

特許出願中

スギ材 KiTruss に用いるラグスクリーンのエポキシ樹脂補強に関する実験

木口軸方向に設置されたラグスクリーンに引抜き力が作用する場合

2010年11月

株式会社森林経済工学研究所

はじめに

図-1に示す KiTruss 接合部では、丸棒がスギの場合には、ラグスクリューの引張り方向ネジ保持力を確保するために、エポキシ樹脂を筆でネジ下穴に塗布して補強することになっている。しかし、エポキシ樹脂塗布時には部材を立てて行わなければならないこと、筆による塗布には個人差が有り塗布厚が一定しないこと、エポキシ樹脂が丸棒の木口周辺を汚すこと、エポキシ樹脂の可使用時間が短いため少量ずつしか調合できない等で非常に作業性が悪く、実用的でない。

このような現状を改善するため、コンクリート構造等で使用するあと施工アンカーに樹脂を注入する用具を使用した場合の作業性及び補強効果を検討する。

このような用具は、樹脂カートリッジ（エポキシ樹脂：主剤と硬化剤）、ミキシングノズル、ガンからなっている（図-2）。主剤と硬化剤は、ミキシングノズルの中で混合され、先端から調合済みのエポキシ樹脂が吐出される。樹脂は、適度の粘性を持っているので、前述した問題点が解決される。また、毎回、必要量の樹脂が混合されるので可使用時間をほとんど気にしなくてよい。

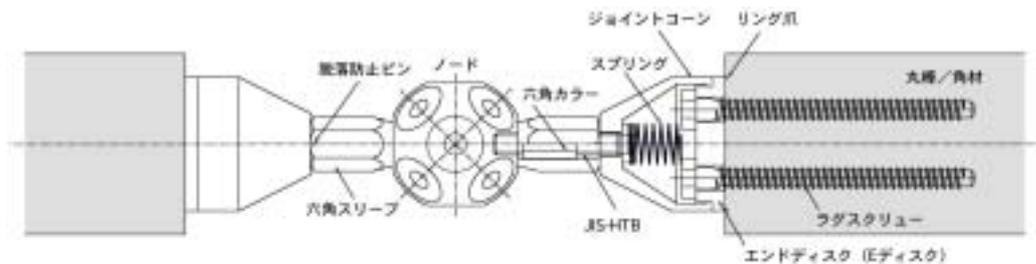


図 1 - 1 SK-KiTruss の接合部

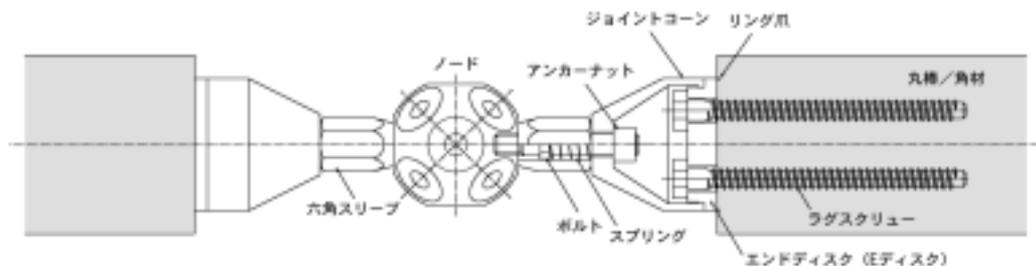


図 1 - 2 KT-KiTruss の接合部

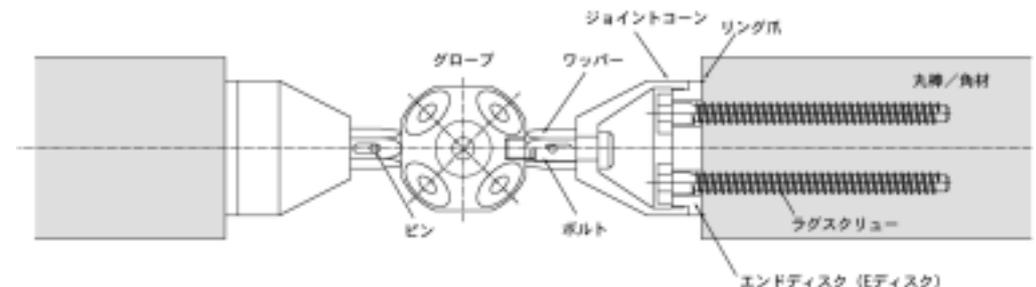
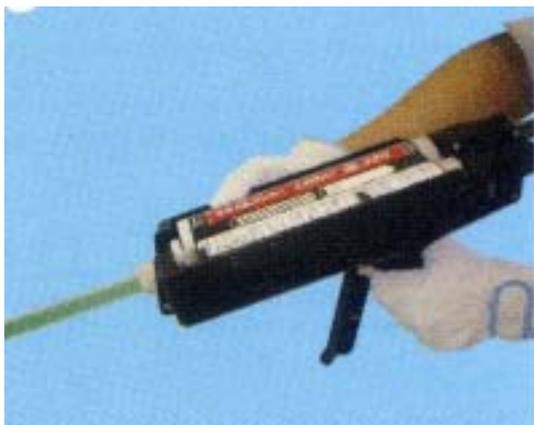


図 1 - 3 TM-KiTruss の接合部



図—2 用具の使用状況

1. エポキシ樹脂の充填

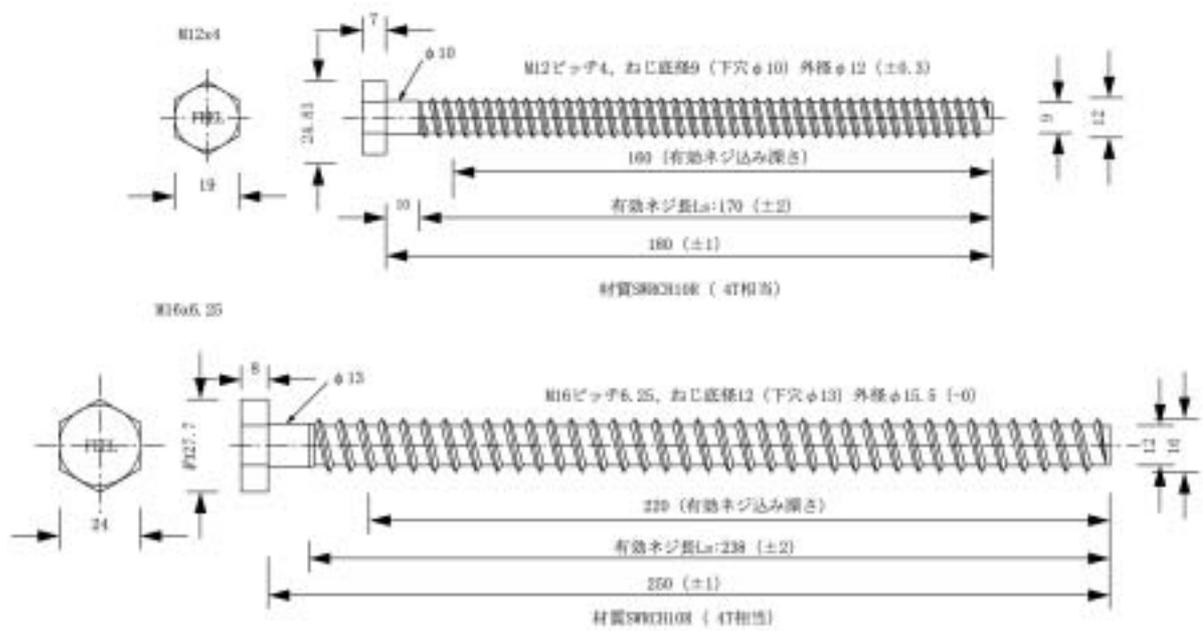
充填状況を図-3 に示す。必要量の樹脂を下穴の入口に充填した後、ラグスクリューをインパクトレンチでねじ込んだものである。ラグスクリューの先端まで樹脂が完全に充填されていることがわかる。余分の樹脂がラグスクリュー先端部にたまっているのがわかる（図-3、印）。図-4 は、ネジ部を拡大したものである。全長にわたってほぼ完全な雌ネジが形成されていることがわかる。充填作業では、特に技術を要しない。標準部品のラグスクリュー（図-5）のネジ埋込み全長に充填するには、実験によれば M12 には 4 cc, M16 には 8 cc が適量である。



図—3 充填状況



図—4 充填状況の拡大



図—5 ラグスクリュー

2. ラグスクリーの引抜き実験

2-1 試験体

実験に用いたラグスクリーを図—5に示す。これらは、KiTruss システムの標準部品である。

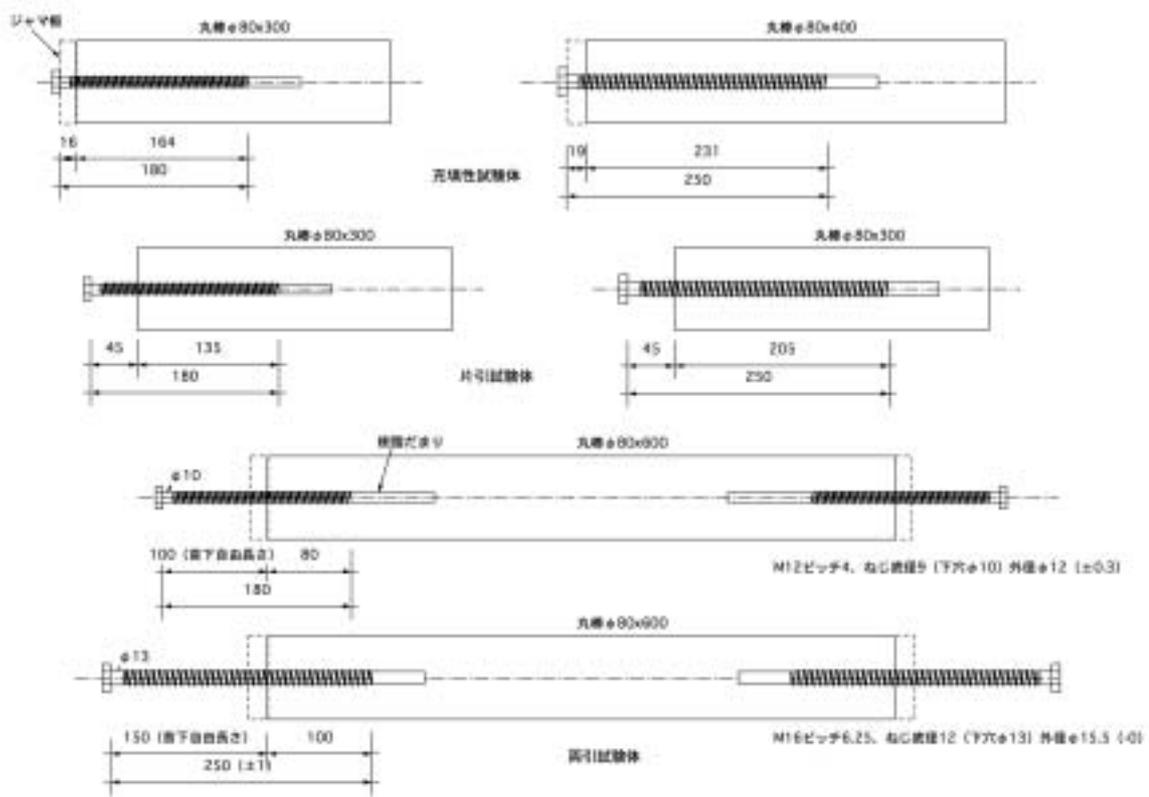
試験体を図-7に示す。载荷ジグを介して、ラグスクリーに引張り力を作用させた。当初、片引き試験体で実験したが埋込みが大きいことにより全ての試験体でラグスクリーが破断し、木材のネジ抜け耐力が求められなかった。

このようなことを改良するため両引き試験を行った。試験体は、ラグスクリーの埋込みを小さくしてネジ抜け耐力が求められるようにしたものである。

試験体の平均年輪巾は 3.8～4.7mm、平均含水率は 19～24%程度であった。



図—6 ラグスクリー引抜き試験



図—7 充填性確認及び引抜き試験体（スギ）

2—2 実験結果

実験結果を図-8～11、表-1に示す。エポキシ補強1（片側1本引き）は、全てラグスクリューの破断で耐力が決まった。従って、ネジ抜け耐力は不明である。

一方、有効ネジ込み長さの小さいエポキシ補強2（両側1本引き）は、全てネジ抜けにより耐力が決まった。エポキシ補強2の結果によりネジ抜け耐力が求められる。



図—8 ラグスクリュー切断（片引き）M16-GL-1～3



図—9 同上拡大



図—10 両引き試験 (M16) M16-GL-1b~3b



図—11 同上実験後のネジ部

表-1のエポキシ補強2の欄をもとにネジ抜け耐力について検討する。表中、長期許容耐力(L 当り)、最大耐力推定値(L 当り)は、仕様上の長期許容耐力をもとに計算したものである。

$$\text{長期許容耐力(L 当り)} = \text{長期許容耐力(1本当り)} * L / 160 \text{ or } 220 \text{ -----(1)}$$

160 or 220 : 図-5 に示す有効ネジ込み深さ

$$\text{最大耐力推定値(L 当り)} = \text{長期許容耐力(L 当り)} * 3.0 \text{ (安全率) -----(2)}$$

ラグネジ抜けせん断応力度、長期換算耐力は、最大耐力実験値をもとに計算した。

$$\text{ラグネジ抜けせん断応力度} = \text{最大耐力実験値} / \text{埋込み部の表面積} \text{-----(3)}$$

$$\text{長期換算耐力} = (160 \text{ or } 220) / L * \text{最大耐力実験値} / 3.0 \text{ -----(4)}$$

ネジ抜けせん断応力度の実験値は、M12 ラグスクリューで 8.08MPa、M16 ラグスクリューで 5.67MPa となり、仕様書上の値 3.5(M12)及び 3.0(M16)を大きく上まっている。また、引抜き最大耐力の安全率は、2.32(M12)及び 1.89(M16)となり、エポキシ樹脂によるネジ補強が非常に有効であることがわかる。

また、長期換算耐力も長期許容耐力を大きく上まわっていることがわかる。エポキシ補強2の各種耐力は、ラグスクリューが破断したエポキシ補強1の結果とほぼ同じであった。

表-1 ラグスクリュー引抜き試験 (杉 80, 1本引き) 拘束リング無し

(ケミカルアンカー用 充填材 GL450使用)				1)		2)		ラグネジ抜け 剪断(実験値) Mpa	最大耐力 安全率 2)/1)	長期換算耐力 (実験値) kN	破壊モード
試験体名称	L0(mm)	L(mm)	長期許容 耐力kN 1本当り	L当たりの 長期許容 kN	最大耐力 推定値min kN	最大耐力 実験値 kN					
無補強	M12-1	45.3	134.7	7.0	5.9	17.7	19.7	3.88	1.11	7.80	ネジ抜け
	M16-1	45.5	204.5	11.1	10.3	31.0	30.0	2.92	0.97	10.76	ネジ抜け
エポキシ補強1	M12-GL-1	46.5	133.5	7.0	5.8	17.5	37.9	7.53	2.16	15.14	ネジ軸部の 破断
	M12-GL-2	44.1	135.9	7.0	5.9	17.8	37.6	7.34	2.11	14.76	
	M12-GL-3	43.1	136.9	7.0	6.0	18.0	37.7	7.30	2.10	14.69	
								平均 7.39	平均 2.12	平均 14.86	
	M16-GL-1	44.9	205.1	11.1	10.3	31.0	60.3	5.85	1.94	21.56	破断
	M16-GL-2	45.4	204.6	11.1	10.3	31.0	60.4	5.87	1.95	21.65	
	M16-GL-3	45.4	204.6	11.1	10.3	31.0	60.0	5.83	1.94	21.51	
							平均 5.85	平均 1.94	平均 21.57		
エポキシ補強2	M12-GL-1b	97.5	82.5	7.0	3.6	10.8	25.5	8.19	2.35	16.47	載荷中断
	M12-GL-2b	99.0	81.0	7.0	3.5	10.6	27.2	8.92	2.56	17.94	
	M12-GL-3b	98.5	81.5	7.0	3.6	10.7	21.9	7.11	2.04	14.30	
								平均 8.08	平均 2.32	平均 16.24	
	M16-GL-1b	149.0	101.0	11.1	5.1	15.3	28.5	5.62	1.87	20.71	ネジ抜け
	M16-GL-2b	149.5	100.5	11.1	5.1	15.2	30.4	6.01	2.00	22.17	
	M16-GL-3b	150.0	100.0	11.1	5.0	15.1	27.0	5.38	1.79	19.84	
							平均 5.67	平均 1.88	平均 20.90		

	補強2/A L0(mm)	補強2/B
M12-GL-1b	97.5	98.0
M12-GL-2b	99.0	99.0
M12-GL-3b	98.5	99.0
M16-GL-1b	149.0	149.5
M16-GL-2b	149.0	149.5
M16-GL-3b	150.0	150.4

網掛けは、ネジ抜けが起きた方のL0

L0: ラグの自由首下長さ
L: 実験時有効埋込み長さ
M12x180: 有効埋込み長さ160_長期耐力 7.0kN_3)
M16x250: 有効埋込み長さ220_長期耐力11.1kN_3)
長期許容引抜き耐力: 最大耐力推定値/3.0
長期換算耐力: 有効埋込み長さ160,220mmに換算した値
無補強: 片側1本引
エポキシ補強1: 片側1本引
エポキシ補強2: 両側1本引

2—3 実験結果及び考察

エポキシ樹脂注入による作業性及び引抜き耐力の改善に関する実験結果を以下に列挙する。

- 1) ネジ下穴にエポキシ樹脂を必要量注入することにより、ネジ全長にわたりほぼ完全な雌ネジを形成することができる。
- 2) 従来樹脂塗布による作業性の悪さ、仕上がりの悪さという欠点が解決された。また、注入作業に特段の技術が要らないことが分かった。
- 3) 標準部品のラグスクリューM12 に対して適切な樹脂注入量は4 cc、M16 に対して8 cc であることが分かった。
- 4) ラグスクリュー引抜き耐力が大幅に改善された。M12 ラグスクリューでネジ破断耐力より若干高い値、M16 でネジ破断耐力より若干低い値となった。ラグスクリューの引張り耐力と引抜き耐力がほぼバランスしている。
- 5) ばらつきが大きくかつ引抜き耐力の小さいスギ材の接合部耐力がヒノキ材の耐力を上回ることが分かった。また、ばらつきも小さくなった。