

ナラ単板を表面材に用いた床暖房用複合フローリングの 耐クラック性向上技術の検討

—基材種類と表面処理条件の影響—

清野 新一
堀江 秀夫

平林 靖*¹
村上 博治*²

Improvement of Surface Cracking Resistance of oak veneered Flooring for Floor Heating

—Effect of Base Wood Construction and Finishing Condition—

Shin'ichi SEINO
Hideo HORIE

Yasushi HIRABAYASHI*¹
Hiroji MURAKAMI*²

Keywords: floor heating, flooring, surface cracking, surface cracking resistance, oak veneer
床暖房, フローリング, 表面割れ, 耐クラック性, ナラ単板

1. はじめに

床暖房の仕上げ材として使用される木質フローリング（以下、床暖房用フローリング）は、一般に使用されるフローリングに比べて厳しい使用環境に置かれるため、表面割れ（クラック）の発生、接着層のはく離、収縮によるめすきなどの現象が生じて問題となることがある¹⁻²。特に、表面割れは、合板、MDFなどを基材とし、表面に主として広葉樹材の単板を化粧貼りしている複合フローリングで発生しやすく、この対策は床暖房用フローリングでは重要な課題である。

複合フローリングの表面材として使用されている樹種のうちナラは木目がはっきりしていて、着色によるカラーバリエーションが可能のため最も需要が多いが、材質的には放射組織が発達していることや表面に開口する道管が多いため、他の樹種（カバ、イタヤ、ブナなど）に比べて表面割れが発生しやすい³。また、表面材の厚さは表面割れに顕著に影響し、厚

いものほど割れやすい³。このため、現在市販されている床暖房用フローリングのうちナラ材を表面材としているものは、表面割れを起こしにくい厚さである0.3~0.6mm程度の薄い単板を表面材として用いているのが実態である。しかし、表面材に薄い単板を用いている市販の床暖房用フローリングは、傷に弱く、傷がついて合板などの基材が露出した場合には補修することが困難であるため、その用途は住宅用に限られている。

一方で、床暖房は集会場、保育園、幼稚園、老人ホームなどの文教・福祉施設にも普及しつつある⁴⁻⁶。これらの施設には傷がつきにくく、傷がついても補修が可能な表面材の厚いフローリングが求められている。このため、これらの施設に適した床暖房用フローリングを開発するには、表面材の厚さを1.0mm以上として既存の床暖房用フローリングと同等の耐クラック性を付与することが必要である。

本報告では、厚さ1.0mmのナラ・ロータリー単板

を表面材とした床暖房用フローリングの製造条件を探るため、基材種類と表面処理条件が表面割れに及ぼす影響について検討した。具体的には、基材種類と表面処理条件の異なる1.0mm厚ナラ・ロータリー単板を表面材とした複合フローリングを試作し、その耐クラック性を評価した。

2. 試験方法

2.1 基材の収縮率，表面粗さの測定

基材の収縮率および表面粗さは、複合フローリングの表面割れに影響すると考えられる。このため、第1表に示した試作フローリングの基材についてあらかじめ収縮率と表面粗さの測定を行った。

2.1.1 基材の収縮率の測定

基材種類ごとに100mm×100mmの試験片を6片ずつ採取し、気乾状態で恒量となったものを40の恒温槽に8日間放置した。これによる含水率変化、寸法変化を測定し、フローリングの幅方向、長手方向について含水率1%当たりの収縮率を求めた。なお、このような乾燥条件において、試験片含水率はおおよそ10から3%程度まで低下しており、実際の床暖房における含水率変化^{7,8)}に近似していた。

2.1.2 基材の表面粗さの測定

基材の表面粗さを、表面粗さ測定器（株小坂研究所製 サーフコーダSE-30D）を用いて触針法により測定した。基準長さ25mmでフローリングの幅方向、長手方向についてそれぞれ6点ずつ測定し、最大高さを求めた。

2.2 試作フローリングの耐クラック性評価

第1表に示した2群の試作フローリングを製造し、その耐クラック性評価試験を行った。

2.2.1 試作フローリングの製造条件

複合フローリングの表面割れに影響すると考えられる要因のうち、試作フローリング群1では基材種類のみが異なる5種類のフローリングを製造し、試作フローリング群2では表面処理条件（塗料の種類および塗布量）のみが異なる6種類のフローリングを製造した。フローリング試作枚数は、1条件につき6枚とした。

試作フローリング群1における基材種類は、収縮率や表面粗さが異なる4種類の材料とした。このうちラワン合板を基材とした場合は、表面材と合板の表単板の繊維方向を平行と直交の2条件として、計5種類のフローリングを製造した。

第1表 試作フローリングの製造条件

製造因子	試作フローリング群 1	試作フローリング群 2
表面材の種類	樹種 種類 厚さ	同左 同左 同左
基材の種類	5種類（基材①～基材⑤）	基材②
表面材と基材の接着条件	接着剤 塗布量 圧縮圧	同左 同左 同左
表面処理条件	塗料 塗布量	2種類（ポリブタジエン樹脂系，ポリウレタン樹脂系） 3条件（50g/m ² ，80g/m ² ，120g/m ² ）

基材の種類

- 基材 : 12mm厚ラワン5プライ合板（表面材と基材の表単板の繊維方向は平行）
- 基材 : 12mm厚ラワン5プライ合板（表面材と基材の表単板の繊維方向は直交）
- 基材 : 2.0mm厚シナ単板 + 12mm厚ラワン5プライ合板 + 2.0mm厚シナ合板
（表面材と基材の表単板の繊維方向は直交）
- 基材 : 12mm厚MDF
- 基材 : 0.5mm厚フェノール板 + 12mm厚ラワン5プライ合板

注) 12mm厚ラワン5プライ合板の単板構成 : 1.6 + 3.2 + 2.4 + 3.2 + 1.6

基材 の2.0mm厚シナ単板と12mm厚ラワン5プライ合板の表単板とは繊維方向を平行にして接着した。

試作フローリング群2における表面処理条件は、塗料2種類、塗布量3条件の計6条件とした。使用した塗料は、塗膜構成要素に柔軟性のあるブタジエン樹脂を持ち、表面割れの発生を抑制する効果が期待できるポリブタジエン樹脂系塗料⁹⁻¹²⁾（斎藤(株)、ビュータックファイン）と、一般にフローリングの表面塗装に使用されているポリウレタン樹脂系塗料（大東ペイント(株)、ウレタイトフロアーG）である。塗布量はウレタイトフロアーGの仕様による標準的な塗布量（80g/m²）、これより塗布量が多い（120g/m²）、少ない（50g/m²）の3条件とした。

フローリングの表面材には、北海道芦別産ミズナラ原木（2等、径級40cm）から製造した乾燥仕上がり厚さ1.0mmのロータリー単板を使用した。表面材と基材の接着は、水性高分子イソシアネート系接着

剤（光洋産業(株)、KR-120）を塗布量200g/m²でブラシにより塗布し、2時間冷圧後、1日間養生した。表面の塗装は、エアスプレーガンによって行い、設定した塗布量で下塗り、中塗り、上塗りの3回塗りとした。塗装における研磨作業は素地調整を含め3回行った。

フローリングの製造に使用した材料の比重、含水率を第2表に、塗装工程の詳細を第3表に示す。

2.2.2 試作フローリングの耐クラック性評価試験

試作したフローリングの表面割れに対する耐久性を評価するため、著者が考案した促進劣化法による耐クラック性評価試験¹³⁾を行った。

試験方法は、試作フローリングから長さ150mm、幅100mmの試験片を採取し、第4表に示した床暖房用フローリングが置かれる環境を再現する促進劣化処理を10サイクル繰り返した。そして、これによって発生した各試験片の総割れ長さを測定し、第5表に示した表面割れ密度の分類に従い、表面割れの程度を10点から0点まで2点きざみの点数（表面割れ評価点数）で表した。この表面割れ評価点数が高いほど、そのフローリングは耐クラック性（表面割れに対する耐久性）に優れていると評価した。

第2表 供試材料の比重，含水率

材 料	気乾比重	含水率 (%)
1.0mm 厚ナラ単板	—	10.5
2.0mm 厚シナ単板	—	9.0
12mm 厚ラワン合板	0.47	10.7
12mm 厚 MDF	0.66	10.8

注：各値は平均値。

第3表 塗 装 工 程

ポリブタジエン樹脂系塗料	ポリウレタン樹脂系塗料
素地調整 #240	素地調整 #240
下塗り ビュータックファインΣ 1000 主剤：硬化剤＝3：1 固形分 26.8%	下塗り ウレタイトフロアーG 主剤：シンナー＝10：3 固形分 41.1%
塗布量 80g/m ² のとき固形分 21g/m ²	塗布量 80g/m ² のとき固形分 33g/m ²
研磨 #320	研磨 #320
中塗り ビュータックファインΣ 3000 主剤：硬化剤：シンナー＝100：25：20 固形分 26.3%	中塗り ウレタイトフロアーG 主剤：シンナー＝10：3 固形分 41.1%
塗布量 80g/m ² のとき固形分 21g/m ²	塗布量 80g/m ² のとき固形分 33g/m ²
研磨 #320	研磨 #320
上塗り ビュータックファインΣ 3000 主剤：硬化剤：シンナー＝100：25：20 固形分 26.3%	上塗り ウレタイトフロアーG 主剤：シンナー＝10：3 固形分 41.1%
塗布量 80g/m ² のとき固形分 21g/m ²	塗布量 80g/m ² のとき固形分 33g/m ²

第4表 耐クラック性評価試験における促進劣化の1サイクル

70°C恒温槽中へ2時間放置
↓
-20°C恒温室中へ2時間放置
↓
70°C恒温槽中へ2時間放置
↓
-20°C恒温室中へ2時間放置
↓
20°C・85%RH 恒温恒湿室中へ16時間放置

第5表 表面割れ密度の分類
(試験片寸法 150 × 100mm の場合)

表面割れ 評価点数	総割れ長さ (mm)
10点	0
8点	1～120
6点	121～280
4点	281～540
2点	541～960
0点	961～

3. 結 果

3.1 基材の収縮率，表面粗さ

試作フローリングの製造に用いた基材の収縮率，表面粗さの測定結果をそれぞれ第1図，第2図に平均値で示す。

含水率1%当たりの収縮率は，基材④（MDF）が0.05%で他の基材より大きく，それ以外の種類ではいずれも0.02%程度であった。これに対して表面材のナラ単板の接線方向の収縮率は0.32%であり，基材の収縮率に比べ著しく大きい。

表面粗さは，基材種類によって大きな差が認められ，基材①（ラワン合板），基材②（ラワン合板）では最大高さが100 μ m程度であったのに対して，基

材④（MDF）では20 μ m程度であった。表面粗さプロフィール曲線の一例を第3図に示すが，これをみても基材間の表面粗さには明らかな差が認められる。また，ラワン合板（基材①，②）では測定方向により表面粗さに大きな差が認められる。

3.2 試作フローリングの耐クラック性

試作フローリングの耐クラック性評価試験の結果は，第6表のとおりである。

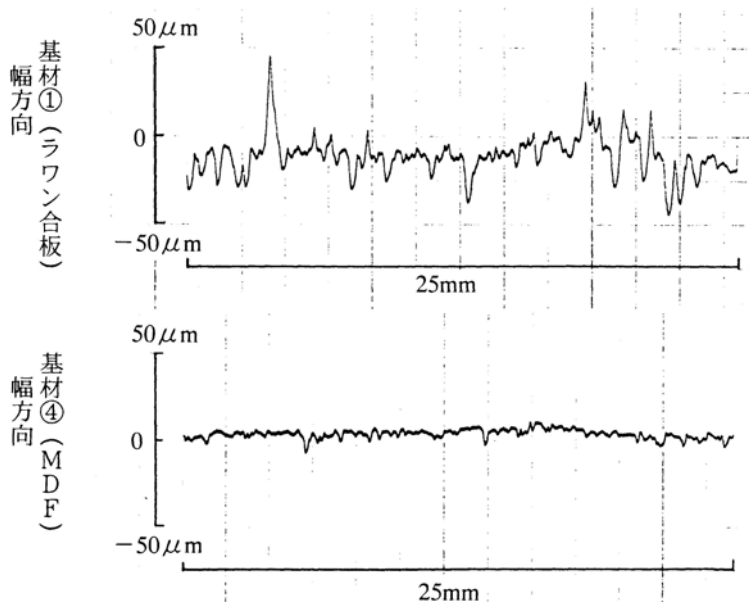
4. 考 察

4.1 基材種類が耐クラック性に及ぼす影響

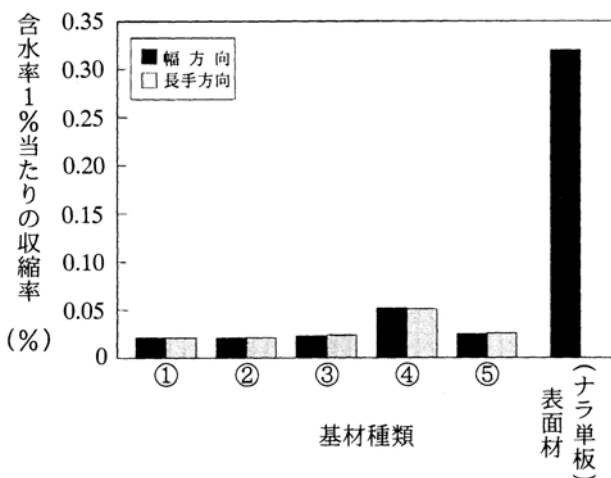
基材種類と表面割れ評価点数との関係を第4図に示す。第2図および第4図から基材の表面粗さとフ

ローリングの耐クラック性には相関が認められ，基材表面が平滑であるほど表面割れ評価点数が高く，試験片間の点数のばらつきも小さい。特に幅方向の平滑性が耐クラック性に及ぼす影響は大きく，幅方向の表面粗さが大きい基材①（ラワン合板）は他の基材に比べ耐クラック性が大きく劣っている。

表面割れの発生は基材と表面材の接着状態に大きく影響され，接着不良の箇所から表面割れが発生，進行することが報告されている¹⁴。表面の平滑性が高い基材は，接着状態が良く接着不良の箇所が少ないため高い耐クラック性を示したものと推測される。

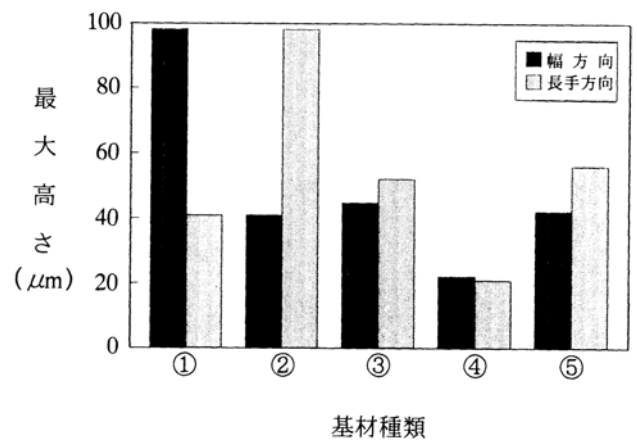


第3図 表面粗さプロフィール曲線の一例



第1図 フローリング基材の収縮率

注：基材種類①，②，③，④，⑤は，第1表の基材の種類を参照。



第2図 フローリング基材の表面粗さ

注：基材種類①，②，③，④，⑤は，第1表の基材の種類を参照。

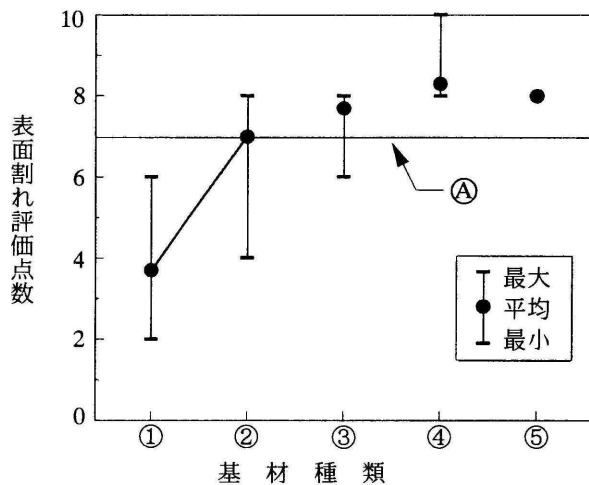
基材の収縮・膨張は表面割れの発生に影響すると考えられるが、第1図から表面材（ナラ単板）の収縮率に比べて基材間の収縮率の差は相対的に小さいため、その影響が現れなかったものとおもわれる。

4.2 表面処理条件が耐クラック性に及ぼす影響

表面処理条件と表面割れ評価点数との関係を第5図に示す。図から塗料の種類および塗布量はフローリングの耐クラック性に影響を与えることがわかる。

第6表 試作フローリングの耐クラック性評価試験結果

試作フローリング種類	表面割れ評価点数 平均(最小～最大)	
試作フローリング群 1		
基材		
①	3.7 (2～6)	
②	7.0 (4～8)	
③	7.7 (6～8)	
④	8.3 (8～10)	
⑤	8.0	
試作フローリング群 2		
塗料	塗布量 (g/m ²)	表面割れ評価点数 平均(最小～最大)
ポリブタジエン 樹脂系	50	6.3 (4～8)
	80	6.7 (4～8)
	120	8.3 (8～10)
ポリウレタン 樹脂系	50	4.0 (2～8)
	80	6.0 (2～8)
	120	6.7 (4～8)



第4図 基材種類がフローリングの耐クラック性に及ぼす影響

注：基材の種類 ①, ②, ③, ④, ⑤ は、第1表の基材の種類を参照。
 表面処理条件：ポリブタジエン樹脂，塗布量90g/m²
 試験体数：1条件6体
 線(A)：床暖房用フローリングの基準値

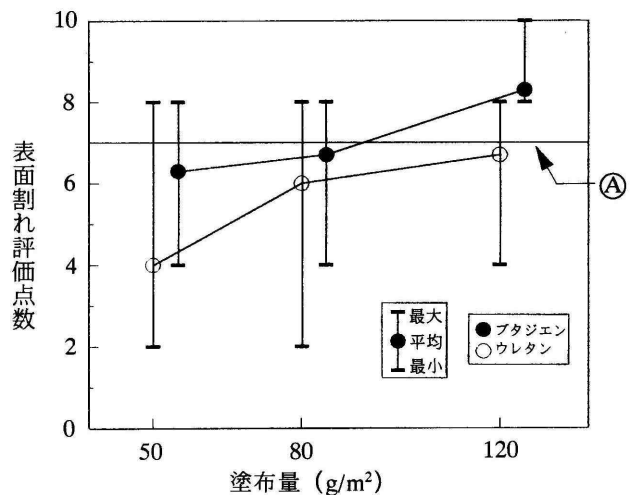
塗料の種類では、フローリングの塗装で一般に使用されているポリウレタン樹脂系塗料よりもポリブタジエン樹脂系塗料が耐クラック性に優れている。ポリブタジエン樹脂系塗料は、塗膜構成要素に柔軟性のあるブタジエン樹脂を持ち、これが表面材の収縮・膨張に追従することで表面割れの発生を抑制する効果があるものと考えられる。

塗布量については、今回の表面処理条件の範囲では塗布量が多いほど耐クラック性が向上する傾向が認められる。

4.3 ま と め

以上の考察から、表面材の厚さが1.0mmと比較的厚いナラ・ロータリー単板を用いて耐クラック性に優れた床暖房用フローリングを製造するためには、表面が平滑な基材を用い、塗膜に柔軟性のある塗料を塗布量を多くして塗装することが必要である。

第4図および第5図に示した表面割れ評価点数7点の基準線は、市販の床暖房用フローリングについて調査した耐クラック性の下限値⁽³⁾である。この値を床暖房用フローリングに求められる耐クラック性の基準値と考えると、基材種類を合板平行貼り以外（基材 ①～⑤）としポリブタジエン樹脂系塗料を塗布量120g/m²程度塗布することで、表面材に1.0mm厚ナラ・ロータリー単板を用いた床暖房用フローリングの製造が可能である。



第5図 表面処理条件がフローリングの耐クラック性に及ぼす影響

注：基材種類：①（ラワン合板，直交貼り）
 試験体数：1条件6体
 線(A)：床暖房用フローリングの基準値

5. おわりに

文教・福祉施設等での使用が可能な厚さ1.0mmのナラ・ロータリー単板を表面材に用いた床暖房用フローリングの製造条件を探るため、基材種類と表面処理条件が複合フローリングの耐クラック性に及ぼす影響について調べた。結果は以下のとおりである。

- 1) 基材種類が耐クラック性に及ぼす影響は、表面が平滑な基材ほど耐クラック性が良く、特にフローリング幅方向の平滑性の影響が大きい。今回供試した基材では収縮率の影響は認められなかった。
- 2) 表面処理条件が耐クラック性に及ぼす影響は、塗料の種類ではポリブタジエン樹脂系塗料がポリウレタン樹脂系塗料に比べ耐クラック性に優れている。また塗布量を多くすると耐クラック性が向上する。
- 3) 表面材に厚さ1.0mmのナラ・ロータリー単板を用いる場合、表面材と直交貼りにした合板、MDFなどを基材に用い、ポリブタジエン樹脂系塗料で塗装することによって市販の床暖房用フローリングと同等以上の耐クラック性を有するフローリングの製造が可能である。

本報告では、厚さ1.0mmのナラ・ロータリー単板を表面材とした複合フローリングの耐クラック性向上技術について検討したが、文教・福祉施設等で使用する床暖房用フローリングの表面材の厚さは、2mm、3mmとより厚い方が良く、今後は厚さ1mm以上のナラ単板で耐クラック性の向上技術を検討する必要がある。また、MDFなどのように比較的収縮率の大きな材料を基材として用いる場合は、合板な

ど収縮率の小さな材料との複合化によって寸法安定化を図るなど、寸法安定性についても留意する必要がある。

文 献

- 1) 坂本潤一：ゆか，36(12)，99-100(1993)。
- 2) 中嶋 力：ゆか，37(12)，65-67(1994)。
- 3) 柳下 正：特殊合板，森北出版，57-66(1972)。
- 4) 吹野 信 ほか4名：日本木材学会北海道支部講演集，No. 25，40-43(1993)。
- 5) 仁木康介 ほか4名：芸術工学会誌，No. 5，22(1994)。
- 6) 中島康博 ほか4名：芸術工学会誌，No. 5，23(1994)。
- 7) 清野新一 ほか3名：林産試験場報，9(6)，18-26(1995)。
- 8) 清野新一 ほか3名：林産試験場報，10(1)，17-23(1996)。
- 9) 小林俊夫：塗装と塗料，No. 330，59-64(1980)。
- 10) 高沢 徹 ほか：塗装と塗料，No. 395，63-69(1985)。
- 11) 小林俊夫：塗装と塗料，No. 449，41-50(1989)。
- 12) 東 達弥：工業塗装，No. 68，36
- 13) 清野新一：木材工業，50(12)，599-602(1995)。
- 14) 北原覚一，小矢野行雄：木材工業，16(8)，378-383(1961)。

—技術部 成形科—

—*1 性能部 接着塗装科—

—*2 サンモク工業株式会社—

(原稿受理：1996. 5. 22)