

①② **FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :  
**28.09.88**

⑤① Int. Cl.<sup>4</sup> : **E 21 D 10/04**

②① Numéro de dépôt : **83870074.8**

②② Date de dépôt : **27.07.83**

⑤④ **Procédé de réalisation d'ouvrages en béton armé tels que galeries souterraines, tunnels routiers, etc.; éléments en béton préfabriqués pour la réalisation de tels ouvrages.**

③① Priorité : **30.07.82 BE 208718**  
**08.10.82 BE 209205**  
**04.03.83 BE 210257**

④③ Date de publication de la demande :  
**07.03.84 Bulletin 84/10**

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :  
**28.09.88 Bulletin 88/39**

⑧④ Etats contractants désignés :  
**AT CH DE FR GB IT LI NL SE**

⑤⑥ Documents cités :  
**CH-A- 555 945**  
**FR-A- 2 379 007**  
**FR-A- 2 385 845**  
**GB-A- 2 014 212**

⑦③ Titulaire : **Dynamique du Bâtiment en abrégé "DYNA-BAT" Société Anonyme**  
**Rue Forestière, 39**  
**B-1050 Bruxelles (BE)**

**SPRL Etablissements E. RONVEAUX Société de Personnes à Responsabilité Limitée**  
**Rue Rebonmoulin, 16**  
**B-5300 Ciney (BE)**

**Les Entreprises Louis DE WAELE S.A.**  
**Boulevard Léopold II, 44**  
**B-1080 Bruxelles (BE)**

⑦② Inventeur : **Le Clercq, Pierre Alphonse L.M.G.**  
**Avenue des Ormeaux, 22**  
**B-1180 Bruxelles (BE)**  
Inventeur : **Rigot, Guy Joseph G.**  
**Rue Lambert Etienne, 38**  
**B-5300 Ciney (BE)**  
Inventeur : **Delheusy, Jean Claude**  
**Avenue de Malmaison, 17**  
**B-1410 Waterloo (BE)**

⑦④ Mandataire : **de Kemmeter, François et al**  
**Cabinet Bede 13, avenue Antoine Depage**  
**B-1050 Bruxelles (BE)**

**EP 0 102 340 B1**

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).

## Description

La présente invention se rapporte à la réalisation d'ouvrages en béton armé, tels que galeries souterraines, tunnels routiers, tunnels pour métros, etc..., à l'aide d'éléments préfabriqués.

L'exécution de ces ouvrages à l'aide d'éléments préfabriqués donne lieu à une difficulté étant donné que d'une manière générale, d'une part, le poids des éléments est très important, et que d'autre part, l'encombrement de ces éléments rend difficile, voire impossible, le transport par convoi routier.

Selon la technique antérieure, on excave d'abord une fouille à ciel ouvert, on y dépose ensuite successivement et jointivement des éléments creux préfabriqués en béton constitués chacun par un cadre et l'on effectue finalement un remblayage (voir également le document CH-A-555 945).

Un premier but de la présente invention est de remédier à la difficulté exposée ci-dessus, d'alléger au maximum et de réduire les dimensions extérieures de ces éléments préfabriqués tout en conservant un parachèvement intérieur aussi proche que possible du parachèvement final et de permettre ainsi l'exécution du procédé dans des conditions particulièrement économiques.

Un deuxième but de l'invention consiste à réaliser une continuité de l'ouvrage par un bétonnage de seconde phase exécuté sur chantier, à cheval sur les joints entre les éléments préfabriqués. Cette continuité est fondamentale tant au point de vue de la résistance mécanique et des tassements différentiels sous l'action du trafic qu'au point de vue de l'étanchéité.

En vue de la réalisation de ces buts, le procédé, objet de l'invention, est caractérisé essentiellement en ce que l'on met en oeuvre pour chaque élément préfabriqué un cadre dont les faces extérieures comportent des armatures, en ce que l'on coule un béton d'apport couvrant les joints entre éléments et collaborant avec le béton armé des éléments et avec les armatures de manière à réaliser par phases successives et rapidement, un ouvrage monolithique dont la résistance est nettement supérieure à celles respectives des éléments préfabriqués initialement mis en place et du béton d'apport.

Dans la mise en pratique du procédé, les armatures extérieures sont rendues solidaires de l'élément préfabriqué (« précadre ») avant la mise en place de l'élément préfabriqué.

Une particularité essentielle de l'invention est l'élément creux en béton armé préfabriqué constitué par un cadre, et, en lui-même, dénommé « précadre », caractérisé en ce que les faces extérieures du cadre comportent des armatures extérieures choisies de manière à engendrer une collaboration avec un béton d'apport qui est mis en oeuvre ultérieurement autour des éléments.

Dans le cas de tunnel en éléments préfabriqués de très grande dimension, les précadres présentent des encombrements qui dépassent les gaba-

rits autorisés en hauteur pour les transports routiers.

Dans ce cas, les précadres sont réalisés en deux ou plusieurs éléments complémentaires qui seront ensuite assemblés sur le chantier.

La mise en oeuvre des éléments se fait soit dans une fouille ouverte excavée à sec, soit dans des fouilles transversales successives exécutées sous boue thixotropique, en particulier lorsque l'ouvrage doit être réalisé en site urbain dense dans des rues ou des artères à proximité des immeubles existants.

Ci-après, on décrira plus en détail en se référant aux dessins annexés, ces éléments préfabriqués ainsi que les modes d'exécution du procédé, à sec et sous boue thixotropique.

Sur les dessins ci-joints :

les fig. 1, 2 sont des vues en perspective montrant différentes réalisations de l'élément dit précadre ;

les fig. 3, 4 et 5 sont des détails de construction et d'assemblage des précadres ;

les fig. 6, 7 et 8 concernent les précadres réalisés en deux ou plusieurs éléments complémentaires ;

les fig. 9 et 10 sont des vues illustrant la mise en place des éléments dans une fouille exécutée à sec ;

les fig. 11 à 15 concernent la mise en oeuvre des éléments préfabriqués dans une fouille exécutée sous boue thixotropique.

La fig. 11 est une vue horizontale du chantier de mise en oeuvre à proximité d'immeubles.

La fig. 12 montre une coupe verticale transversale dans laquelle sont montrées les caractéristiques essentielles du procédé de mise en oeuvre.

La fig. 13 montre une coupe verticale longitudinale relative au même procédé lors de la mise en oeuvre d'un élément de précadre.

La fig. 14 montre une autre coupe verticale concernant ce même procédé lors du creusement d'une nouvelle fouille transversale contre l'élément préfabriqué qui vient d'être mis en place.

La figure 15 montre une coupe horizontale dans les piédroits de deux éléments adjacents.

L'élément précadre est un bloc creux 4 réalisé avec des parois en béton armé les plus minces possibles, c'est-à-dire dans la pratique de 5 à 15 cm d'épaisseur (fig. 1).

La face intérieure 2 du précadre 4 est coulée généralement lisse autour d'un moule en présentant un aspect aussi proche que possible de l'aspect fini souhaité.

Par contre, la face extérieure est réalisée soit en béton rugueux 53 sans coffrage extérieur, soit avec un coffrage comportant des irrégularités ou des empreintes 120 aboutissant à créer par moulage une surface comportant des aspérités (fig. 2).

En outre, la face extérieure comporte (fig. 4) des armatures d'attente 54 et/ou des douilles

d'ancrage 55 avec tiges filetées 59 et/ou des plaques métalliques 56 avec des doguets 57 et des cavaliers 60 ce qui permet de mettre en place après durcissement du béton et décoffrage du béton préfabriqué des armatures périphériques 5 qui seront fixées sur les armatures d'attente 54, sur les tiges filetées 59 ou sur les cavaliers 60.

Cette dernière opération est réalisée dans l'usine de préfabrication ou sur le chantier, avant la mise en oeuvre des éléments.

Etant donné que ces éléments sont destinés à être posés sur le sol nivelé 61, en surface du terrain ou dans une fouille 62 (fig. 9), le futur radier 13 du précadre peut être réalisé dans son épaisseur définitive alors que les autres parois sont exécutées en faible épaisseur comme expliqué ci-dessus (fig. 2).

Le radier 13 comporte alors des excroissances 14 à l'extérieur des parois verticales avec des armatures verticales 15 ancrées dans ces mêmes excroissances (fig. 2).

Ceci permet d'éviter le bétonnage ultérieur entre la partie horizontale inférieure 16 du précadre (fig. 10) et le niveau 61 du terrain, bétonnage qui peut éventuellement être rendu assez difficile si l'épaisseur complémentaire à bétonner est faible.

Par contre un précadre 4 réalisé comme représenté à la fig. 2 pèsera plus lourd et sera plus encombrant qu'un élément semblable suivant la fig. 1.

Ce sont finalement des considérations de poids, de facilité de bétonnage et de mise en oeuvre qui guideront le choix entre les deux types de « précadres ».

Lorsque la portée de la toiture ou des piédroits du précadre devient trop grande pour être franchie par une dalle de 5 à 15 cm d'épaisseur par exemple, des étais provisoires 30 verticaux ou horizontaux peuvent être prévus pour réduire cette portée (fig. 1-2-9-12).

Ces étais 30 seront maintenus en place pendant l'exécution du béton d'apport extérieur 18 (fig. 3-9-10) et ne seront enlevés qu'après durcissement de ce même béton jusqu'à ce qu'il ait atteint une résistance suffisante.

La fig. 2 montre un précadre 4 comportant des éléments de finition intérieurs 19, en l'occurrence des éléments de quais pour une station de métro, les garde-corps de sécurité et les revêtements de parachèvement sur les sols, murs et plafonds.

La fig. 2 montre également un précadre comportant une nervure de raidissement 8 dont l'épaisseur correspond à l'épaisseur totale des parois après exécution du béton d'apport. Cette nervure 8 est indispensable dans le cas de mise en oeuvre sous boue thixotropique.

Dans le cas de tunnel à réaliser avec précadres de grande dimension, généralement les gabarits autorisés en hauteur pour le transport par route sont dépassés.

Dans ce cas, les précadres comportent deux ou plusieurs éléments partiels complémentaires 99, 100 et 101 (fig. 6) qui seront ensuite assemblés sur chantier.

Dans le cas de deux éléments partiels complémentaires 100 et 101, ils s'emboîtent l'un dans l'autre, en réduisant ainsi leur hauteur 108 durant le transport (fig. 7).

Le joint 102 entre deux demi-précadres se situe approximativement à mi-hauteur de chaque piédroit. L'avantage d'une telle position du joint réside dans le fait que les moments définitifs qui solliciteront le tunnel dans sa phase finale engendrent des tractions à l'extérieur du béton d'apport, et donc dans les armatures complémentaires qui sont ajoutées autour du précadre.

La partie droite de la figure 6 montre un précadre 4 constitué de deux demi-précadres 100 et 101. La hauteur 110 de ce précadre dépasse le gabarit routier autorisé. Le demi-précadre inférieur 100 peut comporter un radier 13 préfabriqué à l'avance, comme déjà expliqué précédemment (fig. 2).

Les deux demi-précadres 100 et 101 comportent une nervure 8 de raidissement à mi-largeur.

La fig. 7 montre une remorque surbaissée 104 tirée par un tracteur 105. Le demi-précadre 101 est posé sur la remorque à cheval sur le demi-précadre 100 en interposant un calage 106.

L'encombrement en hauteur sur la remorque surbaissée reste ainsi inférieur au gabarit 108 autorisé en hauteur pour les transports routiers.

La fig. 8 montre une coupe horizontale AA dans le demi-précadre supérieur. La largeur 109 du précadre est également inférieure au gabarit routier autorisé. L'assemblage sur chantier des deux demi-précadres 100 et 101 peut également se faire par une tige en acier 140 comportant un écrou à chaque extrémité et qui est placée dans un logement tubulaire 141 réservé dans les nervures 8 des piédroits (fig. 6).

Après assemblage sur chantier, il suffira de serrer les boulons avec une clef dynamométrique pour effectuer une post-contrainte verticale dans les piédroits. Cette post-contrainte peut être calculée pour empêcher l'ouverture des joints 102 à l'intérieur du précadre sous l'effet des poussées latérales sur les piédroits dues au terrain, à l'eau et aux surcharges au-dessus du tunnel.

Eventuellement une injection de coulis de ciment peut être prévue dans le joint 102 pour réaliser l'étanchéité d'une part et la continuité du béton d'autre part pour reprendre les efforts de compression résultant des sollicitations extérieures. Dans le calcul du dimensionnement des épaisseurs totales de béton des piédroits, de la toiture et du radier du précadre 4 avec son béton d'apport, on choisira de préférence des valeurs telles que les sollicitations n'engendrent pas d'efforts de traction sur la face interne du piédroit à l'emplacement du joint 102 entre les deux demi-précadres 100 et 101. Ceci permettra d'éviter de devoir appliquer une post-contrainte telle qu'expliquée ci-dessus.

Dans le cas où le précadre est constitué de plus de deux éléments partiels, les principes d'assemblage énoncés ci-dessus sont également utilisés. (voir partie gauche de la fig. 6).

La fig. 10 montre comment un précadre 4 peut

être mis en place dans une fouille 62 excavée à sec, comportant une paroi verticale blindée 69 par des palplanches 71 par exemple, et une autre paroi 72 en talus assez raide compte tenu de la cohésion du terrain.

Dans une telle exécution, à l'aide d'une grue avec un palonnier 73, le précadre 4 est mis en place au fond 61 de la fouille 62. Il est réglé sur quatre vérins 74 posés sur le fond de la fouille qui permettent d'assurer la mise en place du précadre avec toute la précision requise.

Dès que le précadre est correctement réglé, des calages en bois, béton ou acier sont mis en place et coincés entre le précadre et le niveau d'assise sur le sol en permettant ainsi d'enlever et de récupérer les vérins de réglage.

Le bétonnage de seconde phase 18 (fig. 10) est alors entrepris en noyant ces éléments de calage dans la masse de béton.

Les vérins provisoires 74 peuvent être remplacés par des vérins-sacs perdus qui sont injectés d'un coulis de ciment pour assurer le réglage correct du précadre ; ces vérins ne nécessitent plus des dispositifs de calage et sont noyés dans la masse de béton, coulée sur le chantier à l'extérieur du précadre.

Les vérins provisoires 74 peuvent également être remplacés par des dalles 74 en béton préfabriqué qui sont réglées à l'avance au niveau requis.

Si le radier 13 est préfabriqué à l'avance (fig. 9), l'espace 121 entre les dalles 74 est arasé au niveau de pose par du sable stabilisé frais au moment de la pose ou rempli par la suite par un béton maigre très fluide.

Suivant la fig. 10, le béton de seconde phase 18 est coulé en-dessous du précadre, de part et d'autre de celui-ci et au-dessus de celui-ci.

La fig. 9 montre un précadre 4 conforme à la fig. 2 mis en place au fond d'une fouille 62 comportant un talus assez raide 72 et un autre talus 75 à faible pente.

Lorsque le talus 72 est raide, voire vertical (69), le béton de seconde phase 18 sera mis en oeuvre entre ce talus et le précadre 4.

Du côté du talus à faible pente 75, pour éviter de mettre en oeuvre des quantités de béton trop importantes, un coffrage vertical 76 (fig. 9) est mis en place avec des appuis 71 éventuels sur le talus. Ce coffrage 76 peut également être boulonné dans les nervures 8 (fig. 2) lorsqu'elles sont prévues. Ce coffrage 76 est récupérable après durcissement du béton. 11 peut également être remplacé par un coffrage perdu en tôle profilée en acier par exemple.

Les figures 1, 2, 9, 10 et 12 montrent des précadres de forme rectangulaire. Il est bien entendu toutefois que ces précadres peuvent être d'une forme généralement quelconque comportant notamment des parties arrondies.

Les différents précadres sont mis en oeuvre sur le terrain 61 préalablement nivelé et sont juxtaposés de manière à réaliser l'ouvrage dans son ensemble.

Pour réaliser l'étanchéité éventuelle et la conti-

nuité entre les éléments, suivant l'invention il est prévu de réaliser le bétonnage 18 de seconde phase à cheval sur le joint 88 entre deux précadres avec une armature de recouvrement 89 conformément à ce que montre la figure 3.

L'étanchéité éventuelle requise entre ces éléments est réalisée par des joints 160 périphériques en matière compressible placés entre les précadres (fig. 2 et 3). En général ce type de joint compressible ne résiste à la pression d'eau latérale que si le joint est comprimé suivant l'axe longitudinal du tunnel. Avant le bétonnage de seconde phase 18, l'assemblage et la compression dans le joint entre les éléments juxtaposés se font alors par des boulons 94 reliant des cornières métalliques 95 ancrées dans chacun des éléments juxtaposés, généralement à l'intérieur de ceux-ci (fig. 3).

Après durcissement du béton 18, les boulons 94 et les cornières 95 peuvent être démontés et récupérés pour l'assemblage d'autres précadres.

Le béton d'apport est un béton classique composé de sable, gravier, ciment et eau mais il peut aussi comporter des fibres, résistant à la traction, en acier, verre, amiante ou autre matériau.

Lorsque la galerie souterraine doit être réalisée en site urbain, dans des rues ou des artères par exemple, et donc à proximité des immeubles existants, il n'est généralement pas possible d'exécuter une fouille avec talus, car la largeur de l'artère ne le permet pas.

Il est rarement possible d'exécuter une fouille blindée avec des palplanches par exemple, car le battage de ces palplanches constitue une nuisance pour la population habitant ce quartier. D'autre part, ce battage engendre généralement des tassements importants et inadmissibles des bâtiments immédiatement voisins de la fouille exécutée.

La technique actuellement connue consiste à exécuter des fouilles blindées ou des parois longitudinales en béton moulées dans le sol sous boue thixotropique. Ces deux techniques nécessitent l'exécution successive des parois puis de la toiture et du radier qui viennent relier les parois longitudinales. L'exécution de tels travaux dure longtemps et gêne donc considérablement la population voisine pendant une longue période difficilement acceptable par elle.

La présente invention propose un procédé original de mise en oeuvre rapide d'éléments préfabriqués de la future galerie sans engendrer les inconvénients précités.

Le procédé est caractérisé essentiellement en ce que, transversalement par rapport à l'axe longitudinal du futur tunnel, on exécute des fouilles successives en substance rectangulaires et jointives ; on descend dans chaque fouille successivement au moins un précadre tel que défini à la fig. 2, en le positionnant de manière qu'il soit juxtaposé à l'élément de galerie précédemment réalisé ; on bétonne ensuite à l'extérieur entre les nervures 8 des deux demi-précadres et on effectue un remblayage de l'espace restant de

la fouille, par un matériau de remplissage tel que du gravier, du sable ou de la terre.

On en donnera ci-après à titre d'exemple non limitatif une description en se référant aux fig. 11 à 15. Le procédé de mise en œuvre des précadres sous boue thixotropique en général constituée de boue de bentonite comporte un certain nombre de phases d'exécution très particulières qui seront exposées ci-après à titre non limitatif et qui répondent d'une manière simple et originale aux buts poursuivis.

Un avantage particulier est que la technique proposée permet de supprimer la fiche des murs longitudinaux.

Depuis le niveau initial du terrain 211, on réalise d'abord de part et d'autre de la fouille à excaver un muret-guide 201 en béton armé sur une profondeur de un à deux mètres environ. Ce muret-guide est généralement complété par une dalle en béton armé 202 destinée à servir de chemin de roulement au portique 203 qui sera installé par la suite. Suivant les nécessités, ce muret-guide 201 incorporera un caniveau 235 (fig. 12) pour les canalisations urbaines.

Tel que représenté à la fig. 11, le chantier progresse dans le sens de la flèche 78.

Les précadres 4 sont préfabriqués en usine conformément aux indications ci-avant. Ils sont ensuite acheminés jusqu'au chantier de mise en œuvre où ils sont stockés en nombre suffisant (fig. 11).

Conformément aux indications précitées, des armatures complémentaires 5 sont fixées à ce précadre en usine ou sur chantier. Ces armatures 5 sont disposées du côté amont du précadre 4 par rapport à un épaulement 8 (fig. 2) de manière à recouvrir un élément de précadre en amont déjà mis en place jusqu'à son propre épaulement 8 (fig. 13).

Ces armatures complémentaires 5 couvriront donc les joints entre les éléments 4 mis en œuvre, assurant ainsi une continuité de la future galerie après le bétonnage complémentaire.

L'épaisseur du radier est éventuellement augmentée par un apport de béton incorporant les armatures supplémentaires 5 et réalisant ainsi un complément de radier 206 en béton armé coulé sur le chantier. Le radier 13 (fig. 2) peut également être entièrement préfabriqué à l'usine comme expliqué précédemment.

Pour diminuer la consommation de bentonite et éviter le nettoyage ultérieur de l'intérieur de la galerie, les précadres 4 comportent en outre deux parois souples 207 de fermeture fixées sur la périphérie du précadre en amont et en aval. Ces parois 207 sont constituées d'un matériau essentiellement perméable à l'eau mais étanche aux matières en suspension dans l'eau. On pourra employer par exemple un matériau en polyester non tissé. Cette paroi souple 207 peut être maintenue en place entre deux treillis métalliques 31 suffisamment rigides qui sont fixés à la périphérie du précadre 4 et sur les étais provisoires 30 éventuels et/ou comporter des armatures internes en fibres résistant à la traction.

Certains éléments de précadre 4 comportent en plus une paroi rigide étanche 33 généralement réalisée en béton. Ceci permettra d'isoler ultérieurement un tronçon de plusieurs éléments 4 à l'amont d'un autre élément 4.

Le précadre 4 comporte en général deux épaulements 8 en béton armé vers l'extérieur et au milieu des deux parois verticales ainsi que sur la toiture de l'élément (fig. 2).

Ces épaulements 8 en béton armé sont soit préfabriqués en usine en même temps que le précadre 4, soit exécutés sur le chantier en même temps que le complément éventuel de radier 206, en particulier si le gabarit autorisé pour les transports routiers ne permet pas leur préfabrication en usine.

Ces épaulements 8 permettent en outre la fixation latérale de suspentes 9 rigides en acier constituées soit d'une poutrelle métallique, soit de préférence d'un élément en acier en forme de U destiné à l'exécution de pieux de fondation en acier. A l'intérieur du U, un élément 225 tubulaire en toile souple et perméable est fixé sur toute la hauteur. Ce boudin 225 est obturé à sa partie inférieure (fig. 15).

Les suspentes 9 sont fixées au précadre et ont une longueur suffisante pour pouvoir être accrochées et suspendues au portique 203 de mise en œuvre. Cette suspente 9 avec sa plaque d'assemblage 45 peut créer une liaison entre un demi-précadre 100 et un demi-précadre 101 par l'intermédiaire d'une série de douilles d'ancrage ou de boulons d'ancrage 103 (fig. 6 et 8).

Comme montré sur les figures 13 et 14, les épaulements 8 de la toiture de chaque précadre 4 comportent des encoches rectangulaires 34 qui permettront d'y déposer la base d'un batardeau 80 dont il sera question plus loin.

Des tôles 210 (fig. 12 et 15) perforées de trous ronds de petit diamètre, sont fixées aux armatures 5 avec des dispositifs d'écartement pour constituer la future paroi de coffrage perdu des piédroits du tunnel à exécuter en évitant ainsi la pollution du béton d'apport par des éboulements de terre éventuels. Cette tôle 210 peut éventuellement être profilée et collaborante.

Ces tôles 210 ont une longueur suffisante pour atteindre au minimum le niveau supérieur 22 des éléments 4 mis en œuvre.

Les précadres ainsi préparés sont prêts à être mis en œuvre dans la fouille exécutée sous boue thixotropique.

Une caractéristique importante de l'invention est que cette fouille sous boue thixotropique s'exécute par tranchées transversales perpendiculaires 87 (fig. 11 et 14) à l'axe du tunnel à réaliser, à l'aide d'une grue 79 munie d'un grappin hydraulique ou d'une benne spéciale 70 telle que celles utilisées pour l'exécution de parois en béton moulées dans le sol sous boue thixotropique.

Dans le présent procédé, cette benne 70 aura généralement des dimensions nettement plus grandes que celles des bennes utilisées actuellement, et ceci par suite de la grandeur de chaque

fouille successive.

On peut également exécuter la fouille à l'aide d'une excavatrice travaillant en rétro, suivant les passes successives 122 (fig. 14).

En cas d'emploi de la benne spéciale 70, un muret-guide transversal 85 amovible, généralement en acier, est placé dans des encoches 86 prévues dans les murets-guides 201.

En effet, les fouilles ou tranchées ont une largeur correspondant à la distance entre deux murets-guides 201 parallèles à l'axe longitudinal du futur tunnel. Dans la pratique, cette largeur variera d'environ cinq à quinze mètres.

La longueur de ces fouilles successives suivant l'axe du futur tunnel à réaliser sera par contre assez réduite. Dans la pratique, cette longueur aura environ deux à trois mètres. Cette longueur réduite doit permettre d'exécuter la fouille transversale sans risque de tassement pour les immeubles voisins 214 dont les fondations 215 peuvent être très proches de la fouille ainsi exécutée (fig. 11 et 12).

Pour éviter ce tassement et les risques d'effondrement du terrain 216 en place, la fouille est remplie en permanence de boue thixotropique en général constituée de boue de bentonite et ceci jusqu'au niveau 25, supérieur au niveau 36 de la nappe phréatique.

Un châssis 40 de positionnement et de réglage est placé ensuite au-dessus de la fouille excavée sous boue thixotropique et en prenant appui sur les murets-guides 201 (fig. 12 et 13).

Ce châssis 40, généralement fabriqué en acier, comprend essentiellement deux poutrelles 41 espacées entre elles d'une distance horizontale supérieure à l'encombrement longitudinal 42 du précadre 4 avec les armatures 5.

Des doubles traverses 43 sont prévues de manière à encadrer une rallonge 44 boulonnée à la suspente 9 par l'intermédiaire de plaques de liaison 45 soudées respectivement en tête de la suspente 9 et en bas de la rallonge 44.

Le chariot 46 ou un dispositif de positionnement horizontal pourra se déplacer horizontalement sur les doubles traverses 43 après mise en place du précadre 4 suspendu par deux suspentes 9 de part et d'autre de la fouille.

Des vérins 47 permettent d'assumer le réglage précis en altitude du précadre 4 suivant les directives qui seront données par un géomètre avant ou pendant la mise en œuvre de chaque élément 4.

Le châssis 40 peut être remplacé par un chariot 126 (fig. 12) comportant au moins quatre roues en acier 125 du type chemin de fer ou à gorge qui circulent sur deux rails 123 longitudinaux prenant appui sur les murets-guides 201.

Ces rails sont réglés en position exacte latéralement et en altitude suivant les indications du géomètre en plaçant des cales 124 sous les rails de manière à ce que le précadre 4 (fig. 13) en cours de pose vienne se placer avec précision et à l'emplacement adéquat contre le précadre 4 précédemment placé.

Une fouille transversale étant achevée jusqu'au

niveau 24 et le châssis 40 de positionnement ou le chariot 126 étant préparé, un précadre 4 avec tout son conditionnement déjà décrit est soulevé par le portique 203 et amené au-dessus de la fouille toujours remplie de boue thixotropique.

Le précadre 4 est descendu jusqu'à pénétrer en partie dans la boue thixotropique.

Pour équilibrer la pression momentanée entre la boue et la paroi souple et perméable 207 du précadre 4, ce dernier est partiellement rempli d'eau. La descente du précadre 4 peut alors se poursuivre jusqu'à une nouvelle profondeur inférieure à la hauteur du précadre 4 qui est à nouveau rempli d'eau pour équilibrer les pressions momentanées de part et d'autre de la paroi souple et perméable 207. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que le précadre 4 soit totalement rempli d'eau. Le précadre 4 peut alors être descendu jusqu'au niveau prévu mais à une certaine distance horizontale de l'élément 4 déjà placé en amont (fig. 13).

Par l'intermédiaire du chariot 126 ou du dispositif de positionnement 46, les deux suspentes 9 munies de leurs rallonges respectives 44 sont alors supportées par le chariot 126 ou le châssis de positionnement 40.

Les deux crochets 48 du portique 203 peuvent alors être déconnectés des orifices 49 de suspension solidaires des deux rallonges 44.

Si nécessaire, le précadre 4 est encore réglé en altitude par les vérins 47 puis déplacé horizontalement vers l'élément 4 déjà posé à l'aide du chariot 126 ou dispositif de positionnement 46. Ce travail précis s'effectue suivant les directives d'un géomètre.

La juxtaposition du nouveau précadre 4 contre l'élément 4 déjà mis en œuvre implique un réglage horizontal précis et prédéterminé pour pouvoir corriger les tolérances de fabrication et de mise en œuvre des éléments 4.

La fig. 5 montre le dispositif généralement prévu en trois points du précadre 4 de l'élément 4 mis en œuvre.

Le précadre 4 déjà mis en place comporte ce dispositif sur sa tranche, en trois endroits, généralement au milieu du radier et aux deux angles supérieurs entre la toiture et les montants de l'élément. Ce dispositif consiste en une plaquette 50 en acier ancrée solidement dans le béton par des doguets 51 ou autres dispositifs d'ancrage. Aux mêmes emplacements correspondants de la tranche du nouveau précadre 4 à mettre en place, ce dispositif consiste en une vis de réglage 52 qui peut tourner dans une douille filetée 63 solidaire de doguets ou autre dispositif d'ancrage 64.

Un dispositif 66 similaire permet le réglage vertical précis et la reprise de la sous pression due au remplissage sous le radier.

Une cuvette 65 généralement cylindrique est prévue pour loger totalement la tête de la vis 52 lorsqu'elle est vissée à fond. Les trois vis de réglage 52 de chaque nouveau précadre 4 mis en œuvre sont réglés suivant les indications du géomètre en fonction de la position réelle de l'élément 4 immédiatement adjacent en amont.

Le nouveau précadre 4 étant ainsi correctement réglé au fond (fig. 14) de la fouille contre l'élément précédent 4, un batardeau vertical 23 réalisé en palplanches ou en poutrelles avec des panneaux en béton préfabriqué, ou par tout autre système, est alors mis en œuvre à l'aval du précadre 4 qui vient d'être installé et contre celui-ci (fig. 14 et 15). Ce batardeau 23 a une hauteur qui va depuis le fond 24 de la fouille jusqu'à un peu au-dessus du niveau naturel 211 du terrain, et en tous cas au-dessus du niveau 25 de la boue de bentonite.

L'espace entre le batardeau 23 et la paroi verticale du terrain 216 est alors rempli de gravier 224 immergé sous la boue de bentonite. Ce remplissage de gravier s'effectue au moins jusqu'au niveau 22 correspondant au niveau supérieur de l'élément 4 mis en place.

Ce gravier 224 exerce une poussée horizontale importante sur le batardeau 23 et sur l'élément 4 qui vient d'être placé en le plaquant ainsi fortement contre l'élément précédent 4 en amont (fig. 14) et en écrasant le joint d'étanchéité 160 en matière compressible (fig. 3).

Dans la pratique, il est toutefois difficile d'évaluer correctement la valeur de cette poussée horizontale du gravier, alors que le joint 160 doit être comprimé d'une manière précise pour être efficace.

Le batardeau 23 (fig. 14) comportera généralement des vérins 110 (fig. 15) qui permettront d'exercer une force horizontale constante, exacte et adéquate pour écraser correctement le joint 160.

Le boudin 225 est alors rempli de béton 26 de manière à obturer l'espace compris entre les suspentes 9 et le terrain 216 (fig. 15).

Un matériau 275 tel que du béton maigre fluide est alors coulé sous le radier 206 de l'élément 4 (fig. 14). Ce matériau 275 est coulé sous la boue thixotropique par l'intermédiaire de tubes de bétonnage 27 qui peuvent éventuellement être logés dans l'épaisseur du batardeau 23 (fig. 15).

Immédiatement après durcissement de ce matériau 275, du béton 18 est coulé par un tube de bétonnage entre les parois verticales des deux précadres 4 jointifs et les tôles 210 de coffrage perdu perforé. Au fur et à mesure que ce béton frais monte, il déborde en partie par les trous du coffrage en remplissant ainsi l'espace compris entre le terrain 216, le coffrage perdu, constitué par les tôles 210, et le boudin 225 rempli de béton 26. Le béton 18 incorpore les armatures 5 fixées aux éléments 4.

Ce bétonnage se poursuit pour couler le béton 18 (fig. 13 et 14) couvrant les toitures des deux précadres jointifs 4.

Un deuxième batardeau 80 comprenant une poutrelle 81 en son sommet est déposé dans l'encoche 34 située dans l'épaule 8 de l'élément 4 mis en place antérieurement.

Du gravier 83 (fig. 14) est alors déversé à l'amont de ce batardeau 80 tout en enlevant progressivement un batardeau 84 identique qui était placé au-dessus de l'antépénultième élément.

A ce moment, le cycle des opérations peut recommencer.

La benne 70 excave la fouille suivante 87 sous boue thixotropique entre le batardeau 23 et un muret-guide amovible 85. Cette benne évacuera le gravier 224 en même temps que le terrain 216 en place. Le cycle des opérations reprend alors comme décrit précédemment.

Il en irait de même si la benne spéciale 70 était remplacée par un grappin hydraulique ou une pelle rétro, mais dans ces cas, le muret-guide amovible 85 n'est pas utilisé.

La fig. 12 montre également un dispositif original et performant dans le cas d'éléments 4 de grande portée.

Des suspentes métalliques 90 obliques sont fixées à des plaques métalliques 91 ancrées dans la toiture du précadre 4.

Ce dispositif permet de réduire considérablement l'épaisseur 93 du béton et les armatures correspondantes de la toiture de l'élément 4 en créant des appuis intermédiaires qui raccourcissent la portée.

Ces suspentes obliques 90 peuvent être soit fixées aux deux suspentes verticales 9 au moyen des plaques d'assemblage 45 soit ancrées dans le futur remblai.

La partie supérieure de la fouille peut être remblayée avec du gravier injecté de béton ou du béton maigre 92 qui noie entièrement les suspentes métalliques 9 et 90.

## Revendications

1. Procédé de réalisation d'ouvrages en béton armé tels que tunnels routiers, galeries souterraines, tunnels pour métros, selon lequel l'on excave d'abord une fouille à ciel ouvert, l'on y dépose ensuite successivement et jointivement des éléments creux préfabriqués (4) en béton constitués chacun par un cadre, et l'on effectue finalement un remblayage, caractérisé en ce qu'on met en œuvre pour chaque élément préfabriqué un cadre dont les faces extérieures comportent des armatures (5), en ce que l'on coule un béton d'apport (18) couvrant les joints entre éléments et collaborant avec le béton armé des éléments (4) et avec les armatures (5) de manière à réaliser par phases successives et rapidement un ouvrage monolithique dont la résistance est nettement supérieure à celles respectives des éléments préfabriqués (4) initialement mis en place et du béton d'apport (18).

2. Élément creux préfabriqué en béton armé pour la mise en pratique du procédé suivant la revendication 1 constitué par un cadre comportant des faces extérieures, caractérisé en ce que les faces extérieures du cadre comportent des armatures (5) extérieures choisies de manière à engendrer une collaboration avec un béton d'apport qui est mis en œuvre ultérieurement autour des éléments.

3. Élément préfabriqué suivant la revendication 2, caractérisé en ce que les faces extérieures de



l'élément comportent des rugosités (53) et/ou des empreintes (120).

4. Elément préfabriqué suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la surface intérieure (2) de l'élément est en substance lisse ou se rapproche le plus possible de l'état prévu de parachèvement.

5. Elément préfabriqué suivant la revendication 2, caractérisé en ce que les parois de l'élément sont les plus minces possibles par exemple de 5 à 15 cm.

6. Elément préfabriqué suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le radier (13) de l'élément est réalisé dans son épaisseur définitive alors que les autres parois sont exécutées en faible épaisseur, ce radier donnant alors lieu à l'extérieur des parties verticales à des excroissances (14) dans lesquelles sont ancrées des armatures verticales (15).

7. Elément préfabriqué suivant l'une quelconque des revendications 2-6, caractérisé en ce que la face extérieure de l'élément comporte des armatures d'attente (54) et/ou des douilles d'ancrage (55) avec tiges filetées (59) et/ou des plaques métalliques (56) avec des doguets (57) et des cavaliers (60), ce qui permet de mettre en place, après durcissement et décoffrage du béton préfabriqué, les armatures périphériques (5) qui seront fixées sur les armatures d'attente (54), sur les tiges filetées (59) ou sur les cavaliers (60), cette dernière opération pouvant se faire dans l'usine de préfabrication ou sur le chantier avant la mise en œuvre des éléments.

8. Elément préfabriqué suivant l'une quelconque des revendications 2-7, caractérisé en ce qu'il est constitué par deux ou plusieurs éléments partiels (99-101) assemblés sur chantier dont les joints (102) sont injectés de coulis de ciment ou autre matériau.

9. Elément préfabriqué suivant la revendication 8, caractérisé en ce que deux demi-éléments (100, 101) sont emboîtés lors du transport sur une remorque (104) permettant ainsi de respecter le gabarit routier (108) autorisé en hauteur.

10. Elément préfabriqué suivant la revendication 8, caractérisé en ce que les éléments partiels (99-100-101) sont assemblés entre eux par une post-contrainte réalisée par des barres ou des fils en acier munis d'ancrages (140).

11. Elément préfabriqué suivant la revendication 8, caractérisé en ce que le dimensionnement des épaisseurs totales de piedroits, de la toiture et du radier de l'élément est effectué en choisissant des valeurs telles que les sollicitations n'engendrent pas d'efforts de traction sur la face intérieure du piedroit à l'emplacement du joint (102) entre les deux demi-éléments (100, 101).

12. Elément préfabriqué suivant l'une quelconque des revendications 2 à 11, caractérisé en ce qu'il est complété par des étais provisoires verticaux (30), lorsque sa largeur est trop grande et/ou des étais horizontaux lorsque sa hauteur est trop élevée.

13. Elément préfabriqué suivant l'une quelconque des revendications 2 à 12, caractérisé en ce

que l'élément de précadre peut comporter des éléments de finition intérieurs (19) tels par exemple des éléments de quais dans une station de métro, des garde-corps de sécurité, des revêtements de parachèvement sur les quais, murs et plafonds, etc.

14. Elément préfabriqué suivant l'une quelconque des revendications 2-13, caractérisé en ce qu'un épaulement (8) en béton armé est prévu au milieu et à l'extérieur de chacune des ou de certaines des parois et en ce que cet épaulement a une épaisseur totale identique à celle cumulée des parois de l'élément et du béton d'apport (18).

15. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la fouille (62) à ciel ouvert est exécutée en tranches successives transversales de manière à permettre chaque fois la mise en place d'un élément préfabriqué et la mise en œuvre du béton d'apport et du remblayage en recouvrant le joint entre deux éléments successifs.

16. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que, pour éviter le tassement et les risques d'effondrement du terrain en place, la fouille est remplie en permanence de boue thixotropique, en général constituée de boue de bentonite, et cela jusqu'à un niveau (25) supérieur au niveau (36) de la nappe phréatique.

17. Procédé suivant la revendication 16, caractérisé en ce que des armatures complémentaires (5) sont fixées à l'élément préfabriqué du côté amont par rapport à l'épaulement (8) prévu suivant la revendication 14 de manière à pouvoir recouvrir l'élément préfabriqué déjà mis en place jusqu'à l'épaulement qui lui est propre, à couvrir ainsi les joints entre les éléments et à assurer une continuité de la future galerie après le bétonnage complémentaire.

18. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1, 15-17, caractérisé en ce que l'on réalise l'une ou l'autre des étapes successives ci-après :

a) Deux suspentes rigides (9) métalliques en général en forme de U et ayant une longueur suffisante pour pouvoir être accrochées à un portique (126-40) de mise en œuvre prévu au niveau (211) du sol, sont fixées aux épaulements (8).

b) A l'intérieur des deux suspentes (9) en U on met en place, en substance sur toute la hauteur, un élément tubulaire (225) en un tissu souple et perméable obturé à son extrémité inférieure.

c) Après terminaison d'une fouille transversale, un châssis (40) ou un chariot (126) de positionnement et de réglage est placé au-dessus de la fouille excavée en prenant appui en général sur des murets-guides (201).

d) On procède à un réglage précis de l'élément immergé contre l'élément précédemment placé par l'intermédiaire du châssis de réglage (40) ou du chariot (126).

e) Un batardeau vertical (23) réalisé par exemple en palplanches, est mis en place à l'aval de l'élément (4) qui vient d'être mis en place et



contre celui-ci, ce batardeau ayant une hauteur s'étendant depuis le fond de la fouille jusqu'au-dessus du niveau de la boue de bentonite.

f) L'espace entre le batardeau (23) et la paroi aval du terrain est partiellement rempli de gravier (22) immergé dans la boue thixotropique, ce gravier (22) exerçant une poussée sur le batardeau (23) et sur le précadre (4) qui vient d'être placé en l'appliquant contre l'élément (4) précédent en amont.

g) L'élément tubulaire (225) est rempli par du béton afin d'obturer l'espace compris entre les suspentes (9) et le terrain (216).

h) Un matériau (275) tel du béton est mis en oeuvre sous le radier (206) de l'élément préfabriqué.

i) Après durcissement de ce matériau, du béton est coulé entre les parois verticales extérieures et les épaulements (8) respectifs des deux éléments jointifs d'une part et les faces verticales du terrain en place soutenues par la boue thixotropique d'autre part.

j) Le bétonnage se poursuit afin de couler le béton (18) en recouvrement des toitures des deux éléments préfabriqués jointifs entre leurs épaulements respectifs.

k) Un deuxième batardeau (80) est déposé contre l'épaulement (8) du toit de l'élément ayant été mis en place antérieurement.

l) Du gravier ou autre matériau de remblai est déversé à l'amont de ce batardeau tandis que le batardeau identique au-dessus de l'antépénultième élément est enlevé.

m) Le cycle des opérations recommence alors par l'excavation de la tranche transversale suivante à l'abri du batardeau aval.

19. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1, 15-18, caractérisé en ce que les éléments (4) comportent deux parois souples (207) de fermeture fixées sur la périphérie de l'élément en amont et en aval, ces parois étant constituées d'un matériau perméable à l'eau mais étanche aux matières en suspension dans l'eau et chaque paroi pouvant être maintenue en place entre deux treillis métalliques (31) suffisamment rigides fixés à la périphérie de l'élément ou sur les étais provisoires (30), le matériau pouvant par exemple être un matériau en polyester non tissé.

20. Procédé suivant la revendication 19, caractérisé en ce que pour équilibrer la pression momentanée entre la boue et la paroi souple et perméable (207) de l'élément (4), ce dernier est progressivement rempli d'eau pendant la descente du précadre dans la boue thixotropique.

21. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 16-20, caractérisé en ce que préalablement à la mise en place des éléments (4), des tôles profilées en acier verticales (210) servant de coffrage perdu sont fixées latéralement au précadre (4) afin d'éviter la pollution du béton d'apport et de résister à des éboulements éventuels de terrain.

22. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 16-21, caractérisé en ce que les tôles profilées (210) comportent de nombreuses

perforations permettant au béton frais, déversé entre ces tôles (210) et les parois verticales de l'élément (4) de s'écouler également entre ces mêmes tôles (210) et les parois verticales du terrain (216) soutenues par la boue thixotropique.

23. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 16-22, caractérisé en ce que certains éléments (4) comportent une paroi rigide (33) étanche, généralement en béton, destinée à permettre d'isoler ultérieurement un tronçon de plusieurs éléments à l'amont d'un élément (4) de précadre.

24. Procédé suivant une quelconque des revendications 16-23, caractérisé en ce que des suspentes obliques (90) sont ancrées à des plaques métalliques (91) fixées au toit du précadre (4) pour réduire l'épaisseur totale du béton (93) du toit du tunnel.

## Claims

1. Method of constructing reinforced concrete works such as road tunnels, underground galleries, tunnels for underground railways, according to which an open trench is first excavated, in which there are then placed, consecutively and contiguously, prefabricated hollow concrete elements (4) each consisting of a frame, and a filling is finally executed, characterised in that there is used for each prefabricated element a frame, the external faces of which comprise reinforcements (5), that a filler concrete (18) is poured covering the joints between elements and cooperating with the reinforced concrete of the elements (4) and with the reinforcements (5) so as to construct by consecutive stages, and rapidly, a monolithic work, the strength of which is appreciably greater than the respective strengths of the prefabricated elements (4) initially placed and of the filler concrete (18).

2. Prefabricated reinforced concrete element for performing the method according to claim 1, consisting of a frame, having external faces, characterised in that the external faces of the frame comprise external reinforcements (5) chosen so as to produce cooperation with a filler concrete which is placed round the elements subsequently.

3. Prefabricated element according to claim 2, characterised in that the external faces of the element comprise rugosities (53) and/or indentations (120).

4. Prefabricated element according to claim 2, characterised in that the internal surface (2) of the element is of a smooth substance or approaches as closely as possible to the prescribed finished state.

5. Prefabricated element according to claim 2, characterised in that the walls of the element are as thin as possible, for example from 5 to 15 cm.

6. Prefabricated element according to claim 2, characterised in that the apron (13) of the element is constructed in its final thickness whereas the other walls are constructed of small thickness,

this apron then giving rise on the exterior of the vertical parts to excrescences (14) in which vertical reinforcements (15) are anchored.

7. Prefabricated element according to any of claims 2-6, characterised in that the external face of the element comprises temporary reinforcements (54) and/or anchorage sockets (55) with screwthreaded rods (59) and/or metal plates (56) with dogs (57) and staples (60), which permits, after the prefabricated concrete is set and deshuttered, the placing of the peripheral reinforcements (5) which will be fixed to the temporary reinforcements (54), to the screwthreaded rods (59) or to the staples (60), this last operation being possible at the prefabrication works or on site before the installation of the elements.

8. Prefabricated element according to any of claims 2-7, characterised in that it consists of two or more partial elements (99-101) assembled on site, the joints (102) of which are injected with cement grout or other material.

9. Prefabricated element according to claim 8, characterised in that two half-elements (100, 101) are nested during transport on a trailer (104), thus permitting the official road transport height limit (108) to be respected.

10. Prefabricated element according to claim 8, characterised in that the partial elements (99, 100, 101) are assembled mutually by a post-stressing effected by steel bars or wires fitted with anchorage means (140).

11. Prefabricated element according to claim 8, characterised in that the dimensioning of the total thicknesses of the side walls, of the roof and of the apron of the element is decided by choosing values such that the stresses do not generate traction forces on the internal face of the side walls at the position of the joint (102) between the two half-elements (100, 101).

12. Prefabricated element according to any of claims 2 to 11, characterised in that it is complemented by temporary vertical stays (30) when its height is too great.

13. Prefabricated element according to any of claims 2 to 12, characterised in that the preframe element may comprise internal finishing elements (19) such as for example platform elements in an underground railway station, safety handrails, finishing facings on platforms, walls and ceilings, et cetera.

14. Prefabricated element according to any of claims 2-13, characterised in that a reinforced concrete shoulder (8) is provided in the centre and on the outside of each, or of some, of the walls, and in that this shoulder has a total thickness identical with the cumulative thickness of the walls of the element and of the filler concrete (18).

15. Method according to claim 1, characterised in that the open trench (62) is excavated in consecutive transverse sections so as to permit, each time, the placing of a prefabricated element and the installation of the filler concrete and of the filling by covering the joint between two consecutive elements.

16. Method according to claim 1, characterised

in that to prevent subsidence and the danger of the ground collapsing in situ, the trench is filled permanently with thixotropic mud, generally consisting of bentonite mud, namely to a level (25) above the level (36) of the ground water.

17. Method according to claim 16, characterised in that complementary reinforcements (5) are attached to the prefabricated element on the upstream side relative to the shoulder (8) provided according to claim 14 so as to permit the prefabricated element already placed to be covered as far as the shoulder belonging to it, thus covering the joints between the elements and achieving continuity of the future gallery after the complementary concreting.

18. Method according to any of claims 1, 15-17, characterised in that one or other of the following consecutive stages is performed :

a) Two rigid metal hangers (9), generally U-shaped and of sufficient length to be able to be hooked to an installation gantry (126-40) provided at ground level (211), are attached to the shoulders (8).

b) A tubular element (225) of a flexible and permeable cloth blocked at its lower end, is placed inside the two U-shaped hangers (9), over substantially the total height.

c) After completing a transverse trench, a positioning and adjusting chassis (40) or carriage (126) is placed over the trench excavated, generally supported on guide walls (201).

d) An accurate adjustment of the immersed element against the previously placed element is performed through the intermediary of the adjusting chassis (40) or carriage (126).

e) A vertical coffer-dam (23), constructed of sheet piles for example, is placed downstream of the element (4) which has just been placed and against the latter, this coffer-dam having a height extending from the bottom of the trench to above the level of the bentonite mud.

f) The space between the coffer-dam (23) and the downstream wall of the ground is partly filled with gravel (22) exerting a thrust upon the coffer-dam (23) and upon the preframe (4) which has just been placed, applying it against the previous element (4) upstream.

g) The tubular element (225) is filled with concrete in order to block the space between the hangers (9) and the ground (216).

h) A material (275) such as concrete is installed beneath the apron (206) of the prefabricated element.

i) After this material has set, concrete is poured between the external vertical walls and the respective shoulders (8) of the two contiguous elements on the one hand and the vertical faces of the ground in situ supported by the thixotropic mud on the other hand.

j) Concreting is continued so as to pour the concrete (77) covering the roofs of the two contiguous prefabricated elements between their respective shoulders.

k) A second coffer-dam (80) is placed against the shoulder (8) of the roofs of the previously

placed element.

l) Gravel or other filler material is poured upstream of this coffer-dam whereas the identical coffer-dam above the antepenultimate element is removed.

m) The cycle of operations is then recommenced by excavating the next transverse section in the shelter of the downstream coffer-dam.

19. Method according to any to claims 1, 15-18, characterised in that the elements (4) comprise two flexible closure walls (207) attached to the upstream and downstream periphery of the element, these walls consisting of a material permeable to water but impermeable to substances in suspension in water, and each wall optionally being maintained in place between two sufficiently rigid metal lattices (31) attached to the periphery of the element or to the temporary stays (30), the material optionally being, for example, a non-woven polyester material.

20. Method according to claim 19, characterised in that in order to balance the instantaneous pressure between the mud and the flexible and permeable wall (207) of the element (4), the latter is progressively filled with water during the lowering of the preframe into the thixotropic mud.

21. Method according to either of claims 19-20, characterised in that previous to the placing of the elements (4), vertical profiled steel sheets (210) acting as non-recoverable shuttering are fixed laterally to the preframe (4) so as to prevent pollution of the filler concrete and to resist possible caving-in of the ground.

22. Method according to any of Claims 19-21, characterised in that the profiled sheets (210) comprise numerous perforations permitting the fresh concrete poured between these sheets (210) and the vertical walls of the element (4) to flow also between these same sheets (210) and the vertical walls of the ground (216) supported by the thixotropic mud.

23. Method according to any of claims 16-22, characterised in that some elements (4) comprise a rigid impermeable wall (33), generally of concrete, intended to permit a section of a plurality of elements upstream of a preframe element (4) to be isolated subsequently.

24. Method according to any of claims 16-23, characterised in that oblique hangers (90) are anchored to metal plates (91) attached to the roof of the preframe (4) to reduce the total thickness of the concrete (93) of the tunnel roof.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Stahlbeton-Konstruktionen, wie Straßentunnels, unterirdischen Gängen, U-Bahn-Tunnels, bei welchem zunächst eine offene Baugrube ausgehoben wird, worauf vorgefertigte, hohle Elemente (4) aus Beton, welche jeweils einen Rahmen bilden, nacheinander und aneinander anliegend eingesetzt werden, und wobei schließlich ein Ausfüllen durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß

für jedes vorgefertigte Element ein Rahmen eingesetzt wird, welcher an seinen Außenflächen Bewehrungen (5) aufweist, daß Lieferbeton (18) auf die Verbindungen zwischen den Elementen gegossen wird, der diese bedeckt und sich mit dem Stahlbeton der Elemente (4) und mit den Bewehrungen (5) verbindet, so daß in aufeinanderfolgenden Schritten rasch ein monolithisches Gebilde entsteht, dessen Festigkeit deutlich höher als sowohl jene der ursprünglich eingesetzten, vorgefertigten Elemente (4) als auch des Lieferbetons ist.

2. Vorgefertigtes Hohlelement aus Stahlbeton, welches durch einen Rahmen mit Außenflächen gebildet wird, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenflächen des Rahmens Bewehrungen (5) einer solchen Art aufweisen, daß sie sich mit dem Lieferbeton verbinden, der nachträglich um die Elemente herum eingebracht wird.

3. Vorgefertigtes Element nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenflächen des Elementes Rauheiten (53) und/oder ein Relief (120) aufweisen.

4. Vorgefertigtes Element nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenfläche (2) des Elementes im wesentlichen glatt ist oder soweit wie möglich dem Endzustand nahe kommt.

5. Vorgefertigtes Element nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandungen des Elementes so dünn wie möglich, beispielsweise Zwischen 5 und 15 cm, sind.

6. Vorgefertigtes Element nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sohlteil (13) des Elements in seiner endgültigen Stärke ausgeführt wird, während die anderen Wandungen in geringer Dicke gefertigt werden, wobei dieser Sohlteil außerhalb der vertikalen Teile Vorsprünge (14) aufweist, in welchen senkrechte Bewehrungen (15) verankert sind.

7. Vorgefertigtes Element nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenfläche des Elementes vorläufig freiliegende Bewehrungsstäbe (54) und/oder Verankerungen (55) mit Gewindebolzen (59) und/oder mit Mauerrankern (57) und mit Krampen (60) versehene Metallplatten (56) aufweist, so daß nach dem Aushärten und Ausschalen des vorher aufgetragenen Betons die äußeren Bewehrungen (5) angebracht werden können, worauf sie an den freiliegenden Bewehrungsstäben (54), an den Gewindebolzen (59) oder an den Krampen (60) befestigt werden, wobei der letztere Vorgang im Fertigteilwerk oder auf der Baustelle vor dem Einsetzen der Elemente durchgeführt werden kann.

8. Vorgefertigtes Element nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß es aus zwei oder mehreren Teilstücken (99-101) besteht, welche auf der Baustelle zusammengesetzt werden und deren Nahtstellen (102) mit Zementmörtel oder einem anderen Material ausgefüllt werden.

9. Vorgefertigtes Element nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, daß während des Transportes zwei Teilstücke (100, 101) auf einem Anhänger (104) ineinandergeschachtelt werden, so daß die zulässige Höhe des Straßen-Lademaßes (108) eingehalten werden kann.

10. Vorgefertigtes Element nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstücke (99-100-101) durch eine nachträgliche Zugspannung zusammengesetzt werden, welche mittels mit Verankerungen (140) versehenen Stahlstangen oder -seilen erzeugt wird.

11. Vorgefertigtes Element nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dimensionierung der Gesamtstärken der Tragmauern, der Decke und des Sohlteiles des Elementes derart erfolgt, daß die Beanspruchungen keine Zugkräfte auf die Innenfläche der Tragmauer im Bereich der Nahtstelle (102) zwischen den zwei Halbschalen (100, 101) erzeugen.

12. Vorgefertigtes Element nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß es bei zu großer Breite durch provisorische, senkrechte Stützen (30) und/oder bei zu großer Höhe durch waagrechte Stützen ergänzt wird.

13. Vorgefertigtes Element nach einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Fertigteil-Rahmenelement innere Elemente (19) der Endausstattung aufweisen kann, wie beispielsweise Bahnsteigelemente in einer U-Bahnstation, Sicherheits-Brüstungen, endgültige Verkleidungen der Bahnsteige, Mauern und Decken, usw.

14. Vorgefertigtes Element nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß in der Mitte jeder oder einzelner Wände außen eine Rippe (8) in Stahlbeton vorgesehen ist, welche eine Dicke gleich jener der Summe aus der der Wand des Elementes und des Lieferbetons (18) aufweist.

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die offene Baugrube (62) in aufeinanderfolgenden, querverlaufenden Durchstichen ausgeführt wird, wobei jedesmal ein vorgefertigtes Element eingesetzt und der Lieferbeton und das Füllmaterial zum Abdecken der Nahtstelle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Elementen eingebracht werden können.

16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Vermeiden einer Verdichtung und der Risiken eines Einstürzens des vorhandenen Erdreichs die Baugrube dauernd mit einem thixotropischen Schlamm, im allgemeinen mit Bentonit-Schlamm, bis zu einer Höhe (25) gefüllt wird, welche größer als die Höhe (36) des Grundwasserspiegels ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß am vorgefertigten Element vor der Rippe (8) gemäß Anspruch 14 zusätzliche Bewehrungen (5) befestigt sind, so daß das bereits eingesetzte vorgefertigte Element bis zu seiner Rippe abgedeckt werden kann, womit die Nahtstellen zwischen den Elementen bedeckt werden und die Fortführung des zukünftigen Ganges nach der ergänzenden Betonierung sichergestellt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der eine oder andere der nachstehenden Folgeschritte ausgeführt wird:

5 a) An den Rippen (8) werden zwei steife, metallische Stützen (9) befestigt, welche im allgemeinen einen U-Querschnitt und eine solche Länge aufweisen, daß sie an einem auf der Höhe (211) des Bodens vorgesehenen Portalgerüst (126-40) angehängt werden können.

10 b) Im Inneren der zwei U-Stützen (9) wird, im allgemeinen über deren ganze Länge, ein rohrförmiges Element (225) aus einem weichen und durchlässigen Gewebe angebracht, welches an seinem unteren Ende verschlossen ist.

15 c) Nach Fertigstellung einer querverlaufenden Baugrube wird über diese ein Rahmen (40) oder ein Schlitten (126) für das Einrichten und Einstützen aufgestellt, welcher im allgemeinen auf Führungsmauern (201) abstützt.

20 d) Mit Hilfe des Regelrahmens (40) oder des Schlittens (126) wird das abgesenkte Element gegen das vorher eingebrachte Element genau einjustiert.

25 e) Vor dem gerade eingebrachten Element (4) und gegen dieses wird eine senkrechte, beispielsweise aus Spundbohlen bestehende Spundwand (23) aufgestellt, welche sich in der Höhe vom Grund der Baugrube bis über die Oberfläche des Bentonit-Schlammes erstreckt.

30 f) Der Raum zwischen der Spundwand (23) und der davor liegenden Wand des Erdreichs wird teilweise mit in den thixotropischen Schlamm geschütteten Kies (22) ausgefüllt, welcher einen Druck auf die Spundwand (23) und auf den Fertigteil-Rahmen (4) ausübt, der zuvor an das vorherige Element (4) anliegend eingebracht worden war.

40 g) Das rohrförmige Element (225) wird mit Beton gefüllt, um den Raum zwischen den Stützen (9) und dem Erdreich (216) abzuschließen.

h) Ein Material (275) wie Beton wird unter den Sohlteil (206) des vorgefertigten Elementes eingebracht.

45 i) Nach dem Erhärten dieses Materials wird zwischen die senkrechten Außenwände und die Rippen (8) der aneinanderliegenden Elemente einerseits und die durch den thixotropischen Schlamm zurückgehaltenen senkrechten Oberflächen des Erdreiches andererseits Beton gegossen.

50 j) Das Betonieren wird fortgesetzt, um die Decken zwischen den Rippen der beiden aneinanderliegenden vorgefertigten Elemente durch Einlegen von Beton (18) abzudecken.

55 k) Eine zweite Spundwand (80) wird auf die Rippe (8) der Decke des zuvor eingesetzten Elementes aufgesetzt.

60 l) Kies oder anderes Füllmaterial wird vor diese Spundwand geschüttet, während die identische Spundwand auf dem vorvorletzten Element ausgehoben wird.

65 m) Der Arbeitszyklus beginnt nun mit dem Ausheben des nächstfolgenden querverlaufenden Durchstichs unter dem Schutz der vorderen Spundwand.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente (4) je eine am Umfang des Elementes an dessen Vorder- und Rückseite befestigte biegsame Verschlusswand (207) aufweisen, welche aus einem für Wasser durchlässigen, gegen im Wasser aufgeschlämmte Stoffe jedoch dichten Material besteht, wobei jede Wand durch zwei genügend steife, am Umfang des Elementes oder an den provisorischen Stützen (30) befestigten Metallgittern (31) gehalten werden können, und wobei das Material beispielsweise ein gewebefreies Polyester-Material sein kann.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ausgleich der jeweiligen Drücke des Schlammes und der weichen und durchlässigen Wand (207) des Elementes (4) das letztere während des Absenkens des Fertigteil-Rahmens in den thixotropischen Schlamm fortlaufend mit Wasser gefüllt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Einbringen der Elemente (4) seitlich an diesen profilierte, vertikale Eisenbleche (210) als verlorene Schalung befestigt werden, um eine Ver-

schmutzung des Lieferbetons zu vermeiden und gegen allfällig abstürzendes Erdreich zu schützen.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß diese profilierten Bleche (210) zahlreiche Öffnungen aufweisen, durch welche der zwischen diese Bleche (210) und die senkrechten Wände des Elementes (4) eingegossene frische Beton sich auch zwischen die Bleche (210) selbst und die durch den thixotropischen Schlamm zurückgehaltenen senkrechten Wände des Erdreichs (216) ausbreiten kann.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne Elemente (4) eine dichte, feste Wand (33), im allgemeinen aus Beton, aufweisen, um zuletzt ein Teilstück von mehreren Elementen vor einem Fertigteil-Rahmen-Element (4) abzuschließen.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß schräge Zugseile (90) an an der Decke des Fertigteil-Rahmens (4) befestigten Metallplatten (91) verankert sind, um die Gesamtstärke des Betons (93) der Tunneldecke zu verringern.

30

35

40

45

50

55

60

65

13

FIG. 1

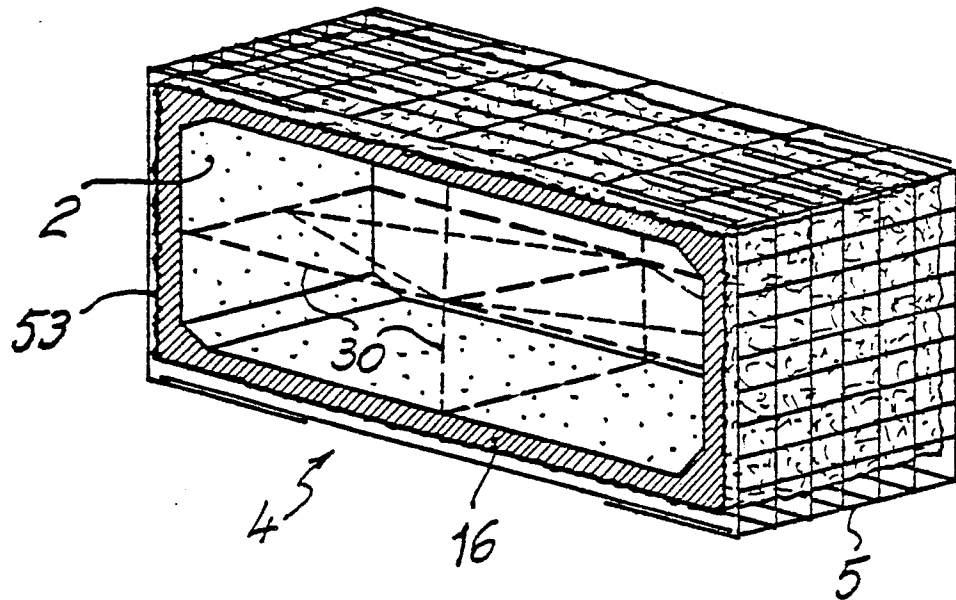


FIG. 2

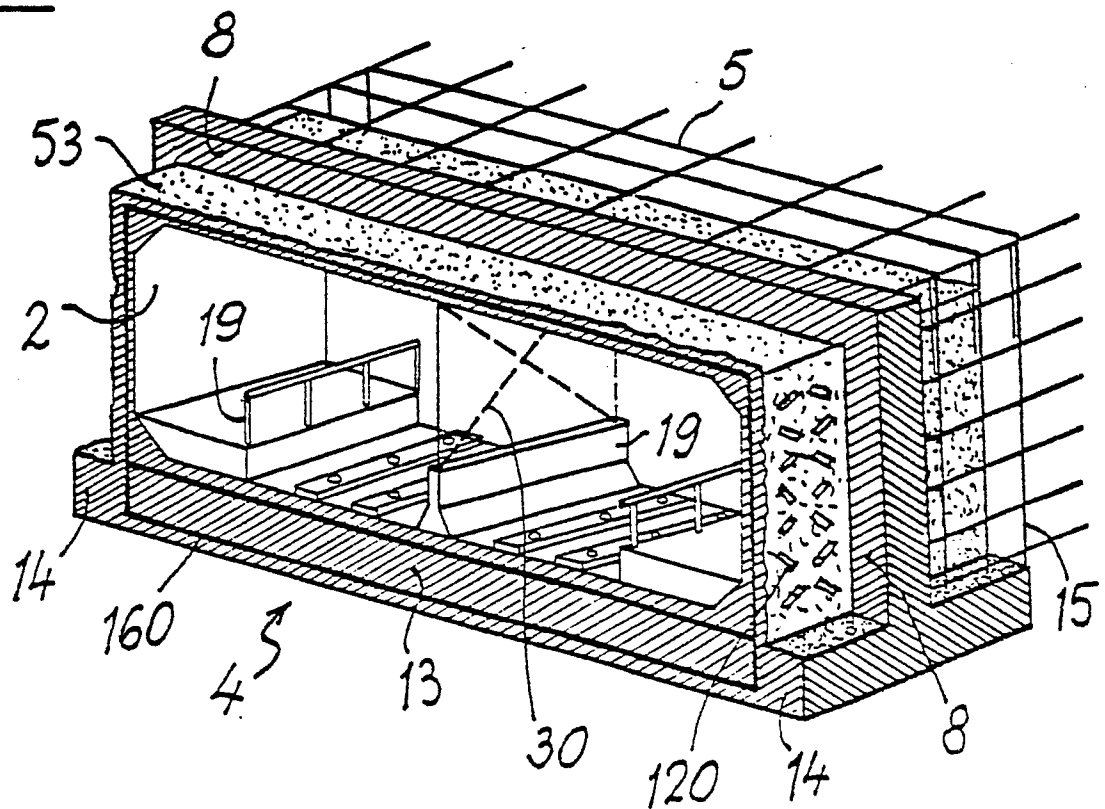


FIG. 3

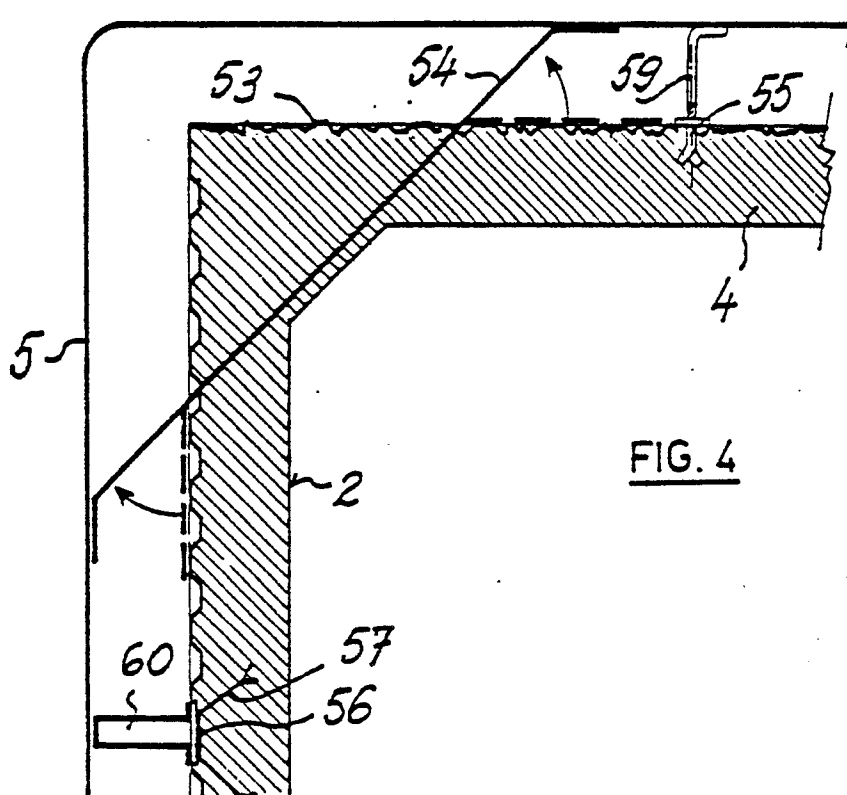
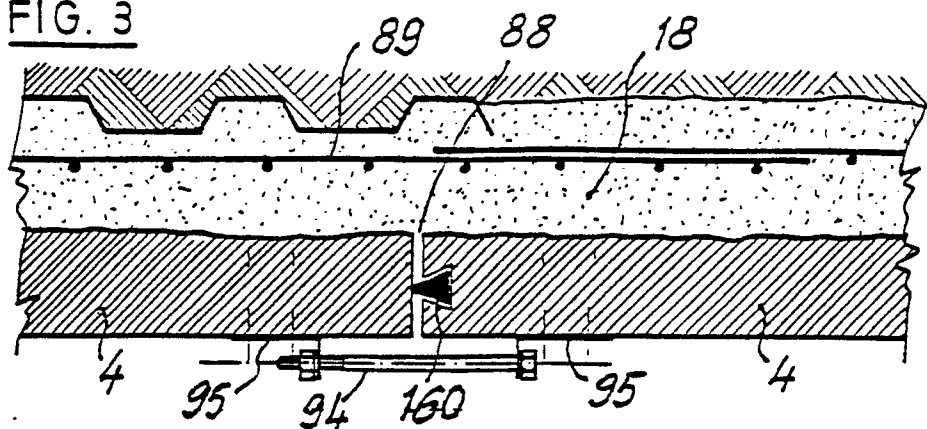
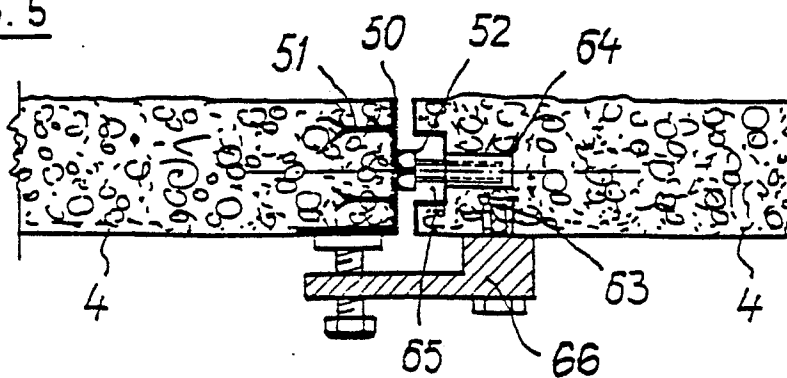


FIG. 4

FIG. 5





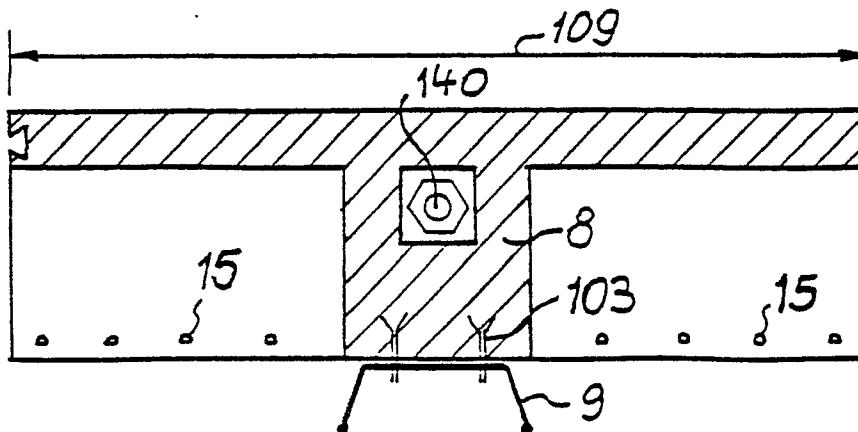
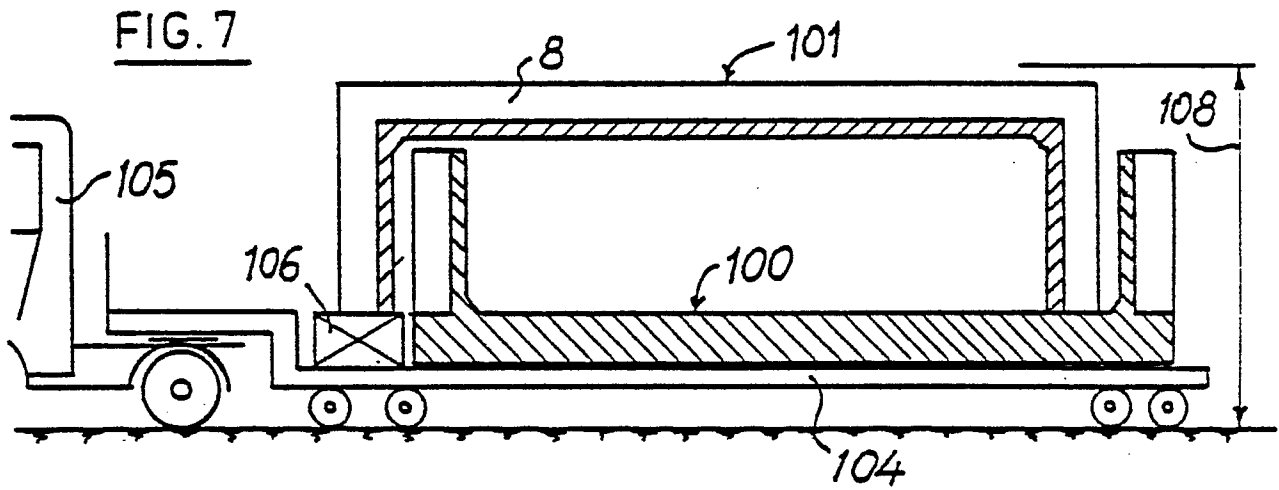
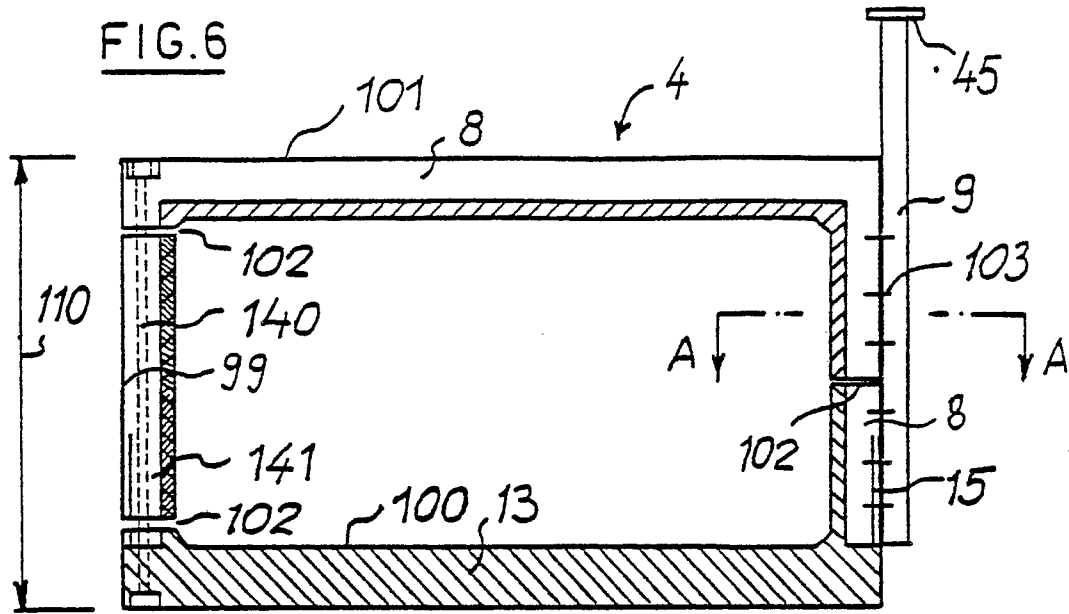


FIG. 9

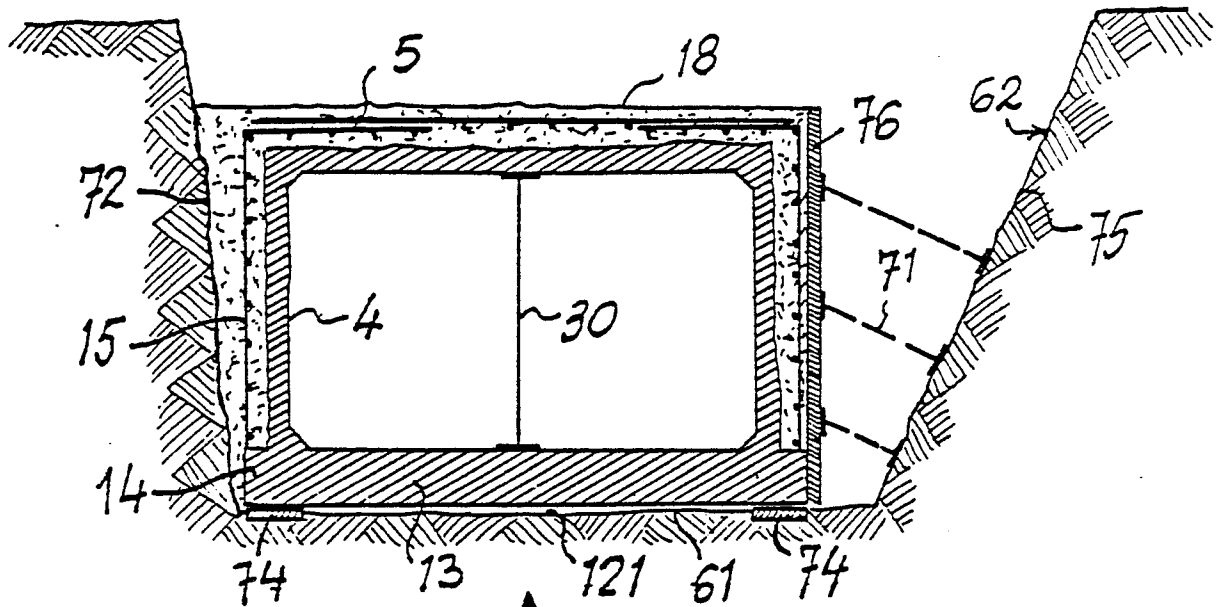


FIG. 10

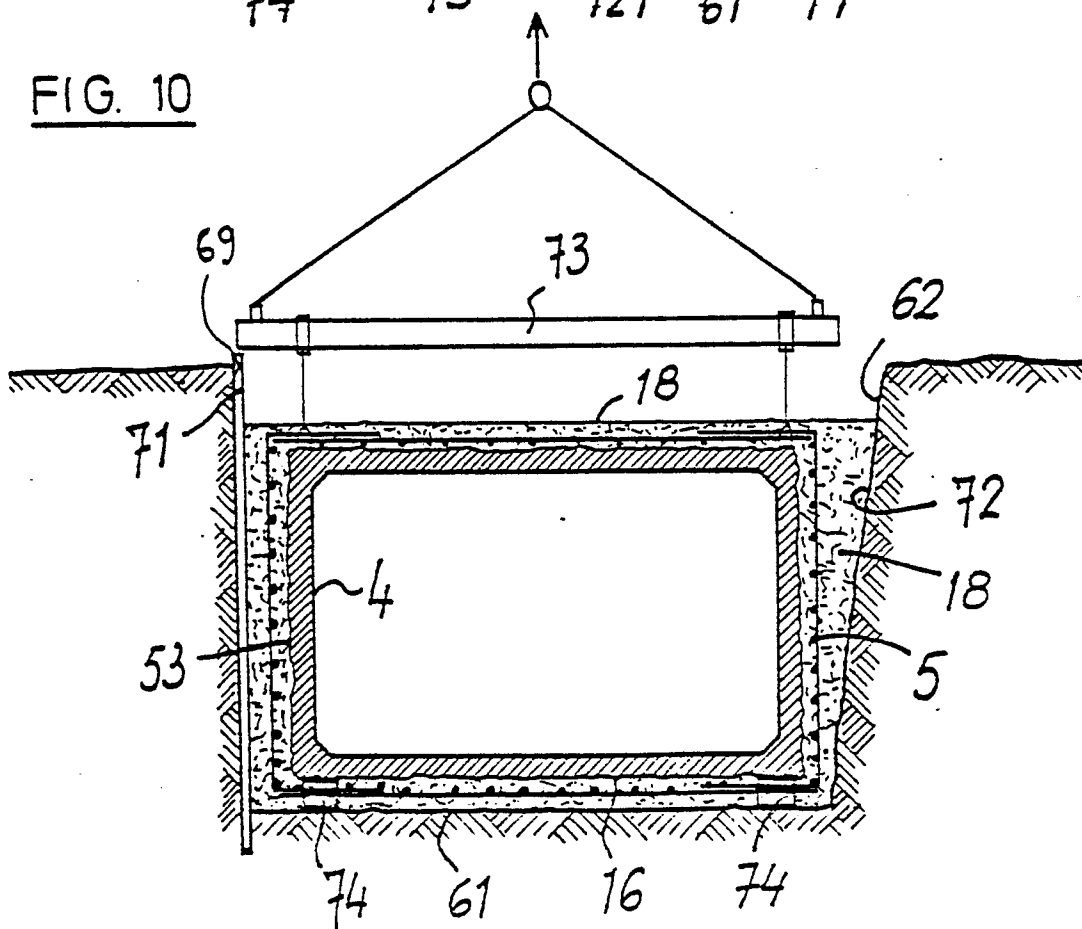
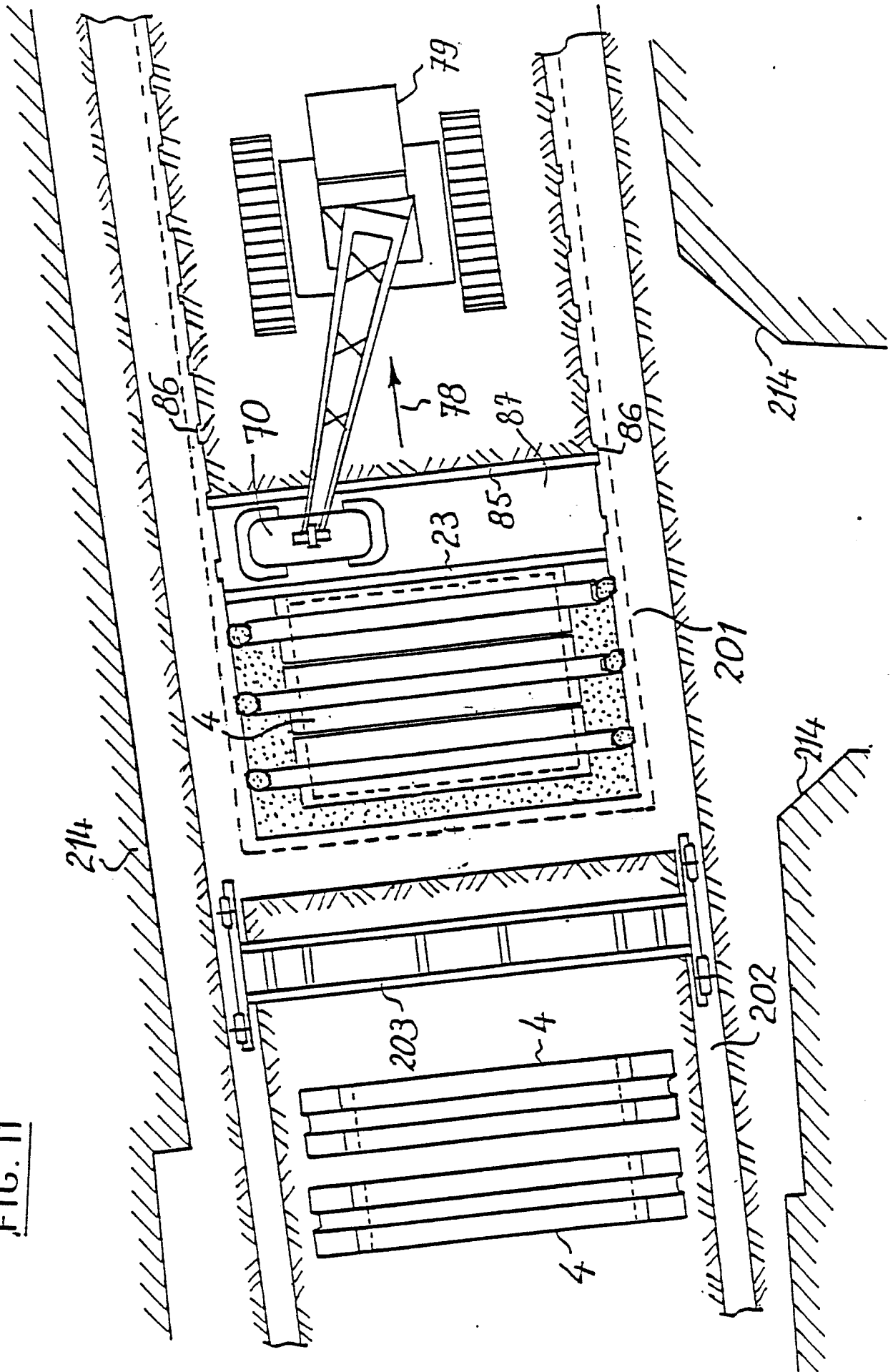
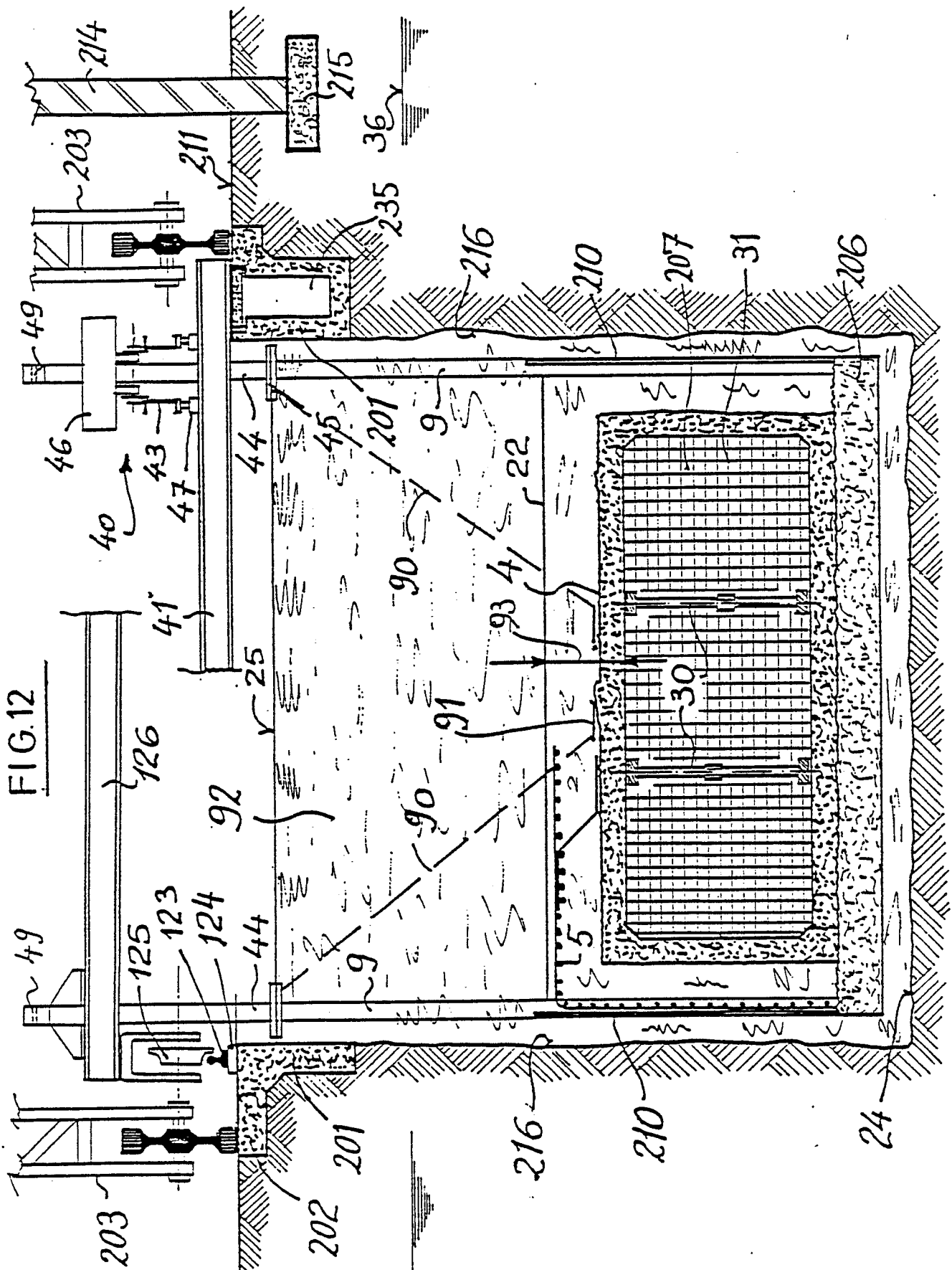


FIG. 11





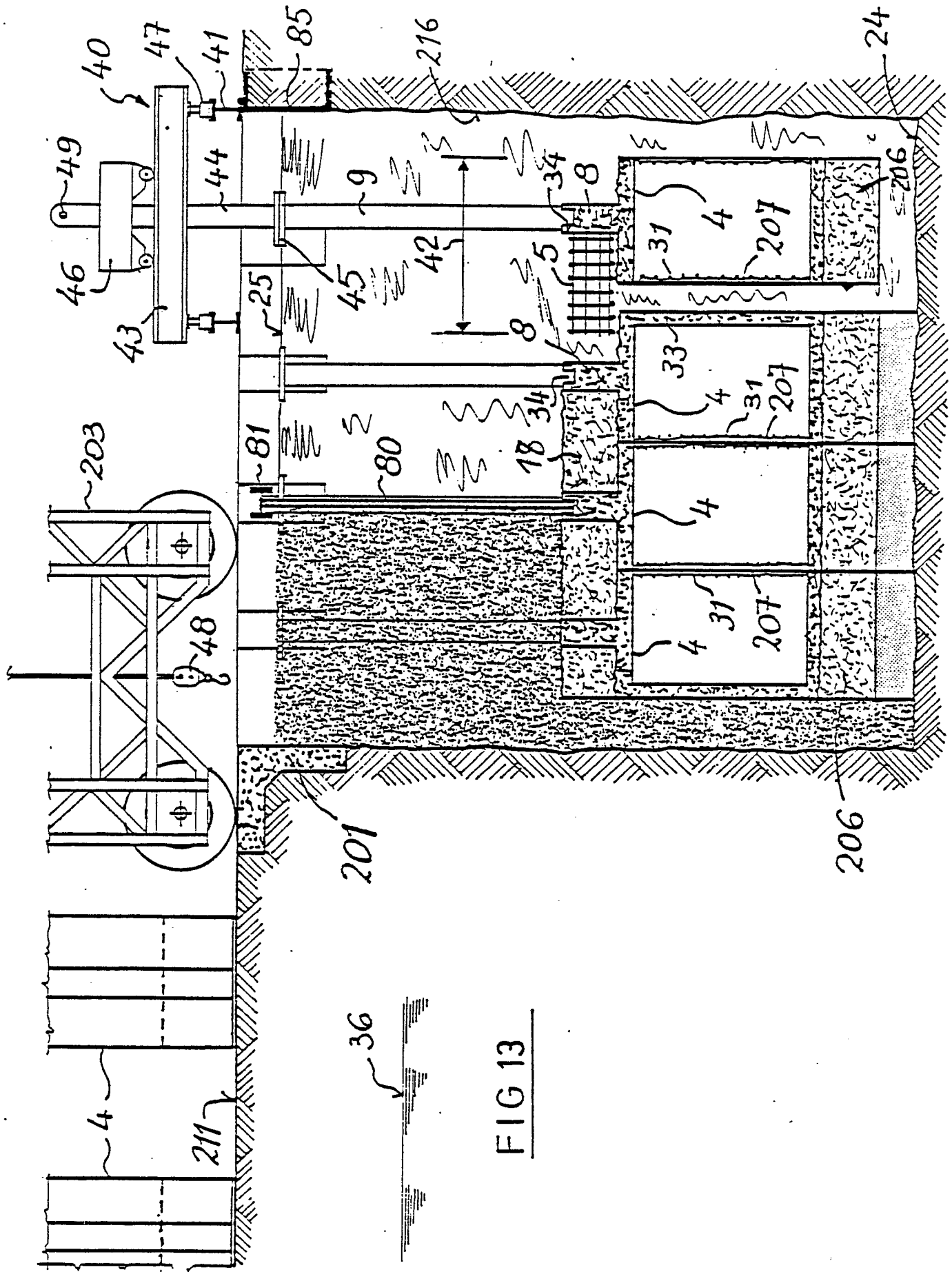


FIG 13

FIG. 14

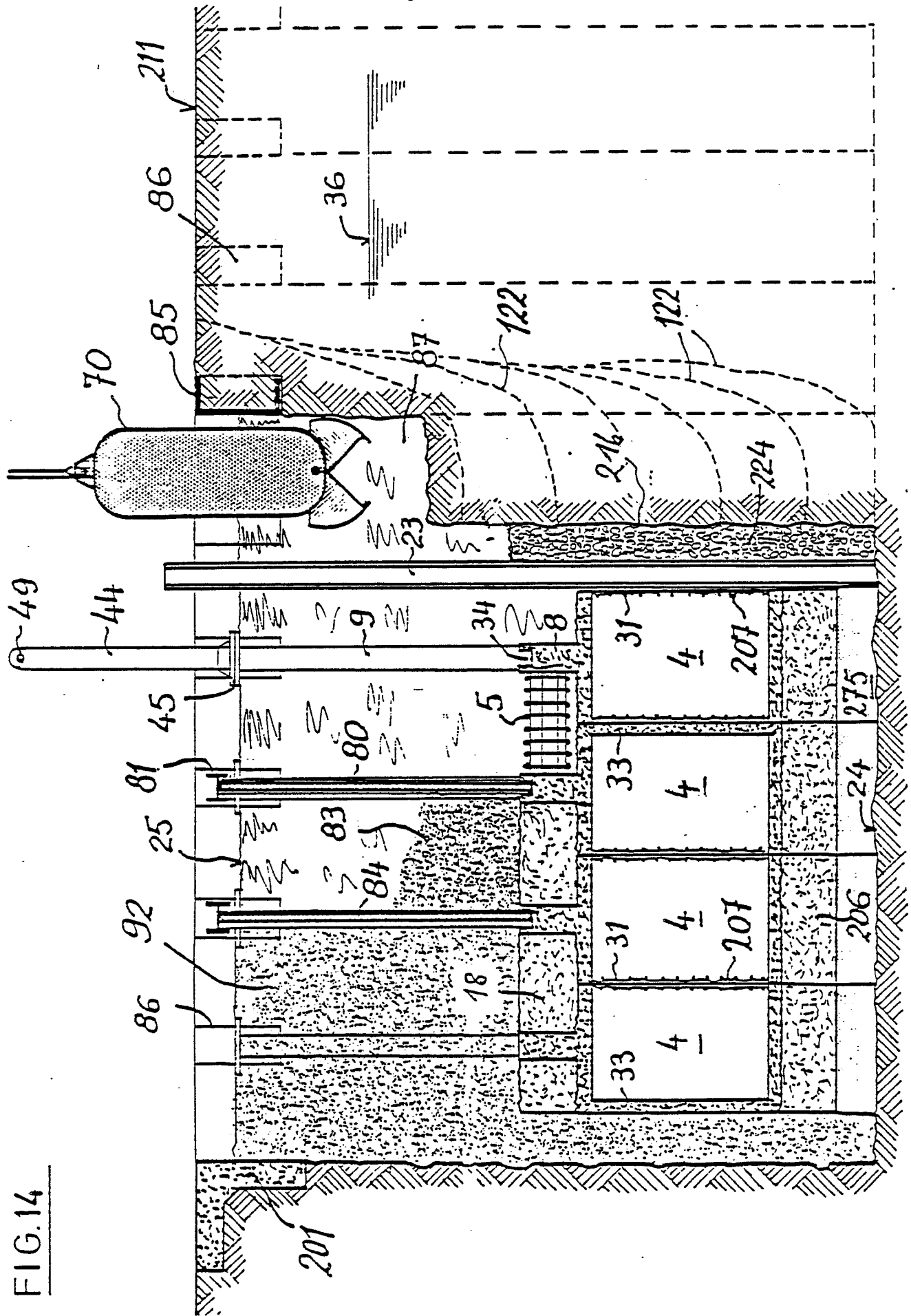


FIG 15

