

1. Сущность железобетонных конструкций

1.1. Введение

1.2. Сущность железобетона

1.3. Совместная работа арматуры и бетона

1.4. Достоинства и недостатки железобетона

1.5. Способы изготовления и возведения железобетонных конструкций

1.6. Области применения железобетона

1.1. Введение

Краткий исторический обзор

Железобетон по сравнению с другими строительными материалами появился сравнительно недавно и почти одновременно в Европе и Америке. К настоящему времени он получил самое широкое распространение в строительстве.

Исследования покрытий Царскосельского Дворца показали, что русские мастера еще в 1802 г. применяли армированный бетон, однако они не считали, что получили новый строительный материал, и не патентовали его.

Первым изделием из железобетона была лодка, построенная Ламбо во Франции в 1850 г. Первые патенты на изготовление изделий из железобетона были получены Монье в 1867... 1870 гг. В 1892 г. французский инженер Ф. Геннебик предложил монолитные железобетонные ребристые перекрытия и ряд других рациональных строительных конструкций. В России железобетон стали применять с 1886 г. для перекрытий по металлическим балкам.

В 1891 г. талантливейший русский строитель проф. Н. А. Белелюбский первым провел серию испытаний железобетонных конструкций: плит, балок, арок, резервуаров, силосов для зерна, моста пролётом 17 м. В 1911 г. в России были изданы первые технические условия и нормы для железобетонных сооружений.

Конец XIX в. можно считать началом первого этапа в развитии железобетона. С этого времени повсеместно вошел в практику и метод расчета бетонных конструкций по допустимым напряжениям, основанный на законах сопротивления упругих материалов.



1.1. Введение

Впервые идея предварительного напряжения элементов, работающих на растяжение, выдвинута и осуществлена в 1861 г. русским артиллерийским инж. А. В. Гадолиным применительно к изготовлению стальных стволов артиллерийских орудий.

После революции железобетонное строительство в России получило невиданный в мире размах. Развивались теоретические и экспериментальные исследования в области железобетона, что способствовало значительному расширению применения в гидротехническом и жилищно-гражданском строительстве.

В 1925... 1932 гг. советские ученые В. М. Келдыш, А. Ф. Лолейт, А. А. Гвоздев, П. Л. Пастернак и другие разработали общие методы расчета статически неопределимых стержневых систем (арок и рам), которые позволили запроектировать и построить уникальные для своего времени общественные и промышленные здания из железобетона: Центральный телеграф, Дом «Известий», здания министерств легкой промышленности и земледелия в Москве, Дома Советов в Ленинграде, Минске, Киеве и ряд других крупных сооружений.

В 1928 г. железобетон стал использоваться в строительстве тонкостенных пространственных конструкций: разнообразных оболочках, складах, шатрах, сводах и куполах. Советский ученый В. З. Власов первым разработал общий практический метод расчета оболочек, опередив зарубежную науку. Первый тонкостенный купол значительного диаметра (28 м) был построен в 1929 г. в Москве для планетария, а самый большой в то время гладкий купол диаметром 55, 5 м был сооружен в 1934 г. над зрительным залом театра в Новосибирске. Конструкцию купола разработал инж. Б. Ф. Матери по идее и под руководством П. Л. Пастернака.



1.1. Введение

Применение в строительстве рамных и тонкостенных пространственных систем с использованием их жесткости и монолитности следует считать вторым этапом в развитии железобетона.

В 1936 г. в СССР впервые был применен предварительно напряженный железобетон для изготовления опор канатной сети на закавказских железных дорогах. Широкому внедрению предварительно напряженных железобетонных конструкций во многом способствовали работы ученых В. В. Михайлова, А. А. Гвоздева, С. А. Дмитриева и др.

На основе глубокого изучения физических и упругопластических свойств железобетона, а также экспериментальных данных А. Ф. Лолейт, А. А. Гвоздев и другие (1931... 1934 гг.) создали теорию расчета железобетона по разрушающим усилиям. Она была положена в основу норм (ОСТ 90003-38), по которым рассчитывали все промышленные и гражданские здания и сооружения.

Широкую индустриализацию железобетонного строительства, развитие предварительно напряженных конструкций, внедрение высокопрочных материалов и разработку нового метода расчета железобетонных конструкций следует считать началом третьего этапа в развитии железобетонных конструкций. Выдающимся примером третьего этапа может служить построенная в 1965 г. башня Большого московского телецентра общей высотой 522 м.



1.1. Введение

Перспективы развития

Основными направлениями в совершенствовании железобетонных конструкций (снижение стоимости при одновременном повышении качества) являются:

- 1) удовлетворение требований развивающихся новых строительных материалов;
- 2) применение конструктивных решений, снижающих массу конструкций и позволяющих наиболее полно использовать: физико-механические свойства исходных материалов, местные строительные материалы, бетоны высоких классов (40 и выше), лёгкие бетоны, холодную пропитку бетонов мономерами и высокопрочную арматуру (1000 МПа и выше), механизированное и автоматизированное изготовление конструкций;
- 3) повышение долговечности, надежности и технологичности конструкций, снижение их приведённых затрат, материалоемкости, энергоёмкости, трудоемкости изготовления и монтажа;
- 4) разработка новых, уточнение и упрощение существующих методов расчета конструкций, особенно пространственных, тонкостенных и с предварительным напряжением арматуры;



1.1. Введение

- 5) развитие методов расчета с использованием ЭВМ и высокопроизводительных методов конструирования, технологии изготовления и возведения конструкций сборных, сборно-монолитных и монолитных;
- 6) повышение качества, упрочнение и удешевление стыков сборных и сборно-монолитных конструкций;
- 7) изучение физико-химических и механических процессов взаимодействия стальной арматуры с бетоном в целях наиболее эффективной борьбы с появлением и раскрытием трещин в конструкциях;
- 8) совершенствование методов подбора и изготовления бетона (особенно легкого и ячеистого), с тем чтобы получать железобетон с заранее заданными свойствами;
- 9) повышение сейсмической и динамической стойкости конструкций;
- 10) увеличение долговечности конструкций в зданиях с агрессивными средами, а также при эксплуатации в низких и высоких температурах.



1.2. Сущность железобетона

Железобетоном называется комплексный строительный материал, в котором два различных по своим физико-механическим свойствам материала (бетон и стальная арматура) соединены взаимным сцеплением и работают под нагрузкой как единое монолитное тело.

Прочность на сжатие у бетона в 15-20 раз выше, чем на растяжение.

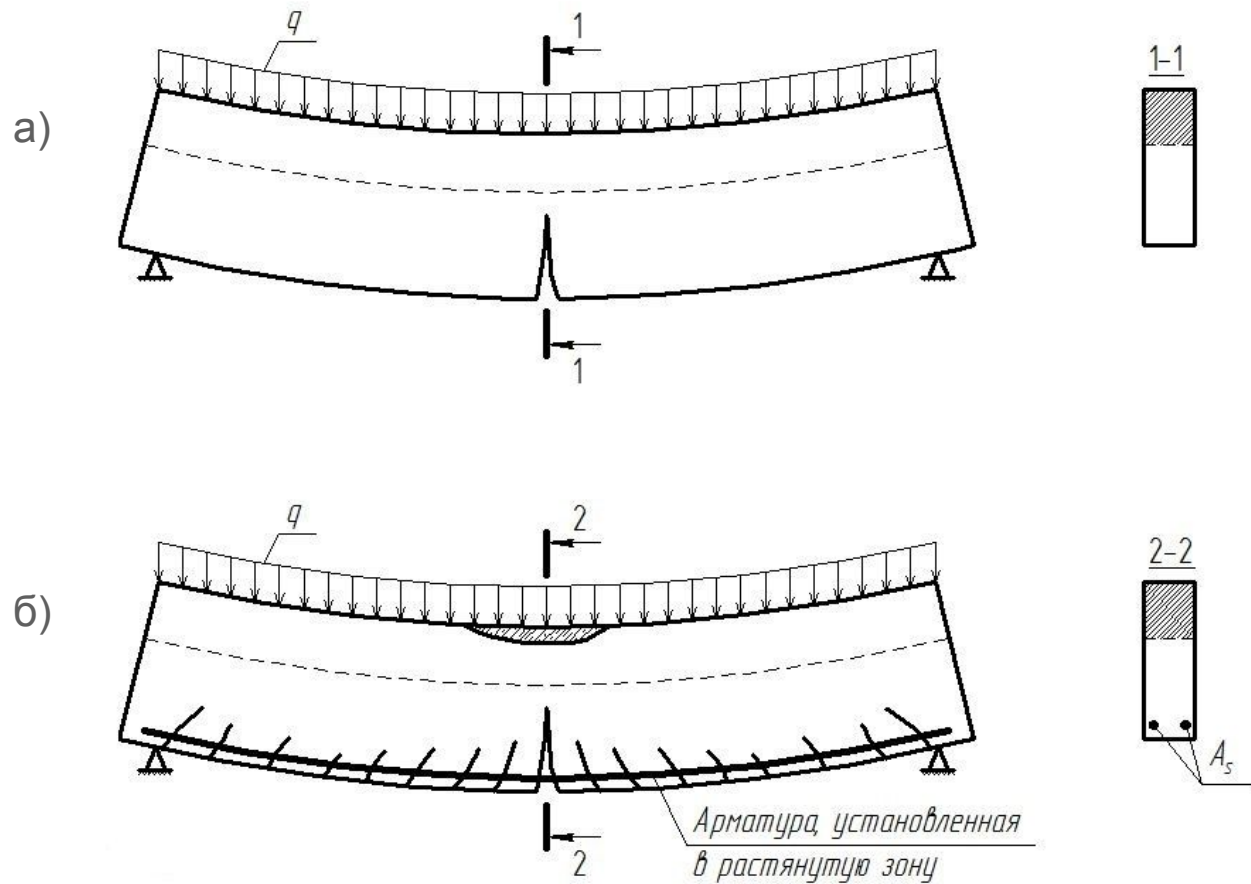
Бетонная балка (без арматуры), лежащая на двух опорах и подверженная поперечному изгибу, в одной зоне испытывает растяжение, в другой – сжатие.

Такая балка имеет малую несущую способность вследствие слабого сопротивления бетона на растяжение. Разрушение балки происходит от разрыва нижних наиболее растянутых волокон, при этом прочность при сжатии оказывается недоиспользованной- несущая способность сжатой зоны балки используется не более чем на 5...7%.

Такая же балка, снабженная арматурой, размещённой в растянутой зоне, обладает более высокой несущей способностью, которая может быть до 20 раз больше, чем у чистой бетонной балки. При достаточном армировании железобетонная балка разрушится при полном исчерпании несущей способности сжатой зоны бетона.



1.2. Сущность железобетона



Балка, лежащая на двух опорах и подверженная поперечному изгибу:

а) без арматуры; б) снабженная арматурой



1.2. Сущность железобетона

В элементах, работающих на сжатие, например в колоннах, включение в бетон небольшого количества арматуры значительно (в 1,5-1,8 раза) повышает их несущую способность.

В центрально-сжатой железобетонной призме продольные деформации арматуры и бетона, благодаря сцеплению материалов одинаковы:

Учитывая закон Гука для материала, работающего в условиях одноосного сжатия, получаем:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

где E_s - модуль упругости стали;

E_b - начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении;

ν_b - коэффициент упругости бетона (0,5-1).

В итоге напряжение в арматуре существенно больше, чем в бетоне:

что и требуется, поскольку прочность арматуры гораздо выше прочности бетона.

Для наглядности приведем числовые значения

$$E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа},$$

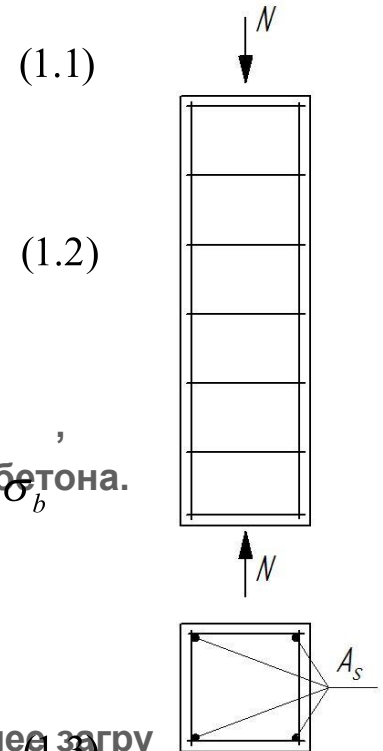
$$E_b = 2,4 \cdot 10^4 \text{ МПа},$$

$$\nu_b = 0,5.$$

В ходе вычисления видим:

Следует заметить, что с учетом ползучести бетона арматура будет еще более загружена:

$$\sigma_s = 16,67 \sigma_b \quad (1.3)$$



1.3. Совместная работа арматуры и бетона

Совместная работа бетона и стальной арматуры обуславливается выгодным сочетанием физико-механических свойств этих материалов:

1. При твердении бетона между ними стальной арматурой возникают значительные силы, вследствие чего в железобетонных элементах под нагрузкой оба материала деформируются совместно.
2. Плотный бетон (с достаточным содержанием цемента) защищает заключённую в нём стальную арматуру от коррозии, а также предохраняет арматуру от непосредственного действия огня.
3. Сталь и бетон обладают близкими по значению температурными коэффициентами линейного расширения, поэтому при изменении температуры в пределах от -70°C до 100°C в обоих материалах возникают несущественные начальные напряжения. Скольжение арматуры в бетоне не наблюдается.

$$\begin{cases} \Delta l_b = \alpha_b \cdot \Delta T \cdot l, \\ \Delta l_s = \alpha_s \cdot \Delta T \cdot l. \end{cases} \quad (1.4)$$

Так как $\alpha_b \approx \alpha_s$, следовательно $\Delta l_b = \Delta l_s$.



1.4. Достоинства и недостатки железобетона

Достоинства железобетона

1. Долговечность.

По сравнению с другими строительными материалами железобетон более долговечен. При правильной эксплуатации железобетонные конструкции могут служить неопределенно длительное время без снижения несущей способности, поскольку прочность бетона с течением времени, в отличие от прочности других материалов, возрастает, а сталь в бетоне защищена от коррозии.

2. Стойкость против атмосферных осадков.

Железобетон стоек против атмосферных воздействий.

3. Огнестойкость.

Железобетон огнестоек. Это характеризуется тем, что при пожарах средней интенсивности продолжительностью до нескольких часов железобетонные конструкции, в которых арматура установлена с необходимым защитным слоем бетона, начинают повреждаться с поверхности и снижение несущей способности происходит постепенно.

4. Высокая сопротивляемость динамическим и эксплуатационным нагрузкам.

Железобетон обладает высокой сопротивляемостью динамическим нагрузкам. Для железобетонных конструкций, находящихся под нагрузкой, характерно образование трещин в бетоне растянутой зоны.



1.4. Достоинства и недостатки железобетона

Раскрытие этих трещин при действии эксплуатационных нагрузок во многих конструкциях невелико и не мешает их нормальной эксплуатации.

Однако на практике часто (особенно при применении высокопрочной арматуры) возникает необходимость предотвратить образование трещин или ограничить ширину их раскрытия. Тогда бетон заранее до приложения внешней нагрузки подвергают интенсивному обжатию – обычно посредством натяжения арматуры.

Такой железобетон называют предварительно напряженным.

Он очень эффективно сопротивляется динамическим нагрузкам.

5. Малые эксплуатационные расходы на содержание зданий и сооружений.

Железобетон требует малые эксплуатационные расходы на содержание зданий и сооружений. На изготовление железобетонных линейных конструкций расходуется в 2-3 раза, а на изготовление плит, настилов и труб в 10 раз, меньше металла, чем на стальные конструкции.

6. Экономичность ввиду повсеместной распространенности сырьевых материалов.

Применение железобетона для строительства даёт возможность, сэкономить сотни тысяч тонн стали, являющейся дорогим и дефицитным материалом. Поэтому замена металла железобетоном, там, где это экономически целесообразно, имеет большое значение.



1.4. Достоинства и недостатки железобетона

Недостатки железобетона

1. Большой объемный вес;
2. Высокая тепло- и звукопроводность;
3. Трудоемкость переделок и усиления;
4. Необходимость выдержки до приобретения прочности;
5. Появление трещин вследствие усадки и силовых воздействий.

Многие из этих недостатков могут быть устранены путем применения:

- бетонов на пористых заполнителях;
- специальной обработки (пропаривания, вакуумирования и т.д.);
- предварительного напряжения;
- других способов и мероприятий.



1.5. Способы изготовления и возведения железобетонных конструкций



При возведении монолитных железобетонных конструкций на месте строительства устанавливают опалубку, в нее укладывают арматуру и бетонную смесь. После достижения бетоном необходимой прочности опалубку снимают, получая монолитную конструкцию. Производство таких конструкций в значительной степени индустриализировано. Применяют сборно-разборную опалубку, которая может быть использована многократно, бетон и арматурные изделия изготавливают на специальных заводах и поставляют транспортом на строительную площадку. Вместе с тем в монолитных сооружениях отсутствуют весьма трудоемкие работы по устройству стыков, характерных для сборных элементов, требующих значительного расхода стали.



1.5. Способы изготовления и возведения железобетонных конструкций



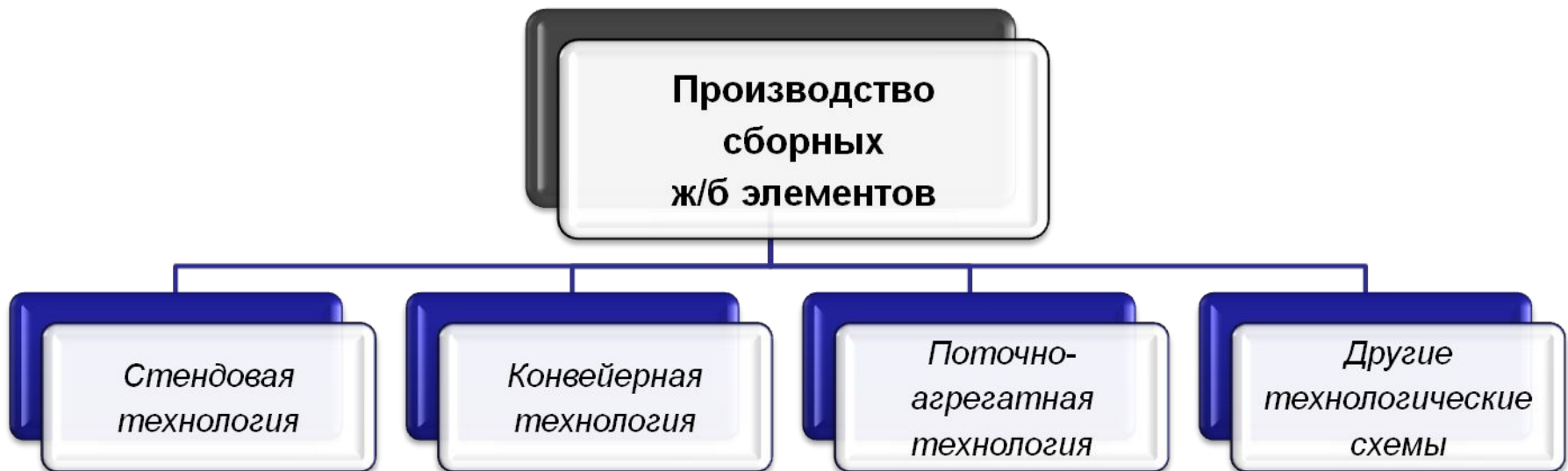
Монолитные железобетонные конструкции



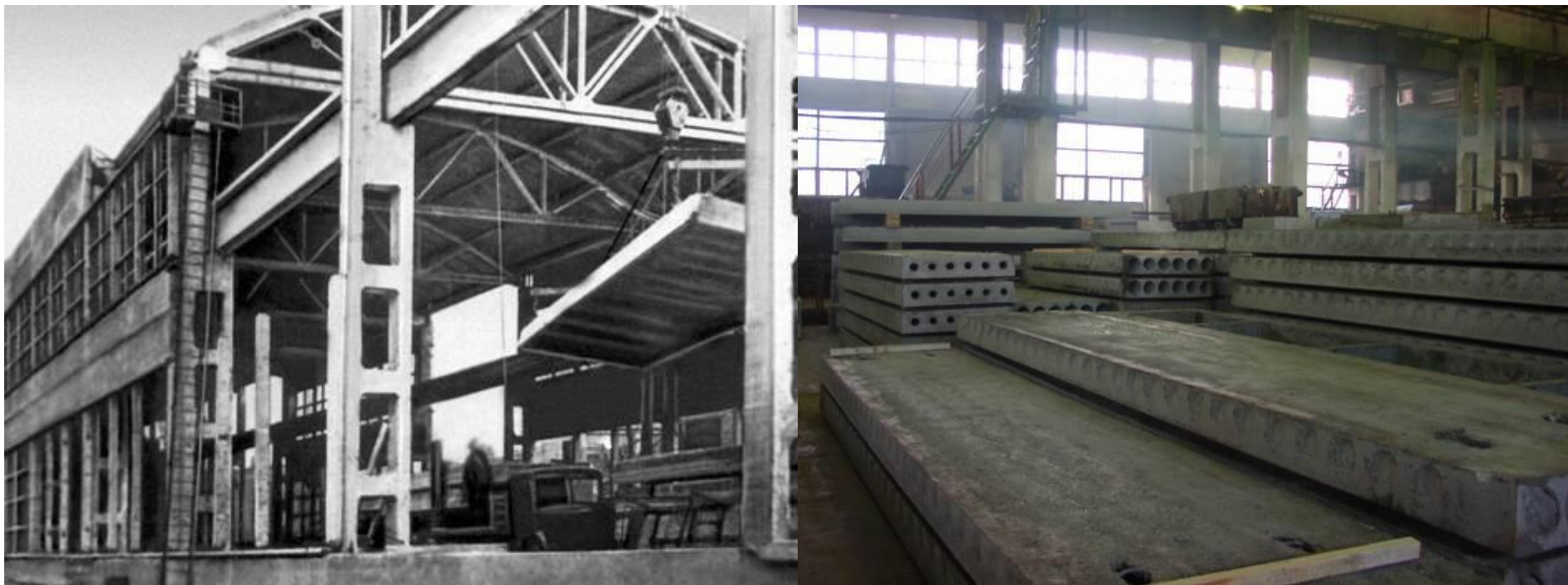
1.5. Способы изготовления и возведения железобетонных конструкций

При возведении зданий и сооружений из сборных железобетонных конструкций вначале на специальных заводах или полигонах изготавливают отдельные элементы, из которых на строительной площадке возводят сооружения.

Такой способ индустриален, так как предполагает заводское изготовление и механизированный монтаж. При этом обеспечивается современная технология изготовления, рациональные конструктивные формы, возможность изготовления и монтажа в зимнее время. Трудоемкость снижается в 3-4 раза по сравнению с монолитными конструкциями. Сборные железобетонные конструкции наиболее целесообразны, когда количество типов элементов ограничено и применение их предусматривается в зданиях различного назначения. Для этого необходимо максимальная унификация и типизация конструктивных схем, пролетов, нагрузок.



1.5. Способы изготовления и возведения железобетонных конструкций



Сборные железобетонные конструкции



1.5. Способы изготовления и возведения железобетонных конструкций

При применении сборно-монолитных конструкций вначале укладывают сборные железобетонные элементы, играющие роль опалубки, а затем они бетонируются.

При выполнении определенных весьма несложных требований обеспечивается сцепление сборного и монолитного бетона. Такой способ возведения позволяет отказаться от опалубки и ускорить производство работ по сравнению с монолитными конструкциями.

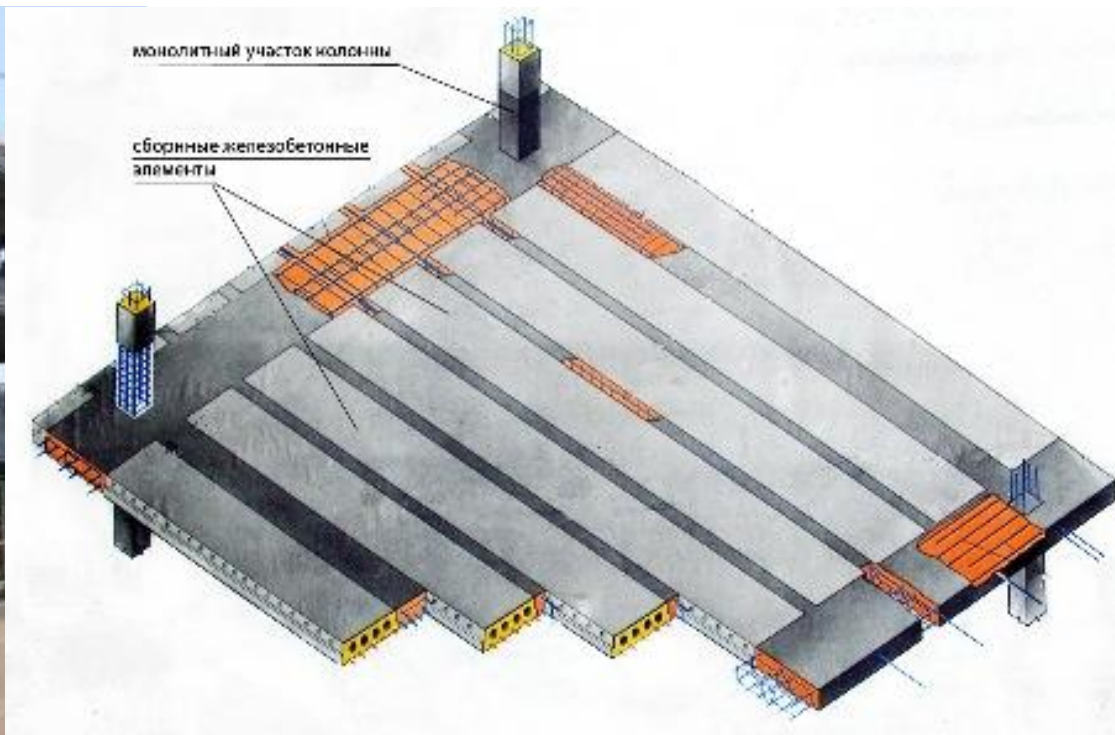
К недостаткам относится необходимость доставки и укладки наряду со сборными элементами монолитного бетона на строительной площадке.

Сборно-монолитные конструкции особенно целесообразно применять в сооружениях с высокими нагрузками, когда сборные конструкции слишком тяжелые и громоздкие и требуют специального подъемно-транспортного оборудования.

Из сборно-монолитных конструкций выполняют гидротехнические и другие сооружения.



1.5. Способы изготовления и возведения железобетонных конструкций



Сборно-монокристаллические конструкции



1.6. Области применения железобетона

Железобетон применяют в самых разнообразных отраслях строительства, находя в каждой из них свои оптимальные формы.

Из железобетона возводятся:

- промышленные одноэтажные и многоэтажные здания;
- жилые и общественные здания различного назначения;
- сельскохозяйственные постройки.

Во многих случаях конструкции из железобетона (особенно предварительно напряженного) целесообразнее каменных или стальных. К ним относятся: атомные реакторы, мощные прессовые устройства, мосты, дороги, складские и общественные здания и сооружения; тонкостенные пространственные конструкции, силосы, бункера и резервуары.

Широко применяют железобетон в инженерных сооружениях, транспортном, гидротехническом и энергетическом строительстве, судостроении, машиностроении и т.п. Наряду с железобетонными применяют также бетонные конструкции, в которых арматура либо совсем отсутствует, либо устанавливается в очень небольших количествах и не учитывается расчетом (фундаментные и стеновые блоки, подпорные стены, плиты аэродромных покрытий и т.п.).

