

どんな割れが屋外構造物を腐らせるのか

性能部 構造・環境グループ 今井 良

■はじめに

木材は鉄などの無機物とは異なり生分解性のある有機物です。木材の腐朽は木材腐朽菌と呼ばれるキノコの仲間による生命活動（生分解）によって起きる現象で、腐朽には水や空気が必要です。屋外には雨水や空気が豊富なため、木材腐朽菌が分解できないような特殊な化学処理をしない限り、いずれはボロボロに崩れて土に還ります。

木材が建物の壁の中にある柱などの建築材（構造物ともいいます）や、家具、フローリング材、内装材など、の活用が多いのは、土壌に生息する腐朽菌の影響を受けにくく、雨水などで濡れにくいからです。

一方で、屋外用の木製品も実は様々な場所で利用されています。たとえば、山や川における治山ダム、道路のガードレール、公園の木製遊具などです。もっと身近なところでは、住宅の外装材や、敷地境界の柵や塀、カーポートなど、また最近はおしゃれな店舗の外装材に木材が活用される例も増えています。こうした木製品の多くは、防腐剤を浸み込ませてあったり、屋根を付けて雨水に当たらないようにしたり、束石などを使って地面から浮かせたり、塗料を塗って水や腐朽菌が直接木材に触れないようにして、防腐対策の工夫によって屋外利用が可能にしています。

しかし、どんなに工夫しても腐ってしまうことがあります。その原因の一つが木材に生じる“割れ”です。割れは主に木材が乾燥する過程で木材表面が縮もうとする力によって生じます。このような割れは、防腐剤や塗料が浸み込んでいない内側の部分を露出させ、雨水や砂埃が溜まりやすくなるため、木材腐朽の可能性を高めることとなります。

■腐れやすい条件が存在する

では、どのような割れが腐朽に影響するのでしょうか？

繰り返しになりますが、木材に生じた割れは雨水を木材内部に留めやすくするため、木材の含水率が高まるのが木材腐朽の要因となるのです。

木製窓枠に関する研究¹⁾では、窓枠の雨水がたまりやすい下側の部位が最も腐れやすく、窓枠に塗装

した塗料の剥離よりも窓枠に生じた割れの方が圧倒的に腐朽率に影響することが明らかにされています。

また、割れの深さに着目して行われた木製デッキの研究²⁾では、含水率が20%以上の状態では木材腐朽が生じやすくなる知見³⁾に基づいて、深さ2cmの割れの内部は72時間乾燥後でも20%前後の含水率を保っていたため、割れ深さが2cm以上の場合には木材腐朽が生じる可能性が高いことを指摘しています。

■屋外曝露した製材と集成材の観察

木材の割れと腐れの関係について、実際に長期間屋外曝露した木材を観察し、確認しました。

2011年11月に林産試験場の屋外曝露試験地に、心持ち製材（人工乾燥カラマツ正角材、105×105×2,000mm）の4本を、同一等級構造用集成材（カラマツ、4プライ、水性ビニルウレタン系接着剤、105×105×2,000mm）を4本、架台の上に水平に設置して屋外曝露しました（写真1）。写真の手前が南側です。いずれの材も防腐剤は使用せず、表面に木材保護塗料を塗布しています。なお集成材については試験体G1とG3で接着層（積層面）が水平方向に、G2とG4で接着層が鉛直方向になるよう設置しました。

2020年7月に、塗装の剥離や割れの状況を観察しました（8年8か月経過）。まず、それぞれの材の各面について割れや塗装剥離の程度を比較しました（図1）。いずれの材でも、塗装の剥離は上面で最も生じ



写真1 屋外曝露の様子（手前が製材、奥が集成材）

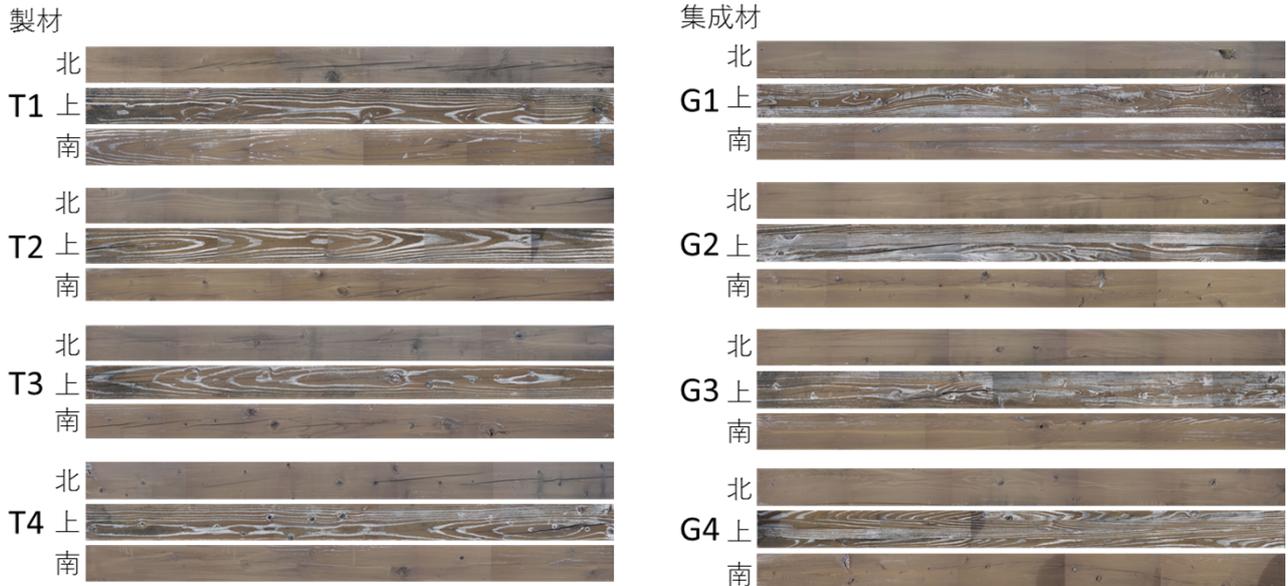


図1 各材各面の塗装の剥げや割れの状況（下面は除く）

表1 各材上面の割れ計測結果（単位：mm）

材種	番号	割れ本数	最大長さ	最大幅	最大深さ
製材	T1	15	50	1	16
	T2	18	62	5	25
	T3	13	63	1	13
	T4	15	36	3	31
集成材	G1	0	0	0	0
	G2	16	73	4	27
	G3	12	46	4	27
	G4	10	100	1	25

ており、次いで南面でわずかに生じていましたが、北面はほとんど確認されませんでした。割れについてはすべての材で発生していましたが、上面ではすべての材で割れていたのに対して、北面および南面は割れない材や割れの程度が小さい材がありました。なお下面については塗装剥げも割れも一切生じていませんでした。

次に、すきまゲージと物差しを用い、各材の上面の割れの本数と長さ、幅、深さを調べました（表1）。なお割れは繊維に沿って生じた割れのみをカウントし、繊維を断裂する方向に入った割れについては対象とはしませんでした（G1試験体）。また割れていても0.5mm厚のすきまゲージが入らない狭い割れも対象外としました。割れの本数や長さ、幅については製材と集成材とで明確な違いは確認できませんでしたが、深さについては集成材ではラミナの厚さに相当する27mmが最大深さであったのに対し、製材

では30mmを超える深さが計測（T4試験体）されました。

さらに、割れ内部の腐れの有無について細い針金やすきまゲージの先端部で突くなどして確認しました。その結果を図2に示します。製材（T2、T4）、集成材（G2、G3）ともに2体で腐れが確認されました。いずれの材でも割れの最深部で腐れが生じており、腐れが生じた部分は全て割れ幅3mm以上で、かつ割れ深さ20mm以上でした。また、腐れの確認できなかった割れの最大深さは20mmでした。なお、集成材（G4）は最大で25mmの割れ深さが観察されていますが、材端部の割れであったため水分が溜まりにくく乾燥しやすかったことが腐れなかった理由と考えられます。

■水が溜まらなければ腐らない？

カラマツは旋回木理（図3）といって、材の繊維が真っ直ぐではなく斜めに走っています（繊維傾斜）。そのため繊維に沿って生じる割れは、多くの場合、材軸に対して傾斜して入ります。したがって、カラマツ材のような割れ方をする木材は、材の上面に傾斜を付けておけば、割れの中に水が入っても、溜まらずに割れの傾斜に沿って流れ出て、含水率が高まらず腐れにくい条件となるのではないかと考えました。

そこで、45度傾けて木材の上に水が溜まらないような工夫がされている「北海道型木製ガードレール（以下、ビスタガード）」の部材（写真2）について、

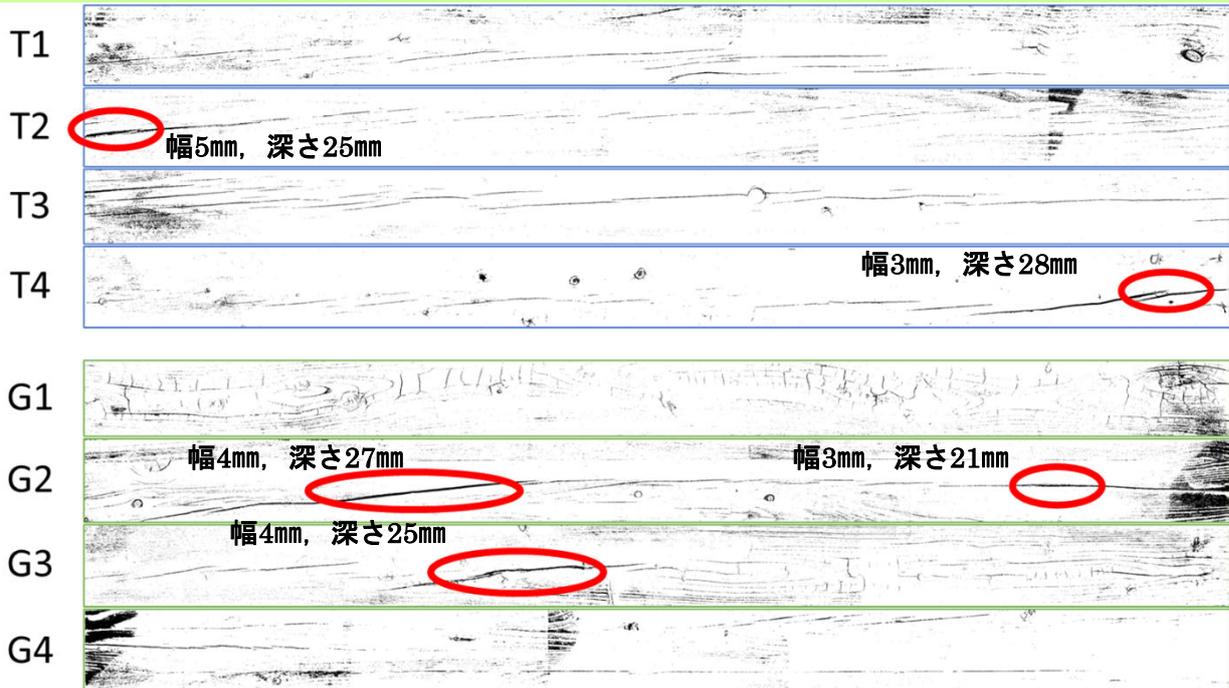


図2 腐朽が確認された箇所（赤丸囲み部）※割れが見やすいように画像処理（2諧調化）しています

集成材上面の割れの観察を行いました。ビスタガードに用いた集成材は同一等級構造用集成材（カラマツ，5プライ，レゾルシノール接着剤，120×120×2,000mm）で，防腐薬剤処理は行わず，表面に保護塗料を塗布したものです。2011年6月に林産試験場に設置されたビスタガードの集成材14本（写真3）と，同年11月に屋外曝露試験地に曝露した15本（写真4）を対象としました。なお，前者は傾いた上面が板目面になるよう配置されているため接着層は上面側に露出せず，後者は逆に配置されているため上面側に接着層が露出しています。

観察結果を表2に示します。割れ深さが20mmを超えた集成材は6本ありました。このうち割れ内部での腐れが確認できたものはガードレールとして設置されているもの（VG）のうちの2体で，割れ深さはともに25mmでした。残り4本には割れ深さ20～24mmの割れがあったにも関わらず腐れは確認できませんでした。割れに角度が付いていることで割れの中へ入った雨水を速やかに排出させたのではと推測しましたが，実際に割れの角度を観察した結果，深さ20mm以上のいずれの割れも繊維傾斜度は小さく，入り込んだ雨水を速やかに排出するような形状にはなっていないことが確認できました。したがって，割れ深さが20mm以上で腐るか腐らないかは，他にも何らかの因子（例えば割れの形状や環境，地上高など）が影響していると考えられます。



図3 旋回木理のイメージ⁴⁾

出典:カラマツのねじれの大きさを予測する(林産試だより)

<https://www.hro.or.jp/list/forest/research/fpri/dayori/1607/1607-6.pdf>

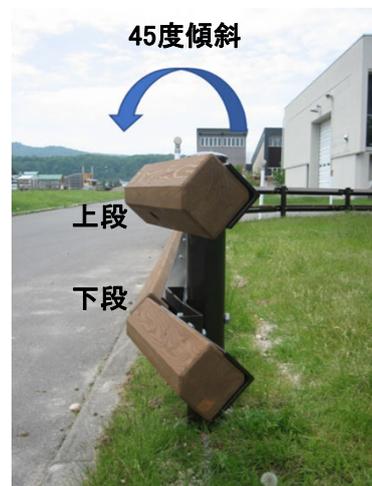


写真2 45度傾けたビスタガード（側面）

■おわりに

以上の結果から、割れの深さと腐れやすさについては、一定の傾向があると言って差し支えなさそうです。

今後は割れの幅や水の抜けやすさと腐れの関係などにも着目しながら、割れと腐れやすさの関係性について明らかにしていきたいと考えています。今回割れの内部で確認された腐朽部位の大きさは非常に小さく、材全体の強度性能や美観に対して影響を与えるようなものではなかったため、早期に腐朽を発見することが出来れば、腐朽部位を削り取って埋木などにより容易に補修することが出来ます。したがって、割れの形状などから腐朽発生の可能性を予測することで、より迅速かつ効率的な点検作業や、長寿命化のための維持管理が実施できると考えられます。

■参考文献

- 1) 山本幸一：木造校舎の木製窓枠の腐朽要因，木材保存，Vol. 11(2)，pp. 25-30，（1985）。
- 2) 大澤朋子，前田敬，信田聡：屋外暴露したウッドデッキにおける表面割れが水分停滞に与える影響，木材保存，Vol. 44(2)，pp. 67-80，（2018）。
- 3) 高橋旨象：きのこ木材，築地書館株式会社，1989，pp. 88－89。
- 4) 山崎享史：カラマツのねじれの大きさを予測する，林産試だより，2016年7月号，p. 6，（2016）。



写真3 林産試験場内設置のビスタガード (VG)



写真4 屋外曝露の様子 (ビスタガード) (V)

表2 ビスタガード上面の割れ観察結果 (単位：mm) (VG：設置ビスタガード，V：屋外曝露ビスタガード)

材種	番号	割れ本数	最大長さ	最大幅	最大深さ
集成材 	VG1_上	45	33	3	20
	VG1_下	20	36	3	25
	VG2_上	41	16	2	10
	VG2_下	17	30	2.5	10
	VG3_上	29	34	3	15
	VG3_下	72	80	3	13
	VG4_上	30	39	2.5	19
	VG4_下	16	19	2	10
	VG5_上	28	47	3	15
	VG5_下	27	32	2.5	13
	VG6_上	22	33	3	22
	VG6_下	19	32	1.5	12
	VG7_上	25	31	3	25
	VG7_下	35	43	2.5	18

※太字：最大深さ20mm以上の割れ(赤字は腐朽が確認されたもの)

材種	番号	割れ本数	最大長さ	最大幅	最大深さ
集成材 	V1	31	65	3	20
	V2	52	18	2.5	15
	V3	36	67	2	18
	V4	39	62	2	15
	V5	16	24	3	24
	V6	16	66	2	15
	V7	28	30	2	18
	V8	18	76	2	15
	V9	58	23	2.5	15
	V10	35	24	2	15
	V11	35	41	2.5	13
	V12	40	25	3	16
	V13	15	43	1	6
	V14	12	33	1.5	8
	V15	22	25	2	11