

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 031 680 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
31.08.2005 Bulletin 2005/35

(51) Int Cl.7: **E04H 9/02**

(21) Numéro de dépôt: **99400478.6**

(22) Date de dépôt: **26.02.1999**

(54) **Dispositif parasismique élastoplastique articulé pour ouvrage de génie civil, et ouvrage d'art tel qu'un pont comportant ledit dispositif**

Gelenkige paraseismische elastoplastische Vorrichtung für Hoch- und Tiefbau und Brücke mit einer derartigen Vorrichtung

Articulated paraseismic elastoplastic device for civil engineering construction and bridge with such a device

(84) Etats contractants désignés:
AT CH DE ES FR GR IT LI MC PT

(56) Documents cités:
EP-A- 0 694 652 FR-A- 2 756 581
US-A- 3 963 099

(43) Date de publication de la demande:
30.08.2000 Bulletin 2000/35

(73) Titulaires:
• **Vinci Construction Grands Projets**
92500 Rueil Malmaison (FR)
• **Freyssinet International (STUP)**
78140 Vélizy Villacoublay (FR)

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 99, no. 3, 31 mars 1999 & JP 10 317722 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 2 décembre 1998**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 244 (M-1410), 17 mai 1993 & JP 04 366208 A (KAJIMA CORP), 18 décembre 1992**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 95, no. 1, 28 février 1995 & JP 06 300081 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 25 octobre 1994**

(72) Inventeur: **Capra, Alain**
75016 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Derambure, Christian**
BREESE DERAMBURE MAJEROWICZ
38, avenue de l'Opéra
75002 Paris (FR)

EP 1 031 680 B1

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

Description

[0001] L'invention se rapporte à un dispositif permettant de limiter l'amplitude du déplacement relatif de deux éléments de structure de génie civil placés en vis à vis lorsque cette structure est soumise à une intense sollicitation mécanique.

[0002] Cette sollicitation mécanique peut être liée, par exemple, directement ou indirectement à des ondes sismiques ou à des phénomènes météorologiques tels qu'ouragans, tempêtes, tornades.

[0003] L'invention se rapporte plus spécifiquement mais non exclusivement aux ponts à haubans, le dispositif selon l'invention pouvant être facilement mis en place lors de la construction du pont ou lors du confortement d'un pont ancien.

[0004] Le dispositif selon l'invention, lorsqu'il est mis en place pour un pont tel qu'un pont à haubans permet en outre de limiter les déplacements dus au vent et d'assurer un bon fonctionnement des joints de chaussée situés aux extrémités de l'ouvrage.

[0005] Les séismes sont à l'origine de catastrophes de grandes ampleurs, en particulier dans les zones fortement urbanisées.

[0006] Le séisme de Tangshan, en Chine, en 1976 aurait fait à lui seul 800 000 victimes.

[0007] Plus récemment, le tremblement de terre de Kobe, au Japon, en 1995, aurait fait 5 000 victimes et celui de Mexico, en 1985, 20 000 morts, pour beaucoup à la suite d'effondrement de constructions.

[0008] L'on estime qu'au XX^e siècle, plus de 1700 000 personnes ont péri lors de séismes, très souvent par suite de l'effondrement de bâtiments d'habitation ou de structure de génie civil en général.

[0009] Indépendamment de l'échelle de Richter permettant d'évaluer scientifiquement l'énergie totale d'un séisme, l'échelle macroscopique MSI corrèle d'ailleurs largement l'amplitude des séismes aux destructions de bâtiments.

[0010] Des réglementations se sont progressivement mises en place à travers le monde, établissant des règles de constructions parasismiques, en particulier pour les immeubles de grande hauteur et les établissements recevant le public.

[0011] La France, bien que rarement soumise à d'importants séismes, a également mis en place des réglementations parasismiques dès 1955, plusieurs fois modifiées par la suite.

[0012] La plupart des pays européens se sont également dotés d'une réglementation en la matière.

[0013] Parallèlement à ces développements législatifs, la construction parasismique a connu d'importants développements techniques.

[0014] Divers types de dispositifs parasismiques ont été conçus.

[0015] On peut distinguer notamment :

- les amortisseurs tels que des vérins et d'une ma-

nière générale les dispositifs tirant profit des propriétés rhéologiques des fluides amortissant, plus ou moins visqueux ;

- les dispositifs incluant des pièces mécaniques de type fragiles, telles des butées fusibles qui modifient la réponse d'une structure donnée lors d'un séisme ;
- les dispositifs dissipant l'énergie mécanique des vibrations sismiques par frottement.

[0016] Des exemples de dispositifs parasismiques tels que ceux listés ci dessus peuvent être trouvés dans les documents suivants :

- demandes de brevet en France N° : 2 698 400, 2 643 105, 2 625 763, 2 602 293, 2 594 193, 2 694 400, 2 594 193 ;
- demandes de brevet européen N° : 411 876, 443 988, 366 627 , 56 258;
- demande internationale de brevet N° 95 14 830 ;
- brevets américains N° : 5 347 771, 5 311 709, 5 339 580 , 5 487 534, 5 201 155, 5 447 001, 5 147 018, 5 103 605, 5 074 086, 5 174 082, 4 991 366, 5 182 888, 4 953 330, 5 005 326, 4 917 211, 4 910 930, 4 910 929, 5 373 670, 4 950 628, 4 761 925, 4 830 927, 4 731 966, 4 605 106, 4 593 501, 4 651 481, 4 599 834, 4 269 011.

[0017] Il existe par ailleurs des dispositifs parasismiques dans lesquels une partie de l'énergie mécanique, issue de la sollicitation à laquelle est soumise la structure de génie civil, est absorbée par déformation plastique d'une partie du dispositif prévu à cette fin.

[0018] Le document US-A- 3 963 099 décrit un dispositif parasismique à effet d'hystérésis. Une poutre est rigidement fixée aux fondations, des éléments de guidage en contact avec la poutre avant sa déformation étant déformés avec la poutre. Cette poutre peut être de section cylindrique ou prismatique à trois ou plus de trois cotés. Il y a autant de barres de guidage que de faces à la poutre. Les barres de guidage sont épaisses de 0,5 à 1 fois l'épaisseur de la poutre et sont hautes de 33% environ de la hauteur totale de cette poutre. Une tête cylindrique est fixée à l'extrémité supérieure de la poutre, cette tête étant placée dans un cylindre fixé au bâtiment. La rotation maximale de la poutre est de l'ordre de 15°.

[0019] On peut se référer également aux documents suivants : US-A- 5 452 549, WO-A-96 27 055, WO-A-94 28 332, US-A- 5 163 256, US-A- 5 065 555, US-A- 4 901 486, EP-A 477 144, WO-A- 95 14 830, EP-A- 443 988, US-A- 5 452 549, EP-A- 366 627, EP-A- 206 183.

[0020] Les moyens dissipateurs d'énergie par déformation plastique pour constructions parasismiques connus de l'art antérieur présentent d'importants inconvénients.

[0021] Malgré le soin apporté à la définition de leur géométrie, les pièces déformables plastiquement peu-

vent se déformer de manière incontrôlée, lorsqu'elles sont placées dans des champs de contrainte aussi complexes que ceux liés aux tremblements de terre.

[0022] Une localisation de déformation de ces pièces est possible, l'énergie absorbée par déformation plastique étant alors très réduite.

[0023] De même, une rupture précoce, sur un défaut du matériau formant les pièces déformables est possible.

[0024] Le document FR-A-2 756 581, issu de la demanderesse, décrit un dispositif parasismique visant à résoudre les problèmes techniques mentionnés ci-dessus.

[0025] Le dispositif parasismique décrit dans ce document FR-A-2 756 581 comporte des moyens de guidage de la déformation plastique de moyens déformables tels qu'une poutre reliant deux parties d'une structure de génie civil susceptibles de se déplacer l'une par rapport à l'autre lors de séismes. Ce dispositif parasismique présente les caractéristiques du préambule de la revendication 1.

[0026] L'invention se rapporte à un dispositif parasismique comportant des moyens déformables plastiquement de manière contrôlée, ces moyens ayant des inerties et des géométries adaptées tant aux sollicitations mécaniques exceptionnelles telles que celles rencontrées lors de séismes qu'aux sollicitations plus courantes telles que celles liées au vent.

[0027] L'invention concerne plus particulièrement mais non exclusivement les ponts à haubans.

[0028] Est indiqué ici, afin de clarté, que le terme « hauban » qui sera employé dans la suite du texte se rapporte à un câble conventionnellement métallique, incliné et rectiligne, éventuellement gainé, participant à la stabilité d'un ouvrage de grande hauteur ou supportant le tablier d'un pont à haubans ou pont haubané, les haubans étant fixés à des pylônes.

[0029] Les haubans peuvent être disposés parallèlement entre eux (haubanage en harpe) ou rayonnants à partir de la tête des pylônes (haubanage en éventail).

[0030] Les haubans peuvent former une nappe centrale ou deux nappes latérales.

[0031] Les ponts à haubans sont des ouvrages hauts qui ne comportent qu'un petit nombre de points d'appui, à savoir les pylônes et quelques piles annexes.

[0032] La structure générale des ponts à haubans est a priori mécaniquement défavorable pour la tenue au séisme, les pylônes présentant des moments de déversement et de flexion importants.

[0033] En vue d'atténuer ce désavantage, il peut être considéré comme judicieux de suspendre complètement le tablier du pont aux haubans, sans aucune liaison verticale au niveau des pylônes.

[0034] Alors, le tablier pourra osciller en cas de séismes comme une balançoire dont les mouvements sont déconnectés de la structure porteuse ou en tout cas à des fréquences propres complètement différentes.

[0035] Le dispositif selon l'invention permet de limiter

ces oscillations tout en assurant un bon fonctionnement des joints de chaussée situés aux extrémités de l'ouvrage et la sécurité du trafic, y compris en cas de vents importants.

[0036] A cet effet, l'invention concerne un dispositif parasismique comprenant des moyens de liaison permettant de relier entre elles deux pièces mobiles et de limiter le déplacement relatif de ces deux pièces mobiles l'une par rapport à l'autre. Ces moyens de liaison comprennent une poutre apte à subir une déformation plastique lors du déplacement relatif des pièces mobiles l'une par rapport à l'autre et des moyens de guidage de la déformation plastique de la poutre, ces moyens de guidage pouvant être fixés à l'une quelconque des pièces mobiles. Les moyens de liaison comportent en outre une bielle dont une première extrémité est articulée autour d'un premier axe à une partie extrême de la poutre et dont une deuxième extrémité est agencée pour permettre à ladite bielle d'être articulée à l'autre pièce mobile autour d'un deuxième axe sensiblement parallèle au premier axe.

[0037] D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante de modes de réalisation, description qui va être faite en se référant aux dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 est une vue en élévation d'un pont à haubans comprenant au moins un dispositif selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue en élévation d'un pylône du pont représenté en figure 1, selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 3 est une vue de détail d'une partie des amortisseurs représentés en figure 2 ;
- la figure 4 est une vue en coupe transversale selon le plan IV-IV de la figure 3 ;
- la figure 5 est une vue en coupe transversale selon le plan V-V de la figure 3 ;
- la figure 6 est une vue de détail des amortisseurs représentés en figure 4 ;
- la figure 7 est une vue en coupe selon le plan VII-VII de la figure 6 ;
- les figures 8 et 9 sont des vues d'amortisseurs transversaux de l'état de la technique, la figure 8 étant une vue de détail en coupe selon le plan VIII - VIII de la figure 9, et la figure 9 une vue en coupe selon le plan IX - IX de la figure 8 ;
- la figure 10 est une vue de détail d'amortisseurs longitudinaux selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 11 est une vue de détail d'amortisseurs selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 12 est une vue selon le plan XII-XII de la figure 11 ;
- la figure 13 est une vue selon le plan XIII-XIII de la figure 11.

[0038] On se rapporte tout d'abord à la figure 1.

[0039] La figure 1 est une vue en élévation d'un pont à câbles de type haubané.

[0040] Il est entendu ici que l'invention n'est en aucune manière limitée au domaine technique particulier des ponts à câbles de type haubané ou suspendus, mais peut être mise en oeuvre dans tout type de pont et d'une manière générale dans tout type de structure de génie civil dans laquelle deux éléments de structure sont susceptibles d'être en déplacement l'une par rapport à l'autre sous l'effet d'ondes sismiques et/ou de sollicitations plus usuelles telles que celles liées au vent par exemple.

[0041] Les ponts haubanés et suspendus sont en eux-mêmes connus depuis longtemps.

[0042] Le haubanage multiple fait son apparition en 1967 et s'imposera par la suite, le pont français de Brotonne sur la Seine, construit par la demanderesse en 1975, d'une portée de 320m étant resté longtemps un modèle du genre.

[0043] Depuis lors, les portées et les longueurs totales des ponts haubanés n'ont cessées de croître :

- 1996 : pont de Normandie, 2141 m de longueur totale, 856 m de portée centrale ;
- 1998 : Tatarea bridge, 890 m de portée pour la travée centrale.

[0044] Les hauteurs des pylônes se sont accrues de même, dépassant 200 m aujourd'hui, pour un poids supérieur à 20 000 tonnes par pylône.

[0045] La figure 1 représente une vue en élévation d'un pont haubané symétrique à trois travées, comprenant donc deux pylônes.

[0046] Il est entendu ici que l'invention pourrait être appliquée aux ponts haubanés à pylône unique ou aux ponts à travées haubanées multiples.

[0047] Le tablier 1 du pont peut être métallique ou en béton précontraint, à caisson de hauteur constante ou non, à dalle pleine ou ouverte.

[0048] Le tablier peut, dans d'autres modes de réalisation, être mixte et comprendre des caissons métalliques et une dalle de béton armé, les caissons ayant une section par exemple trapézoïdale.

[0049] Les travées de rive 2,3 ne s'appuient pas sur des piles intermédiaires mais peuvent comporter des pilettes, les haubans 4 fixés sur ces pilettes jouant le rôle de haubans de retenue.

[0050] Les haubans 4 peuvent être élaborés à partir de câbles à fils parallèles, de câbles formés de torons parallèles ou de câbles clos.

[0051] Par « câbles à fils parallèles », on désigne conventionnellement des ensembles de fils tréfilés dans des aciers à haute résistance, placés dans des tubes en polyéthylène ou en métal, de la cire, de la graisse ou un coulis de ciment remplissant l'espace vide entre les fils, après mise en tension.

[0052] Par « câbles clos », on désigne conventionnellement des faisceaux de fils parallèles à section circu-

laire entourés par des couronnes de fil à section trapézoïdale et de fils en forme de Z.

[0053] Les torons peuvent quant à eux être du type de ceux employés en précontrainte.

[0054] Les haubans peuvent être tendus entre deux points du tablier situés de part et d'autre d'un pylône ou entre un point du tablier et un point du pylône.

[0055] Dans le premier cas, des tubes métalliques rigides constituant des selles d'appui sont alors prévus dans la zone supérieure des pylônes lorsque les haubans sont disposés en semi-éventail et traversent les pylônes.

[0056] Dans le second cas, des tubes rigides et des blocs d'ancrage sont placés en tête des pylônes, comme dans certaines réalisations non représentées.

[0057] Dans le mode de réalisation de la figure 1, les haubans 4 sont en harpe et des câbles secondaires, appelés « aiguilles » 4' relient les haubans entre eux de manière notamment à limiter les risques de vibrations résonnantes des haubans sous l'effet du vent.

[0058] La suspension du tablier peut être latérale, c'est à dire que le tablier peut être supporté par deux nappes latérales de haubans, les pylônes 5 comprenant deux mâts.

[0059] Dans d'autres modes de réalisation, telle celle représentée, la suspension du tablier peut être axiale, les pylônes ayant une forme de A surmontée d'un fût vertical, par exemple.

[0060] Ainsi qu'il apparaît en figure 2, les pylônes, dans la réalisation représentée, comprennent deux jambes inclinées 6,7 réunies par un fût vertical 8 en partie supérieure.

[0061] Les mâts 6,7 présentent une partie basale 9,10 au dessous d'une entretoise 11, cette partie basale 9,10 étant inclinée d'un angle α de l'ordre de 5 à 30° environ par rapport à la verticale, les deux parties basales convergeant l'une vers l'autre en leur extrémité inférieure.

[0062] Dans d'autres modes de réalisation, non représentés, les pylônes ont sensiblement une forme de H, les haubans étant disposés en deux nappes latérales, les parties basales situées au-dessous de l'entretoise étant inclinées par rapport à la verticale, d'un angle de l'ordre de 5 à 20° environ et divergeant l'une de l'autre en leur extrémité inférieure.

[0063] Les parties sommitales 110, 12 des jambes 6,7, au-dessus de l'entretoise 11, sont inclinées d'un angle β par rapport à la verticale, cet angle β étant sensiblement égal à l'angle α défini auparavant, dans le mode de réalisation représenté.

[0064] Les pylônes présentent un plan de symétrie S sensiblement vertical, dans le mode de réalisation représenté.

[0065] Dans la suite du texte le terme « longitudinal » sera employé en référence à la direction D1 contenue dans un plan T perpendiculaire au plan de symétrie S, cette direction D1 correspondant à la plus grande dimension du tablier 1.

[0066] Dans le mode de réalisation représenté, cette

direction D1 est sensiblement horizontale.

[0067] Dans d'autres modes de réalisation, non représentés, le tablier comporte un profil courbe dont les extrémités sont au même niveau ou au moins une partie courbe et/ou au moins une partie avec un profil droit mais incliné.

[0068] Dans la suite du texte, le terme « transversal » sera employé en référence à la direction D2 contenue dans le plan T défini ci dessus, la direction D2 étant sensiblement perpendiculaire à la direction D1.

[0069] Les termes « externe », « extérieur », « interne », « intérieur », « inférieur », « supérieur », seront employés par la suite en référence à un point P du tablier 1 placé entre les jambes 6,7 d'un pylône 5 et à mi-distance de ceux ci.

[0070] Les pylônes 5 sont pourvus de dispositifs parasismiques de type élasto-plastiques à déformation contrôlée, permettant en outre de bloquer ou limiter les déplacements du tablier 1 sous l'effet du vent ou d'autres sollicitations en service.

[0071] On décrit tout d'abord un premier mode de réalisation de ces dispositifs parasismiques, en référence aux figures 2 à 7.

[0072] Au moins un amortisseur longitudinal 13 est disposé entre le tablier 1 et au moins une jambe 6,7 d'un pylône 5.

[0073] Cet amortisseur longitudinal 13 comprend une poutre 14 et une bielle articulée 15.

[0074] La poutre 14 est articulée en rotation, par rapport à la bielle 15, autour d'un axe 16, sensiblement perpendiculaire au plan T.

[0075] La partie extrême interne 17 de la poutre 14 est placée dans un gabarit de cintrage 18, solidarisé au bord latéral externe 19 du tablier 1.

[0076] Dans le plan de la figure 4, parallèle au plan T, la poutre 14 s'étend au moins avant déformation de l'amortisseur - et donc notamment lors de sa mise en place - sensiblement selon la direction D2 et la bielle 15 s'étend sensiblement selon la direction D1.

[0077] La bielle 15 est articulée en rotation, par rapport au mât 7 du pylône 5, autour d'un axe 20 sensiblement parallèle à l'axe 16.

[0078] L'axe 20 est lié à la pièce 21 solidarisée au mât 7.

[0079] La bielle 15 peut être pourvue comme représenté, d'un coupleur hydraulique ou mécanique 22.

[0080] Dans un mode de réalisation, ce coupleur 22 ne se déforme que lorsque la contrainte appliquée dépasse une valeur seuil.

[0081] Dans un mode particulier de réalisation, ce coupleur présente un comportement visqueux et une forte sensibilité à la vitesse de déformation, une vitesse de déformation faible conduisant par exemple à une déformation immédiate, par exemple pour tenir compte des déplacements du tablier 1 sous l'effet des dilatations thermiques ou du fluage, une vitesse de déformation élevée conduisant à un blocage du coupleur et/ou une dissipation de l'énergie mécanique par frottement, au

moins pour une certaine gamme de contraintes.

[0082] Le gabarit de cintrage 18 comprend deux surfaces de cintrage 23,24 sensiblement symétriques par rapport à un plan médian de la poutre 14, dans le mode de réalisation représenté.

[0083] Dans d'autres modes de réalisation, non représentés, le gabarit ne comprend qu'une surface courbe de guidage de la déformation plastique de la poutre 14.

[0084] Dans d'autres modes encore de réalisation, le gabarit comprend deux surfaces courbes dont les rayons de courbure et/ou les dimensions ne sont pas identiques.

[0085] Dans le mode de réalisation représenté en figure 4, les surfaces de cintrage 23,24 ont un rayon de courbure sensiblement constant sur toute leur longueur.

[0086] Le gabarit de cintrage 18 présente ainsi une ouverture 25 de section rectangulaire allant en s'évasant régulièrement de l'intérieur vers l'extérieur.

[0087] Cette ouverture 25 peut, le cas échéant être remplie d'un produit mou, ne résistant pas à la compression mais protégeant la poutre 14, logée dans le gabarit 18, contre les agressions atmosphériques.

[0088] La poutre 14 peut être réalisée en matériau métallique, pourvu le cas échéant, d'une protection contre la corrosion.

[0089] La poutre 14 devant se déformer plastiquement lorsque l'amortisseur est fortement sollicité, par exemple en cas de séismes, le matériau servant à son élaboration devra présenter un comportement non fragile, le niveau de ductilité de ce matériau et son seuil de plasticité étant choisis en fonction de la quantité d'énergie mécanique que l'on souhaite absorber.

[0090] La poutre 14 peut être réalisée par assemblage de matériaux différents.

[0091] La poutre 14 peut présenter un profilé à inertie variable de sorte à permettre la plastification simultanée de toutes les sections du profilé et ainsi de permettre une dissipation efficace de l'énergie mécanique.

[0092] La section verticale de la poutre peut ainsi être de dimension décroissante régulièrement depuis la partie extrême interne de cette poutre jusqu'à sa partie extrême opposée.

[0093] Ainsi qu'il apparaît en figure 7, la poutre 14 peut être formée par assemblage de plaques métalliques 14a, 14b, 14c, 14d, 14 e.

[0094] Deux amortisseurs longitudinaux 13 peuvent être mis en place, pour chaque jambe de pylône, le cas échéant de part et d'autre de chaque jambe ainsi qu'il est représenté en figure 4.

[0095] Les deux amortisseurs 13,13' peuvent être identiques en structure et dimensions ou non.

[0096] Ainsi, par exemple, et en fonction des champs de contraintes escomptés, l'amortisseur 13' pourra être dépourvu de coupleur hydraulique ou mécanique 22.

[0097] Dans la réalisation représentée en figure 4, les amortisseurs 13,13' sont disposés symétriquement par rapport à un plan médian P de la jambe 7 d'un pylône 5.

[0098] Dans d'autres réalisations, non représentées, l'amortisseur 13' est placé au dessus ou en dessous de l'amortisseur 13 et/ou l'axe d'articulation 16' de la bielle 15' par rapport à la poutre 14' est disposé plus à l'extérieur ou plus à l'intérieur que l'axe 14 correspondant de l'amortisseur 13.

[0099] On se rapporte maintenant à la figure 5.

[0100] En plus d'au moins un amortisseur longitudinal tel que décrit ci dessus, au moins un amortisseur transversal 26 peut être mis en place entre une jambe d'un pylône et le tablier.

[0101] Dans la réalisation représentée en figure 5, l'amortisseur transversal 26 comprend une poutre 27 et une bielle 28, la bielle 28 étant montée articulée en rotation autour d'un axe 29 par rapport à la poutre 27.

[0102] La partie extrême 30 de la poutre 27 opposée à l'articulation 29 est placée dans un gabarit de cintrage 31 fixé sur une paroi latérale de la jambe 7, le gabarit 31 comprenant deux surfaces de guidage 32,33 de la déformation plastique de la poutre 27.

[0103] Les surfaces de cintrage 32,33 présentent un rayon de courbure sensiblement constant sur toute leur longueur et sont symétriques par rapport à un plan médian P' de la poutre 27.

[0104] De sorte que le gabarit 30 définit une ouverture 34 de section rectangulaire allant en s'évasant en allant vers l'axe d'articulation 29.

[0105] Dans d'autres modes de réalisation, non représentés, les surfaces de cintrage ne sont pas symétriques l'une de l'autre par rapport au plan P' et/ou ne présentent pas un rayon de courbure constant sur leur longueur.

[0106] Le cas échéant, le gabarit 31 pourra contenir un produit mou, ne résistant pas à la compression mais protégeant la poutre 27 logée dans le gabarit 30 contre les agressions atmosphériques.

[0107] La poutre 27 peut être réalisée en matériau métallique, pourvu le cas échéant d'une protection contre la corrosion.

[0108] La poutre 27 devant pouvoir se déformer plastiquement lorsque l'amortisseur est fortement sollicité, par exemple lors de séismes, le matériau servant à son élaboration devra présenter un comportement non fragile, le niveau de ductilité de ce matériau et son seuil de plasticité étant choisis en fonction de la quantité d'énergie mécanique que l'on souhaite absorber.

[0109] La poutre 27 peut être élaborée à partir de matériaux différents.

[0110] La poutre 27 peut présenter un profilé à inertie variable, de sorte à permettre la plastification de toutes les sections du profilé et ainsi permettre une dissipation efficace de l'énergie mécanique.

[0111] La poutre 27 peut être élaborée par assemblage de plaques métalliques 27a, 27b, 27c, 27d, 27e, de manière analogue à ce qui a été mentionné plus haut pour la poutre 14.

[0112] La bielle 28 est articulée en rotation autour d'un axe 35 par rapport au tablier 1, une pièce 36 définissant l'axe 35 et étant montée solidaire sur une paroi latérale 19 du tablier 1.

[0113] Ainsi qu'il est représenté en figure 5, deux amortisseurs 26, 26' peuvent être prévus sur au moins une jambe d'un pylône 5.

[0114] Ces amortisseurs transversaux peuvent être de structure et de dimensions identiques ou non.

[0115] Dans le mode de réalisation représenté, les amortisseurs 26, 26' sont placés en symétrie par rapport au plan P défini auparavant.

[0116] Les poutres 27, 27' sont, au moins lors de la mise en place des amortisseurs, sensiblement alignées selon une direction parallèle à D1.

[0117] Les bielles 28, 28' sont quant à elles, au moins lors de la mise en place des amortisseurs, sensiblement parallèles à la direction D2.

[0118] Ainsi qu'il apparaît en figure 3, l'axe d'articulation 16 de la bielle 15 d'un amortisseur longitudinal est placé plus à l'extérieur que l'axe d'articulation de la bielle 28 de l'amortisseur transversal 26 placé en regard.

[0119] Dans d'autres modes de réalisation, non représentés, les axes d'articulation 16, 29 des bielles 15, 28 sont sensiblement alignés.

[0120] Dans d'autres modes encore de réalisation, non représentés, l'axe 29 est placé plus à l'intérieur que l'axe 16.

[0121] Le ou les amortisseurs longitudinaux 15, associés à un mât considéré, peuvent être placés au dessus ou en dessous du ou des amortisseurs transversaux 26.

[0122] Dans le mode de réalisation représenté en figure 3, les amortisseurs longitudinaux sont placés en dessus et parallèlement aux amortisseurs transversaux.

[0123] Le cas échéant, plusieurs amortisseurs longitudinaux et/ou plusieurs amortisseurs transversaux peuvent être placés parallèlement au plan T et en regard les uns des autres pour au moins un pylône.

[0124] On se rapporte maintenant aux figures 8 et 9 qui représentent des amortisseurs de l'état de la technique.

[0125] En figures 8 et 9 est représenté un amortisseur transversal ou longitudinal suivant l'orientation par rapport aux directions D1 et D2 de la poutre 37 déformable plastiquement.

[0126] La partie extrême inférieure 38 de la poutre 37 est placée dans un logement 39 de l'entretoise 11 d'un pylône 5.

[0127] La partie extrême supérieure 40 de la poutre 37 est montée articulée autour d'un axe 41 par rapport à une pièce 42 coulissante dans un logement 43 du tablier 1.

[0128] Il est entendu que l'entretoise et le tablier pourraient être des éléments quelconques d'une structure de génie civil, la structure de l'amortisseur étant identique à celle représentée.

[0129] Le logement 39 comporte des moyens de calage 44 de la partie extrême inférieure 38 de la poutre 37.

[0130] En partie supérieure, le logement 39 comprend un gabarit de déformation 45.

[0131] Dans certains modes de réalisation, ce gabarit 45 comprend au moins deux surfaces de guidage de la déformation, sensiblement symétriques par rapport à un plan P" médian à la poutre 37, de rayons de courbure constant sur leur longueur ou non.

[0132] L'ouverture du gabarit 45 est alors de section rectangulaire ou carrée, le gabarit s'évasant régulièrement vers le tablier 1.

[0133] Dans d'autres modes de réalisation le gabarit 45 est sensiblement cylindrique et s'évase vers le tablier 1 à la manière d'une embouchure de trompette.

[0134] L'ouverture du gabarit peut contenir un produit mou, ne résistant pas à la compression mais protégeant la poutre 37 des agressions atmosphériques.

[0135] La poutre 37 est, dans le mode de réalisation représenté, formée par un assemblage de plaques parallèles 37a à 37g, ces plaques étant boulonnées et/ou soudées entre elles par tout procédé adapté connu en soi.

[0136] Le cas échéant, ainsi qu'il est représenté, des bracons 46, 47 sont montés articulés à leur première partie extrême 48 à l'entretoise 11 et sont solidaires, à leur extrémité opposée à la poutre 37, sont directement, soit par l'intermédiaire d'une pièce entourant la poutre 37.

[0137] Le terme bracon est utilisé ici dans la mesure où il désigne de manière conventionnelle une courte pièce de soutien disposé en oblique, les pièces 46, 47 disposées en oblique par rapport à la poutre 37 ayant pour fonction de soutenir celle-ci et de participer au guidage de sa déformation.

[0138] Des plaques de glissement 49 peuvent être prévues entre les parois latérales extrêmes de la pièce 42 et le logement 43 du tablier 1.

[0139] Ces plaques 49 peuvent être en deux parties, l'une en polytétrafluoroéthylène PTFE solidaire du coulisseau 42, l'autre en acier inox solidaire du logement 43.

[0140] D'autres matériaux ayant éventuellement subi un traitement de surface peuvent être envisagés, ainsi qu'il est connu, pour obtenir des coefficients de frottement faibles entre les parois du logement 43 et le coulisseau 42 portant l'axe 41 de rotation de la poutre 37.

[0141] Le dispositif représenté en figures 8 et 9 peut être disposé verticalement ou dans toute autre direction.

[0142] Plusieurs dispositifs du type représenté en figures 8 et 9 peuvent être mis en place lors de la construction d'une structure de génie civil tel qu'un pont à haubans par exemple, ou lors du confortement d'une structure ancienne.

[0143] Le cas échéant, les poutres 37 de chaque amortisseur peuvent être disposées de manière à être déformables dans des directions différentes, par exemple longitudinale, transversale et obliques.

[0144] Dans le deuxième mode de réalisation de l'invention, représenté en figure 10, un amortisseur, longi-

tudinal dans l'exemple considéré, comprend une poutre 50 pouvant être analogue aux poutres 14, 37 décrites auparavant, est placée dans un gabarit de cintrage 51 pouvant être analogue aux gabarits de cintrages 18, 31, 45 décrits précédemment.

[0145] La poutre 50 est articulée en rotation à une bielle 52, autour d'un axe 53.

[0146] La bielle 52 est elle-même articulée à un coupleur hydraulique ou mécanique, du type décrit précédemment, ce coupleur 54 étant solidaire du tablier 1.

[0147] Dans le mode de réalisation des figures 8 à 10, l'amortisseur travaille comme une console, la bielle articulée de l'amortisseur longitudinal assurant la transmission des efforts entre le tablier et le pylône.

[0148] On se rapporte maintenant aux figures 11 à 13 qui illustrent un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0149] Dans ce troisième mode de réalisation, deux amortisseurs 55, 56 pourvus chacun d'une poutre déformable plastiquement 57, 58 sont placés entre l'entretoise 11 et le tablier 1 du pont.

[0150] Il est entendu ici encore que le tablier 1 et l'entretoise 11 pourraient être deux pièces quelconques d'une structure de génie civil, susceptibles de se déplacer l'une par rapport à l'autre sous l'effet par exemple de contraintes liées aux séismes.

[0151] Chaque poutre 57, 58 peut être déformée plastiquement sur des gabarits de déformation 59, 60, 61, 62.

[0152] Plus précisément, la poutre 58 de l'amortisseur longitudinal 56 est guidée dans sa déformation plastique éventuelle par deux surfaces courbes 63, 64 à simple rayon de courbure sensiblement constant.

[0153] Ces surfaces courbes 63, 64 sont sensiblement symétriques par rapport à un plan médian à la poutre 58, dans le mode de réalisation représenté.

[0154] Dans d'autres modes de réalisation, non représentés, les surfaces 63, 64 ne sont pas symétriques l'une de l'autre et/ou présentent un rayon de courbure variable d'un bord 65 à l'autre bord 66.

[0155] Les deux extrémités de la poutre 58 sont articulées en rotation autour d'axes 67, 68 sensiblement parallèles, par rapport à deux bielles 69, 70 respectivement.

[0156] La bielle 69 est elle-même articulée en rotation autour d'un axe 71 par rapport à un coupleur hydraulique ou mécanique 72, du type analogue à ceux définis ci-dessus.

[0157] De même, la bielle 70 est articulée en rotation autour d'un axe 73 par rapport à un coupleur hydraulique ou mécanique 74.

[0158] Lors de la mise en place de l'amortisseur 56 pour un fonctionnement en mode longitudinal, la poutre 58 est sensiblement placée selon la direction D2 et les bielles 70, 71 sont sensiblement parallèles à la direction D1.

[0159] Les axes d'articulation 67, 68, 71 et 73 sont alors sensiblement parallèles entre eux et perpendicu-

lares au plan T.

[0160] La poutre 57 de l'amortisseur 55 est placée à l'origine selon la direction D1, l'amortisseur 55 étant alors transversal.

[0161] Cette poutre 57 est guidée dans sa déformation plastique éventuelle par deux gabarits de guidage 59, 60 comprenant deux surfaces de guidage à simple courbure sensiblement constante 75, 76, symétriques par rapport à un plan médian à la poutre 57, dans le mode de réalisation représenté.

[0162] La poutre 57 est articulée en rotation autour d'axes 77, 78 par rapport à deux bielles 79, 80 respectivement.

[0163] Ces bielles 79, 80 sont elles mêmes articulées en rotation autour d'axes 81, 82 définis par des pièces support d'axes 83, 84 solidaires du tablier 1.

[0164] Lorsque l'amortisseur 55 est mis en place, la poutre 57 est sensiblement disposée selon la direction D1 et les bielles 79, 80 sont sensiblement parallèles à la direction D2.

[0165] Les axes 77, 78, 81, 82 sont alors sensiblement parallèles entre eux et perpendiculaires au plan T.

[0166] Dans le mode de réalisation représenté en figures 11 à 13, les gabarits 59, 60, 61 et 62 sont solidaires de l'entretoise 11 et les bielles 69, 70, 79, 80 sont liaisonnées au tablier 1 par des articulations.

[0167] Dans d'autres modes de réalisation, non représentés, les gabarits sont à l'inverse solidaires du tablier 1 et les bielles sont liaisonnées à l'entretoise 11 par des articulations.

[0168] Chaque pylône du pont peut être pourvu d'au moins un ensemble représenté en figures 11 à 13.

[0169] Dans un mode de réalisation, le tablier 1 est monté solidaire d'un pylône du pont, au moins vis à vis des sollicitations longitudinales, les autres pylônes étant pourvus de moyens amortisseurs.

[0170] En service normal du pont, les amortisseurs décrits ci dessus en référence aux trois modes de réalisation de l'invention, permettent de limiter les déplacements liés au vent et d'assurer un bon fonctionnement des joints de chaussée situés aux extrémités de l'ouvrage, tout en assurant une dissipation d'une majeure partie de l'énergie mécanique associée aux ondes sismiques sans dommages irrémédiable pour l'ouvrage et en préservant la sécurité des usagers.

[0171] Il est rappelé que l'invention n'est nullement limitée au domaine des ponts à haubans mais concerne également le domaine des ponts suspendus ou du manière générale celui des structures dans lesquelles deux éléments de structure de génie civil sont susceptibles d'être entraînées en déplacement l'une par rapport à l'autre.

Revendications

1. Dispositif parasismique comprenant des moyens de liaison (13, 13', 26, 26', 55, 56) permettant de

relier entre elles deux pièces mobiles (1, 5) et de limiter le déplacement relatif de ces deux pièces mobiles (1, 5) l'une par rapport à l'autre, ces moyens de liaison (13, 13', 26, 26', 55, 56) comprenant une poutre (14, 27, 27', 50, 57, 58) apte à subir une déformation plastique lors du déplacement relatif des pièces mobiles (1, 5) l'une par rapport à l'autre et des moyens de guidage (18, 31, 51, 59, 60, 61, 62) de la déformation plastique de la poutre (14, 27, 27', 50, 57, 58), ces moyens de guidage (18, 31, 51, 59, 60, 61, 62) pouvant être fixés à l'une quelconque des pièces mobiles (1, 5), le dispositif étant **caractérisé en ce que** les moyens de liaison (13, 13', 26, 26', 55, 56) comportent en outre une bielle (15, 15', 28, 28', 52, 69, 70, 79, 80) dont une première extrémité est articulée autour d'un premier axe (16, 16', 29, 29', 53, 67, 68, 77, 78) à une partie extrême de la poutre (14, 27, 27', 50, 57, 58) et dont une deuxième extrémité est agencée pour permettre à ladite bielle (15, 15', 28, 28', 52, 69, 70, 79, 80) d'être articulée à l'autre pièce mobile (5, 1) autour d'un deuxième axe (20, 20', 35, 71, 73, 81, 82) sensiblement parallèle au premier axe (16, 16', 29, 29', 53, 67, 68, 77, 78).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la poutre (14, 27, 37, 50, 57, 58) et la bielle (15, 27, 52, 69, 70, 79, 80) sont disposées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre lors de la mise en place du dispositif.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'un** coupleur hydraulique ou mécanique est relié d'une part au corps de bielle et d'autre part à la pièce mobile par rapport à laquelle la bielle est articulée.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la poutre (14, 27, 37, 50, 57, 58) est formée dans un matériau choisi parmi le groupe comprenant les aciers et alliages métalliques, les composites à matrice métallique.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les moyens de guidage de la déformation plastique comprennent au moins une pièce mécanique définissant une surface courbe continue ou discontinue contre laquelle plie la partie des moyens de liaison (14, 27, 37, 50, 57, 58) apte à subir une déformation plastique, lors de la dite déformation.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la partie extrême (17,30) de la poutre (14,27) non liée à la bielle (15,28) est placée dans un gabarit (18, 31) de cintrage solidaire d'une des pièces mobiles (1, 11)..

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la partie des moyens de liaison apte à subir une déformation plastique comprend au moins une poutre métallique (50) dont une première partie extrême s'étend dans un logement d'une première pièce mobile (1, 11), la seconde partie extrême de ladite poutre étant articulée à une bielle (52), le tronçon intermédiaire de ladite poutre (50) qui se trouve entre la première partie extrême et le point d'articulation à ladite bielle étant libre de se déformer, la surface courbe de guidage de déformation plastique étant située à l'extrémité dudit logement de ladite pièce mobile.
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la poutre (14, 27, 37, 50, 57, 58) est de section générale rectangulaire, la surface courbe de guidage de la déformation plastique de ladite poutre étant en forme d'une partie de cylindre.
9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la surface de guidage de la déformation plastique est formée par deux surfaces courbes disposées de part et d'autre de la poutre et symétriques par rapport à un plan médian de ladite poutre.
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la poutre est de section générale circulaire, la surface courbe de guidage de la déformation plastique étant formée par une section de la surface d'un tore analogue à la surface d'un pavillon de trompette, d'axe de symétrie sensiblement confondu à celui de la poutre.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la première et la seconde pièce mobile (1, 11) sont en béton, en acier ou matériau analogue.
12. Ouvrage d'art tel qu'un pont, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un dispositif parasismique tel que définit dans l'une des revendications 1 à 11.
13. Ouvrage d'art selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'il** s'agit d'un pont à haubans, comprenant au moins un pylône (5) pourvu d'une entretoise (11) formant une des pièces mobiles, le tablier du pont formant l'autre pièce mobile.
14. Pont selon la revendication 13, son tablier s'étendant selon une direction longitudinale D1, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un dispositif parasismique formant amortisseur longitudinal, ledit dispositif comprenant une poutre métallique déformable plastiquement dont une partie extrême (17) est logée dans un gabarit de cintrage (18) fixé au tablier (1), ladite poutre s'étendant au repos dans

une direction D2 sensiblement perpendiculaire à la direction D1 et étant articulée à une bielle (15) s'étendant selon la direction D1, ladite bielle étant elle-même articulée à une jambe de pylône du pont.

15. Pont selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** l'amortisseur longitudinal est pourvu d'un coupleur hydraulique ou mécanique (22) reliant le corps de bielle (15) à l'axe d'articulation (20) de ladite bielle (15) d'une jambe du pylône (5) du pont.
16. Pont selon l'une quelconque des revendications 14 ou 15, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins deux amortisseurs longitudinaux disposés symétriquement par rapport à un plan P médian à une jambe d'un pylône (5).
17. Pont selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un dispositif parasismique formant amortisseur transversal, ledit dispositif comprenant une poutre métallique (27) dont une première partie extrême (30) est placée dans un gabarit de cintrage (31) solidaire d'une jambe du pylône, ladite poutre (27) étant disposée selon la direction D1 et étant articulée à une bielle (28), ladite bielle étant placée au repos selon une direction D2 sensiblement perpendiculaire à D1, ladite bielle (28) étant articulée au tablier (1) par rapport à un axe (35) sensiblement parallèle à l'axe d'articulation (29) de la poutre (27) par rapport à la bielle (28).

Patentansprüche

1. Erdbebensicherungs-Vorrichtung mit der Verbindung von zwei mobilen Teilen (1, 5) untereinander und die Begrenzung der relativen Verschiebung dieser beiden mobilen Teile (1, 5) im Verhältnis zueinander erlaubenden Verbindungsmitteln (13, 13', 26, 26', 55, 56), wobei diese Verbindungsmittel (13, 13', 26, 26', 55, 56) einen Balken (14, 27, 27', 50, 57, 58) umfassen, der geeignet ist, bei der relativen Verschiebung der mobilen Teile (1, 5) im Verhältnis zueinander und der Führungsmittel (18, 31, 51, 59, 60, 61, 62) der plastischen Verformung des Balkens (14, 27, 27', 50, 58) plastisch verformt zu werden, wobei diese Führungsmittel (18, 31, 51, 59, 60, 61, 62) an einem beliebigen mobilen Teil (1, 5) befestigt sein können, wobei die Vorrichtung **dadurch gekennzeichnet ist, dass** die Verbindungsmittel (13, 13', 26, 26', 55, 56) darüber hinaus ein Zwischenglied (15, 15', 28, 28', 69, 70, 79, 80) umfassen, von dem ein erstes Ende um eine erste Achse (16, 16', 29, 29', 53, 67, 68, 77, 78) an einem Endteil des Balkens (14, 27, 27', 50, 57, 58) artikuliert ist und von dem ein zweites Ende angeordnet ist, um dem genannten Zwischenglied (15, 15', 28, 28', 52, 69,

70, 79, 80) an dem anderen mobilen Teil (5, 1) um eine zweite, zur ersten Achse (16, 16', 29, 29', 53, 67, 68, 77, 78) deutlich parallelen Achse (20, 20', 35, 71, 73, 81, 82) artikuliert zu werden.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Balken (14, 27, 37, 50, 57, 58) und das Zwischenglied (15, 27, 52, 69, 70, 79, 80) beim Einsetzen der Vorrichtung lotrecht im Verhältnis zueinander angeordnet werden. 5
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein hydraulischer oder mechanischer Koppler einerseits mit dem Korpus des Zwischengliedes und andererseits mit dem mobilen Teil verbunden wird, im Verhältnis zu dem das Zwischenglied artikuliert ist. 10
4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Balken (14, 27, 37, 50, 57, 58) aus einem aus Stählen und Metalllegierungen, Verbundmetallen mit Metallmatrix umfassenden Gruppe ausgewählten Material gebildet wird. 15
5. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führungsmittel der plastischen Verformung wenigstens ein eine kontinuierliche oder diskontinuierliche gekrümmte Fläche definierendes mechanisches Stück umfassen, gegen die der Teil der Verbindungsmittel (14, 27, 37, 50, 57, 58) gefaltet wird, der geeignet ist, bei der genannten Verformung plastisch verformt zu werden. 20
6. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Endteil (17, 30) des nicht mit dem Zwischenglied (15, 28) verbundenen Balkens (14, 27) in eine mit einem der mobilen Teile (1, 11) fest verbundenen Krümmungs-Vorrichtung (18, 31) platziert wird. 25
7. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Teil der Verbindungsmittel, der geeignet ist, plastisch verformt zu werden, wenigstens einen Metallbalken (50) umfasst, von dem sich ein erster Endteil in einer Aufnahme eines ersten mobilen Teils (1, 11) erstreckt, wobei der zweite Endteil des genannten Balkens an einem Zwischenglied (52) artikuliert ist, der Zwischenabschnitt des genannten Balkens (50), wobei der sich zwischen dem ersten Endteil und dem Artikulationspunkt an dem genannten Zwischenglied befindet, zur Verformung frei ist, wobei die gekrümmte Führungsfläche zur plastischen Verformung sich am Ende der genannten Aufnahme des genannten mobilen Teils befindet. 30
8. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Balken (14, 27, 37, 50, 57 35

58) einen allgemeinen rechteckigen Querschnitt aufweist, wobei die gekrümmte Führungsfläche zur plastischen Verformung des genannten Balkens die Form eines Zylinderteils aufweist.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führungsfläche zur plastischen Verformung durch zwei, auf jeder Seite des Balkens angeordnete und im Verhältnis zu einer medianen Ebene des genannten Balkens gekrümmte Flächen gebildet wird. 40
10. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Balken einen allgemeinen kreisrunden Querschnitt hat, wobei die gekrümmte Führungsfläche zur plastischen Verformung durch einen Abschnitt der Fläche eines zur Fläche eines Trompetentrichters analogen Torus mit deutlich mit der des Balkens zusammenfallender Symmetrieachse gebildet wird. 45
11. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und zweite mobile Teil (1, 11) aus Beton, aus Stahl oder analogem Material sind. 50
12. Kunstwerk, wie zum Beispiel eine Brücke, **dadurch gekennzeichnet, dass** es wenigstens eine Erdbbensicherungs-Vorrichtung gemäß Definition in Anspruch 1 bis 11 umfasst. 55
13. Kunstwerk gemäß Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich um eine Schrägseilbrücke mit wenigstens einem mit einem eines der mobilen Teile bildenden Steg (11) versehenen Pylon (5) handelt, wobei die Fahrbahnplatte der Brücke das andere mobile Teil bildet. 60
14. Brücke gemäß Anspruch 13, wobei sich ihre Fahrbahndecke gemäß einer Längsrichtung D1 erstreckt, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie wenigstens eine einen länglichen Dämpfer bildende Erdbbensicherungs-Vorrichtung umfasst, wobei die genannte Vorrichtung einen plastisch verformbaren Metallbalken umfasst, dessen eines Endteil (17) in einer an der Fahrbahnplatte (1) befestigten Krümmungs-Vorrichtung (18) untergebracht ist, wobei der genannte Balken sich in Ruhestellung in einer zur Richtung D1 deutlich lotrechten Richtung D2 erstreckt und an einem sich gemäß der Richtung D1 erstreckenden Zwischenglied (15) artikuliert ist, wobei das genannte Zwischenglied selbst an einem Pylonbein der Brücke artikuliert ist. 65
15. Brücke gemäß Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der längliche Dämpfer mit einem den Korpus des Zwischengliedes (15) mit der Artikulationsachse (20) des genannten Zwischenglied- 70

des (15) eines Beins des Pylons (5) der Brücke verbindenden hydraulischen oder mechanischen Koppler (22) versehen ist.

16. Brücke gemäß Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie wenigstens zwei im Verhältnis zu einer medianen Ebene P symmetrisch zu einem Bein eines Pylons (5) angeordnete längliche Dämpfer umfasst.

17. Brücke gemäß Anspruch 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie wenigstens eine einen transversalen Dämpfer umfassende Erdbbensicherungs-Vorrichtung umfasst, wobei die genannte Vorrichtung einen Metallbalken (27) umfasst, dessen erstes Endteil (30) in einer mit einem Bein des Pylons fest verbundenen Krümmungs-Vorrichtung (31) platziert ist, wobei der genannte Balken (27) gemäß der Richtung D1 angeordnet ist und an einem Zwischenglied (28) artikuliert ist, wobei das genannte Zwischenglied in Ruhestellung gemäß einer zu D1 deutlich lotrechten Richtung D2 platziert ist, wobei das genannte Zwischenglied (28) an der Fahrbahnplatte (1) im Verhältnis zu einer zur Artikulationsachse (29) des Balkens (27) im Verhältnis zum Zwischenglied (28) deutlich parallelen Achse (35) artikuliert ist.

Claims

1. An earthquake protection device comprising connection means (13, 13', 26, 26', 55, 56) for connecting together two movable pieces (1, 5) and limiting the relative movement of these two movable pieces (1, 5) with respect to each other, these connection means (13, 13', 26, 26', 55, 56) comprising a beam (14, 27, 27', 50, 57, 58) able to undergo plastic deformation during the relative movement of the movable pieces (1, 5) with respect to each other and means (18, 31, 51, 59, 60, 61, 62) of guiding the plastic deformation of the beam (14, 27, 27', 50, 57, 58), these guidance means (18, 31, 51, 59, 60, 61, 62) being able to be fixed to either of the movable pieces (1, 5), the device being **characterised in that** the connection means (13, 13', 26, 26', 55, 56) also comprise a connecting rod (15, 15', 28, 28', 52, 69, 70, 79, 80), a first end of which is articulated about a first axis (16, 16', 29, 29', 53, 67, 68, 77, 78) at an extreme end of the beam (14, 27, 27', 50, 57, 58) and a second end of which is arranged so as to enable the said connecting rod (15, 15', 28, 28', 52, 69, 70, 79, 80) to be articulated on the other movable piece (5, 1) about a second axis (20, 20', 35, 71, 73, 81, 82) substantially parallel to the first axis (16, 16', 29, 29', 53, 67, 68, 77, 78).

2. A device according to Claim 1, **characterised in**

that the beam (14, 27, 37, 50, 57, 58) and the connecting rod (15, 27, 52, 69, 70, 79, 80) are disposed perpendicular to each other when the device is put in place.

3. A device according to Claim 1 or 2, **characterised in that** a hydraulic or mechanical coupler is connected on the one hand to the connecting-rod body and on the other hand to the movable piece with respect to which the connecting rod is articulated.

4. A device according to any one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the beam (14, 27, 37, 50, 57, 58) is formed from a material chosen from amongst a group comprising steels and metallic alloys, and composites with a metallic matrix.

5. A device according to any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the means of guiding the plastic deformation comprise at least one mechanical piece defining a continuous or discontinuous curved surface against which the part of the connection means (14, 27, 37, 50, 57, 58) able to undergo plastic deformation folds, during the said deformation.

6. A device according to any one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the end part (17, 30) of the beam (14, 27) not connected to the connecting rod (15, 28) is placed in a curving jig (18, 31) fixed to one of the movable pieces (1, 11).

7. A device according to any one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the part of the connection means able to undergo plastic deformation comprises at least one metallic beam (50), a first end part of which extends in a housing in a first movable piece (1, 11), and a second end part of the said beam being articulated on a connecting rod (52), the intermediate portion of the said beam (50) situated between the first end part and the point of articulation on the said connecting rod being free to deform, the curved plastic deformation guide surface being situated at the end of the said housing in the said movable piece.

8. A device according to any one of Claims 1 to 7, **characterised in that** the beam (14, 27, 37, 50, 57, 58) has a rectangular cross section overall, the curved plastic deformation guide surface of the said beam being in the form of a part of a cylinder.

9. A device according to Claim 8, **characterised in that** the plastic deformation guide surface is formed by two curved surfaces disposed on each side of the beam and symmetrical with respect to a mid-plane of the said beam.

10. A device according to any one of Claims 1 to 7, **characterised in that** the beam has a circular cross section overall, the curved plastic deformation guide surface being formed by a section of the surface of a torus similar to the surface of a trumpet bell, with its axis of symmetry substantially merged with that of the beam. 5
11. A device according to any one of Claims 1 to 10, **characterised in that** the first and second movable pieces (1, 11) are made from concrete, steel or similar material. 10
12. A construction such as a bridge, **characterised in that** it comprises at least one earthquake protection device as defined in one of Claims 1 to 11. 15
13. A construction according to Claim 12, **characterised in that** it is a case of a cable-stayed bridge, comprising at least one tower (5) provided with a brace (11) forming one of the movable pieces, the bridge deck forming the other movable piece. 20
14. A bridge according to Claim 13, its deck extending in a longitudinal direction D1, **characterised in that** it comprises at least one earthquake protection device forming a longitudinal damper, the said device comprising a plastically deformable metallic beam, one end part (17) of which is housed in a curving jig (18) fixed to the deck (1), the said beam extending at rest in a direction D2 substantially perpendicular to the direction D1 and being articulated on a connecting rod (15) extending in the direction D1, the said link being itself articulated on a bridge tower leg. 25 30 35
15. A bridge according to Claim 14, **characterised in that** the longitudinal damper is provided with a hydraulic or mechanical coupler (22) connecting the connecting rod body (15) to the articulation axis (20) of the said connecting rod (15) of a leg of the bridge tower (5). 40
16. A bridge according to any one of Claims 14 or 15, **characterised in that** it comprises at least two longitudinal dampers disposed symmetrically with respect to a mid-plane P on a leg of a tower (5). 45
17. A bridge according to any one of Claims 14 to 16, **characterised in that** it comprises at least one earthquake protection device forming a transverse damper, the said device comprising a metallic beam (27), a first end part (30) of which is placed in a curving jig (31) fixed to a leg of the tower, the said beam (27) being disposed in the direction D1 and being articulated on a connecting rod (28), the said connecting rod being placed at rest in a direction D2 substantially perpendicular to D1, the said connect- 50 55
- ing rod (28) being articulated on the deck (1) with respect to an axis (35) substantially parallel to the articulation axis (29) of the beam (27) with respect to the connecting rod (28).

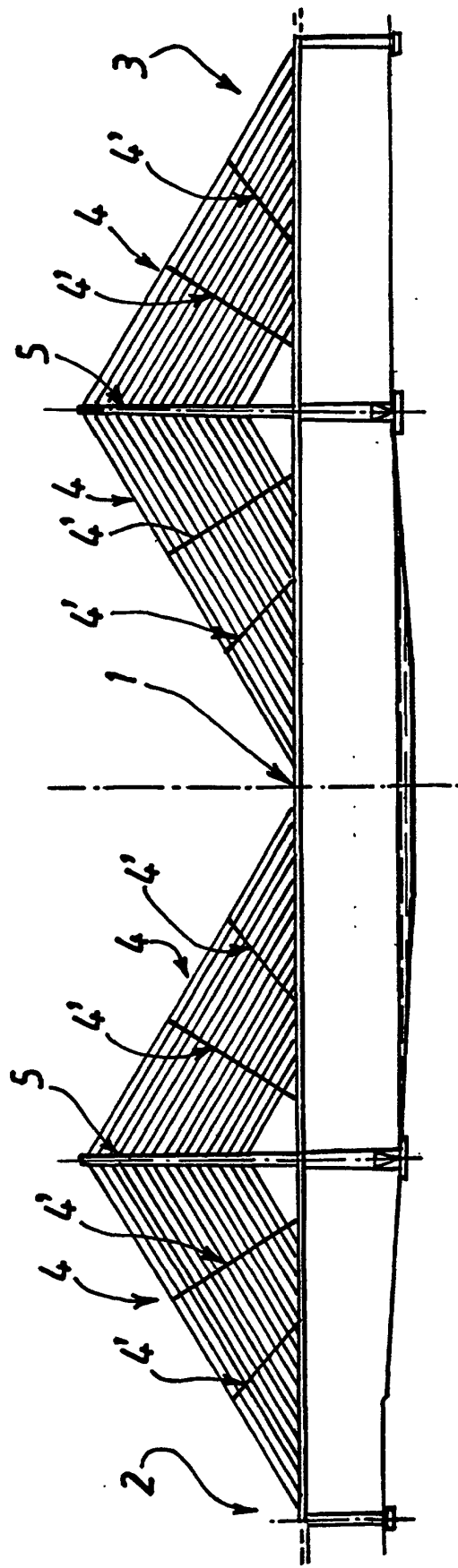
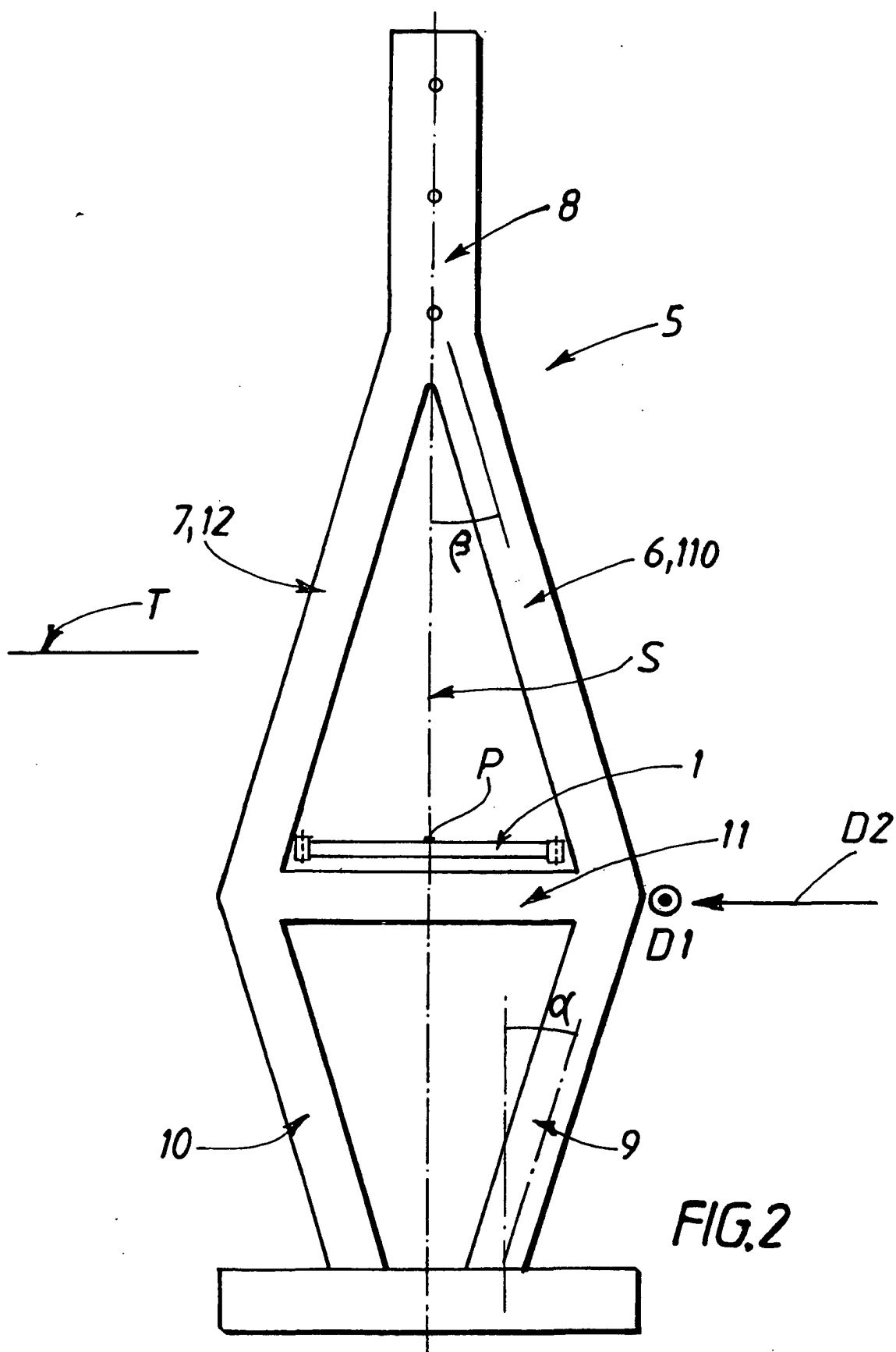
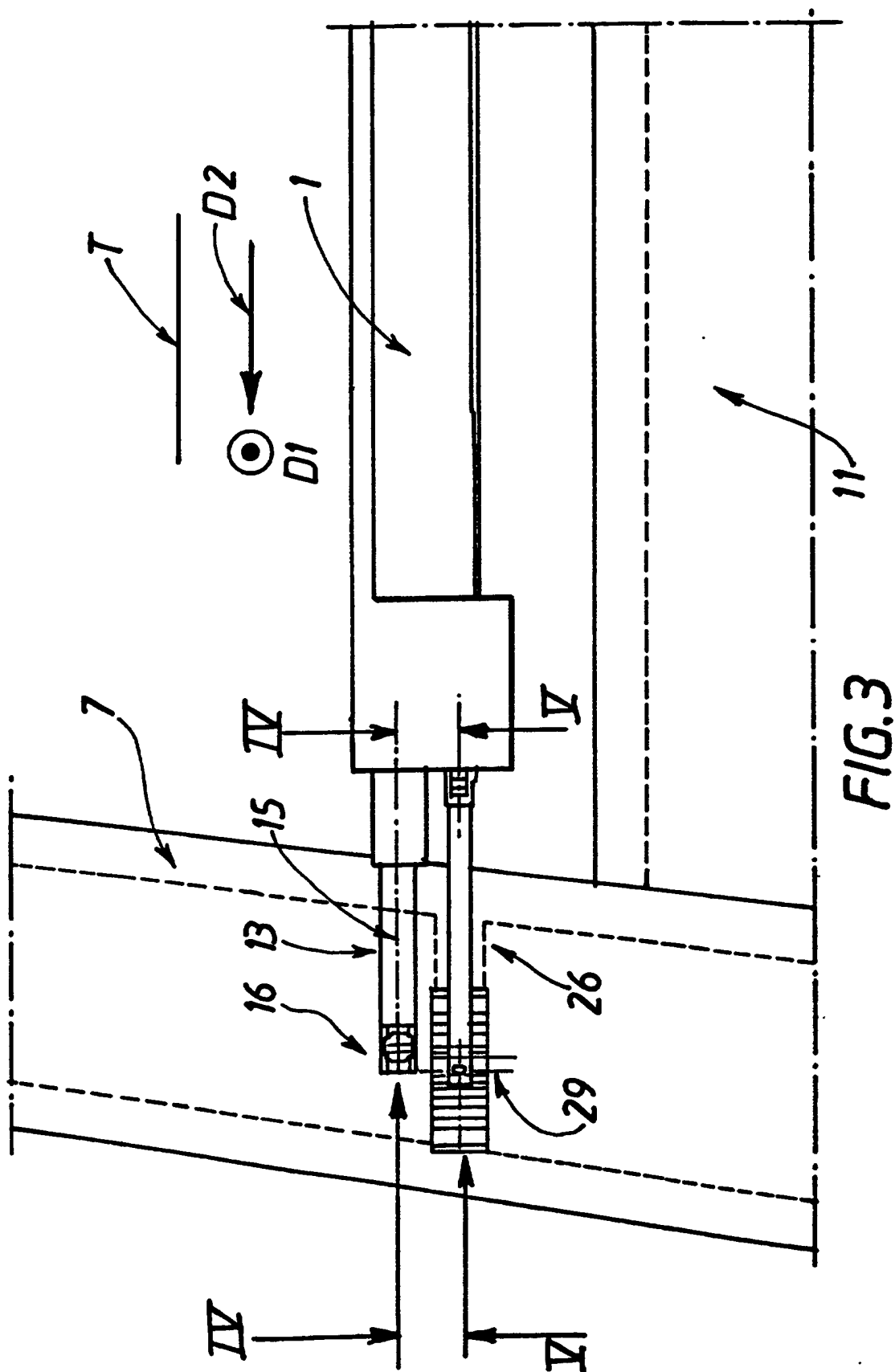
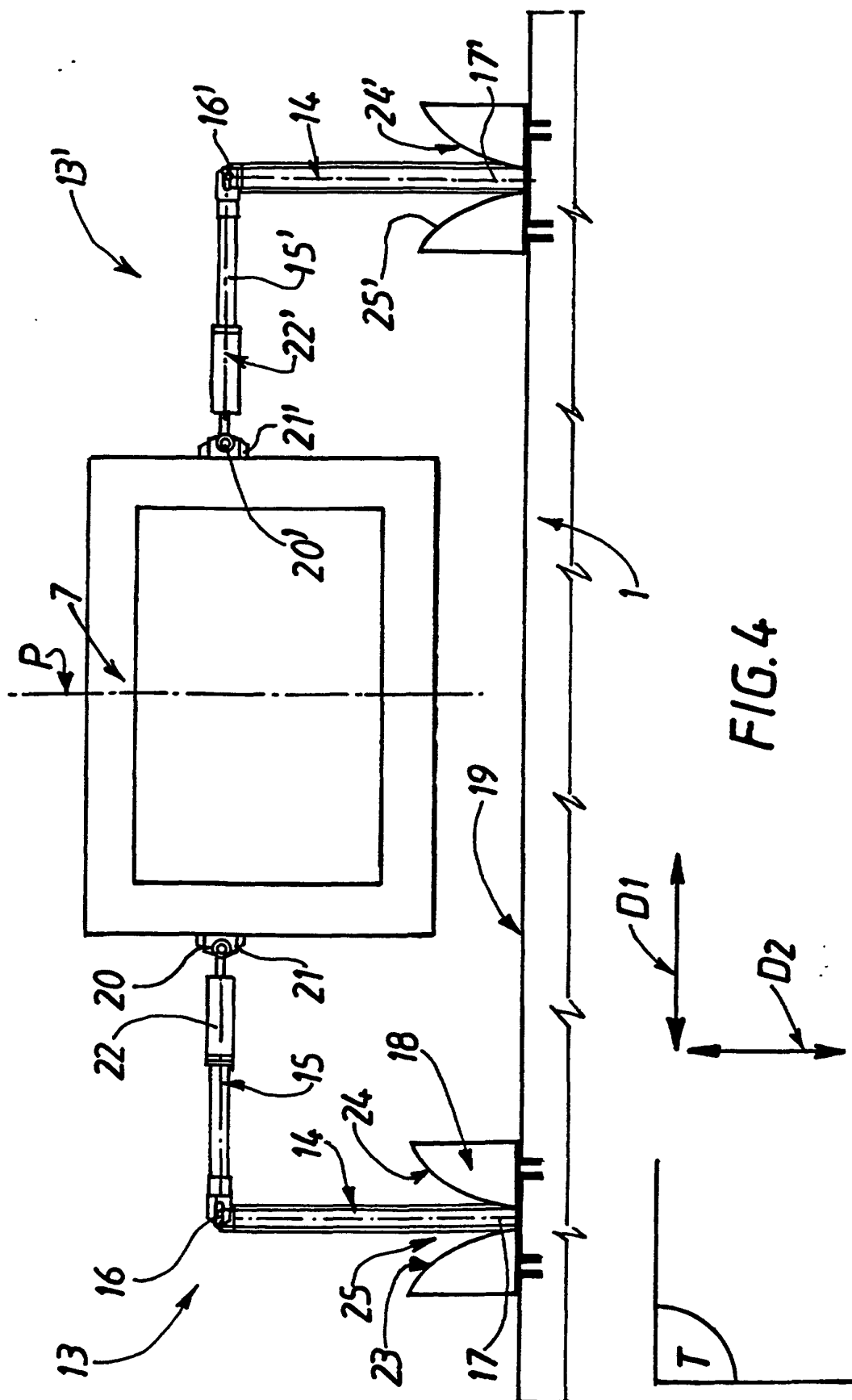
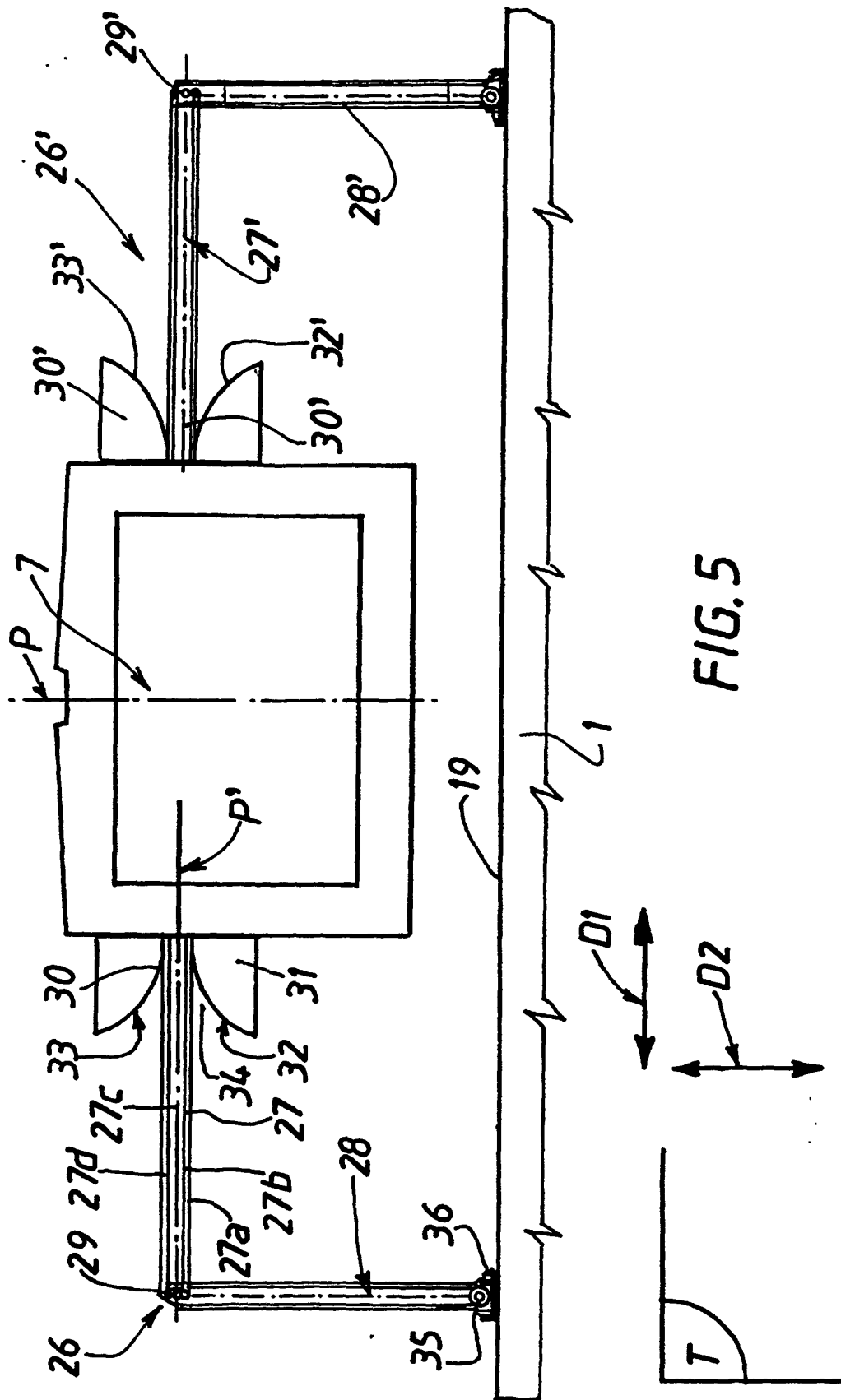


FIG. 1









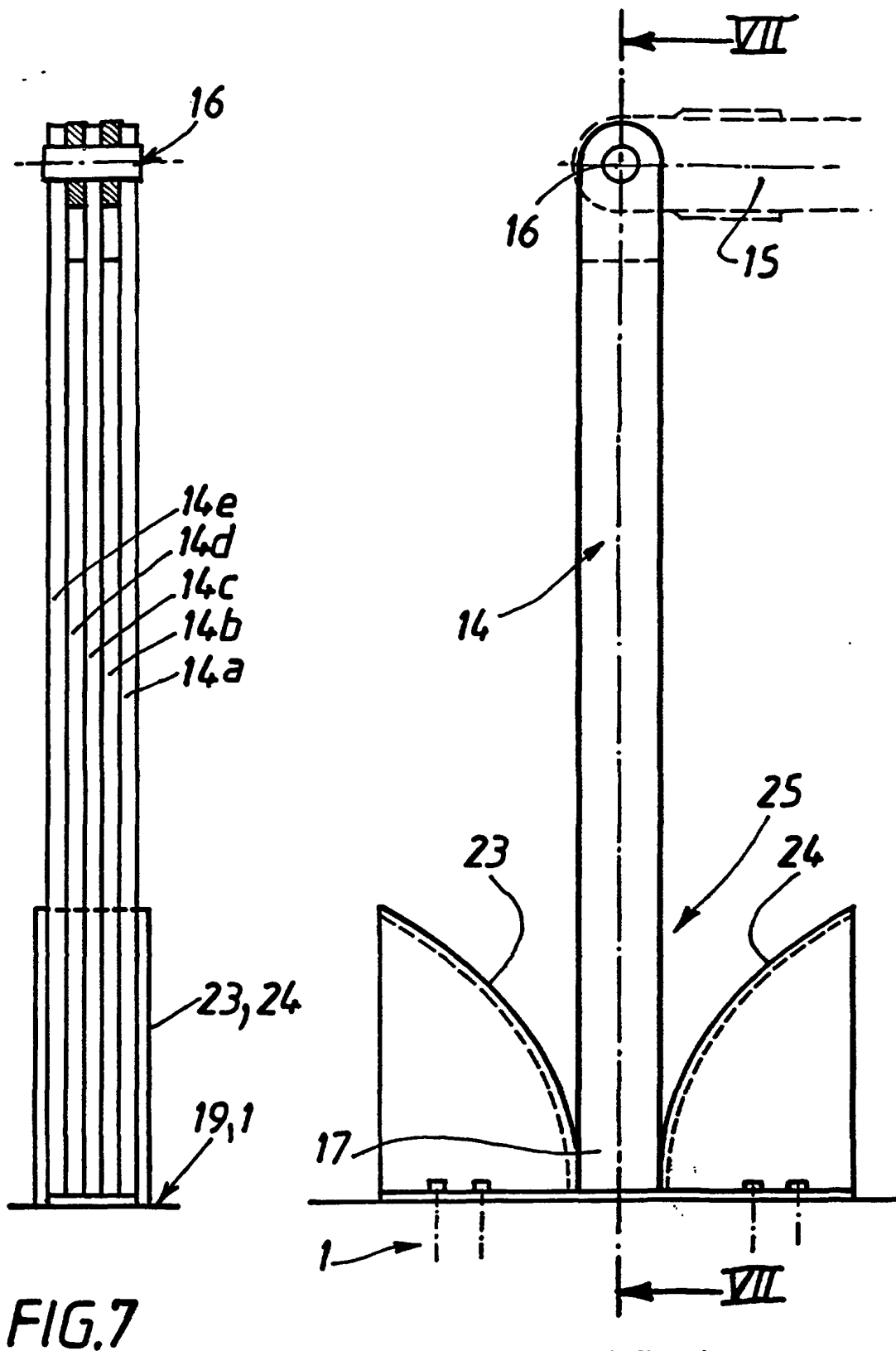
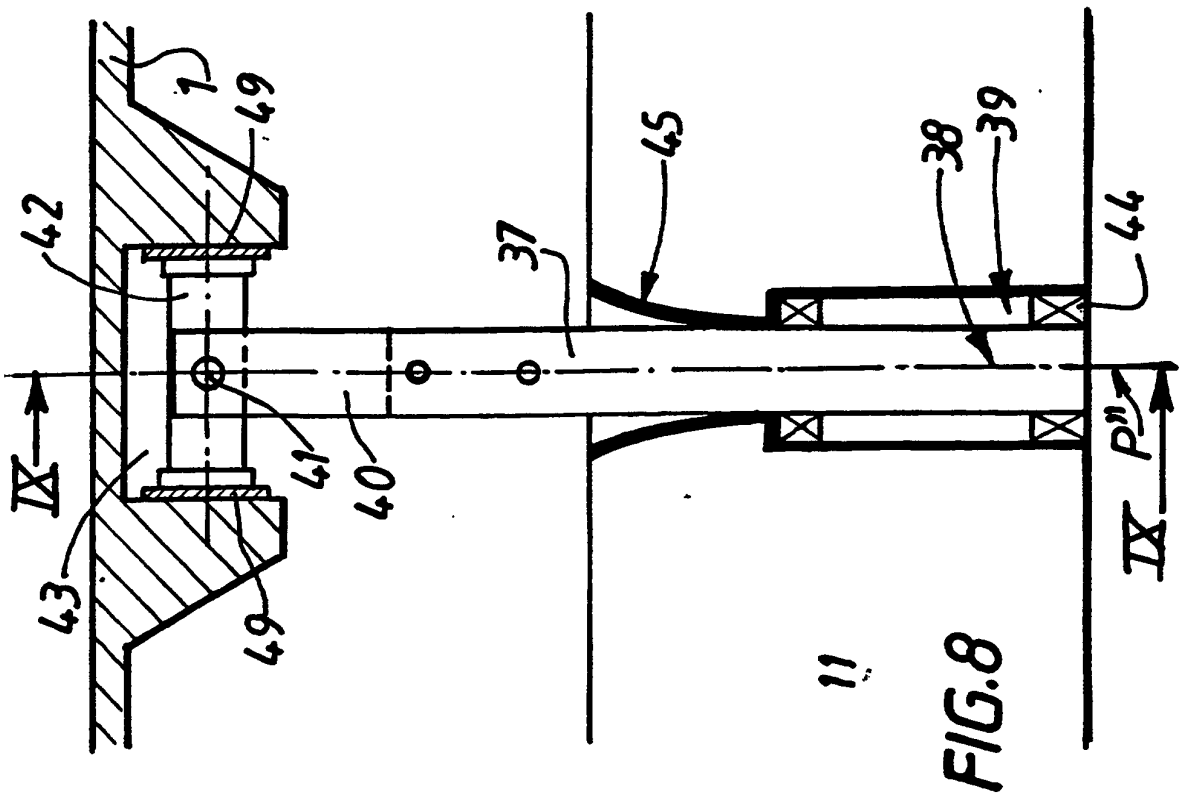
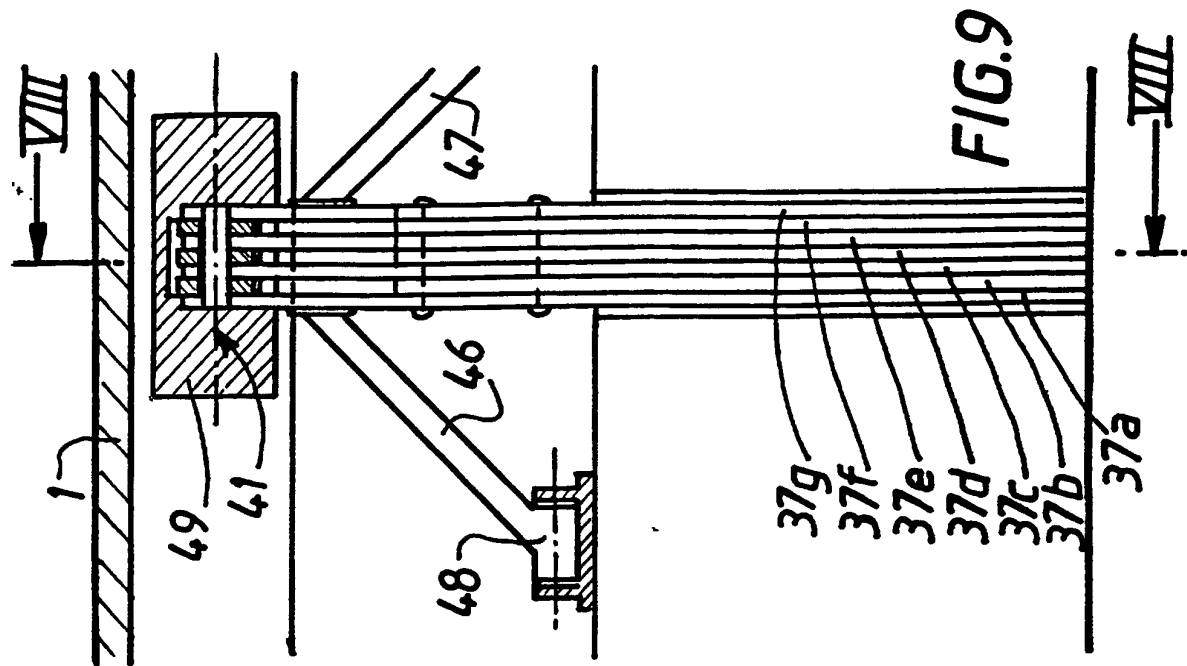
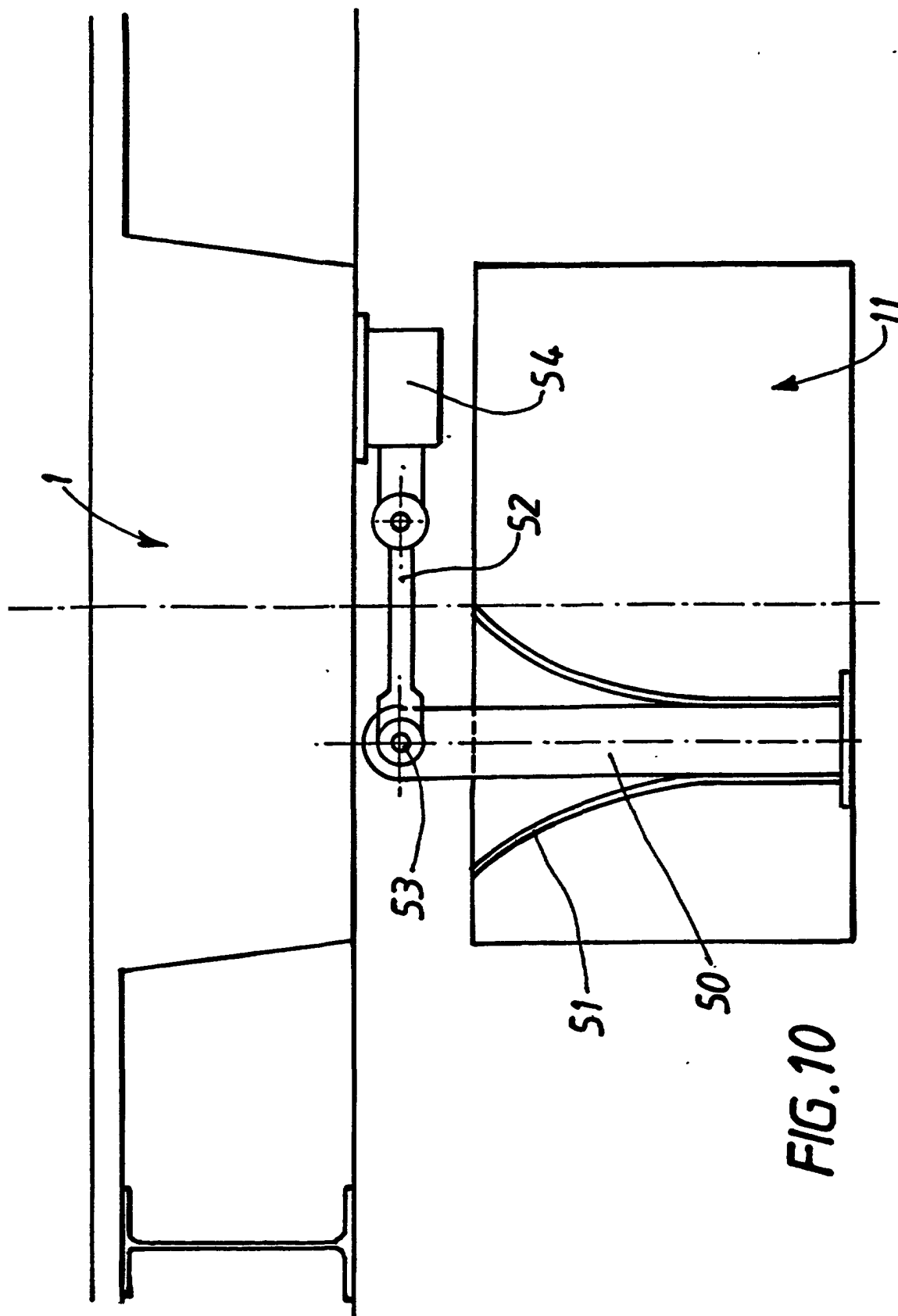
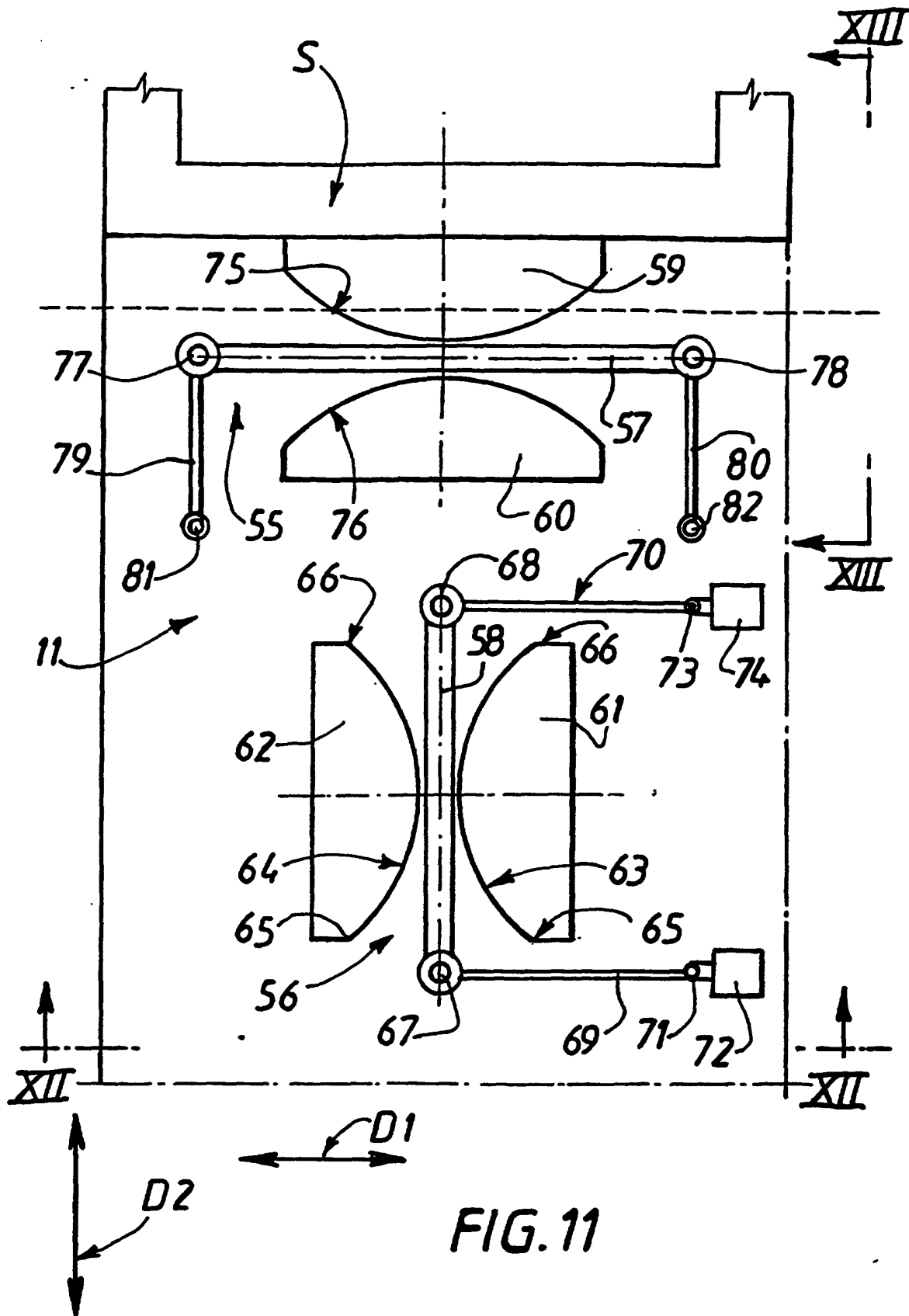


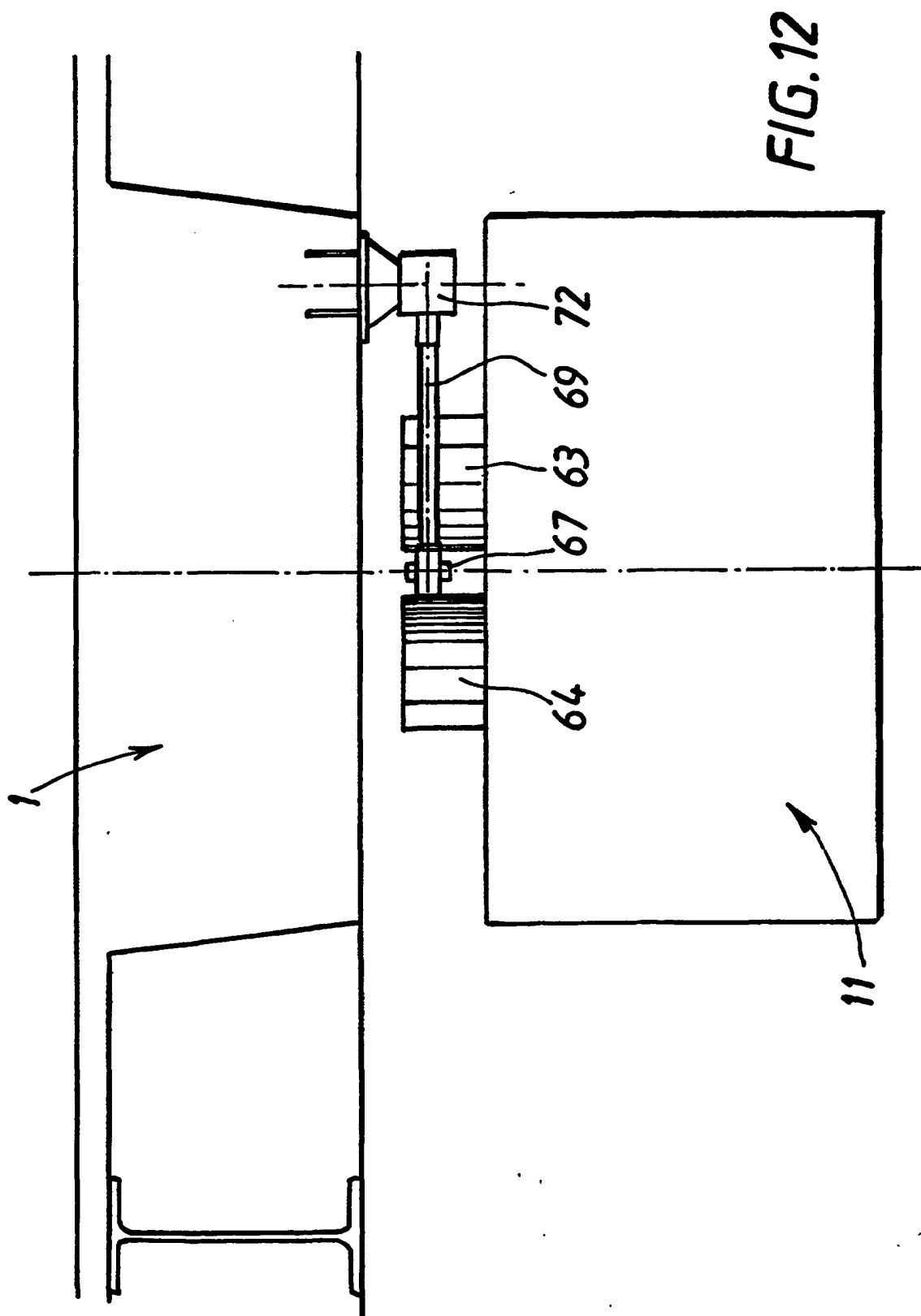
FIG.7

FIG. 6









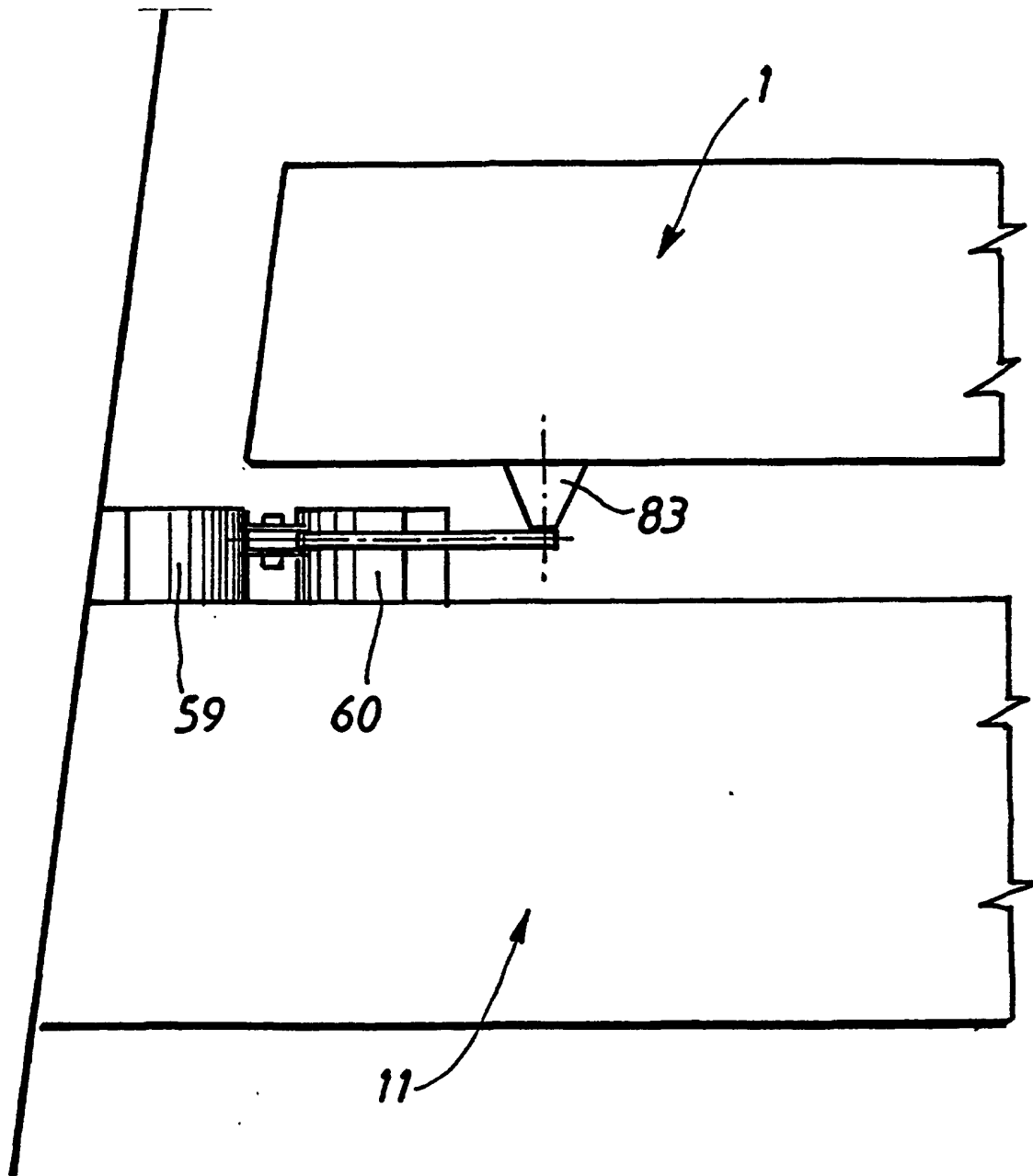


FIG.13