

3

耐力壁・水平構面の実験データと設計値

3.1 耐力壁の実験データ

3.1.1. 試験体の概要

厚さ24mmの全層スギのJAS2級構造用合板、あるいは、厚さ28mmの全層スギまたは全層カラマツのJAS2級構造用合板を、くぎCN75で2列@50mmに打ち付けた壁長1820mm×壁高3500mmの耐力壁6体（図3-1）。

軸材は、断面寸法が柱：240×150mm、間柱：120×150mm、土台：120×150mm、桁：240×150mm、胴つなぎ：120×150mmで、JAS構造用集成材（カラマツ対称異等級構成、E95-F270）あるいは（スギ対称異等級構成、E55-F225）である。

試験方法はラグスクリューボルトによる柱脚固定方式（3体）またはタイロッド方式（3体、図3-2）とした。本実験は、青木謙治、杉本健一、神谷文夫「厚物構造用合板を用いた高強度耐力壁の開発」、日本建築学会技術報告集、第20巻、第44号、111-114、2014.2に報告されている。

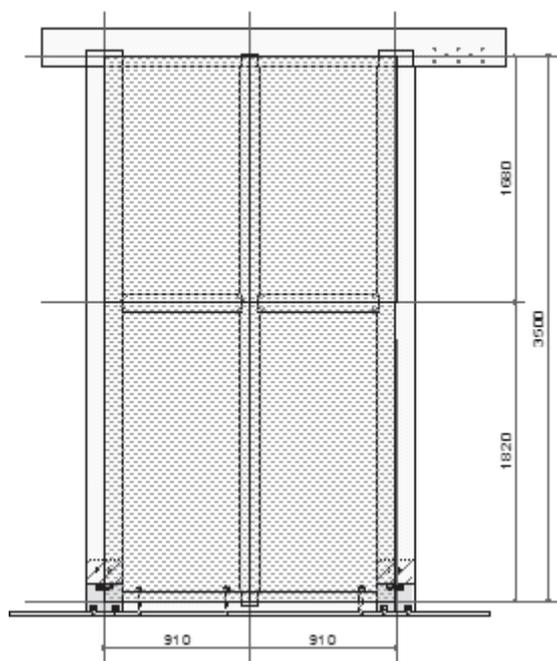


図3-1 耐力壁試験体

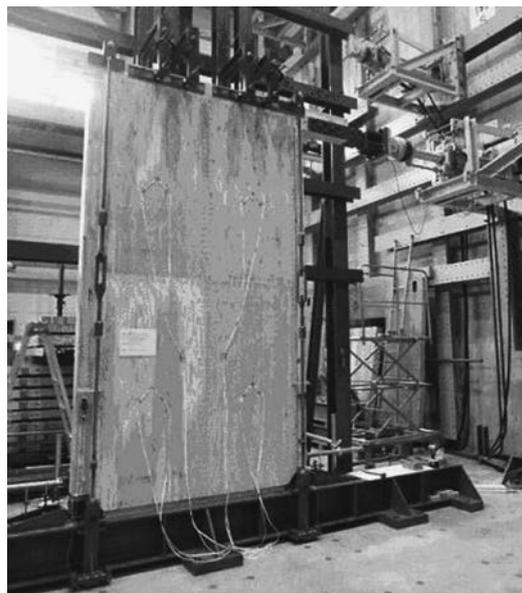


図3-2 タイロッド方式の加力試験

3.1.2. 破壊形態

タイロッド方式の試験結果のみについて記す。No.2はアンカーボルトで固定された土台が引き裂かれた。タイロッド方式であっても柱の浮き上がりが多少なりとも生じるためである。このためNo.4、6では、アンカーボルトを締め付けずに、土台が柱の浮き上がりとともに持ち上がるようにした。No.4では、間柱と胴つなぎが割裂（図3-3）を生じるとともに合板がせん断破壊を生じた（図3-4）。この時の合板のせん断応力度は 3.38N/mm^2 で建築学会の基準強度である 3.2N/mm^2 を上回った。No.6は、間柱と胴つなぎが割裂を生じた。

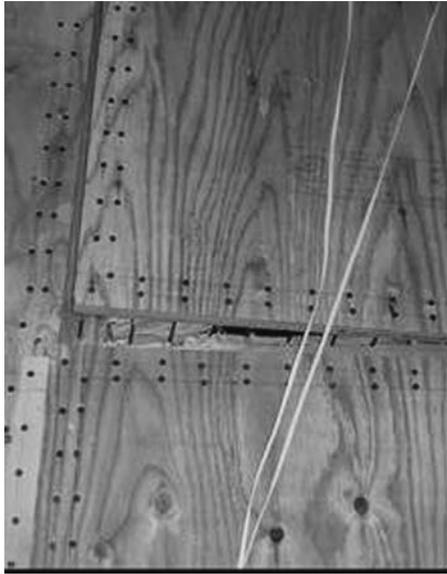


図3-3 胴つなぎの割裂



図3-4 合板のせん断破壊

表3-1 耐力壁試験の結果の概要

試験体	合板	軸材	計算値		実験値		③ / ①	④ / ②
			① 許容耐力 (kN/m)	② 許容耐力時の 変形 (10^{-3} rad)	③ 最大耐力 (kN/m)	④ 許容耐力時の 変形 (10^{-3} rad)		
No.2	24mm 全層スギ	スギ集成材	32.4	5.02	86.4	4.07	2.67	0.81
No.4	28mm 全層スギ	カラマツ集成材	34.8	4.73	109	3.68	3.13	0.78
No.6	28mm 全層カラマツ	カラマツ集成材	34.8	4.73	129	3.06	3.71	0.65

表3-2 試験耐力壁の倍率評価

試験体	試験荷重 (kN)				短期基準せん断 耐力 P_0 (kN/m)	倍率
	P_y	$0.2 P_U/D_S$	$2/3 P_{max}$	$P(1/120)$		
No.2	83.7	57.6	104.9	85.4	31.6	16.1
No.4	104.1	77.6	131.7	96.5	42.6	21.8
No.6	117.2	106.2	156	112.5	58.3	29.8

3.1.3. 耐力

荷重-変形関係を図 3-5 に、結果の概要を表 3-1 に示す。No.2を除き最大荷重は許容耐力に対して約 3 倍程度であった。住宅と同様の倍率評価を行うと、表 3-2 のように、No.4、No.6 では設計の許容耐力を上回り、20 倍相当以上の耐力となった。許容耐力時の変形の実験値は、平均で計算値の 0.75 倍であった。

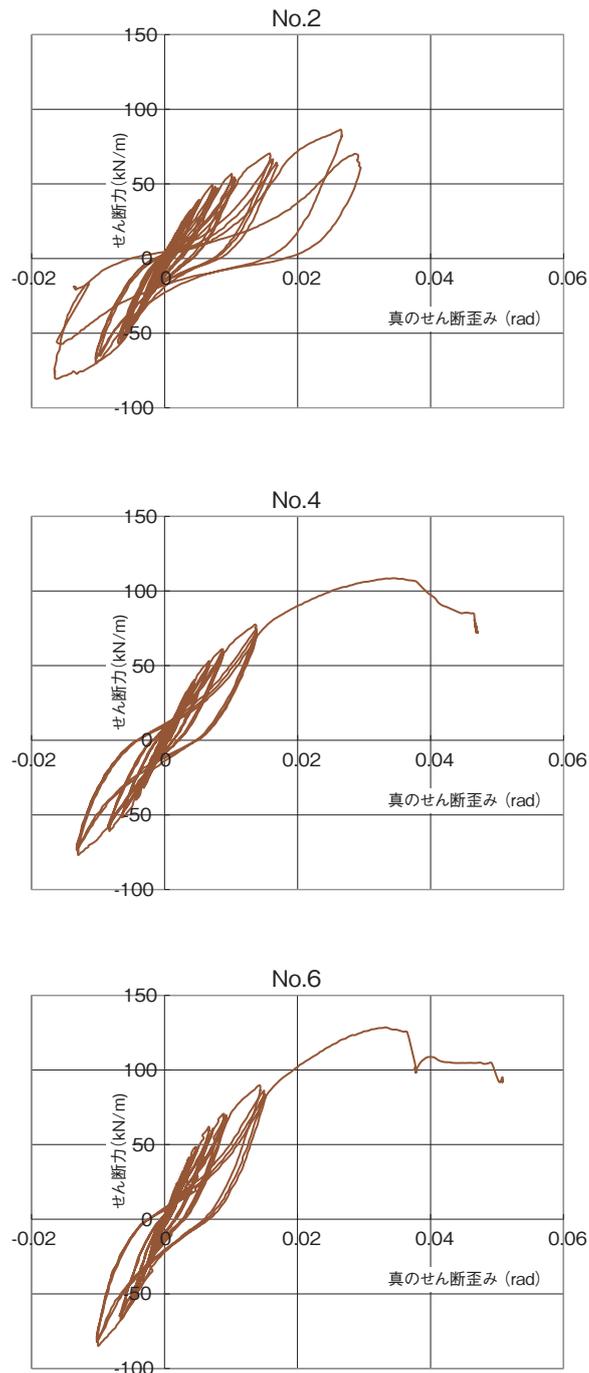


図3-5 試験耐力壁の荷重-変形関係

3.2 無開口床構面の実験データ

3.2.1. 試験体の概要

厚さ24mm、28mmの全層スギのJAS2級構造用合板、あるいは厚さ28mmのスギ・カラマツ複合のJAS2級構造用合板をくぎCN75の2列@75mmまたは2列@50mm(図3-6)で打ち付けた長さ7280mm×奥行き3640mmの無開口床構面3体(表3-3)。

軸材は、断面寸法がはり・桁:120×240mm、小はり:120×120mmのJAS2級構造用集成材(カラマツ対称異等級構成、E105-F300)である。

試験方法は、両端を水平方向に単純支持し、中央及び中央から910mmの3カ所に水平力を加えた(図3-7、3-8)。

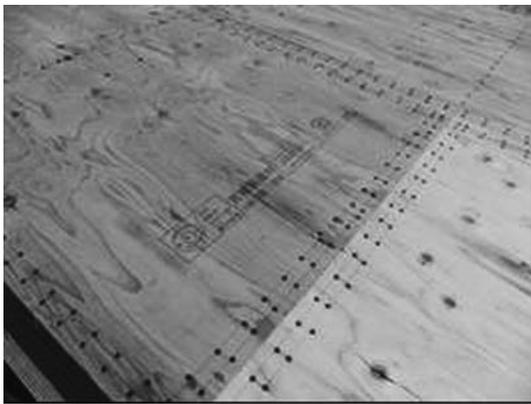


図3-6 くぎ打ちの状況

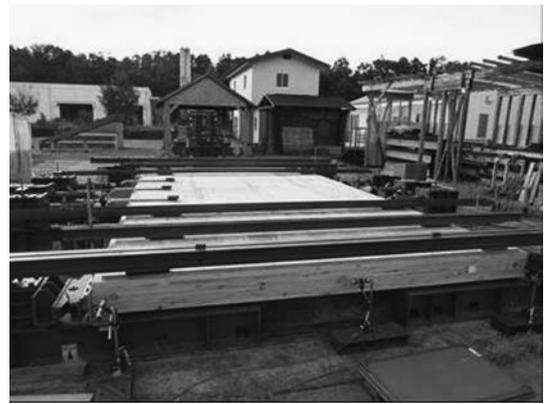


図3-7 加力の状況

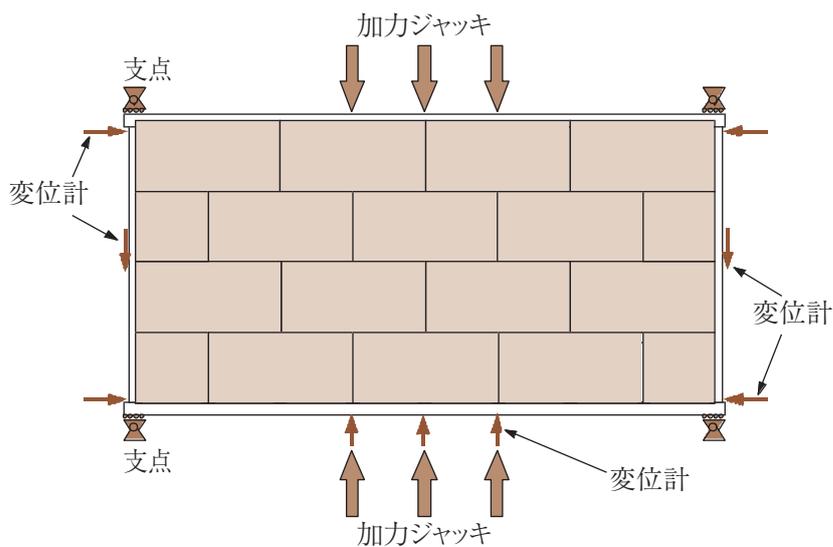


図3-8 無開口床構面試験体

3.2.2. 破壊形態

No.1、3は引張側の桁が引張破壊を生じた（図 3-9）。No.2は、加力点のめり込みが大きく途中で加力を中止した。

3.2.3. 耐力

荷重-変形関係を図 3-10 に、結果の概要を表 3-3 に示す。No.2を除き最大荷重は計算で求められる許容耐力の約 3 倍以上の値であった。住宅と同様の床倍率評価を行うと、表 3-4 のように、No.3 では 22.4 倍もの耐力があった。許容耐力時の変形の実験値は、平均で計算値の 1.09 倍であった。



図3-9 破壊の状況

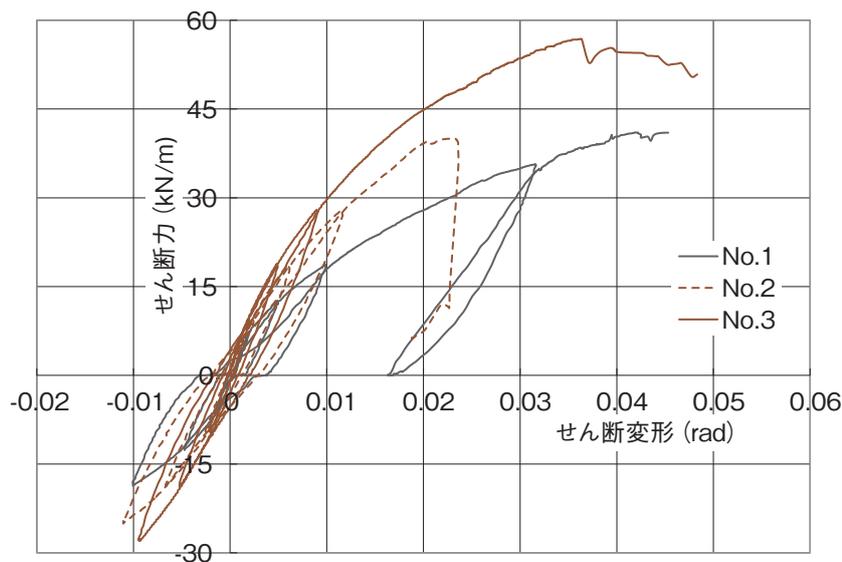


図3-10 試験床構面の荷重-変形関係

表3-3 無開口床構面試験結果の概要

試験体	くぎ間隔	合板	軸材	計算値		実験値		③ / ①	④ / ②
				① 許容耐力 (kN/m)	② 許容耐力時 の変形 (10^{-3} rad)	③ 最大耐力 (kN/m)	④ 許容耐力時 の変形 (10^{-3} rad)		
No.1	2-@75	24mm 全層スギ	カラマツ集成材	23.2	3.97	82.0	4.47	3.53	1.13
No.2	2-@50	28mm 全層スギ	カラマツ集成材	34.8	4.73	80.2	5.63	2.30	1.19
No.3	2-@50	28mm カラマツ・スギ複合	カラマツ集成材	34.8	4.73	114	4.45	3.28	0.94

表3-4 試験床構面の倍率評価

試験体	試験荷重 (kN)				短期基準せん断 耐力 P_0 (kN/m)	倍率
	P_y	$0.2 P_U/D_S$	$2/3 P_{max}$	$P(1/150)$		
No.1	147.4	96.4	199.1	96.4	26.5	13.5
No.2	139.5	90.0	194.5	90.0	24.7	12.6
No.3	216.7	159.7	276.0	169	43.9	22.4

3.3 開口を有する床構面の実験データ

3.3.1. 試験体の概要

◆ 試験体の概要

厚さ 24mm の全層スギの JAS2 級構造用合板を、くぎ CN75@75mm で打ち付けた長さ 7280mm × 奥行き 3640mm の床構面 4 体。No.1 は無開口の比較対照試験体。No.2 ~ 4 は 1820mm × 1820mm の開口を設け、本マニュアルに従って開口周りの合板のくぎ打ちを補強している (図 3-11)。

くぎ打ち補強エリアは、No.2 と No.3 では開口の左右の 910mm 区間にとり、No.4 では開口より端部側の 910mm 区間とした。

No.2 では開口隅部における接合については計算を行わずに単に羽子板ボルトとし、No.3 と No.4 では本マニュアルに従って設計し引き寄せ金物を使用した。(具体的な計算については 3.3.4 を参照)。

軸材は、断面寸法がはり・桁: 120 × 240mm、小ばり: 120 × 120mm の JAS 構造用集成材 (カラマツ対称異等級構成、E105-F300) を用いた。

試験方法は、無開口の場合と同様に、両端を水平方向に単純支持し、中央及び中央から 910mm の 3 カ所に水平力を加えた (図 3-12)。

試験後に、補強エリア以外の部分のくぎ間隔 (@75mm) が、手違いのため、@100mm となっていることが判明した。従って、@100mm の場合を設計耐力とすると、補強エリアでは、その 1.33 倍の過剰な補強を行ったことになる。

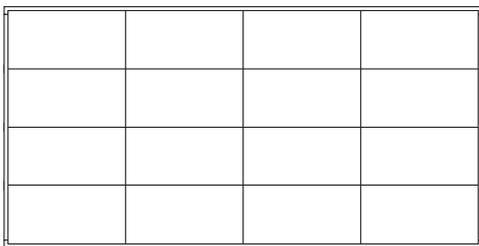
3.3.2. 破壊形態

全試験体は開口のない右半分において合板を留めているくぎ接合部が破壊し、開口部周辺は破壊しなかった (図 3-13)。

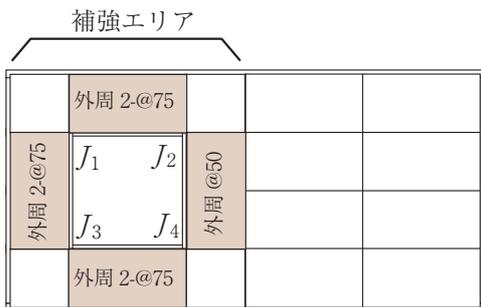
3.3.3. 耐力

荷重-変形関係を図 3-14 に、結果の概要を表 3-5 に示す。最大耐力は開口の有無にかかわらずほぼ同じで、くぎ間隔が @ 75mm の時の許容耐力に対して平均で 3.2 倍であった。No.2 は開口隅部の接合を正しく設計していないにもかかわらず他と同様の性能が出たが、これは、設計では見込んでいない仕口の蟻と合板を留めているくぎが軸力を負担したためと推定される。これから、補強エリアは少なくとも設計耐力の 3.2 倍以上の耐力を有しており、本マニュアルの開口付き水平構面の設計法が安全であることが確認された。

No.1



No.2、No.3



No.4

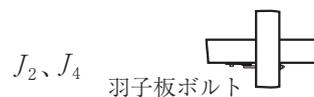
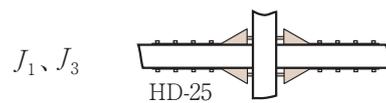
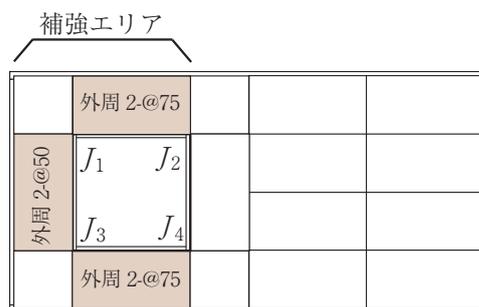


図 3-11 合板の割り付けと開口部補強エリアのくぎ打ち及び軸材の接合



図 3-12 開口を有する床構面の加力の状況



図 3-13 開口を有する床構面の破壊の状況

くぎ間隔を@ 100mmとした時の結果を表 3-6 に示す。許容耐力時の変形の実験値は、平均で計算値の 1.17 倍（許容耐力 11.6kN/m ベース）、0.71 倍（同 8.7kN/m ベース）であった。

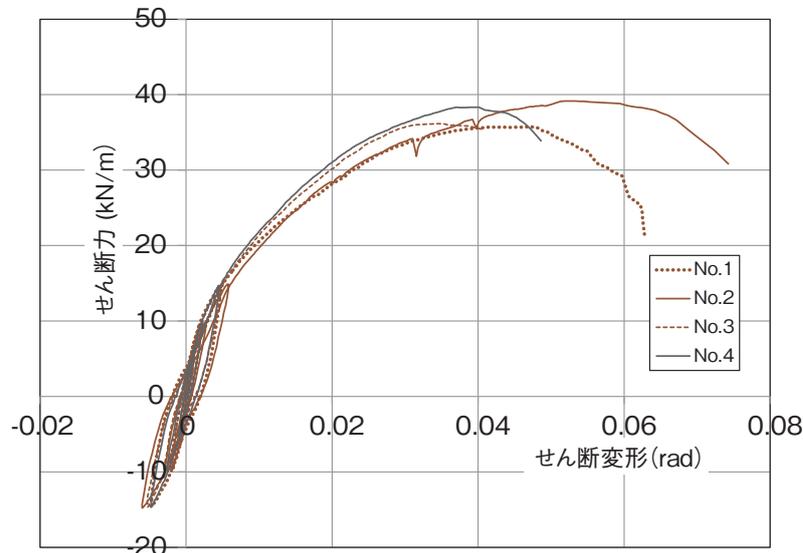


図3-14 開口を有する床構面試験体の荷重－変形関係

表 3-5 開口を有する床構面試験結果の概要（無開口部分のくぎ間隔@ 75mm：許容耐力 11.6kN/mとした場合）

試験体	開口隅部の接合	計算値		実験値		③ / ①	④ / ②
		① 許容耐力 (kN/m)	② 許容耐力時の 変形 (10^{-3} rad)	③ 最大耐力 (kN/m)	④ 許容耐力時の 変形 (10^{-3} rad)		
No.1	—	11.6	2.57	35.7	2.75	3.08	1.07
No.2	羽子板ボルト	11.6	2.57	39.0	3.54	3.36	1.38
No.3	25kN 引き寄せ金物	11.6	2.57	36.3	2.92	3.13	1.14
No.4	2 - 25kN 引き寄せ金物	11.6	2.57	38.5	2.78	3.32	1.08

表 3-6 開口を有する床構面試験結果の概要（無開口部分のくぎ間隔@ 100mm：許容耐力 8.7kN/mとした場合）

試験体	開口隅部の接合	計算値		実験値		③ / ①	④ / ②
		① 許容耐力 (kN/m)	② 許容耐力時の 変形 (10^{-3} rad)	③ 最大耐力 (kN/m)	④ 許容耐力時の 変形 (10^{-3} rad)		
No.1	—	8.7	2.57	35.7	1.62	4.11	0.63
No.2	羽子板ボルト	8.7	2.57	39.0	2.07	4.48	0.81
No.3	25kN 引き寄せ金物	8.7	2.57	36.3	1.73	4.17	0.67
No.4	2 - 25kN 引き寄せ金物	8.7	2.57	38.5	1.83	4.42	0.71

3.3.4. 補足：開口部の補強設計

試験体 No.1（無開口）の許容せん断耐力は 11.6kN/m で、この時の P は 84.4kN である。

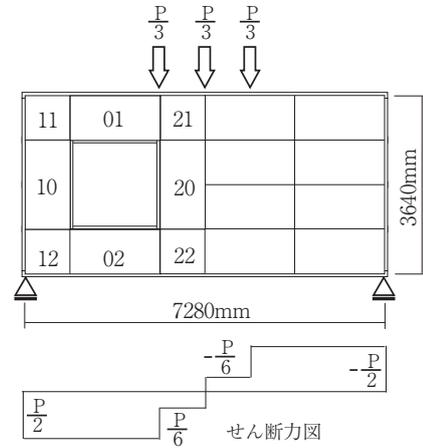


図3-15 荷重とせん断力図

◆ 試験体 No2、3

$$a = L_0 / (L_1 + L_2) = 1.82 / (0.91 + 0.91) = 1$$

$$\beta = D_0 / (D_1 + D_2) = 1.82 / (0.91 + 0.91) = 1$$

エリア 01, 02 のくぎ打ち:

$$q = (1 + \beta) q_x = (1 + 1) \times 11.6 = 23.2 \text{ kN/m} \rightarrow 2 \text{ 列} - @75 \text{ とする (表 2-2 参照)}。$$

エリア 10 のくぎ打ち:

$$q = q_x + a q_0 = 11.6 + 1 \times 11.6 = 23.2 \text{ kN/m} \rightarrow 2 \text{ 列} - @ 75 \text{ とする。}$$

エリア 20 のくぎ打ち:

$$q = q_x + a q_0 = \frac{84.4}{6 \times 3.64} + 1 \times 11.6 = 15.5 \text{ kN/m} \rightarrow @ 50 \text{ とする。}$$

接合部 J₁ の軸力:

$$J_1 = -(1 + a) \beta q_0 L_1 = -(1 + 1) \times 1 \times 11.6 \times 0.91 = -21.1 \text{ kN} \rightarrow 25 \text{ kN 金物とする。}$$

接合部 J₂, J₃, J₄ の軸力:

接合部 J₁ と同じ。

ただし、No.2 では、接合部設計を怠ったことを想定して羽子板ボルトとする。

◆ 試験体 No4

$$a = L_0 / (L_1 + L_2) = 1.82 / 0.91 = 2$$

$$\beta = D_0 / (D_1 + D_2) = 1.82 / (0.91 + 0.91) = 1$$

エリア 01, 02 のくぎ打ち:

$$q = (1 + \beta) q_x = (1 + 1) \times 11.6 = 23.2 \text{ kN/m} \rightarrow 2 \text{ 列} - @75 \text{ とする。}$$

エリア 10 のくぎ打ち:

$$q = q_x + a q_0 = 11.6 + 2 \times 11.6 = 34.8 \text{ kN/m} \rightarrow 2 \text{ 列} - @ 50 \text{ とする。}$$

接合部 J₁ の軸力:

$$J_1 = -(1 + a) \beta q_0 L_1 = -(1 + 1) \times 2 \times 11.6 \times 0.91 = -45.3 \text{ kN} \rightarrow 2 \text{ 対} - 25 \text{ kN 金物とする。}$$

接合部 J₃ の軸力:

接合部 J₁ と同じ。

ただし、接合部応力がゼロの J₂, J₄ は、羽子板ボルトとする。