

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЗЛОВЫХ СВЯЗЕЙ И ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА ЗДАНИЙ

Макалада курулмалардын каркасынын кысылган көтөргүч элементтеринин туруктуулугуна түйүндүк байланыштардын жана негиздердин таасирлери изилденген. Туруктуулукка сандык эсептөөлөрдүн жыйынтыктары берилген.

В работе исследуются влияния узловых связей и основания на устойчивость сжатых несущих элементов каркаса зданий. Приведены результаты численных расчетов на устойчивость.

In this paper is investigated the impact of node connections and of the subgrade for stability of compressed bearing elements of frame buildings. Numerical results for stability are presented.

Надежность и безопасность работы конструкции в процессе эксплуатации зависит от устойчивости ее равновесных состояний. Рассматривается трехэтажное каркасное здание с несущими вертикальными элементами и плитами перекрытий. Вертикальные элементы подвергаются действию внецентренно приложенной сжимающей силы P . При потере устойчивости появляются изгибно-крутильные деформации.

Представим модель вертикальных несущих колонн при потере устойчивости [1-5]:

Рассмотрим двутавровую балку, находящуюся под действием внецентренно приложенной сжимающей силы P (рис. 1). Эксцентриситет обозначим e_y . Так как сечение имеет две оси симметрии, то центр изгиба совпадает с центром тяжести сечения и сила сдвинута только относительно оси y , то можно положить нулю следующие величины: $a_z = a_y = e_z = 0$. Внешнюю нагрузку можно представить в виде: $M_y = 0$, $M_z = -Pe_y$, $N = -P$.

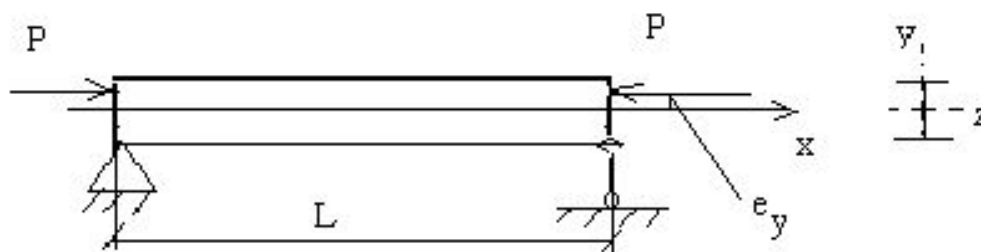


Рис. 1

Дифференциальные уравнения можно представить в виде:

$$\begin{aligned} EI_y \xi^{IV} + P \xi'' - P e_y \theta'' &= 0, \\ -P e_y \xi'' + EI_\omega \theta^{IV} + (P r^2 - G I_d) \theta'' &= 0 \end{aligned}$$

(1)

В (1) θ – угол поворота сечения в своей плоскости, т.е. угол закручивания; ξ – смещение центра тяжести сечения вдоль оси z .

Рассмотрим возможную потерю устойчивости, возникающую в металлических колоннах, от действия всех временных и постоянных нагрузок в упругой стадии работы конструкции.

Представим модель сжатых плит перекрытий при потере устойчивости [1-5]:

Потеря устойчивости пластины 1 рода сопровождается бифуркацией, т.е. разветвлением равновесных форм и появлением изгибных деформаций (рис.2).

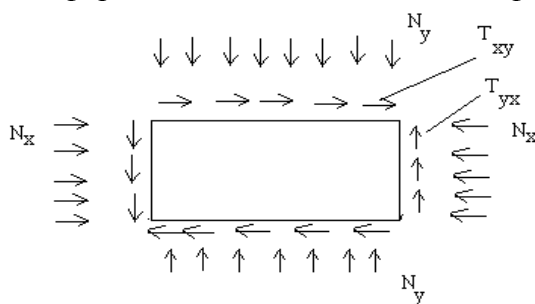


Рис. 2

Уравнение упругой поверхности при изгибе имеет вид:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{1}{D} (N_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2 T_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + N_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2})$$

(2)

Для шарнирно опертой по краям пластины можно прогибы задать в виде:

$$w = A_{mn} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b},$$

(3)

где величины m, n определяют количество полуволн в направлении осей x, y, а величины a, b размеры пластины в плане. Эта функция удовлетворяет граничным условиям задачи:

при x=0, a w=0, M_x=0;

при y=0, b w=0, M_y=0.

Рассмотрим возможную потерю устойчивости, возникающую в железобетонных перекрытиях, от действия всех временных и постоянных нагрузок в упругой стадии работы конструкции.

Используя решения уравнений для сжатых стержней и пластин, получены значения критических нагрузок. Результаты расчета позволяют исследовать систему на устойчивость 1-го рода, связанную с появлением изгиба в сжатых элементах конструкции [6-7].

В табл. 1 представлены значения критических нагрузок для отдельных стержней для случая жесткого и шарнирного соединений в узлах. Данные соответствуют жесткому основанию.

Таблица 1 - Значения критических сил в колоннах

Номер элемента	Вид узлового соединения	Упругое решение от заданной нагрузки	Критические силы без учета кручения	Критические силы с учетом кручения	Расчетные усилия
164 (крайний в попереч. направл.)	жесткое	- 81,2	-652,0	-605,0	-71,5
	шарнирное	-93,0	-163,6	-143,6	-69,6
173 (средний)	жесткое	-134,0	-652,0	-635,0	-116,5
	шарнирное	-144,0	-163,6	-153,6	-106,8
174 (крайний в продольн. направл.)	жесткое	-85,4	-652,0	-632,0	-68,22
	шарнирное	-98,0	-163,6	-153,6	-74,8

Из табл. 1 видно, что все колонны удовлетворяют условию устойчивости. При жестком соединении в узлах отношение критической нагрузки к расчетному продольному усилию, изменяется от 4,86 до 8,0. При шарнирном соединении в узлах это отношение колеблется от 1,14 до 1,76. Шарнирное соединение в узлах снижает критическую нагрузку почти в 4 раза в сравнении с жестким соединением. Если определить критическую нагрузку, связанную с появлением изгиба и кручения в тонкостенном стержне, то ее значение уменьшается почти в 1,25 раза в сравнении с критической нагрузкой изгиба, т.е. резерв устойчивости снижается на 25%.

В табл. 2 представлены значения сжимающих усилий для плит перекрытий, соответствующие появлению одной полуволны. В упругом решении в срединной плоскости отсутствуют продольные силы [6-7].

Таблица 2 - Значения сжимающих усилий в плитах перекрытий

Размеры плиты перекрытия	Вид соединения с ригелем	Значения критических сжимающих усилий	Расчетные усилия в плитах по предельному состоянию
3х3 м в плане	жесткое	-10,5	-8,6
	шарнирное	-3,2	-4,1
6х6м в плане	жесткое	-2,1	-2,15
	шарнирное	-0,8	-0,54

Из табл. 2 видно, что появление малых значений сжимающих усилий в плитах перекрытий может вызвать потерю устойчивости. Это явление опасно также и для толстых плит, т.к. в их срединной плоскости могут появиться значительные продольные силы.

Исследовано влияние жесткости основания на устойчивость сжатых элементов. В табл. 3 показано влияние жесткости основания на значения критических нагрузок.

Таблица 3 - Значения критических сил в колоннах

Номер элемента	Вид соединения с основанием	Упругое решение от заданной нагрузки	Критические силы без учета кручения	Критические силы с учетом кручения
164 (крайний в попереч. направл.)	жесткое	- 81,2	-652,0	-605,0
	упругое	-93,0	-153,6	-143,6
173 (средний)	жесткое	-134,0	-652,0	-635,0
	упругое	-144,0	-153,6	-143,6
174 (крайний в продольн. направл.)	жесткое	-85,4	-652,0	-632,0
	упругое	-98,0	-153,6	-148,6

Из табл. 3 видно значительное влияние податливости упругого основания на значения критических нагрузок. Наиболее опасной является средняя колонна, в которой сжимающее усилие близко к значению критической нагрузки, критическая нагрузка с учетом кручения в средней колонне для жесткого основания меньше критической нагрузки без учета кручения для упругоподатливого основания на 3% и на 7% для жесткого основания. С уменьшением жесткости основания при расчете на устойчивость плит перекрытий необходимо учитывать кручение.

Выводы:

1. Для вертикальных несущих элементов при жестком соединении в узлах отношение критической нагрузки к расчетному продольному усилию, изменяется от 4,86 до 8,0. При шарнирном соединении в узлах это отношение колеблется от 1,14 до 1,76. Шарнирное соединение в узлах снижает критическую нагрузку почти в 4 раза в сравнении с жестким соединением.

2. Критические нагрузки для сжатых плит существенно зависят от вида соединения их с ригелем и от жесткости основания.

Список литературы

1. Григолюк Э.И., Толкачев В.М. Контактные задачи теории пластин и оболочек. - Москва, 1980. – 416 с.
2. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. - Москва, Высшая школа, 1990. - 400 с.
3. Александров А.В., Лашенников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Тонкостенные пространственные системы. - Москва, 1983. – 488 с.
4. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Расчет конструкций специальных сооружений. - Москва, Стройиздат, 1990. – 208 с.
5. Тимошенко С.П. Теория упругости, Ленинград-Москва, ГИТТЛ, 1937. – 446 с.
6. Касимова Г.Т., Аманжолов Е.К. Моделирование конструкций с использованием современных программных комплексов // Сб. материалов Международ. науч.-практ. конф. «Строительство, архитектура, дизайн: интеграционные процессы в современных условиях». Т.1. - Алматы, изд. Дом «Строительство и архитектура», 2012. – С. 61-68.
7. Достанова С.Х., Касимова Г.Т. Расчет плоских рам методом конечных элементов. Алматы, 2012. Изд. КазГАСА. - 51 с.