

明 細 書

発明の名称： 接合構造および接合構造の設計方法

技術分野

[0001] 本開示は、接合構造および接合構造の設計方法に関する。

背景技術

[0002] 例えばＲＣ梁または壁と大梁との間、または大梁と小梁との間の梁端接合部は、一般的に剛接合またはピン接合として設計される。大梁と小梁との例でいうと、剛接合の場合には小梁のフランジを大梁に溶接またはボルト接合し、さらに小梁のウェブを大梁にボルト接合する。ピン接合の場合、小梁のウェブを大梁に取り付けたシアプレートにボルト接合し、小梁のフランジは大梁に接合しない。

[0003] これに対して、非特許文献１には、水平力を負担しないグラビティフレームや、水平力が小さく逆対称曲げにならない場合のモーメントフレームなど、接合部のモーメントが逆転しない荷重条件下における接触板を用いた半剛接合が記載されている。接触板は、鉄骨梁の下フランジの端面と支持部材との間の隙間に介挿され、鉄骨梁の圧縮側フランジの力を対向する支持部材に伝達する。

[0004] ところが、一般に、鉄骨梁の下フランジの端面と支持部材との間の隙間は、建方精度のばらつきなどによってその寸法が変動する。この場合、接触板の厚みが隙間の寸法に対応していなければ力は伝達されないため、接触板の厚みを可変にする必要がある。具体的には、特許文献１では、接触板に相当する部材をくさび状にすることによって隙間の寸法変動に対応する技術が記載されている。

[0005] また、特許文献２には、下フランジの端面に斜角がつけられたＨ形断面梁と支持面との間に介挿される接触部材に、第１面と第１面に対して下フランジの斜角に対応した傾斜をもって形成された第２面とを形成する技術が記載されている。特許文献３には、Ｈ形断面梁と構造部材との間で、構造部材と

水平方向に対向する斜め上向きの第1傾斜面を有する第1楔部材をH形断面梁の下フランジに固定し、斜め下向きで第1傾斜面に摺接する第2傾斜面を有する第2楔部材を第1楔部材と構造部材との間に圧入する技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2005-282019号公報

特許文献2：特許第6631679号公報

特許文献3：特許第6769549号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION、「Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures Part 1-8: Design of joints」、2005年5月

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、特許文献1に記載された技術のように接触板に相当する部材をくさび状にした場合、くさび状部材は接触するそれぞれの面との間の摩擦力のみによって所定の位置に保持されるため、施工中や施工後の衝撃や振動によって脱落する可能性がある。特許文献2および特許文献3にも、施工中や施工後の衝撃や振動に対して接触部材の位置を保持する機構は記載されていない。

[0009] そこで、本開示は、部材間の隙間に接触部材を介挿する接合構造において、隙間の大きさが変動しても接触部材の面接触を維持することが可能な接合構造、および接合構造の設計方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示によれば、第1の部材および第2の部材の間に形成され、上記第1の部材と上記第2の部材との間に形成される第1の方向の隙間に介挿される

接触部材を含む接合構造であって、上記接触部材は、上記第1の部材に面接触する第1の接触面、および上記第1の接触面の反対側に位置して上記第2の部材に面接触する第2の接触面が形成される第1の本体部と、上記第2の接触面の端部から突出し、上記第2の接触面または上記第2の接触面の延長面に交差する軸線に沿って貫通孔が形成される腕部とを備え、上記第1の接触面および上記第2の接触面は、上記第1の接触面および上記第2の接触面の両方に直交する断面において先端角 θ のテーパ形状をなし、上記腕部は上記テーパ形状の先端側または根元側から突出し、上記テーパ形状の先端角 θ は、上記第2の接触面における摩擦係数を μ 、上記隙間の大きさの変動範囲を Δg_{req} 、上記断面内で上記第1の方向に対して垂直な方向における上記接触部材の可動範囲を Δh とした場合に以下の範囲にある接合構造が提供される。

$$\theta \leq \theta_{max} = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 8\mu^2}}{2\mu} \right), \quad \theta \geq \theta_{min} = \tan^{-1} \frac{\Delta g_{req}}{\Delta h}$$

[0011] また、本開示によれば、第1の部材および第2の部材の間に形成され、上記第1の部材と上記第2の部材との間に形成される第1の方向の隙間に介挿される接触部材を含む接合構造の設計方法であって、上記接触部材は、上記第1の部材に面接触する第1の接触面、および上記第1の接触面の反対側に位置して上記第2の部材に面接触する第2の接触面が形成される第1の本体部と、上記第2の接触面の端部から突出し、上記第2の接触面または上記第2の接触面の延長面に交差する軸線に沿って貫通孔が形成される腕部とを備え、上記第1の接触面および上記第2の接触面は、上記第1の接触面および上記第2の接触面の両方に直交する断面において先端角 θ のテーパ形状をなし、上記腕部は上記テーパ形状の先端側または根元側から突出し、上記第2の接触面における摩擦係数を μ 、上記隙間の大きさの変動範囲を Δg_{req} 、上記断面内で上記第1の方向に対して垂直な方向における上記接触部材の可動範囲を Δh とした場合に、上記テーパ形状の先端角 θ を以下の範囲に設定する接合構造の設計方法が提供される。

$$\theta \leq \theta_{max} = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 8\mu^2}}{2\mu} \right), \quad \theta \geq \theta_{min} = \tan^{-1} \frac{\Delta g_{req}}{\Delta h}$$

[0012] 上記の構成によれば、腕部の貫通孔に適切な締結手段を挿通することによって、第2の接触面に接触している部材に反力をとって、接触部材のテーパ形状部分を第1の部材と第2の部材との間の隙間に入り込ませる向きの力を作用させることができる。これによって、部材間の隙間の大きさが変動しても接触部材の面接触を維持することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本開示の第1の実施形態に係る接合構造を示す図である。

[図2]図1に示された接合構造の接触部材を含む部分の拡大断面図である。

[図3]図2に示された接触部材を用いた部材の接合方法の例について説明するための図である。

[図4]本開示の第1の実施形態に係る接合構造の変形例を示す図である。

[図5]本開示の第1の実施形態に係る接合構造の変形例を示す図である。

[図6]本開示の第1の実施形態に係る接合構造の変形例を示す図である。

[図7]本開示の第1の実施形態に係る接合構造の変形例を示す図である。

[図8]本開示の第1の実施形態に係る接合構造の変形例を示す図である。

[図9]本開示の第1の実施形態に係る接合構造の変形例を示す図である。

[図10]本開示の第1の実施形態に係る接合構造の変形例を示す図である。

[図11]本開示の第2の実施形態に係る接合構造を示す図である。

[図12]図11に示された接触部材の斜視図である。

[図13]図12からボルトおよびナットを取り除いた図である。

[図14]図12のA-A線に沿った断面図である。

[図15A]本開示の第2の実施形態における接触部材の設置手順の例を示す図である。

[図15B]本開示の第2の実施形態における接触部材の設置手順の例を示す図である。

[図16A]本開示の第2の実施形態における接触部材の設置手順の例を示す図で

ある。

[図16B]本開示の第2の実施形態における接触部材の設置手順の例を示す図である。

[図17A]本開示の第2の実施形態における接触部材の設置手順の例を示す図である。

[図17B]本開示の第2の実施形態における接触部材の設置手順の例を示す図である。

[図18]本開示の第2の実施形態の変形例に係る接合構造の斜視図である。

[図19]適切なテーパ先端角 θ の範囲の算出について説明するための図である。

[図20]適切なテーパ先端角 θ の範囲の算出について説明するための図である。

[図21]適切なテーパ先端角 θ の範囲の算出について説明するための図である。

[図22]算出されたテーパ先端角 θ の利用方法の例を示すグラフである。

[図23]接触部材の断面圧縮耐力の設計例を示す図である。

[図24]図23の例に係る接合構造の構造解析の条件について説明するための図である。

[図25A]図24に示した解析において接合部で発生するモーメントの大きさを示すグラフである。

[図25B]図24に示した解析において接合部で発生するモーメントの大きさを示すグラフである。

[図26A]図24に示した解析における曲げ耐力に関する特徴値を下フランジの幅に対する接触部材の寸法比ごとに示すグラフである。

[図26B]図24に示した解析における曲げ耐力に関する特徴値を下フランジの幅に対する接触部材の寸法比ごとに示すグラフである。

[図26C]図24に示した解析における曲げ耐力に関する特徴値を下フランジの幅に対する接触部材の寸法比ごとに示すグラフである。

[図27]図8 Aから図8 Cに示される特徴値の算出方法を示す図である。

[図28]本開示の第3の実施形態に係る接合構造を示す図である。

[図29]本開示の第3の実施形態によらない場合の接合構造を示す図である。

[図30]本開示の第3の実施形態に係る接合構造の構造解析の条件について説明するための図である。

[図31]本開示の第3の実施形態に係る接合構造の構造解析の条件について説明するための図である。

[図32]図30および図31に示した解析において接合部で発生するモーメントの大きさを示すグラフである。

[図33]図30および図31に示した解析において接合部で発生するモーメントの大きさを示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0015] (第1の実施形態)

図1は本開示の第1の実施形態に係る接合構造を示す図であり、図2は図1に示された接合構造の接触部材を含む部分の拡大断面図である。図1に示されるように、接合構造10は、第1の部材を構成する鋼製の小梁11と、第2の部材を構成する鋼製の大梁12、フィンプレート131およびリブ132との間に形成され、鋼製の接触部材14を含む。小梁11は、上フランジ111と、下フランジ112と、ウェブ113とを含むH形断面梁であり、大梁12は上フランジ121、下フランジ122およびウェブ123を含み、小梁11の材軸方向に直交する方向を材軸方向とするH形断面梁である。フィンプレート131は、大梁12の材軸方向に直交するように配置され、上フランジ121、下フランジ122およびウェブ123にそれぞれ溶接される。また、フィンプレート131は、小梁11のウェブ113にボルト

133を用いて接合される。リブ132は、大梁12の上フランジ121および下フランジ122に対して平行に配置され、ウェブ123およびフィンプレート131にそれぞれ溶接される。リブ132の端面132Eと小梁11の下フランジ112の端面112Eとの間には小梁11の材軸方向の隙間 g が形成され、接触部材14はこの隙間 g に介挿される。

[0016] 本実施形態において、下フランジ112の端面112Eは鉛直面であり、リブ132の端面132Eは下向きの傾斜面である。接触部材14は、これらの端面112E、132Eにそれぞれ面接触するように配置される。具体的には、図2に示されるように、接触部材14は一体に形成される本体部141および腕部142を含み、本体部141には下フランジ112の端面112Eに面接触する第1の接触面141Aと、第1の接触面141Aの反対側に位置してリブ132の端面132Eに面接触する第2の接触面141Bとが形成される。上述のように下フランジ112の端面112Eが鉛直面であるのに対してリブ132の端面132Eは傾斜面であるため、これらの端面にそれぞれ面接触する第1の接触面141Aおよび第2の接触面141Bは、互いに対して傾斜している。具体的には、図2に示される第1の接触面141Aおよび第2の接触面141Bの両方に直交する断面において、第1の接触面141Aおよび第2の接触面141Bは先端角 θ のテーパ形状をなす。

[0017] 上記のテーパ形状の先端角 θ は、小梁11の下フランジ112の端面112Eおよびリブ132の端面132Eが対向配置されたときに、鉛直面である端面112Eと傾斜面である端面132Eとがなす角度に対応している。接触部材14がこのようなテーパ形状の本体部141を有することによって、接触部材14を下フランジ112とリブ132との間の隙間 g に介挿したときに、例えば建方誤差による隙間 g の大きさの変動に対応して接触部材14を上下方向に移動させ、第1の接触面141Aと下フランジ112の端面112Eとの間の面接触、および第2の接触面141Bとリブ132の端面132Eとの間の面接触を維持することができる。

[0018] さらに、接触部材 14 では、腕部 142 に貫通孔 142A が形成され、貫通孔 142A に棒状の締結手段であるボルト 143 が挿通される。図示された例では、タップ孔である貫通孔 142A の内周面にねじ溝が形成され、ボルト 143 が貫通孔 142A に挿通されてねじ溝に螺合する。腕部 142 は、本体部 141 において第 1 の接触面 141A と第 2 の接触面 141B とがなすテーパ形状の先端側、すなわち第 1 の接触面 141A と第 2 の接触面 141B との間の距離が相対的に小さくなっている側で第 2 の接触面 141B の端部から突出する。また、貫通孔 142A は第 2 の接触面 141B、または第 2 の接触面 141B の延長面 141X に交差する軸線 L に沿って形成される。第 2 の接触面 141B と貫通孔 142A とがこのような位置関係にあることによって、第 2 の接触面 141B をリブ 132 の端面 132E に面接触させたときに、貫通孔 142A の軸線がリブ 132 の上面 132U に交差する。従って、貫通孔 142A のねじ溝に螺合したボルト 143 を締め付けると、ボルト 143 の先端はリブ 132 の上面 132U に当接し、上面 132U に反力をとって本体部 141 のテーパ形状を端面 112E、132E の間に入り込ませる向きの力を作用させることができる。この場合、ボルト 143 と第 2 の接触面 141B との間にリブ 132 を挟み込むことによって接触部材 14 が固定されるため、例えば端面 132E および端面 112E のそれぞれとの間に作用する摩擦力のみによる場合に比べて、より安定的に接触部材 14 を所定の位置、すなわち端面 132E および端面 112E の両方に面接触する位置に保持することができる。

[0019] 本実施形態では、上記のような接触部材 14 を介したリブ 132 の端面 132E と下フランジ 112 の端面 112E との間の面接触によって、下フランジ 112 とリブ 132 との間で確実に圧縮力を伝達することができる。また、小梁 11 のウェブ 113 がフィンプレート 131 にボルト接合されることによって、ウェブ 113 とフィンプレート 131 との間でも圧縮力およびせん断力が伝達される。なお、ウェブ 113 とフィンプレート 131 とは必ずしもボルトのみで接合されなくてもよく、例えば溶接されてもよい。

[0020] さらに、本実施形態において、接合構造はRCスラブ15およびシアコネクタ16を含む。RCスラブ15は、小梁11および大梁12の上方に配置され、コンクリート151と、コンクリート151に埋設され少なくとも小梁11の材軸方向に延びる鉄筋152と、デッキプレート153とを含む。RCスラブ15では、鉄筋152が引張力伝達部材として機能する。係止部材であるシアコネクタ16は、小梁11の上フランジ111および大梁12の上フランジ121にそれぞれ接合されるとともに、RCスラブ15を構成するコンクリート151に定着させられる。小梁11がシアコネクタ16を介してRCスラブ15に接合されることによって、RCスラブ15にも小梁11の材軸方向の圧縮力および引っ張り力が伝達される。これによって、小梁11の端部に発生する曲げモーメントに対して小梁11、大梁12およびRCスラブ15が一体的に対抗することができる。なお、RCスラブ15に代えて、デッキ合成スラブを用いてもよい。この場合は、鉄筋を含むデッキ合成スラブ全体が引張力伝達部材として機能する。

[0021] 図3は、図2に示された接触部材を用いた部材の接合方法の例について説明するための図である。まず、図3(a)に示されるように、接触部材14を、第1の接触面141Aが下フランジ112の端面112Eに対向し、第2の接触面141Bがリブ132の端面132Eに対向し、貫通孔142Aの軸線がリブ132の上面132Uに交差するように隙間gに介挿する。この状態から、接触部材14を上方、すなわち本体部141のテーパ形状が端面132E、112Eの間に入り込む向きに移動させることによって、図3(b)に示されるように、接触部材14の第1の接触面141Aを下フランジ112の端面112Eに面接触させ、第2の接触面141Bをリブ132の端面132Eに面接触させることができる。

[0022] 上記のように接触部材14と端面132E、112Eとが面接触した状態で貫通孔142Aに挿通されたボルト143を締め込むと、ボルト143の先端が腕部142から突出してリブ132の上面132Uに接触する。既に述べたように、この状態で上面132Uに反力をとって腕部142を上面1

3 2 Uから離隔させる向きの力を作用させることによって、接触部材 1 4 を固定することができる。具体的には、例えば、図 3 (a) の状態からボルト 1 4 3 を締め込むことによって接触部材 1 4 を上方に移動させ、面が接触した時点で締め込みを終了してもよい。あるいは、手や工具で持ち上げるなどの別途の手段によって接触部材 1 4 を上方に移動させ、面が接触した時点で接触部材 1 4 の位置を維持したままボルト 1 4 3 を上面 1 3 2 U に接触するまで締め込んでもよい。

[0023] 以上で説明したように、本実施形態によれば、接触部材 1 4 をより安定的に所定の位置に保持することができる。加えて、本実施形態では、接触部材 1 4 が本体部 1 4 1 および腕部 1 4 2 からなる等断面形状を有するため、例えば押出成形によって容易に接触部材 1 4 を製造することができる。なお、他の例では接触部材の一部だけが等断面形状であってもよく、また接触部材が等断面形状でなくてもよい。また、接触部材は鋳造や切削などの他の方法で製造されてもよい。上記の例のように接触部材 1 4 を単一の部材とし、締結手段であるボルト 1 4 3 を予め貫通孔 1 4 2 A に挿通しておくことによって、接触部材と締結手段とを組にして容易に運搬および保管することができる。なお、他の例では、貫通孔 1 4 2 A に挿通して接触部材 1 4 に対して位置を固定できるボルト 1 4 3 以外の棒状の締結手段、具体的にはピンなどを用いて接触部材 1 4 を固定してもよい。

[0024] 以下では、本開示の第 1 の実施形態に係る接合構造の変形例について説明する。図 4 に示された例では、リブ 1 3 2 の端面 1 3 2 F が鉛直面であり、小梁 1 1 の下フランジ 1 1 2 の端面 1 1 2 F が下向きの傾斜面である。この場合、図 1 から図 3 の例と同様の接触部材 1 4 を、第 1 の接触面 1 4 1 A がリブ 1 3 2 の端面 1 3 2 F に接触し、第 2 の接触面 1 4 1 B が下フランジ 1 1 2 の端面 1 1 2 F に接触し、貫通孔 1 4 2 A に挿通されたボルト 1 4 3 が下フランジ 1 1 2 の上面 1 1 2 U に当接するように配置する。これによって、図 1 から図 3 に示された例と同様に接触部材 1 4 をより安定的に所定の位置に保持しつつ、下フランジ 1 1 2 とリブ 1 3 2 との間で確実に圧縮力を伝

達することができる。

[0025] 図5に示された例では、リブ132の端面132Fが鉛直面であり、小梁11の下フランジ112の端面112Gが上向きの傾斜面である。なお、端面112Gは、例えば溶接のための開先加工によって形成された物であってもよい。この場合、図1から図3の例と同様の接触部材14を、第1の接触面141Aがリブ132の端面132Fに接触し、第2の接触面141Bが下フランジ112の端面112Gに接触し、貫通孔142Aに挿通されたボルト143が下フランジ112の下面112Bに当接するように配置する。これによって、図1から図3に示された例と同様に接触部材14をより安定的に所定の位置に保持しつつ、下フランジ112とリブ132との間で確実に圧縮力を伝達することができる。

[0026] 図6に示された例において、接合構造10Aは、第1の部材を構成する大梁12およびフィンプレート131と、第2の部材を構成する小梁11との間に形成される。フィンプレート131の構成は図1から図3の例と同様である一方で、リブは配置されない。この例において、小梁11と大梁12との断面高さは一致している。つまり、小梁11の上フランジ111の上面と大梁12の上フランジ121の上面とは設計上同じ高さであり、かつ小梁11の下フランジ112の下面と大梁12の下フランジ122の下面とは設計上同じ高さにある。なお、小梁11と大梁12との間でフランジやウェブの板厚は異なってもよい。図示された例では、大梁12の上フランジ121および下フランジ122が、小梁11の上フランジ111および下フランジ112よりも大きい板厚で形成される。

[0027] 上記のような図6の例では、小梁11の下フランジ112の端面112Fが大梁12の下フランジ122の側端面122Sに対向し、接触部材14はこれらの面の間に形成される隙間gに介挿される。より具体的には、接触部材14の第1の接触面141Aは大梁12の下フランジ122の側端面122Sに面接触し、第2の接触面141Bは小梁11の下フランジ112の端面112Fに面接触する。なお、簡単のため、図6から図10では第1の接

触面 1 4 1 A および第 2 の接触面 1 4 1 B を示す符号が記載されていない。
接触部材 1 4 の貫通孔に挿通されるボルト 1 4 3 は、小梁 1 1 の下フランジ
1 1 2 の上面 1 1 2 U に当接される。上記以外の構成は、図 1 から図 3 の例
と同様である。

[0028] なお、図 6 の例において、下フランジ 1 1 2 の端面 1 1 2 F は図 4 に示した例と同様に下向きの傾斜面であるが、他の例では小梁 1 1 の下フランジ 1 1 2 の端面が上向きの傾斜面であってもよく、大梁 1 2 の下フランジ 1 2 2 の側面に下向きまたは上向きの傾斜面が形成されてもよい。接触部材 1 4 は、傾斜面の配置に応じて小梁 1 1 の材軸方向、または上下方向に反転して配置される。いずれの場合も、接触部材 1 4 をより安定的に所定の位置に保持しつつ、小梁 1 1 の下フランジ 1 1 2 と大梁 1 2 の下フランジ 1 2 2 との間で確実に圧縮力を伝達することができる。

[0029] 図 7 に示された例において、接合構造 1 0 B は、第 1 の部材を構成する RC 梁 1 7、ベースプレート 1 8 1 およびフィンプレート 1 8 2 と、第 2 の部材を構成する小梁 1 1 との間に形成される。RC 梁 1 7 は、小梁 1 1 の材軸方向に直交する方向を材軸方向とし、コンクリート 1 7 1 と、コンクリート 1 7 1 に埋設される鉄筋 1 7 2 とを含む。鉄筋 1 7 2 は、RC 梁 1 7 の材軸方向に延びる主筋 1 7 2 A と、RC 梁 1 7 の外周部で主筋 1 7 2 A に交差する方向に巻回されるスターラップ 1 7 2 B とを含む。ベースプレート 1 8 1 は、ベースプレート 1 8 1 に接合されるアンカー 1 8 4 がコンクリート 1 7 1 に定着させられることによって RC 梁 1 7 に接合される。フィンプレート 1 8 2 は、RC 梁 1 7 およびベースプレート 1 8 1 に直交する板状部材であり、ベースプレート 1 8 1 の板面 1 8 1 S に溶接され、小梁 1 1 のウェブ 1 1 3 にボルト 1 8 3 を用いて接合される。なお、他の例では小梁 1 1 のウェブ 1 1 3 がベースプレート 1 8 1 に溶接され、フィンプレート 1 8 2 が設けられなくてもよい。

[0030] 上記のような図 7 の例では、小梁 1 1 の下フランジ 1 1 2 の端面 1 1 2 F がベースプレート 1 8 1 の板面 1 8 1 S に対向し、接触部材 1 4 はこれらの

面の間に形成される隙間に介挿される。より具体的には、接触部材 1 4 の第 1 の接触面 1 4 1 A はベースプレート 1 8 1 の板面 1 8 1 S に接触し、第 2 の接触面 1 4 1 B は小梁 1 1 の下フランジ 1 1 2 の端面 1 1 2 F に接触する。また、接触部材 1 4 の貫通孔に挿通されるボルト 1 4 3 は、小梁 1 1 の下フランジ 1 1 2 の上面 1 1 2 U に当接される。RC スラブ 1 5 は小梁 1 1 および RC 梁 1 7 の上方に配置される。小梁 1 1 がシアコネクタ 1 6 によって RC スラブ 1 5 に接合されるのに対し、RC 梁 1 7 は鉄筋 1 7 2 を上面から露出した状態でコンクリート 1 7 1 を打設し、その後上方に RC スラブ 1 5 のコンクリート 1 5 1 を打設して鉄筋 1 7 2 をコンクリート 1 5 1 に定着させることによって RC スラブ 1 5 に接合される。上記以外の構成は、図 1 から図 3 の例と同様である。なお、図 7 の例において、下フランジ 1 1 2 の端面 1 1 2 F は図 4 に示した例と同様に下向きの傾斜面であるが、他の例では小梁 1 1 の下フランジ 1 1 2 の端面が上向きの傾斜面であってもよい。この場合、接触部材 1 4 は上下方向に反転して配置される。

[0031] 図 8 に示された例において、接合構造 1 0 C は、第 1 の部材を構成する RC 柱 1 9 A、ベースプレート 1 8 1 およびフィンプレート 1 8 2 と、第 2 の部材を構成する小梁 1 1 との間に形成される。ベースプレート 1 8 1 およびフィンプレート 1 8 2 は、図 7 の例と同様に構成され、接触部材 1 4 が小梁 1 1 の下フランジ 1 1 2 の端面 1 1 2 F とベースプレート 1 8 1 の板面 1 8 1 S との間に介挿される点も図 7 の例と同様である。一方、RC 柱 1 9 A と RC スラブ 1 5 との関係では、RC スラブ 1 5 の鉄筋 1 5 2 が、延長部分 1 5 2 E (スターターバー) を介して RC 柱 1 9 A のコンクリートに定着させられる。具体的には、例えば、延長部分 1 5 2 E を RC 柱 1 9 A の側面から突出させるか、または延長部分 1 5 2 E の RC 柱 1 9 A の側面側の端部にカプラーを設け、このカプラーの嵌合用の穴を側面に露出させた状態で RC 柱 1 9 A のコンクリート打設し、その後延長部分 1 5 2 E と鉄筋 1 5 2 とを接合してから、RC スラブ 1 5 のコンクリート 1 5 1 を打設してもよい。これによって、小梁 1 1 の端部に発生する曲げモーメントによって RC スラブ

15に伝達された引張力をRC柱19Aに効果的に伝達することができる。

[0032] 図9に示された例において、接合構造10Dは、図8の例においてRC柱19AをRC壁19Bに置き換えたものであり、ベースプレート181およびフィンプレート182、小梁11ならびに接触部材14の関係は図8の例と同様である。また、RC壁19BとRCスラブ15との関係も、図8の例で説明したRC柱19AとRCスラブ15との関係と同様である。

[0033] 図10に示された例では、図1から図3の例と同様の接合構造において、ボルト143Aの先端143Bが球面状に形成されている。ボルトをリブ132の上面132Uに接触させた状態で締め込むことによって接触部材14を固定する場合、ボルトの先端面が平坦であると、ボルトが先端面の周縁部で上面132Uに接触し、接触点がボルトの回転中心に対して偏心するため、ボルトの締め込み時にボルトの回転につられて接触部材の位置が移動し位置決めが困難になることがある。図10の例では、ボルト143Aの先端143Bを球面状にすることによって、ボルト143Aの締め込み時に先端143Bが中央、すなわちボルト軸芯位置でリブ132の上面132Uに接触する。これによって上面132Uとの接触点がボルト143Aの回転中心に一致するため、ボルト143Aの締め込み時において接触部材14の位置を安定させることができる。なお、図示された例ではボルト143Aの先端143Bの全体が球面上に形成されているが、他の例ではクランピングボルトのように先端の少なくとも一部が球面状または凸状であるボルトを用いてもよく、この場合も上記と同様の効果が得られる。

[0034] なお、図10の例ではボルト143Aの先端143Bがリブ132の上面132Uに接触するが、図4および図5の例のようにボルト143Aの先端143Bが下フランジ112の上面112Uまたは下面112Bに接触してもよい。その他、上記で説明した各変形例に図10の例のように先端の少なくとも一部が球面状または凸状に形成されたボルトを適用することも可能である。

[0035] (第2の実施形態)

図 1 1 は、本開示の第 2 の実施形態に係る接合構造を示す図である。図 1 1 に示されるように、接合構造 2 0 は、第 1 の部材を構成する鋼製の大梁 2 2、フィンプレート 2 3 1 およびリブ 2 3 2 と、第 1 の部材を構成する鋼製の小梁 2 1 との間に形成され、鋼製の接触部材 2 4 を含む。小梁 2 1 は、上フランジ 2 1 1 と、下フランジ 2 1 2 と、ウェブ 2 1 3 とを含む H 形断面梁であり、大梁 2 2 は上フランジ 2 2 1、下フランジ 2 2 2 およびウェブ 2 2 3 を含み、小梁 2 1 の材軸方向（x 方向）に直交する方向（y 方向）を材軸方向とする H 形断面梁である。フィンプレート 2 3 1 は、大梁 2 2 の材軸方向に直交するように配置される板状部材であり、上フランジ 2 2 1、下フランジ 2 2 2 およびウェブ 2 2 3 にそれぞれ溶接される。また、フィンプレート 2 3 1 は、小梁 2 1 のウェブ 2 1 3 にボルト 2 3 3 を用いて接合される。リブ 2 3 2 は、大梁 2 2 の上フランジ 2 2 1 および下フランジ 2 2 2 に平行に配置される板状部材であり、ウェブ 2 2 3 およびフィンプレート 2 3 1 にそれぞれ溶接される。リブ 2 3 2 の端面 2 3 2 E と小梁 2 1 の下フランジ 2 1 2 の端面 2 1 2 E との間には小梁 2 1 の材軸方向の隙間 g が形成され、接触部材 2 4 はこの隙間 g に介挿される。

[0036] 図 1 2 は図 1 1 に示された接触部材の斜視図であり、図 1 3 は図 1 2 からボルトおよびナットを取り除いた図であり、図 1 4 は図 1 2 の A-A 線に沿った断面図である。これらの図に示されるように、接触部材 2 4 は、一体に形成される第 1 の本体部 2 4 1 および腕部 2 4 2 と、これらとは別体に形成される第 2 の本体部 2 4 3 とを含む。第 1 の本体部 2 4 1 には、図 1 1 に示されたようにリブ 2 3 2 の端面 2 3 2 E に面接触する第 1 の接触面 2 4 1 A と、第 1 の接触面 2 4 1 A の反対側に位置する第 2 の接触面 2 4 1 B とが形成される。第 1 の接触面 2 4 1 A と第 2 の接触面 2 4 1 B とは互いに対して傾斜している。具体的には、図 1 4 に示されるように、第 1 の接触面 2 4 1 A および第 2 の接触面 2 4 1 B の両方に直交する断面において、第 1 の接触面 2 4 1 A および第 2 の接触面 2 4 1 B は先端角 θ のテーパ形状をなす。

[0037] 一方、第 2 の本体部 2 4 3 には、第 1 の本体部 2 4 1 に形成される第 2 の

接触面 241B に面接触する第 3 の接触面 243A と、第 3 の接触面 243A の反対側に位置して下フランジ 212 の端面 212E に面接触する第 4 の接触面 243B とが形成される。従って、本実施形態において、第 1 の本体部 241 に形成される第 2 の接触面 241B は、第 2 の本体部 243 を介して間接的に下フランジ 212 に接触する。なお、図示された例において、第 2 の本体部 243 には板状部分である下フランジ 212 を挿入することが可能な溝部 243C が形成され、溝部 243C の底面が第 4 の接触面 243B になる。第 3 の接触面 243A と第 4 の接触面 243B とは互いに対して傾斜している。具体的には、図 14 に示されるように、第 3 の接触面 243A および第 4 の接触面 243B の両方に直交する断面において、第 3 の接触面 243A および第 4 の接触面 243B は先端角 θ のテーパ形状をなす。

[0038] 本実施形態では、第 1 の本体部 241 および第 2 の本体部 243 にそれぞれ形成される接触面が上記のようなテーパ形状を有する。従って、第 1 の本体部 241 と第 2 の本体部 243 とを組み合わせる接触部材 24 をリブ 232 と下フランジ 212 との間の隙間 g に介挿したときに、例えば建方誤差による隙間 g の大きさの変動に対応して第 1 の本体部 241 を上下方向に移動させ、小梁 21 の材軸方向における第 1 の接触面 241A から第 4 の接触面 243B までの距離 D (図 12 参照) を調節して、第 1 の接触面 241A とリブ 232 の端面 232E との間の面接触、および第 4 の接触面 243B と下フランジ 112 の端面 112E との間の面接触を維持することができる。

[0039] さらに、本実施形態において、接触部材 24 では、腕部 242 に貫通孔 242A が形成され、第 2 の本体部 243 に固定された棒状の締結手段であるボルト 244 が貫通孔 242A に挿通される。より具体的には、ボルト 244 は、第 2 の本体部 243 の上面に形成された貫通ねじ孔 243D に螺合することによって第 2 の本体部 243 に固定される。図 14 に示されるように、腕部 242 は、第 1 の本体部 241 において第 1 の接触面 241A と第 2 の接触面 241B とがなすテーパ形状の根元側、すなわち第 1 の接触面 2

4 1 Aと第2の接触面2 4 1 Bとの間の距離が相対的に大きくなっている側で第2の接触面2 4 1 Bの端部から突出し、腕部2 4 2の貫通孔2 4 2 Aは第2の接触面2 4 1 Bの延長面2 4 1 Xに交差する軸線Lに沿って形成される。

[0040] 第2の接触面2 4 1 Bと貫通孔2 4 2 Aとが上記のような位置関係にあることによって、図1 4に示されたように第1の本体部2 4 1と第2の本体部2 4 3とを組み合わせると第2の接触面1 4 1 Bと第3の接触面2 4 3 Aとを互いに面接触させたときに、貫通孔2 4 2 Aの軸線Lが第2の本体部2 4 3に交差し、第2の本体部2 4 3に固定されたボルト2 4 4を貫通孔2 4 2 Aに挿通することができる。これによって接触部材2 4を構成する第1の本体部2 4 1および腕部2 4 2と第2の本体部2 4 3とが互いに係合され、接触部材2 4を保管、運搬または施工するときの取り扱い性が向上する。

[0041] ここで、図1 3に示されるように、貫通孔2 4 2 Aの形状は、接合構造2 0における小梁2 1の材軸方向、すなわち接触部材2 4において第1の本体部2 4 1と第2の本体部2 4 3とが組み合わされたときに第1の接触面2 4 1 Aおよび第4の接触面2 4 3 Bの両方に直交する方向（x方向）に延びた第1の孔部分2 4 2 A 1を含む。第1の孔部分2 4 2 A 1が形成されることによって、貫通孔2 4 2 Aに挿通されたボルト2 4 4は上記のx方向に移動可能である。従って、貫通孔2 4 2 Aにボルト2 4 4を挿通して第1の本体部2 4 1および腕部2 4 2と第2の本体部2 4 3とを互いに係合させた後も、第1の本体部2 4 1および腕部2 4 2をx方向に移動させて第2の接触面2 4 1 Bと第3の接触面2 4 3 Aとを互いに摺動させ、第1の接触面2 4 1 Aから第4の接触面2 4 3 Bまでの距離Dを調節することができる。

[0042] さらに、貫通孔2 4 2 Aの形状は、第1の孔部分2 4 2 A 1に交差する方向（y方向）に延びた第2の孔部分2 4 2 A 2をさらに含む。貫通孔2 4 2 Aに挿通されたボルト2 4 4を第2の孔部分2 4 2 A 2に押し込むことによって、第2の接触面2 4 1 Bと第3の接触面2 4 3 Aとの間の摺動が規制され、第1の接触面2 4 1 Aから第4の接触面2 4 3 Bまでの距離Dが固定さ

れる。例えば、距離Dが最小になったときにボルト244が位置する第1の孔部分242A1の端部に第2の孔部分242A2が交差するようなL字形に貫通孔242Aを形成することによって、後述する例のように距離Dが最小の状態で第1の本体部241と第2の本体部243との位置関係を固定することができる。

[0043] ボルト244は、第2の本体部243に固定され、腕部242の貫通孔242Aに挿通される棒状の締結手段の例である。図示された例において、ボルト244は頭部244Hを除く全長にわたってねじ溝を有し、貫通ねじ孔243Dに螺合することによって第2の本体部243に固定される。また、ナット245が腕部242と頭部244Hとの間でボルト244に螺合し、腕部242を第2の本体部243に向かって締め付けることが可能なように配置される。これとは別に、腕部242と第2の本体部243との間でボルト244に螺合する追加のナットが配置され、ナット245との間で腕部242を挟み込むダブルナットを形成してもよい。ナット245を配置することによって、後述する例のように適切な距離Dを設定した状態で第1の本体部241と第2の本体部243との位置関係を固定することができる。

[0044] さらに、図示された例では、ボルト244が第2の本体部243の貫通ねじ孔243Dを貫通して溝部243Cの側壁面から突出する。これによって、溝部243Cに挿入された小梁21の下フランジ212の板面にボルト244の端部を接触させ、溝部243Cの反対側の側壁面との間で下フランジ212を挟み込むことができる。これによって、溝部243Cに下フランジ212を挿入したときに、第2の本体部243が下フランジ212から脱落することをより確実に防止できる。

[0045] なお、他の例において、ボルト244は必ずしも第2の本体部243を貫通しなくてもよい。例えば、貫通ねじ孔243Dとは反対側（図14では下側）から溝部243Cの側壁面を貫通し、端部で挿入された下フランジ212を挟み込むボルトが別途配置されてもよい。あるいは、溝部243Cが下フランジ212の厚さに対応する幅で形成されている場合、ボルト244に

よる挟み込みがなくても第2の本体部243は下フランジ212から脱落しない。逆にいえば、上記のようにボルトによって溝部243Cに挿入された下フランジ212を挟み込むことができる構成によって、例えば下フランジ212の厚さが場合によって異なるために下フランジ212の厚さと溝部243Cの幅とが対応していない場合にも、第2の本体部243が下フランジ212から脱落することを防止できる。

[0046] また、さらに他の例において、ボルト244は第2の本体部243に螺合によって固定されなくてもよい。例えば、ボルト244は第2の本体部243に溶接されてもよい。この場合、ボルト244には頭部244Hが設けられなくてもよい。ボルト244が第2の本体部243に螺合される場合も、例えば頭なしボルトを用いることによって頭部244Hが設けられなくてもよい。

[0047] 本実施形態では、上記のような接触部材24を介したリブ232の端面132Eと下フランジ212の端面112Eとの間の面接触によって、下フランジ212とリブ232との間で確実に圧縮力を伝達することができる。また、小梁21のウェブ213がフィンプレート231にボルト接合されることによって、ウェブ213とフィンプレート231の間でも圧縮力およびせん断力が伝達される。なお、ウェブ213とフィンプレート231とは必ずしもボルトのみで接合されなくてもよく、例えば溶接されてもよい。

[0048] 加えて、本実施形態では、接触部材24が第1の本体部241、腕部242および第2の本体部243からなる等断面形状を有するため、例えば押出成形によって容易に製造することができる。なお、他の例では接触部材の一部だけが等断面形状であってもよく、また接触部材が等断面形状でなくともよい。また、接触部材は鋳造や切削などの他の方法で製造されてもよい。

[0049] 以下では、本開示の第2の実施形態に係る接合構造の施工手順の例について説明する。図15Aに示された例では、ボルト244が、貫通孔242Aの中で第2の孔部分242A2（図13参照）に押し込まれている。上述のように、本実施形態では貫通孔242Aが第1の孔部分242A1と第2の

孔部分 2 4 2 A 2 とを含む L 字形に形成されるため、ボルト 2 4 4 を第 2 の孔部分 2 4 2 A 2 に押し込むことによって、第 1 の接触面 2 4 1 A から第 4 の接触面 2 4 3 B までの距離が最小の状態第 1 の本体部 2 4 1 と第 2 の本体部 2 4 3 との位置関係を固定することができる。この状態で第 2 の本体部 2 4 3 の溝部 2 4 3 C に小梁 2 1 の下フランジ 2 1 2 の端部を挿入し、接触部材 2 4 を小梁 2 1 に予め取り付け、施工箇所まで搬送してもよい。例えば、下フランジ 2 1 2 を溝部 2 4 3 C に挿入した後に、ボルト 2 4 4 を第 2 の孔部分 2 4 2 A 2 に押し込んだまま締め付け、貫通ねじ孔 2 4 3 D を貫通して溝部 2 4 3 C に挿入された下フランジ 2 1 2 を挟み込むことによって第 2 の本体部 2 4 3 を下フランジ 2 1 2 に固定してもよい。

[0050] 一方、図 1 5 B に示された例では、ボルト 2 4 4 が、貫通孔 2 4 2 A の中で第 2 の孔部分 2 4 2 A 2 から第 1 の孔部分 2 4 2 A 1 に移り、第 2 の接触面 2 4 1 B と第 3 の接触面 2 4 3 A との間の摺動が可能になっている。これによって、例えば以下の図 1 6 A および図 1 6 B、または図 1 7 A および図 1 7 B に示すような手順で、第 1 の接触面 2 4 1 A から第 4 の接触面 2 4 3 B までの距離を、図 1 5 B に示した最小の距離 D_1 から、より大きい距離 D_2 、最大の距離 D_3 まで変化させることができる。

[0051] 例えば、上述のように下フランジ 2 1 2 に距離 D が最小（距離 D_1 ）の状態第 2 の接触部材 2 4 を予め取り付け、下フランジ 2 1 2 の端面 2 1 2 E をリブ 2 3 2 の端面 2 3 2 E に対向配置した後に、第 2 の接触面 2 4 1 B と第 3 の接触面 2 4 3 A との間を摺動させながら第 1 の本体部 2 4 1 を下向きに移動させ、図 1 6 A および図 1 6 B に示された例のように距離 D を徐々に拡大する（距離 D_2 および距離 D_3 ）ことによって、接触部材 2 4 の配置を端面 2 1 2 E と端面 2 3 2 E との間の隙間 g の大きさに容易に整合させることができる。それぞれの距離 D_2 、 D_3 の場合に、図 1 7 A および図 1 7 B に示された例のようにナット 2 4 5 を第 2 の本体部 2 4 3 に向かって締め付けることによって、第 1 の本体部 2 4 1 および第 2 の本体部 2 4 3 の位置関係が固定される。ナット 2 4 5 を締め付けると、距離 D が小さくなる方向については第 2

の接触面 241B と第 3 の接触面 243A との間の摺動が規制される。従って、施工後に第 1 の本体部 241 と第 2 の本体部 243 との間に相対的な動きが発生したことによって距離 D が小さくなり、接触部材 24 が隙間 g から脱落することを防止できる。

[0052] 図 18 は、本開示の第 2 の実施形態の変形例に係る接合構造の斜視図である。図 18 の例では、接合構造 20A において、図 11 の例とは逆に、接触部材 24 が、第 1 の本体部 241 を下フランジ 212 側に、第 2 の本体部 243 をリブ 232 側に配置される。この場合、第 1 の本体部 241 の第 1 の接触面 241A には下フランジ 212 の端面 212E が接触し、第 2 の本体部 243 の溝部 243C にはリブ 232 が挿入され、第 4 の接触面 243B にはリブ 232 の端面 232E が接触する。

[0053] 上記の例に示されるように、本開示の第 2 の実施形態における接触部材 24 の第 1 の本体部 241 および第 2 の本体部 243 のそれぞれと、接合構造において接合されるそれぞれの部材との関係は特に限定されない。第 2 の本体部 243 の溝部 243C には任意の部材の板状部分を挿入することが可能である。また、第 1 の本体部 241 の第 1 の接触面 241A には、上記の例におけるリブ 232 のような板状部材の端面が当接されてもよいし、あるいはより大きい壁面などが接触させられてもよい。従って、例えば上記の第 1 の実施形態として説明された図 6 から図 9 の変形例は、本実施形態においても適用可能である。

[0054] (テーパ先端角 θ の範囲)

以下では、上述したような実施形態において接触部材に形成される接触面がなすテーパ形状の先端角 θ の範囲について検討する。

[0055] まず、図 19 および図 20 に示すように、上記の第 1 の実施形態および第 2 の実施形態のいずれにおいても、接触面がなすテーパ形状の先端角 θ は、接触部材が介挿される隙間 g の方向（図中に x 方向として示す）における可動範囲 Δg （最大値 $g_{\max}$ と最小値 $g_{\min}$ との差）と、接触面で互いに接触する部材の間（第 1 の実施形態ではリブまたは下フランジと接触部材の第 1

の本体部との間、第2の実施形態では接触部材の第1の本体部と第2の本体部との間)での鉛直方向の可動範囲 Δh との関係を規定する。なお、可動範囲 Δh は、2つの接触面を含む接触部材の断面内で、隙間 g の方向に対して垂直な方向における部材間の相対的な可動範囲として定義される。例えば建方誤差による隙間 g の大きさの変動範囲 Δg_{req} が接触部材の可動範囲 Δg 以下であれば、接触部材の接触面と部材(上記の例では小梁またはリブ)との間、または接触部材の接触面同士の間で面接触を維持することができる。上記の関係は以下の式(1)で表され、式(1)から先端角 θ の下限値 θ_{min} を規定する式(2)が得られる。

[0056] [数1]

$$\Delta g_{req} \leq \Delta g = \Delta h \cdot \tan \theta \quad (1)$$

$$\theta_{min} = \tan^{-1} \frac{\Delta g_{req}}{\Delta h} \quad (2)$$

[0057] 一方、図21に示すように、上記の第1の実施形態において、接触面がなすテーパ形状の先端角 θ は、部材間で伝達される圧縮力 P が接触部材を隙間 g から押し出そうとする力と、この力に対抗する接触面間の摩擦力との関係を規定する。まず、隙間 g の方向(図中に x 方向として示す)に対して傾斜した接触面において、圧縮力 P を接触面に対して垂直な方向の分力 P_{v1} と、接触面に沿った方向の分力 P_{vf1} とに分解する。分力 P_{v1} については以下の式(3)で表され、分力 P_{vf1} については分力 P_{v1} に比例して作用する摩擦力との関係から式(4)で表される。ここで、 μ_1 は静止摩擦係数であり、式(4)は圧縮力 P の分力が摩擦力以下になり接触面で滑動が発生しない条件を表す。

[0058]

[数2]

$$P_{v1} = P \cdot \cos \theta \quad (3)$$

$$P_{vf1} \leq \mu_1 \cdot P_{v1} = \mu_1 \cdot P \cdot \cos \theta \quad (4)$$

[0059] 次に、隙間 g の方向に対して垂直な接触面において、圧縮力 P の分力は接触部材を隙間 g から押し出そうとする向きには作用しない。また、圧縮力 P に比例する摩擦力 P_{f2} が作用する。摩擦力 P_{f2} の最大値は以下の式 (5) で表される。ここで、 μ_2 は静止摩擦係数である。

[0060] [数3]

$$P_{f2} \leq \mu_2 \cdot P \quad (5)$$

[0061] 接触部材が隙間 g から押し出されないための条件は、傾斜した接触面で作用する圧縮力 P の分力 P_{v1} の鉛直上向きの成分 ($P_{v1} \sin \theta$) が、それぞれの接触面で作用する摩擦力 P_{f2} 、 P_{vf2} と接触部材に作用する重力 mg との合計を越えないことであり、以下の式 (6) で表される。式 (6) に上記の式 (3) ~ (5) を代入して整理すると式 (7) が得られる。

[0062] [数4]

$$P_{v1} \sin \theta \leq P_{f2} + P_{vf1} \cos \theta + mg \quad (6)$$

$$\cos \theta \sin \theta \leq \mu_2 + \mu_1 \cdot \cos^2 \theta + \frac{mg}{P} \quad (7)$$

[0063] ここで、接触部材に作用する重力 mg は、圧縮力 P に比べて十分に小さい。例えば、接触部材の質量 $m = 1 \text{ kg}$ 、フランジ厚さ $t_f = 16 \text{ mm}$ 、フランジ幅 $b_f = 200 \text{ mm}$ であり、フランジの降伏応力 345 N/mm^2 の 20% が接触部材に圧縮力としてかかると仮定すると、 $mg = 9.8 \text{ N}$ に対して $P = 104 \text{ kN}$ であり、 $mg/P = 1.0 \times 10^{-4}$ である。従って、式 (7)

において mg/P を無視しても実際上の影響はない。そうすると式 (7) は以下の式 (8) のようになり、さらに $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ とすると、 μ についての条件式である式 (9) が得られ、式 (9) を θ について解くことによって先端角 θ の上限値 $\theta_{\max}$ を規定する式 (10) が得られる。

[0064] [数5]

$$\mu_2 + \mu_1 \cdot \cos^2 \theta \geq \cos \theta \sin \theta \quad (8)$$

$$\mu \geq \frac{\cos \theta \sin \theta}{1 + \cos^2 \theta} \quad (9)$$

$$\theta_{\max} = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 8\mu^2}}{2\mu} \right) \quad (10)$$

[0065] 上記の式 (2) は、先端角 θ の下限値 $\theta_{\min}$ を、隙間 g の大きさの変動範囲 Δg_{req} および接触部材の鉛直方向の可動範囲 Δh との関係で規定している。一方、上記の式 (10) は、先端角 θ の上限値 $\theta_{\max}$ を、接触面の静止摩擦係数 μ との関係で規定している。これらの関係を利用して、例えば図 21 のグラフに示すように接触部材を設計することができる。図 21 の例では、与えられた静止摩擦係数 μ の値から先端角 θ の上限値 $\theta_{\max}$ を決定し、 $\theta = \theta_{\max}$ とした場合の隙間 g の大きさの変動範囲 Δg_{req} を決定している。この例において、変動範囲 Δg_{req} は、予め設定された鉛直方向の可動範囲 Δh と $\theta_{\min} = \theta_{\max}$ とを上記の式 (2) に代入することによって算出され、式 (2) によって算出される下限値 $\theta_{\min}$ と式 (10) によって算出される最大値 $\theta_{\max}$ とが一致する場合の臨界的な値になる。なお、例えば安全率を考慮して先端角 θ を上限値 $\theta_{\max}$ よりも小さい値に設定することも可能であり、その場合は同じ鉛直方向の可動範囲 Δh に対する変動範囲 Δg_{req} の値はより小さくなる。変動範囲 Δg_{req} が例えば建方誤差に対して十分でない場合、接合部材のサイ

ズを大きくして鉛直方向の可動範囲 Δh を大きくしたり、接触面の材質や仕上げを変更して静止摩擦係数 μ を大きくしたりすることによって変動範囲 Δg_{req} を増大させることができる。なお、静止摩擦係数 μ は、例えば接触面の両面が黒皮の場合に0.18～0.25、ブラストまたは機械加工されている場合に0.10～0.25、赤錆または黒錆である場合に0.4～0.9、アルミ溶射仕上げされている場合に0.5～0.9、鍛造によって形成されている場合に0.1～0.6になる。

[0066] (接触部材の断面圧縮耐力)

図23は、接触部材の断面圧縮耐力の設計例を示す図であり、上記で図1を参照して説明した第2の実施形態と同様の接合構造の拡大図である。この接合構造20Bにおいて、リブ232と小梁21の下フランジ212とは接触部材24を介して互いに接触し、これによって下フランジ212とリブ232との間で、下フランジ212に作用する小梁21の材軸方向の圧縮力が伝達される。本実施形態において、下フランジ212とリブ232との間には、ウェブ213の両側に1つずつ、合わせて2つの接触部材24A、24Bが介挿される。つまり、図示された例において、接触部材24A、24Bはウェブ213と下フランジ212との交差部分を除く部分にのみ配置される。また、接触部材24A、24Bは、下フランジ212の幅方向端部には配置されていない。

[0067] なお、耐力(resistance)は、材料の降伏応力に断面積を乗じることによって算出される。従って、接触部材や下フランジの断面圧縮耐力は、それぞれの部材を形成する鋼材の規格降伏応力に、圧縮力の伝達方向に対して垂直な断面における部材の公称断面積を乗じることによって算出される。

[0068] 本実施形態では、上記のような接触部材24A、24Bの配置によって、下フランジ212の幅方向における接触部材24A、24Bの合計寸法 $w_{cp1} + w_{cp2}$ が、下フランジ212の幅 B_f よりも短くなる($w_{cp1} + w_{cp2} < B_f$)。従って、圧縮力が伝達される小梁21の材軸方向に直交する断面において、下フランジ212とリブ232との間の接触部材24A、24Bを介し

た接触面積 S_{cp} は、下フランジ212の断面積 S_f よりも小さい($S_{cp} < S_f$)。ここで、接触面積 S_{cp} は、上記で図12を参照して説明した接触部材24の第1の接触面241Aとリブ232との間の接触面積 S_{cp1} 、第2の接触面241Bと第3の接触面243Aとの間の接触面積 S_{cp2} 、および第4の接触面243Bと下フランジ212との間の接触面積 S_{cp3} のうち最小の面積である。なお、第2の接触面241Bおよび第3の接触面243Aは小梁21の材軸方向に対して傾斜しているため、接触面積 S_{cp2} は実際の接触面積を小梁21の材軸方向に直交する面に投影した面積になる。

[0069] 上記のように接触面積 S_{cp} を設定することによって、接触部材24A、24Bと下フランジ212との間で材料強度が同程度である場合、接触部材24A、24Bの圧縮耐力 Y_{cp} が下フランジ212の断面圧縮耐力 Y_f よりも小さくなる。後述するように、接触部材24A、24Bの圧縮耐力 Y_{cp} が下フランジ212の断面圧縮耐力 Y_f よりも小さいことには利点があるため、上記のような寸法差をもたせるとともに、あるいは寸法差がない場合($w_{cp1} + w_{cp2} = B_f$)であっても、接触部材24A、24Bの材料強度を下フランジ212の材料強度よりも小さくしてもよい。

[0070] 特に小梁21のスパンが長い(例えば8m以上の)ような場合、たわみ量の制限を満たすように小梁21の断面を設計すると曲げ耐力やせん断耐力には余裕があり、実際の存在応力は小梁21の断面耐力、具体的には降伏応力よりも小さくなる。従って、上記の接触部材の圧縮耐力 Y_{cp} を下フランジ212の断面圧縮耐力 Y_f よりも小さくしても、実際の存在応力に対してなおも余裕があると考えられる。また、RCスラブ25のコンクリート251が硬化した後は、鉄筋252を介して伝達される引張力と接触部材24A、24Bを介して伝達される圧縮力とが釣り合いの系を形成することによって接合部の曲げ耐力が発揮されるため、接触部材の圧縮耐力 Y_{cp} を下フランジ212の断面圧縮耐力 Y_f ほど大きくしなくても、接合部の曲げ耐力は変わらない。

[0071] 具体的には、上記のように接合部の曲げ耐力を考慮した場合、接触部材2

4の圧縮耐力 Y_{cp} は、大梁22に小梁21を接合する接合構造20BにおけるRCスラブ25の有効幅領域内に配置された鉄筋252の引張耐力の総和、および小梁21の負曲げ領域内に配置されたシアコネクタ26のせん断耐力のうち小さい方の耐力以上であれば十分である。なお、RCスラブ25の有効幅領域については、日本建築学会発行の「各種合成構造設計指針・同解説」、またはEUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION、「Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures Part 1-1: General rules and rules for buildings」に規定された合成梁のスラブ有効幅の算出方法によって決定することができる。また、小梁21の負曲げ領域は、大梁22との接合部から小梁21の材軸方向中央に向かって曲げモーメントの反曲点位置までの領域、すなわち小梁21に作用する曲げモーメントが上フランジ211側で引張、下フランジ212側が圧縮になる領域である。

[0072] 上記のような知見に基づき、図23の例では、接触部材を下フランジ212の全幅に配置せず、接触部材24A、24Bの合計寸法を下フランジ212の幅よりも小さくしている。これによって、接触部材24A、24Bのサイズが小さくなり、施工性が向上する。また、接触部材24A、24Bに用いられる鋼材量も削減することができる。

[0073] 一方、接合構造20Bの施工中にRCスラブ25のコンクリート251が硬化する前の状態では、小梁21の上フランジ211を介した引張力の伝達がされない。この状態において、小梁21および未硬化のRCスラブ25に作用する鉛直荷重（主に小梁21及びRCスラブ25の自重）に対しては、小梁21のウェブ213をフィンプレート231に接合するボルト233のすべり抵抗と、接触部材24A、24Bを介して伝達される圧縮力とが釣り合いの系を形成することによって曲げ耐力が発揮される。この場合において、上記の接触部材の圧縮耐力 Y_{cp} が必要以上に大きいと、接合部の回転中心が下フランジ212に近づき、回転中心から遠いボルト233にかかる力が大きくなる。これによってボルト233とウェブ213およびフィンプレート231との間が早期にすべり、曲げ耐力が小さくなることによって小梁2

1のたわみが大きくなる可能性がある。図23に示された例では、機能性を損なわない範囲で圧縮耐力 Y_{cp} を小さくすることによって、接合部の回転中心を下フランジ212から遠ざけ、ボルト233と回転中心とを近づけることでボルト233にかかる力を小さくし、すべりを抑制することによって曲げ耐力を維持し、小梁21のたわみを小さくすることができる。

[0074] このようにして、図23の例では、小梁21の上フランジ211を大梁22側に直接的に接合しない接合構造20Bにおいて、機能性を損なうことなく経済的な施工が可能になる。なお、上記の第2の実施形態について説明された変形例は、図23の例とも組み合わせることが可能である。また、上記で図1を参照して説明した第1の実施形態、およびその変形例にも同様に、接触部材の断面圧縮耐力が下フランジの断面圧縮耐力よりも小さい構成を適用することができる。また、図23の例では小梁21のウェブ213の両側に1つずつ、合わせて2つの接触部材24A、24Bが介挿されたが、例えばウェブ213にスカラップを形成するなどして、ウェブ213を貫通する単一の接触部材を介挿してもよい。あるいは、3つ以上の接触部材を小梁21とリブ232との間に介挿してもよい。

[0075] 図24は、図23の例に係る接合構造の構造解析の条件について説明するための図である。図24に示すような寸法の接合構造で、施工中、すなわちRCスラブのコンクリートが未硬化の状態における接触部材の挙動を評価するために、大梁の幅方向中心（対称面）から1500mmの位置で小梁の50mmの鉛直変位 δ_b を与えた場合について有限要素解析（FEA）を実施した。小梁のウェブとフィンプレートとの間は、6本のボルト（F10T 6-M20）で接合する。解析は、実施例として図23に示した接触部材の幅 w_{cp} （ $=w_{cp1}=w_{cp2}$ ）を20mm、40mmおよび80mmの間で変化させるとともに、以下で表1に示すように小梁のウェブとフィンプレートとの間の摩擦係数 μ_1 を0.45と0.80との間で変化させた（接触部材と小梁の下フランジおよびリブとの間の摩擦係数 μ_2 は0.45で固定）6通りのケース（No. 1～No. 6）を行った。比較例として接触部材を配置しない

ケース（No. 7）と、下フランジとリブとの間を下フランジの幅方向全域にわたって接合し、小梁のウェブとフィンプレートとの間の摩擦係数 μ_1 を0.45と0.80との間で変化させた2通りのケース（No. 8、No. 9）で行った。実施例と比較例あわせて合計9通りのケースで解析を実施した。なお、図19～図21に示すように接触部材をボルトの締め付けによって固定する場合、接触部材に螺合するボルトが接触部材と小梁の下フランジおよびリブとの間を滑りにくくする方向に軸力で抵抗するが、解析にあたってはボルトの抵抗を無視することで、安全側の評価を行った。

[0076] [表1]

Case	w_{cp} [mm]	μ_1	μ_2
No. 1	20	0.45	0.45
No. 2	20	0.80	0.45
No. 3	40	0.45	0.45
No. 4	40	0.80	0.45
No. 5	80	0.45	0.45
No. 6	80	0.80	0.45
No. 7	0	0.45	—
No. 8	100	0.45	接着
No. 9	100	0.80	接着

表1：解析条件

[0077] 図25Aおよび図25Bは、図24に示した解析において接合部で発生するモーメントの大きさを示すグラフである。グラフに示された接合部のモー

メント M_j は、大梁の幅方向中心（対称面）からの距離 L_b の位置で小梁に鉛直変位 δ_b が発生しているときに、この位置に加えられている荷重の大きさ P と接合部までの距離 L_b との積として算出される（ $M_j = P \cdot L_b$ ）。図725には小梁のウェブとフィンプレートとの間の摩擦係数 μ_1 が0.45のケース（No. 1、No. 3およびNo. 5）の結果が比較例（No. 7、No. 8）とともに示され、図25Bには同様に摩擦係数 μ_1 が0.80のケース（No. 2、No. 4およびNo. 6）の結果が比較例（No. 9）とともに示されている。いずれのグラフでも、同じ鉛直変位 δ_b に対して、接触部材の幅 w_{cp} の合計がフランジ幅より小さいケースの方がモーメント M_j 、すなわち曲げ耐力が大きい。これは、上記で説明したように、上フランジ側で引張力が伝達されない場合、接触部材の圧縮耐力 Y_{cp} が小さいほど、接合部の回転中心が下フランジから遠ざかってフィンプレートと小梁のウェブとの間のボルト接合部にかかる力が小さくなり、ボルト接合部のすべりが抑制されることによって曲げ耐力が維持されることを示している。

[0078] 図26Aから図26Cは、図24に示した解析における曲げ耐力に関する特徴値を下フランジの幅に対する接触部材の寸法比 $\Sigma w_{cp} / B_f$ ごとに示すグラフである。特徴値は、いずれも、摩擦係数 μ_1 が0.45、0.80のそれぞれのケースごとに、接触部材の幅が下フランジの幅に等しいケース（No. 8、No. 9）の解析結果を1として正規化して示されている。図26Aには初期回転剛性 S_j が、図26Bには降伏モーメント抵抗 $M_{j,y}$ が、図26Cには塑性モーメント抵抗 $M_{j,p}$ が、それぞれ示されている。これらの特徴値の算出方法は、図27に示されている。なお、図27のグラフにおいて、 ϕ_j は接合部における小梁の大梁に対する回転角度である。

[0079] 図26Aから図26Cのいずれのグラフでも、寸法比 $\Sigma w_{cp} / B_f$ が0.2以上0.8以下、すなわち接触部材の合計寸法 Σw_{cp} が小梁の下フランジの幅の20%以上80%以下になる範囲で、曲げ耐力に関する特徴値が寸法比 $\Sigma w_{cp} / B_f$ が0（接触部材なし）の場合に比べて大きく向上し、寸法比 $\Sigma w_{cp} / B_f$ が1の場合に比べても同等以上の値になっている。なお、図24に示し

た例の場合、小梁の下フランジの幅 B_f は200mmであり、安定した応力の伝達のためには接触部材1つあたりの幅 w_{cp} が20mm以上であることが好ましい。この場合、寸法比 $\Sigma w_{cp}/B_f$ は $20 \times 2 / 200 = 0.2$ 以上になる。

[0080] (第3の実施形態)

図28は、本開示の第3の実施形態に係る接合構造を示す図である。図28に示される接合構造30は、鋼製の小梁31と、鋼製の大梁32と、鋼製のフィンプレート331と、鋼製のリブ332と、鋼製の接触部材34と、RCスラブ35と、シアコネクタ36とを含む。小梁31は、上フランジ311と、下フランジ312と、ウェブ313とを含むH形断面梁である。大梁32は、上フランジ321と、下フランジ322と、ウェブ323とを含む別のH形断面梁であり、フィンプレート331およびリブ332とともに小梁31の長手方向端面に対向する支持部材を構成する。

[0081] 上記のような接合構造30において、フィンプレート331は大梁32の上フランジ321、下フランジ322、およびウェブ323にそれぞれ溶接され、小梁31のウェブ313にボルト333を用いて接合される支持部材の第1の部分である。リブ332は、フィンプレート331およびウェブ323に溶接され、接触部材34を介して小梁31の下フランジ312に接触する支持部材の第2の部分である。接触部材34は、小梁31の下フランジ312とリブ332との間の隙間に介挿され、隙間の大きさに合わせて寸法が可変であることによって、隙間の大きさにかかわらず下フランジ312とリブ332との間の接触を維持し、下フランジ312からリブ332に圧縮力を伝達する。

[0082] その一方で、大梁32、フィンプレート331およびリブ332を含む支持部材は、小梁31の上フランジ311に直接的に接合される部分を含まない。RCスラブ35は、小梁31および大梁32の上方に配置され、コンクリート351と、コンクリート351に埋設され少なくとも小梁31の材軸方向に延びる鉄筋352と、デッキプレート353とを含む。RCスラブ3

5では、鉄筋352が引張力伝達部材として機能する。係止部材であるシアコネクタ36は、小梁31の上フランジ311および大梁32の上フランジ321にそれぞれ接合されるとともに、RCスラブ35を構成するコンクリート351に定着させられる。小梁31がシアコネクタ36を介してRCスラブ35に接合されることによって、RCスラブ35にも小梁31の材軸方向の圧縮力および引っ張り力が伝達される。これによって、小梁31の端部に発生する曲げモーメントに対して小梁31、大梁32およびRCスラブ35が一体的に対抗することができる。なお、RCスラブ35に代えて、デッキ合成スラブを用いてもよい。この場合は、鉄筋を含むデッキ合成スラブ全体が引張力伝達部材として機能する。

[0083] 上記のような本実施形態に係る梁接合構造では、小梁31の長手方向端面におけるウェブ313の高さ中心CHを回転中心とするウェブ313の面内回転に対して、フィンプレート331とウェブ313との接合による回転抵抗（以下、単に回転抵抗ともいう）が、ウェブ313の高さ中心線CLの上側で高さ中心線CLの下側よりも大きい。具体的には、図28に示された例では、フィンプレート331が高さ中心線CLよりも上側でウェブ313に重なり、ウェブ313をフィンプレート331に接合するボルト333が高さ中心線CLの上側にのみ配置されるため、高さ中心CHを回転中心とするウェブ313の面内回転に対して、回転抵抗は高さ中心線CLの上側でのみ作用し、高さ中心線CLの下側では回転抵抗が実質的に0である。後述するように、高さ中心線CLの下側にもボルトが配置されてもよい。その場合、高さ中心線CLの下側での回転抵抗は0よりも大きく、高さ中心線CLの上側での回転抵抗よりも小さい値になる。

[0084] 図29は、本開示の第3の実施形態によらない場合の接合構造を示す図である。図29の例では、ウェブ313の高さ中心線CLの上下両側で同じようにフィンプレート331Pがウェブ313に重なり、高さ中心線CLの上下両側に同じ数のボルト333が直列に配置される。ここで、梁接合構造の施工中にRCスラブ35のコンクリート351が硬化する前の状態では、小

梁 3 1 の上フランジ 3 1 1 を介した引張力の伝達がされないため、小梁 3 1 に作用する鉛直荷重に対しては、ボルト 3 3 3 のすべり抵抗によって伝達される引張力と、接触部材 3 4 を介して伝達される圧縮力とが釣り合いの系を形成することによって曲げ耐力が発揮される。参考例の場合、6 本のボルト 3 3 3 のうち高さ中心線 C L の下側に位置する 3 本のボルト 3 3 3 (ボルト 3 3 3 P として図示する) では、引張力の作用線が接触部材 3 4 を通る圧縮力の作用線に近いので、曲げ耐力に寄与するモーメントが小さくなる。

[0085] これに対して、図 2 8 の例の場合、ボルト 3 3 3 の数は参考例と同じ 6 本であるが、参考例とは異なり並列に配置される 3 本のボルト 3 3 3 (ボルト 3 3 3 Q として図示する) を含むすべてのボルト 3 3 3 が高さ中心線 C L の上側に位置する。これらのボルト 3 3 3 Q については、引張力の作用線が接触部材 3 4 を通る圧縮力の作用線から遠ざかる結果、曲げ耐力に寄与するモーメントが参考例における 3 本のボルト 3 3 3 P よりも大きくなる。従って、6 本のボルト 3 3 3 の総和として発揮される曲げ耐力は、図 2 9 の例よりも図 2 8 の例で大きくなる。つまり、図 2 8 の例では、図 2 9 の例に比べて、同じ数のボルトの配置を変更することによって、施工中に R C スラブ 3 5 のコンクリート 3 5 1 が硬化する前の状態における梁接合構造の剛性及び耐力を向上させることができる。

[0086] なお、図 2 8 に示された例では小梁 3 1 のウェブ 3 1 3 をフィンプレート 3 3 1 に接合するボルト 3 3 3 が高さ中心線 C L の上側にのみ配置されるが、他の例では、ボルト 3 3 3 が高さ中心線 C L の下側にも配置されてもよい。この場合も、以下に式 (1 1) として示すように、高さ中心線 C L の上側に配置される N 本のボルト 3 3 3 の耐力 P_i と高さ中心線 C L からの距離 d_i との積の総和が、高さ中心線 C L の下側に配置される M 本のボルト 3 3 3 の耐力 P_j と高さ中心線 C L からの距離 d_j との積の総和よりも大きければ、上記の例と同様にコンクリート 3 5 1 が硬化する前の状態における梁接合構造の剛性を向上させる効果が得られる。ここで、ボルト 3 3 3 の耐力 P_i 、 P_j は、ボルト 3 3 3 の 1 本あたりのすべり耐力またはせん断耐力のうち小さい

方として定義される。例えば、高さ中心線CLの上側に配置されるボルト333の数が高さ中心線CLの下側に配置されるボルトの数よりも多いことによって式(11)が満たされてもよい。あるいは、高さ中心線CLの上下両側に配置されるボルト333の数は同じであるものの、高さ中心線CLの上側に配置されるボルト333の方が高さ中心線CLからの距離が大きいことによって式(11)が満たされてもよい。図28に示された例では、式(11)において $M=0$ になる(この場合、Nの値にかかわらず式(11)が成り立つ)。

[0087] [数6]

$$\sum_{i=1}^N P_i d_i > \sum_{j=1}^M P_j d_j \quad \cdots (11)$$

[0088] このようにして、図28の例では、小梁31の上フランジ311を大梁32側に直接的に接合しない接合構造30において、機能性を損なうことなく経済的な施工が可能になる。なお、接合構造30はボルト333の配置を除けば上記の第2の実施形態と同様であるため、第2の実施形態について説明された変形例は、図28の例とも組み合わせることが可能である。また、上記で図1を参照して説明した第1の実施形態、およびその変形例にも同様に、小梁ウェブの高さ中心を回転中心とする小梁ウェブの面内回転に対する回転抵抗が、小梁ウェブの高さ中心線の上側で高さ中心線の下側よりも大きい構成を適用することができる。また、上記で図23を参照して説明された、接触部材の断面圧縮耐力が下フランジの断面圧縮耐力よりも小さい構成を本実施形態と組み合わせることも可能である。

[0089] 図30および図31は、本開示の第3の実施形態に係る接合構造の構造解析の条件について説明するための図である。図30および図31に示すような寸法の梁接合構造で、施工中、すなわちRCスラブのコンクリートが未硬化の状態における接触部材の挙動を評価するために、大梁の幅方向中心(対称面)から1500mmの位置で小梁の50mmの鉛直変位 δ_b を与えた場合について有限要素解析(FEA)を実施した。図30に示すのは図28を参

照して説明した例（以下、第1の例ともいう）に対応するモデルであり、図31に示すのは図29を参照して説明した例（以下、第2の例ともいう）に対応するモデルである。

[0090] それぞれのモデルにおいて、小梁のウェブとフィンプレートとの間は、6本のボルト（F10T 6-M20）で接合する。ボルトは、第1の例では3×2、すなわち小梁ウェブの高さ中心線よりも上側に3本ずつ2列で配置され、第2の例では6×1、すなわち小梁ウェブの高さ中心線を挟んで3本ずつ、計6本が1列に配置される。解析は、第1および第2の例のそれぞれについて、上記で図23に示した接触部材の幅 w_{cp} （ $=w_{cp1}=w_{cp2}$ ）を40mmとし、以下で表1に示すように小梁ウェブとフィンプレートとの間の摩擦係数 μ_1 を0.45と0.80との間で変化させた（接触部材と小梁の下フランジおよびリブとの間の摩擦係数 μ_2 は0.45で固定）4通りのケースと、比較例として小梁下フランジが全幅でリブに接合されるものとした2通りのケースの計6ケースで実施した。

[0091] [表2]

Case	w_{cp} [mm]	Bolt arrangement	μ_1	μ_2
NO. 3	40	6 × 1	0.45	0.45
NO. 3d		3 × 2		
NO. 4		6 × 1	0.8	0.45
NO. 4d		3 × 2		
NO. 8	(100)	6 × 1	0.45	接着
NO. 8d		3 × 2		

表2：解析条件

[0092] 図32は、図30および図31に示した解析において接合部で発生するモーメントの大きさを、接触部材の寸法が小梁下フランジの幅よりも小さい場合（NO. 3およびNO. 3d）と小梁下フランジが全幅でリブに接合され

る場合（NO. 8およびNO. 8 d）とで比較して示すグラフである。グラフに示された接合部のモーメント M_j は、大梁の幅方向中心（対称面）からの距離 L_b の位置で小梁に鉛直変位 δ_b が発生しているときに、この位置に加えられている荷重の大きさ P と接合部までの距離 L_b との積として算出される（ $M_j = P \cdot L_b$ ）。一方、接合部の回転角度 ϕ_j は、上フランジ側での小梁の水平変位 δ_{ft} と下フランジ側での小梁の水平変位 δ_{fb} を小梁の断面高さ z_j で割ることによって算出される（ $\phi_j = (\delta_{ft} - \delta_{fb}) / z_j$ ）。

[0093] グラフに示されるように、ボルトを小梁ウェブの高さ中心線よりも上側のみ配置した第1の例（NO. 3 d）の方が、ボルトを小梁ウェブの高さ方向について均等に配置した第2の例（NO. 3）よりも同じ接合部の回転角度 ϕ_j に対してモーメント M_j 、すなわち曲げ耐力が大きい。これは、上記で説明したように、上フランジを介して引張力が伝達されない場合、下フランジから離れた位置、具体的には小梁ウェブの高さ中心線よりも上側に配置されるボルトが多いほど、ボルトのすべり抵抗による曲げ抵抗に寄与するモーメントの総和が大きくなることによって曲げ耐力が向上することを示している。

[0094] さらに、グラフに示されるように、接触部材の寸法が小梁下フランジの幅よりも小さい場合は、全体的に第1の例（NO. 3 d）のモーメント M_j が第2の例（NO. 3）を上回る。また、小梁下フランジが全幅でリブに接合される場合も、小梁の変位開始から弾性限界を過ぎるまでは第1の例（NO. 8 d）のモーメント M_j が第2の例（NO. 8）を上回る。この結果も、小梁ウェブの高さ中心線よりも上側にボルトを配置する構成によって梁接合構造の曲げ耐力が向上することを示している。また、接触部材の寸法が小梁下フランジの幅よりも小さく、かつ小梁ウェブの高さ中心線よりも上側にボルトを配置する第1の例（NO. 3 d）において最もモーメント M_j が大きくなることから、接触部材のような圧縮力伝達手段の圧縮耐力を小梁下フランジの断面圧縮耐力よりも小さくする構成と、本実施形態のようなボルト配置とを組み合わせることには相乗効果があることがわかる。

[0095] 図33は、図30および図31に示した解析において接合部で発生するモーメントの大きさを、小梁ウェブとフィンプレートとの間の摩擦係数 μ_1 の設定が図32の例とは異なる場合（NO. 4およびNO. 4d）について示すグラフである。グラフに示された例では、小梁の変位開始から弾性限界を過ぎるまでの区間で第1の例のモーメント M_j が参考例を上回る。

[0096] 表2には、上記の各ケースにおける初期回転剛性 S_j 、降伏モーメント抵抗 $M_{j,y}$ 、および塑性モーメント抵抗 $M_{j,p}$ が、それぞれ示されている。これらの特徴値の算出方法は、上記の図27に示されたものと同様である。一般に、設計上接合部に作用すると想定される曲げモーメント M_j （図32および図33の縦軸の値）が、降伏モーメント抵抗 $M_{j,y}$ 以下であることを確認して、初期回転剛性 S_j を用いて梁たわみを計算する。接合部に作用すると想定される曲げモーメント M_j が降伏モーメント抵抗 $M_{j,y}$ を超える場合には、永久変形（荷重を除いても変形が残る状態）が生じてしまい、初期回転剛性 S_j をたわみ計算に用いることができない。本実施形態で想定する施工時の荷重に対しては、通常、接合部は弾性変形（永久変形が生じない状態）に留めるため、降伏モーメント抵抗 $M_{j,y}$ が大きいほど施工時に大きい荷重に耐えられることを意味する。

[0097]

[表3]

Determined characteristic values of $M_j-\phi_j$ relationships						
Model	Initial rotational stiffness, S_j [kNm/rad]	Global yield moment resistance, $M_{j,y}$ [kNm]	Global plastic moment resistance, $M_{j,pl}$ [mm]	S_j of each/ S_j of 1 bolt row [-]	$M_{j,y}$ of each / $M_{j,y}$ of 1 bolt row [-]	$M_{j,pl}$ of each / $M_{j,pl}$ of 1 bolt row [-]
NO. 3	40060	93	194	1.00	1.00	1.00
NO. 3d	49187	162	213	1.23	1.75	1.10
NO. 4	45129	121	209	1.00	1.00	1.00
NO. 4d	46062	197	207	1.02	1.63	0.99
NO. 8	37104	92	132	1.00	1.00	1.00
NO. 8d	48297	126	127	1.30	1.37	0.97

[0098] 以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示はかかる例に限定されない。本開示の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、請求の範囲に記載された技術的思想

の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

符号の説明

[0099] 10, 10A, 10B, 10C, 10D…接合構造、11…小梁、111…上フランジ、112…下フランジ、112B…下面、112E, 112F, 112G…端面、112U…上面、113…ウェブ、12…大梁、121…上フランジ、122…下フランジ、122S…側端面、123…ウェブ、131…フィンプレート、132…リブ、132E, 132F…端面、132U…上面、133…ボルト、14…接触部材、141…本体部、141A…第1の接触面、141B…第2の接触面、141X…延長面、142…腕部、142A…貫通孔、143, 143A…ボルト、143B…先端、15…RCスラブ、151…コンクリート、152…鉄筋、152E…延長部分、153…デッキプレート、16…シアコネクタ、17…RC梁、171…コンクリート、172…鉄筋、172A…主筋、172B…スターラップ、181…ベースプレート、181S…板面、182…フィンプレート、183…ボルト、184…アンカー、19A…RC柱、19B…RC壁、20, 20A, 20B…接合構造、21…小梁、211…上フランジ、212…下フランジ、212E…端面、213…ウェブ、22…大梁、221…上フランジ、222…下フランジ、223…ウェブ、231…フィンプレート、232…リブ、232E…端面、233…ボルト、24, 24A, 24B…接触部材、241…第1の本体部、241A…第1の接触面、241B…第2の接触面、241X…延長面、242…腕部、242A…貫通孔、242A1…第1の孔部分、242A2…第2の孔部分、243…第2の本体部、243A…第3の接触面、243B…第4の接触面、243C…溝部、243D…貫通ねじ孔、244…ボルト、244H…頭部、245…ナット、25…RCスラブ、251…コンクリート、252…鉄筋、26…シアコネクタ、30…接合構造、31…小梁、311…上フランジ、312…下フランジ

、 3 1 3…ウェブ、 3 2…大梁、 3 2 1…上フランジ、 3 2 2…下フランジ
、 3 2 3…ウェブ、 3 3 1…フィンプレート、 3 3 2…リップ、 3 3 3, 3 3
3 Q…ボルト、 3 4…接触部材、 3 5…R Cスラブ、 3 5 1…コンクリート
、 3 5 2…鉄筋、 3 5 3…デッキプレート、 3 6…シアコネクタ、 C H…高
さ中心、 C L…高さ中心線、 L…軸線。

請求の範囲

- [請求項1] 第1の部材および第2の部材の間に形成され、前記第1の部材と前記第2の部材との間に形成される第1の方向の隙間に介挿される接触部材を含む接合構造であって、
- 前記接触部材は、
- 前記第1の部材に面接触する第1の接触面、および前記第1の接触面の反対側に位置して前記第2の部材に面接触する第2の接触面が形成される第1の本体部と、
- 前記第2の接触面の端部から突出し、前記第2の接触面または前記第2の接触面の延長面に交差する軸線に沿って貫通孔が形成される腕部と
- を備え、
- 前記第1の接触面および前記第2の接触面は、前記第1の接触面および前記第2の接触面の両方に直交する断面において先端角 θ のテーパ形状をなし、前記腕部は前記テーパ形状の先端側または根元側から突出し、
- 前記テーパ形状の先端角 θ は、前記第2の接触面における摩擦係数を μ 、前記隙間の大きさの変動範囲を Δg_{req} 、前記断面内で前記第1の方向に対して垂直な方向における前記接触部材の可動範囲を Δh とした場合に以下の範囲にある接合構造。
- $$\theta \leq \theta_{max} = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 8\mu^2}}{2\mu} \right), \quad \theta \geq \theta_{min} = \tan^{-1} \frac{\Delta g_{req}}{\Delta h}$$
- [請求項2] 前記腕部は、前記テーパ形状の先端側から突出し、
- 前記貫通孔に挿通される棒状の締結手段をさらに備える、請求項1に記載の接合構造。
- [請求項3] 前記貫通孔はタップ孔であり、前記締結手段は前記タップ孔に螺合することによって締結されるボルトである、請求項2に記載の接合構造。

- [請求項4] 前記ボルトの先端の少なくとも一部が球面状または凸状である、請求項3に記載の接合構造。
- [請求項5] 前記腕部は、前記テーパ形状の根元側から突出し、
前記貫通孔は、前記第1の方向に延びた形状を有する第1の孔部分を含み、
前記接触部材は、
前記第1の本体部および前記腕部とは別体に形成され、前記第2の接触面に面接触する第3の接触面、および前記第3の接触面の反対側に位置して前記第2の部材に面接触する第4の接触面を有し、前記第3の接触面および前記第4の接触面は前記第1の方向を含む断面においてテーパ形状をなす第2の本体部と、
前記第2の本体部に固定され、前記貫通孔に挿通される棒状の締結手段と
をさらに備え、
前記第2の接触面は、前記第2の本体部を介して間接的に前記第2の部材に接触する、請求項1に記載の接合構造。
- [請求項6] 前記締結手段は、軸方向の少なくとも一部にねじ溝を有し、
前記締結手段に螺合し、前記腕部を前記第2の本体部に向かって締め付けることが可能なナットをさらに備える、請求項5に記載の接合構造。
- [請求項7] 前記第2の本体部は、前記第2の部材の板状部分を挿入することが可能な溝部をさらに有し、
前記第4の接触面は、前記溝部の底面を形成する、請求項5または請求項6に記載の接合構造。
- [請求項8] 前記締結手段は、軸方向の少なくとも一部にねじ溝を有し、前記第2の本体部に螺合することによって前記第2の本体部に固定され、前記第1の本体部を貫通して前記溝部の側面から突出する、請求項7に記載の接合構造。

- [請求項9] 前記貫通孔は、前記第1の方向に交差する方向に延びた形状を有する第2の孔部分をさらに含む、請求項5から請求項8のいずれか1項に記載の接合構造。
- [請求項10] 前記第1の部材および前記第2の部材のうち一方は上フランジ、下フランジおよびウェブを有するH形断面梁であり、他方は前記ウェブにボルト接合される第1の部分、および前記下フランジに対向する第2の部分を含み、前記上フランジに直接的に接合される部分を含まない支持部材であり、
前記接触部材において、前記第1の接触面および前記第2の接触面のうち一方は前記下フランジに接触し、他方は前記第2の部分に接触し、
前記接触部材の断面圧縮耐力は、前記下フランジの断面圧縮耐力よりも小さい、請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の接合構造。
- [請求項11] 前記H形断面梁の材軸方向に一致する前記第1の方向に直交する断面において、前記第1の接触面および前記第2の接触面のそれぞれの接触面積は、いずれも前記下フランジの断面積よりも小さい、請求項10に記載の接合構造。
- [請求項12] 前記接触部材の材料強度は、前記下フランジの材料強度よりも小さい、請求項10または請求項11に記載の接合構造。
- [請求項13] 前記第1の部材および前記第2の部材のうち一方は上フランジ、下フランジおよびウェブを有するH形断面梁であり、他方は前記ウェブにボルト接合される第1の部分、および前記下フランジに対向する第2の部分を含み、前記上フランジに直接的に接合される部分を含まない支持部材であり、
前記接触部材において、前記第1の接触面および前記第2の接触面のうち一方は前記下フランジに接触し、他方は前記第2の部分に接触し、

前記H形断面梁の長手方向端面における前記ウェブの高さ中心を回転中心とする前記ウェブの面内回転に対して、前記第1の部分と前記ウェブとの接合による回転抵抗は、前記ウェブの高さ中心線の上側で前記ウェブの高さ中心線の下側よりも大きい、請求項1から請求項12のいずれか1項に記載の接合構造。

- [請求項14] 前記ウェブは前記第1の部分にボルト接合され、
前記高さ中心線の上側に配置されるボルトについて算出される各ボルトの耐力と前記高さ中心線からの距離との積の総和は、前記高さ中心線の下側に配置されるボルトについて算出される各ボルトの耐力と前記高さ中心線からの距離との積の総和よりも大きい、請求項13に記載の接合構造。
- [請求項15] 前記高さ中心線の上側に配置されるボルトの数は、前記高さ中心線の下側に配置されるボルトの数よりも多い、請求項13または請求項14に記載の接合構造。
- [請求項16] 前記ウェブを前記第1の部分に接合するボルトは、前記高さ中心線の上側にのみ配置される、請求項13または請求項14に記載の接合構造。
- [請求項17] 前記第1の部材および前記第2の部材のうち一方は上フランジ、下フランジおよびウェブを有するH形断面梁であり、他方は前記ウェブにボルト接合される第1の部分、および前記下フランジに対向する第2の部分を含み、前記上フランジに直接的に接合される部分を含まない支持部材であり、
前記接合構造は、
コンクリート、および前記コンクリートに埋設され少なくとも前記H形断面梁の材軸方向に延びる引張力伝達部材を含み、前記H形断面梁および前記支持部材の上方に配置されるRCスラブまたはデッキ合成スラブと、
前記上フランジおよび前記支持部材にそれぞれ接合されるとともに

、前記ＲＣスラブまたは前記デッキ合成スラブを構成するコンクリートに定着させられる係止部材と

をさらに備える、請求項１から請求項１６のいずれか１項に記載の接合構造。

[請求項18] 前記接触部材の圧縮耐力は、前記接合構造における前記ＲＣスラブまたは前記デッキ合成スラブの有効幅領域内に配置された前記引張力伝達部材の引張耐力、および前記Ｈ形断面梁の負曲げ領域内に配置された前記係止部材のせん断耐力のうち小さい方の耐力以上である、請求項１７に記載の接合構造。

[請求項19] 第１の部材および第２の部材の間に形成され、前記第１の部材と前記第２の部材との間に形成される第１の方向の隙間に介挿される接触部材を含む接合構造の設計方法であって、

前記接触部材は、前記第１の部材に面接触する第１の接触面、および前記第１の接触面の反対側に位置して前記第２の部材に面接触する第２の接触面が形成される第１の本体部と、前記第２の接触面の端部から突出し、前記第２の接触面または前記第２の接触面の延長面に交差する軸線に沿って貫通孔が形成される腕部とを備え、

前記第１の接触面および前記第２の接触面は、前記第１の接触面および前記第２の接触面の両方に直交する断面において先端角 θ のテーパ形状をなし、前記腕部は前記テーパ形状の先端側または根元側から突出し、

前記第２の接触面における摩擦係数を μ 、前記隙間の大きさの変動範囲を Δg_{req} 、前記断面内で前記第１の方向に対して垂直な方向における前記接触部材の可動範囲を Δh とした場合に、前記テーパ形状の先端角 θ を以下の範囲に設定する接合構造の設計方法。

$$\theta \leq \theta_{max} = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 8\mu^2}}{2\mu} \right), \quad \theta \geq \theta_{min} = \tan^{-1} \frac{\Delta g_{req}}{\Delta h}$$