

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

1	Введение	320
2	Области применения	320
3	Основные принципы	321
4	Коэффициенты запаса прочности	322
5	Тяговая нагрузка	322
6	Поперечная нагрузка	326
7	Комбинированная тяговая и поперечная нагрузка	330
8	Дополнительные требования для обеспечения несущей способности бетонного основания	331
	Литература	332

A

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

1. Введение

Несущая способность креплений определяется множеством факторов. Наиболее важными из них являются прочность бетона, расстояние до соседних анкеров и свободных краев конструктивных элементов основы, а также напряженное состояние основы анкера (нерастянутое или растянутое). Их воздействие может весьма широко варьироваться в зависимости от направления действующей нагрузки (поперечной, тяговой, комбинированной из поперечной и тяговой нагрузки). Например, несущая способность анкеров, на которые краевые расстояния не оказывают влияния, при осевой тяговой нагрузке может снижаться за счет растяжения основы и трещинообразования в большей степени, чем несущая способность аналогичных анкеров, подвергающихся воздействию поперечной нагрузки. С другой стороны, наличие свободного края строительного элемента оказывает более значительное влияние на несущую способность анкеров при поперечной нагрузке, чем при растягивающей.

Сочетание отдельных факторов оказывает большее влияние на эксплуатационные характеристики анкеров, чем каждый из параметров по отдельности. Это может быть ярко продемонстрировано на следующем примере. У анкеров, установленных в высокопрочном бетоне при большом осевом расстоянии друг от друга с тяговыми нагрузками, обычно происходит разрушение по стали. Уменьшение осевого расстояния не оказывает заметного эффекта, и осевое расстояние не влияет на

несущую способность. Однако когда осевое расстояние между соседними анкерами становится таким малым, что разрушающая нагрузка на бетон независимо от его класса прочности становится меньше, чем разрушающая нагрузка по стали, в связи с уменьшением расстояния происходит разрушение бетона.

Для определения оптимальных эксплуатационных характеристик анкеров и одновременно экономических их параметров необходимо дифференцировать направление воздействия нагрузки и вид разрушения. СС-Метод (Concrete Capacity-Method. Метод несущей способности бетона), описываемый ниже, базируется на положении, излагаемом в /1, 2/. Подробно этот метод был описан в /3, 4/ и опубликован в /5, 6/. Дальнейшая разработка была проведена исследовательской группой СЕВ (Comité Euro-International du Béton, Международный европейский комитет по бетонам), а результаты были опубликованы в Информационном бюллетене /7/. В настоящее время признано, что данная концепция проектирования становится общепринятой на международном уровне и применяется все более широко. На этом основании она включена в Технический Справочник fischer.

2. Области применения

СС-Метод рекомендуется Техническим Справочником fischer для анкеров с внутренним упором, для стальных распорных анкеров с контролируемым распором, а также для химических анкеров. Он может использоваться для

Рисунок 1а: Крепления на достаточном расстоянии от краев детали (краевое расстояние $\geq 10 h_{ef}$) в соответствии с СС-Методом.

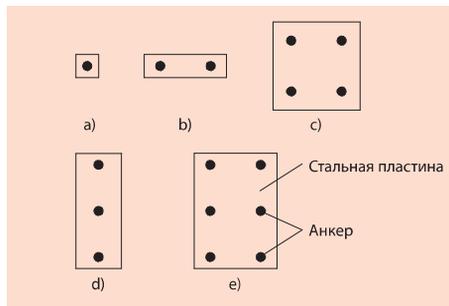
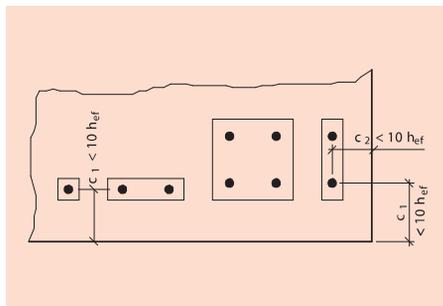


Рисунок 1б: Крепления, расположенные вблизи краев детали (расстояние от края $< 10 h_{ef}$) в соответствии с СС-Методом.



A

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

отдельных анкеров, пар и групп из 3, 4 или 6 анкеров (крепление на достаточном расстоянии от края), а также для отдельных анкеров, пар и групп из 4 анкеров (крепление при малом краевом расстоянии). Если хотя бы один анкер расположен на расстоянии от края, меньшем, чем десятикратная глубина анкерного крепления hef, имеет место крепление при малом краевом расстоянии (сравни рисунки 1а и 1b).

3. Основные принципы

Расчет для предельной прочности (несущей способности) может быть проведен на основе следующего условия:

$$S_d \leq R_d \quad (1)$$

где S_d представляет собой величину расчетной нагрузки, а R_d является расчетным сопротивлением нагрузке. Несущая способность крепления обеспечена, если расчетная нагрузка равна или меньше расчетного сопротивления.

Расчетная нагрузка и расчетное сопротивление могут быть определены при помощи выражений (2) и (3).

$$S_d = \gamma_F \cdot S \quad (2)$$

$$R_d = R_k / \gamma_M \quad (3)$$

где:

S = нагрузка (осевая растягивающая или поперечная),

R_k = характерная несущая способность (5%-фрактиля) (например, характерное сопротивление воздействию тяговой нагрузки N_{Rk} или характерное сопротивление воздействию поперечной нагрузки V_{Rk}),

γ_F = частичный коэффициент запаса прочности по нагрузке,

γ_M = частичный коэффициент запаса прочности для материала.

При осевом растягивающем усилии S является расчетной тяговой нагрузкой $N_{d,t}$, а при поперечном усилии это расчетная поперечная нагрузка $V_{S,d}$. Расчетные тяговая нагрузка ($N_{d,t}$) и поперечная нагрузка ($V_{S,d}$) соответственно могут быть вычислены из выражения (2) путем

умножения действующей тяговой нагрузки (N) и поперечной нагрузки (V) соответственно на частичный коэффициент запаса прочности γ_F по нагрузке. Для комбинированной нагрузки (сочетания тяговой и поперечной нагрузок) расчеты в соответствии с уравнением (1) должны проводиться для обоих направлений действия нагрузки (тяговой и поперечной), кроме того, необходимо учитывать уравнение взаимодействия (уравнение (11), (11а) или (11b)).

Расчетные сопротивления определяются для осевой тяговой (N_{Rd}) и поперечной (V_{Sd}) нагрузок для всех видов разрушения. Они могут вычисляться по выражению (3) путем деления характерной несущей способности (5%-фрактиля) на частичные коэффициенты запаса прочности по материалу (γ_{Ms} , γ_{Mc}).

Характерные несущие способности (5%-фрактиля) либо даны в таблицах в Приложении В, либо вычисляются по формулам, приведенным в разделах 5 и 6. Должны быть проанализированы следующие характерные несущие способности:

- ▣ Осевое растяжение:
 - характерная несущая способность по разрушению стали $N_{Rk,s}$,
 - характерная несущая способность по разрушению бетона $N_{Rk,c}$,
 - характерная несущая способности по растрескиванию $N_{Rk,sp}$,
 - характерная несущая способность по вырыву/выдергиванию $N_{Rk,p}$.
- ▣ Поперечная нагрузка:
 - характерная несущая способность по разрушению стали $V_{Rk,s}$,
 - характерная несущая способность по разрушению края бетона $V_{Rk,c}$,
 - характерная несущая способность по рычажному разрушению бетона $V_{Rk,cr}$.

При помощи уравнения (1) определяется локальная передача анкерных нагрузок на бетон. Также необходимо определить дальнейшую передачу нагрузок анкера на опоры бетонного элемента. Может потребоваться дополнительная проверка с целью обеспечения надежности бетонного элемента (в соответствии с разделом 8).

A

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

Тяговые усилия в анкерах должны рассчитываться в соответствии с растягивающими, сжимающими усилиями и изгибающими моментами, действующими на анкерную плиту в соответствии с теорией упругости при следующих допущениях:

- ▣ Стальная пластина имеет достаточную прочность и прикреплена к бетону или к выравнивающему слою раствора по всей поверхности пластины.
- ▣ Все анкера имеют одинаковую прочность. Она принимается как прочность стали.
- ▣ Отношение величин модулей упругости стали и бетона равно 7.

Поперечные усилия в анкерах рассчитываются при допущении, что все анкера способны передаче поперечной нагрузки (исключения в соответствии с разделом 6).

4. Частичные коэффициенты запаса прочности

В последних стандартах расчета железобетонных конструкций вместо общих коэффициентов /8/, /9/ используются частичные коэффициенты запаса прочности. Этот метод будет использоваться для определения параметров стальных анкеров. Он предусматривает учет особых параметров, таких, как безопасность монтажа.

Если нет национальных нормативов, рекомендуется использовать следующие значения частичных коэффициентов запасов прочности γ_F для нагрузки:

$$\gamma_F = 1.35 \text{ (для постоянной нагрузки) (4a)}$$

$$\gamma_F = 1.50 \text{ (для переменной нагрузки) (4b)}$$

Значения частичных коэффициентов запасов прочности для материала зависят от вида разрушения. Они приведены в таблицах Приложения В.

5. Растягивающая нагрузка

а) Разрушение по стали

Характерная несущая способность для разрушения стали NRk,s указана в таблицах Приложения В. Если к анкерной группе тяговая нагрузка приложена эксцентрично, необходимо проводить расчеты для анкера, на который приходится максимальная нагрузка.

б) Разрушение бетона по конусу

Характерная несущая способность вырывания конусообразного элемента бетона NRk,c рассчитывается по формуле (5):

$$N_{Rk,c}^0 = 7.2 \sqrt{f_{cc,150} \cdot h_{ef}^{1.5}} / 1000 \text{ [kN]} \quad (5a)$$

($f_{cc,150}$ [N/mm²], h_{ef} [мм])

$A_{c,N}^0$ = площадь поверхности идеализированного тела разрушения бетона для отдельных анкеров с большими осевыми и краевыми расстояниями, подвергающихся воздействию осевого растягивающегося усилия (см. рисунок 2)

$A_{c,N}$ = возможная действительная площадь поверхности идеализированного тела разрушения бетона для отдельных анкеров или групп (см. рисунок 3)

A

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{ec1,N} \cdot \Psi_{ec2,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ucr,N} \text{ [kN]} \quad (5)$$

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

$\Psi_{s,N}$ = краевой фактор, учитывающий отклонения распределения напряжений по краям от их симметричного распределения

$$= 0.7 + 0.3 \cdot c/c_{cr,N} \quad (5b)$$

$$\leq 1$$

c = существующее краевое расстояние, если влияние оказывается более чем одним краем, необходимо учитывать наименьшее краевое расстояние

$c_{cr,N}$ = характерное краевое расстояние (в соответствии с таблицами Приложения В)

$\Psi_{eci,N}$ = фактор приложения нагрузки, учитывающий смещение точки приложения усилий, воздействующих на анкера, по отношению к центру тяжести анкеров

$$= \frac{1}{1 + 2 \cdot e_{i,N} / s_{cr,N}} \leq 1 \quad (5c)$$

$$(j=1,2)$$

$e_{i,N}$ = эксцентриситет результирующих усилий, оказываемых на анкер, в направлении i по отношению к центру тяжести анкеров ($i = 1,2$) (см. рисунок 4)

$s_{cr,N}$ = характерное осевое расстояние (в соответствии с таблицами Приложения В)

$\Psi_{re,N}$ = фактор армировки, учитывающий негативное воздействие плотного армирования

$$= 0.5 + \frac{h_{ef} [mm]}{200} \leq 1 \quad (5d)$$

► используется для бетона с плотным армированием

$$= 1.0$$

► для неармированных бетонов и бетонов с нормальной армировкой

$\Psi_{ucr,N}$ = фактор анкерной основы, учитывающий ее напряженное состояние (растянутый или нерастянутый бетон)

$$= 1.0$$

► используется для растянутого бетона

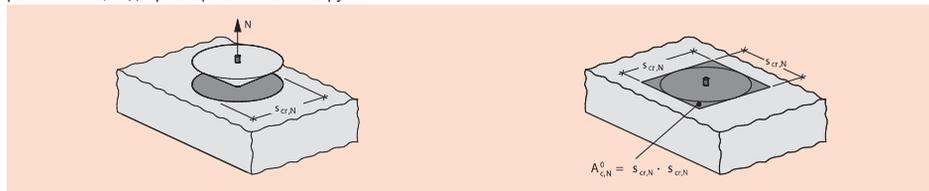
$$\geq 1.4$$

► используется для нерастянутого бетона (в соответствии с таблицами Приложения В)

Бетон считается нормально армированным, если расстояние s армирования составляет $s \geq 150$ мм независимо от диаметра арматуры или $s \geq 100$ мм для диаметра арматуры ≤ 10 мм.

Рисунок 2:

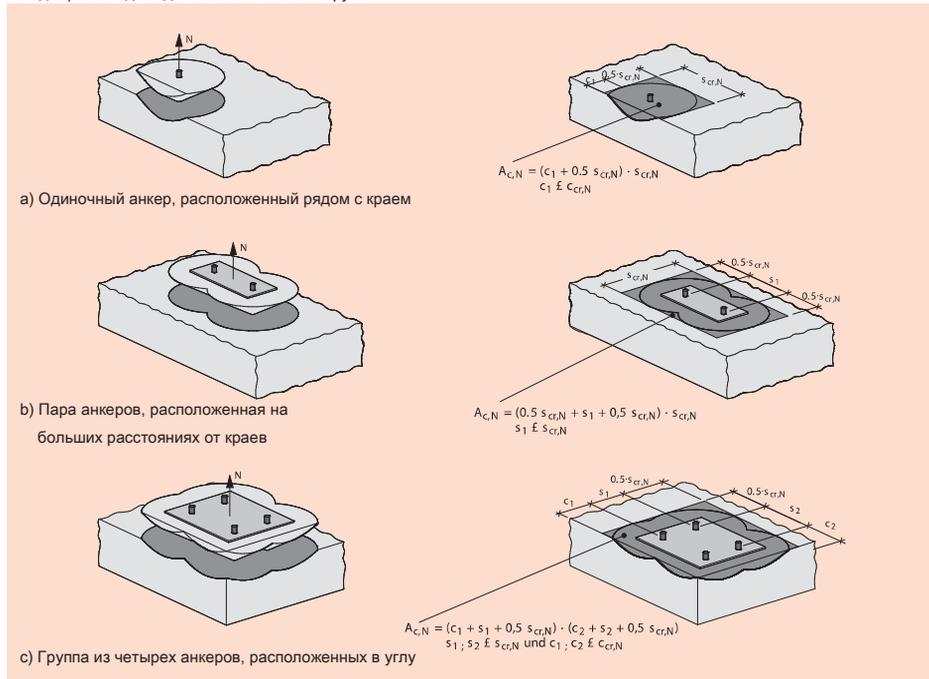
Площадь поверхности идеализированного бетонного конуса вырыва для отдельных анкеров с большим осевым и краевым расстоянием, подвергающихся тяговой нагрузке



Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

Рисунок 3:

Примеры существующих площадей поверхности идеализированных элементов вырыва бетона для разнообразных положений анкеров, находящихся под воздействием тяговой нагрузки



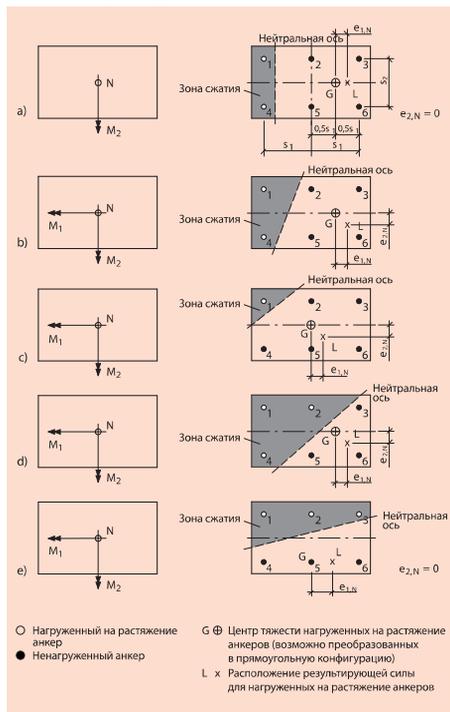
Выражение (5) может использоваться только для анкеров, находящихся в составе группы, подвергающихся воздействию растягивающих усилий. Если анкера, подвергающиеся воздействию растягивающих усилий, не образуют прямоугольник (например, в группах с изгибом по двум осям), эта анкерная группа может быть преобразована в группу прямоугольной формы, а расчетное значение NRk,c соответственно определено по формуле (5). Это можно объяснить при помощи рисунков 4c и 4d. В примере, показанном на рисунке 4c, анкера № 2-6, подвергающиеся воздействию тяговой нагрузки, не образуют прямоугольник. Однако, они преобразуются в соответствующий прямоугольник.

Эксцентриситет результирующих усилий, оказываемых на анкер, рассчитывается по отношению к центру тяжести G прямоугольной группы (анкера №№ 1-6). Это же действительно для примера, показанного на рисунке 4d, где воздействию тяговой нагрузки подвергаются только анкера № 3, 5 и 6. И снова эксцентриситет результирующих усилий, оказываемых на анкер, рассчитывается по отношению к центру тяжести G группы, преобразованной в прямоугольную форму (анкера № 2, 3, 5 и 6).

A

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

Рисунок 4: Примеры анкеров, испытывающих эксцентричные растягивающие нагрузки



При вычислении значений площади поверхности $A_{c,N}^o$ и $A_{c,N}$, а также в уравнениях (5b) и (5c) расстояния $s_{cr,N}$ и $c_{cr,N}$ должны быть заменены на величины $s'_{cr,N} = 2 \cdot c_{max}$ и $c'_{cr,N} = s_{max}$ соответственно.

с) Разрушение по растрескиванию

Растрескивание, возникающее под воздействием растягивающих усилий, рассматривается только при следующих условиях:

- Краевое расстояние $c < 1.0 \cdot c_{cr,sp}$ (одиночные анкеры)
- Краевое расстояние $c < 1.5 \cdot c_{cr,sp}$ (группы анкеров)

Характерная несущая способность $N_{Rk,sp}$ по растрескиванию может быть вычислена по уравнению (7):

где:

$N_{0Rk,c}$, $A_{0c,N}$, $A_{c,N}$, $\Psi_{s,N}$, $\Psi_{ec1,N}$, $\Psi_{ec2,N}$, $\Psi_{re,N}$, $\Psi_{ucr,N}$ вычисляются в соответствии с уравнением (5), в котором величины $s_{cr,N}$ и $c_{cr,N}$ заменены на $s_{cr,sp}$ и на $c_{cr,sp}$ (смотрите таблицы в Приложении В).

$$\Psi_{h,sp} = \text{фактор учета влияния толщины } h \text{ конструктивного элемента} = \left(\frac{h}{2 \cdot h_{ef}} \right)^{2/3} \leq 1.5 \dots\dots\dots(7a)$$

где

h = толщина строительного элемента

Для креплений, имеющих три и более краевых расстояний $c_{max} \leq c_{cr,N}$ (где c_{max} = наибольшее расстояние до края), уравнение (5) обеспечивает результаты расчетов с запасом в плане безопасности крепления. Для получения более надежных и реалистичных результатов расчетов несущей способности $N_{Rk,c}$ глубина анкерного крепления h_{ef} должна быть заменена на значение глубины в соответствии с уравнением (6).

$$h'_{ef} = \frac{c_{max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef} \dots\dots\dots(6)$$

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,c}^o \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{0c,N}^o} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{ec1,N} \cdot \Psi_{ec2,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ucr,N} \cdot \Psi_{h,sp} \text{ [kN]} \dots\dots\dots(7)$$



Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

d) Отказ из-за выдергивания/вырыва

Характерная несущая способность по выдергиванию $N_{0RK,p}$ указана в таблицах Приложения В. Характерная способность $N_{0RK,p}$ может быть вычислена путем умножения $N_{0RK,p}$ на фактор анкерной основы $\Psi_{ucr,p}$.

$\Psi_{ucr,p} = 1,0$ при анкеровке в растянутом бетоне

$\geq 1,0$ при монтаже в нерастянутом бетоне (в соответствии с таблицами Приложения В).

Если внутри группы тяговая нагрузка приложена эксцентрично, необходимо производить расчеты для анкера, подвергающегося наибольшей нагрузке.

e) Необходимые расчеты

Необходимые расчеты приведены в таблице 1. Расчет скола необходим только в случае существования условий, указанных в пункте с).

При этом

N_{Sd} = расчетная действующая тяговая нагрузка

N_{hSd} = расчетная действующая тяговая нагрузка для анкера, подвергающегося максимальной нагрузке внутри группы

N_{gSd} = расчетная тяговая нагрузка, действующая на группу анкеров

6. Поперечная нагрузка

a1) Разрушение стали без плеча приложения (срез анкера)

Характерная несущая способность $V_{RK,s}$ для разрушения стали без плеча приложения приводится в таблицах Приложения В. Для групп анкеров ее необходимо уменьшить на коэффициент 0,8 (исключение: сталь с удлинением при разрыве $\geq 8\%$). Для анкеров внутри группы, подвергающихся воздействию эксцентричной нагрузки, необходимо производить расчеты для анкера, подвергающегося максимальной нагрузке внутри группы.

a2) Разрушение стали с плечом приложения (срез и изгиб анкера)

При наличии ненесущего нагрузку слоя толщиной > 3 мм, находящегося непосредственно под анкером, или если отверстие с гарантированным зазором больше, чем предусмотрено, необходимо учитывать изгиб анкера. Максимальные значения отверстий с зазором для соответствующих типов анкеров указаны в Техническом Справочнике, табл. «Характеристики анкера».

Характерная несущая способность $V_{RK,s}$ для разрушения стали с изгибом анкера может быть вычислена по формуле (8):

$$V_{RK,s} = \alpha_M \cdot M_{RK,s} / l \quad (8)$$

где:

- α_M = коэффициент для учета закрепления на анкере
- = 1.0 при свободном вращении (рисунок 5a)
- = 2.0 при прочном закреплении (рисунок 5b)

Таблица 1:
Необходимые расчеты при тяговых нагрузках

	Одиночные анкеры	Группы анкеров
Разрушение стали	$N_{Sd} \leq N_{RK,s} / \gamma_{Ms}$	$N^0_{Sd} \leq N_{RK,s} / \gamma_{Ms}$
Разрушение по конусу бетона	$N_{Sd} \leq N_{RK,c} / \gamma_{Mc}$	$N^0_{Sd} \leq N_{RK,c} / \gamma_{Mc}$
Разрушение из-за скола/растрескивания	$N_{Sd} \leq N_{RK,sp} / \gamma_{Mc}$	$N^0_{Sd} \leq N_{RK,sp} / \gamma_{Mc}$
Отказ из-за выдергивания/вырыва анкера	$N_{Sd} \leq N_{RK,p} / \gamma_{Mc}$	$N^0_{Sd} \leq N_{RK,p} / \gamma_{Mc}$

A

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

$M_{Rk,s} = M^0_{Rk,s} \cdot (1 - N_{Sd} / N_{Rd,s})$ [Nm]	где:
$M^0_{Rk,s}$ = в соответствии с таблицами Приложения В.	d_{nom} = номинальный диаметр анкера (в соответствии с таблицами Приложения В)
N_{Sd} = расчетная действующая тяговая нагрузка	l_f = эффективная длина анкера (в соответствии с таблицами Приложения В)
$N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	A^0_{cV} = площадь поверхности идеализированного тела вырываемого куска бетона по боковой поверхности конструктивного элемента для отдельного анкера с большими осевыми расстоянием и краевыми расстояниями до других краев (см.рисунок 9)
$N_{Rk,s}$ = в соответствии с таблицами Приложения В	$A_{c,V}$ = возможная площадь поверхности идеализированного тела вырываемого куска бетона на боковой стороне строительного элемента (примеры см. рисунке 10).
γ_{Ms} = в соответствии с таблицами Приложения В	$\Psi_{s,V}$ = фактор учета неравномерности распределения напряжений из-за наличия других краев
l = плечо приложения действующей поперечной нагрузки $= a_3 + e_1$	$= 0.7 + 0.3 \cdot c_2 / (1.5 \cdot c_1) \leq 1$ (9b)
$a_3 = 0.5 d$	c_1 = краевое расстояние в направлении действия нагрузки
d = диаметр анкерного болта или резьбы	c_2 = краевое расстояние, перпендикулярное направлению действия нагрузки. Для узкого строительного элемента следует использовать наименьшее из двух краевых расстояний.
e_1 = расстояние между действующим поперечной нагрузкой и бетонной поверхностью.	

Для группы анкеров величина N_{Sd} в уравнении (8a) должна быть заменена на величину N_{hSd} .

b) Разрушение края бетона

Характерная несущая способность $V_{Rk,c}$ при разрушении края бетонной поверхности может быть рассчитана по уравнению (9):

Рисунок 5:
Ограничения на перемещения анкеров



$$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{aV} \cdot \Psi_{ucr,V} \quad [kN] \quad (9)$$

$$V^0_{Rk,c} = 0.45 \cdot \sqrt{d_{nom}} \cdot \left(\frac{l_f}{d_{nom}} \right)^{0.2} \cdot \sqrt{f_{cc,150}} \cdot c_1^{1.5} / 1000 \quad [kN] \quad (9a)$$

A

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

$\Psi_{h,V}$ = фактор учета толщины строительного элемента
 = $(1.5 \cdot c_1 / h)^{0.5} \geq 1$ (9c)

h = толщина строительного элемента.

$\Psi_{ec,V}$ = фактор учета эксцентриситета приложения поперечной нагрузки (см. рисунок 6)
 = $\frac{1}{1 + 2 \cdot e_V / (3 c_1)} \leq 1$ (9d)

e_V = эксцентриситет результирующих поперечных усилий относительно центра тяжести анкеров.

$\Psi_{\alpha,V}$ = фактор учета направления действия поперечной нагрузки (смотрите рисунок 7)
 = 1.0
 (зона 1: $0^\circ < \alpha_V \leq 55^\circ$) (9e)
 = $1.0 / (\cos \alpha_V + 0.5 \sin \alpha_V)$
 (зона 2: $55^\circ < \alpha_V \leq 90^\circ$) (9f)
 = 2.0
 (зона 3: $90^\circ < \alpha_V \leq 180^\circ$) (9g)

$\Psi_{ucr,V}$ = фактор анкерной основы для учета напряженного состояния и армирования бетона

= 1,0 (растянутый бетон с неармированным краем)

= 1,2 (растянутый бетон с арматурой на краю диаметром $\geq \varnothing 12\text{мм}$)

= 1,4 (растянутый бетон с арматурой на краю диаметром $\geq 12\text{мм}$ и поперечной арматурой с шагом $\leq 10\text{ см}$, или со сварной арматурной сеткой $\geq 8\text{ мм}$ с шагом $\geq 10\text{ см}$)

= 1.4 (нерастянутый бетон)

Для пар анкеров, установленных перпендикулярно краю бетона, в выражении (9) используется краевое расстояние c_1 от анкера, расположенного наиболее близко к краю. Тот же принцип действует и для определения площади поверхности $A_{c,V}$. Такой же подход применяется и для группы из четырех анкеров, когда используется расстояние для пары анкеров, которые расположены ближе всего к краю (см. рисунок 10с). Таким образом, как пары анкеров, расположенные перпендикулярно к краю, так и группы из четырех анкеров рассчитываются в предположении, что поперечная нагрузка воспринимается либо одним анкером, либо парой анкеров, расположенных наиболее близко к краю. Следовательно, учитывается тот факт, что благодаря наличию зазора в отверстии, не все анкера в группе анкеров нагружены одинаковым образом. В наиболее неблагоприятном случае нагружен только один анкер или только те анкера, которые расположены ближе всего к краю (смотрите рисунок 8).

Рисунок 6: Пример крепления, находящегося под действием эксцентрично приложенной попересной нагрузки

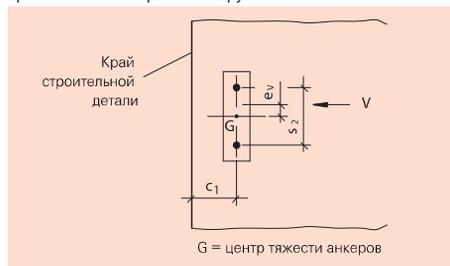


Рисунок 7: Определение угла α_V

A

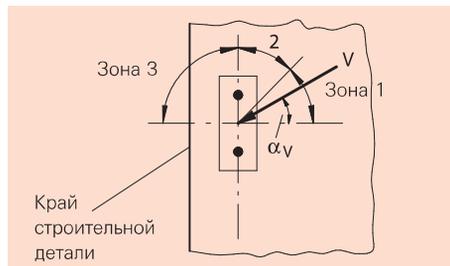
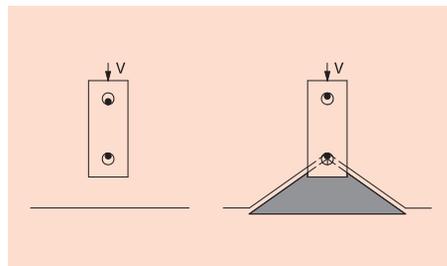


Рисунок 8: Типичное разрушение края бетонного элемента, происходящее в связи с неблагоприятной нагрузкой на анкера, установленные с гарантированным зазором (примечание: диаметры отверстий с гарантированным зазором преувеличены).





Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

Рисунок 9:

Идеализированное тело разрушения бетона и площадь поверхности для отдельного анкера, подвергающегося воздействию поперечной нагрузки и находящегося близко к одному краю и с большим осевым и краевым расстоянием по отношению к остальным краям.

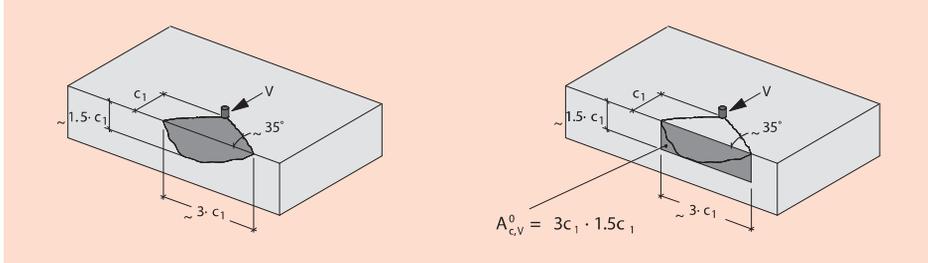
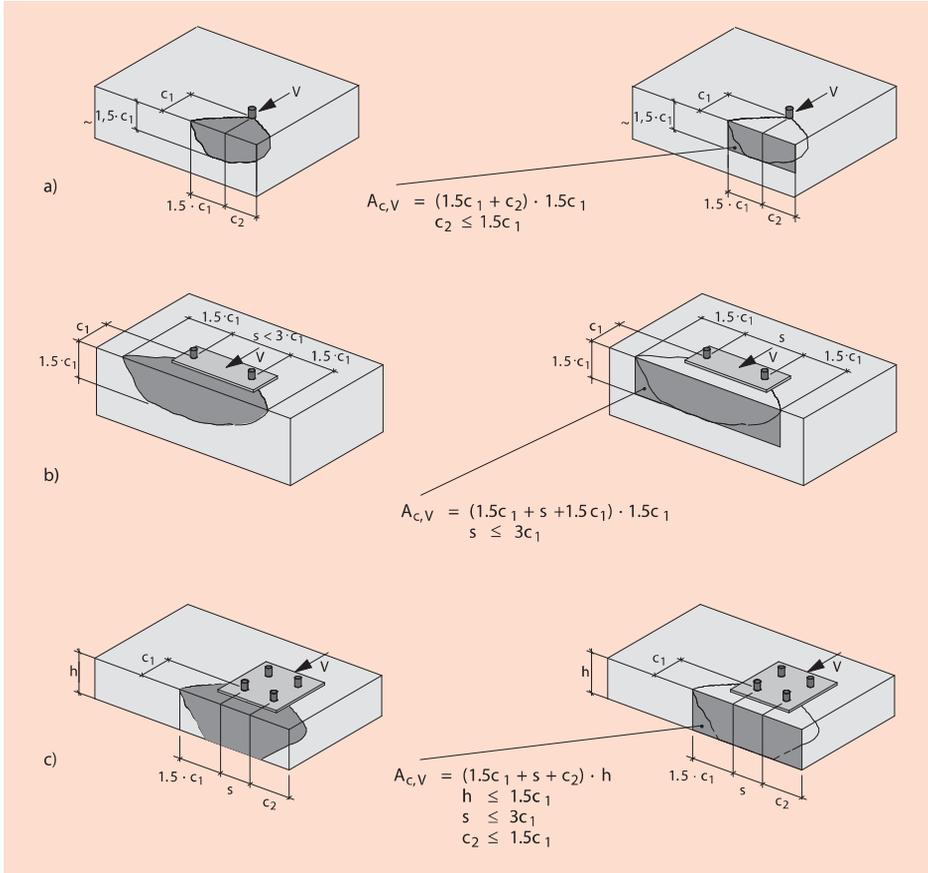


Рисунок 10:

Примеры возможных площадей поверхности для идеализированных вырываемых кусков бетона при различных расположениях анкеров, находящихся под действием срезающей нагрузки.



A



Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

Крепления, установленные в узких и тонких строительных элементах при $c_{2,max} \leq 1,5c_1$ ($c_{2,max}$ = наибольшее краевое расстояние в направлении, параллельном направлению действия нагрузки) и при толщине строительного элемента $h \leq 1,5c_1$ (смотрите рисунок 11), уравнение (9) дает результаты с большим запасом. Для получения надежных и более реалистичных результатов при вычислении площадей поверхности $A_{0c,V}$ и $A_{c,V}$ в выражениях (9a), (9b), (9c) и (9d) величину краевого расстояния c_1 нужно заменить на большее значение из $c_{2,max}/1,5$ или $h/1,5$.

с) Откалывание бетона со стороны противоположной действию нагрузки (рычажное разрушение)

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} \quad (10)$$

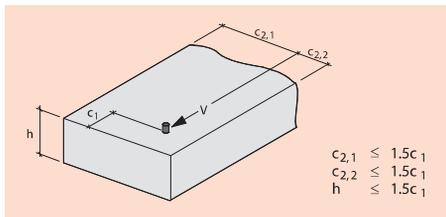
где:

$N_{Rk,c}$ = характеристическая несущая способность для разрушения бетона в соответствии с выражением (5)

k = см. таблицы в приложении В.

В случае эксцентричного приложения поперечных нагрузок при расчете фактора $\Psi_{eci,N}$ в соответствии с формулой (5b) берется эксцентриситет поперечной нагрузки по отношению к

Рисунок 11:



центру тяжести группы анкеров, нагруженных поперечным усилием. Дополнительно анализируются **все анкеры группы** независимо от того, нагружены ли они растягивающей нагрузкой или нет.

d) Необходимые расчеты

Необходимые расчеты указаны в таблице 2.

где:

V_{Sd} = расчетная действующая поперечная нагрузка для отдельных анкеров

V^h_{Sd} = расчетная действующая поперечная нагрузка для анкера, подвергающегося воздействию максимальной нагрузки

V^g_{Sd} = расчетная нагрузка всех анкеров группы, подвергающихся воздействию поперечной нагрузки

7. Комбинированная тяговая и поперечная нагрузка

При комбинированной тяговой и поперечной нагрузке кроме расчетов, описанных в разделах 5 и 6, необходимо учитывать одно из следующих уравнений взаимодействия (см. рисунок 12). Уравнение (11a) можно использовать только для случаев, когда разрушение стали имеет решающее значение как для тяговой, так и для поперечной нагрузки. Уравнения (11) и (11b) являются действительными для любой формы разрушения.

$$(N_{Sd}/N_{Rd}) + (V_{Sd}/V_{Rd}) \leq 1.2 \quad (11)$$

$$(N_{Sd}/N_{Rd})^2 + (V_{Sd}/V_{Rd})^2 \leq 1.0 \quad (11a)$$

$$(N_{Sd}/N_{Rd})^{1.5} + (V_{Sd}/V_{Rd})^{1.5} \leq 1.0 \quad (11b)$$

A

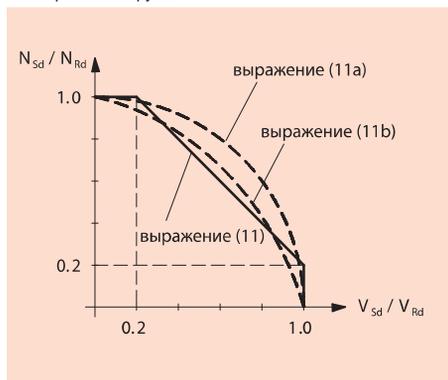
Таблица 2: Необходимые расчеты при поперечных нагрузках

	Одиночные анкеры	Группы анкеров
Разрушение стали	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V^h_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$
Разрушение (отлом) края бетона	$V_{Sd} \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$	$V^g_{Sd} \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$
Откалывание бетона со стороны противоположной действию нагрузки (рычажное разрушение)	$V_{Sd} \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$	$V^g_{Sd} \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

Для разных форм разрушений должно использоваться наименьшая величина из соотношений NSd / NRd и VSd / VRd .

Рисунок 12:
Схема взаимодействия комбинированной тяговой и поперечной нагрузки



8. Дополнительные требования для обеспечения несущей способности бетонного компонента

Передача нагрузок от анкера к бетону проверяется с помощью метода СС. Передача нагрузок от анкера к основанию бетонного элемента требует специального рассмотрения.

А) Прочность на срез бетонного элемента

Чтобы убедиться в достаточном поперечном сопротивлении бетонного элемента необходимо произвести следующие расчеты. Поперечные силы VSd,a , возникающие в бетонном элементе из-за воздействия нагрузок на анкер, не должны превышать значение, соответствующее выражению (12).

$$VSd,a = 0.4 \cdot VRd1 \quad (12)$$

Значения $VRd1$ вычисляются в соответствии с [9], см. уравнение (6.4-8). При определении величины VSd,a анкер рассматривается как точечная нагрузка, причем ширина приложения нагрузки равна расстоянию между самыми крайними анкерами в группе плюс удвоенная глубина анкерного крепления. Условия, соответствующие уравнению (12), можно не принимать во внимание при соблюдении одного из следующих требований:

- ▣ Поперечная сила, действующая на строительный элемент в результате приложения расчетных нагрузок, включая и те, которые передаются анкерами, не превышает $0.8 \cdot VRd1$.
- ▣ Растягивающая сила анкера, соответственно, сумма всех растягивающих сил, возникающих в группе анкеров из-за воздействия характерной нагрузки, меньше 30 кН, причем расстояние между крайними анкерами соседних групп или между крайними анкерами группы и отдельными анкерами соответствует уравнениям (13a) или (13b). NSk является характерной нагрузкой на отдельный анкер, подвергающийся воздействию характерной нагрузки, а $NgSk$ является суммой тяговых нагрузок группы анкеров, подвергающихся воздействию характерной нагрузки.

$$a \geq 200 \cdot \sqrt{NSk} \quad (\text{Одиночный анкер (13a)})$$

$$a \geq 200 \cdot \sqrt{NSk} \quad (\text{Группа анкеров (13b)})$$

- ▣ Нагрузки на анкеры воспринимаются подкрепляющей арматурой, которая окружает работающую на растяжение (стягивающую) арматуру, и которая закреплена на противоположной стороне бетонного элемента. Расстояние от подкрепляющей арматуры до отдельного анкера или до самых крайних анкеров группы не должно превышать h_{ef} . Если величина NSk или $NgSk$ превышает 60 кН, то должна иметься соответствующая подкрепляющая арматура.

Примечание:

Положения, приведенные выше, не применяются для конструктивных элементов бетона, не имеющих поперечной арматуры. Они используются для компонентов с поперечной арматурой.

В) Сопротивление сколу

При определении параметров конструктивного элемента бетона необходимо учитывать усилия скола, возникающие под воздействием анкеров. Этим можно пренебречь, если существует одно из ниже перечисленных условий:

- ▣ Зона передачи нагрузки расположена в зоне сжатия бетонного элемента.

A

Расчет анкеров в соответствии с СС-Методом

▣ Если оказываемые воздействия ниже характерных, растягивающее усилие отдельных анкеров или общее суммарное растягивающее усилие группы анкеров не должно превышать 10 кН.

▣ Растягивающее усилие отдельных анкеров или общее суммарное растягивающее усилие группы анкеров, подвергающихся характерному воздействию, меньше либо равно 30 кН. Кроме того, для анкерных креплений в плитах и стенах в области нахождения анкерных креплений присутствует концентрированное армирование в обоих направлениях. Поверхность поперечной арматуры должна составлять не менее 60% продольной арматуры, требуемой для восприятия анкерных нагрузок.

Литература

/1/ Eligehausen, R.: Bemessung von Befestigungen - Zukunftiges Konzept. (Расчет креплений со стальными анкерами – Будущие концепции). Betonwerk + Fertigteiltechnik, 1988, Heft (том) 5, стр. 88-100 (нем. и англ.).

/2/ Eligehausen, R.: Bemessung von Befestigungen in Beton mit Teilsicherheitsbeiwerten. (Определение параметров креплений в бетоне с учетом коэффициента запаса прочности). Bauingenieur 65 (1990), стр. 295-305 (нем.)

/3/ Fuchs, W., Breen, J., Eligehausen, R.: Concrete Capacity Design (Расчет прочности бетона) (CCD) Approach for Fastening to Concrete (Допуск для креплений в бетоне). ACI-Structural Journal, том 92 (1995), No. 6, стр. 794-802.

/4/ Eligehausen, R., Mallee, R.: Befestigungstechnik im Beton- und Mauerwerksbau (Технология крепления в бетоне и кладке). Verlag (издание) Ernst & Sohn, 2000 (нем.)

/5/ Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin: Bemessungsverfahren für Dübel zur Verankerung im Beton (Немецкий Институт строительной техники, г. Берлин: Способ определения параметров анкерных креплений в бетоне). Edition (издание) June (июнь) 1993 (нем.).

/6/ European Organisation for Technical Approvals (Европейская организация по техническим допускам) (EOTA) (1994): Guideline for European Technical Approval of Anchors (Metal

Anchors) for Use in Concrete. Final Draft (Руководство Европейской Организации по техническим допускам по анкерам (Металлические анкеры) для использования в бетоне. Окончательный проект.) Sept.(сентябрь) 1994, Part 1: Anchors in General. (Часть 1: Анкеры. Общее описание). Part 2: Torque Controlled Expansion Anchors. (Часть 2: Анкеры с контролируемым распором). Part 3: Undercut Anchors. (Часть 3: Анкеры с внутренним упором). Annex A: Details of Tests. (Приложение А: Подробная информация о проведении испытаний). Annex B: Tests for Admissible Service Conditions, Detailed Information. (Приложение В: Испытания на допустимые условия эксплуатации, подробная информация). Annex C: Design Method for Anchorages (Приложение С: Метод расчета анкерных креплений).

/7/ Comité Euro-International du Béton (Международный европейский комитет по бетону): Design of Fastenings in Concrete (Определение параметров анкерных креплений в бетоне), Draft CEB Guide (Проект норм CEB) - Part 1-3 (части 1-3). Bulletin d'Information (Информационный бюллетень) 226, Lausanne, 1995

/8/ Eurocode No. 2: Design of Concrete Structures, Part 1: General Rules and Rules for Building. (Проектирование бетонных конструкций. Часть 1: Общие правила и правила для строительства зданий). Final Draft (Окончательный проект), December (декабрь) 1988.

/9/ Стандарт DIN V ENV 1992 Teil 1-1, Eurocode 2, Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken (Проектирование армированного бетона – и предварительно напряженных бетонных сооружений), Edition (издание) June (июнь) 1992 (нем.).

A