

グリオキザール樹脂処理木材の野外杭試験

伊藤 貴文

Field stake test of wood treated with glyoxal resin

Takafumi ITOH

奈良県森林技術センターで開発したグリオキザール樹脂処理木材の耐朽性および耐蟻性の評価を、野外杭試験により実施した。150℃で反応させた場合、同処理は耐朽性や耐蟻性の発現に有効であることが示唆された。9.0%という比較的低濃度の樹脂水溶液で処理したときにも、10年以上の耐朽性がある一方で、120℃以下の温度で処理をした場合、樹脂の不溶化は進むものの、木材成分との反応は充分ではないためか、高い耐朽性は発現しなかった。

1. はじめに

寸法安定性や耐朽性の付与を目的とした木材のグリオキザール樹脂処理¹⁾は、当センターが開発した技術であるが、処理が簡便かつ安全で、処理に伴う材色の変化が少なく処理後も素材感を維持できるなどの理由で、開発から二十数年が経過した今でも実用に供されている。床暖房対応の木質フローリングなど建築内装材のほか、屋外用としては、姫路城の桜門橋の欄干部分(図1)や、越前海岸等の木柵、案内板(図2)、近くでは奈良女子大学の国際交流プラザの木製舗道材(図3)などに、グリオキザール樹脂処理をした木材が使われてきた。グリオキザール樹脂はセルロースなどの木材成分と縮合反応し、エーテル結合を形成すると考えられており、耐朽性の発現は、木材成分の化学的な変化によると考えられる。グリオキザール樹脂処理の工程は、加減圧注入缶を用いた樹脂水溶液の含浸処理と、温風乾燥機等による乾燥・反応の工程から成るが、それにより寸法安定性の他、耐朽性が改善されることはJIS K1571に基づく室内ピン試験で明らかになっている²⁾。一方で反応温度が低いと、高い耐朽性の発現が期待できないことは、小試験体を用いての接地試験結果から推察できる³⁾。

ところで、国際交流プラザは2004年3月に竣工し、定期的に点検がなされている⁴⁾。当初の計画では10年以上の耐用年数を見込んでいたが、5~6年を経過した時点から舗道材の一部に腐朽が原因と思われる損傷が認められるようになった(図4)。製造工程の詳細は把握していないが、製品のサイズに切削した気乾木材(長さ

330mm×巾109mm×厚さ48mmのスギ、ヒノキ、カラマツ材)に対して、およそ20%濃度の樹脂水溶液を300kg/m³以上加圧注入した後、120℃程度で反応させたと記憶している。図4の写真から分かるように、腐朽は内部だけではなく裏面にも及んでいることから、樹脂水溶液の未注入部分のみが腐朽したとは考えられない。したがって、一部とはいえ想定より早く舗道材が劣化した原因は、樹脂と木材成分との反応不足か、液の濃度不足のいずれかであると推量される。

本報では、スギ辺材試験杭に対して反応温度や樹脂濃度を変えてグリオキザール樹脂処理を行い、JIS K1571に示された野外杭試験に準拠して行った明日香試験地での耐朽性評価試験ならびに、吹上試験地での耐蟻性評価試験の結果について報告する。

2. 材料と方法

2.1 材料

2.1.1 木材

スギ(*Cryptomeria japonica*)の辺材を用い、人工乾燥により含水率を10%程度に整えた状態で、以下に示す形状に切削加工した。

耐朽性を評価するための試験には、木口面の形状を30mm角、繊維方向を450mmに切削加工した試験杭を10本用いた。JIS K1571では耐朽性評価のための試験杭の長さは600mmになっているが、なるべく条件を多くして試験を実施したかったことと、樹脂水溶液の含浸を内部にまで確実にいたったことという2つの理由から、試験杭の長さを450mmにした。



図1 グリオキザール樹脂処理ヒノキ材を用いた姫路城桜門橋の欄干



図2 グリオキザール樹脂処理スギ材を用いた越前海岸の木柵と案内板



図3 グリオキザール樹脂処理スギ・ヒノキ・カラマツ材を用いた奈良女子大学国際交流プラザの木製舗道材



図4 奈良女子大学国際交流プラザの木製舗道材の腐朽劣化（施工後6年経過）

一方、耐蟻性を評価するための試験には、木口面の形状を30mm角、繊維方向を350mmに加工後、一方の先端50mmを角錐状に尖らせた試験杭を5本用いた。

2.1.2 樹脂

グリオキザール、尿素、ホルムアルデヒドの配合比が1：1：2.5のグリオキザール樹脂（大日本インキ化学工業（株）製のベッカミン樹脂で、樹脂濃度36%）と、36%に調製したジプロピレングリコール（DPG）を重量比で1：1に混合し、さらに両者の不揮発分に対して6.4%の塩化マグネシウムを触媒として添加した。このようにして調製した原液を、さらに水で希釈して、樹脂とDPGの合計の濃度が18.0%、13.5%、9.0%、4.5%と2.3%の液を作り、注入に用いた。なお、吹上試験地で実施した耐蟻性評価のための試験杭には、18.0%の樹脂水溶液のみを用いた。

2.2 方法

2.2.1 グリオキザール樹脂処理

試験杭を樹脂水溶液中に沈め、加減圧注入缶を用いて、約40hPaの減圧下で2時間、続いて1.3MPaの加圧下で4時間、さらに常圧に戻した後一昼夜液中に静置した。注入処理前後の試験杭の重量差から、理論最大値とほぼ同じ注入量が得られたことを確認した後、送風乾燥機を用いて、60℃で3日間十分に乾燥させた後、表1に示すスケジュールで順次昇温して反応を終えた。なお、吹上試験地で実施した耐蟻性評価のための試験杭は、反応温度150℃の1条件のみの処理であった。

2.2.2 野外杭試験

耐朽性を評価するための長さ450mmの試験杭は、当センターの明日香試験地（奈良県高市郡明日香村川原）

表1 グリオキザール樹脂処理の反応条件

記号	反応条件			
a	60℃ (3日間)	→80℃ (36時間)		
b		→80℃ (20時間)	→100℃ (16時間)	
c			→100℃ (8時間)	→120℃ (8時間)
d				→150℃ (8時間)

に埋設した。試験杭の半分が地中に埋まるように、平成13年8月に埋設作業を行い、毎年5月に、JIS K1571の基準に基づき0（被害なし）～5（崩壊）の6段階で目視評価を行い、その平均値（平均腐朽度）を求めた。

また、耐蟻性を評価するための長さ350mmの試験杭は、イエシロアリの生息が確認されている京都大学生存圏研究所の生活・森林圏シミュレーションフィールド（LSF、鹿児島園日置市今田）の隣接地に、平成14年11月に頭部約50mmが地上に出るように埋設し、さらに平成17年11月にはLSF内に移した。その後1年ごとに、食害度をJIS K1571の基準に基づき0、10、30、50と100の5段階で評価を行い、食害指数を求めた。

3. 結果と考察

3.1 明日香試験地での耐朽性評価試験

図5と図6には明日香試験地における経過年数と平均腐朽度との関係を示す。図5は樹脂水溶液の濃度を9.0%ならびに18.0%、反応温度を80℃～150℃にして調製した試験杭の平均腐朽度である。反応温度が高いほど腐朽被害は抑制された。耐用年数の基準とされる「平均腐朽度2.5」には、無処理の試験杭が4年以内に達したのに対して、80℃～120℃で処理した試験杭ではそれが6年程度に伸び、さらに150℃で処理した試験杭では、濃度18.0%でおよそ12年、9.0%では13年を経過した現時点でも2.5に達していない。このように見ると、グリオキザール樹脂処理は、野外での使用に際して高い耐朽性が期待できる半面、反応温度が120℃以下では、処理に伴う耐朽性の改善は認められるものの充分とは言えない。既報^{3,5)}において、反応温度が100℃以上であれば反応により樹脂自体の不溶化は充分であると思われたが、それは樹脂とDPGの縮合反応が優先された結果であり、木材成分との縮合反応には150℃が必要であることが、図5の結果から推し量れる。また、図5の上下の図を比較すると、18.0%より9.0%の方が良好な結果となっている。しかし、野外における耐朽性発現には適正な濃度があるのか、埋設した環境のわずかな違いに左右されたのかは不明である。

図6は反応温度を120℃として樹脂水溶液の濃度を2.3～18.0%まで変えて調製した試験杭の経過年数と平均腐朽度との関係である。当試験の開始時には反応温度は120℃で充分であろうという推量の下に、試験設計を組んだので、120℃でのデータが主流となったのは残念であるが、図6によると樹脂水溶液の濃度と耐朽性との明確な関係は見られず、2.3%という低濃度であっても18.0%であっても耐用年数は6年程度であった。その中では樹脂水溶液の濃度が4.5%と9.0%がやや長い耐用年数を示す結果になっているが、図5において考察したとおり、それらの濃度が最適な条件であるのか、それとも埋設した場所によるかは不明である。

3.2 吹上試験地での耐蟻性評価試験

吹上試験地における経過年数と食害度との関係を図7に、平均腐朽度との関係を図8に示す。無処理試験杭では図7に示すとおり、初期の段階で蟻害が発生し食害度が20近くに達したことから、シロアリ活性は試験を行うに充分と判断したが、木材腐朽菌の活動も盛んであったようで、図8に示すように腐朽も同時に進行した。このような状況下では食害も進まないことから、約4年で無処理試験杭での野外試験を終えることにした。一方、グ

リオキザール樹脂処理をした試験杭は、埋設の初期に、5本中4本の試験杭にごく軽微な蟻害が発生したが、その後7年くらいは、蟻害は進行せず、腐朽被害も全くない状況であった。8年目の調査においてこれまで蟻害がなかった1本の試験杭にも軽微な蟻害が見つかり、食害指数は10となった。同一場所で別途埋設したカルボキシエチルチオコハク酸によりエステル化した試験杭は、やはり腐朽劣化は観察されなかったが、一方で4年5か月での

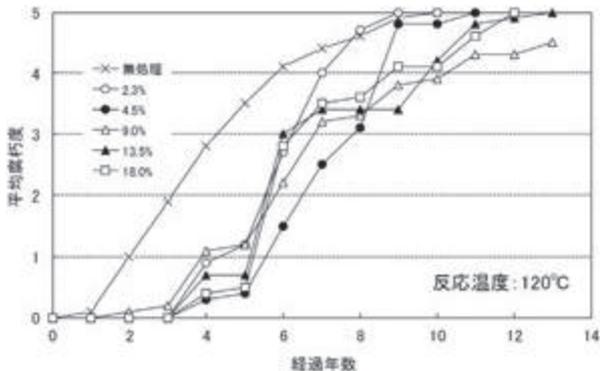


図6 グリオキザール樹脂の濃度と野外杭試験での平均腐朽度との関係 (明日香試験地)

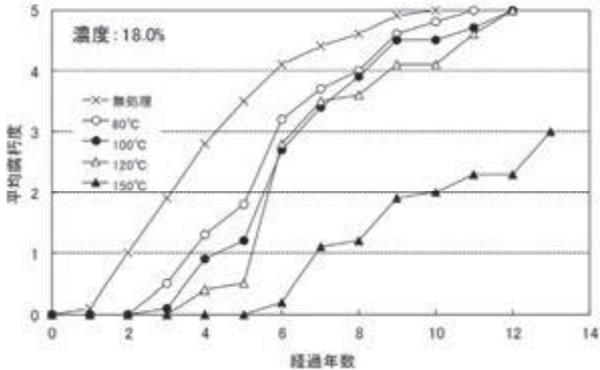
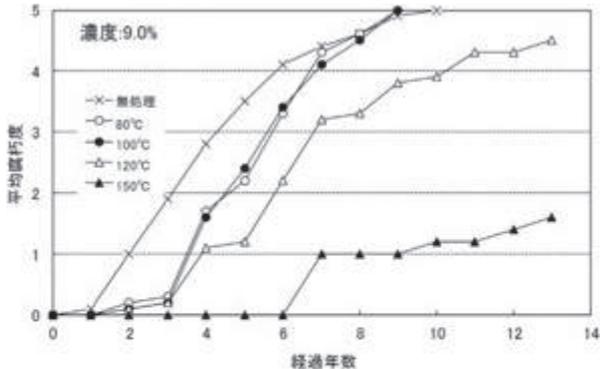


図5 グリオキザール樹脂処理時の反応温度と野外杭試験での平均腐朽度との関係 (明日香試験地)

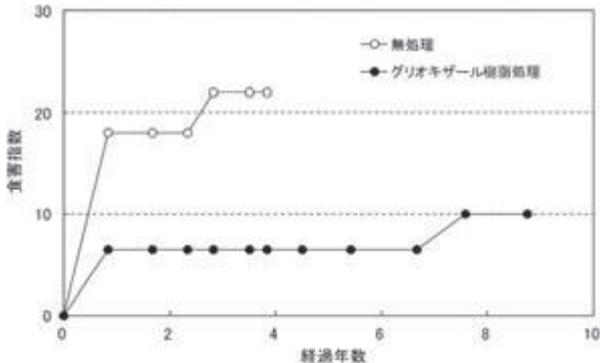


図7 グリオキザール樹脂処理材の野外耐蟻性試験での食害指数 (京都大学生存圏研究所LSF)

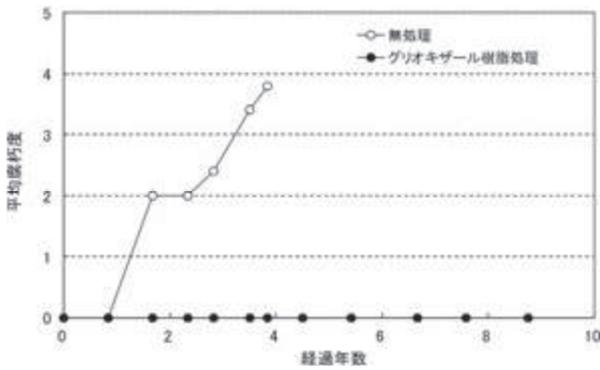


図8 グリオキザール樹脂処理材の野外耐蟻性試験での平均腐朽度 (京都大学生存圏研究所LSF)

食害指数が42となった。このことと比べると、グリオキザール樹脂処理は耐朽性と共に、耐蟻性の付与にも極めて有効な処理であることが示唆された。

4. おわりに

当センターで開発したグリオキザール樹脂処理木材の耐朽性および耐蟻性の評価を、野外杭試験により実施した。150℃で反応させた場合、同処理は耐朽性や耐蟻性の発現に有効であることが示唆された。9.0%という比較的濃度の樹脂水溶液で処理したときにも、10年以上の耐朽性がある一方で、120℃以下の温度で処理をした場合、樹脂の不溶化は進むものの、木材成分との反応は充分ではないためか、高い耐朽性は発現しなかった。奈良女子大学の国際交流プラザの木製舗道材の一部が、想定していた耐用年数よりも短期間で腐朽、破損したのは反応温度の不足が主たる原因と考えられる。

なお、本研究の一部は、京大生存圏研究所生活・森林圏シミュレーションフィールド共同利用研究として実施した。ここに関係各位に謝意を表したい。

引用文献

- 1) 伊藤貴文：樹脂含浸による木材の表面硬化と寸法安定化処理方法. 特許1966527号 (1990)
- 2) 伊藤貴文：グリオキザール樹脂処理材の耐朽性能. 奈良県林試木材加工資料. 25, 33-36 (1996)
- 3) 伊藤貴文：グリオキザール樹脂処理木材の接地暴露試験. 奈良県林試木材加工資料. 29, 24-28 (2000)
- 4) 藤平真紀子：学生の交流と憩いの場に木材を！～国立大学法人奈良女子大学 国際交流プラザ～. 木材保存. 33 (2), 72-74 (2006)
- 5) 伊藤貴文, 石原茂久：グリオキザール樹脂処理木材の屋外暴露試験 (第1報) 寸法安定性の変化に及ぼす反応温度の影響. 木材学会誌. 42 (4), 397-405 (1996)

(2015年3月18日受理)