

Способ реконструкции ленточного фундамента путем добавления плит уширения

*А.О. Викторова, А.С. Афанасьев, Д.М. Муттагирова, Н.А. Гармаш,
Д.А. Дубинин.*

*Волгоградский государственный технический университет, институт
архитектуры и строительства*

Аннотация: При обнаружении дефектов в фундаменте уже построенного здания или при увеличении на него нагрузки, необходимо произвести его обследование, а при необходимости реконструкцию. Фундамент здания является несущей строительной конструкцией и от него напрямую зависит безопасность всего сооружения в целом, поэтому так важно вовремя произвести ремонт. В данной статье приводится один из применяемых в строительстве способов усиления ленточного фундамента путем добавления плит уширения.

Ключевые слова: ленточный фундамент, реконструкция, плиты уширения, усиление фундаментов, армирование, контрфорс.

В процессе эксплуатации уже построенного здания иногда возникает потребность в его мелком или капитальном ремонте, так как обеспечение надежности является важнейшим требованием, предъявляемым к конструкциям зданий и сооружений. Зачастую усиление фундамента требуется при возникновении его разрушения или при увеличении нагрузки на него.

При визуальном и инструментальном обнаружении различных дефектов (трещины, неравномерная осадка или искривление стен в вертикальной и горизонтальной плоскостях) необходимо сделать немедленное техническое обследование [1-2] всего здания в целом и произвести сбор исходных данных.

Прежде чем приступить к выполнению работ по усилению фундамента, необходимо установить причину повреждения и устранить её.

Причинами появления повреждений фундамента могут являться: слабое основание и карстовые пустоты в средней части здания, затопление подвала, распор стропильной системы, передача нагрузки от перекрытий с эксцентриситетом, сейсмические подвижки, сдвиг рядом расположенной

подпорной стенки и так далее.

Иногда бывает так, что по итогам проведенной экспертизы становится понятно, что несущая способность стен и уже существующего фундамента не выдержит увеличения нагрузки, т.е. нет возможности для увеличения этажности с опиранием на старое здание. Такая проблема возникает, например, при реконструкции зданий и сооружений, представляющих историческую и культурную ценность.

Произвести реконструкцию ленточного фундамента можно методом добавления плит уширения, который подходит при увеличении нагрузки и недостаточной несущей способности основания. Преимуществами данного способа перед другими являются: простота устройства усиления с технологической точки зрения, так как нет необходимости применения большого количества строительной техники; быстрота возведения; низкая материалоемкость в сравнении с методом усиления фундамента при помощи железобетонных обойм.

Стоит отметить, что этот способ усиления фундаментов не применяется при реконструкции высотных зданий, а значит, является распространенным решением в условиях застройки объектами малой и средней этажности.

Данным методом расчёта может воспользоваться квалифицированный специалист, не применяя при этом дорогостоящие расчётные программные комплексы.

Приведем расчёт усиления фундамента на основе уже полученных исходных данных.

Исходные данные для расчёта: действующая нагрузка, $N_1^H = 200$ кН/м; нагрузка после усиления $N_2^H = 420$ кН/м; высота фундамента, $H_\phi = 2$ м.

1. Определяем давление под подошвой для действующей нагрузки:

$$P = \frac{N_1^H}{b} + \gamma_{cp} \cdot H_{\phi} \leq RP = \left(\frac{200}{1.1} + 20 \cdot 2 \right) \cdot 10^{-3} = 0.22 \text{ МПа} \leq R = 0.25 \text{ МПа}$$

Определяем давление под подошвой [3] для новой нагрузки:

γ_{cp} —Удельный вес материала фундамента, равный 20 кН/м³.

$$P = \frac{N_2^H}{b} + \gamma_{cp} \cdot H_{\phi} \leq R; P = \left(\frac{420}{1.1} + 20 \cdot 2 \right) \cdot 10^{-3} = 0.42 \text{ МПа} > R = 0.23 \text{ МПа}$$

Так как $P > R$, то требуется усиление.

Определяем площадь фундамента до усиления:

$$F_{\phi} = b \cdot l = 1.1 \cdot 46 = 50.6 \text{ м}^2$$

Определяем площадь фундамента после усиления.

$$F_{\phi}' \cdot R = N_2^H \cdot l; F_{\phi}' = \frac{N_2^H \cdot l}{R} = \frac{420 \cdot 46}{0.23 \cdot 10^3} = 84 \text{ м}^2.$$

$$\Delta F = F_{\phi}' - F_{\phi} = 84 - 50.6 = 33.4 \text{ м}^2.$$

Принимаем 10 участков уширения: $l_{уш} = \frac{\Delta F}{10} = \frac{33.4}{10} = 3.34 \text{ м}$.

Принимаем $l_{уч,уш} = 3,5 \text{ м}$.

$$F_{уш} = l_{уч,уш} \cdot (0.5 + 0.5) = 3.5 \cdot (0.5 + 0.5) = 3.5 \text{ м}^2.$$

Расстояния между уширениями: $46 - 3.5 \cdot 10 = 11 \text{ м}$; $11/9 = 1.22 \text{ м}$.

Принимаем расстояние между уширениями 1.5 м.

$$1.5 \cdot 7 = 10.5 \text{ м}; 11 - 10.5 = 0.5 \text{ м}; 0.5/2 = 0.25 \text{ м}.$$

$$l_{ушир} = 2 + 0.25 = 2.25 \text{ м}.$$

На уширения устанавливаем два контрфорса (рисунки 1-3).

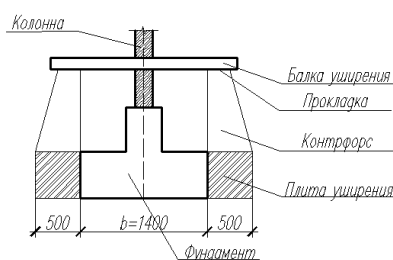


Рис. 1 - Схема фундамента после усиления

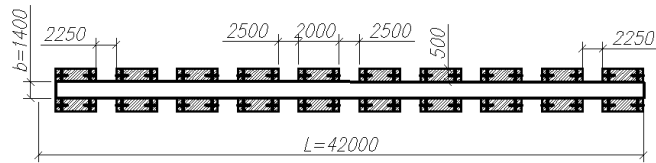


Рис. 2 – Расположение плит уширения

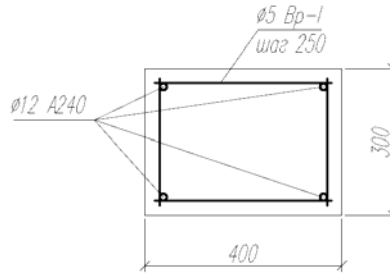


Рис. 3 - Армирование контрфорса

Принимаем процент армирования контрфорса 0,1% конструктивно.

$$A_s = \mu \cdot b \cdot h = 0.001 \cdot 30 \cdot 40 = 1.2 \text{ см}^2$$

Принимаем 4Ø12 – А240; $A_s = 4,52 \text{ см}^2$.

Давление от существующего фундамента составляет:

$$N = N_1^{\text{н}} \cdot l_{\text{ушир}} = 200 \cdot 2.25 = 450 \text{ кН.}$$

Общая площадь фундамента с уширением:

$$F_{\text{ф+уш}} = l_{\text{ушир}} \cdot b + l_{\text{уч.уш}} \cdot (0.5 + 0.5) = 2.25 \cdot 1.1 + 3.5 \cdot 1 = 5.975 \text{ м}^2$$

Среднее давление на грунт составляет:

$$P = \frac{N}{F_{\text{ф+уш}}} = \left(\frac{450}{5.975} \right) \cdot 10^{-3} = 0.075 \text{ МПа.}$$

Поскольку при снятии домкратов будут потери на необратимые деформации, давление под плитами при обжатии должно быть повышено [4-5] на 25 процентов: $P^{\text{н}} = P \cdot 1.25 = 0.075 \cdot 1.25 = 0.09 \text{ Мпа.}$

При обжатии плит каждого места уширения четырьмя домкратами (n), давление на один домкрат составит [6]:

$$P_d = \frac{(0.5+0.5) \cdot l_{уч\ уш} \cdot P^H}{n} = \frac{(0.5+0.5) \cdot 3.5 \cdot 0.09 \cdot 10^3}{2} = 165 \text{ кН.}$$

После надстройки давление на грунт составит:

$$P_{надс} = \frac{N_2^H \cdot l_{ушир}}{F_{ф+уш}} = \left(\frac{420 \cdot 2.25}{5.975} \right) \cdot 10^{-2} = 0.158 \text{ МПа} < R = 0.23 \text{ МПа.}$$

Выбранного усиления достаточно.

Расчетная нагрузка на фундамент:

$$N_2^{расч} = N_2^H \cdot \gamma_c = 420 \cdot 1.15 = 483 \text{ кН.}$$

Давление на грунт от расчетной нагрузки составит:

$$P_{расч} = \frac{N_2^{расч} \cdot l_{ушир}}{F_{ф+уш}} = \left(\frac{483 \cdot 2.25}{5.975} \right) \cdot 10^{-3} = 0.181 \text{ МПа.}$$

Ригели рассчитываем как консольные балки с нагрузкой на конце.

Нагрузка на каждый контрфорс составляет:

$$P = \frac{P_{расч} \cdot (a \cdot b)}{n} = \frac{0.181 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 3.5}{2} = 158.375 \text{ кН.}$$

$$M = P \cdot 0.75 = 158.375 \cdot 0.75 = 118.78 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Требуемый момент сопротивления сечения ригеля будет равным:

$$W = \frac{M}{R} = \frac{118.78}{250 \cdot 10^3} = 475.125 \text{ см}^3.$$

Принимаем два двутавра №33 $W=597,0 \text{ см}^3$.

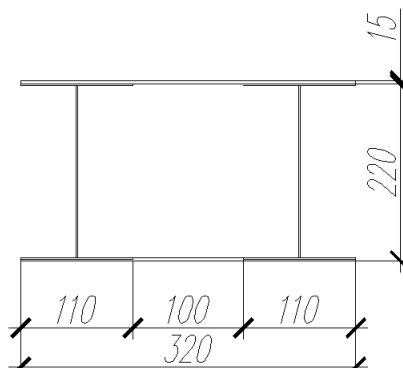


Рис. 4 - Сечение балки

2. Расчет на смятие кирпичной стены под ригелем.

$$N_c \leq \psi \cdot d \cdot R_c \cdot A_c, \text{ где}$$

N_c -продольная сжимающая сила от местной нагрузки; Ψ -коэффициент эпюры давления от местной нагрузки, при равномерно-распределенной равен [7-8] единице; R_c - Расчетное сопротивление [6] кладки на смятие; A_c - площадь смятия, на которую передается нагрузка.

$$N_c = P \cdot 2 = 158.375 \cdot 2 = 316.75 \text{ кН.}$$

$$R_c = \xi \cdot R = 1.71 \cdot 1.4 = 2.4 \text{ МПа.}$$

$$\xi = \sqrt[3]{\frac{A}{A_c}} \leq \xi_1 = 2, \text{ где } A - \text{ площадь сечения.}$$

$$A_c = 32 \cdot \delta_{\text{ст}} = 32 \cdot 64 = 2048 \text{ см}^2.$$

$$A = (32 + 2 \cdot \delta_{\text{ст}}) \cdot \delta_{\text{ст}} = (32 + 2 \cdot 64) \cdot 64 = 10240 \text{ см}^2.$$

$$\xi = \sqrt[3]{\frac{10240}{2048}} = 1.71 \leq 2.$$

$$d = 1.5 - 0.5 \cdot \psi = 1.5 - 0.5 \cdot 1 = 1.$$

$$N_c = 316.75 \text{ кН} \leq \psi \cdot d \cdot R_c \cdot A_c = 1 \cdot 1 \cdot 2.4 \cdot 10^3 \cdot 2048 \cdot 10^{-4} = 490.3 \text{ кН}$$

, условие выполняется.

3. Расчет фундаментной балки уширения.

Момент в пролете: $q_{\text{ф}} = P_{\text{расч}} \cdot b = 0.181 \cdot 10^3 \cdot 0.5 = 90.5 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$.

$$M_{\text{оп}} = \frac{q_{\text{ф}} \cdot l^2}{8} = \frac{90.5 \cdot 1.1^2}{8} = 13.7 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Ленточный фундамент выполнен из бетона класса В15 ($R_b=8.5$ МПа), класс арматуры А300 ($R_s=270$ МПа). Сечение уширения 50x30см.

Армирование в пролете:

$$h_0 = 300 - 40 = 260 \text{ мм.}$$

$$A_0 = \frac{M_{пр}}{R_b \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{13.7}{8.5 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 0.26^2} = 0.048$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot A_0} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0.048} = 0.048.$$

$$\eta = 1 - 0.5 \cdot \xi = 1 - 0.5 \cdot 0.048 = 0.975.$$

$$A_s = \frac{M_{пр}}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{13.7}{0.975 \cdot 0.26 \cdot 270 \cdot 10^3} = 2.00 \text{ см}^2$$

Принимаем 4 Ø8 А300, $A_s=2.01 \text{ см}^2$.

Каждый случай усиления фундамента является уникальным. Представленный вариант реконструкции здания повышает общую устойчивость основания за счет уменьшения удельного давления [9-10] на грунт и повышения общей жесткости сооружений.

Вышеизложенный пример расчёта реконструкции фундамента является широко применяемым в строительстве, так как не требует больших затрат временных и трудовых ресурсов. Также он является актуальным в условиях массового капитального ремонта зданий и сооружений, которые являются историческим и культурным наследием.

Литература

1. Дудина И.В., Корда Я.В. Особенности оценки надежности железобетонных конструкций. Братский государственный университет, 2014. 108 с.
2. Бойко М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение. 1975. 334 с.
3. Гура Т.А., Бирюкова А.О, Овсиенко Е.А. Деформация зданий и сооружений и порядок их. Молодой ученый №30 2016. 59 с.



4. Лыжненко К.Ю., Кубасов А.Ю., Маилян Д.Р. К вопросу восстановления экспериментальной надежности железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2017. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4422/.

5. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1994. 288 с.

6. Бабалич В.С., Вильгельм Ю.С., Власов В.Н. и др. Оценка эксплуатационной пригодности железобетонных подкрановых балок с аномальными повреждениями// Инженерный вестник Дона. 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5254

7. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций. - М.: Высшая школа, 2009. - 589 с.

8. Пильдяш М.Я. Поляков С.В. Каменные и армокаменные конструкции зданий. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. Москва 1955. 304 с.

9. Raizer V.D. Theory of Reliability in Structural Desing. – Journal of Applied Mechanics Reviews, USA, 2004. – Vol.57. – Nol. – pp. 1-21.

10. Raizer V.D. Reliability of Structures. Analysis and Applications, Backbone Publishing Company. – New York, USA, 2009. – 146 p.

References

1. Dudina I.V., Korda YA.V., Osobennosti ocenki nadezhnosti zhelezobetonnyh konstrukcij [Features of reliability assessment of reinforced concrete structures]. Bratskij gosudarstvennyj universitet, 2014. 108 p.

2. Bojko M.D. Diagnostika povrezhdenij i metody vosstanovlenija jekspluatacionnyh kachestv zdaniy [Damage diagnostics and restoration methods of building performance]. L.: Strojizdat, Leningradskoe otделение. 1975. 334 p.



3. Gura T.A., Biryukova A.O, Ovsienko E.A. Molodoj uchenyj №30 2016. 59 p.
4. Lyzhnenko K.Ju., Kubasov A.Ju., Mailjan D.R. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2017. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4422/.
5. Shpete G. Nadezhnost' nesushhih stroitel'nyh konstrukcij [Reliability of load-bearing building structures]. M.: Strojizdat, 1994. 288 p.
6. Babalich V.S., Vil'gel'm Ju.S, Vlasov V.N. i dr. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2018. №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5254
7. Bondarenko, V.M., Rimshin V.I. Primery rascheta zhelezobetonnyh i kamennyh konstrukcij [Examples of calculation of reinforced concrete and stone structures]. M.: Vysshaja shkola, 2009. 589 p.
8. Pil'dyash M.YA. Polyakov S.V. Kamennye i armokamennye konstrukcii zdaniy [Stone and armored building structures]. Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu i arhitekture. Moskva 1955. 304 p.
9. Raizer V.D. Journal of Applied Mechanics Reviews, USA, 2004. Vol.57. Nol. pp. 1-21.
10. Raizer V.D. Reliability of Structures. Analysis and Applications, Backbone Publishing Company. New York, USA, 2009. 146 p.