

第5章 ルート 2,3 における構造特性係数  $D_s$ ・  
応力割増し係数  $R_f$



## 5.1 はじめに

### 5.1.1 検討目的

小幅パネル架構、大版パネル架構②、鉄骨梁勝ち架構を対象とし、MSモデルを用いた増分解析に基づいて $D_s, R_f$ を評価する。

### 5.1.2 R1年度の検討

R1年度は小幅パネル架構(3層、4層、5層)、鉄骨梁勝ち架構(3層、4層、5層)及び大版パネル架構(3層)を対象に、MSモデルを用いた増分解析に基づいて $D_s, R_f$ の評価を行った。

図1にR1年度の構造特性係数 $D_s$ ・応力割増し係数 $R_f$ に関するケーススタディの結果を示す。小幅パネル架構では各階に腰壁を設けた場合、鉄骨梁勝ち架構では開口幅 $L_o$ が1mの場合に $D_s$ が大きくなる傾向がある。大版パネル架構②では垂れ壁端部の亀裂発生を許容すれば、 $D_s$ は現在の告示の値よりも小さくできると考えられる。

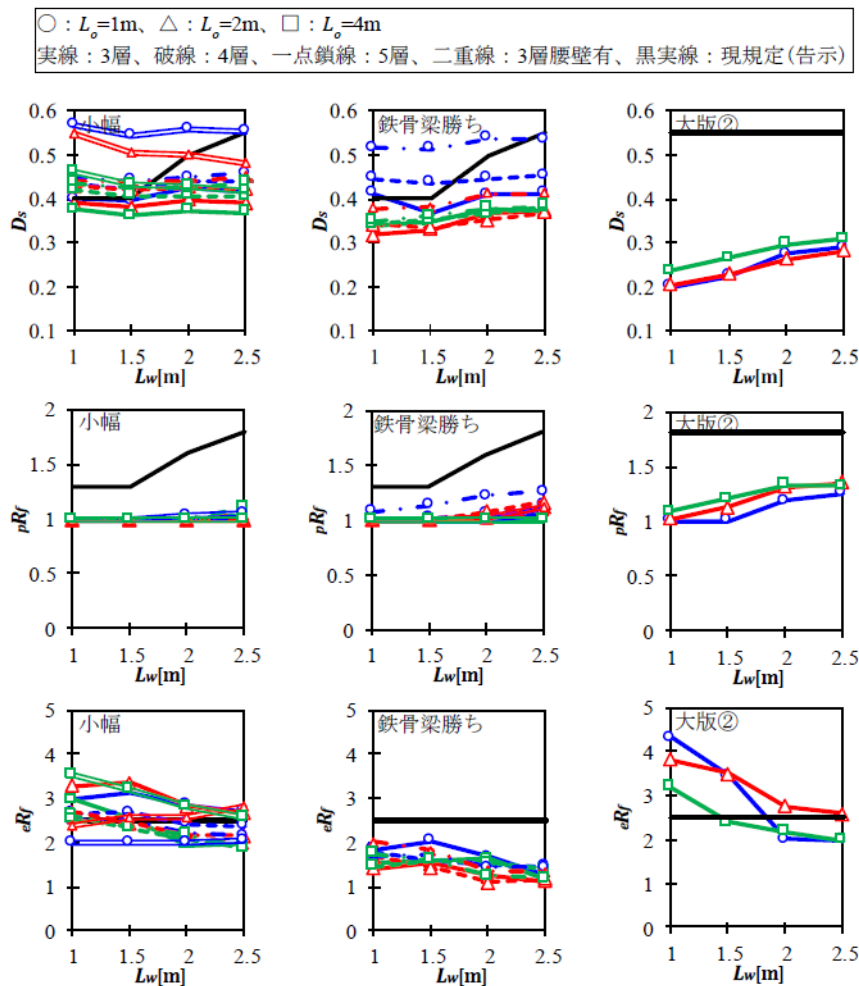


図 5.1.1 R1 年度ケーススタディ結果一覧

### 5.1.3 R1 年度の残課題

- $D_s, R_f$  を現告示の値同等または緩和するための条件の整理を行う。
- ルート 2 における弾性要素の応力割増し係数  $eR_f$  について、R1 年度の検討では、CLT パネルとせん断接合部を分けずに算出していたが、それぞれの要素ごとに  $eR_f$  を算出することとする。
- 鉄骨梁勝ち架構について、R1 年度の検討では層数に応じて 1 種類の梁断面のみで検討を行ったが、鉄骨梁断面性能もパラメータとした検討を行う。

## 5.2 検討とする鉛直構面の仕様

### 5.2.1 架構形状

- 小版パネル架構、鉄骨梁勝ち架構、大版パネル架構②を対象とする。図 5.2.1 に検討対象架構図を示す。
- 鉄骨梁勝ち架構は 3 層、4 層及び 5 層とする。小版パネル架構は 5 層とする。大版パネル架構②については 3 層とする。
- スパンは 2 スパンとする。
- 解析パラメータは、耐力壁幅  $L_w = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5\text{m}$ 、開口幅  $L_o = 1.0, 2.0, 4.0\text{m}$  とする。
- 各階の階高 3m、垂れ壁高さ 0.5m とする。また、腰壁は設けない。
- 構面端部に 1m の直交壁(引張接合部 2 個)を設ける。
- 増分解析の加力方向は図 5.2.1 に示す方向とする。

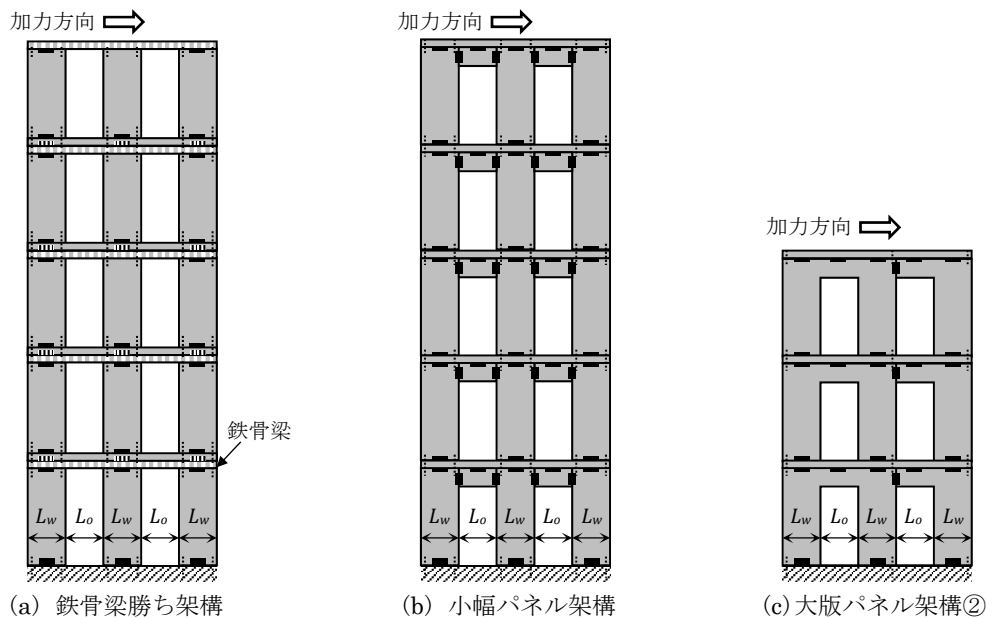


図 5.2.1 検討対象架構

### 5.2.2 部材・接合部

- CLT パネルは弾性とする。3 層 : S90-3-3(厚さ 90mm)、4 層 : S60-5-5(厚さ 150mm)、5 層 : S90-5-5(厚さ 150mm) とする。床パネルの面外剛性は 0 相当とする。
- 鉄骨梁勝ち架構における鉄骨梁は以下とする。表 5.2.1 に鉄骨梁の断面性能、降伏曲げモーメント  $M_y$  及び全塑性曲げモーメント  $M_p$  を示す。

3 層 : H-200×100×5.5×8 又は H-250×125×6×9

4 層 : H-150×150×7×10 又は H-194×150×6×9

5層：H-150×150×7×10、H-194×150×6×9又はH-300×150×6.5×9

鋼種はいずれも 400N 級 ( $F = 235\text{N/mm}^2$ ) とする。鉄骨梁の端部(垂れ壁端部位置)には全塑性曲げモーメント  $M_p (= 1.1 \cdot Z_p \cdot F)$  で折れ曲がるバイリニア型の曲げバネを設ける。また、鉄骨梁勝ち架構では、床パネルはモデル化しない。壁-床-鉄骨梁の圧縮接合部(めり込み抑制鋼棒)については、MS 要素で考慮する。

表 5.2.1 鉄骨梁の断面性能、降伏曲げモーメント  $M_y$  及び全塑性曲げモーメント  $M_p$

| 断面              | $F$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 幅厚比ランク |     | $I$<br>[cm <sup>4</sup> ] | $Z$<br>[cm <sup>3</sup> ] | $Z_p$<br>[cm <sup>3</sup> ] | $M_y$<br>[kN・m] | $M_p$<br>[kN・m] |
|-----------------|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
|                 |                             | フランジ   | ウェブ |                           |                           |                             |                 |                 |
| H-200×100×5.5×8 | 235                         | FA     | FA  | 1810                      | 181                       | 205.00                      | 42.5            | 53.0            |
| H-250×125×6×9   | 235                         | FA     | FA  | 3960                      | 317                       | 358.00                      | 74.4            | 92.5            |
| H-150×150×7×10  | 235                         | FA     | FA  | 1620                      | 216                       | 243.00                      | 50.8            | 62.8            |
| H-194×150×6×9   | 235                         | FA     | FA  | 2630                      | 271                       | 301.00                      | 63.7            | 77.8            |
| H-300×150×6.5×9 | 235                         | FA     | FA  | 7210                      | 481                       | 542.00                      | 113.0           | 140.1           |

- ・アンカーボルト径は 3 層：M16、4 層：M20、5 層：M24 とする。いずれも ABR490、長さ  $L = 25d$  とする。但し、終局変形  $\delta_{u,B} = 0.1L$  (M16：40mm、M20：50mm、M24：60mm) とする。なお、5 層鉄骨梁勝ち架構のみアンカーボルト径 M30 場合の検討も行う。
- ・小幅パネル架構及び大版パネル架構②における 2 階以上の壁-壁間の引張接合部は引きボルト接合とし、径は 3 層：M20、5 層：M27 とする。いずれも ABR490、長さ  $L = 210\text{mm}$ 、 $\delta_{u,B} = 21\text{mm}$  とする。
- ・鉄骨梁勝ち架構における壁-鉄骨梁の引張接合部は鋼板挿入ドリフトピン形式(弾性)とする。DP 引張接合部の剛性及び耐力は、3 層及び 5 層については R1 年度の実験に準拠して設定し、4 層の DP 引張接合部の剛性及び耐力については、3 層と 5 層の平均値とする。
- ・圧縮接合部は CLT パネルに応じた支圧・めり込み性能とする。鉄骨梁勝ち架構の場合は、壁-床-梁はめり込み抑制鋼棒を考慮する。めり込み抑制棒鋼の剛性及び耐力は、3 層及び 5 層については R1 年度の実験に準拠して設定し、4 層のめり込み抑制棒鋼の剛性及び耐力については 3 層と 5 層の平均値とする。
- ・せん断接合部は弾性とする。3 層： $\chi$ マーク金物の剛性、耐力、4 層： $\chi$ マーク金物の剛性、耐力の 1.25 倍、5 層： $\chi$ マーク金物の剛性、耐力の 1.5 倍

## 5.3 増分解析ケーススタディ

### 5.3.1 解析用構造モデル

・図 5.3.1 に鉄骨梁勝ち架構の解析モデル例を示す。ここでは、 $L_w = 1m$ 、 $L_o = 1m$  の場合のモデルを示す。

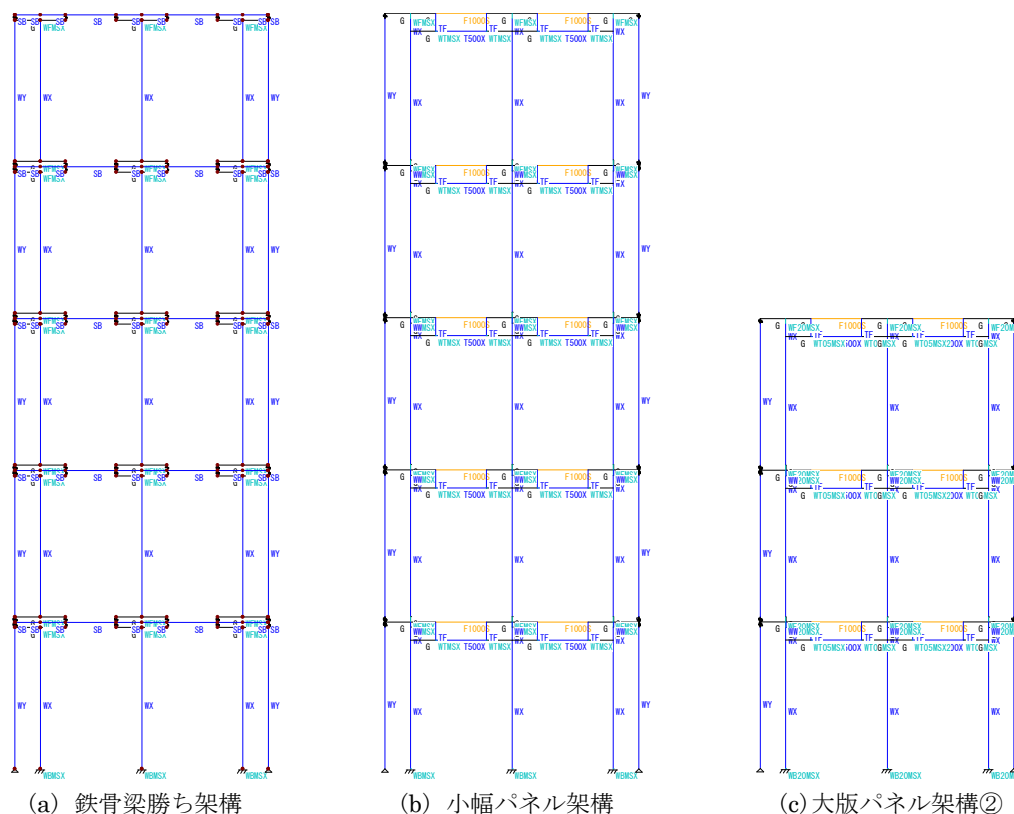


図 5.3.1 解析モデル例( $L_w = 1m$ 、 $L_o = 1m$ の場合)

- ・解析プログラムは SNAPver.7 とする。
- ・解析モデルは 2D モデルとする。
- ・壁、垂れ壁、腰壁、床及び鉄骨梁はフレーム要素でモデル化する。CLT 床については、面外剛性は 0 相当とし、軸剛性は  $17.7kN/mm$  (床-床引張接合部の軸剛性) と等価になる軸断面を設定する。
- ・単位重量比は、3 層 →  $1F:2F:3F=1:1:0.75$ 、4 層 →  $1F:2F:3F:4F=1:1:1:0.75$ 、5 層 →  $1F:2F:3F:4F:5F=1:1:1:1:0.75$  とする。壁の長さあたりの重量が  $20kN/m$  になるように負担幅を設定する。
- ・長期荷重を作用させた状態で荷重増分解析を行う。長期荷重は、床及び垂れ壁に等分布荷重として作用させる。
- ・ $P - \delta$ 効果(層等価荷重)を考慮する。
- ・圧縮接合部及び引張接合部は MS 要素でモデル化する。

- ・各部の引張接合部の荷重－変形関係を図 5.3.2 に示す。

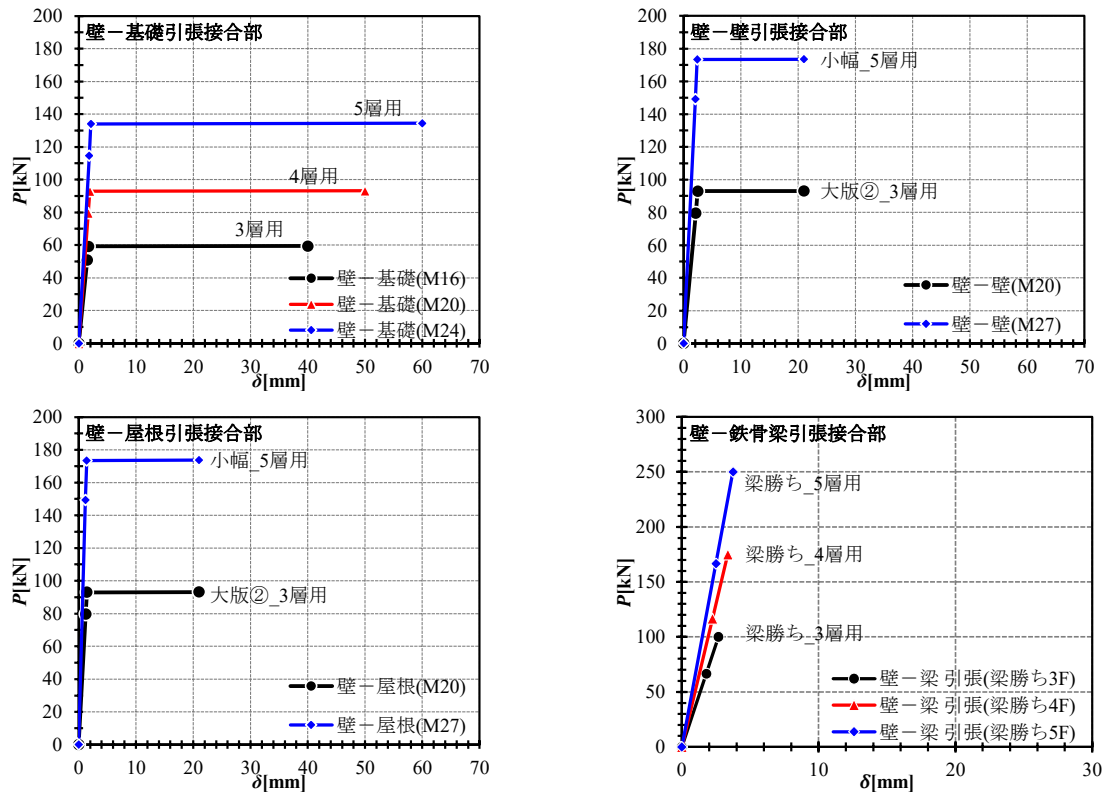


図 5.3.2 各部の引張接合部の荷重－変形関係

- ・各部のせん断接合部の荷重－変形関係を図 5.3.3 に示す。

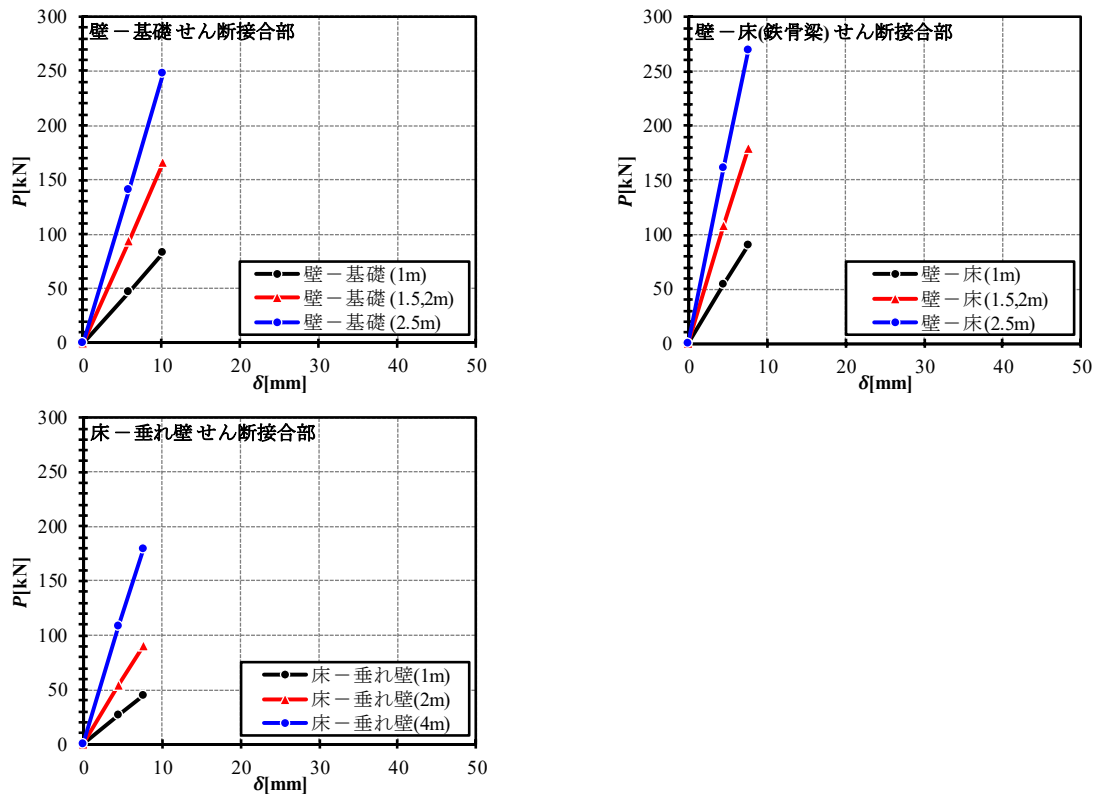


図 5.3.3 各部のせん断接合部の荷重－変形関係

- 各圧縮バネの降伏耐力 $P_y$ 、終局耐力 $P_u$ 、弾性剛性 $k_1$ 及び降伏後剛性 $k_2, k_3$ は次のように設定する。圧縮バネについては、MSモデルにおいて、断面分割数を10(等間隔)として、負担面積に応じた圧縮バネを等間隔に配置する。図5.3.4に圧縮バネの応力変形関係を示す。

壁パネルー基礎、壁パネルー鉄骨梁(支圧型)

$$P_u = F_c \cdot A_e \quad (5.3.1)$$

$$k_1 = k_e \cdot A_e \quad (5.3.2)$$

$$k_2 = k_1 / 10000 \quad (5.3.3)$$

壁パネルー床(めり込み型)

$$P_y = F_{cv} \cdot A_e \quad (5.3.4)$$

$$P_u = F_c \cdot A_e \quad (5.3.5)$$

$$k_1 = \frac{E_{90} \cdot A_e}{Z_0} \quad (5.3.6)$$

$$k_2 = k_1 / 8 \quad (5.3.7)$$

$$k_3 = k_1 / 10000 \quad (5.3.8)$$

壁パネルー垂れ壁パネル(めり込み型)

$$P_y = F_{cv} \cdot A_e \quad (5.3.9)$$

$$P_u = F_c \cdot A_e \quad (5.3.10)$$

$$k_1 = \frac{1.5E_{90} \cdot A_e}{Z_0} \quad (5.3.11)$$

$$k_2 = k_1 / 8 \quad (5.3.12)$$

$$k_3 = k_1 / 10000 \quad (5.3.13)$$

ここで、 $F_c$  : 壁パネルの圧縮基準強度

3層 :  $F_c = 13.8\text{N/mm}^2$ 、4層 :  $F_c = 9.72\text{N/mm}^2$ 、5層 :  $F_c = 12.42\text{N/mm}^2$ 、

$A_e$  : MSモデルにおける負担面積

$k_e$  : 壁パネルの支圧剛性 ( $k_e = 15.6\text{N/mm}^3$ )

$F_{cv}$  : 壁パネルのめり込み基準強度

3,5層 :  $F_{cv} = 7.8\text{N/mm}^2$ 、4層 :  $F_{cv} = 6.0\text{N/mm}^2$

$E_{90}$  : 壁パネルのラミナ繊維直交方向のヤング係数

3,5層 : 繊維平行方向のヤング係数  $9000\text{N/mm}^2$  の  $1/30=300\text{N/mm}^2$

4層 : 繊維平行方向のヤング係数  $6000\text{N/mm}^2$  の  $1/30=200\text{N/mm}^2$

$Z_0$  : 壁パネルのラミナ幅 ( $Z_0 = 120\text{mm}$ )

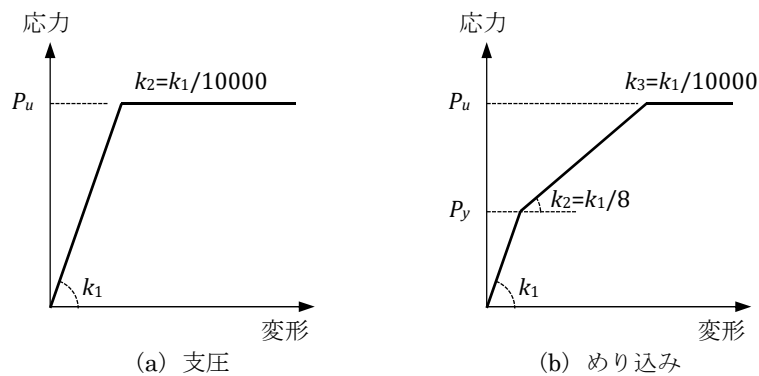


図 5.3.4 圧縮バネの応力変形関係



- ・鉄骨梁勝ち架構における壁－床－梁の圧縮接合部(めり込み抑制鋼棒)の荷重－変形関係を図 5.3.5 に示す。

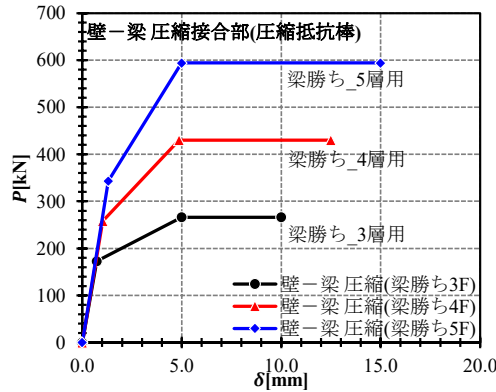


図 5.3.5 壁－床－梁圧縮接合部の荷重－変形関係

- ・大版パネル架構②の垂れ壁端部は MS 要素でモデル化する。圧縮及び引張の  $\sigma - \epsilon$  関係は図 5.3.6 のように設定する。圧縮については  $F_c$  時の歪の 2000 倍に達した時点で  $\sigma = 0$  となるような負勾配を設定する。引張については  $F_b$  に達した時点で  $\sigma = 0$  となるように設定する。ヤング係数  $E$  は  $3000\text{N/mm}^2$  とする。

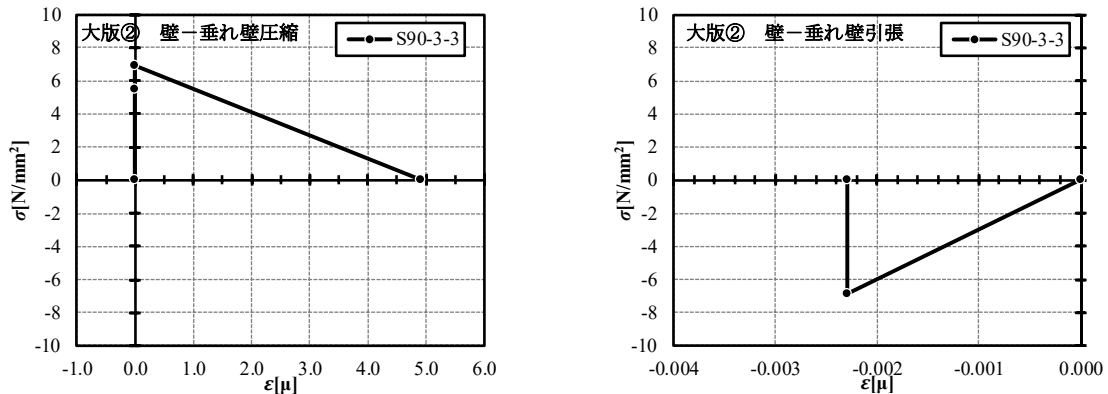


図 5.3.6 大版パネル架構②の垂れ壁端部の圧縮及び引張の  $\sigma - \epsilon$  関係

### 5.3.2 検討方法

- ・1F 壁脚引張接合部が短期許容引張力  $T_a$  に達するときの層せん断力を許容水平耐力  $Q_a$  とする。但し、 $Q_a$  時の各階の層間変形角は  $1/120\text{rad}$  以下、部材は短期許容耐力以下とする。
- ・1F 壁脚引張接合部が終局変形  $\delta_{u,B}$  に達するときの層せん断力を保有水平耐力  $Q_u$  とする。但し、 $Q_u$  時に CLT 壁パネルは終局耐力以下とする。ここで、 $\delta_{u,B}$  はアンカーボルト径  $d \times 25 \times 0.1$  とする。
- ・増分解析による各層の層せん断力－層間変形関係をもとに、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の加速度  $A$ －代表変位  $\Delta$  関係を求める。加速度  $A$ 、代表変位  $\Delta$  及び有効質量  $M_u$  は下式により算出する。

$$A = Q_b \cdot \frac{\sum m_i \cdot d_i^2}{(\sum m_i \cdot d_i)^2} \quad (5.3.14)$$

$$\Delta = \frac{\sum m_i \cdot d_i^2}{\sum m_i \cdot d_i} \quad (5.3.15)$$

$$M_u = \frac{(\sum m_i \cdot d_i)^2}{\sum m_i \cdot d_i^2} \quad (5.3.16)$$

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

- 等価一自由度系の  $A - \Delta$  関係から、それに対応するエネルギー的に等価な完全弾性バイリニア関係から計算される塑性率  $\mu$  から構造特性係数  $D_s$  を算出する。

$$D_s = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}} \quad (5.3.17)$$

- 応力割増し係数  $R_f$  は、接合・部材を塑性化要素と弾性要素に区分し、それらの  $R_f$  を下式により算出する。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、弾性要素とは終局時においても弾性範囲内(終局耐力以下)に留める部材・接合部である。 $eR_f$  については、せん断バネ、引張バネ及び CLT 壁パネルごとに算出する。

$$\text{塑性化要素} \quad pR_f = \max(R_{f1}, 1) \quad (5.3.18)$$

$$\text{弾性要素} \quad eR_f = \max(R_{f1}, R_{f2}, 1) \quad (5.3.19)$$

ここで、

$$R_{f1} = \frac{Q_a}{Q_u} \cdot \frac{D_s}{0.2} \quad : D_s \text{ に基づく応力割増し係数} \quad (5.3.20)$$

$$R_{f2} = \frac{\sum \left( \frac{s_{ai}}{f_i} \cdot \frac{s_{ui}}{F_i} \right)}{\sum \left( \frac{s_{ai}}{F_i} \right)^2} \quad : \text{部材応力に基づく応力割増し係数} \quad (5.3.21)$$

(下図のプロット近似直線の傾き)

$f_i$  : 短期許容応力度または短期許容耐力

$F_i$  : 基準強度または終局耐力

$s_{ai}$  : 許容耐力時応力

$s_{ui}$  : 終局時応力

$R_{f2}$  を算出する際、図 5.3.7 に示すように  $s_{ui}/F_i$  が 0.5 以上となるものを対象とする。

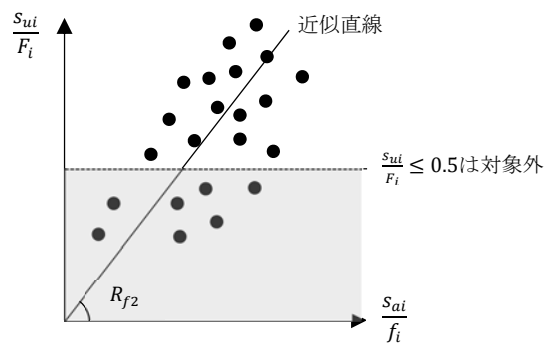


図 5.3.7  $R_{f2}$  の算出方法

- ・鉄骨梁勝ち架構において、下式に示す $\gamma_{as}$ と $D_s$ 及び $R_f$ の関係を把握する。

$$\gamma_{as} = \frac{N \cdot M_a}{L_o \cdot T_a} \quad (5.3.22)$$

ここで、 $N$  : 壁列の層数(3層 : 3、4層 : 4、5層 : 5)

$M_a$  : 鉄骨梁の短期許容曲げモーメント

$L_o$  : 開口幅

$T_a$  : アンカーボルトの短期許容引張力

- ・CLT 壁 1m あたりの可能負担重量 $W_a$ を下式により算出する。

$$W_a = \frac{\min\left(\frac{Q_u}{D_s}, \frac{Q_a}{0.2}\right)}{(3 \cdot L_w)} \quad (5.3.23)$$

### 5.3.3 検討結果

#### (1) 鉄骨梁勝ち架構

図 5.3.8 に 3 層鉄骨梁勝ち架構の検討結果を示す。

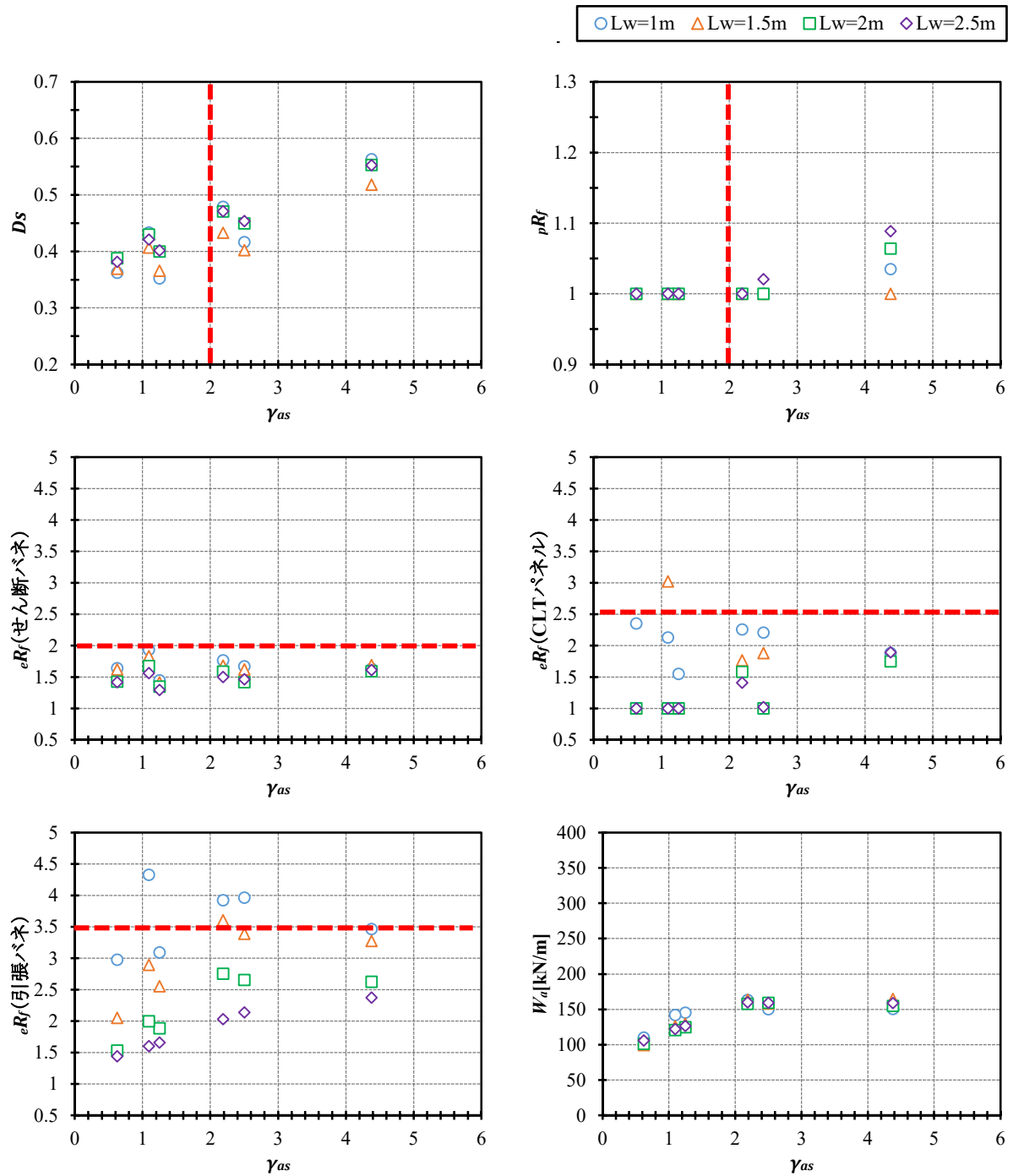


図 5.3.8 3 層鉄骨梁勝ち架構の検討結果

図 5.3.9 に 4 層鉄骨梁勝ち架構の検討結果を示す。

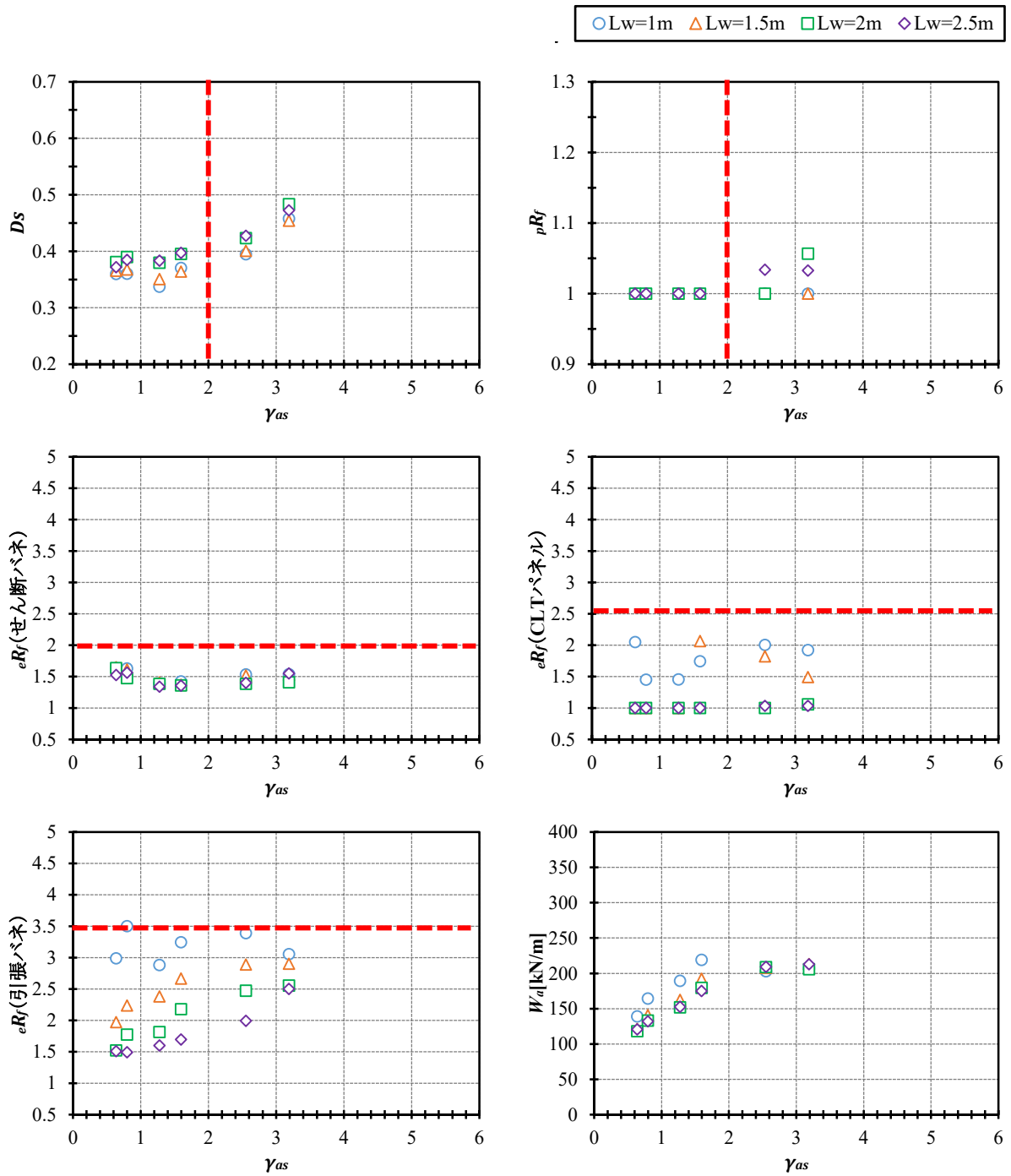


図 5.3.9 4 層鉄骨梁勝ち架構の検討結果

図 5.3.10 に 5 層鉄骨梁勝ち架構の検討結果を示す。

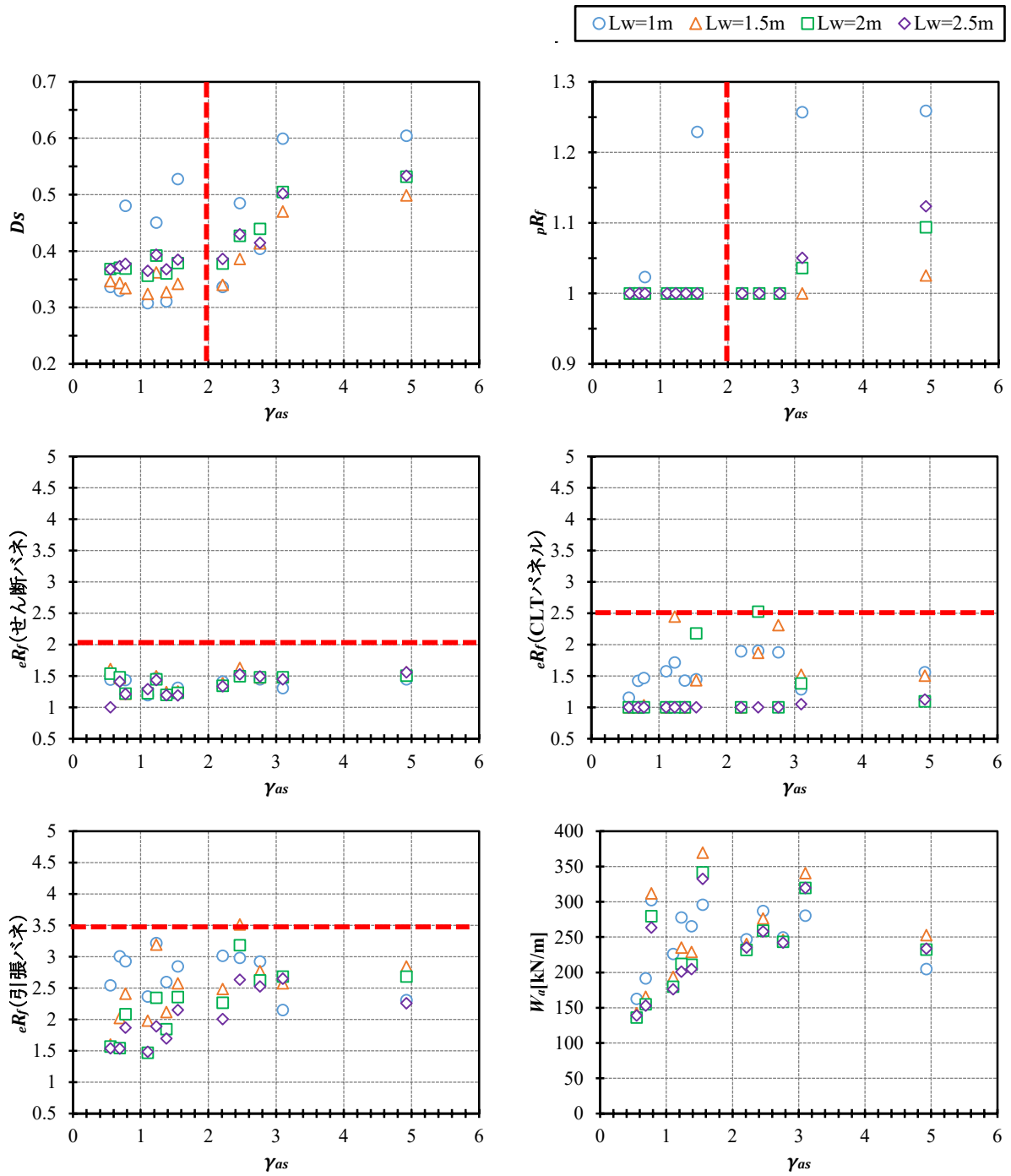


図 5.3.10 5 層鉄骨梁勝ち架構の検討結果

## (2) 小幅パネル架構

図 5.3.11 に 5 層小幅パネル架構の検討結果を示す。

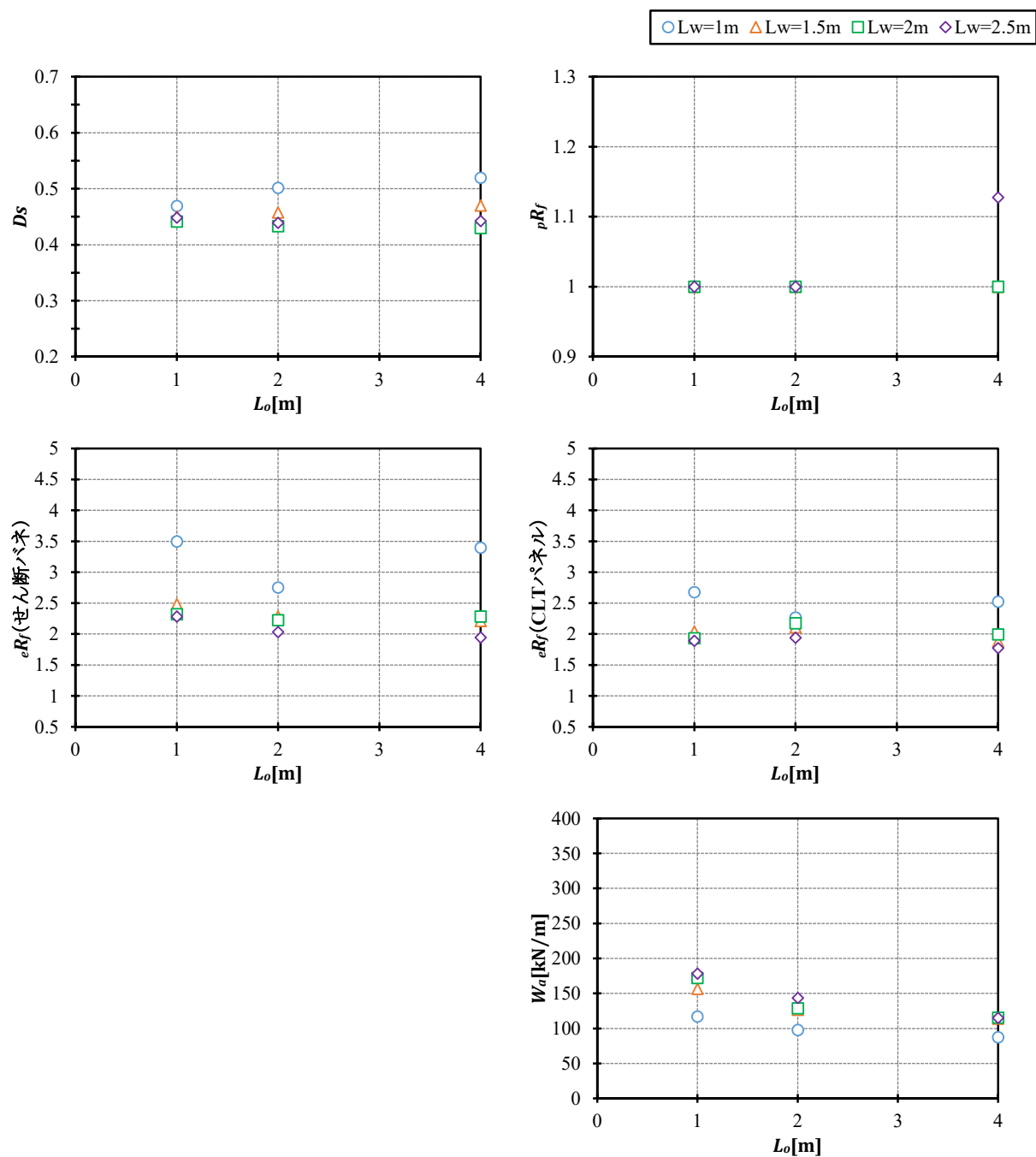


図 5.3.11 5 層小幅パネル架構の検討結果

### (3) 大版パネル架構②

図 5.3.12 に 3 層大版パネル架構②の検討結果を示す。

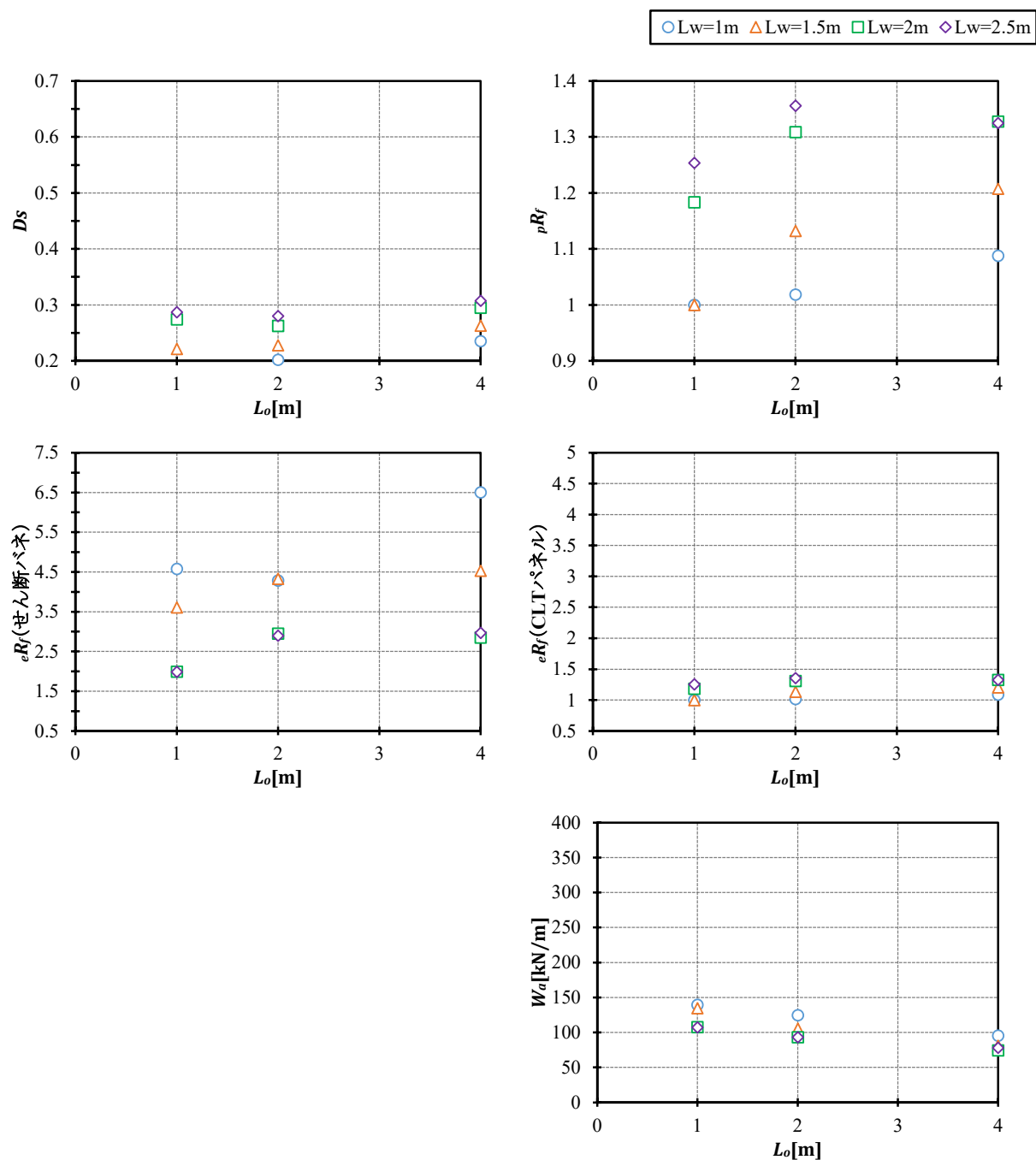


図 5.3.12 3 層大版パネル架構②の検討結果



## 5.4 $D_s$ 、 $R_f$ の評価

### 5.4.1 鉄骨梁勝ち架構

- $\gamma_{as} \leq 2$ であれば、壁幅 $L_w$ によらず $D_s \leq 0.4$ となる。但し、 $L_w = 1.0\text{m}$ でアンカーボルトの終局変形に達する前に CLT 壁パネルが終局耐力に達する場合については、 $D_s$ が大きくなる場合がある。
- $\gamma_{as} \leq 2$ であれば、壁幅 $L_w$ によらず $pR_f = 1.0$ となる。但し、開口幅 $L_o$ が狭い場合については、 $pR_f$ が大きくなる場合がある。
- せん断バネの $eR_f$ は $\gamma_{as}$ と相関がない。せん断バネの $eR_f = 2.0$ とすれば概ね安全側となる。
- CLT 壁パネルの $eR_f$ は $\gamma_{as}$ と相関がない。 $eR_f = 1$ とできる場合もあるが、壁幅 $L_w = 1\sim 2\text{m}$ の範囲では $eR_f$ が大きくなる場合もある。現告示同様 $eR_f = 2.5$ とすれば概ね安全側となる。
- 引張バネの $eR_f$ は $\gamma_{as}$ と相関がない。現告示同様 $eR_f = 2.5$ を超える場合も散見される。
- CLT 壁 1m あたりの可能負担重量 $W_a$ は $\gamma_{as} = 2$ 程度まで増加傾向で、それ以降は概ね一定となる。 $D_s$ との対応を考えると $\gamma_{as} = 2\sim 3$ 程度となるような鉄骨梁断面、アンカーボルト径を選定するのがよいと考えられる。
- $W_a$ は $\gamma_{as} = 2\sim 3$ の範囲において、3層で 150kN/m 程度、4層で 200kN/m 程度、5層で 250kN/m 程度である。一般階の重量を 6kN/m<sup>2</sup>、最上階の重量を 4.5kN/m<sup>2</sup>とすると、CLT 壁 1m 当たりの可能負担面積は 3層で  $150/(6 \times 2 + 4.5) \doteq 9.0\text{m}^2$ 、4層で  $200/(6 \times 3 + 4.5) \doteq 8.8\text{m}^2$ 、5層で  $250/(6 \times 4 + 4.5) \doteq 8.7\text{m}^2$ となる。
- 第 4 章「鉄骨梁勝ち架構の許容水平耐力(ルート 1)」では $D_s$ 、 $R_{f1}(= pR_f)$ を下式のように定式化している。

$$D_s = \min(0.025\gamma_{as} + 0.35, 0.45) \quad (5.4.1)$$

$$R_{f1} = \max(1.4 - 0.9/\gamma_{as}, 1.0) \quad (5.4.2)$$

本章の MS モデルを用いた 3,4,5 層鉄骨梁勝ち架構の $D_s$ 、 $R_{f1}$ と、定式化した $D_s$ 、 $R_{f1}$ との比較を図 5.4.1 に示す。図 5.4.1 において、点線丸囲み部はアンカーボルトが終局変形に達するより前に、CLT パネルが破壊したケースである。

$D_s$ について、CLT パネルの先行破壊を回避すれば、 $\gamma_{as} \leq 3$ では第 4 章で定式化した $D_s$ と概ね適合する。但し、3層で鉄骨梁断面が H-250×125×6×9 の場合(図 5.4.1 中の四角破線囲み)、CLT パネルが先行破壊しなくても、アンカーボルトが早期に終局変形に達し塑性率が小さくなることで $D_s$ が大きくなる場合がある。 $\gamma_{as} > 3$ の場合は、第 4 章で定式化した $D_s$ を上回る。これは、鉄骨梁と CLT パネルの引張接合部を弾性と仮定したことが主な要因であると考えられる。

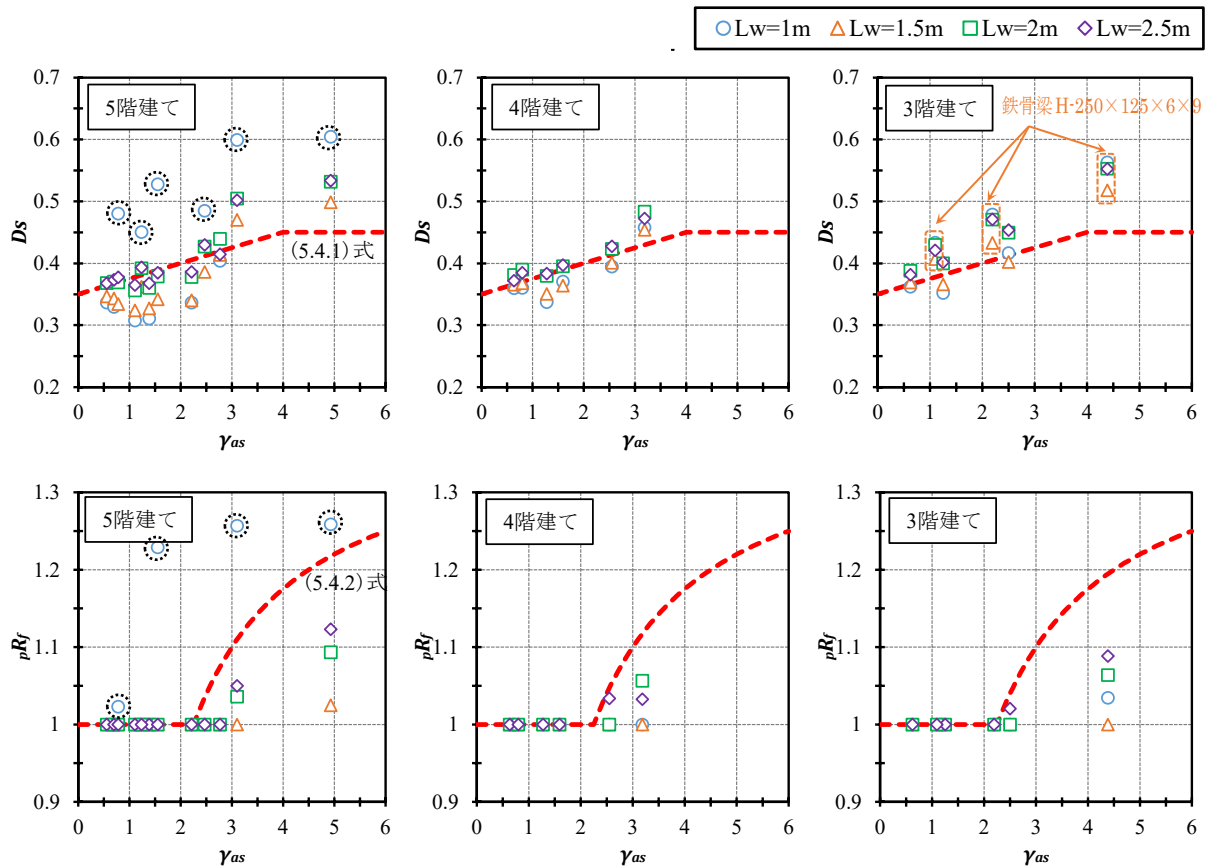


図 5.4.1 定式化した $D_s$ 、 $R_{f1}$ との比較

・表 5.4.1 に本年度の検討における鉄骨梁勝ち架構の $D_s$ 、 $R_f$ の評価結果を示す。

表 5.4.1 鉄骨梁勝ち架構の $D_s$ 、 $R_f$

| 層 | $D_s^{*1}$  | $pR_f (=R_{f1})^{*1}$              | $eR_f (=R_{f2})$ |                          |                         | 参照章        |
|---|---|------------------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------|
|   |   |                                    | せん断<br>接合部       | CLT<br>パネル <sup>※2</sup> | 引張<br>接合部 <sup>※3</sup> |            |
| 1 | $\min(0.025\gamma_{as} + 0.35, 0.45)$                               | $\max(1.4 - 0.9/\gamma_{as}, 1.0)$ | 2.0              | 1.8                      | $R_{f1}$                | 第4章        |
| 2 |   |                                    |                  |                          | $R_{f1}$                | 第4章        |
| 3 |   |                                    |                  |                          | $R_{f1} (3.5)$          | 第4章<br>第5章 |
| 4 | $\min(0.025\gamma_{as} + 0.35)$<br>但し、 $\gamma_{as} \leq 3$ の範囲に限る。 |                                    |                  | 2.5                      | 3.5                     | 第5章        |
| 5 |   |                                    |                  |                          | 3.5                     | 第5章        |

※1：表中の $D_s$ 、 $R_f$ を用いる場合は、アンカーボルトが終局変形に達するとき、その他の接合部は終局変形以下かつCLTパネルは終局耐力以下であることを確認する。

※2：CLTパネルは圧縮接合部の非線形化を考慮する塑性化要素とすれば、上表の値は参考値となる。

※3：鉄骨梁とCLTパネル間の引張接合部について、塑性化要素としてモデル化した場合の応力割増し係数は $R_{f1}$ の値を用い、弾性要素としてモデル化した場合は $eR_f = 3.5$ とする。

### 5.4.2 小幅度パネル架構

・ $D_s$ 、 $R_f$ について、第2章「小幅度パネル架構・大版パネル架構②の許容水平耐力(ルート1)」では、 $D_s$ は0.4で概ね安全側、 ${}_pR_f(=R_{f1})$ は1.0で概ね安全側となっている。本章と第2章の小幅度パネル架構の $D_s$ 、 $R_f$ の比較を図5.4.2に示す。本章において、CLT壁パネルがS90-5-5(厚さ150mm)で特に壁幅 $L_w$ が小さい場合CLTパネルの先行破壊が生じ $D_s$ が大きくなる。一方、CLT壁パネルをS90-7-7(厚さ210mm)とし、CLTパネルの破壊より先にアンカーボルトが終局変形に達するようにすれば $D_s$ は0.4~0.45程度となる。 ${}_pR_f$ は本章でも1.0で概ね安全側となっている。

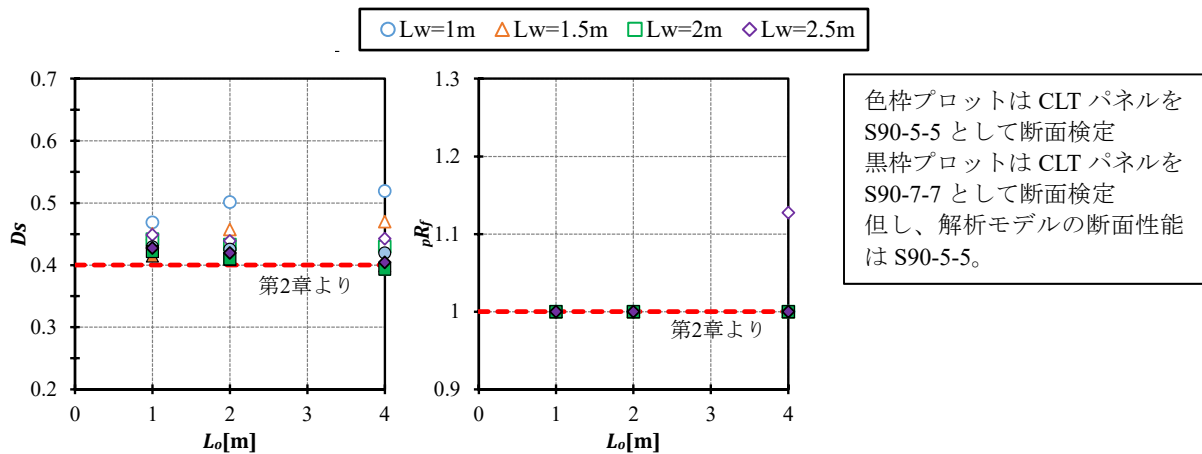


図 5.4.2 大版パネル架構②の $D_s$ 、 $R_f$ (第2章と第5章の比較)

- ・せん断接合部の ${}_eR_f$ は第2章の結果と同様、2.5で概ね安全側となる。しかし、壁幅 $L_w$ が1mの場合に ${}_eR_f = 2.5$ を上回る場合がある。
- ・CLTパネルの ${}_eR_f$ は2.5で概ね安全側となる。第2章ではCLTパネルの ${}_eR_f$ は4.0となる。
- ・CLT壁1mあたりの可能負担重量 $W_a$ は開口幅 $L_o$ が大きくなるにつれて小さくなる。仮に、5層小幅度パネル架構の $W_a = 125\text{kN/m}$ とすると、各層の重量を1F:2F:3F:4F:5F=6:6:6:6:4.5kN/m<sup>2</sup>の場合、建物重量は28.5kN/m<sup>2</sup>であり、CLT壁1mあたりの可能負担面積は $125/28.5 \div 4.4\text{m}^2$ となる。
- ・表5.4.2にR1年度及び本年度の検討における小幅度パネル架構の $D_s$ 、 $R_f$ の評価結果を示す。

表 5.4.2 小幅度パネル架構の $D_s$ 、 $R_f$

| 層 | $D_s^{*1}$ | ${}_pR_f(=R_{f1})^{*1}$ | ${}_eR_f(=R_{f2})$ |                      |                     | 参照章         |
|---|------------|-------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------|
|   |            |                         | せん断接合部             | CLTパネル <sup>*2</sup> | 引張接合部 <sup>*3</sup> |             |
| 1 | 0.4        | 1.0                     | 2.5                | 4.0                  | $R_{f1}$            | 第2章         |
| 2 |            |                         |                    |                      | $R_{f1}$            | 第2章         |
| 3 |            |                         |                    |                      | $R_{f1}$            | 第2章<br>R1検討 |
| 4 | 0.4~0.5    |                         |                    | 2.5                  | $R_{f1}$            | R1検討        |
| 5 |            |                         |                    |                      | $R_{f1}$            | 第5章         |

※1: 表中の $D_s$ 、 $R_f$ を用いる場合は、アンカーボルトが終局変形に達するとき、その他の接合部は終局変形以下かつCLTパネルは終局耐力以下であることを確認する。

※2: CLTパネルは圧縮接合部の非線形化を考慮する塑性化要素とすれば、上表の値は参考値となる。

※3: 上下階間とCLTパネル相互の引張接合部について、塑性化要素としてモデル化するため、応力割増し係数は $R_{f1}$ の値を用いる。

### 5.4.3 大版パネル架構②

・ $D_s$ 、 $R_f$ について、第2章「小幅パネル架構・大版パネル架構②の許容水平耐力(ルート1)」では、 $D_s$ は0.4で概ね安全側、 ${}_pR_f(=R_{f1})$ は $L_o \leq 1.0\text{m}$ で1.0、 $L_o = 4.0\text{m}$ で1.6、間は直線補間で概ね安全側となっている。本章と第2章の大版パネル架構②の $D_s$ 、 $R_f$ の比較を図5.4.3に示す。 $D_s$ は、本章の検討においても $D_s \leq 0.4$ である。 $R_f$ は概ね第2章の結果の範囲内ではあるが、壁幅 $L_w$ が2m、2.5mの場合に第2章の結果を上回る場合がある。これは、本章の検討モデルは垂れ壁端部にMSモデルを設け垂れ壁端部の亀裂発生後の負勾配を考慮していることにより、許容耐力に対する保有水平耐力の比率が、第2章のモデルよりも小さくなるのが原因と考えられる。

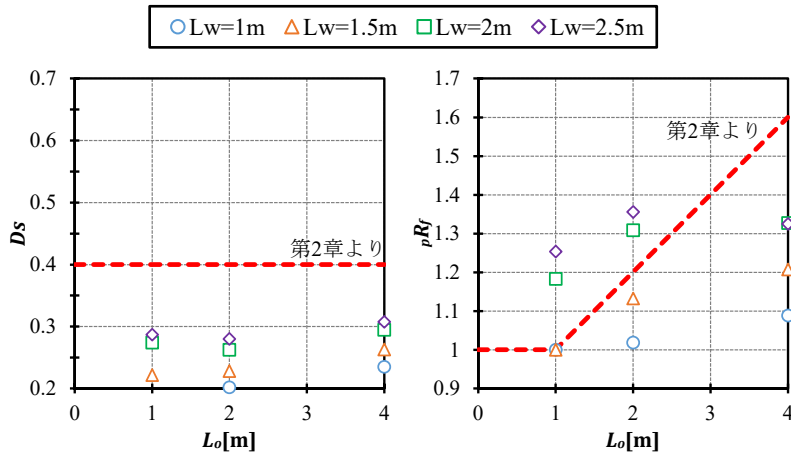


図 5.4.3 大版パネル架構②の $D_s$ 、 $R_f$ (第2章と第5章の比較)

- ・せん断接合部の ${}_eR_f$ は壁幅 $L_w$ が2m、2.5mであれば4以下で、第2章の結果と同じである。しかし、壁幅 $L_w$ が1m、1.5mの場合は ${}_eR_f$ は3.5~6.0程度になる。これは、垂れ壁端部に亀裂が入った後も圧縮ストラットとして垂れ壁が抵抗し、それにより保有水平耐力時の垂れ壁と床パネルのせん断接合部応力が、許容耐力時から大きく上昇したことが原因と考えられる。
- ・CLTパネルの ${}_eR_f$ は最大で1.36であり、第2章の結果と概ね同程度である。
- ・CLT壁1mあたりの可能負担重量 $W_a$ は開口幅 $L_o$ が大きくなるにつれて小さくなる。仮に、3層大版パネル架構②の $W_a$ を100kN/mとすると、各層の重量を1F:2F:3F=6:6:4.5kN/m<sup>2</sup>の場合、建物重量は16.5kN/m<sup>2</sup>であり、CLT壁1mあたりの可能負担面積は100/16.5≒6.0m<sup>2</sup>となる。
- ・表5.4.3に大版パネル架構②の $D_s$ 、 $R_f$ を示す。

表 5.4.3 大版パネル架構②の $D_s$ 、 $R_f$

| 層 | $D_s^{*1}$ | ${}_pR_f(=R_{f1})^{*1}$   | ${}_eR_f(=R_{f2})$ |                   |                     | 参照章        |
|---|------------|---|--------------------|-------------------|---------------------|------------|
|   |            |   | せん断接合部             | CLTパネル            | 引張接合部 <sup>*2</sup> |            |
| 1 | 0.4以下      | $L_o \leq 1.0\text{m}$ で1.0<br>$L_o = 4.0\text{m}$ で1.6<br>間は線形補間 | 4.0 <sup>*3</sup>  | 1.3 <sup>*3</sup> | $R_{f1}$            | 第2章        |
| 2 |            |   |                    |                   |                     | 第2章        |
| 3 |            |   |                    |                   |                     | 第2章<br>第5章 |

※1: 表中の $D_s$ 、 $R_f$ を用いる場合は、アンカーボルトが終局変形に達するとき、その他の接合部は終局変形以下かつCLTパネルは終局耐力以下であることを確認する。

※2: 上下階間とCLTパネル相互の引張接合部について、塑性化要素としてモデル化するため、応力割増し係数は $R_{f1}$ の値を用いる

※3: 第2章の大版パネル架構②の荷重増分解析モデルでは垂れ壁端部に亀裂発生過程追跡用の等価バネとしているため、垂れ壁亀裂発生後の架構の応力分布は実態と異なる可能性があるため、 ${}_eR_f$ は参考値とする。