



ПОИСК РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ РОСТВЕРКА

В статье рассмотрены расчетные схемы балки ростверка согласно нормативной литературе и расчетные схемы, которые были смоделированы в программном комплексе SCAD, рассматриваются недостатки исследованных расчетных схем балки ростверка.

Ростверки, расчетные схемы, недостатки расчетных схем.

При проектировании встречаются сложные по конфигурации и по форме железобетонные конструкции. При расчете этих конструкций актуальным является их корректное моделирование в современных программных комплексах, а также выбор программных комплексов, в которых можно наиболее точно запроектировать необходимую конструкцию и взаимную работу конструктивных элементов. При проектировании железобетонных конструкций актуальным становится вопрос о снижении материалоемкости, трудоемкости при изготовлении, в связи с этим появляется необходимость наиболее точно исследовать напряженно-деформированное состояние конструкций.

Цель данного исследования – поиск расчетной модели железобетонной балки ростверка.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Анализ расчетных схем ростверков, представленных в руководстве по проектированию свайных фундаментов.
2. Моделирование различных расчетных схем в программном комплексе SCAD OFFICE.

3. Визуализация результатов проведенных исследований.

4. Анализ расчетных схем, полученных в SCAD OFFICE.

5. Анализ недостатков рассмотренных расчетных схем.

Согласно приложению 10 «Руководства по проектированию свайных фундаментов» [3] балочные ростверки рассчитываются на действие изгибающего момента, перерезывающей силы, нормальной растягивающей силы, приложенной по верхней грани ростверка над промежуточными опорами.

Расчет ростверков ведется как железобетонных балок в соответствии с СП 63.13330.2018 «Свод правил. Бетонные и Железобетонные конструкции» [5] без учета влияния жесткости свай.

В руководстве по проектированию свайных фундаментов не рассматривается вопрос об усилиях, которые возникают в месте контакта оголовка сваи с железобетонной балкой ростверка.

На рисунке 1 представлены расчетные схемы ростверков из руководства по проектированию свайных фундаментов.

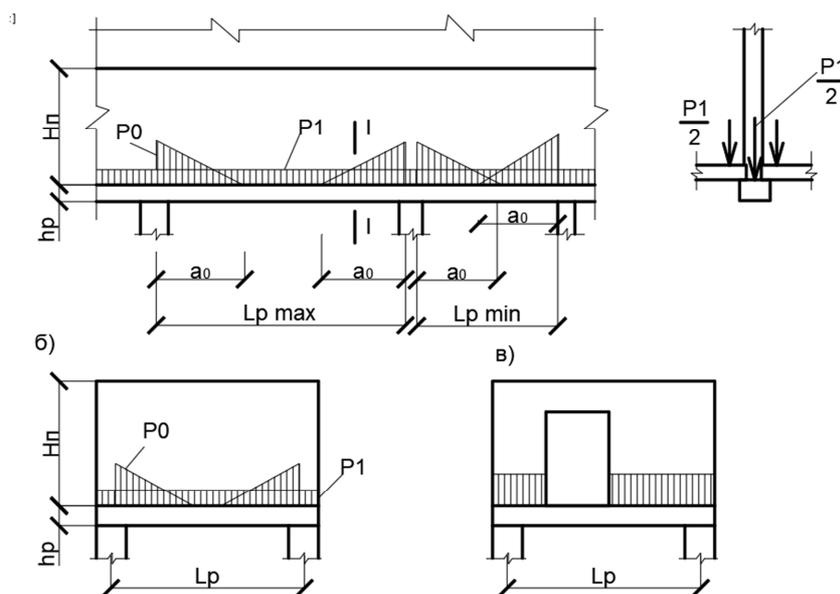


Рис. 1. Расчетные схемы ростверков:

a – многопролетного; b – однопролетного с панелью без проема; $в$ – то же с проемом;
 p_0 – расчетная нагрузка на ростверк, тс/м; p_1 – нагрузка, приложенная непосредственно к ростверку;
 a_0 – протяженность нагрузки; p_0 , м; L_p – расчетный пролет ростверка; H_n – высота панели; h_p – высота ростверка

В серии 1.111.1-4. «Оголовки свай сборные железобетонные для жилых и общественных зданий» [4] имеется армирование оголовков свай, полученное путем расчета по методике из руководства по проектированию свайных фундаментов.

При исследовании в программном комплексе SCAD OFFICE была выполнена модель балки ростверка с помощью 4-угольных КЭ оболочки.

В статье «Балка сборно-монолитного ростверка для малоэтажного домостроения» [1] приведена конструктивная модель балки ростверка, указана форма отверстий под сваи.

Одной из задач при разработке расчетной модели балки ростверка было максимально приблизиться к ранее разработанной по конструктивным требованиям конфигурации балки ростверка.

Балка имеет сужающиеся к верху отверстия, и, как следствие, ребра поперечные и ребра продольные

имеют трапецевидную форму (рис. 2). Геометрическая форма сборно-монолитной балки ростверка более подробно описана в патенте RU202186 [2].

В SCAD OFFICE были запроектированы продольные и поперечные ребра пластинами (рис. 3), в дальнейшем пластины были разбиты согласно заданному шагу триангуляции и им были назначены разные жесткости (рис. 4, 5).

Т.к. было необходимо смоделировать стык балки со сваями, в местах, где предполагается установка свай, была выполнена пластина с переменной жесткостью (т.к. при установке сваи в отверстие эта ячейка, где будет располагаться оголовок сваи, будет полностью заполнена бетоном). Переменная жесткость нижней пластины была заложена в расчеты, чтобы бетон не учитывался 2 раза в местах, где уже проходят ребра. Таким образом, была получена итоговая модель балки ростверка (рис. 6).

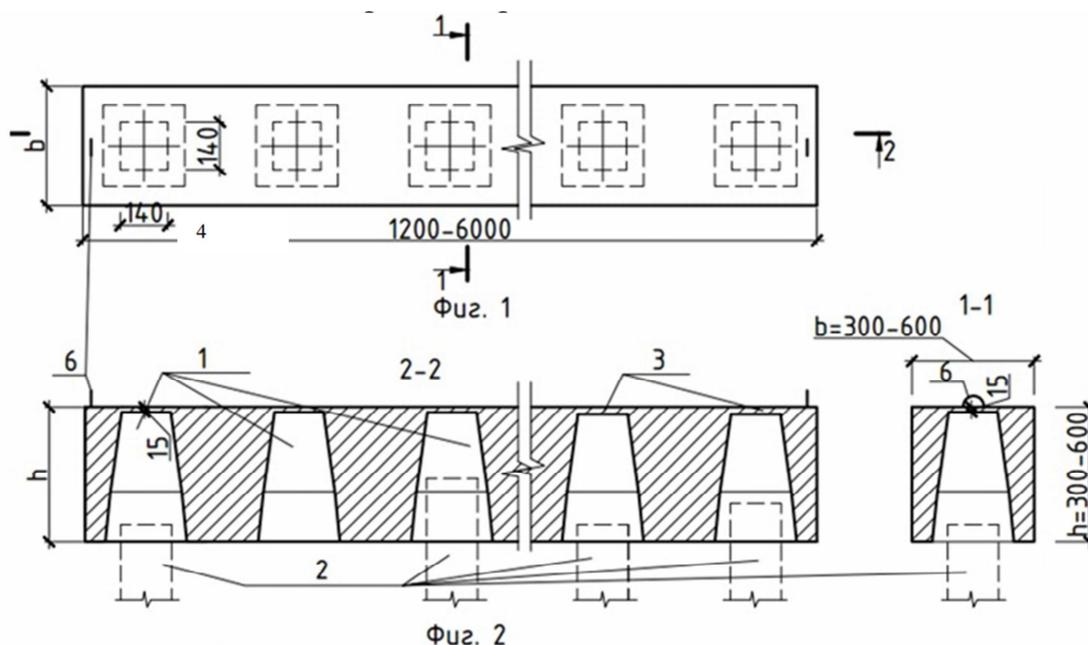


Рис. 2. Конфигурация балки ростверка для свай малого сечения

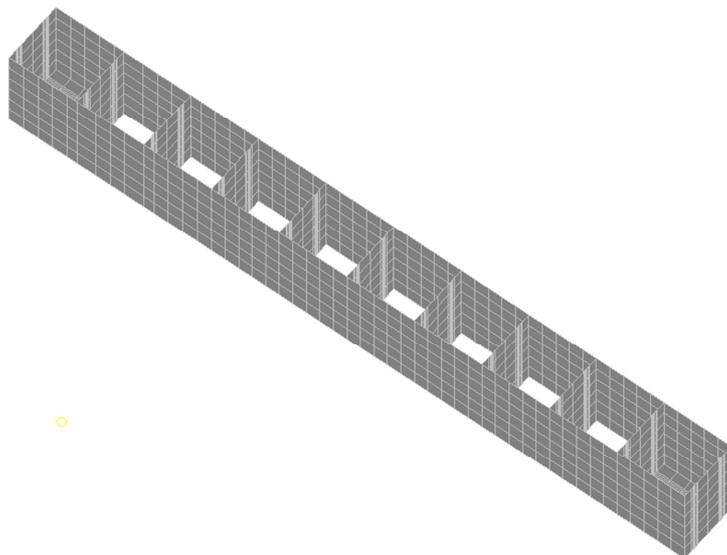


Рис. 3. Запроектированные продольные и поперечные ребра в SCAD OFFICE

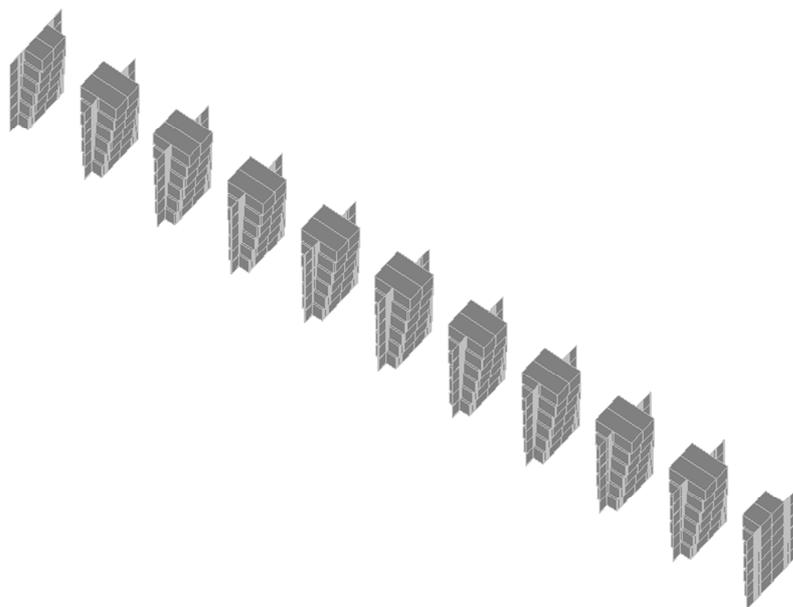


Рис. 4. Поперечные ребра железобетонной балки ростверка с разными жесткостями

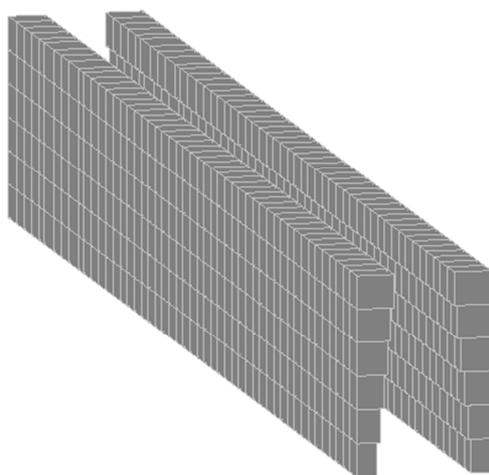


Рис. 5. Продольные ребра железобетонной балки ростверка с разными жесткостями

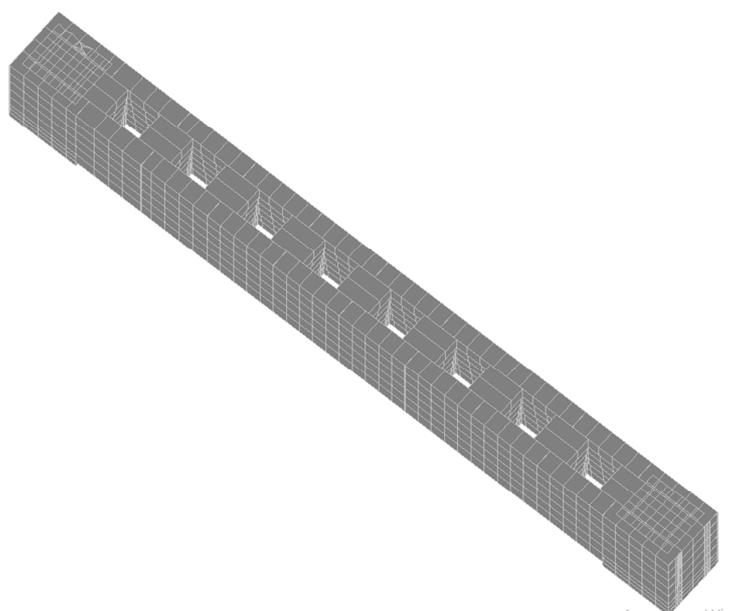


Рис. 6. Продольные ребра железобетонной балки ростверка с разными жесткостями

После получения итоговой модели рассматривались три варианта места сопряжения сваи с ростверком.

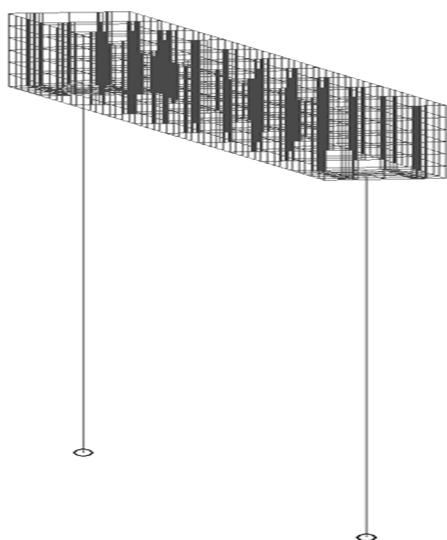


Рис. 7. I вариант моделирования узла сопряжения сваи с ростверком

I вариант – моделирование сваи с помощью пространственного стержневого элемента и абсолютно жесткого тела (рис. 7).

II вариант – моделирование узла сопряжения с помощью замены пространственного стержневого элемента на набор связей, установленных по контуру предполагаемой сваи (рис. 8). В первой ячейке ограничены перемещения по трем осям и разрешены повороты. Во второй (последней) ячейке запрещено перемещение по осям Y и Z, разрешены перемещение по оси X и повороты.

III вариант по ограничениям перемещений аналогичен второму варианту, но связи расположены по линии (рис. 9).

Ниже представлено совместное отображение исходной и деформированной схемы конструкции для трех вариантов. Для первого варианта – рисунок 10. Для второго варианта – рисунок 11. Для третьего варианта – рисунок 12.

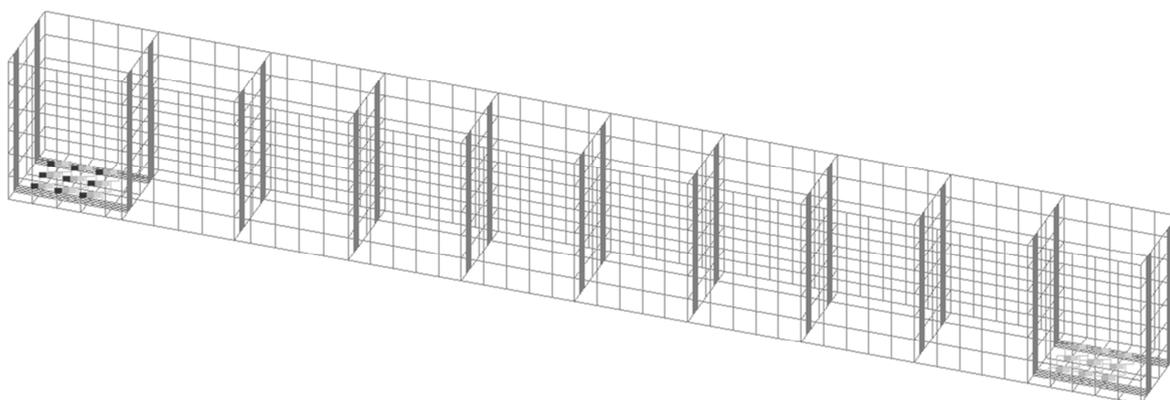


Рис. 8. II вариант моделирования узла сопряжения сваи с ростверком

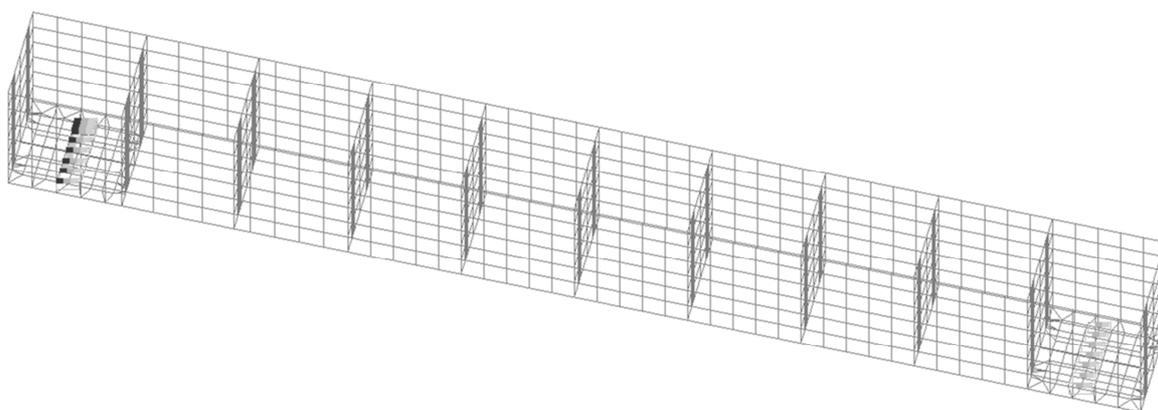


Рис. 9. III вариант моделирования узла сопряжения сваи с ростверком

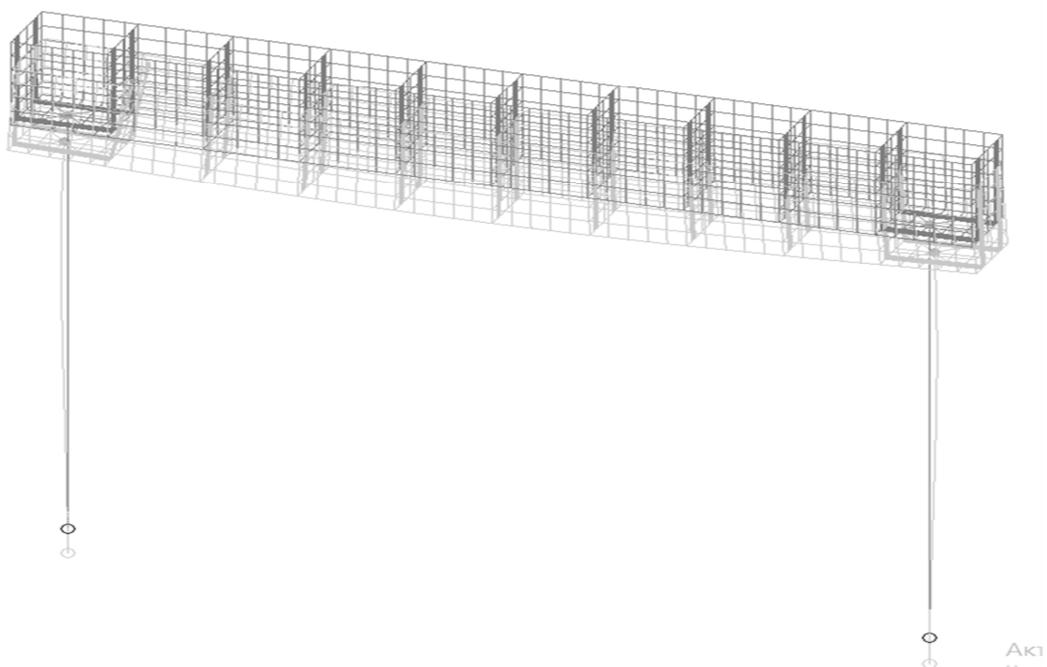


Рис. 10. Отображение исходной и деформированной схемы конструкции для I варианта моделирования узла сопряжения сваи с ростверком

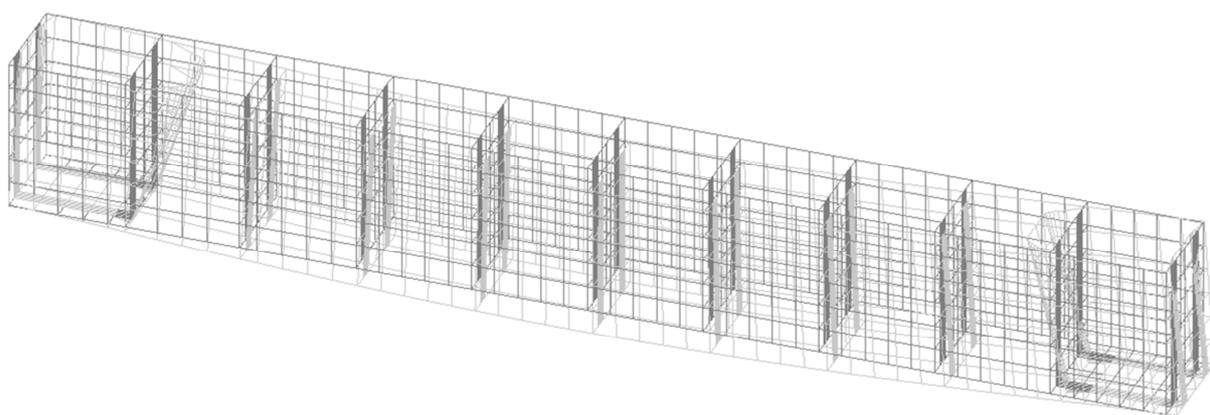


Рис. 11. Отображение исходной и деформированной схемы конструкции для II варианта моделирования узла сопряжения сваи с ростверком

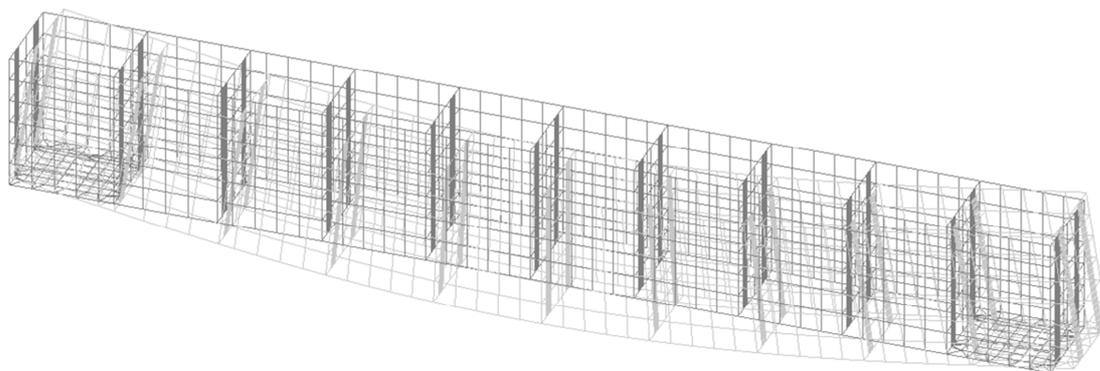


Рис. 12. Отображение исходной и деформированной схемы конструкции для III варианта моделирования узла сопряжения сваи с ростверком

Ниже представлено отображение «изополей и изолиний армирования пластин» с требуемыми площадями поперечного сечения арматуры для трех вариантов. Для первого варианта – рисунок 13. Для второго варианта – рисунок 14. Для третьего варианта – рисунок 15.

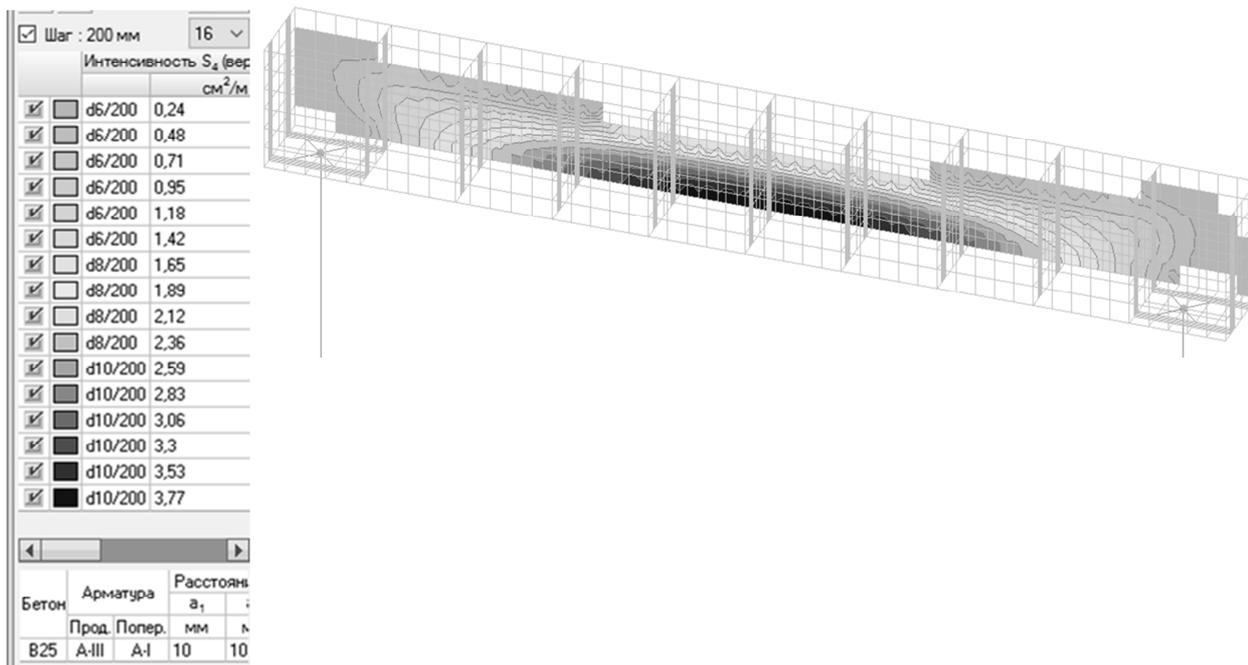


Рис. 13. Отображение изополей и изолиний армирования пластин с требуемыми площадями поперечного сечения арматуры для I варианта

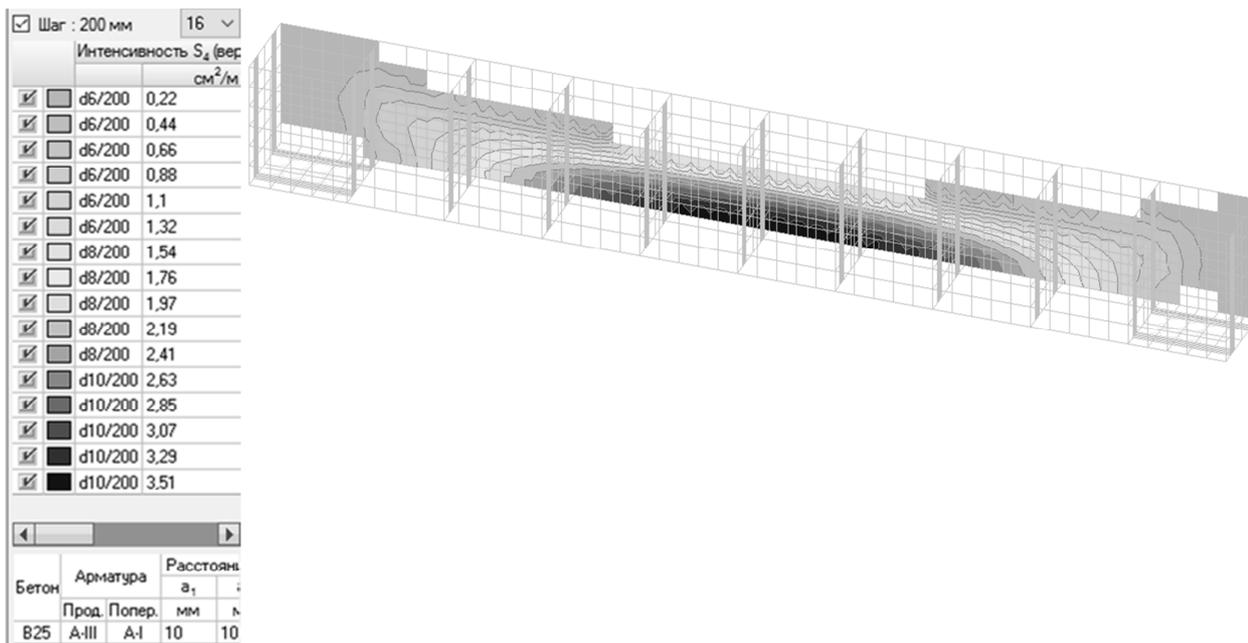


Рис. 14. Отображение изополей и изолиний армирования пластин с требуемыми площадями поперечного сечения арматуры для II варианта

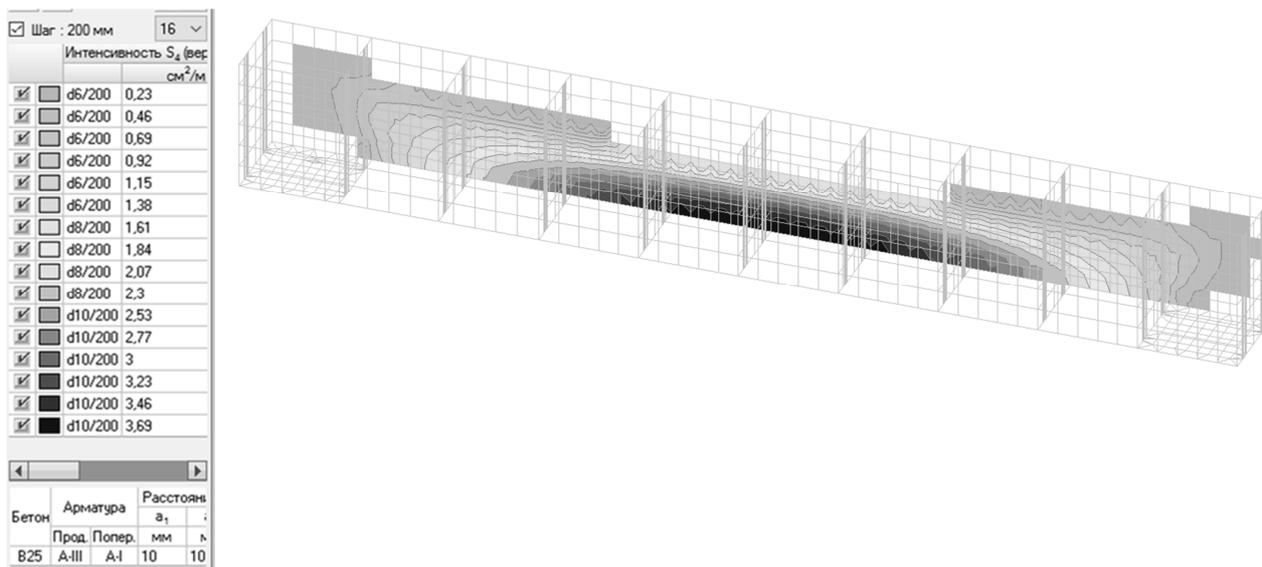


Рис. 15. Отображение изополей и изолиний армирования пластин с требуемыми площадями поперечного сечения арматуры для III варианта

Наиболее приближенная расчетная схема в SCAD OFFICE к расчету из руководства по проектированию свайных фундаментов – 3 схема. После выполнения расчетов в SCAD OFFICE по отображению исходной и деформированной схемы конструкции для II варианта моделирования узла сопряжения сваи с ростверком видно, что ребра, вторые с торцов балки, деформируются не совсем верно. Исходя из этих схем, можно сделать вывод, что в SCAD OFFICE получены только приблизительные расчетные модели балки ростверка, т.к. при таких расчетных схемах нет возможности определить усилия и напряжения, которые возникают в месте контакта сваи со сборно-монолитным ростверком. При анализе эпюр армирования видно, что при моделировании свай с определенной жесткостью площадь поперечного армирования требуется больше, чем во второй и третьей схемах. Разница составляет 6,89 %. Следовательно, нужно учитывать необходимость моделирования свайного основания, а для более точного расчета необходимо использовать более сложный программный комплекс.

Литература

1. Кабанов, Е. А. Балка сборно-монолитного ростверка для малоэтажного домостроения. / Е. А. Кабанов,

Е. С. Олейник, Т. А. Манова // Молодые исследователи регионам. – 2022. – Т. 1. – С. 254–256.

2. Патент RU 202186 U1 Российская Федерация, МПК E02D 27/14 (2006.01). Балка ростверка : № 2020124204 ; заявл. 21.07.2020 ; опубли. 05.02.2021 / Е. А. Кабанов, Е. С. Олейник, А. О. Андреев ; заявитель и патентообладатель Е. А. Кабанов, Е. С. Олейник, А. О. Андреев. – 1 с. : ил. – Текст : непосредственный.

3. Руководство по проектированию свайных фундаментов. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850972.pdf> (дата обращения: 22.03.2023). – Текст : электронный.

4. Серия 1.111.1-4. Оголовки свай сборные железобетонные для жилых и общественных зданий. Выпуск 1. Оголовки типа «Колокол». Рабочие чертежи : утверждены и введены в действие Госгражданстроем с 15 июня 1983 г. : Приказ от 20 мая 1983 г. № 148. – Текст : непосредственный.

5. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и Железобетонные конструкции. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554403082> (дата обращения: 22.03.2023). – Текст : электронный.

E.A. Kabanov, E.S. Oleinik
Vologda State University

SEARCH FOR CALCULATION MODEL OF REINFORCED CONCRETE GRILLAGE BEAM

The article considers the design schemes of the grillage beam according to the normative literature and the design schemes that were modeled in the software package "SCAD", the disadvantages of the studied design schemes of the grillage beam are considered.

Grillage, calculation schemes, disadvantages of calculation schemes.