

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年1月28日(28.01.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/013328 A1

- (51) 国際特許分類:
E02D 5/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/067008
- (22) 国際出願日: 2015年6月12日(12.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-150437 2014年7月24日(24.07.2014) JP
- (71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松宮 弘信(MATSUMIYA Hironobu); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 北濱 雅司(KITAHAMA Masashi); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 石濱 吉郎(ISHIHAMA Yoshiroh); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 妙中 真治(TAENAKA Shinji); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

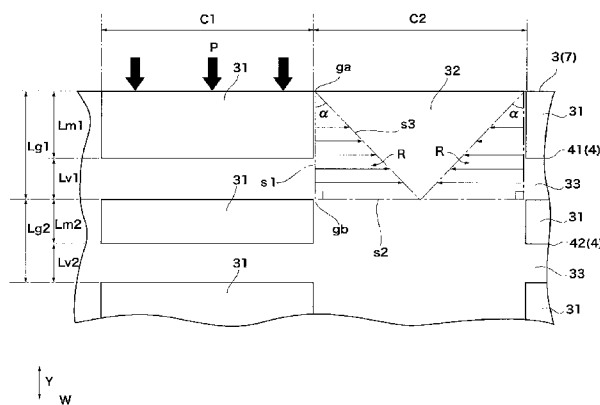
- Tokyo (JP). 望月 惟史(MOCHIZUKI Tadachika); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 小林 義法(KOBAYASHI Yoshinori); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 坂本 俊彦(SAKAMOTO Toshihiko); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: JOINT STRUCTURE FOR STEEL PIPE PILES

(54) 発明の名称: 鋼管杭の継手構造

【図10】



(57) Abstract: This joint structure for steel pipe piles is used to join a first steel pipe pile and a second steel pipe pile in series and comprises: an externally fitting end that is provided on one end of the first steel pipe pile and that has a plurality of externally fitting step portions; and an internally fitting end that is provided on one end of the second steel pipe pile and that has a plurality of internally fitting step portions. The plate thickness of an externally fitting valley portion is formed to be larger the closer the respective externally fitting step portion is to the first steel pipe pile. The plate thickness of an internally fitting valley portion is formed to be larger the closer the respective internally fitting step portion is to the second steel pipe pile. The number of externally fitting peak portions for each externally fitting step portion and the number of internally fitting peak portions for each internally fitting step portion is each 8 or greater. The externally fitting end and/or the internally fitting end satisfy a prescribed relational expression.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/013328 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

第 1 鋼管杭と第 2 鋼管杭とを直列に接合する、鋼管杭の継手構造であって、第 1 鋼管杭の一端に設けられ、複数の外嵌段部を有する外嵌端部と、前記第 2 鋼管杭の一端に設けられ、複数の内嵌段部を有する内嵌端部とを備え、前記第 1 鋼管杭に近い外嵌段部であるほど外嵌谷部の板厚が大きく形成され、前記第 2 鋼管杭に近い内嵌段部であるほど内嵌谷部の板厚が大きく形成され、各外嵌段部における外嵌山部の個数、および各内嵌段部における内嵌山部の個数がそれぞれ 8 以上であり、前記外嵌端部および前記内嵌端部の少なくとも一方において、所定の関係式が満足される。

明 細 書

発明の名称： 鋼管杭の継手構造

技術分野

[0001] 本発明は、鋼管杭の継手構造に関する。

本願は、2014年7月24日に日本に出願された特願2014-150437号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来から、複数の鋼管杭を機械式継手で軸心方向に連結させることを目的として、特許文献1および2に開示される鋼管杭の継手構造が提案されている。

[0003] 特許文献1に開示された鋼管杭の継手構造では、軸心方向に隣接する第1杭及び第2杭に、互いに嵌合自在な一对の外嵌端部と内嵌端部とが各別に形成されている。そして、外嵌端部及び内嵌端部に周方向に沿って設けられた係合部および被係合部が、外嵌端部に内嵌端部を挿入させた状態で軸心回りに相対回転させることで互いに係合する。この特許文献1に開示された鋼管杭の継手構造では、前記係合部および前記被係合部が、周方向に沿ってそれぞれ4つ設けられている。

[0004] 特許文献2に開示された鋼管杭の継手構造では、軸心方向に隣接する第1杭及び第2杭に、互いに嵌合自在な一对の外嵌端部と内嵌端部とが各別に形成されている。そして、外嵌端部及び内嵌端部に周方向に沿って設けられた係合凸部および被係合凸部が、外嵌端部に内嵌端部を挿入させた状態で軸心回りに相対回転させることで互いに係合し合う。この特許文献2に開示された鋼管杭の継手構造では、前記係合凸部および前記被係合凸部が、周方向に沿ってそれぞれ4つ設けられている。また、外嵌端部が先端部側に設けられた係合凸部の形成箇所ほど基端部側に設けられた係合凸部の形成箇所よりも大径に形成されて、内嵌端部が先端部側に設けられた被係合凸部の形成箇所ほど基端部側に設けられた被係合凸部の形成箇所よりも小径に形成されてい

る。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特開平 1 1－4 3 9 3 7 号公報

特許文献2：日本国特開平 1 1－4 3 9 3 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献 1 に開示された鋼管杭の継手構造では、軸心方向の引張力が作用した際に、外嵌端部および内嵌端部の基端側から先端側に向けて、引張力が低下するにも関わらず、外嵌端部および内嵌端部の板厚が同一とされている。このため、特許文献 1 に開示された鋼管杭の継手構造は、特に、外嵌端部及び内嵌端部の先端側の板厚に無駄な部分が多くなり、必要以上に板厚が増加してコスト上昇を招くという問題点があった。

[0007] また、特許文献 2 に開示された鋼管杭の継手構造では、軸心方向の引張力が作用した際に、外嵌端部及び内嵌端部の基端側から先端側に向けて、引張力が低下することに対応させて、外嵌端部及び内嵌端部の板厚が基端側から先端側に向けて徐々に小さくされている。そのため、外嵌端部及び内嵌端部の先端側ほど板厚が薄くなり、引張力が作用した際に、径方向の変形が大きくなるという問題点があった。

[0008] さらに、特許文献 1 および特許文献 2 の鋼管杭の継手構造では、係合部（係合凸部）および被係合部（被係合凸部）の周方向における個数が 4 つであり、第 1 杭および第 2 杭を互いに連結させる際の嵌合角（回転角）が大きくなり、連結作業に手間がかかるという問題点があった。この問題点を回避するための一案として、係合部および被係合部の周方向における個数を多くすること（例えば、上記の個数を 8 つ）が考えられる。この場合、嵌合角を小さくすることができるため、第 1 杭および第 2 杭の連結作業の手間を低減することが可能となる。

しかしながら、係合部（または被係合部）の個数を多くすると、周方向に隣り合う係合部間の間隔が狭くなり、圧縮力が作用した際に応力が集中する箇所が生じてしまい、圧縮耐力が低下するおそれがある。

[0009] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、鋼管杭の回転作業の手間を低減するとともに、鋼管杭の必要以上の板厚増加を回避して、外嵌端部及び内嵌端部に十分な引張耐力および圧縮耐力を付与することのできる、鋼管杭の継手構造を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために、本発明は以下を採用した。

（１）本発明の第一の態様は、第１鋼管杭と第２鋼管杭とを直列に接合する、鋼管杭の継手構造である。この鋼管杭の継手構造は、前記第１鋼管杭の一端に設けられ、前記第１鋼管杭の軸心方向に沿って複数の外嵌段部が形成された外嵌端部と；前記第２鋼管杭の一端に設けられてかつ、前記外嵌端部に挿入されるとともに、前記第２鋼管杭の軸心方向に沿って複数の内嵌段部が形成された内嵌端部と；を備え、前記複数の外嵌段部のそれぞれが、その内周面から前記第１鋼管杭の径方向内側へ向かって突出してかつ、前記第１鋼管杭の周方向に沿って設けられた複数の外嵌山部と、前記第１鋼管杭の周方向において互いに隣り合う前記外嵌山部の間に形成された複数の外嵌溝部と、前記内周面において前記各外嵌山部に隣接してかつ前記第１鋼管杭に近い基端側に形成された外嵌谷部と、を有し、前記複数の内嵌段部のそれぞれが、その外周面から前記第２鋼管杭の径方向外側へ向かって突出してかつ、前記第２鋼管杭の周方向に沿って設けられた複数の内嵌山部と、前記第２鋼管杭の周方向において互いに隣り合う前記内嵌山部の間に形成された複数の内嵌溝部と、前記外周面において前記各内嵌山部に隣接してかつ前記第２鋼管杭に近い基端側に形成された内嵌谷部と、を有し、前記複数の外嵌段部では、前記第１鋼管杭に近い外嵌段部であるほど前記外嵌谷部の板厚が大きく形成され、前記複数の内嵌段部では、前記第２鋼管杭に近い内嵌段部であるほど前記内嵌谷部の板厚が大きく形成され、前記各外嵌段部における前記複

数の外嵌山部の個数、および前記各内嵌段部における前記複数の内嵌山部の個数が、それぞれ8以上であり、前記第1鋼管杭から最も遠い外嵌段部である第1外嵌段部、および前記第2鋼管杭から最も遠い内嵌段部である第1内嵌段部において、前記第1鋼管杭の軸心方向における前記外嵌山部の長さ、と前記外嵌谷部の長さとの和、および前記第2鋼管杭の軸心方向における前記内嵌山部の長さ、と前記内嵌谷部の長さとの和をそれぞれ L_{g1} と定義し、前記第1鋼管杭の軸心方向における前記外嵌山部の長さ、および前記第2鋼管杭の軸心方向における前記内嵌山部の長さをそれぞれ L_{m1} と定義し、前記外嵌溝部および前記内嵌溝部の周方向における幅を $C2$ と定義し、さらに、前記第1外嵌段部に隣接する第2外嵌段部、および前記第1内嵌段部に隣接する第2内嵌段部において、前記第1鋼管杭の軸心方向における前記外嵌山部の長さ、および前記第2鋼管杭の軸心方向における前記内嵌山部の長さをそれぞれ L_{m2} と定義したとき、前記外嵌端部および前記内嵌端部の少なくとも一方が、下記の式(A)および式(B)を満足する。

$$C2/2 \geq L_{g1} \quad \cdots \text{式(A)}$$

$$L_{m1} > L_{m2} \quad \cdots \text{式(B)}$$

(2) 上記(1)に記載の態様において、前記複数の外嵌段部と前記複数の内嵌段部との間で互いに当接する当接面のうち、前記第1外嵌段部において圧縮力を負担させる圧縮側当接面の圧縮面積、および前記第1内嵌段部において圧縮力を負担させる圧縮側当接面の圧縮面積をそれぞれ A_{c1} と定義し、前記第2外嵌段部において圧縮力を負担させる圧縮側当接面の圧縮面積、および前記第2内嵌段部において圧縮力を負担させる圧縮側当接面の圧縮面積をそれぞれ A_{c2} と定義し、さらに、前記第2外嵌段部および前記第2内嵌段部において、前記第1鋼管杭の軸心方向における前記外嵌山部の長さ、と前記外嵌谷部の長さとの和、および前記第2鋼管杭の軸心方向における前記内嵌山部の長さ、と前記内嵌谷部の長さとの和をそれぞれ L_{g2} と定義したとき、前記外嵌端部および前記内嵌端部の少なくとも一方が、下記の式(C)を満足してもよい。

$$L_{m1} \geq (A_{c1} / A_{c2}) \times L_{g2} \quad \cdots \text{式 (C)}$$

(3) 上記(1)または(2)に記載の態様において、以下のように構成してもよい：前記複数の外嵌段部の個数が4であり、前記第1外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚が、前記第1鋼管杭に最も近い外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚の50%以上80%以下である。

(4) 上記(1)または(2)に記載の態様において、以下のように構成してもよい：前記複数の外嵌段部の個数が3であり、前記第1外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚が、前記第1鋼管杭に最も近い外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚の60%以上80%以下である。

(5) 上記(1)または(2)に記載の態様において、以下のように構成してもよい：前記複数の外嵌段部の個数が2であり、前記第1外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚が、前記第2外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚の70%以上90%以下である。

(6) 上記(1)または(2)に記載の態様において、以下のように構成してもよい：前記複数の外嵌段部の個数が5以上9以下であり、前記第1外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚が、前記第1鋼管杭に最も近い外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚の35%以上70%以下である。

発明の効果

[0011] 本発明の上記各態様によれば、鋼管杭の回転作業の手間を低減するとともに、鋼管杭の必要以上の板厚増加を回避して、外嵌端部及び内嵌端部に十分な引張耐力および圧縮耐力を付与することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の一実施形態に係る鋼管杭の継手構造を示す斜視図である。

[図2]上記継手構造の外嵌端部を示す図であって、軸心を含む断面で見た場合の断面図である。

[図3]上記継手構造の外嵌端部を示す図であって、要部の断面図である。

[図4]上記継手構造の内嵌端部を示す正面図である。

[図5]上記継手構造の内嵌端部を示す図であって、要部の断面図である。

[図6]上記継手構造の外嵌端部に内嵌端部を挿入した状態を示す斜視図である。

[図7]上記継手構造の外嵌端部に内嵌端部を挿入して相対回転させた状態を示す図であって、一部が断面視された斜視図である。

[図8]上記継手構造の要部を示す部分断面図である。

[図9]上記継手構造の要部を示す部分断面図である。

[図10]上記継手構造の外嵌端部の第1外嵌段部及び第2外嵌段部を示す部分拡大正面図である。

[図11]上記継手構造の内嵌端部の第1内嵌段部及び第2内嵌段部を示す部分拡大正面図である。

[図12A]上記継手構造の外嵌端部の第1外嵌段部及び第2外嵌段部を示す部分断面図である。

[図12B]上記継手構造の内嵌端部の第1内嵌段部及び第2内嵌段部を示す部分断面図である。

[図13]上記継手構造を示す部分断面図である。

[図14A]上記継手構造の部分断面図であって、外嵌端部の第1外嵌段部及び第2外嵌段部、及び内嵌端部の第3内嵌段部及び第4内嵌段部を示す図である。

[図14B]上記継手構造の部分断面図であって、外嵌端部の第3外嵌段部及び第4外嵌段部、及び内嵌端部の第1内嵌段部及び第2内嵌段部を示す図である。

[図15]上記継手構造の外嵌端部を示す部分断面図である。

[図16]上記継手構造の内嵌端部を示す部分断面図である。

[図17]上記継手構造を示す部分断面図である。

[図18A]上記継手構造を示す部分断面図であって、外嵌端部の第1外嵌段部に作用する引張力および曲げ力を示す図である。

[図18B]上記継手構造を示す部分断面図であって、外嵌端部の第4外嵌段部に作用する引張力および曲げ力を示す図である。

[図19]上記継手構造の外嵌端部の各外嵌段部における曲げ耐力比と板厚比との関係を示すグラフである。

[図20]上記継手構造の外嵌端部の各外嵌段部における曲げ耐力比と板厚比との関係を示すグラフである。

[図21]上記継手構造の第1変形例を示す部分断面図である。

[図22]上記継手構造の第1変形例において、外嵌端部の各外嵌段部の曲げ耐力比と板厚比との関係を示すグラフである。

[図23]上記継手構造の第2変形例を示す部分断面図である。

[図24]上記継手構造の第2変形例において、外嵌端部の各外嵌段部の曲げ耐力比と板厚比との関係を示すグラフである。

[図25]上記継手構造の第3変形例を示す部分断面図である。

[図26]上記継手構造の第3変形例において、外嵌端部の各外嵌段部の曲げ耐力比と板厚比との関係を示すグラフである。

[図27]上記継手構造において、曲げ耐力比が最大となるときの第1外嵌段部の板厚比と外嵌段部の段数との関係を示すグラフである。

[図28A]上記継手構造の外嵌端部の第1外嵌段部における外周面からの距離とひずみとの関係を示すグラフである。

[図28B]上記継手構造の外嵌端部の第2外嵌段部における外周面からの距離とひずみとの関係を示すグラフである。

[図28C]上記継手構造の外嵌端部の第3外嵌段部における外周面からの距離とひずみとの関係を示すグラフである。

[図28D]上記継手構造の外嵌端部の第4外嵌段部における外周面からの距離とひずみとの関係を示すグラフである。

[図29A]先端側の第1段部の山部における軸心方向の長さが、第2段部の山部の軸心方向の長さ以下となる外嵌端部を示す部分断面図である。

[図29B]先端側の第1段部の山部における軸心方向の長さが、第2段部の山部の軸心方向の長さ以下となる内嵌端部を示す部分断面図である。

[図30A]従来の鋼管杭の継手構造を示す概略断面図である。

[図30B]図30Aと異なる、従来の鋼管杭の継手構造を示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の一実施形態に係る鋼管杭の継手構造7（以下、本実施形態に係る継手構造7、または単に継手構造7と呼ぶ場合がある）について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については同一符号を付することにより、それらの重複説明を省略する。

尚、以下の説明においては、鋼管杭の軸心延在方向を軸心方向Y、軸心方向Yに直交する方向を軸心直交方向X、鋼管杭の軸心回りの方向を周方向Wと呼称する場合がある。

[0014] 図1は、本実施形態に係る鋼管杭の継手構造7を示す斜視図である。図1に示すように、継手構造7は、地盤上に構築される構造物の基礎杭等において、断面円形状の第1鋼管杭1および第2鋼管杭2を軸心方向Yに沿って互いに連結する機械式継手として用いられる。

[0015] 継手構造7は、第1鋼管杭1の上端に設けられた中空円柱状の外嵌端部3と、第2鋼管杭2の下端に設けられた中空円柱状の内嵌端部5とを備える。外嵌端部3と内嵌端部5とは互いに嵌合自在な構造を有する。なお、外嵌端部3は溶接等で第1鋼管杭1の上端に接合され、内嵌端部5は溶接等で第2鋼管杭2の下端に接合されている。

[0016] 継手構造7では、軸心方向Yに沿って並べられた4つ（4段）の外嵌段部4（41、42、43、44）が外嵌端部3に設けられるとともに、軸心方向Yに沿って並べられた4つ（4段）の内嵌段部6（61、62、63、64）が内嵌端部5に設けられている。すなわち、外嵌端部3は、軸心方向Yで先端側から基端側まで、順番に第1外嵌段部41、第2外嵌段部42、第3外嵌段部43、および第4外嵌段部44を有する。同様に、内嵌端部5は、軸心方向Yで先端側から基端側まで、順番に第1内嵌段部61、第2内嵌段部62、第3内嵌段部63、および第4内嵌段部64を有する。

なお、図 1 において、軸心方向 Y の下側（第 1 鋼管杭 1 に近い側）が外嵌端部 3 における基端側であり、軸心方向 Y の上側（第 2 鋼管杭 2 に近い側）が内嵌端部 5 における基端側である。また、外嵌端部 3 および内嵌端部 5 の基端側と反対の側を、先端側と称する。以後、本明細書における全ての図において同様である。

[0017] 4 つの外嵌段部 4 の各々は、外嵌端部 3 の内壁面（内周面）で第 1 鋼管杭 1 の軸心直交方向 X（軸心方向 Y に対して直交する方向（径方向）：図 1 参照）の中心側（径方向内側）に突出するとともに周方向 W に沿って形成された 8 個の外嵌山部 3 1 と、周方向 W に互いに隣り合う外嵌山部 3 1 の間に形成された 8 個の外嵌溝部 3 2 と、軸心方向 Y で外嵌山部 3 1 に隣接してかつ第 1 鋼管杭 1 に近い基端側に形成された外嵌谷部 3 3 とを有する。

なお、図 1 に示すように、各々の外嵌段部 4 において、外嵌溝部 3 2 及び外嵌谷部 3 3 は、互いに面一となるように同じ板厚で形成されることが嵌合性及び加工性の観点から好ましい。

[0018] 図 2 は、外嵌端部 3 を示す図であって、第 1 鋼管杭 1 の軸心を含む断面で見た場合の断面図である。図 2 に示すように、外嵌端部 3 の 4 つの外嵌段部 4 の各々において、外嵌山部 3 1 の板厚よりも外嵌溝部 3 2 の板厚が小さくされ、外嵌山部 3 1 と外嵌溝部 3 2 とが周方向 W で交互に形成されている。そして、複数の外嵌山部 3 1 が、軸心方向 Y 及び周方向 W で略一列に配置されている。また、複数の外嵌溝部 3 2 が、軸心方向 Y 及び周方向 W で略一列に配置されている。

[0019] 外嵌端部 3 では、第 4 外嵌段部 4 4 の外嵌谷部 3 3 の基端側には、外嵌余長部 3 5 が形成されている。外嵌余長部 3 5 の先端側には、外嵌基端面 3 4 が全周に亘って形成されている。なお、この外嵌余長部 3 5 が第 1 鋼管杭 1 の上端に溶接されることにより、外嵌端部 3 は第 1 鋼管杭 1 に接合される。

[0020] 外嵌山部 3 1 は、周方向 W に所定の幅 C 1（外嵌山部 3 1 の周長）を有するとともに、軸心直交方向 X に所定の高さを有する。また、外嵌溝部 3 2 は、周方向 W に所定の幅 C 2（外嵌溝部 3 2 の周長）を有する。

[0021] 図3は、外嵌端部3を示す部分断面図である。図3に示すように、外嵌谷部33の板厚は、外嵌端部3の基端側に近い外嵌段部4ほど大きく形成されている。すなわち、第1外嵌段部41の外嵌谷部33の板厚は、第2外嵌段部42の外嵌谷部33の板厚よりも小さく、第2外嵌段部42の外嵌谷部33の板厚は、第3外嵌段部43の外嵌谷部33の板厚よりも小さく、第3外嵌段部43の外嵌谷部33の板厚は、第4外嵌段部44の外嵌谷部33の板厚よりも小さく形成されている。

[0022] 軸心方向Yで最も先端側に位置する第1外嵌段部41の外嵌山部31は、軸心方向Yで長さ L_{m1} を有する。また、軸心方向Yで第1外嵌段部41に隣り合う第2外嵌段部42の外嵌山部31は、軸心方向Yで長さ L_{m2} を有する。また、軸心方向Yで第2外嵌段部42に隣り合う第3外嵌段部43の外嵌山部31は、軸心方向Yで長さ L_{m3} を有する。また、軸心方向Yで第3外嵌段部43に隣り合う第4外嵌段部44の外嵌山部31は、軸心方向Yで長さ L_{m4} を有する。

[0023] また、外嵌端部3では、中心軸から第1外嵌段部41の外嵌山部31までの半径 r_{41} 、中心軸から第2外嵌段部42の外嵌山部31までの半径 r_{42} 、中心軸から第3外嵌段部43の外嵌山部31までの半径 r_{43} 、および中心軸から第4外嵌段部44の外嵌山部31までの半径 r_{44} と定義した場合に、 $r_{41} > r_{42} > r_{43} > r_{44}$ の関係が満たされている。

[0024] 更に、外嵌端部3では、第1外嵌段部41の外嵌山部31で外嵌端部3の基端側の高さを h_{t1} 、第2外嵌段部42の外嵌山部31で外嵌端部3の基端側の高さを h_{t2} 、第3外嵌段部43の外嵌山部31で外嵌端部3の基端側の高さを h_{t3} 、第4外嵌段部44の外嵌山部31で外嵌端部3の基端側の高さを h_{t4} と定義した場合に、 $h_{t1} = h_{t2} = h_{t3} = h_{t4}$ の関係が満たされている。

[0025] また、外嵌端部3では、第1外嵌段部41の外嵌山部31で外嵌端部3の先端側の高さを h_{c1} 、第2外嵌段部42の外嵌山部31で外嵌端部3の先端側の高さを h_{c2} 、第3外嵌段部43の外嵌山部31で外嵌端部3の先端

側の高さを h_{c3} 、第4外嵌段部44の外嵌山部31で外嵌端部3の先端側の高さを h_{c4} と定義した場合に、 $h_{c2} = h_{c3} = h_{c4}$ の関係が満たされるとともに、 $h_{c1} < h_{c2}$ の関係が満たされている。

[0026] 第1外嵌段部41の外嵌谷部33は、軸心方向Yで長さ L_{v1} を有する。第2外嵌段部42の外嵌谷部33は、軸心方向Yで長さ L_{v2} を有する。第3外嵌段部43の外嵌谷部33は、軸心方向Yで長さ L_{v3} を有する。第4外嵌段部44の外嵌谷部33は、軸心方向Yで長さ L_{v4} を有する。

[0027] なお、図3において、 L_{g1} は、第1外嵌段部41における外嵌山部31の長さ L_{m1} と外嵌谷部33の長さ L_{v1} との和であり、 L_{g2} は、第2外嵌段部42における外嵌山部31の長さ L_{m2} と外嵌谷部33の長さ L_{v2} との和であり、 L_{g3} は、第3外嵌段部43における外嵌山部31の長さ L_{m3} と外嵌谷部33の長さ L_{v3} との和であり、 L_{g4} は、第4外嵌段部44における外嵌山部31の長さ L_{m4} と外嵌谷部33の長さ L_{v4} との和である。

[0028] 内嵌端部5は、図1に示すように、各々の内嵌段部6（61、62、63、64）において、内嵌端部5の外壁面（外周面）で第2鋼管杭2の軸心直交方向Xの外向き（径方向外側）に突出するとともに周方向Wに沿って形成された8個の内嵌山部51と、周方向Wに互いに隣り合う内嵌山部51の間に形成された8個の内嵌溝部52と、軸心方向Yで内嵌山部51に隣接してかつ第2鋼管杭2に近い基端側に形成された内嵌谷部53とを有する。

[0029] 図1に示すように、各々の内嵌段部6において、内嵌溝部52及び内嵌谷部53は、互いに面一となるように同じ板厚で形成されることが嵌合性及び加工性の観点から好ましい。

[0030] 図4は、内嵌端部5を示す正面図である。図4に示すように、内嵌端部5の4つの内嵌段部6の各々において、内嵌山部51の板厚よりも内嵌溝部52の板厚が小さくされ、内嵌山部51と内嵌溝部52とが周方向Wで交互に形成されている。そして、複数の内嵌山部51が、軸心方向Y及び周方向Wで略一列に配置されている。また、複数の内嵌溝部52が、軸心方向Y及び

周方向Wで略一列に配置されている。

[0031] また、内嵌端部5では、第4内嵌段部64の内嵌谷部53の基端側に内嵌余長部55が形成されている。内嵌余長部55の先端側には、内嵌基端面54が全周に亘って形成されている。なお、この内嵌余長部55が第2鋼管杭2の下端に溶接されることにより、内嵌端部5は第2鋼管杭2に接合される。

[0032] また、内嵌山部51は、周方向Wに所定の幅C1（内嵌山部51の周長）を有するとともに、軸心直交方向Xに所定の高さを有する。また、内嵌溝部52は、周方向Wに所定の幅C2（内嵌溝部52の周長）を有する。

[0033] 図5は、内嵌端部5を示す部分断面図である。図5に示すように、内嵌谷部53の板厚は、内嵌端部5の基端側に近い内嵌段部6ほど大きく形成されている。すなわち、第1内嵌段部61の内嵌谷部53の板厚は、第2内嵌段部62の内嵌谷部53の板厚よりも小さく、第2内嵌段部62の内嵌谷部53の板厚は、第3内嵌段部63の内嵌谷部53の板厚よりも小さく、第3内嵌段部63の内嵌谷部53の板厚は、第4内嵌段部64の内嵌谷部53の板厚よりも小さく形成される。

[0034] 軸心方向Yで最も先端側に位置する第1内嵌段部61の内嵌山部51は、軸心方向Yで長さLm1を有する。また、軸心方向Yで第1内嵌段部61に隣り合う第2内嵌段部62の内嵌山部51は、軸心方向Yで長さLm2を有する。また、軸心方向Yで第2内嵌段部62に隣り合う第3内嵌段部63の内嵌山部51は、軸心方向Yで長さLm3を有する。また、軸心方向Yで第3内嵌段部63に隣り合う第4内嵌段部64の内嵌山部51は、軸心方向Yで長さLm4を有する。

[0035] また、内嵌端部5では、中心軸から第1内嵌段部61の内嵌山部51までの半径r61、中心軸から第2内嵌段部62の内嵌山部51までの半径r62、中心軸から第3内嵌段部63の内嵌山部51までの半径r63、中心軸から第4内嵌段部64の内嵌山部51までの半径r64と定義した場合に、 $r64 > r63 > r62 > r61$ の関係が満たされている。

[0036] 更に、内嵌端部5では、第1内嵌段部61の内嵌山部51で内嵌端部5の基端側の高さを h_{t1} 、第2内嵌段部62の内嵌山部51で内嵌端部5の基端側の高さを h_{t2} 、第3内嵌段部63の内嵌山部51で内嵌端部5の基端側の高さを h_{t3} 、第4内嵌段部64の内嵌山部51で内嵌端部5の基端側の高さを h_{t4} と定義した場合に、 $h_{t1} = h_{t2} = h_{t3} = h_{t4}$ の関係が満たされている。

[0037] また、内嵌端部5では、第1内嵌段部61の内嵌山部51で内嵌端部5の先端側の高さを h_{c1} 、第2内嵌段部62の内嵌山部51で内嵌端部5の先端側の高さを h_{c2} 、第3内嵌段部63の内嵌山部51で内嵌端部5の先端側の高さを h_{c3} 、第4内嵌段部64の内嵌山部51で内嵌端部5の先端側の高さを h_{c4} と定義した場合に、 $h_{c2} = h_{c3} = h_{c4}$ の関係が満たされるとともに、 $h_{c1} < h_{c2}$ の関係が満たされている。

[0038] 第1内嵌段部61の内嵌谷部53は、軸心方向Yで長さ L_{v1} を有する。第2内嵌段部62の内嵌谷部53は、軸心方向Yで長さ L_{v2} を有する。第3内嵌段部63の内嵌谷部53は、軸心方向Yで長さ L_{v3} を有する。第4内嵌段部64の内嵌谷部53は、軸心方向Yで長さ L_{v4} を有する。

[0039] なお、図5において、 L_{g1} は、第1内嵌段部61における内嵌山部51の長さ L_{m1} と内嵌谷部53の長さ L_{v1} との和であり、 L_{g2} は、第2内嵌段部62における内嵌山部51の長さ L_{m2} と内嵌谷部53の長さ L_{v2} との和であり、 L_{g3} は、第3内嵌段部63における内嵌山部51の長さ L_{m3} と内嵌谷部53の長さ L_{v3} との和であり、 L_{g4} は、第4内嵌段部64における内嵌山部51の長さ L_{m4} と内嵌谷部53の長さ L_{v4} との和である。

[0040] 継手構造7では、第1鋼管杭1と第2鋼管杭2とを同軸に連結するために、図6および図7に示すように、外嵌端部3と内嵌端部5とを互いに嵌合させる。なお、図7は、外嵌端部3の一部を切断した状態を示す斜視図である。

具体的には、まず、図6に示すように、第2鋼管杭2に取り付けられた内

嵌端部 5 を第 1 鋼管杭 1 に取り付けられた外嵌端部 3 に挿入する。なお、各々の内嵌段部 6 において、内嵌山部 5 1 の軸心直交方向 X の高さは、嵌合時に対応する外嵌溝部 3 2 の軸心直交方向 X の深さ以下に設定されている。また、外嵌山部 3 1 及び内嵌山部 5 1 の周方向 W における幅 C 1 は、外嵌溝部 3 2 及び内嵌溝部 5 2 の周方向 W における幅 C 2 以下に設定されている。これらにより、内嵌端部 5 が外嵌端部 3 に干渉することを避けることができ、内嵌端部 5 を外嵌端部 3 に挿入することができる。

[0041] 次に、図 7 に示すように、外嵌端部 3 に内嵌端部 5 を挿入した状態で、第 1 鋼管杭 1 と第 2 鋼管杭 2 とを軸心回りの周方向 W に相対回転させる。なお、各々の内嵌段部 6 において、内嵌谷部 5 3 の軸心直交方向 X の深さは、嵌合時に対応する外嵌山部 3 1 の軸心直交方向 X の高さ以上に設定されている。これにより、外嵌山部 3 1 を内嵌谷部 5 3 に嵌合可能な構造となる。

[0042] 上述のように、各々の外嵌段部 4 では、8 個の外嵌山部 3 1 が形成され、各々の内嵌段部 6 では、8 個の内嵌山部 5 1 が形成されている。これに対して、上記特許文献 1 に記載の鋼管杭の継手構造では、外嵌山部 3 1 に対応する係合部が周方向に 4 個形成され、内嵌山部 5 1 に対応する被係合部が周方向に 4 個形成されている（特許文献 2 に記載の鋼管杭の継手構造においても同様）。本実施形態に係る継手構造 7 では、特許文献 1 に記載の鋼管杭の継手構造に対して、外嵌山部 3 1 および内嵌山部 5 1 の個数を多く形成することにより、第 1 鋼管杭 1 と第 2 鋼管杭 2 とを嵌合させる際の回転角（嵌合角）を小さくすることができるので、鋼管杭 1 と第 2 鋼管杭 2 との嵌合を容易に行うことができる。したがって、第 1 鋼管杭 1 と第 2 鋼管杭 2 とを連結させる回転作業の手間を低減することができる。

なお、本発明はこの構造のみに限定されず、8 個より大きい数の外嵌山部 3 1 および内嵌山部 5 1 が周方向 W に所定間隔を空けて形成されてもよい。この場合、第 1 鋼管杭 1 と第 2 鋼管杭 2 とを嵌合させる際の回転角をさらに小さくすることができる。

[0043] ここで、外嵌端部 3 および内嵌端部 5 の真円度が、第 1 鋼管杭 1 および第

2鋼管杭2の直径 d の $a\%$ 以内の場合、軸心直交方向 X における、外嵌端部3と内嵌端部5との間のクリアランス c は、 $c \geq (2 \times d \times a / 100) / N$ であることが好ましい。なお、 N は、各々の外嵌段部4における外嵌山部31の個数、および各々の内嵌段部6における内嵌山部51の個数を表す。この場合、外嵌端部3および内嵌端部5の真円度に起因した、外嵌端部3と内嵌端部5との嵌合時における干渉を避けることができる。

一般的に、上記の真円度は、第1鋼管杭1および第2鋼管杭2の直径 d の 1% 以内であり、また、上記のクリアランス c は、 1 mm 以上で設定される。これらを考慮すると、例えば直径 d が 400 mm の場合、各々の外嵌段部4における外嵌山部31の個数、および各々の内嵌段部6における内嵌山部51の個数を8以上とすることにより、クリアランス c が 1 mm であっても、外嵌端部3および内嵌端部5の真円度に起因した、外嵌端部3と内嵌端部5との嵌合時における干渉を避けることができる。

[0044] 図8は、外嵌端部3に内嵌端部5を挿入して相対回転させた状態を示す概略断面図である。図8に示すように、内嵌段部6および外嵌段部4において、内嵌山部51の軸心方向 Y の長さは、嵌合時に対応する外嵌谷部33の軸心方向 Y の長さと同様に設定されており、外嵌山部31の軸心方向 Y の長さは、嵌合時に対応する内嵌谷部53の軸心方向 Y の長さと同様に設定されている。これにより、軸心方向 Y で外嵌山部31と内嵌山部51とを係合させることが可能となる。そして、外嵌山部31と内嵌山部51とが、軸心方向 Y で互いに当接面8で当接して係合することにより、第1鋼管杭1と第2鋼管杭2とを、軸心方向 Y で互いに離間させないように連結することができる。

[0045] また、図8に示すように、第1鋼管杭1と第2鋼管杭2とを連結させた状態で、第1鋼管杭1及び第2鋼管杭2から外嵌端部3及び内嵌端部5に、軸心方向 Y の引張力 T 及び圧縮力 P が作用する際、引張力 T 及び圧縮力 P に対して、外嵌山部31と内嵌山部51とが軸心方向 Y の当接面8で抵抗する。

[0046] 継手構造7では、各々の外嵌段部4及び各々の内嵌段部6において、外嵌

山部 3 1 と内嵌山部 5 1 とが互いに当接される当接面 8 のうち、外嵌端部 3 の基端側及び内嵌端部 5 の基端側が引張力 T を負担する引張側当接面 8 1 であり、外嵌端部 3 の先端側及び内嵌端部 5 の先端側が圧縮力 P を負担する圧縮側当接面 8 6 である。

[0047] そして、図 9 に示すように、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 と第 4 内嵌段部 6 4 の内嵌山部 5 1 とが、引張側当接面 8 1 で引張面積 A_{t1} ($A_{t1} \div h_{t1} \times C_1$) を有し、第 2 外嵌段部 4 2 の外嵌山部 3 1 と第 3 内嵌段部 6 3 の内嵌山部 5 1 とが、引張側当接面 8 1 で引張面積 A_{t2} ($A_{t2} \div h_{t2} \times C_1$) を有する。

また、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 と内嵌基端面 5 4 とが、圧縮側当接面 8 6 で圧縮面積 A_{c1} ($A_{c1} \div h_{c1} \times C_1$) を有し、第 2 外嵌段部 4 2 の外嵌山部 3 1 と第 4 内嵌段部 6 4 の内嵌山部 5 1 とが、圧縮側当接面 8 6 で圧縮面積 A_{c2} ($A_{c2} \div h_{c2} \times C_1$) を有する。

[0048] 同様に、第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 と第 4 外嵌段部 4 4 の外嵌山部 3 1 とが、引張側当接面 8 1 で引張面積 A_{t1} ($A_{t1} \div h_{t1} \times C_1$) を有し、第 2 内嵌段部 6 2 の内嵌山部 5 1 と第 3 外嵌段部 4 3 の外嵌山部 3 1 とが、引張側当接面 8 1 で引張面積 A_{t2} ($A_{t2} \div h_{t2} \times C_1$) を有する。

また、第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 と外嵌基端面 3 4 とが、圧縮側当接面 8 6 で圧縮面積 A_{c1} ($A_{c1} \div h_{c1} \times C_1$) を有し、第 2 内嵌段部 6 2 の内嵌山部 5 1 と第 4 外嵌段部 4 4 の外嵌山部 3 1 とが、圧縮側当接面 8 6 で圧縮面積 A_{c2} ($A_{c2} \div h_{c2} \times C_1$) を有する。

[0049] 図 10 は、外嵌端部 3 の第 1 外嵌段部 4 1 および第 2 外嵌段部 4 2 を示す部分拡大正面図である。なお、図 10 は、第 1 外嵌段部 4 1 に圧縮力 P が作用した状態を示している。図 10 に示すように、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 に軸心方向 Y の圧縮力 P が作用することにより、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 から外嵌溝部 3 2 に向けて、所定の分散範囲 R で圧縮力 P が応力分散する。この分散範囲 R は、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 及び外嵌

谷部 3 3 の側辺 s_1 と、側辺 s_1 の基端点 g_b から周方向 W で側辺 s_1 に対して垂直に延びた下辺 s_2 と、側辺 s_1 の先端点 g_a から外嵌端部 3 の基端側に向けて角度 α で傾斜した斜辺 s_3 とによって、略直角三角形形状に形成される。なお、角度 α は、圧縮力 P が応力分散するときの角度であって、 $\alpha = 45^\circ$ である。

[0050] 周方向 W で隣り合う外嵌山部 3 1 に作用した圧縮力 P の分散範囲 R が、外嵌溝部 3 2 で重なり合う場合には、この重なり合う部分に圧縮力 P の応力分散が集中することになる。そこで、継手構造 7 では、軸心方向 Y における第 1 外嵌段部 4 1 の長さ L_{g1} （外嵌山部 3 1 の長さ L_{m1} と外嵌谷部 3 3 の長さ L_{v1} との和）と、外嵌溝部 3 2 の周方向 W の幅 C_2 とが下記式（1）を満足するように設定される。

$$C_2 / 2 \geq L_{g1} \quad \cdots \text{式 (1)}$$

[0051] 第 1 外嵌段部 4 1 において上記式（1）を満足することにより、圧縮力 P の分散範囲 R の下辺 s_2 が外嵌溝部 3 2 の周方向 W の幅 C_2 の半分以下の長さとなる。そのため、周方向 W で隣り合う外嵌山部 3 1 に作用した圧縮力 P の分散範囲 R が、外嵌溝部 3 2 で互いに重なり合うことを防止することができる。したがって、第 1 外嵌段部 4 1 に圧縮力が作用した際の応力集中を防止することができるので、第 1 外嵌段部 4 1 の板厚を増加させることなく、継手構造 7 の圧縮耐力を向上させることができる。

[0052] なお、継手構造 7 では、外嵌段部 4 のうち、最も板厚の薄い第 1 外嵌段部 4 1 が上記式（1）を満足するが、第 2 外嵌段部 4 2、第 3 外嵌段部 4 3、および第 4 外嵌段部 4 4 において、上記式（1）と同様の関係式を満足するように、 $L_{g2} \sim L_{g4}$ を設定してもよい。

[0053] 図 1 1 は、内嵌端部 5 の第 1 内嵌段部 6 1 および第 2 内嵌段部 6 2 を示す部分拡大正面図である。なお、図 1 1 は、第 1 内嵌段部 6 1 に圧縮力 P が作用した状態を示している。図 1 0 に示した外嵌端部 3 の場合と同様に、内嵌端部 5 は、図 1 1 に示すように、第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 に軸心方向 Y の圧縮力 P が作用することにより、第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 か

ら内嵌溝部 5 2 に向けて、所定の分散範囲 R で圧縮力 P が応力分散する。この分散範囲 R は、第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 及び内嵌谷部 5 3 の側辺 s 1 と、側辺 s 1 の基端点 g b から周方向 W で側辺 s 1 に対して垂直に延びた上辺 s 2 と、側辺 s 1 の先端点 g a から内嵌端部 5 の基端側に向けて角度 α で傾斜した斜辺 s 3 とによって、略直角三角形形状に形成される。角度 α は、第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 に作用した軸心方向 Y の圧縮力 P が応力分散するときの角度であって、 $\alpha = 45^\circ$ である。

[0054] 第 1 内嵌段部 6 1 においても、上記式 (1) を満足することにより、圧縮力 P の分散範囲 R の上辺 s 2 が内嵌溝部 5 2 の周方向 W の幅 C 2 の半分以下の長さとなる。そのため、周方向 W で隣り合う内嵌山部 5 1 に作用した圧縮力 P の分散範囲 R が、内嵌溝部 5 2 で互いに重なり合うことを防止することができる。したがって、第 1 内嵌段部 6 1 に圧縮力が作用した際の応力集中を防止することができるので、第 1 内嵌段部 6 1 の板厚を増加させることなく、継手構造 7 の圧縮耐力を向上させることができる。

[0055] 上述のように、継手構造 7 では、第 1 外嵌段部 4 1 および第 1 内嵌段部 6 1 において、上記式 (1) を満足することにより、外嵌端部 3 および内嵌端部 5 の板厚を増大させることなく、圧縮力 P に対して十分な圧縮耐力を付与することができる。なお、継手構造 7 は、第 1 外嵌段部 4 1 および第 1 内嵌段部 6 1 の少なくとも一方において、上記式 (1) を満足する構造としてもよい。

[0056] 図 1 2 A は、外嵌端部 3 の第 1 外嵌段部 4 1 および第 2 外嵌段部 4 2 を示す部分断面図であり、図 1 2 B は、内嵌端部 5 の第 1 内嵌段部 6 1 および第 2 内嵌段部 6 2 を示す部分断面図である。図 1 2 A に示すように、外嵌端部 3 では、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 の軸心方向 Y の長さ L_{m1} と、第 2 外嵌段部 4 2 の外嵌山部 3 1 の軸心方向 Y の長さ L_{m2} とが、下記式 (2) を満足するように設定される。

$$L_{m1} > L_{m2} \quad \cdots \text{式 (2)}$$

[0057] 同様に、図 1 2 B に示すように、内嵌端部 5 では、第 1 内嵌段部 6 1 の内

嵌山部 5 1 の軸心方向 Y の長さ L_{m1} と、第 2 内嵌段部 6 2 の内嵌山部 5 1 の軸心方向 Y の長さ L_{m2} とが、上記式 (2) を満足するように設定される。

[0058] ここで、外嵌端部 3 および内嵌端部 5 に上記式 (2) を用いる理由について説明する。図 29 A および図 29 B は、上記式 (2) を満足しない鋼管杭の継手構造 9 を示す概略断面図である。図 29 A および図 29 B に示すように、先端側の第 1 段部 9 1 の山部 9 5 における軸心方向 Y の長さ L_{m1} が、第 2 段部 9 2 の山部 9 5 の軸心方向 Y の長さ L_{m2} 以下の場合、第 1 段部 9 1 の山部 9 5 の表面積が小さくなるため、引張力 T が伝達されることによって作用する軸心直交方向 X の外側に向けた応力 F が大きくなる。

このように引張力 T が作用した際の応力 F が大きい場合、外嵌端部 3 では、第 2 外嵌段部 4 2 よりも第 1 外嵌段部 4 1 の方が軸心直交方向 X の板厚が薄く、さらに、第 1 外嵌段部 4 1 が第 1 鋼管杭 1 の上端部に拘束されないため (図 8 参照)、第 1 外嵌段部 4 1 が軸心直交方向 X の外側に向けて広がるフープ変形が、外嵌端部 3 に生じるおそれがある。

また、内嵌端部 5 でも、第 2 内嵌段部 6 2 よりも第 1 内嵌段部 6 1 の方が軸心直交方向 X の板厚が薄く、さらに、第 1 内嵌段部 6 1 が第 2 鋼管杭 2 の下端部に拘束されないため、第 1 内嵌段部 6 1 が軸心直交方向 X の内側に向けて潰れる座屈変形が、内嵌端部 5 に生じるおそれがある。

[0059] 上記に対して、本実施形態に係る継手構造 7 では、図 12 A および図 12 B に示すように、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1、および第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 が上記式 (2) を満足することにより、 L_{m1} が L_{m2} よりも長くなる。その結果、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1、および第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 の軸心方向 Y の表面積が大きくなり、引張力 T が作用した際の応力 F を小さくすることができる。したがって、引張力が作用した際に、第 1 外嵌段部 4 1 のフープ変形、および第 1 内嵌段部 6 1 の座屈変形を防止することができるので、引張耐力を向上させることができる。

[0060] 上述のように、本実施形態に係る継手構造 7 では、図 10 ~ 図 12 B に示

すように、第1外嵌段部41の外嵌山部31および第1内嵌段部61の内嵌山部51の長さ L_{m1} が、上記式(2)を満足することにより、引張力 T に対して十分な引張耐力を付与することが可能となる。さらに、第1外嵌段部41又は第1内嵌段部61の長さ L_{g1} が、上記式(1)を満足することにより、外嵌端部3又は内嵌端部5の加工コストまたは材料コスト等の製造コストの増大を抑制すると同時に、圧縮力 P に対して十分な圧縮耐力を付与することが可能となる。

[0061] 次に、継手構造7の当接面8に関して説明する。外嵌端部3及び内嵌端部5は、打撃ハンマー等により鋼管杭が高荷重下で打設される場合に、引張力 T よりも圧縮力 P の方が過大になる。このような打撃ハンマー等による過大な圧縮力 P が作用した場合、図13に示すように、外嵌端部3及び内嵌端部5では、第2外嵌段部42から第4外嵌段部44に向けて、及び、第2内嵌段部62から第4内嵌段部64に向けて傾斜した仮想せん断面 S において、過大な圧縮力 P によるせん断破壊が生じることが想定される。

[0062] 過大な圧縮力 P に対して、第1外嵌段部41及び第1内嵌段部61では、図14Aおよび図14Bに示すように、第1外嵌段部41の外嵌山部31の長さ L_{m1} 、および第1内嵌段部61の内嵌山部51の長さ L_{m1} の範囲のみのせん断面積でせん断抵抗する。一方、第2外嵌段部42及び第2内嵌段部62では、仮想せん断面 S の範囲のせん断面積でせん断抵抗するため、せん断抵抗する際のせん断面の軸心方向 Y の長さは、第2外嵌段部42の長さ L_{g2} 、又は、第2内嵌段部62の長さ L_{g2} に近似される。

[0063] また、第2外嵌段部42の外嵌山部31、及び第2内嵌段部62の内嵌山部51に伝達される圧縮力 P_2 は、圧縮側当接面86の圧縮面積に比例するため、第1外嵌段部41の外嵌山部31及び第1内嵌段部61の内嵌山部51に伝達される圧縮力 P_1 、圧縮面積 A_{c1} 、及び圧縮面積 A_{c2} から、下記式(3)で表される。

$$P_2 = (A_{c2} / A_{c1}) \times P_1 \quad \cdots \text{式(3)}$$

[0064] ここで、第2外嵌段部42の板厚よりも第1外嵌段部41の板厚が薄いこ

とを考慮すると、過大な圧縮力 P に対する圧縮耐力を向上させるためには、第 1 外嵌段部 4 1 のせん断抵抗力を第 2 外嵌段部 4 2 のせん断抵抗力以上に設定する必要がある。そのため、継手構造 7 では、外嵌端部 3 および内嵌端部 5 において、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 の長さ L_{m1} 、および第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 の長さ L_{m1} と、第 2 外嵌段部 4 2 および第 2 内嵌段部 6 2 の長さ L_{g2} とが、下記の式 (4) を満足するように設定される。

$$[0065] \quad L_{m1} / P_1 \geq L_{g2} / P_2 \quad \cdots \text{式 (4)}$$

P_1 : 第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 または第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 に伝達される圧縮力

P_2 : 第 2 外嵌段部 4 2 の外嵌山部 3 1 または第 2 内嵌段部 6 2 の内嵌山部 5 1 に伝達される圧縮力

[0066] そして、上記式 (3) および式 (4) により、外嵌端部 3 では、図 1 4 A に示すように、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 の長さ L_{m1} が、第 2 外嵌段部 4 2 の長さ L_{g2} に対して、下記式 (5) を満足するように設定される。同様に、図 1 4 B に示すように、内嵌端部 5 では、第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 の長さ L_{m1} が、第 2 内嵌段部 6 2 の長さ L_{g2} に対して下記式 (5) を満足するように設定される。

$$L_{m1} \geq (A_{c1} / A_{c2}) \times L_{g2} \quad \cdots \text{式 (5)}$$

[0067] 外嵌端部 3 及び内嵌端部 5 において、上記式 (5) を満足することにより、第 1 外嵌段部 4 1 のせん断抵抗力を第 2 外嵌段部 4 2 のせん断抵抗力以上に設定することができ、過大な圧縮力 P に対する圧縮耐力を向上させることができる。すなわち、継手構造 7 では、過大な圧縮力 P が伝達されたときに、圧縮力 P_1 に対する第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌山部 3 1 又は第 1 内嵌段部 6 1 の内嵌山部 5 1 のせん断抵抗力が、圧縮力 P_2 に対する第 2 外嵌段部 4 2 又は第 2 内嵌段部 6 2 のせん断抵抗力以上の大きさとなり、全ての外嵌段部 4 又は内嵌段部 6 で所定のせん断抵抗力を確保して、過大な圧縮力 P に対する圧縮耐力を向上させることが可能となる。

[0068] なお、外嵌端部3において、第1外嵌段部41の外嵌山部31と第4内嵌段部64の内嵌山部51との引張面積 A_t1 と、第1外嵌段部41の外嵌山部31と内嵌基端面54との圧縮面積 A_c1 とが略同一であるため、第1外嵌段部41の外嵌山部31の長さ L_{m1} は、上記式(5)を用いて下記式(6)により表される。また、内嵌端部5において、第1内嵌段部61の内嵌山部51と第4外嵌段部44の外嵌山部31との引張面積 A_t1 と、第1内嵌段部61の内嵌山部51と外嵌基端面34との圧縮面積 A_c1 とが略同一であるため、第1内嵌段部61の内嵌山部51の長さ L_{m1} は、上記式(5)を用いて下記式(6)により表される。

$$L_{m1} \geq (A_t1 / A_c2) \times L_{g2} \quad \cdots \text{式(6)}$$

[0069] また、外嵌端部3において、第2外嵌段部42の外嵌山部31の長さ L_{m2} と、第2外嵌段部42の外嵌谷部33の長さ L_{v2} とが略同一の場合、第1外嵌段部41の外嵌山部31の長さ L_{m1} が、下記式(7)および式(8)により表される。また、内嵌端部5において、第2内嵌段部62の内嵌山部51の長さ L_{m2} と、第2内嵌段部62の内嵌谷部53の長さ L_{v2} とが略同一の場合、第1内嵌段部61の内嵌山部51の長さ L_{m1} が、下記式(7)式(8)により表される。

$$L_{m1} \geq 2 \times (A_c1 / A_c2) \times L_{m2} \quad \cdots \text{式(7)}$$

$$L_{m1} \geq 2 \times (A_t1 / A_c2) \times L_{m2} \quad \cdots \text{式(8)}$$

[0070] 次に、外嵌端部3の外嵌谷部33の板厚、および内嵌端部5の内嵌谷部53の板厚について説明する。図15および図17に示すように、外嵌端部3では、第1外嵌段部41の外嵌谷部33が軸心直交方向Xで板厚 t_1 を有し、第2外嵌段部42の外嵌谷部33が軸心直交方向Xで板厚 t_2 を有し、第3外嵌段部43の外嵌谷部33が軸心直交方向Xで板厚 t_3 を有し、第4外嵌段部44の外嵌谷部33が軸心直交方向Xで板厚 t_4 を有する。また、外嵌余長部35は、軸心直交方向Xで板厚Dを有する。

同様に、図16および図17に示すように、内嵌端部5では、第1内嵌段部61の内嵌谷部53が軸心直交方向Xで板厚 t_1 を有し、第2内嵌段部6

2の内嵌谷部53が軸心直交方向Xで板厚 t_2 を有し、第3内嵌段部63の内嵌谷部53が軸心直交方向Xで板厚 t_3 を有し、第4内嵌段部64の内嵌谷部53が軸心直交方向Xで板厚 t_4 を有する。また、内嵌余長部55は、軸心直交方向Xで板厚Dを有する。

[0071] 図18Aおよび図18Bは、外嵌山部31と内嵌山部51とが互いに係合してかつ、第1鋼管杭1および第2鋼管杭2に引張力Tが作用した状態を示す概略断面図である。図18Aおよび図18Bに示すように、継手構造7では、内嵌山部51から外嵌山部31に加わる曲げ力Mが、各々の外嵌段部4で同程度であるが、各々の外嵌段部4で内嵌山部51からの引張力Tが累加する。そのため、第1鋼管杭1に近い基端側の外嵌段部4ほど、外嵌谷部33が負担する引張力Tが大きくなり、略同一の曲げ力Mに対する引張力Tの大きさが相対的に大きくなる。すなわち、第1鋼管杭1から遠い先端側の外嵌段部4ほど、外嵌谷部33の曲げ負担率が大きくなり、第1外嵌段部41で外嵌谷部33の曲げ負担率が最大になる。

[0072] 外嵌端部3では、図17に示すように、第1鋼管杭1に最も近い第4外嵌段部44の外嵌谷部33の板厚 t_4 をTとすると、第1外嵌段部41の外嵌谷部33の板厚 t_1 が $0.50T \sim 0.80T$ となるように設定される。すなわち、外嵌端部3では、第1鋼管杭1から最も遠い第1外嵌段部41の外嵌谷部33の板厚 t_1 が、第1鋼管杭1に最も近い第4外嵌段部44の外嵌谷部33の板厚 t_4 ($t_4 = T$) の50%以上80%以下となるように設定される。

また、外嵌端部3では、第2外嵌段部42の外嵌谷部33の板厚 t_2 が $0.60T \sim 0.90T$ 、および第3外嵌段部43の外嵌谷部33の板厚 t_3 が $0.80T \sim 0.95T$ となるように設定される。

[0073] ここで、各々の外嵌段部4において、上記のように外嵌谷部33の板厚を設定する理由を説明する。図30Aに示すように、例えば従来の鋼管杭の継手構造90は、軸心方向Yでストレート形状に形成され、山部95が所定の高さ h_{t1} を有するとともに、谷部96の板厚 t_1 が全て略同一に設定され

ている。また、図30Bに示すように、例えば従来の鋼管杭の継手構造98は、第4段部94の谷部96の板厚 t_4 ($t_4 = T$) に対して、第1段部91の谷部96の板厚 t_1 が $0.25T$ 、第2段部92の谷部96の板厚 t_2 が $0.50T$ 、第3段部93の谷部96の板厚 t_3 が $0.75T$ として設定されている。このように、従来の鋼管杭の継手構造98では、第1段部91の谷部96の板厚 t_1 を基準に曲げ耐力が設計されており、第4段部94の谷部96の板厚 t_4 が非常に厚いテーパ形状に形成されている。

[0074] これらに対して本実施形態に係る継手構造7では、図17に示すように、第1鋼管杭1に近い外嵌段部4ほど、外嵌谷部33の板厚が大きく設定されているので、外嵌端部3をテーパ状に形成することができる。また、第1外嵌段部41の外嵌谷部33の板厚 t_1 を $0.50T \sim 0.80T$ と設定することにより、従来の鋼管杭の継手構造98に比べて、第1外嵌段部41の外嵌谷部33の板厚 t_1 を厚くすることができる。そのため、第1外嵌段部41で曲げ耐力を増大させることができるとともに、第4外嵌段部44の外嵌谷部33の板厚増加を抑制することができる。

[0075] 図19および図20は、各々の外嵌段部4における板厚比と曲げ耐力比との関係を示すグラフである。図19および図20において、横軸の板厚比は、第1外嵌段部41の板厚 t_1 、第2外嵌段部42の板厚 t_2 、及び第3外嵌段部43の板厚 t_3 を第4外嵌段部44の板厚 t_4 ($t_4 = T$) で除した値を表し、縦軸の曲げ耐力比は、第4外嵌段部44の曲げ耐力に対する、第1外嵌段部41、第2外嵌段部42、及び第3外嵌段部43の曲げ耐力の比を表している。

なお、図19は、外嵌余長部35の板厚 D と、各々の外嵌段部4の外嵌山部31の高さ $h_{t1} \sim h_{t4}$ (図15参照) とが、 $h_{t1} \sim h_{t4} = D/8$ の関係を満足する場合の曲げ耐力比と板厚比との関係を示しており、図20は、外嵌余長部35の板厚 D と、各々の外嵌段部4の外嵌山部31の高さ $h_{t1} \sim h_{t4}$ (図15参照) とが、 $h_{t1} \sim h_{t4} = D/3$ の関係を満足する場合の曲げ耐力比と板厚比との関係を示している。

[0076] 図19および図20に示すように、継手構造7では、第1外嵌段部41の外嵌谷部33の板厚 t_1 を $0.50T \sim 0.80T$ に設定することにより、第1外嵌段部41の曲げ耐力を、第4外嵌段部44の曲げ耐力と同等以上にすることができる。特に、図19に示すように、 $h_{t1} \sim h_{t4} = D/8$ の場合、第1外嵌段部41の外嵌谷部33の板厚 t_1 が $0.55T \sim 0.70T$ の範囲にあると、第1外嵌段部41の曲げ耐力比が $1.2 \sim 1.3$ 程度となり、第1外嵌段部41の曲げ耐力が非常に高くなる。また、図20に示すように、 $h_{t1} \sim h_{t4} = D/3$ の場合、第1外嵌段部41の外嵌谷部33の板厚 t_1 が $0.70T \sim 0.75T$ の範囲にあると、第1外嵌段部41の曲げ耐力比が 1.2 程度となり、第1外嵌段部41の曲げ耐力が非常に高くなる。

[0077] また、図19に示すように、継手構造7では、 $h_{t1} \sim h_{t4} = D/8$ の場合、第2外嵌段部42の外嵌谷部33の板厚 t_2 が $0.65T \sim 0.80T$ の範囲にあるとき、第2外嵌段部42の曲げ耐力比が $1.1 \sim 1.2$ 程度となり、第3外嵌段部43の外嵌谷部33の板厚 t_3 が $0.85T \sim 0.90T$ の範囲にあるとき、第3外嵌段部43の曲げ耐力比が 1.1 程度となる。

また、図20に示すように、 $h_{t1} \sim h_{t4} = D/3$ の場合、第2外嵌段部42の板厚 t_2 が $0.75T \sim 0.85T$ の範囲にあるとき、第2外嵌段部42の曲げ耐力比が 1.1 程度となり、第3外嵌段部43の外嵌谷部33の板厚 t_3 を $0.90T$ とすると、第3外嵌段部43の曲げ耐力比が 1.1 程度となる。

[0078] 同様に、継手構造7では、各々の内嵌段部6において、第4内嵌段部64の内嵌谷部53の板厚 t_4 ($t_4 = T$) に対して、第1内嵌段部61の内嵌谷部53の板厚 t_1 が $0.50T \sim 0.80T$ 、第2内嵌段部62の内嵌谷部53の板厚 t_2 が $0.60T \sim 0.90T$ 、および第3内嵌段部63の内嵌谷部53の板厚 t_3 が $0.80T \sim 0.95T$ となるように設定することにより、曲げ耐力を向上させることができる。なお、厳密には、外嵌段部4

と内嵌段部 6 とで、鋼管杭の軸心方向 Y の中心軸からの半径が異なるため、外嵌山部 3 1 と内嵌山部 5 1 とが軸心方向 Y で互いに係合される面積を等しいと仮定すると、内嵌段部 6 の方が僅かに板厚が大きくなる。

[0079] 上記の継手構造 7 では、外嵌段部 4 および内嵌段部 6 の段数がそれぞれ 4 である場合を示したが、図 2 1 に示すように、外嵌段部 4 および内嵌段部 6 の段数がそれぞれ 3 であってもよい。この場合、第 3 外嵌段部 4 3 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_3 を T とすると、図 2 2 に示すように、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_1 が $0.60T \sim 0.80T$ 、および第 2 外嵌段部 4 2 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_2 が $0.75T \sim 0.95T$ の範囲にあるとき、第 1 外嵌段部 4 1 および第 2 外嵌段部 4 2 の曲げ耐力を、第 1 鋼管杭 1 に最も近い第 3 外嵌段部 4 3 の曲げ耐力よりも大きくすることができる。

[0080] また、図 2 3 に示すように、外嵌段部 4 および内嵌段部 6 の段数がそれぞれ 2 であってもよい。この場合、第 1 鋼管杭 1 に最も近い第 2 外嵌段部 4 2 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_2 を T とすると、図 2 4 に示すように、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_1 が $0.70T \sim 0.90T$ の範囲にあるとき、第 1 外嵌段部 4 1 の曲げ耐力を第 1 鋼管杭 1 に最も近い第 2 外嵌段部 4 2 の曲げ耐力よりも大きくすることができる。

[0081] また、図 2 5 に示すように、外嵌段部 4 および内嵌段部 6 の段数がそれぞれ 6 であってもよい。この場合、外嵌端部 3 は、外嵌端部 3 の先端側から基端側まで、順番に第 1 外嵌段部 4 1、第 2 外嵌段部 4 2、第 3 外嵌段部 4 3、第 4 外嵌段部 4 4、第 5 外嵌段部 4 5、及び第 6 外嵌段部 4 6 を有する。この構造によれば、第 6 外嵌段部 4 6 の板厚 t_6 を T とすると、図 2 6 に示すように、第 1 外嵌段部 4 1 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_1 が $0.35T \sim 0.70T$ 、第 2 外嵌段部 4 2 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_2 が $0.45T \sim 0.75T$ 、第 3 外嵌段部 4 3 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_3 が $0.55T \sim 0.80T$ 、第 4 外嵌段部 4 4 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_4 が $0.70T \sim 0.90T$ 、および第 5 外嵌段部 4 5 の外嵌谷部 3 3 の板厚 t_5 が $0.80T \sim 0.95T$ の範囲にあるとき、第 6 外嵌段部 4 6 を除く外嵌段部 4 (第 1 外嵌段部

4 1、第2外嵌段部4 2、第3外嵌段部4 3、第4外嵌段部4 4、第5外嵌段部4 5)の曲げ耐力を、第6外嵌段部4 6の曲げ耐力よりも大きくすることができる。

[0082] また、外嵌段部4および内嵌段部6の段数は、上記のみに限定されない。図2 7は、外嵌段部4の段数が2～9の場合における、第1外嵌段部4 1の曲げ耐力比が最大となる際の第1外嵌段部4 1の外嵌谷部3 3の板厚比(第1鋼管杭に最も近い外嵌段部4の外嵌谷部3 3の板厚 T に対する第1外嵌段部4 1の外嵌谷部3 3の板厚 t_1)と、外嵌段部4の段数との関係を示している。

なお、図2 7において、四角形は、外嵌余長部3 5の板厚 D と外嵌山部3 1の高さ(h_{t1} 、 h_{t2} 、 $\dots$ 、 h_{tn} : n は外嵌段部4の段数)とが $h_{t1} \sim h_{tn} = D/3$ の関係にある場合を示し、菱形は、 $h_{t1} \sim h_{tn} = D/8$ の関係にある場合を示す。

[0083] 図2 7に示すように、継手構造7では、外嵌段部4の段数が5～9の場合、外嵌余長部3 5の板厚 D と、外嵌山部3 1の高さ $h_{t1} \sim h_{tn}$ との関係を $h_{t1} \sim h_{tn} = D/8 \sim D/3$ の範囲で変動させると、第1外嵌段部4 1の曲げ耐力比が最大となるときの第1外嵌段部4 1の板厚比は、0.36～0.64程度の範囲で変動する。

[0084] 図2 8 A～図2 8 Dは、継手構造7の各々の外嵌段部4(外嵌段部4の段数が4の場合)における、FEM解析の結果を示す。具体的には、図2 8 A～図2 8 Dは、各々の外嵌段部4(4 1、4 2、4 3、4 4)における、外嵌谷部3 3の外周面3 6(図1 7参照)からの距離と、外嵌谷部3 3の軸心直交方向 X のひずみとの関係を示す。なお、図2 8 Aは、第1外嵌段部4 1の外嵌谷部3 3の板厚 t_1 [mm] = 6の場合を示し、図2 8 Bは、第2外嵌段部4 2の外嵌谷部3 3の板厚 t_2 [mm] = 8の場合を示し、図2 8 Cは、第3外嵌段部4 3の外嵌谷部3 3の板厚 t_3 [mm] = 10の場合を示し、図2 8 Dは、第4外嵌段部4 4の外嵌谷部3 3の板厚 t_4 [mm] = 12の場合を示す。また、このFEM解析では、幾何学的非線形性を考慮した

大変形を前提として、鋼管杭の一端を固定するとともに鋼管杭の他端に強制変位を与えており、また、外嵌端部3及び内嵌端部5の材料特性として、ヤング率、ポアソン比が鋼管杭と同一になるように設定している。

[0085] 図28A～図28Dに示すように、各々の外嵌段部4では、外嵌端部3の外周面36のひずみが最小となる直線勾配の応力分布となっている。すなわち、外嵌端部3の外周面36から軸心直交方向Xに最も離間した位置のひずみが最大値となるように、各々の外嵌段部4で、外嵌谷部33が曲げ応力を負担する。

また、図28Aに示すように、第1外嵌段部41では、板厚比を0.5 ($t_1 = 0.5T$) とすることにより、最大ひずみを0.002程度とすることができる。また、図28Bに示すように、第2外嵌段部42では、板厚比を0.67 ($t_2 = 0.67T$) とすることにより、最大ひずみを0.002程度とすることができる。また、図28Cに示すように、第3外嵌段部43では、板厚比を0.83 ($t_3 = 0.83T$) とすることにより、最大ひずみを0.002程度とすることができる。また、図28Dに示すように、第4外嵌段部44における最大ひずみは0.002程度である。したがって、第1外嵌段部41の板厚 t_1 、第2外嵌段部42の板厚 t_2 、および第3外嵌段部43の板厚 t_3 を上述した所定の範囲に設定することにより、各々の外嵌段部4における最大ひずみを略同一にすることができる。言い換えれば、上記所定の範囲に設定することにより、各々の外嵌段部4において、外嵌谷部33の曲げ負担率に見合った板厚に設定できる。

[0086] このとき、本実施形態に係る継手構造7では、各々の外嵌段部4において、曲げ耐力と曲げ負担率とが均衡するため、従来のストレート形状の継手構造90（図30A参照）、または従来の鋼管杭の継手構造98（図30B参照）と比較して、鋼材等の使用量を少なくしつつ、最大の曲げ耐力を得ることができる。

[0087] これにより、本実施形態に係る継手構造7では、外嵌端部3または内嵌端部5の板厚に無駄な部分を生じさせることなく、鋼材等の重量（体積）と曲

げ耐力とが適切となるように設定されるため、必要以上に板厚を増加させることを抑制することができる。その結果、継手構造 7 の重量を低減させて鋼管杭の連結作業の効率を向上させるとともに、継手構造 7 の材料コストの上昇を抑制することが可能となる。また、継手構造 7 では、第 1 外嵌段部 4 1 の板厚 t_1 を上述した所定の範囲に設定することにより、鋼材等の重量と曲げ耐力とを適切に設定することができ、継手構造 7 の設計精度を向上させるとともに、板厚の設計を容易にすることが可能となる。

[0088] 以上、本発明の一実施形態を説明したが、本実施形態は、例として提示したものであり、本発明の範囲がこれらの実施形態のみに限定されるものではない。この実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。この実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

[0089] 例えば、継手構造 7 では、第 1 鋼管杭 1 及び第 2 鋼管杭 2 の端部を切削することにより、第 1 鋼管杭 1 又は第 2 鋼管杭 2 の端部そのものに外嵌端部 3 又は内嵌端部 5 が設けられてもよい。また、第 1 鋼管杭 1 に内嵌端部 5 が設けられ、第 2 鋼管杭 2 に外嵌端部 3 が設けられてもよい。

産業上の利用可能性

[0090] 本発明によれば、鋼管杭の回転作業の手間を低減するとともに、鋼管杭の必要以上の板厚増加を回避して、外嵌端部及び内嵌端部に十分な引張耐力および圧縮耐力を付与することのできる、鋼管杭の継手構造を提供することができる。従って、本発明は、産業上の利用可能性を十分に具備するものである。

符号の説明

[0091] 1 : 第 1 鋼管杭
2 : 第 2 鋼管杭
3 : 外嵌端部
3 1 : 外嵌山部

- 3 2 : 外嵌溝部
- 3 3 : 外嵌谷部
- 3 4 : 外嵌基端面
- 3 5 : 外嵌余長部
- 4 : 外嵌段部
- 4 1 : 第 1 外嵌段部
- 4 2 : 第 2 外嵌段部
- 4 3 : 第 3 外嵌段部
- 4 4 : 第 4 外嵌段部
- 5 : 内嵌端部
- 5 1 : 内嵌山部
- 5 2 : 内嵌溝部
- 5 3 : 内嵌谷部
- 5 4 : 内嵌基端面
- 5 5 : 内嵌余長部
- 6 : 内嵌段部
- 6 1 : 第 1 内嵌段部
- 6 2 : 第 2 内嵌段部
- 6 3 : 第 3 内嵌段部
- 6 4 : 第 4 内嵌段部
- 7 : 鋼管杭の継手構造
- 8 : 当接面
- 8 1 : 引張側当接面
- 8 6 : 圧縮側当接面
- W : 周方向
- X : 軸心直交方向
- Y : 軸心方向

請求の範囲

[請求項1]

第1鋼管杭と第2鋼管杭とを直列に接合する、鋼管杭の継手構造であって、

前記第1鋼管杭の一端に設けられ、前記第1鋼管杭の軸心方向に沿って複数の外嵌段部が形成された外嵌端部と；

前記第2鋼管杭の一端に設けられてかつ、前記外嵌端部に挿入されるとともに、前記第2鋼管杭の軸心方向に沿って複数の内嵌段部が形成された内嵌端部と；

を備え、

前記複数の外嵌段部のそれぞれが、

その内周面から前記第1鋼管杭の径方向内側へ向かって突出してかつ、前記第1鋼管杭の周方向に沿って設けられた複数の外嵌山部と、

前記第1鋼管杭の周方向において互いに隣り合う前記外嵌山部の間に形成された複数の外嵌溝部と、

前記内周面において前記各外嵌山部に隣接してかつ前記第1鋼管杭に近い基端側に形成された外嵌谷部と、

を有し、

前記複数の内嵌段部のそれぞれが、

その外周面から前記第2鋼管杭の径方向外側へ向かって突出してかつ、前記第2鋼管杭の周方向に沿って設けられた複数の内嵌山部と、

前記第2鋼管杭の周方向において互いに隣り合う前記内嵌山部の間に形成された複数の内嵌溝部と、

前記外周面において前記各内嵌山部に隣接してかつ前記第2鋼管杭に近い基端側に形成された内嵌谷部と、

を有し、

前記複数の外嵌段部では、前記第1鋼管杭に近い外嵌段部であるほ

ど前記外嵌谷部の板厚が大きく形成され、

前記複数の内嵌段部では、前記第 2 鋼管杭に近い内嵌段部であるほど前記内嵌谷部の板厚が大きく形成され、

前記各外嵌段部における前記複数の外嵌山部の個数、および前記各内嵌段部における前記複数の内嵌山部の個数が、それぞれ 8 以上であり、

前記第 1 鋼管杭から最も遠い外嵌段部である第 1 外嵌段部、および前記第 2 鋼管杭から最も遠い内嵌段部である第 1 内嵌段部において、

前記第 1 鋼管杭の軸心方向における前記外嵌山部の長さと同前記外嵌谷部の長さとの和、および前記第 2 鋼管杭の軸心方向における前記内嵌山部の長さと同前記内嵌谷部の長さとの和をそれぞれ L_{g1} と定義し、

前記第 1 鋼管杭の軸心方向における前記外嵌山部の長さ、および前記第 2 鋼管杭の軸心方向における前記内嵌山部の長さをそれぞれ L_{m1} と定義し、

前記外嵌溝部および前記内嵌溝部の周方向における幅を $C2$ と定義し、

さらに、前記第 1 外嵌段部に隣接する第 2 外嵌段部、および前記第 1 内嵌段部に隣接する第 2 内嵌段部において、前記第 1 鋼管杭の軸心方向における前記外嵌山部の長さ、および前記第 2 鋼管杭の軸心方向における前記内嵌山部の長さをそれぞれ L_{m2} と定義したとき、

前記外嵌端部および前記内嵌端部の少なくとも一方が、下記の式（1）および式（2）を満足することを特徴とする鋼管杭の継手構造。

$$C2 / 2 \geq L_{g1} \quad \cdots \text{式（1）}$$

$$L_{m1} > L_{m2} \quad \cdots \text{式（2）}$$

[請求項2]

前記複数の外嵌段部と同前記複数の内嵌段部との間で互いに当接する当接面のうち、前記第 1 外嵌段部において圧縮力を負担させる圧縮側

当接面の圧縮面積、および前記第 1 内嵌段部において圧縮力を負担させる圧縮側当接面の圧縮面積をそれぞれ A_{c1} と定義し、前記第 2 外嵌段部において圧縮力を負担させる圧縮側当接面の圧縮面積、および前記第 2 内嵌段部において圧縮力を負担させる圧縮側当接面の圧縮面積をそれぞれ A_{c2} と定義し、

さらに、前記第 2 外嵌段部および前記第 2 内嵌段部において、前記第 1 鋼管杭の軸心方向における前記外嵌山部の長さ L_{g1} と前記外嵌谷部の長さ L_{g2} との和、および前記第 2 鋼管杭の軸心方向における前記内嵌山部の長さ L_{g3} と前記内嵌谷部の長さ L_{g4} との和をそれぞれ L_g と定義したとき、

前記外嵌端部および前記内嵌端部の少なくとも一方が、下記の式 (3) を満足する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の鋼管杭の継手構造。

$$L_{m1} \geq (A_{c1} / A_{c2}) \times L_{g2} \quad \cdots \text{式 (3)}$$

[請求項3]

前記複数の外嵌段部の個数が 4 であり、

前記第 1 外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚が、前記第 1 鋼管杭に最も近い外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚の 50% 以上 80% 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の鋼管杭の継手構造。

[請求項4]

前記複数の外嵌段部の個数が 3 であり、

前記第 1 外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚が、前記第 1 鋼管杭に最も近い外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚の 60% 以上 80% 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の鋼管杭の継手構造。

[請求項5]

前記複数の外嵌段部の個数が 2 であり、

前記第 1 外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚が、前記第 2 外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚の 70% 以上 90% 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の鋼管杭の継手構造。

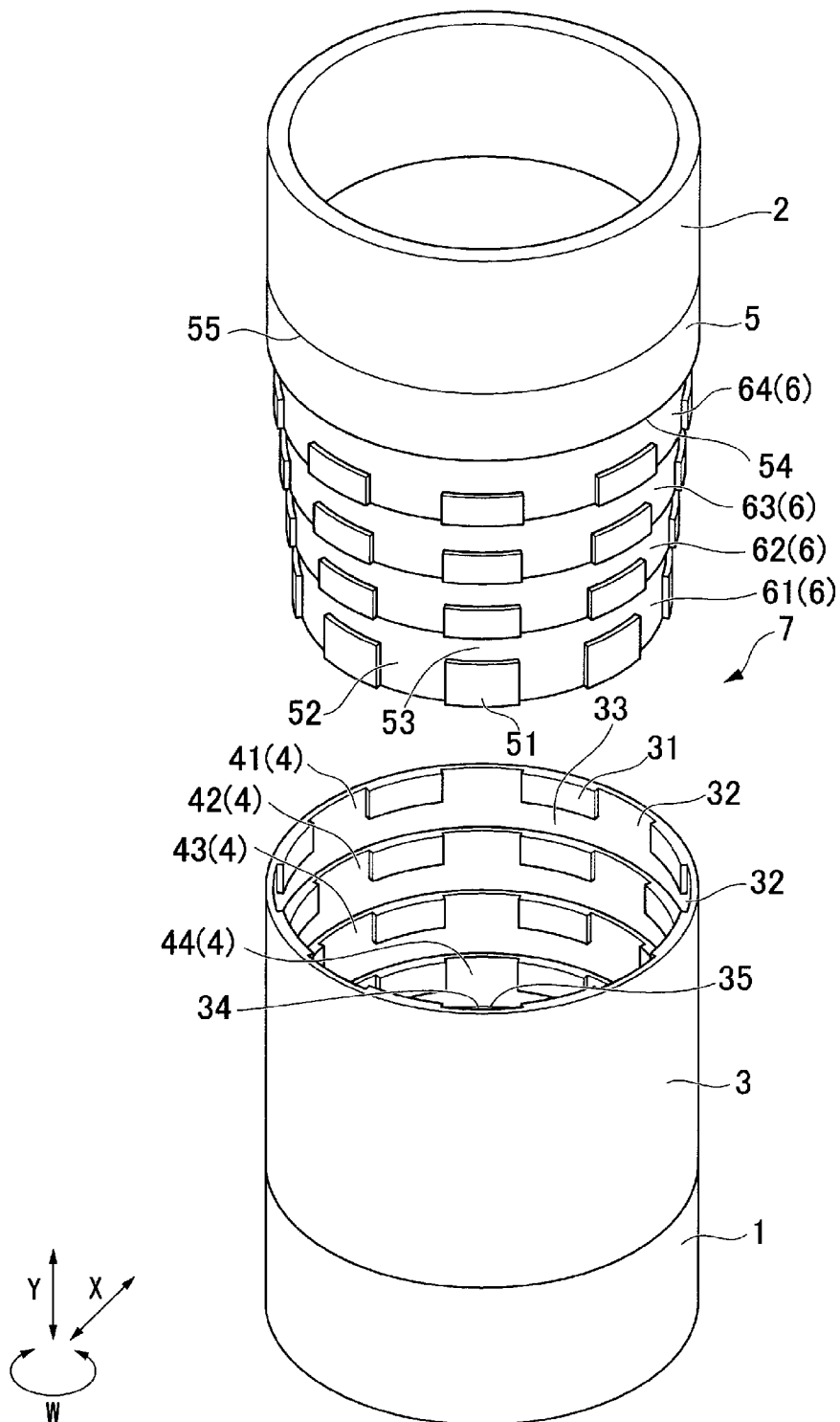
[請求項6]

前記複数の外嵌段部の個数が 5 以上 9 以下であり、

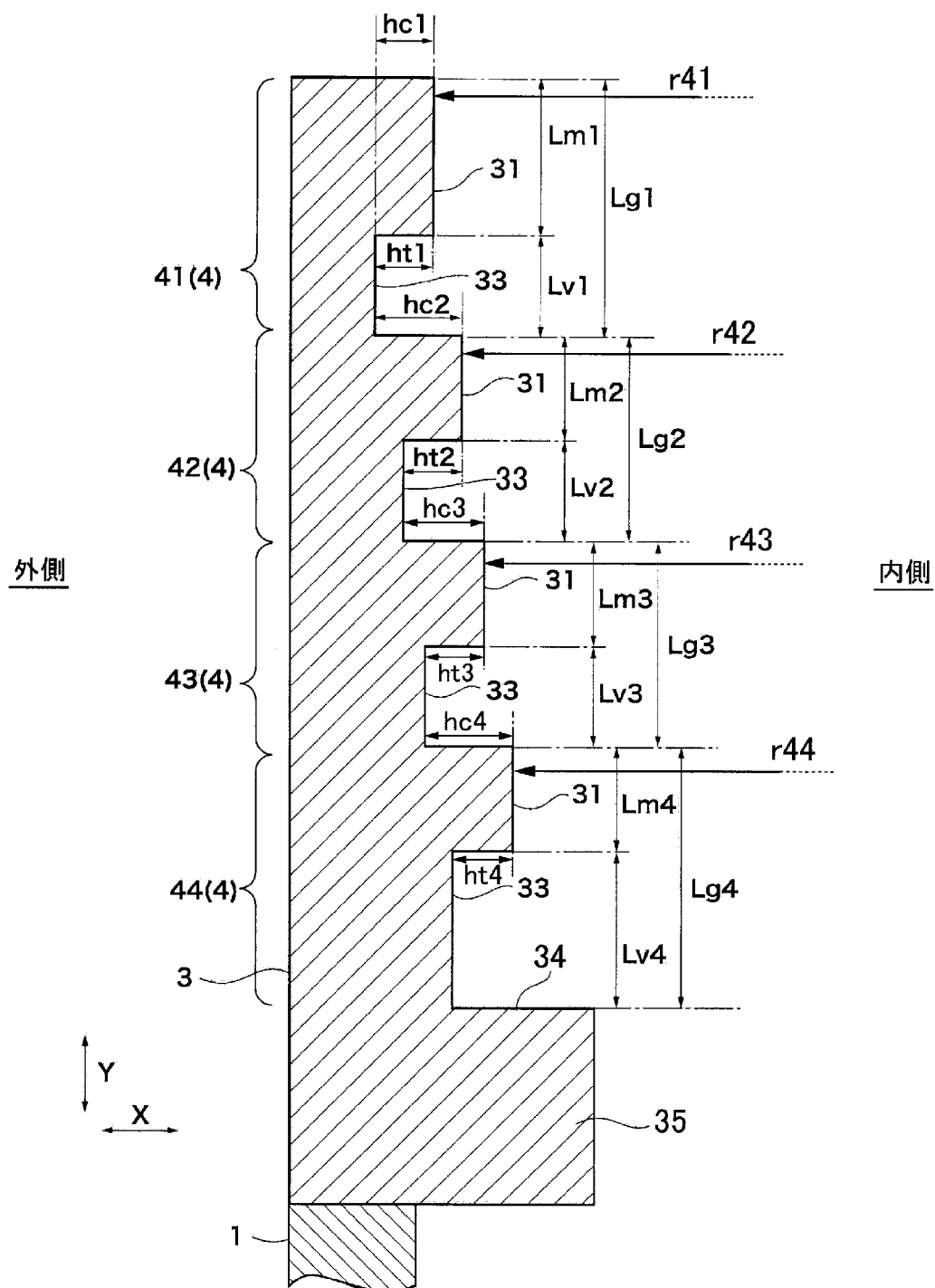
前記第 1 外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚が、前記第 1 鋼管杭に最も

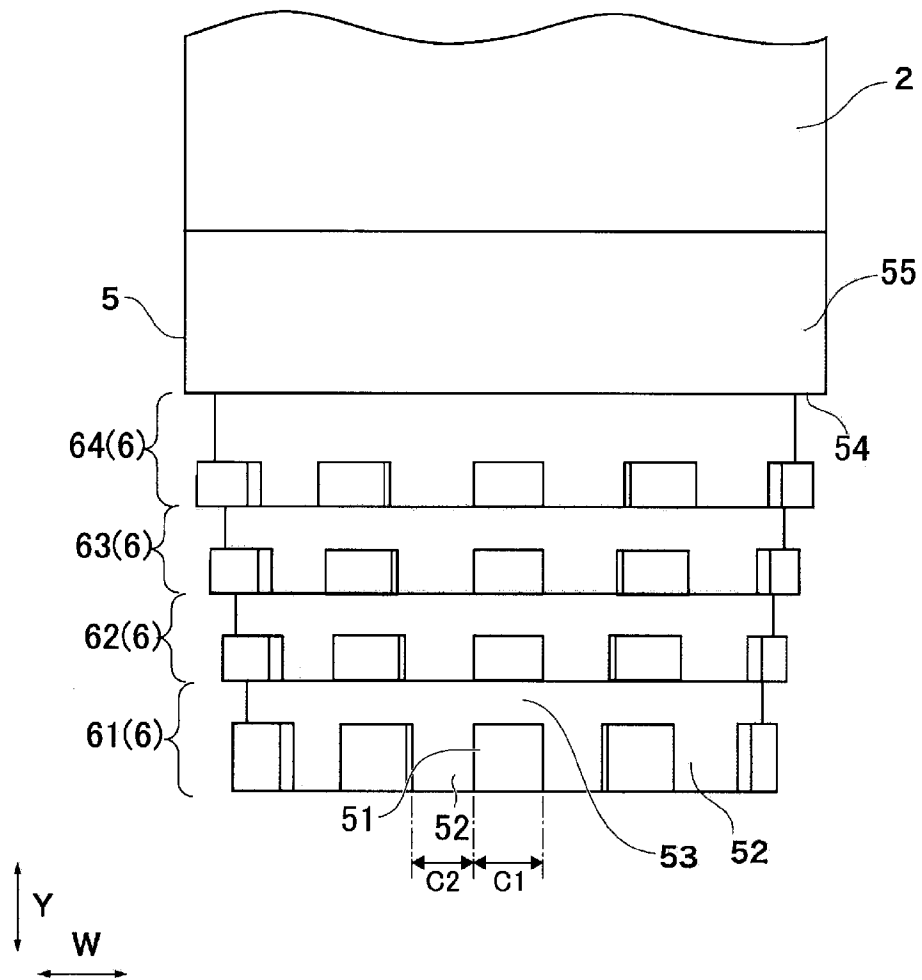
近い外嵌段部の前記外嵌谷部の板厚の 35%以上 70%以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の鋼管杭の継手構造。

[図1]

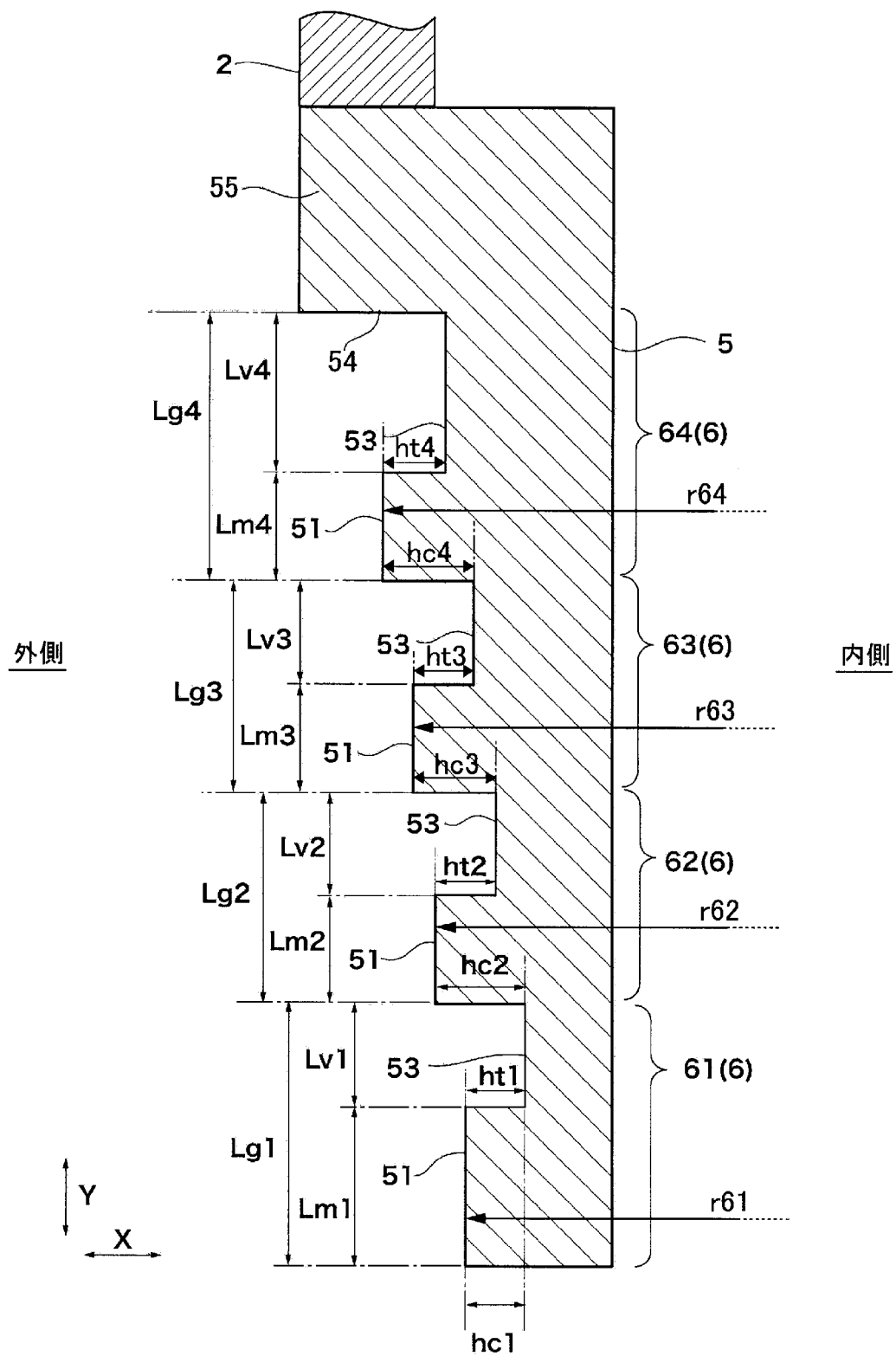


[図3]

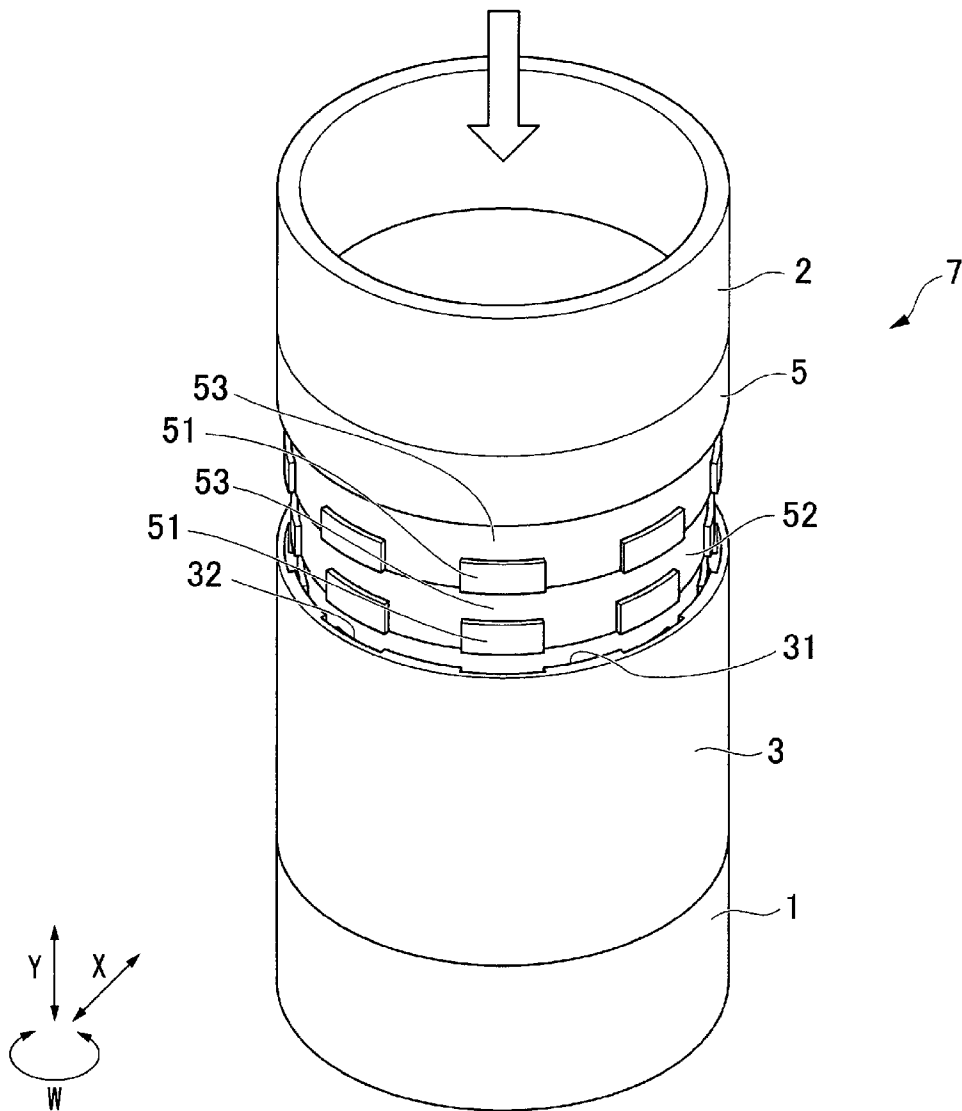




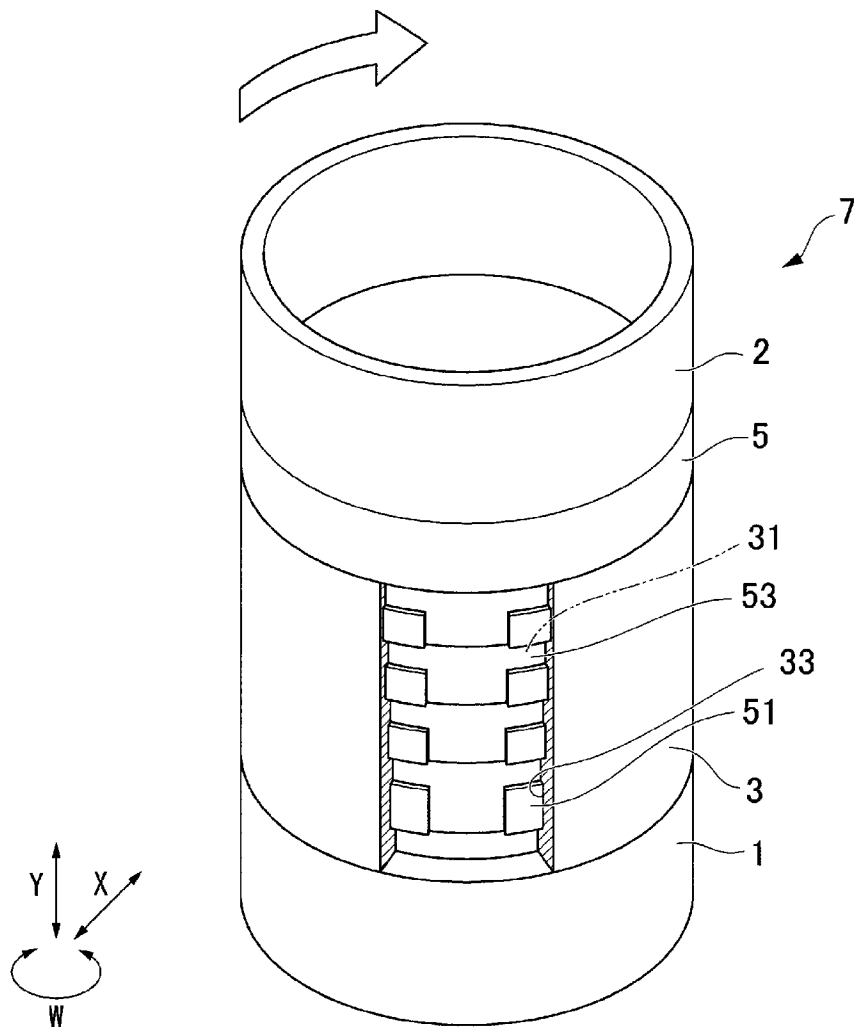
[図5]



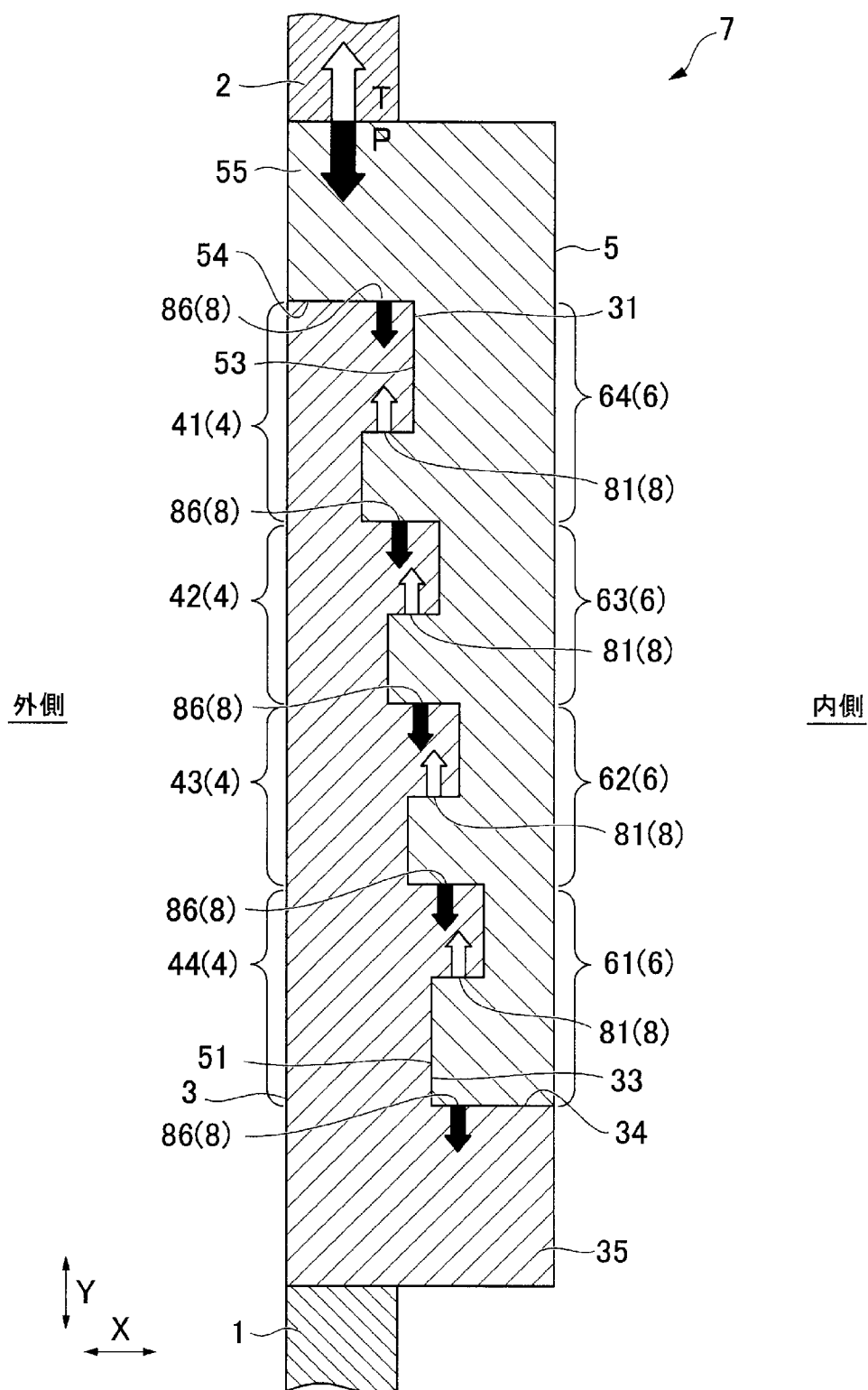
[図6]



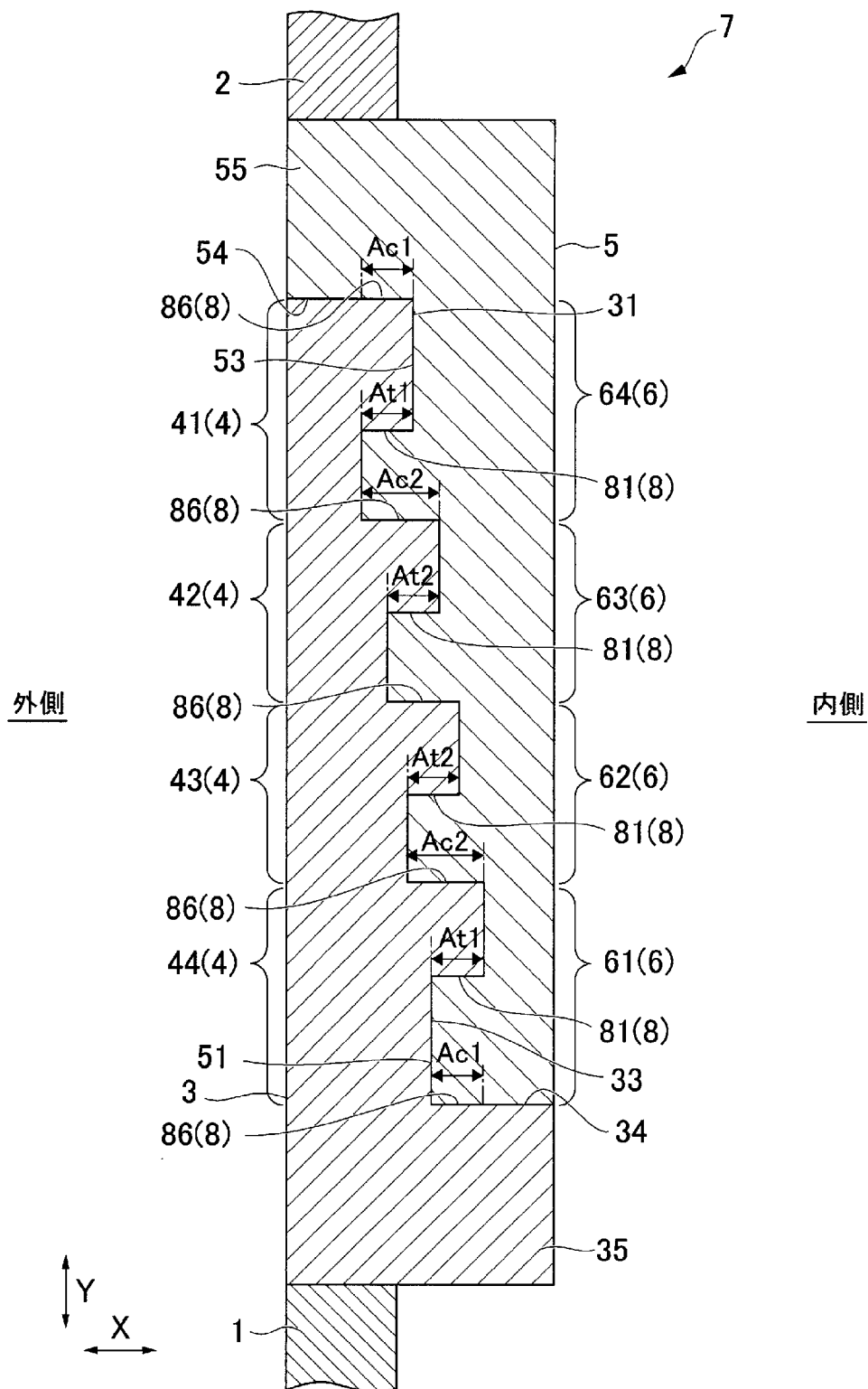
[図7]



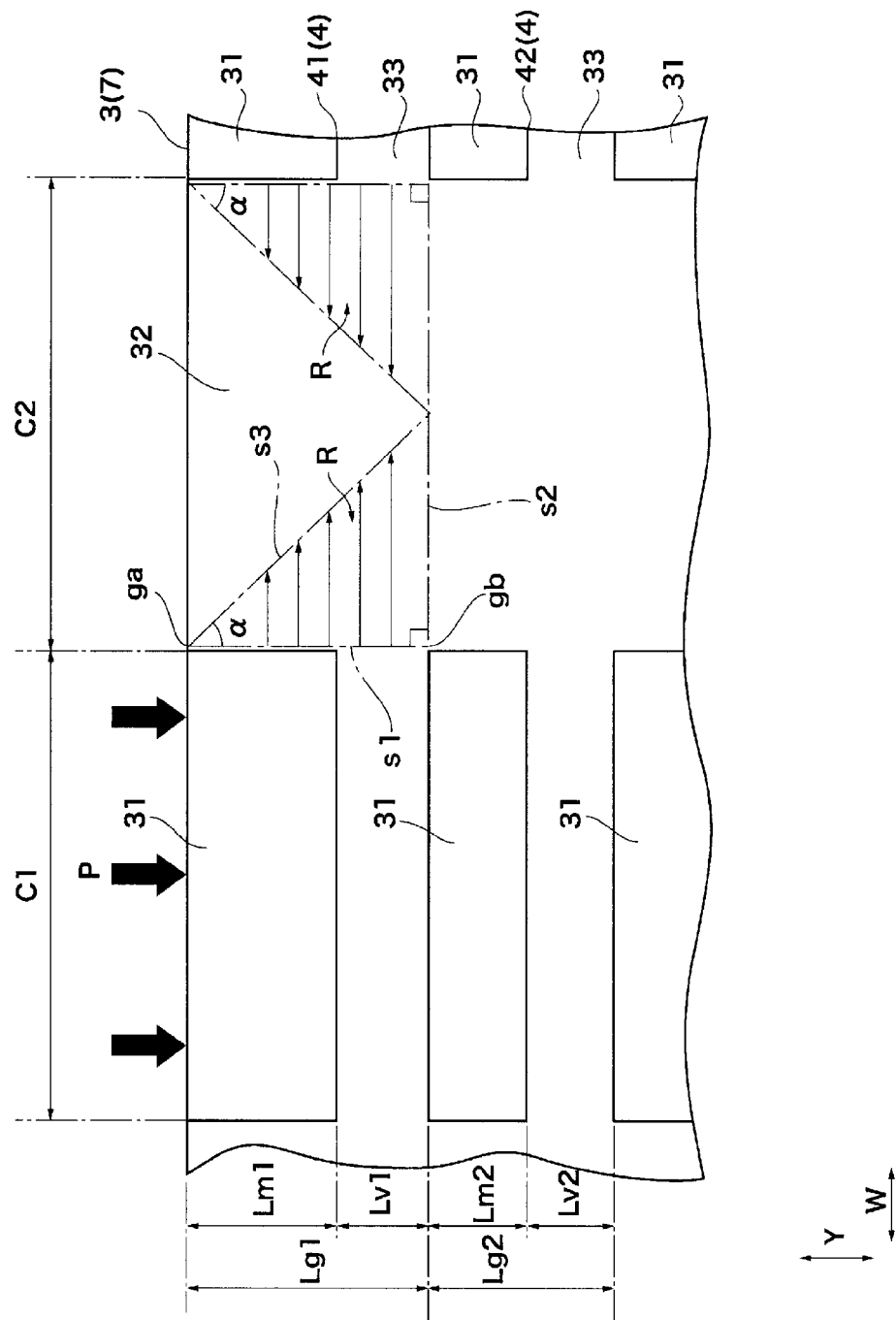
[図8]



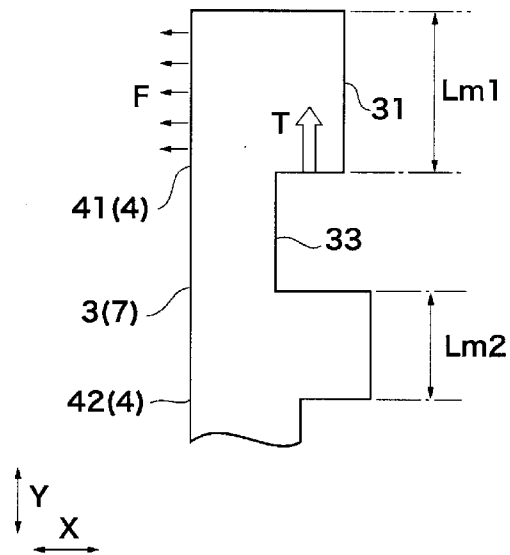
[図9]



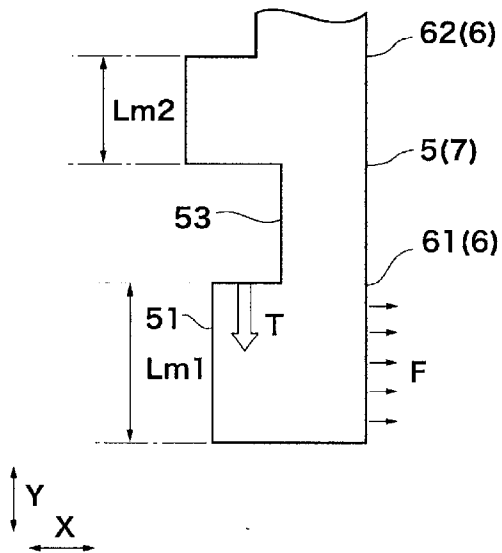
[図10]



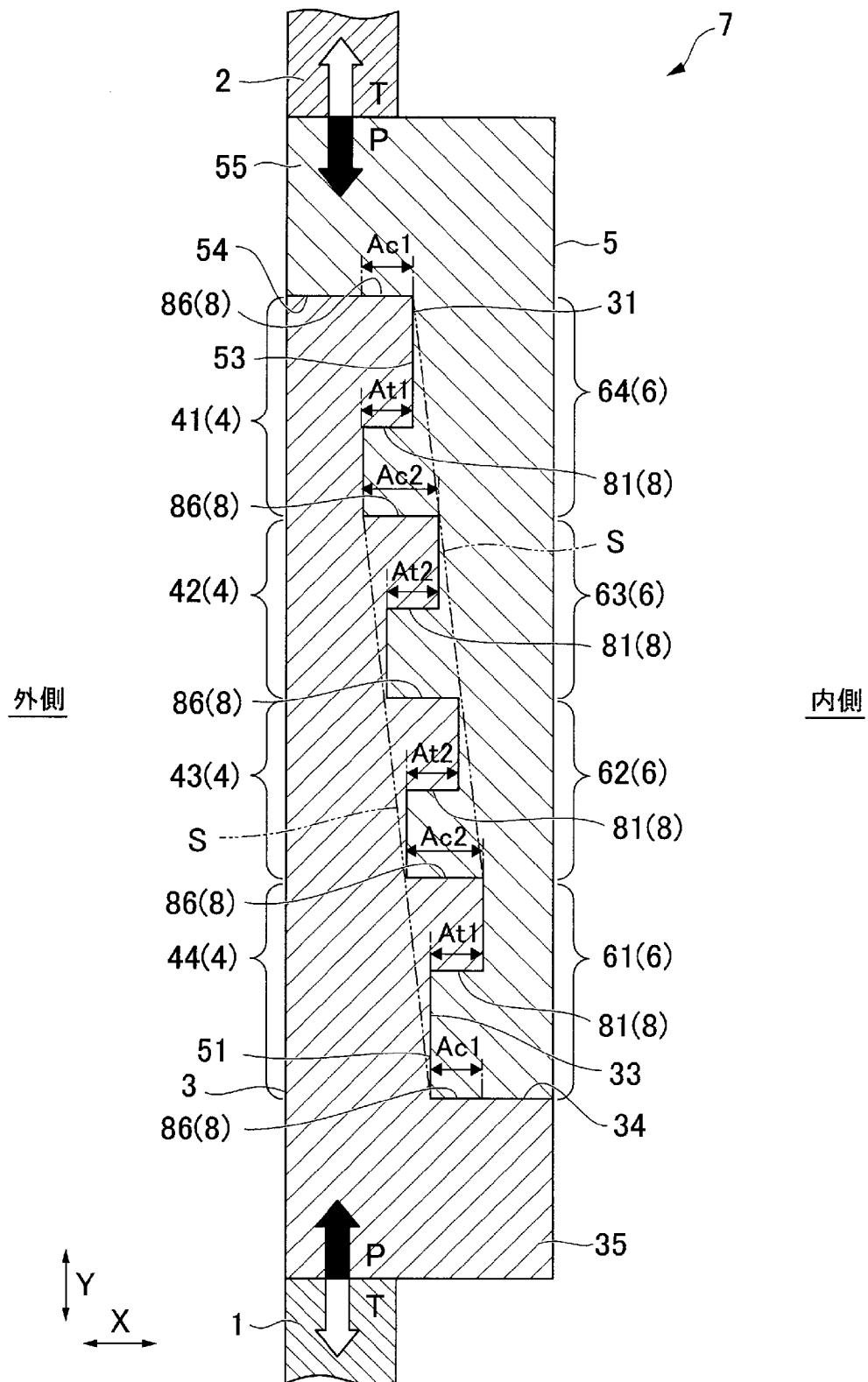
[図12A]



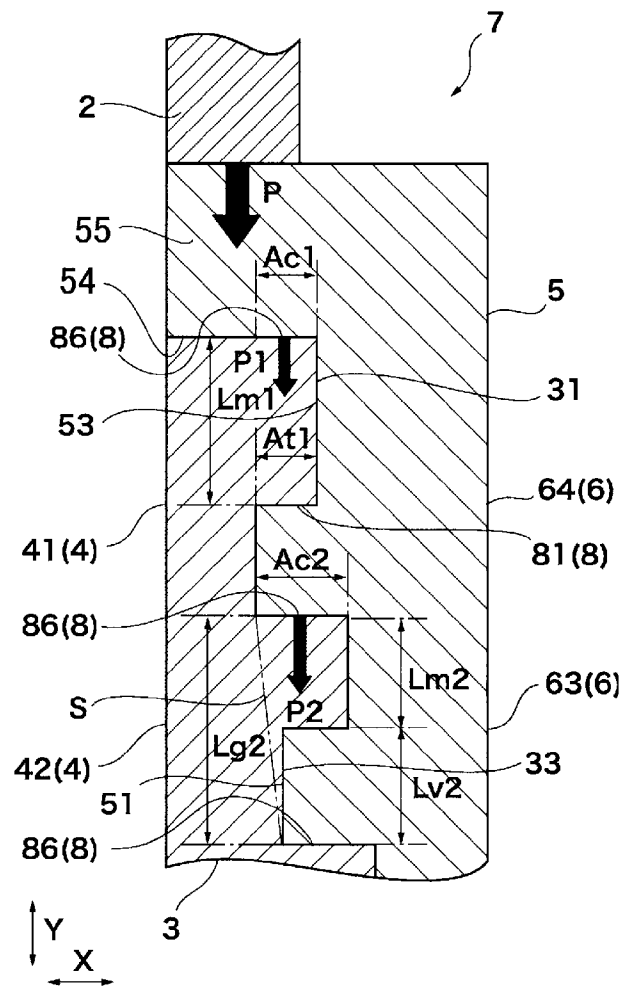
[図12B]

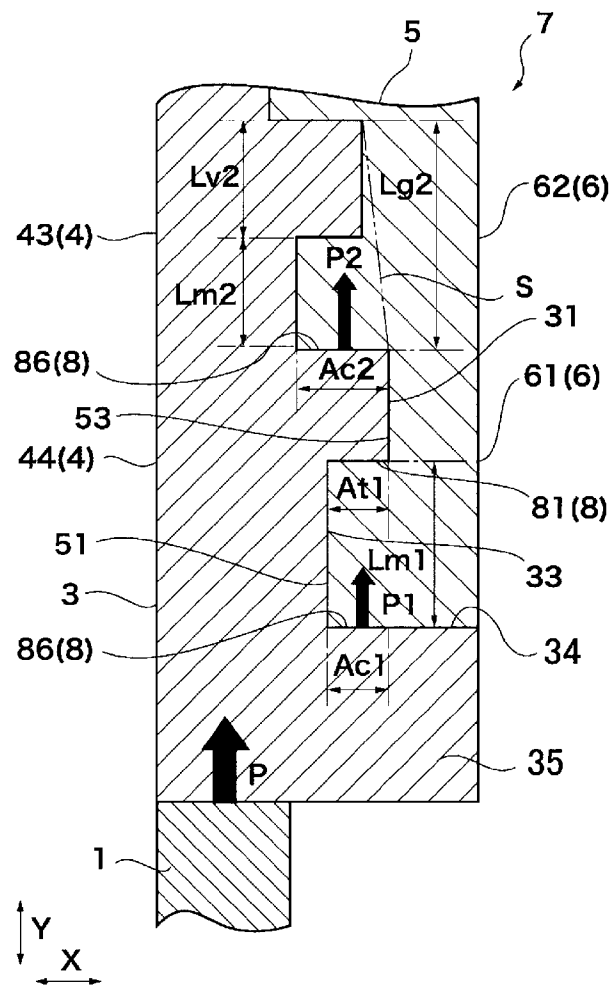


[図13]

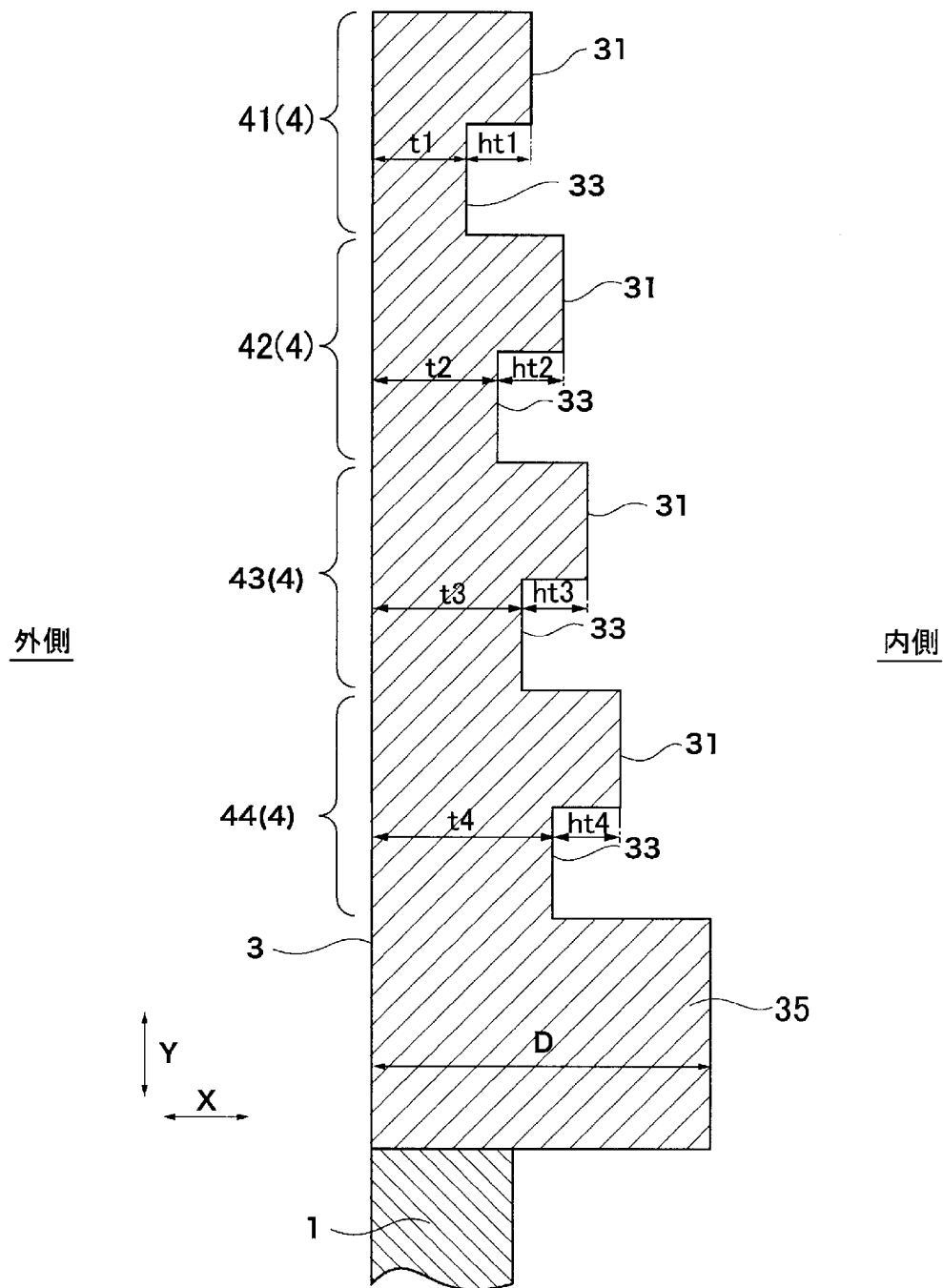


[図14A]

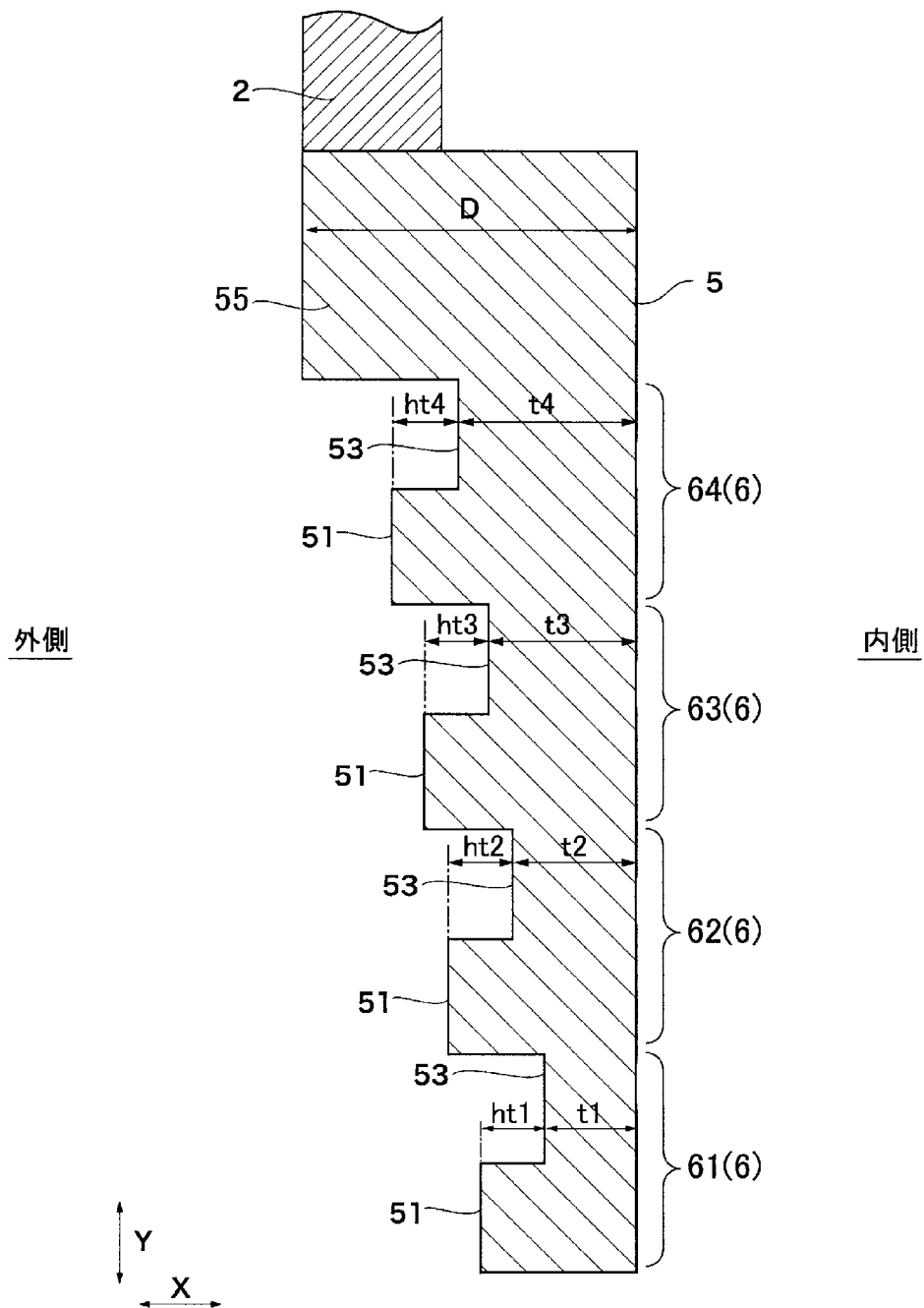




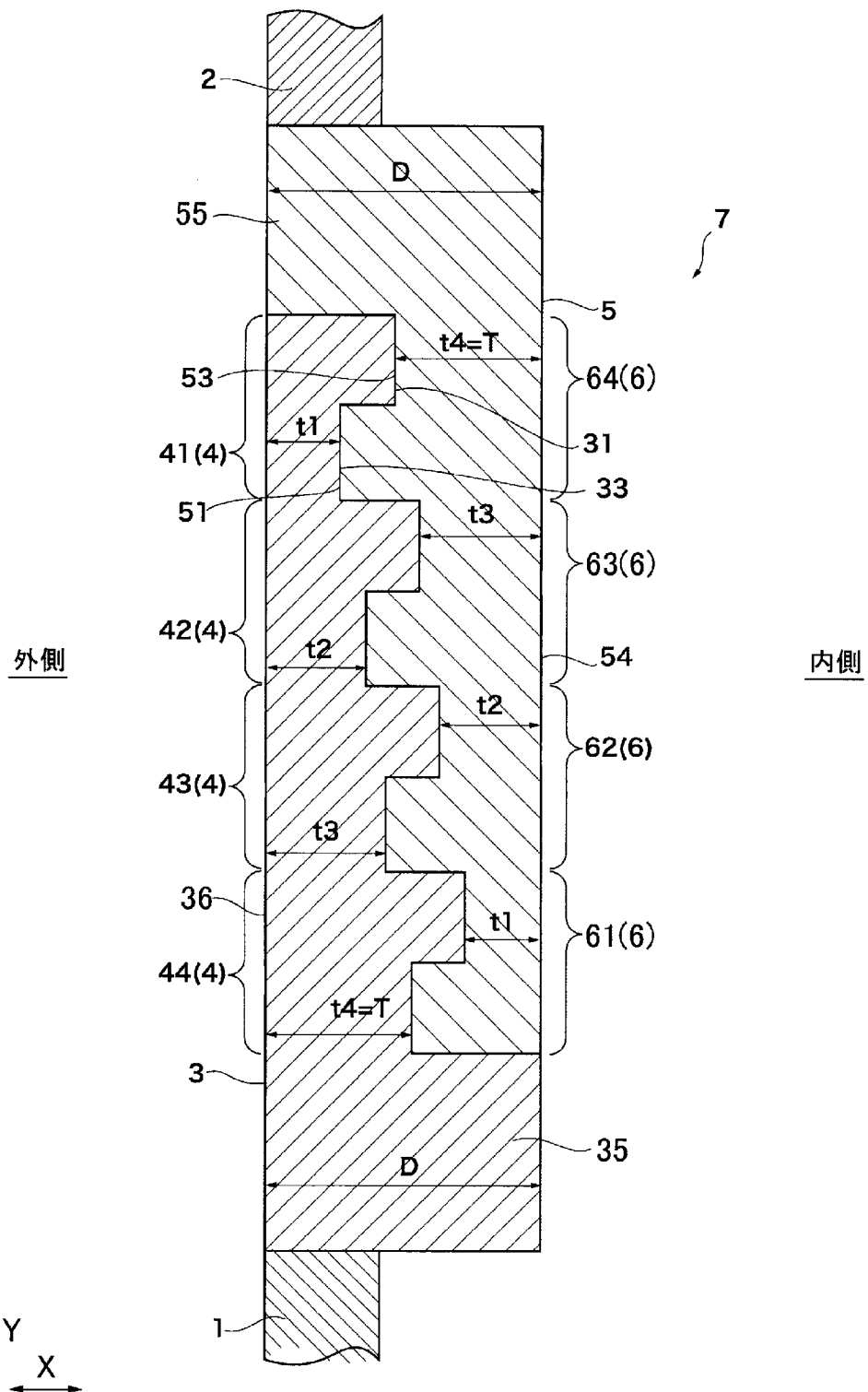
[図15]



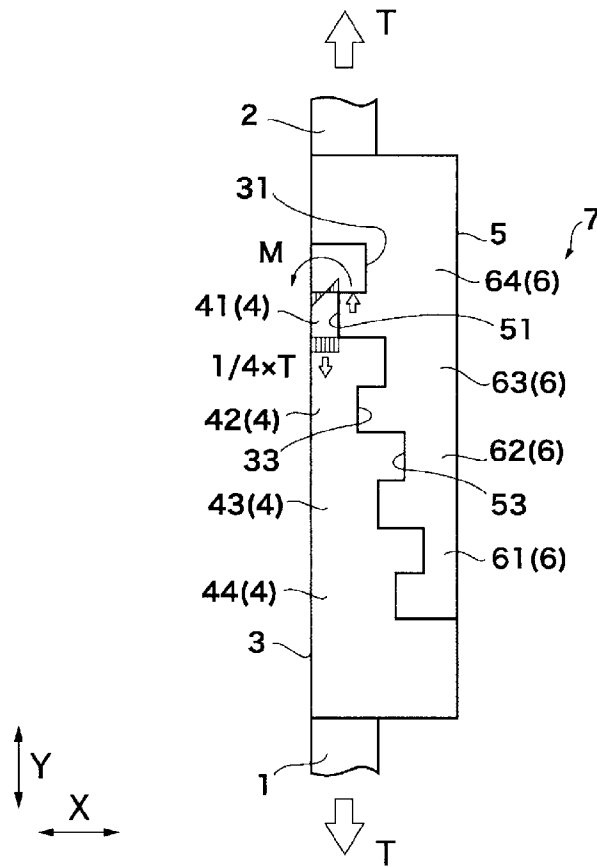
[図16]



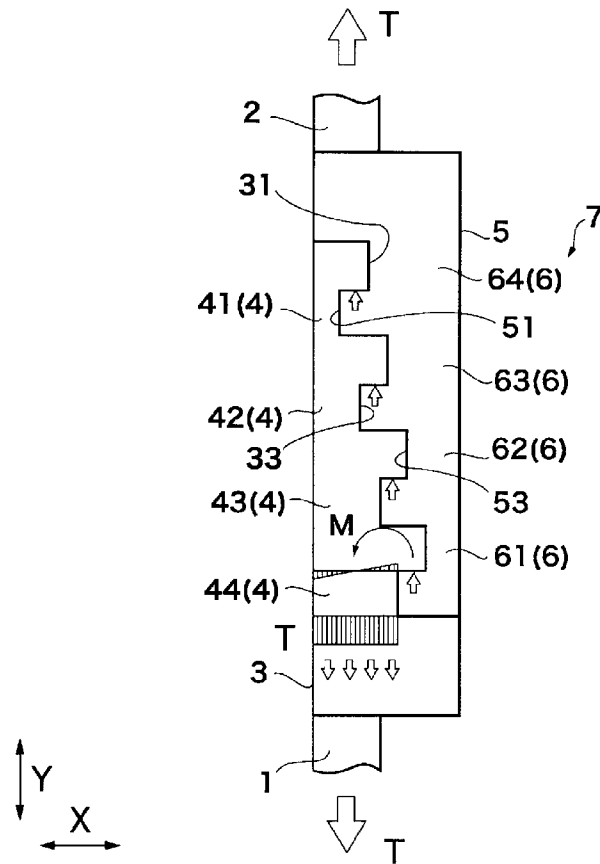
[図17]



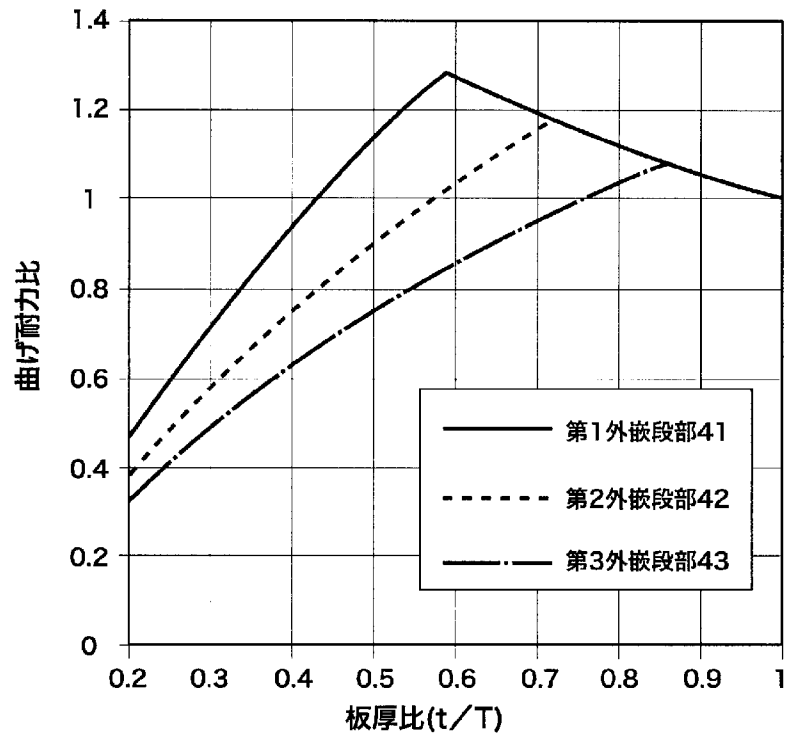
[図18A]



[図18B]

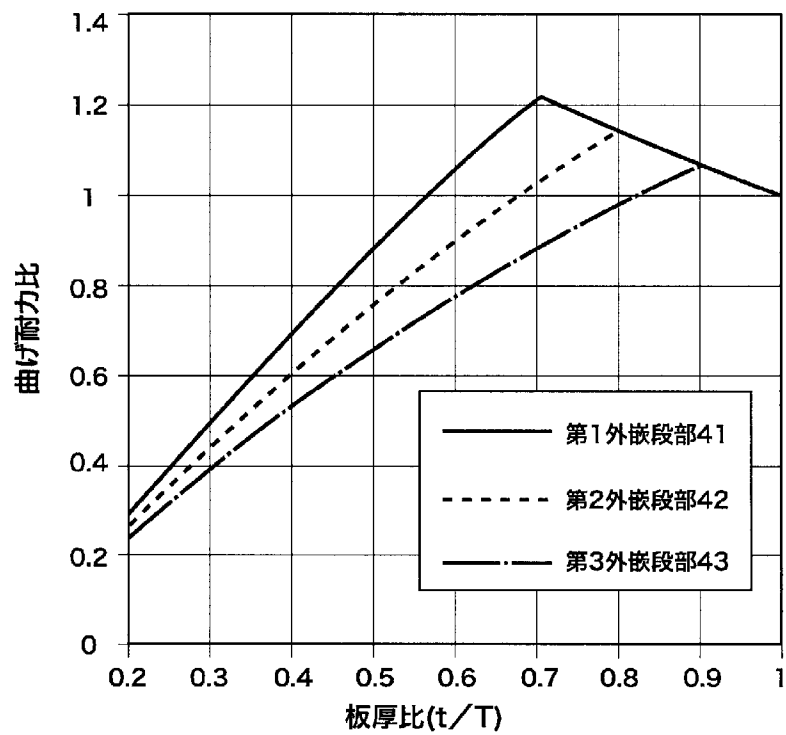


[図19]



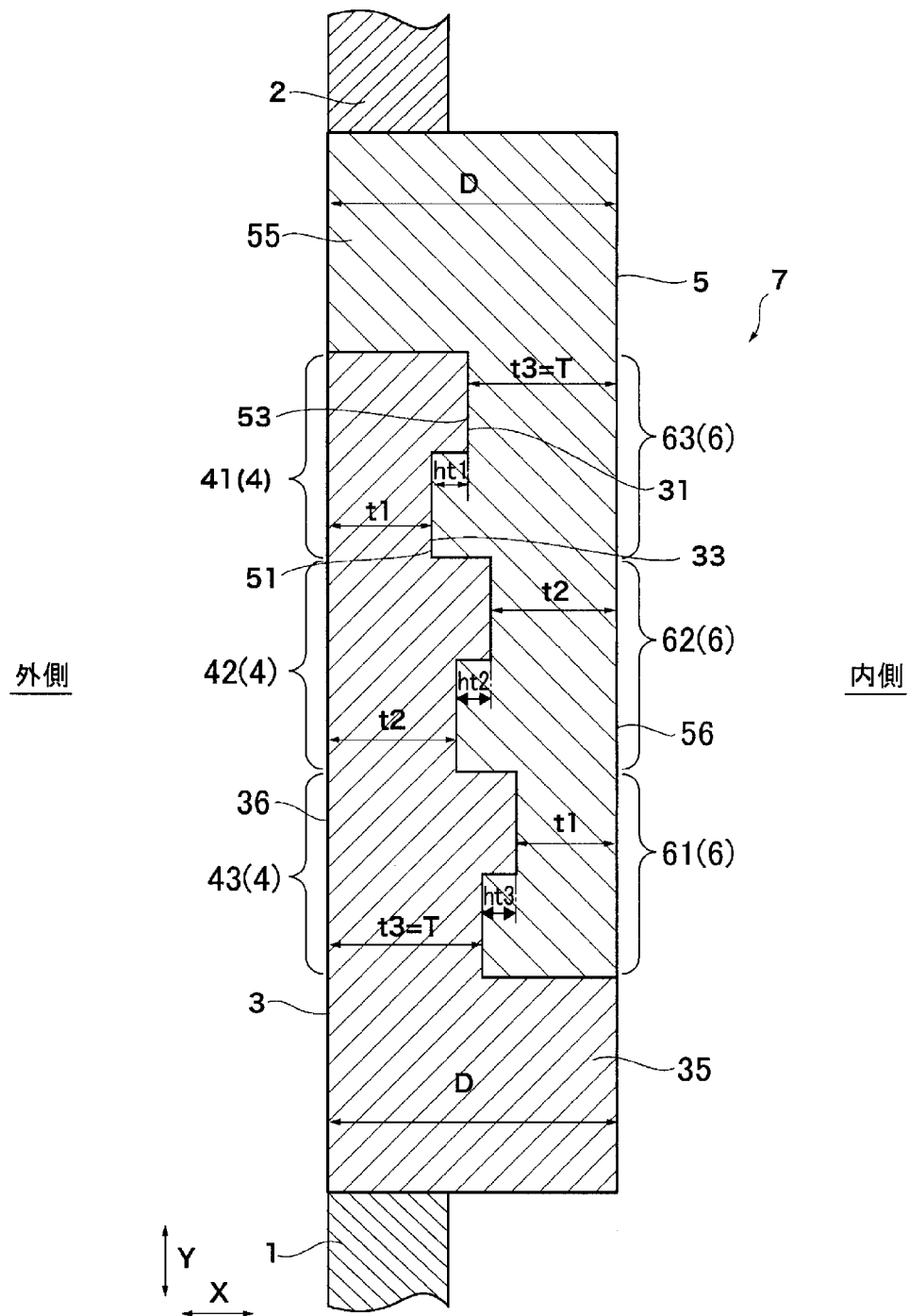
曲げ耐力比と板厚比との関係
(外嵌段部 4 段, $ht1 \sim ht4 = D/8$)

[図20]

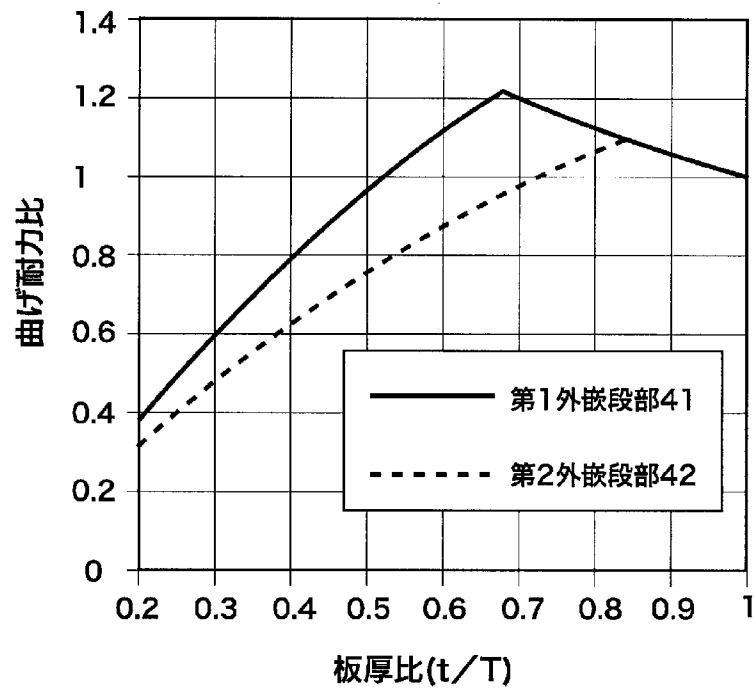


曲げ耐力比と板厚比との関係
(外嵌段部 4 段, $ht1 \sim ht4 = D/3$)

[図21]

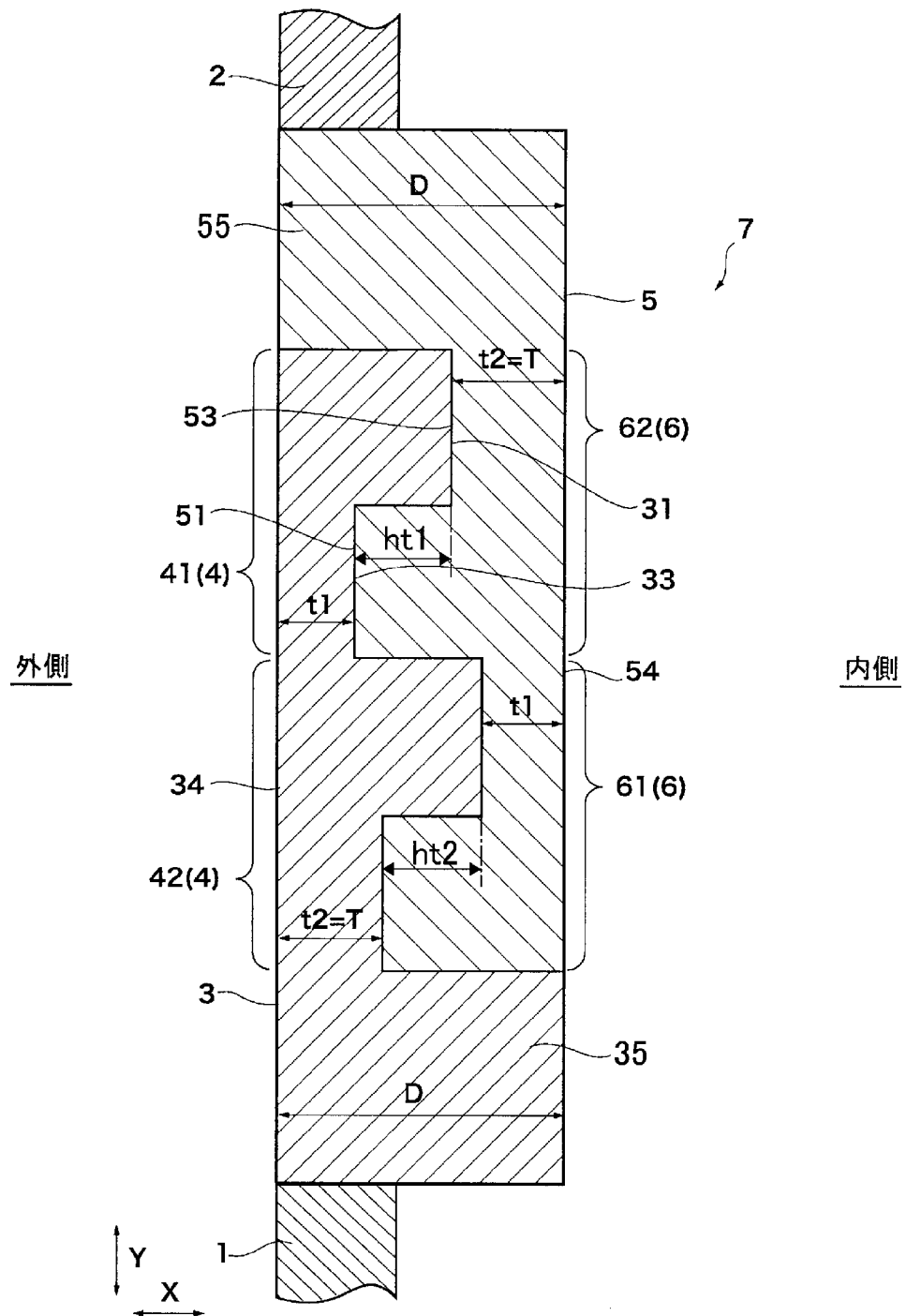


[図22]

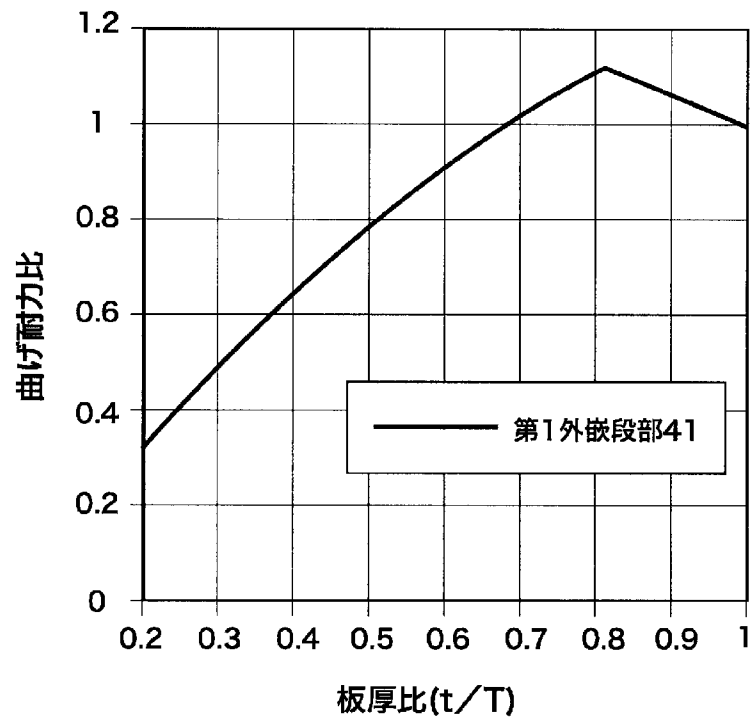


曲げ耐力比と板厚比との関係
(外嵌段部 3 段, $ht1 \sim ht3 = D/8$)

[図23]

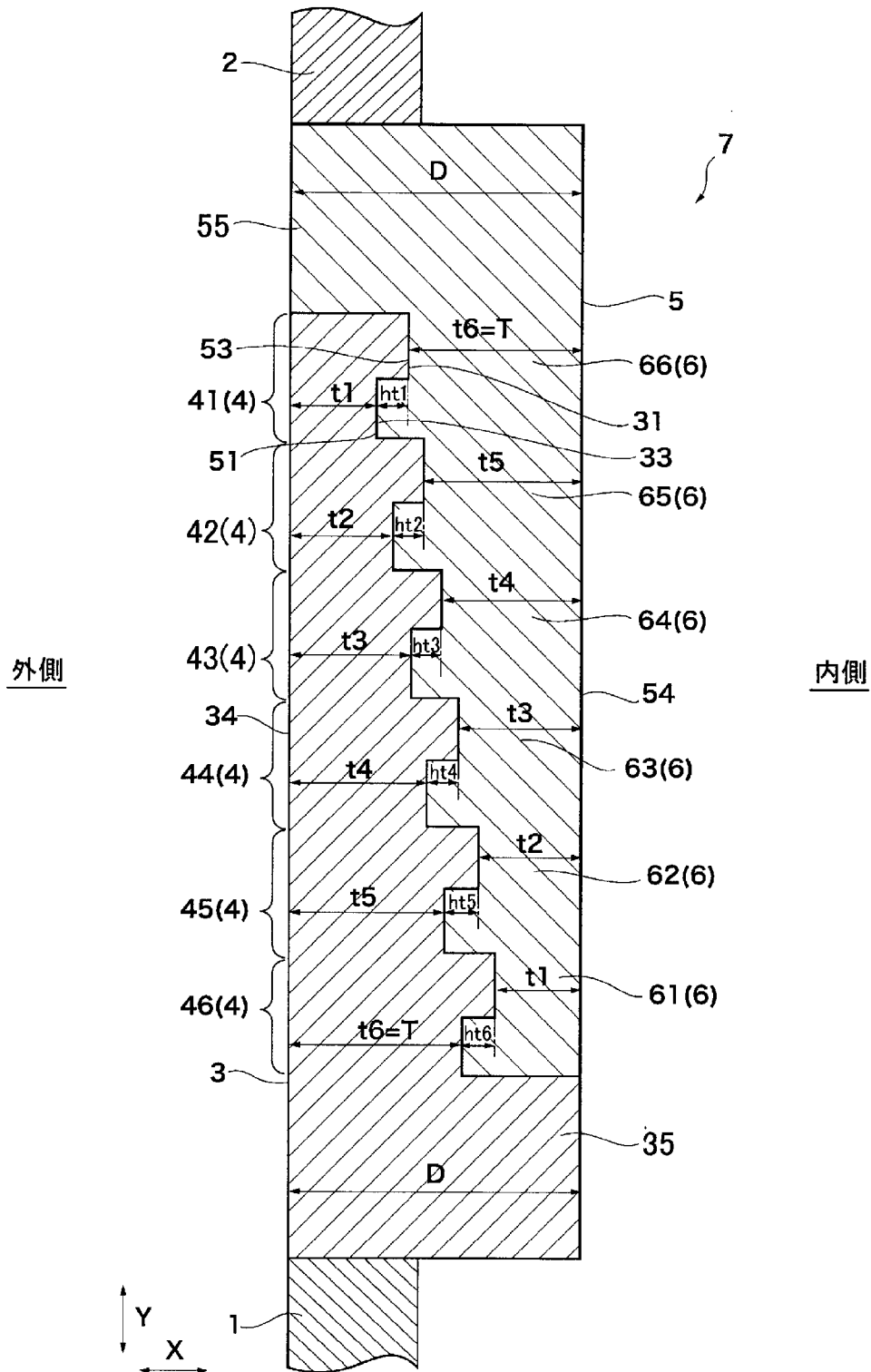


[図24]

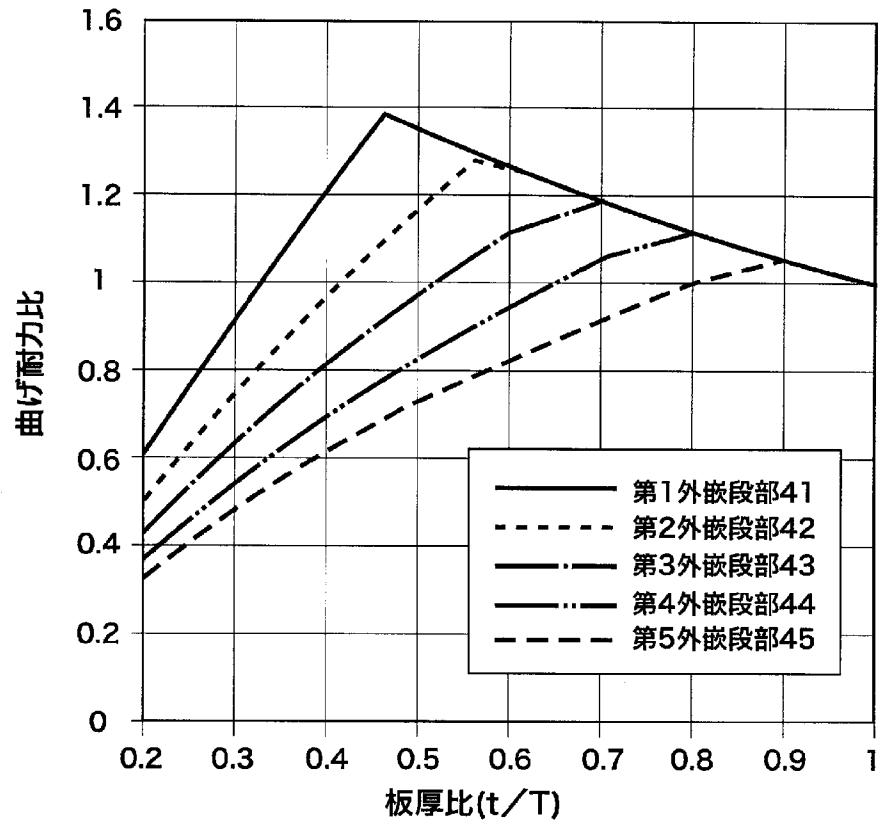


曲げ耐力比と板厚比との関係
(外嵌段部 2 段, $ht1 \sim ht2 = D/8$)

[図25]

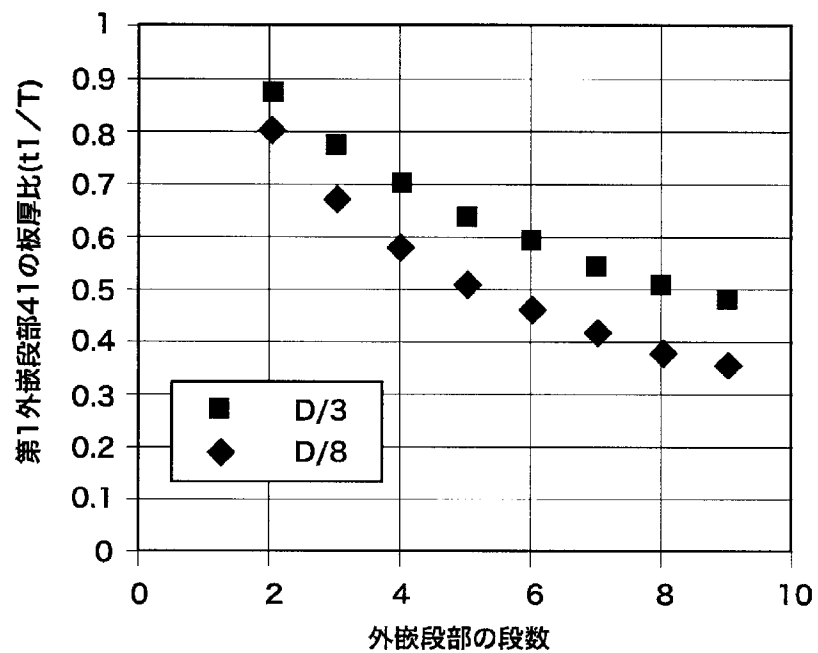


[図26]

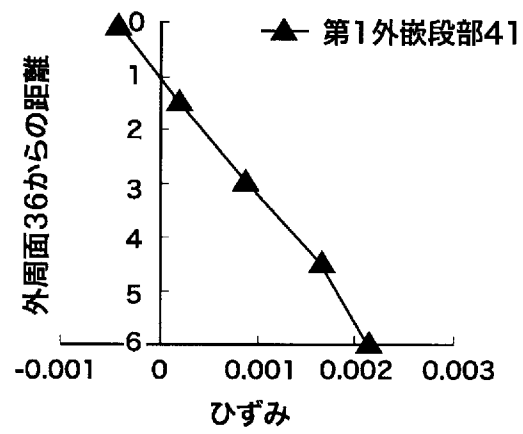


曲げ耐力比と板厚比との関係
(外嵌段部6段, $ht1 \sim ht6 = D/8$)

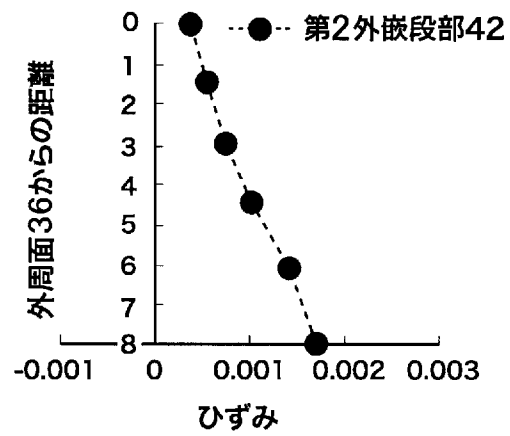
[図27]



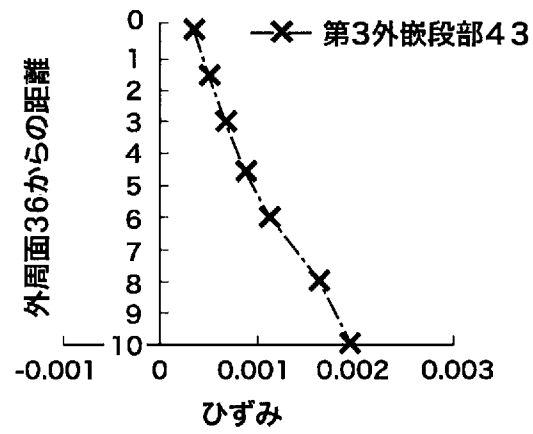
[図28A]



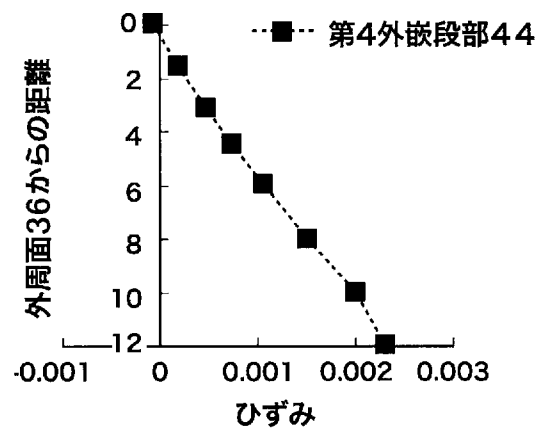
[図28B]



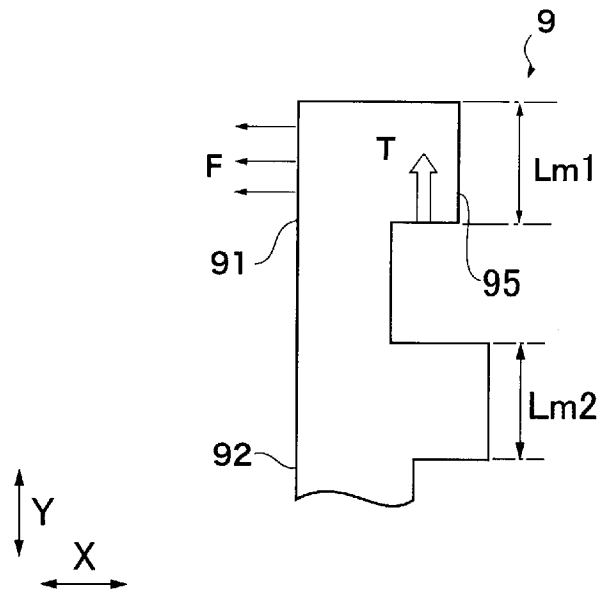
[図28C]



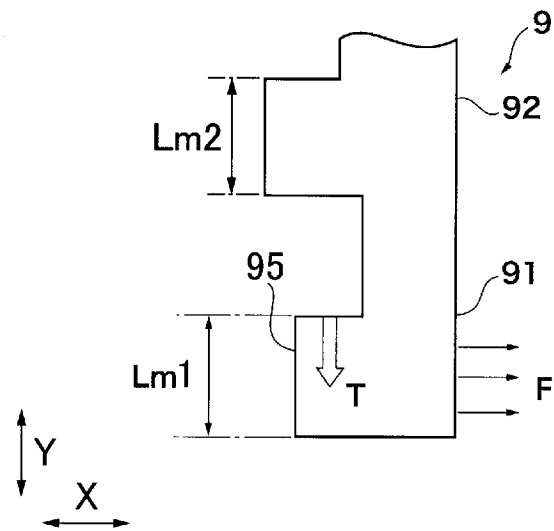
[図28D]



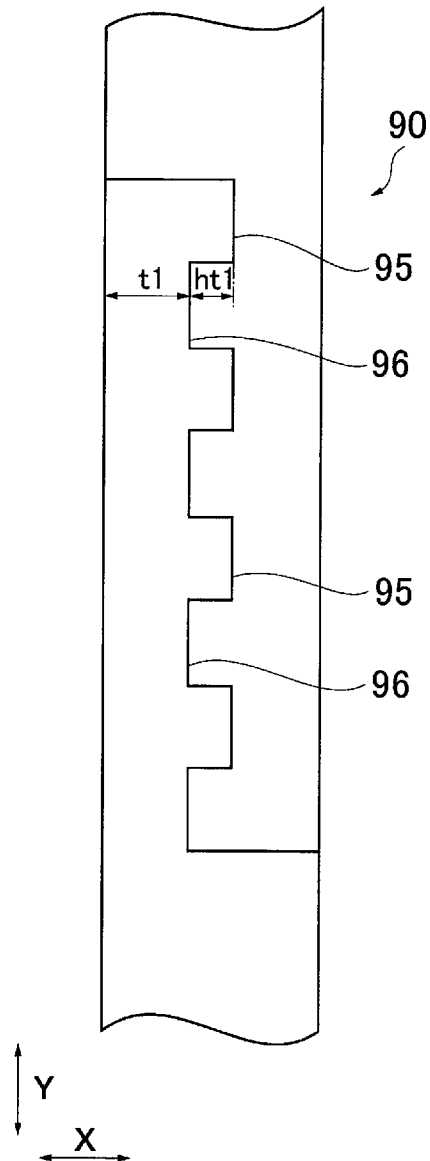
[図29A]



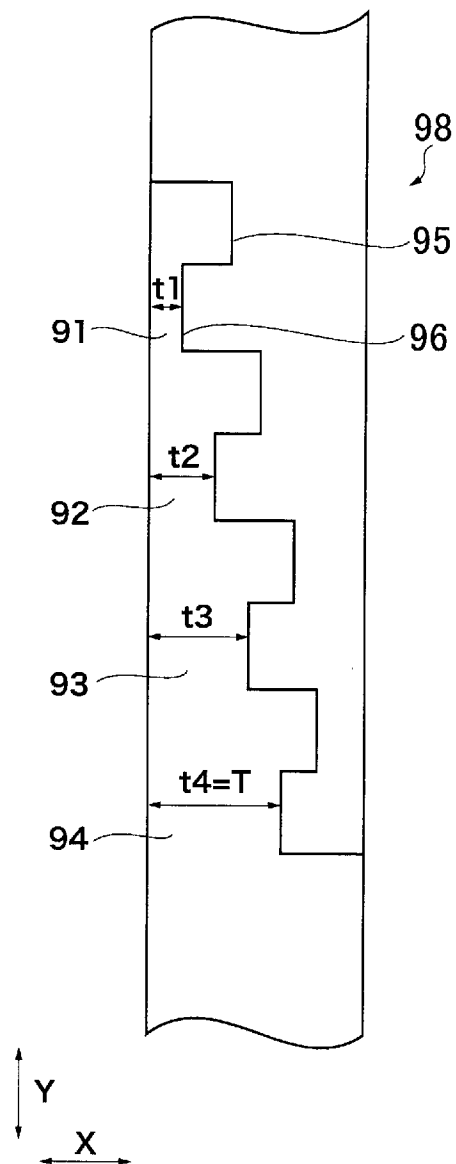
[図29B]



[図30A]



[図30B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/067008

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>E02D5/24 (2006.01) i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>E02D5/24</i>		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-158177 A (NKK Corp.), 17 June 1997 (17.06.1997), paragraphs [0001], [0018] to [0022], [0026] to [0027]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-6
A	JP 2005-282356 A (Kubota Corp.), 13 October 2005 (13.10.2005), paragraphs [0010] to [0012], [0019]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-6
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 July 2015 (10.07.15)		Date of mailing of the international search report 21 July 2015 (21.07.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/067008

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/080824 A1 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 30 May 2014 (30.05.2014), paragraphs [0033], [0042], [0059] to [0060]; fig. 23 & WO 2014/080824 A & WO 2014/080824 A1 & CN 104508210 A & TW 201435224 A	1-6
A	JP 11-43937 A (Kubota Corp.), 16 February 1999 (16.02.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 11-43936 A (Kubota Corp.), 16 February 1999 (16.02.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. E02D5/24(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. E02D5/24			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	JP 9-158177 A（日本鋼管株式会社）1997.06.17, 段落 [0001]、 [0018] - [0022]、[0026] - [0027]、図1-3 （ファミリーなし）	1-6	
A	JP 2005-282356 A（株式会社クボタ）2005.10.13, 段落 [0010] - [0012]、[0019]、図1、2（ファミリーなし）	1-6	
A	WO 2014/080824 A1（新日鐵住金株式会社）2014.05.30, 段落 [00 33]、[0042]、[0059] - [0060]、図23 & WO 2014/080824 A & WO 2014/080824 A1 & CN 104508210 A & TW 201435224 A	1-6	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 10.07.2015		国際調査報告の発送日 21.07.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 苗村 康造 電話番号 03-3581-1101 内線 3241	2D 3721

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-43937 A (株式会社クボタ) 1999. 02. 16, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 11-43936 A (株式会社クボタ) 1999. 02. 16, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6