

4-3 合成小梁の設計

1、 B71 1/2

(1) 設計条件		会議室、事務室	B71	単位
t	: スラブ厚		150.0	[mm]
Hd	: デッキ厚		0.0	[mm]
Fc	: コンクリート強度		20.6	[N/mm ²]
γc	: コンクリートの気乾単位容積重量		23	[kN/m ³]
Ec	: コンクリートのヤング係数		21544	[N/mm ²]
Lo	: 考慮する小梁のスパン		1300	[cm]
s	: 支配幅 (小梁の間隔)		414	[cm]
種別	: 片側スラブ→1、両側スラブ→2		2	
H	: 梁部材成		588	[mm]
b	: 梁フランジ幅		300	[mm]
tw	: 梁ウェブ厚		12	[mm]
tf	: 梁フランジ厚		20	[mm]
r	: 梁フィレット半径		13	[mm]
Es	: 鉄骨のヤング係数		205000	[N/mm ²]
sFy	: 鉄骨の基準強度		235	[N/mm ²]
sI	: 鉄骨の断面2次モーメント		114314	[cm ⁴]
sZ	: 鉄骨の断面係数		3888	[cm ³]
sa	: 鉄骨の全断面積		187	[cm ²]
saw	: 鉄骨のウェブ断面積 =tw×t×min(d/tw, 1100/√sFy)		66	[cm ²]
d/tw	: ウェブの幅厚比、d=H-2tfとする		46	
	: ウェブの有効幅厚比 1100/√sFy		72	

(2) 有効幅Bの算定		B71	単位	
a	: 支配幅S - フランジ幅B		384	[cm]
ba	: a < Loの場合であるから ba=(0.5-0.3a/Lo)・a		158	[cm]
B	: 有効幅 2ba+b		346	[cm]

(3) 正曲げに対する断面性能		B71	単位	
sd	: 鉄骨重心からスラブ上面の距離 h/2+t+Hd =		44.4	[cm]
t1	: スラブ厚さと鉄骨重心距離の比 t/sd		0.338	
Pt	: Pt=sa/(B・sd)		0.012	
n	: ヤング係数比		15	
	Pt-t1 ² /(2n(1-t1)) ≥ 0の時スラブ外		0.006	
	中立軸の位置		スラブ外	
Xn	: スラブ上端からの中立軸位置		20.46	[cm]
cIn	: 合成梁の断面二次モーメント		286200	[cm ⁴]
cZc	: 合成梁の断面係数 (スラブ上端)		209855	[cm ³]
cZt	: 合成梁の断面係数 (鉄骨下端)		5365	[cm ³]
施工中支保柱を設けない場合の断面性能				
MD	: 仕上げを含まない床自重と鉄骨梁自重によるM		345.29	[kN・m]
ML	: 長期荷重から仕上げを含まない床自重と鉄骨梁自重とを差引いた荷重によるM		310.47	[kN・m]
cZt'	: 施工中、支保柱を設けない場合の断面係数 (下端)		6473	[cm ³]
	したがってcZt'は右の数値を用いる		>cZt	
			5365	[cm ³]

(4) 断面設計

応力算定		B71	単位
(D)	: コンクリート打設時の荷重による応力	M	345.29 [kN・m]
		Q	106.24 [kN]
(L)	: コンクリート硬化後の荷重による応力	M	310.47 [kN・m]
		Q	95.53 [kN]
(L+D)	: 断面算定用荷重による応力	M	655.77 [kN・m]
		Q	201.77 [kN]

断面算定		B71	単位
σbt	: 鉄骨の引張応力度 M(L+D)/cZt		122.22 [N/mm ²]
			<156→OK
σbc	: コンクリートの圧縮応力度 M(L+D)/cZc		3.12 [N/mm ²]
			<Fc/3→OK
τ	: ウェブの剪断応力度 Q(L+D)/saw		30.68 [N/mm ²]
			<90.5 OK

コンクリート硬化後の荷重(TL)

小梁の積載荷重	2350	[N/m ²]	
床仕上げ	1200	[N/m ²]	
合計	3550	[N/m ²]	

$$E_c = 33500 \times k_1 \times k_2 \times \left(\frac{\gamma}{24}\right) \times \left(\frac{F_c}{60}\right)^{\frac{1}{3}} \quad \begin{matrix} k_1 = 1.00 \text{ (注)} \\ k_2 = 1.00 \end{matrix}$$

コンクリート打設時の荷重(TD)作業荷重は含まない

梁自重	348	[N/m ²]	
床自重	3600	[N/m ²]	梁含まず
合計	3948	[N/m ²]	

断面算定用荷重(TL+TD)

長期荷重	7498	[N/m ²]	
------	------	---------------------	--

スラブの有効幅 b a	
ラーメン材及び連続梁の場合	
a < 0.5Lの場合	ba = (0.5 - 0.6a/L) a
a ≥ 0.5Lの場合	ba = (0.1)L
単純梁の場合	
a < Loの場合	ba = (0.5 - 0.3a/Lo) a
a ≥ Loの場合	ba = (0.2)Lo

中立軸がスラブ外の時

$$X_n = \frac{t^2 + 2n \cdot Pt}{2(t + n \cdot Pt)} \cdot sd$$

$$cIn = \frac{B \cdot t}{n} \left\{ \frac{t^2}{12} + \left(X_n - \frac{t}{2} \right)^2 \right\} + sI + sa (sd - X_n)^2$$

中立軸がスラブ内の時

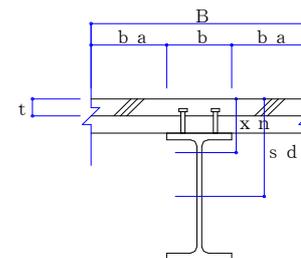
$$X_n = n \cdot pt \left(\sqrt{1 + \frac{2}{n \cdot pt}} - 1 \right) sd$$

$$cIn = \frac{B \cdot X_n^3}{3n} + sI + sa (sd - X_n)^2$$

$$cZc = n \cdot \frac{cIn}{X_n} \quad cZt = \frac{cIn}{D - X_n}$$

$$MD = \frac{TD \cdot s \cdot Lo^2}{8} \quad ML = \frac{TL \cdot s \cdot Lo^2}{8}$$

$$cZt' = \left(1.35 + 0.35 \frac{ML}{MD} \right) \cdot sZ \leq cZt$$



(5) スタッドの設計 STUD 19φ×90		B 7 1	単位
Qh	: 完全合成梁の塑性ヒンジ点と0モーメント点間のスタッドコネクタの設計用全水平剪断力 Qh=min(0.85ca・Fc, sa・sσy)	4399	[kN]
		9086	[kN]
		4399	[kN]
φ	: スタッドの軸径(呼び名)	19	[φ]
sca	: スタッドの軸断面面積	2.84	[cm ²]
qs	: スタッドボルトの0.5sca√Fc・Ec	94.44	[kN/本]
bd	: デッキプレートの溝の平均幅	0	[cm]
L	: スタッド長さHd+t/2	7.5 → 12.0	[cm]
nd	: 1本の溝の中のスタッド数	2	[本]
α	: デッキプレートを貫通してスタッド溶接する場合の耐力低減率(デッキがないときは1.0とする。)	1.00	
qs2	: 低減した耐力	α・qs	94.44 [kN/本]

$$\alpha = \frac{0.85}{\sqrt{nd}} \cdot \frac{bd}{Hd} \left(\frac{L}{Hd} - 1 \right) \leq 1.0$$

単純梁の小梁は、スパン中央に塑性ヒンジができるので、Lo/2間にQhに対するスタッド本数を配置する

nr	: 塑性ヒンジ点と0モーメント区間のスタッドの所要本数	47	[本]
nf	: 完全合成梁の1スパンに必要なスタッドの本数 → 2×nr	93	[本]
ps	: 完全合成梁の時のスタッドピッチ	14.0	[cm]

$$nr = \frac{Qh}{qs}$$

$$ps = \frac{Lo}{2} \cdot \frac{1}{nr}$$

したがって小梁の全長にわたって、上記ピッチでスタッドを配置すると完全合成梁となる。
ただし、デッキプレートのデッキ溝が 25 cm 間隔なので配置できない。
よってスタッドピッチを修正し、不完全合成梁として設計し直す。

(6) 不完全合成梁としての設計

sp	: 設計スタッドピッチ	@ 25.0	[cm]
np	: 不完全合成梁のスタッド本数 Lo/sp	52	[本]
		> 0.5nf OK	
eZ'	: 等価有効断面係数	4993	[cm ³]
eI'	: 等価有効断面二次モーメント	242843	[cm ⁴]
σbt	: 鉄骨の引張応力度 M(L+D)/eZ'	131.34	[N/mm ²]
		< 156 → OK	

$$eZ' = sZ + \sqrt{\frac{np}{nf}} (cZ - sZ)$$

$$eI' = sI + \sqrt{\frac{np}{nf}} (cIn - sI) \quad (n=10)$$

$$\sigma_{bt} = \frac{M(L+D)}{eZ'}$$

(7) たわみの検討			
δ	: 不完全合成梁の時の最大撓み	2.32	[cm]
		1/561	OK!

$$\delta = \frac{5W(L+D) \cdot Lo^4}{384E \cdot eI'}$$

コンクリート打設時の撓み

TD	: 梁自重+床自重	3948	[N/m ²]
TW	: 作業荷重	1471	[N/m ²]
T(D+W)	: コンクリート打設時の荷重	5419	[N/m ²]
sI	: 鉄骨の断面二次モーメント	114314	[cm ⁴]
δD	: コンクリート打設時の撓み	3.56	[cm]

0 cm のキャンバーを付ける

コンクリート硬化後の撓み

TL	: コンクリート硬化後の荷重	3550	[N/m ²]
TD	: 梁自重+床自重	3948	[N/m ²]
T(L+D)	: コンクリート硬化後の全荷重	7498	[N/m ²]
eI'	: 等価有効断面二次モーメント	242843	[cm ⁴]
δ(L+D)	: コンクリート硬化後の撓み	2.32	[cm]

(8) 振動障害に対する検討

T	: 固有周期	0.175√δ	0.27 [sec]
f	: 振動数	1/T	3.75 [Hz]

人間の足が接地する場合の加振力は、約3kgの物体を5cmの高さから落とした時の条件にほぼ近いと実験的にいわれている。い、2人歩行程度を想定し、58.8Nの荷重を5cmの高さから自由落下させた場合を計算の条件とする。(スパン小)

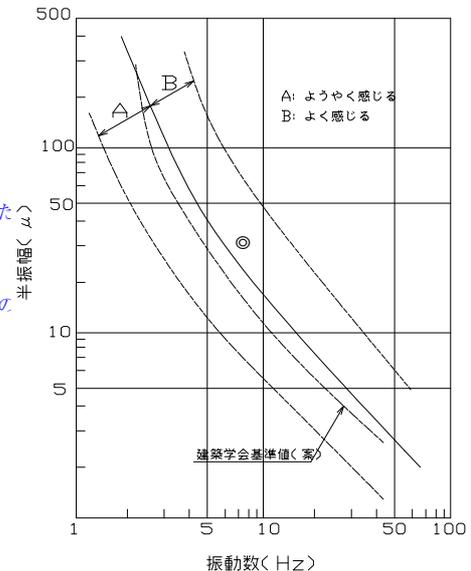
質量Wg/gの運動体が高さhの距離から、質量Wg/gの静止体に衝突する場合の動たわみ δdは両端単純支持の場合、

$$\delta d = \delta st + \sqrt{\delta st^2 + 2h \delta st \times \frac{1}{1 + \frac{17}{35} \times \frac{Wg}{Wy}}}$$

hi	: 落下高さ	5	[cm]
Wg	: 床梁の重量 T(L+D)*S*L0	403.548	[kN]
Wy	: 落下物重量	0.06	[kN]
sδst	: 荷重Wyが作用するときの両端単純支持の場合の静撓み	0.00054	[cm]
fδst	: 荷重Wyが作用するときの両端固定の場合の静撓み	0.00014	[cm]
C	: 両端の固定度(固定モーメント比)	0	
δst	: 荷重Wyが作用するときの固定度を考慮した静たわみ sδst - C×(sδst - fδst)	0.00054	[cm]
δd	: 動撓み	0.00193	[cm]
		→ 19.3	[μ]

$$s\delta st = \frac{Wy \cdot Lo^3}{48EI}$$

$$f\delta st = \frac{1}{4}s\delta st$$



これを、Meister の振動感覚曲線に照らし合わせると、「ようやく感じる」範囲にあり、振動による障害はないと考えられる。