

Проектування попередньо-напруженої балки з затяжкою у середовищі Mathcad

Вінницький національний технічний університет

Анотація

На прикладі конкретної інженерної задачі, а саме проектування попередньо-напруженої балки з затяжкою, показано застосування одного з найпоширеніших математичних пакетів Mathcad. Наведено основні переваги та недоліки програми, особливості її використання у розв'язуванні прикладних задач у порівнянні з роботою в Excel.

Ключові слова: Інженер-проектувальник, розрахунок конструкцій, прикладні задачі, Mathcad, Excel.

Summary

On example of specific engineering problem, such as designing of prestressed beam with tightening, the use of the most common mathematical packages Mathcad are demonstrated. The basic advantages and disadvantages of the program, especially its use in solving applications in comparison with Excel is executed.

Keywords: Engineer, designs calculation, applied problems, Mathcad, Excel.

Вступ

На сьогоднішній день робота інженера-проектувальника пов'язана з виконанням чисельних розрахунків та аналізуванні отриманих значень протягом всього етапу реалізації проектних рішень: від створення розрахункової схеми до техніко-економічного обґрунтування варіанту конкретної реалізації проектного завдання. Зокрема певна трудомісткість обчислень існує при проектуванні ефективних конструкцій попередньо-напружених балок (як металевих так і залізобетонних).

Попереднє напруження (ПН) – один з прийомів збільшення ефективності використання матеріалу конструкцій. Застосовується для економії металу та зменшення деформативності конструкції, для регулювання напружень у конструкції, щоб отримати більш раціональну конструктивну форму. ПН може бути досягнуто різними шляхами, основними з яких є: натяг високоміцних елементів за допомогою затяжки (пучку проволоки чи тросу), що розташована у розтягнутій зоні конструкції; регулювання згинальних моментів та прогинів зміною розташування опор по висоті в нерозрізних балках, натяг кінців консолей в консольних балках і т.п. У першому випадку, внаслідок позацентрального обтиснення конструкції в ній розвиваються напруження протилежні за знаком тим, які повинні виникнути від змінного навантаження. При завантаженні балки змінним навантаженням спочатку повинні включитися в роботу початкові напруження, створені ПН, завдяки чому загальне можливе характеристичне навантаження на балку збільшується. При цьому пучок дротів (трос), розташований у розтягнутій зоні, додатково завантажується (само напружується); однак, внаслідок високої міцності проволочок витрата металу на них відносно невелика. За допомогою ПН вдається зменшити витрату металу на балку на 10-20 %, вартість конструкції – до 5-15 %, понизити будівельну висоту балки, отримати більш раціональний розподіл матеріалу по довжині балки і т.п. Для підбору оптимального прерізу попередньо-напруженої балки є потреба у розгляді результатів декількох варіантів перерізу елементів балки, що зазвичай потребує використання сучасних математичних програм.

В даний час для рутинних розрахунків на комп'ютері все частіше і частіше використовуються не традиційні мови програмування (BASIC, Pascal, C++, Fortran), а електронні таблиці і спеціальні математичні програми. Склалося так, що, кажучи про електронні таблиці, ми маємо на увазі Excel. Математична ж програма для виконання інженерних розрахунків у нас асоціюється в основному з Mathcad. Обидва ці пакета замислювалися як засобу роботи на комп'ютері користувачів, які не бажали або що не вміли "возитися" з мовами програмування при вирішенні фінансових, науково-технічних і інших прикладних задач (програмування без програмування). Обом цим відомим на ринку математичних розрахунків продуктам притаманні свої переваги та недоліки [1-3]. Головною колосальною перевагою програми Mathcad перед іншими програмами є легкість та наочність задачі, що програмується, відображення складних математичних розрахунків у тому вигляді, в якому вони

завичай записуються на аркуші паперу, простота використання [4]. Також до значних переваг програми можна віднести символічне обчислення, спрощення виразів, розв'язок систем алгебраїчних рівнянь, операції з матрицями.

Якщо ж говорити про Excel, то незважаючи на широку його популярність серед студентів, бухгалтерів, економістів, науковців він має ряд суттєвих недоліків у порівнянні з Mathcad. Зокрема в Excel немає текстового процесору. Інженери, які використовують Excel часто змушені переписувати математику обчислень в комірках словесно, використовуючи редактор формул (який не веде розрахунків, а слугує лише для індикації зазначеної у комірці аналітичної залежності). Якщо є потреба у зміні параметрів аналітичних обчислень або вхідних параметрів, вони повинні повернутися в Excel і почати процес заново. Це неймовірна трата часу для висококваліфікованого, високооплачуваного інженера [2].

Постановка задачі

Використовуючи програму Mathcad навести розрахунок та проектування попередньо-напруженої металеві балки з затяжкою. Проаналізувати результати та виконати порівняння переваг та недоліків її використання з електронними таблицями Excel.

Основний матеріал

Формули для визначення оптимальних геометричних параметрів балок були отримані О. О. Васильєвим [5] з рівнянь (1)-(4), що описують напружений стан балки з найбільшим згинальним моментом при повному використанні розрахункових опорів балки та затяжки (рис. 1).

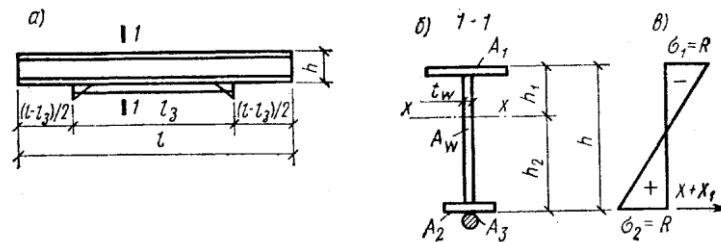


Рис. 1 – До підбору перерізів балок

а – розташування затяжки; б – переріз балки; в – епюра напружень під навантаженням

Зтяжка вважається розташованою в одному рівні з нижнім поясом балки ($c=h_2$). Це припущення при високих балках ($h>1$ м) та зтяжках, розташованих на невеликих відстанях від нижнього поясу ($\approx 0,05 - 0,1$ м) приводить до незначних похибок. В перерізі з максимальним згинальним моментом напружений стан балки повинен задовольняти рівнянням:

для верхнього поясу балки

$$\sigma_v = \frac{M}{W_v} + \frac{\gamma_2 X + X_1}{A} - \frac{(\gamma_2 X + X_1)h_2}{W_v} = R_y, \quad (1)$$

для нижнього поясу балки

$$\sigma_n = \frac{M}{W_n} - \frac{\gamma_2 X + X_1}{A} - \frac{(\gamma_2 X + X_1)h_2}{W_n} = R_y, \quad (2)$$

для нижнього поясу балки при попередньому напруженні

$$\sigma'_n = \frac{\gamma_1 X}{A} + \frac{\gamma_1 X h_2}{W_n} = R_y, \quad (3)$$

напруження в зтяжці при навантаженні балки

для нижнього поясу балки при попередньому напруженні

$$\sigma_z = \frac{\gamma_1 X + X_1}{A_z} = R_{yz}, \quad (4)$$

Після розрахунку попередньо-напруженої балки у програмах Mathcad та Excel за алгоритмом викладеним у [6], при використанні чинних норм [7] в комплексі із застосуванням основ програмування в Mathcad [8] та аналізу результатів, можна зробити висновок про те, що обидві програми мають свої переваги та недоліки.

При цьому, для вирішення параметричних задач взагалі, представлення текстової частини розрахунків, проведення експертизи проектних рішень з наданням звіту з розрахунками зокрема, більш зручним, простим у пошуку помилок та прозорим для аналізу отриманих даних є програма Mathcad.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ/REFERENCES

1. Excel и Mathcad: пути интеграции [Електронний ресурс] / Режим доступу : http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/MC_Excel.htm
2. Excel vs. Mathcad for Engineering Calculations [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://blogs.ptc.com/2012/07/11/excel-vs-mathcad-for-engineering-calculations/>
3. MathCAD versus Excel [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://www.engineering.com/Blogs/tabid/3207/ArticleID/530/MathCAD-versus-Excel.aspx>
4. Макаров Е. Инженерные расчеты в Mathcad15: Учебный курс / Макаров Е. – СПб.: Питер, 2011. – 400 с.
5. Васильев А. А. Металлические конструкции: учеб. пособие для техникумов / Васильев А. А. – М.: Стройиздат, 1975. – 420 с.
6. Муханов К. К. Металлические конструкции: учеб. пособие для вузов / Муханов К. К. – М.: Стройиздат, 1978. – 572 с.
7. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу: ДБН В.2.6-143:2010. – [Чинний від 2011-12-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 216 с. – (Національні стандарти України).
8. Кирьянов Д. В. Mathcad15/Mathcad Prime1.0 / Кирьянов Д. В. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.

Бікс Юрій Семенович – к. т. н., доцент кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. Ел. пошта: yustas12@rambler.ru

Biks Yuri Semenovich – Ph. D., assistant professor, department of industrial and civil engineering, Vinnitsa National Technical University. Vinnitsa. E. mail: yustas12@rambler.ru