

適用 Q-04

建築確認申請

構造計算適合性判定

デッキ合成スラブの設計に関する建築確認申請、構造計算適合性判定の留意点はありますか。

適用 A-04

構造計算適合性判定制度が 2007 年に開始されました。合成スラブ工業会では、これまでに鉄骨造建築物にデッキ合成スラブを使用した場合の質疑事例を収集し、その対応事例について資料を作成しました。なお、本資料における指摘事項例は、(一財)日本建築センター 構造判定部殿の協力を受けて作成したものです。

構造計算適合性判定においては、重点的に以下の項目が審査されています。

- ・工学的な判断を伴うモデル化の妥当性
- ・構造計算に適用する解析法、算定式の妥当性、適用範囲の妥当性
- ・演算の適正さ（演算結果の信頼性）

従って、鉄骨造建築物にデッキ合成スラブを使用した場合、デッキ合成スラブの適用範囲、梁との接合部の検討、合成梁の設計等に関し、未検討、未記載、不整合、不明確等の理由による指摘事項が増加し、結果として審査期間が伸びる要因になっているようです。つまり、これらの項目について事前に検討し、構造計算書・構造図などに明記しておくことで、構造計算適合性判定の審査期間の短縮につながると考えられます。

以下に事前検討が必要な項目の概要を示します。その後に適合性判定機関の指摘事項例とともに検討例を参考資料として示します。

1. デッキ合成スラブの適用範囲が守られているか

デッキ合成スラブに関して、仕様の設計図への記載・耐火認定の適用範囲などの確認等が不十分である旨の指摘が多いようです。なお、標準図（仕様）の添付、耐火認定適用範囲の確認は必須事項です。

2. 梁とデッキ合成スラブの接合部について

鉄骨梁とデッキ合成スラブの接合は、通常、頭付きスタッド、もしくは、焼抜き栓溶接を用います。これらにより、デッキ合成スラブを梁に接合し、水平せん断力を梁および柱に伝達します。この際、算出した水平せん断力に対して頭付きスタッドのサイズ、ピッチ等の検討が必要です。焼抜き栓溶接の場合もピッチの検討が必要です。また、いずれの場合も接合部の仕様を設計図へ記載する必要があります。

3. 合成梁について

合成梁構造は、床スラブコンクリートと鉄骨梁を頭付きスタッドにより一体化し、剛性、耐力の評価にコンクリートの効果を算入するもので、その設計法は日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説 第 I 編」に記載されています。この構造方法による場合、計算結果だけでなく、床スラブの有効幅、頭付きスタッドの本数、合成梁の断面二次モーメント、断面係数等の算出過程も含めて要求されます。

また、接合方法の項に、多くの事例で「不完全合成梁として設計する」と記載されていますが、不完全合成梁とした場合でも頭付きスタッドは一定以上の本数が必要になります。

なお、単にせん断力の伝達だけを目的にして、頭付きスタッドを非常に少ない本数とした場合、実際には梁の変形によって早期に頭付きスタッドが降伏するため注意が必要です。

4. 梁の剛性増大率について

鉄骨造の場合、水平せん断力を床スラブを介して各鉄骨構面に伝達するために、床スラブを梁に接合する必要があります。この場合、頭付きスタッドを用いると、合成梁の設計としない場合でも、鉄骨梁の剛性が床スラブの効果で鉄骨梁単体の場合より大きくなることが考えられます。梁剛性を鉄骨梁単体のみとして（梁の剛性倍率を 1.0 として）応力算出すると、柱・梁の応力に関して必ずしも安全側とはみなせず、また剛性率・偏心率についても適切な評価とならないおそれがあります。

以上のことから、実況に応じた梁の剛性バランスを考慮し、柱・梁の応力検定比や剛性率・偏心率に余裕のある設計が必要となります。梁剛性の増大率の考え方は実務的な煩雑さも考慮して、両側床スラブ梁の場合 2.00、片側床スラブ梁の場合 1.50 としても良いと考えられますが、その他にも様々な設定が考えられるため、いずれにしても設計者の明確な方針提示が要求されます。

また、デッキ合成スラブと鉄骨梁との接合を焼抜き栓溶接とする場合、焼抜き栓溶接によって梁剛性が増加する効果も見られますが、頭付きスタッドと異なり、この効果を断面の塑性域まで保証する構造方法ではないため、応力算出にあたっては剛性増大率を 1.00（すなわち鉄骨梁単体のみ剛性）としたほうが良いと考えられます。

確認申請では「デッキプレート版技術基準解説及び設計・計算例」（（一財）日本建築センター編集）を参照してください。

「デッキ合成スラブに関する構造計算適合性判定時の記載例」

1. デッキ合成スラブの適用範囲が守られているか

構造計算適合性判定機関の指摘事項例

- ・デッキ合成スラブとして設計図へ適切に記載されているか(標準図の添付や部材配置の確認)
- ・使用材料および材料強度が適用範囲内か
- ・積載荷重が適用範囲内か(最大荷重およびスパン長さの規定)
- ・仕様は連続支持合成スラブか、単純支持合成スラブか(単純支持の場合、溝広タイプのみ)
- ・耐火認定適用範囲内か、山上コンクリートの厚さは適切か、かぶり厚さが確保されているか
- ・使用上の支障が起らないことを確認しているか（建築主事の指摘事項）
- ・開口がある場合、開口補強要領は図示されているか（詳細は、合成スラブ工業会「合成スラブの設計・施工マニュアル」など参照）

【記載例、計算例】

設計図に、デッキ合成スラブ設計施工標準図を添付し、該当箇所に適用材料、表面仕上げ、床スラブ厚などを記入する

※標準図は、本ウェブサイトへリンクする工業会各社のウェブサイトからダウンロードできます。

デッキ合成スラブの検討

本件に用いた床スラブ一覧を図面***に示す。

全て床 2 時間耐火構造認定を適用する。

支持スパンが最大の S*1、積載荷重が最大の S*2 について検討する。

デッキ合成スラブ ○○社製 ○○75-1.2

山上コンクリート厚さ 90mm 2 連続支持 耐火認定番号 FP120FL-****

1) S*1 設計条件

用途：事務所

合成スラブ用デッキ：〇〇75-1.2 (溝広)SDP1T(F=205N/mm²)

普通コンクリート：Fc=21 (N/mm²)、山上コンクリート厚さ S=90 (mm)

支持スパン：ℓ = 3,000 mm

設計時の全積載荷重：W_{LL}=積載荷重 2,900 (N/m²)+仕上げ他荷重 900=3,800 (N/m²)

設計時の全荷重：デッキ合成スラブ自重 W_{DL}3,170+ W_{LL}3,800 =6,970(N/m²)

耐火仕様

耐火認定許容積載荷重：5,400×(3,400/ℓ)²=6,900 ≧ 2,900+900=3,800 (N/m²)…OK

耐火認定適用スラブ厚：90≧90 以上 (mm)…OK

※デッキ合成スラブ耐火認定仕様(許容積載荷重、適用スパン等)は、工業会加盟各社で共通です。

構造検討

※以下の検討は各社ウェブサイトの構造計算ソフトによる計算、出力も可能です。

デッキ合成スラブの検討

$$\begin{aligned} \text{断面性能 } sZe &= 36.3 \times 10^3 \text{ mm}^3 & sI &= 163 \times 10^4 \text{ mm}^3 & cIn &= 21,260 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\ cZc &= 3,609 \times 10^3 \text{ mm}^3 & cZt &= 133.6 \times 10^3 \text{ mm}^3 & eZt &= 4,351 \times 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

施工時の検討

デッキプレートの長さを 9.0m とし、3 連続梁として支保工なしで検討する。

デッキ合成スラブ自重：W_{DL}=3,170 (N/m²)

施工時荷重：W_{WL}=1,470 (N/m²)

施工時の全荷重：wW_{WL} = W_{DL} + W_{WL} = 3,170+1,470=4,640 (N/m²)

たわみ計算用係数：C=1.2

鋼材のヤング係数：sE=2.05×10⁵ (N/mm²)

応力度の検定

$$\begin{aligned} M_{max} &= \frac{wW_{TL} \times l^2}{10} = \frac{4\,640 \times 3.0^2}{10} = 4\,176 \text{ (Nm)} \\ \sigma &= \frac{M_{max}}{sZe} = \frac{4\,176 \times 10^3}{36.3 \times 10^3} = 116 \leq 205 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots OK \end{aligned}$$

たわみの検定

$$\delta = C \times \frac{WW_{TL} \times l^4}{145sEsl} = \frac{1.2 \times 4\,640 \times 3.0^4 \times 10^9}{145 \times 2.05 \times 10^5 \times 163 \times 10^4} = 9.31 \leq \frac{l}{180} = 16.7 \text{ (mm)} \dots OK$$

設計時の検討

正曲げ応力度の検定

$$\begin{aligned} M_{TL} &= \frac{LW_{TL} \times l^2}{8} = \frac{6\,970 \times 3.0^2}{8} = 7\,842 \text{ (Nm)} \\ \sigma_c &= \frac{M_{TL}}{cZc} = \frac{7\,842 \times 10^3}{3\,609 \times 10^3} = 2.17 \leq \frac{Fc}{3} = \frac{21}{3} = 7 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots OK \\ \sigma_t &= \frac{M_{TL}}{cZt} = \frac{7\,842 \times 10^3}{133.6 \times 10^3} = 58.7 \leq 205 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots OK \end{aligned}$$

支持梁上の負曲げモーメントに対するひび割れ拡大防止に対する検定

$$M_e = \frac{W_{LL} \times l^2}{12} = \frac{3800 \times 3.0^2}{12} = 2850 \text{ (Nm)}$$

$$\frac{M_e}{eZt} = \frac{2850 \times 10^3}{4351 \times 10^3} = 0.655 \leq 0.62\sqrt{F_c} = 0.62\sqrt{21} = 2.84 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots OK$$

たわみの検定 (変形増大係数 $k=1.5$, ヤング係数比 $n=15$)

$$\delta = k \times \frac{5 \times W_{LL} \times l^4}{384sE \times \frac{cIn}{n}} = \frac{1.5 \times 5 \times 3800 \times 3.0^4 \times 10^9}{384 \times 2.05 \times 10^5 \times \frac{21260}{15} \times 10^4} = 2.07 \leq \frac{l}{250} = 12.0 \text{ (mm)} \dots OK$$

ひび割れ拡大防止用鉄筋のコンクリート断面に対する配筋比検定

($\phi 6-100 \times 100$: $at=28.2 \text{ mm}^2/\text{m}$)

$$P_t = \frac{at}{100 \times S} \times 100 = \frac{28.2}{100 \times 90} \times 100 = 0.313 \geq 0.2 \text{ (\%)} \dots OK$$

2) S*2 設計条件

用途 : 機器保管庫

合成スラブ用デッキ : $\circ\circ 75-1.2$ (溝広)SDP1T($F=205 \text{ N/mm}^2$)

普通コンクリート : $F_c=21 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 、山上コンクリート厚さ $S=90 \text{ (mm)}$

支持スパン : $2,670 \text{ mm}$ を丸めて $l = 2,700 \text{ mm}$ とする

設計時の全積載荷重 : $W_{LL}=\text{積載荷重 } 6,000 \text{ (N/m}^2\text{)} + \text{仕上げ他荷重 } 900 = 6,900 \text{ (N/m}^2\text{)}$

設計時の全荷重 : デッキ合成スラブ自重 $W_{DL}3,170 + W_{LL}6,900 = 10,070 \text{ (N/m}^2\text{)}$

耐火仕様

耐火認定許容積載荷重 : $5,400 \times (3,400/l)^2 = 8,560 \geq 6,000 + 900 = 6,900 \text{ (N/m}^2\text{)} \dots OK$

耐火認定適用スラブ厚 : $90 \geq 90$ 以上 (mm) $\dots OK$

※デッキ合成スラブ耐火認定仕様(許容積載荷重、適用スパン等)は、工業会加盟各社で共通です。

構造検討

※以下の検討は各社ウェブサイトの構造計算ソフトによる計算、出力も可能です。

デッキ合成スラブの検討

$$\begin{aligned} \text{断面性能 } sZe &= 36.3 \times 10^3 \text{ mm}^3 & sI &= 163 \times 10^4 \text{ mm}^3 & cIn &= 21,260 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\ cZc &= 3,609 \times 10^3 \text{ mm}^3 & cZt &= 133.6 \times 10^3 \text{ mm}^3 & eZt &= 4,351 \times 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

施工時の検討

デッキプレートの長さを 8.0 m とし、3連続梁として支保工なしで検討する。

デッキ合成スラブ自重 : $W_{DL}=3,170 \text{ (N/m}^2\text{)}$

施工時荷重 : $W_{WL}=1,470 \text{ (N/m}^2\text{)}$

施工時の全荷重 : $wW_{WL} = W_{DL} + W_{WL} = 3,170 + 1,470 = 4,640 \text{ (N/m}^2\text{)}$

たわみ計算用係数 : $C=1.2$

鋼材のヤング係数 : $sE=2.05 \times 10^5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

応力度の検定

$$M_{max} = \frac{wW_{TL} \times l^2}{10} = \frac{4640 \times 2.7^2}{10} = 3383 \text{ (Nm)}$$

$$\sigma = \frac{M_{max}}{sZe} = \frac{3383 \times 10^3}{36.3 \times 10^3} = 94 \leq 205 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots OK$$

たわみの検定

$$\delta = C \times \frac{WW_{TL} \times l^4}{145sEsI} = \frac{1.2 \times 4\,640 \times 2.7^4 \times 10^9}{145 \times 2.05 \times 10^5 \times 163 \times 10^4} = 6.11 \leq \frac{l}{180} = 15.0 \text{ (mm)} \dots OK$$

設計時の検討

正曲げ応力度の検定

$$M_{TL} = \frac{LW_{TL} \times l^2}{8} = \frac{10\,070 \times 2.7^2}{8} = 9\,176 \text{ (Nm)}$$

$$\sigma_c = \frac{M_{TL}}{cZc} = \frac{9\,176 \times 10^3}{3\,609 \times 10^3} = 2.54 \leq \frac{Fc}{3} = \frac{21}{3} = 7 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots OK$$

$$\sigma_t = \frac{M_{TL}}{cZt} = \frac{9\,176 \times 10^3}{133.6 \times 10^3} = 68.7 \leq 205 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots OK$$

支持梁上の負曲げモーメントに対するひび割れ拡大防止に対する検定

$$M_e = \frac{W_{LL} \times l^2}{12} = \frac{6\,900 \times 2.7^2}{12} = 4\,192 \text{ (Nm)}$$

$$\frac{M_e}{eZt} = \frac{4\,192 \times 10^3}{4\,351 \times 10^3} = 0.964 \leq 0.62\sqrt{Fc} = 0.62\sqrt{21} = 2.84 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots OK$$

たわみの検定 (変形増大係数 k=1.5, ヤング係数比 n=15)

$$\delta = k \times \frac{5 \times W_{LL} \times l^4}{384sE \times \frac{cIn}{n}} = \frac{1.5 \times 5 \times 6\,900 \times 2.7^4 \times 10^9}{384 \times 2.05 \times 10^5 \times \frac{21\,260}{15} \times 10^4} = 2.46 \leq \frac{l}{250} = 10.8 \text{ (mm)} \dots OK$$

ひび割れ拡大防止用鉄筋のコンクリート断面に対する配筋比検定

(φ6-100×100 : at=28.2mm²/m)

$$P_t = \frac{at}{100 \times S} \times 100 = \frac{28.2}{100 \times 90} \times 100 = 0.313 \geq 0.2 \text{ (%) } \dots OK$$

2. 梁とデッキ合成スラブの接合部の検討が適切に行われているか

構造計算適合性判定機関の指摘事項例

- ・焼抜き栓溶接を用いた場合に、溶接ピッチが記載されているか (記載漏れが多くみられる)。
- ・頭付きスタッドを用いた場合に、極端に径が細い (φ13 以下) あるいはピッチが大き過ぎる (@600 を超える) などが無い。
- ・吹き抜けや水平ブレースの偏在などにより床面内に移行せん断力が発生する場合、面内せん断力の伝達について検討されているか。
- ・梁とデッキ合成スラブとの接合に用いる工法 (頭付きスタッドまたは焼抜き栓溶接) が記載されているか。
- ・「頭付きスタッドは鉄骨造梁を合成梁としないため計算を省略する。」と記載あるが、デッキ合成スラブにより水平力が伝達され剛床仮定が成立するためには、デッキ合成スラブと梁との接合部の検討が必要である。

水平せん断力の求め方

(架構自重、壁荷重等は床スラブを介したせん断力から除外してよい)

1) 剛床仮定解法による場合

剛床仮定でのラーメン解法は基本的に一層一水平変位を基本としており、具体的には、ラーメン間を断面積大の仮想部材で連結、層荷重をラーメン水平剛性比で配分、などの種々の方法が用いられているが、ラーメン間の伝達水平せん断力の形では出力されない。ここで、床スラブを介しての伝達水平せん断力は、下記の方法で算出できる。

$$\text{大梁両側床スラブ伝達水平せん断力} = (\Sigma \text{下階柱せん断力} - \Sigma \text{上階柱せん断力}) \times \frac{\text{床荷重}}{\text{当階総重量}}$$

2) ブレース置換による場合 (床を大断面のブレースで置換し、ブレース軸力の水平分力から求める)

$$\text{置換ブレースの水平分力} \times \frac{\text{床荷重}}{\text{当階総重量}}$$

3) ラーメンの水平剛比で配分する場合

$$(\Sigma \text{下階柱せん断力} - \Sigma \text{上階柱せん断力}) \times \frac{\text{該当ラーメン水平剛性}}{\Sigma \text{当階ラーメン水平剛性}} \times \frac{\text{床荷重}}{\text{当階総重量}}$$

ほぼ同一ラーメンで構成されている場合は

$$(\Sigma \text{下階柱せん断力} - \Sigma \text{上階柱せん断力}) / \text{構面数} \times \frac{\text{床荷重}}{\text{当階総重量}}$$

極端に不整形な構面配置でなければ、屋上階の外端大梁への水平せん断力が最も大きな値となると考えられる。

【算定例】

(1) 梁とデッキ合成スラブとの接合に焼抜き栓溶接を用いる場合

焼抜き栓溶接仕様

合成スラブ工業会仕様 : デッキ高さ 75mm 板厚 1.2mm の場合

短期許容せん断力 $q_s = 7.35 \text{ kN/個}$

デッキプレート直交方向 : 接合部溝 2 箇所、中央部溝 1 箇所、計 3 箇所 / 600mm =

接合ピッチ @ $x = 200 \text{ mm}$

デッキプレート平行方向 : 接合ピッチ @ $y = 450 \text{ mm}$

デッキ合成スラブの水平せん断力の検討

上述 3) の方法によって水平せん断力を求める。

最上階層せん断力 2,509 kN

最上階総重量 6,272 kN

最上階地震時床重量 3,920 kN

床スラブ伝達水平せん断力 $Q = 2,509 * (3,920 / 6,272) = 1,568 \text{ kN}$

X 方向 1 構面当たり反力 $R_x = 1,568 / 4 = 392 \text{ kN}$

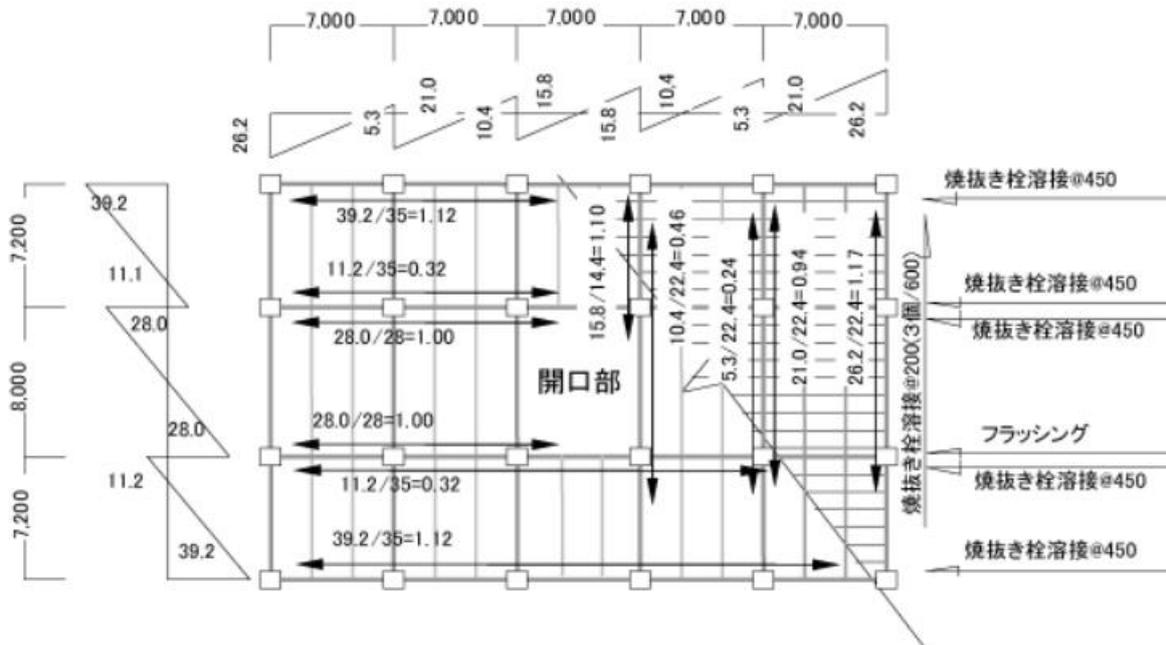
Y 方向 1 構面当たり反力 $R_y = 1,568 / 6 = 262 \text{ kN}$

X 方向スパン : $L_x = 35.0 \text{ m}$

Y 方向スパン : $L_y = 22.4 \text{ m}$

最も大きな水平せん断力となる、外端構面について検討を加える。

$$\begin{aligned} X \text{ 方向 : } \frac{L_x}{@x} \times q_s &= \frac{35.0}{0.45} \times 7.35 = 571 \geq 392 \text{ (kN) ... OK} \\ Y \text{ 方向 : } \frac{L_y}{@y} \times q_s &= \frac{22.4}{0.20} \times 7.35 = 823 \geq 262 \text{ (kN) ... OK} \end{aligned}$$



【算定例】

(2) 梁とデッキ合成スラブとの接合に頭付きスタッドを用いる場合

例①

頭付きスタッドを用いて水平せん断力を伝達する場合の、頭付きスタッドの許容せん断耐力を定めた規準は見当たらない。日本建築学会「各種合成構造設計施工指針 第I編 合成ばり構造設計指針」は頭付きスタッドの許容応力には触れず、終局耐力のみを規定している。同指針は、合成ばりの鉄骨梁と床スラブとを接合するに要する頭付きスタッドの本数を、終局耐力のバランスから算出することとしている。この考え方を受けて、頭付きスタッドで鉄骨梁とデッキ合成スラブとを接合して水平せん断力を伝達する場合の検討が、「デッキプレート床構造設計・施工規準-2004 130 頁〜」（付記：最新版『2018 108 頁〜』）に見られる。

ここでは、

- ・頭付きスタッドのせん断耐力は「各種合成構造・・・」に示される終局耐力を採り
- ・床スラブのコンクリートの終局せん断耐力を $F_s = F_c / 10$ とみなし
- ・床スラブの終局せん断力/スタッド終局耐力でスタッド本数を定め
- ・必要保有面内せん断力
に対する検討を加えている。

例②

頭付きスタッドの短期許容せん断耐力を日本建築学会「各種合成構造設計指針 第I編 合成ばり構造設計指針」の頭付きスタッドの終局耐力の 0.6、0.5 として水平せん断力に対して検討を加えている設計例もあるが、その妥当性については確認できていない。

3. 合成梁について

構造計算適合性判定機関の指摘事項例

- ・鉄骨造小梁は完全合成梁として計算しているが、完全合成梁が成立する条件として、床スラブの有効幅 B および頭付きスタッド本数、ピッチ等の検討なども必要。
- ・一例として、完全合成梁として設計している内容について、断面性能、頭付きスタッド本数の決定など、もう少し詳細に説明を加えること。また、構造図に頭付きスタッド本数が表示されていないため、明記すること。

上記例はいずれも、合成梁としての設計ではなく、水平せん断力の伝達にスタッドボルトを用いた場合に、「完全合成梁、不完全合成梁として設計する」と記述したことによる指摘のようです。この構法によって耐力を算定していない場合に、不用意にこの用語を用いるのは、誤解を招きます。完全合成梁、不完全合成梁構法については、鉄骨梁と床スラブとを頭付きスタッドにより一体化し、剛性、耐力の評価にコンクリートの効果を算入するもので、「各種合成構造設計指針同解説（建築学会）第 I 編」に記されています。この構造方法による場合は、計算結果のみではなく、スラブ有効幅、頭付きスタッド本数、断面二次モーメント、断面係数等の算出過程も含めて要求されます。設計方法については上記指針に詳細が示されています。

4. 梁の剛性増大率について

構造計算適合性判定機関の指摘事項例

- ・大梁の剛性増大率に 3.0 など通常より大きな値があるが、算定根拠を示す検討書が見当たらない。検討箇所を示すこと。
- ・鉄骨造梁のデッキ合成スラブが取り付け部分について、床スラブによる剛性増大が考慮されているが、梁と床スラブ`接合部のスタッド等の検討がなされていない。検討箇所を示すか、未検討の場合は追加検討書を提出すること。（この指摘例は、スラブによる剛性増大を考慮しているにもかかわらず、スタッドの径やピッチが明らかに少ない場合に当たります）。
- ・床スラブ付きの梁の剛度増大率を自動計算としているが、計算過程を具体的に説明すること。構造図では梁とデッキ合成スラブとの接合が焼抜き栓溶接となっているが、剛度増大率を 1.0 としなくてよいのか？（合成スラブ工業会ホームページの Q&A などを参考にしてください）
- ・P.xxx で、2 通り A-D 軸間の梁は、基準となるスパンとの長さの違いから剛性低減を 0.83 として、一貫計算書の出力 P.zzz では剛性倍率が 0.83 となっている。当該梁は両側床スラブ付梁であり、床スラブの合成効果を考慮した場合、剛性倍率は過小評価となるのでは？（剛性倍率は 1.0 以上になる、と言う指摘に当たります）
- ・2 階梁の曲げ剛性に、床スラブの剛性効果を無視しているが、梁と床スラブとは頭付きスタッドで緊結されている。床スラブを無視することが安全側の仮定となるのか？剛性率、偏心率に影響するのでは？（一部に吹抜がある場合などでは、全ての梁について床スラブの合成効果を一律に無視して剛性増大率 = 1.0 として計算すると、剛性率・偏心率が適切に評価されないおそれがあります。接合部に頭付きスタッドを用いた場合、原則として合成効果を考慮する必要があると判断されます）。

鉄骨造の場合、水平せん断力を床スラブを介して各鉄骨ラーメンに伝達するためには、床スラブを梁に接合する必要があります。この場合、頭付きスタッドを用いると、合成梁の設計としない場合でも、鉄骨梁の剛性は床スラブの効果で鉄骨梁単体の場合よりも大きくなると考えられます。（剛性倍率 ≥ 1.0 ）

「各種合成構造設計指針同解説（建築学会）第 I 編」では、通常、合成梁の設計時、鉄骨と床スラ

ブが全塑性変形するのに必要な頭付きスタッド本数を定めています（完全合成梁）、鉛直荷重による曲げ崩壊の可能性がない場合は完全合成梁に要求されるスタッド本数の 1/2 以上(不完全合成梁)とすることができるとしています。この不完全合成梁に必要なスタッド本数は、床スラブ有効幅内のコンクリートの全塑性圧縮応力、または、鉄骨梁の全塑性引張り応力によって決められます。

なお、

スパン=8.0m、等厚普通コンクリート Fc21、H-400×200×8×13 梁(a=8 340 mm²)、

頭付きスタッド φ19 シングル、q=95.1 kN

の場合、不完全合成梁に要求されるスタッド本数 n は

$$n \leq 0.5 \times 235 \times 8\,340 / (95.1 \times 103) = 10.3 \text{ 本}$$

となり、ピッチ@は

$$@ = 8\,000 / (2 \times 10.3) = 388 \text{ mm}$$

となります。

このため通常の頭付きスタッドを配した場合の梁の剛性増大率について、設計者の考え方を確認しているようです。梁の剛性増大率は、床スラブの有効幅、負曲げ時のコンクリートの扱い、長期／短期時剛性をどのように考えるかで変わってきます。参考として幾つかの考え方を以下に示します。

1) CASE 1

- ・床スラブの有効幅は「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-1999」8条1項3を参照して求め、「各種合成構造設計指針同解説（建築学会）第I編」を参照し正曲げ、負曲げともコンクリートは全断面有効として断面二次モーメントを算出し、鉄骨梁の断面二次モーメントで除して剛性増大率を求める。
 - ・長期、短期応力は、梁剛性を鉄骨梁剛性 × 合成増大率として応力を算出する。
- 注：床スラブの有効幅は、梁スパン・梁フランジ幅・隣接梁間隔によって異なり、全ての梁についてこの手法で求めることはかなり煩雑となる。

2) CASE 2

- ・正曲げ、負曲げとも床スラブコンクリートは全断面有効と考える。
- ・梁両側に床スラブがある場合の剛性増大率を 2.00、片側に床スラブがある場合の剛性増大率を 1.50、両側に床スラブがない場合は剛性増大率を 1.00 とする。
- ・長期、短期応力は、梁剛性を鉄骨梁剛性 × 剛性増大率として応力を算出する。

3) CASE 3

- ・正曲げ時は、梁両側に床スラブがある場合の剛性増大率を 2.00、片側に床スラブがある場合の剛性増大率を 1.50、両側に床スラブがない場合の剛性増大率を 1.00 とする。
- ・負曲げ時は、鉄骨断面のみ剛性とし剛性増大率を 1.00 とする。
- ・長期、短期応力の算出にあたっては、正曲げ、負曲げの反曲点を求めて異なった剛性を設定するのは実務上無理があるため、正曲げ時、負曲げ時の平均剛性を採用し、梁両側に床スラブがある場合は剛性増大率を $(2.00 + 1.00) / 2 = 1.50$ 、片側に床スラブがある場合は剛性増大率を $(1.50 + 1.00) / 2 = 1.25$ 、両側に床スラブがない場合は剛性増大率を 1.00 とし、梁剛性を鉄骨梁剛性 × 剛性増大率として応力を算出する。

いずれにしても、統一した考え方を設計図書に明示すべきと考えます。以下にその他の注意すべき例を記します。

- ・一部位のみ、根拠なく剛性増大率を変更するのは避けるべきです。剛性率、偏心率の処理のための恣意的な変更と思われる場合もあるようです。
- ・一部の一貫プログラムでは、床スラブによる剛性増大率が一律に全ての梁に反映され、両側床スラブが吹き抜けとなっている梁にあっても 1.0 以上の剛性増大率が適用されてしまう例もあるようです。プログラムの仕様を確認して対処するよう注意してください。
(屋根が折板などのケースで床スラブ厚を入力しない場合、プログラムの初期設定で 0 以外の床スラブ厚が考慮されるプログラムもあります)。
- ・鉄骨梁とデッキ合成スラブとの接合を焼抜き栓溶接とする場合、焼抜き栓溶接によって梁剛性が増加する効果も見られますが、焼抜き栓溶接は頭付きスタッドと異なり、この剛性増大効果を断面の塑性域まで保証する構造方法ではないため、応力算出にあたっては剛性増大率を 1.00 としたほうが良いと考えられます。

ただし、柱・梁の応力検定比が極めて 1.00 に近い場合、設計者の考え方を質されることもあるようです。設計には、若干の余裕を持たせたほうが良いと考えられます。

- ・頭付きスタッドを用いた場合でも、CASE 2、CASE 3 での算出には不確定な要素もあります。柱・梁の応力検定比が極めて 1.00 に近い場合は、設計者の考え方を質されることもあるようです。設計には、若干の余裕を持たせたほうが良いと考えられます。