

集成材の耐久性

ーシンボルタワーとして30年間屋外使用された事例ー

技術部 生産技術グループ 中村 神衣

■はじめに

林産試験場の敷地内には、1987～2017年にわたる30年間、シンボルタワーという構造用湾曲集成材を使用したモニュメントが建っていました（図1，2）。施設移転の記念として設置され、長らく親しまれてきましたが、2017年夏、老朽化のため解体されました（図3）。この解体部材は、30年間、屋外で使用された集成材として貴重な試験体なので、部材の一部について強度試験を行いました。その概要をここに報告します。

■集成材の耐久性

集成材とは、ひき板（ラミナ）を乾燥し、繊維方向をそろえて接着した木質材料のことです。断面形状が小さいラミナの時点で十分乾燥されるため寸法

安定性が増すことや、欠点を除去してから集成することにより均一性が増すこと、また、ラミナの強度から製品の強度を設計できること、さらに、大断面や湾曲などの自由な形状が工業的に生産可能できることなど、有利な特徴を持っています。無垢の大断面部材が得られる大径の原木が希少となっている現在、建築現場などで多く用いられるようになってきています。

その集成材の耐久性を評価するには、木材自体の耐久性に加えて、接着剤の耐久性と、木材と接着剤との境目に当たる接着界面の挙動についても考える必要があります。しかし、集成材に使われている主な接着剤の使用実績は100年にも満たないことや、接着界面の強度が発現するしくみが明らかにされていないことが、集成材の耐久性を評価する上での課題となっています。さらに、外部環境の影響を直に受ける屋外使用の場合は、関与する因子が多いため、予測はますます困難です。そのため現段階では、地道な事例研究の報告を重ねることが、集成材の耐久性を知る上で重要です。

国内において集成材の生産が始まったのは1950年代なので、わずか60年程度の歴史です。最近になってようやく、初期の頃に製造された集成材を使った建物が解体・改修され、それに伴い長期使用された集成材の強度データに関する報告^{2,3)}が見られるようになりました。しかし、報告されているものは、屋内で使用されていたケースが多く、シンボルタワーのような屋外での長期使用例は、極めて稀です。



図1 竣工時シンボルタワー外観（1987年）



図2 解体前シンボルタワー外観（2017年）



図3 脚部の腐朽（2017年）

■シンボルタワーに使われた集成材と設置後の経過

シンボルタワーは、構造用の湾曲した集成材が6本、放射状に配置されたデザイン(図4)で、集成材の樹種はエゾマツとトドマツ、接着剤はレゾルシノール樹脂接着剤、塗装にはキシラデコール102#が使用されました。

設置後のメンテナンス履歴を表1に示します。塗装は、竣工から17年目までは3~5年おきに行われていました。また、竣工から4年目に、タワー最上部の木口面をカバーするアルミのキャップが取り付けられました。これにより、最も降水の影響を受けやすい部分が保護される状態となりました。

■集成材の強度性能

集成材の強度性能を評価するためには、ラミナの強度と接着性能の双方を調べる必要があります。集成材の接着性能はブロックせん断試験による接着層

のせん断強さと木部破断率で評価されます。そこで、接着層を含まない木部のみの部分と、接着層を含む部分のそれぞれについて、ブロックせん断試験を行いました。

図5に示すように、降水や日射、積雪等の条件が異なるタワーの上、中、下部それぞれの部分から、接着層を含む試験片(接着層)と、木部のみの試験片(木部)を切り出し、ブロックせん断試験を行いました。なお、腐朽等のため測定不能であった部位は値を0N/mm²として、各部位の平均値を算出しました。また、せん断強さを評価する上で基準とした値は、接着層については集成材の日本農林規格(JAS)エゾマツ集成材のせん断強さ基準値⁵⁾6.0N/mm²を、木部についてはエゾマツのせん断強さの文献値⁶⁾ 柱目面9.8N/mm²、板目面8.3N/mm² を用いました。結果を表2に示します。

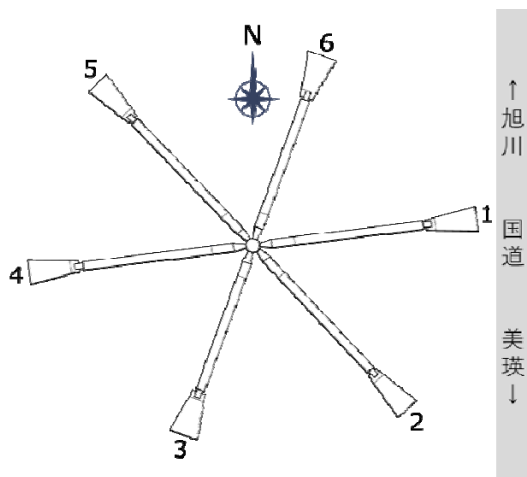


図4 平面図

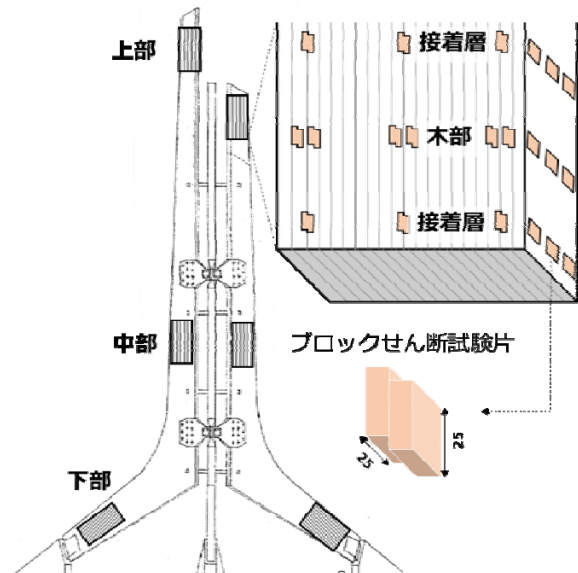


図5 ブロックせん断試験片採取部位

表1 メンテナンス履歴

年	内容	詳細
1987	竣工	
1989	塗装①	
1992	塗装②	
	キャップ	最上部木口面をカバーするキャップ取付
1997	塗装③	
2001	塗装④	塗装(合成樹脂エマルジョンペイント)
	補修	下地処理(塗装剥離部分ペーパー掛け) ひび割れ補修(合成エマルジョンパテ)
2004	塗装⑤	塗装(コンプライマー1回、コンゾラン2回)
	補修	下地処理(木部RA種) ひび割れ補修(サシュコ・ログビルダー)
2017	解体	

表2 ブロックせん断試験結果

No.	方位	上部		中部		下部	
		接着層	木部	接着層	木部	接着層	木部
1	東	8.18	8.78	8.78	10.12	<u>5.62</u>	<u>6.16</u> ※
2	南東	9.24	9.95	7.90	9.95	4.45	6.07
3	南西	8.69	10.85	8.67	9.80	7.32	8.66
4	西	8.15	9.10	8.02	10.14	4.64	5.74
5	北西	9.43	10.94	8.21	10.12	<u>5.92</u>	<u>7.76</u>
6	北東	8.25	9.30	8.01	8.83	4.61	5.60
	平均	8.64	9.82	8.26	9.81	5.34	6.66

※下線…JAS基準値、文献値を下回ったもの

まず、タワーの上、中、下部から採取された試験片のせん断強さを比較すると、上、中部では、接着層のせん断強さはJAS基準値よりも高く、木部は文献値と同等以上のせん断強さを有していた一方、下部では、接着層、木部の双方とも基準値以下となっていました。その理由としては、上、中部が地面に対して垂直である一方、下部では湾曲し地面と約20度の傾斜を成しており、水分が集成材上に滞留しやすかったこと、さらに冬季には積雪に接触し、凍結融解を繰り返す環境にあったことなどが考えられます。

次に、接着層と木部の試験片のせん断強さを比較すると、上、中、下部のどの部位においても、接着層の試験片の値が木部のみの試験片より低いことがわかりました。しかし、接着層の試験片の破断面を見ると、ほとんどが接着面ではなく、接着面付近の木部で破断していました。つまり、接着層の試験片が木部のみのものより弱かったのは、接着剤や接着界面よりも、接着界面に近い部分の木部に理由があったということです。これは、外部の温湿度変化により集成材内で含水率の変動が生じ、木部が膨潤・収縮しようとするのを接着剤が拘束することで、接着層付近の木部に繰り返し応力が蓄積し、経時的に劣化が生じたものと推察されました。

■まとめ

シンボルタワーにおいて、強度低下がみられた下部は、降水や積雪の影響を強く受けたと考えられる部位でした。反対に、水が滞留しにくかった上、中部は、30年の屋外使用でも健全であったことがわか

りました。

このような事例から、“初期強度値から〇年経って〇%残存”と判定できれば明快なのですが、施工前の部材の強度のデータは残っていません。長い月日を経て、ようやく得られる試験体ですが、そこから目的とするデータが全て得られるとも限りません。ですが、このような事例研究の報告が積み重なっていけば、そこから一般論を導ける可能性も高まります。今後も集成材に限らず、建築物の解体・改修のタイミングで長期間使用された木質部材を入手できれば、強度評価を行い、報告していきたいと考えています。

■参考資料

- 1) 集成材建築物設計の手引き：日本集成材工業協同組合，大成出版社，p.66-69 (2012).
- 2) 新藤健太，平松靖，宮武敦，中島正夫：築後25～51年経過した建物における集成材柱の耐久性調査，木材保存，36(6)，p.254-259 (2010).
- 3) 松本和茂：長期間使用した集成材の性能試験結果，林産試だより2012年6月号，p.12 (2012).
- 4) 中村神衣，古田直之，宮崎淳子，平林 靖：30年間屋外使用された集成材の耐久性評価（第1報）採取部位ごとのせん断強さの比較，日本木材学会北海道支部講演集第50号，p.25-28 (2018).
- 5) 集成材の日本農林規格 平成24年6月21日農林水産省告示第1587号，p.7-8，表4 (2012).
- 6) 改訂4版木材工業ハンドブック独立行政法人森林総合研究所監修，丸善株，p.136，表2.48 (2004).