

合板釘打ち接合を用いた木質ラーメンフレームの開発

【その2】壁倍率換算表の作成と接合部のモデル化

木質構造 ラーメン構造 モーメント抵抗接合

正会員 ○近田純生*1 同 山口雅和*2
同 洪江圭司*3 同 三城繁伸*4

1. はじめに

【その1】では、提案する木質ラーメンフレーム（以下、ナックル工法門型フレーム）についての構法概要及び実大フレーム実験結果を述べた。【その2】では、実験シミュレーション解析を行い、実験結果と計算結果との比較を行う。さらに解析モデルを用いて、壁倍率換算表の作成を行う。また、柱梁接合部のモデル化を行い、回転剛性ならびに曲げ耐力の評価式を検討する。

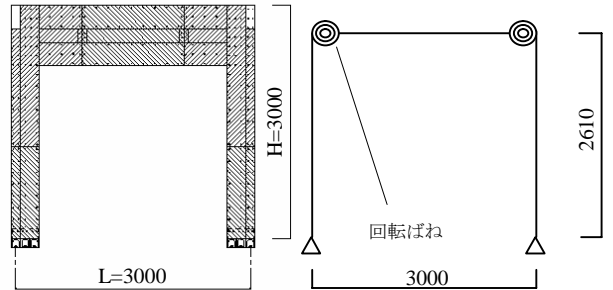


図1 解析モデル(スパン 3m モデル)

2. 実験シミュレーション解析

【その1】で実大フレーム実験を行った、スパン 3m、4m、5m のフレームモデルについて、図1に示す解析モデルを作成する。柱梁の回転剛性及び断面剛性は以下のように設定する。

①回転剛性 $R_j=2.45 \times 10^7 \text{ kN} \cdot \text{mm}/\text{rad}$: 参考文献1を参考として初期値を設定し、実験シミュレーション解析を行うことにより設定した。

②断面剛性 $I_C(\text{柱})=346032000 \text{ mm}^4$ 、 $I_G(\text{梁})=4687200000 \text{ mm}^4$: 構造用合板の接着効果を考慮し、図2に示す方法で断面剛性を設定した。

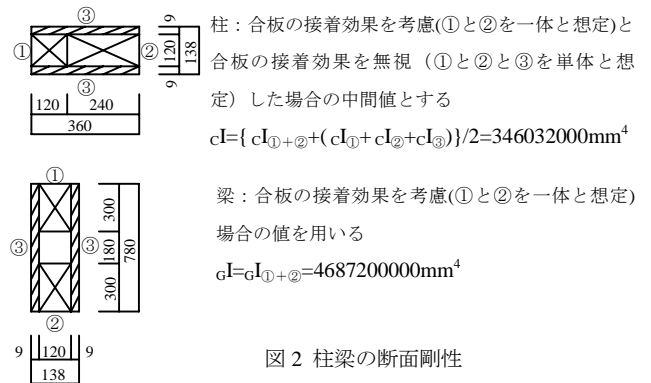


図2 柱梁の断面剛性

実験結果とシミュレーション解析結果を表1に示す。層間変形角 1/120 時の水平力 P_{120} により両者の比較を行っている。3m、4m、5m モデル共に実験結果と計算結果が概ね一致している。

3. 壁倍率換算表の作成

文献2より壁倍率換算式は、図3に示す通りである。実験では、塑性率を考慮した②の数値で壁倍率が決定している。しかし、表1に示すように実験時の塑性率を考慮した②の数値と、層間変形角 1/120 時の耐力④の差は5%程度と小さい。以上から、解析による目標値を、 P_{120} と設定し、壁倍率換算式は次式を用いる。

壁倍率 = $P_0 \times (1/L) \times (1/1.96)$

L : スパン(m)
 P_0 : 短期基準せん断力: ①~④の値(試験体の平均値とする)に、ばらつき係数を乗じた最も小さい値とする(kN)

①降伏耐力 P_y ②終局耐力 $P_u \times 0.2 \times \sqrt{2\mu - 1}$
 ③最大耐力 $2/3 P_{max}$ ④層間変形角 1/120rad 時の耐力 P_{120}

図3 壁倍率換算式(文献2より)

表1 実験結果と解析結果の比較

スパン (L)	実験結果 (kN)				解析結果 (kN)	
	P_0 (①)	P_0 (②)	P_0 (③)	P_0 (④)= P_{120}	P_a 1/120rad時の荷重	P_a/P_0 (④)
3m(3体平均)	30.83	23.58	33.29	24.56	24.06	0.98
4m	33.20	23.90	34.60	25.30	23.87	0.94
5m	35.50	24.70	36.20	26.50	23.65	0.89

* P_0 (①)~ P_0 (④)については、図3参照

表2 壁倍率換算表

高さ (H)	スパン (L)								
	3.00m	3.50m	4.00m	4.50m	5.00m	5.50m	6.00m	6.50m	7.00m
3000mm	3.9	3.4	3.0	2.6	2.5	2.1	1.9	1.8	1.6
3200mm	3.5	3.0	2.6	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4
3400mm	3.1	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3
3600mm	2.8	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.1

* は実験結果を示す。

(L)と(H)の設定は図1参照

壁倍率 = $P_{120} \times (1/L) \times (1/1.96)$ (1)

L : スパン(m)
 P_{120} : 層間変形角 1/120rad 時の水平力(kN)

スパン(L)と高さ(H)をパラメータとした壁倍率換算表の一例を表2に示す。

4. 柱梁接合部のモデル化

ナックル工法門型フレームを設計する際に、柱梁接合部の回転剛性ならびに曲げ耐力を算定する必要がある。図 4 に、ナックル工法門型フレーム柱梁接合部の釘配置(鉄丸釘 N75 を使用)を示す。

接合部の回転中心 O_R は次式から算定する。

$$x_c = \frac{S_y}{\sum A_i} \quad y_c = \frac{S_x}{\sum A_i} \quad (2)$$

$$S_y = \sum x_i \times A_i \quad S_x = \sum y_i \times A_i \quad (3)$$

ここで、 A_i : 釘の断面積

x_c, y_c : 基準点 O から回転中心までの距離

x_i, y_i : 基準点 O から対象節点までの距離

S_x, S_y : 断面 1 次モーメント

接合部の回転剛性 R_J は文献 1 を参考に次式を用いて算定する(図 4 に示すように回転剛性の算定では、繊維方向を x 方向に設定して検討を行う)。

$$R_J = n_s \sum K_{\phi i} \cdot r_i^2 \quad (4)$$

$$K_{\phi i} = \frac{K_{0i} \cdot K_{90i}}{K_{0i} \cdot \sin^2 \phi_i + K_{90i} \cdot \cos^2 \phi_i} \quad (5)$$

$$\phi_i = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}(x_i / y_i) \quad (6)$$

$$r_i = (x_i^2 + y_i^2)^{1/2} \quad (7)$$

ここで、 R_J : 接合部の回転剛性

n_s : 接合部のせん断面の数

$K_{\phi i}$: 繊維平行方向(x 軸)と ϕ 度の角度をなす方向のすべり係数

K_{0i} : 繊維平行方向(x -軸)に関するすべり係数

K_{90i} : 繊維垂直方向(y -軸)に関するすべり係数

r_i : 回転中心 O_R から対象節点までの距離

接合部の曲げ耐力は、文献 1 を参考に次式を用いて算定する。

$$M_J = n_s \sum P_{si} \cdot r_i \quad (8)$$

$$r_i = (x_i^2 + y_i^2)^{1/2} \quad (9)$$

ここで、 M_J : 最大曲げ耐力

n_s : 接合部のせん断面の数

P_{si} : 釘のせん断耐力(最大せん断耐力: 文献 3 参照)

r_i : 回転中心 O_R から対象節点までの距離

表 3 に (2)~(9)式を用いて算定した、柱梁接合部の回転剛性ならびに最大曲げ耐力を示す。実験値に比較して、回転剛性については 12% 高めの結果が得られ、最大曲げ耐力については 11~15% 低めの結果が得られた。運用面では、これらの誤差を考慮した検討が必要と考えられる。

5. まとめ

本報のまとめを以下に示す。

- ① ナックル工法門型フレームについて、実験シミュレーション解析を行い、計算値と実験値が概ね一致することを確認した。
- ② 解析モデルを用いて、スパンと高さをパラメータとした壁倍率換算表を作成した。
- ③ 柱梁接合部について、回転剛性と曲げ耐力を算定し、評価式を検討した。
- ④ 接合部の回転剛性及び曲げ耐力を向上させる方法として、合板を厚くすること・釘のピッチを密にすることが考えられる。これらについては、追加実験および追加解析による検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 財団法人 日本住宅・木材技術センター：通直集成材を用いたラーメン構造の設計法
- 2) 財団法人 日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計、2001
- 3) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説、2002

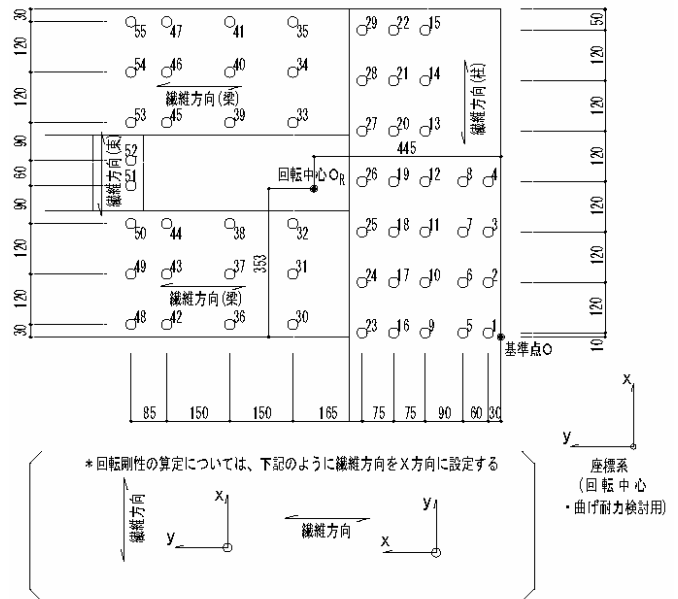


図 4 柱梁接合部 (釘配置)

表 3 柱梁接合部の回転剛性と最大曲げ耐力

スパン (L)	回転剛性 (kN・mm/rad)			最大曲げ耐力 (kN・m)		
	実験結果 R_{EJ}	解析結果 R_{AJ}	R_{AJ}/R_{EJ}	実験結果 M_{EJ}	解析結果 M_{AJ}	M_{AJ}/M_{EJ}
3m				60.80	54.00	0.89
4m	2.45×10^7	2.74×10^7	1.12	62.90	54.00	0.86
5m				63.90	54.00	0.85

*1 (有)三城設計 工修

*2 (株)ニューホームシステム

*3 (株)ニューホームシステム

*4 (有)三城設計 工修

Sanjo Sekkei INC. M.Eng

New Home System Co.Ltd

New Home System Co.Ltd

Sanjo Sekkei INC. M.Eng