NRC·CNRC

NRC Publications Archive
Archives des publications du CNRC

Composites de polyester renforcé de fibres de verre

Blaga, A.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:
https://doi.org/10.4224/40001045
Digeste de la construction au Canada, 1980-03-01

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :
https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=0d2b92ff-c542-4b4d-aed1-98996737fa75
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=0d2b92ff-c542-4b4d-aed1-98996737fa75

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at
https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright
READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits
LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

Canada

Digeste de la Construction au Canada
Division des recherches en construction. Conseil national de recherches Canada

CBD-205-F

Composites de polyester renforcé de fibres de verre

Veuillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

Publié à l'origine en mars 1980.

A. Blaga

Les composites de polyester renforcé de fibres de verre (PRV) sont les matières plastiques renforcées les plus populaires dans l'industrie de la construction [1]. Selon la formulation et les exigences d'utilisation, ils peuvent se présenter sous la forme de produits légers, transparents, translucides ou opaques, colorés ou incolores, en plaques planes ou ondulées, sans limitation quant aux dimensions de l'objet à fabriquer. Ce Digest décrit la nature, les propriétés générales, les applications dans la construction et les domaines connexes, ainsi que la durabilité des matériaux composites de PRV.

Nature et fabrication

Les deux composants d'un composite de PRV sont la matrice (la phase continue) et le verre de renforcement. La matrice en elle-même n'assure pas la résistance, mais elle sert à lier les fibres de verre de renforcement et à transférer la charge à la phase de renforcement. La matrice est à base de résine polyester thermodurcissable réticulée (**CBD 159F**). La matière première se présente sous la forme d'un liquide sirupeux, visqueux, comprenant les ingrédients de base suivants: un polyester linéaire non saturé; un monomère de réticulation (agent de réticulation), habituellement du styrène; et un agent d'inhibition pour retarder la réticulation jusqu'à ce que la résine soit utilisée par le fabricant. D'autres ingrédients peuvent être ajoutés, soit par le fabricant de résine soit par le fabricant de produits de PRV, comme des matières de charge, des pigments, des ignifugeants, des stabilisateurs à la lumière ultraviolette (uv) et des agents thixotropes (pour empêcher l'écoulement excessif de la résine avant la réticulation).

Lorsqu'on a ajouté le catalyseur et le renforcement de verre, le mélange est prêt pour la production d'articles en PRV. Au cours de la fabrication, le monomère réagit avec le polyester qui réticule (**CBD 154F**) et durcit. Le résultat définitif est un matériau solide et rigide dans lequel la matrice s'est jointe chimiquement et mécaniquement aux fibres de verre de renforcement pour constituer une structure composite dont les propriétés sont très différentes des matériaux initiaux et largement supérieures à celles de chacun d'eux.

Le renforcement en verre assure la résistance du composite de PRV. On l'utilise sous forme de faisceaux de fibres ou filaments (diamètre allant de 0.005 à 0.01 mm ou plus) combinés pour former des torons. Le renforcement en fibres de verre peut être de plusieurs types, les plus importants étant les torons coupés, le mat à fils coupés, les rovings (fibres continues non tissées) et les tissus (matériaux tissés à partir des torons de fibres de verre). Le mat à fils coupés est la forme de renforcement en verre la plus largement utilisée, en particulier dans les plaques. Les fibres (2 à 5 cm de long) sont, distribuées au hasard. La teneur en verre des PRV

renforcés avec du mat à fils coupés varie généralement entre 25 et 35 pour cent; pour les PRV renforcés avec du tissu, la teneur en verre varie de 50 à 63 pour cent.

La performance d'un matériau de PRV, pour une application donnée, dépendra dans une large mesure de la méthode de fabrication. Les éléments en PRV pour les applications en construction peuvent être fabriqués pour toute technique conventionnelle, comprenant le moulage au contact, le procédé en continu, par projection simultanée de résine et de fibre de verre, par moulage à la presse à chaud ou à froid, et par bobinage.

Propriétés

Les propriétés du matériau composite de PRV fini dépendent d'un grand nombre de facteurs de composition et de fabrication, dont certains des plus importants sont la formulation de la résine, la matière de charge, les conditions de réticulation, le type et la quantité du renforcement, les agents de couplage (liant la résine au verre), le procédé de fabrication et l'exécution.

En choisissant les ingrédients, on peut obtenir des propriétés particulières. Par exemple, l'ignifugation peut être obtenue en incorporant des additifs appropriés, bien qu'il soit préférable de modifier la résine de base en polyester non saturé pour assurer une résistance inhérente au feu; la résistance au vieillissement peut être augmentée par l'utilisation de néopentylglycol et de méthacrylate de méthyle; et on peut ajouter des polymères thermoplastiques pour réduire le retrait durant la réticulation. Les plaques de PRV renforcées avec du mat à fils coupés sont essentiellement isotropes dans un plan parallèle aux surfaces, tandis que le renforcement avec le tissu et les rovings donne un matériau qui est de caractère anisotrope, avec des propriétés qui varient selon la direction.

A cause du grand nombre de facteurs qui définissent un composite de PRV, la gamme des propriétés mécaniques et des autres propriétés physiques est très étendue. Par exemple, la résistance à la traction à la température ambiante peut varier de 69 MPa (10^4 lb/po²) à 896 MPa (13 x 10^4 lb/p0²) ou plus, la rétention de la résistance mécanique à saturation (matériau saturé d'eau) est de 50 à 95 pour cent, et la densité spécifique de 1.2 à 1.9. La gamme de certaines propriétés physiques données dans le tableau 1 est typique des matériaux en plaque de PRV produits dans des conditions normales à partir de résines de polyester d'usage général et renforcées avec l'un des trois types de renforcement en fibres de verre. On trouvera dans la documentation (1,2) des données plus complètes sur les propriétés physiques des composites de PRV. La norme du gouvernement canadien la plus récente pour les PRV est 41-GP-6M (septembre 1976).

Tableau 1. Propriétés physiques de plaques de polyester d'usage courant renforcées de fibres de verre (renforcées avec diverses structures de fibres de verre)[1]

	Type de renforcement		
Propriété*	Mat à fils coupés ou prémélangés**	Rovings parallèles	Tissus 143*** couches parallèles
Teneur en verre, masse en %	25-45	50-70	62-67
Densité	1.4-1.6	1.7-1.9	1.7-1.9
Résistance à la traction, MPa (10^3 lb/po²)	76-160 (11-23)	550-900 (80-130)	540-600 (78-87)
Module de traction, MPa (10^6 lb/po²)	5.6-12 (0.82-1.8)	-	31 (4.5)
Résistance à la flexion, MPa	140-260 (20-38)	690-1400 (100-200)	590-720 (85-105)

(10^3 lb/po²)			
Module d'élasticité, GPa (10^6 lb/po²)	6.9-14 (1.0-2.0)	34-49 (5.0-7.0)	31-38 (4.5-5.5)
Résistance à la compression, MPa (10^3lb/po²)	120-180 (18-26)	340-480 (50-70)	280-340 (40-50)

* Résistance à la chaleur continue: 150-205°C (300-400°F); température de déformation à la chaleur (telle que lestée par la méthode ASTM D648) sous une contrainte de 1.82 MPa (264 lb/po²): 190-260°C (375-500°F); coefficient de dilatation linéaire, 10^{-6}/°C: 11-36 ou 10^{-6}/°F: 6.0-20.0.
** Mélange à consistance semblable au mastic, comprenant de la résine, des fibres coupées, des matières de charge, un catalyseur, d'autres ingrédients, prêt à être moulé.
*** Code pour un type de tissage d'une armure en fibres de verre, 0.23 mm (0.009 po) d'épaisseur.

Applications en construction

On peut diviser en deux classes principales les composites de PRV utilisés en construction: les articles de fabrication courante normalisés tels que les plaques à une couche (planes et ondulées) ou les panneaux sandwich, et les structures spéciales conçues pour une application spécifique par un architecte ou un ingénieur. Pour les produits normalisés, les détails des procédés de fabrication, les propriétés et les possibilités d'utilisation ont été établis. En ce qui concerne l'utilisation des éléments spéciaux, le concepteur du bâtiment devrait considérer les caractéristiques de base et le comportement du matériau ainsi que les procédés de fabrication lors du choix du matériau approprié pour une application donnée.

Panneaux translucides

A cause de leur transmission de la lumière relativement élevée (jusqu'à environ 85 pour cent), de leur légèreté, de leur résistance et, 1 nécessaire, de leur résistance à la combustion, les panneaux de PRV transparents et translucides (habituellement ondulés) ont une variété d'emplois tels que le vitrage des lanterneaux, les plafonds lumineux, les cloisons et les auvents.

Panneaux sandwich et opaques

Les matériaux en plaque de PRV sont utilisés comme revêtement sur d'autres matériaux de structure ou comme parties intégrantes, soit d'un panneau mural porteur, soit d'un panneau mural non porteur. Dans le dernier cas, il sert de revêtement décoratif (ne supporte pas de charge) sur du béton ou de la brique, donnant une vaste gamme de surfaces colorées et texturées. La plaque de PRV utilisée est généralement opaque, mais elle peut être translucide ou transparente.

En tant que partie intégrante, soit d'un panneau porteur, soit d'un panneau non porteur, le PRV opaque peut être utilisé de diverses manières, mais invariablement c'est la couche extérieure. Le panneau le plus populaire est du type sandwich avec deux surfaces extérieures de PRV et une âme de mousse de polychlorure de vinyle (PVC), polystyrène, polyuréthane ou plastique phénolique. Les panneaux en sandwich de PRV à âme de mousse sont également utilisés comme panneaux muraux dans les maisons mobiles et dans les coques de bateau.

Composite de PRV dans des éléments sectionnels et modulaires

En plus de sa légèreté, la facilité de fabrication de grands éléments et la simplicité des raccords rendent les matériaux composites de PRV particulièrement adaptés à la construction modulaire. Les éléments de construction sont préfabriqués et peuvent être rapidement assemblés sur le chantier de construction, ce qui les rend particulièrement pratiques là où l'accès est difficile ou quand le sol ne peut pas supporter les structures traditionnelles sans un coût de fondation

excessif. Des exemples comprennent des logements et des laboratoires des bases antarctiques, des tours de phares, des abris dans le désert ou sur des plates-formes de forage hauturier. Les murs des modules consistent habituellement d'un panneau en sandwich de PRV avec une âme en mousse plastique ou en nid d'abeille.

Autres applications

Le PRV est un matériau très pratique pour la préfabrication d'unités et d'éléments pour salle de bains. Des composites moulés à la presse sont utilisés pour la fabrication de réservoirs de stockage d'eau chaude et d'eau froide. Lorsque la matrice est faite d'un type spécial de résine polyester, des essais minutieux ont montré que le réservoir peut résister à la pression et à la température de fonctionnement. Le composite de PRV est aussi utilisé pour la fabrication de cadres de fenêtre et de coffrage à béton.

Durabilité

Bien que des progrès considérables aient été faits dans l'amélioration de la durabilité des composites de PRV, les produits commerciaux de ces matériaux se détériorent encore quand ils sont utilisés à l'extérieur. La détérioration commence habituellement sur la surface extérieure et sa vitesse dépend de la composition du matériau, du procédé de fabrication, du degré de réticulation, de la finition de la surface et des conditions de service. Des études récentes sur des matériaux de PRV en plaque à la DRB/CNRC ont montré qu'il y a deux types principaux de détérioration de la surface: détérioration de l'interface verre-résine entraînant le défibrage, et la microfissuration en surface de la matrice (figures 1 et 2). Tous les deux influencent l'aspect de la plaque de PRV et sa transmission lumineuse. Si la détérioration de la surface est importante, les propriétés mécaniques ainsi que les autres propriétés en souffrent. D'autres changements se produisant à la suite de l'exposition aux intempéries sont la décoloration et la piqûre de surface, qui peuvent aussi altérer les propriétés physiques de la plaque.

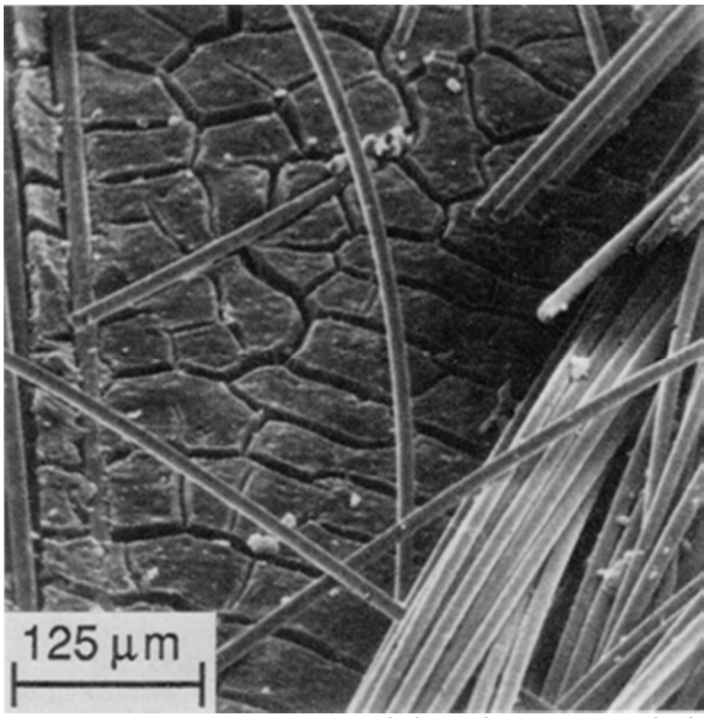

Figure 1. Surface d'un PRV (côté supérieur) exposée à l'extérieur pendant 12 ans.

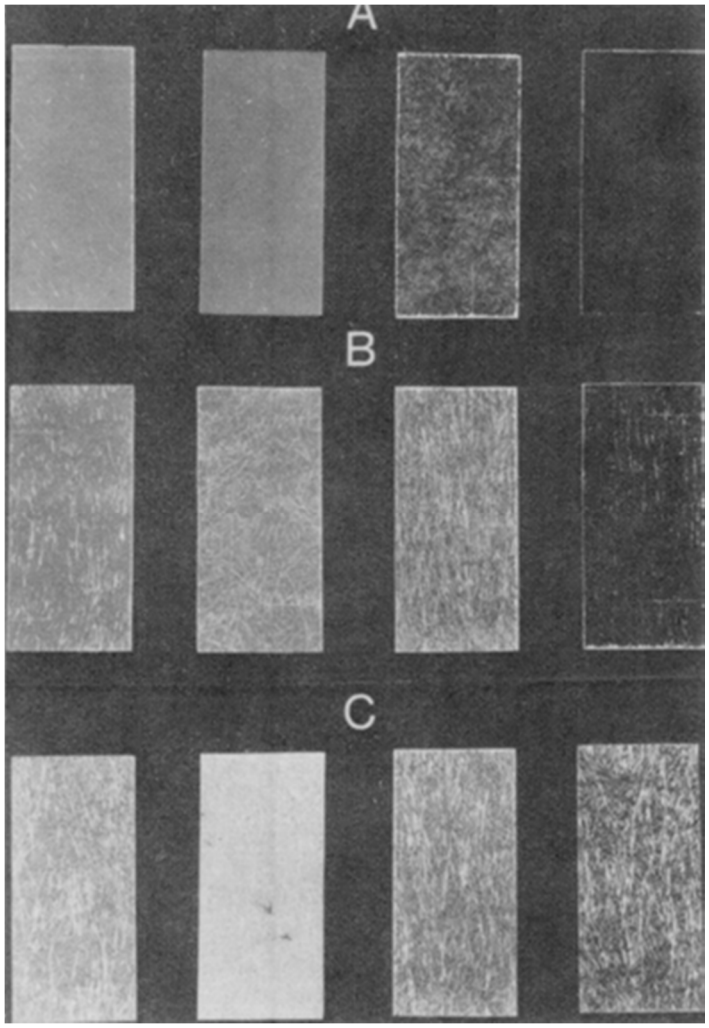

Figure 2. Diverses plaques planes (aigue-marine, jaunes, incolores, vertes) exposées à l'extérieur pendant 5 ans. A - témoin B - dessous de plaque C - face exposée (dimensions des plaques 21.5 x 9.5 cm)

Le défibrage a lieu sous l'influence de contraintes dues à l'environnement (fluctuation de température ou d'humidité) qui entraînent des fractures graduelles et l'effritement de la résine entourant le verre. Des études de vieillissement indiquent que le défibrage pourrait être important dans une plaque de PRV conventionnelle après une période relativement courte (cinq ans) d'exposition au climat canadien (figure 2). Il y avait beaucoup moins de défibrage sur le côté non exposé d'un panneau même après huit années d'exposition à l'extérieur. Ceci est compréhensible parce que les conditions d'exposition qui prévalent sur le côté non exposé sont moins rigoureuses.

La microfissuration en surface, l'autre type de détérioration, se produit généralement sur le côté de la plaque exposé au rayonnement solaire après que le défibrage est devenu relativement important. Elle se produit sous l'effet combiné de fatigue induite par des contraintes physiques et de contraintes de tractions induites par rayonnement dans les couches de surface de la résine, résultat du retrait pendant le vieillissement [1]. Contrairement au défibrage, qui se produit sur chaque côté de la plaque, la microfissuration a lieu sur les couches de surface (5 à 10 µm) de la surface exposée.

Les plaques de PRV ignifugées ont une résistance beaucoup plus faible à la détérioration causée par les intempéries. Des essais ont montré qu'un type courant de plaques de PRV ignifugées (à base de polyester dérivé de l'acide tétrachlorophtalique) subit une détérioration de surface 2.5

à 3 fois plus rapide que celle des plaques ayant une matrice à base de polyester d'usage général.

Comme la plus grande partie de la détérioration a lieu dans les couches de surface, celle-ci peut être modifiée pour augmenter la résistance de la plaque de PRV. Par exemple, un «gel coat», comme finition de surface des plaques de PRV, protège l'interface verre-résine contre l'effet de l'humidité et des contraintes thermiques de sorte que le défibrage ne se produit pas.

On obtient une bonne résistance aux deux types de détérioration en revêtant les plaques de PRV d'un vernis composé d'une résine acrylique stabilisée à la lumière ultraviolette. Le revêtement acrylique protège l'interface verre-résine contre l'effet des contraintes et la matrice sous-jacente contre l'action de la lumière ultraviolette.

Bien que l'aspect des plaques de PRV vieillies à l'extérieur pendant cinq ans fût considérablement influencé, la détérioration des propriétés mécaniques, telle la résistance à la traction, était généralement modérée; par exemple, les plaques exposées ont conservé 85 à 92 pour cent de leur résistance à la traction initiale (avant exposition). Si la détérioration de la surface est dans une phase avancée, il se peut, cependant, qu'elle ait un effet significatif sur les propriétés mécaniques du composite de PRV et sur la transmission de la lumière à travers des panneaux transparents ou translucides.

Comme la matrice est une matière plastique, donc organique et combustible par nature, les composites de PRV se décomposent et brûlent lorsqu'ils sont exposés au feu. L'architecte ou l'ingénieur concepteur qui utilise des matériaux de PRV devrait par conséquent avoir une compréhension complète du danger potentiel d'incendie et du comportement au feu.

Références

1. Blaga, A., GRP Composite Materials in Construction: Properties, Applications and Durability. Industrialization Forum, Vol. 9, 27-32, 1978.
2. Hollaway, L., Glass Reinforced Plastics in Construction. Engineering Aspects. New York, Wiley, 1978.