(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 837 202 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
21.05.2003 Bulletin 2003/21

(51) Int Cl.[7]: **E04G 23/02**

(21) Numéro de dépôt: **97402421.8**

(22) Date de dépôt: **14.10.1997**

(54) **Procédé de renforcement d'un ouvrage de construction, et ouvrage ainsi renforcé**

Verfahren zur Verstärkung von Bauwerken und so verstärktes Bauwerk

Method of reinforcing building constructions and construction reinforced in such a way

(84) Etats contractants désignés:
BE DE DK ES FR GB IT NL PT

(30) Priorité: **16.10.1996 FR 9612619**

(43) Date de publication de la demande:
22.04.1998 Bulletin 1998/17

(73) Titulaire: **FREYSSINET INTERNATIONAL STUP**
78140 Vélizy Cedex (FR)

(72) Inventeur: **Tourneur, Christian**
78310 Le Mesnil Saint Denis (FR)

(74) Mandataire: **Loisel, Bertrand**
Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam
75440 Paris Cédex 09 (FR)

(56) Documents cités:
WO-A-93/20296
WO-A-95/34724
FR-A- 2 700 805

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 837 202 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine du renforcement structural d'ouvrages de construction.

[0002] Dans ce domaine, il est usuel de coller des renforts au moyen de résines appropriées sur les parties d'un ouvrage à renforcer.

[0003] Dans un procédé classique couramment appliqué, dit procédé Lhermite, le renfort consiste en une tôle d'acier collée sur du béton après préparation de la surface de collage. Ce procédé classique a suivi diverses évolutions tenant compte notamment de l'évolution technologique des matériaux, et plus particulièrement de l'évolution des matériaux de substitution de la tôle, laquelle pose fréquemment des problèmes de mise en oeuvre et nécessite des dispositions pour combattre la corrosion.

[0004] C'est ainsi que l'on a vu apparaître ces dernières années des techniques de renforcement à base de matériaux composites sous forme de plaques collées (voir par exemple FR-A-2 594 871), puis sous forme de fibres collées (voir US-A-5 308 430) et de tissus collés. Ces derniers types de renfort présentent de nombreux avantages, notamment leur commodité de mise en oeuvre et leur aptitude à s'appliquer sur des surfaces de formes diverses.

[0005] Ces différents types de renfort collés améliorent très sensiblement le comportement dynamique de l'ouvrage renforcé. Il est d'ailleurs très rare d'observer une rupture du renfort lui-même. La figure 1 montre une coupe schématique d'une poutre en béton armé 8 reposant sur deux appuis 9 voisins de ses extrémités, et dont la face inférieure comporte, entre ces deux appuis 9, un renfort collé 10 résistant à la traction suivant la direction longitudinale de la poutre. Le renfort collé 10 améliore le comportement de la poutre 8 en réponse à un effort F tendant à la faire fléchir entre ses deux appuis 9. Lorsque l'effort F est suffisamment important pour provoquer une rupture de la structure de la poutre, cette rupture se produit généralement dans le béton "de recouvrement", c'est-à-dire dans l'épaisseur de béton non armé située entre la surface pourvue du renfort collé 10 et les fers d'armature sousjacents 11. Typiquement, la rupture 12 s'amorce au voisinage de l'une des extrémités du renfort collé 10 sous l'effet de l'effort tranchant E résultant de la réaction R de l'un des appuis 9 et de l'effort de traction T qu'exerce le renfort 10, puis se propage le long des fers d'armature 11. En d'autres termes, c'est le béton de l'ouvrage qui cède, dans une partie où il ne travaille pas en compression (son mode de sollicitation souhaité) mais en cisaillement.

[0006] D'autre part, même si certains renforts, notamment ceux à base de tissus de fibres de carbone, peuvent s'appliquer sur des supports de formes diverses, il peut demeurer des obstacles gênant l'application continue de tels renforts, laissant ainsi subsister des faiblesses dans l'ouvrage renforcé. Dans le cas d'un bâtiment, on pourra avoir de telles discontinuités au niveau du passage d'une pièce à une autre à travers un mur, ou d'un étage à un autre à travers un plancher. De même, si la surface à renforcer présente des nervures transversales à une direction dans laquelle le renfort doit procurer une résistance à la traction, ces nervures ne sont généralement pas revêtues par le renfort étant donné qu'un drapage du renfort par dessus une telle nervure lui ferait perdre l'essentiel de ses propriétés de résistance à la traction.

[0007] US-A-5 218 810 décrit un renfort composite qui n'adhère pas directement au support contre lequel il est appliqué. Ce support est un élément en béton en forme de colonne, que le renfort composite vient ceinturer pour former une coquille cohérente de protection. Dans le document WO95/34724, il a été proposé d'étendre à des murs l'application de tels renforts peu adhérents. L'effet de coquille étant impossible topologiquement, la tenue du renfort sur le mur est assurée par des ancrages installés à l'aide de trous percés dans le mur, ces ancrages pouvant être recouverts par le renfort.

[0008] La présente invention a pour but d'améliorer les renforcements d'ouvrages au moyen de renforts collés en éliminant une grande partie des zones de faiblesse pouvant subsister.

[0009] L'invention propose ainsi un procédé de renforcement d'un ouvrage de construction, tel qu'énoncé dans la revendication 1.

[0010] La mèche installée réalise une sorte d'armature entre la surface pourvue du renfort collé et l'autre zone renforcée. La mise en place de ces mèches d'armature est aisée dès lors que la surface est accessible pour y coller le renfort.

[0011] La mèche de fibres a l'avantage qu'elle est aisément rabattue et/ou étalée sur la surface avant de la recouvrir par le renfort collé. Ceci assure une bonne transmission des efforts tout en évitant de former des saillies importantes sur la surface renforcée.

[0012] On peut ainsi assurer des liaisons entre différentes portions d'un même ouvrage revêtues de renforts collés respectifs.

[0013] Les fibres de la mèche sont de préférence en carbone. Il est toutefois possible d'utiliser des fibres de verre ou des fibres synthétiques, ou même des fibres métalliques (corde à piano).

[0014] Le renfort collé peut notamment être à base de tôle métallique ou en matériau composite.

[0015] De préférence, ce renfort consiste en une bande ou un tissu de fibres de carbone qu'on colle sur la surface en enduisant la surface d'une résine à l'état fluide apte à polymériser à température ambiante, puis en appliquant la bande ou le tissu sur la surface enduite pour que la résine imprègne les fibres et assure le collage. Le trou recevant la mèche peut alors être rempli avec la même résine que celle avec laquelle on enduit la surface. Ces dispositions simplifient au maximum la mise en oeuvre du procédé.

[0016] Un second aspect de l'invention se rapporte à un ouvrage de construction tel qu'énoncé dans la reven-

dication 5.

[0017] D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'un exemple de réalisation non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1, précédemment discutée, est une vue schématique d'un poutre en béton armé pourvue d'un renfort collé et se rompant sous l'effet d'un effort de flexion ;
- la figure 2 est une vue en coupe et en élévation, suivant le plan II-II indiqué sur la figure 3, d'une portion d'ouvrage en béton armé équipée d'un renfort collé ;
- la figure 3 est une vue de dessous de la portion d'ouvrage de la figure 2 ;
- la figure 4 est une vue schématique illustrant la mise en place d'une mèche de fibres selon l'invention ;
- la figure 5 est une vue en coupe, suivant le plan V-V indiqué sur la figure 6, d'un plancher nervuré renforcé conformément à la présente invention ; et
- la figure 6 est une vue de dessous, en coupe suivant le plan VI-VI indiqué sur la figure 5, du plancher nervuré renforcé.

[0018] Les figures 2 et 3 illustrent un exemple d'application d'un renfort collé à une dalle de plancher 15 en béton armé reposant sur des éléments de soutien 16, pouvant être des murs, des poteaux ou analogues. Entre ces éléments de soutien 16, dont un seul est représenté sur la figure 2, il est prévu de garnir la surface inférieure 17 de la dalle 15 d'un renfort collé 18.

[0019] Le renfort 18 est destiné à résister à la traction suivant une direction principale A allant d'un élément de soutien 16 à un autre. Le renfort 18 consiste de préférence en une bande de fibres de carbone ensimées orientées parallèlement à la direction A, ou encore en un tissu de fibres de carbone dont les fils de chaîne sont orientés selon la direction A, les fibres de carbone étant imprégnées d'une résine durcissant à température ambiante. La pose du renfort 18 peut notamment s'effectuer de la manière suivante : une résine époxy, apte à polymériser à température ambiante, est enduite à l'état liquide sur la surface 17 ; la bande ou le tissu est ensuite appliqué sur la surface enduite pour que la résine imprègne les fibres et assure le collage. La bande ou le tissu peut être appliqué par un simple marouflage, ne nécessitant pas l'application d'une pression prolongée.

[0020] La résine utilisée est par exemple la résine époxy bi-composants constituée d'une part par la résine de base de marque "CECA XEP 3935/A", et d'autre part par le durcisseur de marque "CECA XEP 2919/B", ces deux composants étant fabriqués et commercialisés par la société CECA S.A., 12 place de l'Iris, La Défense 2, Cedex 54, 92062 PARIS LA DEFENSE (FRANCE).

[0021] Cette résine présente, lors de son application à l'état fluide, une viscosité à température ambiante comprise entre 1 000 et 10 000 mPa.s.

[0022] Cette résine, une fois durcie, présente :

- une résistance au cisaillement compatible avec celle du matériau constituant l'ouvrage,
- une résistance à la rupture en traction comprise entre 5 et 100 MPa, avec un allongement à la rupture compris entre 0,5 et 10%,
- et une résistance à la rupture en compression comprise entre 5 et 100 MPa, avec un raccourcissement à la rupture compris entre 0,5 et 10%.

[0023] Les fibres de carbone ensimées constituant la bande ou le tissu 18 présentent une résistance à la rupture en traction qui est supérieure à 1 500 MPa, et un module élastique compris entre 200 et 400 GPa.

[0024] Pour assurer un renforcement du béton de recouvrement 19 situé entre la surface 17 et la zone 20 du volume de la dalle 15 comportant les fers d'armature 21, il est prévu des mèches de fibres 23, 24 enfilées dans des trous 25, 26 percés entre la surface 17 et la zone 20. Les fibres de chaque mèche 23, 24 sont imprégnées d'une résine 27 qui remplit le trou 25, 26.

[0025] Les mèches 23, 24 consistent de préférence en des fibres de carbone ensimées pouvant être de même nature que celles du tissu 18. La résine 27 dont les trous sont remplis peut également être du même type que celle servant à l'imprégnation et au collage du tissu 18.

[0026] La figure 4 illustre la mise en place d'une telle mèche de fibres. Dans une première étape, on réalise le percement du trou 26. On applique ensuite la résine 27 à l'état fluide en emplissant les trous 26 et en en enduisant la surface 17. On enfile ensuite la mèche 24 dans le trou 26, en laissant dépasser une portion d'extrémité 28 de cette mèche hors de la surface 17. On peut prévoir un point de colle au bout des fibres de la mèche 24 pour faciliter l'introduction de cette mèche dans son trou. On désunit ensuite les fibres de la mèche 24 dans la portion 28 dépassant de la surface 17, puis on rabat ces fibres sur la surface 17 dans le film de résine, en les étalant le long de la surface. La transmission des efforts entre la zone renforcée 20 et le renfort collé 18 est la meilleure lorsque les fibres des extrémités 28 sont étalées en éventail de part et d'autre de la direction principale A ainsi que le montre la figure 3. On applique ensuite le tissu de renfort 18, on marouffle et on laisse prendre la résine.

[0027] Le dimensionnement des trous et des mèches de fibres, et leur répartition sur la surface renforcée 17 seront en général définis sur la base des calculs de structure réalisés par le bureau d'études.

[0028] Il est généralement judicieux de percer un trou relativement profond 23 dans une région de la surface 17 qui sera recouverte par le renfort 18 et adjacente à un bord 29 de ce renfort. Ce trou 23 est percé dans une direction oblique par rapport à la surface 17. Depuis la surface 17 vers le fond du trou 23, ce trou s'éloigne du centre du renfort 18 ainsi que le montre la figure 2. La

direction de percement du trou 25 et la direction principale A sont dans le plan de la figure 2 qui est perpendiculaire à la surface 17. L'angle de percement de ce trou 25 peut être choisi de façon que le trou 25 soit sensiblement perpendiculaire à l'effort tranchant s'exerçant au niveau du bord 29 du renfort collé (cf figure 1). La mèche 23 réalise ainsi une sorte de continuité de l'effort de traction entre le renfort collé 18 et les fers d'armature 21 du béton.

[0029] Il est prévu d'autres moyens de liaison entre les fers d'armature du béton et le renfort collé 18, répartis sur l'étendue du renfort collé 18. Ces moyens de liaison pourraient consister simplement en des clous ou analogue. Mais ils sont de préférence constitués également par des mèches de fibres 24 noyées dans la résine 27 et engagées dans des trous 26 percés transversalement à la surface 17, comme illustré par les figures 2 à 4. Sur ces figures, les trous 26 sont représentés perpendiculaires à la surface 17, mais on comprendra qu'ils pourraient également être inclinés dans le même sens que les trous 25 prévus aux extrémités.

[0030] Il est possible d'exercer sur le tissu 18 une précontrainte par mise en tension selon la direction A. La tension est appliquée à l'une ou aux deux extrémités du tissu et maintenue jusqu'au durcissement complet de la résine de collage. Après relâchement de la précontrainte, le renfort collé exerce sur la structure des efforts actifs à l'encontre des charges sollicitantes.

[0031] Les figures 5 et 6 illustrent l'application, conforme à l'invention, d'un renfort collé 32, pouvant être du même type que précédemment, sur un support irrégulier consistant, dans l'exemple considéré, en la face inférieure d'un plancher nervuré 30, dont les nervures 31 sont transversales à la direction principale A selon laquelle le renfort doit résister aux efforts de traction.

[0032] On a ainsi non pas un mais plusieurs renforts 32, 32a, 32b... collés sur des surfaces successives du plancher 30 situées dans le prolongement les unes des autres, mais séparées les unes des autres par les nervures 31 qui gênent l'application continue d'un renfort unique.

[0033] L'invention permet dans ce cas d'assurer une transmission des efforts de traction entre deux renforts voisins séparés par une nervure 31.

[0034] Chaque trou 34 destiné à recevoir une mèche de fibres 35 est alors percé à travers la nervure 31, de manière à affleurer les deux surfaces 33, 33a situées dans le prolongement l'une de l'autre. La mèche de fibres 35 est introduite dans ce trou 34 en laissant dépasser ses deux extrémités 36 de part et d'autre de la nervure 31. Au niveau de ces deux extrémités 36, les fibres de la mèche 34 sont désunies et étalées de part et d'autre de la direction A comme le montre la figure 6, pour assurer la meilleure transmission des efforts.

Revendications

1. Procédé de renforcement d'un ouvrage de construction (30), dans lequel on colle un premier renfort (32) sur une première surface (33) de l'ouvrage, et un second renfort (32a) sur une seconde surface (33a) de l'ouvrage, lesdites première et seconde surfaces étant situées dans le prolongement l'une de l'autre, mais séparées par un obstacle (31) gênant l'application continue d'un renfort unique, **caractérisé en ce qu'**avant de coller les renforts, on perce au moins un trou (34) à travers l'obstacle (31) entre lesdites première et seconde surfaces; et on remplit ledit trou avec de la résine (27) et avec une mèche de fibres (35) dont on laisse respectivement dépasser deux portions d'extrémités (36) du côté desdites première et seconde surfaces, chacun des renforts étant ensuite collé par dessus une portion d'extrémité respective de la mèche de fibres.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on désunit les fibres de la mèche (35) dans chacune de ses portions d'extrémités (36), et on étale ces fibres sur chacune des première et seconde surfaces (33,33a) avant de la recouvrir par son renfort collé (32,32a).

3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel chaque renfort (32,32a) est agencé pour résister à la traction suivant une direction principale (A) desdites surfaces (33,33a), et dans lequel les fibres de chaque portion d'extrémité (36) de la mèche (35) sont étalées en éventail de part et d'autre de ladite direction principale.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les renforts (32,32a) consistent en des bandes ou tissus de fibres de carbone qu'on colle en enduisant les surfaces (33,33a) d'une résine à l'état fluide apte à polymériser à température ambiante, puis en appliquant les bandes ou tissus sur les surfaces enduites pour que la résine imprègne les fibres et assure le collage, et dans lequel on remplit le trou (34) avec lamême résine (27) que celle avec laquelle on enduit les surfaces.

5. Ouvrage de construction, ayant au moins des première et seconde surfaces (33,33a) respectivement pourvues de renforts collés (32,32a), lesdites première et seconde surfaces étant situées dans le prolongement l'une de l'autre, mais séparées par un obstacle (31) gênant l'application continue d'un renfort unique, **caractérisé en ce qu'**au moins une mèche de fibres (35) s'étend entre lesdites première et seconde surfaces dans un trou (34) rempli de résine (27), le trou (34) traversant l'obstacle entre lesdites première et seconde surfaces, la mèche de fibre ayant deux portions d'extrémité (36) qui dé-

passent respectivement sur lesdites première et seconde surfaces et par dessus lesquelles sont collés lesdits renforts (32,32a).

6. Ouvrage de construction selon la revendication 5, dans lequel les fibres de la mèche (35), dans ses portions d'extrémité (36), sont étalées sur lesdites surfaces (33,33a).

7. Ouvrage de construction selon la revendication 6, dans lequel les renforts (32,32a) sont agencés pour résister à la traction suivant une direction principale (A) desdites surfaces (33,33a), et dans lequel les fibres des portions d'extrémité (36) de la mèche sont étalées en éventail de part et d'autre de ladite direction principale.

8. Ouvrage de construction selon l'une quelconque des revendications 5 à 7 dans lequel chacun desdits renforts (32,32a) consiste en une bande ou un tissu de fibres de carbone imprégnées d'une résine (27) qui assure le collage du tissu sur la surface (33,33a) de l'ouvrage et qui est de même composition que la résine dont le trou (34) est rempli.

Claims

1. Method for reinforcing a building structure (30), wherein a first reinforcement (32) is adhered onto a first surface (33) of the structure, and a second reinforcement (32a) onto a second surface (33a) of the structure, each of the said first and second surfaces being situated in the extension of the other surface, but separated by an obstacle (31) obstructing the continuous application of a single reinforcement, **characterized in that** before gluing on the reinforcements, at least one hole (34) is drilled through the obstacle (31) between the said first and second surfaces, and the said hole is filled with resin (27) and with a stranded material made of fibres (35) of which two end portions (36) are allowed to project respectively on the side of the said first and second surfaces, each of the reinforcements being then adhered above a respective end portion of the stranded material made of fibres.

2. Method according to claim 1, wherein the fibres of the stranded material (35) are separated out in each of its end portions (36) and these fibres are spread out over each of the first and second surfaces (33, 33a) before covering it by its adhered reinforcement (32, 32a).

3. Method according to claim 2, wherein each reinforcement (32,32a) is arranged so as to withstand tension along a principal direction (A) of the said surfaces (33,33a), and in which the fibres of each end portion (36) of the stranded material (35) are extended in a fan-shape either side of the principal direction.

4. Method according to any one of claims 1 to 3, wherein the reinforcements (32,32a) consist of carbon fibre strips or fabrics that are adhered by coating the surfaces (33,33a) with a resin in the fluid state capable of polymerising at ambient temperature, and then by applying the strips or fabrics onto the coated surfaces so that the resin impregnates the fibres and ensures gluing, and wherein the hole (34) is filled with the same resin (27) as that with which the surfaces were coated.

5. Building structure, having at least first and second surfaces (33,33a) provided respectively with adhered reinforcements (32,32a), each of the said first and second surfaces being situated in the extension of the other surface, but separated by an obstacle (31) obstructing the continuous application of a single reinforcement, **characterized in that** at least one stranded material made of fibres (35) extends between the first and second surfaces in a hole (34) filled with resin (27), the hole (24) traversing the obstacle between the said first and second surfaces, the stranded material made of fibres having two end portions (36) which project respectively over the said first and second surfaces and above which the said reinforcements (32,32a) are adhered.

6. Building structure according to claim 5, wherein the fibres of the stranded material (35), in its end portions (36), are spread out over the said surfaces (33,33a).

7. Building structure according to claim 6, wherein the reinforcements (32,32a) are provided so as to resist tension along a principal direction (A) of the said surfaces (33,33a), and in which the fibres of the end portions (36) of the stranded material are spread out in a fan-shape either side of the principal direction.

8. Building structure according to any one of claims 5 to 7 wherein each of the said reinforcements (32,32a) consists of a carbon fibre strip or fabric impregnated with a resin (27) which ensures gluing of the fabric onto the surface (33,33a) of the structure and which has the same composition as the resin of which the hole (34) is filled.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verstärkung eines Bauwerkes (30), bei welchem man ein erstes Verstärkungselement (32) auf eine erste Fläche (33) des Bauwerks und ein zweites Verstärkungselement (32a) auf eine

zweite Fläche (33a) des Bauwerks festklebt, wobei die erste und die zweite Fläche jeweils in der Verlängerung der anderen angeordnet sind, aber durch ein Hindernis (31) getrennt sind, das das durchgehende Auftragen eines einzigen Verstärkungselements behindert,
dadurch gekennzeichnet, dass man vor dem Festkleben der Verstärkungselemente wenigstens ein Loch (34) durch das Hindernis (31) zwischen der ersten und der zweiten Fläche bohrt und man das Loch mit Harz (27) und mit einem Stapelfaserband (35) füllt, von dem man jeweils zwei Endbereiche (36) auf den Seiten der ersten und zweiten Fläche überstehen lässt, wobei jedes der Verstärkungselemente anschließend auf einen jeweiligen Endbereich des Stapelfaserbands festgeklebt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei welchem man die Fasern des Bandes (35) an jedem seiner Endbereiche (36) auftrennt und man diese Fasern sowohl auf der ersten als auch auf der zweiten Fläche (33, 33a) auseinanderbreitet, bevor man sie mit ihrem geklebten Verstärkungselement (32, 32a) überdeckt.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
bei welchem jedes Verstärkungselement (32, 32a) so angeordnet ist, dass sie den Zug entlang einer Hauptrichtung (A) der Flächen (33, 33a) aushalten, und bei welchem die Fasern jedes Endbereichs (36) des Bands (35) beiderseits der Hauptrichtung fächerförmig auseinandergebreitet sind.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei welchem die Verstärkungselemente (32, 32a) aus Kohlenstofffaserstreifen oder Kohlenstofffasergeweben bestehen, die man festklebt, indem man die Flächen (33, 33a) mit einem flüssigen Harz bestreicht, welches in der Lage ist, bei Zimmertemperatur zu polymerisieren und indem man dann die Streifen oder Gewebe auf die bestrichenen Flächen aufträgt, damit das Harz die Fasern impregniert und das Festkleben sicherstellt, und bei welchem man das Loch (34) mit demselben Harz (27) füllt wie das, mit dem man die Flächen bestreicht.

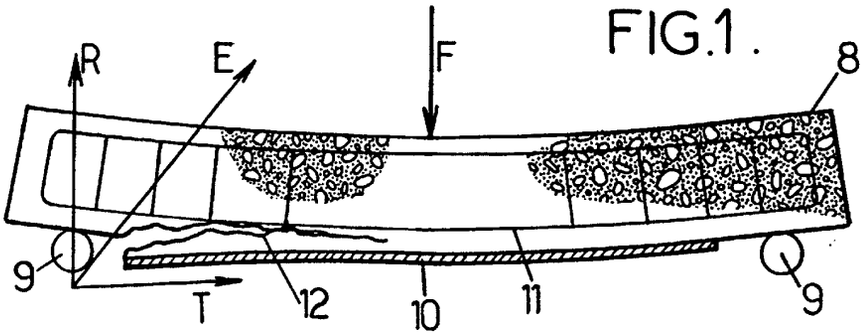
5. Bauwerk,
das wenigstens eine erste und eine zweite Fläche (33, 33a) hat, die jeweils mit geklebten Verstärkungselementen (32, 32a) ausgestattet sind, wobei die erste und die zweite Fläche jeweils in der Verlängerung der anderen angeordnet sind, aber durch ein Hindernis (31) getrennt sind, das das durchgehende Auftragen eines einzigen Verstärkungselements behindert,
dadurch gekennzeichnet, dass sich wenigstens ein Stapelfaserband (35) in einem mit Harz (27) gefüllten Loch (34) zwischen der ersten und zweiten Fläche erstreckt, wobei das Loch (34) das Hindernis zwischen der ersten und zweiten Fläche durchsetzt, wobei das Stapelfaserband zwei Endbereiche (36) hat, die jeweils über die erste und zweite Fläche überstehen und auf denen die Verstärkungselemente (32, 32a) festgeklebt sind.

6. Bauwerk nach Anspruch 5,
bei welchem die Fasern des Bandes (35) an ihren Endbereichen (36) auf den Flächen (33, 33a) auseinandergebreitet sind.

7. Bauwerk nach Anspruch 6,
bei welchem die Verstärkungselemente (32, 32a) so angeordnet sind, dass sie den Zug entlang einer Hauptrichtung (A) der Flächen (33, 33a) aushalten, und bei welchem die Fasern der Endbereiche (36) des Bands beiderseits der Hauptrichtung fächerförmig auseinandergebreitet sind.

8. Bauwerk nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
bei welchem die Verstärkungselemente (32, 32a) aus einem Streifen oder einem Gewebe aus Kohlenstoffasern bestehen, die mit einem Harz (27) impregniert sind, welches das Festkleben des Gewebes auf der Fläche (33, 33a) des Bauwerks sicherstellt und das die gleiche Zusammensetzung wie das Harz hat, mit dem das Loch (34) gefüllt ist.

FIG.1.



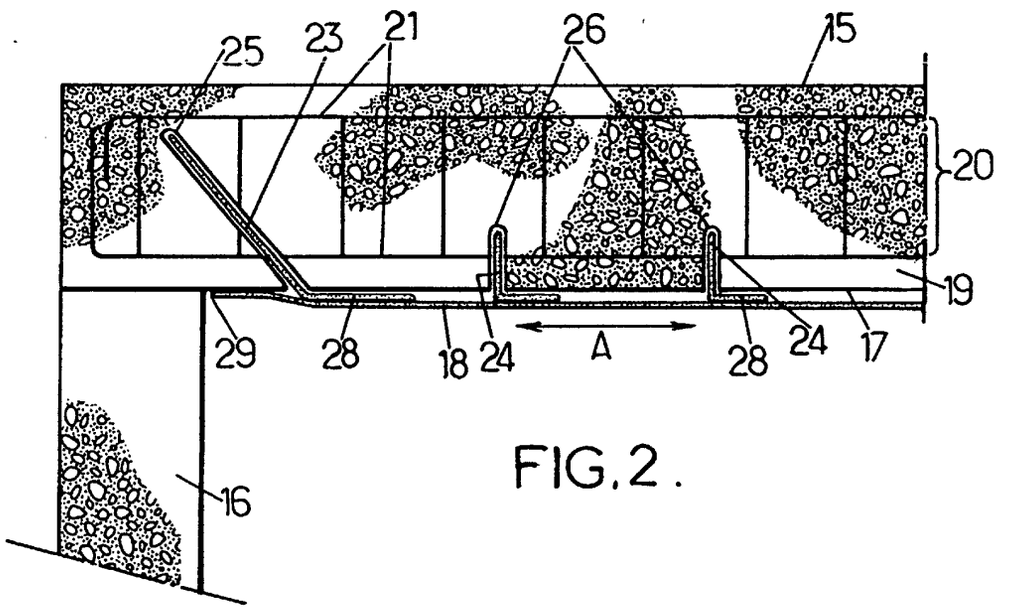
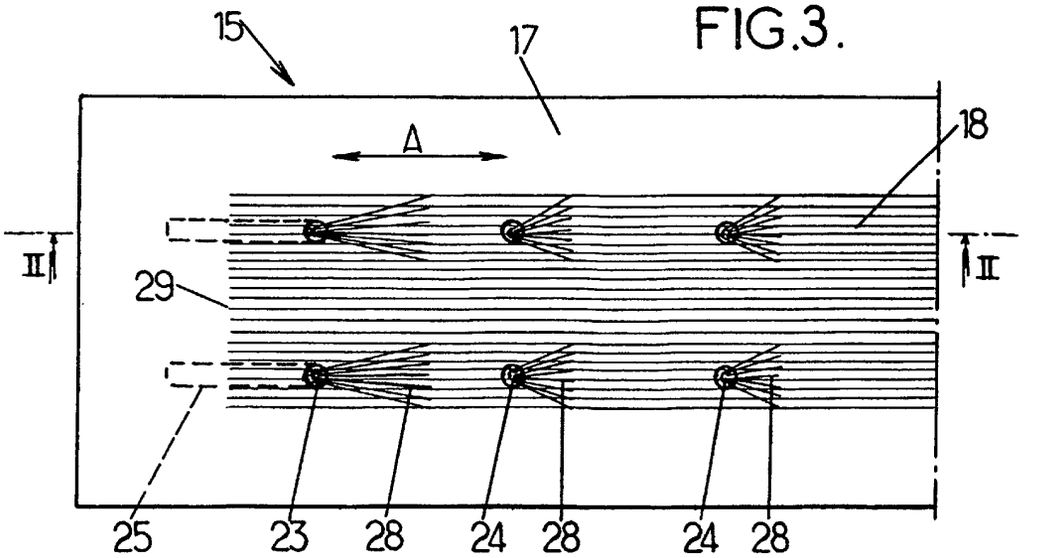


FIG.2.

FIG.3.



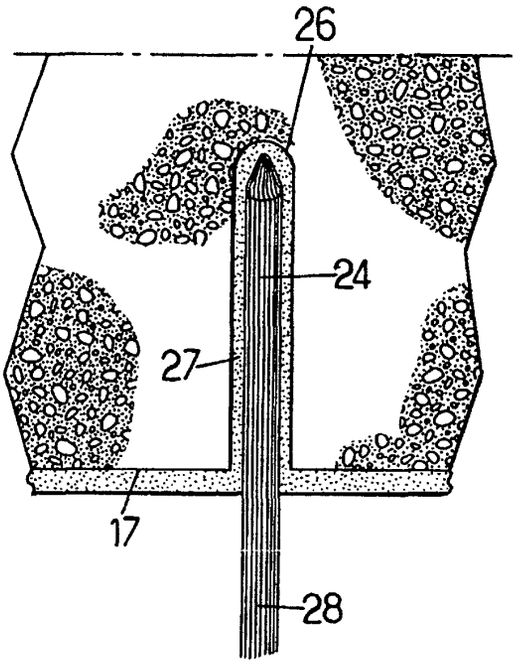


FIG. 4.

FIG. 5.

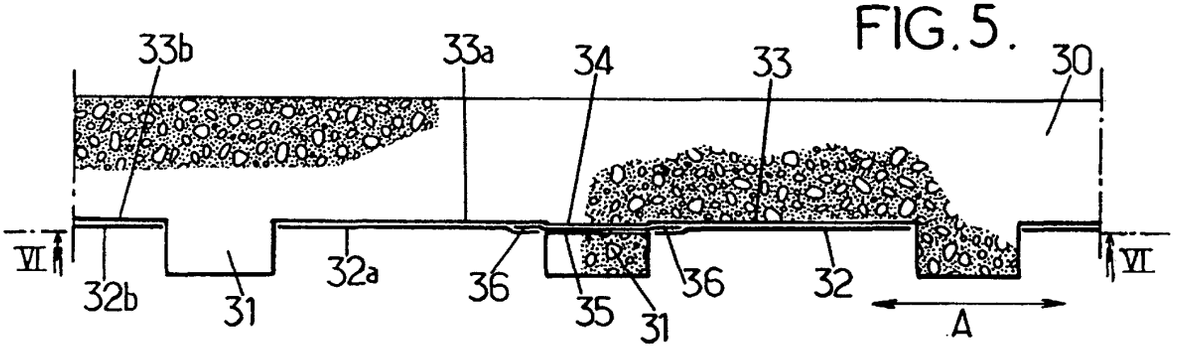


FIG. 6.

