тельных балок) в наиболее нагруженных стержнях нижнего пояса составили 2163 кг/см^2, или $0{,}8R_y$, вычисленное относительное удлинение стержня равнялось 0,103%. Течение стали отмечено при узловой нагрузке 4,1 т, напряжения составили 2743 кг/см^2, значение относительного удлинения стержня в этот момент - 0,34 %. По достижению узловой нагрузки величины 4,4 т резко возросли деформации фермы, относительное удлинение стержня на начальной стадии пластических деформаций составило 0,59%, наибольшее удлинение - 1,63%. Напряжения достигли 2912 кг/см^2.

Приведем диаграмму деформирования "пластического" стержня к идеализированной. Упругая работа определяется участком AB, (рис. 4), модуль упругости E= 2100000 кг/см ^{2}, упругопластическая работа - участком BC, расчетный модуль упругости на участке $E_{ef,1}$=0,12E. Величина напряжений в точке C соответствует остаточному относительному удлинению после разгрузки, равному 0,2%, т.е. пределу текучести. Пластические деформации характеризует отрезок CE, модуль упругости на этом участке составляет $E_{ef,2}$ = 0,006 E.

Наибольшие деформации в пределах упругой работы (при P=3,2 т) составили 1/450 пролета фермы, в пределах упругопластической работы (при P=4,1 т) - 1/240 пролета, деформации после обвала "показательного стержня" составила 1/80 пролета. Остаточный прогиб фермы составил 1/140 пролета или 60% от полного прогиба.

ОБ УСИЛЕНИИ ПЛОСКИХ ОПОР ЭСТАКАД ДВУХСТОРОННИМИ ШПРЕНГЕЛЯМИ

доц. Б.М.СУШЕНЦЕВ, студ. А.А.КОНОПЛЕВ, инж. М.А.ЛАПШИН

Уральский государственный технический университет

Эффективным способом усиления высоких (до 40...50 м) плоских опор эстакад, ветви которых являются центрально-сжатыми стержнями, является установка двухсторонних шпренгелей, как правило, из стальных канатов. Из условий упрощения изготовления и монтажа шпренгели целесообразно выполнять одно- или двухстоечными, с шарнирным или жестким креплением стоек к ветвям опор. В последнем случае стойки должны иметь достаточно большую изгибную жесткость в вертикальной плоскости и выполняться, например, из двутавровых элементов.

Расчетные длины ветвей, усиленных шпренгелями, обычно определяются методом перемещений с учетом отпорного воздействия узлов, расположенных в месте перегиба шпренгельных элементов. В технической литературе нет рекомендаций по выбору рациональных параметров усиления: длин шпренгельных стоек и расстояний между ними, изгибной жесткости стоек и продольной жесткости канатных элементов.

Для получения математической модели в виде полинома второй степени реализован некомпозиционный план второго порядка, позволивший выявить влияние перечисленных факторов на расчетную длину ветвей (из плоскости усиляемых опор).

В результате анализа полученных 27 значений функции отклика выработаны следующие рекомендации по проектированию усиляемых опор.

Вынос шпренгелей назначать в пределах 0,07...0,13 от высоты опоры H, а расстояния между шпренгельными стойками от нуля (одностоечные шпренгели) до 0,5 H

Существенное уменьшение расчетных длин достигается с ростом изгибной жесткости шпренгельных стоек, которая в исследовании варьировалась от нуля до максимума, равного изгибной жесткости ветвей. Здесь наименьшие затраты стали достигаются при проектировании стоек из сварных перфорированных двутавров переменной высоты (с креплением развитой части к ветвям опоры). По другому варианту минимум расхода стали на стойки обеспечивается их проектированием в виде V-образных элементов, изготовляемых из трубчатых стержней. Для снижения затрат на монтаж две шпренгельные стойки (одного уровня) целесообразно объединять в плоские или пространственные блоки заводского изготовления. В этом случае длина шпренгельных стоек (высота блока) должна быть не более 3...3,5 м.

При определении продольной жесткости шпренгельных затяжек следует учитывать, что уменьшение расчетной длины ветвей более чем в два раза нецелесообразно, так как верхний предел критической силы ограничивается антисимметричной формой потери устойчивости (с расчетной длиной ветви, равной половине высоты опоры). Шпренгельные затяжки следует устанавливать с предварительным напряжением и с таким расчетом, чтобы после приложения к опоре полной расчетной нагрузки остаточные напряжения в затяжках были не меньше 10...15 МПа.

УРАВНЕНИЕ ИЗГИБА ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН ПЕРЕМЕННОЙ ЖЁСТКОСТИ

проф. В.И.АНДРЕЕВ, М.Л.ЛЕВИНА

Московский государственный строительный университет

В работе приводится вывод дифференциального уравнения изгиба прямоугольных пластин переменной жесткости с учетом строгого выполнения граничных условий на торцевых (лицевых) поверхностях пластинки. Рассматривается тонкая прямоугольная пластина, толщина (2h) и механические характеристики которой *(E, ν)* в общем случае являются функциями от *x* и *y*.

Предполагается, что пластинка симметрична относительно срединной плоскости, при этом к верхней поверхности приложена распределенная нагрузка *q(x,y)* , а нижняя поверхность свободна от нагрузки.

Для напряжений σ_x, σ_y, τ_{xy} справедливы классические соотношения [1]:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2}\cdot\left(\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y\right) = -\frac{E_z}{1-\nu^2}\cdot\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right) \quad (1)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2}\cdot\left(\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x\right) = -\frac{E_z}{1-\nu^2}\cdot\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right) \quad (2)$$

$$\tau_{xy} = G\cdot\gamma_{xy} = \frac{E}{2(1+\nu)}\gamma_{xy} = -\frac{E_z}{1+\nu}\cdot\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \quad (3)$$

Для определения касательных напряжений τ_{xz} и τ_{yz} можно использовать дифференциальные уравнения равновесия Навье без учета объемных сил. Например, для τ_{xz} имеем:

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = -\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}$$

Подставив в это уравнение выражения для напряжений σ_x и τ_{xy} из (1), (3) и производя замену

$$A = \frac{3D}{2h^3} = \frac{E}{1-\nu^2}, \text{ получим :}$$

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = z\cdot B_1 \quad (4)$$

где: $$B_1 = \frac{\partial A}{\partial x}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right) + \frac{\partial A}{\partial y}(1-\nu)\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + A\left(\frac{\partial \nabla^2 w}{\partial x} + \frac{\partial \nu}{\partial x}\cdot\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \frac{\partial \nu}{\partial y}\cdot\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}\right) \quad (5)$$

Интегрируя (4), приходим к равенству:

$$\tau_{xz} = B_1\frac{z^2}{2} + f_1(x,y) \quad (6)$$

Произвольную функцию f_1 (x,y) можно найти из граничных условий на торцевых поверхностях:

При $z = -h$ $\quad p_{xv} = 0\ \ p_{yv} = 0; \quad p_{zv} = q(x,y)$ (7)

При $z = h$ $\quad p_{xv} = 0\ \ p_{yv} = 0; \quad p_{zv} = 0$ (8)

Здесь p_{xv}, p_{yv}, p_{zv} – составляющие внешней поверхностной нагрузки, связанные с напряжениями формулами: