

КОНСТРУКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК И МЕТОДЫ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Дорофеев В.С., Коломийчук Г.П. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Современное проектирование, строительство и эксплуатацию тонкостенных пространственных железобетонных оболочек следует выполнять с учетом возросших требований конструктивной безопасности. Математические модели числового эксперимента должны описывать весь "жизненный" цикл поведения конструкций под действием силовых и несиловых факторов. Расчеты следует вести с использованием деформационных моделей, в геометрически и физически нелинейных постановках, с учетом оценки состояния конструкции на всем протяжении срока службы.

Анализ разрушений и причин отказов эксплуатируемых железобетонных оболочек показывает, что методы расчета далеко не обеспечивают эксплуатационную безопасность работы тонкостенных покрытий даже при проектных воздействиях [1 - 3]. Они не отражают всех изменений напряженно – деформированного состояния в процессе эксплуатации и, как следствие, остаточный ресурс сооружения и безопасность его эксплуатации.

В настоящее время накоплен значительный объем исследований для выполнения многосторонней оценки конструктивной безопасности железобетонных оболочек при различных воздействиях. Тем не менее, общая теория для решения проблемы конструктивной безопасности далека от своего становления. Разработанные в настоящее время основы теории конструктивной безопасности зданий и сооружений в большинстве своем направлены на создание методов анализа параметров напряженно – деформированного состояния конструкций при различных видах воздействий с последующей оценкой получаемых результатов с позиции предельных состояний. В них для оценки сопротивления железобетонных конструкций силовым и агрессивным воздействиям, а также эксплуатационному износу применяются различные методы расчета преимущественно стержневых систем с одной или более видами нелинейностей [4 - 5],

поэтому вопросы оценки конструктивной безопасности тонкостенных железобетонных весьма актуальны.

В соответствии с действующими нормами [6], расчет тонкостенных пространственных конструкций выполняется по предельным состояниям. Тем не менее, практика их возведения и эксплуатации свидетельствует о том, что и тогда, когда они запроектированы в соответствии с нормативными документами, возникают аварийные ситуации и обрушения от воздействий, не учтенных проектом. Причинами отказа могут выступать как воздействия, не предусмотренные условиями нормальной эксплуатации конструкций, связанные с чрезвычайными ситуациями, так и грубые человеческие ошибки. Для снижения числа аварийных ситуаций необходимо разработать методы расчета поведения конструкций на протяжении всего срока службы с учетом конструктивной безопасности, а также научиться выполнять техническую оценку состояния натуральных тонкостенных оболочечных покрытий при запроектных воздействиях.

Проблема обеспечения безопасности при проектировании, строительстве и реконструкции зданий и сооружений, а также поддержание в надежном состоянии объектов недвижимости очень важна. Вызвано это тем, что проектирование новых, реконструкция существующих, строительство зданий и сооружений осуществляется множеством вновь организованных, в условиях рынка, проектных организаций и строительных фирм разного уровня квалификации и ответственности. Проектная документация выполняется чаще всего поэтапно и подвергается экспертизе далеко не в полном объеме, определенном нормативно – техническими требованиями, что ведет к прямому нарушению конструктивной безопасности проектируемых зданий и сооружений.

Результаты контрольной геодезической съемки поверхности оболочки положительной кривизны [7] покрытия рынка в г. Минске с размерами в плане 103×103 м показали, что среднее отклонение центральной части поля оболочки от проектного положения составило – 23.3 мм, а среднеквадратическое отклонение ± 38.4 мм, соответственно для контурных элементов + 26.75 мм и ± 31.2 мм. Анализ работ по возведению сборно-монолитной аглопоритожелезобетонной оболочки показал, что совокупность функциональных и технологических ошибок превысила допустимые расчетом величины отклонения поверхности оболочки от проектного положения. Точность монтажа большепролетных покрытий в виде оболочек без использования специальных приспособлений, как правило, не может удовлетворить требования проекта.

Научно – технический прогресс в материаловедении, технологии возведения строительных объектов открывают для проектировщиков значительные возможности по внедрению новых архитектурно выразительных и конструктивно индивидуальных решений с покрытиями железобетонными тонкостенными оболочками сложной геометрии. Такие покрытия в значительной мере используются для общественных зданий с большими зальными помещениями, где одновременно может находиться большое количество людей. Это очень ответственные конструкции и требования к проектированию, возведению, а в дальнейшем и к их эксплуатации должны соответствовать международным стандартам даже на случай аварийных ситуаций [8].

Полученные результаты [9 - 13 и другие] о деформировании, трещинообразовании и поведении оболочек под действием различных нагрузок и окружающей среды - хороший исходный материал для создания новых более надежных подходов в проектировании и технической оценке существующих большепролетных железобетонных оболочек покрытий.

Экспериментальными результатами установлено, что начало трещинообразования в бетоне оболочек начинается при нагрузках: $0.3q_p$ для цилиндрических оболочек [14]; $0.4q_p$ для оболочек положительной кривизны; $0.5q_p$ для оболочек отрицательной кривизны (q_p – нагрузка разрушения).

В работе [15] выполнен числовой эксперимент на моделях оболочек положительной кривизны шарнирно опертых по контуру. Определены нагрузки начала пластических деформаций и трещинообразования в геометрически линейной и нелинейной постановках. Результаты расчетов показали, что в геометрически линейной постановке нагрузки начала пластических деформаций и трещинообразования больше на 60%, чем в геометрически нелинейной постановке при малых кривизнах. С увеличением параметра кривизны это отношение увеличивается.

Разработанные расчетные модели физического сопротивления тонкостенных железобетонных пространственных покрытий должны иметь статистическое обоснование и быть адекватными в эксплуатационной и предельной стадиях реально существующим.

Расчет оболочек необходимо вести по деформированной схеме в геометрически нелинейной постановке с реализацией современных физических моделей поведения железобетона с трещинами в конструкции, а именно: модели, в которой рассматривается напряженно-деформированное состояние двухкомпонентного

композиционного материала в точке (отдельно для бетона и отдельно для арматуры) на основе использования действительных диаграмм состояния [16]; макроструктурной модели деформирования характерного анизотропного элемента конечных размеров с трещинами [17]; пространственной блочно контактной модели деформирования железобетонных оболочек с трещинами [18].

В математических моделях поведения железобетонных оболочек под действием нагрузок и агрессивной среды необходимо использовать расчетные модели, которые наиболее четко описывают поведение реальной натурной конструкции от начала изготовления и на весь период ее эксплуатации [19]. Для выполнения требований безопасного поведения оболочки в аварийных ситуациях расчетами следует предусмотреть выход из строя наиболее "слабой" части оболочки, которая не приведет к полному разрушению всей конструкции.

При создании математических моделей числового эксперимента нелинейно деформирующихся объектов необходимо учитывать влияние предыстории создания конструкции на ее безопасность [5]. Возросшие возможности компьютерной техники позволяют создать программные комплексы, описывающие процессы, связанные с жизненным циклом использования железобетонной оболочки (возведение; начальные нагрузки; работа в процессе эксплуатации, с учетом получаемых повреждений; усиление поврежденных частей, изменение расчетной схемы; форс – мажорные ситуации).

Такие математические модели должны учитывать действительное нагружение от начала, когда нагрузки и перемещения равны нулю, до наперед заданной нагрузки или возраста конструкции. Как и статическое нагружение соответствует постепенному увеличению нагрузки с постепенным изменением жесткостных характеристик отдельных участков конструкции, так и применяя метод последовательных нагружений нагрузка прикладывается не сразу, а отдельными частями. При этом на каждом этапе нагружения учитывается изменение жесткостных характеристик в каждом отдельном элементе дискретной модели. Это дает возможность проследить поведение рассчитываемой конструкции на всем протяжении, начиная от небольшой нагрузки, когда конструкция еще работает в упругой стадии, включая состояния, когда появляются первые трещины в растянутых и развиваются нелинейные деформации бетона в сжатых зонах, и завершая стадией, предшествующей разрушению конструкции.

Срок службы железобетонных тонкостенных оболочек большой, поэтому необходимо для каждого типа оболочек разработать рекомендации по наблюдению за поведением конструкции под действием реальных воздействий, а также хранить информацию о проектировании и условиях возведения, которая поможет в эксплуатационный период правильно вести ремонты и усиления. Наблюдение за конструкцией оболочки при эксплуатации дает возможность оценить ее состояние, определить остаточный ресурс [20, 21], чтобы в дальнейшем принять решение о целесообразности ее использования.

Выводы

1. Проектирование, возведение и эксплуатация большепролетных тонкостенных железобетонных оболочек покрытия нуждается в современных научно обоснованных подходах наиболее полно описывающих весь период "жизнедеятельности" этих конструкций.

2. При выполнении расчетов железобетонных оболочек необходимо использовать современные математические модели с учетом всех возникших повреждений по деформационной схеме наиболее полно описывающей поведение конструкции.

Литература

1. Isler Heinz. The stability of thin concrete Shells//Buckling Shells. Proc. State of the Art Collog., Univ. Stuttgart, May 6-7, 1982. – Berlin, 1982. - p.645-672.
2. Шугаев В.В., Соколов Б.С. Аварии железобетонных конструкций и их предупреждение/ Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды 2 Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону. Том 1. Пленарные доклады. -М.: Дипак, 2005. - С.371 - 380.
3. Шугаев В.В. Инженерные методы в нелинейной теории предельного равновесия оболочек. -М.: Готика, 2001. -368с.
4. Гениев Г.А., Колчунов В.И., Клюева Н.В., Никулин А.И., Пятикрестовский К.П. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях.– М.:Изд. АСВ, 2004. – 216 с.
5. Бондаренко В.М., Боровских А.В. Износ, повреждения и безопасность железобетонных сооружений. – М.: ИД Русанова, 2000. – 144 с.
6. Руководство по проектированию железобетонных пространственных конструкций покрытий и перекрытий. -М.: Стройиздат, 1979. - 421с.
7. Людковский А.М., Пигин А.П. Оценка точности монтажа оболочки покрытия рынка размером 103×103 м в Минске // Пространственные

- конструкции зданий и сооружений. -М.: Стройиздат, 1985. -Вып.4. - С.82-94.
8. ENV 1991 – 2 – 7. EUROCODE 1: Basis of design and actions on structures. Accidental actions due to impact and explosions. - Brussels: CEN.
 9. Тярно Ю.А. Обобщенные схемы образования трещин в железобетонных оболочках средней длины// Труды ТПИ, 1979. - Вып.467. -С.25-35.
 10. Колчунов В.И., Панченко Л.А. Расчет составных тонкостенных конструкций. -М.: Изд-во АСВ, 1999. -281с.
 11. Dulaska E. The safety factor to be applied in Shells buckling analysis// Acta Technica Acad. Shi Hung., 1986. -Vol.99 (1-2). - p.9-30.
 12. Зеленцов Д.Г. Почтман Ю.М. Влияние агрессивной морской среды на напряженное состояние и долговечность элементов тонкостенных конструкций// Физико – химическая механика материалов, 1990. -№3. – С. 30 – 33.
 13. Латыпов В.Н., Бабков В.В., Вагапов Р.Ф., Шарипов Э.Х., Архипов В.Г. Долговечность конструкций железобетонных резервуаров для хранения сырой нефти// Бетон и железобетон, 2001. - №6, - С. 21 – 24.
 14. Тярно Ю.А. Исследование цилиндрических железобетонных оболочек в стадии с трещинами // Труды ТПИ, 1978. - №443. – С.21 – 35.
 15. Дорофеев В.С., Коломійчук Г.П. Вплив геометричного параметру кривизни на поведінку пологих залізобетонних оболонок при навантаженні//Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. - Львів: Каменяр. -Вип.7. -С.437-446.
 16. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. -М.: Стройиздат, 1974. -316с.
 17. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. - М.: Стройиздат, 1976. -208с.
 18. Белов В.В., Васильев П.И. Пространственная блочно-контактная модель деформирования железобетонных оболочек и плит с трещинами// Пространственные конструкции зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1991. -Вып.7. -С.12-15.
 19. Подольский Д.М. Выбор расчетных моделей по экспериментальным данным// Строительная механика и расчет сооружений, 1973. - №5. – С.71 – 75.
 20. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
 21. Дорофеев В.С., Коломійчук Г.П. Оценка ресурса эксплуатируемых железобетонных несущих конструкций больших объектов// Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - Рівне: НУВГП, 2005. – Вип. 13. – С. 352 – 355.