

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 451 521 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
24.07.1996 Patentblatt 1996/30

(51) Int Cl.⁶: **E02B 3/14**, E02B 3/12

(21) Anmeldenummer: **91103801.6**

(22) Anmeldetag: **13.03.1991**

(54) **Uferschutzbauwerk**

Embankment protection structure

Ouvrage de protection de berges

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE DK FR GB NL

(30) Priorität: **10.04.1990 DE 4011504**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.10.1991 Patentblatt 1991/42

(73) Patentinhaber: **Büsching, Fritz, Prof. Dr.-Ing.**
D-38116 Braunschweig (DE)

(72) Erfinder: **Büsching, Fritz, Prof. Dr.-Ing.**
D-38116 Braunschweig (DE)

(74) Vertreter: **Gramm, Werner, Prof., Dipl.-Ing.**
Patentanwälte Gramm + Lins
Theodor-Heuss-Strasse 1
38122 Braunschweig (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 051 680	EP-A- 0 215 991
DE-A- 2 038 674	FR-A- 2 444 121
GB-A- 1 073 934	NL-C- 93 233
US-A- 3 503 216	US-A- 4 813 812

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 8, no. 174 (M-316)(1611) 10. August 1984 & JP-A-59 68 412 (KEIHAN CONCRETE) 18. April 1984
- **EMPFEHLUNGEN FÜR DIE AUSFÜHRUNG VON KÄSTENSCHUTZWERKEN.** EAK 1981, Heft 36, S. 70-103 und s. 179-281.

EP 0 451 521 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein auf wellenbelastete Böschungsstrukturen, geneigte Stauwände oder dgl. angebrachtes Uferschutzbauwerk, bestehend aus zumindest teilweise geschlossenen, wasserdurchströmbaren Hohlkörpern, die gemeinsam ein böschungsparalleles Deckwerk bilden.

Eine derartige Ausführungsform läßt sich entnehmen den Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken - EAK 1981, Heft 36, Seite 235, wo wasserdurchströmbare Hohlkörper in Form eines Tetraedron offenbart sind. Vergleichbar erscheint auch ein Uferschutzwerk gemäß der US-A-4,172,680.

Deckwerkskonstruktionen und Deichböschungen einerseits und geneigte Stauwände wellenbelasteter Baukonstruktionen andererseits müssen auf dynamische Beanspruchungen infolge brechender Wasserwellen dimensioniert werden. Da die beim Wellenbruchvorgang am Bauwerk umzusetzende Wellenenergie dem Quadrat der Wellenhöhe proportional ist, stellt die bei gegebenen geometrischen Bedingungen maximal am Bauwerk mögliche Brecherhöhe eine maßgebliche Bemessungsgröße dar. Darüberhinaus sind der Wasserstand, die Brecherform, die Brecherposition relativ zum Bauwerk sowie die Bauwerksgeometrie von besonderer Bedeutung.

Herkömmliche offene (wasserdurchlässige) oder geschlossene Deckwerkskonstruktionen für Ufer- und Deichböschungen sowie Böschungsabdeckungen werden ein- oder mehrlagig aus unterschiedlichen Baustoff- und/oder Filterschichten gefertigt.

Da die Komponenten der einzelnen Schichten ihre Gewichtskräfte flächenhaft und unmittelbar auf die jeweilige darunterliegende Schicht übertragen, sind derartige Strukturen sämtlich als einschalige Konstruktionen anzusehen. Letzteres trifft sinngemäß auch auf Stauwandkonstruktionen anderer wellenbelasteter geböschter Baukonstruktionen zu (Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken - EAK 1981, in Die Küste, Heft 36, S. 179 - 261; auch Auslegungsschrift 2038674).

Ferner ist bekannt, daß durch die Gestaltung der Wassertiefenverhältnisse vor dem Bauwerk, durch die Formgebung des Bauwerksquerschnittes, durch die Wahl der Baustoffe und durch die konstruktive Gestaltung der Bauwerksoberfläche der Lastübertragungsmechanismus "Welle - Bauwerk" beeinflusst werden kann (Seedeichbau - Theorie und Praxis, Vereinigung der Naßbaggerunternehmungen e.V. Hamburg 1976, S. 15 - 79).

Der darüber hinaus zur Lastentwicklung beitragende Wechselwirkungsprozeß zwischen der oberflächennahen Wasserteilchenkinematik der ankommenden Welle und derjenigen des Rücklaufwassers der vorausgegangenen Welle ist bisher nicht gezielt durch konstruktive Maßnahmen im Sinne geringerer wellenerzeugter Bauwerksbelastungen zu beeinflussen ver-

sucht worden.

Hinsichtlich der Gestaltung wellenbeanspruchter geneigter Böschungsstrukturen wurde bisher das Konzept verfolgt, die Energie der an das Bauwerk gelangenden Wellen beim Brechprozeß und beim anschließenden Wellenauflauf möglichst effektiv in turbulenten durch Mischungs- und Stoßvorgängen umzuwandeln, und zwar insbesondere durch Rauigkeitselemente, im unmittelbaren Auftreffbereich der Wellen aber auch bezüglich der unregelmäßigen Durchströmung der Deckwerksschichten. Bisher wurde noch nicht versucht, eine Wechselwirkung zwischen der Wasserteilchenkinematik einer partiellen Clapotis (teilweise stehende Welle) und derjenigen der Waschbewegung (Wellenauflauf-Rücklauf-Bewegung) möglichst weitgehend zu unterbinden. Vorliegende Erfindung befaßt sich erstmals mit dieser Problemstellung.

Es wurde festgestellt, daß durch die Rückführung des nach dem Brechvorgang auf der Böschung vorhandenen Wassers (Rücklaufwasser) unter einer etwa böschungsparallelen Schale die welleninduzierte Wasserbewegung vor dem und an dem Bauwerk signifikant verändert wird. Insbesondere kann an einer Böschung mit vorgewählter Neigung die in Form eines Wellenspektrums gegebene Wellenenergie durch die konstruktive Gestaltung der den Hohlraum begrenzenden Schale optimal gedämpft werden. Zur Erklärung dieses Phänomens kann die bei Anwesenheit von Wellen an Böschungen vorhandene Wasserbewegung als erzwungene Schwingbewegung mit mehreren Freiheitsgraden (Koppelschwingung) aufgefaßt werden. Dabei stellt das als Kontinuum vor der Böschung befindliche Wasservolumen das schwingende System dar, das je nach vorliegenden geometrischen Randbedingungen (Wassertiefe, Böschungsneigungen) durch unterschiedliche Eigenfrequenzen gekennzeichnet ist. In Analogie zur elastischen Kette wird ein Gesamtsystem zugrunde gelegt, das aus mehreren Teilschwingern mit unterschiedlichen Eigenfrequenzen besteht. Die Wirkungen der von See kommenden Wellen werden in dieser Anordnung als die Erregerkräfte angesehen.

Damit können die der partiellen Reflexion entsprechenden Wasserspiegelauslenkungen einerseits und die Wellenauflauf-Rücklaufbewegungen (Waschbewegungen) andererseits etwa ausgeprägten Freiheitsgraden des Systems zugeordnet werden. Wird das System in seinen Freiheitsgraden verändert, so hat dieses unmittelbar auch eine Veränderung der Anzahl und der Beträge seiner Eigenfrequenzen zur Folge.

Ausgehend von den vorstehenden Feststellungen und Erkenntnissen liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Kinematik der Wasserbewegung vor dem und an dem Böschungsbauwerk insbesondere im Sinne kleinerer Brecherhöhen und eines verringerten Wellenauflaufes zu verbessern.

In Verbindung mit dem Oberbegriff des Anspruchs 1 wird diese Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 und in einer Alterna-

tivlösung durch die im Kennzeichen des Anspruchs 18 aufgelisteten Merkmale.

Im Gegensatz zu der Offenbarung der gattungsbildenden US-Patentschrift soll sich also das erfindungsgemäße Deckwerk lediglich über den dynamisch belasteten Bereich des Uferschutzbauwerkes erstrecken. Hierdurch ergeben sich erheblich geringere Deckwerksabmessungen und als Folge des hohen Hohlraumanteils auch ein geringerer Massenbedarf. Die herankommenden Wellen bewegen sich entlang eines Bezugswasserspiegels. Durch den beim Auftreffen auf das Uferschutzbauwerk hervorgerufenen Wellenbrechvorgang wird ein bestimmter Wasservolumenanteil des Wellenaufschwalles bis über den oberen horizontalen Begrenzungsrand des Deckwerkes transportiert, um dann nach Bewegungsumkehr als Rücklaufwasser vollständig oder doch zumindest teilweise durch den Einlaufquerschnitt, den Hohlraum und den Auslaufquerschnitt weitgehend ungehindert hindurchzuströmen und so dem vor dem Bauwerk vorhandenen Wasservolumen unterhalb des Bezugswasserspiegels wieder zugeleitet zu werden.

Hierdurch wird erstmalig gezielt durch konstruktive Maßnahmen der Wechselwirkungsprozeß zwischen der oberflächennahen Wasserteilchenkinematik der ankommenden Welle (partielle Clapotis) und derjenigen des Rücklaufwassers der vorausgegangenen Welle beeinflusst. Aufgrund dieser Beeinflussung werden nicht nur der Wellenaufwurf, sondern auch die Brecherhöhe, die Brecherform und Brecherposition im Sinne geringerer Bauwerksbelastungen günstig verändert.

Unter dem Begriff "Bezugs-Ruhewasserspiegel" ist der sog. Bemessungswasserstand zu verstehen, der üblicherweise auf der Grundlage von Naturuntersuchungen als "hoher Wasserstand" mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit festgelegt wird, die örtlich stark unterschiedlich sein kann (in den Niederlanden liegt sie zwischen 1:1250 und 1:10000). Dieser Bemessungswasserstand ist abhängig von den Windverhältnissen, der Tide, der Unterwassertopographie und der von dem betreffenden Bauwerk bei dessen Zerstörung ausgehenden Gefahr. Ähnliche wahrscheinlichkeitstheoretische Definitionen gelten auch für die Festlegung der Bemessungswelle nach Höhe und Periode bzw. Länge.

Dem Fachmann geläufig ist ferner, daß für die Bemessung wellenbelasteter geböschter Baukonstruktionen die "Wasserstände am Bauwerk" sowie die "Bemessungswelle(n)" die wichtigsten Bemessungsgrößen darstellen.

So stellt auch der "Bezugs-Ruhewasserspiegel" einen für die Lokation zunächst festzulegenden Bemessungswasserspiegel dar.

Damit das beanspruchte Deckwerk die vorstehend näher erläuterte Funktion hinsichtlich der zu unterbindenden Wechselwirkung auszuüben vermag, soll der Wassereinlaufquerschnitt nicht tiefer liegen als die niedrigste wellenerzeugte Wasserspiegelauslenkung (tiefstes Wellental) bezogen auf den Bemessungswasser-

stand. Die Leistungsfähigkeit des Deckwerkes ist dann aber abhängig vor allem von der Gestaltung der Einlauföffnungen und der Durchströmquerschnitte, deren optimale Lage und Gestalt jedoch nur - wie auch bei anderen speziellen Durchströmstrukturen des Wasserbaus - durch hydraulische Modellversuche aufgefunden werden können.

Für die Höhenanordnung des unteren Wasserauslasses ergibt sich ein theoretischer Grenzwert dadurch, daß die in der partiellen Clapotis zugeordneten Wasserteilchenbewegungen mit dem Abstand von der Wasseroberfläche nach einem Exponentialgesetz abnehmen und in einer Tiefe, die etwa der halben Wellenlänge entspricht, vollständig abgeklungen sind. Auch hier ist eine Optimierung für eine vorgegebene Böschungsneigung durch Modellversuche vorzunehmen.

Um die durchströmbare Hohlkörperstruktur kostengünstig auch in dynamisch hoch belasteten Bereichen bereits bestehender Uferschutzwerke, Deichaußenböschungen, Stauwände oder dgl. zu realisieren, werden je nach vorhandener Unterkonstruktion und je nach für die betreffenden Bauwerke maßgeblichen Wasserständen an ihrer Unterseite offene, teilweise offene oder geschlossene und an ihrer Oberseite geschlossene oder teilweise offene Hohlraumelemente in böschungspareller Ausrichtung auf der vorhandenen Uferkonstruktion in geeigneter Weise aufgelagert.

Je nach örtlichen Gegebenheiten können Hohlkörperstrukturen mit hydraulisch günstigem Querschnitt aus Ortbeton, als Betonfertigteile, Stahl oder Verbundkonstruktionen, auch unter Verwendung von Kunststoffelementen oder aus durchströmbaren Betonformstein- oder Hohlprofilkonstruktionen hergestellt bzw. verwendet werden.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen im wesentlichen darin, daß die insgesamt für die Bemessung relevante Belastungscharakteristik wellenbeanspruchter Bauwerke günstig beeinflusst wird.

Insbesondere kann eine geringere Bemessungswellenhöhe zugrundegelegt werden mit der Folge, daß Herstellungs- und Unterhaltungskosten eingespart werden können.

Bei Küstensenkungen und/oder steigenden mittleren Wasserständen und/oder zunehmender Sturmflutwahrscheinlichkeit kann durch die Nachrüstung bestehender Bauwerke mit durchströmbaren Hohlkörperstrukturen eine ggfs. vorgesehene kostenintensive Bauwerkserhöhung oder Neukonstruktion zwischenzeitlich entfallen oder zumindest zeitlich später durchgeführt werden.

Ein Bauelement zur Erstellung eines Uferschutzwerkes, einer Deichböschung, einer Stauwand oder dgl. (Bauwerk) ist erfindungsgemäß gekennzeichnet durch einen von Wasser durchströmbaren, im Verbund zu einer Schutzfläche verlegbaren Hohlkörper mit einer im Verbund nach außen gerichteten Kopffläche und einer dieser gegenüberliegenden, nach innen gerichteten Auflagefläche, zwischen denen ein freier Wasserdurch-

strömquerschnitt vorgesehen ist, der eine im Verbund oben liegende Einlauföffnung mit einer unteren Auslaßöffnung verbindet.

Während kleinformatige durchströmbare Betonformkörper als Elemente von Hohlstrukturen zur Herstellung von Deckwerken und Deichaußenböschungen dienen können, ist es vorteilhaft, großvolumige durchströmbare Betonformkörper für wellenbrecherartige Bauwerke, Längswerke, Querwerke oder dgl. zu verwenden. Derartige Bauelemente sind erfindungsgemäß z.B. gekennzeichnet durch einen von Wasser eher regelmäßig durchströmbaren, im Horizontalschnitt polygonalen, verzugsweise rechteckigen, im Verband bzw. Verbund zu einer räumlichen Schutzstruktur stapelbaren Formkörper mit oben und unten liegenden, je nach relativer Lage zum Wasserstand im Gesamtbauwerk unterschiedlich durchströmten Öffnungen. In einer abgewandelten Ausführungsform kann das Bauelement gekennzeichnet sein durch einen von Wasser eher regelmäßig durchströmbaren, ein- oder mehrkammerig strukturierten, im Verband bzw. Verbund zu einer räumlichen Schutzstruktur stapelbaren Formkörper mit oben und unten liegenden, je nach relativer Lage zum Wasserstand im Gesamtbauwerk unterschiedlich durchströmten Kammeröffnungen und vertikal derart gegeneinander versetzten inneren und äußeren Kammerwänden, daß örtlich auch eine etwa regelmäßige, von der Vertikalen abweichende, vorzugsweise böschungsparallele Durchströmrichtung erzeugt wird.

Die Kopfflächen der Formsteine bzw. Betonplatten können Ausprägungen (Öffnungen) aufweisen mit der Folge, daß das oberhalb der im Verbund verlegten Formsteine bzw. Betonplatten nach dem Wellenbruchvorgang vorhandene Wasser in den unter den Kopfflächen vorhandenen Hohlraum gelangen kann.

Derartige großvolumige durchströmbare Betonformkörper sind darüberhinaus auch dazu geeignet, als eigentliche Tragelemente der Baukonstruktionen Verwendung zu finden. Beispielsweise können sie als Bausteine des Stützkörpers dammartiger Strukturen in regelmäßiger Stapelung mit geeignetem Material verfüllt werden.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen vor allem darin, daß die im Anschluß an das Wellenbrechen über dem Bauwerk vorhandenen Wassermassen in vornehmlich vertikaler Richtung effektiver in das Bauwerk eingeleitet werden und dadurch eine Steuerung des Reflexionsprozesses durch den Wellenauflauf-Rücklauf-Bewegung weitgehend unterbunden wird.

In der Zeichnung sind einige als Beispiele dienende Ausführungsformen der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1a in axonometrischer Darstellung die prinzipielle Anordnung einer Hohlraumstruktur pro lfd. m Uferlinie als integrales Konstruktionselement einer Böschungskonfiguration,

Fig. 1b den Vertikalschnitt durch eine Böschungsab-

deckung, die prinzipiell durch Anordnung einer zusätzlichen Schale zu einer Hohlstruktur ergänzt ist, Fig. 1c den Vertikalschnitt durch eine Hohlkörperstruktur, die prinzipiell in ihrem oberen Bereich an der durch Wellen beanspruchten Seite durchlässig gestaltet ist,

Fig. 2 eine Draufsicht auf eine im Verbund gelegte Schicht von Formsteinen mit Hohlkörperkreisquerschnitt oder Hohlkörperrechteckquerschnitt,

Fig. 2a eine Draufsicht auf einen einzelnen Formstein gemäß Fig. 2,

Fig. 2b eine Seitenansicht von links des Formsteines gemäß Fig. 2a,

Fig. 2c eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 2a von unten mit Rechteckhohlquerschnitten,

Fig. 2d eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 2a von unten mit Kreisrohrhohlquerschnitten,

Fig. 3a eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formsteines mit Aussparungen in der Lagerfläche,

Fig. 3b eine Seitenansicht von links des Formsteines gemäß Fig. 3a,

Fig. 3c eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 3a von unten mit Rechteckhohlquerschnitten,

Fig. 3d eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 3a von unten mit Kreisrohrhohlquerschnitten,

Fig. 3e eine Seitenansicht von links des Formsteines gemäß Fig. 3a jedoch mit großer Sockelhöhe

Fig. 3f eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 3a von unten mit Rechteckhohlquerschnitten und großer Sockelhöhe,

Fig. 3g eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 3a von unten mit Kreisrohrhohlquerschnitten und großer Sockelhöhe,

Fig. 4a eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formsteines mit bzw. ohne Aussparungen in der Lagerfläche,

Fig. 4b eine Seitenansicht von links des Formsteines gemäß Fig. 4a,

Fig. 4c eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 4a von unten mit Rechteckhohlquerschnitten,

Fig. 4d eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 4a von unten mit Kreisrohrhohlquerschnitten,

Fig. 5a eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formsteines mit bzw. ohne Aussparungen in der Lagerfläche,

Fig. 5b eine Seitenansicht von links des Formsteines gemäß Fig. 5a,

Fig. 5c eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 5a von unten mit Rechteckhohlquerschnitten,

Fig. 5d eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 5a von unten mit Kreisrohrhohlquerschnitten,

Fig. 5e eine Seitenansicht von rechts des Formsteines gemäß Fig. 5a,

Fig. 6a eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formsteines mit Lücken zwischen den Durchströmprofilen,

Fig. 6b eine Seitenansicht von links des Formstei-

nes gemäß Fig. 6a,
 Fig. 6c eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 6a von unten mit Rechteckhohlquerschnitten,
 Fig. 6d eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 6a von unten mit Kreisrohrhohlquerschnitten,
 Fig. 6e eine Seitenansicht analog Fig. 6b jedoch eines ähnlichen Formsteines mit höheren Endscheiben,
 Fig. 7a eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formsteines mit Lücken zwischen den Durchströmprofilen,
 Fig. 7b eine Seitenansicht von links des Formsteines gemäß Fig. 7a,
 Fig. 7c eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 7a von unten mit Rechteckhohlquerschnitten,
 Fig. 7d eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 7a von unten mit Kreisrohrhohlquerschnitten,
 Fig. 7e eine Seitenansicht analog Fig. 7b jedoch eines ähnlichen Formsteines mit höheren Endscheiben,
 Fig. 8a eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formsteines mit geneigten Kopfflächen und Lücken zwischen den Durchströmprofilen,
 Fig. 8b eine Seitenansicht von links des Formsteines gemäß Fig. 8a,
 Fig. 8c eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 8a von oben,
 Fig. 8d eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 8a von unten,
 Fig. 9a eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formsteines mit geneigter Kopffläche,
 Fig. 9b eine Seitenansicht von links des Formsteines gemäß Fig. 9a,
 Fig. 9c eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 9a von oben,
 Fig. 9d eine Ansicht des Formsteines gemäß Fig. 9a von unten,
 Fig. 10 den Ausschnitt eines Querschnittes durch eine plattenartige Hohlkörperkonfiguration,
 Fig. 11 den Ausschnitt eines Querschnittes durch eine weitere plattenartige Hohlkörperkonfiguration,
 Fig. 12a Aufsichten auf eine weitere plattenartige und eine säulenartige Hohlkörperkonfiguration,
 Fig. 12b eine Ansicht von links auf eine der Hohlkörperstrukturen gemäß Fig. 12a,
 Fig. 12c einen Längsschnitt durch eine der Hohlkörperstrukturen gemäß Fig. 12a,
 Fig. 12d eine Ansicht der Hohlkörperkonfigurationen gemäß Fig. 12a von oben,
 Fig. 12e eine Ansicht der Hohlkörperkonfigurationen gemäß Fig. 12a von unten,
 Fig. 13a die Draufsicht auf einen Ausschnitt einer aus Hohlprofilen und Formsteinen gebildeten Hohlkörperstruktur,
 Fig. 13b eine Ansicht von rechts der Hohlkörperstruktur gemäß Fig. 13a,

Fig. 13c eine Ansicht der Hohlkörperstruktur gemäß Fig. 13a von unten,
 Fig. 14 den Ausschnitt eines Querschnittes durch eine als Stahlwasserbaukonstruktion ausgeführte Hohlkörperstruktur,
 Fig. 15a die Draufsicht auf einen Ausschnitt einer als Stahlwasserbaukonstruktion ausgebildete, partiell von oben durchlässigen Hohlkörperstruktur,
 Fig. 15b einen Längsschnitt A - A durch die Stahlwasserbaukonstruktion gemäß Fig. 15a,
 Fig. 15c eine Ansicht der Stahlwasserbaukonstruktion gemäß Fig. 15a von rechts,
 Fig. 15d einen Querschnitt B - B durch die Stahlwasserbaukonstruktion gemäß Fig. 15a.
 Fig. 16 den Vertikalschnitt durch eine etwa böschungsparellele Hohlkörperstruktur, die prinzipiell durch die Stapelung von durchströmbar Formkörpern (vorzugsweise etwa gemäß Fig. 17a bis Fig. 20e) zu einem Verband an einem Stützkörper entsteht,
 Fig. 17a die Draufsicht auf eine Ausführungsform eines Formkörpers mit 4 Öffnungen an seiner Oberseite und 2 Öffnungen an seiner Unterseite, vergl. Fig. 16,
 Fig. 17b eine Seitenansicht des Formkörpers gemäß Fig. 17a,
 Fig. 17c den Vertikalschnitt A-A des Formkörpers gemäß Fig. 17a,
 Fig. 17d den Vertikalschnitt B-B des Formkörpers gemäß Fig. 17a,
 Fig. 17e eine Vorderansicht des Formkörpers gemäß Fig. 17a,
 Fig. 17f den Vertikalschnitt C-C des Formkörpers gemäß Fig. 17a,
 Fig. 17g den Vertikalschnitt D-D des Formkörpers gemäß Fig. 17a,
 Fig. 18a die Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formkörpers mit 2 Öffnungen an seiner Oberseite und einer Öffnung an seiner Unterseite,
 Fig. 18b eine Seitenansicht des Formkörpers gemäß Fig. 18a,
 Fig. 18c den Vertikalschnitt A-A des Formkörpers gemäß Fig. 18a,
 Fig. 18d eine Vorderansicht des Formkörpers gemäß Fig. 18a,
 Fig. 18e den Vertikalschnitt B-B des Formkörpers gemäß Fig. 18a
 Fig. 19a die Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formkörpers mit 4 Öffnungen an seiner Oberseite und 2 Öffnungen an seiner Unterseite,
 Fig. 19b eine Seitenansicht des Formkörpers gemäß Fig. 19a,
 Fig. 19c den Vertikalschnitt A-A des Formkörpers gemäß Fig. 19a,
 Fig. 19d eine Vorderansicht des Formkörpers gemäß Fig. 19a,

Fig.19e den Vertikalschnitt B-B des Formkörpers gemäß Fig.19a,
 Fig.19f den Vertikalschnitt C-C des Formkörpers gemäß Fig.19a,
 Fig.20a die Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formkörpers mit 2 Öffnungen an seiner Oberseite und einer Öffnung an seiner Unterseite,
 Fig.20b eine Seitenansicht des Formkörpers gemäß Fig.20a,
 Fig.20c den Vertikalschnitt A-A des Formkörpers gemäß Fig.20a,
 Fig.20d eine Vorderansicht des Formkörpers gemäß Fig.20a,
 Fig.20e den Vertikalschnitt B-B des Formkörpers gemäß Fig.20a
 Fig.21 den Vertikalschnitt durch eine Dammstruktur, die prinzipiell durch einen Verband von Formkörpern (vorzugsweise gemäß Fig.23a bis 24f) gebildet wird,
 Fig.22 die Draufsicht auf die Endausbildung einer aus Formkörpern gemäß Fig.23a bis 23e oder gemäß Fig.24a bis 24f gebildeten Dammstruktur.
 Fig.23a die Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Formkörpers mit 4 Öffnungen an seiner Oberseite und einer Öffnung an seiner Unterseite,
 Fig.23b eine Seitenansicht des Formkörpers gemäß Fig.23a,
 Fig.23c den Vertikalschnitt A-A des Formkörpers gemäß Fig.23a,
 Fig.23d eine Vorderansicht des Formkörpers gemäß Fig.23a,
 Fig.23e den Vertikalschnitt B-B des Formkörpers gemäß Fig.23a,
 Fig.24a die Draufsicht auf eine Formkörperkombination, die aus 2 Teilstrukturen zu einem der Fig. 23a bis 23e entsprechenden Formkörper mit 4 Öffnungen an der Oberseite und einer Öffnung an der Unterseite zusammengesetzt wird,
 Fig.24b eine Draufsicht auf das Unterteil der Formkörperkombination gemäß Fig.24a,
 Fig.24c eine Draufsicht auf das Oberteil der Formkörperkombination gemäß Fig.24a,
 Fig.24d eine Vorderansicht der Formkörperkombination gemäß Fig.24a,
 Fig.24e eine Vorderansicht des Unterteils der Formkörperkombination gemäß Fig.24a,
 Fig.24f eine Vorderansicht des Oberteils der Formkörperkombination gemäß Fig.24a,
 Fig.25 den Vertikalschnitt durch die Dammstruktur gemäß Fig.21 ergänzt durch strömungsleitende Fertigteil-Paßkörper.

In Fig.1a wird die Hohlkörperstruktur lediglich aus einer oberen Schale 1a und einer unteren Schale 1b gebildet. Die konstruktive Gestaltung des Durchströmquerschnittes 2a, 2b, 2d wurde aus Gründen der bes-

seren Übersicht hier nicht dargestellt. Dasselbe gilt für die sich entlang des Bezugswasserspiegels 3 bewegend den Wellen und das durch diese beim Wellenbrechvorgang oberhalb der Hohlkörperbegrenzung 4 transportierte Wasservolumen des Wellenaufschwalles. Letzteres wird nach Bewegungsumkehr vollständig oder teilweise durch den Einlaufquerschnitt 2a, den Hohlraum 2b und den Auslaufquerschnitt 2d als Rücklauf dem vor dem Bauwerk vorhandenen Wasservolumen unterhalb des Bezugswasserspiegels 3 wieder zugeleitet. Die Entfernung 5 der oberen Begrenzung 4 der Hohlkörperstruktur vom Bezugswasserspiegel an der Böschungskontur 6 sowie die Gestaltung der Querschnitte 2a, 2b und 2d pro lfd. m Uferlinie 7 und die neigungsparallele Länge 8 der Hohlkörperstruktur sind von der Konfiguration des Gesamtbauwerkes und der Auslegungswellencharakteristik abhängig und müssen durch hydraulische Modelluntersuchungen bestimmt werden. Die Hohlkörperstruktur kann sowohl separat von der oberhalb und/oder unterhalb ggf. herkömmlich gestalteten Böschungsabdeckung 9a, 9b als auch im Verbund mit dieser gegründet werden.

In Fig.1b ist exemplarisch die je nach Ergebnis der Modellversuche auch mögliche (ggf. optimale) Anordnung der oberen Hohlkörperbegrenzung 4 unterhalb des Bezugswasserstandes am Bauwerk 6 dargestellt.

Fig.1c enthält die prinzipielle Darstellung einer an ihrer Oberseite partiell durchlässigen Hohlkörperstruktur. Diese Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, daß sie für wechselnde Bezugswasserstände zwischen zwei Grenzwasserständen 3a und 3b funktionsfähig ist.

Der oberhalb des Bemessungswasserstandes 3b eingezeichnete Bezugswasserstand 3a gibt einen zeitweilig höheren Wasserstand wieder, der sich z. B. künftiger Klimaveränderungen ergeben kann, aber nicht die Funktionsfähigkeit des erfindungsgemäßen Deckwerkes beeinträchtigen darf.

Das nach dem Wellenbrechen oberhalb des unteren Grenzwasserstandes 3b befindliche Rücklaufwasser kann durch die Öffnungen 10 in den darunterliegenden Hohlraum 2c eindringen und wird anschließend über den Hohlraum 2b und den Austrittsquerschnitt 2d dem vor dem Bauwerk vorhandenen Wasservolumen wieder zugeleitet. Die Entfernungen 5a und 5b der oberen Begrenzungen 4a bzw. 4b des oberen, aus Stufen bestehenden, durchlässigen Schalenteiles 11 bzw. unteren undurchlässigen Schalenteils 12 von den Schnittpunkten des oberen Grenzwasserstandes 6a bzw. unteren Grenzwasserstandes 6b mit der Böschungskontur sowie die zugehörigen Längen 8a bzw. 8b und die Nettoquerschnitte der Öffnungen 10 sind von der Konfiguration des Gesamtbauwerkes, den Grenzwasserständen 3a, 3b, und der Auslegungswellencharakteristik abhängig und müssen durch Modellversuche bestimmt werden.

Nachfolgend werden bevorzugte Querschnittsausführungsformen der Hohlkörperstruktur im einzelnen erläutert:

In Fig.2 in Verbindung mit Fig.2a bis Fig.2d ist erkennbar, daß ein durchströmbarer Formstein 2.1 derart mit trichterförmigen Aussparungen 2.2 und korrespondierenden, konischen Anformungen 2.3 ausgebildet ist, daß er in Mitten eines Verbandes von 4 benachbarten Formsteinen 2.4 in seiner Lage horizontal und vertikal fixiert wird.

Bei den an der oberen Hohlkörperbegrenzung 2.5 verlegten Randsteinen ist mit der Anordnung der trichterförmigen Aussparungen 2.2 zugleich ein geringerer Einlaufverlust verbunden.

Zur weiteren Verringerung von Strömungswiderständen und /oder aus Gründen einer günstigeren Herstellung können die Innenflächen 2.6 der Steine (Fig.2c und Fig.2d) auch aus Kunststoffhohlkörpern (ggf. Rohren) o.ä. bestehen. Da diese auf ihrem Umfang geschlossen im Verbund verlegten Formsteine für Sickerwasser wenig durchlässig sind, sollen diese bevorzugt über undurchlässiger Deckschicht angeordnet werden.

Formsteine, die gem. Fig.3a bis Fig.3d an der Unterseite durch rechteckige (oder anders geformte) Ausnehmungen 3.1 durchlässig gestaltet sind, können direkt auf ggf. vorhandener durchlässiger Deckschicht, Filtermatte o.ä. verlegt werden.

Ähnliches gilt für die Formsteine gem. Fig.3e bis Fig.3g, die mit einer größeren Sockelhöhe 3.2 in die Unterkonstruktion eines Uferschutzwerkes einbinden und damit eher als integrale Bauelemente zu dessen Stabilität beitragen können.

An die Stelle der trichterförmigen Aussparungen und konischen Anformungen der Formsteine gem. Fig. 2a und Fig.3a treten bei der Ausbildung der Formsteine gem. Fig.4a bis Fig.4d entsprechende Verriegelungselemente als Nasen 4.1 und korrespondierende Aussparungen 4.2 im Bereich der Lagerflächen.

Bei den Formsteinen gem. Fig.5a bis Fig.5e entsteht durch Anordnung von Nasen 5.1 an zwei aufeinanderstoßenden Lagerflächenkanten und korrespondierenden Aussparungen 5.2 an den gegenüberliegenden Lagerflächenkanten eine eher diagonal ausgerichtete Verbundwirkung, die jedoch ebenfalls dadurch gekennzeichnet ist, daß ein einzelner Formstein durch 4 benachbarte Formsteine horizontal und vertikal in seiner Lage fixiert ist.

Zu Fig.4a und Fig.5a gehörige obere Randsteine, vergl. Fig.2, können im Sinne eines geringeren Einlaufverlustes zusätzlich trichterförmige Aussparungen gem. Fig.2a aufweisen.

Sämtliche Formsteine gemäß Fig.3a bis Fig.5d können auch mit den bei Fig.2c und Fig.2d erwähnten Kunststoffhohlkörpern und/oder auf ihrem Umfang vollständig geschlossen ausgeführt werden.

Die Formsteine gem. Fig.6a bis Fig.7d sind für Sickerwasser durchlässige Deckwerke oder Deckschichten vorgesehen und werden demnach auf einer Filtermatte od. dgl. verlegt. Durchströmquerschnitte werden hier lediglich als dünnwandige Hohlprofile mit Rechteck-

6.1 bzw. 7.1 oder Kreisquerschnitten 6.2 bzw. 7.2 ausgebildet, die an ihren Enden mit scheibenartigen Stoßflächen 6.3 bzw. 7.3 versehen sind. Die Verbundelemente 6.4 bzw. 6.5 an den Endscheiben entsprechen bei den Formsteinen gem. Fig.6a denjenigen der Fig.2a oder der Fig.3a und die Verbundelemente 7.4 bzw. 7.5 bei den Formsteinen gemäß Fig.7a prinzipiell denjenigen der Fig.4a. Zwischen den Hohlprofilen eines Steines sowie zwischen den Hohlprofilen jeweils zweier seitlich nebeneinander angeordneter Formsteine bleiben Lücken 6.6 bzw. 7.6, durch die ein nahezu ungehinderter Sickerwasserdurchtritt ermöglicht wird. Die insgesamt durch Hohlprofile und Endscheiben gebildete Oberfläche der im Verbund gelegten Formsteine entspricht vorteilhaft der Oberfläche eines Rauhdeckwerkes.

Falls diese Formsteine zur Erzielung einer größeren Stabilität mit einer Deckschicht beschwert werden, kann eine bessere Verbundwirkung mit dem Füllmaterial dadurch erreicht werden, daß sie mit höheren Endscheiben, vergl. Fig.6e bzw. Fig.7e ausgeführt werden. Im Sinne einer günstigeren Formsteinherstellung und/oder zur Erzielung geringerer Strömungsverluste kann eine Ausbildung der Innen- und/oder Außenflächen der Hohlprofile aus Kunststoffelementen (ggf. Rohren) vorteilhaft sein.

Auch die der Fig.7a zuzuordnenden oberen Randsteine können mit strömungsgünstigen Einlauftrichtern gemäß Fig.2a ausgeführt werden.

In Fig.8a bis Fig.8d ist der Formstein gem. Fig.6a bis Fig.6c durch Anordnung geneigter Kopfflächen derart modifiziert, daß der Wassereintritt bei im Verbund verlegten Formsteinen entsprechend Fig.1c möglich ist. Der Verbund wird in diesem Falle dadurch gewährleistet, daß die zu den Höhenlinien parallelen Endscheiben 8.1 und 8.2 an beiden Seiten mit gleicher Höhe ausgeführt werden, wobei die untere Endscheibe 8.2 in Bereich der oberhalb der Kopfflächen befindlichen Einläufe trichterförmig 8.3 gestaltet ist.

Ebenfalls mit dem Zweck, den Wassereintritt entsprechend Fig.1c zu ermöglichen, ist in Fig.9a bis Fig.9d der Formstein gem. Fig.2a bis Fig.2c durch Anordnung geneigter Kopfflächen 9.1 modifiziert. Der Verbund wird in diesem Falle dadurch gewährleistet, daß die zur Falllinie parallelen Zwischenwände 9.2 und Seitenwände 9.3 konstante Höhe aufweisen.

Platten in Fertigteilbauweise mit der in Fig.10 dargestellten Querschnittskonfiguration bestehen im wesentlichen aus Hohlprofilen 10.1, die mit Beton od. dgl. ggf. unter Verwendung von Baustahlgewebe o.ä. vergossen sind. Analog zu den Verbundkonstruktionen für die Formsteine gemäß Fig.2 sollen die Platten im Bereich der Hohlprofilöffnungen am jeweils oberen Ende trichterförmige Aufweitungen aufweisen, in die korrespondierend ausgebildete, an das jeweilige untere Ende der Platten angeformte, konische Verriegelungselemente (hier nicht dargestellt) im Sinne eines Verbundes mit horizontal versetzten Platten eingreifen. Die Aufla-

gerfläche der Platten bildet eine ggf. konventionell hergestellte (undurchlässige) Deckschicht 10.3. Im Falle einer Ortbetonkonstruktion ist diese an ihrer Oberfläche 10.4 vorzugsweise rauh gestaltet. Darauf verlegte Hohlprofile werden in der Fallinie in üblicher Weise mit Muffen gestoßen und mit Ortbeton, Colcrete-Beton o.ä. vergossen. Die Oberfläche kann darüber hinaus im Sinne größerer Energieumwandlung auch rauh gestaltet sein.

Platten in Fertigteilbauweise mit der in Fig.11 dargestellten Querschnittskonfiguration bestehen im wesentlichen aus Hohlprofilen 11.1, die an ihrer Unterseite Ausnehmungen 11.2 aufweisen oder geschlitzt ausgeführt werden, um den Sickerwassereintritt in die Profilenräume zu gewährleisten.

Der Verguß 11.3 erfolgt wie in Fig.10 mit Beton, Asphaltbeton od. dgl. ggf. unter Verwendung von Baustahlgewebe o.ä. zu Elementen, die unter Maschineneinsatz verlegt werden.

Im Sinne der Ausbildung als Komponente offener, für Sickerwasser durchlässiger Uferschutzwerke werden die Platten auf einer sandrückhaltenden Filtermatte 11.4 o.ä. verlegt, die ihrerseits über herkömmlichen, durchlässigen Schichten 11.5 angeordnet wird.

Der Plattenverbund erfolgt mit ähnlichen Verriegelungselementen wie für Platten nach Fig.10 und in versetzter Anordnung wie in Fig.2 für die Formsteine dargestellt.

Im Falle der Ausbildung der Hohlkörperstruktur in Ortbetonbauweise wird im Bereich zwischen den Hohlprofilen eine Kunststoffolie 11.6 angeordnet, die das Eindringen des Vergußmaterials in die Filtermatte verhindern soll. Stoßverbindungen, Verguß und Oberflächengestaltung erfolgen wie für die Ausführungsform entsprechend Fig.10.

Fig. 12a bis Fig. 12e zeigt eine gemäß Fig. 1c an ihrer Oberfläche partiell durchlässige Hohlkörperkonstruktion in Betonfertigteilbauweise. Die den Hohlraum zur Wasserseite hin partiell abgrenzende Schale besteht aus strömungsgünstig geformten Treppenstufen 12.1, zwischen denen Öffnungen 12.2 verbleiben, durch die das Rücklaufwasser in den darunter liegenden Hohlraum 12.3 eintreten kann.

Als weitere Ausführungsform vorzugsweise für durchlässige Deckschichten sind in Fig.13 auf ihrem Umfang geschlossene Hohlprofile 13.1 dargestellt, die an ihren Enden durch Formsteine 13.2 verbunden sind. Letztere sollen horizontalen und vertikalen Verbund dadurch gewährleisten, daß sie einerseits entlang der Fallinie die Funktion von Muffenverbindungen 13.3 übernehmen und andererseits parallel zu den Höhenlinien im Bereich ihrer Stoßflächen mit formschlüssigen nasenförmigen Verriegelungselementen 13.4 versehen sind, denen an den gegenüberliegenden Stoßflächen im Bereich von deren Enden korrespondierend ausgebildete Ausnehmungen 13.5 zugeordnet sind.

Der Raum 13.6 zwischen den Hohlprofilen und Formsteinen kann vorzugsweise mit durchlässigen Baumaterialien verfüllt werden.

Eine weitere Variante kann darin bestehen, daß die Hohlprofile in ihrem Firstbereich oder sogar auf ihrem gesamten Umfange mit Löchern oder Schlitzen versehen sind, durch die das nach dem Wellenbrechen oberhalb vorhandene Wasser im Sinne einer Drainage in den Hohlkörperinnenraum eintreten kann.

Bei geneigten Stauwänden 14.1 von Stahlwasserbaukonstruktionen kann nach Fig.14 eine Hohlkörperstruktur durch Abstützung einer zweiten Stahlblechschale 14.2 unter Verwendung von Stahlprofiltraglelementen 14.3 erhalten werden, wobei die anerkannten Konstruktionsgrundsätze hinsichtlich der Korrosionsgefahr zu beachten sind.

Fig.15 zeigt wiederum den oberen Teil einer gemäß Fig.1c an ihrer Oberseite partiell durchlässigen Hohlkörperstruktur als Stahlwasserbaukonstruktion. Die den Hohlraum zur Wasserseite hin partiell abgrenzende Schale besteht aus Flachstahlprofilen 15.1, die in geneigt abgetreppter Anordnung an Profilstählen 15.2 angeschlossen sind. Zwischen den Stufen bleiben Öffnungen 15.3, durch die das Rücklaufwasser in den darunter liegenden Hohlraum 15.4 eintreten kann.

In Fig.16 (in Verbindung mit Fig.17a bis 18e) wird die Hohlkörperstruktur prinzipiell aus der äußeren geneigten Schicht in räumlichem Verband bzw. Verbund angeordneter Formkörper 16.1, 16.2 und 16.9 gebildet. Dabei geben die untersten Formkörper 16.2 ihre vertikalen Auflagerkräfte insgesamt an den Untergrund (Planum) ab. Die darüber befindlichen Formkörper stützen sich einerseits auf die jeweils darunter liegenden Formkörper derselben (äußeren) Schicht und andererseits auf die zu letzteren parallel verlegten der stützkörperseitigen geneigten (inneren) Schicht 16.3 derart ab, daß zwischen beiden Schichten eine räumliche Verband- bzw. Verbundwirkung entsteht.

Die Formkörper der inneren Schicht können im Sinne einer verbesserten Strömungsführung im Zusammenhang mit der Erstellung des Stützkörpers mit geeignetem Material verfüllt oder mit Fertigteil-Paßkörpern (hier nicht dargestellt; vergl. Fig.25) abgedeckt werden. Die an der rechten Seite der Formkörper jeweils vorhandenen Auflagerkräfte werden in den Stützkörper 16.4 abgetragen.

Die sich entlang des Bezugswasserspiegels 16.5 auf das Bauwerk zu bewegendenden Wellen (an der Luvseite) und das durch diese beim Wellenbrechvorgang am Bauwerk oberhalb der Bezugswasserspiegels transportierte Wasservolumen des Wellenaufschalles sind nicht dargestellt. Letzteres wird nach Bewegungsumkehr vollständig oder teilweise durch die Einlaufquerschnitte 16.6, den strukturierten Hohlraum 16.7 und die Austrittsquerschnitte 16.8 dem vor dem Bauwerk vorhandenen Wasservolumen unterhalb des Bezugswasserspiegels 16.5 wieder zugeleitet. Die Bauwerkshöhe und die damit zusammenhängende Position der obersten Formkörper 16.9 ist vom Zweck des Gesamtbauwerkes und der Auslegungswellencharakteristik abhängig und muß durch hydraulische Modellunter-

suchungen bestimmt werden.

Der als Strukturelement für den in Fig. 16 dargestellten Querschnitt verwendete Betonformkörper ist in seinen Einzelheiten der Fig. 17a bis 17g bzw. der Fig. 18a bis 18e zu entnehmen. In Fig. 17a bis 17g ist erkennbar, daß die angestrebte zweiachsig horizontale Verbundwirkung dadurch zustandekommt, daß ein Formkörper mit seinen 4 an den Ecken seiner Unterseite vorspringenden Eckauflagerkanten 17.1 und T-förmigen Zwischenauflagerkanten 17.2 in korrespondierend geformte Aussparungen 17.5 bzw. 17.4 in den Kopfflächen von jeweils 4 über einer rechteckigen Grundfläche angeordneten darunterliegenden Formkörpern eingreift.

Der Formkörper enthält eine durchgehende Zwischenwand 17.5, die ihn in zwei Hauptkammern 17.6 teilt. Eine in Kammerlängsrichtung von der Vertikalen abweichende Durchströmung der Hauptkammern ist dadurch gewährleistet, daß Zwischenwände 17.7 quer zur Kammerlängsrichtung in den Hauptkammern nur im oberen Bereich des Formkörpers vorhanden sind.

In Fig. 18a bis 18e ist ein der Fig. 17a bis 17g ähnlicher Formkörper dargestellt, jedoch mit nur einer Hauptkammer. Wird dieser Formkörper als alleiniges Bauelement einer Hohlstruktur verwendet, so kann ein Verbund in einachsig horizontaler Richtung dadurch erreicht werden, daß ein Formkörper mit seinen 4 an der Unterseite vorspringenden Eckauflagerkanten 18.1 in korrespondierend geformte Aussparungen 18.2 in den Kopfflächen von jeweils 2 versetzt darunterliegenden gleichartigen Formkörpern eingreift. Eine Verbundwirkung quer zur Kammerlängsrichtung ist demnach in diesem Falle nicht erreichbar.

Andererseits kann dieser Formkörper aber auch im Verbund mit dem Formkörper gemäß Fig. 17a bis 17g verwendet werden, - insbesondere zur Komplettierung des Verbandes im Endbereich einer Hohlkörperstruktur oder im Bereich des Anschlusses an andere Böschungsstrukturen.

Die in Fig. 19a bis 19f dargestellte Ausführungsform für einen Betonformkörper unterscheidet sich von derjenigen der Fig. 17a bis 17g im wesentlichen durch eine andere Ausbildung der an den Auflagerecken vorspringenden Verriegelungselemente 19.1 bzw. 19.2 und den entsprechenden Aussparungen 19.3 bzw. 19.4 in den Kopfflächen.

Ähnliches gilt bezüglich der Unterschiede zwischen den vorspringenden Verriegelungselementen 20.1 und korrespondierenden Aussparungen 20.2 des Formkörpers gemäß Fig. 20a bis 20e im Vergleich zu Fig. 18a bis 18e.

Fig. 21 (in Verbindung mit Fig. 22 und Fig. 23a bis 24f) zeigt ein wellenbrecherartiges Bauwerk oder ein Längswerk, das in seiner eigentlichen Tragstruktur aus Formkörpern besteht. Es ist der in Fig. 22 mit A-A gekennzeichnete Querschnitt dargestellt.

Zur Unterbindung der wellenerzeugten Durchströmung von der Luv- nach der Leeseite sind die Formkörper im Kernbereich 21.1 und - je nach Zweck des Bau-

werks - auch an der Leeseite 21.2 des Bauwerkes mit geeignetem Material verfüllt, während das Bauwerk an der dem Wellenangriff ausgesetzten Luvseite eine der Fig. 16 ähnliche Hohlkörperstruktur 21.3 mit der dort beschriebenen Wirkung aufweist.

In Fig. 22 ist eine zu Fig. 21 passende Draufsicht dargestellt. Insbesondere ist erkennbar, daß die angestrebte Abführung des Rücklaufwassers konstruktiv unter Verwendung der gleichen Betonformkörper auch am Ende der dargestellten Dammstruktur erreicht wird.

Der als Strukturelement für den in Fig. 21 dargestellten Querschnitt verwendete Betonformkörper ist in seinen Einzelheiten der Fig. 23a bis 23e bzw. Fig. 24a bis 24f zu entnehmen.

In Fig. 23a bis 23e ist erkennbar, daß hier die angestrebte zweiachsig horizontale Verbundwirkung innerhalb des aus Formkörpern gebildeten räumlichen Verbandes dadurch erreicht wird, daß der einzelne Formkörper jeweils mit seiner unteren pyramidenstufartig vorspringenden Öffnung 23.1 in eine korrespondierende Öffnung eingreift, deren abgeschrägte Kanten 23.2 durch die Formation der Kopfflächen von 4 darunterliegenden jeweils über einer rechteckigen Grundfläche angeordneten gleichen Formkörper gebildet werden.

Die Kopffläche des einzelnen Formkörpers weist dementsprechend im Grundriß eine kreuzförmige Struktur 23.3 auf, die auf den Oberteil des Formkörpers beschränkt ist. Das Unterteil des Formkörpers besteht aus einem im Grundriß rechteckigen Rahmen 23.4, der in seinem Innenraum keine Zwischenwände aufweist. Dementsprechend kann sich hier eine von der Vertikalen abweichende, vorzugsweise böschungsparelle Strömung ausbilden, wenn der Formkörper im räumlichen Verband verlegt - ein Element der durchströmbaren Hohlkörperstruktur darstellt.

In Fig. 24a bis 24f ist dargestellt, wie die Gesamtstruktur 24.1 des Formkörpers gemäß Fig. 23a bis 23e aus 2 separaten Teilelementen aufgebaut werden kann. Demnach besteht das Unterteil als separates Teilelement aus einem im Grundriß rechteckigen Rahmen 24.2, auf den das separate kreuzförmige Oberteil 24.3 aufgelegt werden kann. Im Sinne eines Verbundes sind im Bereich der Stoßflächen am Unterteil keilförmige Ausnehmungen 24.4 vorgesehen, in die die im Querschnitt sechseckig ausgebildeten Sprossen des Oberteils mit ihren geneigten Unterkanten 24.5 formschlüssig eingreifen.

In Fig. 25 ist beispielhaft die Anordnung von strömungsleitenden Fertigteil-Paßkörpern im Vertikalschnitt eines wellenbrecherartigen Bauwerkes oder eines Längswerkes dargestellt. Aus dem Vertikalschnitt 25.1 durch den einzelnen Paßkörper ist erkennbar, daß dieser in vertikaler Richtung über beide Teilelemente des Formkörpers gemäß Fig. 24a bis 24f übergreift. Andererseits zeigt die Draufsicht 25.2 auf den einzelnen Paßkörper, daß dieser vorteilhaft auch ein horizontales Verbundelement zwischen zwei nebeneinander angeordneten Formkörpern darstellen kann.

Patentansprüche

1. Ein auf wellenbelastete Böschungsstrukturen, geneigte Stauwände oder dgl. angebrachtes Uferschutzbauwerk, bestehend aus zumindest teilweise geschlossenen, wasserdurchströmbaren Hohlkörpern, die gemeinsam ein böschungsparalleles Deckwerk bilden, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:

a) das Deckwerk erstreckt sich lediglich über den dynamisch belasteten Bereich des Uferschutzbauwerkes;

b) das Deckwerk weist einen oberen Wasser-Einlaufquerschnitt (2a) auf, der die obere Begrenzung (4; 4b) eines auf seiner Oberfläche wasserundurchlässigen Schalenteils (1a; 12) bildet, in einer zumindest angenähert senkrecht auf der Böschung stehenden Ebene liegt und zumindest einen Teil des nach oben über das Deckwerk hinaus transportierten Wasservolumens des Wellenaufschwalles bzw. des Rücklaufwassers aufnimmt;

c) der Wasser-Einlaufquerschnitt (2a) liegt zumindest in der Höhe der niedrigsten wellenerzeugten Wasserspiegelauslenkung unterhalb des für das Bauwerk festgelegten Bemessungswasserstandes (3);

d) das Deckwerk weist ferner einen unteren Wasser-Auslaufquerschnitt (2d) auf, der angenähert parallel zum oberen Wasser-Einlaufquerschnitt (2a) und unterhalb des Bemessungswasserstandes (3) liegt und das Rücklaufwasser unterhalb dieses Bemessungswasserstandes (3) dem vor dem Bauwerk vorhandenen Wasservolumen wieder zuleitet;

e) die zumindest angenähert miteinander fluchtenden Wasser-Einlaufquerschnitt (2a) und Wasser-Auslaufquerschnitt (2d) sind über zumindest einen durchgehenden, etwa böschungsparallel verlaufenden Durchströmkanal (2b) miteinander verbunden.

2. Bauwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Bauelemente in den dynamisch belasteten Bauwerksbereich integriert sind. (Fig.1a)
3. Bauwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Bauelemente auf dem dynamisch belasteten Bereich eines konventionellen Bauwerkes (9c) aufliegen. (Fig.1b)
4. Bauwerk nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die zweischalige Baukonstruktion aus im Verbund verlegten Formsteinen besteht. (Fig.2)

5. Bauwerk nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweischalige Baukonstruktion aus im Verbund verlegten, als Fertigteil ausgebildeten Betonplatten besteht. (Fig.10 bis 12e)
6. Bauwerk nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Formsteine bzw. Betonplatten im Bereich ihrer Stoßflächen mit formschlüssigen, horizontalen und vertikalen, einen Verbund gewährleistenden Verriegelungselementen versehen sind, denen an den gegenüberliegenden Stoßflächen im Bereich von deren Enden korrespondierend ausgebildete Verriegelungselemente derart zugeordnet sind daß ein Sickerwasserdurchtrittsspalt zwischen den Formsteinen bzw. Betonplatten gewährleistet bleibt (Fig. 2 bis 9d sowie 12a bis 12e)
7. Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kopfflächen (9.1) der Formsteine eine steilere Neigung als die Lagerflächen in der Böschungsfalllinie aufweisen mit der Folge, daß das oberhalb der im Verbund verlegten Formsteine nach dem Wellenbrechvorgang vorhandene Wasser örtlich in den unter den Kopfflächen vorhandenen Hohlraum (2c) gelangen kann. (Fig.1c und 8a bis 9d)
8. Bauwerk nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkörperbegrenzungen aus Hohlprofilen (2.6), (6.1), (6.2), (7.1), (7.2), (10.1), (13.1) bestehen, die in paralleler Anordnung der Fallinie verlegt sind. (Fig.2a bis 2d, 6a bis 11, 13a bis 13c)
9. Bauwerk nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlprofile von Sickerwasser umströmt sind. (Fig.6a - 8d und Fig.13a - 13c)
10. Bauwerk nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlprofile mit Muffen gestoßen sind.
11. Bauwerk nach Anspruch 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlprofile an ihren Enden durch Formsteine (13.2) verbunden sind, die einen horizontalen und vertikalen Verbund dadurch gewährleisten, daß sie einerseits entlang der Fallinie die Funktion von Muffenverbindungen (13.3) aufweisen und andererseits parallel zu den Höhenlinien im Bereich ihrer Stoßflächen mit formschlüssigen, horizontalen und vertikalen, einen Verbund gewährleistenden Verriegelungselementen versehen sind, denen an den gegenüberliegenden Stoßflächen im Bereich von deren Enden korrespondie-

rend ausgebildete Verriegelungselemente zugeordnet sind. (Fig. 13a bis 13c)

12. Bauwerk nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Verriegelungselemente an den kurzen Ober- und/oder Unterkanten als nasenförmige Vorsprünge (13.4) bzw. Ausnehmungen (13.5) ausgeführt sind. (Fig. 13a bis 13c) 5
13. Bauwerk nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen und/oder über den Hohlprofilen für Sickerwasser durchlässiges Füllmaterial angeordnet ist. 10
14. Bauwerk nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlprofile zur Ermöglichung des Sickerwassereintritts Wasserdurchtrittsöffnungen (3.1), (11.2) aufweisen. (Fig. 3a bis 5d und 11) 15
15. Bauwerk nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere für wechselnde Bezugswasserstände zwischen zwei Grenzwasserständen (3a, 3b), dadurch gekennzeichnet, daß sich an die obere Begrenzung (4; 4b) des wasserundurchlässigen Schalenteils (1a; 12) eine partiell wasserdurchlässige Hohlkörperstruktur anschließt (Figuren 1c, 12c, 15b). 20
16. Bauwerk nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die partiell wasserdurchlässige Hohlkörperstruktur ein aus Stufen (12.1) bestehendes Schalenteil (11) ist, das auf seiner Oberseite zwischen den Stufen Wassereintrittsöffnungen (10; 12.2; 15.3) aufweist, die in einen darunterliegenden Hohlraum (2c; 12.3; 15.4) münden, der mit dem böschungsparell verlaufenden Durchströmkanal (2b) fluchtet. (Figuren 1c, 12c und 15b) 25
17. Bauwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Formkörper im Bereich ihrer Stoßflächen mit formschlüssigen, einen Verbund gewährender Verriegelungselementen versehen sind, denen an den gegenüberliegenden Stoßflächen im Bereich von deren Enden korrespondierend ausgebildete Verriegelungselemente zugeordnet sind (Fig. 17a bis 20e; Fig. 23a bis 24 f) 30
18. Ein auf wellenbelasteten Böschungsstrukturen, geneigten Stauwänden oder dergleichen angebrachtes Uferschutzbauwerk, bestehend aus zumindest teilweise geschlossenen, wasserdurchströmbar Hohlkörpern, die gemeinsam ein böschungsparelles Deckwerk bilden, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale: 35

a) Das Uferschutzbauwerk ist als etwa böschungsparelle Hohlkörperstruktur, als wellenbrecherartiges Bauwerk oder Längswerk ausgebildet, das selbst zusammen mit dem Deckwerk aus im Verband gestapelten bzw. im Verbund angeordneten Hohlkörpern besteht;

b) das Deckwerk erstreckt sich lediglich über den dynamisch belasteten Bereich des Uferschutzbauwerkes;

c) die oberhalb des für das Bauwerk festgelegten Bemessungswasserstandes (16.5) angeordneten, die äußere Schicht bildenden Hohlkörper (16.7) weisen - zur zunächst vornehmlich vertikal gerichteten Aufnahme zumindest eines Teils des beim Wellenbrechvorgang am Bauwerk oberhalb des Bezugswasserspiegels (16.5) transportierten Wasservolumens des Wellenaufschalles bzw. des Rücklaufwassers - Wassereinlaufquerschnitte (16.6) und die unterhalb des Bemessungswasserstandes (16.5) angeordneten, ebenfalls die äußere Schicht bildenden Hohlkörper (16.7) Wasseraustrittsquerschnitte (16.8) auf, die das genannte Wasservolumen dem vor dem Bauwerk vorhandenen Wasservolumen wieder zuleiten;

d) der Wasser-Einlaufquerschnitt (16.6) liegt zumindest in der Höhe der niedrigsten wellen erzeugten Wasserspiegelauslenkung unterhalb des für das Bauwerk festgelegten Bemessungswasserstandes (16.5);

e) der untere Wasseraustrittsquerschnitt (16.8) liegt angenähert parallel zum oberen Wassereinlaufquerschnitt (16.6);

f) die Einlauf- und Austrittsquerschnitte (16.6, 16.8) fluchten zumindest angenähert miteinander und münden jeweils in einen darunterliegenden Hohlraum (16.7), der einen durchgehenden, etwa böschungsparell verlaufenden Durchströmkanal bildet. (Figuren 16, 21 und 25)

19. Bauwerk nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen von Wasser durchströmbar, im Verbund zu einer Schutzfläche verlegbaren Hohlkörper mit einer im Verbund nach außen gerichteten Kopffläche und einer dieser gegenüberliegenden, nach innen gerichteten Auflagefläche, zwischen denen ein freier Wasserdurchströmquerschnitt vorgesehen ist, der eine im Verbund oben liegende Einlauföffnung mit einer unteren Auslaßöffnung verbindet. 45

20. Bauwerk nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stoßflächen des Hohlkörpers mit Verriegelungselementen versehen sind. 50

21. Bauwerk nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verriegelungselemente als trichterförmige Aussparungen (2.2) bzw. konische Vorsprünge (2.3) im Bereich der Hohlkörperöffnungen ausgebildet sind. (Fig. 2a bis 3g, 6a bis 6d, 8a bis 9d, 12a bis 12e) 5
22. Bauwerk nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verriegelungselemente als nasenförmige Vorsprünge (4.1) bzw. Ausnehmungen (4.2) an den langen Kanten, die die Lagerflächen und/oder Kopfflächen mit den Front- bzw. Rückseiten des Hohlkörpers bilden, ausgeführt sind (Fig. 4a bis 4d, 7a bis 7d) 10
23. Bauwerk nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verriegelungselemente als nasenförmige Vorsprünge (5.1) bzw. Ausnehmungen (5.2) an den kurzen Kanten und entlang etwa der halben Länge der langen Kanten, die die Lagerflächen mit Seitenwänden bzw. mit den Front- und Rückseiten des Hohlkörpers bilden, ausgeführt sind (Fig. 5a bis 5d) 15
24. Bauwerk nach einem der Ansprüche 19 bis 23, **gekennzeichnet durch** die Außenkontur der Hohlkörper überragende Endscheiben (6.3, 7.3) zur Erzielung einer größeren Verbundwirkung mit einer Deckschicht oder dgl. (Fig. 6a bis 7d) 25
25. Bauwerk nach einem der Ansprüche 19 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hohlkörperbegrenzung als Schale aus Stahlblechen (14.2) und/oder Stahlprofilen (14.3) ausgebildet ist. (Fig. 14 bis 15d) 30
26. Bauwerk nach einem der Ansprüche 19 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß an der oberen Begrenzung des als Randstein dienenden Hohlkörpers im Bereich seiner Einläufe strömungsgünstige Einlauftrichter vorgesehen sind. 40
27. Bauwerk nach einem der Ansprüche 19 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Oberflächen der Hohlkörperinnenflächen (2.6) aus Kunststoff bestehen. 45
28. Bauwerk nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Oberflächen der Hohlkörperinnenflächen zusammen mit den Oberflächen der Aussparungen in den Lagerflächen aus vorgefertigten Kunststoffelementen im Sinne einer verlorenen Schalung bestehen. 50
29. Bauwerk nach einem der Ansprüche 19 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, daß die durchströmbaren Hohlräume der Hohlkörper aus Hohlprofilen bestehen. 55
30. Bauwerk nach einem der Ansprüche 19 bis 29, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Hohlkörper eine als Fertigteil ausgebildete Betonplatte ist (Fig. 12a bis 12e)
31. Bauwerk nach Anspruch 29 und 30, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hohlprofile mit Beton oder dgl. vergossen sind.
32. Bauwerk nach Anspruch 30 oder 31, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Kopffläche des Hohlkörpers Ausnehmungen vorgesehen sind, die geneigt abgetrept mit zwischen den Stufen (12.1) liegenden Öffnungen (12.2) ausgebildet sind, durch die das nach dem Wellenbrechvorgang oberhalb vorhandene Wasser örtlich in den unter den Stufen befindlichen Hohlraum (12.3) gelangen kann. (Fig. 12a bis 12e)
33. Bauwerk nach einem der Ansprüche 19 bis 21, **gekennzeichnet durch** einen von Wasser eher regelmäßig durchströmbaren, im Horizontalschnitt polygonalen, vorzugsweise rechteckigen, im Verband bzw. Verbund zu einer räumlichen Schutzstruktur stapelbaren Formkörper mit oben und unten liegenden, je nach relativer Lage zum Wasserstand im Gesamtbauwerk unterschiedlich durchströmten Öffnungen. 25
34. Bauwerk nach Anspruch 33, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Formkörper im Horizontalschnitt zumindest teilweise Kreisring- oder Bogenelemente aufweist. 30
35. Bauwerk nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen von Wasser eher regelmäßig durchströmbaren, ein- oder mehrkammerig strukturierten, im Verband bzw. Verbund zu einer räumlichen Schutzstruktur stapelbaren Formkörper (Fig. 17a bis 20e sowie Fig. 23a bis 24f) mit oben und unten liegenden, je nach relativer Lage zum Wasserstand im Gesamtbauwerk unterschiedlich durchströmten Kammeröffnungen und vertikal derart gegeneinander versetzten inneren und äußeren Kammerwänden, daß örtlich auch eine etwa regelmäßige, von der Vertikalen abweichende, vorzugsweise böschungsparelle Durchströmrichtung erzeugt wird. 40
36. Bauwerk nach Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet**, daß durchströmbare Formkörper im Sinne einer verbesserten Strömungsführung mit strömungsleitenden vorgefertigten Paßkörpern versehen sind. 50
37. Bauwerk nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strömungsleitenden Paßkörper als formkörperübergreifende Teilstrukturen (25.1, 55

25.2) ausgebildet sind.

38. Bauwerk nach Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet**, daß innere Kammerwände etwa gitterartige (24.3) und äußere Kammerwände etwa rahmenartige separate Teilstrukturen (24.4) darstellen, die, im Verbund jeweils übereinander angeordnet, ein Element eines räumlichen Verbandes bilden. (Fig. 24a bis 24f)

39. Bauwerk nach einem der Ansprüche 33 bis 38, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stoßflächen zwischen den Formkörpern bzw. zwischen den Teilstrukturen bzw. zwischen den Formkörpern und Teilstrukturen mit Verriegelungselementen versehen sind.

40. Bauwerk nach Anspruch 39, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verriegelungselemente als pyramidenstumpffartige Aussparungen (23.2) bzw. dazu korrespondierende Vorsprünge (23.1, 24.5) im Bereich der Formkörperöffnungen bzw. an den Stoßflächen der Teilstrukturen ausgebildet sind.

Claims

1. A bank protection structure which is mounted on sloping structures, inclined dams or similar which are exposed to the action of waves, consisting of at least partly closed hollow bodies through which water can flow and which together form a topping which is parallel to the slope, characterised by the following features:

a) the topping only extends over the dynamically loaded region of the bank protection structure;

b) the topping has an upper water inlet cross section (2a) which forms the upper boundary (4; 4b) of a shell part (1a; 12) which is watertight at its surface, which cross section lies in a plane which is at least approximately perpendicular to the slope and receives at least some of the water volume of the inflowing swell conveyed upwards over the topping or of the return water;

c) the water inlet cross section (2a) lies at least at the height of the lowest wave-generated water level deflection below the reference water level (3) determined for the structure;

d) the topping also has a lower water outlet cross section (2d) which lies approximately parallel to the upper water inlet cross section (2a) and below the reference water level (3) and

feeds the return water below this reference water level (3) back to the water volume lying before the structure;

e) the water inlet cross section (2a) and the water outlet cross section (2d), which are at least approximately in alignment with one another, communicate with one another via at least one continuous flow channel (2b) extending approximately parallel to the slope.

2. Structure according to claim 1, characterised in that the above-mentioned construction elements are integrated into the dynamically loaded region of the structure (Figure 1a).

3. Structure according to claim 1, characterised in that the above-mentioned construction elements lie on the dynamically loaded region of a conventional structure (9c) (Figure 1b).

4. Structure according to claim 1, 2 or 3, characterised in that the double-shell building construction consists of bonded moulded bricks (Figure 2).

5. Structure according to claim 1, 2 or 3, characterised in that the double-shell building construction consists of bonded concrete slabs formed as a precast unit (Figures 10 to 12e).

6. Structure according to claim 4 or 5, characterised in that the moulded bricks or concrete slabs are provided in the region of their abutting faces with positive, horizontal and vertical locking elements which ensure that a bond is created and with which locking elements formed in a corresponding manner at the opposite abutting faces in the region of their ends are associated so as to ensure that a gap for the passage of seepage water remains between the moulded bricks or concrete slabs (Figures 2 to 9d and 12a to 12e).

7. Structure according to one of claims 1 to 4, characterised in that the front faces (9.1) of the moulded bricks have a steeper inclination than the bearing faces along the slope dip line, as a result of which the water lying above the bonded moulded bricks after the waves have broken can locally enter the hollow space (2c) lying below the front faces (Figures 1c and 8a to 9d).

8. Structure according to one of the preceding claims, characterised in that the hollow body boundaries consist of hollow sections (2.6), (6.1), (6.2), (7.1), (7.2), (10.1), (13.1) which are laid parallel to the dip line (Figures 2a to 2d, 6a to 11, 13a to 13c).

9. Structure according to claim 8, characterised in that

seepage water flows around the hollow sections (Figures 6a - 8d and Figures 13a - 13c).

10. Structure according to claims 8 and 9, characterised in that the hollow sections are joined by sleeves. 5
11. Structure according to claim 8, 9 or 10, characterised in that the hollow sections are connected at their ends by moulded bricks (13.2) which ensure that a horizontal and a vertical bond is created in that on one side they have the function of sleeve joints (13.3) along the dip line and on the other are provided - parallel to the contour lines in the region of their abutting faces - with positive, horizontal and vertical locking elements which ensure that a bond is created and with which locking elements formed in a corresponding manner at the opposite abutting faces in the region of their ends are associated (Figures 13a to 13c). 10 15 20
12. Structure according to claim 11, characterised in that the locking elements at the short upper and/or lower edges are formed as nose-shaped projections (13.4) or recesses (13.5) (Figures 13a to 13c). 25
13. Structure according to one of claims 8 to 12, characterised in that filler which is permeable to seepage water is disposed between and/or above the hollow sections. 30
14. Structure according to one of claims 8 to 13, characterised in that the hollow sections have water passage openings (3.1), (11.2) to allow seepage water to enter (Figures 3a to 5d and 11). 35
15. Structure according to one of the preceding claims, in particular for varying reference water levels between two limit water levels (3a, 3b), characterised in that a partially water-permeable hollow body structure adjoins the upper boundary (4; 4b) of the water-tight shell part (1a; 12) (Figures 1c, 12c, 15b). 40
16. Structure according to claim 15, characterised in that the partially water-permeable hollow body structure is a shell part (11) which consists of steps (12.1) and comprises water inlet openings (10; 12.2; 15.3) at its upper side between the steps, which openings lead into an underlying hollow space (2c; 12.3; 15.4) which is in alignment with the flow channel (2b) extending parallel to the slope (Figures 1c, 12c and 15b). 45 50
17. Structure according to claim 1, characterised in that the moulded bodies are provided in the region of their abutting faces with positive locking elements which ensure that a bond is created and with which locking elements formed in a corresponding man- 55

ner at the opposite abutting faces in the region of their ends are associated (Figures 17a to 20e; Figures 23a to 24f).

18. A bank protection structure which is mounted on sloping structures, inclined dams or similar which are exposed to the action of waves, consisting of at least partly closed hollow bodies through which water can flow and which together form a topping which is parallel to the slope, characterised by the following features:

a) The bank protection structure is formed as a hollow body structure which is approximately parallel to the slope, as a breakwater-type structure or a longitudinal dyke which itself, together with the topping, consists of stack-bonded or bonded hollow bodies;

b) the topping only extends over the dynamically loaded region of the bank protection structure;

c) the hollow bodies (16.7) which are disposed above the reference water level (16.5) determined for the structure and form the outer layer have water inlet cross sections (16.6) for receiving initially primarily in the vertical direction at least some of the water volume of the inflowing swell conveyed above the reference water level (16.5) when the waves break at the structure or of the return water, and the hollow bodies (16.7) which are disposed below the reference water level (16.5) and also form the outer layer have water outlet cross sections (16.8) which feed the above-mentioned water volume back to the water volume lying before the structure;

d) the water inlet cross section (16.6) lies at least at the height of the lowest wave-generated water level deflection below the reference water level (16.5) determined for the structure;

e) the lower water outlet cross section (16.8) lies approximately parallel to the upper water inlet cross section (16.6).

f) the inlet and outlet cross sections (16.6, 16.8) are at least approximately in alignment with one another and in each case lead into an underlying hollow space (16.7) which forms a continuous flow channel extending approximately parallel to the slope (Figures 16, 21 and 25).

19. Structure according to one of the preceding claims, characterised by a hollow body through which water can flow, can be bonded to form a protective sur-

face, has a front face which is directed outwards in the bond and a bearing face which is disposed opposite the latter and is directed inwards, between which faces a free water flow cross section is provided which connects an inlet opening at the top in the bond to a lower outlet opening.

20. Structure according to claim 19, characterised in that the abutting faces of the hollow body are provided with locking elements.

21. Structure according to claim 20, characterised in that the locking elements are formed as funnel-shaped recesses (2.2) or conical projections (2.3) in the region of the hollow body openings (Figures 2a to 3g, 6a to 6d, 8a to 9d, 12a to 12e).

22. Structure according to claim 20, characterised in that the locking elements are constructed as nose-shaped projections (4.1) or recesses (4.2) at the long edges, which form the bearing faces and/or front faces with the front or back sides of the hollow body (Figures 4a to 4d, 7a to 7d).

23. Structure according to claim 20, characterised in that the locking elements are constructed as nose-shaped projections (5.1) or recesses (5.2) at the short edges and along approximately half the length of the long edges, which form the bearing faces with side walls or with the front and back sides of the hollow body (Figures 5a to 5d).

24. Structure according to one of claims 19 to 23, characterised by end plates (6.3, 7.3) which project beyond the outer contour of the hollow body for achieving a greater bonding action with a covering layer or similar (Figures 6a to 7d).

25. Structure according to one of claims 19 to 24, characterised in that the hollow body boundary is formed as a shell of steel plates (14.2) and/or steel sections (14.3) (Figures 14 to 15d).

26. Structure according to one of claims 19 to 25, characterised in that flow-promoting inlet funnels are provided at the upper boundary of the hollow body serving as an edge brick in the region of its inlets.

27. Structure according to one of claims 19 to 26, characterised in that the surfaces of the inner hollow body faces (2.6) consist of plastic.

28. Structure according to claim 27, characterised in that the surfaces of the inner hollow body faces, together with the surfaces of the recesses in the bearing faces, consist of prefabricated plastic elements in the sense of permanent shuttering.

29. Structure according to one of claims 19 to 28, characterised in that the hollow spaces, through which water can flow, of the hollow bodies consist of hollow sections.

30. Structure according to one of claims 19 to 29, characterised in that the hollow body is a concrete slab which is formed as a precast unit (Figures 12a to 12e).

31. Structure according to claims 29 and 30, characterised in that the hollow sections are grouted with concrete or similar.

32. Structure according to claim 30 or 31, characterised in that recesses are provided in the front face of the hollow body, which recesses are formed as inclined steps with openings (12.2) lying between the steps (12.1), through which openings the water lying above after the waves have broken can locally enter the hollow space (12.3) disposed below the steps (Figures 12a to 12e).

33. Structure according to one of claims 19 to 21, characterised by a moulded body through which water can flow preferably regularly, which is polygonal, preferably rectangular, in a horizontal section, can be stack-bonded to form a three-dimensional protective structure and has upper and lower openings through which water flows in a varying manner according to their position relative to the water level in the overall structure.

34. Structure according to claim 33, characterised in that the moulded body comprises elements which are circular or arcuate in a horizontal section, at least in part.

35. Structure according to one of the preceding claims, characterised by a moulded body (Figures 17a to 20e and Figures 23a to 24f) through which water can flow preferably regularly, which is of a single- or multichamber construction, can be stack-bonded to form a three-dimensional protective structure and has upper and lower chamber openings through which water flows in a varying manner according to their position relative to the water level in the overall structure and inner and outer chamber walls which are vertically staggered such that a flow direction which is approximately regular, diverges from the vertical and is preferably parallel to the slope is also produced locally.

36. Structure according to claim 35, characterised in that moulded bodies through which water can flow are provided with flow-deflecting, prefabricated adaptors with the effect of an improved flow guidance.

37. Structure according to claim 36, characterised in that the flow-deflecting adaptors are formed as sub-structures (25.1, 25.2) which engage over the moulded bodies.
38. Structure according to claim 35, characterised in that inner chamber walls represent approximately grid-like substructures (24.3) and outer chamber walls approximately frame-like separate substructures (24.4) which, each being superimposed in the bond, form an element of a three-dimensional bond (Figures 24a to 24f).
39. Structure according to one of claims 33 to 38, characterised in that the abutting faces between the moulded bodies or between the substructures or between the moulded bodies and substructures are provided with locking elements.
40. Structure according to claim 39, characterised in that the locking elements are formed as truncated pyramidal recesses (23.2) or projections (23.1, 24.5) corresponding to the latter in the region of the moulded body openings or at the abutting faces of the substructures.

Revendications

1. Ouvrage de protection de berges, mis en place sur murs de soutènement inclinés, structures de talus soumis à l'action des vagues, ou analogues, cet ouvrage étant constitué de corps creux traversables par l'eau, au moins partiellement fermés, qui constituent ensemble une couverture parallèle au talus, caractérisé par les particularités suivantes:
- a) la couverture s'étend seulement sur la zone de l'ouvrage de protection de berges qui est chargée dynamiquement;
 - b) la couverture présente une section supérieure d'entrée de l'eau (2a) qui constitue la limite supérieure (4; 4b) d'une partie coque (1a; 12) imperméable à l'eau sur sa surface, s'étend dans un plan au moins approximativement perpendiculaire au talus, et capte au moins une partie du volume d'eau soulevé au-dessus de la couverture, du flux montant de la vague et respectivement de l'eau qui se retire;
 - c) la section d'entrée de l'eau (2a) s'étend au moins à hauteur de la plus basse déviation de la surface de l'eau produite par les vagues en-dessous du niveau d'eau de calcul (3) fixé pour l'ouvrage;
 - d) la couverture présente en outre une section transversale inférieure de sortie de l'eau (2d), qui s'étend à peu près parallèlement à la section supérieure d'entrée de l'eau (2a) et en-dessous du niveau d'eau de calcul (3), et conduit l'eau de retrait en-dessous de ce niveau d'eau de calcul (3), pour la restituer au volume d'eau présent face à l'ouvrage;
 - e) les sections d'entrée d'eau (2a) et de sortie d'eau (2d) au moins approximativement alignées entre elles sont reliées entre elles par au moins un canal d'écoulement traversant (2b) s'étendant à peu près parallèlement au talus.
2. Ouvrage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les composants précités sont intégrés dans la zone de l'ouvrage chargée dynamiquement (figure 1a).
3. Ouvrage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les composants précités sont posés sur la zone chargée dynamiquement d'un ouvrage conventionnel (9c). (figure 1b).
4. Ouvrage selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que la construction à deux coques consiste en des blocs moulés posés en accouplement (figure 2).
5. Ouvrage selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que la construction à deux coques consiste en des plaques de béton réalisées sous la forme de pièce préfabriquée, posées en accouplement (figures 10 à 12e).
6. Ouvrage selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que les blocs moulés ou plaques de béton sont munis dans la zone de leurs faces d'appui, d'éléments de verrouillage à interpénétration, horizontaux et verticaux, assurant un accouplement, éléments de verrouillage auxquels sont associés des éléments de verrouillage aménagés de manière correspondante sur les faces d'appui opposées dans la zone de leurs extrémités, de telle façon qu'une fente de passage d'eau de suintement demeure assurée entre les blocs moulés ou plaques de béton (figures 2 à 9d ainsi que 12a à 12e).
7. Ouvrage selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les surfaces frontales (9.1) des blocs moulés présentent une plus forte pente que les faces de positionnement dans la ligne de pente du talus, de sorte qu'à l'issue du processus de bris de la vague l'eau se trouvant au-dessus des blocs moulés placés en accouplement peut passer localement dans la cavité (2c) se trouvant sous les faces frontales (figures 1c et 8a à 9d).
8. Ouvrage selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les délimitations des corps creux consistent en des profils creux (2.6), (6.1), (6.2), (7.1), (7.2), (10.1), (13.1),

qui sont posés en agencement parallèle à la ligne de pente (figures 2a à 2d, 6a à 11, 13a à 13c).

9. Ouvrage selon la revendication 8, caractérisé en ce que les profils creux sont baignés d'eau de suintement (figures 6a-8d et figures 13a-13c). 5
10. Ouvrage selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que les profils creux sont en appui avec des manchons. 10
11. Ouvrage selon la revendication 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que les profils creux sont accouplés à leurs extrémités par des blocs (13.2) qui assurent un accouplement horizontal et vertical en ce sens qu'ils ont d'une part la fonction de liaisons entre manchons (13.3) le long de la ligne de pente et d'autre part, parallèlement aux lignes de niveau, sont munis dans la zone de leurs faces d'appui, d'éléments de verrouillage à interpénétration, horizontaux et verticaux, assurant un accouplement, éléments de verrouillage auxquels sont associés des éléments de verrouillage agencés de manière correspondante sur les faces d'appui opposées dans la zone de leurs extrémités (figures 13a à 13c). 25
12. Ouvrage selon la revendication 11, caractérisé en ce que les éléments de verrouillage sont réalisés sous la forme d'évidements (13.5) et respectivement de saillies (13.4) en forme de becs sur les arêtes inférieures et/ou supérieures courtes. (figures 13a à 13c). 30
13. Ouvrage selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que du matériau de remplissage perméable à l'eau de suintement est disposé entre et/ou au-dessus des profils creux. 35
14. Ouvrage selon l'une des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que les profils creux présentent des ouvertures de passage de l'eau (3.1), (11.2) pour permettre l'entrée de l'eau de suintement (figures 3a à 5d et 11). 40
15. Ouvrage selon l'une des revendications précédentes, en particulier pour des niveaux d'eau variant entre deux niveaux d'eau limites (3a, 3b), caractérisé en ce qu'une structure de corps creux partiellement perméable à l'eau se raccorde à la limite supérieure (4; 4b) de la partie coque imperméable à l'eau (1a; 12). (figures 1c, 12c, 15b). 45
16. Ouvrage selon la revendication 15, caractérisé en ce que la structure de corps creux partiellement perméable à l'eau est une partie coque (11) constituée de degrés (12, 1), qui présente sur sa face supérieure, entre les degrés, des ouvertures d'entrée d'eau 50

(10; 12.2; 15.3) qui débouchent dans une cavité s'étendant en-dessous (2c; 12.3; 15.4), alignée avec le canal d'écoulement (2b) s'étendant parallèlement au talus (figures 1c, 12c, 15b).

17. Ouvrage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les corps de forme sont munis dans la zone de leurs faces d'appui, d'éléments de verrouillage à interpénétration assurant un accouplement, auxquels sont associés des éléments de verrouillage agencés de manière correspondante sur les faces d'appui opposées dans la zone de leurs extrémités (figures 17a à 20e; figures 23a à 24f).

18. Ouvrage de protection de berges, mis en place sur murs de soutènement inclinés, structures de talus soumis à l'action des vagues, ou analogues, cet ouvrage étant constitué de corps creux traversables par l'eau, au moins partiellement fermés, qui constituent ensemble une couverture parallèle au talus, caractérisé par les particularités suivantes:

- a) l'ouvrage de protection de berges est réalisé sous forme de structure à corps creux sensiblement parallèle au talus, sous forme d'ouvrage longitudinal ou ouvrage du type brisant, qui même avec la couverture consiste en des corps creux empilés en paquet respectivement disposés en accouplement;
- b) la couverture s'étend seulement sur la zone de l'ouvrage de protection de berges qui est chargée dynamiquement;
- c) les corps creux (16.7) constituant la couche extérieure, disposés au-dessus du niveau d'eau de calcul (16.5) fixé pour l'ouvrage présentent - pour la captation d'abord principalement verticale d'une partie au moins du volume d'eau, du flux montant de la vague et respectivement de l'eau de reflux, soulevé au-dessus de la surface de référence de l'eau (16.5) lors du processus de bris de la vague au contact de l'ouvrage - des sections d'entrée d'eau (16.6), et les corps creux (16.7) constituant également la couche extérieure, disposés au-dessous du niveau d'eau de calcul (16.5) présentent des sections de sortie d'eau (16.8) qui restituent le volume d'eau précité au volume d'eau présent face à l'ouvrage;
- d) la section d'entrée de l'eau (16.6) s'étend au moins à hauteur de la plus basse déviation de la surface de l'eau produite par les vagues en-dessous du niveau d'eau de calcul (16.5) fixé pour l'ouvrage;
- e) la section inférieure de sortie d'eau (16.8) s'étend approximativement parallèlement à la section supérieure d'entrée d'eau (16.6).
- f) les sections d'entrée et de sortie (16.6, 16.8) sont au moins approximativement alignées en-

tre elles et débouchent chacune dans une cavité s'étendant en dessous (16.7), qui constitue un canal d'écoulement traversant, s'étendant sensiblement parallèlement au talus (figures 16, 21 et 25).

19. Ouvrage selon l'une des revendications précédentes caractérisé par un corps creux traversable par l'eau, pouvant être posé en accouplement pour former une face de protection et comportant une face frontale dirigée vers l'extérieur dans l'accouplement et une face d'appui opposée à la face frontale et dirigée vers l'intérieur, entre lesquelles est prévue une section de libre écoulement de l'eau, qui relie une ouverture d'entrée s'étendant en haut dans l'accouplement avec une ouverture de sortie inférieure.

20. Ouvrage selon la revendication 19, caractérisé en ce que les faces d'appui des corps creux sont munies d'éléments de verrouillage.

21. Ouvrage selon la revendication 20 caractérisé en ce que les éléments de verrouillage sont réalisés sous la forme d'évidements en forme d'entonnoir (2.2) et respectivement de saillies coniques (2.3) dans la zone des ouvertures des corps creux (figures 2a à 3g, 6a à 6d, 8a à 9d, 12a à 12e).

22. Ouvrage selon la revendication 20, caractérisé en ce que les éléments de verrouillage sont réalisés sous la forme d'évidements (4.2) respectivement de saillies en forme de becs (4.1) sur les arêtes longues, qui constituent les faces de positionnement et/ou faces frontale avec les côtés avant respectivement arrière du corps creux (figures 4a à 4d, 7a à 7d).

23. Ouvrage selon la revendication 20, caractérisé en ce que les éléments de verrouillage sont réalisés sous la forme d'évidements (5.2) respectivement saillies (7.1) en forme de becs sur les arêtes courtes et le long d'environ la moitié de la longueur des arêtes longues, qui constituent les faces de positionnement avec des parois latérales respectivement avec les côtés avant et arrière du corps creux (figures 5a à 5d).

24. Ouvrage selon l'une des revendications 19 à 23 caractérisé par des flasques d'extrémité (6.3, 7.3) qui dépassent les contours extérieurs des corps creux pour un meilleur effet de liaison avec une couche de couverture ou analogue (figures 6a à 7d).

25. Ouvrage selon l'une des revendications 19 à 24, caractérisé en ce que la délimitation des corps creux est réalisée sous la forme de coques en tôles d'acier (14.2) et/ou profils d'acier (14.3). (figures 14 à 15d).

26. Ouvrage selon l'une des revendications 19 à 25, caractérisé en ce qu'à la limite supérieure du corps creux servant de bloc de bordure sont prévus, dans la zone de ses entrées, des entonnoirs d'entrée favorables à l'écoulement.

27. Ouvrage selon l'une des revendications 19 à 26, caractérisé en ce que les surfaces des faces formant goulotte dans les corps creux (2.6) sont en matière synthétique.

28. Ouvrage selon la revendication 27, caractérisé en ce que les surfaces des faces formant goulotte dans les corps creux consistent avec les surfaces des évidements dans les faces de positionnement, d'éléments en matière synthétique préfabriqués au sens d'une coque perdue.

29. Ouvrage selon l'une des revendications 19 à 28, caractérisé en ce que les cavités traversables par un écoulement dans les corps creux consistent en des profils creux.

30. Ouvrage selon l'une des revendications 19 à 29, caractérisé en ce que le corps creux consistent en une plaque de béton réalisée sous la forme d'une pièce préfabriquée (figures 12a à 12e).

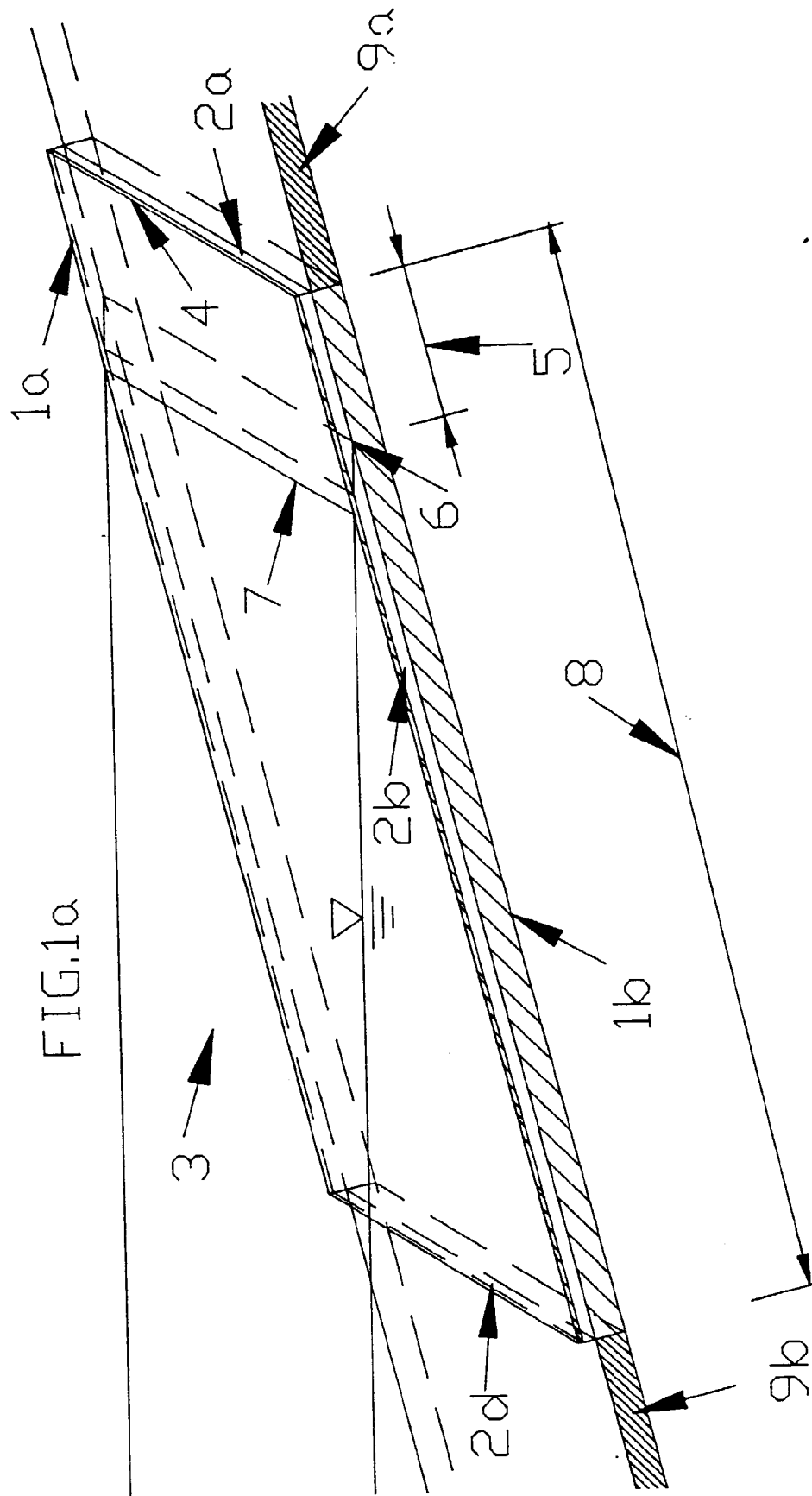
31. Ouvrage selon la revendication 29 et 30, caractérisé en ce que les profils creux sont garnis de béton ou analogue coulé.

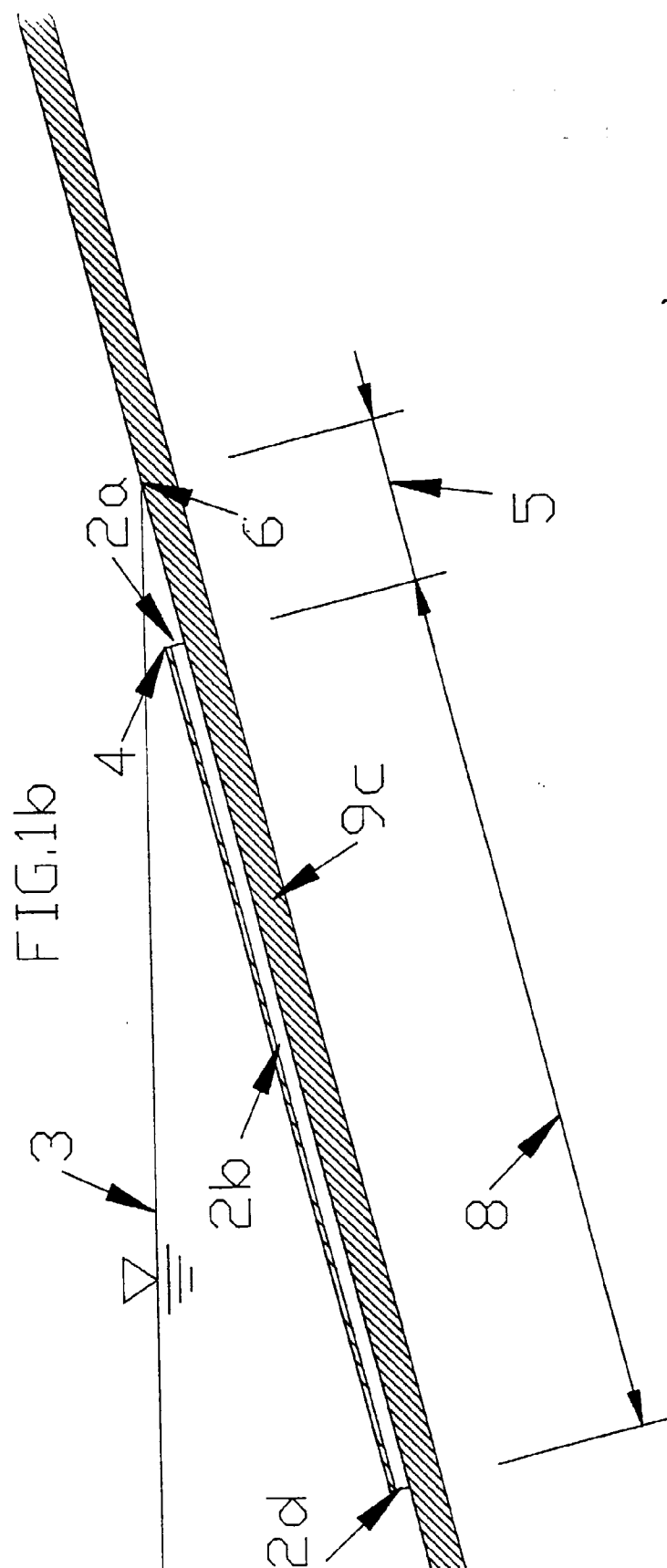
32. Ouvrage selon la revendication 30 ou 31, caractérisé en ce que dans la face frontale du corps creux sont prévus des évidements qui sont réalisés inclinés en gradin avec des ouvertures (12.2) s'étendant entre les degrés (12.1), à travers lesquelles l'eau présente en hauteur après le processus du bris de la vague peut passer localement dans la cavité (12.3) se trouvant sous les gradins (figures 12a à 12e).

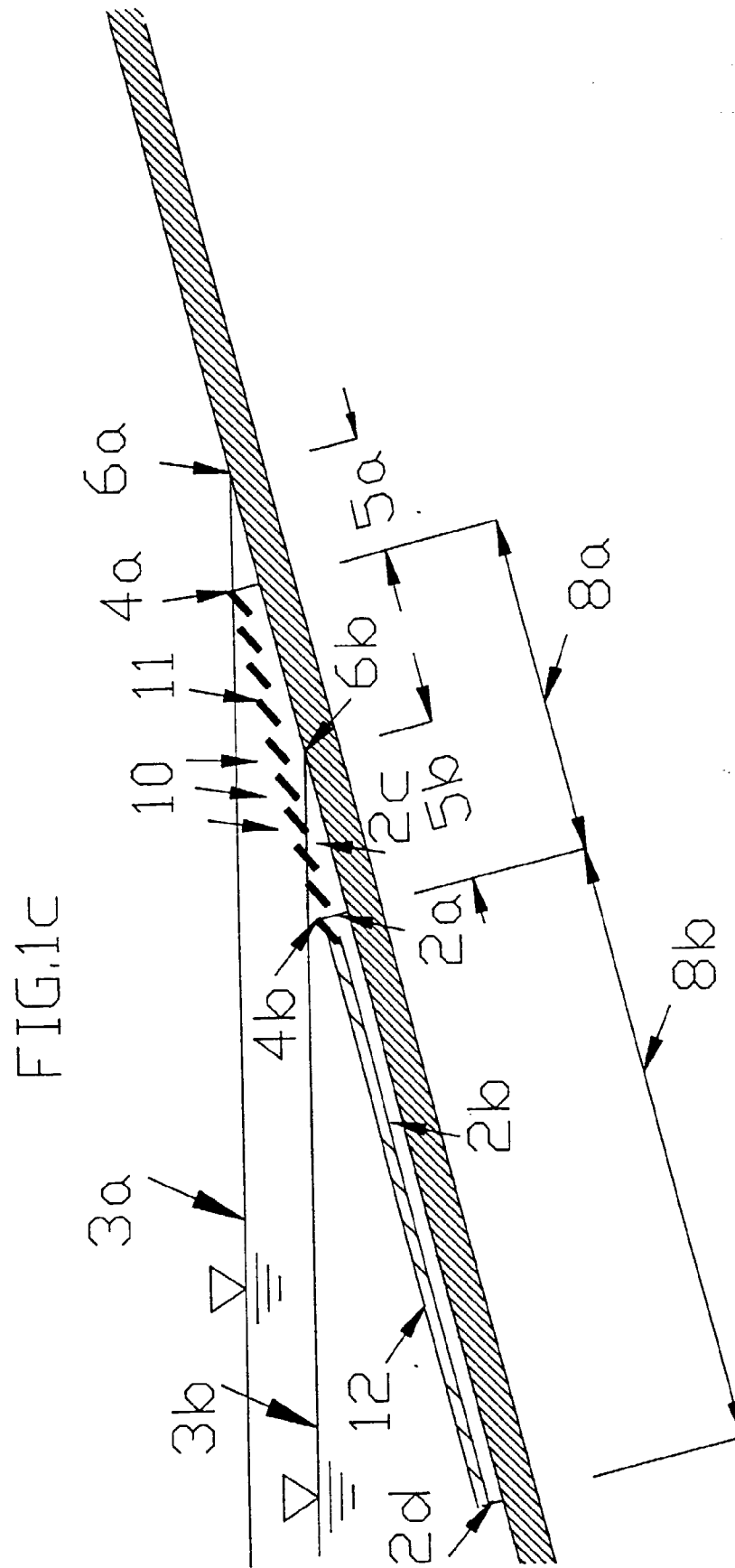
33. Ouvrage selon l'une des revendications 19 à 21, caractérisé par un corps de forme pouvant s'empiler en paquet ou en accouplement pour former une structure de protection spatiale, ayant en coupe horizontale une forme polygonale, de préférence rectangulaire et pouvant être traversé assez régulièrement par l'eau, ce corps de forme ayant des ouvertures situées en haut et en-bas traversées par des écoulements différents selon la position relative par rapport au niveau de l'eau dans l'ensemble de l'ouvrage.

34. Ouvrage selon la revendication 33, caractérisé en ce que le corps de forme présente en coupe horizontale des éléments au moins partiellement circulaires ou arqués.

35. Ouvrage selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par un corps de forme (figures 17a à 20e ainsi que 23a à 24b) pouvant s'empiler en paquet ou en accouplement pour former une structure de protection spatiale, ayant une structure à une ou plusieurs chambres et pouvant être traversé assez régulièrement par l'eau, ce corps de forme ayant des ouvertures de chambre situées en haut et en-bas traversées par des écoulements différents selon la position relative par rapport au niveau de l'eau dans l'ensemble de l'ouvrage, et des parois de chambre intérieures et extérieures décalées mutuellement selon la verticale de façon à également produire, localement, une direction d'écoulement à peu près régulière s'écartant de la verticale, de préférence parallèle au talus.
36. Ouvrage selon la revendication 35, caractérisé en ce qu'en vue d'un meilleur guidage de l'écoulement, des corps de forme traversables par l'écoulement sont munis de corps adaptables préfabriqués guidant l'écoulement.
37. Ouvrage selon la revendication 36, caractérisé en ce que les corps adaptables guidant l'écoulement sont réalisés sous la forme de structures partielles (25.1, 25.2) chevauchant les corps de forme.
38. Ouvrage selon la revendication 37, caractérisé en ce que des parois intérieures de chambres représentent des structures partielles sensiblement en forme de grille (24.3) et des parois extérieures de chambre des structures partielles séparées, sensiblement en forme de cadre (24.4), qui disposées l'une sur l'autre en accouplement, constituent un élément d'un paquet spatial (figures 24a à 24 f).
39. Ouvrage selon l'une des revendications 33 à 38 caractérisé en ce que les faces d'appui entre les corps de forme respectivement entre les structures partielles respectivement entre les corps de formes et structures partielles sont munies d'éléments de verrouillage.
40. Ouvrage selon la revendication 39, caractérisé en ce que les éléments de verrouillage sont réalisés sous la forme d'évidements du genre en tronc de pyramide (23.2) respectivement de saillies correspondantes (23.1, 24.5) dans la zone des ouvertures des corps de forme, respectivement sur les faces d'appui des structures partielles.







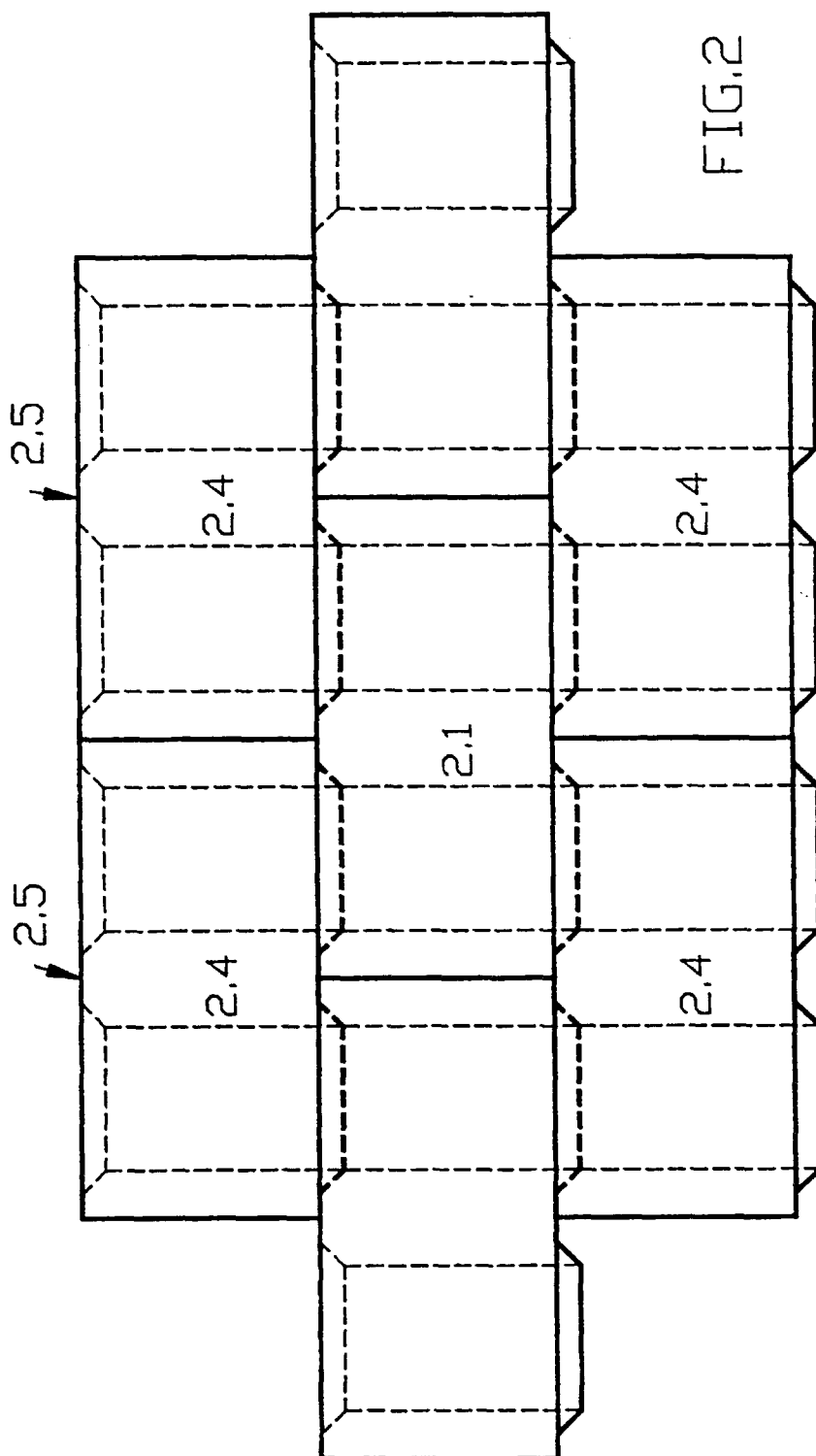


FIG. 2

FIG.2b

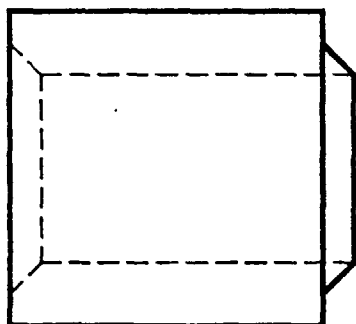


FIG.2a

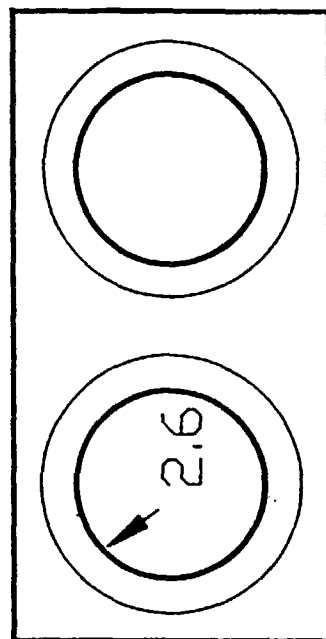
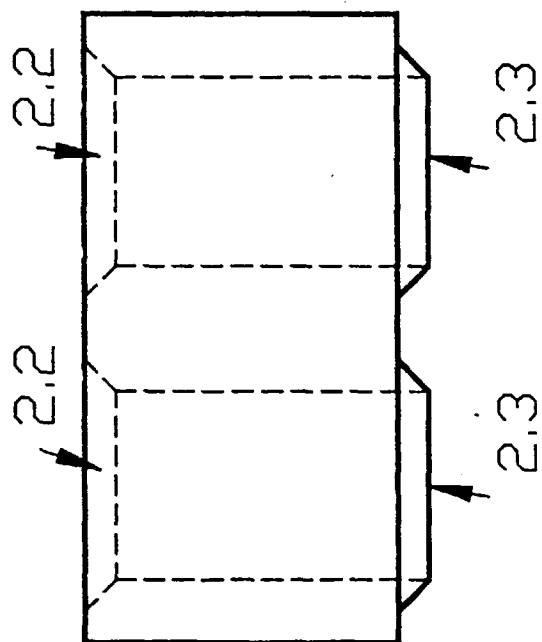


FIG.2d

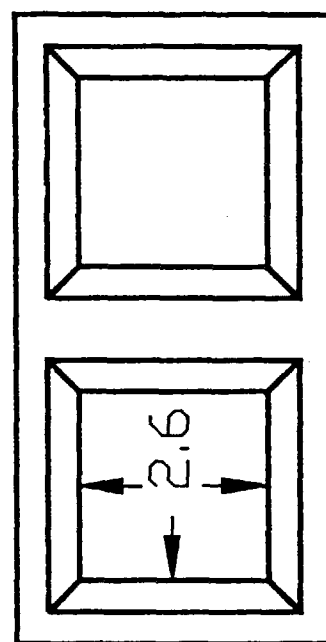


FIG.2c

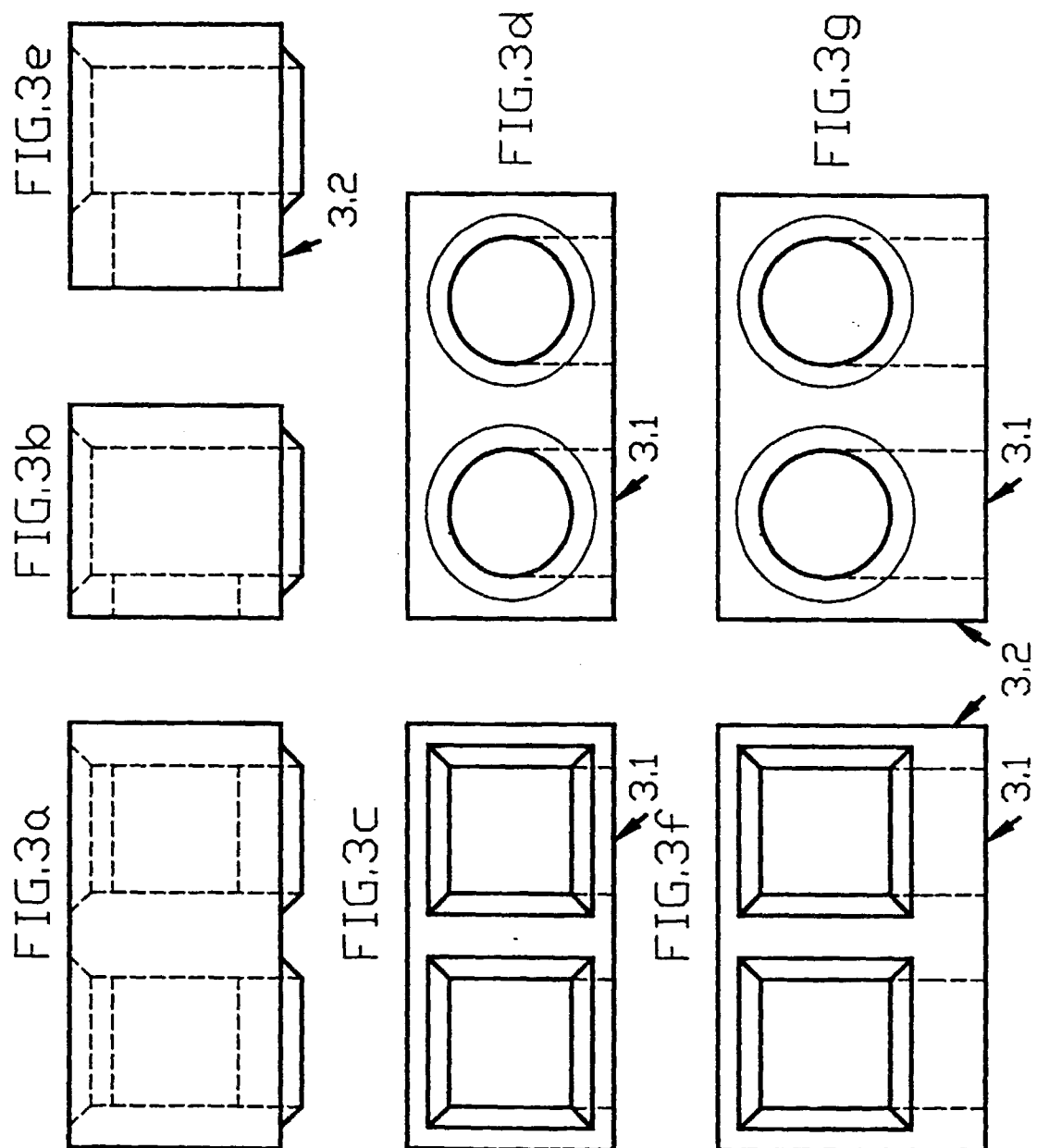


FIG. 4a

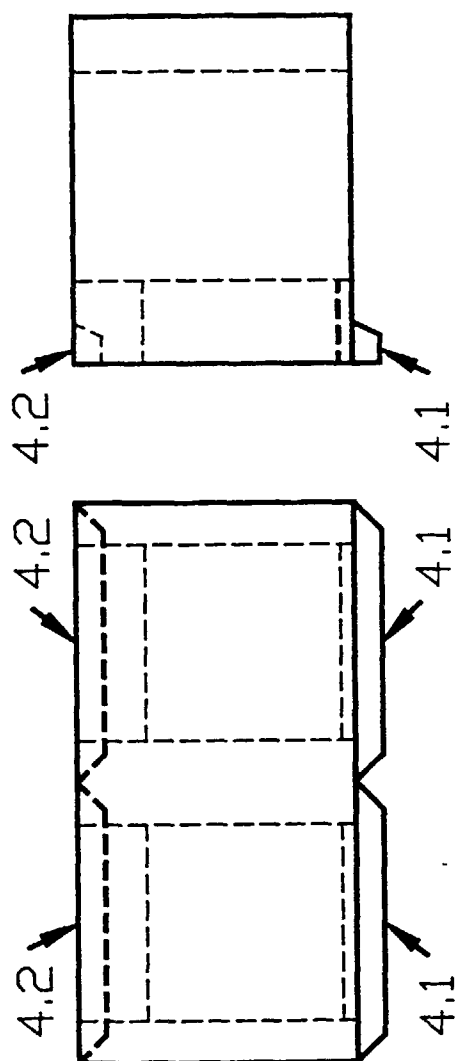


FIG. 4b

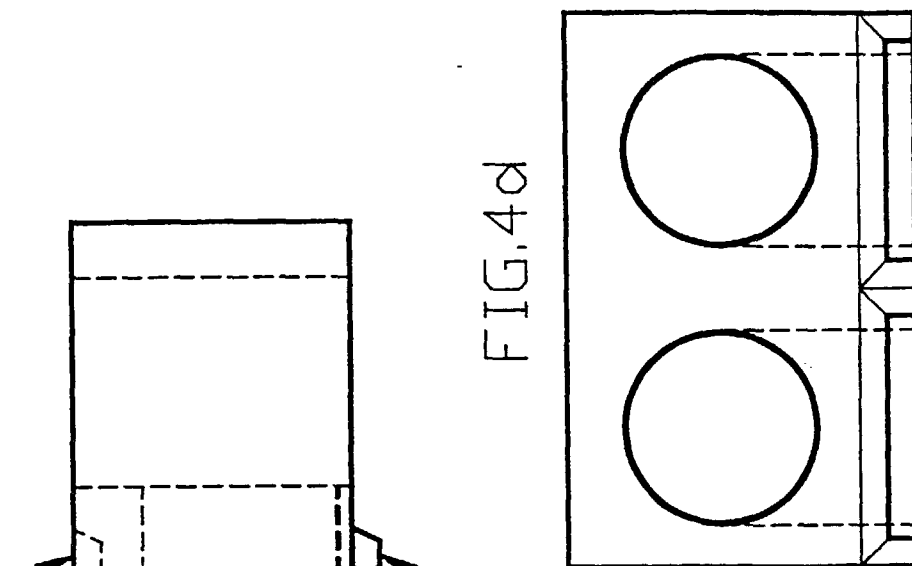


FIG. 4c

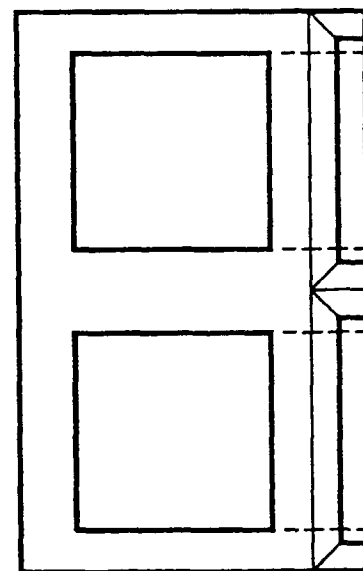
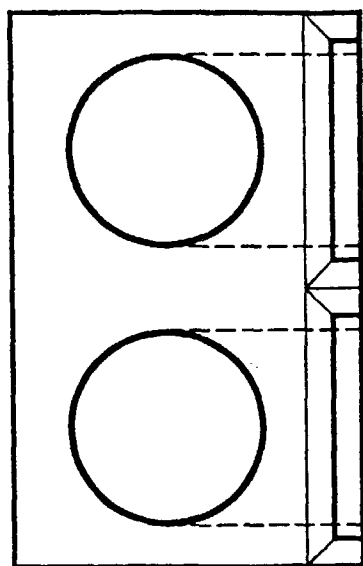


FIG. 4d



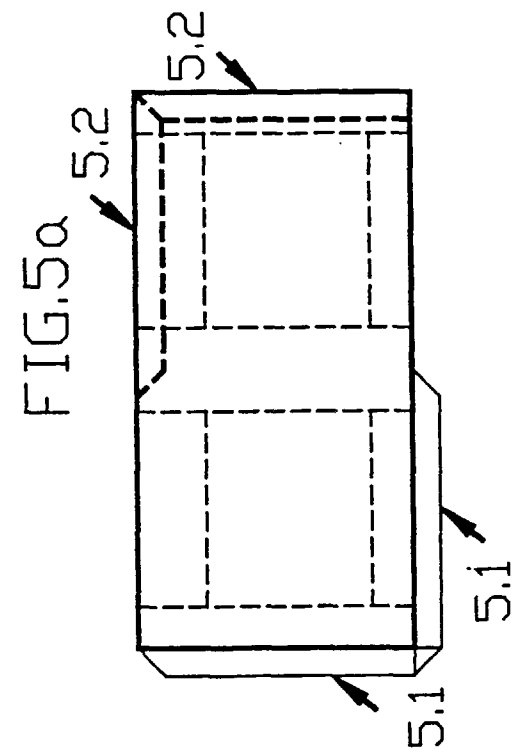
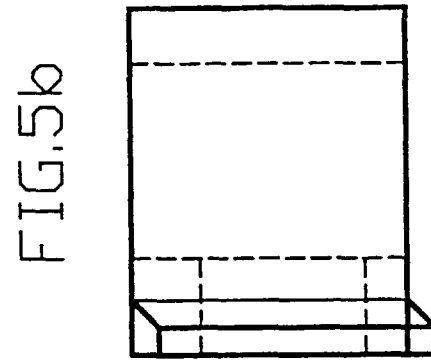
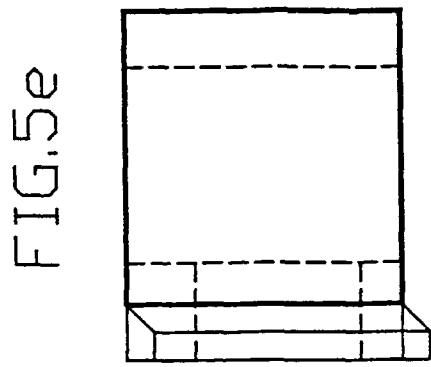


FIG.5d

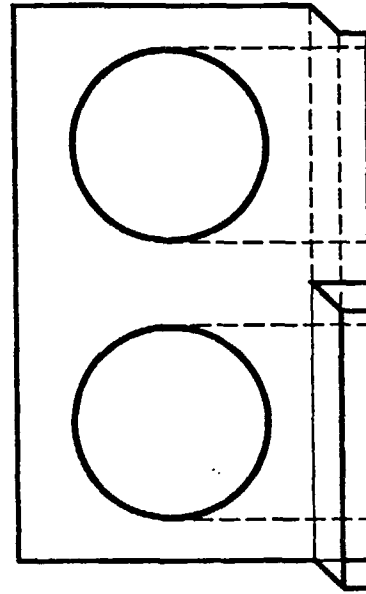
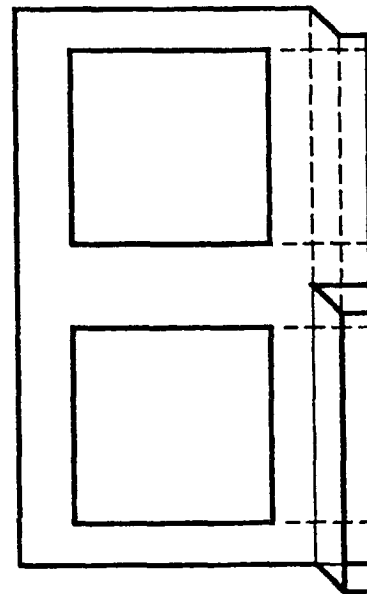
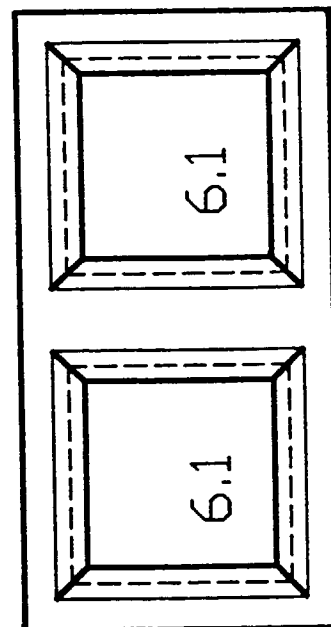
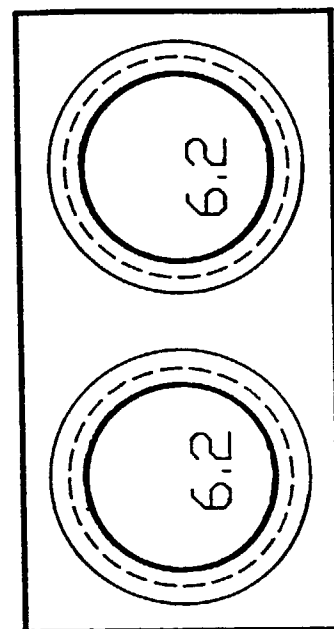
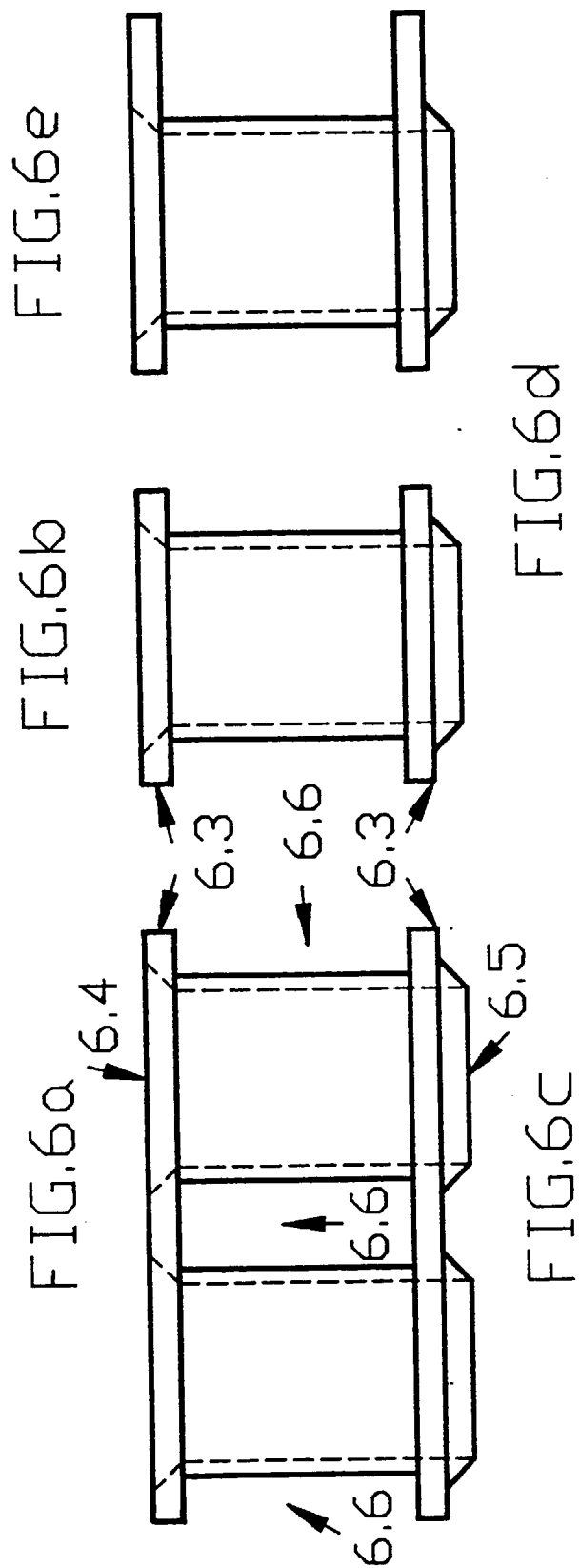


FIG.5c





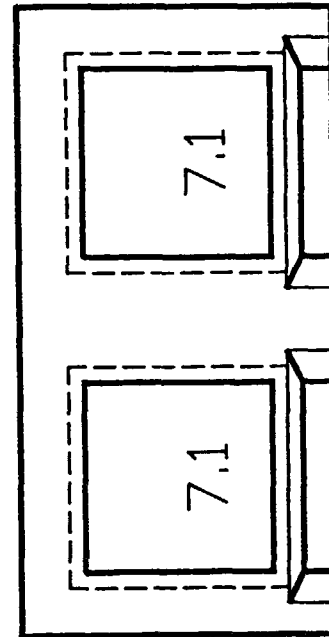
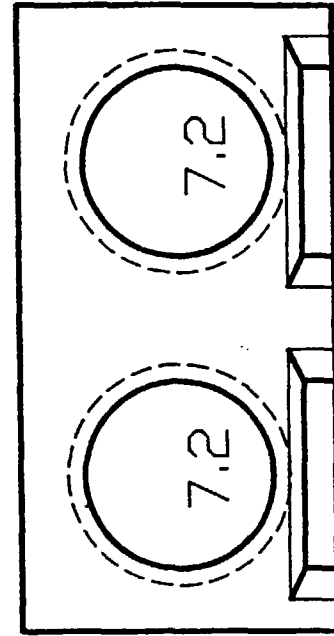
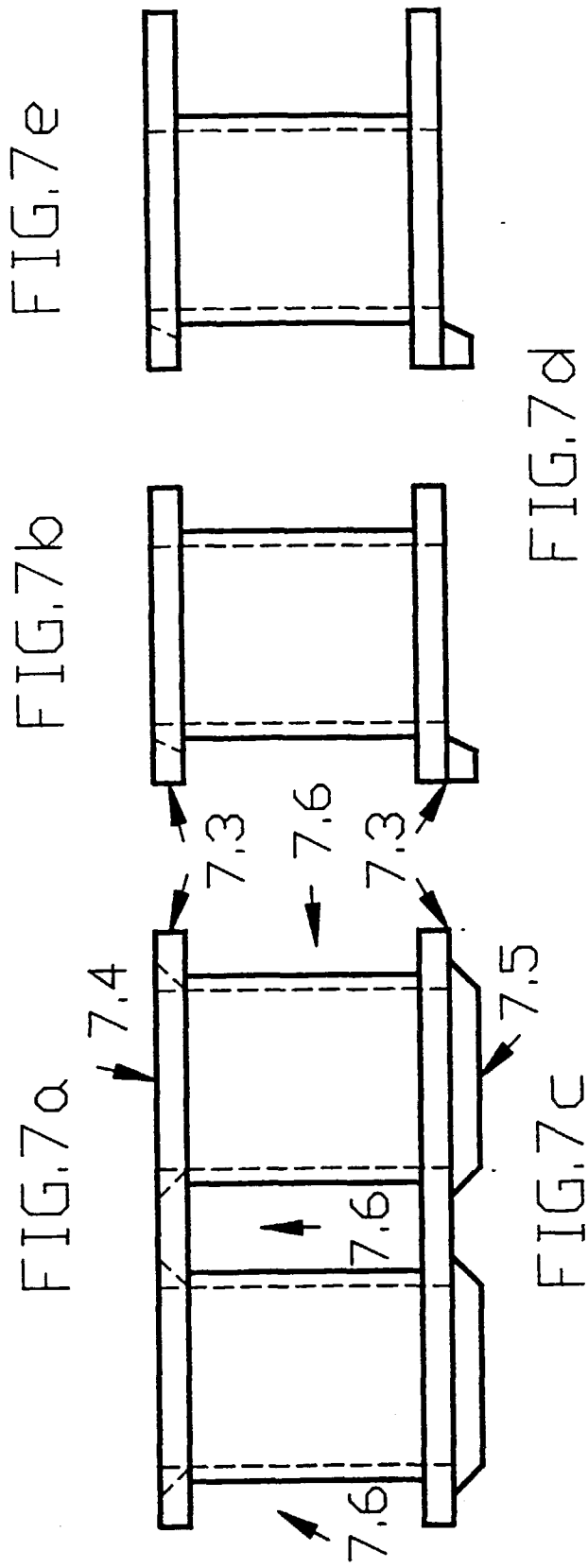


FIG. 8b

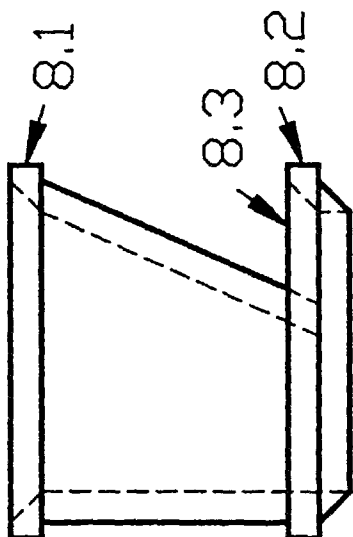


FIG. 8a

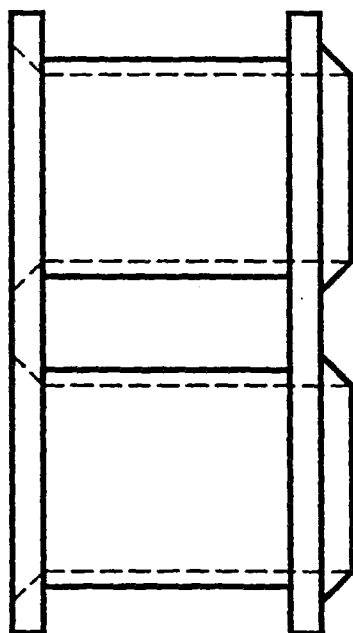


FIG. 8d

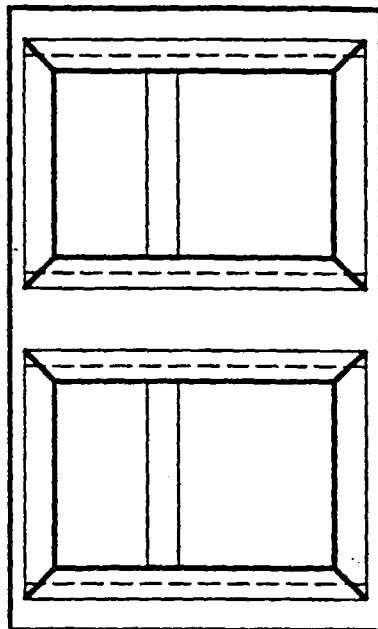


FIG. 8c

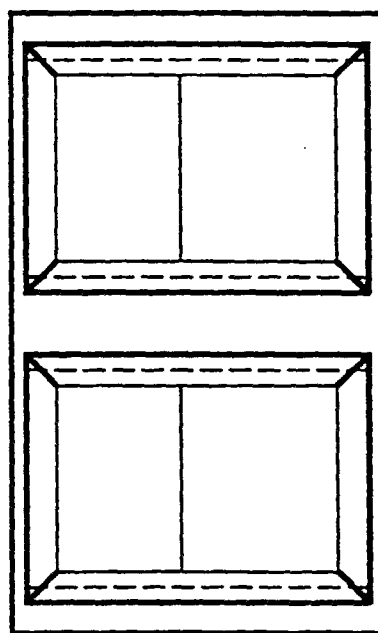


FIG. 9b

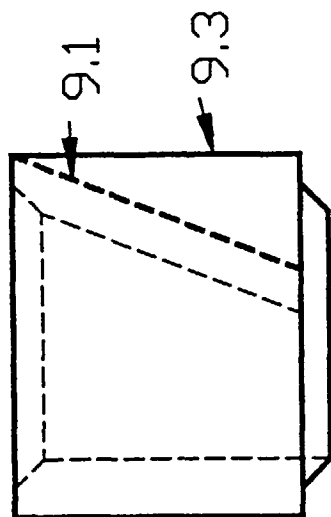


FIG. 9a

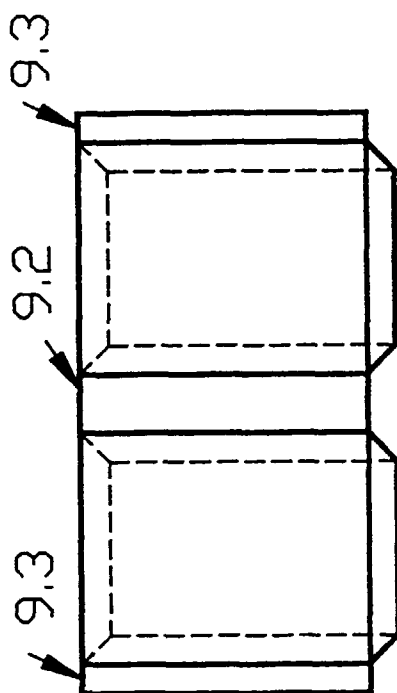


FIG. 9d

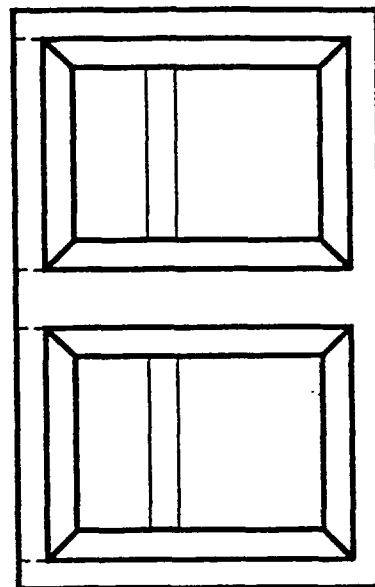


FIG. 9c

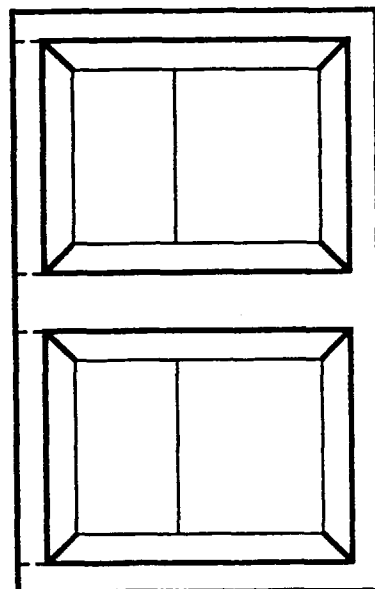


FIG.10

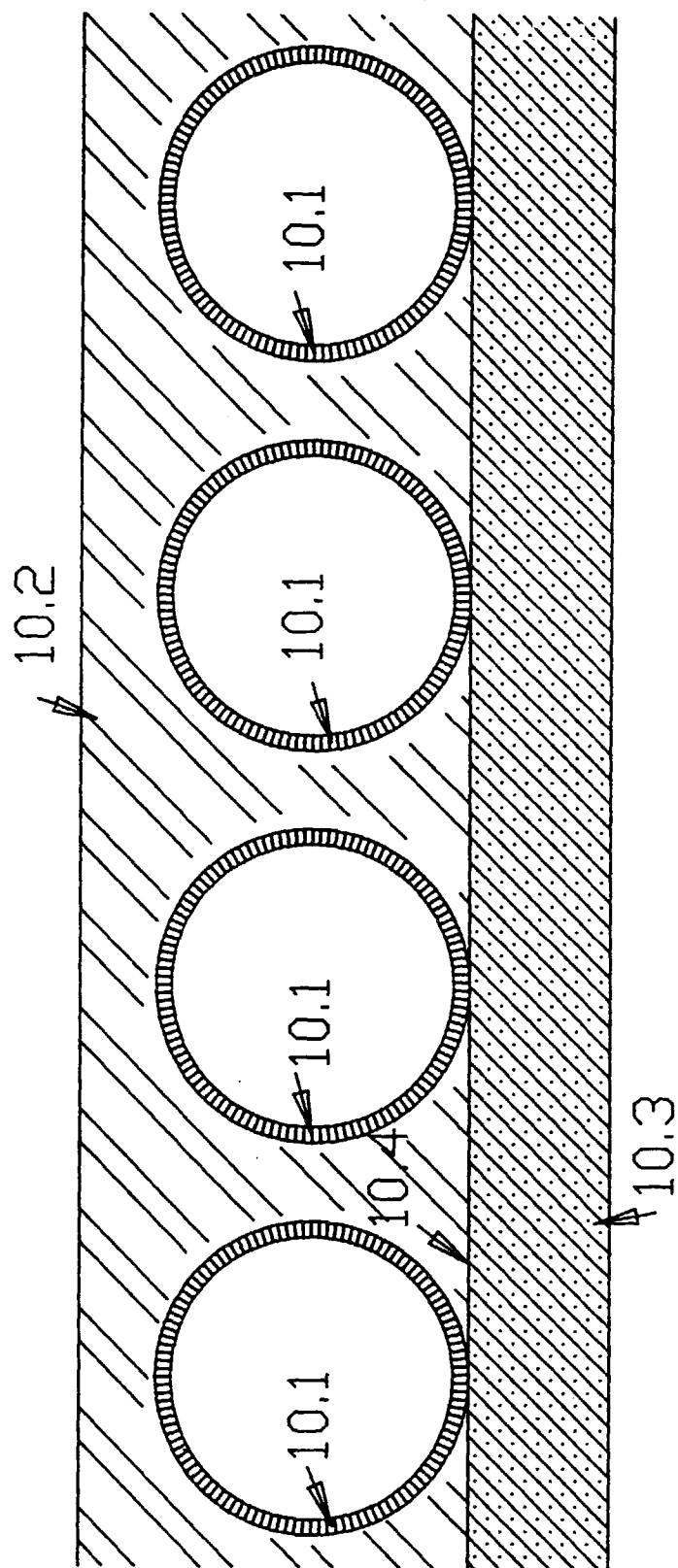
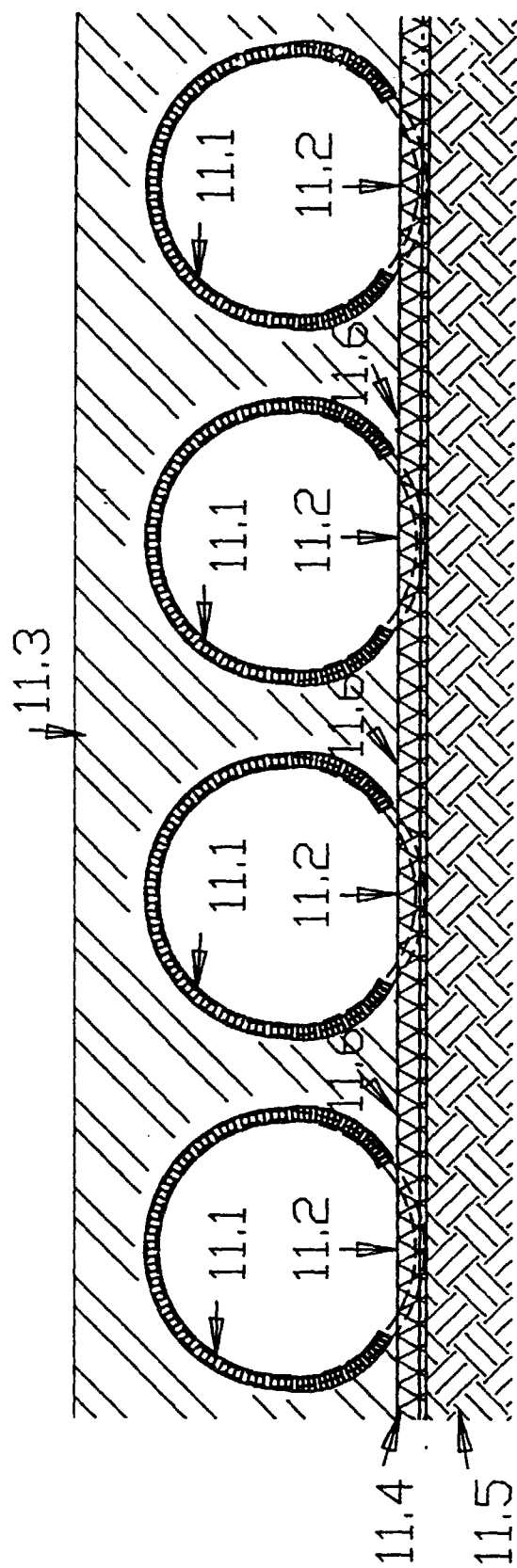
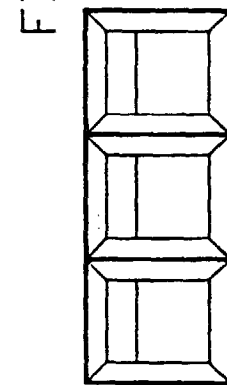
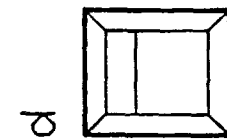
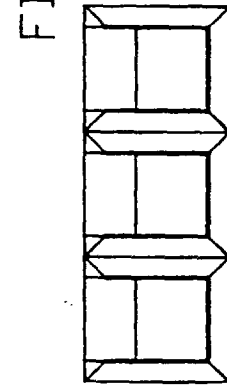
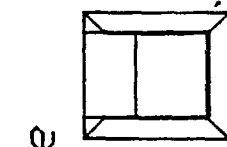
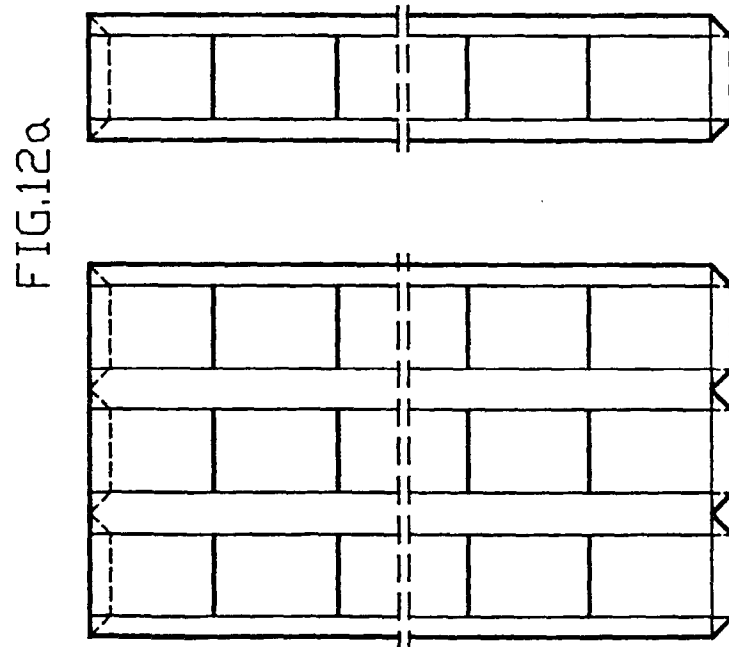
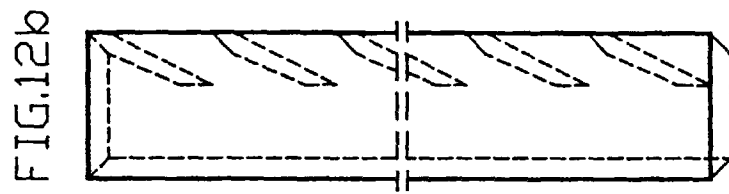
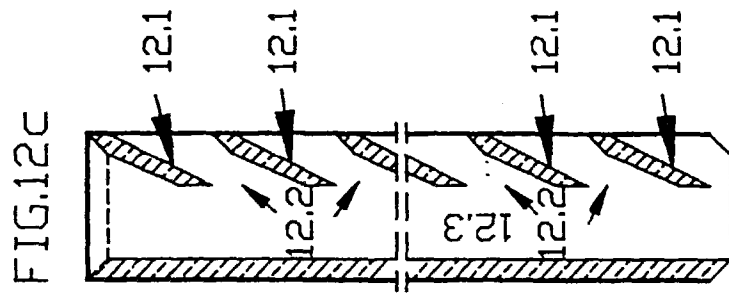


FIG.11





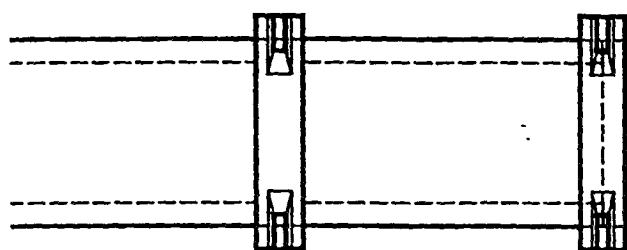


FIG. 13b

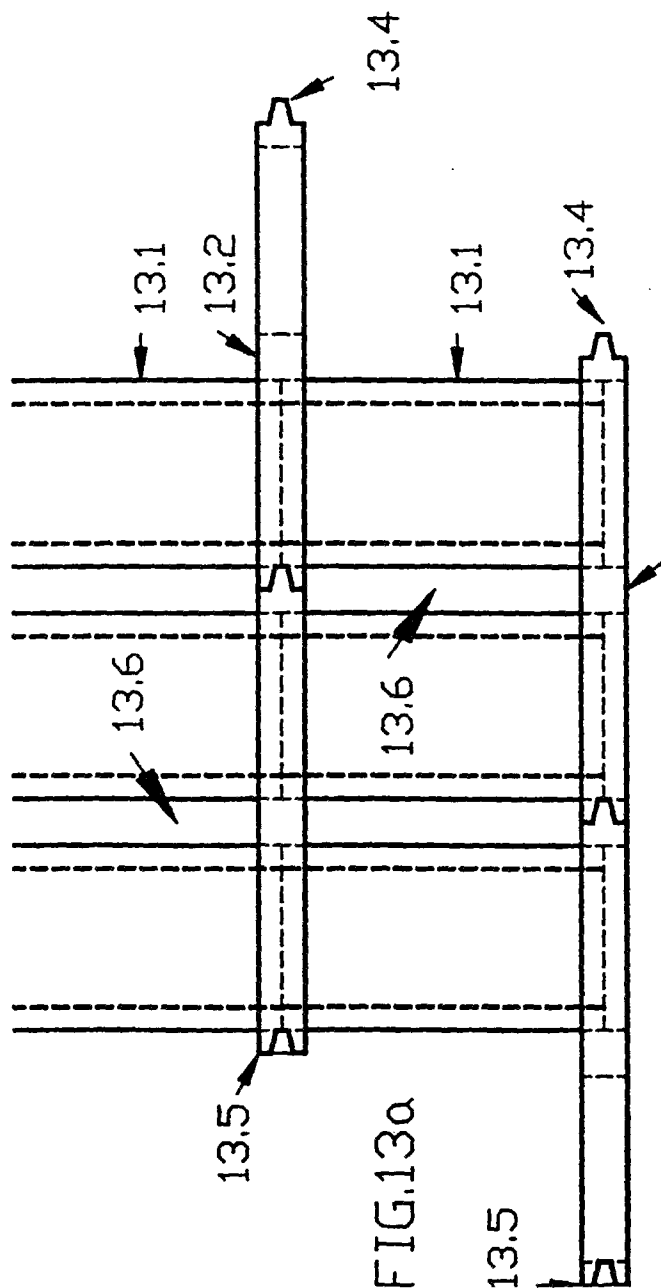


FIG. 13a

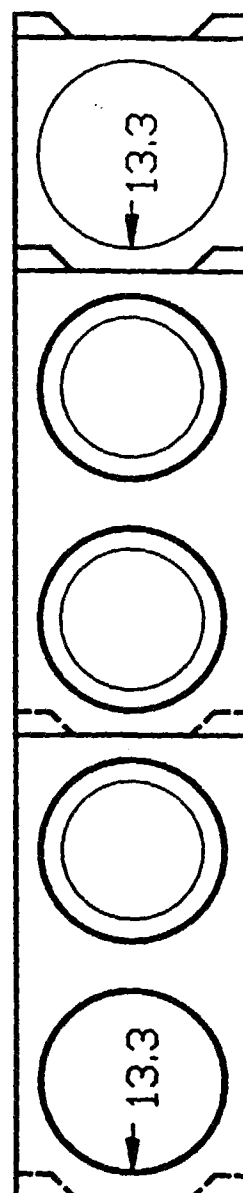
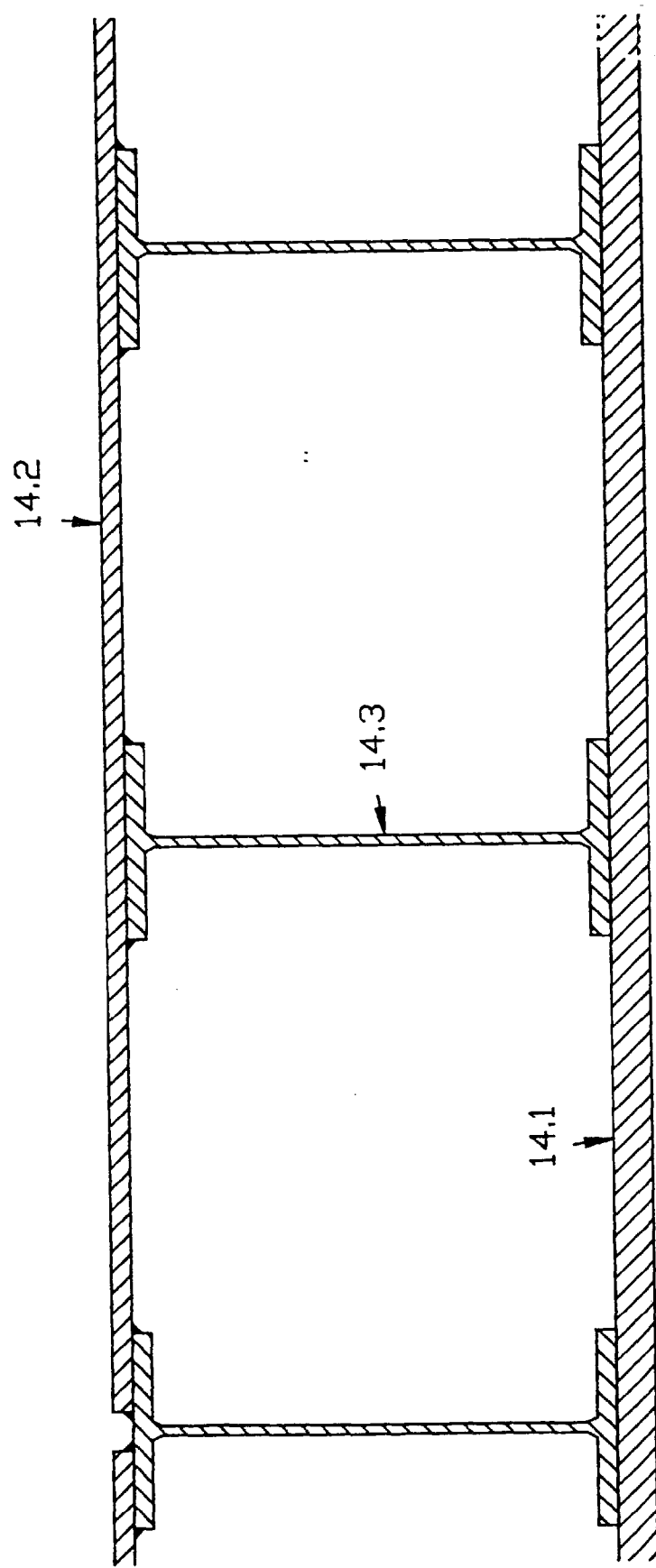
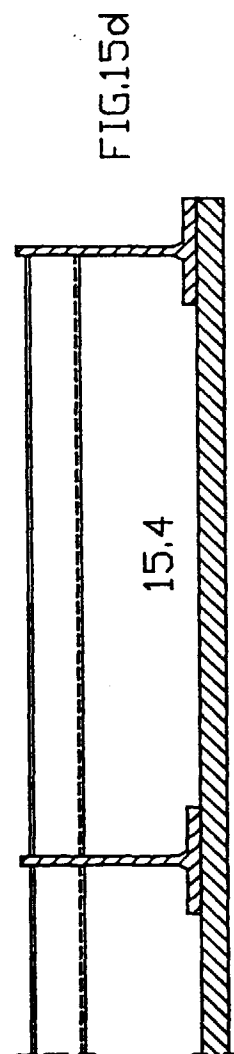
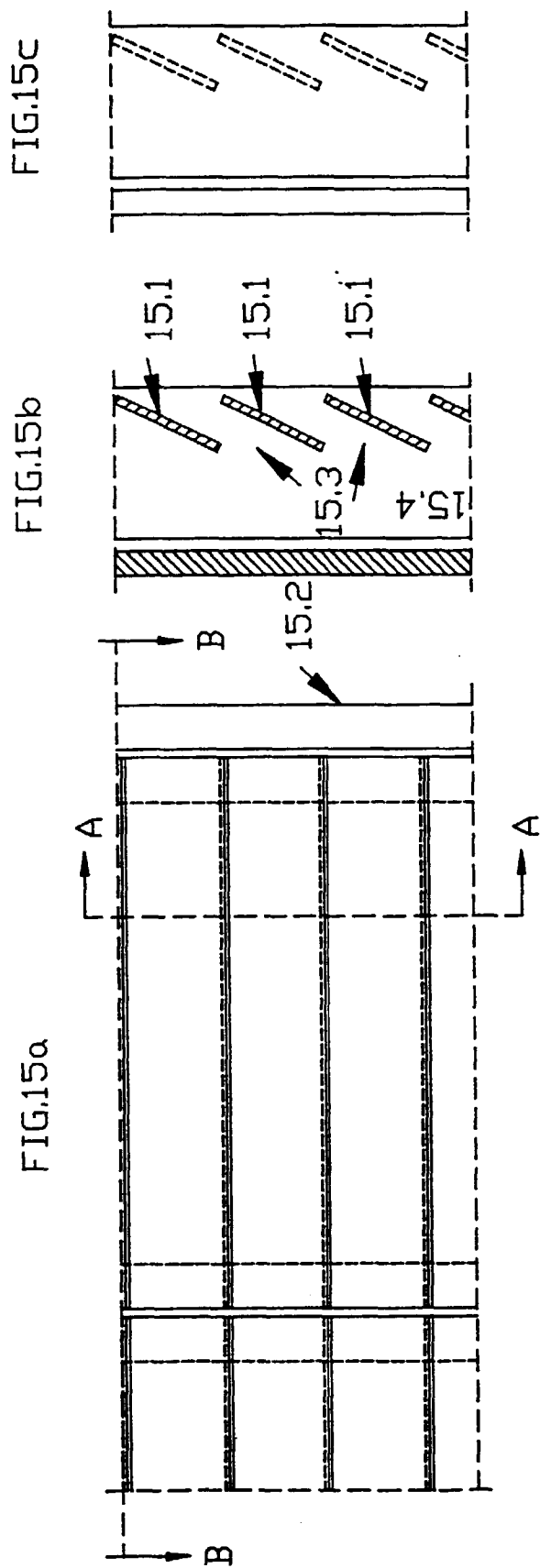


FIG. 13c

FIG.14





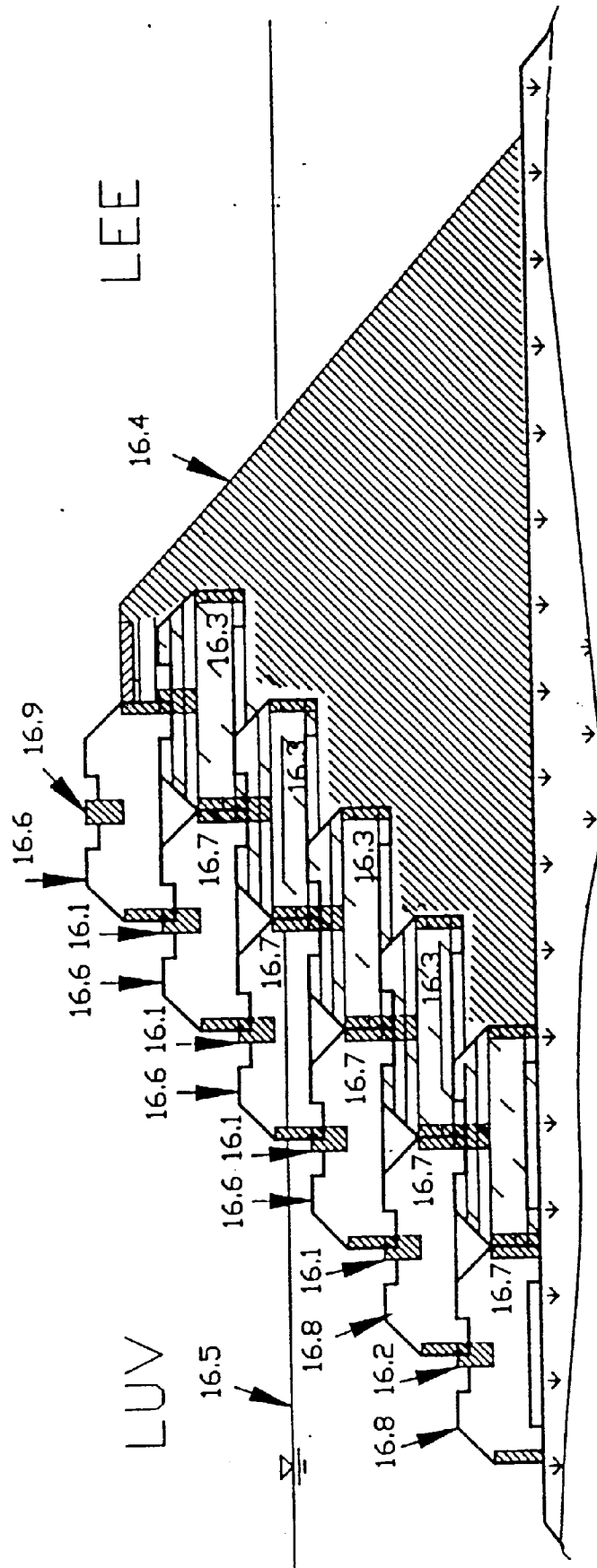


Fig.16

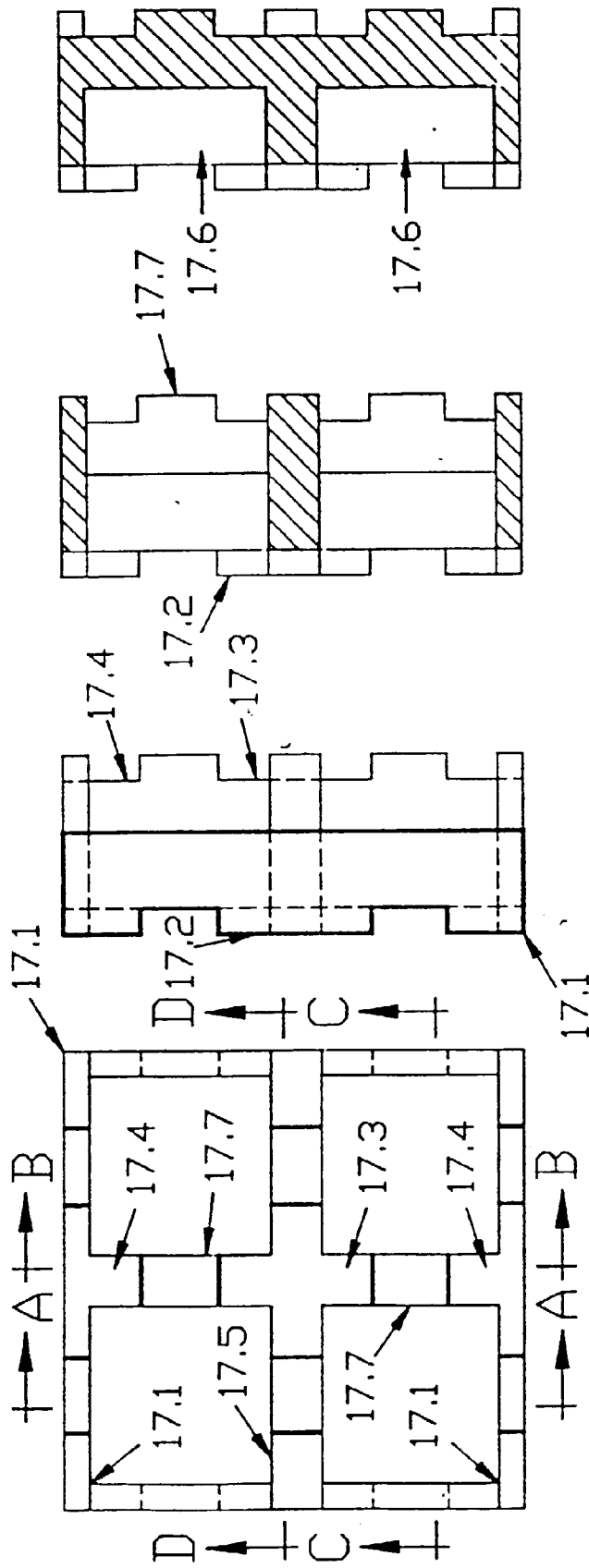


Fig. 17a

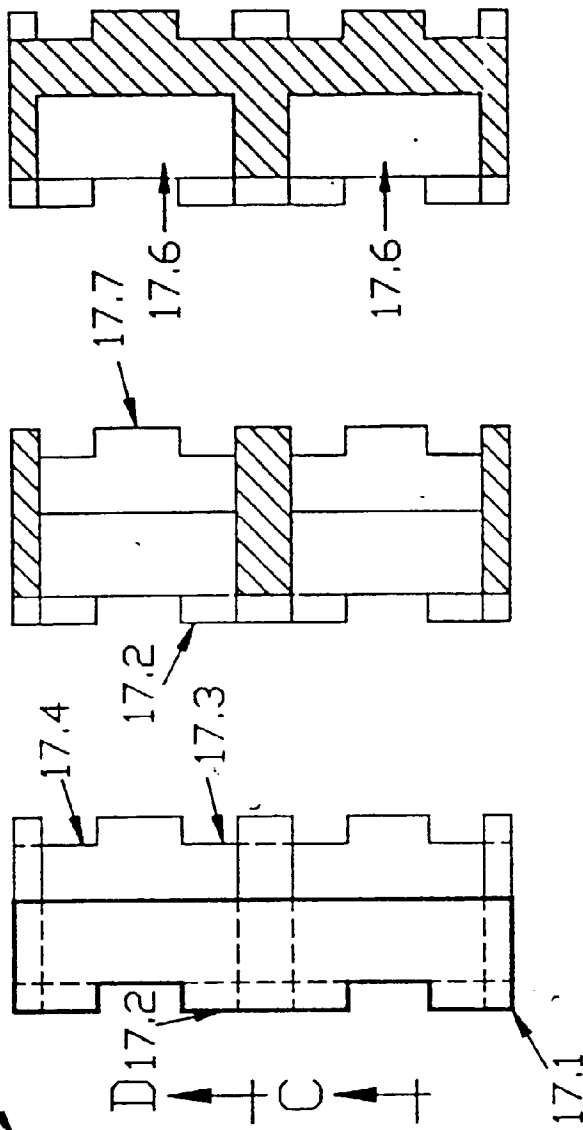


Fig. 17b

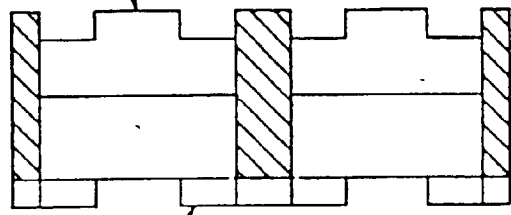


Fig. 17c

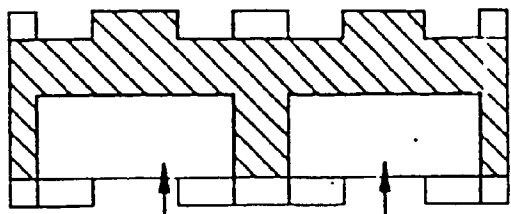


Fig. 17d

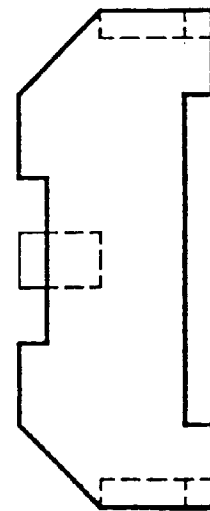


Fig. 17e

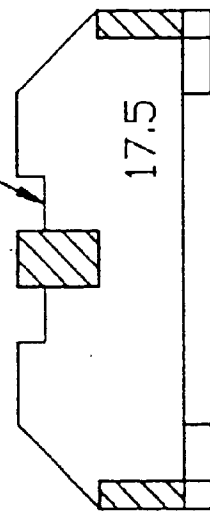


Fig. 17f

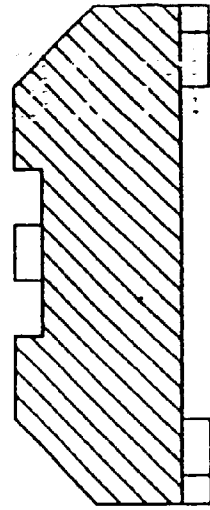


Fig. 17g

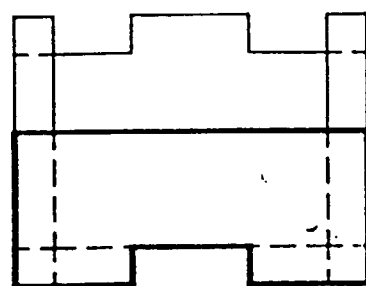
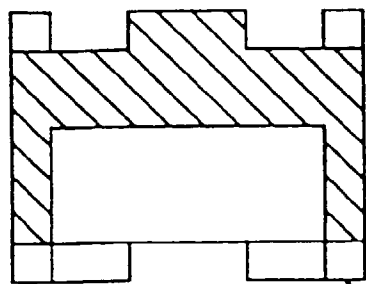
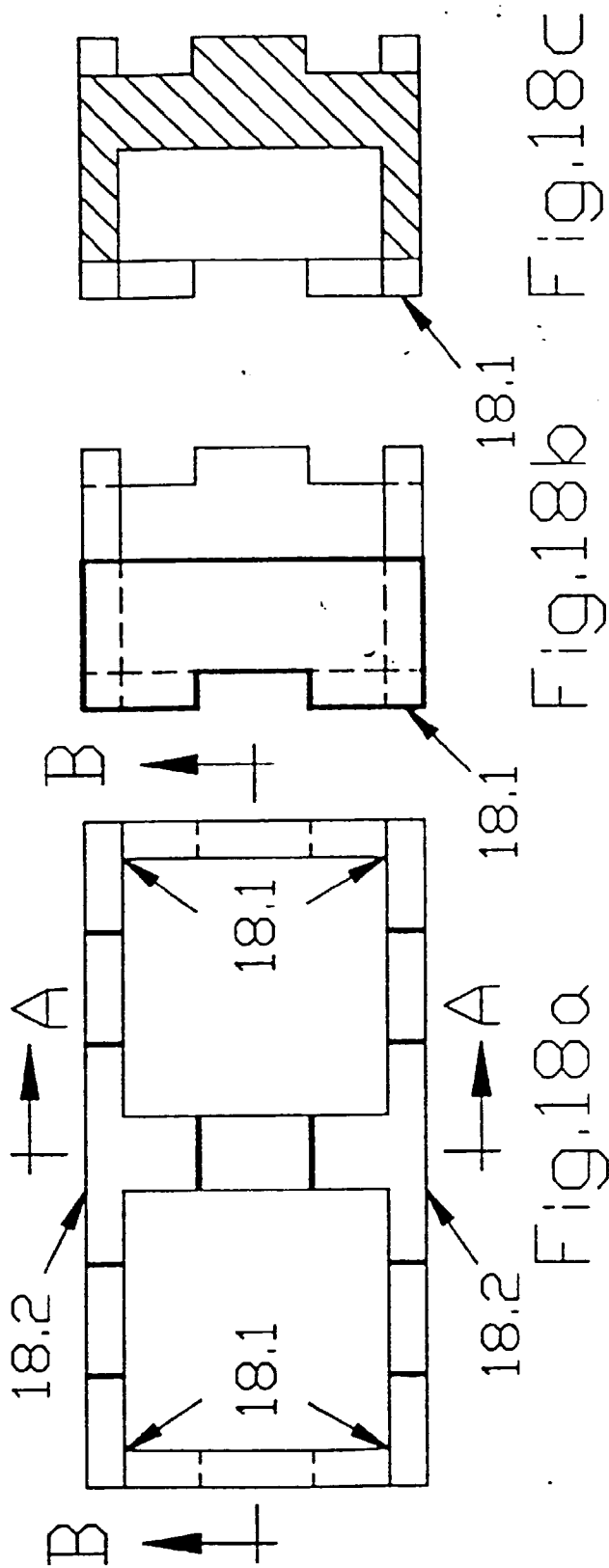


Fig. 18b Fig. 18c

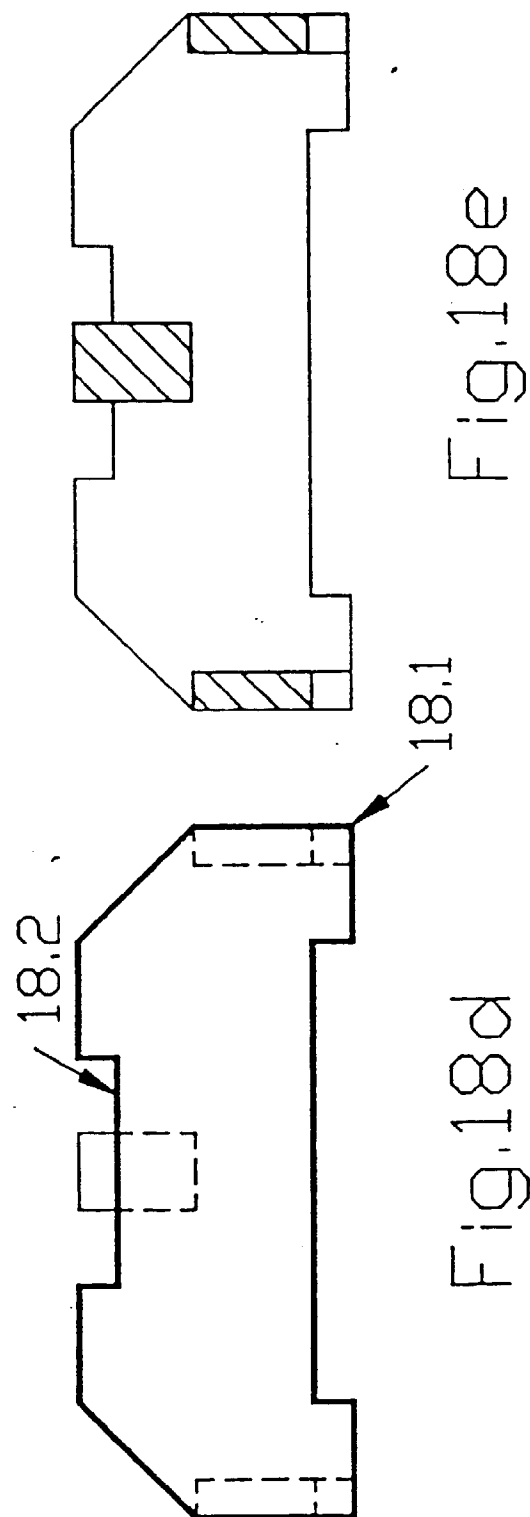


Fig. 18e

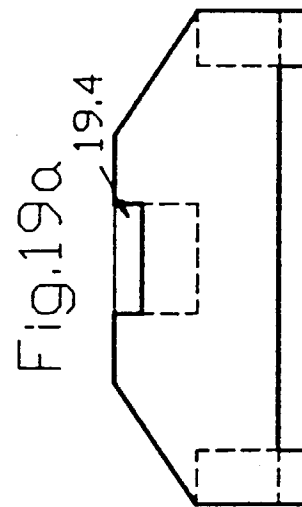
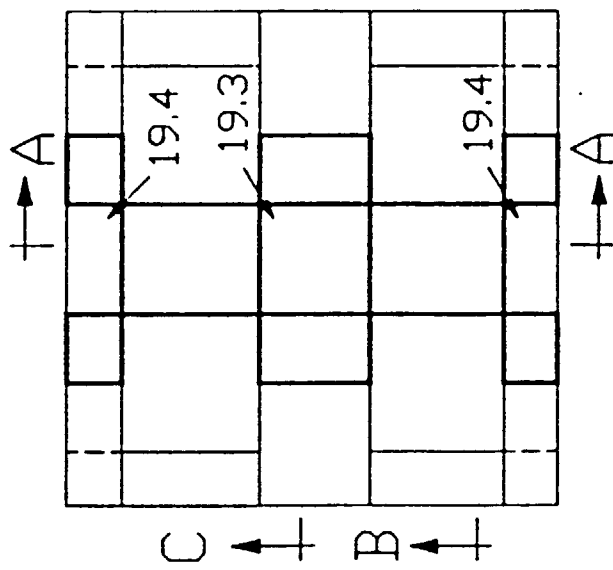


Fig. 19d

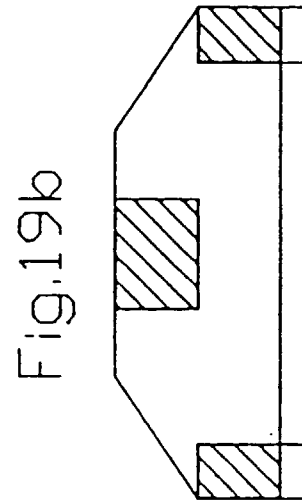
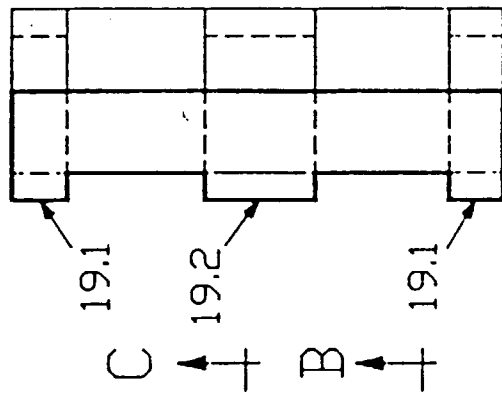


Fig. 19e

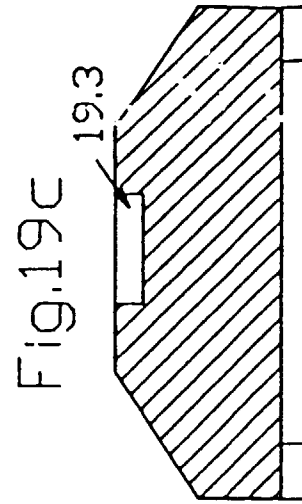
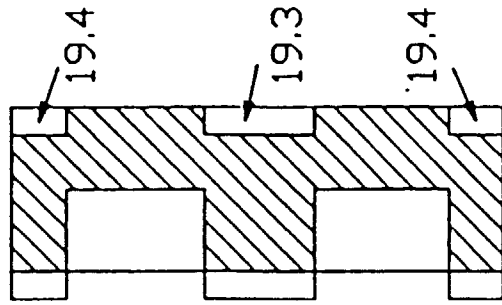


Fig. 19f

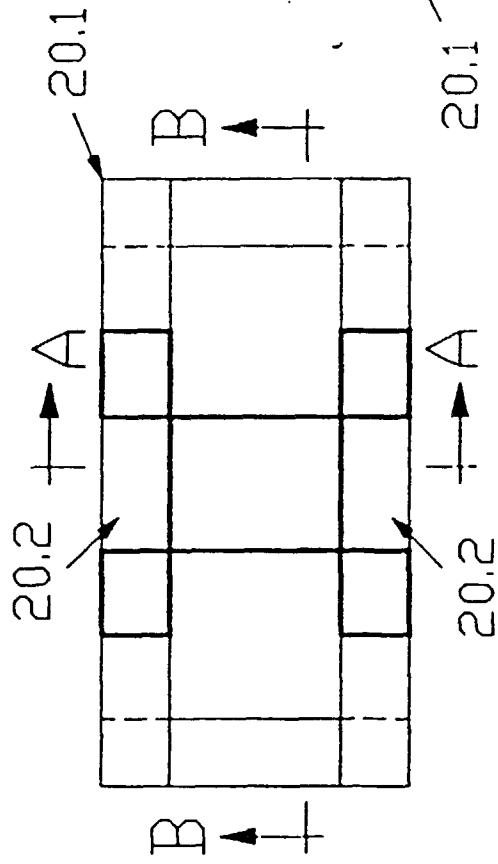


Fig. 20a

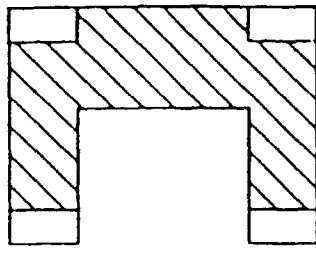


Fig. 20b

Fig. 20c

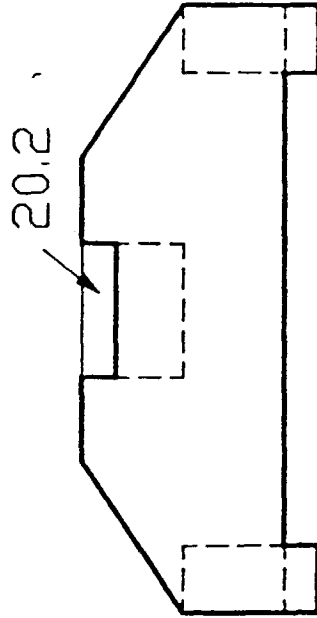


Fig. 20d

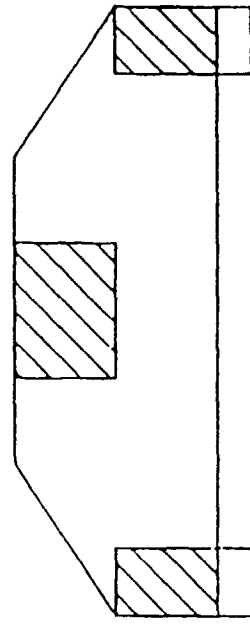


Fig. 20e

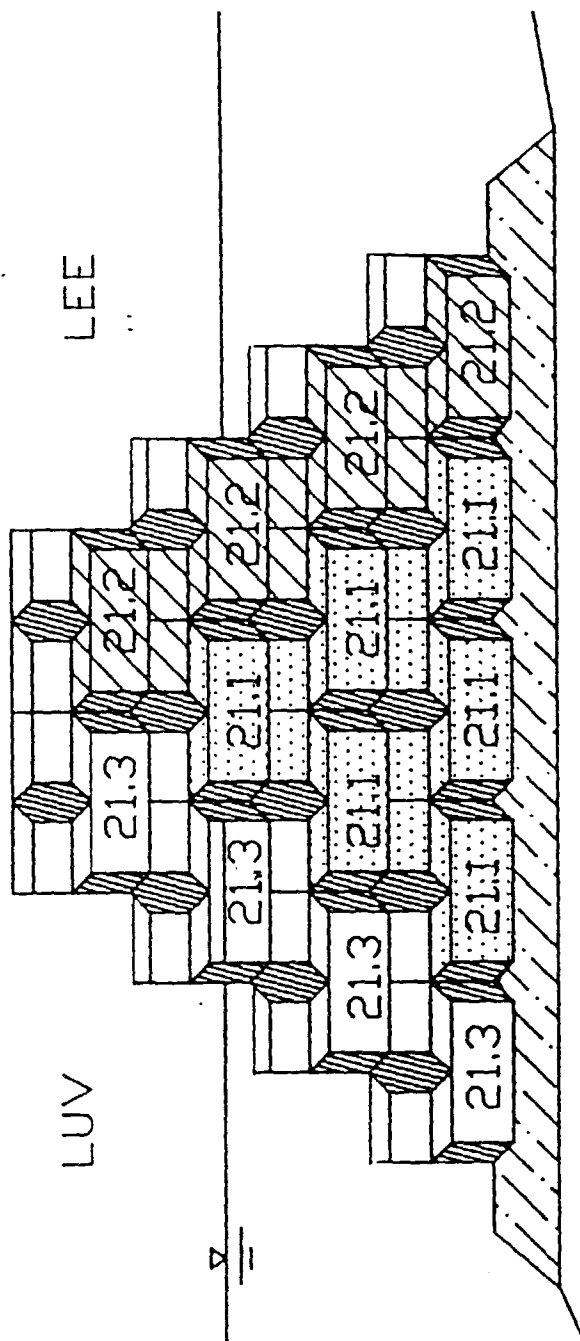


Fig.21

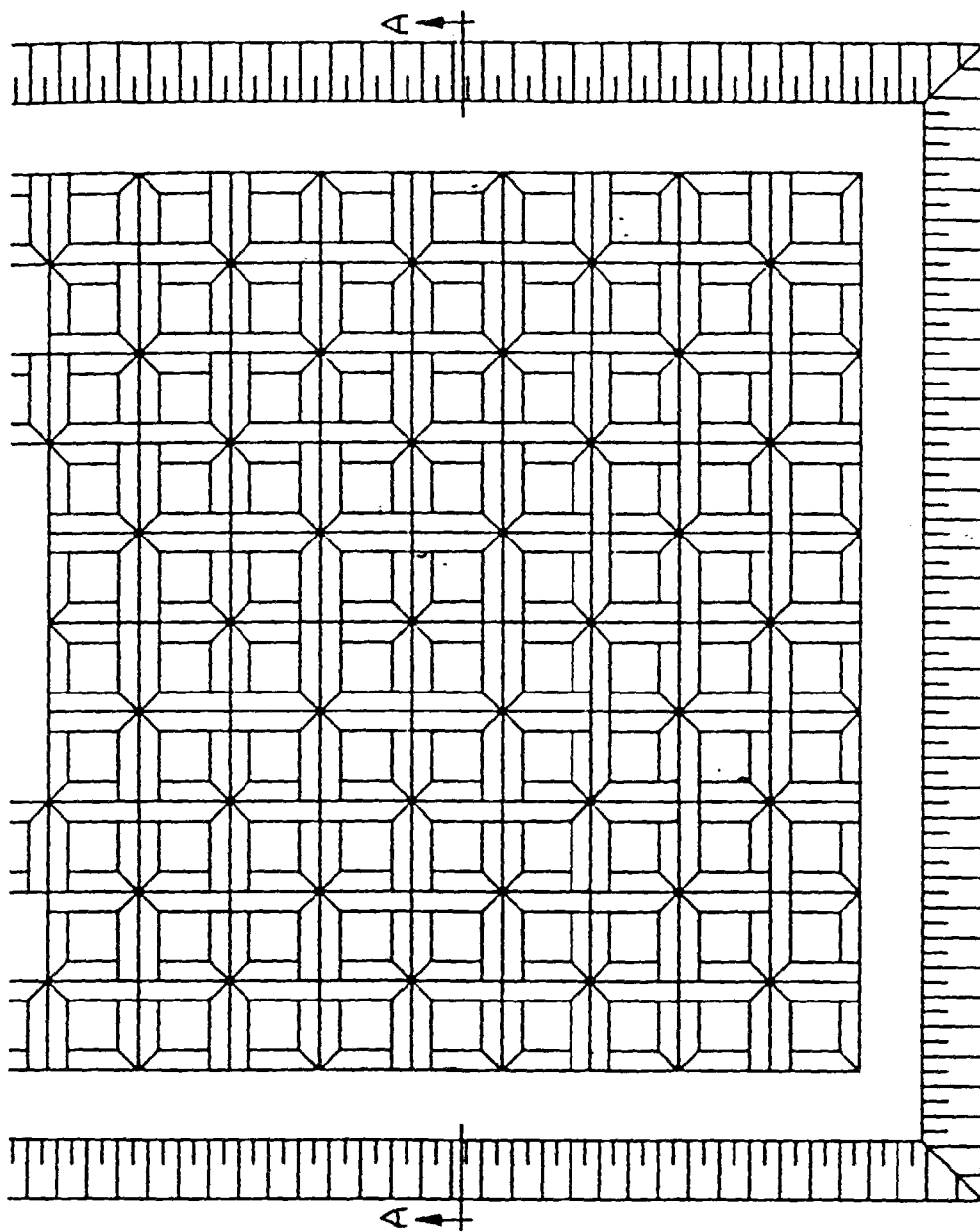
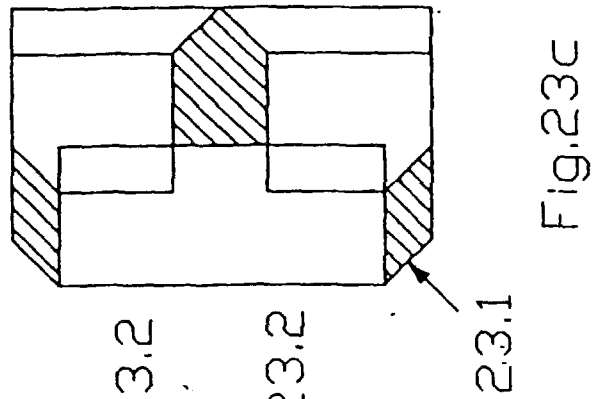
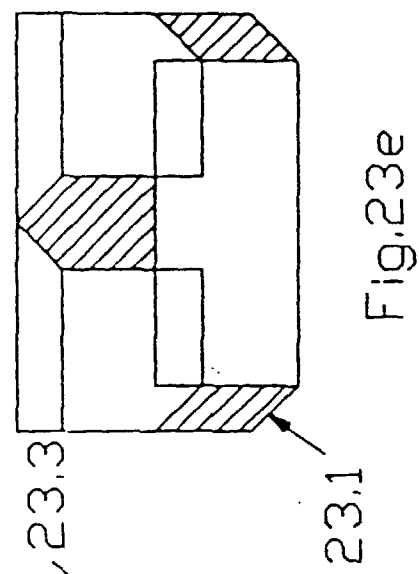
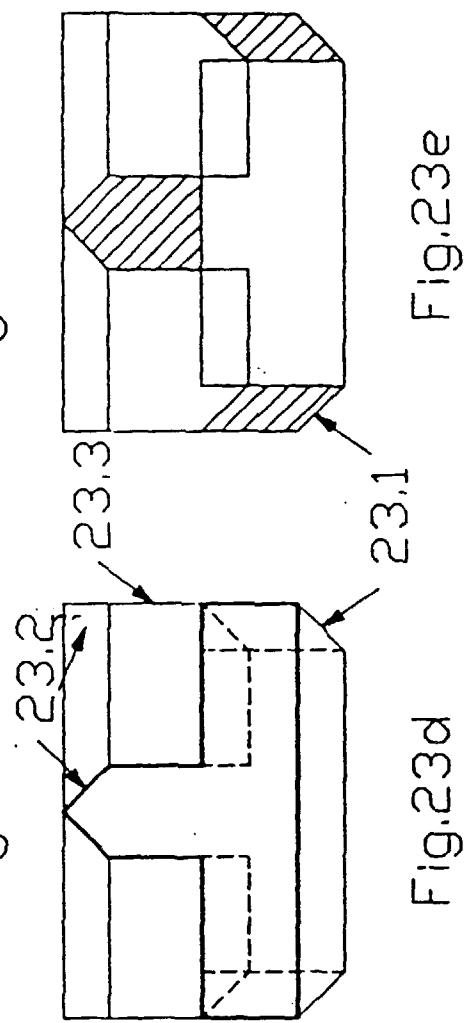
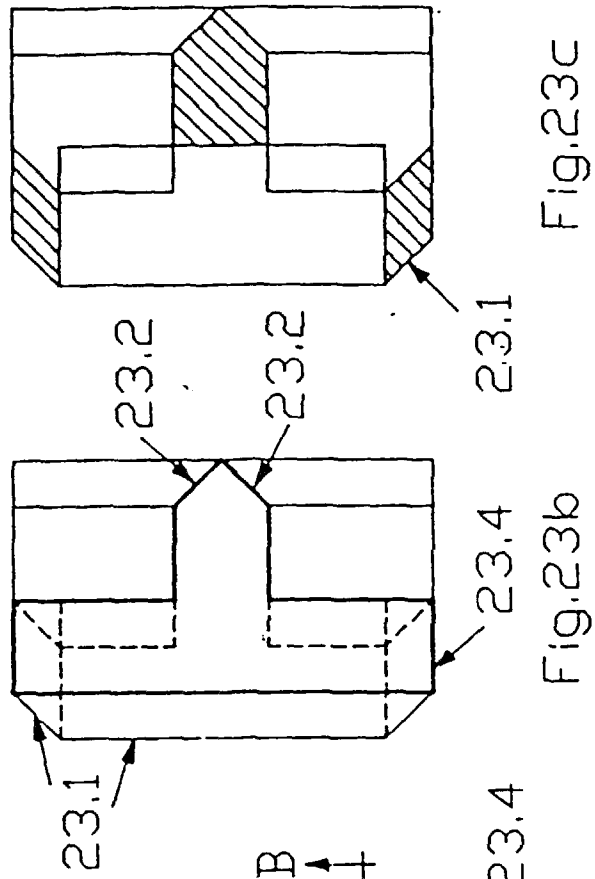
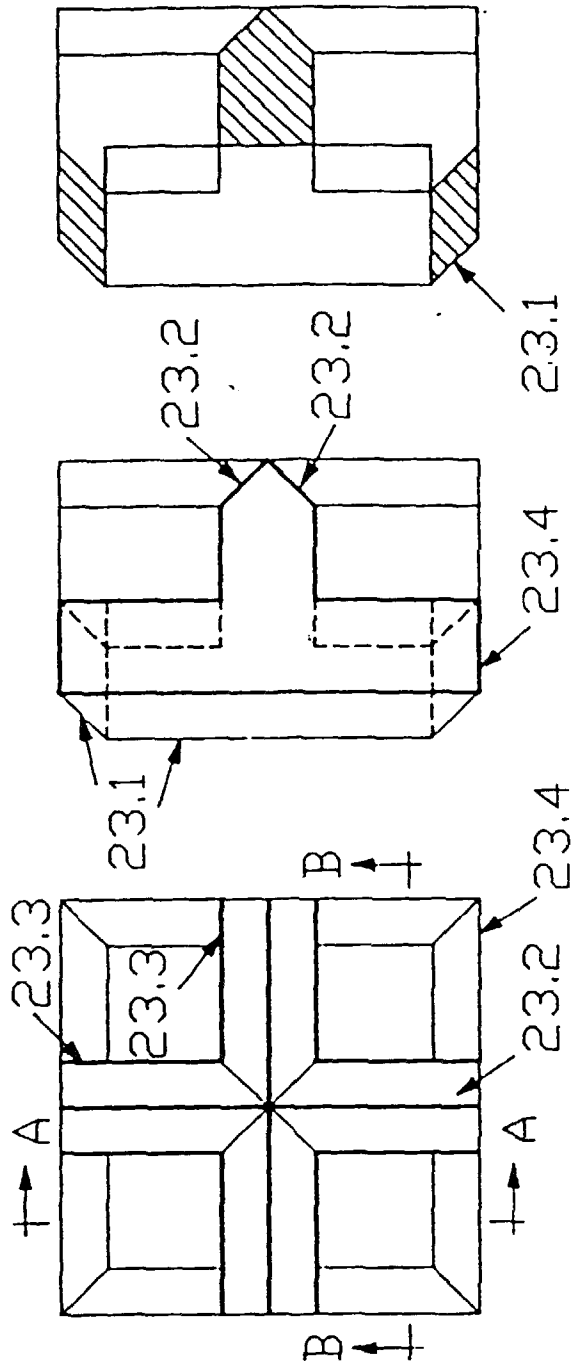


Fig.22



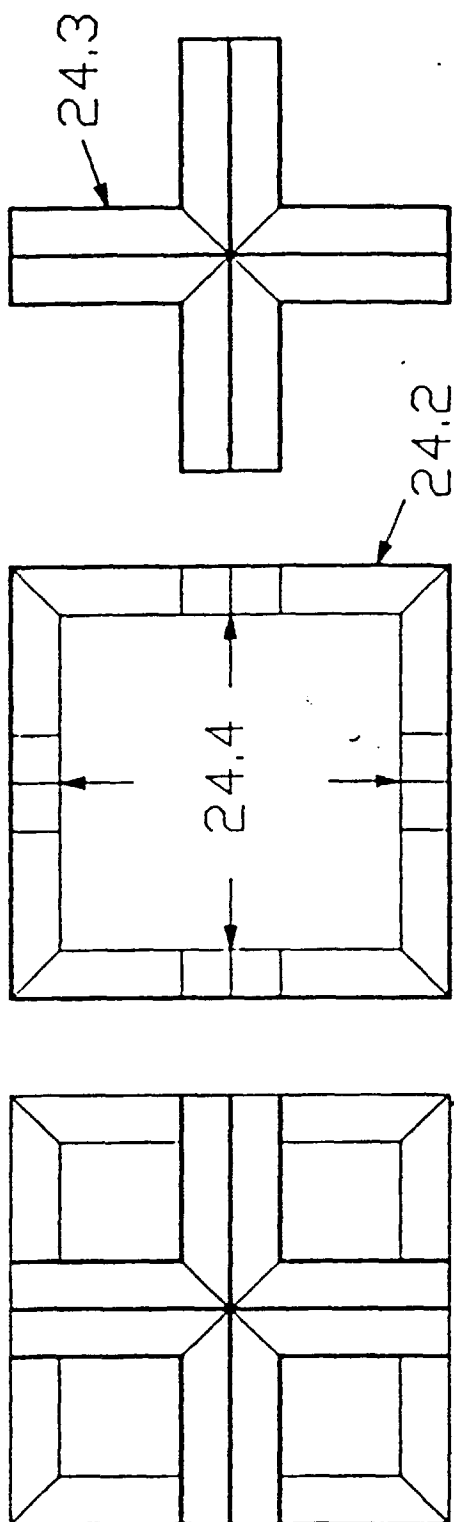


Fig. 24a 24.1 Fig. 24b

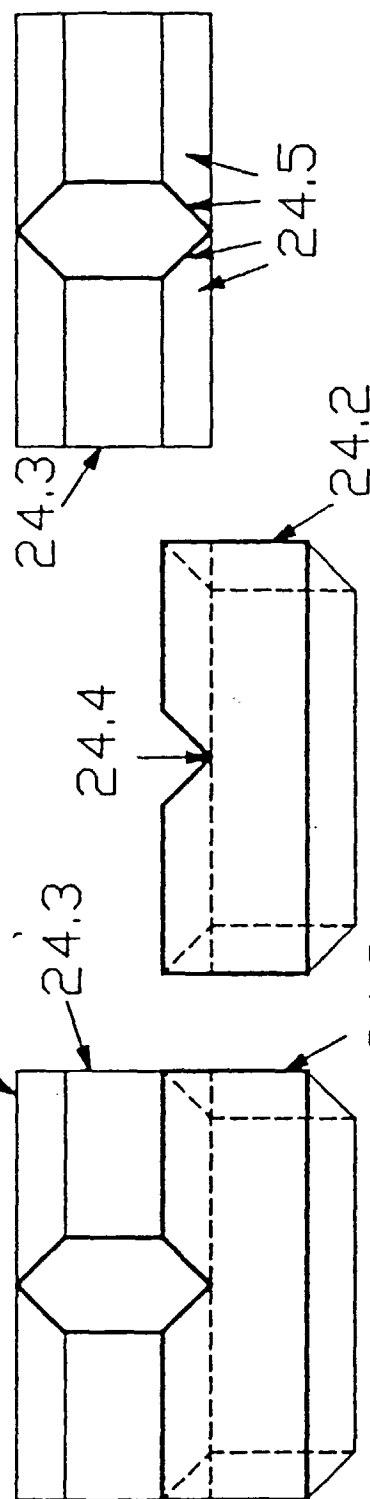


Fig. 24d 24.2 Fig. 24e

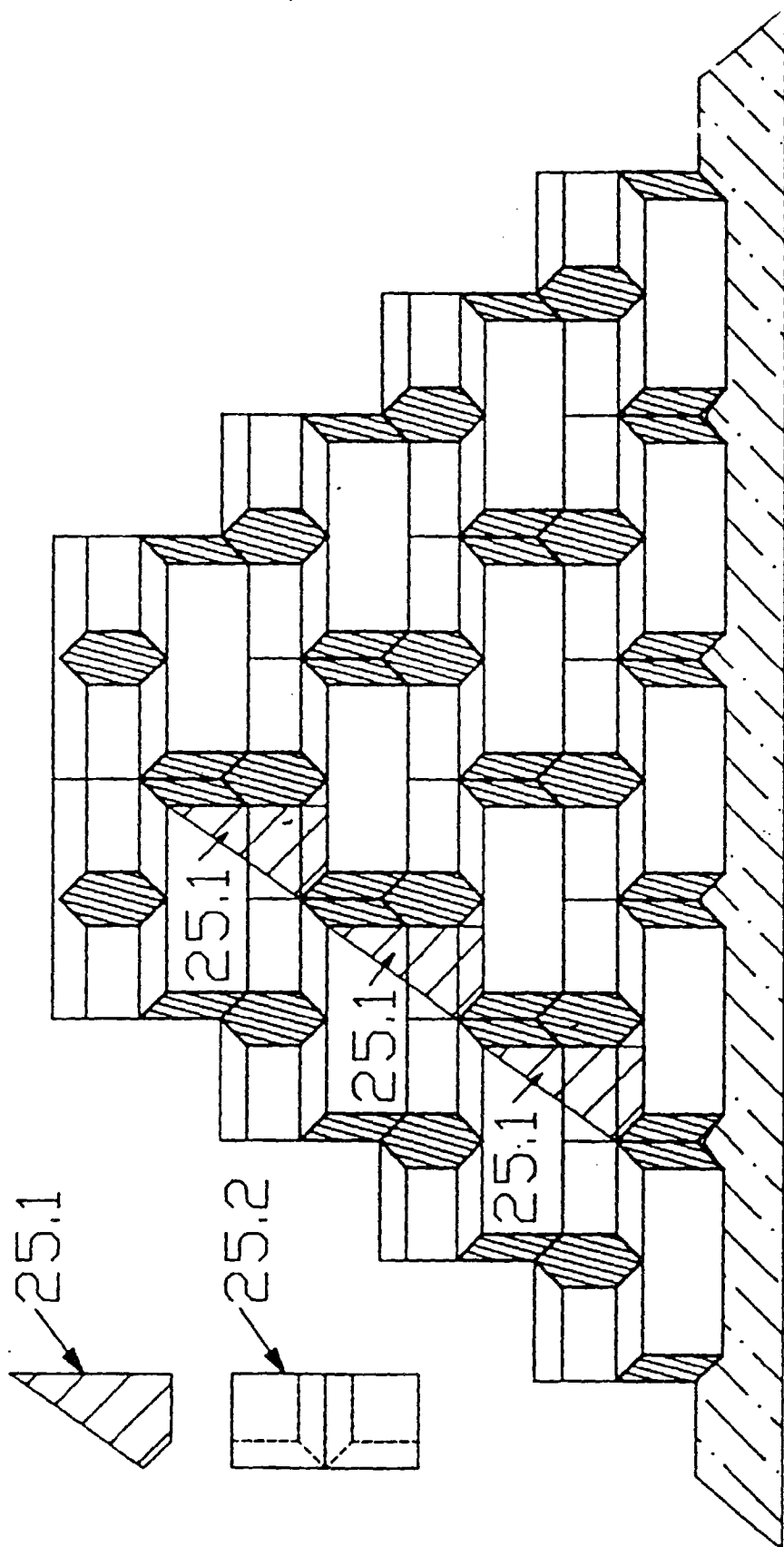


Fig. 25