

## К вопросу обследования консолей сборных железобетонных колонн при ошибках изготовления

*А.А. Иодчик, А.А. Чебровский.*

*Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск*

**Аннотация:** В работе приведены результаты обследования консолей сборных железобетонных колонн строящего производственного здания. Описаны последствия, возникающие при допущении ошибок во время изготовления колонн, а также методика расчета консоли. Обследование выполнялось с целью обнаружения положения арматуры в консолях железобетонных колонн. При выполнении обследования технического состояния ставились следующие задачи: определить фактическое состояние несущих конструкций, узлов их сопряжения на момент обследования, установить фактическое армирование конструкций, дать рекомендации по восстановлению (усилению) несущей способности консолей колонн.

**Ключевые слова:** обследование, несущая способность, колонна, бетон, арматура, усиление.

Известно, что большинство дефектов строительных конструкций вызывается недостаточностью надзора на всех этапах создания и эксплуатации их со стороны инженерно-технических работников всех уровней. Причиной появления дефектов является также незаинтересованность исполнителей в выпуске высококачественной продукции. Невысокая квалификация инженерно-технического персонала и рабочих приводит к тому, что они не в состоянии предвидеть последствия допускаемых дефектов [1].

В соответствии с техническим заданием было проведено обследование технического состояния консолей колонн с целью обнаружения положения арматуры в консолях железобетонных колонн (2 гнутых стержня диаметром 16мм класса А500С, соответствующие поз. 4 и поз. 5). Оценка технического состояния конструкций проводилась по ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» с применением отечественных методик, изложенных в [2-4] и зарубежных [5, 6]. Положение арматуры определялась методом неразрушающего ультразвукового контроля с применением Георадара "Бетоноскоп СК-2500".

Положение арматуры определялась магнитным методом неразрушающего контроля защитного слоя бетона ИПА-МГ4 с контрольным вскрытием защитного слоя бетона в местах расположения обследуемых стержней (рис. 1). Заказчиком была предоставлена документация с проектным армированием колонны и расположением закладных деталей (рис. 2).



Рис. 1. Фото одной из обследуемых консолей колонн

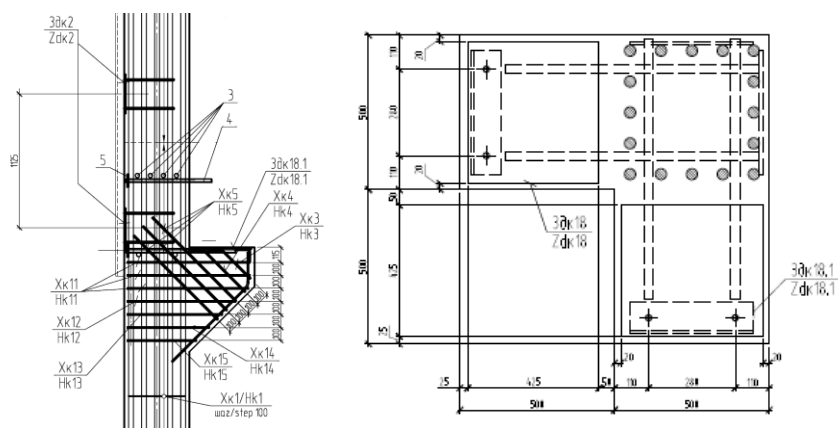


Рис. 2. Исходные данные с армированием консоли

Кроме того, бетон одной из консолей колонны был частично демонтирован для подтверждения месторасположения арматурных стержней, определенного прибором (рис. 3). По результатам обследования консолей железобетонных колонн в соответствии установлено следующее:



Рис. 3. Фото одной из обследуемых консолей колонн после частичного демонтажа бетона консоли

- сколы защитного слоя бетона в области закладных деталей консолей колонн для монтажа сборных железобетонных балок;

- установлены консоли колонн, в которых отсутствуют два гнутых арматурных стержня диаметром 16мм класса А500С (2 гнутых стержня диаметром 16мм класса А500С, соответствующие поз. 4 и поз. 5 проекта);

Таким образом, техническое состояние консолей железобетонных колонн объекта оценивается как недопустимое к эксплуатации.

Поверочный расчет коротких консолей выполнен на основании СП 63.13330.2018. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». При  $l_1 \leq 0,9h_0$  ( $500\text{мм} < 0,9 \cdot 770 = 693\text{мм}$  – консоль короткая) на действие поперечной силы для обеспечения прочности по наклонной сжатой полосе между грузом и опорой следует производить из условия (рис. 4):

$$Q \leq 0,8R_b b l_{sup} \sin^2 \theta (1 + 5 \alpha \mu_w),$$

в котором правая часть принимается не более  $3,5R_{bt}bh_0$  и не менее  $2,5R_{bt}bh_0$

В условии  $l_{sup}$  - длина площадки опирания нагрузки вдоль вылета консоли;  $\theta$  - угол наклона расчетной сжатой полосы к горизонтали, определяемый из уравнения  $(\sin^2 \theta) = \frac{h_0^2}{h_0^2 + l_1^2}$ ;  $\mu_w = \frac{A_{sw}}{b s_w}$  - коэффициент армирования хомутами, расположенными по высоте консоли;  $s_w$  - расстояние между хомутами, измеренное по нормали к ним.

При расчете учитывают горизонтальные и наклонные хомуты под углом не более  $45^\circ$  к горизонтали. Напряжение сжатия в местах передачи нагрузки на консоль должно быть не более расчетного сопротивления бетона смятию.

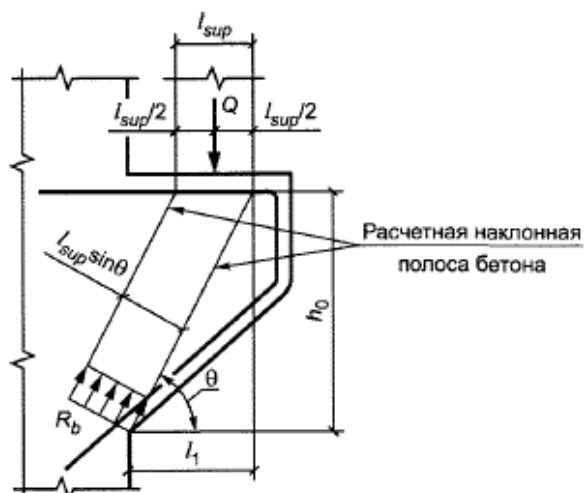


Рис. 4. Расчетная схема для короткой консоли при действии поперечной силы

При жестком соединении ригеля и колонны с замоноличиванием стыка и привариванием нижней арматуры ригеля к арматуре консоли через закладные детали продольная арматура консоли проверяется, исходя из условия:

$$Q \frac{l_1}{h_0} - N_s \leq R_s A_s.$$

При условии отсутствия 2 гнутых стержней диаметром 16мм класса А500С, соответствующие поз. 4 и поз. 5 проекта)  $A_s = 0 \text{ см}^2$ , тогда

$$Q = R_s A_s \left/ \frac{l_1}{h_0} - \frac{(l_{sup}/2 - a)}{h_{0b}} \right. = 0 \text{ кН}$$

С учетом рекомендаций [7, 8] по результатам обследования выполнено конечно-элементное моделирование конструкции железобетонной консоли колонны (рис. 5).

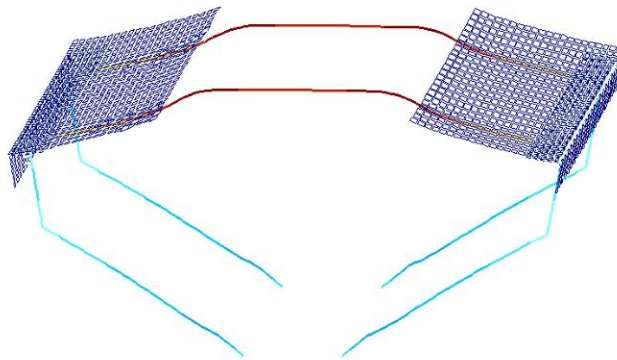


Рис. 5. Модель армирования железобетонной консоли колонны

Фактическое армирование консоли представлено на рис. 6. Потеря прочности консоли колонны составляет 100% по причине снижения общей площади поперечного сечения арматуры консоли (отсутствуют 2 гнутых стержня диаметром 16мм класса А500С, соответствующие поз. 4 и поз. 5 проекта).

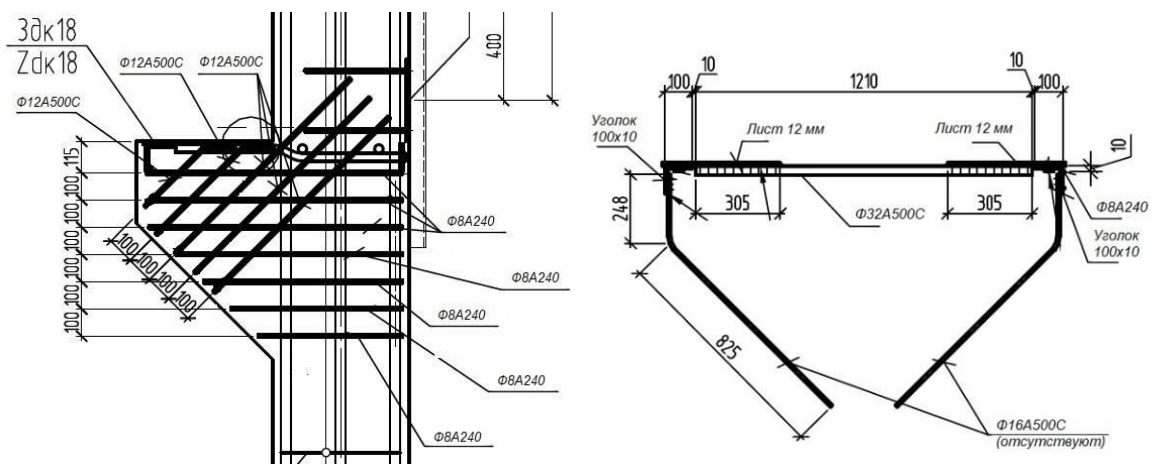


Рис. 6. Фактическое армирование консоли

**Закключение.** В результате выполненного обследования состояния конструкций консолей колонн сделаны следующие выводы:

- продольные стержни диаметром 32мм. Сварной шов между продольным стержнем и пластиной принят проектировщиком для обеспечения запаса прочности, но не подтверждён расчетом.

- фактическая длина сварного шва Н1-РШ продольных стержней с пластиной и уголком составляет не менее 4 диаметров. Поэтому фактический сварной шов соответствует требованиям ГОСТ 14098-2014 «Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций».

- гнутый продольный стержень из арматуры А500С диаметром 32мм применен только из конструктивных соображений для возможности пропуска противоположной пары стержней в других консолях. Применение не гнутых стержней также возможно.

- в проекте радиус загиба 112 мм принят для стержней диаметром 28мм. Продольное армирование же выполнено из арматуры 32мм, поэтому радиус загиба требуется 4диаметра или 128мм, а не 112мм.

Таким образом, с учетом мероприятий по обеспечению безопасных условий эксплуатации [9, 10], объект может быть допущен к продолжению строительного процесса и дальнейшей безопасной эксплуатации при условии выполнения рекомендаций по усилению конструкций консолей железобетонных колонн (рис. 7.).

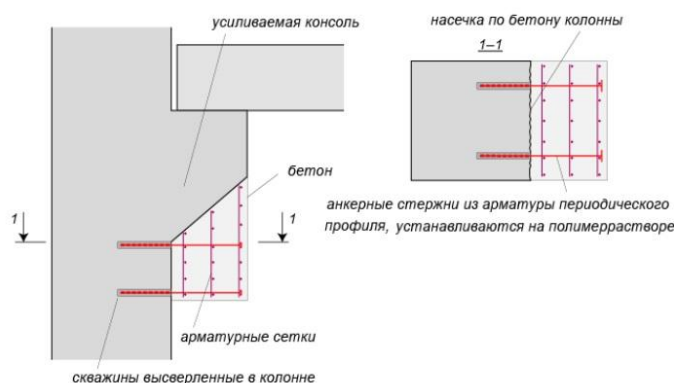


Рис. 7. Усиление консолей железобетонным наращиванием снизу



## Литература

1. Гроздов В. Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия. – СПб., 2007. – 137с.
2. Ермолов И. Н., Останин Ю. Я. Методы и средства неразрушающего контроля качества. М.: Высшая школа, 1988. 368 с.
3. Касымов К. С., Кубасов А. Ю. Обследование технического состояния сборных железобетонных колонн здания АБК хлопчатобумажного комбината в г. Шахты // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5692](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5692).
4. Шатилов Ю. Ю. Локализация дефектов железобетонной колонны при помощи методов вибрационной диагностики // Инженерный вестник Дона. – 2014. – №14. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2723](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2723).
5. Alsharqawi M. Condition assessment of concrete-made structures using ground penetrating radar // Automation in Construction. 2022. Volume 144. pp. 19-35.
6. Baloch W. Modern assessment techniques to evaluate concrete repairs // Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 2024, pp. 327-348.
7. Жуков А. Н. Результаты конечно-элементного моделирования конструкций восстановления работоспособности железобетонных консолей колонн // Молодой ученый. – 2013. – № 4. – С. 65-68.
8. Крысин Я. П., Биленко В. А. Расчет усиления консоли железобетонной колонны в ПК Лира САПР // Студенческий. – 2020. – № 42-1. – С. 18-21.
9. Нежданов К. К., Жуков А. Н., Булавенко В. О. Результаты экспериментального исследования по восстановлению работоспособности железобетонных консолей колонн теплоэлектростанции // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2012. – № 3. – С. 62-66.



10. Тюлюпин Е. В., Амелина О. С., Яковлев С. Г. Результаты технического обследования железобетонных колонн химического предприятия в городе Твери // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов : Сборник научных трудов: в 2 ч. / под ред. Т.Б. Новиченковой. Том Часть 1. – Тверь : Тверской государственный технический университет. – 2019. – С. 154-159.

### References

1. Grozdov V. T. Defekty stroitel'nyh konstrukcij i ih posledstviya [Defects of building structures and their consequences]. SPb., 2007. 137 p.
2. Ermolov I. N., Ostanin YU. YA. Metody i sredstva nerazrushayushchego kontrolya kachestva [Methods and means of non-destructive quality control]. M.: Vysshaya shkola, 1988. 368 p.
3. Kasymov K. S., Kubasov A. YU. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5692](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5692).
4. Shatilov YU. YU. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. №14. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2723](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2723).
5. Alsharqawi M. Automation in Construction. Volume 2022, 144. pp. 19-35.
6. Baloch W. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 2024, pp. 327-348.
7. Zhukov A. N. Molodoj uchenyj. 2013. № 4. pp. 65-68.
8. Krysin YA. P., Bilenko V. A. Studencheskij. 2020. № 42-1. pp. 18-21.
9. Nezhdanov K. K., Zhukov A. N., Bulavenko V. O. Akademicheskij vestnik UralNIiproekt RAASN. 2012. № 3. pp. 62-66.
10. Tyulyupin E. V., Amelina O. S., YAKovlev S. G. Teoreticheskie issledovaniya i eksperimental'nye razrabotki studentov i aspirantov. Tom CHast' 1. Tver': Tverskoj gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. 2019. pp. 154-159.

**Дата поступления: 26.05.2024**

**Дата публикации: 5.07.2024**