

# Союз строительной промышленности Финляндии (Rakennusteollisuus RT)

Закладные изделия SBKL  
Инструкция по эксплуатации

Измерения в соответствии с Еврокодом

Настоящая инструкция составлена совместно с ниже перечисленными компаниями, а также Ассоциацией Финской бетонной промышленности (Betoniteollisuus ry). Правом на выпуск закладных изделий SBKL, представленных в настоящей инструкции, обладают указанные компании-производители.

Унификация закладных изделий SBKL обеспечивает их взаимозаменяемость, что облегчает работу проектных организаций, компаний-производителей, предприятий по изготовлению железобетонных изделий, подрядных строительных организаций, а также официальных органов.

Инструкция предназначена для квалифицированных специалистов, способных оценить связанные с ней ограничения, а также ответственно подойти к ее практической реализации на строительном объекте. В работе по подготовке данного издания участвовали лучшие технические специалисты нашей страны, однако, ни Ассоциация бетонной промышленности Финляндии, ни лица, принимавшие участие в подготовке, не несут ответственности за реализацию рекомендаций, опубликованных в данном издании.

Производители:

Издательство: Союз строительной промышленности Финляндии  
Ассоциация бетонной промышленности Финляндии

Copyright: Союз строительной промышленности Финляндии  
Ассоциация бетонной промышленности Финляндии

## Оглавление

1	ПРИНЦИП РАБОТЫ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ	4
2	РАЗМЕРЫ И МАТЕРИАЛЫ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ	5
2.1	Материалы и стандарты закладных изделий	5
2.2	Размеры закладных изделий	5
3	ПРОИЗВОДСТВО И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ	6
3.1	Способ производства и класс реализации	6
3.2	Пределные отклонения при производстве	6
3.3	Способы обработки поверхности	6
3.4	Контроль качества	6
4	ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЧНОСТИ	7
4.1	Методика выполнения измерений	7
4.2	Показатели прочности без учета дополнительного армирования и краевого расстояния	7
4.3	Площадь крепления	9
4.4	Минимально допустимые краевые и межосевые расстояния для показателей прочности, представленных в пункте 4.2	10
4.5	Минимальная толщина крепежного основания и влияние крепежного основания на показатели прочности	11
4.6	Показатели прочности закладных изделий к комплексному воздействию нагрузок	11
4.7	Влияние краевых и межосевых расстояний на показатели прочности	12
4.8	Влияние дополнительного армирования на краевые расстояния	13
4.9	Влияние дополнительного армирования на показатели прочности	13
	4.9.1 Дополнительное армирование для усиления предела прочности на разрыв и изгибающие моменты .....	13
	4.9.2 Дополнительное армирование на поперечную силу и крутящий момент .....	14
4.10	Максимальные показатели прочности с дополнительным армированием	16
5	ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ	17
5.1	Срок службы и допустимые классы нагрузки	17
5.2	Ограничения по эксплуатации	17
6	ХРАНЕНИЕ, ТРАНСПОРТИРОВКА И МАРКИРОВОЧНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ	17
7	ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ SBKL	18
7.1	Пример выполнения измерений №1: Закладное изделие SBKL без дополнительного армирования	18
7.2	Пример выполнения измерений №2: Закладное изделие SBKL с дополнительным армированием	20
8	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ПО ДАННОМУ ВОПРОСУ	25

# 1 ПРИНЦИП РАБОТЫ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Закладные изделия SBKL устанавливаются в бетон на стадии производства и представляют собой пластины, с приваренными анкерными стержнями. Закладные изделия SBKL предназначены в качестве сварочного основания для различных видов стального профиля. Закладные изделия передают нагрузки от приваренных к ним стальных конструкций через анкерные стержни на железобетонную конструкцию.

Закладные изделия SBKL состоят из стальной пластины с приваренными арматурными стержнями. Закладные изделия бывают разных размеров и изготавливаются из различных материалов.

Расчет показателей прочности закладных изделий SBKL произведен для статических нагрузок.

В месте установки закладных изделий SBKL всегда закладывается минимальное армирование, соответствующее SFS-EN 1992-1-1, что обеспечивает жесткость конструкции при воздействии нагрузок. Когда в настоящей инструкции говорится о прочности без дополнительного армирования, это означает, что вышеуказанное минимальное армирование не учитывается в прочности. Когда в настоящей инструкции говорится о прочности с дополнительным армированием, это означает, что помимо минимального армирования в конструкции присутствует дополнительное армирование, указанное в пункте 4.9.

## 2 РАЗМЕРЫ И МАТЕРИАЛЫ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### 2.1 Материалы и стандарты закладных изделий

Тип	Деталь	Материал	Стандарт
SBKL	Стальная пластина	S355J2+N	SFS-EN 10025
	Анкерное крепление	S235JR+AR	SFS-EN 10025
SBKLR	Стальная пластина	1.4301	SFS-EN 10088
	Анкерное крепление	S235JR+AR	SFS-EN 10025
SBKLRH	Стальная пластина	1.4401	SFS-EN 10088
	Анкерное крепление	S235JR+AR	SFS-EN 10025
SBKLRr	Стальная пластина	1.4301	SFS-EN 10088
	Анкерное крепление	1.4301	SFS-EN 10088

### 2.2 Размеры закладных изделий

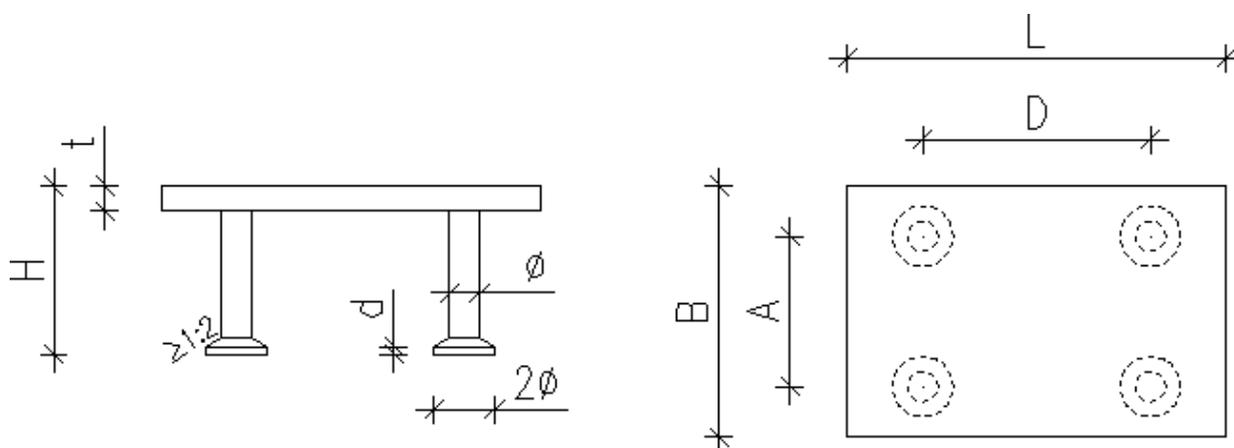


Рис. 1. Размеры закладных изделий SBKL

Таблица №1. Размеры закладных изделий SBKL

Закладное изделие SBKL				H [мм]	A [мм]	D [мм]	t [мм]	Ø [мм]	d [мм]
SBKL	B	x	L						
SBKL	50	x	100	68	-	60	8	12	3
SBKL	100	x	100	68	60	60	8	12	3
SBKL	100	x	150	70	60	90	10	12	3
SBKL	150	x	150	162	90	90	12	12	3
SBKL	100	x	200	162	60	120	12	12	3
SBKL	200	x	200	162	120	120	12	16	4
SBKL	250	x	250	165	170	170	15	16	4
SBKL	100	x	300	165	60	180	15	16	4
SBKL	200	x	300	165	120	180	15	16	4
SBKL	300	x	300	165	180	180	15	16	4

Если нет специальных указаний, то размеры анкерных стержней согласно таблице №1 и рис. 1.

### 3 ПРОИЗВОДСТВО И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ

#### 3.1 Способ производства и класс реализации

Стальные пластины:	Термическая или механическая резка
Стальные стержни:	Механическая резка, развальцовка (холодная/горячая)
Сварка:	Ручная/роботизированная сварка методом MAG, сварка плавлением или дуговая сварка стад-болтов
Класс сварки:	C (SFS-EN ISO 5817), EXC2 (SFS-EN 1090-2 пункт 7.6)
Класс реализации:	EXC2 (SFS-EN 1090-2) [классы с более высокими требованиями – по отдельной инструкции]

#### 3.2 Предельные отклонения при производстве

Размеры пластины:	$\pm 3 \text{ мм } L \leq 120 \text{ мм}$ $\pm 4 \text{ мм } 120 \text{ мм} < L \leq 315 \text{ мм}$
Прямолинейность пластины:	L/150
Шероховатость реза пластины:	SFS-EN 1090-2
Наклон реза пластины:	SFS-EN 1090-2
Высота стальной части:	$\pm 3 \text{ мм}$
Расположение анкеров:	$\pm 5 \text{ мм}$
Взаимное расположение анкеров:	$\pm 5 \text{ мм}$
Отклонение анкеров:	$\pm 5^\circ$

#### 3.3 Способы обработки поверхности

Видимые поверхности и стороны закладных изделий покрываются защитным покрытием. Закладные изделия поставляются с заводской грунтовкой ~40 мкм. По заказу закладные изделия поставляются с эпоксидным покрытием (толщина слоя краски 60 мкм) или горячей оцинковкой (согласно стандарту горячего цинкования). Закладные изделия из нержавеющей и кислотостойкой стали поставляются без защитного покрытия.

#### 3.4 Контроль качества

Контроль качества производится с соблюдением требований стандартов на данный вид продукции. У производителя закладных изделий существует действующий договор контроля качества на соответствующие услуги при изготовлении стальных деталей.

## 4 ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЧНОСТИ

### 4.1 Методика выполнения измерений

Расчет показателей прочности закладных изделий SBKL произведен согласно следующих норм, предписаний и директив:

SFS-EN 1992 Еврокод 2 Проектирование железобетонных конструкций

SFS-EN 1993 Еврокод 3 Проектирование стальных конструкций

CEN/TS 1992-4 Разработка крепежных изделий для бетона

Расчет показателей прочности закладных изделий произведен для статических нагрузок.

Для динамических и изнашивающих нагрузок показатели прочности требуют индивидуального пересмотра.

### 4.2 Показатели прочности без учета дополнительного армирования и расстояния от края

В таблице №2 представлены показатели прочности закладных изделий SBKL при одновременном воздействии нагрузки только одного типа. Прочность закладных изделий SBKL к комплексному воздействию нагрузок требует пересмотра в соответствии с пунктом 4.6.

Расчет показателей прочности, представленных в таблице №2, произведен при следующих обязательных условиях:

- Прочность бетона мин. C25/30.
- В месте установки закладного изделия может происходить растрескивание бетона.
- Дополнительное армирование в месте установки закладного изделия отсутствует. Конструкция имеет только минимальное армирование.
- Показатели прочности закладного изделия с дополнительным армированием – см. пункт 4.9
- Закладное изделие находится настолько далеко от края, что повреждение бетонной кромки не является существенным фактором нагрузки (требуемые расстояния от края – см. пункт 4.4). Если расстояния от края менее указанного в пункте 4.4, то следует уменьшить показатели прочности в соответствии с пунктом 4.7 или предусмотреть в месте установки закладных изделий дополнительное армирование в соответствии с пунктом 4.9.
- Толщина крепежной пластины закладного изделия соответствует графе  $h_{\text{мин}}$  таблицы №5 в пункте 4.5.
- При меньшей толщине крепежного основания показатели прочности закладных изделий следует уменьшить в соответствии с пунктом 4.5.
- Предельные отклонения размещения нагрузки макс.  $\pm 15$  мм (производственный допуск  $\pm 5$  мм дополнительно учтен в расчетах).
- Площадь крепления стальной детали, присоединяемой к закладному изделию, не менее указанной в пункте 4.3.
- Поперечная сила  $V_{Rd}$  может действовать в направлении любой из двух сторон изделия, но одновременно только в одном направлении. Поперечную силу, действующую в обоих направлениях, следует учитывать в соответствии с пунктом 4.6.
- Крутящий момент  $T_{Rd}$  может действовать в направлении любой из двух сторон изделия, но одновременно только в одном направлении. Крутящий момент, действующий в обоих направлениях, следует учитывать в соответствии с пунктом 4.6.
- Изгибающий момент  $M_{Rd}$  может действовать в направлении любой из двух сторон изделия, но одновременно только в одном направлении. Крутящий момент, действующий в обоих направлениях, следует учитывать в соответствии с пунктом 4.6.

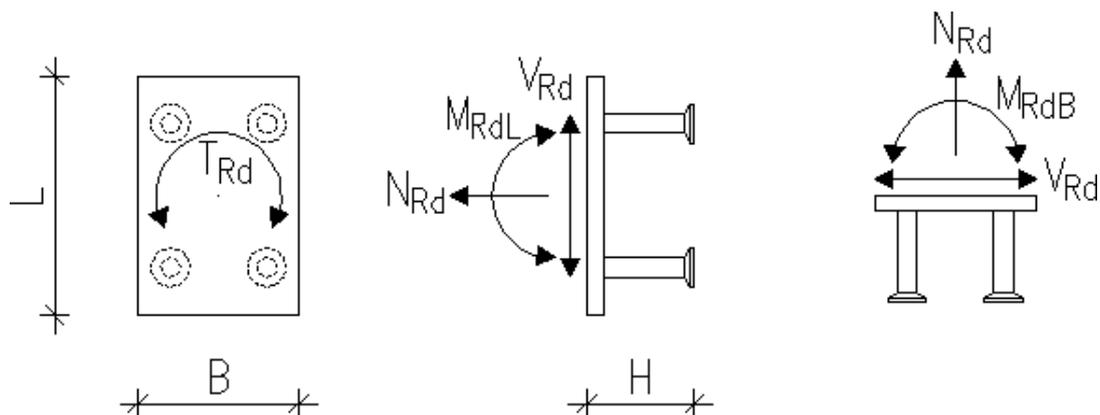


Рис. 2. Маркировка направленности силового воздействия на закладные изделия SBKL

Таблица №2. Показатели устойчивости закладных изделий SBKL к единичной внешней нагрузке без дополнительного армирования и без учета расстояния от края в бетоне C25/30 с трещинами

Закладное изделие				H	$N_{Rd}$	$V_{Rd}$	$M_{RdL}$	$M_{RdB}$	$T_{Rd}$
SBKL	B	x	L	мм	[кН]	[кН]	[кНм]	[кНм]	[кНм]
SBKL	50	x	100	68	11,5	22,5	0,5	0,1	0,6
SBKL	100	x	100	68	14,5	28,5	0,6	0,6	1,1
SBKL	100	x	150	70	17,1	33,5	1,0	0,7	1,7
SBKL	150	x	150	162	72,4	82,2	3,6	3,6	4,9
SBKL	100	x	200	162	72,8	82,2	4,9	2,4	5,2
SBKL	200	x	200	162	80,2	147,4	7,5	7,5	12,0
SBKL	250	x	250	165	96,3	147,4	11,9	11,9	17,2
SBKL	100	x	300	165	81,4	147,4	10,5	4,0	13,5
SBKL	200	x	300	165	90,3	147,4	11,7	8,4	15,4
SBKL	300	x	300	165	99,2	147,4	12,8	12,8	18,3

Показатели, представленные в таблице №2 – это максимальная прочность закладных изделий SBKL при воздействии единичных нагрузок без дополнительного армирования при размещении закладных изделий SBKL в соответствии с таблицами №4 и №5 в железобетонной конструкции с минимальным армированием.

**ВНИМАНИЕ!** В стандартных случаях максимальные показатели прочности, представленные в таблице №2, уменьшаются в соответствии с пунктом 4.7. Пример выполнения измерений приведен в пункте 7.

### 4.3 Площадь крепления

При использовании показателей прочности, представленных в таблице №2, площадь крепления стальных деталей, присоединяемых к закладным изделиям SBKL, должна быть не менее указанной в таблице №3. Сварка может учитываться в площади крепления, если стальная часть приварена по всему периметру к закладному изделию SBKL. При необходимости в соединении стальной детали и закладного изделия SBKL можно использовать накладки для получения необходимой площади крепления.

**Таблица №3. Минимальные площади крепления закладных изделий SBKL**

Закладное изделие				Минимальная площадь крепления					
				SBKL			SBKLR, SBKLN, SBKLRr		
SBKL	B	x	L	[мм]	x	[мм]	[мм]	x	[мм]
SBKL	50	x	100	15	x	40	15	x	50
SBKL	100	x	100	40	x	40	45	x	45
SBKL	100	x	150	40	x	45	40	x	65
SBKL	150	x	150	60	x	60	75	x	75
SBKL	100	x	200	40	x	100	40	x	110
SBKL	200	x	200	95	x	95	105	x	105
SBKL	250	x	250	125	x	125	145	x	145
SBKL	100	x	300	40	x	160	40	x	170
SBKL	200	x	300	65	x	140	90	x	160
SBKL	300	x	300	125	x	125	150	x	150

Если площадь крепления присоединяемой стальной части меньше площади, указанной в таблице №3, то показатели прочности закладного изделия SBKL следует уменьшить по формуле №1.

$$N_{Rd,red} = N_{Rd} \times \frac{(c - a_0)}{(c - a_1)}, \quad a_0 > a_1 \quad (1)$$

где

- $N_{Rd,red}$  = новая прочность на разрыв
- $N_{Rd}$  = заданная прочность на разрыв с минимальной площадью крепления
- $c$  = осевое расстояние между анкерами
- $a_0$  = минимальная площадь крепления (по таблице №3)
- $a_1$  = площадь крепления

Эту же формулу понижения несущей способности можно использовать применительно к моменту несущей способности. Редуцировать прочность на поперечную силу и крутящий момент из-за площади крепления не требуется.

#### 4.4 Минимально допустимые расстояние от края и межосевое расстояние для показателей прочности, представленных в пункте 4.2

При использовании показателей прочности, представленных в таблице №2, расстояние от края и межосевое расстояние закладных изделий SBKL должны быть не менее указанных в таблице №4. Расстояние от края и межосевое расстояние, представленные в таблице №4, не приводят к разрушению поверхности бетона. При меньших расстояниях от края и межосевых расстояниях показатели прочности закладных изделий SBKL следует уменьшить в соответствии с пунктом 4.7.

Расстояния от края, приведенные в таблице №4, – это расстояния от оси анкера закладного изделия SBKL до края железобетонной конструкции в соответствии с рис. 3. Расстояния между осями – это, соответственно, расстояния между центрами анкеров, расположенных рядом закладных изделий SBKL.

Межосевое расстояние  $k_t$  закладных изделий SBKL равняется как минимум двойному расстоянию от края, если применяется полный показатель прочности закладных изделий, представленный в таблице №2. При меньших межосевых расстояниях прочность закладных изделий уменьшается в соответствии с пунктом 4.7 как при единичном закладном изделии. Коэффициент редуцирования (коэффициент уменьшения) межосевого расстояния рассчитывается с использованием в качестве расстояния от края половины межосевого расстояния.

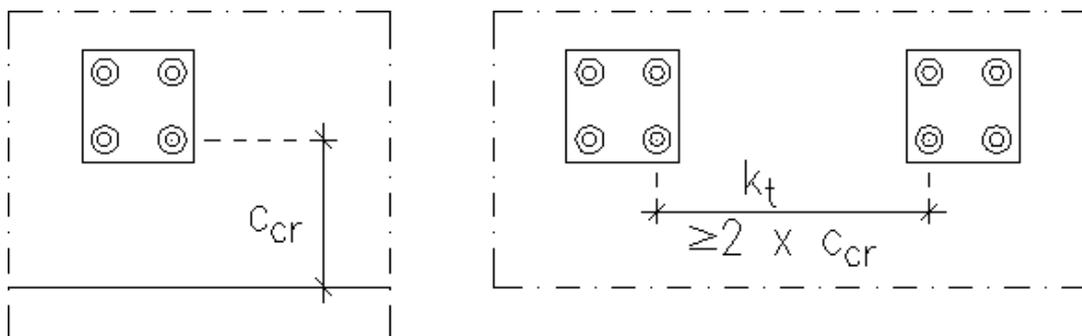


Рис. 3. Расстояние от края закладных изделий SBKL  $c_{cr}$  от оси анкера до края железобетонной конструкции и межосевые расстояния для группы закладных изделий.

Таблица №4. Минимальные расстояние от края закладных изделий SBKL для показателей прочности в соответствии с пунктом 4.2

Закладное изделие				Минимальные расстояния от края для показателей прочности $N_{Rd}$ , $M_{RdL}$ и $M_{RdB}$ , представленных в таблице №2	Минимальные расстояния от края для показателей прочности $V_{Rd}$ и $T_{Rd}$ , представленных в таблице №2
SBKL	B	x	L	$c_{cr.N}$ [мм]	$c_{cr.V}$ [мм]
SBKL	50	x	100	104	690
SBKL	100	x	100	104	690
SBKL	100	x	150	107	710
SBKL	150	x	150	241	720
SBKL	100	x	200	243	720
SBKL	200	x	200	243	960
SBKL	250	x	250	246	960
SBKL	100	x	300	246	960
SBKL	200	x	300	246	960
SBKL	300	x	300	246	960

#### 4.5 Минимальная толщина крепежного основания и влияние крепежного основания на показатели прочности

При использовании показателей прочности, представленных в таблице №2, толщина крепежного основания закладных изделий SBKL должна быть не менее указанной в таблице №5. При меньшей толщине крепежного основания показатели прочности закладных изделий SBKL следует редуцировать (уменьшить). Минимальные показатели толщины железобетонной конструкции, представленные в таблице №5, указаны с учетом производственных допусков закладных изделий SBKL.

**Таблица №5. Минимальная толщина крепежного основания закладных изделий SBKL**

Закладное изделие				Минимальная толщина крепежного основания (железобетонной конструкции) $h_{мин}$ для показателей прочности, приведенных в таблице №2	Минимальная толщина крепежного основания (железобетонной конструкции) $h_{мин.cb}$ , если защитный слой бетона $c_b = 20$ мм
SBKL	B	x	L	[мм]	[мм]
SBKL	50	x	100	138	91
SBKL	100	x	100	138	91
SBKL	100	x	150	142	93
SBKL	150	x	150	322	185
SBKL	100	x	200	324	185
SBKL	200	x	200	322	185
SBKL	250	x	250	328	188
SBKL	100	x	300	328	188
SBKL	200	x	300	328	188
SBKL	300	x	300	328	188

Влияние толщины крепежного основания  $h_c$  на прочность закладных изделий SBKL можно учесть по следующей формуле с помощью коэффициента редуцирования  $k_{h.red}$ . Запрещается использовать закладные изделия с меньшей толщиной крепежного основания, чем  $h_{мин.cb}$ , указанная в таблице №5.

$$k_{h.red} = \left( \frac{h_c}{h_{мин}} \right)^2 \leq 1.0 \quad (2)$$

где

$h_c$  = толщина железобетонной конструкции (минимальный показатель толщины железобетонной конструкции равен толщине  $h_{мин.cb}$ , указанной в таблице №5)

$h_{мин}$  = показатель  $h_{мин}$  согласно таблице №5

#### 4.6 Показатели прочности закладных изделий к комплексному воздействию нагрузок

Если закладное изделие SBKL одновременно испытывает воздействие двух или более внешних нагрузок, то прочность закладного изделия к комплексному воздействию нагрузок требует пересмотра в соответствии с указанной ниже формулой.

$$\left( \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + 1.8 \left( \frac{M_{EdB}}{M_{RdB}} + \frac{M_{EdL}}{M_{RdL}} \right) \right)^2 + \left( \frac{V_{EdB}}{V_{Rd}} + \frac{V_{EdL}}{V_{Rd}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} \right)^2 \leq 1.0 \quad (3)$$

где нижний индекс Ed означает предел прочности для расчетной нагрузки, а Rd – устойчивость закладного изделия к соответствующей нагрузке.

#### 4.7 Влияние расстояния от края и межосевого расстояния на показатели прочности

Если расстояние от края и межосевое расстояние закладных изделий SBKL меньше, чем соответствующие показатели, представленные в таблице №4, то показатели прочности закладных изделий, представленные в пункте 4.2, уменьшаются. В таблице №6 представлены коэффициенты редуцирования для ситуаций, когда расстояние от края или межосевое расстояние закладного изделия равно минимальному показателю расстояния от края по таблице №7 в одном, двух или трех направлениях. Промежуточные показатели между прочностью, представленной в таблице №2, и редуцированными показателями, рассчитанными с помощью коэффициента по таблице №6, можно получить линейной интерполяцией.

**Таблица №6. Коэффициенты редуцирования показателей прочности закладных изделий, если расстояние от края  $s = \text{ср.Х.мин}$**

Воздействие нагрузки	Коэффициент редуцирования, если расстояние от края $\text{ср.Х.мин}$		
	с одной стороны (закладное изделие у кромки конструкции)	с двух сторон (закладное изделие в углу или на краю узкой конструкции)	с трех сторон (закладное изделие в торце узкой конструкции)
NRd	0,49	0,23	0,20
$M_{RdB}$ и $M_{RdL}$	0,49	0,23	0,20
VRd и TRd	0,18	0,13	0,11

Помимо коэффициентов редуцирования, представленных в таблице №6, следует учитывать влияние толщины крепежного основания на прочность закладных изделий SBKL в соответствии с пунктом 4.5.

Минимально допустимые расстояния от края представлены в таблице №7. Если расстояния от края меньше указанных в таблице №7, то в месте установки закладных изделий SBKL следует предусмотреть дополнительное армирование в соответствии с пунктами 4.8 и 4.9.

**Таблица №7. Минимальные расстояния от края закладных изделий SBKL для коэффициентов редуцирования, представленных в таблице №6**

Закладное изделие				Минимальные расстояния от края для коэффициентов редуцирования $N_{Rd}$ , $M_{RdL}$ и $M_{RdB}$ , представленных в таблице №6	Минимальные расстояния от края для коэффициентов редуцирования показателей прочности $V_{Rd}$ и $T_{Rd}$ , представленных в таблице №6
SBKL	B	x	L	$\text{Ср. N. мин [мм]}$	$\text{Ср. V. мин [мм]}$
SBKL	50	x	100	50	150
SBKL	100	x	100	50	150
SBKL	100	x	150	50	150
SBKL	150	x	150	50	150
SBKL	100	x	200	50	150
SBKL	200	x	200	50	150
SBKL	250	x	250	50	150
SBKL	100	x	300	60	150
SBKL	200	x	300	60	150
SBKL	300	x	300	60	150

## 4.8 Влияние дополнительного армирования на расстояние от края

При размещении в конструкции закладного изделия SBKL с дополнительным армированием следует соблюдать минимальные расстояния от края, указанные в графе ссг.N.мин таблицы №7.

В пункте 4.9 представлено влияние дополнительного армирования на показатели прочности закладных изделий SBKL, а на рис. 3 и 4 – принципы размещения дополнительного армирования.

## 4.9 Влияние дополнительного армирования на показатели прочности

С помощью дополнительного армирования можно улучшить показатели прочности закладных изделий SBKL, если расстояния от края меньше, чем указано в таблице №4. В таблицах №8 и №9 представлены показатели прочности на разрыв и сдвиг для дополнительного армирования, размещенного внутри железобетонной конструкции в месте установки закладного изделия SBKL в соответствии с рис. 3 и 4. В таблицах №8 и №9 представлены показатели прочности для одного дополнительного арматурного стержня. Общая прочность армированного закладного изделия SBKL рассчитывается умножением показателя прочности одного арматурного стержня на количество стержней, используемых в качестве дополнительного армирования.

Максимальные показатели прочности армированного закладного изделия SBKL приведены в пункте 4.10.

В расчетах в качестве материала дополнительного армирования принимается сталь B500B или аналогичная арматурная сталь.

### 4.9.1 Дополнительное армирование для усиления предела прочности на разрыв и изгибающие моменты

Дополнительное армирование для усиления предела прочности на разрыв и изгибающие моменты следует размещать в железобетонной конструкции в месте установки закладного изделия SBKL в соответствии с рис. 4. Дополнительное армирование устанавливается как можно ближе к выпускам и стальной пластине закладного изделия SBKL. По бокам дополнительное армирование допускается размещать согласно рис. 4 на расстоянии не более  $0,5H$  от средней части выпуска закладного изделия SBKL.

Дополнительное армирование крепится к железобетонной конструкции в соответствии с рис. 4 за пределами конуса излома закладного изделия SBKL с полной затяжкой арматуры.

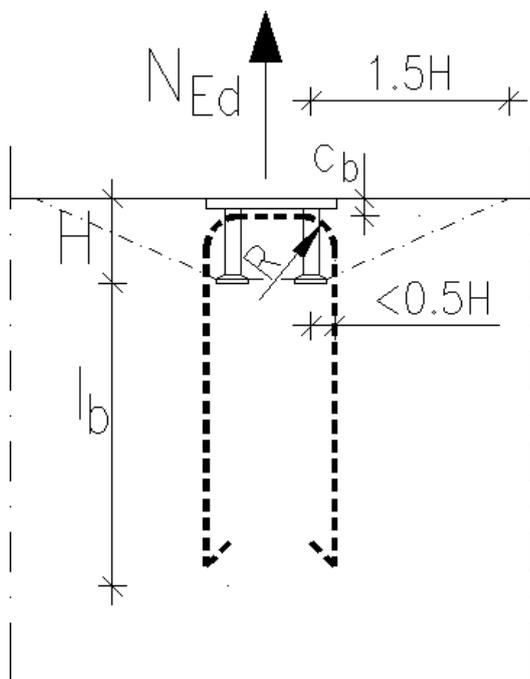


Рис. 4. Дополнительное армирование закладного изделия SBKL для усиления предела прочности на разрыв и изгибающие моменты

$c_b$  = защитный слой бетона (по ум. 20 мм)  $l_b$  = длина анкеровки в соответствии с SFS-EN 1992-1-1  
 $R$  = внутренний радиус загиба дополнительного арматурного стержня в соответствии с SFS-EN 1992-1-1

В таблице №8 представлена прочность анкеровки дополнительного армирования для закладных изделий SBKL в конусе излома закладного изделия SBKL с размещением дополнительного армирования в соответствии с рис. 4. Расчет показателей, представленных в таблице №8, произведен для неблагоприятных условий сцепления. Прочность армированного закладного изделия SBKL рассчитывается умножением показателя прочности одного дополнительного арматурного кольца, принятого по таблице №8, на выбранное количество дополнительных арматурных стержней в месте установки закладного изделия SBKL.

**Таблица №8. Предел прочности на разрыв для дополнительного армирования закладных изделий SBKL (предел прочности на разрыв одного дополнительного стального арматурного кольца, установленного в соответствии с рис. 4)**

Закладное изделие				Предел прочности на разрыв дополнительного арматурного стержня $N_{Rd,s}$ [кН]			
				Диаметр стержня $\Phi_s$ [мм]			
SBKL	B	x	L	T6	T8	T10	T12
SBKL	50	x	100	3,2	-	-	-
SBKL	100	x	100	3,2	-	-	-
SBKL	100	x	150	3,4	4,5	-	-
SBKL	150	x	150	11,2	14,9	-	-
SBKL	100	x	200	11,2	14,9	18,7	22,4
SBKL	200	x	200	11,2	14,9	18,7	22,4
SBKL	250	x	250	11,5	15,3	19,1	22,9
SBKL	100	x	300	11,5	15,3	19,1	22,9
SBKL	200	x	300	11,5	15,3	19,1	22,9
SBKL	300	x	300	11,5	15,3	19,1	22,9

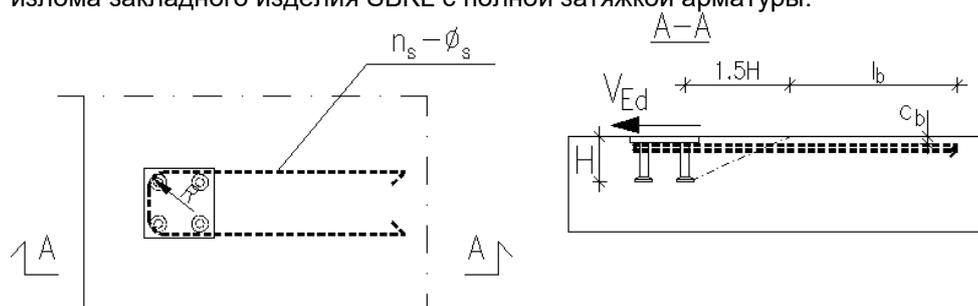
У закладных изделий SBKL 50x100 и 100x100 высоты конуса излома достаточно только на анкеровку дополнительными стержнями диаметром 6 мм. У закладных изделий SBKL 100x150 и 150x150 высоты конуса излома достаточно только на анкеровку дополнительными стержнями диаметром 6 мм и 8 мм.

Если защитный слой бетона дополнительного армирования больше, чем принятые в расчетах 20 мм, то прочность анкеровки дополнительной арматуры в конусе излома следует рассчитывать в индивидуальном порядке.

При благоприятных условиях сцепления показатели прочности, представленные в таблице №8, можно умножить на коэффициент 0,7.

#### 4.9.2 Дополнительное армирование на поперечную силу и крутящий момент

Дополнительное армирование на поперечную силу и крутящий момент следует размещать в железобетонной конструкции в месте установки закладного изделия SBKL в соответствии с рис. 5. Дополнительное армирование на поперечную силу размещается против поперечной силы вертикально и по высоте как можно ближе к стальной пластине закладного изделия SBKL. Дополнительное армирование изгибается таким образом, чтобы стержни дополнительного армирования захватывали выпуски закладного изделия SBKL. Дополнительное армирование крепится к железобетонной конструкции в соответствии с сечением A-A рис. 5 за пределами конуса излома закладного изделия SBKL с полной затяжкой арматуры.



**Рис. 5. Дополнительное армирование закладного изделия SBKL на поперечную силу и крутящий момент**

$c_b$  = защитный слой бетона (по ум. 20 мм)  $l_b$  = длина анкеровки в соответствии с SFS-EN 1992-1-1

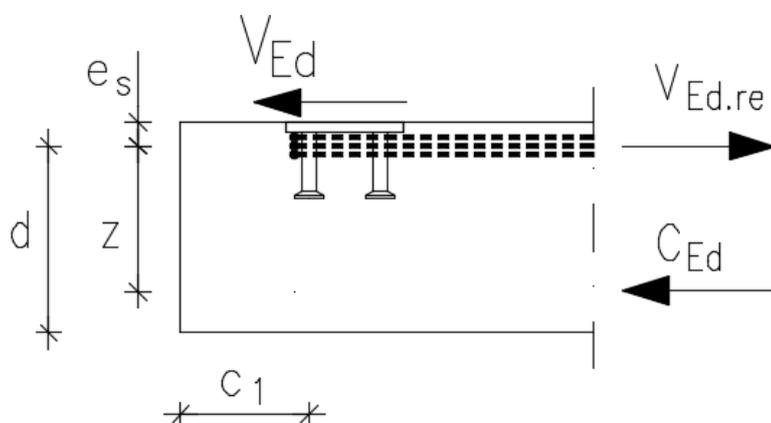
$R$  = внутренний радиус загиба дополнительного арматурного стержня в соответствии с SFS-EN 1992-1-1

**Таблица №9. Показатели прочности на сдвиг для закладных изделий SBKL с дополнительным армированием (прочность на сдвиг для одного арматурного стержня, дополнительно установленного в соответствии с рис. 5)**

Закладное изделие				Показатели прочности на сдвиг VRd.s [кН] для закладных изделий SBKL с дополнительным армированием			
				Диаметр стержня $\Phi_s$ [мм]			
SBKL	B	x	L	T6	T8	T10	T12
SBKL	50	x	100	4,5	7,9	12,3	17,4
SBKL	100	x	100	4,5	7,9	12,3	17,4
SBKL	100	x	150	4,5	7,9	12,3	17,4
SBKL	150	x	150	4,8	8,4	13,0	18,6
SBKL	100	x	200	4,5	7,9	12,3	17,4
SBKL	200	x	200	5,0	8,8	13,6	19,4
SBKL	250	x	250	5,0	8,8	13,6	19,4
SBKL	100	x	300	4,5	7,9	12,3	17,4
SBKL	200	x	300	5,0	8,8	13,6	19,4
SBKL	300	x	300	5,3	9,2	14,4	20,5

При благоприятных условиях сцепления показатели прочности, представленные в таблице №9, можно умножить на коэффициент 1,42.

Из-за погрешности центровки между поперечной силой и дополнительным армированием на поперечную силу действует сила тяги, которая учитывается следующим образом:



**Рис. 6. Сила тяги дополнительного армирования на поперечную силу**

$$V_{Ed.re} = \left(\frac{e_s}{z} + 1\right) \cdot V_{Ed} \quad (4)$$

где

$e_s$  = расстояние между поперечной силой (поверхностью стальной пластины) и центром армирования

$z$  = внутреннее плечо момента железобетонной конструкции  $\approx 0,85d$  ( $d \leq \min.\left\{\frac{2H}{2C_1}\right\}$ )

Пример: Закладное изделие SBKL150x150 с дополнительным армированием на поперечную силу.  $V_{Ed} = 43$  кН,  $e_s = 35$  мм,  $z = 160$  мм, дополнительное армирование арматурными стержнями T12 при неблагоприятных условиях сцепления.

Фактическая сила тяги дополнительного армирования с учетом погрешности центровки  $N_{Ed.re} = (35 \text{ мм} / 160 \text{ мм} + 1) \times 55 \text{ кН} = 52,4 \text{ кН}$ .

$52,4 \text{ кН} / (2 \times 18,6 \text{ кН}) = 141\% \rightarrow 2$  арматурных стержней T12 не достаточно.

$52,4 \text{ кН} / (3 \times 18,6 \text{ кН}) = 94\% \rightarrow$  для дополнительного армирования на поперечную силу требуется 3 арматурных стержня T12.

#### 4.10 Максимальные показатели прочности с дополнительным армированием

В таблице №10 приведены максимальные показатели прочности закладных изделий SBKL. Фактическая прочность закладных изделий SBKL с дополнительным армированием зависит от количества дополнительной арматуры в соответствии с пунктами 4.9.1 и 4.9.2 (сравните примеры А, В и С, приведенные ниже). Дополнительные арматурные стержни устанавливаются в соответствии с рис. 4 и 5. При размещении в конструкции закладного изделия SBKL с дополнительным армированием следует соблюдать минимальные расстояния от края, указанные в графе ссг.Н.мин таблицы №7. Влияние толщины железобетонной конструкции следует учитывать в максимальных показателях прочности закладных изделий в соответствии с пунктом 4.5.

**Таблица №10. Максимальные показатели прочности закладных изделий SBKL**

Закладное изделие			H	NRd.макс 1)	NRd.макс 2)	VRd.макс	MRdL.макс	MRdB.макс	TRd.макс	
B	x	L	мм	[кН]	[кН]	[кН]	[кНм]	[кНм]	[кНм]	
SBKL	50	x	100	68	27,7	42,8	41,1	0,5	0,1	0,6
SBKL	100	x	100	68	35,9	85,7	82,2	0,6	0,6	1,1
SBKL	100	x	150	70	41,0	85,7	82,2	1,0	0,7	1,7
SBKL	150	x	150	162	46,8	85,7	82,2	3,6	3,6	2,3
SBKL	100	x	200	162	44,0	85,7	82,2	4,9	2,4	5,2
SBKL	200	x	200	162	96,6	153,6	147,4	7,5	7,5	12,0
SBKL	250	x	250	165	110,0	153,6	147,4	11,9	11,9	17,2
SBKL	100	x	300	165	84,8	153,6	147,4	10,5	4,0	13,5
SBKL	200	x	300	165	104,0	153,6	147,4	11,7	8,4	15,4
SBKL	300	x	300	165	111,9	153,6	147,4	12,8	12,8	18,3

- 1) Максимальная прочность закладного изделия SBKL, которая обычно используется при проектировании, с возможностью крепления к железобетонной конструкции
- 2) Теоретическая максимальная прочность на излом для материала стального анкерного стержня, без погрешностей центровки

Пример А:

В месте установки закладных изделий SBKL 200x200 в соответствии с рис. 4 устанавливается 4 дополнительных арматурных кольца Т12 с благоприятными условиями сцепления. В этом случае суммарный предел прочности на разрыв дополнительных арматурных колец составит  $F_{re} = 4 \text{ шт.} \times 1,42 \times 22,4 \text{ кН/шт.} = 127,2 \text{ кН}$ . Максимальная прочность на разрыв NRd.макс = 96,6 кН, то есть в качестве прочности закладного изделия, армированного таким образом, нужно использовать показатель NRd.макс.

Пример В:

В месте установки закладных изделий SBKL 100x100 в соответствии с рис. 4 устанавливается 2 дополнительных арматурных кольца Т6 с благоприятными условиями сцепления. В этом случае суммарный предел прочности на разрыв дополнительных арматурных колец составит  $F_{re} = 2 \text{ шт.} \times 1,42 \times 3,2 \text{ кН/шт.} = 9,1 \text{ кН}$ . Максимальная прочность на разрыв NRd.макс = 35,9 кН, то есть в качестве прочности закладного изделия, армированного таким образом, нужно использовать не показатель NRd.макс, а показатель прочности армирования  $F_{re} = 9,1 \text{ кН}$

Пример С:

В месте установки закладных изделий SBKL 150x150 в соответствии с рис. 5 устанавливается 2 дополнительных арматурных кольца Т10 с благоприятными условиями сцепления. В этом случае суммарный предел прочности дополнительных арматурных колец на сдвиг составит  $V_{re} = 2 \text{ шт.} \times 1,42 \times 11,0 \text{ кН/шт.} = 31,2 \text{ кН}$ . Максимальная прочность на разрыв VRd.макс = 82,2 кН, то есть в качестве прочности закладного изделия, армированного таким образом, нужно использовать не показатель VRd.макс, а показатель прочности армирования  $V_{re} = 31,2 \text{ кН}$ . В показателе прочности следует также учесть влияние погрешности центровки поперечной силы на силу тяги в дополнительном армировании, установленном на поперечную силу.

## **5 ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

### **5.1 Срок службы и допустимые классы нагрузки**

Срок службы закладных изделий SBKL зависит от выбранного материала закладного изделия. Закладные изделия SBKL можно использовать в железобетонных конструкциях любых классов нагрузки, если учитывать требования классов нагрузки к защитному слою бетона в отношении стальных частей закладных изделий. При необходимости используются нержавеющие (SBKLR), кислотоустойчивые (SBKLN) или полностью нержавеющие (SBKLRr) типы закладных изделий.

### **5.2 Ограничения по эксплуатации**

Расчет показателей несущей способности закладных изделий SBKL произведен для статических нагрузок. Для динамических и изнашивающих нагрузок необходимо применять коэффициенты надежности большего значения и проверять детали соединения в индивидуальном порядке.

Расчет показателей прочности закладных изделий SBKL произведен для бетона прочностью C25/30 с трещинами.

В месте установки закладных изделий SBKL всегда закладывается армирование, что обеспечивает жесткость конструкции при воздействии нагрузок.

## **6 ТРЕБОВАНИЯ К ЗАКЛАДНЫМ ИЗДЕЛИЯМ ПО ХРАНЕНИЮ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И МАРКИРКЕ**

Закладные изделия SBKL следует хранить в сухом складском помещении.

Маркировка закладных изделий SBKL должна содержать как минимум указание производителя и типа закладного изделия, а также код и дату изготовления.

## 7 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ SBKL

### 7.1 Пример выполнения измерений №1: Закладное изделие SBKL без дополнительного армирования

Проверим прочность закладного изделия SBKL при его расположении в железобетонной конструкции и нагрузкам, представленным на рис. 6. В месте установки закладных изделий SBKL не устанавливается отдельного дополнительного армирования. Конструкция имеет только минимальное армирование.

Внешние размеры конструктивной детали, присоединяемой к закладному изделию SBKL, 140 мм x 140 мм.

Расстояние от края присоединяемой конструктивной детали до края бетонной конструкции 300 мм.

По другим сторонам расстояние от присоединяемой конструктивной детали до краев бетонной конструкции 1 м.

Толщина железобетонной конструкции 250 мм.

Воздействие нагрузки от присоединяемой конструктивной детали на закладное изделие SBKL может происходить двумя способами:

Способ воздействия нагрузки №1:  $V_{Ed} = 15$  кН,  $N_{Ed} = 20$  кН,  $M_{Ed} = 0$  кНм

Способ воздействия нагрузки №2:  $V_{Ed} = 2$  кН,  $N_{Ed} = 15$  кН,  $M_{Ed} = 2$  кНм.

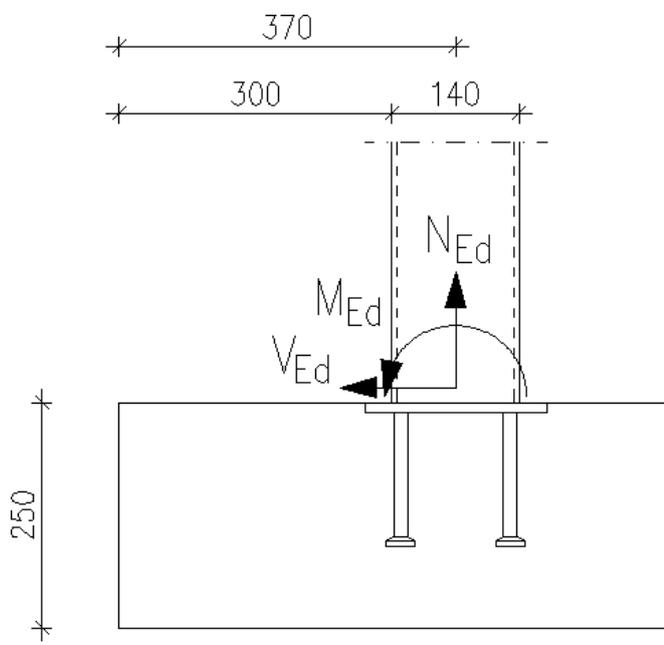


Рис. 7. Пример выполнения измерений закладного изделия SBKL без дополнительного армирования, конструктивные размеры закладного изделия

Выберем закладное изделие SBKL 200x200 и проверим его прочность к воздействию нагрузок. Показатели прочности закладного изделия SBKL 200x200 без редуцирования, согласно таблице №2: предел прочности на разрыв  $NR_d = 80,2$  кН, прочность на изгибающий момент  $MR_d = 7,5$  кНм и прочность на сдвиг  $VR_d = 147,4$  кН. Далее проверим расстояние от края закладного изделия, площадь крепления конструктивной детали, присоединяемой к закладному изделию, толщину бетонной конструкции и их возможное редуцирующее влияние на показатели прочности закладного изделия, а также прочность закладного изделия к комплексному воздействию нагрузок.

#### Влияние расстояния от края на показатели прочности

Расстояние от анкерного выпуска закладного изделия до края конструкции ссг получаем с помощью размеров в таблице №1.

$$c_{cr} = \frac{200 \text{ мм} - 120 \text{ мм}}{2} + 370 \text{ мм} - \frac{200 \text{ мм}}{2} = 310 \text{ мм}$$

Минимальные расстояния от края закладного изделия SBKL 200x200 для показателей прочности, приведенных в таблице №2, берем из таблицы №4. Минимальное расстояние от края для прочности на разрыв и изгибающий момент  $s_{cr.N} = 243$  мм и минимальное расстояние от края для прочности на сдвиг  $s_{cr.V} = 960$  мм. С размерами согласно рис. 6 расстояние от края превышает минимальный показатель прочности на разрыв и изгибающий момент, в этом случае показатели прочности закладного изделия SBKL на разрыв и изгибающий момент, представленные в таблице №2, не требуются редуцировать с учетом расстояния от края. При расположении согласно рис. 6 минимальное расстояние от края, необходимое для поперечной силы, не обеспечивается, поэтому прочность на сдвиг придется редуцировать относительно показателя в таблице №2.

Редуцирование прочности на сдвиг с учетом расстояний от края выполняется в соответствии с пунктом 4.7. Сначала проверим показатель минимального расстояния от края для закладного изделия по таблице №7. Минимальное расстояние от края, указанное в таблице №7, для прочности на сдвиг без дополнительного армирования составляет 150 мм. При расположении согласно рис. 6 минимальное расстояние от края будет превышено, поэтому для закладного изделия можно рассчитать редуцированную прочность на сдвиг. При расчете можно использовать показатели из первой графы таблицы №6, поскольку минимальное расстояние от края, приведенное в таблице №4, не обеспечивается только с одного края. Коэффициент редуцирования для прочности на сдвиг при расстоянии от края 150 мм согласно таблице №7 равен 0,18. Промежуточные показатели коэффициента редуцирования можно получить линейной интерполяцией в соответствии с расстоянием от края, требуемый коэффициент редуцирования равен

$$k_{red.V} = 0,18 + \frac{1 - 0,18}{960 \text{ мм} - 150 \text{ мм}} (310 \text{ мм} - 150 \text{ мм}) = 0,34$$

и редуцированная прочность на сдвиг с учетом расстояний от края составляет

$$VRd.red.c = k_{red.V} \times VRd = 0,34 \times 147,4 \text{ кН} = 50,1 \text{ кН}.$$

### **Влияние размеров присоединяемой детали на показатели прочности**

В пункте 4.3 (таблица №4) приведены минимальные площади крепления закладных изделий SBKL. Минимальная площадь крепления закладного изделия SBKL 200x 200 составляет 89 мм x 89 мм, что обеспечивается при внешних размерах присоединяемой детали 140 мм x 140 мм в соответствии с рис. 6. Из-за минимальной площади крепления не нужно редуцировать показатели прочности или увеличивать размер присоединяемой детали.

### **Влияние толщины железобетонной конструкции на показатели прочности**

Влияние толщины железобетонной конструкции на показатели прочности закладного изделия SBKL требует пересмотра в соответствии с пунктом 4.5. В таблице №5 для закладного изделия SBKL 200x200 указаны в качестве минимальной толщины железобетонной конструкции при показателях прочности согласно таблице №2  $h_{min} = 322$  мм, а в качестве минимальной толщины железобетонной конструкции  $h_{min.cb} = 185$  мм.

На рис. 6 толщина железобетонной конструкции  $h_c = 250$  мм соответствует требуемой минимальной толщине железобетонной конструкции  $h_{min.cb}$ , но не дотягивает до минимальной толщины железобетонной конструкции при показателях прочности согласно таблице №2  $h_{min}$ , поэтому показатели прочности закладного изделия придется редуцировать с помощью коэффициента

$$k_{h.red} = \left( \frac{250 \text{ мм}}{322 \text{ мм}} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,84$$

$$VRd.red = k_{h.red} \times VRd.red.c = 0,84 \times 50,1 \text{ кН} = 42,1 \text{ кН}$$

$$NRd.red = k_{h.red} \times NRd = 0,84 \times 80,2 \text{ кН} = 67,3 \text{ кН}$$

$$MRd.red = k_{h.red} \times MRd = 0,84 \times 7,5 \text{ кНм} = 6,3 \text{ кНм}$$

### Прочность закладного изделия SBKL к комплексному воздействию нагрузок

Прочность закладных изделий к комплексному воздействию нагрузок требует пересмотра в соответствии с пунктом 4.6 по формуле (2)

Способ воздействия нагрузки №1: 
$$\left(\frac{20\text{кН}}{67,3\text{кН}}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{15\text{кН}}{42,1\text{кН}}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,95$$

Способ воздействия нагрузки №2: 
$$\left(\frac{15\text{кН}}{67,3\text{кН}} + 1,8 \frac{2\text{кНм}}{6,3\text{кНм}}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{2\text{кН}}{42,1\text{кН}}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,97$$

Закладное изделие SBKL 200x 200 с размерами согласно рис. 6 выдерживает заданные нагрузки при обоих способах воздействия нагрузки.

## 7.2 Пример выполнения измерений №2: Закладное изделие SBKL с дополнительным армированием

Проверим прочность закладного изделия SBKL для расположений и нагрузок в железобетонной конструкции, представленных на рис. 7. В месте установки закладных изделий SBKL при необходимости закладывается дополнительное армирование.

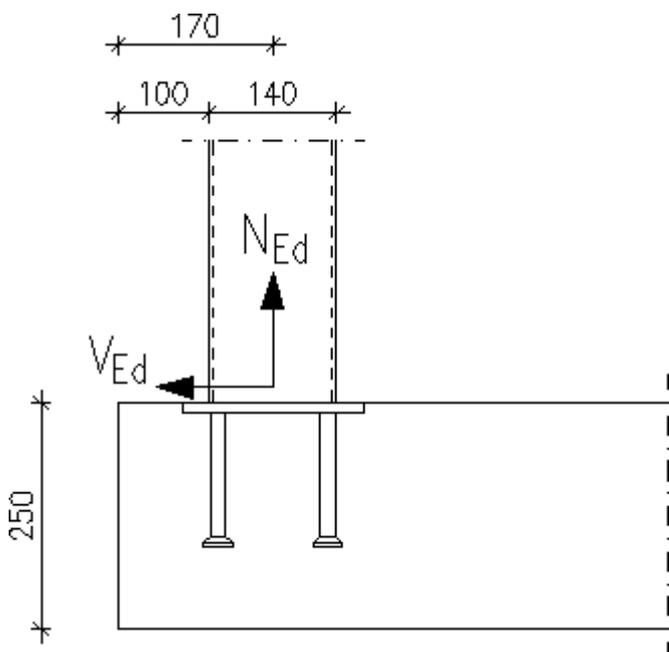


Рис. 8. Пример выполнения измерений закладного изделия SBKL с дополнительным армированием, конструктивные размеры закладного изделия

Внешние размеры конструктивной детали, присоединяемой к закладному изделию SBKL, 140 мм x 140 мм.

Расстояние от кромки присоединяемой конструктивной детали до края бетонной конструкции 100 мм. По другим сторонам расстояние от присоединяемой конструктивной детали до краев бетонной конструкции 3 м.

Толщина железобетонной конструкции 250 мм.

Воздействие нагрузки от присоединяемой конструктивной детали на закладное изделие SBKL может происходить тремя способами:

Способ воздействия нагрузки №1:  $V_{Ed} = 22 \text{ кН}$ ,  $N_{Ed} = 20 \text{ кН}$ ,  $M_{Ed} = 0 \text{ кНм}$

Способ воздействия нагрузки №2:  $V_{Ed} = 10 \text{ кН}$ ,  $N_{Ed} = 15 \text{ кН}$ ,  $M_{Ed} = 1 \text{ кНм}$

Способ воздействия нагрузки №3:  $V_{Ed} = 10 \text{ кН}$ ,  $N_{Ed} = 40 \text{ кН}$ ,  $M_{Ed} = 0 \text{ кНм}$

Выберем закладное изделие SBKL 200x200 и проверим его прочность к воздействию нагрузок.

Показатели прочности закладного изделия SBKL 200x200 без редуцирования, согласно таблице №2: предел прочности на разрыв  $NRd = 80,2 \text{ кН}$ , прочность на изгибающий момент  $MRd = 7,5 \text{ кНм}$  и прочность на сдвиг  $VRd = 147,4 \text{ кН}$ . Далее проверим краевые расстояния закладного изделия, площадь крепления конструктивной детали, присоединяемой к закладному изделию,

толщину бетонной конструкции и их возможное редуцирующее влияние на показатели прочности закладного изделия, а также прочность закладного изделия к комплексному воздействию нагрузок.

### **Влияние расстояний от края на показатели прочности**

Расстояние от анкерного выпуска закладного изделия до края конструкции ссг получаем с помощью размеров в таблице №1.

$$c_{cr} = \frac{200 \text{ мм} - 120 \text{ мм}}{2} + 170 \text{ мм} - \frac{200 \text{ мм}}{2} = 110 \text{ мм}$$

Расстояние ссг меньше указанного в таблице №7 минимального краевого расстояния ссг.V.мин для прочности на сдвиг в бетонной конструкции без дополнительного армирования, поэтому в месте размещения закладного изделия SBKL требуется дополнительное армирование как минимум на поперечную силу.

Минимальное расстояние от края для прочности на разрыв согласно таблице №4 не обеспечивается, поэтому прочность на разрыв придется редуцировать относительно показателя в таблице №2. Редуцирование прочности на разрыв выполняется в соответствии с пунктом 4.6. Минимальное расстояния от края согласно таблице №7 ссг.N.мин = 50 мм, а коэффициент редуцирования по таблице №6 при краевом расстоянии ссг.N.мин = 0,49. Коэффициенты редуцирования при расстоянии от края ссг получаем линейной интерполяцией

$$k_{red.N} = 0,49 + \frac{1 - 0,49}{243 \text{ мм} - 50 \text{ мм}} (243 \text{ мм} - 110 \text{ мм}) = 0,84$$

$$k_{red.M} = 0,49 + \frac{1 - 0,49}{243 \text{ мм} - 50 \text{ мм}} (243 \text{ мм} - 110 \text{ мм}) = 0,84$$

а редуцированные с учетом расстояния от края показатели прочности на разрыв и изгибающий момент составляют

$$NRd.red.c = 0,84 \times 80,2 \text{ кН} = 67,3 \text{ кН}$$

$$MRd.red.c = 0,84 \times 7,5 \text{ кНм} = 6,3 \text{ кНм.}$$

### **Влияние размеров присоединяемой детали на показатели прочности**

В пункте 4.3 (таблица №4) приведены минимальные площади крепления закладных изделий SBKL. Минимальная площадь крепления закладного изделия SBKL 200x 200 составляет 89 мм x 89 мм, что обеспечивается при внешних размерах присоединяемой детали 140 мм x 140 мм в соответствии с рис. 6. Из-за минимальной площади крепления не нужно редуцировать показатели прочности или увеличивать размер присоединяемой детали.

### **Влияние толщины железобетонной конструкции на показатели прочности**

Влияние толщины железобетонной конструкции на показатели прочности закладного изделия SBKL требует пересмотра в соответствии с пунктом 4.5. В таблице №5 для закладного изделия SBKL 200x200 указаны в качестве минимальной толщины железобетонной конструкции при показателях прочности согласно таблице №2  $h_{min} = 322 \text{ мм}$ , а в качестве минимальной толщины железобетонной конструкции  $h_{min.cb} = 185 \text{ мм}$ .

Соответствующая рис. 6 толщина железобетонной конструкции  $h_c = 250 \text{ мм}$  соответствует требуемой минимальной толщине железобетонной конструкции  $h_{min.cb}$ , но не дотягивает до минимальной толщины железобетонной конструкции при показателях прочности согласно таблице №2  $h_{min}$ , поэтому показатели прочности закладного изделия придется редуцировать с помощью коэффициента

$$k_{h.red} = \left( \frac{250 \text{ мм}}{322 \text{ мм}} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,84$$

$$NRd.red = k_{h.red} \times NRd.red.c = 0,84 \times 67,3 \text{ кН} = 56,5 \text{ кН}$$

$$MRd.red = k_{h.red} \times MRd.red.c = 0,84 \times 6,3 \text{ кНм} = 5,3 \text{ кНм.}$$

### Дополнительное армирование на поперечную силу для закладного изделия SBKL

Показатель прочности на поперечную силу для дополнительного армирования в закладном изделии SBKL получаем согласно пункту 4.9.2. В таблице №9 представлен показатель прочности на поперечную силу для одного дополнительного арматурного стержня. Выберем в качестве армирования закладного изделия SBKL 200x200 на поперечную силу 2 дополнительных арматурных стержня Т12. Согласно пункту 8.4.2 Еврокода SFS-EN 1992, заливка дополнительного армирования производится при благоприятных условиях сцепления, поэтому к показателям прочности из таблицы №9 можно применить коэффициент 1,42. В этом случае предел прочности на сдвиг дополнительного армирования составит

$$VR_{d, re} = 2 \times 1,42 \times 19,4 \text{ кН} = 55,0 \text{ кН}.$$

В прочности на сдвиг дополнительного армирования учитываем также погрешность центровки между поперечной силой и дополнительным армированием. В расчете используются следующие величины:  $e_s = 30 \text{ мм}$ ,  $z = 0,85 \times \min(2 \times 68 \text{ мм}; 2 \times 110 \text{ мм}) = 115 \text{ мм}$ .

$$k_{red, ek} = (30 \text{ мм} / 115 \text{ мм} + 1) = 1,26$$

прочность на сдвиг дополнительного армирования с учетом погрешности центровки

$$VR_{d, re, ek} = VR_{d, re} / k_{red, ek} = 55 \text{ кН} / 1,26 = 43,7 \text{ кН}.$$

### Прочность закладного изделия SBKL к комплексному воздействию нагрузок

Прочность закладных изделий к комплексному воздействию нагрузок требует пересмотра в соответствии с пунктом 4.6 по формуле (2)

$$\text{Способ воздействия нагрузки №1: } \left( \frac{20 \text{ кН}}{56,5 \text{ кН}} \right)^{\frac{2}{3}} + \left( \frac{22 \text{ кН}}{43,7 \text{ кН}} \right)^{\frac{2}{3}} = 1,13$$

$$\text{Способ воздействия нагрузки №2: } \left( \frac{15 \text{ кН}}{56,5 \text{ кН}} + 1,8 \frac{1 \text{ кНм}}{5,3 \text{ кНм}} \right)^{\frac{2}{3}} + \left( \frac{10 \text{ кН}}{43,7 \text{ кН}} \right)^{\frac{2}{3}} = 1,09$$

$$\text{Способ воздействия нагрузки №3: } \left( \frac{40 \text{ кН}}{56,5 \text{ кН}} \right)^{\frac{2}{3}} + \left( \frac{10 \text{ кН}}{43,7 \text{ кН}} \right)^{\frac{2}{3}} = 1,17$$

Закладное изделие SBKL 200x 200 не выдерживает заданные нагрузки. Устанавливаем также дополнительное армирование для усиления предела прочности на разрыв и повторно выполняем расчеты прочности для разных способов нагрузки.

### Дополнительное армирование закладного изделия SBKL на силу тяги

Показатель прочности на действие силы тяги для дополнительного армирования в закладном изделии SBKL получаем согласно пункту 4.9.1. В таблице №8 представлен показатель прочности на действие поперечную силу для одного дополнительного арматурного стержня. Выберем в качестве армирования закладного изделия SBKL 200x200 на поперечную силу 3 дополнительных арматурных стержня Т12. Согласно пункту 8.4.2 Еврокода SFS-EN 1992, заливка дополнительного армирования производится при благоприятных условиях сцепления, поэтому к показателям прочности из таблицы №9 можно применить коэффициент 1,42. В этом случае предел прочности на разрыв дополнительного армирования составит

$$NR_{d, re} = 4 \times 1,42 \times 22,4 \text{ кН} = 127,2 \text{ кН}.$$

Кроме того проверим максимальную прочность закладного изделия с дополнительным армированием по таблице №10. Обычно для закладного изделия SBKL 200x200 с дополнительным армированием используется максимальная прочность

$$NR_{d, макс} = 96,6 \text{ кН}.$$

В качестве максимальной прочности закладного изделия с дополнительным армированием используется наименьший из показателей,  $NR_{d, re}$  или  $NR_{d, макс}$ .

**Прочность закладного изделия SBKL к комплексному воздействию нагрузок**

Прочность закладных изделий к комплексному воздействию нагрузок требует пересмотра в соответствии с пунктом 4.6 по формуле (2)

Способ воздействия нагрузки №1: 
$$\left(\frac{20\text{кН}}{96,6\text{кН}}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{22\text{кН}}{43,7\text{кН}}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,98$$

Способ воздействия нагрузки №2: 
$$\left(\frac{15\text{кН}}{96,6\text{кН}} + 1,8 \frac{1\text{кНм}}{5,3\text{кНм}}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{10\text{кН}}{43,7\text{кН}}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,99$$

Способ воздействия нагрузки №3: 
$$\left(\frac{40\text{кН}}{96,6\text{кН}}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{10\text{кН}}{43,7\text{кН}}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,93$$

Закладное изделие SBKL 200x 200 с размерами согласно рис. 6 выдерживает заданные нагрузки при всех способах воздействия нагрузки.

В качестве дополнительного армирования на поперечную силу выбираем 2-Т12, а на силу тяги – 4-Т12. Дополнительное армирование следует размещать в конструкции согласно пунктам 4.9.1 и 4.9.2. В тонкой конструкции дополнительное армирование на силу тяги следует загнуть внутрь конструкции и убедиться в достаточности длины анкеровки за пределами конуса излома закладного изделия SBKL.

## 8 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ПО ДАННОМУ ВОПРОСУ

SFS-EN 1992-1-1 Еврокод 2 Проектирование железобетонных конструкций

CEN/TS 1992-4-1:2009. Design of fastenings for use in concrete. Part 1 General

CEN/TS 02.04.1992:2009. Design of fastenings for use in concrete. Part 2 Headed fasteners

fib bulletin 58:2011 Design of anchorages in concrete

SFS-EN 1993-1-1 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций. Общие правила и правила для зданий.

SFS-EN 08.01.1993 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций. Расчет соединений

SFS-EN 10.01.1993 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций. Ударная вязкость стали и свойства по толщине

SFS-EN 1090-2 Изготовление стальных и алюминиевых конструкций. Часть 2: Технические требования к стальным конструкциям

SFS-EN 10080 Свариваемая арматурная сталь для железобетона. Общие требования

SFS 1216 Арматурная сталь. Свариваемая горячекатаная стержневая сталь периодического профиля A700HW

SFS 1257 Арматурная сталь. Сталь холодного проката стержневая B500K

SFS 1259 Арматурная сталь. Нержавеющая сталь холодного проката стержневая B600KX

SFS 1268 Арматурная сталь. Свариваемая горячекатаная стержневая сталь периодического профиля B500B

SFS 1269 Арматурная сталь. Свариваемая горячекатаная стержневая сталь периодического профиля B500C1

SFS 1300 Арматурная сталь. Минимальные требования к свариваемым стержням и сеткам для армирования бетона SFS-EN 10025 Профили, горячекатаные из конструкционных сталей

SFS-EN 10088 Нержавеющие стали

SFS-EN ISO 17660-1 Сварка. Сварка арматурной стали. Часть 1. Несущие сварные соединения

SFS-EN ISO 5817 Сварка. Сварные швы при сварке плавлением стали никеля, титана и их сплавов. Классы сварки

SFS-EN ISO 3834-3 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 3: Стандартные требования к качеству

SFS-EN ISO 13918 Сварка. Стад-болты и керамические наконечники для дуговой сварки стад-болтов

SFS-EN ISO 14554-2 Требования к качеству выполнения сварки. Контактная сварка сопротивлением металлических материалов. Часть 2. Базовые требования по качеству

SFS-EN ISO 14555 Welding. Arc stud welding of metallic materials

SFS-EN 15609-1 Технические требования и оценка процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 1: Дуговая сварка

SFS-EN 15609-2 Технические требования и оценка процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 2: Газовая сварка

SFS-EN 15609-5 Технические требования и оценка процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 5: Сварка сопротивлением

- SFS-EN 287-1 Квалификационная оценка сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1: Стали
- SFS-EN ISO 9606-1 Квалификационная оценка сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1: Стали
- SFS-EN ISO 14731 Контроль выполнения сварочных работ. Задачи и обязанности
- SFS-EN ISO 14732 Сварочный персонал. Квалификационное испытание сварочных операторов и наладчиков. Механизованная и автоматическая сварка металлических материалов.
- SFS-EN ISO 9018 Разрушающий контроль сварных швов. Испытание на растяжение крестообразных соединений и соединений внахлестку
- SFS-EN 10204 Металлические изделия – Типы контрольных документов
- NA SFS-EN 1992-1-1 Финское национальное приложение
- NA SFS-EN 1993-1-1 Финское национальное приложение
- NA SFS-EN 1993-1-8 Финское национальное приложение
- NA SFS-EN 1993-10 Финское национальное приложение
- ETAG 001 Guideline for European technical approval of metal anchors for use in concrete.  
Annex A: Details of tests.  
Annex B: Tests for admissible service conditions, detailed information.