フェノール樹脂を用いたファイバーボードの性能における 各種の接着性改善処理の効果^{*1}

高麗秀昭^{*2}, 大橋一雄^{*3}, 小林正彦^{*2}

Effects of Various Treatments for Improving Bondability on the Properties of Fiberboard Bonded with Phenol Formaldehyde Resin^{*1}

Hideaki KORAI^{*2}, Kazuo OHASHI^{*3} and Masahiko KOBAYASHI^{*2}

In order to improve the bonding of fiberboard, the penetration of phenol formaldehyde (PF) resin was prevented. The means of preventing penetration were acetylation of wood fibers and the addition of filler to PF resin. Acetylation improved internal bond strength (*IB*) due to the resulting lack of penetration. In addition, the *IB* of fiberboard made from acetylated wood which had been ozonized (acetyl-ozonized board) was much higher than that of merely acetylated fiberboard due to improved wettability by the ozonization. The durability of the acetyl-ozonized board was significantly increased, resulting in 0.84 MPa for *IB* and 74% retention of *IB* after an ASTM 6-cycle accelerated aging test. In another test, fiberboard was made from untreated wood bonded with PF resin to which strained soybean meal was added as a filler, and the *IB* showed a roughly 40% increase. The retention of *IB* after the ASTM 6-cycle accelerated aging test was lower than that of the acetyl-ozonized fiberboard, but the addition of the filler was effective for improving properties for conventional uses.

Keywords: fiberboard, phenol formaldehyde resin, acetylation, penetration, ozone.

ファイバーボードの接着強さを向上させるために木材中へのフェノール樹脂の浸透を防止した。その方法は木材ファイバーのアセチル化およびフェノール樹脂への充填剤の添加である。アセチル化により浸透が抑制され、剥離強さ (*IB*) が増加した。さらにアセチル化木材をオゾン処理することにより、表面のぬれ性が改善され、*IB* がいっそう増加した。アセチル化オゾン処理ボードでは高耐久化が実現し、ASTM 6 サイクル促進劣化試験後の *IB* で0.84 MPa、残存率74%を達成した。また高温脱脂大豆粉を充填剤としてフェノール樹脂へ添加し、未処理木材を原料としてボードを製造したが、*IB* が約40%増加した。ASTM 6 サイクル促進劣化試験後の *IB* の残存率はアセチル化オゾン処理ボードのそれより低いが、ファイバーボードを一般的な使用環境で使用する場合には、充填剤の添加も極めて有効である。

1. 緒 言

水溶性フェノール樹脂接着剤はボードの高耐久化には重要であるが、アルカリ性のため木材中に過剰浸透しやすく、本来有している接着強さが発現されにくい¹⁾。この点が同じ水溶性接着剤であるメラミン樹脂やユリア樹脂と大きく異なる。よって過剰浸

透が抑制されればフェノール樹脂の接着強さが向上すると考えられる。また接着強さ向上の別の手段として被着体の表面性の改善がある。過剰浸透の抑制および表面性の改善により接着性が向上し、さらなる高耐久化が実現できると考えられる。

過剰浸透の抑制として、木材の疎水化およびフェノール樹脂への充填剤の添加が考えられる。前報²⁾において、フェノール樹脂を使用した場合、疎水化木材としてアセチル化木材を原料としたファイバーボードの剥離強さ (*IB*, Internal bond strength) が、未処理木材を原料としたボードのそれより高いことを示した。一般的にアセチル化処理によって水溶性接着剤のぬれ性は低下し、接着強さも低下する。しかしフェノール樹脂では過剰浸透の抑制がぬれ性の

^{*1} Received September 21, 2007 ; accepted February 20, 2008. 本研究の一部は第54回日本木材学会大会 (2004年8月, 札幌) で発表した。

^{*2} 独立行政法人森林総合研究所 Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba 305-8687, Japan

^{*3} 岩手県林業技術センター Iwate Prefectural Forestry Technology Center, Yanaba, Iwate 028-3623, Japan

低下を補い, 高い接着強さが得られた。また合板ではフェノール樹脂の過剰浸透を抑制するために充填剤を入れることはよく行われる^{1,3)}。ボードではスプレーで接着剤を塗布するため充填剤の使用が困難であり, 現状では使用されていないが, 最近, 瓦田らによって安価でスプレー塗布が可能な充填剤が提案された⁴⁾。彼らはメラミン・ユリア共縮合樹脂および MDI (Methylene diphenyl diisocyanate) 樹脂を使用して, その効果を明らかにした。本研究では, 彼らの使用した充填剤の一部である高温脱脂大豆粉をフェノール樹脂の過剰浸透防止用の充填剤として使用し, 接着強さの向上を試みた。フェノール樹脂の過剰浸透を考えれば, 彼らが使用した樹脂と比べてより高い効果が得られると期待できる。

被着体の表面性の改善としてはオゾン処理が考えられる。前報⁵⁾において, 未処理ファイバーをオゾン処理することにより接着性が改善され, メラミン樹脂の接着強さが向上したことを示した。オゾン処理によりリグニン芳香核にカルボキシル基が導入されリグニンが親水化することが知られているが⁶⁾, そのため木材がより親水性になる。その結果, メラミン樹脂の接着強さが向上した。しかしフェノール樹脂では, オゾン処理によって未処理ファイバーの親水性がより増すために過剰浸透が促進され, 接着強さが低下することが考えられる。その反対に過剰浸透が促進されることはなく, 表面性が改善され, その結果, 接着強さが向上する可能性もある。未処理ファイバーに対するオゾン処理がフェノール樹脂の接着性にどのような影響を与えるのかについて検討が必要である。

さらに前報²⁾では, アセチル化ファイバーをオゾン処理することによりフェノール樹脂の接着強さはさらに向上し, 極めて高い寸法安定性があることを示した。この原因としてアセチル化処理によりフェノール樹脂の過剰浸透が抑制されたこと, またオゾン処理により表面のみが親水化し, フェノール樹脂のぬれ性が改善されたこと, さらに, これらが相乗効果を発揮し, 接着強さも向上した。そして, これらが高寸法安定化に寄与したと考えられる。前報²⁾では寸法安定性の評価が中心であったが, 本報告では耐久性を明らかにするために強度性能を中心に報告する。さらに前報²⁾ではオゾン処理の最適な条件を検討していなかったため, 本報告ではオゾン処理の最適条件を求めることも目的とした。

一方, 過剰浸透の抑制として充填剤の添加がアセチル化処理より実用的な処理である。さらにオゾン処理も簡便であり, 実用的な処理方法である。よっ

て充填剤の添加による過剰浸透の抑制とオゾン処理による表面性の改善を組み合わせれば相乗効果が発現され, 効果的な接着強さの向上が実現する可能性が高い。そこで本報告ではこの点も検討する。

以上より, 本研究はフェノール樹脂の過剰浸透抑制のための充填剤の添加およびアセチル化処理, さらに被着体のぬれ性の改善としてオゾン処理を行った。特に過酷な ASTM 6 サイクル促進劣化試験⁷⁾を実施し, その耐久性を検討した。

2. 実験方法

2.1 接触角の測定

フェノール樹脂の木材表面へのぬれ性および浸透性を明らかにするために, 材表面に液滴を形成し, 接触角を経時的に測定した。測定用試料として, 3 cm(接線方向)×3 cm(半径方向)×5 mm(繊維方向)のアカマツ(*Pinus densiflora* S. et Z.)の辺材を用いた。エタノール・ベンゼン混合溶液(容量比 1:2)で試料を24時間抽出した。アセチル化処理は次の2.2章のファイバーと同時に行った。重量増加率は25.3%であった。また未処理木材およびアセチル化木材をオゾン処理した。オゾン添加率は0.25%である。オゾン処理の方法に関しては2.2章で説明する。接触角の測定には接触角計(協和界面科学社製, Drop Master 500)を用いた。20%の蒸留水で希釈したフェノール樹脂(株オーシカ製, B-1370, 固形分:45.5%, pH=11.8)の接触角を測定した。各試料の木口面を試験面として, 液滴の滴下から5秒までの接触角の変化を測定した。10回の測定を行い, その平均値を求めた。なお充填剤を添加したフェノール樹脂は粘度が高いため, その接触角の測定は不可能であった。

2.2 アセチル化処理およびオゾン処理がボード性能に及ぼす効果

2.2.1 ファイバーボードの製造

原料にはアカマツのファイバー(東日本ダイケンプロダクツ(株)製)を使用し, 無水酢酸を用い液相法でアセチル化処理した。反応槽の温度を室温から約130℃まで約60分かけて上げ, その温度を維持しながら7時間処理した。処理後, 反応槽が室温に下がるまで放置(約16時間)した後, 反応槽からファイバーを取り出し, 流水中で約24時間洗浄した。アセチル化ファイバーの重量増加率は約24%であった。さらにアセチル化ファイバーおよび未処理ファイバーの全乾重量に対して0.25, 0.5, 1, 2%の4水準のオゾン処理を行った。オゾン処理はビニール袋中にファイバーを入れ, オゾン製造装置(エコデザイ

ン社製, ED-OG-R3) より発生したオゾンをビニール袋の中へ導入して行った。オゾン発生量は30.2 mg/minである。100 gのファイバーに0.5%のオゾン処理を行う場合, 0.5 gのオゾンが必要であるため, オゾンを約17分間導入して0.5 gのオゾンを添加した。ファイバーボードの接着剤としてフェノール樹脂(株)オーシカ製, B-1370, 固形分: 45.5%, pH=11.8)を用いた。接着剤の粘度が高いため20%の水で希釈して用いた。ファイバーの全乾重量に対して15%(固形分)の樹脂を添加した。ボードの寸法は30 cm×30 cm×1 cm, 目標ボード気乾密度は0.70 g/cm³とした。様々な条件でボードを製造したが, 製造後のそれぞれのボード気乾密度の平均は約0.71 g/cm³であった。熱圧条件は熱盤温度180℃, 熱圧時間10分とした。未処理のファイバーから製造した未処理ボード(U), アセチル化ファイバーから製造したアセチル化ボード(A)とする。さらに未処理ファイバーをオゾン処理したものから製造したボード(UO), アセチル化ファイバーをオゾン処理したものから製造したボード(AO)がある。4水準のオゾン処理を行っているので, UOおよびAOはそれぞれ4種類のボードを製造したことになる。各実験条件に対して2枚ずつ製造した。製造したボードは20℃, 相対湿度65%の恒温恒湿室中で調湿し, 重量が一定となった後に各試験を行った。調湿後の含水率では, 未処理ファイバーを原料としたボードで約8%, アセチル化ファイバーを原料としたボードで約5%であった。JIS A 5905: 2003⁸⁾に準じて常態曲げ強さ(MOR, Modulus of rupture)およびIB試験を行った。曲げ試験片の寸法は20 cm×5 cm×1 cmである。曲げ試験後に健全部よりIB試験片を取り出したが, その寸法は5 cm×5 cm×1 cmである。それぞれの試験体数を10とした。また, すべての剥離試験体は試験に先立ち, デンシティープロファイル測定装置(グレコン社製, DA-X)を用いてデンシティープロファイルを測定した。測定用の試料のボード密度のバラツキを考慮して, 測定した厚さ方向の密度を試料の平均ボード密度で除した値(相対密度, Relative density)で密度分布を表した。

2.2.2 ASTM 6 サイクル促進劣化試験

ASTM D 1037⁷⁾に準じ, ASTM 6 サイクル促進劣化試験を行った。試験体の寸法は5 cm×5 cm×1 cmとした。促進劣化試験は(1)49±2℃の温水に1時間浸せき→(2)93±3℃の水蒸気に3時間暴露→(3)-12±3℃で20時間凍結→(4)99±2℃の温度で3時間乾燥→(5)93±3℃の水蒸気に3時間暴露→(6)99±2℃の温度で18時間乾燥を1サイクルとし, これ

を6サイクル繰り返した。促進劣化試験後に試験体を調湿(20℃, 相対湿度65%)し, 厚さ膨張率(TC, Thickness change)を測定した。また促進劣化試験後, 試験体の表面が荒れていたため表面をサンダーで取り除き(厚さ約3 mm), IBを求めた。試験体数を6とした。

2.3 充填剤がフェノール樹脂の過剰浸透を抑制する効果

充填剤として高温脱脂大豆粉を用いた。これをフェノール樹脂に対して5%, 10%, 15%(不揮発分も含めた樹脂の重量ベース)の3水準で添加した。2.2.1章の方法に準じてファイバーボードを製造した。使用したファイバーはアセチル化処理もオゾン処理もしないファイバーである。JIS A 5905: 2003⁸⁾に準じてMORとIBを求めた。さらにASTM 6 サイクル促進劣化試験を実施し, 調湿後にTCおよびIBを求めた。さらにオゾン処理と充填剤の相乗効果を見るために, 未処理ファイバーにオゾン処理(オゾン添加率0.25%)を行い, フェノール樹脂に充填剤10%を加え, それを接着剤としてボードを製造した。常態試験のMORとIBを求めて相乗効果を検討した。

3. 結果および考察

3.1 アセチル化処理およびオゾン処理がボード性能に及ぼす効果

3.1.1 接触角

Fig. 1に接触角の測定結果を示す。滴下直後の接触角は液体と木材表面のぬれ性を示し, 時間の経過

Fig. 1. Relationships between elapsed time after dropping and contact angle of phenol formaldehyde resin.

Notes: Vertical bars denote standard deviations.

にともなう接触角の変化は木材への浸透性に関係していると考えられる。時間の経過と共に接触角が減少しているが、特に未処理木材中へ浸透しやすい。一般にフェノール樹脂は木材中に過剰浸透しやすく、欠陥を生じやすいことが知られている¹⁾。過剰浸透はフェノール樹脂がアルカリ性であるためと考えられており^{9,10)}、本結果からも未処理木材ではフェノール樹脂の浸透性が高いことが示された。一方、図には示さないが、未処理材をオゾン処理した試料の水の接触角は、水を滴下して5秒後では水が完全に浸透してしまい測定が不可能であった。ちなみに水を滴下した場合の5秒後の接触角は未処理、アセチル化処理、アセチル化オゾン処理でそれぞれ61.7°, 126.1°, 85.6°であった。オゾン処理により水が浸透しやすくなった。しかしフェノール樹脂の場合、未処理材ではオゾン処理の有無で接触角に大きな相違はなく、オゾン処理による浸透の促進が接触角の結果からは確認されなかった。一方、アセチル化木材では未処理木材に比べ接触角の低下が小さく、浸透性は減少した。この点からアセチル化処理によって過剰浸透が抑制され、過剰浸透の抑制は接着強さを向上させると考えられる。さらにオゾン処理によりアセチル化木材の接触角は低下し、ぬれ性が改善した。しかし未処理木材に比べてアセチル化木材では接触角は増加し、ぬれ性は低下した。ぬれ性の低下は接着強さも低下させるが、アセチル化木材の過剰浸透の抑制による接着強さの向上が、この低下を上回ると考えられる。

3.1.2 剥離試験

IBはボードの中心部の密度の影響を受ける。Fig. 2に試料の一部のデンシティープロファイルを示すが、中心部の密度に大きな変化がないことが示された。Fig. 3にIBの結果を示すが、アセチル化ボードのIBがオゾン処理によって増加した。前報²⁾では、オゾン添加率が0.5%のボードしか製造していなかったが、本研究より、アセチル化ファイバーおよびフェノール樹脂の組み合わせでは、オゾン添加率が0.25%で最適であることがわかった。前報⁵⁾の結果より、メラミン樹脂の場合、アセチル化処理によってIBが約70%低下したが、フェノール樹脂では増加した。浅野はぬれ性の低い単板をフェノール樹脂で接着すると高い接着強さが得られることを報告している¹¹⁾。Bambangらもフェノール樹脂を接着剤としたアセチル化パーティクルボードのIBは、未処理ボードのそれよりも高いと報告しており、その理由としてフェノール樹脂の木材への過剰浸透がアセチル化処理により抑制されたためとしている¹²⁾。本

Fig. 2. Effects of ozonization on density profile.

Notes: Relative density is each density in the depth divided by the mean board density.

Fig. 3. Relationships between ozone charge and internal bond strength.

Notes: Vertical bars denote standard deviations.

研究でも同様な結果が得られた。またAOのIBはAのそれより約36%, Uのそれより約77%増加した。アセチル化処理による過剰浸透の抑制に加え、オゾン処理によりアセチル化ファイバーの表面が親水化し、フェノール樹脂との親和性が向上したため、IBがさらに向上したと考えられる。このことはFig. 1の接触角の結果よりも理解できる。アセチル化処理による過剰浸透の抑制およびオゾン処理による表面性の改善の相乗効果が確認できた。さらにアセチル

化処理による木材の劣化などが *IB* を低下させることを考慮すれば、アセチル化オゾン処理がフェノール樹脂に対して有効な方法であることが明らかである。しかし過度のオゾン処理はアセチル化ファイバーに過剰な酸化分解を引き起こし、*IB* の低下をもたらすことに注意が必要である⁶⁾。また未処理ボードの場合、オゾン処理による有効な効果はアセチル化処理に比べて認められなかった。接触角の結果よりオゾン処理による過剰浸透は確認できなかったが、*IB* にも大きな相違は認められなかった。しかし過度のオゾン処理によりアセチル化ボードと同様に *IB* が低下した。これは過剰浸透が原因ではなく、オゾン処理による材の劣化が原因であると考えられる。

3.1.3 曲げ試験

Fig. 4 に *MOR* の結果を示す。オゾン添加率が0%から0.25%へ増加すると未処理ボードおよびアセチル化ボードの *MOR* も増加した。しかしオゾン添加率がさらに増加しても、*IB* の結果と異なり、*MOR* は大きく低下していない。これにはデンシティープロファイルの形成が関わっていると考えられる。前報⁵⁾ で報告したが、オゾン処理によりボードの表層密度が増加した。またオゾン添加率が増加するほど、表層の密度も高くなった。本研究でも Fig. 2 より同様な結果が得られた。オゾン添加率が低いときは *IB* と同様に接着強さが向上するために *MOR* も増加するが、過度のオゾン処理による原料の劣化により接着強さは低下する。しかし表層密度の増加が接着強さの低下を補い、オゾン添加率の増加にともない *MOR* はほぼ一定の値で推移したと考えられ

る。

また前報⁵⁾ においてメラミン樹脂を使用したボードの場合、アセチル化ボードの *MOR* はオゾン処理を実施しても未処理ボードのそれを上回ることにはなかった。それに対してフェノール樹脂ではアセチル化ボードの *MOR* は未処理ボードのそれより同等もしくは高くなった。さらに *IB* と同様にアセチル化処理による木材原料の劣化や木材実質部の減少などを考慮すれば、*MOR* の点でもアセチル化オゾン処理がフェノール樹脂に対してたいへん有効な方法であることが判明した。

3.1.4 ASTM 6 サイクル促進劣化試験

Fig. 5 に ASTM 6 サイクル促進劣化試験後の *TC* の測定結果を示す。U の *TC* が8.78%と高いが、A のそれはアセチル化処理によって約30%低下し、4.97%となった。さらにオゾン処理によって AO (オゾン添加率0.25%) の *TC* は A のそれより約44%低下し、2.77%とたいへん優れた寸法安定性を示した。一方、未処理ボードおよびアセチル化ボードの両方においてオゾン添加率がさらに増加すると *TC* も増加した。特に未処理ボードで顕著に増加した。

次に促進劣化試験後の *IB* の測定結果を Fig. 6 に示す。U の *IB* の0.38 MPa に比べて、A および AO (オゾン添加率0.25%) の *IB* はそれぞれ0.55 MPa, 0.84 MPa を示し、U の約1.4倍、2.2倍であった。AO (オゾン添加率0.25%) の *IB* では、促進劣化試験後でも0.84 MPa というたいへん高い値を保持しており、これは特筆に値する。また Fig. 3 で示されている常態の *IB* と比較すると、U、A および AO (オゾン

Fig. 4. Relationships between ozone charge and modulus of rupture.

Notes: Vertical bars denote standard deviations.

Fig. 5. Relationships between ozone charge and thickness change after ASTM D 1037 6-cycle accelerated aging test.

Notes: Vertical bars denote standard deviations.

Fig. 6. Relationships between ozone charge and internal bond strength after ASTM 6-cycle accelerated aging test.

Notes: Vertical bars denote standard deviations.

添加率0.25%)の残存率はそれぞれ約59%, 63%, 74%であった。アセチル化処理, さらにはアセチル化オゾン処理によって残存率も増加した。一方, 常態の *IB* (Fig. 3) では, オゾン添加率が増加しても *IB* の大きな低下は認められなかったが, ここでは *IB* が大きく低下した。オゾン処理による原料の劣化が促進劣化試験によって顕著に発現されたと考えられる。このことが *IB* の高い *TC* の原因と考えられる。

ボードの ASTM 6 サイクル促進劣化試験の報告は少ないが, Kajita らは耐水性接着剤を用いたパーティクルボード (①) に関して本促進劣化試験を実施している¹³⁾。また梶田らはアセチル化パーティクルボード (②) に関して本促進劣化試験を実施している¹⁴⁾。促進劣化試験後の *TC* は①約30%, ②約6%であり, *IB* (残存率) は①約0.17 MPa (約15%), ②約0.10 MPa (約26%)であった。上記の結果より本促進試験はボードに対しては非常に厳しい促進劣化試験である。これらの結果と本実験の結果を比較すると, 本実験における *AO* (オゾン添加率0.25%) の *TC* (2.77%) および *IB* (0.84 MPa, 残存率74%) の良好な結果より, アセチル化オゾン処理は非常に厳しい促進劣化処理後でも高耐久性を維持したことが明らかである。これはアセチル化処理による寸法安定性および過剰浸透の抑制による接着強さの増加, オゾン処理による接着性向上の相乗効果によると考えられる。本研究におけるたいへん低い *TC* や高い *IB* などは従来のボードでは達成できなかった非常に優れた値である。アセチル化処理およびオゾ

ン処理, さらにフェノール樹脂を用いることにより, ボードの高耐久化が可能であることを強く示唆している。

3.2 充填剤がフェノール樹脂の過剰浸透を抑制する効果

Fig. 7 に充填剤添加率とボードの *MOR* の関係を示す。充填剤の効果が認められ, *MOR* が増加した。次に *IB* の結果を Fig. 7 に示す。充填剤の添加によって0.64 MPa から0.90 MPa (添加率10%)まで増加し, 増加率が約40%であった。岩下らの報告¹⁵⁾によるとボード密度0.7 g/cm³ 付近では, 密度が0.1 g/cm³ 増加すると, *IB* も約30~40%増加することが示されている。充填剤の添加はボード密度が0.1 g/cm³ の増加に匹敵する効果であり, たいへん有効である。充填剤によって過剰浸透が抑制され接着強さが向上したが, このことは接着剤の使用量削減につながり, ボード製造の低コスト化になる。

次に ASTM 6 サイクル促進劣化試験を実施し, その後の *IB* と *TC* を求め, 充填剤が耐久性に及ぼす効果を検討した。*IB* の結果は Fig. 8 に, *TC* は Fig. 9 に示す。アセチル化ボードでは促進劣化試験後も高い *IB* の残存率を示したが, 充填剤のみではアセチル化ボードほどの高い残存率が発現されなかった。充填剤が無添加のボードの *IB* は残存率が59%であったが, 充填剤が添加されると残存率は50%以下に低下した。充填剤の添加によって残存率が低下する原因については今後検討する必要がある。一方, *TC* は充填剤の添加により低下する傾向が認められたが, 顕著な低下ではなかった。

Fig. 7. Relationships between filler content and modulus of rupture.

Notes: Vertical bars denote standard deviations.

Fig. 8. Relationships between filler content and internal bond strength after ASTM 6-cycle accelerated aging test.

Notes: Vertical bars denote standard deviations.

Fig. 9. Relationships between filler content and thickness change after ASTM 6-cycle accelerated aging test.

Notes: Vertical bars denote standard deviations.

充填剤によって接着強さが向上しても、木材原料が未処理であり耐久性が向上しないため、アセチル化ボードより効果が低かったと考えられる。ボードの高耐久化という点では、アセチル化処理とオゾン処理を組み合わせた方法がたいへん有効であることがこの点からも裏付けられた。しかし本促進劣化試験は非常に過酷な試験方法であり、ボードにとっては極めて不利な試験方法であることを考慮すべきである。よってボードの一般的な使用環境下では、充填剤の添加はフェノール樹脂にとってきわめて有効な手段であることは明白である。

充填剤の添加（過剰浸透の抑制）とオゾン処理（表面性の改善）を組み合わせれば相乗効果があることを確かめる必要があるが、Fig. 10に MOR と IB の結果を示す。充填剤の添加による効果は顕著であるが、アセチル化処理とオゾン処理に見られたような相乗効果は認められなかった。充填剤の添加によりボードとしては十分な性能が得られたので、今後は充填剤の添加による接着剤使用量の削減を検討する必要がある。その時にオゾン処理を加えることにより、相乗効果が発現される可能性もあり、今後の検討課題としたい。

4. 結 論

フェノール樹脂の過剰浸透がボード性能に及ぼす影響を検討し、以下の結論を得た。

- (1) 未処理ファイバーではフェノール樹脂の過剰浸透が生じるが、アセチル化処理によりファイバーへの過剰浸透が抑制された。アセチル化処理によりぬれ性は低下するが、過剰浸透の抑制の効果がぬれ性の低下を上回り、ボードの IB は約36%増加した。
- (2) アセチル化ファイバーをオゾン処理することにより過剰浸透は抑制され、かつ、ファイバーのぬれ性が改善された。その結果、未処理と比べてアセチル化オゾン処理により IB は約76%増加した。
- (3) アセチル化オゾン処理によりボードの高耐久化が実現した。ASTM 6 サイクル促進劣化試験後の IB

Fig. 10. Effects of interaction between ozonization and filler on MOR and IB.

Notes: Vertical bars denote standard deviations. Control (U): untreated and ozone charge 0% board. Ozone + Filler: Fiberboard made from ozonized fibers (ozone charge 0.25%) and bonded with resin including filler (10%).

で0.84 MPa, 残存率74%を達成した。これは従来のボードでは実現できなかった優れた性能である。

(4) フェノール樹脂の過剰浸透を抑制するために高温脱脂大豆粉を充填剤に用い, 未処理ファイバーを原料としてボードを製造したが, *IB* が約40%増加した。ASTM 6 サイクル促進劣化試験後の *IB* の残存率はそれほど高くはないが, 一般的な使用環境でボードを使用する場合, 充填剤の添加も有効であることが明らかとなった。

謝 辞

本研究の遂行にあたり, 助言をいただいた京都府立大学の古田裕三准教授および森林総合研究所の秦野恭典氏および渋沢龍也氏, 並びに東京農工大学の近江正陽准教授に厚く御礼申し上げます。さらに接着剤を提供していただきました株式会社オーシカの田中博史氏, 高温脱脂大豆粉を提供していただきました東京ボード工業株式会社の斉藤吉之氏および東京都立産業技術研究所の瓦田研介氏, ファイバーを提供していただいた東日本ダイケンプログラックス株式会社に衷心より御礼申し上げます。

文 献

- 1) “木材工業ハンドブック改訂4版”, 森林総合研究所監修, 丸善, 東京, 2004, p. 707.
- 2) 高麗秀昭, 近江正陽: 木材工業 **59**(9), 398-404 (2004).
- 3) “木材工業ハンドブック改訂4版”, 森林総合研

究所監修, 丸善, 東京, 2004, p. 408.

- 4) 瓦田研介, 飯田孝彦, 鈴木吉助, 斉藤吉之, 山内秀文, 田村靖夫: 日本木材加工技術協会第24回年次大会要旨集, 東京, 2006, pp. 25-26.
- 5) Korai, H., Kiguchi, M., Hosoya, S., Suzuki, S., Hirano, Y., Iwata, R., : *J. Wood Sci.* **47**(1), 24-29 (2001).
- 6) 高田渉太郎, 富村洋一, 細谷修二, 松田敏誉: 紙パ技協誌 **48**(10), 1363-1369 (1994).
- 7) American Society for Testing and Materials, 2006 : Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM D1037-06a, Accelerated Aging.
- 8) 日本工業規格 繊維板 JIS A 5905 : 2003.
- 9) 半井勇三, 渡辺俊毅: 木材学会誌 **11**(4), 137-141 (1965).
- 10) 荒井一成, 矢田茂樹: 木材学会誌 **45**(3), 215-221 (1999).
- 11) 浅野信治: 木材工業 **22**(7), 318-323 (1967).
- 12) Subiyanto, B., Yusuf, S., Kawai, S., Imamura, Y. : *Mokuzai Gakkaishi* **35**(5), 412-418 (1989).
- 13) Kajita, H., Mukudai, J., Yano, H. : *Wood Science and Technology* **25**(3), 239-249 (1991).
- 14) 梶田 熙, 川井秀一, 今村祐嗣: 材料 **41**(461), 170-175 (1992).
- 15) “木材工業ハンドブック改訂4版”, 森林総合研究所監修, 丸善, 東京, 2004, p. 498.