

Materiales compuestos en la construcción: Introducción

Composite materials in building: Introduction

ANTONIO MIRAVETE

Dr. Ingeniero Industrial. Prof. del Dpto. de Ingeniería Mecánica de la Univ. de Zaragoza

Fecha de recepción: 7-V-97
Fecha de aceptación: 18-VI-97

ESPAÑA

En primer lugar, convendrá definir lo que hemos entendido por materiales compuestos en la construcción a lo largo de esta publicación. Aunque el concepto de material compuesto es muy amplio, vamos a detenernos en aquellos materiales compuestos que, o bien su utilización es una realidad o bien presentan unas excelentes perspectivas de utilización en la Industria de la Construcción. Este monográfico se compone de dos partes. La parte I se dedica a los materiales compuestos con matriz de hormigón. Serán tratados temas clave como son la dosificación, la interfase en sistema acero-hormigón y la implantación de nuevas fibras acrílicas, como son las acrílicas con base de hormigón. La parte II se concentra en los denominados materiales compuestos de matriz orgánica. No se ha tratado el tema de fibra de vidrio AR con base de hormigón, ya que ha sido analizado con anterioridad en números anteriores de esta publicación.

En nuestros días, los materiales compuestos en la construcción constituyen un tema estratégico tanto para los ingenieros de caminos, canales y puertos como para los ingenieros de materiales. Existen en la actualidad tantos libros, revistas monográficas, artículos, conferencias, congresos, seminarios, etc., que parece quedar claro, para toda la comunidad científica, que los materiales compuestos han irrumpido en la Industria de la Construcción.

Y no sólo podemos hablar de realidades científicas sino que también podemos hacerlo de aplicaciones

First, let us define what we understand as a composite material along this publication. Though the concept of "composite material" is very wide, we are going to focus on those composite materials which have better chances to be implemented in the construction industry: organic and concrete-based matrix composite materials. This publication is composed of two parts: Part I is devoted to concrete matrix composite materials. Three issues will be developed in this area: dose and interface of steel-concrete composite materials, and acrylic fibre-concrete systems. Part II is related to new materials and typologies based on organic matrix composite materials.

Nowadays, composite materials in the construction industry is a key issue for both civil and material engineering. There are so many books, monographic journals, papers, articles, conferences, workshops, seminars, and so on, that, it seems clear to all the scientific community that composite materials are being implemented in the construction industry in a definitive way.

And not only, we can talk about scientific facts, also we can talk about star applications, as bridges, full

estelares, tales como puentes, edificios integrales y aplicaciones de envergadura en torres de comunicaciones, rascacielos, industria química, etc.

El sistema acero-hormigón es conocido. Sin embargo, la dosificación y la interfase son temas críticos, que, hoy en día, son objeto de estudio en profundidad por la comunidad internacional y que, con toda seguridad, lo seguirán siendo por mucho tiempo, dada la complejidad de ambos temas.

El sistema hormigón-fibras acrílicas presenta un gran interés científico e industrial y como se verá, a lo largo del tercer trabajo de este monográfico, las propiedades y su comportamiento en servicio son realmente prometedores.

Los materiales compuestos de matriz orgánica están conformados por fibras (vidrio, carbono o aramida, fundamentalmente) y por una matriz orgánica (poliester, vinilester, fenólica o epoxi, básicamente). El resultado es un material muy diferente de los tradicionales hormigón o acero. Se trata de una nueva generación de materiales estructurales, cuyas propiedades fundamentales son la heterogeneidad, anisotropía, resistencia, flexibilidad, ligereza, excelente comportamiento ante el medio ambiente y elevado coste. Su primera utilización como elemento estructural se llevó a cabo en la década de los sesenta, en Estados Unidos.

Resulta difícil comparar estos nuevos materiales con los tradicionales. Cada uno presenta sus ventajas y sus inconvenientes. Sin embargo, es un hecho que estos materiales presentan una alternativa de gran interés tecnológico e industrial en todos aquellos casos donde los materiales tradicionales presentan problemas de comportamiento en servicio. En casos tales como la concepción de una nueva obra, donde existan problemas potenciales de corrosión o ataques químicos, donde existan equipos de comunicación, cada vez más presentes en nuestra vida diaria, ya que los materiales tradicionales plantean interferencias con las ondas electromagnéticas o, finalmente, cuando el peso sea importante por existir problemas en el transporte de materiales o porque la obra tiene un carácter móvil, los materiales compuestos de matriz orgánica deben ser estudiados como alternativa.

Pero estos materiales no sólo presentan un gran interés en la concepción de la obra. En tareas de rehabilitación, reparación o mantenimiento de edificios, están representando un papel cada vez más importante.

En esta primera etapa de treinta años, el mundo industrial ya se ha mentalizado de que es posible

composite buildings, applications in towers, skyscrapers, communication towers, chemical and civil constructions,...

Materials analysed in part I, are very well known. There are many publications devoted to these materials. However, dose and interface are very critical issues and both of them are topics, object of study in the present and for sure, in the future.

Acrylic fibre and concrete composite materials are very interesting for the construction industry, and, as it will be shown along the third paper of this publication, properties and behaviour of this new material are very promising.

Organic matrix composite materials are composed of fibres (glass, carbon or aramide, basically) and an organic matrix (the most usual being polyester, vinylester or epoxy). The result is a new material quite different to the traditional concrete, steel or wood. This is a new generation of materials, whose main properties are heterogeneity, anisotropy, high specific strength, flexibility, lightness, outstanding long term behaviour and high cost. They were first used as a structural application in United States in the 60ths.

Comparison between traditional and advanced composite materials is difficult to be done. However, it is considered as a fact, that these materials represent a high tech alternative in those cases where traditional materials cannot be used. When can composite materials be used? When a certain construction is subjected to potential corrosion processes or chemical attack, or when it is planned to implement communication devices, which are more and more usual or finally when the weight is an important factor, because of the mobility of the construction.

These materials are also interesting in rehabilitation, repair or maintenance of old constructions.

For the last thirty years, the industrial world has learnt that organic matrix materials can be applied in the

utilizar fibras y matrices orgánicas en la construcción con carácter estructural. Se ha cerrado un ciclo y ahora se inicia otro: los técnicos de la construcción ya lo consideran una alternativa, ya se contemplan asignaturas de materiales compuestos en los Nuevos Planes de Estudio; en definitiva, son una realidad en la Industria de la Construcción. Esta nueva etapa se caracteriza por el tema "coste". De todos es sabido la importancia de los costes en la Construcción. Al hablar de materiales caros, una vez que éstos han demostrado una elevada fiabilidad, deben superar el obstáculo más importante: la rentabilidad. Sin duda, ventajas en la puesta en obra, en el mantenimiento, en el bajo coste que conllevan las tareas de rehabilitación con materiales tan ligeros y resistentes han permitido que ese obstáculo se supere en una larga lista de aplicaciones. Evidentemente, aún queda mucho por hacer: disminución de costes de materias primas, generación de nuevos procesos...

En la última Feria de Materiales de Construcción, Construmat 97, se concedió un premio especial a un proyecto de refuerzo de puentes de hormigón armado mediante bandas de carbono/epoxi, lo cual es bastante significativo y edificante para este tipo de materiales.

El objetivo de este trabajo monográfico ha consistido en presentar aquellos nuevos materiales y tipologías que más se están utilizando y mejores perspectivas de utilización presentan en la Industria de la Construcción. No hemos querido plantear aquellos materiales y tipologías conocidos, ya que existe abundante bibliografía sobre este tema.

Del amplio espectro de nuevos materiales y nuevas tipologías que se utilizan hoy en día o que se prevén como una implantación importante en la Construcción, hemos destacado cinco:

- * Pultrusiones híbridas fibras de vidrio/poliéster/acero
- * Marcos continuos
- * Estructuras parrillas
- * Estructuras sandwich con tejidos tridimensionales
- * Nuevas tecnologías textiles (braiding, stitching, knitting y weaving)

¿Por qué los Nuevos Materiales se utilizan de forma creciente en la Construcción?

Los nuevos materiales compuestos se caracterizan por su ligereza, sus densidades oscilan entre 0,03 y 2 kg/dm³, lo cual aporta enormes ventajas, tanto desde el punto de vista de economía y facilidad de transporte de la pieza hasta la obra, como de economía y facilidad de montaje y puesta en obra. Sin olvidar la significativa reducción de cargas muertas cuando estos materiales se utilizan de modo integral o masivo.

construction industry as structural materials. Thus, the first phase is over. Now, the second phase has got started: today civil engineers already consider these materials as an alternative, composite material courses are already being taught at Technical Universities and, at the end, they are an industrial reality. There is a key issue in this second phase: cost. Though raw materials are more expensive, lighter and more efficient designs have got that composite materials are present in a large list of building applications. There are still many things to be done: raw material cost must be cut down, new and more efficient manufacturing processes must be implemented...

A special award was conceded in the last edition of Construmat 97 to a project for reinforcement of a concrete bridge by means of carbon fibre/epoxy matrix composite materials. This fact says much about how competitive and promising this technology is.

The aim of this publication is to show those new materials, which are most used or have better perspectives to be used in the construction industry. This is not our idea to focus on those materials and typologies, already known, and can be found on many state of the art journals and publications already published.

Five new typologies have been selected from the wide new material spectrum available nowadays:

- * *Hybrid pultruded structures (E-glass/steel/polyester)*
- * *Continuous Frames*
- * *Grid Structures*
- * *3-D Fabric Sandwich Structures*
- * *New textile typologies (braiding, stitching, knitting and weaving)*

Why composite materials are being used increasingly in the construction industry?

On the one hand, advanced composite materials are characterised by their lightness, low density, ranging between 0.03 y 2 kg/dm³, which generates big advantages in terms of cost, transport, assembly and implementation. Also, a great load reduction is got, when these materials are used massively in a certain building.

Por otra parte, presentan un excelente comportamiento ante la corrosión y ataque de agentes ambientales, lo cual supone una gran ventaja en aplicaciones costeras, marinas y, en general, en todos aquellos ambientes agresivos, siendo el mantenimiento prácticamente nulo.

Otra de sus peculiaridades es la de poseer elevadas propiedades mecánicas y, en particular, una excelente resistencia mecánica, tanto a tracción como a compresión, flexión, cortadura y resistencia al impacto, lo cual no limita su utilización en la estructura resistente. Presentan absoluta libertad de formas y diseños libres, adaptables a formas tradicionales o imaginativas.

Existe la posibilidad de moldeo en grandes piezas, por lo que, en ocasiones de difícil ejecución con materiales tradicionales, se puede contemplar su utilización sin ningún tipo de limitaciones, desde el punto de vista de proceso de fabricación.

Son autolimpiables por la lluvia, lo cual les hace muy interesantes para elementos arquitectónicos exteriores, tales como fachadas, cubiertas, elementos decorativos, etc.

No presentan ningún tipo de interferencias a las ondas electromagnéticas, lo que permite que se usen, de forma exclusiva, para la ejecución integral de edificios de comunicaciones, transmisiones, etc. Son altamente resistentes al fuego ya que presentan una baja inflamabilidad, mediante una selección adecuada de resina y aditivos.

En el capítulo de seguridad e higiene, en numerosas aplicaciones en la Construcción, están substituyendo al amianto: placas onduladas, tabiques antifuego, tubos y accesorios, pizarras de techado y tejas. Un diseño adecuado del material elimina problemas de humos y de cualquier otro relacionado con la seguridad.

La configuración de sandwich permite obtener un coeficiente de conducción térmica muy bajo, por lo que se puede afirmar que estos materiales son ideales para resolver el problema de aislamiento térmico.

Al ejecutar una pieza en nuevos materiales, existe la posibilidad de pigmentación durante el propio proceso de fabricación, lo que se suele denominar "color en masa", siendo innecesaria la operación de pintado de la pieza.

En el capítulo de acabados, se pueden conseguir acabados mates, rugosos, satinados,... Asimismo, se puede obtener cualquier grado de luminosidad de la pieza: translucidez u opacidad.

On the other hand, these materials present an outstanding behaviour against corrosion and chemical attacks, which are very important for marine and harbour applications and, in general, in all aggressive atmospheres, with practically no maintenance.

Organic matrix composite materials have very high specific mechanical properties, as tension, compression, bending, shear and impact strength. Any type of geometrical shape may be designed with no restrictions on size, curvature and thickness, since most manufacturing techniques are based on moulding.

These new generation of materials are very adequate for outdoors applications, such as fronts, domes, covers, exterior decorative elements.

Their aspect look clean all the time since the rain keep composite surfaces bright and clean.

One of the most important advantages of these materials, is that they do not interfere with electromagnetic waves, which is a critical issue when designing buildings and construction where communication devices must be installed.

Selecting and designing properly the composite material matrix and additives, fire resistance is high enough to meet the strict national and international requirements. Asbestos are increasingly substituted by composite materials. This way, safety is highly improved by using these kinds of materials on wavy plates for covering and walling, walls and a large list of building applications.

The sandwich typology is appropriate in those applications where stiffness is the key issue. Thermal and acoustic isolation is also highly improved by using sandwich structures.

Typical manufacturing processes for composite materials, include the combination of fibres and matrix, pre-coloured. Thus, working with composite materials, painting is not necessary any more in many applications.

Talking about finishing, a large variety of surfaces can be obtained: dull, bright, rough, even,... Also, in terms of luminosity, opaque and any type of translucent surface can be made.

Estos materiales son inertes al agua y a agentes químicos diversos, debido a lo cual se están utilizando de forma masiva en instalaciones de almacenaje, distribución y transporte de productos químicos y mercancías peligrosas. Utilizando los aditivos adecuados, se consiguen altos índices de aislamiento acústico, utilizándose en elementos constructivos interiores como techos y tabiquería.

Se puede afirmar que estos materiales prácticamente no conducen la electricidad, utilizándose en instalaciones de almacenaje, distribución y transporte de electricidad, con una alta rentabilidad al eliminar, total o parcialmente, el uso de aisladores.

Como aspectos que limitan su uso, se debe subrayar la falta de mentalización entre los usuarios y el escaso conocimiento que, de estos materiales, se tiene. Al ser tan recientes, los planes de estudios tradicionales de las diferentes titulaciones no recogen esta materia y se aprecia, entre los profesionales, una tendencia al uso de materiales tradicionales más conocidos, pero probablemente no los más convenientes para un elevado número de aplicaciones en la Construcción.

El coste es otro aspecto que, en algunos casos, limita su utilización, pero es necesario reseñar que mediante un diseño adecuado y tras evaluar las ventajas económicas que conlleva el uso de estos materiales: ligereza, economía de transporte y montaje, reducción de cargas muertas, mantenimiento prácticamente nulo y la eliminación de la operación del pintado de la pieza, se puede afirmar -en la gran mayoría de los casos- que el uso de estos materiales es rentable.

Finalmente, el reciclaje es otro de los temas de candente actualidad entre los nuevos materiales. Para los denominados plásticos o matrices termoplásticas, la reciclabilidad es directa, simplemente, calentando la pieza por encima de su punto de fusión, el material se dispone para su uso posterior. Para los nuevos materiales de matriz termoestable, esto no es posible y deben aplicarse tratamientos de tipo mecánico para su reducción en particular y permitir, así, su utilización posterior como cargas.

Composite materials are inert to water and most chemical agents, so their use in storage and distribution facilities of chemical products and dangerous goods, swimming pools,... has increased world wide over the last years.

In terms of electric conductivity, composite materials are practically isolators. Usually, regulations regarding electric isolation can be met by means of adequate designs.

Development of composite materials is limited by three factors, basically: first, knowledge of these materials must be extended through engineers, technicians and end users, so the materials community can see composite materials as an alternative to traditional materials. The recent implementation of composite material courses in the new engineering programs is vital for the development of these materials.

Second, the higher raw material cost, makes difficult its use in those applications, where traditional materials meet all the building requirements. A proper design by specialist engineers and a decreased of the raw material cost, would make the final cost more reasonable and competitive against traditional materials.

Third, recycling is a key issue, nowadays. Raw material manufacturers have to make an extraordinary effort to afford the recycling cost of these materials. Mechanical crushing is one of the most promising techniques for a composite material piece, once it is not been used any more. The final product can be applied to reinforced other new composite material pieces or other (roads, civil engineering applications,...) Thermoplastic matrix composites are also an alternative in terms of recycling requirements.

* * *