

Содержание

МЕТОДЫ РАСЧЕТА АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ

Введение

1. Описание

- 1.1. Виды, группы и количество анкеров
- 1.2. Бетонное основание
- 1.3. Типы и направления нагрузок
- 1.4. Класс безопасности

2. Термины и символы

- 2.1. Индексы
- 2.2. Воздействия и сопротивление
- 2.3. Бетон и сталь
- 2.4. Характеристики анкеров

3. Методы расчета и концепция безопасности

- 3.1. Общее
- 3.2. Предельные значения
 - 3.2.1. Коэффициент безопасности для внешних воздействий
 - 3.2.2. Расчетное сопротивление
 - 3.2.3. Коэффициент безопасности для внешних воздействий
 - 3.2.3.1. Вырыв конуса основания и вырыв анкера
 - 3.2.3.2. Разрушение по стали
 - 3.2.3.3. Предел эксплуатационной надежности

4. Статический анализ

- 4.1. Бетон без трещин и бетон с трещинами
- 4.2. Нагрузки, воздействующие на анкер
 - 4.2.1. Нагрузка на вырыв
 - 4.2.2. Нагрузка на срез
 - 4.2.2.1. Распределение нагрузок при срезе
 - 4.2.2.2. Нагрузки на срез без учета плеча рычага
 - 4.2.2.3. Нагрузки на срез с учетом плеча рычага

5. Предельные минимальные значения

- 5.1. Общее
- 5.2. Метод расчета А
 - 5.2.1. Общее
 - 5.2.2. Сопротивление нагрузкам на вырыв
 - 5.2.2.1. Необходимые условия
 - 5.2.2.2. Разрушение по стали
 - 5.2.2.3. Вырыв анкера
 - 5.2.2.4. Вырыв конуса основания
 - 5.2.2.5. Разрушение бетона при установке анкера
 - 5.2.2.6. Разрушение бетона при нагрузке
 - 5.2.3. Сопротивление нагрузкам на срез
 - 5.2.3.1. Необходимые условия
 - 5.2.3.2. Разрушение по стали
 - 5.2.3.3. Разрушение бетона от поперечной нагрузки
 - 5.2.3.4. Разрушение края бетона
 - 5.2.4. Сопротивление комбинированным нагрузкам
- 5.3. Метод расчета В
- 5.4. Метод расчета С

6. Предельный срок эксплуатации

- 6.1. Сдвиги
- 6.2. Нагрузки на срез с переменными значениями

7. Дополнительные проверки сопротивления бетона

- 7.1. Общее
- 7.2. Сопротивление бетона нагрузкам на срез
- 7.3. Сопротивление бетона раскалыванию

Введение

Методы расчета анкерного крепления должны использоваться с учетом коэффициентов безопасности и концепции расчета, установленной Европейской Технической Ассоциацией (ETA).

Методы расчета, описанные в данном документе, предусматривают выполнение необходимых тестов, основанных на допустимом сроке эксплуатации. Поэтому данный документ можно считать определяющим при расчете анкерного крепежа. Применение других методов расчета потребует выполнения необходимых испытаний.

Европейская Техническая Ассоциация (ETA) описывает характеристики только тех анкеров, которые были сертифицированы. Расчет крепежа (например, систематизация анкеров в группы, влияние анкеров на сопротивление бетонных конструкций по краям или в углах) должен выполняться в соответствии с методами расчета, описанными в главах 3 и 5, принимая во внимание соответствующие характеристики анкеров.

В главе 7 приводятся дополнительные доказательства, подтверждающие характеристическое сопротивление бетона, действительное для всех анкерных систем.

Описанные методы расчета подходят для всех анкерных систем. Тем не менее, уравнения, приведенные ниже, действительны только для испытанных анкеров. Если характеристическое сопротивление, расстояния между анкерами, расстояния от края и коэффициент безопасности отличаются от методов расчета и данных ETA, то правильным считаются значения, приведенные в документации ETA. В том случае, если национальное законодательство не определяет коэффициент безопасности, можно использовать данные, приведенные ниже.

1. Описание

1.1. Виды, группы и количество анкеров

Методы расчета, используемые для расчета анкерного крепления в бетоне, описывают сертифицированные анкера, которые отвечают всем требованиям данного Норматива. Характеристики данных анкеров описаны в свидетельстве Европейской Технической Ассоциации.

Методы расчета могут использоваться для одиночных анкеров и для анкерных групп. В случае применения его для групп анкеров, нагрузки рассчитываются для каждого анкера в группе с учетом влияния соседних анкеров. В группе анкеров используются анкера одного типа, размера и длины.

Методы расчета описывают одиночные анкера и анкерные группы см. рис. 1.1 и 1.2. Другие варианты установки анкеров, например, круговой или треугольный, также допустимы; тем не менее, положения данного расчетного метода должны быть использованы по решению инженеров. Рисунок 1.1 действителен только в том случае, если расстояние от края во всех направлениях больше или равно $10 h_{ef}$.

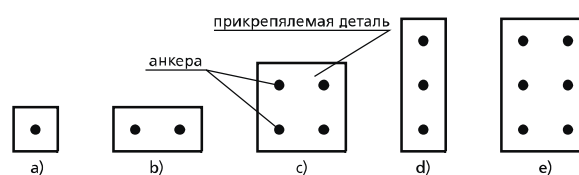


Рисунок 1.1 Анкеры, установленные далеко от края ($c \geq 10 h_{ef}$)

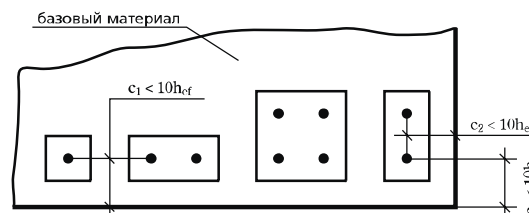


Рисунок 1.2 Анкеры, установленные близко от края ($c < 10 h_{ef}$)

1.2. Бетонное основание

Бетон должен быть классом прочности минимум C20/25 и максимум C50/60 по ENV 206 (Европейский стандарт прочности бетона) и должен испытывать преимущественно статические нагрузки. Бетон может быть с трещинами и без трещин (см. п. 4.1).

1.3. Типы и направления нагрузок

Расчетный метод описывает анкеры, испытывающие статические или квази-статические нагрузки, исключая ударные и сейсмические нагрузки.

1.4. Класс безопасности

Анкерное крепление, рассчитанное по данным методам, относится к группе креплений, которые в случае повреждения могут представлять угрозу человеческой жизни и служить причиной материального ущерба.

2. Термины и символы

Ниже приводится список символов и сокращений, часто встречающихся в данном документе.

2.1. Индексы

S – воздействие	sp – раскалывание
R – сопротивление	u – предельное значение
M – материал	y – текучесть
k – характеристическое значение	F – результирующая нагрузка
d – расчетное значение	N – осевая нагрузка:
s – сталь	со знаком «+» — растягивающая нагрузка,
c – бетон	со знаком «-» — компрессионная нагрузка
sp – срез	V – нагрузка на срез
p – вырыв	M – момент

2.2. Воздействия и сопротивления

$F_{Sk} (N_{Sk}; V_{Sk}; M_{Sk}; M_{L,Sk})$	– характеристическое значение нагрузок, действующих на один анкер или на группу анкеров соответственно (нормальная нагрузка, нагрузка на срез, изгибающий момент, момент затяжки)
$F_{Sd} (N_{Sd}; V_{Sd}; M_{Sd}, M_{L,Sd})$	– расчетное значение воздействия на один анкер или группу анкеров соответственно (нормальная нагрузка, нагрузка на срез, изгибающий момент, момент затяжки)
$N_{Sd}^h (V_{Sd}^h)$	– расчетное значение нагрузки на вырыв (нагрузки на срез) действующей на самый нагруженный анкер в группе, определяется в соответствии с 4.2.
$N_{Sd}^g (V_{Sd}^g)$	– расчетное значение суммы (результата) нагрузок на вырыв (нагрузок на срез), действующих на анкер в группе, определяется в соответствии с 4.2.
$F_{Rk} (N_{Rk}; V_{Rk})$	– характеристическое значения сопротивления для одного анкера или группы анкеров соответственно (нормальная нагрузка, нагрузка на срез)
$F_{Rd} (N_{Rd}; V_{Rd})$	– расчетное значение сопротивления одного анкера или группы анкеров соответственно (нормальная нагрузка, нагрузка на срез)

2.3. Бетон и сталь

$f_{ck,cube}$	– характеристическое значение предела прочности при сжатии для куба с длиной стороны 150 мм (значение класса прочности в соответствии с Европейским стандартом прочности бетона ENV 206)
f_k	– предел текучести для стали (номинальное значение)
f_{yk}	– предела прочности стали растяжению (номинальное значение)
A_s	– преднапряженное сечение стали
W_{el}	– момент сопротивления сечения рассчитывается из сечения стали ($\frac{\pi d^3}{32}$ сечения с диаметром d)

2.4. Характеристики анкеров

a	– расстояние между внешними анкерами соседних групп или между одиночными анкерами
a_1	– расстояние между внешними анкерами соседних групп или между одиночными анкерами в направлении 1
a_2	– расстояние между внешними анкерами соседних групп или между одиночными анкерами в направлении 2
b	– ширина бетона
c	– расстояние от края

- c_1 – расстояние от края в направлении 1; в случае, если анкеры установлены близко к краю и испытывают нагрузку на срез, то расстояние c_1 принимается в направлении нагрузки на срез (см. рис. 2.1b и рис. 5.7)
- c_2 – расстояние от края в направлении 2; направление 2 перпендикулярно направлению 1
- c_{cr} – расстояние от края при котором обеспечивается передача характеристического сопротивления (метод расчета B и C)
- $c_{cr,N}$ – расстояние от края при котором обеспечивается передача характеристического сопротивления на вырыв для одного анкера без пространственных и краевых эффектов в случае вырыва конуса основания
- $c_{cr,sp}$ – расстояние от края при котором обеспечивается передача характеристического сопротивления для одного анкера без пространственных и краевых эффектов в случае раскалывания бетона (метод расчета A)
- c_{min} – минимально допустимое расстояние от края бетона
- d – диаметр анкера или диаметр резьбы
- d_{nom} – внешний диаметр анкера
- d_0 – диаметр отверстия в базовом материале
- h – толщина бетона
- h_{ef} – эффективная глубина установки
- h_{min} – минимальная толщина бетона
- l_f – эффективная длина анкера при нагрузках на срез. Для анкеров с постоянным поперечным сечением больше длины h_{ef} должна использоваться эффективная глубина установки, а для анкеров с несколькими конусами и пазами, например, только длина для бетона.
- s – расстояние между анкерами в группе
- s_1 – расстояние между осями внутри группы анкеров в направлении 1
- s_2 – расстояние между осями внутри группы анкеров в направлении 2
- s_{cr} – расстояние между анкерами для обеспечения передачи характеристического сопротивления (методы расчета B и C)
- $s_{cr,N}$ – расстояние при котором обеспечивается передача сопротивления на вырыв для одного анкера без пространственных и краевых эффектов в случае разрушения бетона конусом (метод расчета A)
- $s_{cr,sp}$ – расстояние между анкерами при котором обеспечивается передача характеристического сопротивления для одного анкера без пространственных и краевых эффектов в случае раскалывания бетона (метод расчета A)
- s_{min} – минимально допустимое расстояние между анкерами

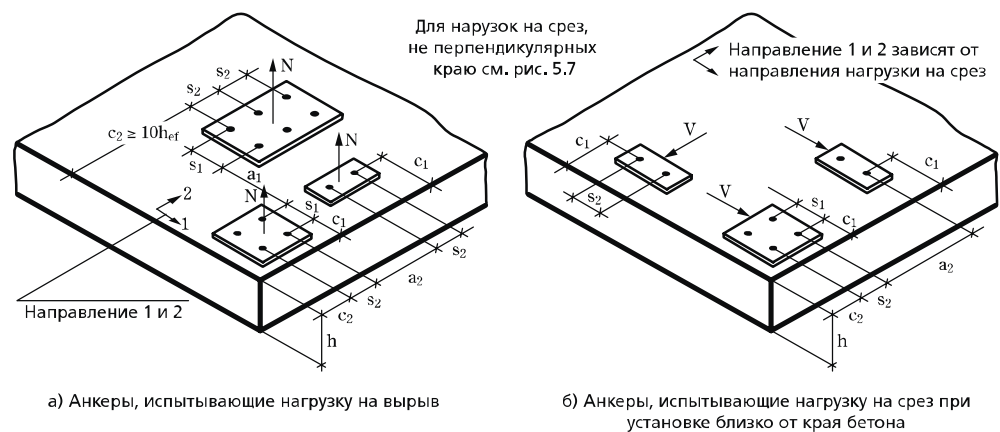


Рисунок 2.1 Бетон, расстояния между анкерами и от края бетона

3. Методы расчета и концепция безопасности

3.1. Общее

При расчете анкерного крепления используется коэффициент безопасности. Значение расчетного воздействия S_d не должно превышать значения расчетного сопротивления R_d

$$S_d \leq R_d \quad (3.1)$$

где:

S_d – значение расчетного воздействия

R_d – значение расчетного сопротивления

В том случае, если нет специальных инструкций или постановлений, предельные нагрузки и предел эксплуатационной надежности рассчитывается в соответствии с Еврокодом 2 (Европейские строительные нормы «Проектирование бетонных сооружений») или Еврокодом 3 (Европейские строительные нормы «Проектирование стальных конструкций»).

В простых случаях (постоянная нагрузка и одна переменная нагрузка, действующая в одном направлении) используется следующая формула:

$$S_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k \quad (3.2)$$

G_k (Q_k) – характеристическое значение постоянного (переменного) воздействия

γ_G (γ_Q) – коэффициент безопасности для постоянного (переменного) воздействия

Расчетное сопротивление:

$$R_d = R_k / \gamma_M \quad (3.3)$$

R_k – характеристическое сопротивление одного анкера или группы анкеров

γ_M – коэффициент безопасности для материала

3.2. Предельные значения

3.2.1. Коэффициент безопасности для внешних воздействий

Коэффициент безопасности для внешних воздействий зависит от типа нагрузки и должен определяться специальными инструкциями или, в случае их отсутствия, в соответствии с Еврокодом 2 и Еврокодом 3. В уравнении (3.2) запас прочности в соответствии с Еврокодом 1 равен $\gamma_G = 1.35$ для постоянных воздействий и $\gamma_Q = 1.5$ для переменных воздействий.

3.2.2. Расчетное сопротивление

Расчетное сопротивление определяется при помощи уравнения (3.3). В методе расчета А характеристическое сопротивление рассчитывается для всех направлений нагрузок и видов разрушений. В методах расчета В и С приводится только одно значение характеристического сопротивления для всех направлений нагрузок и видов разрушений.

3.2.3. Коэффициент безопасности для внешних воздействий

При отсутствии специальных инструкций или постановлений, может использоваться следующий коэффициент безопасности для внешних воздействий. Значение γ_2 не может меняться, так как описывает характеристики анкеров.

3.2.3.1. Вырыв конуса основания и вырыв анкера

Коэффициент безопасности на разрушение бетона конусом (γ_{Mc}), разрушение сдвигом (γ_{Msp}) и на вырыв (γ_{Mp}) приведены в соответствующем ETA.

Данные значения действительны только после определения глубины установки, межосевых и краевых расстояний, которые не должны быть меньше, чем расчетные значения (допустимы только положительные значения допусков).

Коэффициент безопасности крепления γ_{Mc} рассчитывается следующим образом:

$$\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \quad (3.4)$$

γ_c – коэффициент безопасности для бетона при сжатии = 1.5

γ_1 – коэффициент безопасности учитывающий нагрузку на вырыв, действующую на участок бетона = 1.2 для нормального бетона, изготовленного по стандартной технологии

γ_2 – коэффициент безопасности для крепления

Коэффициент безопасности γ_2 определяется по результатам тестов

Нагрузки на вырыв:

$\gamma_2 = 1.0$ – для систем с высоким коэффициентом безопасности

$\gamma_2 = 1.2$ – для систем с нормальным коэффициентом безопасности

$\gamma_2 = 1.4$ – для систем с низким, но допустимым коэффициентом безопасности

Нагрузки на срез:

$\gamma_2 = 1.0$

Для коэффициента γ_{Msp} и γ_{Mp} подходит значение γ_{Mc}

3.2.3.2. Разрушение по стали

Коэффициент безопасности на разрушение стали γ_{Ms} приводится в соответствующем ЕТА.

Коэффициент безопасности для анкеров γ_{Ms} определяется в соответствии с типом нагрузки следующим образом:

Нагрузка на вырыв:

$$\gamma_{Ms} = \frac{1.2}{f_{yk}/f_{uk}} \geq 1.4 \quad (3.5a)$$

Нагрузка на срез с учетом плеча рычага и без его учета:

$$\gamma_{Ms} = \frac{1.0}{f_{yk}/f_{uk}} \geq 1.25 \quad f_{uk} \leq 800 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.5b)$$

$$\text{и } f_{yk}/f_{uk} \leq 0.8$$

$$\gamma_{Ms} = 1.5 \quad \text{или } \begin{matrix} f_{uk} > 800 \text{ Н/мм}^2 \\ f_{yk}/f_{uk} > 0.8 \end{matrix} \quad (3.5c)$$

3.3. Предел эксплуатационной надежности

При описании предела эксплуатационной надежности должно быть указано, что сдвиги, произошедшие при характеристических воздействиях не превышают допустимые значения. Характеристические сдвиги – см. п. 6. Допустимые значения сдвигов зависят от назначения крепления и должны быть рассчитаны проектировщиком.

При подобных расчетах коэффициент безопасности при воздействиях и сопротивлениях равен 1.0.

4. Статический анализ

4.1. Бетон без трещин и бетон с трещинами

Бетон в месте установке крепежа может быть как с трещинами, так и без. Состояние бетона определяется проектировщиком на основании специальных требований, нормативной документации или постановлений законодательной власти.

При отсутствии подобных требований или нормативной документации необходимо руководствоваться ЕС 2 (Европейские строительные нормы).

Бетон без трещин может использоваться в том случае, если по всей глубине установки анкера не будет обнаружено трещин.

Необходимое условие берется из уравнения (4.1):

$$\sigma_L + \sigma_R \leq 0 \quad (4.1)$$

σ_L – усилия в бетоне, вызванные внешними нагрузками, включая нагрузку на анкеры

σ_R – усилия в бетоне, вызванные ограничением внутренних деформаций (например, сжатие бетона) или внешних деформаций (например, из-за сдвига основы или температурных колебаний).

Если не проводился специальный анализ, тогда $\sigma_R = 3 \text{ Н/мм}^2$ в соответствии с ЕС 2.

Усилия σ_L и σ_R должны рассчитываться для бетона без трещин. Для обычного бетона, который передает нагрузку в двух направлениях (например, плита, стены) уравнение (4.1) должно использоваться для всех направлений.

4.2. Нагрузки, действующие на анкер

В статическом анализе описываются нагрузки и моменты, действующие на крепление. При расчете крепления должны учитываться нагрузки и коэффициент безопасности для воздействий в соответствии с пунктом 3.2.1, предел эксплуатационной надежности в соответствии с пунктом 3.3.

Для расчета одиночного анкера учитываются нагрузки, равные нагрузкам, действующим на крепление в целом. Для расчета группы анкеров должны учитываться изгибающие и поворотные

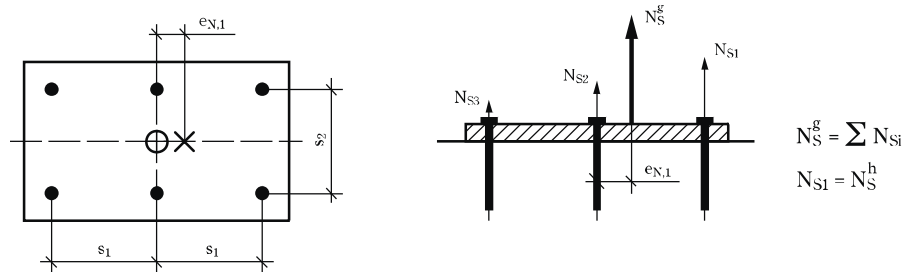
моменты, воздействующие на крепление, которые распределяются между нагрузками на вырыв и срез для каждого анкера группы. Такое распределение должно рассчитываться согласно теории эластичности.

4.2.1. Нагрузка на вырыв

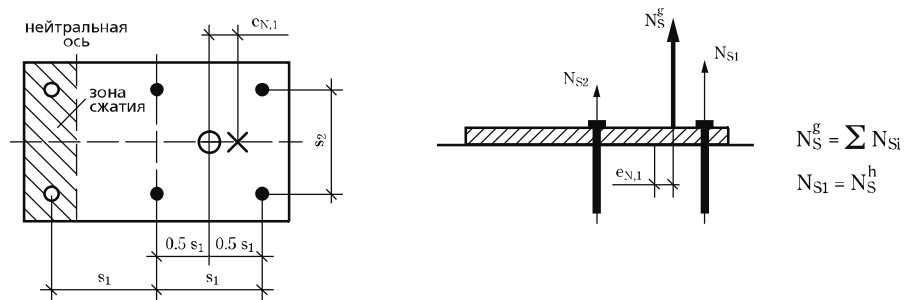
Нагрузка на вырыв, воздействующая на каждый анкер в результате нагрузок и изгибающего момента рассчитывается в соответствии с теорией эластичности с использованием следующих предположений:

- a) Анкер не деформируется при расчетных нагрузках. Для подтверждения данного предположения анкер должен быть достаточно прочным и его конструкция должна быть выполнена в соответствии со стандартами для стальных конструкций и соответствующими характеристиками прочности.
- b) Жесткость анкера соответствует коэффициенту прочности стали. Коэффициент прочности бетона приводится в пункте 1.
Для простоты расчета можно использовать следующее значение: $E_c = 30000 \text{ Н/мм}^2$
- c) В зоне сжатия анкер не участвует в передаче нормальных нагрузок (см. рис. 4.1b). В тех случаях, когда анкер не обладает достаточной жесткостью, при расчете воздействующих нагрузок должен учитываться коэффициент гибкости.

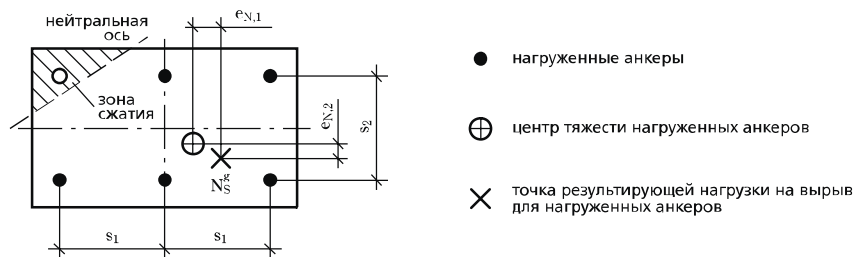
В группе анкеров с различными уровнями нагрузки, N_{Si} воздействует на каждый анкер. Для более точного расчета сопротивления группы анкеров, эксцентриситет e_n и суммарная нагрузка на вырыв N_S^g рассчитывается для всей группы (см. рис. 4.1).



a) эксцентриситет в одном направлении, на все анкеры воздействует нагрузка на вырыв



b) эксцентриситет в одном направлении, на часть анкеров в группе воздействует нагрузка на вырыв



c) эксцентриситет в двух направлениях, на часть анкеров в группе воздействует нагрузка на вырыв

Рисунок 4.1 Пример анкеров, испытывающих эксцентрическую нагрузку на вырыв N_g

Если нагруженные анкеры не образуют прямоугольный шаблон, то для простоты расчета можно преобразовать группу нагруженных анкеров в прямоугольник (тогда центр тяжести нагруженных анкеров будет находиться в центре оси на рис 4.1с).

4.2.2. Нагрузка на срез

4.2.2.1. Распределение нагрузок при срезе

Для определения нагрузки на срез и момента затяжки должны быть рассмотрены следующие параметры:

- a) Все анкеры испытывают нагрузку на срез, если диаметр отверстия в прикрепляемой детали не больше приведенного в таблице 4.1, а краевой отступ больше, чем h_{ef} (см. рис. 4.2 а-с).

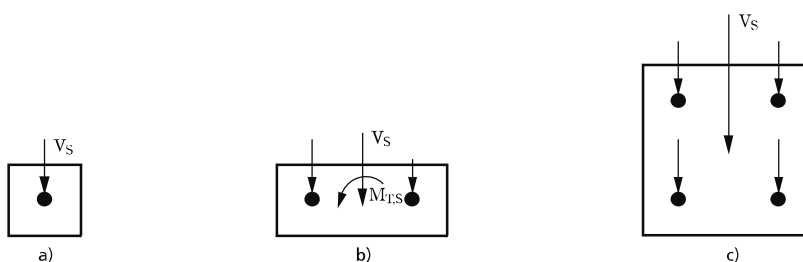


Рисунок 4.2 Пример распределения нагрузок, когда на все анкеры воздействует нагрузка на срез

- b) В самых неблагоприятных случаях анкеры могут испытывать нагрузку на срез, если краевой отступ меньше чем $10 h_{ef}$ (вне зависимости от диаметра отверстия в прикрепляемой детали) (см. рис. 4.3) или диаметр отверстия в прикрепляемой детали больше, чем значения приведенные в таблице 4.1 (вне зависимости от краевого отступа) (см. рис. 4.4 а и b).

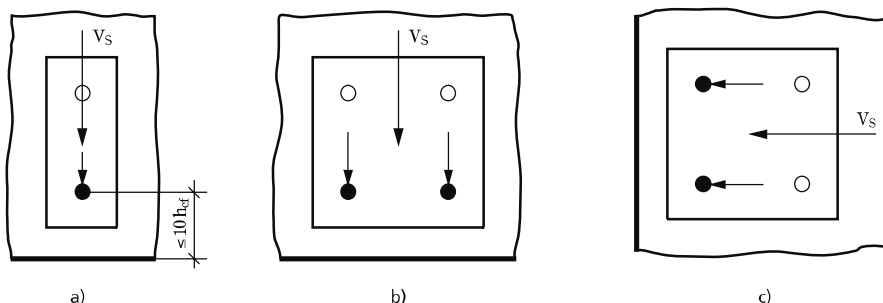


Рисунок 4.3 Пример распределения нагрузок при небольшом краевом отступе

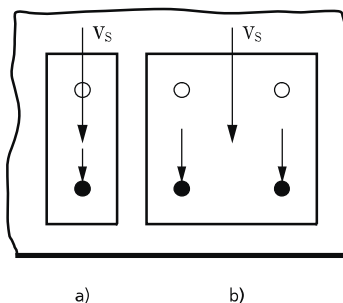


Рисунок 4.4 Пример распределения нагрузок, если диаметр отверстия больше значения, приведенного в табл. 4.1

- с) Овальные отверстия в направлении нагрузки на срез предотвращают воздействие срезающей нагрузки на анкер. Это может использоваться при небольших краевых расстояниях (см. рис. 4.5)

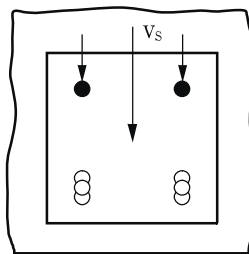


Рисунок 4.5 Пример распределения нагрузок для крепления с овальными отверстиями

Таблица 4.1 Диаметр отверстия

внешний диаметр анкера (мм) d^* или $d_{ном}^{**}$	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
диаметр отверстия в прикрепляемой детали (мм) d_f	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33

*) если болт плотно прилегает к прикрепляемому материалу

**) если гильза плотно прилегает к прикрепляемому материалу

В группе анкеров с различными уровнями нагрузки, V_{si} воздействует на каждый анкер. Для более точного расчета сопротивления группы анкеров, эксцентриситет e_n и суммарная нагрузка на срез V_S^g рассчитываются для всей группы (см. рис. 4.6)

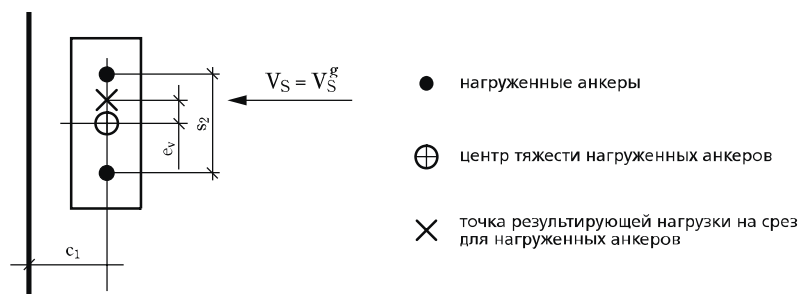


Рисунок 4.6 Пример анкерного крепления, испытывающего нагрузку на срез с эксцентриситетом

4.2.2.2. Нагрузки на срез без учета плеча рычага

Срезающие нагрузки, воздействующие на анкера могут воздействовать без плеча рычага, если выполняются два следующих условия:

- Прикрепляемая деталь должна быть абсолютно жестким элементом и прикрепляться непосредственно к бетону без промежуточного слоя или с промежуточным слоем раствора толщиной ≤ 3 мм.
- Прикрепляемая деталь должна быть в контакте с анкером на всю свою толщину.

4.2.2.3. Нагрузки на срез с учетом плеча рычага

В случае, если условия а) и б) не могут быть выполнены, плечо рычага считается в соответствии с уравнением (4.2) (см. рис. 4.7)

$$L = a_3 + e_1 \quad (4.2)$$

где:

e_1 – расстояние между нагрузкой на срез и поверхностью бетона

$a_3 = 0.5 d$

$a_3 = 0$, если установлена дополнительная гайка (см. рис. 4.7b)

d – номинальный диаметр анкера или диаметр резьбы (см. рис. 4.7a)

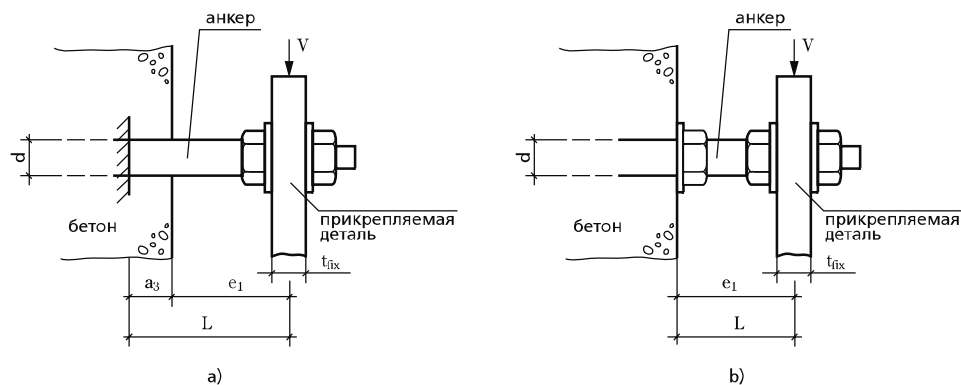


Рисунок 4.7 Определение плеча рычага

Расчетный момент, действующий на анкер, определяется по уравнению (4.3)

$$M_{sd} = V_{sd} \cdot \frac{L}{\alpha_M} \quad (4.3)$$

Значение α_M зависит от степени ограничения анкера со стороны прикрепляемой детали и должно определяться исходя из опыта работы инженеров.

Нет ограничения ($\alpha_M = 1.0$) если прикрепляемая деталь может свободно вращаться (см. рис. 4.8a). Подобный вид крепления безопасен.

Полное ограничение ($\alpha_M = 2.0$) если прикрепляемая деталь не может вращаться (см. рис. 4.8b) и отверстие в детали меньше значений, приведенных в таблице 4.1 или анкер прикреплен к детали гайкой с шайбой (см. рис. 4.7). Если ограниченность анкера определена, то крепление должно выдержать ограничивающий момент.

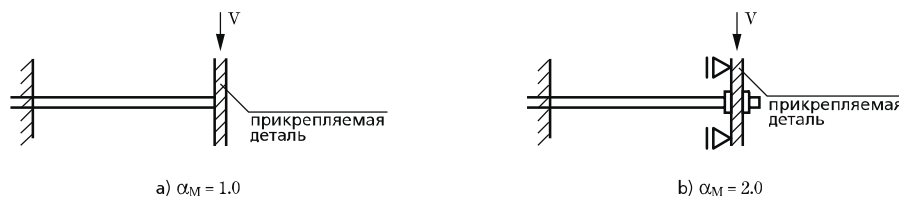


Рисунок 4.8 Крепление без ограничителя (a) и с ограничителем (b)

5. Предельные минимальные значения

5.1. Общее

Для расчета предельных минимальных значений существует три метода расчетов. Общие требования для всех методов и список необходимых тестов приведены в таблице 5.1. В пункте 5.2 описывается метод расчета А, в пунктах 5.3 и 5.4 – упрощенные варианты методов расчета В и С. Необходимый метод расчета описан в соответствующем ЕТА.

В соответствии с уравнением (3.1) указывается значение нагрузки, равное расчетному сопротивлению или меньше его. Характеристические значения анкера должны быть использованы для расчета сопротивления в минимальном значении в соответствии с ЕТА.

Межосевые и краевые расстояния, также как и толщина бетона, не должны быть минимальными.

Расстояния между внешними анкерами соседних групп или расстояния между отдельными анкерами должно быть $a > s_{cr,N}$ (расчетный метод А) или s_{cr} соответственно (расчетные методы В и С).

Таблица 5.1 Общие требования расчетных методов и необходимые тесты для допустимых условий эксплуатации

Метод расчета	Бетон с трещинами и без	Бетон без трещин	Характеристическое сопротивление		Тесты в соответствии с приложением В Вариант
			С 20/25	от С 20/25 до С 50/60	
А	•			•	1
	•		•		2
		•		•	7
		•	•		8
В	•			•	3
	•		•		4
		•		•	9
		•	•		10
С	•			•	5
	•		•		6
		•		•	11
		•	•		12

5.2. Метод расчета А

5.2.1. Общее

В расчетном методе А приведено уравнение (3.1) для всех направлений нагрузки (на вырыв, на срез), а также для различных видов разрушений (разрушение стали, вырыв анкера, разрушение бетона).

В случае комбинированных нагрузок, нагрузок на срез (косонаправленных нагрузок) условия взаимодействия см. в пункте 5.2.4.

Кубическая прочность бетона в уравнении (5.2а) и (5.7а) принимается $f_{ck,cubic} = 25 \text{ Н/мм}^2$.

5.2.2. Сопротивление нагрузкам на вырыв

5.2.2.1. Необходимые условия

	один анкер	группа анкеров	
разрушение стали	$N_{Sd} \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	–
вырыв анкера	$N_{Sd} \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	–
вырыв конуса	$N_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$	–	$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$
раскалывание	$N_{Sd} \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$	–	$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$

5.2.2.2. Разрушение по стали

Характеристическое значение сопротивления анкера в случае разрушения по стали $N_{Rk,s}$, приводится в соответствующем ЕТА.

Значение $N_{Rk,s}$ вычисляется в уравнении (5.1)

$$N_{Rk,s} = A_s \cdot f_{uk} \quad (5.1)$$

где:

A_s – площадь поперечного сечения анкера (мм²)

f_{uk} – предел прочности стали растяжению

5.2.2.3. Вырыв анкера

Характеристическое значение сопротивления в случае вырыва $N_{Rk,p}$ приводится в соответствующем ЕТА.

5.2.2.4. Вырыв конуса основания

Характеристическое сопротивление анкера или группы анкеров в случае разрушения бетона конусом:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{ucr,N} \quad (5.2)$$

Различные коэффициенты для уравнения (5.2) приводятся ниже:

- а) Исходное значение характеристического сопротивления для бетона с трещинами:

$$N_{Rk,c}^0 = 7.2 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad (5.2a)$$

- б) Геометрический эффект межосевого и краевого расстояния на характеристическое сопротивление определяется соотношением $A_{c,N} / A_{c,N}^0$, где:

$A_{c,N}^0$ – область бетона вокруг одного анкера с большим межосевым и краевым расстоянием, идеализирующий конус бетона до пирамиды с высотой равной h_{ef} и длиной базиса равной $s_{cr,N}$ (см. рис. 5.1).

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad (5.2b)$$

$A_{c,N}$ – область бетона вокруг крепления ограничивается перекрывающимися конусами соседних групп анкеров ($s \leq s_{cr,N}$), а также краевыми отступами ($c \leq c_{cr,N}$). Примеры расчета $A_{c,N}$ приведены на рис. 5.2.

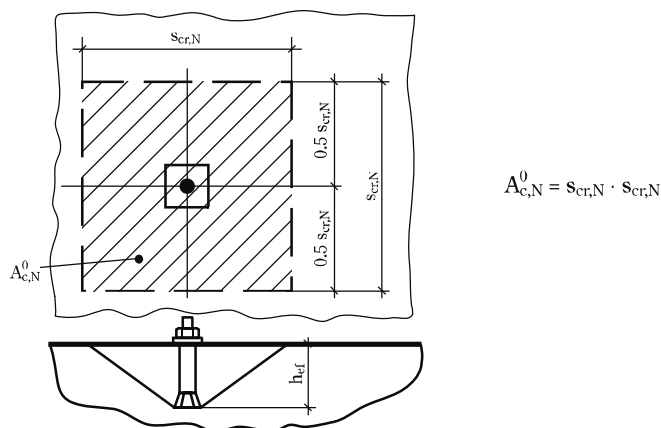
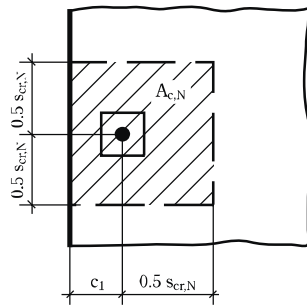


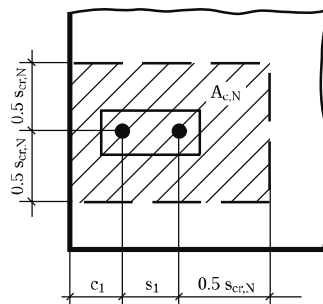
Рисунок 5.1 Идеализированный конус и область $A_{c,N}^0$, конуса одиночного анкера



$$A_{c,N} = (c_1 + 0.5 s_{cr,N}) \cdot s_{cr,N}$$

если $c_1 \leq c_{cr,N}$

а) одиночный анкер у края бетонной плиты

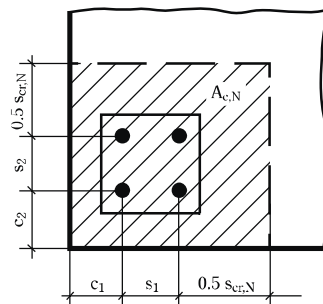


$$A_{c,N} = (c_1 + s_1 + 0.5 s_{cr,N}) \cdot s_{cr,N}$$

если $c_1 \leq c_{cr,N}$

$s_1 \leq s_{cr,N}$

б) группа из двух анкеров у края бетонной плиты



$$A_{c,N} = (c_1 + s_1 + 0.5 s_{cr,N}) \cdot (c_2 + s_2 + 0.5 s_{cr,N})$$

если $(c_1; c_2) \leq c_{cr,N}$

$(s_1; s_2) \leq s_{cr,N}$

в) группа из 4 анкеров в углу бетонной плиты

Рисунок 5.2 Пример зон $A_{c,N}$ идеализированного бетонного конуса при различной установке анкеров, испытывающих осевые нагрузки на вырыв.

- с) Фактор $\psi_{s,N}$ учитывает нарушения распределения нагрузок для бетона. Для креплений с несколькими краевыми расстояниями (например, крепление находится в углу или близко к краю), наименьшее краевое расстояние c , должно учитываться в уравнении (5.2с)

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1 \quad (5.2с)$$

д) Коэффициент скалывания $\psi_{re,N}$, учитывает наличие/отсутствие арматуры

$$\psi_{re,N} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1 \quad (5.2d)$$

Если в зоне крепления находится арматура шагом ≥ 150 мм (любого диаметра) или диаметром ≤ 10 мм и шагом ≥ 100 мм, тогда коэффициент скалывания $\psi_{re,N} = 1.0$ может использоваться независимо от глубины установки.

е) Коэффициент $\psi_{ec,N}$ учитывает эффект группы анкеров, когда различные нагрузки воздействуют на один анкер из группы.

$$\psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + 2e_N / s_{cr,N}} \leq 1 \quad (5.2e)$$

e_N – эксцентриситет результирующей нагрузки, воздействующей на нагруженные анкера (см. п. 4.2.1).

Если есть эксцентриситет в двух направлениях, то $\psi_{ec,N}$ для каждого направления рассчитывается отдельно, а результаты вставляются в уравнение (5.2)

Коэфф. упрощения $\psi_{ec,N} = 1.0$ используется, если наиболее нагруженный анкер проверен по уравнению (3.1) $N_{sd}^h \leq N_{Rk,c}^h / \gamma_{Mc}$, а сопротивление анкера принимается как:

$$N_{Rk,c}^h = N_{rk,c} / n \quad (5.2f)$$

где n – количество нагруженных анкеров

ф) Коэфф. $\psi_{ucr,N}$ учитывает положение крепления в бетоне без трещин или бетоне с трещинами

$$\psi_{ucr,N} = 1.0 \quad (\text{для креплений в бетоне с трещинами}) \quad (5.2g_1)$$

$$\psi_{ucr,N} = 1.4 \quad (\text{для креплений в бетоне без трещин}) \quad (5.2g_2)$$

Фактор $\psi_{ucr,N} = 1.4$ может использоваться только после проверки в каждом отдельном случае, как описано в пункте 4.1, что бетон, в который устанавливается анкер, без трещин.

г) Значения $s_{cr,N}$ и $c_{cr,N}$ описаны в соответствующем ЕТА.

Для испытанных анкеров: $s_{cr,N} = 2$; $c_{cr,N} = 3 h_{ef}$

Особые случаи:

Для креплений с тремя и более краями с краевым отступом $c_{max} \leq c_{cr,N}$ (c_{max} – наибольший краевой отступ) (см. рис. 5.3) используется уравнение (5.2).

Для h_{ef} получают наиболее точные результаты

$$h'_{ef} = \frac{c_{max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef}$$

и вставляют их в уравнение (5.2a) для определения значений $A_{c,N}^0$ и $A_{c,N}$ в соотв. с рисунком 5.1 и 5.2, а также для уравнений (5.2b), (5.2c) и (5.2e).

$$s'_{cr,N} = \frac{c_{max}}{c_{cr,N}} \cdot s_{cr,N}$$

$$c'_{cr,N} = c_{max}$$

для $s_{cr,N}$ или $c_{cr,N}$, соответственно.

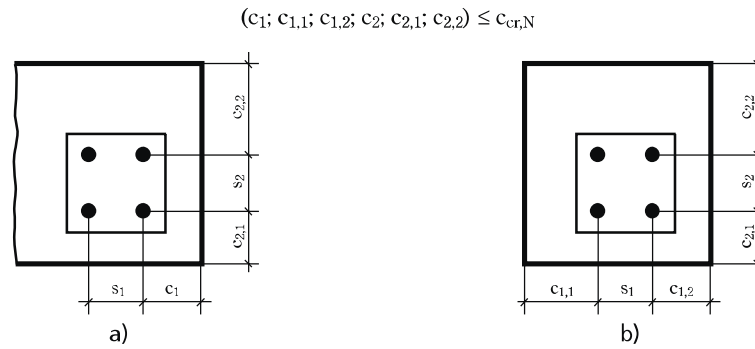


Рисунок 5.3 Примеры крепления в бетоне, где могут использоваться h_{ef} , $s_{cr,N}$ и $c_{cr,N}$

5.2.2.5. Разрушение бетона при установке анкера

Разрушения бетона при установке анкера можно избежать при соблюдении минимальных значений краевого отступа c_{min} , межосевого отступа s_{min} , толщины бетона h_{min} и армирования, описанных в соответствующем ЕТА.

5.2.2.6. Разрушение бетона при нагрузке

- a) Разрушения бетона не произойдет, если краевой отступ во всех направлениях равен $c \geq 1.5 c_{cr,sp}$, а толщина бетона $h \geq 2 h_{ef}$.
- b) Если анкер может использоваться в бетоне с трещинами, расчет характеристического сопротивления разрушения может не производиться, если выполнены следующие два условия:
 - есть армирование, ограничивающее раскрытие трещин до $w_k \sim 0.3$ мм, учитывая разрушающую нагрузку в соответствии с п. 7.3.
 - характеристическое сопротивление на вырыв конуса и на вырыв анкера рассчитывается для бетона с трещинами.

Если условия a) или b) не выполняются, характеристическое сопротивление одиночного анкера или группы анкеров в случае разрушения должно рассчитываться по уравнению (5.3).

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{ucr,N} \cdot \psi_{h,sp} \tag{5.3}$$

где:

$N_{Rk,c}^0$, $\psi_{s,N}$, $\psi_{re,N}$, $\psi_{ec,N}$, $\psi_{ucr,N}$ в соответствии с уравнением (5.2а) до (5.2г) и $A_{c,N}^0$, $A_{c,N}$ определенные в (5.2.2.4 б), значения $c_{cr,N}$ и $s_{cr,N}$ должны заменяться $c_{cr,sp}$ и $s_{cr,sp}$.
 $\psi_{h,sp}$ – коэффициент для определения влияния актуальной толщины бетона h на сопротивление разрушению для анкеров.

$$\psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{2h_{ef}} \right)^{2/3} \leq 1.5 \tag{5.3а}$$

Если краевой отступ меньше чем $c_{cr,sp}$, тогда продольное армирование должно быть выполнено по краю бетона.

5.2.3. Сопротивление нагрузкам на срез

5.2.3.1. Необходимые условия

	один анкер		группа анкеров	
разрушение стали, нагрузка на срез без учета плеча рычага	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V_{Sd}^a \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	–	
разрушение стали, нагрузка на срез с учетом плеча рычага	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V_{Sd}^n \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	–	
разрушение бетона на срез	$V_{Sd} \leq N_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$	–	$V_{Sd}^c \leq N_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$	
краевое разрушение бетона	$V_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$	–	$V_{Sd}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$	

5.2.3.2. Разрушение по стали

- а) Нагрузка на срез без учета плеча рычага
 В случае разрушения стали характеристическое сопротивление анкера $V_{Rk,s}$ берется из соответствующего ЕТА.

Значение $V_{Rk,s}$ для анкеров, в соответствии с уравнением (5.4)

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{tk} \quad (5.4)$$

где:

A_s – площадь поперечного сечения анкера (мм²)

f_{tk} – предел прочности стали растяжению

Уравнение (5.4) не используется для анкеров со значительно уменьшенной зоной расклинивания болта (в случае с расклинивающими анкерами).

Для группы анкеров характеристическое сопротивление на срез, приведенное в соответствующем ЕТА, должно быть умножено на коэффициент 0.8, если анкер изготовлен из стали с низкой пластичностью (при линейном удлинении $A_{5} \leq 8\%$)

- б) Нагрузка на срез с учетом плеча рычага
 Характеристическое сопротивление анкера $V_{Rk,s}$ приводится в уравнении (5.5)

$$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{L} \quad (5.5)$$

где:

α_M – см. 4.2.2.3

L – плечо рычага в соответствии с уравнением (4.2)

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot (1 - N_{Sd} / N_{Rd,s}) \quad (5.5a)$$

где:

$N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$

$N_{Rk,s} \cdot \gamma_{Ms}$ – берется из соответствующего ЕТА

$M_{Rk,s}^0$ – характеристическое сопротивление изгибу одиночного анкера

Характеристическое сопротивление изгибу $M_{Rk,s}^0$ берется из соответствующего ЕТА

Значение $M_{Rk,s}^0$ вычисляется из уравнения (5.5b):

$$M_{Rk,s}^0 = 1.2 \cdot W_{el} \cdot f_{tk} \quad (5.5b)$$

где W_{el} - момент сопротивления сечения анкера

Уравнение (5.5b) используется только для анкеров со значительно уменьшенной зоной расклинивания.

5.2.3.3. Разрушение бетона от поперечной нагрузки

Анкеры с небольшой глубиной посадки могут служить причиной разрушения бетона на стороне, противоположной направлению нагрузки (см. рис. 5.4). Соответствующее характеристическое сопротивление $V_{Rk,cp}$ определяется по уравнению (5.6).

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} \quad (5.6)$$

где k – коэффициент из соответствующего ЕТА

$N_{Rk,c}$ в соответствии с 5.2.2.4 определяется для анкеров, нагруженных на срез.

Для анкеров, испытывающих нагрузку на вырыв, могут использоваться следующие коэффициенты:

$$k = 1; h_{ef} < 60 \text{ мм} \quad (5.6a)$$

$$k = 2; h_{ef} \geq 60 \text{ мм} \quad (5.6b)$$

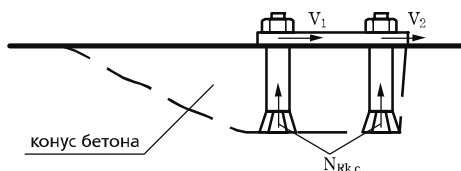


Рисунок 5.4 Разрушение бетона со стороны, противоположной направлению нагрузки

5.2.3.4. Разрушение края бетона

Для креплений, показанных на рисунке 1.1 с краевым отступом во всех направлениях $c \geq 10 h_{ef}$, расчет характеристического разрушения края бетона может опускаться.

Характеристическое сопротивление для анкера или группы анкеров в случае разрушения бетона конусом у края соответствует следующему:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{ucr,V} \quad (5.7)$$

Различные коэффициенты для уравнения (5.7) приводятся ниже:

- a) Начальное значение характеристического сопротивления анкера, установленного в бетон с трещинами с нагрузкой перпендикулярной краю, соответствует:

$$V_{Rk,c}^0 = 0.45 \cdot \sqrt{d_{ном}} \cdot (l_f / d_{ном})^{0.2} \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1.5} \quad (5.7a)$$

- b) Влияние геометрического эффекта краевых и межосевых расстояний, толщины бетона на характеристическое значение принимается в следующем соотношении: $A_{c,V} / A_{c,V}^0$, где:

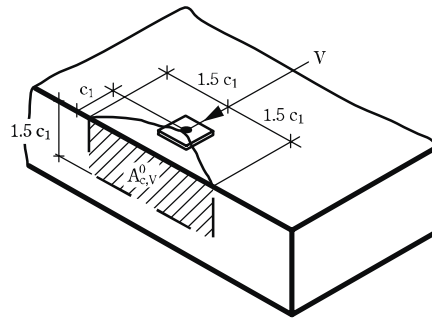
$A_{c,V}^0$ – зона бетонного конуса для одиночного анкера на боковой поверхности бетона, не испытывающая краевых влияния параллелей на предполагаемое направление нагрузки, толщину бетона или соседние анкеры, предполагаемая зона разрушения принимается как часть пирамиды, с высотой, равной c_1 и длиной основания $1.5 c_1$ и $3 c_1$

$$A_{c,V}^0 = 4.5 c_1^2 \quad (5.7b)$$

$A_{c,V}$ – зона бетонного конуса на боковой поверхности бетона. Ограничена перекрывающимися друг друга конусами соседних анкеров ($s \leq 3 c_1$), а также краями, параллельными направлению нагрузки ($c_2 \leq 1.5 c_1$) и толщиной бетона ($h \leq 1.5 c_1$). Примеры расчета $A_{c,V}$ приведены на рис. 5.6.

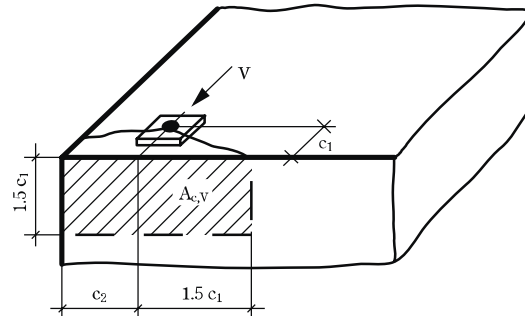
Для расчета $A_{c,V}^0$ и $A_{c,V}$ предполагается, что срезающая нагрузка воздействует перпендикулярно краю бетонной плиты.

Для анкеров, установленных у края, значения сопротивлений обоих краев должны рассчитываться дополнительно и меньшее значение является правильным.



$$A_{c,V}^0 = (2 \cdot 1.5 c_1) \cdot 1.5 c_1 = 4.5 c_1 \cdot c_1$$

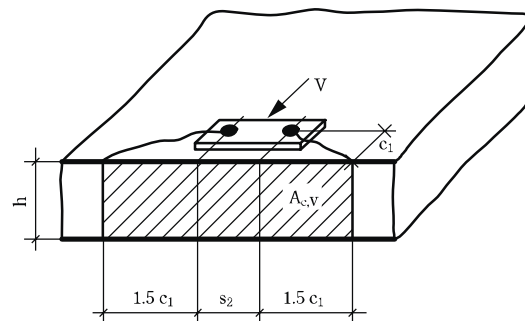
Рисунок 5.5 Идеализированный конус и зона $A_{c,V}^0$ конуса для одиночного анкера



$$A_{c,V} = 1.5 c_1 \cdot (1.5 c_1 + c_2)$$

$h > 1.5 c_1$
 $c_2 \leq 1.5 c_1$

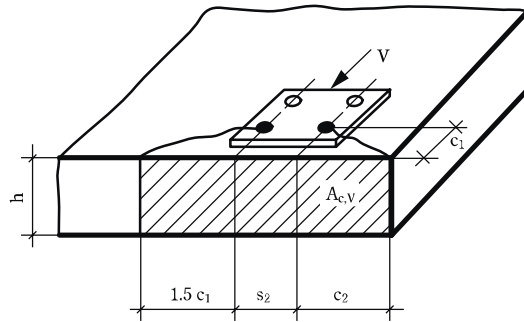
а) одиночный анкер в угловом расположении



$$A_{c,V} = (2 \cdot 1.5 c_1 + s_2) \cdot h$$

$h \leq 1.5 c_1$
 $s_2 \leq 3 c_1$

б) группа анкеров у края тонкой бетонной плиты



$$A_{c,v} = (1.5 c_1 + s_2 + c_2) \cdot h$$

$$h \leq 1.5 c_1$$

$$s_2 \leq 3 c_1$$

$$c_2 \leq 1.5 c_1$$

с) группа анкеров в угловом расположении в тонкой бетонной плите

Рисунок 5.6 Пример зон идеализированного конуса бетона для различных анкеров при срезающей нагрузке

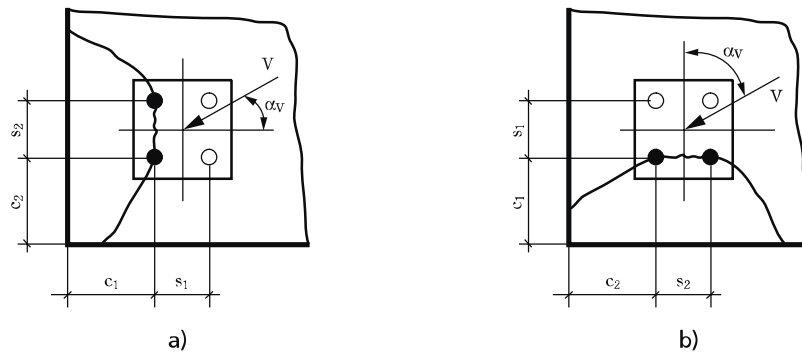


Рисунок 5.7 Пример установки группы анкеров в углу бетонной плиты, испытывающих срезающую нагрузку, где сопротивление рассчитывается с двух сторон.

- с) Коэффициент $\psi_{s,v}$ учитывает нарушение распределения нагрузок из-за удаленности края бетона при сопротивлении нагрузке на срез. Для креплений с двумя краями, параллельными предполагаемому направлению нагрузки (например, на узкой зоне бетона), наименьший краевой отступ участвует в уравнении (5.7с):

$$\psi_{s,v} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5 c_1} \leq 1 \quad (5.7c)$$

- d) Коэффициент $\psi_{h,v}$ учитывает непропорциональность снижения нагрузки на срез по отношению к бетону и определяется соотношением $A_{c,v} / A_{c,v}^0$.

$$\psi_{h,v} = \left(\frac{1.5 c_1}{h} \right)^{1/3} \geq 1 \quad (5.7d)$$

- e) Коэффициент $\psi_{\alpha,v}$ учитывает угол α_v между прилагаемой нагрузкой $V_{s,lr}$ и направлением, перпендикулярным свободному углу (см. рис. 5.8)

$$\begin{aligned} \psi_{\alpha,V} &= 1.0 && \text{для } 0^\circ \leq \alpha_V \leq 55^\circ && \text{зона 1} \\ \psi_{\alpha,V} &= \frac{1}{\cos\alpha + 0.5 \cdot \cos\alpha_V} && \text{для } 55^\circ \leq \alpha_V \leq 90^\circ && \text{зона 2} \\ \psi_{\alpha,V} &= 2.0 && \text{для } 90^\circ \leq \alpha_V \leq 180^\circ && \text{зона 3} \end{aligned} \quad (5.7e)$$

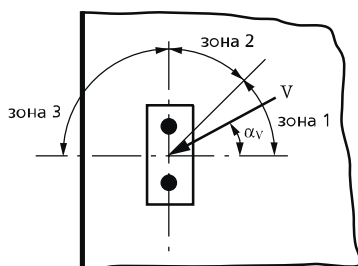


Рисунок 5.8 Определение угла α_V

- f) Коэффициент $\psi_{ec,V}$ учитывает воздействие различных нагрузок на срез на один анкер из группы.

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + 2e_V / 3c_1} \leq 1 \quad (5.7f)$$

где e_V – эксцентриситет результирующей нагрузки на срез, действующей на анкеры (см. 4.2.2).

Для упрощения расчетов, фактор $\psi_{ec,V} = 1,0$ может опускаться, если наиболее нагруженный анкер проверен в соответствии с уравнением (3.1.) ($V_{sd}^h \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$), а сопротивление данного анкера принимается как:

$$V_{Rk,c}^h = N_{Rk,c} / n \quad (5.7g)$$

где n – количество нагруженных анкеров.

- g) Коэффициент $\psi_{ucr,V}$ учитывает влияние расположения крепления в бетоне с трещинами и без трещин или тип используемого армирования, используемого в бетоне.

$\psi_{ucr,V} = 1.0$ – крепление в бетоне с трещинами без армирования у края
 $\psi_{ucr,V} = 1.2$ – крепление в бетоне с трещинами с продольным армированием края ($\geq \varnothing 12$ мм)
 $\psi_{ucr,V} = 1.4$ – крепление в бетоне с трещинами с армированием края бетона продольными каркасами с поперечной арматурой (шаг арматуры ≤ 100 мм), крепление в бетоне без трещин протестировано в соответствии с п. 4.1.

Особые случаи:

Для крепления в узком отрезке тонкого бетона с $c_{2,max} \leq 1.5 c_1$ ($c_{2,max}$ – наибольшее из двух краевых отступов, параллельных направлению нагрузки) и $h \leq 1.5 c_1$ см. рис. 5.9 для расчета в соответствии с уравнением (5.7).

Наиболее точные результаты можно получить из уравнений с (5.7a) по (5.7f), а также определение зон $A_{c,V}^h$ и $A_{c,V}$ в соответствии с рисунками 5.5 и 5.6 краевой отступ c_1 заменяется значениями $c_1' \cdot c_1'$ и наибольшим из двух значений $c_{max} / 1.5$ и $h / 1.5$, соответственно.

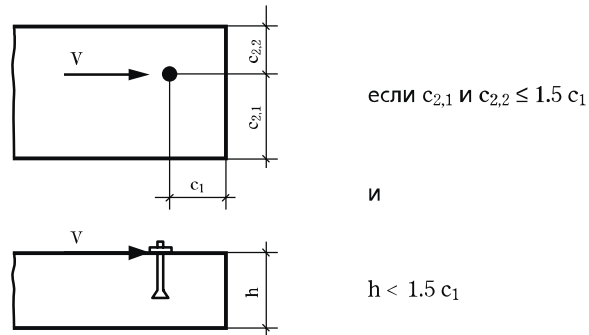


Рисунок 5.9 Пример крепления в узкой бетонной балке, где используется c'_1

5.2.4. Сопротивление комбинированным нагрузкам

Для определения комбинированных нагрузок используйте следующие уравнения (см. рис. 5.10):

$$\beta_N \leq 1.0 \tag{5.8a}$$

$$\beta_V \leq 1.0 \tag{5.8b}$$

$$\beta_N + \beta_V \leq 1.2 \tag{5.8c}$$

где β_N (β_V) соотношение между расчетной нагрузкой и расчетным сопротивлением нагрузке (на срез). В уравнениях (5.8) наибольшее значение β_N и β_V используется для различных видов разрушений (см. п.п. 5.2.2.1 и 5.2.3.1)

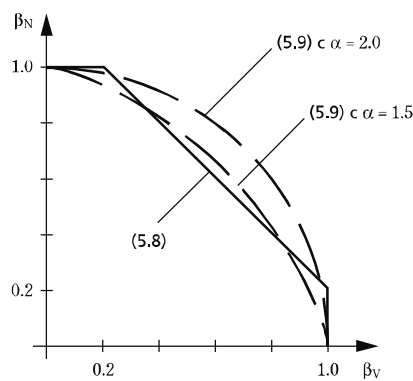


Рисунок 5.10 Диаграмма взаимодействия комбинированных нагрузок

Из уравнений с (5.8a) по (5.8c) можно получить наиболее безопасный результат расчетов. Наиболее точные данные можно получить из уравнения (5.9)

$$(\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha \leq 1.0 \tag{5.9}$$

где:

β_N, β_V – см. уравнения (5.8)

$\alpha = 2.0$ – если $N_{кд}$ и $V_{кд}$ определяются разрушением стали

$\alpha = 1.5$ – для других видов разрушений

5.3. Метод расчета В

Метод расчета В основывается на упрощенном расчете, при котором расчетное значение характеристического сопротивление считается независимо от направления нагрузки и вида разрушения.

Для групп анкеров наиболее нагруженный анкер рассчитывается по уравнению (3.1).

Расчетное сопротивление F_{Rd}^0 может использоваться без изменений, если межосевое расстояние s_{cr} и краевой отступ c_{cr} соблюдаются. F_{Rd}^0 , s_{cr} и c_{cr} приведены в соответствующем ЕТА.

Расчетное сопротивление рассчитывается по уравнению (5.10), если фактическое значение межосевого и краевого расстояния меньше, чем значения s_{cr} и c_{cr} и больше или равно s_{min} и c_{min} , приведенных в ЕТА.

$$F_{Rd} = \frac{1}{n} \cdot \frac{A_c}{A_c^0} \cdot \psi_s \cdot \psi_{re} \cdot \psi_{ucr} \cdot F_{Rd}^0 \quad (5.10)$$

где n – количество нагруженных анкеров.

Эффект межосевого и краевого расстояний учитывается коэффициентом A_c / A_c^0 и ψ_s . Коэффициент A_c / A_c^0 рассчитывается в соответствии с п. 5.2.2.4b, коэффициент ψ_s рассчитывается в соответствии с п. 5.2.2.4c с замещением $s_{cr,N}$ и $c_{cr,N}$ на s_{cr} и c_{cr} . Наличие армирования и бетона без трещин учитывается коэффициентами ψ_{re} и ψ_{ucr} . Коэффициент ψ_{re} рассчитывается в соответствии с п. 5.2.2.4d, коэффициент ψ_{ucr} в соответствии с п. 5.2.2.4f.

В случае воздействия нагрузки на срез с учетом плеча рычага, характеристическое сопротивление анкера рассчитывается в соответствии с уравнением (5.5), замещая $N_{Rd,s}$ на F_{Rd}^0 в уравнении (5.5a). Наименьшее значение F_{Rd} в уравнении (5.10) или значение $V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$ в уравнении (5.5) является определяющим.

5.4. Метод расчета С

Метод расчета С основывается на упрощенном подходе к расчету, при котором определяется только значение расчетного сопротивления F_{Rd} вне зависимости от направления нагрузки или вида разрушения. Фактическое межосевое и краевое расстояние должно равняться или превосходить значения s_{cr} и c_{cr} , или F_{Rd}^0 , s_{cr} и c_{cr} , приведенны в соответствующем ЕТА.

При воздействии нагрузки на срез с учетом плеча рычага, характеристическое сопротивление анкера должно рассчитываться по уравнению (5.5), замещая $N_{Rd,s}$ на F_{Rd} в уравнении (5.5a).

Наименьшее значение F_{Rd} или $V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$ является определяющим в уравнении (5.5).

6. Предельный срок эксплуатации

6.1. Сдвиги

Характеристические сдвиги для анкеров, испытывающих различные нагрузки на вырыв и срез, приведены в соответствующем ЕТА. Можно предположить, что сдвиги являются линейной функцией прикладываемой нагрузки. В случае комбинированных нагрузок на вырыв и срез, сдвиги для составляющих результирующей нагрузки должны добавляться геометрически.

При воздействии срезающей нагрузки, должно учитываться воздействие на отверстие в бетоне и вероятность сдвига.

6.2. Нагрузки на срез с переменными значениями

Если нагрузка меняет значение несколько раз, необходимо произвести дополнительные расчеты для избежания разрушения стали анкера (например, срезающая нагрузка может передаваться трением от крепления к бетону (например из-за достаточно высокого постоянного усилия предварительного напряжения болта)).

Нагрузки на срез с переменными значениями могут появляться из-за температурных колебаний в бетоне (например, фасады). Хотя, в большинстве случаев, подобные конструкции не подвергаются значительным нагрузкам на срез из-за устойчивости к деформациям. При срезающей нагрузке с учетом плеча рычага (дистанционные установки) давление на бетон при изгибе для наиболее нагруженного анкера составляет $\Delta\sigma = \max\sigma - \min\sigma$ для предельного срока эксплуатации с ограниченными температурными колебаниями давление на бетон не должно превышать 100 Н/мм^2 .

7. Дополнительные проверки сопротивления бетона

7.1. Общее

Проверка передачи нагрузки от анкера к бетону осуществляется при помощи методов расчета, описанных в данном документе.

Передача нагрузки от анкера к основанию бетона рассчитывается при помощи предельной нагрузки и предельного срока эксплуатации. Для этих целей обычная проверка производится с учетом нагрузок, воздействующих на анкеры. Для такой проверки приводятся дополнительные условия в п.п. 7.2 и 7.3.

В случае, если краевой отступ анкера меньше, чем характеристический краевой отступ $c_{cr,N}$ (метод расчета А) или c_{cr} (методы расчета В и С), тогда продольное армирование должно находиться в зоне установки анкера. Диаметр арматуры должен быть $\geq \varnothing 6$ А-1.

Анкерные нагрузки будут передаваться сборным железобетонным конструкциям только в том случае, если край бетонной конструкции усилен поперечным армированием для срезающей нагрузки. Если поперечное армирование в монолитном железобетоне и сборных конструкциях отсутствует, анкер должен быть установлен с эффективной глубиной посадки h_{ef} .

Подвесные потолки и похожие подвесные конструкции могут устанавливаться в сборные железобетонные конструкции с нагрузкой на одну точку до 1.0 кН/м^2 .

7.2. Сопротивление бетона нагрузкам на срез

Срезающие нагрузки $V_{Sd,a}$, вызванные анкерными нагрузками, не должны превышать значение:

$$V_{Sd,a} = 0.4 V_{Rd1} \quad (7.1)$$

где V_{Rd1} – сопротивление на срез в соответствии с Еврокод 2 (Европейские строительные нормы).

При расчете $V_{Sd,a}$ анкерные нагрузки должны рассчитываться как сосредоточенные нагрузки с шириной применения $t_1 = s_{11} + 2 h_{ef}$ и $t_2 = s_{12} + 2 h_{ef}$, где s_{11} (s_{12}) расстояния между внешними анкерами группы анкеров в направлении 1 (2). Действительная ширина рабочей зоны, через которую передается нагрузка, должна рассчитываться в соответствии с теорией эластичности.

Уравнение (7.1) может не использоваться, если выполняются следующие условия:

- а) Срезающие усилия V_{Sd} соответствует расчетным нагрузкам на анкер

$$V_{Sd} \leq 0.8 V_{Rd1} \quad (7.2)$$

- б) При характеристических нагрузках результирующая нагрузка на вырыв нагруженных анкеров соответствует $N_{Sk} \leq 30 \text{ кН}$. Расстояние a , между самыми удаленными анкерами соседних групп или между внешними анкерами группы или одиночными анкерами, отвечает уравнению (7.3):

$$a \geq 200 \cdot \sqrt{N_{Sk}} \quad (7.3)$$

- в) Расстояние от одиночного анкера до наиболее удаленного анкера группы должно быть не меньше, чем h_{ef} . Если при характеристических воздействиях результирующая нагрузка на вырыв нагруженных анкеров соответствует $N_{Sk} \geq 60 \text{ кН}$, тогда глубина установки должна составить $h_{ef} \geq 0.8 h$.

Таблице 7.1 Необходимые проверки для обеспечения требуемого сопротивления на срез

Результирующее значение срезающей нагрузки для бетона с учетом нагрузки на группу анкеров	Расстояние между одиночным анкером и группой анкеров	N_{Sk} (кН)	Подтверждение результирующей срезающей нагрузки на группу анкеров	
$V_{Sd} \leq 0.8 V_{Rd1}$	$a \geq s_{cr,N}^{(1)} (s_{cr})^{(2)}$	≤ 60	не требуется	
$V_{Sd} > 0.8 V_{Rd1}$	$a \geq s_{cr,N}^{(1)} (s_{cr})^{(2)}$	$a \geq 200 \cdot \sqrt{N_{Sk}}$	≤ 30	не требуется
			≤ 60	требуется: $V_{Sd,a} \leq 0.4 V_{Rd1}$ или дополнительное армирование или $h_{ef} \geq 0.8 h$
		> 60	не требуется, но необходимо дополнительное армирование, $h_{ef} \geq 0.8 h$	

1) Метод расчета А

2) Метод расчета В и С

7.3. Сопротивление бетона раскалыванию

При расчете бетона должны учитываться раскалывающие нагрузки. Данное правило может не применяться, если выполняется одно из следующих условий:

- Зона передачи нагрузки находится в зоне сжатия бетона.
- Нагрузка на вырыв N_{Sk} , действующая на крепление (одиночный анкер или группу анкеров) должна быть меньше 10 кН.
- Нагрузка на вырыв N_{Sk} не превышает 30 кН. На крепления, установленные в стены или сборные железобетонные конструкции действует сосредоточенное усилие, находящееся в зоне крепления. Зона поперечного армирования должна быть не меньше 60 % продольного армирования, необходимого для устойчивой работы анкеров.

Если характеристическая нагрузка на вырыв, действующая на крепление, составляет $N_{Sk} \geq 30$ кН и анкера находятся в растянутой зоне бетона, то раскалывающее усилие воспринимается армированием. Соотношение между раскалывающей нагрузкой $F_{Sp,k}$ и характеристической нагрузкой на вырыв N_{Sk} или N_{Rd1} (анкеры с контролируемым сдвигом) соответственно, принимается как:

$F_{Sp,k} = 1.5 N_{Sk}$ – анкеры с контролируемым расклиниванием (SL, SZ, BZ, B)

$F_{Sp,k} = 2.0 N_{Rd1}$ – анкеры с контролируемой деформацией (E)

$F_{Sp,k} = 0.5 N_{Sk}$ – клеевые анкеры (VA, VM)