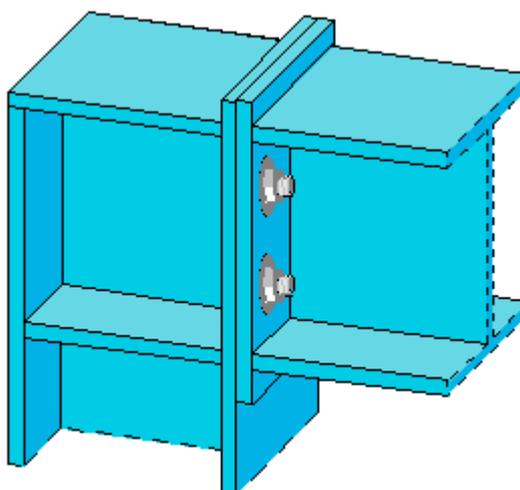


t670 – Расчёт жесткости болтового узла рамы



Программа предназначена для проектирования болтового соединения ригеля и стойки согласно СП 16.13330.2017 и ТКП EN 1993-1-8-2009*. Предусмотрено задание прокатных и сварных элементов. По результатам расчета проводится классификация узла по жесткости. Проводятся расчеты прочности, определяется несущая способность болтового соединения, прочность сварных швов, соединяющих фланец с основным элементом. При необходимости, возможна установка ребер жесткости и накладок, с целью увеличения вращательной жесткости.

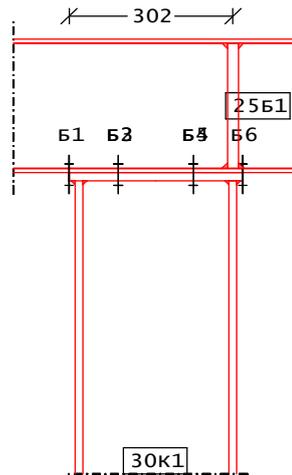
Болтовой узел рамы

Графика (сечения)

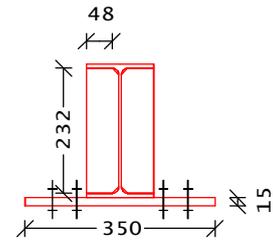
М = 1 : 7

Двутавр равнополочный

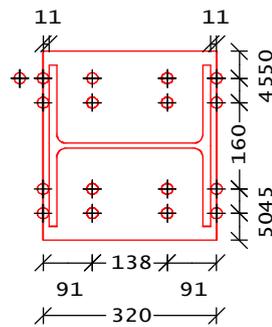
Вид сбоку



Вид спереди



Вид снизу



Материалы/сечения

Строительный элемент	Материал	Сечение [mm]
Профиль балки	C 235	25Б1
Профиль колонны	C 235	30К1
Торцевая плита	C 235	320/350/15
Ребро жесткости	C 235	232/ 48/20

Характеристики материалов

Строительный элемент	R_y [МПа]	R_u [МПа]	E [Мпа]
Профиль балки	235.0	360.0	206000
Профиль колонны	235.0	360.0	206000
Торцевая плита	235.0	360.0	206000
Ребро жесткости	235.0	360.0	206000

Характеристики профиля

	I_y [см ⁴]	A [см ²]	W_y [см ³]	S_y [см ³]
Балка	3537.0	32.68	2852.4	159.7
Колонна	18850.0	110.80	12651.0	694.6

Болты

Маркировка	A [мм ²]	A_s [мм ²]	d [мм]	$R_{b u}$ [МПа]	$R_{b y}$ [МПа]
M 20	314	245	20	1220000	1100000

Сварные швы

Тип шва	n	l_w [мм]	k_f [мм]
Полки балки, наружный	2	124	5
Стенка балки	2	208	5
Полки балки, внутренний	4	48	5
Ребро жест., поперечный	4	30	5
Ребро жест., продольный	2	196	5

Стенка колонны при сдвиге
Компонент к1

A_{vc} [см ²]	$K1$ [мм]	t_w [мм]	$V_{w p, R d}$ [кН]
15.16	--	9	185.1

Стенка колонны при раст.
Компонент к3

Ряд	A_{vc} [см ²]	b_{eff} [мм]	ω	t_w [мм]	$K3$ [мм]	$F_{t, w c, R d}$ [кН]
1	15.16	249.1	0.730	9.0	3.8	213.6
2	15.16	249.1	0.730	9.0	3.8	213.6
3	15.16	249.1	0.730	9.0	3.8	213.6
4	15.16	249.1	0.730	9.0	3.8	213.6
5	15.16	426.6	0.529	9.0	6.4	265.2
6	15.16	426.6	0.529	9.0	6.4	265.2
1+2+3	15.16	91.0	0.946	9.0	1.4	101.2
4+5	15.16	213.3	0.780	9.0	3.2	195.5

Изгиб полки
Компонент к4

Ряд	λ_1	λ_2	α	n_1 [mm]	n_2 [mm]	m [mm]	$l_{eff,1}$ [mm]	$l_{eff,2}$ [mm]
1	-	-	-	45.0	50.0	67.9	249.1	249.1
2	-	-	-	45.0	50.0	67.9	249.1	249.1
3	-	-	-	45.0	50.0	67.9	249.1	249.1
4	-	-	-	45.0	50.0	67.9	249.1	249.1
5	0.42	0.26	7.23	45.0	50.0	67.9	426.6	491.2
6	0.42	0.26	7.23	45.0	50.0	67.9	426.6	491.2
1+2+3	-	-	-	45.0	50.0	67.9	91.0	91.0
4+5	0.42	0.26	7.23	45.0	50.0	67.9	213.3	412.1

Ряд	$M_{p1,1}$ [kNm]	$M_{p1,2}$ [kNm]	$F_{t,1,Rd}$ [kN]	$F_{t,2,Rd}$ [kN]	$F_{t,3,Rd}$ [kN]	$F_{t,fc,Rd}$ [kN]
1	0.56	0.56	33.1	438.9	1076.0	33.1
2	0.94	0.94	55.2	445.5	1076.0	55.2
3	0.94	0.94	55.2	445.5	1076.0	55.2
4	0.94	0.94	55.2	445.5	1076.0	55.2
5	1.60	1.85	94.5	461.6	1076.0	94.5
6	1.60	1.85	94.5	461.6	1076.0	94.5
1+2+3	0.34	0.34	20.2	435.0	1076.0	20.2
4+5	0.80	1.55	47.2	456.3	1076.0	47.2

Изгиб фланца
Компонент к5

Ряд	λ_1	λ_2	α	n_1 [mm]	n_2 [mm]	m [mm]	$l_{eff,1}$ [mm]	$l_{eff,2}$ [mm]
1	-	-	-	45.0	0.0	7.0	-4.0	-4.0
2	0.26	0.13	8.00	45.0	50.0	116.5	449.2	572.0
3	-	-	-	45.0	50.0	116.5	263.5	263.5
4	-	-	-	45.0	50.0	116.5	263.5	263.5
5	0.26	0.13	8.00	45.0	50.0	116.5	449.2	572.0
6	-	-	-	45.0	0.0	7.0	-4.0	-4.0
2+3	-	-	-	45.0	50.0	116.5	366.0	667.7
4+5	-	-	-	45.0	50.0	116.5	366.0	667.7

Ряд	$M_{p1,1}$ [kNm]	$M_{p1,2}$ [kNm]	$F_{t,1,Rd}$ [kN]	$F_{t,2,Rd}$ [kN]	$F_{t,3,Rd}$ [kN]	$F_{t,r,Rd}$ [kN]
1	-0.05	-0.05	-30.2	-15.1	1076.0	-30.2
2	5.94	7.56	332.2	545.4	1076.0	332.2
3	3.48	3.48	194.9	475.4	1076.0	194.9
4	3.48	3.48	194.9	475.4	1076.0	194.9
5	5.94	7.56	332.2	545.4	1076.0	332.2
6	-0.05	-0.05	-30.2	-15.1	1076.0	-30.2
2+3	4.84	8.83	270.7	567.2	1076.0	270.7
4+5	4.84	8.83	270.7	567.2	1076.0	270.7

Полка и стенка балки при сж.
Компонент К7

Ряд	$M_{c,Rd}$ [кНм]	$F_{c,fb,Rd}$ [кН]
1	326.5	1149.5

Стенка балки при растяжении
Компонент К8

Ряд	$l_{eff,1}$ [mm]	$F_{t,w,b,Rd}$ [кН]
2	449.2	950.2
3	263.5	557.3
4	263.5	557.3
5	449.2	950.2
2+3	366.0	774.1
4+5	366.0	774.1

Коэффициенты жесткости

Ряд	h_r [mm]	K_3 [mm]	K_4 [mm]	K_5 [mm]	K_{10} [mm]	K_{eff} [mm]
1	302.0	3.8	0.4	-35.4	20.1	0.3
2	211.0	3.8	0.4	3.7	20.1	0.3
3	211.0	3.8	0.4	2.2	20.1	0.3
4	211.0	3.8	0.4	2.2	20.1	0.3
5	211.0	6.4	0.6	3.7	20.1	0.5
6	302.0	6.4	0.6	-35.4	20.1	0.6

Ряд	z_{eq} [mm]	k_{eq} [mm]	K_1 [mm]	K_2 [mm]	S_j [МНм/rad]
+	302.0	0.9	2.2	2.3	7.9
-	302.0	1.4	--	--	13.6

Проверка соединения
Сварное соединение :

$$\eta = M / WR_{wf} \gamma_c \leq 1$$

Коэффициент эффективности	η_f	=	1.2	
Коэффициент эффективности	η_z	=	0.8	
Момент сопротивления св.соед	W	=	353.7	см ³
Предельный изг. момент балки	M	=	67.0	кНм
Расчетное сопротивление срезу	R_{wf}	=	235.0	МПа

Болтовое соединение при срезе :

$$N_{bs} = R_{bs} A_{bs} n_s \gamma_b \gamma_c$$

Расчетное сопротивление	R_{bs}	=	425.0	МПа
Число расчетных срезов болта	n_s	=	1	
Коэффициент условий работы	γ_b	=	1.00	
Коэффициент условий работы	γ_c	=	1.00	
Несущая способность узла	N_{bs}	=	3202.8	кН
Предельное усилие	N_{max}	=	158.1	кН

Болтовое соединение при растяжении :

$$N_{bt} = R_{bt} A_{bn} \gamma_c$$

Расчетное сопротивление	R_{bt}	=	560.0	МПа
Коэффициент условий работы	γ_c	=	1.00	
Несущая способность узла	N_{bt}	=	1646.4	кН
Предельное усилие	N_{max}	=	261.3	кН

Классификация узла

Болтовое соединение узла рамы :

Момент инерции сечения балки	l_b	=	3537	см ⁴
Момент инерции сечения стойки	l_c	=	18850	см ⁴
Пролет балки	L_b	=	5.0	м
Высота колонны	L_c	=	3.0	м
Среднее значение l_b/L_b	K_b	=	0.70740	
Среднее значение l_c/L_c	K_c	=	6.28333	

$$K_b / K_c \leq 0.1$$

Полужесткий узел

Расчет выполнен модулем t670 программы СТАТИКА 2021 © ООО Техсофт