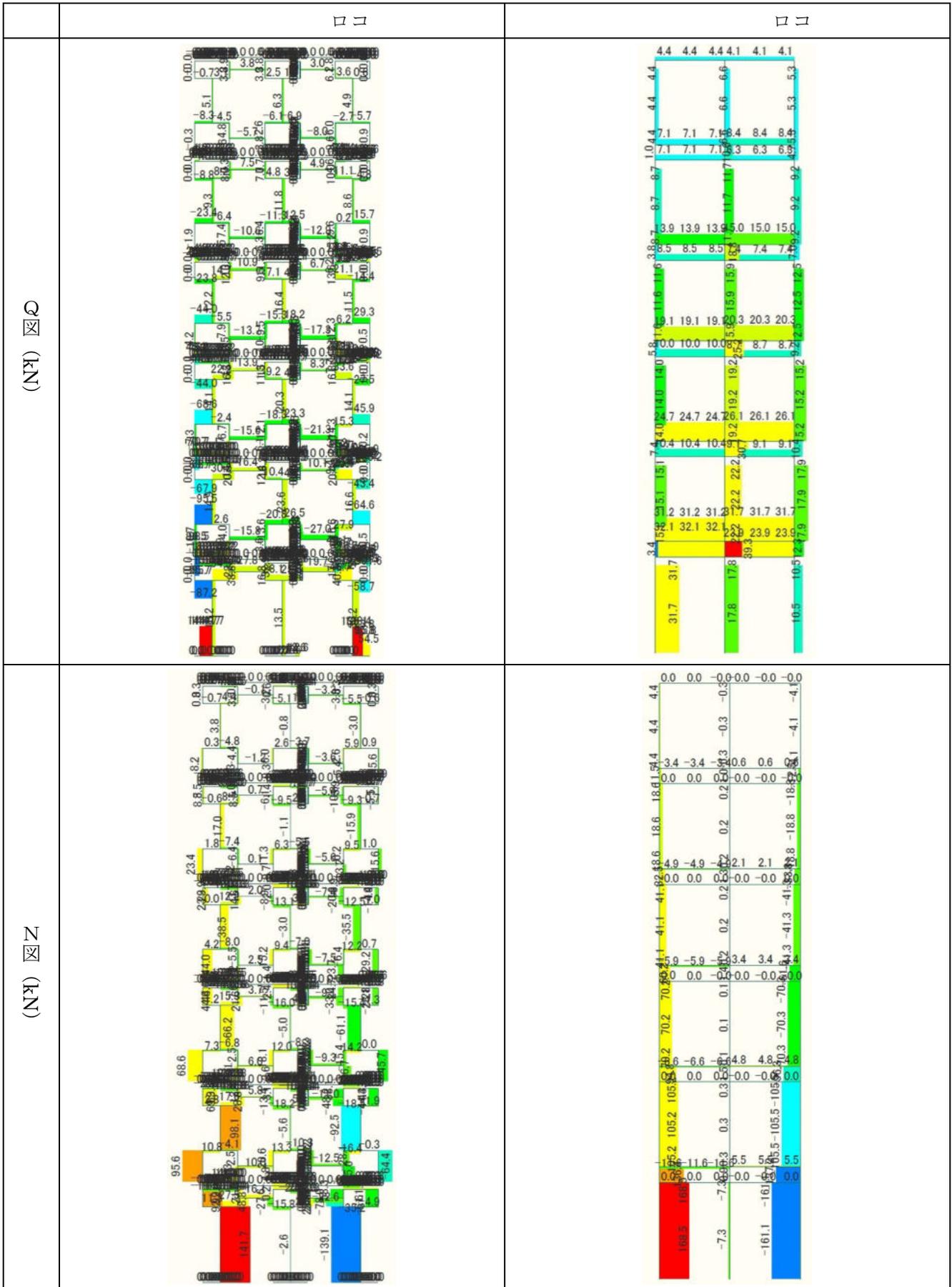
ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m



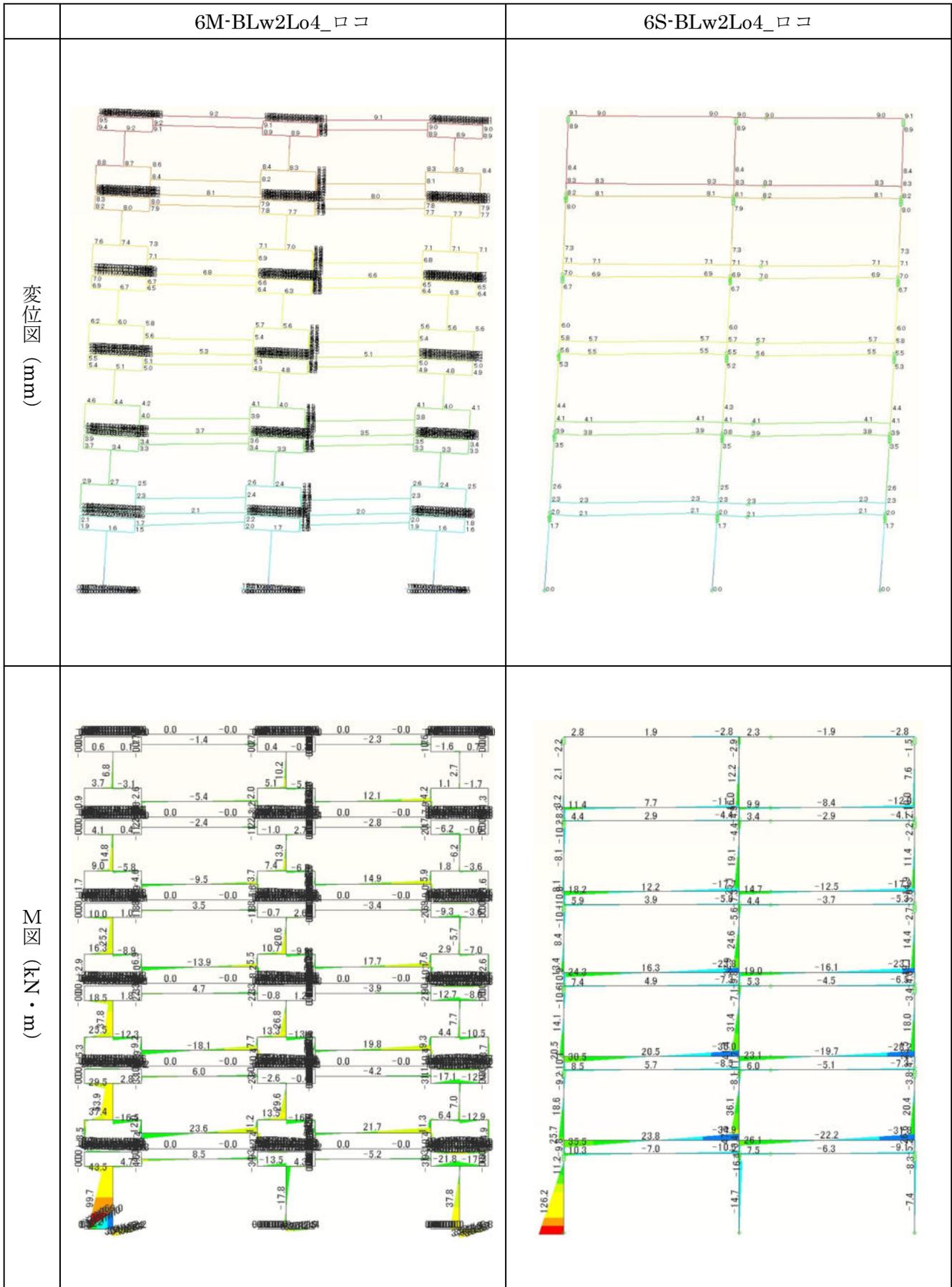


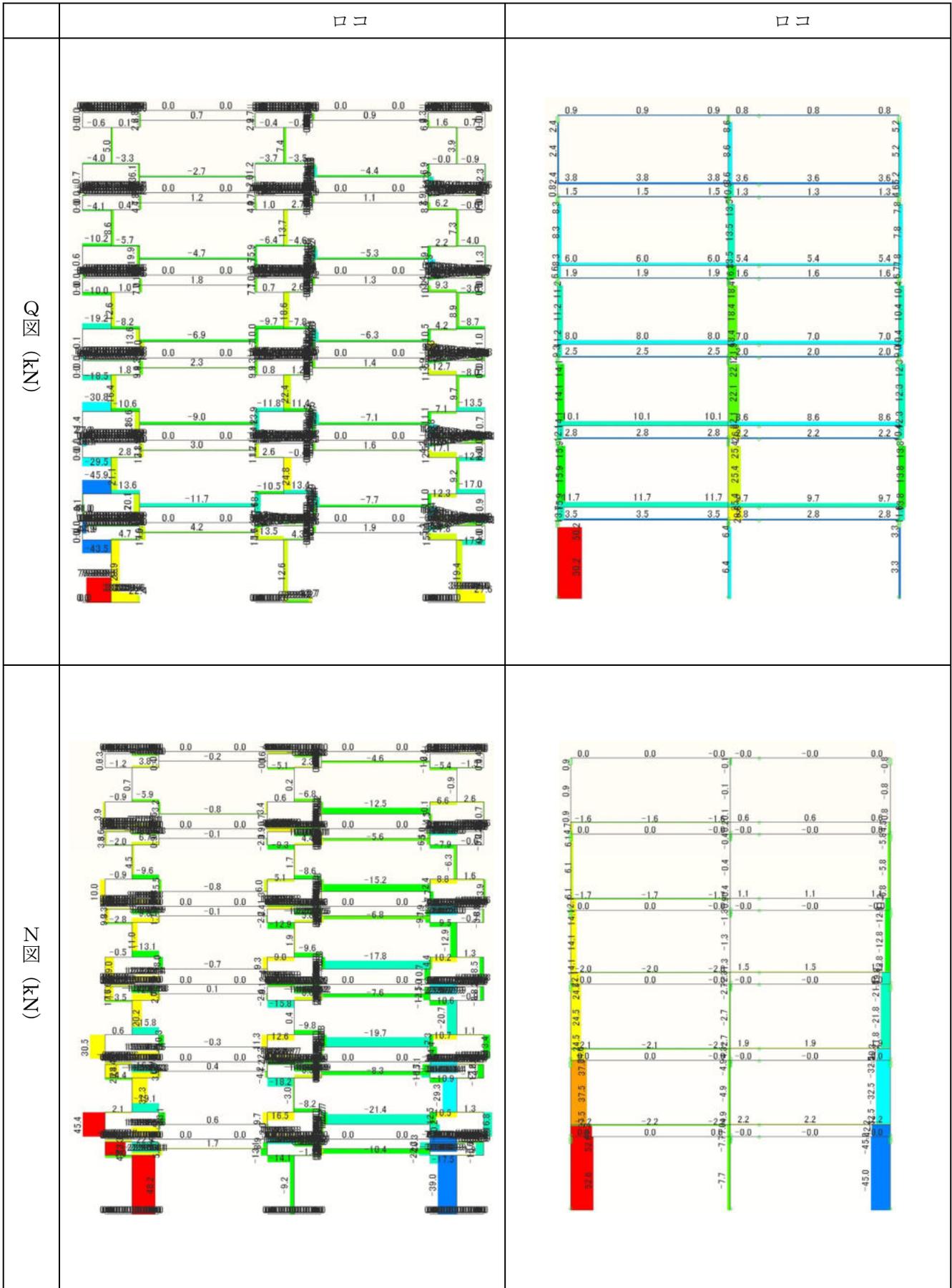
ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m



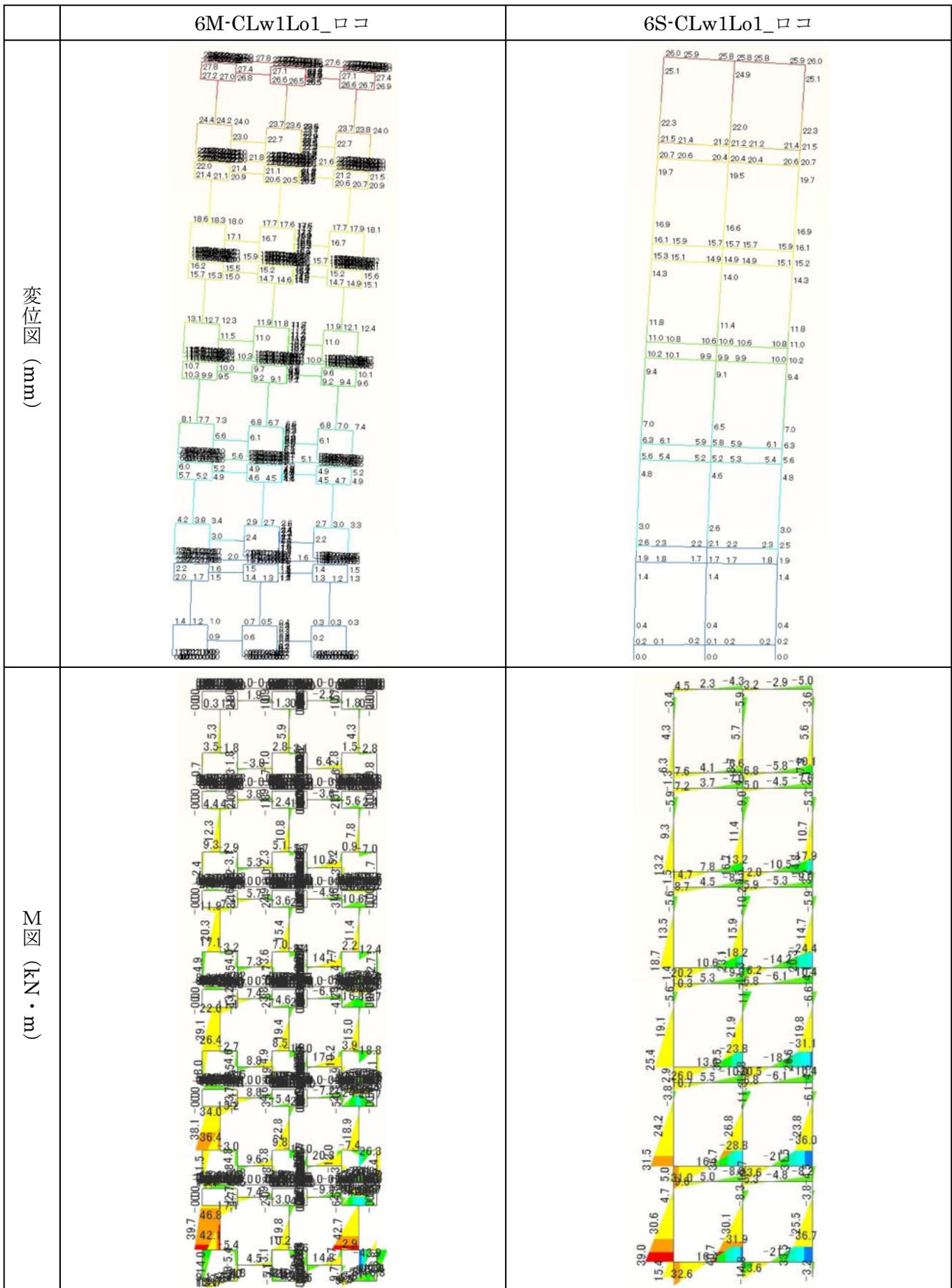


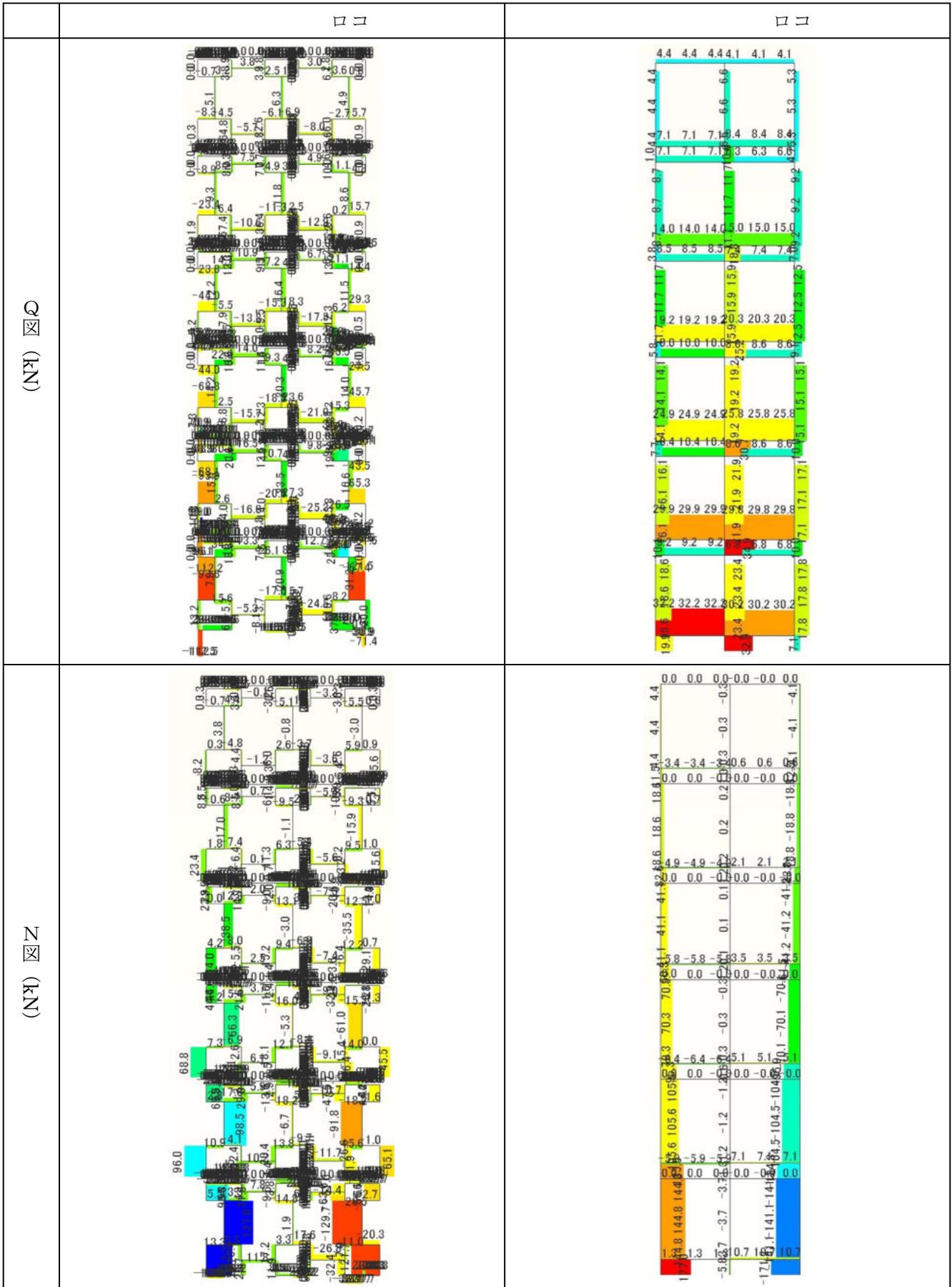
ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



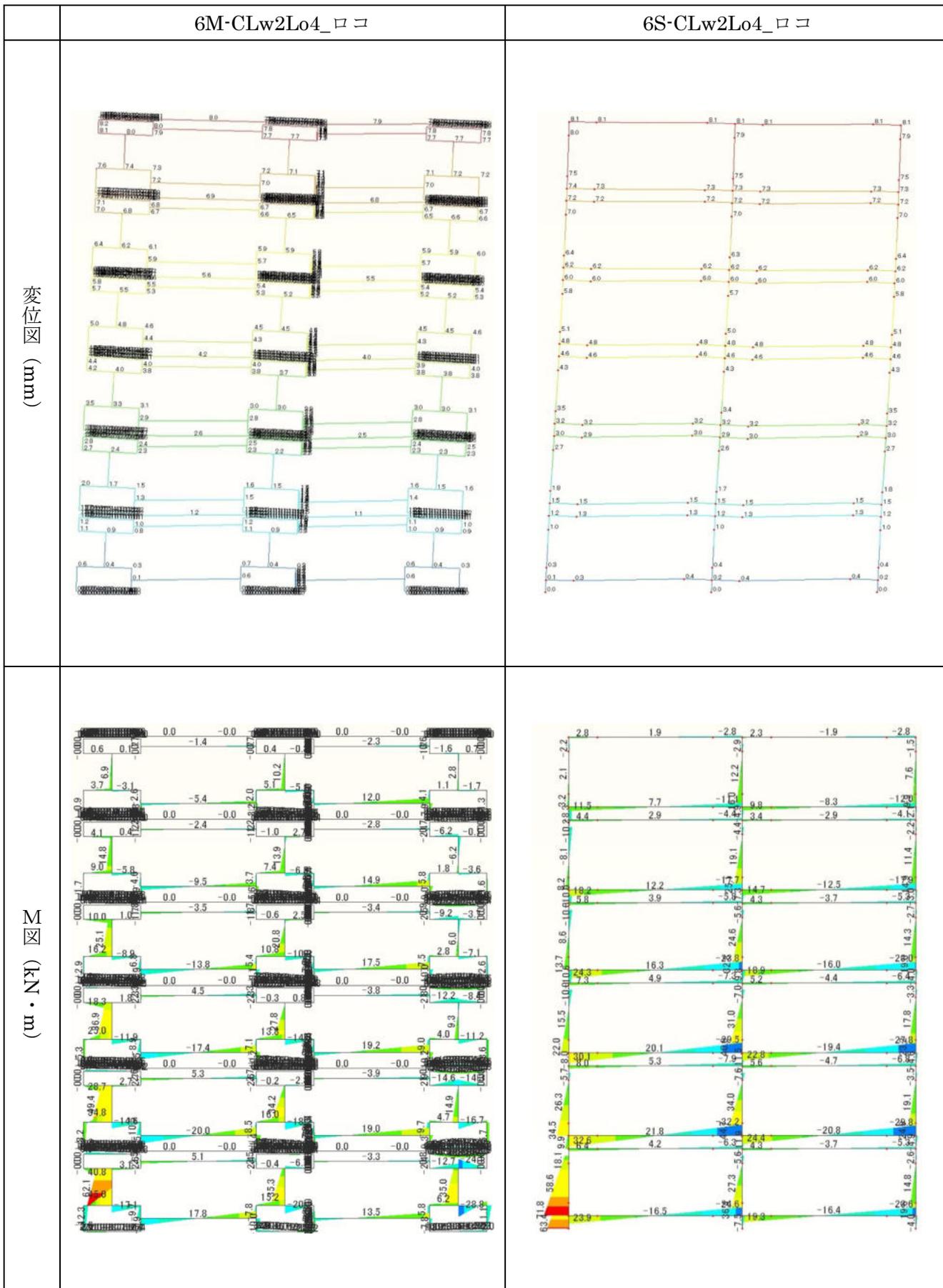


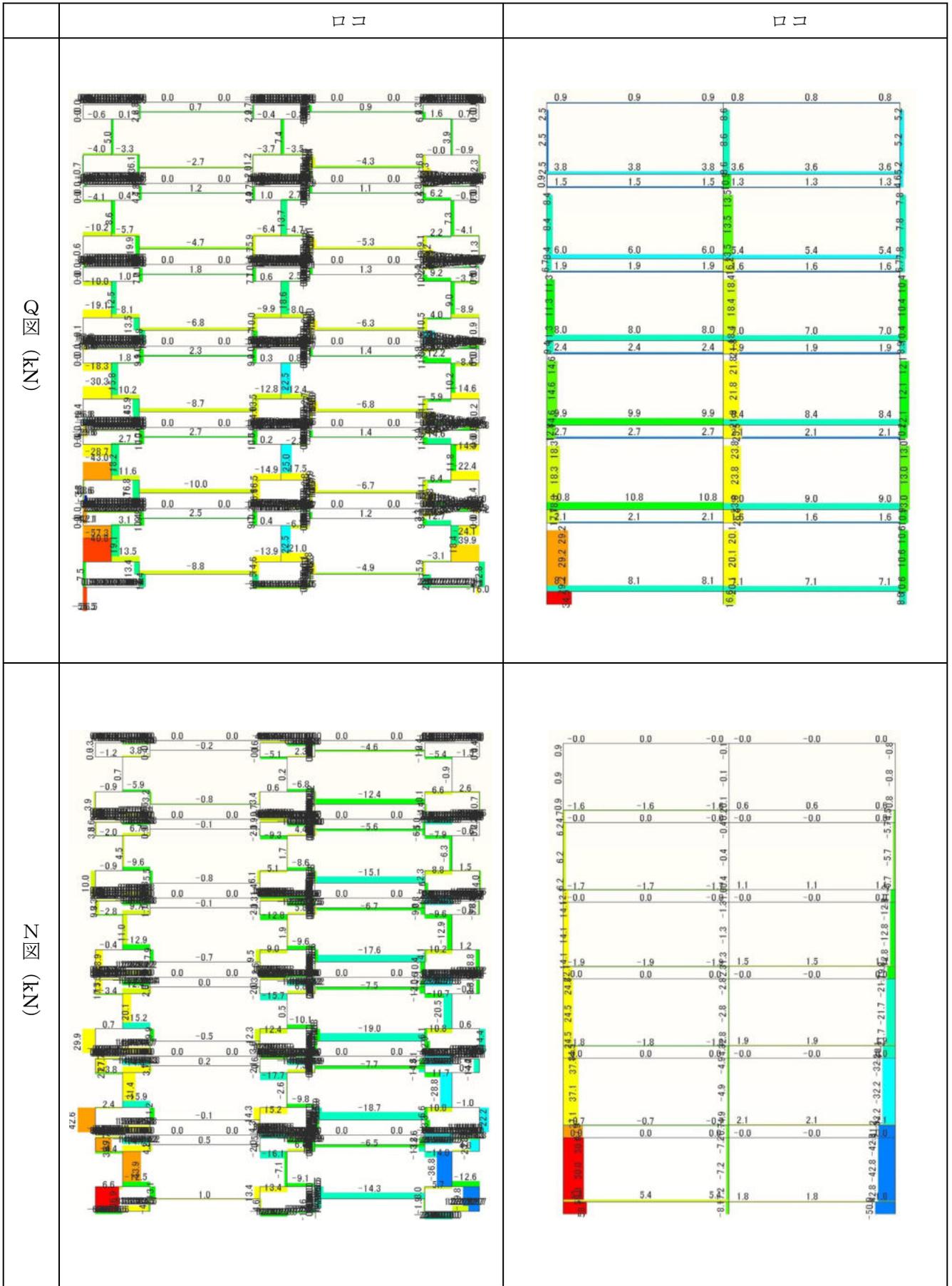
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m



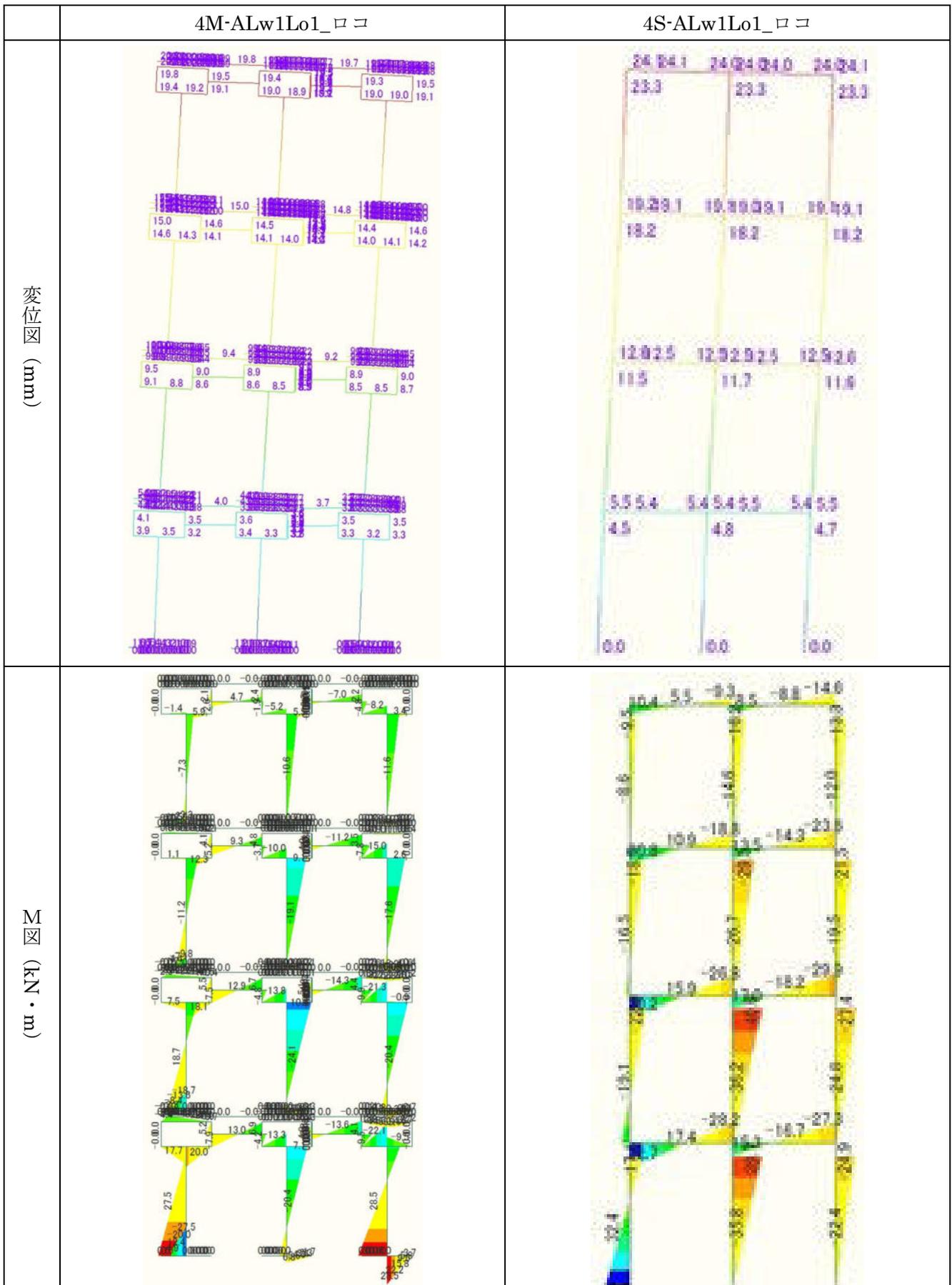


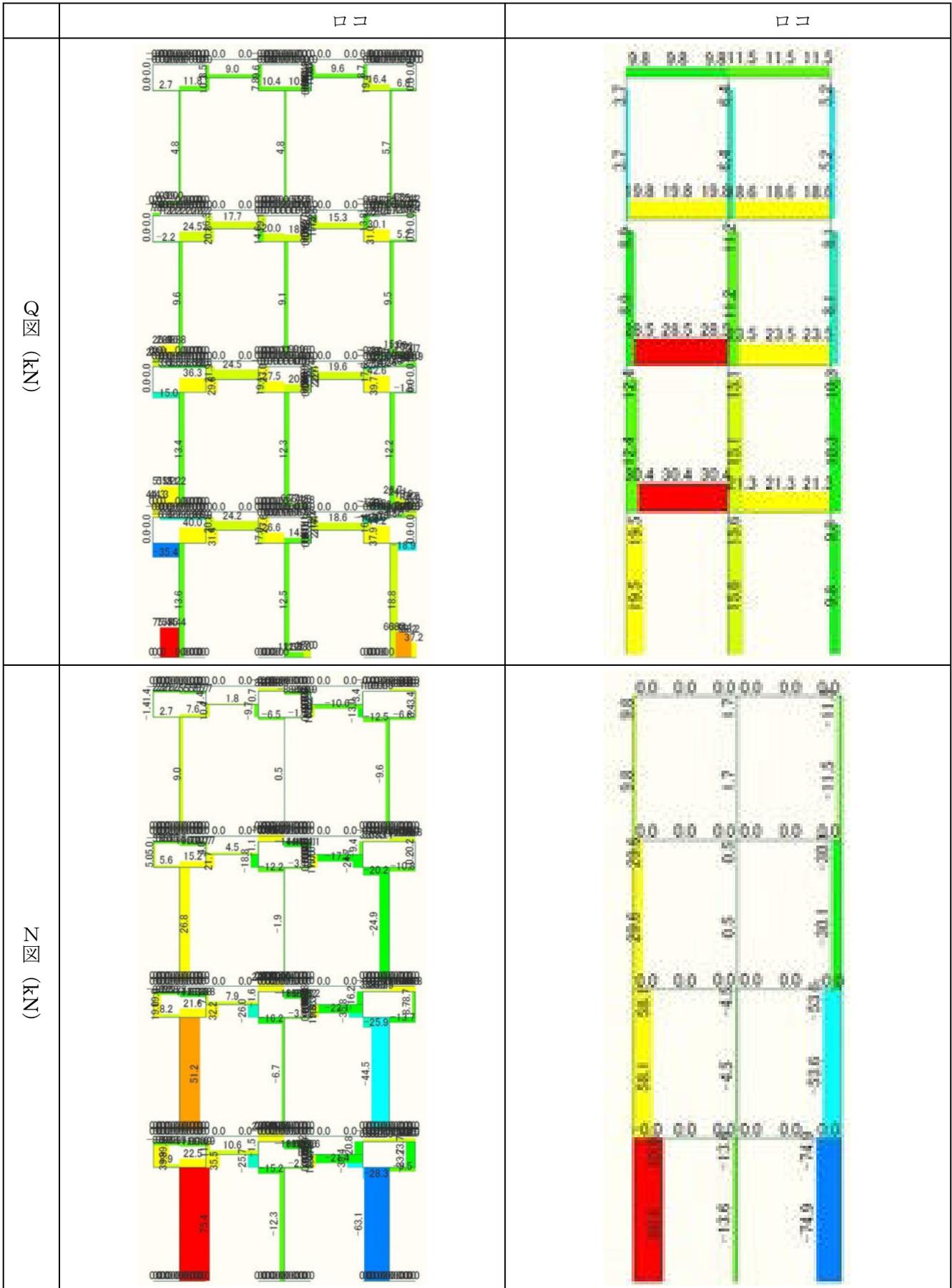
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m





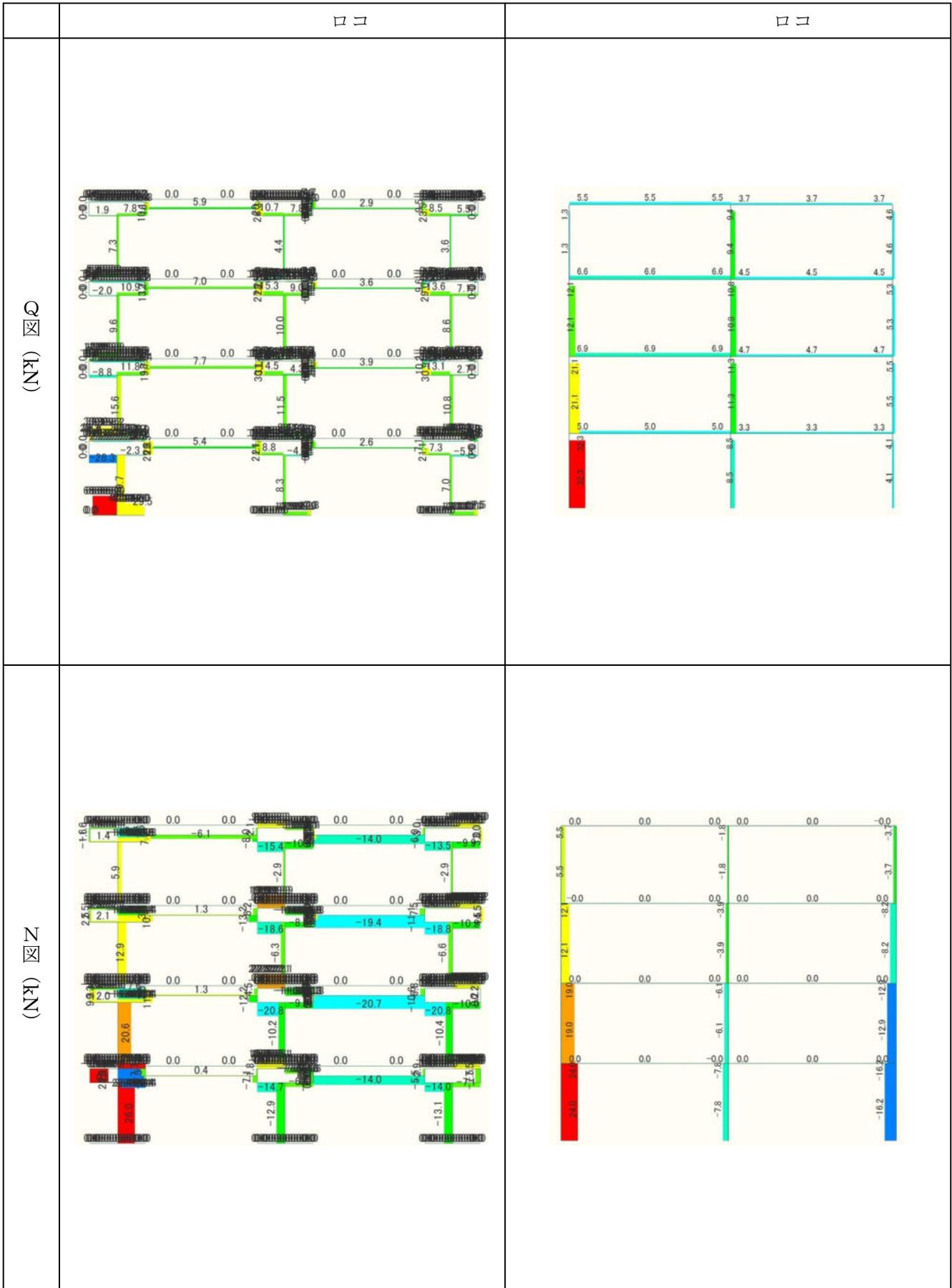
ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m



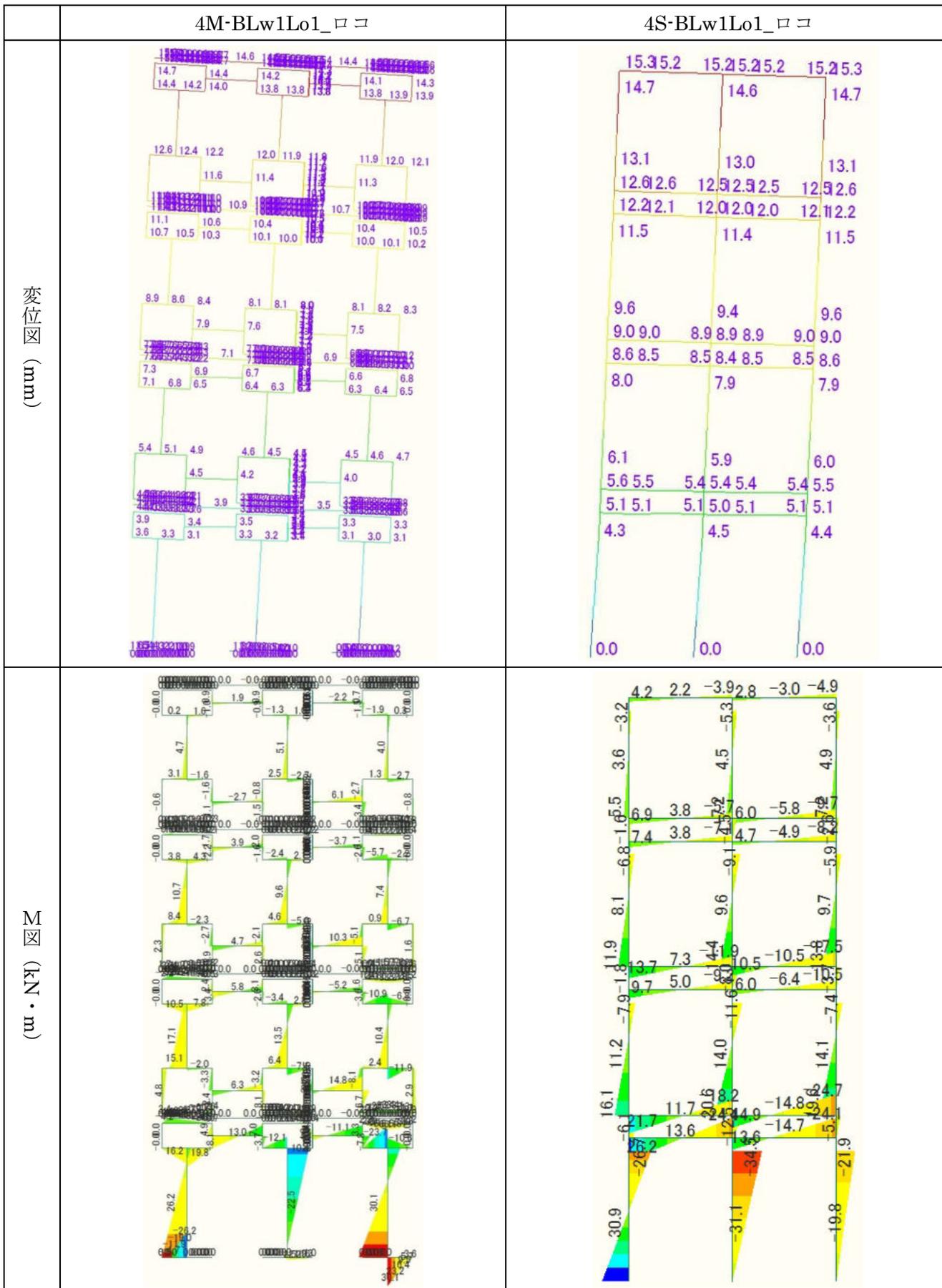


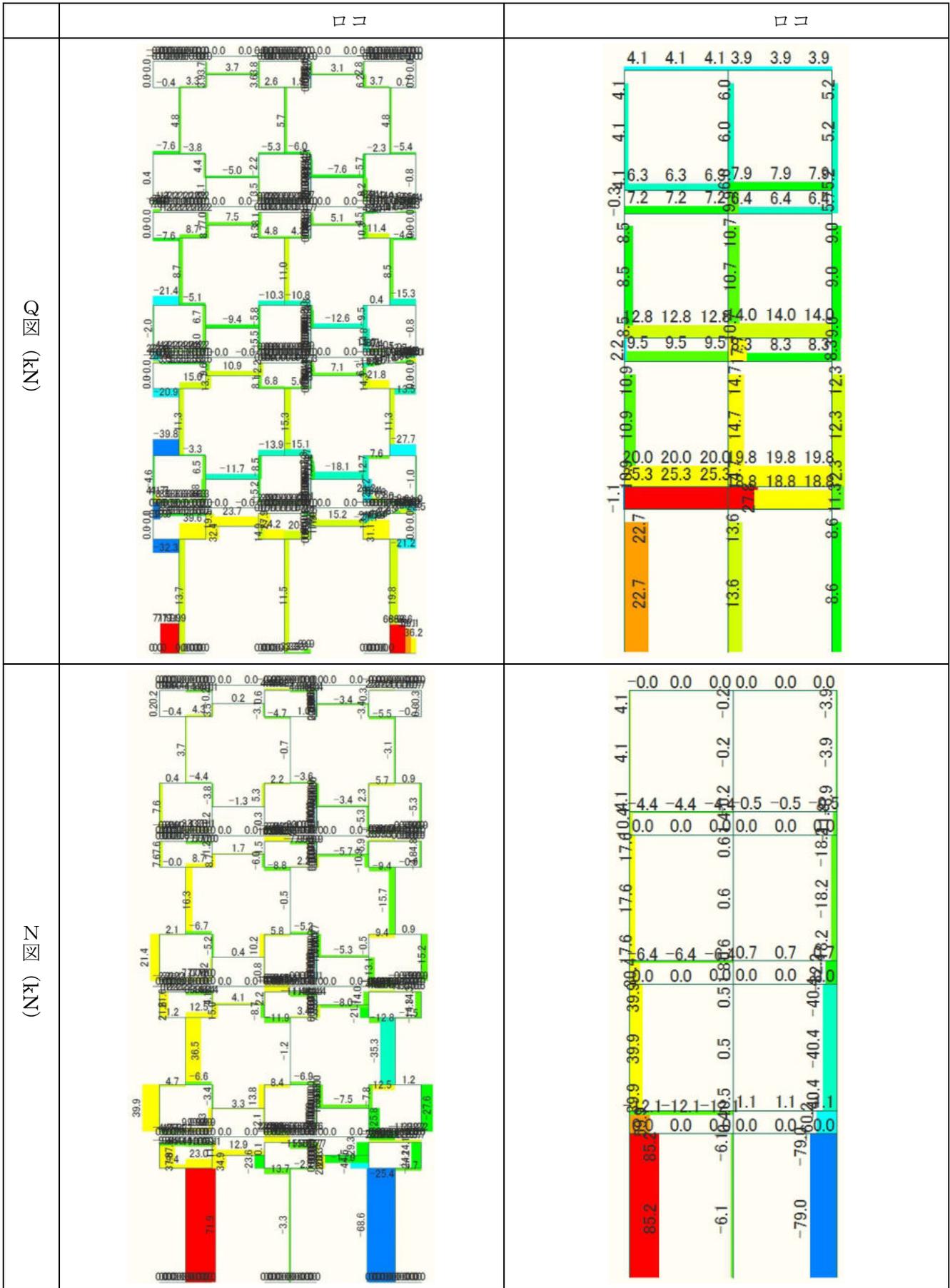
ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m

	4M-ALw2Lo4_ロコ	4S-ALw2Lo4_ロコ
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		

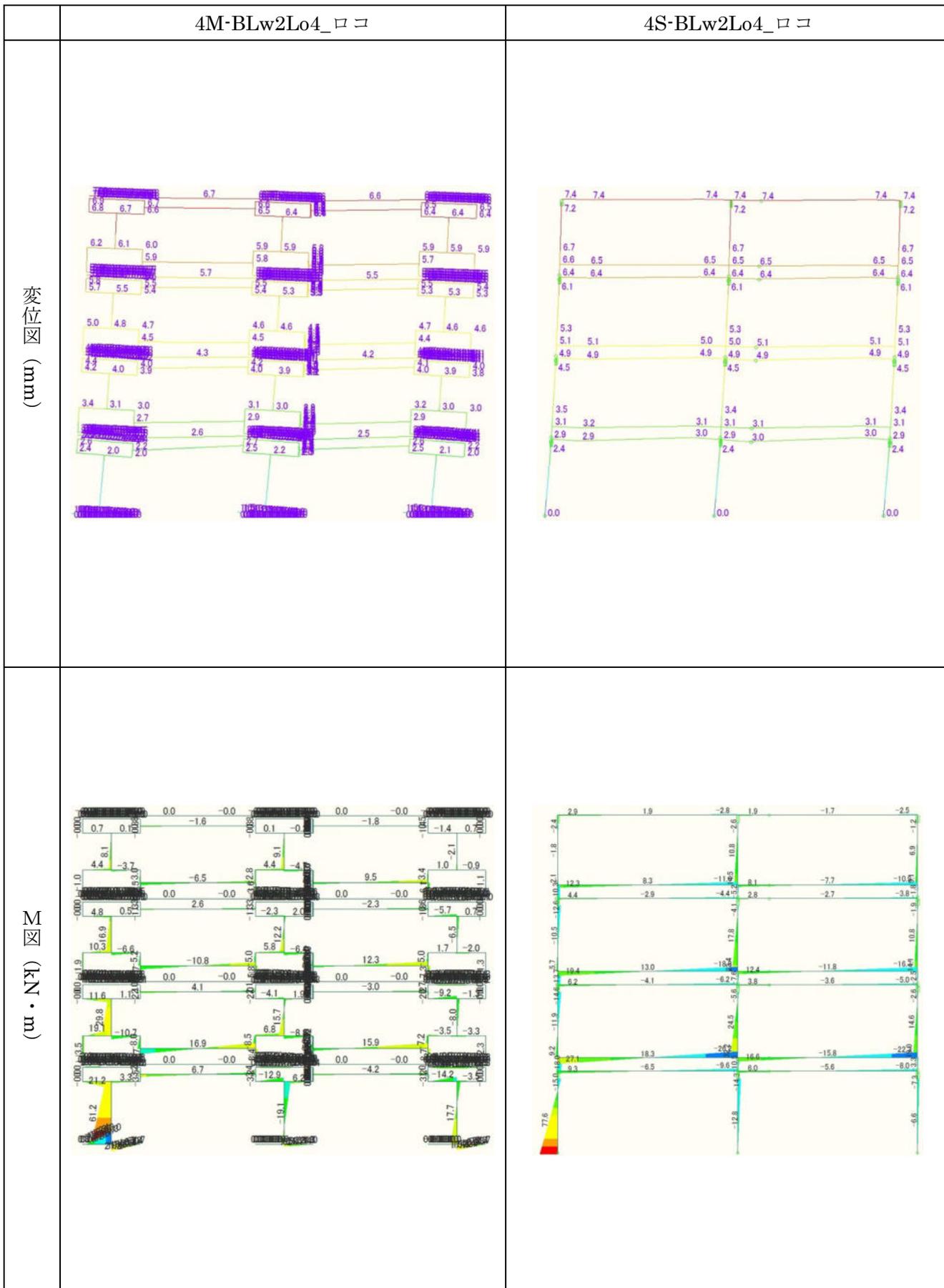


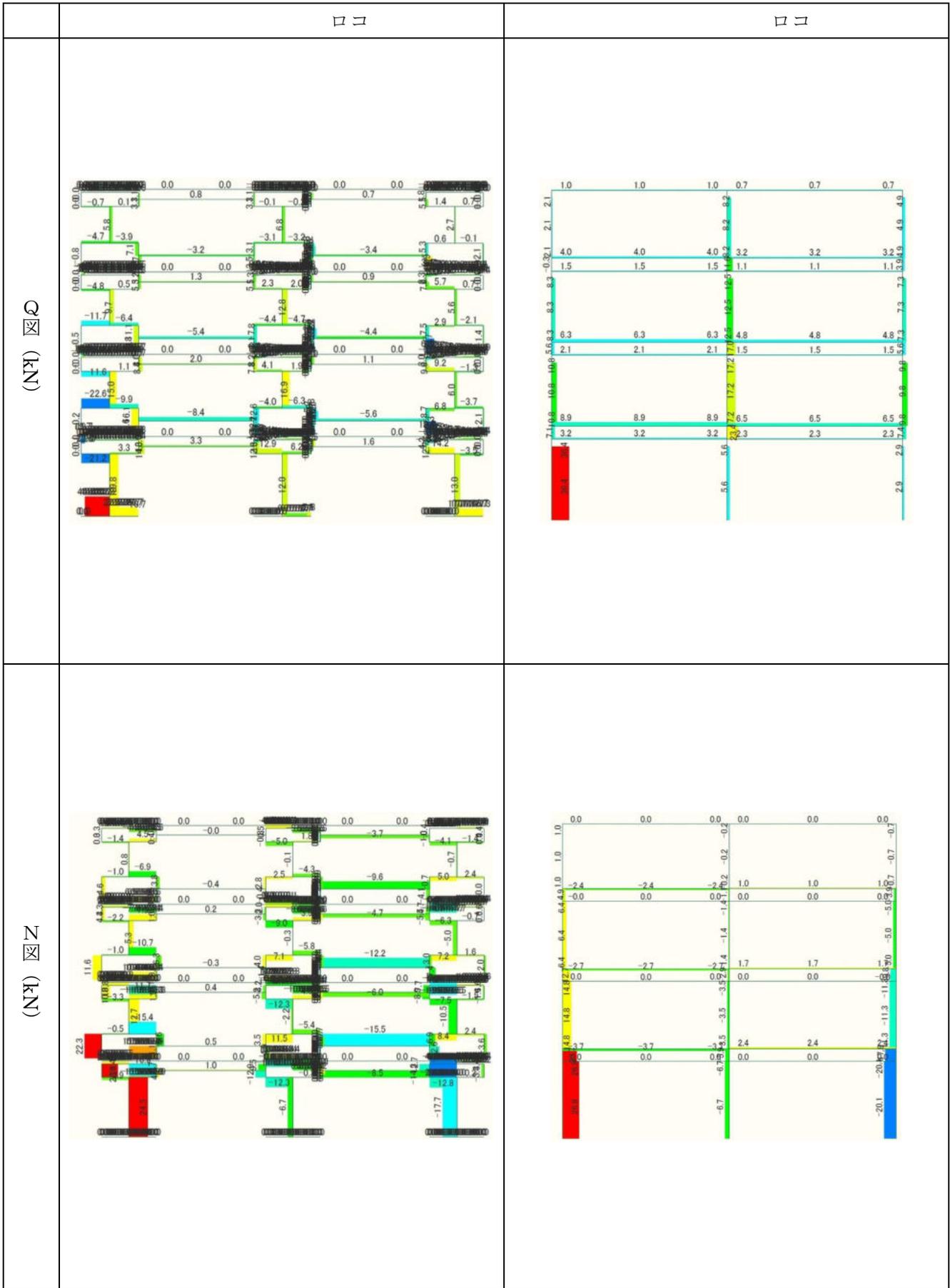
ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m



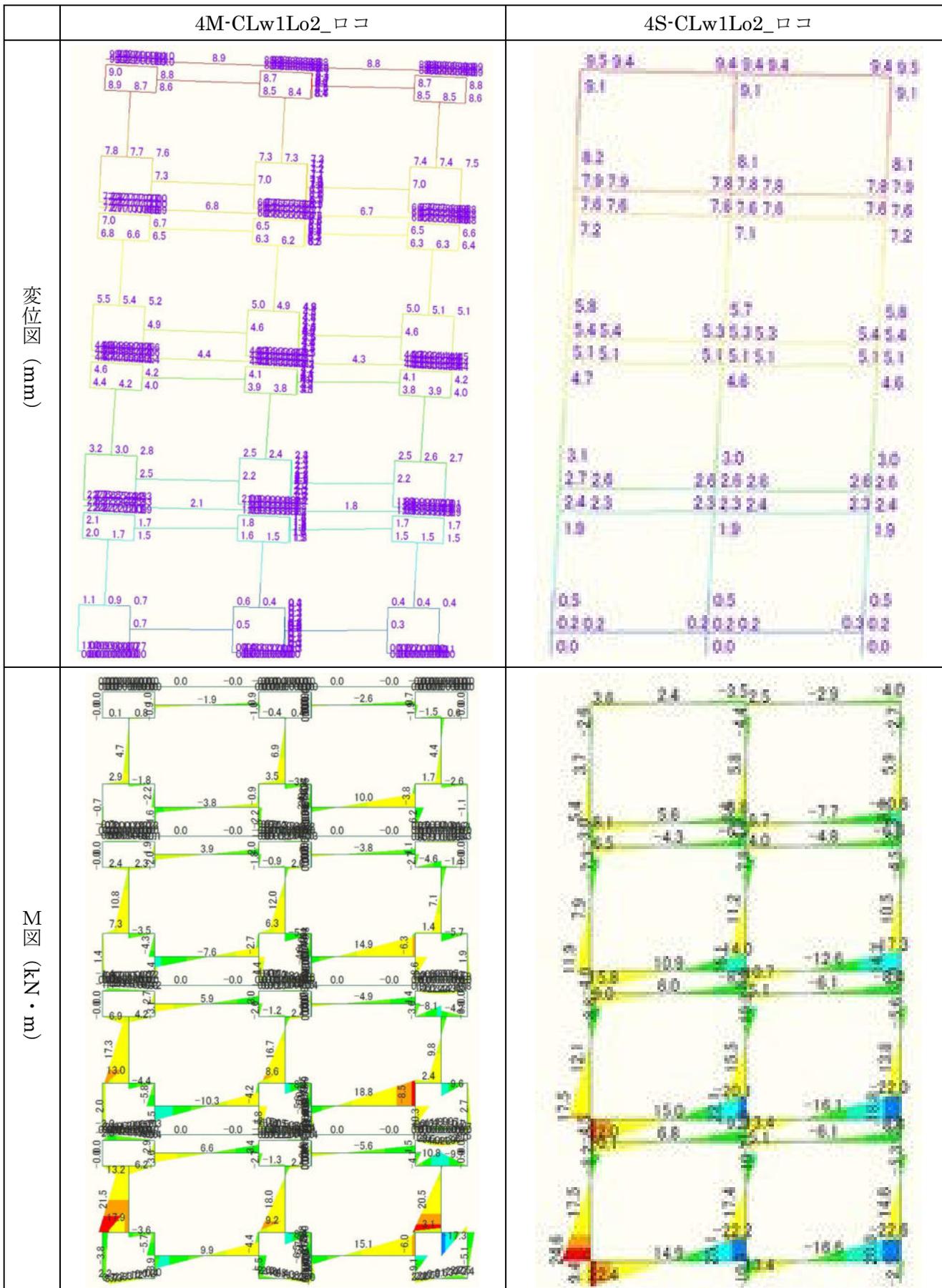


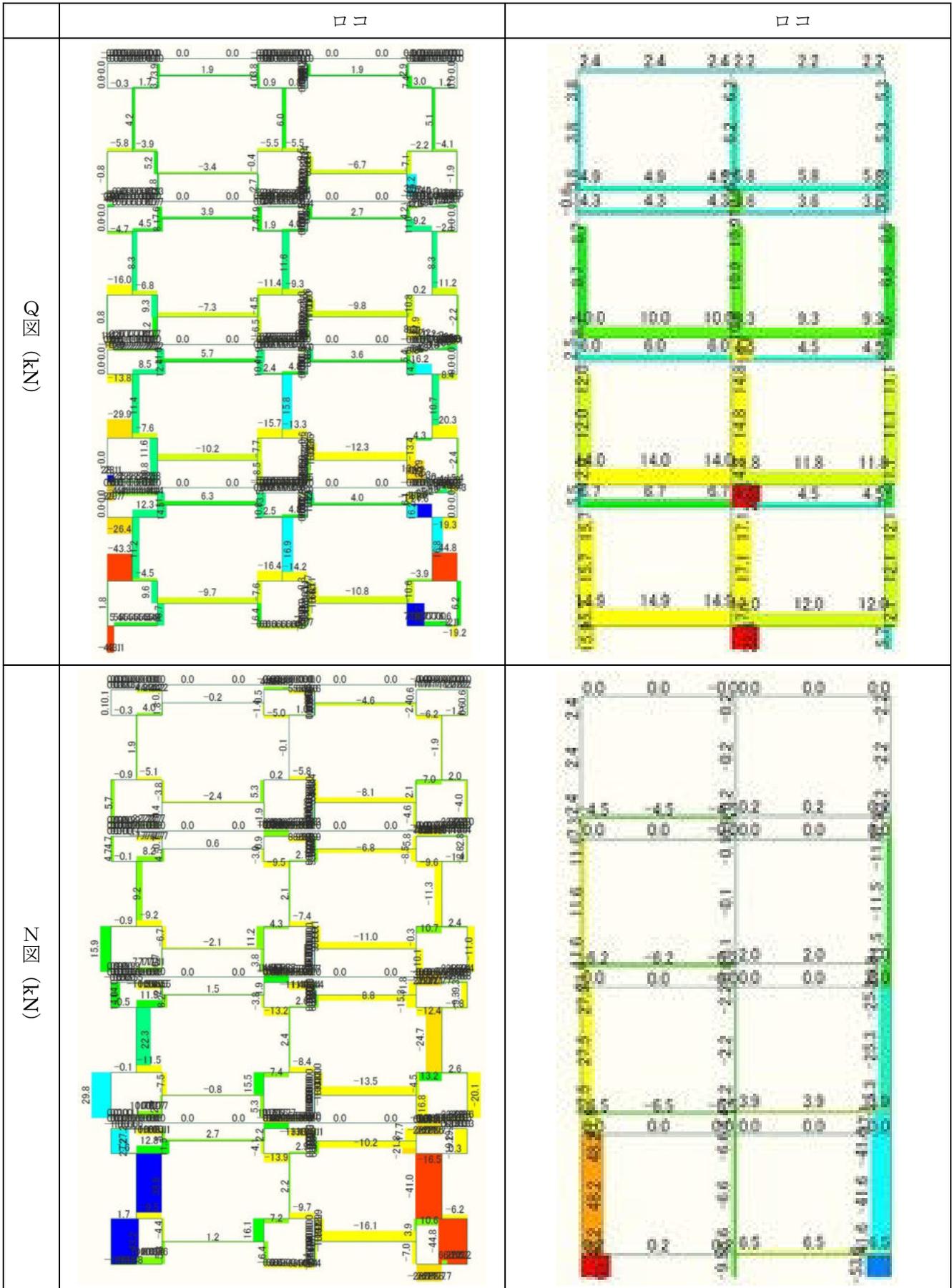
ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



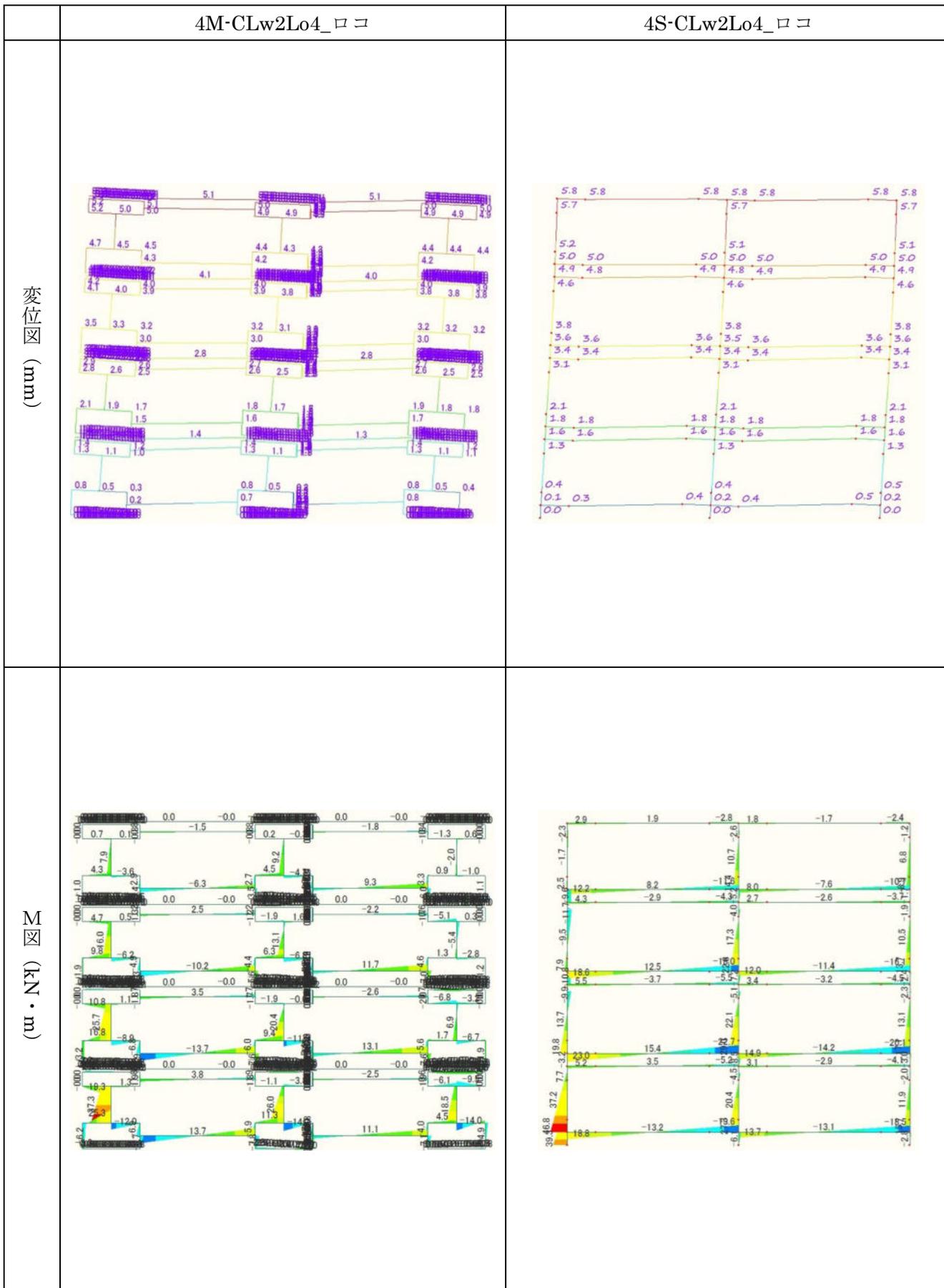


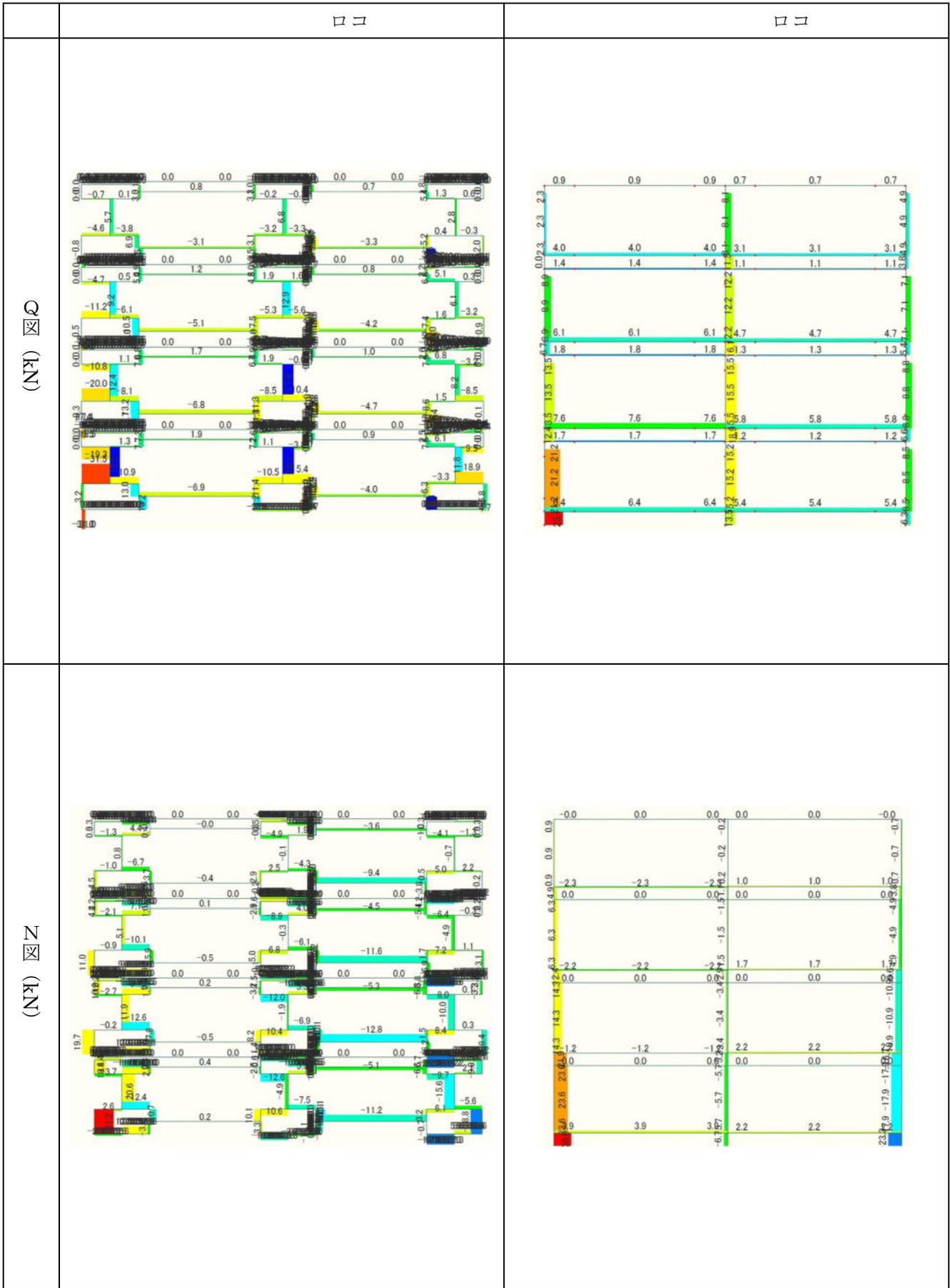
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 2m



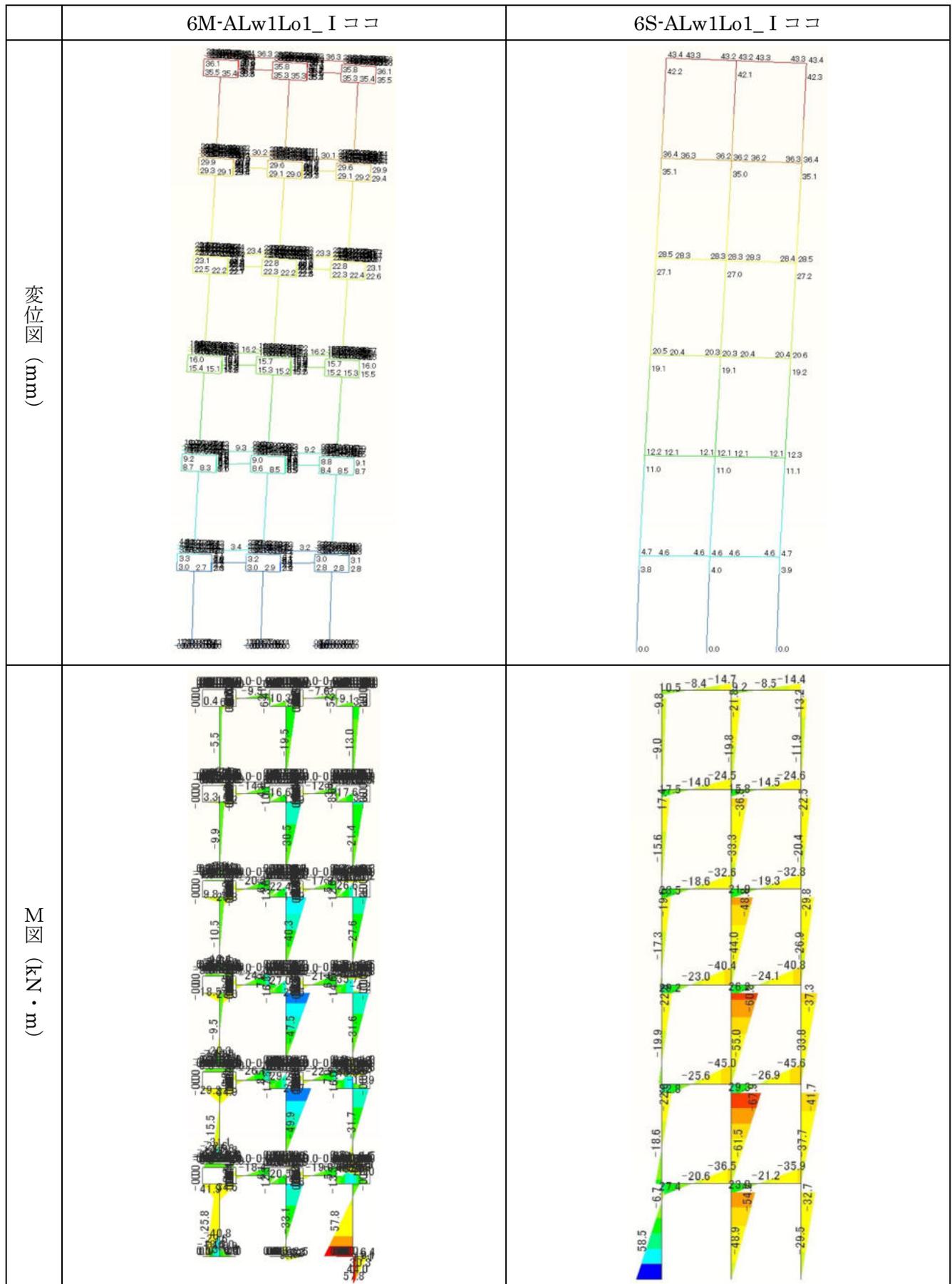


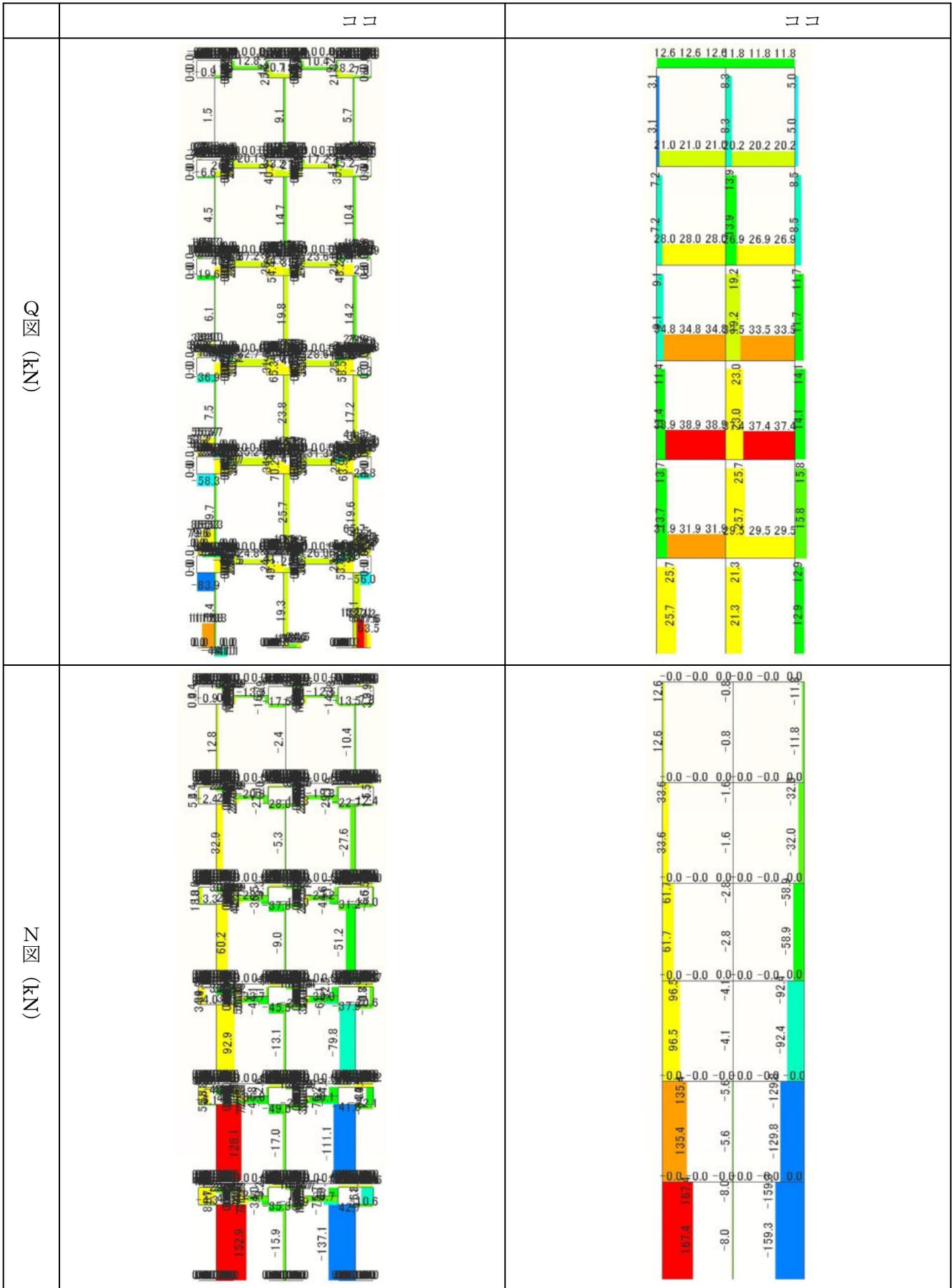
ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m



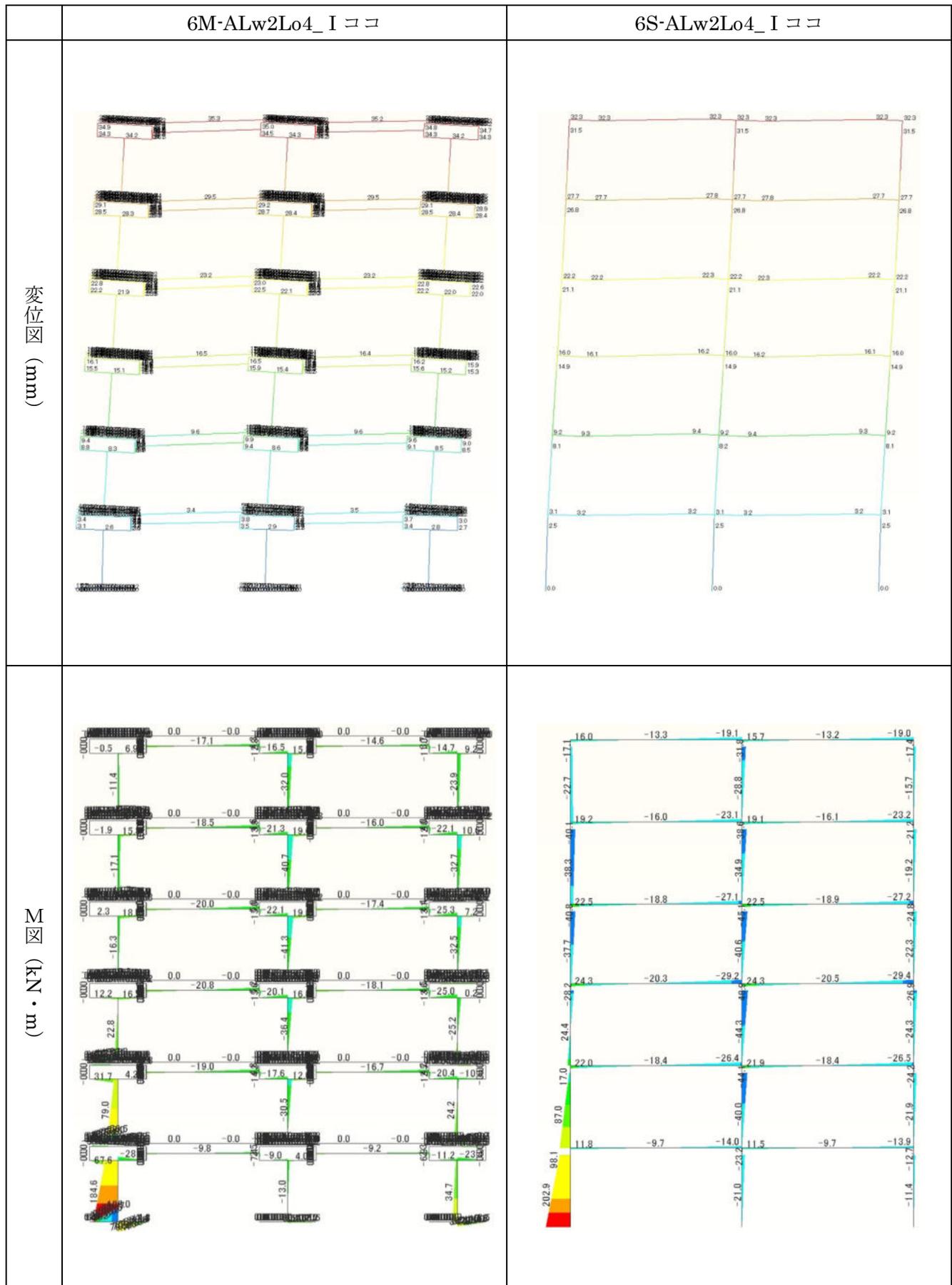


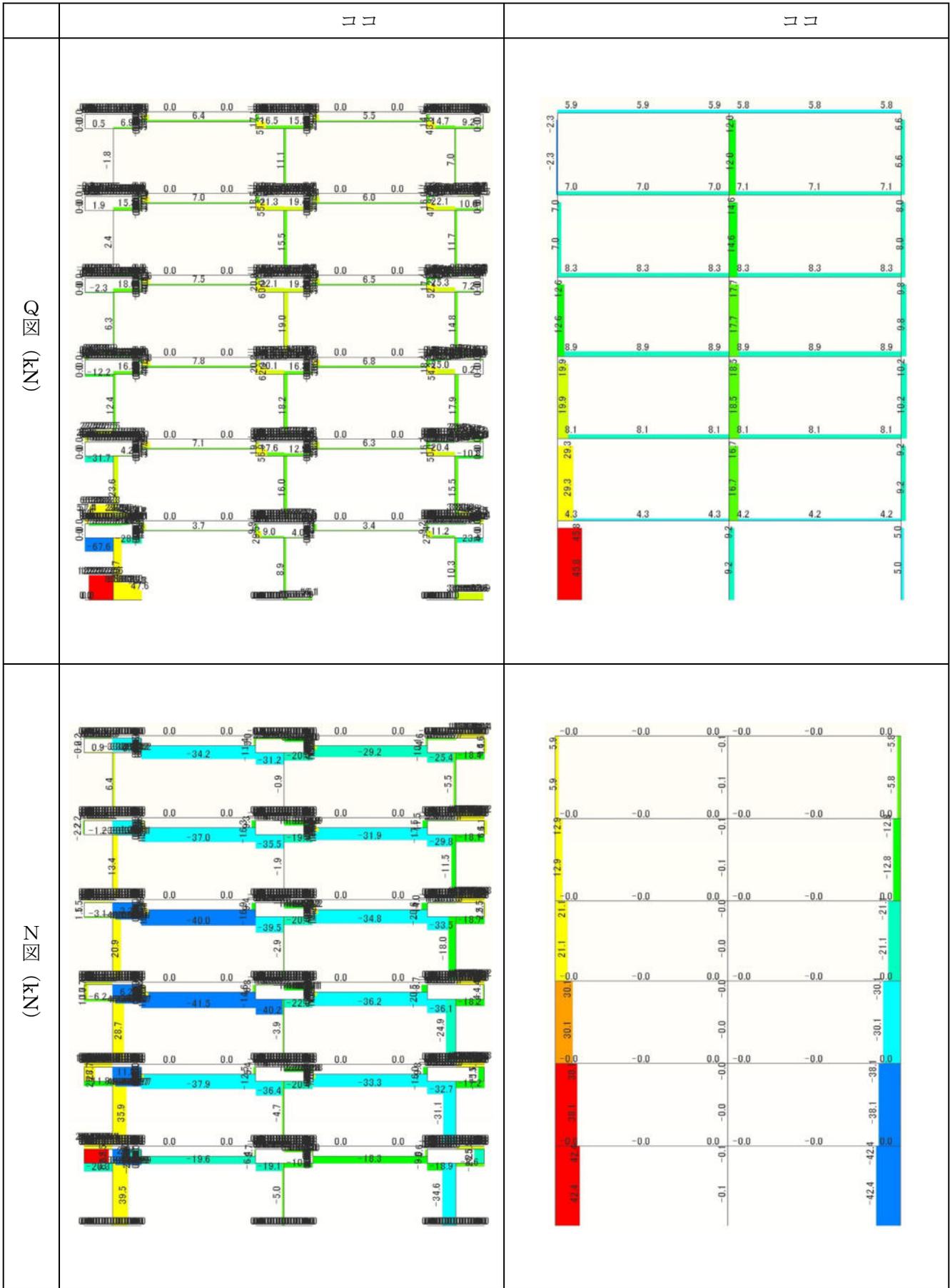
I ココ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m



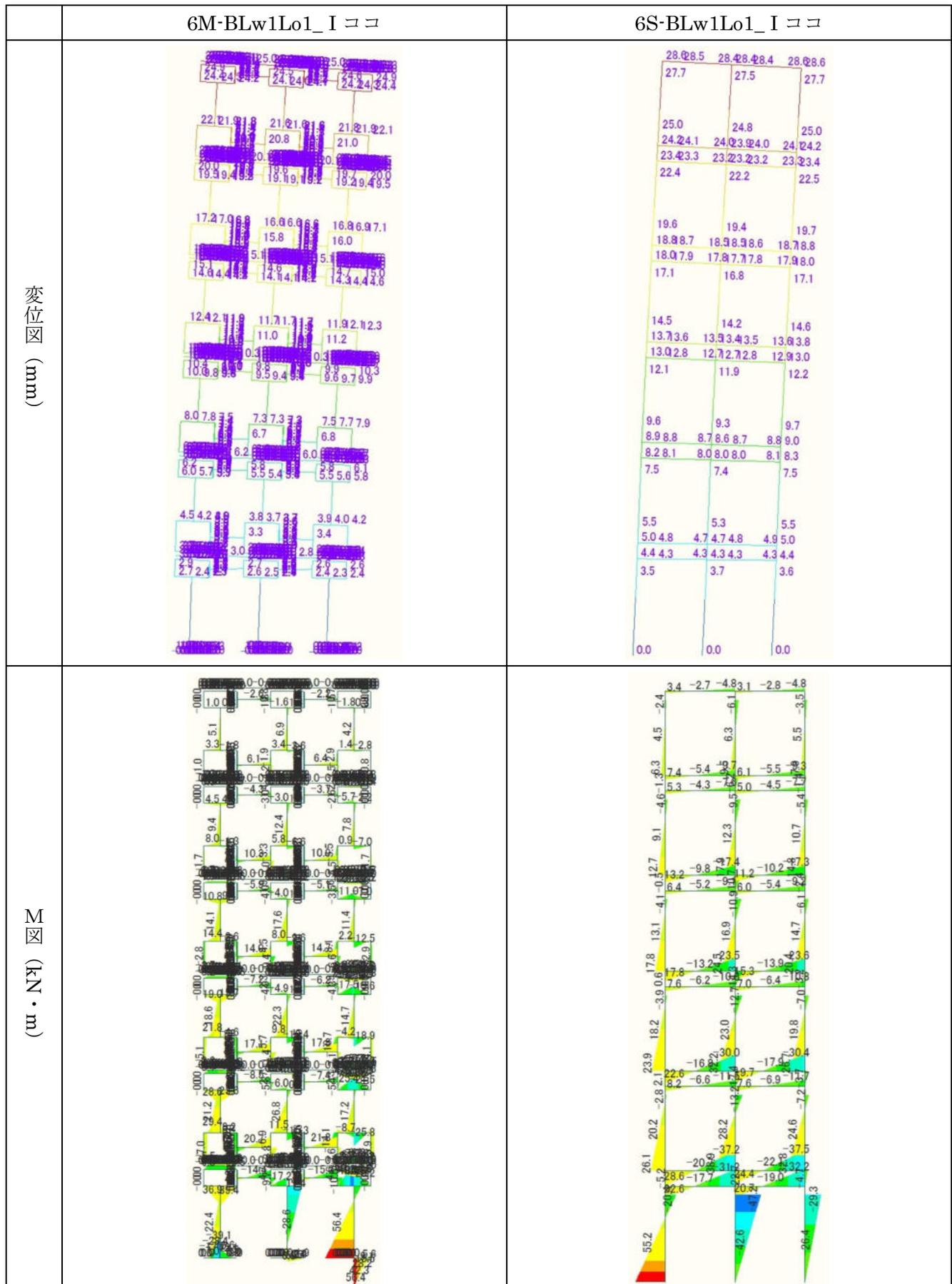


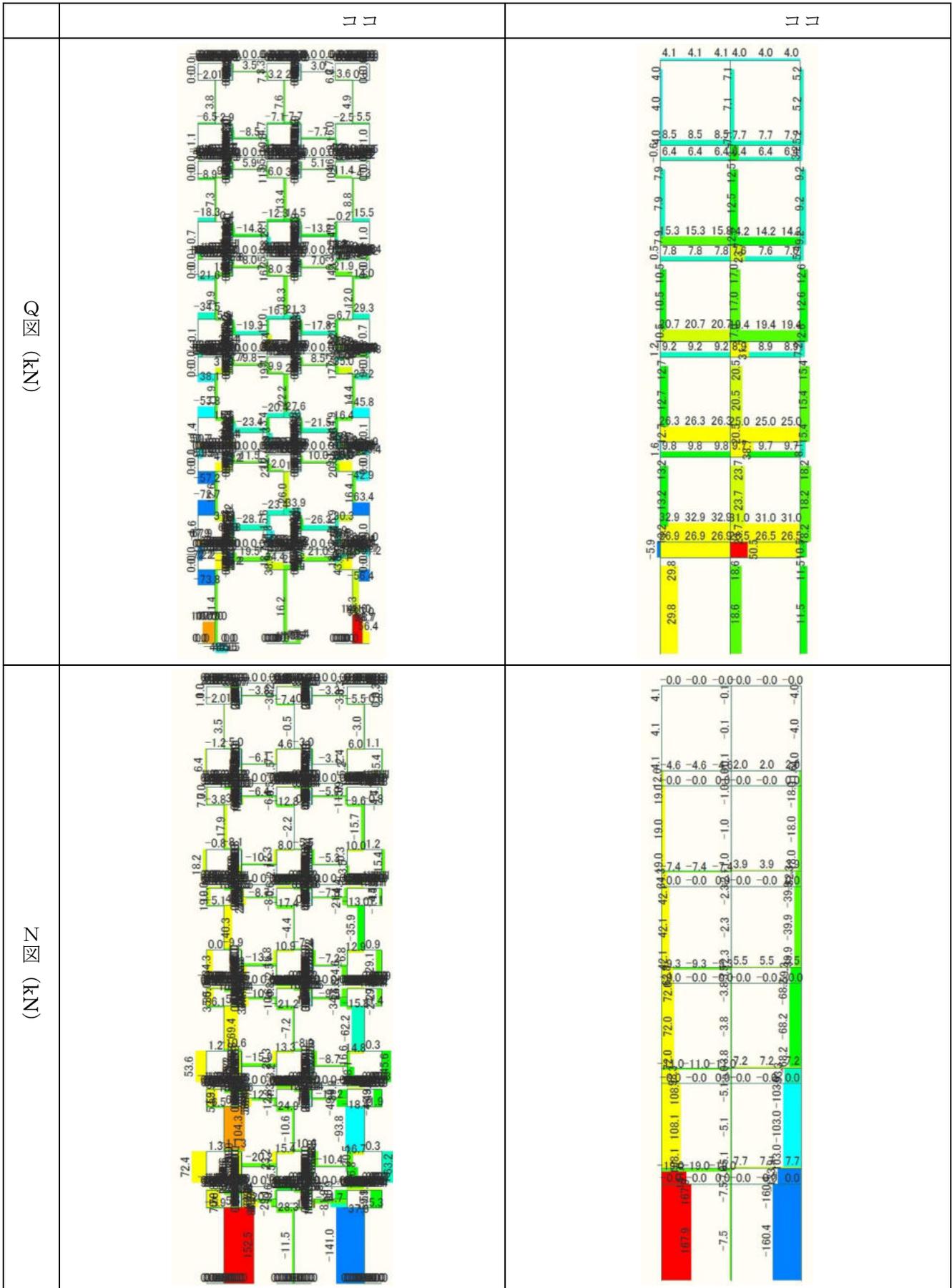
I ココ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m



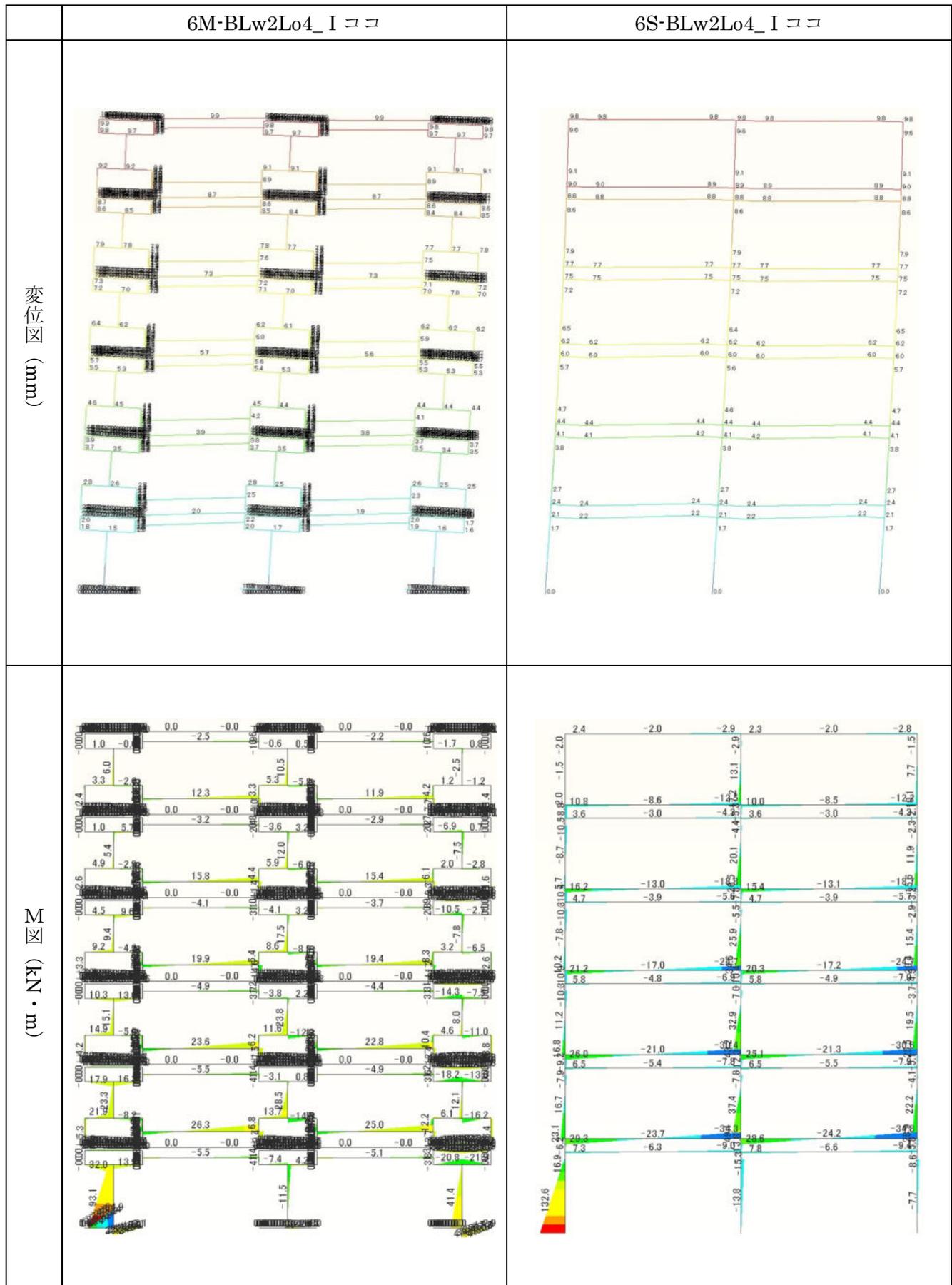


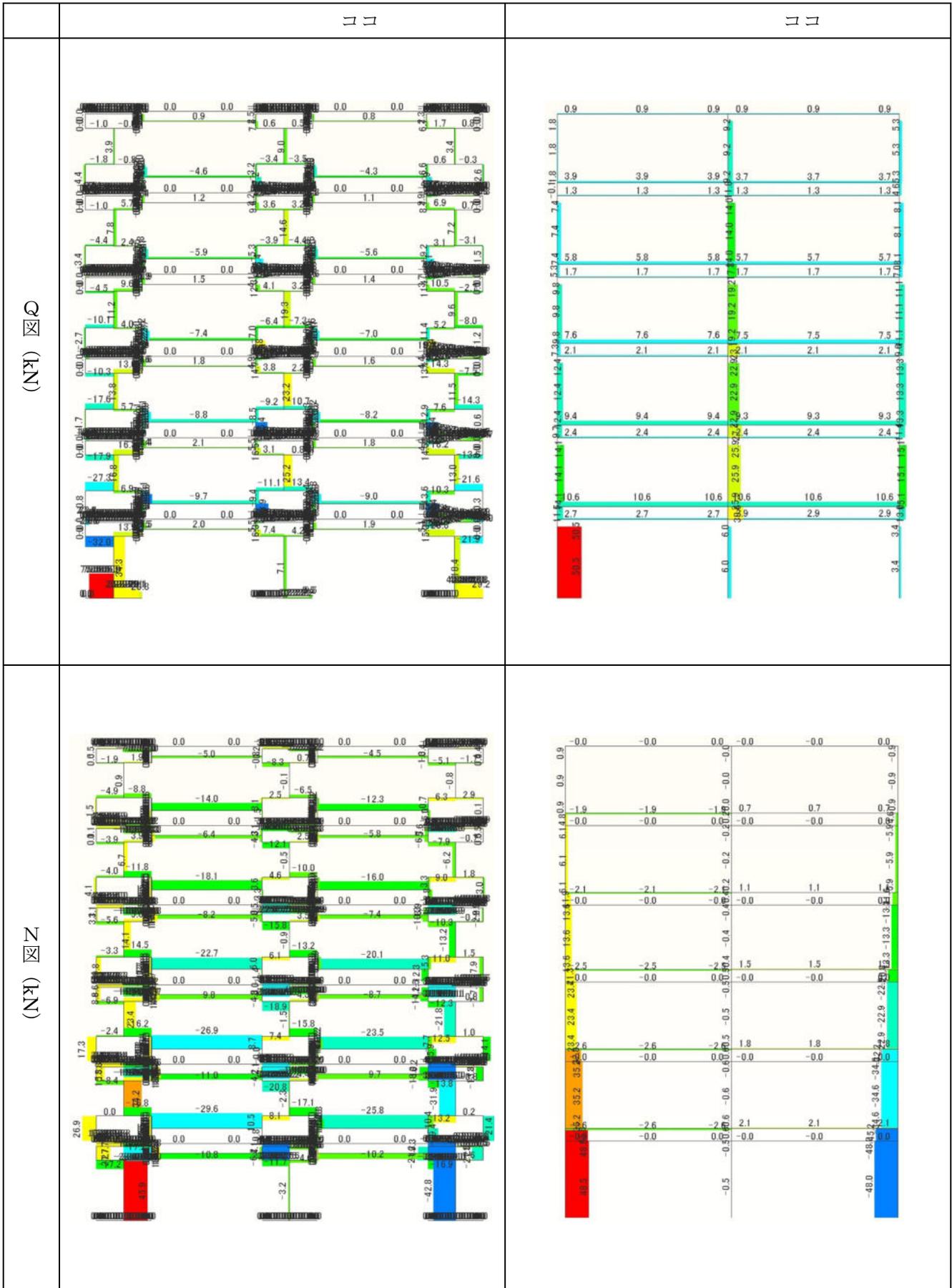
Iココ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m



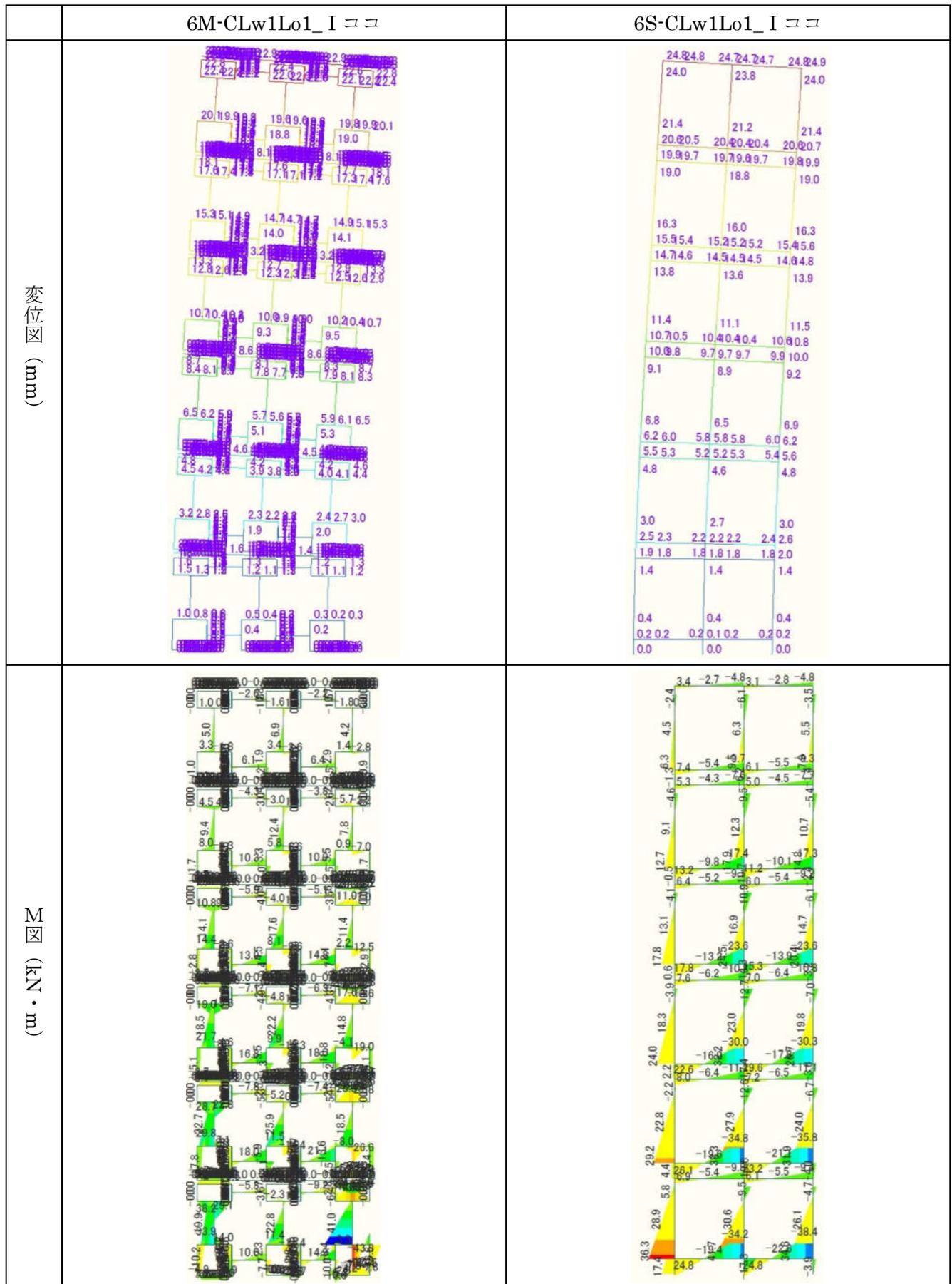


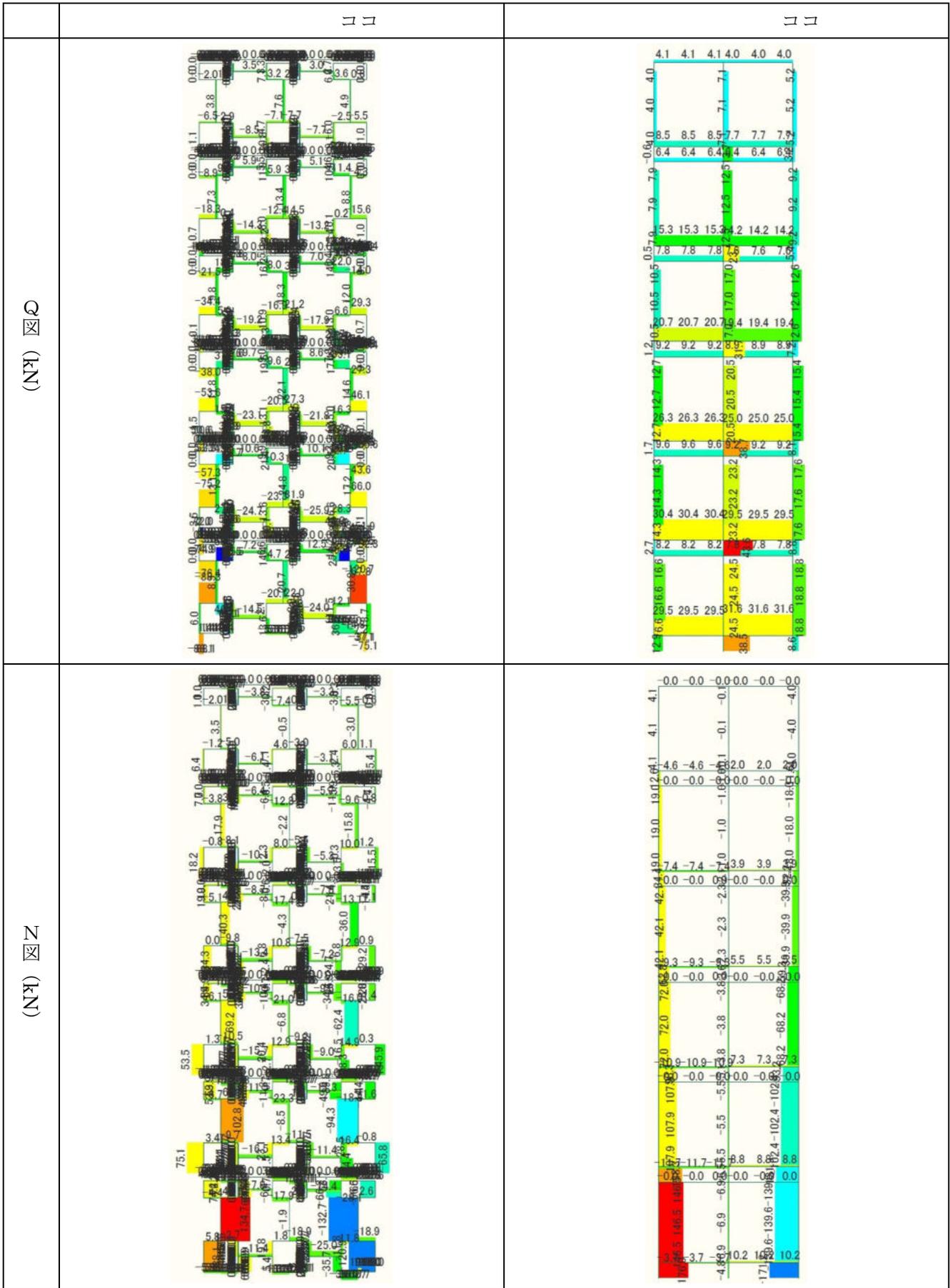
Iコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



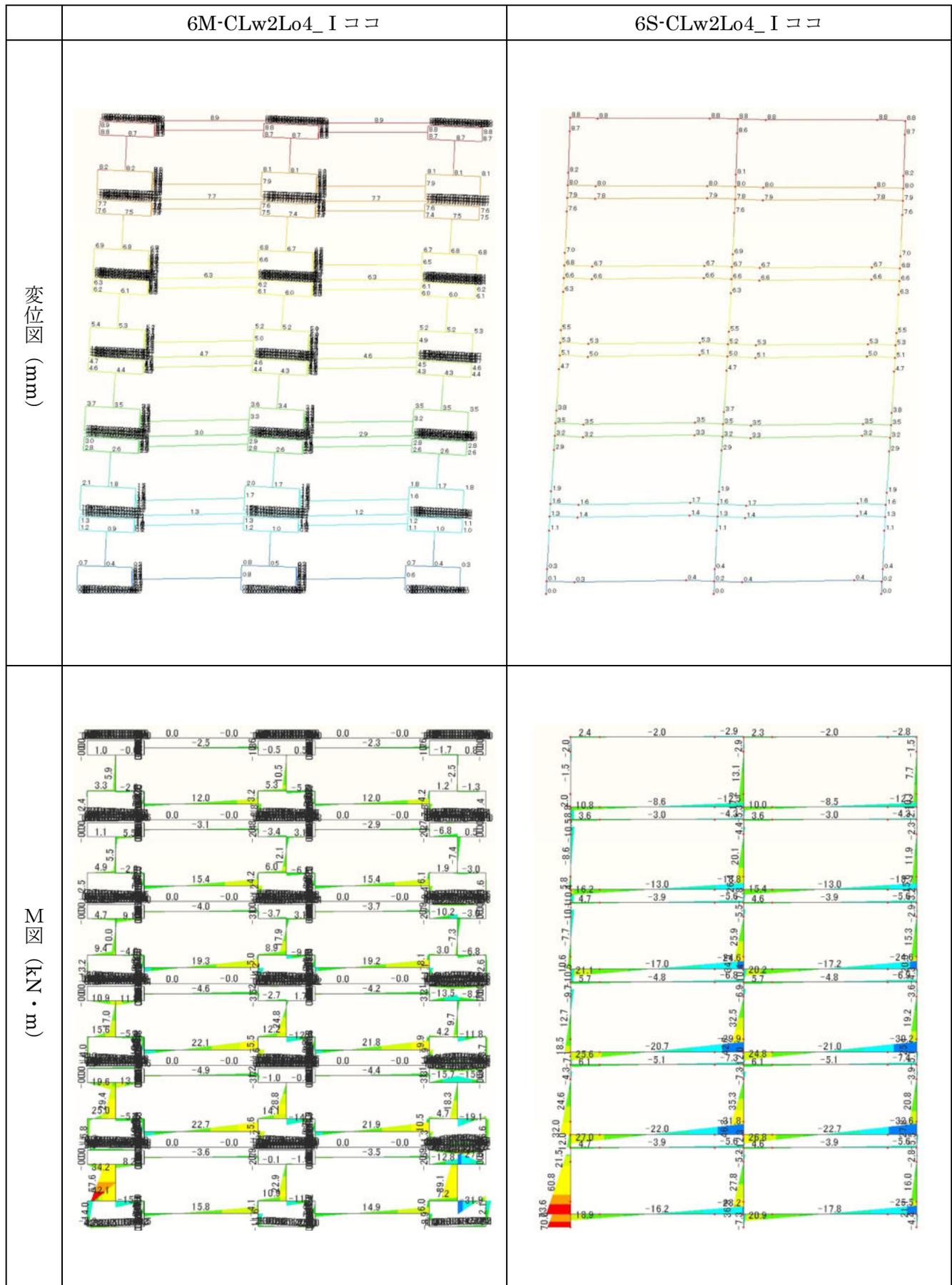


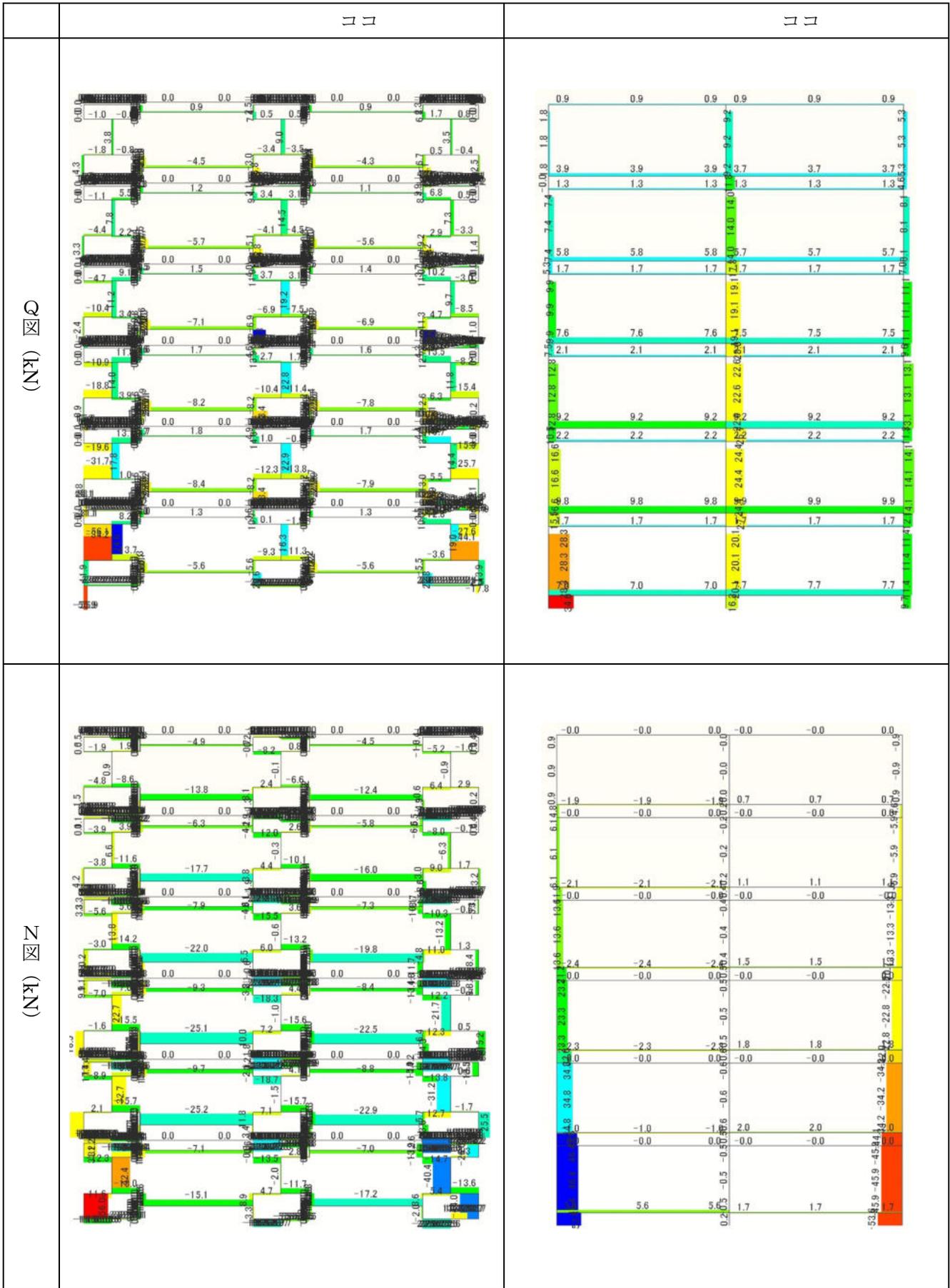
I ココ形、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m



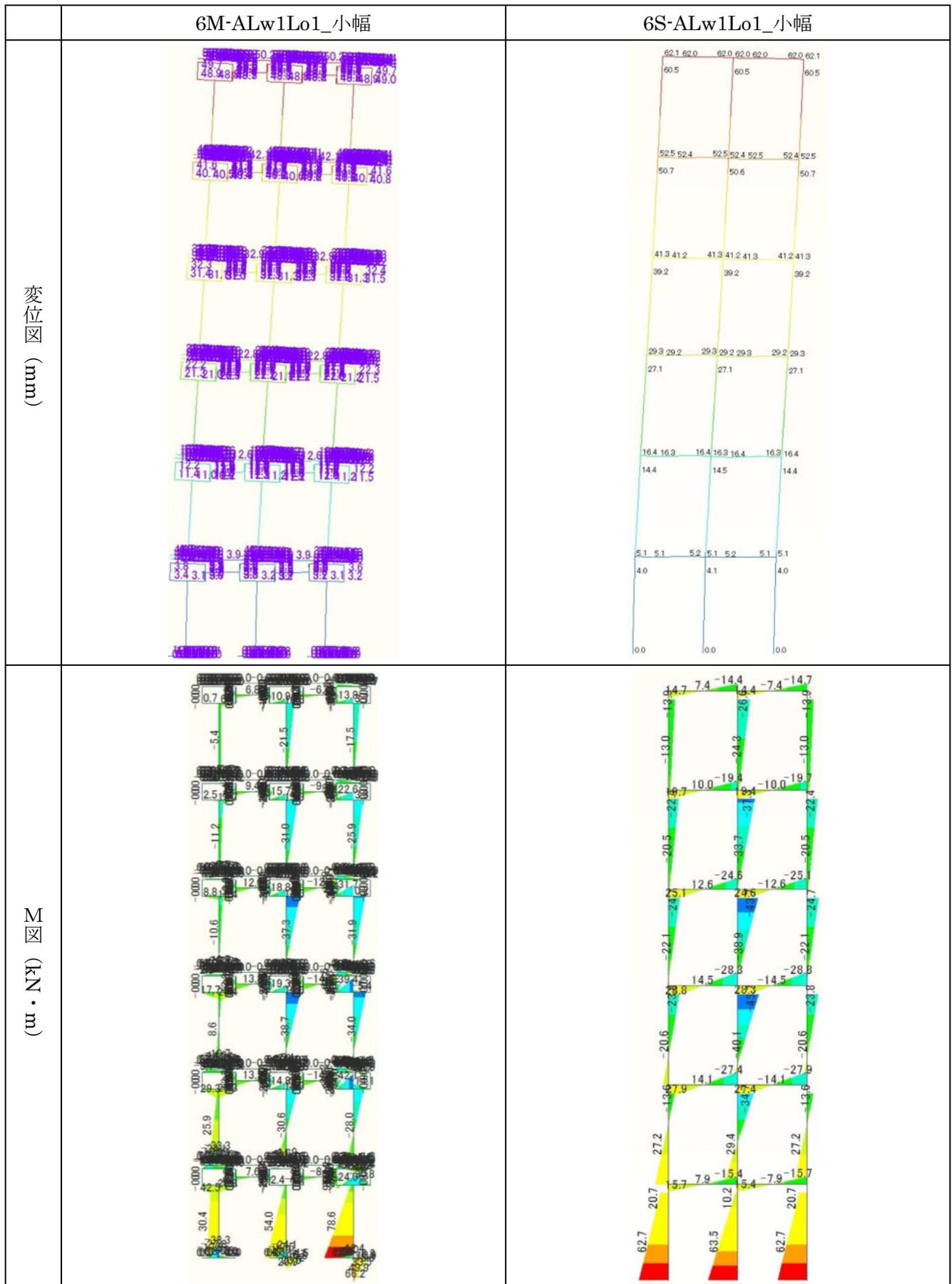


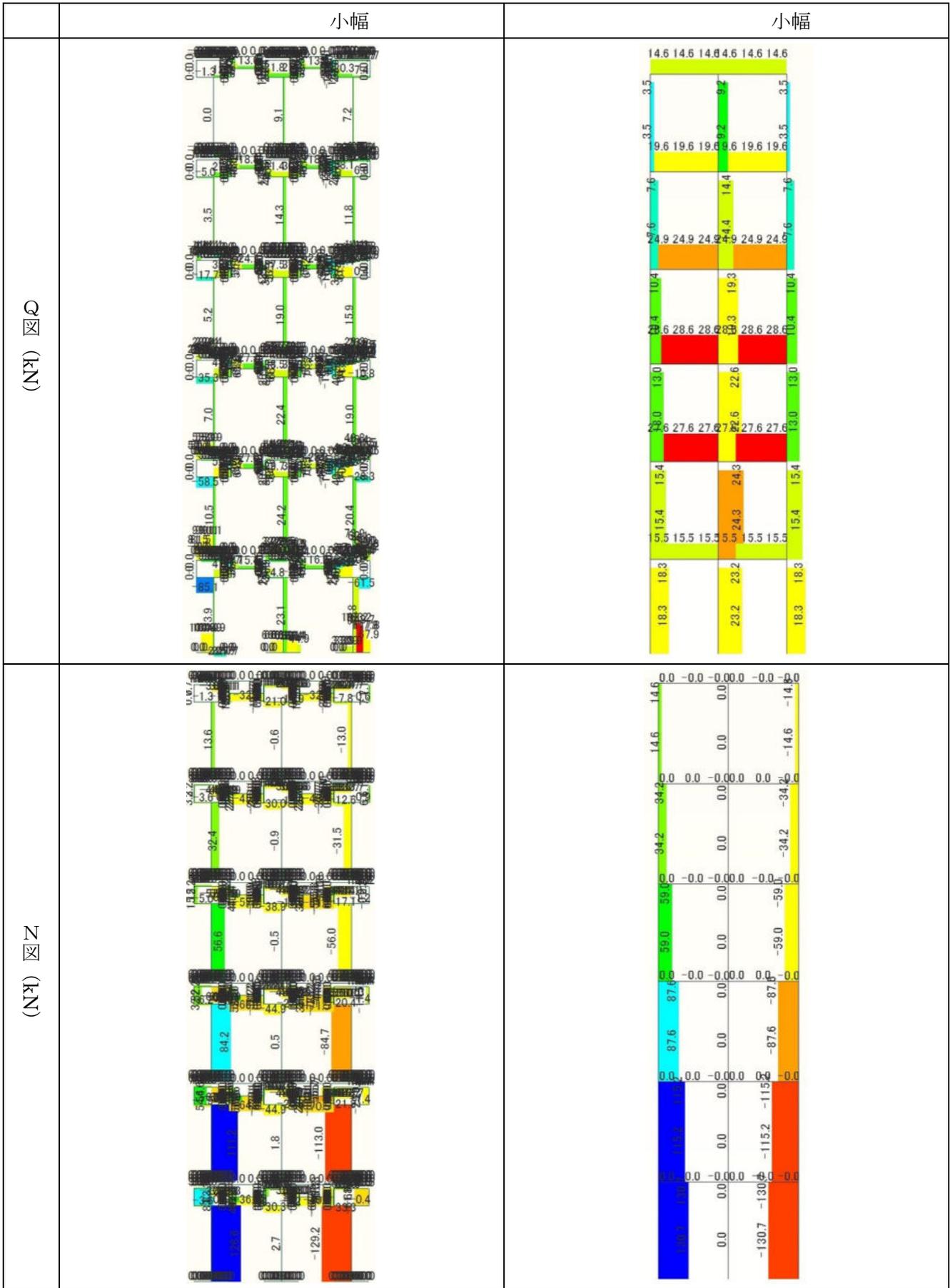
I ココ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m



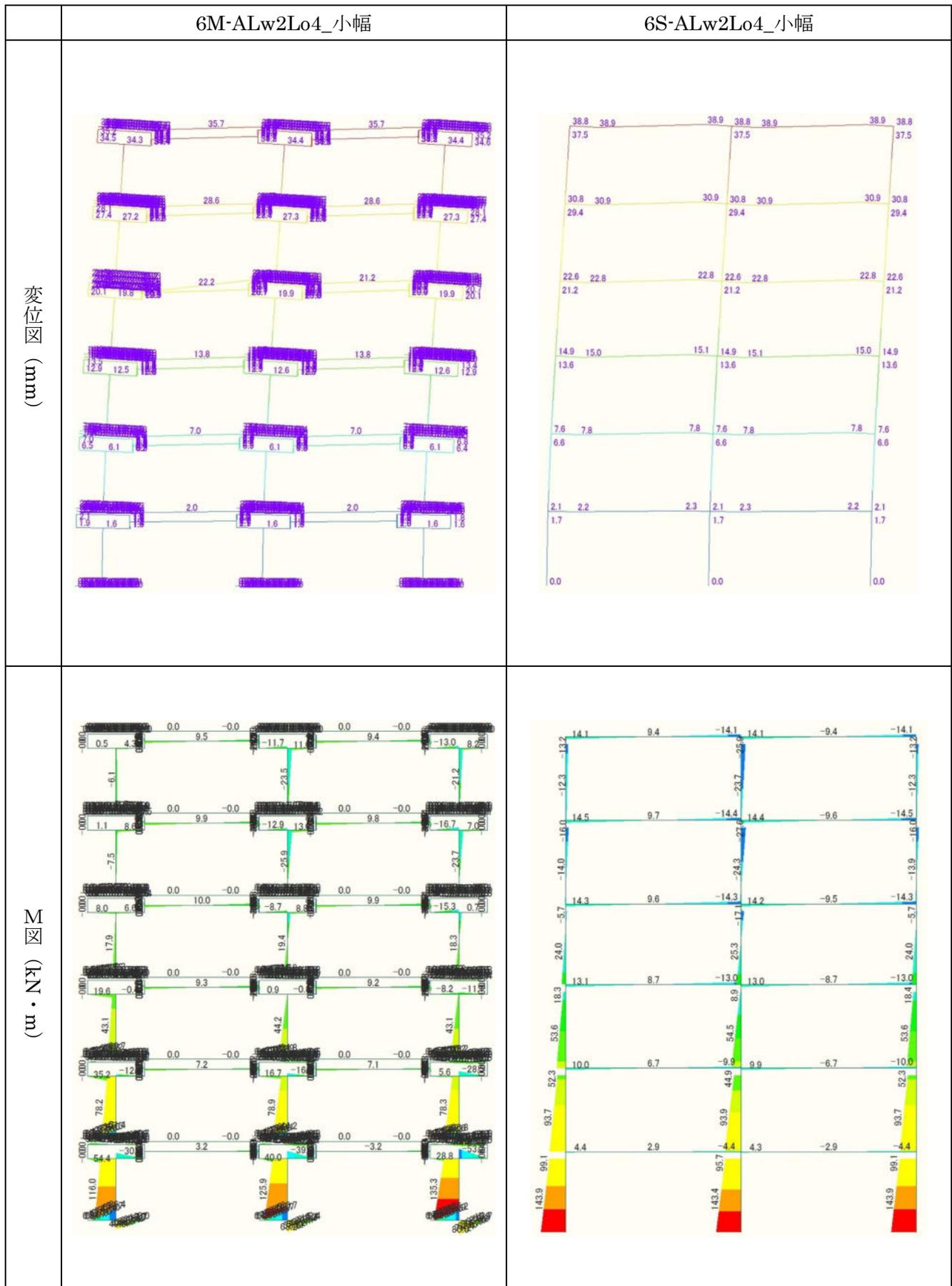


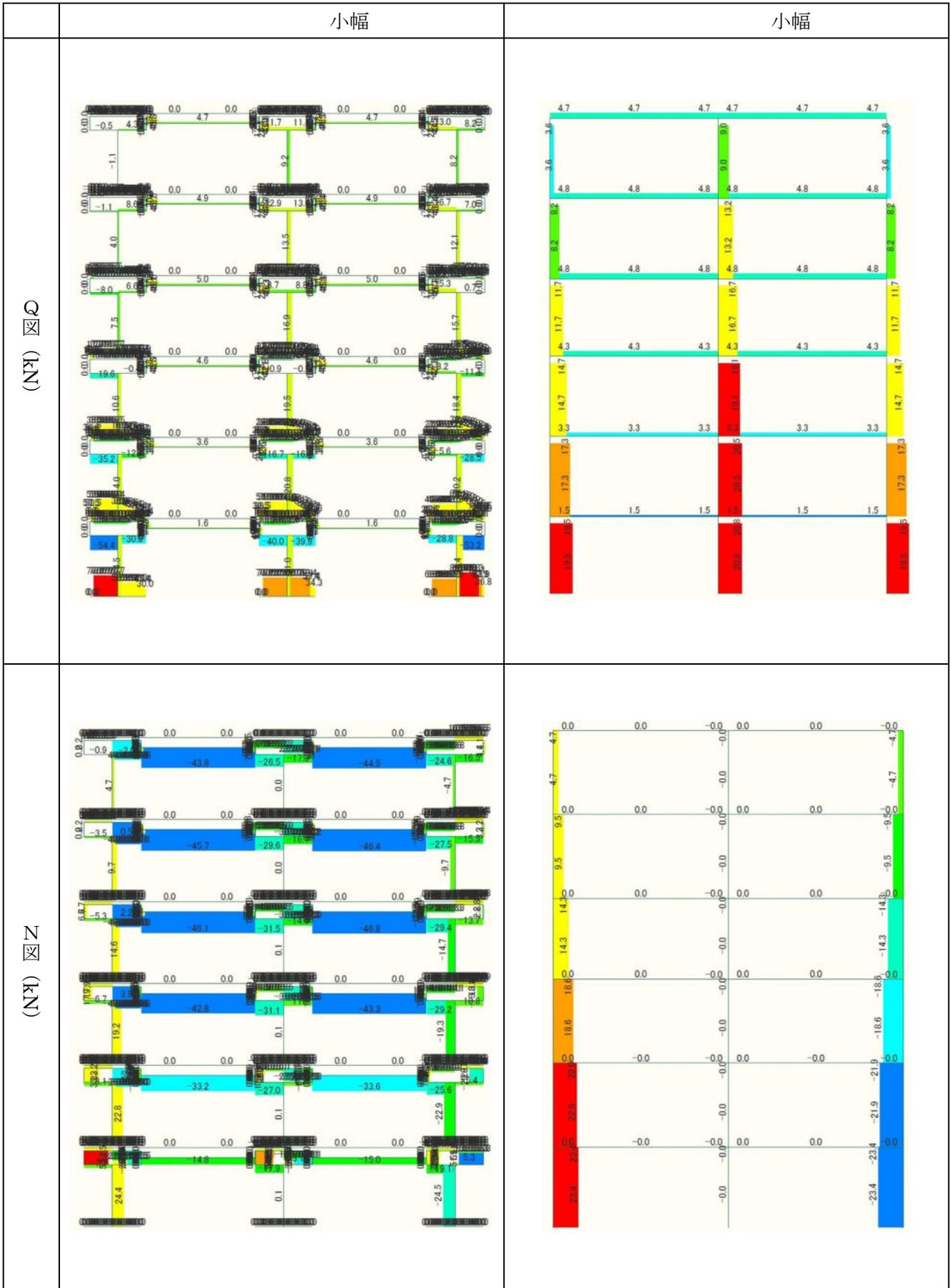
小幅、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m



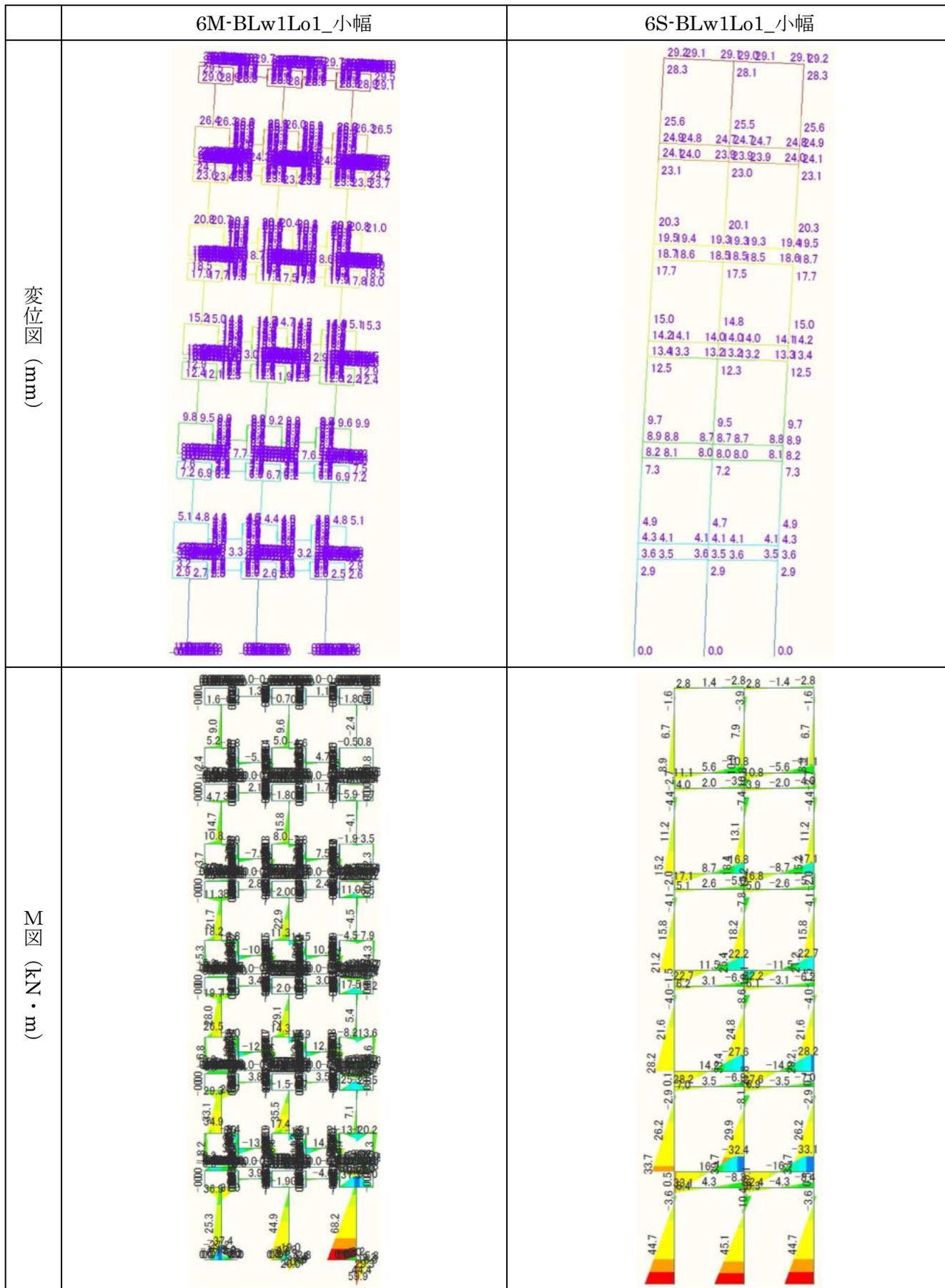


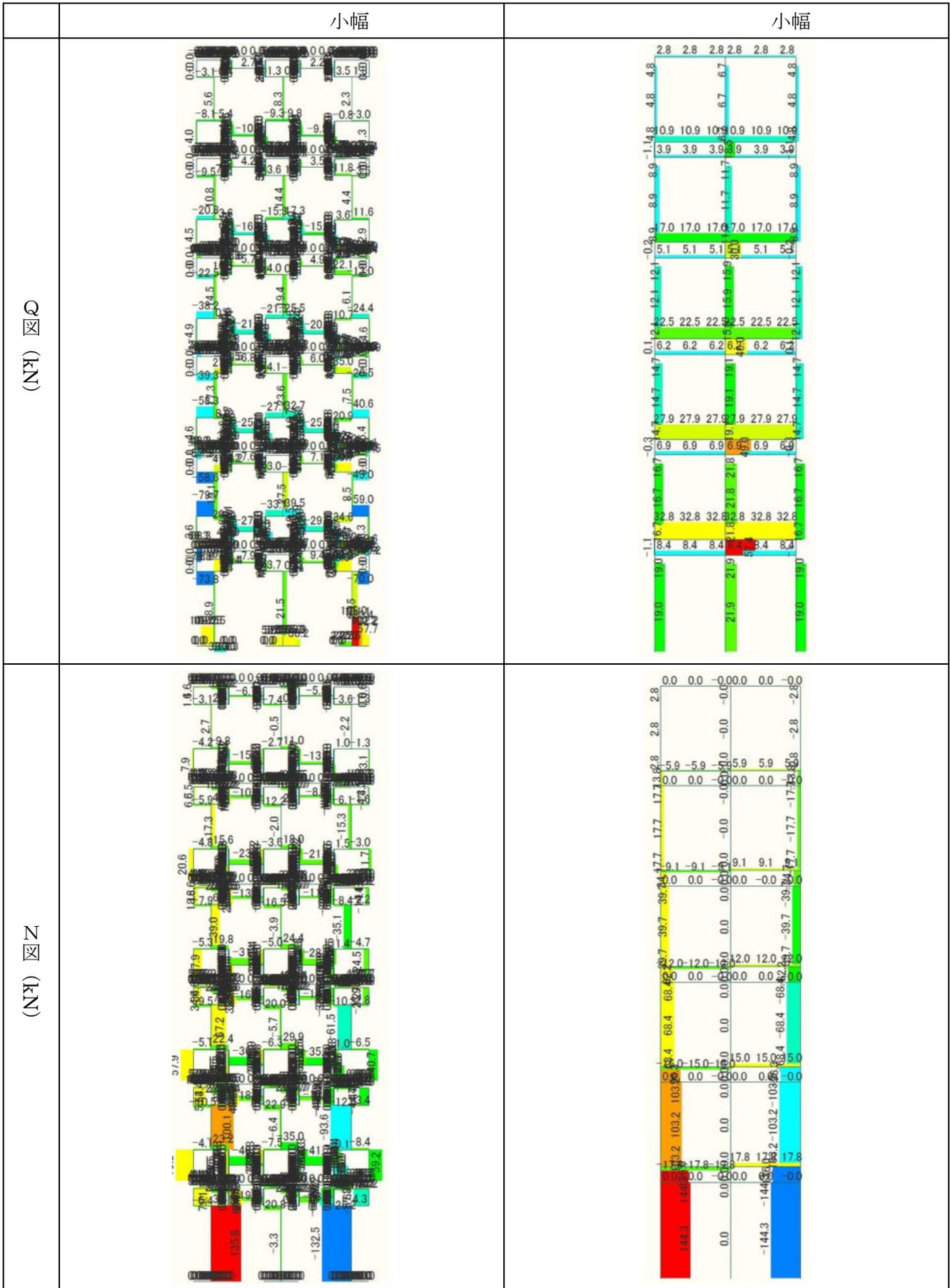
小幅、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m



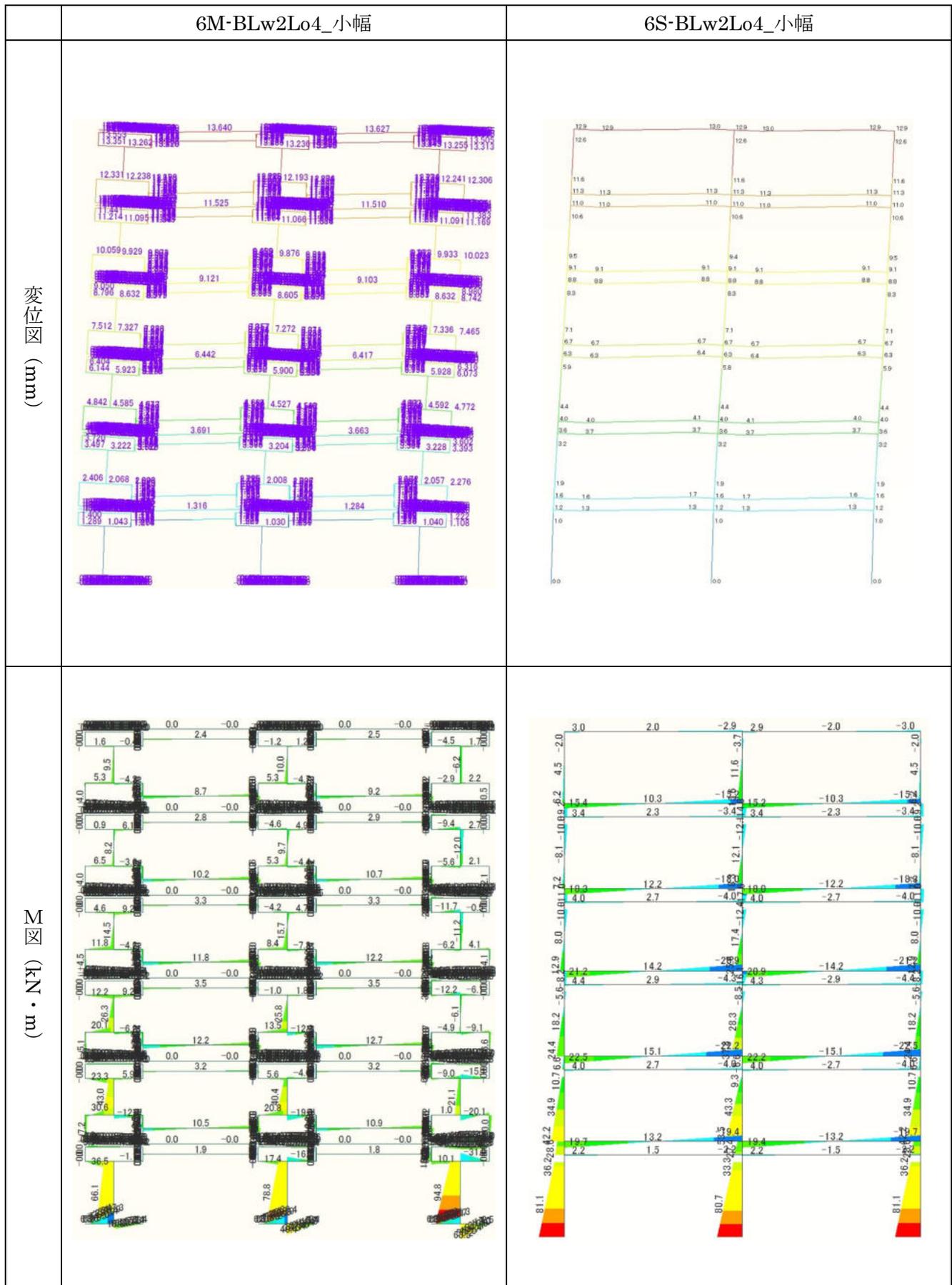


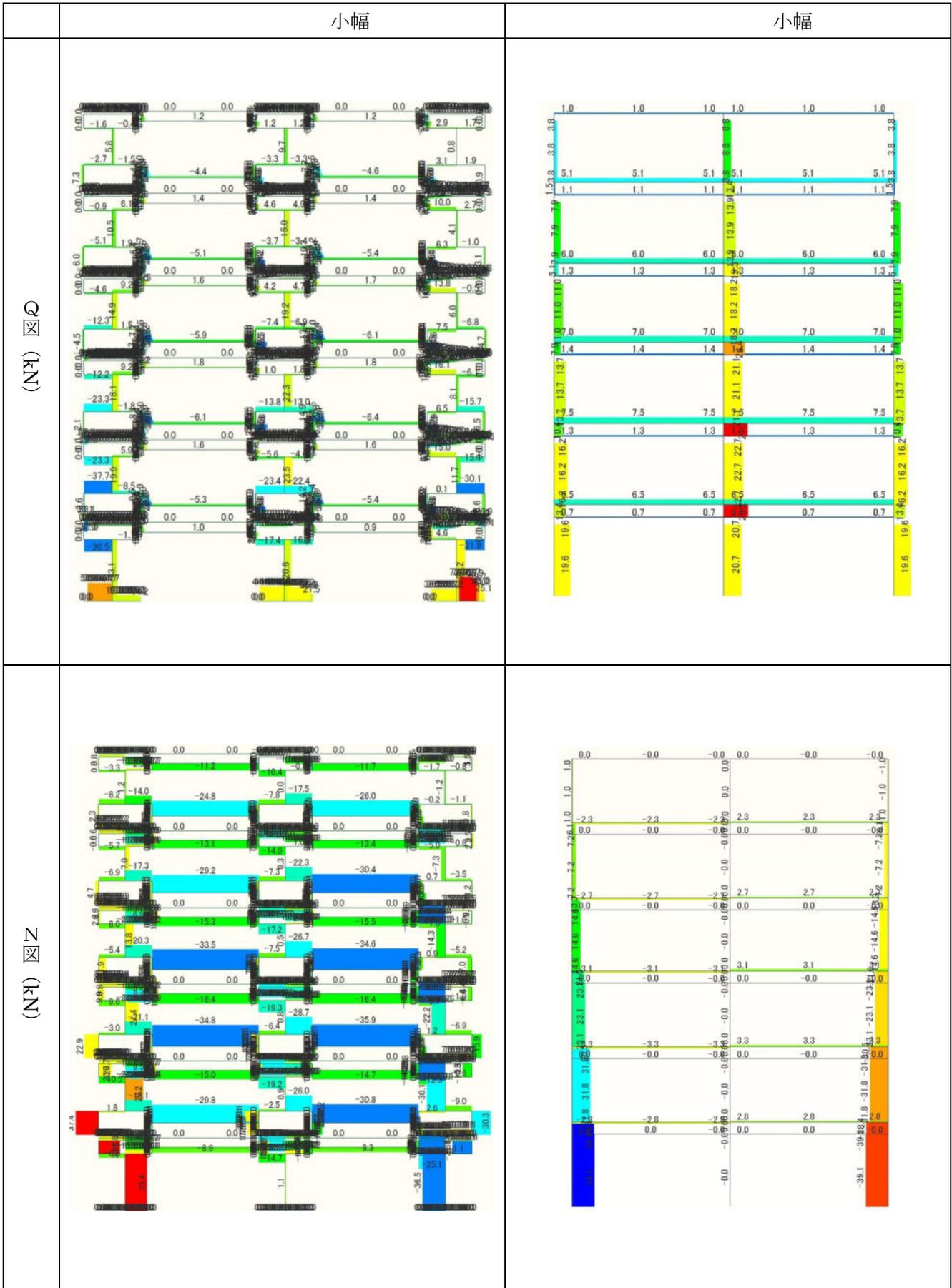
小幅、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m



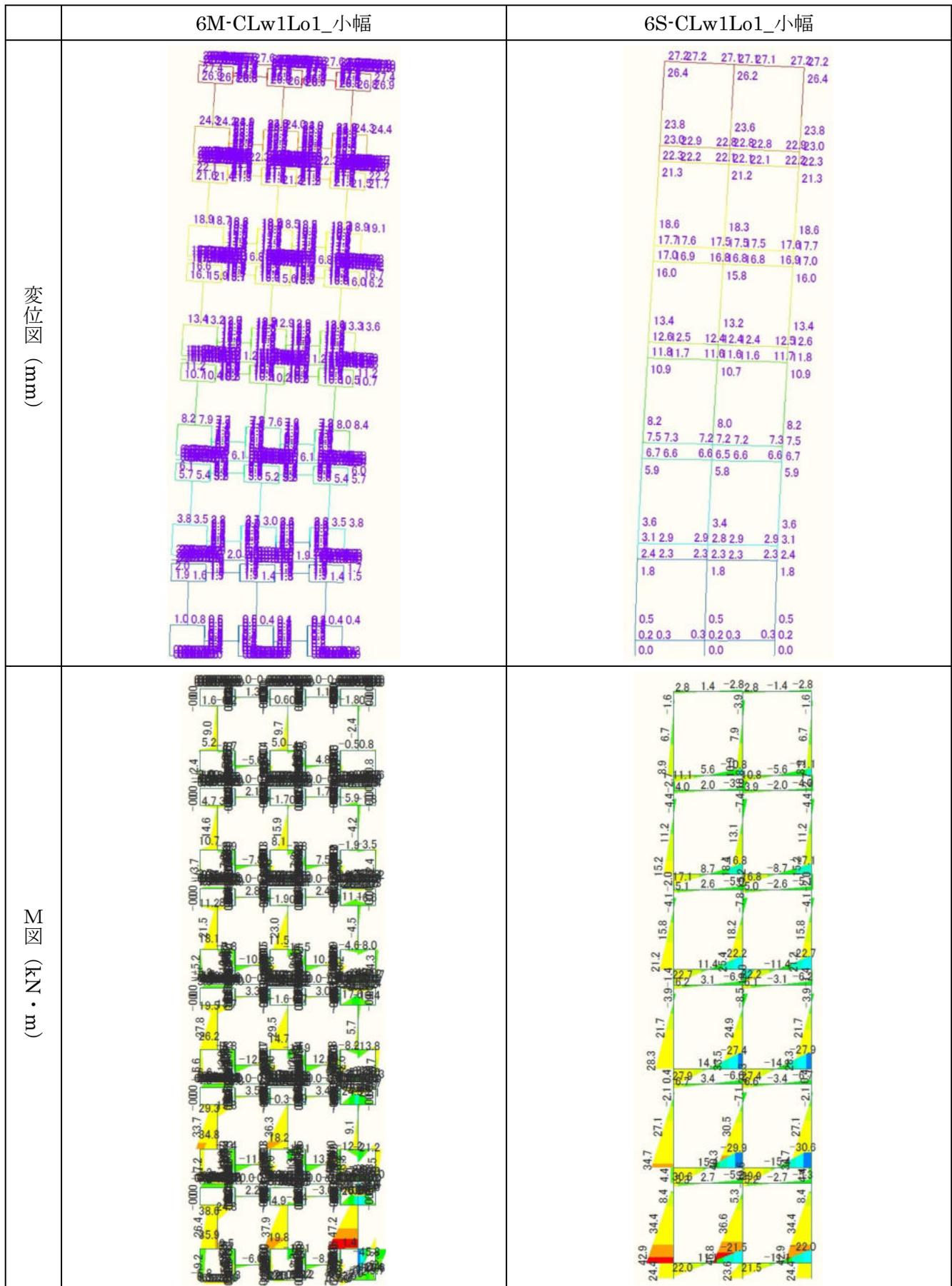


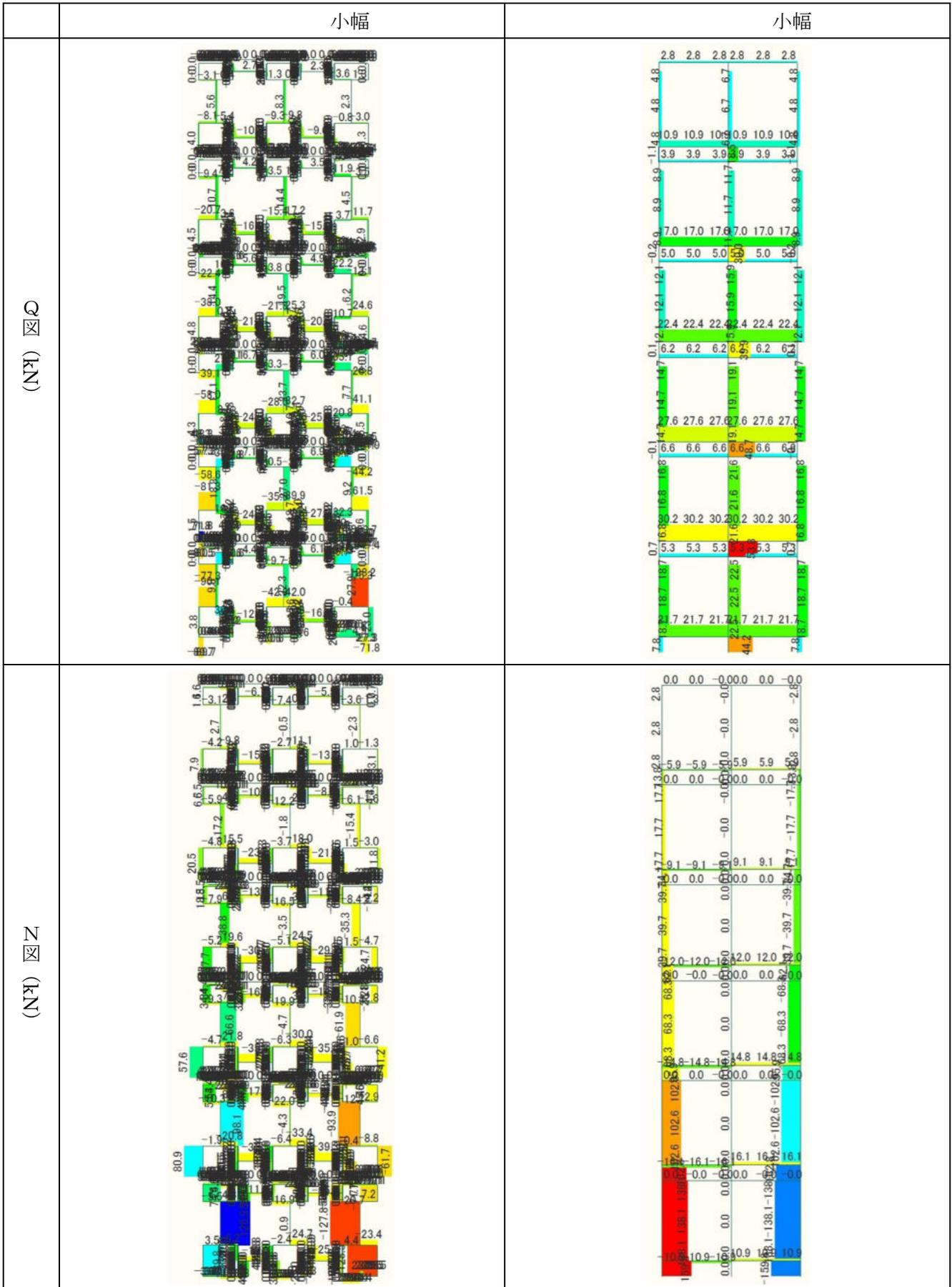
小幅、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



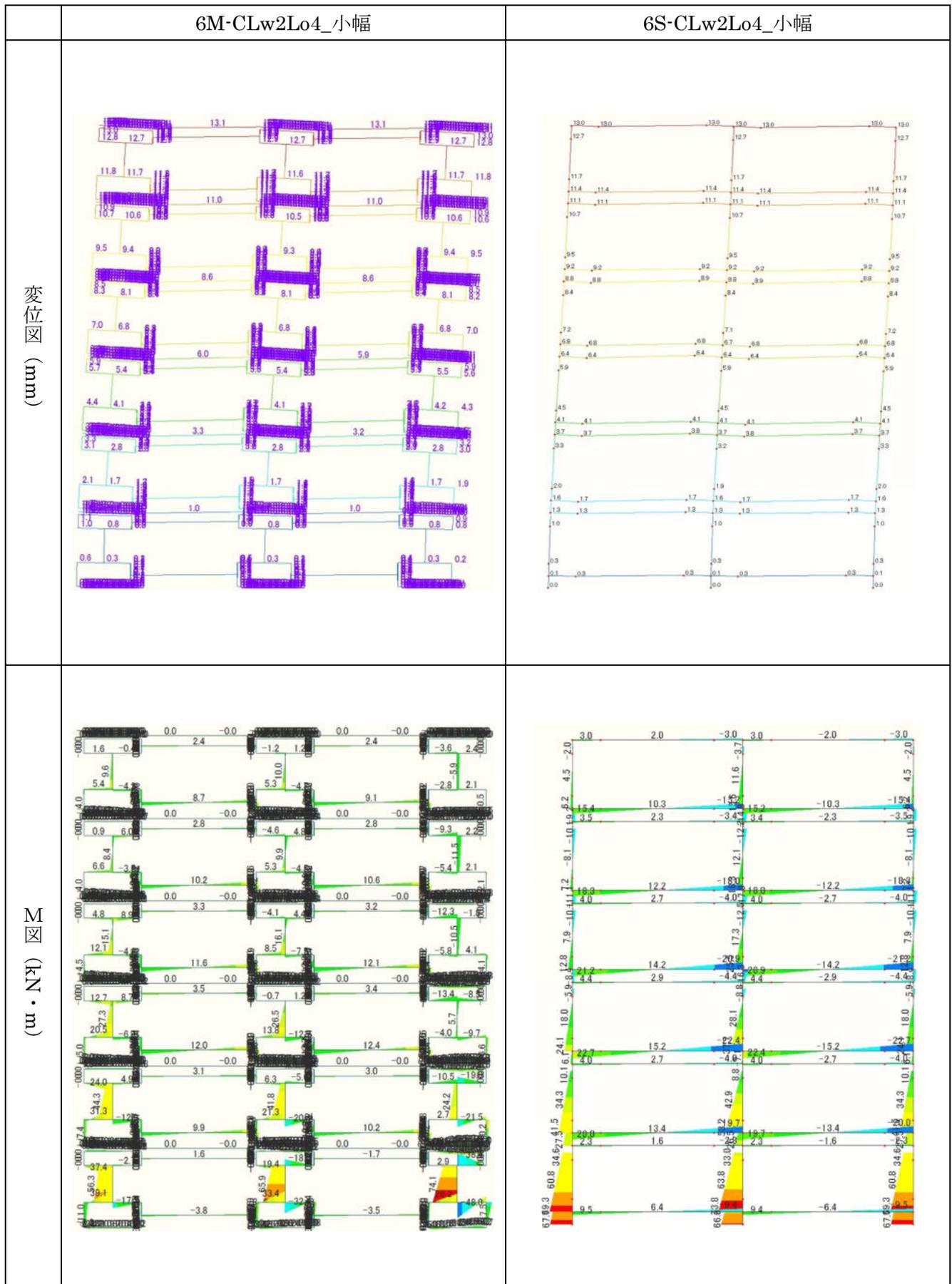


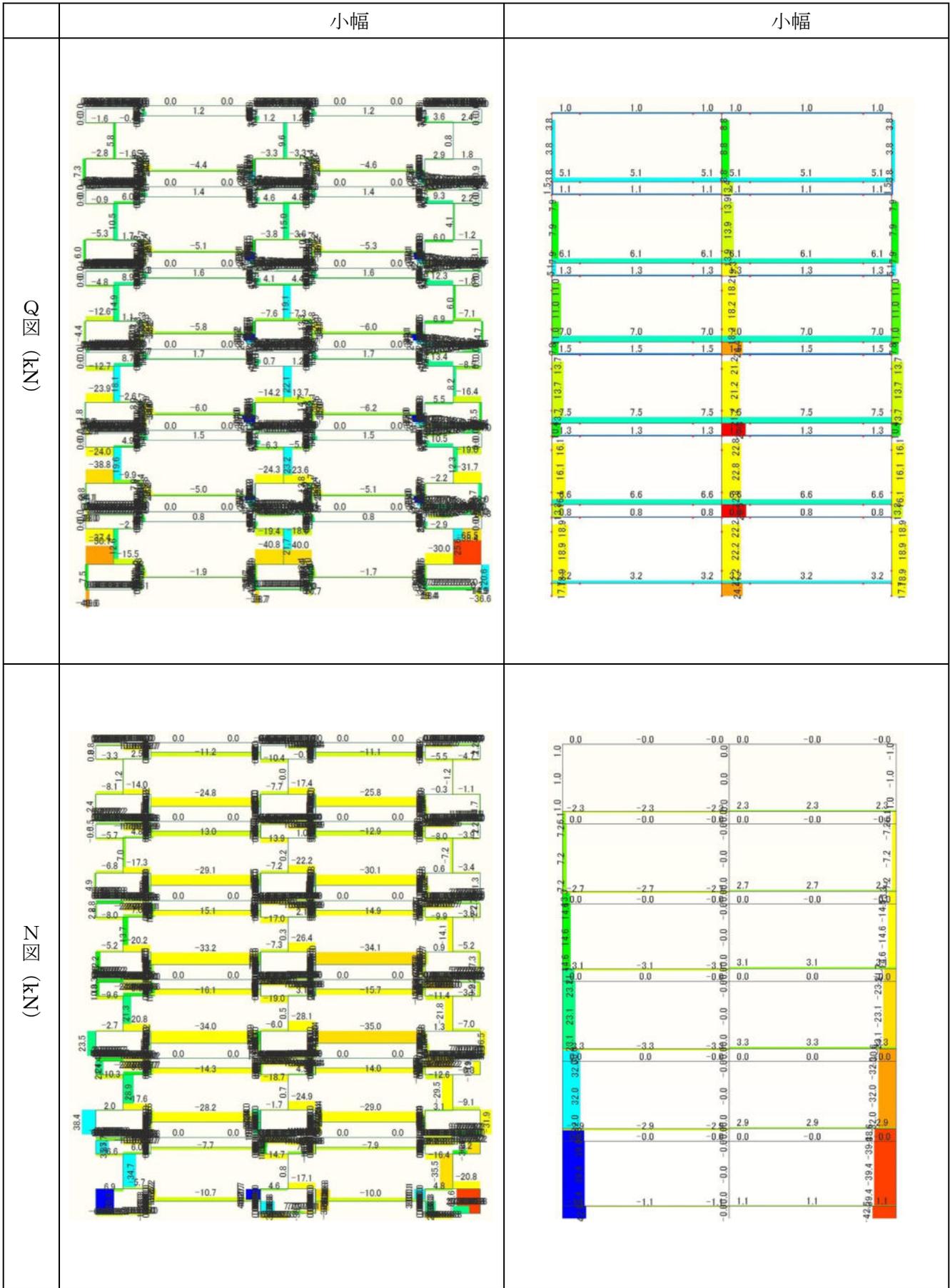
小幅、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m



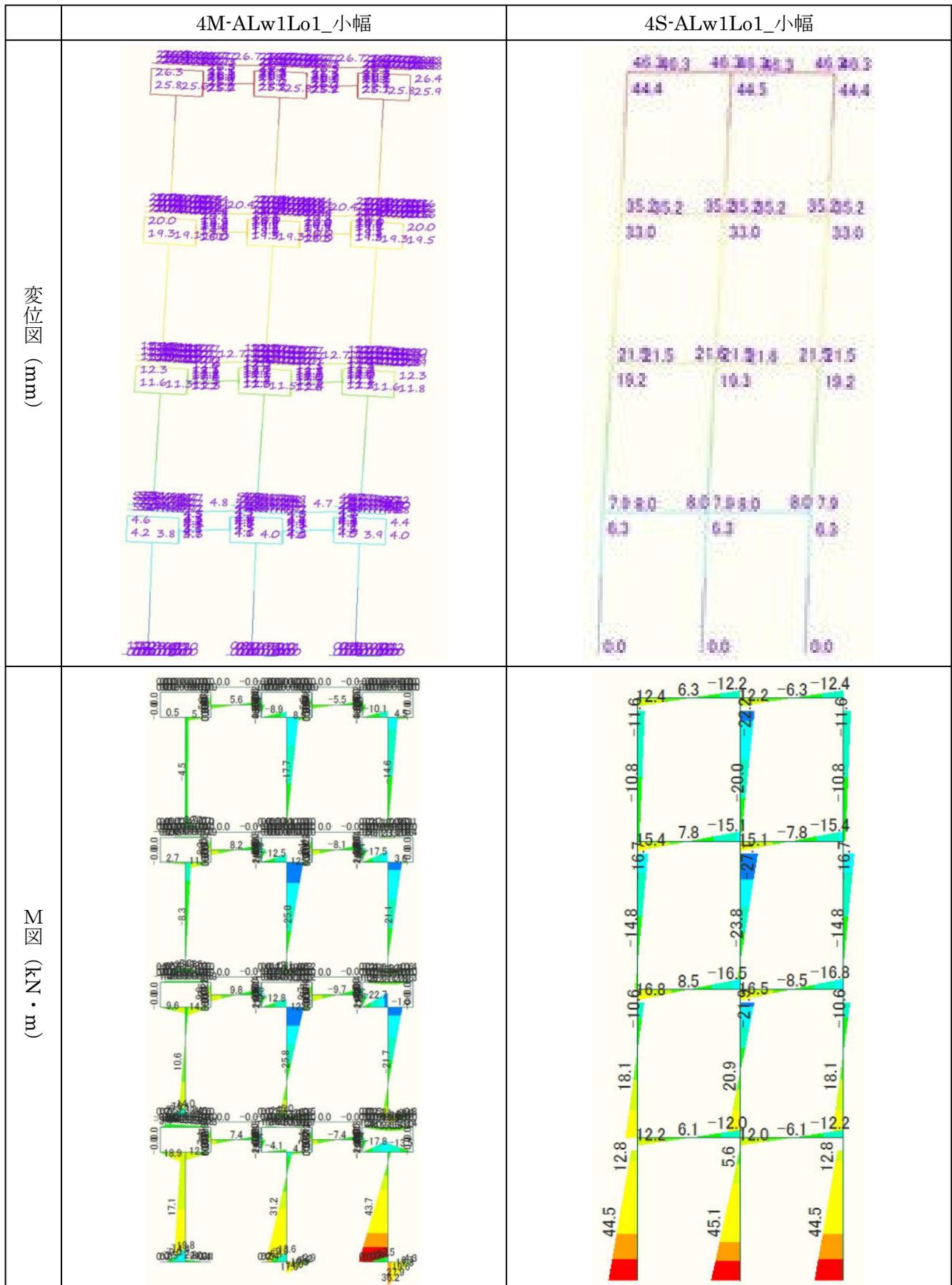


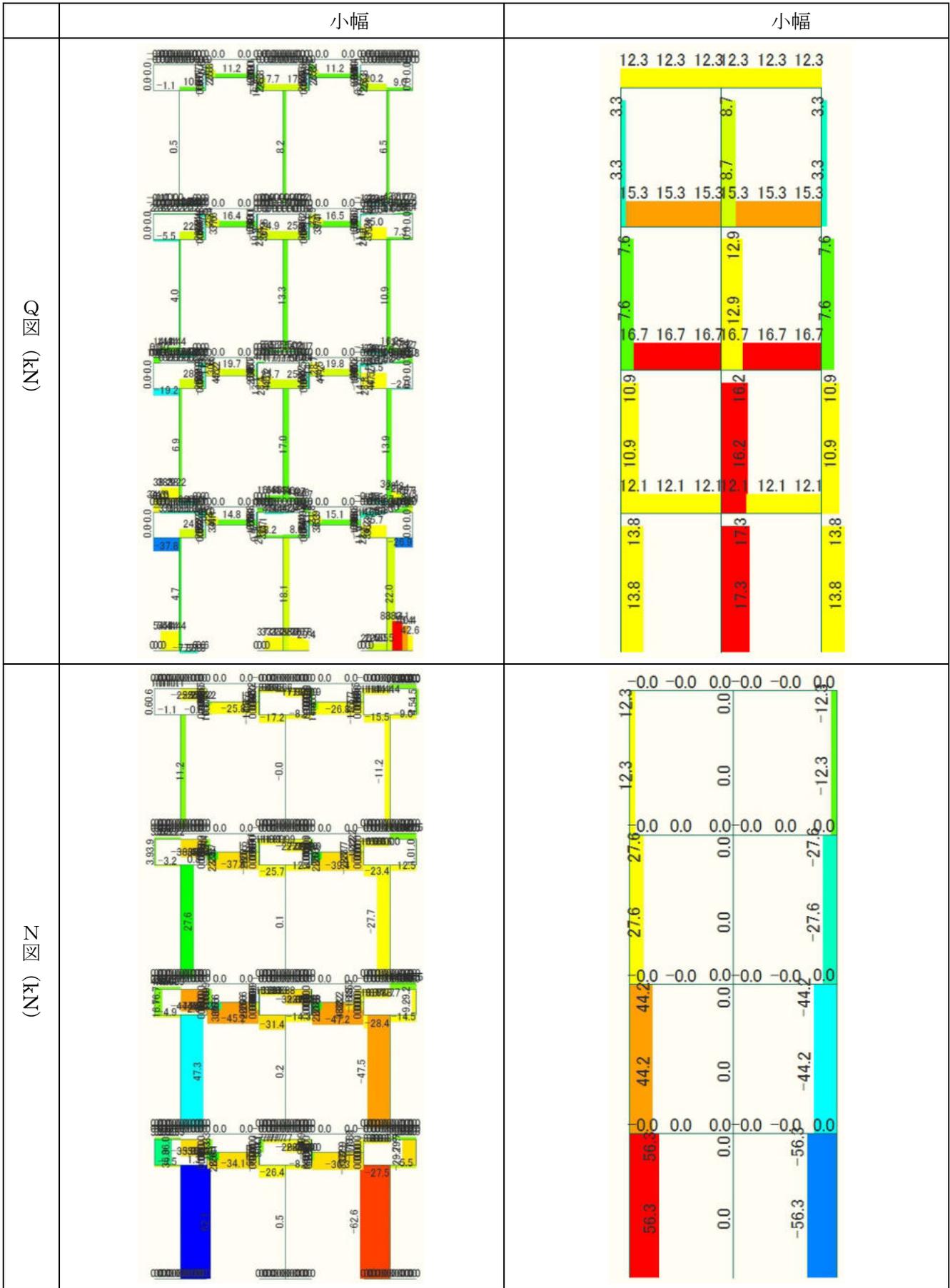
小幅、全層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



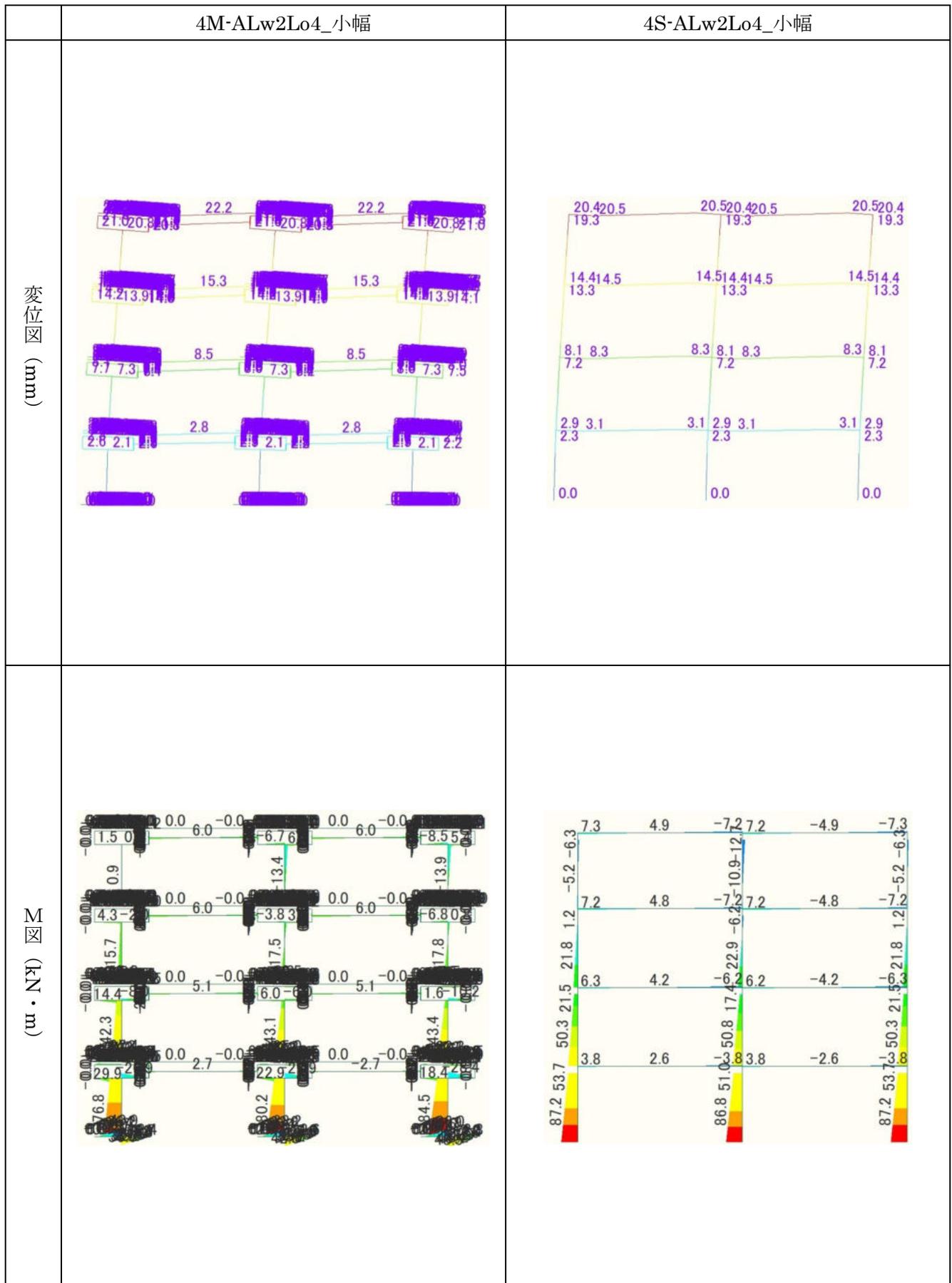


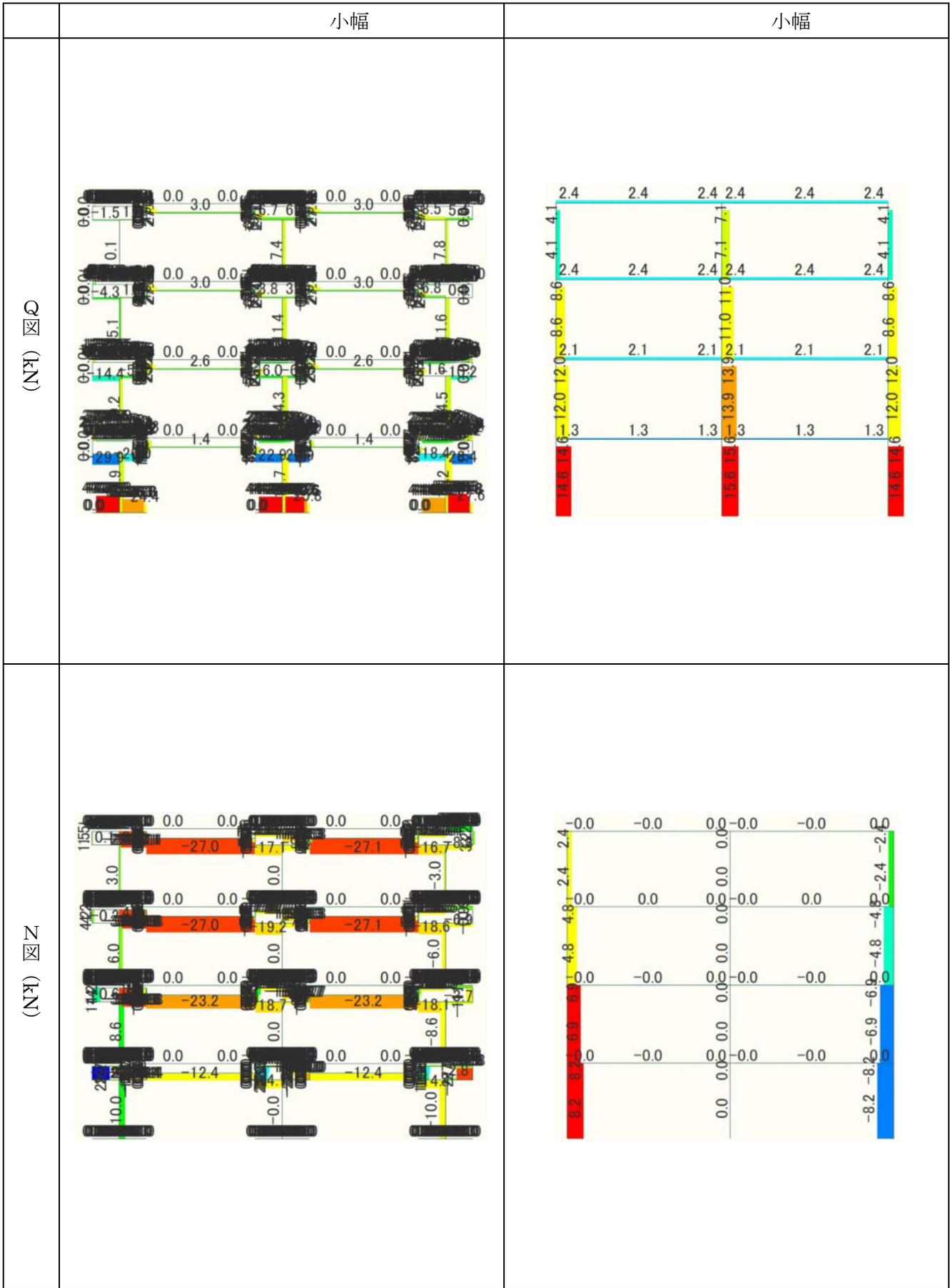
小幅、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m



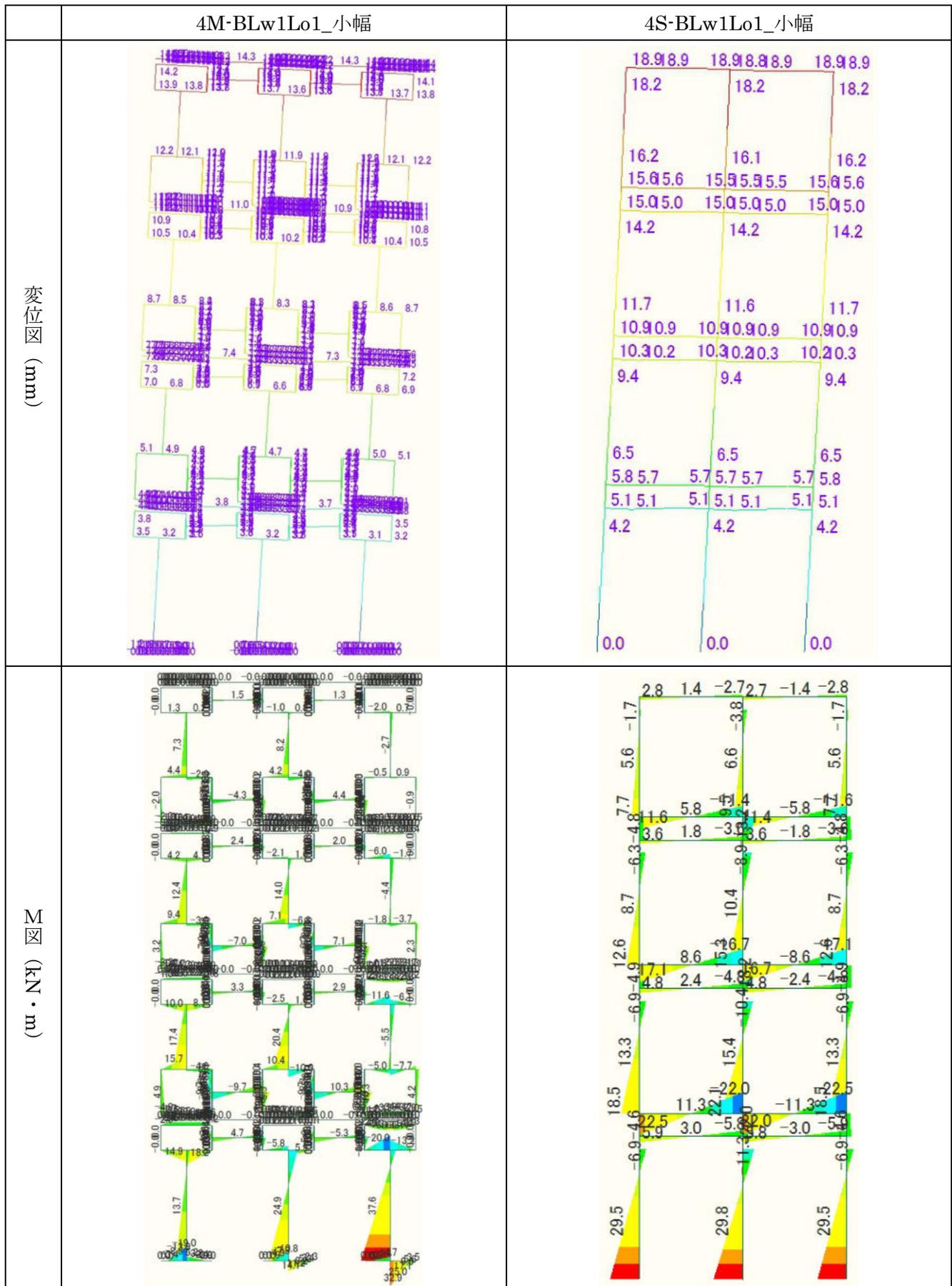


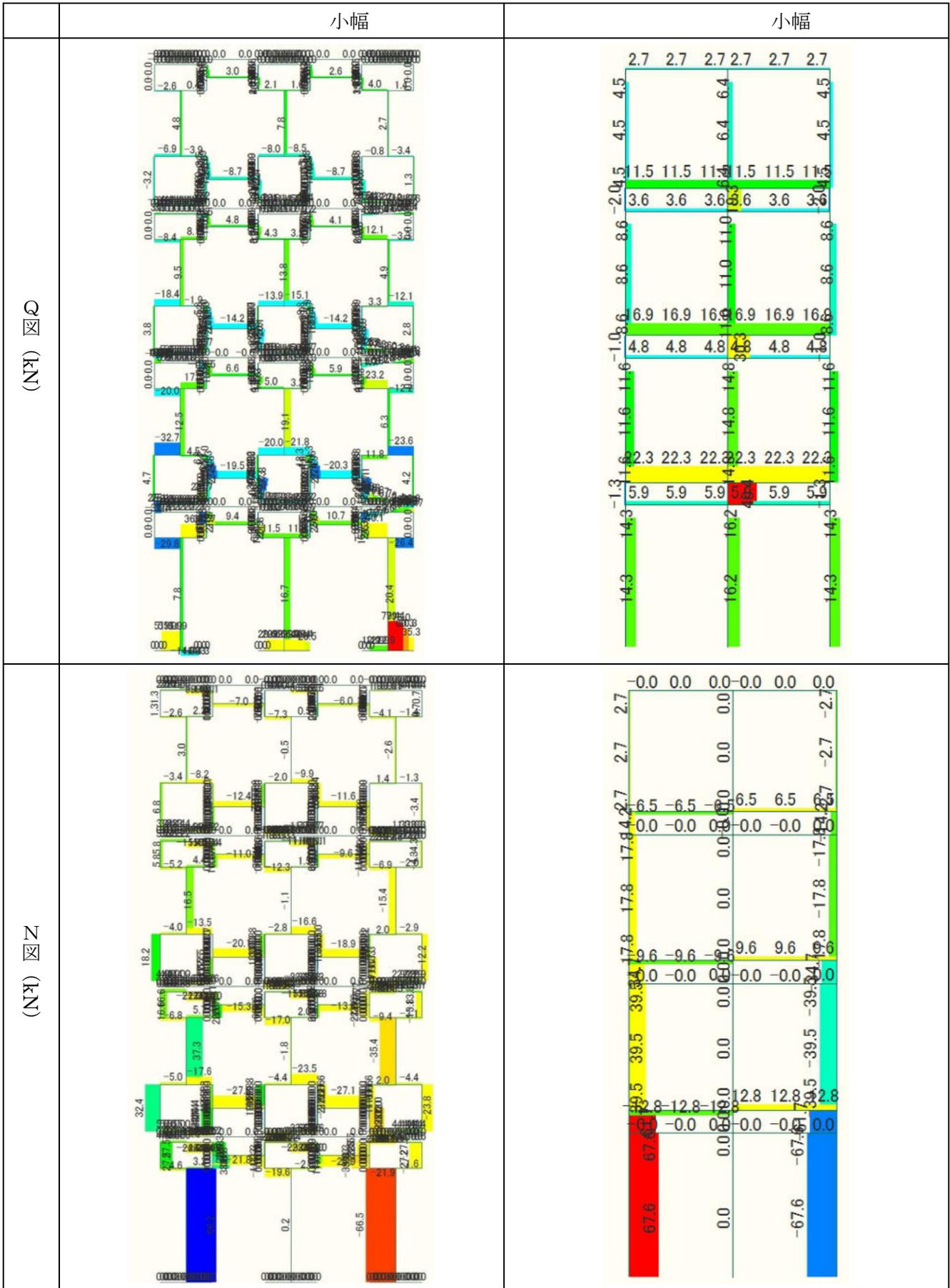
小幅、全層垂れ壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m



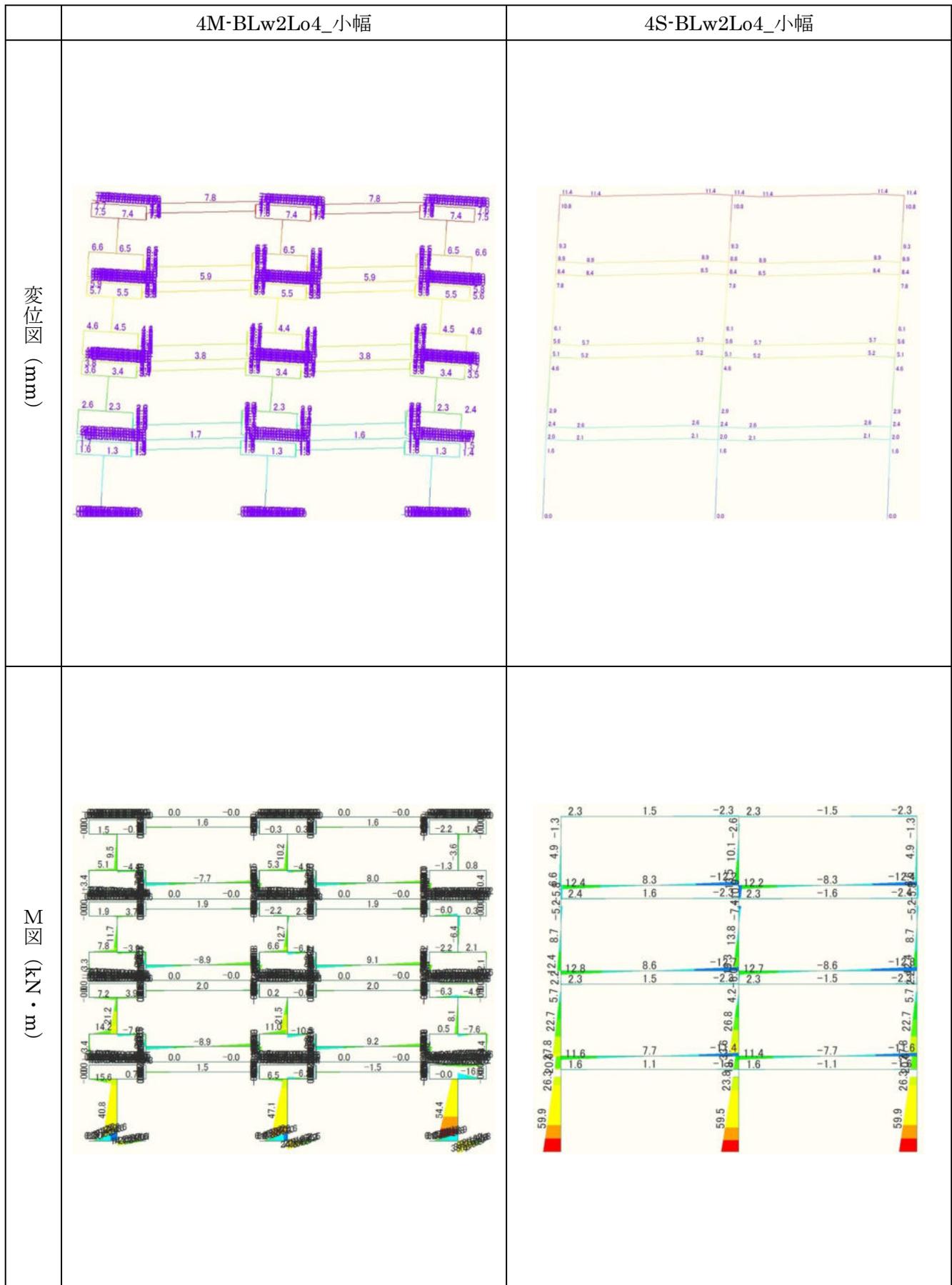


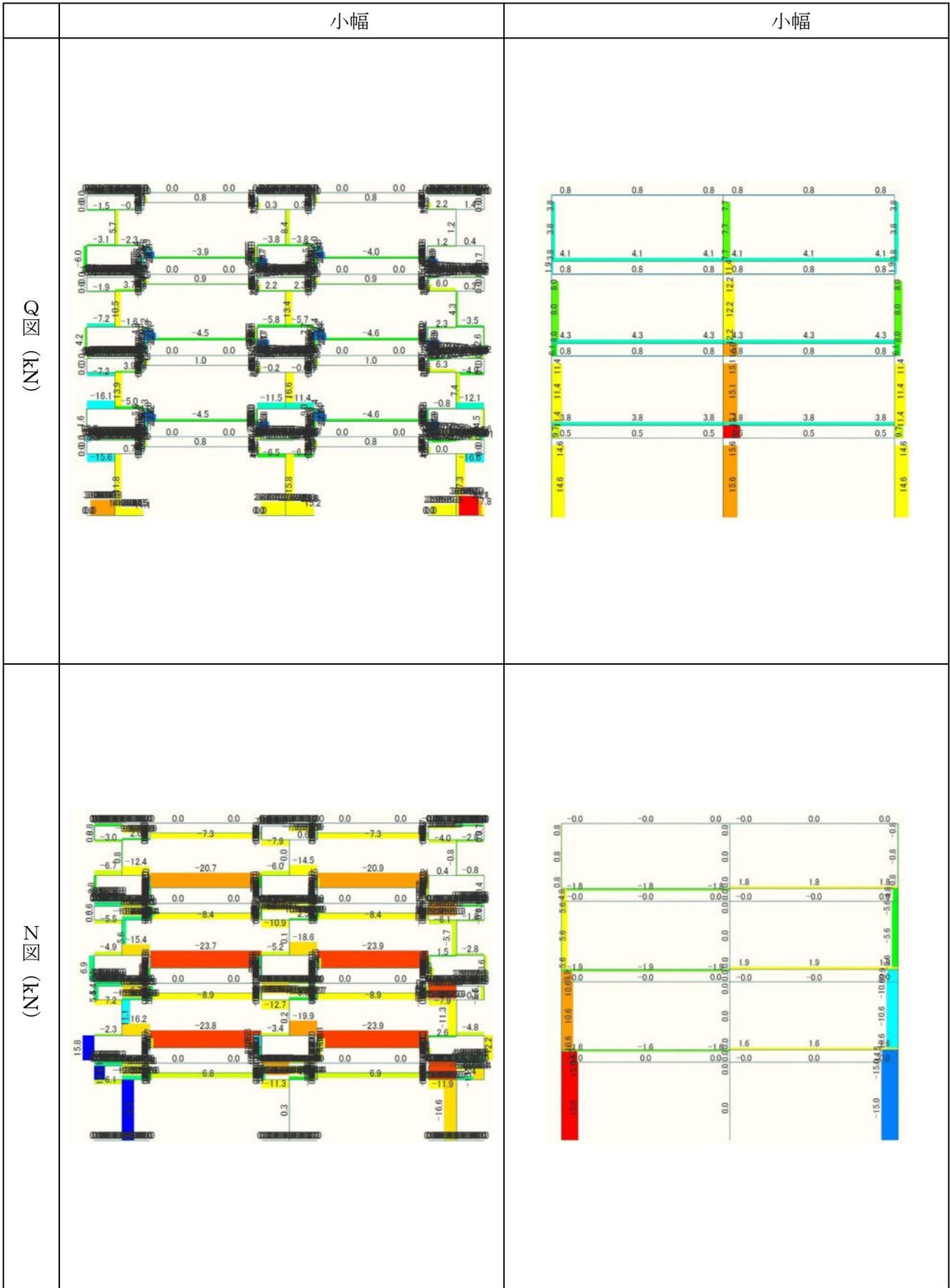
小幅、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m



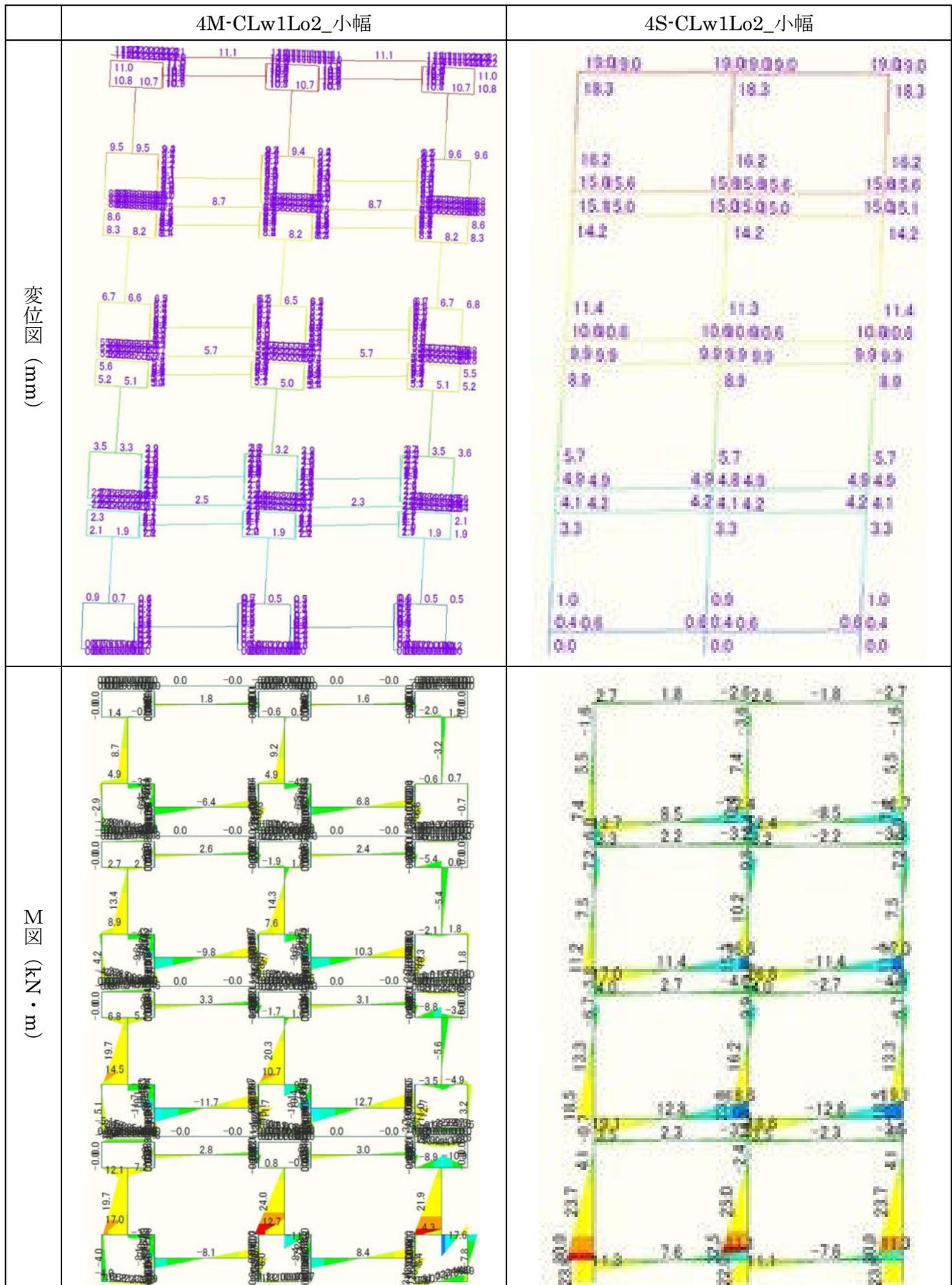


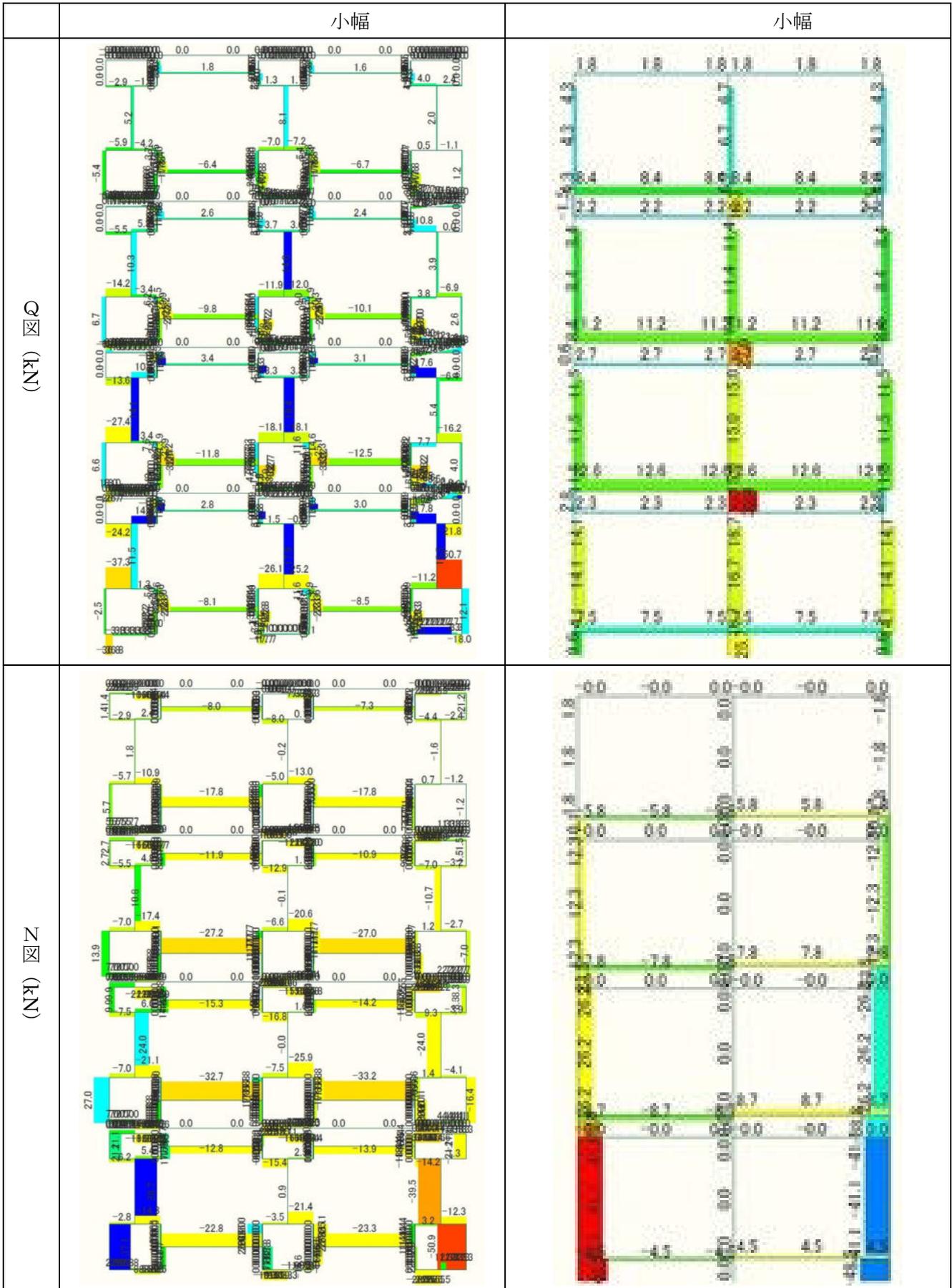
小幅、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



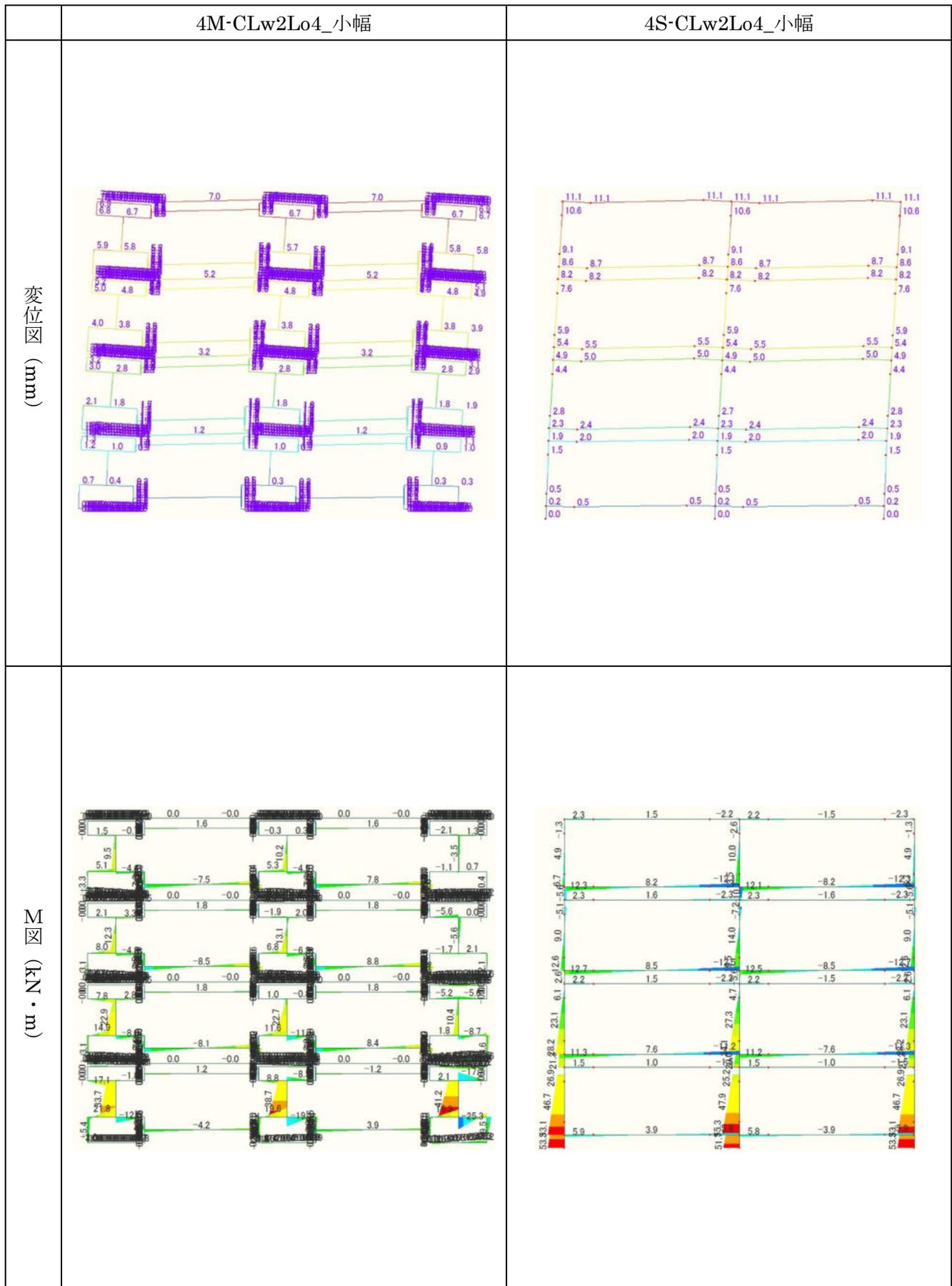


小幅、全層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅2m





小幅、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m





#### 2.4.4 まとめ

各層の変位量について詳細モデルと簡易モデルの解析結果を比較した一覧を表 2.4.4-1、表 2.4.4-2 に示す。

詳細モデルと簡易モデルの変位量の差は概ね 2~3 割程度となっており、3 層モデルと同程度の水準といえる。

6 層モデルの一部ケースについて各部材最大応力の比較を加えた一覧を表 2.4.4-3~4 に示す。

左右壁の曲げ応力・せん断応力で詳細モデルと簡易モデルの差が顕著なケースが多い。また 1 階と 2 階以上では傾向が異なることが分かる。中壁の応力差はばらつきの少ない結果となっていることから、軸力による曲げ剛性への影響によるものと考えられる。3 層モデルでも左右壁の応力のばらつきがあったが、3 層モデルに比べてフレームの高さ/幅の比率が大きくなるため、軸力も大きくなってより影響を受けていると思われ、設計用の応力として用いるには課題が残る。

表 2.4.4-1 各層変位量の解析結果比較 (6層モデル)

架構タイプ	Lw	Lo	層	水平変位	
				簡易(S) 詳細(D)	S/D
□□ A	1	1	6	41.2	1.144
				36	
			5	34.1	1.168
				29.2	
			4	26.3	1.190
				22.1	
3	18.7	1.238			
	15.1				
2	11	1.279			
	8.6				
1	4.2	1.313			
	3.2				
□□ A	2	4	6	25.5	1.159
				22	
			5	22.1	1.151
				19.2	
			4	17.9	1.147
				15.6	
3	13.2	1.158			
	11.4				
2	7.7	1.116			
	6.9				
1	2.7	1.000			
	2.7				
□□ B	1	1	6	29.3	0.993
				29.5	
			5	23.5	1.004
				23.4	
			4	17.8	1.029
				17.3	
3	12.6	1.086			
	11.6				
2	7.7	1.149			
	6.7				
1	3.9	1.345			
	2.9				
□□ B	2	4	6	8.4	1.024
				8.2	
			5	7.6	1.041
				7.3	
			4	6.5	1.048
				6.2	
3	5.2	1.061			
	4.9				
2	3.6	1.029			
	3.5				
1	1.9	0.950			
	2				
□□ C	1	1	6	25.6	0.928
				27.6	
			5	20.3	0.940
				21.6	
			4	14.9	0.949
				15.7	
3	9.9	0.971			
	10.2				
2	5.3	0.964			
	5.5				
1	1.7	0.773			
	2.2				
□□ C	2	4	6	7.5	1.087
				6.9	
			5	6.6	1.082
				6.1	
			4	5.5	1.100
				5	
3	4.3	1.132			
	3.8				
2	2.7	1.125			
	2.4				
1	1.2	1.091			
	1.1				
□□ A	1	1	6	42.8	1.138
				37.6	
			5	35.5	1.160
				30.6	
			4	27.5	1.185
				23.2	
3	19.6	1.241			
	15.8				
2	11.6	1.289			
	9				
1	4.4	1.333			
	3.3				
□□ A	2	4	6	28.5	0.925
				30.8	
			5	24.6	0.946
				26	
			4	19.9	0.952
				20.9	
3	14.5	0.960			
	15.1				
2	8.5	0.955			
	8.9				
1	3	0.909			
	3.3				
□□ B	1	1	6	29.6	0.987
				30	
			5	23.9	1.004
				23.8	
			4	18.2	1.028
				17.7	
3	12.9	1.084			
	11.9				
2	8	1.159			
	6.9				
1	4.1	1.323			
	3.1				
□□ B	2	4	6	9.1	0.958
				9.5	
			5	8.2	0.988
				8.3	
			4	7	1.000
				7	
3	5.6	1.018			
	5.5				
2	3.9	1.000			
	3.9				
1	2	0.952			
	2.1				
□□ C	1	1	6	26	0.935
				27.8	
			5	20.7	0.941
				22	
			4	15.3	0.944
				16.2	
3	10.2	0.953			
	10.7				
2	5.6	0.933			
	6				
1	1.9	0.864			
	2.2				
□□ C	2	4	6	8.1	0.988
				8.2	
			5	7.2	1.014
				7.1	
			4	6	1.034
				5.8	
3	4.6	1.045			
	4.4				
2	3	1.071			
	2.8				
1	1.2	1.000			
	1.2				
□□ A	1	1	6	43.4	1.202
				36.1	
			5	36.4	1.217
				29.9	
			4	28.5	1.234
				23.1	
3	20.5	1.281			
	16				
2	12.2	1.326			
	9.2				
1	4.7	1.424			
	3.3				
□□ B	2	4	6	32.3	0.926
				34.9	
			5	27.7	0.952
				29.1	
			4	22.2	0.974
				22.8	
3	16	0.994			
	16.1				
2	9.2	0.979			
	9.4				
1	3.1	0.912			
	3.4				
□□ B	1	1	6	28.5	1.140
				25	
			5	23.3	1.159
				20.1	
			4	17.9	1.185
				15.1	
3	12.8	1.243			
	10.3				
2	8.1	1.306			
	6.2				
1	4.3	1.433			
	3				
□□ B	2	4	6	9.8	0.990
				9.9	
			5	8.8	1.011
				8.7	
			4	7.5	1.027
				7.3	
3	6	1.053			
	5.7				
2	4.1	1.051			
	3.9				
1	2.1	1.050			
	2				
□□ C	1	1	6	24.8	1.083
				22.9	
			5	19.7	1.088
				18.1	
			4	14.6	1.106
				13.2	
3	10.8	1.256			
	8.6				
2	5.3	1.152			
	4.6				
1	1.8	1.125			
	1.6				
小幅 A	1	1	6	62.1	1.237
				50.2	
			5	52.5	1.247
				42.1	
			4	41.3	1.255
				32.9	
3	29.3	1.285			
	22.8				
2	16.4	1.302			
	12.6				
1	5.1	1.308			
	3.9				
小幅 A	2	4	6	38.9	1.090
				35.7	
			5	30.9	1.080
				28.6	
			4	22.8	1.027
				22.2	
3	15	1.087			
	13.8				
2	7.8	1.114			
	7				
1	2.2	1.100			
	2				
小幅 B	1	1	6	29.1	0.980
				29.7	
			5	24	0.988
				24.3	
			4	18.6	0.995
				18.7	
3	13.3	1.023			
	13				
2	8.1	1.052			
	7.7				
1	3.5	1.061			
	3.3				
小幅 B	2	4	6	12.9	0.949
				13.6	
			5	11	0.957
				11.5	
			4	8.8	0.967
				9.1	
3	6.3	0.984			
	6.4				
2	3.6	0.973			
	3.7				
1	1.2	0.923			
	1.3				
小幅 C	1	1	6	27.2	0.986
				27.6	
			5	22.2	0.996
				22.3	
			4	16.9	1.006
				16.8	
3	11.7	1.045			
	11.2				
2	6.6	1.082			
	6.1				
1	2.3	1.150			
	2				
小幅 C	2	4	6	13	0.992
				13.1	
			5	11.1	1.009
				11	
			4	8.8	1.023
				8.6	
3	6.4	1.067			
	6				
2	3.7	1.121			
	3.3				
1	1.3	1.300			
	1				

表 2.4.4-2 各層変位量の解析結果比較 (4層モデル)

架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位		架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位	
				簡易(S)	S/D					簡易(S)	S/D
				詳細(D)						詳細(D)	
ロコ A	1	1	4	24.1	1.217	小幅 A	1	1	4	35.9	1.158
				19.8						31	
			3	19.1	1.273				3	27.9	1.187
				15						23.5	
			2	12.5	1.330				2	17.4	1.200
				9.4						14.5	
			1	5.4	1.350				1	6.6	1.245
				4						5.3	
ロコ A	2	4	4	20.2	0.971	小幅 A	2	4	4	20.5	0.923
				20.8						22.2	
			3	15.7	1.019				3	14.5	0.948
				15.4						15.3	
			2	10.1	1.031				2	8.3	0.976
				9.8						8.5	
			1	4.2	1.024				1	3.1	1.107
				4.1						2.8	
ロコ B	1	1	4	15.2	1.041	小幅 B	1	1	4	18.9	1.322
				14.6						14.3	
			3	12.1	1.110				3	15	1.364
				10.9						11	
			2	8.5	1.197				2	10.2	1.378
				7.1						7.4	
			1	5.1	1.308				1	5.1	1.342
				3.9						3.8	
ロコ B	2	4	4	7.4	1.104	小幅 B	2	4	4	11.4	1.462
				6.7						7.8	
			3	6.4	1.123				3	8.4	1.424
				5.7						5.9	
			2	4.9	1.140				2	5.2	1.368
				4.3						3.8	
			1	2.9	1.115				1	2.1	1.235
				2.6						1.7	
ロコ C	1	2	4	9.4	1.056	小幅 C	1	2	4	19	1.712
				8.9						11.1	
			3	7.6	1.118				3	15	1.724
				6.8						8.7	
			2	5.1	1.159				2	9.9	1.737
				4.4						5.7	
			1	2.3	1.095				1	4.2	1.680
				2.1						2.5	
ロコ C	2	4	4	5.8	1.137	小幅 C	2	4	4	11.1	1.586
				5.1						7	
			3	4.8	1.171				3	8.2	1.577
				4.1						5.2	
			2	3.4	1.214				2	5	1.563
				2.8						3.2	
			1	1.6	1.143				1	2	1.667
				1.4						1.2	





## 2. 5 その他架構形式の簡易モデル

### 2. 5. 1 検証方針

大版パネル架構、小幅パネル架構以外に用いられる CLT 工法の架構形式について、前節までと同様に詳細モデルと簡易モデルの比較を行う。対象とする架構は集成材梁勝ち架構（図 2.5.1-1）、鉄骨梁勝ち架構（図 2.5.1-2）、通し壁架構（図 2.5.1-3）とし、次節に示すパラメータを変化させた詳細モデル、簡易モデルをそれぞれ作成して解析結果を比較する。

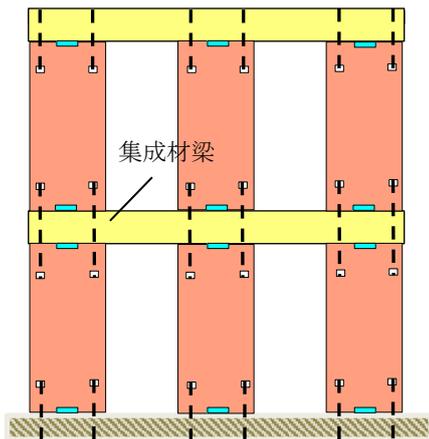


図 2.5.1-1 集成材梁勝ち架構

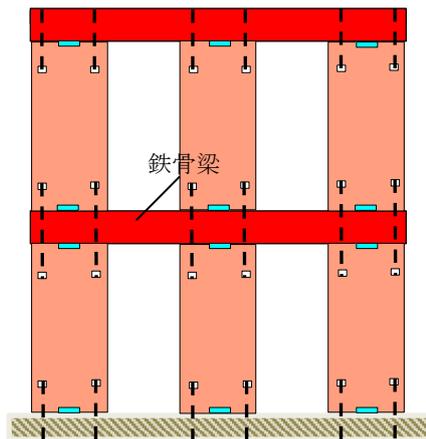


図 2.5.1-2 鉄骨梁勝ち架構

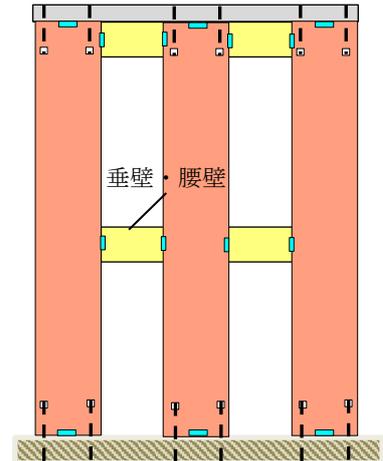


図 2.5.1-3 通し壁架構

### 2. 5. 2 解析パラメータ

本検討における解析パラメータを表 2.5.2-1 に示す。パラメータは架構形式、階数、壁幅、開口幅の 4 種類とする。

表 2.5.2-1 解析パラメータ一覧

パラメータ①	パラメータ②	パラメータ③	パラメータ④
架構形式	階数	壁幅 $L_w$ (m)	開口幅 $L_o$ (m)
集成材梁勝ち架構	3	1	0
鉄骨梁勝ち架構	6	2	1
通し壁架構	全層垂壁のみ (A)	-	4
	1層垂壁のみ		
	2・3層垂腰壁あり (B)		
	全層垂腰壁あり (C)		

## 2. 5. 3 静的解析による検証

### (1) 解析モデル

解析パラメータ以外の解析条件は以下の通りとする。

#### A) 架構条件

架構条件は表 2.5.3-1 に示す通りとする。

表 2.5.3-1 共通架構条件

スパン	2
階高	3m
垂壁高さ	500mm
腰壁高さ	900mm

#### B) 荷重条件

本検討においては、長期荷重は考慮しない。

各階の水平力は  $A_i$  分布を用いて表 2.5.3-2 に示す通り定め、各層梁端部に節点荷重として入力した。

表 2.5.3-2 各階の水平力

階	水平力 (kN)	
	3層モデル	6層モデル
6	-	16.3
5	-	13.3
4	-	10.5
3	12.2	8.4
2	10.4	6.6
1	7.4	4.8

#### C) CLT パネル

各部の CLT パネルの仕様は表 2.5.3-3 に示す通りとする。

表 2.5.3-3 CLT パネル仕様と諸元

		強度等級	板厚	E
壁パネル	3層モデル	S60-3-3	90mm	4000N/mm <sup>2</sup> (面内強軸)
	6層モデル	S90-5-7	210mm	6428N/mm <sup>2</sup> (面内強軸)
床パネル		Mx60-5-7	210mm	5536N/mm <sup>2</sup> (面外強軸)

#### D) 接合部

##### (ア) 詳細モデルの圧縮接合部

圧縮接合部の剛性一覧を表 2.5.3-4 に示す。

表 2.5.3-4 詳細モデルの圧縮接合部剛性

部位	支圧剛性 (N/mm <sup>2</sup> )	めり込み剛性 (N/mm <sup>2</sup> )
壁-基礎接合部	15.6	-
壁-床接合部	-	(6000÷30) ÷ 210=0.95
袖壁-垂壁、袖壁-腰壁接合部	-	(6000÷30) × 1.5 ÷ 120=2.50

(イ) 詳細モデルの引張接合部

引張接合部の剛性を表 2.5.3-5 に示す。

表 2.5.3-5 詳細モデルの引張接合部剛性

部位	引張剛性 (kN/mm)	
	3層モデル	6層モデル
壁-基礎接合部	35 (1-M16)	105.59 (4-M20)
壁-壁接合部	38 (1-M20)	71.65 (4-M20)
壁-床接合部	38 (1-M20)	65.34 (4-M20)

(ウ) 詳細モデルのせん断接合部

せん断接合部は簡易モデルと前提条件を合わせるためすべて剛とし、剛性を高めた弾性要素として設定した。また、垂壁および腰壁パネルを個別に回転させるために、垂腰壁-床間にはせん断接合部を設けないものとした。

(エ) 簡易モデルの接合部

簡易モデルに設定した壁端部の回転ばね及び軸ばね性能を表 2.5.3-6 に示す。

表 2.5.3-6 簡易モデルの接合部剛性

部位		3層モデル		6層モデル	
		回転ばね (kN・m/rad)	軸ばね (kN/m)	回転ばね (kN・m/rad)	軸ばね (kN/m)
壁-基礎接合部	壁幅 1m	19147	19147	55401.8	1743590
	壁幅 2m	98201	98201	287810.3	3381590
壁-床接合部	壁幅 1m	8512.5	8512.5	17030.2	330680
	壁幅 2m	56182	56182	108106.1	530680
壁-垂壁接合部		1171.9	-	2734.4	-
壁-腰壁接合部		6834.4	-	15956.9	-
壁-垂腰壁接合部		39124.5	-	91290.5	-

以上の条件により検討を行った解析モデルのパラメータ組み合わせ一覧を表 2.5.3-7 に示す。

表 2.5.3-7 解析ケース一覧 (その他架構形式)

(a) 集成材梁勝ち架構 3層

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	
3M-ALw1Lo1_WG	詳細モデル	2スパン架構	1	1	3	3S-ALw1Lo1_WG	簡易モデル	2スパン架構	1	1	
3M-ALw1Lo4_WG				4		3S-ALw1Lo4_WG				4	
3M-ALw2Lo1_WG		2	1	3S-ALw2Lo1_WG		1					
3M-ALw2Lo4_WG			4	3S-ALw2Lo4_WG		4					
3M-BLw1Lo0_WG		連続壁架構	1	0		3S-BLw1Lo0_WG		1	0		
3M-BLw2Lo0_WG			2	0		3S-BLw2Lo0_WG		2	0		

(b) 鉄骨梁勝ち架構 3層

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	
3M-ALw1Lo1_SG	詳細モデル	2スパン架構	1	1	3	3S-ALw1Lo1_SG	簡易モデル	2スパン架構	1	1	
3M-ALw1Lo4_SG				4		3S-ALw1Lo4_SG				4	
3M-ALw2Lo1_SG		2	1	3S-ALw2Lo1_SG		1					
3M-ALw2Lo4_SG			4	3S-ALw2Lo4_SG		4					
3M-BLw1Lo0_SG		連続壁架構	1	0		3S-BLw1Lo0_SG		1	0		
3M-BLw2Lo0_SG			2	0		3S-BLw2Lo0_SG		2	0		

(c) 通し壁架構

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層	解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			層
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)				架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	
3M-ALw1Lo1_TW	詳細モデル	全層垂直壁のみ	1	1	3	3S-ALw1Lo2_TW	簡易モデル	全層垂直壁のみ	1	2	
3M-ALw2Lo4_TW				4		3S-ALw2Lo4_TW				4	
3M-BLw1Lo1_TW		2・1層垂直壁のあり	1	1		3S-BLw1Lo4_TW		1	4		
3M-BLw2Lo4_TW						2				4	3S-BLw2Lo4_TW
3M-CLw1Lo2_TW		全層垂直壁あり	1	2		3S-CLw1Lo2_TW		1	2		
3M-CLw2Lo4_TW						2				4	3S-CLw2Lo4_TW

(d) 集成材梁勝ち架構 6 層

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層
6M-ALw1Lo1_WG	詳細モデル	2スパン	1	1	6
6M-ALw2Lo4_WG		2	4		
6M-BLw1Lo0_WG		連続壁	1	0	

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層
6S-ALw1Lo1_WG	簡易モデル	2スパン	1	1	6
6S-ALw2Lo4_WG		2	4		
6S-BLw1Lo0_WG		連続壁	1	0	

(e) 鉄骨梁勝ち架構 6 層

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層
6M-ALw1Lo1_SG	詳細モデル	2スパン	1	1	6
6M-ALw2Lo4_SG		2	4		
6M-BLw1Lo0_SG		連続壁	1	0	

解析ケース名称	モデル化方法	パラメータ			
		架構形式	壁幅 (m)	開口幅 (m)	層
6S-ALw1Lo1_SG	簡易モデル	2スパン	1	1	6
6S-ALw2Lo4_SG		2	4		
6S-BLw1Lo0_SG		連続壁	1	0	

集成材梁勝ち架構の解析モデル化例を図 2.5.1-4 に、鉄骨梁勝ち架構の解析モデル化例を図 2.5.1-5 に、通し壁架構の解析モデル化例を図 2.5.1-6 にそれぞれ示す。

① 集成材梁勝ち架構

詳細モデルでは、壁上下端の梁との接触面を等間隔分布した圧縮ばねとし、小幅パネル架構と同様に壁の左右両側に梁を貫通して上下階の壁を接続する引張ばねを配置する。

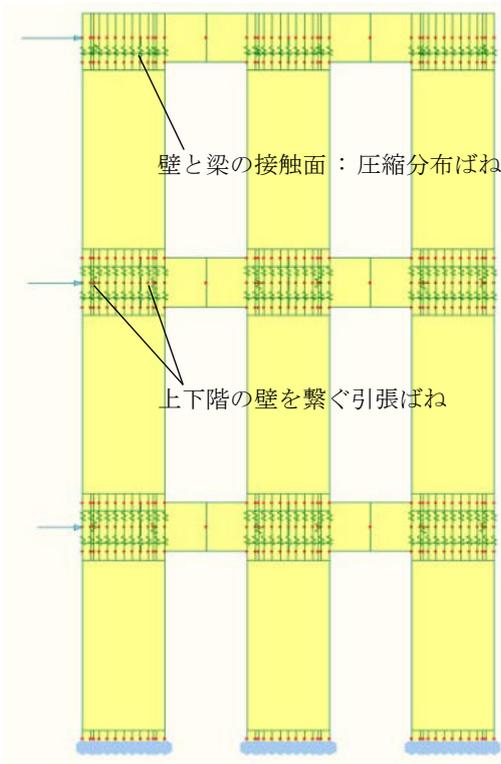
簡易モデルでは壁上下端に表 2.5.3-6 の回転ばね及び軸ばねを入力し、壁と梁の端部に剛域を仮定する。剛域長さは、壁については梁のフェイスまで、梁については壁のフェイスから梁せい の 1/2 の点までとする。

② 鉄骨梁勝ち架構

集成材梁勝ち架構と同様にモデル化するが、鉄骨梁の表面は基礎と同様にめり込みが生じないと考えて壁パネルの支圧剛性を用い、簡易モデルの梁剛域はなしとする。

③ 通し壁架構

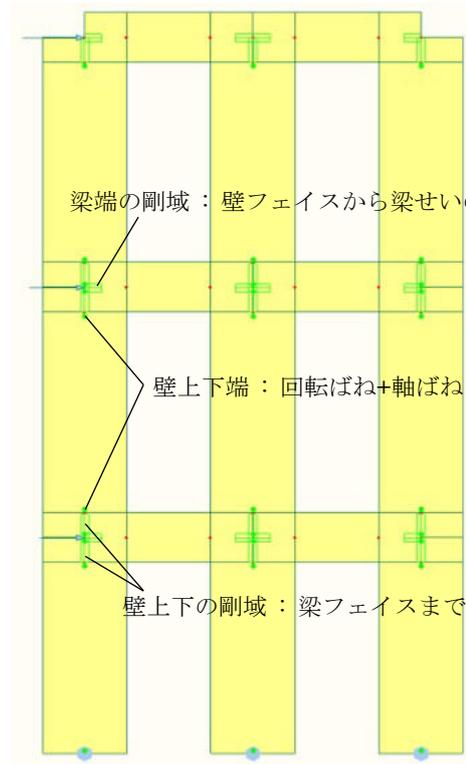
通し壁架構モデルでは、腰壁と垂壁は一体のパネルとする。詳細モデルにおいても、中間階の床はモデル化せず、垂腰壁高さは床心とする。それ以外は小幅パネル架構と同様にモデル化を行う。



壁と梁の接触面：圧縮分布ばね+剛なせん断ばね

上下階の壁を繋ぐ引張ばね

(a) 詳細モデル



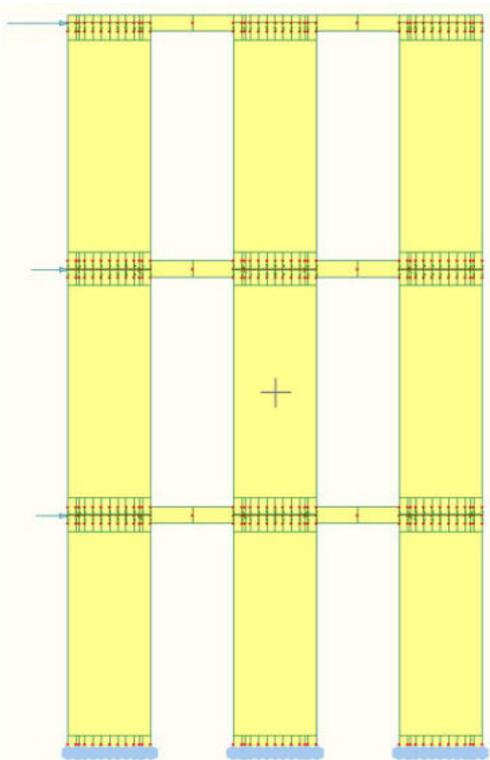
梁端の剛域：壁フェイスから梁せいりの1/2まで

壁上下端：回転ばね+軸ばね

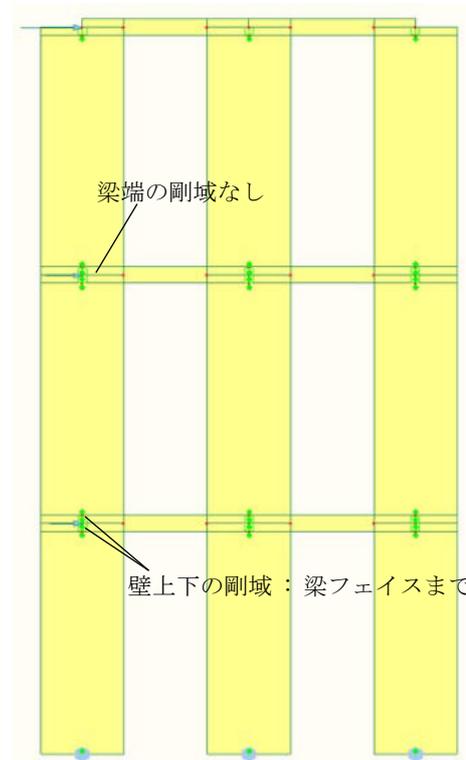
壁上下の剛域：梁フェイスまで

(b) 簡易モデル

図 2.5.1-4 解析モデル例 (集成材梁勝ち、壁幅 1m、開口幅 1m)



(a) 詳細モデル

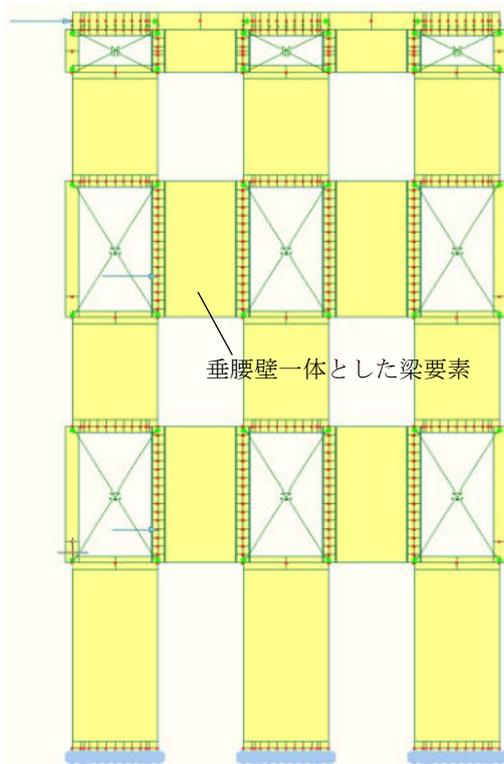


梁端の剛域なし

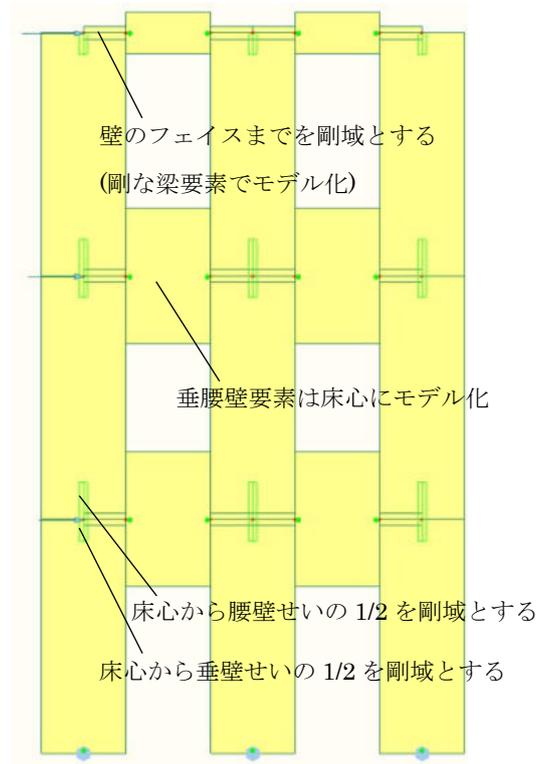
壁上下の剛域：梁フェイスまで

(b) 簡易モデル

図 2.5.1-5 解析モデル例 (鉄骨梁勝ち、壁幅 1m、開口幅 1m)



(a) 詳細モデル



(b) 簡易モデル

図 2.5.1-6 解析モデル例 (通し壁、1層垂壁のみ2・3階垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m)

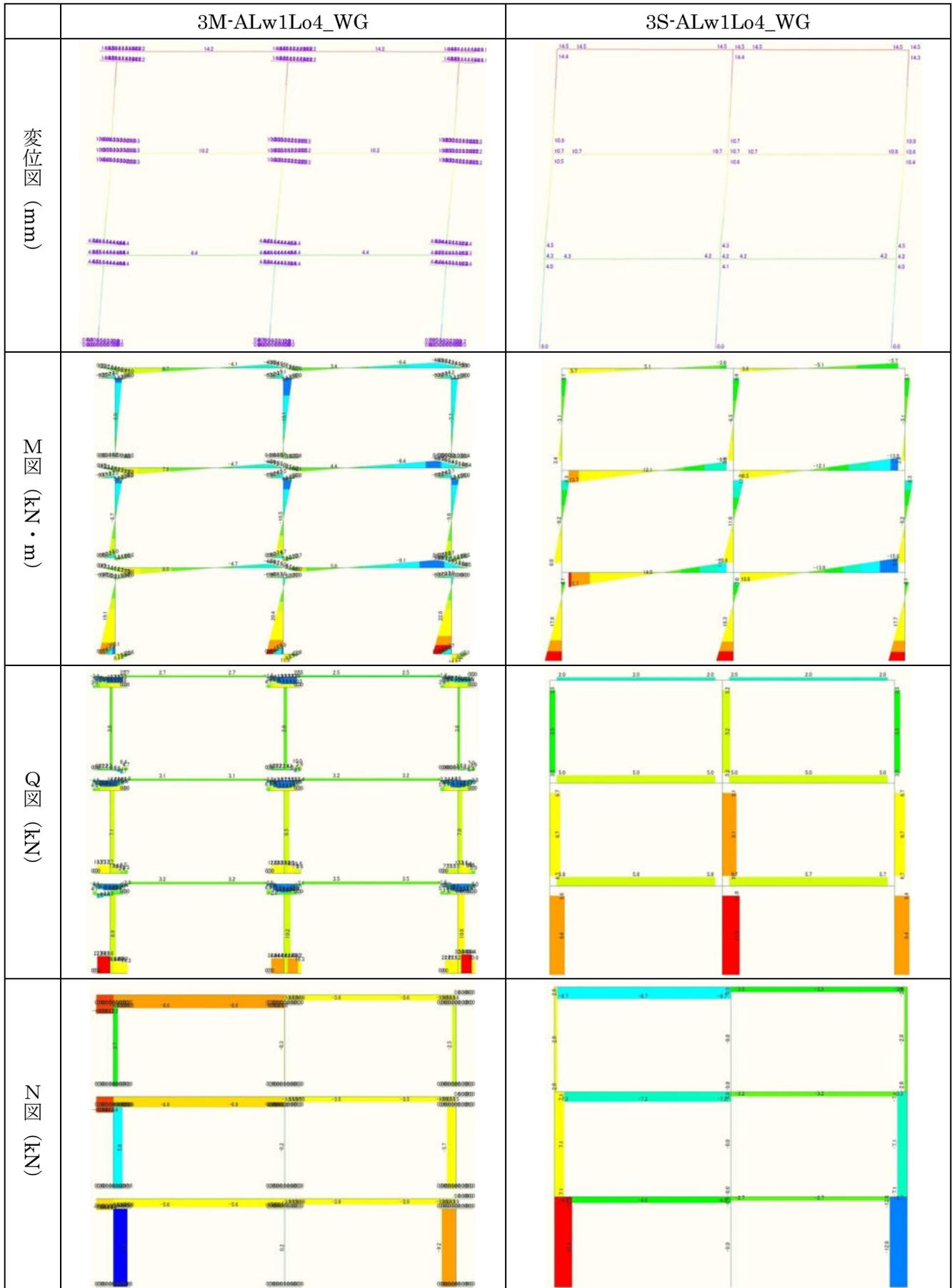
(2) 解析結果

各解析モデルの変位および応力計算結果を以下に示す。

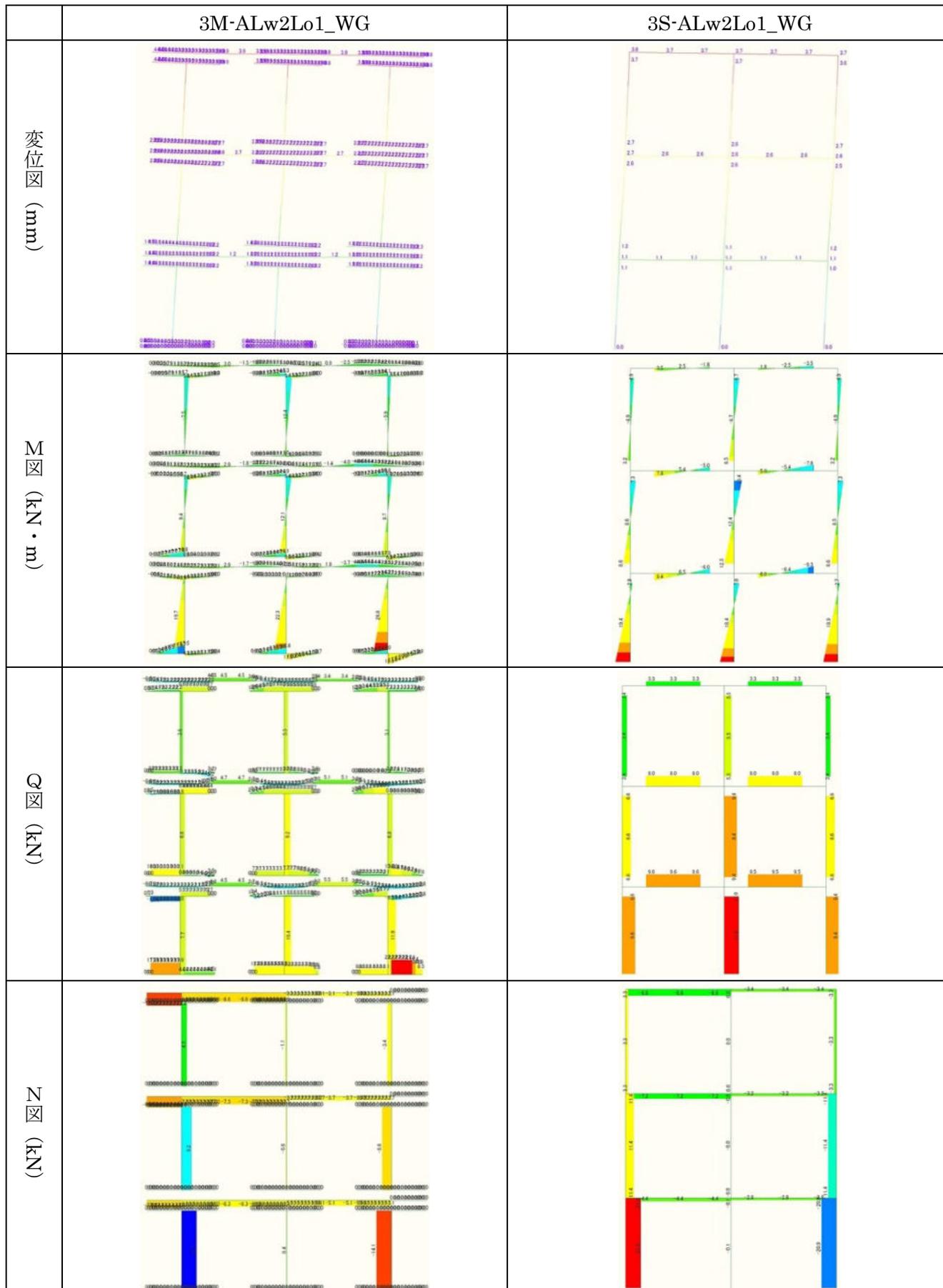
集成材梁勝ち架構、壁幅 1m、開口幅 1m

	3M-ALw1Lo1_WG	3S-ALw1Lo1_WG
変位図 (mm)		
M 図 (kN・m)		
Q 図 (kN)		
N 図 (kN)		

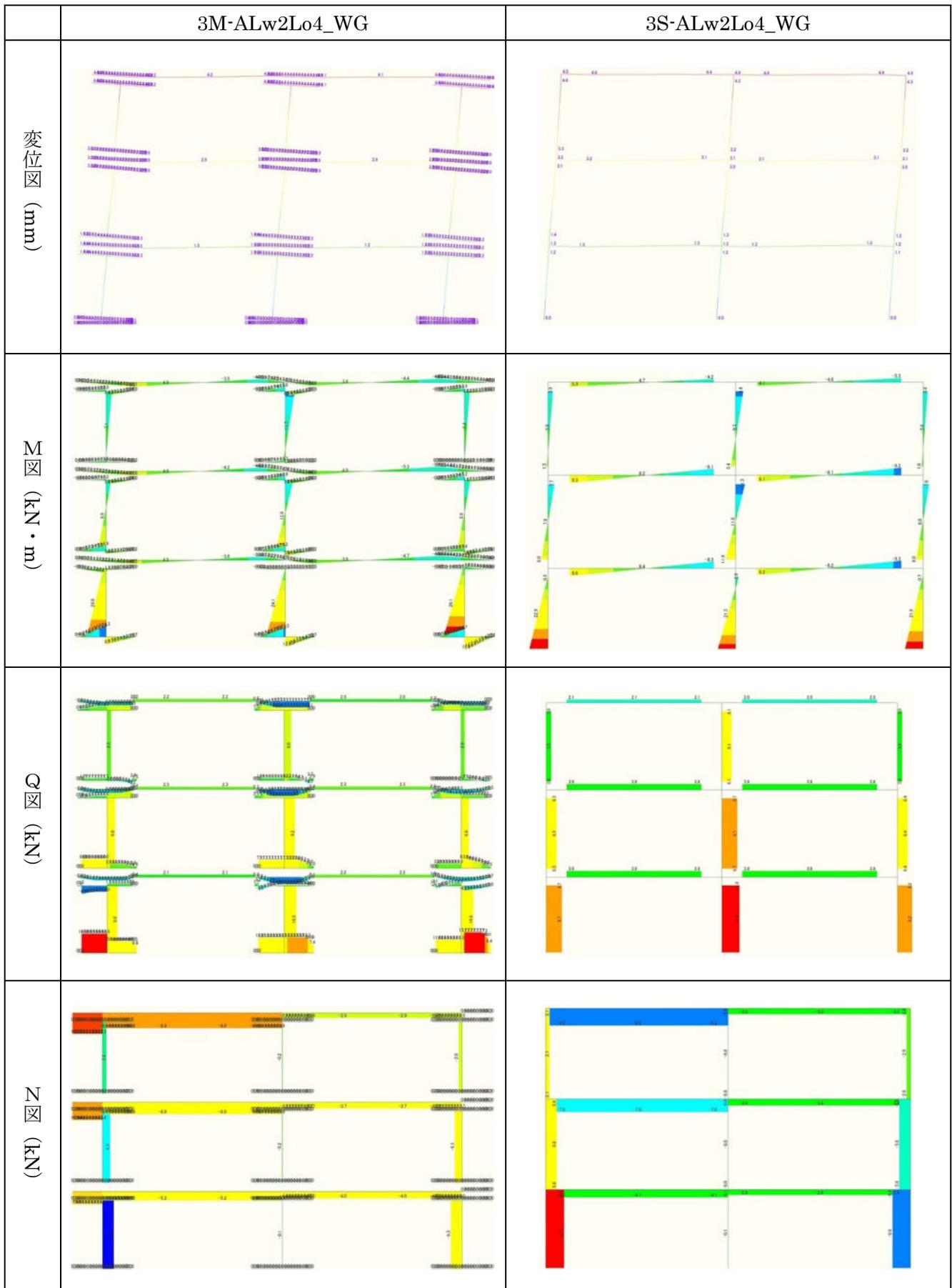
集成材梁勝ち架構、壁幅 1m、開口幅 4m



集成材梁勝ち架構、壁幅 2m、開口幅 1m



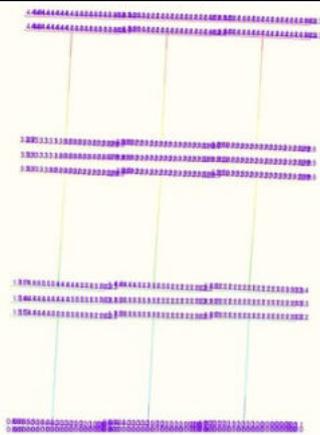
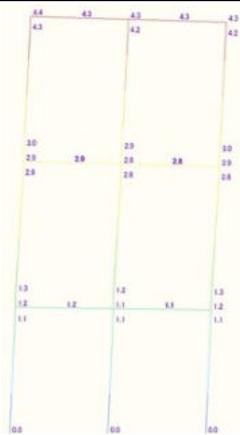
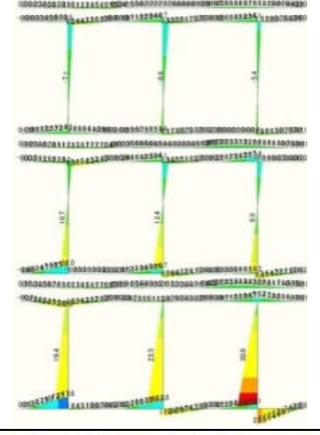
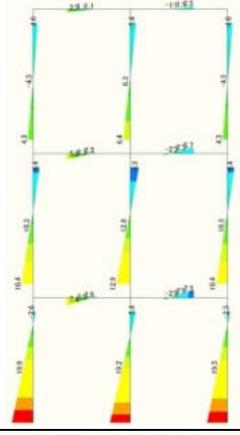
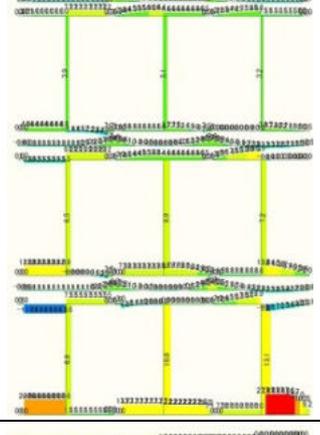
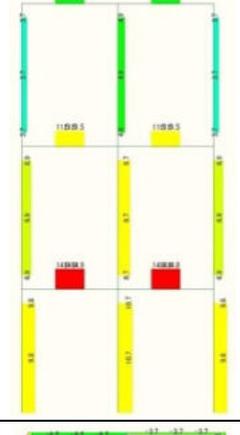
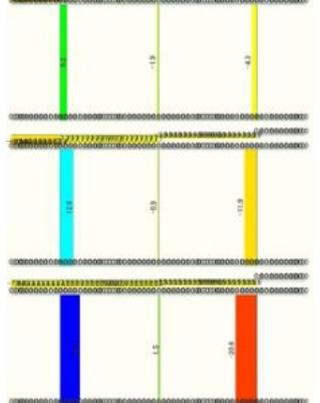
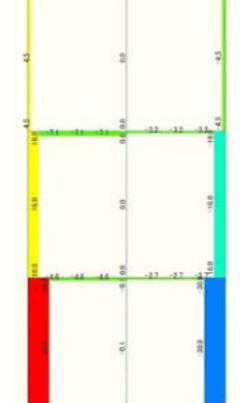
集成材梁勝ち架構、壁幅 2m、開口幅 4m



集成材梁勝ち架構、壁幅 1m、開口なし

	3M-BLw1Lo0_WG	3S-BLw1Lo0_WG
変位図 (mm)		
M 図 (kN・m)		
Q 図 (kN)		
N 図 (kN)		

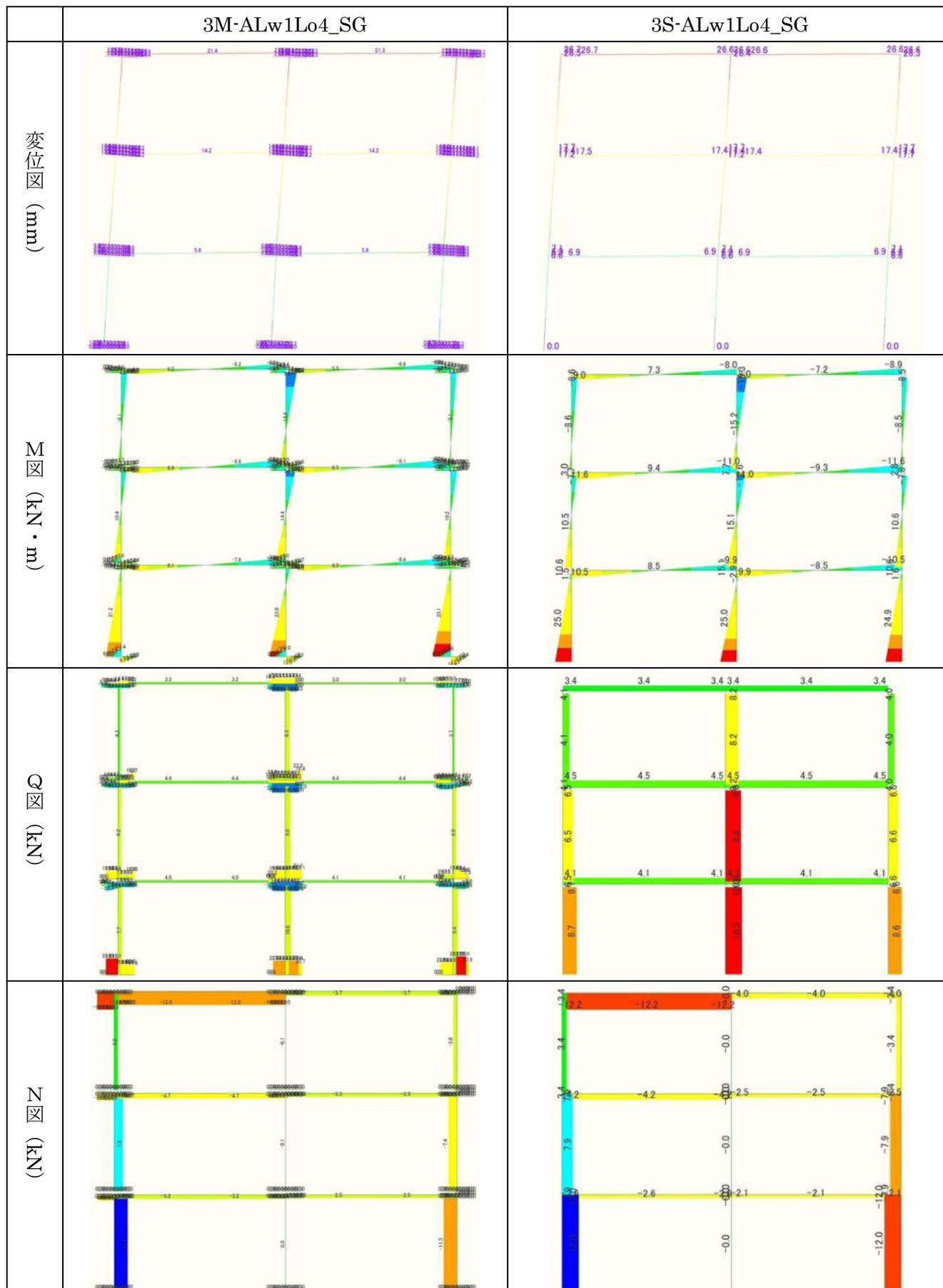
集成材梁勝ち架構、壁幅 2m、開口なし

	3M-BLw2Lo0_WG	3S-BLw2Lo0_WG
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		
Q図 (kN)		
N図 (kN)		

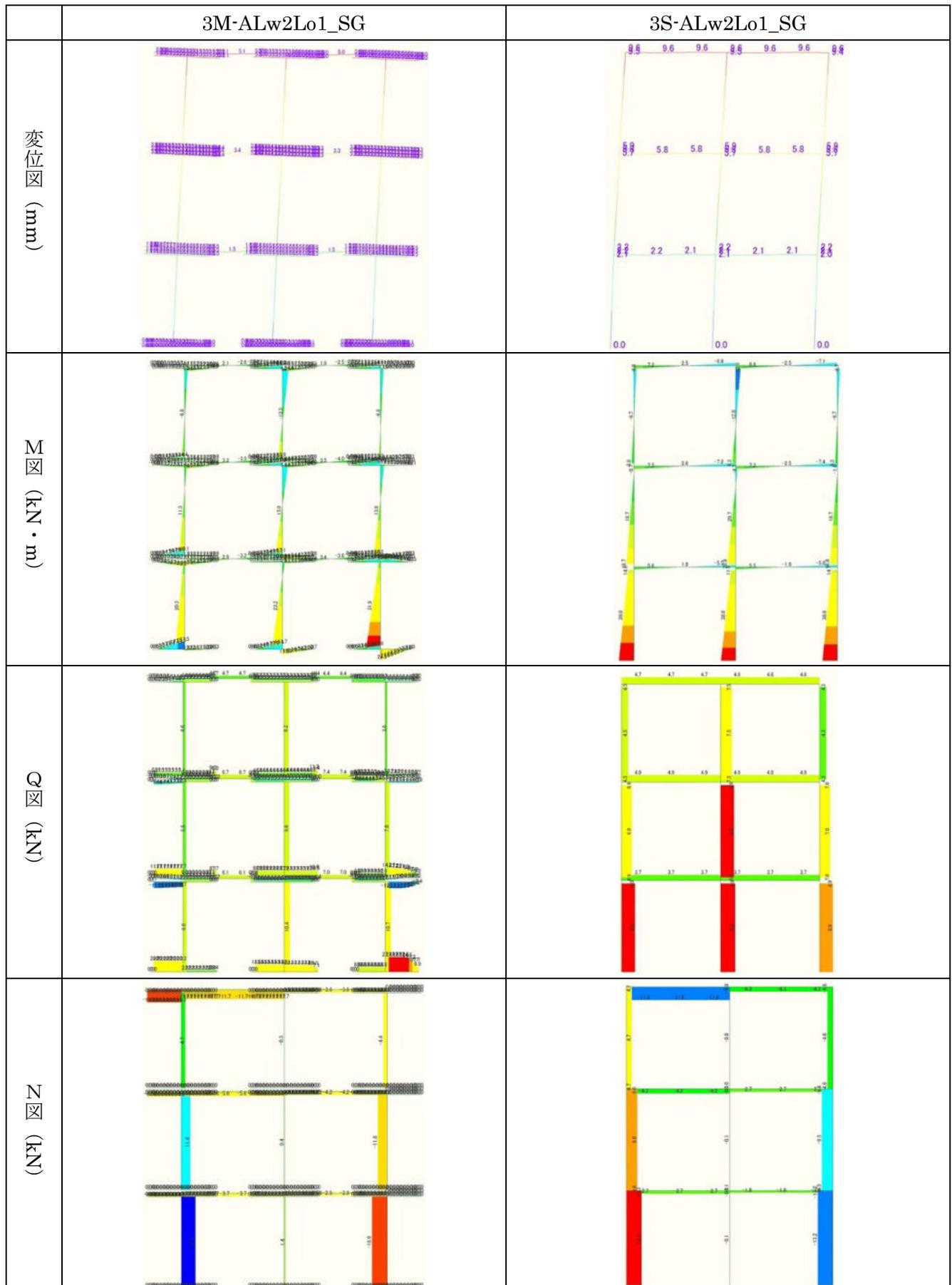
鉄骨梁勝ち架構、壁幅 1m、開口幅 1m

	3M-ALw1Lo1_SG	3S-ALw1Lo1_SG
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		
Q図 (kN)		
N図 (kN)		

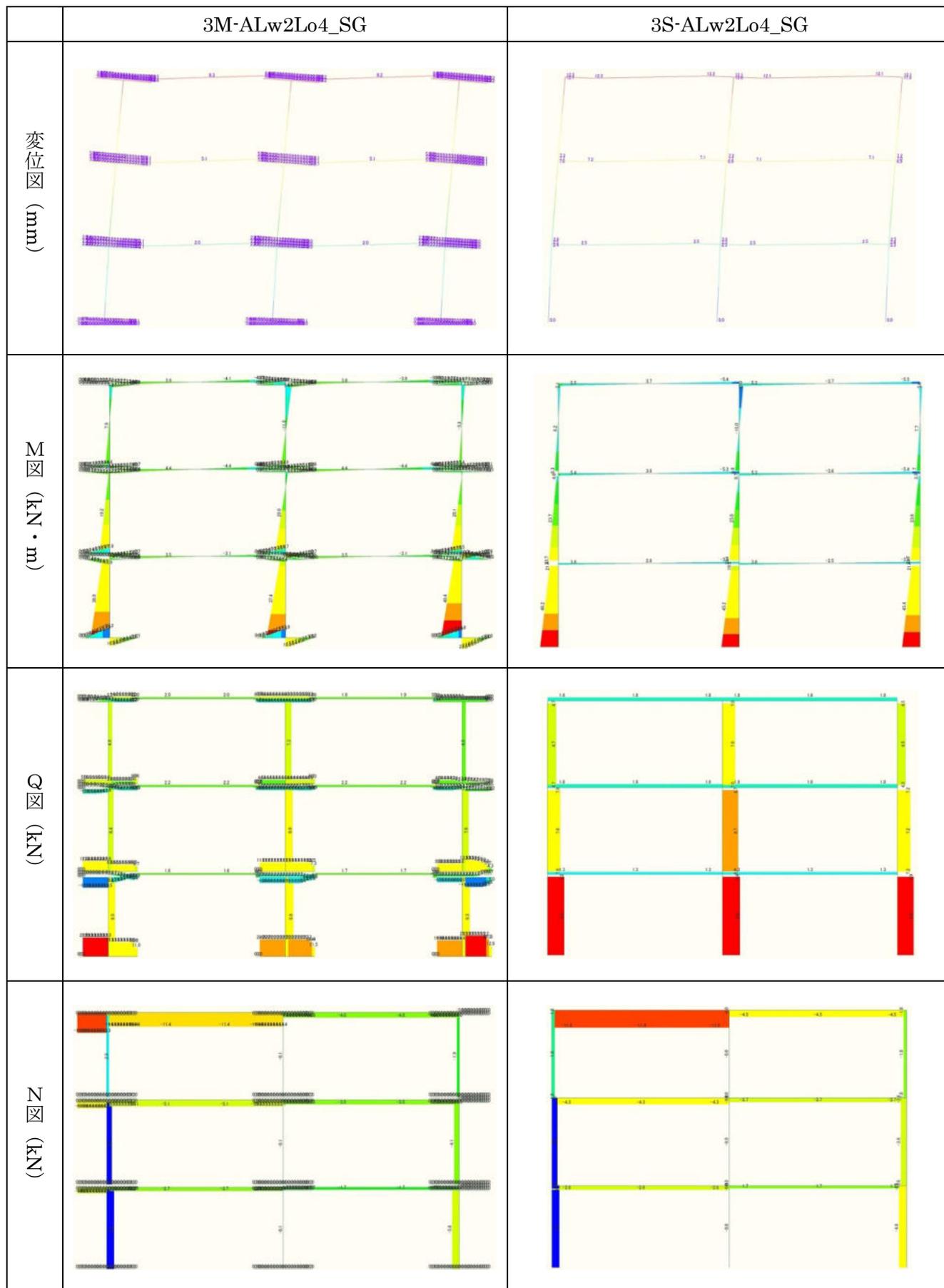
鉄骨梁勝ち架構、壁幅 1m、開口幅 4m



鉄骨梁勝ち架構、壁幅 2m、開口幅 1m



鉄骨梁勝ち架構、壁幅 2m、開口幅 4m



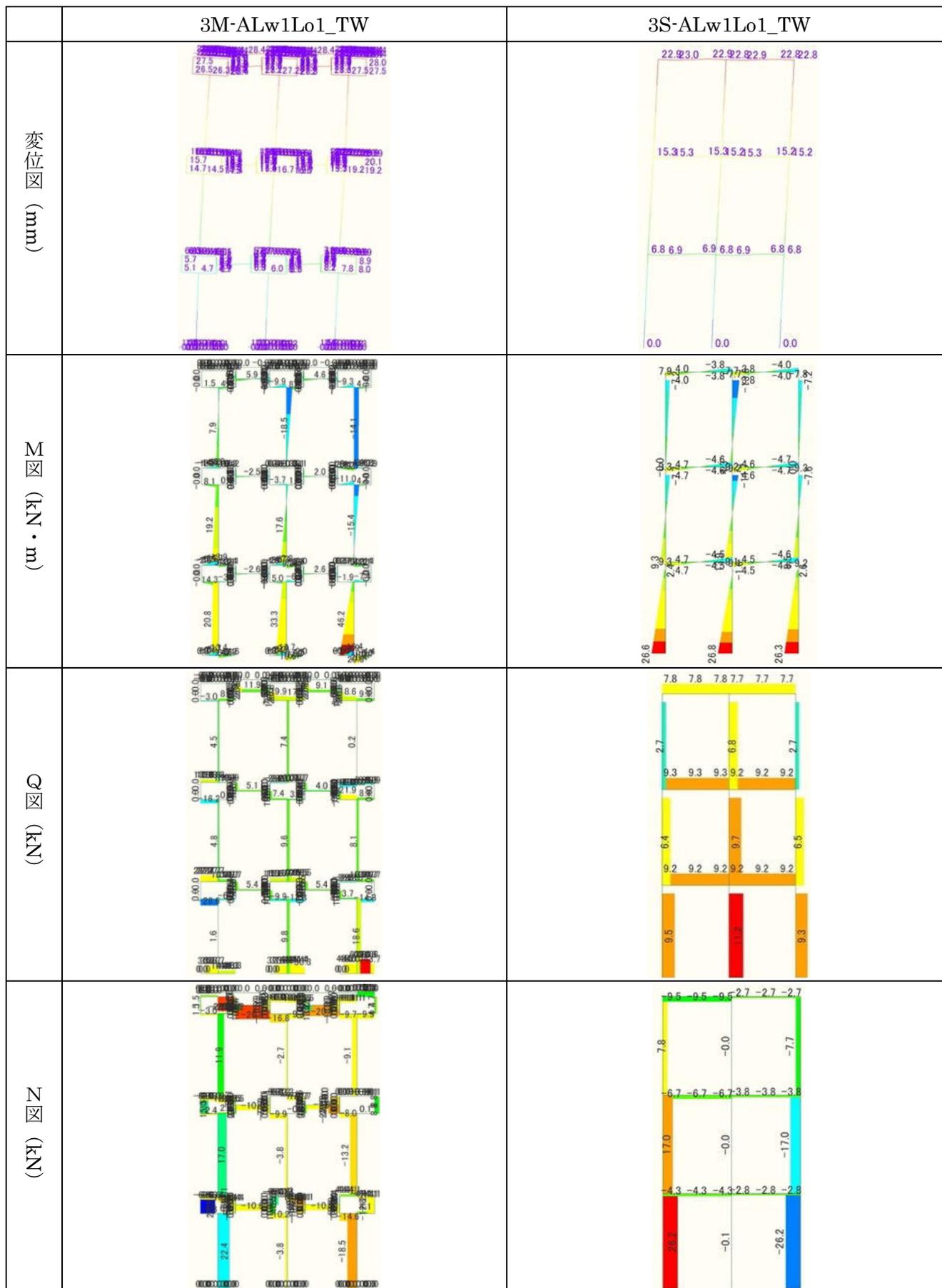
鉄骨梁勝ち架構、壁幅 1m、開口なし

	3M-BLw1Lo0_SG	3S-BLw1Lo0_SG
変位図 (mm)		
M 図 (kN・m)		
Q 図 (kN)		
N 図 (kN)		

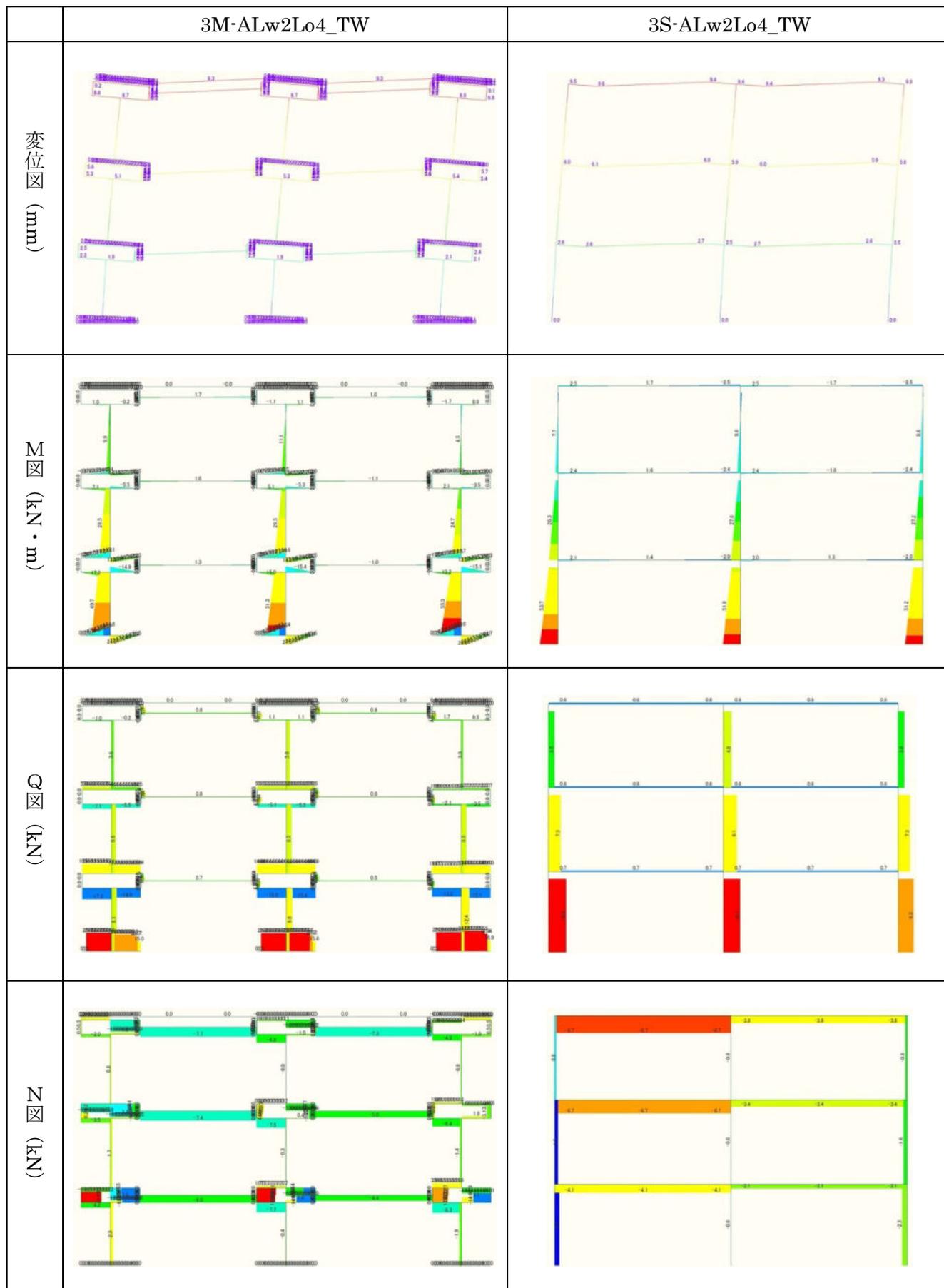
鉄骨梁勝ち架構、壁幅 2m、開口なし

	3M-BLw2Lo0_SG	3S-BLw2Lo0_SG
変位図 (mm)		
M 図 (kN・m)		
Q 図 (kN)		
N 図 (kN)		

通し壁架構、全層垂壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m



通し壁架構、全層垂壁のみ、壁幅 2m、開口幅 4m



通し壁架構、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m

	3M-BLw1Lo1_TW	3S-BLw1Lo1_TW
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		
Q図 (kN)		
N図 (kN)		

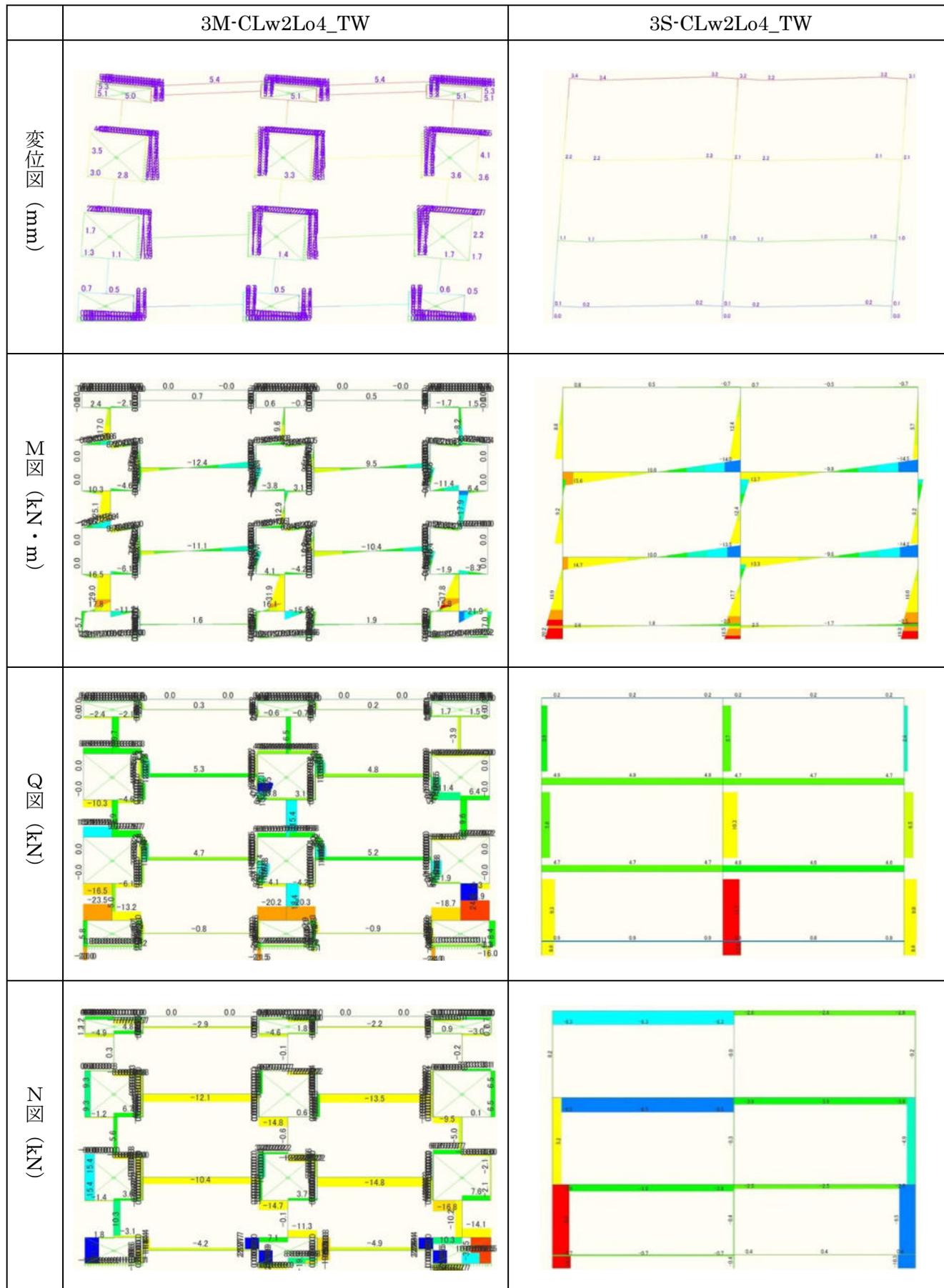
通し壁架構、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m

	3M-BLw2Lo4_TW	3S-BLw2Lo4_TW
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		
Q図 (kN)		
N図 (kN)		

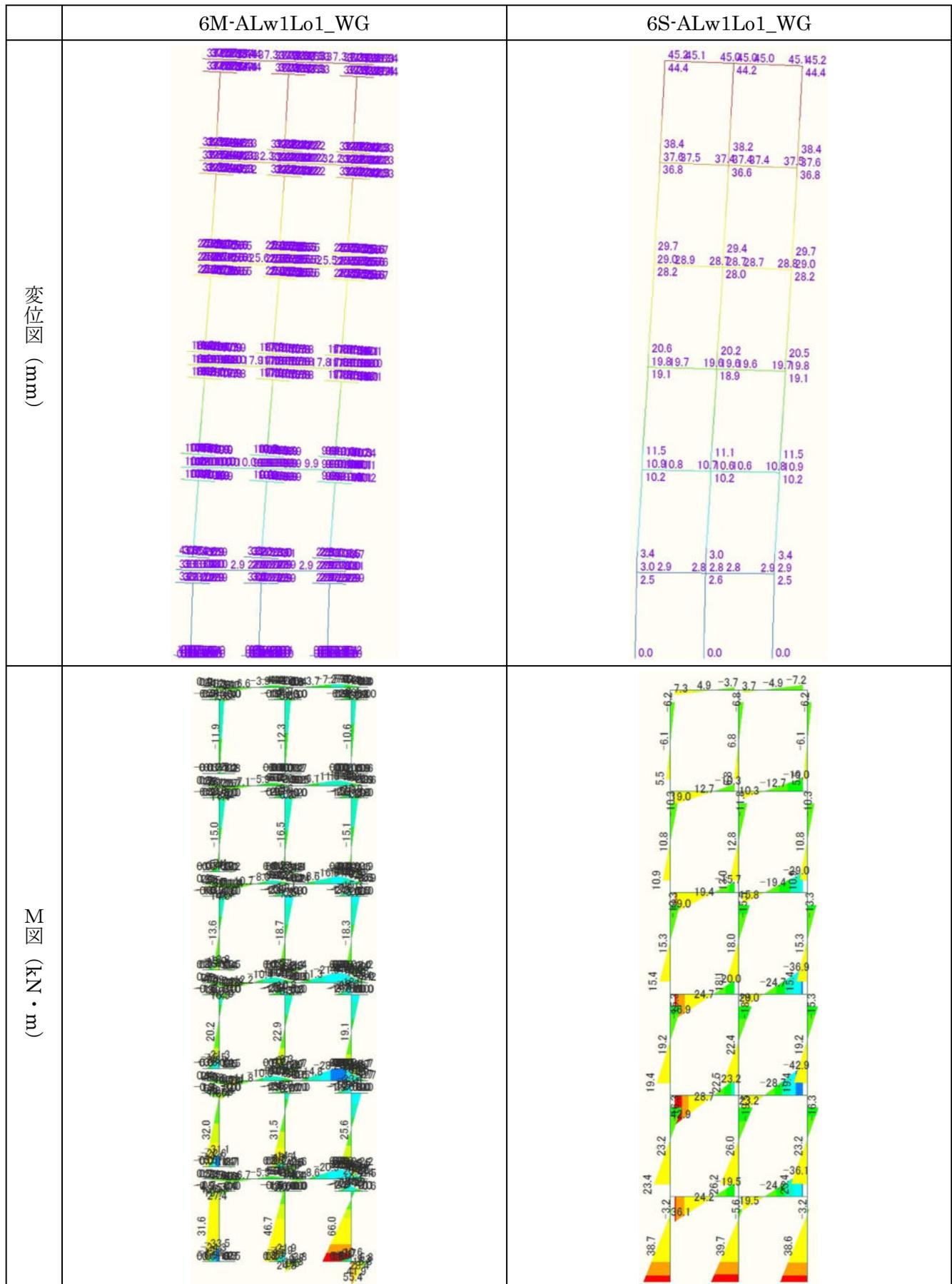
通し壁架構、全層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m

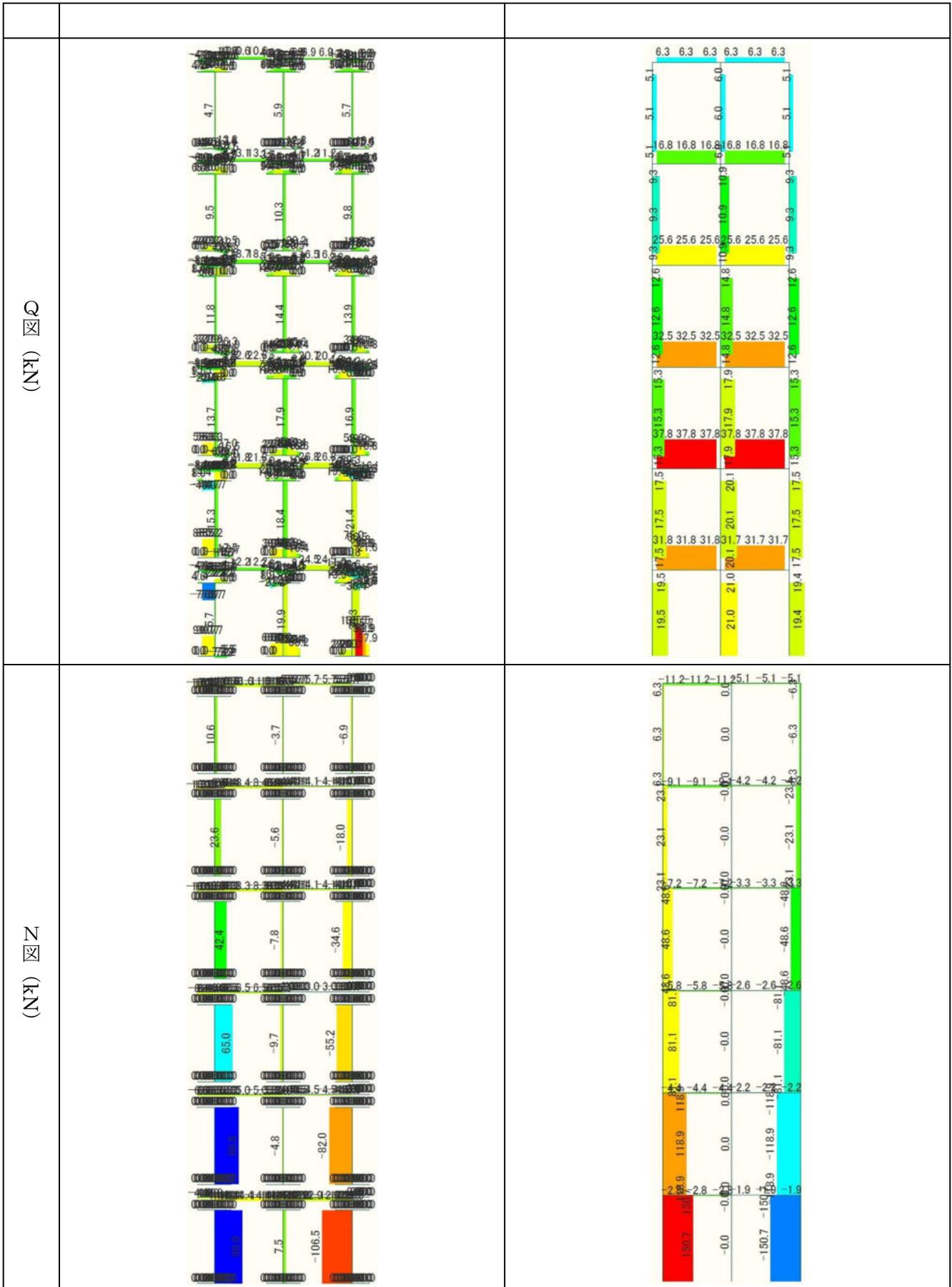
	3M-CLw1Lo1_TW	3S-CLw1Lo1_TW
変位図 (mm)		
M 図 (kN・m)		
Q 図 (kN)		
N 図 (kN)		

通し壁架構、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m

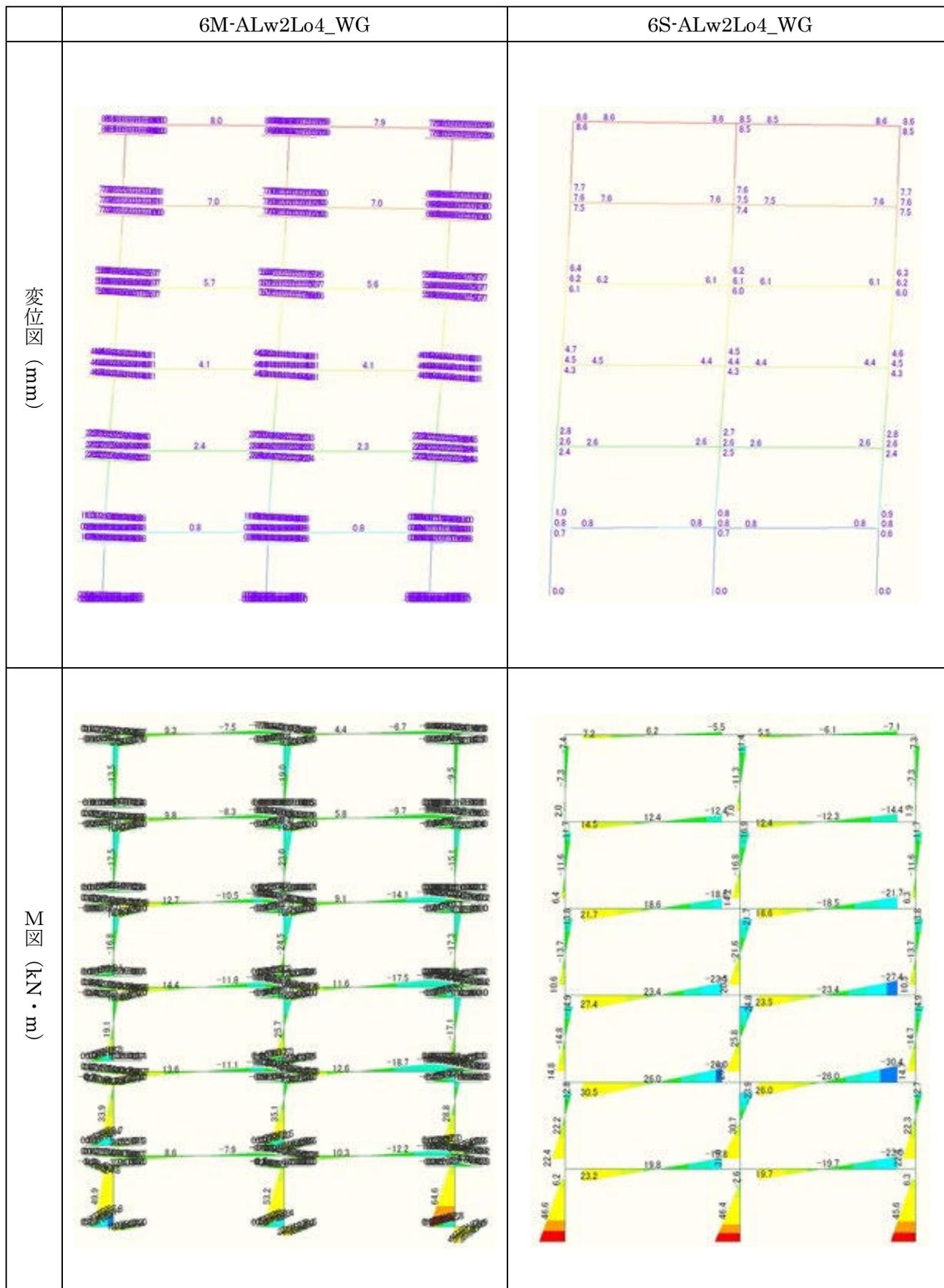


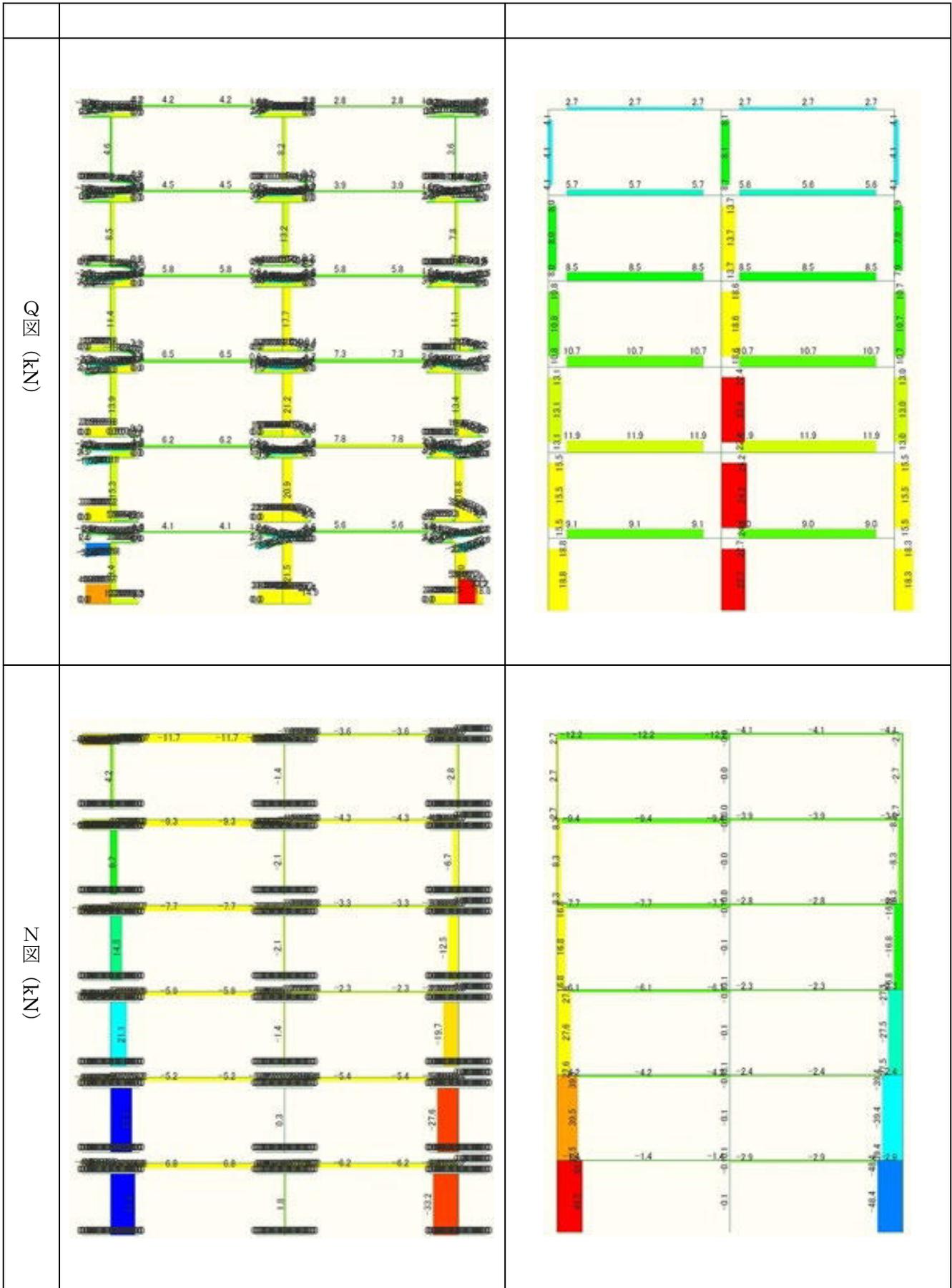
集成材梁勝ち架構、壁幅 1m、開口幅 1m





集成材梁勝ち架構、壁幅 2m、開口幅 4m



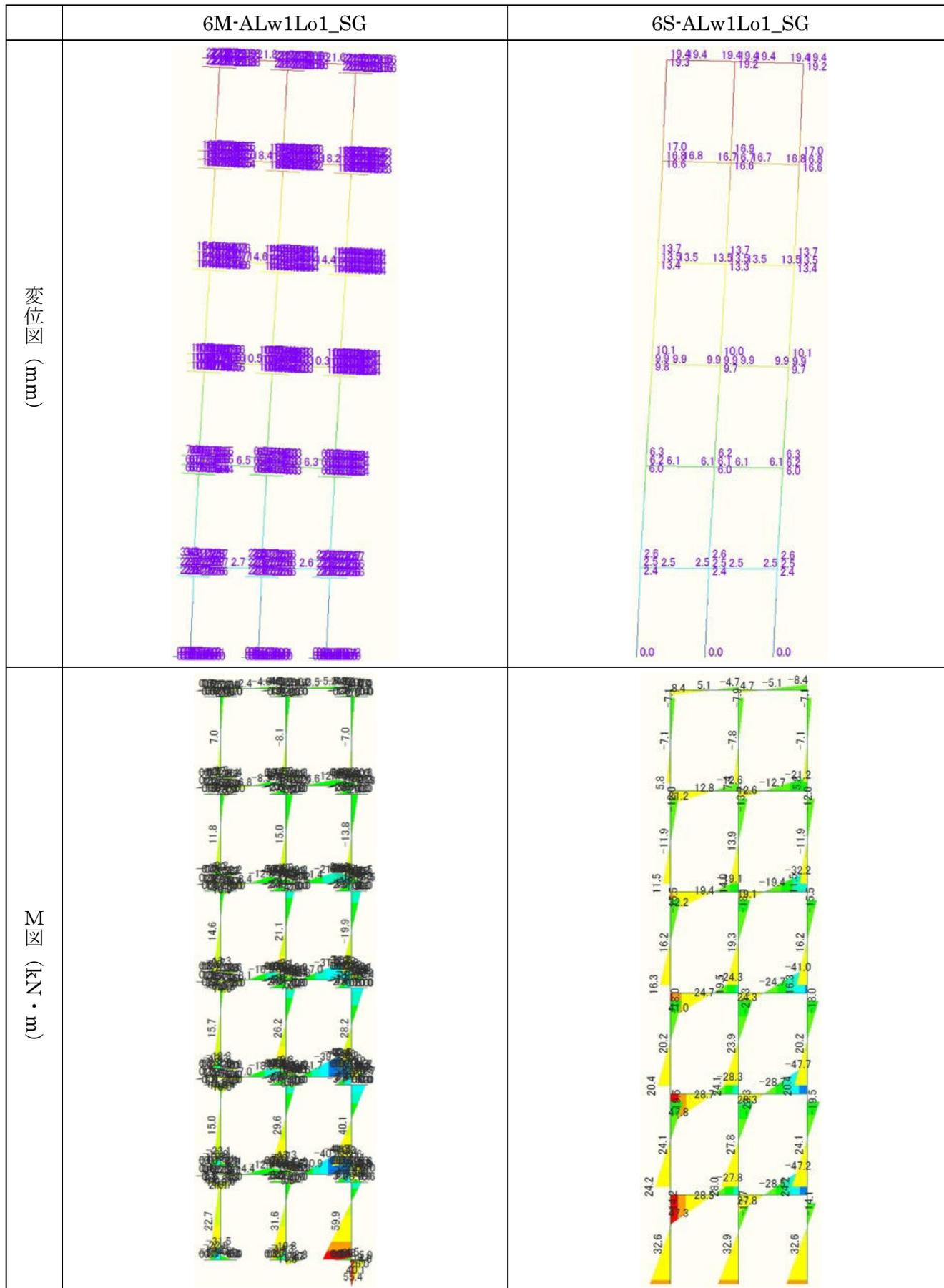


集成材梁勝ち架構、壁幅 1m、開口なし

	6M-BLw1Lo0_WG	6S-BLw1Lo0_WG																																																																																																				
変位図 (mm)		<table border="1"> <caption>Displacement Data for 6S-BLw1Lo0_WG (mm)</caption> <thead> <tr> <th>Height (mm)</th> <th>Column 1</th> <th>Column 2</th> <th>Column 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11000</td> <td>107.4</td> <td>107.1</td> <td>107.4</td> </tr> <tr> <td>8000</td> <td>89.2</td> <td>88.8</td> <td>89.2</td> </tr> <tr> <td>6000</td> <td>86.6</td> <td>86.3</td> <td>86.3</td> </tr> <tr> <td>4000</td> <td>83.5</td> <td>83.2</td> <td>83.5</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>64.7</td> <td>64.3</td> <td>64.7</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>62.8</td> <td>61.3</td> <td>62.1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>59.4</td> <td>59.0</td> <td>59.4</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>41.3</td> <td>40.8</td> <td>41.3</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>39.8</td> <td>38.6</td> <td>39.0</td> </tr> <tr> <td>3000</td> <td>36.6</td> <td>36.2</td> <td>36.6</td> </tr> <tr> <td>4000</td> <td>20.8</td> <td>20.1</td> <td>20.8</td> </tr> <tr> <td>5000</td> <td>19.8</td> <td>18.8</td> <td>19.5</td> </tr> <tr> <td>6000</td> <td>17.1</td> <td>16.8</td> <td>17.1</td> </tr> <tr> <td>7000</td> <td>5.5</td> <td>4.7</td> <td>5.5</td> </tr> <tr> <td>8000</td> <td>4.4</td> <td>3.9</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>9000</td> <td>3.2</td> <td>3.2</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>10000</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Height (mm)	Column 1	Column 2	Column 3	11000	107.4	107.1	107.4	8000	89.2	88.8	89.2	6000	86.6	86.3	86.3	4000	83.5	83.2	83.5	2000	64.7	64.3	64.7	1000	62.8	61.3	62.1	0	59.4	59.0	59.4	1000	41.3	40.8	41.3	2000	39.8	38.6	39.0	3000	36.6	36.2	36.6	4000	20.8	20.1	20.8	5000	19.8	18.8	19.5	6000	17.1	16.8	17.1	7000	5.5	4.7	5.5	8000	4.4	3.9	4.4	9000	3.2	3.2	3.2	10000	0.0	0.0	0.0																												
Height (mm)	Column 1	Column 2	Column 3																																																																																																			
11000	107.4	107.1	107.4																																																																																																			
8000	89.2	88.8	89.2																																																																																																			
6000	86.6	86.3	86.3																																																																																																			
4000	83.5	83.2	83.5																																																																																																			
2000	64.7	64.3	64.7																																																																																																			
1000	62.8	61.3	62.1																																																																																																			
0	59.4	59.0	59.4																																																																																																			
1000	41.3	40.8	41.3																																																																																																			
2000	39.8	38.6	39.0																																																																																																			
3000	36.6	36.2	36.6																																																																																																			
4000	20.8	20.1	20.8																																																																																																			
5000	19.8	18.8	19.5																																																																																																			
6000	17.1	16.8	17.1																																																																																																			
7000	5.5	4.7	5.5																																																																																																			
8000	4.4	3.9	4.4																																																																																																			
9000	3.2	3.2	3.2																																																																																																			
10000	0.0	0.0	0.0																																																																																																			
M 図 (kN・m)	<table border="1"> <caption>Bending Moment Data for 6M-BLw1Lo0_WG (kN·m)</caption> <thead> <tr> <th>Height (mm)</th> <th>Column 1</th> <th>Column 2</th> <th>Column 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10000</td> <td>-10.0</td> <td>-10.0</td> <td>-0.1</td> </tr> <tr> <td>8000</td> <td>12.1</td> <td>12.7</td> <td>11.8</td> </tr> <tr> <td>6000</td> <td>21.9</td> <td>20.6</td> <td>18.5</td> </tr> <tr> <td>4000</td> <td>32.5</td> <td>29.5</td> <td>28.0</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>47.2</td> <td>40.6</td> <td>37.6</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>58.1</td> <td>56.4</td> <td>52.1</td> </tr> </tbody> </table>	Height (mm)	Column 1	Column 2	Column 3	10000	-10.0	-10.0	-0.1	8000	12.1	12.7	11.8	6000	21.9	20.6	18.5	4000	32.5	29.5	28.0	2000	47.2	40.6	37.6	0	58.1	56.4	52.1	<table border="1"> <caption>Bending Moment Data for 6S-BLw1Lo0_WG (kN·m)</caption> <thead> <tr> <th>Height (mm)</th> <th>Column 1</th> <th>Column 2</th> <th>Column 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10000</td> <td>49.6</td> <td>50.1</td> <td>49.6</td> </tr> <tr> <td>8000</td> <td>32.8</td> <td>34.1</td> <td>32.8</td> </tr> <tr> <td>6000</td> <td>26.1</td> <td>27.6</td> <td>26.1</td> </tr> <tr> <td>4000</td> <td>20.1</td> <td>20.9</td> <td>20.1</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>19.6</td> <td>19.5</td> <td>19.5</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>13.0</td> <td>13.0</td> <td>13.0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>6.1</td> <td>6.1</td> <td>6.1</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>5.9</td> <td>5.7</td> <td>5.9</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>4.0</td> <td>4.0</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>3000</td> <td>2.9</td> <td>2.9</td> <td>2.9</td> </tr> <tr> <td>4000</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>5000</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>6000</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>7000</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>8000</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>9000</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>10000</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> </tr> </tbody> </table>	Height (mm)	Column 1	Column 2	Column 3	10000	49.6	50.1	49.6	8000	32.8	34.1	32.8	6000	26.1	27.6	26.1	4000	20.1	20.9	20.1	2000	19.6	19.5	19.5	1000	13.0	13.0	13.0	0	6.1	6.1	6.1	1000	5.9	5.7	5.9	2000	4.0	4.0	4.0	3000	2.9	2.9	2.9	4000	1.9	1.9	1.9	5000	1.9	1.9	1.9	6000	1.9	1.9	1.9	7000	1.9	1.9	1.9	8000	1.9	1.9	1.9	9000	1.9	1.9	1.9	10000	1.9	1.9	1.9
Height (mm)	Column 1	Column 2	Column 3																																																																																																			
10000	-10.0	-10.0	-0.1																																																																																																			
8000	12.1	12.7	11.8																																																																																																			
6000	21.9	20.6	18.5																																																																																																			
4000	32.5	29.5	28.0																																																																																																			
2000	47.2	40.6	37.6																																																																																																			
0	58.1	56.4	52.1																																																																																																			
Height (mm)	Column 1	Column 2	Column 3																																																																																																			
10000	49.6	50.1	49.6																																																																																																			
8000	32.8	34.1	32.8																																																																																																			
6000	26.1	27.6	26.1																																																																																																			
4000	20.1	20.9	20.1																																																																																																			
2000	19.6	19.5	19.5																																																																																																			
1000	13.0	13.0	13.0																																																																																																			
0	6.1	6.1	6.1																																																																																																			
1000	5.9	5.7	5.9																																																																																																			
2000	4.0	4.0	4.0																																																																																																			
3000	2.9	2.9	2.9																																																																																																			
4000	1.9	1.9	1.9																																																																																																			
5000	1.9	1.9	1.9																																																																																																			
6000	1.9	1.9	1.9																																																																																																			
7000	1.9	1.9	1.9																																																																																																			
8000	1.9	1.9	1.9																																																																																																			
9000	1.9	1.9	1.9																																																																																																			
10000	1.9	1.9	1.9																																																																																																			

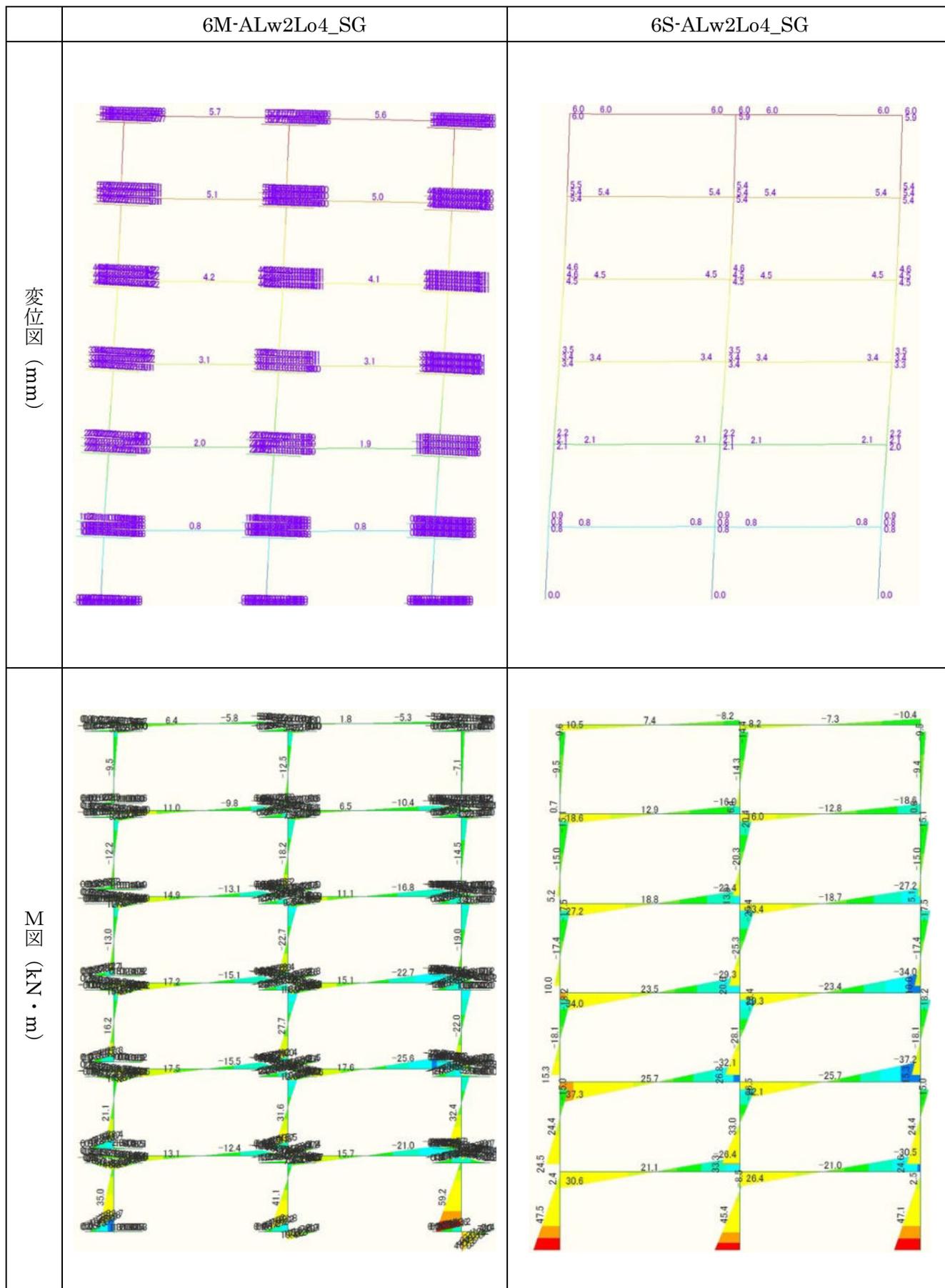


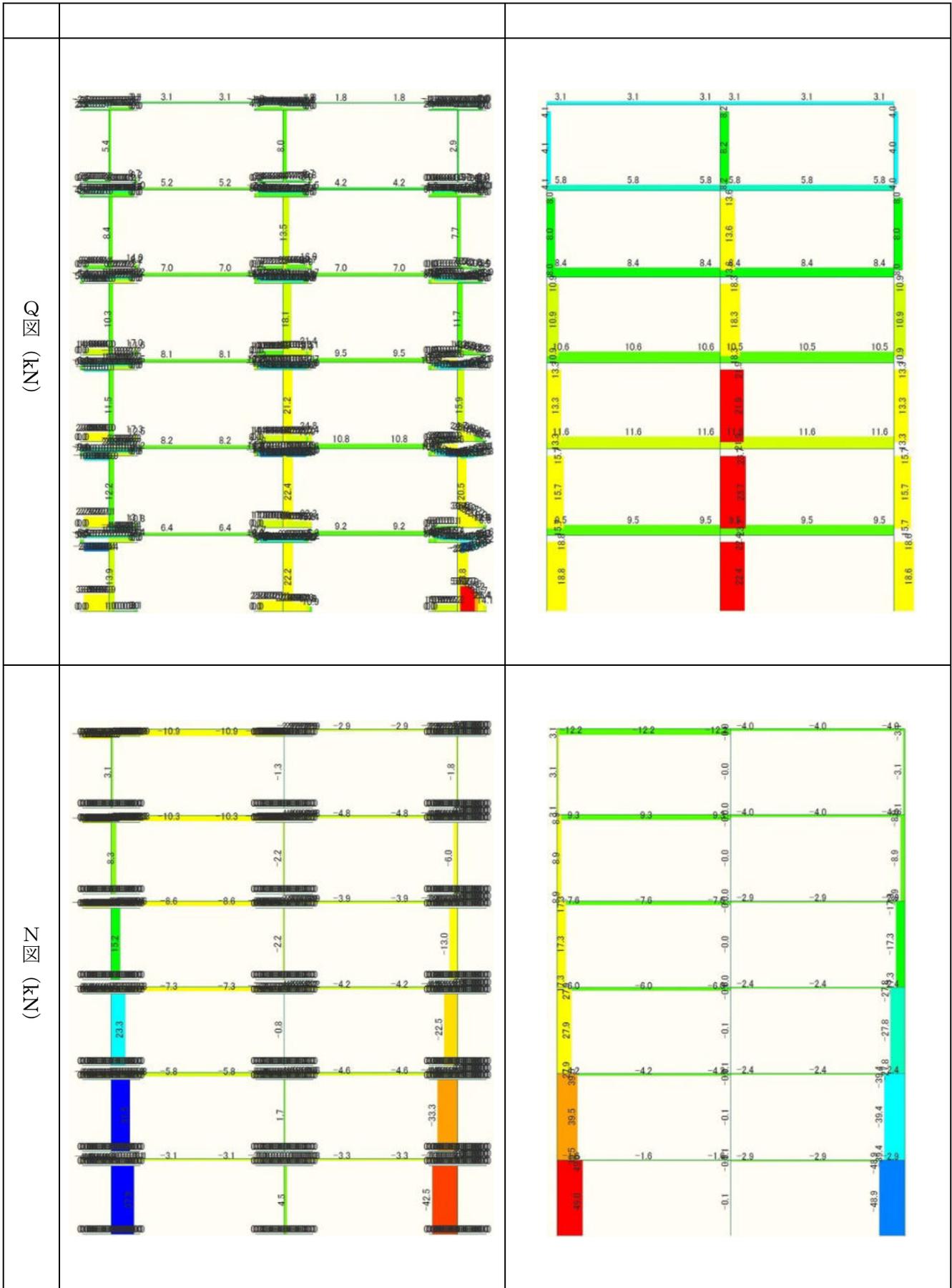
鉄骨梁勝ち架構、壁幅 1m、開口幅 1m



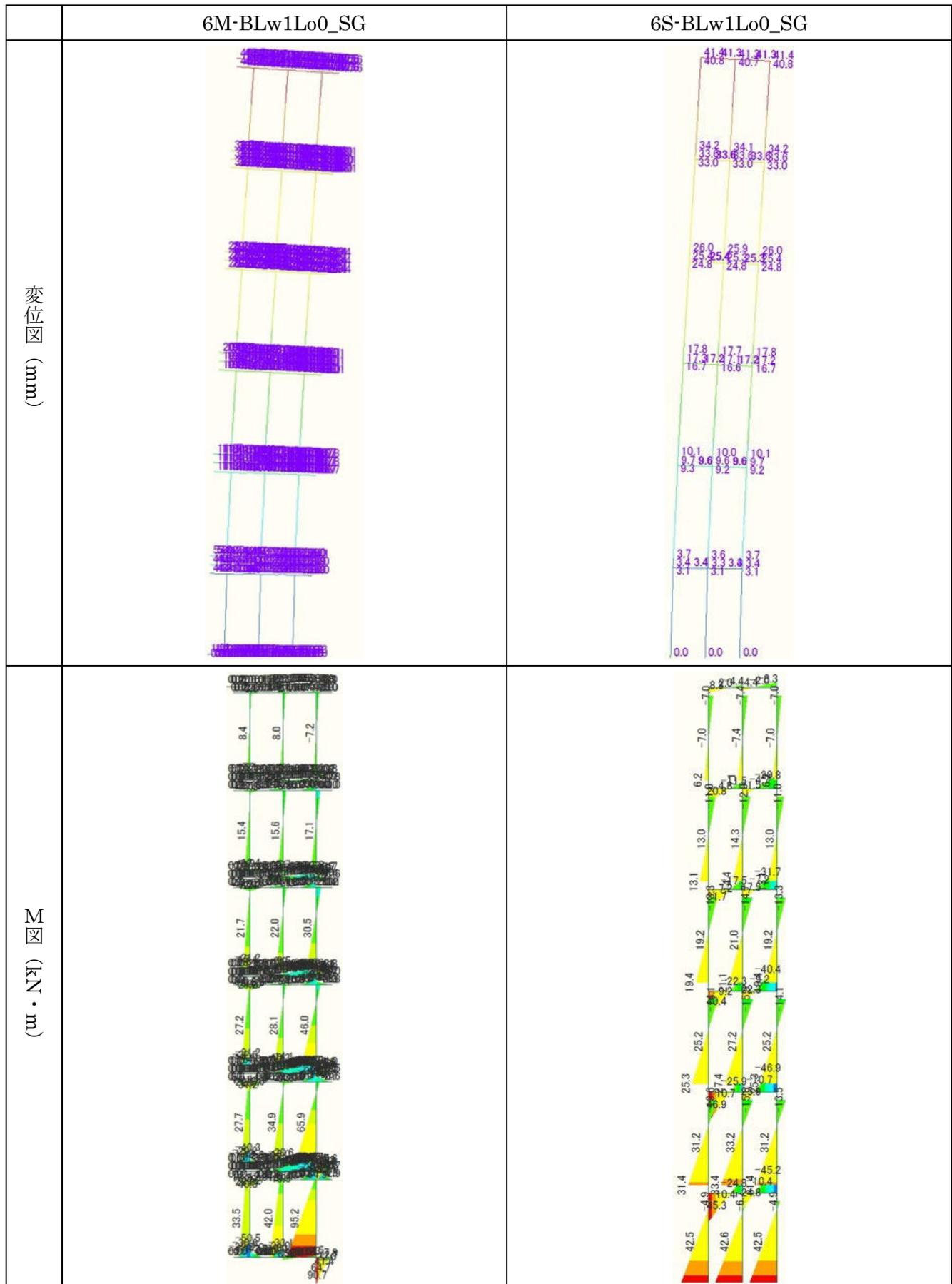


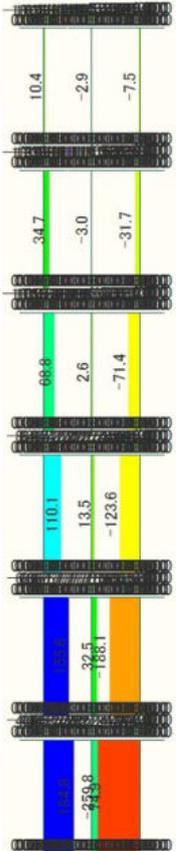
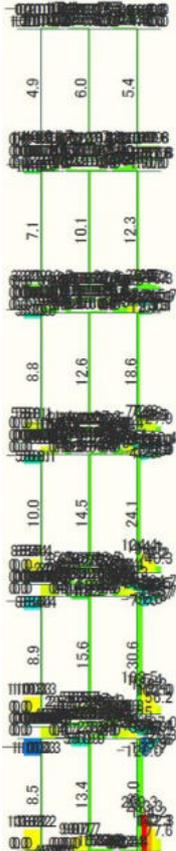
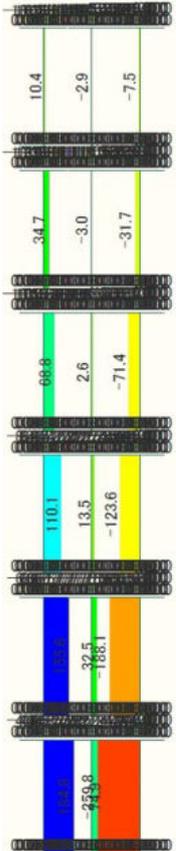
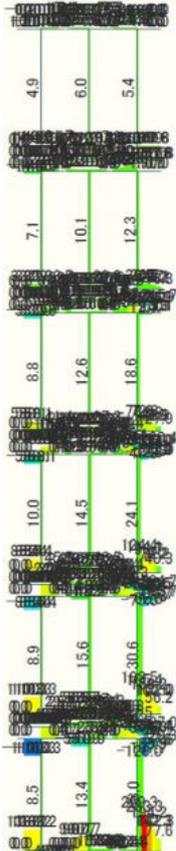
鉄骨梁勝ち架構、壁幅 2m、開口幅 4m





鉄骨梁勝ち架構、壁幅 1m、開口なし



<p style="text-align: center;">(N)   (kN)</p>		
<p style="text-align: center;">(N)  </p>		

#### 2. 5. 4 まとめ

表 2.5.4-1 及び表 2.5.4-2 に、詳細モデルと簡易モデルで各層変位量を比較した結果を示す。

集成材梁勝ち、鉄骨梁勝ち架構については、詳細モデルと簡易モデルで解析結果値の差は大きいものの、一様な比率となっておりばらつきは小さい。今回の解析モデルでは良好な近似とは言えないが、ばね値の設定や剛域などの仮定について今後分析を進めることで適したモデル化方法としていくことが可能と考えられる。

通し壁架構については、応力図の形状は比較的合っているように見えるが、詳細モデルと簡易モデルの差はばらつきが大きい。他のモデルと異なる点としては垂れ壁部と腰壁部を一体としているため垂腰壁のせいが大きく、回転ばね値の精度に問題がある等の可能性が考えられる。今後さらに検証し、要因の分析とモデル化方法の改善を行いたい。

表 2.5.4-1 各層変位量の解析結果比較（その他架構 3 層）

架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位		架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位		架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位	
				簡易(S)	S/D					簡易(S)	S/D					簡易(S)	S/D
				詳細(D)						詳細(D)						詳細(D)	
WG A	1	1	3	15	0.815	SG A	1	1	3	19.4	1.183	TW A	1	1	3	23	0.810
				18.4						16.4						28.4	
			2	10.6	0.828				2	13.2	1.189				2	15.3	0.975
12.8	11.1	15.7															
1	4.1	0.820	1	5.6	1.143	1	6.9	1.211									
	5			4.9			5.7										
WG A	1	4	3	14.5	0.824	SG A	1	4	3	26.7	1.136	TW A	2	4	3	9.8	1.054
				17.6						23.5						9.3	
			2	10.7	0.856				2	17.5	1.129				2	6.1	1.070
12.5	15.5	5.7															
1	4.3	0.860	1	6.9	1.095	1	2.7	1.038									
	5			6.3			2.6										
WG A	2	1	3	3.7	0.771	SG A	2	1	3	9.6	1.714	TW B	1	1	3	8	0.792
				4.8						5.6						10.1	
			2	2.6	0.765				2	5.8	1.568				2	5.6	1.000
3.4	3.7	5.6															
1	1.1	0.786	1	2.2	1.375	1	3	1.154									
	1.4			1.6			2.6										
WG A	2	4	3	4.4	0.830	SG A	2	4	3	12.2	1.326	TW B	2	4	3	3.6	0.857
				5.3						9.2						4.2	
			2	3.2	0.889				2	7.1	1.268				2	2.4	0.889
3.6	5.6	2.7															
1	1.3	0.867	1	2.5	1.136	1	1.2	0.923									
	1.5			2.2			1.3										
WG B	1	0	3	22.4	0.862	SG B	1	0	3	21.4	0.995	TW C	1	1	3	5.8	0.592
				26						21.5						9.8	
			2	14	0.833				2	14.1	1.029				2	3.8	0.633
16.8	13.7	6															
1	4.9	0.778	1	5.9	1.000	1	1.9	0.704									
	6.3			5.9			2.7										
WG B	2	0	3	4.3	0.754	SG B	2	0	3	8.6	1.623	TW C	2	4	3	3.4	0.630
				5.7						5.3						5.4	
			2	2.9	0.744				2	5.3	1.514				2	2.2	0.629
3.9	3.5	3.5															
1	1.2	0.706	1	2	1.176	1	1.1	0.647									
	1.7			1.7			1.7										

表 2.5.4-2 各層変位量の解析結果比較（その他架構 6 層）

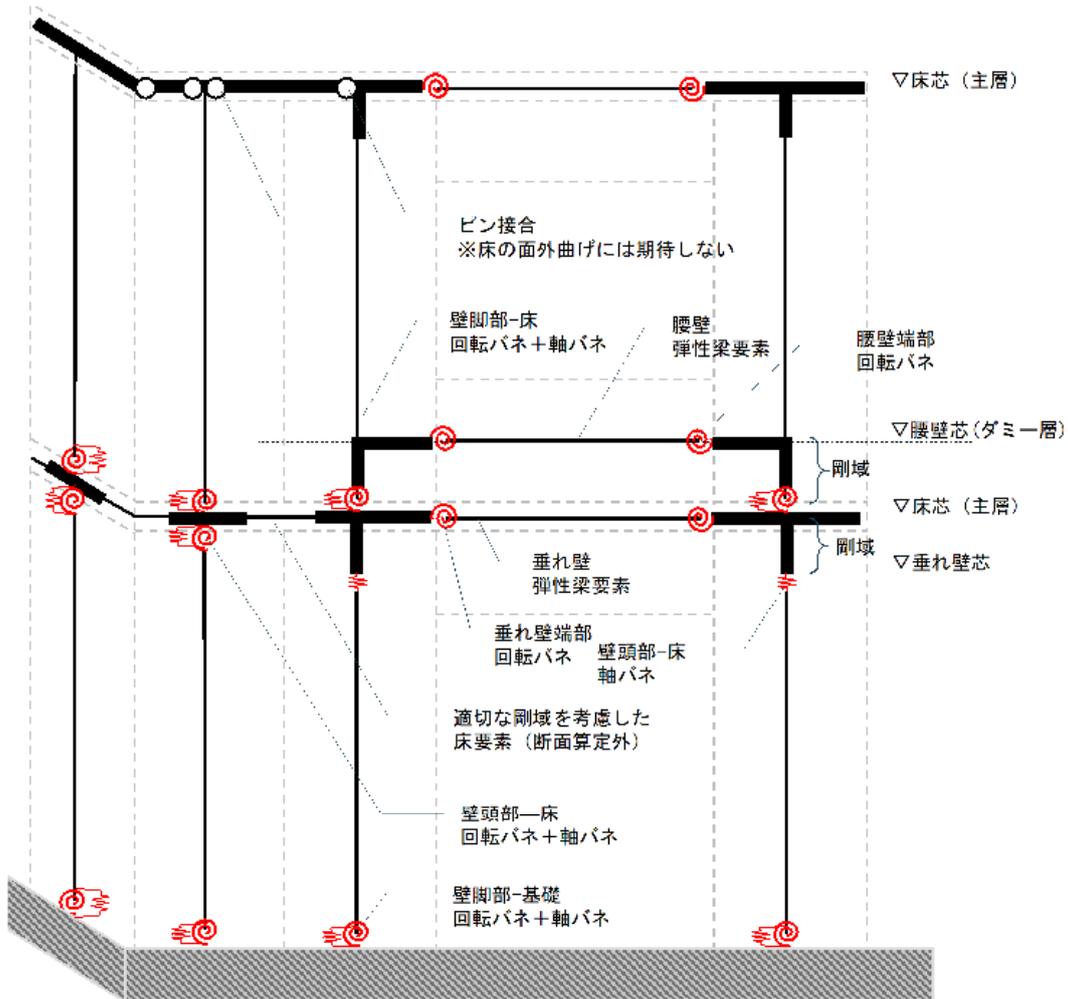
架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位		架構 タイプ	Lw	Lo	層	水平変位	
				簡易(S)	S/D					簡易(S)	S/D
				詳細(D)						詳細(D)	
WG A	1	1	6	45.2	0.810	SG A	1	1	6	19.4	0.690
				55.8						28.1	
			5	37.5	0.791				5	16.8	0.715
				47.4						23.5	
			4	29	0.786				4	13.5	0.734
				36.9						18.4	
			3	19.8	0.783				3	9.9	0.762
				25.3						13	
			2	10.9	0.796				2	6.1	0.772
				13.7						7.9	
			1	3	0.811				1	2.5	0.806
				3.7						3.1	
WG A	2	4	6	8.6	0.729	SG A	2	4	6	6	0.845
				11.8						7.1	
			5	7.6	0.738				5	5.4	0.857
				10.3						6.3	
			4	6.2	0.747				4	4.5	0.865
				8.3						5.2	
			3	4.5	0.763				3	3.4	0.895
				5.9						3.8	
			2	2.6	0.788				2	2.1	0.875
				3.3						2.4	
			1	0.8	0.800				1	0.8	0.800
				1						1	
WG B	1	0	6	110.2	0.942	SG B	1	0	6	41.4	0.628
				117						65.9	
			5	86.4	0.928				5	33.6	0.640
				93.1						52.5	
			4	62.1	0.913				4	25.4	0.650
				68						39.1	
			3	39	0.894				3	17.3	0.658
				43.6						26.3	
			2	19	0.860				2	9.7	0.651
				22.1						14.9	
			1	4.4	0.710				1	3.4	0.596
				6.2						5.7	

## 2. 6 小幅パネル架構を対象とした保有水平耐力計算の簡易モデル

### 2. 6. 1 検証方針

#### (1) 目的

本報告書は主に構造計算ルート 2 を対象とした簡易モデル化について示しているが、ここでは小幅パネル架構を対象とした保有水平耐力計算に用いる非線形を考慮した簡易モデル化方法について検討を行う。想定する簡易モデルは、以下に示すルート 2 で扱うモデルと同様であり、ここでは終局耐力の設定方法について示す。



赤：塑性化対象部位

図 2.6.1-1 簡易モデル概要 (小幅パネル架構)

(2) 接合部終局耐力の設定

(ア) 壁 - 基礎接合部及び壁 - 床接合部

壁-基礎接合部および壁-床接合部の終局曲げ耐力の算出方法を以下に示す。軸力  $N$  と曲げモーメント  $M$  の終局時の応力分布を下図のように仮定した。これは CLT 壁端部で平面保持が成り立つと仮定し、引張接合部を鉄筋と見なした鉄筋コンクリート柱の応力分布と同じである。Case1~3 に対する終局モーメントを下式に示す。下式により終局曲げモーメント  $M$  および軸力  $N$  の関係を、 $M$ - $N$  関係として材端バネの非線形特性として設定する。

Case 1	Case 2	Case 3
$N_{uc} - T_u \leq N \leq N_{uc}$	$-T_u \leq N \leq N_{uc} - T_u$	$-2T_u \leq N \leq -T_u$

図 2.6.1-2 終局時の応力状態の仮定 (壁基礎接合部、壁床接合部)

Case1  $N_{uc} - T_u \leq N \leq N_{uc}$   $M_u = N \left( \frac{D}{2} - d_t \right) \left( \frac{N_{uc}}{N} - 1 \right)$  式 2.6.1-1

Case2  $-T_u \leq N \leq N_{uc} - T_u$   $M_u = T_u \left( \frac{D}{2} - d_t \right) + \frac{(N + T_u)D}{2} \left( 1 - \frac{N + T_u}{N_{uc}} \right)$  式 2.6.1-2

Case3  $-2T_u \leq N \leq -T_u$   $M_u = (N + 2T_u) \left( \frac{D}{2} - d_t \right)$  式 2.6.1-3

ここで、

$N_{uc}$  : 最大圧縮耐力

$N_{uc} = 0.85 \cdot F_c \cdot B \cdot D$  (壁-基礎接合部の場合)

$N_{uc} = 0.85 \cdot F_{cv} \cdot B \cdot D$  (壁-床接合部の場合)

$T_u$  : 引張金物の終局耐力

$B$  : 袖壁パネルの厚さ

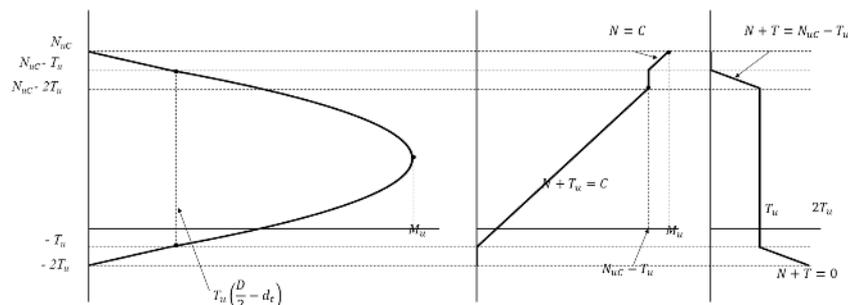


図 2.6.1-3 軸力と曲げを受ける CLT 壁脚の終局状態における応力相関

簡易モデルの軸バネの設定は詳細モデルに設定した各バネの降伏耐力を圧縮側と引張側でそれぞれの耐力として下表の数値を設定した。

表 2.6.1-1 簡易モデルの軸方向バネの終局耐力

	圧縮側	引張側
壁-基礎接合部の軸耐力	$P_{yc1}$	$2P_{yt1}$
壁-床接合部の軸耐力	$P_{yc2}$	$2P_{yt2}$

ここで、

$P_{yc1}$  : 壁 - 基礎接合部の支圧終局耐力( $P_{yc1} = F_c \cdot A_c$ )

$P_{yt1}$  : 壁 - 基礎接合部の引張金物の終局耐力

$P_{yc2}$  : 壁 - 床接合部の支圧終局耐力( $P_{yc2} = F_{cv} \cdot A_c$ )

$P_{yt2}$  : 壁 - 床接合部の引張金物の終局耐力

$F_c$  : 壁パネルの圧縮の基準強度

$F_{cv}$  : ラミナのめり込み基準強度

$A_c$  : 全支圧面積 (壁パネルの厚さ  $\times d$  とする)

#### (イ) 壁 - 垂れ壁接合部

垂壁・腰壁接合部の終局耐力 $M_{TLu}$ (or $M_{TRu}$ )算出方法を以下に示す。

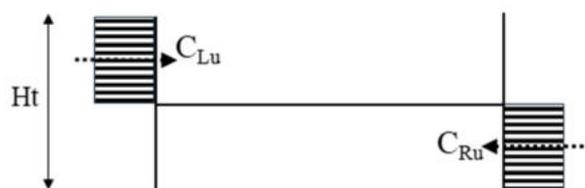


図 2.6.1-4 垂壁・腰壁接合部の終局時の応力状態の仮定

$$M_{TLu}(or M_{TRu}) = C_{Lu}(or C_{Ru}) \cdot \frac{H_t}{4} \quad \text{式 2.6.1-4}$$

ここで、

$C_{Lu}(or C_{Ru})$  : 垂壁・腰壁端部の終局めり込み耐力

$C_{Lu}(or C_{Ru}) = F_{cv} \cdot 2A_e$

$F_{cv}$  : ラミナのめり込み基準強度

$A_e$  : 有効支圧面積 (壁パネルの厚さ  $\times d/4$  とする)

## 2. 6. 2 解析パラメータ

簡易モデルの妥当性を確認するため、非線形を考慮した詳細モデルと簡易モデルの荷重増分解析を実施する。解析パラメータは垂れ壁付きの小幅パネル架構を対象に、壁幅 1.0m+スパン 1.0m、壁幅 2.0m+スパン 4.0m の 2 ケースを、3 層と 6 層とした合計 4 ケースとする。各部のパラメータは前述した小幅 6 層モデルと同様とし、3 層モデルも 6 層モデルの上層 3 層を削除したモデルとする。また、詳細モデルの各部の非線形性能は以下の性能を採用する

表 2.6.2-1 各部の特性値

階数		6	
壁仕様	強度等級		S90-5-7
	壁厚	[mm]	210
床仕様	強度等級		Mx90-5-7
	床厚	[mm]	210
垂腰壁仕様	強度等級		S90-5-7
	壁厚	[mm]	210
	垂壁せい	[mm]	500
壁 - 基礎引張 接合部仕様	ボルト仕様		4-M20(SNR400)
	初期剛性K	[kN/mm]	105.59
	降伏耐力Py	[kN]	230.40
	終局耐力Pu	[kN]	268.80
	終局変形 $\delta_u$	[mm]	60.00
壁 - 壁引張 接合部仕様	ボルト仕様		4-M20(SNR490)
	初期剛性K	[kN/mm]	71.65
	降伏耐力Py	[kN]	318.40
	終局耐力Pu	[kN]	372.00
	終局変形 $\delta_u$	[mm]	21.00
壁 - 屋根引張 接合部仕様	ボルト仕様		4-M20(SNR490)
	初期剛性K	[kN/mm]	65.34
	降伏耐力Py	[kN]	318.40
	終局耐力Pu	[kN]	372.00
	終局変形 $\delta_u$	[mm]	21.00

## 2. 6. 3 荷重増分解析による検証

### (1) 解析モデル

以下に代表として、壁幅 1.0m+壁スパン 1.0m の 3 層モデルについて、詳細モデルと簡易モデルを示す。詳細モデルは引張バネ、圧縮バネに非線形性能を考慮し、簡易モデルでは壁基礎及び壁床接合部の材端バネに MN 相関を持つ非線形要素、垂れ壁端部は非線形回転バネを設定した。なお、詳細モデルの増分解析の安定化を図るため、床レベルの梁要素に僅かな長期の等分布荷重 (0.1kN/m) を与えている。Ai 分布に基づく水平力を荷重増分として与える。

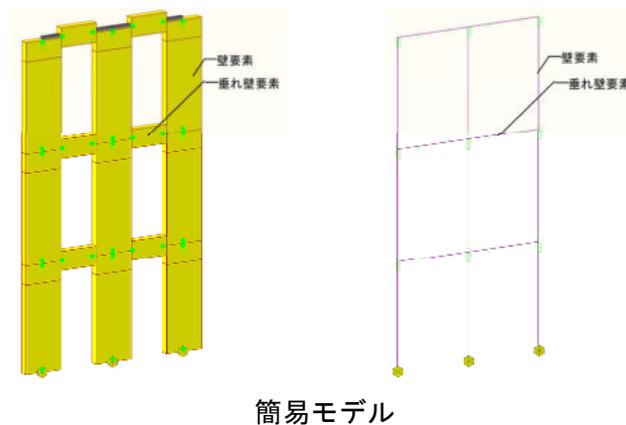
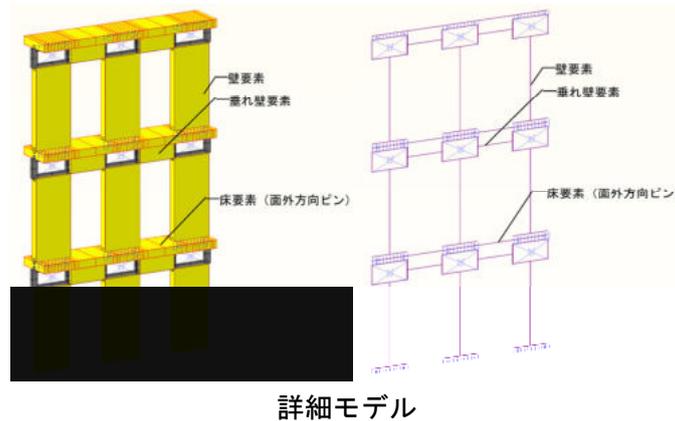


図 2.6.3-1 解析モデル図 (代表ケース)

## (2) 解析結果

解析結果として、次項に各階の荷重変形関係図、変形ヒンジ図、応力図に関して詳細モデル、簡易モデルの結果を合わせて示す。なお、変形ヒンジ図と応力図は、概ね弾性状態である1階が150kN時と、終局状態として1階が1/50rad時のそれぞれについて示している。

得られた知見を以下に示す。

・詳細モデルに対する簡易モデルの初期剛性に着目すると、壁幅1.0mの場合、3層モデルが0.75～0.78、6層モデルが0.76～0.84となった。壁幅2.0mの場合、3層モデルが0.95～0.96、6層モデルが0.89～0.95となった。簡易モデルは若干安全側であるが各階の剛性の傾向は、階数によらず対応していることが確認できる。

・詳細モデルに対する簡易モデルの1/50rad時の1層の終局耐力に着目すると、壁幅1.0mの場合、3層モデルが0.84、6層モデルが0.90となった。壁幅2.0mの場合、3層モデルが0.88、6層モデルが0.85となった。簡易モデルは10%程度安全側であるが詳細モデル対応していることが確認できる。また、ヒンジの発生位置や応力状態も、概ね対応していることが確認できる。

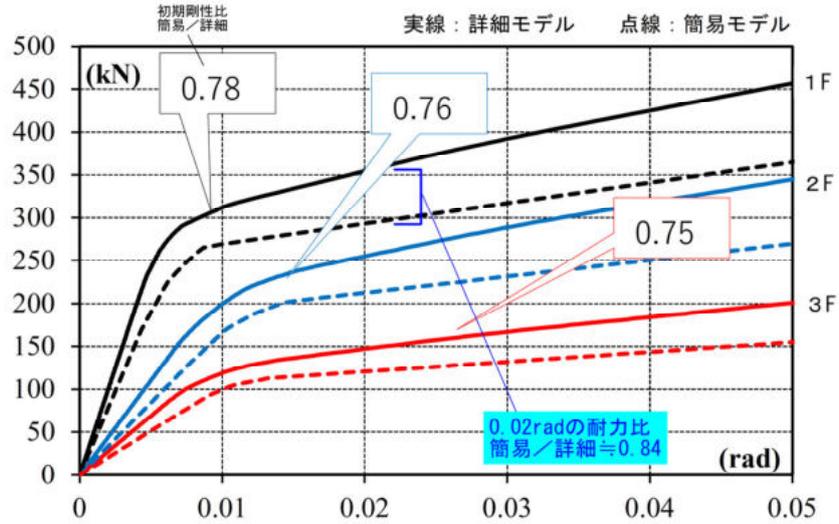
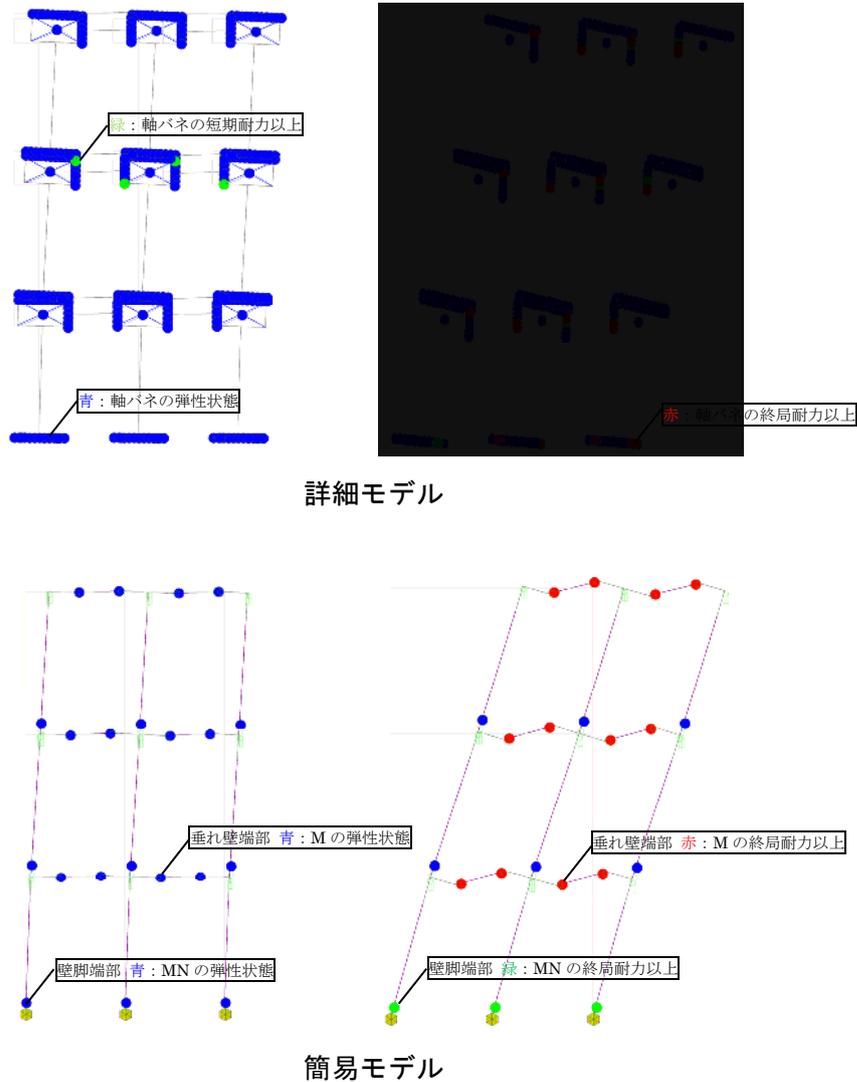


図 2.6.3-2 解析結果 荷重変形 (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)



※左: 1F が 150kN 時 右: 1F が 0.02rad 時  
 図 2.6.3-3 解析結果 変形ヒンジ図 (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

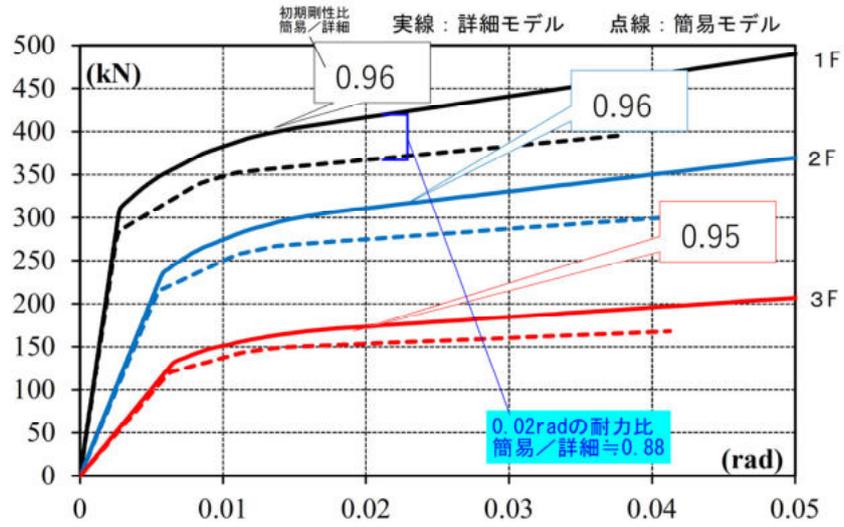
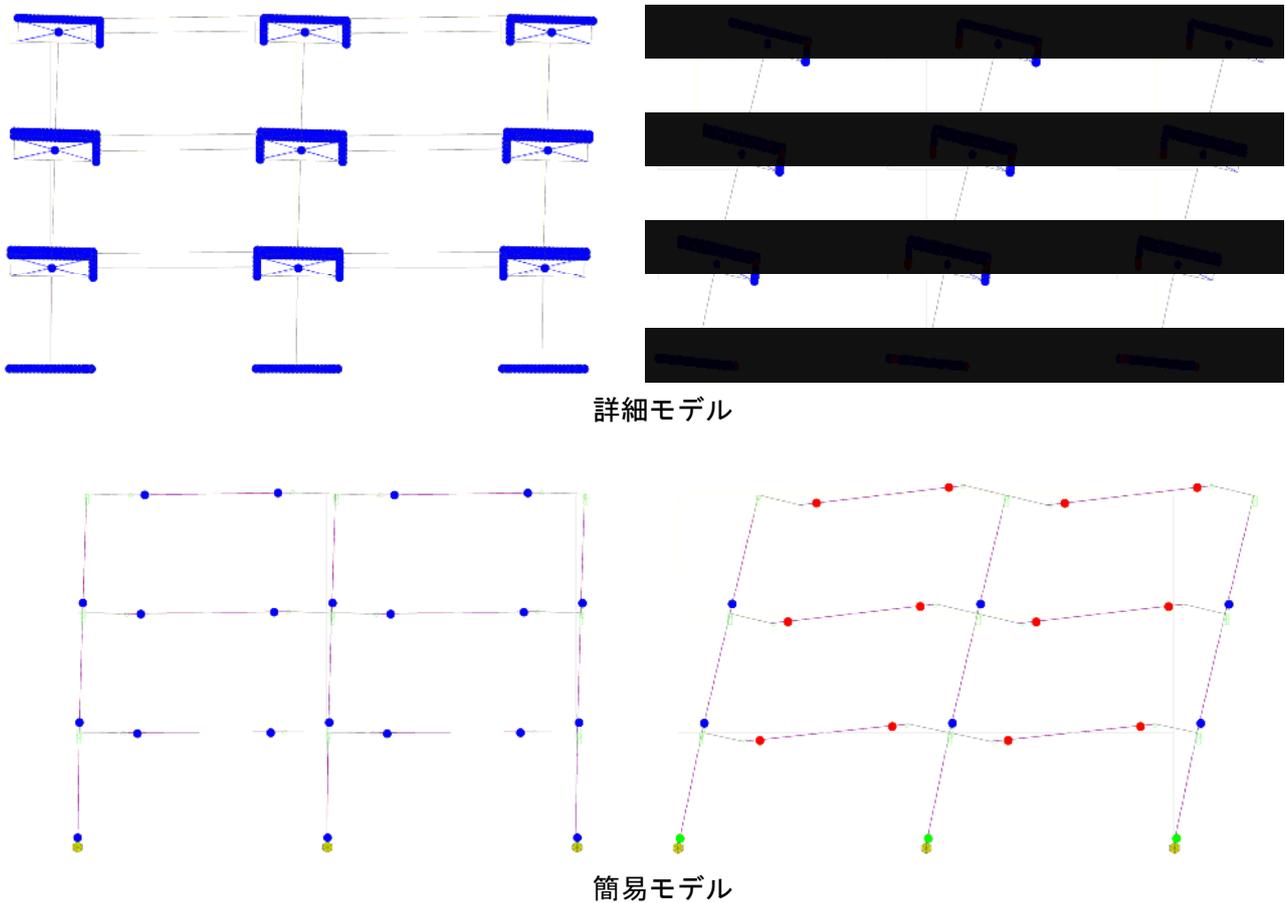


図 2.6.3-4 解析結果 荷重変形 (3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)



※左：1Fが150kN時 右：1Fが0.02rad時

図 2.6.3-5 解析結果 変形ヒンジ図 (3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

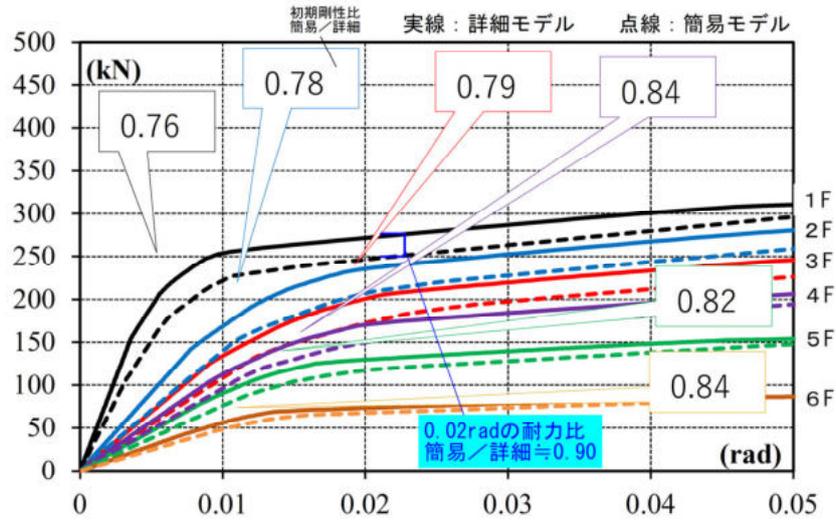
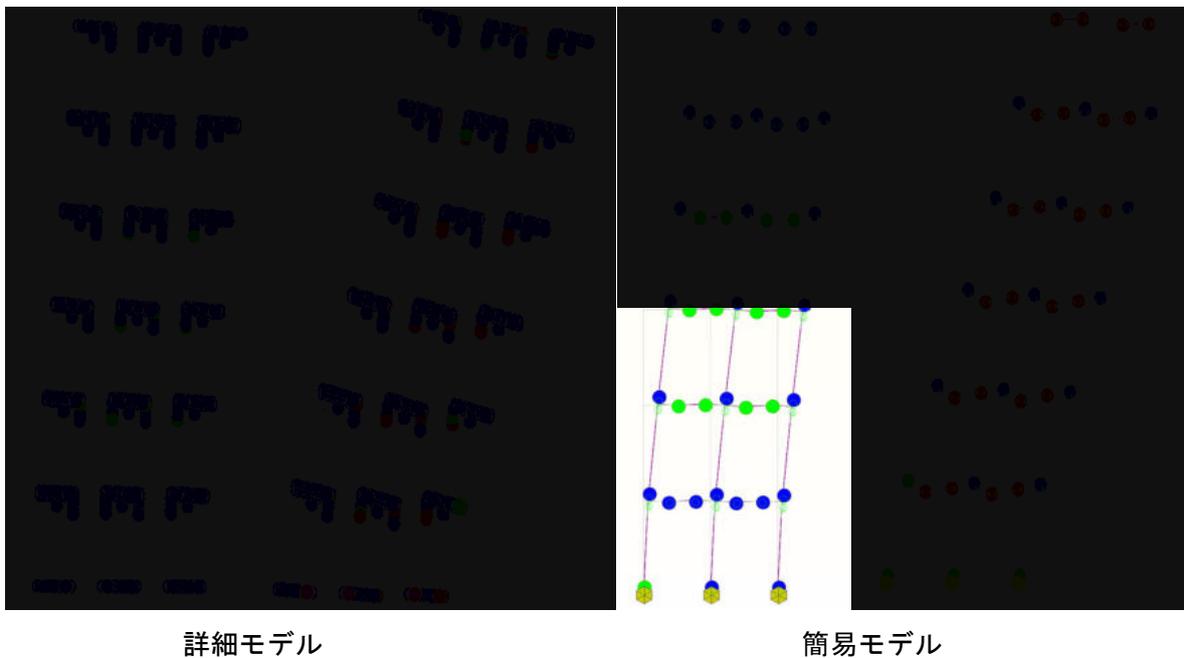


図 2.6.3-6 解析結果 荷重変形 (6層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)



※左：1Fが150kN時 右：1Fが0.02rad時  
 図 2.6.3-7 解析結果 変形ヒンジ図 (6層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

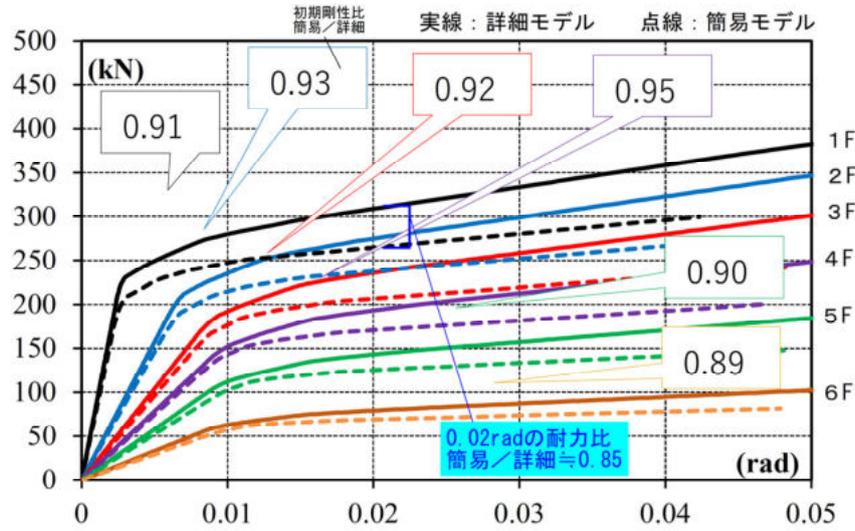
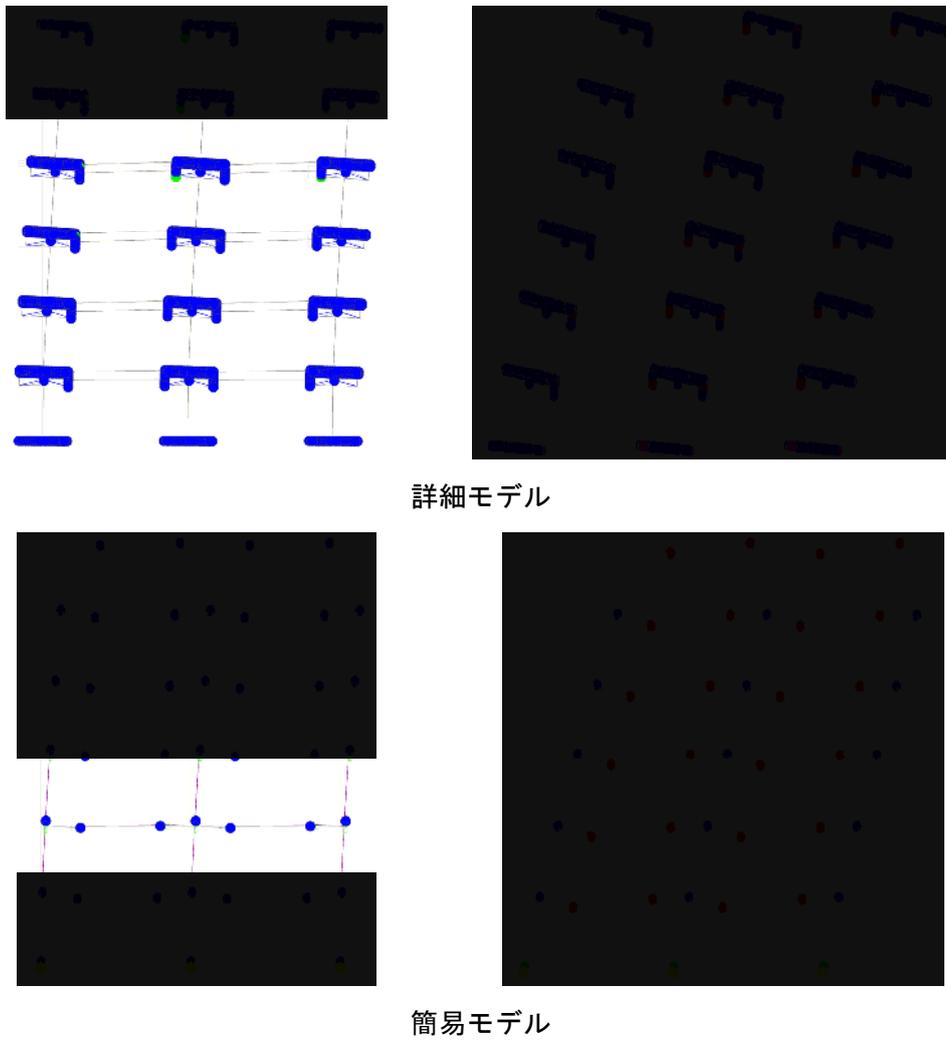
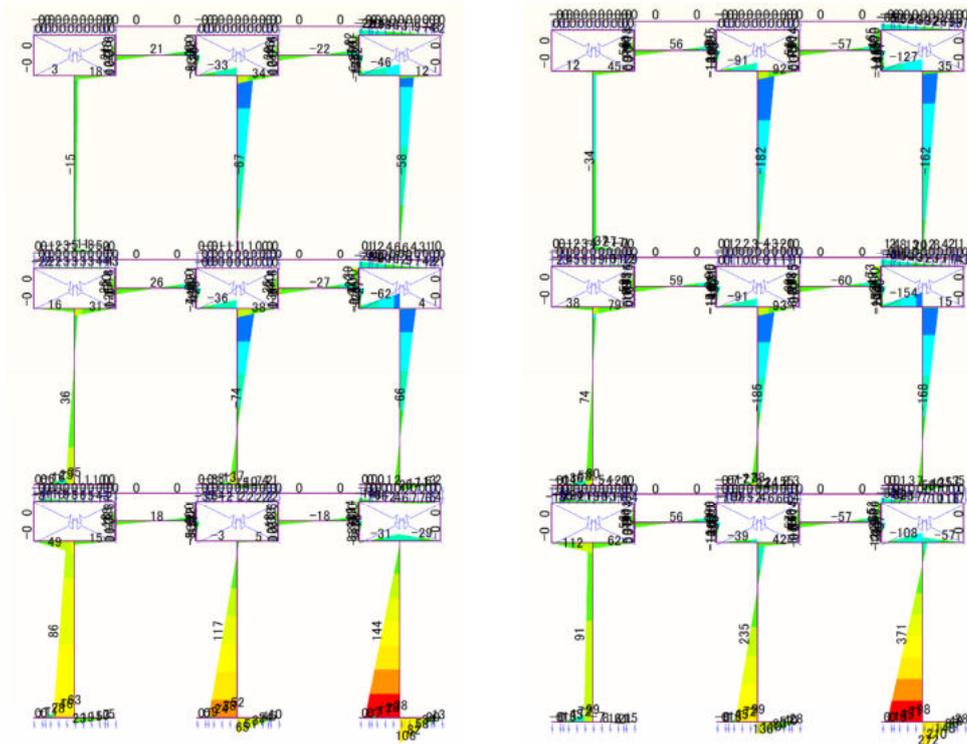


図 2.6.3-8 解析結果 荷重変形 (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

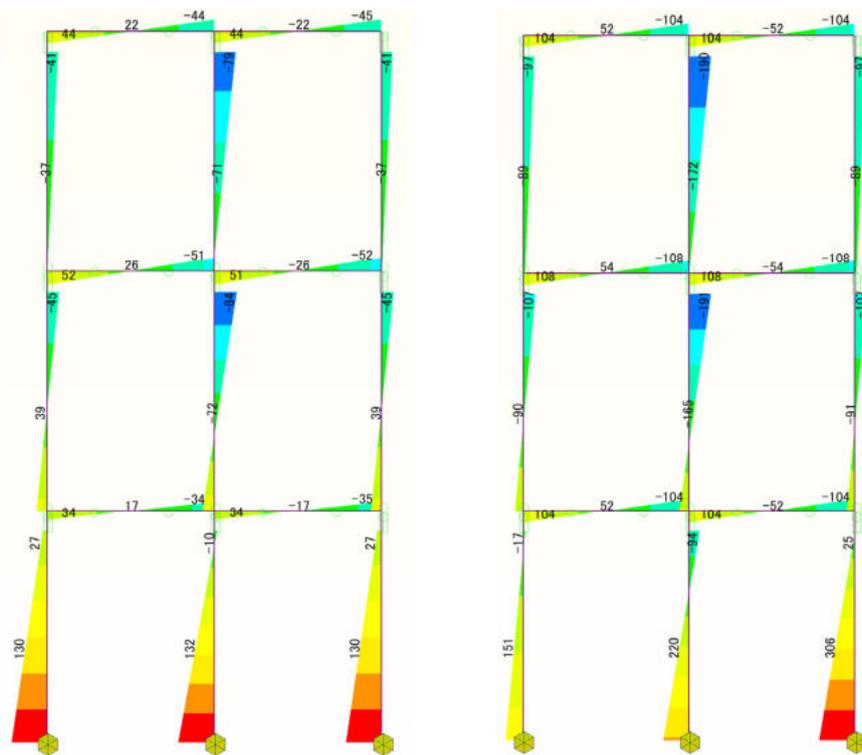


※左：1Fが150kN時 右：1Fが0.02rad時

図 2.6.3-9 解析結果 変形ヒンジ図 (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

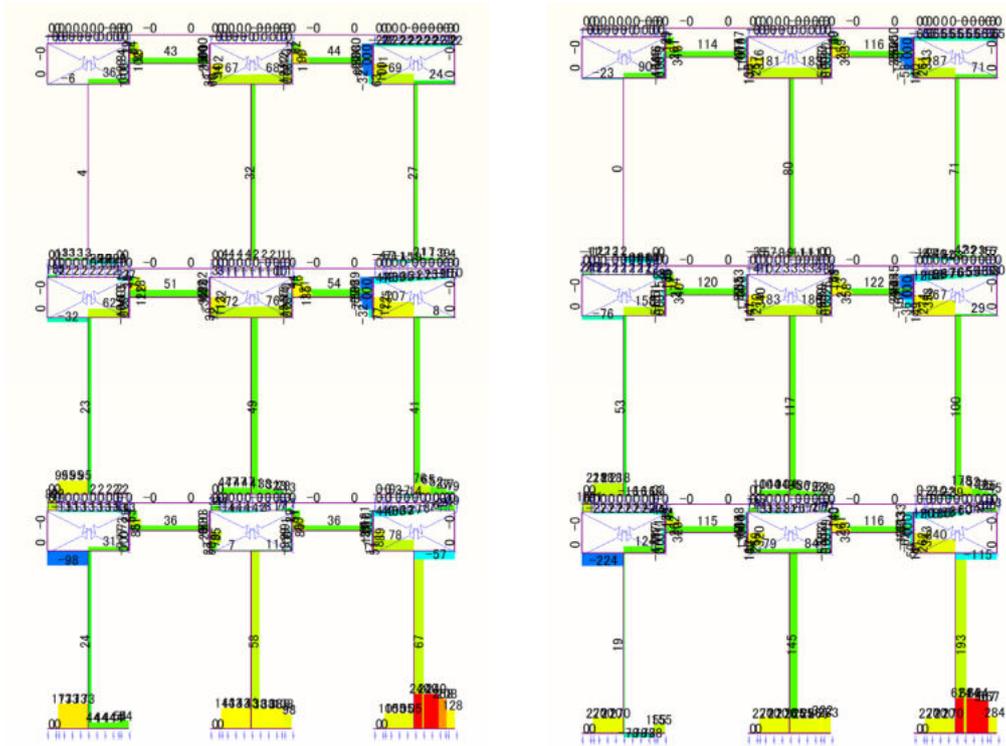


詳細モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

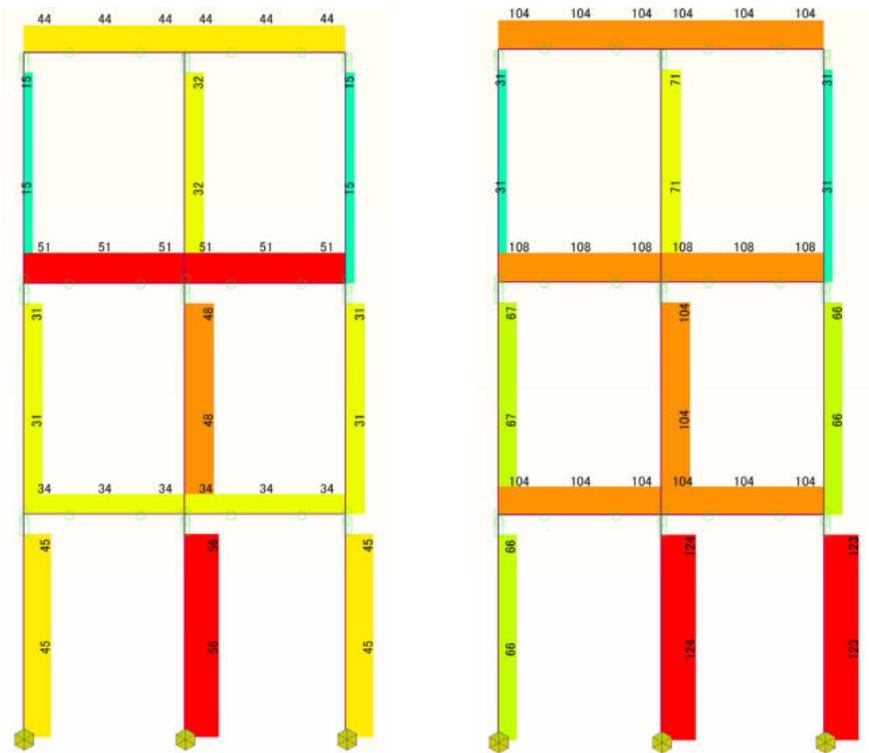


簡易モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-10 解析結果 曲げモーメント図[kN・m] (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

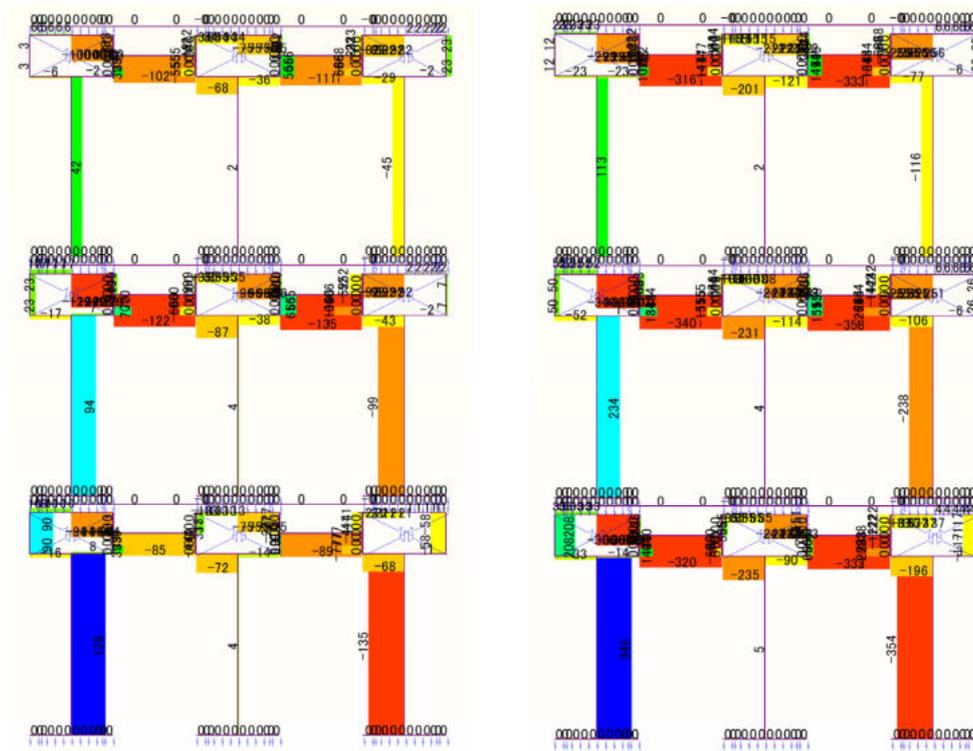


詳細モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

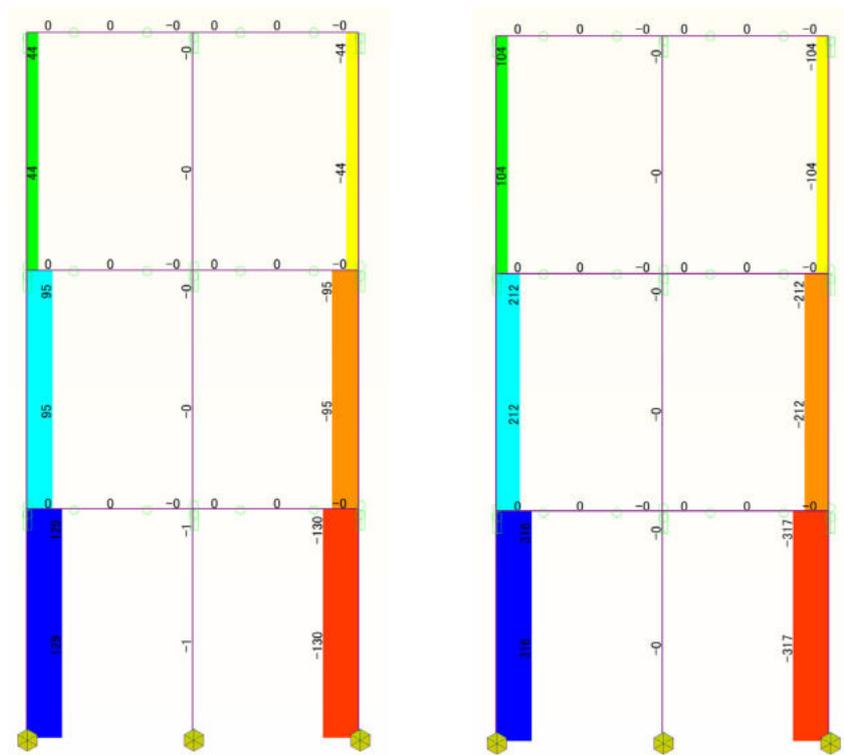


簡易モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-11 解析結果 せん断力図[kN] (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

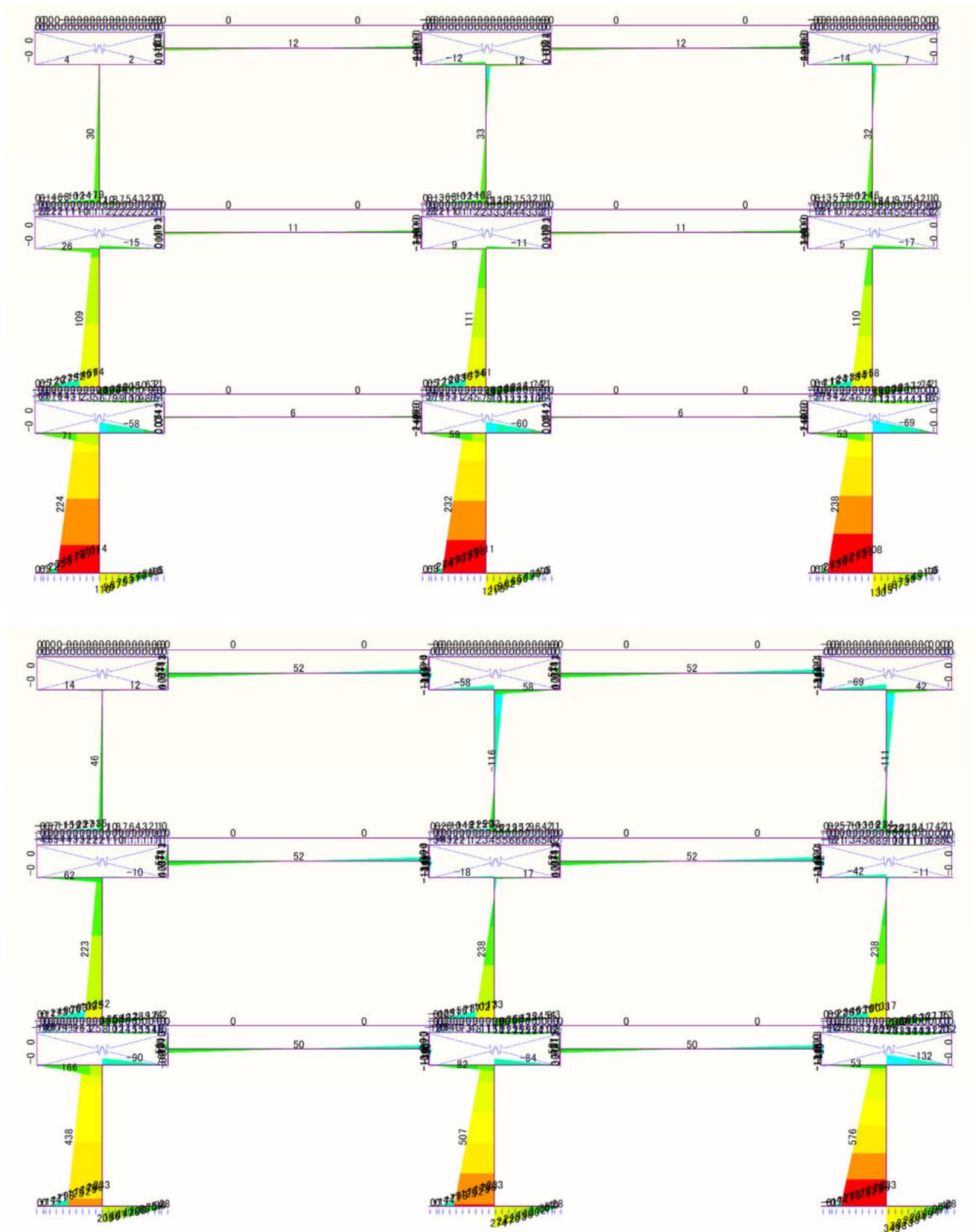


詳細モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)



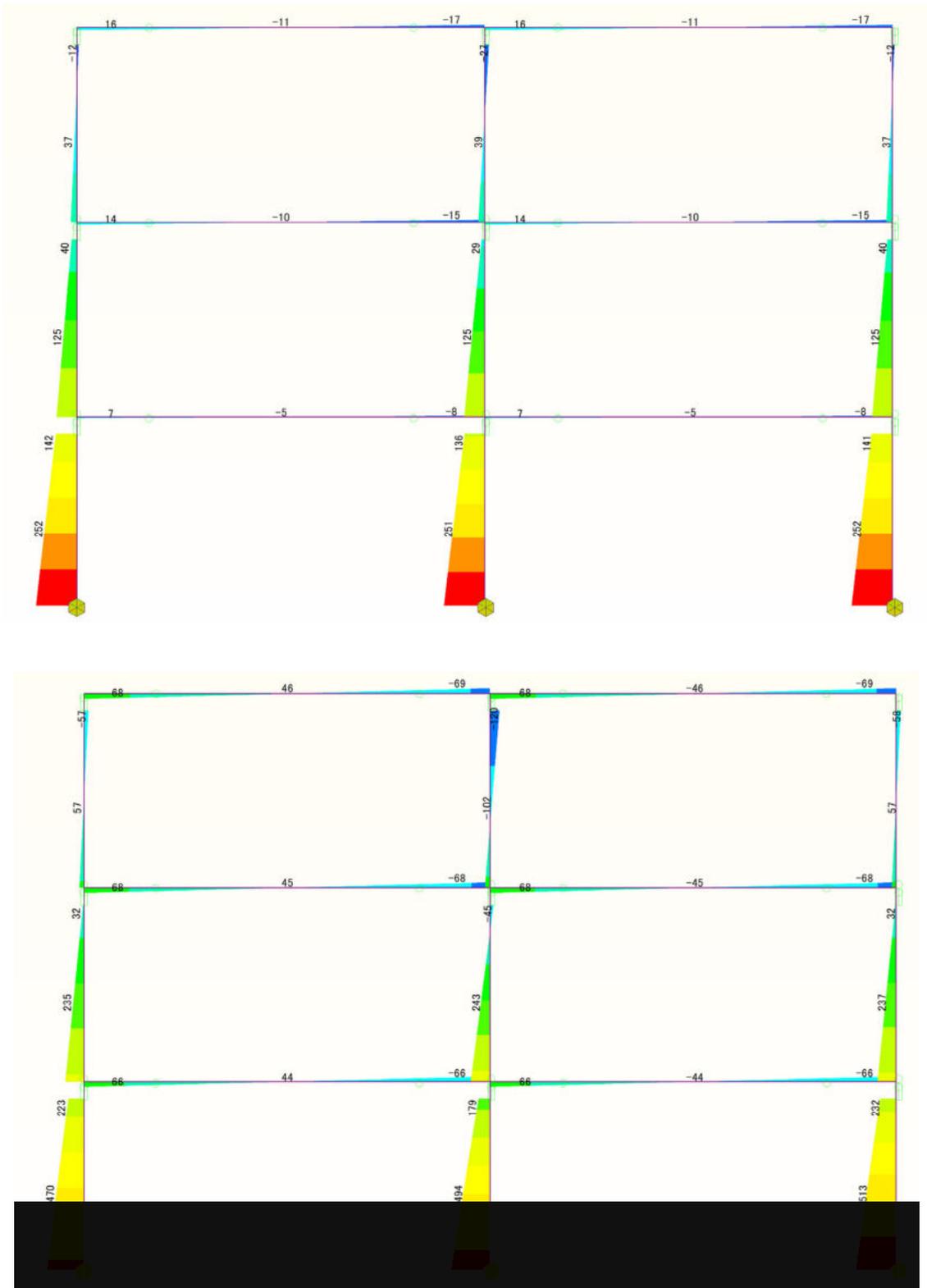
簡易モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-12 解析結果 軸力図[kN] (3層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)



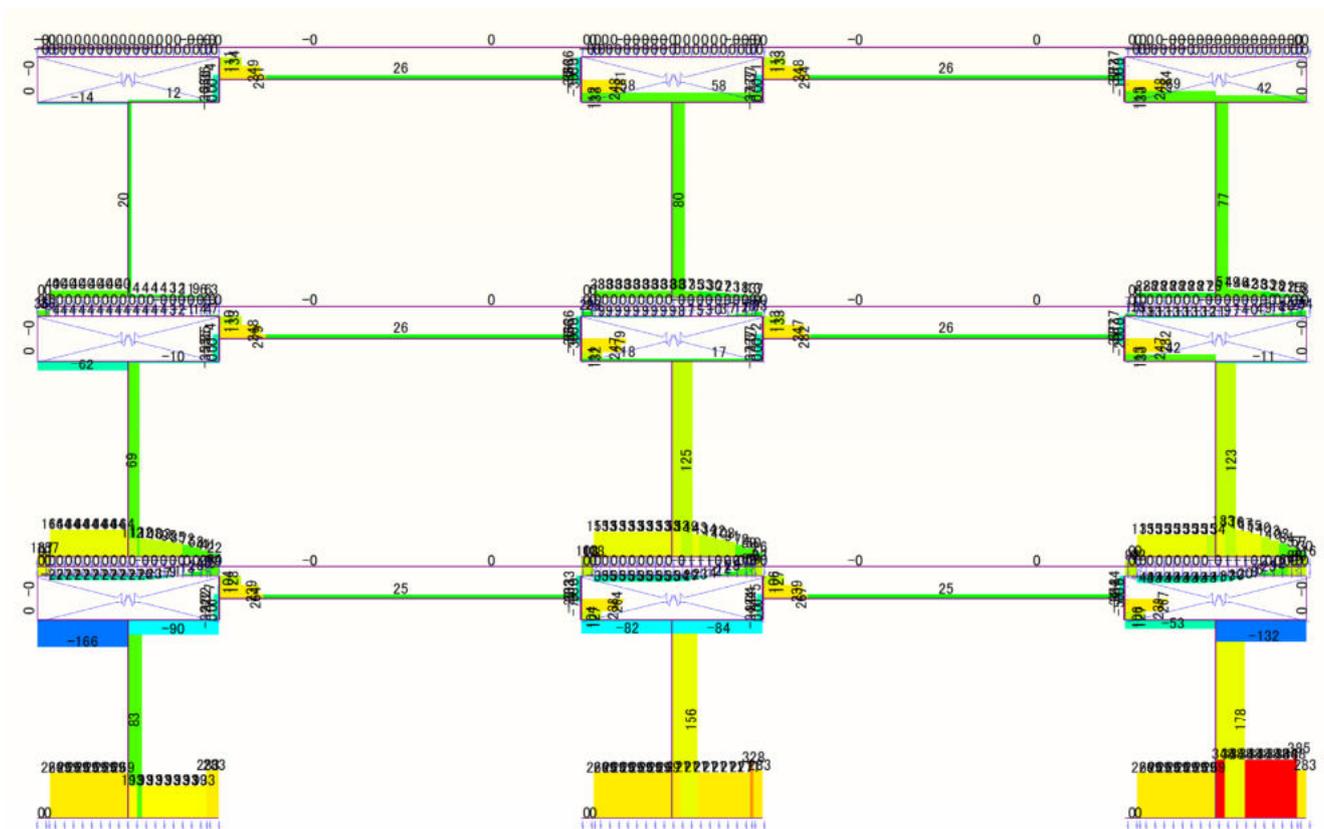
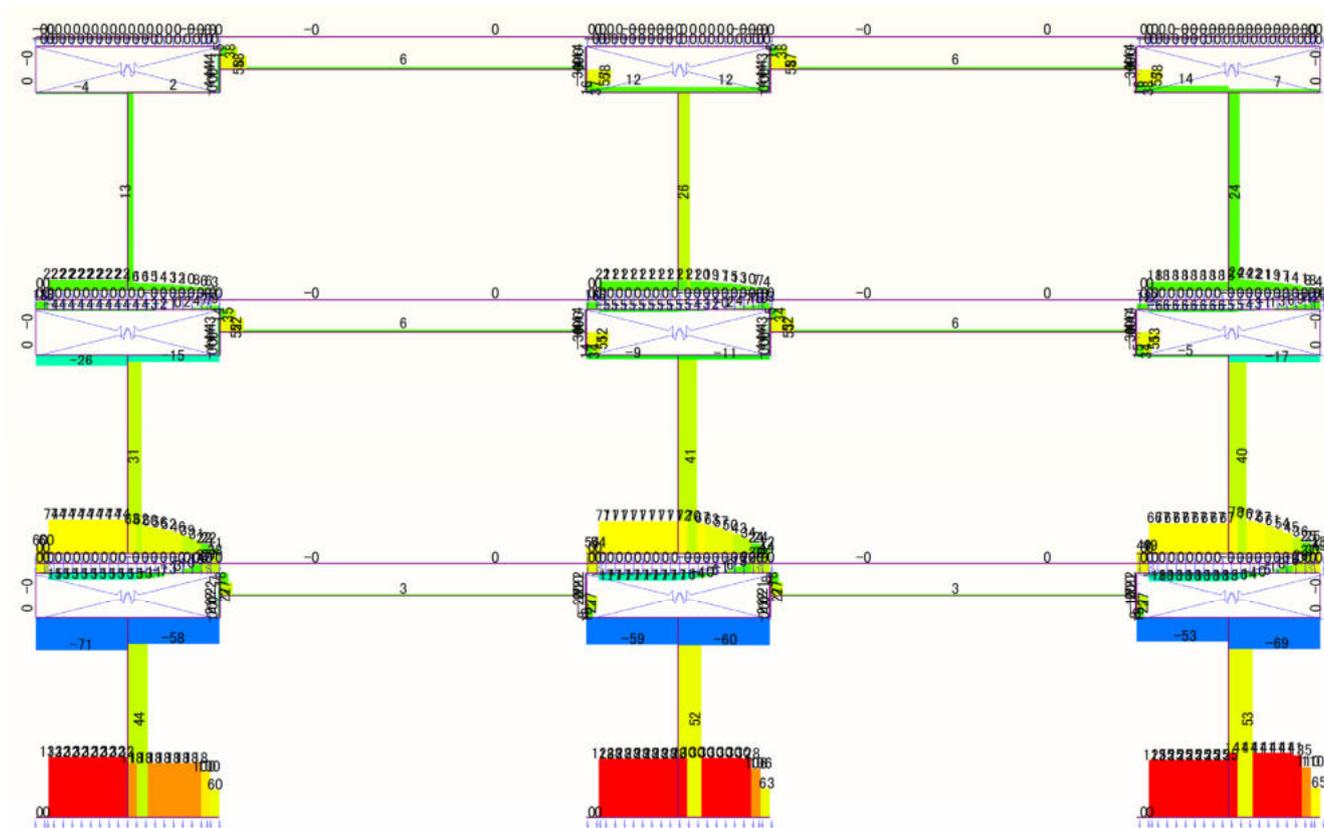
詳細モデル (上 : 1F が 150kN 時 下 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-13 解析結果 曲げモーメント図 [kN・m] (3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)



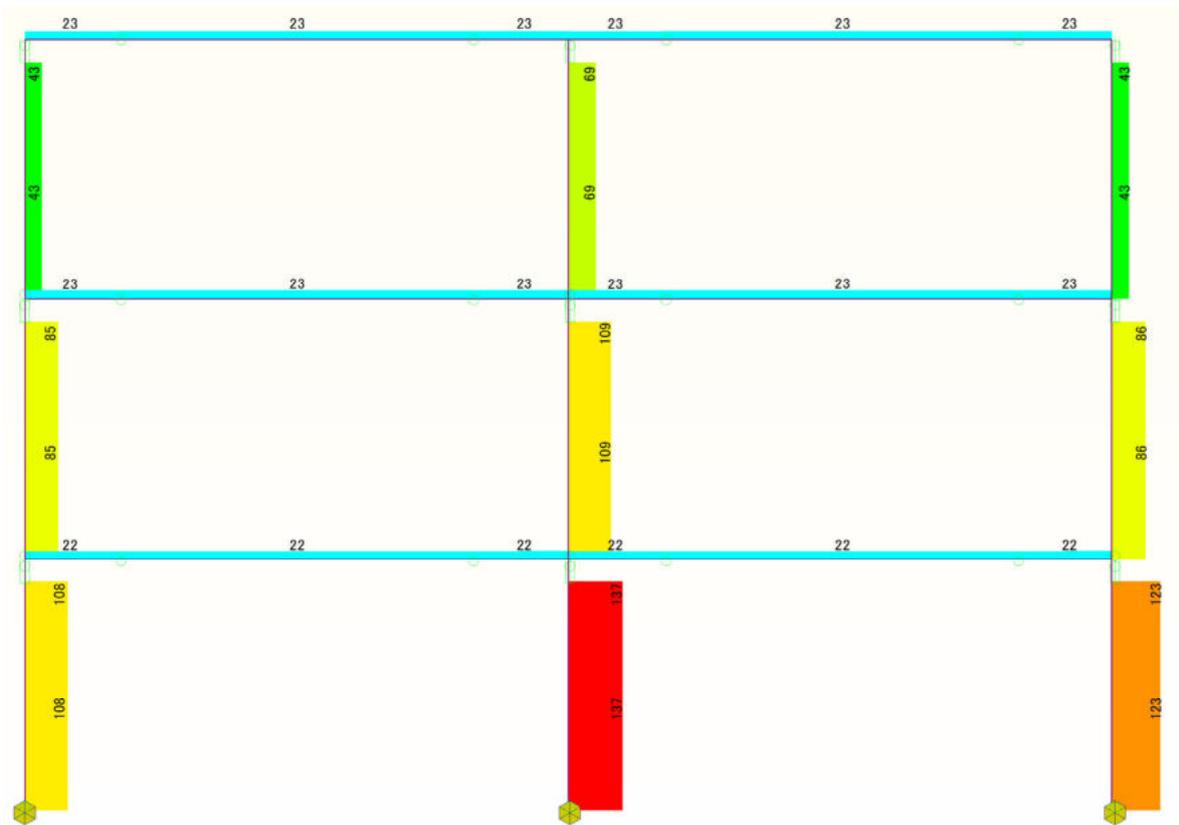
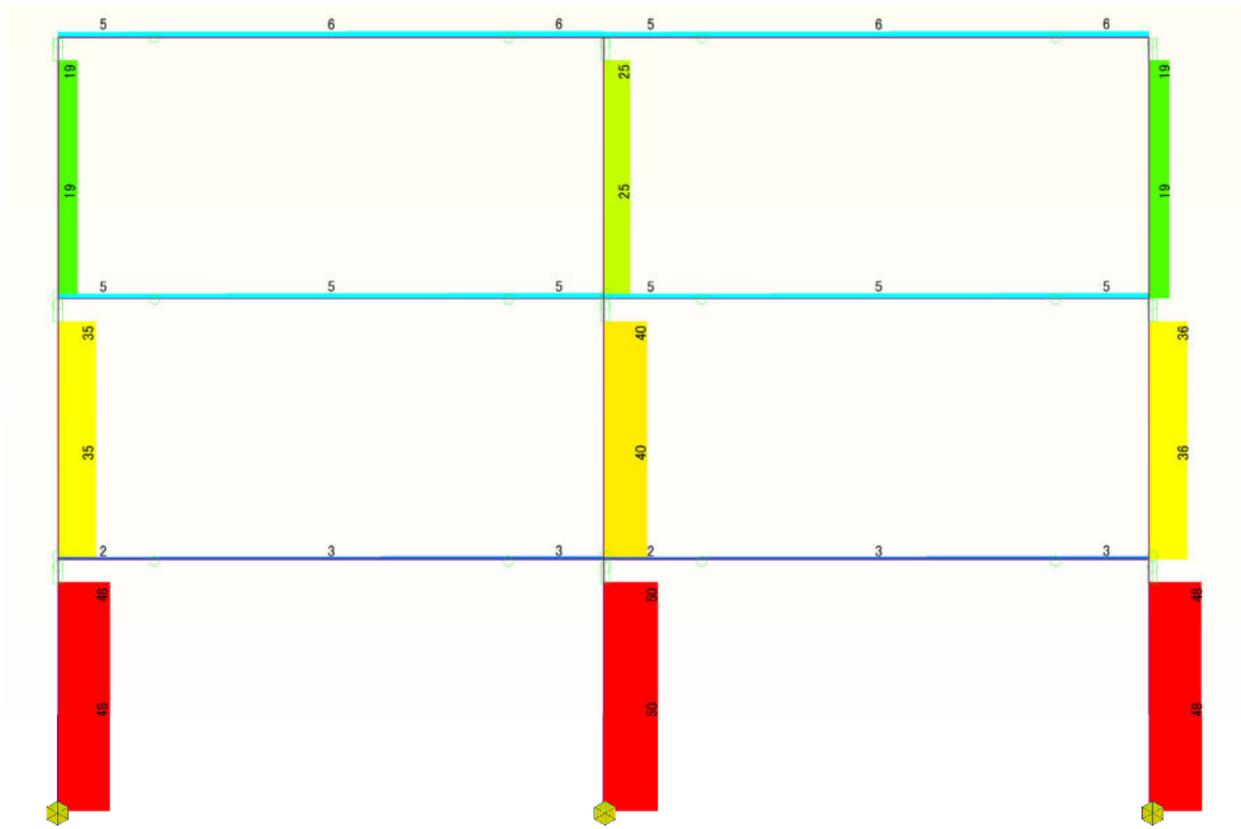
簡易モデル (上 : 1F が 150kN 時 下 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-14 解析結果 曲げモーメント図 [kN・m] (3 層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

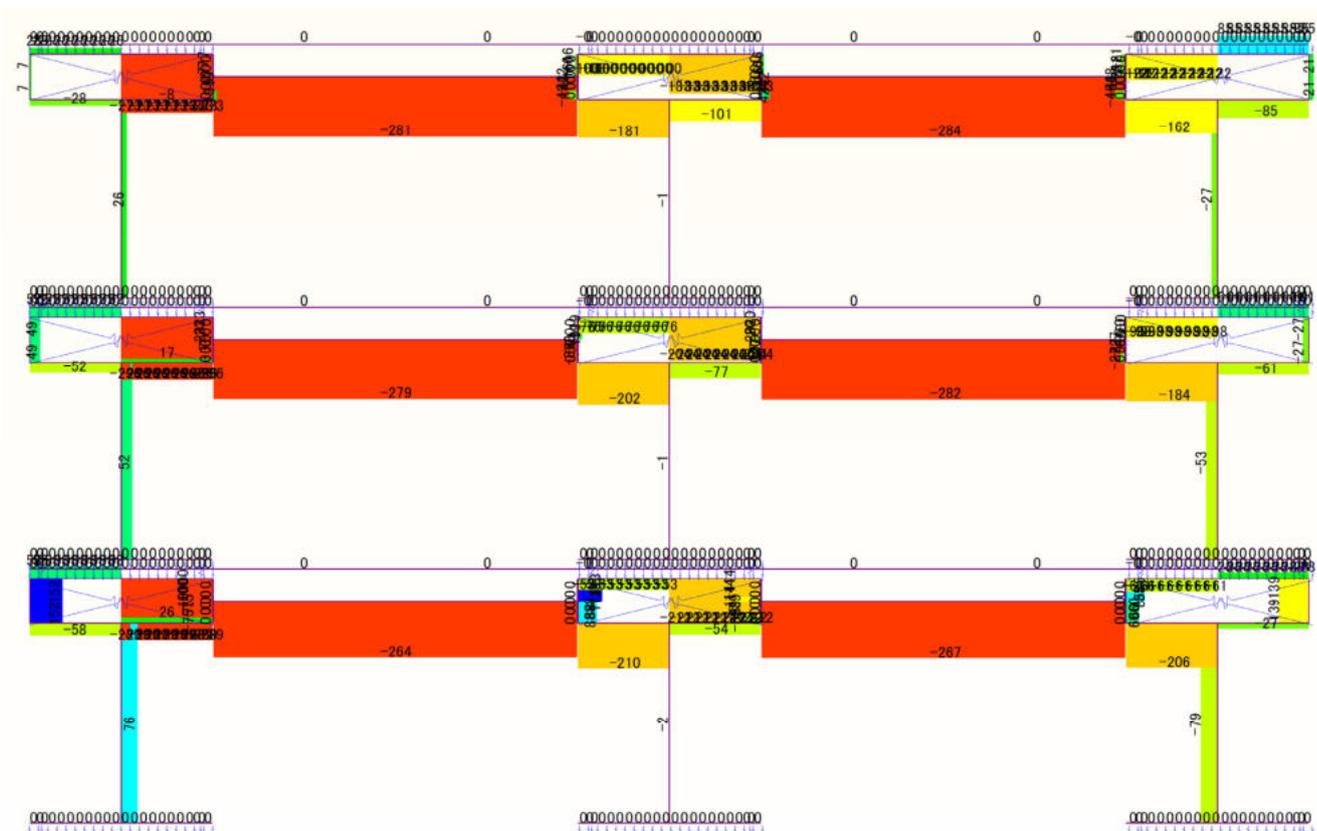
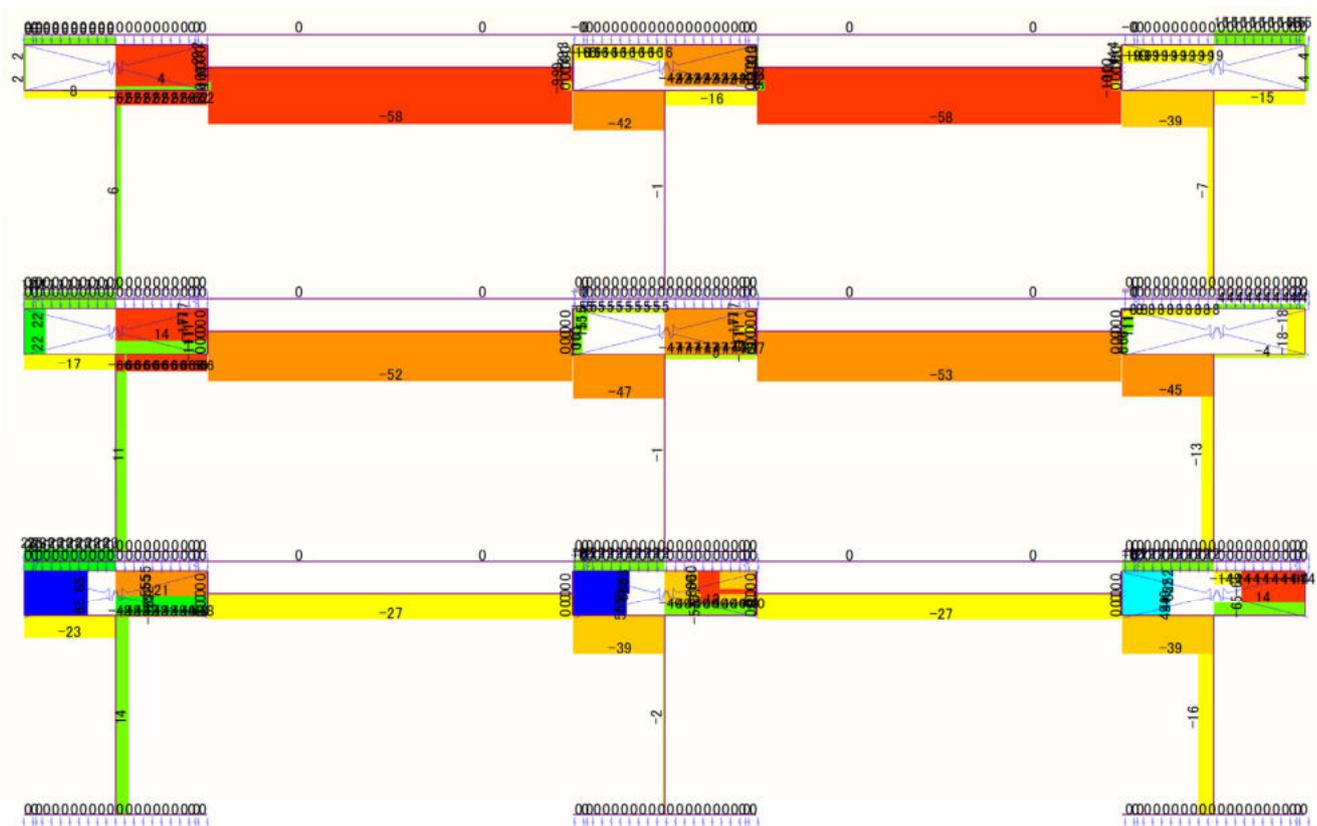


詳細モデル (上 : 1F が 150kN 時 下 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-15 解析結果 せん断力図[kN] (3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

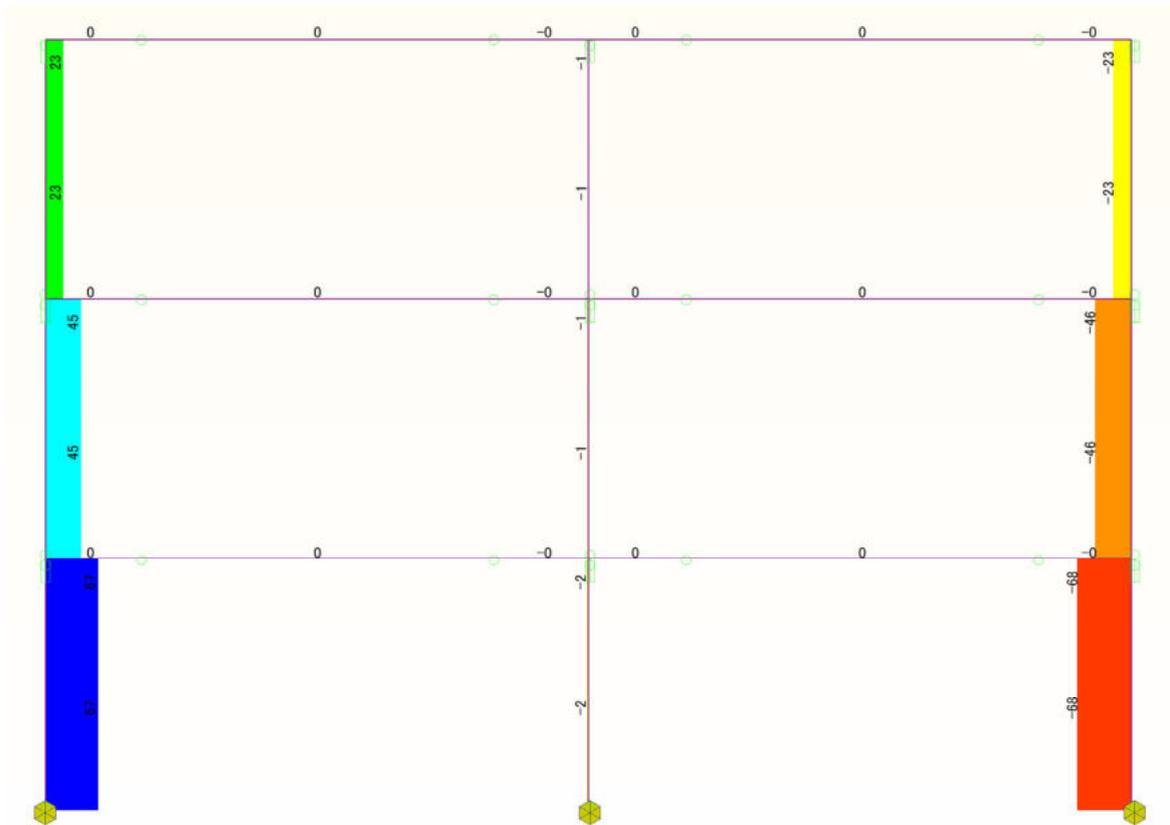
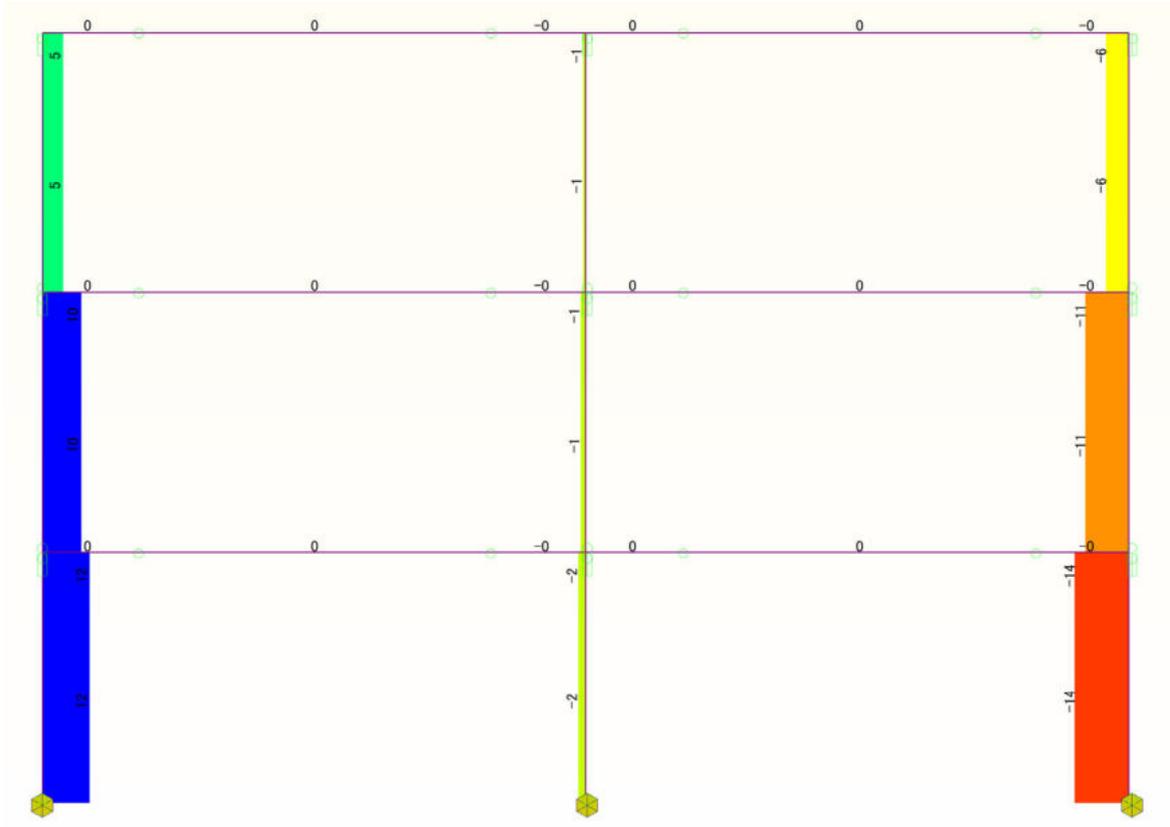


簡易モデル（上：1Fが150kN時 下：1Fが0.02rad時）  
 図 2.6.3-16 解析結果 せん断力図[kN]（3層、壁幅2.0m、スパン4.0m）

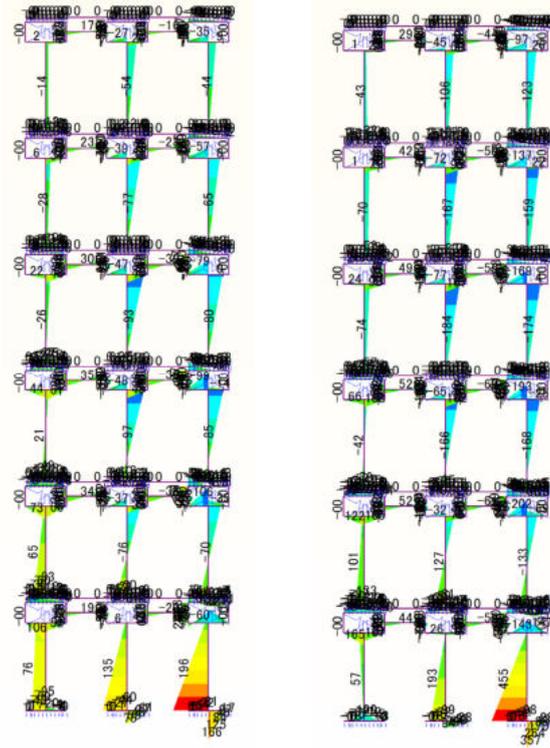


詳細モデル（上：1Fが150kN時 下：1Fが0.02rad時）

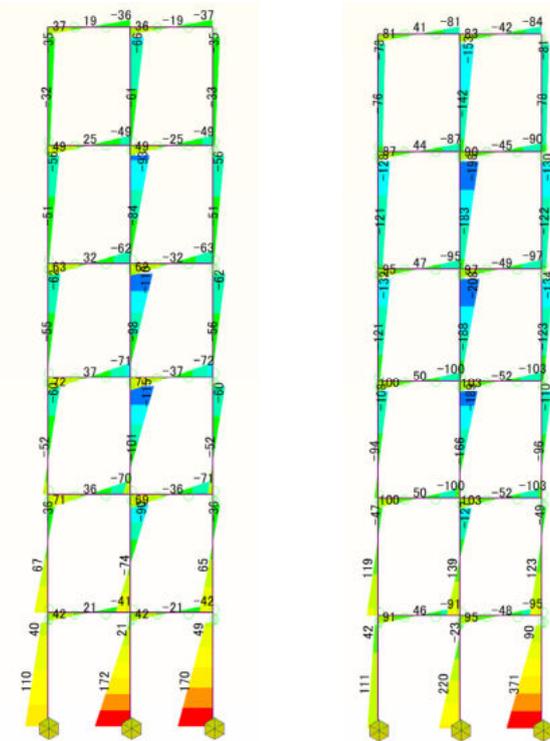
図 2.6.3-17 解析結果 軸力図[kN] (3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)



簡易モデル（上：1Fが150kN時 下：1Fが0.02rad時）  
 図 2.6.3-18 解析結果 軸力図[kN]（3層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m）

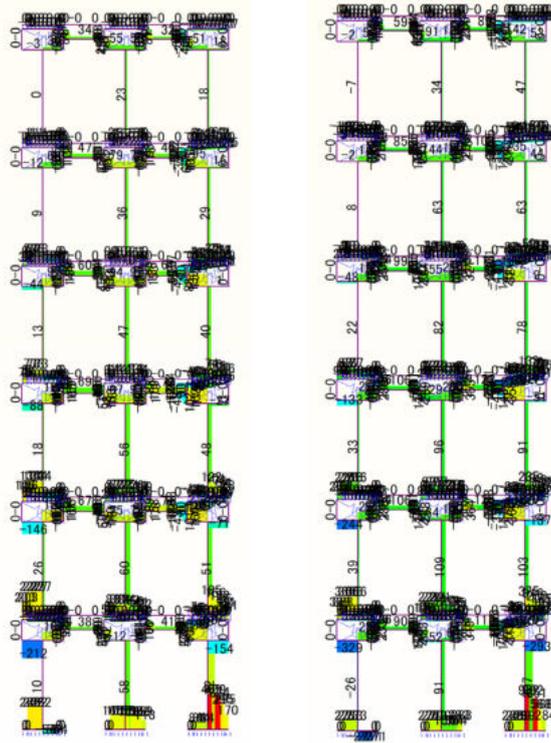


詳細モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

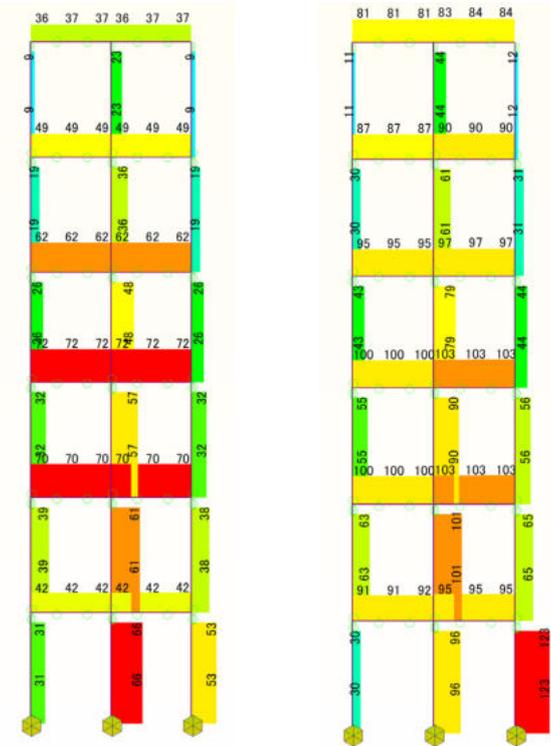


簡易モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-19 解析結果 曲げモーメント図[kN・m] (6層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

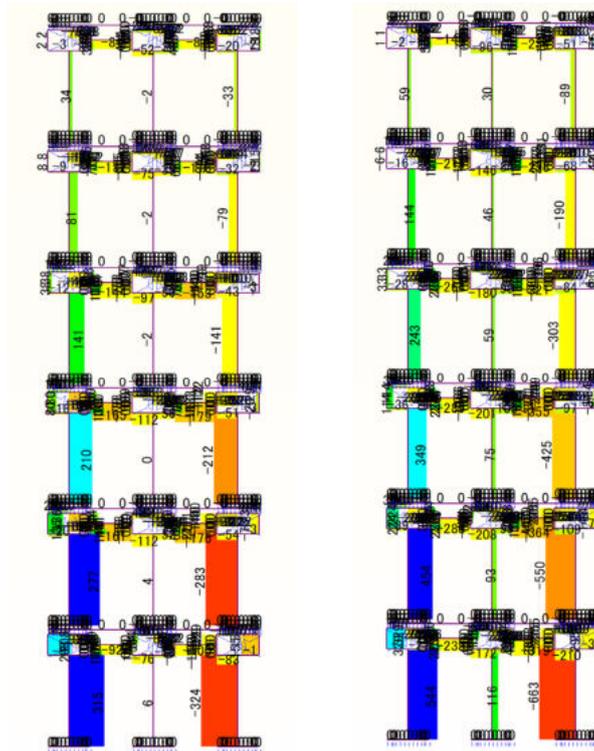


詳細モデル（左：1Fが150kN時 右：1Fが0.02rad時）

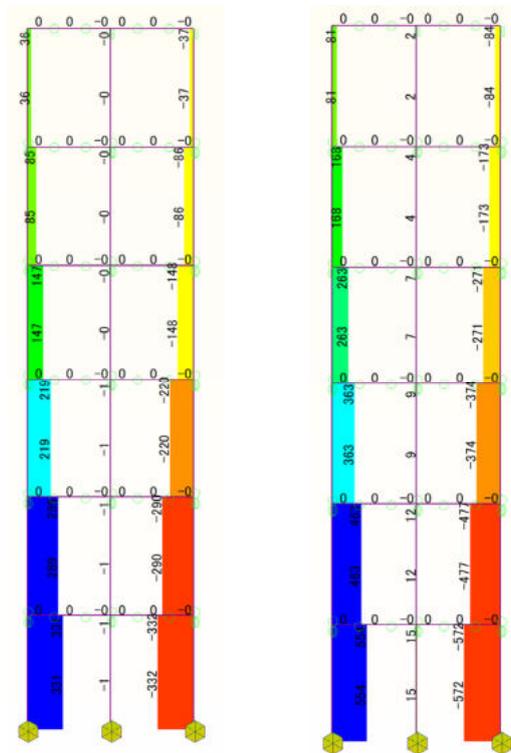


簡易モデル（左：1Fが150kN時 右：1Fが0.02rad時）

図 2.6.3-20 解析結果 セン断力図[kN] (6層、壁幅1.0m、スパン1.0m)

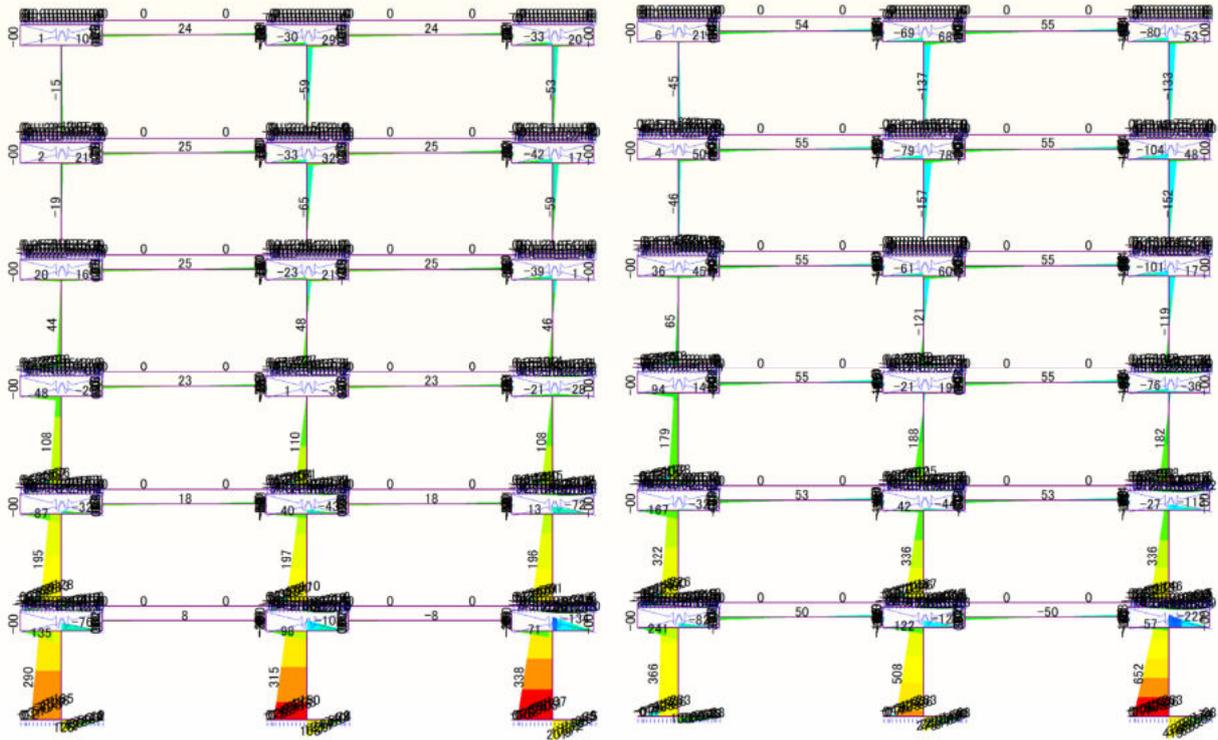


詳細モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

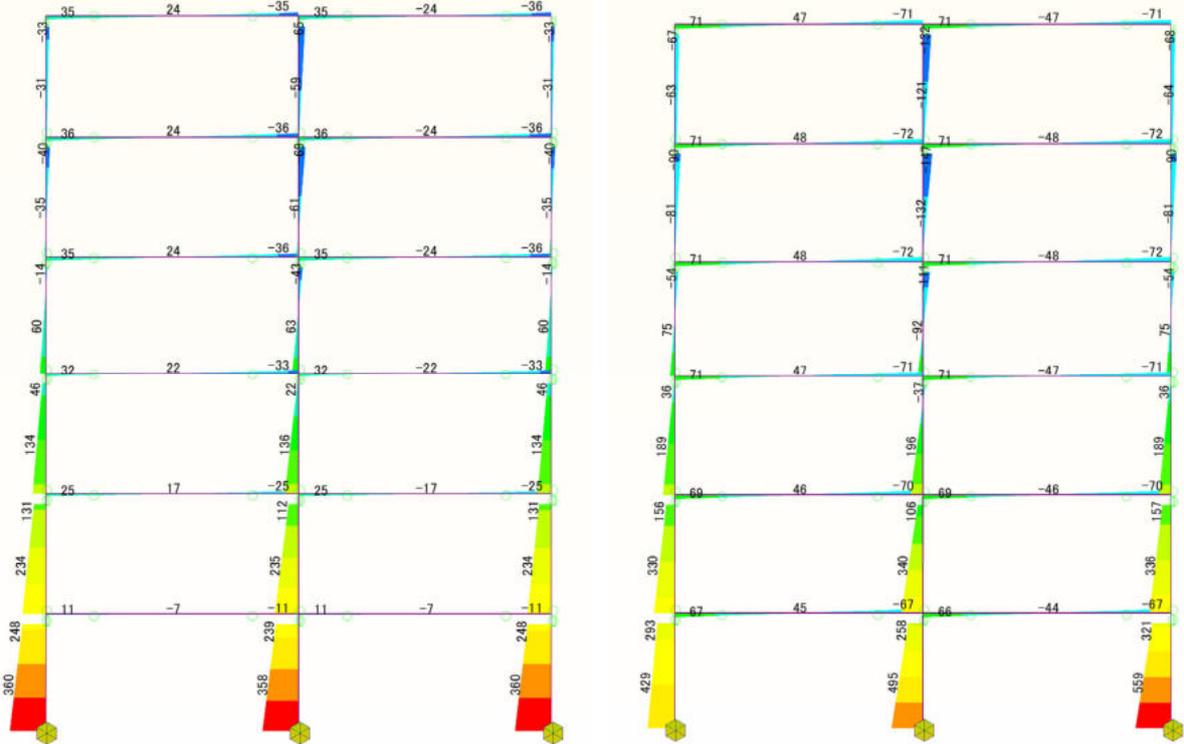


簡易モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-21 解析結果 軸力図[kN] (6層、壁幅 1.0m、スパン 1.0m)

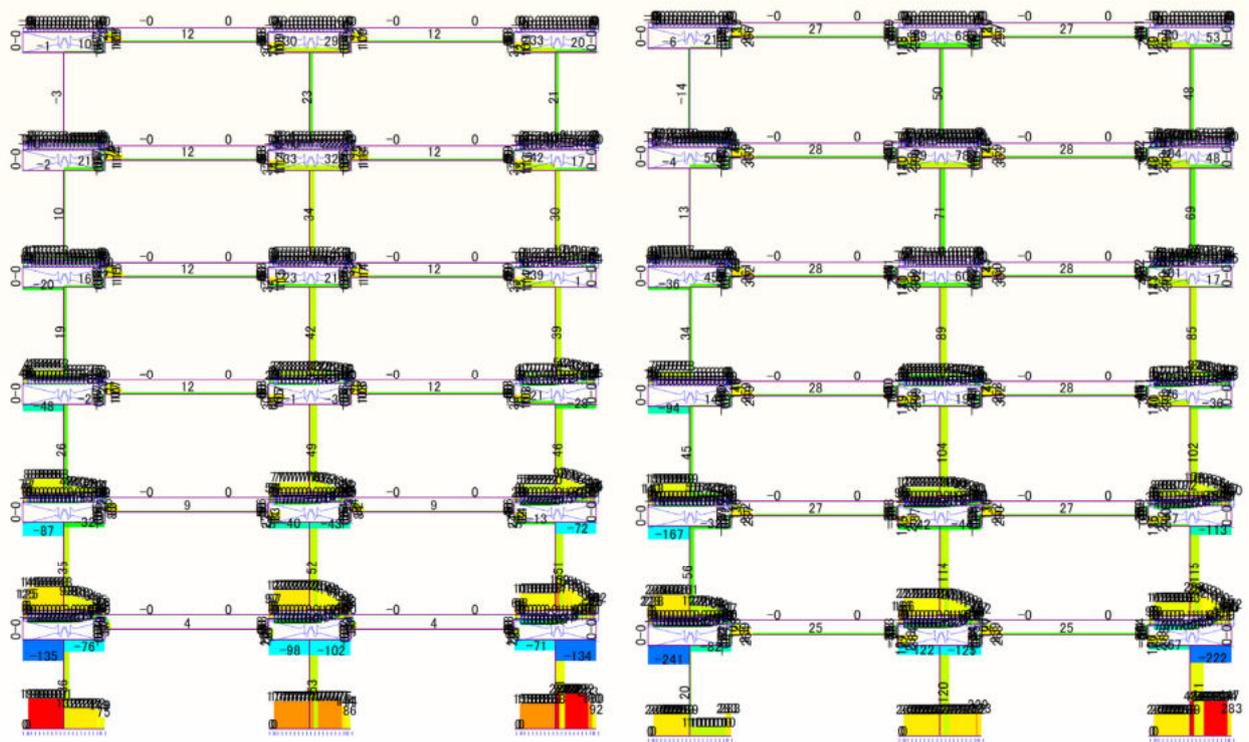


詳細モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

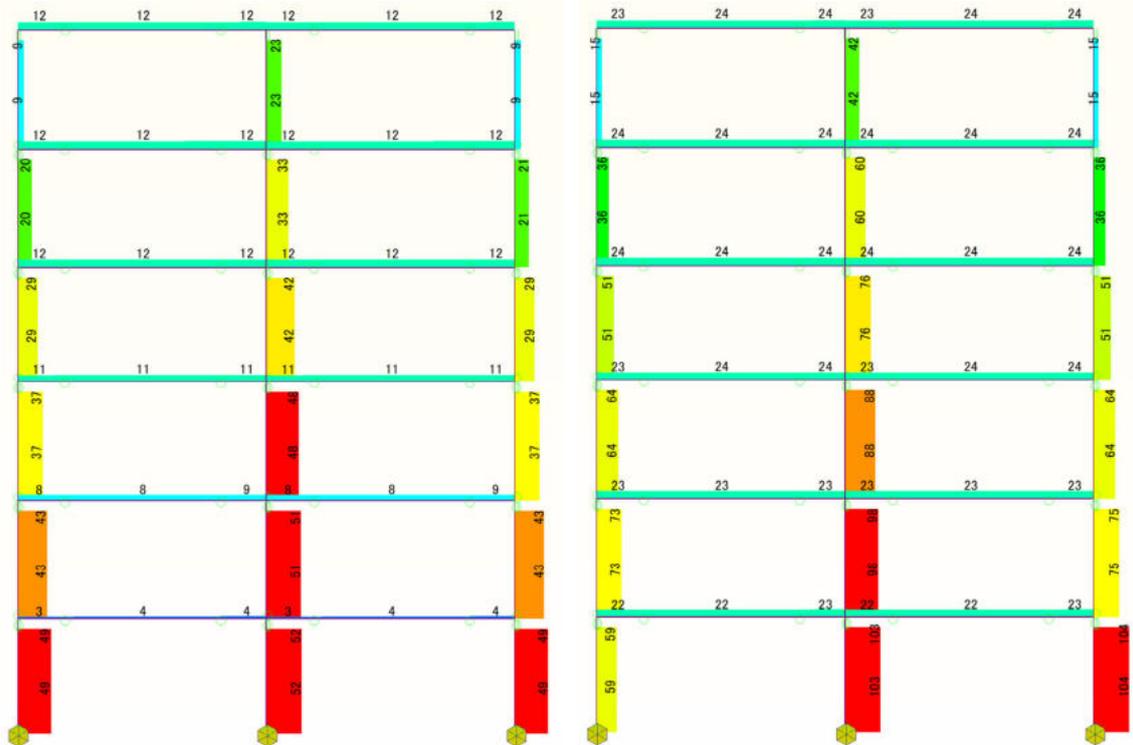


簡易モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-22 解析結果 曲げモーメント図[kN・m] (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

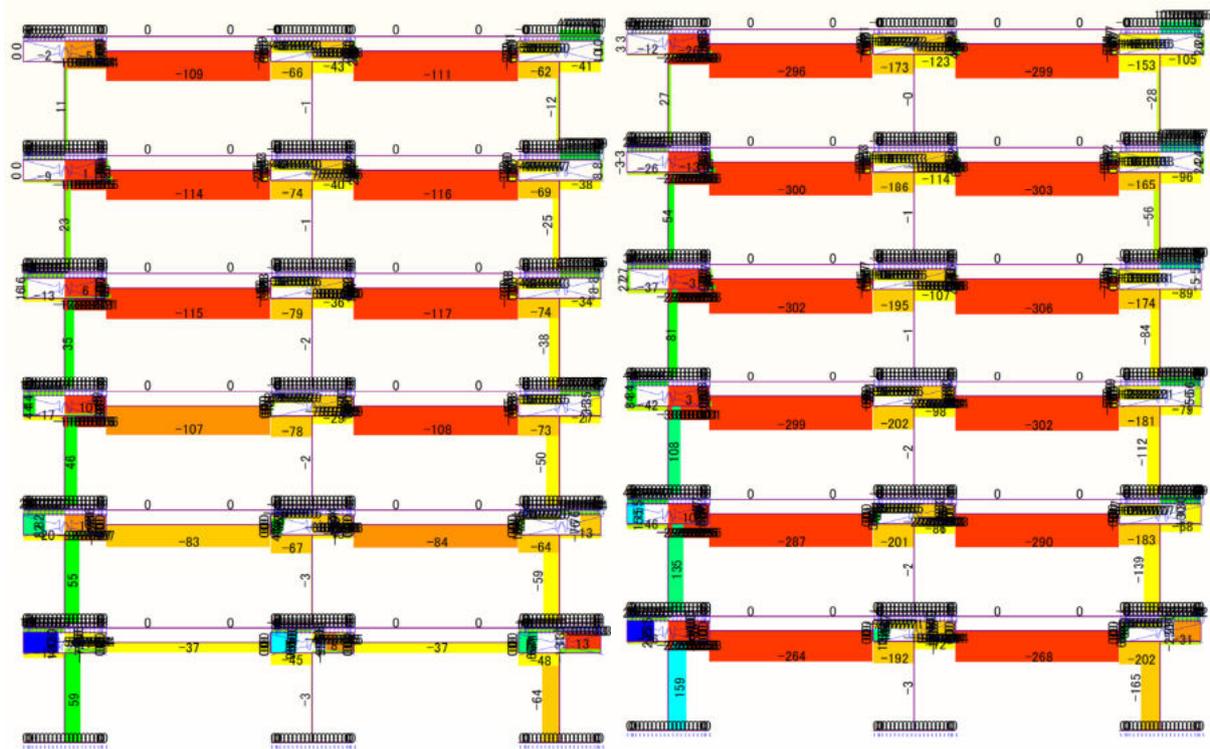


詳細モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

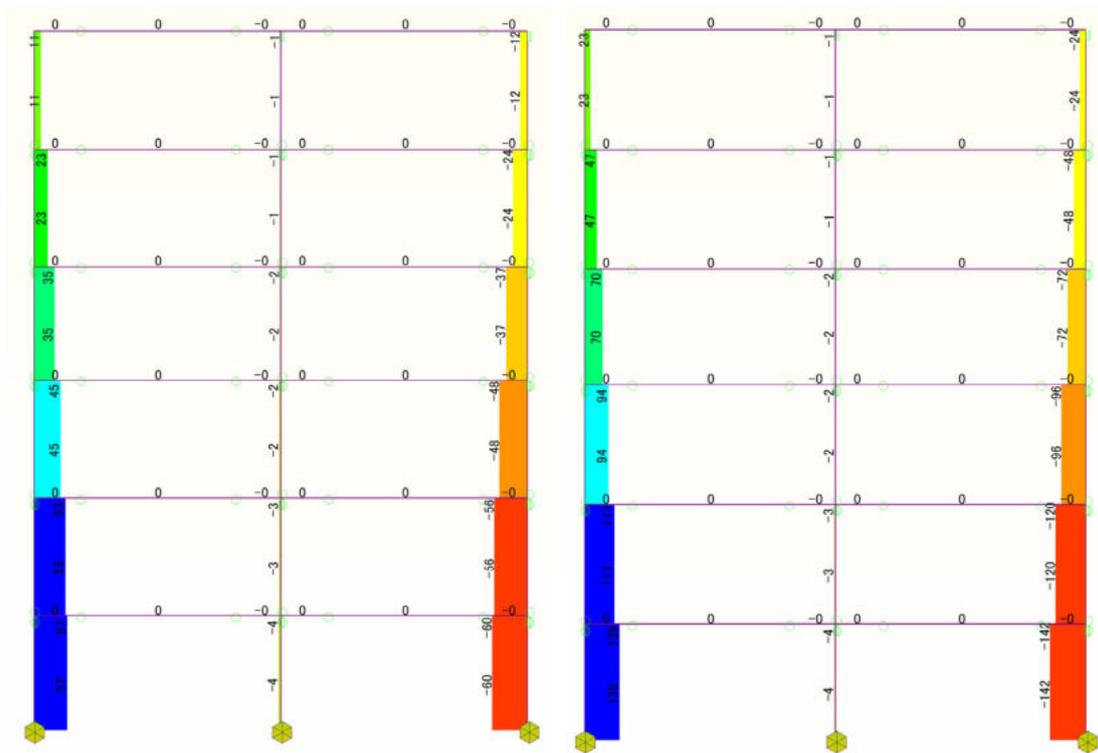


簡易モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-23 解析結果 セン断力図[kN] (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)



詳細モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)



簡易モデル (左 : 1F が 150kN 時 右 : 1F が 0.02rad 時)

図 2.6.3-24 解析結果 軸力図[kN] (6層、壁幅 2.0m、スパン 4.0m)

#### 2. 6. 4 まとめ

以上より、小幅パネル架構を対象とした保有水平耐力計算に用いる簡易モデルは、詳細モデルに対して終局耐力は10%程度安全側であり、限りあるスタディの結果ではあるが、今回検討した6階まで、壁幅2.0m程度までの範囲であれば適用可能であることが確認できた。

## 2. 7 水平構面の簡易モデル

### 2. 7. 1 検証方針

#### (1) 目的と検討の流れ

耐力壁線間距離が長い、いわゆるロングスパンの水平構面では、水平構面自体の“変形”を評価する必要があり、「非剛床モデル」等で計算モデルを構築する必要がある。一方で、現行の CLT マニュアルに掲載される水平構面の「非剛床モデル」は、鉛直構面の詳細モデルと同様、複雑なモデル化が必要となり、設計者が敬遠する一因となっている。

そこで、本検討では CLT パネル工法ルート 2 を対象に、CLT 床で構成された「非剛床モデル」の簡易化（以下、簡易モデル）を検討する。提案する簡易モデルのイメージを下記に示す。なお、ルート 2 を対象とするため、いずれの要素も弾性状態を検討対象範囲とする。

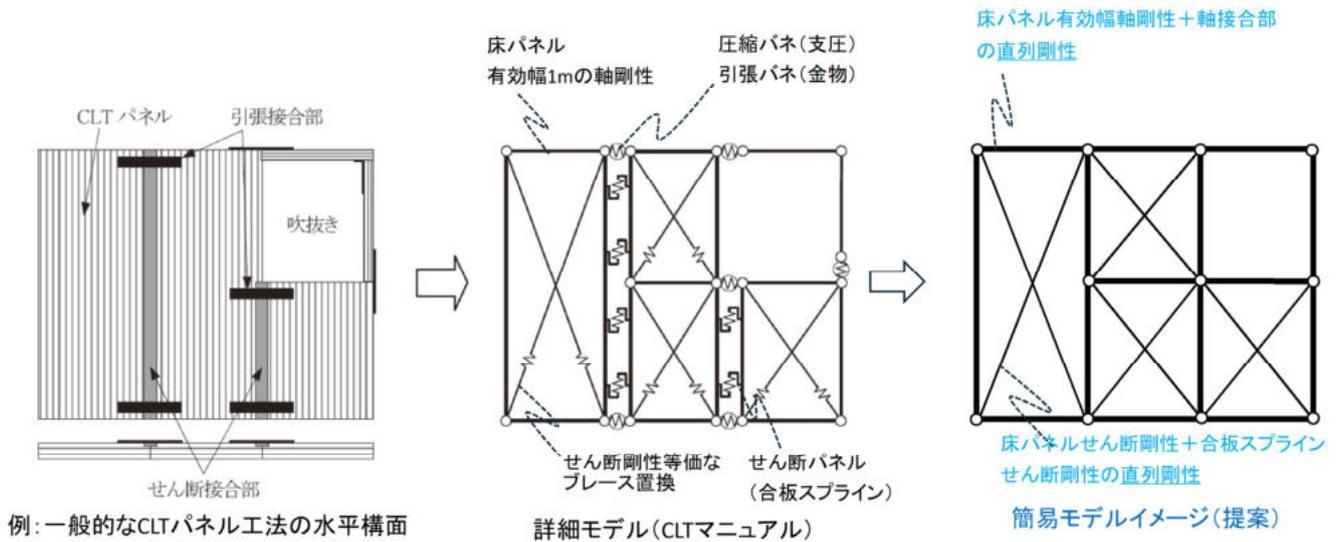


図 2.7.1-1 本事業における簡易モデルイメージ (CLT 水平構面)

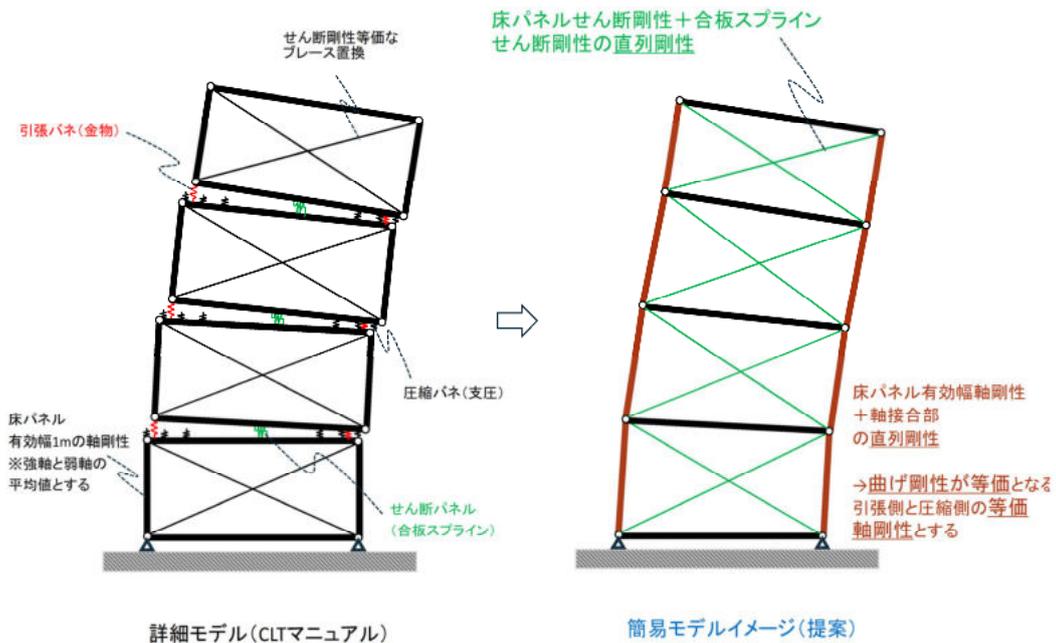


図 2.7.1-2 片持ち状態の変形イメージによる CLT 水平構面の詳細モデルと簡易モデル

水平構面の簡易モデルは、ブレース置換モデルを想定し、枠フレーム要素は床パネル有効幅の母材軸剛性と床パネル間接合軸剛性を直列剛性で評価し、等価ブレース要素は床パネルのせん断剛性と床パネル間せん断剛性の直列剛性で評価する（図 2.7.1-2）。

検討の流れを説明する。まず CLT 水平構面に関する既往の文献<sup>1)</sup>を参考に、詳細モデルによる実験結果の再現を試みる。次に、簡易モデルを作成し、詳細モデル及び実験結果と比較検討することで簡易モデルの妥当性を確認する。その後、妥当性が確認された詳細モデルと簡易モデルを用いて、接合部の性能や CLT パネルの形状をパラメータとしたスタディを実施し、詳細モデルと簡易モデルとの比較を通じて、簡易モデルの妥当性を確認する。

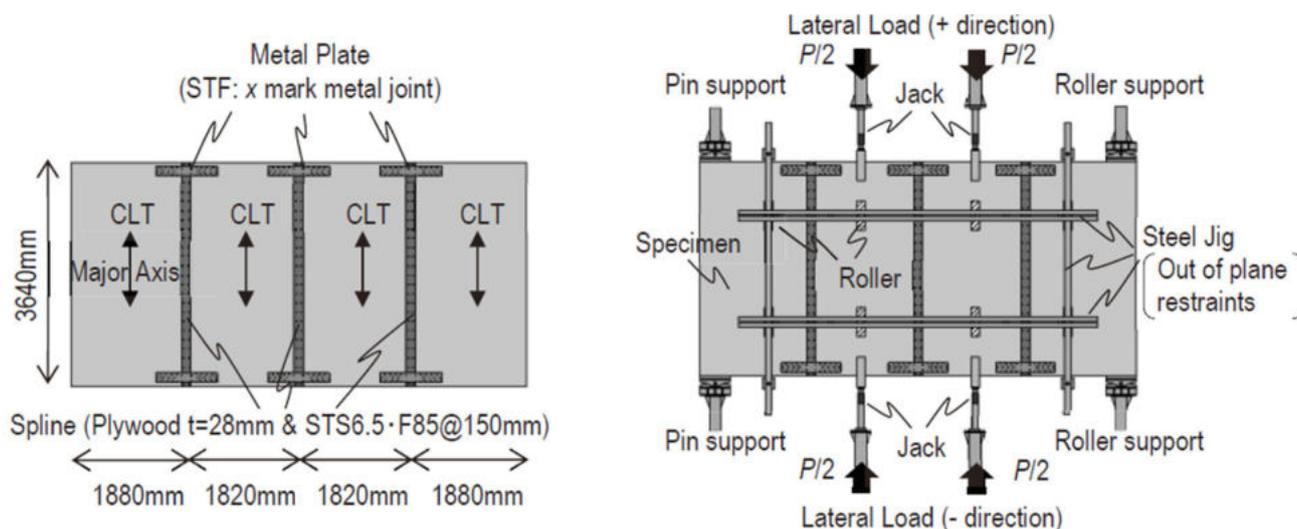


図 2.7.1-3 解析モデルの検証用の題材とした既往の文献による CLT 水平構面試験体<sup>1)</sup>

参考文献

- 1) 鈴木賢人他：CLT パネル相互を帯金物とスプラインで接合した床構面の面内性能に関する研究 接合部性能が床構面の耐力および剛性に及ぼす影響，日本建築学会構造系論文集 第 86 卷 第 781 号,457-467,2021.3

## (2) 簡易モデル概要

CLT 水平構面の簡易モデル方法を説明する。以下に、簡易化対象を青点線で囲む範囲として考える。詳細モデルのパラメータは以下となる。

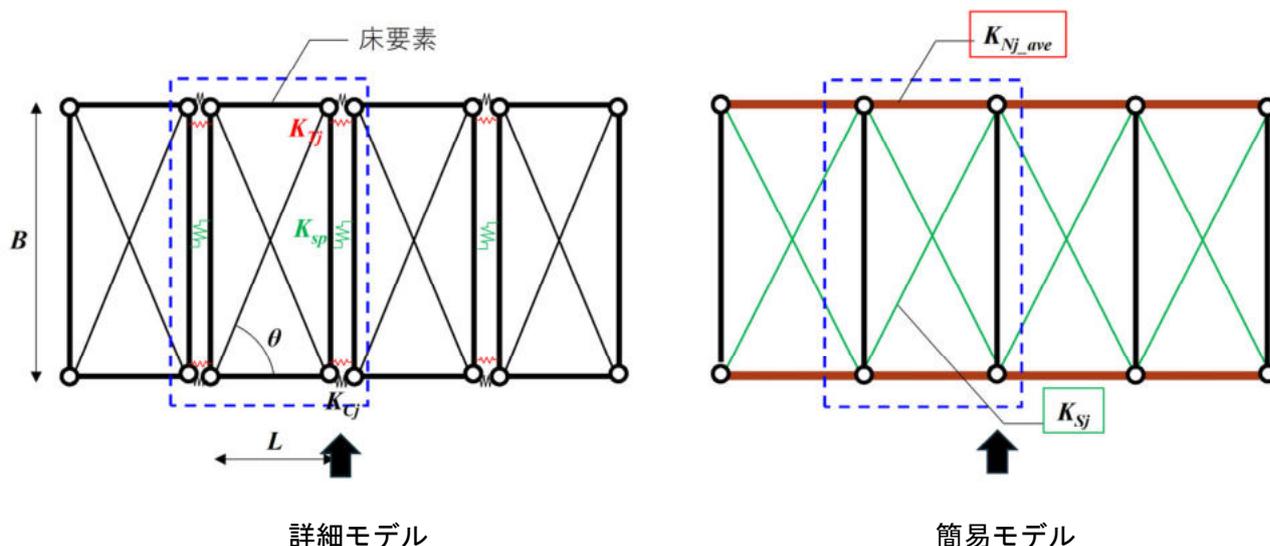


図 2.7.1-4 CLT 水平構面の詳細モデルと簡易モデルのパラメータ

ここで、

- $E_{床}$  : 床パネルの面内の弾性係数( $N/mm^2$ )
- $G_{床}$  : 床パネルの面内のせん断弾性係数( $= 500N/mm^2$ )
- $t$  : 床パネルの厚さ( $mm$ )
- $L$  : 床パネルの幅( $mm$ )
- $H$  : 床パネルの長さ( $mm$ )
- $\theta$  : 床パネル自体の等価ブレース置換の角度(-)
  
- $B_e$  : 床パネルの有効幅( $= 1000mm$ )
- $A_s$  : 床パネルのせん断断面積( $= t \times B$ )
- $A_N$  : 床パネルの枠の軸断面積( $= t \times B_e$ )
- $K_{Tj}$  : 床パネル間の引張接合剛性
- $K_{Cj}$  : 床パネル間の圧縮接合剛性( $= 15.6 \times t \times B_e$ )
- $K_{sp}$  : 床パネル間のせん断接合剛性
- $A_e$  : 床パネル自体の等価ブレース置換の断面積( $N/mm^2$ )
- $E_{e+j}$  : 接合部を考慮した等価ブレース置換の弾性係数( $N/mm^2$ )
- $A_{e+j}$  : 接合部を考慮した等価ブレース置換の断面積( $N/mm^2$ )

簡易モデルの接合部を考慮した等価ブレース剛性は以下のように算定する

$$A_e = \frac{G_{床} \cdot A_s \cdot L}{2H \cdot \cos^3 \theta} \div E_{e+j} \quad (\text{式 2.7.1-1})$$

$$K_{S\_clt} = \frac{G_{床} \cdot A_s}{L} \quad (\text{式 2.7.1-2})$$

$$K_{S\_clt+sp} = \frac{K_{S\_clt} \cdot K_{Sp}}{K_{S\_clt} + K_{Sp}} \quad (\text{式 2.7.1-3})$$

$$\alpha = \frac{K_{S\_clt+sp}}{K_{S\_clt}} \quad (\text{式 2.7.1-4})$$

$$A_{e+j} = A_e \cdot \alpha \quad (\text{式 2.7.1-5})$$

$$K_{Sj} = \frac{A_{e+j} \cdot E_{e+j}}{\sqrt{H^2 + L^2}} \quad (\text{式 2.7.1-6})$$

ここで、

$K_{S\_clt}$  : 床パネルのせん断剛性

$K_{S\_clt+sp}$  : 床パネルのせん断剛性と床パネル間のせん断接合部剛性の直列剛性

$\alpha$  : せん断接合部の剛性を考慮した床パネルのせん断剛性低減率

簡易モデルの接合部を考慮した等価枠フレームの軸剛性は以下のように算定する。圧縮側と引張側で剛性が異なるため、まず、引張側と圧縮側に異なる軸バネを有する回転剛性  $K_\theta$  を算出し、それに等価となるように圧縮側と引張側で同じ性能となる軸剛性  $K_{eq}$  を算出する。

$$K_{N\_clt} = \frac{E_{床} \cdot A_N}{L} \quad (\text{式 2.7.1-7})$$

$$K_{N\_clt+Tj} = \frac{K_{N\_clt} \cdot K_{Tj}}{K_{N\_clt} + K_{Tj}} \quad (\text{式 2.7.1-8})$$

$$K_{N\_clt+Cj} = \frac{K_{N\_clt} \cdot K_{Cj}}{K_{N\_clt} + K_{Cj}} \quad (\text{式 2.7.1-9})$$

$$K_\theta = \frac{K_{N\_clt+Tj} \cdot K_{N\_clt+Cj}}{K_{N\_clt+Tj} + K_{N\_clt+Cj}} \cdot (H \cdot R)^2 \quad (\text{式 2.7.1-10})$$

$$K_{eq} = K_{Nj\_ave} = \frac{K_\theta}{(H \cdot R)^2} \cdot 2 \quad (\text{式 2.7.1-11})$$

ここで、

$K_{N\_clt}$  : 有効幅の床パネルの軸剛性

$K_{N\_clt+Tj}$  : 床パネルの枠軸剛性と床パネル間の引張接合部剛性の直列剛性

$K_{N\_clt+Cj}$  : 床パネルの枠軸剛性と床パネル間の圧縮接合部剛性の直列剛性

$K_\theta$  : 圧縮側と引張側の軸剛性から算出した回転剛性

$R$  : 応力中心間距離の低減係数 ( = 0.83 ) ※CLT 設計施工マニュアルに準拠

### (3) 既往の CLT 水平構面試験との比較

提案した CLT 水平構面の簡易モデルの妥当性を既往の CLT 水平構面実験との比較を通じて確認する。既往の実験は以下に示すように 4 枚の CLT を引張金物と合板スプライン接合により構成されたものであり、中央 2 点荷重載荷となる。

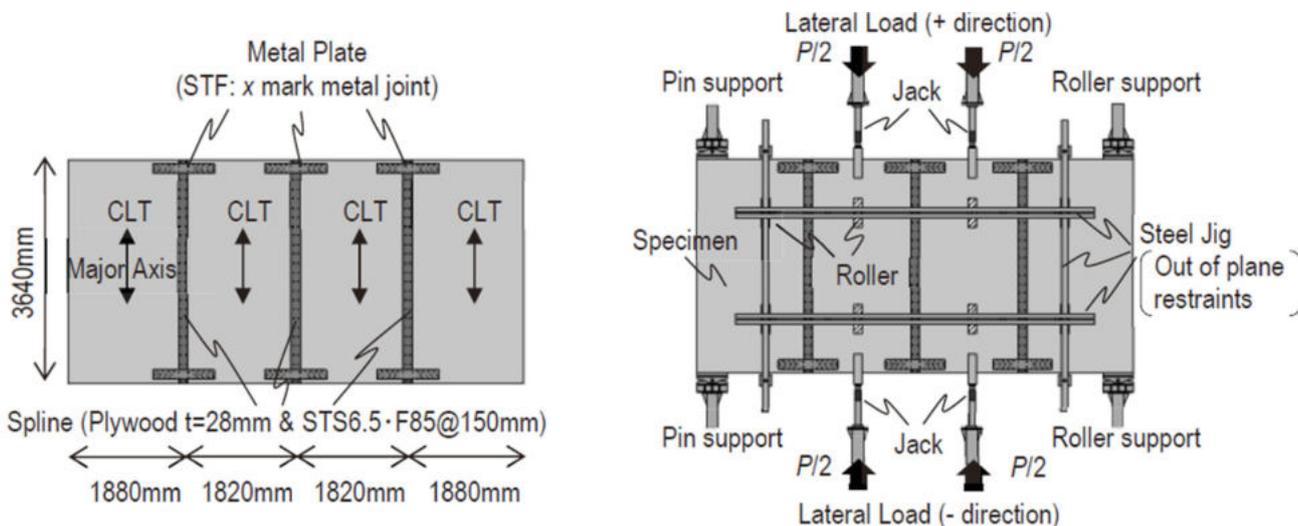


図 2.7.1-5 解析モデルの検証用の題材とした既往の文献による CLT 水平構面試験体<sup>1)</sup>

解析モデルを以下に示す。次項に前述した算定式を用いて算出した簡易モデルの各部パラメータを示す。各パネルについて等価ブレース置換を行う。なお接合部の剛性は CLT 設計施工マニュアルに掲載されている数値を採用した。単位荷重としてそれぞれ 40kN の水平荷重をかけた際の中央部の変形を比較する。

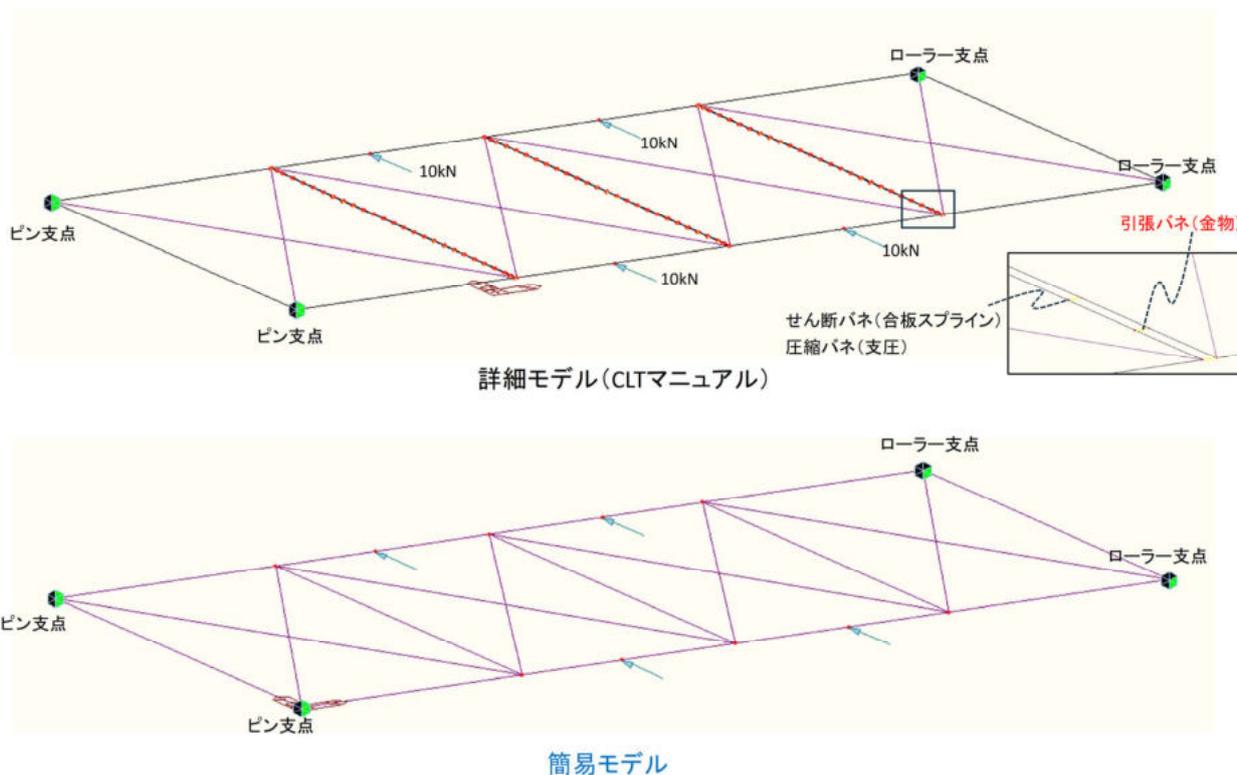
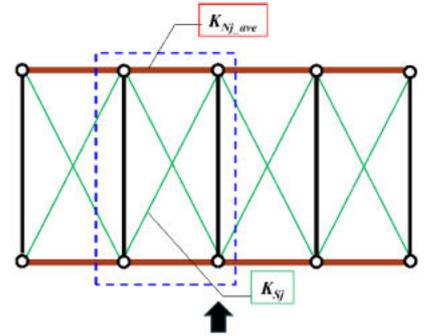
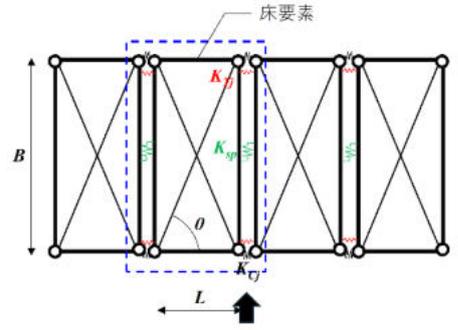


図 2.7.1-6 解析モデル

表 2.7.1-1 簡易モデルの計算値一覧

断面算定の条件		荷重状態						
対象	部材	部位	パネル①	パネル②	パネル③	パネル④		
防火	燃え代設計以外	部材名						
荷重ケース	長期	②樹種	すぎ	すぎ	すぎ	すぎ		
検定値のみ表示	表示しない	③強度等級	Mx60	Mx60	Mx60	Mx60		
横座屈の考慮	する	④ラミナ構成	5-5	5-5	5-5	5-5		
		⑤負担方向	強軸	強軸	強軸	強軸		
		⑥ラミナ厚	t=30	t=30	t=30	t=30		
		⑦ラミナ幅方向数	m=3	m=3	m=3	m=3		
		⑧区分 (機械/目視)	機械等級	機械等級	機械等級	機械等級		
断面性能	幅(短辺)	L	mm	1880	1820	1820	1880	
	厚さ	t	mm	150	150	150	150	
	長さ(長辺)	H	mm	3640	3640	3640	3640	
	基準弾性係数	E <sub>ox-x</sub>	N/mm <sup>2</sup>	3000	3000	3000	3000	
	せん断弾性係数	E <sub>oy-y</sub>	N/mm <sup>2</sup>	1200	1200	1200	1200	
	せん断弾性係数	G <sub>ox-x</sub>	N/mm <sup>2</sup>	500.0	500.0	500.0	500.0	
基準材料強度	圧縮	F <sub>c</sub>	N/mm <sup>2</sup>	8.10	8.10	8.10	8.10	
	引張	F <sub>t</sub>	N/mm <sup>2</sup>	6.00	6.00	6.00	6.00	
	せん断	F <sub>s</sub>	N/mm <sup>2</sup>	2.31	2.31	2.31	2.31	
水平構面 等価ブレース置換								
母材 等価ブレース	入力用ヤング係数	E	N/mm <sup>2</sup>	205000	205000	205000	205000	
	せん断剛性(高さ=H)	K <sub>clt</sub>	kN/mm	38.74	37.50	37.50	38.74	
	せん断剛性(高さ=L)	K <sub>clt</sub>	kN/mm	145.21	150.00	150.00	145.21	
	角度	θ	度	62.7	63.4	63.4	62.7	
		θ	rad	1.094	1.107	1.107	1.094	
	有効断面積	A <sub>e</sub>	mm <sup>2</sup>	1838.1	1861.1	1861.1	1838.1	
CLT間 せん断 接合	接合	"1本"あたりの初期剛性	K <sub>j</sub>	kN/mm	2.20	2.20	2.20	2.20
		"1本"あたりの短期許容せん断耐力	Q <sub>y</sub>	kN	2.20	2.20	2.20	2.20
		接合ピッチ	p	mm	150	150	150	150
	長辺	接合本数	n	-	24	24	24	24
		接合箇所	—	—	片側	両側	両側	片側
		短期許容せん断耐力	Q <sub>y</sub>	kN	52.80	52.80	52.80	52.80
		せん断剛性	K <sub>sp</sub>	kN/mm	52.80	26.40	26.40	52.80
	短辺	接合本数	n	-	12	12	12	12
		接合箇所	—	—	なし	なし	なし	なし
		短期許容せん断耐力	Q <sub>y</sub>	kN	-	-	-	-
	せん断剛性	K <sub>sp</sub>	kN/mm	-	-	-	-	
母材+せん断接合 等価ブレース	直列_せん断剛性	K <sub>clt+sp</sub>	kN/mm	38.72	22.45	22.45	38.72	
	検討方向	—	—	長辺	長辺	長辺	長辺	
	母材に対する低減率	α	-	0.267	0.150	0.150	0.267	
	等価ブレース 断面積	A <sub>e</sub> ×α	mm <sup>2</sup>	490.1	278.5	278.5	490.1	
母材 枠材軸剛性 軸耐力	強軸弱軸平均ヤング係数	E <sub>ave</sub>	N/mm <sup>2</sup>	2100	2100	2100	2100	
	有効幅	B <sub>e</sub>	mm	1000	1000	1000	1000	
	厚さ	t	mm	150	150	150	150	
	短期許容引張耐力	T <sub>y</sub>	kN	600.0	600.0	600.0	600.0	
	短期許容圧縮耐力	N <sub>y</sub>	kN	810.0	810.0	810.0	810.0	
	軸剛性(短辺方向)	K <sub>clt_軸短辺</sub>	kN/mm	167.6	173.1	173.1	167.6	
	軸剛性(長辺方向)	K <sub>clt_軸長辺</sub>	kN/mm	86.5	86.5	86.5	86.5	
CLT間 軸方向接合 (引張接合)	"1枚"の初期剛性×2	K <sub>j</sub>	kN/mm	35.40	35.40	35.40	35.40	
	"1枚"の短期許容引張耐力	T <sub>y</sub>	kN	53.60	53.60	53.60	53.60	
	接合枚数	n	-	1	1	1	1	
	短期許容引張耐力	T <sub>y</sub>	kN	53.60	53.60	53.60	53.60	
	引張剛性	K <sub>t</sub>	kN/mm	35.40	35.40	35.40	35.40	
CLT間 軸方向接合 (圧縮接合)	支圧剛性	k <sub>e</sub>	N/mm <sup>3</sup>	15.6	15.6	15.6	15.6	
	圧縮基準強度	F <sub>c</sub>	N/mm <sup>2</sup>	8.10	8.10	8.10	8.10	
	有効幅	B <sub>e</sub>	mm	1000	1000	1000	1000	
	厚さ	t	mm	150	150	150	150	
	短期許容圧縮耐力	N <sub>c</sub>	kN	810.0	810.0	810.0	810.0	
	圧縮剛性	K <sub>c</sub>	kN/mm	2340.0	2340.0	2340.0	2340.0	
母材+軸接合 枠材軸剛性 (長辺方向)	接合箇所	—	—	なし	なし	なし	なし	
	短期許容軸耐力	N <sub>y</sub>	kN	600.00	600.00	600.00	600.00	
	軸剛性(引張側)	K <sub>t</sub>	kN/mm	86.5	86.5	86.5	86.5	
	軸剛性(圧縮側)	K <sub>c</sub>	kN/mm	86.5	86.5	86.5	86.5	
	軸剛性(平均)	K <sub>ave</sub>	kN/mm	86.5	86.5	86.5	86.5	
	母材に対する軸剛性低減率	α	-	1.000	1.000	1.000	1.000	
母材+軸接合 枠材軸剛性 (短辺方向)	接合箇所	—	—	片側	両側	両側	片側	
	短期許容軸耐力	N <sub>y</sub>	kN	53.60	53.60	53.60	53.60	
	軸剛性(引張側)	K <sub>t</sub>	kN/mm	29.2	16.1	16.1	29.2	
	軸剛性(圧縮側)	K <sub>c</sub>	kN/mm	156.4	150.8	150.8	156.4	
	低減係数	R	-	0.83	0.83	0.83	0.83	
	回転剛性	K <sub>θ</sub>	kN・mm/rad	224750055	132462482	132462482	224750055	
軸剛性(回転剛性等価)	K <sub>eq</sub>	kN/mm	49.2	29.0	29.0	49.2		



解析結果として変形図を以下に示す。なお、評価する中央部の変形は既往の実験結果と同様、 $d_3$  位置の変形を中央部の変形として評価した。中央部の変形は詳細モデルが 1.31mm、簡易モデルが 1.33mm と両社が概ね一致することが確認できる。また、初期剛性に関して実験結果と簡易モデルを比較しても、概ね対応していることが確認できる。以上より本簡易モデルの妥当性が確認できた。

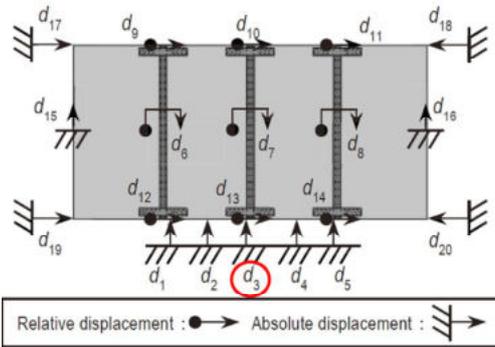
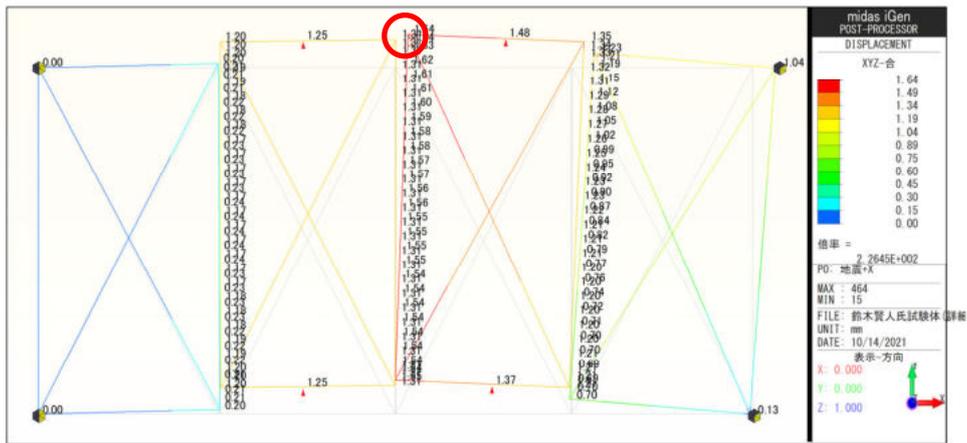


Fig.4に、水平力  $P$ -中央部たわみ  $\delta_{center}$  関係を示す。なお、 $\delta_{center}$  は以下のように定義した。

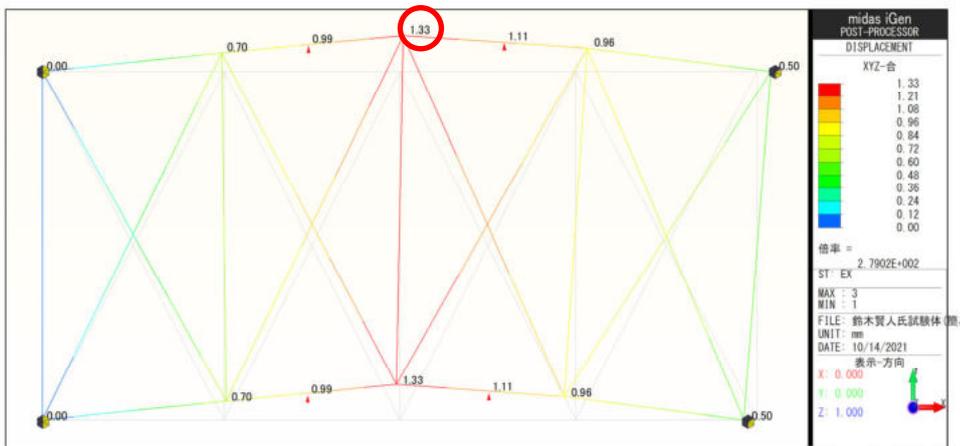
$$\delta_{center} = d_3 - (d_{15} + d_{16})/2 \quad (1)$$



図 2.7.1-7 評価する中央部の変形<sup>1)</sup>



詳細モデル



簡易モデル

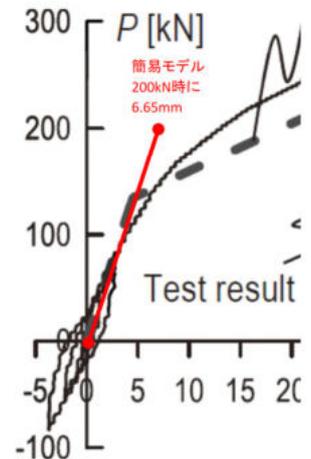
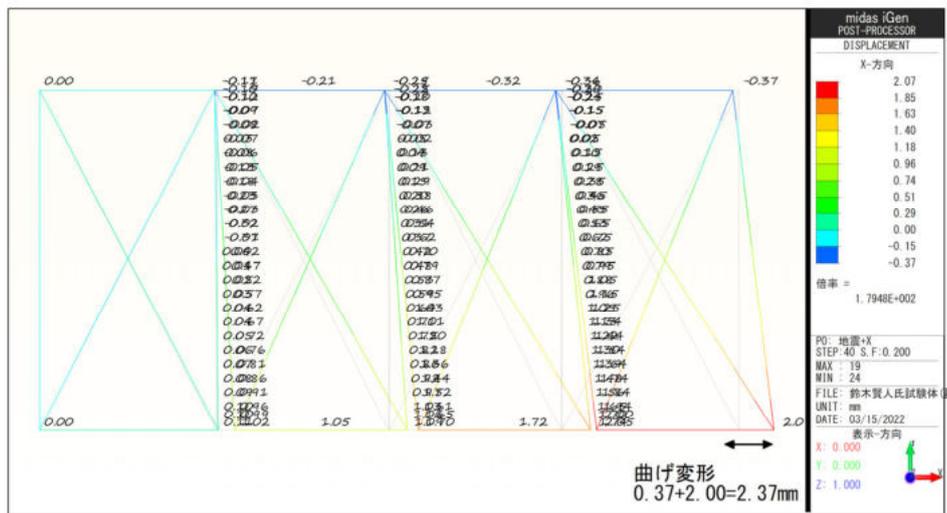
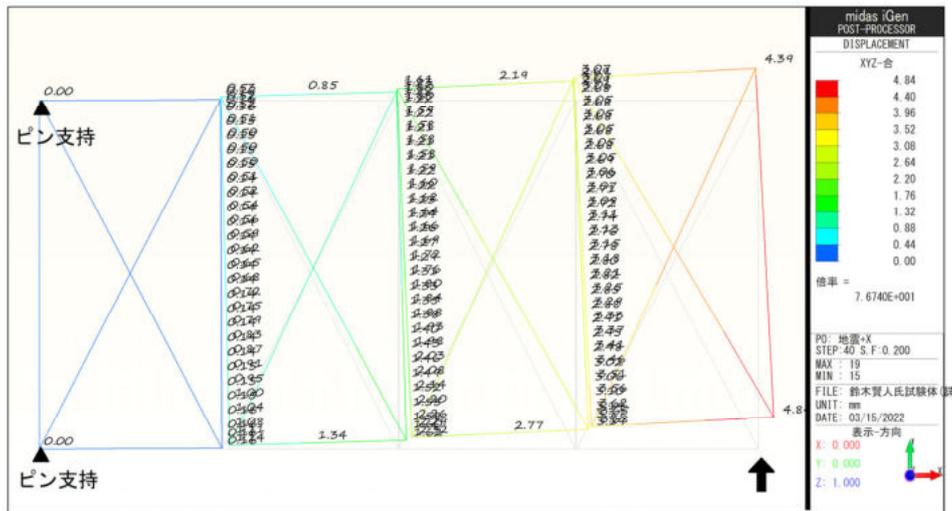
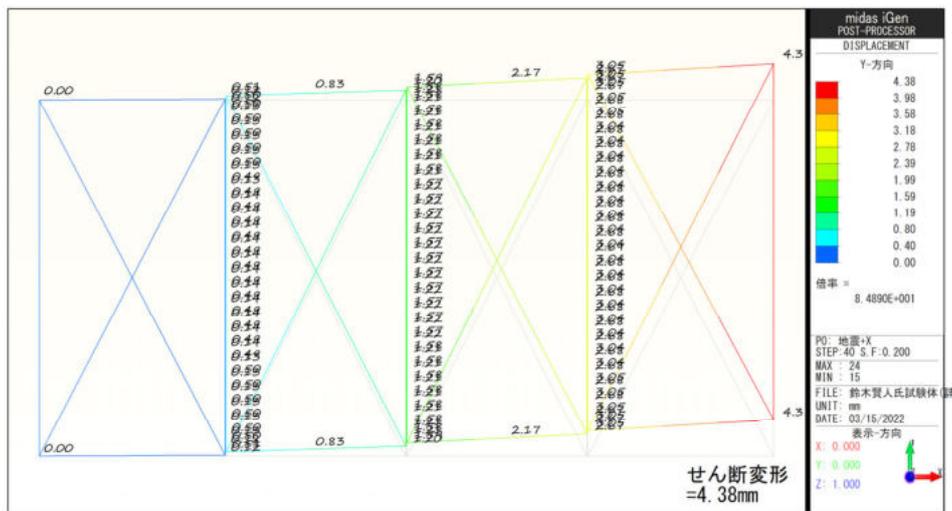


図 2.7.1-8 解析結果 変形図 [mm]

異なる荷重方法として、片持ち梁形式の場合についても同様に検討した。以下に結果を示す。



X 方向の変形成分（曲げ変形）

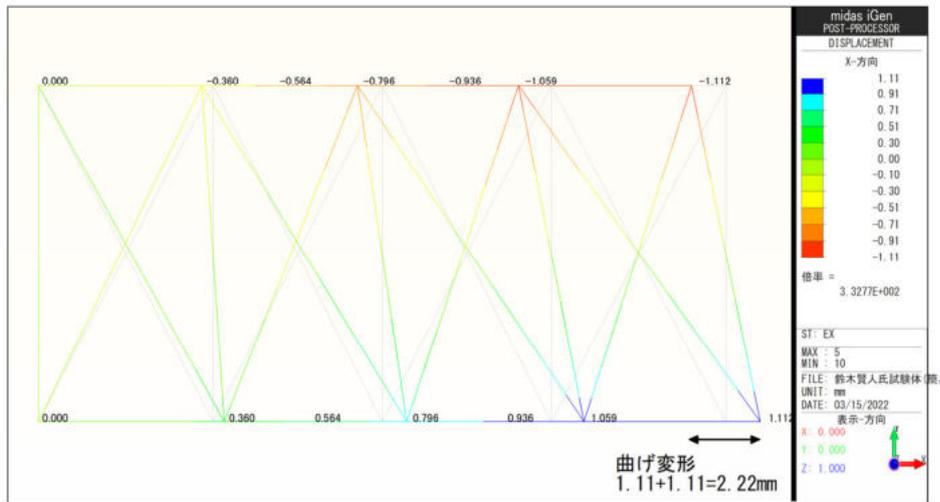


Y 方向の変形成分（せん断変形）

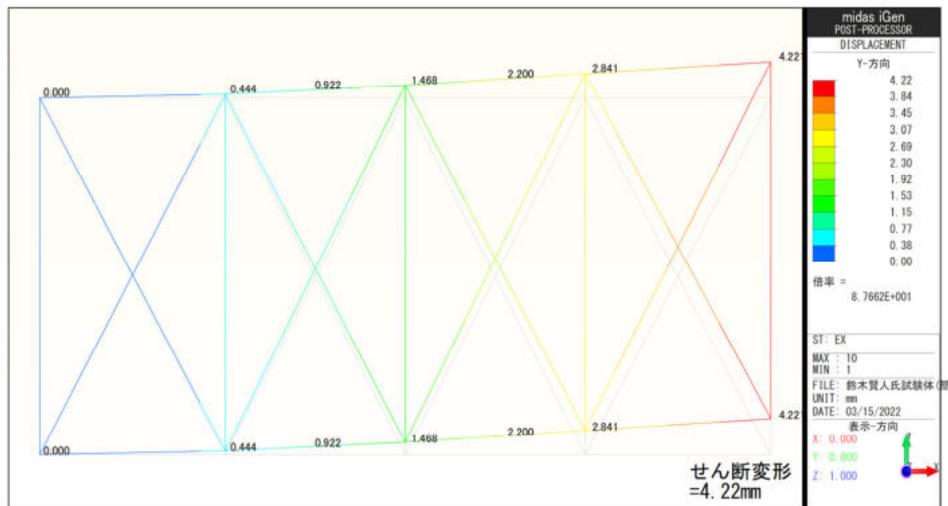
図 2.7.1-9 詳細モデル 解析結果 変形図[mm] ※片持ち梁形式の荷重荷荷



全体変形図



X方向の変形成分 (曲げ変形)



Y方向の変形成分 (せん断変形)

図 2.7.1-10 簡易モデル 解析結果 変形図[mm] ※片持ち梁形式の荷重載荷

片持ち梁形式の場合の結果、詳細モデルの先端のせん断変形 4.38mm、曲げ変形（軸変形の差分）2.37mm に対して、簡易モデルの先端のせん断変形 4.22mm、曲げ変形（軸変形の差分）2.22mm と、詳細モデルと簡易モデルの曲げ成分の変形量及び、せん断成分の変形量も概ね対応することが確認できた。

## 2. 7. 2 解析パラメータ

前項により妥当性が確認できた詳細モデルと簡易モデルを用いて、以下をパラメータとしたスタディを行う。

### <スタディ①>：金物性能を変更した検証

#### ①帯金物（引張金物）の性能

0. 5 倍 、 1. 0 倍（基準） 、 3. 0 倍 の 3 ケース

#### ②合板スプライン（せん断接合）の性能

0. 5 倍 、 1. 0 倍（基準） 、 3. 0 倍 の 3 ケース

#### ③加力方法

中央部分の 2 点加力（単純梁） 、 先端集中荷重（片持ち梁） の 2 ケース

### <スタディ②>：CLT パネルの形状を変更した検証（※金物性能は基準値）

#### ①CLT パネルのアスペクト比

0. 5 倍 、 1. 0 倍（基準） 、 2. 0 倍 の 3 ケース

#### ②加力方法

中央部分の 2 点加力（単純梁） 、 先端集中荷重（片持ち梁） の 2 ケース

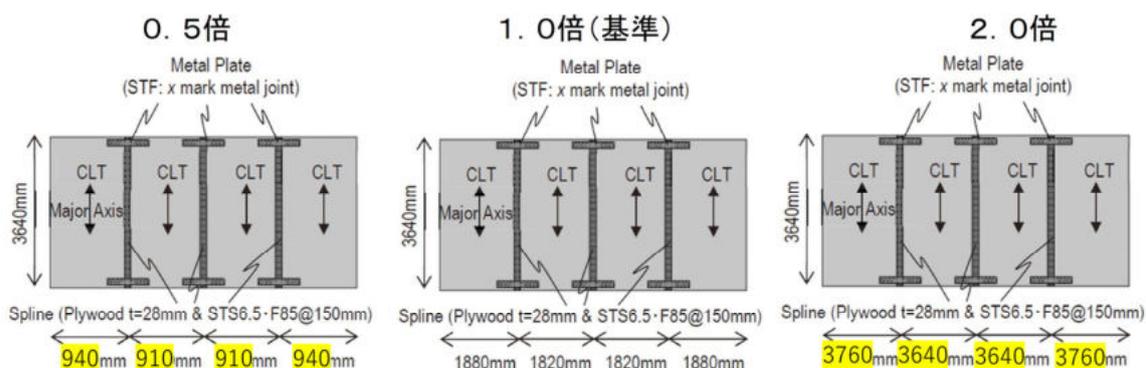


図 2.7.3-1 パラメータとした CLT パネルのサイズ

## 2. 7. 3 静的解析による検証

### (1) 解析モデル

図 2.7.1-6 と同様の解析モデルを用いて、2.7.2 で示した解析スタディを実施する。

### (2) 解析結果

解析結果として詳細モデルと簡易モデルによる最大変形の比率を整理した表を次項に示す。詳細モデル

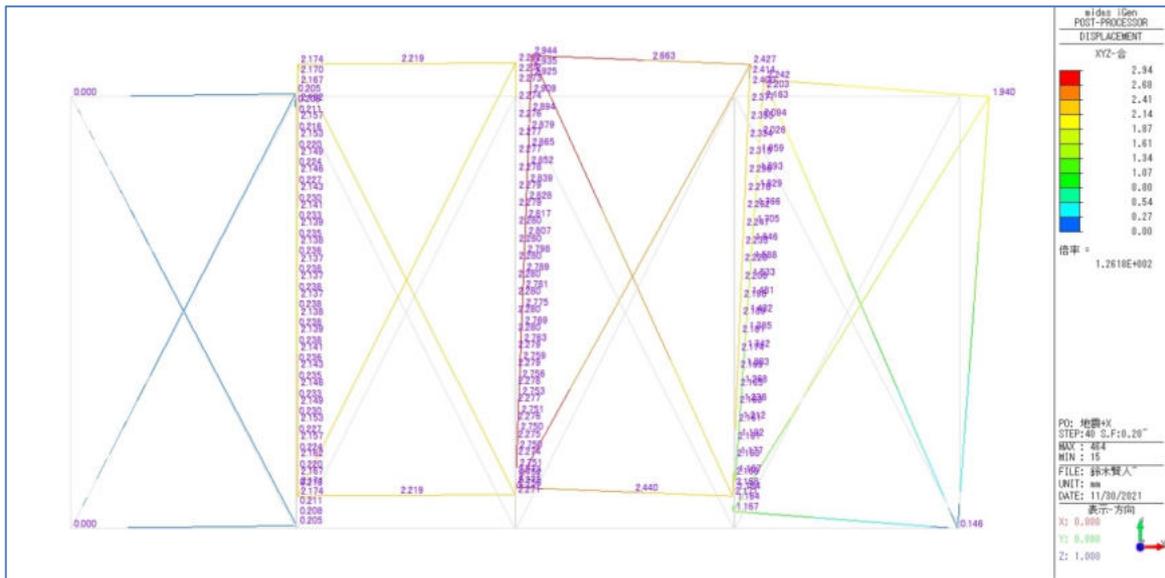
に対する簡易モデルの変形比率は0.94~1.04と、概ね対応することが確認できた。

表 2.7.3-1 スタディ①：金物性能をパラメータとした解析結果一覧

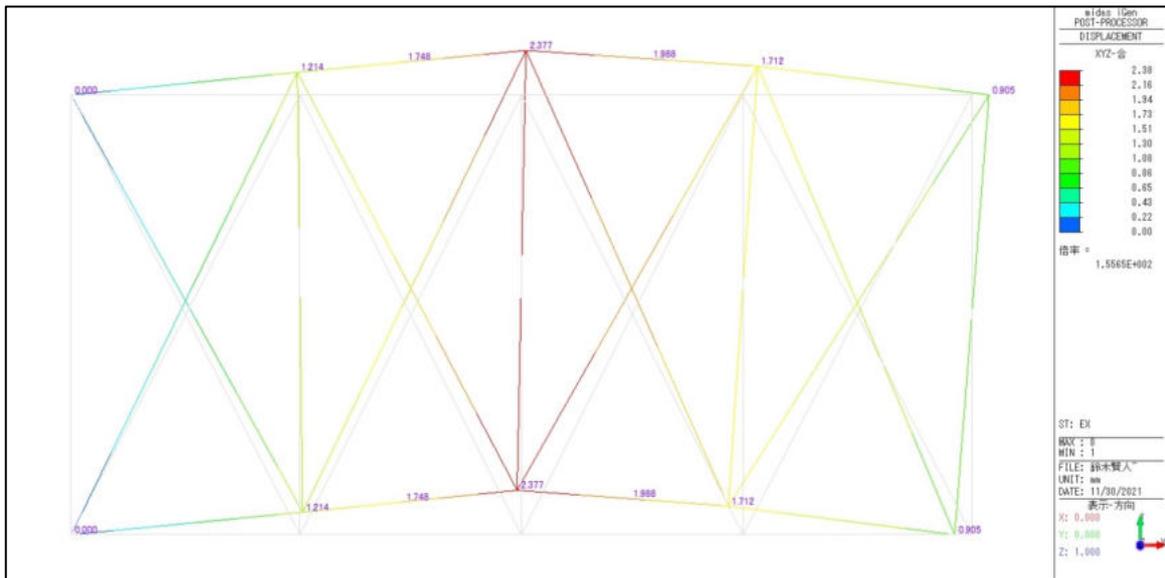
ケース	引張金物	せん断接合	状態・モデル	簡易／詳細 変形比率
ケース 1	0.5	0.5	単純梁	2.38/2.27 = <b>1.02</b>
ケース 2	0.5	1	単純梁	1.53/1.50 = <b>1.02</b>
ケース 3	0.5	3	単純梁	0.94/1.00 = <b>0.94</b>
ケース 4	0.5	0.5	片持ち梁	7.77/7.64 = <b>1.02</b>
ケース 5	0.5	1	片持ち梁	6.68/6.55 = <b>1.02</b>
ケース 6	0.5	3	片持ち梁	5.96/5.82 = <b>1.02</b>
ケース 7	1	0.5	単純梁	2.13/2.07 = <b>1.03</b>
ケース 8	1	1	単純梁	1.33/1.31 = <b>1.02</b>
ケース 9	1	3	単純梁	0.76/0.79 = <b>0.96</b>
ケース 10	1	0.5	片持ち梁	5.47/5.48 = <b>0.99</b>
ケース 11	1	1	片持ち梁	4.37/4.39 = <b>0.99</b>
ケース 12	1	3	片持ち梁	3.64/3.67 = <b>0.99</b>
ケース 13	3	0.5	単純梁	1.92/1.88 = <b>1.02</b>
ケース 14	3	1	単純梁	1.16/1.15 = <b>1.01</b>
ケース 15	3	3	単純梁	0.63/0.65 = <b>0.99</b>
ケース 16	3	0.5	片持ち梁	3.97/4.01 = <b>0.99</b>
ケース 17	3	1	片持ち梁	2.84/2.92 = <b>0.97</b>
ケース 18	3	3	片持ち梁	2.11/2.20 = <b>0.96</b>

表 2.7.3-2 スタディ②：CLT パネルサイズをパラメータとした解析結果一覧

CLT パネルの アスペクト比	状態・モデル	簡易／詳細 変形比率
ケース 1 0.5倍	単純梁	0.97/0.96= <b>1.01</b>
	片持ち梁	1.96/1.95= <b>1.01</b>
ケース 2 1.0倍（基準）	単純梁	1.33/1.31= <b>1.02</b>
	片持ち梁	4.37/4.39= <b>1.00</b>
ケース 3 2.0倍	単純梁	2.47/2.50= <b>0.99</b>
	片持ち梁	15.74/16.11= <b>0.98</b>

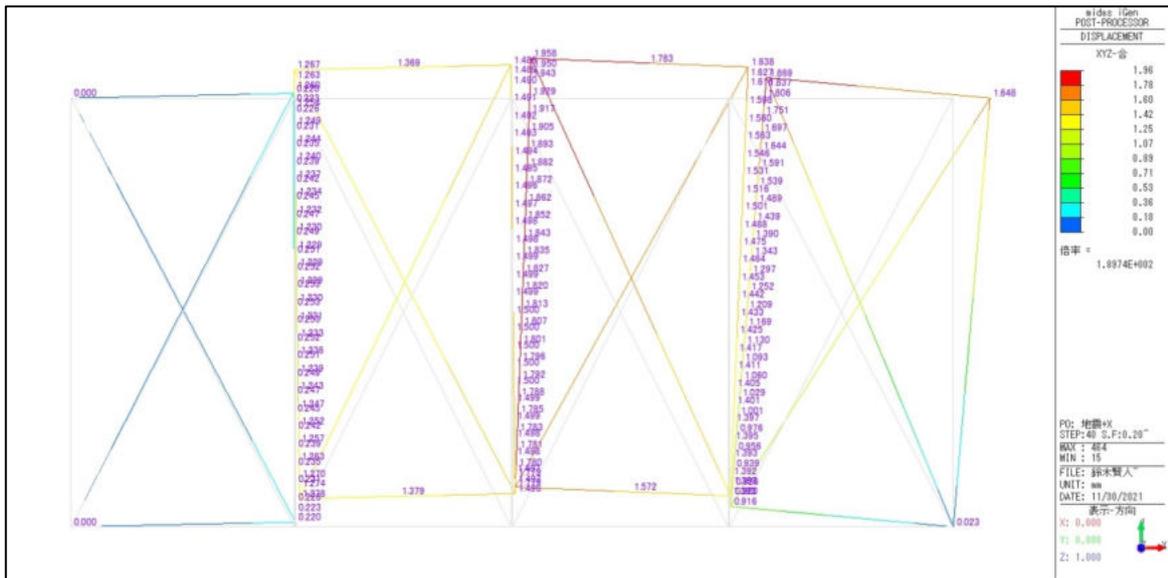


詳細モデル

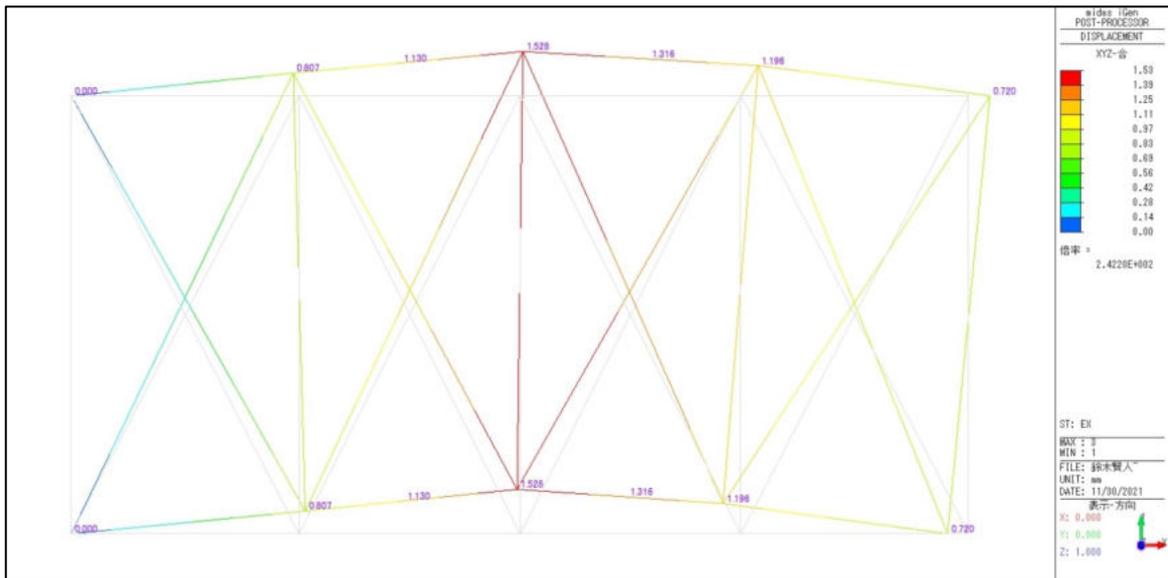


簡易モデル

図 2.7.3-2 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ①：ケース 1】

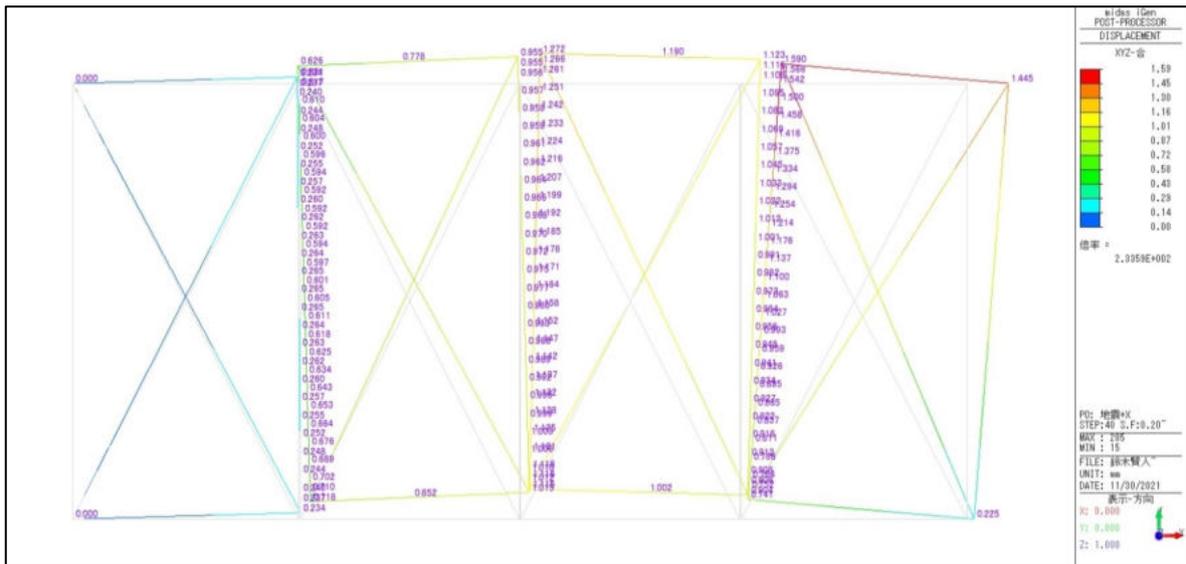


詳細モデル

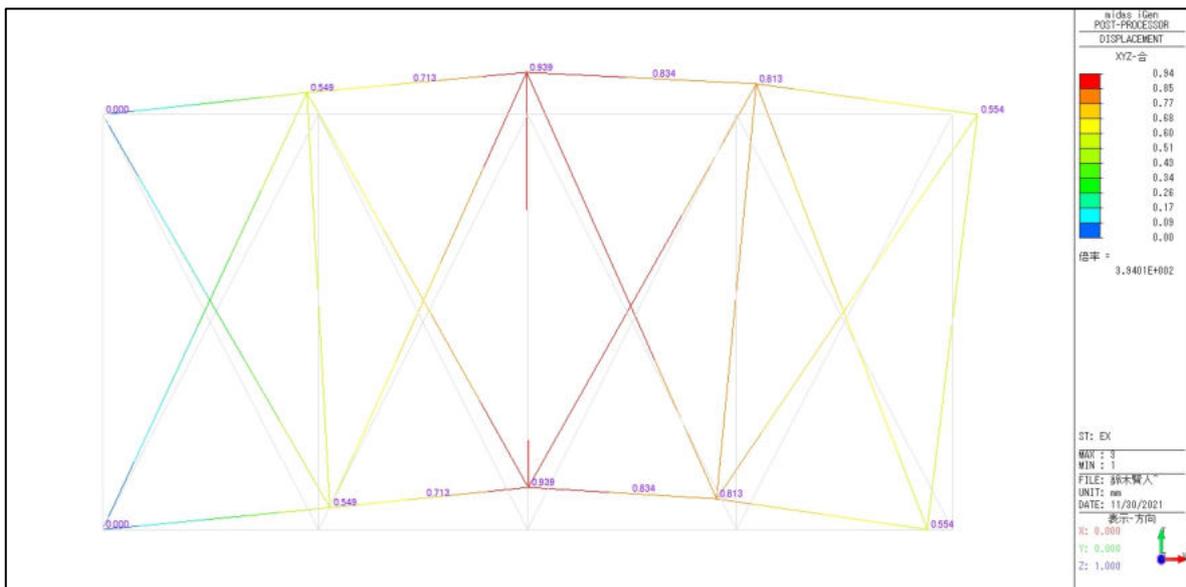


簡易モデル

図 2.7.3-3 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ①：ケース 2】

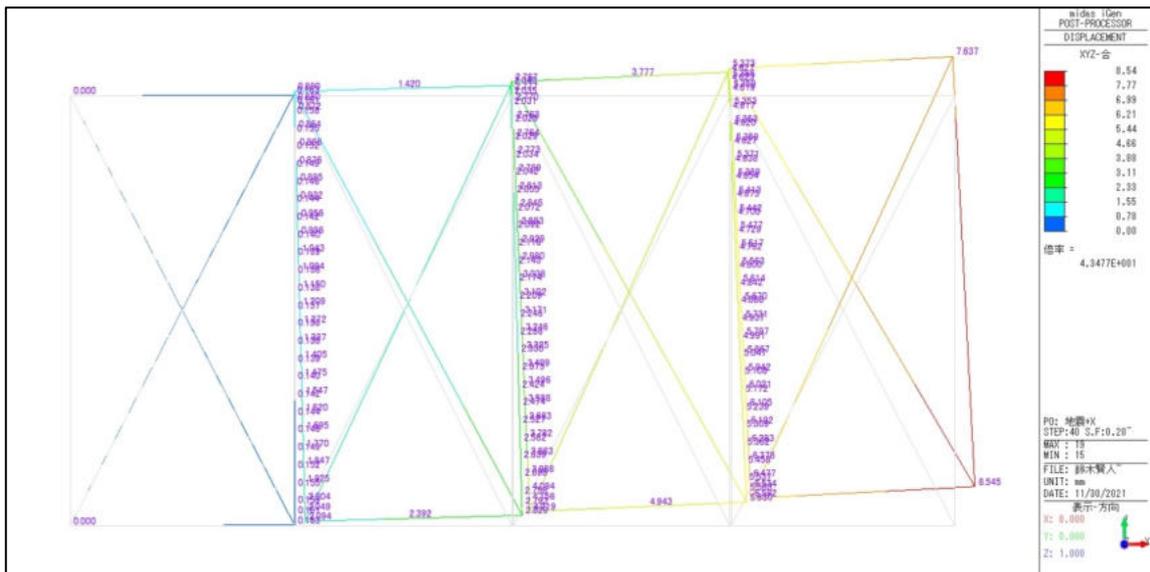


詳細モデル

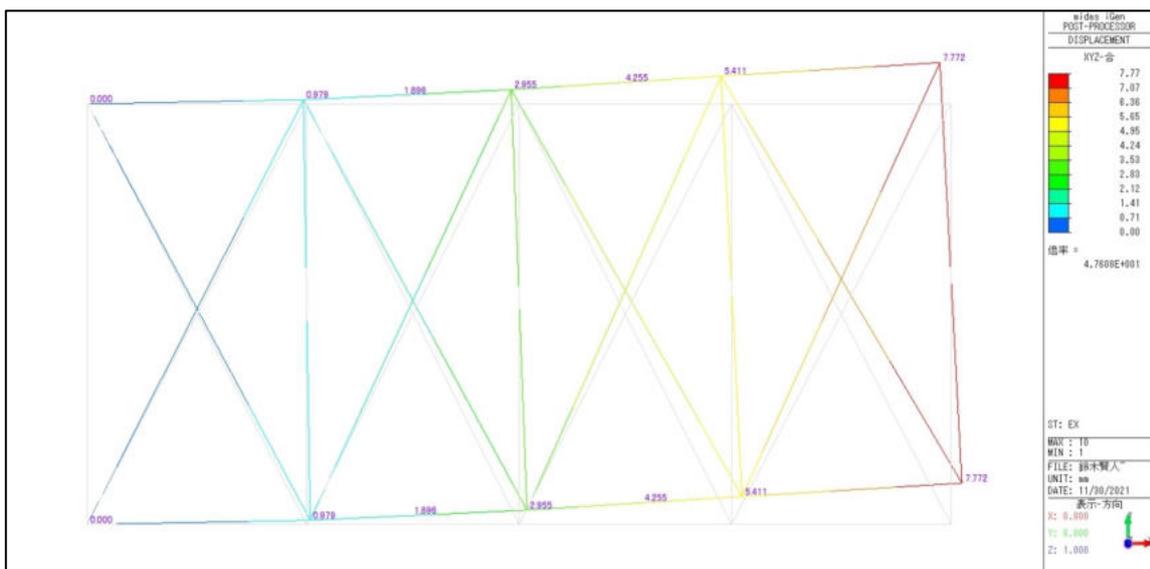


簡易モデル

図 2.7.3-4 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ①：ケース 3】

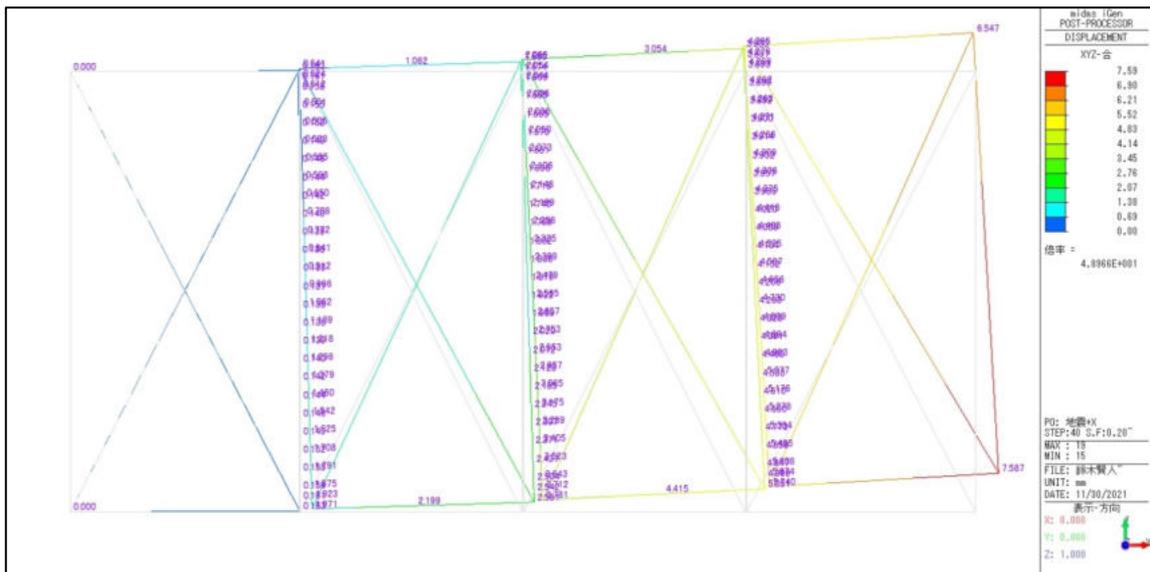


詳細モデル

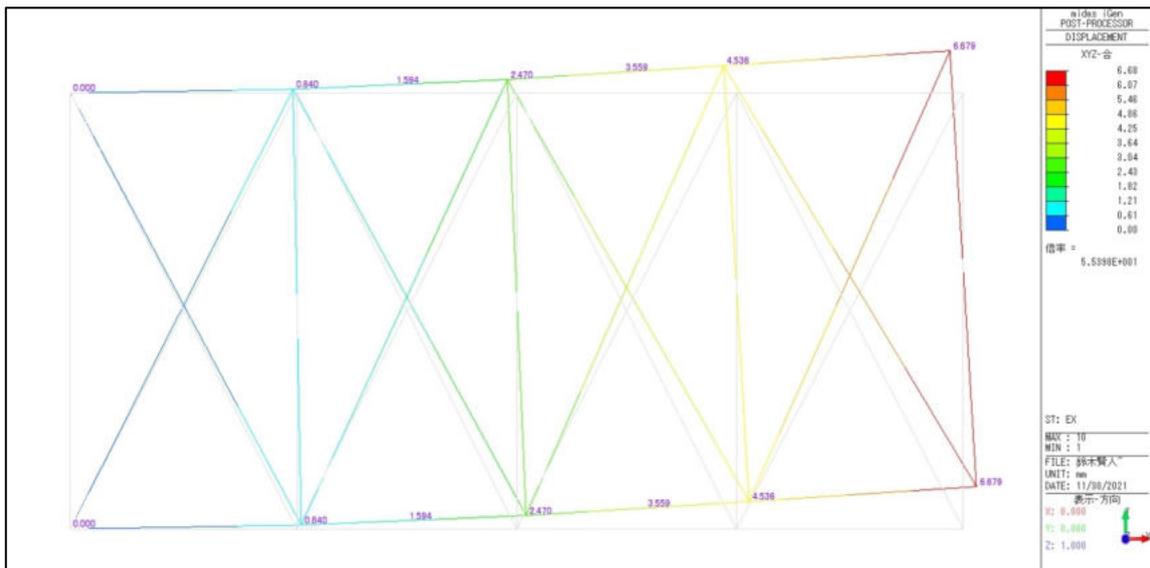


簡易モデル

図 2.7.3-5 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ①：ケース 4】



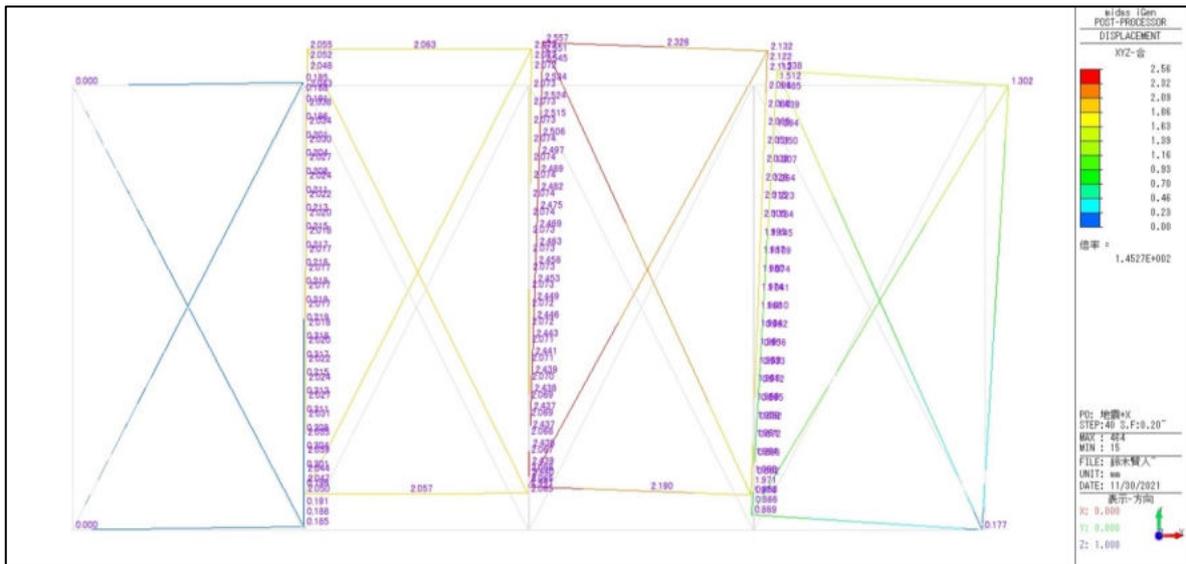
詳細モデル



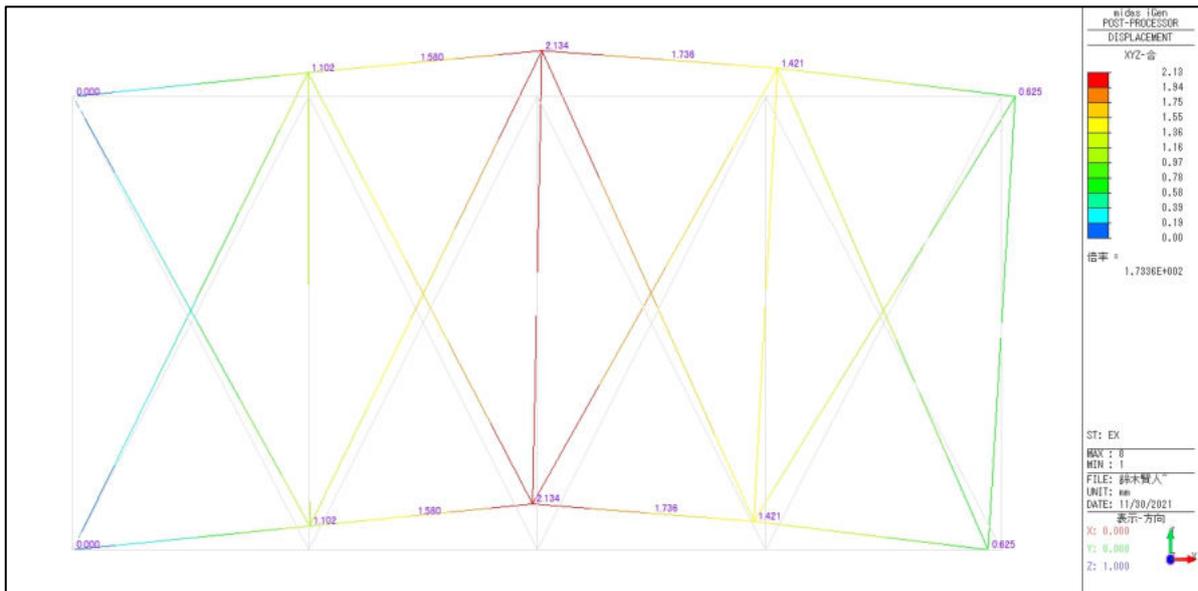
簡易モデル

図 2.7.3-6 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ①：ケース 5】



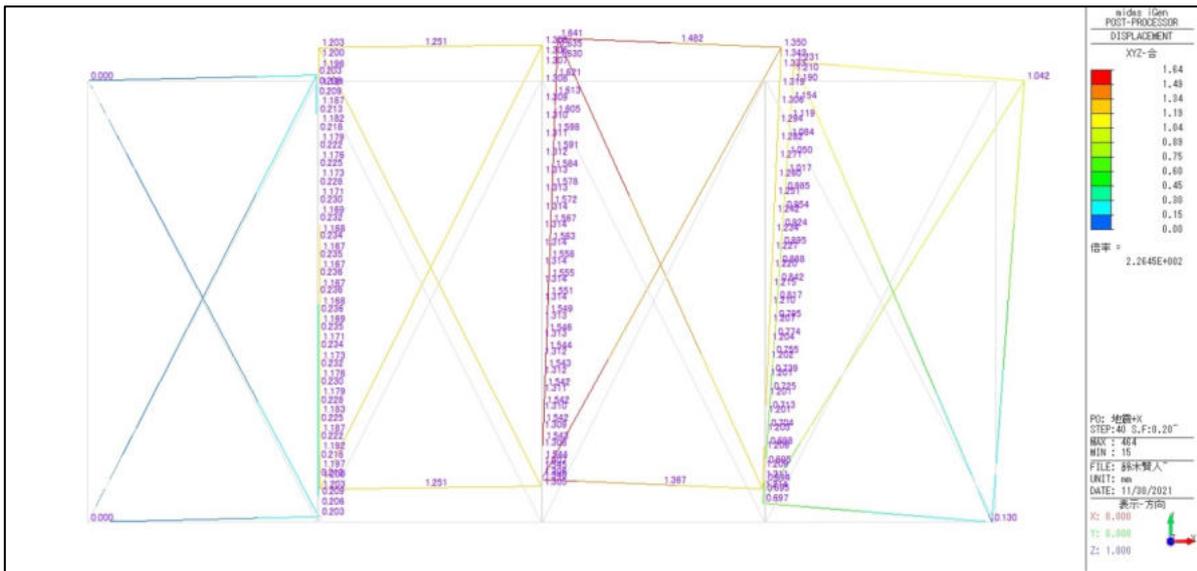


詳細モデル

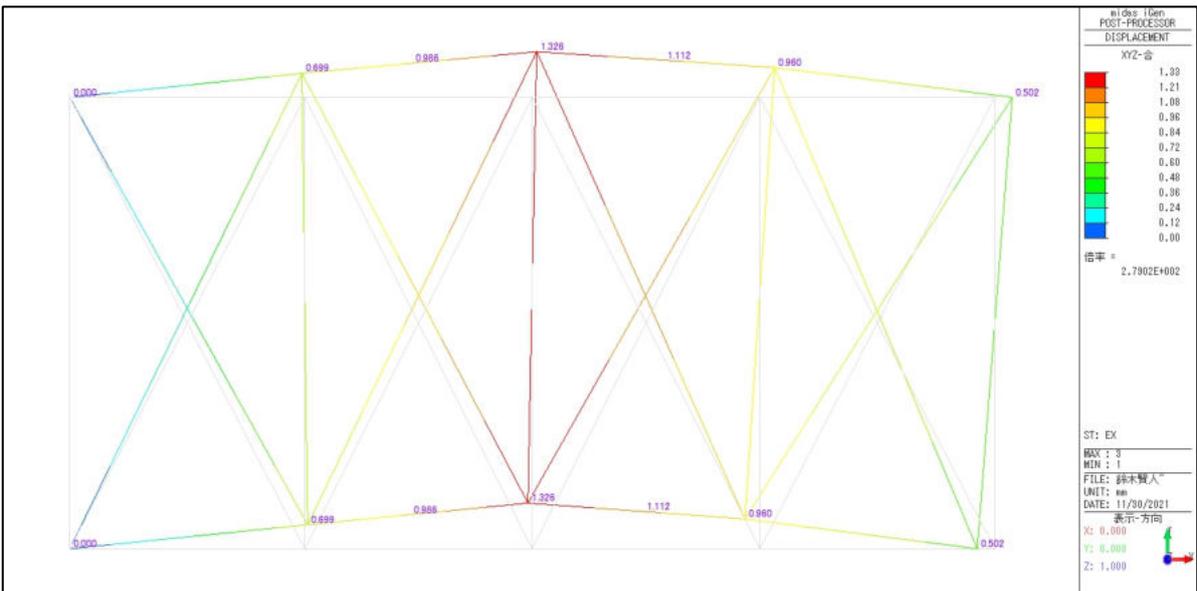


簡易モデル

図 2.7.3-8 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ①：ケース 7】

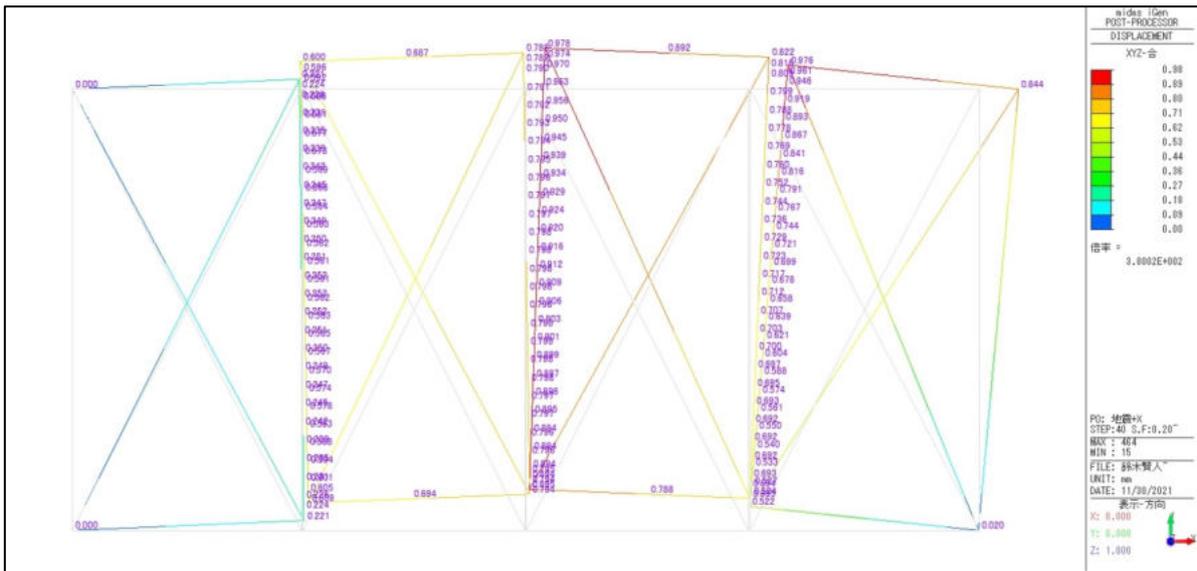


詳細モデル

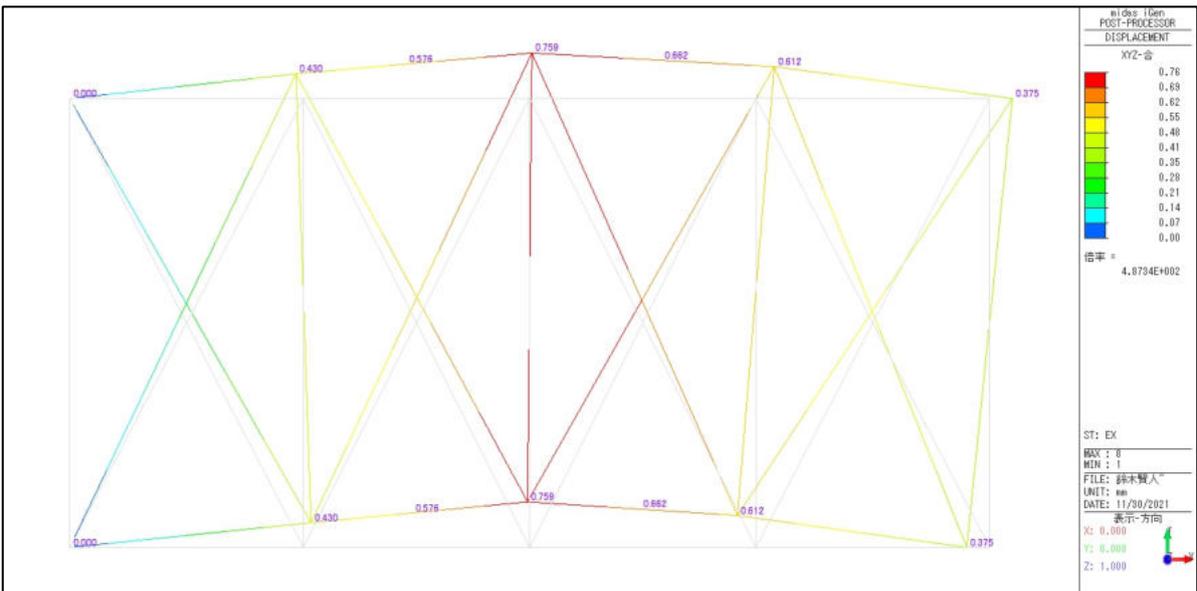


簡易モデル

図 2.7.3-9 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ①：ケース 8】

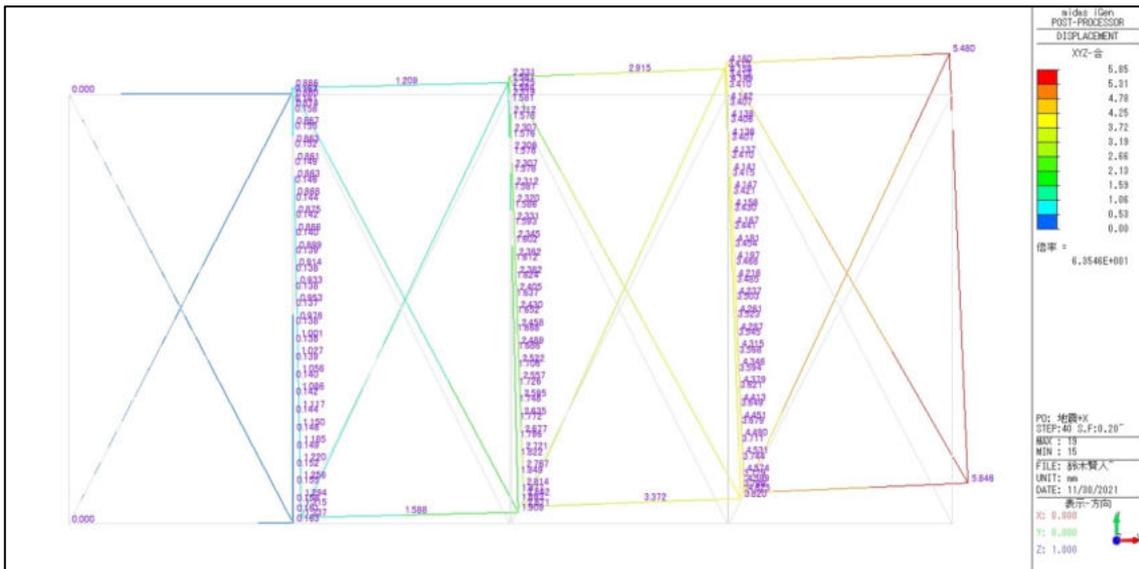


詳細モデル

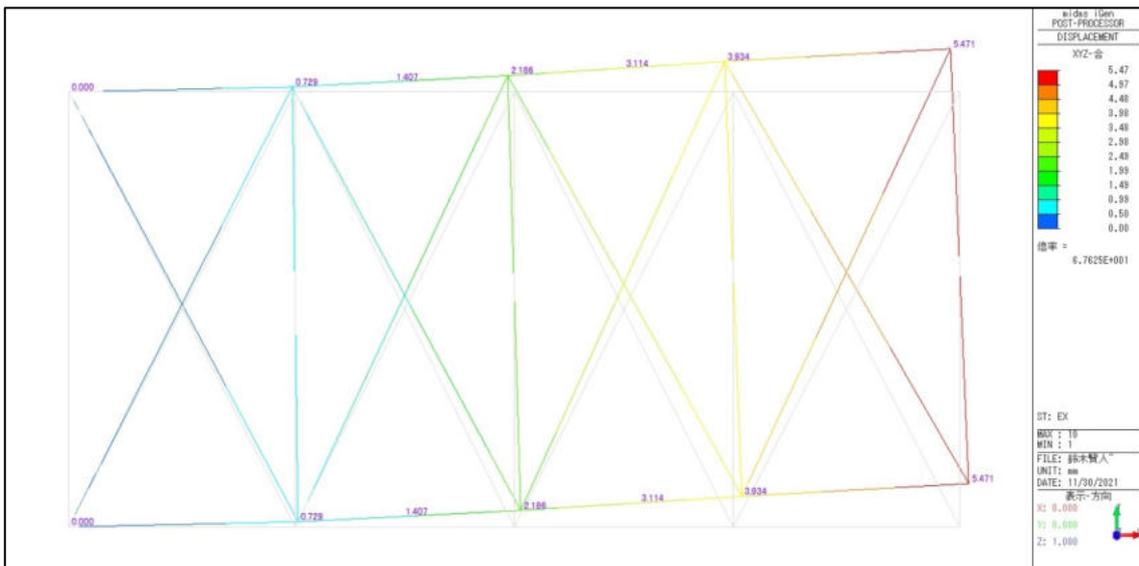


簡易モデル

図 2.7.3-10 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ①：ケース 9】



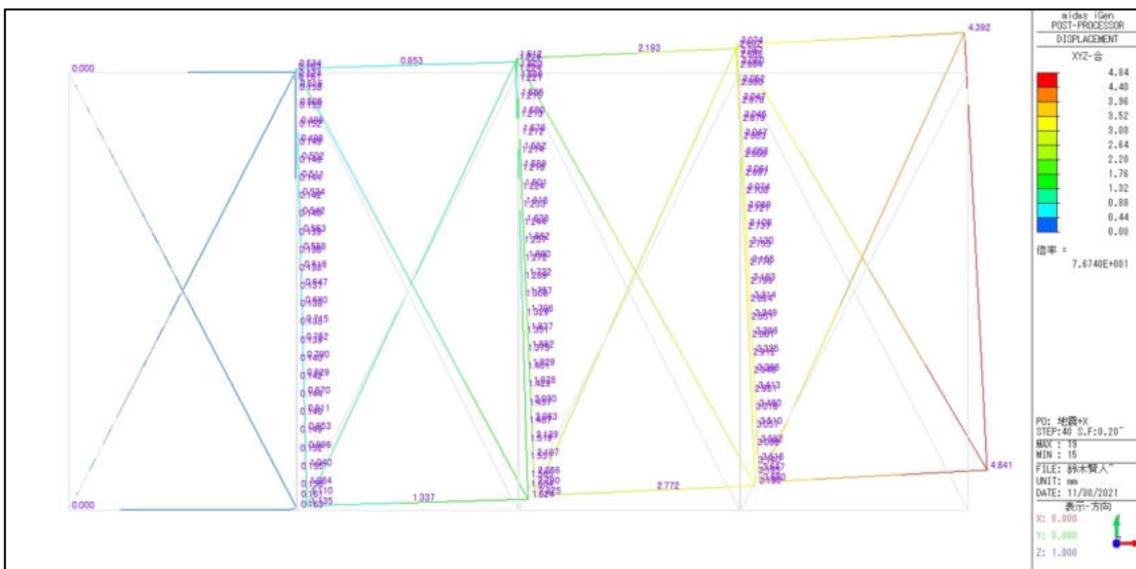
詳細モデル



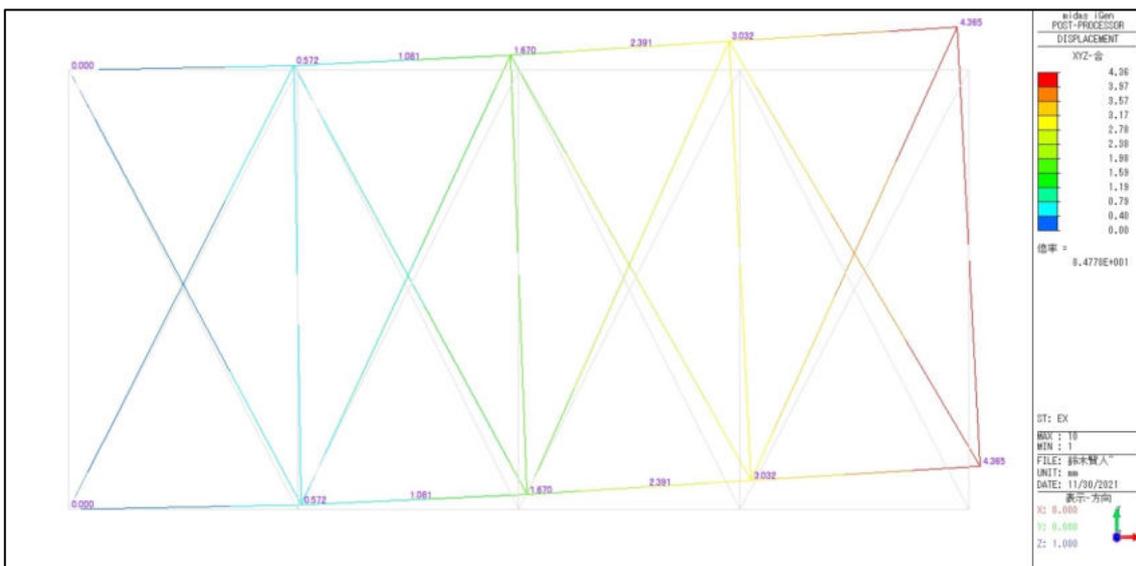
簡易モデル

図 2.7.3-11 解析結果 変形図[mm]

【スタディ①：ケース 10】



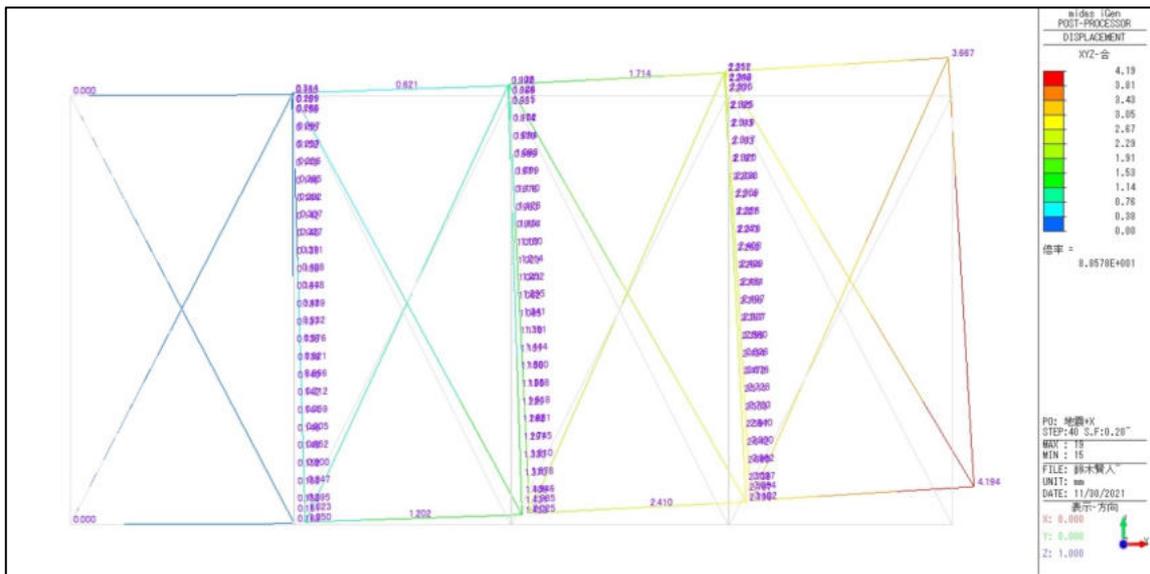
詳細モデル



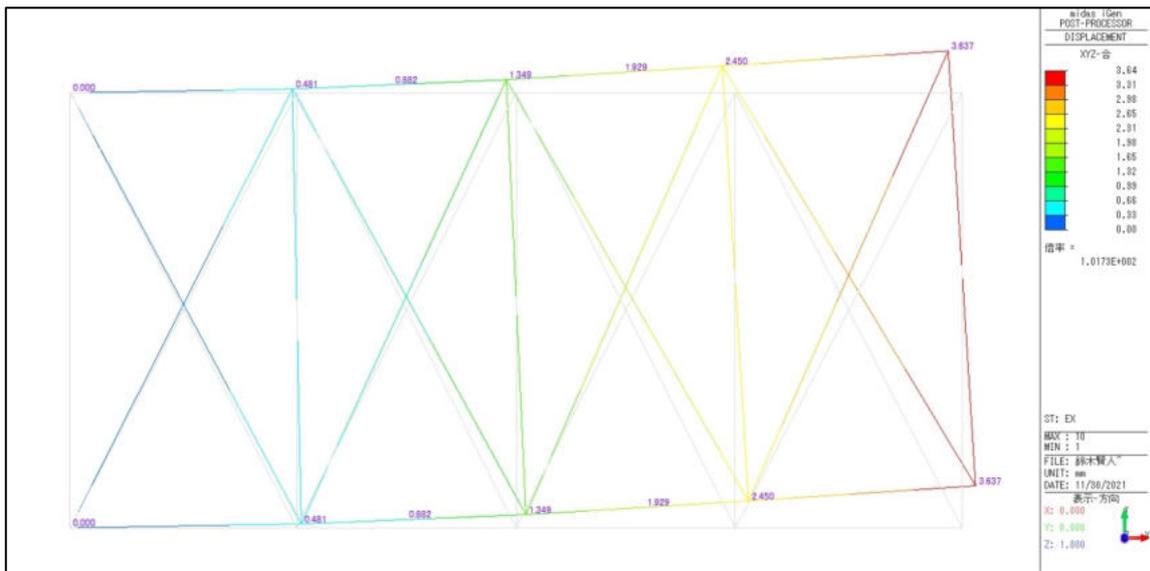
簡易モデル

図 2.7.3-12 解析結果 変形図[mm]

【スタディ①：ケース 11】



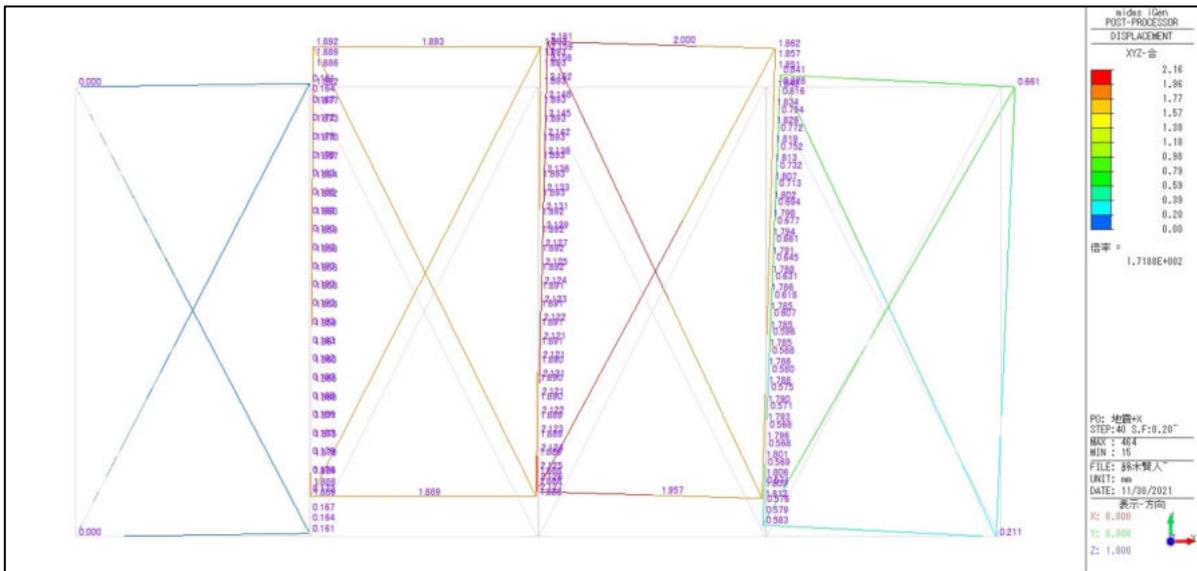
詳細モデル



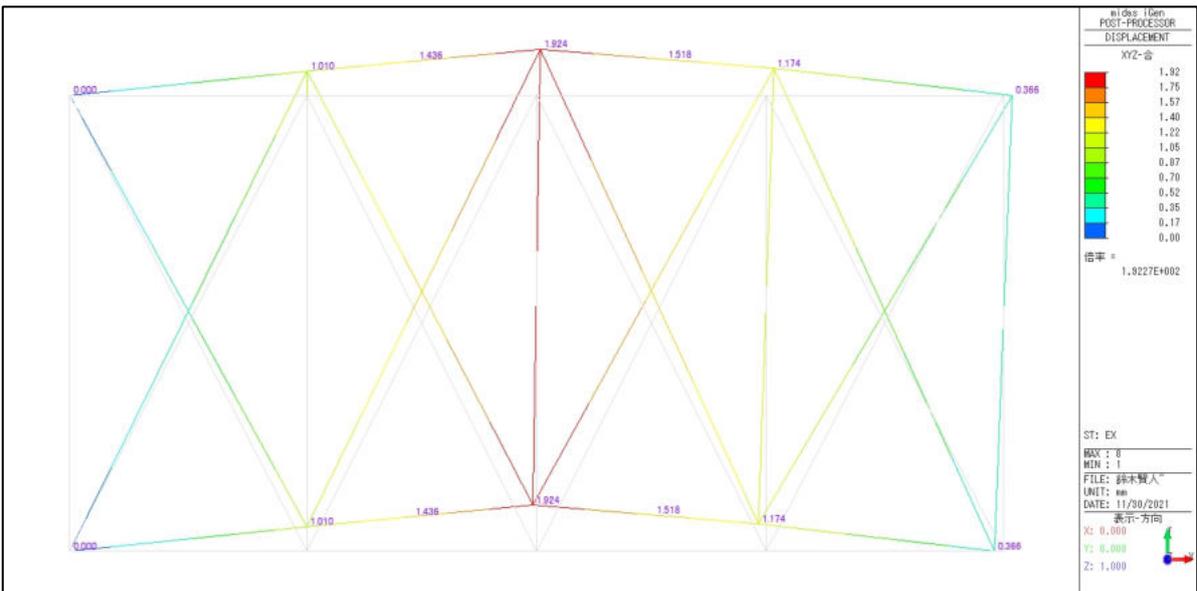
簡易モデル

図 2.7.3-13 解析結果 変形図[mm]

【スタディ①：ケース 12】

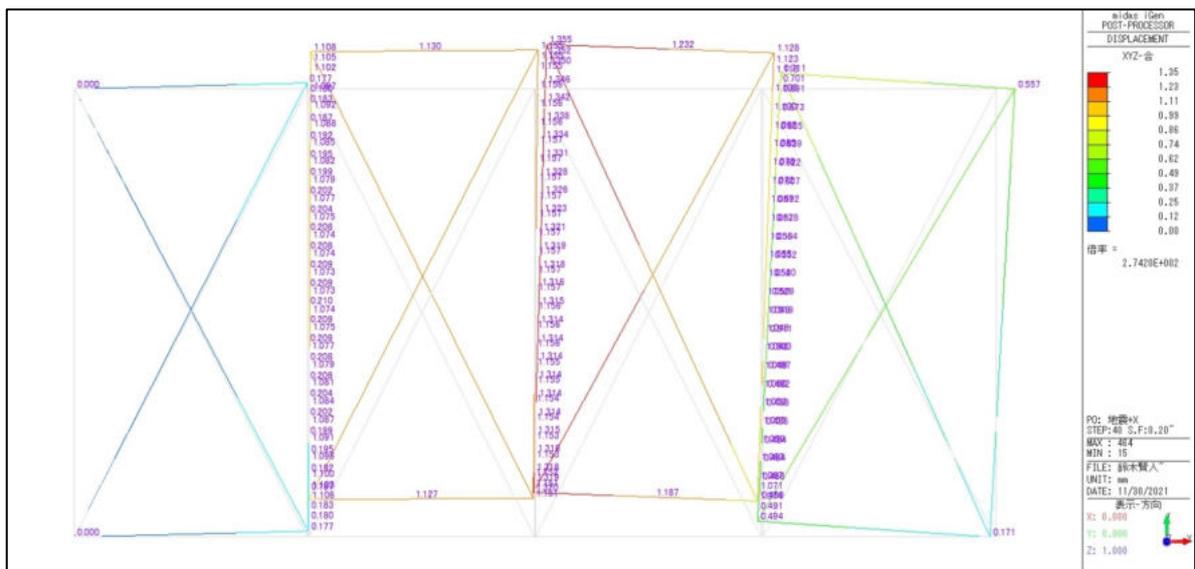


詳細モデル

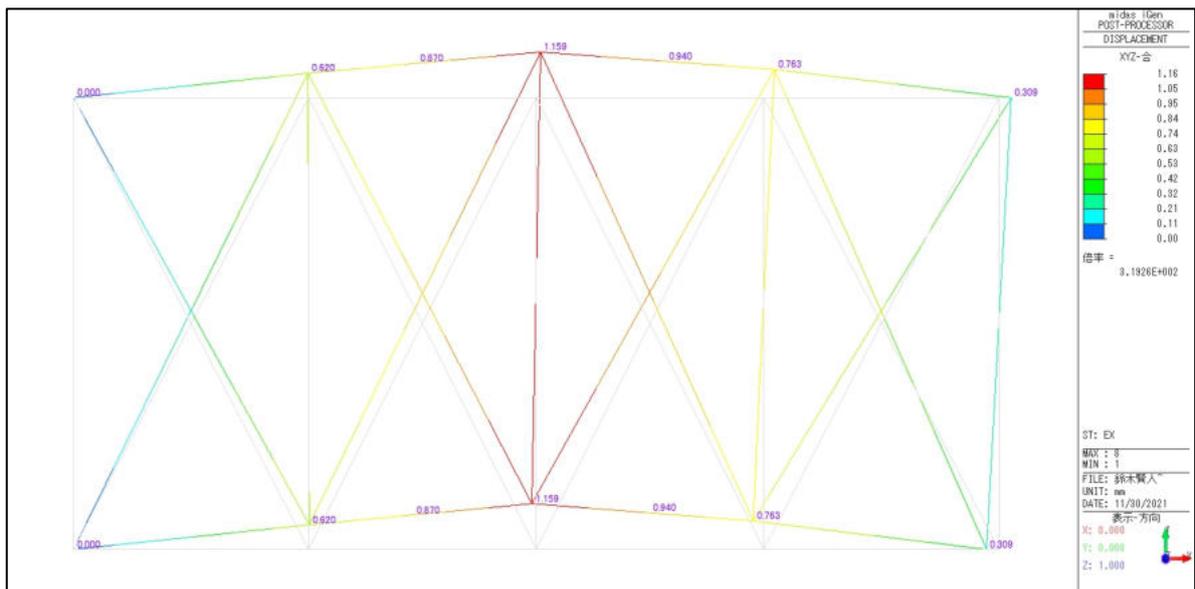


簡易モデル

図 2.7.3-14 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ①：ケース 13】



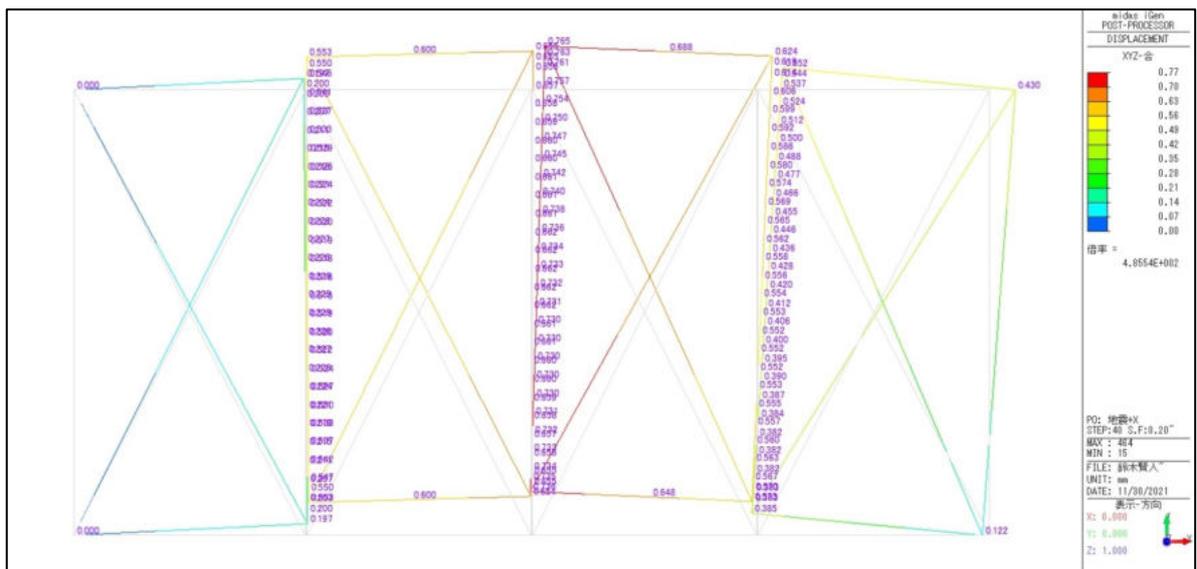
詳細モデル



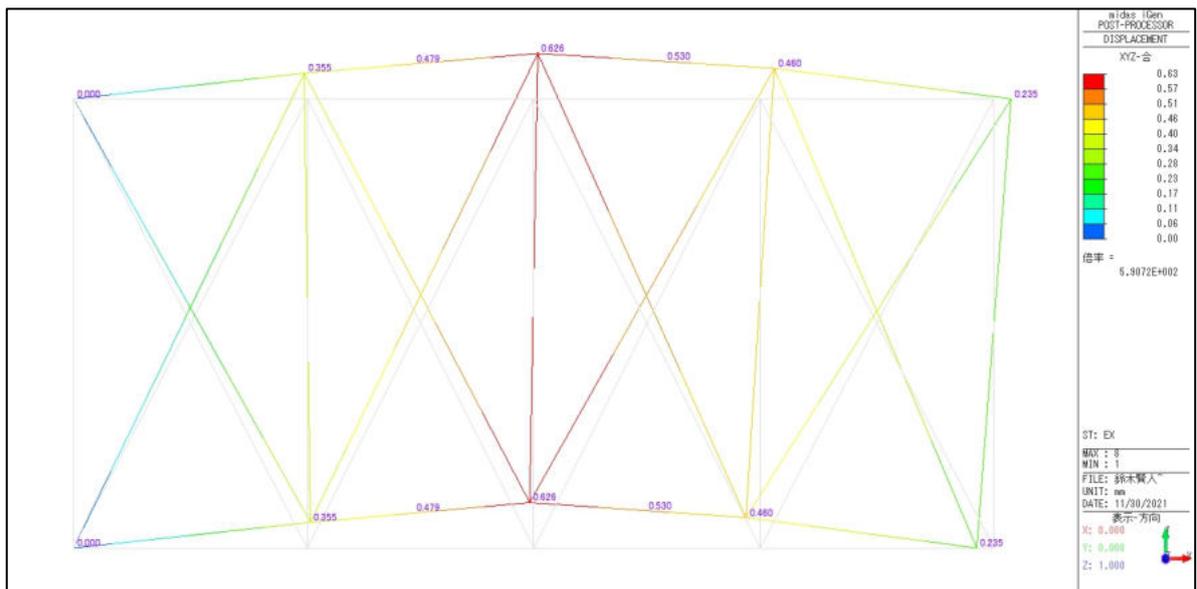
簡易モデル

図 2.7.3-15 解析結果 変形図[mm]

【スタディ①：ケース 14】



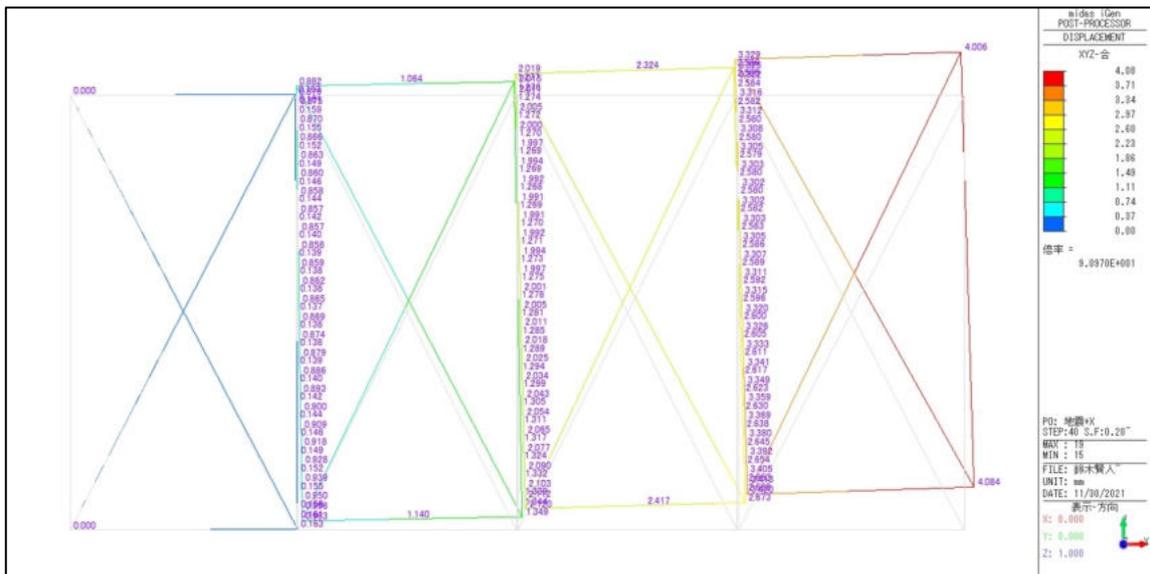
詳細モデル



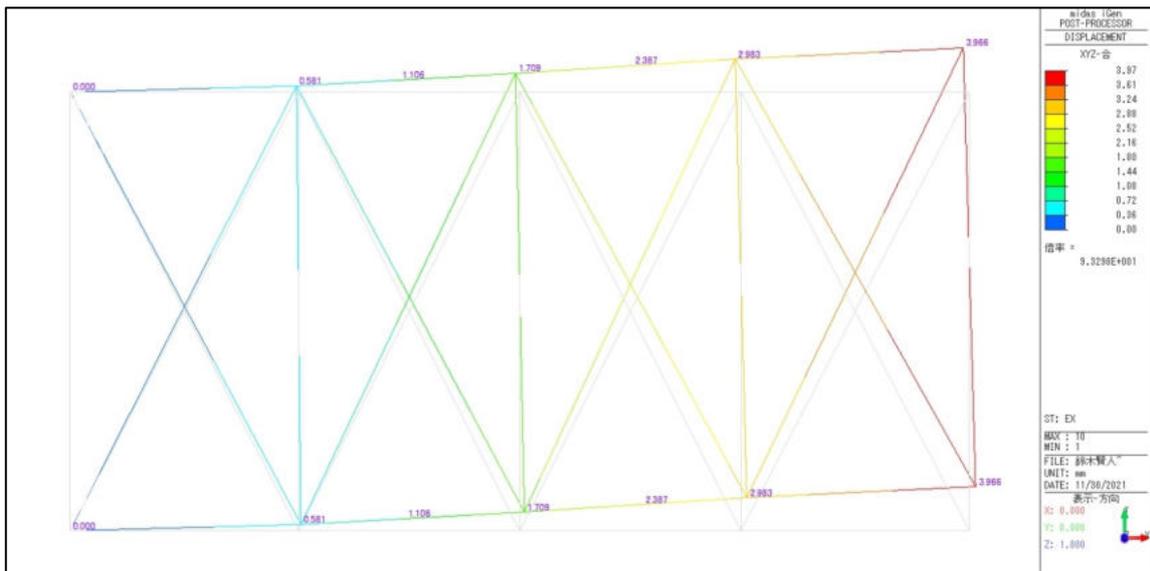
簡易モデル

図 2.7.3-16 解析結果 変形図[mm]

【スタディ①：ケース 15】



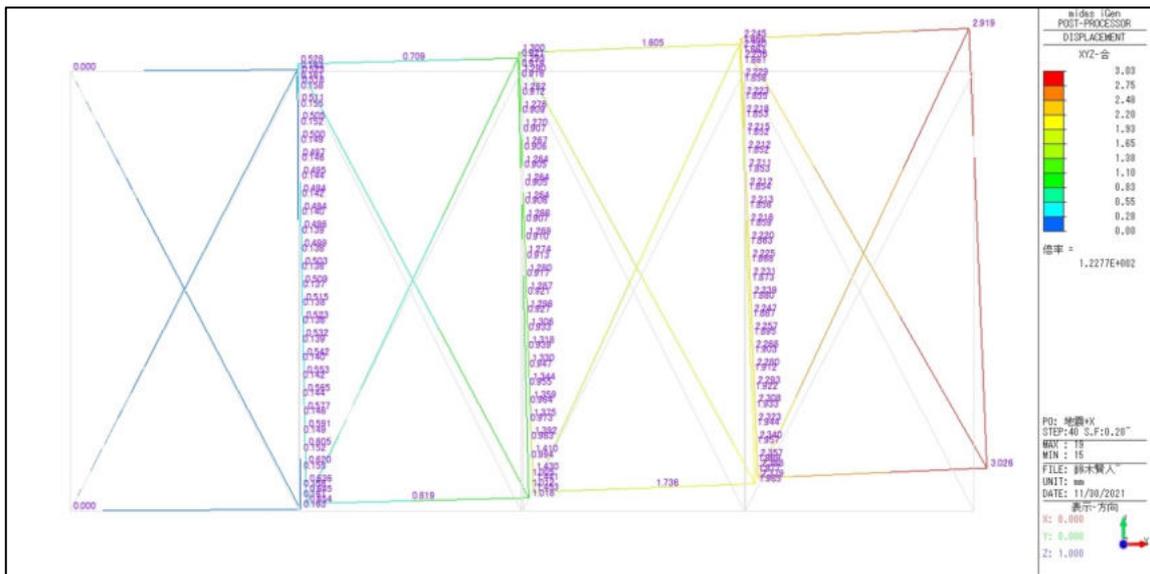
詳細モデル



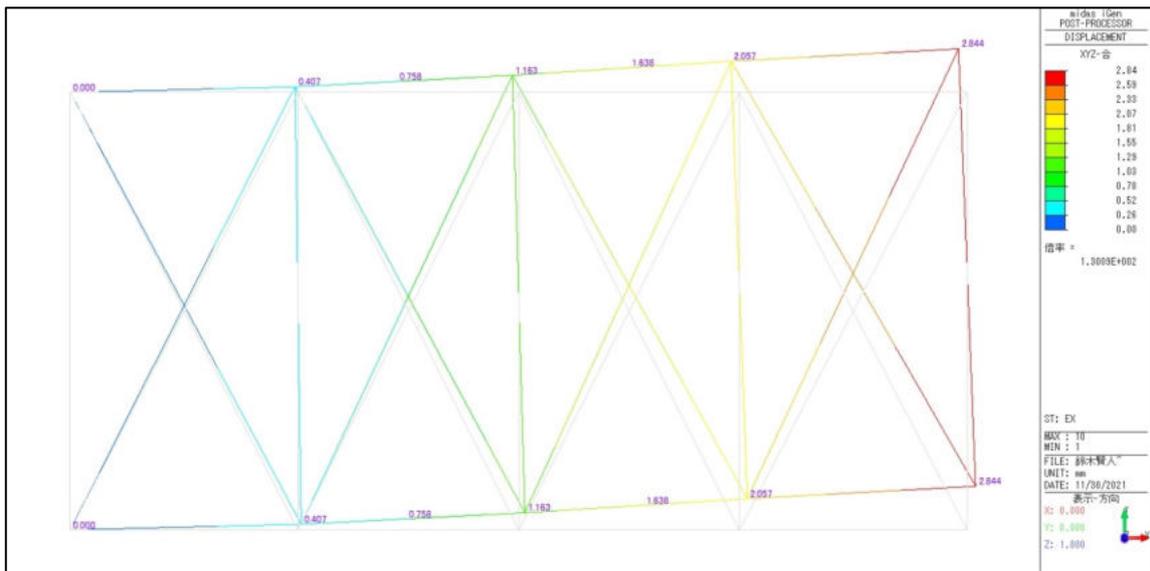
簡易モデル

図 2.7.3-17 解析結果 変形図[mm]

【スタディ①：ケース 16】



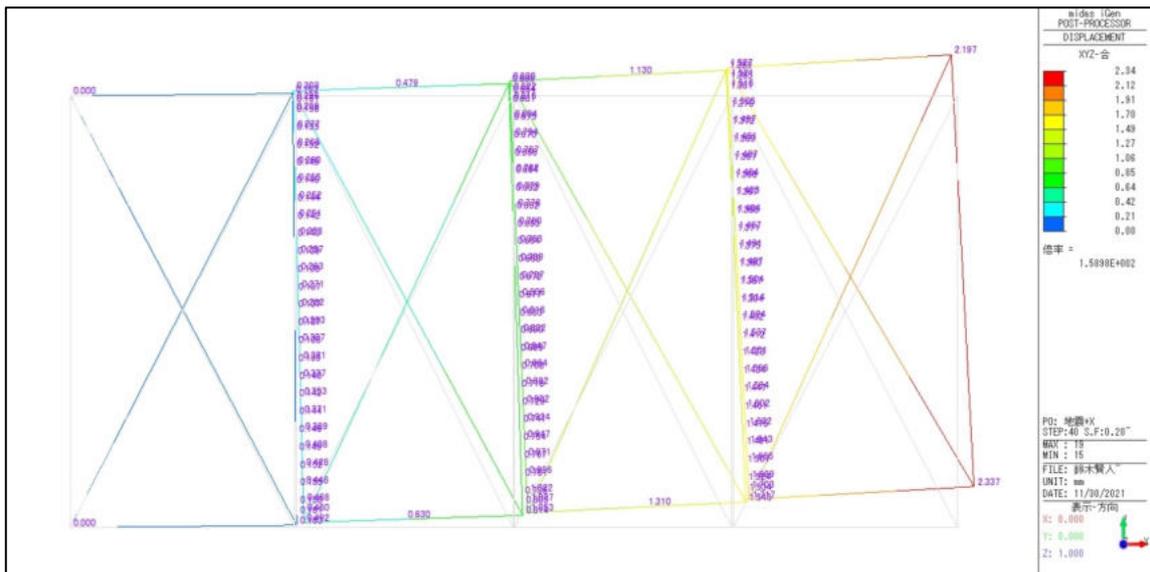
詳細モデル



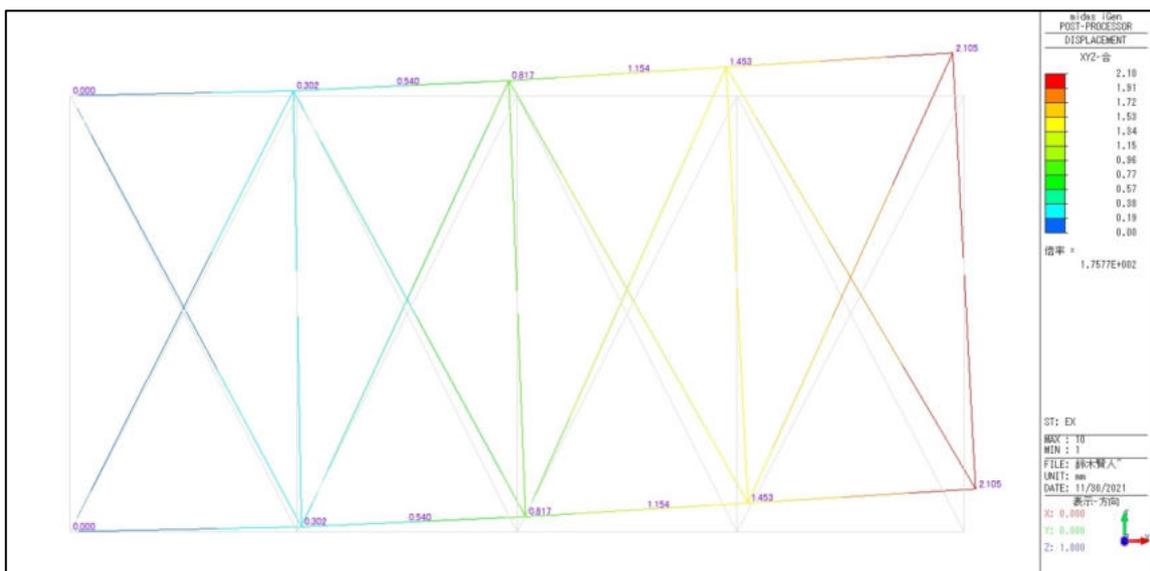
簡易モデル

図 2.7.3-18 解析結果 変形図[mm]

【スタディ①：ケース 17】



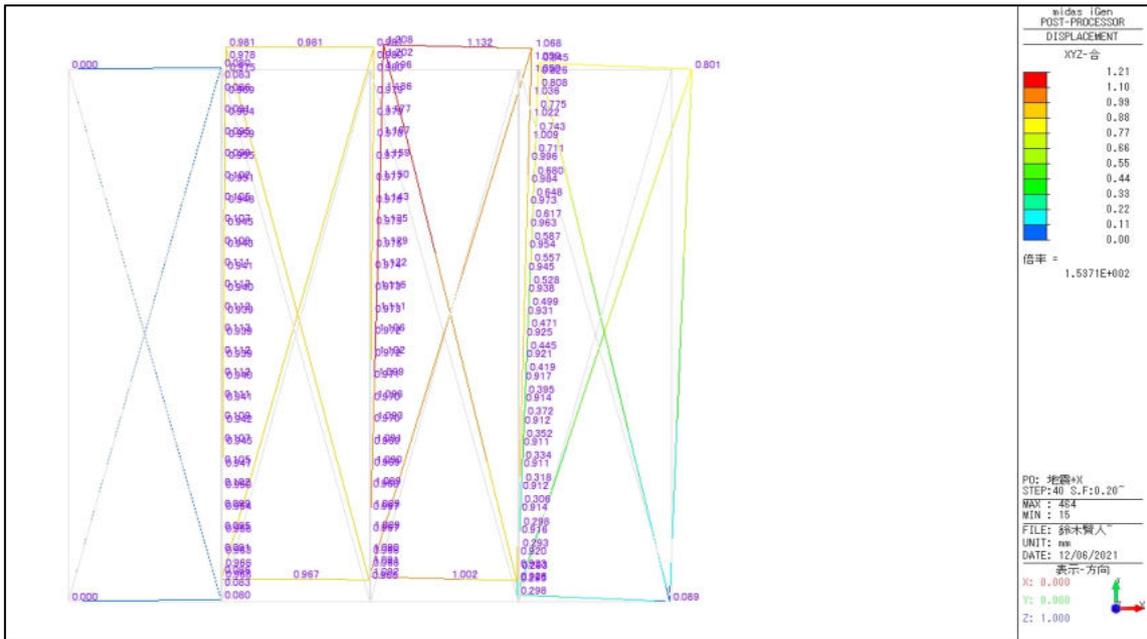
詳細モデル



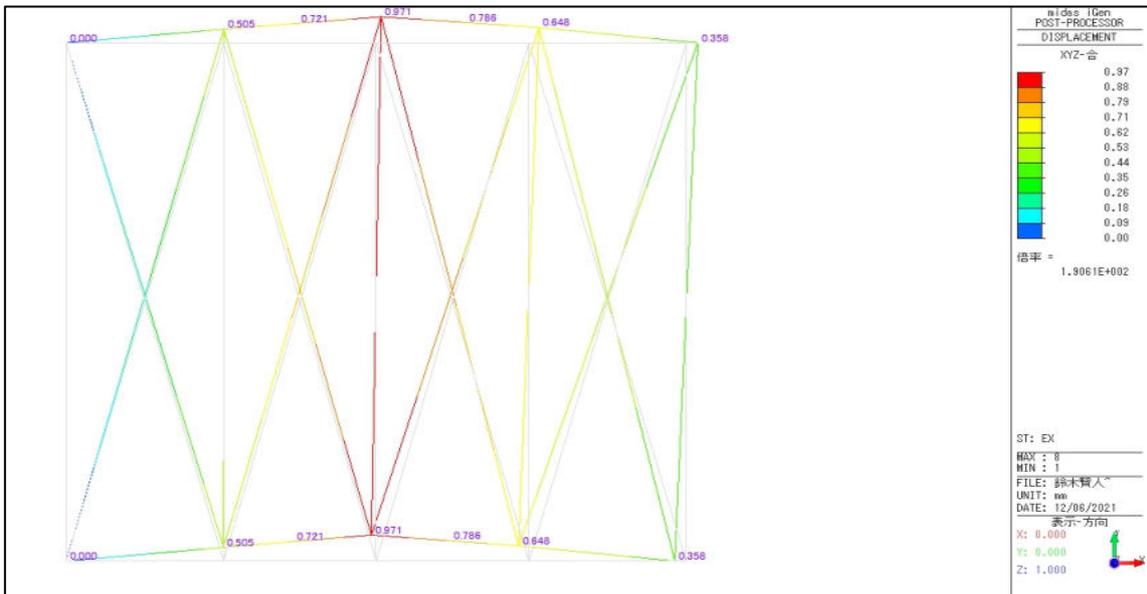
簡易モデル

図 2.7.3-19 解析結果 変形図[mm]

【スタディ①：ケース 18】

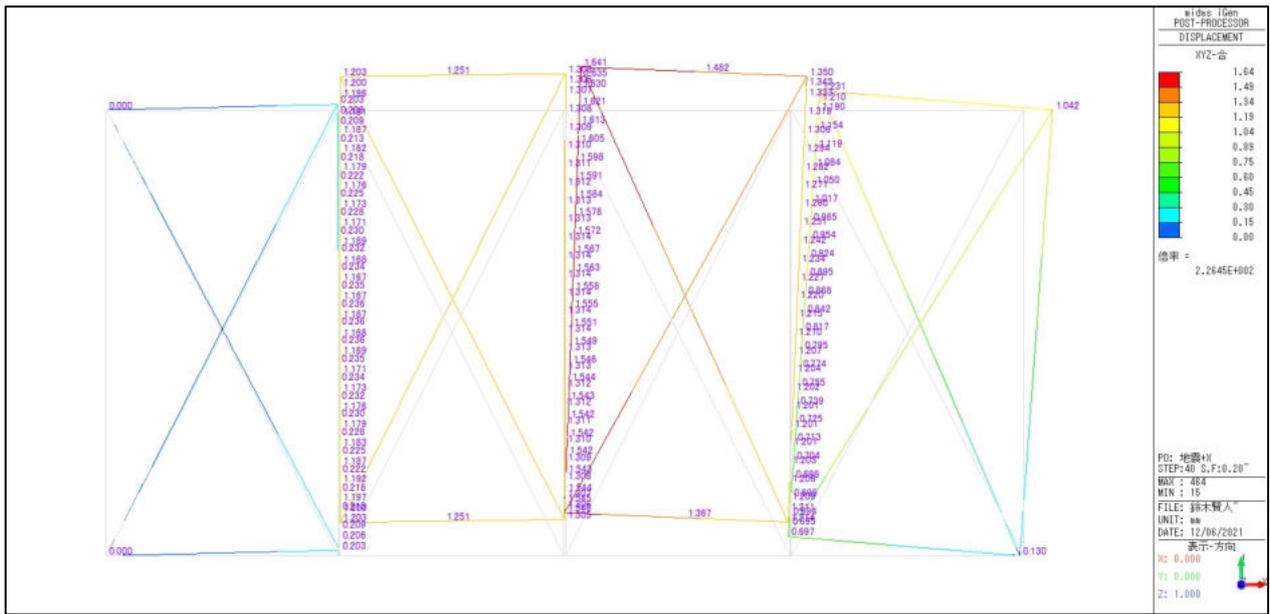


詳細モデル

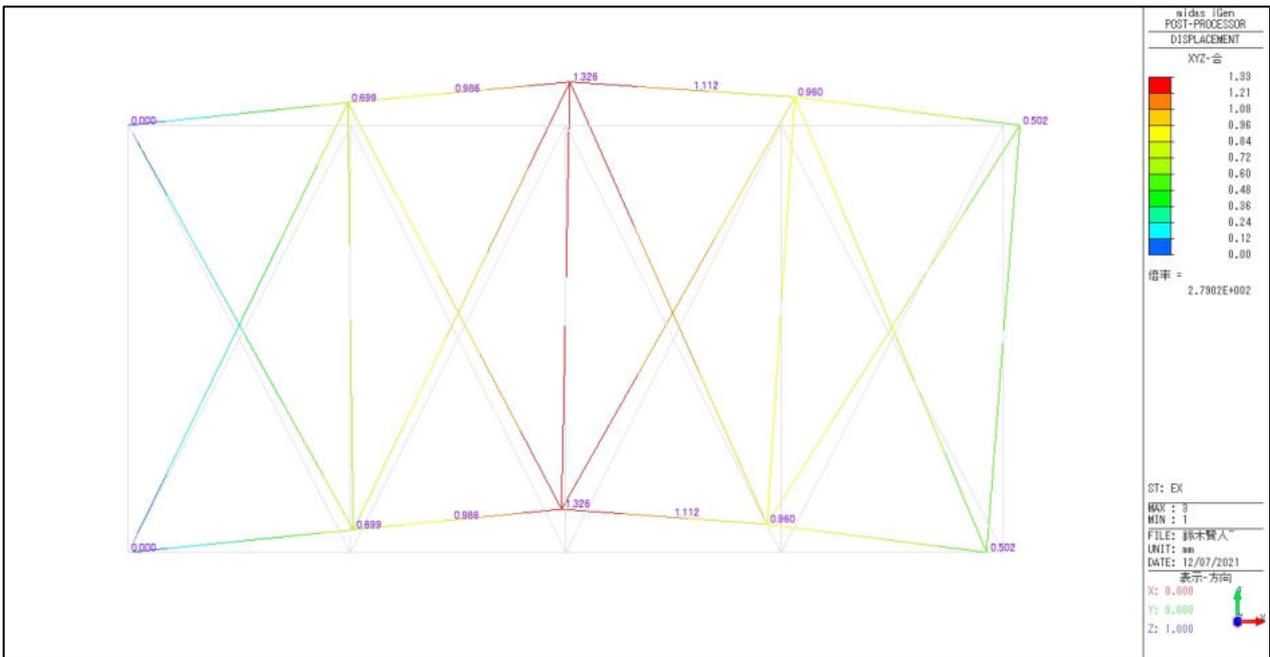


簡易モデル

図 2.7.3-20 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ② : ケース 1 (単純梁)】

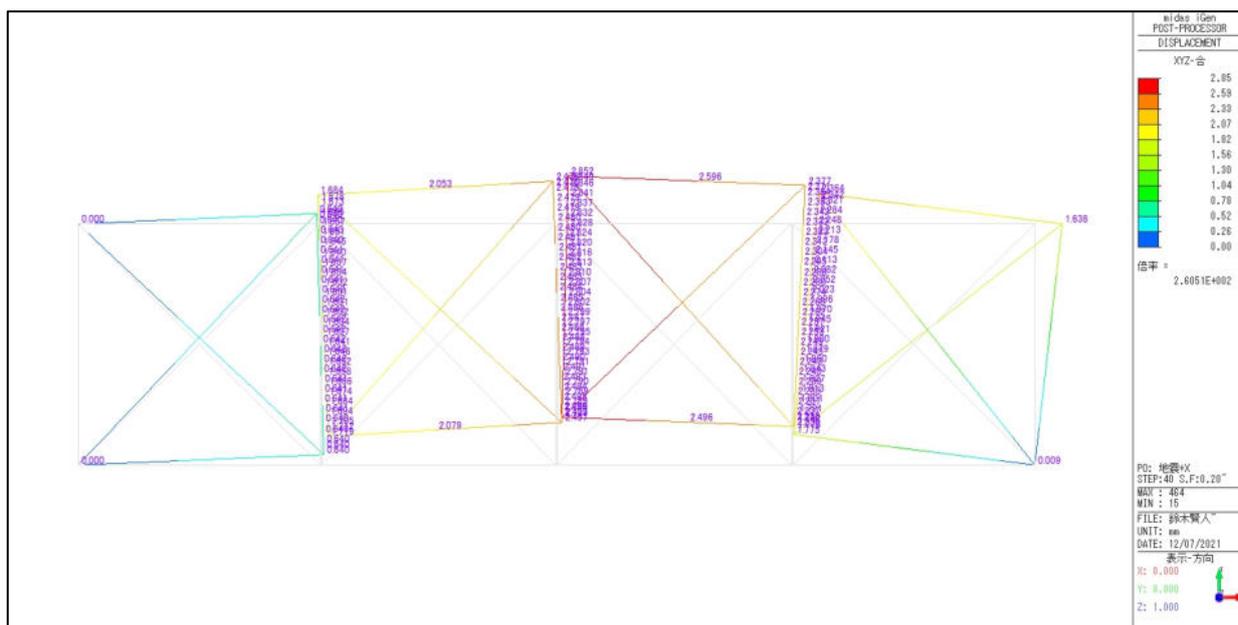


詳細モデル

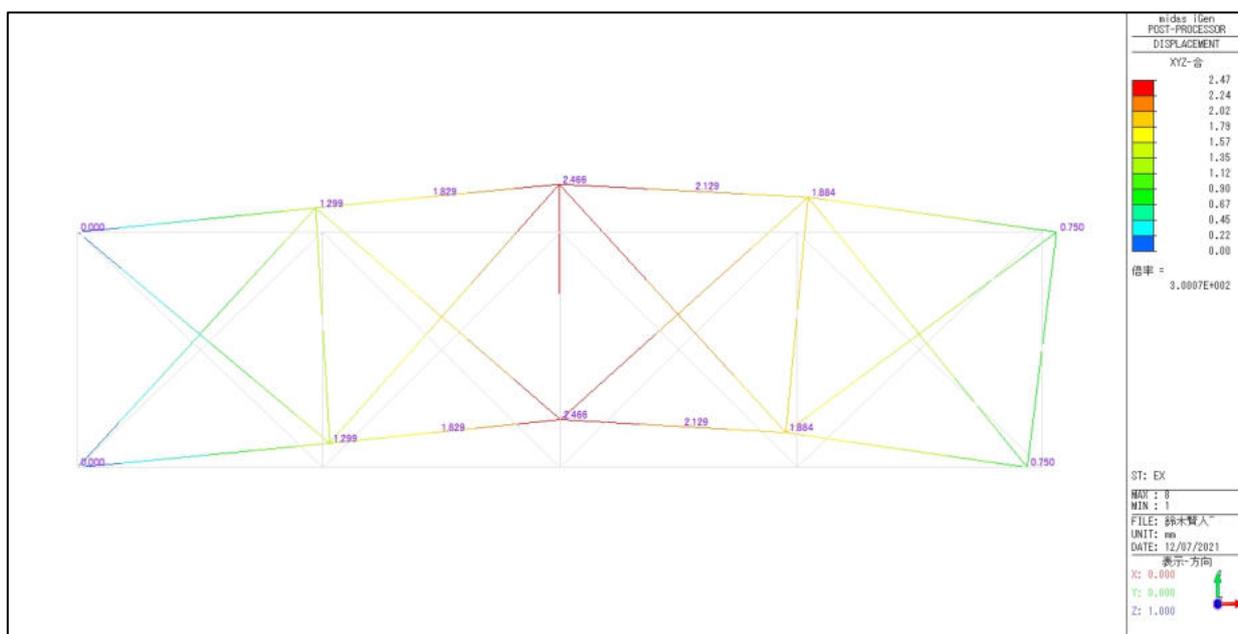


簡易モデル

図 2.7.3-21 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ②：ケース 2 (単純梁)】

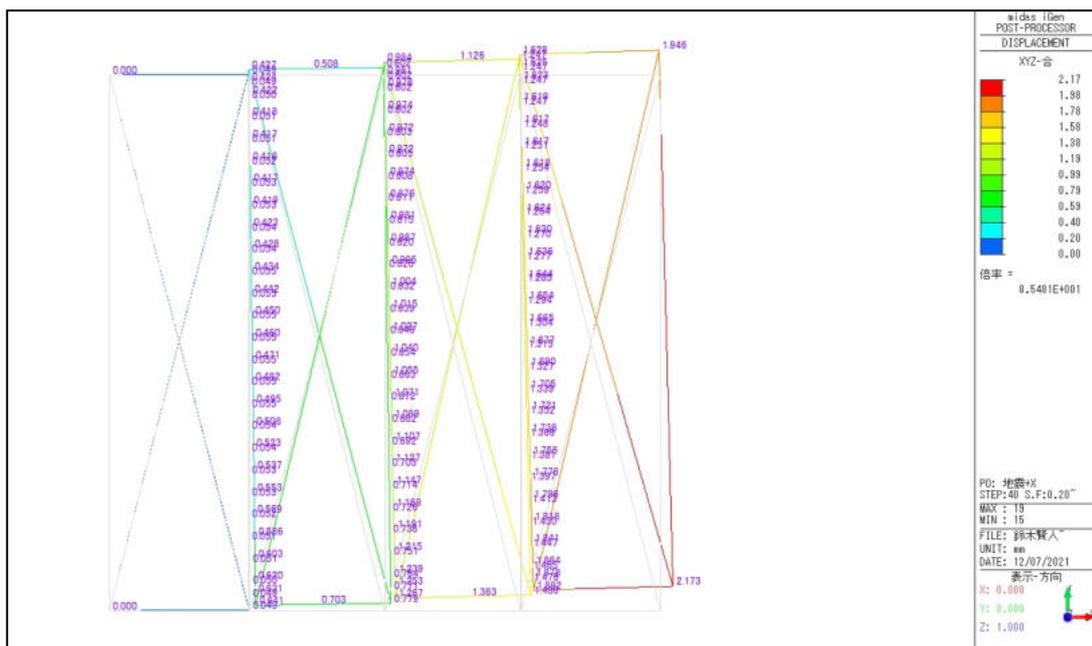


詳細モデル

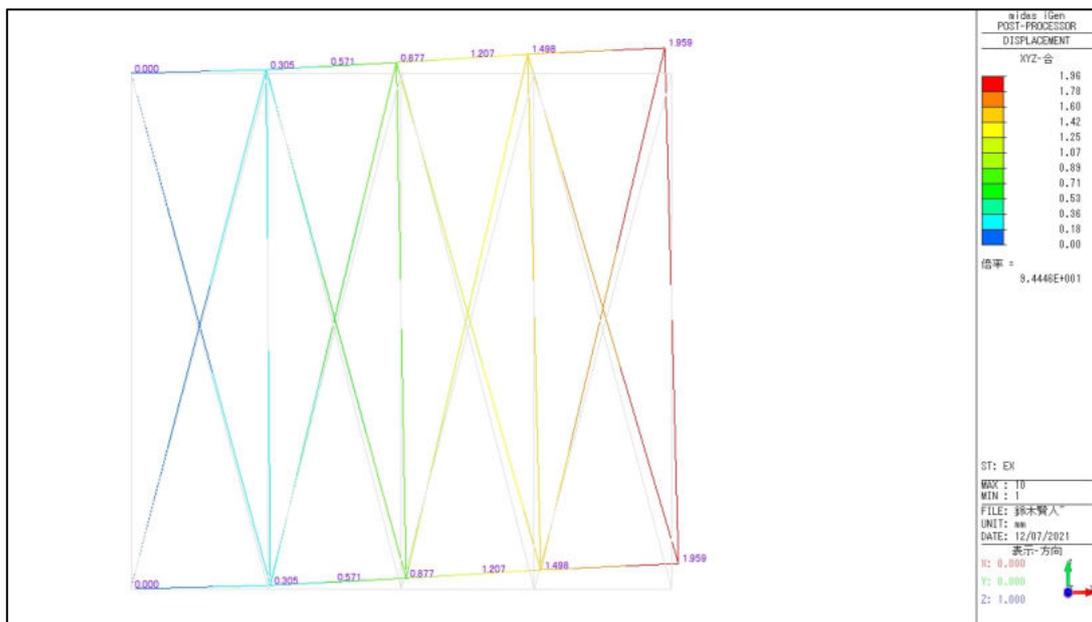


簡易モデル

図 2.7.3-22 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ②：ケース 3 (単純梁)】

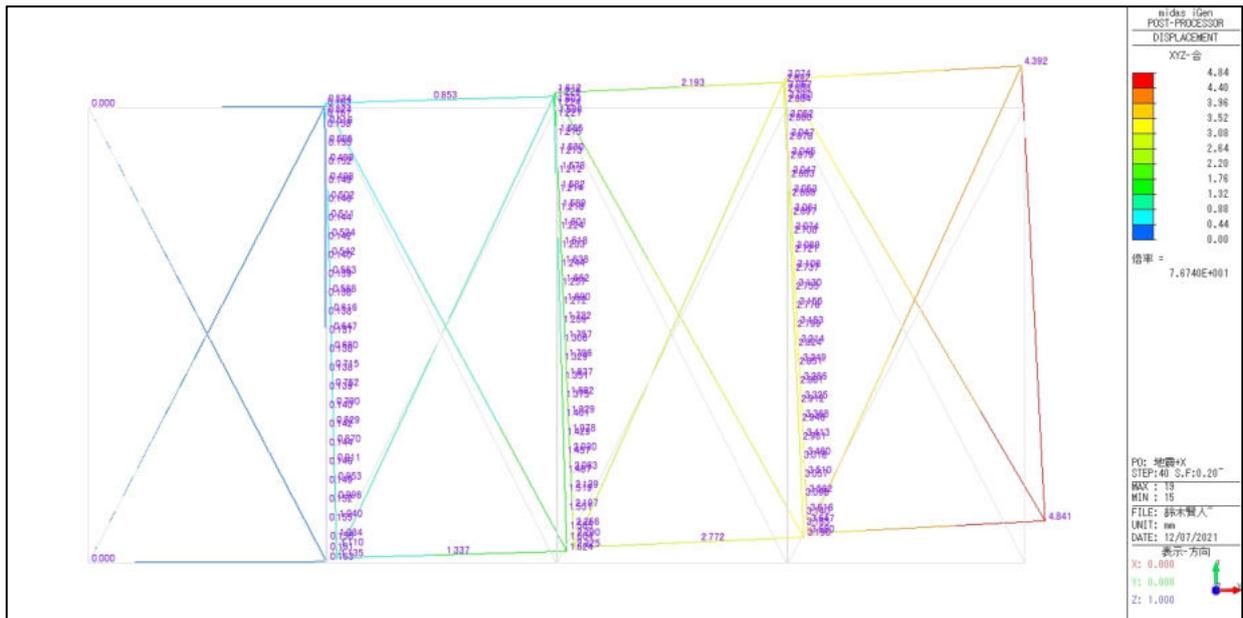


詳細モデル

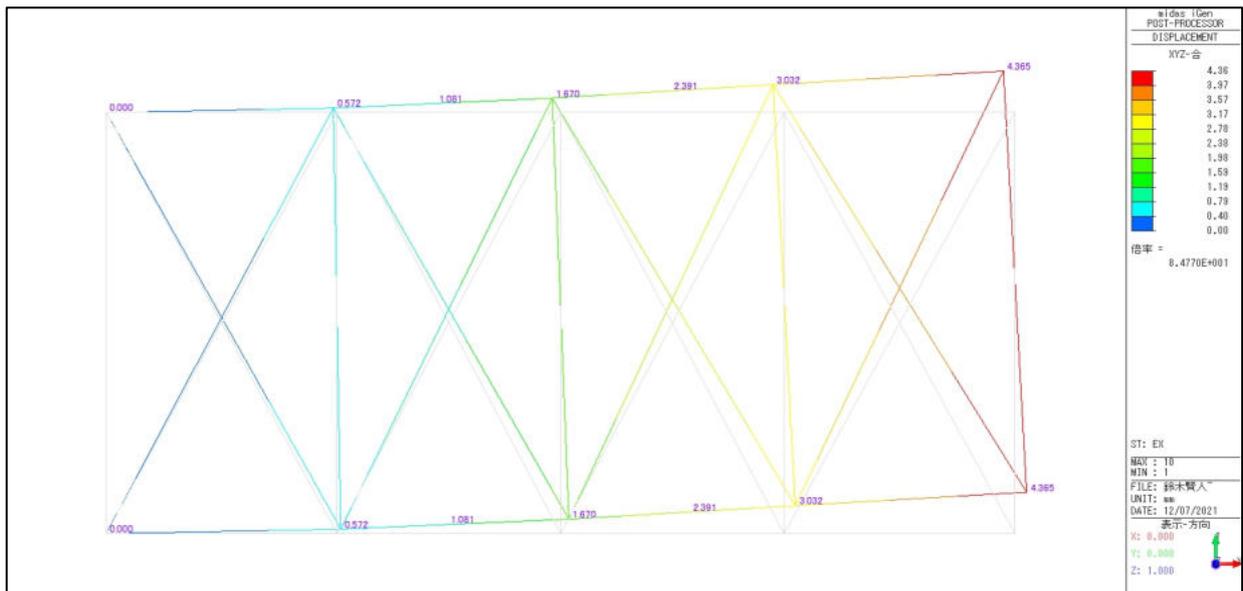


簡易モデル

図 2.7.3-23 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ②：ケース 1 (片持ち梁)】

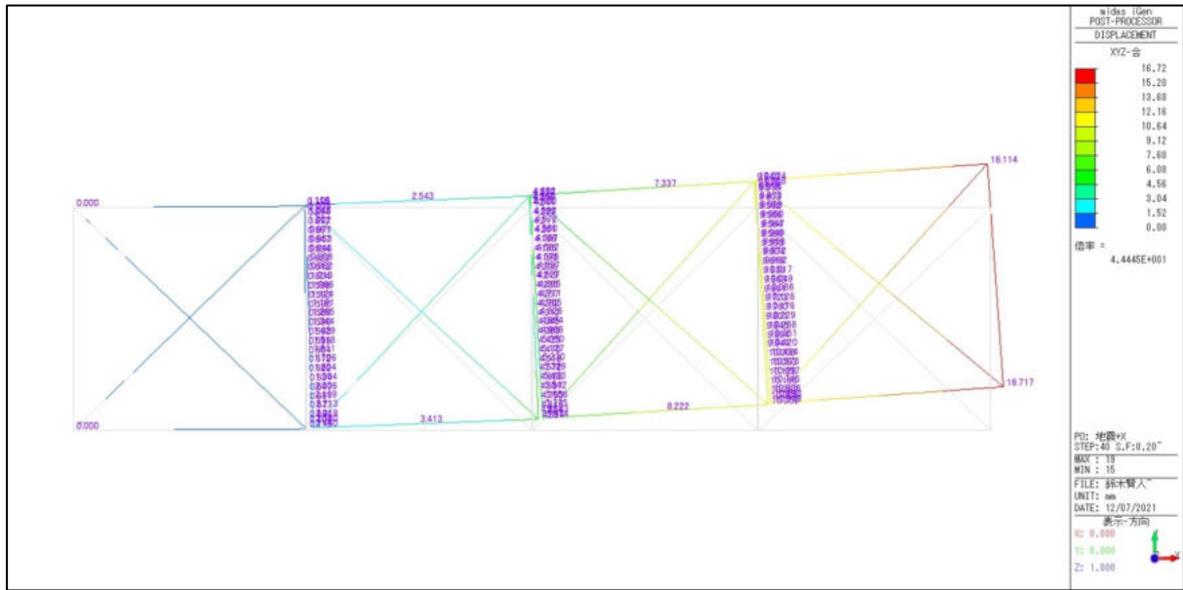


詳細モデル

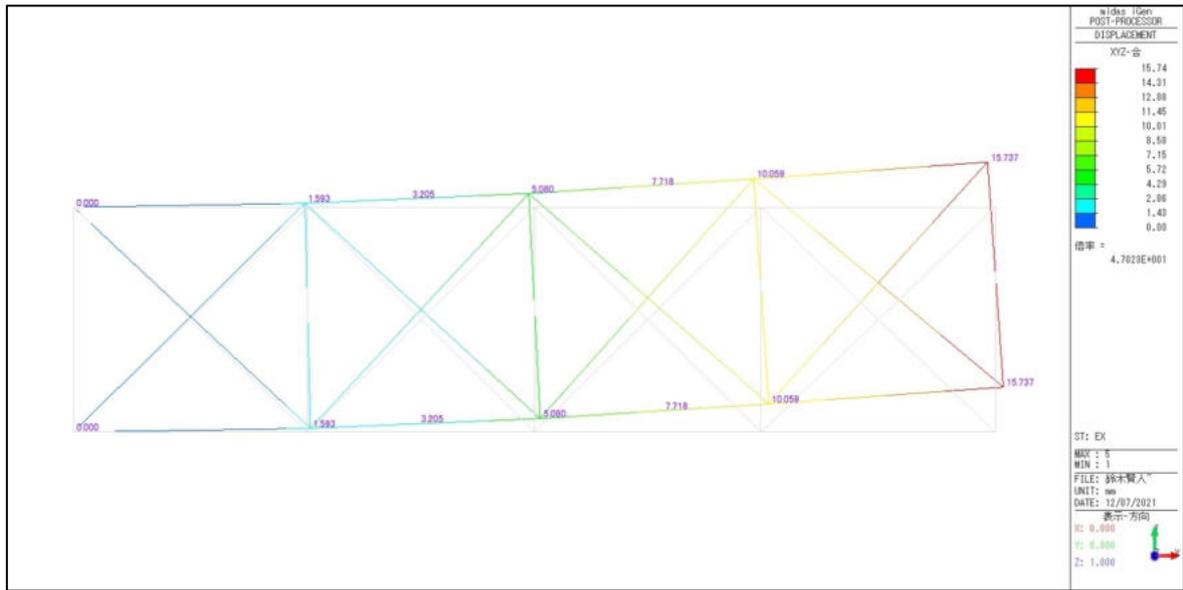


簡易モデル

図 2.7.3-24 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ②：ケース 2 (片持ち梁)】



詳細モデル



簡易モデル

図 2.7.3-25 解析結果 変形図[mm]  
【スタディ②：ケース 3 (片持ち梁)】

#### 2. 7. 4 まとめ

本検討では CLT パネル工法ルート 2 を対象に、CLT 床で構成された「非剛床モデル」の簡易モデルを検討した。簡易モデルは、枠フレーム要素を床パネル有効幅の母材軸剛性と床パネル間接合軸剛性を直列剛性で評価し、等価ブレース要素は床パネルのせん断剛性と床パネル間せん断剛性の直列剛性で評価した。

既往の実験との比較及び、詳細モデルとのパラメトリックスタディを通じて妥当性を確認した。以下に結果を示す。

既往の実験及び詳細モデルとの比較では、中央部の変形は詳細モデルが 1.31mm、簡易モデルが 1.33mm と両社が概ね一致することが確認できる。また、初期剛性に関して実験結果と簡易モデルを比較しても、概ね対応していることが確認できた。

接合性能や CLT パネルのサイズを変数としたパラメトリックスタディの結果、詳細モデルと簡易モデルによる最大変形比率は 0.94~1.04 と、概ね対応することが確認できた。

以上より、本簡易モデルの妥当性が確認できた。

## 2. 8 まとめ

令和 2 年度に提案された簡易モデルを汎用化させるために必要な、モデル要素の設定位置、剛域設定、パラメータの設定手法等を内容とするモデル化手法の開発を実施した。ルート 2 を対象とした計算モデルの簡易化を引き続き検討した。具体には、柱頭柱脚部分を回転バネ設定し、垂れ壁部分をはりの剛性・耐力に加算し、腰壁を階に算入しないはりとして構成するモデルを提案し、そのモデルの確からしさを確認した。さらに水平構面の簡易モデルは、ブレース置換モデルを想定し、枠フレーム要素は床パネル有効幅の母材軸剛性と床パネル間接合軸剛性を直列剛性で評価し、等価ブレース要素は床パネルのせん断剛性と床パネル間せん断剛性の直列剛性で評価する床のモデル化について検討し、詳細なモデルと比較し、その有効性を確認した。

## 第3章 一貫構造計算プログラムを用いた簡易モデル検討

### 3.1 基本方針

前章で検討した簡易モデルを一貫構造計算プログラムにて作成し、同一のモデル入力が可能であること及び解析結果が概ね一致することを確認する。一貫構造計算プログラムには、SuperBuild/SS7（ユニオンシステム（株））を用いる。

### 3.2 簡易モデル概要と検討対象

#### 3.2.1 簡易モデル概要

本検討においては、架構のモデル化は前章の簡易モデルと同様に行う。一貫構造計算プログラムでは3次元モデルとする必要があるため、同一フレームを並べた長方形平面の架構とする。

一貫構造計算プログラムでの入力にあたり、袖壁は柱に、垂壁は大梁に、腰壁はダミー層の大梁に入力し、垂壁心が床高さとも一致するよう梁レベルの調整を行った。回転ばね、軸ばね、剛域は各部材に直接指定できる。直交方向の架構剛性による解析結果への影響を排除するため、2つの平面フレームはダミー梁で接続し荷重や応力が伝達されないようにしている。

入力モデルの概略を図3.2.1-1に示す。

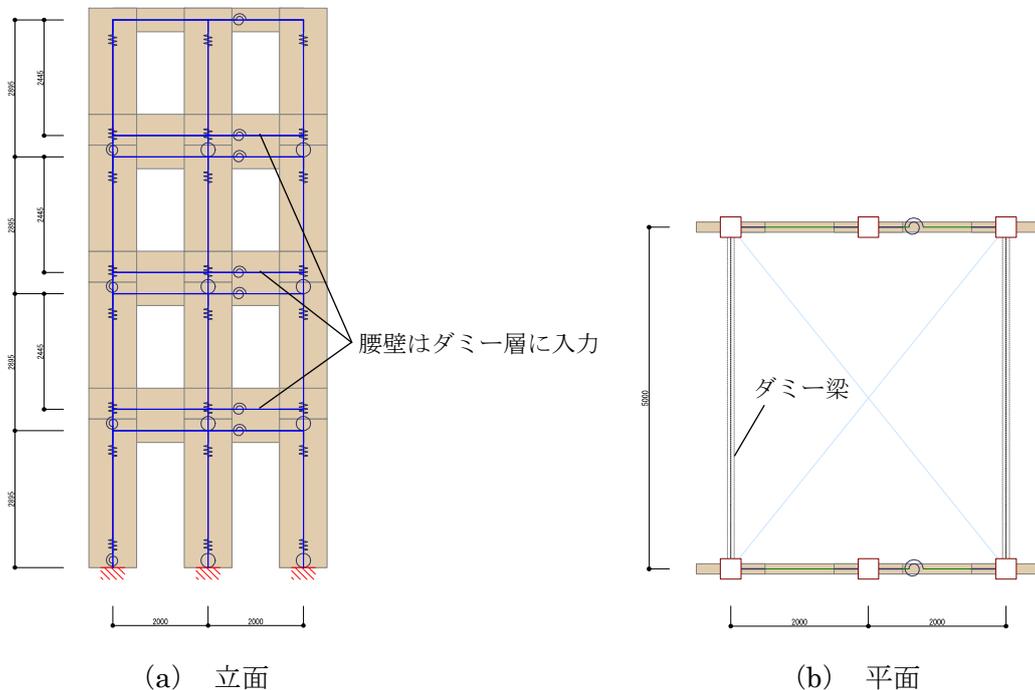


図 3.2.1-1 一貫構造計算プログラム入力モデル概略図

### 3. 2. 2 検討対象と適用範囲

検討対象とするモデルは、前章で扱った表 3.2.2-1 に示す範囲とする。

表 3.2.2-1 検討対象となるパラメータの一覧

架構形式	階数	壁幅 $L_w$	開口幅 $L_o$
大版パネル架構	3	1	0
小幅パネル架構	4	2	1
集成材梁勝ち架構	6	-	4
鉄骨梁勝ち架構	-	-	-
通し壁架構	-	-	-

### 3. 3 静的解析による検証

#### 3. 3. 1 解析モデル

解析パラメータ以外の解析条件は以下の通りとする。

#### A) 荷重条件

一貫構造計算プログラムの 3 次元モデルでは 2 フレームで水平力を負担するため、各階の水平力は前章で設定した値の 2 倍とする。

表 3.3.1-1 各階の水平力

階	水平力 (kN)		
	3 層モデル	4 層モデル	6 層モデル
6	-	-	32.6
5	-	-	26.6
4	-	30.6	21.0
3	24.4	25.8	16.8
2	20.8	19.4	13.2
1	14.8	14.0	9.6

以上の条件により検討を行った解析モデルのパラメータ組み合わせ一覧を表 3.3.1-2 に示す。

表 3.3.1-2 解析ケース一覧 (一貫構造計算モデル)

(a) 大版パネル、小版パネル架構

	垂壁のみ	1層垂壁のみ	腰壁あり
口口形	3O-ALw1Lo1_口口	3O-BLw1Lo1_口口	3O-CLw2Lo4_口口
口コ形	4O-ALw1Lo1_口コ	4O-BLw1Lo1_口コ	4O-CLw2Lo4_口コ
Iココ形	6O-ALw1Lo1_Iココ	6O-BLw2Lo4_Iココ	6O-CLw2Lo4_Iココ
小版	4O-ALw1Lo1_小版	4O-BLw2Lo4_小版	6O-CLw2Lo4_小版

(b) その他の架構形式

集成材梁	3O-ALw1Lo1_WG	3O-ALw2Lo4_WG	3O-BLw1Lo0_WG
S梁	3O-ALw1Lo1_SG	3O-ALw2Lo4_SG	3O-BLw1Lo0_SG
通し壁	3O-ALw1Lo1_TW	3O-BLw1Lo1_TW	3O-CLw2Lo4_TW

### 3. 3. 2 解析結果

各モデルの解析結果を以下に示す。

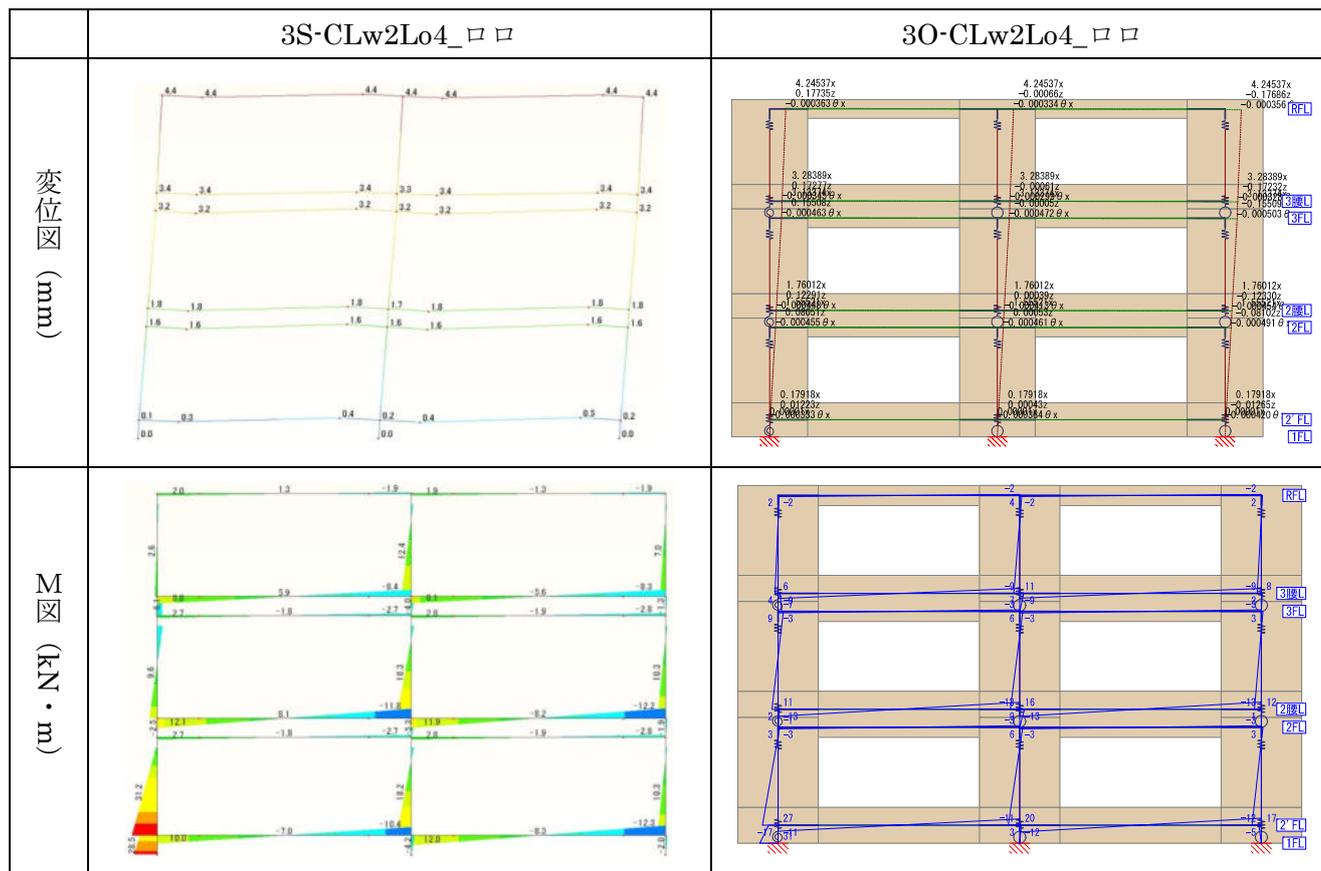
3層ロコ形、全層垂壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m

	3S-ALw1Lo1_ロコ	3O-ALw1Lo1_ロコ
変位図 (mm)		
M 図 (kN・m)		

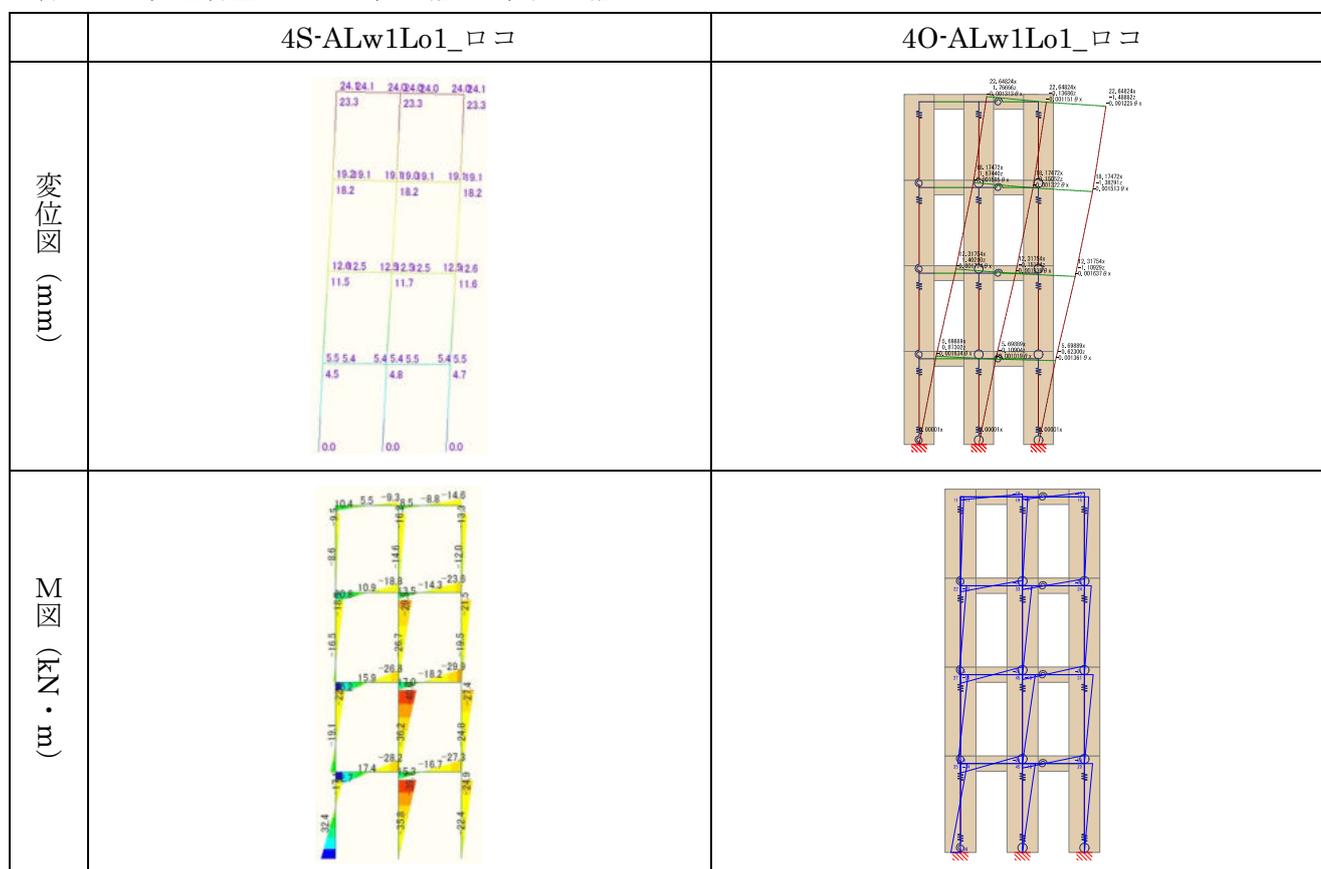
3層ロコ形、1層垂れ壁のみ 2・3層垂腰壁あり、壁幅 1m、開口幅 1m

	3S-BLw1Lo1_ロコ	3O-BLw1Lo1_ロコ
変位図 (mm)		
M 図 (kN・m)		

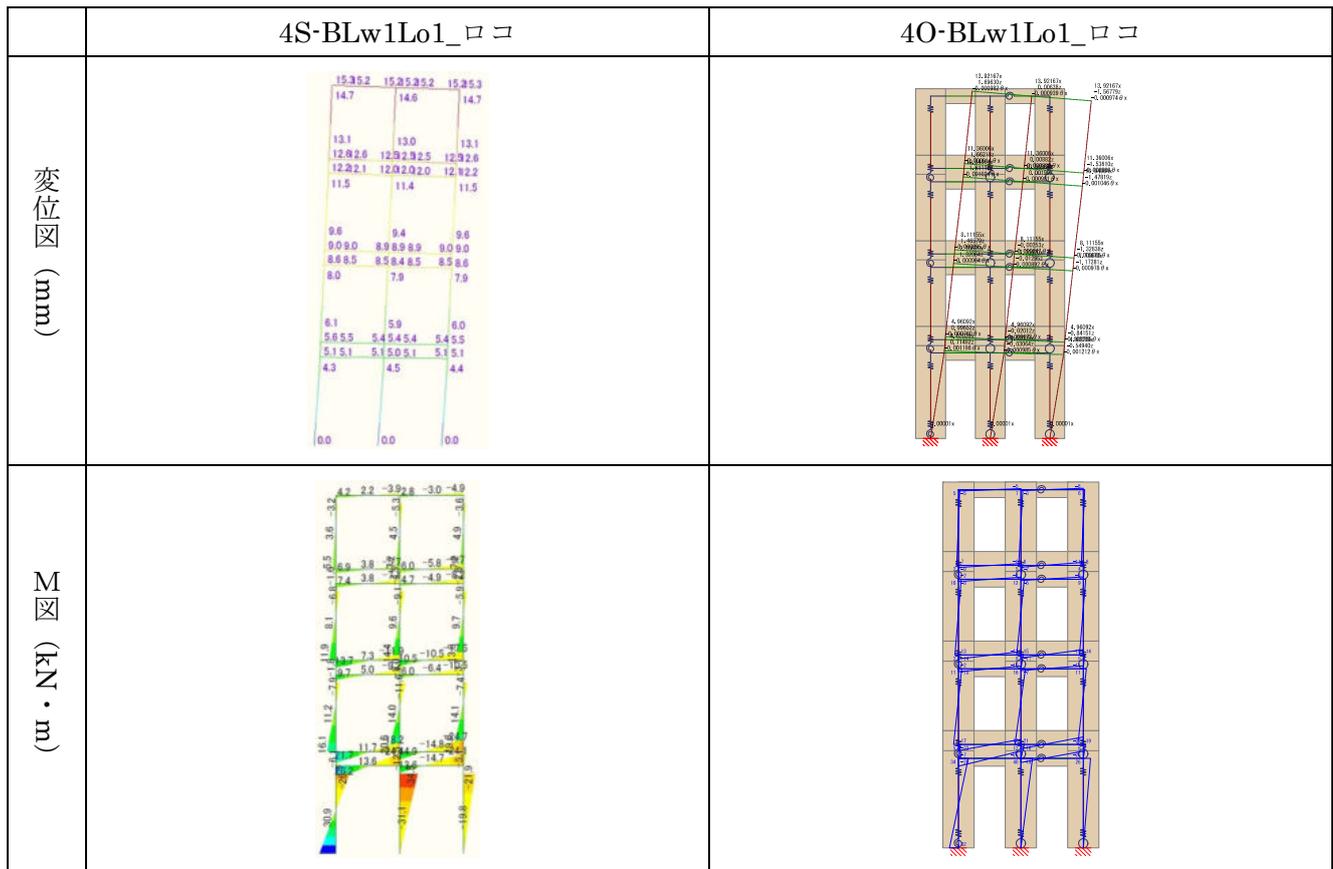
3層ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m



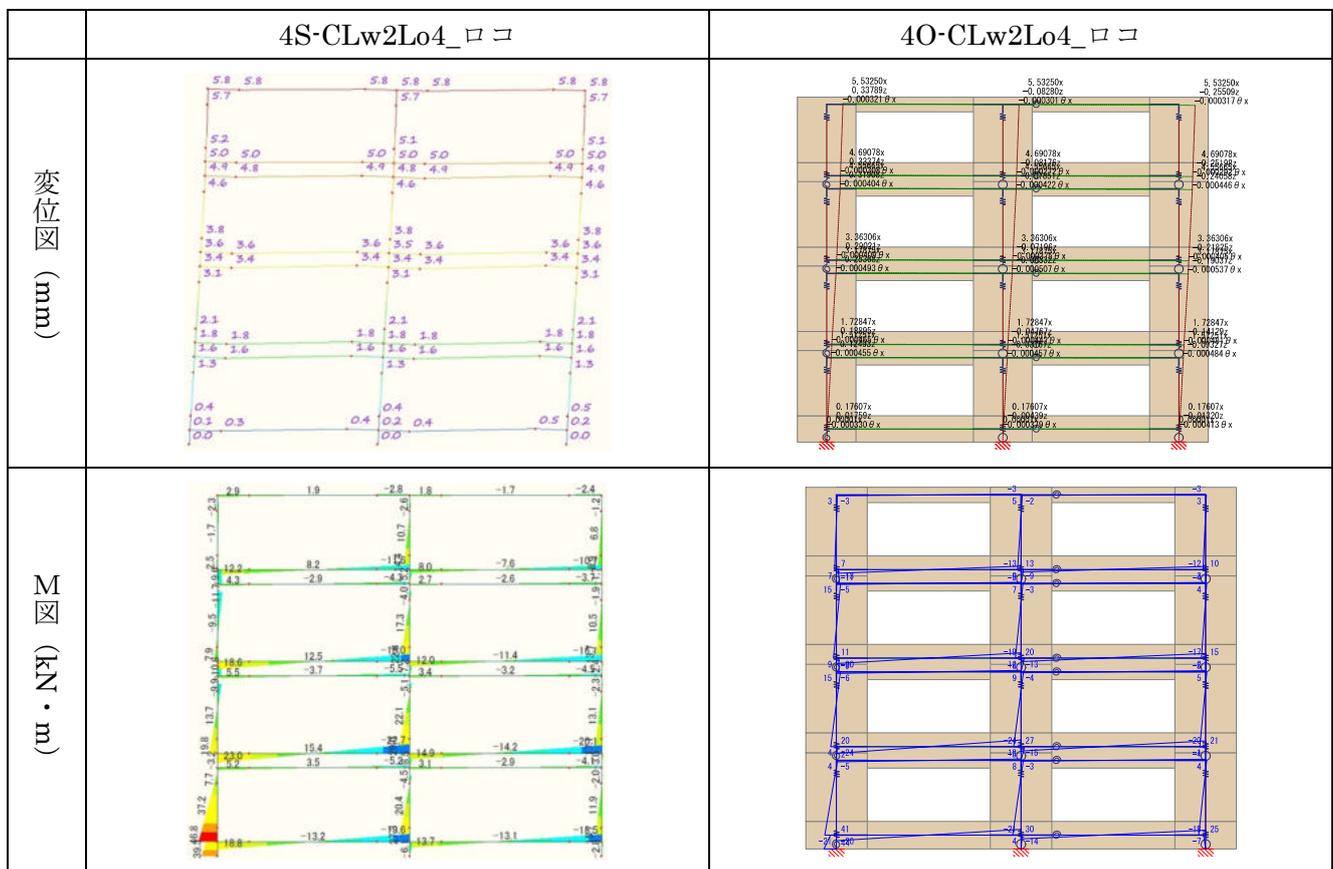
4層ロコ形、全層垂れ壁のみ、壁幅 1m、開口幅 1m



4層ロコ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m



4層ロコ形、全層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



6層Iココ形、全層垂れ壁のみ、壁幅1m、開口幅1m

	6S-ALw1Lo1_Iココ	6O-ALw1Lo1_Iココ
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		

6層Iココ形、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m

	6S-BLw2Lo4_Iココ	6O-BLw2Lo4_Iココ
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		

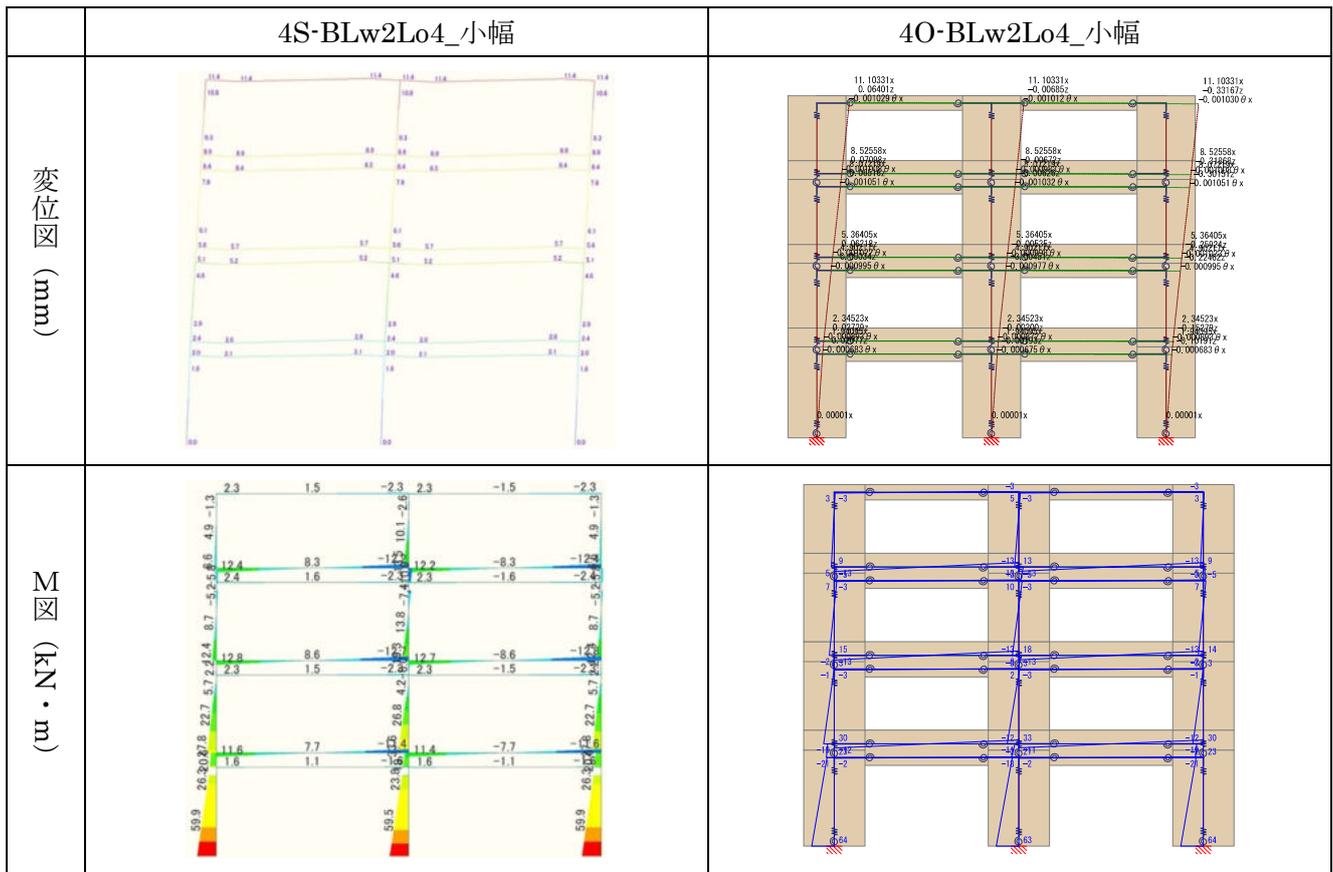
6層Iココ形、全層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m

	6S-CLw2Lo4_I ココ	6O-CLw2Lo4_I ココ
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		

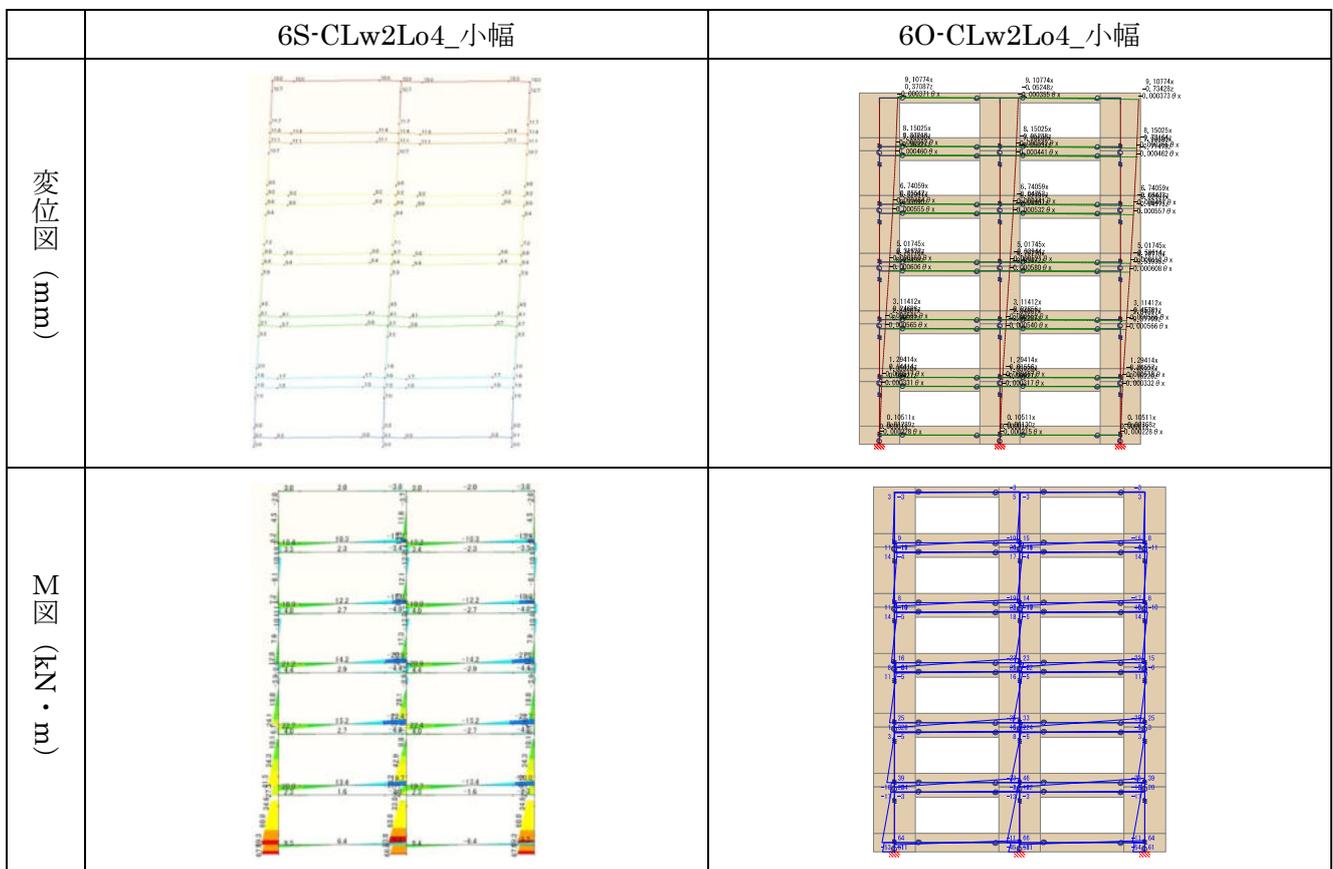
4層小幅、全層垂れ壁のみ、壁幅1m、開口幅1m

	4S-ALw1Lo1_小幅	4O-ALw1Lo1_小幅
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		

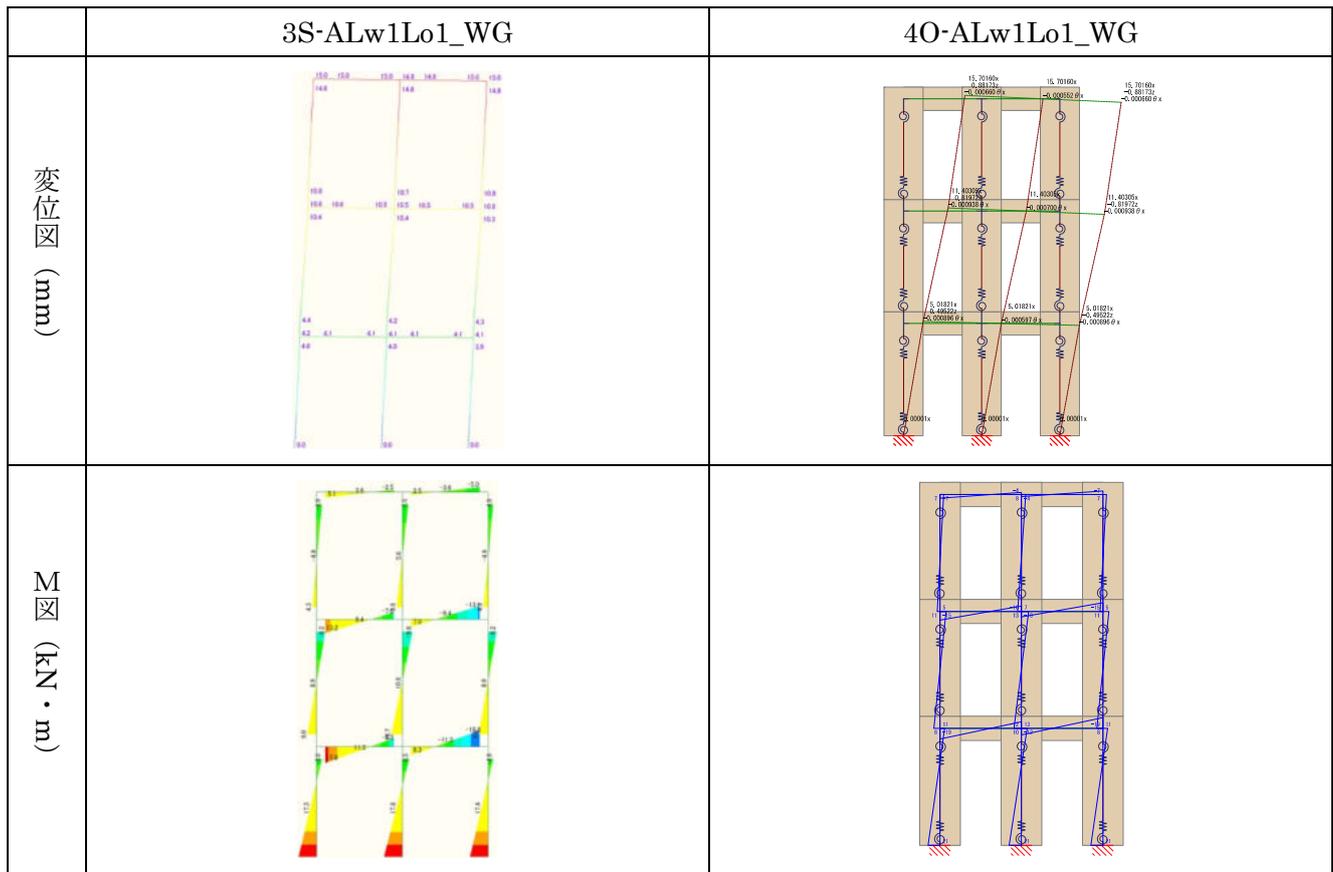
4層小幅、1層垂れ壁のみ2・3層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



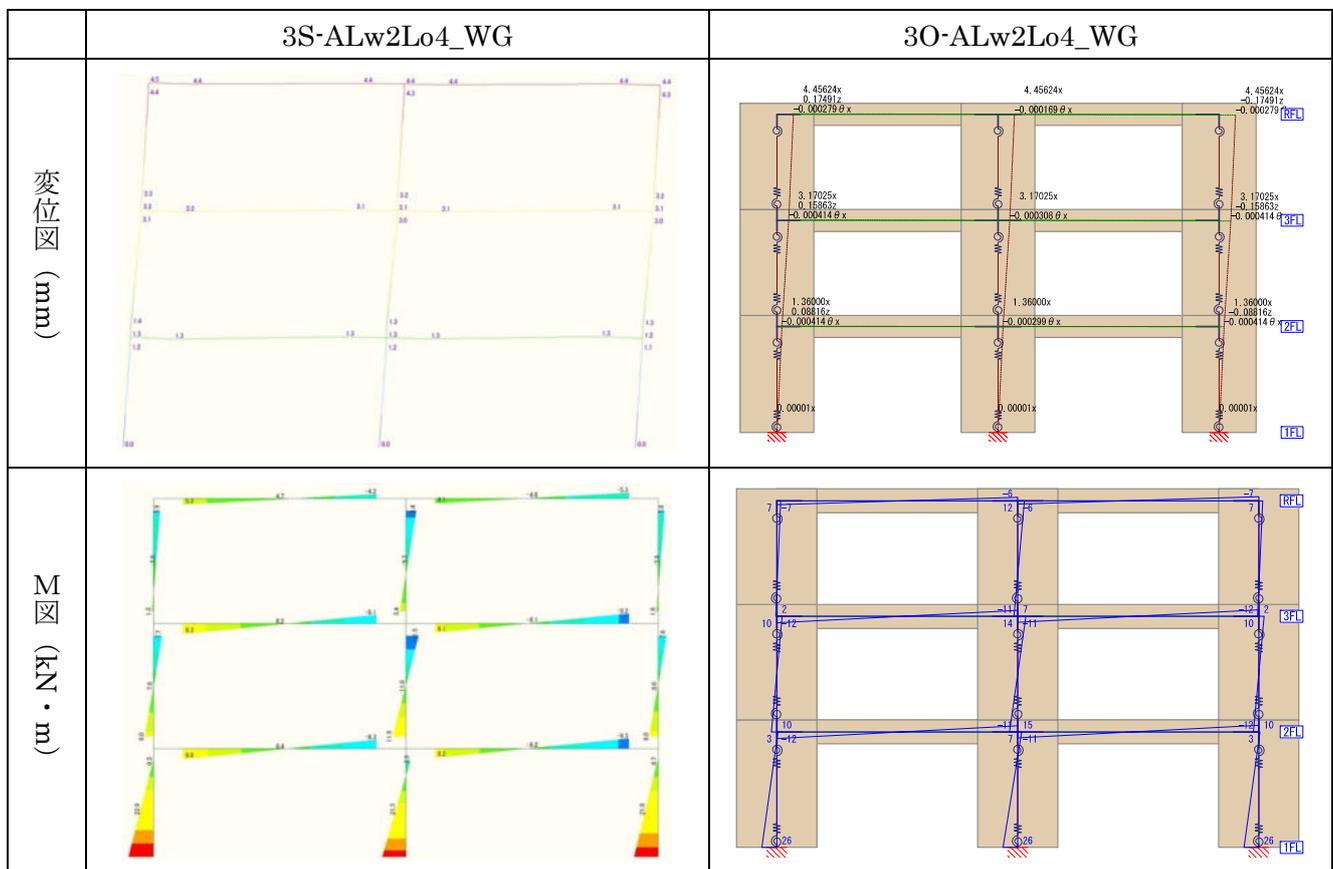
6層小幅、全層垂腰壁あり、壁幅2m、開口幅4m



3層集成材梁勝ち、壁幅 1m、開口幅 1m



3層集成材梁勝ち、壁幅 2m、開口幅 4m



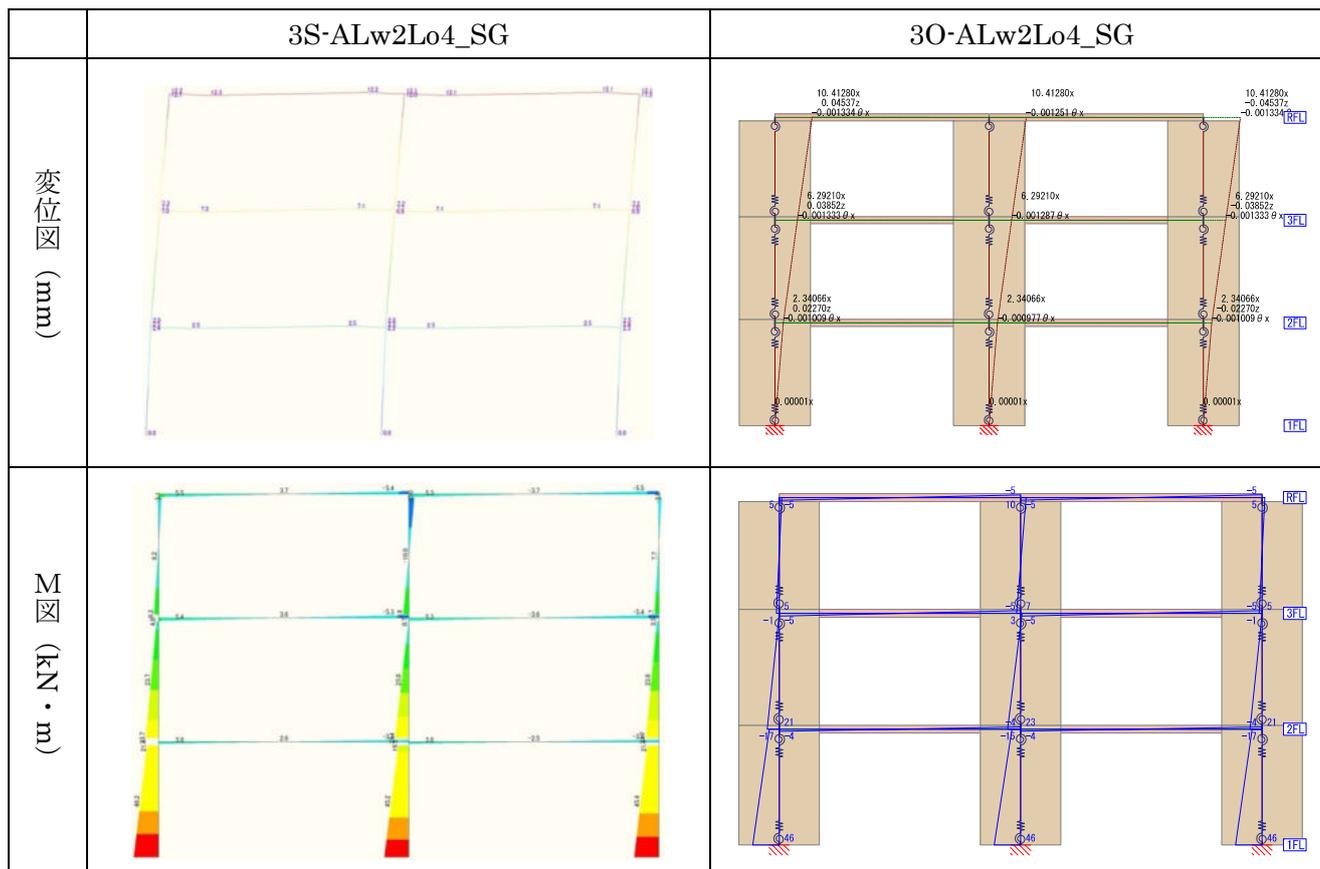
3層集成材梁勝ち、壁幅 1m、開口なし

	3S-BLw1Lo0_WG	3O-BLw1Lo0_WG
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		

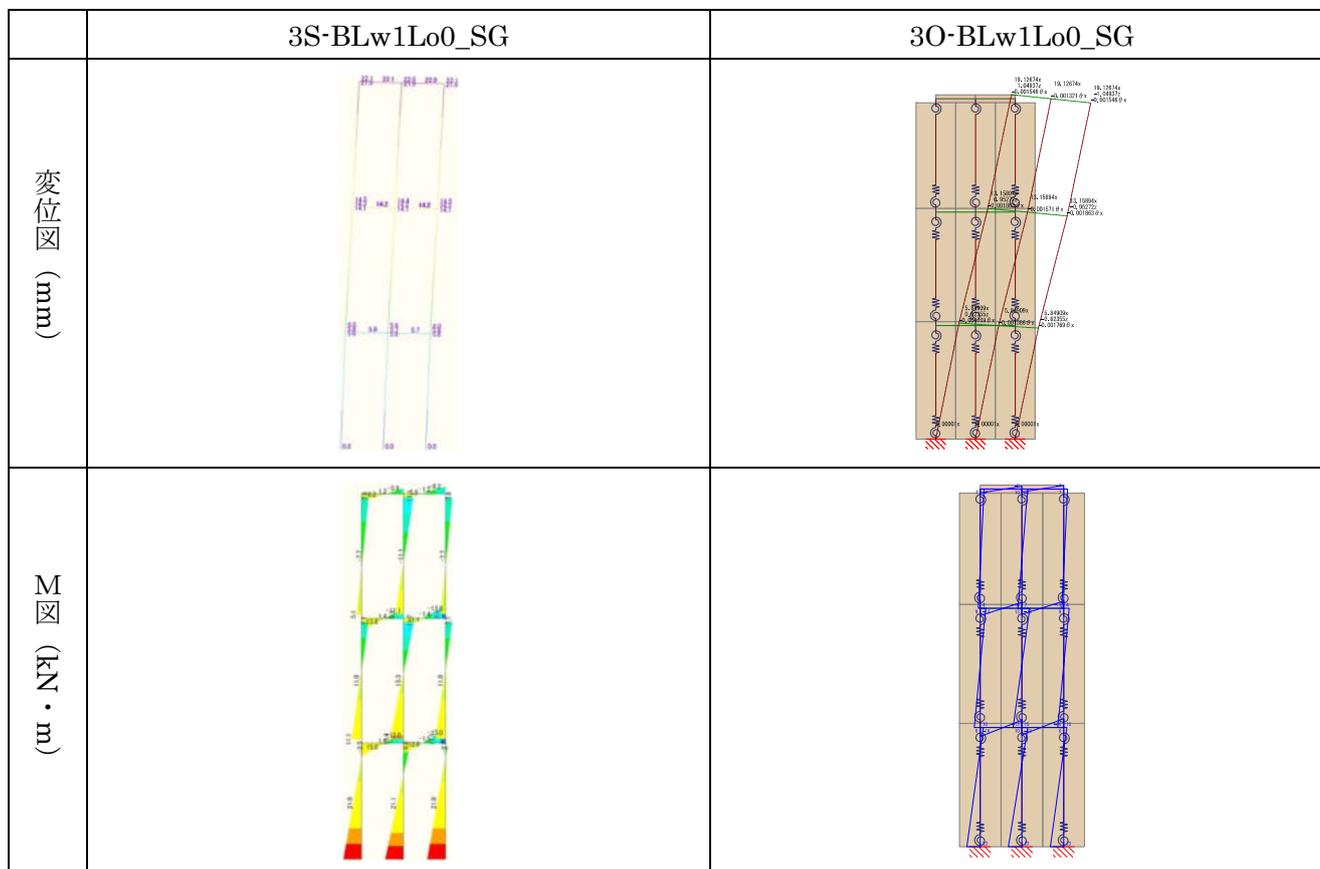
3層鉄骨梁勝ち、壁幅 1m、開口幅 1m

	3S-ALw1Lo1_SG	3O-ALw1Lo1_SG
変位図 (mm)		
M図 (kN・m)		

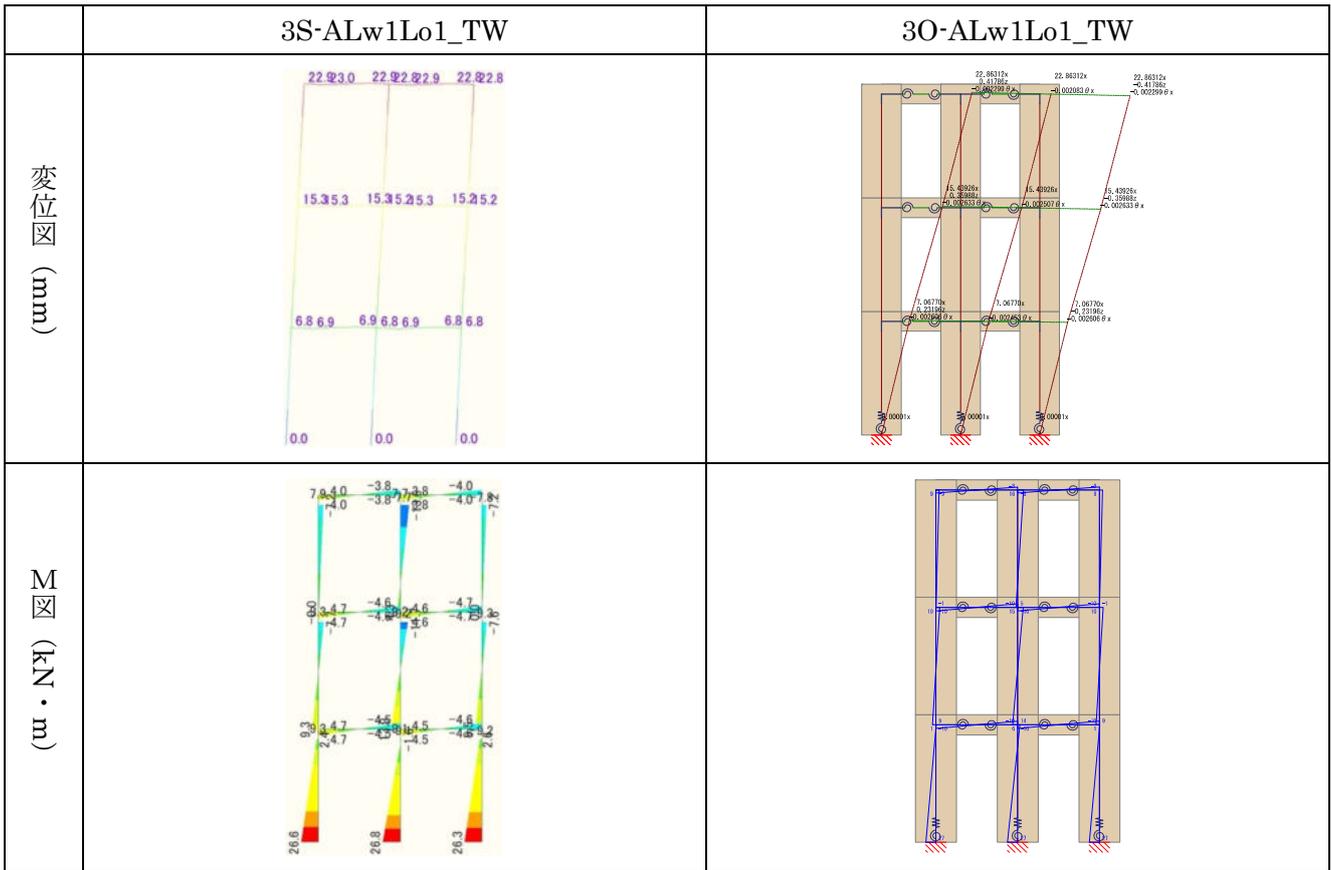
3層鉄骨梁勝ち、壁幅 2m、開口幅 4m



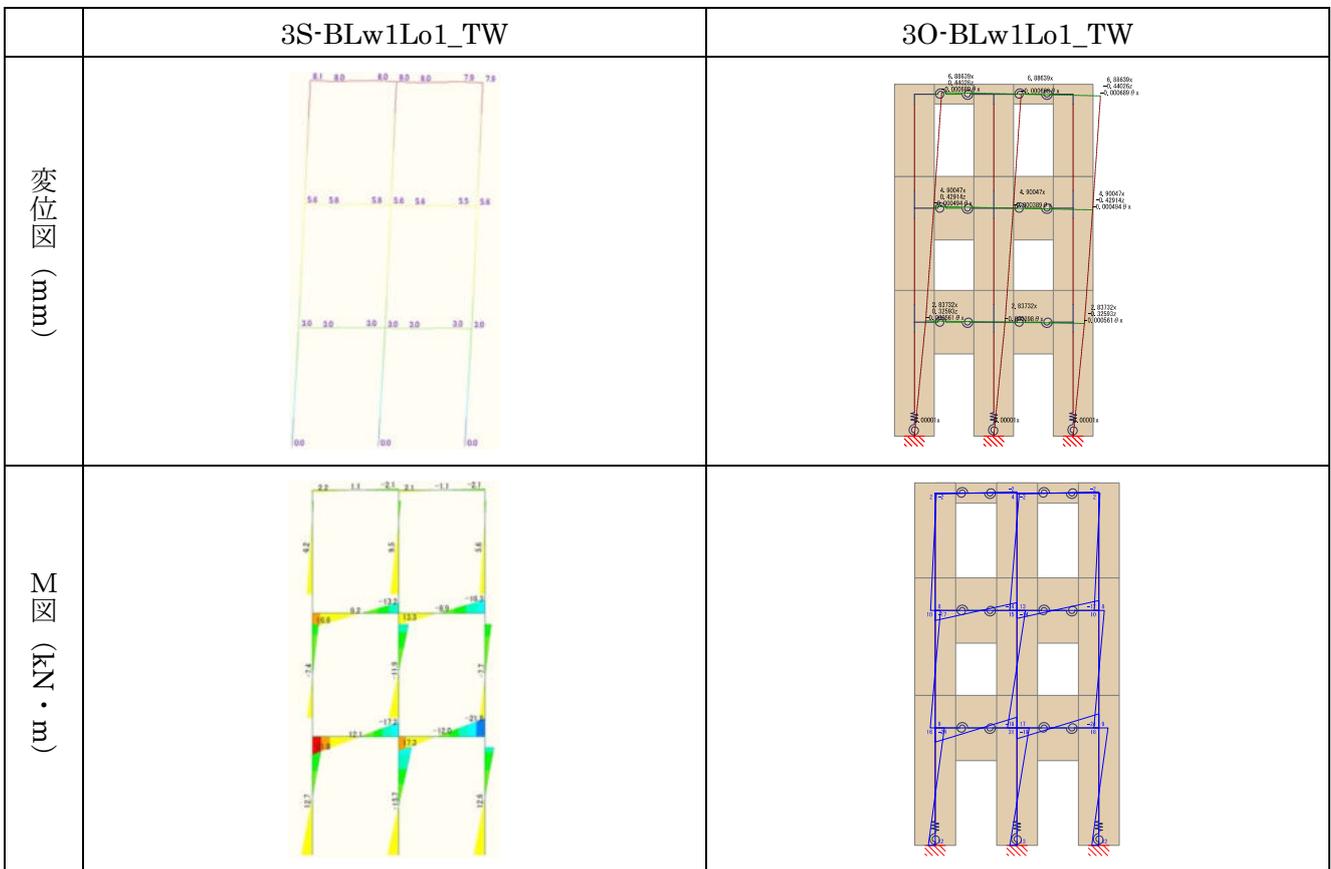
3層鉄骨梁勝ち、壁幅 1m、開口なし



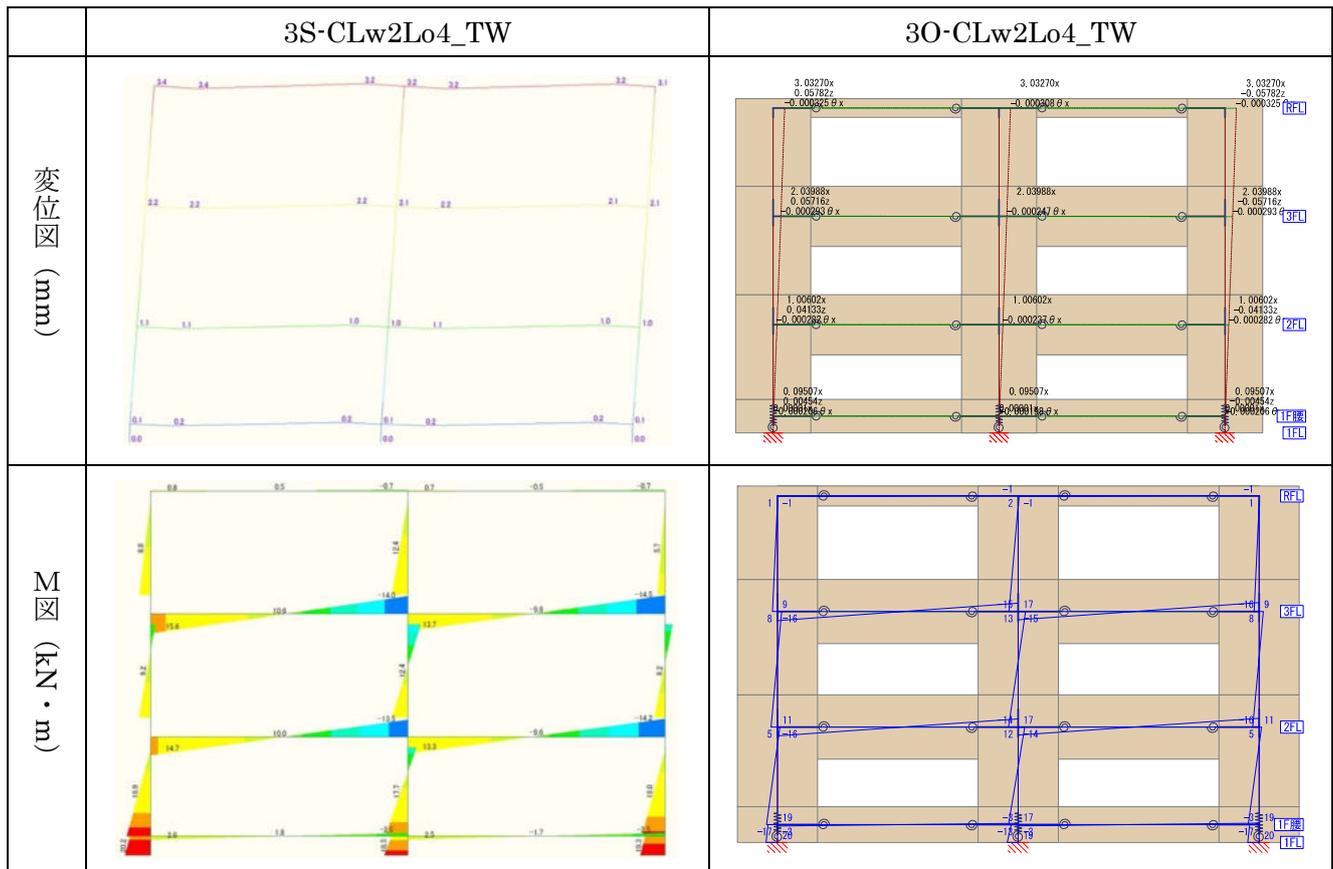
3層通し壁、全層垂れ壁のみ、壁幅1m、開口幅1m



3層通し壁、1層垂れ壁のみ 2・3層垂腰壁あり、壁幅1m、開口幅1m



3層通し壁、全層垂腰壁あり、壁幅 2m、開口幅 4m



### 3. 4 まとめ

大版パネル架構、小幅パネル架構、集成材・鉄骨梁勝ち架構、通し壁架構について、それぞれ一貫構造計算プログラムにより解析モデルを作成した。

架構形状や境界条件は汎用解析プログラムでのモデルと等価に設定することができ、解析結果も概ね一致することを確認した。

今回の検証では水平荷重のみ、2次元フレームにて考えているが、長期荷重を考えた場合や立体モデルとして入力する際に適切にモデル化できるかが課題となる。

## 第4章 高さ方向の緩和検討

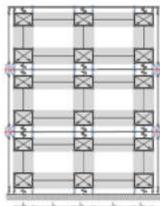
### 4.1 目的

4階建て～6階建てのCLTパネル工法の大版パネル架構②を対象とし、構造特性係数  $D_s$  および応力割増係数  $R_f$  の解析的検討を行う。現行のCLTパネル工法の告示  $D_s$  及び  $R_f$  と比較し、階数制限を拡大した場合の課題について検討する。

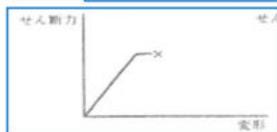
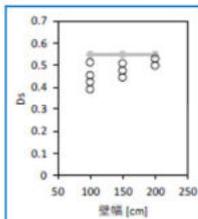
大版パネル架構②を対象とした  $D_s$  及び  $R_f$  の検討は、既往の文献<sup>1) 2)</sup>において3階建て以下を対象とした検討が実施されており、垂れ壁端部の亀裂を許容した検討方法により  $D_s, R_f$  の合理化も検討されている。本検討では既往の文献と同様に垂れ壁端部の亀裂を許容した検討を行い、4階建て～6階建ての  $D_s$  及び  $R_f$  が現行告示以内に収まることを確認する。

#### 現行告示 $D_s, R_f$ の検討内容

参考文献  
付録DVD第II部 CLT関連告示等解説  
第2章 CLTパネル工法技術基準の解説



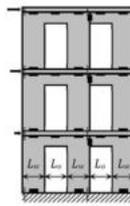
- 階数：3階
- 開口隅も含めCLTパネル先行破壊が生じた架構は排除
- 全層垂壁腰壁あり



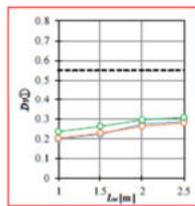
(a) 脆性部材

#### 2019年度の $D_s, R_f$ の検討内容

参考文献  
2019年 林野庁補助・技術開発支援事業「CLTパネル工法の構造計算方法の拡充検討事業」報告書  
第2章 構造特性係数等の合理化に関する検討



- 階数：3階
- 開口隅の亀裂を許容
- 全層垂壁のみ

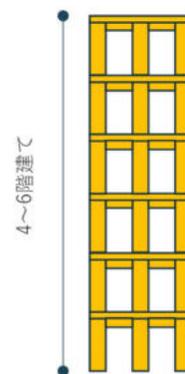


(b) 脆性部材



(c) 両部材の混在する架構

#### 本事業の $D_s, R_f$ の検討内容



- 階数：4～6階
- 開口隅の亀裂を許容



① 4～6階建てとなった場合でも現行告示  $D_s 0.55$  以内に収まることを確認する

② 垂れ壁端部の亀裂を許容した計算を行う

#### 参考文献

- 1) CLT 設計施工マニュアル付録 DVD 第II部 CLT 関連告示等解説 第2章 CLT パネル工法技術基準の解説
- 2) 2019年 林野庁補助・技術開発支援事業「CLT パネル工法の構造計算方法の拡充検討事業」報告書 第2章 構造特性係数等の合理化に関する検討

## 4. 2 適用範囲

- ・ 架構形式は床勝ち架構とし、技術基準告示第五第三号の大版パネル架構②を対象とする。
- ・ 階数は4階建て、5階建て、6階建てを対象とする。
- ・ 本検討で算出する応力割増係数  $R_f$  は塑性化要素を対象とする。
- ・ 垂れ壁端部の亀裂を許容し、CLT パネルの垂れ壁端部以外は弾性とする。

## 4. 3 $D_s, R_f$ の評価方法

### 4. 3. 1 許容耐力時、終局時の定義

荷重増分解析による各層の層せん断力・層間変位関係に基づいて  $D_s$ 、 $R_f$  を算出する。このとき、許容水平耐力時および終局時を次のように定義する。

許容水平耐力時：1階脚部引張接合部の応力が短期許容耐力に達する解析ステップ。

終局時：下記の1)、2)のいずれかに最も早く到達する解析ステップ。

- 1) 接合部の変形が終局変形に達する。
- 2) いずれかの層が特定の変形角に達する。

※1/15rad と 1/30rad の2通りについて検証

### 4. 3. 2 等価一自由度系に関する諸量

荷重増分解析による各層の層せん断力・層間変位関係をもとに、限界耐力計算告示(平12建告第1457号)第3を準用して等価一自由度系に関する諸量を(4.3.1)～(4.3.3)式によって求める。

$$A = Q_B \cdot \frac{\sum m_i \cdot d_i^2}{(\sum m_i \cdot d_i)^2} \quad : \text{加速度} \quad (4.3.1)$$

$$\Delta = \frac{\sum m_i \cdot d_i^2}{\sum m_i \cdot d_i} \quad : \text{代表変位} \quad (4.3.2)$$

$$M_u = \frac{(\sum m_i \cdot d_i)^2}{\sum m_i \cdot d_i^2} \quad : \text{有効質量} \quad (4.3.3)$$

ここで、

- $Q_B$  : 1階の層せん断力  
 $m_i$  :  $i$ 階の質量  
 $d_i$  :  $i$ 階の基礎からの水平変位

### 4. 3. 3 $D_s$ の評価方法

終局時に至るまでの加速度  $A$ ・代表変位  $\Delta$  関係に対応するエネルギー的に等価な完全弾塑性バイリニア関係から計算される塑性率  $\mu$  を用いて(4.3.4)式により  $D_s$  を計算する。

$$D_s = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}} \quad (4.3.4)$$

このとき塑性率の基点となる  $\Delta_p$  は以下のバイリニア置換により評価する。

荷重増分解析結果から等価一自由度系に縮約し、4.3.1に示す方法によって決定した終局時の変形を  $\delta u$

とする。そして 0.1Pmax と 0.4Pmax を結んだ直線 I と、0.4Pmax と 0.9Pmax を結んだ勾配 II で荷重変形曲線に接する直線 III との交点を許容耐力点とし原点と結ぶ割線剛性を初期剛性として、面積等価なバイリニア置換とする。

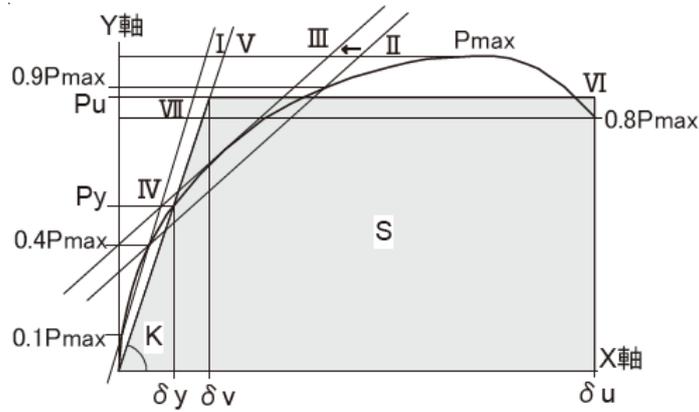


図 4.3.3-1 塑性率の評価方法

※CLT 設計施工マニュアルより引用

#### 4. 3. 4 $R_f$ の評価方法

本検討では塑性化要素を対象とし、 $R_f$  を (4.3.5) 式によって算出する。塑性化要素とは終局時に塑性化（非線形化）を許容する部材・接合部であり、技術基準告示第九第二号における応力割増し率の規定では、耐力壁・基礎以外の引張接合部およびせん断接合部が弾性要素、それ以外の部材・接合部が塑性化要素とみなされている。

$$\text{塑性化要素 } R_f = \max(R_{f1}, 1.0) \quad (4.3.5)$$

ここで、

$$R_{f1} = \frac{Q_a}{Q_u} \cdot \frac{D_s}{0.2} \quad (4.3.6)$$

$Q_a$  : 許容耐力時ベースシア

$Q_u$  : 終局時ベースシア

## 4. 4 垂壁・腰壁 - 壁接合部のモデル化

### 4. 4. 1 検討方法

亀裂発生後の大版パネル架構②に対応する構造モデルを設定するため、垂壁・腰壁 - 壁接合部のモデル化について、既往文献<sup>1)</sup>の構面試験結果を基に妥当性の検証を行う。検討対象の試験体概要を以下に示す。

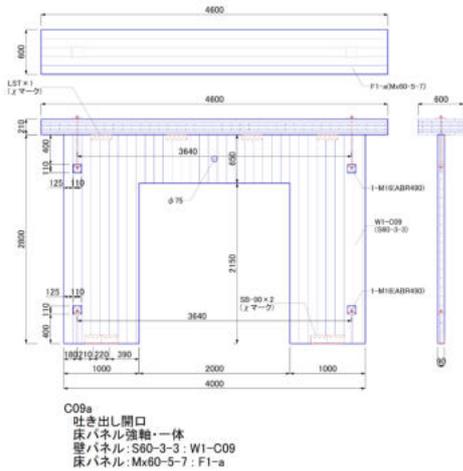


図 4.4.1-1 既往文献の構面試験体概要 (C09a 試験体)

### 4. 4. 2 解析諸元

解析モデルは図 4.4.2-1 に示すように、垂壁端部をマルチスプリング (以下、MS 要素) としたモデルで、MS 要素の断面分割数は 10 分割とした。MS 要素の特性値は既往文献<sup>1)</sup>の要素試験の応力度  $\sigma$ -歪  $\varepsilon$  関係に基づいて設定する。本モデルでは MS 要素を節点間ばねでモデル化するため、応力度  $\sigma$ -歪  $\varepsilon$  関係を荷重 P-変形  $\delta$  関係に置き換えて設定した。その際、要素長さは要素試験体高さと同じ 200mm とした。

MS 要素の復元力特性は、圧縮側応力度が圧縮基準強度  $F_c$  到達時に降伏する完全弾塑性バイリニアとし、引張側応力度が曲げ基準強度  $F_b$  到達時に 0 となるように設定した。

表 4.4.2-1 要素試験結果に基づく MS 要素の特性値

(a)  $\varepsilon$ - $\sigma$  関係

(b) P- $\delta$  関係

S60-3-3			
圧縮		引張	
$\varepsilon$ [-]	$\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\varepsilon$ [-]	$\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]
0.0000	0.00	0.0000	0.00
0.0047	9.46	-0.0045	-9.00
0.0062	11.83	-0.0055	0.00
0.1233	0.00	-	-

S60-3-3			
圧縮		引張	
$\delta$ (mm)	P (kN)	$\delta$ (mm)	P (kN)
0	0	0	0
1.232917	69.2055	-0.9	-52.65
24.65833	69.2055	-1.1	0

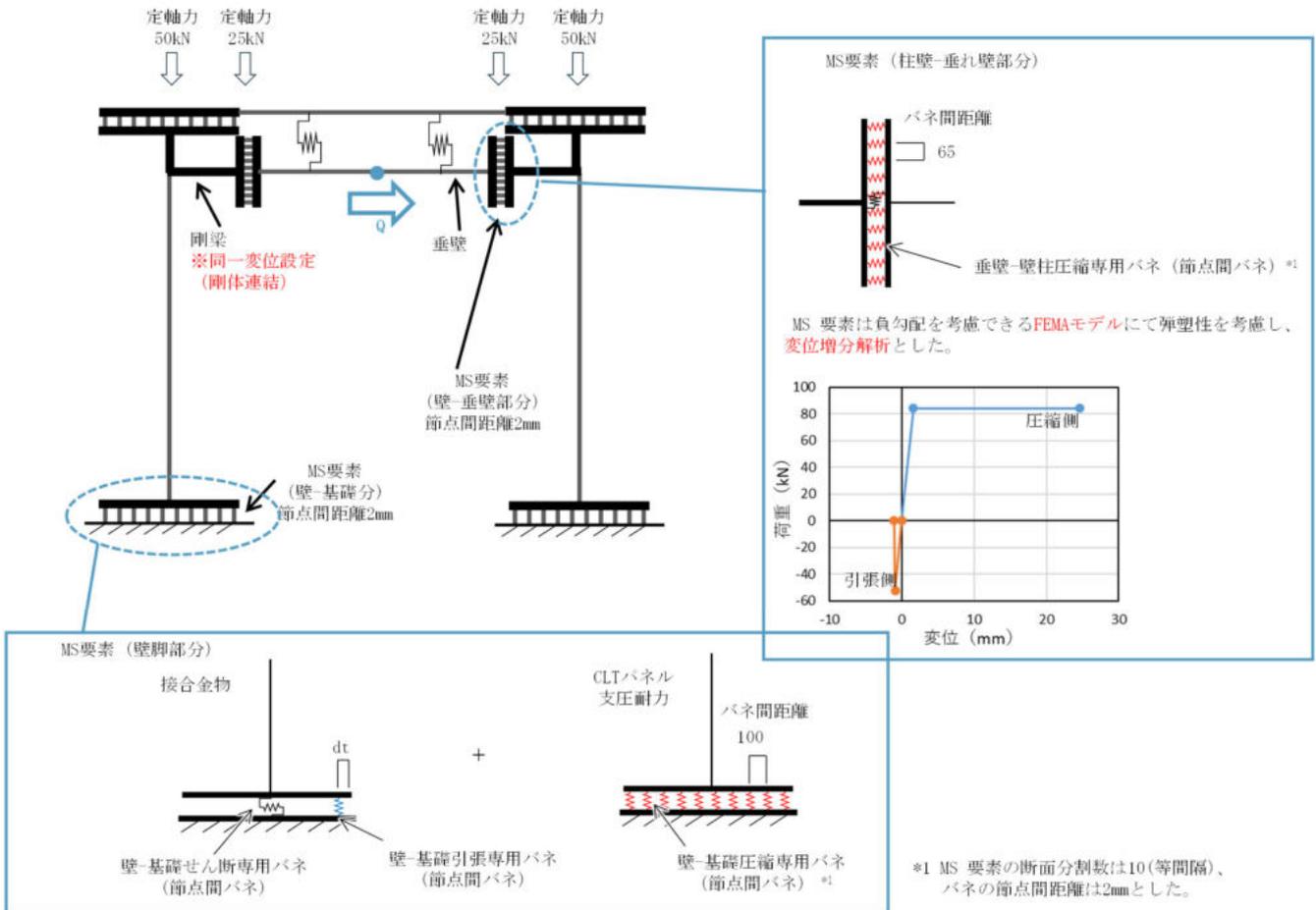


図 4.4.2-1 既往文献の構面試験体概要 (C09a 試験体)

#### 4. 4. 3 増分解析結果と構面試験結果の比較

以下に増分解析結果と構面試験結果の比較を示す。初期剛性は良い精度で再現できており、最大荷重点は過小評価となるが、終局耐力は概ね再現できていることが分かる。垂れ壁端部の亀裂発生に伴い、耐力低下を生じながらも床版の引張抵抗により、最終的には小幅パネル架構と同様の圧縮ストラット効果が発揮され、耐力を維持する現象を再現できることが確認された。

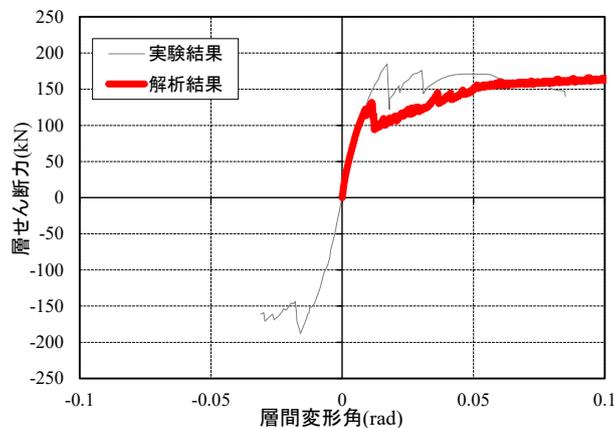


図 4.4.3-1 実験結果と解析結果の比較

## 参考文献

- 1) 日本システム設計：2019年 林野庁補助・技術開発支援事業「CLTパネル工法の構造計算方法の拡充検討事業」報告書

## 4. 5 2次元モデルによる増分解析ケーススタディ

### 4. 5. 1 検討方法

4階建て～6階建ての代表的なCLTパネル工法の架構を対象とし、構造特性係数  $D_s$  および応力割増係数  $R_f$  の解析的検討を行う。現行のCLTパネル工法の告示  $D_s$  および  $R_f$  と比較し、階数制限を拡大した場合の課題について検討する。評価方法は「4.3  $D_s, R_f$  の評価方法」の結果に基づく。

### 4. 5. 2 解析諸元

#### (1) 構造モデルの構成、架構バリエーション

- ・ 架構形式は技術基準告示第五第三号の大版パネル架構②とする。
- ・ 図 4.5.2-1 に示すように 2 スパン架構を対象とし、壁パネルの分割位置によって、ロコ型、ロロ型、I ココ型の 3 種類を対象とする。
- ・ 腰壁の取りつきは図 4.5.2-2 に示す 3 種類とし、ロコ型のみ腰壁の取りつきを変えて検討する。
- ・ 現行の「CLT 設計施工マニュアル」に準拠した 2 次元フレームモデルとする。垂壁及び腰壁端部の亀裂発生部分は 50mm 間隔で単軸ばねを配置し、亀裂発生後の耐力低下を考慮する。
- ・ 階数は 4,5,6 とする。
- ・ 階高は 3.0m、垂壁高さ 0.5m、腰壁高さ 0.9m とする。
- ・ 構面端部に 1m の直交壁（引張接合部 2 個）を設ける。
- ・ 解析パラメータは、スパン数： 2、耐力壁幅  $L_w$ ： 1.0m, 1.5m, 2.0m、開口幅  $L_o$ ： 2.0m, 4.0m とする。
- ・ 荷重条件は各階の地震力算定用重量の比率が 4 層 → 1F:2F:3F:4F=1:1:1:0.75、5 層 → 1F:2F:3F:4F:5F=1:1:1:1:0.75、6 層 → 1F:2F:3F:4F:5F:6F=1:1:1:1:1:0.75 となるよう調整する。また最上階以外の各階壁の単位長さ当たり負担鉛直荷重は 20kN/m とする。地震力は  $A_i$  分布で与える。
- ・ 長期荷重を作用させた状態で変位増分解析を行う。長期荷重は床及び垂壁に等分布荷重として作用させる。
- ・ P- $\delta$  効果を考慮する。
- ・ 各階床要素は 1m の協力幅を想定し、軸剛性を考慮して解析する。
- ・ 床の面外剛性は 0 相当とする。

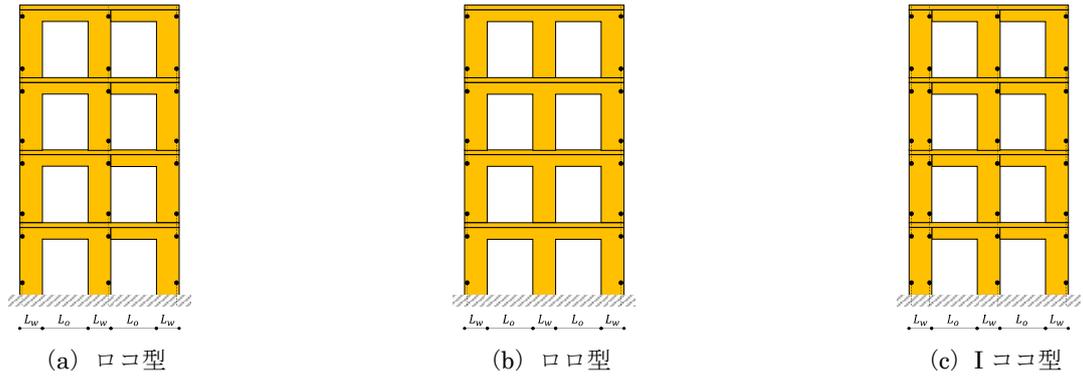


図 4.5.2-1 検討対象架構

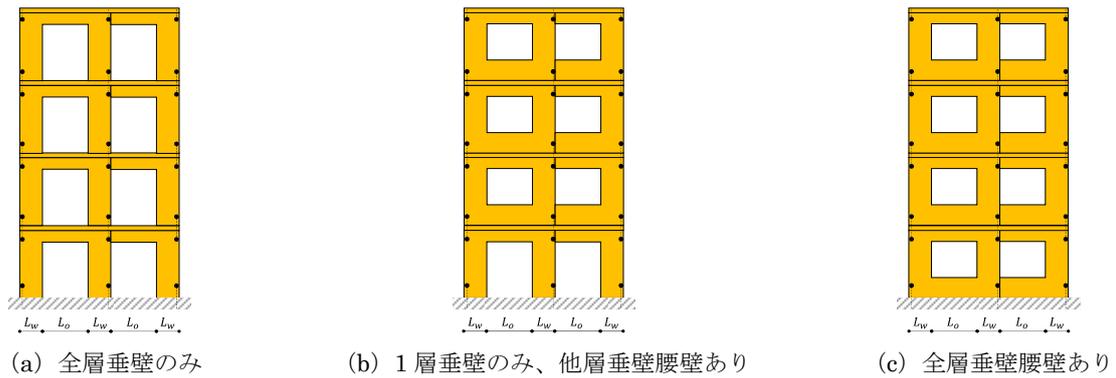


図 4.5.2-2 腰壁の取りつき (ロコ型のみ)

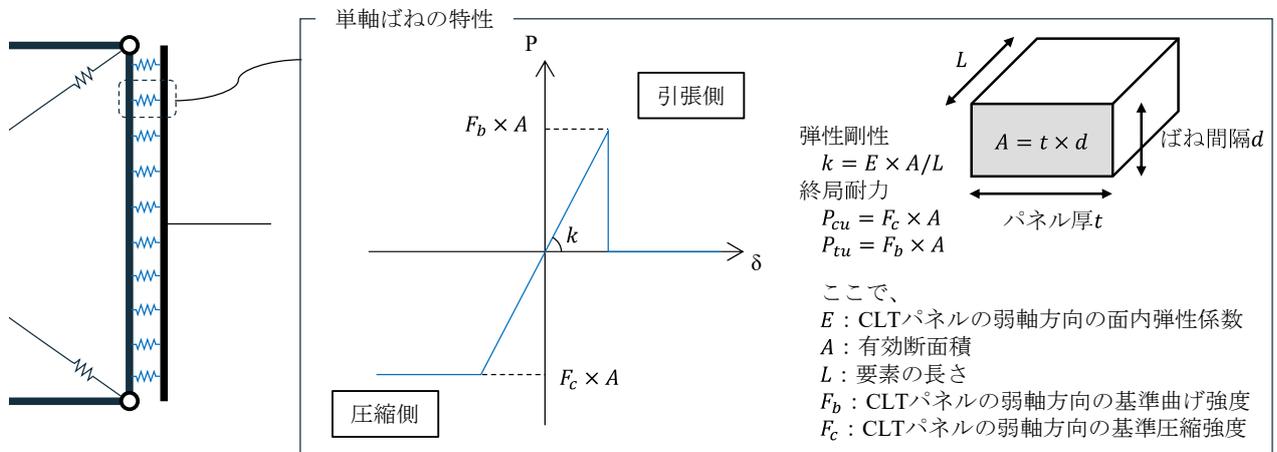


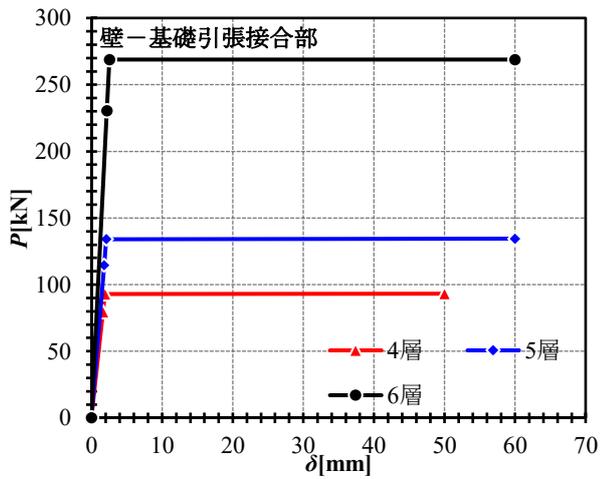
図 4.5.2-3 亀裂発生部のモデル化

(2) 部材・接合部の仕様

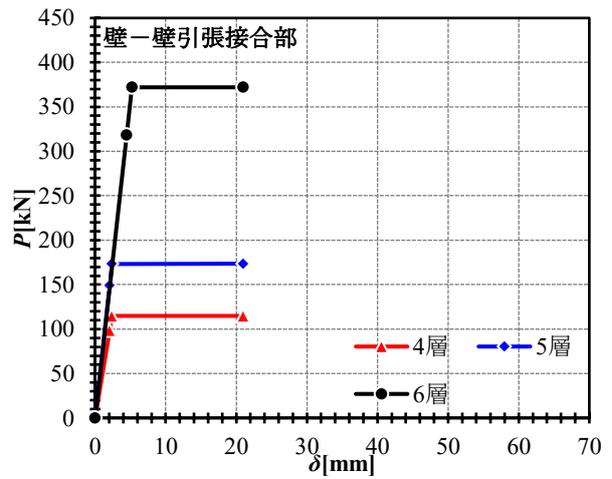
- ・ CLT パネルは弾性とする。
- ・ 圧縮接合部は CLT パネルに応じた支圧・めり込み性能とし、接合金物による壁 - 壁間の圧縮力伝達はしない接合仕様を想定する。
- ・ 壁パネル継ぎ目位置の垂れ壁端部の接合金物はせん断抵抗のみとし、曲げモーメントに対しては抵抗しない接合仕様を想定する。
- ・ せん断接合部は弾性とする。壁 - 基礎、壁 - 床、床 - 垂壁間のせん断ばねは剛相当とする。

表 4.5.2-1 部材・接合部の仕様一覧

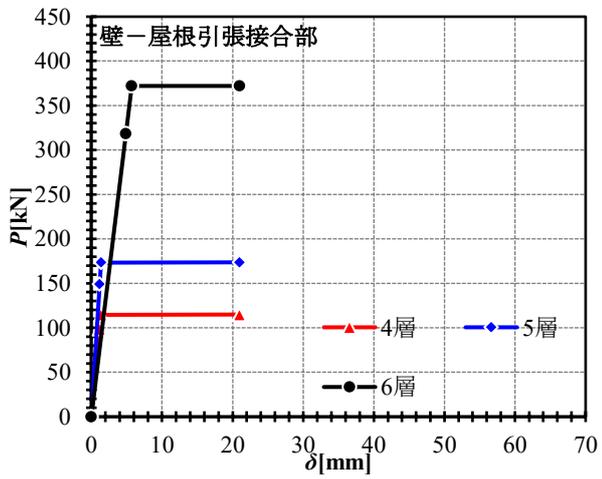
階数			4	5	6
壁仕様	強度等級		S60-5-5	S90-5-5	S90-5-7
	壁厚	[mm]	150	150	210
床仕様	強度等級		Mx60-5-7	Mx90-5-7	Mx90-5-7
	床厚	[mm]	210	210	210
垂腰壁仕様	強度等級		S60-5-5	S90-5-5	S90-5-7
	壁厚	[mm]	150	150	210
	垂壁せい	[mm]	500	500	500
	腰壁せい	[mm]	900	900	900
壁 - 基礎引張 接合部仕様	ボルト仕様		1-M20(SNR490)	1-M24(SNR490)	4-M20(SNR400)
	初期剛性K	[kN/mm]	48.69	64.03	105.59
	降伏耐力Py	[kN]	79.60	114.70	230.40
	終局耐力Pu	[kN]	93.00	134.10	268.80
	終局変形δu	[mm]	50.00	60.00	60.00
壁 - 壁引張 接合部仕様	ボルト仕様		1-M22(SNR490)	1-M27(SNR490)	4-M20(SNR490)
	初期剛性K	[kN/mm]	48.32	73.20	71.65
	降伏耐力Py	[kN]	98.50	149.20	318.40
	終局耐力Pu	[kN]	114.70	173.40	372.00
	終局変形δu	[mm]	21.00	21.00	21.00
壁 - 屋根引張 接合部仕様	ボルト仕様		1-M22(SNR490)	1-M27(SNR490)	4-M20(SNR490)
	初期剛性K	[kN/mm]	83.06	125.85	65.34
	降伏耐力Py	[kN]	98.50	149.20	318.40
	終局耐力Pu	[kN]	114.70	173.40	372.00
壁 - 垂壁せん断 壁 - 腰壁せん断 接合部仕様	初期剛性K	[kN/mm]	26.09	26.09	26.09



(a) 壁 - 基礎引張接合部



(b) 壁 - 壁引張接合部



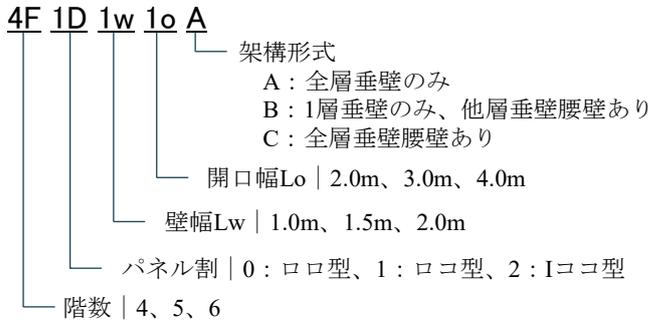
(c) 壁 - 屋根引張接合部

図 4.5.2-4 各部の引張接合部の荷重-変形関係

### 4.5.3 解析結果

次頁以降に、各モデルの解析結果を示す。各モデルにつき、層せん断力 - 層間変形角関係、一自由度に縮約した加速度 - 代表変位関係、1/15rad 時の各要素ヒンジ図を示す。

モデル名称については、下記の通りである。

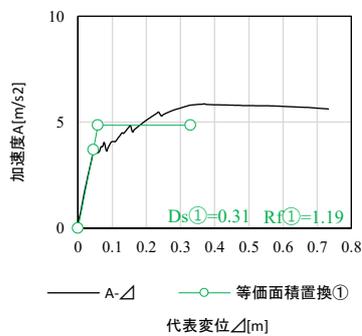


解析結果中の Ds,Rf 評価

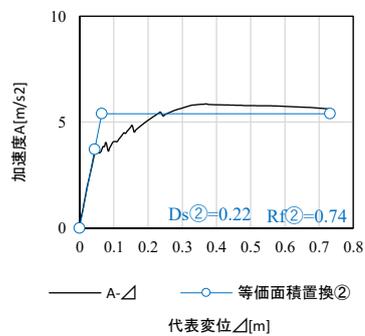
Ds①,Rf① : 特定変形角を 1/30rad として評価した結果

Ds②,Rf② : 特定変形角を 1/15rad として評価した結果

緑線 : 特定変形角1/30rad評価 (Ds①,Rf①)  
 青線 : 特定変形角1/15rad評価 (Ds②,Rf②)



(a) Ds,Rf 評価①



(b) Ds,Rf 評価②

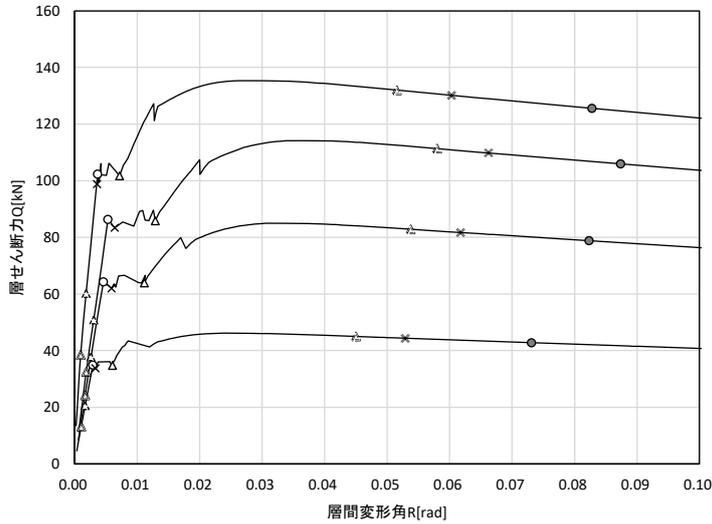
図 4.5.3-1 解析結果の凡例

4階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 001

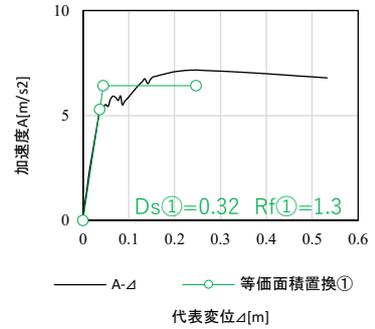
壁幅 Lw=1m 開口幅 Lo=2m

4F1D1w2oA

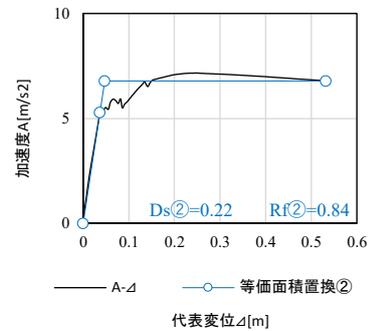


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ◇ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁/パネル    | ◇ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

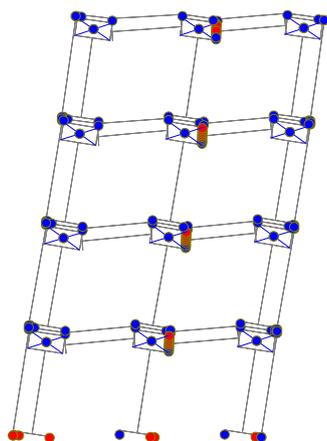
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

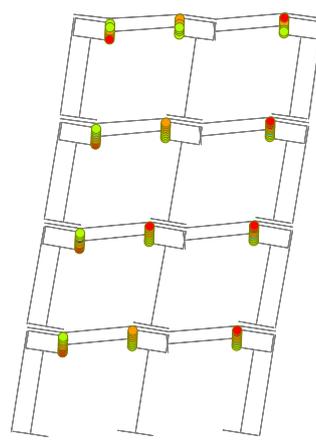


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

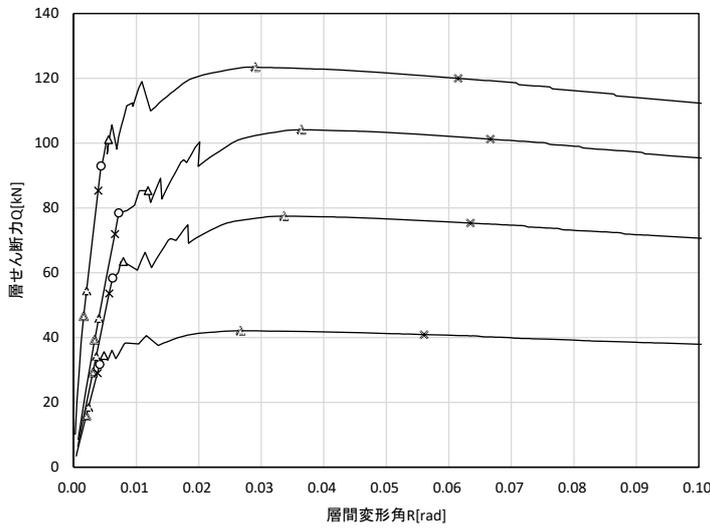
図 4.5.3-2 解析結果 (4F1D1w2oA)

4階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 002

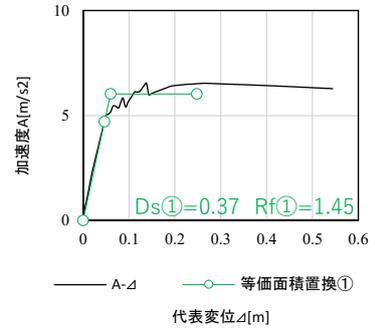
壁幅 Lw=1m 開口幅 Lo=4m

4F1D1w4oA

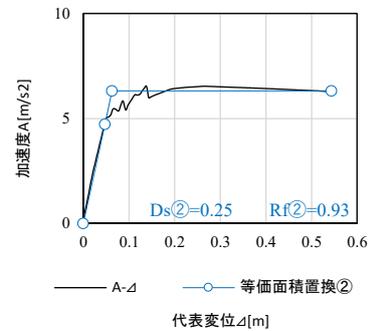


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

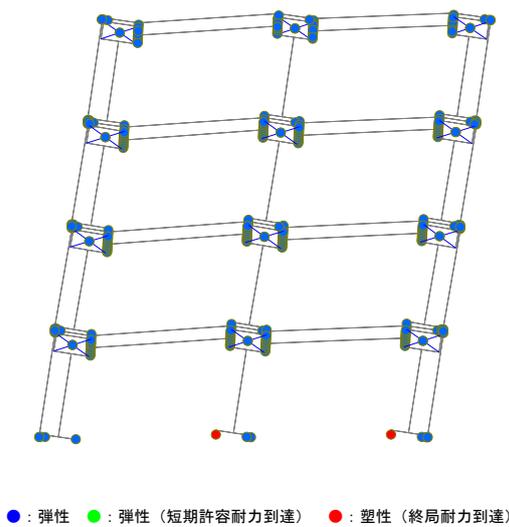
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

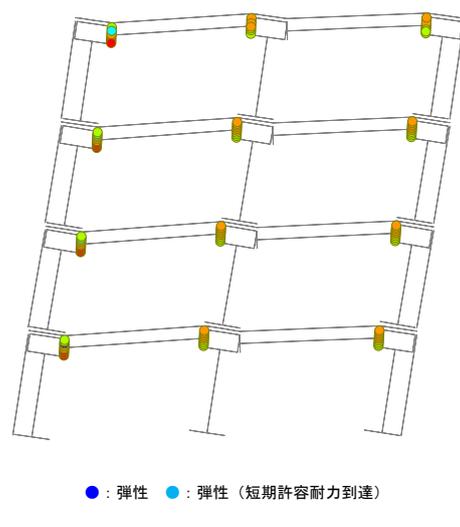


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

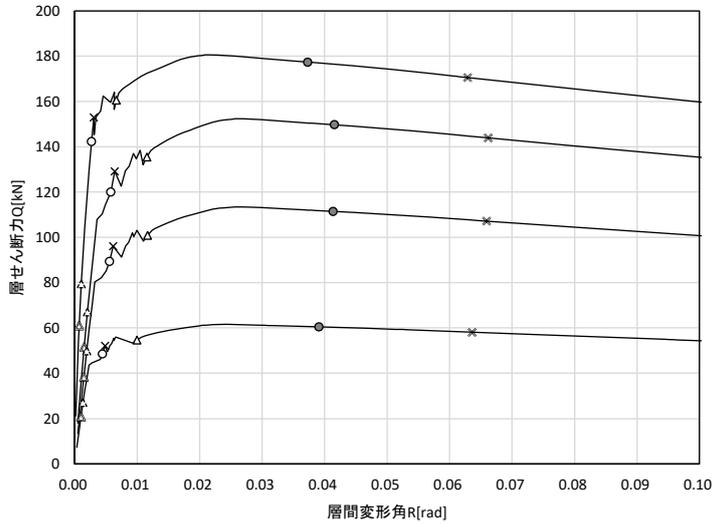
図 4.5.3-3 解析結果 (4F1D1w4oA)

4階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 003

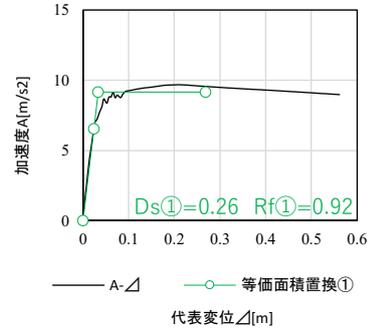
壁幅  $L_w=1.5\text{m}$  開口幅  $L_o=2\text{m}$

4F1D1.5w2oA

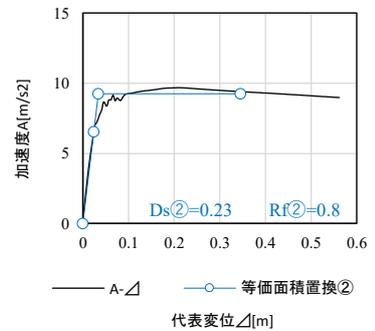


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ◇ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁/パネル    | ◇ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

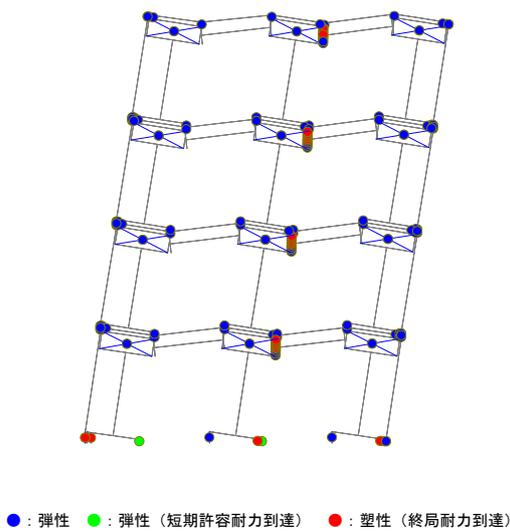
(a) 荷重-変形角関係



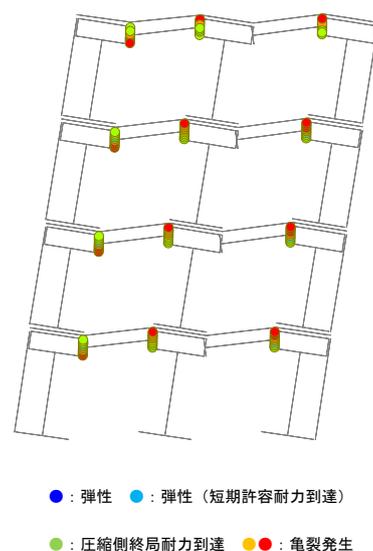
(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)



(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

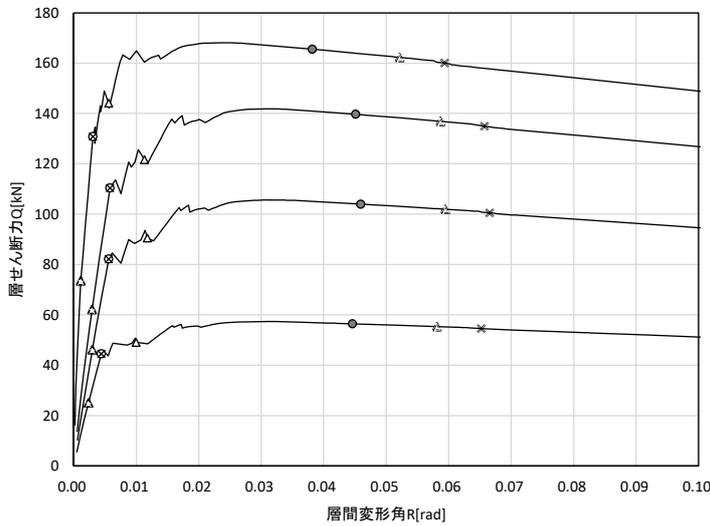
図 4.5.3-4 解析結果 (4F1D1.5w2oA)

4階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 004

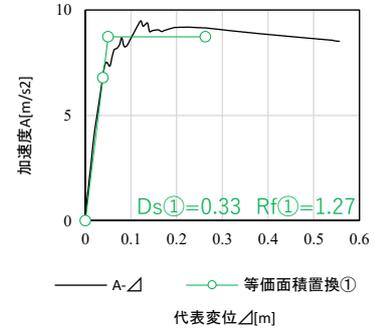
壁幅  $L_w=1.5\text{m}$  開口幅  $L_o=4\text{m}$

4F1D1.5w4oA

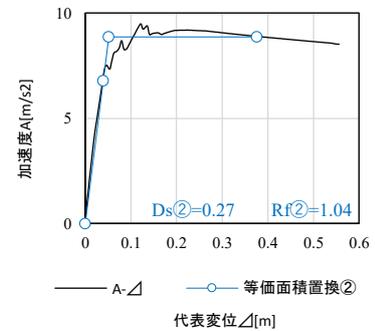


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂腰壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

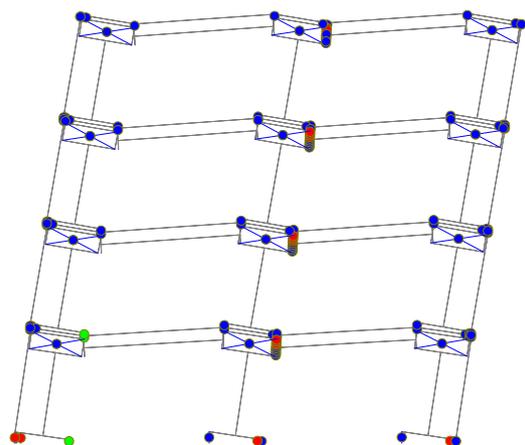
(a) 荷重-変形角関係



(b)  $D_s, R_f$  評価① (1/30rad)

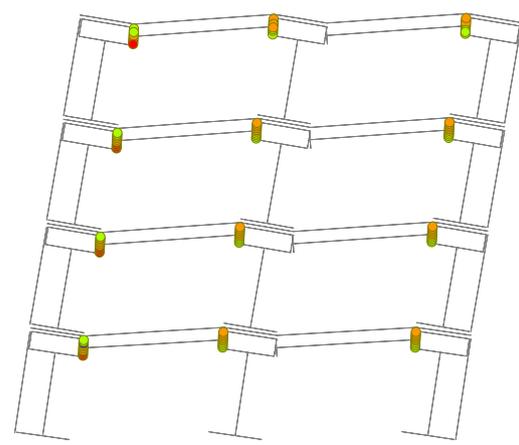


(c)  $D_s, R_f$  評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

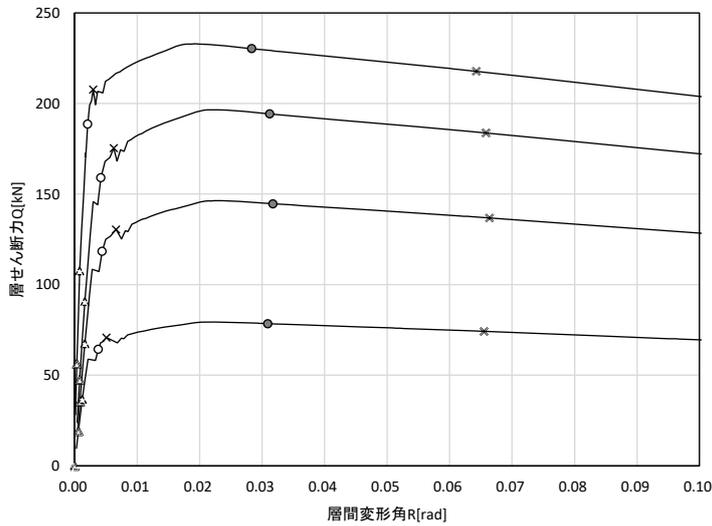
図 4.5.3-5 解析結果 (4F1D1.5w4oA)

4階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 005

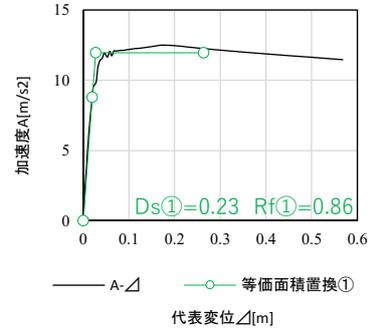
壁幅  $L_w=2m$  開口幅  $L_o=2m$

4F1D2w2oA

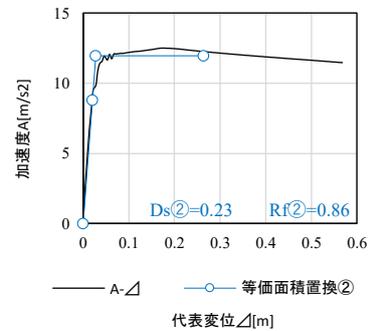


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ◇ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁/パネル    | ◇ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

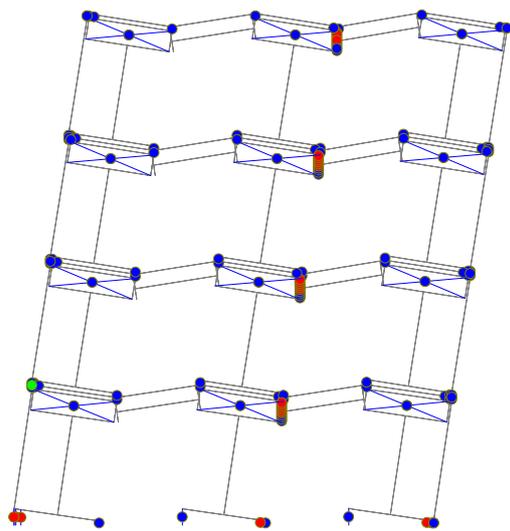
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価①(1/30rad)

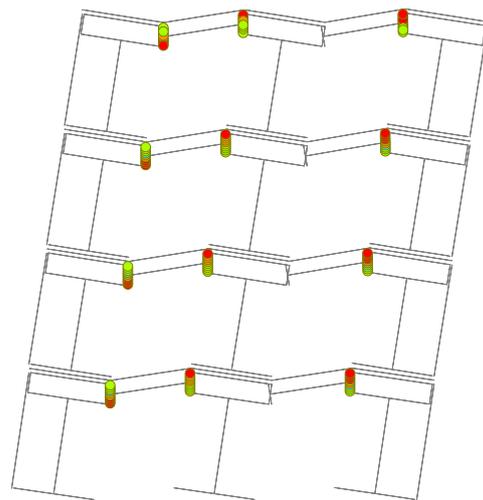


(c) Ds, Rf 評価②(1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



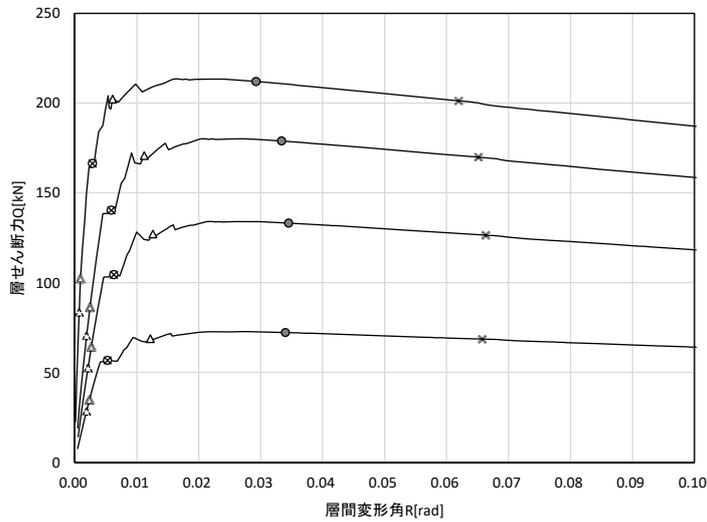
- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

図 4.5.3-6 解析結果 (4F1D2w2oA)

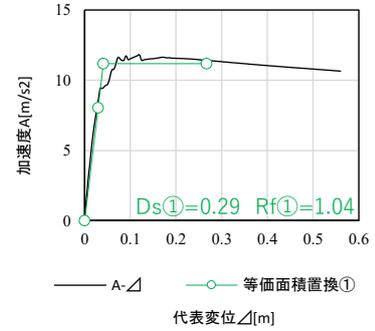
壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=4m

4F1D2w4oA

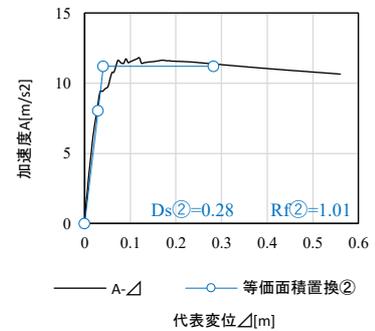


- Pa\_壁                      ◇ Pa\_垂れ壁                      ○ Pa\_壁-基礎(引張)                      ◎ Pa\_壁-壁(引張)
- Pa\_壁-床(引張)                      △ Pa\_壁-基礎(圧縮)                      ▲ Pa\_壁-垂壁MS                      △ Pa\_壁-腰壁(圧縮)
- ▲ Pa\_壁-床(圧縮)                      × 1/150rad時                      ■ Pu\_壁パネル                      ◆ Pu\_垂れ壁パネル
- Pu\_壁-基礎(引張)                      ● Pu\_壁-壁(引張)                      ● Pu\_壁-床(引張)                      × 1/15rad時

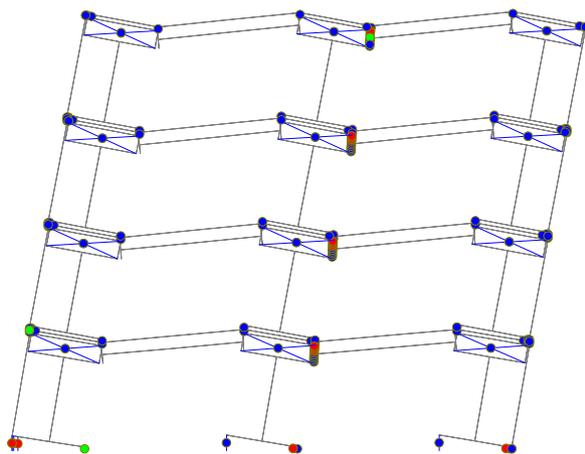
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

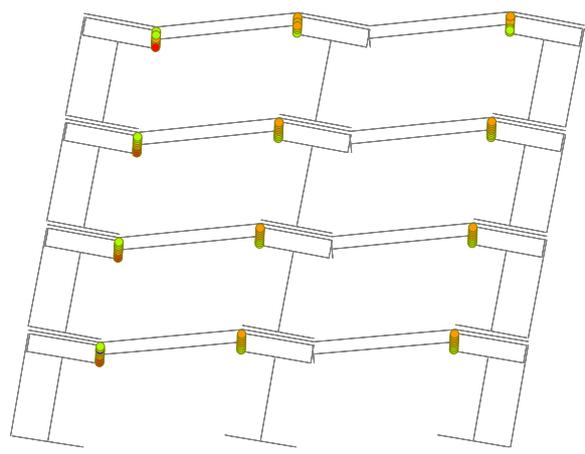


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)    ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



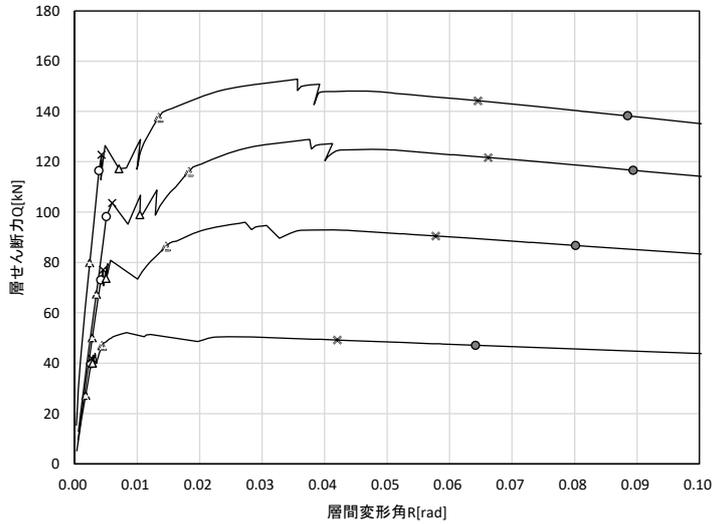
- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達    ● : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

図 4.5.3-7 解析結果 (4F1D2w4oA)

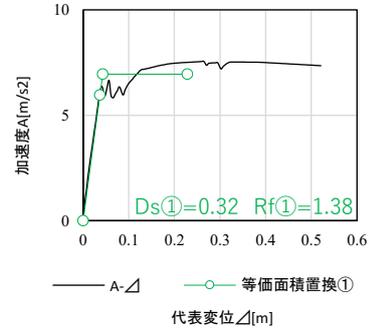
壁幅 Lw=1m 開口幅 Lo=2m

4F0D1w2oA

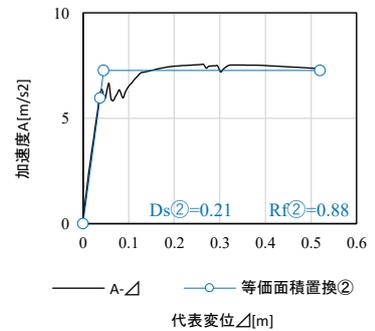


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ◇ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁/パネル    | ◇ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

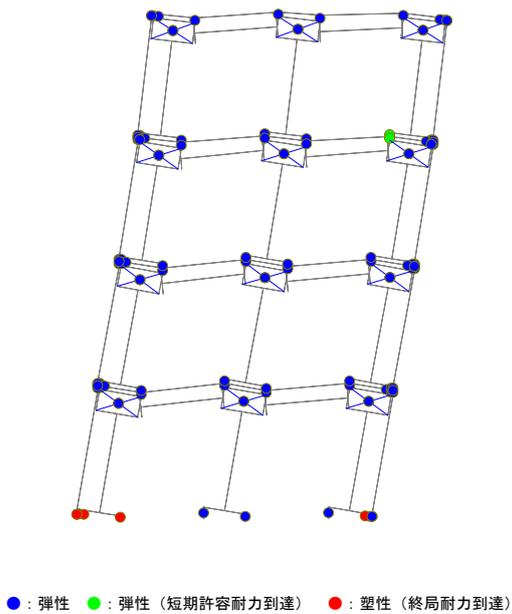
(a) 荷重-変形角関係



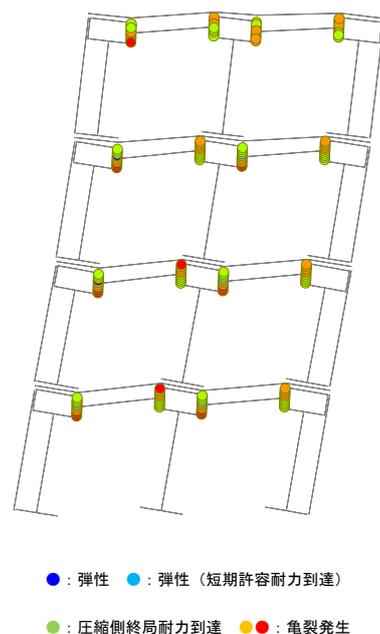
(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)



(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

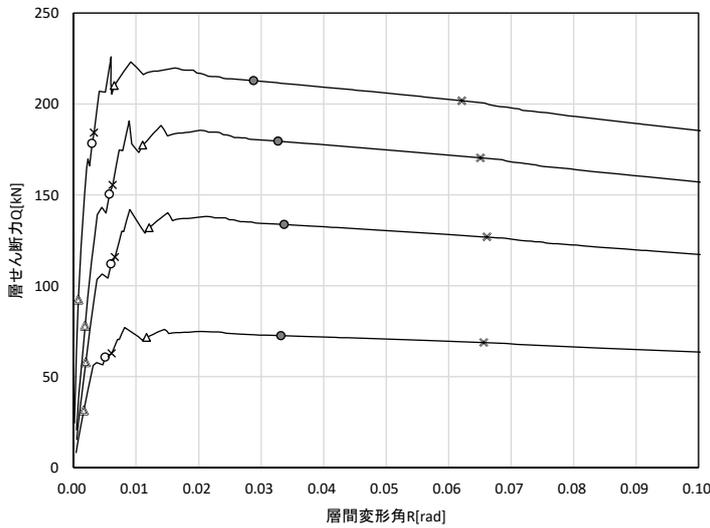
図 4.5.3-8 解析結果 (4F0D1w2oA)

4階建て/ロ口型/全層垂壁のみ

No. 008

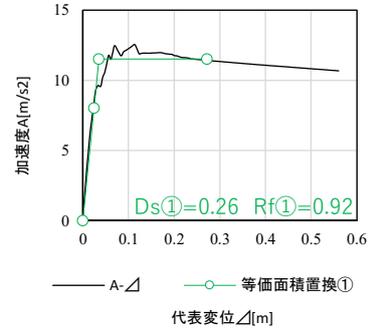
壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=3m

4F0D2w3oA

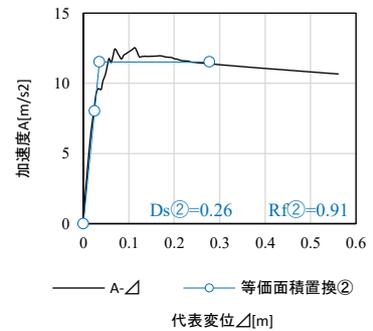


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

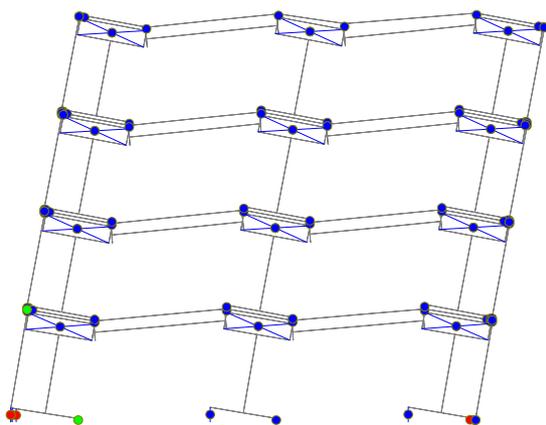
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

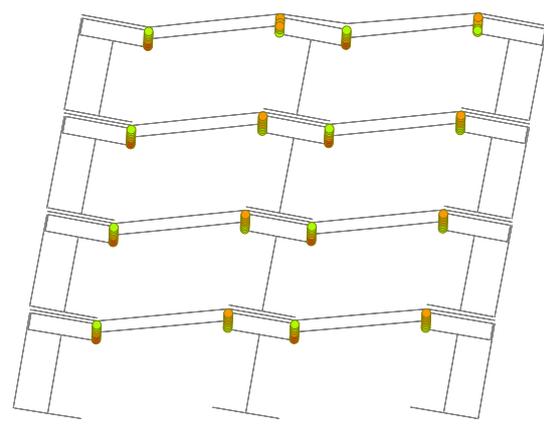


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

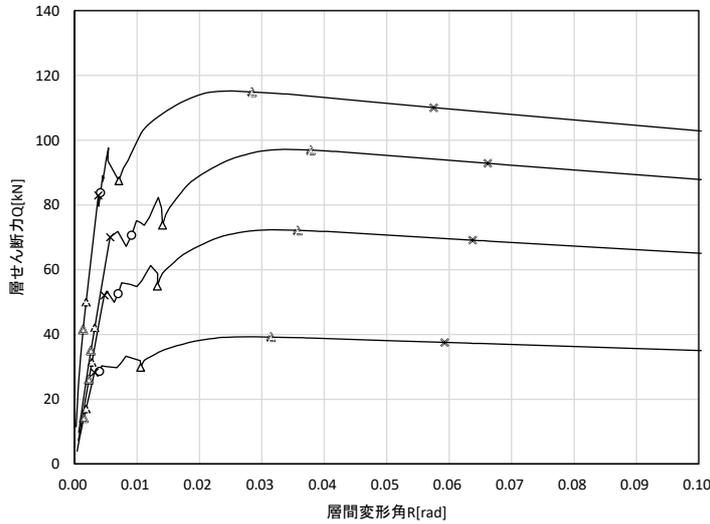
図 4.5.3-9 解析結果 (4F0D2w3oA)

4階建てI ココ型/全層垂壁のみ

No. 009

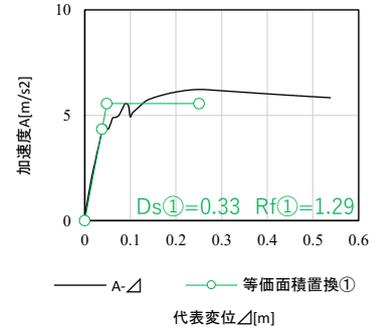
壁幅 Lw=1m 開口幅 Lo=2m

4F2D1w2oA

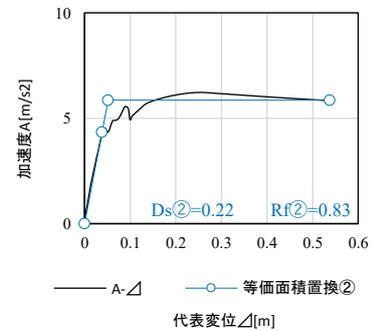


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ◇ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/15rad時    | ■ Pu_壁/パネル    | ◇ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

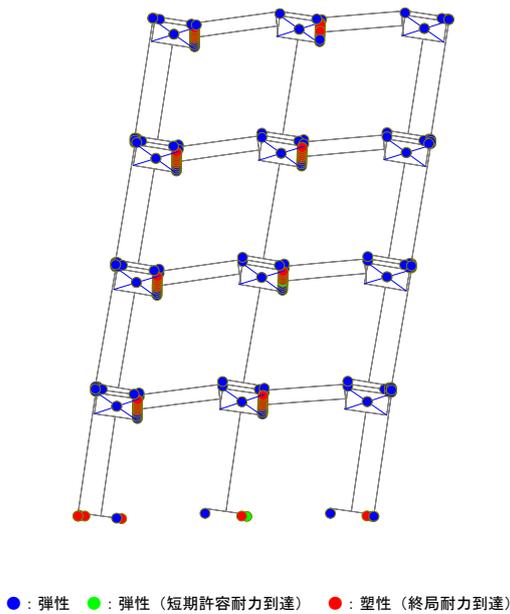
(a) 荷重-変形角関係



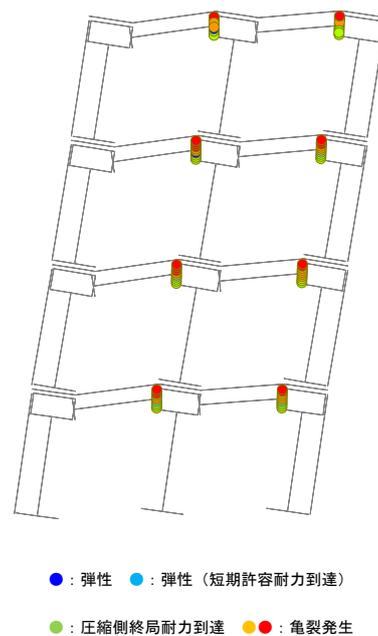
(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)



(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

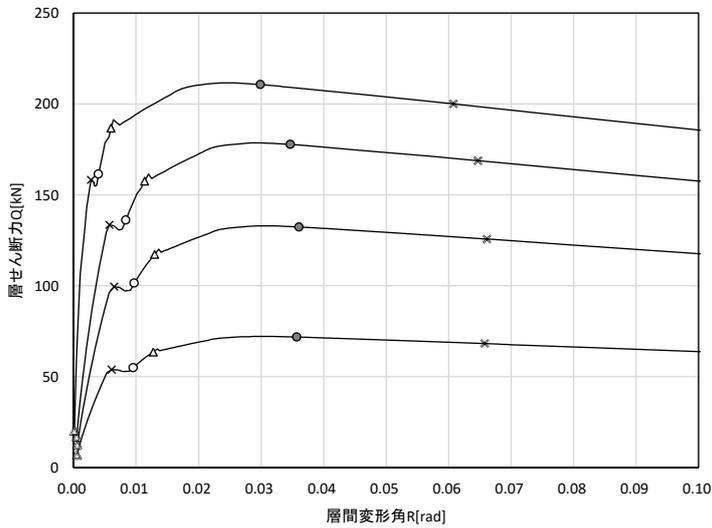
図 4.5.3-10 解析結果 (4F2D1w2oA)

4階建てII ココ型/全層垂壁のみ

No. 010

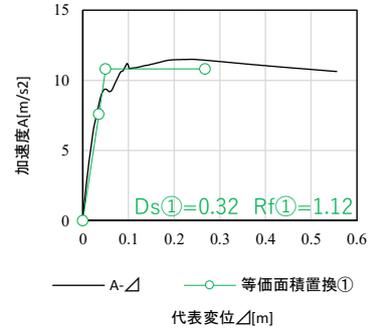
壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=4m

4F2D2w4oA

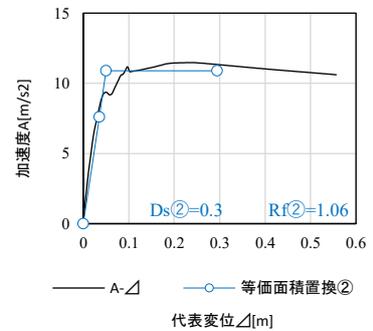


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

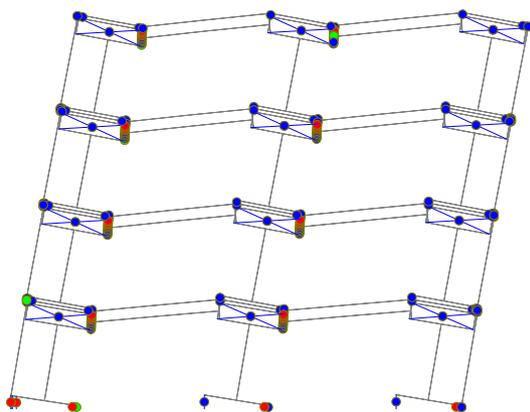
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

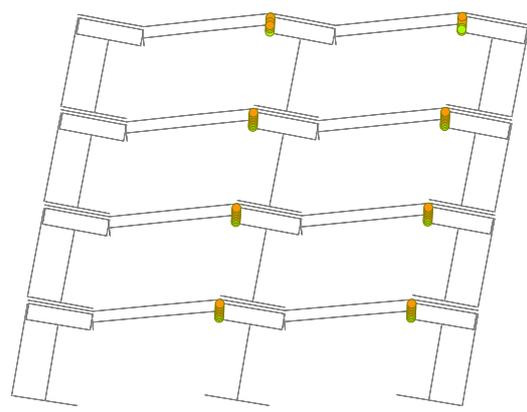


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

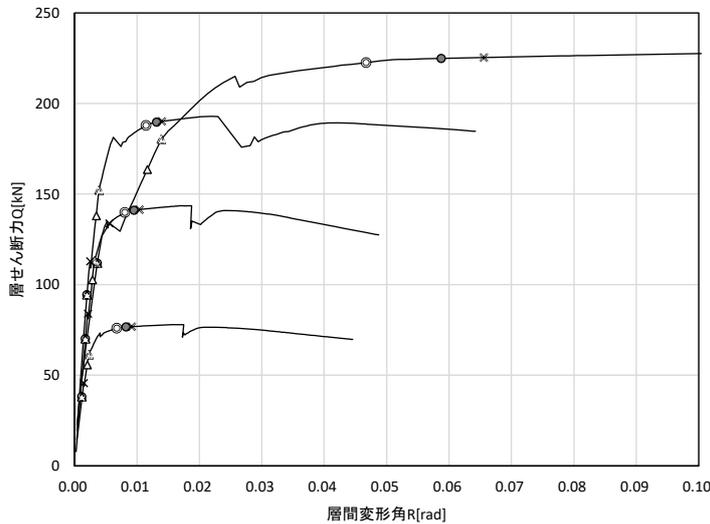
図 4.5.3-11 解析結果 (4F2D2w4oA)

4階建て/ロコ型/1層垂壁のみ、他層垂壁腰壁有

No. 011

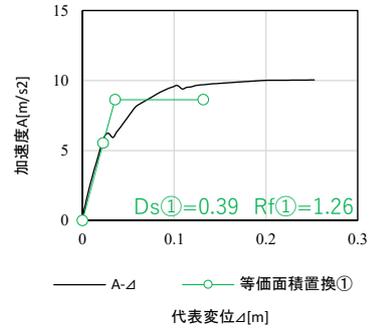
壁幅  $L_w=1m$  開口幅  $L_o=2m$

4F1D1w2oB

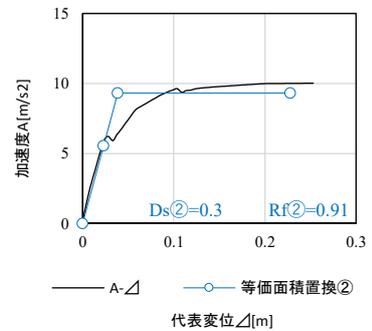


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ◇ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁/パネル    | ◇ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

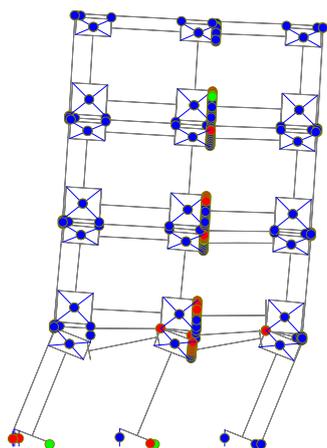
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

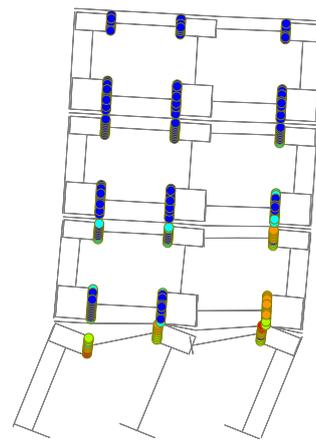


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

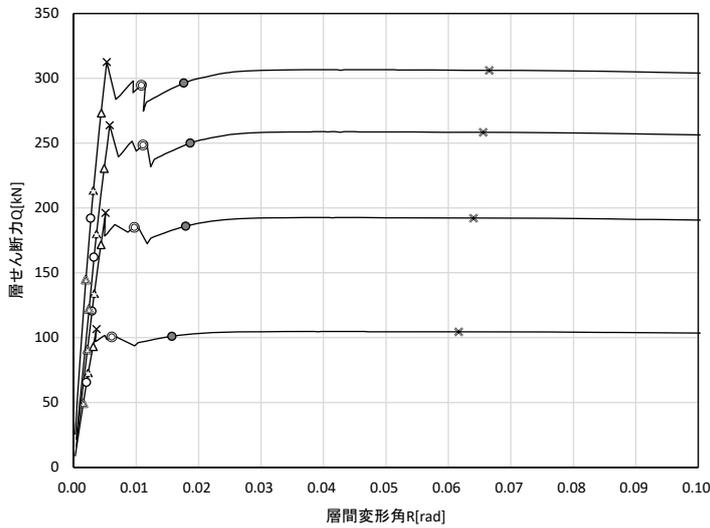
図 4.5.3-12 解析結果 (4F1D1w2oB)

4階建て/ロコ型/全層垂壁腰壁有

No. 012

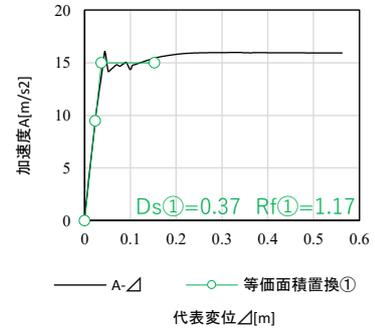
壁幅 Lw=1m 開口幅 Lo=2m

4F1D1w2oC

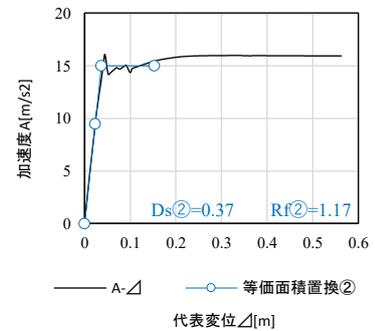


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂腰壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

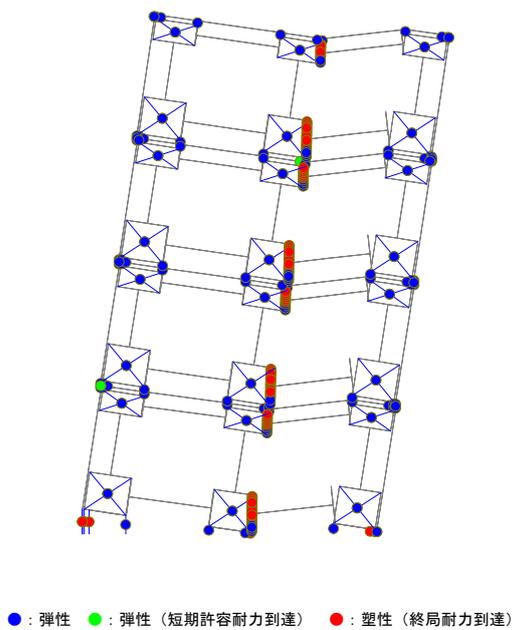
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

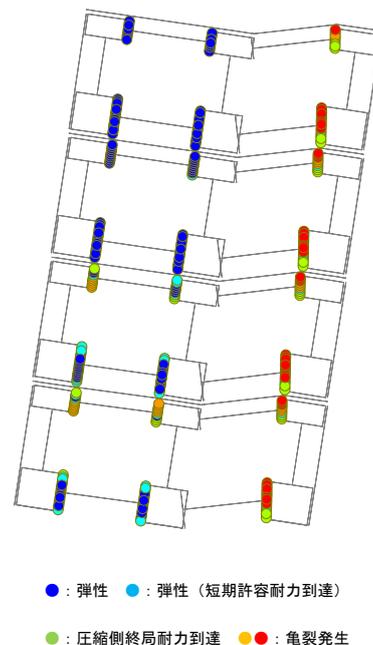


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

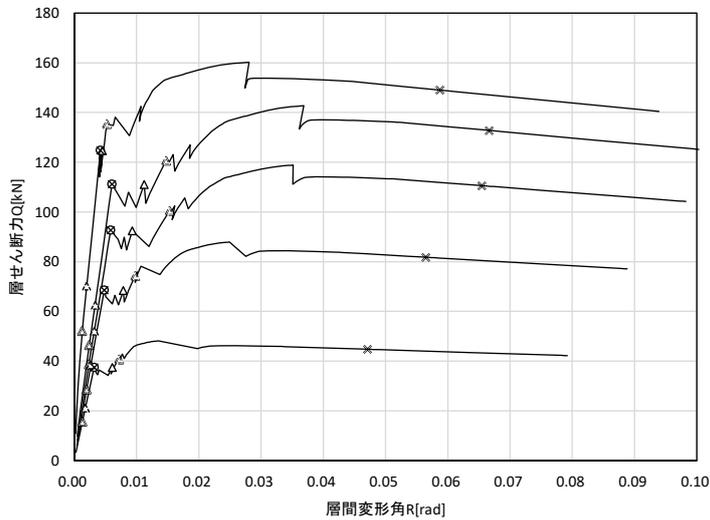
図 4.5.3-13 解析結果 (4F1D1w2oC)

5階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 013

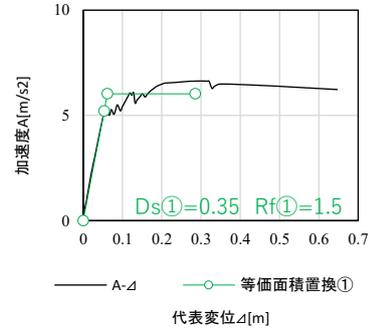
壁幅 Lw=1m 開口幅 Lo=2m

5F1D1w2oA

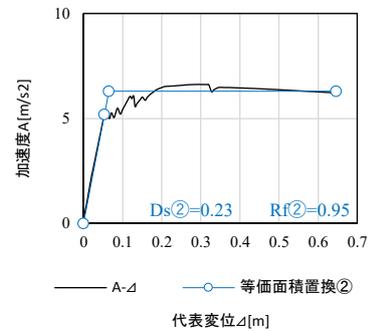


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

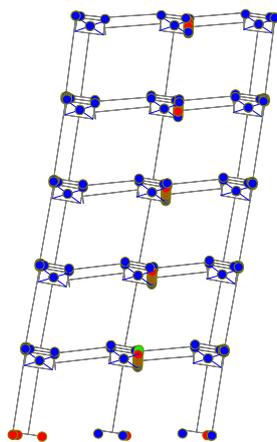
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

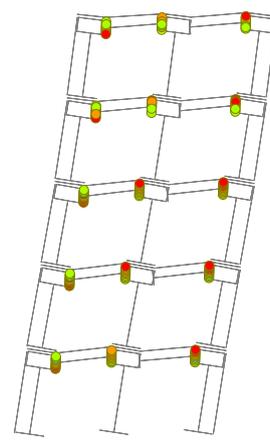


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

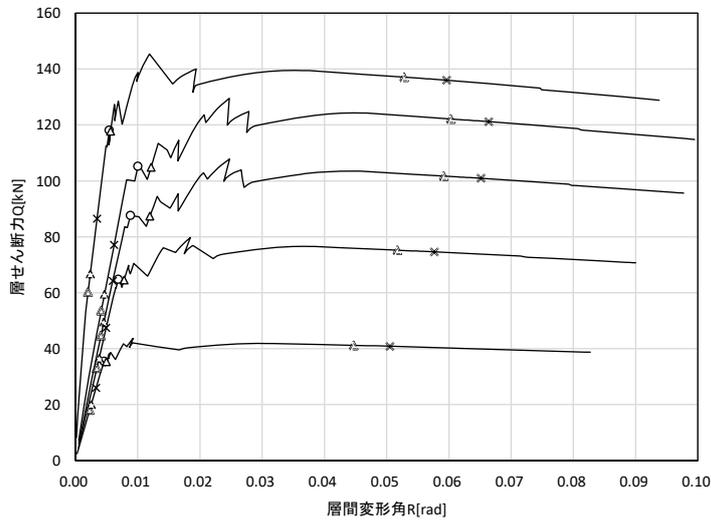
図 4.5.3-14 解析結果 (5F1D1w2oA)

5階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 014

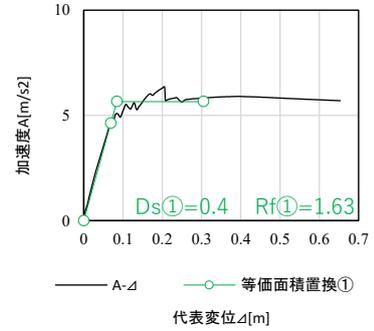
壁幅  $L_w=1m$  開口幅  $L_o=4m$

5F1D1w4oA

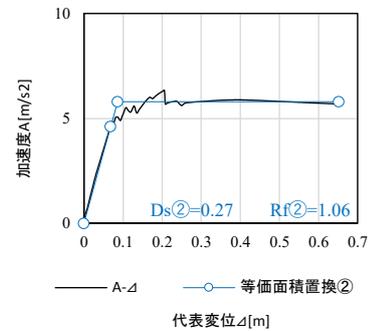


- Pa\_壁                      ◇ Pa\_垂れ壁                      ○ Pa\_壁-基礎(引張)                      ◎ Pa\_壁-壁(引張)
- Pa\_壁-床(引張)                      △ Pa\_壁-基礎(圧縮)                      ▲ Pa\_壁-垂壁MS                      △ Pa\_壁-腰壁(圧縮)
- △ Pa\_壁-床(圧縮)                      × 1/150rad時                      ■ Pu\_壁パネル                      ◆ Pu\_垂れ壁パネル
- Pu\_壁-基礎(引張)                      ● Pu\_壁-壁(引張)                      ● Pu\_壁-床(引張)                      × 1/15rad時

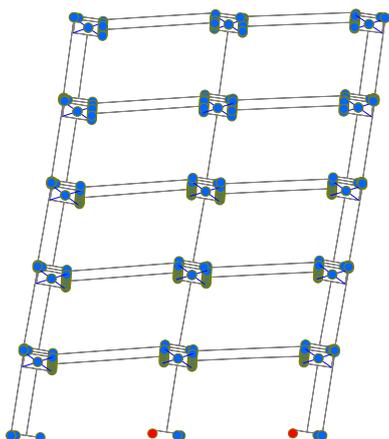
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

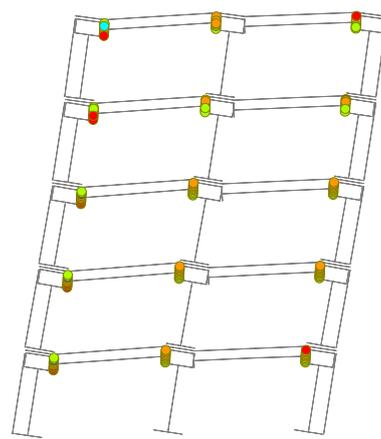


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)    ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達    ● : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

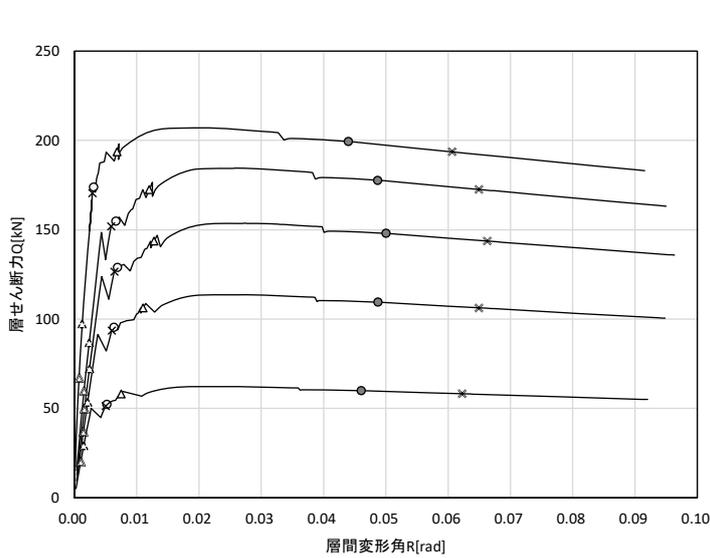
図 4.5.3-15 解析結果 (5F1D1w4oA)

5階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 015

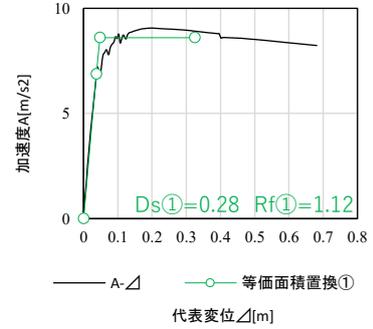
壁幅  $L_w=1.5\text{m}$  開口幅  $L_o=2\text{m}$

5F1D1.5w2oA

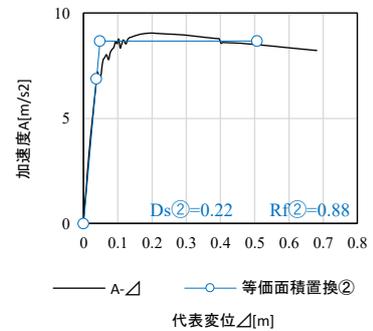


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| ⊖ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

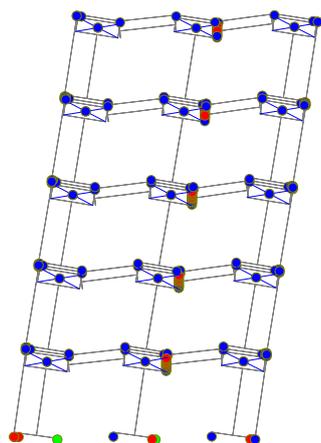
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

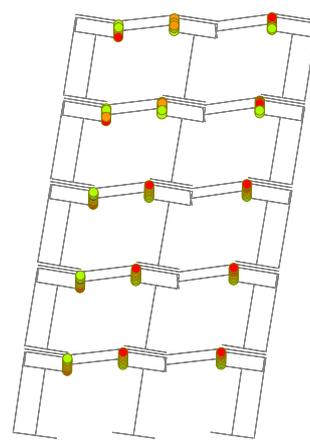


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

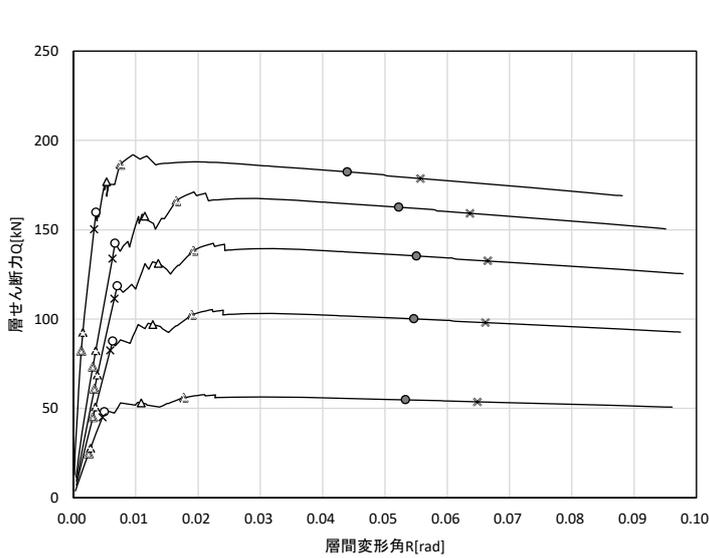
図 4.5.3-16 解析結果 (5F1D1.5w2oA)

5階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 016

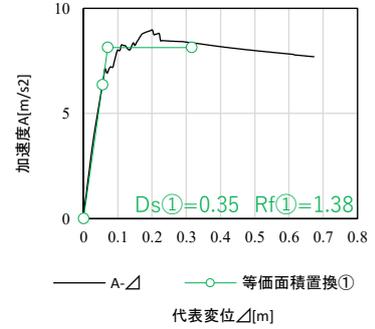
壁幅  $L_w=1.5\text{m}$  開口幅  $L_o=4\text{m}$

5F1D1.5w4oA

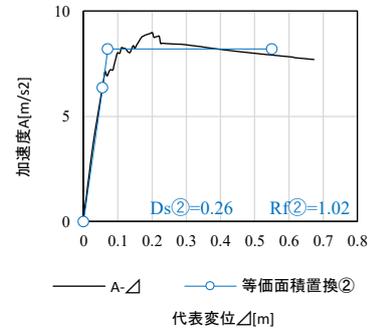


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | ▲ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂腰壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

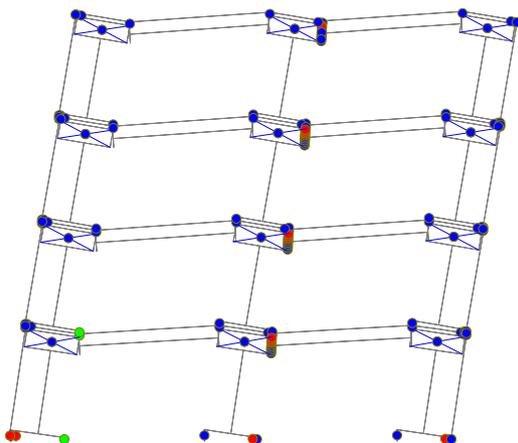
(a) 荷重-変形角関係



(b)  $D_s, R_f$  評価① (1/30rad)

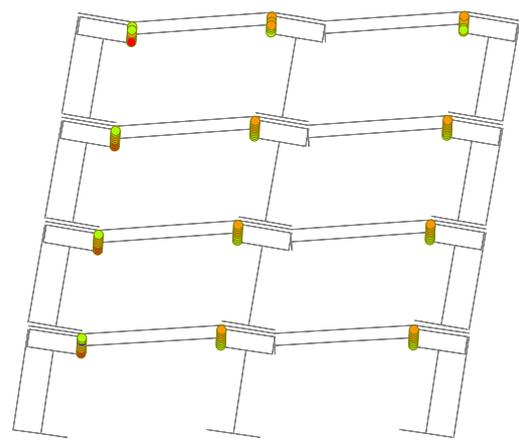


(c)  $D_s, R_f$  評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

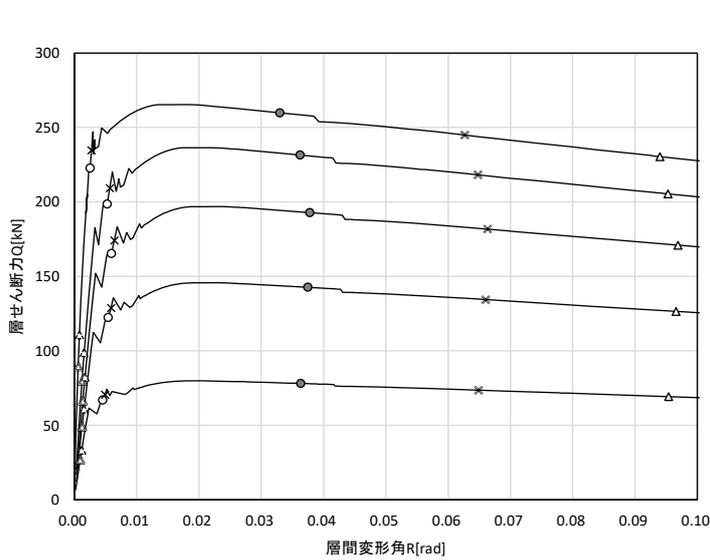
図 4.5.3-17 解析結果 (5F1D1.5w4oA)

5階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 017

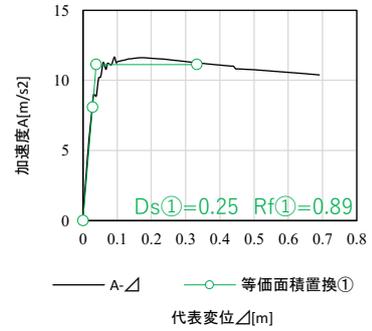
壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=2m

5F1D2w2oA

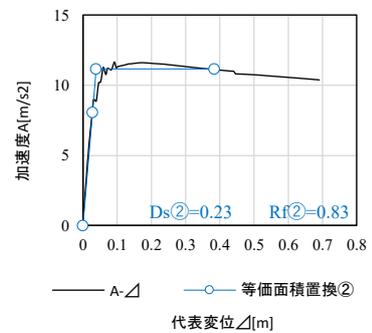


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| ⊖ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

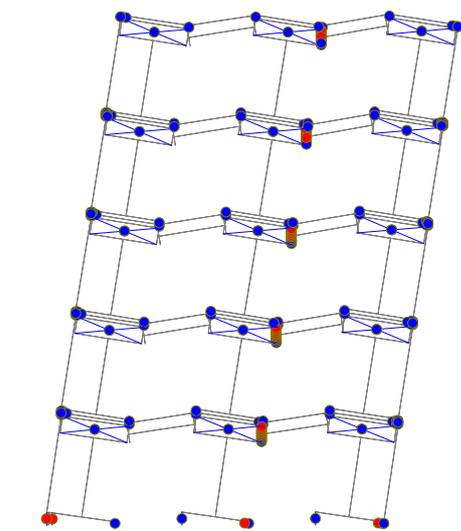
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

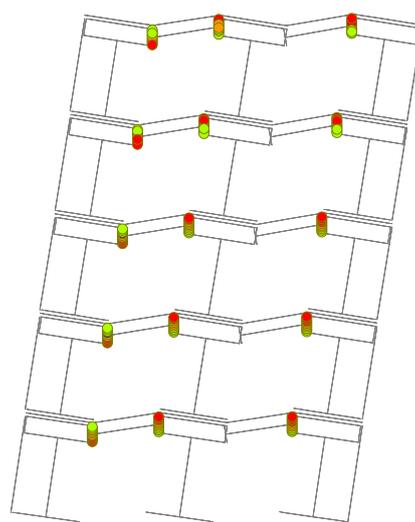


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

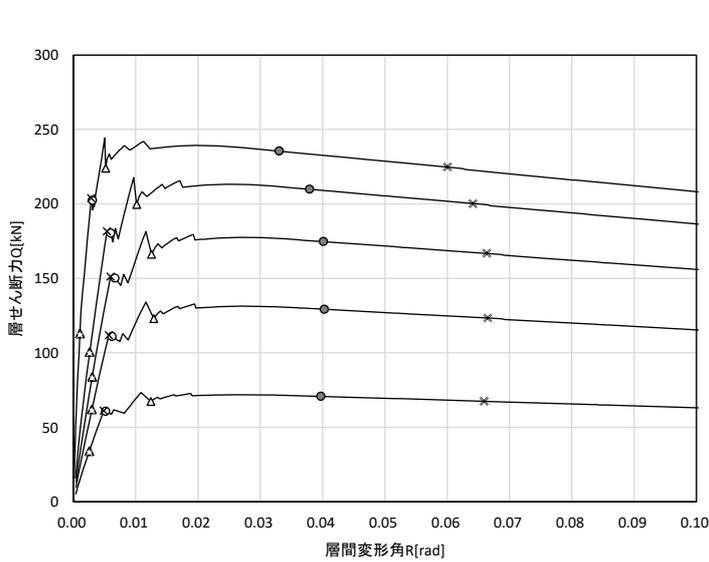
図 4.5.3-18 解析結果 (5F1D2w2oA)

5階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 018

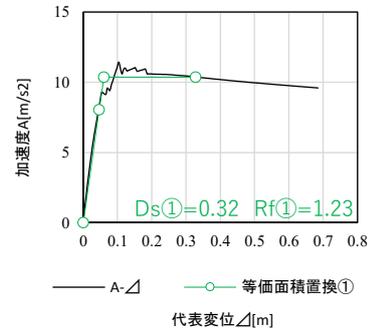
壁幅  $L_w=2m$  開口幅  $L_o=4m$

5F1D2w4oA

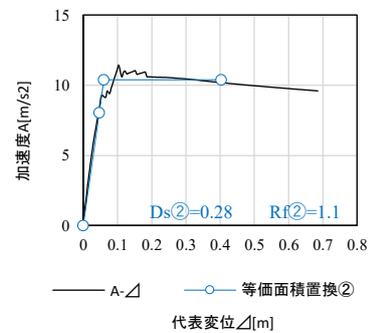


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂腰壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

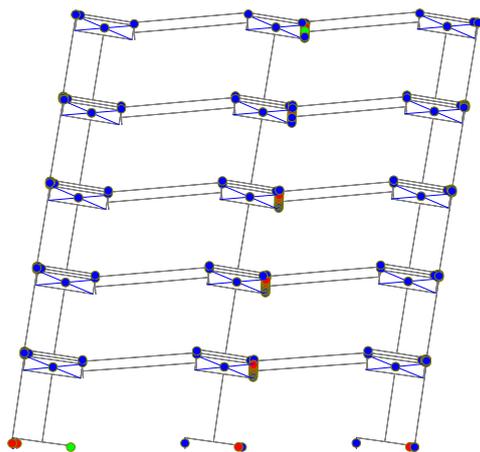
(a) 荷重-変形角関係



(b)  $D_s, R_f$  評価① (1/30rad)

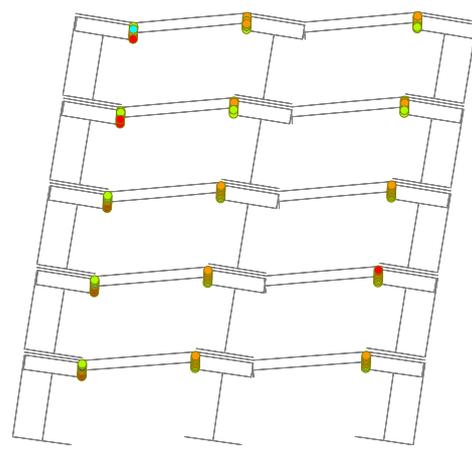


(c)  $D_s, R_f$  評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

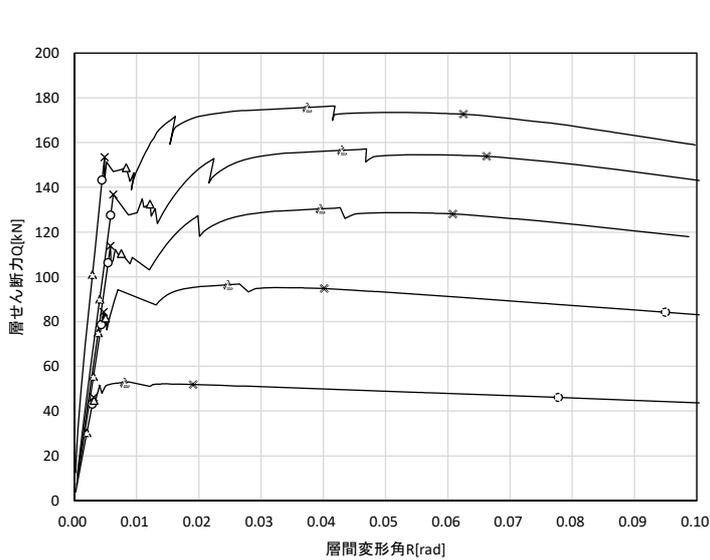
図 4.5.3-19 解析結果 (5F1D2w4oA)

5階建て/ロロ型/全層垂壁のみ

No. 019

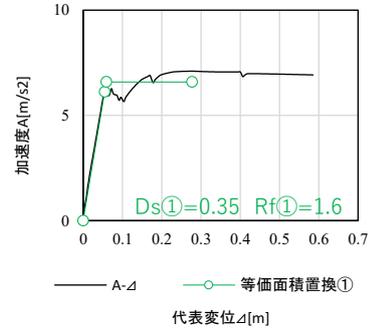
壁幅 Lw=1m 開口幅 Lo=2m

5F0D1w2oA

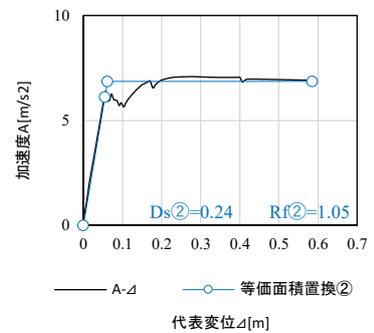


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/15rad時    | ■ Pu_壁/パネル    | ◇ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

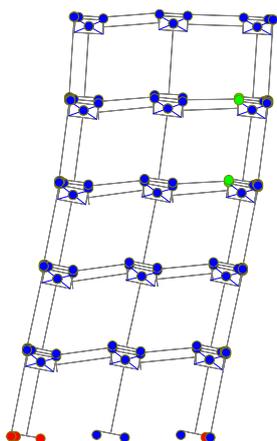
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

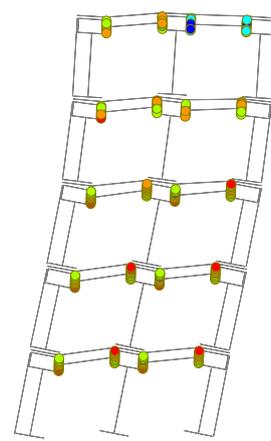


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

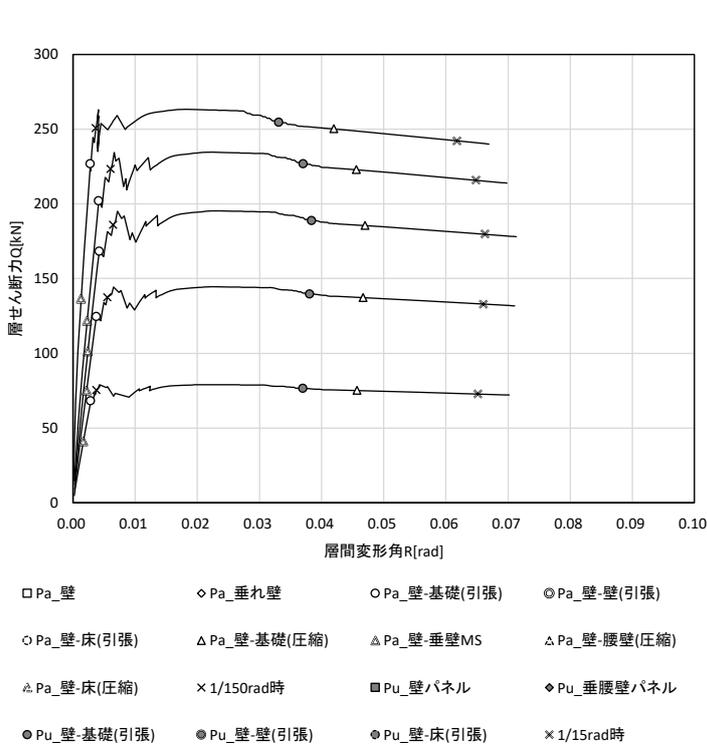
図 4.5.3-20 解析結果 (5F0D1w2oA)

5階建て/ロ口型/全層垂壁のみ

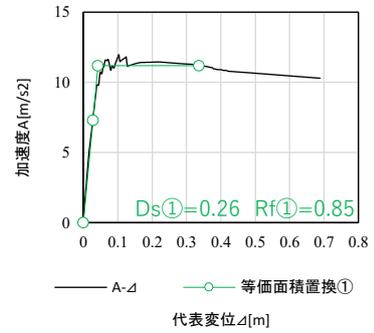
No. 020

壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=3m

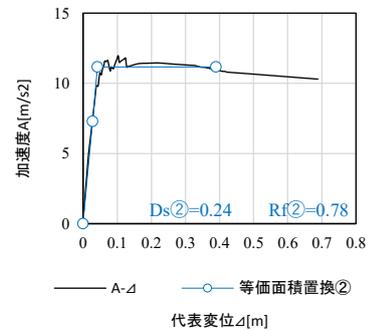
5F0D2w3oA



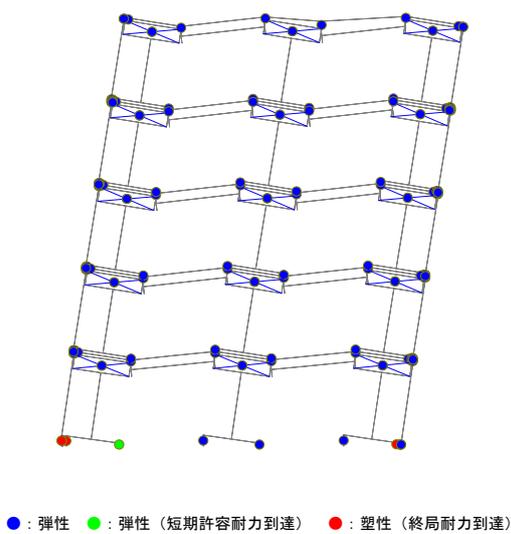
(a) 荷重—変形角関係



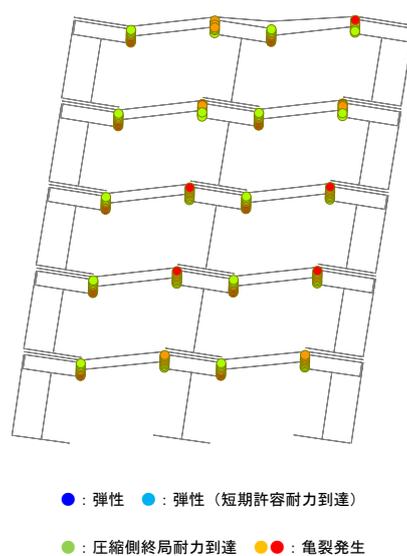
(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)



(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

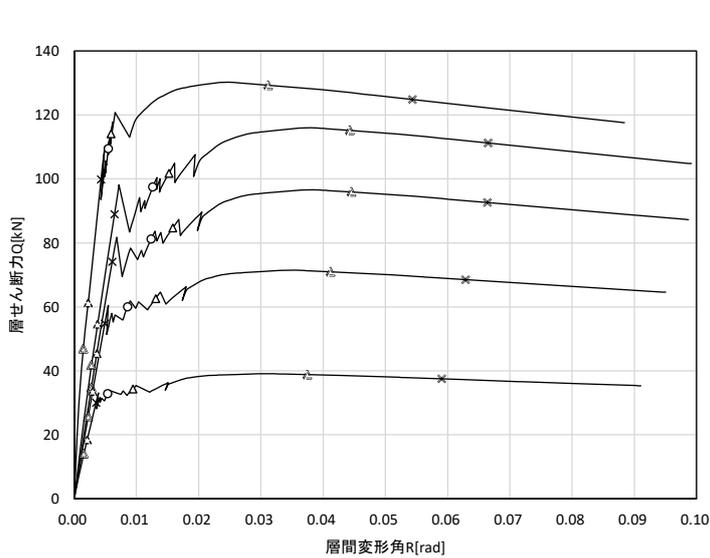
図 4.5.3-21 解析結果 (5F0D2w3oA)

5階建てI ココ型/全層垂壁のみ

No. 021

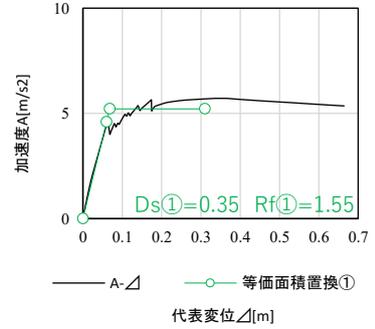
壁幅 Lw=1m 開口幅 Lo=2m

5F2D1w2oA

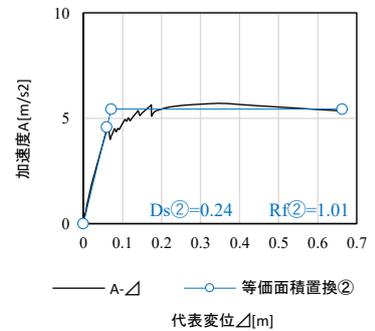


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/15rad時    | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

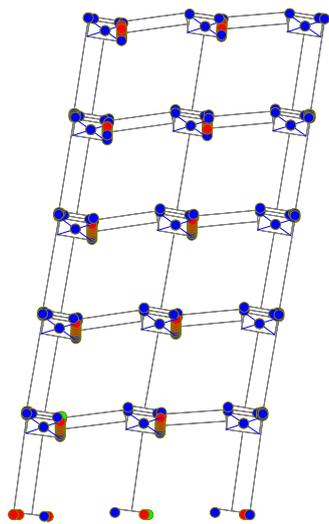
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

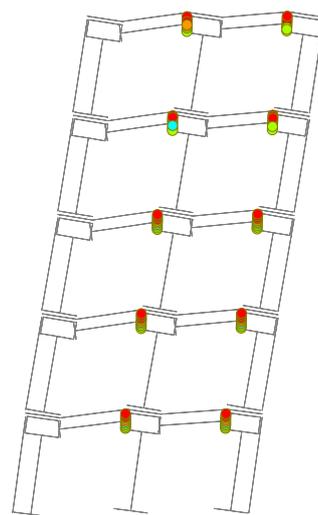


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



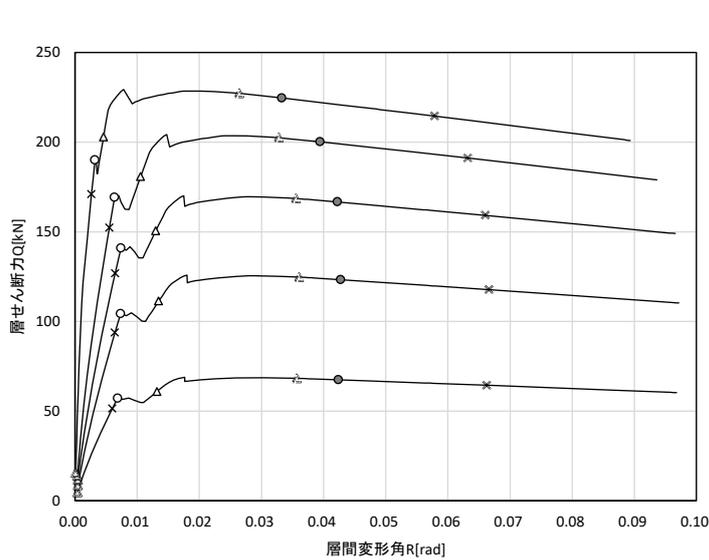
- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

図 4.5.3-22 解析結果 (5F2D1w2oA)

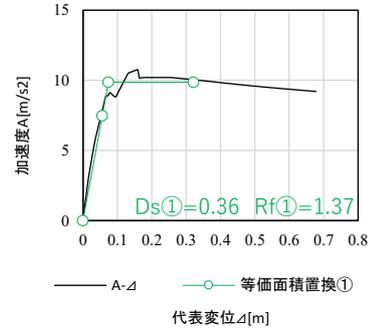
壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=4m

5F2D2w4oA

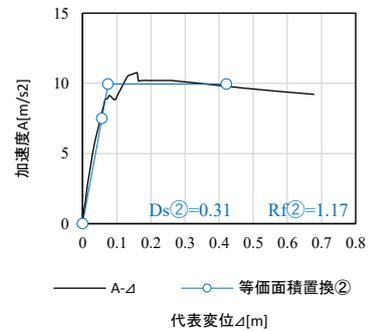


- Pa\_壁                      ◇ Pa\_垂れ壁                      ○ Pa\_壁-基礎(引張)                      ◎ Pa\_壁-壁(引張)
- Pa\_壁-床(引張)                      △ Pa\_壁-基礎(圧縮)                      ▲ Pa\_壁-垂壁MS                      △ Pa\_壁-腰壁(圧縮)
- △ Pa\_壁-床(圧縮)                      × 1/150rad時                      ■ Pu\_壁パネル                      ◆ Pu\_垂れ壁パネル
- Pu\_壁-基礎(引張)                      ● Pu\_壁-壁(引張)                      ● Pu\_壁-床(引張)                      × 1/15rad時

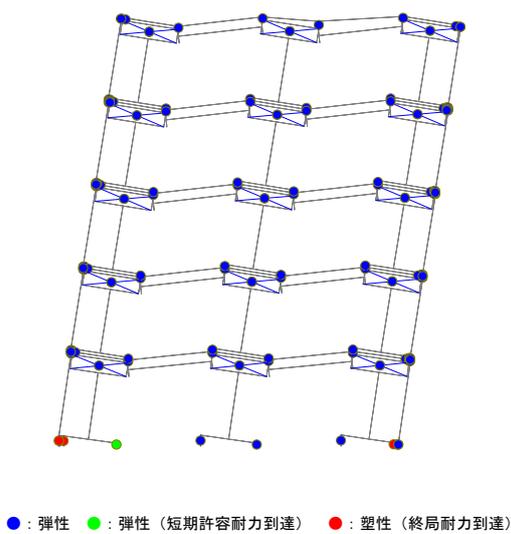
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

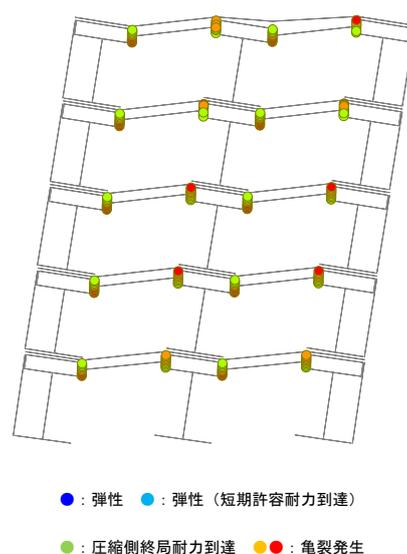


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)    ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達    ● : 亀裂発生

(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

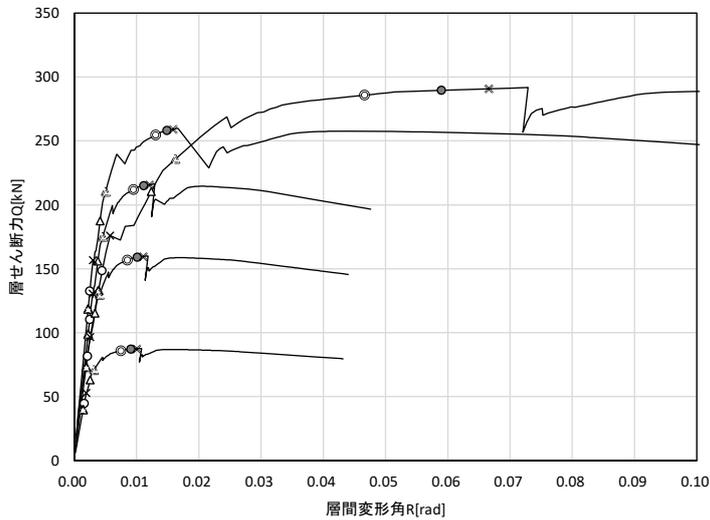
図 4.5.3-23 解析結果 (5F2D2w4oA)

5階建て/ロコ型/1層垂壁のみ、他層垂壁腰壁有

No. 023

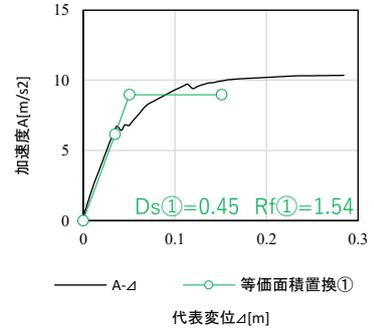
壁幅  $L_w=1m$  開口幅  $L_o=2m$

5F1D1w2oB

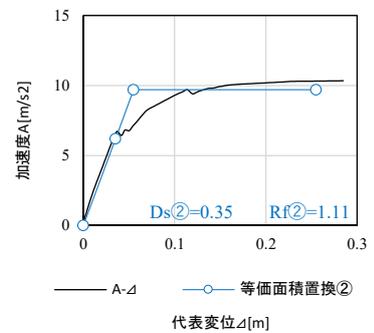


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

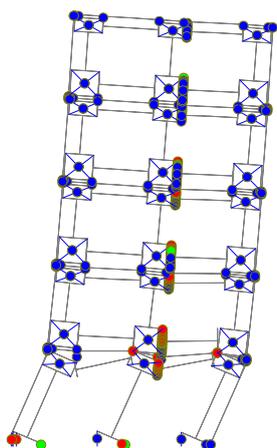
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

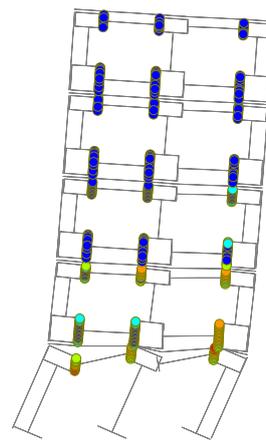


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

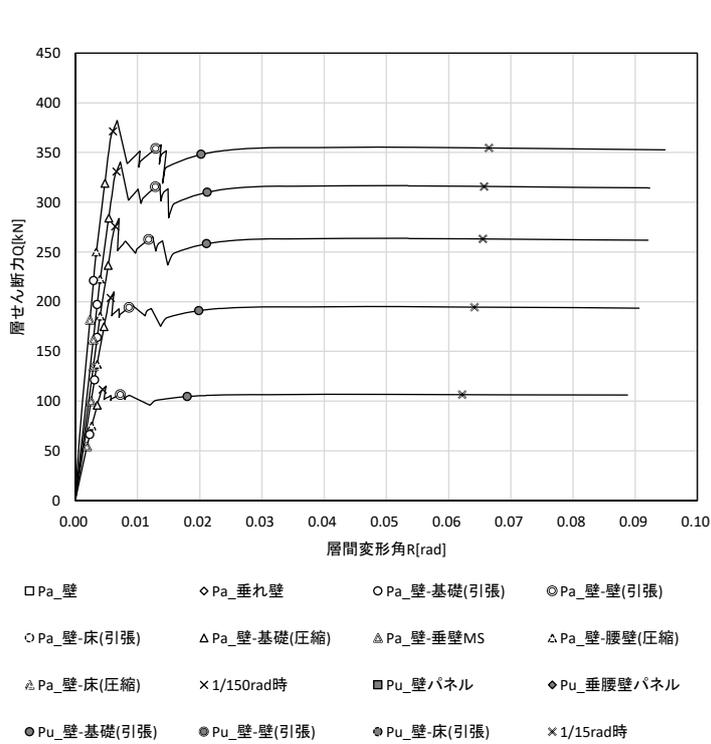
図 4.5.3-24 解析結果 (5F1D1w2oB)

5階建て/ロコ型/全層垂壁腰壁有

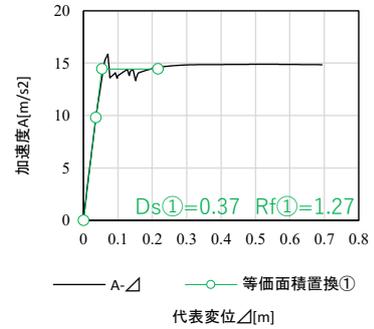
No. 024

壁幅 Lw=1m 開口幅 Lo=2m

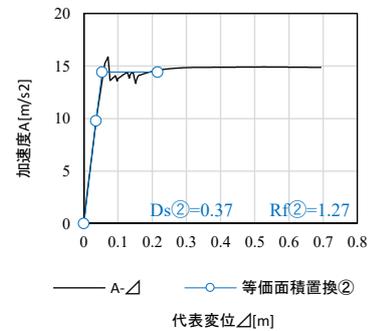
5F1D1w2oC



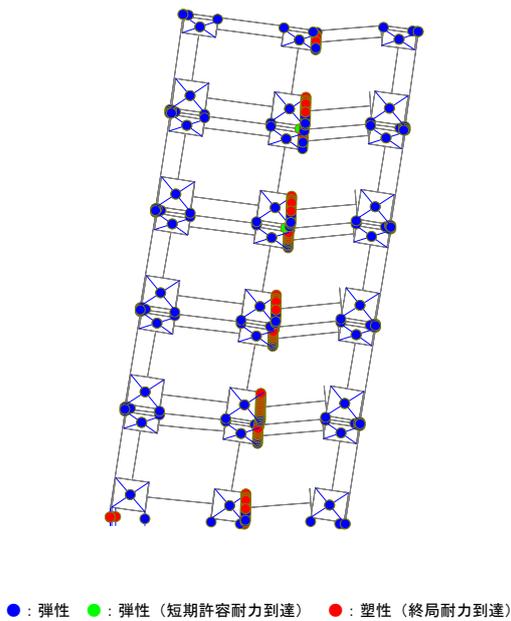
(a) 荷重-変形角関係



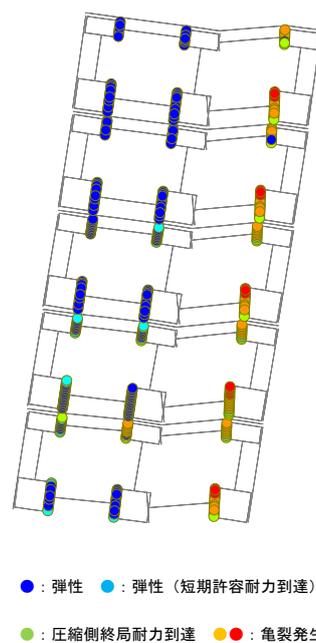
(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)



(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

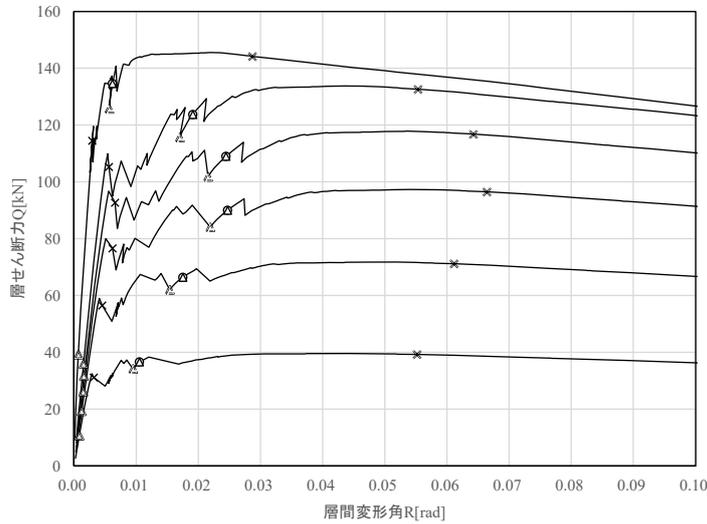
図 4.5.3-25 解析結果 (5F1D1w2oC)

6階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 025

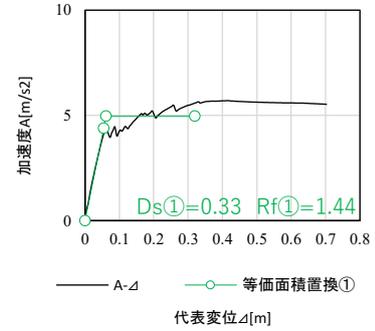
壁幅  $L_w=1.0\text{m}$  開口幅  $L_o=2\text{m}$

6F1D1w2oA

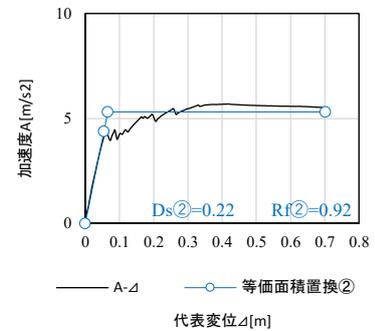


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ◇ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁/パネル    | ◇ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

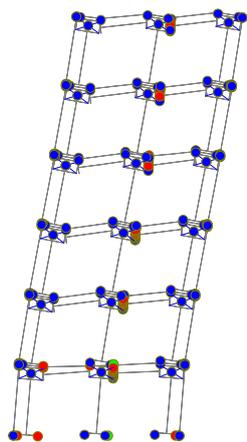
(a) 荷重-変形角関係



(b)  $D_s, R_f$  評価① (1/30rad)

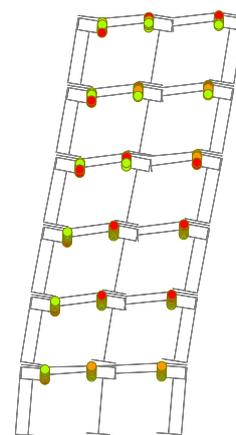


(c)  $D_s, R_f$  評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

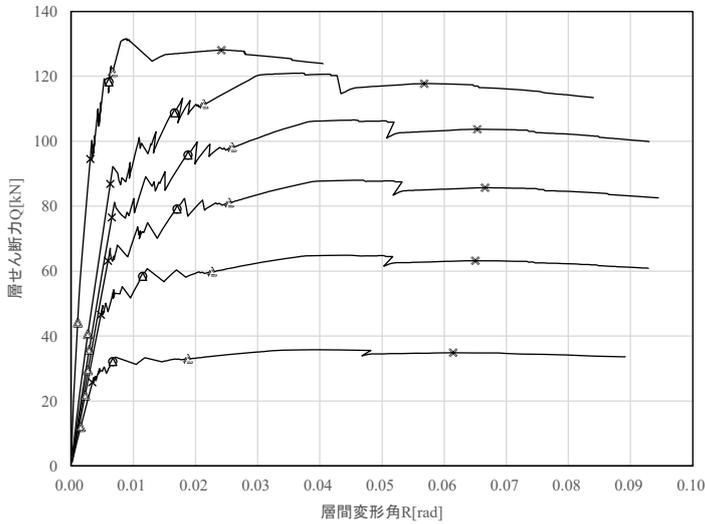
図 4.5.3-26 解析結果 (6F1D1w2oA)

6階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 026

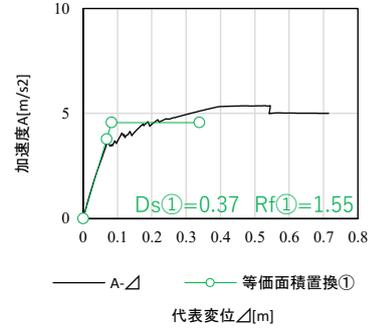
壁幅  $L_w=1.0\text{m}$  開口幅  $L_o=4\text{m}$

6F1D1w4oA

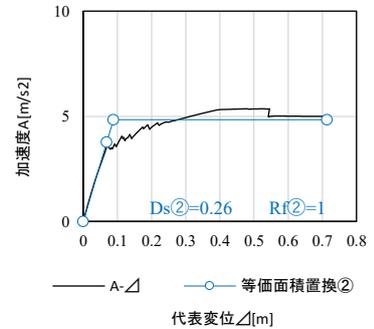


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | ▲ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

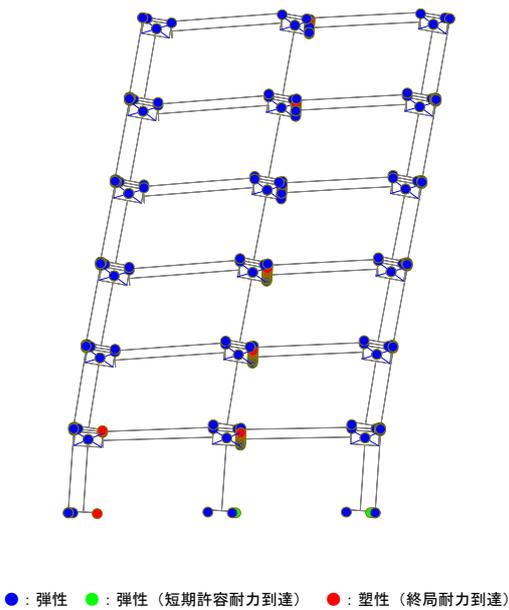
(a) 荷重-変形角関係



(b)  $D_s, R_f$  評価① (1/30rad)

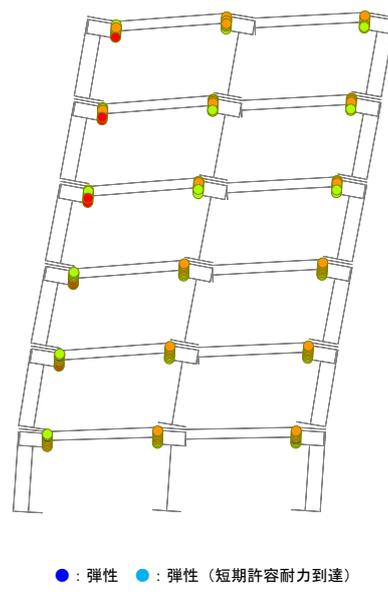


(c)  $D_s, R_f$  評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

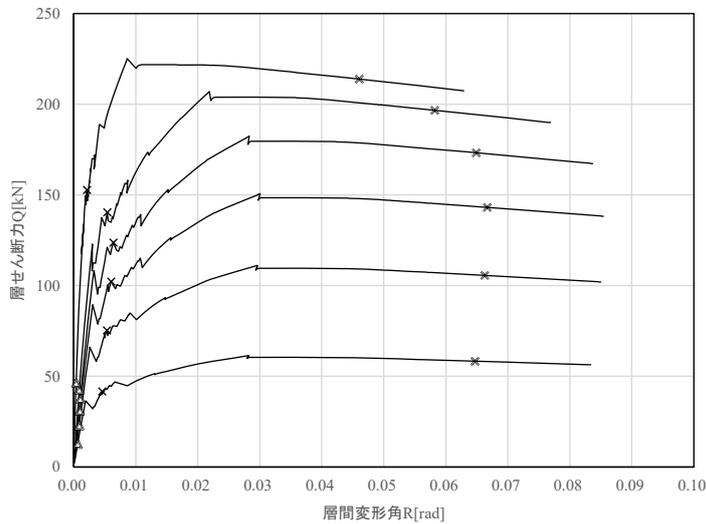
図 4.5.3-27 解析結果 (6F1D1w4oA)

6階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 027

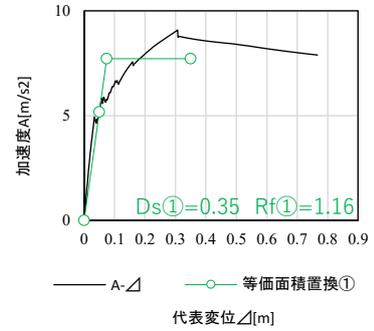
壁幅  $L_w=1.5\text{m}$  開口幅  $L_o=2\text{m}$

6F1D1.5w2oA

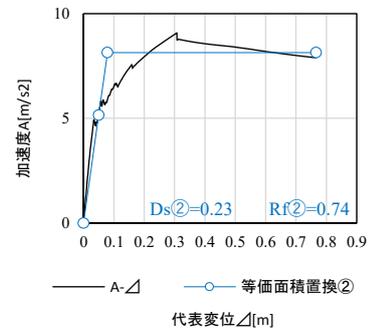


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | ▲ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◇ Pu_垂腰壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

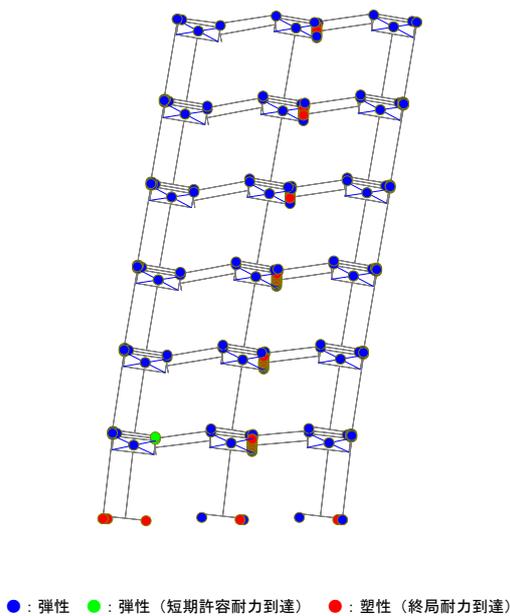
(a) 荷重-変形角関係



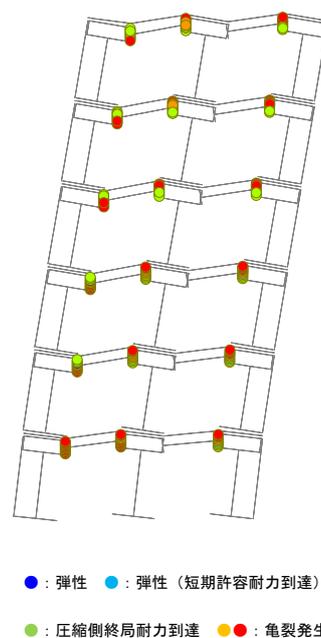
(b)  $D_s, R_f$  評価① (1/30rad)



(c)  $D_s, R_f$  評価② (1/15rad)



(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

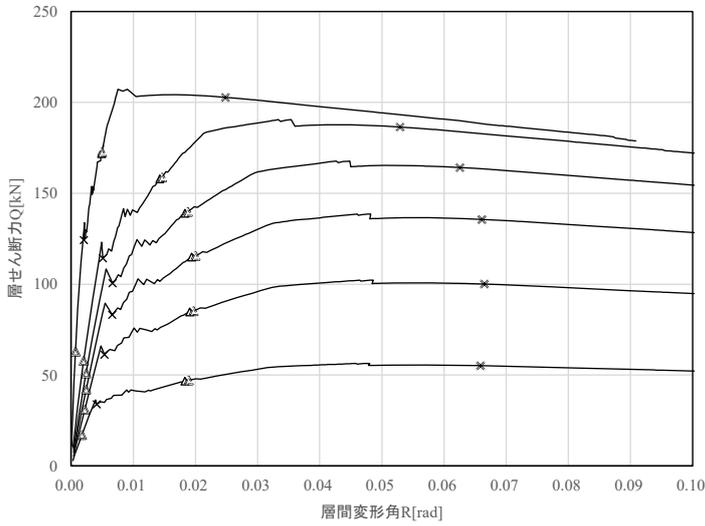
図 4.5.3-28 解析結果 (6F1D1.5w2oA)

6階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 028

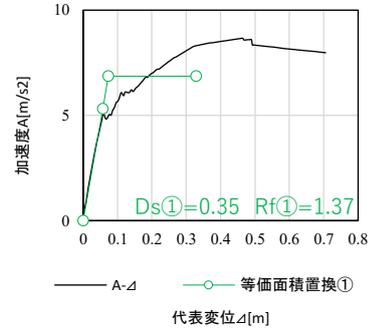
壁幅  $L_w=1.5\text{m}$  開口幅  $L_o=4\text{m}$

6F1D1.5w4oA

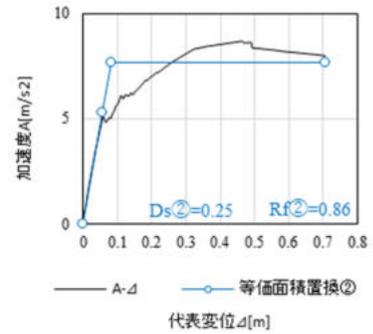


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | ▲ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/15rad時    | ■ Pu_壁パネル     | ◆ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

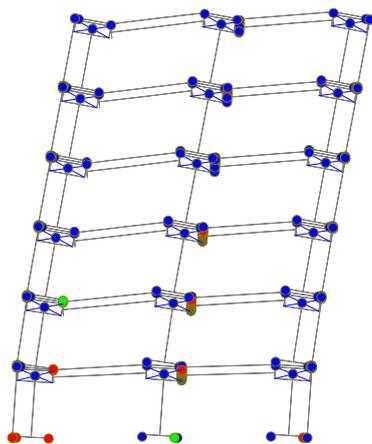
(a) 荷重—変形角関係



(b)  $D_s, R_f$  評価① (1/30rad)

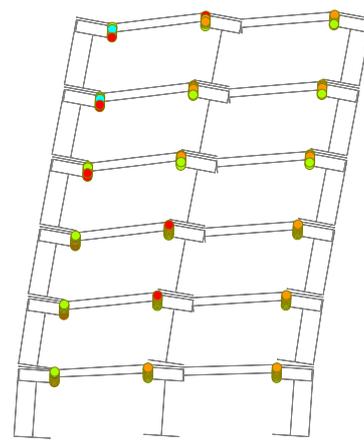


(c)  $D_s, R_f$  評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

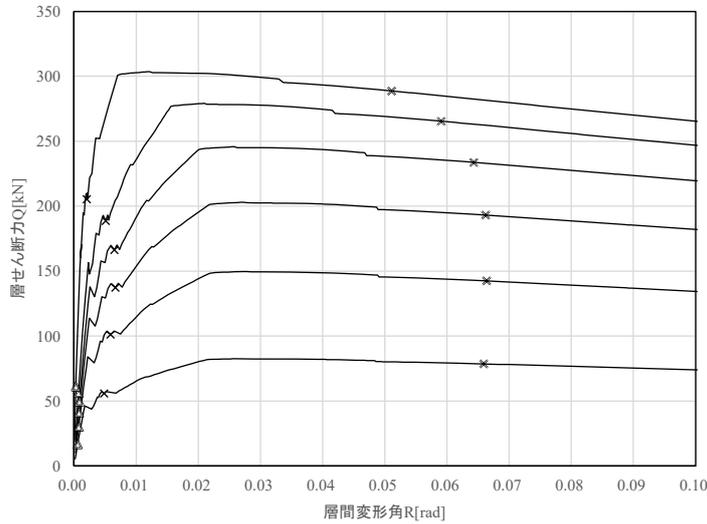
図 4.5.3-29 解析結果 (6F1D1.5w4oA)

6階建て/ロコ型/全層垂壁のみ

No. 029

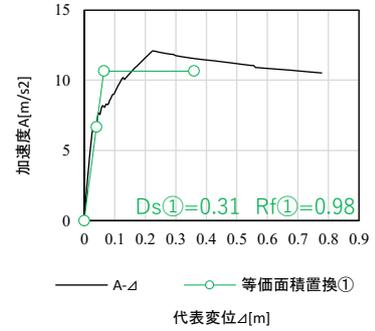
壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=2m

6F1D2w2oA

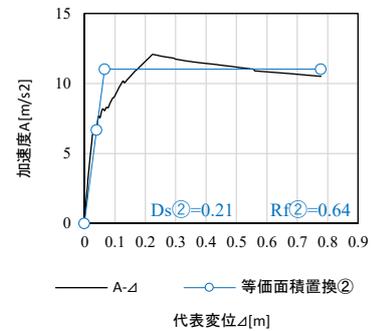


- Pa\_壁                      ◇ Pa\_垂れ壁                      ○ Pa\_壁-基礎(引張)                      ◎ Pa\_壁-壁(引張)
- Pa\_壁-床(引張)                      △ Pa\_壁-基礎(圧縮)                      ▲ Pa\_壁-垂壁MS                      △ Pa\_壁-腰壁(圧縮)
- ▲ Pa\_壁-床(圧縮)                      × 1/150rad時                      ■ Pu\_壁/パネル                      ◆ Pu\_垂れ壁/パネル
- Pu\_壁-基礎(引張)                      ● Pu\_壁-壁(引張)                      ● Pu\_壁-床(引張)                      × 1/15rad時

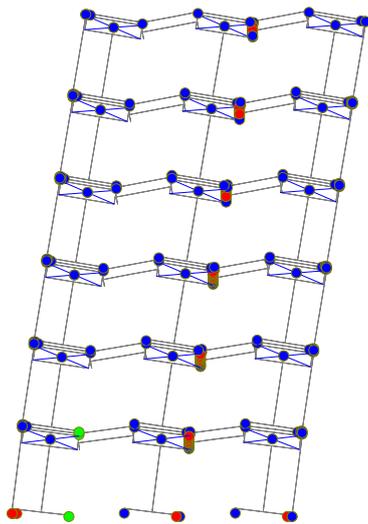
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

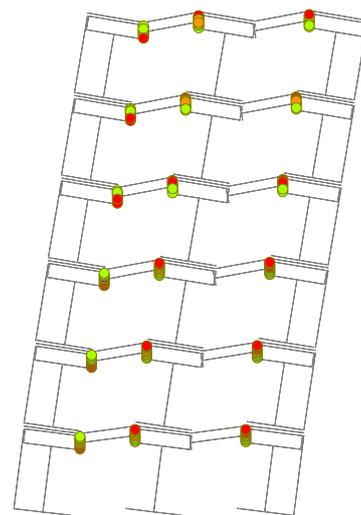


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性                      ● : 弾性 (短期許容耐力到達)                      ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



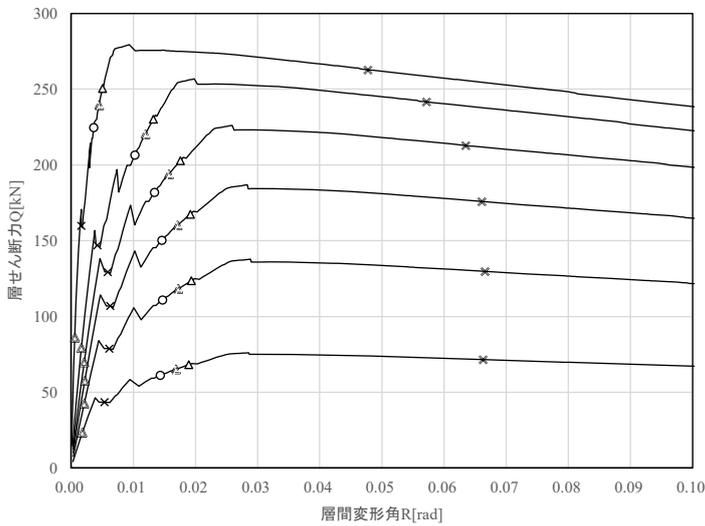
- : 弾性                      ● : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達                      ● : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

図 4.5.3-30 解析結果 (6F1D2w2oA)

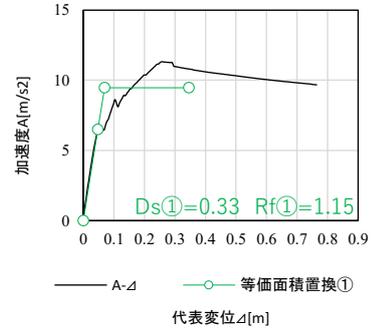
壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=4m

6F1D2w4oA

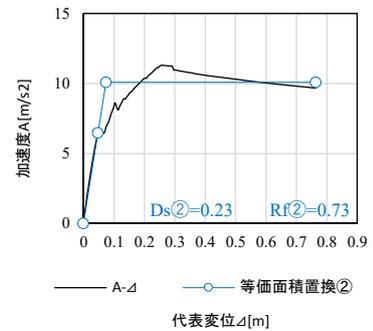


- Pa\_壁                      ◇ Pa\_垂れ壁                      ○ Pa\_壁-基礎(引張)                      ● Pa\_壁-壁(引張)
- Pa\_壁-床(引張)                      △ Pa\_壁-基礎(圧縮)                      ▲ Pa\_壁-垂壁MS                      △ Pa\_壁-腰壁(圧縮)
- ▲ Pa\_壁-床(圧縮)                      × 1/150rad時                      ■ Pu\_壁パネル                      ◆ Pu\_垂れ壁パネル
- Pu\_壁-基礎(引張)                      ● Pu\_壁-壁(引張)                      ● Pu\_壁-床(引張)                      × 1/15rad時

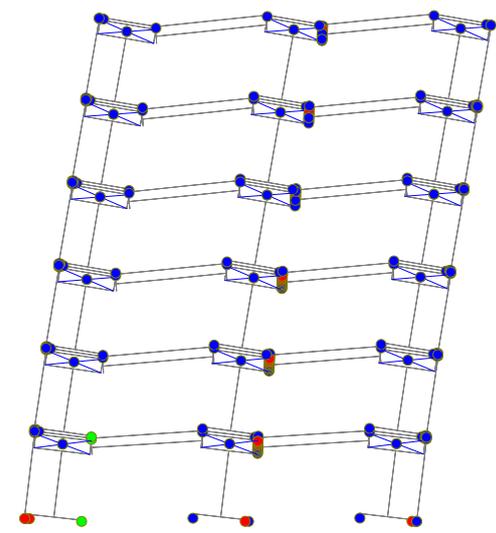
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

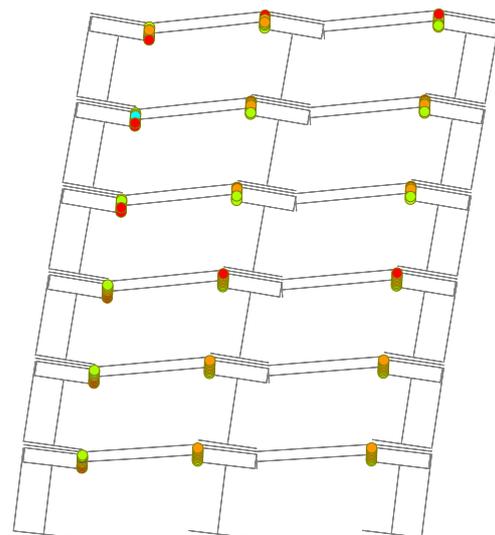


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)    ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達    ● : 亀裂発生

(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

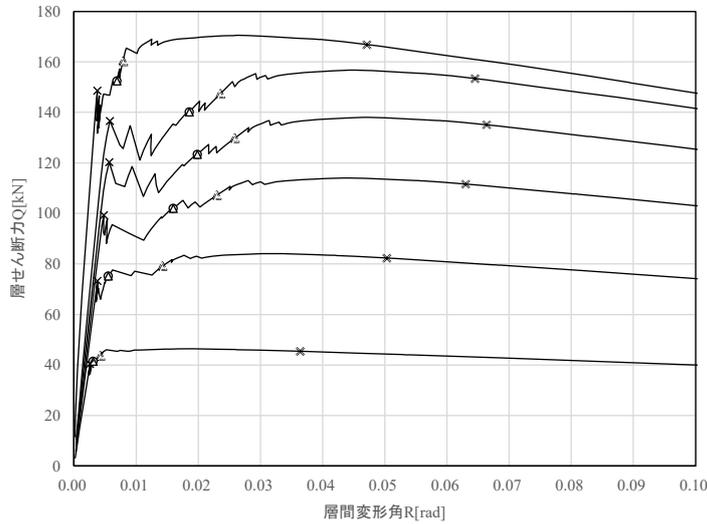
図 4.5.3-31 解析結果 (6F1D2w4oA)

6階建て/ロロ型/全層垂壁のみ

No. 031

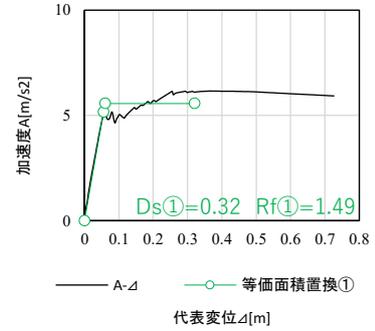
壁幅  $L_w=1.0\text{m}$  開口幅  $L_o=2\text{m}$

6F0D1w2oA

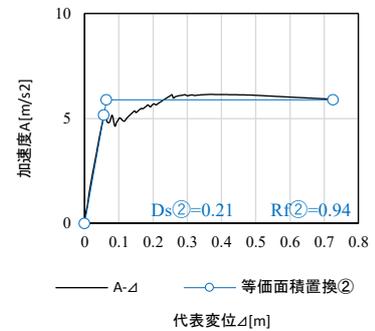


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | △ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| △ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁/パネル    | ◇ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

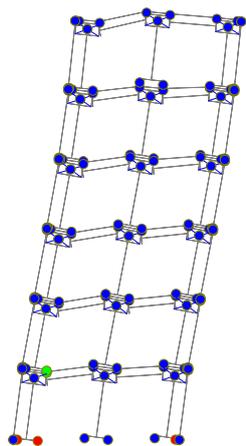
(a) 荷重-変形角関係



(b)  $D_s, R_f$  評価① (1/30rad)

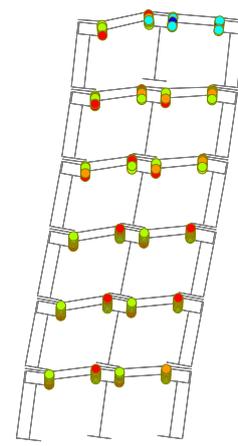


(c)  $D_s, R_f$  評価② (1/15rad)



- : 弾性   ● : 弾性 (短期許容耐力到達)   ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



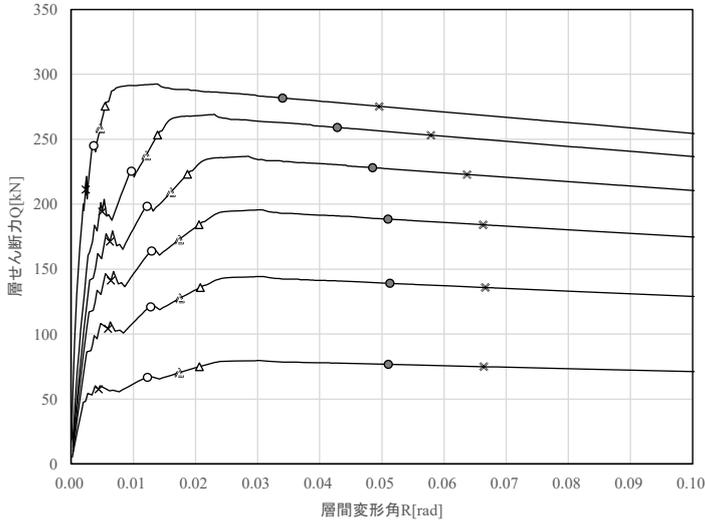
- : 弾性   ● : 弾性 (短期許容耐力到達)  
● : 圧縮側終局耐力到達   ● : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

図 4.5.3-32 解析結果 (6F0D1w2oA)

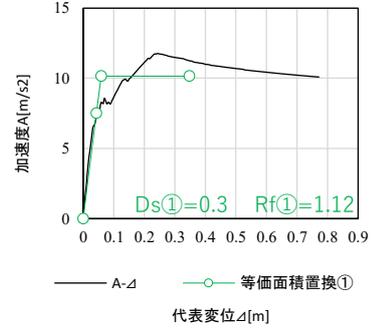
壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=3m

6F0D2w3oA

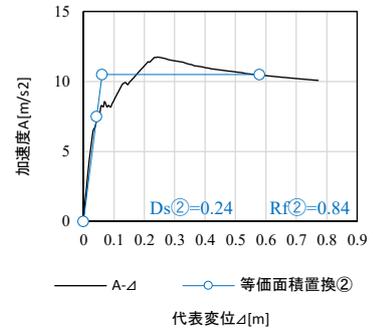


- Pa\_壁                      ◇ Pa\_垂れ壁                      ○ Pa\_壁-基礎(引張)                      ◎ Pa\_壁-壁(引張)
- Pa\_壁-床(引張)                      △ Pa\_壁-基礎(圧縮)                      ▲ Pa\_壁-垂壁MS                      △ Pa\_壁-腰壁(圧縮)
- △ Pa\_壁-床(圧縮)                      × 1/150rad時                      ■ Pu\_壁パネル                      ◇ Pu\_垂れ壁パネル
- Pu\_壁-基礎(引張)                      ● Pu\_壁-壁(引張)                      ● Pu\_壁-床(引張)                      × 1/15rad時

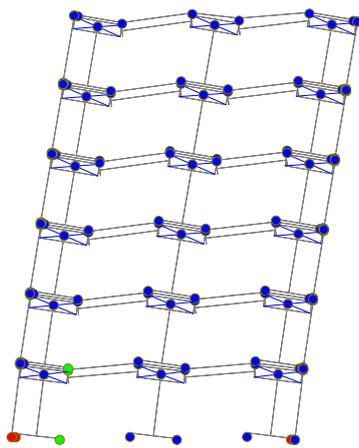
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

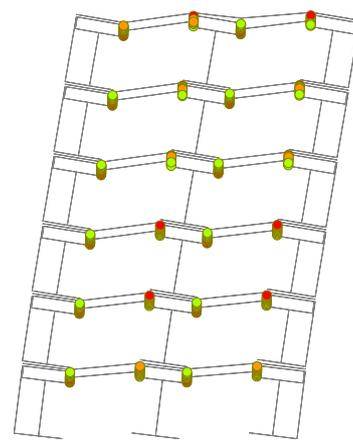


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)    ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達    ● : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

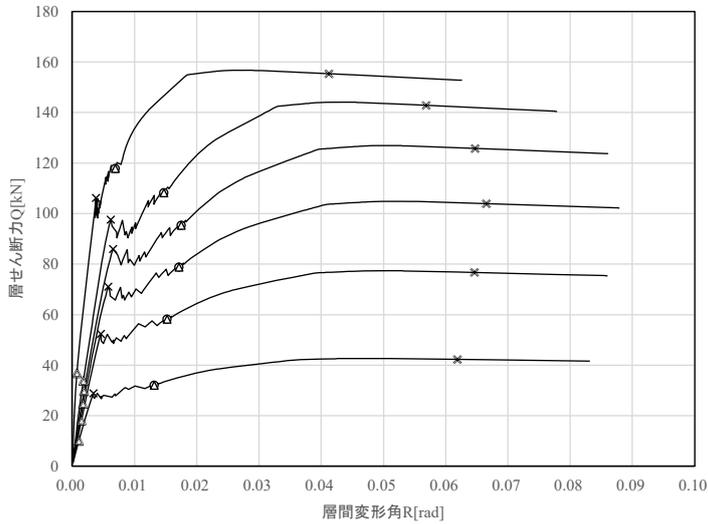
図 4.5.3-33 解析結果 (6F0D2w3oA)

6階建てIココ型/全層垂壁のみ

No. 033

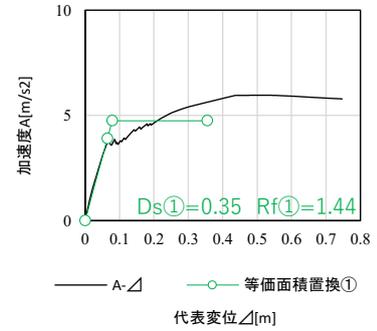
壁幅  $L_w=1.0\text{m}$  開口幅  $L_o=2\text{m}$

6F2D1w2oA

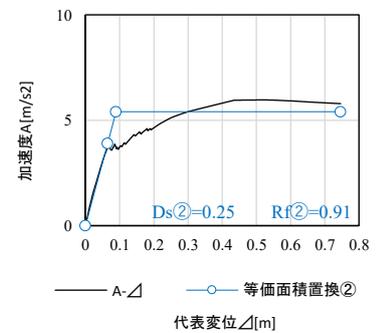


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | ▲ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| ▲ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁パネル     | ◆ Pu_垂れ壁パネル   |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

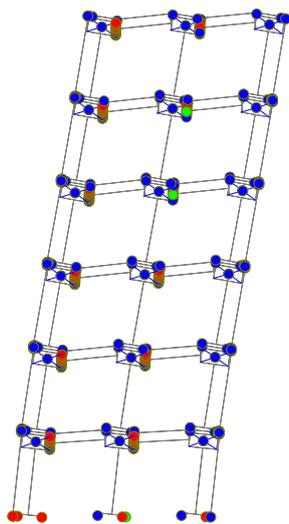
(a) 荷重-変形角関係



(b)  $D_s, R_f$  評価① (1/30rad)

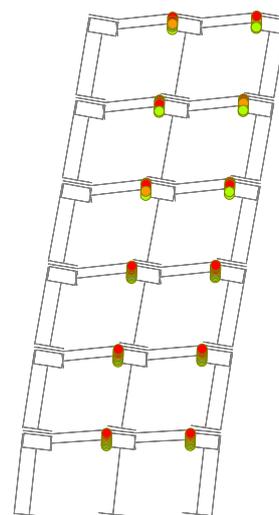


(c)  $D_s, R_f$  評価② (1/15rad)



- : 弾性   ● : 弾性 (短期許容耐力到達)   ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性   ● : 弾性 (短期許容耐力到達)  
● : 圧縮側終局耐力到達   ● : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

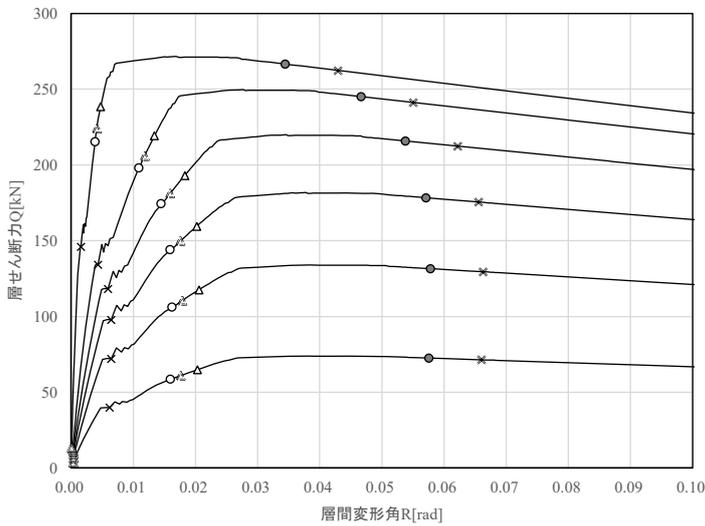
図 4.5.3-34 解析結果 (6F2D1w2oA)

6階建てI ココ型/全層垂壁のみ

No. 034

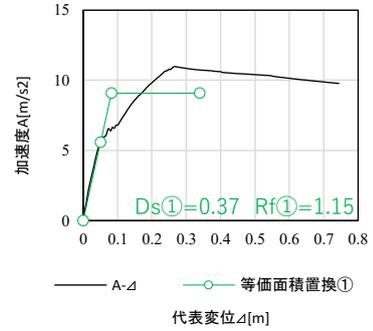
壁幅 Lw=2m 開口幅 Lo=4m

6F2D2w4oA

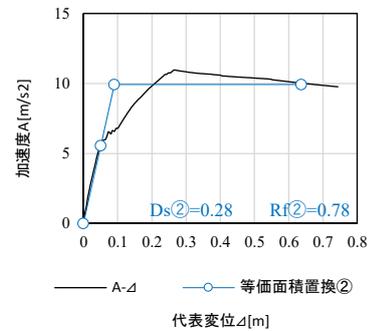


- Pa\_壁                      ◇ Pa\_垂れ壁                      ○ Pa\_壁-基礎(引張)                      ● Pa\_壁-壁(引張)
- Pa\_壁-床(引張)                      △ Pa\_壁-基礎(圧縮)                      ▲ Pa\_壁-垂壁MS                      △ Pa\_壁-腰壁(圧縮)
- △ Pa\_壁-床(圧縮)                      × 1/150rad時                      ■ Pu\_壁パネル                      ◇ Pu\_垂れ壁パネル
- Pu\_壁-基礎(引張)                      ● Pu\_壁-壁(引張)                      ● Pu\_壁-床(引張)                      × 1/15rad時

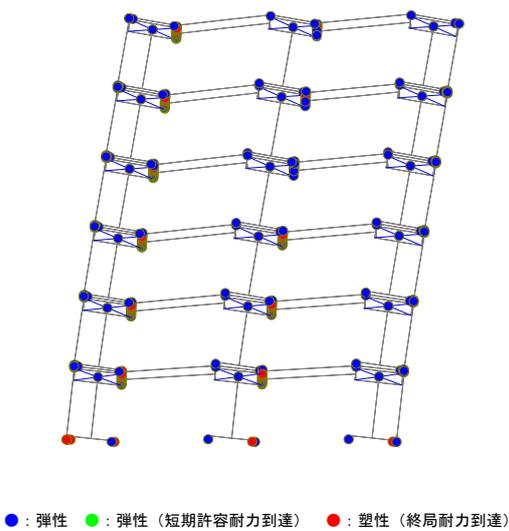
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

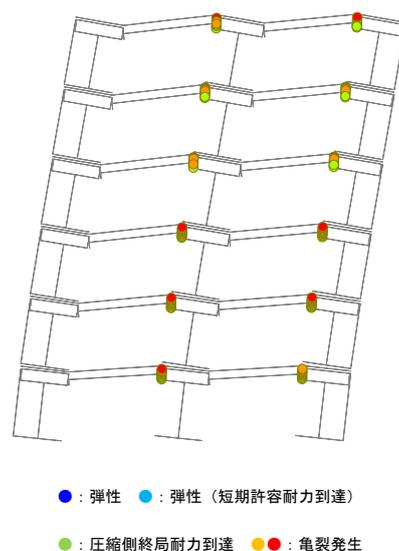


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)    ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図(1/15rad時)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達    ● : 亀裂発生

(e) 壁-垂れ壁結合部ヒンジ図(1/15rad時)

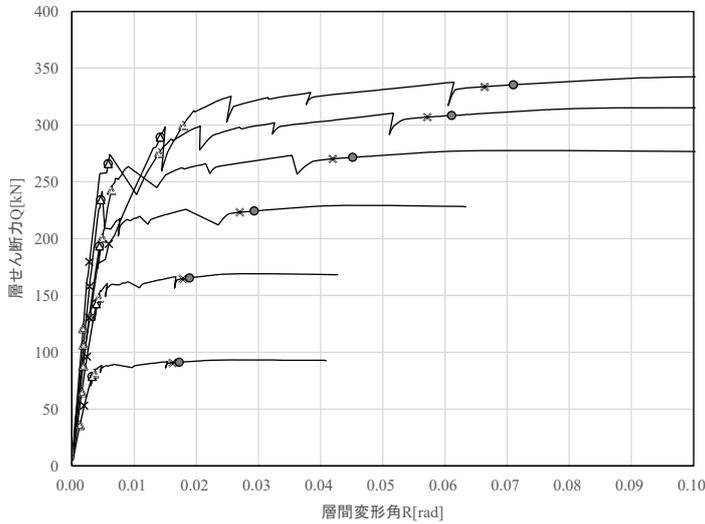
図 4.5.3-35 解析結果 (6F2D2w4oA)

6階建て/ロコ型/1層垂壁のみ、他層垂壁腰壁有

No. 035

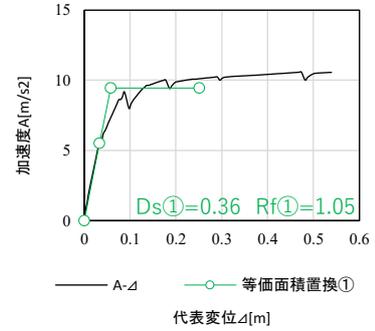
壁幅  $L_w=1.0\text{m}$  開口幅  $L_o=2\text{m}$

6F1D1w2oB

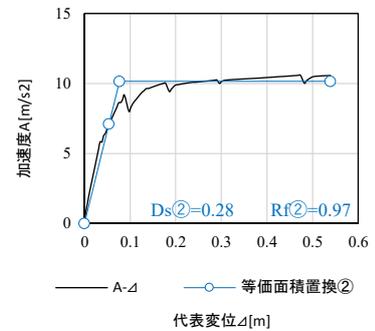


- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| □ Pa_壁        | ◇ Pa_垂れ壁      | ○ Pa_壁-基礎(引張) | ◎ Pa_壁-壁(引張)  |
| ○ Pa_壁-床(引張)  | △ Pa_壁-基礎(圧縮) | ▲ Pa_壁-垂壁MS   | △ Pa_壁-腰壁(圧縮) |
| ▲ Pa_壁-床(圧縮)  | × 1/150rad時   | ■ Pu_壁/パネル    | ◆ Pu_垂れ壁/パネル  |
| ● Pu_壁-基礎(引張) | ● Pu_壁-壁(引張)  | ● Pu_壁-床(引張)  | × 1/15rad時    |

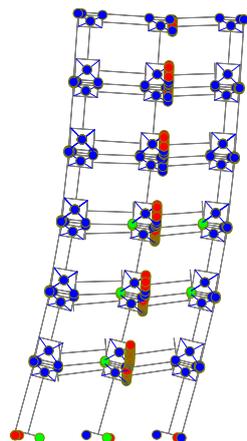
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

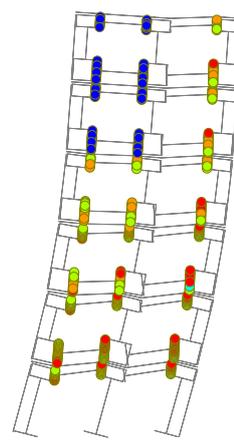


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性
- : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達
- : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

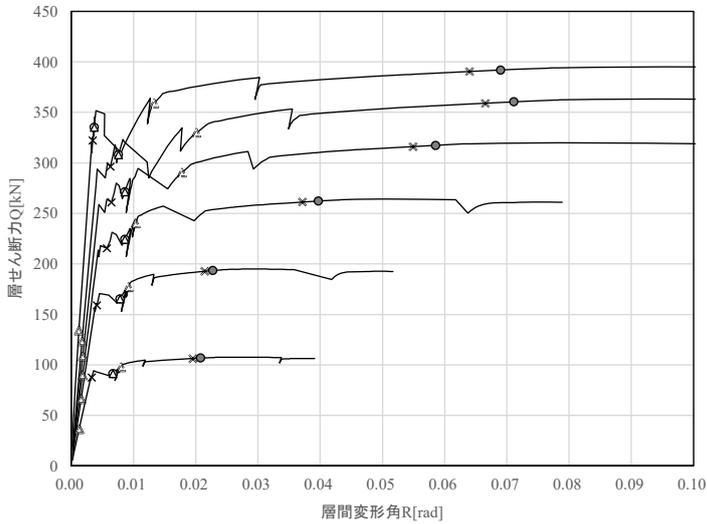
図 4.5.3-36 解析結果 (6F1D1w2oB)

6階建て/ロコ型/全層垂壁腰壁有

No. 036

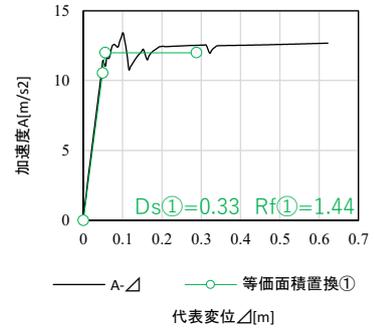
壁幅  $L_w=1.0\text{m}$  開口幅  $L_o=2\text{m}$

6F1D1w2oC

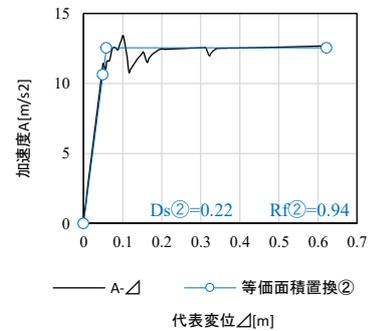


- Pa\_壁                      ◇ Pa\_垂れ壁                      ○ Pa\_壁-基礎(引張)                      ◎ Pa\_壁-壁(引張)
- Pa\_壁-床(引張)                      △ Pa\_壁-基礎(圧縮)                      ▲ Pa\_壁-垂壁MS                      △ Pa\_壁-腰壁(圧縮)
- △ Pa\_壁-床(圧縮)                      × 1/150rad時                      ■ Pu\_壁パネル                      ◆ Pu\_垂れ壁パネル
- Pu\_壁-基礎(引張)                      ● Pu\_壁-壁(引張)                      ● Pu\_壁-床(引張)                      × 1/15rad時

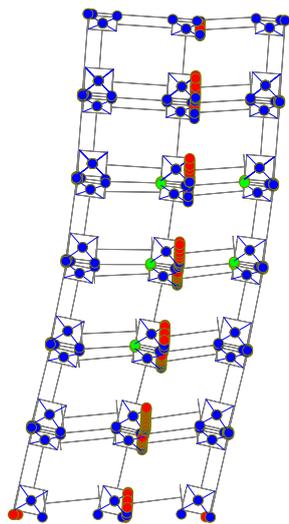
(a) 荷重-変形角関係



(b) Ds, Rf 評価① (1/30rad)

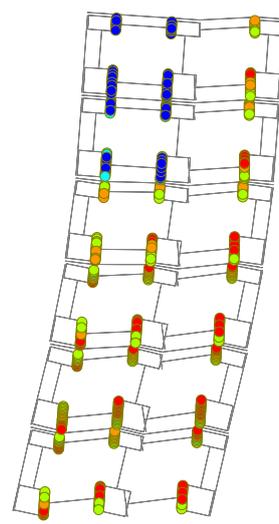


(c) Ds, Rf 評価② (1/15rad)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)    ● : 塑性 (終局耐力到達)

(d) 接合部ヒンジ図 (1/15rad 時)



- : 弾性    ● : 弾性 (短期許容耐力到達)
- : 圧縮側終局耐力到達    ● : 亀裂発生

(e) 壁 - 垂れ壁結合部ヒンジ図 (1/15rad 時)

図 4.5.3-37 解析結果 (6F1D1w2oC)

#### 4. 5. 4 解析結果まとめ

以降に階数ごとの解析結果のまとめを示す。

##### (1) 終局時の特定変形角を $1/30\text{rad}$ として評価した場合 ( $Ds①$ 、 $Rf①$ )

- ・ いずれのケースも  $Ds①$ 及び  $Rf①$ の評価値は現行告示以下となっている。いずれのケースも最大層間変形角  $1/30\text{rad}$  が決定要因となり、壁幅  $L_w$  が大きく、開口幅  $L_o$  が小さい方が、 $Ds①$ は小さくなる傾向がある。また、壁幅  $L_w$  が  $1.5\text{m}$  及び  $2.0\text{m}$  の場合、階数が大きくなるにつれて、 $Ds①$ が大きくなる傾向がある。
- ・ 壁パネルの分割位置による  $Ds①$ の傾向について、大きな差は見られないが、I ココ型 > ロコ型 > ロロ型となり、分割数が少ない方が  $Ds①$ の評価値が若干小さくなる傾向がある。
- ・ 腰壁の取りつきによる  $Ds①$ の傾向について、大きな差は見られないが、架構形式 A よりも架構形式 B 及び C の方が  $Ds①$ の評価値が大きくなる傾向があり、腰壁が取りつく方が  $Ds①$ が若干大きくなる傾向がある。

##### (2) 終局時の特定変形角を $1/15\text{rad}$ として評価した場合 ( $Ds②$ 、 $Rf②$ )

- ・ いずれのケースも  $Ds②$ 及び  $Rf②$ の評価値は現行告示以下となっている。壁幅  $L_w$  が  $1.0\text{m}$  の場合、最大層間変形角  $1/15\text{rad}$  が決定要因となり、壁幅  $L_w$  が  $1.5\text{m}$  及び  $2.0\text{m}$  の場合、壁-基礎引張金物の終局変形  $\delta u$  が決定要因となった。 $Ds②$ は壁幅  $L_w$  によっては大きな差が無く、開口幅  $L_o$  が小さい方が、小さくなる傾向がある。また、階数によっては大きな差がない。
- ・ 壁パネルの分割位置による  $Ds②$ の傾向について、大きな差は見られないが、I ココ型 > ロコ型 > ロロ型となり、分割数が少ない方が  $Ds②$ の評価値が若干小さくなる傾向がある。
- ・ 腰壁の取りつきによる  $Ds②$ の傾向について、崩壊形による違いがみられる。ヒンジ図から分かるように、腰壁が取りつかない架構形式 A の場合、いずれのケースも垂れ壁端部にヒンジが形成された全体崩壊形となっているのに対し、4 階建て及び 5 階建ての架構形式 B では、1 層の層崩壊形となっており、また 4 階建て及び 5 階建ての架構形式 C では、1 スパンが一体となって転倒する全体転倒のモードが見受けられる。6 階建てについては、いずれの架構形式も全体崩壊形となっている。 $Ds②$ の評価値は全体崩壊形とならなかった 4 階建て及び 5 階建ての架構形式 B 及び C について、いずれも高くなる傾向がある。

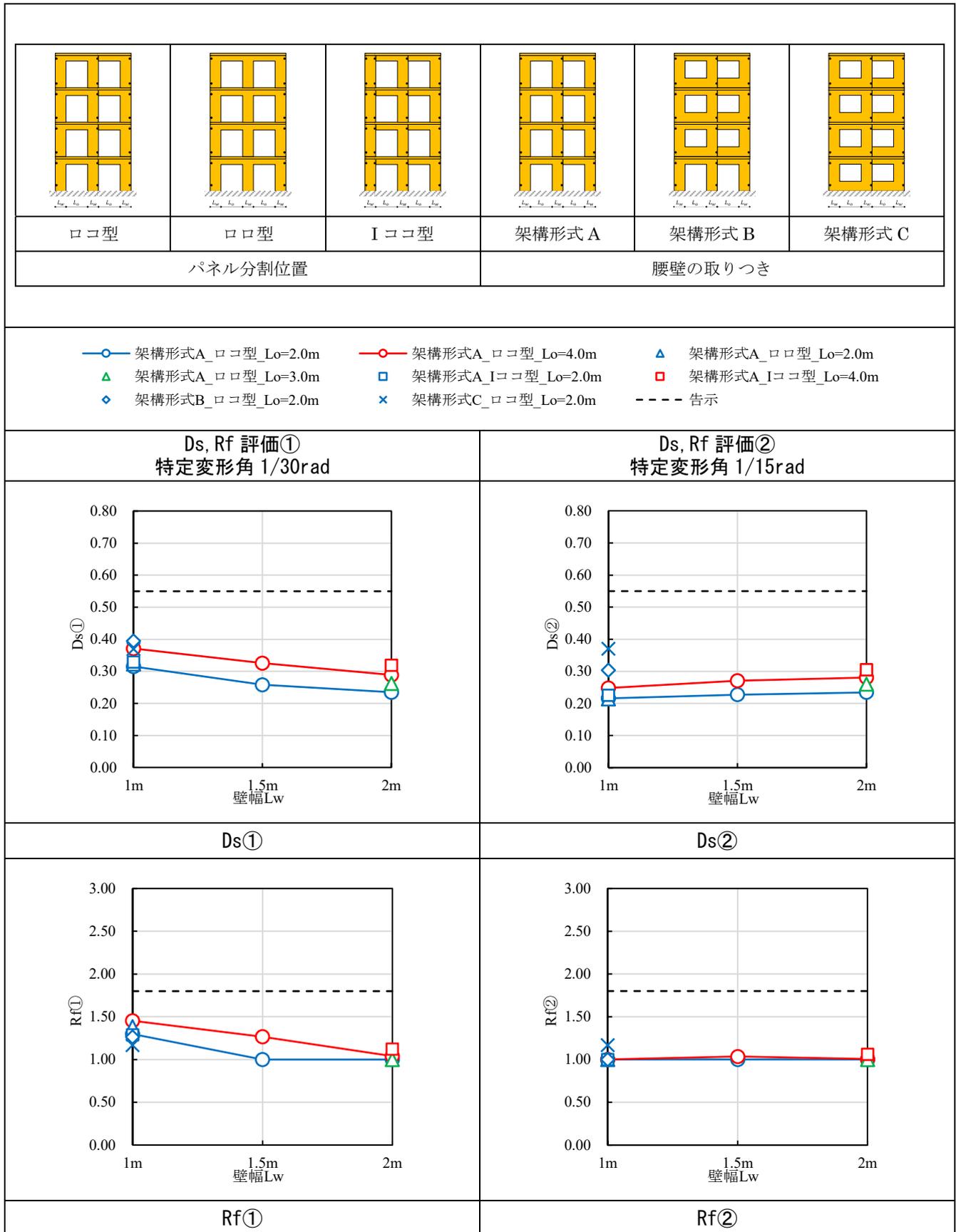
表 4.5.4-1 Ds 及び Rf 一覧 (特定変形角 1/30rad)

架構形式		階数	Lw	Ds①	Rf①
大版パネル架構②	全層腰壁無 (架構形式 A)	4F,5F,6F	1.0m	0.32 ~ 0.40	1.29 ~ 1.63
			1.5m	0.26 ~ 0.35	1.00 ~ 1.38
			2.0m	0.23 ~ 0.33	1.00 ~ 1.23
	1層垂壁のみ、 他層垂壁腰壁有 (架構形式 B)	4F,5F,6F	1.0m	0.36 ~ 0.45	1.05 ~ 1.54
	全層垂壁腰壁有 (架構形式 C)	4F,5F,6F	1.0m	0.33 ~ 0.37	1.17 ~ 1.44

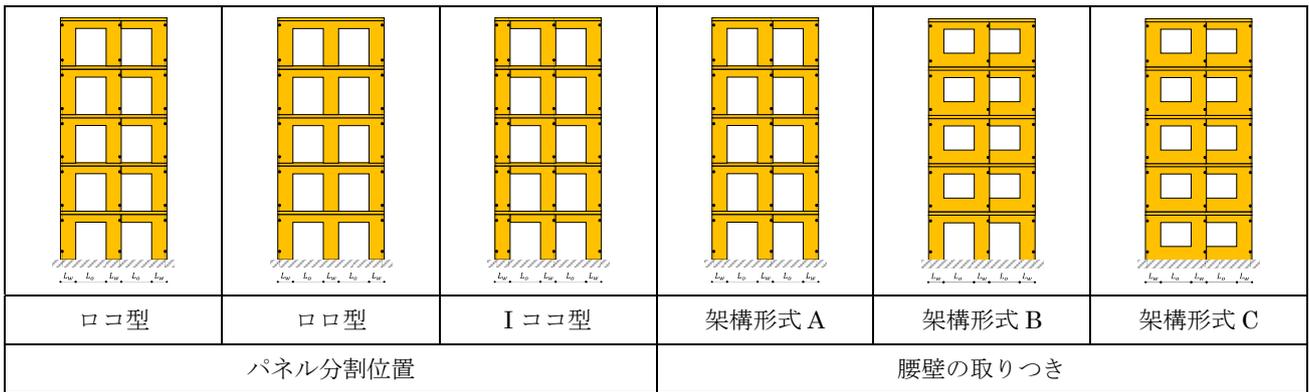
表 4.5.4-2 Ds 及び Rf 一覧 (特定変形角 1/15rad)

架構形式		階数	Lw	Ds②	Rf②
大版パネル架構②	全層腰壁無 (架構形式 A)	4F,5F,6F	1.0m	0.21 ~ 0.27	1.00 ~ 1.06
			1.5m	0.22 ~ 0.37	1.00 ~ 1.04
			2.0m	0.23 ~ 0.28	1.00 ~ 1.10
	1層垂壁のみ、 他層垂壁腰壁有 (架構形式 B)	4F,5F,6F	1.0m	0.28 ~ 0.35	1.00 ~ 1.11
	全層垂壁腰壁有 (架構形式 C)	4F,5F,6F	1.0m	0.22 ~ 0.37	1.00 ~ 1.27

4階建て

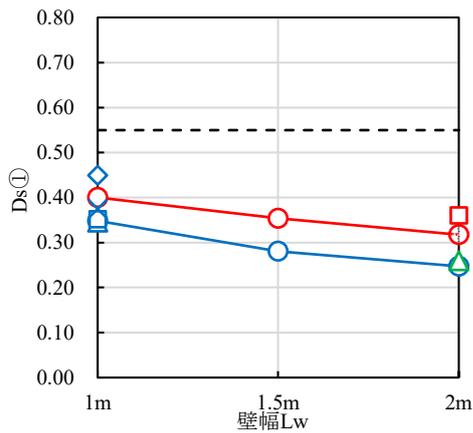


5階建て



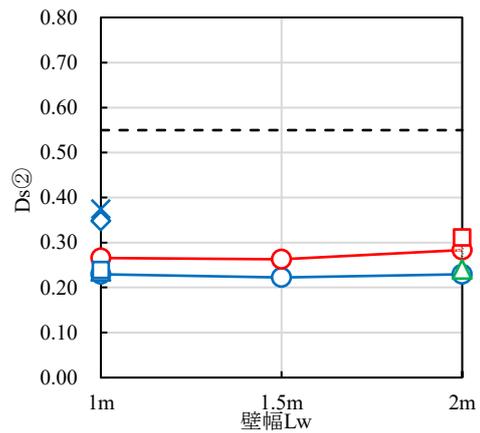
- 架構形式A\_ロコ型\_Lo=2.0m
- △ 架構形式A\_ロコ型\_Lo=3.0m
- ◇ 架構形式B\_ロコ型\_Lo=2.0m
- 架構形式A\_ロコ型\_Lo=4.0m
- 架構形式A\_Iロコ型\_Lo=2.0m
- × 架構形式C\_ロコ型\_Lo=2.0m
- △ 架構形式A\_ロコ型\_Lo=2.0m
- 架構形式A\_Iロコ型\_Lo=4.0m
- 告示

Ds, Rf 評価①  
特定変形角 1/30rad

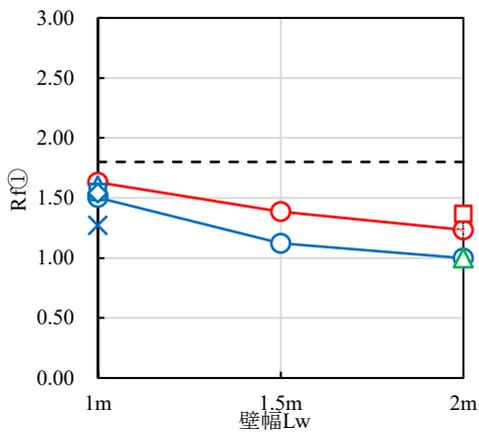


Ds①

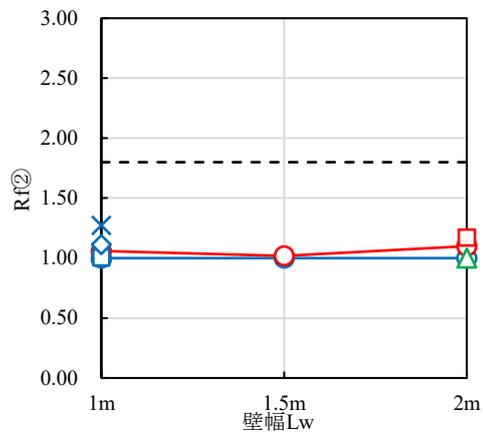
Ds, Rf 評価②  
特定変形角 1/15rad



Ds②



Rf①



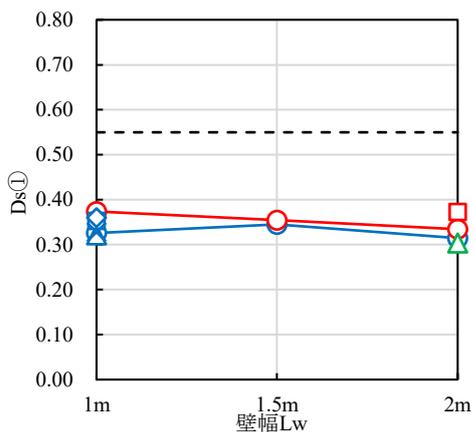
Rf②

6階建て

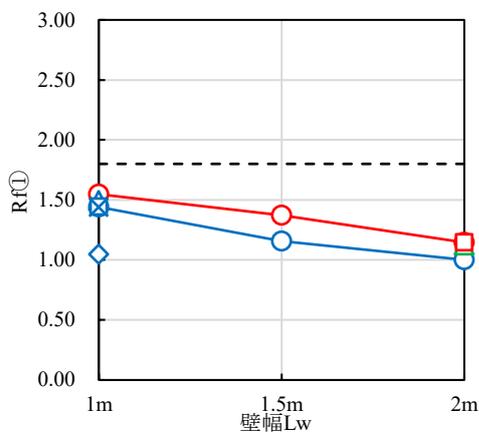
ロコ型	ロコ型	Iココ型	架構形式A	架構形式B	架構形式C
パネル分割位置			腰壁の取りつき		

- 架構形式A\_ロコ型\_Lo=2.0m
- △ 架構形式A\_ロコ型\_Lo=3.0m
- ◇ 架構形式B\_ロコ型\_Lo=2.0m
- 架構形式A\_ロコ型\_Lo=4.0m
- 架構形式A\_Iココ型\_Lo=2.0m
- × 架構形式C\_ロコ型\_Lo=2.0m
- △ 架構形式A\_ロコ型\_Lo=2.0m
- 架構形式A\_Iココ型\_Lo=4.0m
- 告示

Ds, Rf 評価①  
特定変形角 1/30rad

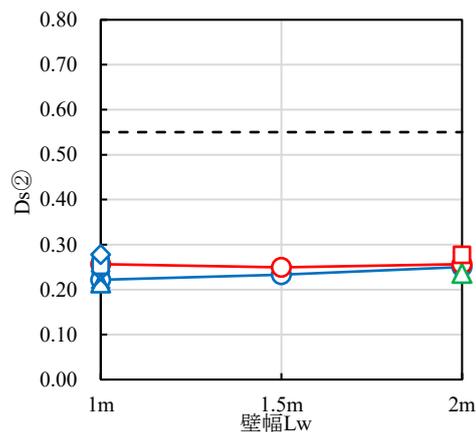


Ds①

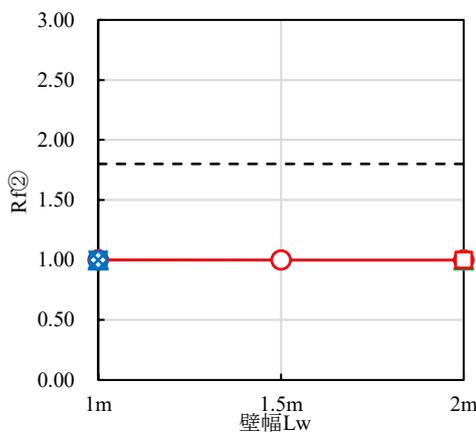


Rf①

Ds, Rf 評価②  
特定変形角 1/15rad



Ds②



Rf②

#### 4. 5. 5 今後の課題

- ・ 本検討では大版パネル架構②の垂れ壁端部の亀裂を許容し、床の引張抵抗と垂れ壁の圧縮ストラット効果により亀裂発生後も耐力を維持することを前提としている。このような抵抗メカニズムを保証するための各部の仕様については今後検討する必要がある。
- ・ 本検討では塑性化要素の応力割り増し  $R_f$  を対象としたが、今後は弾性要素の応力割り増しについても検討する必要がある。
- ・ 本検討では特定変形角を  $1/30\text{rad}$ 、 $1/15\text{rad}$  の 2 通りで  $D_s$  を算定したが、評価方法による影響が小さくなかったため、解析的に  $D_s$  を算出する場合の評価方法については今後検討の余地がある。

#### 4. 6 まとめ

本検討では 4 階建て～6 階建ての大版パネル架構②を対象として、階数、壁幅、開口幅等をパラメータとした全 36 ケースの 2 次元フレームモデルの変位増分解析を実施し、 $D_s$  及び  $R_f$  を算定した。現行の CLT パネル工法の告示  $D_s$  および  $R_f$  と比較し、階数制限を拡大した場合の課題について検討した。

限られたケースの検討結果として、特定変形角を  $1/30\text{rad}$  または  $1/15\text{rad}$  としたいずれのケースも現行告示で示される  $D_s$  及び  $R_f$  以下であることが確認された。

## 第5章 プログラム開発に向けた調査

### 5. 1 背景

中大規模建築物の木造化を普及・促進してゆくにあたっては、「CLT パネル工法」は有効な構造方法であるが、RC 造、S 造のように一貫構造計算プログラムが広く普及しているのに対し、現状の CLT パネル工法の構造計算は、任意形状立体フレーム解析を用い、複雑で手間のかかる解析作業をしています。特に、中大規模建築物の 4 階建て以上については、構造計算ルート 3 が必要であり、設計者が膨大な時間をかけて行っているという課題があります。

また、他構造をメインとする構造設計者の参入意欲を減じ、CLT パネル工法の構造設計者の裾野が広がらない状況となっています。

そういった背景より、設計者の負担軽減し、構造設計の効率化を図るシステムを開発し広く普及させていくことは、設計者の裾野を広げると共に、中大規模建築物の木造化推進に繋がる有効な手段の 1 つと考えられます。また、このような利便性の高いシステムの普及により、中大規模建築物の木造化市場におけるコスト、設計容易性、対応可能な構造設計者の増加等、現状の様々な課題に対応していくことで、木材利用の促進やカーボンニュートラル実現等、様々な社会的課題を背景に、市場性のある木造 4 階建て以上の建築拡大が更に進展することが予想されます。

### 5. 2 目的

中大規模建築物の木造化を普及・促進のために、「一貫構造計算システム開発の可能性」についての調査を行い、今後の方向性や課題等について把握を行うことを目的としています。

### 5. 3 実施内容

モデル設計例のモデリングの実情の確認、調査方針の確認および事業成果について、学識経験者、構造設計実務者等により構成される本委員会の委員長および委員の方に意見の確認を行いながら、以下の実施項目を行いました。

#### (1) 構造設計者が行う解析手法における現状の把握

現行の CLT パネル工法の構造計算の解析作業を確認するために、モデル設計例を使用した、現行のモデリング手法の手順などを把握し、課題等について把握を行う。

#### (2) 一貫構造計算システム開発についての調査

建築分野における構造設計システムの開発で実績がある企業へ、CLT パネル工法向けの一貫構造計算システムの開発に向けた、開発方針やコスト、スケジュール等についての調査を行い、課題等について把握を行う。

## 5. 4 構造設計者が行う解析手法における現状の把握

### 5. 4. 1 モデル設計例 4階建て共同住宅の概要

モデル設計は、各階ごと4住戸並列配置として総4階建ての共同住宅で計画した。共同住宅の場合は、住戸内に居住空間を仕切るための内部間仕切壁が多くあり、耐力壁配置が容易に計画できることから、床面積当りの耐力壁長さを調整できるなど、耐力壁の配置がしやすいので、解析においては構造を成立させ易さがメリットとしてある。

前記のことから耐力壁パネルは、過大な軸力を支持するような状態や過大な地震力を負担するような状態にはならない。よって、1時間耐火仕様のための耐火被覆にせっこうボードが多く使用され地震力が多少大きくなったとしても、厚み150mmの5層5プライの耐力壁パネルで構造的に成立すると判断して設計を行った。表5.4.1-1に建物概要を示す。

表 5.4.1-1 モデル設計の建物概要

項目	内容
用途	共同住宅
階数	4階建て
4階床面積	168.50m <sup>2</sup>
3階床面積	168.50m <sup>2</sup>
2階床面積	168.50m <sup>2</sup>
1階床面積	174.50m <sup>2</sup>
延床面積	680.00m <sup>2</sup>
建築面積	202.64m <sup>2</sup>
耐火仕様	1時間耐火
基礎	杭基礎
CLTの強度等級	1階 S120-5-5 2階、3階、4階 S90-5-5

## 5. 4. 2 モデル設計例を活用したモデリングについて

ここでは、5.4.1 に示したモデル設計例の具体的なモデル化手順等を示す。ここで示す手順は、具体的なパネル工法のモデル化手順を示していくものであり、計算方法を示すものではない。CLT パネル工法がモデル化できる解析プログラムはいくつか市販のソフトで対応できるが、ここでは構造システムの SNAP Ver8 によるモデル化を示す。基本的なモデル化手法は、「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」(以下 CLT パネル工法マニュアル) に準拠する。以下に解析モデル全体像を示す。

本設計例の特徴としては、スラブの面外曲げ剛性の扱いを 1 次設計時と 2 次設計時で変えている。

- ・ 1 次設計時：スラブの剛性および耐力を考慮 → スラブの継ぎ手を剛接合
- ・ 2 次設計時：スラブの継ぎ手が降伏 → スラブ継ぎ手位置でピン接合

いずれの場合もスラブの面内剛性は、剛床仮定としてモデル化している。

全体図

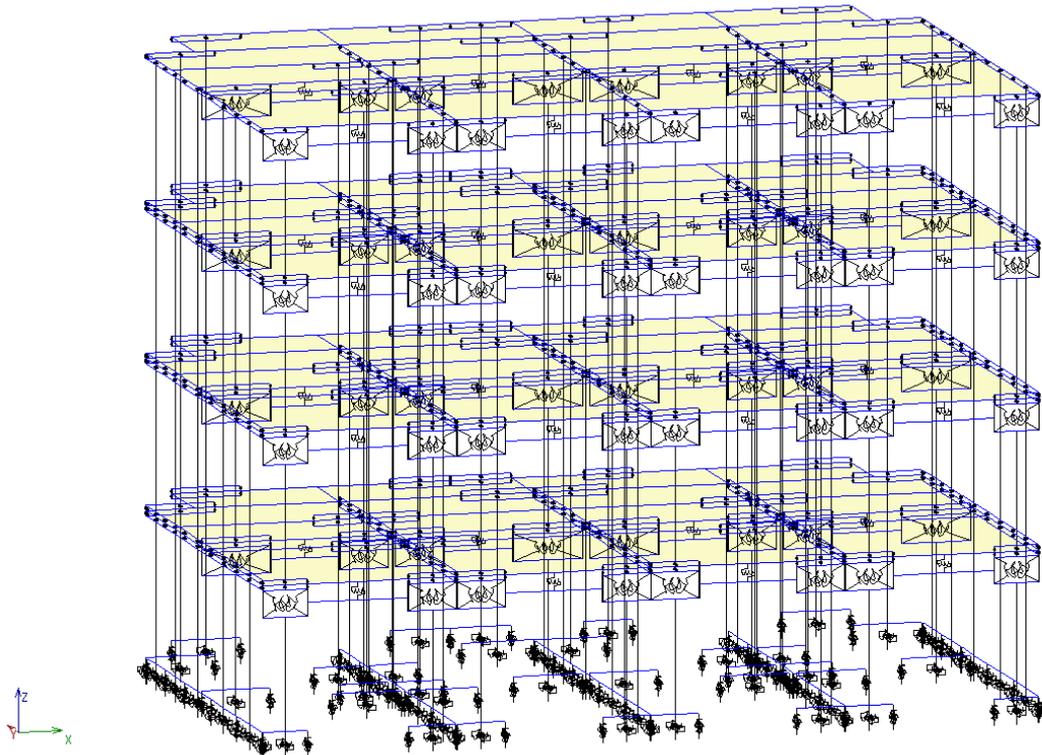


図 5.4.2-1 解析モデル全体図

(1) 解析モデル概要

本設計例は、X 方向が垂れ壁と壁のパネルゾーンを有するフレームであり、Y 方向は連続壁を有するフレームである。設計例は一般的な CLT パネル工法を実現するにあたって必要なモデル化方法が網羅できる形となっている。今回は、垂れ壁パネルが分割されているモデルとなる。

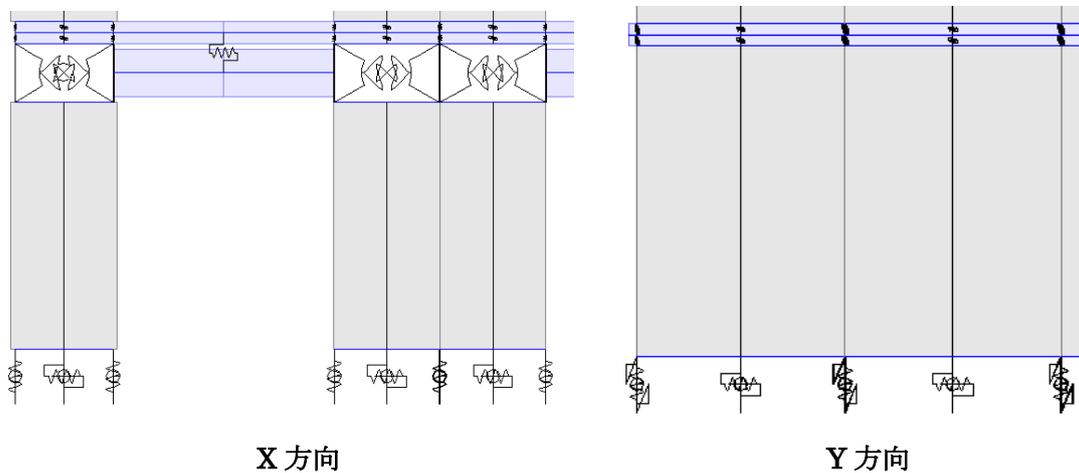


図 5.4.2-2 CLT パネルの解析モデル

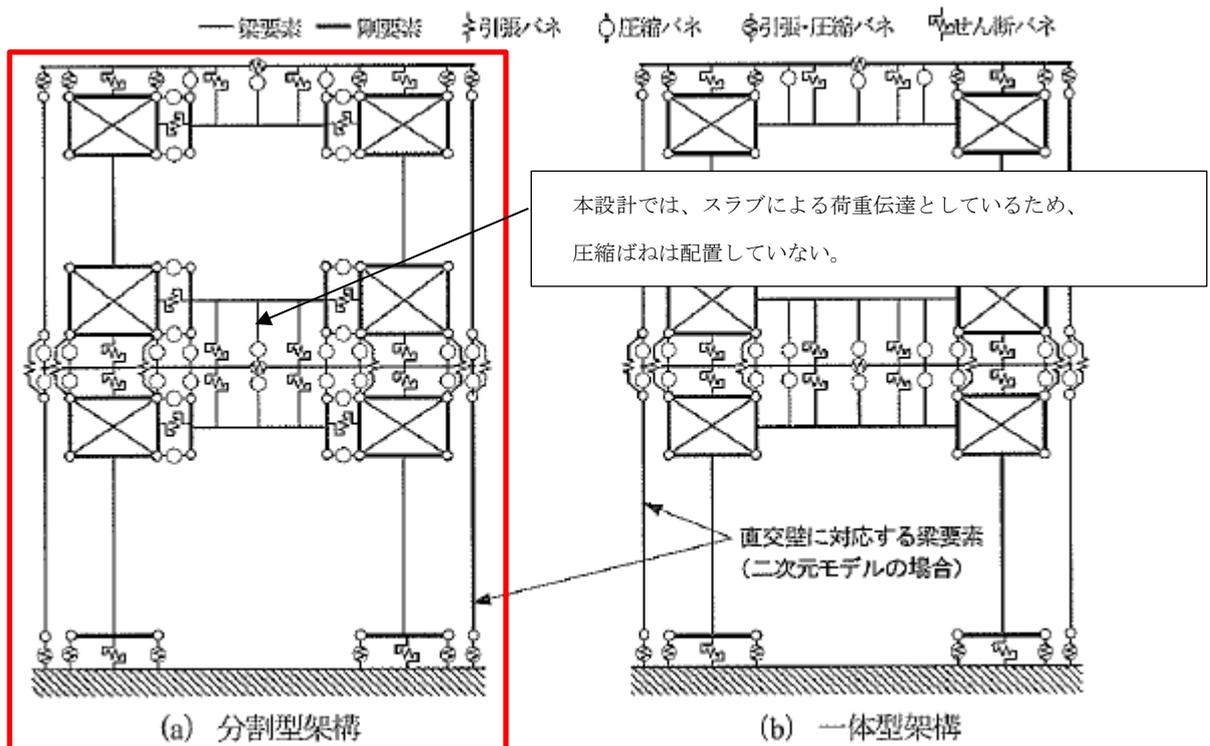


図 5.4.2-3 CLT の解析モデル (CLT パネル工法マニュアルより抜粋)

母材部分については、CLT 壁パネルおよび垂れ壁パネルの曲げ、せん断、軸力を評価できる線材置換とし、パネルゾーンについては、せん断剛性を評価する等価なブレース置換とする。CLT パネル工法では、母材である CLT パネルとそれらを繋ぐ金物を表現する（せん断バネ、引張バネ）、木同士の接触を表現する（圧縮ばね）をモデル化することが大きな特徴となっている。各階のスラブにおいても、幅 1000mm を有効幅として、スラブ厚さに応じた断面性能を有する線材としてモデル化する。水平構面については、全面 CLT スラブで構成されているため、剛性、強度が十分に確保できるものとして剛床仮定としている。

その他、一般的な解析モデルの取り扱いとして、荷重入力や地震力の設定等の扱いはあるが、ここでは CLT パネル工法のモデル化が主な記載項目となるため、CLT パネル工法に関わる特別な設定以外は、記載を省略する。

## (2) フレームモデルの座標および部材配置

ここでは、パネル工法のモデル化の部材座標の設定について示す。通常の柱梁を有する構造とは異なり、CLT パネルの割り付けに応じてモデル化が決定する形となる。解析の都合上、各種ばねを配置するために、微小な節点間距離を設定する必要がある。それぞれのパネルをオフセットした節点間に各種バネを設定する。節点位置については、各バネ配置が必要な部分に配置する。

水平方向のパネルの繋がる部分については、各部材面から 5mm オフセットした部分を部材モデル長さとしている。（下図中央の拡大図）

基礎部分の取り合い部は、コンクリート天端レベルに CLT パネルの下端が来るように設定している。

スラブのモデル化については、スラブレベルの中心に部材を配置し、その部材と上下のパネル間の節点間にばねを配置する。

スラブ継ぎ手位置は、1 次設計と 2 次設計で境界条件を変更（今回の設計例における設定）。

以上が CLT パネル工法のモデル化における部材および節点配置のルールとなる。

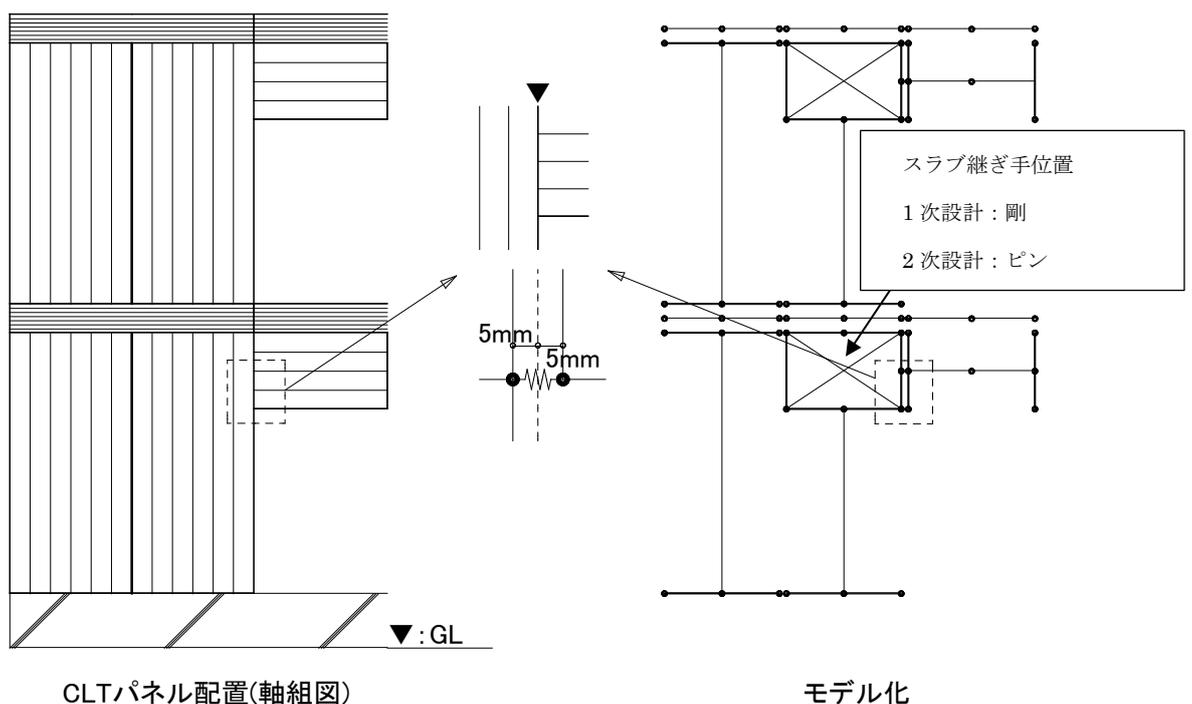


図 5.4.2-4 CLT パネル工法の部材・節点配置

### (3) CLT パネルの断面性能の設定

CLT は直交集成版の材料であるため、面内性能、面外性能および強軸、弱軸と、各方向で部材の剛性、強度が異なることが特徴である。解析モデルでは、すべての性能を入力することが困難であるため、それぞれ部位によって性能の入力値が異なる。

CLT パネル工法の全体モデルでは、面内性能の強軸の性能を入力することが一般的である。

以下、解析プログラムの SNAP の入力画面を用いて説明する。

#### ・材料のヤング係数の設定

[材料]の中のヤング係数の入力部分に、強軸のヤング係数を入力し、せん断弾性係数は、幅方向のせん断弾性係数を入力する。壁および垂れ壁については、面内方向の強軸とし、スラブについては、面外方向の強軸を入力する。単位容積重量については、ここでは入力していない。壁パネル重量自体は、パネルゾーンなどの入力もあるため、層レベルの梁要素の部材荷重として入力している。

表 5.4.2-1 [材料]の入力

	名称	ヤング係数(N/mm <sup>2</sup> )		せん断弾性係数(N/mm <sup>2</sup> )		単位容積重量(kN/m <sup>3</sup> )		熱膨張係数(1.0E-5/°C)
		コンクリート等	鉄筋/鉄骨	コンクリート等	鉄骨	鉄筋コンクリート等	鉄骨	
2	MX60-5-7	5536.00	0.00	500.00	0.00	0.00001	0.00000	0.0000
3	S90-5-5	7128.00	0.00	500.00	0.00	0.00001	0.00000	0.0000
4	S120-5-5	9504.00	0.00	500.00	0.00	0.00001	0.00000	0.0000

#### ・部材の断面性能の設定

部材断面性能については、実態の部材断面をモデル化して入力する。

[断面-木はり]、[断面-木柱]の中で各部材断面を定義する。柱の入力は様々な方法が考えられるが、ここでは、部材軸を固定して、強軸方向の断面を Dz、Dy でそれぞれ変えながら入力している。符号は壁長さおよび末尾に方向を示す形としている。

表 5.4.2-2 [断面-木はり]、[断面-木柱]の入力

	名称	Z軸		端部	寸法(mm)		強軸方向	強軸方向の向き	
		下	上		Dz	Dy			
1	端部1	W1000_X			1:両端	1000	150	0:z方向	0:左向き
	端部2				1:なし	0	0		
2	端部1	W1250_X			1:両端	1250	150	0:z方向	0:左向き
	端部2				1:なし	0	0		
3	端部1	W1425_X			1:両端	1450	150	1:y方向	0:左向き
	端部2				1:なし	0	0		
4	端部1	W1425_Y			1:両端	150	1450	1:y方向	0:左向き
	端部2				1:なし	0	0		
5	端部1	W1500_X			1:両端	1500	150	0:z方向	0:左向き
	端部2				1:なし	0	0		
6	端部1	W1500_Y			1:両端	150	1500	1:y方向	0:左向き
	端部2				1:なし	0	0		

※材質や使用環境の入力項目については、プログラム内で断面算定を行わないため、便宜上何かを設定することとする。

梁部材の入力については、垂れ壁パネルおよび、スラブの入力とする。スラブについては、梁幅 1000mm、梁せいをスラブ厚さとして入力する。

表 5.4.2-3 梁部材の入力

	名称	Z軸		端部	寸法(mm)		会社	接合金物			強軸方向
		下	上		B	D		製品	型番	低減係数	
1	端部1	HS		3:全断面	1000	210	用しない			0.0000	0:z方向
	中央			3:なし	0	0					
	端部2			3:なし	0	0	用しない			0.0000	
2	端部1	HW		3:全断面	1000	210	用しない			0.0000	0:z方向
	中央			3:なし	0	0					
	端部2			3:なし	0	0	用しない			0.0000	
	端部1	WG1		3:全断面	150	550	用しない			0.0000	0:z方向

解析で入力している部材配置を示す。

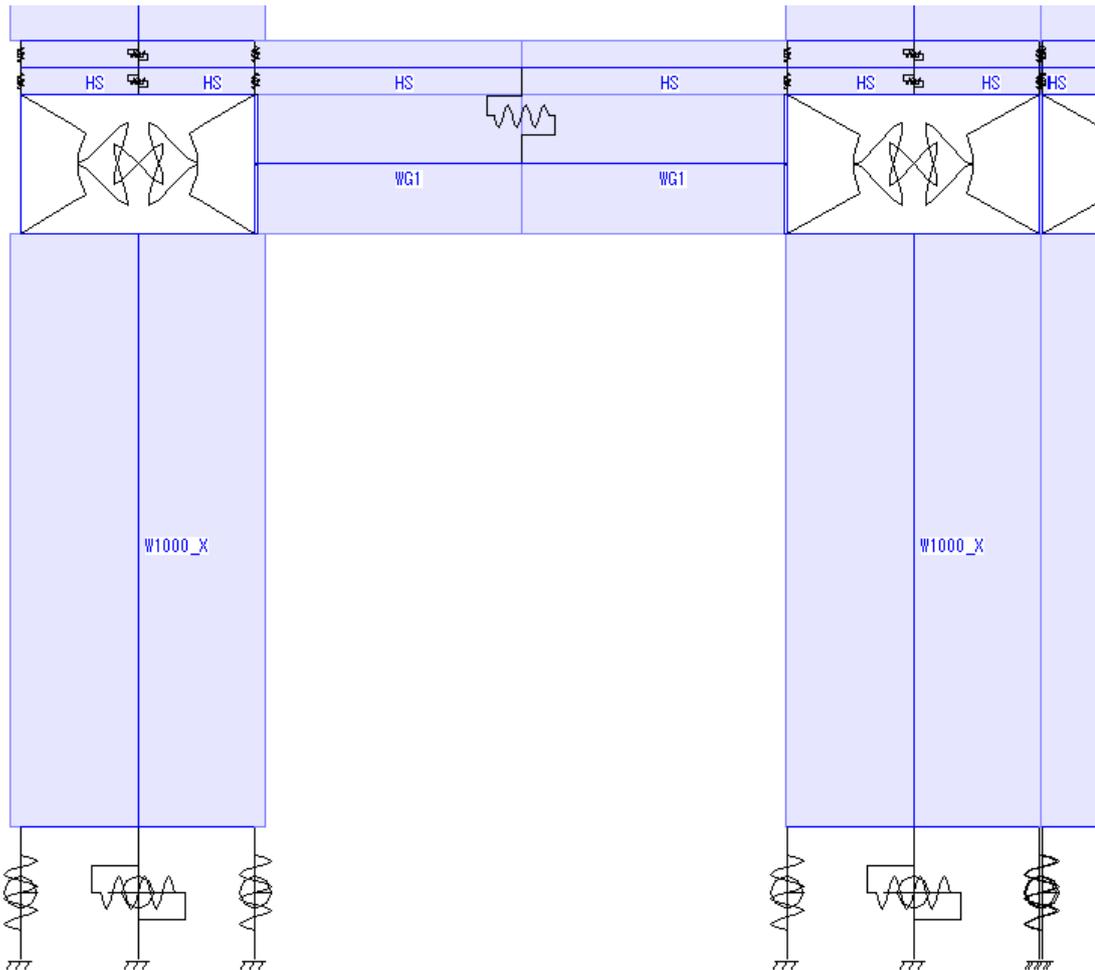


図 5.4.2-5 解析モデルの部材配置

(4) CLT パネル工法のばね要素の設定

CLT パネル工法の特徴であるばね配置について示す。CLT パネル工法で用いるバネの種類としては、大きく分けて以下の 3 種類となる。

- 圧縮ばね  
木同士、木と基礎の接触による抵抗を評価するためのもの
- 引張バネ  
木同士、木と基礎の引き寄せる接合金物を評価するためのもの
- せん断バネ

木同士、木と基礎の横ずれを抑えるための接合金物を評価するためのもの

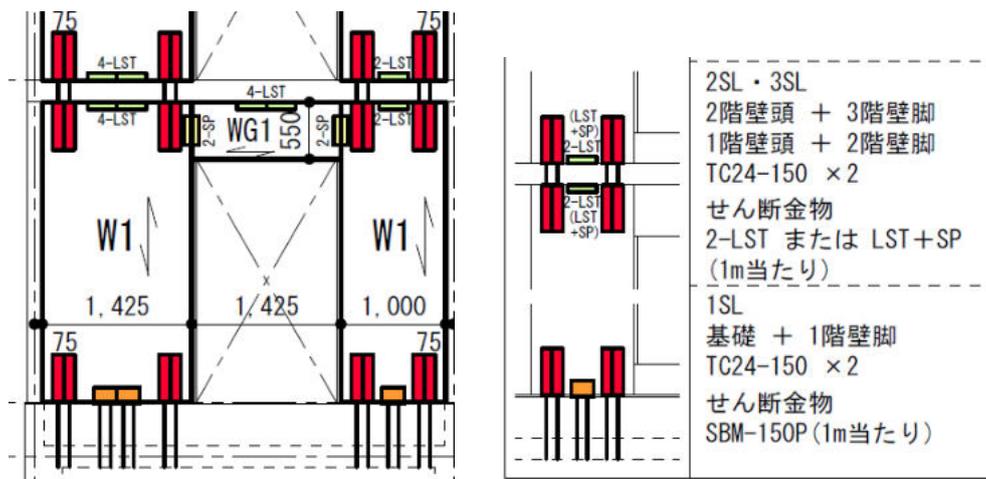


図 5.4.2-6 金物配置図

引張バネ、せん断バネについては、各金物の特性値を入力することになり、圧縮ばねについては、接触面積などから剛性・耐力を計算して入力することとなる。各種計算の詳細は CLT パネル工法マニュアルに記載されているのでここでは省略する。

#### 1) 圧縮ばね特性値

圧縮ばね特性値は、壁-基礎、壁-垂れ壁、壁-床の 3 パターンとなる。それぞれの特性値は以下の通りである。解析安定化のために、圧縮ばねの TY、RZ については、微小なばね剛性を入力している。

壁-基礎 圧縮ばね特性

「2016年版CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル」より、壁パネル-基礎のモデルとし、 $K2=0$ のバイリニアを採用した。

- tw : パネルの厚さ (mm)  
 Dw : パネルの幅 (mm)  
 d : 引張接合部から壁パネル圧縮縁までの距離 (mm)  
 Ae : 有効支圧面積 (=壁パネル厚×d/4)  
 Fc : 圧縮基準強度 = 15.12 (N/mm<sup>2</sup>) (強軸)  
                           = 10.08 (N/mm<sup>2</sup>) (弱軸)  
 Ke : 支圧剛性 = 15.60 (N/mm<sup>3</sup>)

壁-基礎

(外層ラミナ 強軸) S120-5-5

パネ記号	dc (mm)	tw (mm)	Dw (mm)	d (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	R	Py (kN)	rPy (kN)	K1 (kN/mm)	rK1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)
SC 1000 (B)	115	150	1,000	885	33,187.5	0.735	501.8	368.6	517.7	279.3	0.0
SC 1250 (B)	115	150	1,250	1,135	42,562.5	0.754	643.5	485.0	664.0	377.1	0.0
SC 1425 (B)	115	150	1,425	1,310	49,125.0	0.763	742.8	566.7	766.4	446.2	0.0
SC 1500 (B)	115	150	1,500	1,385	51,937.5	0.766	785.3	601.8	810.2	475.9	0.0
SC 1575 (B)	115	150	1,575	1,460	54,750.0	0.769	827.8	636.9	854.1	505.6	0.0
SC 1925 (B)	115	150	1,925	1,810	67,875.0	0.780	1,026.3	800.9	1,058.9	644.9	0.0
SC 2000 (B)	115	150	2,000	1,885	70,687.5	0.782	1,068.8	836.1	1,102.7	674.8	0.0

↑引張接合部中心からの縁距離。接合部詳細が不明の為、施工マニュアルp128のはしあき距離115mmとした

壁-床/屋、壁-垂れ壁 圧縮ばね特性

「2016年版CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル」より、壁パネル-床パネルのモデルとし、 $K2=1/8 \times K1$ のバイリニアを採用した。

壁-床/屋根

(外層ラミナ 強軸)

パネ記号	dc (mm)	tw (mm)	Dw (mm)	d (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	R	Fcv	E0	E90	Z0	Py (kN)	rPy (kN)	K1 (kN/mm)	rK1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)
SC_1000	115	150	1,000	885	33,187.5	0.735	6.00	9000	300	210	199.1	146.3	47.4	25.6	5.9
SC_1250	115	150	1,250	1,135	42,562.5	0.754	6.00	9000	300	210	255.4	192.5	60.8	34.5	7.6
SC_1425	115	150	1,425	1,310	49,125.0	0.763	6.00	9000	300	210	294.8	224.9	70.2	40.9	8.8
SC_1500	115	150	1,500	1,385	51,937.5	0.766	6.00	9000	300	210	311.6	238.8	74.2	43.6	9.3
SC_1575	115	150	1,575	1,460	54,750.0	0.769	6.00	9000	300	210	328.5	252.7	78.2	46.3	9.8
SC_1925	115	150	1,925	1,810	67,875.0	0.780	6.00	9000	300	210	407.3	317.8	97.0	59.1	12.1
SC_2000	115	150	2,000	1,885	70,687.5	0.782	6.00	9000	300	210	424.1	331.8	101.0	61.8	12.6

壁-垂れ壁

(外層ラミナ 強軸)

パネ記号	dc (mm)	tw (mm)	Dw (mm)	d (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	Fcv	E0	E90	Z0	Py (kN)	K1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)
1F_550	0	150	550	550	20,625.0	6.00	12000	400	150	123.8	82.5	10.3
2F_550	0	150	550	550	20,625.0	6.00	9000	300	150	123.8	61.9	7.7

以下にばね入力例を示す。ここでは、壁-基礎のばねを示す。ばね剛性は[スプリング]の入力により、耐力については、復元力特性の[単軸バネ]によって入力する。材軸方向のバネ TX に rK1 の値を入力する。復元力特性はバイリニアスリップモデルとし、圧縮ばねとなるため、正側のみの考慮として、負側は耐力を 0 としして抵抗しないようにしている。降伏耐力  $F_y$  のところに、 $rPy$  を入力する。二次剛性を 0 とするため  $\beta=0.001$  と微小な値を入力する。復元力特性の p1~p7 のパラメータについては、1.0 を入力する。

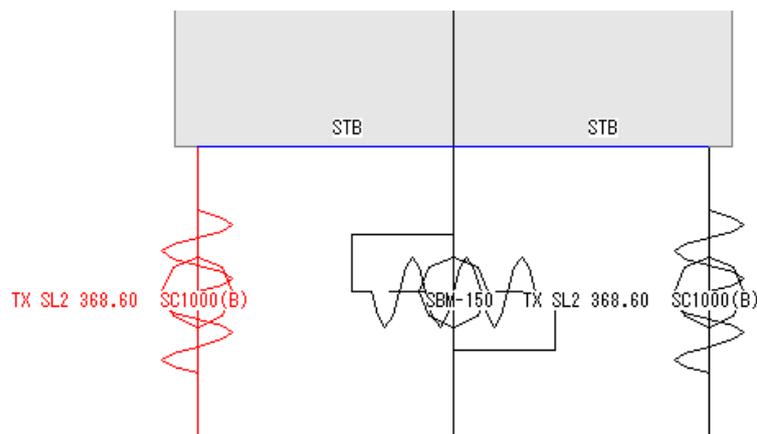


図 5.4.2-7 Y2 通り壁脚バネ配置

表 5.4.2-4 【スプリング】 設定値 (SC1000 (B))

	節点1	節点2	剛性(kN/mm,kN.m/rad)						復元力特性
			TX	TY	TZ	RX	RY	RZ	単軸バネ
1299	1FF01	1BF01	279.3000	0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	SC1000(B)
1300	1FF03	1BF03	279.3000	0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	SC1000(B)

表 5.4.2-5 【単軸バネ】 設定値 (SC1000 (B))

	名称	種別	正側(kN,kN.m)				正負対称	負側(kN,kN.m)				
			$F_c$	$F_y$	$\alpha$	$\beta$		$F_c'$	$F_y'$	$\alpha'$	$\beta'$	
28	TX	SC1000(B)	0.0	368.6	0.0000	0.0010	0:しない	0.0	0.0	0.0000	0.0010	
	TY		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0010	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
	TZ		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0010	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
	RX		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0010	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
	RY		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0010	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
	RZ		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0010	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000

## 2) 引張バネ特性値

本設計例では、CLT パネル工法マニュアルに記載のある U 型金物タイプを用いている。耐力は U 型金物よりもボルトが先行降伏するとしてボルト耐力で決定し、剛性については、ボルト長さをパラメータとして算定する式に準じて算定している。引張ばねであるため、負側に値を入力しており、圧縮側では作用しないようにしている。中間階での引張ばねの配置を示している。CLT パネル工法マニュアルでは、圧縮ばねはスラブと壁パネル間を繋ぐためスラブの上下に圧縮ばねが配置されるが、引張ばねについては、上下の壁パネルを繋ぐものとなるため、スラブの節点を繋がず上下の壁の節点を繋ぐようにばねを配置する。しかし、この方法とすると解析プログラム SNAP では、層をまたぐ部材配置となり層せん断力等が正常に集計されないこともあるため、本設計例では、スラブ上下で分割して引張ばねを配置する。ただし、上下の直列ばねとなるため、剛性を 2 倍として入力する。

また、鉛直荷重時に生じる鉛直変位により、節点変位が下がった分だけ初期に引張ばねが効かない場合がある。これを回避するには、SNAP 上の設定でスプリングの「初期解析をしない」とすれば、鉛直荷重時の節点変位を引き継がないため、初期から引張ばねを効かせることができる。この設定については、実情に応じた状況を判断する設定があると考えられる。本設計では、プラットフォーム工法を想定し、引きボルトに締め直し等は行わないとして、鉛直荷重による変形を考慮する形としている。

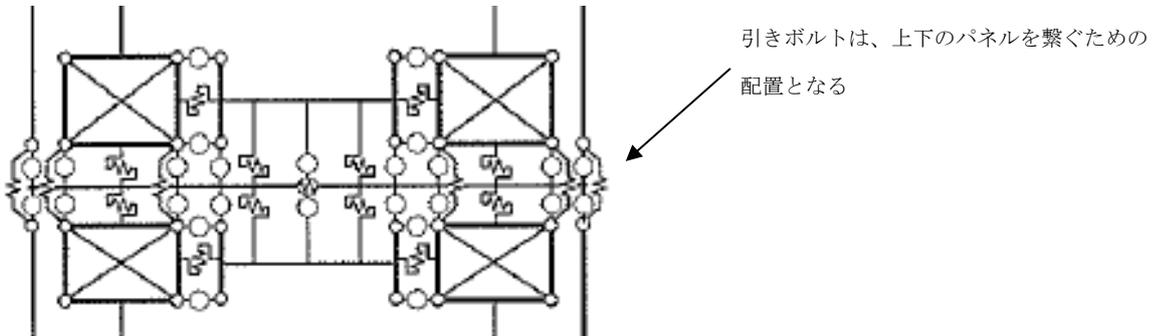


図 5.4.2-8 引きボルトの配置例 (CLT パネル工法マニュアルより抜粋)

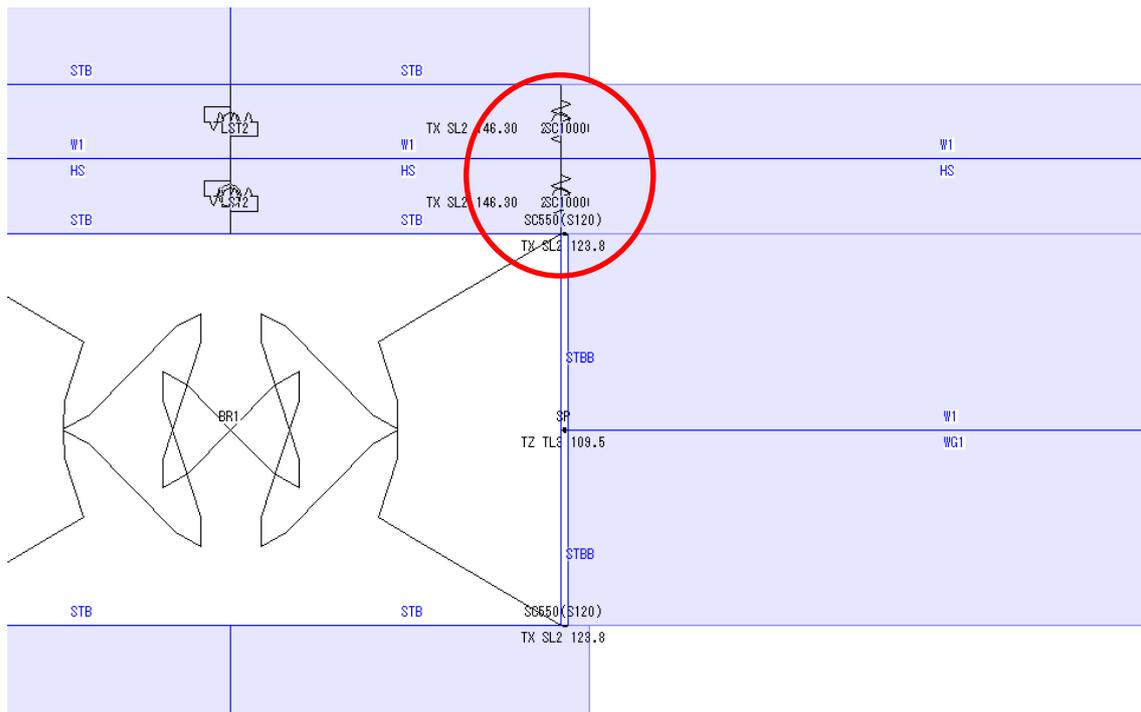


図 5.4.2-9 本設計例の引張金物のばねの配置例

表 5.4.2-6 ボルト耐力表 (CLT パネル工法マニュアルより抜粋)

ボルト径	ねじ部の有効断面積 $A_{be}$ ( $\text{mm}^2$ )	軸部断面積 $A_b$ ( $\text{mm}^2$ )	ABR400			ABR490			
			判定用終局耐力 $P_{ub}$ (kN)	設計用終局耐力 $P_{ud}$ (kN)	降伏耐力 $P_y$ (kN)	判定用終局耐力 $P_{ub}$ (kN)		設計用終局耐力 $P_{ud}$ (kN)	降伏耐力 $P_y$ (kN)
						計算値	告示※5		
M16	157	166	73.0	42.9	36.9	89.5	86.0	59.3	51.0
M20	245	260	114.4	67.2	57.6	140.1	135.0	93.0	79.6
M22	303	320	140.8	82.7	71.2	172.5	—	114.4	98.5
M24	353	375	165.0	96.9	83.0	202.1	—	134.1	114.7
M27	459	485	213.4	125.4	107.9	261.4	—	173.4	149.2
M30	561	594	261.4	153.5	131.8	320.2	—	212.4	182.3
M33	694	731	321.6	189.0	163.1	394.0	—	261.3	225.6
M36	817	864	380.2	223.3	192.0	465.7	—	308.9	265.5
M39	976	1030	453.2	266.3	229.4	555.2	—	368.2	317.2
M42	1120	1180	519.2	305.0	263.2	636.0	—	421.9	364.0

※5: 10.6.2-4式の $P_{ub}$ の説明にあるとおり、告示第十第2第七号イ及びロに基づき、ABR490・M16は86kN、ABR490・M20は135kNとしてよい。



[スプリング]の剛性 TZ に  $k_1$  の値を入力し、[単軸バネ]の復元力特性は、標準トリニアモデルとして、 $P_y$ 、 $P_u$  の値をそれぞれ入力する。剛性低減係数  $\alpha$  についても表の値を入力する。せん断ばねについては、正負同様の性能として対称として扱う。各せん断ばねの特性値自体は CLT パネル工法マニュアルに記載のある金物製品の場合はその値を用い、実験などにより剛性・耐力を行ったものについては、それによって決まった値を採用する。

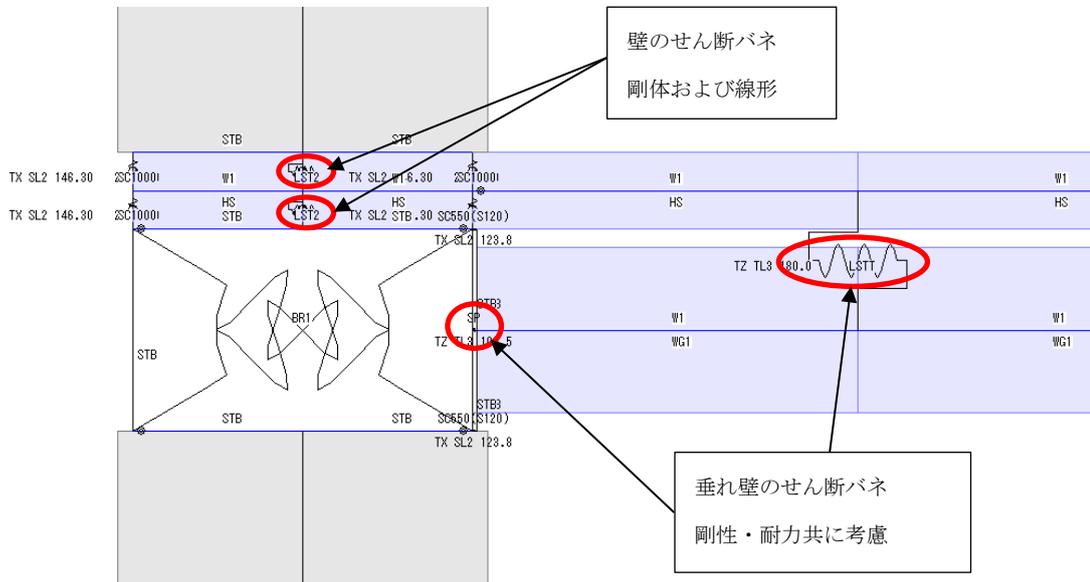


図 5.4.2-11 せん断金物のばねの配置例

表 5.4.2-9 垂れ壁に取り付くせん断金物

金物	接合部位	ねじ本数	$k_1$	$\delta_y$	$P_y$	$\delta_v$	$\delta_u$	$P_u$	$k_2$	$\alpha$
SP	壁-垂れ壁	18	20.0	4.39	52	7.11	20.7	110	3.5	0.18
LSTT	垂れ壁-床/屋根	72	23.8	6.58	108	10.2	23.9	180	4.2	0.18

表 5.4.2-10 [スプリング] 設定値 (SP、LSTT)

節点1	節点2	剛性(kN/mm, kN.m/rad)						復元力特性		座標系	
		TX	TY	TZ	RX	RY	RZ	単軸バネ	種別	局部座標	
360	4CF27 RFF27	0.0000	0.0000	23.8000	0.0000	0.0000	0.0000	LSTT	1:部材座標系		
361	1CF04 1CF03	0.0000	0.0000	20.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SP	1:部材座標系		

表 5.4.2-11 [単軸バネ] 設定値 (SP)

名称	種別	正側(kN, kN.m)				正負対称	負側(kN, kN.m)				
		$F_c$	$F_y$	$\alpha$	$\beta$		$F_c'$	$F_y'$	$\alpha'$	$\beta'$	
TX	SP	0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
TY		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
TZ		23:標準トリニアバネ(TL3)	52.0	109.5	0.1800	0.0001	1:する	52.0	109.5	0.1800	0.0001
RX		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
RY		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
RZ		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000

表 5.4.2-12 [単軸バネ] 設定値 (LSTT)

名称	種別	正側(kN, kN.m)				正負対称	負側(kN, kN.m)				
		$F_c$	$F_y$	$\alpha$	$\beta$		$F_c'$	$F_y'$	$\alpha'$	$\beta'$	
TX	LSTT	0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
TY		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
TZ		23:標準トリニアバネ(TL3)	108.0	180.0	0.1800	0.0001	1:する	108.0	180.0	0.1800	0.0001
RX		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
RY		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000
RZ		0:弾性(EL1)	0.0	0.0	0.0000	0.0000	1:する	0.0	0.0	0.0000	0.0000

(5) 仕口部のブレース置換の設定

CLT パネル工法のモデル化で、垂れ壁が取り付く場合には、仕口部の影響を考慮するため、壁パネルを線材とブレース置換による仕口部に分けてモデル化する。モデル化手法は、CLT パネル工法マニュアルに記載の通りとする。仕口部分の周辺部材は、剛体部材として、モーメント抵抗が生じないように水平材の両端のピン接合とする。ブレース置換部分は、軸バネを配置してモデル化する。CLT パネル工法マニュアルでは、トラス材を配置したブレース置換を想定しているが、軸バネで表現する場合には、右辺の L を左辺側に移行することで  $EAb/L$  となり軸剛性  $kb$  とすることができる。仕口部分はすべて線形の要素とする。

$$EA_b = \frac{G \cdot A \cdot L}{2H \cdot \cos^3 \theta} \quad (3.1.2-1)$$

ここで、 $G$  : 壁パネルの面内せん断弾性係数  
 $A = L \cdot t_{gross}$   
 $L, H$  : せん断パネルの幅、高さ (図 3.1.2-1)  
 $\theta$  : ブレース要素の角度 (図 3.1.2-1)  
 $t_{gross}$  : 壁パネルの厚さ

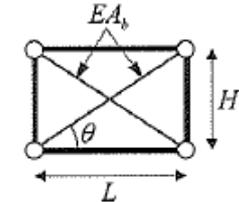


図 5.4.2-12 仕口部のブレース置換概要 (CLT パネル工法マニュアル抜粋)

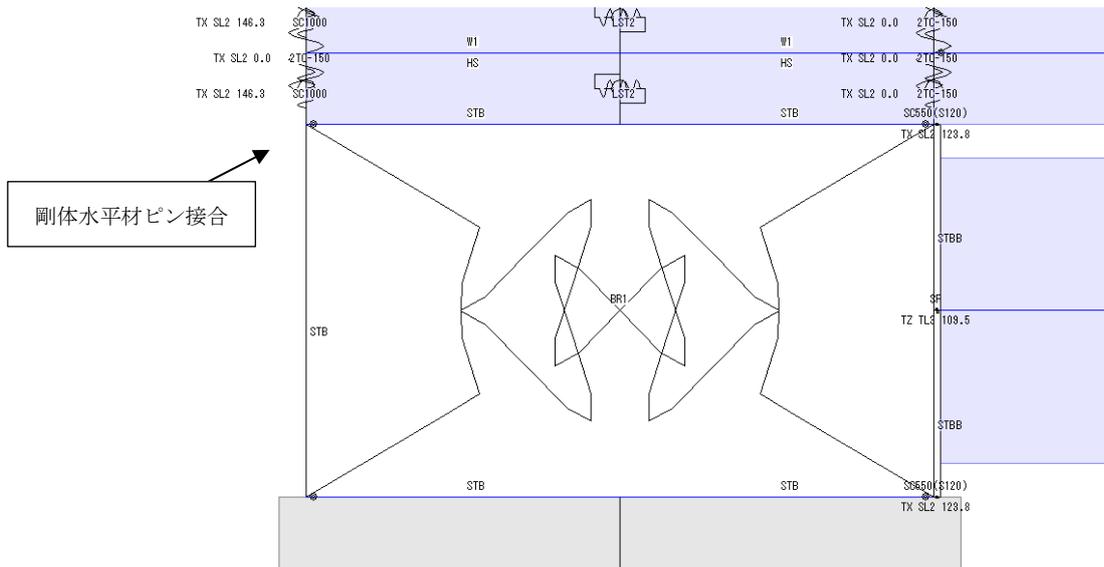


図 5.4.2-13 仕口部分のモデル化

表 5.4.2-13 [スプリング] 設定値 (BR1)

節点1	節点2	剛性 (kN/mm, kN.m/rad)							復元力特性	座標系	
		TX	TY	TZ	RX	RY	RZ	単軸バネ		種別	局部座標
1831	1MF01 1TF03	88.8000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	BR1	1:部材座標系	
1832	1MF03 1TF01	88.8000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	BR1	1:部材座標系	

(6) 剛体部材の設定

CLT パネル工法のモデル化の中で、壁の中ではばねを配置するための水平の剛体部材や、仕口部分の周辺の剛体部材の配置が必要となる。剛体部材については、便宜上、断面性能やヤング係数が大きな値を設定して入力している。ここでは、本解析モデルで用いた剛体部材の設定を示す。解析上の有効桁数の問題なども

あるため、あまり大きな値を入れると解析上うまくいかないこともあるため、解析への影響が出ない範囲の大きな値を入力することとなる。本解析では STB という符号を配置し、断面性能およびヤング係数で直接的に値を指定している。

表 5.4.2-14 【断面性能】 設定値 (STB)

	名称	せん断用断面積 (mm <sup>2</sup> )			断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )		
		A	Asz (面内)	Asy (面外)	Iy (面内)	Iz (面外)	Ix (捻り)
1	STB	1.0000E9	1.0000E9	1.0000E9	1.0000E15	1.0000E15	1.0000E15

表 5.4.2-15 【材料】 設定値 (STB)

	名称	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )		せん断弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )		単位容積重量 (kN/m <sup>3</sup> )		熱膨張係数 (1.0E-5/°C)
		コンクリート等	鉄筋/鉄骨	コンクリート等	鉄骨	鉄筋コンクリート等	鉄骨	
1	STB	1000000.00	1000000.00	100000.00	100000.00	0.00001	0.00000	0.0000

(7) 境界条件

本設計例では、基礎と分離した解析モデルとしている。境界条件は、圧縮引張ばねを配置する部分とせん断ばねを配置する部分に支点を設ける。支点条件としては、バネが取りつくため固定とする。浮き上がり評価する場合などは、基礎と一体モデルとして解析することも可能である。その場合には、基礎梁をモデル化し、基礎梁からばね支点までを剛体でモデル化するなどが考えられる。

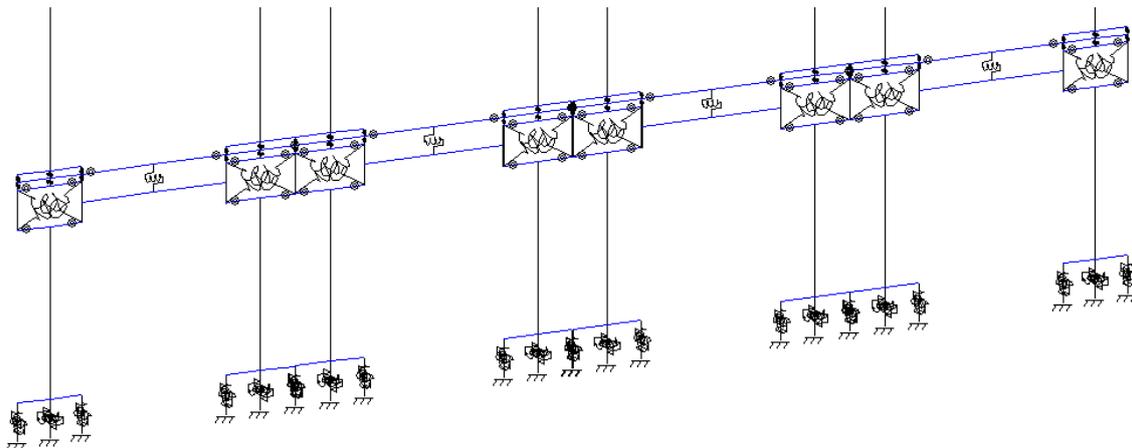


図 5.4.2-14 支点配置および境界条件の設定

(8) 荷重入力

一般的な荷重入力については、他構造と同様と考えてよい。ここでは、CLT 部材自重の扱いについて説明する。母材断面自体に比重を考慮して入力する方法も考えられるが、ここでは、各層の水平材にそれぞれ、上下階の半分ずつの重量を部材荷重として入力することで、鉛直部材の壁パネルの重量を評価することとしている。固定荷重として扱うため、部材自重に仕上げ荷重を考慮して入力する必要がある。荷重入力の設定については、モデル作成者が適宜判断して行うものと考えられるため、ここでは一例として示す。下図は、部材荷重入力例として最上階の壁重量の入力を示している。CLT パネルの重量を含めた外壁の重量は、2kN/m<sup>2</sup> であり、高さが 3.1m であるため、その半分の高さとして、最上階の水平材に W=2x1.55=3.1kN/m の部材荷重を入力し、鉛直部材の固定荷重を考慮している。

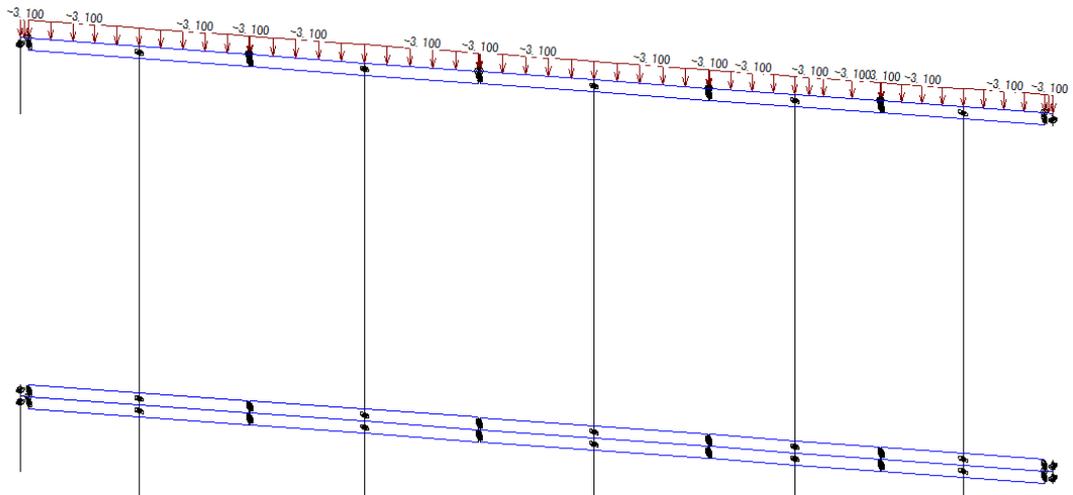


図 5.4.2-15 壁荷重の入力（部材荷重表示）

（9）増分解析の設定

（1）～（8）については、CLT パネル工法のモデル化について説明した。ここでは、増分解析の際の設定について説明する。圧縮ばねと引張ばねは復元力特性の中で表現されているため、1次設計および2次設計ともに増分解析として解析を行う必要がある。荷重増分解析ケースの設定で、固定+積載による抑え込み荷重を考慮する必要があるため、初期解析で固定+積載として鉛直荷重を考慮する。

表 5.4.2-16 荷重増分解析ケースの設定

	名称	方向	初期解析	解析中止条件	
			荷重組合せ	種別	値
1	EX+	0:立体	G+P	2:層間変形角	1/100
2	EX-	0:立体	G+P	2:層間変形角	1/100
3	EY+	0:立体	G+P	2:層間変形角	1/100
4	EY-	0:立体	G+P	2:層間変形角	1/100
5	HX+	0:立体	G+P	2:層間変形角	1/30
6	HX-	0:立体	G+P	2:層間変形角	1/30
7	HY+	0:立体	G+P	2:層間変形角	1/30
8	HY-	0:立体	G+P	2:層間変形角	1/30

### 5. 4. 3 課題・まとめ

#### (1) CLT パネル工法マニュアルに基づくモデル構築の課題

##### 1) モデル化手法について

多くのばねを用いることになるため、マニュアル通りのモデル化では解析が不安定になることなどがあり、必要に応じて設計者が、面外方向や回転方向など解析に直接影響のない範囲で微小なばね剛性の設定などを行っている。モデル化の扱いを慣れている設計者なら、各々適宜判断できると考えられるが、一貫計算プログラムしか使ったことがない設計者では、これらの判断は非常に難しい。さらには、解析プログラムによっても設定が異なる可能性もあり、この点についてマニュアルにきちんと記載されている必要がある。

##### 2) せん断バネを剛として弾性部材として扱うことについて

通常、解析に影響がほとんどないとして設定しているが、マニュアルにはそうしてよいという記載はない。解析モデルの安定性、解析時間の短縮などのために、モデル化が不要なばねについては、ある考え方に基づけば省略してよい、などの内容の記載が必要と考えられる。

##### 3) 解析結果のばらつきについて

現状は、恐らく、同じ建物を設計する際に設計者によってモデル化が異なり、解析結果も大きくばらついていると考えられる。一貫計算プログラムなども解析ソフトによっても多少ばらつきがあると考えられるが、そのばらつきよりもかなり幅があると予想される。妥当なモデル化に導けるような整理をしていく必要がある。

##### 4) 上下の壁間を繋ぐ引張ばねの配置について

マニュアルに記載されている配置は、理論上の問題ないが、あくまでも引きボルト形式のバネモデルの考え方であり、①違う形式の場合はバネの考え方が変わることで、②大半の解析プログラムが層を設定する中で、層またぎのばね配置は都合が悪いことなど、③初期変位の扱いなど、実際に設計していく中で判断に困る場合がある。マニュアルで詳述されていれば使いやすと考えられる。

##### 5) 解析モデルの構築ノウハウ

現状では、モデル化の中で設計者が適宜判断して設定している部分がかかなり含まれており、マニュアルだけを用いて解析モデルを構築すること難しい。新たな一貫計算の解析プログラムを制作する場合は、それらの設定などがしっかりと共有され、オーソライズされることが望ましい。

#### (2) 現行選択肢のひとつ (SNAP) でのモデリングにおける課題

##### 1) モデリングについて

- ①部材面にも節点を設けている為、部材寸法を変える場合は節点の位置も変更する必要があり、時間を要する。
- ②節点番号を変えた際に、その節点に接続する要素（梁、柱、バネ等）の節点番号が自動で変わらない。要素を定義する節点番号も手動で変更する必要がある。
- ③部材断面やばねの名称・復元力特性を変更した際に、割り当てた要素（梁、柱、バネ等）の前述符号が自動で変わらない。割り当てた符号も手動で変更する必要がある。

## 2) 断面検定について

- ①同じ場所に複数のバネが重複する場合に、重複するバネを区別して選択できないため、バネ応力の抽出作業等で非常に手間がかかる。
- ②部材ごとに応力を抽出して照査する必要があるため、抽出作業が煩雑である。部材で NG となった場合のトライアル作業が非常にやりにくい。
- ③保有水平耐力計算を行う際に、CLT 壁パネルの検定が OK になる増分解析のステップを探す作業が生じる。各ステップにて検定をしていく必要があるため、時間を要する。

## 3) 解析について

- ①解析に時間が掛かっている。本事業でのモデル設計（共同住宅 4 階建て）では、1 モデル（4 ケース）40 分程度の解析時間を要した。2 モデルあったため、全ケースで 80 分程度の解析時間が掛かった。

## 4) 出力について

- ①応力図の出力では、各フレームに表示設定をする必要があるため、煩雑である。1 ケースごとの出力で、弱軸、強軸の応力値が表示され、表示を調整する必要がある。
- ②一貫計算ソフトのように解析結果が整理されておらず、設計者が結果を整理していく必要があるため、計算書作成に時間がかかる。

## (3) まとめ

以上に取り上げたように、CLT パネル工法マニュアルや現行のプログラムでのモデリングの手法や手順は大変複雑で、非常に手間がかかる状況にある。設計者の判断にゆだねられている部分も多く残っており、結果に大きなばらつきが生じている恐れがある。したがって、前述の各課題をクリアしたプログラムの開発が必須と考えられる。

## 5. 5 一貫構造計算システム開発についての調査

### 5. 5. 1 調査方法

前項でまとめた機能を有するソフトウェアを開発するには、そうした機能の実装経験が欠かせない。そこで、構造設計システムの開発で実績のある企業へ、一貫構造計算システムの開発に向けた、開発方針やコスト、スケジュール等についての調査を行うこととした。調査の詳細を以下に示す。

#### (1) 提案依頼書の検討・作成

各企業へ依頼するために「提案依頼書」が必要であるため、検討を行った。「提案依頼書」とは、必要なプログラム開発における「システム概要」、「運用プラン概要」などを記載した、依頼書のことを指す。

提案依頼書を検討するに当たり、以下の作成方法と体制を図った。

##### 1) 一貫構造計算プログラムのシステム適用範囲の案の検討

システム上で適用可能とする建物の範囲は、学識経験者、構造設計実務者等の方へ広く相談を行い、決定をした。建物の適用範囲の項目は、構造種別、階数、面積、構造計算ルート、平面形状・立面形状の条件などである。

##### 2) 一貫構造計算プログラムのシステム概要および運用プラン概要の検討

1) の案を元に、実際にプログラム開発する上で必要な具体的な項目要件の検討を行った。検討については、構造設計システムの開発で実績がある企業よりアドバイスを頂きながら、作成を行った。

プログラム開発に関する提案依頼書で提示した項目等の概要は、4.5.2 および参考資料 1 にて記す。

#### (2) 各企業へ提案依頼書の作成依頼

企業の数社へ、企業毎に「提案依頼書」の説明会を行い、作業依頼を募った。依頼を承諾頂けた企業に対しては、本調査についての提案書を提出頂いた。提案書については、プログラム開発をする上での企業の技術的なノウハウ等を含むため、「秘密保持契約」を結び、進める事となった。

#### (3) 提案書に関する企業へのヒアリング、分析

企業より提出頂いた「提案書」について、ヒアリングを行い、記載内容の不明点および疑問点の擦り合わせを行い、各企業の提案頂いたプログラムの特徴など分析を行った。

## 5. 5. 2 提案依頼書について

### (1) 提案依頼書の主旨と構成

CLT パネル工法向け一貫構造計算システムを提案するには、開発に向けた基本的な検討を行う必要があるが、提案内容の粒度やレベル感を揃えることが重要であるため、開発上考慮すべき点を明示しておく必要がある。提案依頼書の取り纏めは、このような観点に留意して実施した。

本提案依頼書は、CLT パネル工法の普及に向けた現状の課題や本調査の目的を示した上で、システムの開発を検討する上で考慮してもらいたい要件（機能要件と非機能要件）、これらの要件に基づく開発費用や開発スケジュールの算定と提案書の作成要領を記載する構成としている（下表の目次構成を参照のこと）。

表 5.5.2-1 提案依頼書の目次構成

項目	備考
1. CLT パネル工法の普及に向けた現状の課題	
2. 本検討の目的	
3. 機能要件	
3. 1 システム概要	
3. 2 システムの適用範囲	
3. 3 システムの稼働環境	
3. 4 各機能の要求性能	
(1) 建物データの入力機能	
(2) 構造計算機能	
(3) 計算結果の出力機能	
(4) システムのライセンス管理機能	
4. 非機能要件に対する方針	
4. 1 開発の委託方法等	
(1) 開発の委託形式	
(2) システムの販売や配布	
(3) 知的財産権	
(4) 品質保証	
(5) 瑕疵担保責任等	
4. 2 システムの保守	
(1) ユーザーサポート	
(2) システムの不具合改修	
(3) システムの機能改善	
5. 開発費用等	
5. 1 初期開発の成果物	
5. 2 初期開発の費用	
5. 3 初期開発以外の費用	
6. 開発スケジュール	
7. その他	

上述の機能要件では、本検討で想定するシステムが有すべき基本的な仕組みや構成、対象とする建物の範囲、入出力や構造計算の各種機能における概要について記載を行っている。

また、非機能要件では、本検討で想定するシステムを開発するにあたって、機能面以外に検討してもらいたい項目（開発の委託形式やシステム販売に対する考え方、成果物における知的財産権の取り扱い、システムの品質保証に対する考え方等）や、当該システムを維持していく上での保守に対する考え方等について、記載を行っている。

上述の機能要件や非機能要件に基づいて、想定するシステムを開発する場合に必要と見込まれる概算費用について、システムの初期開発とシステムの維持管理に分けて算定を依頼している。また、費用の算定と合わせて、初期開発時に必要と考えられるスケジュールについても、合わせて検討の依頼を行っている。

## （２）提案依頼書の主な項目とその概要について

以下に、本提案依頼書に記載した主な項目の主旨や内容について、以下に記載する（詳細は参考資料 1 を参照のこと）。尚、CLT パネル工法の普及に向けた現状の課題や本調査の目的については、前述の 5.1～5.2 と同様の内容となるため、記載を省略する。

各項目の番号（■以降の番号）は、提案依頼書との照合を容易にするため、提案依頼書の番号をそのまま掲載している。報告書の章番号とは異なるので、注意されたい。また、提案書の文言を踏襲している部分については、枠囲みして明瞭にした。

### 1) 機能要件（提案依頼書 3 章）の概要について

#### ■ 3. 1 システム概要

本検討で想定する「CLT パネル工法向けの一貫構造計算システム」は、近年、S 造や RC 造等の構造設計で一般的に用いられているシステムの内容等を考慮したうえで、以下の枠囲み内の基本機能を有することを条件として設定している。

- ・構造計算に必要な構造部材や荷重等のデータ、各種の計算条件等について、ユーザーが CAD 形式にて入力及び編集を可能とする。
  
- ・ユーザーが上記の入力画面から一貫構造計算の実行を可能とし、構造計算の結果（構造計算の判定結果や各種応力図、等）や構造計算書の表示を可能とする。
  
- ・本システムにおける構造計算は、CLT 技術基準告示（平成 28 年国土交通省告示第 611 号）及び「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（一財）日本住宅・木造技術センター編」に準拠した内容とする。
  
- ・構造計算に用いる CLT による構造部材（接合金物も含む）の各種性能値は、ユーザーが必要に応じて適

宜定義可能とする。また、一般に流通する X マーク表示金物等の性能を登録可能なデータベースを備えるものとし、販売元のシステム管理者が適宜追加を行い配布することで、ユーザーが当該金物のデータを必要に応じて利用可能とする。

### ■ 3. 2 システムの適用範囲

本検討で想定する「CLT パネル工法向けの一貫構造計算システム」は、学識経験者や構造設計実務者等からのヒアリングを基に、建物規模や形状、構造計算ルート等の適用範囲を、下表に示す条件として設定している。

構造種別	: CLT パネル工法
階数	: 地上 6 階以下
面積等	: 延べ床面積は、10 m <sup>2</sup> 以上 6000 m <sup>2</sup> 以下程度の適用を目安とする。
構造計算ルート	: CLT 技術基準告示に基づくルート 3 (ルート 1、2 は対象外) ※Ds 値の設定は技術基準告示第 8 第 2 号の規定による。
平面形状	: X Y 直交系のみで構成される架構を対象とする。
立面形状	: 水平な床と鉛直の壁で構成される立面形状とし、セットバック等により壁頂部が立面的に傾斜するような形状は対象外とする。
屋根形状	: CLT パネルによる陸屋根形状を対象とする。
塔屋階	: 塔屋についても一貫計算の対象とする。
基礎	: 基礎構造の計算は、本システムの対象外とする。
その他	: ・地下階の計算は対象外とする。 ・RC 造や S 造、SRC 造、その他の木造構法 (在来軸組構法、枠組壁構法等) との平面及び立面的な混在や混構造は対象外とする。

### ■ 3. 3 システムの稼働環境

本検討で想定する「CLT パネル工法向けの一貫構造計算システム」は、建築の構造設計実務で広く一般的に用いられている同様のシステム稼働環境を考慮したうえで、参考資料 1 に記載する稼働環境を検討条件として設定している。

### ■ 3. 4 各機能の要求性能

本検討で想定する「CLT パネル工法向けの一貫構造計算システム」で必要とする、入出力や構造計算の各種機能について、以下のようにそれぞれの要件を記載している。

#### ■ (1) 建物データの入力機能について

・近年、建築の構造設計実務で広く一般的に用いられている同様のシステムを考慮したうえで、本検討で想定するシステムも、建物形状等を専用の CAD システムで入力する形式とし、その入力要領や画面上での作図要領、構造計算に必要な計算条件や荷重等の入力方法、不正な操作等や適用範囲を超える入力があった場合の処理等に関する要件を設定している。

・CLT 技術基準告示（平成 28 年国土交通省告示第 611 号）や「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（一財）日本住宅・木造技術センター編」に記載されている構造計算の内容を考慮したうえで、本検討で想定するシステムで入力対象とする構造部材や荷重について、その一覧と各項目の概要を設定している。尚、構造部材や荷重のデータについては、ユーザーが適宜定義したものやデータベースに予め登録されたものを使用可能とするよう条件を付与している。

・近年、建築の構造設計実務で広く一般的に用いられている同様のシステムや CLT パネル工法の普及促進を考慮したうえで、本検討で想定するシステムは、CLT による壁パネルや床パネル、床パネル等を支持する梁柱部材、壁や床等を緊結する接合金物（X マーク表示金物等）の各種性能値を適宜追加可能なデータベースを備えることを条件として設定している。

## ■（2）構造計算機能について

・前述のとおり、本検討で想定するシステムの構造計算は、CLT 技術基準告示（平成 28 年国土交通省告示第 611 号）及び「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（一財）日本住宅・木造技術センター編」に準拠することを前提とし、計算ルートは、ルート 3 のみを対象として設定している。

・壁パネルについては、「小幅パネル架構」及び「大判パネル架構①」までを本システムの対象として設定し、「大判パネル架構②」は実務上の頻度等を勘案し対象外としている。

・荷重計算は、建物形状に応じて床荷重や外壁（その他非構造壁を含む）、パラペット（手摺壁を含む）等の入力から鉛直重量や水平力、積雪荷重を自動算出することを要件として設定している。

・主架構の応力算出は、CLT 技術基準告示（平成 28 年国土交通省告示第 611 号）及び「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（一財）日本住宅・木造技術センター編」に準拠し、鉛直荷重時及び積雪荷重時、水平荷重時（地震及び暴風）について、3 次元立体解析モデルにて算出を行なうこととしている。

・各種構造部材について令第 82 条各号による応力度、使用上の支障防止に関する確認を、システム内で行うことを要件としている。

・主架構の応力算出は、CLT 技術基準告示（平成 28 年国土交通省告示第 611 号）及び「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（一財）日本住宅・木造技術センター編」に準拠し、静的荷重増分解析を用いて保有水平耐力の計算を行うこと、終局時に生じる壁パネルや水平構面、各種接合部の応力について、保証設計に対する検討を行なうものとしている。

## ■（3）計算結果の出力機能について

・構造計算書は、建築の構造設計実務で広く一般的に用いられている同様のシステムを考慮したうえで構成例を示し、これに準ずる形式で出力を行うものとしている。

・構造計算の結果（構造計算の判定結果や各種応力図等）は、システムの画面上で適宜ユーザーが確認可能であることを要件として設定している。

## 2) 非機能要件（提案依頼書 4 章）の概要について

### ■ 4. 1 開発の委託方法等

・本検討で想定するシステムは、発注者の依頼に応じて開発会社が請負契約で開発を行う委託形式を前提としているが、その他の委託形式が想定される場合は、その条件等について提案を行ってもらうことを要件として設定している。

・一般ユーザーに対する本システムの販売や配布は、発注者が行うことを前提としているが、その他の形式が想定される場合は、その条件等について提案を行ってもらうことを要件として設定している。

・システムの開発における成果物の所有権及び著作権は、発注者に帰属することを前提としているが、その他の条件が想定される場合は、それらについて提案を行ってもらうことを要件として設定している。

・委託先における成果物（システム）に対する品質確認は、試験結果を書面等で発注者に報告してもらうことを前提としているが、その内容について提案を行ってもらうことを要件として設定している。

・成果物に不具合等が生じた場合の瑕疵担保や瑕疵による損害賠償等に対する考え方について、その概要を提案してもらうことを要件として設定している。

### ■ 4. 2 システムの保守

・本検討で想定するシステムのユーザーサポート業務やシステムに不具合が生じた場合の対応、システムの機能改善（バージョンアップ）について、提案企業が行う場合の業務範囲や各種条件等について提案を行ってもらうことを要件として設定している。

## 3) 開発費用とスケジュール（提案依頼書 5 章～6 章）について

・上記までの機能要件及び非機能要件に基づき本検討で想定するシステムを開発する場合の概算費用について、表 5.5.2-2 に示す項目毎に提案を行ってもらうことを要件として設定している。

・本検討で想定するシステムを維持管理していく上で、想定される作業項目とその概算費用について、表 5.5.2-3 を参考に提案を行ってもらうことを要件として設定している。

・本検討で想定するシステムを開発する場合に想定される開発期間（作業工程毎の大まかなスケジュールを含む）について、提案を行ってもらうことを要件として設定している。

表 5.5.2-2 開発に要する概算費用の算出項目

概算費用の算出項目	備考
システムの仕様書作成（設計作業）	
システムの製造作業	
各種品質試験	・試験報告書の作成を含む
ユーザーマニュアルの作成	
ライセンスサーバーの環境構築	・ユーザーのライセンス管理に用いるシステムの開発と環境構築作業 ・サーバーに使用するハードウェアの費用は除く
システム配布用サーバーの環境構築	・ユーザーへの配布に用いる web システムの開発と環境構築作業 ・サーバーに使用するハードウェアの費用は除く
その他	・上記以外で、想定される費用について記載

表 5.5.2-3 システムの維持管理に要する概算費用の算出項目

概算費用の算出項目	備考
ユーザーサポート作業	
システムの保守作業	・委託元からの質疑対応やシステムのリリース作業に要する費用
各種サーバーの保守作業	・ライセンスサーバーやシステム配布用サーバーの保守に要する費用
その他	・上記以外で、想定される費用について記載

#### 4) 提案書の作成要領（提案依頼書 7 章）について

上記までの開発における要求事項を勘案したうえで、各社が想定する開発方針を提案書として取り纏めてもらうことを依頼した。また、提案書は、A4 用紙縦書きとし、20 頁程度で取り纏めてもらうこととしている。

## 5. 6 まとめ

### 5. 6. 1 構造設計者が行う解析手法における現状の把握

5.4.3 より、CLT パネル工法は、手間や時間を要した、解析手法をとっている現状がある。

一貫構造計算システムの開発は、設計者にとって、作業性の向上および作業時間の短縮をするためのツールになり得る。しかし、解析手法の中では、設計者の適宜判断で設定している範囲もあり、新たな一貫計算の解析プログラム構築する際には、整理・共有をし、オーソライズされた内容とする配慮が必要である。

### 5. 6. 2 一貫構造計算システム開発についての調査

システム開発をする上で、「提案依頼書」の検討・作成を行った。また、提案依頼書に沿って、複数のベンダーへ依頼し、承諾頂いた企業から「提案書」を頂き、ヒアリング・分析を行った。

その中で、システム開発する際に、ベンダーへ依頼するための要件が不明であったが、本事業でシステム依頼をするための具体的な必要要件を整理することができた。

本提案依頼書は、システム開発の上での一般的な要項の整理しているため、CLT パネル工法以外の他のシステム開発する上でも広く活用できる参考資料となり得る。

## 第6章 まとめ

令和3年度事業では、以下の事業を実施するとともに、それぞれの項目にて下記の成果を得た。

### ・CLTパネル工法の簡易モデルの検討

令和2年度に提案された簡易モデルを汎用化させるために必要な、モデル要素の設定位置、剛域設定、パラメータの設定手法等を内容とするモデル化手法の開発を実施した。ルート2を対象とした計算モデルの簡易化を引き続き検討した。具体には、柱頭柱脚部分を回転バネ設定し、垂れ壁部分をはりの剛性・耐力に加算し、腰壁を階に算入しないはりとして構成するモデルを提案し、そのモデルの確からしさを確認した。さらに水平構面の簡易モデルは、ブレース置換モデルを想定し、枠フレーム要素は床パネル有効幅の母材軸剛性と床パネル間接合軸剛性を直列剛性で評価し、等価ブレース要素は床パネルのせん断剛性と床パネル間せん断剛性の直列剛性で評価する床のモデル化について検討し、詳細なモデルと比較し、その有効性を確認した。

### ・ルート2を対象とした階数制限の緩和の検討

4階建て～6階建ての大版パネル架構②を対象に、構造特性係数  $D_s$  および応力割増係数  $R_f$  の解析的検討を実施した。大版パネル架構②では垂れ壁端部の亀裂発生後の評価が重要となるため、既往の構面試験結果と解析モデルの適応性検証大版パネル架構②の終局時の定義は①CLTパネルの終局耐力時、②接合部終局変形時、③特定変形角時のいずれかに最も早く到達する時点として評価を進めた。変位増分解析により得られた荷重 - 変形関係をもとに、等価一自由度系に縮約し、エネルギー等価な完全弾塑性置換から計算される塑性率  $\mu$  を用いて  $D_s$  を計算し、概ね現行告示  $D_s=0.55$  以下となることを確認した。

### ・プログラム開発に向けた調査

中大規模建築物の木造化を普及・促進のために、「一貫構造計算システム開発の可能性」についての調査や今後の方向性や課題等について把握した。具体には、構造設計者が行う解析手法における現状の把握として、設計例を用いて課題点、設計者が独自に判断している項目などを整理するとともに、一貫構造計算システム開発についての調査・検討として、機能要件、開発費用などを取りまとめた提案依頼書を作成いただいた。その結果、モデリングにかかっている手間を時間として整理するとともに、プログラム依頼に必要な具体の必要な要件を整理した。

## 資料 1

CLT パネル工法向け一貫構造計算システムの開発に向けた提案依頼書

**CLTパネル工法向け一貫構造計算システム  
の開発に向けた提案依頼書**

2021年11月22日

一般社団法人 日本 CLT 協会

## はじめに

拝啓

貴社益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

今年度、当協会ではCLTパネル工法の普及を目的とした一貫構造計算システムの開発に向けた検討を進めており、当該分野で実績のある複数の企業様から広くご意見や実現に向けたご提案を頂きたいと考えております。

つきましては、本提案依頼書の内容をご確認のうえ、貴社が考えるCLTパネル工法一貫構造計算システムの開発方針やご支援可能な内容を、後述の記載期日までにご提案頂きたく存じますので、ご検討の程何卒宜しくお願い申し上げます。

敬具

一般社団法人 日本 CLT 協会

## 目次

### 1. CLTパネル工法の普及に向けた現状の課題

### 2. 本検討の目的

### 3. 機能要件

- 3. 1 システム概要
- 3. 2 システムの適用範囲
- 3. 3 システムの稼働環境
- 3. 4 各機能の要求性能
  - (1) 建物データの入力機能
  - (2) 構造計算機能
  - (3) 計算結果の出力機能
  - (4) システムのライセンス管理機能

### 4. 非機能要件

- 4. 1 開発の委託方法等
  - (1) 開発の委託形式
  - (2) システムの販売や配布
  - (3) 知的財産権
  - (4) 品質保証
  - (5) 瑕疵担保責任等
- 4. 2 システムの保守
  - (1) ユーザーサポート
  - (2) システムの不具合改修
  - (3) システムの機能改善

### 5. 開発費用等

- 5. 1 初期開発の成果物
- 5. 2 初期開発の費用
- 5. 3 初期開発以外の費用

### 6. 開発スケジュール

### 7. 提案書の作成要領

## 1. CLTパネル工法の普及に向けた現状の課題

中大規模建築物の木造化を普及促進していくにあたって、「CLT パネル工法」は有効な工法の1つである一方、RC造やS造のような一貫構造計算プログラムが現状では普及していないため、複雑で手間のかかる検討作業（特にルート3）を設計者が膨大な時間を掛けて行っているという課題があります。

そのため、設計者の負担軽減し、構造設計の効率化を図るシステムを開発し広く普及させていくことは、設計者の裾野を広げると共に、中大規模建築物の木造化推進に繋がる有効な手段の1つと考えられます。また、このような利便性の高いシステムの普及により、中大規模建築物の木造化市場におけるコスト、設計容易性、対応可能な構造設計者の増加等、現状の様々な課題に対応していくことで、木材利用の促進やカーボンニュートラル実現等、様々な社会的課題を背景に、市場性のある木造4階建て以上の建築拡大が更に進展することが予想されます。

## 2. 本検討の目的

CLTパネル工法の普及に向けては、CLTの関係省庁において令和3年度より5年間の行動指針である「CLTパネル工法のロードマップ」が本年3月に策定され、ここでは「CLTパネル工法の設計者不足」解消を目的として、複数の対策が掲げられおります。その一つとして、本工法における設計プロセスの合理化や生産性向上を目的とした設計・積算ツールの開発を目指していく方針が示されました。

これを受け、林野庁は、「令和3年度木材産業・木造建築活性化対策のうち都市の木造化促進総合対策事業及びCLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業」を策定し、当協会がその助成を受け当該事業の推進を行っております。

そこで、建築分野における構造設計システムの開発で実績がある企業様にご協力を頂き、CLTパネル工法向けの一貫構造計算システムの開発に向けた、開発方針やコスト、スケジュール等について広くご提案を頂き、今後の方向性や課題等について把握を行うことを目的としています。

貴社におかれましては、次頁以降に記載する当協会にて作成したCLTパネル工法向け一貫構造計算システムの開発に係る各種要件をご確認頂き、上記の目的に資するご提案を頂けますようお願い申し上げます。

### 3. 機能要件

本検討で開発対象とするシステムに必要な機能要件は以下の通りとする。

#### 3. 1 システム概要

本システムは、CLT パネル工法向けの一貫構造計算システムとし、以下の基本機能を有する構成で開発を行うものとします（各種機能の要求性能については、3.4 章を参照のこと）。

- ・構造計算に必要な構造部材や荷重等のデータ、各種の計算条件等について、ユーザーが CAD 形式にて入力及び編集を可能とする。
- ・ユーザーが上記の入力画面から一貫構造計算の実行を可能とし、構造計算の結果（構造計算の判定結果や各種応力図、等）や構造計算書の表示を可能とする。
- ・本システムにおける構造計算は、CLT 技術基準告示（平成 28 年国土交通省告示第 611 号）及び「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（一財）日本住宅・木造技術センター編」に準拠した内容とする。
- ・構造計算に用いる CLT による構造部材（接合金物も含む）の各種性能値は、ユーザーが必要に応じて適宜定義可能とする。また、一般に流通する X マーク表示金物等の性能を登録可能なデータベースを備えるものとし、販売元のシステム管理者が適宜追加を行い配布することで、ユーザーが当該金物のデータを必要に応じて利用可能とする。

#### 3. 2 システムの適用範囲

本システムで適用可能とする建物は、以下を想定しております。

構造種別	：	CLT パネル工法 ※CLT の壁床パネルにより構成されるものとする。
階数	：	地上 6 階以下
面積等	：	延べ床面積は、10 m <sup>2</sup> 以上 6000 m <sup>2</sup> 以下程度の適用を目安とする。 <u>（必要に応じて本開発の提案者が別途設定を行うことを可とする。また、通り軸数やグリッドの頂点数、節点数等で別途制限を設ける場合は、その内容を記載すること。）</u>
構造計算ルート	：	CLT 技術基準告示に基づくルート 3（ルート 1, 2 は対象外） ※Ds 値の設定は技術基準告示第 8 第 2 号の規定による。
平面形状	：	X Y 直交系のみで構成される架構を対象とする（平面斜め架構は対象外）。
立面形状	：	水平な床と鉛直の壁で構成される立面形状とし、セットバック等により壁頂部が立面的に傾斜するような形状は対象外とする。
屋根形状	：	CLT パネルによる陸屋根形状を対象とする。
塔屋階	：	塔屋についても一貫計算の対象とする。
基礎	：	基礎構造の計算は、本システムの対象外とする。
その他	：	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下階の計算は対象外とする。</li> <li>・RC 造や S 造、SRC 造、その他の木造構法（在来軸組構法、枠組壁構法等）との平面及び立面的な混在や混構造は対象外とする。</li> </ul>

### 3. 3 システムの稼働環境

本システムは、以下に示す条件及び環境を満たす PC 上でのスタンドアロン形式による稼働を前提とした専用システムとして、スクラッチでの開発を想定しております。

OS	:	Microsoft® Window10（日本語版）※64bit 版を対象とする
CPU	:	上記 OS が推奨する環境以上
内部メモリ	:	上記 OS が推奨する環境以上
ハードディスク	:	空き容量は 1GB 以上を目安とするが、 <u>本開発の提案者が必要に応じて別途設定する。</u>
ディスプレイ	:	解像度が 1280×768 以上を目安とするが、 <u>本開発の提案者が必要に応じて別途設定する。</u>
その他	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本システムが動作するために必要なソフトウェア等については、<u>本開発の提案者が必要に応じて別途設定する。</u></li> <li>・ビデオカード等の仕様や制限については、<u>本開発の提案者が必要に応じて別途設定する。</u></li> <li>・本ソフトウェアのライセンス認証等でインターネット接続が必要となる場合は、<u>本開発の提案者が必要に応じて別途設定する。</u></li> </ul>

但し、本開発の提案者が既に保有している他の一貫構造計算システムへの機能追加やアドオンによる実現や、スタンドアロン形式ではなくクラウド形式を採用した別手法による開発も可とする。もし、これらの手法を採用した提案を行って頂く場合は、その概要や稼働環境における制限等について必要に応じて設定を行うものとする。

### 3. 4 各機能の要求性能

本システムで必要となる入出力や構造計算等の各種機能における開発要件や要求性能について、以下に記述致します。

#### (1) 建物データの入力機能

本システムにおける建物形状や各種構造部材の定義や配置、計算条件の入力等は、以下に示す要件を満たすものとします。

##### ①. 入力システムの操作形式や条件等

- ・構造計算に必要な各種計算条件（建物階数や階高、地震や暴風、積雪の荷重条件他）は、ダイアログ形式によりユーザーが適宜指定を行えることを前提とする。
- ・本システムの構造計算に用いる各種構造部材（対象は後述）の断面寸法や使用材料、各種荷重（床や壁の固定／積載荷重、追加荷重）等はダイアログ形式にて、ユーザーが適宜定義を行えることを前提とする。
- ・上記で定義された構造部材の性能や荷重等は、伏図形式の専用入力 CAD システムにてユーザーが適宜配置可能とする。また、配置された主要な構造部材等のデータは、比例則に基づき形状（部材長さ等）の描画を CAD 画面上に行うものとする（軸組図形式による入力も対応を想定する場合

は、その旨を明示下さい)。

- ・構造部材や荷重等の配置は、予め通り軸をユーザーが定義することで作成されるグリッド間にマウスを用いて配置していく形式、また上記のグリッドを定義せずにマウスを用いて伏図画面上で部材等を自由に配置していく形式、何れでも可とする (どのような想定か明示下さい)。
- ・配置された構造部材や荷重等のデータ属性や数値は、配置後も必要に応じてユーザーが適宜確認可能な構成であることを前提とする。
- ・配置された構造部材による建物形状は、3次元のパースによる画面表示を行うものとし、ユーザーが適宜確認可能とする (軸組図形式による表示も対応を想定する場合は、その旨を明示下さい)。
- ・入力画面上に配置されたデータは、部材グループ毎にユーザーが、表示の ON/OFF を適宜行えることを前提とする。
- ・上記の各種入力等を行うためのコマンドは、ユーザーが選び易い画面配置を基本とする (どのような形式を想定しているか、概要説明をお願いします)。
- ・ユーザーにより入力された物件のデータは、システム固有のバイナリ形式により保存を行うことを前提とする。また、物件データの管理は、ユーザーが分かり易い形式とする (どのような形式を想定しているか概要説明をお願いします)。
- ・入力途中で不正な操作等が行われた場合や構造計算で適用範囲を超える入力があった場合、その他システムにおける処理で不都合なケースが生じた場合に、エラーやワーニングの表示を画面上に行い、ユーザーに知らせる機能を有することを前提とする。

## ②. 入力対象とする部材データ等

本システムでは、以下の部材等について CAD 形式にて入力を行うことを基本とします (必要に応じて適宜追加することも可とする)。

### 【構造部材のデータ】

No.	データ区分	備考
1	壁パネル (袖壁等パネル)	・CLT によるものとし、材料の構成や基準強度、断面寸法等はユーザーが定義若しくは部材DBに予め登録されたものを使用する。
2	壁頂部及び壁脚部の引張金物	・性能値はユーザーが定義若しくは部材DBに予め登録されたものを使用する。
3	壁頂部及び壁脚部のせん断金物	・性能値はユーザーが定義若しくは部材DBに予め登録されたものを使用する。
4	垂壁パネル	・CLT によるものとし、材料の構成や基準強度、断面寸法等はユーザーが定義若しくは部材DBに予め登録されたものを使用する。 ・パネル端部の金物 (せん断/引張) も指定可能とする ・金物性能値の扱いは壁パネルの金物に同じ。
5	腰壁パネル	・CLT によるものとし、材料の構成や基準強度、断面寸法等はユーザーが定義若しくは部材DBに予め登録されたものを使用する。 ・パネル端部の金物 (せん断/引張) も指定とする ・金物性能値の扱いは壁パネルの金物に同じ。

6	床パネル	<ul style="list-style-type: none"> <li>CLTによるものとし、材料の構成や基準強度、断面寸法等はユーザーが定義若しくは部材DBに予め登録されたものを使用する。</li> <li>荷重伝達方向を適宜指定可能とする</li> </ul>
7	床パネルの引張金物	<ul style="list-style-type: none"> <li>床パネル相互を緊結する引張金物</li> <li>金物性能値の扱いは壁パネルの金物に同じ。</li> </ul>
8	床パネルのせん断金物	<ul style="list-style-type: none"> <li>金物性能値の扱いは壁パネルの金物に同じ。</li> </ul>
9	柱	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉛直荷重を支持する木製の柱を入力可能とする。</li> <li>使用材料や基準強度、各種性能値、断面寸法等はユーザーが定義若しくは部材DBに予め登録されたものを使用する。</li> <li>柱端部を緊結するせん断金物も指定可能とする</li> <li>金物性能値の扱いは壁パネルの金物に同じ。</li> </ul>
10	梁	<ul style="list-style-type: none"> <li>床パネルを支持する木製の梁を入力可能とする。</li> <li>使用材料や基準強度、各種性能値、断面寸法等はユーザーが定義若しくは部材DBに予め登録されたものを使用する。</li> <li>梁端部と壁パネル等を緊結するせん断金物も指定可能とする</li> <li>金物性能値の扱いは壁パネルの金物に同じ。</li> </ul>

※ 1階の床を支持する土台等の部材や基礎梁は、入力の対象外とする。

※ CLT による各種壁パネルの名称は、下図の通りとする（詳細は設計施工マニュアルを参照のこと）。

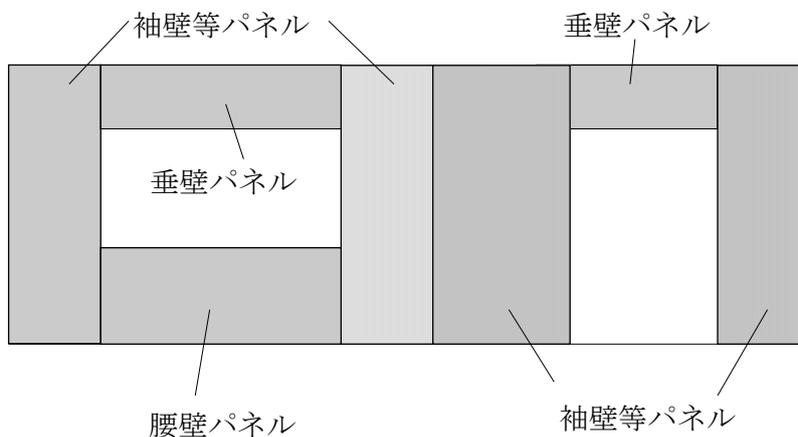


図. 各種壁パネルの名称

#### 【荷重のデータ】

No.	データ区分	備考
1	床荷重	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋根面の荷重を含む</li> <li>固定荷重や積載荷重の値はユーザーが定義したものを使用する。</li> </ul>
2	壁荷重	<ul style="list-style-type: none"> <li>外壁等の重量やパラペット等の荷重を入力</li> <li>荷重値はユーザーが定義したものを使用する。</li> </ul>

3	追加荷重	・ユーザーが集中荷重や各種分布荷重を適宜入力
4	特殊荷重	・ユーザーが考慮する荷重ケースと荷重タイプ（集中／分布／モーメント）、荷重値を入力

### ③. 部材データベース（DB）

- ・本システムは、構造計算に用いる CLT による壁パネルや床パネル、鉛直荷重を支持する柱部材、床パネルを支持する梁部材、壁パネルや床パネル等を緊結する接合金物（X マーク表示金物等）の各種性能値（基準強度や各種耐力、剛性等）を、システム販売元の管理者が適宜追加を行い配布可能なデータベースを備えることを前提とする。
- ・上記の部材データベースは、CSV 形式若しくはこれに準ずる形式とし、管理者が適宜追加や編集が可能な構成とする（データベースの編集等に特殊なソフトウェアが必要となる場合は記載して下さい）。

## （2）構造計算機能

前述のとおり、本システムにおける構造計算は、CLT 技術基準告示（平成 28 年国土交通省告示第 611 号）及び「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（一財）日本住宅・木造技術センター編」に準拠することを前提とします。以下に、本システムで対応が必要な構造計算の概要について要点を記載致します。尚、各計算の詳細については、上述の告示や設計施工マニュアルにて確認をお願い致します。

### ①. 構造計算ルート

本システムの構造計算ルートは、CLT 技術基準告示に基づくルート 3 とする（ルート 1 及び 2 の計算は対象外とする）。

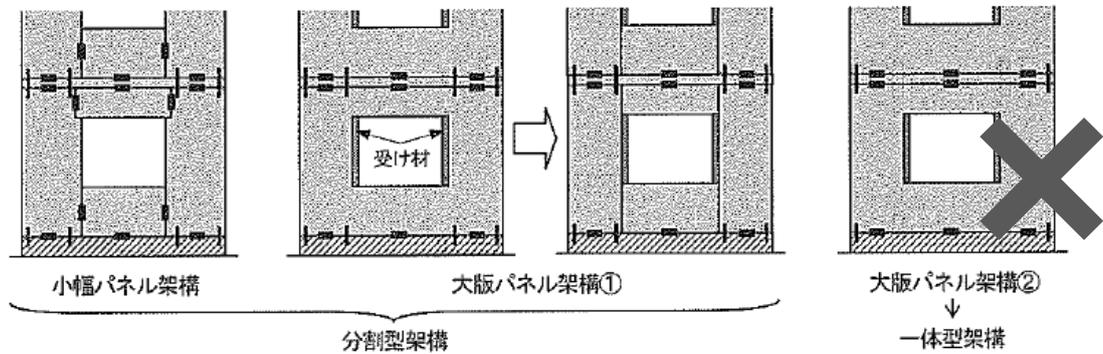
### ②. 対象とする架構形状

本システムで適用可能な架構の形状は、以下の通りとする（3.2 章の再掲）。

構造種別	:	CLT パネル工法 ※CLT の壁床パネルにより構成されるものとする。
階数	:	地上 6 階以下
面積等	:	延べ床面積は、10 m <sup>2</sup> 以上 6000 m <sup>2</sup> 以下程度の適用を目安とする。 <u>（必要に応じて本開発の提案者が別途設定を行うことを可とする。また、通り軸数やグリッドの頂点数、節点数等で別途制限を設ける場合は、その内容を記載すること）</u>
平面形状	:	XY 直交系のみで構成される架構を対象とする。 （平面的に斜めのフレームを有する形状は対象外）。
立面形状	:	水平な床と鉛直の壁で構成される立面形状とする。 （セットバック等により壁頂部が立面的に傾斜するような形状は対象外とする）
屋根形状	:	CLT パネルによる陸屋根形状とする。 ※木造在来軸組構法等により構成される小屋組は対象外とする。
塔屋階	:	塔屋についても一貫計算の対象とする。
基礎等	:	基礎構造の計算は、本システムの対象外とする。

- その他 :
- ・地下階の計算は対象外とする。
  - ・RC造やS造、SRC造、その他の木造構法（在来軸組構法、桝組壁構法等）との平面及び立面的な混在や混構造は対象外とする。

また、壁パネルについては、「小幅パネル架構」及び「大版パネル架構①」を本システムの対象とする（詳細は設計施工マニュアルを参照のこと）。



### ③. 荷重計算の概要

本システムでは、以下の方針を前提とした荷重計算を行うことを前提とします。

- ・床（屋根を含む）及び壁の固定荷重及び積載荷重の値は、ユーザーが任意に指定可能とする。
- ・床荷重や外壁（その他非構造壁を含む）、パラペット（手摺壁を含む）の入力から鉛直重量を自動算出する。また、床荷重については、ユーザーが指定する荷重伝達方向を考慮する。
- ・ユーザーが架構に対して指定する追加荷重(集中/分布)を考慮可能とする。
- ・令 88 条に基づき架構に作用する地震力を自動算出する（地震力の算出に必要な地域係数Zや振動特性係数等はユーザーが指定可能とする）。
- ・令 87 条に基づき架構に作用する風圧力を自動算出する（風圧力の算出に必要な基準風速や粗度区分、受風領域等はユーザーが指定可能とする）。
- ・令 86 条に基づき架構に作用する積雪荷重を自動算出する（積雪荷重の算出に必要な積雪区分や最深垂直積雪量等はユーザーが指定可能とする）。

### ④. 応力計算の概要

本システムでは、以下の方針を前提とした応力計算（許容応力度計算用の）を行うことを前提とします。

- ・鉛直荷重時（固定荷重及び積載荷重による）及び積雪荷重時、水平荷重時(地震及び暴風)における主架構の応力は、壁パネル、垂壁/腰壁パネル、床パネルによる水平構面を考慮した3次元立体解析モデルにて算出を行なうものとする。
- ・主架構の鉛直及び水平構面のモデル化方法は、全て線材置換（パネルゾーン部分を含む）と各種ばね要素によるものとし、詳細については上述の設計施工マニュアルに準ずるものとする。
- ・主架構の水平構面は、剛床仮定によることを基本とするが、ユーザーの指定により水平構面のせん断剛性を考慮した非剛床（水平ブレース置換）による解析も可能とする。
- ・令第 82 条の 2 により層間変形角の確認を行う。各階各方向の層間変形角は、立体解析の結果を用いて算出する。
- ・令第 82 条の 6 第二号イの規定により剛性率を算出する。各階各方向の剛性率は、立体解析の結果

を用いて算出する。

- ・令第 82 条の 6 第二号ロの規定により偏心率を算出する。各階各方向の偏心率は、立体解析の結果を用いて算出する。

### ⑤. 断面計算の概要

本システムでは、各種構造部材について令第 82 条各号による応力度、使用上の支障防止に関する確認を、以下の方針を前提とした計算で行うものとします。

#### i) 荷重の組合せ

構造耐力上主要な部材について、下表に示す要領により各荷重ケースに対する応力の組合せを行い、部材の設計応力を算出する。

荷重状態		荷重の組合せ	
		一般地域	多雪区域
長期	常時	$G+P$	$G+P$
	積雪時		$G+P+0.7S$
短期	積雪時	$G+P+S$	$G+P+S$
	暴風時	$G+P+W$	$G+P+W$ $G+P+0.35S+W$
	地震時	$G+P+K$	$G+P+0.35S+K$

$G$ ：固定荷重， $P$ ：積載荷重， $S$ ：積雪荷重， $W$ ：風荷重， $K$ ：地震荷重，

#### ii) 断面計算の概要

本システムでは、下表に示す構造部材について、上記の各荷重ケースに対する許容応力度計算を行うものとする（詳細は設計施工マニュアルを参照のこと）。尚、断面計算に用いる CLT 壁パネル及び床パネル、鉛直荷重を支持する木製柱、床パネルを支持する木製梁等の各種許容応力度は、建築基準法施行令第 89 条及び平成 13 年国土交通省告示第 1024 号に基づきシステム内で適宜算出する。また、壁床パネルや柱梁等の構造部材における燃え代設計や令第 82 条の 4 屋根葺き材の検討は開発の対象外とする

部位等	概要
耐力壁（袖壁等パネル）の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・耐力壁の母材に対する検討。</li> <li>・耐力壁の引張接合金物及びせん断金物等の検討。</li> <li>・断面選定機能は対象外とする。</li> </ul>
垂壁・腰壁パネルの検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・垂壁／腰壁パネルの母材及び接合金物に生じる応力の検討（垂壁は撓みを含む）。</li> <li>・断面選定機能は対象外とする。</li> </ul>
鉛直荷重を支持する柱の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・母材に生じる応力及び撓み、端部金物の検討。</li> <li>・断面選定機能は対象外とする。</li> </ul>
床パネルを支持する梁の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・母材に生じる応力及び撓み、端部金物の検討。</li> <li>・断面選定機能は対象外とする。</li> </ul>
床パネルの検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉛直荷重等に対する母材の面外曲げやせん断、撓みの検討。</li> </ul>

水平構面の検討	・床パネルにより構成される水平構面について、水平荷重時に生じる面内せん断力に対する検討（床パネル母材、接合部）を行なう。
---------	--

### ⑥. 保有水平耐力計算の概要

本システムでは、以下の前提に基づき、保有水平耐力の確認を行うものとします（詳細は設計施工マニュアルを参照のこと）。

#### i) 保有水平耐力の算出

- ・各階の保有水平耐力は、4 方向（+X方向、-X方向、+Y方向、-Y方向）の外力について荷重増分法による3次元立体解析を行い算出する。
- ・上記の算定に用いる解析モデルは、主架構を構成する壁パネルや垂壁／腰壁パネル、床パネルによる水平構面、接合部の剛性及び耐力の非線形性を適切に考慮したものとする。
- ・荷重増分解析に考慮する各階の外力分布は、 $A_i$  分布に基づくものとする。
- ・主架構の水平構面は、剛床仮定によることを基本とするが、ユーザーの指定により水平構面のせん断剛性を考慮した非剛床（水平ブレース置換）による解析も可能とする。

#### ii) 必要保有水平耐力の算出

- ・各階各方向の必要保有水平耐力算出に用いる構造特性係数  $D_s$  は、技術基準告示第8第2号の規定に基づき設定を行うものとする。
- ・各階各方向の必要保有水平耐力は、偏心率及び剛性率に応じて適切に割増を考慮可能とする。

#### iii) 終局時の保証設計

- ・各加力ケースで生じる壁パネル（袖壁等パネル、垂壁／腰壁パネル）や水平構面、各種接合部の終局時応力について、適宜保証設計に対する検討を行なうものとする。

### (3) 計算結果の出力機能

本システムにおける構造計算の結果等は、以下の方針にて出力を行うことを前提とします。

- ・構造計算書は、下表に示す構成例に準じて出力を行うものとする（必要に応じて章の追加等を行っても良いものとする）。
- ・構造計算書に出力する略伏図や略軸組図、解析モデル図や各種応力図等は、配置された構造部材の長さ等を比例則に基づき描画する形式とする。また、各種の表は、罫線により適切に区切られた形式とする。
- ・構造計算書のヘッダー等に、構造計算の開始と終了の時刻、頁番号を印字する。
- ・構造計算書の印刷前に、ユーザーがプレビューを行う機能を有するものとする。
- ・応力解析で得られた支点位置の反力を、CSV形式等のファイルで別途出力可能とする。
- ・構造計算の結果（構造計算の判定結果や各種応力図等）は、本システムの入力システム上で適宜画面表示を行うことを可能とする。

表. 構造計算書の構成例

章タイトル	備考
■ 表紙	建築物の名称やプログラム名称、設計者名等を入力
■ 目次	
1 一般事項	

1. 1	建築物の構造設計概要	
1. 2	略伏図	
1. 3	略軸組図	
1. 4	部材断面表	
2	設計方針と使用材料	
2. 1	構造設計方針	
2. 2	構造計算方針	
2. 3	使用構造材料と許容応力度	
3	荷重・外力	
3. 1	固定荷重	
3. 2	積載荷重	
3. 3	積雪荷重	
3. 4	風圧力	
3. 5	地震力	
3. 6	追加荷重	
4	準備計算	
4. 1	剛性に関する計算条件	
4. 2	梁の基本応力	
4. 3	節点重量	
5	応力解析	
5. 1	架構モデル	
5. 2	鉛直及び積雪荷重時	
5. 3	水平荷重時	
5. 4	支点反力図	
6	断面検定	
6. 1	長期荷重時断面検定比図	
6. 2	短期荷重時断面検定比図	
6. 3	各種部材の断面検定	
7	層間変形角・剛性率	
8	偏心率	
9	保有水平耐力	
9. 1	保有水平耐力設計方針	
9. 2	荷重増分解析の方法	
9. 3	構造特性係数 $D_s$ の算定	
9. 4	保有水平耐力の算定	
9. 5	各層の層せん断力-層間変形角曲線	
9. 6	各層の保有水平耐力の検討	
10	基礎・地盤	本システムでは、出力対象外とする。
11	総合所見	
12	エコーデータ	出力が可能なシステム構成である場合にのみ対応

#### (4) システムのライセンス管理機能

- ・本システムにおけるユーザーの使用権に対する管理は、インターネットを利用した専用サーバー上での認証を前提とする。但し、使用権を適切に管理することが可能であれば、USB等を用いた物理キー等による認証管理を用いても良いものとする（上記2種の併用も可）。
- ・使用権に対する管理に、インターネットを利用した専用サーバーを用いる場合は、システム構成の想定について、その概略を示すものとする（貴社にてサーバーの設置や管理が対応可能な場合は、その旨も記載）。

### 4. 非機能要件

本検討で開発対象とするシステムの非機能要件は以下の通りとします。

#### 4. 1 開発の委託方法等

本システムの開発における委託方法や成果物の販売、知的財産権等の条件や考え方について、以下に記述致します。

##### (1) 開発の委託形式

本システムは、発注者（当協会等が想定されますが現時点では未定）の依頼に応じて開発会社が請負契約で開発を行う委託形式を想定していますが、その他の委託形式（発注者と開発会社による共同開発等）についても検討を考えています。貴社において、上記の請負契約以外の委託形式が想定される場合は、その概要についてお聞かせ下さい。

##### (2) システムの販売や配布

一般ユーザーに対する本システムの販売や配布は、発注者（若しくは発注者の依頼を受けた第三者の企業）が行うことを想定していますが、システム自体の販売や配布に必要なwebサイト等の整備（運用保守を含む）について貴社で支援が可能であるかお聞かせ下さい。また、可能である場合は、その概要についてもお聞かせ下さい。

##### (3) 知的財産権

本システムの開発における成果物の所有権及び著作権（著作権法第27条および第28条の権利を含む）は、発注者に帰属することを想定していますが、その他の条件についても検討を考えています。貴社において、上記以外の条件が想定される場合は、その概要についてお聞かせ下さい。

##### (4) 品質保証

本システムの開発では、委託先における成果物（システム）に対する品質試験の結果を書面等により報告頂くことを想定しています。貴社において想定される品質試験の方法や報告書の内容等について、その方針と概要をお聞かせ下さい。

##### (5) 瑕疵担保責任等

本システムの開発では、成果物に不具合等が生じた場合、開発から一定期間内においては開発会社が当該瑕疵の修補を行うことを前提としています。また、一般ユーザーに対しては、ソフトウェアの

使用許諾において瑕疵による損害賠償等について一定の制限を設けることを考えています。貴社において開発を行う場合の、瑕疵担保責任や損害賠償等についての考え方や条件について、その概要をお聞かせ下さい。

## 4. 2 システムの保守

本システムの保守に対する条件や考え方について、以下に記述致します。

### (1) ユーザーサポート

本システムは、発注者の依頼に応じて協力会社がユーザーサポート業務（ユーザーからの問合せ対応等）を行うことを想定しています。貴社にて本システムの開発を行った場合、当該業務の委託が可能かお聞かせ下さい。また、可能である場合は、当該業務の範囲や委託条件（発注者との契約条件だけでなくユーザーからの保守費用等の考え方も含む）等について、その概要をお聞かせ下さい。

### (2) システムの不具合改修

前述のとおり、本システムの開発では、成果物に不具合等が生じた場合、開発から一定期間内においては開発会社が不具合の改修を行うことを前提としています。その際の、対応条件（改修に要する期間やリリースの頻度、方法等）について、貴社における考え方をお聞かせ下さい。

### (3) システムの機能改善

本システムの機能改善（バージョンアップ）は、発注者の依頼に応じて開発会社が適宜見積りの上、請負契約を締結して開発を行うことを想定しています。貴社において、本形式以外の委託方法が想定される場合は、その概要についてお聞かせ下さい。

## 5. 開発費用等

本システムを開発する場合に、貴社が想定される各種費用について、以下の観点に沿ってその概要をお聞かせ下さい。

### 5. 1 初期開発の成果物

本システムの開発における成果物は、以下を想定しています。また、開発するシステムでサーバーを使用する場合は、サーバー上で稼働するシステムも含むものとします。

- ・本システムの実行環境一式 ※システムのソースコードは対象外
- ・本システムの各種仕様書（入出力やデータベース、構造計算、その他機能の仕様書）
- ・ユーザーマニュアル

### 5. 2 初期開発の費用

本開発で想定する上記までの開発要件（機能要件／非機能要件）を考慮し、貴社が想定する初期開発に要する概算費用（下表を参考に項目別で）とその前提条件についてお聞かせ下さい。尚、本書で想定している開発要件と異なる条件がある場合は、相違点分かるよう記載をお願いします。

表. 初期開発における概算費用の算出項目例

概算費用の算出項目	備考
システムの仕様書作成（設計作業）	
システムの製造作業	
各種品質試験	・試験報告書の作成を含む
ユーザーマニュアルの作成	
ライセンスサーバーの環境構築	・ユーザーのライセンス管理に用いるシステムの開発と環境構築作業 ・サーバーに使用するハードウェアの費用は除く
システム配布用サーバーの環境構築	・ユーザーへの配布に用いる web システムの開発と環境構築作業 ・サーバーに使用するハードウェアの費用は除く
その他	・上記以外で、想定される費用について記載

### 5. 3 初期開発以外の費用

本システムを維持管理していく上で、貴社が想定する作業項目（下表を参考に）とその概算費用についてお聞かせ下さい。尚、本書で想定している要件と異なる条件がある場合は、相違点分かるよう記載をお願いします。

表. 初期開発以外の概算費用算出項目例

概算費用の算出項目	備考
ユーザーサポート作業	
システムの保守作業	・委託元からの質疑対応やシステムのリリース作業に要する費用
各種サーバーの保守作業	・ライセンスサーバーやシステム配布用サーバーの保守に要する費用
その他	・上記以外で、想定される費用について記載

## 6. 開発スケジュール

本システムの開発において、貴社が想定される開発期間（作業工程毎の大まかなスケジュールを含む）について、その概要をお聞かせ下さい。尚、各工程のスケジュールは、開発着手からの月数で表現を行って下さい。

## 7. 提案書の作成要領

前述までの記載内容を考慮した上で、貴社が想定される本システムの開発方針や費用等について、後述の要領にて提案書の作成をお願い致します。

## 【作成要領】

- ・本資料の1～6章に記載された本開発の要求事項をご確認頂いたうえで、下表に示す構成で貴社が想定される開発方針等の取り纏めを行って下さい（必要に応じて章を追加頂いても可）。
- ・本要件書の記載と貴社で想定する方針が一致する章においては、本書の記載内容を転記の上、適宜補足の説明を加えるようにして下さい。
- ・提案書は、A4用紙（縦書／Microsoft Word形式）20ページ程度で作成をお願いします。
- ・作成した提案書は、2022年1月14日（金）までに、当協会担当者までメール等で提出をお願いします（送付先は別途ご案内させていただきます）。

表. 提案書の構成と各項目の記載要領

項目	記載要領
表紙	・タイトルと日付、貴社名を必ず記載下さい。
目次	
はじめに	・本開発の貴社における提案の骨子を簡単に記載して下さい。
1. 機能要件に対する方針	
1. 1 システム概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貴社が想定するシステムの概要について記載して下さい。</li> <li>・システムの全体構成を示す略図を記載して下さい。</li> <li>・本書で記載されている内容と異なる点がある場合は、明確に記載をお願いします。</li> </ul>
1. 2 システムの適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貴社が想定するシステムの適用範囲について記載して下さい。</li> <li>・本書で記載されている建物規模や建物形状の適用範囲と異なる点がある場合は、明確に記載をお願いします。</li> </ul>
1. 3 システムの稼働環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システムの稼働環境と実現方式について記載して下さい。</li> <li>・本書で記載されている稼働環境や実現方式と異なる方針による場合（貴社保有システムへの機能追加やアドオン等）は、その概要を記載して下さい。</li> </ul>
1. 4 各機能の要求性能	
(1) 建物データの入力機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貴社が想定する入力機能の概要について記載して下さい。</li> <li>・入力要領（特に部材配置等）の概要が分かるよう、適宜図を交えながら記載して下さい（貴社が保有する別システムの図を事例として記載頂いても結構です）。</li> <li>・本書で記載されている条件と異なる点がある場合は、明確に記載をお願いします。</li> </ul>
(2) 構造計算機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貴社が想定する計算機能の対応範囲が分かるよう概要について記載して下さい。</li> <li>・計算内容は、基本的に「2016年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」に準ずることとしていますが、開発の想定から除外した計算内容があれば、それが分かるように記載をお願いします。</li> <li>・本書で記載されている条件と異なる点がある場合は、明確に記載をお願いします。</li> </ul>
(3) 計算結果の出力機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貴社が想定する出力機能の概要について記載して下さい。</li> <li>・出力要領（画面表示や計算書等）の概要（出力方式等）が分かるよう、適宜図を交えながら記載して下さい（貴社が保有する別システムの図を事例として記載頂いても結構です）。</li> <li>・本書で記載されている条件と異なる点がある場合は、明確に記載をお願いします。</li> </ul>
(4) システムのライセンス管理機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貴社が想定するライセンス管理の概要について記載して下さい。</li> <li>・サーバーを使用する場合は、構成等の概要について可能な範囲で記載して下さい。</li> <li>・本書で記載されている条件と異なる点がある場合は、明確に記載をお願いします。</li> </ul>
2. 非機能要件に対する方針	
2. 1 開発の委託方法等	
(1) 開発の委託形式	・本文に記述している内容について、貴社の想定を記載して下さい。

(2) システムの販売や配布	・本文に記述している内容について、貴社の想定を記載して下さい。
(3) 知的財産権	・本文に記述している内容について、貴社の想定を記載して下さい。
(4) 品質保証	・本文に記述している内容について、貴社の想定を記載して下さい。
(5) 瑕疵担保責任等	・本文に記述している内容について、貴社の想定を記載して下さい。
2. 2 システムの保守	
(1) ユーザーサポート	・本文に記述している内容について、貴社の想定を記載して下さい。
(2) システムの不具合改修	・本文に記述している内容について、貴社の想定を記載して下さい。
(3) システムの機能改善	・本文に記述している内容について、貴社の想定を記載して下さい。
3. 開発費用等	
3. 1 初期開発の成果物	・貴社が想定する成果物を記載して下さい。 ・本書に記載されている成果物と異なる点がある場合は、明確に記載をお願いします。
3. 2 初期開発の費用	・本開発の初期開発に必要なと想定される費用について、作業項目別(5.2章に記載されている表を参考に)に記載して下さい。 ・費用算出の前提条件について、必要に応じて記載を行って下さい。
3. 3 初期開発以外の費用	・本開発の初期開発以外に必要なと想定される費用について、作業項目別(5.3章に記載されている表を参考に)に記載して下さい。 ・費用算出の前提条件について、必要に応じて記載を行って下さい。
4. 開発スケジュール	・本文に記述している内容に沿って、貴社が想定する本開発のスケジュールを記載して下さい。 ・スケジュール算出の前提条件について、必要に応じて記載を行って下さい。
5. その他	・上記以外で、特記すべき事項等がある場合は、本章にて記載をお願いします。

以上