

Таким образом, если в здании установлено несколько видов виброактивного оборудования с различными частотами возбуждения, то в качестве каркаса зданий промышленного или сельскохозяйственного назначения целесообразно использовать предложенные железобетонные рамы с повышенными стойками и регулируемой жесткостью. По сравнению с типовыми рамными конструкциями они имеют узлы, допускающие изменения динамических свойств каркаса (варьирование жесткостью в процессе эксплуатации), что позволяет осуществлять уход от резонансных состояний как всего здания в целом, так и отдельных его частей (при постоянной частоте вынуждающей силы). Изменяя динамические характеристики рамных каркасов можно обеспечить надежность, безопасность и долговечность их использования в зданиях промышленного, сельскохозяйственного и транспортного назначения при наличии виброактивного оборудования.

УДК 624.078.416:696.133

Лебедь В.А.

К ОЦЕНКЕ ДЕФОРМАТИВНОСТИ В РАМАХ Т-ОБРАЗНЫХ УЗЛОВ (ПАРАМЕТР $\beta \leq 0.8$) ИЗ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ ТРУБ, СТОЙКИ КОТОРЫХ ЗАПОЛНЕНЫ БЕТОНОМ

Вполне оправдано то повышенное внимание, уделяемое в настоящее время трубобетону в области мостовых конструкций, следует также отметить, что и при высотном строительстве внедрение трубобетонных элементов ведет к значительным эффектам. Конструкции из стальных прямоугольных труб заполненных бетоном имеют ряд бесспорных достоинств (огнестойкость, пониженная металлоемкость, коррозионная стойкость, эстетичность), благодаря чему они находят всё большее применение в практике строительства. В данных конструкциях сжатые элементы целесообразно выполнять в трубобетоне, что позволяет увеличить не только прочность, но и жесткость конструкции. Кроме этого, заполнение полых труб в конструкции бетоном повышает её огнестойкость.

Сдерживающими факторами внедрения подобных конструкций в практике строительства являются: недостаток экспериментальных исследований, недостаточно разработанные технологические решения и как следствие – недостаток научно обоснованных теоретических разработок, оценивающих несущую способность конструкций. При проведении расчета конструкции на современном уровне правилом хорошего тона является не только оценка прочности, но также и учет деформативности узлов в конструкции, поскольку это позволяет оценить реальную работу сооружения и его отдельных элементов. Данная проблема весьма перспективна и в настоящее время ей уделяется значительное внимание.

В отечественной нормативной литературе [1] представлена методика расчёта узлов из полых прямоугольных труб. Соответственно нормами учтено: продавливание (выравнивание) участка стенки пояса, контактирующего с элементом решетки; несущая способность участка боковой стенки пояса (параллельной плоскости узла) в месте примыкания сжатого элемента решетки; несущая способность элемента решетки в зоне примыкания его к поясу; прочность сварных швов прикрепления элемента решетки к поясу. Формулы, представленные в пособии по проектированию [1], ориентированы в большей степени на расчет узлов ферм. Следует отметить, что в левой части расчетных формул присутствует изгибающий момент, который отсутствовал в первых редакциях норм. Существующая отечественная нормативная литература не рассматривает узлы из прямоугольных труб, усиленных напрягающим бетоном.

В лабораториях Брестского государственного технического университета и Белостокской политехники было проведено испытание серии Т-образных узлов из прямоугольных труб, полых и заполненных напрягающим бетоном, (17 штук) с различными геометрическими характеристиками при действии изгибающего момента в ригеле. При проведении исследований было экспериментально установлено и теоретически обосновано, что, заполнение полых труб напрягающим бетоном позволяет повысить прочность узлов конструкций до 25%, а их жесткость до 60% [2]. Применение напрягающего бетона для заполнения стальных полых труб обусловлено необходимостью обеспечения совместной работы бетонного ядра со стальной оболочкой [3]. Совместность работы обычного бетона и стальной трубы может утрачиваться в процессе работы трубобетонного элемента вследствие различных коэффициентов Пуассона для бетона и стали, а также из-за реологических явлений (явление усадки), протекающих в бетонном ядре [4].

При проведении собственных экспериментальных и численных исследований было отмечено принципиальное отличие работы под нагрузкой узлов из полых прямоугольных труб и тех же узлов, но со стойками, заполненными бетоном. Прежде всего отличие состоит в смещении оси поворота к сжатой полке трубы. Величина смещения зависит от геометрических характеристик элементов в узле и прочностных характеристик металла и бетона. В результате численных исследований было установлено, что целесообразно применение бетонов с прочностью на смятие в интервале [20;40], дальнейшее увеличение прочности бетона сопровождается незначительным приростом прочности и жесткости самого узла.

При выведении формулы упругой жесткости узлов, заполненных бетоном, деформированная область полки стойки разделялась на регионы (рис.1). Для каждого региона находился закон деформирования, вычислялась энергия деформирования.

С учетом того, что на упругой стадии жесткость узла прямо пропорциональна действующему моменту и обратно пропорциональна углу поворота, из равенства работ внешних и внутренних сил выражалась упругая жесткость узла:

$$G_0 = \frac{2 \cdot E \cdot \eta \cdot t_0^3}{15 \cdot (1 - \nu^2) \cdot (1 - \beta)^3} (578 \cdot \eta \cdot (1 - \beta)^3 - 3 \cdot (1 - \nu) \cdot (1 - \beta)^2 + 20 \cdot \eta^2), \quad (1)$$

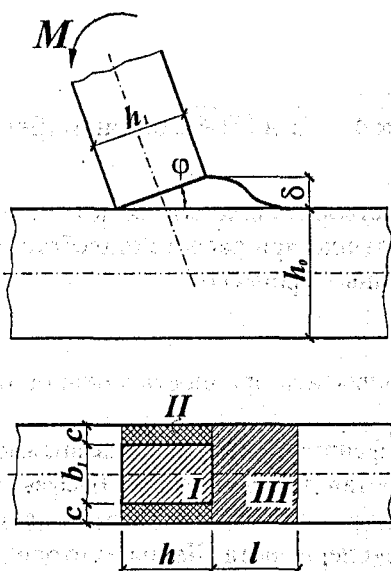


Рисунок 1 – К расчету упругой жесткости узлов с параметром $\beta \leq 0,8$.

Для описания нелинейной работы узла в основу принята функция Ramberга–Osgooda.

$$\varphi = \frac{M}{G_0 \cdot \left(1 - \left(\frac{M}{M_p} \right)^k \right)^{\frac{1}{k}}}, \quad (2)$$

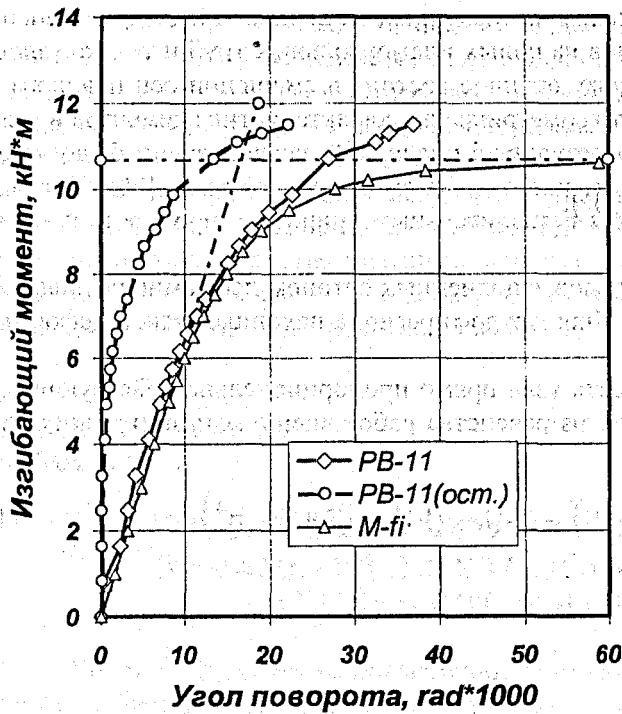
где φ – угол поворота ригеля в узле,

M – действующий в узле изгибающий момент,

k – параметр определяемый экспериментально.

В отличие от функции Ramberга–Osgooda значения предельного момента M_p и упругой жесткости G_0 находятся по предложенным выше формулам (1) и (3).

На рис. 2 представлены экспериментальные зависимости «момент–угол поворота» ("M-φ") для T-образных бесфасоночных узлов со стойками, заполненными бетоном; РВ-6(ост.)– остаточные углы поворота ригеля, измеренные после снятия прикладываемой к ригелю нагрузки; M-fi – полученная по предлагаемой феноменологической зависимости (2) теоретическая кривая «момент–угол поворота»; верхний предел, показанный на рисунках горизонтальной штрих пунктирной линией, к которой асимптотически стремиться кривая M-fi – предельный воспринимаемый узлом момент, вычисляемый по предложенной методике [2]; наклонная штрих-пунктирная линия, касательная к кривой M-fi в начале координат – упругая жесткость узла, вычисляемая по предложенной формуле (1).

Рисунок 4 – Узел PB-6 с бетоном ($\beta=0,57$, $\lambda=20$)

Результаты, получаемые по формулам (1) и (2), удовлетворительно согласуются с экспериментом. Зависимость (2) может быть рекомендована к использованию при расчете сталебетонных конструкций с использованием в компьютерном расчете итерационных процессов.

ВЫВОДЫ

Заполнение прямоугольных труб бетоном позволяет повысить прочность узлов по отношению к полым на 20..40 %, жесткость на 30..60 %.

Впервые полученная формула упругой жесткости и феноменологическая зависимость, основанная на функции Ramberga–Osgooda, «момент-угол поворота» для Т-образных бесфасоночных узлов из прямоугольных труб, заполненных бетоном, с параметром $\beta \leq 0,8$, позволяет получить результат, имеющий удовлетворительное совпадение с данными эксперимента. Данная методика рекомендуется для использования при расчете сталебетонных конструкций из прямоугольных труб, заполненных бетоном, с использованием итерационных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) – Москва, 1989.-149с.
2. Лебедь В.А. Прочность Т-образных узлов из прямоугольных труб, заполненных бетоном: Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.01/ Брест. гос. техн. ун-т.– Брест, 2001.– 147 с.
3. Лукша Л.К. Прочность трубобетона. — Мн.: «Вышэйшая школа», 1977.-95с.
4. Зинкевич И.В., Лебедь В.А., Мухин А.В. К усилению Т-образных узлов из прямоугольных труб бетонами на напрягающих цементах// Технологии современных конструкций: Материалы юбилейной междунар. науч.-техн. конф. Кишинёв, 24-26 мая 2000г./ Молдавский техн. ун-т.– Кишинёв, МТУ, 2000.– С. 237-240.