

Вводная Часть.

Основные понятия

Общее

1. В строительном процессе широко используются анкерные крепления. Очень часто приходится устанавливать анкеры в различные строительные материалы с разной прочностью. Если у вас имеются опасения относительно того, что материал основания является недостаточно прочным, для обеспечения надежного крепления, свяжитесь с инженерной службой компании МКТ.
2. Представленная в настоящем руководстве информация и рекомендации базируются на принципах, формулах и коэффициентах запаса прочности, которые представлены в технических материалах по эксплуатации и монтажу, а также других документах компании МКТ. Данные, которые содержатся в этих документах, получены в результате статистической обработки результатов лабораторных исследований и других материалах, полученных экспериментальным путем. Все анкерные изделия должны устанавливаться и использоваться в соответствии с инструкциями по монтажу и применению (техническими инструкциями, руководствами по эксплуатации, руководствами по установке и монтажу и другими техническими документами).
3. За соблюдением инструкции по монтажу и применению анкеров на месте проведения работ несет ответственность представитель службы технического надзора. Исполнитель работ должен проверить конкретные условия на месте проведения работ. Компания МКТ оказывает технические консультации по правильному выбору анкеров и проводит их испытания в реальных условиях на строительной площадке.
4. При выборе анкерной продукции проектными или строительными организациями, сотрудники компании МКТ осуществляют технические консультации по всем вопросам, относящимся к их компетенции.
5. Продукция, выпускаемая компанией МКТ, постоянно совершенствуется. Поэтому компания оставляет за собой право без предупреждения вносить необходимые изменения с целью улучшения качества продукции.
6. Средние значения нагрузок и другие характеристики получены на основании испытаний и действительны только для указанных условий испытаний. Так как прочностные характеристики материалов различны, то необходимо на месте проведения строительно-монтажных работ определить фактическое значение характеристик этих материалов.
7. Компания МКТ не несет ответственности за прямые и косвенные повреждения, а также материальные потери и убытки, возникшие в результате неправильного использования выпускаемых ей изделий.

Введение

В настоящей документации собраны данные, облегчающие выбор типа анкера, помогающие решить вопросы, связанные с установкой анкерного крепежа с точки зрения безопасности и надежности, а также свести к минимуму затраты на всю систему крепления.

Заводы компании оснащены современным оборудованием, на котором применяется эффективная система контроля качества и обеспечивается выпуск высококачественных и надежных изделий.

Данное руководство станет надежным помощником при решении вопросов, связанных с расчетом и установкой анкерного крепежа. Оно является важным свидетельством того, что Вы сотрудничаете с надежным партнером, который хорошо разбирается в вопросах современных технологий анкерного крепления.

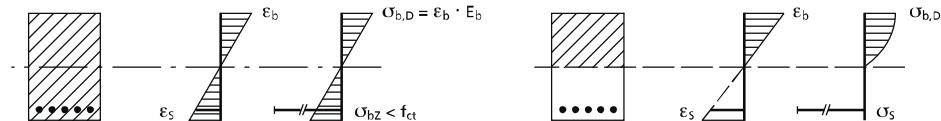
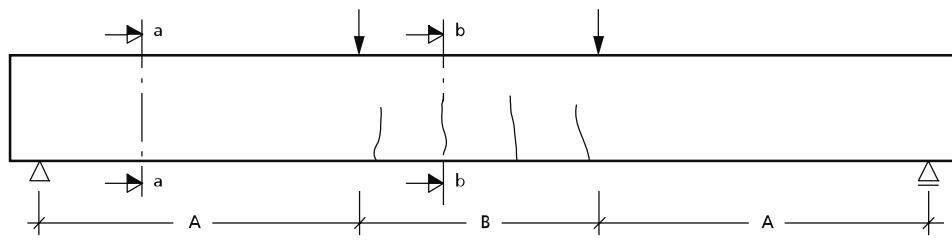
Базовый материал

Различные условия установки анкерных креплений являются следствием большого разнообразия используемых в настоящее время строительных материалов. Едва ли найдется такой материал основания, в котором или на котором не может быть установлено изделие с помощью крепежных

деталей, изготовленных компанией МКТ. Однако при выборе подходящего анкерного крепления и определении предельной нагрузки, которую оно может выдерживать, решающую роль играет материал основания. Ниже описаны основные строительные материалы, пригодные для анкерных креплений.

Бетон

Бетон обладает весьма сложной структурой, представляющей собой пространственную решетку из цементного камня, заполненную зернами песка и щебня различной крупности и формы и насыщенную большим числом капилляров, содержащих воду и воздух. Наиболее широкое применение в настоящее время имеет тяжелый (обычный) бетон плотной структуры на цементных вяжущих. Выбор класса или марки бетона производится в зависимости от вида, назначения конструкции и условий ее эксплуатации. Сопротивление бетона при растяжении в 10-20 раз меньше, чем при сжатии. Поэтому растянутые элементы усиливают арматурой, которая в виде арматурных сеток располагается в растянутой зоне конструкций. Продольная арматура способствует работе сжатых зон элементов. Поперечной арматурой (хомутами и отгибами) воспринимаются главные растягивающие усилия. (Железобетонные и каменные конструкции, Москва, «Высшая школа», 1988)



В бетонных конструкциях возможно образование и раскрытие трещин которые, как правило, не видны при осмотре. Практика показывает, что ширина трещины, как правило, не превышает предельно допустимого значения (0,3 мм), если бетон находится под действием постоянной нагрузки. Если бетонный элемент подвергается предельным нагрузкам и в бетоне отсутствует арматура, отдельные трещины могут быть более широкими. Если бетонный элемент конструкции подвергается изгибающей нагрузке, то трещины в поперечном сечении имеют форму клина и заканчиваются около нейтральной оси.

В зоне растяжения бетонного элемента конструкции рекомендуется использовать анкеры, которые можно устанавливать в растянутой зоне бетона (бетон с трещинами) с регулируемым усилием. Другие типы анкеров могут использоваться в том случае, если зона расклинивания анкера находится в сжатой зоне бетонного элемента.

Анкеры могут устанавливаться как в высокопрочном бетоне, так и в бетоне низкой прочности. Как правило, значения кубической прочности (см. таблицу на стр. 10) при сжатии находятся в диапазоне от 25 до 60 Н/мм². Распорные анкеры должны устанавливаться в бетоне после достижения бетоном прочности не менее 70%. Если нагрузка прикладывается к анкерам, установленным в сырой бетон, то можно предположить, что предельно допустимая нагрузка будет зависеть только от фактической прочности бетона, которую он имеет на данный момент. Если нагрузка прикладывается к анкеру, который был установлен в бетон с прочностью более 70%, то можно предположить, что предельно допустимая нагрузка будет соответствовать прочности, которую будет иметь бетон во время приложения нагрузки.

При сверлении отверстий для установки анкеров следует избегать нарушения арматурных стержней. Если этого невозможно избежать, то необходимо предварительно проконсультироваться с инженером данного проекта.

Кирпичная кладка

Кирпич и раствор в нагруженной каменной кладке находятся в сложном напряженном состоянии. Основными причинами такого состояния являются неравномерное распределение сжимающих

напряжений, отсутствие соприкосновения кирпича с раствором и разница в их деформационных свойствах. Важной причиной, снижающей прочность и упругость каменной кладки, является неравномерная плотность и усадка раствора. Частичное заполнение раствором вертикальных швов не приводит к снижению прочности кладки, однако уменьшает ее трещиностойкость и монолитность. Анкера могут устанавливаться в шов каменной кладки либо в тело кирпича. Так как кирпичная кладка имеет низкую прочность, локальные нагрузки не могут быть высокими. Выпускается большое количество различных типов кирпичей, например: полнотелые глиняные кирпичи полусухого прессования, пустотельные глиняные кирпичи пластического прессования, силикатные и шлаковые кирпичи. Кирпичи могут иметь разные размеры. Стандартные размеры кирпича – 250x120x65 мм. Для крепления анкеров в материалах с низкой прочностью, компания МКТ предлагает использовать технологию инъектирования (см. стр. 71).

При установке анкеров следите за тем, чтобы в качестве материала основания не использовался слой теплоизоляционного материала или штукатурки. Глубина отверстия в базовом материале должна соответствовать указанной глубине установки анкера.

Если имеются сомнения относительно выбора анкера, вы можете получить консультацию в инженерном отделе компании МКТ.

Другие материалы и основания

Газобетон – в этом материале в качестве заполнителя используется мелкозернистый песок, в качестве связующего вещества – известь или цемент, а в качестве газообразующего вещества – вода и алюминий. Плотность этого материала находится в пределах от 400 до 800 кг/м³, а прочность на сжатие – в пределах от 0,2 до 0,6 кг/мм². Для устройства наружной стены в соответствии с новыми строительными нормами СНиП 23-02-2003 достаточным являются блоки из газобетона толщиной 375 мм (с плотностью 400 кг/м³).

Легкий бетон – это бетон с низкой плотностью (не более 1800 кг/м³), в котором имеются поры, снижающие его прочность и, следовательно, способность анкера выдерживать большие нагрузки.

Пенобетон – изготавливается цемента, песка, воды и пенообразователя. Пенобетон выпускается различной плотности (400-1800 кг/м³). С увеличением плотности растет прочность пенобетона, но падает сопротивление теплопередачи. В качестве теплоизоляции, как правило, используются блоки марки Д 400.

Кроме вышеперечисленных строительных материалов в строительстве используется большое количество других материалов, например: природный камень, шлакобетонные, газобетонные и пенобетонные блоки. Необходимо учитывать специфические особенности элементов конструкции, изготовленных из выше перечисленных материалов.

Описание и обсуждение каждого из этих материалов выходит за рамки настоящего руководства. Как правило, эти материалы могут использоваться в качестве основания для анкерных соединений. По некоторым из этих специальных материалов составлены отчеты испытаний. Рекомендуется в каждом конкретном случае проводить технические совещания с участием в них инженера проекта, представителя строительной компании и сотрудника инженерного отдела компании МКТ.

В некоторых случаях необходимо выполнить испытания непосредственно на стройплощадке, для того, чтобы проверить соответствие выбранного анкера прилагаемым нагрузкам. Компания МКТ предоставляет такие услуги своим клиентам и выезжает на строительные площадки по просьбе заказчика или строительной организации.

Принцип работы анкеров

Действующая на стенки отверстия распирающая сила анкера создается в результате смешения конуса относительно втулки анкера. Это обеспечивает создание направленной вдоль продольной оси силы трения. Одновременно с этим, распирающая сила (в случае использования металлических анкеров) вызывает постоянную локальную деформацию материала основания. В результате формируется шпоночное крепление, которое обеспечивает дополнительную передачу приложенной к анкеру вдоль его продольной оси силы на базовый материал.

Анкеры с контролируемой распирающей силой и анкеры с контролируемым перемещением

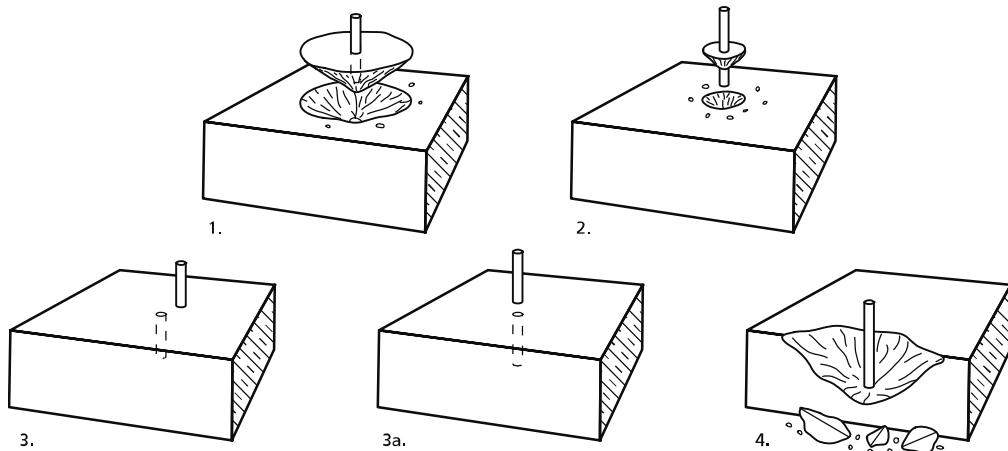
В случае распорных анкеров следует различать анкеры с контролируемой распирающей силой и анкеры с контролируемым перемещением. Контролируемая распирающая сила зависит от приложенного к анкеру растягивающего усилия (анкер SZ, SL). Это растягивающее усилие создается и контролируется посредством приложения крутящего момента, к гайке в процессе установки анкера.

При установке анкеров с контролируемым перемещением расширение анкера выполняется на расстоянии, которое определяется геометрией анкера в расклиниченном состоянии. Таким образом, создается распирающая сила (забивной анкер E), которая определяется модулем упругости материала основания.

Клеевой анкер

Химический состав, на которой закрепляется анкерная шпилька, проникает в поры материала основания и после затвердевания удерживает нагрузку за счет макромолекулярных сил трения. Различают две технологии с использованием химического состава (технология инъектирования VM и клеевой анкер VA). Более подробную информацию см. стр. 63-74 настоящего руководства.

Виды разрушений анкерного соединения



Причины разрушений

Разрушение анкерного крепления происходит в самом слабом месте. Различают следующие типы разрушений:

1. Вырыв конуса основания.
2. Вырыв анкера.
3. За. Разрушение анкера по стали, которое происходит, когда одиночный анкер, расположенный на достаточно большом расстоянии от края элемента конструкции или от соседнего анкера подвергается растягивающей или срезающей нагрузке. Эти разрушения определяют максимально допустимую нагрузку, которая может быть приложена к анкеру.
4. Разрушения края элемента конструкции при малых расстояниях от края элемента конструкции. В этом случае максимально допустимая нагрузка, которая может быть приложена к анкеру, меньше, чем для ранее упомянутых видов разрушений анкерных креплений. Такие разрушения, как вырыв конуса основания материала, разрушения края элемента конструкции и вырывание анкера, происходят, когда действующая нагрузка на анкер больше предела прочности основания. Разрушение анкерного крепления происходит из-за близкого расположения анкера к краю бетонной конструкции.

Комбинированная нагрузка

Обычно при приложении комбинированной нагрузки, происходят те же самые разрушения. При увеличении угла между линией приложения нагрузки и осью анкера вероятность образования разрушения типа 1 (вырыв конуса основания) уменьшается. Подробные таблицы с комбинированной нагрузкой см. стр. 76-105

Сдвигающая нагрузка

Как правило, сдвигающая нагрузка вызывает скальвание материала основания в форме раковины с одной стороны. В результате этого, в деталях анкера возникают сдвиговые напряжения, которые оказывают разрушающее действие на анкер. Если расстояние до края элемента конструкции мало, и сдвигающее усилие направлено к краю элемента конструкции, то происходит скальвание края элемента конструкции. Подробные таблицы с нагрузками см. стр. 76-105

Влияние трещин

Трещины не являются дефектами бетона

Невозможно изготовить железобетонную конструкцию, в которой в рабочих условиях отсутствуют трещины. Если ширина трещин не превышает определенного значения, то такие трещины не считаются дефектами конструкции. Учитывая это, проектировщик предполагает, что трещины будут существовать в зоне растяжения железобетонных элементов конструкции (второе предельное состояние). Растягивающие усилия, возникающие в результате изгиба, воспринимает арматурный каркас, а возникающие в результате изгиба сжимающие усилия (зона сжатия), принимает на себя бетон. Арматура

используется эффективно только в том случае, если бетон в зоне растяжения может быть растянут до такого уровня, при котором он растрескивается при приложении рабочей нагрузки. Положение зоны растяжения определяется распределением статической нагрузки и местом приложения нагрузки. Обычно трещины расходятся в одном направлении (линейные или параллельные трещины). Только в редких случаях, например, при сжатии железобетонных панелей в двух плоскостях, трещины могут расходиться в двух направлениях.

Технические условия на испытания и применение анкеров, базирующиеся на результатах исследований, выполненных производителями анкерных изделий и научно-исследовательскими институтами, распространяются по всему миру. Это обеспечивает надежность и безопасность анкерных креплений, установленных в растянутой зоне бетона.

Когда анкерные крепления располагаются в бетоне, в котором отсутствуют трещины, равновесие сил устанавливается в результате возникающего напряженного состояния бетона в момент затяжки анкерного болта. Если существует трещина, механизмы обеспечения несущей способности резко нарушаются, так как за пределами трещины напряженное состояние бетона не может быть уравновешенным. Разрушение крепления, обусловленное образованием трещины, снижает несущую способность анкеров.

Коэффициент уменьшения несущей способности для бетона с трещинами

Ширина раскрытия трещины в бетонном элементе конструкции является решающим фактором, определяющим нагружочную способность анкерных креплений. При расчете анкерных креплений, предполагается наличие трещин шириной не более 0,3 мм. Предположительно, коэффициент уменьшения несущей способности для предельных осевых нагрузок, прикладываемых к анкерным креплениям, для бетона с трещинами по отношению к бетону без трещин, находится в пределах от 0,6 до 0,7. В случаях расчета анкеров в бетоне с трещинами должны использоваться более высокие значения коэффициентов уменьшения несущей способности для всех анкеров, которые были установлены без учета вышеупомянутого влияния трещин.

Так как международные условия испытаний анкеров базируются на вышеупомянутой ширине трещин, то не дается никаких теоретических соотношений между максимально допустимыми нагрузками, которые могут прикладываться к анкеру, и шириной трещин в бетоне.

Сила предварительного напряжения в анкерных болтах

Сформулированные выше утверждения относятся преимущественно к условиям статической нагрузки. В случае динамической нагрузки, сила расклинивания и сила предварительного напряжения в анкерных болтах / стержнях играет основную роль. Если трещина образуется в элементе железобетонной конструкции после установки анкера, логично предположить, что сила предварительного напряжения в анкере будет уменьшаться, и будет также уменьшаться сила давления на конус анкера в бетоне. Характеристики такого крепления для динамической нагрузки будут ухудшаться. Для того, чтобы крепление продолжало оставаться надежным при приложении динамической нагрузки даже после появления в бетоне трещин, силы расклинивания и предварительного напряжения анкера должны быть увеличены на стадии установки. Для этого могут использоваться пружины или аналогичные им устройства.

Динамическая нагрузка

Стойкость анкерных креплений к динамической нагрузке

Нагрузки, действующие на элементы конструкции, делятся на статические и динамические. Статические нагрузки действуют в данном положении постоянно. Их часто называют гравитационными, поскольку они направлены по вертикали. К статическим нагрузкам относится вес настила моста, здания, механического оборудования, закрепленного на определенном месте. Динамические же нагрузки могут возникать, исчезать и изменять место своего приложения. Динамические нагрузки создаются людьми в зданиях, грузовые автомобили на мосту, станки в цеху, гидротурбина в машинном зале ГЭС. Такие более или менее упорядоченные динамические нагрузки нетрудно определить, но есть и другие динамические нагрузки, которые невозможно достоверно оценить заранее, например, обусловленные ветром, ударами, температурными колебаниями и землетрясениями. В этих случаях используются специальные методы прочностного расчета и коэффициенты запаса.

Динамическая нагрузка меняется в течение коротких интервалов времени. Она может меняться как по направлению, так и по амплитуде. Анкеры, к которым прикладываются динамические нагрузки, требуют к себе большего внимания, чем анкеры, подвергаемые статическим нагрузкам.

Данный раздел руководства является только введением в суть вопроса. Если требуется, чтобы крепление выдерживало динамические нагрузки, свяжитесь с инженером отделом компании МКТ, осуществляющими консультации по данному вопросу. Поведение анкерной системы, на которую действует динамическая нагрузка, менее предсказуемо, чем анкерной системы, подвергаемой статической нагрузке.

Динамические нагрузки могут быть разделены на три главных категории: усталостные, сейсмические и ударные.

Классификация	Усталость материала	Усталость материала после небольшого количества циклов приложения нагрузки	Удар, импульсная нагрузка
Количество циклов	$10^1 < N < 10^3$	$10^1 < N < 10^4$	$1 < N < 20$
Скорость деформации	$10^{-6} < \dot{\epsilon} < 10^{-3}$	$10^{-5} < \dot{\epsilon} < 10^{-2}$	$10^{-3} < \dot{\epsilon} < 10^{-1}$
Примеры	нагрузки от транспорта, машин, ветра, волн	землетрясение, искусственное землетрясение	удар, взрыв, резкое разрушение конструкции
Виды воздействий	усталость материала	сейсмика	удар

Усталостные нагрузки

Нагрузки, вызывающие усталость материала, характеризуются большим количеством циклов приложения нагрузки (от 10 000 до более чем 2 000 000). Типичными примерами являются крепления машин с вращающимися деталями, лифтов, тормозных устройств и т. п. Нагрузка может быть гармонической, негармонической, периодической или непериодической, пульсирующей или изменяющейся по направлению.

Прочность анкерного крепления

Поведение стали и бетона при приложении к ним динамических нагрузок, приводящих к усталости материала, отличается от их поведения при приложении к ним статических нагрузок. Прочность стали снижается до 30%, а бетона до 80% от исходного значения (зависит от качества материала, количества циклов приложения нагрузки, направления приложения нагрузки и т. д.). При креплении с помощью нескольких анкеров, установке анкеров в бетоне с трещинами, или при использовании анкеров с предварительным напряжением, а также вследствие релаксации напряжений в стали или ползучести бетона, могут возникать другие явления. Крепления могут быть рассчитаны только с помощью значительно упрощенных таблиц или компьютерной программы, например программы для расчета анкерных креплений, разработанной компанией МКТ.

Сейсмические нагрузки

Сейсмические нагрузки характеризуются умеренным количеством циклов приложения нагрузки (от 10 до 10 000). Землетрясение вызывает образование в земле вибрационных возмущений, которые передаются на узел крепления через всю конструкцию. Нагрузки являются непредсказуемыми и их оценки базируются на упрощенных предположениях.

Прочность анкерного крепления

Прочность анкерного крепления трудно прогнозировать, так как во время землетрясения в конструкции может появиться множество трещин.

Ударные нагрузки

Ударные нагрузки характеризуются малым числом циклов приложения нагрузки (от 1 до 10) с высокими пиковыми значениями нагрузки. Типичным применением является крепление ограждений на мостах и дорогах, а также крепления, которые подвергаются воздействию взрывов, падающих предметов и т. п.

Прочность анкерного крепления

Так как ударные нагрузки являются необычными нагрузками, то, как правило, может быть принято заданное значение смещения. Прочность таких креплений, как правило, должна быть выше чем для статических нагрузок.

Соотношение между марками и классами бетона по прочности на сжатие

Марка бетона по прочности на сжатие	Соотношение прочности бетона, соответствующих марок и классов бетона по прочности на сжатие				
	Класс бетона по прочности на сжатие	Условная марка бетона*, соответствующая классу бетона по прочности на сжатие			
		Бетон всех видов, кроме ячеистого	Отличие от марки бетона, %	Ячеистый бетон	Отличие от марки бетона, %
M 15	B 1	—	—	14.47	-3.5
M 25	B 1,5	—	—	21.7	-13.2
M 25	B 2	—	—	28.94	15.7
M 35	B 2,5	32.74	-6.5	36.17	3.3
M 50	B 3,5	45.84	-8.1	50.64	1.3
M 75	B 5	65.48	-12.7	72.34	-3.5
M 100	B 7,5	98.23	-1.8	108.51	8.5
M 150	B 10	130.97	-12.7	144.68	-3.55
M 150	B 12,5	163.71	9.1	180.85	—
M 200	B 15	196.45	-1.8	217.02	—
M 250	B 20	261.93	4.8	—	—
M 300	B 22,5	294.68	-1.8	—	—
M 300	B 25	327.42	9.1	—	—
M 350	B 25	327.42	-6.45	—	—
M 350	B 27,5	360.18	2.9	—	—
M 400	B 30	392.9	-1.8	—	—
M 450	B 35	458.39	1.9	—	—
M 500	B 40	523.87	4.8	—	—
M 600	B	589.35	1.8	—	—
M 700	B 20	654.84	-6.45	—	—
M 700	B 21	720.32	2.9	—	—
M 800	B 22	785.81	-1.8	—	—

* Условная марка бетона – среднее значение прочности бетона серии образцов (kgf/cm^2), приведенной к прочности образца базового размера куба с ребром 15 см, при номинальном значении коэффициента вариации прочности бетона.

Прочность бетона

Прочность бетона на сжатие определяется опытным путем. Испытания проводятся на бетонных образцах разной формы. Цилиндрической с $\varnothing 150$ мм высотой 300 мм или кубической с длиной ребра 150 мм.

C 20/25 $f_{\text{cyl}} = 20\text{-}30 \text{ MPa}$ (цилиндр: $\varnothing 150$ мм, высота 300 мм)
 $f_{\text{cyl}} = 25\text{-}35 \text{ MPa}$ (куб: 150 x 150 x 150 мм)

C 50/60 $f_{\text{cyl}} = 50\text{-}60 \text{ MPa}$ (цилиндр: $\varnothing 150$ мм, высота 300 мм)
 $f_{\text{cyl}} = 60\text{-}70 \text{ MPa}$ (куб: 150 x 150 x 150 мм)

В некоторых случаях прочность бетона на сжатие может рассчитываться следующим образом:

$$\text{C 20/25} \quad f_{\text{cyl}} = f_{\text{cube } 150} / 1.25$$

$$\text{C 50/60} \quad f_{\text{cyl}} = f_{\text{cube } 150} / 1.20$$

Коэффициент перехода для кубов с разной длиной ребра:

$$f_{\text{cube } 100} = f_{\text{cube } 150} / 0.95$$

$$f_{\text{cube } 150} = f_{\text{cube } 200} / 0.95$$