

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ АРМАТУРНОЇ СТАЛІ МЕТОДОМ «ЗРІЗУ РІЗИ» У КОНСТРУКЦІЯХ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ

Іванов А.П.

Донбаський державний технічний університет, Алчевськ

Отрош Ю.А.

Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, Черкаси

Постановка проблеми

У сучасному будівництві бетон і залізобетон залишаються основними конструктивними матеріалами, які вирішують різноманітні завдання будівельного комплексу. Через ряд причин на сьогоднішній день частіше проводиться реконструкція побудованих залізобетонних (бетонних) будівель і споруд, ніж будівництво нових.

У свою чергу, проект на реконструкцію складається за результатами безпосереднього технічного обстеження об'єктів, що реконструюються. Актуальним завданням цього обстеження є визначення фактичних механічних характеристик бетону і арматури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зараз існує велика кількість методів для визначення фактичних механічних властивостей як бетону, так і арматури [1-5]. Ці методи умовно можна поділити на прямі та непрямі.

Прямі методи представляють велику цінність, оскільки вони достовірніші. Але всі прямі методи засновані на частковому руйнуванні (необхідному для відбору зразків арматури і бетону) конструкцій, що обстежуються: при виборі ділянок випробувань необхідно, аби 60 % з них припадало на найбільш навантажені ділянки, до того ж охоплюються як найменш, так і найбільш пошкоджені місця конструкцій, що обстежуються.

Визначення фактичної міцності арматури можливе лише за допомогою контрольного розтину бетону з оголенням арматури. Це призводить до того, що після узяття проб при дослідженні в більшості випадків конструкції, що обстежувались, виходять з ладу та з'являються додаткові витрати, пов'язані з їх посиленням [6]. Тому використання цих методів при обстеженні будівель можливе не у всіх випадках.

У даній роботі пропонується метод «зрізу різи» для визначення фактичної міцності арматури, який не вимагає відбору зразків, практично не порушуючи цим цілісність конструкції, тому його застосування можливе практично в будь-якому місці елементу конструкцій, що обстежуються.

Ціль роботи

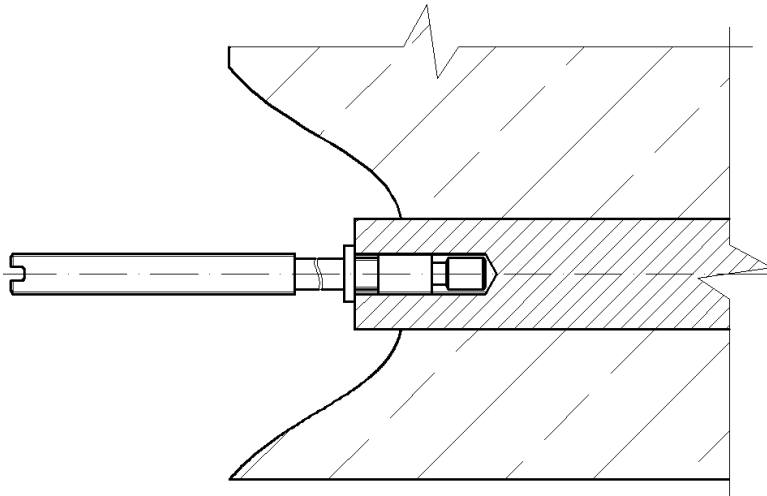
Розгляд методики проведення досліджень, пов'язаних з визначенням фактичної міцності арматури в існуючих залізобетонних конструкціях методом «зрізу різи».

Виклад основного матеріалу дослідження

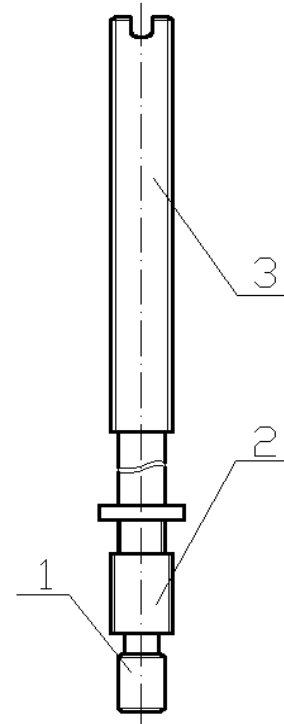
За своєю суттю метод «зрізу різи» нагадує метод відриву із сколюванням (для визначення міцнісних характеристик бетону), який передбачає контроль зусилля при витягуванні введеного в тіло бетону анкера [5].

У даному методі замість анкера використовується гвинт, введений в тіло випробовуваної арматури різцю (рис. 1).

а)



б)



1 – направлена гвинта; 2 – різьбова частина; 3 – тяговий штривель, який угвинчується у машину, призначену для руйнування витків різі.

Рис. 1. – Зовнішній вигляд випробувального гвинта (б) та з'єднання «випробувальний гвинт – випробувана арматура» (а)

До гвинта прикладається зусилля, і отримане з'єднання доводиться до руйнування [7].

Визначення фактичної міцності арматурної сталі методом «зрізу різі» у конструкціях, що експлуатуються, проводиться в такій послідовності.

1. Вибирається місце проведення випробувань. Через те, що дослідження цим методом не приносить великої шкоди конструкціям, що обстежуються, визначення фактичної міцності арматури можна проводити в будь-якому місці, що цікавить, навіть включаючи місця найбільшого навантаження.

2. Готується поверхня на елементі конструкції, що обстежується. Підготовка поверхні на елементі передбачає оголення арматури. Для проведення випробувань за допомогою цього методу необхідно оголювати торці арматурних стрижнів, які обстежуватимуться.

Якщо в технічній документації, яка відноситься до обстежуваної конструкції не вказана марка сталі, з якої виготовлено арматурні вироби цієї конструкції, то підготовка також включає безпосередньо очищення поверхні стрижнів арматури, які обстежуються. Поверхня досліджуваної арматури очищається від іржі і інших забруднень до чистого металу. Це робиться для того, щоб по отриманій стружці в процесі проведення випробувань надалі можна було за допомогою хімічного аналізу встановити марку сталі, з якої зроблено арматуру.

3. Свердлиться отвір і нарізується різь у просвердленому отворі. Свердлення отвору і нарізування різі в елементі конструкції повинні виконуватися однотипним інструментом з високою точністю дотримування технології виконання робіт. Важливо, щоб ці заходи проводилися перпендикулярно до поверхні випробовуваного елемента. Точність виконання

свердлення отворів підвищується при застосуванні свердел, що відповідають вимогам ГОСТ 886-77*, ГОСТ 10902-77*. Нарізування різи у просвердленому отворі здійснюється мітчиками згідно з ГОСТ 9150. Перевірка якості нарізаної різи в отворі випробовуваного матеріалу проводиться за допомогою калібрів по ГОСТ 18465, ГОСТ 24939, ГОСТ 24997.

4. В отвір з різю в елементі угвинчується випробувальний гвинт. Випробувальний гвинт угвинчується до упору. Міцність металу випробувального гвинта повинна перевищувати міцність випробовуваного матеріалу в два і більше рази для забезпечення повного руйнування витків різи. Установка гвинта у випробовуваному матеріалі повинна бути строго перпендикулярною до поверхні і зберігатися такою впродовж всього випробування (для цього може використовуватися спеціальне пристосування – кондуктор).

5. До гвинта прикладається розтягувальне зусилля. Розтягувальне зусилля знаходять із залежності, яка була отримана в результаті тарування приладу для виривання різи:

$$F_{\max} = -1,79451 + 22,00165\bar{U},$$

\bar{U} – покази приладу, отримані при випробуванні. Покази приладу беруться усереднені по однорідному ряду. Однорідний ряд являє собою дані, отримані при однотипних випробуваннях арматурної сталі однієї марки, класу та діаметру.

6. За знайденим розтягувальним зусиллям F_{\max} знаходимо міцність витків різи з'єднання:

$$C_p = \frac{F_{\max}}{A_k},$$

F_{\max} – максимальне зусилля, при якому відбулося руйнування витків;

A_k – кільцева площа витків (в даному випадку при зовнішньому діаметрі випробувального гвинта $d_{н.в.} = 4,95 \text{ мм}$, $A_k = 13,2538 \text{ мм}^2$).

7. Визначаємо фактичні міцнісні характеристики арматурної сталі: границя текучості сталі (R_y^ϕ) та тимчасовий опір (R_u^ϕ). Вони визначаються з рівнянь ліній регресії, які виражені через поліном другого степеня

$$R_y^\phi = \mp a \cdot C_p^2 \pm b \cdot C_p \mp c;$$

$$R_u^\phi = \mp a \cdot C_p^2 \pm b \cdot C_p \mp c,$$

a, b, c – коефіцієнти рівнянь лінії регресії, які отримано з результатів експериментальних випробувань.

8. Проведення хімічного аналізу. При необхідності хімічний аналіз проводиться відповідно до ГОСТ 12344-88. Стружка, яка використовується при проведенні хімічного аналізу, в даному методі є зрізаними витками різьби зразків арматури, яка випробовувалась, отриманими при вириванні випробувального гвинта з її тіла. За отриманими даними хімічного аналізу для класів арматури АІ і АІІ марка встановлюється відповідно до ГОСТ 380-94, а для класу АІІ – по ГОСТ 5781-82. (клас арматури можна визначити візуально, згідно з ГОСТ 5781-82).

Для проведення експерименту, в якому відпрацьовувалася розглянута вище методика визначення фактичних характеристик міцності арматурної сталі, було взято декілька партій зразків арматури класу АІ (А240) та АІІ (А400). Арматура класу АІ випробовувалася у кількості 5 партій (у кожній партії було по 8-10 зразків), а арматура класу АІІ – 4 партії (у кожній партії було по 5-6 зразків). Кожна партія відрізнялась одна від одної або діаметром

зразків, або маркою сталі, з якої зроблено арматуру для випробувальних зразків. Але довжина у всіх зразків була зроблена однаковою та для зручності була прийнята згідно з нормативною літературою, яка пов'язана з випробуванням арматурної сталі на розрив – 200 мм (тому що діаметри всіх зразків арматури були менш 20 мм) [8]. Інформація, пов'язана з діаметрами, маркою сталі випробуваних арматурних зразків кожної партії, представлена у таблицях 1 (клас AI) і 2 (клас AIII).

Таблиця 1 – Деякі характеристики зразків, вироблених з арматурної сталі класу AI (A240)

№ партії зразків	Ø зразків, мм	Марки сталей, з яких вироблені зразки	C_p , МПа
1	Ø 14, Ø 16	Ст3пс ГОСТ 380-94	236,8
2	Ø10	Ст3кп ГОСТ 380-94	242,8
3			240,8
4			253,96
5			263,7

Таблиця 2 – Деякі характеристики зразків, вироблених з арматурної сталі класу AIII (A400)

№ партії зразків	Ø зразків, мм	Марки сталей, з яких вироблені зразки	C_p , МПа
1	Ø14	35ГС ГОСТ 5781	295,6
2	Ø16		281,3
3	Ø8		249,2
4	Ø10		287,6

Експеримент складався з трьох частин. Перша частина експерименту – це знаходження фактичних характеристик міцності зразків арматури за допомогою стандартного методу – випробування на розрив. Ця частина експерименту проводилась згідно з ГОСТ 12004-81 «Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение». Друга частина експерименту – це знаходження міцності витків різі, яка нарізана у випробувальних зразках, за допомогою методу «зрізу різі». Ця частина проводилась згідно тієї методики, яка описана вище (починаючи з пункту 3). Схему зразків, які випробувались у цій частині експерименту, наведено на рис. 2.

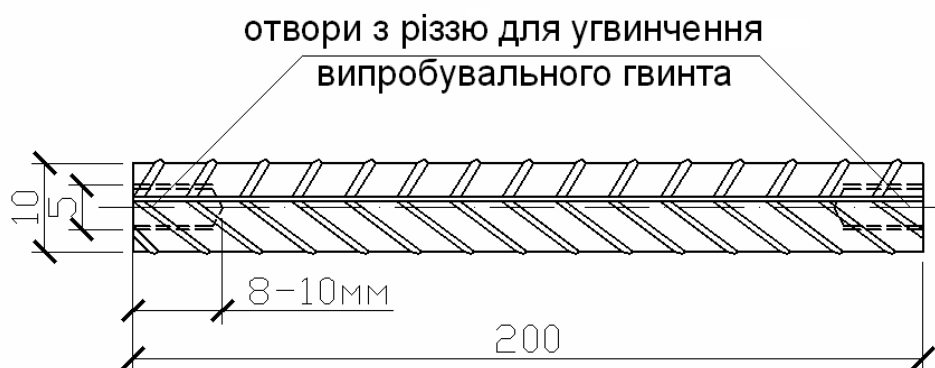


Рис. 2. Схема зразка арматурної сталі, який підготовлений для знаходження C_p за допомогою методу «зрізу різі» (на прикладі зразка арматури AIII класу, діаметром 10 мм)

Перша і друга частини експерименту проводилися паралельно на однотипних зразках арматурної сталі. Третя частина – розрахункова. У цій частині експерименту знаходили коефіцієнти рівнянь лінії регресії за допомогою кореляційних залежностей « $R_y^{\hat{o}} - \tilde{N}_p$ » і « $R_u^{\hat{o}} - \tilde{N}_p$ » (для кожного класу арматури коефіцієнти знаходились окремо). Отримані рівняння лінії регресії у даному випадку мають вигляд:

$$\begin{aligned} &\text{Для арматури класу AI} && \text{Для арматури класу AIII} \\ R_y^{\hat{o}} &= -0,1299 \cdot C_p^2 + 7,8284 \cdot C_p - 71,925; && R_y^{\hat{o}} = -0,0255 \cdot C_p^2 + 2,8483 \cdot C_p - 20,121; \\ R_u^{\hat{o}} &= -0,1351 \cdot C_p^2 + 7,3572 \cdot C_p - 46,973 && R_u^{\hat{o}} = 0,2093 \cdot C_p^2 - 14,634 \cdot C_p + 326,5 \end{aligned}$$

Потім за допомогою цих рівнянь знаходимо шукані характеристики міцності за результатами випробувань, проведених методом «зрізу різи». Отримані результати представлено у таблицях 3 (клас AI) і 4 (клас AIII). В цих таблицях наведено середні результати по партії.

Таблиця 3 – Результати випробувань зразків арматурної сталі класу AI (A240)

№ партії зразків	Характеристики міцності, отримані за допомогою методу «зрізу різи»		Характеристики міцності, отримані за допомогою стандартного методу		Характеристики міцності, вибрані з нормативних документів	
	$R_y^{\hat{o}}$, МПа	$R_u^{\hat{o}}$, МПа	$R_y^{\hat{o}}$, МПа	$R_u^{\hat{o}}$, МПа	R_{yn} , МПа	R_{un} , МПа
1	406,12	454,89	314,0	455,3	235	380
2	415,64	490,13	388,4	495,2		
3	412,57	528,49	432,8	533,7		
4	431,05	525,37	431,6	522,0		
5	441,81	530,91	437,8	536,5		

Таблиця 4 – Результати випробувань зразків арматурної сталі класу AIII (A240)

№ партії зразків	Характеристики міцності, отримані за допомогою методу «зрізу різи»		Характеристики міцності, отримані за допомогою стандартного методу		Характеристики міцності, вибрані з нормативних документів	
	$R_y^{\hat{o}}$, МПа	$R_u^{\hat{o}}$, МПа	$R_y^{\hat{o}}$, МПа	$R_u^{\hat{o}}$, МПа	R_{yn} , МПа	R_{un} , МПа
1	487,96	767,99	488,4	724,2	400	600
2	588,18	804,75	585	844		
3	540,23	717,97	545,8	715,4		
4	567,04	707,46	566,2	700,6		

Висновки

1. За допомогою цього методу можливо проводити обстеження будь-якого елемента конструкції, не дивлячись на те до якої міри він ушкоджений.
2. Обстеження конструкцій, що експлуатуються, за допомогою цього методу не вимагає зупинки технологічного процесу, що протікає в цій будівлі або споруді.
3. За отриманими результатами проведеного експерименту видно, що запропонований метод є досить достовірним. Якщо, за еталон брати стандартний метод випробування арматури (випробування арматури на розтягування), то різниця в отриманих значеннях $R_y^{\hat{o}}$ і $R_u^{\hat{o}}$ обома методами становить менше 5 %, що стосується зразків арматури АІ і менше 3%, що стосується зразків арматури класу АІІ (у межах норми).
4. У розглянутому випадку видно, що отримані значення $R_y^{\hat{o}}$ і $R_u^{\hat{o}}$ більше значень R_{yn} і R_{un} , узятих з нормативних документів. Це говорить про те, як важливо дізнатися фактичні міцнісні характеристики при обстеженні конструкцій, що експлуатуються, аби надалі при складанні проекту для їх реконструкції було технічно і економічно вірно розроблено підсилення.
5. Подальший напрямок роботи буде пов'язаний з випробуванням обома методами (стандартним і «зрізу різи») інших класів і діаметрів арматурних зразків. Планується почати дослідження, пов'язані з визначенням $R_y^{\hat{o}}$ і $R_u^{\hat{o}}$ в поперечному напрямку (до цього розглядався лише поздовжній напрямок) зразка, адже не завжди можливе оголення торців арматурних стрижнів, що цікавлять, при обстеженні конструкцій, що експлуатуються. Ці дослідження включатимуть: розробку методики визначення міцнісних характеристик арматурної сталі в конструкціях, що експлуатуються, і отримання залежностей між значеннями $R_y^{\hat{o}}$, $R_u^{\hat{o}}$ в поздовжньому напрямку і $R_y^{\hat{o}}$, $R_u^{\hat{o}}$ в поперечному напрямку.

Література

1. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – Введ. 01.01.1991. – М.: Госстрой России, 1991. – 35 с.
2. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – Введ. 01.01.1988. – М.: Госстрой России, 1988. – 33 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93). Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури. – Введ. 06.04.1995. – К.: Держстандарт України, 1996. – 17 с.
4. ГОСТ 17625-83. Конструкции и изделия железобетонные. Радиационный метод определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры. – Введ. 01.01.1984. – М.: Госстрой России, 1984. – 12 с.
5. ГОСТ 10180-90. Бетон. Методы определения прочности бетона по контрольным образцам. – Введ. 01.01.91. – М.: Госстрой России, 1990. – 43 с.
6. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. – Введ. 21.08.2003. – М.: Госстрой России, 2003. – 26 с.
7. Иванов А.П. Определение фактических механических характеристик сталей в эксплуатируемых конструкциях: Диссертация канд. наук: 05.23.01. – К., 2000. – 184 с.
8. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. – Введ. 01.07.83. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1983г. – 11с.