(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
2018年9月13日(13.09.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/164271 A1

(51) 国際特許分類:
E04B 1/30 (2006.01) *E01D 22/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/009286

(22) 国際出願日: 2018年3月9日(09.03.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

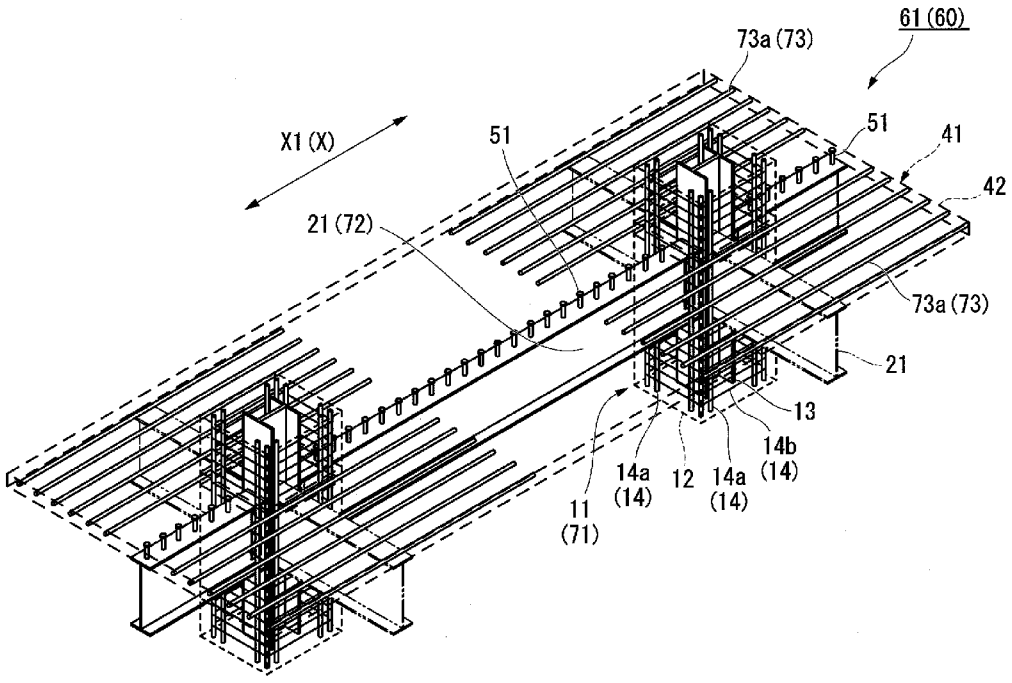
(30) 優先権データ:
特願 2017-046780 2017年3月10日(10.03.2017) JP

(71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 有田 政樹(**ARITA Masaki**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 北岡 聡(**KITAOKA Satoshi**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 悠介(**SUZUKI Yuusuke**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 木村 慧(**KIMURA Kei**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 半谷 公司(**HANYA Koji**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

(54) **Title:** BEAM JOINT STRUCTURE, METHOD FOR DESIGNING BEAM JOINT STRUCTURE, AND METHOD FOR MANUFACTURING BEAM JOINT STRUCTURE

(54) 発明の名称： 梁接合構造、梁接合構造の設計方法、及び梁接合構造の製造方法



(57) **Abstract:** This beam joint structure comprises first and second support members that mutually form a pair, a beam bridging the gap between the first support member and the second support member, and a reinforcement member disposed so as to project from the first support member toward the second support member. The projection distance x of the reinforcement member from a virtual plane, which is perpendicular to the material axis direction of the beam and includes a

WO 2018/164271 A1

[続葉有]

(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：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

first joint part, is no less than a first distance and no more than a second distance. The first distance is the distance from the first joint part to an inflection point at which the bending moment distribution of the beam changes from a negative bend to a positive bend when a two-point concentrated load is acting on the beam, and the second distance is the distance from the first joint part to an inflection point at which the bending moment distribution of a reference beam changes from a negative bend to a positive bend when the two-point concentrated load is acting on the reference beam.

(57) 要約：この梁接合構造は、互いに対をなす第一支持部材及び第二支持部材と、前記第一支持部材と前記第二支持部材との間に掛け渡された梁と、前記第一支持部材から前記第二支持部材に向かう方向に突出するように配置される補強部材と、を備え、前記梁の材軸方向に垂直であるとともに第一接合部を含む仮想平面からの、前記補強部材の突出長さｘが第一距離以上、第二距離以下であり、前記第一距離は、前記梁に２点集中荷重が作用した場合において、前記梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離であり、前記第二距離は、基準梁に２点集中荷重が作用した場合において、前記基準梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離である。

明　細　書

発明の名称 ：

梁接合構造、梁接合構造の設計方法、及び梁接合構造の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、梁接合構造、梁接合構造の設計方法、及び梁接合構造の製造方法に関する。

本願は、２０１７年３月１０日に、日本に出願された特願２０１７－０４６７８０号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来から、例えば下記特許文献１、２に記載の連続桁が知られている。

特許文献１に記載の連続桁は、プレストレス鋼材で補強された連続桁であって、桁の両端部から支点に向かって伸びるプレストレス鋼材が、支点を挟んで反対側に位置する、負曲げと正曲げとの境界付近に至るまで配置されている。

特許文献２に記載の連続桁では、負曲げ区間を鋼製床板により形成し、正曲げ区間をコンクリート床板により形成している。

特許文献１、２いずれの連続桁であっても、剛接合を前提としている負曲げ領域を、プレストレス鋼材や鋼製床板によって補強している。これにより、プレストレス鋼材や鋼製床板が、負曲げ領域に発生する引張応力を負担している。

[0003] ところで、一般に、鉄筋コンクリート造の梁の負曲げ補強筋は、下記非特許文献１を参照すると、梁端部から「（梁スパンの１／４）＋（鉄筋の径の１５倍）」の長さに設けるよう定められている。この補強筋は、正曲げに対する曲げ剛性（以下、「正曲げ剛性」という。）と負曲げに対する曲げ剛性（以下、「負曲げ剛性」という。）とが等しく、かつ梁端部の接合を剛接合とみなした場合の梁において、梁端部から梁の長さ方向に沿って存在する負曲げ領域の長さに、鉄筋とコンクリートの定着長さを加えた範囲に配置され

ている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開２００３－２９３３２３号公報

特許文献2：日本国特開平１１－２２２８１７号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：日本建築学会、鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説、第二版、日本、日本建築学会、１９８６年９月、ｐ．２８、３３、４２

発明の概要

[0006] 従来は、梁が、その曲げ剛性によらず支持部材に半剛接合されている場合や、正曲げ剛性と負曲げ剛性とが異なる梁が支持部材に剛接合されている場合においても、正曲げ剛性と負曲げ剛性とが等しい梁が支持部材に剛接合されているとみなした場合の負曲げ領域を超えて補強部材を配置している。このため、補強部材の配置の適正化が図られていない。

[0007] 本発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、梁の両端が一対の支持部材に半剛接合又は剛接合されている梁接合構造において、補強部材の配置の適正化を図ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の概要は下記の通りである。

（１）本発明の第一の態様は、互いに対をなす第一支持部材及び第二支持部材と、両端部に、前記第一支持部材及び前記第二支持部材がそれぞれ接合される第一接合部及び第二接合部を有し、前記第一接合部及び前記第二接合部を介して半剛接合又は剛接合されることで、前記第一支持部材と前記第二支持部材との間に掛け渡された梁と、前記第一支持部材から前記第二支持部材に向かう方向に突出するように配置され、前記梁の負曲げにより前記梁に生じる引張応力の少なくとも一部を負担することにより前記梁を補強する補強部材と、を備える梁接合構造である。

前記梁の材軸方向に垂直であるとともに前記第一接合部を含む仮想平面からの前記補強部材の突出長さｘが第一距離以上、第二距離以下であり、前記第一距離は、前記梁に２点集中荷重が作用した場合において前記梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離であり、前記第二距離は、前記梁として、両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とに剛接合され、かつ、負曲げに対する曲げ剛性と正曲げに対する曲げ剛性とが互いに同等とされた基準梁を用いることを仮定し、前記基準梁に２点集中荷重が作用した場合において、前記基準梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離である。

[0009] （２）上記（１）に記載の梁接合構造では、前記梁は、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合されてもよい。

（３）上記（２）に記載の梁接合構造では、前記梁は、前記正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが異なった状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合され、前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たしてもよい。

[数1]

$$x_h \le x \le \frac{2l}{9} \qquad \cdots \quad (1)$$

ただし、x_hは下記（２Ａ）式により求められる。

[数2]

$$x_h = \frac{1}{\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}}\left\{-\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)+\sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)^2+\frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\} \qquad \cdots \quad (2A)$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

EI_h：前記梁の負曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ＥＩ$_s$：前記梁の正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

Ｋ：前記梁の前記端部の前記第一接合部の回転剛性（ｋＮｍ／ｒａｄ）

（４）上記（２）に記載の梁接合構造では、前記梁は、前記正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが等しい状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合され、前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たしてもよい。

[数3]

$$x_h \le x \le \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、ｘ$_h$は下記（２Ｂ）式により求められる。

[数4]

$$x_h = \frac{2l}{9\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)} \quad \cdots \quad (2B)$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

ＥＩ：前記梁の負曲げ又は正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

Ｋ：前記梁の前記端部の前記第一接合部の回転剛性（ｋＮｍ／ｒａｄ）

[0010] （５）上記（１）に記載の梁接合構造では、前記梁は、正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが異なった状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ剛接合されてもよい。

（６）上記（５）に記載の梁接合構造では、前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たしてもよい。

[数5]

$$x_h \le x \le \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、ｘ$_h$は下記（２Ａ’）式により求められる。

[数6]

$$x_h=\frac{1}{\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}}\left\{-\frac{l}{2EI_s}+\sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}\right)^2+\frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\} \quad \cdots \quad （２Ａ’）$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

ＥＩ$_h$：前記梁の負曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ＥＩ$_s$：前記梁の正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

Ｉ：前記梁の長さ（ｍ）

[0011] （７）本発明の第二の態様は、互いに対をなす第一支持部材及び第二支持部材と、両端部に前記第一支持部材及び前記第二支持部材がそれぞれ接合される第一接合部及び第二接合部を有し、前記第一接合部及び前記第二接合部を介して半剛接合又は剛接合されることで、前記第一支持部材と前記第二支持部材との間に掛け渡された梁と、前記第一支持部材から前記第二支持部材に向かう方向に突出するように配置され、前記梁の負曲げにより前記梁に生じる引張応力の少なくとも一部を負担することにより前記梁を補強する補強部材と、を備える梁接合構造の設計方法である。

この設計方法は、前記梁に２点集中荷重が作用した場合において前記梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離である第一距離を算出する第一距離算出工程と、前記梁として、両端部が前記第一支持部材及び前記第二支持部材に剛接合され、かつ、負曲げに対する曲げ剛性と正曲げに対する曲げ剛性とが互いに同等とされた基準梁を用いることを仮定し、前記基準梁に２点集中荷重が作用した場合において、前記基準梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離である第二距離を算出する第二距離算出工程と、前記梁の材軸方向に垂直であるとともに前記第一接合部を含む仮想平面か

らの、前記補強部材の突出長さｘを、前記第一距離以上、前記第二距離以下に設定する補強部材設計工程と、を有する。

[0012] （８）上記（７）に記載の梁接合構造の設計方法では、前記梁は、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合されてもよい。

（９）上記（８）に記載の梁接合構造の設計方法では、前記梁は、前記正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが異なった状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合され、前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たしてもよい。

[数7]

$$x_h \le x \le \frac{2l}{9} \qquad \cdots \quad (1)$$

ただし、x_hは下記（２Ａ）式により求められる。

[数8]

$$x_h = \frac{1}{\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}}\left\{-\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)+\sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)^2+\frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\} \qquad \cdots \quad (2A)$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

EI_h：前記梁の負曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

EI_s：前記梁の正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

Ｋ：前記梁の前記端部の前記第一接合部の回転剛性（ｋＮｍ／ｒａｄ）

（１０）上記（８）に記載の梁接合構造の設計方法では、前記梁は、前記正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが等しい状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合され、前

記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たしてもよい。

[数9]

$$x_h \leq x \leq \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、x_hは下記（２Ｂ）式により求められる。

[数10]

$$x_h = \frac{2l}{9\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)} \quad \cdots \quad (2B)$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

ＥＩ：前記梁の負曲げ又は正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

Ｋ：前記梁の前記端部の前記第一接合部の回転剛性（ｋＮｍ／ｒａｄ）

[0013] （１１）上記（７）に記載の梁接合構造の設計方法では、前記梁は、正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが異なった状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ剛接合されてもよい。

（１２）上記（１１）に記載の梁接合構造の設計方法では、前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たしてもよい。

[数11]

$$x_h \leq x \leq \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、x_hは下記（２Ａ’）式により求められる。

[数12]

$$x_h = \frac{1}{\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}} \left\{ -\frac{l}{2EI_s} + \sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}\right)^2 + \frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}\right)} \right\} \quad \cdots \quad (2A')$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

ＥＩ$_h$：前記梁の負曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ＥＩ$_s$：前記梁の正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

[0014] （１３）本発明の第三の態様は、上記（７）～（１２）のいずれか一項に記載の梁接合構造の設計方法に基づいて設計された梁接合構造の製造方法であって、前記第一支持部材及び前記第二支持部材と前記梁とを接合する接合工程と、設定された前記突出長さｘとなるように前記補強部材を配設する配設工程とを有する。

発明の効果

[0015] 上記発明によれば、梁の両端が一対の支持部材に半剛接合又は剛接合されている梁接合構造において、補強部材の配置の適正化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の実施形態に係る梁接合構造が用いられる建築物の一部を示す平面図である。

[図2]図１のＡで囲む部位に対応する構造の斜視図である。

[図3]図１のＡで囲む部位に対応する構造の平面図である。

[図4]図３に示すＩＶ－ＩＶ矢視断面図である。

[図5]図１に示す建築物に適用される梁接合構造をモデル化した図であって、半剛接合された梁に等分布荷重が作用した場合を示す図である。

[図6]図１に示す建築物に適用される梁接合構造をモデル化した図であって、半剛接合された梁に２点集中荷重が作用した場合を示す図である。

[図7]図４に示す構造において、剛域が異なる場合における接合部の違いを説

明する図である。

[図8]図６に示すモデルにおいて、梁として基準梁を採用した場合を示す図である。

[図9]図１に示す建築物に適用される梁接合構造をモデル化した図であって、剛接合された梁に等分布荷重が作用した場合を示す図である。

[図10]図１に示す建築物に適用される梁接合構造をモデル化した図であって、剛接合された梁に２点集中荷重が作用した場合を示す図である。

[図11]図１のＢで囲む部位に対応する構造の平面図である。

[図12]図１１に示すＶＩ－ＶＩ矢視断面図である。

[図13]本発明の第二実施形態に係る梁接合構造の設計方法を説明するためのフローチャートである。

[図14]本発明に係る梁接合構造が用いられる建築物を構成する柱の変形例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] （第一実施形態）

以下、本発明の第一実施形態に係る梁接合構造を説明する。

図１に、本実施形態に係る梁接合構造が適用される建築物の一例を示す。建築物としては、例えば、住宅、学校、事務所又は病院施設等が挙げられる。

図２～図４は、図１のＡで囲む部位に対応する、梁接合構造６０としての第一構造６１を示す。

図１～図４に示すように、建築物１は、鉛直方向に沿って延びる複数本の柱１１と、一対の柱１１間に掛け渡された大梁２１と、一対の大梁２１間に掛け渡された小梁３１と、大梁２１及び小梁３１の上方に接合された床スラブ４１と、を備えている。大梁２１、小梁３１および床スラブ４１は、合成梁を構成する。

[0018] 図２に示すように、柱１１は、鉄骨鉄筋コンクリート（ＳＲＣ）造とされている。柱１１は、断面略矩形状に形成されたコンクリート１２と、コンク

リート１２の内部に配設された鉄骨材１３および鉄筋１４と、を備えている。図示の例では、鉄骨材１３が、Ｈ形鋼により形成されている。また鉄筋１４として、上下方向に延びる複数の主筋１４ａと、上下方向に複数段にわたって、複数の主筋１４ａを取り囲むように配置された帯筋１４ｂと、が設けられている。

[0019] 大梁２１は、１本の柱１１から、平面視十字状をなすように４本延びている。なお大梁２１は、一対の柱１１間に掛け渡された他の形態に適宜変更することが可能である。例えば、大梁２１が、１本の柱１１から、平面視Ｔ字状をなすように３本延びていてもよい。さらに例えば、大梁２１が、１本の柱１１から、平面視Ｉ字状をなすように２本延びていてもよい。

[0020] 大梁２１は、ウェブと、ウェブの上方および下方にそれぞれ配置されたフランジと、を備えるＨ形鋼により形成されている。大梁２１の端部は、柱１１に第一シアプレート２２を介して固定されている。第一シアプレート２２は、柱１１（図示の例では鉄骨材１３）に溶接等により固定されている。第一シアプレート２２は、大梁２１のウェブと平行に延びている。大梁２１と第一シアプレート２２とは、複数の第一ボルト２３により接合されている。複数の第一ボルト２３は、大梁２１のウェブと第一シアプレート２２とを上下方向の複数箇所において接合している。

[0021] 図１に示される建築物１では、小梁３１が、一対の大梁２１間に、前記材軸方向に同等の間隔をあけて２つ設けられている。従って、一対の柱１１間に掛け渡された１つの大梁２１には、２つの小梁３１から２点集中荷重が作用すると仮定できる。なお、ここでの仮定は、本発明の適用範囲を限定するものではない。小梁３１は、互いに並行に延びる一対の大梁２１間に、両大梁２１の材軸方向に任意の間隔をあけて１つ以上、大梁２１と交差する方向に掛け渡されていればよい。

[0022] また、小梁３１は、大梁２１と同様にＨ形鋼により形成され、その端部が大梁２１に接合されている。

[0023] 図２および図４に示すように、床スラブ４１は、大梁２１上および小梁３

１上に配置された図示しないデッキプレートと、デッキプレート上に打設されたコンクリート４２と、を備えている。なお、図４においては、図面の見易さのため、コンクリート４２のハッチングの表示を省略している。

大梁２１および小梁３１には、上方に向けて突出してコンクリート４２に埋設されるスタッド５１（引張応力伝達部材）が設けられている。スタッド５１は、大梁２１または小梁３１の材軸方向に間隔をあけて複数設けられている。スタッド５１は、大梁２１または小梁３１に作用する引張力を床スラブ４１に伝達する。

[0024] 本実施形態に係る梁接合構造６０は、一対の支持部材７１（互いに対をなす第一支持部材及び第二支持部材）と、一対の支持部材７１に接合される梁７２と、梁７２を補強する補強部材７３と、を備えている。

梁７２は、その両端部が一対の支持部材７１にそれぞれ半剛接合されることで、一対の支持部材７１間に掛け渡される。

補強部材７３は、一方の支持部材７１から他方の支持部材に向かう方向に突出するように配置され、梁７２の負曲げにより梁７２に生じる引張応力の少なくとも一部を負担する。

[0025] 剛接合では、接合部の回転剛性が無限大であり、ピン接合では、接合部の回転剛性が０であるのに対し、半剛接合では、接合部の回転剛性が有限となっている。半剛接合とは、支持部材７１と梁７２との間で伝達される曲げモーメントが小さく、支持部材７１に対する梁７２の回転移動がある程度拘束された接合形式をいう。また、ピン接合とは、支持部材７１と梁７２との間で伝達される曲げモーメントが皆無または極小で、支持部材７１に対する梁７２の回転移動が拘束されない接合形式をいう。

半剛接合、ピン接合および剛接合は、例えば、欧州設計基準（Ｅｕｒｏｃｏｄｅ３　Ｐａｒｔ１－８）に準拠して定義することができる。

[0026] 図２～図４に示すように、第一構造６１では、支持部材７１としての柱１１に、梁７２としての大梁２１が接合され、補強部材７３としての第一補強部材７３ａが大梁２１を補強している。

[0027] 具体的には、第一構造６１は、一対の柱１１と、一対の柱１１間に掛け渡された大梁２１と、大梁２１を補強する第一補強部材７３ａと、を備えている。

大梁２１の両端部は、一対の柱１１にそれぞれ半剛接合されている。本実施形態では、大梁２１の両端部は、柱１１に第一シアプレート２２を介して固定されることにより、柱１１に半剛接合されている。

[0028] 第一補強部材７３ａは、大梁２１の負曲げにより大梁２１に生じる引張応力の少なくとも一部を負担する。第一補強部材７３ａは、鉄筋により形成され、床スラブ４１に埋設されている。第一補強部材７３ａは、床スラブ４１内において、大梁２１に設けられたスタッド５１よりも上方に位置するように埋設されている。第一補強部材７３ａは、補強の対象とする大梁２１の材軸方向に沿って延びている。

[0029] 本実施形態では、第一補強部材７３ａは、１本の柱１１から延びる４つの大梁２１のうち、柱１１を間に挟んで反対側に向けて延びる２つの大梁２１を補強している。第一補強部材７３ａは、前記２つの大梁２１の材軸方向（以下、「第一材軸方向Ｘ１」という。）に沿って延びている。第一補強部材７３ａは、柱１１を回避するように配置されている。

[0030] 第一補強部材７３ａは、水平方向のうち、第一材軸方向Ｘ１に直交する方向に間隔をあけて複数配置されている。そして、柱１１は、前記直交する方向に隣り合う第一補強部材７３ａの間に配置されている。大梁２１の第一材軸方向Ｘ１に沿う第一補強部材７３ａの大きさ（長さ）は、大梁２１の第一材軸方向Ｘ１に沿う柱１１の大きさ（幅）よりも大きく、第一補強部材７３ａは、柱１１よりも、第一材軸方向Ｘ１の両側に向けて延びている。

なお、図２および図３では、第一構造６１が適用されていない２つの大梁２１を２点鎖線で示している。

[0031] 第一構造６１では、大梁２１に上方から荷重が付加されたときに、大梁２１の端部に曲げモーメントが作用する。そして、大梁２１の上フランジに対する引張力と、大梁２１の下フランジに対する圧縮力とが、各々の端部で同

時に作用する。前記引張力は、スタッド５１および床スラブ４１を介して第一補強部材７３ａに伝達される。これにより、前記引張力の少なくとも一部が、第一補強部材７３ａにより負担される。なお前記圧縮力は、大梁２１のウェブおよび第一シアプレート２２を介して柱１１に伝達される。

[0032] 第一構造６１では、図５および図６に示すように、Ｘ軸が梁７２（第一構造６１における大梁２１）の材軸方向Ｘ（第一構造６１における第一材軸方向Ｘ１）に沿う座標系を定義することができる。この座標系では、一対の支持部材７１（第一構造６１における柱１１）のうちの任意の第一支持部材７１ａと梁７２の端部との接合部Ｏを Ｘ座標の原点とすることができる。さらにこの座標系では、第一支持部材７１ａから第二支持部材７１ｂに向かう方向をＸ軸の正の方向Ｘ＋とすることができる。このとき、補強部材７３（第一構造６１における第一補強部材７３ａ）は、前記原点（第一支持部材７１ａと梁７２の端部との接合部Ｏ）から正の方向Ｘ＋に向かう方向に沿って平行に延びている。

換言すると、梁７２の材軸方向Ｘに垂直であり、且つ、接合部Ｏを含む仮想平面から、補強部材７３は、梁７２の材軸方向Ｘと平行に突出している。

[0033] なお、一対の支持部材７１のうち、任意の支持部材７１を第一支持部材７１ａ（又は、第二支持部材７１ｂ）とすればよい。また、図４に示すように、第一支持部材７１ａまたは第二支持部材７１ｂと梁７２の端部との接合部Ｏは、支持部材７１における材軸方向Ｘの中央とすることができる。ただし、支持部材７１の一部または全部を剛域とする場合には、第一支持部材７１ａまたは第二支持部材７１ｂと梁７２の端部との接合部Ｏは、材軸方向Ｘに沿う剛域の端縁とすることができる。つまり、剛域を適宜設定することで、例えば図７に示すように、第一構造６１において、支持部材７１における材軸方向Ｘの中央を接合部Ｏとすることも可能であり、第一ボルト２３の配置位置を接合部Ｏとすることも可能である。

[0034] そして本実施形態では、一方の支持部材７１における梁７２の端部との接合部Ｏからの、補強部材７３の突出長さｘの上限と下限が次のように設定さ

れる。

[0035] （下限の設定）梁７２に２点集中荷重が作用した場合において梁７２の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、接合部Ｏからの距離を突出長さｘの下限とする。

[0036] （上限の設定）梁７２として、両端部が一対の支持部材７１に剛接合され、かつ、負曲げに対する曲げ剛性および正曲げに対する曲げ剛性が同等とされた基準梁７２Ａを用いることを仮定し、基準梁７２Ａに２点集中荷重が作用した場合において、基準梁７２Ａの曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、接合部Ｏからの距離を突出長さｘの上限とする。

[0037] 換言すると、本実施形態では、補強部材７３における正の方向Ｘ＋の端部のＸ座標（以下、「補強部材７３の端部Ｘ座標」という。）が、以下に示す下限Ｘ座標以上であり、かつ上限Ｘ座標以下となっている。

[0038] （下限Ｘ座標）

下限Ｘ座標は、図６に示すように、梁７２に２点集中荷重が作用した場合において梁７２の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点のＸ座標である。なお２点集中荷重とは、梁７２を材軸方向Ｘに３等分する２点のみに同一荷重が作用する状況である。

[0039] 補強部材７３の端部Ｘ座標が下限Ｘ座標以上であることにより、梁７２に２点集中荷重が作用する場合には、例えば、梁７２に等分布荷重が作用する場合などに比べて、負曲げ領域が材軸方向に長くなる。したがって、梁７２に２点集中荷重が作用するときの負曲げ領域だけでなく、梁７２に等分布荷重が作用するときの負曲げ領域にも補強部材７３を位置させることができる。その結果、補強部材７３によって梁７２を確実に補強することができる。つまり、等分布荷重など、重力による積載荷重が主な外力である他の任意の荷重条件に対しても、ここで定義した下限Ｘ座標を適用することができる。

[0040] 上限Ｘ座標は、図８に示すような基準梁７２Ａに２点集中荷重が作用した場合において基準梁７２Ａの曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点のＸ座標である。基準梁７２Ａは、端部が一対の支持部材７１に半

剛接合に代えて剛接合され、かつ、負曲げに対する曲げ剛性（以下、「負曲げ剛性」という。）および正曲げに対する曲げ剛性（以下、「正曲げ剛性」という。）が同等とされたと仮定された梁である。ここで同等とは、例えば｜（負曲げ剛性－正曲げ剛性）／負曲げ剛性｜の値が±５％以内であることが好ましく、±２％以内であることがより好ましい。

[0041] 上述の基準梁７２Ａのように、端部が支持部材７１に剛接合されている場合（回転剛性が無限大の場合）には、端部が支持部材７１に半剛接合されている場合（回転剛性が有限の場合）に比べて、負曲げ領域が材軸方向に長くなる。しかも、基準梁７２Ａのように、端部が支持部材７１に剛接合されている場合で、かつ、負曲げに対する曲げ剛性（以下、「負曲げ剛性」という。）および正曲げに対する曲げ剛性（以下、「正曲げ剛性」という。）が同等である場合には、例えば、負曲げ剛性が正曲げ剛性より小さい場合に比べて、やはり負曲げ領域が材軸方向に長くなる。つまり、一般に負曲げ剛性は、正曲げ剛性と同等か正曲げ剛性より小さいことを考慮すると、基準梁７２Ａに基づいて設定された前記上限Ｘ座標は、負曲げ領域が材軸方向に最も長くなる場合を想定して算出されていると言える。したがって、補強部材７３の端部Ｘ座標が上限Ｘ座標以下であることで、補強部材７３が過剰に長くなることを防止することができる。

[0042] 以上から、補強部材７３の端部Ｘ座標が、下限Ｘ座標以上でかつ上限Ｘ座標以下であることで、補強部材７３の過剰な配置を防止しつつ、補強部材７３によって梁を確実に補強することが可能になり、補強部材７３の配置の適正化を図ることができる。従来は、梁７２の正曲げ剛性と負曲げ剛性とが異なる場合や、梁７２の端部の接合部の回転剛性が有限（半剛接合）である場合でも、基準梁７２Ａに基づいて設定された負曲げ領域全体に補強部材７３を配置していた。このため、補強部材が重くなり、施工時に作業者の負担が大きく、また材料を多く必要とするため非効率となっていた。本発明によれば、梁７２の正曲げ剛性と負曲げ剛性とが異なる場合や、梁７２の端部の接合部の回転剛性が有限（半剛接合）である場合には、これらを適切に考慮し

て負曲げ領域の長さを算出することができ、補強部材７３の量を削減することができる。従って、軽量化による作業者の負担の軽減や、使用材料の削減をすることができる。

[0043] より具体的には、補強部材７３の端部Ｘ座標ｘ（すなわち、突出長さｘ（ｍ））は下記（１）式を満たす。

[数13]

$$x_h \leq x \leq \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

[0044] ここで、補強部材７３の端部Ｘ座標ｘの下限値を示すｘ$_h$は、梁７２の正曲げ剛性と梁７２の負曲げ剛性とが異なる場合（ＥＩ$_s$≠ＥＩ$_h$）には下記（２Ａ）式で求められ、梁７２の正曲げ剛性と梁７２の負曲げ剛性とが等しい場合（ＥＩ$_s$＝ＥＩ$_h$＝ＥＩ）には下記（２Ｂ）式により求められる。

[数14]

$$x_h = \frac{1}{\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}} \left\{ -\left(\frac{l}{2EI_s} + \frac{1}{K} \right) + \sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s} + \frac{1}{K} \right)^2 + \frac{2l^2}{9EI_s} \left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s} \right)} \right\} \quad \cdots (2A)$$

[数15]

$$x_h = \frac{2l}{9\left(1 + \frac{2EI}{Kl}\right)} \quad \cdots \quad (2B)$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

ＥＩ$_h$：梁７２の負曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ＥＩ$_s$：梁７２の正曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：梁７２の長さ（ｍ）

Ｋ：梁７２の端部の接合部の回転剛性（ｋＮｍ／ｒａｄ）

[0045] また（１）式中において、補強部材７３の端部Ｘ座標ｘの上限値を示す（

２Ｉ／９）は、（２Ｂ）式において、Ｋを無限大としたとき、つまり、梁の端部が支持部材７１に剛接合されているときの値である。

[0046] 以上から、補強部材７３の端部Ｘ座標ｘが、前記（１）式を満たすことで、補強部材７３の端部Ｘ座標ｘを、確実に、下限Ｘ座標以上でかつ上限Ｘ座標以下とすることができる。

[0047] なお、梁７２の長さｌは、図７に示すように、例えば、第一支持部材７１ａと梁７２の端部との第一接合部Ｏａと第二支持部材７１ｂと梁７２の端部との第二接合部Ｏｂとの材軸方向Ｘの距離（スパン）とすることができる。

[0048] （剛接合への応用）

上記梁接合構造６０では、梁７２が支持部材７１に半剛接合されているが、本発明の技術思想は、正曲げ剛性と負曲げ剛性とが異なる梁７２が支持部材７１に剛接合された梁接合構造にも応用することができる。

この場合、図９、図１０に示すように、Ｘ軸が梁７２（第一構造６１における大梁２１）の材軸方向Ｘ（第一構造６１における第一材軸方向Ｘ１）に沿う座標系を定義することができる。

このような剛接合型の梁接合構造では、x_hは、上記（２Ａ）式における回転剛性Ｋを無限大にすること（つまり、梁７２が支持部材７１に剛接合されていると仮定すること）で求められる。すなわち、下記（２Ａ’）式により求められる。

[数16]

$$x_h=\frac{1}{\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}}\left\{-\frac{l}{2EI_s}+\sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}\right)^2+\frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\} \quad \cdots \quad (2A')$$

[0049] 上記の説明では、梁接合構造６０として、図２～図４に示す第一構造６１を例に取った。

しかしながら、梁接合構造６０は、図１１および図１２に示すように、支持部材７１としての大梁２１に、梁７２としての小梁３１が接合され、補強

部材７３としての第二補強部材７３ｂが小梁３１を補強した第二構造６２であってもよい。

図１１および図１２は、図１のＢで囲む部位に対応する梁接合構造６０としての第二構造６２を示す。図１１および図１２に示すように、第二構造６２は、一対の大梁２１と、一対の大梁２１間に掛け渡された小梁３１と、小梁３１を補強する第二補強部材７３ｂと、を備えている。

小梁３１の端部は、一対の大梁２１にそれぞれ半剛接合されている。本実施形態では、小梁３１の端部は、大梁２１に第二シアプレート３２を介して固定されることにより、大梁２１に半剛接合されている。

具体的には、小梁３１の端部は、一対の大梁２１に第二シアプレート３２を介して固定されている。第二シアプレート３２は、大梁２１に溶接等により固定されている。第二シアプレート３２は、小梁３１のウェブと平行に延びている。小梁３１と第二シアプレート３２とは、複数の第二ボルト３３により接合されている。複数の第二ボルト３３は、小梁３１のウェブと第二シアプレート３２とを上下方向の複数箇所において接合している。

[0050] 第二補強部材７３ｂは、小梁３１の負曲げにより小梁３１に生じる引張応力の少なくとも一部を負担する。第二補強部材７３ｂは、鉄筋により形成され、床スラブ４１に埋設されている。第二補強部材７３ｂは、床スラブ４１内において、小梁３１に設けられたスタッド５１よりも上方に位置するように埋設されている。第二補強部材７３ｂは、補強の対象とする小梁３１の材軸方向に沿って延びている。

[0051] 本実施形態では、第二補強部材７３ｂは、１本の大梁２１を間に挟んで反対側に向けて延びる２つの小梁３１を補強している。第二補強部材７３ｂは、前記２つの小梁３１の材軸方向（以下、「第二材軸方向Ｘ２」という。）に沿って延びている。第二補強部材７３ｂは、水平方向のうち、第二材軸方向Ｘ２に直交する方向に間隔をあけて複数配置されている。小梁３１の第二材軸方向Ｘ２に沿う第二補強部材７３ｂの大きさ（長さ）は、小梁３１の第二材軸方向Ｘ２に沿う大梁２１の大きさ（幅）よりも大きく、第二補強部材

７３ｂは、大梁２１よりも、第二材軸方向Ｘ２の両側に向けて延びている。

[0052] 第二構造６２では、小梁３１に上方から荷重が付加されたときに、小梁３１の端部に曲げモーメントが作用する。そして、小梁３１の上フランジに対する引張力と、小梁３１の下フランジに対する圧縮力とが、各々の端部で同時に作用する。前記引張力は、スタッド５１および床スラブ４１を介して第二補強部材７３ｂに伝達される。これにより、前記引張力の少なくとも一部が、第二補強部材７３ｂにより負担される。なお前記圧縮力は、小梁３１のウェブおよび第二シアプレート３２を介して大梁２１に伝達される。

[0053] （式の導出過程１：下限Ｘ座標の導出）

以下では、上記（１）式、（２Ａ）式、及び（２Ｂ）式の導出過程を説明する。

この過程では、梁７２に作用する代表的な荷重条件として、（ｉ）等分布荷重、（ｉｉ）２点集中荷重の２つの条件を想定し、２つの荷重条件それぞれにおいて梁７２の曲げモーメントが０となる点のＸ座標x_hを求める。このx_hの位置が、各荷重条件における負曲げ領域Ｒ１と正曲げ領域Ｒ２との境界である。

[0054] なお、x_hは、梁７２の両端それぞれに位置しており、２か所存在する。以下では、２つのx_hのうち、値が小さい方をx_{h1}とし、値が大きい方をx_{h2}とする。つまり、$0 \leqq x \leqq x_{h1}$、$x_{h2} \leqq x \leqq l$の両範囲が負曲げ領域Ｒ１となる。本実施形態では、２つのx_hのうち、x_{h1}を導出する。x_{h1}は、梁７２に２点集中荷重が作用した場合において梁７２の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点のＸ座標である。x_{h2}は、梁７２に２点集中荷重が作用した場合において梁７２の曲げモーメント分布が正曲げから負曲げに変わる反曲点のＸ座標である。x_{h1}は、x_{h2}よりも小さい。

そして（ｉ）等分布荷重、（ｉｉ）２点集中荷重の２つの条件における各x_{h1}について、値が大きくなる方を下限Ｘ座標とする。

[0055] なお、第一支持部材７１ａが左側、第二支持部材７１ｂが右側に位置するように見た梁７２の正面視において、第一支持部材７１ａにおける梁７２の

端部の接合部Ｏにおける回転角を、時計回りを正としてθ_a（ｒａｄ）とすると、梁７２の端部における曲げモーメントの絶対値M_a（Ｎｍｍ）は、荷重条件によらず下記（１１）式で表される。

[数17]

$$M_a = K|\theta_a| \quad \cdots \quad (11)$$

[0056] （ｉ）等分布荷重の場合

この場合、図５に示すように、梁７２に、Ｘ軸方向（材軸方向Ｘ）の全長にわたって均等に荷重ｗ（Ｎｍｍ^2）が作用しているとする。

梁７２のＸ軸方向の曲げモーメント分布は、下フランジが引張のときを正とすると、力の釣り合い条件から下記（１２）式で表される。

[数18]

$$M(x) = \frac{wl}{2}x - \frac{w}{2}x^2 - M_a \quad \cdots \quad (12)$$

[0057] 梁７２の曲率φ（ｒａｄ／ｍ）は、曲げモーメントM_aと、梁７２の負曲げ剛性EI_h、正曲げ剛性EI_sを用いて、正曲げ領域Ｒ２の場合（$x_{h1} \leqq x \leqq x_{h2}$）と、負曲げ領域Ｒ１の場合（$0 \leqq x \leqq x_{h1}$、$x_{h2} \leqq x \leqq l$）と、に分けてそれぞれ、下記（１３）式、（１４）式で表される。なお下記各式において、並列して記載した括弧内の数式は、当該式を適用する変数ｘの範囲を表す。

[数19]

$$\phi(x) = \frac{1}{EI_s}\left(\frac{wl}{2}x - \frac{w}{2}x^2 - M_a\right) \qquad (x_{h1} \leq x \leq x_{h2}) \quad \cdots \quad (13)$$

[数20]

$$\phi(x) = \frac{1}{EI_h}\left(\frac{wl}{2}x - \frac{w}{2}x^2 - M_a\right) \qquad (0 \leq x \leq x_{h1}, x_{h2} \leq x \leq l) \quad \cdots \quad (14)$$

[0058] ここで、曲げモーメントＭ（ｘ）の値が０となるときのＸ座標の値は、負曲げ領域Ｒ１と正曲げ領域Ｒ２の境界x_{h1}、x_{h2}である。つまり、上記（１２）式において、$x=x_{h1}$のとき、および$x=x_{h2}$のときは、いずれもＭ（ｘ）＝０となる。したがって、上記（１２）式から、下記（１５）式、（１６）式が求められる。

[数21]

$$x_{h1}=\frac{l}{2}\left(1-\sqrt{1-\frac{8M_a}{wl^2}}\right) \quad \cdots \quad (15)$$

[数22]

$$x_{h2}=\frac{l}{2}\left(1+\sqrt{1-\frac{8M_a}{wl^2}}\right) \quad \cdots \quad (16)$$

[0059] 次に、梁７２の回転角θ（ｒａｄ）の分布θ（ｘ）は、上記（１３）式、（１４）式の曲率φをｘで積分して、ｘ＝０における境界条件θ（０）＝θ_aを考慮すると、Ｘ座標の位置に応じて、下記（１７）式から下記（１９）式で表される。

[数23]

$$\theta(x)=\frac{1}{EI_h}A(x)\Big|_{x=x}+\theta_a \qquad (0\le x\le x_{h1}) \quad \cdots \quad (17)$$

[数24]

$$\theta(x)=\frac{1}{EI_s}A(x)\Big|_{x=x}+\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)A(x)\Big|_{x=l_1}+\theta_a \qquad (x_{h1}\le x\le x_{h2}) \quad \cdots \quad (18)$$

[数25]

$$\theta(x)=\frac{1}{EI_h}A(x)\Big|_{x=x}+\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)\left\{A(x)\Big|_{x=l_1}-A(x)\Big|_{x=l_2}\right\}+\theta_a \quad (x_{h2}\le x\le l) \qquad \cdots(19)$$

[0060] ただし、上記（１７）式から（１９）式中のＡ（ｘ）は、下記（２０）式で表される。

[数26]

$$A(x)=\frac{w}{6}x^3-\frac{wl}{4}x^2+M_a x \qquad \cdots(20)$$

[0061] （ｉ－ｉ）負曲げ剛性ＥＩ$_h$≠正曲げ剛性ＥＩ$_s$の場合

ｘ＝（Ｉ／２）における変形の適合条件、つまり梁７２のＸ軸方向の中央では回転角が０になること（θ（Ｉ／２）＝０）を用いると、上記（１１）式、（１８）式、（２０）式から、回転剛性Ｋと回転角θ$_a$との関係が下記（２１）式で表される。

[数27]

$$\theta(x)\Big|_{x=\frac{l}{2}}=\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)\left(\frac{wl^3}{24}-\frac{l}{3}K\theta_a\right)\sqrt{1-\frac{8K\theta_a}{wl^2}}-\frac{1}{EI_h}\left(\frac{wl^3}{24}-\frac{l}{2}K\theta_a\right)+\theta_a=0 \qquad \cdots(21)$$

[0062] 上記（２１）式の両辺にＫを掛け、０≦ｘ≦（Ｉ／２）の範囲ではθ（ｘ）≧０であることを考慮して、上記（２１）式に（１１）式を代入すると、下記（２２）式が求まる。

[数28]

$$\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)\left(\frac{l}{3}M_a-\frac{wl^3}{24}\right)K\sqrt{1-\frac{8M_a}{wl^2}}+\frac{K}{EI_h}\left(\frac{wl^3}{24}-\frac{l}{2}M_a\right)=M_a \qquad \cdots \quad (22)$$

[0063] 上記（２２）式からＭ$_a$が求められ、その値を上記（１５）式に代入するこ

とで、X_hが求められる。

[0064] （ｉ－ｉｉ）負曲げ剛性ＥＩ$_h$＝正曲げ剛性ＥＩ$_s$（＝ＥＩ）の場合

上記（１７）式に、（２０）式およびＥＩ$_h$＝ＥＩ$_s$＝ＥＩを代入し、０≦ｘ≦（Ｉ／２）の範囲ではθ（ｘ）≧０であることを考慮して、上記（１１）式を更に代入すると、下記（２３）式が求められる。

[数29]

$$\theta(x)=\frac{1}{EI}\left(\frac{w}{6}x^3-\frac{wl}{4}x^2+K\theta_a x\right)+\theta_a \qquad (x_{h1}\le x\le x_{h2}) \qquad \cdots \quad (23)$$

[0065] ここで、ｘ＝（Ｉ／２）における変形の適合条件（θ（Ｉ／２）＝０）を用いて、上記（２３）式をθ_aについて解くと、下記（２４）式が求められる。

[数30]

$$\theta_a=\frac{wl^2}{12\left(K+\frac{2EI}{l}\right)} \qquad \cdots \quad (24)$$

[0066] ０≦ｘ≦（Ｉ／２）の範囲ではθ（ｘ）≧０であることを考慮して、上記（１２）式に、上記（１１）式、（２４）式を代入すると、下記（２５）式が求められる。

[数31]

$$M(x)=\frac{wl}{2}x-\frac{w}{2}x^2-\frac{wl^2}{12\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)} \qquad \cdots \quad (25)$$

[0067] 上記（２５）式において曲げモーメントＭ（ｘ）の値が０になる場合のｘがx_hであるから、上記（２５）式に基づいて下記（２６）式が求められる。

[数32]

$$x_h = \frac{l}{2}\left\{1 \pm \sqrt{1 - \frac{2K}{3\left(K + \frac{2EI}{l}\right)}}\right\} \quad \cdots \quad (26)$$

[0068] ここで$x_{h1} \leqq x_{h2}$であるので、x_{h1}は下記（２７）式となる。

[数33]

$$x_{h1} = \frac{l}{2}\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{3\left(K + \frac{2EI}{l}\right)}}\right\} \quad \cdots \quad (27)$$

[0069] （ｉ－ｉｉｉ）等分布荷重の場合の小括

等分布荷重を前提とした場合、x_hは下記（２８）式（$EI_s \neq EI_h$であるとき）または下記（３０）式（$EI_s = EI_h = EI$であるとき）で求められる。

[0070] （$EI_s \neq EI_h$であるとき）

[数34]

$$x_h = \frac{l}{2}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{8M_a}{wl^2}}\right) \quad \cdots \quad (28)$$

ただし、M_aは下記（２９）式を満たす。

[数35]

$$\left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}\right)\left(\frac{l}{3}M_a - \frac{wl^3}{24}\right)K\sqrt{1 - \frac{8M_a}{wl^2}} + \frac{K}{EI_h}\left(\frac{wl^3}{24} - \frac{l}{2}M_a\right) = M_a \quad \cdots \quad (29)$$

[0071] （$EI_s = EI_h = EI$であるとき）

[数36]

$$x_h = \frac{l}{2}\left\{1-\sqrt{1-\frac{2K}{3\left(K+\frac{2EI}{l}\right)}}\right\} \quad \cdots \quad (30)$$

[0072] （ｉｉ）２点集中荷重の場合

この場合、図６に示すように、梁７２を、Ｘ軸方向（材軸方向Ｘ）に３等分する２点のみに同一荷重Ｐ（Ｎ）が作用しているとする。

梁７２のＸ軸方向の曲げモーメント分布は、下フランジが引張のときを正とすると、力の釣り合い条件から下記（３１）式から（３３）式で表される。

[数37]

$$M(x) = Px - M_a \qquad \left(0 \le x \le \frac{l}{3}\right) \quad \cdots \quad (31)$$

[数38]

$$M(x) = \frac{Pl}{3} - M_a \qquad \left(\frac{l}{3} \le x \le \frac{2l}{3}\right) \quad \cdots \quad (32)$$

[数39]

$$M(x) = Pl - M_a - Px \qquad \left(\frac{2l}{3} \le x \le l\right) \quad \cdots \quad (33)$$

[0073] 梁７２の曲率φ（ｒａｄ／ｍ）は、曲げモーメントM_aと、梁７２の負曲げ剛性EI_h、正曲げ剛性EI_sを用いて、正曲げ領域Ｒ２の場合（$x_{h1} \leqq x \leqq x_{h2}$）と、負曲げ領域Ｒ１の場合（$0 \leqq x \leqq x_{h1}$、$x_{h2} \leqq x \leqq l$）と、曲げモーメント分布の不連続な領域と、を基準に場合分けしてそれぞれ、下記（

３４）式から（３８）式で表される。

[数40]

$$\phi(x)=\frac{1}{EI_h}(Px-M_a) \qquad (0\le x\le x_{h1}) \qquad \cdots \quad (34)$$

[数41]

$$\phi(x)=\frac{1}{EI_s}(Px-M_a) \qquad \left(x_{h1}\le x\le \frac{l}{3}\right) \qquad \cdots \quad (35)$$

[数42]

$$\phi(x)=\frac{1}{EI_s}\left(\frac{Pl}{3}-M_a\right) \qquad \left(\frac{l}{3}\le x\le \frac{2l}{3}\right) \qquad \cdots \quad (36)$$

[数43]

$$\phi(x)=\frac{1}{EI_s}(Pl-Px-M_a) \qquad \left(\frac{2l}{3}\le x\le x_{h2}\right) \qquad \cdots \quad (37)$$

[数44]

$$\phi(x)=\frac{1}{EI_h}(Pl-Px-M_a) \qquad (x_{h2}\le x\le l) \qquad \cdots \quad (38)$$

[0074] ここで、曲げモーメントＭ（ｘ）の値が０となるときのＸ座標の値は、負曲げ領域Ｒ１と正曲げ領域Ｒ２の境界x_{h1}、x_{h2}である。つまり、上記（３１）式においてｘ＝x_{h1}のとき、および上記（３３）式においてｘ＝x_{h2}のときは、いずれもＭ（ｘ）＝０となる。したがって、上記（３１）式および上記（３３）式から、下記（３９）式、（４０）式が求められる。

[数45]

$$x_{h1}=\frac{M_a}{P} \qquad \cdots \quad (39)$$

[数46]

$$x_{h2} = l - \frac{M_a}{P} \qquad \cdots \quad (40)$$

[0075] 次に、梁７２の回転角θ（ｒａｄ）の分布θ（ｘ）は、上記（３４）式から（３８）式の曲率φをｘで積分して、ｘ＝０における境界条件θ（０）＝θ_aを考慮すると、Ｘ座標の位置に応じて、下記（４１）式から下記（４５）式で表される。

[数47]

$$\theta(x) = \frac{1}{EI_h} A(x)\Big|_{x=x} + \theta_a \qquad (0 \le x \le x_{h1}) \qquad \cdots \quad (41)$$

[数48]

$$\theta(x) = \frac{1}{EI_s} A(x)\Big|_{x=x} + \left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}\right)\frac{M_a^{\,2}}{2P} + \theta_a \qquad \left(x_{h1} \le x \le \frac{l}{3}\right) \qquad \cdots \quad (42)$$

[数49]

$$\theta(x) = \frac{1}{EI_s}\left(-\frac{Pl}{3} + M_a\right)x + \left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}\right)\frac{M_a^{\,2}}{2P} + \frac{Pl^2}{18EI_s} + \theta_a \qquad \left(\frac{l}{3} \le x \le \frac{2l}{3}\right) \qquad \cdots (43)$$

[数50]

$$\theta(x) = \frac{1}{EI_s} B(x)\Big|_{x=x} + \left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}\right)\frac{M_a^{\,2}}{2P} + \frac{5Pl^2}{18EI_s} + \theta_a \qquad \left(\frac{2l}{3} \le x \le x_{h2}\right) \qquad \cdots (44)$$

[数51]

$$\theta(x) = \frac{1}{EI_h} B(x)\Big|_{x=x} + \left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}\right)\left(\frac{Pl^2}{2} - M_a l + \frac{M_a^{\,2}}{P}\right) + \frac{5Pl^2}{18EI_s} + \theta_a \qquad (x_{h2} \le x \le l)$$

$$\cdots (45)$$

[0076] ただし、上記（４１）式から（４５）式中のＡ（ｘ）、Ｂ（ｘ）は、下記（４６）式、（４７）式で表される。

[数52]

$$A(x)=-\frac{P}{2}x^2+M_a x \qquad \cdots（４６）$$

[数53]

$$B(x)=\frac{P}{2}x^2+(-Pl+M_a)x \qquad \cdots（４７）$$

[0077] （ｉｉ－ｉ）負曲げ剛性ＥＩ$_h$≠正曲げ剛性ＥＩ$_s$の場合

ｘ＝（ｌ／２）における変形の適合条件、つまり梁７２のＸ軸方向の中央では回転角が０になること（θ（ｌ／２）＝０）を用いると、上記（１１）式、（４３）式から、回転剛性Ｋと回転角θ$_a$との関係が下記（４８）式で表される。

[数54]

$$\theta_a=\frac{P}{\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)K^2}\left\{-\left(\frac{Kl}{2EI_s}+1\right)+\sqrt{\left(\frac{Kl}{2EI_s}+1\right)^2+\frac{2K^2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\} \qquad \cdots（４８）$$

[0078] 上記（４８）式の両辺にＫを掛け、０≦ｘ≦（ｌ／２）の範囲ではθ（ｘ）≧０であることを考慮して、上記（４８）式に（１１）式を代入すると、下記（４９）式が求まる。

[数55]

$$M_a=\frac{P}{\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)K}\left\{-\left(\frac{Kl}{2EI_s}+1\right)+\sqrt{\left(\frac{Kl}{2EI_s}+1\right)^2+\frac{2K^2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\} \qquad \cdots（４９）$$

[0079] 上記（４９）式を（３９）式に代入すると、ｘ$_h$が下記（５０）式で求められる。

[数56]

$$x_h=\frac{1}{\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}}\left\{-\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)+\sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)^2+\frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\} \quad \cdots（５０）$$

[0080] （ｉｉ－ｉｉ）負曲げ剛性ＥＩ$_h$＝正曲げ剛性ＥＩ$_s$（＝ＥＩ）の場合

上記（４３）式に、ＥＩ$_h$＝ＥＩ$_s$＝ＥＩを代入し、０≦ｘ≦（Ｉ／３）の範囲ではθ（ｘ）≧０であることを考慮して、上記（１１）式を更に代入すると、下記（５１）式が求められる。

[数57]

$$\theta(x)=\frac{1}{EI}\left\{\left(-\frac{Pl}{3}+K\theta_a\right)x+\frac{Pl^2}{18}\right\}+\theta_a \qquad \left(\frac{l}{3}\le x\le\frac{2l}{3}\right) \quad \cdots（５１）$$

[0081] ここで、ｘ＝（Ｉ／２）における変形の適合条件（θ（Ｉ／２）＝０）を用いて、上記（５１）式をθ$_a$について解くと、下記（５２）式が求められる。

[数58]

$$\theta_a=\frac{2Pl}{9\left(K+\frac{2EI}{l}\right)} \quad \cdots \quad （５２）$$

[0082] ０≦ｘ≦（Ｉ／３）の範囲ではθ（ｘ）≧０であることを考慮して、上記（３１）式に、上記（１１）式、（５２）式を代入すると、下記（５３）式が求められる。

[数59]

$$M(x)=Px-\frac{2Pl}{9\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)} \qquad \left(0\le x\le\frac{l}{3}\right) \qquad \cdots \quad (53)$$

[0083] 上記（５３）式において曲げモーメントＭ（ｘ）の値が０になる場合のｘがｘ$_h$であるから、下記（５４）式が求められる。

[数60]

$$x_{h1}=\frac{2l}{9\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)} \qquad \cdots \quad (54)$$

[0084] なお、対称条件からｘ$_{h2}$は下記（５５）式として求められる。

[数61]

$$x_{h2}=l-\frac{2l}{9\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)} \qquad \cdots \quad (55)$$

[0085] （ｉｉ－ｉｉｉ）２点集中荷重の場合の小括

２点集中荷重を前提とした場合、ｘ$_h$は下記（５６）式（ＥＩ$_s$≠ＥＩ$_h$であるとき）または下記（５７）式（ＥＩ$_s$＝ＥＩ$_h$＝ＥＩであるとき）で求められる。

[0086] （ＥＩ$_s$≠ＥＩ$_h$であるとき）

[数62]

$$x_h=\frac{1}{\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}}\left\{-\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)+\sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)^2+\frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\} \qquad \cdots (56)$$

[0087] （ＥＩ$_s$＝ＥＩ$_h$＝ＥＩであるとき）

[数63]

$$x_h = \frac{2l}{9\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)} \quad \cdots \quad (57)$$

[0088] 上記（２８）式、（２９）式、（３０）式、（５６）式、（５７）式を整理すると以下に示す表１となる。

[表1]

荷重条件	負曲げ剛性ＥＩｈ≠正曲げ剛性ＥＩｓの場合	負曲げ剛性ＥＩｈ＝正曲げ剛性ＥＩｓ（＝ＥＩ）の場合
（ｉ）等分布荷重	$x_h=\frac{l}{2}\left(1-\sqrt{1-\frac{8M_a}{wl^2}}\right)$ ただし、M_aは下式を満たす。 $\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)\left(\frac{l}{3}M_a-\frac{wl^3}{24}\right)K\sqrt{1-\frac{8M_a}{wl^2}}+\frac{K}{EI_h}\left(\frac{wl^3}{24}-\frac{l}{2}M_a\right)=M_a$	$x_h=\frac{l}{2}\left\{1-\sqrt{1-\frac{2K}{3\left(K+\frac{2EI}{l}\right)}}\right\}$
（ｉｉ）２点集中荷重	$x_h=\frac{1}{\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}}\left\{-\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)+\sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}+\frac{1}{K}\right)^2+\frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\}$	$x_h=\frac{2l}{9\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)}$

[0089] ここで、梁７２に２点集中荷重が作用する場合には、例えば、梁７２に等分布荷重が作用する場合などに比べて、負曲げ領域Ｒ１が材軸方向Ｘに長くなる。したがって、補強部材７３の端部Ｘ座標が下限Ｘ座標以上であることで、梁７２に２点集中荷重が作用するときの負曲げ領域Ｒ１だけでなく、梁７２に等分布荷重が作用するときの負曲げ領域Ｒ１にも補強部材７３を位置させることができる。その結果、補強部材７３によって梁７２を確実に補強することができる。

したがって、本実施形態では、下限Ｘ座標として、梁７２に２点集中荷重が作用した場合において梁７２の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点のＸ座標を採用し、そのＸ座標を上記（２Ａ）式または上記（２Ｂ）式により求める。

[0090] （式の導出過程２：上限Ｘ座標の導出）

基準梁７２Ａのように、端部が支持部材７１に剛接合されている場合（回転剛性が無限大の場合）には、端部が支持部材７１に半剛接合されている場合（回転剛性が有限の場合）に比べて、負曲げ領域Ｒ１が材軸方向Ｘに長くなる。しかも、基準梁７２Ａのように、端部が支持部材７１に剛接合されている場合で、かつ、負曲げ剛性および正曲げ剛性が同等である場合には、例えば、負曲げ剛性が正曲げ剛性より小さい場合に比べて、やはり負曲げ領域Ｒ１が材軸方向Ｘに長くなる。つまり、一般に負曲げ剛性は、正曲げ剛性と同等か正曲げ剛性より小さいことを考慮すると、基準梁７２Ａに基づいて設定された前記上限Ｘ座標は、負曲げ領域Ｒ１が材軸方向Ｘに最も長くなる場合を想定して算出されていると言える。したがって、補強部材７３の端部Ｘ座標が上限Ｘ座標以下であることで、補強部材７３が過剰に長くなることを防止することができる。

ここで、基準梁７２Ａに２点集中荷重が作用したときにおける負曲げ領域Ｒ１の長さは、負曲げ剛性$ＥＩ_h$＝正曲げ剛性$ＥＩ_s$＝ＥＩとなるから、上記（５７）式により求められ、この式においてＫを無限大とすると、右辺が（

２１／９）となる。これにより、上記（１）式に示すように、上限Ｘ座標を（２１／９）とすることができる。

[0091]（第二実施形態）

以下、本発明の第二実施形態に係る梁接合構造の設計方法（以下、本実施形態に係る設計方法と呼ぶ）を説明する。

[0092] 本実施形態に係る設計方法は、一時的ではない有形の記録媒体（図示なし）に記録されたプログラムをＣＰＵ(図示なし)により実行するコンピュータ装置(図示なし)によって実現されることが好ましい。この場合、コンピュータ装置は、作業者により操作される入力装置をからの指令に応じて、下記設計方法を実行するとともに、設計結果を、出力装置を介して視認可能に出力することが好ましい。

以下に、図１３のフローチャートを参照して、本実施形態に係る設計方法について詳細に説明する。尚、第一実施形態で説明した梁接合構造に関する説明は省略する。

[0093] 本実施形態に係る設計方法は、構造計画工程Ｓ１、耐力算出工程Ｓ２、耐力検討工程Ｓ３、第一距離算出工程Ｓ４ａ、第二距離算出工程Ｓ４ｂ、及び、補強部材設計工程Ｓ５を含む。

[0094] 構造計画工程Ｓ１では、構造物の用途、積載荷重、外力要因（地震、風、火災）に基づき、各構造部材（柱、梁、壁、床、ブレース等）の配置と、各構造部材、補強部材、床スラブの断面寸法、材料強度などを仮決めする構造計画を行う。

[0095] 耐力算出工程Ｓ２では、構造計画工程Ｓ１により仮決めされた構造計画に基づき、各構造部材に必要とされる耐力（必要耐力）と、各構造部材が保有する耐力（保有耐力）を算出する。

[0096] 耐力検討工程Ｓ３では、耐力算出工程Ｓ２により算出された耐力の妥当性を検討する。すなわち、各構造部材の保有耐力が、各構造部材の必要耐力以上であるか否か検討する。保有耐力が、必要耐力よりも小さい場合には、構造計画工程Ｓ１に戻り、各構造部材（柱、梁、壁、床、ブレース等）の配置

と、各構造部材、補強部材、床スラブの断面寸法、材料強度などを修正し、再度、耐力算出工程Ｓ２及び耐力検討工程Ｓ３を実施する。保有耐力が、必要耐力以上である場合には、第一距離算出工程Ｓ４ａ及び第二距離算出工程Ｓ４ｂに進む。

[0097] 第一距離算出工程Ｓ４ａでは、梁に２点集中荷重が作用した場合において、梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、第一支持部材における梁の端部の接合部からの距離である第一距離を算出する。

[0098] 第二距離算出工程Ｓ４ｂでは、梁として、両端部が一対の支持部材に剛接合され、かつ、負曲げに対する曲げ剛性および正曲げに対する曲げ剛性が同等とされた基準梁を用いることを仮定し、基準梁に２点集中荷重が作用した場合において、基準梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、接合部からの距離である第二距離を算出する。

[0099] 尚、第一距離算出工程Ｓ４ａ及び第二距離算出工程Ｓ４ｂでは、第一実施形態で説明した（１）式、（２Ａ）式、（２Ｂ）式、及び（２Ａ’）式を用いればよい。

[0100] 補強部材設計工程Ｓ５では、補強部材の突出長さｘを、第一距離算出工程Ｓ４ａで算出した第一距離以上、第二距離算出工程Ｓ４ｂで算出した第二距離以下に設定する。

[0101] 本実施形態に係る設計方法によれば、支持部材に半剛接合又は剛接合されている梁接合構造において、補強部材の配置を適正化することが可能である。

[0102] 上記設計方法を実行することで最終出力された値が設計値となり、梁接合構造の製造方法ではこの設計値が用いられる。例えば、上記工程を行うことで、柱、梁及び床スラブの大きさ及び配置位置、補強部材の長さや配置位置が設計結果として出力される。梁構造を製造する際、設計結果に応じた柱、梁、補強部材を用いて柱、大梁、及び小梁配置工程、補強部材配設工程を含む床スラブ打設工程を進めることで、上述の梁接合構造６０が製造される。これにより、補強部材の配置が適正化された梁接合構造を製造することが可

能となる。すなわち、上記の梁接合構造の設計方法に基づいて設計された梁接合構造の製造方法は、第一支持部材及び第二支持部材と梁とを接合する接合工程と、設定された突出長さｘとなるように補強部材を配設する配設工程とを有する。

[0103] （実施例）

上記導出結果の各式に基づいて、梁７２の長さ、正曲げ剛性、負曲げ剛性および回転剛性をそれぞれ下記表２に示す実施例１から実施例４の値にし、等分布荷重の場合または２点集中荷重の場合それぞれにおける負曲げ領域Ｒ１の長さx_hを求めると、下記表２に示すようになる。なお表中の比較例１では、前記基準梁７２Ａを前提とした等分布荷重の場合、２点集中荷重の場合それぞれにおける負曲げ領域Ｒ１の長さx_hである。また表中の実施例２では、梁７２が支持部材７１に剛接合されている場合を前提としており、回転剛性を無限大としている。

[表2]

	梁の長さ	正曲げ剛性	負曲げ剛性	梁の端部の回転剛性	負曲げ領域の長さ，x_h [m]		負曲げ領域の長さの従来比	
	l	EI_s	EI_h	K	（i）等分布荷重	（iii）2点集中荷重	（i）等分布荷重	（iii）2点集中荷重
	[m]	[kNm^2]	[kNm^2]	[kNm/rad]				
比較例1	8.4	–	–	–	1.78	1.87	100%	100%
実施例1	8.4	276924	109858	75287	0.76	0.91	43%	49%
実施例2	8.4	276924	109858	∞	1.36	1.47	76%	79%
実施例3	8.4	76821	76821	32315	1.02	1.19	57%	64%
実施例4	8.4	276924	136537	80718	0.80	1.03	45%	55%

[0104] 以上から、実施例１から実施例４では、比較例１に比べて負曲げ領域Ｒ１の長さx_hが短くなっていることが確認された。

[0105] 以上説明したように、本実施形態に係る梁接合構造６０によれば、補強部材７３の端部Ｘ座標が、下限Ｘ座標以上でかつ上限Ｘ座標以下であることで、補強部材７３の過剰な配置を防止しつつ、補強部材７３によって梁７２を確実に補強することが可能になり、補強部材７３の配置の適正化を図ることができる。

[0106] なお、本発明の技術的範囲は前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

[0107] 例えば、接合部を含む床スラブ４１全域にひび割れ防止筋を配するなど、今回規定した範囲の補強部材７３（補強筋）に加え、その他の鉄筋（補強筋、補強部材）を任意の位置に配してもよい。

[0108] 前記実施形態では、１本の柱１１から延びる４つの大梁２１のうち、柱１１を間に挟んで反対側に向けて延びる２つの大梁２１に第一構造６１が適用されているが、本発明はこれに限られない。例えば、４つの大梁２１全てに第一構造６１が適用されてもよく、１つの大梁２１のみに第一構造６１が適用されてもよい。４つの大梁２１全てに第一構造６１が適用される場合、例えば、第一補強部材７３ａを格子状に配置する構成を採用することができる。

[0109] 柱１１は、コンクリートの内部に鉄骨材が配設されていない鉄筋コンクリート（ＲＣ）造であってもよい。さらに図１４に示すように、柱１１が、鋼管にコンクリートが充填されてなるＣＦＴ造であってもよい。

[0110] その他、本発明の趣旨に逸脱しない範囲で、前記実施形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、前記した変形例を適宜組み合わせてもよい。

産業上の利用可能性

[0111] 本発明によれば、梁が支持部材に半剛接合又は剛接合されている梁接合構造において、補強部材の配置の適正化を図ることができる。

符号の説明

[0112] ６０ 梁接合構造

７１ 支持部材

７１ａ 第一支持部材

７１ｂ 第二支持部材

７２ 梁

７２Ａ 基準梁

７３ 補強部材

Ｏ 接合部

Ｒ１ 負曲げ領域

Ｘ＋ 正の方向

Ｘ 材軸方向

請求の範囲

[請求項1] 互いに対をなす第一支持部材及び第二支持部材と、

両端部に、前記第一支持部材及び前記第二支持部材がそれぞれ接合される第一接合部及び第二接合部を有し、前記第一接合部及び前記第二接合部を介して半剛接合又は剛接合されることで、前記第一支持部材と前記第二支持部材との間に掛け渡された梁と、

前記第一支持部材から前記第二支持部材に向かう方向に突出するように配置され、前記梁の負曲げにより前記梁に生じる引張応力の少なくとも一部を負担することにより前記梁を補強する補強部材と、

を備え、

前記梁の材軸方向に垂直であるとともに前記第一接合部を含む仮想平面からの、前記補強部材の突出長さｘが第一距離以上、第二距離以下であり、

前記第一距離は、前記梁に２点集中荷重が作用した場合において前記梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離であり、

前記第二距離は、前記梁として、両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とに剛接合され、かつ、負曲げに対する曲げ剛性と正曲げに対する曲げ剛性とが互いに同等とされた基準梁を用いることを仮定し、前記基準梁に２点集中荷重が作用した場合において、前記基準梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離である

ことを特徴とする梁接合構造。

[請求項2] 前記梁は、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合される

ことを特徴とする請求項１に記載の梁接合構造。

[請求項3] 前記梁は、前記正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが異なった状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持

部材とにそれぞれ半剛接合され、

前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たす

ことを特徴とする請求項２に記載の梁接合構造。

[数1]

$$x_h \le x \le \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、ｘ$_h$は下記（２Ａ）式により求められる。

[数2]

$$x_h = \frac{1}{\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}} \left\{ -\left(\frac{l}{2EI_s} + \frac{1}{K} \right) + \sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s} + \frac{1}{K} \right)^2 + \frac{2l^2}{9EI_s} \left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s} \right)} \right\} \quad \cdots \quad (2A)$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

ＥＩ$_h$：前記梁の負曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ＥＩ$_s$：前記梁の正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

Ｋ：前記梁の前記端部の前記第一接合部の回転剛性（ｋＮｍ／ｒａｄ）

[請求項4] 前記梁は、前記正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが等しい状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合され、

前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たす

ことを特徴とする請求項２に記載の梁接合構造。

[数3]

$$x_h \le x \le \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、x_hは下記（２Ｂ）式により求められる。

[数4]

$$x_h = \frac{2l}{9\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)} \quad \cdots \quad (2B)$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

ＥＩ：前記梁の負曲げ又は正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

Ｋ：前記梁の前記端部の前記第一接合部の回転剛性（ｋＮｍ／ｒａｄ）

[請求項5] 前記梁は、正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが異なった状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ剛接合される

ことを特徴とする請求項１に記載の梁接合構造。

[請求項6] 前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たす

ことを特徴とする請求項５に記載の梁接合構造。

[数5]

$$x_h \le x \le \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、x_hは下記（２Ａ’）式により求められる。

[数6]

$$x_h = \frac{1}{\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}}\left\{-\frac{l}{2EI_s}+\sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}\right)^2+\frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h}-\frac{1}{EI_s}\right)}\right\} \quad \cdots \quad (2A')$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

EI_h：前記梁の負曲げに対する曲げ剛性（kNm^2）

EI_s：前記梁の正曲げに対する曲げ剛性（kNm^2）

l：前記梁の長さ（m）

[請求項7] 互いに対をなす第一支持部材及び第二支持部材と、両端部に前記第一支持部材及び前記第二支持部材がそれぞれ接合される第一接合部及び第二接合部を有し、前記第一接合部及び前記第二接合部を介して半剛接合又は剛接合されることで、前記第一支持部材と前記第二支持部材との間に掛け渡された梁と、前記第一支持部材から前記第二支持部材に向かう方向に突出するように配置され、前記梁の負曲げにより前記梁に生じる引張応力の少なくとも一部を負担することにより前記梁を補強する補強部材と、を備える梁接合構造の設計方法であって、

前記梁に２点集中荷重が作用した場合において前記梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離である第一距離を算出する第一距離算出工程と、

前記梁として、両端部が前記第一支持部材及び前記第二支持部材に剛接合され、かつ、負曲げに対する曲げ剛性と正曲げに対する曲げ剛性とが互いに同等とされた基準梁を用いることを仮定し、前記基準梁に２点集中荷重が作用した場合において、前記基準梁の曲げモーメント分布が負曲げから正曲げに変わる反曲点の、前記第一接合部からの距離である第二距離を算出する第二距離算出工程と、

前記梁の材軸方向に垂直であるとともに前記第一接合部を含む仮想平面からの、前記補強部材の突出長さｘを、前記第一距離以上、前記第二距離以下に設定する補強部材設計工程と、

を備える

ことを特徴とする梁接合構造の設計方法。

[請求項8] 前記梁は、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合される

ことを特徴とする請求項７に記載の梁接合構造の設計方法。

[請求項9] 前記梁は、前記正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが異なった状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合され、

前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たす

ことを特徴とする請求項８に記載の梁接合構造の設計方法。

[数7]

$$x_h \le x \le \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、x_hは下記（２Ａ）式により求められる。

[数8]

$$x_h = \frac{1}{\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}} \left\{ -\left(\frac{l}{2EI_s} + \frac{1}{K} \right) + \sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s} + \frac{1}{K} \right)^2 + \frac{2l^2}{9EI_s} \left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s} \right)} \right\} \quad \cdots \quad (2A)$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

EI_h：前記梁の負曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

EI_s：前記梁の正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

Ｋ：前記梁の前記端部の前記第一接合部の回転剛性（ｋＮｍ／ｒａｄ）

[請求項10] 前記梁は、前記正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが等しい状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ半剛接合され、

前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たす

ことを特徴とする請求項８に記載の梁接合構造の設計方法。

[数9]

$$x_h \leq x \leq \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、ｘｈは下記（２Ｂ）式により求められる。

[数10]

$$x_h = \frac{2l}{9\left(1+\frac{2EI}{Kl}\right)} \quad \cdots \quad (2B)$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

ＥＩ：前記梁の負曲げ又は正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

Ｋ：前記梁の前記端部の前記第一接合部の回転剛性（ｋＮｍ／ｒａｄ）

[請求項11] 前記梁は、正曲げに対する曲げ剛性と負曲げに対する曲げ剛性とが異なった状態で、前記両端部が前記第一支持部材と前記第二支持部材とにそれぞれ剛接合される

ことを特徴とする請求項７に記載の梁接合構造の設計方法。

[請求項12] 前記補強部材の突出長さｘが、ｍを単位として、下記（１）式を満たす

ことを特徴とする請求項１１に記載の梁接合構造の設計方法。

[数11]

$$x_h \leq x \leq \frac{2l}{9} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、ｘｈは下記（２Ａ’）式により求められる。

[数12]

$$x_h = \frac{1}{\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}} \left\{ -\frac{l}{2EI_s} + \sqrt{\left(\frac{l}{2EI_s}\right)^2 + \frac{2l^2}{9EI_s}\left(\frac{1}{EI_h} - \frac{1}{EI_s}\right)} \right\} \quad \cdots \quad (2A')$$

ここで、上記各変数は以下の通りである。

ＥＩ$_h$：前記梁の負曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ＥＩ$_s$：前記梁の正曲げに対する曲げ剛性（ｋＮｍ^2）

ｌ：前記梁の長さ（ｍ）

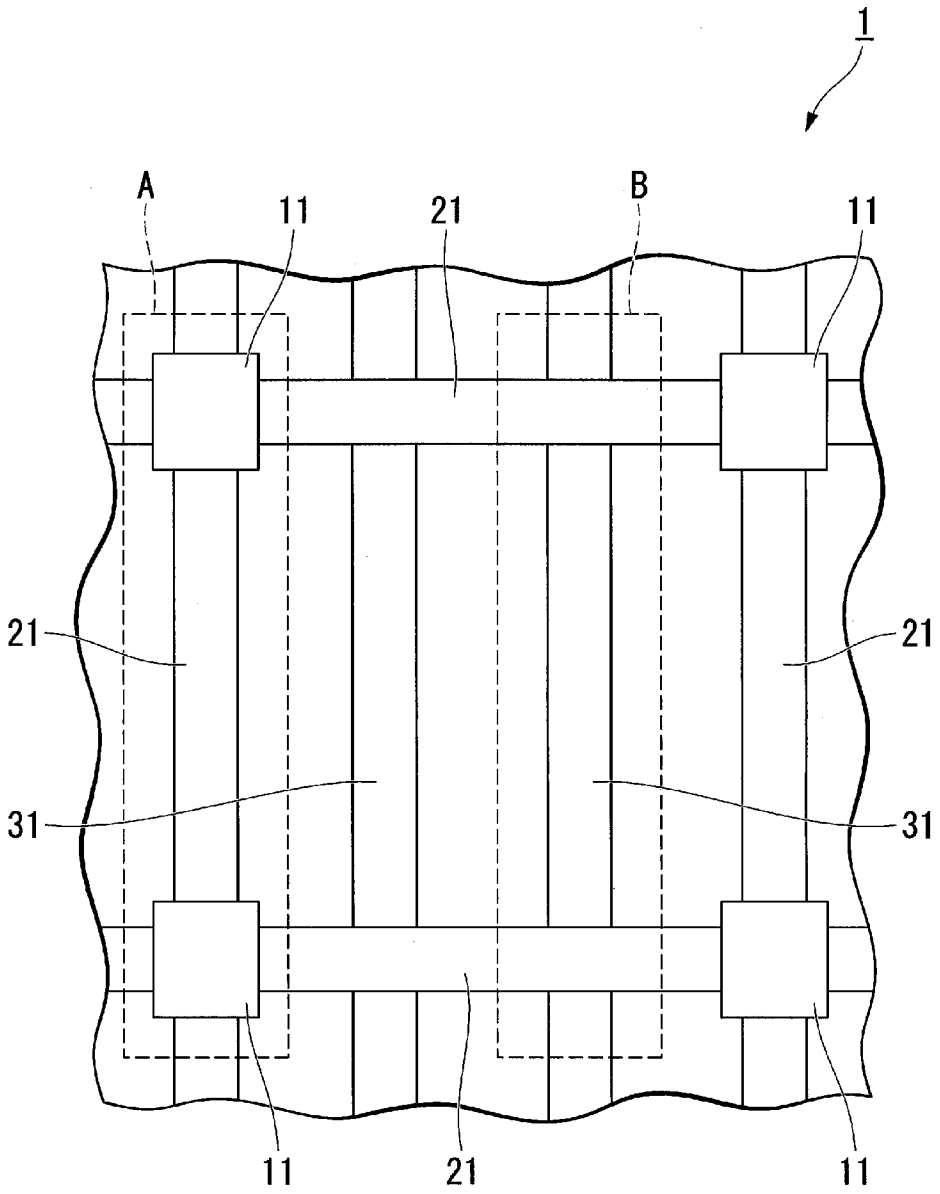
[請求項13] 請求項７～１２のいずれか一項に記載の梁接合構造の設計方法に基づいて設計された梁接合構造の製造方法において、

前記第一支持部材及び前記第二支持部材と前記梁とを接合する接合工程と、

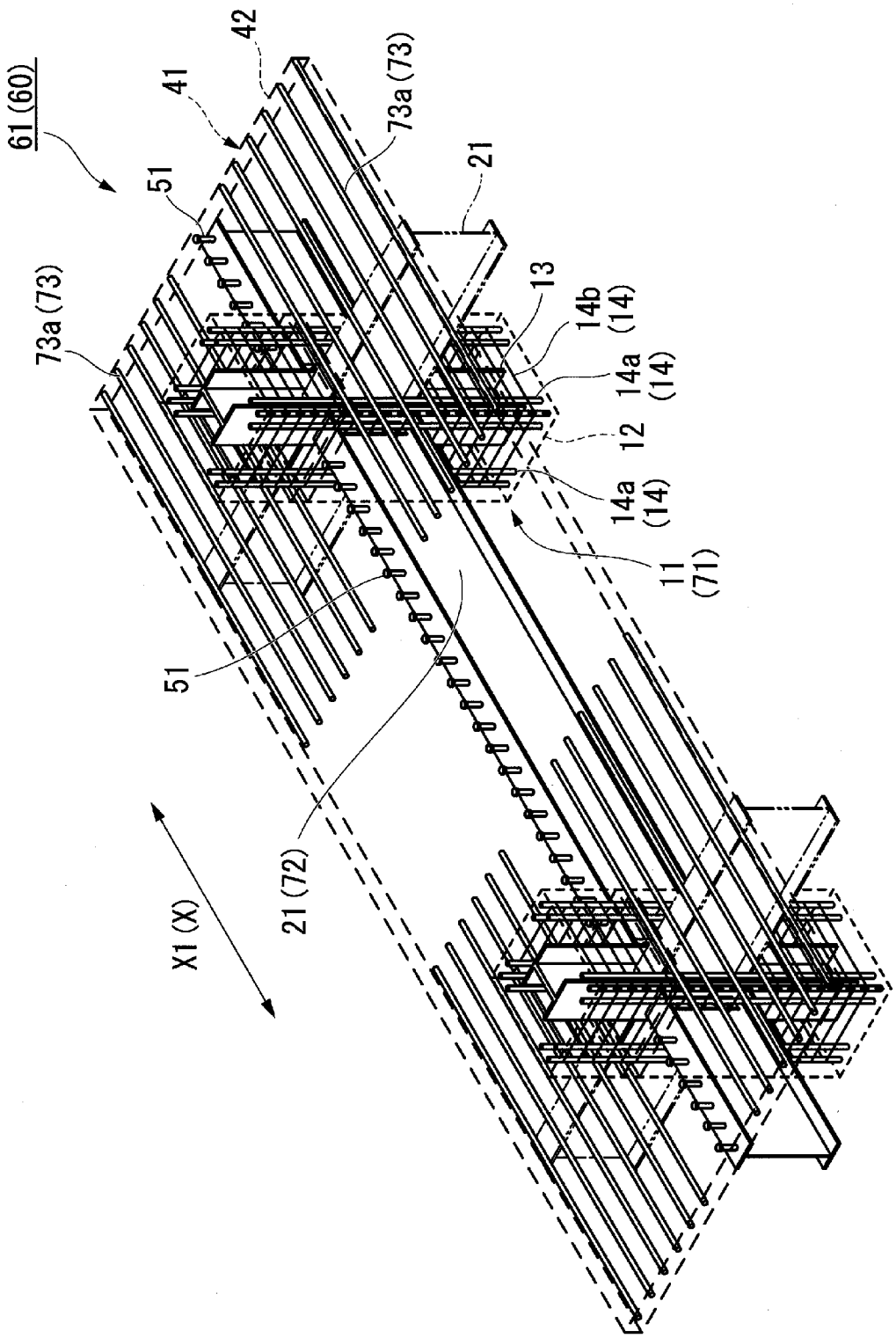
設定された前記突出長さｘとなるように前記補強部材を配設する配設工程と

を備えることを特徴とする、梁接合構造の製造方法。

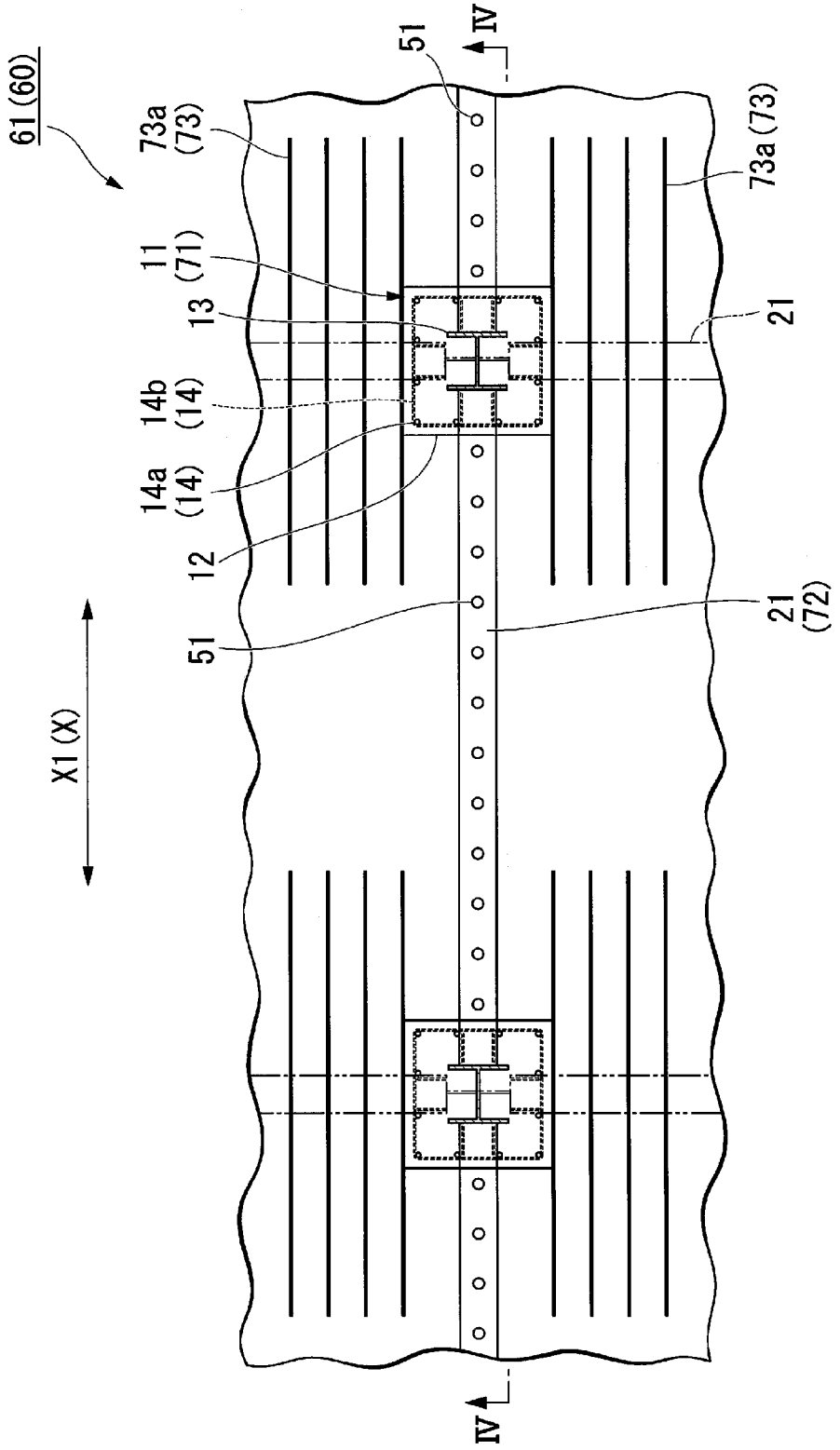
[図1]



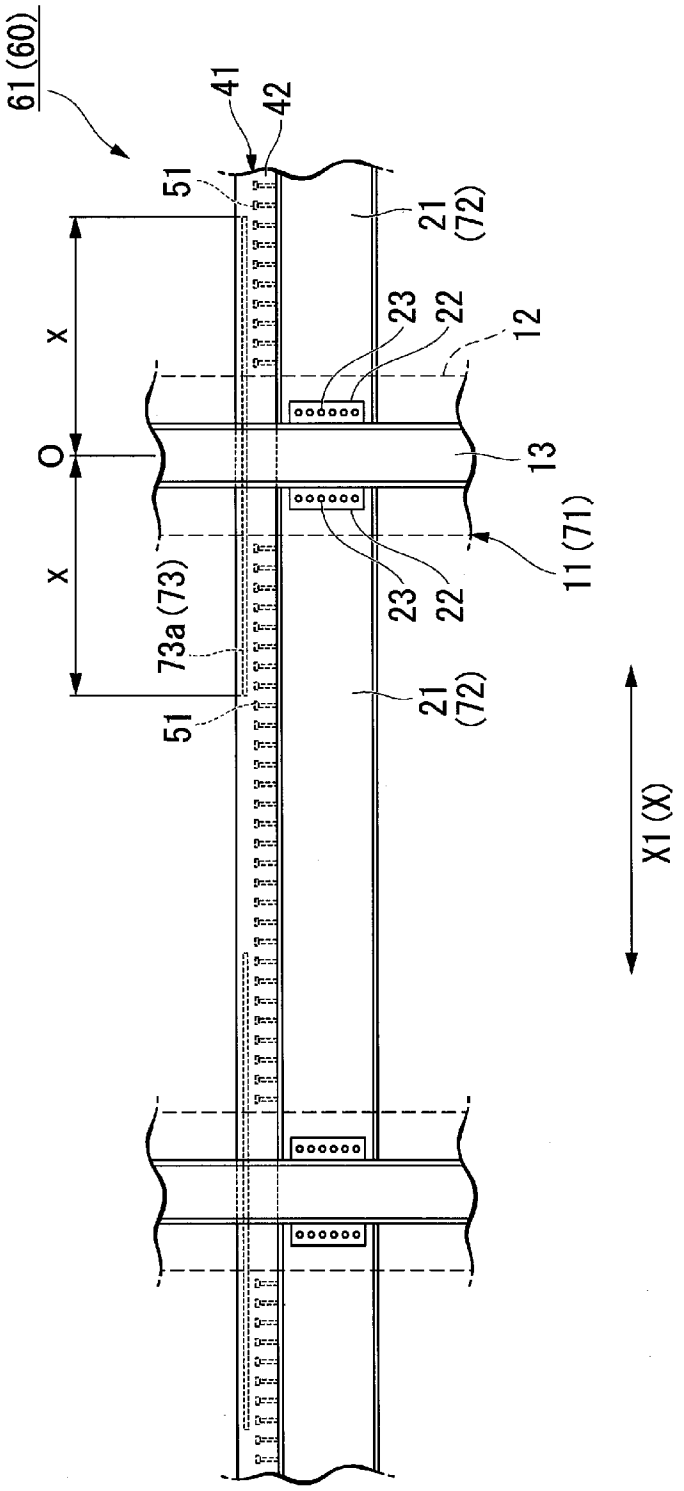
[図2]


61 (60)
42
41
73a (73)
51
21
13
14b (14)
14a (14)
12
14a (14)
11 (71)
73a (73)
51
21 (72)
X1 (X)

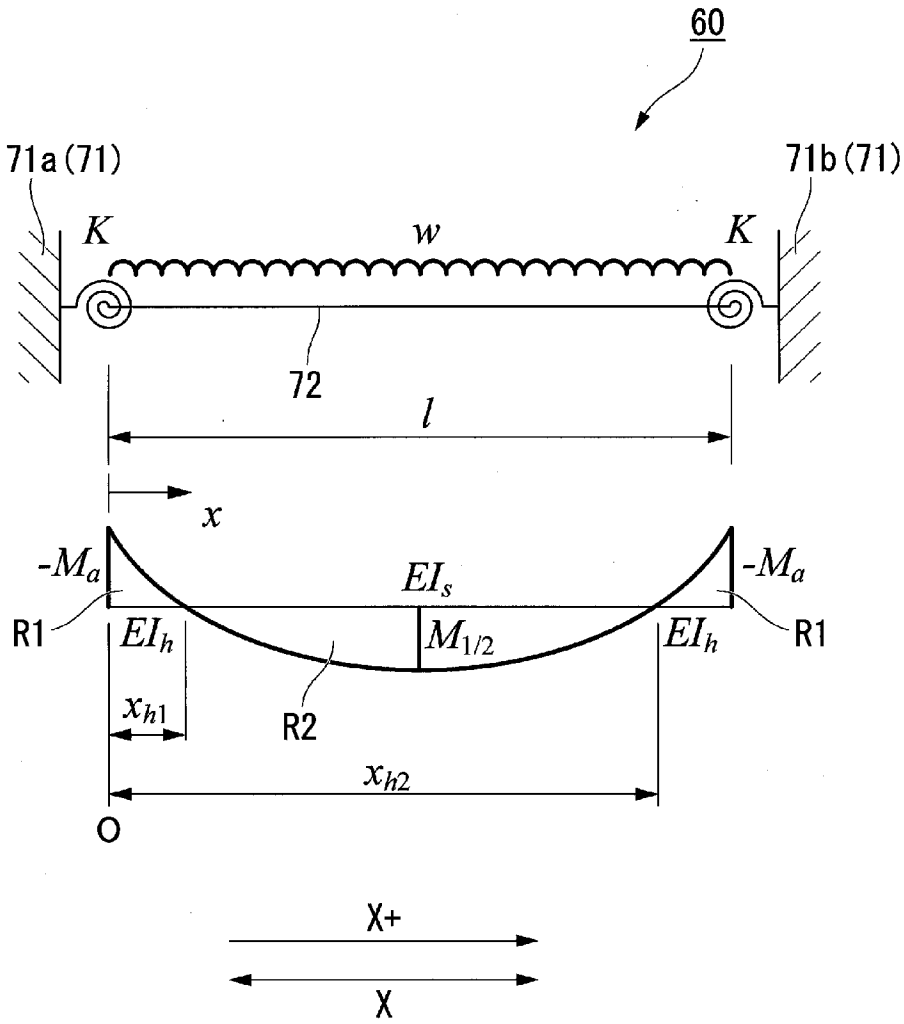
[図3]



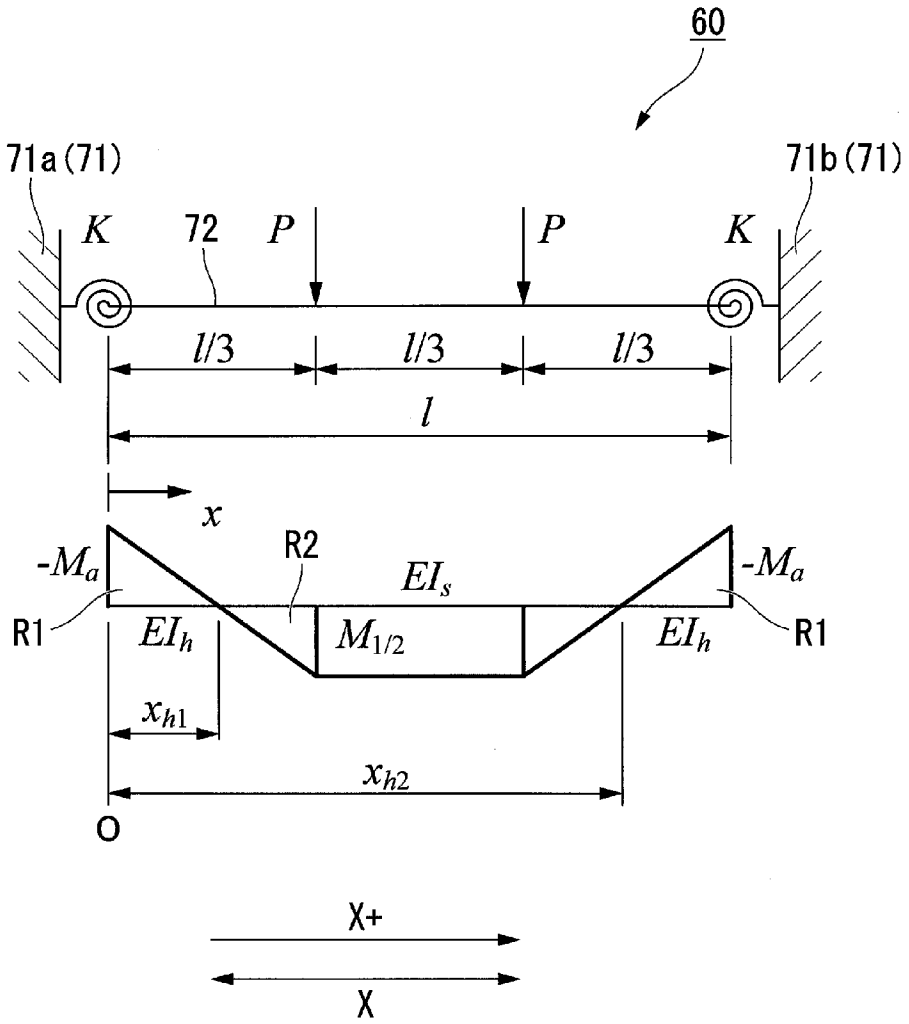
[図4]



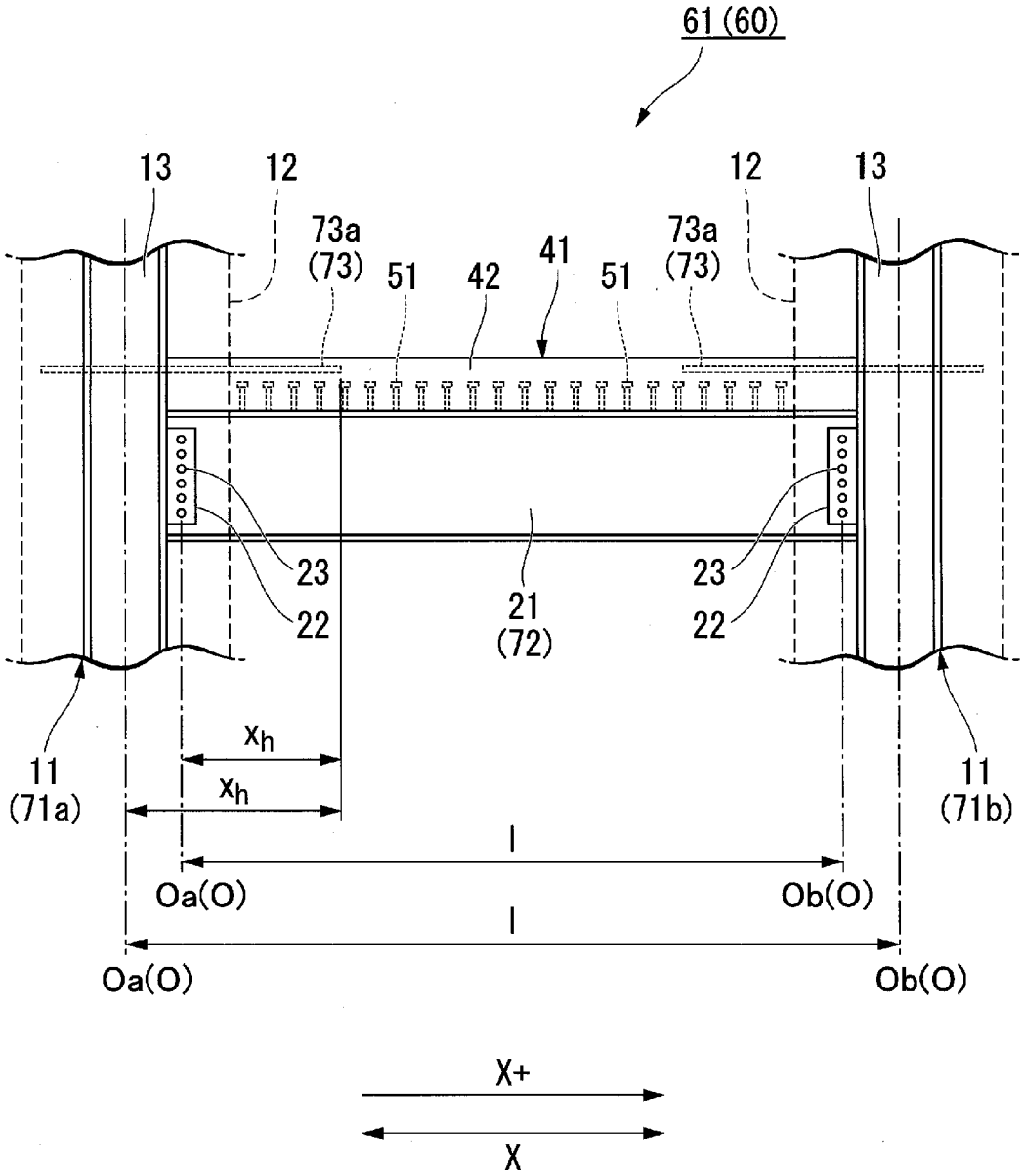
[図5]


60
71a (71)
71b (71)
K
w
K
72
l
x
-Ma
EIs
-Ma
R1
EIh
M1/2
EIh
R1
xh1
R2
xh2
O
X+
X

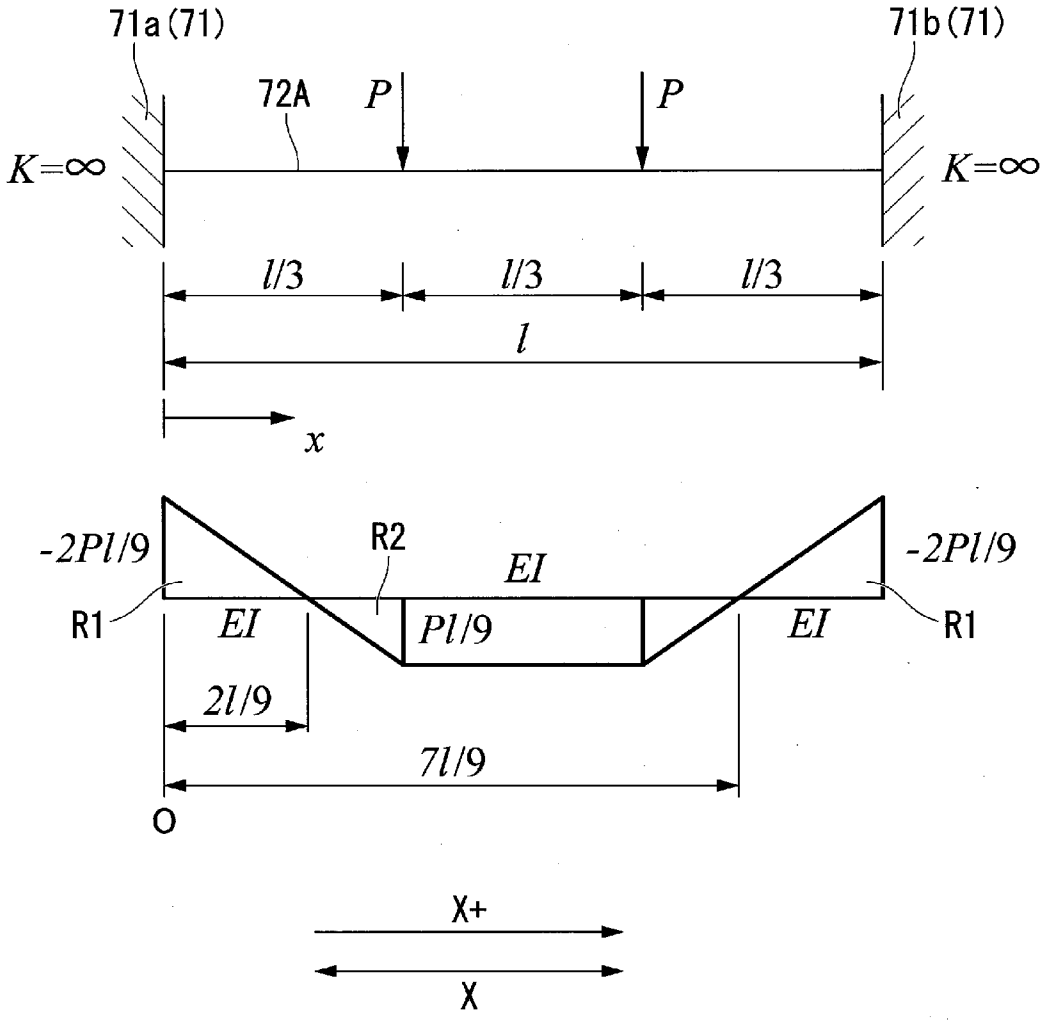
[図6]


60
71a(71)
71b(71)
K
72
P
P
K
l/3
l/3
l/3
l
x
-Ma
R2
EIs
-Ma
R1
EIh
M1/2
EIh
R1
xh1
xh2
O
X+
X

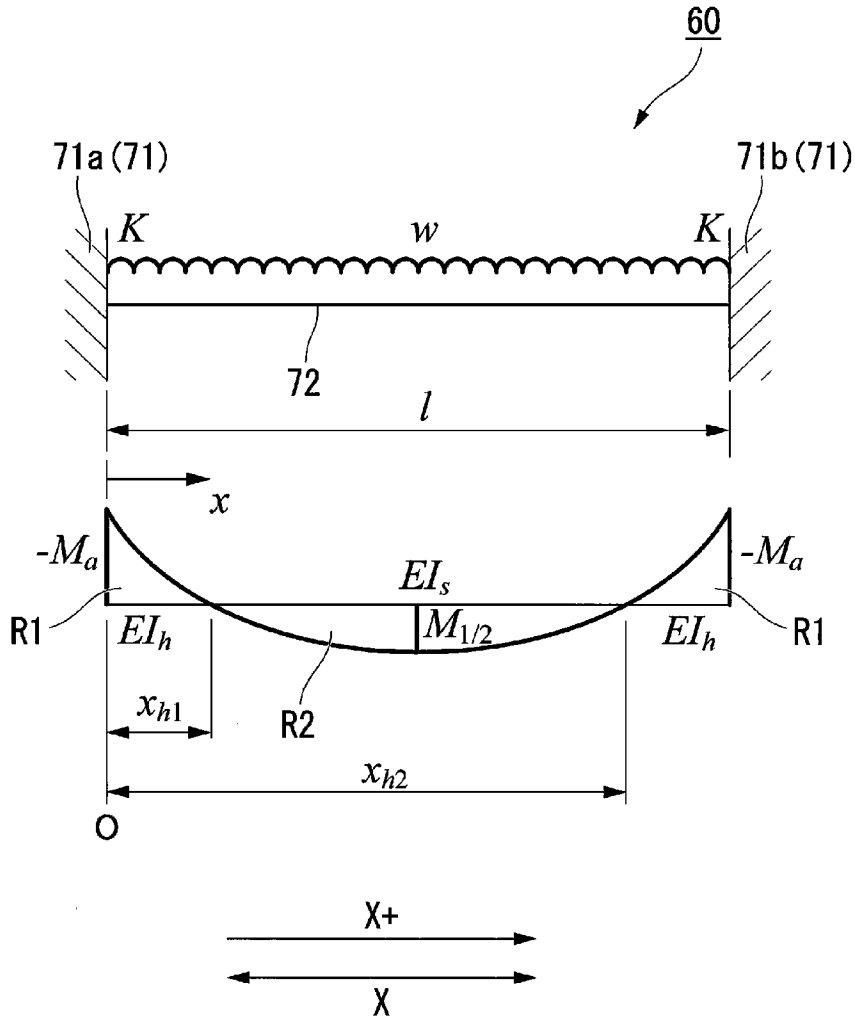
[図7]


61 (60)
13
12
73a
(73)
51
42
41
51
73a
(73)
12
13
23
22
21
(72)
23
22
11
(71a)
11
(71b)
x_h
x_h
l
Oa(O)
Ob(O)
l
Oa(O)
Ob(O)
X+
X

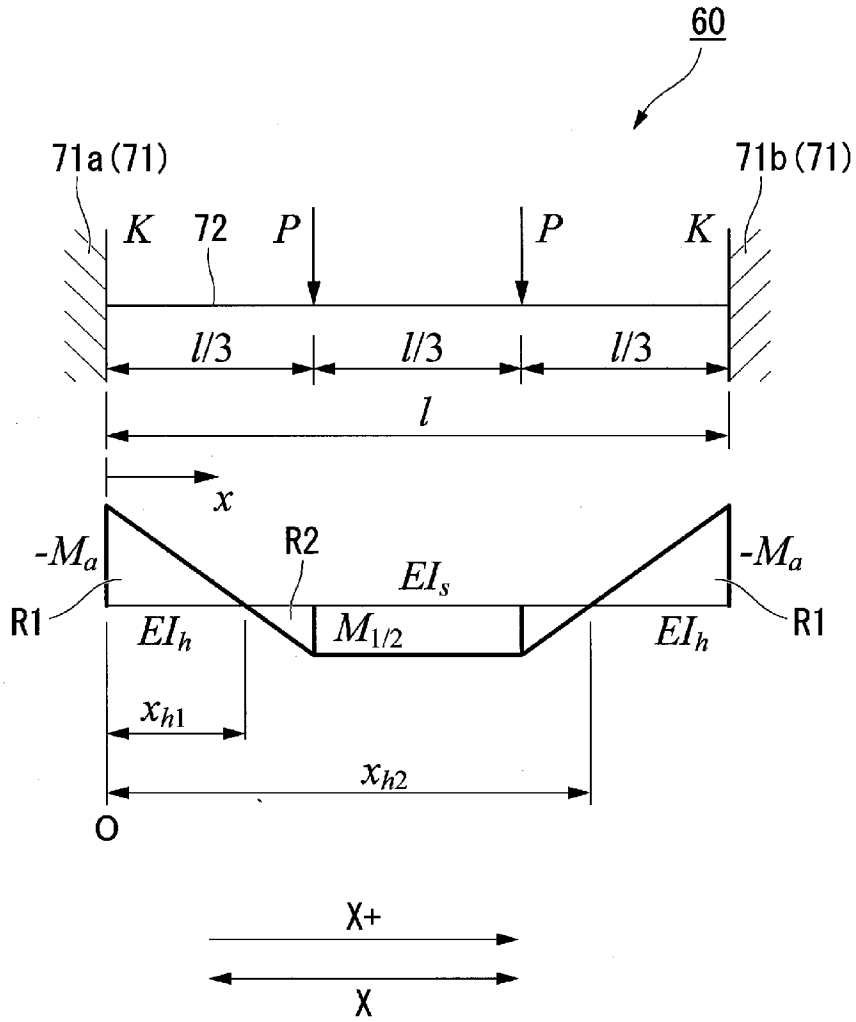
[図8]


71a(71)
71b(71)
72A
P
P
K=∞
K=∞
l/3
l/3
l/3
l
x
-2Pl/9
R2
EI
-2Pl/9
R1
EI
Pl/9
EI
R1
2l/9
7l/9
O
X+
X

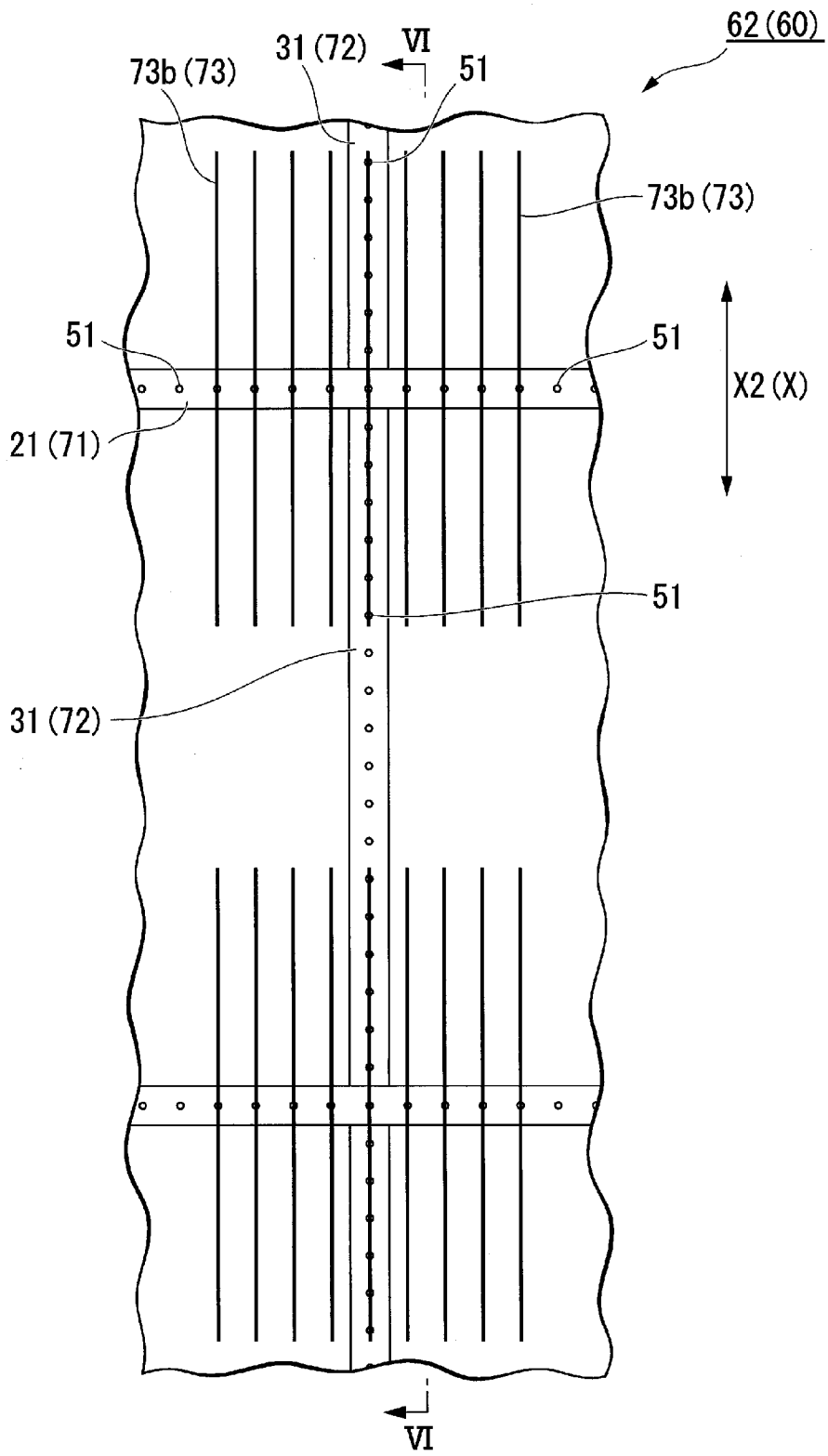
[図9]


60
71a (71)
71b (71)
K
w
K
72
l
x
-Ma
EIs
-Ma
R1
EIh
M1/2
EIh
R1
xh1
R2
xh2
O
X+
X

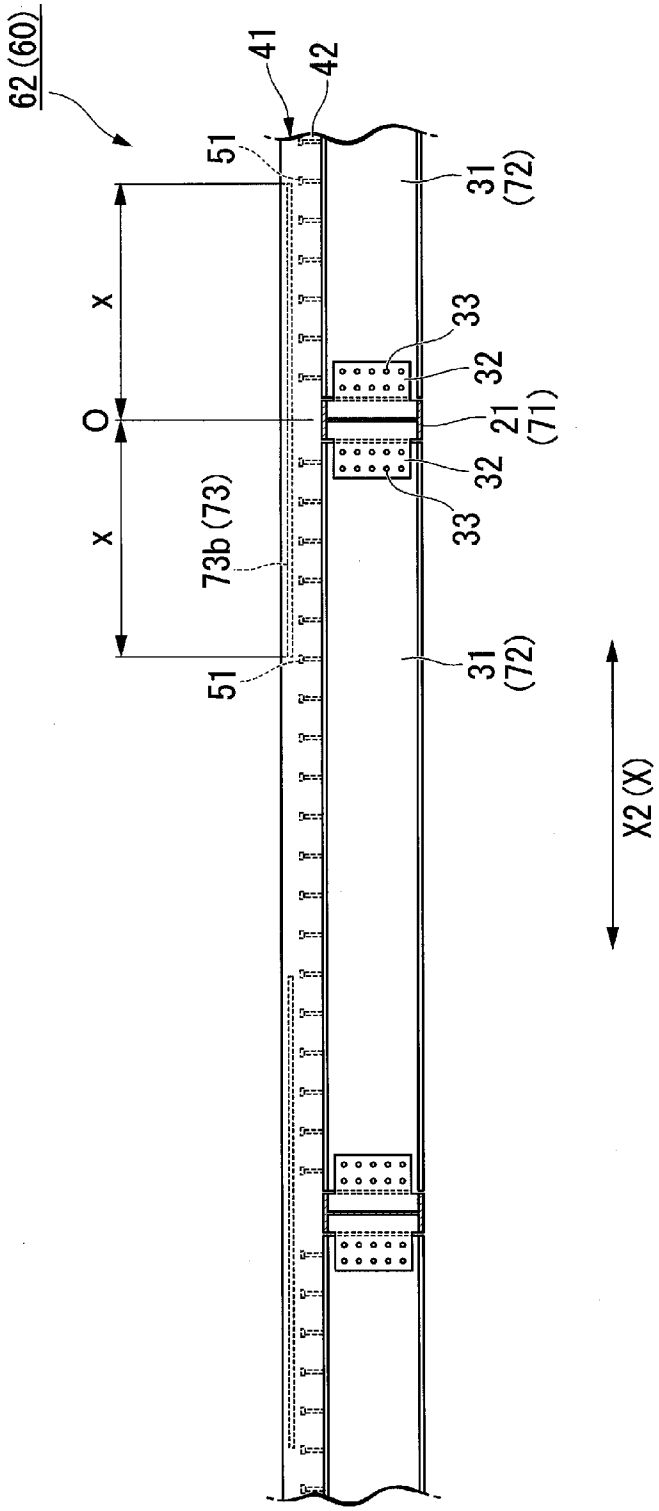
[図10]


60
71a(71)
71b(71)
K
72
P
P
K
l/3
l/3
l/3
l
x
-Ma
R2
EIs
-Ma
R1
EIh
M1/2
EIh
R1
xh1
xh2
O
X+
X

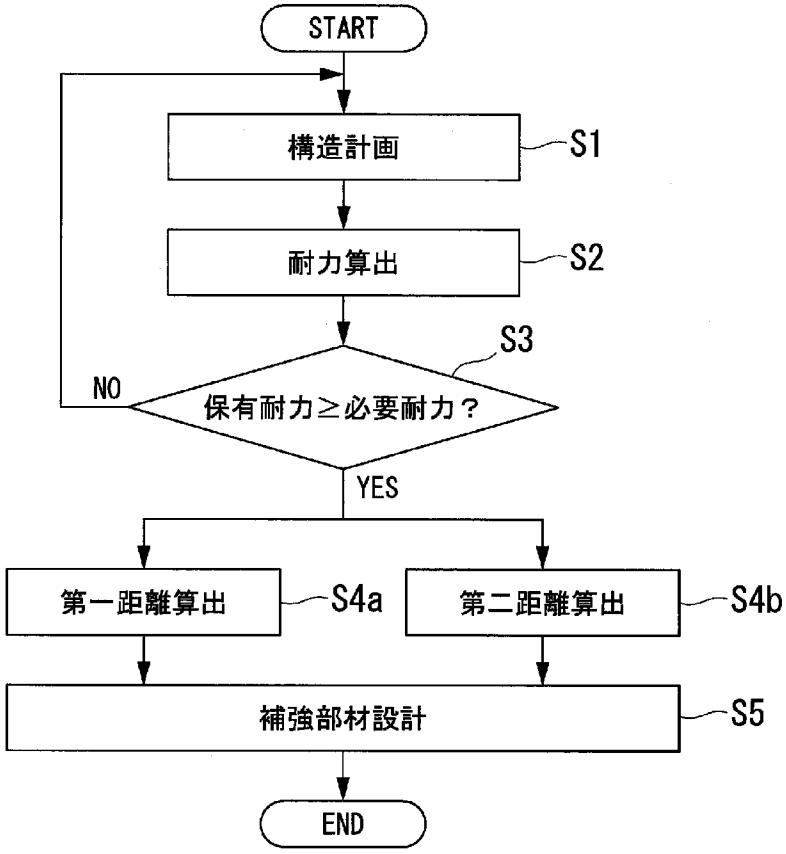
[図11]



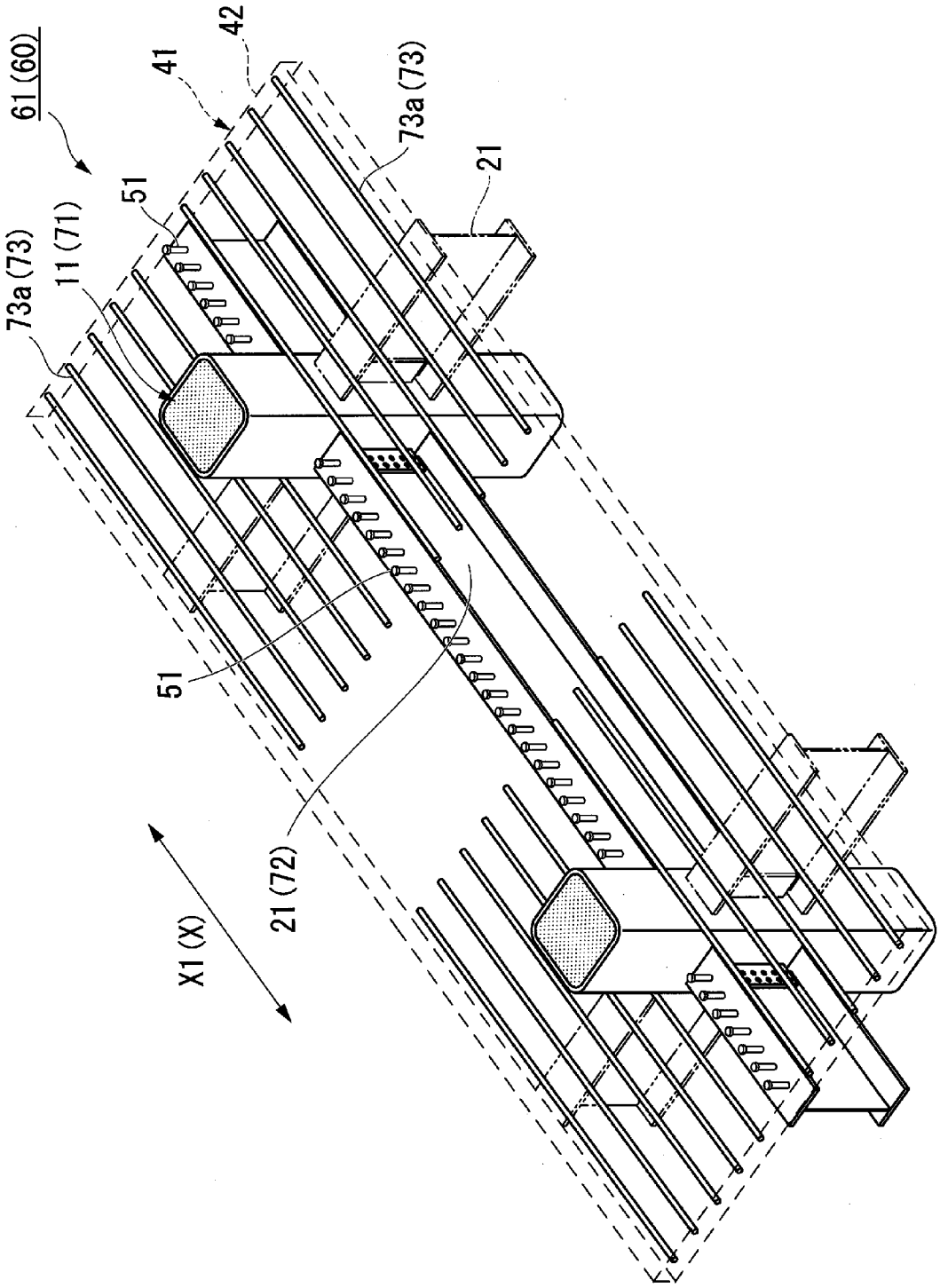
[図12]



[図13]


START
構造計画
S1
耐力算出
S2
S3
NO
保有耐力≧必要耐力？
YES
第一距離算出
S4a
第二距離算出
S4b
補強部材設計
S5
END

[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/009286

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. E04B1/30(2006.01)i, E01D22/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl. E04B1/30, E01D22/00

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 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
X Y A	JP 4-048141 B2 (KAJIMA CORP.) 05 August 1992, page 1, right column, line 4 to line 18, fig. 1-5 (Family: none)	1, 7, 13 2, 5, 8, 11 3, 4, 6, 9, 10, 12
Y A	JP 2017-031592 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 09 February 2017, claims (Family: none)	2, 5, 8, 11 3, 4, 6, 9, 10, 12
P, A	JP 2018-009410 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 18 January 2018, paragraphs [0022]-[0080], fig. 1-13 (Family: none)	3, 4, 6, 9, 10, 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	Date of mailing of the international search report
17.05.2018	29.05.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／００９２８６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　E04B1/30(2006.01)i, E01D22/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　E04B1/30, E01D22/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
X Y A	JP 4-048141 B2（鹿島建設株式会社）1992.08.05, 第１頁右欄第４行～第１８行、第１－５図（ファミリーなし）	1, 7, 13 2, 5, 8, 11 3, 4, 6, 9, 10, 12
Y A	JP 2017-031592 A（新日鐵住金株式会社）2017.02.09, 〔特許請求の範囲〕（ファミリーなし）	2, 5, 8, 11 3, 4, 6, 9, 10, 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。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１７．０５．２０１８	２９．０５．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｅ　３２０４
星野　聡志
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２４５

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ｐ，　Ａ	JP 2018-009410 A（新日鐵住金株式会社）2018.01.18,　〔００２２〕－〔００８０〕、第１－１３図（ファミリーなし）	3,4,6,9,10,12