

УДК 624.21.09

АРМАТУРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Новак Николай Юрьевич, заведующий лабораторией
Филиал АО ЦНИИС «НИЦ «Мосты», Россия, 129329, Москва, Вересковая ул., д. 2
NovakNYu@tsniis.com

Аннотация. Рассмотрен вопрос применения арматурных элементов с различными вариантами соединений. Приведены результаты исследований и испытаний сварных и муфтовых соединений арматуры классов А400 и А500. Рассмотрена область применения различных типов соединений в мостовых конструкциях. Обоснована возможность применения арматурных сеток заводского изготовления, изготовленных контактной сваркой, для плит проезжей части автодорожных мостов.

Ключевые слова. Выносливость; арматура; А400; А500; сварка; сварные соединения; муфты; муфтовые соединения.

REINFORCEMENT CONNECTIONS IN BEARING STRUCTURES OF ROAD BRIDGES

Novak Nikolaj YU., head of laboratory,
Branch of JSC TsNIIS "NIZ "Mosty", 2, Vereskovaya ul., Moscow, 129329, Russia,
NovakNYu@tsniis.com

Abstract. The issue of using reinforcement elements with different versions of connections is considered. The Results of investigations and tests of welded and coupling reinforcement joints of A400 and A500 classes are presented. The scope of application of different types of connections in bridge structures is considered. The potential of using factory-made reinforcement grids made by contact welding for road bridge road plates has been justified.

Keywords. Fatigue, rebar, reinforced roadway slab, welding, reinforcing welded mesh, rebar couplers

Актуальность темы. Создание протяженных и массивных железобетонных конструкций ставит перед проектировщиком задачу стыковки арматурных элементов. Непростой выбор варианта соединения стержней в мостовых конструкциях осложняется важной особенностью мостовых сооружений – работой на воздействие многократно повторяющихся переменных нагрузок, которые приводят к появлению

повреждений, обусловленных явлением усталости, в арматурных элементах и их соединениях в течение срока службы конструкции.

Введение. Существует два основных вида соединений стержней арматуры: крестообразное для создания плоских и пространственных каркасов, а также стыковые для увеличения длины арматурных элементов.

Филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ «Мосты» в период 2013-2019 гг. провел комплекс исследований и испытаний разнообразных сварных соединений [5] арматуры А400 и А500 [9, 11], а также муфтовых соединений разнообразных конструкций [11]. Испытания проводились согласно своду правил (СП) [1] и ГОСТам [3, 4, 6] в сертифицированной лаборатории АО ЦНИИС и других испытательных центров.

Сварные крестообразные соединения арматуры класса А400.

Сварные соединения в отличие от вязаных более технологичны, значительно упрощают сборку каркасов. И несмотря на давно известные и хорошо изученные методы изготовления сварных соединений, их совершенствование происходит постоянно. Так в 2013-2015 гг. в «НИЦ «Мосты» были проведены масштабные исследования крестообразных соединений арматуры А400. Экспериментальная часть этой работы состояла из двух этапов. Первый этап – испытание арматурных стержней из стали марки 25Г2С класса А400 Ø 12 и Ø 14 мм с приваренным стержнем класса А240 Ø 8 мм на выносливость, металлографические исследования и твердометрия с последующей регулировкой режимов сварки. Второй этап – статические испытания и испытания на выносливость серии полноразмерных образцов плит проезжей части с вязаными и сварными сетками (фото 1). По итогам данной работы был усовершенствован вариант крестообразных соединений для арматуры А400 диаметром более 14 мм, издано СТО на применение сварных сеток и внесены дополнения в СП 35.13330.2011 (с Изменениями №1) [1].



Фото 1. Натурные испытания плиты проезжей части

Сварные соединения арматуры класса А500/А500С. Арматура класса А500 и А500С [6,8] широко применяется в настоящее время в гражданском строительстве [2], но ограничена к применению в мостовых конструкциях [1, 10]. Испытания этих арматурных элементов, проведенные в «НИЦ «Мосты» в 2014-2018 гг., со сварными соединениями различных диаметров и в разных сочетаниях свариваемых элементов показали схожие результаты. Работа арматурных стержней на статическую нагрузку отличается стабильностью и удовлетворяет требованиям ГОСТ [5,8]. Динамическая работа арматуры на выносливость неудовлетворительная. Прочность стержней с крестообразными и стыковыми соединениями не соответствует заявленным в ГОСТ [5] для испытываемых типов соединений и требуемым в СП [1]. Образцы арматуры со сварными соединениями при динамических испытаниях доводились до разрушения при количестве циклов нагружения менее 300

тысяч (от 1 до 15 % от нормируемых 2 млн циклов нагружения по ГОСТ [6]).

Несмотря на значительный прогресс в производстве термоупрочненной арматуры и ее сварке, основная проблема в виде разупрочнения арматурного элемента в зоне сварного соединения не решена. Это делает практически невозможным использование данного типа арматурных элементов в несущих конструкциях мостовых сооружений в настоящее время.

Требуются значительные исследования для разработки методов и режимов сварки, совершенствования процесса производства, а также развития нормативной базы термоупрочненной арматуры и ее соединений.

Муфтовые соединения арматурных стержней. Другим востребованным вариантом быстрого и легкого соединения арматурных элементов являются муфты. В настоящее время на рынке представлен широчайший спектр разнообразных по конструкции муфт: обжимные и винтовые, конические и цилиндрические, с вкладышами и без, из самых различных марок сталей. Разработано значительное количество технических условий (в том числе и АО ЦНИИС) на изготовление муфт и муфтовых соединений [12-15 и др.]

В результате анализа многочисленных испытаний, проведенных на базе «НИЦ «Мосты» в 2013-2019 гг. [9], можно сделать некоторые выводы о характере работы муфтовых соединений. Позволяя уйти от термического воздействия на арматурный элемент, одновременно упрощая и ускоряя монтаж каркасов, муфтовые соединения имеют ряд недостатков: дороговизна и плохо отработанная технология обеспечения работы соединения на выносливость. Показывая при статических испытаниях в целом положительные результаты, муфтовые соединения при динамических нагрузках фактически превращаются в “механизм”, что приводит к различным разрушениям стыка (фото 2). А в случае

положительного результата динамические испытания проводились на малых нагрузках, практически не отличающихся от статического нагружения. Так испытания показали, что удовлетворительная работа муфтовых соединений на выносливость может быть обеспечена только при максимальных напряжениях, составляющих не более 15% от предела текучести соединяемых арматурных стержней. Область применения муфт в мостовых конструкциях должна быть ограничена конструкциями, которые согласно п. 7.91 СП [1] не требуют расчета на выносливость и работают в условиях близких к статическому нагружению (к-т асимметрии цикла $\rho \geq 0,7$).

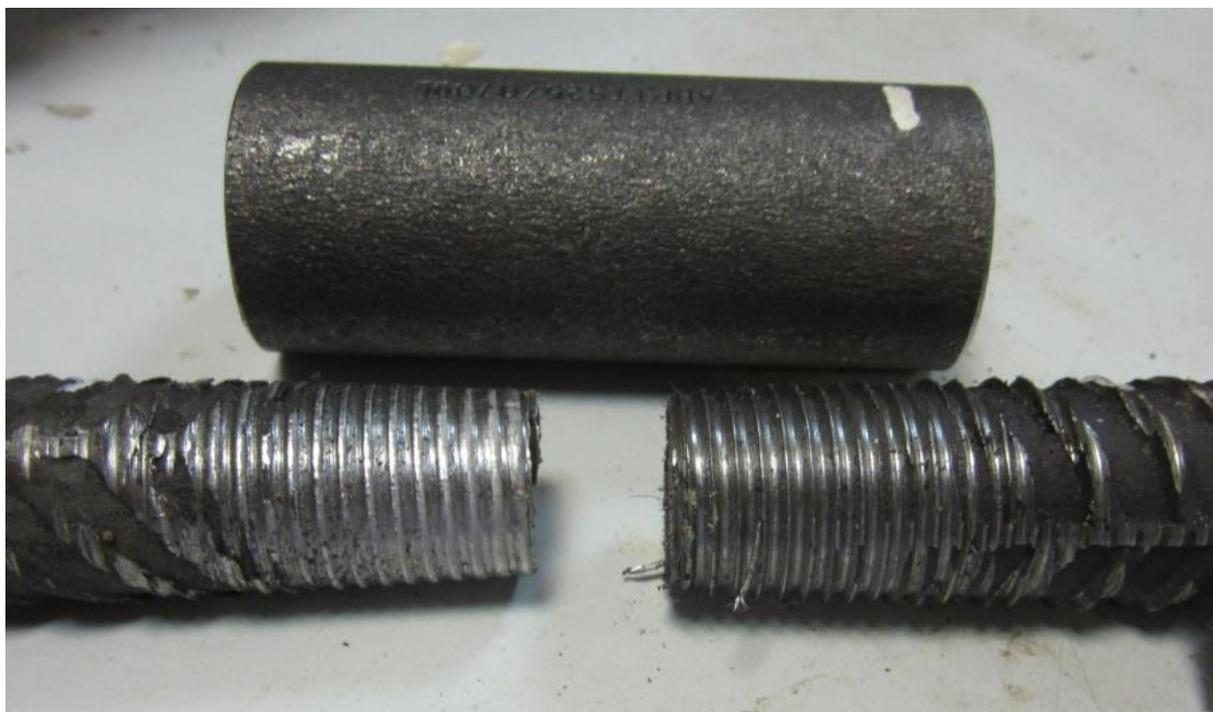


Фото 2. Разрушение муфтового соединения по резьбе

Также следует отметить, что новый ГОСТ [6] позволяет выпускать более 20 разновидностей арматуры класса А500, что значительно усложняет работу заводов и проектировщиков, создает реальную опасность ошибок при монтаже в связи с неочевидной системой маркировки арматурных элементов, предложенной в нем.

Новый ГОСТ кардинально меняет систему профилей (не один профиль – один класс арматуры, а несколько профилей соответствуют

нескольких классам арматуры). Это может привести к непредвиденным результатам, вследствие неизученности вопросов сцепления с бетоном и влияния новых профилей на работу арматурных стержней различных классов на выносливость. Заделка арматурного стержня в мостовых нормах [1] не расчетный, а нормируемый параметр, в отличие от гражданского строительства [2]. Исследования [16] влияния профиля проката класса А300 и А400 на усталостную работу показали огромное влияние профиля стержня на его усталостную работу: предел выносливости точеных образцов (гладких, без профиля) выше, чем предел выносливости натуральных образцов (с профилем) на 30-46% при испытании на осевое растяжение.

В случае изгиба и работы совместно с бетоном в конструкции ситуация усложняется влиянием многих факторов на выносливость (сцепление с бетоном, распределение напряжений по сечению стержня, различные характеристики самих арматурных стержней). Поэтому объективно оценить свойства всех возможных по ГОСТ [6] сочетаний классов и профилей арматуры без разнообразных и многочисленных испытаний практически невозможно.

Испытания на выносливость регламентированные ГОСТ [6], не удовлетворяют реально встречающимся условиям работы конструкций мостовых сооружений (коэффициент асимметрии цикла, равный 0,44 и 0,5 для арматуры класса А400 и А500, соответственно, далек от реально наблюдаемых, например, в плитах проезжей части).

Выводы

1. Несмотря на многолетнее использование и многочисленные исследования арматуры класса А400, существуют возможности для совершенствования конструкций с ее использованием. Проведенные в АО ЦНИИС исследования позволили внести изменения в СП 35.13330 [1] и разработать СТО.

2. Область применения муфт в мостовых конструкциях должна быть ограничена конструкциями, которые согласно СП [1] не подлежат расчету на выносливость и работают в условиях, близких к статическому нагружению.

3. Термомеханически упрочненная арматура со сварными соединениями на данном этапе не может применяться в мостостроении, так как даже минимальная динамика может привести к разрушению сварного соединения.

4. Следует учесть требования мостостроения при совершенствовании положений ГОСТ 34028.

Список литературы

1. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы (с Изменением №1).
2. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения (с Изменениями № 1, 2, 3).
3. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций [не действует].
4. ГОСТ 12004-81 Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение.
5. ГОСТ 14098-2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры.
6. ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия.
7. ГОСТ 34278-2017 Соединения арматуры механические для железобетонных конструкций. Технические условия
8. ГОСТ Р 52544-2006 Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.
9. Отчеты НИР № ИС-13-978-06, ИС-16-6045-10, ИС-16-6046-10, ИС-17-7001-10, ИС-17-7038-10, ИС-17-7044-10, ИС-17-7060-10, ИС-18-8045-10 филиала ОАО ЦНИИС «НИЦ «Мосты». – М: Науч.-исслед. ин-т трансп. стр-ва, 2014-2019гг.
10. Труды ЦНИИС. Вып. № 261: Современные решения обеспечения безопасности мостов / под ред. Ю. В. Новака. – М: Науч.-исслед. ин-т трансп. стр-ва, 2011. – 93 с.
11. Лищишин, И.В. Результаты лабораторных испытаний арматурной стали класса А500С по нормам мостостроения / И.В. Лищишин, Ю.В. Новак, С.С. Тюник, Н.Ю. Новак // Транспортное строительство. - 2016г. - №3.
12. ТУ 0908-012-01393674-2007 «Соединения арматурной стали механические опрессованные» .
13. ТУ 4842-009-26455602-2016 «Соединения арматурной стали механические опрессованные» .

14. ТУ 25.94.44.-009-83936644.2018 «Винтовые механические соединения для арматуры с винтовым периодическим профилем. Технические условия».
15. ТУ 5800-012-5694930-2007 «Соединения арматуры механические с использованием муфт. Технические условия»
16. Карпухин, Н.С. Основы теории выносливости железобетона / Н.С. Карпухин. – М.: Золотое Сечение, 2008.

References

- 1.SP 35.13330.2011 Mosty i truby. (s Izmeneniem №1).
- 2.SP 63.13330.2012 Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozheniya. (s Izmeneniyami №1,2,3).
- 3.GOST 5781-82 Stal' goryachekatanaya dlya armirovaniya zhelezobetonnyh konstrukcij. [ne dejstvuet]
- 4.GOST 12004-81 Stal' armaturnaya. Metody ispytaniya na rastyazhenie.
- 5.GOST 14098-2014 Soedineniya svarnye armatury i zakladnyh izdelij zhelezobetonnyh konstrukcij. Tipy, konstrukcii i razmery.
- 6.GOST 34028-2016 Prokat armaturnyj dlya zhelezobetonnyh konstrukcij. Tekhnicheskie usloviya.
- 7.GOST 34278-2017 Soedineniya armatury mekhanicheskie dlya zhelezobetonnyh konstrukcij. Tekhnicheskie usloviya
- 8.GOST R 52544-2006 Prokat armaturnyj svarivaemyj periodicheskogo profilya klassov A500S i V500S dlya armirovaniya zhelezobetonnyh konstrukcij. Tekhnicheskie usloviya.
- 9.Otchety NIR № IS-13-978-06, IS-16-6045-10, IS-16-6046-10, IS-17-7001-10, IS-17-7038-10, IS-17-7044-10, IS-17-7060-10, IS-18-8045-10 filiala OAO CNIIS «NIC «Mosty».– M: Nauch.-issled. in-t transp. str-va, 2014-2019gg.
10. Trudy CNIIS. Vyp. № 261: Sovremennye resheniya obespecheniya bezopasnosti mostov / pod red. YU. V. Novaka. - M: Nauch.-issled. in-t transp. str-va, 2011. - 93 s.
11. Lishchishin I.V., Novak YU.V., Tyunik S.S., Novak N.YU. *Transportnoe stroitel'stvo*. - 2016 g. - №3.
12. ТУ 0908-012-01393674-2007 «Соединения арматурной стали механические опрессованные.»
13. ТУ 4842-009-26455602-2016 «Соединения арматурной стали механические опрессованные.»
14. ТУ 25.94.44.-009-83936644.2018 «Винтовые механические соединения для арматуры с винтовым периодическим профилем. Технические условия»
15. ТУ 5800-012-5694930-2007 «Соединения арматуры механические с использованием муфт. Технические условия»
16. Карпухин Н.С. *Osnovy teorii vynoslivosti zhelezobetona* (Fundamentals of the theory of endurance of reinforced concrete), Moscow: Zolotoe Sechenie, 2008.