

製材柱材：高温セット乾燥と中温乾燥での引張強度試験実施

次ページ資料の様に不適切な乾燥によつての強度リスクがあるとは周知であるが、告示第1460号の柱脚・柱頭金物部においてはホールダン金物と柱材固定のビスなどにより柱割裂の影響もあると思える。

柱の柱脚部の結合金物設置部位に高温セット材の内部割れ及び中温4面スリット材のスリット部・背割れ部の強度に対する影響は、いずれも設計者の立場では不安であり、強度、含水率・材面の品質担保されている材で、令和5年・令和6年の2カ年に岡山理科大学協力の元、試験実施し結果をここにまとめた。

2025.2.6



(一社) 岡山県建築士会 安田作成

スギ J A S 構造用製材内部割れ事象と不安

国は、今後大径木するスギ材他の横架材使用を推進しているが、横架材の接合部にはせん断力がかかる。現状高温乾燥では、下記画像のように材面木口部に内部割れが発生する事例が見受けられるが、この画像木材はいずれも J A S 構造用製材である。この内部割れは接合部強度に影響するのではないか？



スギ横架材内部割れ



柱頭接合部金物取付横架材



上棟時カケヤで打ち込むと横架材割裂

試験背景・試験目的

試験背景

1. 柱柱脚部ホールダン金物部の引張応力に対し、高温乾燥材の内部熱劣化及び内部割れ現象は、いくらJAS機械等級区分製材で品質担保できていても設計者としては不安である。**※高温セット乾燥を否定してはならず不適切な乾燥の内部割を懸念**
2. 中温域の乾燥での材面欠損がある背割れ材等はビス等の取り付け位置によっては明かに強度低下が予測され設計者としては使用しづらい。

試験目的

タツミHDCⅢ-L金物（3つのドルフトピン接合）で告示第1460号（ぬ）N値5.6（29.68KN）以上の数値評価を得ることが出来るか？の確認により設計者として1.の使用に関する疑問を解消し、2.では昔ながらの柱材生産手法での木材の使用可能か？を本試験で見出すことが出来れば、両手法の安心した活用により、集成材に頼らず、地域産材の需要拡大に寄与する。

横架材ではなく柱材での柱脚引張試験を選択

設計者として製材の乾燥手法によって横架材接合部の各応力低下も心配であるが、横架材と柱の節合部では、引張応力・せん断応力が発生することもあり、試験が大掛かりになる。
又、次ページ資料のように、横架材での樹種ごとの試験により一定の傾向が把握できる。

一方、柱脚部ではホールダウン金物での引張応力への試験で評価出来、且つ、ビス・ドリフトピンでの割裂による影響もあると思えることと、このような試験結果はあまり公表していないこともあり、柱脚部の引張試験を行うことにした。

不適切な高温乾燥材強度研究事例

特にスギ材の強度低下は顕著である。
柱脚・柱頭の接合部はせん断力がかかるので特に注意が必要。

不適切な乾燥スケジュールによる強度低下リスク

表 不適切な乾燥スケジュール（乾かしすぎ）によって生じた内部割れや熱劣化による強度低下のリスク

	曲げ 強度	縦圧縮 強度	縦引張り 強度	せん断 強度	めり込み 強度
スギ	B	B	B	C	B
ヒノキ	A	A	A	B	A
カラマツ	C	A	B	C	B
ヒバ	A	B	A	C	A
トドマツ	B	C	B	C	B
アカマツ	B	B	-	B	A

注：心持ち正角の結果、トドマツのみ心去り正角に高温セット処理を用いた場合の結果
A: 低下が認められない、B: 低下の疑いがある、C: 低下が認められる
-: 試験データなし

この様にスギよりヒノキの方が強度低下リスクは少ない。

安全・安心な 乾燥材の生産・利用マニュアル

内部割れのない乾燥材生産を目指して!

ホールダウン金物節合性能試験

	ボルト止めHD-B 10		ビス留め15KN		釘止めHD-H10		ラグスクリュー止め HD-B10	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
内部割れ総面積 (mm ²)	47.7	37.9	57.4	76.0	82.2	76.0	73.9	64.1
比重	0.41	0.04	0.41	0.03	0.43	0.03	0.43	0.02
ヤング係数 (KN・mm ²)	6.7	1.2	7.1	1.6	7.5	1.6	7.6	1.2
ヤング係数 E数値	70		70		70		70	
最大荷重 (KN)	38.4	4.6	30.8	4.4	40.2	4.4	23.7	5.0
2/3Pmax	25.6		20.5		26.8		15.8	
降伏荷重py (KN)	25.1	2.0	16.9	1.7	22.1	1.7	12.6	3.6
短期基準耐力	20.4		12.9		18.1		4.2	
評価 (○ ×)	○		×		○		×	

※短期基準耐力以下は安田作成 試験体6体での標準偏差で計算

※評価は各接合部評価値との比較で○×表示

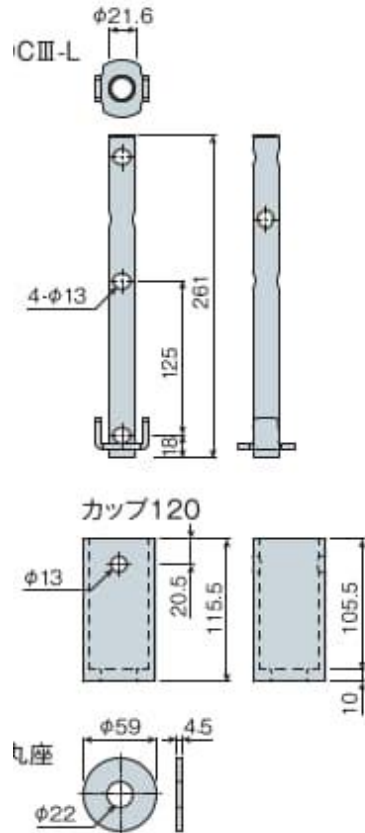
※2/3Pmaxとpy値の低い py値で評価

ホールダウン金物によっては想定数値以下のものがある

「安全・安心な乾燥材生産技術の開発」研究グループ

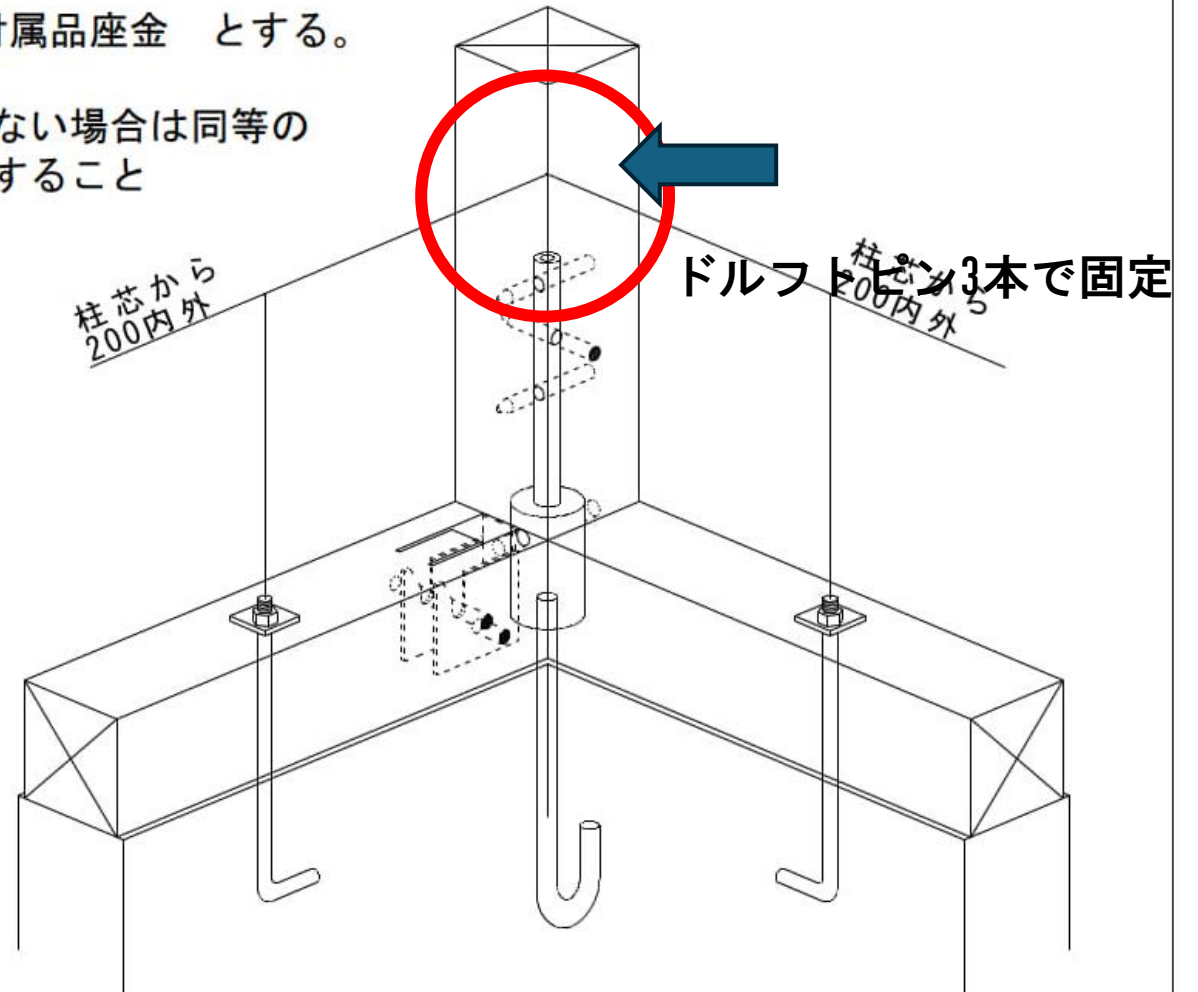
接合金物 タツミHDCⅢ-L

たくさんの試験結果及び評価を公表していることなどで選択
告示1460号（ぬ）N値5.6 29.68KN以上 対応 ※スギ無等級KD除く



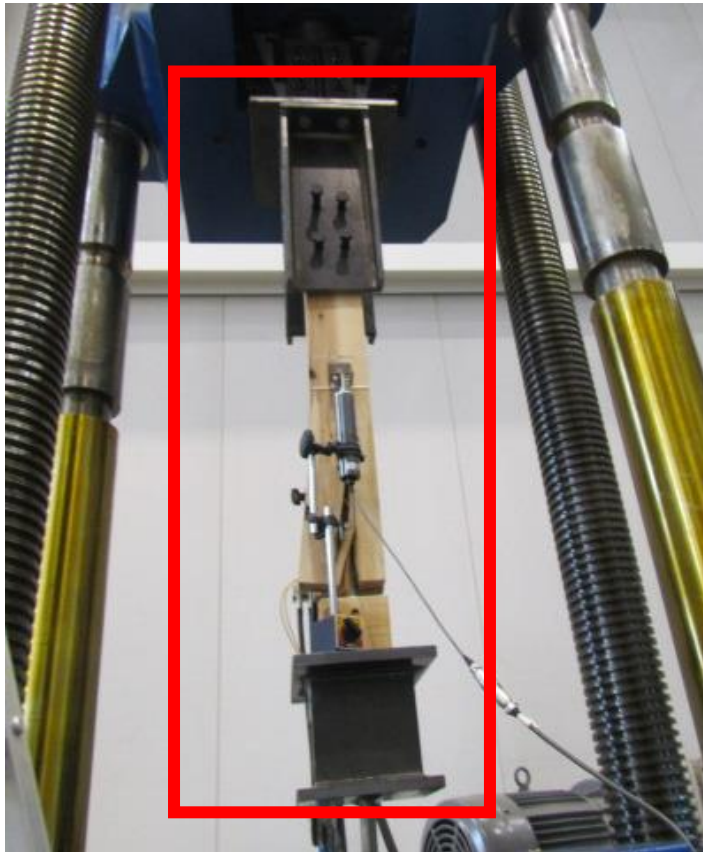
1-M16 + 付属品座金 とする。

上記によらない場合は同等の
ものを使用すること

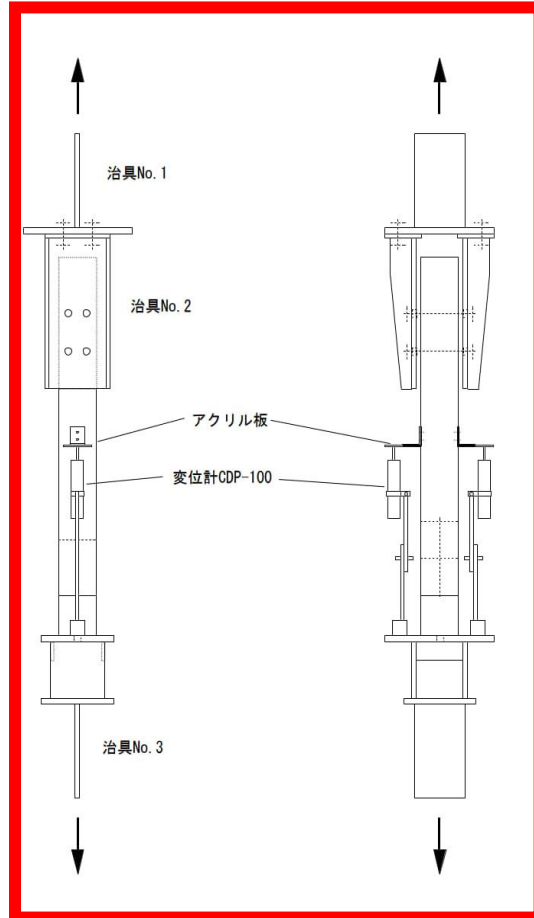


試験場所：岡山理科大学

岡山理科大学協力の元アムスラー試験機にて実施



試験体及び治具写真



加力イメージ



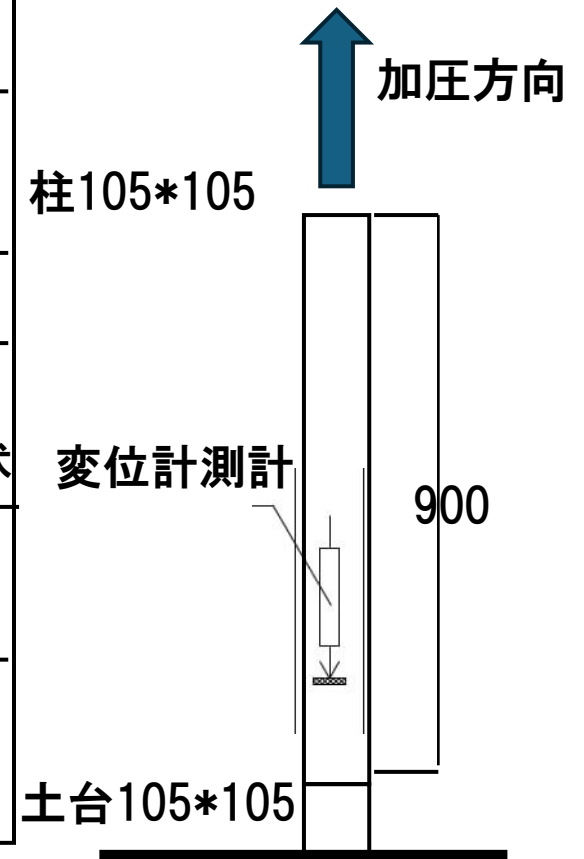
引張試験機							
能力	kN	2000	1000	400	200	100	40
型式	YU-2000DI						
ストローク		300				mm	
製造番号	第	T21222				号	
製造年月		2007	年	3	月		
株式会社 東京試験機							

アムスラー 試験機

資料作成:(一社)岡山県建築士会 安田

試験方法

1) 試験方法	3.1に試験方法を示す
2) 試験体固定方法	試験体は、柱芯市で接合金物（カップ）固定用ボルトM16（Zマーク）で鉄骨架台と取り付けた
3) 変位の測定方法	柱の絶対変位を試験体2面で計測し、その平均値を試験結果の用いた
4) 加力方法	加力は柱の孔へm16ボルト4本を介し加力した。手順は下記の通り
手順1：	1体目は予備試験して単調増加加力し、この結果から降伏耐力 P_y 及び降伏変位を求める
手順2：	残りの試験体は本試験として1方向の繰り返し加力
手順3：	加力は最大荷重に達した後、最大荷重の80%以下になるまで、又は仕口の昨日が失われるまで（30mm以上）行う



試験体木取り図

各試験体共通

NO1	NO2	NO3	NO4
900	900	900	900
NO5	NO6	NO7	
900	900	900	

試験体品質

ヒノキKD 4面スリット材

ヒノキKD高温乾燥材

部材	「柱材」 105mm×105mm×900mm			
	ヒノキKD 4面スリット材 E110			
番号	気乾比重 [g/cm ³]	含水率[%]	曲げヤング 係数[Gpa]	表記
No.1	0.52	12.00	11.0	E110
No.2	0.52	12.00	11.0	E110
No.3	0.52	12.00	11.0	E110
No.4	0.61	13.10	10.5	E110
No.5	0.61	13.10	10.5	E110
No.6	0.61	13.10	10.5	E110
No.7	0.59	11.80	11.1	E110
平均値	0.57	12.44	10.8	E110
標準偏差	0.04	0.57	0.26	

部材	「柱材」 105mm×105mm×900mm			
	ヒノキKD E110 高温乾燥			
番号	気乾比重 [g/cm ³]	含水率[%]	曲げヤング 係数[Gpa]	表示
No.1	0.55	11.00	10.8	E110
No.2	0.58	13.20	11.1	E110
No.3	0.60	11.90	11.1	E110
No.4	0.64	13.20	11.4	E110
No.5	0.55	11.00	10.8	E110
No.6	0.58	13.20	11.1	E110
No.7	0.60	11.90	11.1	E110
平均値	0.59	12.20	11.1	E110
標準偏差	0.03	0.93	0.19	

試験体のばらつきはほとんどない

試験体材面写真

ヒノキE110 高温乾燥材



ヒノキE110 中温乾燥4面スリット付き



試験体品質

スギKD E90 高温乾燥材

部材	「柱材」 105mm×105mm×900mm		
	スギKD		高温乾燥
番号	気乾比重[g/cm ³]	含水率[%]	曲げヤング係数 [Gpa]
No.1	0.42	10.03	11.2 E 110
No.2	0.43	11.89	11.2 E 110
No.3	0.43	12.70	11.2 E 110
No.4	0.42	13.30	11.2 E 110
No.5	0.41	12.30	7.6 E 70
No.6	0.45	11.87	7.6 E 70
No.7	0.46	13.53	7.6 E 70
平均値	0.44	12.23	9.7 E 90
標準偏差	0.02	1.08	1.78

ヒノキKD E90背割付中低温乾燥材

部材	「柱材」 105mm×105mm×900mm		
	ヒノキKD E90		高周波減圧乾燥
番号	気乾比重[g/cm ³]	含水率[%]	曲げヤング係数 [Gpa]
No.1	0.52	14.13	9.0 E 90
No.2	0.52	14.83	9.0 E 90
No.3	0.52	14.87	9.0 E 90
No.4	0.47	15.40	8.7 E 90
No.5	0.47	13.83	8.7 E 90
No.6	0.47	13.00	8.7 E 90
No.7	0.47	12.60	8.7 E 90
平均値	0.49	14.10	8.8 E 90
標準偏差	0.02	0.95	0.13

機械等級区分E70での材料依頼だが部位でこのような差ある。この違いは木取りのように2本の材料の違いと思える

試験体材面写真

ヒノキE90 背割れ付



2024年試験体材面写真 ※試験前に背割れ入れている

試験体材面写真

スギE90 高温乾燥



2024年試験体材面写真

タツミ既存試験データー及び評価

既存データー スプルー ス 評価：39.6KN

E-95-F315 引張強度22.7N/mm²

	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	NO6	平均	標準偏差
降伏耐力：p _y [kN]	43.35	45.21	47.55	50.15	45.03	43.39	45.78	2.636
最大荷重：P _{max} [kN]	72.35	75.7	77.85	77.3	75.21	74.21	75.44	2.022
2/3P _{max} [kN]	48.23	50.47	51.90	51.53	50.14	49.47	50.29	1.348
短期基準耐力	p _y	45.78	2/3P _{max}	75.44	採用	p _y	評価	39.68

既存データー スギ製材 評価：31.5KN

E-50

引張強度14.4n/mm²

	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	NO6	平均	標準偏差
降伏耐力：p _y [kN]	35.12	43.6	43.73	43.85	47.74	51.04	44.23	5.338
最大荷重：P _{max} [kN]	53.565	68.64	66.645	66.105	77.00	78.435	68.40	8.978
2/3P _{max} [kN]	35.71	45.76	44.43	44.07	51.33	52.29	45.60	5.986
短期基準耐力	p _y	44.23	2/3P _{max}	68.40	採用	p _y	評価	31.58

評価が、29.68KN以上であればOK

2023年試験結果ならびに評価

試験結果 ヒノキ4面スリット乾燥材 評価：42.20KN

E-110 引張強度23.4n/mm²

	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	NO6	平均	標準偏差
降伏耐力：p _y [kN]	46.55	47.84	50.94	46.62	44.24	48.36	47.42	2.234
最大荷重：P _{max} [kN]	75.42	78.23	79.33	78.06	76.72	78.7	77.74	1.429
2/3P _{max} [kN]	50.28	52.15	52.89	52.04	51.15	52.47	51.82	0.870
短期基準耐力	p _y	47.42	2/3P _{max}	77.74	採用	p _y	評価	42.20

試験結果 ヒノキ高温乾燥材 評価：34.92KN

E-110 引張強度23.4n/mm²

	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	NO6	平均	標準偏差
降伏耐力：p _y [kN]	42.36	51.25	39.75	43.72	45.4	50.4	45.48	4.520
最大荷重：P _{max} [kN]	68.86	80.86	66.33	71.47	61.61	76.34	70.42	6.962
2/3P _{max} [kN]	45.91	53.91	44.22	47.65	41.01	50.89	47.26	4.610
短期基準耐力	p _y	45.48	2/3P _{max}	70.42	採用	p _y	評価	34.92

評価が、29.68KN以上であればOK

2024年試験結果ならびに評価

スギ高温乾燥材

E-90 引張強度24.6 N/mm²

	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	NO6	平均	標準偏差
降伏耐力: p_y [kN]	39.61	41.75	38.67	46.9	47.05	41.43	42.57	3.60
最大荷重: P_{max} [kN]	67.91	68.82	67.58	76.94	76.18	73.71	71.59	1.43
$2/3 P_{max}$ [kN]	45.27	45.88	45.05	51.29	50.79	49.14	47.90	0.87
短期基準耐力	p_y	42.57	$2/3 P_{max}$	71.59	採用	p_y	評価	34.16

ヒノキ背割付中低温乾燥材

E-90 引張強度18.6 N/mm²

	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	NO6	平均	標準偏差
降伏耐力: p_y [kN]	49.54	45.86	50.9	45.88	45.88	42.48	46.76	4.52
最大荷重: P_{max} [kN]	83.14	79.68	83.75	80	78.28	71.68	79.42	6.96
$2/3 P_{max}$ [kN]	55.43	53.12	55.83	53.33	52.19	47.79	52.95	4.64
短期基準耐力	p_y	46.76	$2/3 P_{max}$	79.42	採用	p_y	評価	36.20

評価が、29.68kN以上であればOK

評価値比較

使用樹種と強度が違うので各基準強度と評価値を比較した

種類	強度区分	材料基準強度 N /mm ²	評価KN	材料強度比(倍)
----	------	------------------------------	------	----------

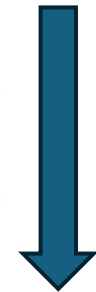
タツミデーター

本数字で比較

スプルー集成材	E-95-F-315	22.7	39.6	1.74
スギ製材	E-50	14.4	31.5	2.19

岡山県産材

ヒノキ4面スリット中温乾燥	E-110	23.4	42.2	1.80
ヒノキ高温セット乾燥	E-110	23.4	34.92	1.49
スギ高温セット乾燥	E-90	24.6	34.16	1.39
ヒノキ背割れ付中低温乾燥	E-90	18.6	36.2	1.95



高温セット
乾燥材の数値
が低い

まとめ

- ・評価が、29.68KN以上の確認

1.2.とも29.68KN以上の数値が確認できたので告示第1460号(ぬ) N値5.6 での使用可能な範囲である確認ができた。

- ・ 1.高温乾燥材の強度低下
評価数字上ではあった

- ・ 2.中低温温域の乾燥での強度低下

想像に反して背割等のある中低温乾燥材では材面割れが強度におよぼす確認は評価数字上ではあらわれなかった。

試験目的達成に関して

試験目的は本試験ならびに評価により達成できたが、品質のよい製材供給と設計者の意識改革も必要と感じる。