

Хамракулов Равшан Джабборович,

к.т.н., доцент,

Джизакский политехнический институт,

Республика Узбекистан, г. Джизак

ВЛИЯНИЕ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ И АНИЗОТРОПИИ НА ПРОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Статья посвящена исследованию использования бетона и железобетона в строительстве, с акцентом на проблему трещинообразования и анизотропных свойств материала. Рассматриваются методы армирования железобетона для повышения его несущей способности, однако с учетом возникающих сложностей при трещинообразовании. Автор анализирует текущие численные методы расчета, включая методы конечных и граничных элементов, а также подходы, основанные на анализе равновесия внешних нагрузок и предельных усилий.

Ключевые слова. бетон, железобетон, армирование, трещинообразование, анизотропия, численные методы, конечные элементы, граничные элементы.

Khamrakulov Ravshan Jabborovich,

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor,

Jizzakh Polytechnic Institute,

Republic of Uzbekistan, Jizzakh

STUDY OF THE INFLUENCE OF CRACK FORMATION AND ANISOTROPY ON THE STRENGTH AND RELIABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abstract. The article is dedicated to the study of the use of concrete and reinforced concrete in construction, with a focus on the problem of crack formation and anisotropic properties of the material. The methods of reinforcing reinforced concrete to enhance its load-bearing capacity are considered, while taking into account the complexities arising during crack formation. The author analyzes current numerical calculation methods, including finite element and boundary element

methods, as well as approaches based on the analysis of the equilibrium of external loads and limiting forces.

Keywords. concrete, reinforced concrete, reinforcement, crack formation, anisotropy, numerical methods, finite elements, boundary elements.

Введение. Современное строительство активно использует бетон и железобетон в качестве основного строительного материала для создания несущих конструкций. Эти материалы доминируют в проектировании сооружений, таких как мосты, эстакады и объекты промышленно-гражданского строительства. При армировании железобетона его несущая способность увеличивается, однако армирование также усложняет условия работы материалов, особенно в случаях, когда в конструкции возникают трещины.

В последние годы происходит рост неопределенности в оценке надежности железобетонных сооружений, что требует развития численных методов для их расчета. Применение методов конечных и граничных элементов (МКЭ и МГЭ) позволяет учитывать линейные свойства материалов, но для учета нелинейных свойств железобетона необходимы более сложные программы и точная оценка его фундаментальных свойств. Разработка таких методов помогает улучшить точность расчетов и прогнозировать поведение конструкций на всех этапах эксплуатации.

В современном строительстве основные несущие конструкции выполняются из различных видов бетона и железобетона. Они сохраняют за собой доминирующие положения на самую далёкую перспективу составляют значительную долю конструкций используемых при проектировании сооружений различного назначения: мостов, эстакад, объектов промышленно-гражданского строительства. Армирование повышая несущая способность приводит к существенному усложненную условию работы материалов. В практических расчётах конструкции на стадии работы без трещин влияния армирования на эту связь не значительно, а свойства железобетона можно

рассматривать изотропным. После трещинообразования анизотропия проявляется весьма существенно, особенно, при наличии усилия сдвига в направлении, параллельном ориентации трещин. Наиважнейшей значение имеет разработка новых методов, связанных с усложнением конструктивных форм с учётом нелинейности деформирования с малоизученными проблемами разрушения и истощения несущей способности железобетонных конструкций [1].

Большие масштабы и сложность возводимых за последние годы новых видов железобетонных сооружений влекут за собой рост неопределённости в оценке их надёжности, требует значительного развития численных методов их расчёта. Бурное развитие вычислительной техники и электроники, а также новых методов открывает широкие перспективы в этом направлении. Так, для широкого класса конструкции эффективно используются методы конечных и граничных элементов (МКЭ, МГЭ), для которых разработано большое количество программ, реализующих в основном, линейные упругие свойства материалов. Для учёта нелинейных свойств железобетона в практических расчетах, помимо создания более сложных программ, становится, необходимыми уделять внимание более тесной оценкой основополагающих, фундаментальных свойств железобетона.

Методы расчета, используемые в нормативных документах разных стран, основаны преимущественно на анализе равновесия внешних нагрузок и внутренних предельных усилий в наклонных сечениях элементов. В некоторых случаях методы заменялись или дополнялись другими подходами, основанными на статистическом многофакторном анализе либо использующими различные модели аналогии. Такие модели обладают наглядностью и широко принимаются различными исследователями. Так, модификация метода фирменной аналогии, предложенной еще Мершем в начале XX века, положена в основу современных рекомендаций ЕКБ-ФИП по расчету железобетонных балок на срез. Некоторые недостатки статических

методов и моделей - аналогии (идеализация расчетных схем, малая информативность, отсутствие физических представлений о механизмах поведения и.т.д.) легко устранимы при их сочетании с методом предельного равновесия. Это позволит избежать некоторых трудностей в его реализации, связанных с оценкой напряжений в бетоне и арматуре и определением внутренних усилий в элементе, включая стадию, близкую к разрушению.

Определение деформативности и трещиностойкости бетонных и железобетонных конструкций базируется на основе обычных тяжелых бетонов. Разрабатываются новые методы, новые технологии изготовления, используется огромные объемы железобетонных конструкций, но многие вопросы связанные с оценкой их жесткости несущей способности и надежности до сих пор остаются не решенными.

Реальных условиях эксплуатации даже при сравнительно низких уровнях нагрузок в бетоне развиваются трещины различной ориентации и глубины, конструкциях появляются анизотропия неоднородности деформирования. Все особенности деформирования материала можно изучается только в рамках математических моделей полученных методами механики твёрдого деформируемого тела.

Методика экспериментального определения зависимости касательных сил зацепления в трещине от соответствующих смещений её берегов позволяет оценить жесткость и прочность контактного взаимодействия в трещине; - будет получены соответствующие выражения для оценки сдвиговой жесткости и предельного сопротивления контактного взаимодействия в трещине. Выявляется, что предельное сдвиговое сопротивление может быть выражено на основе прочностного критерия либо с помощью модифицированного критерия с установленными для каждого вида бетона константами, удовлетворяющими результатам испытаний; - реализация полученной структурно- имитационной модели контактного взаимодействия в трещине и возможность ее эффективного

использования в нелинейных расчетах напряженно-деформированного состояния конструкций численными методами.

Металлический волокнистый монолит применяется в железобетонных конструкциях и сооружениях заводского изготовления. Хотя типичные размеры металлических волокон неоднородны и имеют различный, в основном используются металлические волокна различной формы: диаметр 0,2 ... 1,2 мм и длина 5 ... 12 см. Таким образом, экспериментально доказано, что диаметр используемого металлического волокна определяет трещины в композите: $d-0.3$ имеет характеристики локальных трещин при использовании растрескававшихся металлических волокон, их размер не превышает 1-3 мм, увеличиваясь, диаметр волокон до 0,9 мм такой же [3].

Литература

1. Горшков А.С., Миронов Н.А. Внедрение энергоэффективных технологий в жилищное строительство // В сборнике: Прикладные исследования и технологии ART2015 сборник трудов Второй международной конференции. 2015. С. 4345.
2. Карасев Д.О., Шипилова Н.А., Арутюнян М.С. Малоэтажное строительство. Виды строительных материалов для возведения зданий // Интернет-журнал Науковедение. 2016. Т. 8. № 3 (34). С. 121.
3. Berdiyev, O., Asatov, N., Abdurakhmonov, A., Djurayev, U., & Sagatov, B. (2023). Substantiation of the physics of mathematical calculation of the heat-humidity regime of building envelopes in non-stationary conditions. In E3S Web of Conferences (Vol. 434, p. 02015). EDP Sciences.
4. Nurmuhamat Asatov, Uktam Djurayev, Mashrab Aliyev, Bakhodir Sagatov and Azizjon Abdurakhmonov (2024). Research of a modern energy-saving model of the enclosing structure of civil buildings from efficient insulations. In E3S Web of Conferences (Vol. 497, p. 02009). EDP Sciences.

5. Abdurakhmanov, A. M., & Pak, D. A. (2021). Analysis of a research of a technique of construction of reinforcing frameworks. Сборник статей подготовлен на основе докладов Международной научно-практической, 3.