

スギ集成材ボルト接合部の鋼板接着補強に関する検討

正会員 〇岩崎晃治 1*
同 安村 基 2**

破壊性状 強度実験 最大耐力
繊維直交方向 2面せん断 割裂

1. 緒言

ボルト接合は集成材構造物において一般に広く用いられている接合方法であるが、スギなどの低密度木材をドームや木橋などの大規模構造物に適用するためには、接合部の性能向上等の工夫が必要とされる。このような補強工法の一つにボルト接合部に鋼板等を接着し、耐力、剛性の上昇を図る方法が考えられる¹⁾。本研究では、スギ集成材に鋼板を接着補強したボルト接合部について、強度試験を行い、その効果について検討を行った。

2. 試験体および試験方法

2.1 繊維平行方向加力せん断試験

スギ集成材(E65-F255)の両側に表1に示す寸法の鋼板(SS400)をエポキシ樹脂接着剤(サンスター技研製ペンギンセメント#1031)を用いて接着し、その両側に12mm厚鋼板を直径(d)16mmのボルト(SS400)で留めつけた鋼板側材試験体(図1参照)および2枚のスギ集成材の内側片面に鋼板(厚70×70mm@2.3mm)を接着し、12mm厚の鋼板を挿入して同径のボルトで留めつけた鋼板挿入試験体(図2参照)を用意した。留めつけた鋼板および試験体下部に引張力を加え、2面せん断試験を行った。荷重はロードセル(容量±500kN)により測定し、鋼板と木材の相対変位を2本の電気式変位計(±50mm)で測定した。試験はき裂が材端部まで達するか鋼板が剥がれるなどして荷重が著しく低下したところで終了とし、その時までの荷重と変位を記録した。

2.2 繊維直交方向加力試験

図3に示す梁せい(h)224mmのスギ集成材の梁に繊維直交方向の加力を受ける鋼板添板式ボルト接合部(d=16mm)について、曲げ型のせん断試験を行った。ボルト接合部から右側支点までの距離を600mmとし、左側支点までの距離(L)を600,1200,1800mmと変化させ、縁端距離(h_e)は、64mm(4d)および112mm(7d)とした。鋼板添板に圧縮力を加えて2面せん断試験を行い、鋼板と梁の相対変位を4本の電気式変位計で測定した。

梁中央にボルト接合部を有するものについて、集成材の両側に2.3mm厚70×70mmの鋼板を接着し、同様の試験を行った。

3. 結果と考察

鋼板添板試験体における繊維平行方向加力せん断試験

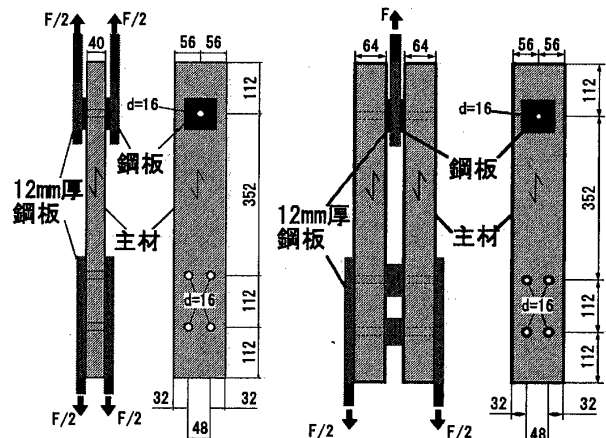


図1 繊維平行方向加力せん断試験体(鋼板添板) 図2 繊維平行方向加力せん断試験体(鋼板挿入)

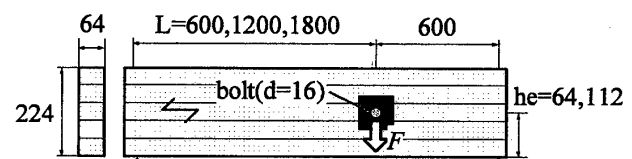


図3 曲げ試験体

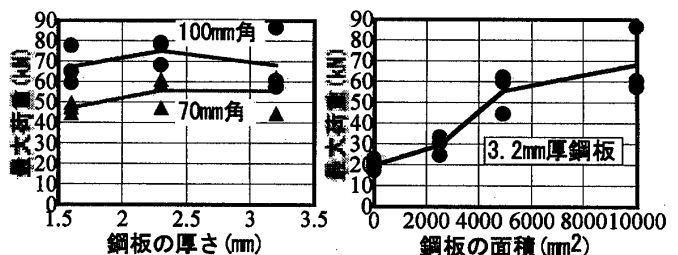


図4 鋼板の厚さと最大荷重の関係(平行・添板) 図5 鋼板の面積と最大荷重の関係(平行・添板)

の結果を表1に、鋼板の厚さおよび鋼板の面積と最大荷重 P_{max} の関係をそれぞれ図4および図5に示す。鋼板の厚さが2.3mmのものは、1.6mmのものとは比べて最大荷重が12~18%程度増加したが、厚さ3.2mmのものは2.3mmのものとは大差なかった。一方、厚さ3.2mmの鋼板を接着したものでは、鋼板の面積が増加すると、最大荷重は面積の増加に伴い図5に示すように増加した。次に、70mm角、2.3mm厚の鋼板で補強した鋼板添板式および挿入式における試験体の最大荷重を補強しないものと比較した結果を図6に示す。鋼板補強を行った鋼板添板式試験体の最大荷重は、補強しないものと比べて2.8倍に増加した

が、鋼板挿入型では、約 1.3 倍の増加に留まった。これより、材厚の小さい接合部の補強効果は、材厚の厚いものと比べて、顕著であることがわかった。

次に、曲げ型試験の結果を表 2 に、左側支点距離(L)と右側支点距離(600mm)の比と最大荷重の関係を図 7(he=7d)および図 8(he=4d)に示す。he=7d の場合の最大耐力は、he=4d の場合の 1.24~1.60 倍であった。he=7d の場合、ボルト接合部が梁の中央にあるものでは、最大荷重の低下がみられたが、he=4d の場合は、最大荷重は支点距離の比による影響をほとんど受けず、既往の破壊力学による計算値²⁾とほぼ一致した。次に、70mm 角、2.3mm 厚の鋼板で補強した鋼板添え板式試験体の最大荷重を補強しないものと比較した結果を図 9 に示す。鋼板補強を行った試験体の最大荷重は、補強しないものと比べて、he=7d の場合 1.8 倍、he=4d の場合 2 倍に増加し、鋼板接着による補強の効果が確認された。

4. 参考文献

1. 後藤寛志：繊維直交方向加力を受ける集成材ボルト接合部におけるせん断耐力に関する研究，2001 年修士論文
2. 岩崎晃治・安村基：繊維直交方向加力を受けるボルト接合部における割裂破壊荷重の推定，2005 年建築学会秋季梗概集、C-1, 273-274, 2005 年 9 月

表 1 繊維平行方向加力せん断試験の結果

鋼板の種類	No	密度(kg/m ³) 平均	剛性(kN/mm)		Py(kN) 平均	Dy(mm) 平均	Pmax(kN) 平均	Dmax(mm) 平均	破壊性状 (木破壊率%)		
			平均	平均							
鋼板添板	100×100#3.2	1 446	55.6	64.0	54.2	1.77	57.5	0.98	○		
		2 388	84.6	64.0	83.3	68.7	1.79	86.4	1.99	○	
		3 336	51.8	-	-	-	-	60.6	1.17	○	
	100×100#2.3	1 441	74.7	-	65.4	1.67	68.2	1.97	○		
		2 378	190.9	122.9	71.8	70.1	1.18	78.1	1.99	○	
		3 387	103.0	-	73.2	1.51	79.0	1.92	○		
	100×100#1.6	1 396	54.1	49.6	53.2	1.78	64.9	4.13	○		
		2 400	63.1	49.6	61.6	57.3	2.06	77.6	7.73	○	
		3 360	31.4	-	57.2	1.45	59.4	3.60	○		
	700×70#3.2	1 445	73.9	79.8	55.4	1.55	59.8	1.88	○		
		2 380	68.3	79.8	30.6	45.2	1.25	44.5	55.5	1.61	●(90/90)
		3 385	97.2	-	49.7	1.31	62.1	2.22	○	●(90/90)	
	700×70#2.3	1 412	59.9	48.9	40.9	1.48	61.1	1.48	○	○	
		2 401	33.6	48.9	58.7	47.8	1.89	59.1	55.8	1.48	○
		3 395	53.2	-	43.8	1.63	47.3	1.28	○	○	
	700×70#1.6	1 424	65.1	44.6	42.1	1.45	44.7	1.20	○	○	
		2 396	39.6	44.6	45.9	45.6	1.96	47.5	47.3	2.29	○
		3 374	29.0	-	48.9	2.48	49.6	2.63	○	○	
50×50#3.8	1 376	25.3	42.2	23.2	1.72	24.7	1.28	○	●(40/20)		
	2 354	69.0	-	24.3	25.5	1.15	30.7	29.6	0.77	○	
	3 355	32.2	-	29.2	1.70	33.3	1.38	○	○		
鋼板なし	1 396	34.1	26.6	17.0	1.31	17.2	2.78	○	○		
	2 394	23.8	-	19.6	1.62	19.9	1.42	○	○		
	3 374	27.1	-	-	-	18.8	1.20	○	○		
	4 392	23.7	-	17.9	1.56	23.0	12.23	○	○		
	5 386	21.8	-	19.1	1.67	19.3	1.91	○	○		
	6 399	29.1	-	20.8	1.15	21.3	2.20	○	○		
鋼板挿入	1 356	39.5	38.0	68.8	2.54	68.8	2.57	○	●(90/80)		
	2 399	30.3	38.0	55.5	2.63	59.1	3.44	○	●(60/0)		
	3 371	33.6	38.0	49.1	2.26	63.7	18.39	○	●(90/50)		
	4 382	40.6	38.0	58.5	2.24	62.6	3.04	○	●(90/70)		
	5 377	40.1	38.0	38.4	1.77	64.7	11.20	○	●(90/60)		
	6 386	43.9	38.0	64.9	2.28	81.2	26.14	○	●(90/80)		
鋼板なし	1 371	17.8	18.4	34.7	2.56	56.9	8.90	○	○		
	2 350	16.1	18.4	40.9	3.35	50.8	5.76	○	○		
	3 354	21.9	18.4	36.1	2.45	59.2	12.03	○	○		
	4 362	19.6	18.4	36.5	2.66	51.9	6.59	○	○		
	5 359	19.9	18.4	33.1	2.47	53.6	8.89	○	○		
	6 367	15.0	18.4	37.4	3.30	46.9	5.83	○	○		

○: 木材の割裂で破壊
●: 接着面で破壊(木破壊率%)

表 2 繊維直交方向(曲げ型)の結果

試験体の種類			No	密度(kg/m ³) 平均	剛性(kN/mm)		Py(kN) 平均	Dy(mm) 平均	Pmax(kN) 平均	Dmax(mm)	
鋼板補強	縁端距離h _e (mm)	材端距離の比			平均	平均				平均	平均
鋼板なし	112(7d)	1:1	1 401	10.6	10.3	12.3	2.26	16.6	8.36	7.55	
			2 400	12.8	10.3	12.0	1.77	17.4	8.67		
			3 361	7.4	-	12.8	2.77	14.9	5.61		
		1:2	1 388	17.5	13.3	13.3	2.58	20.3	7.95		
			2 403	13.2	13.3	14.0	2.95	18.4	20.3	11.00	
			3 415	9.3	-	14.5	3.01	22.2	10.38		
	1:3	1 389	13.7	15.2	15.2	2.28	16.9	6.78			
		2 389	15.0	14.6	12.9	2.28	21.8	20.1	6.84		
		3 379	15.2	-	14.8	2.56	21.5	9.82			
	64(4d)	1:1	1 378	9.9	9.3	12.1	2.97	12.6	2.65		
			2 405	9.6	9.3	13.5	2.56	13.6	13.1	2.49	
			3 365	8.4	-	12.9	2.53	13.0	2.22		
1:2		1 402	12.7	12.9	14.3	2.99	14.3	4.68			
		2 432	12.5	12.9	12.4	2.55	13.8	13.5	2.11		
		3 400	13.4	-	3.3	2.12	12.4	2.96			
1:3	1 366	12.5	9.8	2.1	1.94	14.6	2.49				
	2 385	7.5	9.8	13.5	2.93	14.6	12.6	2.43			
	3 379	9.4	-	7.7	2.01	8.5	3.04				
鋼板あり (70×70#2.3)	112(7d)	1:1	1 373	59.8	69.6	24.8	1.23	24.8	0.59		
			2 390	46.7	69.6	32.7	1.78	33.3	28.7	1.23	
			3 390	102.4	-	24.0	1.69	28.0	1.23		
	64(4d)	1:1	1 405	41.1	39.8	27.7	1.55	27.7	1.33		
			2 394	54.7	39.8	-	-	29.3	26.7	0.77	
			3 408	23.7	-	-	-	23.1	0.82		

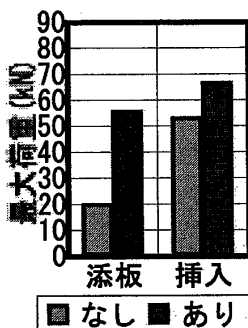


図 6 鋼板の有無による比較(平行引張)

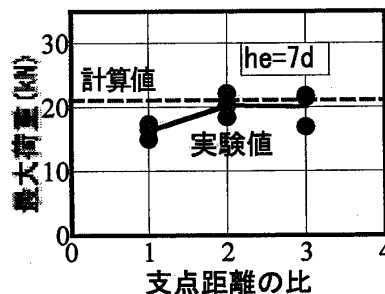


図 7 支点距離の比による最大荷重の比較(he=7d)

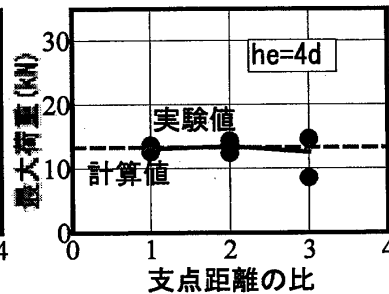


図 8 支点距離の比による最大荷重の比較(he=4d)

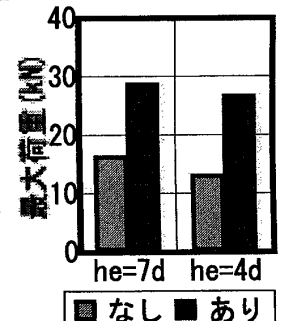


図 9 鋼板の有無による比較(曲げ)

*1 静岡大学大学院農学研究科 大学院生 Graduate Student, Graduate School of Agriculture, Shizuoka Univ.

*2 静岡大学農学部環境森林科学科 教授・農博 Prof., Dept. of Environment and Forest Resources Science, Faculty of Agriculture, Shizuoka Univ., Dr. Agr.