

Методики расчета несущей способности по наклонным сечениям

М. А. Назаров¹, М. Ю. Кицаев², С. С. Зимин³.

¹⁻³ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье обзор

Аннотация

Практика показывает, что у опор железобетонных балок могут образовываться наклонные трещины, которые могут привести к разрушению по наклонным сечениям. Возникновение этих трещин как правило связано с главными растягивающими напряжениями, действующими по наклонным площадкам. На данный момент не найдено решение задачи о трещиностойкости железобетонных балок по наклонным сечениям, которое было бы приемлемо в инженерной практике. В данной статье произведен сравнительный анализ подходов к расчету наклонных трещин в соответствии с Российскими и Европейскими строительными нормами. Результаты расчета показали, что обе методики существенно занижают несущую способность вследствие своего несовершенства. Однако проектирование по Российским нормам оказалось более экономичным в большинстве рассмотренных случаев, что соответствует результатам, полученным другими авторами.

Ключевые слова: Строительные конструкции, железобетонные конструкции, поперечная сила, наклонные трещины, несущая способность, методики расчета, строительные нормы и правила

Содержание

1.	Введение	45
2.	Методы	46
3.	Результаты и обсуждения	48
4.	Выводы	49

Контактный автор:

1. +79119127004, mikenazarow@yandex.ru (Назаров Михаил Александрович, студент)
2. +79817819014, mr.kitsaev@mail.ru (Кицаев Максим Юрьевич М. Ю., студент)
3. +7(921)3477701, zimim_sergeri@mail.ru (Зимин Сергей Сергеевич, студент)

1. Введение

У опор железобетонных балок могут образовываться наклонные трещины, которые при увеличении нагрузки могут привести к разрушению по наклонным сечениям [1]. Вблизи опор поперечная сила достигает наибольших значений, поэтому конструкция находится в двухосном напряженно-деформированном состоянии [2], близком к состоянию чистого сдвига. При этом трещины преимущественно ориентированы перпендикулярно траектории главных растягивающих напряжений [3,4]. При проектировании железобетонных балок, и их поперечной арматуры, расчет на действие поперечных сил вблизи опор является обязательным. Однако, на данный момент не найден способ расчета, который всецело удовлетворял бы следующим требованиям [5,6,24,29, 30]:

- Простота применения в инженерной практике
- Отражение результата совместного действия всех силовых факторов, действующих в приопорной зоне

Сложности во многом вызваны тем, что железобетон - композитный материал, а его разрушение по наклонному сечению может происходить по одной из следующих схем [7-9, 28]:

- Раздробление бетона в полосе между наклонными сечениями. Такое разрушение может произойти при малой ширине сечения b , когда значение главных сжимающих напряжений σ_{sc} достигает предела прочности бетона на сжатие R_b , которое в свою очередь уменьшается вследствие двухосного напряженного состояния.
- Взаимный сдвиг частей элемента, обусловленный, преимущественно, действием поперечной силы Q . В этом случае напряжение в поперечной арматуре, проходящей через сечение, достигает предела текучести. Слой бетона, расположенный над трещиной, и продольная арматура срезаются.
- Взаимный поворот частей элемента, обусловленный, преимущественно, действием изгибающего момента M . При этом напряжения в продольной и поперечной арматуре, проходящей через сечение, достигают предела текучести. Сжатая зона бетона сокращается по высоте вследствие раскрытия трещины, и в итоге, разрушается.

Строительные нормы различных стран вводят упрощенные модели для расчета:

Российские строительные нормы вводят модель “наклонных сечений”. Рассматривается равновесие приопорного блока, условная граница которого проходит по наклонной трещине в растянутой зоне, и полосе бетона в сжатой зоне. Расчет основан на следующем условии: поперечная сила и момент от внешней нагрузки, расположенной по одну сторону от рассматриваемой наклонной трещины и вертикали над ее вершиной в сжатой зоне (Q , M), не должны превышать “внутренних” поперечных сил и момента в предельном состоянии элемента, предшествующему разрушению (Q_u , M_u). При этом расчеты на действие Q и M производятся независимо друг от друга, и должны обеспечить прочность по каждому из трех возможных вариантов разрушения [8,15,26,27].

Европейские строительные нормы вводят модель “Тяжелой и распорок” или “ферменную аналогию” [16,17,23,24]. При этом сплошная железобетонная балка заменяется на ферму [18,25], элементы которой моделируют:

- Верхний пояс - верхнюю сжатую полосу бетона
- Нижний пояс - растянутую продольную арматуру
- Стойки - растянутую поперечную арматуру (хомуты)
- Раскосы - наклонные сжатые полосы бетона (воображаемые раскосы)

При этом стойки и раскосы фермы считаются “размазанными”. Вертикальные хомуты заменяются равномерным вертикальным напряжением, а сжатые раскосы - равномерным одноосным сжимающим напряжением, которое приложено параллельно силовой линии раскоса между центром тяжести растянутой арматуры и центром тяжести сжатой зоны. Максимальное сопротивление сечения действию поперечной силы $VR_{d,max}$ определяется прочностью сжатых раскосов [19-22].

Каждая из упомянутых выше расчетных моделей имеет свои сильные и слабые стороны, однако обе они далеки от совершенства. Как результат, вычисляемые значения прочности балок зачастую существенно различаются с данными экспериментов [10-14]. Поэтому совершенствование методологии расчета является важной, актуальной задачей в настоящее время.

Целью данного исследования является сравнение расчетных методик, предложенных в России и за рубежом [25].

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Произвести теоретический расчет прочности железобетонных балок по наклонным сечениям, используя модель “наклонных сечений” и “ферменную аналогию”.
- 2) Сравнить полученные результаты с экспериментальными данными, выявить закономерности в расхождении результатов.

2. Методы

За основу для расчетов были взяты результаты экспериментального исследования [7], проведенного авторами Mohamed Zakaria, Tamon Ueda, Zhimin Wu, Lian Meng для оценки влияния различных факторов на трещиностойкость железобетонных балок. Балки-образцы в эксперименте были разбиты на 3 серии. В серии А варьировалась полезная высота сечения; в серии В – толщина защитного слоя хомутов и их шаг; в серии С – процент продольного армирования. Образцы были изготовлены из бетона с кубиковой прочностью 40 МПа. Поперечная арматура диаметром 10мм изготовлена из стали с нормативным значением предела текучести 370 Мпа. Необходимые для расчета характеристики балок приведены в табл.1. Сечения образцов серии А в качестве примера показаны на рис.1. Испытания производилось под действием двух сосредоточенных сил, действующих на расстоянии $s=2h_0$ (слева) и $s=3h_0$ (справа) от опоры. Балки были доведены до разрушения по наклонному сечению, при этом разрушение происходило около левой опоры, с меньшим пролетом среза. Таким образом, были получены значения разрушающей нагрузки для $s=2h_0$, которые приведены в табл. 2.

Таблица 1. Характеристики балок-образцов, испытанных в [7]

Серия	Образец	Высота сечения h, см	Полезная высота сечения h_0 , см	Ширина сечения b, см	Пролет среза c, см	c/h_0	Толщина защитного слоя поперечной арматуры a_w , см	Процент продольного армирования μ_s %	Процент поперечного армирования μ_{sw} %	Шаг армирования s, см
Серия I	A1	20	16	20	32	2	2.5	2.86	0.72	10
	A2	35	28	20	56	2	2.5	2.83	0.72	10
	A3	50	43.2	20	86.4	2	2.5	2.84	0.72	10
	A4	75	66.9	20	133.8	2	2.5	2.84	0.72	10
Серия II	B1	50	43.2	20	86.4	2	4	2.84	0.72	10
	B2	50	43.2	20	86.4	2	6	2.84	0.36	20
	B3	50	43.2	20	86.4	2	8	2.84	0.36	20
Серия III	C1	50	45	20	90	2	2.5	1.62	0.72	10
	C2	50	42.7	20	85.4	2	2.5	2.3	0.72	10
	C3	50	41.7	20	83.4	2	2.5	3.64	0.72	10

Таблица 2. Значения разрушающих нагрузок для балок-образцов, испытанных в [7]

Образец	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3
V_u , кН	285.4	470.2	720	1196.5	715	540.7	522.7	551.4	600.8	760.3

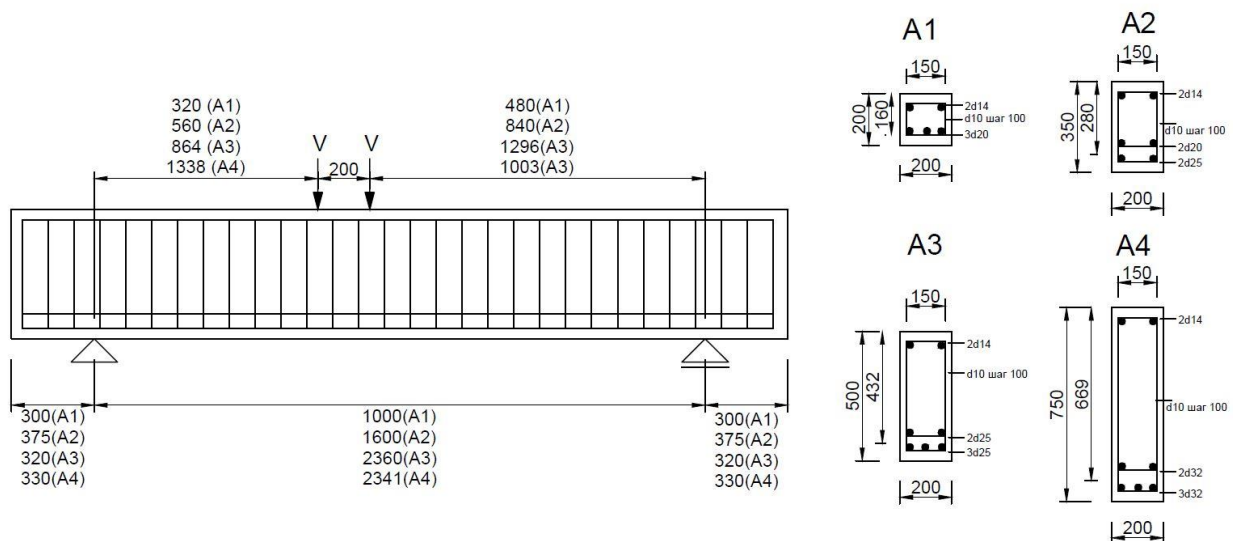


Рисунок 1: Балки серии А, испытанные в [7]

Для девяти испытанных образцов был произведен теоретический расчет сопротивления срезу по двум исследуемым методикам.

Ход расчета балки на поперечную силу в соответствии с СП 63.13330.2012 "Бетонные и железобетонные конструкции" [8]:

Расчет изгибаемых элементов с нормальным армированием по наклонному сечению производят из условия:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} \quad (1)$$

где:

- Q - поперечная сила в наклонном сечении с длиной проекции s от внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого наклонного сечения; при вертикальной нагрузке, приложенной к верхней грани элемента, значение Q принимается в нормальном сечении, проходящем на расстоянии s от опоры; при этом следует учитывать возможность отсутствия временной нагрузки на приопорном участке длиной s ;
- Q_b - поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении;
- Q_{sw} - поперечная сила, воспринимаемая хомутами в наклонном сечении.

Поперечную силу Q_b определяют по формуле:

$$Q_b = \frac{M_b}{c} \quad (2)$$

но принимают не более $2,5R_{bt}bh_0$ и не менее $1,5R_{bt}bh_0$.

Параметр M_b определяется по следующей формуле:

$$M_b = 1,5R_{bt}bh_0^2 \quad (3)$$

Усилие Q_{sw} определяют по формуле:

$$Q_{sw} = 0,75 q_{sw}c_0 \quad (4)$$

где:

- c_0 - длина проекции наклонной трещины, принимаемая в пределах $h_0 \dots 2h_0$
- q_{sw} - усилие в хомутах на единицу длины элемента, равное:

$$q_{sw} = \frac{A_{sw}R_{sw}}{S} \quad (5)$$

Ход расчета балки на поперечную силу в соответствии с ЕС-2 [22]

В рамках ферменной модели, максимальное сопротивление сечения срезу определяется прочностью сжатых "бетонных раскосов" [21,22, 23]. Поперечная сила, которую способно выдержать сечение, находится как:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw}b_wz v_1 f_{cd}}{\cot\theta + tg\theta} \quad (6)$$

где:

- θ - угол между бетонным сжатым раскосом и осью балки, перпендикулярной к поперечному усилию, принимаемый в диапазоне: $1 \leq \cot\theta \leq 2,5$
- α_{cw} - коэффициент, учитывающий уровень напряжения в сжатом поясе (для бетона без предварительного напряжения принимается =1)

- f_{cd} – расчетное значение предела прочности бетона при осевом сжатии
- v_1 - коэффициент понижения прочности бетона, зависящий от значение его характеристической прочности в возрасте 28 суток f_{ck} , который учитывает влияние наклонных трещин. Для бетонов с пределом прочности менее 60 МПа значение v_1 рассчитывается по формуле:

$$v_1 = 0.6(1 - \frac{f_{ck}}{250}) \quad (7)$$

3. Результаты и обсуждения

По методикам, указанным в предыдущем разделе, был произведен расчет несущей способности образцов. Результаты представлены на диаграмме 1:

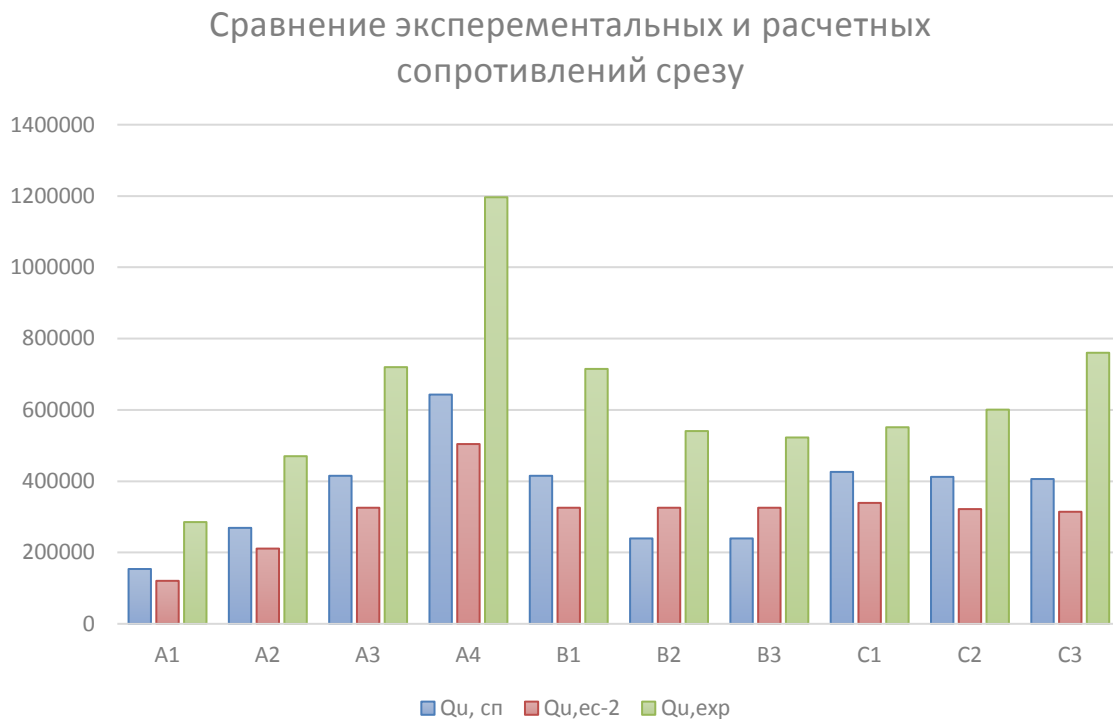


Диаграмма 1: сравнение экспериментальных и расчетных сопротивлений срезу

Расчет показал, что:

- 1) Реальная несущая способность, полученная экспериментально, в среднем в 2 раза превышает предсказанную теоретически по СП и EC-2.
- 2) Испытания образцов С1-С3 показали, что процент продольного армирования μ_s вносит ощутимый вклад в несущую способность по наклонному сечению, при том что в обоих расчетных моделях этот эффект не учитывается.
- 3) Для большинства образцов (А1-А4, В1, С1-С3) расчет по модели наклонных сечений предсказал большую несущую способность, в среднем на 27%, по сравнению с ферменной моделью.

Полученные результаты отчетливо иллюстрируют несовершенство обеих расчетных моделей, которое компенсируется большими коэффициентами запаса. Искусственное введение коэффициентов, повышающих несущую способность, тем не менее остается недопустимым, поскольку не имеет теоретического обоснования, и в редких случаях может повлечь к переоценке несущей способности, что недопустимо в инженерной практике.

Введение в расчет влияния продольного армирования и учет совместного действия М и Q, позволило бы более точно оценивать несущую способность сечения, как это было показано в [6, 11, 25]. Однако вместе с этим повышается и трудоемкость расчета и как следствие – неудобство применения на практике.

Модель наклонных сечений, используемая в России, позволяет проектировать поперечную арматуру более экономично, что согласуется с результатами, полученными другими авторами [15, 25].

4. Выводы

- 1) Обе модели, представленные в СП и ЕС-2 для расчета балок по наклонным сечениям, существенно недооценивают их несущую способность.
- 2) Модель “Наклонных сечений” введенная в СП, в большинстве случаев позволяет проектировать более экономично, что можно считать ее основным преимуществом перед ферменной моделью.
- 3) Необходимо разработать усовершенствованную модель расчета, которая была бы удобна для применения в инженерной практике и учитывала бы совместность действия изгибающего момента и поперечной силы, а также работу продольной арматуры на срез и силы зацепления между бетоном по берегам наклонных трещин.

Литература

- [1]. H. S. S. Abou El-Mal, A. S. Sherbini, H. E. M. Sallam. Location the site of diagonal tension crack initiation and path in reinforced concrete beams. *Aim Shams engineering journal*. 2015. No 6. pp. 17-24.
- [2]. Жарницкий В. И. Теория прочности сжатой зоны бетона над наклонной трещиной // *Вестник МГСУ*. 2011. №2. С. 28-32.
- [3]. Баширов Х. З., Ключева Н. В., Дородных А.А. Основные результаты экспериментальных исследований ширины раскрытия трещин железобетонных составных конструкций по наклонным сечениям // *Научный вестник Воронежского ГАСУ*. 2013. №2 (30). С. 18-26.
- [4]. Daniel de Lima Araujo, Fernanda Gabrielle Tiburcio Nunes, Romildo Dias Toledo Filho, Moacir Alexandre Souza de Andrade. Shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams. *Acta Scientiarum*. 2014. Vol. 36, No 3. pp. 389-397.
- [5]. Dorofeev V. S., Karpyuk V. M., Krantovskaya E. N., Petrov N. N., Petrov A. N. Strength calculation of support areas in reinforced concrete beam structures. *Vestnik MGSU*. 2013. No 12. pp. 55-67.
- [6]. Филатов В. Б., Блинкова В. Е. Расчетная модель наклонного сечения железобетонной балки с учетом сил зацепления в наклонной трещине // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. №3. С. 39-42.
- [7]. Mohamed Zakaria, Tamon Ueda, Zhimin Wu, Lian Meng. Experimental Investigation on Shear Cracking Behavior in Reinforced Concrete Beams with Shear Reinforcement. *Journal of Advanced Concrete Technology*. 2009. Vol. 7, No 1. pp. 79-96.
- [8]. СП 63.13330.2012 - Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. 2012. С. 152
- [9]. Абдуллаев А. Р. Экспериментальные исследования прочности стенки двутавровых железобетонных балок при действии равномерно-распределенной нагрузки // *Технические науки - от теории к практике*. 2016. № 55. С. 129-134.
- [10]. Снежкина О. В., Егинов Э. В., Ладин Р. А. Оценка влияния вертикальных хомутов на прочность железобетонных балок при действии поперечных сил // *Строительные конструкции, здания и сооружения*. 2014. №3. С. 57-61.
- [11]. Филатов В. Б. Влияние продольного армирования на прочность железобетонных балок при действии поперечных сил // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре*.

References

- [1]. H. S. S. Abou El-Mal, A. S. Sherbini, H. E. M. Sallam. Location the site of diagonal tension crack initiation and path in reinforced concrete beams. *Aim Shams engineering journal*. 2015. No 6. pp. 17-24.
- [2]. Zharnickij V. I. *Vestnik MGSU*. 2011. No 2. Pp. 28-32. (rus)
- [3]. Bashirov H. Z., Kljueva N. V., Dorodnyh A.A. *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo GASU*. 2013. No2 (30). Pp. 18-26. (rus)
- [4]. Daniel de Lima Araujo, Fernanda Gabrielle Tiburcio Nunes, Romildo Dias Toledo Filho, Moacir Alexandre Souza de Andrade. Shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams. *Acta Scientiarum*. 2014. Vol. 36, No3. pp. 389-397.
- [5]. Dorofeev V. S., Karpyuk V. M., Krantovskaya E. N., Petrov N. N., Petrov A. N. Strength calculation of support areas in reinforced concrete beam structures. *Vestnik MGSU*. 2013. No12. Pp. 55-67.
- [6]. Filatov V. B., Blinkova V. E. *Raschetnaja Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2014. No 3. Pp. 39-42. (rus)
- [7]. Mohamed Zakaria, Tamon Ueda, Zhimin Wu, Lian Meng. Experimental Investigation on Shear Cracking Behavior in Reinforced Concrete Beams with Shear Reinforcement. *Journal of Advanced Concrete Technology*. 2009. Vol. 7, No 1. pp. 79-96.
- [8]. СП 63.13330.2012 - Betonnyye i zhelezobetonnyye konstrukcii. Osnovnyye polozheniya. 2012. p. 152 (rus)
- [9]. Abdullaev A. R. *Tehnicheskie nauki - ot teorii k praktike*. 2016. No 55. Pp. 129-134. (rus)
- [10]. Snezhkina O. V., Eginov Je. V., Ladin R. A. *Stroitel'nye konstrukcii, zdaniya i sooruzheniya*. 2014. No 3. Pp. 57-61. (rus)
- [11]. Filatov V. B. *Stroitel'stvo sbornik statej*. Samara. Izdatel'stvo SGASU, 2015. Pp. 107-110. (rus)
- [12]. Kljueva N. V., Chernov K. M. *Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. No 5 (62). Pp. 31-35. (rus)
- [13]. Choi, Y. W., Lee, H. K., Chu, S. B., Cheong, S. H., Jung, W. Y. shear behavior and performance of deep beams made with self-compacting concrete. *International journal of concrete structures and materials*. 2012. Vol. 6, No2. pp. 65-78.
- [14]. Kim H., Kim M. S., Ko M. J., Lee Y. H. Shear Behavior of Concrete Beams Reinforced with GFRP Shear Reinforcement. *International journal of polymer science*. 2015. Vol. 10, No5. pp. 132-155.
- [15]. Kolmogorov A. G., Plevkov V. S. *Raschet zhelezobetonnyh konstrukcij po rossijskim i zarubezhnym normam [Calculation of reinforced concrete structures using Russian and foreign building*

- Строительство сборник статей. Самара. Издательство СГАСУ, 2015. С. 107-110.
- [12]. Ключева Н. В., Чернов К. М. Результаты сопоставительного анализа исследований железобетонных составных конструкций с наклонными трещинами // Известия Юго-Западного государственного университета. 2015. №5 (62). С. 31-35.
- [13]. Choi, Y. W., Lee, H. K., Chu, S. B., Cheong, S. H., Jung, W. Y. shear behavior and performance of deep beams made with self-compacting concrete. International journal of concrete structures and materials. 2012. Vol. 6, No 2. pp. 65-78.
- [14]. Kim H., Kim M. S., Ko M. J., Lee Y. H. Shear Behavior of Concrete Beams Reinforced with GFRP Shear Reinforcement. International journal of polymer science. 2015. Vol. 10, No5. pp. 132-155.
- [15]. Колмогоров А. Г., Плевков В. С. Расчет железобетонных конструкций по российским и зарубежным нормам. Изд-во Печатная мануфактура, 2009. С. 87-98.
- [16]. Ahmed K. El-Sayed. Strut and tie modeling for RC short beams with corroded stirrups. Latin American journal of solid and structures. 2014. No 11. pp. 2255-2270.
- [17]. Panjehpour, Mohammad; Chai, Hwa Kian; Voo, Yen Lei. Strut deformation in CFRP-strengthened reinforced concrete deep beams. The scientific world journal. 2014. Vol. 9, No7. pp. 251-258.
- [18]. Panjehpour, Mohammad; Chai, Hwa Kian; Voo, Yen Lei. Refinement of strut-and-tie model for reinforced concrete deep beams. Plos one. 2015. Vol. 10, No6. pp. 211-225.
- [19]. Ahmed K. El-Sayed, Ahmed B. Shuraim. Experimental verification of resistance-demand approach for shear of HSC beams. International journal of concrete structures and materials. 2016. Vol. 10, No4. pp. 513-525.
- [20]. Woo-Young Lim, Sung-Gul Hong. Shear tests of ultra-high performance fiber reinforced concrete (UHPFRC) beams with shear reinforcement. International journal of concrete structures and materials. 2016. Vol. 10, No2. pp. 177-188.
- [21]. Биби Э. В., Нараянан Р. С. Руководство для проектировщиков к еврокоду 2: проектирование железобетонных конструкций. Изд-во МГСУ, 2013. С. 115-118.
- [22]. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. 1992. 225p.
- [23]. Алмазов В.О. Проектирование железобетонных конструкций по Еврокодам. Изд-во АСВ, 2007. С. 92-101
- [24]. Алмазов В.О. Гармонизация строительных норм: необходимость и возможности // Вестник МГСУ. 2011. С.84.
- [25]. Плевков В.С., Малиновский А.П., Балдин И.В. Оценка прочности и трещиностойкости железобетонных конструкций по российским и зарубежным нормам // Вестник ТГАСУ. 2013. С. 144.
- [26]. Дородных А.А. Методика экспериментальных исследований прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных составных конструкций по наклонным сечениям // Научный вестник Воронежского ГАСУ. 2013. №2 (30). 2013. №2. С. 18-27.
- regulations]. Tomsk: Pechatnaja manufaktura, 2009. 495 p. (rus)
- [16]. Ahmed K. El-Sayed. Strut and tie modeling for RC short beams with corroded stirrups. Latin American journal of solid and structures. 2014. No 11. pp. 2255-2270.
- [17]. Panjehpour, Mohammad; Chai, Hwa Kian; Voo, Yen Lei. Strut deformation in CFRP-strengthened reinforced concrete deep beams. The scientific world journal. 2014. Vol. 9, No7. pp. 251-258.
- [18]. Panjehpour, Mohammad; Chai, Hwa Kian; Voo, Yen Lei. Refinement of strut-and-tie model for reinforced concrete deep beams. Plos one. 2015. Vol. 10, No6. pp. 211-225.
- [19]. Ahmed K. El-Sayed, Ahmed B. Shuraim. Experimental verification of resistance-demand approach for shear of HSC beams. International journal of concrete structures and materials. 2016. Vol. 10, No4. pp. 513-525.
- [20]. Woo-Young Lim, Sung-Gul Hong. Shear tests of ultra-high performance fiber reinforced concrete (UHPFRC) beams with shear reinforcement. International journal of concrete structures and materials. 2016. Vol. 10, No2. pp. 177-188.
- [21]. Bibi Je. V., Narayanan R. S. Руководство для проектировщиков к еврокоду 2: проектирование железобетонных конструкций [Designer guide for EC-2: design of reinforced concrete structures] Moscow: Izdatel'stvo MGSU, 2013. 291 p. (rus)
- [22]. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels. 1992. 225p.
- [23]. Алмазов В.О. Проектирование железобетонных конструкций по Еврокодам [Reinforced concrete structures design with Eurocodes]. Изд-во АСВ, 2007. Pp. 92-101. (rus)
- [24]. Алмазов В.О. Вестник МГСУ. 2011. p.84. (rus)
- [25]. Плевков В.С., Малиновский А.П., Балдин И.В. Вестник ТГАСУ. 2013. p. 144. (rus)
- [26]. Дородных А.А. Научный вестник Воронежского ГАСУ. 2013. №2 (30). Pp. 18-27. (rus)
- [27]. Митасов В.А., Адисhev В.В., Писchkurova Н.С., Лагунова М.А. Сборник докладов научно-методической конференции. Москва. izdatel'stvo MGASU, 2012. Pp. 269-276. (rus)
- [28]. Bondarenko V. M. Inzhenernye metody nelinejnoj teorii zhelezobetona [Engineering methods of non-linear theory of reinforced concrete]. Strojizdat, 1982. Pp. 287. (rus)
- [29]. Bilashova T.P. Volgodinskoe chtenie. 2012. №80. Pp. 94-96(rus)
- [30]. Pugachev S.S. Stroitel'stvo. 09.2014. Pp. 29-42. (rus)

- [27]. Митасов В.А., Адищев В.В., Писчкурова Н.С., Лагунова М.А. Трещинообразование в железобетонных конструкциях // Железобетонные конструкции: исследования, проектирование, методика преподавания. Сборник докладов научно-методической конференции. Москва. Издательство МГАСУ, 2012. С. 269-276.
- [28]. Бондаренко В. М. Инженерные методы нелинейной теории железобетона. М.: Стройиздат, 1982. С. 287.
- [29]. Биляшова Т.П. Проблемы гармонизации национальных норм и еврокодов в странах ЕС // Волгодонское чтение. 2012. №80. С. 94-96
- [30]. Пугачев С.С. Еврокоды в строительстве: как решить проблемы внедрения // Строительство. 09.2014. С. 29-42.

Назаров, М. А., Кицаев, М. Ю., Зимин, С. С., Методики расчета несущей способности по наклонным сечениям // Alfabuild. 2019. № 5 (12). С. 44-52.

Nazarov, Mikhail, Kitsaev, Maxim, Zimin, Sergej, Approaches to reinforced concrete beams shear performance. Alfabuild. 2019. 5 (12). Pp. 44-52. (rus)

Approaches to reinforced concrete beams shear performance

Mikhail Nazarov¹, Maxim Kitsaev², Sergej Zimin³.

¹⁻³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review article

Abstract

Practice shows that cracks are frequently formed beside reinforced concrete beam supports, and can be the cause of destruction on inclined sections. Cracks formation connected with principal tensile stresses. At the moment, acceptable in engineering practice methodology for inclined cracks analysis haven't been found. That is why different simplified approaches were introduced. This research was aimed to look through Russian and European construction regulations and find out, which method could be considered as more usable and completed. Calculations showed that both methodologies significantly underestimate load-carrying ability, but Russian approach allows to design more economic shear reinforcement. The same result was declared by other authors.

Keywords:

Building construction, reinforced concrete structures, transverse force, diagonal crack, load-carrying ability, methodology for structural analysis, construction regulations

¹ Corresponding author

1. +79119127004, mikenazarow@yandex.ru (Nazarov Mikhail, undergraduate)
2. +79817819014, mr.kitsaev@mail.ru (Kitsaev Maxim, undergraduate)
3. +7(921)3477701, zimin_sergei@mail.ru (Zimin Sergej, undergraduate)