

1-21-2020

DEVELOPMENT OF DIAGRAM METHODS IN CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Sagatov Bakhodir
Jizzakh Polytechnic Institute, Uzbekistan

Tillayev Mirjalol
Jizzakh Polytechnic Institute, Uzbekistan

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/samgai>



Part of the [Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Bakhodir, Sagatov and Mirjalol, Tillayev (2020) "DEVELOPMENT OF DIAGRAM METHODS IN CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES," *Problems of Architecture and Construction*. Vol. 2 : Iss. 4 , Article 6.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/samgai/vol2/iss4/6>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Problems of Architecture and Construction by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

DEVELOPMENT OF DIAGRAM METHODS IN CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Cover Page Footnote

The journal is published under the sponsorship of Samarkand State Architecture and Civil engineering Institute



ME'MORCHILIK va QURILISH MUAMMOLARI

ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА PROBLEMS OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

(Ilmiy-texnik jurnal)
(Научно-технический журнал)
(Scientific and technical Journal)

2019, No.4
2000 yildan har 3 oyda
bir marta chop etilmoqda

Журнал ОАК Хайъатининг қарорига биноан техника (қурилиш, механика ва машинасозлик соҳалари) фанлари ҳамда меъморчилик бўйича илмий мақолалар чоп этилиши лозим бўлган илмий журналлар рўйхатига киритилган (гувоҳнома № 00757.2000.31.01)

Журнал 2007 йил 18 январда Самарқанд вилоят матбуот ва ахборот бошқармасида қайта рўйхатга олиниб 09-34 рақамли гувоҳнома берилган

Бош муҳаррир (editor-in-chief)—т.ф.н.доц.С.И.Аҳмедов
Масъул котиб (executive secretary)—т.ф.н.доц.Т.Қ.Қосимов

Тахририя тхайъати (Editorialcouncil): м.ф.д.,проф.М.Қ.Аҳмедов; т.ф.д.,проф. С.М.Бобоев; т.ф.д.,проф. академик А.Дасибеков (Қозоғистон); т.ф.д.,проф. А.М.Зулпиев (Қирғизистон); и.ф.д.,проф. А.Н.Жабриев; т.ф.н.,к.и.х. Э.Х.Исаков (бош муҳаррир рўйринбосари); т.ф.д. К.Исмоилов; т.ф.н.,доц. В.А.Кондратьев; т.ф.н.,доц. А.Т.Кулдашев (ЎзР Қурилиш вазирлиги); м.ф.д.проф. Р.С.Муқимов(Тожикистон); т.ф.д.проф. С.Р.Раззоқов; УзР.ФА академиги, т.ф.д.,проф. Т.Р.Рашидов; т.ф.д.,проф. Х.Ш.Тўраев; м.ф.д.,проф. А.С.Уралов; т.ф.н.доц. В.Ф.Усмонов; т.ф.д.,проф. Р.И.Холмуродов; т.ф.д.,проф. И.С.Шукуров (Россия, МГСУ); т.ф.д.,проф. А.А.Лепидус (Россия, МГСУ); т.ф.д., проф. В.И.Римшин (Россия); т.ф.д., проф. Ж.Н.Низомов (Тожикистон ФА мухбир аъзоси); т.ф.д., проф. И.Каландаров (Тожикистон ФА мухбир аъзоси).

Тахририят манзили:140147, Самарқанд шаҳри, Лолазор кўчаси, 70.
Телефон: (366)237-18-47,237-14-77, факс (366)237-19-53.ilmiy-jurnal@mail.ru

Муассис (Thefounder): Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти

Обуна индекси 5549

©СамДАҚИ, 2019

DEVELOPMENT OF DIAGRAM METHODS IN CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Sagatov Bakhodir Uktamovich – senior lecturer,
Jizzakh Polytechnic Institute, Uzbekistan
Tillayev Mirjalol Abdubanovich – assistant,
Jizzakh Polytechnic Institute, Uzbekistan

Development of diagram methods in calculations of reinforced concrete structures

The paper gives short analysis of the practical use of strain diagrams in design of reinforced concrete structures. Basic principles to obtain experimental diagrams under simple static, regime and dynamic loading are given along with the conditions they have to meet. Further developments of the diagram methods of design are noted.

Keywords: reinforced concrete, stress, resistance, nonlinear, cracking.

Развитие диаграммных методов в расчётах железобетонных конструкций

В статье дан краткий анализ практики использования диаграмм деформирования бетона и арматуры в расчётах конструкций. Даны основные принципы получения диаграмм при простом равновесном, режимном и динамическом нагружении и сформулированы условия, которым они должны отвечать.

Ключевые слова: железобетон, напряжение, сопротивление, нелинейной, трещинообразования.

Янги бетон конструкцияларни ҳисоблашда диаграмма усулларини ишлаб чиқиш

Мақола таркибий ҳисоб-китобларда бетон ва мустаҳкамловчи деформация диаграммаларидан фойдаланиш амалиётини қисқача таҳлил қилади. Деярли оддий мувозанат, режим ва динамик юк остида диаграммалар олишнинг асосий принциплари берилган ва уларга жавоб бериш шартлари шакллантирилган.

Калит сўзлар: темирбетон, кучланиш, қаршилик, нотекис, ёриқлар пайдо бўлиши.

Одним из кардинальных вопросов разработки и совершенствования методов расчета конструкций зданий и сооружений является учет нелинейных свойств применяемых материалов, характер разрушения которых, как известно, не следует классическим теориям прочности. Силовое сопротивление железобетона определяется свойствами бетона и арматуры, а также спецификой их совместной работы, включающей сцепление и допустимость трещинообразования. Естественно, что в связи с этим напряженно деформированное состояние и силовое сопротивление железобетонных конструкций могут быть расчетно оценены только в нелинейной и в режимно неравновесной постановке, с учетом анизотропии и внутренней статической неопределимости железобетона [2,4]. Более четкое понимание отдельных аспектов деформирования и разрушения, применение вычислительной техники и методов моделирования дают реальную возможность перейти к более полному учету физической нелинейности и построению нелинейной механики железобетона с учетом реальных свойств его составляющих материалов. Основу этой механики, наряду с уравнениями равновесия и совместности, составляют определяющие физические соотношения - связи между напряжениями и деформациями и критерии прочности для материалов железобетона. Построение таких соотношений невозможно без информации о поведении

бетона и арматуры при некоторых эталонных (простейших) режимах одноосного нагружения с выявлением полных диаграмм сжатия и растяжения, включающих ниспадающий участок. Эти диаграммы имеют и самостоятельное значение, поскольку непосредственно используются в расчетах различных железобетонных конструкций (балок, рам и ферм), либо служат в качестве вспомогательного аппарата для уточнения существующих методик расчета в формате метода предельных состояний [3,4,5]. В связи с этим широко исследуются и анализируются более общие модели деформирования материалов как при статике, так и при динамике (включая сейсмику). В ряде работ ставится задача некоторого изменения подходов к расчету на основе модифицированных предпосылок сопротивления материалов в увязке с методом конечных элементов [4]. Физические диаграммы « σ - ϵ » для бетона и арматуры, обобщенные диаграммы деформирования железобетонных элементов типа «момент-кривизна», «сила-перемещение», а также диаграммы податливости узлов и сопряжений, составляют исходную базу для современных, так называемых диаграммных методов расчета железобетонных конструкций [2,4,5].

Все существующие экспериментальные методы получения диаграмм деформирования « σ - ϵ » проводятся по равновесной или неравновесной схеме нагружения. Полностью

равновесные испытания бетона исключают спонтанное разрушение под влиянием потенциальной энергии, накапливаемой в системе "испытательная машина - опытный образец", придавая процессу деформирования обратимый характер. Практически, при экспериментальных исследованиях полная равновесность выражается возможностью останавливать нагружение на любом его этапе. Получение полностью равновесных диаграмм деформирования бетона достигается применением специальных прессов высокой жесткости, либо испытательных машин (типа "Инстрон") с быстродействующим исполнительным механизмом и электронным устройством, следящим за деформацией, которые имитируют бесконечно большую жесткость агрегатов. Они обеспечивают постоянное соблюдение равенства потенциальных энергий деформирования силовой рамы пресса и образца.

Наиболее перспективный способ получения равновесных диаграмм деформирования на обычных прессах заключается во введении в систему "пресс образец" дополнительного устройства (например, стального кольца), воспринимающего избыток упругой энергии, высвобождающейся при разрушении образца и обеспечивающего стабильный, равновесный характер деформирования в следствии увеличения жесткости испытательной системы. При этом равновесное деформирование осуществляется автоматически. Система "пресс-образец" превращается в статически неопределимую относительно создаваемой машиной нагрузки, которая распределяется между упруго деформируемым жестким устройством и податливо деформируемым образцом обратно пропорционально их жесткостям. Таким образом, при каждом приращении деформации в образце происходит понижение жесткости в исследуемом сечении с перераспределением нагружающей силы между упругим устройством и бетонным образцом.

Современное лабораторное оборудование позволяет получать диаграммы с постоянной скоростью изменения как напряжений так и деформаций. Как правило, лишь во втором случае выявляется нисходящая ветвь диаграммы. Исследования показывают, что в случае переменных напряжений по высоте сечения стержневых конструкций (например, балок при изгибе), большее соответствие с данными экспериментов дает использование в расчетах диаграмм с нисходящей ветвью. Однако правомерность распространения полных диаграмм, полученных при одноосном простом нагружении на случаи неравномерно напряженных сечений элементов (как это имеет место в изгибаемых и внецентренно

нагруженных элементах) еще не доказана.

Отдельные исследования говорят о влиянии градиентов на значения напряжений и деформаций в вершинах диаграмм, и указывают на влияние масштабного эффекта на прочность и деформации бетона. Наиболее существенным это влияние оказывается в зонах растяжения, поэтому необходимо учитывать эти факторы в расчетных моделях, хотя статистических данных для серьезных оценок еще недостаточно. В ряде случаев масштабный фактор и градиенты напряжений сказываются совместно, и их влияние трудно разделить, как, например, в исследованиях влияния высоты балок на момент трещинообразования. На форму полных диаграмм бетона также сильно влияют структурно-технологические факторы, а также характер армирования элементов. Таким образом, исходные диаграммы требуют определенной корректировки при их использовании в расчетах реальных конструкций.

В настоящее время имеются обширные экспериментальные данные по диаграммам деформирования бетона и их применению в расчетах. Рассматриваются новые и совершенствуются ранее предложенные феноменологические зависимости для их описания в виде полиномов, степенных, дробных и других функций [2]; многие из них дают довольно точное описание экспериментальных диаграмм. В связи с этим имеется ряд условий, которым они должны отвечать. Во первых, эти зависимости должны иметь простую форму записи, легко приводиться к секущим и касательным модулям, иметь нисходящую ветвь и горизонтальность касательной в вершине диаграммы; при учете различных факторов должна предусматриваться возможность их несложной трансформации. Во вторых, форма диаграмм и их математическое описание должны по возможности наиболее полно отражать основные параметры процессов разрушения в микро и макроструктуре бетона при его деформировании. Наконец, разрабатываемые модели и зависимости для описания диаграмм должны соответствовать современным численным методам решения физически нелинейных задач (подразумевается, например, что касательные и секущие модули диаграммы должны одинаково просто и однозначно выражаться как через напряжения, так и деформации).

Однако указанных исходных полных диаграмм простого сжатия и растяжения в принципе еще не достаточно для расчета конструкций на различные воздействия, поэтому нормируются еще два типа диаграмм. Один тип получают при переменных и

знакопеременных нагрузках типа «нагрузка-разгрузка». Они записываются с учетом факторов деструкции и упрочнения, проявляющихся вследствие накопления и «самозалечивания» внутренних микротрещин в структуре бетона. Однако экспериментальных данных по диаграммам при режимных нагружениях все ещё явно недостаточно. Кроме того, не совсем ясны механизмы накопления остаточных деформаций и проявлении эффекта само упрочнения в бетоне.

Другой тип диаграмм - это семейство диаграмм - изохрон, вводимых для учета деформаций ползучести. Изохрона представляет собой диаграмму деформирования бетона к фиксированному отрезку времени при определенном, наиболее характерном режиме нагружения [4]. Сложным и не решенным в изохронном подходе остается вопрос учёта режимов нагружения.

Следует указать еще на диаграммы при высоких скоростях изменения напряжений, которые используются в расчетах конструкций на динамические воздействия (в т.ч. ударные, взрывные и сейсмические). Возникающие при этом нагрузки отличаются малой продолжительностью - от нескольких миллисекунд до секунд, а также внезапностью возникновения. Высокая интенсивность, редкость и экстремальность ситуации обуславливают особенности подходов к расчету конструкций при таких нагрузках. Так, при действии аварийной динамической нагрузки к конструкциям предъявляется только одно требование: они должны выдержать нагрузку не разрушаясь. Поэтому в большинстве случаев конструкции рассчитываются только по первой группе предельных состояний. Графическая интерпретация предельных состояний в координатах «момент-кривизна» имеет линейный участок возрастания, затем горизонтальный отрезок и нисходящий участок. Для отдельных конструкций допускается деформирование в стадии разрушения, когда вследствие постепенного разрушения сжатого бетона снижается несущая способность конструкции. Поэтому основной особенностью методов расчета на действие кратковременных динамических нагрузок является изучение поведения конструкций в пластической стадии. Эти методы можно разделить на три группы: упрощенные, приближенные и точные. В первых двух методах высоко скоростное нагружение изменяет диаграммы деформаций бетона, повышая величины модуля упругости, уровни микротрещинообразования, пределы прочности. В упрощенном методе пластические деформации сосредотачиваются в пластических шарнирах, превращая конструкцию в механизм.

Такой подход основан на определенной идеализации свойств железобетонных конструкций, что затрудняет, а иногда и делает невозможным решение ряда задач. Поэтому требуется разработка более точных методов расчета, основанных на использовании реальных нелинейных диаграмм деформирования материалов и численных методов с применением ЭВМ. Такой подход дает возможность адекватно отобразить процессы деформирования конструкции во всем диапазоне изменения ее механических свойств, что позволяет полностью удовлетворить потребности практики проектирования. Для развития точных методов динамического расчета конструкций требуется более широкая информация, а именно: а) законы динамического деформирования бетонов; б) данные о влиянии армирования на деформации бетонов; в) оценка напряженно-деформированного состояния сечений железобетонных конструкций при пластическом деформировании; г) законы сцепления арматуры с бетоном.

Создаются и совершенствуются аналитические зависимости и для диаграмм деформирования арматурных сталей. Различные диаграммы для арматуры легко реализовать, если известны относительные деформации в некоторых характерных точках (σ_e , σ_y , $\sigma_{0,2}$), на ветви упрочнения и в точке разрыва. Наряду с диаграммами так называемой свободной (вне бетона) арматуры для расчета железобетонных элементов с трещинами вводятся специальные диаграммы, в которых учитывается сдерживающее влияние бетона между трещинами на ее деформации. Дальнейшее совершенствование диаграмм деформирования арматуры связано с повышением прочности арматурных сталей, совершенствованием профилей арматуры и наметившимся переходом в массовом строительстве от горячекатанной стали классов А-300 (А-II) и А-400 (А-III) к более экономичной термически упрочненной и холодно деформированной стали классов А-500 и А-600, сильно отличающихся по диаграмме растяжения и пластическим свойствам. Дополнительных исследований требует переход на новые серповидные и винтовые профили, однако уже сейчас ясно, что они улучшают многие показатели арматуры и открывает совершенно новые сферы применения как обычного, так и преднапряженного железобетона.

Представленный краткий анализ показывает, что несмотря на определенные успехи в разработке диаграммных методов расчета железобетонных конструкций они требуют дальнейшего уточнения и развития. В первую

очередь это касается нормирования (с 95%-ной обеспеченностью) основных параметров исходных полных диаграмм простого сжатия и растяжения для основных видов конструктивных бетонов на базе статистически достаточно представительных экспериментальных данных. Физическая адекватность таких диаграмм зависит от полноты учета основных структурных и технологических факторов, определяющих эти параметры. Огромное количество и сложный характер используемых при этом эмпирических данных не позволяют использовать для их обработки классические статистические методы. На наш взгляд, наиболее эффективными методами обработки и использования такой информации являются факторный анализ, основанный на принципах планирования эксперимента и структурно-имитационное моделирование процессов деформирования и трещинообразования бетона, основанное на подходах механики разрушения.

Reference:

1. Ashrakov A.A. Modeling of properties and Destruction Process of concrete and reinforced concrete. Tashkent: Fan, 1988, p.148.
2. Golshev A.B., Bachinski V.Y. Works of applied theory calculations of reinforced concrete structures. "Concrete and reinforced concrete", No.6, 1986, pp.16-18.
3. Karpenko N.I. General models of reinforced concrete mechanics. - Moscow. Stroyizdat, 1996, p.416.
4. The Code – Samples of reinforced concrete structures. Moscow. 1984. – p.284.