

$$-\frac{Pl^2}{12}\left(1-6\frac{x}{l}+6\frac{x^2}{l^2}\right)=\sigma_T W-\frac{Pl^2}{24} \quad (5)$$

Раскроем скобки и приведем подобные слагаемые:

$$\frac{P}{2}x^2-\frac{Pl}{2}x+\frac{Pl^2}{24}+\sigma_T W=0 \quad (6)$$

Найдем корни квадратного уравнения:

$$x_{1,2}=\frac{l}{2}\pm\frac{\sqrt{\frac{P^2l^2}{6}-2P\sigma_TW}}{P} \quad (7)$$

При расстоянии меньше x в пролетном сечении ригеля будут наблюдаться пластические деформации, но до зоны $x-b$, т.к. вертикальная стенка вута мало увеличивает момент сопротивления, но левее зоны $x-b$, где установлена горизонтальная пластина, момент сопротивления сечения ригеля резко увеличивается и там будут только напряжения, не превышающие расчетного сопротивления. Зона пластических деформаций определяется размером b , это будет барьер для повышения напряжений у опоры.

В этом случае решается и второй вопрос – снижение металлоемкости.

ВЫВОДЫ

1. Снижение максимальных напряжений в зоне сопряжения ригеля с колонной, путем увеличения сечения ригеля на опоре за счет вута.
2. Уменьшение сечения ригеля в пролете и как следствие снижение металлоемкости.
3. Обозначение места образования пластического шарнира.
4. Повышение сейсмостойкости и надежности стальных каркасов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины, 2006. – 83 с.
2. СНиП-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования.- М.ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.
3. Лихтарников Я.М., Ладыженский Д.В., Клыков В.М. Расчет стальных конструкций: справочное пособие, 2-е изд. – К.: Будівельник, 1984 – 368 с.
4. Металлические конструкции под ред. Е.И. Беленя, 6-е изд.-М.: Стройиздат, 1986 – 560 с.
5. Улицкий И.И., Ривкин С.А., Самолетов М.В., Дыховичный А.А., Френкель М.М., Кретов В.И. Железобетонные конструкции (расчет и конструирование). Изд. третье, переработанное и дополненное. – Киев: «Будівельник», 1972. – 992 с.

УДК 000.000

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ КАСАТЕЛЬНЫХ УСИЛИЙ В СВАРНОМ ФЛАНГОВОМ ШВЕ СТЕРЖНЯ, ПРИВАРЕННОГО К ЖЕСТКОМУ ЭЛЕМЕНТУ

Ажермачёв Г.А., к.т.н., профессор, Меннанов Э.М., ассистент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассматривается характер распределения касательных усилий вдоль флангового сварного шва при прикреплении стержня к жесткому элементу. Полученная зависимость показывает, что касательные усилия во фланговом сварном шве возрастает вдоль прикрепленного стержня и их пик находится в конце шва.

Стержень, сварной шов, удлинения, сила, сдвиг, касательные усилия

Введение. Сварные соединения с фланговыми швами широко применяются в строительной практике. Они удобны в выполнении и достаточно хорошо зарекомендовали

себя в работе. Также соединения находят применение при стыковке арматурной стали, при прикреплении стальных элементов в фермах, в каркасах зданий и сооружений.

Анализ существующих решений. Нормативные и другие официальные методики расчета используют расчетные модели при расчете фланговых сварных швов, которые позволяют получить средние значения касательных усилий по длине шва, [1, 2, 3]. Однако теоретические и экспериментальные исследования показывают, что на концах фланговых швов наблюдаются значительные концентрации напряжений, особенно при “длинных” сварных швах. В “коротких” сварных швах концентрация напряжений значительно меньше [4, 5]. Исследовались, в основном, соединения элементов, имеющие одинаковую площадь сечения, или разную, но имеющие небольшую разницу.

При соединении элементов одинаковой площади фланговыми сварными швами наблюдается достаточно четкая симметрия кривой распределения касательных усилий относительно середины соединения.

При соединении элементов разной площади фланговыми сварными швами симметрия нарушается тем больше, чем больше разница площадей соединяемых элементов. Со стороны элемента, имеющего меньшую площадь, пик касательных усилий к концу шва резко возрастает. Это результат того, что относительные удлинения элемента с малой площадью, при приложенной нагрузке, больше, чем элемента с большей площадью, а это значит, что и сварной шов в этой зоне получает больше деформации, и как результат, в соответствии с законом Гука, напряжения возрастают.

Особенным случаем является распределение касательных усилий в сварных фланговых швах в случае, когда приходится соединять два элемента, при этом один из которых имеет значительно меньшую площадь, например арматурный стержень, приваривается к закладной детали или элемент приваривается к массивной конструкции.

Сварные стыки арматуры с парными накладками широко применяются в строительной практике. Этот способ позволяет соединять арматурные стержни любого диаметра. Рекомендуемые конструктивные решения сварных стыков с парными накладками приводятся в [6]. В соответствии с «Рекомендациями» диаметр накладок принимается равным диаметру соединяемых стержней, а остальные размеры накладок принимаются в зависимости от диаметров накладок.

На первый взгляд, кажется, что накладки имеют двойной запас прочности по сравнению с соединяемыми стержнями. Однако это не совсем так. Рассмотрим напряженно-деформированное состояние накладки в сварном стыке (рис. 1)

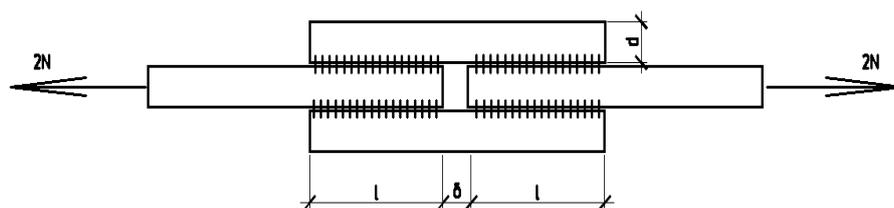


Рис. 1. Конструктивная схема сварного стыкового соединения выполненного при помощи боковых накладок.

Расчетную схему накладки с некоторым приближением можем представить в виде стержня, приваренного к основанию сварным швом на длине l (рис.2)

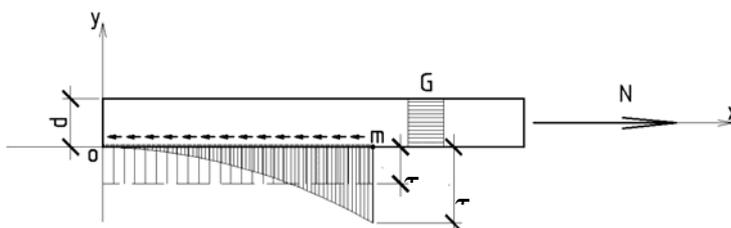


Рис. 2. Расчетная схема боковой накладки.

Исходя из рассматриваемой расчетной схемы, мы можем записать величину нормальных напряжений в стержне в месте, где он не приварен к основанию

$$\sigma_0 = \frac{N}{A_H}, \quad (1)$$

где N – сила, растягивающая стержень;

A_H – площадь стержня (накладки).

В нашем случае исследованию подвергаются два растянутых стержня площадью A_c соединенных парными параллельными накладками площадью A_H при помощи сварных фланговых швов.

Рассмотрим, как распределяются касательные усилия вдоль флангового сварного шва на примере прикрепления стержня к абсолютно жесткому элементу. Пусть растянутый стержень площадью A прикреплен при помощи сварного флангового шва к жесткому элементу (рис. 3).

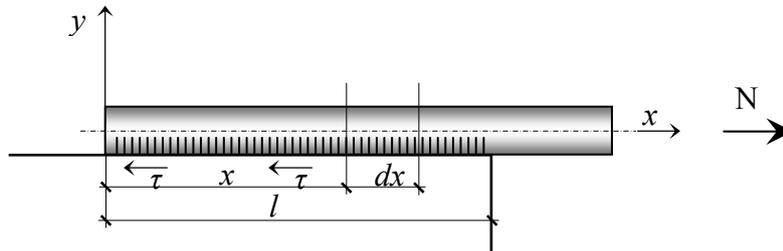


Рис. 3. Конструктивная схема накладки.

Закрепление стержня обеспечивается касательными усилиями τ вдоль сварного флангового шва. Предположим, что касательные усилия вдоль сварного шва пропорциональны относительному смещению приваренного стержня. Сечение $a-b$ с координатой X получает горизонтальное перемещение u , сечение $c-d$ с координатой $x + dx$ получает перемещение $u + du$, тогда мы можем записать

$$\tau = ku \quad (2)$$

где k – коэффициент пропорциональности, зависящей от механических характеристик шва. Для нашего случая $K = G$, где G – модуль сдвига металла сварного шва.

Вырежем элемент dx и рассмотрим его равновесие (рис. 4). На левом конце вырезанного участка, мы будем иметь напряжение σ , на правом соответственно $\sigma + d\sigma$. Сила $dN = Ad\sigma$ уравнивается на отрезке dx силой τdx .

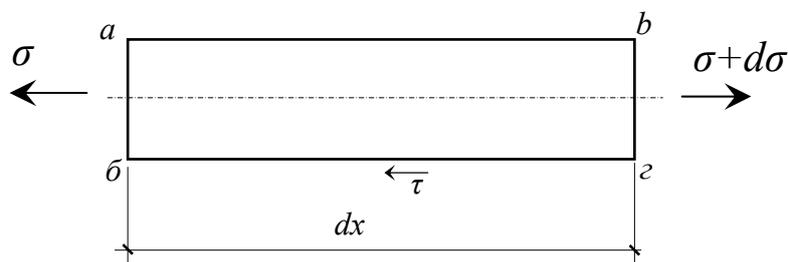


Рис. 4. Расчетная схема конечного элемента dx .

Таким образом

$$dN = Ad\sigma = \tau dx \quad (3)$$

или

$$\frac{d\sigma}{dx} = \frac{\tau}{A} \quad (4)$$

Абсолютное удлинение отрезка dx равно du , следовательно, его относительное удлинение равно

$$\varepsilon = \frac{du}{dx} \quad (5)$$

По закону Гука

$$\sigma = E\varepsilon$$

или

$$\sigma = E \frac{du}{dx} \quad (6)$$

где E – модуль упругости материала приваренного стержня.
Внося в уравнение равновесия (4) значения для σ и τ , получим

$$E \frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{\kappa u}{A} \quad (7)$$

Перенесем в выражении (7) E в правую часть и введем обозначение

$$\alpha^2 = \frac{\kappa}{EA}$$

Тогда уравнение (7) примет вид

$$\frac{d^2 u}{dx^2} + \alpha^2 u = 0 \quad (8)$$

Мы получим дифференциальное уравнение второго порядка, общий интеграл которого будет

$$U = B \operatorname{ch} \alpha x + D \operatorname{sh} \alpha x \quad (9)$$

Определим значения постоянных B и D из граничных условий

$$\text{при } \left. \begin{array}{l} x = 0, \sigma = 0; \\ x = \ell, \sigma = \sigma_0 \end{array} \right\} \quad (10)$$

Но σ пропорционально первой производной оси U, следовательно

$$\left. \begin{array}{l} \left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0} = 0 \\ \left(\frac{du}{dx} \right)_{x=\ell} = \frac{\sigma_0}{E} \end{array} \right\} \quad (11)$$

Кроме того

$$\frac{du}{dx} = \alpha B \operatorname{ch} \alpha x + \alpha D \operatorname{sh} \alpha x \quad (12)$$

Из первого граничного условия следует, что B = 0, а из второго

$$D = \frac{\sigma_0}{E \alpha \operatorname{sh} \alpha \ell}$$

Тогда касательные усилия в сварном шве могут быть выражены формулой

$$\tau = \kappa u = \frac{\kappa \sigma_0 \operatorname{ch} \alpha x}{E \alpha \operatorname{sh} \alpha \ell} \quad (13)$$

Из выражения (13) видно, что касательные усилия в сварном фланговом шве, прикрепляющем стержень к жесткому элементу, распределяются неравномерно и наибольшее их значение будет при $x = l$.

Уравнение (13) позволяет решить две задачи:

1. Определить требуемую величину флангового шва для прикрепления полунакладки к основному стержню – l ;

2. Определить величину концентрации напряжений в точке с координатой $x = l$. А учитывая значения величины концентрата напряжения, мы сможем определить минимальную площадь сечения накладки.

Для определения требуемой величины флангового шва, значение сдвигающего усилия приравняет значению расчетного сопротивления сварного шва на длине l см, а x приравниваем l , т.е. для самой напряженной точки шва.

$$\tau_{\max} = R_{cp}^{св} = k u = \frac{k \sigma_0 c h \alpha l}{E a s h \alpha l}, \quad (14)$$

Выразив из (2.14) значение l , получим минимальную длину сварного флангового шва для прикрепления ее к основному стержню арматуры. А это позволяет определить и полную длину накладки сварного стыка.

Что касается значения коэффициента концентрации напряжений, то приближенно его можно определить приняв расчетную модель по рис.2.2.

В точке m нормальные напряжения в стержне накладки равны

$$\sigma_0 = \frac{N}{A_n} \quad (15)$$

В этой же точке касательные напряжения равны

$$\tau_{\max} = k u = \frac{k \sigma_0 c h \alpha l}{E a s h \alpha l}, \quad (16)$$

Тогда суммарные значения коэффициента концентрации будут

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma_0^2 + \tau_{\max}^2}, \quad (17)$$

Величина значения коэффициента концентрации будет

$$\mu = \frac{\sigma_{np}}{\sigma_0} \quad (18)$$

Но

$$\mu = \frac{\sqrt{\sigma_0^2 + \left(\frac{k \sigma_0 c h \alpha l}{E a s h \alpha l} \right)^2}}{\sigma_0} \quad (19)$$

Тогда

$$\mu = \frac{\sigma_0 \sqrt{1 + \left(\frac{k c h \alpha l}{E a s h \alpha l} \right)^2}}{\sigma_0}$$

Или

$$\mu = \sqrt{1 + \frac{kch\alpha l}{E\alpha sh\alpha l}} \quad (20)$$

Зная величину концентрации напряжения, суммарная площадь накладок сварного стыка будет определяться

$$\Sigma A_n = \frac{2N}{R_y} \mu \quad (21)$$

То есть уменьшение площади накладок стыка сварного соединения может быть до определенных пределов, что подтвердили экспериментальные исследования сварных стыков в натуральную величину.

ВЫВОДЫ

1. Касательные усилия вдоль фланговых швов распределяются неравномерно.
2. На концах сварных швов значения касательных усилий значительно выше средних, определяемых по нормативным источникам.
3. “Короткие” сварные фланговые швы более эффективно работают по сравнению с “длинными”.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 11-23-81*. Строительные нормы и правила. Стальные конструкции. – М.ЦИТП Госстроя, 1991. – 94 с.
2. Металлические конструкции./Под общей ред. Е. И. Беленя. – М. Стройиздат, 1985. – 560 с.
3. Металлические конструкции. Т.1. Справочник проектировщика./Под общей ред. В. В. Пузнецова. – М. Изд.АСВ., 1998. – 576 с.
4. Николаев Г.А., Винокурова В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. – М. Высш. школа, 1990. – 446 с.
5. Навроцкий Д.И. Расчет сварных соединений с учетом концентрации напряжений. – М. Машиностроение, 1986. – 170 с.

УДК 000.000

РЕЗОНАНС СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.С.Безымянный, студент гр. ПГС-303, Волосович О.В., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

На протяжении истории мостостроения имели место весьма интересные с научной и инженерной точек зрения аварии мостов. Одной из самых характерных причин всегда была потеря устойчивости. За редчайшим исключением, в любой аварии мостовых конструкций главной или сопутствующей причиной оказывалась потеря устойчивости либо всей конструкции, либо ее отдельных элементов.

Такомский мост. Крушение произошло через 19 месяцев после начала эксплуатации. Основные причины — недоучет ветровой нагрузки, недостаточная прочность и устойчивость высоких опор моста на опрокидывание. Сильный ветер вызвал крушение моста 7 ноября 1940 г. Вначале ветер с силой 35 миль/ч вызвал поперечные колебания моста, с амплитудой 1,5 фута. Это колебание длилось 3 часа. Затем ветер усилился до 42 миль/ч. К тому же несущий поддерживающий трос на середине пролета моста лопнул, вызвав нарушение равновесия нагрузки. Мост среагировал появлением скручивающих колебаний с амплитудой 28 футов. Форма скручивающего колебания была такой, как будто мост разделен на две половины, которые колебались в противофазе относительно друг друга. Разделительная линия между двумя половинами пролета моста называется «Центральная линия». В идеале никакого колебания не происходит вдоль этой линии. Мост рухнул во время развития скручивающих колебаний. Центральный пролет моста длиной 600 футов оторвался от подвесок и упал с высоты 190 футов в холодные воды (рис. 1).