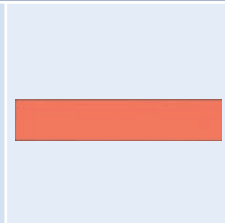
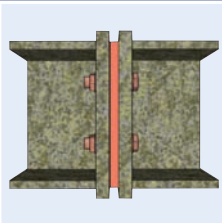
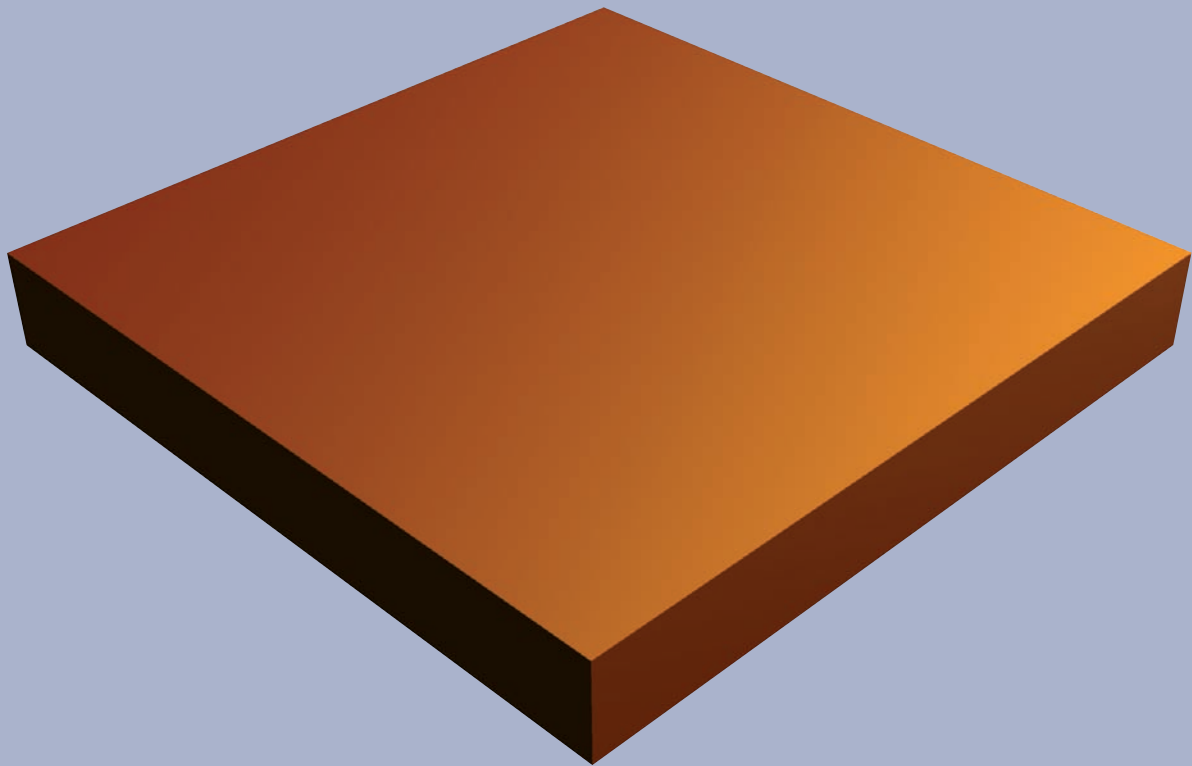


# КОМПАКТНАЯ ПРОМЕЖУТОЧНАЯ ОПОРА



*Неармированная сверхпрочная эластомерная опора  
Термическая сепарация в несущих  
стальных конструкциях*

# Расчетные формулы опоры

## Содержание

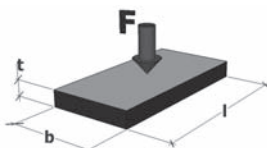
Описание продукта	Стр. 2
Расчетные формулы	2
Данные по материалу	2
Спецификация	3
Коэффициенты формы	3
Эластичная деформация 1	4
Эластичная деформация 2	5
Расчетная таблица 1 (t = 5, 10 mm)	6
Расчетная таблица 2 (t = 15, 20 mm)	7
Расчеты опоры между концевыми пластинами на стыке балок	8-10
Реакции пружины	10
Характеристики	11
Области применения	11
Материал	11
Размеры, виды поставки	11
Акты испытаний, свидетельства соответствия	12
Характер горения	12
Стандартные прорези	12

## Описание продукта

Компактная промежуточная опора фирмы «Calenberg» представляет собой неармированную сверхпрочную эластомерную опору с гладкой поверхностью. Продукт четко отличается от других опор красновато-коричневым цветом материала.

### Расчеты с использованием значений признаков согласно DIN 4141, часть 3 (BC 2)

#### Допустимая средняя компрессионная нагрузка



$$\text{Доп. } \sigma_m = \frac{S^2 + S + 1}{0,70} \leq 30 \text{ N/mm}^2$$

См. расчетные таблицы 1 и 2

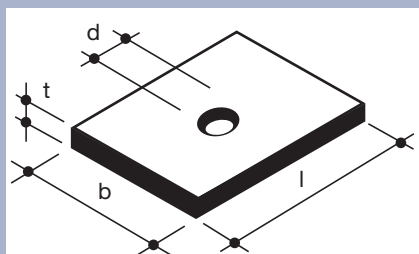
#### Эластичная деформация опоры



См. стр. 4 и 5

### Данные по материалу

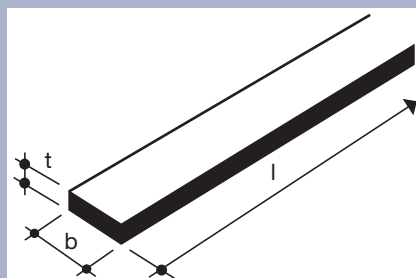
Твердость материала	40 ± 5 [Шор-D]; t = 5, 10, 15 mm 60 ± 5 [Шор-D]; t = 20 mm
Теплопроводность λ	0,2 [W/m · K]
Диапазон температуры	-20 to +70°C
Поверхностное удельное сопротивление согласно DIN EN 20284	7,5 · 10 <sup>10</sup> Ω
Объемное удельное сопротивление согласно DIN IEC 93	2,1 · 10 <sup>12</sup> Ω cm



Без отверстия:  $S = \frac{l \cdot b}{2 \cdot t \cdot (l + b)}$

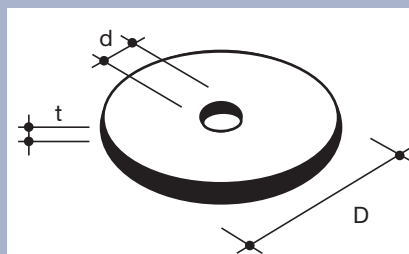
С отверстием:  $S = \frac{4 \cdot l \cdot b - \pi \cdot d^2}{4 \cdot t \cdot (2 \cdot l + 2 \cdot b + \pi \cdot d)}$

Коэф-т формы для прямоуг. опоры



$$S = \frac{b}{2 \cdot t}$$

Коэф-т формы для ленточной опоры



Без отверстия:  $S = \frac{D}{4 \cdot t}$

С отверстием:  $S = \frac{D - d}{4 \cdot t}$

Коэф-т формы для круглой опоры

### Спецификация

Поставка компактной промежуточной опоры фирмы «Calenberg», неармированной однородной эластомерной опоры в соответствии с DIN 4141 часть 3, опорный класс 2, целиком красно-коричневого цвета, с гладкой поверхностью, допустимая нагрузка в зависимости от формата до средней компрессионной нагрузки 30 N/mm<sup>2</sup>, Федеральное техническое свидетельство № P-852.0448.

### а) Стандартный монтаж

Длина: ..... mm  
 Ширина: ..... mm  
 Толщина: ..... mm  
 Количество: ..... шт.  
 Цена: ..... €/шт.

### б) Встроенная в полистирен или пожарозащитный кожух из цифламона

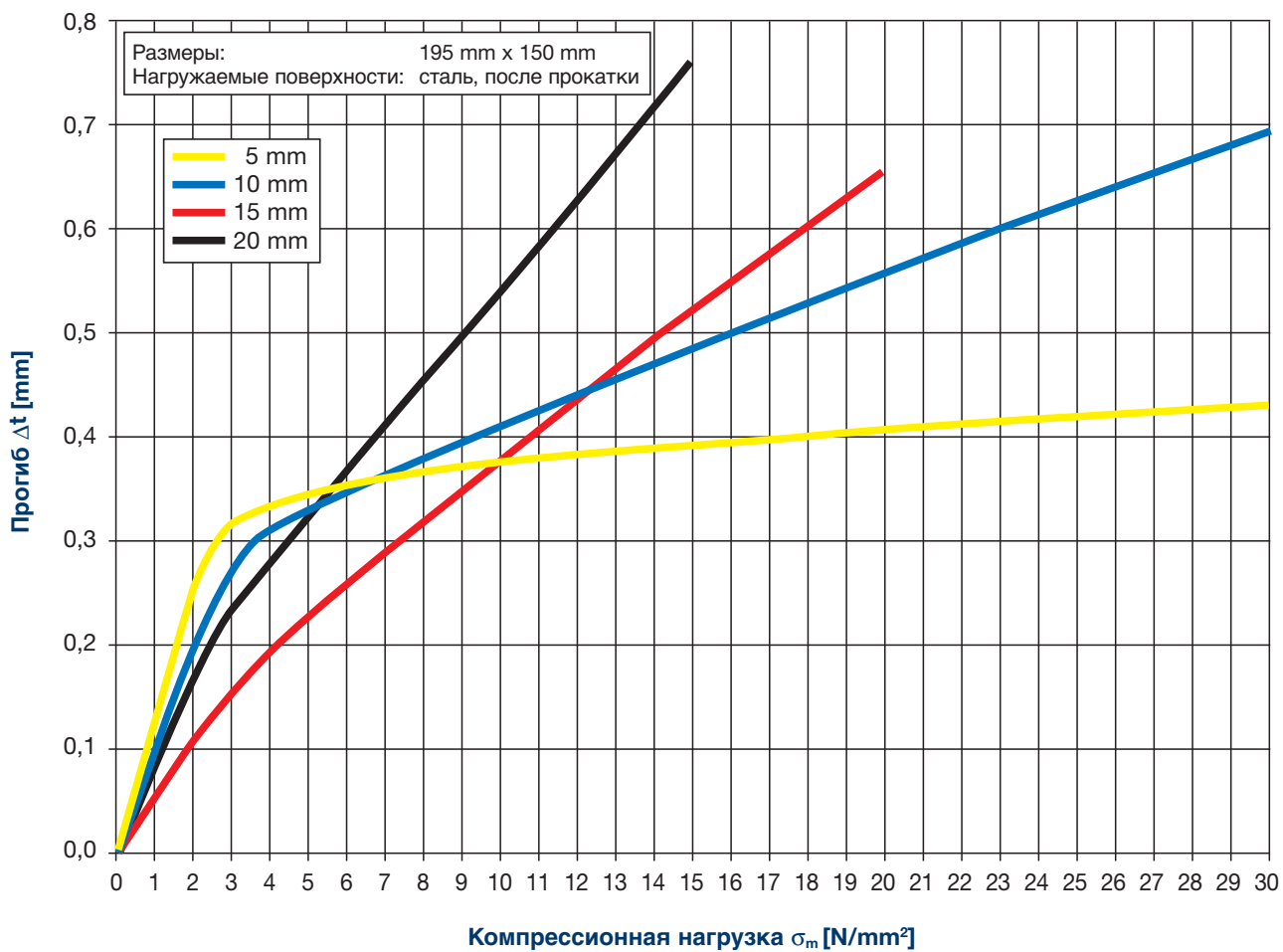
Общая ширина: ..... mm  
 Ширина эластомера: ..... mm  
 Толщина: ..... mm  
 Количество: ..... м  
 Цена: ..... €/м

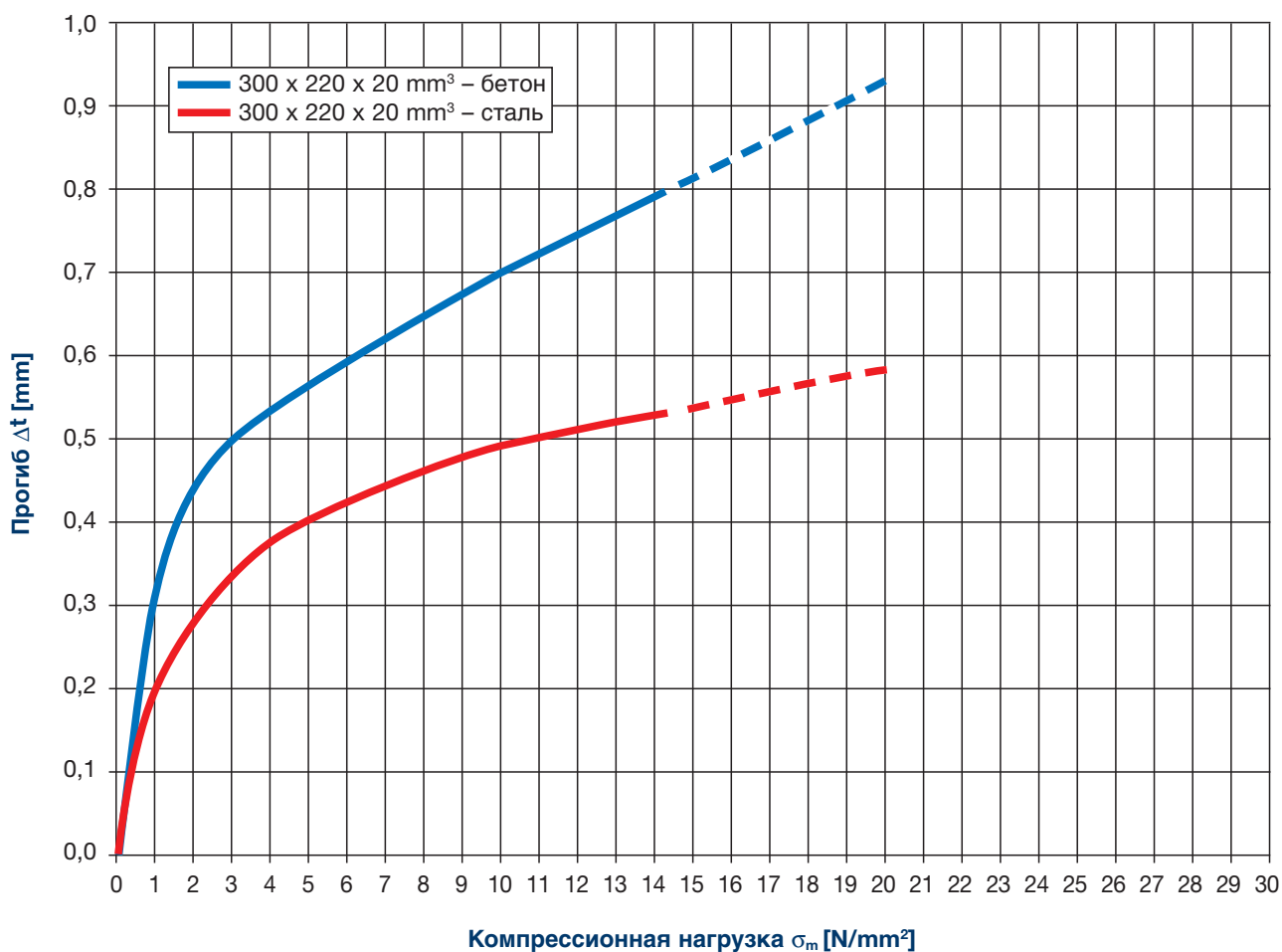
#### Поставщик:

Calenberg Ingenieure GmbH  
 Am Knübel 2-4  
 D-31020 Salzhemmendorf/Germany  
 Phone +49(0)5153/9400-0  
 Fax +49(0)5153/9400-49

# Коэффициенты формы

# Прогиб 1





## Proгиб 2

# Расчетная таблица 1

Компактная промежуточная опора, толщина 5 и 10 mm																						
Толщина опоры t [mm]	Ширина опоры b [mm]	Компрессионная нагрузка, допустимая $\sigma_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]																				
		Длина опоры l [mm]																				
		50	60	70	80	90	100	120	130	150	170	180	200	250	300	350	400	450	500			
5	50	13,9	16,0	17,7	19,3	20,8	22,1	24,3	25,2	26,9	28,3	28,9										
	60	16,0	18,6	21,0	23,1	25,1	26,9															
	70	17,7	21,0	23,9	26,7	29,2																
	80	19,3	23,1	26,7																		
	90	20,8	25,1	29,2																		
	100	22,1	26,9																			
	110	23,2	28,5																			
	120	24,3																				
	130	25,2																				
	140	26,1																				
	150	26,9																				
	160	27,6																				
170	28,3																					
180	28,9																					
200																						
10	50	5,4	6,0	6,6	7,0	7,4	7,8	8,4	8,7	9,1	9,5	9,7	10,0	10,6	11,0	11,4	11,7	11,9	12,1			
	60	6,0	6,8	7,5	8,1	8,6	9,1	10,0	10,4	11,0	11,6	11,9	12,3	13,2	13,9	14,5	14,9	15,2	15,5			
	70	6,6	7,5	8,3	9,1	9,8	10,4	11,6	12,1	13,0	13,8	14,1	14,7	16,0	17,0	17,7	18,4	18,9	19,3			
	80	7,0	8,1	9,1	10,0	10,9	11,7	13,1	13,7	14,9	15,9	16,3	17,2	18,9	20,2	21,2	22,1	22,8	23,3			
	90	7,4	8,6	9,8	10,9	11,9	12,8	14,5	15,3	16,7	18,0	18,6	19,6	21,8	23,5	24,8	26,0	26,9	27,7			
	100	7,8	9,1	10,4	11,7	12,8	13,9	16,0	16,9	18,6	20,1	20,8	22,1	24,8	26,9	28,6						
	150	9,1	11,0	13,0	14,9	16,7	18,6	22,1	23,7	26,9	29,8											
	200	10,0	12,3	14,7	17,2	19,6	22,1	26,9	29,2													
	250	10,6	13,2	16,0	18,9	21,8	24,8															
	300	11,0	13,9	17,0	20,2	23,5	26,9															
	350	11,4	14,5	17,7	21,2	24,8	28,6															
	400	11,7	14,9	18,4	22,1	26,0																
	450	11,9	15,2	18,9	22,8	26,9																
	500	12,1	15,5	19,3	23,3	27,7																
600	12,3	16,0	19,9	24,3	28,9																	

**Компактная промежуточная опора, толщина 15 и 20 mm**

Толщина опоры t [mm]	Ширина опоры b [mm]	Компрессионная нагрузка, допустимая $\sigma_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]																						
		Длина опоры l [mm]																						
		50	60	70	80	90	100	120	130	150	170	180	200	250	300	350	400	450	500					
<b>15</b>	100	4,8	5,4	6,1	6,7	7,2	7,8	8,7	9,2	10,0	10,7	11,0	11,7	12,9	13,9	14,7	15,4	16,0	16,4					
	110	4,9	5,7	6,4	7,0	7,7	8,3	9,4	9,9	10,8	11,7	12,1	12,8	14,3	15,5	16,5	17,4	18,0	18,6					
	120	5,1	5,9	6,6	7,4	8,1	8,7	10,0	10,6	11,7	12,6	13,1	13,9	15,7	17,2	18,4	19,3	20,2	20,9					
	130	5,2	6,1	6,9	7,7	8,5	9,2	10,6	11,2	12,4	13,6	14,1	15,0	17,1	18,8	20,2	21,4	22,4	23,2					
	140	5,3	6,2	7,1	8,0	8,8	9,6	11,1	11,9	13,2	14,4	15,0	16,1	18,5	20,4	22,1	23,4	24,6	25,6					
	150	5,4	6,4	7,3	8,2	9,1	10,0	11,7	12,4	13,9	15,3	16,0	17,2	19,8	22,1	23,9	25,5	26,9	28,1					
	200	5,9	7,0	8,2	9,3	10,5	11,7	13,9	15,0	17,2	19,2	20,2	22,1	26,3	<b>30,0</b>									
	250	6,2	7,4	8,8	10,1	11,5	12,9	15,7	17,1	19,8	22,5	23,8	26,3											
	300	6,4	7,8	9,2	10,8	12,3	13,9	17,2	18,8	22,1	25,3	26,9												
	350	6,6	8,0	9,6	11,3	13,0	14,7	18,4	20,2	23,9	27,7	29,5												
	400	6,7	8,2	9,9	11,7	13,5	15,4	19,3	21,4	25,5	29,7													
	450	6,8	8,4	10,1	12,0	13,9	16,0	20,2	22,4	26,9														
500	6,9	8,5	10,3	12,3	14,3	16,4	20,9	23,2	28,1															
550	6,9	8,7	10,5	12,5	14,6	16,8	21,5	24,0	29,1															
600	7,0	8,7	10,7	12,7	14,9	17,2	22,1	24,6																
<b>20</b>	100	3,6	4,0	4,4	4,8	5,1	5,4	6,0	6,3	6,8	7,2	7,4	7,8	8,5						9,1	9,6	10,0	10,3	10,6
	110	3,7	4,2	4,6	5,0	5,4	5,7	6,4	6,7	7,3	7,8	8,0	8,5	9,4						10,1	10,7	11,2	11,6	11,9
	120	3,8	4,3	4,8	5,2	5,6	6,0	6,8	7,1	7,8	8,4	8,6	9,1	10,2						11,0	11,7	12,3	12,8	13,2
	130	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9	6,3	7,1	7,5	8,2	8,9	9,2	9,8	11,0	12,0	12,8	13,5	14,1	14,6					
	140	4,0	4,5	5,0	5,6	6,1	6,6	7,5	7,9	8,7	9,4	9,8	10,4	11,8	13,0	13,9	14,7	15,4	16,0					
	150	4,0	4,6	5,2	5,7	6,3	6,8	7,8	8,2	9,1	9,9	10,3	11,0	12,6	13,9	15,0	16,0	16,7	17,4					
	200	4,3	5,0	5,7	6,4	7,1	7,8	9,1	9,8	11,0	12,2	12,8	13,9	16,4	18,6	20,4	22,1	23,5	24,8					
	250	4,5	5,2	6,1	6,9	7,7	8,5	10,2	11,0	12,6	14,2	14,9	16,4	19,8	22,9	25,6	28,1							
	300	4,6	5,4	6,3	7,2	8,2	9,1	11,0	12,0	13,9	15,8	16,7	18,6	22,9	26,9									
	350	4,7	5,6	6,6	7,5	8,6	9,6	11,7	12,8	15,0	17,2	18,3	20,4	25,6										
	400	4,8	5,7	6,7	7,8	8,9	10,0	12,3	13,5	16,0	18,4	19,6	22,1	28,1										
	450	4,8	5,8	6,9	8,0	9,1	10,3	12,8	14,1	16,7	19,4	20,8	23,5											
500	4,9	5,9	7,0	8,1	9,3	10,6	13,2	14,6	17,4	20,3	21,8	24,8												
550	4,9	6,0	7,1	8,3	9,5	10,8	13,6	15,1	18,0	21,1	22,7	25,9												
600	5,0	6,0	7,2	8,4	9,7	11,0	13,9	15,4	18,6	21,8	23,5	26,9												

**Расчетная таблица 2**

# Пример расчетов

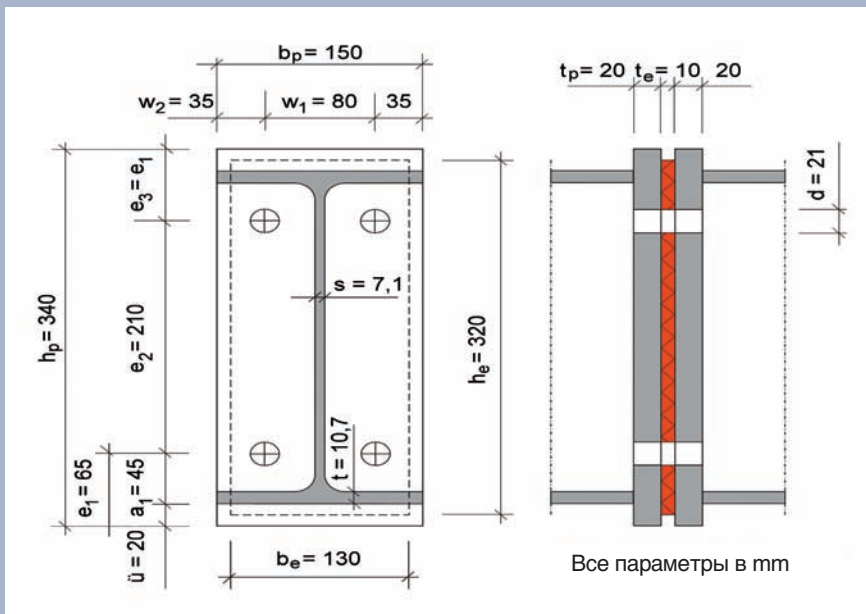


Рис. 1: Пример расчетов концевых пластин на стыке балок: размеры

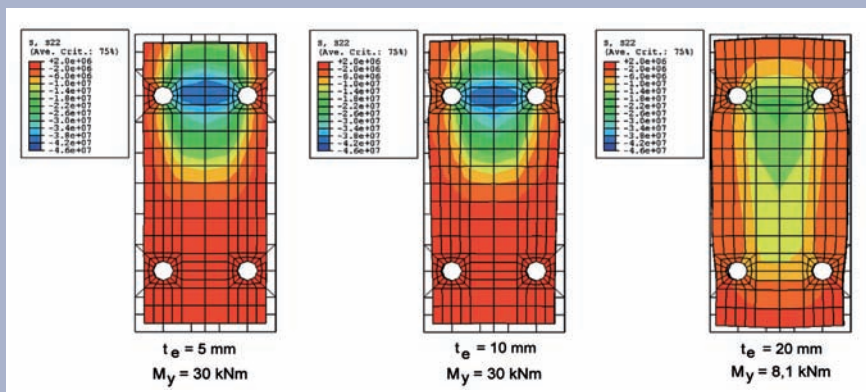


Рис. 2: Влияние толщины эластомера на работу конструкции, расчет методом конечных элементов

## Расчет стыка концевых пластинок, с промежуточной эластомерной опорой

(по: к.т.н. L. Nasdala; к.т.н. В. Hohn, R. Rühl, Ин-т строительного анализа, ун-т Ганновер, фак-т гражданского строительства и геодезии, в "Der Bauingenieur" («Инженер-строитель») –11/2005)

Термические мосты в зданиях образуются, когда стальные балки пронизывают оболочку сооружения. Помимо результирующей потери тепла, это зачастую приводит к образованию плесени из-за скапливающегося на внутренней поверхности стен конденсата. Если невозможно осуществить термоизоляцию наружных металлоконструкций, например, по архитектурным причинам, в таком случае требуется термическая сепарация наружных и внутренних структур. Термосепарация может быть обеспечена эластомерными опорами с теплопроводностью  $\lambda \approx 0.2$  W/(mK), которая несмотря на то что в 5-10 раз превышает теплопроводность стандартных изоляционных материалов, таких как стекловата или полистирен, более чем в 200 раз ниже, чем у металлоконструкций. Наиболее важное преимущество по сравнению с обычными изоляционными материалами составляет высокая несущая способность опоры.

На рис. 1 показан типичный стык концевых пластинок балок. Детали расчетов данного примера представлены на следующих страницах.



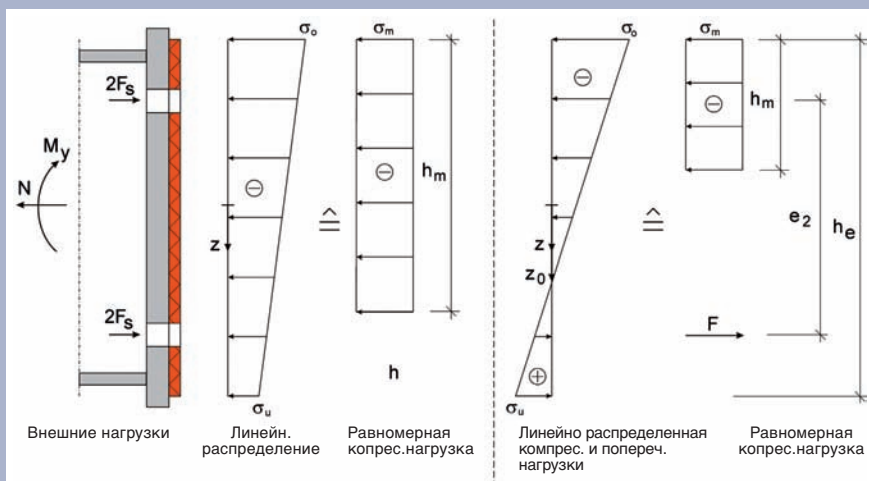


Рис. 3: Определение компрессионной нагрузки в эластомере

Концевые пластины на стыке балок IPE 300 изготовлены из стали S 235. Для эластомера были выбраны высота  $h_e = 320$  mm, ширина  $b_e = 130$  mm и толщина  $t_e = 10$  mm. Крепежи: штифты 4 x M20, класс прочности 10.9 с допуском 1 mm. Далее мы не обсуждаем схему стыка без промежуточного эластомерного слоя согласно ЕС 3. Поскольку эластомеры практически несжимаемы, под действием нагрузки они выпирают по краям. Поэтому – по тем же качествам материала – толстые эластомерные плиты не держат такую же нагрузку, как тонкие. Используя коэффициент формы  $S$  и взяв в расчет размеры эластомера и количество и диаметр штифтов, можно определить

среднюю допустимую компрессионную нагрузку. Первый определяется как соотношение рабочей поверхности структурной опоры  $A_m$  к соответствующей боковой зоне  $A_s$ .

$$S = \frac{A_m}{A_s} \quad [1]$$

Поскольку точное распределение компрессионной нагрузки неизвестно, для расчетов опоры сначала применяется линейное распределение давления. Как показано на рис. 3, распределение нагрузки переводится с использованием равновесия нормальных сил и моментов в среднюю нагрузку  $\sigma_m$  и рабочую высоту  $h_m$ . Число необходимых отверстий для штифтов зависит от величины данной высоты  $h_m$ .

Для прямоугольной опорной плиты с от 2х до 4х отверстий, коэффициент формы составляет:

$$S = \frac{h_m \cdot b_e - \pi d^2 / 2}{2 \cdot t_e \cdot (h_m + b_e + \pi d)} \quad \text{если } h_m \leq \frac{2}{3} h_e \quad [2]$$

$$S = \frac{h_m \cdot b_e - \pi d^2}{2 \cdot t_e \cdot (h_m + b_e + 2 \pi d)} \quad \text{если } h_m > \frac{2}{3} h_e \quad [3]$$

Средняя допустимая компрессионная нагрузка в эластомере компактной промежуточной опоры рассчитывается с помощью:

$$\text{доп. } \sigma_m = \frac{S^2 + S + 1}{0,70} \leq 30 \text{ N/mm}^2 \quad [4]$$

#### Линейное распределение нагрузки

Если отверстия не учитываются и берется линейное распределение, нагрузка рассчитывается согласно уравнению:

$$\sigma(z) = \frac{N - 4 F_s}{b_e h_e} + \frac{12 M_y}{b_e h_e^3} z \quad [5]$$

с крайевыми нагрузками  $\sigma_o = \sigma(-h_e/2)$  и  $\sigma_u = \sigma(+h_e/2)$

Если компьютерный анализ показывает возникновение сил натяжения, они resultируют в растягивающую нагрузку штифтов  $F$ .

## Пример расчетов

# Пример расчетов

В точке

$$z_0 = \frac{4 F_s - N}{12 M_y} h_e^2 \in \left[ -\frac{h_e}{2}; +\frac{h_e}{2} \right] \quad [6]$$

сильный момент  $M_y$  приводит к смене знака,  $\sigma(z_0) = 0$ .

## Только компрессионная нагрузка

Для

$$z_0 \in \left[ -\frac{h_e}{2}; +\frac{h_e}{2} \right] \text{ и } 4 F_s > N \text{ и далее:}$$

$$h_m = h_e + \frac{2 M_y}{N - 4 F_s} \text{ и} \quad [7]$$

$$\sigma_m = \frac{(N - 4 F_s)^2}{b_e [h_e (N - 4 F_s) + 2 M_y]} \quad [8]$$

## Компрессионная и растягивающая нагрузки

Для

$$z_0 \in \left[ -\frac{h_e}{2}; +\frac{h_e}{2} \right] \text{ и } M_y > 0 \text{ растягивающая}$$

нагрузка штифтов рассчитывается как:

$$F = \frac{N - 4 F_s}{h_e} \left( \frac{h_e}{2} - z_0 \right) + \frac{6 M_y}{h_e^3} \left( \frac{h_e^2}{4} - z_0^2 \right) \quad [9]$$

и применимо следующее:

$$h_m = h_e + \frac{2 M_y - F e_2}{N - 4 F_s - F} \text{ и} \quad [10]$$

$$\sigma_m = \frac{(N - 4 F_s - F)^2}{b_e [h_e (N - 4 F_s - F) + 2 M_y - F \cdot e_2]} \quad [11]$$

## Пример расчетов:

Изгибающий момент  $M_y = 30 \text{ kNm}$

Нормальная сила  $N = -20 \text{ kN}$

Сила преднапряжения штифтов

$F_s = 80 \text{ kN/штифт}$

$$z_0 = \frac{4 \cdot 80 - (-20)}{12 \cdot 30} \cdot 0,32^2 = 0,097 \text{ м используя [6]}$$

Т.к.  $M_y > 0$  растягивающая нагрузка штифтов рассчитывается с помощью [9]

$$F = \frac{(-20) - 4 \cdot 80}{0,32} \left( \frac{0,32}{2} - 0,097 \right) + \frac{6 \cdot 30}{0,32^3} \left( \frac{0,32^2}{4} - 0,097^2 \right)$$

$F = 22 \text{ kN}$

и рабочая высота  $h_m$  с помощью [10]

$$h_m = 0,32 + \frac{2 \cdot 30 - 22 \cdot 0,21}{-20 - 4 \cdot 80 - 22} = 0,167 \text{ м}$$

Средняя компрессионная нагрузка: [11]

$$\sigma_m = \frac{(-20 - 4 \cdot 80 - 22)^2}{10^3 \cdot 0,13 [0,32 (-20 - 4 \cdot 80 - 22) + 2 \cdot 30 - 22 \cdot 0,21]}$$

$\sigma_m = 16,67 \text{ N/mm}^2$

Из  $h_m = 0,167 \text{ м} < \frac{2}{3} 0,32 = 0,21 \text{ м}$

коэффициент формы рассчитывается с помощью [2]

$$S = \frac{167 \cdot 130 - \pi \cdot 21/2}{2 \cdot 10 \cdot (167 + 130 + \pi \cdot 21)} = 2,9$$

Допустимая опорная нагрузка согласно [4] составляет

$$\text{доп. } \sigma_m = \frac{2,9^2 + 2,9 + 1}{0,70} = 17,58 \text{ N/mm}^2 \leq 30 \text{ N/mm}^2$$

С данным результатом

Действ.  $\sigma_m = 16,67 \text{ N/mm}^2 \leq \text{Доп. } \sigma_m = 17,58 \text{ N/mm}^2$

соответствие требованиям

подтверждается.

## Характеристики

Вследствие высокой твердости материала компактная промежуточная опора – в отличие от обычных, более мягких эластомерных опор – под воздействием нагрузки деформируется незначительно. На практике это означает:

- Высокая твердость материала препятствует возникновению сдвиговых деформаций и ротаций.
- Благодаря превосходной стабильности формы опоры поперечная деформация крайне незначительна.
- Моменты силы передаются без больших деформаций.
- Вследствие своей низкой деформируемости, а также высокой термической сопротивляемости опора особенно подходит для использования в качестве термического барьера между концевыми пластинами на стыке балок несущих стальных конструкций.

## Области применения

Компактные промежуточные опоры применяются во всех видах металлических строительных конструкций для обеспечения термической сепарации, например, при устройстве фасадов зданий, установке оборудования для улавливания солнечной энергии или присоединении балконов и козырьков к основной несущей конструкции.

## Материал

Эластомерный материал на основе бутадиен-акрилонитрильного каучука, цвет красно-коричневый (общепринятое сокращение: NBR (нитрильный каучук).

Компактные промежуточные опоры обладают устойчивостью к маслу, жиру и горюче-смазочным материалам; они также высокоустойчивы к истиранию и износу.

## Виды поставки

Компактные промежуточные опоры «Calenberg» поставляются вырезанными под форму и размеры в соответствии с каждым проектом (Рис. 4).

Могут быть сделаны сквозные отверстия, прорези, пазы и т.п. для штифтов или нагелей.

## Размеры

- Толщина опоры:  
5, 10, 15, 20 mm
- Макс. размер отреза:  
1200 mm x 1200 mm

# Характеристики

# АКТЫ ИСПЫТАНИЙ

## Акты испытаний, свидетельства соответствия

- Федеральное техническое свидетельство № P-852.0448 Испытания на компрессию, сдвиг и ползучесть в твердых пружинных опорных плитах для зданий "NBR компактная промежуточная опора"; Ин-т испытаний машиностроительных материалов и пластмасс, Технологический ун-т г. Ганновер, 2003.
- Заключение по пожарной безопасности №3799/7357-AR; заключение по эластомерным опорам фирмы «Calenberg» в рамках классификации по классу огнестойкости F 90 или F 120 согласно DIN 4102, часть 2 (вып. 9/1977); Уполномоченная инженерно-строительная испытательная служба при фак-те строительных материалов, железобетонных конструкций и пожарной безопасности Технологического ун-та г.Брауншвейг; март 2005г.

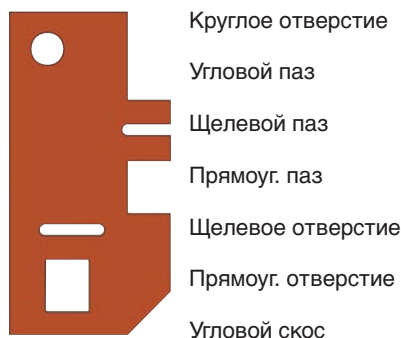
## Характер горения

Во всех случаях использования эластомерных опор, которые должны соответствовать требованиям пожарной безопасности, применимо заключение по пожарной безопасности №3799/7357-AR-Технологического ун-та г.Брауншвейг. Оно определяет минимальные размеры и другие меры согласно спецификации DIN 4102-2, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen (Характер распространения пожара в строительных материалах и элементах), 1977-09.-

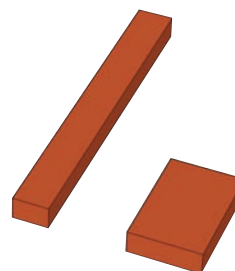
Содержание настоящего буклета является результатом многолетних исследований и обобщения практического опыта. Вся информация предоставляется добросовестно; однако она не является гарантией определенных свойств, а также не освобождает пользователя от необходимости проведения собственной проверки для обеспечения защиты прав третьих лиц. Любая ответственность за ущерб, вне зависимости от его природы и законного обоснования, проистекающий из даваемых в настоящем буклете рекомендаций, исключается. Вышесказанное не относится к ситуациям, в которых наша компания, наши официальные представители или руководство будут признаны виновными в умышленных действиях или грубой небрежности. Простая неосторожность, повлекшая за собой урон, ответственности не подразумевает. Данное исключение ответственности распространяется также на сферу личной ответственности наших официальных представителей и сотрудников, и других лиц, нанятых для выполнения наших обязательств.

**Calenberg Ingenieure GmbH**  
Am Knübel 2-4  
D-31020 Salzhemmendorf/Germany  
Phone +49 (0) 51 53/94 00-0  
Fax +49 (0) 51 53/94 00-49  
info@calenberg-ingenieure.de  
www.calenberg-ingenieure.de

## Стандартные прорези



Точечная и ленточная опоры при сборных бетонных конструкциях



Точечная и ленточная опоры при монолитных бетонных конструкциях, встроенные в полистирол или цифламон с покрытием

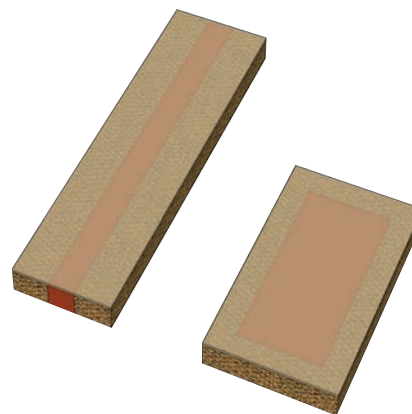


Рис. 4: Компактные промежуточные опоры «Calenberg», стандартные прорези и виды поставки