УДК 624,012

ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ ВИДІВ З'ЄДНАНЬ АРМАТУРИ

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СОЕДИНЕНИЙ АРМАТУРЫ

COMPARISON OF DIFFERENT TYPES CONNECTED ARMATURE

Чапюк О.С., к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Чапюк А.С., к.т.н., доцент (Луцкий национальный технический университет, г. Луцк)

Chapyuk O, candidate of technical sciences (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Наведені результати порівняння з'єднань арматурних стержнів внахлест, зварних, а також із застосуванням різьбових та гідравлічних муфт. Згідно досліджень, найдоцільніше використовувати з'єднання внахлест для стержнів діаметром до 18 мм, а при більших діаметрах муфтові.

Приведены результаты сравнения соединений арматурных стержней внахлест, сварных, а также с применением резьбовых и гидравлических муфт. Согласно исследований, наиболее целесообразно использовать соединения внахлест для стержней диаметром до 18 мм, а при больших диаметрах муфтовые.

The given results of the comparison of connections reinforcing rods overlap, of welded, and with the use of threaded and hydraulic couplings. In accordance research, the most appropriate use for the connection lapped rods with a diameter of 18 mm, and at the larger diameter sleeve.

Ключові слова:
з'єднання, внахлест, зварні, різьбові, гідравлічні, муфти
соединения, внахлест, сварные, резьбовые, гидравлические, муфты
compound overlap, welded, threaded, hydraulic couplings

Стан питання та задачі дослідження. Аналізуючи досвід розвинутих країн щодо стикування поздовжньої арматури при будівництві, можна відмітити присутність окрім з'єднань внахлест та зварювань, ще одного альтернативного способу з'єднання – механічного. Цей вид з'єднання має

багато переваг, але у нашій країні ще не набув великого поширення. В даній статті виконано перевірку міцності з'єднання двох арматурних стержнів класу А500С за допомогою обтискної муфти, а також зроблено економічне порівняння різних видів з'єднань.

З'єднання арматури внахлест – це з'єднання окремих стержнів без зварювання і в'язки. Величина нахлесту по довжині дорівнює 30-ти діаметрам арматури, але більш точні цифри вказуються в проектній документації.

Для арматури, що працює як на розтяг, так і на стиск передбачають нахлест стержнів не менше 30 см. У Міжнародних будівельних нормах мінімальна довжина нахлесту стержнів визначається як 40 діаметрів стержнів арматури, що з'єднується. Для арматури А400С мінімальний нахлест визначений у 50 діаметрів стержня арматури. Величина нахлесту залежить і від класу бетону: якщо для бетону класу С15/20 мінімальний нахлест становить 50d, то при використанні бетону класу С20/25, нахлест можна зменшити до 40d. Для бетону класу С25/32 мінімальний нахлест дорівнює 35d.

До переваг з'єднання внахлест відносять:

- нижчі вимоги до точності заготовки елементів;
- немає необхідності в додатковому обладнанні і операціях.
- цей спосіб з'єднання не потребує використання висококваліфікованої робочої сили.

Недоліки з'єднання внахлест:

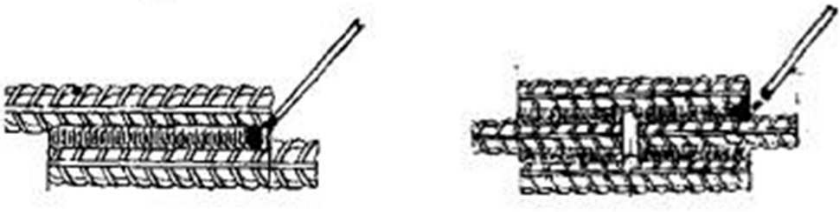
- з'єднання внахлест пов'язано з трудомісткими розрахунками, при яких можуть бути допущені помилки і завищення кошторисної вартості;
- в результаті неспіввісності прикладання навантаження виникає згинальний момент, тобто ексцентриситет;
- збільшуються витрати металу;
- з'єднання внахлест має дуже низьку межу текучості;
- при з'єднанні арматури внахлест передача зусиль з одного стрижня на інший здійснюється через навколишній бетон. Руйнування захисного шару бетону в зоні нахлестки може згодом призвести до повного руйнування конструкції.
- для запобігання розтріскування бетону можуть знадобитися додаткові арматурні стержні з метою його локалізації.

При кріпленні арматури внахлест, залежно від умов роботи арматури і кількості стиків в одному перерізі довжина нахлесту становить 20d-40d. Це призводить до втрати від 3,5 до 27% арматури при її діаметрах від 10 до 40 мм і довжині з'єднуваних стержнів 6 мм. Найбільша втрата металу має місце при стикуванні арматурних стержнів великих діаметрів: від 32 до 40 мм - відповідно до 20-30%.

Обійтися без **з'єднання арматури зварюванням** при будь-якому типі арматурних робіт досить важко, за винятком незначних і дрібних арматурних

робіт, де застосовується в'язання арматури вручну. Складність зварювання арматури полягає в отриманні міцних з'єднань і стиків. Основним методом з'єднання стержнів при виготовленні сіток і каркасів є контактна електрозварка: стикова і точкова. При дуговому зварюванні (рис. 1) стержні з'єднують внахлест при діаметрі стержнів 8...40 мм, з накладками. Зварювання виконують за допомогою трансформаторів змінного струму або агрегатів постійного струму.

Основні переваги дугового шовного зварювання - простота і універсальність; недоліки - трудомісткість і велика витрата металу на нахлест (рис. 1, а) і накладки (рис. 1, б).



а) б)

Рис. 1. Дугове зварювання: а) зварювання внахлест;
б) зварювання внахлест з накладками

Може використовуватися дугове ванне зварювання та електрошлакове.

Зварювання має ряд недоліків:

- складність у здійсненні процесу зварювання;
- небезпечність зварювання. Зварювання є травмонебезпечною роботою під час якої можна отримати опіки різних ступенів, електротравми, що можуть призвести до летальних наслідків;
- зварювання є досить дорогим способом скріплення арматурних стержнів;
- не забезпечує надійного з'єднання арматури, особливо, коли на арматурний каркас зверху заливається бетон з щебенем. У цьому випадку можливий розрив зварних швів, що знижує загальну жорсткість і міцність арматурного каркасу;

Серед усіх методів з'єднання арматури найпрогресивнішою є технологія з'єднання арматури з застосуванням муфт. Вони бувають **різьбові** та **гідравлічні.**

Різьбові муфти являють собою сполучну систему з метричною різьбою, розроблену відповідно до міжнародних стандартів для з'єднання сталевих арматурних стержнів діаметром від 16 мм до 40 мм класів А500С і А400С. Механічні з'єднання даного типу забезпечують зв'язок як арматури одного діаметра, так і з'єднання стержнів різного діаметру. Зазначені з'єднання здійснюються на спеціальному обладнанні шляхом нарізки різьби на кінцях

арматурних стрижнів і їх об'єднання за допомогою муфти, яка має відповідну стержням різьбу.

У світовій практиці накопичений великий досвід по стикування арматурних стержнів періодичного профілю (негвинтових) за допомогою сполучних елементів - муфт. Перспективнішою системою стикування арматури є система з муфтами конічної різьби (Рис. 3). У порівнянні з циліндричною різьбою (Рис. 2) дані муфти відрізняються меншими габаритними розмірами (зовнішній радіус муфти 1,3 діаметра арматури, довжина 3,5 діаметра арматури), що особливо вигідно в насичених арматурою каркасах і при стикуванні арматури колон, в яких зазор між арматурними стержнями часто не перевищує розмірів великого заповнювача бетону. Використання конічної різьби дозволяє також уникнути концентрації напружень в стику і забезпечує найбільшу (порівняно з циліндричною) концентрацію матеріалу в небезпечному (найбільш навантаженому) перерізі муфти.

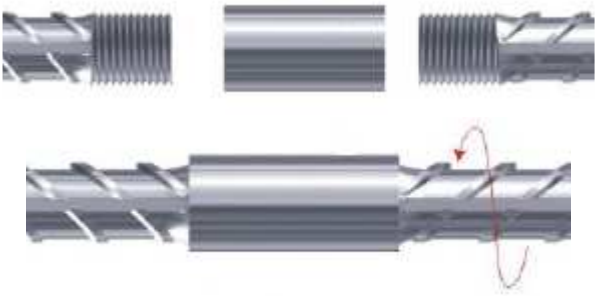


Рис. 2. З’єднання арматури з циліндричним (паралельним) різьбленням

Рис. 3. З'єднання арматурних стержнів з конічною різьбою

При конічній та циліндричній різьбі наноситься різьблення на кінці стержнів арматури. Для цього використовуються різьбонарізні пристрої, що встановлюються в майстернях або на самому будмайданчику. Застосування муфт з циліндричною та конічною різьбою дає можливість без проблем нарощувати конструкції.

Механічні стики істотно прискорюють і спрощують процес арматурних робіт. Стикування двох арматурних стержнів великого діаметру займає не більше 5-10 хвилин - це час включає в себе нарізку на торці арматурного стержня конічної різьби, центрування стержнів в муфті і закручування муфти динамометричним ключем. Спрощується процедура контролю стиків, для цього необхідно виробляти розрив 2-х стиків з кожної партії, що незрівнянно по трудомісткості з контролем ванного зварювання, де найчастіше кожен стик необхідно контролювати радіографічним методом. На будмайданчику необхідно і достатньо мати одну машину для нарізування конусної різьби і муфти для того, щоб з'єднати арматуру Ø 16 - 40мм.

Руйнування різьбових з'єднань, що працюють на осьовий розтяг відбувається зі зривом витків різьби з арматурних стержнів [1] (рис. 4).

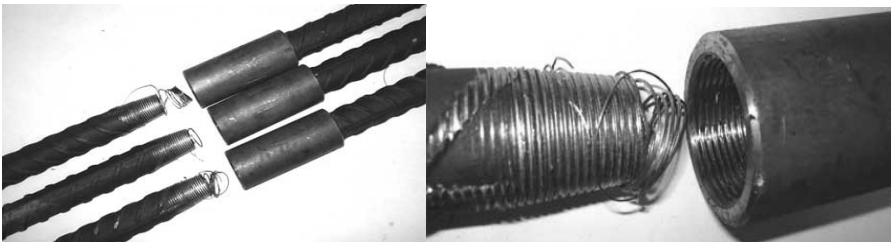


Рис. 4. Стикові з'єднання арматурних стержнів з конічною різьбою після розриву

Гідравлічний спосіб з'єднання арматури вважається самим надійним. При цьому використовуються муфти з внутрішнім діаметром від 20 до 41 мм і довжиною від 130 до 270 мм. Муфти довжиною 130 мм (внутрішнім діаметром 20 і 23 мм) і 150 мм вимагають по 4 обтиски пресом, довжиною 170 і 190 мм - по 6, довжиною 210 мм - по 8, довжиною 240 мм - по 10, довжиною 270 мм - по 12. Сполучні муфти виготовляються зі сталевих безшовних гарячедеформованних або холоднодеформованних труб або круглого прокату . Торці арматурних стержнів, що з'єднуються стисненим контактним стиком, повинні стикатися і бути перпендикулярні їх осі з допуском плюс-мінус 15°. Опресовані механічні з'єднання можуть застосовуватися в залізобетонних конструкціях будівель і споруд різного призначення. Стислими контактними з'єднаннями допускається стикувати арматурні стержні, в яких за розрахунком не виникає напруг, що розтягують. Розтягнуті опресовані стики допускається застосовувати для з'єднання як

стислих, так і розтягнутих арматурних стрижнів. Області застосування (по розрахунковій температурі) для арматури з механічними з'єднаннями слід приймати як для арматури відповідного класу без стиків. Проектування залізобетонних конструкцій із застосуванням механічних з'єднань арматурної сталі виробляється за чинними нормативними документами. Нормативні та розрахункові опори арматури з розтягнутими механічними з'єднаннями приймаються такими ж, як для цілих стержнів відповідного класу. Точно так само нормативні та розрахункові характеристики арматури із стисненими контактними з'єднаннями (але на стиск) приймаються такими ж, як для цілих стержнів відповідного класу. Для з'єднання арматурних стержнів муфтами використовується гідравлічний прес (Рис. 5) в результаті чого, виходить рівносильне з'єднання.

Рис. 5. З’єднання муфти з арматурою гідравлічним пресом

Для визначення механічних властивостей обтискних з'єднань арматури Ø25 мм класу А500С [2,3] за допомогою муфт, проводилося механічне випробування на статичний розтяг на розривній машині УММ 50. Обтиск арматури проводився поступово. Спочатку обтискується один арматурний стержень потім другий. Контроль якості з’єднання дуже простий і проводиться одразу ж після обтиску. Відносне видовження муфти повинно становити 8-15% від початкової довжини. В нашому випадку відносне видовження становило 9,5%.

Після того як з’єднання виконали, зразок закріпили у розривній машині для перевірки стику на міцність. Навантаження на випробовуване з’єднання було доведено до величини 320 кН, що відповідало напруженню в стержні $6{,}5x10^{-6}$ МПа, внаслідок якого відбулось руйнування зразка.

У процесі механічного випробування було виявлено, що руйнування опресованих з'єднань відбувається розривом арматурного стержня, а саме з’єднання залишається непошкодженим (Рис. 6).

Рис. 6. Характер руйнування зразка з'єднання
з гідравлічною обтискною муфтою

Порівнюючи вартість різних видів з'єднань, залежно від діаметрів арматурних стержнів з графіка на рис. 6 видно, що для стержнів діаметром 12-18 мм найдешевшим є з'єднання внахлест, а починаючи з 25 мм – за допомогою муфт. Для діаметрів стержнів 32-40 мм найдорожчим варіантом є з'єднання внахлест (Рис. 7). Час виконання одного з'єднання за допомогою муфт приблизно в 5 разів менше зварного (Таб. 1).

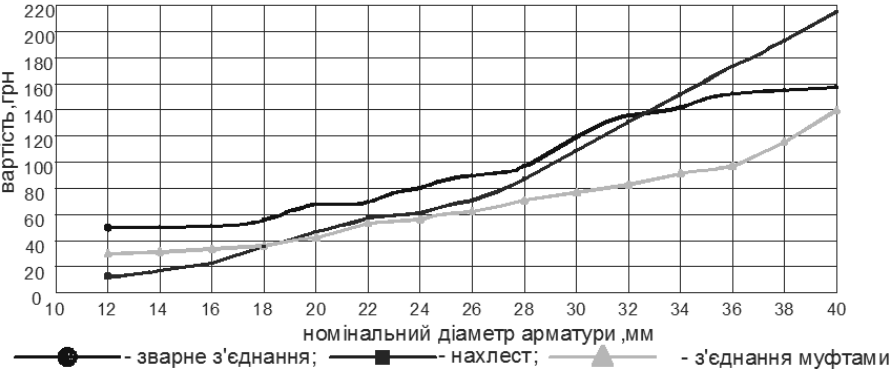


Рис. 7. Порівняння витрат на влаштування одного
стика 3-ма видами з'єднань

Таблиця 1

Порівняльна характеристика з'єднань арматури Ø 25мм класу А500С

Параметри / Тип з'єднання	Витрати на одне з'єднання, грн	Час влаштування одного з'єднання, хв. (год)	Міцність на розрив, 10^{-6} МПа
Внахлест	66,59	1 (0,017)	(6,5)
Зварювання	86,63	30 (0,5)	2,27
Обтиск муфтами	60,52	7 (0,117)	6,5

Висновки.

1. Для стержнів діаметром 12-18 мм найдешевшим є з'єднання внахлест, а починаючи з 25 мм – за допомогою муфт. Для діаметрів стержнів 32-40 мм найдорожчим варіантом є з'єднання внахлест (Рис. 7).
2. Час виконання одного з'єднання за допомогою муфт приблизно в 5 разів менше зварного (Таб. 1).
3. З усіх варіантів з'єднань арматури найміцнішим виявилося механічне за допомогою обтискних муфт, оскільки були збережені характеристики міцності та структури сталі, що неможливо при зварних роботах .
4. Використання обтискних муфт веде до пониження відсотка армування, а отже, скорочення витрати арматури і бетону, часу монтажних робіт.

1. Немчинов. Ю.І. Дослідження роботи механічних з'єднань арматурних стрижнів, виготовлених опресуванням муфт / Немчинов Ю.І., Шарапов Г.В., Климович І.М. // Будівельні конструкції : зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2008. – Вип. 69. – С. 732 – 736. **2**. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. ДСТУ 3760:2006 .- Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 28 с. **3.** Худик Ю.Т., Рыбалка Е.М., Кекух А.В., Жильцов Н.П., Климов Ю.А. Производство и применение арматурного проката класса А500С / Будівельні конструкції: Збірник наукових праць. – Київ: НДІБК, 2003, - Випуск 59. – Книга 1. – С. 22 – 25