

# 7 その他の合板利用 —合板くぎ打ちボックスビーム—

## 7.1 特徴

くぎ打ち合板ボックスビームは、法 37 条の大臣認定の対象となる接着ボックスビームと異なり、許容応力度計算で設計することができる。強度設計はくぎによるが、くぎ接合部のクリープ変形を防止するために、接着剤を併用するのが良い。ただし、接着効果は強度設計に算入しない。

軽量、長スパンを特徴とする。フランジ材を縦継ぎするか、長い集成材を使用することにより、住宅用部材の限度である 6m を超えるスパンも実現可能である。

## 7.2 許容耐力と剛性の算定方法

くぎ打ちボックスビームのメカニズムと算定式は、合板張りダイアフラムと全く同様である。

### 7.2.1. 許容耐力の算定方法

フランジに継手のあるボックスビームの許容荷重(等分線荷重)  $w_a$  は次式で求められる。

$$w_a = \min(w_f, w_w, w_{Nf}, w_{Nw}, w_j)$$

$w_f$ : フランジの応力度がその許容引張応力度に達するときの荷重

$w_w$ : ウェブせん断応力度がその許容せん断応力度に達するときの荷重

$w_{Nf}$ : ウェブ-フランジ接合のくぎ応力がその許容耐力に達するときの荷重

$w_{Nw}$ : ウェブ-ウェブ接合のくぎ応力がその許容耐力に達するときの荷重

$w_j$ : フランジ継手がその許容耐力に達するときの荷重(ただしフランジ継手を設ける場合)

$$w_f = \frac{16I_f f_i}{l h}$$

$$w_w = \frac{2A_w f_w}{l}$$

$$w_{Nf} = \frac{2h n_N n_w f_N}{l S_n}$$

$$w_{Nw} = \frac{2n_N n_w f_N}{l}$$

ただし、

$I_f$ : ボックスビーム中立軸に関するフランジの断面 2 次モーメントの総和

$f_i$ : フランジの長期許容引張応力度

$l$ : スパン

$h$ : ビームのせい

$A_w$ : ウェブの有効断面積(=有効高さ×厚さ)の総和。有効高さは、上下フランジの中心間距離とする。

$f_w$ : ウェブの長期許容せん断応力度

$n_N$ : フランジ-ウェブ接合くぎ列の数

$n_w$ : ウェブの数

$f_N$ : くぎ 1 本による接合の長期許容せん断耐力

$S_N$ : フランジ-ウェブ接合くぎの間隔

フランジ継手を設ける場合、継手の方法としては、①フランジを帯金物で縦継ぎする方法、②合板ウェブを継手をまたぐように設置し、くぎを打ち増して継手のスプラインとして兼用する方法などがある。

① フランジを帯金物で縦継ぎする場合、帯金物強度より

$$w_j = \frac{2h_e n_s f_s}{x(l-x)l}$$

② 合板ウェブを継手のスプラインとして兼用する場合、合板の曲げ強度とくぎの増し打ち強度より、

$$w_j = \min(w_{j1}, w_{j2})$$

$$w_{j1} = \frac{2z f_{wb}}{x(l-x)}$$

$$w_{j2} = \frac{2h_e N_N f_N}{x(l-x)}$$

ただし、

$h_e$ : 上下フランジ中心軸間の距離

$z$ : ウェブ断面係数の総和

$n_{Nw}$ : ウェブ継手(片側)のくぎ本数

$f_{wb}$ : ウェブの長期許容面内曲げ応力度

$x$ : 支点から継手位置までの距離

$N_N$ : 増し打ちくぎの本数

$f_s$ : 帯金物の長期引張許容耐力

$n_s$ : 帯金物の枚数

### 7.2.2. たわみの計算方法

許容耐力時のたわみ、 $D$  は、次の 4 つの値の合計となる

$$D = D_f + D_w + D_N + D_J$$

ただし、

$D_f$ : 曲げ変形によるたわみ(フランジの引張・圧縮変形によるたわみ)

$D_w$ : せん断変形によるたわみ(ウェブのせん断変形によるたわみ)

$D_N$ : くぎのスリップによるたわみ

$D_J$ : 継手の変形によるたわみ

$$D_f = \frac{5w_a l^4}{384E_f I_f}$$

$$D_w = \frac{w_a l^2}{8G_w A_w}$$

$$D_N = S_{Na} \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right) \frac{l}{2} \frac{w_a}{(w_{Nf} + w_{Nw})/2}$$

$D_J$ : 仮想仕事法によりタイプごとに求める

ただし、

- $E_f$ : フランジのヤング係数
- $G_w$ : ウェブのせん断弾性係数
- $S_{Na}$ : くぎ接合の許容耐力時のスリップ  
(実験による。実験データがない場合は 0.4mm とする)
- $l_1$ : ウェブ合板の短辺の長さ
- $l_2$ : ウェブ合板の長辺の長さ

なお、長期荷重によるくぎ接合部のクリープたわみを抑えるため、接着剤併用を推奨する。接着剤は、JIS A 5550 (床根太用接着剤 構造用一類)、あるいは (公財) 日本住宅・木材技術センター認定の床用現場接着剤等とする。

## 7.3 合板くぎ打ちボックスビームの実験データ

### 7.3.1. 継手のない長さ5,460mmの実験

長さ5,460mm、はりせい455mmの3タイプ(図7-1)。各タイプは2体で、1体はくぎ打ちのみ、1体は接着剤併用くぎ打ちとした(記号G)。

フランジとスチフナはS-P-F No.2&better (J-grade)。ウェブは、JAS 構造用2級、厚さ15、18、24mm ベイマツースギ複合合板を使用した。

許容耐力は、いずれもフランジの引張で決定。3.40kN/m (タイプ-1)、2.46kN/m (タイプ-2)、3.17kN/m (タイプ-3)。

加力は、スパン5,260mm、中央区間1,820mmとする4点荷重で、長野県林業総合センターで実施した。実験データはウイング株式会社提供による。

結果の概要を表7-1に示した。まとめると以下のようになる。

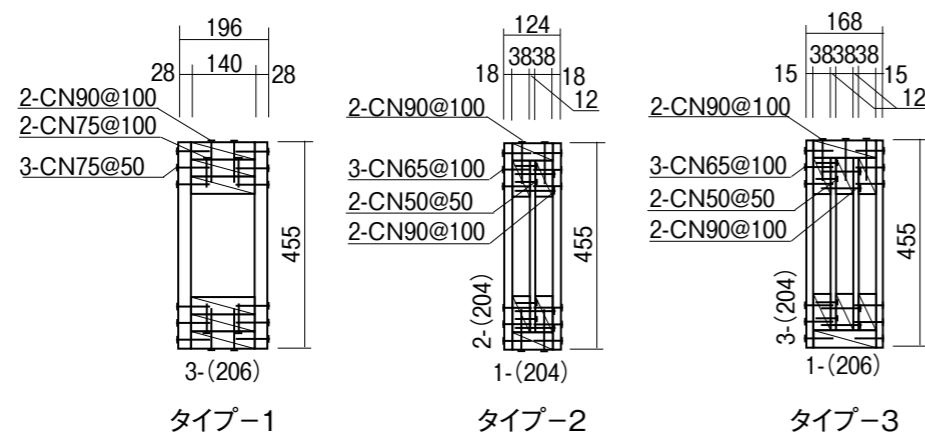


図7-1 長さ5,460mm試験体断面

- 破壊形態は、全試験体とも、フランジの引張破壊であった。
- 荷重係数(最大荷重/長期許容耐力)は、6.7~9.2と高すぎる傾向にあった。フランジ材のS-P-Fが高強度の樹種が混在する樹種グループであること、等級がNo.2 & betterであり上位等級(better)が混じること、節等が少ないJ-gradeであることなどが原因であろう。

- 実験のたわみは計算値の0.34~0.62で、計算値より低かった。

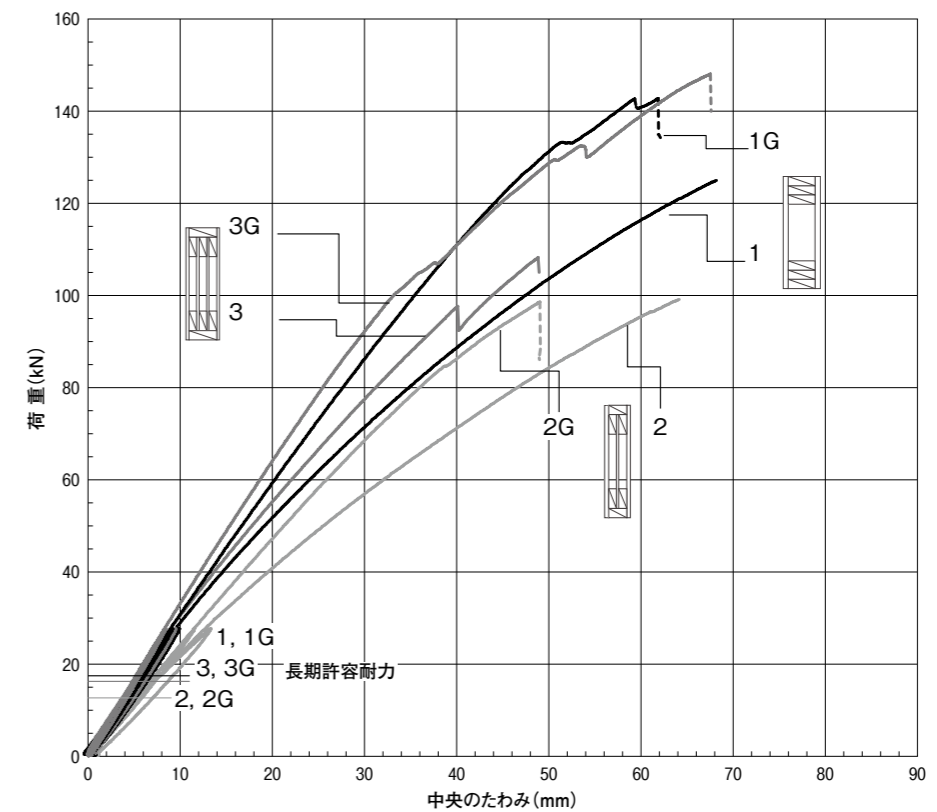


図7-2 長さ5,460mm試験体 荷重-変形関係

表7-1 長さ5,460mm試験体 結果概要

項目		タイプ-1	タイプ-1G	タイプ-2	タイプ-2G	タイプ-3	タイプ-3G	
計算値	許容耐力(長期)(kN)	フランジの引張強度より	17.3	接着剤併用(同左)	12.5	接着剤併用(同左)	16.1	
		ウェブのせん断強度より	23.7		22.3		25.1	
		くぎ接合せん断強度より	フランジ-ウェブ接合	44.2	接着剤併用(同左)	23.3	接着剤併用(同左)	29.1
			ウェブ-ウェブ接合	38.9		34.2		46.0
		上記の最小値 ①	17.3	17.3	12.5	12.5	16.1	16.1
許容耐力時たわみ(mm) ②	10.76	9.08	15.85	13.82	13.10	9.30		
実験値	最大耐力(kN) ③	125.0	142.9	99.1	98.7	108.2	148.2	
	許容耐力時たわみ(mm) ④	5.84	5.64	5.40	5.17	5.17	4.84	
	破壊形態	フランジ引張	フランジ引張	フランジ引張	フランジ引張	フランジ引張	フランジ引張	
比較	(最大耐力)/(長期許容耐力) ③/①	7.24	8.27	7.93	7.90	6.72	9.20	
	(実験のたわみ)/(計算のたわみ) ④/②	0.54	0.62	0.34	0.37	0.39	0.52	

### 7.3.2. 継手のある長さ9,100mmの実験

長さ9,100mm、はりせい910mmの3タイプ(図7-3)。各タイプは2体で、1体はくぎ打ちのみ、1体は接着剤併用くぎ打ちとした(記号G)

フランジとスチフナにはスギ(JSII)、ウェブにはJAS構造用2級 厚さ12、15、18、28mm ベイマツスギ複合合板を使用した。

継手の構成は試験体によって異なり、タイプ-Iはウェブにスプラインを兼用させる方式、タイプ-II、IIIは帯金物(山菱工業LSI-A。20本のくぎZN65で留める。短期耐力14.2kN。)による方式。

設計は、タイプ-Iではウェブ合板の強度の確認のため、ウェブの面内曲げ破壊で許容耐力が決定するように、タイプ-II、IIIはフランジの引張で決定されるようにした。

許容耐力は、3.74kN/m(タイプ-I)、2.54kN/m(タイプ-II)、3.81kN/m(タイプ-III)。

加力方式は、スパン8,700mm、3等分4点荷重。試験は福岡県農林業総合試験場で実施。実験データはウイング株式会社提供による。

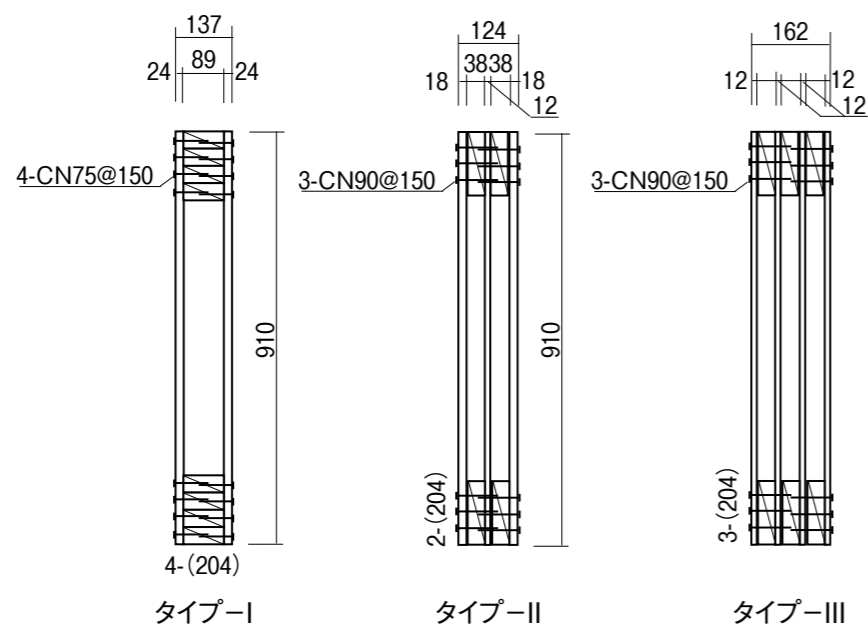


図7-3 長さ9,100mm試験体断面図

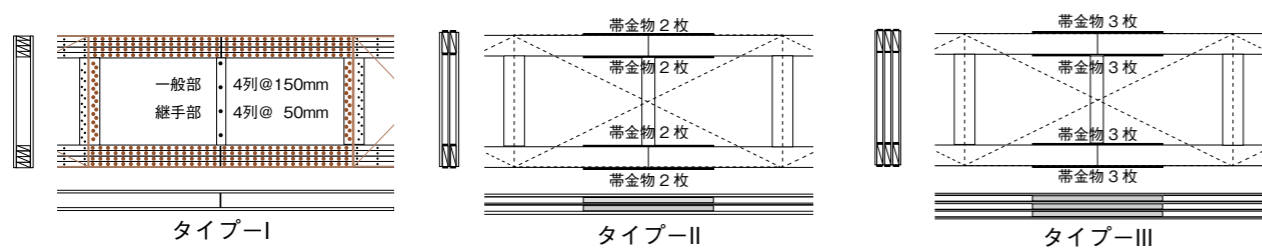


図7-4 継手の構成  
(継手位置は端部より1,820mm)

引張側フランジの引張破壊であった。

- 荷重係数は3.7～8.1であった。
- 許容耐力時のたわみの実験値は、6.27～10.78mm(スパンの1/1388～1/807)で、計算値の0.31～0.89で、計算値より低かった。

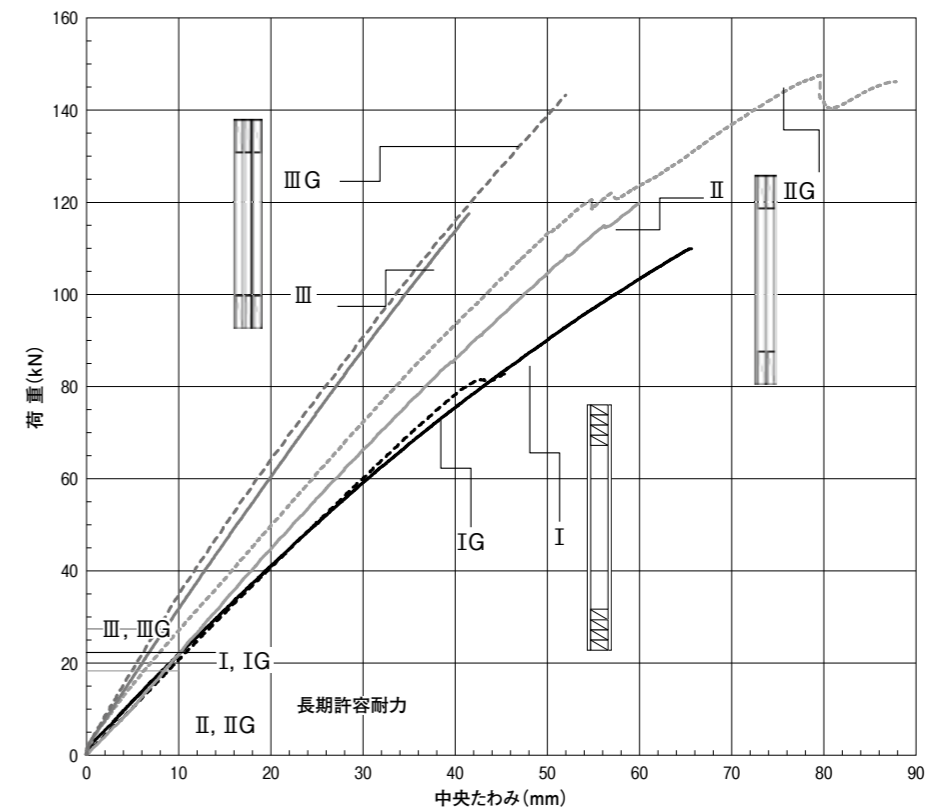


図7-5 長さ9,100mm試験体 荷重-変形関係

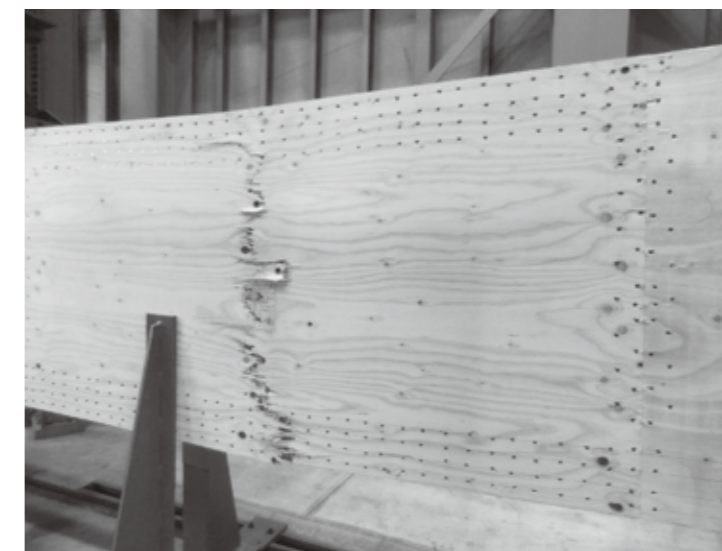


図7-6 継手合板の面内曲げ破壊

結果の概要を表7-2、図7-5に示した。まとめると以下ようになる。

- 破壊形態は、設計どおり、タイプ-Iが継手位置での合板ウェブの面内曲げ破壊(図7-6)、それ以外は、継手は破壊せず、

表7-2 9,100mm試験体 結果概要

項目		タイプ-I	タイプ-IG	タイプ-II	タイプ-IIG	タイプ-III	タイプ-IIIG		
計算値	許容耐力 (長期) (kN)	フランジの引張強度より	26.7	タイプ-1の 接着剤併用	18.1	タイプ-2の 接着剤併用	27.2	タイプ-3の 接着剤併用	
		ウェブのせん断強度より	43.7		59.1		58.2		
		くぎ接合せん 断強度より	フランジ-ウェブ接合		37.4		48.1		53.9
			ウェブ-ウェブ接合		38.5		55.4		62.2
	ビーム継手	合板曲げ	22.1						
		帯金物			30.6		45.9		
	長期許容耐力 (上記の最小値) ①		22.1	22.1	18.1	18.1	27.2	27.2	
たわみ (mm) (許容耐力時) ②		12.44	11.38	10.79	10.11	11.96	11.04		
実験値	最大耐力 (kN) ③	109.9	83.4	119.8	147.7	117.6	143.5		
	許容耐力時たわみ (mm) ④	10.20	10.78	8.43	6.27	8.51	7.68		
	破壊形態	ウェブ曲げ	ウェブ曲げ	フランジ引張	フランジ引張	フランジ引張	フランジ引張		
比較	(最大耐力)/(長期許容耐力) ③/①	4.98	3.78	6.61	8.15	4.33	5.28		
	(実験のたわみ)/(計算のたわみ) ④/②	0.82	0.95	0.39	0.31	0.36	0.35		