

УДК 691.87

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ
МУФТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ АРМАТУРЫ И СВАРНЫХ СТЫКОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАНН**

**COMPARATIVE ANALYSIS
OF THE WORK OF SOCKET JOINTS
AND WELDED JOINTS USING BATHS**

И.Г. ЧЕПИЗУБОВ, Г.А. МОЙСЕЕНКО, М.В. СТЕПАНОВ

I.G. CHEPIZUBOV, G.A. MOISEENKO, M.V. STEPANOV

(Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)

(Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)

E-mail: niisf_lab9@mail.ru

Диаграммный метод в настоящее время все больше входит в практику расчета и проектирования, как наиболее точный и основанный на реальной работе строительных материалов и конструкций. В частности, при помощи данного метода оценивается несущая способность стыковых соединений арматуры на основе сравнения прочностных характеристик стыка с поведением цельного стержня под нагрузкой. В нашей статье проводится сравнительный анализ работы двух типов стыков – соединения при помощи резьбовой муфты и ванной сварки. Оба типа находят широкое применение в строительстве, каждый из них имеет свои особенности. На основе экспериментальных исследований устанавливается, как различается работа этих типов стыковки под нагрузкой и каким образом эти особенности должны учитываться при проектировании.

The diagram method is now increasingly included in the practice of calculation and design, as the most accurate and based on the actual work of building materials and structures. In particular, with the help of this method, the bearing capacity of butt joints of reinforcement is estimated based on a comparison of the strength characteristics of the joint with the behavior of the solid bar under load. In our article, a comparative analysis of the work of two types of joints is carried out - joints using a threaded coupling and bath welding. Both types are widely used in construction, and each of them has its own characteristics. Based on experimental studies, it is established how the work of these types of docking under load varies and how these features should be taken into account in the design.

Ключевые слова: механический стык арматуры, муфтовое соединение, сварной стык арматуры, ванная сварка, арматурный стержень, диаграммный метод расчета, диаграмма деформирования.

Keywords: mechanical joint of reinforcement, socket joint, welded joint of reinforcement, bath welding, reinforcement bar, diagram method of calculation, deformation diagram.

Увеличение объемов строительства, применение арматуры больших диаметров, возведение объектов повышенной ответственности и ряд других факторов обуславливают часто возникающую необходимость выполнить торцевую стыковку двух арматурных стержней в условиях строительной площадки. При этом должна быть обеспечена несущая способность сечения с таким стыком. Для оценки прочностных характеристик стыка, по сравнению с цельным арматурным стержнем, применяется диаграммный метод расчета. При этом выбор того или иного типа стыковки диктуется необходимостью обеспечить наилучшую технологичность процесса монтажа, соображениями экономии материала и рядом других параметров.

В последнее время все большее применение находит механическая стыковка арматуры, в частности, резьбовое соединение. По сравнению со сварным соединением, такой тип стыка требует меньше рабочего времени на выполнение, может выполняться в стесненных условиях. Однако необходимо выяснить вопрос, насколько применение такого стыка снижает несущую способность сечения по сравнению с соединением при помощи ванной сварки. Изучение и описание диаграмм деформирования арматуры проводили во многих работах, в частности в [1...4] и других. Разработан диаграммный метод оценки прочностных характеристик муфтовых

соединений на основе сравнения с цельным стержнем [5]. Применяя данную методику, проведем анализ работы резьбовой муфты и сварного ванного соединения под нагрузкой.

Экспериментальной базой для анализа послужило испытание соединений арматуры при помощи муфт LENTON фирмы ERICO типа А12 – 3 шт., Ø32 мм, а также образцов сварного соединения при помощи ванн – 3 шт., Ø32 мм. Для обеих партий проводили испытание контрольного стержня. Испытываемая арматура имеет класс А500С периодического профиля. Для ванной сварки применяется сталь листовая марки СтЗсп по [6]. Сваривание стыков арматуры выполняли согласно [7] полуавтоматической сваркой с помощью ванн в среде защитных газов проволокой сварочной омедненной для МАДП, МП Св-08Г2С. Арматурные стержни должны соответствовать требованиям [8], [9]. Характеристики муфтовых соединений соответствуют [10], [11]. Испытание проводили на универсальной машине ИК-1000.04, предназначенной для статических, малоцикловых и многоцикловых испытаний арматуры и других цилиндрических образцов металлов. При испытании учитывались требования [12], [13].

Результаты испытаний показали, что разрушение муфтового соединения происходит по резьбе соединения. В случае ванной сварки место разрыва приходится на свобод-

ный конец стержня. Вид соединений и контрольного стержня после испытания представлен на рис. 1 (вид образцов ванной сварки после испытания) и рис. 2 (вид образцов муфтовых соединений после испытания).



Рис. 1



Рис. 2

Для теоретической обработки данных приведем результаты испытаний серий из трех образцов к усредненным значениям. Результаты такого усреднения приведены в табл. 1 (усредненные значения результатов испытаний для сварного соединения 32 мм) и табл. 2 (усредненные значения результатов испытаний для муфтового соединения 32 мм). Полученные по этим данным усредненные диаграммы деформирования сварного соединения и рис. 3 (диаграммы деформирования сварного соединения) и рис. 4 (диаграммы деформирования муфтового соединения).

Таблица 1

| Сварное соединение Ø32 | | | |
|------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| σ, МПа | ε · 10 ⁵ | σ, МПа | ε · 10 ⁵ |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 38,9 | 101 | 45,2 |
| 199 | 81,7 | 201 | 97,6 |
| 298 | 119,9 | 302 | 142,9 |
| 397 | 165,1 | 403 | 204,8 |
| 496 | 243,6 | 503 | 273,8 |
| 596 | 438,1 | 541 | 638,1 |
| Ванная сварка | | Стержень | |

Таблица 2

| Муфтовое соединение Ø32 | | | |
|-------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| σ, МПа | ε · 10 ⁵ | σ, МПа | ε · 10 ⁵ |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 101 | 50,8 | 101 | 45,2 |
| 201 | 104,7 | 201 | 97,6 |
| 302 | 169,1 | 302 | 142,9 |
| 403 | 223,8 | 403 | 204,8 |
| 503 | 291,3 | 503 | 273,8 |
| 541 | 554,0 | 541 | 638,1 |
| Муфта | | Стержень | |

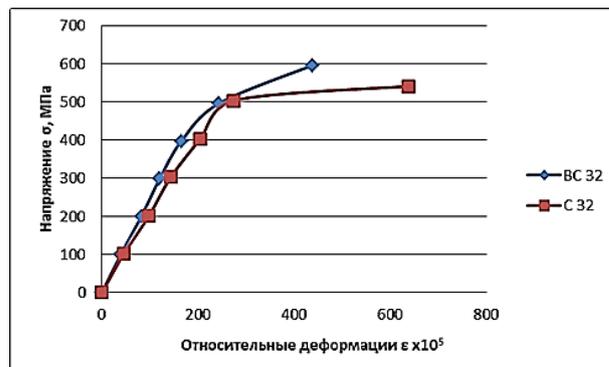


Рис. 3

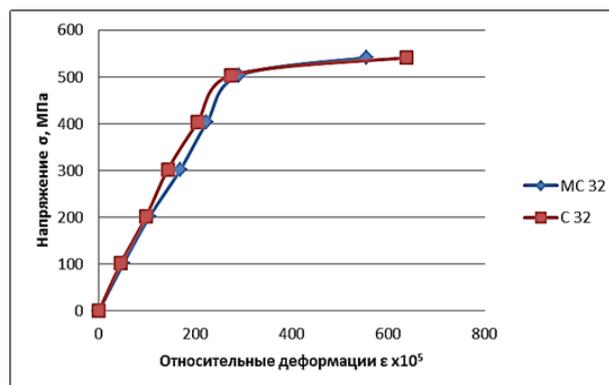


Рис. 4

Оценку несущей способности муфтового и сварного соединений проведем в соответствии с методикой, описанной в [5]. Расчет муфтовых соединений в конструкции следует проводить с применением следующих понижающих коэффициентов условий работы:

- γ_E к модулю упругости арматуры для оценки несущей способности конструкций в месте установки муфтовых соединений арматуры по второй группе предельных состояний (деформациям и ширине раскрытия трещин),

- γ_{CM} к расчетному сопротивлению арматуры для оценки несущей способности сжатых конструкций в месте выполнения муфтовых соединений арматуры по первой группе предельных состояний при кратковременном нагружении,

- γ_{CM}^* к расчетному сопротивлению арматуры для оценки несущей способности сжатых конструкций в месте выполнения муфтовых соединений арматуры по первой группе предельных состояний при длительном нагружении,

- γ_m к расчетному сопротивлению арматуры для оценки несущей способности растянутых конструкций в месте выполнения муфтовых соединений арматуры по первой группе предельных соединений.

Вычислим эти коэффициенты как для муфтового, так и для сварного соединения.

Для получения коэффициентов по модулю упругости на основе полученных усредненных диаграмм за конец линейного участка примем точку, соответствующую напряжению $\sigma_{el} = 300$ МПа. Результаты вычисления коэффициентов γ_E представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

| Соединение | $\epsilon_{el} \cdot 10^5$ | $\epsilon_{el,m} \cdot 10^5$ | E_s | E_{sm} | γ_E |
|------------|----------------------------|------------------------------|--------|----------|------------|
| Ванна 32 | 142,0 | 120,8 | 211268 | 248344 | 1,175 |
| Муфта 32 | | 167,8 | | 178784 | 0,846 |

Результаты вычисления понижающих коэффициентов расчетного сопротивления на сжатие при кратковременном действии нагрузки γ_{cm} при $\epsilon_s = 2 \cdot 10^{-3}$ представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

| Соединение | σ_{sc} | σ_{scm} | γ_{cm} |
|------------|---------------|----------------|---------------|
| Ванна 32 | 395,2 | 441,0 | 1,116 |
| Муфта 32 | | 359,1 | 0,909 |

Результаты вычисления понижающих коэффициентов расчетного сопротивления на сжатие при длительном действии нагрузки γ_{cm}^* при $\epsilon_s = 2,5 \cdot 10^{-3}$ представлены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

| Соединение | σ_{sc}^* | σ_{scm}^* | γ_{cm}^* |
|------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Ванна 32 | 468,5 | 499,3 | 1,066 |
| Муфта 32 | | 441,8 | 0,943 |

Понижающие коэффициенты расчетного сопротивления на растяжение γ_m вычислим в точке, соответствующей нормативному сопротивлению для класса исследуемой арматуры $\sigma_{0,2} = 435$ МПа. Получение реальных допустимых напряжений арматуры при растяжении, которые будут выше, не представляется возможным из-за отсутствия экспериментальных данных при деформативности выше $4 \cdot 10^{-3}$ и соответственно возможности построения линий разгрузки. По диаграмме деформирования цельного стержня определим относительные деформации $\epsilon_{0,2}$, которые соответствуют условным напряжениям $\sigma_{0,2} = 435$ МПа. Затем определим напряжения сварного и муфтового соединения $\sigma_{0,2m}$, соответствующие вычисленным относительным деформациям $\epsilon_{0,2}$. Результаты вычисления коэффициентов γ_m представлены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

| Соединение | $\epsilon_{0,2} \cdot 10^5$ при $\sigma_{0,2} = 435$ МПа | $\sigma_{0,2m}$ | γ_m |
|------------|---|-----------------|------------|
| Ванна 32 | 226,9 | 474,9 | 1,092 |
| Муфта 32 | | 407,6 | 0,937 |

В случае ванной сварки все коэффициенты получаем больше единицы, то есть такое соединение работает как цельный стержень с запасом прочности.

ВЫВОДЫ

По результатам настоящей работы можно сделать следующие выводы:

- разрушение муфтового соединения происходит по резьбе, а в случае ванной сварки место разрыва приходится на свободный конец стержня;

- подтверждена работа ванной сварного соединения как цельного стержня с запасом прочности в месте стыка;

- муфтовое соединение по сравнению с ванной сваркой имеет повышенную деформативность, что обуславливает снижение трещиностойкости сечения конструкции с муфтовым стыком;

- при расчете конструкций в случае использования ванной сварки отпадает необходимость введения понижающих коэффици-

циентов надежности, обязательных при проектировании с использованием муфтовых соединений.

Таким образом, оба типа стыковки целесообразны для использования. Выбор того или другого типа должен проводиться в каждом конкретном случае с учетом существующих условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко Н.И., Травуш В.И. и др. Статически неопределимые железобетонные конструкции. Диаграммные методы автоматизированного расчета и проектирования. – М., 2017.
2. Гуца Ю.П., Горячев Б.П., Рыбаков О.М. Исследование характера // В кн.: Эффективные виды арматуры железобетонных конструкций. – М., 1970.
3. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976. С.202.
4. Карпенко Н.И. К построению обобщенной зависимости для диаграммы деформирования бетона // В сб.: Строительные конструкции. – Минск, 1983. С.164...173.
5. Карпенко С.Н., Чепизубов И.Г., Шифрин К.С. О результатах проверки прочности муфтовых соединений арматуры на резьбе по диаграммной методике // Промышленное и гражданское строительство. – 2008, № 11.
6. ГОСТ 14637–89 (ИСО 4995–78). Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009.
7. ГОСТ 14098–2014. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры. – М.: Стандартинформ, 2015.
8. ГОСТ 5781–82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009.
9. ГОСТ Р 52544–2006. Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2006.
10. ГОСТ 34278–2017. Соединения арматуры механические для железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: НИИЖБ, 2017.
11. ТУ 4842-196-46854090–2005. Соединения арматуры механические "LENTON" производства фирмы ERICO. – М.: НИИЖБ, 2005.
12. ГОСТ 12004–81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. – М.: Стандартинформ, 2009.

13. ГОСТ 34227–2017. Соединения арматуры механические для железобетонных конструкций. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2017.

REFERENCES

1. Karpenko N.I., Travush V.I. i dr. Staticheski neopredelimeye zhelezobetonnye konstruksii. Diagrammnye metody avtomatizirovannogo rascheta i proektirovaniya. – M., 2017.
2. Gushcha Yu.P., Goryachev B.P., Rybakov O.M. Issledovanie kharaktera // V kn.: Effektivnyye vidy armatury zhelezobetonnykh konstruksiy. – M., 1970.
3. Karpenko N.I. Teoriya deformirovaniya zhelezobetona s treshchinami. – M.: Sroyizdat, 1976. S. 202.
4. Karpenko N.I. K postroeniyu obobshchennoy zavisimosti dlya diagrammy deformirovaniya betona // V sb.: Stroitel'nye konstruksii. – Minsk, 1983. S.164...173.
5. Karpenko S.N., Chepizubov I.G., Shifrin K.S. O rezul'tatakh proverki prochnosti muftovykh soedineniy armatury na rez'be po diagrammnoy metodike // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2008, № 11.
6. GOST 14637–89 (ISO 4995–78). Prokat tolstolistovoy iz uglerodistoy stali obyknovennogo kachestva. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2009.
7. GOST 14098–2014. Soedineniya svarnyye armatury i zakladnykh izdeliy zhelezobetonnykh konstruksiy. Tipy, konstruksii i razmery. – M.: Standartinform, 2015.
8. GOST 5781–82. Stal' goryachekatanaya dlya armirovaniya zhelezobetonnykh konstruksiy. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2009.
9. GOST R 52544–2006. Prokat armaturnyy svarkaemyy periodicheskogo profilya klassov A500S i V500S dlya armirovaniya zhelezobetonnykh konstruksiy. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2006.
10. GOST 34278–2017. Soedineniya armatury mekhanicheskie dlya zhelezobetonnykh konstruksiy. Tekhnicheskie usloviya. – M.: NIIZhB, 2017.
11. TU 4842-196-46854090–2005. Soedineniya armatury mekhanicheskie "LENTON" proizvodstva firmy ERICO. – M.: NIIZhB, 2005.
12. GOST 12004–81. Stal' armaturnaya. Metody ispytaniya na rastyazhenie. – M.: Standartinform, 2009.
13. GOST 34227–2017. Soedineniya armatury mekhanicheskie dlya zhelezobetonnykh konstruksiy. Metody ispytaniy. – M.: Standartinform, 2017.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.