

Список литературы

- 1 Жемочкин, Б. Н. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Синецын. – М. : Гос. изд-во лит-ры по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962.
- 2 Соломин, В. И. Методы расчета и оптимальное проектирование железобетонных фундаментных конструкций / В. И. Соломин, С. Б. Шматков. – М : Стройиздат, 1986. – 206 с.
- 3 Петров, В. В. Нелинейная инкрементальная строительная механика / В. В. Петров. – М. : Инфра-инженерия, 2014. – 480 с.
- 4 Биргер, И. А. Некоторые общие методы решения задач теории пластичности / И. А. Биргер // Прикладная математика и механика. – 1951. – Т. XV. – Вып. 6. – С. 765–770.

УДК 624.072.21.7

НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ ЗАКЛАДНОЙ ДЕТАЛИ ОПОРНОГО УЗЛА ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНЫМ МЕТОДОМ

О. В. КОЗУНОВА, К. А. СИРОШ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Рассматривается закладная деталь опорного узла «ригель-консоль колонны» и исследуется ее напряженно-деформированное состояние в нелинейной постановке. Способом расчета данного элемента опорного соединения строительной конструкции является вариационно-разностный метод (ВРМ).

Вариационно-разностный метод (ВРМ) является одним из приближенных способов расчета строительных конструкций. Сущность ВРМ заключается в сведении задачи минимизации функционала полной потенциальной энергии, являющейся квадратичной функцией относительно деформаций и перемещений [1], к задаче минимизации функции многих переменных, отнесенных к узлам конечно-разностной сетки [2].

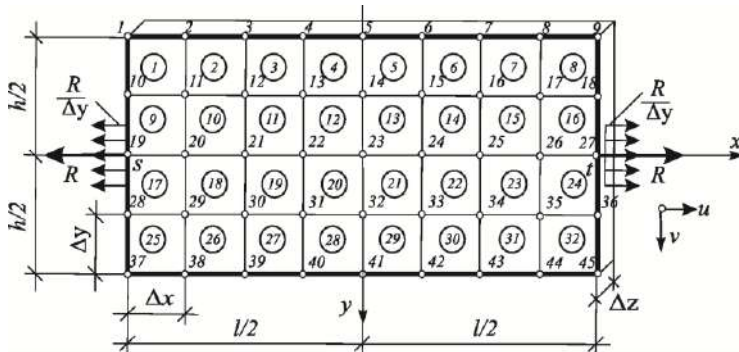


Рисунок 1 – Разбивочная сетка расчетной модели

Постановка задачи. Закладная деталь опорного узла моделируется пластиной размерами l, x, h с упругими параметрами E_0, μ_0 под действием сосредоточенных сил R в условии плоского напряженного состояния (рисунок 1).

Алгоритм расчета в нелинейной постановке. Разобьем пластинку прямоугольной сеткой (см. рисунок 1) на отдельные ячейки (рисунок 2) и найдем энергию деформаций [3] для отдельной ячейки с номером « j ».

Полная энергия пластинки и действующей на нее нагрузки представляется в виде суммы

$$\Theta = \sum_{n=1} \Delta \Theta_j - R(u_s + u_t), \quad (1)$$

где n – количество ячеек разбивочной области, $n = 32$.

Дифференцируя (1) по каждому узловому перемещению, получаем систему линейных алгебраических уравнений.

Для численного нахождения решения организуем итерационный цикл при постоянном коэффициенте Пуассона [4] для следующих исходных данных нагруженной пластинки: $E_0 = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\sigma_u = 240$ МПа; $l = 0,4$ м; $h = 0,2$ м; $\Delta z = 0,01$ м, $\mu_0 = 0,3$; $R = 150$ кН.

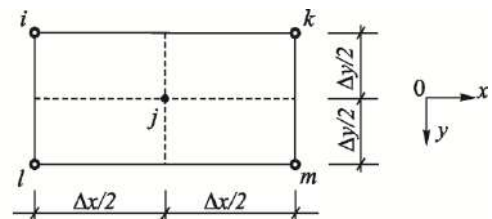


Рисунок 2 – Прямоугольная ячейка метода конечных разностей

При начальном модуле упругости E_0 определяются перемещения u_0 и v_0 . В исследовании НДС пластины как закладной детали опорного узла в нелинейной постановке предусматривается организация итерационного алгоритма, где *линейный расчет становится нулевой итерацией*.

На рисунке 3 приведены эпюры окончательных нормальных напряжений σ_x в двух характерных сечениях: на краю и в середине пластины.

Знакопеременные эпюры σ_x (у края пластинки) с большими значениями напряжений в точке приложения сосредоточенной силы полностью соответствуют принципу Сен-Венана в части наличия для второй системы сил нулевой равнодействующей этих сил.

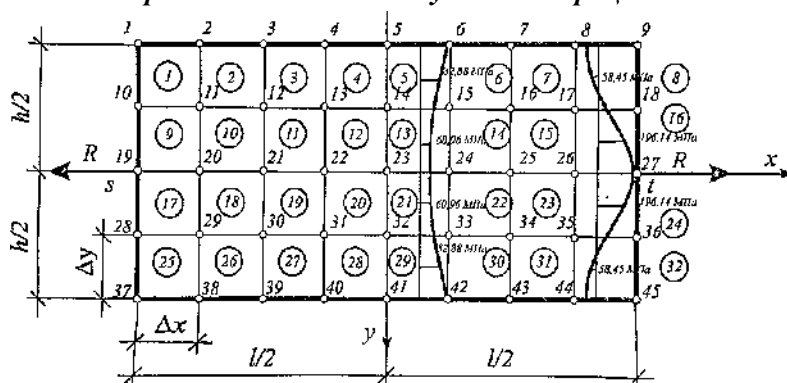


Рисунок 3 – Распределение σ_x по двум сечениям пластинки (нелинейный расчет, 3-я итерация)

Вывод. В результате проведенных исследований было замечено следующее: несмотря на некоторые расхождения в значениях, очертание эпюр напряжений σ_x в основном соответствует принципу Сен-Венана [7, 8], хотя этот принцип ранее доказан только для линейно-деформируемых систем.

Список литературы

- 1 Барашков, В. Н. Алгоритм реализации задач теории упругости и пластичности вариационно-разностным методом. Ч. 1 / В. Н. Барашков // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2003. – № 3, Т. 306 – С. 23–28.
- 2 Козунова, О. В. Нелинейный расчет фундаментных плит на слоистых основаниях, ослабленных биогеенными включениями / О. В. Козунова // Вестник гражданских инженеров. – СПб.: СПбГАСУ, 2009. – 2(19) – С. 100–104.
- 3 Рындин, Н. И. Краткий курс теории упругости и пластичности / Н. И. Рындин. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1974. – 174 с.
- 4 Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М.: Высш. шк., 1990. – 398 с.
- 5 Фихтенгольц, Г. М. Основы математического анализа (1) / Г. М. Фихтенгольц. – СПб.: Изд-во «Лань», 2001. – 448 с.
- 6 Калиткин, Н. Н. Численные методы: учеб. пособие / Н. Н. Калиткин. – 2-е изд., исправл. – СПб.: БХВ. – Петербург, 2014. – 592 с.
- 7 Сен-Венан, Б. Мемуар о кручении призм. Мемуар об изгибе призм / Б. Сен-Венан. – М.: ФМ, 1961. – 519 с.
- 8 Джанилидзе, Г. Ю. Принцип Сен-Венана и его использование в теории пластин и оболочек. Расчет пространственных конструкций / Г. Ю. Джанилидзе. – М.: Машиностроение, 1950. – С. 329–342.

УДК 693.5

ВЛИЯНИЕ ФИБРЫ НА УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Е. А. КОЛЕДА, С. Н. ЛЕОНОВИЧ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При изготовлении фибробетонных смесей важное значение имеют не только правильный подбор и рациональное сочетание исходных материалов, но и технология их изготовления. Фибробетонные смеси могут изготавливать непосредственно на строительной площадке введением фибры в готовую бетонную смесь или на заводском бетоносмесительном узле. Важной проблемой, возникающей при армировании фиброй бетонных материалов, является снижение удобоукладываемости бетонной смеси по мере увеличения в ней содержания волокнистого заполнителя. Для того чтобы оценить степень влияния фибры на изменение удобоукладываемости бетонной смеси, было проведено исследование [1, 2].

Для исследования были приняты четыре состава бетонных смесей [1]:

Состав А: расход компонентов Ц:П:Щ = 1:2:2,5; В/Ц = 0,3; расход вяжущего – 400 кг/м³; марка по удобоукладываемости – П5 (ОК 22 см); мелкий заполнитель – песок м. к. 2,0; крупный заполнитель – щебень фр. 5–20 мм; пластифицирующая добавка – 0,8 % от массы вяжущего.