

明 細 書

発明の名称： 合成梁

技術分野

[0001] 本発明は、H形鋼と、該H形鋼の上面に配設されたデッキプレートの上にコンクリートを打設して前記H形鋼と一体の構造を構成するように形成される合成スラブとを有する合成梁に関する。

背景技術

[0002] H形鋼と、該H形鋼に一体に連結されたスラブとを有する合成梁においては、例えば特許文献1に記載されるように、H形鋼として上下非対称H形鋼を用いることが知られている。

[0003] 合成梁に自重や積載荷重により曲げ力が作用するとき、合成梁の下側では、H形鋼の下フランジがほぼ単独で引張応力に抵抗するのに対し、合成梁の上側では、比較的大きな断面積をもつスラブとH形鋼の上フランジが圧縮応力に抵抗する。よって、H形鋼の上フランジの断面積を下フランジの断面積より小さくしても、合成梁全体に同レベルの曲げ抵抗力を確保できる。そこで、合成梁においては、H形鋼に上下非対称H形鋼を用いると合理的な構造となり、鋼材の材料費や鋼材重量を抑えられ工学的に有利である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開昭49-130862号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のような、上下非対称H形鋼と、該H形鋼と一体の構造を構成するスラブとを有する合成梁は、合成桁橋梁などの土木構造物だけでなく、鉄骨造等の建築物の床構造に適用しても、同様に、材料節約や鋼材重量抑制等の効果が得られることが期待される。

[0006] ただし、建築物の床構造は、構造性能として、床の自重や積載荷重に対す

る応力抵抗性能に加えて、建築物の居住性の観点から、たわみ制限をも満たす必要がある。具体的には、建築物の床構造では、通常、床またはH形鋼梁のスパンLの $1/300 \sim 1/400$ 程度のたわみ制限が設けられる。

[0007] また、建築物の架構は多くの場合積層構造であるため、上記のような合成梁を床構造に適用する場合には、有効階高が制約されることのないよう、床構造を構成する合成梁のH形鋼の梁せいを抑えつつ、上記のたわみ制限を満たすことが求められる。

[0008] また、上記のような、上下非対称H形鋼と、該H形鋼と一体に連結されたスラブとを有する合成梁を、鉄骨造等の建築物の床構造に適用する場合には、上下非対称H形鋼単体の断面剛性が、同じ断面積を有する上下対称H形鋼の断面剛性よりも小さいことが、使用上の問題となる。

[0009] すなわち、上記のような合成梁からなる床構造を有する建築物の施工過程は、まず、複数本のH形鋼を、柱間または大梁間に架け渡し、これら複数本のH形鋼の上にデッキプレートを敷設し、さらにデッキプレート上にコンクリートを打設する手順で行われる。この施工過程の途中では、H形鋼は単体で、上記のたわみ制限を満たしつつ、デッキプレートおよびコンクリートの荷重を支持することが求められる。合成梁からなる床構造の供用時の総たわみの大部分は、このような施工過程で生じるH形鋼単体のたわみに起因する。

[0010] 図7は、上記施工過程における上下非対称H形鋼単体のたわみ δ_{const} と、合成梁供用時の総たわみ δ_{tot} との、上下非対称H形鋼の上下フランジの断面積の偏差 β （上下非対称H形鋼の上フランジの断面積を A_t 、下フランジの断面積を A_b 、上フランジの断面積 A_t と下フランジの断面積 A_b の平均値を A とすると、 $\beta = (A - A_t) / A = (A_b - A) / A$ ）に対する関係を、概念的に示すグラフである。

[0011] 図7に示すように、合成梁からなる床構造において、上下非対称H形鋼を用いると、上下フランジ断面積の偏差 β が大きくなるほど、施工過程においてH形鋼単体のたわみを増加させる結果を招いてしまう。よって、上下非対

称H形鋼を用いた合成梁は、建築物の床構造には、これまであまり活用されていなかった。

- [0012] そこで、本発明は、上下非対称H形鋼を用いた合成梁において、このような合成梁を建築物の床構造に適用する場合にも、床構造の施工過程における上下非対称H形鋼単体のたわみが抑えられ、この結果、床構造の供用時の総たわみが抑えられる、建築物の床構造に好適に使用可能な合成梁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

- [0013] 上記課題に鑑み、本発明の合成梁は、次の構成を有する。

[1] H形鋼と、該H形鋼の上面に配設されたデッキプレートの上にコンクリートを打設して前記H形鋼と一体の構造を構成するように形成される合成スラブとを有する合成梁において、前記デッキプレートの山側フランジの幅が谷側フランジの幅以上であるとともに、該デッキプレートの高さが25mm以上100mm以下であり、前記合成スラブの厚さが50mm以上150mm以下であり、前記H形鋼の上フランジの断面積 A_t と下フランジの断面積 A_b の比 A_t/A_b が0.7/1.3以上1.0未満である合成梁。

- [0014] なお、上記H形鋼は、ロールH形鋼であってもよいし、ビルトH形鋼であってもよい。

[2] 前記H形鋼の降伏強度が235N/mm²以上であり、前記H形鋼の外法高さ H と梁スパン L の比 H/L が1/20.9以上である、[1]に記載の合成梁。

[3] 前記H形鋼の降伏強度が325N/mm²以上であり、前記H形鋼の外法高さ H と梁スパン L の比 H/L が1/15.1以上である、[1]に記載の合成梁。

発明の効果

- [0015] 本発明の合成梁によれば、上下非対称H形鋼を用いた合成梁を建築物の床構造に適用する場合に、床構造の施工過程における上下非対称H形鋼単体のたわみを、上下対称H形鋼を用いた合成梁からなる床構造のたわみと同レベ

ルまたはこれ以下に抑えることができ、この結果、床構造の供用時の総たわみを抑えることができる。よって、上下非対称H形鋼を用いた合成梁を建築物の床構造に活用して合理的な構造とし、合成梁のH形鋼の材料費やH形鋼の重量を低減することができる。

[0016] また、前記H形鋼の降伏強度を 235 N/mm^2 以上とするとともに、前記H形鋼の外法せいHと梁スパンLの比 H/L を $1/20.9$ 以上とする場合には、本発明の合成梁からなる床構造の供用時の総たわみを、建築物の床構造に求められるたわみ制限 $L/300$ 程度およびこれ以下とする効果がより確実に得られる。

[0017] あるいは、H形鋼10の降伏強度を 325 N/mm^2 以上とし、H形鋼10の外法高さHと梁スパンLの比 H/L を $1/15.1$ 以上とすれば、合成梁からなる床構造の供用時の総たわみを、建築物の床構造に求められるたわみ制限 $L/300$ 程度およびこれ以下とする効果がより確実に得られる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の合成梁の断面図である。

[図2]本発明の合成梁を側方から見た断面図である。

[図3]本発明の合成梁におけるH形鋼部分を示す拡大図である。

[図4]本発明の合成梁の施工時たわみの例を示すグラフである。

[図5]本発明の合成梁の施工時たわみの例を示すグラフである。

[図6]本発明の合成梁の施工時たわみの例を示すグラフである。

[図7]上下非対称H形鋼を用いた合成梁の施工時たわみと供用時総たわみを概念的に示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の合成梁の実施の形態について、図面を参照して具体的に説明する。図1は、本実施の形態の合成梁1の断面図である。また、図2は、合成梁1を側方から見た断面図である。

[0020] 図1および図2に示すように、本発明の合成梁1は、H形鋼10と、このH形鋼10の上に配設された合成スラブ20とを有している。H形鋼10は

、上フランジ 1 1 と下フランジ 1 2 の断面積が異なる上下非対称 H 形鋼であり、この H 形鋼 1 0 はロール成形によって得られたロール H 形鋼であってもよく、上下非対称 H 形鋼をロール成形品として入手できない場合には、ウェブ 1 3 となる鋼板に上フランジ 1 1 および下フランジ 1 2 となる鋼板を溶接して形成されたビルト H 形鋼であってもよい。H 形鋼 1 0 の上面には、シアスタッド 3 0 が所定間隔で溶接されている。

[0021] 図 3 に示すように、H 形鋼 1 0 のサイズは、外法高さが H 、上フランジ 1 1 の幅と下フランジ 1 2 の幅の平均値が B 、上フランジ 1 1 の幅が $(1 - \beta) \times B$ 、下フランジ 1 2 の幅が $(1 + \beta) \times B$ 、ウェブ 1 3 の厚さが t_w 、上フランジ 1 1 の厚さが t_{tf} 、下フランジ 1 2 の厚さが t_{bf} である。よって、H 形鋼 1 0 の上フランジ 1 1 の断面積 A_t および下フランジ 1 2 の断面積 A_b はそれぞれ、 $A_t = (1 - \beta) \times B \times t_{tf}$ 、 $A_b = (1 + \beta) \times B \times t_{bf}$ となる。本発明の合成梁 1 では、H 形鋼の上フランジ 1 1 の断面積 A_t と下フランジ 1 2 の断面積 A_b の比 A_t / A_b は、 $0.7 / 1.3$ 以上 1.0 未満に設定される。

[0022] 本実施の形態では、上フランジ 1 1 の厚さ t_{tf} 、下フランジ 1 2 の厚さ t_{bf} は互いに等しく設定されているものとする。よって、上記比 A_t / A_b の数値範囲 $0.7 / 1.3 \leq A_t / A_b < 1$ は、上記パラメータ β （以下では、 β を「上下フランジの断面積の偏差」と称する）の数値範囲 $0 < \beta \leq 0.3$ に相当することとなる。

[0023] 合成スラブ 2 0 は、H 形鋼 1 0 の上面にデッキプレート 2 1 を配設し、デッキプレート 2 1 の上に、スペーサを介してひび割れ防止筋となる溶接金網または鉄筋を配設し、さらに、デッキプレート 2 1 の上に、所定の厚さのコンクリート 2 2 を打設して形成される。

[0024] 図 2 に示すように、デッキプレート 2 1 は、山部と谷部が連続的に設けられた、略上下対称な波型の断面形状を有し、山側フランジ 2 1 1 と谷側フランジ 2 1 2 の幅が略等しい。また、デッキプレート 2 1 の溝上寸法が溝下寸法よりも大きく設定されて、山側フランジ 2 1 1 と谷側フランジ 2 1 2 の間

のウェブ213が傾斜している。しかし、ウェブ213は垂直であってもよく、あるいは、溝上寸法が溝下寸法よりも小さく設定されて、ウェブの213が逆方向に傾斜していても良い。山側フランジ211には、エンボス加工が施され、コンクリート22とのずれが防止されるようになっている。

[0025] 本発明の合成梁1では、デッキプレート21の高さ h_d は、25mm以上100mm以下に設定されるが、広く市場に流通するデッキプレートの高さである50mm程度または75mm程度に設定されることが好ましい。

[0026] また、本発明では、デッキプレート21の厚さは特に限定されず、この上にコンクリート22を打設する際の型枠の機能を果たすことができるものであればよく、例えば日本工業規格JIS G3352「デッキプレート」に規定される標準表示厚さから選定することができる。具体的には、1.0mm、1.2mm、1.6mmなどに設定されることが好ましい。

[0027] また、本発明では、合成スラブの厚さ、すなわち、コンクリート22の厚さは、50mm以上150mm以下に設定される。

[0028] H形鋼10の上面に所定間隔で溶接されるシアスタッド30の頭部は、デッキプレート21の谷側フランジ212に設けられた穴から、デッキプレート21の上方に突出し、デッキプレート21の上に打設されるコンクリート22中に埋設される。このシアスタッド30を介して、合成スラブ20は、H形鋼10と一体の構造を構成するように形成される。

[0029] 本実施の形態の合成梁1によれば、上下非対称H形鋼を用いた合成梁1を建築物の床構造に適用する場合に、床構造の施工過程における上下非対称H形鋼10単体のたわみを、上下対称H形鋼10を用いた合成梁1からなる床構造のたわみと同レベルまたはこれ以下に抑えることができ、この結果、床構造の供用時の総たわみを抑えることができる。よって、上下非対称H形鋼を用いた合成梁を建築物の床構造に活用して合理的な構造とし、合成梁のH形鋼の材料費やH形鋼の重量を低減することができる。

[0030] なお、H形鋼10の降伏強度を 235 N/mm^2 以上とするとともに、H形鋼10の外法高さ H と梁スパン L の比 H/L を $1/20.9$ 以上とすれば、

合成梁からなる床構造の供用時の総たわみを、建築物の床構造に求められるたわみ制限 $L/300$ 程度およびこれ以下とする効果がより確実に得られる。

[0031] あるいは、H形鋼10の降伏強度を 325 N/mm^2 以上とし、H形鋼10の外法高さHと梁スパンLの比 H/L を $1/15.1$ 以上とすれば、合成梁からなる床構造の供用時の総たわみを、建築物の床構造に求められるたわみ制限 $L/300$ 程度およびこれ以下とする効果がより確実に得られる。

[0032] また、上記実施の形態では、デッキプレート21として、山部と谷部が連続的に設けられた、略上下対称な波型の断面形状を有し、山側フランジ211と谷側フランジ212の幅が略等しい形状を有するものを用いる場合について説明した。これに代えて、デッキプレートとして、山側フランジの幅が谷側フランジの幅よりも大きいものを用いても良い。デッキプレートをこのような形状にすれば、デッキプレートの上に打設されるコンクリートの固定荷重が小さくなるため、上記と同様の効果が得られる。

実施例 1

[0033] 本発明の合成梁における、上下非対称H型鋼の上フランジの断面積 A_t と下フランジの断面積 A_b との比 A_t/A_b がとる数値範囲 ($0.7/1.3 \leq A_t/A_b < 1.0$) によって得られる、合成梁の梁スパン中央部における供用時の総たわみの抑制効果について、数値解析による検証を行った。

[0034] 本実施例1では、合成梁の梁スパン中央部における供用時の総たわみの数値解析の対象として、表1に示す合成梁の解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aを用意した。解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aは、上下非対称H形鋼のサイズ ($H \times B \times t_w \times t_f$ (ここで、Bは、上フランジの幅と下フランジの幅の平均値)、デッキプレートの高さ h_d 、合成スラブの厚さ T_s 、および合成梁の等価幅 B_{CB}/n (詳しくは後述する) が互いに異なっている。

[0035] 解析モデルNo. 1A～32Aは、表1に示す解析モデルNo. 1～32において、デッキプレートの高さ h_d を 50 mm から 75 mm に変更したも

のである。

[0036] 解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aの各々では、上下フランジの厚さ t_{tf} 、 t_{tb} が互いに等しい値 t_f に設定されているものとする。よって、上記比 A_t/A_b の数値範囲 $0.7/1.3 \leq A_t/A_b < 1$ は、上下フランジの断面積の偏差 β の数値範囲 $0 < \beta \leq 0.3$ に相当する。

[0037] 以下では、上フランジの断面積 A_t と下フランジ12の断面積 A_b の平均値を A とする。よって、H形鋼の上フランジの断面積 A_t および下フランジの断面積 A_b はそれぞれ、 $A_t = (1 - \beta) \times A$ 、 $A_b = (1 + \beta) \times A$ となる。

[0038] また、上下フランジの中心間距離 h は、 $h = H - (t_{tf} + t_{bf}) / 2 = H - t_f$ となる。

[0039]

[表1]

No.	H 形鋼のサイズ H×B×tw×tf [mm]	ウェブ比率 $\xi=(h \times tw)/A$	デッキ高さ hd [mm]	スラブ厚さ Ts [mm]	合成梁等価幅 B _{CB} /n [mm]
1	400×200×4.7×13.5	0.67	50	60	100
2	400×200×4.7×13.5	0.67	50	100	100
3	400×200×4.7×13.5	0.67	50	60	420
4	400×200×4.7×13.5	0.67	50	100	420
5	400×100×4.8×4.7	4.0	50	60	100
6	400×100×4.8×4.7	4.0	50	100	100
7	400×100×4.8×4.7	4.0	50	60	420
8	400×100×4.8×4.7	4.0	50	100	420
9	600×300×7×20.3	0.67	50	60	150
10	600×300×7×20.3	0.67	50	100	150
11	600×300×7×20.3	0.67	50	60	630
12	600×300×7×20.3	0.67	50	100	630
13	600×150×7.1×7	4.0	50	60	150
14	600×150×7.1×7	4.0	50	100	150
15	600×150×7.1×7	4.0	50	60	630
16	600×150×7.1×7	4.0	50	100	630
17	800×400×9.3×27	0.67	50	60	200
18	800×400×9.3×27	0.67	50	100	200
19	800×400×9.3×27	0.67	50	60	840
20	800×400×9.3×27	0.67	50	100	840
21	800×200×9.5×9.5	4.0	50	60	200
22	800×200×9.5×9.5	4.0	50	100	200
23	800×200×9.5×9.5	4.0	50	60	840
24	800×200×9.5×9.5	4.0	50	100	840
25	1000×500×11.6×33.5	0.67	50	60	250
26	1000×500×11.6×33.5	0.67	50	100	250
27	1000×500×11.6×33.5	0.67	50	60	1050
28	1000×500×11.6×33.5	0.67	50	100	1050
29	1000×250×11.6×11.4	4.0	50	60	250
30	1000×250×11.6×11.4	4.0	50	100	250
31	1000×250×11.6×11.4	4.0	50	60	1050
32	1000×250×11.6×11.4	4.0	50	100	1050

解析モデル No. 1～32 および No. 1A～32A の各々では、上下非対称 H 形鋼の形状の基準となる上下対称 H 形鋼のサイズを、日本工業規格 JIS G 3192「熱間圧延形鋼の形状、寸法、質量及びその許容差」に規定される H 形鋼のサイズに基づいて、ウェブ比率 $\xi = (h \times tw) / A$ が 0.67～4.0 となるように設定した。また、H 型鋼の外法高さ H は 400～1000 mm とし、H 形鋼の幅 B（上下非対称 H 形鋼における上フランジの幅と下フランジの幅の平均値）は $h/4 \sim h/2$ とした。H 形鋼のウェブ厚比 h/tw は、設計上使用可能な局部座屈を生じない下限板厚を考慮して、83 程度とした。

- [0040] また、解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aにおけるスラブ厚さ T_s は、山谷部が略上下対称な形状を有するデッキプレートが用いられる場合の標準的な寸法として、60～100mmとした。後述するデッキ床厚比 γ は、 $\gamma = (t_{tf}/2 + h_d)/h$ と算出される値である。
- [0041] また、解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aにおける合成梁の等価幅 B_{CB}/n は、0.25h～1.13hの範囲とした。この合成梁の等価幅 B_{CB}/n の数値範囲0.25h～1.05hは、合成梁の梁スパン L を、標準的な値である8h～21hとし、合成梁の有効幅 B_{CB} を、標準的に用いられる評価値 $L/4$ とし、鋼コンクリート剛性比（鋼のヤング係数／コンクリートのヤング係数）を5～8とする条件で算出したものである。
- [0042] 合成梁の上記解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aの各々において、上下非対称H型鋼の上下フランジの断面積の偏差 β に対して、合成梁の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ がどのように変化するかを数値解析した。そして、本発明の合成梁の特徴である、上下非対称H型鋼の上フランジの断面積 A_t と下フランジの断面積 A_b との比 A_t/A_b がとる数値範囲（ $0.7/1.3 \leq A_t/A_b < 1.0$ ）、すなわち上下フランジの断面積の偏差 β がとる数値範囲（ $0 < \beta \leq 0.3$ ）において、合成梁の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ が、上記偏差 β が0のときの供用時総たわみ $\delta_{tot}(0)$ と同レベルまたはこれ以下になっているかどうかを確認した。
- [0043] 合成梁の解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aの各々における、梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ は、次の条件に基づいて計算した。
- [0044] まず、合成梁の解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aの各々は、H形鋼と、該H形鋼に連結される合成スラブとが、完全に一体の構造を構成する、完全合成梁であるものと仮定した。
- [0045] そして、合成梁の供用時荷重（合成梁からなる床構造の供用時に、床構造上に設けられる床、天井、間仕切りなどによってかかる仕上荷重および床上

に設置される什器などによってかかる積載荷重の合計、梁床骨組による固定荷重 W_{const} を除く梁床骨組みが負担する仕上げや、什器、床積載荷重などすべての供用時に床に負荷される荷重) W_{sust} を、一般的なオフィスや商業・公共施設等の建築物を想定して、相対的に低い値である 5 kN/m^2 とした。

[0046] また、合成梁の施工時の固定荷重 W_{const} は、上記解析モデル No. 1～32 および No. 1A～8A の各々の H 形鋼、デッキプレートおよびコンクリートのサイズ、単位重量、および一本の合成梁が負担するスラブの幅に基づいて設定した。

[0047] なお、合成梁の供用時荷重 W_{sust} は、合成梁の施工時の固定荷重 W_{const} を含まないものとする。

[0048] 後述する床荷重比 α は、合成梁の施工時の固定荷重（合成梁を構成する H 形鋼、デッキプレート、コンクリート等の自重によりかかる荷重）を W_{const} として、 $\alpha = W_{sust}/W_{const}$ と算出される値である。また、後述するスラブ寄与率 η は、 $\eta = (T_s \times B_{CB}/n) / (h \times t_w)$ と算出される値である。

[0049] 具体的には、合成梁の解析モデル No. 1～32 および No. 1A～32A の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ を、施工時たわみ $\delta_{const}(\beta)$ と、上記供用時荷重 W_{sust} によって生じるたわみ $\delta_{sust}(\beta)$ とから、下記式 (1) により算出した。

[0050] [数1]

$$\begin{aligned}\delta_{tot}(\beta) &= \delta_{const}(\beta) + \delta_{sust}(\beta) \\ &= 5 \times L^4 / (384 \times E) \times (W_{const} / I_H(\beta) + \alpha \times W_{const} / I_{CB}(\beta)) \\ &= 5 \times L^4 / (384 \times E) \times W_{const} \times (1 / I_H(\beta) + \alpha / I_{CB}(\beta)) \quad \dots\dots (1)\end{aligned}$$

ここで、 E は鋼材のヤング係数、 I_H は H 形鋼の断面二次モーメント、 I_{CB} は合成梁の断面二次モーメントである。H 形鋼と合成梁の重心位置（略算値）をそれぞれ y_{cg} 、 Y_{cg} とすると、 I_H 、 y_{cg} 、 I_{CB} 、 Y_{cg} はそれぞれ、下記式 (2) ～ (5) により得られる。

[0051] [数2]

$$\begin{aligned}
I_H(\beta) &= t_w \times h^3/12 + H \times t_w \times (h/2 - y_{cg})^2 \\
&\quad + (1 - \beta) \times A \times y_{cg}^2 + (1 + \beta) \times A \times (h - y_{cg})^2 \\
&= a \times h^2 \times [\xi/12 + \xi \times (0.5 - F(\beta, \xi))^2 \\
&\quad + (1 - \beta) \times F(\beta, \xi)^2 + (1 + \beta) \times (1 - F(\beta, \xi))^2] \quad \dots\dots (2)
\end{aligned}$$

ここで、

[0052] [数3]

$$\begin{aligned}
y_{cg} &= (h \times t_w \times h/2 + (1 + \beta) \times a \times h) / (h \times t_w + 2a) \\
&= h \times [0.5 + \beta / (2 + \xi)] = h \times F(\beta, \xi) \quad \dots\dots (3)
\end{aligned}$$

また、

[0053] [数4]

$$\begin{aligned}
I_{CB}(\beta) &= I_H(\beta) + (B_{CB}/n) \times Ts^3/12 \\
&\quad + A \times (y_{cg} + Ts + \gamma \times h - Y_{cg})^2 \\
&\quad + (Ts \times B_{CB}/n) \times (Y_{cg} - Ts/2)^2 \\
&= I_H(\beta) + a \times h^2 \times (\eta \times \xi \times \gamma^2)/12 \\
&\quad + a \times h^2 \times (\xi + 2) \times (F(\beta, \xi) + \lambda + \gamma - G(\beta, \gamma, \lambda, \eta, \xi))^2 \\
&\quad + a \times h^2 \times (\xi \times \eta) \times (G(\beta, \gamma, \lambda, \eta, \xi) - \lambda/2)^2 \\
&= a \times h^2 \times [\xi/12 + \xi \times (0.5 - F(\beta, \xi))^2 + (1 - \beta) \times F(\beta, \xi)^2 + (1 + \beta) \times (1 - F(\beta, \xi))^2] \\
&\quad + a \times h^2 \times (\eta \times \xi \times \gamma^2)/12 + a \times h^2 \times (\xi + 2) \times (F(\beta, \xi) + \lambda + \gamma - G(\beta, \gamma, \lambda, \eta, \xi))^2 \\
&\quad + a \times h^2 \times (\xi \times \eta) \times (G(\beta, \gamma, \lambda, \eta, \xi) - \lambda/2)^2 \quad \dots\dots (4)
\end{aligned}$$

ここで、

[0054] [数5]

$$\begin{aligned}
Y_{cg} &= [Ts \times (B_{CB}/n) \times Ts/2 + A \times (Ts + \gamma \times h + y_{cg})] / (Ts \times B_{CB}/n + A) \\
&= h \times [0.5 \times \lambda \times \eta \times \xi + (2 + \xi) \times (\lambda + \gamma + F(\beta, \xi))] / (\xi \times \eta + 2 + \xi) \\
&= h \times G(\beta, \gamma, \lambda, \eta, \xi) \quad \dots\dots (5)
\end{aligned}$$

図4は、上記式(1)～(5)により算出された、合成梁の解析モデルN
 o. 1～32の各々の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ を、上下
 非対称H型鋼の上下フランジの断面積の偏差 β に対する関係として示すグラ

フである。また、図5は、上記式(1)～(5)により算出された、合成梁の解析モデルNo. 1A～32Aの各々の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{\text{tot}}(\beta)$ を、上下非対称H型鋼の上下フランジの断面積の偏差 β に対する関係として示すグラフである。図6は、合成梁の解析モデルNo. 1～8およびNo. 1A～8Aの各々の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{\text{tot}}(\beta)$ を、対比して示すグラフである。

[0055] 図4～図6では、梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{\text{tot}}(\beta)$ を、偏差が0のとき(すなわち、H形鋼が上下対称H形鋼のとき)の供用時総たわみ $\delta_{\text{tot}}(0)$ に対する相対値であるたわみ指標値 $\delta_{\text{tot}}(\beta) / \delta_{\text{tot}}(0)$ として示している。

[0056] 図4に示されるとおり、合成梁の解析モデルNo. 1～32のいずれにおいても、たわみ指標値 $\delta_{\text{tot}}(\beta) / \delta_{\text{tot}}(0)$ は、上下フランジの断面積の偏差 β が増加するにつれて、最初は1.0から減少していき、その後増加に転じて1.0を超え、その後も増加し続けることが確認された。そして、上下フランジの断面積の偏差 β が0.3以下の領域においては、解析モデルNo. 1～32のいずれにおいても、たわみ指標値 $\delta_{\text{tot}}(\beta) / \delta_{\text{tot}}(0)$ は1.0未満に抑えられていることが確認された。

[0057] また、図5に示されるとおり、合成梁の解析モデルNo. 1A～32Aにおいても、たわみ指標値 $\delta_{\text{tot}}(\beta) / \delta_{\text{tot}}(0)$ は、上下フランジの断面積の偏差 β が増加するにつれて、最初は1.0から減少していき、その後増加に転じて1.0を超え、その後も増加し続けることが確認された。そして、上下フランジの断面積の偏差 β が0.25以下の領域においては、解析モデルNo. 1A～32Aのいずれにおいても、たわみ指標値 $\delta_{\text{tot}}(\beta) / \delta_{\text{tot}}(0)$ は1.0未満に抑えられ、偏差 β が0.25以上0.3以下の領域においても、たわみ指標値 $\delta_{\text{tot}}(\beta) / \delta_{\text{tot}}(0)$ は1.0をわずかに上回るレベルに抑えられていることが確認された。

[0058] そして、図6に示されるとおり、デッキプレートの高さ h_d が75mmの解析モデルNo. 1A～32Aでは、デッキプレートの高さ h_d が50mm

の解析モデルNo. 1～32に比べて、たわみ指標値 $\delta_{tot}(\beta) / \delta_{tot}(0)$ が1.0未満に抑えられるような上記偏差 β の範囲の上限値が、相対的に小さいことが確認された。

[0059] このように、合成梁の解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aについて数値解析を行った結果から、上下フランジの断面積の偏差 β が0.3以下のとき、すなわち本発明に規定されるように、H形鋼の上フランジの断面積 A_t と下フランジの断面積 A_b の比 A_t / A_b が $0.7 / 1.3 \leq A_t / A_b < 1.0$ の範囲内にあることにより、合成梁の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ が、上記偏差 β が0のときの供用時総たわみ $\delta_{tot}(0)$ と同レベルまたはこれ以下に抑えられ、合理的な断面形状であることが確認された。

[0060] 特に、上下フランジの断面積の偏差 β が0.25以下、すなわち、H形鋼の上フランジの断面積 A_t と下フランジの断面積 A_b の比 A_t / A_b が $0.75 / 1.25 \leq A_t / A_b < 1.0$ の範囲内となるようにすれば、デッキプレートの高さ h_d が75mm程度であっても、合成梁の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ が、上記偏差 β が0のときの供用時総たわみ $\delta_{tot}(0)$ と同レベルまたはこれ以下に確実に抑えることができることが確認された。

[0061] なお、上下フランジの断面積の偏差 β が大きくなるほど、H形鋼の断面二次モーメント I_H が小さくなるため、合成梁の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ 中に占める、施工時たわみ $\delta_{const}(\beta)$ の比率が大きくなる。

[0062] また、H形鋼のウェブの厚さ t_w が大きくなるほど、ウェブ比率 $\xi = (h \times t_w) / A$ が大きくなるため、上記偏差 β の増加による供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ 増加の影響度は低下する傾向にある。上記解析モデルNo. 1～32およびNo. 1A～32Aでは、ウェブ厚比 h / t_w を83程度としたが、ウェブ厚比 h / t_w がこれよりも小さい断面においては、ウェブ比率 ξ が小さくなるため、供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ を抑制できるような上記偏差 β

の範囲の上限値は、より大きくなる。

- [0063] また、合成梁の供用時荷重 W_{sust} に対する施工時の固定荷重 W_{const} の比率である施工時荷重比 $1/\alpha$ （上記床荷重比 $\alpha = W_{sust}/W_{const}$ の逆数）が大きくなるほど、合成梁の梁スパン中央部の供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ 中に占める、施工時たわみ $\delta_{const}(\beta)$ の比率が大きくなり、上記偏差 β の増加に伴って供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ が増加しやすくなる。つまり、倉庫や物流施設などのように、供用時荷重 W_{sust} が大きい場合は、自ずと施工時荷重比 $1/\alpha$ が小さくなり、上記偏差 β の増加による供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ の増加傾向が小さくなるため、供用時総たわみ $\delta_{tot}(\beta)$ の抑制効果がより顕著に得られる。

実施例 2

- [0064] 本実施例 2 では、本発明の合成梁により、H 形鋼の重量の低減効果がどの程度得られるかについて、数値計算による検証を行った。
- [0065] 具体的には、従来例として、サイズが H-450×200×9×14 [mm] の上下対称 H 形鋼を有する合成梁を想定し、この従来例の合成梁と同レベルの曲げ性能（設計耐力および設計たわみ量）を有しつつ本発明の要件を満たすような合成梁の断面を複数計算し、これらを本発明例 1～3 とした。そして、本発明例 1～3 の合成梁における上下非対称 H 形鋼の単位長さ重量を、従来例の合成梁における上下対称 H 形鋼の単位長さ重量と比較した。
- [0066] 本数値計算においては、表 2 に示すように、本発明例 1～3 と従来例の双方において、合成梁の梁スパン L は 9.5 m、合成梁の間隔は 2.25 m、デッキプレートの高さ h_d は 50 mm、合成スラブの厚さ T_s は 80 mm とした。また、H 形鋼の降伏強度は、本発明例 1、2 および従来例の合成梁では 235 N/mm²（日本工業規格 JIS G3136「建築構造用圧延鋼板」に規定される鋼種 S N 400 相当、基準強度 $F = 235 \text{ N/mm}^2$ ）とし、本発明例 3 では 325 N/mm²（鋼種 S N 490 相当、基準強度 $F = 325 \text{ N/mm}^2$ ）とした。
- [0067] H 形鋼の外法高さ H と梁スパン L の比 H/L は、本発明例 1 および従来例

の合成梁の断面の計算では $1/21.1$ となるようにし、本発明例2の合成梁の断面の計算では $1/19.0$ となるようにし、本発明例3の合成梁の断面の計算では $1/14.6$ となるようにした。

[0068] そして、本発明に規定されるように、H形鋼の上フランジの断面積 A_t と下フランジの断面積 A_b の比 A_t/A_b が $0.7/1.3$ 以上 1.0 未満となる条件で、従来例の合成梁の設計耐力および設計たわみ量と同レベルの耐力およびたわみ量が得られるように、本発明例1～3の合成梁の断面を計算した。

[0069] そして、表2に示すように、本発明例1～3の合成梁では、非対称H形鋼の断面形状として、それぞれBH-450×150×255×6×14 [mm]、BH-500×125×255×6×14 [mm]、BH-650×60×110×9×8 [mm] が算出された。

[0070] [表2]

	本発明例1	本発明例2	本発明例3	従来例
H形鋼	BH-450×150 ×255×6×14	BH-500×125 ×255×6×14	RH-650×60 ×110×9×8	RH-450×200 ×9×14
単位重量	64.4	59.6	54.1	73.8
鋼種 (JIS G3136)	SN400 (基準強度 $F=235 \text{ N/mm}^2$)	SN400 (基準強度 $F=235 \text{ N/mm}^2$)	SN490 (基準強度 $F=325 \text{ N/mm}^2$)	SN400 (基準強度 $F=235 \text{ N/mm}^2$)
負担荷重	7.5 kN/m^2	7.5 kN/m^2	7.5 kN/m^2	7.5 kN/m^2
デッキプレート	高さ 50 mm - 板厚 1 mm	高さ 50 mm - 板厚 1 mm	高さ 50 mm - 板厚 1 mm	高さ 50 mm - 板厚 1 mm
コンクリート スラブ有効厚	80 mm	80 mm	80 mm	80 mm
梁スパン L ／梁間隔	9.5 m / 2.25 m	9.5 m / 2.25 m	9.5 m / 2.25 m	9.5 m / 2.25 m
H/L	1/21.1	1/19.0	1/14.6	1/21.1
設計たわみ $\leq L/300$	21.9 mm	21.9 mm	21.5 mm	22.2 mm
設計耐力	690 kN・m	690 kN・m	938 kN・m	690 kN・m
重量比率	0.87	0.81	0.73	1.0

従来例の合成梁における上下対称H形鋼では、単位長さ当たりの重量が 73.8 kg/m であるのに対し、本発明例1～3の合成梁における上下非対称H形鋼では、単位長さ当たりの重量が、それぞれ 64.4 kg/m 、 59.6 kg/m 、 54.1 kg/m となった。

[0071] つまり、本発明例1～3では、同レベルの曲げ耐力を有する従来例の合成

梁に比べて、H形鋼の鋼材重量が、それぞれ約87%、約81%、約73%に削減されており、従来例の上下対称H形鋼を有する合成梁と同等の曲げ性能を確保しつつ、H形鋼について10%を超える重量低減効果が得られることが確認された。

[0072] 特に、H形鋼の降伏強度が 235 N/mm^2 以上、およびH形鋼の外法高さHと梁スパンLの比 H/L が $1/20.9$ 以上という要件を満たす本発明例2の合成梁では、本発明例1に比べて更なるH形鋼重量低減効果が得られることが確認された。

[0073] また、H形鋼の降伏強度が 325 N/mm^2 以上、およびH形鋼の外法高さHと梁スパンLの比 H/L が $1/15.1$ 以上という要件を満たす本発明例3の合成梁でも、本発明例1に比べて更なるH形鋼重量低減効果が得られることが確認された。加えて、表2に示すように、本発明例3では、本発明例1、2よりも高い設計耐力が確保されており、高い降伏強度を有するH形鋼を適用するにより、より大きな積載荷重に耐えうる設計耐力を確保できることが確認された。

符号の説明

- [0074]
- 1 合成梁
 - 10 H形鋼
 - 11 H形鋼の上フランジ
 - 12 H形鋼の下フランジ
 - 13 H形鋼のウェブ
 - 20 合成スラブ
 - 21 デッキプレート
 - 211 デッキプレートの山側フランジ
 - 212 デッキプレートの谷側フランジ
 - 213 デッキプレートのウェブ
 - 22 コンクリート
 - H H形鋼の外法高さ

A t H形鋼の上フランジの断面積
A b H形鋼の下フランジの断面積
h d デッキプレートの高さ
L 梁スパン