

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, декана строительного факультета, заведующего кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»

Плотникова Алексея Николаевича на диссертацию

Антонова Михаила Дмитриевича

на тему: «Силовое сопротивление монолитных зданий с безбалочными перекрытиями при повреждениях узлов сопряжения плиты и колонны от продавливания» по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения на соискание ученой степени кандидата технических наук

Диссертационная работа включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы и приложения, а также автореферат диссертации, изложенный на 24 страницах.

Актуальность избранной темы.

Начиная с 90-ых годов XX века в Российской Федерации наблюдается увеличение объемов вводимых в эксплуатацию объектов гражданского строительства из монолитного железобетона. В настоящее время в зависимости от региона они составляют от 30% до 70 % от всего объёма строительства.

Диссертационная работа Антонова Михаила Дмитриевича посвящена важной проблеме учета начальных локальных повреждений узла сопряжения колонны и плиты при оценке силового сопротивления монолитных каркасов с безбалочными перекрытиями на протяжении всего срока их эксплуатации.

С каждым годом повышаются требования к архитектурно-градостроительному облику и объемно-планировочным решениям объектов капитального строительства. В современных условиях проектировщику зачастую необходимо запроектировать безбалочный каркас нерегулярной структуры с максимально допустимыми пролетами. При этом первый этаж как правило предусматривает наличие многофункциональных зон, которые сдаются под аренду. Таким образом может возникнуть ситуация, когда назначение помещений может быть изменено, в

следствие чего в плите перекрытия могут образоваться локально перегруженные поврежденные участки плиты. Благодаря неразрезности пространственных монолитных систем, зоны с локальными повреждениями не влияют коренным образом на работу системы в условиях эксплуатации, однако при возникновении аварийного воздействия накопленные дефекты могут оказать существенное влияние на поведение конструкций. Поврежденные участки сразу перейдут в предельную стадию и выключатся из работы, а неповрежденные элементы за счет перераспределения усилий с ослабленных участков окажутся перегруженными. Важную роль в обеспечении механической безопасности монолитных каркасов играет узел сопряжения колонны и плиты перекрытия.

При проведении обследования монолитных зданий могут быть выявлены приопорные участки с наличием повреждений в виде сети трещин с шириной раскрытия в интервале от 0,3 до 0,9 мм. При этом к сооружению могут предъявляться требования по обеспечению устойчивости к прогрессирующему разрушению. Тогда перед проектировщиком встает вопрос о необходимости учета таких повреждений, а также по методике расчета для оценки устойчивости данного каркаса к прогрессирующему обрушению с учетом таких повреждений. Однако в настоящее время в нормативной и технической документации слабо освещены методы расчета конструкций с учетом их фактического состояния и наличия дефектов. Таким образом это обосновывает актуальность и практическую значимость темы диссертации.

• Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации;

Обоснованность выводов и рекомендаций работы подтверждается обсуждениями материалов диссертации на Всероссийских и Международных научных конференциях и публикацией результатов в значимых научных изданиях.

Основные выводы полностью соответствуют обозначенным в работе цели и задачам, а также содержат основные результаты проведенных исследований.

Материалы диссертации достаточно полно отражены в 7 научных публикациях, из которых 2 работы опубликованы в журналах, включенных в

Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций, 2 работы опубликованы в журналах, индексируемых в международной реферативной базе Scopus, 3 статьи опубликованы в журналах, индексируемых в базе данных РИНЦ.

- **Оценка содержания диссертации.**

Во **введении** обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследований, представлены основные результаты, включающие научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, достоверность полученных результатов.

Первая глава диссертации содержит анализ состояния вопроса по рассматриваемой теме. Обобщаются данные по работе монолитных каркасов при аварийном воздействии, связанном с выходом из строя одного из вертикальных несущих элементов. Исследована работа плиты и механизмы, позволяющие обеспечить её несущую способность. Рассмотрены действующие отечественные и зарубежные нормативные документы, представлены критерии, по которым оценивается устойчивость систем к прогрессирующему разрушению. Отдельно и подробно проанализированы исследования, посвященные работе узла сопряжения колонны и плиты перекрытия как до наступления продавливания, так и после него. Представлен обзор методик по определению несущей способности узла в каждом из указанных случаев. Выполнен критический анализ существующих способов по моделированию, численному расчету, а также анализу напряженно-деформированного состояния монолитных каркасов.

Вторая глава посвящена экспериментальным исследованиям моделей узлов сопряжения колонны и плиты перекрытия при центральном и внецентренном приложении нагрузки. Представлены данные по габаритам образцов, показаны схемы их армирования. По результатам испытаний определены фактические механические характеристики материалов. Подробно описана схема трещинообразования в зависимости от уровня нагрузки, при её центральном и внецентренном приложении. Представлены диаграммы деформирования образцов, а также диаграммы, полученные по данным с тензометрических датчиков,

установленных на бетоне и арматуре до наступления продавливания и после него. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния узлов сопряжения, указаны различия в их работе при центральном и внецентренном приложении нагрузки. Экспериментально определены уровни повреждения зоны перекрытия около колонн (локальные повреждения) двух уровней – при 30-40 % и 40-65% от предельной, они использованы в дальнейшем при моделировании работы узлов. Определена роль продольной арматуры при сопротивлении продавливанию (для запроектных ситуаций).

В третьей главе выполнен критический обзор существующих методик по расчету узлов сопряжения колонны и плиты перекрытия. С учетом указанных преимуществ и недостатков каждой из них соискателем предложена собственная методика расчета узла на основе равновесия усилий по поверхности объемной фигуры, представленной усеченной объемной пирамидой. Данная методика учитывает наличие изгибающего момента в узле сопряжения колонны и плиты перекрытия. Представлены два уровня локальных повреждений, которые могут возникнуть во время эксплуатации узла и учитываются в предложенной методике. Уровни локальных повреждений определены из предшествующего опыта испытаний, проведенных многими исследователями ранее. Приведено сравнение предложенной методики с результатами испытаний и нормативной методикой расчета. Приведенные примеры расчета узла сопряжения колонны и плиты на продавливание показали удовлетворительное соответствие своду правил СП 63.13330.2018.

В четвертой главе диссертации представлены результаты численных расчетов узлов сопряжения колонны и плиты, испытанных соискателем. Выполнено моделирование методом объемных и стержневых конечных элементов в нелинейной постановке с учетом фактора времени при приложении аварийной нагрузки. Сравнение результатов расчета и опытных данных показало допустимые различия между ними. На основе выполненных расчетов и дополнительного анализа напряженно-деформированного состояния узлов сопряжения соискателем

зафиксированы уровни накопления и развития начальных локальных повреждений в узле сопряжения колонны и плиты перекрытия.

По полученным в главе 3 размерам зон повреждений при продавливании представлены результаты численных исследований работы многоэтажного монолитного каркаса при различных уровнях начальных повреждений в случае возникновения аварийной ситуации, связанной с удалением вертикального элемента в уровне первого этажа. Автором работы применен рациональный способ моделирования перекрытий, сочетающий плоские и объемные элементы, позволивший детально рассмотреть напряженное состояние только интересующих узлов при экономии времени расчета. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния плиты перекрытия, изменения коэффициентов динамичности и перераспределения напряжений в вертикальных элементах каркасов. Определено наиболее опасное направление в плане перекрытий при прогрессирующем разрушении – диагональное по сетке колони и пилонов, где наиболее вероятно глобальное разрушение перекрытия. На основе полученных результатов исследований разработаны рекомендации по защите монолитных железобетонных конструкций каркасов многоэтажных зданий от прогрессирующего обрушения при особых аварийных воздействиях. Напрашивается логический вывод, что увеличение несущей способности каркаса в целом при сопротивлении прогрессирующему разрушению может регулироваться количеством поперечной арматуры в узлах сопряжения (здесь армирование по продавливанию не рассматривалось), что прозвучало в выводах работы.

В заключении представлены основные результаты, полученные в ходе исследований

- **Достоверность и новизна, полученных результатов;**

Достоверность и надежность полученных результатов основывается на использовании аналитических и численных методов строительной механики и теории железобетона, а также удовлетворительными показателями сходимости с экспериментальными данными.

Научной новизной обладают следующие результаты исследований:

1. Экспериментальные данные о прочности и деформативности узлов сопряжения колонны и плиты при центральном и внецентренном приложении нагрузки до и после наступления продавливания.

2. Предложенная аналитическая методика расчета каркасов с различными уровнями развития повреждений.

3. Данные по коэффициентам динамичности и динамического догружения вертикальных конструкций при наличии повреждений на опорных участках.

4. Методика численного моделирования каркасов с разными уровнями детализации системы с целью детального изучения напряженно-деформированного состояния наиболее ответственных элементов.

• **Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов;**

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в развитии методов расчета монолитных многоэтажных каркасов с учетом действительной работы узла сопряжения колонны и плиты перекрытия на протяжении всего жизненного цикла с учетом накопления повреждений во время эксплуатации.

Практическая заключается в том, что установлены уровни и комбинации повреждений, которые в обязательном порядке необходимо учитывать при оценке устойчивости каркасов к прогрессирующему обрушению.

• **Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования;**

Диссертация представляет собой логичную, завершенную и доведенную до практического применения научно-исследовательскую работу, направленную на решение актуальной задачи строительной отрасли – учету локальных повреждений в узлах сопряжения колонны и плиты перекрытия. Диссертация логично встраивается в серию работ, посвященных сопротивлению продавливанию и прогрессирующему разрушению каркасов. Диссертация дает информацию для дальнейших исследований, в частности, по влиянию на рассмотренные процессы поперечной арматуры, количеству и расположению диафрагм жесткости, предназначенных, в

частности, для снижения эксцентриситетов в узлах «перекрытие – колонна», представляющих опасность при сложном сопротивлении, включая продавливание.

Замечания по работе:

1. В диссертации не приведено обоснование назначения выбранных габаритов образца, а также схемы его нагружения. Нет анализа подобия соответствия работы данного узла с работой в реальном многоэтажном каркасе.

2. Во второй главе нет пояснений о том, каким образом проводилось бетонирование и последующее хранение узлов сопряжения колонны и плиты перекрытия. Не представлена информация о времени между проведениями испытаний и возможном влиянии указанных факторов на напряженно-деформированное состояние образцов.

3. При сравнении результатов испытаний с данными численных расчетов не указаны количественные различия получаемых результатов. В каком интервале перемещения, напряжения и деформации, полученные в результате экспериментов, отличаются от численных расчетов?

4. В четвертой главе не показана схема раскладки, а также пропуск продольных арматурных стержней через вертикальные элементы в зоне сопряжения узла сопряжения колонны и плиты перекрытия, что в свою очередь может повлиять на так называемую «остаточную» несущую способность узла после наступления продавливания.

5. В выводах не уточнено, при каких вариантах удаления вертикальных несущих элементов повреждения конструкций в диагональном направлении можно считать критическим.

6. Почему при оценке несущей способности узла на продавливание не учитывается поперечная арматура? Она не дает существенного сопротивления по жесткости при перераспределении усилий между элементами каркаса, когда происходит прогрессирующее разрушение? Она плохо сопротивляется динамическому догрузению при прогрессирующем разрушении?

Указанные замечания не снижают научной значимости результатов, представленных в диссертационной работе.

- **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации;**

Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертационной работы.

- **Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. М.: Стандартинформ. – 2012;**

Диссертационная работа изложена грамотным техническим языком, в ней достаточно графиков, рисунков, таблиц иллюстративного материала. Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

- **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положение о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14;**

Диссертация Антонова М.Д. на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по учету локальных повреждений в узлах сопряжения колонны и плиты, имеющей существенное значение для строительной отрасли, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

