



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
21.01.2004 Bulletin 2004/04

(51) Int Cl.7: **E21D 11/08**

(21) Numéro de dépôt: **03291633.0**

(22) Date de dépôt: **02.07.2003**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK

- **Linger, Lionel**
92500 Rueil-Malmaison (FR)
- **Capra, Alain**
75016 Paris (FR)
- **Petit, François**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(30) Priorité: **16.07.2002 FR 0208987**

(71) Demandeur: **Vinci Construction Grands Projets**
92500 Rueil Malmaison (FR)

(74) Mandataire: **Geismar, Thierry**
Bouju Derambure Bugnion
18 Quai du Point du Jour
92659 Boulogne Cedex (FR)

(72) Inventeurs:
• **Wastiaux, Marc**
92400 Courbevoie (FR)

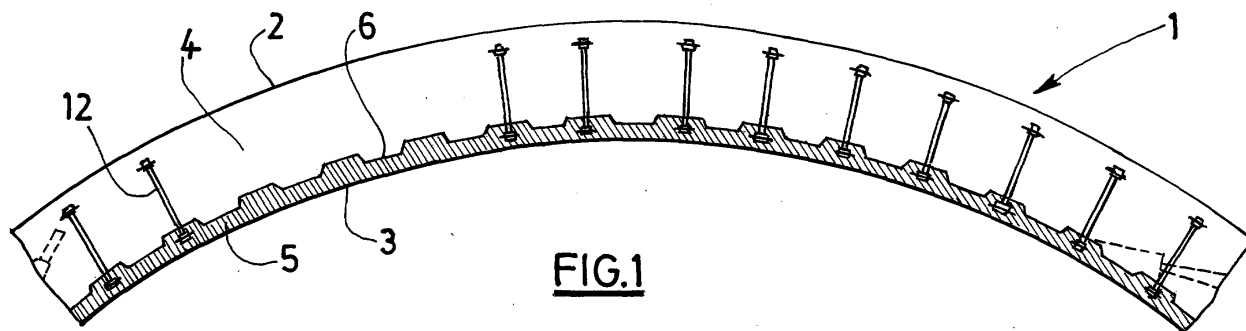
(54) **Voussoir de tunnel comprenant une couche en mortier réfractaire**

(57) L'invention concerne une pièce en béton, notamment voussoir de tunnel comprenant une couche principale en béton (4) et une couche secondaire (5) en mortier réfractaire assurant à la fois un complément de résistance mécanique et une protection contre l'incendie.

Le mortier réfractaire présente une résistance mécanique à 28 jours supérieure à 25 Mpa, une conducti-

tivité thermique inférieure à 1 W/m.°K à 20°C et une résistance aux très hautes températures allant jusqu'à 1300°C, durant 2 heures.

Une première face (2) de la couche principale (4) est destinée à être placée contre la paroi intérieure du tunnel, et la couche secondaire (5) est assemblée à la couche principale (4) au niveau d'une deuxième face (6) de ladite couche principale (4), opposée à ladite première face (2).



Description

[0001] L'invention concerne une pièce en béton préfabriqué comprenant une couche principale en béton armé, pré-contraint ou fibré et une couche secondaire en mortier réfractaire assurant à la fois un complément de résistance mécanique et une protection contre l'incendie, ainsi qu'un procédé de réalisation d'une telle pièce.

[0002] L'invention trouve en particulier, mais non exclusivement, une application dans les voussoirs de tunnels devant résister à de très hautes températures, notamment lors d'un incendie.

[0003] On connaît déjà des mortiers réfractaires aptes à résister à de très hautes températures.

[0004] On connaît d'une part des mortiers réfractaires destinés à être projetés sur un ouvrage de génie civil existant, initialement dépourvu de couche de protection. Le mortier forme ainsi une couche de protection réfractaire adhérent sur les parois dudit ouvrage, par exemple les parois d'un voussoir d'un tunnel de circulation (automobiles, camions, trains).

[0005] Ces mortiers réfractaires projetés présentent généralement une faible résistance mécanique, l'ouvrage préexistant possédant la résistance mécanique requise. Il en résulte une dégradation de la couche de protection à la suite notamment des chocs mécaniques provoqués par les véhicules en circulation dans le tunnel.

[0006] De plus, ces mortiers ne résistent pas à la manutention, ce qui les rend inadaptés à leur intégration dès le début du cycle du procédé de fabrication des voussoirs de tunnel, réalisé hors site. De tels mortiers ne permettent donc pas la réalisation de voussoirs comportant une couche de structure et une couche de protection assemblées l'une à l'autre avant la mise en place du voussoir dans le tunnel.

[0007] On connaît d'autre part des mortiers réfractaires destinés à être mis en place dès le procédé de fabrication des voussoirs, de façon à réaliser des voussoirs comportant une couche principale et une couche de protection assemblées l'une à l'autre avant la mise en place du voussoir dans le tunnel.

[0008] Le document WO 99/28596 décrit un tel mortier réfractaire, coulé ou projeté dans un moule de façon à former une couche de protection. Après un certain temps de séchage, mais avant durcissement complet, une couche principale est mise en place au contact de la couche de protection, de sorte à obtenir une bonne adhérence entre les deux couches.

[0009] Le mortier décrit dans le document WO 99/28596 comprend de nombreuses cavités, par exemple obtenues par l'ajout de polystyrène, ce qui confère audit mortier de bonnes propriétés isolantes. Toutefois, la présence de ces cavités conduit à l'obtention d'un mortier de faible résistance mécanique. De ce fait, le mortier présente les inconvénients précités (risques d'endommagement lors de la manutention ou en service).

[0010] En outre, dans le cas de l'application à des voussoirs, la couche principale assure à elle seule la résistance mécanique du voussoir. Ainsi, il n'est pas possible de diminuer l'épaisseur de la couche principale. De ce fait, l'épaisseur totale du voussoir comprenant la couche de protection est supérieure à l'épaisseur des voussoirs dépourvus de telle couche. Il s'ensuit une diminution du diamètre utile du tunnel, ce qui n'est pas souhaitable.

[0011] L'invention apporte justement une solution à ces problèmes.

[0012] Elle a comme objet une pièce en béton préfabriqué comprenant une couche principale en béton armé, pré-contraint ou fibré et une couche secondaire en mortier réfractaire assurant à la fois un complément de résistance mécanique et une protection contre l'incendie, ledit mortier présentant une résistance mécanique à 28 jours supérieure à 25 MPa, une conductivité thermique inférieure à 1 W/m.K à 20°C, et une résistance aux très hautes températures allant jusqu'à 1300°C, durant 2 heures.

[0013] Selon un aspect de l'invention, la pièce en béton est un voussoir en béton préfabriqué, destiné à être mis en place dans l'excavation d'un tunnel, une première face de la couche principale étant destinée à être placée contre la paroi intérieure du tunnel, et la couche secondaire étant assemblée à la couche principale au niveau d'une deuxième face de ladite couche principale, opposée à ladite première face.

[0014] L'invention a également pour objet un procédé de réalisation d'une pièce en béton préfabriqué.

[0015] Selon une caractéristique importante selon l'invention, le procédé comprend les étapes suivantes :

- a) réaliser une couche principale en béton armé, précontraint, ou fibré dans un moule ;
- b) après durcissement, décoffrer la couche principale ; et
- c) appliquer une couche secondaire en mortier réfractaire sur l'une des faces de la couche principale.

[0016] Le procédé peut en outre comprendre l'étape d'assemblage des couches principale et secondaire à l'aide de clés de liaison et de fixations mécaniques.

[0017] L'invention a également pour objet un mortier comprenant au moins un ciment réfractaire, des granulats artificiels de granulométrie et de densité choisies et de l'eau.

[0018] Les proportions des composants du mortier sont choisies de sorte que ledit mortier présente une résistance mécanique à 28 jours supérieure à 25 MPa, une conductivité thermique inférieure à 1 W/m.K à 20°C, et une résistance aux très hautes températures allant jusqu'à 1300°C, durant 2 heures.

[0019] Ainsi, le ciment réfractaire confère la fonction de stabilité à de très hautes températures tandis que les granulats de granulométrie et de densité choisies confèrent la fonction de résistance mécanique et l'isolation thermique.

[0020] Le ciment appartient par exemple au groupe formé par les ciments fondus aluminieux.

[0021] Les granulats sont par exemple des granulats légers, et peuvent être des granulats expansés minéraux. Par exemple, ils appartiennent au groupe formé par les argiles, les schistes, les laitiers.

[0022] Selon une autre caractéristique, le mortier peut en outre comprendre des fibres fusibles d'un diamètre de quelques micromètres et/ou ayant une longueur de l'ordre de 12 mm.

[0023] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description qui suit, description effectuée en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'un voussoir de tunnel, comprenant une couche de structure et une couche de protection réalisée à partir d'un mortier selon l'invention ;
- la figure 2 représente le fond d'un moule apte à la réalisation de la couche de structure du voussoir de la figure 1, ledit fond étant vu depuis l'intérieur du moule ;
- les figures 3 à 5 représentent schématiquement les différentes étapes de réalisation du voussoir de la figure 1.

[0024] On décrit à présent un voussoir de tunnel selon l'invention, ainsi qu'un procédé de fabrication d'un tel voussoir, en référence aux figures 1 à 5.

[0025] Un voussoir de tunnel 1, tel qu'illustré sur la figure 1, présente, en coupe longitudinale, sensiblement la forme d'une portion d'anneau.

[0026] Le voussoir 1 comporte ainsi deux faces ayant un profil en forme de portion de cylindre, à savoir une face destinée à être placée contre l'excavation d'un tunnel, appelée extrados 2, et une face opposée à l'extrados 2, dite intrados 3, destinée à être située en regard de l'axe du tunnel, et à être visible depuis l'intérieur du tunnel.

[0027] Le voussoir 1 comprend :

- une première couche 4 s'étendant depuis l'extrados 2 vers l'intrados 3, sur une épaisseur de l'ordre de 40 cm à 50 cm, représentant environ 80 à 90 % de l'épaisseur totale du voussoir 1 ;
- une deuxième couche 5 s'étendant depuis la face 6 de la première couche 4 opposée à l'extrados 2, vers l'intrados 3, sur une épaisseur de l'ordre de 3 à 10 cm.

[0028] La première couche 4, ou couche principale, est réalisée en un béton traditionnellement utilisé pour fabriquer des voussoirs de tunnel, et assure en grande partie la résistance mécanique du voussoir 1.

[0029] La deuxième couche 5, ou couche secondaire, est réalisée avec un mortier réfractaire que l'on décrira plus en détail ci-après. Cette couche secondaire 5 est destinée à protéger la couche principale 4 contre les augmentations importantes de température, tout particulièrement en cas d'incendie.

[0030] Le procédé de réalisation du voussoir 1 va maintenant être décrit.

[0031] Dans un premier temps (figure 3), on réalise la couche principale 4 en coulant dans un moule 7 le béton 8 destiné à constituer ladite couche principale 4. Le béton 8 est du type béton armé, précontraint ou fibré.

[0032] Le moule 7, représenté sur les figures 2 et 3, comporte un fond 9 en forme de portion de cylindre, sur lequel sont fixées des réservations 10 présentant chacune la forme générale d'un tronc de pyramide à base carrée.

[0033] La forme des réservations 10 est conçue pour ne pas gêner l'écoulement du béton 8 et éviter l'existence de zones non accessibles conduisant à une mauvaise répartition du béton au fond 9 du moule 7. Dans la réalisation représentée, les réservations 10 sont réparties suivant un damier.

[0034] Les réservations 10 permettent de favoriser l'assemblage des couches principale 4 et secondaire 5, notamment par l'augmentation de la surface de contact et par la forme en tronc de pyramide desdites réservations 10, qui assure un maintien mécanique de la couche secondaire 5. Ceci est rendu possible sans qu'il soit nécessaire de prévoir un moule 7 dont le fond 9 présente une forme complexe et élaborée.

[0035] Le moule comporte également des réservations 11 latérales permettant de ménager un espace non rempli par le béton 8, afin de permettre le passage de tiges et boulons assurant la fixation réciproque de deux voussoirs 1 voisins dans un tunnel.

[0036] Des tiges filetées 12 sont fixées au niveau de certaines des réservations 10 du fond 9 du moule 7, et s'étendent à l'intérieur du moule 7, sensiblement perpendiculairement au fond 9 dudit moule 7, sur une hauteur inférieure à l'épaisseur de la couche de structure 4.

[0037] Les tiges 12 sont fixées de sorte à ne pas dépasser du fond 9 du moule 7. De ce fait, lorsque la couche principale 4 est durcie et décoffrée, le stockage et la manutention de ladite couche principale 4 ne sont pas entravés par les tiges 12, celles-ci étant logées dans les espaces 13 ménagés par les réservations 10.

[0038] Dans un deuxième temps (figure 4), une fois la couche principale 4 coulée sur l'épaisseur souhaitée et durcie, ladite couche principale 4 est décoffrée puis retournée, de sorte à placer les espaces 13 ménagés par les réservations

10 sur la partie supérieure de la couche principale 4.

[0039] Des moyens d'accrochage, tels que des boulons 14, sont fixés aux extrémités des tiges 12 situées dans les espaces 13, de façon à être saillants au-dessus de la couche principale 4.

[0040] Enfin, dans un troisième temps (figure 5), la couche secondaire 5 est mise en place, par coulage ou projection par exemple, du mortier réfractaire 15 sur la couche principale 4 déjà durcie.

[0041] Ainsi, on obtient un voussoir 1 comportant une couche principale 4 réalisée en un béton de voussoir classique, et une couche secondaire 5 réalisée avec le mortier réfractaire selon l'invention.

[0042] Le fond 9 du moule 7 a conduit à la formation de la face 6 de la couche principale 4, opposée à l'extrados 2, et jouant le rôle d'interface avec la couche secondaire 5. L'adhérence des couches l'une à l'autre s'effectue par collage et par rugosité.

[0043] La fabrication de la couche principale 4 peut être réalisée en cycle continu, la couche secondaire 5 étant quant à elle réalisée hors cycle, afin de ne pas constituer une entrave à la chaîne de fabrication.

[0044] Une cage d'armature (non représentée) peut également être mise en place dans la couche principale 4, avant solidification de celle-ci.

[0045] La couche secondaire 5 vise d'une part à protéger la couche principale 4 des augmentations de température, afin de permettre à la couche principale 4 de conserver son intégrité et ses propriétés mécaniques, sans dégradation due à la température.

[0046] D'autre part, la couche secondaire 5 joue également un rôle structurel, du fait de sa résistance mécanique relativement importante. Puisque la couche secondaire 5 participe à la résistance mécanique du voussoir 1, l'épaisseur du voussoir 1 peut être très proche de l'épaisseur des voussoirs monocouches classiques, et non augmentée de l'épaisseur de la couche secondaire 5. Ceci s'avère particulièrement avantageux dans l'application au domaine des tunnels.

[0047] La couche secondaire 5 permet en outre l'enrobage des tiges 12, et de l'éventuelle cage d'armature.

[0048] De plus, la couche secondaire 5 réfractaire selon l'invention constituant un produit résistant à la manutention, elle peut être mise en place dès la fabrication du voussoir 1.

[0049] La mise en oeuvre d'une couche secondaire 5 d'une épaisseur de l'ordre de 5 cm permet de protéger la couche principale des voussoirs de tunnel dans le cas de l'application d'un feu de type hydrocarbure modifié à 1300°C pendant 2 heures.

[0050] Pendant un incendie, la couche secondaire permet d'éviter tout écaillage de surface, protégeant ainsi les équipes de secours. De plus, la couche secondaire protège la couche principale en maintenant les températures suivantes :

- de 250 à 380°C à l'interface 6 entre les deux couches 4, 5 (suivants les épaisseurs des couches) ;
- de 110 à 250°C dans la couche principale, à 25 mm de l'interface 6.

[0051] La couche secondaire selon l'invention présente une résistance à la compression permettant de respecter les conditions suivantes :

- possibilité de décoffrage à 6 heures, ce qui correspond à une résistance à la compression de l'ordre de 15 MPa. ;
- limitation des épaufrures lors de la manutention et du stockage sur les cales, ce qui correspond à une résistance de l'ordre de 10 MPa ;
- résistance caractéristique à 28 jours de 25 MPa (par comparaison, cette valeur est de l'ordre de 40 à 50 MPa sur cylindre pour le béton de structure) ;
- nécessité de résister aux contraintes générées par les déformations dues à une éventuelle ovalisation de l'anneau du tunnel.

[0052] Les couches principale 4 et secondaire 5 sont assemblées avec une certaine adhérence, de sorte à respecter les conditions suivantes :

- possibilité d'appliquer une ventouse de manutention (correspondant à une résistance de l'ordre de 0,2 MPa) ;
- solidarité maintenue entre les deux couches pendant l'incendie ;
- adhérence satisfaisante pendant la durée de service de l'ouvrage, supérieure à 30 ans.

[0053] La valeur de retrait de la couche secondaire est du même ordre de grandeur que celle d'un béton de structure de type B50 (béton présentant une résistance mécanique de 50 MPa), à savoir de 200 à 400 µm/m, afin d'éviter un décollement entre les deux couches ou une propagation de fissures dans le mortier réfractaire diminuant son efficacité en tant que béton d'enrobage.

[0054] La couche secondaire vérifie également des paramètres de durabilité permettant de justifier une fonction

d'enrobage, à savoir perméabilité gaz avec un ordre de grandeur de 10^{-16} m² à 10^{-17} m² pour un béton ordinaire B25 et une perméabilité à l'eau avec un ordre de grandeur de 10^{-10} m/s à 10^{-11} m/s pour un béton ordinaire de type B25.

[0055] Enfin, la couche secondaire présente un aspect de surface dur et lisse permettant l'application éventuelle d'une peinture et un nettoyage au jet sous faible pression ou au balai brosse en cours d'exploitation de l'ouvrage.

[0056] L'invention réside également dans le choix et l'association de composants formant un mortier réfractaire résistant à de très hautes températures et ayant une bonne résistance mécanique afin d'obtenir une couche secondaire réfractaire 5 apte à être assemblée à la couche principale 4 et à protéger cette dernière contre un feu de type hydro-carbure modifié à 1300°C pendant 2 heures.

[0057] Selon l'invention, le mortier comprend au moins un ciment réfractaire, des granulats artificiel de granulométrie et de densité choisies, de l'eau, et le cas échéant des adjuvants.

[0058] Selon une réalisation possible, le mortier comprend de 25 à 35 % de ciment réfractaire, de 20 à 30 % de premier granulats, de 25 à 35 % de deuxième granulats, et de 10 à 20 % d'eau, les pourcentages étant exprimés en poids par rapport au poids total du mortier.

[0059] Le ciment réfractaire comprend par exemple un ciment fondu alumineux vendu sous la référence « ciment fondu LAFARGE » par la société LAFARGE. Un tel ciment réfractaire a une résistance pyroscopique de l'ordre de 1270 à 1290°C sur pâte pure. La masse volumique du ciment est de l'ordre de 3,2 à 3,3 t/m³.

[0060] Contrairement aux ciments classiques, le ciment réfractaire ne se désagrége pas lorsqu'il est soumis à de très hautes températures.

[0061] Les premiers granulats légers ont la granulométrie de l'ordre de 0 à 4 mm.

[0062] Par exemple, les granulats légers sont ceux vendus par la société GEM (Granulats Expansés de la Mayenne) sous la référence « GRANULEX 0/4 ». Il s'agit de granulats cellulaires fabriqués à partir de schistes expansés à 1130°C, dont la masse volumique apparente humide foisonnée est de l'ordre de 1 t/m³, dont la masse volumique réelle est de 1,8 à 1,78 t/m³ et dont le coefficient d'absorption d'eau est de l'ordre de 4,2 à 4,7%. La fraction 0/4 mm peut être choisie de manière relativement constante.

[0063] Selon une variante possible, les granulats légers sont à base d'un laitier ou d'argile.

[0064] Des deuxième granulats de type gravillon complètent la composition du mortier. Ces deuxième granulats ont une granulométrie plus élevée que celle des premiers granulats légers, par exemple de l'ordre de 4 à 8 mm.

[0065] Par exemple, les deuxième granulats sont du « GRANULEX 4/8 » vendus par la société GEM, dont la masse volumique apparente humide foisonnée est de l'ordre de 0,8 t/m³, dont la masse volumique réelle est de 1,50 à 1,33 t/m³ et dont le coefficient d'absorption d'eau est de l'ordre de 5,7 à 8,1 %.

[0066] Les premiers et deuxième granulats permettent d'alléger le mortier, et confèrent à celui-ci une bonne tenue à la température. A très haute température, par exemple à 1150°C, les granulats légers deviennent pâteux.

[0067] Selon une variante possible, les deuxième granulats sont à base d'un laitier ou d'argile.

[0068] Le fait d'utiliser des granulats de différentes granulométries permet d'obtenir un mortier aussi continu que possible, présentant une bonne compacité, et donc une bonne résistance. Il n'est pas nécessaire d'avoir des granulats de même nature. Ainsi, les premiers granulats peuvent être à base de schistes expansés tandis que les deuxième granulats peuvent comprendre un laitier.

[0069] En outre, le mortier ne comprend pas d'adjuvant ou de matière plastique susceptible de dégager des vapeurs nocives lors d'une augmentation de température.

[0070] Selon une réalisation possible, la composition de mortier réfractaire selon l'invention peut en outre comprendre des fibres fusibles, par exemple des fibres de polypropylène ou de polyoléfine.

[0071] Par exemple, les fibres fusibles sont celles vendues par la société PIERI sous l'appellation FIBERMIX.

[0072] Ces fibres ont pour fonction de fondre à une certaine température déterminée, par exemple à 200°C, créant ainsi des canaux dans la couche de protection réalisée à partir du mortier réfractaire, de façon à permettre l'évacuation de la vapeur d'eau et à éviter l'écaillage de ladite couche sous l'effet de la pression.

[0073] Par exemple, la longueur des fibres est de l'ordre de 12 mm, et/ou leur diamètre de l'ordre de quelques micromètres. Le dosage est de l'ordre de 2kg par m³ de mortier.

[0074] Les fibres sont présentes en une quantité très faible (de l'ordre de 0,1 % en poids), et ne jouent aucun rôle structurel.

[0075] A titre d'exemple, le demandeur a réalisé une couche de protection à base de mortier réfractaire selon l'invention, avec la formule suivante :

- ciment : 520 kg/ m³,
- fibres de polypropylène : 2 kg/ m³,
- granulat léger GRANULEX 0/4 : 460 kg/ m³,
- granulat GRANULEX 4/8 : 550 kg/ m³,
- eau totale : 240 à 255 kg/ m³.

EP 1 382 795 A1

[0076] Le mortier frais présente ainsi une masse volumique de l'ordre de $1,8 \text{ t/m}^3$ (contre $2,4 \text{ t/m}^3$ pour les bétons de structure et 1 t/m^3 pour les mortiers réfractaires connus).

[0077] Le mortier réfractaire présente une conductivité thermique inférieure à $1 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$ à 20°C (contre $1,40 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$ pour les bétons de structure).

[0078] En pratique, la fabrication du mortier comprend les étapes suivantes :

- on introduit les deux granulats et les fibres de polypropylène ;
- on produit un malaxage d'une minute ;
- on introduit le ciment puis l'eau ;
- on malaxe de façon complémentaire pendant deux minutes.

[0079] La durée totale de la fabrication d'une gâchée est de l'ordre de quatre minutes dans une centrale à béton automatisée.

[0080] Le mortier réfractaire selon l'invention (durci) présente les caractéristiques suivantes :

Résistance moyenne à la compression à 28 jours	30 à 40 MPa
Résistance moyenne à la compression à 5 heures	20 à 25 MPa (sans étuvage)
Résistance moyenne au fendage à 28 jours	3 MPa
Module d'Young à 28 jours	21 000 MPa
Adhérence sur béton traditionnel type B40 (grillage métallique interposé)	1,5 à 2,5 MPa 1,0 à 1,5 MPa
Retrait plastique à 24 heures	473 $\mu\text{m/m}$
Retrait après prise à 28 jours	297 $\mu\text{m/m}$
Perméabilité à l'oxygène	$2,84 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$
Perméabilité à l'eau	$4,3 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$
Chaleur spécifique à 50°C	878 J/kg. $^\circ\text{K}$
Conductivité thermique	$0,82 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$ à 20°C
Conductivité thermique	$0,77 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$ à 200°C
Conductivité thermique	$0,38 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$ à 1250°C

[0081] Le mortier formant couche secondaire est ici un compromis entre l'isolation thermique et la résistance mécanique.

[0082] La résistance mécanique de la couche secondaire réalisée à partir du mortier est de l'ordre de 30 à 35 MPa. Ainsi, d'une part, lors de la fabrication, les étapes de manutention et de nettoyage peuvent être effectuées sans risquer d'endommager la couche. D'autre part, en service, la couche secondaire est suffisamment résistante pour, par exemple, ne pas être endommagée facilement par les voitures circulant à proximité. Cette résistance mécanique est assez proche d'une résistance d'une structure porteuse de l'ordre de 50 MPa pour un béton classique de voussoir.

[0083] Le mortier selon l'invention pourrait pratiquement être utilisé pour la réalisation de structures porteuses, indépendamment des questions de coût. A l'inverse, certains mortiers réfractaires connus conduisent à l'obtention de structures présentant une résistance mécanique inférieure à 5 MPa.

Revendications

1. Pièce en béton préfabriqué comprenant une couche principale (4) en béton armé, précontraint ou fibré et une couche secondaire (5) en mortier réfractaire assurant à la fois un complément de résistance mécanique et une protection contre l'incendie, ledit mortier présentant une résistance mécanique à 28 jours supérieure à 25 MPa, une conductivité thermique inférieure à $1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ à 20°C , et une résistance aux très hautes températures allant jusqu'à 1300°C , durant 2 heures.
2. Pièce en béton préfabriqué selon la revendication 1, constituant un voussoir destiné à être mis en place dans l'excavation d'un tunnel, caractérisé en ce qu'une première face (2) de la couche principale (4) est destinée à

être placée contre la paroi intérieure du tunnel, et **en ce que** la couche secondaire (5) est assemblée à la couche principale (4) au niveau d'une deuxième face (6) de ladite couche principale (4), opposée à ladite première face (2).

- 5 3. Procédé de réalisation d'une pièce en béton préfabriqué selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :

- 10 a) réaliser une couche principale (4) en béton armé, précontraint, ou fibré dans un moule (7) ;
 b) après durcissement, décoffrer la couche principale (4) ; et
 c) appliquer une couche secondaire (5) en mortier réfractaire sur l'une des faces (6) de la couche principale (4).

- 15 4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre l'étape d'assemblage des couches principale (4) et secondaire (5) à l'aide de clés de liaison et de fixations mécaniques.

- 20 5. Mortier réfractaire utilisé dans le procédé de réalisation d'une pièce en béton préfabriqué selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins :

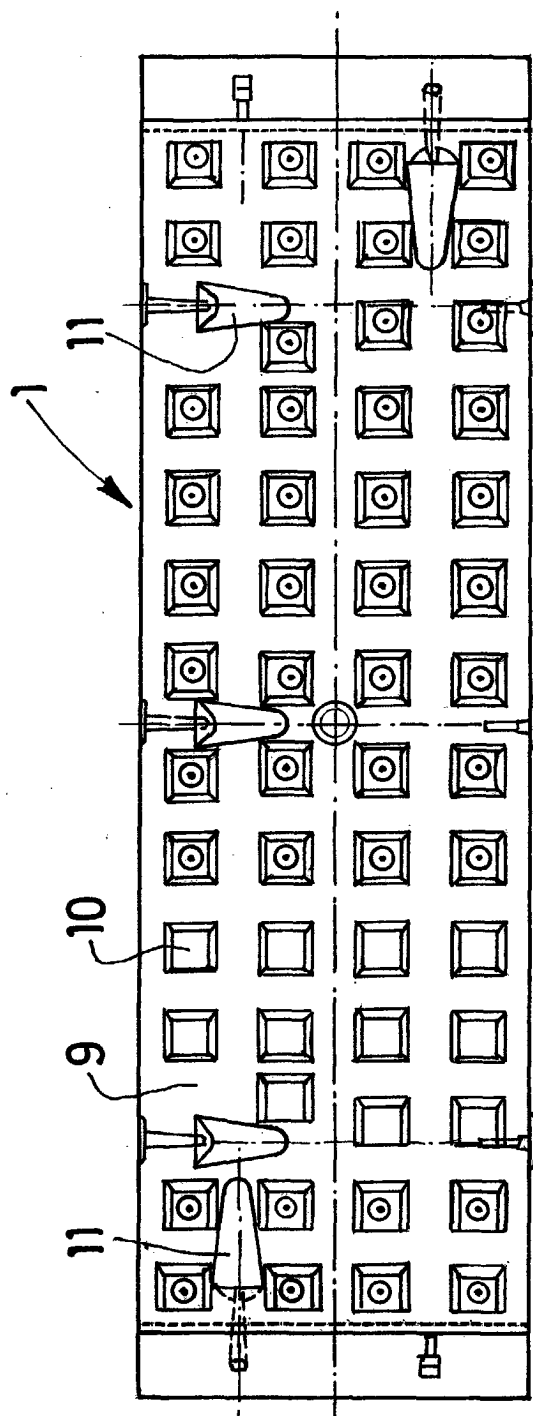
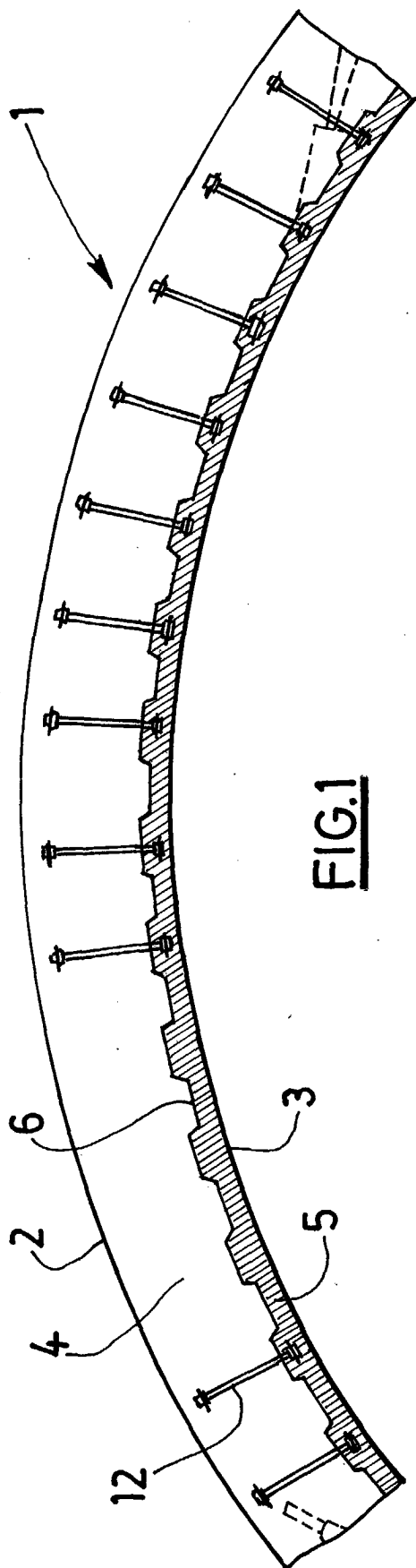
- 25 - un ciment réfractaire ;
 - des granulats artificiels de granulométrie et de densité choisies ;
 - de l'eau.

- 30 6. Mortier selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le ciment appartient au groupe formé par les ciments fondus alumineux.

- 35 7. Mortier selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** les granulats sont des granulats expansés minéraux.

- 40 8. Mortier selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** les granulats appartiennent au groupe formé par les argiles, les schistes, les laitiers.

- 45 9. Mortier selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre des fibres fusibles d'un diamètre de quelques micromètres et/ou ayant une longueur de l'ordre de 12 mm.



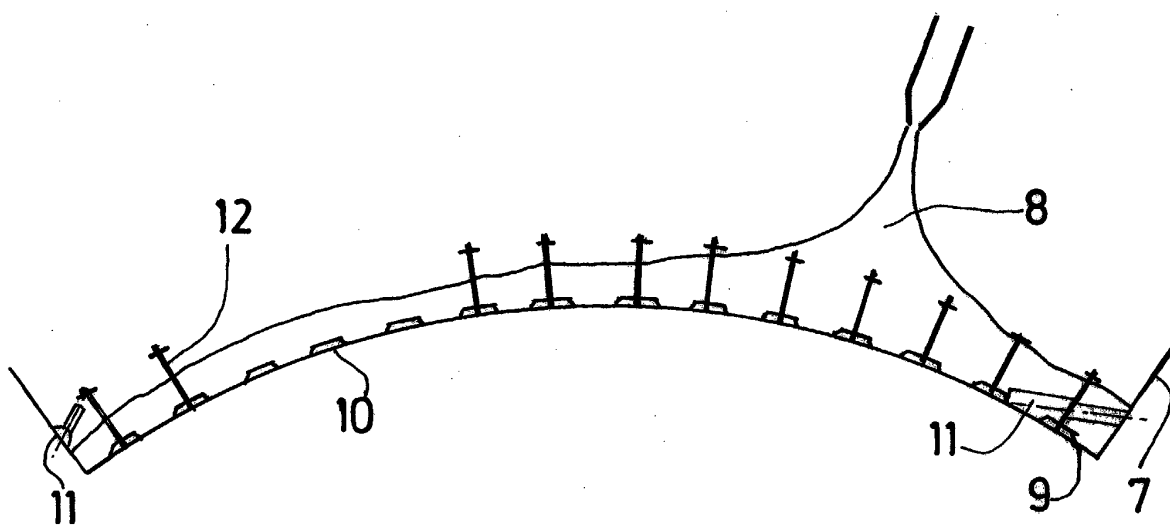


FIG. 3

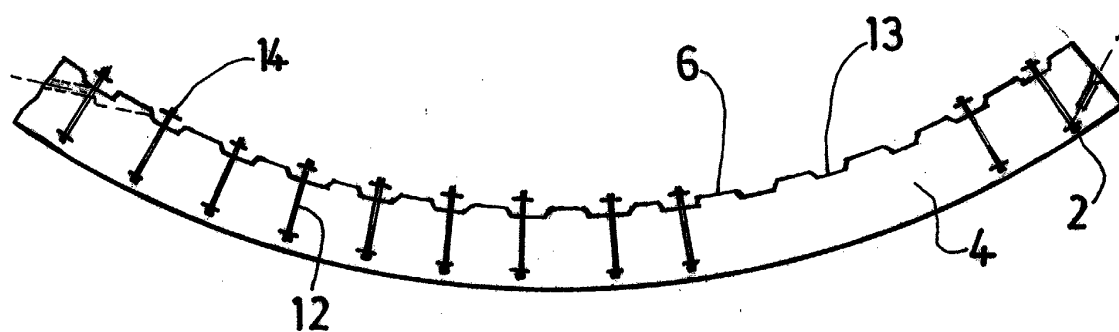


FIG. 4

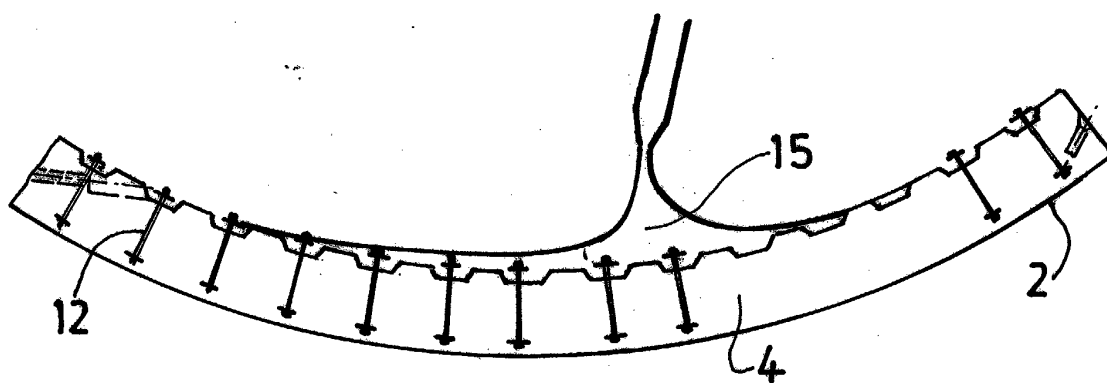


FIG. 5



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 03 29 1633

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 05, 3 mai 2002 (2002-05-03) -& JP 2002 029807 A (DAIHO CONSTR CO LTD), 29 janvier 2002 (2002-01-29)	1-3,5	E21D11/08
Y	* alinéa '0008! * * alinéa '0013! - alinéa '0015! * * alinéa '0019! *	4,6-9	
Y	FR 2 216 781 A (QUOIRIN JEAN BAPTISTE) 30 août 1974 (1974-08-30) * page 2, ligne 24 - ligne 28 *	4	
Y	FR 2 427 313 A (TESTA MICHEL) 28 décembre 1979 (1979-12-28) * page 1, ligne 17 - ligne 24 *	6-9	
D,A	WO 99 28596 A (BALLAST NEDAM BETON WATER ;GRAVESTEIJN NICOLAAS DIRK (NL); HATTUM) 10 juin 1999 (1999-06-10) * abrégé *	1-9	
A	EP 0 152 491 A (BRADBURY JOHN ALBERT AVERY) 28 août 1985 (1985-08-28) * le document en entier *	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
A	DE 197 25 761 A (PASSUT JOHANN FRIEDRICH) 24 décembre 1998 (1998-12-24) * abrégé *	1	E21D C04B
A	DE 196 08 264 C (HOCHTIEF AG HOCH TIEFBAUTEN) 7 mai 1997 (1997-05-07) * colonne 3, ligne 64 - colonne 4, ligne 7 * -/--	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 3 septembre 2003	Examineur Garrido Garcia, M
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 03 29 1633

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 9322 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class L02, AN 1993-180457 XP002253294 GOLUBYATNIKOV II ET AL.: "Binder used in building materials having reduced thermal conductivity" & SU 1 738 775 A (KIEV CIVIL ENG INST), 7 juin 1992 (1992-06-07) * abrégé * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 3 septembre 2003	Examineur Garrido Garcia, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 03 29 1633

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

03-09-2003

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2002029807	A	29-01-2002	AUCUN	
FR 2216781	A	30-08-1974	FR 2216781 A5	30-08-1974
FR 2427313	A	28-12-1979	FR 2427313 A1	28-12-1979
WO 9928596	A	10-06-1999	CA 2312382 A1	10-06-1999
			EP 1036252 A1	20-09-2000
			JP 2001525509 T	11-12-2001
			NL 1010705 C2	07-06-1999
			WO 9928596 A1	10-06-1999
EP 0152491	A	28-08-1985	EP 0152491 A1	28-08-1985
DE 19725761	A	24-12-1998	DE 19725761 A1	24-12-1998
DE 19608264	C	07-05-1997	DE 19608264 C1	07-05-1997
			AT 218182 T	15-06-2002
			EP 0794318 A1	10-09-1997
			JP 9317394 A	09-12-1997
			SG 79935 A1	17-04-2001
SU 1738775	A	07-06-1992	SU 1738775 A1	07-06-1992

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82