

(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 2020/110995 A1

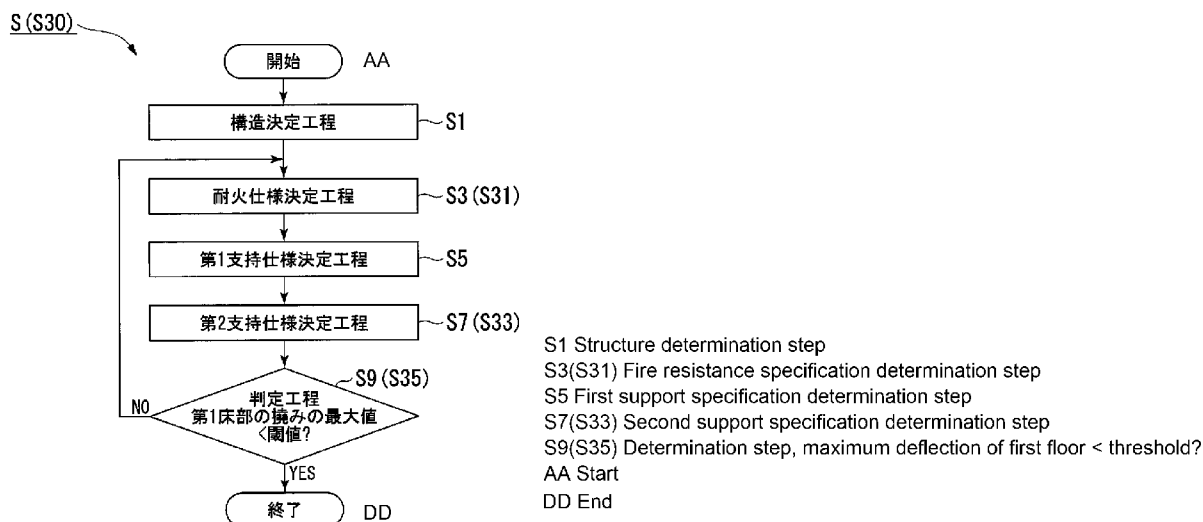
- (51) 国際特許分類:
E04B 1/94 (2006.01) *E04B 5/43* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/045955
- (22) 国際出願日: 2019年11月25日(25.11.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-221046 2018年11月27日(27.11.2018) JP
- (71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目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 Ryohei); 〒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).

(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).

(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



(57) Abstract: This fire resistant structure design method involves performing: a structure determination step of determining the arrangement of a slab, a plurality of beams to support the slab from underneath, and a post to support the plurality of beams; a fire resistance specification determination step of setting the perimeter of a floor partitioned from the slab so as to be supported from underneath by a fire resistant beam, which is a beam on which a fire resistant coating has been applied; a first support specification determination step of joining an extended beam to a joining corner and setting a section, which is different from the section of the extended beam joined to the joining corner, to be supported by a fire resistant post; and a second support specification determination step of setting the joining corner so as not to be supported directly by a post or so as to be supported from underneath by a reduced fire resistant post, which has less fire resistant

(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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

coating than the fire resistant post.

(57) 要約: この耐火構造物の設計方法では、構造計算を行うことにより、スラブ、スラブを下方から支持する複数の梁、及び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、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、結合隅部に延長梁を結合させ、延長梁における結合隅部に結合された部分とは異なる部分を耐火被覆柱で支持するように設定する第1支持仕様決定工程と、結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、耐火被覆柱よりも耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定する第2支持仕様決定工程と、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2018-221046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、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。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31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31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、打込み鋸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 32 及び図 33 に示すように変形する。なお、図 32 では合成スラブ 304 を示していない。図 33 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 32 において、隣り合う耐火被覆柱部材 301 を結ぶ中心線 M1 上に配置された合成スラブ 304 を、以下では線上スラブ 304a という。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 32 及び図 33 に示すように火災時においても線上スラブ 304a の上下方向 E3 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 33 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 304a 以外は上下方向 E3 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 304a 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 304a 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 B1 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 B1 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] 特許文献 3 に開示されたスラブ構造は、大梁と、鉄骨小梁と、スラブと、を備えている。大梁は、耐火性能を有し、柱間に架け渡されている。鉄骨小梁の全体又は一部は、耐火被覆処理されない。鉄骨小梁は、大梁に接合されている。スラブは、鉄筋コンクリート製である。スラブは、大梁と鉄骨小梁とに支持される。

[0012] 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

[0013] 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

- [0014] 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

- [0015] 特許文献1, 3, 及び4に開示された耐火構造物の設計方法では、床部のいずれの隅部も、柱部材（柱）により支持されている。このため、床部の隅部における設計の自由度が限定されている。

なお、特許文献2には、床部の隅部における支持構造に関する記載は無い。

- [0016] 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、耐火性能を維持しつつ、床部の隅部における設計の自由度を高めて、床部の複数の隅部を支持する柱の少なくとも1つの耐火被覆を省略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

- [0017] 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、引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する環状の耐火被覆梁と、耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する耐火被覆柱と、を備え、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、前記結合隅部に前記延長梁を結合させ、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を前記耐火被覆柱で支持するように設定する第1支持仕様決定工程と、前記結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、前記耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定する第2支持仕様決定工程と、を行う耐火構造物の設計方法である。

[0018] (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、前記第1支持仕様決定工程、及び前記第2支持仕様決定工程の後で、前記耐火構造物が、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前記床部の撓みの最大値が、(1)式で定められた閾値K未満であるか否かを判定する判定工程を行ってもよい。

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

ただし、Lは前記床部の主面に沿う第1スパンの長さ(m)であり、lは前記床部の主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。

[0019] (3) 前記(2)に記載の耐火構造物の設計方法では、前記判定工程において、前記床部の撓みの最大値が前記閾値K未満でないときには、前記耐火仕様決定工程を、前記スラブから区画される前記床部の形状及び大きさの少なくとも一方が変わるように、前記耐火被覆を施す前記複数の梁の少なくとも一部を変えて行い、さらに、前記第1支持仕様決定工程及び前記第2支持仕様決定工程を行った後で、前記判定工程を行ってもよい。

[0020] (4) 本発明の第二の態様は、引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する耐火被覆梁と、耐火被覆が施され、前記

耐火被覆梁を支持するとともに、自身の一部及び前記耐火被覆梁が全体として環状に形成された第1耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する第2耐火被覆柱と、を備え、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、及び前記柱に耐火被覆を施した前記第1耐火被覆柱の前記一部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、前記結合隅部に前記延長梁を結合させ、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を前記第2耐火被覆柱で支持するように設定する第1支持仕様決定工程と、前記結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、前記第1耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定する第2支持仕様決定工程と、を行う耐火構造物の設計方法である。

[0021] (5) 前記(4)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、前記第1支持仕様決定工程、及び前記第2支持仕様決定工程の後で、前記耐火構造物が、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前記床部の撓みの最大値が、(2)式で定められた閾値K未満であるか否かを判定する判定工程を行ってもよい。

$$K = (L + l) / 30 \quad \cdots (2)$$

ただし、Lは前記床部の主面に沿う第1スパンの長さ(m)であり、lは前記床部の主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。

[0022] (6) 前記(5)に記載の耐火構造物の設計方法では、前記判定工程において、前記床部の撓みの最大値が前記閾値K未満でないときには、前記耐火仕様決定工程を、前記スラブから区画される前記床部の形状及び大きさの少なくとも一方が変わるように、前記耐火被覆を施す前記複数の梁、及び前記耐火被覆を施す前記複数の柱の少なくとも一部を変えて行い、さらに、前記第1支持仕様決定工程及び前記第2支持仕様決定工程を行った後で、前記判定工程を行ってもよい。

(7) 本発明の第三の態様は、耐火構造物は、前記(1)から(6)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] (8) 本発明の第四の態様は、引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する環状の耐火被覆梁と、耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する耐火被覆柱と、を備え、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、前記梁に耐火被覆を施して前記耐火被覆梁とすることで、前記スラブから区画された前記床部の周囲を前記耐火被覆梁により下方から支持させる被覆施工工程と、前記結合隅部に前記延長梁を結合させ、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を前記耐火被覆柱で支持する第1支持工程と、前記結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、前記耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させる第2支持工程と、を行う耐火構造物の施工方法ある。

[0024] (9) 本発明の第五の態様は、引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する耐火被覆梁と、耐火被覆が施され、前記耐火被覆梁を支持するとともに、自身の一部及び前記耐火被覆梁が全体として環状に形成された第1耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する第2耐火被覆柱と、を備え、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、前記梁に耐火被覆を施して前記耐火被覆梁とし、前記柱に耐火被覆を施して前記第1耐火被覆柱とすることで、前記スラブから区画された前記床部の周囲を前記耐火被覆梁及び前記第1耐火被覆柱の前記一部により下方から支持させるようにする被覆施工工程と、前記結合隅部に前記延長梁を結合させ、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を前記第2耐火被覆柱で支持する第1支持工程と、前記結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、前記第1耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させる第2支持工程と、を行う耐火構造物の施工方法である。

[0025] (10) 本発明の第六の態様は、引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する環状の耐火被覆梁と、耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する耐火被覆柱と、を備え、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交差方向としたときに、前記結合隅部は、柱により直接的に支持されないか、前記耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持され、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] (11) 前記(10)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。

(12) 前記(10)又は(11)に記載の耐火構造物では、前記多角形状は、矩形状であってもよい。

[0027] (13) 前記(10)から(12)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、(3)式で定められた閾値K未満であってもよい。

$$K = (L + l) / 30 \quad \cdots (3)$$

ただし、Lは前記床部の主面に沿う第1スパンの長さ(m)であり、lは前記床部の主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。

(14) 前記(10)から(13)のいずれかに記載の耐火構造物では、前記引張力伝達部材は、前記第1交差方向に沿って延び、前記床部の前記第1交差方向の端部間の引張力を伝達する第1鉄筋と、前記第2交差方向に沿って延び、前記床部の前記第2交差方向の端部間の引張力を伝達する第2鉄筋とを有してもよい。

[0028] (15) 本発明の第七の態様は、引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する耐火被覆梁と、耐火被覆が施され、前

記耐火被覆梁を支持するとともに、自身の一部及び前記耐火被覆梁が全体として環状に形成された第1耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する第2耐火被覆柱と、を備え、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交差方向としたときに、前記結合隅部は、柱により直接的に支持されないか、前記第1耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持され、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。

[0029] (16) 本発明の第八の態様は、耐火被覆が施され、水平面に沿う第1交差方向に並べて配置されるとともに、水平面に沿い前記第1交差方向に交差する第2交差方向に第1のピッチで並べて配置された複数の耐火被覆柱と、耐火被覆が施され、前記第1交差方向に沿って延びるとともに前記第2交差方向に互いに間隔を開けて配置された一对の第1耐火被覆梁と、耐火被覆が施され、前記第2交差方向に沿って延びて、前記第1のピッチとは異なる長さに形成され、両端が前記一对の第1耐火被覆梁に直接接合されるとともに、前記複数の耐火被覆柱にそれぞれ接合された一对の第2耐火被覆梁と、引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で4つの隅部を有する四角形状に区画され、前記一对の第1耐火被覆梁及び前記一对の第2耐火被覆梁により周囲が下方から支持された床部と、耐火被覆が施され、前記床部の前記4つの隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、を備え、前記結合隅部は、柱により直接的に支持されないか、前記耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持され、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し、前記複数の耐火被覆柱の少なくとも1つは、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する耐火構造物である。

[0030] 前記（１）に記載の構成において、結合隅部を柱により直接的に支持させないとは、結合隅部が梁を介さずに柱により支持されることはないことを意味する。ただし、結合隅部を柱により直接的に支持させないとは、結合隅部が梁を介して柱により支持されることを排除する意味ではない。

[0031] 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。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、耐火構造物の耐火性能を従来と同等に維持するように設定することができる。なお、ここで言う耐火構造物の耐火性能とは、火災時に床部の撓みを抑えることや、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。

第１支持仕様決定工程において、延長梁を介して結合隅部が耐火被覆柱により支持されるように設定される。さらに、第２支持仕様決定工程において、結合隅部が、柱により直接的に支持させないか、減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定される。従って、床部の結合隅部における設計の自由度を高めるとともに、少なくとも１つの隅部を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0032] 前記（８）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の耐火被覆梁により下方から支持させる。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、耐火構造物の耐火性能を従来と同等に維持することができる。第1支持工程を行うと、延長梁を介して結合隅部を耐火被覆柱により支持する。さらに、第2支持工程を行うと、結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、減耐火被覆柱により下方から支持させる。従って、床部の結合隅部における設計の自由度を高めるとともに、少なくとも1つの隅部を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0033] 前記（10）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の耐火被覆梁により下方から支持される。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、耐火構造物の耐火性能を従来と同等に維持することができる。

耐火構造物では、延長梁を介して結合隅部が耐火被覆柱により支持される。さらに、結合隅部が、柱により直接的に支持されないか、減耐火被覆柱により下方から支持される。従って、床部の結合隅部における設計の自由度を高めるとともに、少なくとも1つの隅部を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0034] 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耐火被覆梁及び第1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。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及び第1耐火被覆柱の一部により支持される。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、耐火構造物の耐火性能を従来と同等に維持するように設定することができる。

第1支持仕様決定工程において、延長梁を介して結合隅部が第2耐火被覆柱により支持するように設定される。さらに、第2支持仕様決定工程において、結合隅部が、柱により直接的に支持させないか、減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定される。従って、床部の結合隅部における設計の自由度を高めるとともに、少なくとも1つの隅部を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0035] 前記(9)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耐火被覆梁及び第1耐火被覆柱の一部により下方から支持させる。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及び第1耐火被覆柱の一部により支持される。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、耐火構造物の耐火性能を従来と同等に維持することができる。第1支持工程を行うと、延長梁を介して結合隅部を第2耐火被覆柱により支持する。さらに、第2支持工程を行うと、結合隅部を、柱により直接的に支

持させないか、減耐火被覆柱により下方から支持させる。従って、床部の結合隅部における設計の自由度を高めるとともに、少なくとも1つの隅部を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0036] 前記（15）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耐火被覆梁及び第1耐火被覆柱の一部により下方から支持される。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及び第1耐火被覆柱の一部により支持される。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、耐火構造物の耐火性能を従来と同等に維持することができる。

耐火構造物では、延長梁を介して結合隅部が第2耐火被覆柱により支持される。さらに、結合隅部が、柱により直接的に支持されないか、減耐火被覆柱により下方から支持される。従って、床部の結合隅部における設計の自由度を高めるとともに、少なくとも1つの隅部を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0037] 前記（16）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の第1耐火被覆梁及び第2耐火被覆梁により下方から支持される。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、耐火構造

物の耐火性能を従来と同等に維持することができる。

耐火構造物では、延長梁を介して結合隅部が耐火被覆柱により支持される。さらに、結合隅部が、柱により直接的に支持されないか、減耐火被覆柱により下方から支持される。従って、床部の結合隅部における設計の自由度を高めるとともに、少なくとも1つの結合隅部を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0038] 前記（2）及び（5）に記載の構成によれば、判定工程において、床部の撓みの最大値が閾値未満であるか否かを判定することができる。

前記（3）に記載の構成によれば、床部の撓みの最大値が閾値K未満でないときに、耐火仕様決定工程において、スラブから区画される床部の形状及び大きさの少なくとも一方が変わるように、耐火被覆を施す複数の梁、及び耐火被覆を施す複数の柱の少なくとも一部を変えて行う。これにより、判定工程において、再び床部の撓みの最大値が閾値K未満であるか否かを判定することができる。

[0039] 前記（6）に記載の構成によれば、床部の撓みの最大値が閾値K未満でないときに、耐火仕様決定工程において、スラブから区画される床部の形状及び大きさの少なくとも一方、及び耐火被覆を施す複数の柱が変わるように、耐火被覆を施す複数の梁の少なくとも一部を変えて行う。これにより、判定工程において、再び床部の撓みの最大値が閾値K未満であるか否かを判定することができる。

前記（7）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、耐火性能を維持しつつ、床部の隅部における設計の自由度を高めることができる方法である。そして、本発明の耐火構造物の設計方法は、床部の複数の隅部を下方から支持する柱の少なくとも1つの耐火被覆を省略することができる方法である。

[0040] 前記（11）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（１２）に記載の構成によれば、複数の床部をコンパクトに並べて配置しやすくすることができる。

[0041] 前記（１３）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、床部が下方に向かって撓み難くすることができる。

前記（１４）に記載の構成によれば、第１鉄筋及び第２鉄筋という簡単な構成で、床部の第１交差方向の端部間の引張力、及び、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ことができる。

発明の効果

[0042] 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、耐火性能を維持しつつ、床部の隅部における設計の自由度を高めて、床部の複数の隅部を支持する柱の少なくとも１つの耐火被覆を省略することができる。

図面の簡単な説明

[0043] [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透過させた斜視図である。

[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いて、耐火被覆梁及び減耐火被覆梁の配

置を調節した例を示す斜視図である。

[図12]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13]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14]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15]比較例の耐火構造物が用いられる建築物一部を透過させた斜視図である。

[図16]比較例の耐火構造物の第1床部の縦断面図である。

[図17]比較例の耐火構造物における、時間に対する各部分の温度の変化を示す図である。

[図18]比較例の耐火構造物における、時間に対する第1床部の撓みの最大値の変化を示す図である。

[図19]比較例の耐火構造物における、時間に対する曲げ耐力及び外力の変化を示す図である。

[図20]比較例の耐火構造物における、時間に対する（外力／曲げ耐力）の値の変化を示す図である。

[図21]実施例の耐火構造物が用いられる建築物一部を透過させた斜視図である。

[図22]実施例の耐火構造物における、時間に対する各部分の温度の変化を示す図である。

[図23]実施例の耐火構造物における、時間に対する第1床部の撓みの最大値の変化を示す図である。

[図24]実施例の耐火構造物における、時間に対する曲げ耐力及び外力の変化を示す図である。

[図25]実施例の耐火構造物における、時間に対する（外力／曲げ耐力）の値の変化を示す図である。

[図26]本発明の第1実施形態の変形例における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27]本発明の第1実施形態の変形例における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28]本発明の第1実施形態の変形例における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]本発明の第3実施形態の耐火構造物が用いられる建築物の横断面図である。

[図31]従来の耐火構造物の斜視図である。

[図32]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33]図32中の切断線A11-A11の断面図である。

発明を実施するための形態

[0044] (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28を参照しながら説明する。

図1に示すように、この建築物1は、本実施形態の耐火構造物11と、支持構造物41と、を備えている。

耐火構造物11は、第1床部(床部)12と、第1耐火被覆梁(耐火被覆梁)13A、13Bと、第2耐火被覆梁(耐火被覆梁)14A、14Bと、減耐火被覆梁15A、15B、15Cと、耐火被覆柱16A、16Bと、延長梁17A、17Bと、耐火被覆柱18A、18Bと、を備えている。

なお、図1以下では、隣り合う耐火被覆梁の境界を、太線の実線で示している。図1では、第1床部12、及び支持構造物41の後述する第2床部42を透過して示している。

[0045] 第1床部12は、上下方向Zが厚さ方向となる板状に形成されている。第1床部12は、上下方向Zに見た平面視で複数(本実施形態では4つ)の隅部

12a, 12b, 12c, 12d（以下、隅部12a～12dと略して記載する場合がある）を有する矩形状（多角形状）に形成されている。ここで言う隅部12a～12dとは、第1床部12において、平面視における第1床部12の隣り合う外縁同士が連結される部分の近傍の領域のことを意味する。平面視における第1床部12の一部の外縁は、第1床部12の平面12e内で第1交差方向Xに沿って延びている。平面12eは、第1床部12の厚さ方向に直交する第1床部12の外表面（上面、主面）である（図2も参照のこと）。平面視における第1床部12の残部の外縁は、第1床部12の平面12e内で第2交差方向Yに沿って延びている。第1交差方向X及び第2交差方向Yは、平面12eに沿う方向であって、互いに直交（交差）する方向である。

なお、本実施形態では、第1交差方向X及び第2交差方向Yはそれぞれ水平面に沿う方向としているが、第1交差方向X及び第2交差方向Yはそれぞれ水平面に対して傾斜する方向としてもよい。

[0046] 図2に示すように、第1床部12は、いわゆる合成スラブ（Composite Slab）である。第1床部12は、第1デッキプレート（引張力伝達部材）21と、第1コンクリート（コンクリート）22と、鉄筋（引張力伝達部材）23と、を備えている。なお、第1床部12は第1デッキプレート21及び第1コンクリート22を備えなくてもよいし、第1床部12は鉄筋23及び第1コンクリート22を備えなくてもよい。第1床部12が備える引張力伝達部材は、第1デッキプレート21、鉄筋23に限定されない。

例えば、第1デッキプレート21は、鋼板を曲げ加工して形成されている。第1デッキプレート21の周囲は、第1耐火被覆梁13A, 13B、及び第2耐火被覆梁14A, 14Bにより下方から支持されている。

第1コンクリート22は、平面視において第1床部12と同一形状なる板状に形成されている。第1コンクリート22は、第1デッキプレート21上に配置されている。

[0047] 鉄筋23は、第1コンクリート22内に埋設されている。鉄筋23は、複数

の第1鉄筋25と、複数の第2鉄筋26と、を備えている。なお、図1中には、第1鉄筋25及び第2鉄筋26をそれぞれ2つずつのみ二点鎖線で示す。

図1及び図2に示すように、各第1鉄筋25は、第1交差方向Xに沿って延びている。各第1鉄筋25は、第1コンクリート22（第1床部12）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25は、第1コンクリート22の第1交差方向Xの第1端部と、第1コンクリート22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25は、第1コンクリート22の第1端部と第2端部との間に作用する引張力を、第1コンクリート22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25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26は、第2交差方向Yに沿って延びている。各第2鉄筋26は、第1コンクリート22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26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。

なお、以下では、第1鉄筋25及び第2鉄筋26の構成の詳細について、第1鉄筋25を例にとって説明する。

[0048] 第1鉄筋25は、第1コンクリート22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25は、第1コンクリート22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25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25Aが、鉄筋片27a、27bと、鉄筋片27a、27bの端部同士を連結する連結鉄筋27cと、を備えてもよい。鉄筋片27a、27b及び連結鉄筋27cは、第1鉄筋25と同様の材料で形成されている。

鉄筋片27aの端部と連結鉄筋27cの第1端部とは、溶接により形成され

た溶接部 28 により接合されている。鉄筋片 27 b の端部と連結鉄筋 27 c の第 1 端部とは反対の第 2 端部とは、溶接部 28 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 25 B が、鉄筋片 27 a と、鉄筋片 27 b と、を備えてもよい。鉄筋片 27 a の端部と鉄筋片 27 b の端部とは、溶接部 28 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 25 C が、鉄筋片 27 a, 27 b と、番線（針金）29 と、を備えてもよい。鉄筋片 27 a と鉄筋片 27 b とは、予め定められた必要長さ重ねられた状態で、番線 29 により結び付けられている。鉄筋片 27 a と鉄筋片 27 b 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 25 D が、鉄筋片 27 a, 27 b と、機械式継手 30 と、を備えてもよい。機械式継手 30 は、カップリング等である。機械式継手 30 は、鉄筋片 27 a, 27 b の端部をそれぞれ挟み付けることにより、鉄筋片 27 a と鉄筋片 27 b とを接合している。

第 2 鉄筋 26 は、第 1 鉄筋 25 と同様に構成されている。

[0050] 図 7 に示すように、第 1 鉄筋 25 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 25 a が形成されていてもよい。折曲げ部 25 a は、複数の第 2 鉄筋 26 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 26 の外側から、下方に向かって延びている。

なお、鉄筋 23 が備える第 1 鉄筋 25 の数は特に限定されず、1 つでもよい。鉄筋 23 が備える第 2 鉄筋 26 の数は特に限定されず、1 つでもよい。

[0051] この例では、図 2 に示すように、第 1 耐火被覆梁 13 A は、耐火被覆 33 A が施された H 形鋼 34 A である。耐火被覆 33 A 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 33 A は、H 形鋼 34 A の外面に巻き付けられたり、吹き付けられている。耐火被覆 33 A は、吹き付け・塗装工法、成型板工法、巻き付け工法等で形成されている。

図 1 に示すように、第 1 耐火被覆梁 13 A は、第 1 床部 12 の隅部 12 a, 12 b を結ぶ外縁の下方に配置されている。

なお、第1耐火被覆梁13Aに、RC (Reinforced Concrete)、SRC (Steel Reinforced Concrete construction) が用いられてもよい。

[0052] 第1耐火被覆梁13Bは、第1耐火被覆梁13Aと同様に構成されている。第1耐火被覆梁13A、13Bは、第1交差方向Xに沿ってそれぞれ延び、第2交差方向Yに互いに間隔を開けて配置されている。第1耐火被覆梁13Bは、第1床部12の隅部12c、12dを結ぶ外縁の下方に配置されている。

第2耐火被覆梁14A、14Bは、第1耐火被覆梁13Aと同様に構成されている。すなわち、第2耐火被覆梁14A、14Bには耐火被覆が施されている。第2耐火被覆梁14A、14Bは、第2交差方向Yに沿ってそれぞれ延び、第1交差方向Xに互いに間隔を開けて配置されている。

図2に示すように、第1耐火被覆梁13A、13Bの両端は、第2耐火被覆梁14A、14Bにそれぞれ接合されている。なお、図2には、第1耐火被覆梁13A、13B及び第2耐火被覆梁14A、14Bの接合状態のうちの一部のみを示す。

[0053] 以下、耐火被覆梁13A、13B、14A、14Bを区別しないで言うときには、耐火被覆梁13、14と略して言う。図1に示すように、耐火被覆梁13、14は、全体として平面視で矩形の枠である環状(ring、角環状)に形成されている。なお、耐火被覆梁は、全体として平面視で、多角形の枠である環状や、円形の枠である環状(円環状)等に形成されてもよい。

耐火被覆梁13、14は、第1床部12の周囲を全周にわたって下方から支持している。なお、耐火被覆梁13、14は、第1床部12の周囲の一部を下方から支持していてもよい。

第1床部12は、耐火被覆梁13、14の上面に設けられたスタッド35等により、耐火被覆梁13、14に固定されている(図2参照)。具体的には、スタッド35は第1デッキプレート21を貫通し、第1コンクリート22内に埋め込まれている。

[0054] ここで図7を用いて、第1コンクリート22及び第1鉄筋25の第1交差方

向Xの端部と、第2耐火被覆梁14Aと、の位置関係について説明する。第2耐火被覆梁14Aは、第1耐火被覆梁13Aの耐火被覆33A、H形鋼34Aと同様に構成された、耐火被覆37A、H形鋼38Aを備えている。H形鋼38Aは、上フランジ38Aa及び下フランジ38Abが、ウェブ38Ac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38Aの上フランジ38Aaにおける、平面視において第1床部12の中央部側の端縁を、端縁38Aa1と言う。上フランジ38Aaにおける端縁38Aa1とは反対側の端縁を、端縁38Aa2と言う。ウェブ38Acの第1交差方向Xの中心を、板中心38Ac1と言う。

例えば、第1コンクリート22の第1交差方向Xの端は、端縁38Aa2に一致している。

第1交差方向Xにおいて、第1鉄筋25の第1交差方向Xの端は、平面視における第1床部12の中央部側から端縁38Aa1に達している。第1鉄筋25のこの端部は、第1交差方向Xにおいて板中心38Ac1に達していることがより好ましい。

第2鉄筋26の第2交差方向Yの端部についても同様である。

[0055] 減耐火被覆梁15Aは、耐火被覆梁13, 14よりも耐火被覆が削減された梁である。減耐火被覆梁15Aは、耐火被覆が施されていないH形鋼でもよい。減耐火被覆梁15Aは、耐火被覆梁13, 14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13, 14、及び耐火被覆柱16A, 16B等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13, 14等に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13, 14等に2時間耐火が要求される場合には、耐火被覆の厚さを45mmとする。耐火被覆梁13, 14等に3時間耐火が要求される場合には、耐火被覆の厚さを65mmとする。本明細書において、耐火被覆が施された梁、柱は、例えばこの仕様の耐

火被覆が施された梁、柱のことを意味する。

この場合に、減耐火被覆梁 15 A 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 13, 14 における耐火被覆の厚さの $1/10 \sim 1/2$ 程度とする。

[0056] 減耐火被覆梁 15 B, 15 C は、減耐火被覆梁 15 A と同様に構成されている。以下、減耐火被覆梁 15 A, 15 B, 15 C を区別しないで言うときには、減耐火被覆梁 15 と略して言う。耐火被覆柱 16 A, 16 B 等についても同様である。

図 1 に示すように、減耐火被覆梁 15 は、環状の耐火被覆梁 13, 14 により囲まれた領域 R 1 内に配置されている。減耐火被覆梁 15 は、第 1 耐火被覆梁 13 A と第 1 耐火被覆梁 13 B との間で、第 1 交差方向 X に沿ってそれぞれ延びている。減耐火被覆梁 15 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。減耐火被覆梁 15 の両端は、第 2 耐火被覆梁 14 A, 14 B にそれぞれ接合されている。

減耐火被覆梁 15 は、平面視における第 1 床部 12 の中央部等を下方から支持している。

[0057] 耐火被覆柱 16 A 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 16 A に、RC, SRC, CFT (Concrete Filled steel Tube) が用いられてもよい。

耐火被覆柱 16 B は、耐火被覆柱 16 A と同様に構成されている。以下、耐火被覆柱 16 A, 16 B を区別しないで言うときには、耐火被覆柱 16 と略して言う。

耐火被覆柱 16 は、上下方向 Z に沿ってそれぞれ延びている。耐火被覆柱 16 A の上端部は、第 1 耐火被覆梁 13 B と第 2 耐火被覆梁 14 A との接合部、及び第 1 床部 12 の隅部 12 c にそれぞれ接合されている。耐火被覆柱 16 B の上端部は、第 1 耐火被覆梁 13 B と第 2 耐火被覆梁 14 B との接合部、及び第 1 床部 12 の隅部 12 d にそれぞれに接合されている。

第 1 床部 12 の隅部 12 a, 12 b は、柱（耐火被覆柱及び減耐火被覆柱を

含む)により直接的に支持されない。ここで隅部12aが柱により直接的に支持されないとは、隅部12aが梁を介さずに柱により支持されることはないことを意味する。具体的には、隅部12aの下方に柱を配置して、隅部12aと柱とを接触させた状態にすることはないことを意味する。ただし、隅部12aが柱により直接的に支持されないとは、隅部12aが梁を介して柱により支持されることを排除する意味ではない。隅部12bについても同様である。

[0058] 以下では隅部12aを結合隅部12aとも言い、隅部12bを結合隅部12bとも言う。結合隅部12a, 12bは、第1床部12の複数の隅部12a～12dのうちの2つである。

なお、結合隅部12a, 12bは、耐火被覆柱よりも耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持されてもよい。第1床部12における柱により直接的に支持されない隅部は、隅部12a, 12bであるとしたが、隅部12a～12dのうちの1つであってもよいし、隅部12a～12dのうちの3つ又は4つであってもよい。

[0059] 延長梁17Aは、第1耐火被覆梁13Aと同様に構成されている。図示はしないが、例えば延長梁17Aは、耐火被覆が施されたH形鋼である。延長梁17Aは、第2交差方向Yに沿って延びている。延長梁17Aの第1端部は、第1耐火被覆梁13Aと第2耐火被覆梁14Aとが接合された部分、及び第1床部12の結合隅部12aにそれぞれ結合(接合)されている。延長梁17Aは、結合隅部12aを起点として、第2耐火被覆梁14Aから離間する方向に延びている。

延長梁17Aは、第2耐火被覆梁14Aと一体になって、連結耐火被覆梁39Aを構成している。

なお、本実施形態では、延長梁17A及び第2耐火被覆梁14Aは1本の耐火被覆梁である連結耐火被覆梁39Aとして一体に形成されている。ただし、説明を容易にするため、第1床部12を支持する部分を第2耐火被覆梁14A、第1床部12を支持しない部分を延長梁17Aとして扱う。

[0060] 延長梁 17 B は、延長梁 17 A と同様に構成されている。延長梁 17 B は、第 2 交差方向 Y に沿って延びている。延長梁 17 B の第 1 端部は、第 1 耐火被覆梁 13 A と第 2 耐火被覆梁 14 B とが接合された部分、及び第 1 床部 12 の結合隅部 12 b にそれぞれ結合されている。

延長梁 17 B は、第 2 耐火被覆梁 14 B と一体になって、連結耐火被覆梁 39 B を構成している。

[0061] 耐火被覆柱 18 A は、耐火被覆柱 16 A と同様に構成されている。図示はしないが、例えば耐火被覆柱 18 A は、耐火被覆が施された H 形鋼である。耐火被覆柱 18 A の上端部は、延長梁 17 A における第 2 端部（結合隅部 12 a に結合された部分とは異なる部分）に接合され、この第 2 端部を支持している。

耐火被覆柱 18 B は、耐火被覆柱 18 A と同様に構成されている。耐火被覆柱 18 B は、延長梁 17 B における第 2 端部（結合隅部 12 b に結合された部分とは異なる部分）に接合され、この第 2 端部を支持している。

なお、耐火被覆柱 18 A は、延長梁 17 A における長手方向の中央部等に接合されてもよい。耐火被覆柱 18 B についても同様である。

[0062] 支持構造物 41 は、第 2 床部 42 と、第 3 耐火被覆梁 43 と、を備えている。

第 2 床部 42 は、第 1 床部 12 と同様に構成されている。第 2 床部 42 は、上下方向 Z が厚さ方向となる板状に形成されている。第 2 床部 42 は、第 1 床部 12 に対して第 2 交差方向 Y に並べて配置されている。第 2 床部 42 は、第 1 床部 12 に対する第 2 交差方向 Y の一方側に配置されている。

第 2 床部 42 は、第 1 床部 12 と一体になって床（スラブ）44 を構成している。すなわち、耐火構造物 11 の第 1 床部 12 は、床 44 において矩形状に区画された部分である。床部 12、42 は、床 44 から区画された、床 44 の一部である。

図 2 に示すように、第 2 床部 42 は、第 1 床部 12 の第 1 デッキプレート 21、第 1 コンクリート 22、複数の鉄筋 23 と同様に構成された第 2 デッキ

プレート46、第2コンクリート47、複数の鉄筋48を備えている。

第2デッキプレート46は、第1デッキプレート21と一体になっている。

第2コンクリート47は、第1コンクリート22と一体になっている。

複数の鉄筋48は、複数の第1鉄筋25、複数の第2鉄筋26と同様に構成された複数の第1鉄筋50、複数の第2鉄筋51を備えている。第2鉄筋51は、第2鉄筋26と一体になっている。

[0063] 第3耐火被覆梁43は、第1耐火被覆梁13Aと同様に構成されている。第3耐火被覆梁43は、第1交差方向Xに沿って延びている。第3耐火被覆梁43は、延長梁17Aの第2端部、及び延長梁17Bの第2端部にそれぞれ接合されている。

[0064] このように構成された耐火構造物11は、後述するように、ISO 834-11:2014（以下、ISO 834と略して言う）に規定された加熱曲線（標準加熱曲線、標準加熱温度曲線）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1床部12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。

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

ただし、Lは、第1床部12の第1交差方向X（第1スパン）の長さ（m）である。lは、第1床部12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1床部12の平面12e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の長さに限定されず、第1床部12の平面12e内での方向（平面12e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の長さに限定されず、第1床部12の平面12e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。第1床部12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。

[0065] 第1床部が平面視で矩形状ではない場合には、Lは第1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。閾値Kをこのように設定することにより、第1床部12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。

[0066] 次に、以上のように構成された耐火構造物11を設計する耐火構造物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。この設計方法Sは、例えば新規に施工する耐火構造物11、及び既存の耐火構造物11に対して好ましく用いられる。

まず、構造決定工程（図8に示すステップS1）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、床44、床44を下方から支持する複数の梁52、及び複数の梁52を支持する柱53の配置を決定する。梁52は、耐火被覆梁13、14及び減耐火被覆梁15から耐火被覆を取外した梁である。柱53は、耐火被覆柱16A、16Bから耐火被覆を取外した柱である。

構造決定工程S1では、例えば、床44の自重及び床44に作用する荷重から、複数の梁52及び複数の柱53の仕様、及び配置を決定する。

構造決定工程S1が終了すると、ステップS3に移行する。

[0067] 次に、耐火仕様決定工程（ステップS3）において、床44から第1床部12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44から区画された第1床部12の周囲を、全周にわたって梁52に耐火被覆を施した耐火被覆梁13、14により下方から支持させるように設定して耐火構造物11を設計する。この際に、火災時に第1床部12によるメンブレン効果が発揮されるように、複数の梁52の少なくとも一部に耐火被覆を施して耐火構造物11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、耐火被覆梁 1 3, 1 4 に対応する梁 5 2、及び、耐火被覆柱 1 6 A, 1 6 B に対応する柱 5 3 に耐火被覆を施して耐火構造物 1 1 を設計する。

耐火仕様決定工程 S 3 が終了すると、ステップ S 5 に移行する。

[0068] 次に、第 1 支持仕様決定工程（ステップ S 5）において、図 1 に示すように、結合隅部 1 2 a, 1 2 b に延長梁 1 7 A, 1 7 B の第 1 端部を結合させ、延長梁 1 7 A, 1 7 B の第 2 端部を耐火被覆柱 1 8 A, 1 8 B で支持するように設定する。

第 1 支持仕様決定工程 S 5 が終了すると、ステップ S 7 に移行する。

次に、第 2 支持仕様決定工程（ステップ S 7）において、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を、柱により直接的に支持させないか、減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定する。この例では、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を、柱により直接的に支持させないように設定する。耐火構造物 1 1 をこのように設定することで、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を下方から支持する柱自体が無くなり、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を下方から支持する柱の耐火被覆が省略される。

なお、第 2 支持仕様決定工程 S 7 では、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を柱により直接的に支持させないだけで、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定しなくてもよい。

第 2 支持仕様決定工程 S 7 が終了すると、ステップ S 9 に移行する。

[0069] 次に、判定工程（ステップ S 9）において、耐火構造物 1 1 が、ISO 834 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第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が、(6) 式で定められた閾値 K 未満である（閾値 K よりも小さい）か否か等を判定する。判定工程 S 9 は、耐火仕様決定工程 S 3、第 1 支持仕様決定工程 S 5、及び第 2 支持仕様決定工程 S 7 の後で行われる工程である。

所望の加熱時間には、例えば、建築基準法に規定される耐火性能に基づいて

、１時間、２時間等が用いられる。一般的に、平面視における第１床部１２の中央部で、第１床部１２の撓みが最大となる。第１床部１２の撓みの最大値が閾値Ｋ未満であるか否かは、公知のシミュレーションにより判定することができる。

一般的に、火災時の熱により建築物が加熱されると、減耐火被覆梁の剛性及び耐力は０とみなされる。このため、火災時には第１床部１２は減耐火被覆梁１５により支持されず、耐火被覆梁１３，１４により支持される。

[0070] 判定工程Ｓ９において、第１床部１２の撓みの最大値が閾値Ｋ未満でない（ＮＯ）と判定したときには、耐火仕様決定工程Ｓ３に移行する。

一方で、第１床部１２の撓みの最大値が閾値Ｋ未満である（ＹＥＳ）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、耐火構造物１１が前述の仕様に設計される。

耐火構造物１１は、設計方法Ｓにより設計された耐火構造物である。

[0071] 判定工程Ｓ９から移行した耐火仕様決定工程Ｓ３では、床４４から区画される第１床部の形状及び大きさの少なくとも一方が変わるように、耐火被覆を施す複数の梁５２の少なくとも一部を変えて行う。例えば、図１に示す耐火構造物１１及び支持構造物４１に対して耐火被覆を施す複数の梁５２の少なくとも一部を変えて、図１１に示す耐火構造物１１Ａ及び支持構造物４１Ａとする。すなわち、図１に示す耐火構造物１１の減耐火被覆梁１５Ａに十分な耐火被覆を施して、図１１に示す耐火構造物１１Ａの第１耐火被覆梁１３Ａとする。図１に示す耐火構造物１１の第１耐火被覆梁１３Ａの耐火被覆を削減して、図１１に示すような支持構造物４１Ａの第１減耐火被覆梁５４とする。

図１１に示す耐火構造物１１Ａの第１床部１２Ａは、図１に示す耐火構造物１１の第１床部１２に比べて第２交差方向Ｙの長さが短くなる。耐火被覆梁１４Ａ，１４Ｂも同様に、第２交差方向Ｙの長さが短くなる。第１床部１２Ａは、第１床部１２に対して形状が、平面視において正方形に近い形状に変わっている。

[0072] 第1床部の大きさを変えらるとは、例えば第1床部の平面視における矩形状という形状を変えずに、元の第1床部との相似形状を保ったまま、第1床部の大きさを大きくしたり小さくしたりすることを意味する。

さらに、第1支持仕様決定工程S5及び第2支持仕様決定工程S7を行った後で、判定工程S9を行う。

[0073] 一般的に、第1床部12Aが小さくなると、第1床部12Aの撓みの最大値も小さくなる。非特許文献1に記載された床の撓み制限値も小さくなるが、床の撓み制限値は小さくなる程度は、第1床部12Aの撓みの最大値が小さくなる程度よりも小さい。このため、第1床部12Aの撓みの最大値が、床の撓み制限値（閾値）未満になりやすくなる。

このように、判定工程S9でYESと判定されるまで、耐火仕様決定工程S3、第1支持仕様決定工程S5、及び第2支持仕様決定工程S7を組にして繰り返し行い、耐火被覆を施す複数の梁52を調節する。

[0074] なお、本設計方法Sでは、構造決定工程S1の後で耐火仕様決定工程S3、第1支持仕様決定工程S5、及び第2支持仕様決定工程S7を、この順に行うとした。しかし、構造決定工程S1の後において、耐火仕様決定工程S3、第1支持仕様決定工程S5、及び第2支持仕様決定工程S7を行う順は特に限定されない。例えば、構造決定工程S1の後において第2支持仕様決定工程S7、第1支持仕様決定工程S5、及び耐火仕様決定工程S3の順に行ってもよい。

[0075] ここで、メンブレン効果により火災の前後で第1床部12等が撓む様子を模式的に説明する。

図12に、火災が発生していない通常時における耐火構造物11の分解斜視図を示す。なお図12及び後述する図13では、耐火構造物11を簡略化して示している。具体的には、耐火構造物11の減耐火被覆梁15、延長梁17A、17B、及び耐火被覆柱18A、18Bを示していない。

図12に示す通常時には、第1床部12、減耐火被覆梁15A等に作用する重力、静荷重等により、第1床部12、減耐火被覆梁15A等の下向きの外

力 F_1 が作用する。

一方で火災時において、図13に示すように、第1床部12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1床部12の周囲が環状の耐火被覆梁13、14により支持される。第1床部12が撓むことにより伸びた第1鉄筋25が、第1交差方向 X の引張力 F_2 を伝達する。第1床部12が撓むことにより伸びた第2鉄筋26が、第2交差方向 Y の引張力 F_3 を伝達する。すなわち、第1床部12は、第1床部12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1床部12の中央部が、耐火被覆梁13、14及び鉄筋25、26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。

[0076] この際、第1床部12には、引張領域 R_5 及び圧縮領域 R_6 がそれぞれ形成される。なお、図13中に圧縮領域 R_6 をハッチングを付して示している。引張領域 R_5 では、第1床部12が撓んだ平面12eに沿って引張られる。圧縮領域 R_6 では、第1床部12が撓んだ平面12eに沿って圧縮される。引張領域 R_5 は、第1床部12の平面視における中央部に形成される。圧縮領域 R_6 は、引張領域 R_5 の周辺に形成される。

[0077] 火災時に耐火構造物11に生じるメンブレン効果は、鉄筋23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、本実施形態の耐火構造物11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。

[0078] 次に、耐火構造物11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14は、本実施形態の施工方法 S_{20} 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 S_{20} の各工程では実際に施工する点異なる。この施工方法 S_{20} は、例えば新規に施工する耐火構

造物 1 1 に対して好ましく用いられる。

この施工方法 S 2 0 では、柱梁施工工程 S 2 1 と、被覆施工工程 S 2 3 と、第 1 支持工程 S 2 5 と、第 2 支持工程 S 2 7 と、を行う。

柱梁施工工程 S 2 1 では、床 4 4、床 4 4 を下方から支持する複数の梁 5 2、及び複数の梁 5 2 を支持する柱 5 3 を施工する。

被覆施工工程 S 2 3 では、梁 5 2 に耐火被覆を施して耐火被覆梁 1 3, 1 4 とすることで、床 4 4 から区画された第 1 床部 1 2 の周囲を耐火被覆梁 1 3, 1 4 により下方から支持させる。被覆施工工程 S 2 3 では、柱 5 3 に耐火被覆を施して耐火被覆柱 1 6 A, 1 6 B とする。

第 1 支持工程 S 2 5 では、結合隅部 1 2 a, 1 2 b に延長梁 1 7 A, 1 7 B の第 1 端部を結合させ、延長梁 1 7 A, 1 7 B の第 2 端部を耐火被覆柱 1 8 A, 1 8 B で支持する。

第 2 支持工程 S 2 7 では、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を、柱により直接的に支持させない。なお、第 2 支持工程 S 2 7 では、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を減耐火被覆柱により下方から支持させてもよい。

なお、第 2 支持工程 S 2 7 では、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を柱により直接的に支持させないだけで、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を減耐火被覆柱により下方から支持させなくてもよい。

以上で、施工方法 S 2 0 の全工程が終了し、耐火構造物 1 1 が施工される。

[0079] 非特許文献 1 に開示された耐火構造物の設計方法では、床部の複数の隅部の全てが耐火被覆柱により支持され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、床部の複数の隅部の全てが耐火被覆柱により支持されるとして設計する。

全ての隅部が耐火被覆柱により支持されるため、隅部における設計の自由度は低くなる。

[0080] 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 S 1 及び耐火仕様決定工程 S 3 を行うことで、第 1 床部 1 2 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の耐火被覆梁 1 3, 1 4 により下方から支

持させるように設定される。第1床部12に含まれている鉄筋23（第1鉄筋25及び第2鉄筋26）は、第1床部12の第1交差方向Xの端部間の引張力F2、及び、第1床部12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1床部12に作用する重力等により、第1床部12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1床部12の周囲が耐火被覆梁13、14により支持される。そして、第1床部12が撓むことにより伸びた鉄筋23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1床部12の中央部が支持される。従って、耐火構造物11の耐火性能を従来と同等に維持するように設定することができる。なお、ここで言う耐火構造物11の耐火性能とは、火災時に第1床部12の撓みを抑えることや、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。

[0081] 第1支持仕様決定工程S5において、延長梁17A、17Bを介して結合隅部12a、12bが耐火被覆柱18A、18Bにより支持されるように設定される。さらに、第2支持仕様決定工程S7において、結合隅部12a、12bが、柱により直接的に支持させないように設定される。従って、第1床部12の結合隅部12a、12bにおける設計の自由度を高めるとともに、結合隅部12a、12bを支持する柱の耐火被覆を省略することができる。ここで言う結合隅部12a、12bを支持する柱の耐火被覆を省略するとは、結合隅部12a、12bを柱により直接的に支持させないことで柱の耐火被覆を省略するか、結合隅部12a、12bを減耐火被覆柱により支持させることで柱の耐火被覆を省略することを意味する。

[0082] 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1床部12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の耐火被覆梁13、14により下方から支持させる。第1床部12に含まれている鉄筋23は、第1床部12の第1交差方向Xの端部間の引張力F2、及び、第1床部12の第2交差方向Yの端部間

の引張力 F_3 をそれぞれ伝達する。火災時には、第1床部12に作用する重力等により、第1床部12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1床部12の周囲が耐火被覆梁13, 14により支持される。そして、第1床部12が撓むことにより伸びた鉄筋23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 F_2 , F_3 を伝達することにより、第1床部12の中央部が支持される。従って、耐火構造物11の耐火性能を従来と同等に維持することができる。

第1支持工程S25において、延長梁17A, 17Bを介して結合隅部12a, 12bを耐火被覆柱18A, 18Bにより支持する。さらに、第2支持工程S27において、結合隅部12a, 12bを、柱により直接的に支持させない。従って、第1床部12の結合隅部12a, 12bにおける設計の自由度を高めるとともに、結合隅部12a, 12bを支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0083] また、本実施形態の耐火構造物11によれば、第1床部12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の耐火被覆梁13, 14により下方から支持される。第1床部12に含まれている鉄筋23は、第1床部12の第1交差方向 X の端部間の引張力 F_2 、及び、第1床部12の第2交差方向 Y の端部間の引張力 F_2 をそれぞれ伝達する。火災時には、第1床部12に作用する重力等により、第1床部12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1床部12の周囲が耐火被覆梁13, 14により支持される。そして、第1床部12が撓むことにより伸びた鉄筋23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 F_2 , F_3 を伝達することにより、第1床部12の中央部が支持される。従って、耐火構造物11の耐火性能を従来と同等に維持することができる。

耐火構造物11では、延長梁17A, 17Bを介して結合隅部12a, 12bが耐火被覆柱18A, 18Bにより支持される。さらに、結合隅部12a, 12bが、柱により直接的に支持されない。従って、第1床部12の結合

隅部 1 2 a, 1 2 b における設計の自由度を高めるとともに、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0084] 設計方法 S において、判定工程 S 9 を行う。従って、判定工程 S 9 において、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が閾値 K 未満であるか否かを判定することができる。

判定工程 S 9 において Y E S と判定されたときには、床 4 4 から区画される第 1 床部の形状及び大きさの少なくとも一方が変わるように、耐火被覆を施す複数の梁 5 2 の少なくとも一部を変えて、耐火仕様決定工程 S 3 を行い、その後、判定工程 S 9 を行う。これにより、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が閾値 K 未満でないときに、床 4 4 から区画される第 1 床部 1 2 の形状及び大きさの少なくとも一方を調節して、判定工程 S 9 において、再び第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が閾値 K 未満であるか否かを判定することができる。

[0085] 耐火構造物 1 1 は、設計方法 S により設計されている。このため、本実施形態の設計方法 S により耐火構造物 1 1 を設計することができる。本実施形態の設計方法 S は、耐火性能を維持しつつ、第 1 床部 1 2 の隅部 1 2 a, 1 2 b における設計の自由度を高めることができる方法である。そして、本実施形態の設計方法 S は、第 1 床部 1 2 の隅部 1 2 a, 1 2 b を下方から支持する柱の少なくとも 1 つの耐火被覆を省略することができる方法である。

耐火構造物 1 1 が、減耐火被覆梁 1 5 を備えている。これにより、火災が発生していない通常時において、第 1 床部 1 2 が撓むのを抑えることができる。

第 1 床部 1 2 は平面視で矩形状に形成されているため、複数の第 1 床部 1 2 をコンパクトに並べて配置しやすくなることができる。

[0086] 所望の加熱時間における第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が、閾値 K 未満である。このため、第 1 床部 1 2 のメンブレン効果が効果的に発揮され、第 1 床部 1 2 が下方に向かって撓み難くすることができる。

鉄筋 2 3 は、第 1 鉄筋 2 5 及び第 2 鉄筋 2 6 を備えている。従って、第 1 鉄筋 2 5 及び第 2 鉄筋 2 6 という簡単な構成で、第 1 床部 1 2 の第 1 交差方向

Xの端部間の引張力F₂、及び、第1床部12の前記第2交差方向Yの端部間の引張力F₃をそれぞれ伝達することができる。

[0087] (シミュレーション結果)

ここで、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、比較例の耐火構造物において耐火被覆を施す梁を調節して実施例の耐火構造物とした例について説明する。

図15に、比較例の耐火構造物11Bが用いられる建築物1Bを示す。この建築物1Bは、耐火構造物11Bと、支持構造物41Bと、を備えている。耐火構造物11Bは、第1実施形態の耐火構造物11の各構成に加えて、減耐火被覆梁15D、及び耐火被覆柱16C、16Dを備えている。

[0088] シミュレーションに用いた耐火構造物11Bの第1床部12の縦断面図を、図16に示す。

鉄筋23の上端から第1コンクリート22の上面までの距離（鉄筋23に対する第1コンクリート22のかぶり厚さ）を、30mmとした。第1床部12の厚さを、200mmとした。

第1コンクリート22の設計基準強度F_cを40N/mm²（ニュートン・パー・平方ミリメートル）とした。鉄筋23（第1鉄筋25及び第2鉄筋26）として、呼び径D10、引張強度を500MPaの鉄筋を、100mmピッチで配置した。

[0089] 図15に示すように、減耐火被覆梁15Dは、減耐火被覆梁15Aと同様に構成されている。減耐火被覆梁15Dは、第1交差方向Xに沿って延び、第1耐火被覆梁13Bと減耐火被覆梁15Cとの間に配置されている。減耐火被覆梁15Dの両端は、第2耐火被覆梁14A、14Bにそれぞれ接合されている。

耐火被覆柱16C、16Dは、耐火被覆柱16Aと同様に構成されている。耐火被覆柱16Cの上端部は、第1耐火被覆梁13Aと第2耐火被覆梁14Aとの接合部、及び第1床部12の隅部12aにそれぞれ接合されている。耐火被覆柱16Dの上端部は、第1耐火被覆梁13Aと第2耐火被覆梁14

Bとの接合部、及び第1床部12の隅部12bにそれぞれ接合されている。比較例の耐火構造物11Bでは、第1床部12の隅部12a, 12b, 12c, 12dの全てが、耐火被覆柱16C, 16D, 16A, 16Bによりそれぞれ下方から支持されている。

[0090] 支持構造物41Bは、第1実施形態の支持構造物41の各構成に加えて、第1減耐火被覆梁54A, 54B, 54C, 54Dを備えている。

第1減耐火被覆梁54は、減耐火被覆梁15Aと同様に構成されている。第1減耐火被覆梁54は、第3耐火被覆梁43と第1耐火被覆梁13Aとの間で、第1交差方向Xに沿ってそれぞれ延び、第2交差方向Yに互いに間隔を開けて配置されている。第1減耐火被覆梁54の両端は、延長梁17A, 17Bにそれぞれ接合されている。

[0091] プライマリービームである耐火被覆梁14及び延長梁17として、耐火被覆が施されたH形鋼(800×250×12×22、S355製)を用いた。セカンダリビームである耐火被覆梁13, 43として、耐火被覆が施されたH形鋼(600×200×9×12、S355製)を用いた。セカンダリビームである減耐火被覆梁15及び第1減耐火被覆梁54として、H形鋼(600×200×9×12、S355製)を用いた。減耐火被覆梁15及び第1減耐火被覆梁54には、耐火仕様に応じた耐火被覆が施されている。

耐火構造物11Bの第1交差方向Xの長さ、及び第2交差方向Yの長さは、それぞれ15000mmとした。支持構造物41Bの第1交差方向Xの長さ、及び第2交差方向Yの長さは、それぞれ15000mmとした。

荷重条件は、固定荷重(Dead Load)が1.5kPa(キロパスカル)、積載荷重(Live Load)が3.0kPaとした。

[0092] 建築物1BをISO 834に規定された加熱曲線に基づいて加熱したときの、建築物1Bの温度及び応力のシミュレーション結果を、図17から図20に示す。

シミュレーションでは、所定の拘束条件で支持された建築物1Bが、火災等

で加熱されることにより建築物 1 B の温度が上昇する。温度が上昇した建築物 1 B は、膨張するとともに、剛性及び耐力が低下する。建築物 1 B には、拘束条件に応じて応力が発生する。火災時には、耐火被覆柱 1 6, 1 8、耐火被覆梁 1 3, 1 4, 4 3、延長梁 1 7、及び鉄筋 2 3 は所定の剛性及び耐力を生じるが、減耐火被覆梁 1 5, 5 4 の剛性及び耐力は無くなると考える。

[0093] 図 1 7 に、比較例の耐火構造物 1 1 B における、時間に対する耐火構造物 1 1 B の各部分の温度の変化を示す。図 1 7 において、横軸は時間（分）を表し、縦軸は温度（℃）を表す。実線による線 L 1 は、耐火被覆が施されない減耐火被覆梁 1 5 A におけるシミュレーション結果を表す。点線による線 L 2 は第 1 床部 1 2 の下面におけるシミュレーション結果を表し、一点鎖線による線 L 3 は第 1 床部 1 2 の上面におけるシミュレーション結果を表し、二点鎖線による線 L 4 は鉄筋 2 3 におけるシミュレーション結果を表す。加熱を開始してから 1 2 0 分の間では、時間の経過とともに、減耐火被覆梁 1 5 A、第 1 床部 1 2 の下面及び上面、及び鉄筋 2 3 の温度が上昇する。各部位の温度は、減耐火被覆梁 1 5 A において最も高く、第 1 床部 1 2 の下面、鉄筋 2 3、第 1 床部 1 2 の上面の順で低くなる。

[0094] 図 1 8 に、比較例の耐火構造物 1 1 B における、時間に対する第 1 床部 1 2 の撓みの最大値の変化を示す。図 1 8 において、横軸は時間（分）を表し、縦軸は第 1 床部 1 2 の撓みの最大値（mm）を表す。実線による線 L 7 は、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値のシミュレーション結果を表す。点線による線 L 8 は、前述の非特許文献 1 の $\{(L+1)/30\}$ の式による第 1 床部 1 2 の撓み制限値を表す。なお、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が撓み制限値に達した時刻 t_1 （約 4 0 分後）に、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値がこれ以上増加しないように、第 1 床部 1 2 の撓みの計算を打ち切っている。時刻 t_1 において第 1 床部 1 2 の撓みの計算を打ち切らなければ、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値は、一点鎖線による線 L 9 に示すように増加する。

比較例の耐火構造物 1 1 B では、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が時刻 t_1 に

において撓み制限値に達したことから、少なくとも時刻 t_1 までは第1床部12は崩壊することなく保持されることが分かった。

[0095] 図19に、比較例の耐火構造物11Bにおける、時間に対する曲げ耐力の変化を示す。図19において、横軸は時間（分）を表し、縦軸は曲げ耐力（ kN/m^2 ）を表す。点線による線L13は、第1耐火被覆梁13Aの曲げ耐力のシミュレーション結果を表す。一点鎖線による線L14は第1床部12の曲げ耐力のシミュレーション結果を表し、実線による線L12は第1耐火被覆梁13A及び第1床部12の全体としての曲げ耐力のシミュレーション結果を表す。点線による線L15は、前述の荷重により作用する外力を表す。時間の経過とともに、第1耐火被覆梁13Aの温度が高くなり、第1耐火被覆梁13Aの曲げ耐力が小さくなる。一方で、第1床部12は温度が高くなると曲げ耐力が大きくなる。第1耐火被覆梁13A及び第1床部12の全体としての曲げ耐力は、時間の経過とともにほぼ小さくなる。線L12が表す曲げ耐力が、線L15が表す外力よりも大きければ、第1床部12は荷重を支持することができる。

[0096] 図20に、比較例の耐火構造物11Bにおける、時間に対する（外力／（第1耐火被覆梁13A及び第1床部12の全体としての）曲げ耐力）の値の変化を示す。図20において、横軸は時間（分）を表し、縦軸は（外力／曲げ耐力）の値を表す。図20は、図19における線L12が表す曲げ耐力と線L15が表す外力との大小関係を明確に示すためのものである。実線による線L18は、（外力／曲げ耐力）の値を表し、点線による線L19は、（外力／曲げ耐力）の値が1.0である線を表す。

時間の経過とともに、（外力／曲げ耐力）の値が大きくなって1.0に近づく。しかし、120分経過しても（外力／曲げ耐力）の値が1.0に達しないことから、火災が発生してから120分経過しても第1床部12は荷重を支持できることが分かった。

[0097] 以上のように、比較例の耐火構造物11Bでは、曲げ耐力よりも外力が大きくなって第1床部12が崩壊することはない、少なくとも撓みの最大値が撓

み制限値に達するまでは第1床部12は崩壊することなく保持されることが分かった。

なお、前述の設計方法Sの判定工程S9において、第1床部12の撓みの最大値が閾値未満であり、かつ、耐火構造物11に作用する外力が曲げ耐力よりも小さいときに、YESと判定されるときにもよい。判定工程S9においてYESと判定されたときに、設計方法Sの全工程が終了する。

[0098] 図21に、実施例の耐火構造物11Cが用いられる建築物1Cを示す。この建築物1Cは、耐火構造物11Cと、支持構造物41C、41Dと、を備えている。

耐火構造物11Cは、耐火構造物11Bに対して、減耐火被覆梁15D及び耐火被覆柱16C、16Dに代えて、延長梁58A、58B及び耐火被覆柱59A、59Bを備えている。

耐火構造物11Cの第1床部12では、隅部12a～12dのうち隅部12a、12bが結合隅部12a、12bであるのに加えて、隅部12c、12dも結合隅部12c、12dである。すなわち、結合隅部12a～12dのいずれにも耐火被覆柱16が接合されていない。

延長梁58A、58Bは、延長梁17Aと同様に構成されている。延長梁58A、58Bは、第2交差方向Yに沿って延びている。

延長梁58Aの第1端部は、第1耐火被覆梁13Bと第2耐火被覆梁14Aとが接合された部分、及び第1床部12の結合隅部12cにそれぞれ結合されている。延長梁58Aは、結合隅部12cを起点として、第2耐火被覆梁14Aから離間する方向に延びている。延長梁58Bの第1端部は、第1耐火被覆梁13Bと第2耐火被覆梁14Bとが接合された部分、及び第1床部12の結合隅部12dにそれぞれ結合されている。延長梁58Bは、結合隅部12dを起点として、第2耐火被覆梁14Bから離間する方向に延びている。

耐火被覆柱59A、59Bは、耐火被覆柱18Aと同様に構成されている。

耐火被覆柱59Aの上端部は、延長梁57Aにおける第2端部に接合されて

いる。耐火被覆柱 5 9 B の上端部は、延長梁 5 7 B における第 2 端部に接合されている。

[0099] 耐火被覆柱 1 6 A の上端部は、第 2 耐火被覆梁 1 4 A における第 2 交差方向 Y の中央部、及び第 1 床部 1 2 の隅部 1 2 a と隅部 1 2 c との中央部にそれぞれ接合されている。耐火被覆柱 1 6 B の上端部は、第 2 耐火被覆梁 1 4 B における第 2 交差方向 Y の中央部、及び第 1 床部 1 2 の隅部 1 2 b と隅部 1 2 d との中央部にそれぞれ接合されている。

[0100] 支持構造物 4 1 C は、支持構造物 4 1 B に対して第 1 減耐火被覆梁 5 4 C, 5 4 D を備えていない。

支持構造物 4 1 D は、第 3 床部 6 1 と、第 4 耐火被覆梁 6 2 と、第 2 減耐火被覆梁 6 3 A, 6 3 B と、を備えている。第 3 床部 6 1、第 4 耐火被覆梁 6 2、第 2 減耐火被覆梁 6 3 A, 6 3 B は、支持構造物 4 1 C の第 2 床部 4 2、第 3 耐火被覆梁 4 3、第 1 減耐火被覆梁 5 4 A, 5 4 B とそれぞれ同様に構成されている。

[0101] 建築物 1 C では、耐火構造物 1 1 C の第 1 床部 1 2 に対する第 2 交差方向 Y の両側に支持構造物 4 1 C, 4 1 D の第 2 床部 4 2、第 3 床部 6 1 が配置されている。

建築物 1 C の第 1 交差方向 X の長さ、及び建築物 1 B の第 1 交差方向 X の長さは、互いに同等である。建築物 1 C の第 2 交差方向 Y の長さ、及び建築物 1 B の第 2 交差方向 Y の長さは、互いに同等である。

建築物 1 C は、建築物 1 B において、第 1 耐火被覆梁 1 3 A の耐火被覆を削減したり、減耐火被覆梁 1 5 B 及び第 1 減耐火被覆梁 5 4 C に耐火被覆を施したりして構成した建築物である。

[0102] 建築物 1 C を ISO 834 に規定された加熱曲線に基づいて加熱したときの、建築物 1 C の温度及び応力のシミュレーション結果を、図 2 2 から図 2 5 に示す。

図 2 2 に、実施例の耐火構造物 1 1 C における、時間に対する各部分の温度の変化を示す。図 2 2 において、横軸は時間（分）を表し、縦軸は温度（℃

）を表す。実線による線 L 2 1 は、耐火被覆が施されない減耐火被覆梁 1 5 A におけるシミュレーション結果を表す。点線による線 L 2 2 は第 1 床部 1 2 の下面におけるシミュレーション結果を表し、一点鎖線による線 L 2 3 は第 1 床部 1 2 の上面におけるシミュレーション結果を表し、二点鎖線による線 L 2 4 は鉄筋 2 3 におけるシミュレーション結果を表す。

線 L 2 1 ～ L 2 4 により表される実施例の耐火構造物 1 1 C における第 1 耐火被覆梁 1 3 A、第 1 床部 1 2 の下面、上面、鉄筋 2 3 における温度変化は、図 1 7 において線 L 1 ～ L 4 により表される比較例の耐火構造物 1 1 B における第 1 耐火被覆梁 1 3 A、第 1 床部 1 2 の下面、上面、鉄筋 2 3 における温度変化とそれぞれ同等である。

- [0103] 図 2 7 に、実施例の耐火構造物 1 1 C における、時間に対する第 1 床部 1 2 の撓みの最大値の変化を示す。図 2 3 において、横軸は時間（分）を表し、縦軸は第 1 床部 1 2 の撓みの最大値（mm）を表す。実線による線 L 2 7 は、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値のシミュレーション結果を表す。点線による線 L 2 8 は、前述の非特許文献 1 の $\{(L+1)/30\}$ の式による第 1 床部 1 2 の撓み制限値を表す。実施例の耐火構造物 1 1 C の第 1 床部 1 2 の第 2 交差方向 Y の長さは、比較例の耐火構造物 1 1 B の第 1 床部 1 2 の第 2 交差方向 Y の長さよりも短い。このため、線 L 2 8 により表される第 1 床部 1 2 の撓み制限値は、図 1 8 において線 L 8 により表される第 1 床部 1 2 の撓み制限値よりも小さい。ただし、実施例の耐火構造物 1 1 C の第 1 床部 1 2 の第 2 交差方向 Y の長さは比較例の耐火構造物 1 1 B の第 1 床部 1 2 の第 2 交差方向 Y の長さよりも短いため、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が小さくなる。

実施例の耐火構造物 1 1 C では、いわゆるメンブレン効果により火災が発生してから 1 2 0 分経過しても第 1 床部 1 2 の撓みの最大値は撓み制限値に達しなく、第 1 床部 1 2 は荷重を支持することができることが分かった。

- [0104] 図 2 4 に、実施例の耐火構造物 1 1 C における、時間に対する曲げ耐力の変化を示す。図 2 4 において、横軸は時間（分）を表し、縦軸は曲げ耐力（k

N/m^2) を表す。点線による線 L 3 3 は、第 1 耐火被覆梁 1 3 A の曲げ耐力のシミュレーション結果を表す。一点鎖線による線 L 3 4 は第 1 床部 1 2 の曲げ耐力のシミュレーション結果を表し、実線による線 L 3 2 は第 1 耐火被覆梁 1 3 A 及び第 1 床部 1 2 の全体としての曲げ耐力のシミュレーション結果を表す。点線による線 L 3 5 は、前述の荷重により作用する外力を表す。

[0105] 図 2 5 に、実施例の耐火構造物 1 1 C における、時間に対する（外力／曲げ耐力）の値の変化を示す。図 2 5 において、横軸は時間（分）を表し、縦軸は（外力／曲げ耐力）の値を表す。図 2 5 は、図 2 4 における線 L 3 2 が表す曲げ耐力と線 L 3 5 が表す外力との大小関係を明確に示すためのものである。実線による線 L 3 8 は、（外力／曲げ耐力）の値を表し、点線による線 L 3 9 は、（外力／曲げ耐力）の値が 1. 0 である線を表す。

時間の経過とともに、（外力／曲げ耐力）の値が大きくなって 1. 0 に近づく。しかし、1 2 0 分経過しても（外力／曲げ耐力）の値が 1. 0 に達しないことから、火災が発生してから 1 2 0 分経過しても第 1 床部 1 2 は荷重を支持することができることが分かった。

また、実施例の耐火構造物 1 1 C における（外力／曲げ耐力）の値が漸近する値は、比較例の耐火構造物 1 1 B における（外力／曲げ耐力）の値が漸近する値よりも小さく、実施例の耐火構造物 1 1 C では曲げ耐力に余裕があることが分かった。

[0106] 以上のように、実施例の耐火構造物 1 1 C では、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が撓み制限値に達しなく、かつ曲げ耐力よりも外力が小さいため、第 1 床部 1 2 は荷重を支持することができることが分かった。

比較例の耐火構造物 1 1 B を備える建築物 1 B において、第 1 耐火被覆梁 1 3 A、減耐火被覆梁 1 5、及び第 1 減耐火被覆梁 5 4 に耐火被覆を施したり、耐火被覆を削減したりすることにより、建築物 1 C が備える実施例の耐火構造物 1 1 C とすることができる。

[0107] 本実施形態の耐火構造物は、以下に説明するようにその構成を様々に変形させることができる。

図 26 に示す建築物 2 は、本実施形態の耐火構造物 7 1 と、支持構造物 8 1 A, 8 1 B と、を備えている。

耐火構造物 7 1 は、実施例の耐火構造物 1 1 C に対して耐火被覆柱 1 6 A, 1 6 B を備えていない。

支持構造物 8 1 A は、実施例の支持構造物 4 1 C に対して第 1 減耐火被覆梁 5 4 A, 5 4 B を備えていない。支持構造物 8 1 B は、実施例の支持構造物 4 1 D に対して第 2 減耐火被覆梁 6 3 A, 6 3 B を備えていない。

[0108] 図 27 に示す建築物 2 A は、本実施形態の耐火構造物 7 1 A と、支持構造物 8 1 A, 8 1 B と、を備えている。

耐火構造物 7 1 A は、変形例の耐火構造物 7 1 の各構成に加えて、耐火被覆柱 1 6 A, 1 6 B を備えている。

耐火被覆柱 1 6 A の上端部は、第 2 耐火被覆梁 1 4 A における第 2 交差方向 Y の中央部、及び第 1 床部 1 2 の隅部 1 2 a と隅部 1 2 c との中央部にそれぞれ接合されている。耐火被覆柱 1 6 B の上端部は、第 2 耐火被覆梁 1 4 B における第 2 交差方向 Y の中央部、及び第 1 床部 1 2 の隅部 1 2 b と隅部 1 2 d との中央部にそれぞれ接合されている。

[0109] 図 28 に示す建築物 2 B は、本実施形態の耐火構造物 7 1 B と、支持構造物 8 1 A, 8 1 B と、を備えている。

耐火構造物 7 1 B は、変形例の耐火構造物 7 1 の各構成に加えて、耐火被覆柱 1 6 A, 1 6 B, 1 6 C, 1 6 D を備えている。

耐火被覆柱 1 6 A の上端部は、第 2 耐火被覆梁 1 4 A と減耐火被覆梁 1 5 A との接合部、及び第 1 床部 1 2 の隅部 1 2 a と隅部 1 2 c との間の隅部 1 2 a 寄りの外縁にそれぞれ接合されている。耐火被覆柱 1 6 B の上端部は、第 2 耐火被覆梁 1 4 B と減耐火被覆梁 1 5 A との接合部、及び第 1 床部 1 2 の隅部 1 2 b と隅部 1 2 d との間の隅部 1 2 b 寄りの外縁にそれぞれ接合されている。

耐火被覆柱 1 6 C, 1 6 D は、耐火被覆柱 1 6 A と同様に構成されている。

耐火被覆柱 1 6 C の上端部は、第 2 耐火被覆梁 1 4 A と減耐火被覆梁 1 5 C

との接合部、及び第1床部12の隅部12aと隅部12cとの間の隅部12c寄りの外縁にそれぞれ接合されている。耐火被覆柱16Dの上端部は、第2耐火被覆梁14Bと減耐火被覆梁15Cとの接合部、及び第1床部12の隅部12bと隅部12dとの間の隅部12d寄りの外縁にそれぞれ接合されている。

第2耐火被覆梁14A, 14Bの両端は、一对の第1耐火被覆梁13A, 13Bに直接接合されている。第2耐火被覆梁14A, 14Bは、耐火被覆柱16に接合されている。

耐火被覆梁13, 14は、全体として環状に形成されている。

[0110] 耐火被覆柱16A, 16B, 16C, 16Dは、第1交差方向Xに並べて配置されるとともに、第2交差方向Yに第1のピッチP1で並べて配置されている。第2耐火被覆梁14A, 14Bは、第1のピッチP1よりも長い長さP2に形成されている。この場合、隅部12a, 12b及び隅部12c, 12dの少なくとも一方は、耐火被覆柱16A, 16B, 16C, 16Dよりも第2交差方向Yの外側に突出している。この変形例では、隅部12a, 12b及び隅部12c, 12dの全てが、耐火被覆柱16A, 16B, 16C, 16Dよりも第2交差方向Yの外側に突出している。

なお、第2耐火被覆梁14A, 14Bは、第1のピッチP1よりも短く形成されていてもよい。

[0111] 変形例の耐火構造物71Bによれば、第1床部12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の耐火被覆梁13, 14により下方から支持される。第1床部12に含まれている鉄筋23は、第1床部12の第1交差方向Xの端部間の引張力F2、及び、第1床部12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1床部12に作用する重力等により、第1床部12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1床部12の周囲が耐火被覆梁13, 14により支持される。そして、第1床部12が撓むことにより伸びた鉄筋23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 F_2 、 F_3 を伝達することにより、第1床部12の中央部が支持される。従って、耐火構造物11の耐火性能を従来と同等に維持することができる。

耐火構造物71Bでは、延長梁17A、17B、58A、58Bを介して結合隅部12a、12b、12c、12dが耐火被覆柱18A、18B、59A、59Bにより支持される。さらに、結合隅部12a～12dが、柱により直接的に支持されない。従って、第1床部12の結合隅部12a～12dにおける設計の自由度を高めるとともに、結合隅部12a～12dを支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0112] 第2耐火被覆梁14A、14Bが第1のピッチ P_1 よりも長い長さ P_2 に形成されているため、第2耐火被覆梁14A、14Bの端の位置が耐火被覆柱16A、16B、16C、16Dの位置に対して第2交差方向 Y にずれ、第2耐火被覆梁14A、14Bの端が支持する第1床部12の隅部12a、12b、12c、12dの下方に空間を形成することができる。

なお、第2交差方向 Y は、第1交差方向 X に交差する方向であってもよい。この場合、例えば第1床部12は平面視で平行四辺形状（四角形状）に形成される。

[0113] 本実施形態の耐火構造物11、及び変形例の耐火構造物71、71A、71Bのように、第1床部12の隅部12a～12dのうち延長梁が接合されない隅部の数は特に限定されず、1つでもよいし、2つ以上でもよい。

変形例の耐火構造物71、71A、71Bによっても、耐火性能を維持しつつ、第1床部12の隅部における設計の自由度を高めて、第1床部12の隅部12a～12dを支持する柱の少なくとも1つの耐火被覆を省略することができる。

[0114] （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14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、この建築物 4 は、本実施形態の耐火構造物 121 と、前記支持構造物 41 と、を備えている。

耐火構造物 121 は、第 1 実施形態の耐火構造物 11 の耐火被覆柱 16A, 16B、耐火被覆柱 18A, 18B に代えて、第 1 耐火被覆柱 122A, 122B、第 2 耐火被覆柱（耐火被覆柱）123A, 123B を備えている。第 1 耐火被覆柱 122A, 122B は、耐火被覆柱 16A と同様に構成されているが、耐火被覆柱 16A とは長さのみが異なる。第 1 耐火被覆柱 122A, 122B は、耐火被覆柱 16A よりも長い。

ここで第 1 耐火被覆柱 122A において、耐火被覆梁 13, 14 に接合される部分（自身の一部）を、柱片 122A1 とする。第 1 耐火被覆柱 122B についても同様に、上下方向 Z で耐火被覆梁 13, 14 に接合される部分を、柱片 122B1 とする。

[0115] 第 1 耐火被覆柱 122A, 122B は、耐火被覆梁 13, 14 を支持している。耐火被覆梁 13, 14 及び柱片 122A1, 122B1 は、全体として環状に形成されている。

第 2 耐火被覆柱 123A, 123B は、第 1 耐火被覆柱 122A と同様に構成されている。第 2 耐火被覆柱 123A の上下方向 Z の中間部は、延長梁 17A の第 2 端部に接合され、この第 2 端部を支持している。同様に、耐火被覆柱 123B の上下方向 Z の中間部は、延長梁 17B の第 2 端部に接合され、この第 2 端部を支持している。

第 1 床部 12 の結合隅部 12a, 12b は、柱により直接的に支持されない。なお、結合隅部 12a, 12b は、第 1 耐火被覆柱 122A, 122B よりも耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持されてもよい。

[0116] この例では、耐火被覆梁 13, 14 及び 2 つの柱片 122A1, 122B1 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の数、及び柱片の数は、特に限定されない。

[0117] 次に、以上のように構成された耐火構造物 121 を設計する設計方について説明する。図 8 は、本実施形態の設計方法 S30 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 3、第 2 支持仕様決定工程 S 7、及び判定工程 S 9 に代えて、耐火仕様決定工程 S 3 1、第 2 支持仕様決定工程 S 3 3、及び判定工程 S 3 5 を行うことである。

耐火仕様決定工程 S 3 1 では、床 4 4 から区画された第 1 床部 1 2 の周囲を、耐火被覆梁 1 3、1 4 及び柱片 1 2 2 A 1、1 2 2 B 1 により下方から支持させるように設定する。

第 2 支持仕様決定工程 S 3 3 では、結合隅部 1 2 a、1 2 b を、柱により直接的に支持させないか、第 1 耐火被覆柱 1 2 2 A、1 2 2 B よりも耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定する。

判定工程 S 3 5 では、耐火仕様決定工程 S 3 1 を、床 4 4 から区画される第 1 床部の形状及び大きさの少なくとも一方が変わるように、耐火被覆を施す複数の梁、及び耐火被覆を施す複数の柱の少なくとも一部を変えて行う。

[0118] 次に、耐火構造物 1 2 1 を施工する施工方法について説明する。図 1 4 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 及び第 1 支持工程 S 2 5、及び第 2 支持工程 S 2 7 に代えて、被覆施工工程 S 4 1 及び第 1 支持工程 S 4 3、及び第 2 支持工程 S 4 5 を行うことである。

被覆施工工程 S 4 1 では、梁 5 2 に耐火被覆を施して耐火被覆梁 1 3、1 4 とし、柱 5 3 に耐火被覆を施して第 1 耐火被覆柱 1 2 2 A、1 2 2 B とする。これにより、床 4 4 から区画された第 1 床部 1 2 の周囲を耐火被覆梁 1 3、1 4 及び柱片 1 2 2 A 1、1 2 2 B 1 により下方から支持させるようにする。

第 1 支持工程 S 4 3 では、結合隅部 1 2 a、1 2 b に延長梁 1 7 A、1 7 B の第 1 端部を結合させる。そして、延長梁 1 7 A、1 7 B の第 2 端部を第 2 耐火被覆柱 1 2 3 A、1 2 3 B で支持する。

第 2 支持工程 S 4 5 では、結合隅部 1 2 a、1 2 b を、柱により直接的に支

持させない。なお、第2支持工程S45では、結合隅部12a, 12bを、第1耐火被覆柱122A, 122Bよりも耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させてもよい。

[0119] 以上説明したように、本実施形態の設計方法S30によれば、構造決定工程S1及び耐火仕様決定工程S31を行うことで、第1床部12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耐火被覆梁13, 14及び柱片122A1, 122B1により下方から支持させるように設定される。第1床部12に含まれている鉄筋23は、第1床部12の第1交差方向Xの端部間の引張力F2、及び、第1床部12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1床部12に作用する重力等により、第1床部12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1床部12の周囲が耐火被覆梁13, 14及び柱片122A1, 122B1により支持される。そして、第1床部12が撓むことにより伸びた鉄筋23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1床部12の中央部が支持される。従って、耐火構造物121の耐火性能を従来と同等に維持するように設定することができる。

[0120] 第1支持仕様決定工程S5において、延長梁17A, 17Bを介して結合隅部12a, 12bが第2耐火被覆柱123A, 123Bにより支持するように設定される。さらに、第2支持仕様決定工程S33において、結合隅部12a, 12bが、柱により直接的に支持させないように設定される。従って、第1床部12の結合隅部12a, 12bにおける設計の自由度を高めるとともに、結合隅部12a, 12bを支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0121] 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1床部12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耐火被覆梁13, 14及び柱片122A1, 122B1により下方から支持させる。第1床部12

に含まれている鉄筋 2 3 は、第 1 床部 1 2 の第 1 交差方向 X の端部間の引張力 F_2 、及び、第 1 床部 1 2 の第 2 交差方向 Y の端部間の引張力 F_3 をそれぞれ伝達する。火災時には、第 1 床部 1 2 に作用する重力等により、第 1 床部 1 2 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 1 床部 1 2 の周囲が耐火被覆梁 1 3, 1 4 及び柱片 1 2 2 A 1, 1 2 2 B 1 により支持される。そして、第 1 床部 1 2 が撓むことにより伸びた鉄筋 2 3 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 F_2 , F_3 を伝達することにより、第 1 床部 1 2 の中央部が支持される。従って、耐火構造物 1 2 1 の耐火性能を従来と同等に維持することができる。

第 1 支持工程 S 4 3 を行くと、延長梁 1 7 A, 1 7 B を介して結合隅部 1 2 a, 1 2 b を第 2 耐火被覆柱 1 2 3 A, 1 2 3 B により支持する。さらに、第 2 支持工程 S 4 5 を行くと、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を、柱により直接的に支持させない。従って、第 1 床部 1 2 の結合隅部 1 2 a, 1 2 b における設計の自由度を高めるとともに、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0122] また、本実施形態の耐火構造物 1 2 1 によれば、第 1 床部 1 2 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耐火被覆梁 1 3, 1 4 及び柱片 1 2 2 A 1, 1 2 2 B 1 により下方から支持される。第 1 床部 1 2 に含まれている鉄筋 2 3 は、第 1 床部 1 2 の第 1 交差方向 X の端部間の引張力 F_2 、及び、第 1 床部 1 2 の第 2 交差方向 Y の端部間の引張力 F_3 をそれぞれ伝達する。火災時には、第 1 床部 1 2 に作用する重力等により、第 1 床部 1 2 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む。しかし、メンブレン効果により、第 1 床部 1 2 の周囲が耐火被覆梁 1 3, 1 4 及び柱片 1 2 2 A 1, 1 2 2 B 1 により支持される。そして、第 1 床部 1 2 が撓むことにより伸びた鉄筋 2 3 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 F_2 , F_3 を伝達することにより、第 1 床部 1 2 の中央部が支持される。従って、耐火構造物 1 2 1 の耐火性能を従来と同

等に維持することができる。

耐火構造物 1 2 1 では、延長梁 1 7 A, 1 7 B を介して結合隅部 1 2 a, 1 2 b が第 2 耐火被覆柱 1 2 3 A, 1 2 3 B により支持される。さらに、結合隅部 1 2 a, 1 2 b が、柱により直接的に支持されない。従って、第 1 床部 1 2 の結合隅部 1 2 a, 1 2 b における設計の自由度を高めるとともに、結合隅部 1 2 a, 1 2 b を支持する柱の耐火被覆を省略することができる。

[0123] 設計方法 S 3 0 において、判定工程 S 3 5 を行う。これにより、判定工程 S 3 5 において、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が閾値 K 未満であるか否かを判定することができる。

判定工程 S 3 5 において Y E S と判定されたときには、床 4 4 から区画される第 1 床部の形状及び大きさの少なくとも一方が変わるように、耐火被覆を施す複数の梁 5 2 の少なくとも一部を変えて、耐火仕様決定工程 S 3 1 を行い、その後、判定工程 S 3 5 を行う。これにより、第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が閾値 K 未満でないときに、床 4 4 から区画される第 1 床部 1 2 の形状及び大きさの少なくとも一方を調節して、判定工程 S 3 5 において、再び第 1 床部 1 2 の撓みの最大値が閾値 K 未満であるか否かを判定することができる。

[0124] (第 3 実施形態)

次に、本発明の第 3 実施形態について図 3 0 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 3 0 に示すように、この建築物 3 には、本実施形態の耐火構造物 9 1 A, 9 1 B, 9 1 C が用いられている。なお、図 3 0 では、後述する耐火被覆梁 9 4 及び減耐火被覆梁 9 5 を透過して示し、耐火構造物 9 1 A, 9 1 B, 9 1 C が備える床部 9 6 a, 9 6 b, 9 6 c にハッチングを付して示している。

建築物 3 は、平面視で碁盤目状に配置された複数の耐火被覆柱 9 3 を備えている。複数の耐火被覆柱 9 3 は、第 1 交差方向 X 及び第 2 交差方向 Y にそれ

ぞれ並べて配置されている。

複数の耐火被覆柱 9 3 には、複数の耐火被覆梁 9 4 が接合され、さらに複数の耐火被覆梁 9 4 には、減耐火被覆梁 9 5 が接合されている。

[0125] 複数の耐火被覆梁 9 4 及び減耐火被覆梁 9 5 上には、床 9 6 が支持されている。

平面視における建築物 3 の中心にはコアウォール 9 9 が配置され、建築物 3 の外縁には階段 1 0 0 が配置されている。

耐火構造物 9 1 A は、床 9 6 の一部である床部 9 6 a を備えている。床部 9 6 a 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。床部 9 6 a のいずれの隅部にも、耐火被覆柱 9 3 が接合されていない。

耐火構造物 9 1 B が備える床部 9 6 b の 4 つの隅部のうち、2 つの隅部に耐火被覆柱 9 3 が接合されている。耐火構造物 9 1 C が備える床部 9 6 c の 4 つの隅部のうち、2 つの隅部に耐火被覆柱 9 3 が接合されている。

[0126] 本実施形態の耐火構造物 9 1 A, 9 1 B, 9 1 C によれば、耐火性能を維持しつつ、床部 9 6 a, 9 6 b, 9 6 c の隅部における設計の自由度を高めて、床部 9 6 a, 9 6 b, 9 6 c の複数の隅部を支持する柱の少なくとも 1 つの耐火被覆を省略することができる。そして、建築物 3 内に耐火構造物 9 1 A, 9 1 B, 9 1 C を配置する自由度を高めることができる。

[0127] 以上、本発明の第 1 実施形態から第 3 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て利用できることは、言うまでもない。

例えば、前記第 1 実施形態及び第 2 実施形態の設計方法 S, S 3 0 では、判定工程 S 9 を行わなくてもよい。耐火構造物の所望の加熱時間における第 1 床部の撓みの最大値は、閾値 K 以上であってもよい。

[0128] 前記第 1 実施形態から第 3 実施形態では、耐火被覆梁 1 3, 1 4 は、スタッ
ド 3 5 を備えなくてもよい。すなわち、第 1 床部 1 2 の周囲は耐火被覆梁 1

3, 14 により下方から支持されたり、耐火被覆梁 13, 14 及び柱片 12A1, 122B1 により下方から支持されていてもよい。

第1床部は、平面視で3角形状、5角形状等の多角形状であってもよい。耐火被覆梁 13, 14 は、全体として平面視で円環状等に形成されているとしてもよい。耐火構造物は、減耐火被覆梁を備えなくてもよい。

産業上の利用可能性

[0129] 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、耐火性能を維持しつつ、床部の隅部における設計の自由度を高めて、床部の複数の隅部を支持する柱の少なくとも1つの耐火被覆を省略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

[0130] 11, 11A, 11C, 71, 71A, 71B, 91A, 91B, 91C,
121 耐火構造物
12, 12A 第1床部（床部）
12a, 12b 隅部（結合隅部）
12c, 12d 隅部
12e 平面
13A, 13B 第1耐火被覆梁（耐火被覆梁）
14A, 14B 第2耐火被覆梁（耐火被覆梁）
15A, 15B, 15C, 95 減耐火被覆梁
16A, 16B, 16C, 16D, 93 耐火被覆柱
17A, 17B 延長梁
18A, 18B 耐火被覆柱
21 第1デッキプレート（引張力伝達部材）
23 鉄筋（引張力伝達部材）
44 床（スラブ）
45A, 45B 第1耐火被覆柱（耐火被覆柱）

5 2 梁

5 3 柱

5 9 A, 5 9 B 第2耐火被覆柱（耐火被覆柱）

9 4 耐火被覆梁

9 6 a, 9 6 b, 9 6 c 床部

1 2 2 A, 1 2 2 B 第1耐火被覆柱

1 2 2 A 1, 1 2 2 B 1 柱片（自身の一部）

1 2 3 A, 1 2 3 B 第2耐火被覆柱

F 2, F 3 引張力

S, S 3 0 設計方法（耐火構造物の設計方法）

S 1 構造決定工程

S 3, S 3 1 耐火仕様決定工程

S 5 第1支持仕様決定工程

S 7, S 3 3 第2支持仕様決定工程

S 9, S 3 5 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

S 2 5, S 4 3 第1支持工程

S 2 7, S 4 5 第2支持工程

X 第1交差方向

Y 第2交差方向

請求の範囲

[請求項1] 引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、
耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する環状の耐火被覆梁と、
耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、
耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する耐火被覆柱と、
を備え、
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、
前記結合隅部に前記延長梁を結合させ、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を前記耐火被覆柱で支持するように設定する第1支持仕様決定工程と、
前記結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、前記耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定する第2支持仕様決定工程と、
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、前記第1支持仕様決定工程、及び前記第2支持仕様決定工程の後で、
前記耐火構造物が、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前記床部の撓みの最大値が、(1)式で定められた閾値K未満である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。
$$K = (L + l) / 30 \quad \cdots (1)$$

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3] 前記判定工程において、前記床部の撓みの最大値が前記閾値K未満でないときには、
前記耐火仕様決定工程を、前記スラブから区画される前記床部の形状及び大きさの少なくとも一方が変わるように、前記耐火被覆を施す前記複数の梁の少なくとも一部を変えて行い、
さらに、前記第1支持仕様決定工程及び前記第2支持仕様決定工程を行った後で、前記判定工程を行う請求項2に記載の耐火構造物の設計方法。
- [請求項4] 引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、
耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する耐火被覆梁と、
耐火被覆が施され、前記耐火被覆梁を支持するとともに、自身の一部及び前記耐火被覆梁が全体として環状に形成された第1耐火被覆柱と、
耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、

耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する第2耐火被覆柱と、

を備え、

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、及び前記柱に耐火被覆を施した前記第1耐火被覆柱の前記一部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、

前記結合隅部に前記延長梁を結合させ、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を前記第2耐火被覆柱で支持するように設定する第1支持仕様決定工程と、

前記結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、前記第1耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させるように設定する第2支持仕様決定工程と、

を行う耐火構造物の設計方法。

[請求項5]

前記耐火仕様決定工程、前記第1支持仕様決定工程、及び前記第2支持仕様決定工程の後で、

前記耐火構造物が、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前記床部の撓みの最大値が、(2)式で定められた閾値K未満であるかを判定する判定工程を行う請求項4に記載の耐火構造物の設計方

法。

$$K = (L + l) / 30 \quad \cdots (2)$$

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6] 前記判定工程において、前記床部の撓みの最大値が前記閾値 K 未満でないときには、

前記耐火仕様決定工程を、前記スラブから区画される前記床部の形状及び大きさの少なくとも一方が変わるように、前記耐火被覆を施す前記複数の梁、及び前記耐火被覆を施す前記複数の柱の少なくとも一部を変えて行い、

さらに、前記第 1 支持仕様決定工程及び前記第 2 支持仕様決定工程を行った後で、前記判定工程を行う請求項 5 に記載の耐火構造物の設計方法。

[請求項7] 請求項 1 から 6 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8] 引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、

耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する環状の耐火被覆梁と、

耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも 1 つである結合隅部に結合された延長梁と、

耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する耐火被覆柱と、

を備え、

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、

前記梁に耐火被覆を施して前記耐火被覆梁とすることで、前記スラブから区画された前記床部の周囲を前記耐火被覆梁により下方から支持させる被覆施工工程と、

前記結合隅部に前記延長梁を結合させ、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を前記耐火被覆柱で支持する第1支持工程と、

前記結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、前記耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させる第2支持工程と、

を行う耐火構造物の施工方法。

[請求項9]

引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、

耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する耐火被覆梁と、

耐火被覆が施され、前記耐火被覆梁を支持するとともに、自身の一部及び前記耐火被覆梁が全体として環状に形成された第1耐火被覆柱と、

耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、

耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する第2耐火被覆柱と、

を備え、

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、

前記梁に耐火被覆を施して前記耐火被覆梁とし、前記柱に耐火被覆を施して前記第 1 耐火被覆柱とすることで、前記スラブから区画された前記床部の周囲を前記耐火被覆梁及び前記第 1 耐火被覆柱の前記一部により下方から支持させるようにする被覆施工工程と、

前記結合隅部に前記延長梁を結合させ、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を前記第 2 耐火被覆柱で支持する第 1 支持工程と、

前記結合隅部を、柱により直接的に支持させないか、前記第 1 耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持させる第 2 支持工程と、

を行う耐火構造物の施工方法。

[請求項10]

引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、

耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する環状の耐火被覆梁と、

耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも 1 つである結合隅部に結合された延長梁と、

耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する耐火被覆柱と、

を備え、

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 交差方向としたときに、

前記結合隅部は、柱により直接的に支持されないか、前記耐火被覆柱

よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持され、

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11] 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 10 に記載の耐火構造物。

[請求項12] 前記多角形状は、矩形状である請求項 10 又は 11 に記載の耐火構造物。

[請求項13] 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、(3) 式で定められた閾値 K 未満である請求項 10 から 12 のいずれか一項に記載の耐火構造物。

$$K = (L + l) / 30 \quad \cdots (3)$$

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14] 前記引張力伝達部材は、
前記第 1 交差方向に沿って延び、前記床部の前記第 1 交差方向の端部間の引張力を伝達する第 1 鉄筋と、
前記第 2 交差方向に沿って延び、前記床部の前記第 2 交差方向の端部間の引張力を伝達する第 2 鉄筋とを有する請求項 10 から 13 のいずれか一項に記載の耐火構造物。

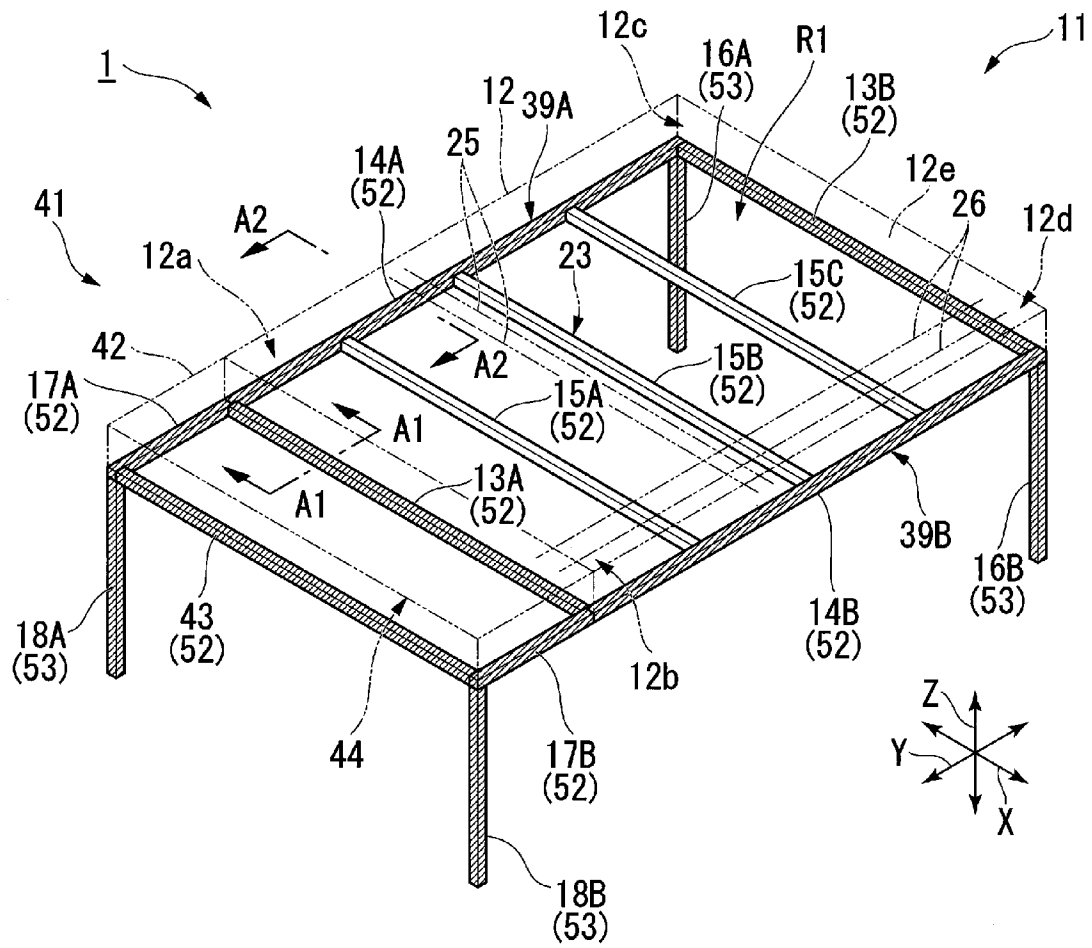
[請求項15] 引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で複数の隅部を有する多角形状に区画された床部と、
耐火被覆が施され、前記床部の周囲を下方から支持する耐火被覆梁と

、
耐火被覆が施され、前記耐火被覆梁を支持するとともに、自身の一部及び前記耐火被覆梁が全体として環状に形成された第1耐火被覆柱と、
、
耐火被覆が施され、前記床部の前記複数の隅部の少なくとも1つである結合隅部に結合された延長梁と、
耐火被覆が施され、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する第2耐火被覆柱と、
を備え、
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交差方向としたときに、
前記結合隅部は、柱により直接的に支持されないか、前記第1耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持され、
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。

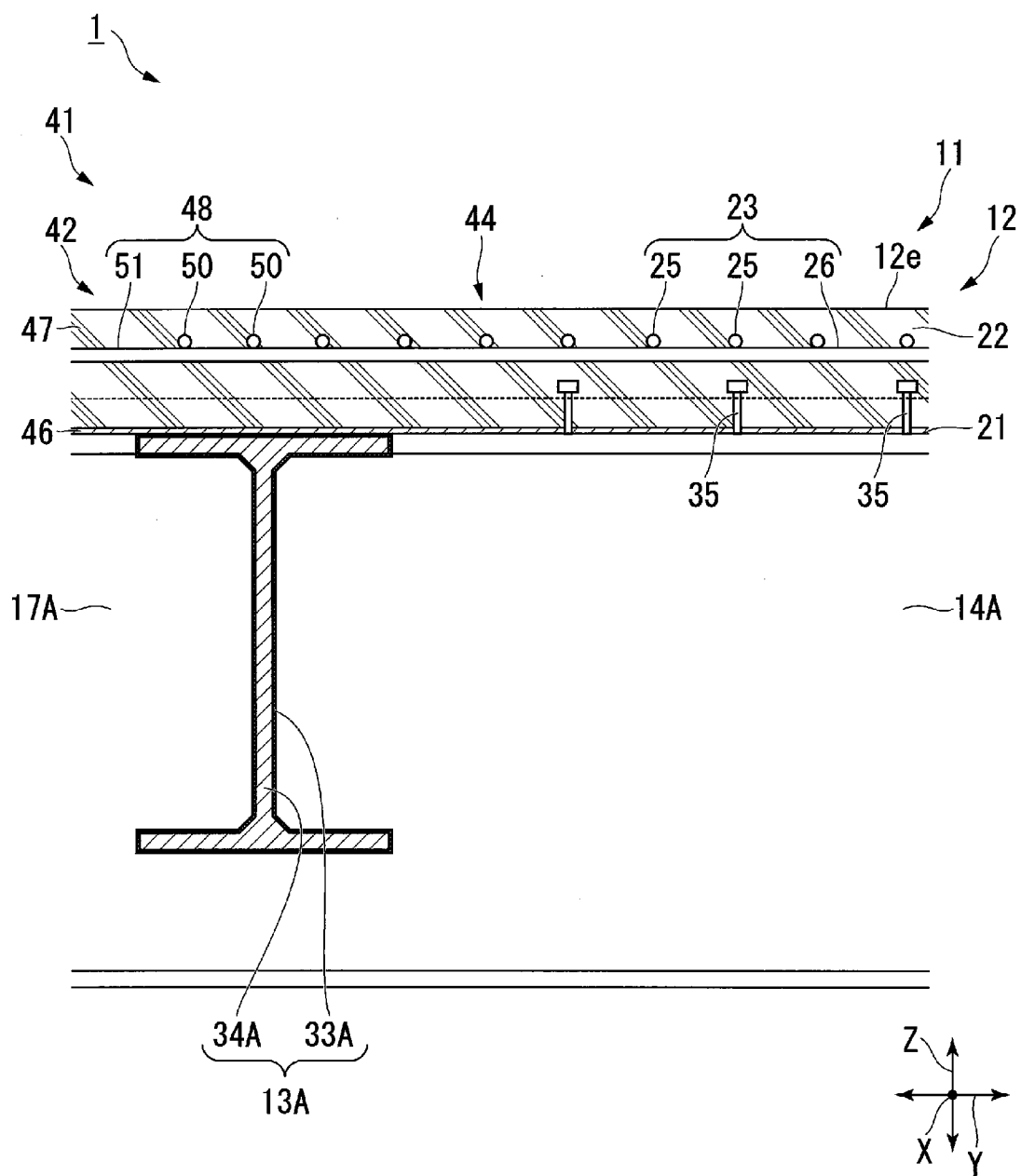
[請求項16] 耐火被覆が施され、水平面に沿う第1交差方向に並べて配置されるときに、水平面に沿い前記第1交差方向に交差する第2交差方向に第1のピッチで並べて配置された複数の耐火被覆柱と、
耐火被覆が施され、前記第1交差方向に沿って延びるとともに前記第2交差方向に互いに間隔を開けて配置された一对の第1耐火被覆梁と、
、
耐火被覆が施され、前記第2交差方向に沿って延びて、前記第1のピッチとは異なる長さに形成され、両端が前記一对の第1耐火被覆梁に直接接合されるときに、前記複数の耐火被覆柱にそれぞれ接合された一对の第2耐火被覆梁と、
引張力伝達部材を含むスラブにおいて、平面視で4つの隅部を有する

四角形状に区画され、前記一对の第1 耐火被覆梁及び前記一对の第2 耐火被覆梁により周囲が下方から支持された床部と、
耐火被覆が施され、前記床部の前記4 つの隅部の少なくとも1 つである結合隅部に結合された延長梁と、
を備え、
前記結合隅部は、柱により直接的に支持されないか、前記耐火被覆柱よりも前記耐火被覆が削減された減耐火被覆柱により下方から支持され、
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し、
前記複数の耐火被覆柱の少なくとも1 つは、前記延長梁における前記結合隅部に結合された部分とは異なる部分を支持する耐火構造物。

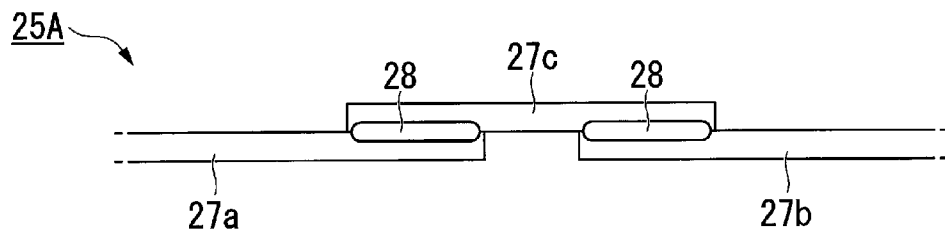
[図1]



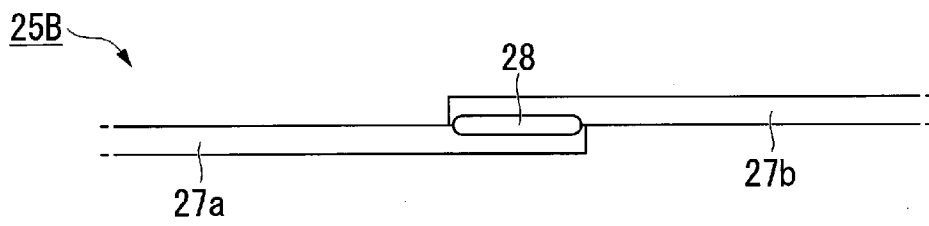
[図2]



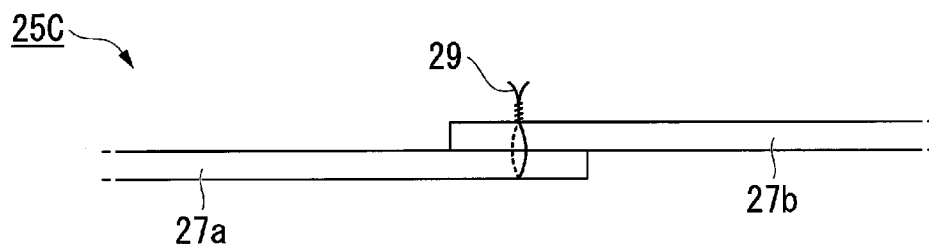
[図3]



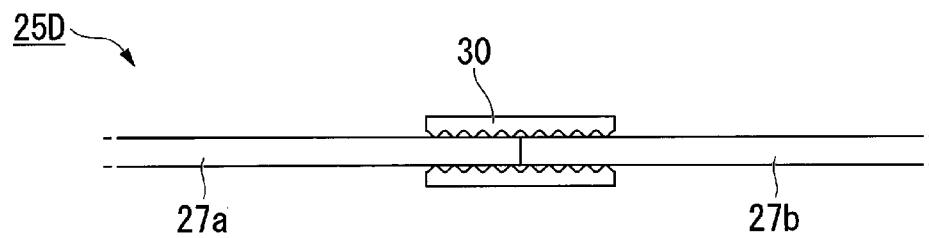
[図4]



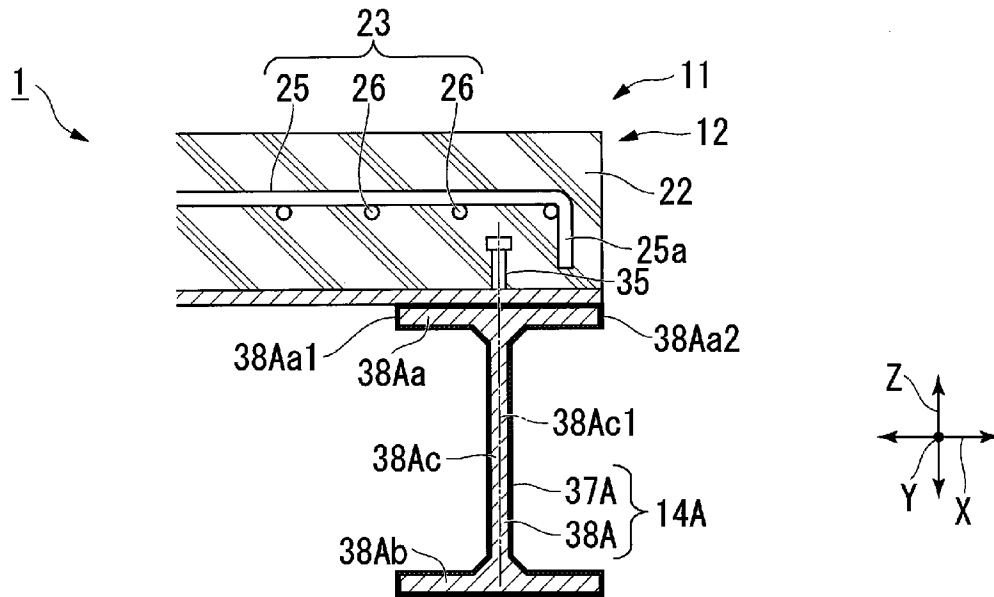
[図5]



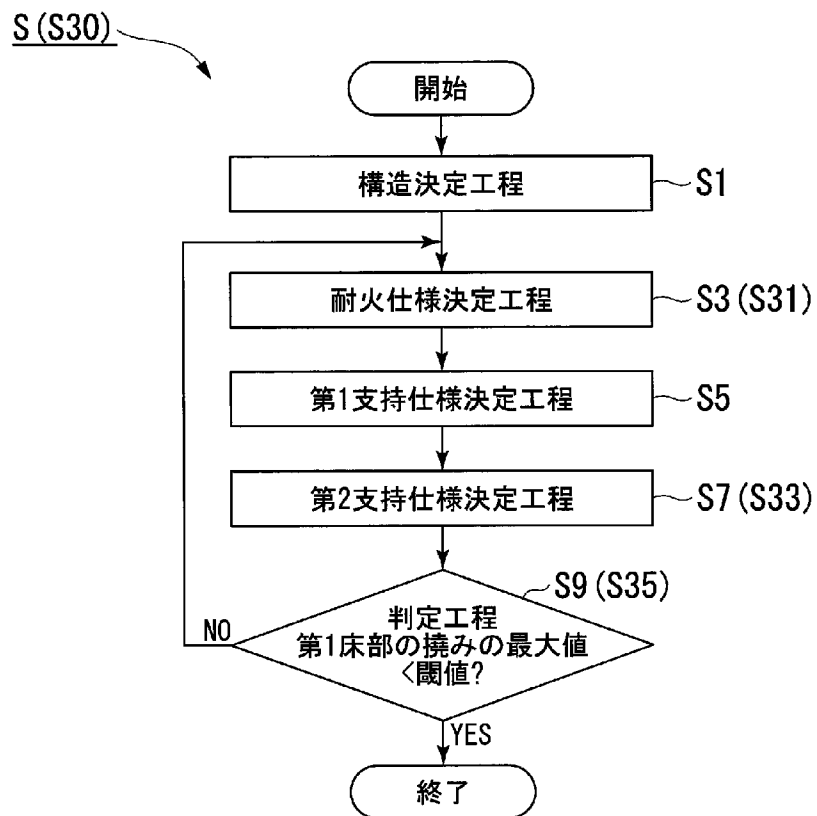
[図6]



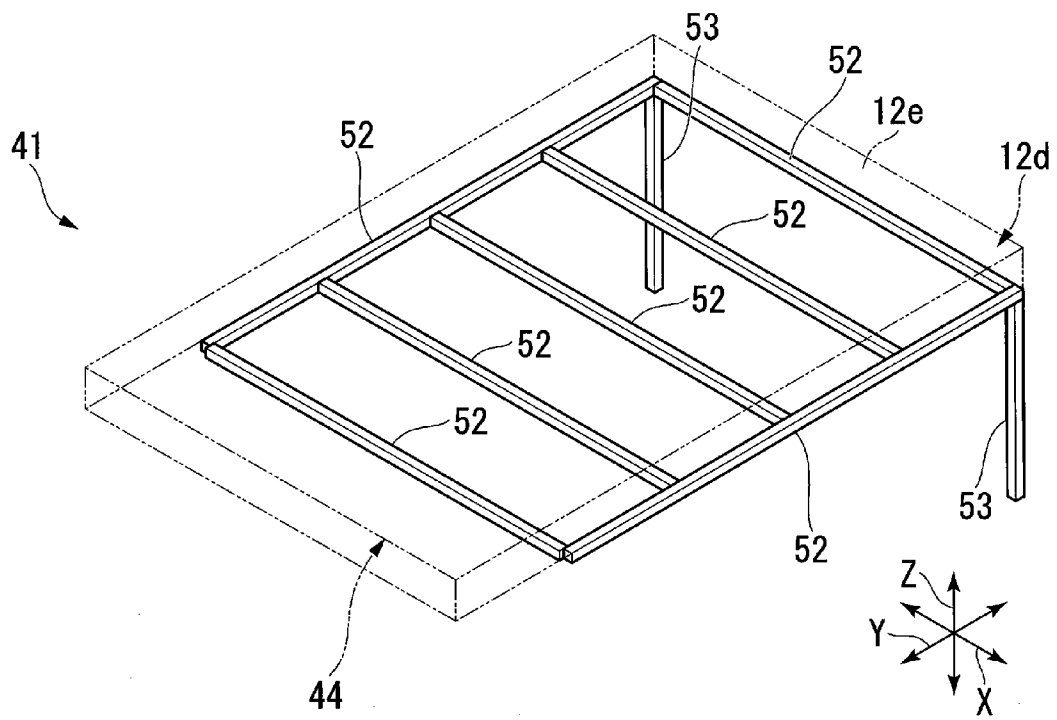
[図7]



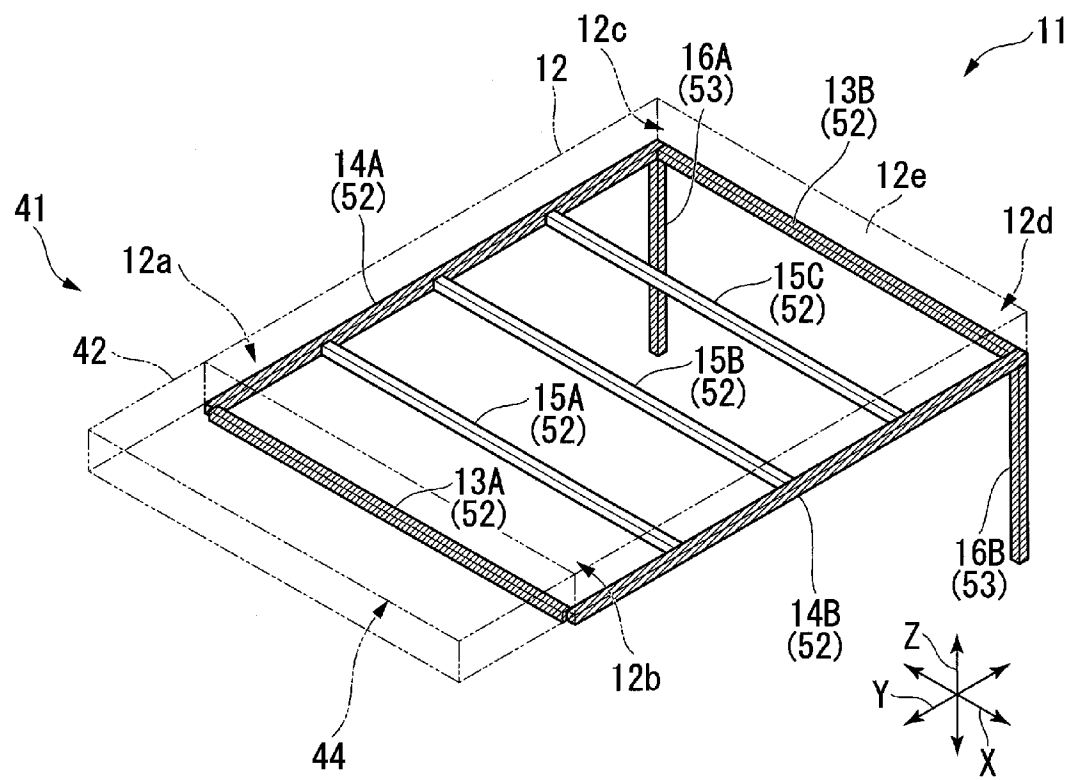
[図8]



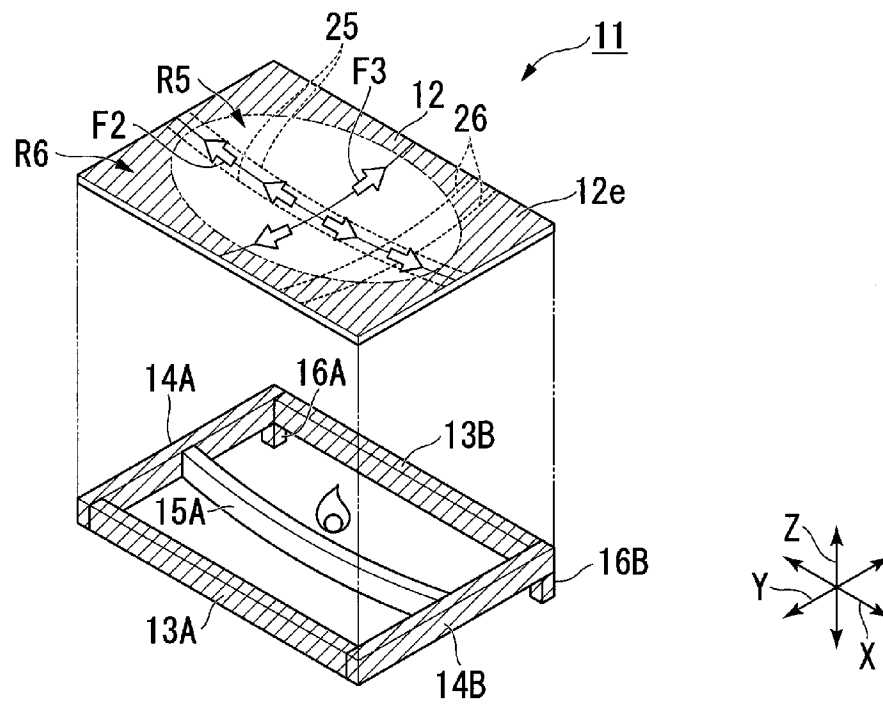
[図9]



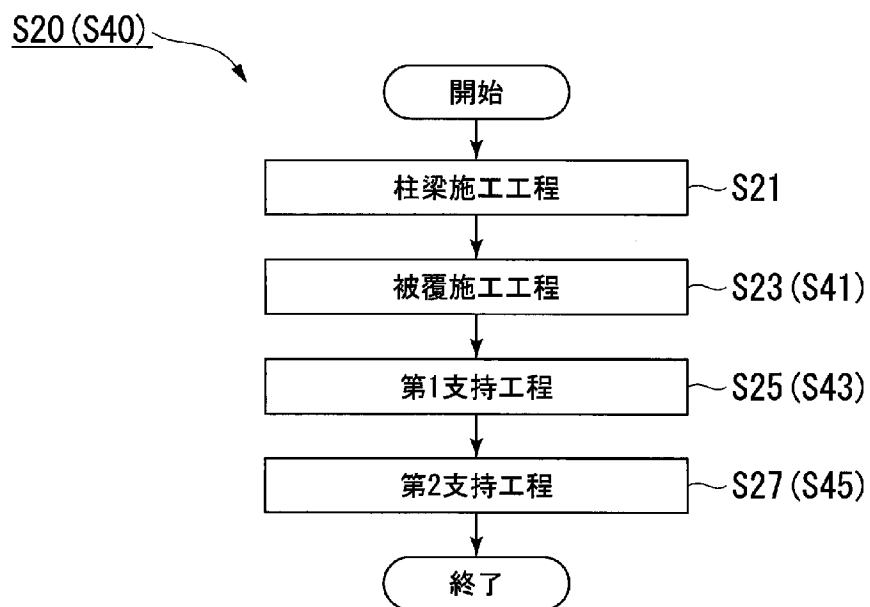
[図10]



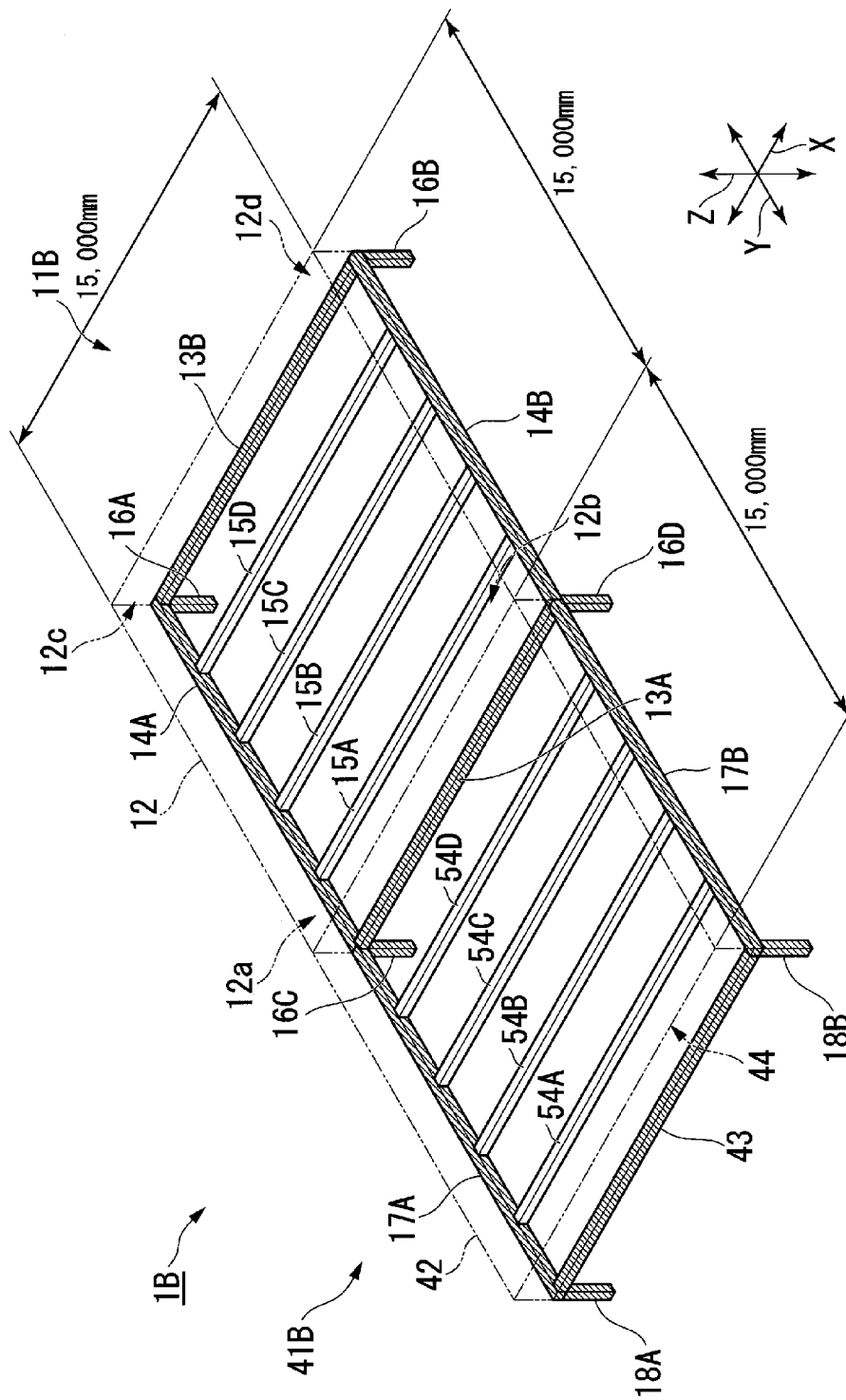
[図13]



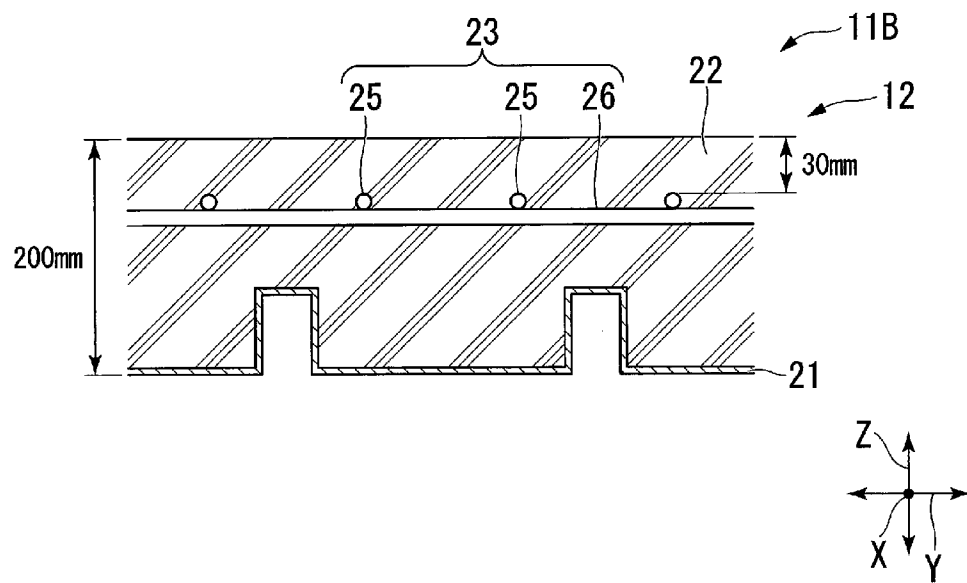
[図14]



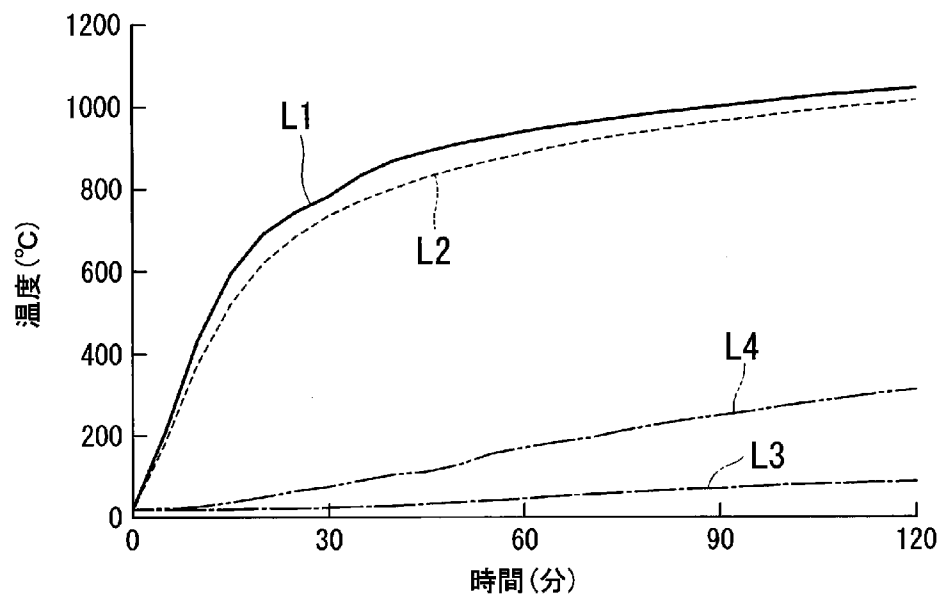
[図15]



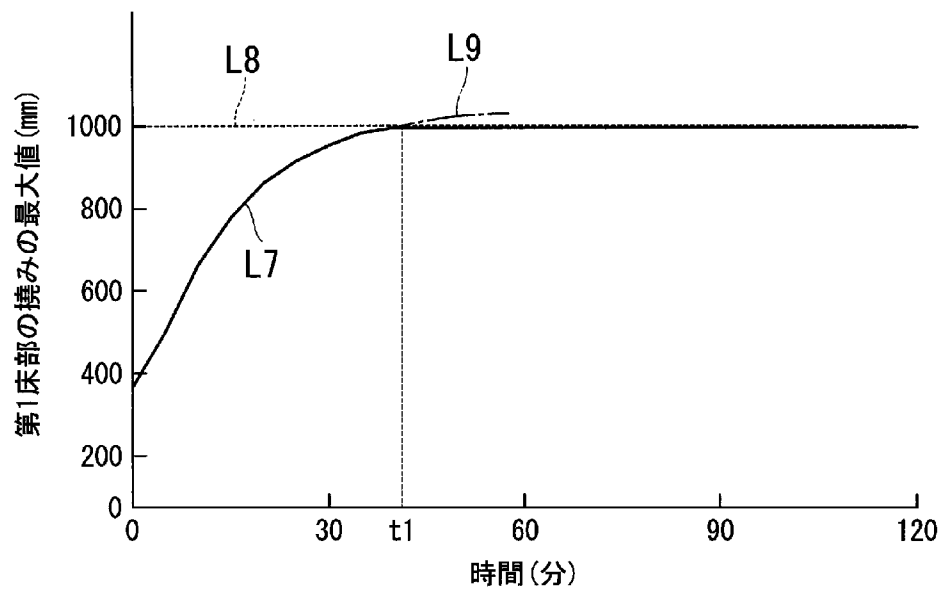
[図16]



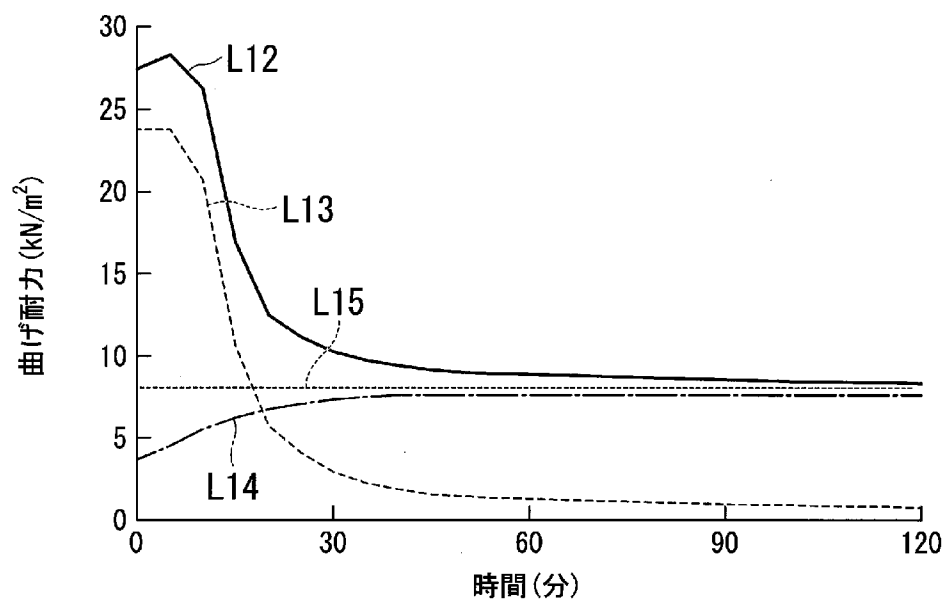
[図17]



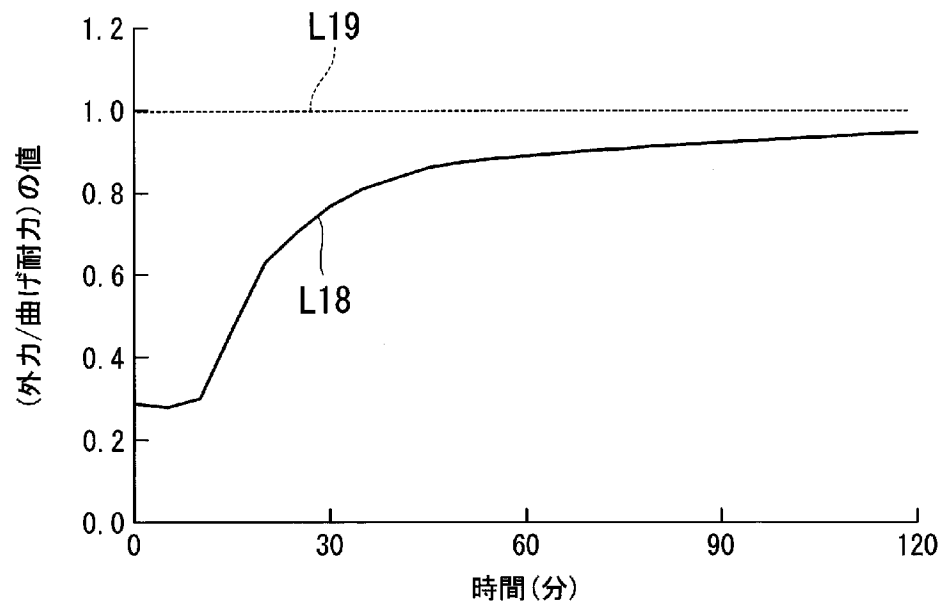
[図18]



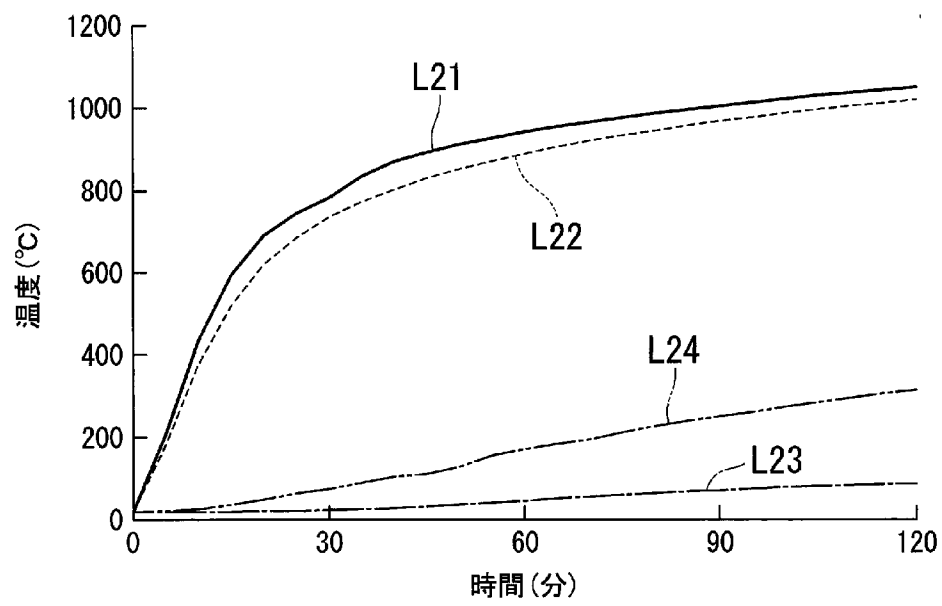
[図19]



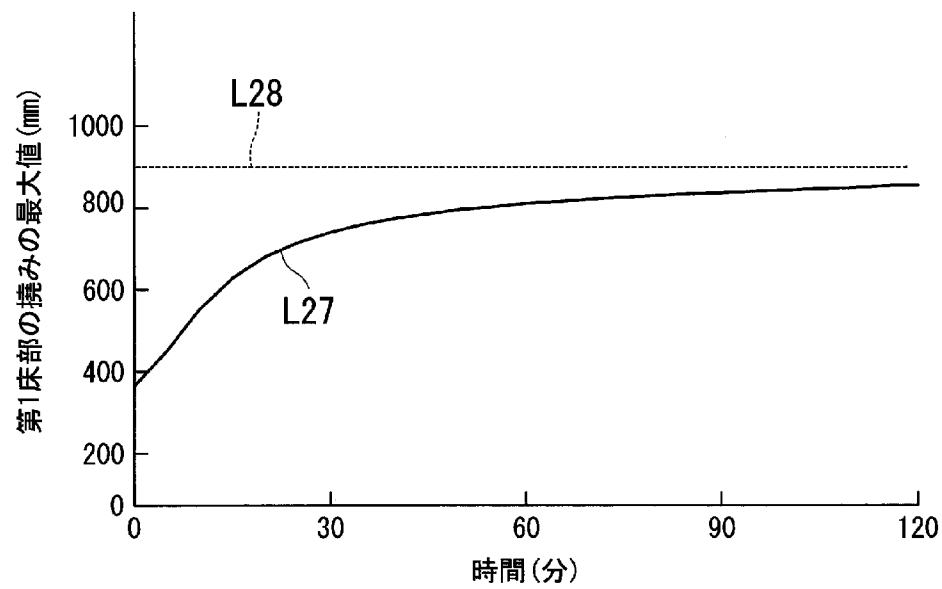
[図20]



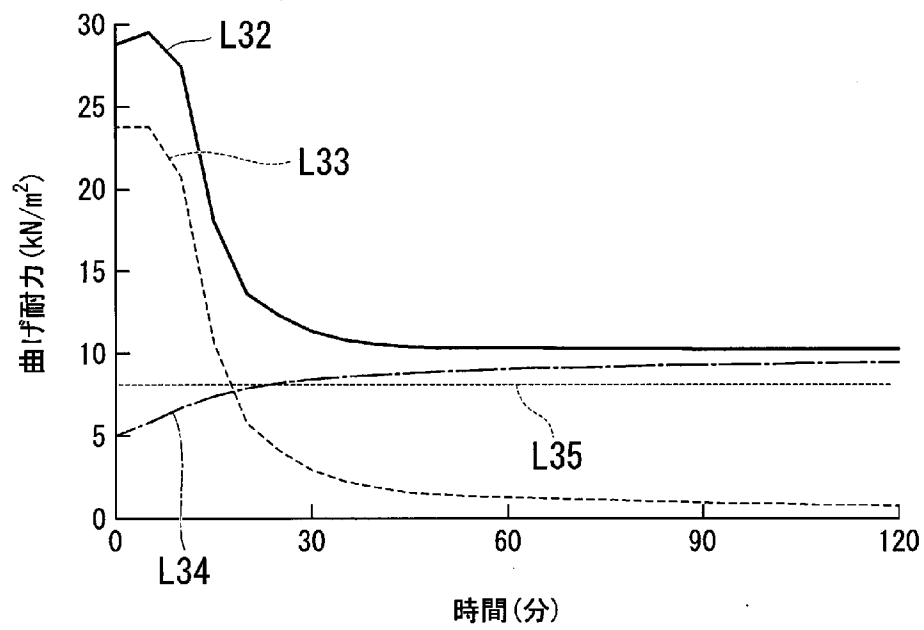
[図22]



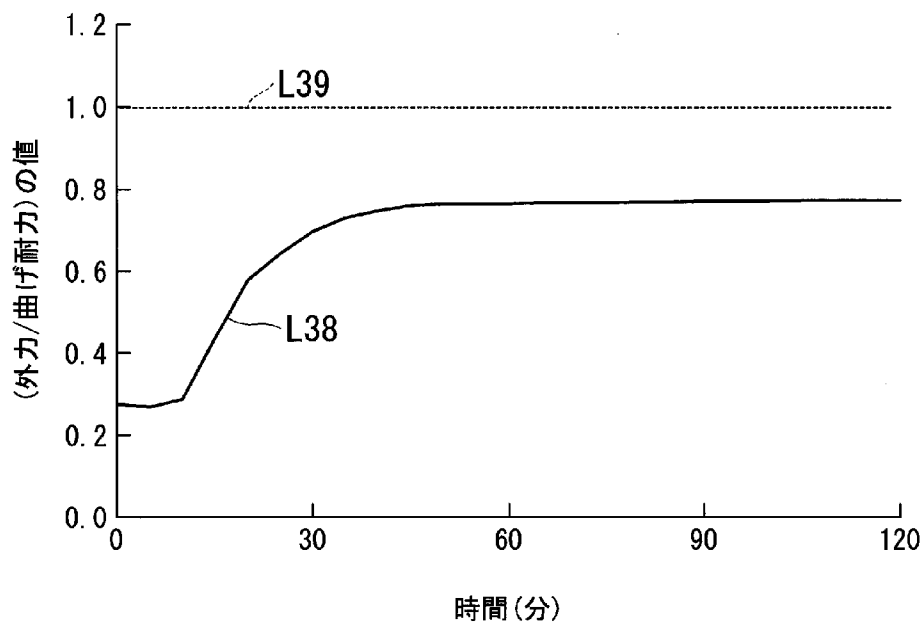
[図23]



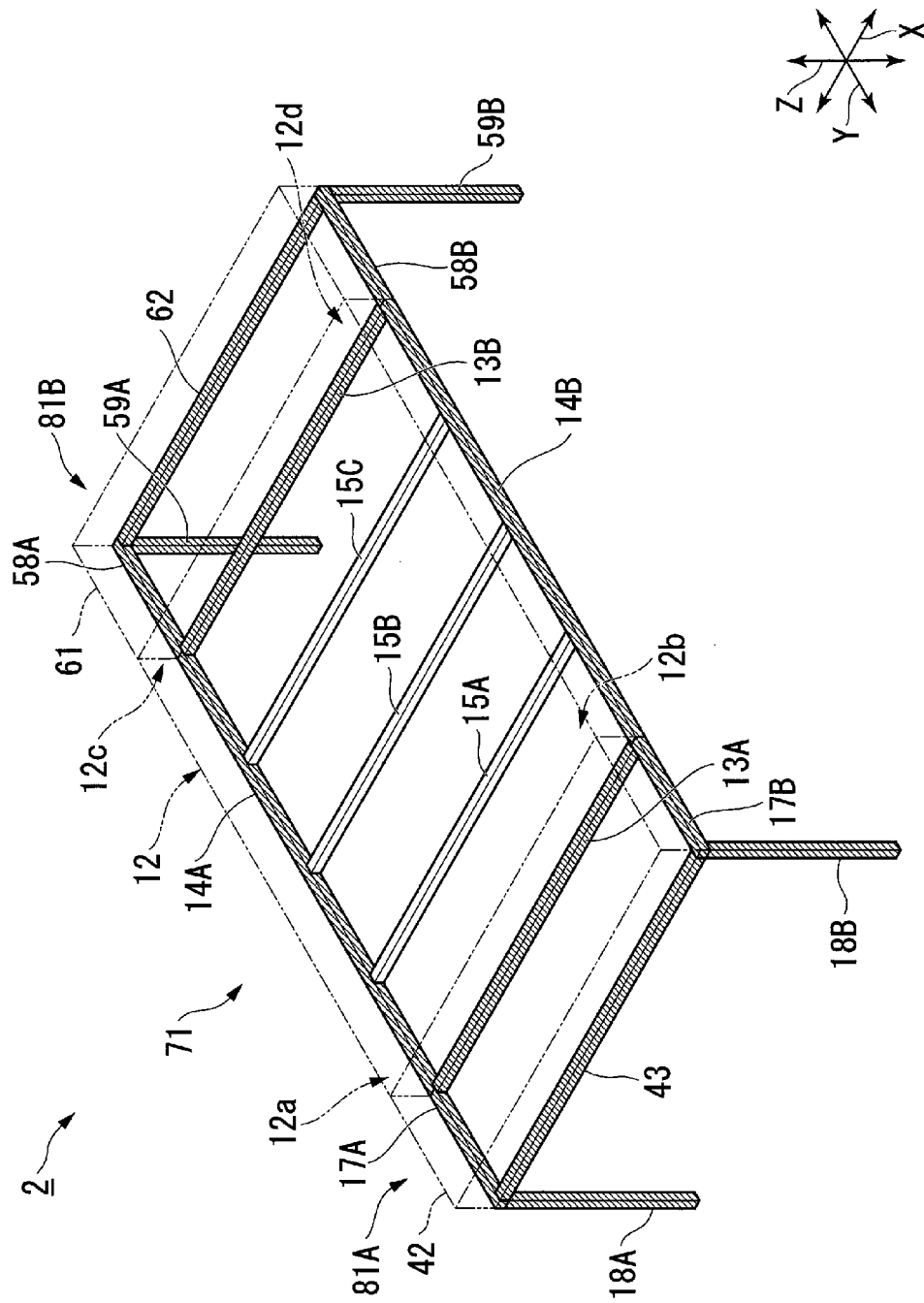
[図24]



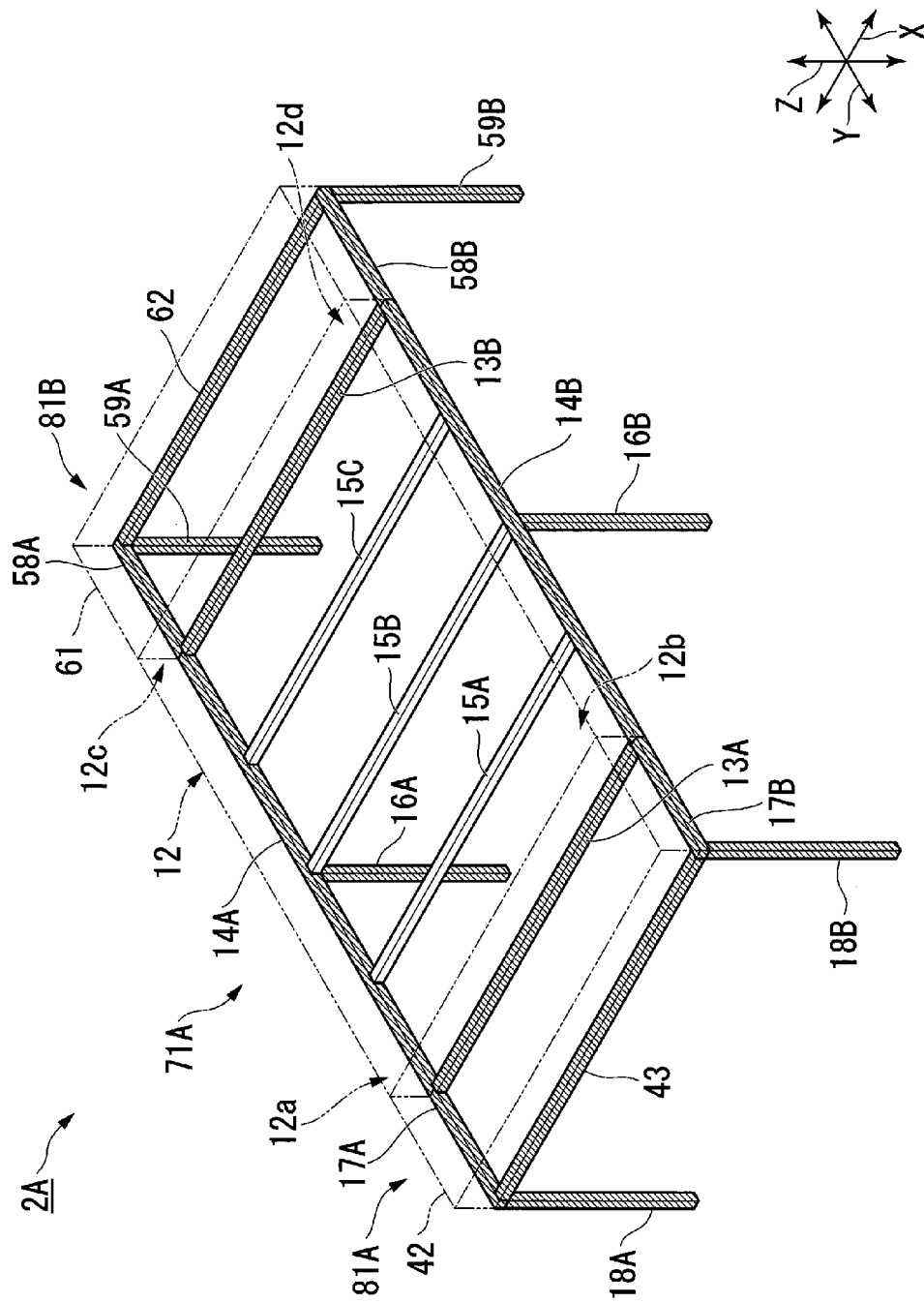
[図25]



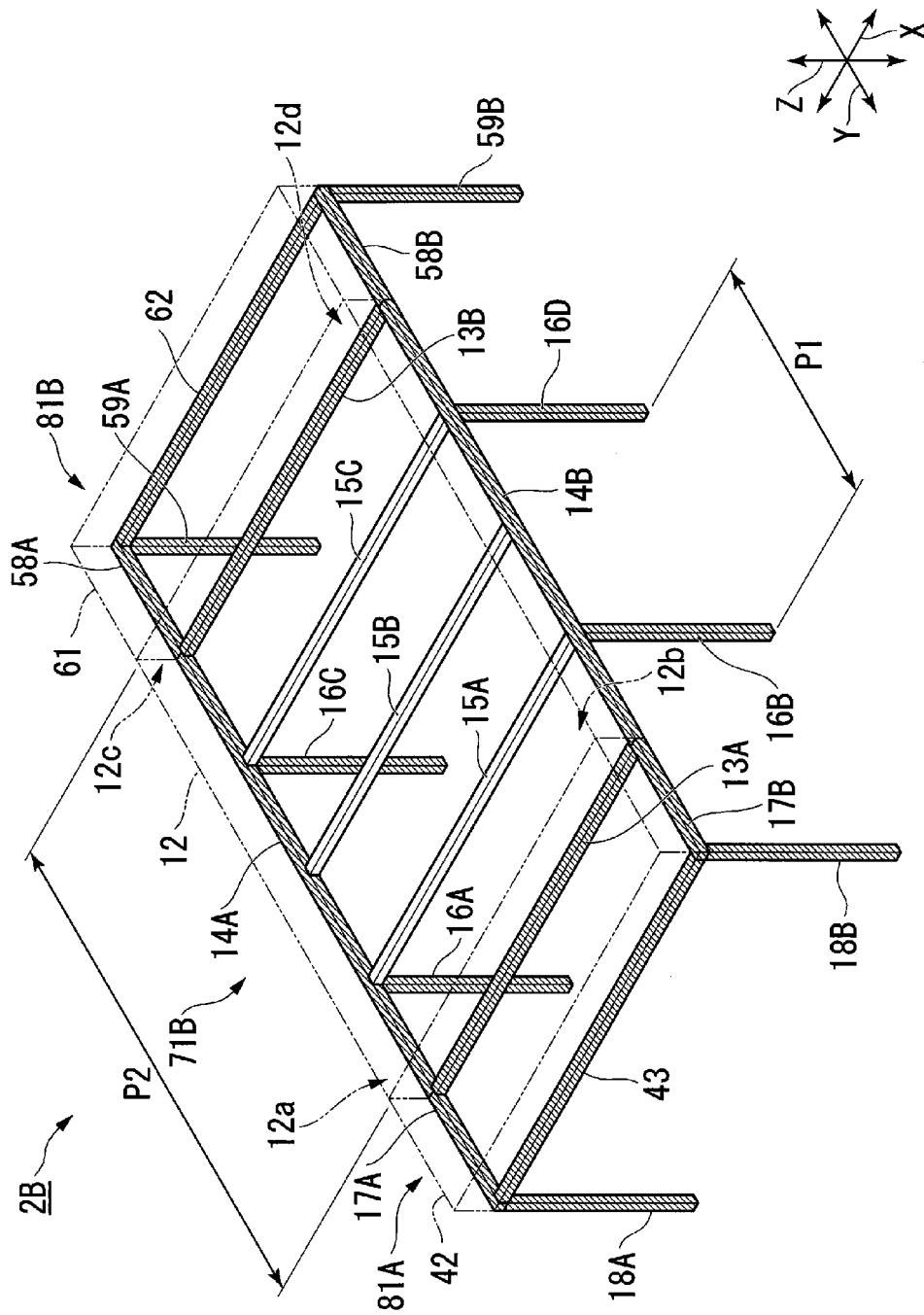
[図26]



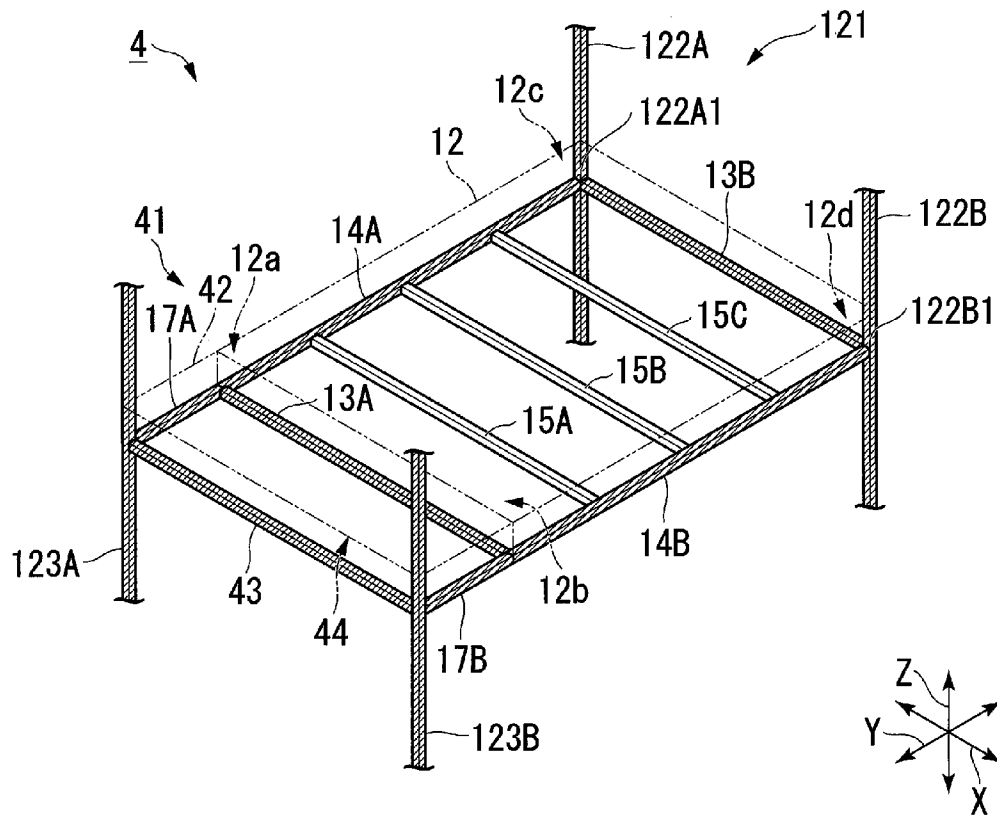
[図27]



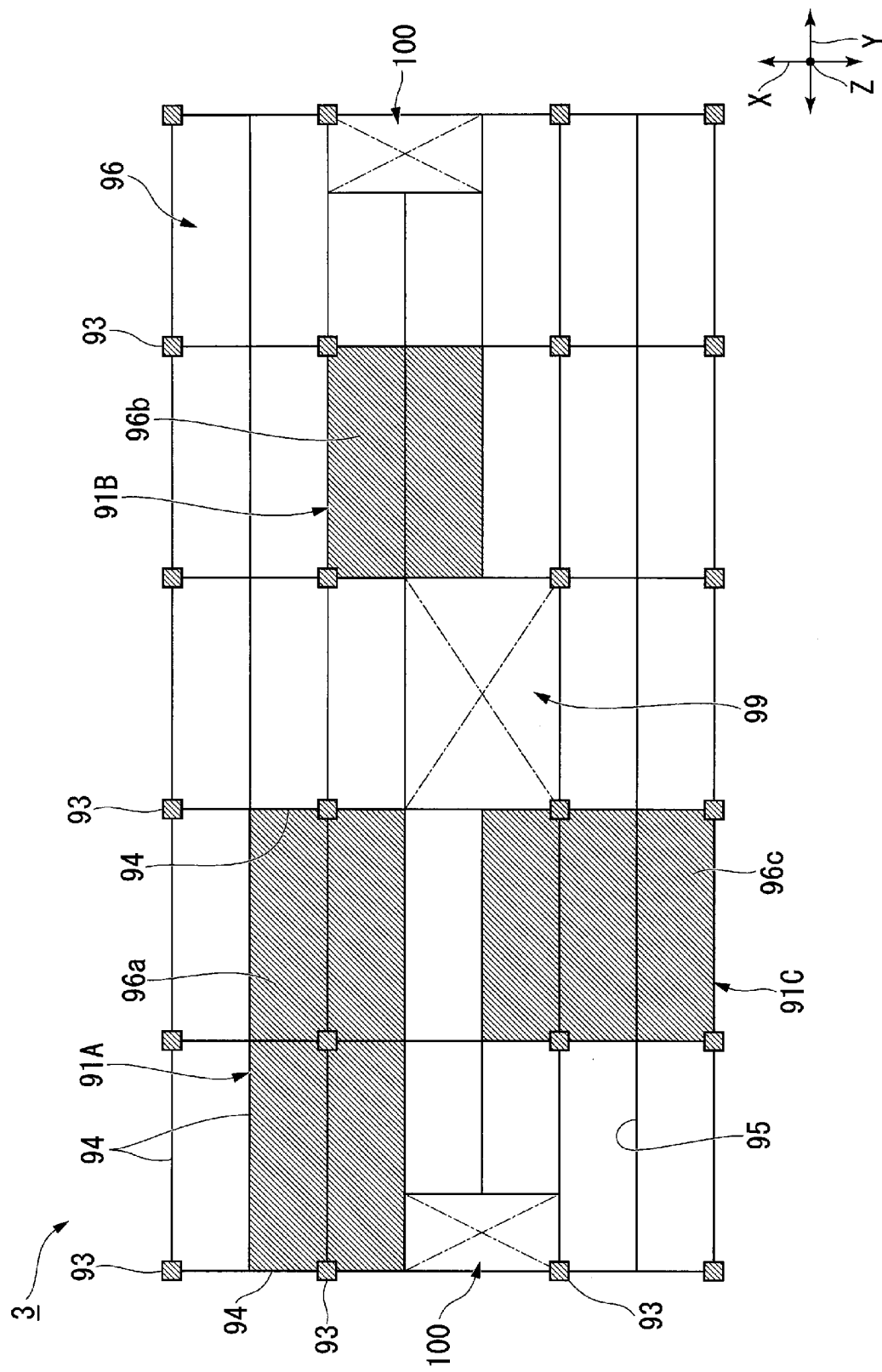
[図28]



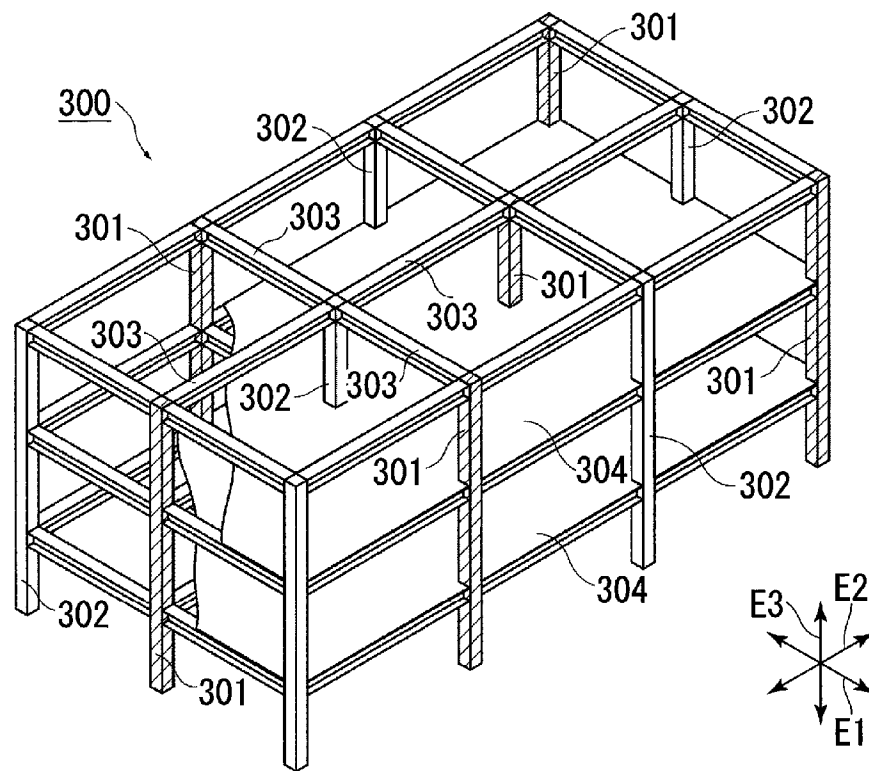
[図29]



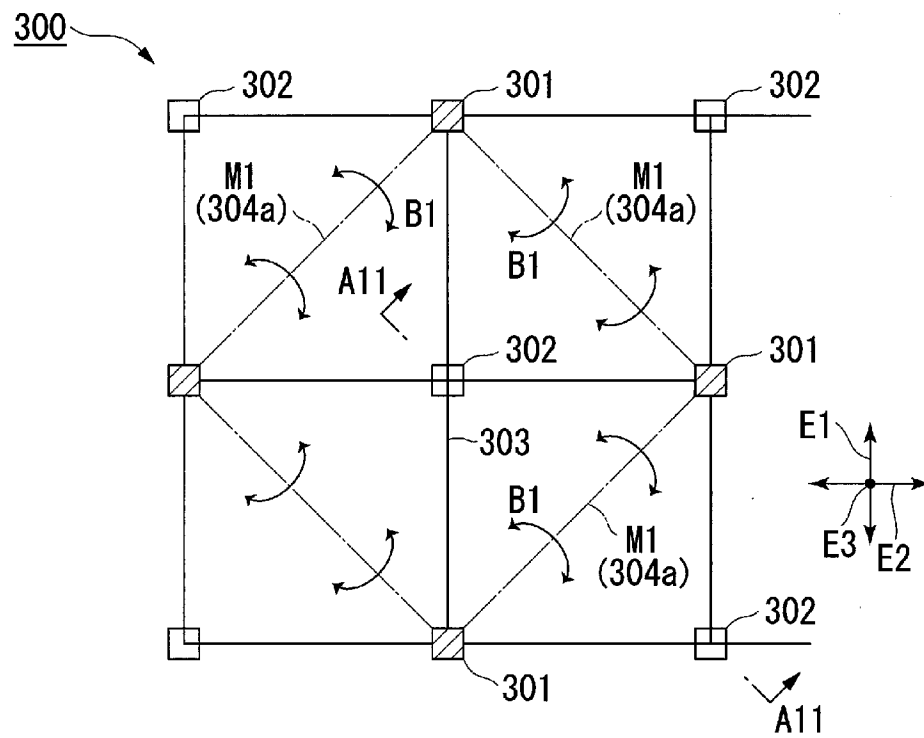
[図30]



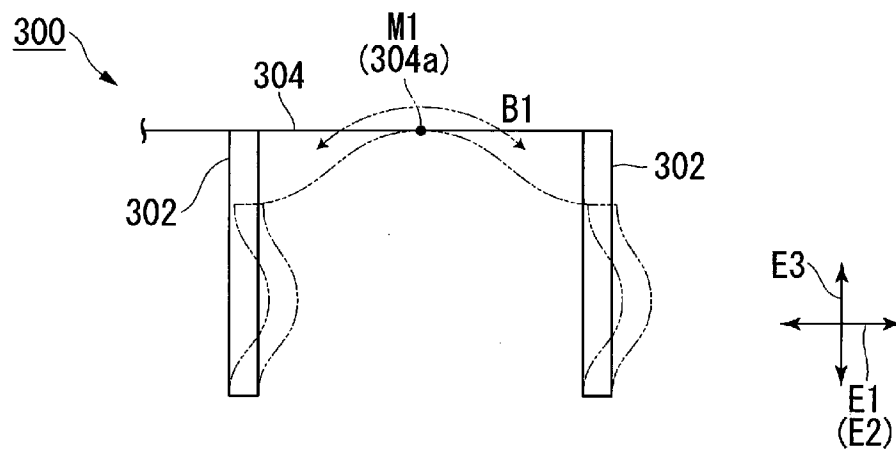
[図31]



[図32]



[図33]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/045955

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E04B 1/94 (2006.01) i; E04B 5/43 (2006.01) i

FI: E04B1/94 M; E04B1/94 C; 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)

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 CORPORATION) 11.01.2018 (2018-01-11) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2017-31592 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 09.02.2017 (2017-02-09) entire text, all drawings	1-16



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

"I" 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 January 2020 (21.01.2020)

Date of mailing of the international search report

28 January 2020 (28.01.2020)

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/JP2019/045955

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-3556 A	11 Jan. 2018	(Family: none)	
JP 2017-31592 A	09 Feb. 2017	(Family: none)	

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> 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）			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									
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	1-16								
A	JP 2017-31592 A（新日鐵住金株式会社）09.02.2017（2017 - 02 - 09） 全文，全図	1-16								
☐ 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 “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 “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 </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 “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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 “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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 “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 21.01.2020		国際調査報告の発送日 28.01.2020								
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/JP2019/045955

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)	