

高粘度接着剤を用いたゴム木質複合パネル のためのフォーミング装置の開発(第2報)

- 薄物遮音パネル用フォーミング装置 -

白川 真也 堀江 秀夫^{*1} 窪田 純一^{*2}
安藤 康光^{*3} 横幕 辰美 渡辺 誠二^{*4}
小川 尚久^{*2} 小室 勝豊^{*5}

Development of a Former for Composite Panels Made of Rubber and Wood Particles with a High Viscous Adhesive ()

- A former for the thin sound-insulation panel-

Shinya SHIRAKAWA Hideo HORIE Jun-ichi KUBOTA
Yasumitsu ANDO Tatsumi YOKOMAKU Seiji WATANABE
Naohisa OGAWA Katsutoyo KOMURO

Composite panels made of particles of waste tires and waste wood with a high viscosity urethane resin (one-component and moisture curing adhesive) are used as a floor heating material for systems using hot water and as a sound insulation material.

Mass production and cost reduction of such composite panels are difficult because they are made by hand at present.

We developed a frame with a bottom caul and practicable forming machine instead of hand forming for thin sound-insulation panels.

There was no serious problem when manufacturing by the machine was examined, and performance exceeded that of commercial panels. Through process analysis, it was estimated to reduce manpower needed for production from six to two.

key words : forming machine, composite panels, high viscous adhesive, rubber particles, wood particles
フォーミング装置, 複合パネル, 高粘度接着剤, ゴムチップ, 木チップ

ゴム木質複合パネルは、廃タイヤを破碎したゴムチップと建築廃材を破碎した木チップとを高粘度なウレタン系接着剤で成型したもので、床暖房用および遮音用として用いられている。このパネルの製造は手作業で行っているため、量産化およびコスト低減が難しいのが現状である。そこで、薄物遮音パネルの製造を自動化するため、型枠と実用規模のフォーミング装置を開発した。

本装置を用いてパネルの製造試験を行った結果、装置に大きな問題はなく、製造したパネルは既製パネルを上回る性能であった。また、そのフォーミング装置を用いた場合の工程分析の結果、作業員の数現状の6名から2名に削減可能であることが分かった。

1. はじめに

前報¹⁾では、大規模温水床暖房用パネル(以下、床暖パネル)のフォーミング工程の機械化において、最大障害要因であった高粘度接着剤の使用に係わる問題点を解決した床暖パネル用フォーミング装置を試作して、試作装置の性能および装置を用いて試作した床暖パネルの性能について報告した。

近年アパート等の集合住宅において、上階で発生する耳障りな足音や落下音を遮断し、快適な居住空間を実現するものとしてゴムチップ遮音パネル(以下、遮音パネル)の利用が増加してきている。

遮音パネルは、床暖パネルと同様にゴムチップ、木チップとウレタン接着剤を混合・成型したもので、フォーミングは手作業により行われている。薄物遮音パネルは、熱圧時の熱膨張で変形した型枠を用いて製造を行うため、薄くて精度の高いフォーミングが必要となり、作業に熟練と時間を要し、人件費コストも高い。このため製造コストの低減化を目標に、薄物遮音パネルに対応した自動フォーミング装置の開発が求められるようになった。

こうした背景から本報では薄物遮音パネルの自動フォーミングに適した型枠および変形した型枠にも柔軟に対応できる自動フォーミング装置の設計・試作を行い、試作した装置を用いて薄物遮音パネルの製造試験および性能評価を行った。

なお、本研究は林産試験場とサンフロア工業(株)との共同研究として行われたものである。

2. 対象とする遮音パネルの概要

2.1 パネルの形状

遮音パネルは、厚さが6mmおよび12mmの平板状パネルと、厚さが12mmでディンプル付きのパネルの計3種類が市販されている。

本研究では薄いために作業性が悪く、人件費コス

トの高い厚さ6mmの薄物遮音パネル(N-906タイプ)のフォーミング装置について取り上げた。

このパネルの外形寸法は幅900mm×長さ900mm×厚さ6mmで、パネル上面には不織布が貼られている。

2.2 パネルの製造方法と問題点

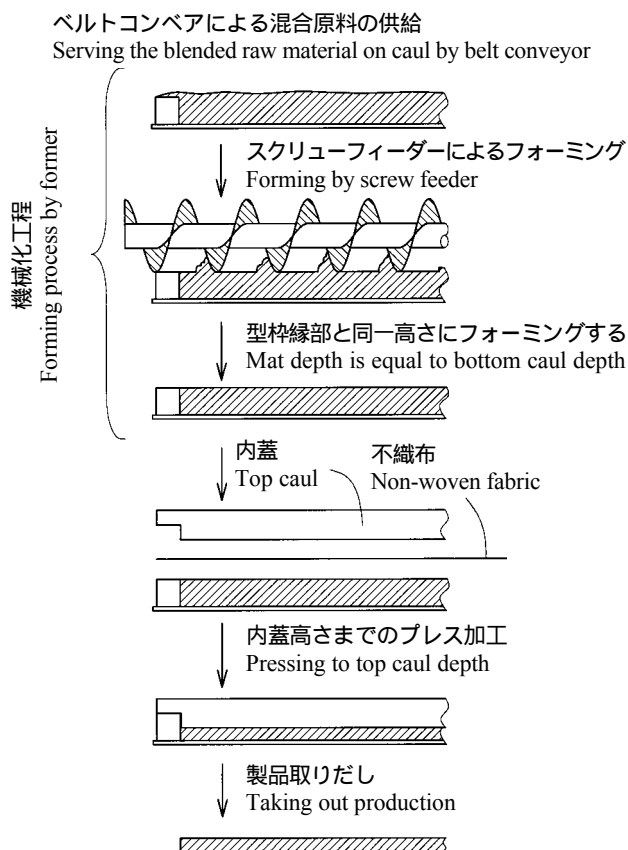
フォーミングの工程は6人の作業員による手作業で行っており、製造する遮音パネルの厚さが変わっても作業方法や作業時間はほとんど変わらないにもかかわらず、製品価格は厚さに応じた価格となっている。すなわち人件費が同一の場合、製品価格に占める人件費の割合は厚物よりも薄物の方が高いため、フォーミング工程の機械化が最重要課題となっている。

フォーミング工程の機械化を進める場合、型枠自体が薄くて剛性が低く、熱圧時に型枠が熱膨張により変形するという問題がある。この変形はパネルを製造した時点で発生するが、フォーミング工程に移行した時点でも冷却が完全でないため、熱変形したままの型枠を用いてフォーミングを行うこととなる。このため、前報の床暖パネルの自動フォーミング装置ではこのような薄物遮音パネルには対応できないので、薄物遮音パネル用の新たな自動フォーミング装置の開発を行うこととした。

3. 薄物遮音パネル用フォーミング装置の設計と試作

3.1 型枠の設計と試作

既存の型枠は縁部分の高さが遮音パネルの製品厚さと同じ6mmとなっている。これは混合原料を型枠縁部分の高さよりも高くフォーミングして型枠縁部分高さまで熱圧し、遮音パネルを製造するためである。



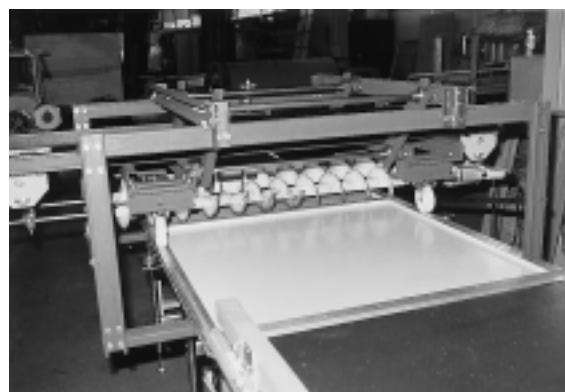
第1図 機械化の場合のフォーミング工程
Fig. 1. Improved forming process by the developed former.

本研究でのフォーミング方法は床暖パネルのフォーミング方法と同様に型枠縁部分の高さまでフォーミングを行う方法¹⁾とした。型枠と組み合わせる蓋は熱圧時に型枠内部に入りこむ構造とし、蓋により遮音パネルを熱圧成形すると同時に型枠の縁部も押さえつける構造とした(第1図)。このことにより熱圧工程は既存の型枠と同様に当て止め(止まるまで押し続ける)構造となる。また、底板を既存の型枠より厚くし、縁幅も広くしたため枠断面が大きくなり、強固な構造となった。

既存の型枠では剛性が低いため、加熱された型枠が冷却されていくときの温度分布に偏りがあると、その都度変形状態が異なるが、試作品では剛性が高いため、温度分布に関係なく凹状に一定した変形となった。また、蓋により型枠縁を押さえつけて熱圧することから型枠の変形を矯正することができ、熱圧工程、フォーミング工程ともに安定した工程とする見通しを得た。

3.2 自動フォーミング機構の検討と試作

第2図に試作したフォーミング機構を示す。試作



第2図 フォーミング機構
Fig. 2. Improved forming process by the developed former.

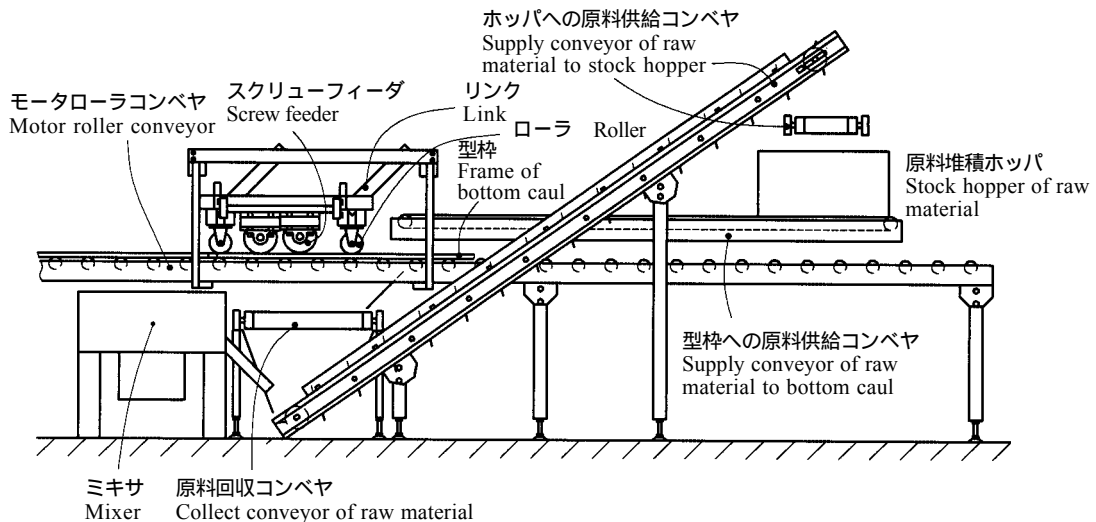
した自動フォーミング機構はスクリーフフィーダの前後に型枠左右両縁上を走行するローラを取り付けたフォーミング機構とそれを上部から支持する平行移動リンク機構により構成した。

この機構は前報の床暖パネルフォーミング装置用に試作した2組のスクリーフフィーダによるフォーミング機構に上下移動機構を付加したもので、型枠の変形に応じて2組のスクリーフフィーダが平行に上下移動するものである。スクリーフフィーダと型枠との間隔はスクリーフフィーダの前方および後方の型枠左右両縁上に取り付けた4個のローラが型枠両縁と接触し、型枠両縁の高さに追従してスクリーフフィーダが上下することにより、型枠の変形があってもスクリーフフィーダと型枠との間隔に変化が生じない構造とした。

3.3 実用規模のフォーミング装置の試作

前報¹⁾の床暖パネル用の自動フォーミング装置では、スクリーフフィーダで掻き取った混合原料および型枠から外れた部分に落下した混合原料は容器等に蓄えて人手によりホッパに入れる必要があり、また、ミキサで混合した原料も人手により運搬してホッパに入れる必要があった。実用規模のフォーミング装置とするためにはこれらの作業部分の省力化も不可欠である。このため、自動フォーミング機構に加えて掻き取った混合原料や落下した混合原料を回収するコンベヤとこのコンベヤおよびミキサからの混合原料をホッパへ供給するコンベヤを組み込んだ一連の自動フォーミング装置を試作した。

第3図に試作した実用規模の自動フォーミング



第3図 実用規模の薄物遮音パネル用フォーミング装置
Fig. 3. Developed full scale former for the thin sound-insulation panel.

装置を示す。試作した装置では、掻き取られた混合原料および型枠から溢れた混合原料を搬送するフラットコンベヤを混合原料掻き取り用のスクリーフィーダ下部に水平に設置し、このコンベヤに接続して上部ホッパへ傾斜搬送する栈付き傾斜ベルトコンベヤ、およびこれに接続して上部ホッパ中央部に達するフラットコンベヤの計3本のコンベヤを組み込んだ。また、傾斜コンベヤ下部においては、ミキサで新たに混合した原料も供給できるようにした。

3.4 試作装置による薄物遮音パネルの製造試験

試作したフォーミング装置を用いて薄物遮音パネルN-906の製造試験を行った。

3.4.1 試験方法

パネルの製造に当たっては床暖パネル製造条件¹⁾と同様に型枠表面にテフロンシートを貼り付けた上で、1回だけ離型用グリス(東レ・ダウコーニング・シリコン(株)製SH33M)を塗布し、フォーミング用スクリーには金属部品保護塗料(住鋳・メタルラップスプレーALP-MW)の噴霧を行った。

混合原料投入量はホッパに最初約20kgの混合原料を投入し、以後は10kgを追加して、常にホッパ内に約20kgの混合原料があるようにした。

ゴムチップ、木チップ、接着剤はいずれも床暖パネル製造条件と同様で、ゴムチップ:木チップ:接着剤=8:1:1(気乾重量比)で混合した。ただし、木チップ平均含水率は22.0%である。なお、ゴムチップと木チップの篩目は1~4mmである。

パネルの設定重量は4.2kg、コンベヤ速度は混合原料供給コンベヤが2.5m/min、モーターローラコンベヤは2.7m/minである。熱圧温度は130℃で5分間熱圧した。

以上の製造条件で10枚の薄物遮音パネルを製造した。

3.4.2 測定方法

試作したパネル10枚と、既製パネル11枚の品質比較を行った。

測定した品質項目は、重量、縦横の寸法(縦はフォーミング時のパネルの走行方向、横は走行方向に対して直交方向)、厚さ、パネル四隅の硬さである。測定方法は床暖パネル¹⁾と同様に縦横長さは、平板上にて1mm読み鋼製巻尺を用いてパネル中央部を測定した。厚さは、平板上にパネルを置き、1/100mm読みダイヤルゲージ3台を取り付けた厚さ測定治具を用いて、約150mm間隔で両端(端から20mm)と中央部の3行、すなわち7列×3行=21点を測定した。なお、このとき、パネル中央測定用ダイヤルゲージの両側には、重さ10kgの分銅を置き、パネルを平板に密着させて測定した。パネル四隅の硬さは、触診により4段階評価(3:硬い、2:軟らかい、1:触診により欠損、0:製造時に欠損)を行った。

3.4.3 試験結果

品質測定結果を第1表に示す。

第1表 試作パネルと既製パネルの品質測定結果
Table 1. Comparison trial panels with commercial panels for weight and dimension.

パネルの種類 A kind of panel	パネルNo. Manufacturing No.	重量 Weight (kg)	長さ Length		平均厚さ Average of thickness (mm)	厚さの変動係数 Coefficient of variation of thickness (%)
			縦 Parallel to the forming direction (mm)	横 Perpendicular to the forming direction (mm)		
試作パネル Trial panels	1	4.082	904.0	905.0	6.05	1.3
	2	3.995	904.0	905.0	6.01	1.7
	3	4.219	904.0	905.0	6.11	1.7
	4	4.109	904.0	905.0	6.09	1.8
	5	4.057	905.0	906.0	6.10	1.4
	6	4.053	904.0	905.0	6.05	1.8
	7	4.286	902.0	903.0	6.13	1.4
	8	4.031	904.0	904.0	6.07	2.0
	9	4.269	903.0	904.0	6.16	1.6
	10	4.222	903.0	905.0	6.16	1.3
	平均 av.	4.132	903.7	904.7	6.09	1.6
	最大 Max.	4.286	905.0	906.0	6.16	2.0
	最小 Min.	3.995	902.0	903.0	6.01	1.3
	変動係数(%) C.V.	2.57	0.09	0.09	0.81	
範囲 Range	0.291	3.0	3.0	0.15	0.7	
試験体数(体) N	10	10	10	10	10	
既製パネル Commercial panels	平均 av.	4.289	896.1	895.2	5.94	3.0
	最大 Max.	4.361	899.0	898.0	6.04	4.6
	最小 Min.	4.224	893.0	893.0	5.84	2.0
	変動係数(%) C.V.	1.20	0.21	0.14	0.94	
	範囲 Range	0.137	6.0	5.0	0.20	2.6
	試験体数(体) N	11	11	11	11	11

(1)重量，縦横寸法

遮音パネルの施工実態から，重量の精度はあまり問題とならず，縦横長さは設定値に対してそれぞれ + 7mm，- 4mm が許容範囲である。

これまでの既製パネル製造方法ではあらかじめ規定重量に計測した混合原料を滑らかにならしてフォーミングしているが，試作パネル製造方法は多めに盛られた混合原料の一定高さ以上の部分を掻き取る方式でフォーミングしており，混合原料の粘度の影響により重量ムラが大きくなる。このため，既製パネルよりも重量のバラツキは大きい，僅差で

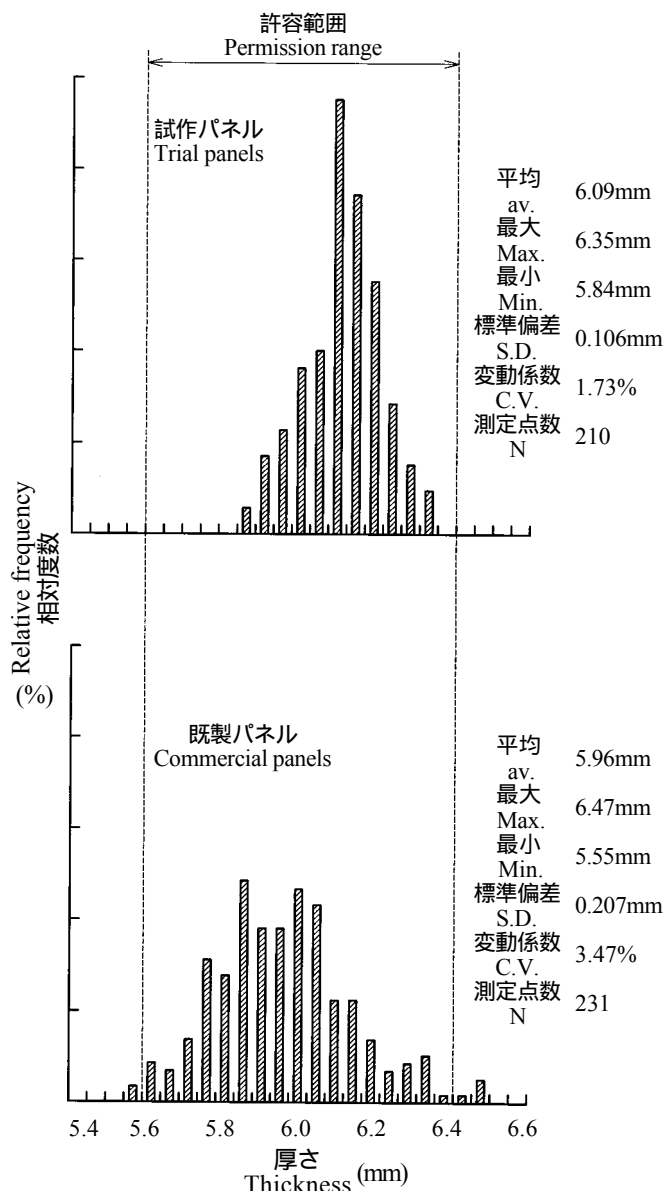
ある。

縦横の長さは長い方への偏りはあるが，バラツキは小さく，許容範囲内に収まっており，型枠寸法の変更により，十分に高精度のパネルを製造することができる。と分かる。

(2)厚さ

すべての厚さ測定値から作成した試作パネルと既製パネルの厚さの比較を第4図に示す。

遮音パネルの施工実態から，厚さの許容範囲は $6 \pm 0.4\text{mm}$ であり，試作パネルの厚さは，許容範囲を満足している。



第4図 試作パネルと既製パネルの厚さの比較
Fig. 4. Comparison trial panels with commercial panels for thickness.

厚さのバラツキは既製パネルよりも試作パネルの方が小さい。このことから試作したフォーミング装置によるフォーミングは手作業よりも厚さムラの少ない安定した製品を生産できることが分かる。

(3) パネル四隅の硬さ

パネル四隅の硬さについて 試作パネルと既製パネルを4段階評価で比較した結果、試作パネルでは全測定か所が十分な硬さである評価3と判定された。一方、既製パネルでは44か所中20か所が軟らかいと判定される評価2で、他は評価3であった。全

パネルとも不合格とされる評価0および評価1はなく、いずれも製品として合格していた。

試作パネルと既製パネルで四隅の軟らかさが異なるのは、既製パネルでは型枠縁部より高くフォーミングして型枠縁部の高さまで熱圧するため、型枠縁部に混合原料がはみ出さないようフォーミング端部は斜めにフォーミングを行う。このため、この部分は混合原料が少なく、この状態で熱圧すると、四隅に十分に混合原料が行き渡らないため、四隅の密度が低くなって軟らかくなったと考えられる。一方、試作装置のフォーミング方法は型枠縁部分高さまで均一のフォーミングを行い、熱圧時に蓋が型枠内部に入りこむ構造である。このため、四隅部分にも均等に混合原料が行き渡り、十分な硬さが得られたと考えられる。

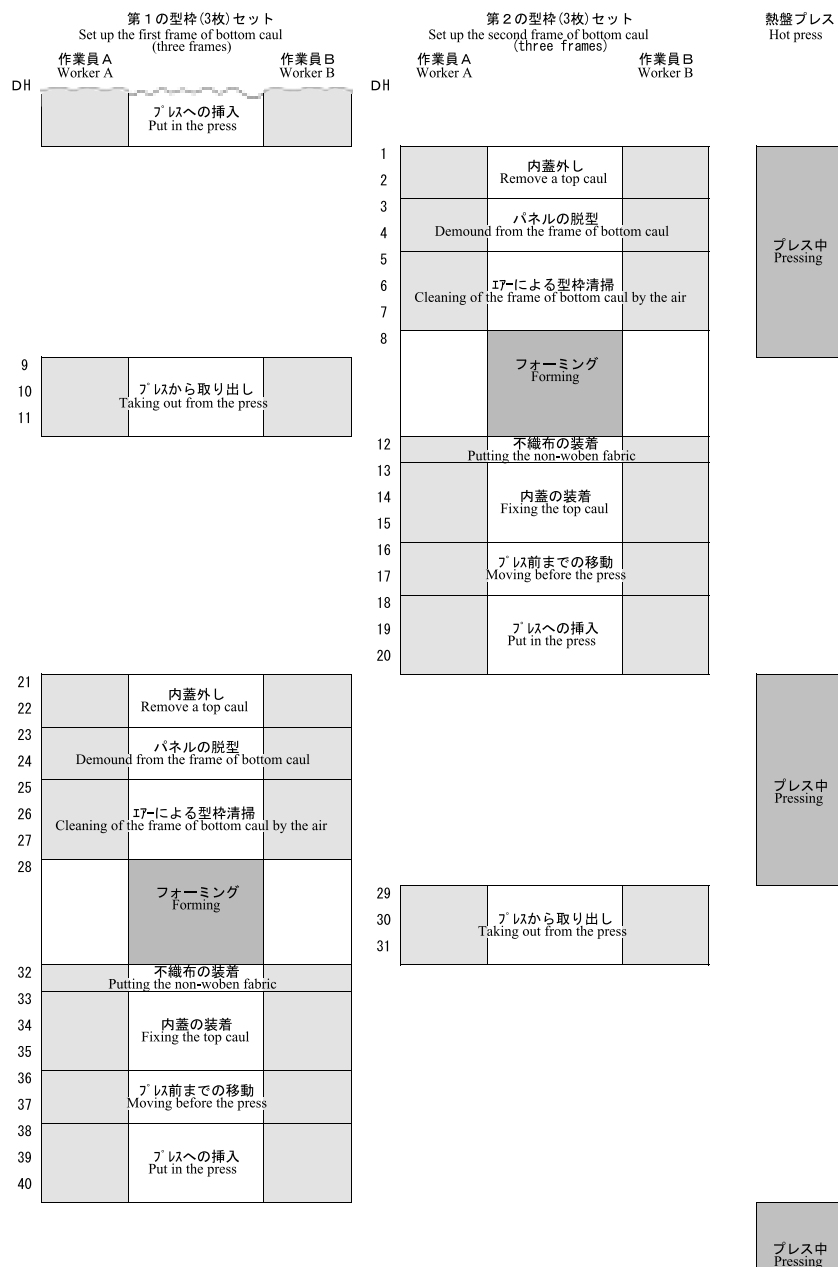
4. 工程分析

試作したフォーミング装置を組み込んだ場合の薄物遮音パネル製造工程における工程分析を行った。試作装置のフォーミング速度はローラコンベヤの速度から換算して、パネル2枚分が連なった型枠1枚当たり44秒である。一度に型枠3枚をプレスに入れることから、1工程のフォーミングに要する時間は132秒となる。

現状の手作業での遮音パネルフォーミング時間を7サイクル計測した結果、最低390秒、最高663秒とバラツキが見られたが、平均は520秒であった。自動フォーミング装置による実験結果はこれの1/4程度の時間となっている。フォーミング工程を含めた現工程の遮音パネル製造1サイクルには1,200秒を要しており、このうちのフォーミング工程を実験結果に置き換えると812秒となり、約2/3の時間で行えることが分かる。

また、必要人員を分析するため、既存の遮音パネル生産工程に、試作フォーミング装置を導入した場合を仮定して工程分析を行った。この時の設定条件は次のとおりである。

- ・熱盤プレスは3段プレスを使用し、熱圧時間は5分一定。
- ・型枠は、パネル2枚が製造できる外寸1,000 × 2,000mmサイズの型枠3枚を1セットとして、



第5図 試作フォーミング装置の導入を想定した薄物遮音パネル生産工程のマン - マシン分析
Fig. 5. Man-machine analysis of the production process of the thin sound-insulation panel.

2セット使用。

- ・型枠1セット当たりのフォーミング時間は約132秒, 不織布・内蓋の装着は2人で144秒, プレス挿入および取り出しにそれぞれ2人で108秒。

設定条件に基づき工程分析(マン - マシン分析)^{2,3,4)}を行った結果を, 第5図に示す。第1の型枠セット, 第2の型枠セット, 熱盤プレスの3設備

に分けて示している。また, 所用時間は, 工程分析の単位であるDH(Decimal Hour, 1DHは1/100時間 = 36秒)で表し, 内蓋外しからプレスへの挿入の作業を1サイクルとした場合, 2サイクルの40DHの工程を示した。

図から, 現状と同じ生産性を維持するために必要な人数は2人であることが分かり, 現状の1/3の人数に削減可能であることが分かる。

40DH(24分)の中で(型枠3枚分の)フォーミングに要する時間の合計は7.3DHである。不織布・内蓋の装着,型枠移動,清掃等に多くの時間を費やしているが,これらは今後の熟練や機械化により短縮が可能と考えられる。また,コンベヤ速度の高速化やプレスローダ・アンローダ装置の導入により更なる時間短縮も可能と考えられる。

5. まとめ

作業に熟練と時間を要し,人件費コストが高い薄物遮音パネル製造工程の省力化と高速化による量産に対応するため,薄物遮音パネル用フォーミング装置を検討し,試作した。

得られた結果は次の通りである。

(1)強固な構造の新たな型枠を試作した。フォーミングは,型枠高さまで行い,プレス時に蓋が型枠内部に入るとともに型枠縁部を押さえつけて当て止めする構造とした。

その結果,型枠の変形方向が一定になるとともに,熱圧時の変形が矯正され,安定した生産を行える見通しを得た。

(2)変形した型枠でもスクリーフィーダと型枠との間隙を一定距離に保つ機構を試作した。また,混合原料の回収および供給コンベヤを組み込んだ実用規模のフォーミング装置を試作した。製造試験の結果,試作装置に大きな問題はなく,十分な性能を有していることが明らかとなった。

(3)製造試験で試作した薄物遮音パネルは重量のバラツキが既製パネルよりも大きかったが,縦横長さ,厚さに関しては既製パネルよりもバラツキが少なく,パネル四隅の硬さも既製パネルより品質が良かった。

(4)工程分析の結果,自動化した場合のフォーミング工程は手作業の約4倍の速度で行えることが分かった。また,必要人員は手作業の6人に対し,2人に対応可能であることが分かった。

6. おわりに

本研究は,高粘度接着剤を用いたゴム木質複合パネルの量産化とコストダウンを図るために,製造上ネックとなっているフォーミング工程の自動化を目的として行ったものである。

本報は型枠およびフォーミング機構を検討し,フォーミングが難しい薄物の遮音パネルにも対応できる実用規模の自動フォーミング装置を開発した。その結果,試作フォーミング装置によって製造したパネルは既製パネル以上の品質となり,試作した装置の基本構造は十分実用に耐えられるものと判断された。

共同で研究を行ったサンフロア工業(株)では今後,本研究成果をもとにゴム木質複合パネルの増産を行う計画であり,原料である廃タイヤ・廃木材の有効利用が一層推進されるものと思われる。

文 献

- 1) 白川真也 ほか7名:林産試験場報,15(3),1-10(2001).
- 2) 五十嵐瞭編:“まるごと工場コストダウン”,日刊工業新聞社(1991).
- 3) 日刊工業新聞社「工場管理」編集部編:“現場を根こそぎ改善する事典”,日刊工業新聞社(1991).
- 4) 千住鎮雄 ほか4名:“経営工学シリーズ14 作業研究”,日本規格協会(1980).

- 技術部 機械科 -

- *1:高岡短期大学 -

- *2:技術部 成形科 -

- *3:企画指導部 普及課 -

- *4:宗谷支庁 経済部 林務課 -

- *5:サンフロア工業株式会社 -

(原稿受理:02.6.11)