

論文

スギ材を利用したコンクリート型枠用合板の性能改善試験

越智俊之・中山茂生*・二見謙次郎**

Improvement of Sugi (*Cryptomeria japonica*) Concrete Frame Plywood

Toshiyuki OCHI, Shigeo NAKAYAMA, Kenjiro FUTAMI

要 旨

島根県では、県産スギ材を利用したコンクリート型枠用合板（従来型）を森林土木関係の公共工事で使用しているが、幅方向の強度不足や吸水による波打ちの発生等の問題点が指摘された。そのため、コンクリート型枠用合板としての性能を改善するため、心板のみ県産スギ材を使用した合板（試作型）を製造し、性能評価試験を実施した。試作型の長さ方向のヤング係数は、ラワン合板（JAS認定品）とほぼ同等程度の性能を有しており、変動係数はラワン合板に比べて小さかった。試作型の長さ方向のヤング係数の5%下限値は、7.93kN/mm²であり、JASの基準値7.0kN/mm²を越えていた。試作型の幅方向のヤング係数についても、ラワン合板と同等程度の性能を有しており、その5%下限値（2.76kN/mm²）は従来型に比べて1.5倍増加した。木口面からの吸水性能を抑えるため、木材用撥水塗料を塗布したところ、吸水性を低下させることができた。しかし、波打ちは、無塗装のものに比べて変形量が少なくなったが完全に抑えることはできなかった。釘引き抜き試験を実施した結果、試作型の釘引き抜き力はラワン合板に比べて小さかったが、従来型に比べて約2倍増加した。

I はじめに

島根県では、県産スギ材を原料とした構造用合板を開発し、生産している¹⁾。島根県内の公共工事への利用拡大を目指して、この構造用合板の表面にウレタン塗装を施してコンクリート型枠用合板として、平成16年度から森林土木関係の公共工事で使用を開始した。

島根県農林水産部森林整備課が、平成17年度にこのコンクリート型枠用合板を使用した事業者を対象にアンケート調査を行ったところ、これまで主に使用されていたラワン合板に比べて重量が軽いこと、施工がしやすいなどの利点が報告された。しかし一方で、幅方向の強度不足や合板木口面からの吸水によって生じる波打ち等の

問題が多く、事業者から指摘された。

そこで、当センターにおいて、性能を改善するための単板構成、試作した合板の性能試験を行い、コンクリート型枠用合板としての性能を評価した。

なお、本試験は、島根県農林水産部森林整備課の委託研究として平成18年度に行ったものである。

本報告の一部は、第57回日本木材学会大会（広島、2007年）において発表した。

II 試験方法

1) 合板の単板構成

県産スギ材を利用したコンクリート型枠用合板とし

* 島根県農林水産部林業課

** 島根県合板協同組合

表1 合板の単板構成

項目	従来型		試作型	
	樹種	厚み(mm)	樹種	厚み(mm)
表板	カラマツ	1.8	カラマツ	1.8
添え心板	スギ	3.5	カラマツ	3.2
心板	カラマツ	1.8	スギ	2.5
添え心板	スギ	3.5	カラマツ	3.2
裏板	カラマツ	1.8	カラマツ	1.8
合計厚み		12.4		12.5

て、「従来型」および「試作型」を試験に供試した。「従来型」は、平成16年度以降公共工事で使用されている合板である。いずれの合板も5プライである。「試作型」は、当センターで単板構成を検討し、島根県合板協同組合に依頼製造した合板である。岩崎ら²⁾は、スギで構成した合板の幅方向のヤング係数がコンクリート型枠用合板の日本農林規格(JAS)の基準値を下回ることを報告している。そこで、従来型を使用した場合に指摘された幅方向の強度不足を解決するために、幅方向のヤング係数に影響の大きい添え心板の樹種をスギから強度(ヤング係数)の高いカラマツに替えて構成した。それぞれの合板の単板構成を表1に示す。また、比較対照として、ラワンを原材料とした市販のコンクリート型枠用合板(コンクリート型枠用合板のJAS認定品;以下、ラワン合板と標記)も試験に供試した。いずれのタイプの合板も表面(コンクリート打設面側)にはウレタン塗装を施してある。

板の寸法は、いずれも幅900mm×長さ1800mm×厚み12mmである。

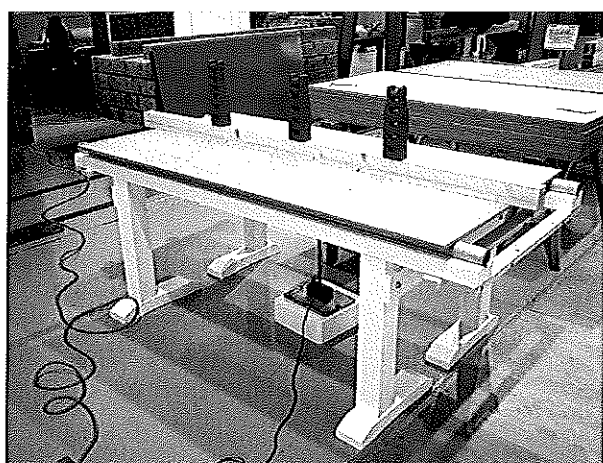


図1 幅方向の曲げ剛性試験

2) 曲げ剛性試験

コンクリート型枠用合板のJASの曲げ剛性試験に従って、長さ方向と幅方向の曲げヤング係数を測定した。長さ方向のスパンは1500mmとし、荷重は2kgずつに合計10kgまで荷重をかけ、スパンの中央部で変形量を変位計で計測した。幅方向のスパンは750mmとし、荷重は3kgずつに合計15kgまで荷重をかけ、同様に変形量を計測した(図1)。

3) 木口面の塗料の検討

木口に塗布する塗料は、木材保護含浸型の木材用撥水塗料Aおよびシラン系浸透性吸水防止型のコンクリート用撥水塗料Bの2種類を試験した。

木口用塗料の性能を試験するために、試作型合板1枚から幅170mm×長さ300mmの小試験体を6枚採取した。採取した小試験体は、Aを塗布するもの、Bを塗布するもの、無塗装のものに分け、各2枚ずつ処理した。また、同寸法のラワン合板3枚(無塗装)も用意した。

小試験体の重量および厚さ(50mm間隔で6箇所)を測定し、厚さ10mmの栈木を両側にはさんで、はたがねで固定した。固定後に、50mm深さの水槽に長辺(水槽の深さ50mmは試験体の幅の約1/3)を浸漬し、定期的に重量および厚さを計測した。1週間浸漬した後に、屋内で1週間風乾し、再度浸漬した。この試験は繰り返し3度実施した。

4) 吸水性試験

試作型7枚から幅300mm×長さ1800mmの試験体(1800mm試験体と標記)を12枚と、幅300mm×長さ900mmの試験体(900mm試験体)を12枚採取した。これら試験体を、木口面が無塗装のものにAを塗布するものに分けた。無塗装の試験体は3枚である(表2)。Aは、

表2 吸水性試験の試験体数

合板	木口面塗装	試験体数
従来型	無塗装	3
	無塗装	3
試作型	130ml/m ²	3
	130ml/m ² +80ml/m ²	3
	210ml/m ²	3
ラワン	無塗装	3

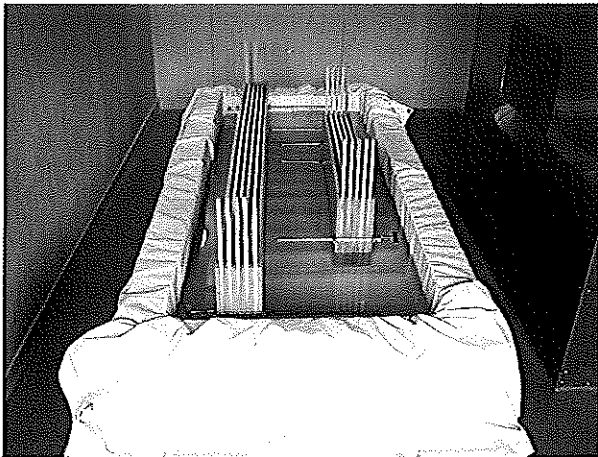


図2 吸水性試験

130ml/m²の1回塗り,130ml/m²(1回目)+80ml/m²(2回目)の2回塗りおよび210ml/m²の1回塗りの3条件で塗布し,それぞれの条件での試験体の枚数は3枚ずつとした。塗布量は,仕様書に準拠し130ml/m²の1回塗り,130ml/m²(1回目)+80ml/m²(2回目)の2回塗りを設定した。さらに130ml/m²+80ml/m²を一度に塗布する条件として210ml/m²の1回塗りを設定した。また,従来型とラワン合板(いずれも木口面は無塗装)も各3枚用意し,試験した(表2)。

実大試験体の重量と厚さを1800mm試験体は300mm間隔で7箇所,900mm試験体は300mm間隔で4箇所測定し,厚さ10mmの栈木を両側にはさんで,はたがねで固定した。固定後に,100mm深さの水槽に長辺(水槽の深さ100mmは試験材の幅の1/3)を浸漬し,定期的に重量および浸漬した側の厚さを計測した(図2)。

5) 変形量の計測

試作型,従来型およびラワン合板を試験に供した。試験体の寸法は,吸水性試験と同様に,それぞれ幅300mm×長さ1800mmである。試作型の木口面は,Aを塗布し

表3 変形計測試験の試験体数

合板	木口面塗装	試験体数
従来型	無塗装	3
	210ml/m ²	3
試作型	無塗装	3
	130ml/m ² +80ml/m ²	3
	210ml/m ²	12
ラワン	無塗装	3

たものと無塗装のものに分けた。試作型でのAの塗布は,130ml/m²(1回目)+80ml/m²(2回目)の2回塗りおよび210ml/m²の1回塗りの2条件を設定した。従来型の木口面も,試作型と同様にAを塗布したものと無塗装のものに分けた。従来型でのAの塗布は,210ml/m²の1回塗りで行った。ラワン合板については,木口面は無塗装である。変形計測試験に供した試験体数を表3に示す。実大試験体の波打ちは,300mm間隔で7箇所を計測した。測定方法は,鋼材に試験材を乗せ,一方の端部をクランプで固定し,それぞれの計測点において合板と鋼材の隙間を計測した。計測後に,厚さ10mmの栈木を両側に挟んではたがねで固定した。固定後に,吸水性試験と同様に100mm深さの水槽に長辺(水槽の深さ100mmは試験材の幅の1/3)を浸漬し,定期的に浸漬した側の波打ちを計測した。

6) 釘引き抜き試験

釘引き抜き試験は,従来型,試作型(ウレタン塗装あり・ウレタン塗装なし)およびラワン合板から幅50mm×長さ100mmの釘引き抜き試験用の試験片をそれぞれ5枚採取して試験した。釘はN45を使用し,釘の長さの半分まで試験体の中心に打ち込んだ。

釘引き抜き試験では,試験体から釘が引き抜けるまで試験し,試験時の最大の釘引き抜き力を計測した。試験は,引張圧縮試験機(ミネベア株式会社製AL-100kNB型)および釘引き抜き試験用治具を使用し,釘の引き抜き速度は毎分2.0mmとした。

III 結果と考察

1) ヤング係数

従来型はスギを添え心板に使用し,樹種別の構成比率はスギ56.5%,カラマツ43.5%である。試作型では心板に

表4 各タイプの合板の重量(kg)

	従来型	試作型	ラワン合板
計測数	10	30	30
平均値	9.92	11.40	11.22
最大値	10.48	12.15	13.35
最小値	9.19	10.83	9.39
標準偏差	0.42	0.39	1.00
変動係数(%)	4.3	3.4	8.9

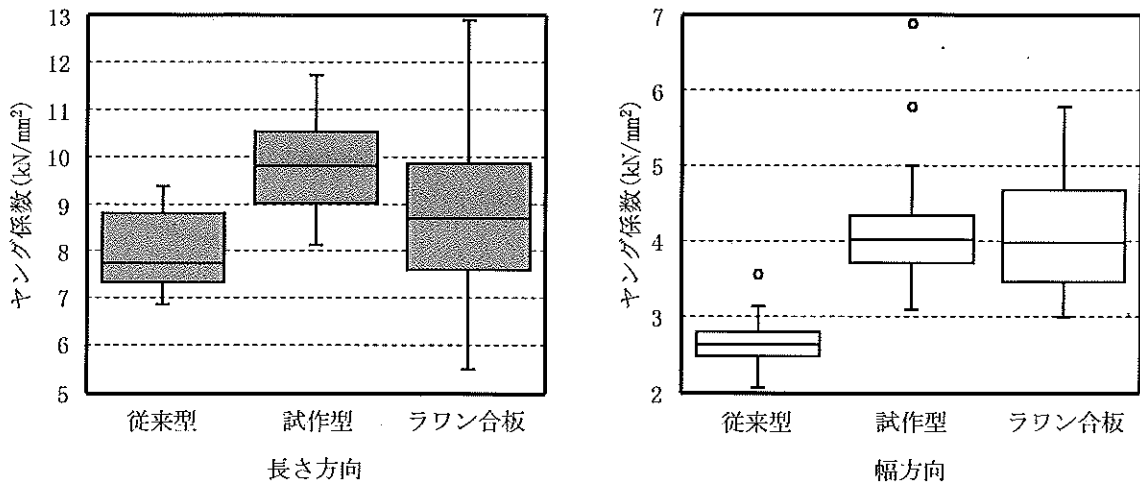


図3 合板のヤング係数

のみスギを使用しているため、スギ20%、カラマツ80%とカラマツの占める割合が高くなっている。試作型の重量は従来型に比べて約15%重たくなり、ラワン合板と同等程度の重量になった(表4)。

試作型、従来型、ラワン合板の長さ方向のヤング係数は、それぞれ7.98kN/mm²(変動係数10.5%)、9.82kN/mm²(同10.3%)、8.81kN/mm²(同18.5%)であった。試作型の変動係数は、ラワン合板に比べて小さく、性能が安定していた。試作型の長さ方向のヤング係数の5%下限値は、7.93kN/mm²であり、JASの基準値(7.0kN/mm²)をクリアした(図3)。幅方向のヤング係数は、従来型、試作型、ラワン合板がそれぞれ、2.69kN/mm²(変動係数15.0%)、4.16kN/mm²(同18.0%)、4.11kN/mm²(同17.7%)であった。試作型のヤング係数の5%下限値は2.76kN/mm²であり、従来型のヤング係数に比べて1.5倍

増加した。単板構成を変えることで幅方向のヤング係数は向上し、ラワン合板と比較しても、ヤング係数および変動係数は同程度になったため、コンクリート型枠用合板として使用可能な強度を有していた。ただし、JASの幅方向のヤング係数の基準値は5.5kN/mm²であるが、試作型およびラワン合板のいずれもこの基準値をクリアしなかった。

JASの基準では、長さ方向または幅方向のヤング係数のどちらかが基準値を満たす必要がある。本結果から試作型は長さ方向のヤング係数の下限値が基準値を越えており、コンクリート型枠用合板としての性能を有していることが明らかとなった。

2) 木口塗料

繰り返しによる小試験体の吸水性試験を行い、木口塗

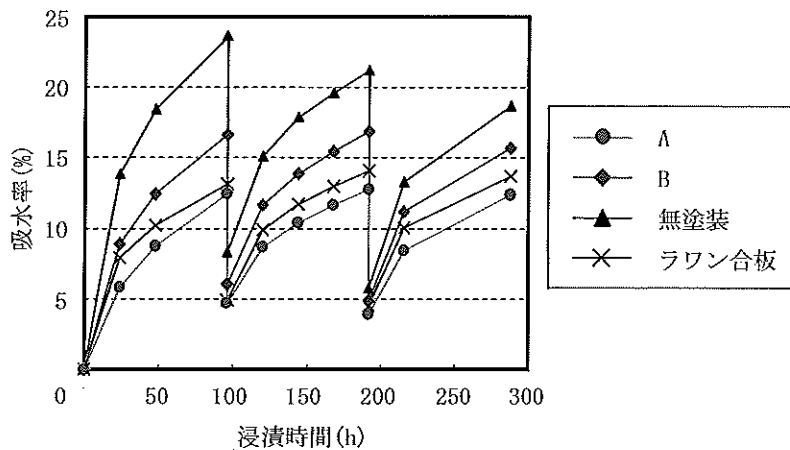


図4 吸水性試験による小試験体の吸水率

料について検討した結果、無塗装の試験体に比べて、AまたはBを塗布した試験体が吸水率は低かった（図4）。特に、Aはラワン合板に比べても吸水率が低く、より吸水性能を抑える効果が期待できた。そのため、実大試験体での吸水性試験および変形量の計測においては、Aを試験体の木口面に塗布した。

3) 吸水性能

1800mm試験体の吸水性試験の結果では、Aを塗布することで吸水率および厚みの増加率を抑えることができた（図5）。ラワン合板よりも低い吸水率だった塗装条件は、 130ml/m^2 （1回目）+ 80ml/m^2 （2回目）の2回塗りおよび 210ml/m^2 の1回塗りであった。厚み増加率で

は、 210ml/m^2 の1回塗りのみがラワン合板に比べて厚みの増加率が低くなった。900mm試験体では、ラワン合板を下回る吸水率の塗装条件はなかったが、 210ml/m^2 の1回塗りの条件が最もラワン合板の吸水率に近かった。厚み増加率では、 210ml/m^2 の1回塗りがラワン合板よりも増加率が低くなった（図6）。

吸水率および厚み増加率の結果から判断して、Aを塗布するには 210ml/m^2 の1回塗りが最も効果的であるといえる。

4) 変形量

水槽への浸漬処理前の計測では、製品の反りや曲がりなどで、1mm程度の変形が認められたが、試験前には波打

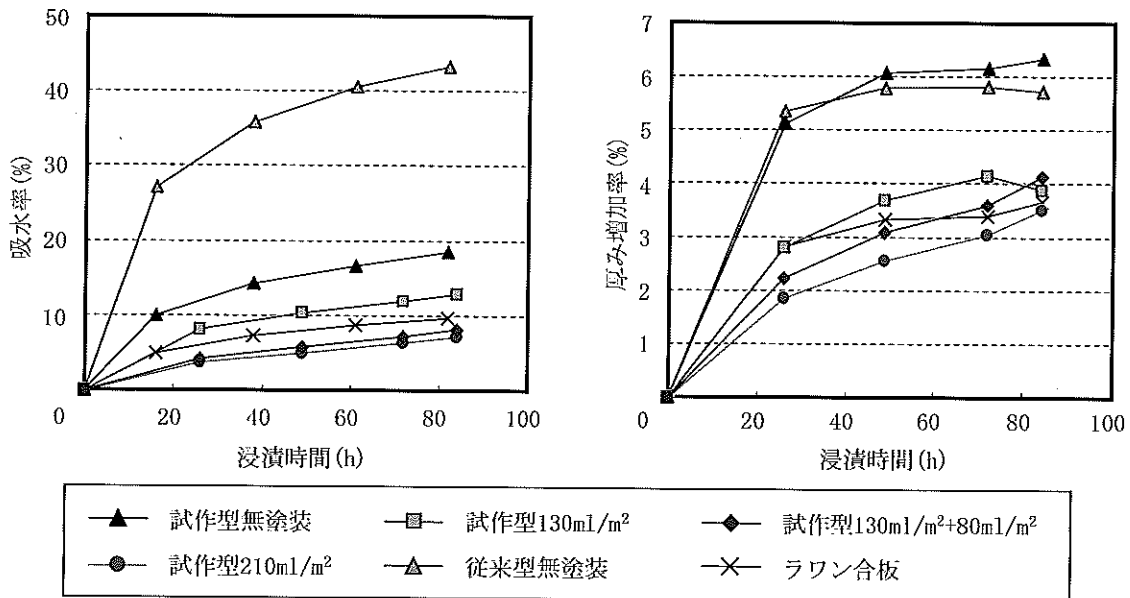


図5 1800mm試験体の吸水率（左図）および厚み増加率（右図）

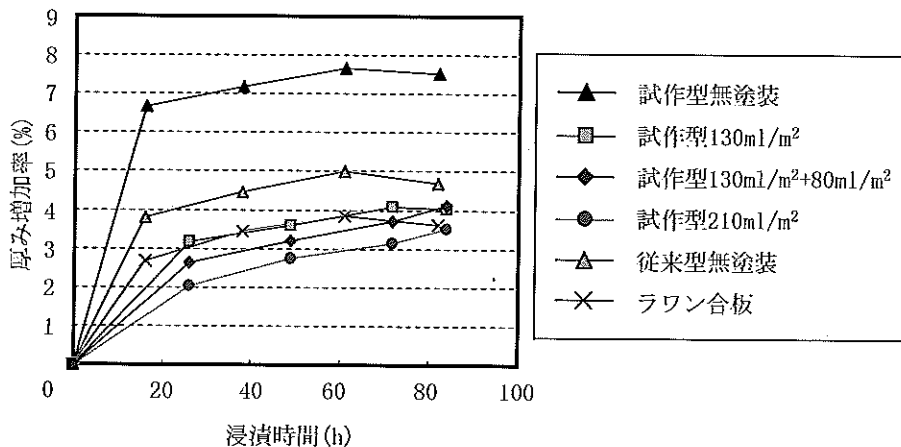


図6 900mm試験体の厚み増加率の変化

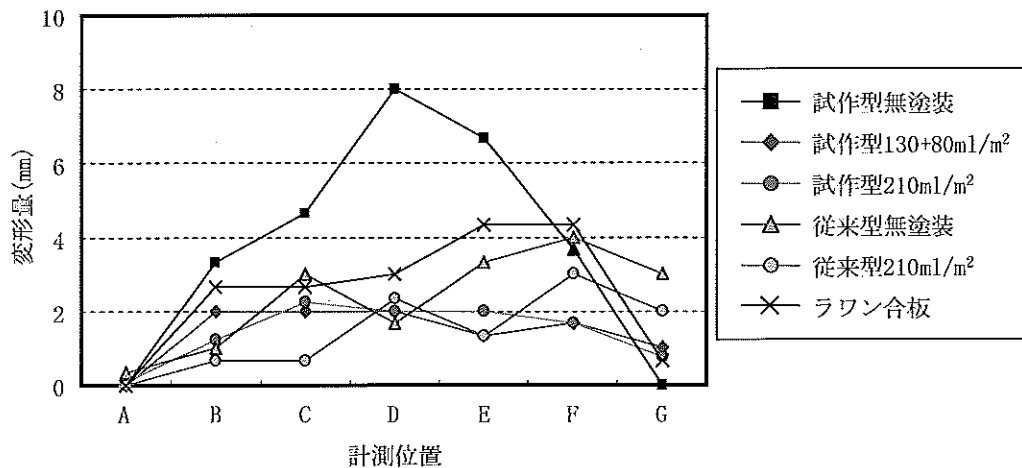


図7 72時間浸漬後の波打ち

ちは生じていなかった。72時間浸漬後の波打ち変形の測定結果を図7に示す。従来型および試作型のいずれにおいても、無塗装では波打ちが起きて大きな変形が認められた。Aを塗布した試験材では波打ちの発生は認められたものの、無塗装に比べて変形量は小さくなった。しかし、木口を塗装しても完全に波打ちを抑えることはできなかった。ラワン合板においても多少の波打ちが生じた試験体もあったが、1試験体あたりの波打ちの程度や回数ほかの合板に比べて少なかった。

波打ちが生じる原因として、カラマツやスギのような針葉樹では年輪ができるため、密度の異なる早材・晩材が形成される³⁾。一方、ラワン材のような熱帯雨林の樹種では年輪ができなため、組織内の細胞の密度が比較的均質である。そのため、針葉樹合板では、細胞の密度が異なるため吸水による膨張の割合が異なり波打ちが発生する。ラワン合板では、吸水しても細胞が一定の割合で膨張するため、針葉樹合板に比べて波打ちが生じにくいと考えられる。針葉樹合板に生じる波打ちを完全に抑えるには、今回の試験に使用したような含浸型の塗料ではなく、塗膜型の塗料を塗布するなどの木口用塗料の再検討が必要である。

5) 釘引き抜き力

試作型で表面にウレタン塗装を施した試験体と施していない試験体があったため、各合板の釘引き抜き力を検討する前に、ウレタン塗装の有無が釘引き抜き力に影響するか検定した。その結果、ウレタン塗装の有無は釘引

き抜き力に影響を与えていなかった。そのため、試作型については、ウレタン塗装の有無にかかわらず試験結果を集計して分析した。

釘引き抜き力の平均値は、従来型<試作型<ラワン合板となった(図8)。試作型の釘引き抜き力は、ラワン合板には劣るが、従来型の2倍程度であることが明らかとなり、性能の改善が認められた。

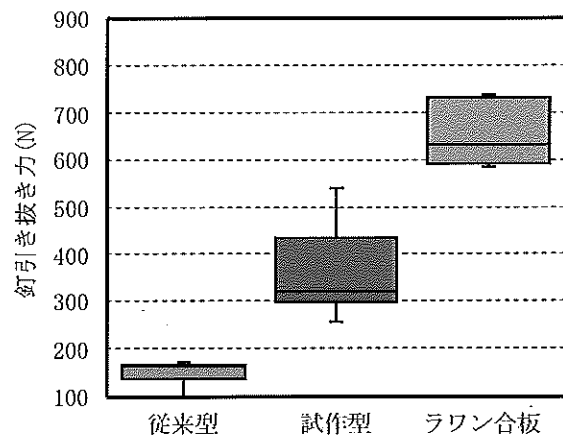


図8 釘引き抜き試験

IV おわりに

合板の単板構成を変更した試作型の合板を製造することで、幅方向のヤング係数を市販のラワン合板と同程度まで向上させることができた。木口面に塗料を塗布することで、従来型や無塗装のものに比べて吸水性を低下

せることはできたが、波打ちの発生を完全に抑えることはできなかった。このように、試作型の性能はラワン合板と比較して劣っている点があったが、従来型に比べて大きな改善が認められた。試作型の型枠用合板が、コンクリート型枠用合板として、森林土木関係だけではなく広く一般土木分野においても使用されることを期待する。

謝 辞

本試験にあたって、島根県合板協同組合常務理事 津田幸一氏、同生産部次長 荒木裕二氏、また島根県合板協同組合浜田針葉樹工場のみなさまには試作用合板の製造等において多大なご配慮とご協力をいただきました。

この場を借りて厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 石橋公雄, 池淵隆, 西政敏, 後藤崇志, 山根啓義, 二見鎌次郎: スギ材による構造用合板の製造試験について, 森林応用研究 9, 25-28 (2000).
- 2) 岩崎昌一, 菅原弥寿夫: 新潟県産スギ材による合板の製造—構造用合板とコンクリート型枠用合板の曲げ性能—, 新潟県森林研報46, 71-74 (2005).
- 3) 高橋徹, 中山義雄編: 木材化学講座 3 物理, 海青社, 1995, pp.16-17.

Improvement of Sugi (*Cryptomeria japonica*) Concrete Frame Plywood

Toshiyuki OCHI

ABSTRACT

In Shimane Prefecture, the public civil-engineering works use SUGI concrete frame plywood (normal-type) . It reports there are problems of the lack of strength in the width direction and the waving transformation by water absorption. In order to improve the plywood performance, we make experimental manufacturing plywood (prototype) that core composed SUGI. 5%ile score of the modulus of elasticity in width direction of the prototype increased by 1.5 times compared with one of the normal-type. The degree of the waving transformation on the side painted prototype decreased compared with the non-side painting. As a result of the nail pulling-out examination, the nail retention of the prototype improved by the twice compared with one of the normal-type.