

レジンシートによるオーバーレイに関する研究（第9報）

フェノールレジンシートオーバーレイ合板の 耐候性におよぼすレジンシート含脂率の影響

松 本 庸 夫⁽¹⁾

I 緒 言

合板に高度の耐候性を付与することを目的とするレジンシートオーバーレイには、大別して（1）含脂率の多い、いわゆる高密度（High density）のレジンシートを接着剤または接着紙を用いることなく、熱圧のみによる自己接着によってオーバーレイし、そのまま用いる方法と、（2）含脂率が約40%以下のいわゆる中密度（Medium density）ないし低密度（Low density）のレジンシートを、接着剤または接着紙を併用してオーバーレイし、それによって合板表面の欠点などを被覆するとともに、安定した塗装下地をうる方法とがある^{1)~3)}。米国などにおいては一般に、（1）の方法によるものは主としてコンクリートの型枠などに用いられ、家屋の外壁などには主として（2）の方法によるオーバーレイ合板が、そのままあるいは塗装を施して用いられている^{3)~5)}。

このシリーズの第3、第5、第7報では（1）の方法による High density フェノールレジンシートオーバーレイ合板の製造法、耐候性試験の結果などを報告し⁶⁾⁷⁾、（2）の方法によるものの塗装性、塗装した合板の耐候性試験の結果などについては中村・川村によって第4および第8報に報告され⁸⁾、樹脂のビーター添加法による Low density レジンシート製造についての一実験を第6報に報告した⁹⁾。

本報では前記第4および第8報の研究のために製造した、Medium ないし Low density レジンシートオーバーレイ合板を塗装することなく屋外ばくろに供し、レジンシートの含脂率と耐候性の関係を検討したので、その結果をすでに報告した High density レジンシートオーバーレイ合板の耐候性試験結果の一部と対比して報告する。なお、レジンシートの含脂率を変化させた場合のオーバーレイ合板の特性については、このシリーズの第1報として柳下によって報告されている¹⁰⁾。

本研究を行なうにあたり、レジンシートオーバーレイ合板の製造をご指導くださった堀岡邦典前材質改良科長およびご協力くださった川村二郎、大黒昭夫両技官、諸試験の試験片を作製していただいた田中辰五郎技官、とりまとめにあたり適切なご助言をたまわった岩下 睦材質改良研究室長に深く感謝する。

II レジンシートの製造

1. 製造装置および樹脂

いずれも第5、第7報⁷⁾と同じもので、樹脂はフェノール、レゾルシノール、ホルムアルデヒドのモル比が0.95 : 0.05 : 2.0、NaOH の触媒下で合成したほぼ中性のものである。

(1) 木材部材質改良科材質改良研究室

Table 1. レジンシートおよび接着紙用原紙の性質
Properties of base paper for resin sheet and film glue.

Symbol		F	C
Kind of pulp		K P	B K P
Thickness (mm)		0.22	0.05
Basis weight (g/m ²)		141	29.8
Bulk density		0.64	0.60
Moisture content (Wet base) (%)		13	13
Water absorption degree (cm/10min.)		7.1	4.2
Tensile strength (kg/15mm)	Machine direction	12.1	2.8
	Cross direction	5.7	0.94

Table 2. フェノールレジンシートの製造条件と性質
Manufacturing conditions and properties of phenolic resin sheets.

Symbol of resin sheet		F-50	F-43	F-32	F-25	F-12	C-58	
Manufacturing conditions	Base paper (cf. Table 1)	F	F	F	F	F	C	
	Resin	Solid content (%)	46.5	41	30	23	13	46.5
		Viscosity (Poise)	0.8	0.6	—	0.1	—	0.8
	Drying	Temperature at middle of dryer (°C)	80	80~85	90	90	90	120
		Drying time (min.)	6.3	3.5	3.2	3.2	3.2	6
Properties of resin sheet	Resin content* ¹ (%)	50	43~44	32	25~26	12	58~59	
	Volatile content* ² (%)	8	8~8.5	7.7	6~6.5	5	8	
	Oven-dry resin in sheet* ³ (g/m ²)	136	104	68	54	29	40	
	Oven-dry resin content* ⁴ (%)	52	45~46	35	30~31	19	60~61	
	Thickness (mm)	0.33	0.28	0.275	0.27	0.24	0.07	
	Overlay	Self-bond	Self-bond	With film glue	With film glue	With film glue	Film glue	

*1. Resin content (R. C.) = $\frac{W-w}{W} \times 100$ (%)

*2. Volatile content = $\frac{W-W_0}{W} \times 100$ (%)

*3. Oven-dry resin in sheet = $W_0 - w_0$ (g/m²)

*4. Oven-dry resin content = $\frac{W_0 - w_0}{W_0} \times 100$ (%)

W: Weight of resin sheet. (g/m²)

W₀: Oven-dry (130°C~140°C, 10 min.) weight of resin sheet. (g/m²)

w: Weight of base paper. (g/m²)

w₀: Oven-dry weight of base paper. (g/m²)

2. 原 紙

レジンシート用としては Table 1 の原紙Fを、接着紙用としては原紙Cを用いた。

3. 製造条件

Table 2 に示したごとく、樹脂液濃度を変化させることによって含脂率（Resin content, 以後 R. C. と略記する）を異にするレジンシートを得た。そして前報²⁾にならい原紙記号と R. C. とを組み合わせたものをそれらの符号とした。このうち F-50, F-43 は第5, 第7報の試験に用いたものであり、いずれも熱圧による自己接着が可能である。F-32, F-25, F-12 は C-58 を接着紙としてオーバーレイした。なお Table 2 の中で Oven-dry resin content は、繊維分、樹脂分双方を全乾重量で計算したときの含脂率である。

III レジンシートの物理的・機械的性質

オーバーレイ合板の性質とレジンシートの諸性質との関連を知るため、II で得られた R. C. を異にするフェノールレジンシートについて、R. C. がその物理的・機械的性質におよぼす影響を調べた。試験項目はオーバーレイ合板を屋外で使用する場合に、合板自身の含水率変化、表面割れなどその耐候性と密接に関係があると思われるものを選んだ。

1. 試 料

II-3 で製造したレジンシートを次項の各試験ごとにそれぞれの試験片に切断したのち、ステンレス板にはさみ、接触圧程度の圧力下に 130°C で 10 分間硬化させた。R. C. がゼロすなわち原紙それ自身も同条件で熱処理して対照物とした。

2. 試験項目および試験法

i) 吸水量 熱硬化させた 10cm×10cm の試験片を 25~26°C の水に 24 時間浸漬後表面に付着した水をよく拭って秤量し、ついで 105°C で 4 時間乾燥して全乾量を求め、全乾量を基準にして吸水量を計算した。

ii) 透湿度 JIS Z 0208 の防湿包装材料の透湿試験方法によった。すなわち、規定された透湿カップを使用し、カップの内側に塩化カルシウムを入れて試料を張り、パラフィンでシールしたのち 40°C、関係湿度（R. H.）90%、風速 1 m/sec の装置に入れ、24 時間後に 30cm² の試料を通過して塩化カルシウムに吸収された水分を秤量した。

iii) 熱硬化前後および吸湿・吸水による寸法変化 原紙の抄紙方向（Machine direction）およびその直角方向（Cross direction）について、3 cm×20cm に切断したものを試験片とし、長軸方向の中央に記入した直線に沿って読取顕微鏡により測長した。測定は、(1) 熱硬化前、(2) 硬化させたものを 20°C、R. H. 32% で、(3) ついで 20°C、R. H. 95% で調湿後、(4) 最後に 25~26°C の水に 24 時間浸漬後にそれぞれ行なった。寸法変化率は R. H. 32% における長さを基準として計算した。

iv) 引張り強さと伸張度 試験機はショッパー抗張力試験機、試験片の幅は 15mm（一部の試料については試験機の能力を越すため 10mm 幅で試験し、15mm 幅に換算した）、つかみ間隔は 12 cm である。Dry strength は 20°C、R. H. 65% で調湿したのち、Wet strength は 25~26°C の水に 24 時間浸漬したのちに試験した。各条件ごとの試験片数は 5~7 片である。

3. 試験結果

i) 吸水量 原紙に樹脂を含浸させることによって吸水量は少なくなる。Oven-dry R. C. と吸水量の

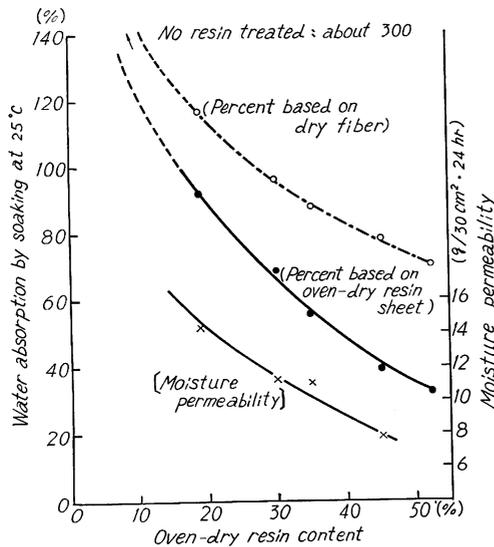


Fig. 1 レジンシート の含脂率と吸水量および透湿量の関係

Relations between resin content of resin sheet and water absorption, and moisture permeability.

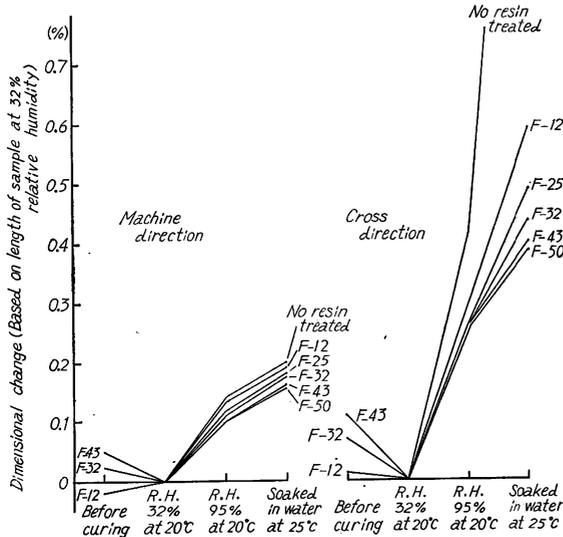


Fig. 2 レジンシート の硬化時、吸湿時、吸水時の寸法変化におよぼす含脂率の影響

Effect of resin content on the dimensional change of resin sheet at curing, exposing to high humidity and soaking in water.

関係を Fig. 1 に示した。最初の 20% の樹脂の効果は特に大であるが、それ以後は試験の範囲内では R.C. の増加とともに吸水量はほぼ直線的に減少する。この結果からみると、R.C. がさらに多くなれば吸水性はさらに減少すると考えられる。

ii) 透湿性 レジンシート F-12, F-25, F-32, F-43 について測定した結果、それぞれ 14.23, 11.20, 11.03, 7.85 [g/30cm²・24hr] であった (Fig. 1)。R.C. をこの実験の範囲よりさらに多くすることによって透湿性はさらに減少する傾向にあるが、F-43 のごとく High density の場合にはレジンシートを加圧硬化すれば樹脂の Flow が十分行なわれ、繊維間は樹脂によってより完全に充てんされるので (この試験では接触圧程度で硬化させた試料を用いていることは前述のとおり)、透湿度はこの実験値よりさらに小さくなる

ものと思われる。

iii) 寸法変化 各レジンシート の硬化前後および硬化させたものの吸湿・吸水による寸法変化を Fig. 2 に示した。R.C. が増加すれば吸湿・吸水による寸法変化は少なくなる。これは Cross direction で特にいちじるしい。しかし Oven-dry R.C. 35% (F-32) 以上ではこの試験の範囲内で吸湿・吸水による寸法変化はほぼ一定となる。すなわち、Oven-dry R.C. 35~52% のレジンシートを 20°C, R.H. 32% の調湿条件から同温度で R.H. を 95% に変化させたときの伸びは、Machine direction で約 0.1%, Cross direction で約 0.25% であった。

硬化前後の寸法変化は各レジンシート

の Volatile content が異なるため (Table 2 参照) 比較することができないが、Machine direction で収縮が最大であったものは 0.05%, Cross direction では 0.11% であった。しかしこれらのレジンシートを合板の両面にオーバーレイした場合、反りは全然みられなかった。

iv) 引張り強さと伸張度 試験結果を Fig. 3 に示した。これから明らかなごとく R.C. の増加とともに、引張り強さは大きくなるが伸張度は小さくなる。Oven-dry R.C. 30% くらいまでは樹脂量の効果が大いだが、40% 以上では R.C. が増加しても引張り強さの増加は少ない。Wet strength では最初の少量の樹脂の効果とくに大きい。一般に、Wet strength は Dry strength より小さいが、R.C. 40% 以上では Dry strength との差は少なくなる。伸張度は前述のごとく R.C. が増加すると小さくなるが、全体的に Wet の場合の方が Dry の場合より大であった。

IV レジンシートオーバーレイ合板の性質と耐候性試験

1. 試料合板の製造

台板合板およびオーバーレイ処理条件は第7報と同じである。すなわち、台板はラワン3プライ 3.65~3.75 mm (単板構成: 1 mm-2 mm-1 mm)、フェノール樹脂接着剤、180番サンディング。オーバーレイ条件は、0.2mm のクッション紙を両面に各5枚用いて 125~130°C、15分間、12kg/cm²の圧力下で台板合板の両面に同種のレジンシートをオーバーレイした。前述のごとく F-43 は自己接着、F-32、F-25、F-12 は接着紙として C-58 (Table 2) を使用した。以後の記述を簡単にするため、第7報のごとくオーバーレイ合板には、レジンシートと同種の記号 (原紙記号と含脂率の組み合わせ) を付して表示することとする (Table 3)。

Table 3. 屋外ばくろ試料
Plywoods exposed to outdoor weathering.

Kind of plywood	Overlay	Overlay layer		Thickness (mm)
		Oven-dry fiber on one side (g/m ²)	Oven-dry resin on one side (g/m ²)	
N	Non-overlay (base plywood)*1	0	0	3.65~3.75
F-43	Both side overlaid by self-bond	123	104	3.95~4.1
F-32	Both side overlaid with film glue	123+26*2	68+40*2	4.0~4.2
F-25		123+26	54+40	4.0~4.25
F-12		123+26	29+40	4.0~4.2

*1. Veneer construction: Lauan, 3 ply, 1.0mm-2.0mm-1.0mm.

Adhesive: Water soluble phenolic resin mixed with 10% filler and 20% water (pH of mixture: 10.1).

*2. The second term shows film glue.

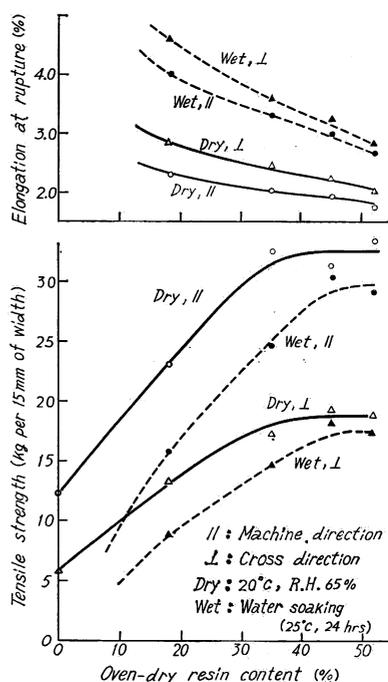


Fig. 3 レジンシートの引張り強さおよび伸張度におよぼす含脂率の影響
Effect of resin content on dry and wet tensile strength, elongation at rupture.

オーバーレイの色は F-43 は赤褐色、透明ないし半透明であり、F-32、F-25、F-12 は不透明で、R.C. が少ないものほどフェノール樹脂特有の赤褐色味が少ない (Table 4, 5)。

2. 試験方法

耐候性を比較する方法としては、試料合板を前報⁶⁾⁷⁾と同様の屋外ばくろ試験に供し、一部の測定項目についてはウェザーメーター試験⁶⁾⁷⁾も行なった。屋外ばくろ試験は 30.5cm×30.5cm の試料合板のエッジを常温硬化性フェノール系樹脂でシールし、当场林産館屋上のばくろ架台に南面、地面に対し 45° 傾斜させて 1961 年 6 月に設置した。試験合板は規定年数経過するごとに、ばくろ架台からとりはずして次項の諸試験片をとり、前報⁷⁾と同じ方法で諸性質を測定した。

3. 試験結果および考察

i) 色 まずばくろ前のオーバーレイ合板については、R.C. の多いものほどフェノール樹脂特有の色が強いのは当然であって、R.C. が多くなるにしたがって純度 (Excitation purity) はほぼ等しいが、主波長 (Dominant wave length) はより長く、明度 (Lightness) はより小さくなっている。とくに F-32、F-25、F-12 は High density の F-43 に比して明度が大きく、色感是比较的淡い。ウェザーメーターまたは屋外ばくろによる変色は初期において大きく、変色の傾向は第 5 報にものべたごとくウェザーメーターと屋外ばくろの間に若干の差がある (水道水中の無機物や媒煙の影響などによるものと思われる)。しかし、一般的には主波長は長波長側に变化する傾向があり、純度、明度は低下した (Table 4, 5)。

ii) 表面割れ 3 年までの屋外ばくろまたは [216×3.5] 時間までのウェザーメーター試験では、いずれのオーバーレイ合板にも表面割れは発生しなかった。これはこの実験で用いた F 原紙を用いたレジンシ

Table 4. ウェザーメーター試験によるレジンシートオーバーレイ合板の色の変化
Color changes caused by weather meter test.

Kind of plywood	Exposing time to weather meter (hour)	Lightness (%)	Dominant wave length (m μ)	Excitation purity (%)
N	0	26.8	585.5	31
	216×1	16.8	584.5	25
	×2	17.7	582.5	19
	×4	19.0	581	13
F-43	0	14.7	588.5	42.5
	216×1	13.4	591	37
	×2	13.9	591.8	34.5
	×3.5	15.1	590	30
F-32	0	25.3	585	44.5
	216×1	16.0	590.2	43.5
	×2	15.7	589.5	36
	×3.5	14.6	592.2	22
F-25	0	29.1	584.5	43
	216×1	17.2	589.6	44
	×2	16.3	590	27
	×3.5	16.6	589.5	19.5
F-12	0	32.6	584	42
	216×1	21.0	587.8	41
	×2	23.2	586	27
	×3.5	27.3	585.5	20

No surface cracks were observed in any of the overlaid plywoods.

Table 5. 屋外ばくろによるレジンシートオーバーレイ合板の外観および吸水性変化
Changes of appearance and water absorbing property
of resin sheet overlaid plywood by outdoor weathering.

Kind of plywood	Outdoor weathered time (year)	Items of measurement and observation					
		Color			Surface crack	Water absorption by 5cm×5cm specimen (sealed edge) for 48hr. (g)	Covering efficiency
		Lightness (%)	Dominant wave length (m μ)	Excitation purity (%)			
N	0	26.8	585.5	31	—	2.22	0
	1	15.0	580	10.5	—	2.66	—
	2	15.4	582	10	—	2.73	—
	3	—	—	—	—	2.98	—
F-43	0	14.7	588.5	42.5	—	0.32	86.1
	1	9.8	587.2	28.5	None	0.30	86.6
	2	9.2	590	20	None	0.35	83.7
	3	—	—	—	None	0.38	83.5
F-32	0	25.3	585	44.5	—	0.45	79.8
	1	9.0	586.2	23	None	0.57	74.6
	2	—	—	—	None	—	—
	3	—	—	—	None	0.61	73.3
F-25	0	29.1	584.5	43	—	0.79	64.6
	1	9.4	584.8	21.5	None	0.76	64.7
	2	9.3	589.8	18.5	None	0.75	65.2
	3	—	—	—	None	0.86	60.8
F-12	0	32.6	584	42	—	0.98	56.6
	1	12.0	583.4	21	None	1.09	48.4
	2	—	—	—	None	—	—
	3	—	—	—	None	1.13	47.6

ートが、接着紙の併用もあって、吸・脱湿による台板合板およびレジンシートの寸法変化に起因する応力に耐える強度と伸縮性とを有するためであり、この結果は前報⁷⁾の結果からも予想されたことである。

Ⅲ) 吸水量 まずばくろ前の試料については、Fig. 4のごとく R.C. の低下によってオーバーレイ面からの吸水量は多くなる。F-43とF-32とは Table 3 に示したごとく接着紙をふくめたオーバーレイ層の樹脂量はほぼ等しいが、樹脂密度の高いF-43の方が吸水量は少ない (Fig. 4 のうち、F-50は台板合板の厚さが3.4~3.6 mmのもので、第5報の結果を付記した)。この吸水量を基礎にして算出した被覆能⁶⁾⁷⁾ (Covering efficiency, 水に浸漬しても全然吸水しないものを100とし、オーバーレイしていない台板合板と同じ吸水性のものを0とする)とレジンシート層の Total resin (接着紙併用のものはその中の樹脂分をふくむ)との関係は Fig. 5 のとおりで (A-53, A-42, B-50, B-45, F-50は第7報より引用。これらはいずれも自己接着によってオーバーレイしたもの)、この結果からも防水性の点ではレジンシート層は薄くても High densityの方がよいことがわかる。また Fig. 4において、F-12, F-25, F-32の場合に最初の1日の吸水量がその後の1日あたりの吸水量に比し大きいのは、レジンシート自身が相対的に多くの水を吸うことに基因するものと考えられ、High densityの場合はレジンシート自身の吸水が少ないので最初からほぼ直線的に吸水しており、吸水速度も小である。しかし、Fig. 1 から計算したレジンシートのみ水浸漬24時間後の吸水量 (g/m²) と Fig. 4 の水浸漬24時間後のオーバーレイ合板の吸水量 (g/m²) との比をとると、F-12=0.73/0.69, F-25=0.60/0.56, F-32=0.54/0.32, F-43=

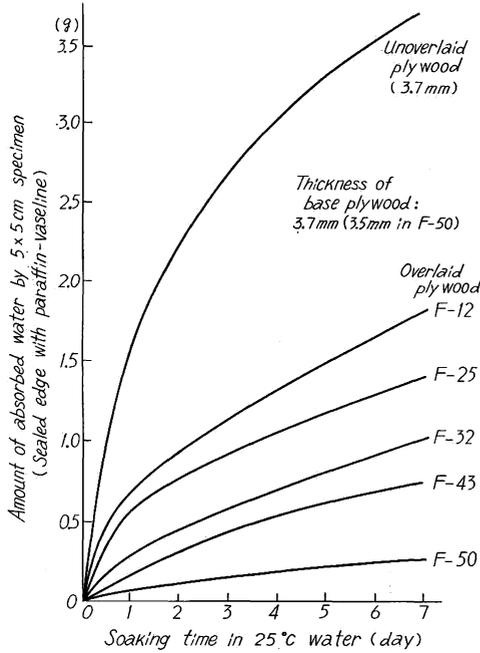


Fig. 4 吸水試験結果におよぼす含脂率の影響
Effect of resin content of resin sheet on water absorbing test of overlaid plywood.

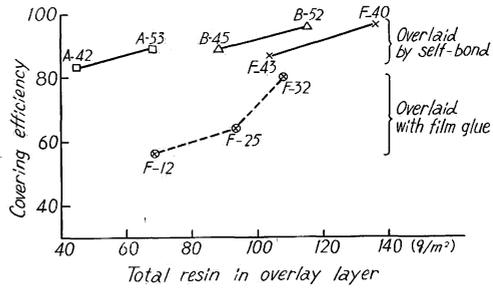


Fig. 5 レジンシート層の全樹脂量 (Table 3 の第4欄) と被覆能の関係

Relations between the total resin in overlay layer and the "Covering efficiency" (High density overlays show less water absorption than medium or low density overlay with film glue, even if the amounts of solid resin in overlay layer are the same).

0.49/0.18, F-50=0.44/0.04となり、いずれもオーバーレイ合板の方が少ない。この比が High density の場合とくに大きいことから、オーバーレイ処理時の加圧加熱による樹脂の Flow がレジンシート自身の吸水性を減少させていることをうか

がい知ることができる。

ばくろ試料を吸水試験に供すると、ばくろ年数の増加とともに吸水量は徐々に多くなり、したがって被覆能は小さくなる (Fig. 6, Table 5) が、前述のごとく表面割れは発生しないため前報⁷⁾の A-53, A-42 でみられたような被覆能の急激な低下はみられなかった。

iv) 接着力 無処理合板では3年までの屋外ばくろ試験で接着力低下がみられるに反し、オーバーレイ合板は R.C. の低いものでも接着力によく保持されており、ばくろ試験後の方が大きな数値を示しているものさえあり、この範囲のばくろではほとんど変化しないものと思われる ((Table 6)。

v) 機械的性質 曲げヤング係数

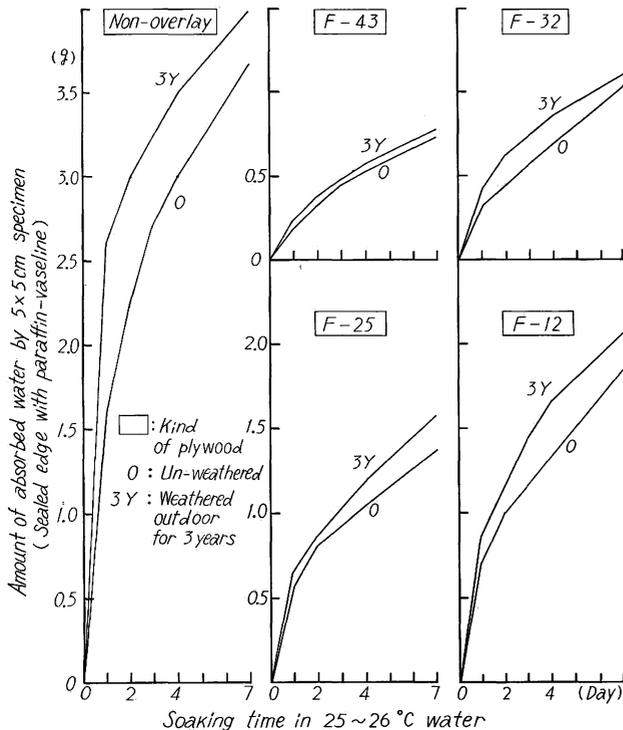


Fig. 6 3年間の屋外ばくろによるレジンシートオーバーレイ合板の吸水性の変化

Changes of water absorbing property of resin sheet overlaid plywood owing to outdoor weathering for three years.

Table 6. 屋外ばくろ試験によるオーバーレイ合板の接着力変化
Durability of adhesion strength of resin sheet overlaid plywoods.

Kind of plywood	Outdoor weathered time (year)	Adhesion strength Ave. (Min.~Max.) (kg/cm ²)	Wood failure Ave. (Min.~Max.) (%)
N	0	17.7 (15.0~21.9)	80 (40~100)
	1	12.8 (11.3~15.3)	60 (20~100)
	2	12.9 (8.7~17.0)	60 (5~100)
	3	8.4 (6.3~10.6)	36 (15~65)
F-43	1	17.6 (14.3~19.6)	85 (60~95)
	2	14.9 (10.6~20.0)	25 (0~60)
	3	14.3 (11.6~18.3)	33 (20~75)
F-32	1	19.7 (17.9~21.0)	89 (80~100)
	2	—	—
	3	17.8 (14.6~21.0)	70 (25~90)
F-25	1	15.9 (14.3~17.0)	59 (30~100)
	2	15.1 (12.3~17.6)	84 (20~100)
	2	20.1 (17.9~23.2)	93 (75~100)
F-12	1	16.0 (14.0~19.6)	77 (30~100)
	2	—	—
	3	17.1 (14.3~20.3)	54 (5~95)

Number of specimen : 8 pieces for weathered plywoods, 20 pieces for unweathered base plywood. The B-type specimens were prepared after weathering, and the adhesion strength was calculated by the formula $[P/S \times 0.9 \times 1.2]$ (0.9 : Specimen type and dry test factor, 1.2 : Veneer construction factor) according to the JAS specification.

Table 7. 屋外ばくろ試験によるレジシシートオーバーレイ合板の曲げヤング係数 (E_B) の変化
Modulus of elasticity in bending (E_B) of outdoor weathered resin sheet overlaid plywoods.

Kind of plywood	Outdoor weathered time (year)	E_B , Ave. (Min.~Max.) ($10^8 \cdot \text{kg/cm}^2$)		
		Angle of grain direction of face veneer (θ)		
		0°	45°	90°
N	0	125 (122~128)	17.4 (17.1~17.6)	27.4 (24.2~31.2)
	1	109 (107~112)	7.4 (7.2~7.7)	22.2 (21.4~22.6)
	2	97 (95~100)	7.5 (7.3~7.6)	23.9 (23.1~25.0)
	3	96 (90~104)	8.2 (8.1~8.4)	24.1 (23.0~24.7)
F-43	0	137 (134~143)	44.6 (43.2~45.2)	46.0 (45.8~46.2)
	1	132 (125~135)	41.8 (39.8~43.1)	42.7 (42.1~43.0)
	2	125 (120~129)	39.9 (39.1~40.9)	37.5 (36.5~38.2)
	3	130 (128~132)	39.4 (39.0~39.9)	36.5 (34.8~37.6)
F-32	0	131 (130~134)	48.6 (47.6~49.8)	40.7 (39.8~42.0)
	1	113 (106~119)	40.6 (38.0~42.1)	43.5 (40.6~49.0)
	2	—	—	—
	3	123 (121~127)	36.2 (35.7~36.6)	38.2 (37.1~39.0)
F-25	0	116 (110~122)	41.1 (40.5~42.4)	41.1 (39.9~42.9)
	1	102 (101~103)	32.1 (31.6~32.9)	30.9 (29.9~31.9)
	2	109 (102~114)	34.5 (33.7~36.0)	31.3 (31.0~31.9)
	3	122 (118~129)	37.2 (36.4~37.8)	34.7 (33.8~36.0)
F-12	0	113 (108~117)	36.7 (36.3~37.2)	35.8 (35.7~35.9)
	1	111 (108~113)	33.5 (33.1~34.2)	33.6 (33.2~34.1)
	2	—	—	—
	3	124 (116~131)	33.9 (32.7~34.7)	33.8 (33.2~34.6)

Number of specimen : 3 pieces for each direction.
Size of specimen : 2cm × 20cm
Span length : 15cm (center loading)

Table 8. 屋外ばくろ試験によるレジンシートオーバーレイ合板の引張りヤング係数 (E_T) の変化
Modulus of elasticity in tension (E_T) of outdoor weathered resin sheet overlaid plywoods.

Kind of plywood	Outdoor weathered time (year)	E_T , Ave. (Min.~Max.) ($10^3 \cdot \text{kg/cm}^2$)		
		Angle of grain direction of face veneer (θ)		
		0°	45°	90°
N	0	85.7 (84.0~86.5)	15.1 (15.0~15.3)	73.6 (61.3~81.3)
	1	71.6 (63.3~82.0)	6.1 (5.5~6.7)	51.3 (44.1~61.2)
F-43	0	101.3 (88.4~111.0)	26.7 (25.5~28.4)	93.6 (88.4~96.8)
	1	96.3 (86.4~101.5)	27.4 (26.4~28.0)	91.9 (85.3~100.0)
F-32	0	95.8 (84.7~104.8)	29.7 (28.7~31.0)	87.7 (73.0~104.6)
	1	70.2 (64.3~76.2)	27.7 (25.3~29.3)	81.7 (75.6~91.7)
F-12	0	71.4 (70.9~71.7)	22.1 (20.2~23.1)	86.3 (78.0~92.1)
	1	63.8 (53.0~80.5)	20.7 (20.5~21.0)	69.1 (54.3~93.8)

Number of specimen : 3 pieces in each direction.

Shape of specimen : cf. Fig. 5 of Report 5 of this series.

Table 9. 屋外ばくろ試験によるレジンシートオーバーレイ合板の引張り強さ (σ_T) の変化
Tensile strength (σ_T) of outdoor weathered resin sheet overlaid plywoods.

Kind of plywood	Outdoor weathered time (year)	σ_T , Ave. (Min.~Max.) (kg/cm^2)		
		Angle of grain direction of face veneer (θ)		
		0°	45°	90°
N	0	532 (423~667)	106 (89~123)	664 (528~800)
	1	397 (385~409)	53 (52~53)	658 (585~728)
	2	249 (171~289)	57 (46~70)	626 (571~730)
	3	280 (255~328)	47 (38~55)	588 (425~733)
F-43	0	782 (750~825)	217 (199~234)	1008 (1000~1015)
	1	528 (463~631)	237 (230~242)	993 (940~1039)
	2	547 (530~586)	147 (122~168)	595 (510~681)
	3	663 (544~756)	183 (175~195)	721 (656~777)
F-32	0	756 (675~837)	263 (229~285)	771 (659~883)
	1	684 (660~708)	217 (205~234)	785 (774~794)
	2	-	-	-
	3	719 (626~866)	149 (146~154)	631 (586~676)
F-25	0	734 (657~820)	247 (245~250)	980 (972~991)
	1	559 (535~590)	168 (166~170)	737 (700~764)
	2	558 (530~596)	168 (156~179)	769 (671~850)
	3	719 (678~790)	203 (196~217)	829 (784~892)
F-12	0	626 (587~698)	219 (216~222)	853 (789~931)
	1	694 (652~729)	192 (171~202)	802 (766~841)
	2	-	-	-
	3	719 (635~765)	155 (145~169)	817 (750~882)

Number of specimen : 3 pieces in each direction.

Shape of specimen : cf. Fig. 5 of Report 5 of this series

(E_B), 引張りヤング係数 (E_T) および引張り強さ (σ_T) の試験結果をそれぞれ Table 7, 8, 9 に示した。まずばくろ前の試料については, レジンシートオーバーレイによって各強度はいずれも大きくなる。そして, 大きくなる割合は 45° 方向が, 0° および 90° 方向より大きい。このことは第5, 第7報と同様である。オーバーレイ合板のこれらの強度と, 無処理台板合板の強度との比較値を Table 10 に示した。この中で Total resin がほぼ等しい接着紙併用の F-32 と自己接着法による F-43 とを比較すると, 45°

Table 10. 合板の曲げヤング係数 (E_B), 引張りヤング係数 (E_T) および引張り強さ (σ_T) におよぼすレジンシートオーバーレイの効果
Effect of resin sheet overlay on modulus of elasticity in bending (E_B) and in tension (E_T), and on tensile strength (σ_T) of plywoods.

Kind of plywood	Relative value of mechanical properties									$\left[\frac{\sigma_T(45^\circ)}{\sigma_T(0^\circ \text{ or } 90^\circ)} \right]^*$
	E_B			E_T			σ_T			
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	
N	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.16
F-43	1.10	2.57	1.68	1.18	1.77	1.27	1.47	2.05	1.52	0.22
F-32	1.05	2.79	1.49	1.12	1.97	1.19	1.42	2.48	1.16	0.34
F-25	0.93	2.36	1.50	-	-	-	1.38	2.33	1.48	0.25
F-12	0.91	2.11	1.31	0.83	1.46	1.17	1.18	2.07	1.28	0.26

* この値が大きいかほど合板の異方性は少ない。

The larger value shows the less anisotropy.

$\sigma_T(0^\circ \text{ or } 90^\circ)$ は $\sigma_T(0^\circ)$ または $\sigma_T(90^\circ)$ のうち, 大きい方の値をとる。

$\sigma_T(0^\circ \text{ or } 90^\circ)$: Larger value either $\sigma_T(0^\circ)$ or $\sigma_T(90^\circ)$.

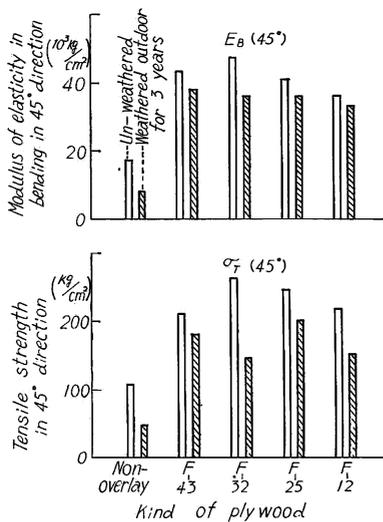


Fig. 7 3年間の屋外ばくろによる 45° 方向の曲げヤング係数 [$E_B(45^\circ)$] と引張り強さ [$\sigma_T(45^\circ)$] の変化
Changes of $E_B(45^\circ)$ and $\sigma_T(45^\circ)$ owing to outdoor weathering for three years.

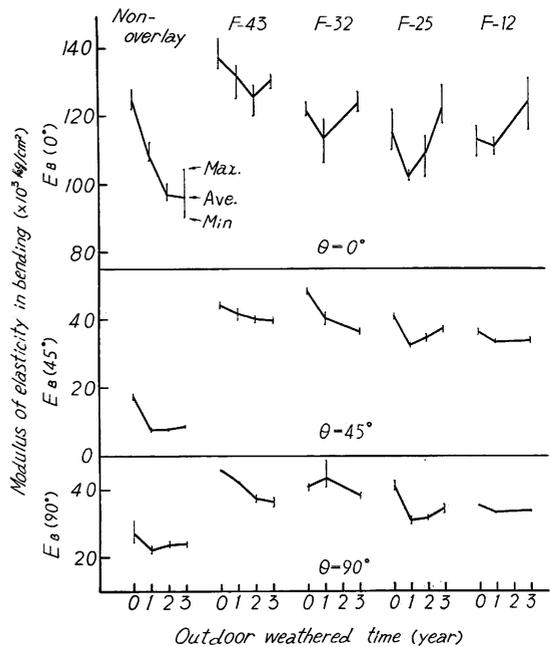


Fig. 8 屋外ばくろ試験によるレジンシートオーバーレイ合板の曲げヤング係数 (E_B) の変化
Modulus of elasticity in bending (E_B) of outdoor weathered resin sheet overlaid plywoods.

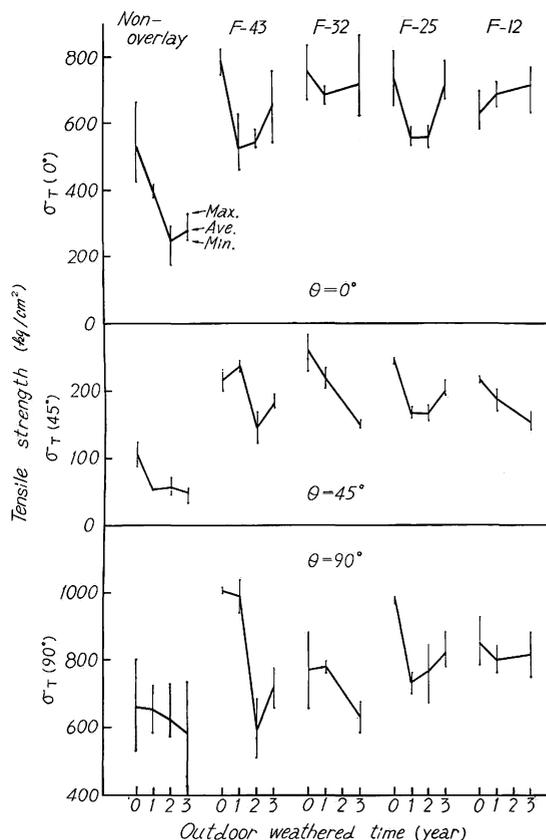


Fig. 9 屋外ばくろ試験によるレジシシートオーバーレイ合板の引張り強さ (σ_T) の変化
Tensile strength (σ_T) of outdoor weathered resin sheet overlaid plywoods.

ろ後の曲げヤング係数と引張り強さの値を Table 7, 9 から引き出して Fig. 7 に示した。この図で示されるところ、および Table 7, 9 を図化した Fig. 8, 9 を概括的に考察した結果、本実験の範囲内の屋外ばくろ試験では、R.C. が異なってもその耐候性に顕著な差はみとめられなかった。

以上の結果から、オーバーレイによる合板の強度増加は、Medium~Low density のレジシシートであっても接着紙が併用されていることによって、High density—自己接着レジシシートのオーバーレイに近い値を示し、耐候性の点でも3年間の屋外ばくろでは Medium~Low density の F-32, F-25, F-12 などと High density の F-43 との間には大きな差はみとめられず、また強度以外の試験項目についても Medium~Low density と High density との間には大きな差はみられなかった。したがって、Medium~Low density のレジシシートをオーバーレイしたものは、一般に併用されている塗装を省略しても、その耐候性は無処理のものに比して非常に向上しており、とくに Medium density のもの (Table 3 の F-32, F-25) はそのまま、塗装をしないで用いてもかなりの耐候性を期待できるものと思われる。またこれらに塗装を併用することによって、さらに大きい耐候性を付与しうると考えられるが、Medium~Low density レジシシートオーバーレイの主目的である安定した塗装下地をうるためには、第4、第8報⁸⁾の結果をあわせて考察すると、本実験の F-12 またはそれ以下の含脂率で十分その目的を達するも

方向では E_B , E_T , σ_T いずれも前者の方が大であったが、 0° および 90° 方向ではこれらはいずれも後者の方が大であった。また R.C. の低下にともなうレジシシート自身の強度低下にしたがって、オーバーレイの効果もわずかずつ減少するが、接着紙の併用によって F-12 でもなお大きな強度増加値を示している。

異方性の指標として 45° 方向の引張り強さと、 0° または 90° 方向の引張り強さのうち大なる値との比 [$\sigma_T(45^\circ)/\sigma_T(0^\circ \text{ or } 90^\circ)$] をとると、無処理の台板合板が 0.16 であるに対し、オーバーレイ合板では 0.22~0.34 であり (この数値が大きいほど異方性は少ない)、オーバーレイによって異方性が非常に少なくなっていることがわかる (Table 10)。そしてオーバーレイによる $E_B(45^\circ)$, $\sigma_T(45^\circ)$ の増加が大きいものほど異方性は少なくなっている。

つぎに屋外ばくろ試料については、比較を簡単にするために、ばくろ試験による強度低下が前報⁷⁾ においてもっとも顕著に現われた 45° 方向について、ばくろ前および3年ばく

のと思われる。

V 摘 要

合板に高度の耐候性を付与することを目的とする研究の一環として、厚さ 0.22 mm のクラフト原紙を用いて、Low~High density (低~高密度) のフェノールレジンシートを製造し、それらを加熱硬化したもの (圧力はとくに加えず、熱板間の接触圧程度とした) の物理的・機械的性質を検討するとともに、それらをオーバーレイした合板をそのまま (塗装することなく) 屋外ばくろ試験に供して、耐候性を比較した。その結果からつぎのことがわかった。

1. レジンシートの性質について

i) 吸水量におよぼす含脂率の影響は、Oven-dry resin content (全乾量基準の含脂率) 約 20% まで是非常に大きく、しかも 50% 以上でもなお樹脂量の増加によって、吸水量は減少する傾向にある。透湿性についてもほぼ同じ傾向がみられた (Fig. 1)。しかし、High density の場合には、レジンシートを加圧硬化すれば樹脂の Flow が十分行なわれ、これらはこの実験値より小さい値を示すものと思われる。

ii) 吸湿・吸水による寸法変化は含脂率の増加とともに減少するが、Oven-dry resin content 35% 以上ではほぼ一定となる (Fig. 2)。

iii) 引張り強さについては含脂率の増加によって Dry, Wet ともに大きくなるが、Wet strength におよぼす少量の樹脂の効果はとくに大きい。含脂率 40% 以上では樹脂量増加による引張り強さの増加は少なくなり、またこれ以上では Dry と Wet との差も少なくなる (Fig. 3)。

2. オーバーレイ合板の耐候性について

Low~Medium density のレジンシートを接着紙を併用してオーバーレイすることによって、合板の強度は非常に大きくなり、異方性は少なくなる (Table 10)。耐候性も、自己接着による High density レジンシートオーバーレイ合板 (この場合、Table 3 の F-43) に近いことが屋外ばくろ試料の接着力、オーバーレイ面からの吸水性、機械的性質などの検討結果から判明した (Table 6~10, Fig. 7~9)。したがって、安定した塗装下地をうる目的に対しては、第 4、第 8 報⁸⁾の結果をあわせて考察すると含脂率は、この実験の F-12 またはそれ以下で十分であり、塗装の併用によってこれらの耐候性は一段と向上するものと思われる。Medium density のもの (Table 3 の F-25, F-32) については、そのまま (塗装することなく) 用いてもかなりの耐候性を期待することができ、色も High density のものほど赤褐色味が濃くない長所がある。

文 献

- 1) SEIDL, R. J. : Paper and Plastic Overlays for Veneer and Plywood, Proceedings of the Forest Products Research Soc., 1, pp. 23~30, (1947).
- 2) BARTON, J.S. : Recent Developments in Masking Overlays, Jour. of the Forest Products Research Soc., 2, 4, pp. 52~53, (1952).
- 3) WORKS, W.R. : Plastic Overlays for Wood Products, Forest Products Jour., 6, 1, pp. 18A~20A, (1956).
- 4) Housing and Home Finance Agency : Some Properties of Paper-Overlaid Veneer and Plywood, Forest Products Lab. (U.S.A.), Technical Paper, 9, (1948).

- 5) BOSSHARD, H.H. and FUTO, L.P. : Weathering Resistance of Plywood Bonded and Coated with Phenol Formaldehyde, Forest Products Jour., **13**, 12, pp. 557~561, (1963).
- 6) 松本庸夫 : レジンシートによるオーバーレイに関する研究 第 3 報, 林試研報, 143, pp. 137~155, (1962).
- 7) ——— : 同上, 第 5 報・第 7 報, 林試研報, 150, pp. 67~87 (1963)・170, pp. 99~115 (1964).
- 8) 中村 章・川村二郎 : 同上, 第 4 報・第 8 報, 林試研報, 148, pp. 125~140 (1963)・182, pp. 149~172, (1965).
- 9) 松本庸夫・高野 勲 : 同上, 第 6 報, 林試研報, 163, pp. 85~101, (1964).
- 10) 柳下 正 : 同上, 第 1 報, 林試研報, 130, pp. 133~148, (1961).
- 11) BAIRD, P. K., SEIDL, R. J. and FAHEY, D. J. : Effect of Phenolic Resin on Physical Properties of Kraft Paper, Forest Products Lab. (U.S.A.) Report No. 1750, (1956).

Studies on Resin Sheet Overlay. Report 7.
Effect of resin content on the exterior weathering resistance
of phenolic resin sheet overlaid plywoods.

Tsuneo MATSUMOTO

(Résumé)

In order to improve the durability of plywood under exterior conditions, applications of phenolic resin sheets on plywood have been studied since 1961. In previous papers of this series, results of exterior weathering tests of high density (high resin content) phenolic resin sheet overlaid plywoods, and low or medium density phenolic resin sheet overlaid and then painted plywoods, and also results of paintability on overlaid plywoods were reported (this Bulletin, No. 130, No. 143, No. 148, No. 150, No. 163, No. 170 and No. 182).

In this study, medium or low density phenolic resin sheets were overlaid with film glue on both sides of three ply lauan plywoods, and the overlaid plywoods were exposed outdoors without painting. The weathered and unweathered plywoods were offered to tests of color change, water absorption through overlay, adhesion strength and mechanical properties. Results of the tests were compared with those of high density overlay F-43 in Report 7 (this Bulletin No. 170). Effect of resin content on some physical and mechanical properties of resin sheets were additionally studied with relation to the properties of overlaid plywood.

1. Preparation of overlaid plywoods.

i) **Resin for resin sheet** : Water soluble and neutral resin as in Report 5 and 7 (this Bulletin No. 150 and No. 170). Molar ratio was phenol 0.95 : resorcinol 0.05 : formaldehyde 2.0, and sodium hydroxide was used as a catalyst. To get necessary consistency, the resin was diluted with 50% methanol.

ii) **Base papers** : Shown in Table 1. Base paper F was for resin sheet and C was for film glue.

iii) **Resin sheet** : Apparatus for resin impregnation and drying was reported in Report 2 (this Bulletin No. 130) and operation conditions are shown in Table 2. Resin sheet F-50 was for physical and mechanical property tests, resin sheet F-43, F-32, F-25 and F-12 were for physical and mechanical property tests and overlay tests, and resin sheet C-58 was used as a film glue for resin sheet F-32, F-25 and F-12.

iv) **Base plywood** : Three ply, 3.65mm to 3.75mm thick lauan plywood (veneer construction : 1.0 mm-2.0 mm-1.0 mm) bonded with phenolic resin adhesive and sanded with # 180 sandpaper.

v) **Overlaying** : As in Report 5 and 7, resin sheets were applied on both sides of a base plywood under the pressure of 12 kg/cm², for 15 minutes at 125°C to 130°C by self-bond or with film glue. The overlaid plywoods were named respectively F-43, F-32, F-25 and F-12 according to the applied resin sheet (Table 3).

2. Weathering test and methods of measurement.

Plywood specimens (30.5 cm×30.5 cm in size and edges sealed with room temperature setting phenolic resin) have been exposed outdoors in Tokyo so as to face south and to incline 45 degrees against the ground, since 1961. After one, two and three years, the above-mentioned properties of the exposed plywoods were measured. The methods of these measurements were identical with those in Report 5 and 7. The weathering test is being continued. Some specimens were subjected to the accelerated aging test by weather meter, then they were offered to color measurement.

3. Results.

The results of the measurements of the weathered and unweathered overlaid plywoods are shown in Table 4 to 9 and Fig. 4 to 9.

i) The more resin the resin sheet contained, the less water absorption the resin sheet overlaid plywood showed. Even when the total resin in overlay layer is the same, the high density overlay by self-bond showed less water absorption than medium density overlay with film glue (Fig. 5). The exposed overlaid plywoods showed a little more water absorption than respective unexposed ones (Fig. 6).

ii) No surface cracks were found in any of the overlaid plywoods after three years' exposure.

iii) All kinds of overlay tested in this study improved the durability of adhesion strength of base plywoods (Table 6).

iv) All kinds of overlay raised the modulus of elasticity in bending (E_B) and in tension (E_T) and the tensile strength (σ_T), especially in a diagonal direction. Consequently, the overlaid plywoods had less anisotropy than unoverlaid plywood, as was the case in Report 5 and 7 (Table 10).

Within three years' weathering test, obvious differences in rate of change of E_B and σ_T could not be observed among the four kinds of overlaid plywood (Table 7, 9 and Fig. 7, 8, 9). In other words, medium or low density resin sheet overlaid plywood F-32, F-25 and F-12 showed considerably good durability, as was shown by the high density overlay F-43.

From what is mentioned above, it may be concluded that the medium density overlays show good durability even if a paint is not applied thereon, and that resin content of F-12 is adequate as a substructure of paintings in consideration of the results in Report 4 and 8, which reported that no difference in performance of paint film was observed among F-32, F-25 and F-12.