

СЕКЦИЯ 13. АРХИТЕКТУРА

УДК 69.07

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ ЭКВИВАЛЕНТНОГО Т-ОБРАЗНОГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ СЖАТИИ ПО МЕТОДИКЕ ТКП EN 1993-1-1-2009* И САПР IDEA STATICA CONNECTION

Д.А. Соловьев,
магистрант 1 курса, спец. «Инженерная геометрия и компьютерная графика»
С.В. Гиль,
научный руководитель
к.т.н., доц.,
БГУИР,
г. Минск

Аннотация: В статье исследуются размеры эффективной площади эквивалентного Т-образного элемента при сжатии по методике ТКП EN 1993-1-1-2009* и САПР IDEA Statica Connection [1]. В работе анализируется изменение «с» зоны в зависимости от толщины пластины. Экспериментально доказано, что с увеличением толщины пластины так же увеличивается грузовая площадь передачи нагрузки на фундамент. Произведен сравнительный анализ результатов ручного счета в соответствии со стандартной методикой и данных, полученных при помощи САПР IDEA Statica Connection. В работе представлен характер распределения нагрузки на поверхность бетона в базе колонны.

Ключевые слова: ПО Tekla Structures, САПР IDEA Statica, нагрузка, эффективная площадь, Т-образный элемент, база колонны

Система автоматизированного проектирования (САПР) IDEA Statica Connection позволяет рассчитать все типы сварных и болтовых соединений, опорные плиты, базы колонн и анкерные болты. В программе возможны как проверки по нормам, так и расчёты прочности, жёсткости и устойчивости стальных узлов. Болты, сварка и

бетонные элементы проверяются в соответствии с нормами проектирования.

Важнейшей возможностью данной программы является работа в связке с другими САПР.

В данной работе была использована связь между IDEA Statica Connection и программного обеспечения (ПО) для информационного моделирования Tekla Structures. Конструкция модели данного узла была спроектирована в Tekla Structures, а в IDEA Statica была создана расчетная схема (рис. 1) на базе переданной геометрии. Такой подход к расчету значительно упрощает и ускоряет процесс создания расчетной модели.

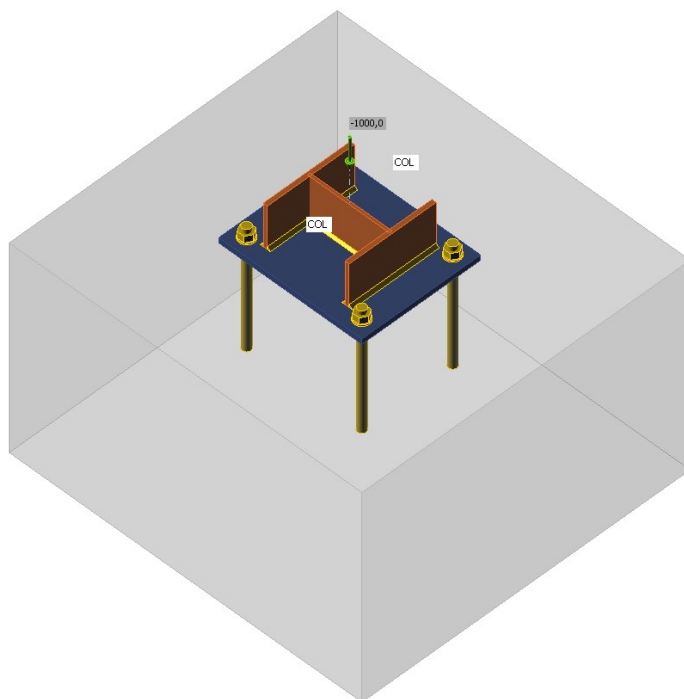


Рисунок 1 – Расчетная модель опорного узла в IDEA Statica

Необходимость данного исследования заключается в том, что при расчете бетонной базы колонны на продавливание нагрузка с

колонны передается на опорную пластину неравномерно, а при определенной зависимости параметров может вступать в работу не всей площадью. Также следует отметить, что простое увеличение класса бетона может негативно повлиять на площадь передачи нагрузки. Именно по этим причинам учёт размеров эффективной площади эквивалентного Т-образного элемента при сжатии (рис. 2) очень важен и необходим при решении подобных задач в практике инженера-проектировщика.

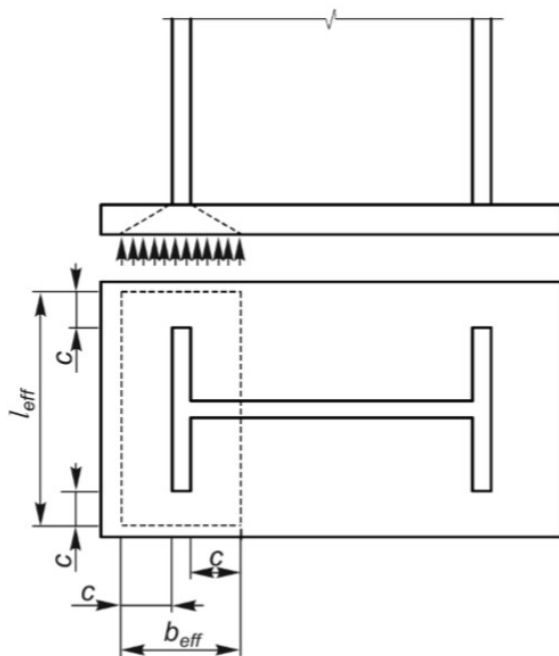


Рисунок 2 – Эффективная площадь эквивалентного Т-образного элемента при сжатии

Исходные данные:

- Страна: Беларусь
- Толщина пластины: 25 мм
- Профиль двутавра: 25К1
- Класс стали С275

- Класс бетона: С40/50

Размеры эквивалентного Т-образного элемента рассчитываются по формуле в соответствии со стандартной методикой [2, 3]:

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{Mo}}} = 25 \cdot \sqrt{\frac{275}{3 \cdot 53,6 \cdot 1}} = 32,69 \text{ мм} - \text{формула 6,5 [2]}, \quad (1)$$

где c – размер зоны, на которую распределяется давление;

t – толщина опорной пластины.

$$f_{jd} = \beta_j \cdot F_{Rdu} / (b_{eff} l_{eff}) - \text{формула 6,6 [2]}, \quad (2)$$

где f_{jd} – расчетное сопротивление бетона или раствора стяжки (подливки) смятию;

β_j – коэффициент, учитывающий материал под опорной плитой ($\beta_j = 0,67$ согласно п. 6.2.5(7) [2]);

F_{Rdu} – расчетное сопротивление смятию при действии сосредоточенной силы, определяемой согласно [2], принимая $A_{C0} = b_{eff} \cdot l_{eff}$.

$$F_{Rdu} = A_{C0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{C1}}{A_{C0}}} - \text{формула 6,63 [4]}, \quad (3)$$

где A_{C0} – площадь нагружения;

A_{C1} – максимальная расчетная площадь распределения с геометрическим подобием по отношению к A_{C0} .

$\sqrt{\frac{A_{C1}}{A_{C0}}}$ – принимаем равным 3, поскольку в рамках данной задачи не оговаривается размер бетонного основания и местоположения базы колонны на нем.

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot A_{C0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{C1}}{A_{C0}}}}{b_{eff} \cdot l_{eff}} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{C1}}{A_{C0}}} = 0,67 \cdot 26,67 \cdot 3 = 53,6 \text{ МПа}, \quad (4)$$

где $f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 40}{1,5} = 26,7 \text{ МПа}$ – формула (3,15) [4];

f_{cd} – расчетное значение предела прочности бетона при осевом сжатии;

f_{ck} – характеристическая цилиндрическая прочность бетона на сжатие в возрасте 28 суток;

γ_c – частный коэффициент безопасности для бетона (согласно таблице 1 N [4] $\gamma_c = 1,5$);

α_{cc} – коэффициент, учитывающий влияние длительных эффектов на прочность и неблагоприятных эффектов в результате неблагоприятного способа приложения нагрузки. (Согласно рекомендациям [4] $\alpha_{cc} = 1$).

Определение параметра «с» для опорных пластин при $t = 15$ мм, $t = 20$ мм, $t = 30$ мм выполнено с помощью программы Microsoft Excel. Также получено значение параметра «с» для каждой толщины пластины из программы IDEA Statica с помощью встроенной функции вывода отчета. Результаты расчёта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение зоны «с» при ручном расчёте и при помощи САПР IDEA Statica

| Толщина опорной пластины t , мм | Параметр «с» (ручной счет), мм | Параметр «с» (IDEA Statica), мм | Δ , % |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| 15 | 19,62 | 20 | 1,9 |
| 20 | 26,15 | 26 | 0,57 |
| 25 | 32,69 | 33 | 0,93 |
| 30 | 39,23 | 39 | 0,59 |

Ниже представлены изображения контуров грузовой площади для пластинок различной толщины. Первый образец – распределение напряжений поверхности бетона (следовательно, контур грузовой площади) в САПР IDEA Statica, второй – он же, с изображением контура грузовой площади, вычисленной по вышеприведенной методике.

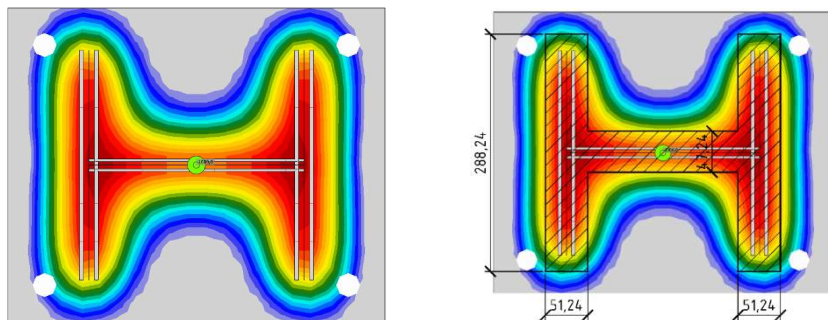


Рисунок 3 – Контур грузовой площади при толщине пластины $t = 15$ мм

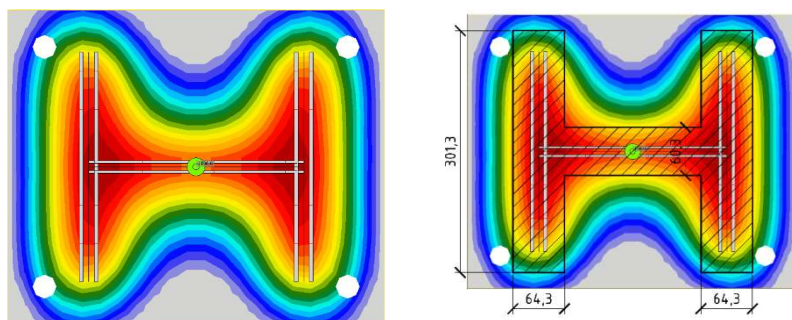


Рисунок 4 – Контур грузовой площади при толщине пластины $t = 20$ мм

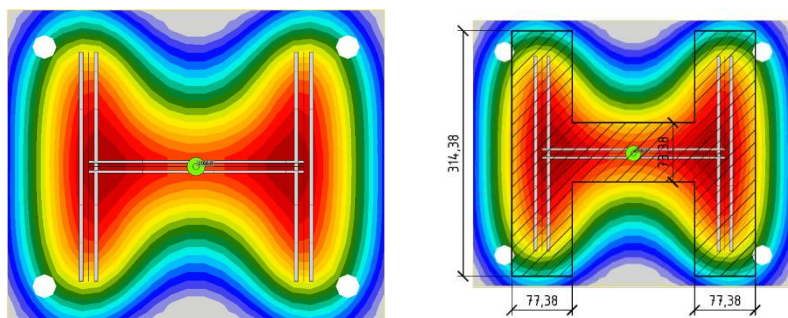


Рисунок 5 – Контур грузовой площади при толщине пластины $t = 25$ мм

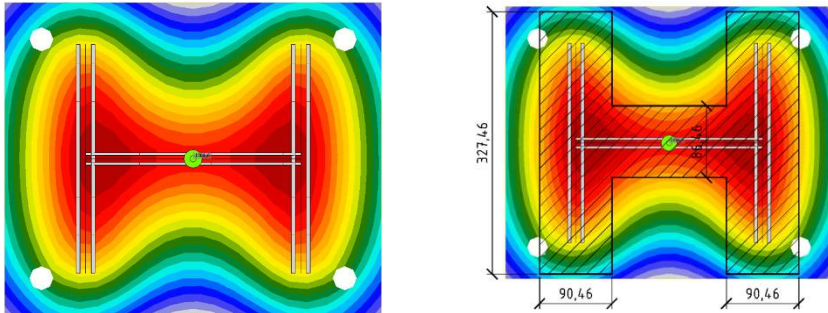


Рисунок 6 – Контур грузовой площади
при толщине пластины $t = 30$ мм

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что САПР IDEA Statica Connection в связке с ПО Tekla Structures можно использовать для решения задачи по определению размеров эффективной площади эквивалентного Т-образного элемента при сжатии по методике ТКП EN 1993-1-1-2009*. Так же после визуального сравнения эффективной площади, полученной при помощи САПР IDEA Statica Connection и выполненной ручным счетом, можно сделать вывод, что методика ТКП EN 1993-1-1-2009* упрощает контур площади, поскольку она допускает то, что нагрузка распределяется равномерно по поверхности бетона.

Список литературы

- [1] Программное обеспечение // QRZ: BIM Программное обеспечение. 2017. URL: <http://bimsolutions.by/> (дата обращения: 09.02.2020).
- [2] ТКП EN 1993-1-8 «Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-8. Расчет соединений» Введ. с 10.12.2009 - М: МАиС, 2015. – 128 с.
- [3] ТКП 45-5.04-274 «Стальные конструкции. Правила расчета» Введ. с 12.12.2012– М: МАиС, 2013. – 158 с.
- [4] ТКП EN 1992-1-1-2009* «Проектирование железобетонных конструкций» Введ. с 10.12.2009- М: МАиС, 2010. – 191 с.

© Д.А. Соловьев, 2020