

## プレハブ工法を一新する 「多機能素材」

### A MAJOR BREAKTHROUGH IN A "MULTI-FUNCTIONAL MATERIAL"

#### 多機能素材について

プレハブ住宅の住宅建設に占める比率は、年々上昇しており、同時に供給メーカーの規模も一段と大型化してきました。

しかしながら、これからの飛躍を、これまでの成長過程の延長線上に量的規模の拡大によって求めるとしたら、大きな誤りとなるでしょう。

これまでも、規模の拡大は、なかでも技術的内容に大きな変化を伴っており、軸組工法からパネル工法へ、中型パネルからルー

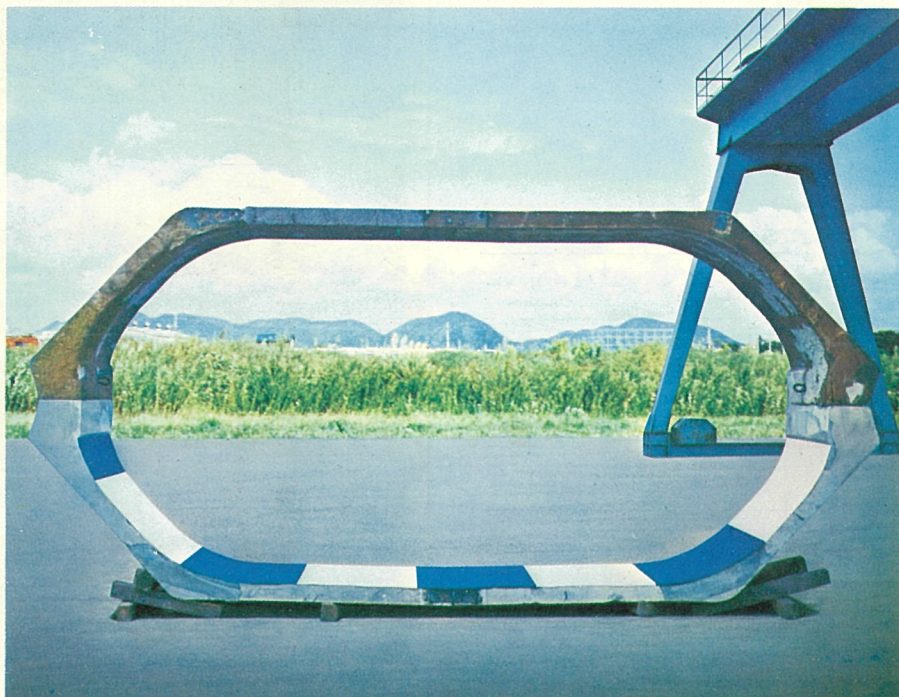


写真1: 「MAT-1」による試作構造体(破壊試験終了後)  
photo1: prototype "MAT-1" (after fracture test)

ムサイズパネルへといった、いくつかの変革を行ってきました。

更に次のステップに飛躍するには、大きな技術革新が飛躍台として必要です。

なかでも、材料の革新はプレハブ住宅技術全般への波及効果が大きく、最も力を注ぐべき対象と考えます。

当総合研究所も、プレハブ工法の革新を目ざし、新材料の開発に民間研究所等と共同して取組んできました。

最近、これらの研究もようやく実用化の可能性が見出されるに至り「多機能素材」として大きく前進をはじめています。

新材料の開発は、材料そのもののコストダ

ウンによる直接的効果と新材料によって可能になる新しい構造・工法あるいはシステムの革新を通して生れる間接的効果が大きい。現在の建築用素材は、現場生産方式に好都合な材料として開発されたものがほとんどです。工業生産住宅が大量かつ安定的に供給されるためには先ず均一で高品質な住宅でなければならない。現在の住宅は、在来の現場生産建築の熟練技術者にその品質を多かれ少なかれ依存しているのが実状です。この問題を解決するには熟練労働力に対する依存度の低い、新しい構造、工法を可能にし飛躍的に生産性を向上しうような材料が必要です。

### A "MULTI-FUNCTIONAL MATERIAL"

In recent years prefabricated housing's percentage share of annual housing starts has been steadily increasing. Consequently, the number of prefabricated housing suppliers and manufacturers has also steadily increased. However, it would be dangerous to take this rate of growth from the past few years and project it into forecasts for the future of the prefabricated housing industry, as the scale of this recent growth has been based in the many great technical developments which have occurred in the field during the past few years. For example, housing manufacturers have recently moved from standard frame to panel-type construction, and even more recently, from small modular panels to large ones. Thus, the industry is now at a stage where, if more growth is to take place,

the suppliers and manufacturers must again advance their building technology and systems. Recently the basic approach to the evaluation and development of materials has radically changed so that, today, we are seeing the potentials and capabilities of various materials in combination being explored. The Misawa Homes Institute of Research and Development, in connection with several other research institutes, has recently been devoting a great deal of time and effort to the development of new materials in order to further the state of the entire prefabrication industry. As a result of this program, Misawa Homes is now introducing a new multi-functional material for practical use in the housing industry.

Our industry always places importance on the development of new construction materials, because they can make two important contributions to the industry: one direct and the other indirect.

New materials always have the possibility of making direct contributions to the curtailment of production costs. At the same time,

they also have the potential of helping engineers to think of new possibilities in structural patterns, architectural techniques or systems engineering. Improvements or innovations in these fields are indispensable for an industry which is always striving towards the standardization of a varied range of merchandise. Most of the construction materials now available are products that were invented or developed to suit the needs of contractors who were, and continue to be, primarily concerned with erecting buildings which are as unique as possible, within any given set of circumstances.

However, in the case of prefabricated housing, since the industrial process is continuous and highly controlled, the supply of houses can be constant and of a uniformly high quality. At present, construction of most private houses depends largely on the expertise and experience of the men who are actually constructing them. Consequently, the quality of these houses has to be what individual contractors can furnish within their scope of experience and expertise.



項 目	単 位 unit	MAT-X-2	(参考) コンクリート concrete
単位容積重量 Weight	$\frac{t}{m^3}$	1.5	2.3
弾 性 係 数 coefficient of elasticity	$\frac{kg}{cm^2}$	$14 \times 10^4$	$25 \times 10^4$
曲 げ 強 度 bending durability	$\frac{kg}{cm^2}$	110	40
圧 縮 強 度 compressibility	$\frac{kg}{cm^2}$	320	320
熱 伝 導 率 thermal conductivity	$\frac{Kcal}{mh^\circ c}$	0.18	1.98
透 水 性 percolation		なし no	あり some

表 1：“MAT-X-2”の物性  
chart1:physical properties of “MAT-X-2”

#### 開発のねらいと過程

(1)多くの機能を複合する多機能な材料であること  
住宅のシェルターとしての機能を、できるだけ一つの材料で満足するような新材料によってプレハブ工法の各段階の工程を「直接化」したい。つまり、これまでの異なる機能ごとに材料を積み重ねる方法をできるだけ簡単化したい。機能としては、構造材として、同時に防水、防火、断熱、遮音能力を持ち、仕上げ材としても良好であるものを考えています。

(2)軽量材料であること  
構造体部品の「大型化」は、材料使用の低減、加工、組立品質に大きな向上をもたらす。反面、大型化は、単位部品の重量の増大をもたらし、輸送、組立の上でマイナスとなり、大型化効果を減殺する。従って、大型化は、材料自体の軽量化が前提となります。また、材料の軽量化は、構造体の応力を低減する上でも達成されねばならないと思います。

(3)生産性の向上が期待できること  
生産にあたって、工程の簡単化、加工の連続化、自動化等が適用し易い材料であること。特に成型時間の短縮が可能であり、また、全体として付加価値向上が期待できるものであることです。

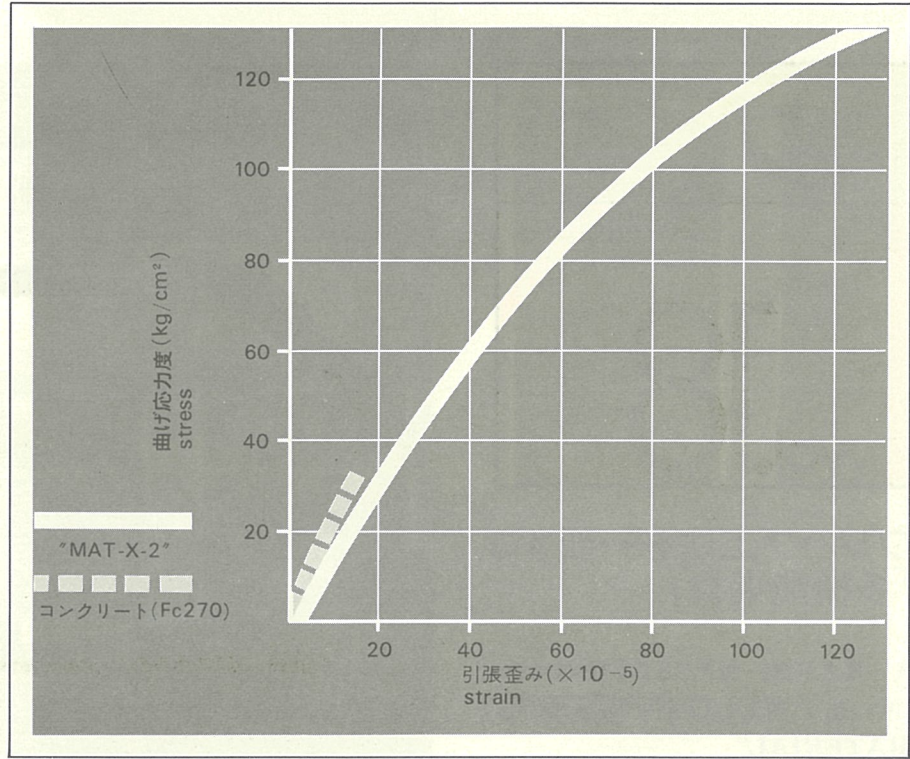


図 1：曲げ応力——引張歪曲線  
fig1 :stress-strain curve

(4)その他  
生産過程における公害の発生、災害時の安全性、廃棄処理等に問題のないこと。  
以上のような意図のもとに、材料の基本的検討からはじまりました。

#### 開発過程

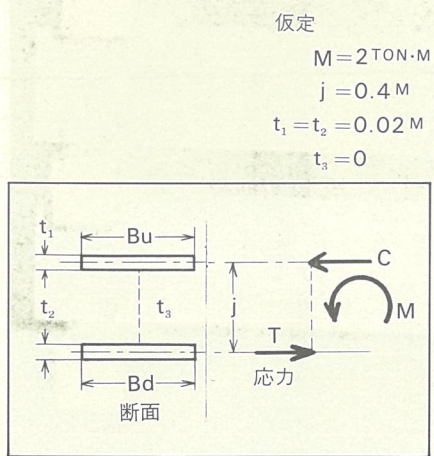
これからの材料の開発では、発明、発見による新しい単味材料の可能性はほとんどなく、住宅材料としての新しいニーズをもとに、システムの開発による複合材料を指向しました。

(1)要素の選定……無機（非金属材料）と有機高分子材の組合せ  
現在の建築用主要材を、多機能材料として見た場合、天然木材は最も優れたものですが、高価です。コンクリートは、その安価さに加えて多機能という点でも優れていますが、住宅規模では重量が大きなネックとなります。スチールは、靱性に優れ、構造材としては極めて優秀ですが、住宅性能の上からは多機能性が最も少ない。結局、鉄でもなく、木でもなく、コンクリートでもない第 3 の材料として、無機材料とプラスチックの組合せに焦点を合せることになりました。  
無機材料として選んだ天然骨材は、耐圧力、耐久性、不燃性に特徴があり、多機能素材の構成材として好都合な面が多い反面、靱性に乏しく、特に引張り変形能力に欠けています。一方、プラスチックは変形能力

も大きく、靱性にも富み、また、耐水能力、接着能力等で優れる反面、耐熱性、クリープ等で著しく劣っています。

(2)組み合せの選定  
両材料の特徴をいかに活かし、補完する組合せとするかということにしばられ、次の二つの組合せから出発しました。  
プロジェクト“MAT-1”：  
無機骨材＋無機バインダー＋プラスチック（3 相）  
プロジェクト“MAT-X-2”：  
無機骨材＋プラスチックスバインダー（2 相）

(3)開発の状況  
●プロジェクト“MAT-1”：  
“MAT-1”系は、無機バインダーと発泡質プラスチックスバインダーが同一工程で混入されることに特徴があるが、プラスチックの効果期待したほどでなく、その後、無機バインダーを改質し、生産面で優れた材料として育っています。  
●プロジェクト“MAT-X-2”：  
“MAT-X-2”系では、容積重量も小さく、強靱な材料とすることができました。同圧縮強度の普通コンクリートに較べ、重量は30％軽く、曲げ強度は、2.5～3 倍に達しています。また、断熱性、耐水性、耐蝕性など、多機能性をもっています。しかしながら、当初問題のあった難燃性は、現在のもので著しく改善され、実用上問題のないところまで来ました。参考までに表 1、図 1、図 2 にその特徴を示します。



材 料	比 較 断 面	Bd/Bu	Kg/m
コンクリート  Fc=225kg/cm² 嵩密度=2.2 TON/M³		5.45	重量／ 単位長さ 31.1
ALC  Fc=40kg/cm² 嵩密度=0.6 TON/M³		3.97	37.5
“MAT-X-2”		2.20	9.5
杉（一等）		0.86	3.1

図 2：一定モーメントに対する所要断面比較図  
fig2 :moment-cross sectional area

### “MULTI-FUNCTIONAL MATERIAL” DEVELOPMENT PROCESS AND GOALS

#### THE DEVELOPMENT GOALS

(1) To develop a “multi-functional material” which is composed of various kinds of materials  
a) in order to capitalize upon and exploit the best qualities of each material component so that waterproofing, sound and thermal insulation, and finishing functions can be embodied in a single compound material. Also, this should be achieved in such a way that the new material can be applied in a single, simple process, rather than being built up layer by layer, function by function.  
b) to decrease the number of processes and amount of time involved in prefabricated housing construction.

(2) To develop a light material for large modules  
In prefabrication techniques large modular constructions effectively improve the process of manufacture, the construction process, and the quantity of materials used. However, large modules are much heavier than regular building components and thus complicate transportation and construction processes. Consequently large modular building components must be constructed of a light-weight material.

#### THE DEVELOPMENT PROCESS

Today the probability of discovering or inventing a totally new material is very small, so that most efforts in the field of materials science have been geared towards the development of multi-functional materials and new methods of utilizing materials. This dual goal of finding a “multi-functional material” which could be used in a total construction system formed the basis of Misawa's approach to the development process of our new product.

(1) Selection of material components  
Natural wood is an excellent multi-functional material; but it has serious strength limitations. Concrete is, in fact, a much more valuable material in all senses, but it has the disadvantage of being extremely heavy. Steel, on the other hand, is both a strong and stable material, but from a multi-functional point of view, it is not flexible enough. Since none of these conventional materials can adequately satisfy the demands placed upon a “multi-functional material,” Misawa sought the required characteristics in a compound material. The most suitable compound was discovered to consist of a combination of inorganic, non-metallic and

organic, high polymer materials.  
The merits of the inorganic material lie in its bearing capacity, durability, and non-inflammability. However, it does lack strength under tensile loads and is also fairly rigid in shape.  
However, the merits of the organic plastic balance out these weaknesses, as it is transformable while still retaining rigidity and strength. Also it is waterproof and forms excellent adhesive bonds. In fact, the only drawbacks to the plastic are that it is subject to creep and does not resist thermal transfer.

(2) Selection of the combination ratio  
The point in question is how to combine the materials in such a way that their individual merits combine to cancel out their individual defects. With this goal in mind, the following decisions were made:  
Project “MAT-1”: inorganic aggregate +inorganic binder +plastic (three phases)  
Project “MAT-x-2: inorganic aggregate +plastic binder (single phase)

(3) Development results  
Project “MAT-1”:  
The inorganic binder and plastic binder are mixed at the same time. But the plastic was found not to work effectively so the initial inorganic binder was reinvestigated. Thus a new inorganic binder is now being used and the resultant material is considered to admirably satisfy all of the demands on a “multi-functional material”  
Project “MAT-x-2”:  
This material is found to be strong and durable. When compared with concrete, it retains the high compression strength but with a 70% reduction in weight. Also, its bending strength is double or triple that of concrete. In addition, “MAT-x-2” is waterproof, heat resistant and does not corrode. Thus it is proving to be an excellent “multi-functional material.” Moreover, the original problem of providing insular properties within the materials, which was thought to be impossible, has been overcome and will undoubtedly be further developed in future.





写真2: "MAT-X-2"の曲げ試験結果  
photo2: the result of "MAT-X-2" bending test

## 今後の展開

新しい材料の開発は、材料そのものを直接対象とすると、いろいろな面で非能率的な面が出てきます。そこで私共は材料開発を新構造、工法、システムなどの全体の中でとらえ、最後の目標を住宅の大巾コストダウンに置く開発の一環として進めているわけです。したがって、材料のコスト評価にしても、単に材料の重量単価のみではなく、今後の住宅機能や、生産施工のプロセスなどを加えたトータルなコスト評価が可能です。つまり住宅としての最終ニーズからの目標設定がなされる必要があり、その点で工場生産住宅の開発・生産・流通のシステ

ムが着実に発展していることが開発に対する好環境になっています。

終りに今後の展開を考えてみると、現在は多機能素材のテーマのもとに、複合材料という形で、実現の可能性への見通しを得た段階であり、積極的に開発費を投入して、更に改良を加え、初期の目標に到達させる予定です。

住宅の場合、新製品の開発に長い期間と莫大な費用を必要とします。自動車や家電機器等と異り、住宅はそれ自身、はるかに長寿命が要求されること、住性能は四季を通じた評価が必要であること、気候風土等による立地条件が多様であること、などの複雑な要因をたくさん持つ製品だけに、十分な検討なしに商品化することを慎まねばなりません。

多機能素材の把握から始めて、過去5年間材料設計を中心として進めてきた研究を今後は、明日の住宅としての新しい構造、工法、生産方式等と密着させ、総合的に研究し5年後には実用化したいと考えています。材料独自の当面の問題として、コストの低減、品質の安定化、性能の改善と併行し、実際住宅として多層住宅の建設による実大規模の実験研究があります。すでに計画から実施に移されており間もなく新しい結果が得られる予定です。

多機能素材の研究は、非常に多くの専門分野にまたがっており、その意味で大学をはじめ、各業種の民間企業内研究機関等のご支援に負うところが多く、今後の研究の積極化に伴い、なお一層のご協力をお願い申し上げます。

## FUTURE DEVELOPMENT

We have been working on the theme of a "multi-functional material", and have now succeeded in the production of a compound material which satisfies our aims. We are now prepared to invest more money in this project in order to improve the quality of the compound material. Development of new prefabricated housing involves huge investment and a long span of time. Compared with automobiles or household electric appliances, prefabricated housing must have a longer life, must withstand more

effectively the changes in seasons, and must meet a wider variety of locational conditions. A manufacturer is required to carefully examine all these complicated factors before going into production.

In our case, we started from the concept of "multi-functional material" and have spent the last five years in research into appropriate designs for this multi-functional material. We shall spend another five years looking for a system to produce the material in a factory, while the same time seeking a way to adapt the material to the requirements of modern systems of construction.

At the end of our new five-year program, we hope to be able to manufacture this multi-functional material.

Low cost, uniform quality and excellent performance are requirements for any com-

mercial product. In the case of materials required for prefabricated housing, there is also the requirement that the materials must function properly in high rise structures which are becoming increasingly common.

The materials, in this connection, must be tested in life-size prototypes. These tests are already being carried on by our research institute with some results expected to be obtained shortly.

In any event, the study of multi-functional material requires knowledge of a variety of specialized fields, and we owe various universities and research institutes of commercial enterprises much for their cooperation and assistance.

We need their continued assistance since our project is expected soon to reach a stage that requires diversified techniques.