

Моделирование и расчет новых конструкций усиления железобетонных плит

П.А. Сербиновский

Донской Государственный Технический Университет

Аннотация: Описываются моделирование и расчет предлагаемых конструкций усиления железобетонных плит при помощи современных программных комплексов. Приведено описание предлагаемой конструкции усиления. Показаны результаты эксперимента на натуральных образцах и результаты расчета 3D-модели. Выполнен сравнительный анализ данных, полученных при проведении эксперимента с данными, полученными при моделировании.

Ключевые слова: Конструкции усиления, железобетонная многопустотная плита перекрытия, эксперимент, моделирование и расчет, сравнительный анализ данных.

В настоящее время происходит активное развитие информационных технологий. Одним из актуальных направлений данного развития в инженерно-строительной отрасли является совершенствование современных расчетных комплексов [1, 2]. Эти комплексы способны моделировать реальную работу строительных конструкций.

Разработка различных способов усиления строительных конструкций является одной из самых сложных задач в проектировании [3], так как для ее решения необходимо учесть ряд проблем, касающихся как усиливаемой конструкции, так и конструкции усиления. Например, необходимо учесть повреждения существующей конструкции и их влияние на ее несущую способность, учесть новые нагрузки и воздействия на конструкцию, необходимо разработать способ усиления, обеспечивающий совместную работу с усиливаемой конструкцией [4-6]. Решение данных проблем значительно облегчается благодаря использованию современных программных расчетных комплексов.

Данная статья посвящена моделированию и расчету новых конструкций усиления железобетонных плит при помощи расчетного программного комплекса ANSYS.[7]

Ранее были разработаны различные новые способы усиления железобетонных многопустотных плит [8]. Эти конструкции защищены одиннадцатью патентами. Среди них были выделены 4 основных типа конструкций. Надежность данных конструкций подтверждена испытаниями на натуральных образцах [9]. С помощью расчетного программного комплекса ANSYS были построены и рассчитаны модели данных образцов.

Рассмотрим наиболее часто применяемый на практике тип конструкций усиления, его испытания и расчетную модель.

В качестве усиливаемой конструкции была выбрана плита ПК 42.12-Т по серии 1.141-1 в.60 [10]. Данные плиты выпускались в СССР с 1983г. Модель плиты армировалась ненапрягаемой арматурой $5\phi 10$ A500, класс бетона B20.

Для усиления использовался стержень длиной 3,3м $\phi 12$ A800, установленный внизу пустоты плиты. Совместная работа плиты и данного стержня обеспечивалась при помощи бетонных шпонок. В данных шпонках замоноличены концевые анкера из $\phi 12$ A800 и арматурные каркасы из $\phi 4$ B500. Шпонки располагаются в пустоте и отверстиях в верхней и нижней полках плиты, выполненных у концов арматурного стержня усиления.

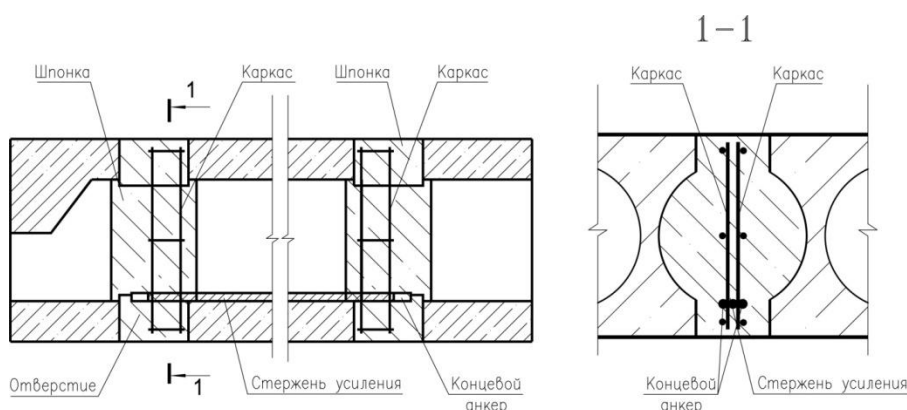


Рис. 1. - Конструкция усиления плиты

Для построения расчетной модели была выполнена 3D-модель, соответствующая вышеописанной конструкции. Эта модель была разбита на

конечные элементы размером 1см^3 . Данным конечным элементам были назначены характеристики материалов, определенные при проведении эксперимента. Выполнен расчет полученной модели на нагрузки, соответствующие нагрузкам на каждом этапе испытаний (от начала нагружения до разрушения).

Рассмотрим и проанализируем результаты испытаний и расчета с помощью модели для наиболее характерной нагрузки $q=1400\text{кгс/м}^2$.

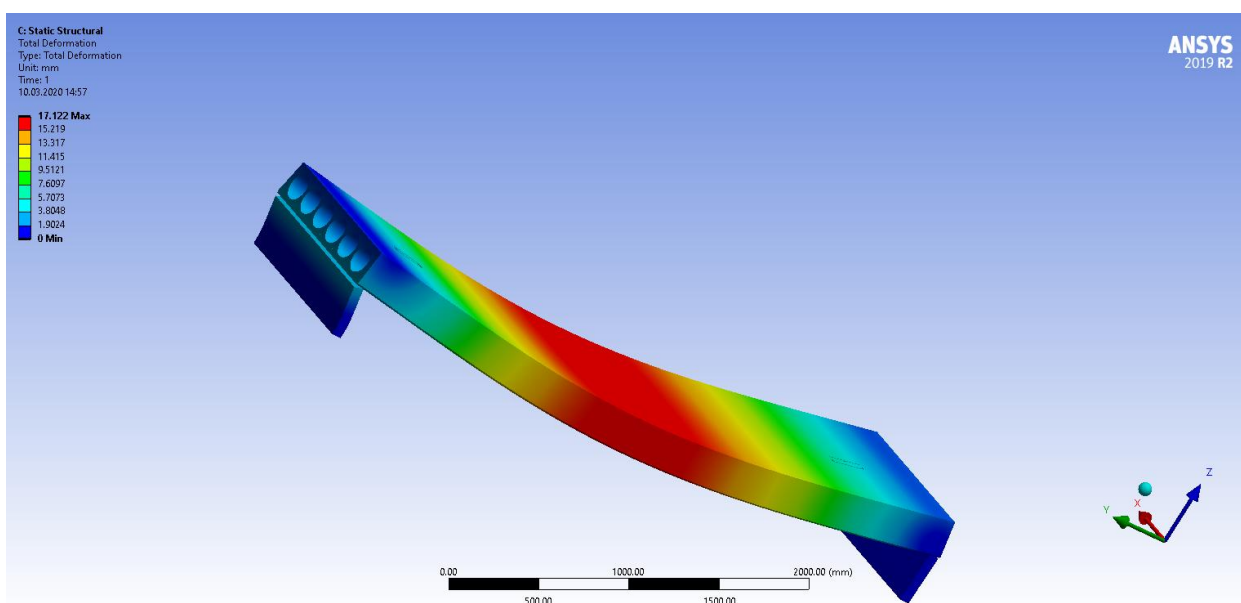


Рис. 2. – Прогиб усиленной конструкции, полученный при расчете модели, мм.

Прогиб, полученный при испытаниях при данной нагрузке - 17,19мм. Прогиб, полученный при расчете модели, согласно рис. 2 составил 17,12мм. Разница в результатах составляет 4%.

Напряжения в арматуре при испытаниях составили 364,3 МПа.

Напряжения в арматуре при расчете модели, согласно рис. 3 составили 347,4 МПа. Разница в результатах составляет 5%.

Максимальное напряжение в сжатой зоне бетона при испытаниях составили 0,81 МПа. Максимальное напряжение в сжатой зоне бетона при

расчете модели, согласно рис. 4, составили 0,785 МПа. Разница в результатах составляет 3,5%.

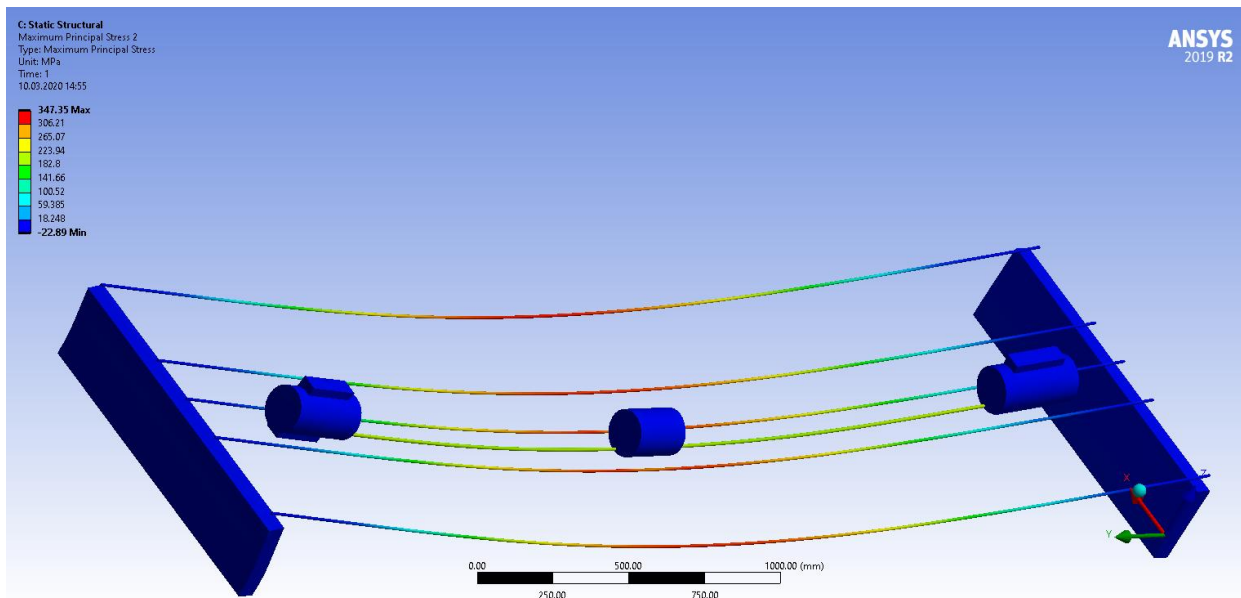


Рис. 3. – Напряжения в арматуре, полученные при расчете модели, МПа

Отмечу, что при проведении сравнительного анализа результатов испытаний и результатов расчета модели на всех этапах нагружения, разница составляла 0,4% – 5,0%. Данная разница обусловлена погрешностью при проведении испытаний, определении характеристик бетона и арматуры и изготовлении, как усиливаемой плиты, так и конструкции усиления. При проведении испытания большого количества конструкций, данная погрешность уменьшится.

Результаты испытаний и расчета модели, а также их сходимость показывают работоспособность предложенной конструкции усиления.

Использование данной конструкции усиления позволяет увеличить прочность плиты на 25%. От максимального момента в центре пролета плиты 4888 кгсхм для плиты без усиления, до 6125 кгсхм для усиленной плиты.

Следует отметить, что обеспечивая эффективное усиление железобетонных многопустотных плит, данная конструкция усиления не

увеличивает габаритные размеры плиты. При этом, для установки стержня в проектное положение через отверстия в полках усиливаемой плиты, необходимо пространство рядом с усиливаемой плитой.

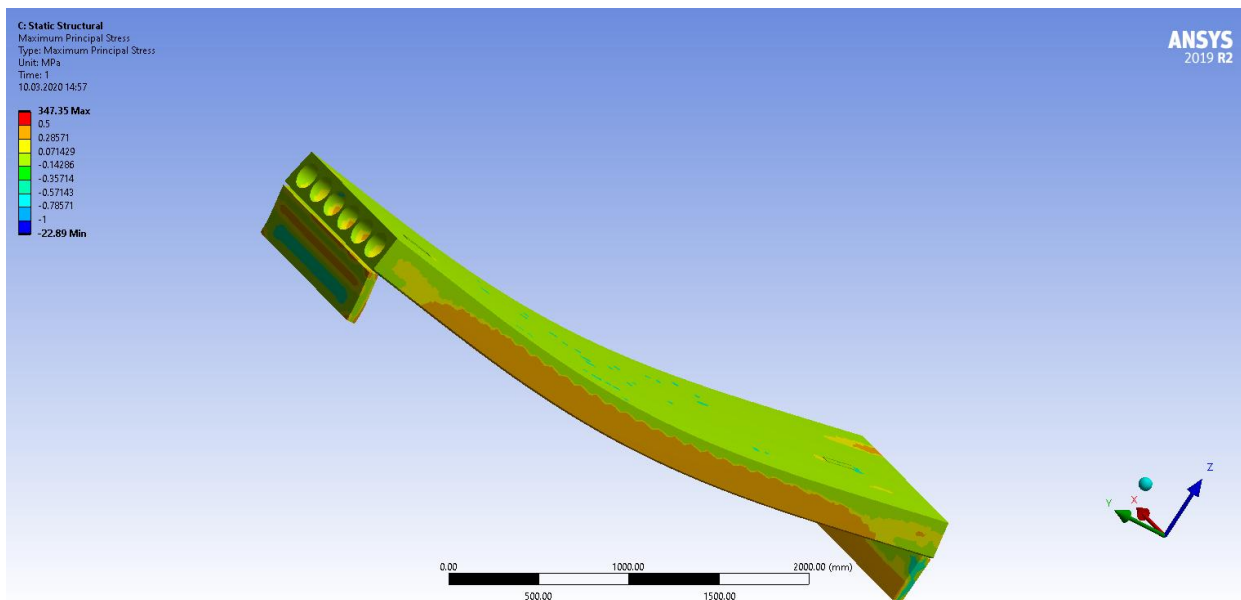


Рис. 4. – Напряжения в бетоне, полученные при расчете модели, МПа

Выводы. Моделирование и расчет при помощи современных программных комплексов является мощным инструментом для разработки, как новых строительных конструкций, так и конструкций усиления. Данные, полученные на их основе, имеют высокую сходимость с результатами эксперимента, проведенного на натуральных образцах. Однако, стоит отметить, что при применении той или иной конструкции на практике, она должна быть рассчитана согласно требованиям действующих нормативных документов.

Описанная конструкция усиления железобетонной многопустотной плиты, для которой выполнены испытания, а также построена расчетная модель, обеспечивает увеличение прочности и жесткости плиты на запланированную величину. Исходя из этого, она рекомендуется к применению.

Литература

1. Зеленцов Л.Б., Цапко К.А., Беликова Т.Ф., Пирко Д.В. Совершенствование процесса строительства с использованием BIM-технологий // Инженерный вестник Дона. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6346
 2. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 391 с.
 3. Сербиновский А.В., Пиневиц С.С., Сербиновский П.А., Песоцкий Е.А. Достоинства и недостатки различных вариантов усиления многопустотных железобетонных плит // Инженерный вестник Дона, 2015, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2752.
 4. Fallon F., Robinson J.C. The behavior of hollow core floor slabs //Innovation in Concrete Structures: Design and Construction. Proceeding of the Intern. Conf., Scotland, UK on 8 10 Sept. 1999. - Thomas Telford, 1999. - pp. 507-518.
 5. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий (Атлас схем и чертежей). Томск: Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. 316с
 6. Гроздов В.Т. Усиление строительных конструкций при реставрации зданий и сооружений. СПб.: 2005. 114с.
 7. Макаров Ю.А., Зевайкин А.Е. Оценка деформаций балок на упругом винклеровском основании спомощью программного комплекса ANSYS WORKBENCH // Инженерный вестник Дона 2022. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2022/7853
 8. Сербиновский П.А., Сербиновский А.В.; Маилян Д.Р. Новые конструкции усиления многопустотных железобетонных плит // Инженерный вестник Дона, 2015, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3313
-

9. Serbinovsky P.A., Mailyan D.R., Serbinovsky A.V. New reinforcement structures of reinforced concrete floor slabs and their technical and economic efficiency // XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP) (TFoCE 2018). URL: doi.org/10.1051/mateconf/201819602027

10. Серия 1.141-1 Панели перекрытий железобетонные многопустотные выпуск 60 Панели с круглыми пустотами длиной 4180, 3560, 2930, 2660 и 2360мм шириной 1790, 1490, 1190 и 990 мм, армированные стержнями из стали класса А-III и Вр-1. НИИЖБ, 1983. 51с.

References

1. Zelentsov L.B., Tsapko K.A., Belikova I.F., Pirko D.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6346.

2. Talapov V.V. Osnovy BIM: vvedeniye v informatsionnoye modelirovaniye zdaniy [BIM Fundamentals: An Introduction to Building Information Modeling]. M.: DMK Press, 2011. P 391.

3. Serbinovskiy A.V., Pinevich S.S, Serbinovskiy P.A., Pesockiy E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2752.

4. Fallon F., Robinson J.C. Innovation in Concrete Structures: Design and Construction. Proceeding of the Intern. Conf., Scotland, UK on 8 10 Sept. 1999. Thomas Telford, 1999. PP. 507-518.

5. Mal'ganov A.I., Plevkov V.S., Polishchuk A.I. Vosstanovlenie i usilenie stroitel'nykh konstruktsiy avariynykh i rekonstruiruemykh zdaniy (Atlas skhem i chertezhey) [Restoration and strengthening of building structures damaged and reconstructed buildings (Atlas diagrams and drawings)]. Tomsk: Tomskiy mezhotraslevoy TsNTI, 1990. 316p.

6. Grozdov V.T. Usilenie stroitel'nykh konstruktsiy pri restavratsii zdaniy i sooruzheniy [Strengthening of building structures in the restoration of buildings and structures]. SPb.: 2005. 114 p.



7. Makarov J.A., Zevajkin A.E. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2022/7853

8. Serbinovskiy P.A., Serbinovskiy A.V.; Mailyan D.R. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, № 4. URL. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3313.

9. Serbinovsky P.A., Mailyan D.R., Serbinovsky A.V. XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP) (TFoCE 2018).

10. Series 1.141-1 Paneli perekrytij zhelezobetonnye mnogopustotnye vypusk 60 Paneli s kruglymi pustotami dlinoj 4180, 3560, 2930 ,2660 i 2360mm shirinoj1790,1490, 1190 i 990mm, armirovannye sterzhnjami iz stali klassa A-III i Vr-1 [Concrete multi-hollow floor panels issue 60 Panels with circular hollows 4180, 3560, 2930,2660 and 2360mm long, 1790 , 1490 , 1190 and 990mm wide, reinforced with steel rods of class A-III and Bp-1]. NIIZHВ, 1983. 51p.

Дата поступления: 4.11.2023

Дата публикации: 12.12.2023