

(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
2020年6月4日(04.06.2020)



(10) 国際公開番号

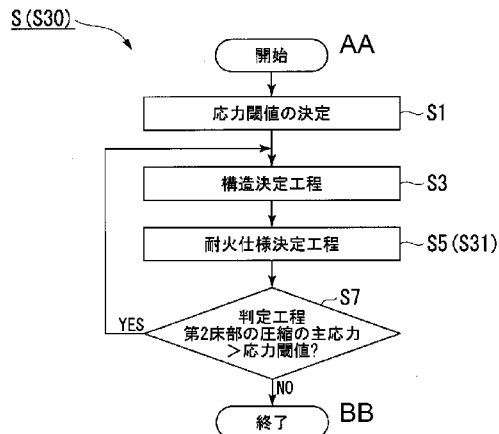
WO 2020/110985 A1

(51) 国際特許分類:
E04B 1/94 (2006.01) *E04B 5/43* (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/045931
(22) 国際出願日: 2019年11月25日(25.11.2019)
(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 2018-221045 2018年11月27日(27.11.2018) JP
(71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL 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: 木村 慧 (KIMURA Kei); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 桑田 涼平 (KUWADA Ryohpei); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 有田 政樹 (ARITA Masaki); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 北岡 聡 (KITAOKA Satoshi); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 半谷 公司 (HANYA Koji); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).

(54) Title: FIRE RESISTANT STRUCTURE DESIGN METHOD, FIRE RESISTANT STRUCTURE CONSTRUCTION METHOD, AND FIRE RESISTANT STRUCTURE

(54) 発明の名称: 耐火構造物の設計方法、耐火構造物の施工方法、及び耐火構造物



S1 Determine stress threshold
S3 Structure determination step
S5(S31) Fire resistance specification determination step
S7 Determination step, principal compression stress on second floor > stress threshold?
AA Start
BB End

(57) Abstract: A fire resistant structure design method to design a fire resistant structure comprising a plurality of fire resistant posts on which a fire resistant coating has been applied, a plurality of fire resistant beams on which a fire resistant coating has been applied and that mutually join with the plurality of fire resistant posts, and a floor that is partitioned from a slab including a tension transmission member, and having the floor formed into polygonal shape different from a rectangle in the plan view, said method involving performing a structure determination step of determining the arrangement of the slab, beams, and posts, and a fire resistance specification determination step of setting the perimeter of the floor partitioned from the slab so as to be supported from underneath by the fire resistant beams on which a fire resistant coating has been

(74) 代理人: 棚 井 澄 雄, 外 (TANAI Sumio 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, 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))

applied to the beams.

(57) 要約: 耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部とを備え、平面視において、床部は矩形とは異なる多角形状に形成された耐火構造物を設計する耐火構造物の設計方法であって、スラブ、梁、及び柱の配置を決定する構造決定工程と、スラブから区画された床部の周囲を、梁に耐火被覆を施した耐火被覆梁により下方から支持させるように設定する耐火仕様決定工程と、を行う。

明 細 書

発明の名称：

耐火構造物の設計方法、耐火構造物の施工方法、及び耐火構造物

技術分野

[0001] 本発明は、耐火構造物の設計方法、耐火構造物の施工方法、及び耐火構造物に関する。

本願は、2018年11月27日に、日本に出願された特願2018-221045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、鉄骨造の構造物が知られている（例えば、非特許文献1参照）。鉄骨造の構造物は、柱及び梁を互いに接合し、梁上で床（スラブ）を支持して構成される。床は、平面視で複数の隅部を有する矩形状に形成されている。柱は、床の複数の隅部のそれぞれを下方から支持している。

構造物では、火災時に床の撓みを抑える等の耐火性能を高めるために、鉄骨造の柱、梁に耐火被覆を施す場合がある。耐火被覆を施された柱は、耐火被覆柱となる。耐火被覆を施された梁は、耐火被覆梁となる。

[0003] 構造物で火災が発生すると、柱及び梁の温度は高くなる。しかしながら、耐火被覆柱及び耐火被覆梁は、それぞれの温度が高くなっても一定の剛性及び耐力を維持する。よって、耐火被覆柱及び耐火被覆梁は、火災時でも床を支持することができる。一方で、耐火被覆を施していない柱及び梁、耐火被覆柱及び耐火被覆梁よりも耐火被覆が削減された柱及び梁では、火災時には剛性及び耐力が無くなる（剛性及び耐力が維持できない）とみなされる。火災時には、これらの剛性及び耐力が小さくなるとみなされる場合がある。耐火被覆を施していない柱及び梁等を備える構造物では、耐火性能が低下する。柱及び梁に耐火被覆を施すのには多大な労力を要するため、耐火被覆を省略することが望まれている。

[0004] 一般的に構造物は、柱、梁、及びスラブ等により構成される。スラブは、引

張力伝達部材を含む。例えば、引張力伝達部材は鉄筋である。柱に耐火被覆を施して耐火被覆柱としたり、梁に耐火被覆を施して耐火被覆梁とすることで、構造物が耐火構造物となる。スラブは、柱及び梁により、平面視で複数の隅部を有する矩形状の床部に区画される。

[0005] 図30に示すように、特許文献1に開示された耐火構造物300を設計する耐火構造物の設計方法では、耐火被覆柱部材301と減耐火被覆柱部材302との間に、梁部材303が接合されるように設定されている。なお、図30以下の図では耐火被覆が削減されることなく施された柱及び梁に、ハッチングを付して示している。

耐火被覆柱部材301は、耐火被覆が施された柱部材である。減耐火被覆柱部材302は、耐火被覆柱部材301よりも耐火被覆が削減された柱部材である。

耐火構造物300の平面視において、複数の耐火被覆柱部材301及び複数の減耐火被覆柱部材302が、幅方向E1及び奥行方向E2にそれぞれ互いに間隔を空けて並べて配置されている。複数の耐火被覆柱部材301及び複数の減耐火被覆柱部材302は、全体として格子状(grid)に配置されている。この際に、減耐火被覆柱部材302に対して幅方向E1及び奥行方向E2にそれぞれ隣り合う柱部材が耐火被覆柱部材301となるように配置されている。梁部材303は、格子状に配置された複数の耐火被覆柱部材301及び複数の減耐火被覆柱部材302同士を接合している。

[0006] 複数の梁部材303には、合成スラブ304が架設されている。図示はしないが、合成スラブ304は、コンクリートと、デッキプレートと、スラブ筋(引張力伝達部材)と、を有している。デッキプレートは、打込み鉚接合又はボルト接合等により梁部材303の上面に固定されている。

以上のように構成された耐火構造物300において、耐火被覆柱部材301では、外気温が常温の通常時だけでなく火災時においても剛性及び耐力が維持できる。一方で、減耐火被覆柱部材302では、通常時において剛性及び耐力が維持できるが、火災時には剛性及び耐力が維持できない。火災

時において、減耐火被覆柱部材 302 の剛性及び耐力が無くなるとみなされる。

[0007] 火災時における耐火構造物 300 は、図 3 1 及び図 3 2 に示すように変形する。なお、図 3 1 では合成スラブ 304 を示していない。図 3 2 では、変形後の減耐火被覆柱部材 302 及び合成スラブ 304 を二点鎖線で示している。

図 3 1 において、隣り合う耐火被覆柱部材 301 を結ぶ中心線 M 1 上に配置された合成スラブ 304 を、以下では線上スラブ 304 a と言う。耐火被覆柱部材 301、減耐火被覆柱部材 302、梁部材 303、及び合成スラブ 304 は、通常時だけでなく火災時においても重力の影響を受ける。

[0008] 火災時において耐火被覆柱部材 301 の剛性及び耐力は維持できるため、図 3 1 及び図 3 2 に示すように火災時においても線上スラブ 304 a の上下方向 E 3 の位置が保持される。これに対して、減耐火被覆柱部材 302 は火災時において剛性及び耐力が無くなるため、図 3 2 中に二点鎖線で示すように下方に向かって移動する（折れ曲がる）。

線上スラブ 304 a 以外は上下方向 E 3 の位置が保持されないため、合成スラブ 304 の各部分は、線上スラブ 304 a から離間するに従い、合成スラブ 304 に作用する重力により下方に向かって移動する。このため、火災時において、合成スラブ 304 は、線上スラブ 304 a を中心として上方に向かって凸となるように湾曲する。

湾曲した合成スラブ 304 では、コンクリートが圧縮力を受け、スラブ筋が引張り力を受けることで、合成スラブ 304 が曲げモーメント B 1 に耐える。合成スラブ 304 は、合成スラブ 304 に作用する重力に曲げモーメント B 1 により抵抗する。

[0009] 以上のように、耐火構造物 300 では、減耐火被覆柱部材 302 は耐火被覆柱部材 301 よりも耐火被覆が削減されている。しかし、耐火構造物 300 では、耐火構造物 300 の骨組みのロバストネス（Robustness、冗長性、余裕度）が生じる。このロバストネスにより、減耐火被覆柱部材 302 の耐火

被覆が削減されていても、火災時において耐火被覆柱部材 301 により合成スラブ 304 が支持される。

[0010] 特許文献 2 に開示された防爆耐火性被膜厚さ算出方法では、コンクリート構造体と、コンクリート構造体の表面に設けられた防爆耐火性被覆層と、を備える試験体を作製する。そして、試験体を加熱して温度の経時変化を測定し、試験体の深さと温度との関係を導く。その関係に基づいて、コンクリート構造体の温度が耐熱許容温度以下であるか否かを判定する。さらに、その結果に基づいて防爆耐火性被覆層の厚さを算出する。

[0011] 図 33 に示すように、特許文献 3 に開示されたスラブ構造 311 は、建物 310 に用いられている。スラブ構造 311 は、大梁 312 と、鉄骨小梁 313 と、スラブ 314 と、を備えている。大梁 312 は、耐火性能を有し、柱 315 間に架け渡されている。鉄骨小梁 313 の全体又は一部は、耐火被覆処理されない。鉄骨小梁 313 は、大梁 312 に接合されている。スラブ 314 は、鉄筋コンクリート製である。スラブ 314 は、大梁 312 と鉄骨小梁 313 とに支持される。

[0012] ここで、複数の柱 315 のうち、スラブ 314 の周囲に位置する柱 315 を外柱 315A と規定する。複数の柱 315 のうち外柱 315A 以外を、内柱 315B と規定する。平面視において、内柱 315B の中心（例えば重心）と外柱 315A の中心とを通り、スラブ 314 の周囲に達する第 1 基準線 C1 を規定する。内柱 315B の中心同士を通る第 2 基準線 C2 を規定する。このとき平面視において、スラブ 314 は、第 1 基準線 C1 及び第 2 基準線 C2 の少なくとも一方により、床部 314A、314B 等に区画される。床部 314A、314B 等は、平面視において矩形状である。床部 314A、314B 等は、隅部が柱 315 により欠けた形状になることのない、設計上の区画（設計区画）である。

平面視において、床部 314A、314B 等が備える隅部は全て、複数の柱 315 に重なるように配置される。

[0013] 以下、本明細書では、スラブから区画される床部の平面視における形状は、

柱の中心を通る線、及びスラブの周囲によりスラブから区画された床部の形状のことを意味する。

[0014] 特許文献４に開示された耐火構造は、複数の柱部材と、複数の大梁と、小梁と、床スラブと、を備えている。

各大梁は、柱部材に架設されている。複数の大梁は、小梁に対して略直交させて設けられる一対の直交大梁と、小梁に対して略平行に設けられる一対の平行大梁とを有している。直交大梁及び平行大梁の何れか一方の大梁（以下、第１大梁と言う）に、耐火被覆が施される。直交大梁及び平行大梁の何れか他方となる大梁並びに小梁の耐火被覆は、第１大梁に施された耐火被覆よりも削減される。小梁は、複数の大梁で取り囲んだ内側に設けられる。床スラブは、大梁及び小梁の上方に設けられる。

先行技術文献

特許文献

[0015] 特許文献１：日本国特開２０１７－０３１５９２号公報

特許文献２：日本国特開２００８－３０３６４６号公報

特許文献３：日本国特開２０１７－１９０５８６号公報

特許文献４：日本国特開２０１８－００３５５６号公報

非特許文献

[0016] 非特許文献１：Olivier Vassart, Bin Zhao “MEMBRANE ACTION OF COMPOSITE STRUCTURES IN CASE OF FIRE”, 2013 No.132, ECCS, Technical Committee 3 Fire Safety.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0017] 特許文献１及び２に開示された耐火構造物の設計方法では、スラブから区画される床部の形状は、明記されていない。非特許文献１、特許文献３及び４に開示された耐火構造物の設計方法では、平面視における床部の形状はそれぞれ矩形状である。

耐火構造物の構成が多様化する中で、床部の形状が矩形状とは異なる多角形状であっても、床部が一定の耐火性能を維持できることが望まれている。なお、ここで言う床部の耐火性能とは、火災時に床部の撓みを抑えることや、床部の曲げ耐力よりも外力が大きくなることを抑えることを意味する。

[0018] 本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであって、床部の形状を矩形状とは異なる多角形状にしつつ、一定の耐火性能を維持することができる耐火構造物の設計方法、耐火構造物の施工方法、及び耐火構造物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

[0019] 前記課題を解決するために、この発明は以下の手段を提案している。

(1) 本発明の第一の態様は、耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、を備え、平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部であり、平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、前記複数の耐火被覆梁は、全体として環状に形成され、前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物を設計する耐火構造物の設計方法であって、構造計算を行うことにより、前記スラブ、前記スラブを下方から支

持する複数の梁、及び前記複数の梁を支持する柱の配置を決定する構造決定工程と、前記スラブから区画された前記床部の周囲を、前記梁に耐火被覆を施した前記耐火被覆梁により下方から支持させるように設定する耐火仕様決定工程と、を行う耐火構造物の設計方法である。

[0020] (2) 前記(1)に記載の耐火構造物の設計方法では、前記耐火仕様決定工程において、平面視で所定の形状に区画された第1床片を前記床部とし、前記床部の圧縮の主応力が、予め定められた応力閾値を超えるか否かを判定する判定工程を行い、前記判定工程において、前記圧縮の主応力の最大値が、前記床部の周囲の一部である周囲部分で生じて、前記圧縮の主応力の最大値が予め定められた応力閾値を超えると判定されたときには、前記床部が前記第1床片、及び、前記第1床片の前記周囲部分に連なる第2床片からなる形状に区画されると仮定し、前記床部が平面視で矩形状とは異なる多角形状であると仮定して、少なくとも前記耐火仕様決定工程を行い、さらに前記判定工程を行ってもよい。

(3) 前記(1)に記載の耐火構造物の設計方法では、前記耐火仕様決定工程において、前記床部は平面視で矩形状とは異なる多角形状であると仮定し、前記床部の圧縮の主応力が、予め定められた応力閾値を超えるか否かを判定する判定工程を行ってもよい。

[0021] (4) 本発明の第二の態様は、耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、を備え、平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部であり、平面視において、前記床部は矩形状とは異なる

多角形状に形成され、平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、前記複数の耐火被覆梁及び前記複数の耐火被覆柱の一部は、全体として環状に形成され、前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物を設計する耐火構造物の設計方法であって、構造計算を行うことにより、前記スラブ、前記スラブを下方から支持する複数の梁、及び前記複数の梁を支持する複数の柱の配置を決定する構造決定工程と、前記スラブから区画された前記床部の周囲を、前記梁に耐火被覆を施した前記耐火被覆梁により下方から支持させるとともに、前記複数の柱に耐火被覆を施した前記複数の耐火被覆柱の一部及び前記複数の耐火被覆梁が全体として環状に形成されるように設定する耐火仕様決定工程と、を行う耐火構造物の設計方法である。

[0022] (5) 本発明の第三の態様は、前記(1)から(4)のいずれかに記載の耐火構造物の設計方法により設計された耐火構造物である。

[0023] (6) 本発明の第四の態様は、耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、を備え、平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部分であり、平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、前記複数の耐火被覆梁は、全体

として環状に形成され、前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物を施工する耐火構造物の施工方法であって、前記スラブ、前記スラブを下方から支持する複数の梁、及び前記複数の梁を支持する柱を施工する柱梁施工工程と、前記複数の梁の少なくとも一部に耐火被覆を施して前記複数の耐火被覆梁とすることで、前記床部の周囲を、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持させる被覆施工工程と、を行う耐火構造物の施工方法である。

[0024] (7) 本発明の第五の態様は、耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、を備え、平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部分であり、平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、前記複数の耐火被覆梁及び前記複数の耐火被覆柱の一部は、全体として環状に形成され、前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物を施工する耐火構造物の施工方法であって、前記スラブ、前記スラブを下方か

ら支持する複数の梁、及び前記複数の梁を支持する複数の柱を施工する柱梁施工工程と、前記スラブから区画された前記床部の周囲を、前記梁に耐火被覆を施した前記耐火被覆梁により下方から支持させるとともに、前記複数の柱に耐火被覆を施した前記複数の耐火被覆柱の一部及び前記複数の耐火被覆梁を全体として環状に形成する被覆施工工程と、を行う耐火構造物の施工方法である。

[0025] (8) 本発明の第六の態様は、耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、を備え、平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部分であり、平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、前記複数の耐火被覆梁は、全体として環状に形成され、前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物である。

[0026] (9) 前記(8)に記載の耐火構造物では、前記耐火被覆梁よりも前記耐火被覆が削減され、環状の前記複数の耐火被覆梁により囲まれた領域内に配置されて、端部が前記複数の耐火被覆梁に接合されて前記床部を下方から支持する減耐火被覆梁を備えてもよい。

(10) 前記(8)又は(9)に記載の耐火構造物では、前記床部における

周囲以外の部分には、前記耐火被覆梁は接合されなくてもよい。

(11) 前記(8)から(10)のいずれかに記載の耐火構造物では、ISO 834-11:2014に規定された加熱曲線に基づいて加熱されたときに、所望の加熱時間における前記床部の撓みの最大値が、(1)式で定められた閾値K (mm) 未満であってもよい。

$$K = (L + l) / 30 \quad \cdots (1)$$

ただし、Lは前記床部の前記平面に沿う第1スパンの長さ (mm) であり、lは前記床部の前記平面に沿うとともに前記第1スパンに交差する第2スパンの長さ (mm) である。

[0027] (12) 本発明の第七の態様は、耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、を備え、平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部であり、平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、前記複数の耐火被覆梁及び前記複数の耐火被覆柱の一部は、全体として環状に形成され、前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物である。

[0028] 前記(1)に記載の構成によれば、構造決定工程及び耐火仕様決定工程を行

うことで、床部の周囲は、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持できる環状に形成された複数の耐火被覆梁により下方から支持させるように設定される。この際に、第1中心線及び第2中心線の少なくとも一方により、床部は平面視において矩形状とは異なる多角形状に形成されるように設定される。平面視において床部の隅部は全て複数の耐火被覆柱に重なるように設定されることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱により支持される。床部に含まれている引張力伝達部材は、床部の第1交差方向の端部間の引張力、及び、床部の第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する。

火災時には、床部に作用する重力等により、床部の平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、いわゆるメンブレン効果により、床部の周囲が耐火被覆梁により支持される。そして、床部が撓むことにより伸びた引張力伝達部材が第1交差方向及び第2交差方向にそれぞれ引張力を伝達することにより、床部の中央部が支持される。従って、床部の形状が矩形状とは異なる形状であっても、耐火構造物を一定の耐火性能に維持するように設定することができる。

- [0029] 前記（6）に記載の構成によれば、柱梁施工工程及び被覆施工工程を行うことで、床部の周囲を、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持できる環状に形成された複数の耐火被覆梁により下方から支持させる。この際に、第1中心線及び第2中心線の少なくとも一方により、床部は平面視において矩形状とは異なる多角形状に形成される。平面視において床部の隅部は全て複数の耐火被覆柱に重なることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱により支持される。床部に含まれている引張力伝達部材は、床部の第1交差方向の端部間の引張力、及び、床部の第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する。
- 火災時には、床部に作用する重力等により、床部の平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、床部の周囲が耐火被覆梁により支持される。そして、床部が撓むことにより伸びた引張力伝達部材が第1交差方向及び第2交差方向にそれぞれ引張力を伝達することにより、床部の中央部が支持される。従って、床部の形状が矩形状

とは異なる形状であっても、耐火構造物を一定の耐火性能に維持することができる。

[0030] 前記（８）に記載の構成によれば、床部の周囲は、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持できる環状に形成された複数の耐火被覆梁により下方から支持される。第１中心線及び第２中心線の少なくとも一方により、床部は平面視において矩形状とは異なる多角形状に形成される。平面視において床部の隅部は全て複数の耐火被覆柱に重なることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱により支持される。床部に含まれている引張力伝達部材は、床部の第１交差方向の端部間の引張力、及び、床部の第２交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する。

火災時には、床部に作用する重力等により、床部の平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、床部の周囲が耐火被覆梁により支持される。そして、床部が撓むことにより伸びた引張力伝達部材が第１交差方向及び第２交差方向にそれぞれ引張力を伝達することにより、床部の中央部が支持される。従って、床部の形状が矩形状とは異なる形状であっても、耐火構造物を一定の耐火性能に維持することができる。

[0031] 前記（４）に記載の構成によれば、構造決定工程及び耐火仕様決定工程を行うことで、床部の周囲は、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持でき、全体として環状に形成された複数の耐火被覆梁及び複数の耐火被覆柱の一部により下方から支持させるように設定される。この際に、第１中心線及び第２中心線の少なくとも一方により、床部は平面視において矩形状とは異なる多角形状に形成されるように設定される。平面視において床部の隅部は全て複数の耐火被覆柱に重なるように設定されることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱により支持される。床部に含まれている引張力伝達部材は、床部の第１交差方向の端部間の引張力、及び、床部の第２交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する。

火災時には、床部に作用する重力等により、床部の平面視における中央部が

下方に向かって凸となるように撓む。しかし、いわゆるメンブレン効果により、床部の周囲が耐火被覆梁により支持される。そして、床部が撓むことにより伸びた引張力伝達部材が第1交差方向及び第2交差方向にそれぞれ引張力を伝達することにより、床部の中央部が支持される。従って、床部の形状が矩形状とは異なる形状であっても、耐火構造物を一定の耐火性能に維持するように設定することができる。

[0032] 前記(7)に記載の構成によれば、柱梁施工工程及び被覆施工工程を行うことで、床部の周囲を、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持でき、全体として環状に形成された複数の耐火被覆梁及び複数の耐火被覆柱の一部により下方から支持させる。この際に、第1中心線及び第2中心線の少なくとも一方により、床部は平面視において矩形状とは異なる多角形状に形成される。平面視において床部の隅部は全て複数の耐火被覆柱に重なることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱により支持される。床部に含まれている引張力伝達部材は、床部の第1交差方向の端部間の引張力、及び、床部の第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する。

火災時には、床部に作用する重力等により、床部の平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、床部の周囲が耐火被覆梁により支持される。そして、床部が撓むことにより伸びた引張力伝達部材が第1交差方向及び第2交差方向にそれぞれ引張力を伝達することにより、床部の中央部が支持される。従って、床部の形状が矩形状とは異なる形状であっても、耐火構造物を一定の耐火性能に維持することができる。

[0033] 前記(12)に記載の構成によれば、床部の周囲は、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持でき、全体として環状に形成された複数の耐火被覆梁及び複数の耐火被覆柱の一部により下方から支持される。第1中心線及び第2中心線の少なくとも一方により、床部は平面視において矩形状とは異なる多角形状に形成される。平面視において床部の隅部は全て複数の耐火被覆柱に重なることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱により支持される。床部に含まれ

ている引張力伝達部材は、床部の第1交差方向の端部間の引張力、及び、床部の第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する。

火災時には、床部に作用する重力等により、床部の平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、床部の周囲が耐火被覆梁により支持される。そして、床部が撓むことにより伸びた引張力伝達部材が第1交差方向及び第2交差方向にそれぞれ引張力を伝達することにより、床部の中央部が支持される。従って、床部の形状が矩形状とは異なる形状であっても、耐火構造物を一定の耐火性能に維持することができる。

[0034] 前記(2)に記載の構成によれば、一般的に、床部が、第1床片に加えて、周囲部分に連なる第2床片を備えると、周囲部分で生じた圧縮の主応力の最大値が緩和されやすくなる。床部が第1床片及び第2床片を備えるとして判定工程を行うことで、判定工程において床部の撓みの最大値が応力閾値以下であると判定されやすくなることができる。

前記(3)に記載の構成によれば、例えば判定工程において、床部の圧縮の主応力が応力閾値を超えない場合がある。このような場合に、床部の圧縮の主応力が応力閾値を超えない耐火構造物の構成を、短時間で設定することができる。

[0035] 前記(5)に記載の構成によれば、本発明の耐火構造物の設計方法により耐火構造物を設計することができる。本発明の耐火構造物の設計方法は、床部の形状を矩形状とは異なる多角形状にしつつ、一定の耐火性能を維持することができる方法である。

[0036] 前記(9)に記載の構成によれば、火災が発生していない通常時において、床部が撓むのを抑えることができる。

前記(10)に記載の構成によれば、床部における周囲以外の部分に接合された耐火被覆梁により火災時に床部が拘束されるのが抑えられる。これにより、床部に生じる圧縮による面内応力を小さくすることができる。

前記(11)に記載の構成によれば、床部のメンブレン効果が効果的に発揮

される。従って、床部が下方に向かって撓み難くすることができる。

発明の効果

[0037] 本発明の耐火構造物の設計方法、耐火構造物の施工方法、及び耐火構造物によれば、床部の形状を矩形状とは異なる多角形状にしつつ、一定の耐火性能を維持することができる。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]本発明の第1実施形態の耐火構造物が用いられる建築物の一部を破断した平面図である。

[図2]図1中の切断線A1－A1の断面図である。

[図3]同耐火構造物の第1鉄筋の第1変形例を示す平面図である。

[図4]同耐火構造物の第1鉄筋の第2変形例を示す平面図である。

[図5]同耐火構造物の第1鉄筋の第3変形例を示す平面図である。

[図6]同耐火構造物の第1鉄筋の第4変形例を示す平面図である。

[図7]図1中の切断線A2－A2の断面図である。

[図8]本発明の第1実施形態の耐火構造物の設計方法を示すフローチャートである。

[図9]同耐火構造物の設計方法における構造決定工程を説明する斜視図である。

[図10]同耐火構造物の設計方法における耐火仕様決定工程を説明する斜視図である。

[図11]同耐火構造物の設計方法における構造決定工程を説明する斜視図である。

[図12]同耐火構造物の設計方法における耐火仕様決定工程を説明する斜視図である。

[図13]同耐火構造物に通常時に作用する外力を説明する、同耐火構造物の分解斜視図である。

[図14]同耐火構造物に火災時に作用する外力を説明する、同耐火構造物の分解斜視図である。

[図15]本発明の第1実施形態の耐火構造物の施工方法を示すフローチャートである。

[図16]実施例の耐火構造物の解析モデルを模式的に示す斜視図である。

[図17]実施例の耐火構造物における第2床部の解析モデルの縦断面図である。

[図18]比較例の耐火構造物の解析モデルを模式的に示す斜視図である。

[図19]比較例の耐火構造物の解析モデルを模式的に示す斜視図である。

[図20]実施例及び比較例の耐火構造物における、加熱時間に対する床部の撓みのシミュレーション結果を示す図である。

[図21]平面視で床部が矩形状以外の四角形状である場合の、閾値を説明する図である。

[図22]実施例の耐火構造物における第2床部の面内に生じる圧縮の主応力分布を示す図である。

[図23]実施例の耐火構造物における第2床部の面内に生じる引張の主応力分布を示す図である。

[図24]比較例の耐火構造物における第1床部の面内に生じる圧縮の主応力分布を示す図である。

[図25]比較例の耐火構造物における第1床部の面内に生じる引張の主応力分布を示す図である。

[図26]比較例の耐火構造物における第3床部の面内に生じる圧縮の主応力分布を示す図である。

[図27]比較例の耐火構造物における第3床部の面内に生じる引張の主応力分布を示す図である。

[図28]実施例及び比較例の耐火構造物における床部の対応する位置での、加熱時間に対する面内に生じる圧縮の主応力の変化を示す図である。

[図29]本発明の第2実施形態の耐火構造物が用いられる建築物の一部を透過させた斜視図である。

[図30]従来の耐火構造物の斜視図である。

[図31]火災時における同耐火構造物の要部を模式的に示す平面図である。

[図32]図 3 1 中の切断線 A 1 1 - A 1 1 の断面図である。

[図33]従来の建物の斜視図である。

発明を実施するための形態

[0039] (第 1 実施形態)

以下、本発明に係る耐火構造物の第 1 実施形態が用いられる建築物を、図 1 から図 2 8 を参照しながら説明する。

図 1 及び図 2 に示すように、この建築物 1 は、複数の耐火被覆柱 1 1 と、複数の耐火被覆梁 1 6 と、複数の減耐火被覆梁 2 6 と、床（スラブ）3 1 と、を備えている。なお、図 1 以下では、耐火被覆柱 1 1 及び耐火被覆梁 1 6 に、ハッチングを付して示している。

[0040] 耐火被覆柱 1 1 には、耐火被覆が施された鋼柱（H 形鋼、十字鉄骨、角形鋼管、円形鋼管等）が用いられている。なお、耐火被覆柱 1 1 に、RC（Reinforced Concrete）、SRC（Steel Reinforced Concrete construction）、CFT（Concrete Filled steel Tube）が用いられてもよい。この場合の耐火被覆については、耐火被覆梁 1 6 で併せて説明する。

図 1 に示すように、各耐火被覆柱 1 1 は、上下方向 Z に沿って延びている。複数の耐火被覆柱 1 1 は、上下方向 Z に直交し互いに直交（交差）する第 1 交差方向 X 及び第 2 交差方向 Y にそれぞれ互いに間隔を開けて並べて配置されている。

ここで、平面視において、複数の耐火被覆柱 1 1 のうち、床 3 1 の周囲に位置する耐火被覆柱 1 1 を耐火被覆された外柱 1 1 A とも言う（規定する）。複数の耐火被覆柱 1 1 のうち、耐火被覆された外柱 1 1 A 以外を耐火被覆された内柱 1 1 B とも言う。耐火被覆された内柱 1 1 B は、平面視において床 3 1 の中央部に位置する耐火被覆柱 1 1 である。

[0041] 複数の耐火被覆された外柱 1 1 A の一部（以下、耐火被覆された外柱 1 1 A 1 とも言う）は、第 1 交差方向 X に並べた位置から第 2 交差方向 Y に位置をずらして配置されている。

[0042] 図2に示すように、耐火被覆梁16は、耐火被覆17が施されたH形鋼18である。耐火被覆17には、ロックウール、グラスウール等の断熱材が用いられる。耐火被覆17は、H形鋼18の外面に、吹き付け・塗装工法・成型板工法・巻き付け工法等の各種工法により形成されている。

図1及び図2に示すように、耐火被覆梁16は、直線状に形成され、水平面に沿うように配置されている。耐火被覆梁16の両端部は、他の耐火被覆梁16及び耐火被覆柱11にそれぞれ接合されている。耐火被覆梁16は、複数の耐火被覆柱11を互いに接合している。

図1に示すように、複数の耐火被覆梁16のうちの一部である耐火被覆梁16Aは、第1交差方向Xに沿って延びている。複数の耐火被覆梁16のうちの他の一部である耐火被覆梁16Bは、第2交差方向Yに沿って延びている。複数の耐火被覆梁16のうちの残部である耐火被覆梁16Cは、端部が耐火被覆梁16A、16Bにそれぞれ接合され、第1交差方向X及び第2交差方向Yに対してそれぞれ傾斜している。

[0043] 例えば、耐火被覆梁16C、耐火被覆梁16A、及び2本の耐火被覆梁16Bという複数の耐火被覆梁16により、耐火被覆梁集合体16Dが構成される。耐火被覆梁集合体16Dは、全体として、平面視で台形の枠である環状（ring、角環状）に形成されている。

複数の耐火被覆梁16は、複数の耐火被覆柱11により下方から支持されている。

なお、耐火被覆梁16に、RC、SRCが用いられてもよい。

[0044] 減耐火被覆梁26は、耐火被覆梁16よりも耐火被覆が削減された梁である。減耐火被覆梁26は、耐火被覆が施されないH形鋼でもよい。減耐火被覆梁26は、耐火被覆梁16よりも耐火被覆が削減されてはいるが、幾分かの耐火被覆が施されたH形鋼でもよい。

例えば、耐火被覆梁16におけるロックウール等の耐火被覆の厚さを、「吹付けロックウール被覆耐火構造 施工品質管理指針（ロックウール工業会吹付け部会）」に準拠して設定する。耐火被覆梁16に1時間耐火が要求さ

れる場合には、耐火被覆の厚さを25mmとする。同様に、耐火被覆梁16に2時間耐火が要求される場合には耐火被覆の厚さを45mm、3時間耐火が要求される場合には65mmとする。この場合に、減耐火被覆梁26における耐火被覆の厚さを、それぞれの耐火性能に応じた耐火被覆梁16における耐火被覆の厚さの1/10～1/2程度とする。

減耐火被覆梁26は、耐火被覆梁集合体16Dにより囲まれた領域R1内等に配置されている。

減耐火被覆梁26の両端は、複数の耐火被覆梁16に接合されている。

[0045] 図1及び図2に示すように、床31はいわゆる合成スラブであり、複数の耐火被覆梁16及び複数の減耐火被覆梁26により下方から支持されている。図2に示すように、床31は、デッキプレート（引張力伝達部材）32と、コンクリート33と、鉄筋（引張力伝達部材）34と、を備えている。なお、床31は、デッキプレート32及びコンクリート33を備えなくてもよい。床31は、鉄筋34及びコンクリート33を備えなくてもよい。床31が備える引張力伝達部材は、デッキプレート32、鉄筋34に限定されない。例えば、デッキプレート32は、鋼板を曲げ加工して形成されている。デッキプレート32は、複数の耐火被覆梁16及び複数の減耐火被覆梁26上に配置されている。

コンクリート33は、上下方向Zが厚さ方向となる板状に形成されている。コンクリート33には、デッキプレート32の形状に対応して下方に向かって突出した凸部33aが形成されている。例えば、凸部33aは、下方に向かって従い漸次、第1交差方向Xの幅が狭くなる。

[0046] 鉄筋34は、コンクリート33内に埋設されている。鉄筋34は、複数の第1鉄筋35と、複数の第2鉄筋36と、を備えている。なお、図2中には、第1鉄筋35を1本のみ示している。

各第1鉄筋35は、第1交差方向Xに沿って延びている。各第1鉄筋35は、コンクリート33（床31）の第1交差方向Xの端部間の引張力を伝達する。すなわち、各第1鉄筋35は、コンクリート33の第1交差方向Xの第

1 端部と、コンクリート 3 3 の第 1 交差方向 X の第 1 端部とは反対の第 2 端部と、の間にわたって延びている。そして、各第 1 鉄筋 3 5 は、コンクリート 3 3 の第 1 端部と第 2 端部との間に作用する引張力を、コンクリート 3 3 の第 1 端部と第 2 端部との間にわたって伝達する。複数の第 1 鉄筋 3 5 は、第 2 交差方向 Y に互いに間隔を開けて配置されている。

同様に、各第 2 鉄筋 3 6 は、第 2 交差方向 Y に沿って延びている。各第 2 鉄筋 3 6 は、コンクリート 3 3 の第 2 交差方向 Y の端部間の引張力を伝達する。複数の第 2 鉄筋 3 6 は、第 1 交差方向 X に互いに間隔を開けて配置されている。

[0047] なお、鉄筋 3 5, 3 6 が延びる方向と、複数の耐火被覆柱 1 1 が互いに間隔を開けて並べて配置されている方向とが異なってもよい。

以下では、第 1 鉄筋 3 5 及び第 2 鉄筋 3 6 の構成の詳細について、第 1 鉄筋 3 5 を例にとって説明する。

[0048] 第 1 鉄筋 3 5 は、コンクリート 3 3 の第 1 交差方向 X の端部間の引張力を伝達できるものであれば、特に限定されない。第 1 鉄筋 3 5 は、コンクリート 3 3 の第 1 交差方向 X の第 1 端部と第 2 端部との間にわたって 1 本の鉄筋で形成されてもよいが、以下のように構成されてもよい。第 1 鉄筋 3 5 には、丸鋼、異形棒鋼、溶接金鋼等が用いられる。

図 3 に示す第 1 変形例のように、第 1 鉄筋 3 5 A が、鉄筋片 3 7 a, 3 7 b と、鉄筋片 3 7 a, 3 7 b の端部同士を連結する連結鉄筋 3 7 c と、を備えてもよい。鉄筋片 3 7 a, 3 7 b 及び連結鉄筋 3 7 c は、第 1 鉄筋 3 5 と同様の材料で形成されている。

鉄筋片 3 7 a の端部と連結鉄筋 3 7 c の第 1 端部とは、溶接により形成された溶接部 3 8 により接合されている。鉄筋片 3 7 b の端部と連結鉄筋 3 7 c の第 1 端部とは反対の第 2 端部とは、溶接部 3 8 により接合されている。

[0049] 図 4 に示す第 2 変形例のように、第 1 鉄筋 3 5 B が、鉄筋片 3 7 a と、鉄筋片 3 7 b と、を備えてもよい。鉄筋片 3 7 a の端部と鉄筋片 3 7 b の端部とは、溶接部 3 8 により接合されている。

図5に示す第3変形例のように、第1鉄筋35Cが、鉄筋片37a、37bと、番線（針金）39と、を備えてもよい。鉄筋片37aと鉄筋片37bとは、予め定められた必要長さ重ねられた状態で、番線39により結び付けられている。鉄筋片37aと鉄筋片37とは、付着（bonding）により、互いに接合されている。

図6に示す第4変形例のように、第1鉄筋35Dが、鉄筋片37a、37bと、機械式継手40と、を備えてもよい。機械式継手40は、カップリング等である。機械式継手40は、鉄筋片37a、37bの端部をそれぞれ挟み付けることにより、鉄筋片37aと鉄筋片37bとを接合している。

第2鉄筋36は、第1鉄筋35と同様に構成されている。

[0050] 図7に示すように、第1鉄筋35の第1交差方向Xの端部には、下方に向かって折曲げられた折曲げ部35aが形成されていてもよい。折曲げ部35aは、複数の第2鉄筋36のうち、第1交差方向Xの最も外側に配置された第2鉄筋36の外側から、下方に向かって延びている。

なお、鉄筋34が備える第1鉄筋35の数は特に限定されず、1つでもよい。鉄筋34が備える第2鉄筋36の数は特に限定されず、1つでもよい。

第1交差方向X及び第2交差方向Yは、床31の上面である平面31a内で互いに交差する方向である。

[0051] 図7に示すように、床31は、複数の耐火被覆梁16及び複数の減耐火被覆梁26の上面に設けられたスタッド46等により、複数の耐火被覆梁16及び複数の減耐火被覆梁26に固定されている。

[0052] ここで図7を用いて、コンクリート33及び第1鉄筋35の第1交差方向Xの端部と、耐火被覆梁16と、の位置関係について説明する。耐火被覆梁16のH形鋼18は、上フランジ18a及び下フランジ18bが、ウェブ18cを介して互いに接合されて構成されている。

ここで、H形鋼18の上フランジ18aにおける、平面視において床31の中央部側の端縁を、端縁18a1と言う。上フランジ18aにおける端縁18Aa1とは反対側の端縁を、端縁18a2と言う。ウェブ18cの第1交

差方向Xの中心を、板中心18c1と言う。

例えば、コンクリート33の第1交差方向Xの端は、端縁18a2に一致している。

第1交差方向Xにおいて、第1鉄筋35の第1交差方向Xの端は、平面視における床31の中央部側から端縁18a1に達している。第1鉄筋35のこの端部は、第1交差方向Xにおいて板中心18c1に達していることがより好ましい。

[0053] 第2鉄筋36の第2交差方向Yの端部についても同様である。

床31の第1鉄筋35及び第2鉄筋36と耐火被覆梁16との位置関係は、床31から区画される後述する床部31A、31Bに含まれる第1鉄筋35及び第2鉄筋36と耐火被覆梁16との位置関係と同様である。

[0054] ここで、図1を用いて、第1中心線C6及び第2中心線C7を規定する。第1中心線C6は、平面視において耐火被覆された内柱11Bの中心と耐火被覆された外柱11Aの中心とを通り床31の周囲に達する線（線分）である。ここで言う柱の中心とは、例えば平面視における柱の重心等である。第1中心線C6の第1端は、耐火被覆された内柱11Bの中心に位置する。第1中心線C6における第1端とは反対の第2端は、床31の周囲に位置する。第1中心線C6は、耐火被覆された外柱11Aの中心を通る。第2中心線C7は、平面視において耐火被覆された内柱11Bの中心同士を通る線（線分）である。第2中心線C7の第1端は、一对の耐火被覆された内柱11Bのうちの一方の中心に位置する。第2中心線C7における第1端とは反対の第2端は、一对の耐火被覆された内柱11Bのうちの他方の中心に位置する。

[0055] 本実施形態では、床31は、第1中心線C6及び第2中心線C7の少なくとも一方、及び床31の周囲により複数の床部31A、31Bに区画されている。床部31A、31Bは、床31から区画された、床31の一部である。なお、床31は、第1中心線C6及び第2中心線C7の少なくとも一方により区画されている、としてもよい。

具体的には、床 3 1 は、2 本の第 1 中心線 C 6 及び 1 本の第 2 中心線 C 7 により、第 1 床部 3 1 A に区画されている。床 3 1 は、2 本の第 1 中心線 C 6 により第 2 床部（床部）3 1 B に区画されている。床部 3 1 A、3 1 B は、中心線 C 6、C 7 の少なくとも一方により区画された床 3 1 の一部分である。

ここで、第 1 床部 3 1 A の周囲に配置される 2 本の耐火被覆梁 1 6 A、及び 2 本の耐火被覆梁 1 6 B を、耐火被覆梁集合体 1 6 E と呼ぶ。耐火被覆梁集合体 1 6 E は、全体として、平面視で環状に形成されている。

[0056] 第 1 床部 3 1 A は、耐火被覆梁集合体 1 6 E に対応して平面視において矩形形状に区画されている。第 1 床部 3 1 A の周囲は、全周にわたって耐火被覆梁集合体 1 6 E により下方から支持されている。平面視において、第 1 床部 3 1 A の隅部は全て、複数の耐火被覆柱 1 1 に重なるように配置されている。ここで言う隅部が複数の耐火被覆柱 1 1 に重なるとは、隅部の少なくとも一部が、複数の耐火被覆柱のうちの少なくとも 1 つの占める領域内に配置されていることを意味する。

第 1 床部 3 1 A の隅部は全て、複数の耐火被覆柱 1 1 のいずれかにより下方から支持されている。

第 1 床部 3 1 A、4 本の耐火被覆柱 1 1、耐火被覆梁集合体 1 6 E、及び複数の減耐火被覆梁 2 6 のうち第 1 床部 3 1 A を支持する減耐火被覆梁 2 6 A により、第 1 耐火構造物 5 1 A が構成される。

[0057] 一方で、第 2 床部 3 1 B は、耐火被覆梁集合体 1 6 D に対応して、平面視において矩形形状とは異なる多角形状に形成されている。より具体的には、多角形状は台形状である。第 2 床部 3 1 B に含まれる鉄筋 3 4 は、第 2 床部 3 1 B の第 1 交差方向 X の端部間の引張力、及び、第 2 床部 3 1 B の第 2 交差方向 Y の端部間の引張力をそれぞれ伝達する。

第 2 床部 3 1 B、4 本の耐火被覆柱 1 1、耐火被覆梁集合体 1 6 D、及び複数の減耐火被覆梁 2 6 のうち第 2 床部 3 1 B を支持する減耐火被覆梁 2 6 B により、第 2 耐火構造物（耐火構造物）5 1 B が構成される。なお、図 2 で

は、第1耐火構造物51Aと第2耐火構造物51Bとの境界を、実線で示している。

[0058] 第2床部31Bの周囲は、全周にわたって耐火被覆梁集合体16Dにより下方から支持されている。平面視において、第2床部31Bが備える隅部は全て、複数の耐火被覆柱11に重なるように配置されている。すなわち、第2床部31Bの隅部は全て、複数の耐火被覆柱11のいずれかにより下方から支持されている。

この例では、第2耐火構造物51Bは3本の減耐火被覆梁26Bを備えている。

第2耐火構造物51Bを構成する4本の耐火被覆柱11の内側には、他の耐火被覆柱11は配置されていない。第2床部31Bにおける周囲以外の部分には、耐火被覆梁16は接合されない。第2床部31Bの周囲に全周にわたって結合された耐火被覆梁16A、16B、16Cの内部に配置された梁は、全て減耐火被覆梁26である。減耐火被覆梁26は、第2床部31Bを下方から支持している。

[0059] ここで、ISO 834-11:2014（以下、ISO 834と略して言う）に規定された加熱曲線を、以下では単に加熱曲線とも言う。第2耐火構造物51Bは、加熱曲線に基づいて加熱されたときに、所望の加熱時間における第2床部31Bの撓みの最大値が、(6)式で定められた閾値K（m）未満であるように構成されていることが好ましい。

$$K = (L + l) / 30 \quad \cdots (6)$$

ただし、Lは、第2床部31Bの第1交差方向X（第1スパン）の長さ（m）である。lは、第2床部31Bの第2交差方向Y（第2スパン）の長さ（m）である。L及びlは、第2床部31Bの平面31aに沿う方向の長さである。

この閾値Kは、前述の非特許文献1に記載された床の撓み制限値である。

なお、第1スパンは、第1交差方向Xの長さには限定されず、第2床部31Bの平面31a内での方向（平面31aに沿う方向）の長さであればよい。第

2 スパンは、第2 交差方向 Y の長さ限定されず、第2 床部 3 1 B の平面 3 1 a 内での方向であって、第1 スパンに直交（交差）する方向の長さであればよい。

[0060] 第2 床部が平面視で矩形状ではない場合には、L は第2 床部の平面に沿う第1 スパンの長さであり、l は床部の平面に沿うとともに第1 スパンに交差する第2 スパンの長さである。このとき、（6）式により得られる閾値 K がより小さくなるように、第1、第2 スパンの向きを設定することが好ましい。すなわち、第2 床部 3 1 B の撓みの最大値は、第1、第2 スパンの向きがいずれの場合でも、（6）式により得られる閾値 K 未満であることが好ましい。閾値 K をこのように設定することにより、第2 床部の損傷を安全側に評価することができる。

なお、閾値はこれに限定されない。

[0061] 次に、以上のように構成された第2 耐火構造物 5 1 B を設計する耐火構造物の設計方法（以下、設計方法とも略して言う）について説明する。図 8 は、本実施形態の設計方法 S を示すフローチャートである。本実施形態の設計方法 S では、前記建築物 1 のうち第2 耐火構造物 5 1 B を設計する設計方法について説明する。この設計方法 S は、例えば新規に施工する第2 耐火構造物 5 1 B、及び既存の第2 耐火構造物 5 1 B に対して好ましく用いられる。まず、図 8 に示すステップ S 1 において、予め応力閾値を定める。例えば、応力閾値は第2 耐火構造物 5 1 B に用いられる材料の設計基準等に基づいて定められる。

ステップ S 1 が終了すると、ステップ S 3 に移行する。

[0062] 次に、構造決定工程（ステップ S 3）において、公知の構造計算を行うことにより、図 9 に示すように、構造物 5 2 における、床 3 1、複数の梁 5 6、及び複数の柱 5 7 の配置を決定する。なお、図 9 等では床 3 1 を二点鎖線で示している。

梁 5 6 は、耐火被覆梁 1 6 及び減耐火被覆梁 2 6 から耐火被覆を取外した梁である。複数の梁 5 6 は、床 3 1 を下方から支持する。柱 5 7 は、耐火被覆

柱 1 1 から耐火被覆を取外した柱である。複数の柱 5 7 は、複数の梁 5 6 を支持する。

この例では、構造物 5 2 は、第 2 耐火構造物 5 1 B に対して柱 5 7（耐火被覆柱 1 1）を 1 本多く備えている（以下、柱 5 7 A とも言う）。柱 5 7 A は、構造物 5 2 が既に備える複数の柱 5 7 のうちの 3 本の柱 5 7 とともに、平面視で所定の矩形状の各隅部に重なるように配置されている。柱 5 7 A は、複数の減耐火被覆梁 2 6 となる梁 5 6 の端の近傍に配置されている。

構造決定工程 S 3 では、例えば、床 3 1 の自重及び床 3 1 に作用する荷重から、複数の梁 5 6 及び複数の柱 5 7 の仕様、及び配置を決定する。

構造決定工程 S 3 が終了すると、ステップ S 5 に移行する。

[0063] 次に、耐火仕様決定工程（ステップ S 5）において、床 3 1 から第 2 床部 3 1 B 1 を区画した際に、以下のように設定されるようにする。図 10 に示すように、床 3 1 から区画された第 2 床部 3 1 B 1 の周囲を、梁 5 6 に耐火被覆を施した複数の耐火被覆梁 1 6 により下方から支持させるように設定する。床 3 1 の区画は、第 1 中心線 C 6 を用いて行われる。複数の耐火被覆梁 1 6 は、全体として環状に形成されている。第 2 床部 3 1 B 1 が備える隅部は全て、複数の耐火被覆柱 1 1 に重なって配置されるように設定する。

この例では、まず、耐火仕様決定工程 S 5 において、平面視で矩形状（所定の形状）に区画された第 1 床片 3 1 C を第 2 床部 3 1 B 1 とする。この際に、火災時に第 2 床部 3 1 B 1 によるメンブレン効果が発揮されるように、複数の梁 5 6 の少なくとも一部に耐火被覆を施して第 2 耐火構造物 5 1 B 1 を設計する。ここで言うメンブレン効果とは、火災時において、荷重が作用する床部を、耐火被覆梁及び引張力伝達部材により、床部の中央部が下方に向かって凸となるように撓んだ形状に保持する効果のことを意味する。

この例では、第 2 床部 3 1 B 1 の周囲が、全体として環状に形成された複数の耐火被覆梁 1 6 により下方から支持されるように設定する。第 2 床部 3 1 B 1 が備える隅部は全て、複数の耐火被覆柱 1 1 に重なって配置されるように設定する。梁 5 6 の長手方向の一部に耐火被覆を施すことで、梁 5 6 から

耐火被覆梁 1 6 B 及び梁片 5 6 A が形成される。

耐火仕様決定工程 S 5 が終了すると、ステップ S 7 に移行する。

[0064] 次に、判定工程（ステップ S 7）において、第 2 床部 3 1 B 1 の圧縮の主応力が応力閾値を超えるか否かを判定する。第 2 床部 3 1 B 1 の圧縮の主応力が応力閾値を超えるか否かは、公知のシミュレーションを行うこと等により判定することができる。判定工程 S 7 において、第 2 床部 3 1 B 1 の圧縮の主応力が応力閾値を超える（YES）と判定したときには、構造決定工程 S 3 に移行する。一方で、第 2 床部 3 1 B 1 の圧縮の主応力が応力閾値を超えない（応力閾値以下である）（NO）と判定したときには、設計方法 S の全工程が終了する。このとき、第 2 耐火構造物 5 1 B 1 が前述の仕様に設計される。

この例では、第 2 床部 3 1 B 1 の周囲の一部である周囲部分 3 1 C 1 で、圧縮の主応力の最大値が生じたとする。そして、この圧縮の主応力の最大値が応力閾値を超えると判定されたとする。この場合、判定工程 S 7 の後で、構造決定工程 S 3 に移行する

[0065] 判定工程 S 7 から移行した構造決定工程 S 3 では、図 1 1 に示すように、構造物 5 2 A における、床 3 1、複数の梁 5 6、及び複数の柱 5 7 の配置を決定する。構造物 5 2 A は、前記構造物 5 2 に対して柱 5 7 A を備えていない。

次に、耐火仕様決定工程 S 5 において、図 1 2 に示すように、第 2 床部 3 1 B が第 1 床片 3 1 C 及び第 2 床片 3 1 D からなる形状に区画されると仮定する。第 2 床片 3 1 D は、第 1 床片 3 1 C の周囲部分 3 1 C 1 に連なる。平面視において、第 2 床片 3 1 D は三角形状である。平面視において、第 2 床部 3 1 B は、台形状である。

耐火仕様決定工程 S 5 では、床 3 1 から区画された第 2 床部 3 1 B の周囲を、梁 5 6 に耐火被覆を施した複数の耐火被覆梁 1 6 により下方から支持させるように設定する。複数の耐火被覆梁 1 6 は、全体として環状に形成されている。第 2 床部 3 1 B が備える隅部は全て、複数の耐火被覆柱 1 1 に重なっ

て配置されるように設定する。

[0066] 次に、判定工程 S 7 において、第 2 床部 3 1 B の圧縮の主応力が応力閾値を超えるか否かを判定する。一般的に、床部が周囲部分に連なる第 2 床片を備えるとする、周囲部分で生じた圧縮の主応力の最大値が緩和されやすくなる。この例では、判定工程 S 7 において、第 2 床部 3 1 B の圧縮の主応力が応力閾値を超えない (NO) と判定され、設計方法 S の全工程が終了する。第 2 耐火構造物 5 1 B は、設計方法 S により設計された耐火構造物である。

[0067] なお、本実施形態の設計方法 S では、判定工程 S 7 において YES と判定したときに、耐火仕様決定工程 S 5 に移行してもよい。

また、本実施形態の設計方法では、耐火仕様決定工程において、第 2 床部は平面視で矩形状とは異なる多角形状であると仮定してもよい。この場合であっても、判定工程において床部の圧縮の主応力が応力閾値を超えない (NO) と判定されれば、設計方法の全工程が終了する。

[0068] ここで、メンブレン効果により火災の前後で第 2 床部 3 1 B 等が撓む様子を模式的に説明する。

図 1 3 に、火災が発生していない通常時における第 2 耐火構造物 5 1 B の分解斜視図を示す。なお図 1 3 及び後述する図 1 4 では、第 2 耐火構造物 5 1 B を簡略化して示している。具体的には、図 1 3 及び図 1 4 では、第 2 耐火構造物 5 1 B の減耐火被覆梁 2 6 を 1 つだけ示している。

図 1 3 に示す通常時には、第 2 床部 3 1 B、減耐火被覆梁 2 6 等に作用する重力、静荷重等により、第 2 床部 3 1 B、減耐火被覆梁 2 6 等に下向きの外力 F 1 が作用する。

一方で火災時において、図 1 4 に示すように、第 2 床部 3 1 B の平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、いわゆるメンブレン効果により、第 2 床部 3 1 B の周囲が、全体として環状に形成された複数の耐火被覆梁 1 6 により支持される。第 2 床部 3 1 B が撓むことにより伸びた第 1 鉄筋 3 5 が、第 1 交差方向 X の引張力 F 2 を伝達する。第 2 床部 3 1 B が撓むことにより伸びた第 2 鉄筋 3 6 が、第 2 交差方向 Y の引張力 F 3

を伝達する。すなわち、第2床部31Bは、第2床部31Bに作用する重力等に引張力 F_2 、 F_3 により抵抗する。

従って、第2床部31Bの中央部が、複数の耐火被覆梁16及び鉄筋35、36により第1交差方向X及び第2交差方向Yにそれぞれ支持される。

[0069] この際、第2床部31Bには、引張領域R5及び圧縮領域R6がそれぞれ形成される。なお、図14中に圧縮領域R6をハッチングを付して示している。引張領域R5では、第2床部31Bが撓んだ平面31aに沿って引張られる。圧縮領域R6では、第2床部31Bが撓んだ平面31aに沿って圧縮される。

引張領域R5は、第2床部31Bの平面視における中央部に形成される。圧縮領域R6は、引張領域R5の周辺に形成される。

[0070] 火災時に第2耐火構造物51Bに生じるメンブレン効果は、鉄筋34により引張力 F_2 、 F_3 に抵抗する効果である。一方で、特許文献1において火災時に耐火構造物に生じるロバストネスは、コンクリート及びスラブ筋により曲げモーメント B_1 に抵抗する効果である。

このように、本実施形態の第2耐火構造物51Bと特許文献1の耐火構造物とでは、火災時に生じる効果が異なる。

[0071] 次に、第2耐火構造物51Bを施工する耐火構造物の施工方法（製造方法。以下、施工方法とも略して言う）について説明する。図15は、本実施形態の施工方法S20を示すフローチャートである。前記設計方法Sの各工程は設定するだけで実際には施工しないのに対し、施工方法S20の各工程では実際に施工する点異なる。この施工方法S20は、例えば新規に施工する第2耐火構造物51Bに対して好ましく用いられる。

この施工方法S20では、柱梁施工工程S21と、被覆施工工程S23と、を行う。

柱梁施工工程S21では、床31、複数の梁56、及び複数の柱57を施工する。

被覆施工工程S23では、複数の梁56の少なくとも一部に耐火被覆を施し

て複数の耐火被覆梁 16 とすることで、第 2 床部 31B の周囲を、複数の耐火被覆梁 16 により下方から支持させる。

以上で、施工方法 S20 の全工程が終了し、第 2 耐火構造物 51B が施工される。

[0072] 非特許文献 1 に開示された耐火構造物の設計方法では、平面視において床部は矩形形状であるとして設計している。このため、非特許文献 1 を見た当業者は、矩形形状であるに対して、メンブレン効果を発揮させようとする。

[0073] これに対して、本実施形態の設計方法 S によれば、構造決定工程 S3 及び耐火仕様決定工程 S5 を行うことで、第 2 床部 31B の周囲は、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持できる環状に形成された複数の耐火被覆梁 16 により下方から支持させるように設定される。この際に、2 本の第 1 中心線 C6 により、第 2 床部 31B は平面視において台形状に形成されるように設定される。平面視において第 2 床部 31B の隅部は全て複数の耐火被覆柱 11 に重なるように設定されることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱 11 により支持される。第 2 床部 31B に含まれている鉄筋 34 は、第 2 床部 31B の第 1 交差方向 X の端部間の引張力 F2、及び、第 2 床部 31B の第 2 交差方向 Y の端部間の引張力 F3 をそれぞれ伝達する。

火災時には、第 2 床部 31B に作用する重力等により、第 2 床部 31B の平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、第 2 床部 31B の周囲が耐火被覆梁 16 により支持される。そして、第 2 床部 31B が撓むことにより伸びた鉄筋 34 が第 1 交差方向 X 及び第 2 交差方向 Y にそれぞれ引張力 F2、F3 を伝達することにより、第 2 床部 31B の中央部が支持される。従って、第 2 床部 31B の形状が台形状であっても、第 2 耐火構造物 51B を一定の耐火性能に維持するように設定することができる。

[0074] また、本実施形態の施工方法 S20 によれば、柱梁施工工程 S21 及び被覆施工工程 S23 を行うことで、第 2 床部 31B の周囲を、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持できる環状に形成された複数の耐火被覆梁 16 により下

方から支持させる。この際に、2本の第1中心線C6により、第2床部31Bは平面視において台形状に形成される。平面視において第2床部31Bの隅部は全て複数の耐火被覆柱11に重なることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱11により支持される。第2床部31Bに含まれている鉄筋34は、第2床部31Bの第1交差方向Xの端部間の引張力F2、及び、第2床部31Bの第2交差方向Yの端部間の引張力F3をそれぞれ伝達する。

火災時には、第2床部31Bに作用する重力等により、第2床部31Bの平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、第2床部31Bの周囲が耐火被覆梁16により支持される。そして、第2床部31Bが撓むことにより伸びた鉄筋34が第1交差方向X及び第2交差方向Yにそれぞれ引張力F2、F3を伝達することにより、第2床部31Bの中央部が支持される。従って、第2床部31Bの形状が台形状であっても、第2耐火構造物51Bを一定の耐火性能に維持することができる。

[0075] また、本実施形態の第2耐火構造物51Bによれば、第2床部31Bの周囲は、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持できる環状に形成された複数の耐火被覆梁16により下方から支持される。2本の第1中心線C6により、第2床部31Bは平面視において台形状に形成される。平面視において第2床部31Bの隅部は全て複数の耐火被覆柱11に重なることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱11により支持される。第2床部31Bに含まれている鉄筋34は、第2床部31Bの第1交差方向Xの端部間の引張力F2、及び、第2床部31Bの第2交差方向Yの端部間の引張力F3をそれぞれ伝達する。

火災時には、第2床部31Bに作用する重力等により、第2床部31Bの平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、第2床部31Bの周囲が耐火被覆梁16により支持される。そして、第2床部31Bが撓むことにより伸びた鉄筋34が第1交差方向X及び第2交差方向Yにそれぞれ引張力F2、F3を伝達することにより、

第2床部31Bの中央部が支持される。従って、第2床部31Bの形状が台形状であっても、第2耐火構造物51Bを一定の耐火性能に維持することができる。

[0076] 第2耐火構造物51Bは、減耐火被覆梁26を備えている。このため、火災が発生していない通常時において、第2床部31Bが撓むのを抑えることができる。

第2床部31Bにおける周囲以外の部分には、耐火被覆梁16は接合されない。従って、第2床部31Bにおける周囲以外の部分に接合された耐火被覆梁16により火災時に第2床部31Bが拘束されるのが抑えられる。これにより、第2床部31Bに生じる圧縮による面内応力を小さくすることができる。

第2床部31Bの撓みの最大値が、閾値Kを超えない。これにより、第2床部31Bのメンブレン効果が効果的に発揮される。従って、第2床部31Bが下方に向かって撓み難くすることができる。

[0077] 第1床片31Cを第2床部31B1として判定工程S7を行う。判定工程S7において、圧縮の主応力の最大値が周囲部分31C1で生じて、圧縮の主応力の最大値が応力閾値を超えると判定されたときには、第2床部31Bが第1床片31C及び第2床片31Dからなる形状に区画されると仮定する。そして、構造決定工程S3から判定工程S7を行う。

一般的に、床部が、第1床片に加えて、周囲部分に連なる第2床片を備えると、周囲部分で生じた圧縮の主応力の最大値が緩和されやすくなる。第2床部31Bが第1床片31C及び第2床片31Dを備えるとして判定工程S7を行うことで、判定工程S7において第2床部31Bの撓みの最大値が応力閾値以下であると判定されやすくなることができる。

[0078] 耐火仕様決定工程において第2床部は平面視で台形状であると仮定し、判定工程を行う。例えば判定工程において、第2床部の圧縮の主応力が応力閾値を超えない場合がある。このような場合に、第2床部の圧縮の主応力が応力閾値を超えない耐火構造物の構成を、短時間で設定することができる。

第2耐火構造物51Bは、設計方法Sにより設計された耐火構造物である。これにより、本実施形態の設計方法Sにより第2耐火構造物51Bを設計することができる。設計方法Sは、第2床部の形状を矩形状とは異なる多角形状にしつつ、一定の耐火性能を維持することができる方法である。

[0079] (シミュレーション結果)

ここで、実施例及び比較例の耐火構造物の耐火性能をシミュレーションにより評価した結果について説明する。

図16に、実施例の耐火構造物51Bにおける解析モデルの斜視図を模式的に示す。なお、図16では第2床部31Bを示していない。耐火構造物51Bは、前述の第2耐火構造物51Bに相当する。

耐火被覆梁16A, 16B, 16Cは、一般構造用圧延鋼材であるSS400材で形成され、断面形状が $350 \times 175 \times 7 \times 11$ mmのH形鋼であるとした。

3本の減耐火被覆梁26Bのうち最も耐火被覆梁16C側に配置された減耐火被覆梁26B1は、SS400材で形成され、断面形状が $350 \times 175 \times 7 \times 11$ mmのH形鋼であるとした。3本の減耐火被覆梁26Bのうち減耐火被覆梁26B1以外の減耐火被覆梁26B2は、SS400材で形成され、断面形状が $300 \times 150 \times 6.5 \times 9$ mmのH形鋼であるとした。

[0080] 一对の耐火被覆梁16Bにおける第1交差方向Xのピッチを、9 mとした。

3本の減耐火被覆梁26Bにおける第2交差方向Yのピッチを、3 mとした。耐火被覆梁16Aと、この耐火被覆梁16Aに対して第2交差方向Yに隣り合う減耐火被覆梁26B2と、の第2交差方向Yのピッチを、3 mとした。一对の耐火被覆梁16Bのうち長さが長い方の耐火被覆梁16Bと耐火被覆梁16Cとの接合部と、減耐火被覆梁26B1と、の第2交差方向Yのピッチを、3 mとした。

耐火被覆梁16Aと耐火被覆梁16Bとの接合部は、第1交差方向X、第2交差方向Y、及び上下方向Zの位置は保持されとした。この接合部は、第1交差方向X、第2交差方向Y、及び上下方向Zに平行な軸線周りにはそれ

ぞれ回転可能であるとした。耐火被覆梁 16C と耐火被覆梁 16B との接合部についても、同様の拘束条件であるとした。

[0081] 図 17 に、実施例の耐火構造物 51B における第 2 床部 31B の解析モデルの縦断面図を示す。

コンクリート 33 において、凸部 33a の下端の第 1 交差方向 X の長さを、125mm とした。凸部 33a の下端は、凸部 33a の上端に比べて、第 1 交差方向 X にそれぞれ 25mm ずつ凸部 33a の中心に近づく位置に配置されているとした。コンクリート 33 は、凸部 33a よりも第 1 交差方向 X の両側に、それぞれ 62.5mm ずつ延びているとした。

凸部 33a の上下方向 Z の長さを、50mm とした。鉄筋 34 の上端からコンクリート 33 の上面までの距離（鉄筋 34 に対するコンクリート 33 のかぶり厚さ）を、30mm とした。第 2 床部 31B の厚さを、130mm とした。

なお、第 2 床部 31B は、デッキプレート 32 を備えていない。すなわち、第 2 床部 31B の解析モデルでは、デッキプレート 32 を設定していない。

[0082] このように構成されたコンクリート 33 が、第 1 交差方向 X に 300mm のピッチで複数並べられているとした。コンクリート 33 は、凸部 33a が第 2 交差方向 Y に沿って延びるように配置されているとした。

コンクリート 33 は、普通コンクリート（NC）であり、含水率が 10% であるとした。コンクリート 33 の設計基準強度 F_c は、 24 N/mm^2 （ニュートン・パー・平方ミリメートル）であるとした。

鉄筋 34 は、JIS G 3112:2010、鉄筋コンクリート用棒鋼の規定における異形棒鋼（SD295A）で、外径が 6mm であるとした。鉄筋 34 において、複数の第 2 鉄筋 36 は、第 1 交差方向 X に 150mm ピッチで配置されているとした。複数の第 1 鉄筋 35 は、第 2 交差方向 Y に 150mm ピッチで配置されているとした。

[0083] これに対して、図 18 に、比較例の耐火構造物 51A における解析モデルの斜視図を模式的に示す。なお、図 18 では第 1 床部は示していない。耐火構

造物 5 1 A は、前述の第 1 耐火構造物 5 1 A において、2 本の減耐火被覆梁 2 6 A を備えた構成に相当する。

耐火構造物 5 1 A の耐火被覆梁 1 6 A, 1 6 B は、耐火構造物 4 1 B の耐火被覆梁 1 6 A, 1 6 B, 1 6 C と同一の構成であるとした。すなわち、耐火被覆梁 1 6 A, 1 6 B は、S S 4 0 0 材で形成され、断面形状が $350 \times 175 \times 7 \times 11$ mm の H 形鋼であるとした。耐火構造物 5 1 A の減耐火被覆梁 2 6 A は、耐火構造物 5 1 B の減耐火被覆梁 2 6 B 2 と同一の構成であるとした。

一对の耐火被覆梁 1 6 B における第 1 交差方向 X のピッチを、9 m とした。2 本の減耐火被覆梁 2 6 A における第 2 交差方向 Y のピッチを、3 m とした。耐火被覆梁 1 6 A と、この耐火被覆梁 1 6 A に対して第 2 交差方向 Y に隣り合う減耐火被覆梁 2 6 A と、の第 2 交差方向 Y のピッチを、3 m とした。耐火被覆梁 1 6 A と耐火被覆梁 1 6 B との接合部は、第 1 交差方向 X、第 2 交差方向 Y、及び上下方向 Z の位置は保持されたとした。この接合部は、第 1 交差方向 X、第 2 交差方向 Y、及び上下方向 Z に平行な軸線周りにはそれぞれ回転可能であるとした。

第 1 床部の縦断面の形状は、第 2 床部 3 1 B の縦断面の形状と同一であるとした。

[0084] 図 1 9 に、比較例の耐火構造物 5 1 C における解析モデルの斜視図を模式的に示す。なお、図 1 9 では、耐火被覆梁 1 6 A, 1 6 B, 1 6 C 等により支持された第 3 床部は示していない。

耐火構造物 5 1 C は、実施例の耐火構造物 5 1 B において、減耐火被覆梁 2 6 B 1 に耐火被覆を施して耐火被覆梁 1 6 G としたものである。

第 3 床部は、実施例の耐火構造物 5 1 B の第 2 床部 3 1 B と同一の構成である。

第 3 床部のうち、耐火被覆梁 1 6 A, 1 6 B, 1 6 G により全周にわたって周囲が支持された床部は、平面視で矩形状である。

[0085] 実施例の耐火構造物 5 1 B 及び比較例の耐火構造物 5 1 A, 5 1 C を、I S

○ 834に規定された加熱曲線に基づいて加熱されたときの、加熱時間に対する床部の撓み、床部の面内応力等をシミュレーションにより求めた。シミュレーションでは、上記の拘束条件で支持された耐火構造物が加熱されることにより、耐火構造物の温度が上昇する。温度に応じて、耐火構造物が伸びて耐火構造物内で応力が作用し、耐火構造物の剛性及び耐力が変化する。火災時には、耐火被覆柱11、耐火被覆梁16、及び鉄筋34は所定の剛性及び耐力を生じるが、減耐火被覆梁26の剛性及び耐力は無くなると考える。

[0086] 床部の撓みのシミュレーション結果を、図20に示す。図20において、横軸は加熱時間（分、加熱を開始してから経過時間）を表す。縦軸は、耐火構造物51B、51A、51Cの床部の略中央における撓み（mm）を表す。

図16に、第2床部31Bの略中央の位置P1を示す。同様に、図18に第1床部の略中央の位置P2を示し、図19に第3床部の略中央の位置P3を示す。

[0087] 図20において、実線及び○印による線L1は、実施例の耐火構造物51Bにおける第2床部31Bの位置P1での撓みを表す。点線及び△印による線L2は、比較例の耐火構造物51Aにおける第1床部の位置P2での撓みを表す。一点鎖線及び□印による線L3は、比較例の耐火構造物51Cにおける第3床部の位置P3での撓みを表す。

なお、例えば、第2床部31Bの位置P1での撓みが充分に大きくなって第2床部31Bが崩壊したときには、第2床部31Bの位置P1での撓みは、図20中に二点鎖線による線L4で示す程度に、加熱時間に対して撓みが急激に大きくなることが分かっている。

このシミュレーション結果によれば、加熱時間が大きくなるのに従い漸次、第2床部31B、第1床部、及び第3床部の略中央における撓みがそれぞれ大きくなることが分かった。0分から30分までの所定の加熱時間に対して、第1床部の位置P2での撓みよりも、第3床部の位置P3での撓みが大き

くなることが分かった。第3床部の位置P3での撓みよりも、第2床部31Bの位置P1での撓みが大きくなることが分かった。

[0088] ここで、非特許文献1に記載された床の撓み制限値について説明する。床の撓み制限値である閾値K (mm) は、前記(6)式のように規定される。

[0089] なお、図21に示すように、平面視で床部66が矩形状以外の四角形状である場合には、発明者らは、閾値Kは例えば以下のように求められると考える。

すなわち、床部66には、対向する辺が2対（一对の辺66a, 66b、及び一对の辺66c, 66d）ある。辺66aの中点と辺66bの中点とを結ぶ線の長さを、第1スパンの長さLとする。辺66cの中点と辺66dの中点とを結ぶ線の長さを、第2スパンの長さlとする。これらの長さL, lを用いて、(6)式から閾値Kを求める。

[0090] なお、床部66が矩形状以外の四角形状である場合のこの閾値Kの求め方を、床部が矩形状である場合に用いて閾値Kの値を求める。この場合の閾値Kの値は、非特許文献1で(6)式により示される床部が矩形状である場合の閾値Kの値に一致する。すなわち、発明者らが提案する閾値Kの求め方は、非特許文献1で(6)式により示される閾値Kの求め方を、床部が矩形状以外の四角形状である場合にも拡張させている。

発明者らは、非特許文献1の(6)式を拡張させた閾値Kの値の求め方として、前記閾値Kの値の求め方を提案する。

[0091] 図16に示すように実施例の耐火構造物51Bの長さが規定されていて、第2床部31Bは平面視で矩形状以外の四角形状である。第2床部31Bに対する長さL, lは、(8)式及び(9)式より、10.5m、9.12mとなる。

$$(12 + 9) / 2 = 10.5 \quad \cdots (8)$$

$$\sqrt{(9^2 + 1.5^2)} = 9.12 \quad \cdots (9)$$

このため、耐火構造物51Bの閾値Kは、(10)式より、0.654m、すなわち654mmになる。

$$K = (10.5 + 9.12) / 30 = 0.654 \dots (10)$$

654 mmに対応する線を、図20中に実線による線L6として示す。すなわち、実施例の耐火構造物51Bを表す線L1の値が、少なくとも線L6の値になるまでは、第2床部31Bは崩壊することなく保持されと判断される。

[0092] 図19に示すように比較例の耐火構造物51Cの長さが規定されているため、第3床部のうち、耐火被覆梁16A, 16B, 16Gにより全周にわたって周囲が支持された床部は、平面視で1辺が9mの正形状である。図18に示すように比較例の耐火構造物51Aの長さが規定されているため、第1床部は、平面視で1辺が9mの正形状である。このため、耐火構造物51A, 51Cの閾値Kは、(12)式より、0.60m、すなわち600mmになる。

$$K = (9 + 9) / 30 = 0.60 \dots (12)$$

600 mmに対応する線を、図20中に点線による線L7として示す。すなわち、比較例の耐火構造物51Aを表す線L2の値、及び比較例の耐火構造物51Cを表す線L3の値が、少なくとも線L7の値になるまでは、第1床部及び第3床部は崩壊することなく保持されと判断される。

[0093] これらのシミュレーション結果によれば、加熱時間が30分程度の場合には、実施例の耐火構造物51Bの第2床部31Bの撓みの最大値は、いわゆるメンブレン効果により654 mmである閾値K未満であることが分かった。比較例の耐火構造物51Aの第1床部及び耐火構造物51Cの第3床部の撓みの最大値は、600 mmである閾値K未満であることが分かった。

また、654 mmである閾値Kに対する耐火構造物51Bの撓みの最大値の比率、及び、600 mmである閾値Kに対する耐火構造物51A, 51Cの撓みの最大値の比率、は互いに同程度であることが分かった。実施例の耐火構造物51Bの耐火性能は、比較例の耐火構造物51B, 51Cの耐火性能と同等に維持されていることが分かった。

[0094] なお、加熱時間には、30分以外にも、日本国の建築基準法に規定される耐

火性能に基づいて、1時間、2時間等の所望の時間が用いられる。

[0095] 図22から図27に、加熱時間が30分の時点における実施例の耐火構造物51Bの第2床部31B、及び比較例の耐火構造物51A、51Cの第1床部、第3床部の面内応力（上下方向Zを法線とする平面内に生じる応力）のシミュレーション結果を示す。

図22、24、及び26は、床部の面内に生じる圧縮の主応力分布を示し、

図23、25、及び27は、床部の面内に生じる引張の主応力分布を示す。

図22から図27のいずれにおいても、主応力の方向を線の長さ方向として表している。各圧縮の主応力及び引張の主応力において、主応力が大きくなるのに従い、線の長さを長く示している。

床部の圧縮の主応力が所定の値を超えると、床部が崩壊する可能性があると考えられる。

[0096] 実施例の耐火構造物51Bは、比較例の耐火構造物51Cに対して耐火被覆梁16Gを備えていなく、第2床部31Bにおける周囲以外の部分には、耐火被覆梁16は接合されない。このため、火災時に、減耐火被覆梁26B1の位置（周囲部分）で梁による拘束が生じないことが分かった。そして、減耐火被覆梁26B1が配置された位置での、圧縮による圧縮応力及び引張応力がそれぞれ小さくなる（緩和される）ことが分かった。

なお、実施例の耐火構造物51Bの第2床部31Bの圧縮応力及び引張応力は、比較例の耐火構造物51Aの第1床部の圧縮応力及び引張応力に比べて、同等か、大きくなる。

[0097] 実施例の耐火構造物51Bの第2床部31B、及び比較例の耐火構造物51Cの第3床部の対応する位置での、加熱時間に対する面内に生じる圧縮の主応力の変化を図28に示す。実施例の耐火構造物51Bの第2床部31Bにおける対応する位置を、図22中に位置P5で示す。比較例の耐火構造物51Cの第3床部における対応する位置を、図26中に位置P6で示す。

図28において、横軸は加熱時間を表し、縦軸は面内に生じる圧縮の主応力（kN/m：キロニュートン・パー・メートル）を表す。

実線及び○印による線Ｌ１１は、実施例の耐火構造物５１Ｂにおける面内に生じる圧縮の主応力を表す。実線及び□印による線Ｌ１３は、比較例の耐火構造物５１Ｃにおける面内に生じる圧縮の主応力を表す。

いずれの場合も、加熱時間の経過とともに面内に生じる圧縮の主応力は大きくなる。ただし、加熱時間によらず、実施例の耐火構造物５１Ｂの第２床部３１Ｂの位置Ｐ５における面内に生じる圧縮の主応力は、比較例の耐火構造物５１Ｃの第３床部の位置Ｐ６における面内に生じる圧縮の主応力よりも小さくなることが分かった。

[0098] なお、一般的に耐火構造物の外形が小さくなるのに従い、非特許文献１に記載された床部の撓み制限値、及びシミュレーションにより求められる床部の撓みの最大値は、それぞれ小さくなる。しかし、値が小さくなる程度が、床部の撓み制限値よりも床部の撓みの最大値が大きい。このため、耐火構造物の外形が小さくなるのに従い、床部の撓みの最大値が床部の撓み制限値を超え難くなり、床部が崩壊すると判断され難くなる。

実施例の耐火構造物５１Ｂ、及び比較例の耐火構造物５１Ａ等を組み合わせることにより、様々な形状の建築物に対応することができる。

[0099] （第２実施形態）

次に、本発明の第２実施形態について図２９、及び前記図８及び図１５を参照しながら説明するが、前記実施形態と同一の部位には同一の符号を付してその説明は省略し、異なる点についてのみ説明する。

図２９に示すように、本実施形態の第２耐火構造物７１Ｂは、第１実施形態の第２耐火構造物５１Ｂの４本の耐火被覆柱１１に代えて、４本の耐火被覆柱７２を備えている。なお、図２９では、建築物のうち第２耐火構造物７１Ｂ以外の部分を示していない。

[0100] 各耐火被覆柱７２は、耐火被覆柱１１とは上下方向Ｚの長さのみが異なる。各耐火被覆柱７２は、耐火被覆柱１１よりも長い。各耐火被覆柱７２は、第２床部３１Ｂを超えて上方まで延びている。

本実施形態では、耐火被覆梁１６の各端部は、耐火被覆柱７２に接合されて

いる。ここで、耐火被覆柱 7 2 において、耐火被覆梁 1 6 に接合される部分（耐火被覆柱の一部）を、柱片 7 2 a と言う。

複数の耐火被覆梁 1 6 及び複数の柱片 7 2 a は、全体として環状に形成されている。第 2 床部 3 1 B の周囲は、複数の耐火被覆梁 1 6 により下方から支持されている。

[0101] この例では、4 本の耐火被覆梁 1 6 及び 4 つの柱片 7 2 a 全体として環状に形成されている。しかし、全体として環状に形成されている耐火被覆梁 1 6 の数、及び柱片 7 2 a の数は、特に限定されない。

[0102] 次に、以上のように構成された第 2 耐火構造物 7 1 B を設計する設計方法について説明する。図 8 は、本実施形態の設計方法 S 3 0 を示すフローチャートである。この設計方法 S 3 0 が、第 1 実施形態の設計方法 S と異なる点は、耐火仕様決定工程 S 5 に代えて、耐火仕様決定工程 S 3 1 を行うことである。

耐火仕様決定工程 S 3 1 では、床 3 1 から区画された第 2 床部 3 1 B の周囲を複数の耐火被覆梁 1 6 により下方から支持させるように設定する。さらに、複数の耐火被覆梁 1 6 及び複数の柱片 7 2 a が全体として環状に形成されるように設定する。

[0103] 次に、第 2 耐火構造物 7 1 B を施工する施工方法について説明する。図 1 5 は、本実施形態の施工方法 S 4 0 を示すフローチャートである。この施工方法 S 4 0 が、第 1 実施形態の施工方法 S 2 0 と異なる点は、被覆施工工程 S 2 3 に代えて、被覆施工工程 S 4 1 を行うことである。

被覆施工工程 S 4 1 では、床 3 1 から区画された第 2 床部 3 1 B の周囲を複数の耐火被覆梁 1 6 により下方から支持させる。さらに、複数の耐火被覆梁 1 6 及び複数の柱片 7 2 a を全体として環状に形成する。

[0104] 以上説明したように、本実施形態の設計方法 S 3 0 によれば、構造決定工程 S 3 及び耐火仕様決定工程 S 3 1 を行うことで、第 2 床部 3 1 B の周囲は、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持でき、全体として環状に形成された複数の耐火被覆梁 1 6 及び複数の柱片 7 2 a により下方から支持させるように

設定される。この際に、2本の第1中心線C6により、第2床部31Bは平面視において台形状に形成されるように設定される。平面視において第2床部31Bの隅部は全て複数の耐火被覆柱11に重なるように設定されることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱11により支持される。第2床部31Bに含まれている鉄筋34は、第2床部31Bの第1交差方向Xの端部間の引張力F2、及び、第2床部31Bの第2交差方向Yの端部間の引張力F3をそれぞれ伝達する。

火災時には、第2床部31Bに作用する重力等により、第2床部31Bの平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、第2床部31Bの周囲が耐火被覆梁16により支持される。そして、第2床部31Bが撓むことにより伸びた鉄筋34が第1交差方向X及び第2交差方向Yにそれぞれ引張力F2、F3を伝達することにより、第2床部31Bの中央部が支持される。従って、第2床部31Bの形状が台形状であっても、第2耐火構造物71Bを一定の耐火性能に維持するように設定することができる。

[0105] また、本実施形態の施工方法S40によれば、柱梁施工工程S21及び被覆施工工程S41を行うことで、第2床部31Bの周囲を、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持でき、全体として環状に形成された複数の耐火被覆梁16及び複数の柱片72aにより下方から支持させる。この際に、2本の第1中心線C6により、第2床部31Bは平面視において台形状に形成される。平面視において第2床部31Bの隅部は全て複数の耐火被覆柱11に重なることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱11により支持される。第2床部31Bに含まれている鉄筋34は、第2床部31Bの第1交差方向Xの端部間の引張力F2、及び、第2床部31Bの第2交差方向Yの端部間の引張力F3をそれぞれ伝達する。

火災時には、第2床部31Bに作用する重力等により、第2床部31Bの平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、第2床部31Bの周囲が耐火被覆梁16により支持される

。そして、第2床部31Bが撓むことにより伸びた鉄筋34が第1交差方向X及び第2交差方向Yにそれぞれ引張力F2、F3を伝達することにより、第2床部31Bの中央部が支持される。従って、第2床部31Bの形状が台形状であっても、第2耐火構造物71Bを一定の耐火性能に維持することができる。

[0106] また、本実施形態の第2耐火構造物71Bによれば、第2床部31Bの周囲は、火災時でも一定の剛性及び耐力を維持でき、全体として環状に形成された複数の耐火被覆梁16及び複数の柱片72aにより下方から支持される。2本の第1中心線C6により、第2床部31Bは平面視において台形状に形成される。平面視において第2床部31Bの隅部は全て複数の耐火被覆柱11に重なることで、全ての隅部は複数の耐火被覆柱11により支持される。第2床部31Bに含まれている鉄筋34は、第2床部31Bの第1交差方向Xの端部間の引張力F2、及び、第2床部31Bの第2交差方向Yの端部間の引張力F3をそれぞれ伝達する。

火災時には、第2床部31Bに作用する重力等により、第2床部31Bの平面視における中央部が下方に向かって凸となるように撓む。しかし、メンブレン効果により、第2床部31Bの周囲が耐火被覆梁16により支持される。そして、第2床部31Bが撓むことにより伸びた鉄筋34が第1交差方向X及び第2交差方向Yにそれぞれ引張力F2、F3を伝達することにより、第2床部31Bの中央部が支持される。従って、第2床部31Bの形状が台形状であっても、第2耐火構造物71Bを一定の耐火性能に維持することができる。

[0107] 以上、本発明の第1実施形態及び第2実施形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の構成の変更、組み合わせ、削除等も含まれる。さらに、各実施形態で示した構成のそれぞれを適宜組み合わせる利用できることは、言うまでもない。

例えば、前記第1実施形態及び第2実施形態の第2耐火構造物31B、71

Bでは、減耐火被覆梁 2 6 を備えなくてもよい。耐火被覆梁 1 6 は、第 2 床部 3 1 B における周囲以外の部分に接合されてもよい。

平面視において、第 2 床部は、3 角形状、5 つ以上の隅部（角）を有する多角形状でもよい。

設計方法 S，S 3 0 では、判定工程 S 7 を行わなくてもよい。

産業上の利用可能性

[0108] 本開示の耐火構造物の設計方法、耐火構造物の施工方法、及び耐火構造物は、床部の形状を矩形状とは異なる多角形状にしつつ、一定の耐火性能を維持することができる耐火構造物、及びその設計方法、施工方法として好適に用いることができる。

符号の説明

- [0109] 1 1，7 2 耐火被覆柱
- 1 1 A 耐火被覆された外柱
 - 1 1 B 耐火被覆された内柱
 - 1 6 耐火被覆梁
 - 2 6 減耐火被覆梁
 - 3 1 床（スラブ）
 - 3 1 a 平面
 - 3 1 B 第 2 床部（床部）
 - 3 1 C 第 1 床片
 - 3 1 C 1 周囲部分
 - 3 1 D 第 2 床片
 - 3 2 デッキプレート（引張力伝達部材）
 - 3 4 鉄筋（引張力伝達部材）
 - 5 1 B，5 1 C，7 1 B 第 2 耐火構造物（耐火構造物）
 - 7 2 a 柱片（耐火被覆柱の一部）
 - C 6 第 1 中心線
 - C 7 第 2 中心線

S, S 3 0 設計方法（耐火構造物の設計方法）

S 3 構造決定工程

S 5, S 3 1 耐火仕様決定工程

S 7 判定工程

S 2 0, S 4 0 施工方法（耐火構造物の施工方法）

S 2 1 柱梁施工工程

S 2 3, S 4 1 被覆施工工程

X 第 1 交差方向

Y 第 2 交差方向

請求の範囲

[請求項1] 耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、
耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、
引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、
を備え、
平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、
平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部分であり、
平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、
平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、
前記複数の耐火被覆梁は、全体として環状に形成され、
前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、
前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物を設計する耐火構造物の設計方法であって、
構造計算を行うことにより、前記スラブ、前記スラブを下方から支持する複数の梁、及び前記複数の梁を支持する柱の配置を決定する構造決定工程と、
前記スラブから区画された前記床部の周囲を、前記梁に耐火被覆を施

した前記耐火被覆梁により下方から支持させるように設定する耐火仕様決定工程と、

を行う耐火構造物の設計方法。

[請求項2] 前記耐火仕様決定工程において、平面視で所定の形状に区画された第1床片を前記床部とし、
前記床部の圧縮の主応力が、予め定められた応力閾値を超えるか否かを判定する判定工程を行い、
前記判定工程において、前記圧縮の主応力の最大値が、前記床部の周囲の一部である周囲部分で生じて、前記圧縮の主応力の最大値が予め定められた応力閾値を超えると判定されたときには、
前記床部が前記第1床片、及び、前記第1床片の前記周囲部分に連なる第2床片からなる形状に区画されると仮定し、前記床部が平面視で矩形状とは異なる多角形状であると仮定して、少なくとも前記耐火仕様決定工程を行い、さらに前記判定工程を行う請求項1に記載の耐火構造物の設計方法。

[請求項3] 前記耐火仕様決定工程において、前記床部は平面視で矩形状とは異なる多角形状であると仮定し、
前記床部の圧縮の主応力が、予め定められた応力閾値を超えるか否かを判定する判定工程を行う請求項1に記載の耐火構造物の設計方法。

[請求項4] 耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、
耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、
引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、
を備え、
平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、

平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部分であり、

平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、

平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、

前記複数の耐火被覆梁及び前記複数の耐火被覆柱の一部は、全体として環状に形成され、

前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、

前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物を設計する耐火構造物の設計方法であって、

構造計算を行うことにより、前記スラブ、前記スラブを下方から支持する複数の梁、及び前記複数の梁を支持する複数の柱の配置を決定する構造決定工程と、

前記スラブから区画された前記床部の周囲を、前記梁に耐火被覆を施した前記耐火被覆梁により下方から支持させるとともに、前記複数の柱に耐火被覆を施した前記複数の耐火被覆柱の一部及び前記複数の耐火被覆梁が全体として環状に形成されるように設定する耐火仕様決定工程と、

を行う耐火構造物の設計方法。

[請求項5] 請求項1から4のいずれか一項に記載の耐火構造物の設計方法により設計された耐火構造物。

[請求項6] 耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、
耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐

火被覆梁と、

引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、

を備え、

平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、

平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部であり、

平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、

平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、

前記複数の耐火被覆梁は、全体として環状に形成され、

前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、

前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物を施工する耐火構造物の施工方法であって、

前記スラブ、前記スラブを下方から支持する複数の梁、及び前記複数の梁を支持する柱を施工する柱梁施工工程と、

前記複数の梁の少なくとも一部に耐火被覆を施して前記複数の耐火被覆梁とすることで、前記床部の周囲を、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持させる被覆施工工程と、

を行う耐火構造物の施工方法。

[請求項7]

耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、

耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、

引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、

を備え、

平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、

平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部分であり、

平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、

平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、

前記複数の耐火被覆梁及び前記複数の耐火被覆柱の一部は、全体として環状に形成され、

前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物を施工する耐火構造物の施工方法であって、

前記スラブ、前記スラブを下方から支持する複数の梁、及び前記複数の梁を支持する複数の柱を施工する柱梁施工工程と、

前記スラブから区画された前記床部の周囲を、前記梁に耐火被覆を施した前記耐火被覆梁により下方から支持させるとともに、前記複数の柱に耐火被覆を施した前記複数の耐火被覆柱の一部及び前記複数の耐

火被覆梁を全体として環状に形成する被覆施工工程と、
を行う耐火構造物の施工方法。

[請求項8]

耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、

耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、

引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、
を備え、

平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、

平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第1中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第2中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部であり、

平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、

平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、

前記複数の耐火被覆梁は、全体として環状に形成され、

前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、

前記床部の平面内で互いに交差する方向を第1交差方向、第2交差方向と規定したときに、

前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力、及び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力をそれぞれ伝達する耐火構造物。

[請求項9]

前記耐火被覆梁よりも前記耐火被覆が削減され、環状の前記複数の耐火被覆梁により囲まれた領域内に配置されて、端部が前記複数の耐火被覆梁に接合されて前記床部を下方から支持する減耐火被覆梁を備え

る請求項 8 に記載の耐火構造物。

[請求項10] 前記床部における周囲以外の部分には、前記耐火被覆梁は接合されない請求項 8 又は 9 に記載の耐火構造物。

[請求項11] ISO 834-11 : 2014 に規定された加熱曲線に基づいて加熱されたときに、所望の加熱時間における前記床部の撓みの最大値が、(1) 式で定められた閾値 K (m) 未満である請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の耐火構造物。

$$K = (L + l) / 30 \quad \cdots (1)$$

ただし、 L は前記床部の前記平面に沿う第 1 スパンの長さ (m) であり、 l は前記床部の前記平面に沿うとともに前記第 1 スパンに交差する第 2 スパンの長さ (m) である。

[請求項12] 耐火被覆が施された複数の耐火被覆柱と、
耐火被覆が施され、前記複数の耐火被覆柱を互いに接合する複数の耐火被覆梁と、
引張力伝達部材を含むスラブから区画された床部と、
を備え、
平面視において、前記複数の耐火被覆柱のうち前記スラブの周囲に位置する前記耐火被覆柱を耐火被覆された外柱と規定し、前記複数の耐火被覆柱のうち前記耐火被覆された外柱以外を耐火被覆された内柱と規定したときに、
平面視において、前記床部は、前記耐火被覆された内柱の中心と前記耐火被覆された外柱の中心とを通り前記スラブの周囲に達する第 1 中心線、及び前記耐火被覆された内柱の中心同士を通る第 2 中心線の少なくとも一方により区画された前記スラブの一部であり、
平面視において、前記床部は矩形状とは異なる多角形状に形成され、
平面視において、前記床部が備える隅部は全て、前記複数の耐火被覆柱に重なるように配置され、
前記複数の耐火被覆梁及び前記複数の耐火被覆柱の一部は、全体とし

て環状に形成され、

前記床部の周囲は、前記複数の耐火被覆梁により下方から支持され、

前記床部の平面内で互いに交差する方向を第 1 交差方向、第 2 交差方

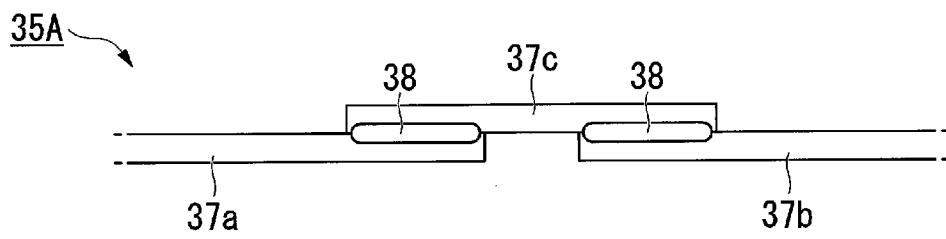
向と規定したときに、

前記引張力伝達部材は、前記床部の前記第 1 交差方向の端部間の引張

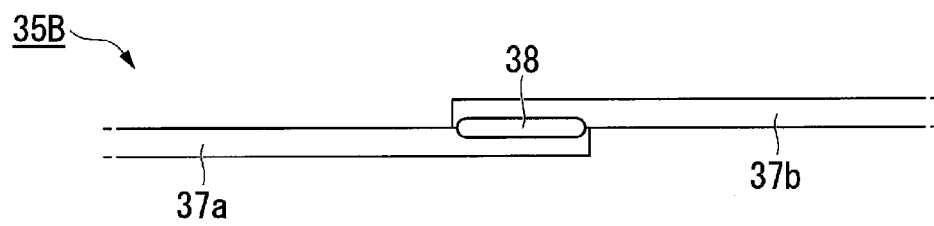
力、及び、前記床部の前記第 2 交差方向の端部間の引張力をそれぞれ

伝達する耐火構造物。

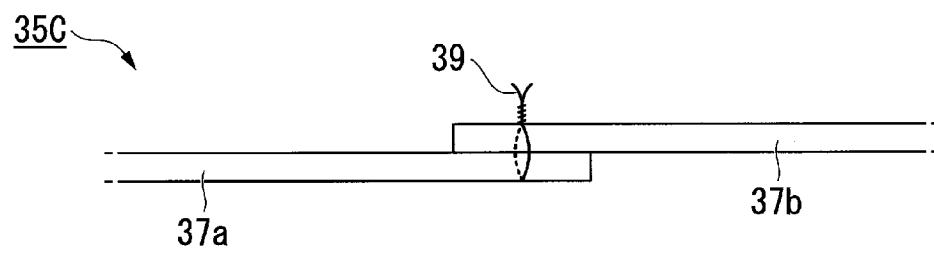
[図3]



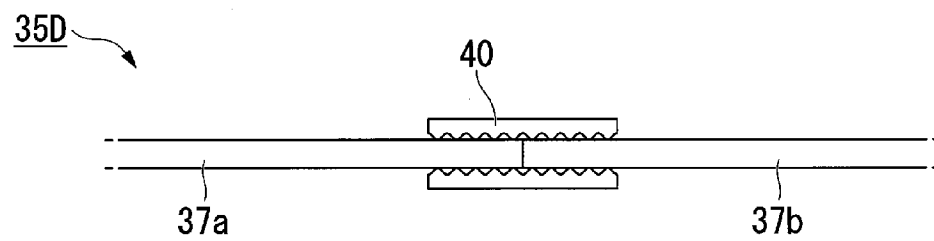
[図4]

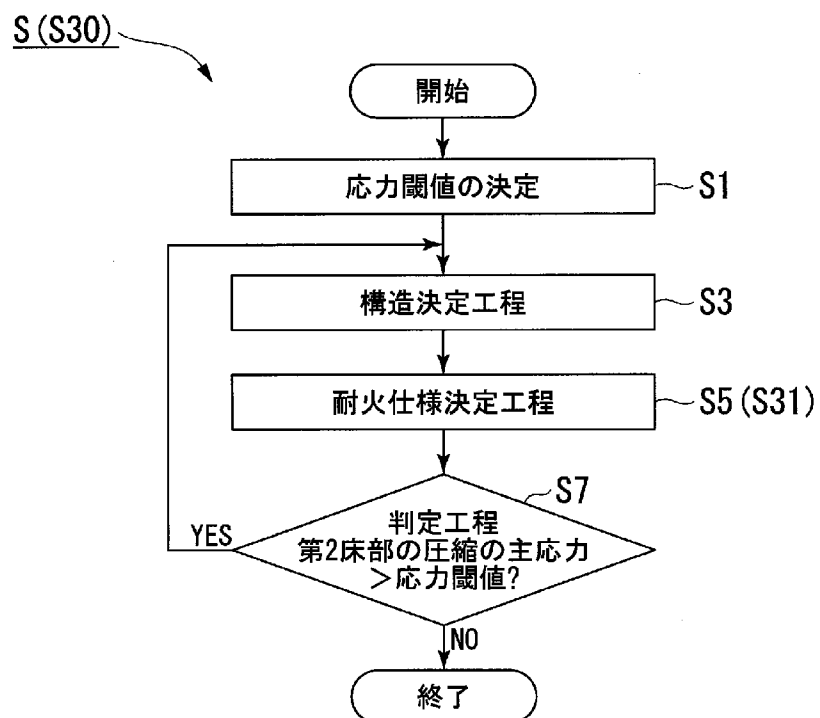
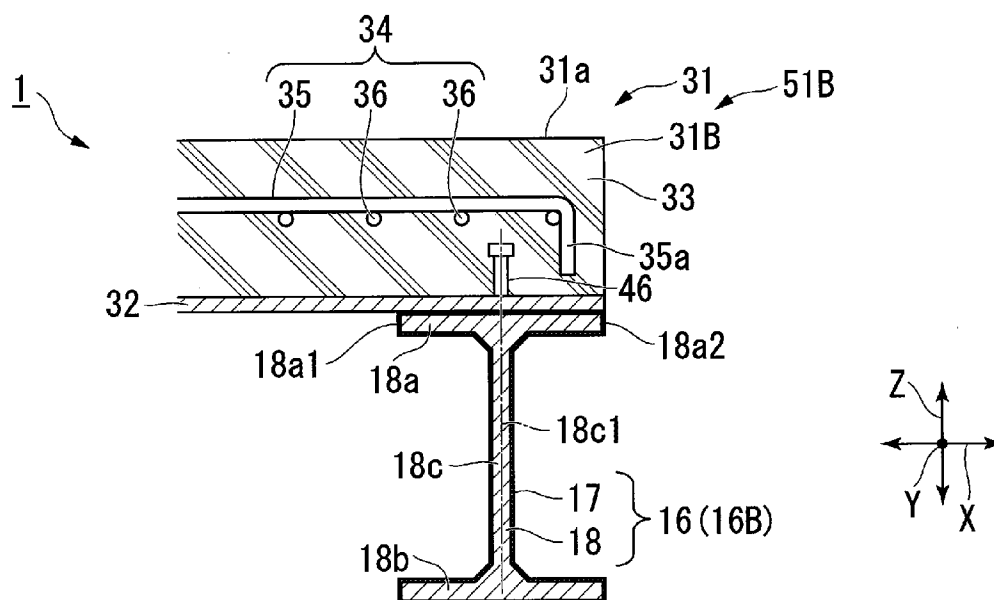


[図5]

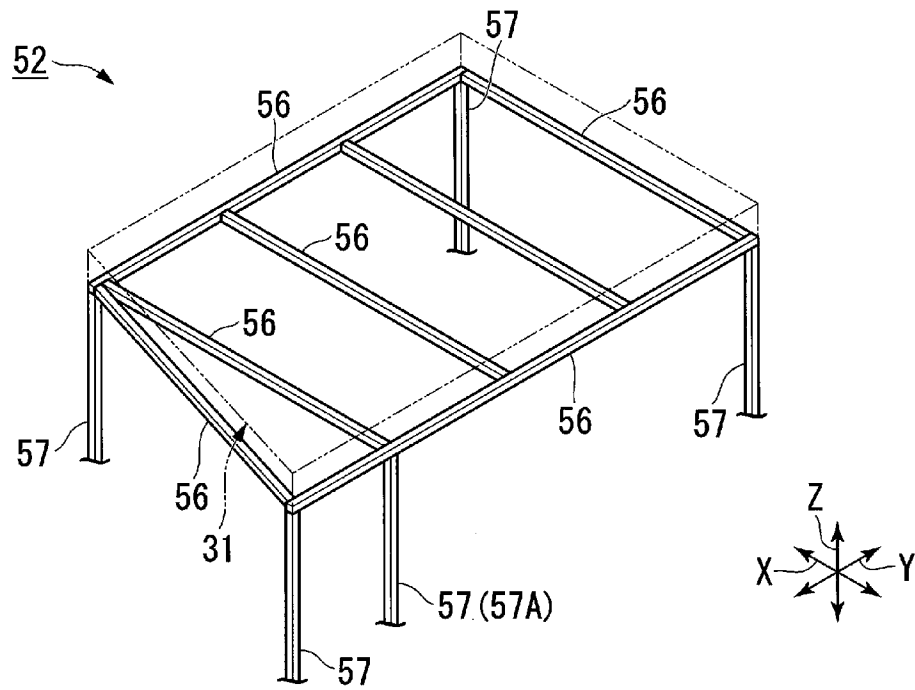


[図6]

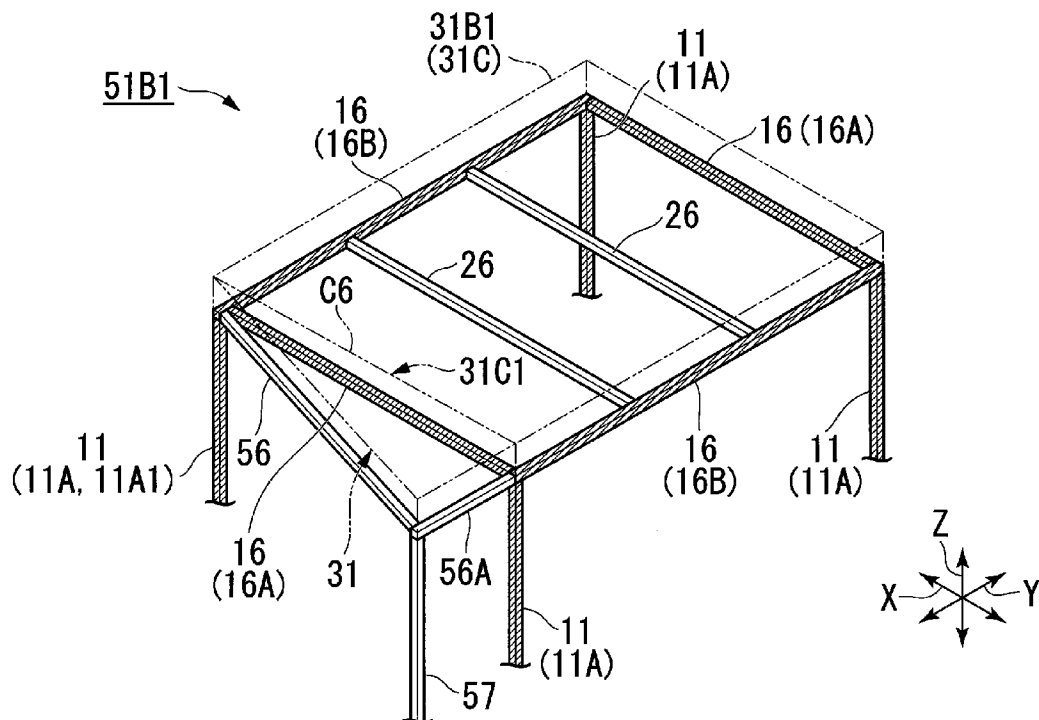




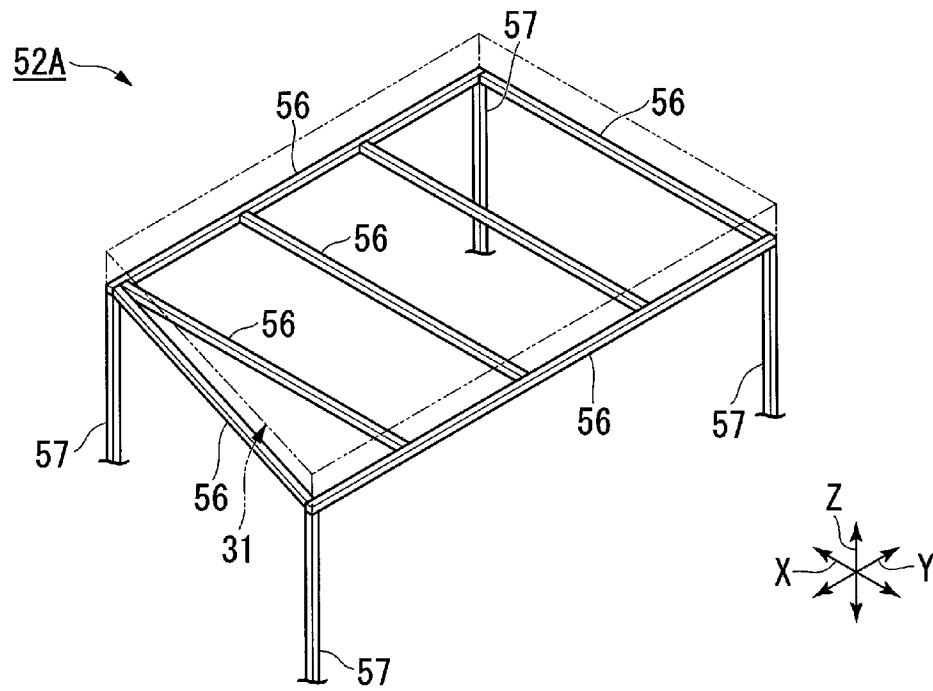
[図9]



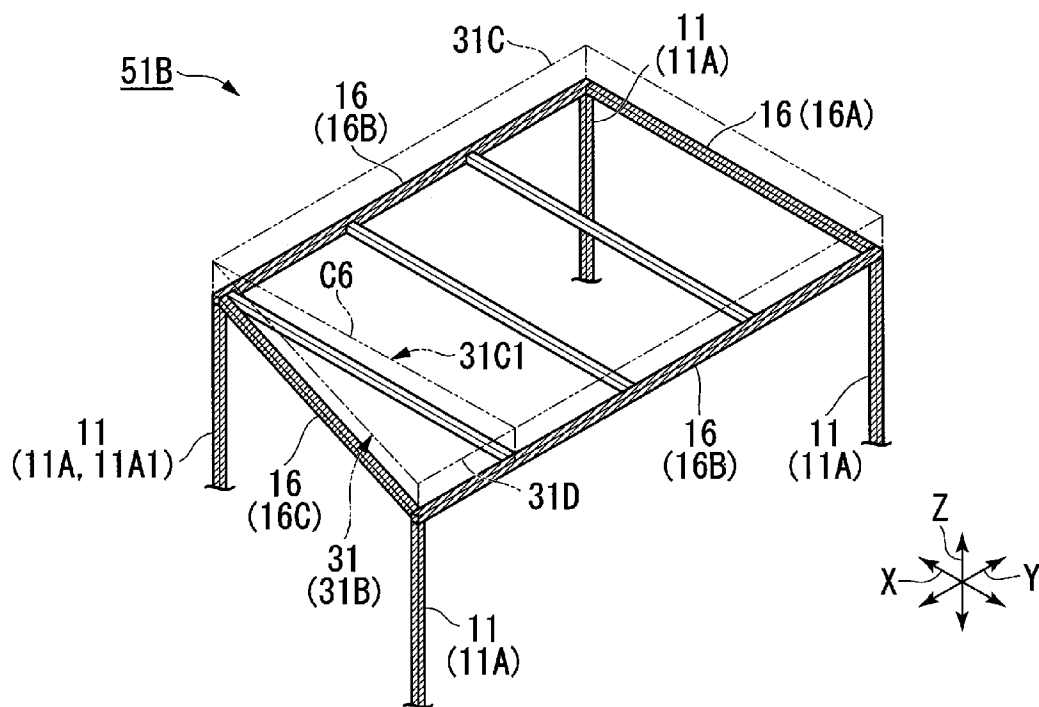
[図10]



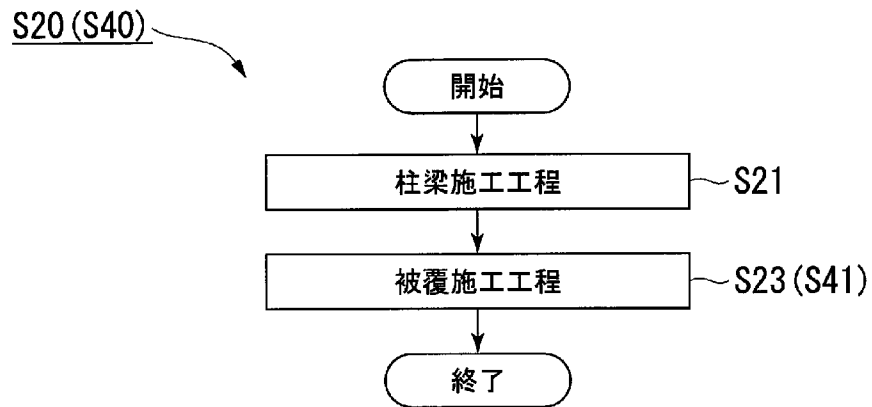
[図11]



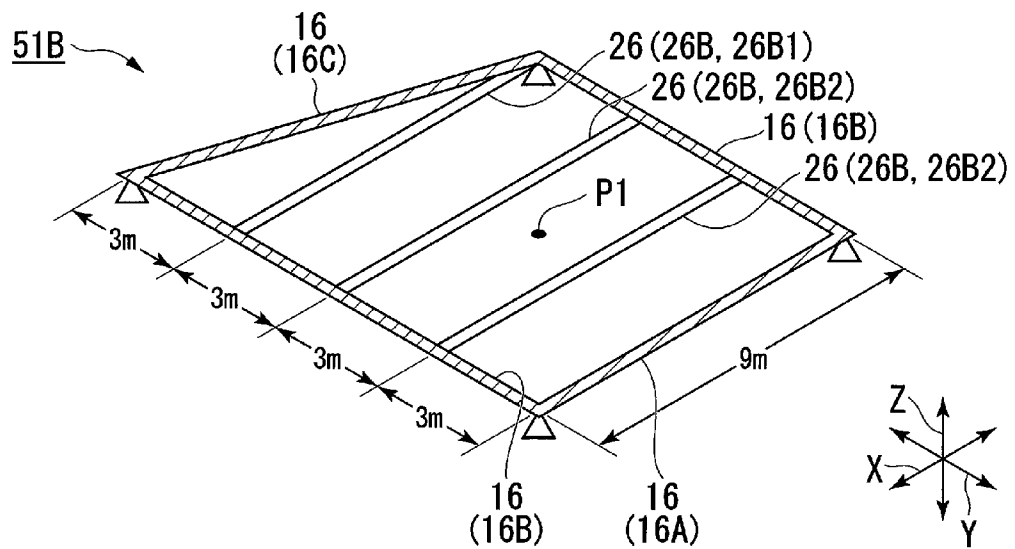
[図12]



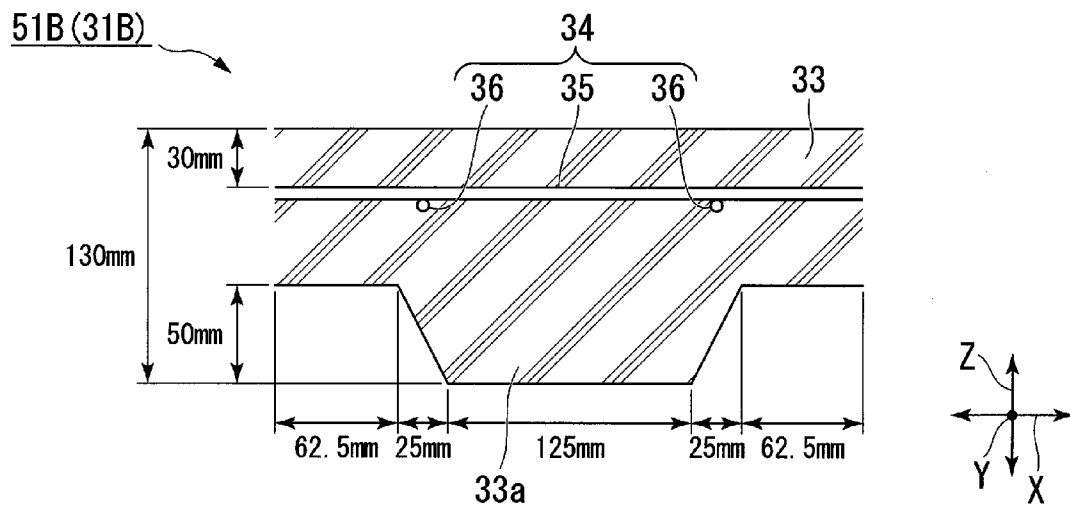
[図15]



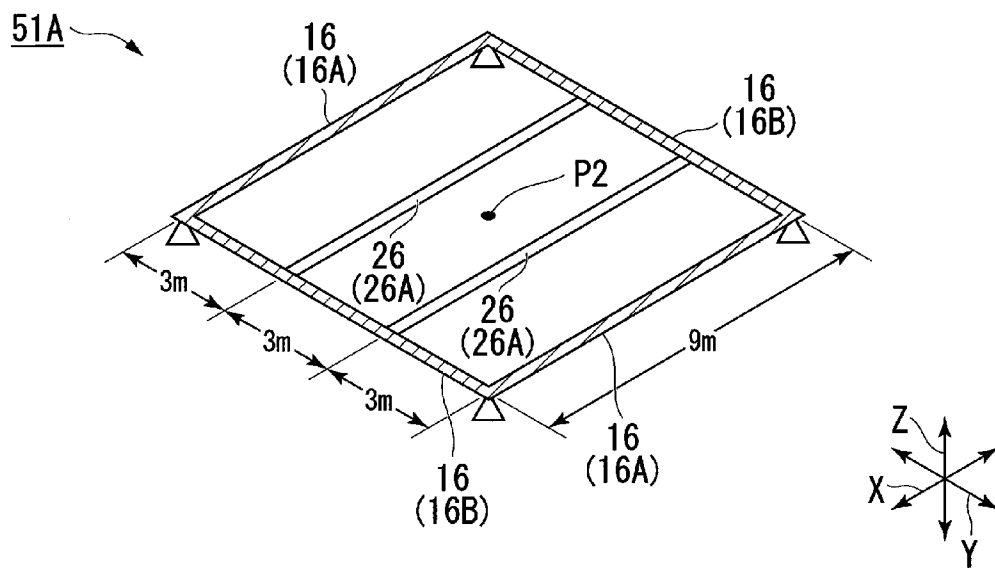
[図16]



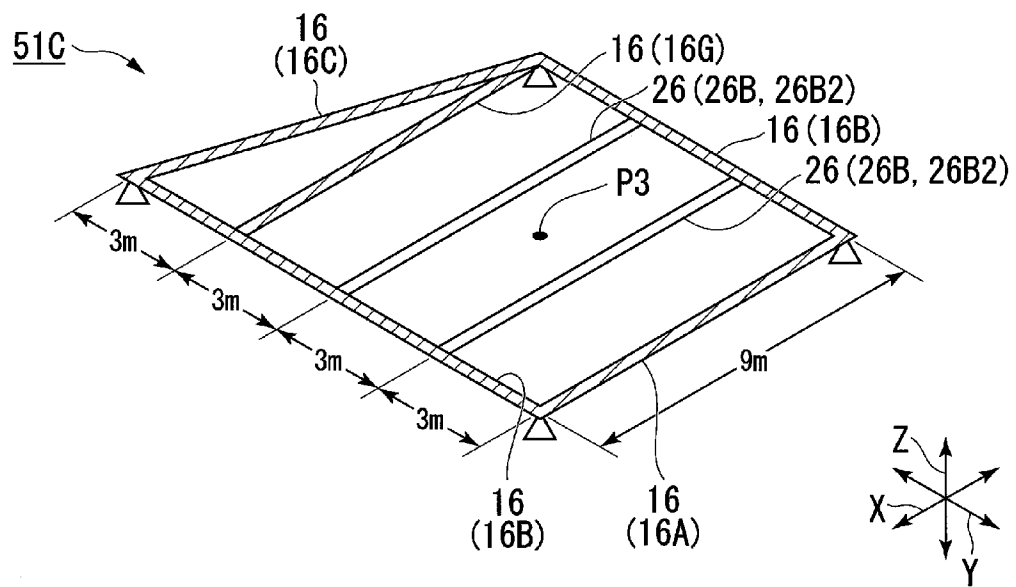
[図17]



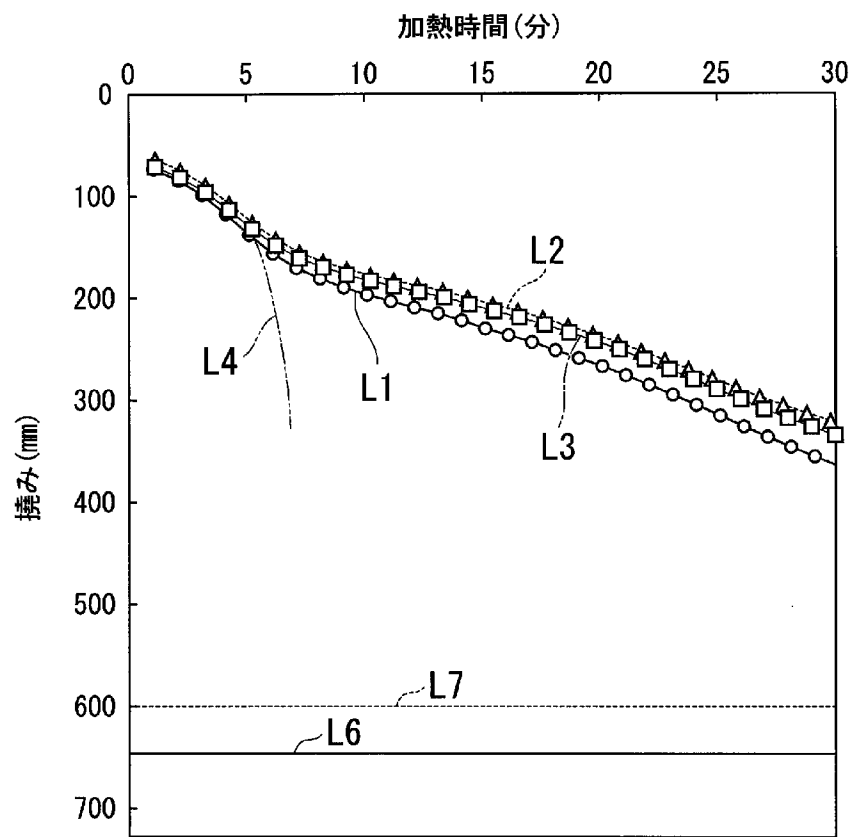
[図18]



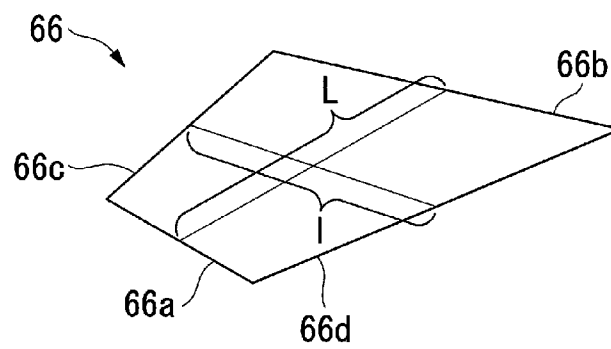
[図19]



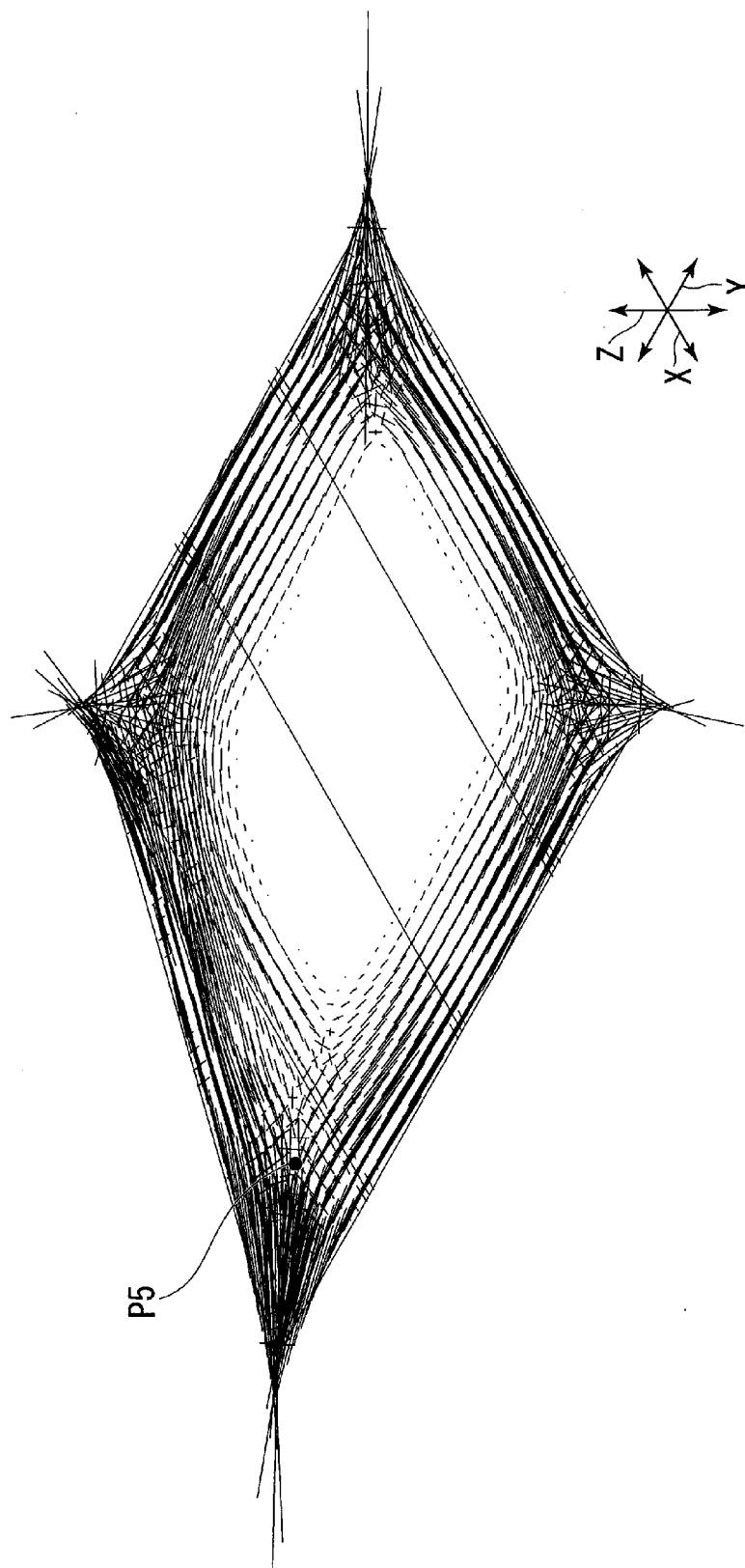
[図20]



[図21]

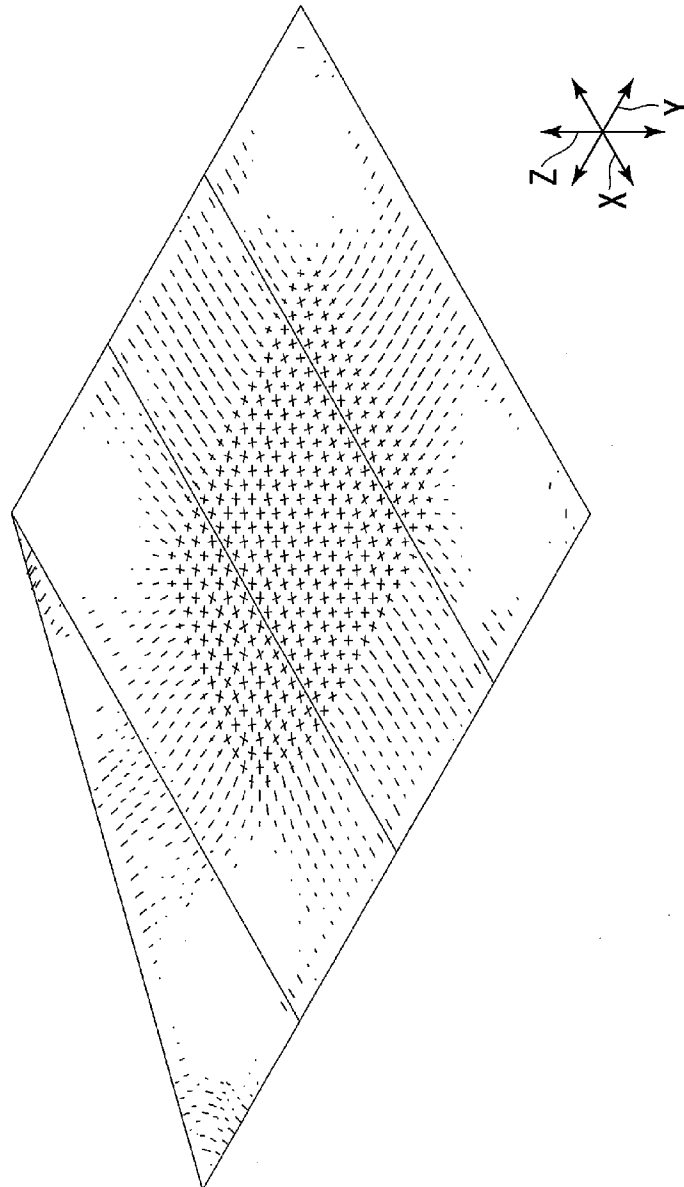


[図22]



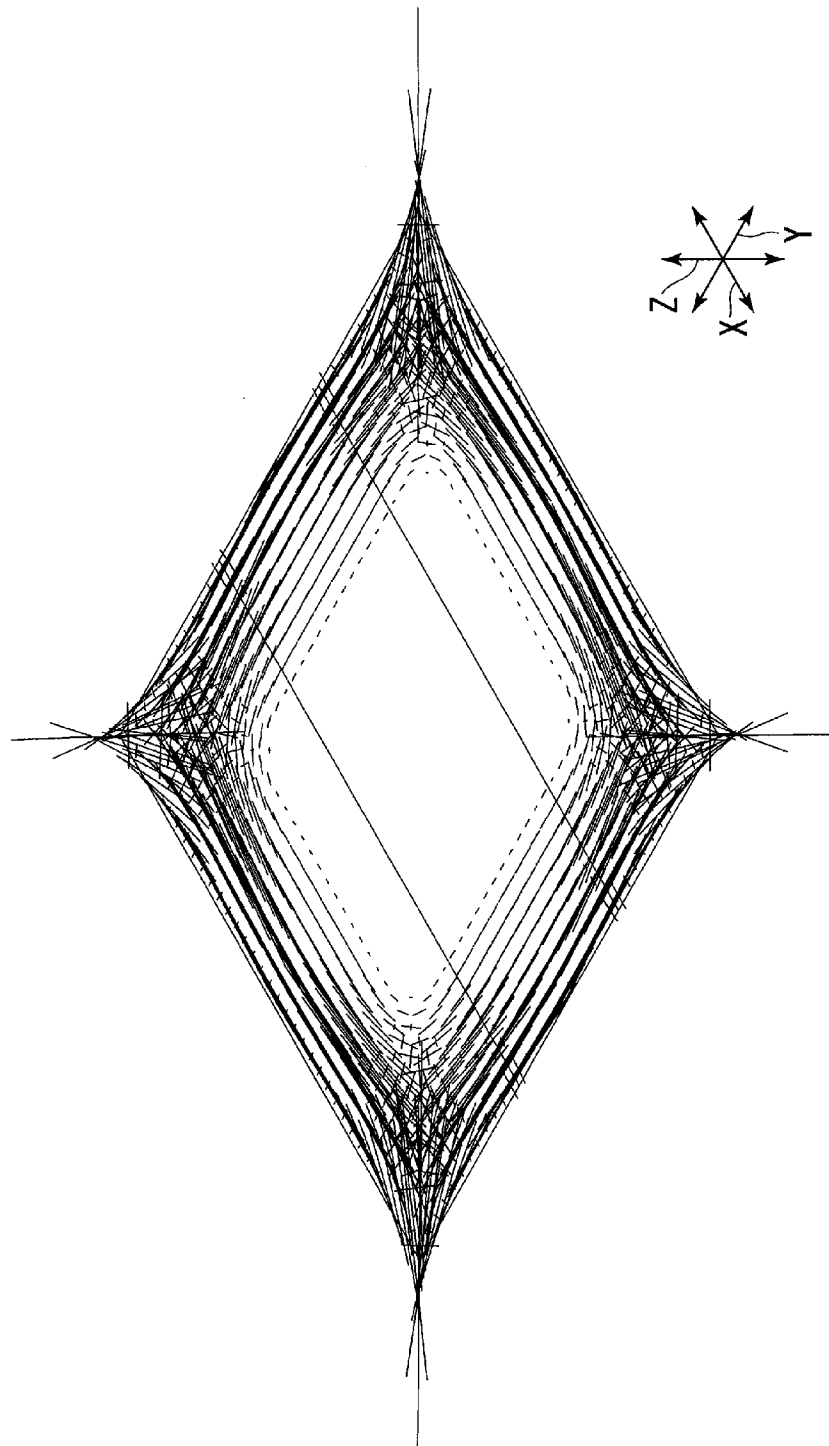
第2床部の面内に生じる圧縮の主応力分布

[図23]



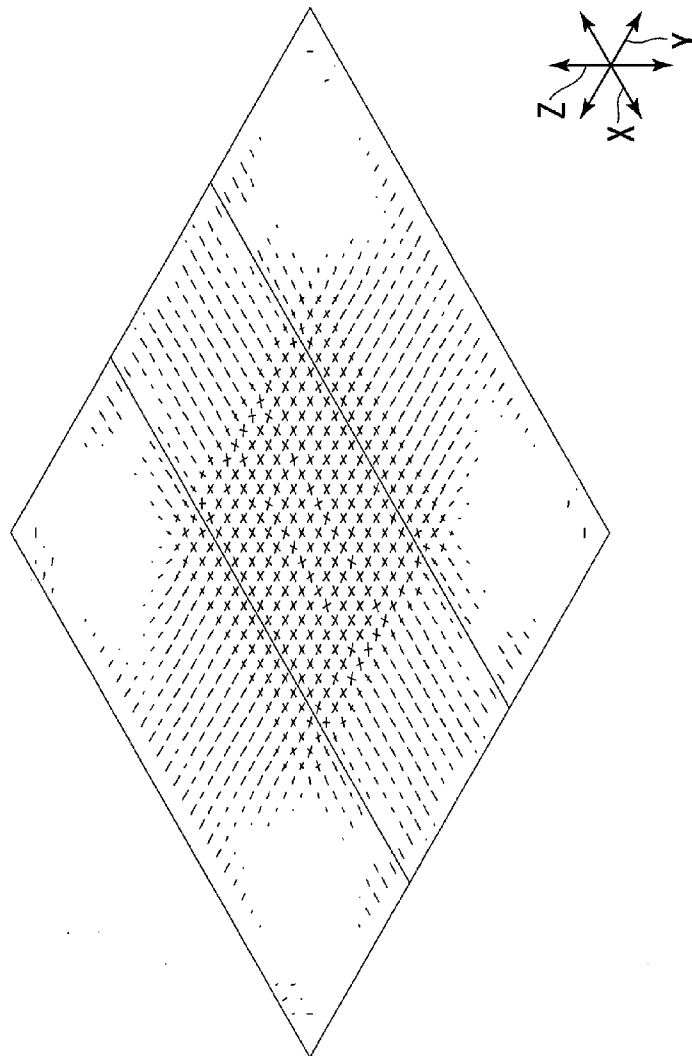
第2床部の面内に生じる引張の主応力分布

[図24]



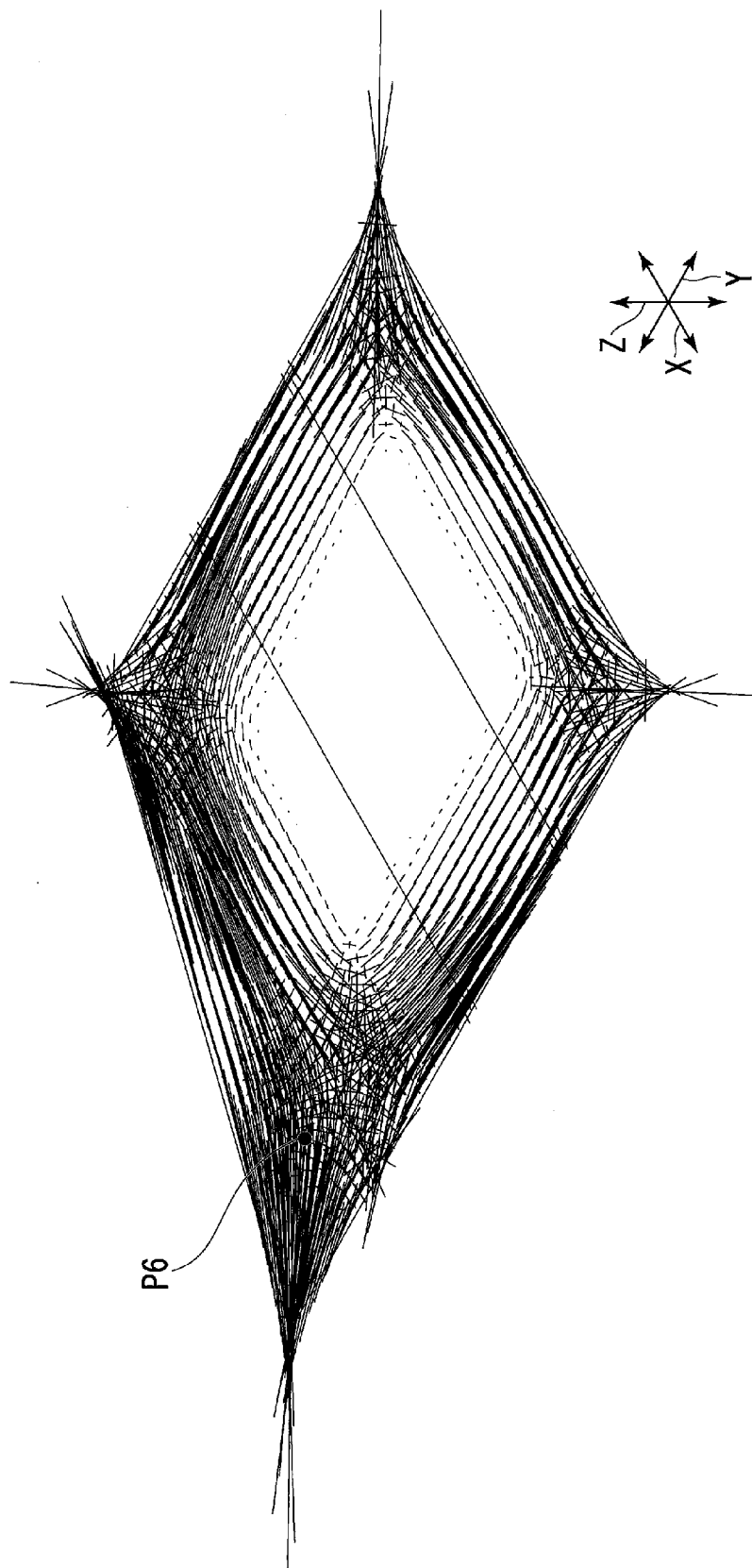
第1床部の面内に生じる圧縮の主応力分布

[図25]



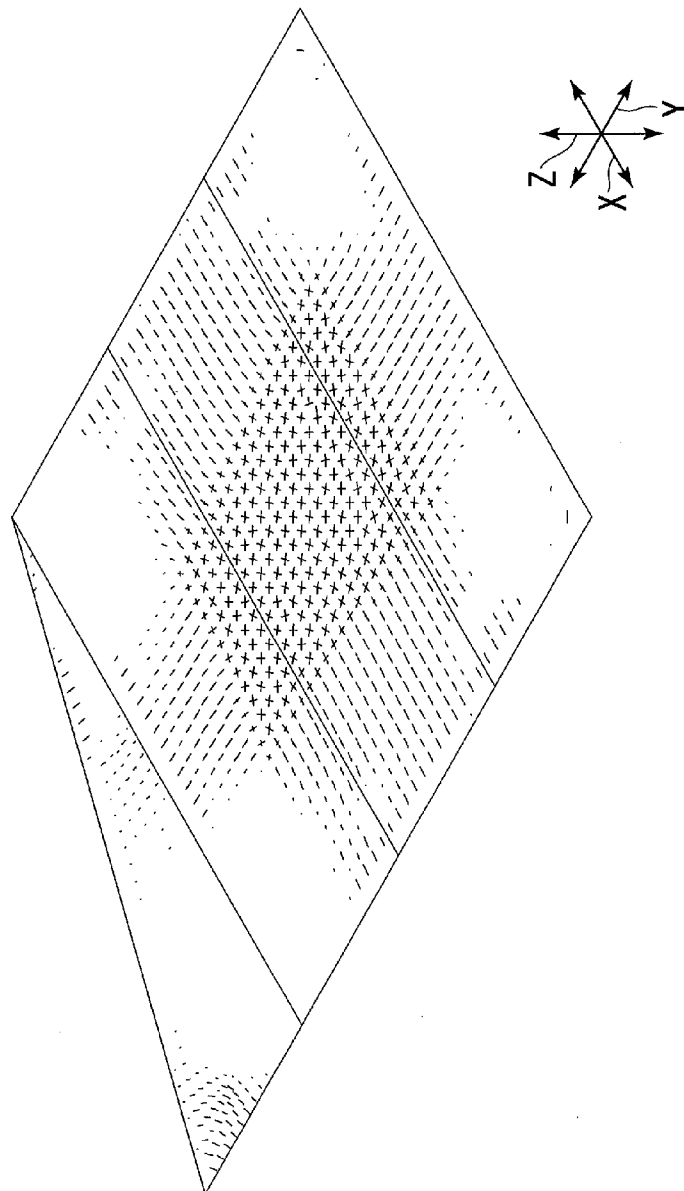
第1床部の面内に生じる引張の主応力分布

[図26]



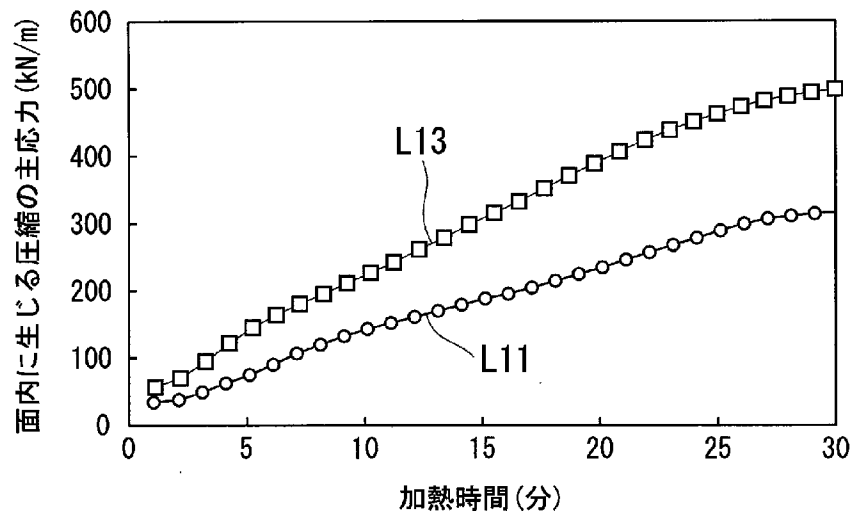
第3床部の面内に生じる圧縮の主応力分布

[図27]

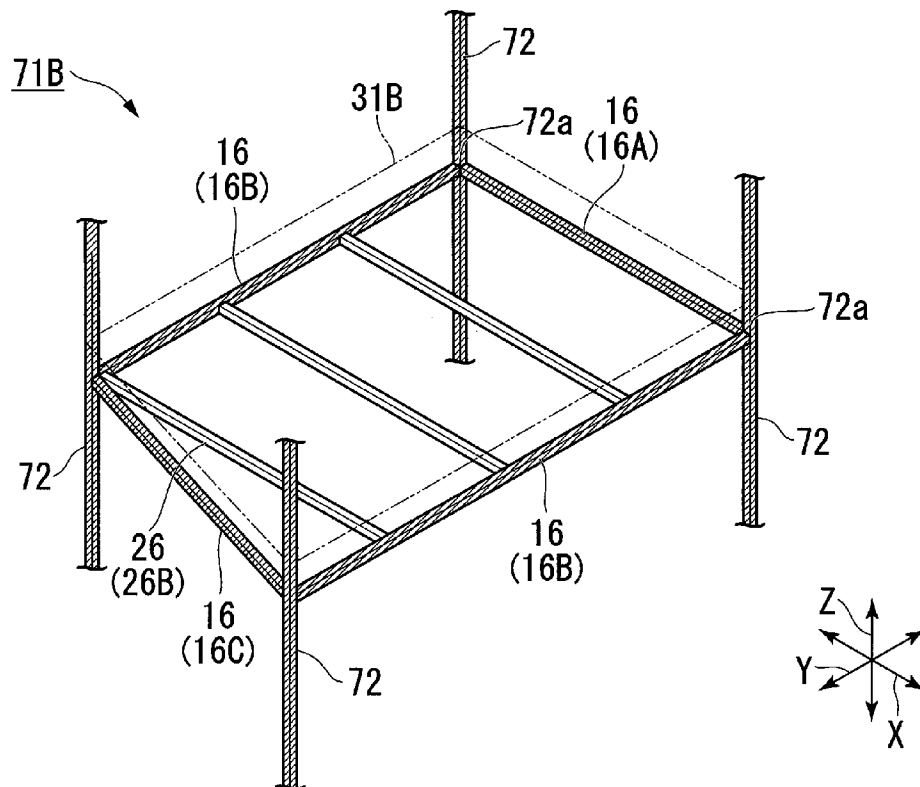


第3床部の面内に生じる引張の主応力分布

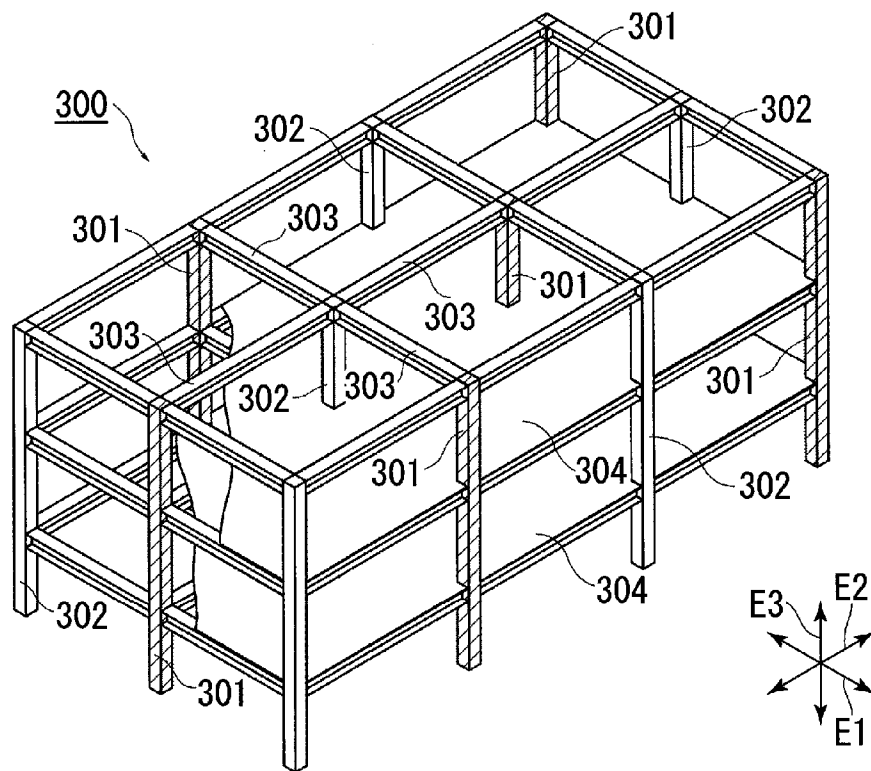
[図28]



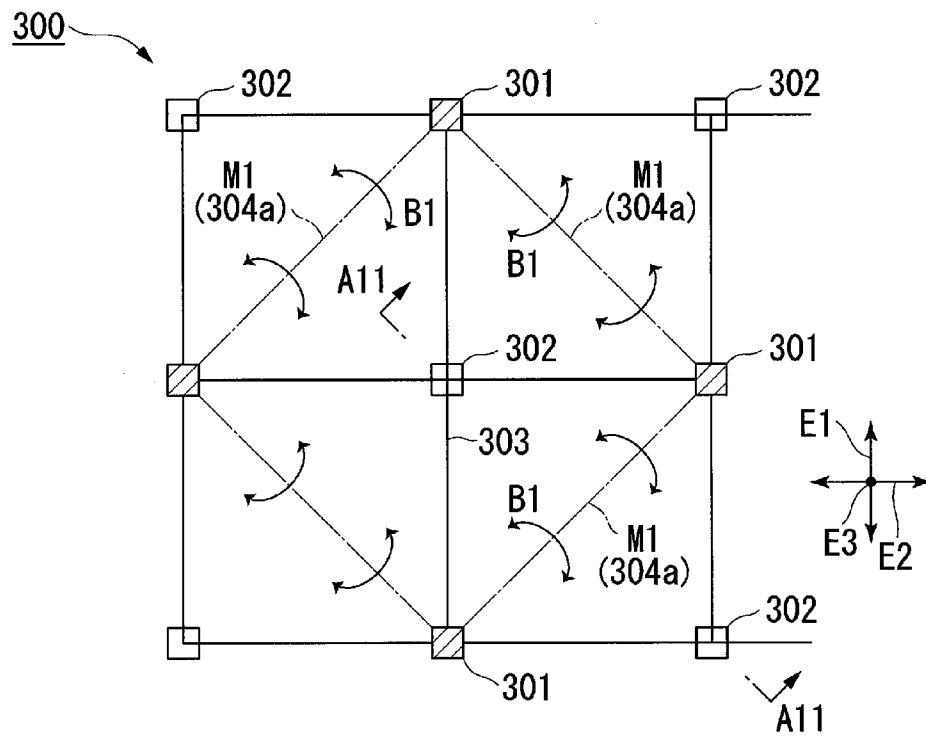
[図29]



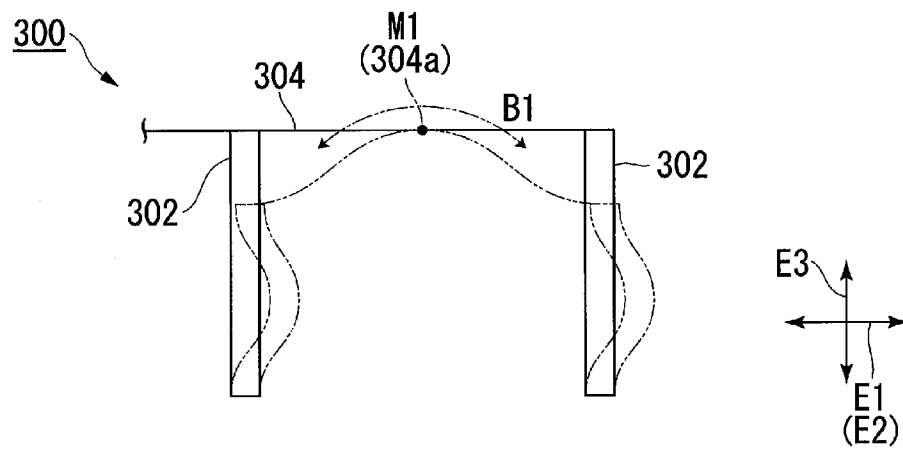
[図30]



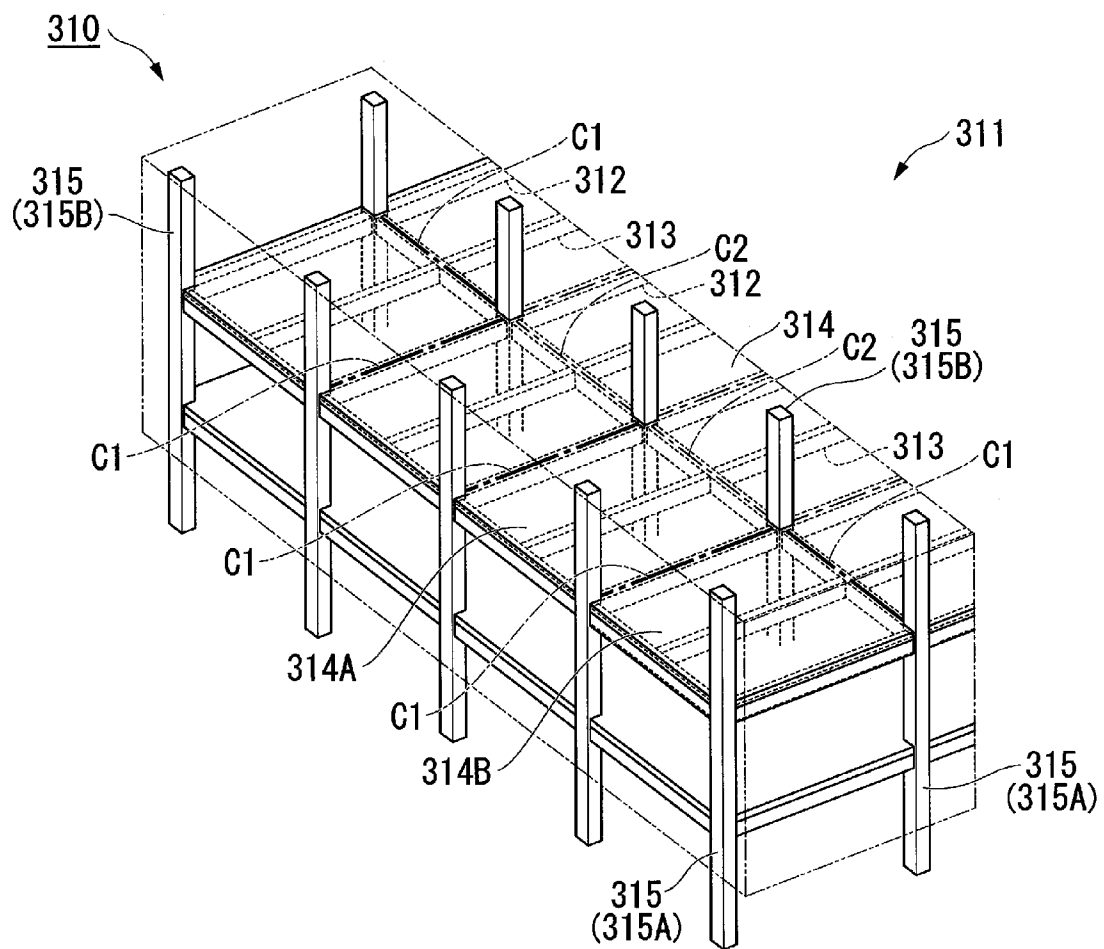
[図31]



[図32]



[図33]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/045931

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. E04B1/94 (2006.01) i, E04B5/43 (2006.01) i
FI: E04B1/94 M, E04B1/94 G, E04B5/43 Z

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)

Int. Cl. E04B1/94, E04B5/43

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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 2018-3556 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 11 January 2018, entire text, all drawings	1-12
A	JP 2017-31592 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 09 February 2017, entire text, all drawings	1-12

☐ 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
21.01.2020

Date of mailing of the international search report
04.02.2020

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/045931

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012-153248 A	16.08.2012	(Family: none)	
JP 62-188258 U1	30.11.1987	(Family: none)	
JP 2019-43294 A	22.03.2019	WO 2019/044639 A1	
JP 2019-77232 A	23.05.2019	WO 2019/078286 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） E04B 1/94(2006.01)i; E04B 5/43(2006.01)i FI: E04B1/94 M; E04B1/94 C; E04B5/43 Z														
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（IPC）） E04B1/94; E04B5/43														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 2018-3556 A（新日鐵住金株式会社）11.01.2018（2018 - 01 - 11） 全文，全図	1-12												
A	JP 2017-31592 A（新日鐵住金株式会社）09.02.2017（2017 - 02 - 09） 全文，全図	1-12												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 21.01.2020	国際調査報告の発送日 04.02.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 土屋 保光 2E 9233 電話番号 03-3581-1101 内線 3245													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/045931

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-3556	A	11.01.2018	(ファミリーなし)	
JP	2017-31592	A	09.02.2017	(ファミリーなし)	