



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

 (51) Int. Cl.³: E 02 D
E 04 H

 17/20
7/22

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



(12) FASCICULE DU BREVET A5

(11)

626 131

(21) Numéro de la demande: 5972/78

(22) Date de dépôt: 31.05.1978

(30) Priorité(s): 01.06.1977 US 802446

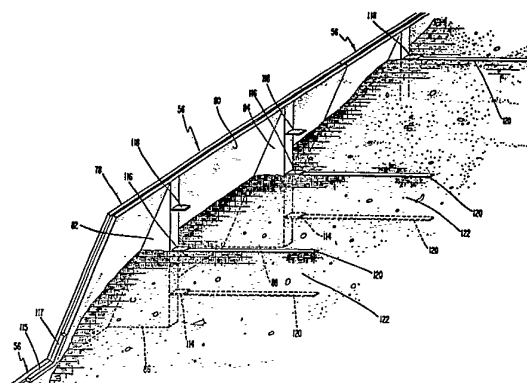
(24) Brevet délivré le: 30.10.1981

(45) Fascicule du brevet
publié le: 30.10.1981(73) Titulaire(s):
Henri Charles Vidal, Neuilly (FR)(72) Inventeur(s):
Henri C. Vidal, Neuilly (FR)(74) Mandataire:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel

(54) Mur en terre armée et utilisation de ce mur dans un ouvrage de stockage.

(57) La peau du mur représenté est formée par l'assemblage de panneaux rectangulaires (56) préfabriqués en béton, qui comportent chacun sur leur face arrière deux talons (82, 84) en forme de triangle rectangle dont le côté horizontal (86, 88) est appliqué, au cours de la construction, sur une couche de terre (122) arasée au niveau du bord supérieur de la rangée des panneaux adjacents inférieurs (56), pour donner aux panneaux le calage angulaire voulu. Les armatures (120) sont fixées au moyen de pattes (114, 116, 118) sur le côté vertical des talons (82, 84).

L'utilisation de ce mur est particulièrement indiquée pour la construction de silo de stockage de lignite.



REVENDECATIONS

1. Mur en terre armée comprenant une peau formée de panneaux de forme générale plane, imbriqués les uns par rapport aux autres par une interpénétration des bords jointifs des panneaux qui assure un positionnement relatif des panneaux correspondant à la forme de la peau, des armatures constituées par des bandes souples résistant à la traction, qui sont fixées aux panneaux à l'une de leurs extrémités, et un massif de matériau granulaire ou pulvérulent remplissant l'espace situé derrière les panneaux et enrobant les armatures, qui sont disposées à peu près horizontalement et dont l'extrémité opposée aux panneaux est libre dans le massif, caractérisé en ce que la peau définit un parement qui fait avec l'horizontale un angle β supérieur à l'angle de talus naturel du matériau mais inférieur à 90° , et en ce qu'elle est constituée de plaques (56) qui comportent chacune, outre un panneau de forme générale plane, au moins une nervure (82, 84) orientée à peu près perpendiculairement au panneau, qui comprend une surface d'assise horizontale (86, 88) située approximativement au niveau d'un bord horizontal inférieur du panneau et faisant avec le panneau un angle à peu près égal à β , ainsi qu'une surface de montage servant à la fixation d'une ou plusieurs armatures (120).

2. Mur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que chaque nervure présente la forme d'un triangle rectangle dont l'hypoténuse se confond avec la face arrière du panneau correspondant et qui comporte un côté vertical situé à l'aplomb du bord supérieur du panneau.

3. Mur suivant les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que chaque plaque de peau comporte deux nervures (82, 84) espacées horizontalement.

4. Mur suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la surface de montage de chaque nervure (82, 84) comporte une ou plusieurs pattes (114, 116, 118) pour la fixation d'une ou plusieurs armatures (120).

5. Mur suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les panneaux ont une forme rectangulaire.

6. Mur suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'assemblage des panneaux forme des joints horizontaux continus et des joints verticaux décalés.

7. Mur suivant l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que chaque bord de panneau comporte une languette (98, 102, 106, 110) et une feuillure (100, 104, 108, 112) adaptées pour coopérer respectivement avec une feuillure et une languette du bord correspondant d'un panneau adjacent, pour assurer le positionnement et la retenue des panneaux l'un par rapport à l'autre.

8. Mur suivant la revendication 7, caractérisé en ce que la base (62, 62'), ou semelle, sur laquelle s'applique la rangée inférieure extrême de plaques (56') comporte une languette et une feuillure qui coopèrent avec la feuillure (108) et la languette (106) du bord inférieur du panneau des plaques (56').

9. Mur suivant l'une des revendications 1 à 8, caractérisé par des bandes d'étanchéité (115, 117) insérées dans les joints formés entre les bords adjacents des panneaux.

10. Mur suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les plaques (56) sont en béton ou en béton armé.

11. Procédé pour exécuter le mur en terre armée suivant la revendication 1, caractérisé en ce que, pour donner à la peau une inclinaison d'angle β par superposition de rangées de panneaux horizontales, on exécute chaque rangée de panneaux (56) en disposant la surface d'assise horizontale (86, 88) des nervures (82, 84) de ces panneaux sur une couche de matériau (62, 122) approximativement horizontale.

12. Procédé suivant la revendication 11, caractérisé en ce que les panneaux (56') de la rangée inférieure extrême du mur sont mis en place initialement sur une base (62) préparée à cet effet.

13. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé en ce que la base (62) est en béton ou en béton armé.

14. Utilisation du mur en terre armée suivant la revendication 1, pour l'exécution de deux parois planes convergeant vers le bas et

faisant chacune avec l'horizontale un angle β , pour délimiter latéralement le volume de stockage prismatique d'un ouvrage de stockage de matière granulaire ou pulvérulente, dont l'angle de talus naturel est inférieur à β , comportant un tunnel longitudinal situé au-dessous du volume de stockage, dans lequel est disposé un transporteur pour la reprise et l'évacuation de la matière s'écoulant à l'extrémité inférieure du volume de stockage.

La présente invention a pour objet un mur en terre armée comprenant une peau formée de panneaux de forme générale plane, imbriqués les uns par rapport aux autres par une interpénétration des bords jointifs des panneaux qui assure un positionnement relatif des panneaux correspondant à la forme de la peau, des armatures constituées par des bandes souples résistant à la traction, qui sont fixées aux panneaux à l'une de leurs extrémités, et un massif de matériau granulaire ou pulvérulent remplissant l'espace situé derrière les panneaux et enrobant les armatures, qui sont disposées à peu près horizontalement et dont l'extrémité opposée aux panneaux est libre dans le massif.

Dans le brevet français N° 2055983, qui décrit un tel mur en terre armée, la peau est verticale et, à cet effet, les modes d'exécution préférés utilisent des panneaux munis de broches verticales qui s'engagent dans des ouvertures correspondantes des panneaux adjacents supérieur et inférieur, pour compléter l'assemblage résultant de l'interpénétration des bords jointifs réalisée de préférence par coopération de languettes et de feuillures. Dans certaines applications, notamment dans des ouvrages de stockage qui seront décrits dans la suite, il est nécessaire que la peau du mur en terre armée soit inclinée et le but de l'invention est précisément de réaliser un tel mur.

Le mur en terre armée suivant l'invention est caractérisé en ce que la peau définit un parement qui fait avec l'horizontale un angle β supérieur à l'angle de talus naturel du matériau mais inférieur à 90° , et en ce qu'elle est constituée de plaques qui comportent chacune, outre un panneau de forme générale plane, au moins une nervure orientée à peu près perpendiculairement au panneau, qui comprend une surface d'assise horizontale située approximativement au niveau d'un bord horizontal inférieur du panneau et faisant avec le panneau un angle à peu près égal à β , ainsi qu'une surface de montage servant à la fixation d'une ou plusieurs armatures.

Comme dans la plupart des ouvrages en terre armée, des couches horizontales de matériau granulaire ou pulvérulent, qui sera appelé terre pour simplifier, sont mises en place successivement derrière les panneaux et autour des armatures. La forme particulière des éléments de peau proposés par l'invention permet d'adapter ce procédé général au cas où le parement est incliné, en ce sens qu'après avoir formé une couche horizontale de terre au niveau du bord horizontal supérieur des plaques d'une rangée, on met en place les plaques de la rangée immédiatement supérieure en imbriquant les panneaux par rapport aux panneaux inférieurs et les uns par rapport aux autres tout en appliquant, sur le dessus de la couche de terre, la surface d'assise des nervures, qui sont ainsi utilisées comme moyens de calage donnant automatiquement aux panneaux l'orientation oblique voulue. La disposition verticale de la surface de montage des nervures permet de fixer sans difficulté les armatures au niveau défini par les couches de terre normalement formées après le calage des panneaux. Il va de soi que la rangée de pied des plaques de peau du mur peut être mise en place initialement sur une base préparée à cet effet, qui est, de préférence, comme les plaques elles-mêmes, en béton ou en béton armé.

Chaque nervure présente avantageusement la forme d'un triangle rectangle dont l'hypoténuse se confond avec la face arrière du panneau correspondant. On obtient une stabilité particulièrement sûre en incorporant à chaque plaque de peau deux nervures espacées horizontalement.

L'invention a également pour objet l'utilisation du mur en terre armée pour l'exécution de deux parois planes convergeant vers le bas et faisant chacune avec l'horizontale un angle β , pour délimiter latéralement le volume de stockage prismatique d'un ouvrage de stockage de matière granulaire ou pulvérulente, dont l'angle de talus naturel est inférieur à β , comportant un tunnel longitudinal situé au-dessous du volume de stockage, dans lequel est disposé un transporteur pour la reprise et l'évacuation de la matière s'écoulant à l'extrémité inférieure du volume de stockage.

Un tel ouvrage de stockage est normalement complété par une couverture, qui forme un toit, qui protège la matière stockée des influences atmosphériques. Ce toit est le plus souvent en forme de A et comporte un transporteur d'alimentation s'étendant longitudinalement dans la partie supérieure du toit. L'extraction de la matière stockée est réalisée au moyen d'un transporteur d'évacuation disposé dans le tunnel de reprise.

De tels ouvrages, ou silos, sont utilisés notamment pour le stockage de charbon et de lignite. Dans ce dernier cas, du fait que le lignite n'a pas une capacité calorifique sûre, il est souhaitable de mélanger le lignite après l'extraction et avant son utilisation. Dans les silos classiques, la matière est mise en place dans le volume de stockage par couches horizontales et elle est extraite verticalement, ce qui assure le mélange.

L'emplacement assigné à l'ouvrage de stockage n'est pas sans conséquence à l'égard des données de construction. C'est ainsi que, si le terrain est plat, le volume de stockage est réalisé par une excavation au-dessous de la surface du sol ou bien par construction de deux remblais parallèles au-dessus du sol.

Dans ces silos les parois inclinées du volume de stockage font, avec l'horizontale, un angle supérieur à l'angle de talus naturel de la matière qui doit être stockée, de sorte qu'il n'y a pas de zone morte où la matière s'accumulerait sans être acheminée vers l'ouverture de décharge.

Lorsque l'angle avec l'horizontale des parois inclinées est relativement élevé, par exemple égal ou supérieur à 45° , le matériau des remblais compactés délimitant ces parois a une stabilité incertaine. Il est en conséquence nécessaire d'utiliser des techniques de construction appropriées et complexes. Selon l'une de ces techniques, on stabilise au moyen de ciment ou de chaux, sur une distance de 4 à 5 m, la zone adjacente au volume de stockage. Cette zone stabilisée est mise en place dans chaque remblai à mesure que les couches de matériau sont déposées et compactées.

Les dimensions importantes d'un ouvrage de stockage et les sujétions et vicissitudes des techniques de construction conduisent les entreprises à développer la zone stabilisée à l'intérieur du volume de stockage, de manière à obtenir à coup sûr la dimension voulue pour la zone stabilisée. Le surprofil résultant de cette pratique est ensuite taillé et réglé pour obtenir le profil final voulu, avant qu'un revêtement soit mis en place; toutefois, si le talus est effectivement consolidé par la stabilisation au moyen de ciment ou de chaux, cette stabilisation rend difficile la coupe qu'il est nécessaire d'opérer pour obtenir la mise au profil finale. La technique de stabilisation est, de plus, onéreuse puisqu'elle exige un matériau complémentaire, par exemple du ciment ou de la chaux, et elle demande beaucoup de temps.

Le talus une fois consolidé, la mise au profil commence à la partie haute de la paroi inclinée, par une coupe de la zone stabilisée à une profondeur voulue, c'est-à-dire sur une tranche horizontale; on applique ensuite sur la surface mise au profil une armature en forme de treillis et on procède à un gunitage. L'opération se répète sur les tranches successives jusqu'à la finition de la paroi. On peut également effectuer une coupe sur toute la hauteur du remblai pour assurer la mise au profil, avant de déposer le treillis et de former l'enduit de mortier par gunitage.

Le tunnel de reprise est en général construit en premier lieu, mais il est ensuite comblé avec la terre avant que les parois inclinées soient achevées. Cela veut dire que, selon la technique classique de construction d'un silo de stockage, une quantité considérable de terre

est mise en place dans le volume de stockage pour faciliter la construction et cette terre doit être retirée avant que l'ouvrage ne soit achevé. La présence de cette terre exclut la possibilité d'un travail quelconque dans le tunnel de reprise et, en particulier, il n'est pas possible d'installer le transporteur d'évacuation avant l'achèvement des parois. On peut ajouter que, pendant les opérations de réglage, le matériau extrait tombe souvent dans la partie de volume de stockage qui n'est pas encore mise au profil.

D'autres problèmes se présentent au cours de la construction.

C'est ainsi que le terrain naturel de l'emplacement, où le silo doit être construit et qui est utilisé pour la construction des remblais, ne se prête pas toujours à la stabilisation au moyen de ciment ou de chaux. Le plus souvent la quantité de ciment ou de chaux nécessaire pour la stabilisation ne peut pas être déterminée à priori avec une probabilité raisonnable. Par conséquent, l'estimation préalable du coût de la stabilisation n'est pas possible. On peut ajouter que, du fait que le talus final est mis au profil par des engins de terrassement tels que des bulldozers, la surface finale n'est pas parfaitement uniforme et il en résulte que la quantité de matériau destinée à former par gunitage l'enduit de surface est difficile à évaluer. A cet égard, il n'est pas rare que le surplus de coût de ce matériau soit d'un ordre de grandeur supérieur à 50%.

En outre, la qualité de l'enduit de mortier formé par gunitage est largement tributaire de l'orientation de la buse du canon à ciment utilisé à cet effet. Le meilleur résultat est obtenu lorsque la buse est orientée perpendiculairement à la surface. Il va de soi que la position variable des ouvriers a une influence défavorable sur la qualité du revêtement.

Avec les techniques actuelles de construction, la durée totale de construction d'un silo peut être de l'ordre de l'année. Lorsque les données climatiques imposent un arrêt des opérations de construction, par exemple pendant l'hiver, la dégradation superficielle des talus, due à l'eau, peut rendre nécessaires des reprises pour la remise en état des surfaces avant que la construction se poursuive, ce qui augmente encore les délais.

En proposant que les parois inclinées du volume de stockage soient des murs en terre armée conformes à celui qui a été défini précédemment, l'invention supprime les inconvénients qui viennent d'être exposés.

Du fait que les deux parois du volume de stockage peuvent être exécutées directement selon leur profil définitif et avec leur peau de surface, la quantité de terre à déplacer est réduite dans une proportion considérable et il est en particulier inutile d'apporter un surplus de matériau qu'il faudrait ensuite retirer.

Les opérations difficiles de stabilisation au moyen de ciment ou de chaux n'ont pas à être prévues, et les incertitudes concernant les prévisions de consommation et de coût sont de ce fait levées, l'estimation de la quantité de plaques de peau, de préférence préfabriquées en béton, et d'armatures pouvant être faite avec précision. De plus l'exécution de la peau qui se présente comme un assemblage de panneaux encastrés, avec l'aspect d'une maçonnerie classique, est simple et peut être faite par une main-d'œuvre non qualifiée.

Etant donné que la construction des parois inclinées est réalisée sans qu'il y ait empiètement ou débordement de terre dans la zone du volume de stockage, la construction du tunnel de reprise et l'installation de son équipement peuvent être conduites sans difficulté, concurremment avec la construction des murs en terre armée, ce qui contribue à réduire la durée du chantier. A cet égard, l'absence de risque de dégradation, dans le cas où les travaux sont interrompus pour cause d'intempéries, a également une influence favorable.

L'invention sera explicitée au cours de la description qui va suivre, en se référant aux dessins annexés, sur lesquels:

la fig. 1 est une vue transversale partielle d'un ouvrage de stockage de matériau pulvérulent ou granulaire;

la fig. 2 est une vue en coupe, à petite échelle, suivant la ligne 2-2 de la fig. 1, le toit étant retiré;

la fig. 3 est une vue en plan suivant la ligne 3-3 de la fig. 2;

la fig. 4 est une vue en élévation partielle suivant la ligne 4-4 de la fig. 2 et représente schématiquement une paroi d'extrémité de l'ouvrage de stockage;

la fig. 5 est une vue en coupe partielle suivant la ligne 5-5 de la fig. 4, représentant les armatures du mur en terre armée constituant la paroi d'extrémité;

la fig. 6 est une vue en élévation partielle de la paroi inclinée suivant la ligne 6-6 de la fig. 3;

la fig. 7 est une vue en coupe partielle suivant la ligne 7-7 de la fig. 6;

la fig. 8 est une vue en coupe partielle, à plus grande échelle, suivant la ligne 8-8 de la fig. 2, représentant le tunnel de reprise de l'ouvrage de stockage;

la fig. 9 est une vue en perspective d'un panneau de peau, à partir du massif de terre;

la fig. 10 est une vue en élévation, à plus grande échelle, d'une plaque de peau;

la fig. 11 est une vue en coupe partielle suivant la ligne 11-11 de la fig. 10;

la fig. 12 est une vue en coupe partielle suivant la ligne 12-12 de la fig. 11.

L'ouvrage de stockage 20, ou silo (fig. 1), comporte un grand volume de stockage 22 en forme de V, qui peut s'étendre au-dessous du terrain naturel 28 ou bien être constitué par deux remblais parallèles 23. Si le contour du site de construction le permet, l'une des parois du volume de stockage 22 peut être obtenue en prolongeant au moyen d'un remblai 23' une colline adjacente. Le volume de stockage 22 peut avoir comme dimensions une longueur comprise entre 75 et 300 m et une profondeur comprise entre 15 et 30 m, avec des parois inclinées par rapport à l'horizontale d'un angle allant de 45 à 60°. Un tel silo, ayant les dimensions indiquées, est capable de recevoir de 25000 à 100000 t de matière granulaire ou pulvérulente telle que du charbon ou du lignite.

A la partie inférieure du volume de stockage 22 est disposé un tunnel 24 s'étendant longitudinalement, qui contient un transporteur d'évacuation de la matière extraite du volume de stockage. Le tunnel 24 s'étend sur toute la longueur de l'ouvrage et comporte une partie inclinée 26 (fig. 2) qui débouche normalement sur la surface du sol 28. Le tunnel 24 est adapté pour recevoir un transporteur sans fin ainsi que l'appareillage qui s'y rapporte. La matière stockée dans le silo tombe sur le transporteur lorsqu'elle est soumise à une agitation sous l'effet de grilles vibrantes ou au moyen d'un appareil comportant des outils rotatifs formant tarière.

A la partie haute du volume de stockage 22 est prévu un toit 25 qui protège la matière stockée. Ce toit a un profil en A et il est supporté par plusieurs semelles 30 en béton coulé au voisinage de l'extrémité haute des remblais 23, 23'. A la partie supérieure du toit est disposé un couloir 29 dans lequel est monté un transporteur d'alimentation 31 qui s'étend longitudinalement par rapport au silo 20 et qui répartit horizontalement la matière à stocker, avant qu'elle ne tombe à l'intérieur du volume de stockage 22.

Le volume de stockage 22 (fig. 3) est délimité par une première paroi verticale 30, une deuxième paroi verticale 32, une troisième paroi 34 inclinée et une quatrième paroi 36 également inclinée. Les parois d'extrémité 30, 32 peuvent être planes et parallèles l'une à l'autre, mais elles pourraient également être inclinées et avoir en plan un profil semi-circulaire. Les parois inclinées 34, 36 sont planes et convergent vers le bas en direction d'une ouverture longitudinale 38, ayant une disposition centrale par rapport aux parois d'extrémité 30, 32 et entre les parois latérales 34, 36. L'ouverture 38 s'étend à travers la paroi de toit du tunnel de reprise 24 et constitue une fente à travers laquelle la matière stockée peut tomber sur le transporteur sans fin, lorsqu'elle est soumise à agitation.

Chacune des parois d'extrémité 30, 32 (fig. 4) est de préférence un mur en terre armée comportant une peau, ou habillage, formée d'éléments 40, de forme générale carrée, comportant chacun deux bras s'étendant latéralement 42. Ces bras sont adaptés pour coopérer

avec des bras d'éléments adjacents de manière à être reliés avec eux. Des détails au sujet des éléments de peau 40 peuvent être trouvés dans le brevet français No 2055983 déjà cité.

Les éléments de peau 40 de la paroi d'extrémité 32 (fig. 5) définissent une surface essentiellement verticale du mur en terre armée 41, qui comporte des armatures métalliques 44 fixées aux éléments de peau et formant des lits horizontaux espacés verticalement, à l'arrière des éléments de peau, à l'intérieur du massif de terre 46. Le frottement entre les grains du massif et les armatures 44 confère à l'ensemble une cohésion permettant de donner au mur le parement vertical 32.

Chaque armature 44, qui peut être en acier, est souple de manière à rester constamment en contact de frottement avec les grains du massif, quels que soient les mouvements que ces grains puissent subir, notamment en raison de tassements.

Comme on le voit à la fig. 5, le mur en terre armée 32 est disposé au-dessus d'une chambre 48 située à l'une des extrémités du tunnel de reprise 24. Cette chambre peut être utilisée pour l'entretien du transporteur. La paroi d'extrémité 50 de cette chambre est, elle aussi, une peau d'un mur en terre armée 51 et comprend donc un assemblage d'éléments de peau 40 auxquels sont fixées des armatures 44 enrobées dans la terre. Dans la chambre 48, qui est relativement grande, il est possible d'exécuter des travaux d'entretien du transporteur, sans que le personnel risque d'être atteint par la matière stockée, dans le silo, qui tombe sur le transporteur sans fin.

Le toit 52 de la chambre 48 est, de préférence, exécuté en béton et muni de nervures de rigidité 54. Le toit 52 peut constituer en partie l'assise sur laquelle est construite la paroi d'extrémité 32.

Chacune des parois inclinées 34, 36 (fig. 6) forme un habillage constitué par l'assemblage de plaques 56 en béton, de forme générale rectangulaire, cet assemblage ayant l'aspect d'une maçonnerie classique. Les deux parois 34, 36 étant identiques, on ne décrira que l'une d'elles, à savoir la paroi 34.

Cette paroi 34 est inclinée par rapport à l'horizontale d'un angle β qui est supérieur à l'angle de talus naturel de la matière stockée dans le silo. S'il s'agit par exemple de charbon, cet angle peut être de l'ordre de 45 à 60°. Du fait que l'angle β est supérieur à l'angle de talus naturel, la matière stockée se déplace vers le bas le long des parois inclinées, de sorte qu'il n'est pas possible que la matière puisse être empêchée de s'acheminer vers le bas sous l'effet de la gravité. Cette caractéristique est particulièrement importante lorsque la matière est du charbon, car la poussière de charbon est exposée à subir une combustion spontanée.

La paroi inclinée 34 s'étend vers le haut à partir d'une semelle 62 en béton et son extrémité supérieure coïncide à peu près avec le sommet 63 du remblai adjacent. Comme le montre la fig. 8, deux semelles 62, 62' s'étendent de part et d'autre du tunnel de reprise 24, et les deux semelles 62, 62' délimitent la fente longitudinale 38 et forment le toit du tunnel 24.

La paroi latérale 34 constitue la peau, ou habillage, d'un mur en terre armée 65 au sein duquel des armatures 120 forment des lits horizontaux parallèles, enrobés dans la terre 122 ou autre matériau pulvérulent ou granulaire. Cette peau est constituée de plaques 56 auxquelles sont fixées les armatures 120. Les plaques 56 offrent une résistance aux chocs à l'égard de la matière stockée, lorsque cette dernière est déversée dans le silo.

Le tunnel de reprise 24 (fig. 8) comporte de préférence un radier en béton 64 et deux parois latérales 66, 68, qui constituent chacune une peau formée d'éléments 40 ayant la même disposition que ceux des parois d'extrémité 30, 32, peau en arrière de laquelle sont disposées des armatures 44 noyées dans la terre. Les parois 66, 68 sont verticales.

Au voisinage du radier 64 du tunnel 24 est disposé un transporteur sans fin 70 classique, qui s'étend sur toute la longueur du silo 20 (fig. 2) et qui peut passer à l'intérieur de la partie inclinée 26 du tunnel pour atteindre la surface du sol 28, ou bien déboucher dans une tour de transfert (non représentée).

Des poutrelles transversales 72 peuvent être disposées au-dessus du tunnel de reprise 24 et entre les parois inclinées 34, 36, en position adjacente aux semelles en béton 62, 62', ces poutrelles étant prévues pour supporter un agitateur destiné à ameublir la matière à extraire du silo. C'est ainsi que les poutrelles peuvent supporter un appareil 74 comportant un outil rotatif formant tarière 76. L'appareil 74 est déplacé longitudinalement par rapport au silo 20, au droit de la fente 38, pour fragmenter et disloquer par voie mécanique les ponts éventuels formés par la matière pulvérulente au-dessus de la fente 38, de telle sorte que la matière puisse être extraite à volonté du silo.

L'outil rotatif 76 peut être orienté verticalement au-dessus de l'ouverture longitudinale 38 et peut être mis en œuvre pour désagréger la matière stockée, de telle sorte que cette dernière puisse tomber à travers la fente 38 sur le transporteur 70 pour être évacuée à partir du tunnel 24.

La paroi inclinée 34 constitue un parement résistant aux chocs, formé de plaques 56 assemblées les unes avec les autres, ainsi qu'il a déjà été dit. Chaque plaque 56 comporte un panneau comprenant une face avant 78 et une face arrière 80 (fig. 9). Les faces 78, 80 sont normalement parallèles de telle sorte que le panneau ait une épaisseur uniforme. Le panneau a une forme générale rectangulaire qui facilite l'assemblage des panneaux sous forme de rangées horizontales. La face arrière est en contact avec le massif de terre.

Deux nervures triangulaires 82, 84, ou talons, font saillie sur la face arrière 80 de chaque panneau de plaque 56 et sont engagées dans le matériau granulaire ou pulvérulent situé derrière le parement 34. Ces nervures sont adaptées pour supporter le panneau de peau à partir du moment où la plaque est posée, jusqu'à ce que le panneau ait été recouvert par la terre.

Chaque nervure 82, 84 fait partie intégrante de la plaque 56 et, dans le cas où la plaque est en béton, forme avec elle un monolithe. Chaque nervure 82, 84 a une surface d'assise correspondante 86, 88, qui est horizontale. Les surfaces d'assise horizontales sont adaptées pour reposer directement sur la couche de terre qui recouvre la rangée immédiatement inférieure de panneaux, pour supporter ainsi la plaque 56 dans sa position angulaire voulue au cours de la construction du parement. A cet égard, les surfaces d'assise 86, 88 des nervures 82, 84 et la face arrière 80 du panneau de la plaque 56 font un angle β (fig. 11) qui correspond à l'inclinaison de la paroi latérale du silo.

Le panneau de la plaque 56 (fig. 10) comporte quatre bords 90, 92, 94 et 96. Le premier bord horizontal 90 s'étend le long du haut du panneau et comporte une languette 98, adjacente à la face arrière 80 (fig. 11). Le premier bord 90 comporte également une feuillure 100 située entre la languette et la face avant 76. Comme on le voit à la fig. 10, la première languette 98 et la première feuillure 100 s'étendent sur toute la longueur du panneau.

Le deuxième bord 92 a une orientation oblique (fig. 12) et comprend une deuxième languette 102 adjacente à la face arrière 80 et une deuxième feuillure 104 adjacente à la face avant 78. La deuxième languette 102 et la deuxième feuillure 104 s'étendent sur toute la longueur du bord 92.

Le troisième bord 94 (fig. 11) s'étend horizontalement sur le bas du panneau, parallèlement au premier bord, et il comprend une troisième languette 106 adjacente à la face avant 78 et une troisième feuillure 108 adjacente à la face arrière 80. Sur la fig. 10, on voit que la troisième languette 106 et la troisième feuillure 108 s'étendent sur toute la largeur du panneau. La troisième languette 106 (fig. 11) est dimensionnée de manière à correspondre à la première feuillure 100; de même, la première languette 90 est dimensionnée de manière à épouser la troisième feuillure 108. Ainsi, au cours de l'assemblage, les bords horizontaux de panneaux verticalement adjacents sont disposés jointivement et encastres l'un dans l'autre, de telle sorte que les faces avant 78 des panneaux adjacents sont coplanaires.

Le quatrième bord 96 (fig. 12) est oblique et parallèle au deuxième bord 92. Le quatrième bord comprend une quatrième languette 110 adjacente à la face avant et une quatrième feuillure 112

adjacente à la face arrière 80. La quatrième languette 110 et la quatrième feuillure 112 s'étendent sur toute la longueur du panneau. En outre, la quatrième languette 110 est dimensionnée de manière à épouser la deuxième feuillure 104; de même, la deuxième

languette 102 est dimensionnée de manière à épouser la quatrième feuillure 112. Ainsi, lorsque deux panneaux sont horizontalement adjacents, la deuxième languette 102 d'un panneau est reçue dans la quatrième feuillure 112 de l'autre panneau et la quatrième languette 110 de l'autre panneau est reçue dans la deuxième feuillure 104 du premier panneau, pour retenir l'un par rapport à l'autre les panneaux horizontalement adjacents.

La première languette 98 et la deuxième languette 102 ont, de préférence, un même profil de manière à définir une nervure continue; de même, la troisième languette 106 et la quatrième languette 110 ont de préférence un même profil de manière à définir une seconde nervure continue. La première et la deuxième languettes 98, 102 sont plus larges que la troisième et la quatrième languettes, 106, 110, de telle sorte qu'une bande 115 en matériau d'étanchéité (fig. 9) puisse être placée entre des bords horizontaux adjacents et qu'une bande identique 117 puisse être placée entre des bords obliques adjacents des panneaux. Les bandes d'étanchéité sont ainsi dissimulées.

Le panneau d'une plaque 56, comportant des bords ayant la configuration décrite ci-dessus, est relié par encastrement avec tous les panneaux adjacents. Plus précisément, chaque panneau est bloqué en rotation autour d'un axe à peu près vertical, parallèle à la paroi, par la coopération des languettes 102, 110 avec les feuillures 104, 112 de panneaux horizontalement adjacents. De même, le panneau est bloqué en rotation autour d'un axe horizontal par l'effet de la coopération entre la première languette 98 et la troisième languette 106 avec les feuillures correspondantes 100, 108 de panneaux verticalement adjacents.

Chaque nervure 82, 84 (fig. 9) comporte une zone de montage des armatures 120. De préférence, il est prévu trois points de fixation 114, 116, 118, ou davantage, espacés verticalement dans chaque surface de montage. Comme représenté, chaque point de fixation 114, 116, 118 peut comporter une patte s'étendant à partir de la surface verticale de montage de la nervure pour la fixation d'une armature 120. Les points de fixation 114, 116, 118 peuvent être espacés verticalement, de telle sorte que les lits horizontaux d'armatures soient espacés de façon uniforme. A cet égard, le point de fixation supérieur extrême 118 d'une rangée horizontale de panneaux est espacé du point de fixation inférieur extrême de la rangée horizontale voisine de la même distance que celle qui sépare les points de fixation 114 et 116 et les points de fixation 116 et 118. De cette façon les couches de terre 122, situées entre les lits horizontaux d'armatures, ont une épaisseur uniforme.

De plus l'espacement latéral entre les nervures 82, 84 est de préférence tel que les nervures sont disposées symétriquement.

Pour la construction d'un silo, on choisit et on aménage un site approprié. Si le volume de stockage doit se trouver tout entier sous le terrain naturel, il est nécessaire de pratiquer une excavation. Dans le cas où le volume de stockage doit être défini par des remblais parallèles, une excavation doit être exécutée pour l'exécution du seul tunnel de reprise.

Une fois que le site a été préparé, le radier 64 (fig. 8), qui forme le plancher du tunnel de reprise 24, peut être coulé en place. On exécute ensuite les parois en terre armée 66, 68 du tunnel 24, qui comprennent les éléments de peau 40, les armatures 44 fixées aux éléments de peau ainsi que la masse de terre 45, 45'.

Lorsque les parois du tunnel 44 ont été achevées, les semelles en béton 62, 62' peuvent être coulées à leur place. Chaque semelle est façonnée de manière à comporter une partie ayant le profil de la troisième languette 106 et de la troisième feuillure 108 du panneau des plaques 56. De cette manière les plaques 56 ont, elles aussi, une liaison par encastrement avec les semelles 62, 62'.

Les parois d'extrémité 30, 32 (fig. 3) et les parois inclinées 34, 36 peuvent être construites simultanément, de telle sorte qu'à tout moment le niveau du silo en construction soit le même.

Pour la construction des parois inclinées 34, 36 (fig. 7), la première rangée d'éléments de peau 56' est placée sur la semelle 62 déjà coulée, la languette de la semelle étant reçue dans la troisième feuillure de chaque panneau. On dépose ensuite une couche de terre 120 qui recouvre partiellement les éléments 56' jusqu'à un niveau qui corresponde à peu près au premier point de fixation 114 (fig. 9). On dépose alors un premier lit horizontal d'armatures 120 (fig. 7), en fixant l'extrémité d'une armature en chaque point 114 d'une nervure de plaque 56.

On dépose ensuite une couche 122 de terre qui surmonte le premier lit horizontal d'armatures 120, puis un second lit horizontal d'armatures 120' est mis en place par fixation d'une extrémité de ces armatures au point 116 des nervures des plaques 56'. On répète les opérations consistant à fixer un lit horizontal d'armatures aux plaques et à recouvrir de terre ces armatures, jusqu'à ce que la première rangée de plaques 56' ait été complètement recouverte de terre. A ce stade, la matière du remblai située derrière la première rangée de panneaux est à peu près horizontale et elle est de niveau avec les bords supérieurs des panneaux.

On met alors en place une autre rangée horizontale de plaques 56'' sur la première rangée de plaques 56' avec une disposition telle que les joints verticaux entre les panneaux de la première rangée sont approximativement centrés par rapport aux panneaux des plaques 56'' de la seconde rangée, ce qui donne un assemblage ayant l'aspect d'une maçonnerie classique. Lorsqu'on met en place la seconde rangée, la bande d'étanchéité 115 est mise en sandwich entre les bords horizontaux adjacents des panneaux. De même, au cours de l'exécution d'une rangée horizontale, la bande d'étanchéité 117 est mise en sandwich entre les bords obliques adjacents des panneaux.

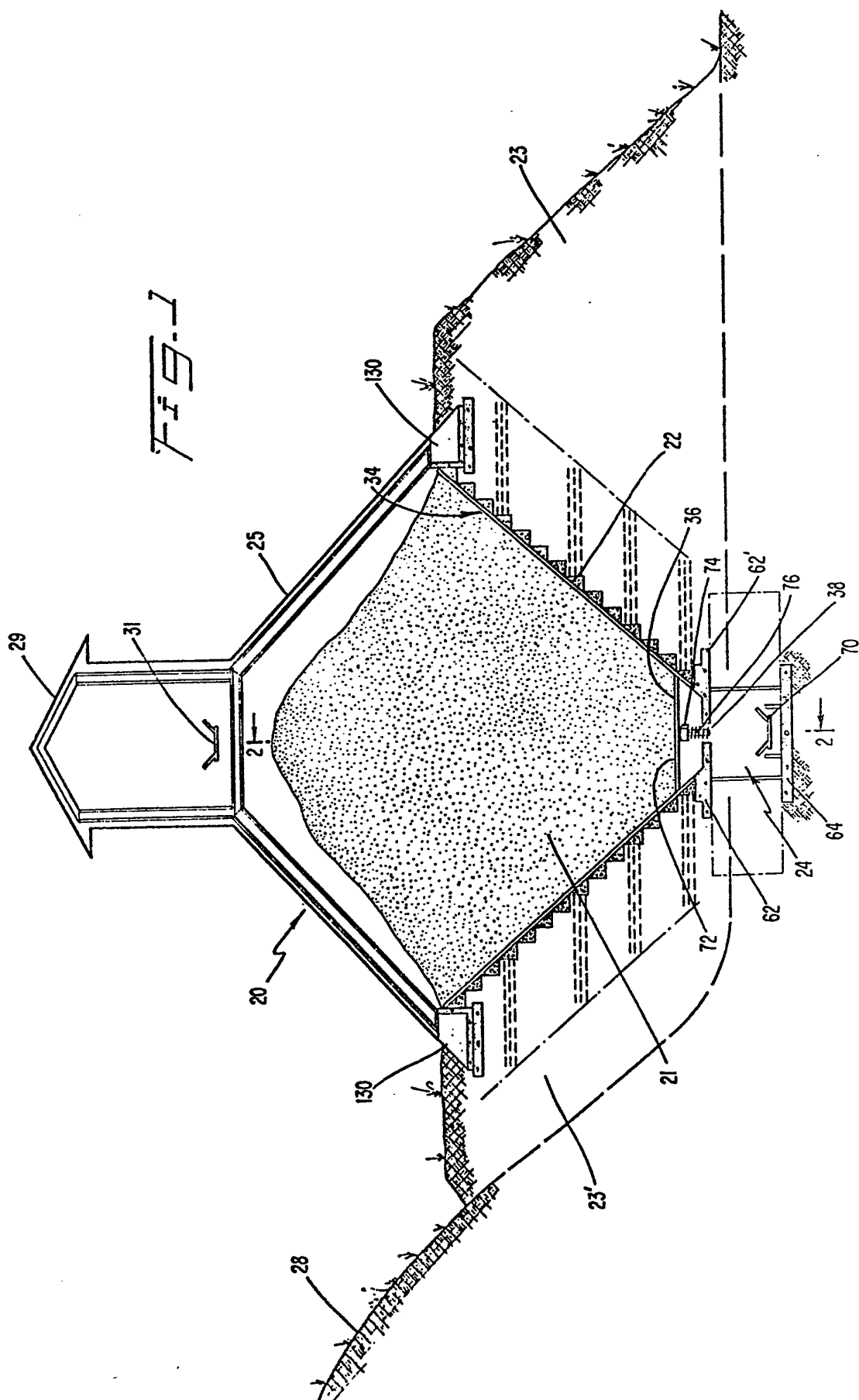
Une fois que la seconde rangée de plaques 56'' est mise en place, les surfaces d'assise horizontales des nervures donnent aux panneaux de la seconde rangée une position telle que l'inclinaison voulue pour la face avant 78 de chaque panneau est obtenue. On dépose ensuite une couche de terre derrière les panneaux de la seconde rangée jusqu'à ce que le niveau des premiers points de fixation soit atteint, après quoi on fixe des lits horizontaux d'armatures sur les plaques 56'' en alternant avec la mise en place de couches de terre, de la façon déjà décrite en ce qui concerne la première rangée de plaques.

Le processus qui vient d'être exposé se répète jusqu'à ce que la paroi inclinée 34 ait atteint le sol naturel 28 ou le sommet du remblai, selon le cas.

Il est clair que, pendant les opérations de construction des parois inclinées, une couverture peut être disposée entre ces parois 34, 36, pour arrêter toute matière qui pourrait tomber dans le volume de stockage. Il est alors possible de travailler simultanément à la construction ou à l'équipement du tunnel de reprise 24.

Lorsque les parois inclinées 34, 36 ont été terminées, des semelles 130 (fig. 1) peuvent être placées en position adjacente à l'extrémité supérieure de ces parois (fig. 3). Ces semelles peuvent être disposées avec un espacement uniforme suivant la longueur du silo 20, constituant ainsi une assise pour le toit 25 (fig. 1).

Pour extraire la matière stockée du silo 20 (fig. 8), l'appareil agitateur 74 est déplacé longitudinalement dans le silo 20. A mesure que cet appareil se déplace, l'outil 76 formant tarière est entraîné en rotation en désagrégeant la matière se trouvant sur la fente longitudinale 38. Cette matière traverse alors l'ouverture 38 et tombe sur le transporteur 70 qui est entraîné en continu. Ce transporteur achemine la matière dans un poste de transfert situé au niveau du sol ou au-dessus de ce niveau, en franchissant la partie inclinée 26 du tunnel (fig. 2).





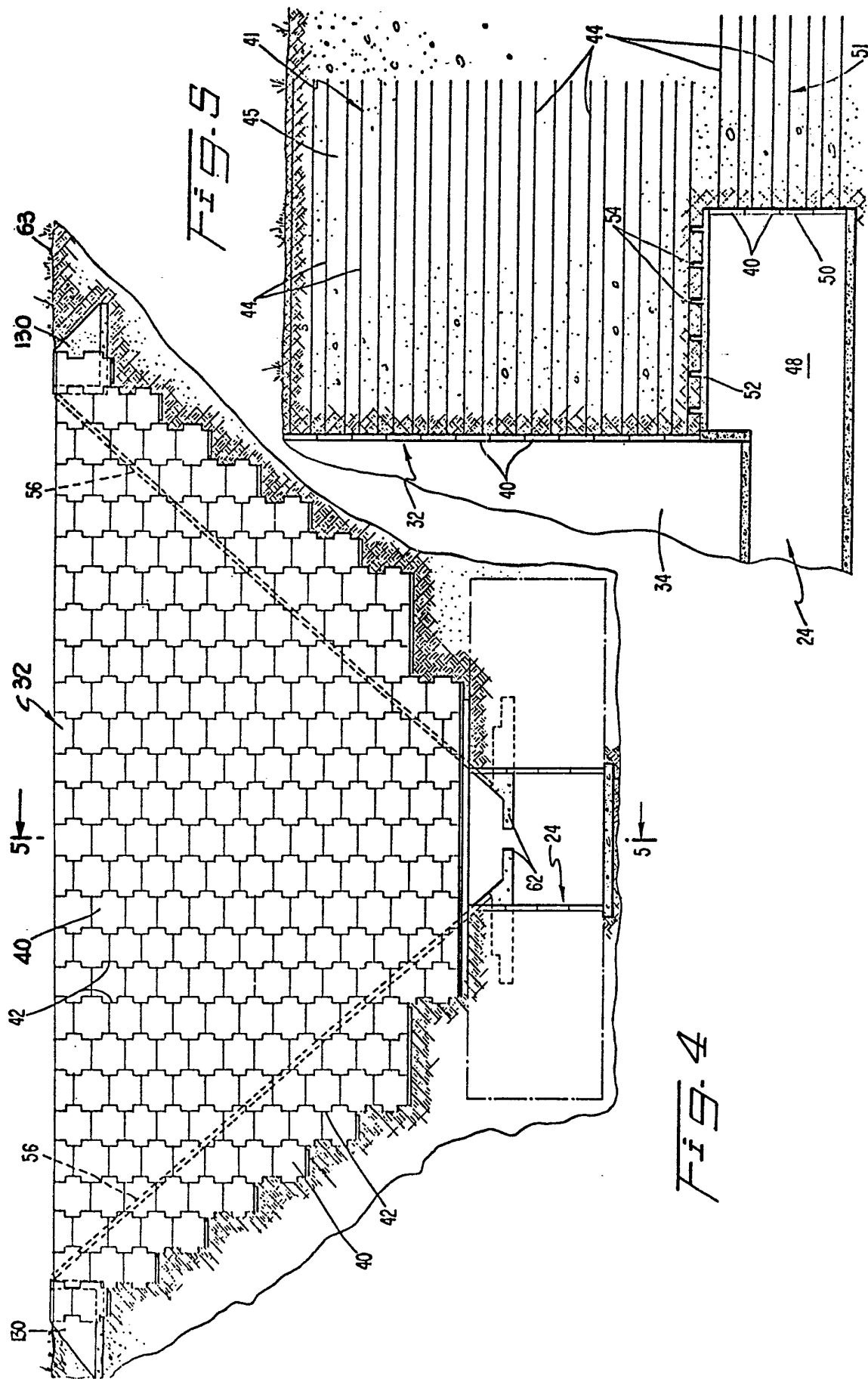


Fig. 6

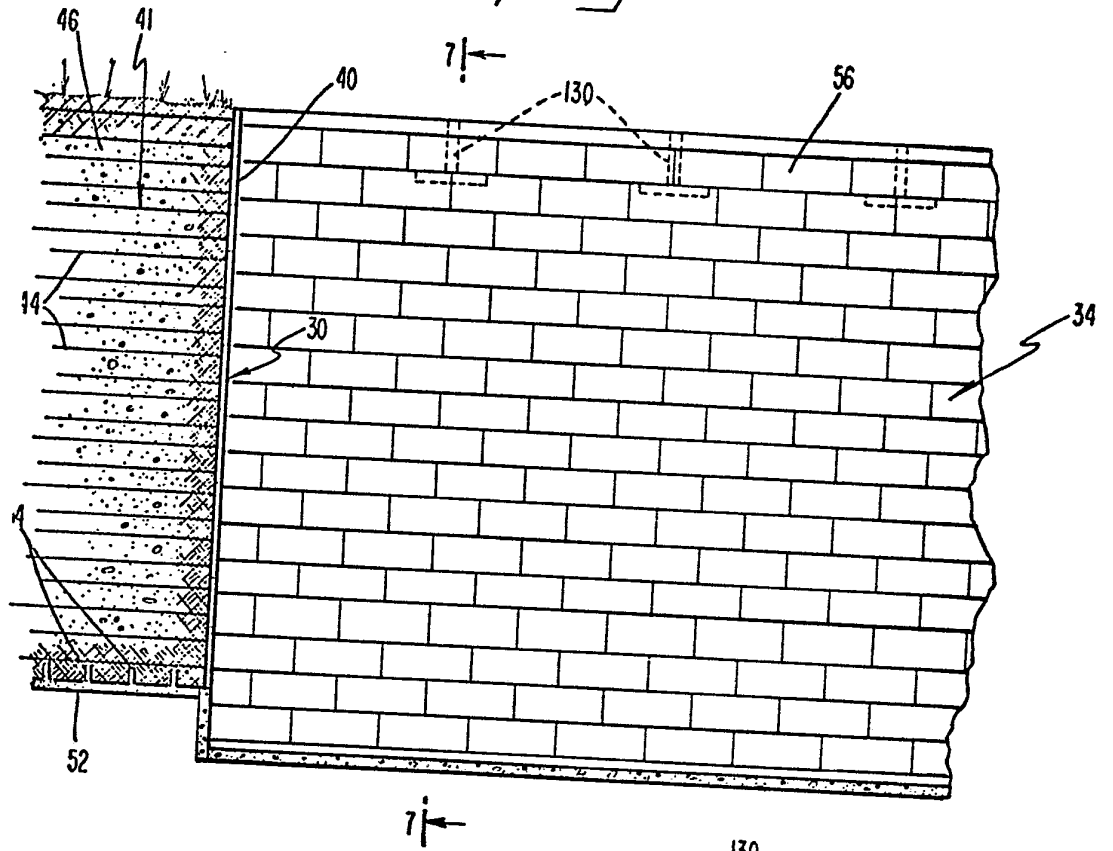
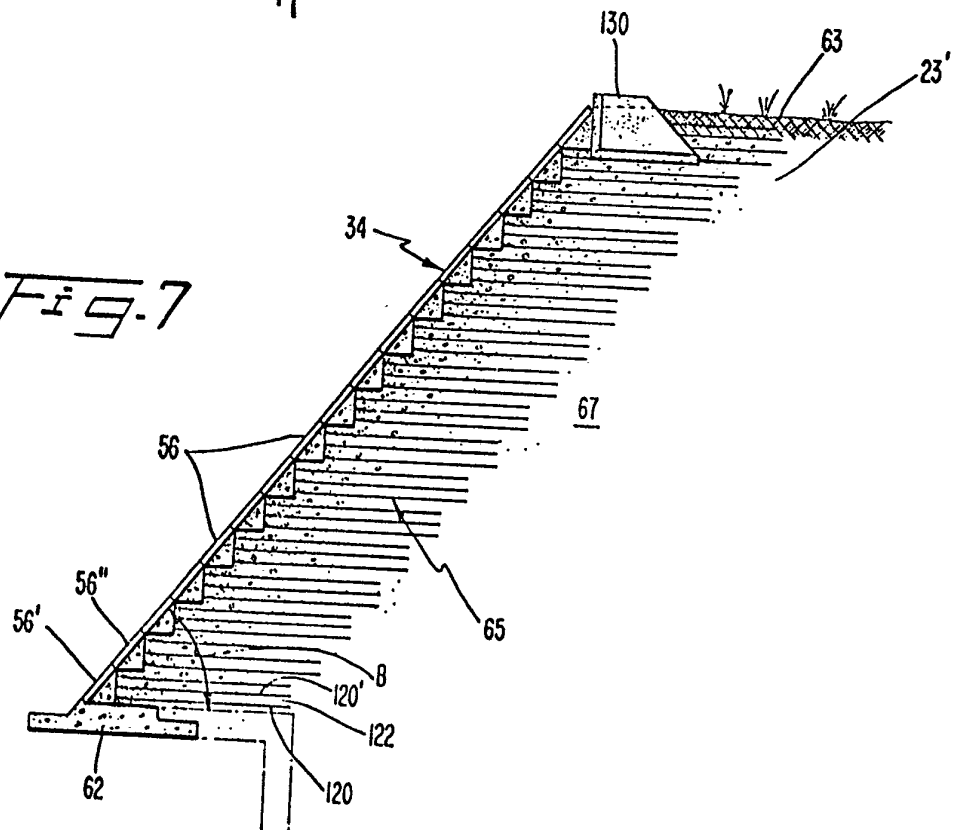


Fig. 7



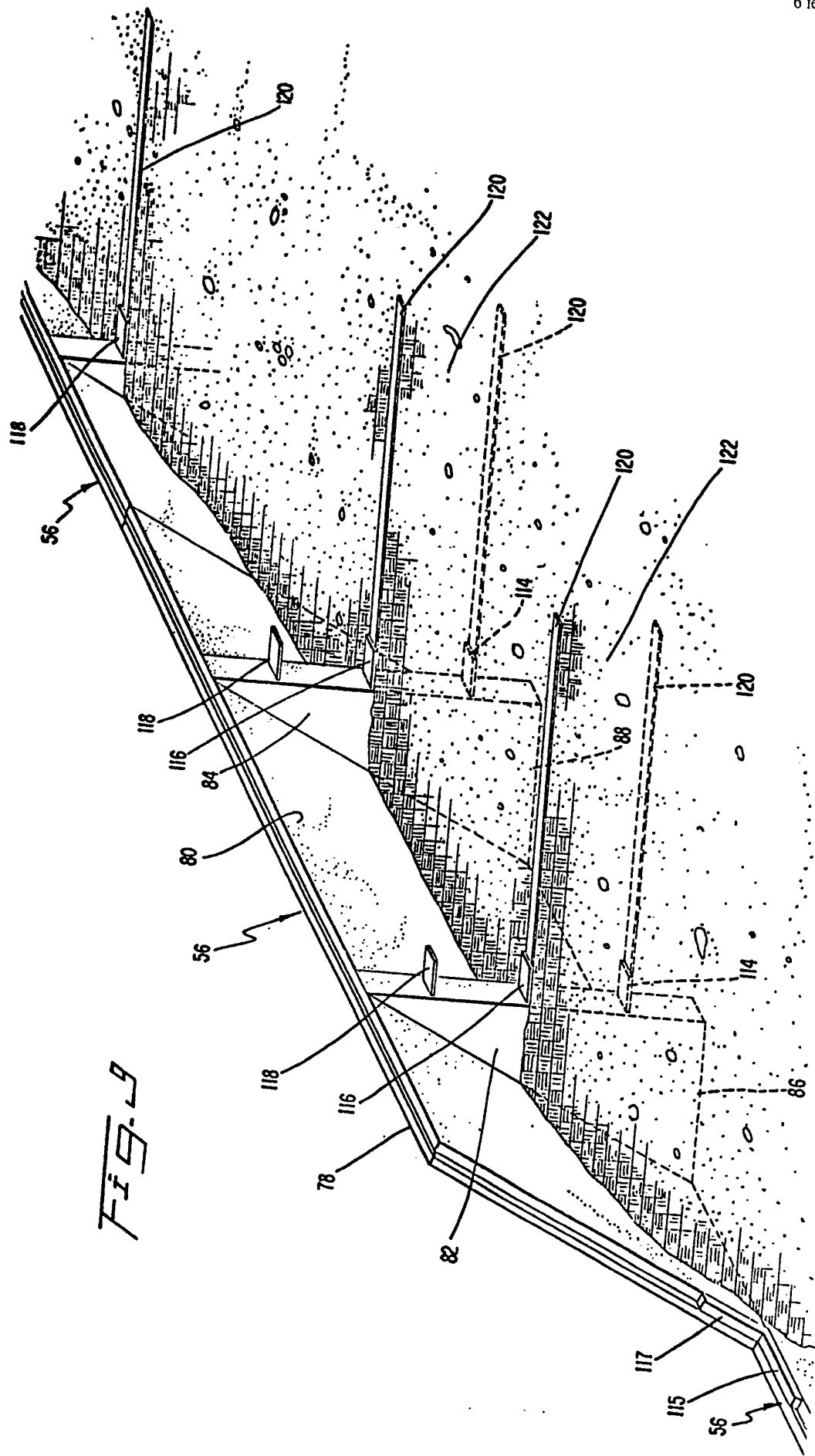


Fig. 9

Fig. 10

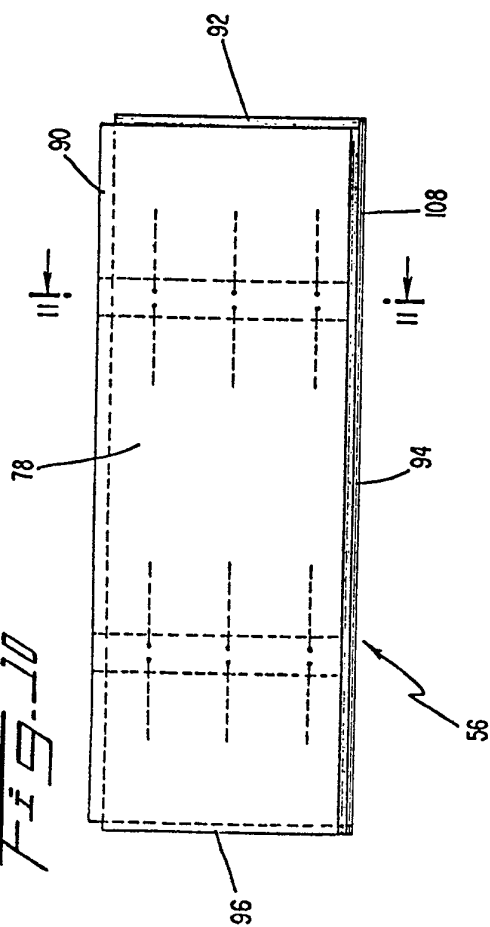


Fig. 11

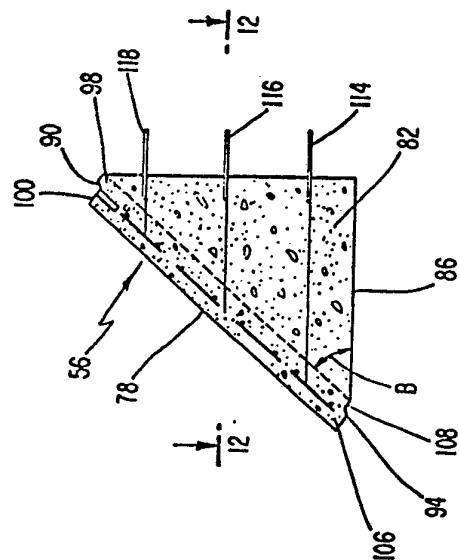


Fig. 12

