Содержание

Введение....2

1. Расчет плит перекрытия подвала без повреждения 3

1.1. Расчет плиты перекрытия подвала НРВ-58-12 без повреждения 3

1.2. Расчет плиты перекрытия подвала НРВ-58-18 без повреждения 6

2. Расчет плит перекрытия подвала с повреждениями....9

2.1. Расчет плиты перекрытия подвала НРВ-58-12 с повреждением 9

2.2. Расчет плиты перекрытия подвала НРВ-58-18 с повреждением 12

2.3. Дефицит армирования в верхней и нижней зоне для плит перекрытия подвала 15

2.4. Расчет углепластика по нижней поверхности плиты....16

3. Расчет плит перекрытия цокольного этажа без повреждения....17

3.1. Расчет плиты перекрытия цокольного этажа НВ-58-12 без повреждения....17

3.2. Расчет плиты перекрытия цокольного этажа НВ-58-18 без повреждения....20

4. Расчет плит перекрытия цокольного этажа с повреждениями 23

4.1. Расчет плиты перекрытия цокольного этажа НВ-58-12 с повреждением 23

4.2. Расчет плиты перекрытия цокольного этажа НВ-58-18 с повреждением 26

4.3. Дефицит армирования в верхней и нижней зоне для плит перекрытия цокольного этажа....29

4.4. Расчет углепластика по нижней поверхности плиты....30

Список использованных источников....31

Приложение №1 - Техническое задание 32

Введение

Девятиэтажное административное здание ОАО "Газпром" с цокольным этажом, подвалом и техническим этажом (10 этаж) в осях А-В/20-40' запроектировано 1972-1973 г.г. мастерскими №3 и № 15 Моспроекта-1, а построено в период 1983-1984 г. Здание каркасное сборное из пустотных железобетонных плит, уложенных по сборным железобетонным ригелям, которые опираются на скрытые консоли колонн с подрезкой сечения.

Данный проект по усилению ж.б. конструкций был разработан в связи с выполненными отверстиями в плитах перекрытия цокольного и подвального этажа, перегрузки ригелей. Усиление будет производится локально, расположение ж.б. конструкций подлежащих усилению см. в техническом задание.

Исходные данные:

- техническое задание на проектирование;

- технический отчет ГОУ ВПО Московский Государственный Строительный Университет по инженерному обследованию строительных конструкций и инженерных систем части здания в осях 20-40'/А-В по адресу: г. Москва, проспект Вернадского, д.41, строение 1.

1. Расчет плит перекрытия подвала без повреждения

Плиты перекрытия подвала выполнены из сборных пустотных железобетонных плит типа НРВ-58-12 и НРВ-58-18, с несущей способностью 1250 кг/м^2. Согласно техническому отчету прочностные характеристики плит соответствуют типовым альбомам. Собственный вес плит составляет: НРВ-58-12 - 2,5 т, НРВ-58-18 - 3,2 т. Линейная равномерно распределенная нагрузка для плит составляет: НРВ-58-12 - 1975 кг/м, НРВ-58-18 - 2857 кг/м.

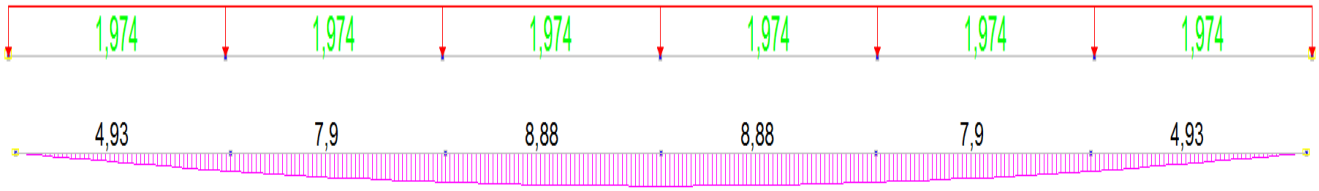

Рис. 1. Схема загружения и эпюра изгибающего момента плиты НРВ-58-12 (т и т·м)

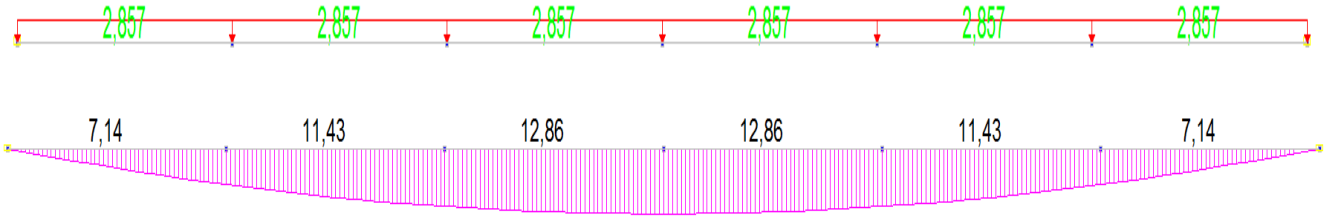

Рис. 2. Схема загружения и эпюра изгибающего момента плиты НРВ-58-18 (т и т·м)

1.1. Расчет плиты перекрытия подвала НРВ-58-12 без повреждения

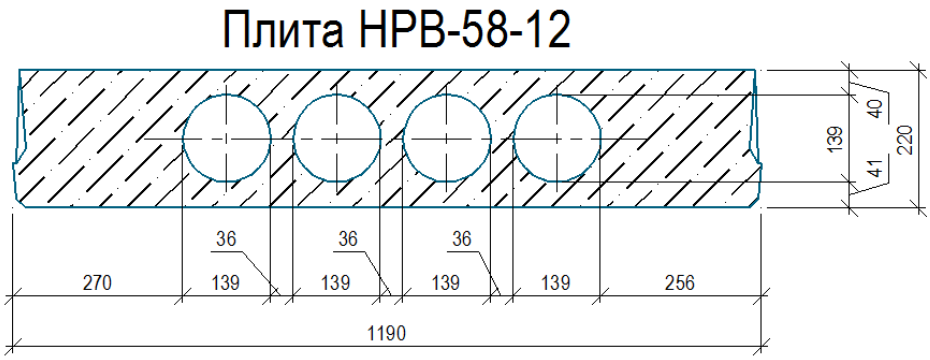

Рис. 3. Сечение плиты НРВ-58-12

Расчетное сечение пустотной плиты является двутавр.

Расчет ведется согласно п.3.17. [4].

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов

Исходные данные:

Арматура в растянутой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_s=	355	МПа	А400				
A_s=	301,8	мм²		(n=	6	Ø	8)
a_s=	30	мм					
E_s=	200000	МПа					

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s= 520 МПа A600(A-IV)

A_{sp}= 804,4 мм² (n= 4 ø 16)

a_p= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Бетон и геометрия:

R_b= 8,5 МПа B15

b= 614 мм

b_f'= 1170 мм

Ширина свеса в одну сторону:

$b_{свеса}$= 278 мм

h= 220 мм

h_f'= 40 мм

h_0= 190 мм

Коэффициенты:

а) γ_{b1} -для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений Rb иRbt и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

γ_{b1}=1 при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки

γ_{b1}=0,9 при продолжительном (длительном) действии нагрузки

γ_{b1}= 0,9

R_b= 7,65 МПа

Арматура в сжатой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_{sc}= 355 МПа A400

A_{sc}= 301,8 мм² (n= 6 ø 8)

a_s'= 30 мм

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s= 520 МПа A600(A-IV)

A_{sp}'= 0 мм² (n= 0 ø 8)

a_p'= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Расчет изгибаемого элемента таврового и двутаврового сечения:

1. Потери

σ_{sp}= 300 МПа

2. Находим значение ξ_R определяется по формуле:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+(\varepsilon_{s,el}/\varepsilon_{b2})}$$

где:

$\varepsilon_{s,el}$ -относительная деформация в арматуре растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой, при достижении в этой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению, определяется по формуле:

а) С условным пределом текучести:

$\varepsilon_{s,el}= \frac{R_s+400-\sigma_{sp}}{E_s}$

б) С физическим пределом текучести:

$\varepsilon_{s,el}= \frac{R_s-\sigma_{sp}}{E_s}$

$\varepsilon_{s,el}=$ 0,00110

ε_{b2} - предельная относительная деформация сжатого бетона, принимаемая равной 0,0035

$\xi_R=$ 0,61

3. Проверяем условие:

$\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s \leq R_b\cdot b_f'\cdot h_f'+R_{sc}\cdot A_{sc}+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'$

где:

γ_{s3} - коэффицент условия работы

$\gamma_{s3}= 1,25-0,25\cdot \frac{\xi}{\xi_R} \leq 1,1$

$\gamma_{s3}=$ 1

σ_{sc} - напряжение напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой от внешней нагрузки зоне;

$\sigma_{sc}=$ 400

525427 > 465159

Условие не выполняется следовательно граница сжатой зоны проходит в ребре.

4. Если граница сжатой зоны проходит в полке, то расчет производится как для прямоугольного сечения шириной b_f' в соответствии с указаниями п.3.12.

Расчет прямоугольных сечений производится в зависимости от относительной высоты сжатой зоны следующим образом:

$\xi_1= \frac{R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b\cdot h_0}$

$\xi_1=$ 0,246

$M \leq R_b\cdot b_f'\cdot x\cdot(h_0-0,5\cdot x)+R_{sc}\cdot A_{sc}\cdot(h_0-a_s')+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'\cdot(h_0-a_p')$

5. Если граница сжатой зоны проходит в ребре, то расчет производится следующим образом в зависимости от относительной высоты сжатой зоны, равной:

$\xi_1= \frac{R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_b\cdot A_{ov}-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b\cdot h_0}$

где:

A_{ov} - площадь сечения свесов сжатой полки, опред. по формуле:

$A_{ov}= (b_f'-b)\cdot h_f'$ $A_{ov}=$ 22240 мм²

$\xi_1=$ 0,1459 < 0,61

5.1. Если $\xi_1 \leq \xi_R$ то проверяется следующее условие

$M \leq R_b\cdot b\cdot x\cdot(h_0-0,5\cdot x)+R_b\cdot A_{0V}\cdot(h_0-0,5\cdot h_f')+R_{sc}\cdot A_{sc}\cdot(h_0-a_s')+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'\cdot(h_0-a_p')$

где:

$x= \frac{\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_b\cdot A_{ov}-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b}$

где:

$\gamma_{s3}= \frac{5\cdot\xi_R+\alpha_{ov}}{4\cdot\xi_R+\xi_1+\alpha_{ov}} \leq 1,1$

где:

$$\alpha_{ov}=\frac{R_b\cdot A_{ov}+R_{sc}\cdot A_s'+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'-R_s\cdot A_s}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

$\alpha_{ov}=$ 0,1906

$Y_{s3}=$ 1,16699

Принимаем $Y_{s3}=$ 1,1

x= 61,736 мм

89 < 92,2 кНм

Прочность сечения обеспечена

1.2. Расчет плиты перекрытия подвала НРВ-58-18 без повреждения

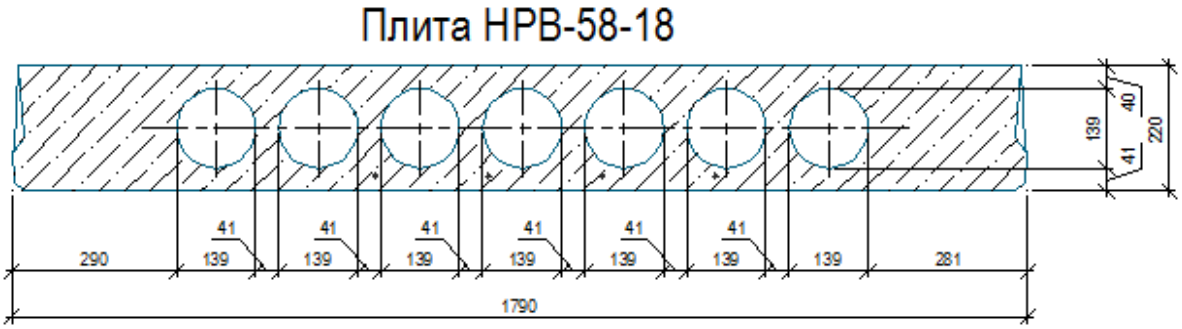

Рис. 4. Сечение плиты НРВ-58-18

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов

Исходные данные:

Арматура в растянутой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_s=	355	МПа	А400					
A_s=	628	мм²		(n=	8	ø	10	)
a_s=	30	мм						
E_s=	200000	МПа						

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s=	520	МПа	А600(А-IV)					
A_{sp}=	1018	мм²		(n=	4	ø	18	)
a_p=	40	мм						
E_s=	200000	МПа						

Бетон и геометрия:

R_b=	8,5	МПа	В15
b=	797	мм	
b_f'=	1770	мм	
h=	220	мм	
h_f'=	40	мм	
h_0=	190	мм	

Коэффициенты:

а) Y_{b1} -для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений Rb иRbt и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

Y_{b1}=1 при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки

γ_{b1}=0,9 при продолжительном (длительном) действии нагрузки

γ_{b1}= 0,9

R_b= 7,65 МПа

<u>Арматура в сжатой зоне:</u>

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_{sc}= 355 МПа A400

A_{sc}= 452,7 мм² (n= 9 ø 8)

a_s'= 30 мм

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s= 520 МПа A600(A-IV)

A_{sp}'= 0 мм² (n= 0 ø 8)

a_p'= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Расчет изгибаемого элемента таврового и двутаврового сечения:

1. Потери

σ_{sp}= 300 МПа

2. Находим значение ξ_R определяется по формуле:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+(\varepsilon_{s,el}/\varepsilon_{b2})}$$

где:

$\varepsilon_{s,el}$ -относительная деформация в арматуре растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой, при достижении в этой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению, определяется по формуле:

а) С условным пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s+400-\sigma_{sp}}{E_s}$$

б) С физическим пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s-\sigma_{sp}}{E_s}$$

$\varepsilon_{s,el}$= 0,00110

ε_{b2} - предельная относительная деформация сжатого бетона, принимаемая равной 0,0035

ξ_R= 0,61

3. Проверяем условие:

$$\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s \le R_b\cdot b_f'\cdot h_f'+R_{sc}\cdot A_{sc}+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'$$

где:

γ_{s3} - коэффицент условия работы

$$\gamma_{s3} = 1,25-0,25\cdot\frac{\xi}{\xi_R} \le 1,1$$

γ_{s3}= 1

σ_{sc} - напряжение напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой от внешней нагрузки зоне;

σ_{sc}= 400

752300 > 702328,5

Условие не выполняется следовательно граница сжатой зоны проходит в ребре.

4. Если граница сжатой зоны проходит в полке, то расчет производится как для прямоугольного сечения шириной b_f' в соответствии с указаниями п.3.12.

Расчет прямоугольных сечений производится в зависимости от относительной высоты сжатой зоны следующим образом:

$$\xi_1 = \frac{R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

$\xi_1 =$ 0,23

$M \leq R_b \cdot b_f' \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot (h_0 - a_s') + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' \cdot (h_0 - a_p')$

5. Если граница сжатой зоны проходит в ребре, то расчет производится следующим образом в зависимости от относительной высоты сжатой зоны, равной:

$$\xi_1 = \frac{R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_b \cdot A_{ov} - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

где:

A_{ov} - площадь сечения свесов сжатой полки, опред. по формуле:

$A_{ov} = (b_f' - b) \cdot h_f'$ $A_{ov} =$ 38920 мм²

$\xi_1 =$ 0,1142 < 0,61

5.1. Если $\xi_1 \leq \xi_R$ то проверяется следующее условие

$M \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot x) + R_b \cdot A_{0V} \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot h_f') + R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot (h_0 - a_s') + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' \cdot (h_0 - a_p')$

где:

$$x = \frac{\gamma_{s3} \cdot R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_b \cdot A_{ov} - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b}$$

где:

$$\gamma_{s3} = \frac{5 \cdot \xi_R + \alpha_{ov}}{4 \cdot \xi_R + \xi_1 + \alpha_{ov}} \leq 1{,}1$$

где:

$$\alpha_{ov} = \frac{R_b \cdot A_{ov} + R_{sc} \cdot A_s' + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' - R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

$\alpha_{ov} =$ 0,2033

$\gamma_{s3} =$ 1,17966

Принимаем $\gamma_{s3} =$ 1,1

$x =$ 56,878 мм

129 < 132,4 кНм

Прочность сечения обеспечена

2. Расчет плит перекрытия подвала с повреждениями

Поврежденные плиты указанны в техническом задание и отчете. Расчет для каждой плиты производился индивидуально с учетом изменения расчетного сечения и "выключенной" арматуры (т.е. R_s=0). В результате предварительного анализа плиты расчетное сечение которых повреждено более чем на 50% не нуждаются в расчете, т.к. их необходимо демонтировать и восстановить созданием монолитного участка. Данные плиты находятся в следующим осях и имеют маркировку на листе 3: В/29-30 (У.п.3); А-Б/35-36 (У.п.12); Б-В/35-36 (У.п.14 и У.п.15); А-Б/37-38 (У.п.18 и У.п.19); А-Б/38-39 (У.п.21); Б/39-40 (У.п.24); Б-В/39-40 (У.п.25 и У.п.26).

2.1. Расчет плиты перекрытия подвала НРВ-58-12 с повреждением

Расчет произведем для плиты находящейся в осях А-Б/29-30 (У.п.27).

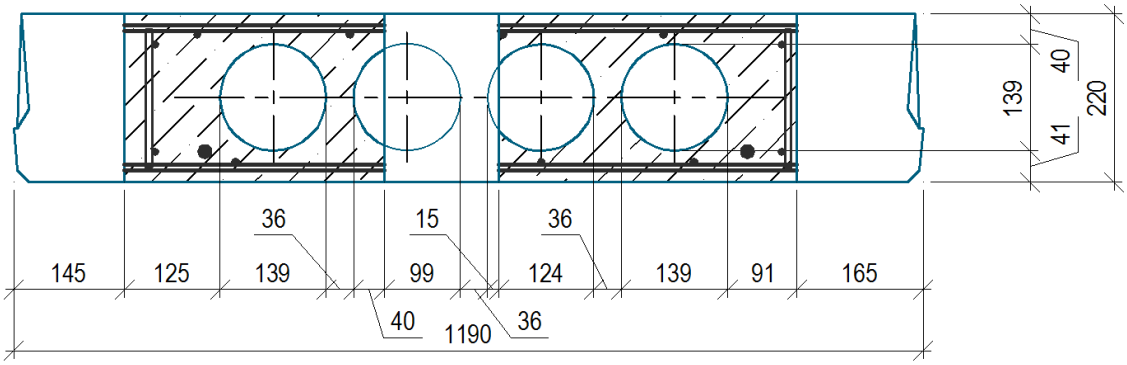

Рис. 5. Сечение плиты НРВ-58-12 с повреждением

Исходные данные:

Арматура в растянутой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_s=	355	МПа	А400				
A_s=	905,4	мм²		(n=	18	ø	8)
a_s=	30	мм		Дефицит 15 стержней диаметром 8			
E_s=	200000	МПа					

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s=	520	МПа	А600(А-IV)				
A_{sp}=	402,2	мм²		(n=	2	ø	16)
a_p=	40	мм					
E_s=	200000	МПа					

Бетон и геометрия:

R_b=	8,5	МПа	В15
b=	258	мм	
b_f'=	700	мм	
h=	220	мм	
h_f'=	40	мм	
h_0=	190	мм	

Коэффициенты:

а) γ_{b1} -для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям

сопротивлений Rb иRbt и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

γ_{b1}=1 при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки

γ_{b1}=0,9 при продолжительном (длительном) действии нагрузки

γ_{b1}= 0,9

R_b= 7,65 МПа

Арматура в сжатой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_{sc}= 355 МПа A400

A_{sc}= 855,1 мм² (n= 17 ø 8)

a_s'= 30 мм Дефицит 14 стержней диаметром 8

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s= 520 МПа A600(A-IV)

A_{sp}'= 0 мм² (n= 0 ø 8)

a_p'= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Расчет изгибаемого элемента таврового и двутаврового сечения:

1. Потери

σ_{sp}= 300 МПа

2. Находим значение ξ_R определяется по формуле:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+(\varepsilon_{s,el}/\varepsilon_{b2})}$$

где:

$\varepsilon_{s,el}$ -относительная деформация в арматуре растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой, при достижении в этой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению, определяется по формуле:

а) С условным пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s+400-\sigma_{sp}}{E_s}$$

б) С физическим пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s-\sigma_{sp}}{E_s}$$

$\varepsilon_{s,el}$= 0,00110

ε_{b2} - предельная относительная деформация сжатого бетона, принимаемая равной 0,0035

ξ_R= 0,61

3. Проверяем условие:

$$\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s \leq R_b\cdot b_f'\cdot h_f'+R_{sc}\cdot A_{sc}+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'$$

где:

γ_{s3} - коэффицент условия работы

$$\gamma_{s3} = 1,25-0,25\cdot\frac{\xi}{\xi_R} \leq 1,1$$

γ_{s3}= 1

σ_{sc} - напряжение напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой от внешней нагрузки зоне;

σ_{sc}= 400

530561 > 517760,5

Условие не выполняется следовательно граница сжатой зоны проходит в ребре.

4. Если гранца сжатой зоны проходит в полке, то расчет производится как для прямоугольного сечения шириной b_f' в соответствии с указаниями п.3.12.

Расчет прямоугольных сечений производится в зависимости от относительной высоты сжатой зоны следующим образом:

$$\xi_1 = \frac{R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

$\xi_1 =$ 0,2231

$M \leq R_b \cdot b_f' \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot (h_0 - a_s') + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' \cdot (h_0 - a_p')$

5. Если граница сжатой зоны проходит в ребре, то расчет производится следующим образом в зависимости от относительной высоты сжатой зоны, равной:

$$\xi_1 = \frac{R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_b \cdot A_{ov} - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

где:

A_{ov} - площадь сечения свесов сжатой полки, опред. по формуле:

$A_{ov} = (b_f' - b) \cdot h_f'$ $A_{ov} =$ 17680 мм²

$\xi_1 =$ 0,0902 < 0,61

5.1. Если $\xi_1 \leq \xi_R$ то проверяется следующее условие

$M \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot x) + R_b \cdot A_{0V} \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot h_f') + R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot (h_0 - a_s') + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' \cdot (h_0 - a_p')$

где:

$$x = \frac{\gamma_{s3} \cdot R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_b \cdot A_{ov} - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b}$$

где:

$$\gamma_{s3} = \frac{5 \cdot \xi_R + \alpha_{ov}}{4 \cdot \xi_R + \xi_1 + \alpha_{ov}} \leq 1{,}1$$

где:

$$\alpha_{ov} = \frac{R_b \cdot A_{ov} + R_{sc} \cdot A_s' + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' - R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

$\alpha_{ov} =$ 0,3131

$\gamma_{s3} =$ 1,18271

Принимаем $\gamma_{s3} =$ 1,1

$x =$ 57,082 мм

89 < 89,8 кНм

Прочность сечения обеспечена.

2.2. Расчет плиты перекрытия подвала НРВ-58-18 с повреждением

Расчет произведем для плиты находящейся в осях Б/25-26 (У.п.1).

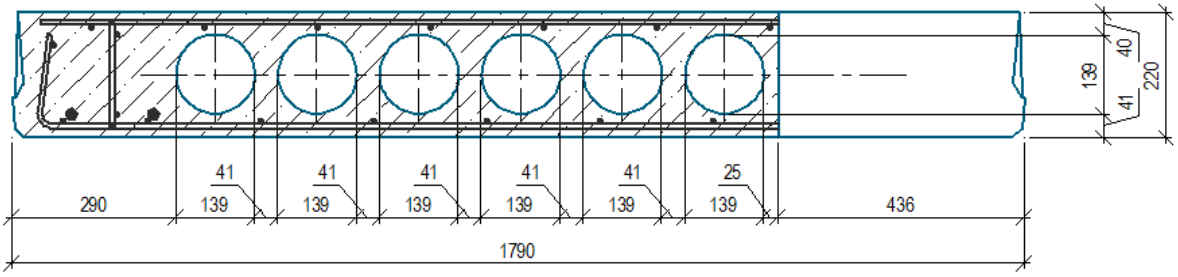

Рис. 6. Сечение плиты НРВ-58-18 с повреждением

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов

Исходные данные:

Арматура в растянутой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_s=	355	МПа	А400				
A_s=	1884	мм²		(n=	24	ø	10)
a_s=	30	мм		Дефицит 18 стержней диаметром 10			
E_s=	200000	МПа					

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s=	520	МПа	А600(А-IV)				
A_{sp}=	509	мм²		(n=	2	ø	18)
a_p=	40	мм					
E_s=	200000	МПа					

Бетон и геометрия:

R_b=	8,5	МПа	В15
b=	527	мм	
b_f'=	1350	мм	
h=	220	мм	
h_f'=	40	мм	
h_0=	190	мм	

Коэффициенты:

а) γ_{b1} -для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений Rb иRbt и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

γ_{b1}=1 при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки

γ_{b1}=0,9 при продолжительном (длительном) действии нагрузки

γ_{b1}= 0,9

R_b= 7,65 МПа

Арматура в сжатой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_{sc}=	355	МПа	А400				
A_{sc}=	352,1	мм²		(n=	7	ø	8)
a_s'=	30	мм					

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s=	520	МПа	А600(А-IV)

A_{sp}'= 0 мм² (n= 0 ø 8)

a_p'= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Расчет изгибаемого элемента таврового и двутаврового сечения:

1. Потери

σ_{sp}= 300 МПа

2. Находим значение ξ_R определяется по формуле:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+(\varepsilon_{s,el}/\varepsilon_{b2})}$$

где:

$\varepsilon_{s,el}$ -относительная деформация в арматуре растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой, при достижении в этой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению, определяется по формуле:

а) С условным пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s+400-\sigma_{sp}}{E_s}$$

б) С физическим пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s-\sigma_{sp}}{E_s}$$

$\varepsilon_{s,el}$= 0,00110

ε_{b2} - предельная относительная деформация сжатого бетона, принимаемая равной 0,0035

ξ_R= 0,61

3. Проверяем условие:

$$\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s \le R_b\cdot b_f'\cdot h_f'+R_{sc}\cdot A_{sc}+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'$$

где:

γ_{s3} - коэффицент условия работы

$$\gamma_{s3} = 1,25-0,25\cdot\frac{\xi}{\xi_R} \le 1,1$$

γ_{s3}= 1

σ_{sc} - напряжение напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой от внешней нагрузки зоне;

σ_{sc}= 400

933500 > 538095,5

Условие не выполняется следовательно граница сжатой зоны проходит в ребре.

4. Если граница сжатой зоны проходит в полке, то расчет производится как для прямоугольного сечения шириной b_f' в соответствии с указаниями п.3.12.

Расчет прямоугольных сечений производится в зависимости от относительной высоты сжатой зоны следующим образом:

$$\xi_1 = \frac{R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

ξ_1= 0,412

$$M \le R_b\cdot b_f'\cdot x\cdot(h_0-0,5\cdot x)+R_{sc}\cdot A_{sc}\cdot(h_0-a_s')+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'\cdot(h_0-a_p')$$

5. Если граница сжатой зоны проходит в ребре, то расчет производится следующим образом в зависимости от относительной высоты сжатой зоны, равной:

$$\xi_1 = \frac{R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_b\cdot A_{ov}-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

где:

A_{ov} - площадь сечения свесов сжатой полки, опред. по формуле:

$A_{ov}=(b_f'-b)\cdot h_f'$ $A_{ov}=$ 32920 мм²

$\xi_1=$ 0,2837 < 0,61

5.1. Если $\xi_1 \le \xi_R$ то проверяется следующее условие

$M \le R_b\cdot b\cdot x\cdot(h_0-0,5\cdot x)+R_b\cdot A_{0V}\cdot(h_0-0,5\cdot h_f')+R_{sc}\cdot A_{sc}\cdot(h_0-a_s')+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'\cdot(h_0-a_p')$

где:

$$x=\frac{\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_b\cdot A_{ov}-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b}$$

где:

$$\gamma_{s3}=\frac{5\cdot\xi_R+\alpha_{ov}}{4\cdot\xi_R+\xi_1+\alpha_{ov}} \le 1,1$$

где:

$$\alpha_{ov}=\frac{R_b\cdot A_{ov}+R_{sc}\cdot A_s'+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'-R_s\cdot A_s}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

$\alpha_{ov}=$ -0,3812

$\gamma_{s3}=$ 1,13905

Принимаем $\gamma_{s3}=$ 1,1

$x=$ 144,64 мм

129 < 131,4 кНм

Прочность сечения обеспечена.

Взам. инв. N'	
Подпись и дата	
Инв. N' подл.	

Изм.	Кол.	Лист	N'док	Подпись	Дата	СД-15-11-12-КР	Лист 14

2.3. Дефицит армирования в верхней и нижней зоне для плит перекрытия подвала

У.п.1: • нижней зоне - 18Ø10=1413мм^2.

У.п.2: • нижней зоне - 12Ø8=604мм^2.

У.п.4: • нижней зоне - 14Ø10=1099мм^2.

У.п.6: • нижней зоне - 15Ø10=1177,5мм^2.

У.п.8: • нижней зоне - 11Ø10=863,5мм^2.

У.п.11: • нижней зоне - 10Ø8=503мм^2.

У.п.13: • нижней зоне - 16Ø8=804,8мм^2.

• верней зоне - 8Ø8=402,4мм^2.

У.п.16: • нижней зоне - 17Ø8=855,1мм^2.

• верней зоне - 9Ø8=452,7мм^2.

У.п.17: • нижней зоне - 21Ø8=1056,3мм^2.

У.п.20: • нижней зоне - 16Ø8=804,8мм^2.

• верней зоне - 12Ø8=604мм^2.

У.п.22: • нижней зоне - 17Ø8=855,1мм^2.

• верней зоне - 17Ø8=855,1мм^2.

У.п.23: • нижней зоне - 17Ø8=855,1мм^2.

У.п.27: • нижней зоне - 15Ø8=754,5мм^2.

• верней зоне - 14Ø8=704,2мм^2.

У.п.28: • нижней зоне - 11Ø10=863,5мм^2.

У.п.29: • нижней зоне - 21Ø8=1056,3мм^2.

2.4. Расчет углепластика по нижней поверхности плиты

Основная концепция усиления сборных пустотных железобетонных плит принята наклейкой в продольном направление углепластикового ламината и наклейкой углепластикового-холста в поперечном направление. Расчет произведем для плиты находящейся в осях Б/25-26 (У.п.1).

Для определения необходимой площади углепластикового ламината в продольном направление используют следующую формулу:

$$A_f = \frac{R_s \cdot A_{s,def} \cdot E_f}{R_f \cdot E_s}$$

где:

R_s - расчетное сопротивление арматуры растяжению, для А400 = 355МПа;

E_f - модуль упругости композитного материала, 165 000МПа согласно[6];

$A_{s,def}$ - недостающая площадь продольной арматуры, 18Ø10=1413мм^2;

E_s - модуль упругости арматуры, 200 000МПа;

R_f - расчетное сопротивление растяжению композиционного материала, определяется по следующей формуле:

$$R_f = \frac{\gamma_{f1} \cdot \gamma_{f2} \cdot R_{f,n}}{\gamma_f}$$

где:

$R_{f,n}$ - нормативное сопротивление растяжению композиционного материала, 2800МПА согласно [6];

γ_f - коэффициент надежности по композиционному материалу, для ламинатов 1,1;

γ_{f1} - коэффициент условия работы композиционного материала зависит от условия эксплуатации конструкции и материла волокон, 0,95;

γ_{f2} - коэффициент условия работы композиционного материала, учитывающий сцепление композитного материала с бетоном, определяемый по п. 7.1. [6] и равный 0,446 для одного слоя;

Следовательно R_f = 1079 МПа.

Требуемая площадь $A_{f,тр}$=383,5 мм^2.

<u>Принимаем 1 слой, толщиной t_f =1,2 мм и шириной b_f =4·100=400 мм, т.е. A_f =480,0 мм^2.</u>

3. Расчет плит перекрытия цокольного этажа без повреждения

Плиты перекрытия цокольного этажа выполнены из сборных пустотных железобетонных плит типа НВ-58-12 и НВ-58-18, с несущей способностью 1250 кг/м^2. Данные для расчета и аналогию см. в п. 1.

3.1. Расчет плиты перекрытия цокольного этажа НВ-58-12 без повреждения

Плита НВ-58-12

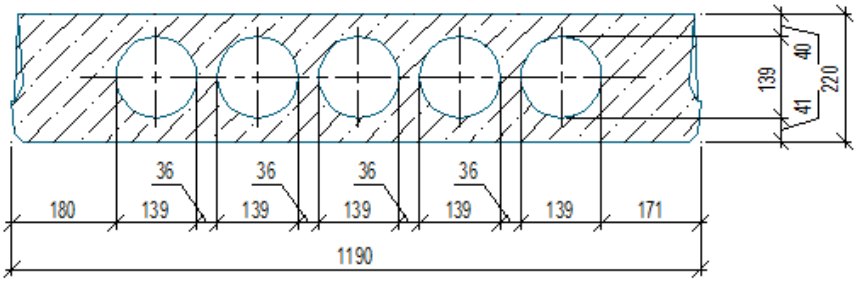

Рис. 7. Сечение плиты НВ-58-12

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов

Исходные данные:

Арматура в растянутой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_s=	355	МПа	А400					
A_s=	904,8	мм²		(n=	8	ø	12	)
a_s=	30	мм						
E_s=	200000	МПа						

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s=	520	МПа	А600(А-IV)					
A_{sp}=	452,4	мм²		(n=	4	ø	12	)
a_p=	40	мм						
E_s=	200000	МПа						

Бетон и геометрия:

R_b=	8,5	МПа	В15
b=	475	мм	
b_f'=	1170	мм	
h=	220	мм	
h_f'=	40	мм	
h_0=	190	мм	

Коэффициенты:

а) γ_{b1} -для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений Rb иRbt и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

γ_{b1}=1 при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки

γ_{b1}=0,9 при продолжительном (длительном) действии нагрузки

γ_{b1}= 0,9

R_b= 7,65 МПа

Арматура в сжатой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_{sc}= 355 МПа A400

A_{sc}= 301,8 мм² (n= 6 ∅ 8)

a_s'= 30 мм

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s= 520 МПа A600(A-IV)

A_{sp}'= 0 мм² (n= 0 ∅ 8)

a_p'= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Расчет изгибаемого элемента таврового и двутаврового сечения:

1. Потери

σ_{sp}= 300 МПа

2. Находим значение ξ_R определяется по формуле:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+(\varepsilon_{s,el}/\varepsilon_{b2})}$$

где:

$\varepsilon_{s,el}$ -относительная деформация в арматуре растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой, при достижении в этой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению, определяется по формуле:

а) С условным пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s+400-\sigma_{sp}}{E_s}$$

б) С физическим пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s-\sigma_{sp}}{E_s}$$

$\varepsilon_{s,el}$= 0,00110

ε_{b2} - предельная относительная деформация сжатого бетона, принимаемая равной 0,0035

ξ_R= 0,61

3. Проверяем условие:

$$\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s \le R_b\cdot b_f'\cdot h_f'+R_{sc}\cdot A_{sc}+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'$$

где:

γ_{s3} - коэффицент условия работы

$$\gamma_{s3} = 1,25-0,25\cdot\frac{\xi}{\xi_R} \le 1,1$$

γ_{s3}= 1

σ_{sc} - напряжение напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой от внешней нагрузки зоне;

σ_{sc}= 400

556452 > 465159

Условие не выполняется следовательно граница сжатой зоны проходит в ребре.

4. Если граница сжатой зоны проходит в полке, то расчет производится как для прямоугольного сечения шириной b_f' в соответствии с указаниями п.3.12.

Расчет прямоугольных сечений производится в зависимости от относительной высоты сжатой зоны следующим образом:

$$\xi_1 = \frac{R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

$\xi_1 =$ 0,2642

$M \leq R_b \cdot b_f' \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot (h_0 - a_s') + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' \cdot (h_0 - a_p')$

5. Если граница сжатой зоны проходит в ребре, то расчет производится следующим образом в зависимости от относительной высоты сжатой зоны, равной:

$$\xi_1 = \frac{R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_b \cdot A_{ov} - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

где:

A_{ov} - площадь сечения свесов сжатой полки, опред. по формуле:

$A_{ov} = (b_f' - b) \cdot h_f'$ $A_{ov} =$ 27800 мм²

$\xi_1 =$ 0,1392 < 0,61

5.1. Если $\xi_1 \leq \xi_R$ то проверяется следующее условие

$M \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot x) + R_b \cdot A_{0V} \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot h_f') + R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot (h_0 - a_s') + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' \cdot (h_0 - a_p')$

где:

$$x = \frac{\gamma_{s3} \cdot R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_b \cdot A_{ov} - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b}$$

где:

$$\gamma_{s3} = \frac{5 \cdot \xi_R + \alpha_{ov}}{4 \cdot \xi_R + \xi_1 + \alpha_{ov}} \leq 1{,}1$$

где:

$$\alpha_{ov} = \frac{R_b \cdot A_{ov} + R_{sc} \cdot A_s' + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' - R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

$\alpha_{ov} =$ -0,002

$\gamma_{s3} =$ 1,18257

Принимаем $\gamma_{s3} =$ 1,1

$x =$ 71,598 мм

89 < 93,4 кНм

Прочность сечения обеспечена

3.2. Расчет плиты перекрытия цокольного этажа НВ-58-18 без повреждения

Плита НВ-58-18

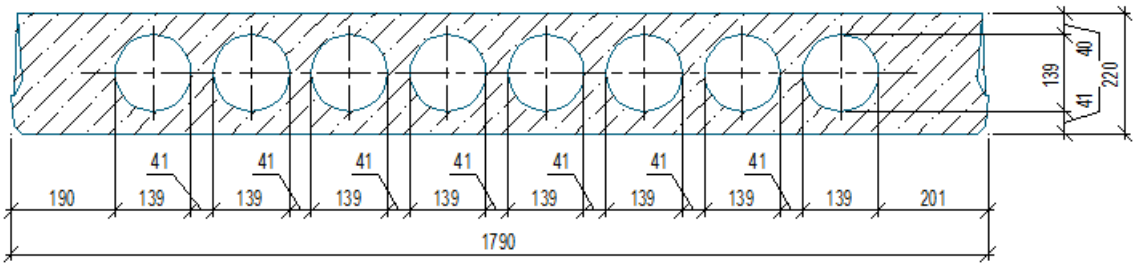

Рис. 8. Сечение плиты НВ-58-18

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов

Исходные данные:

Арматура в растянутой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_s=	355	МПа	A400					
A_s=	402,4	мм²		(n=	8	ø	8	)
a_s=	30	мм						
E_s=	200000	МПа						

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s=	520	МПа	A600(A-IV)					
A_{sp}=	1608,8	мм²		(n=	8	ø	16	)
a_p=	40	мм						
E_s=	200000	МПа						

Бетон и геометрия:

R_b=	8,5	МПа	B15
b=	658	мм	
b_f'=	1770	мм	
h=	220	мм	
h_f'=	40	мм	
h_0=	190	мм	

Коэффициенты:

а) γ_{b1} -для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений Rb и Rbt и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

γ_{b1}=1 при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки

γ_{b1}=0,9 при продолжительном (длительном) действии нагрузки

γ_{b1}= 0,9

R_b= 7,65 МПа

Арматура в сжатой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_{sc}=	355	МПа	A400					
A_{sc}=	402,4	мм²		(n=	8	ø	8	)
a_s'=	30	мм						

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s=	520	МПа	A600(A-IV)					
A_{sp}'=	0	мм²		(n=	0	ø	8	)

a_p'= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Расчет изгибаемого элемента таврового и двутаврового сечения:

1. Потери

σ_{sp}= 300 МПа

2. Находим значение ξ_R определяется по формуле:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+(\varepsilon_{s,el}/\varepsilon_{b2})}$$

где:

$\varepsilon_{s,el}$ -относительная деформация в арматуре растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой, при достижении в этой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению, определяется по формуле:

а) С условным пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s+400-\sigma_{sp}}{E_s}$$

б) С физическим пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s-\sigma_{sp}}{E_s}$$

$\varepsilon_{s,el}$= 0,00110

ε_{b2} - предельная относительная деформация сжатого бетона, принимаемая равной 0,0035

ξ_R= 0,61

3. Проверяем условие:

$$\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s \le R_b\cdot b_f'\cdot h_f'+R_{sc}\cdot A_{sc}+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'$$

где:

γ_{s3} - коэффицент условия работы

$$\gamma_{s3} = 1,25-0,25\cdot\frac{\xi}{\xi_R} \le 1,1$$

γ_{s3}= 1

σ_{sc} - напряжение напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой от внешней нагрузки зоне;

σ_{sc}= 400

979428 > 684472

Условие не выполняется следовательно граница сжатой зоны проходит в ребре.

4. Если граница сжатой зоны проходит в полке, то расчет производится как для прямоугольного сечения шириной b_f' в соответствии с указаниями п.3.12.

Расчет прямоугольных сечений производится в зависимости от относительной высоты сжатой зоны следующим образом:

$$\xi_1 = \frac{R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

ξ_1= 0,3252

$$M \le R_b\cdot b_f'\cdot x\cdot(h_0-0,5\cdot x)+R_{sc}\cdot A_{sc}\cdot(h_0-a_s')+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'\cdot(h_0-a_p')$$

5. Если граница сжатой зоны проходит в ребре, то расчет производится следующим образом в зависимости от относительной высоты сжатой зоны, равной:

$$\xi_1 = \frac{R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_b\cdot A_{ov}-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

где:

A_{ov} - площадь сечения свесов сжатой полки, опред. по формуле:

$A_{ov}=(b_f'-b)\cdot h_f'$ $A_{ov}=$ 44480 мм²

$\xi_1=$ 0,1929 < 0,61

5.1. Если $\xi_1 \le \xi_R$ то проверяется следующее условие

$M \le R_b\cdot b\cdot x\cdot(h_0-0,5\cdot x)+R_b\cdot A_{0V}\cdot(h_0-0,5\cdot h_f')+R_{sc}\cdot A_{sc}\cdot(h_0-a_s')+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'\cdot(h_0-a_p')$

где:

$$x=\frac{\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_b\cdot A_{ov}-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b}$$

где:

$$\gamma_{s3}=\frac{5\cdot\xi_R+\alpha_{ov}}{4\cdot\xi_R+\xi_1+\alpha_{ov}} \le 1,1$$

где:

$$\alpha_{ov}=\frac{R_b\cdot A_{ov}+R_{sc}\cdot A_s'+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'-R_s\cdot A_s}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

$\alpha_{ov}=$ 0,3558

$\gamma_{s3}=$ 1,13936

Принимаем $\gamma_{s3}=$ 1,1

$x=$ 115,22 мм

129 < 157,5 кНм

Прочность сечения обеспечена.

4. Расчет плит перекрытия цокольного этажа с повреждениями

Поврежденные плиты указанны в техническом задание и отчете. Расчет для каждой плиты производился индивидуально с учетом изменения расчетного сечения и "выключенной" арматуры (т.е. R_s=0). В результате предварительного анализа плиты расчетное сечение которых повреждено более чем на 50% не нуждаются в расчете, т.к. их необходимо демонтировать и восстановить созданием монолитного участка. Данные плиты находятся в следующим осях и имеют маркировку на листе 4: 20-21/А-Б (У.п.30); 23-24/Б-В (У.п.33); 27-28/Б (У.п.37); 39-40/А-Б (У.п.45); 39-40/Б (У.п.46); 39-40/В (У.п.49).

4.1. Расчет плиты перекрытия цокольного этажа НВ-58-12 с повреждением

Расчет произведем для плиты находящейся в осях 39-40/А (У.п.44).

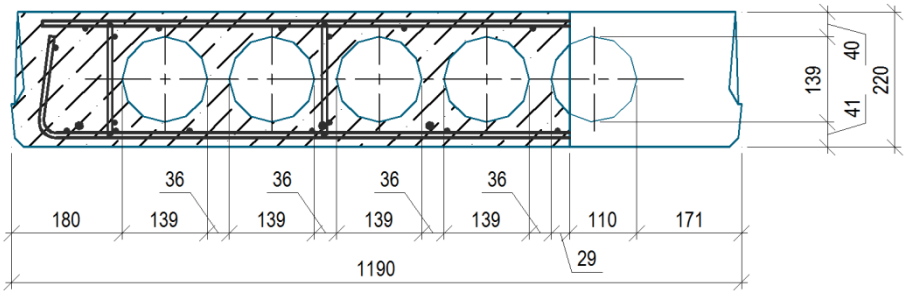

Рис. 9. Сечение плиты НВ-58-12 с повреждением

Исходные данные:

Арматура в растянутой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_s=	355	МПа	А400					
A_s=	1696,5	мм²		(n=	15	ø	12	)
a_s=	30	мм		Дефицит 9 стержней дитаметром 12				
E_s=	200000	МПа						

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s=	520	МПа	А600(А-IV)					
A_{sp}=	339,3	мм²		(n=	3	ø	12	)
a_p=	40	мм						
E_s=	200000	МПа						

Бетон и геометрия:

R_b=	8,5	МПа	В15
b=	375	мм	
b_f'=	970	мм	
h=	220	мм	
h_f'=	40	мм	
h_0=	190	мм	

Коэффициенты:

а) γ_{b1} -для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений Rb иRbt и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

γ_{b1}=1 при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки

γ_{b1}=0,9 при продолжительном (длительном) действии нагрузки

γ_{b1}= 0,9

R_b= 7,65 МПа

<u>Арматура в сжатой зоне:</u>

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_{sc}= 355 МПа A400

A_{sc}= 251,5 мм² (n= 5 ø 8)

a_s'= 30 мм

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s= 520 МПа A600(A-IV)

A_{sp}'= 0 мм² (n= 0 ø 8)

a_p'= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Расчет изгибаемого элемента таврового и двутаврового сечения:

1. Потери

σ_{sp}= 300 МПа

2. Находим значение ξ_R определяется по формуле:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+(\varepsilon_{s,el}/\varepsilon_{b2})}$$

где:

$\varepsilon_{s,el}$ -относительная деформация в арматуре растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой, при достижении в этой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению, определяется по формуле:

а) С условным пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s+400-\sigma_{sp}}{E_s}$$

б) С физическим пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s-\sigma_{sp}}{E_s}$$

$\varepsilon_{s,el}$= 0,00110

ε_{b2} - предельная относительная деформация сжатого бетона, принимаемая равной 0,0035

ξ_R= 0,61

3. Проверяем условие:

$$\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s \le R_b\cdot b_f'\cdot h_f'+R_{sc}\cdot A_{sc}+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'$$

где:

γ_{s3} - коэффицент условия работы

$$\gamma_{s3} = 1,25-0,25\cdot\frac{\xi}{\xi_R} \le 1,1$$

γ_{s3}= 1

σ_{sc} - напряжение напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой от внешней нагрузки зоне;

σ_{sc}= 400

778693,5 > 386102,5

Условие не выполняется следовательно граница сжатой зоны проходит в ребре.

4. Если гранца сжатой зоны проходит в полке, то расчет производится как для прямоугольного сечения шириной b_f' в соответствии с указаниями п.3.12.

Расчет прямоугольных сечений производится в зависимости от относительной высоты сжатой зоны следующим образом:

$$\xi_1 = \frac{R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

$\xi_1 =$ 0,489

$M \leq R_b \cdot b_f' \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot (h_0 - a_s') + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' \cdot (h_0 - a_p')$

5. Если граница сжатой зоны проходит в ребре, то расчет производится следующим образом в зависимости от относительной высоты сжатой зоны, равной:

$$\xi_1 = \frac{R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_b \cdot A_{ov} - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

где:

A_{ov} - площадь сечения свесов сжатой полки, опред. по формуле:

$A_{ov} = (b_f' - b) \cdot h_f'$ $A_{ov} =$ 23800 мм²

$\xi_1 =$ 0,3598 < 0,61

5.1. Если $\xi_1 \leq \xi_R$ то проверяется следующее условие

$M \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot x) + R_b \cdot A_{0V} \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot h_f') + R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot (h_0 - a_s') + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' \cdot (h_0 - a_p')$

где:

$$x = \frac{\gamma_{s3} \cdot R_s \cdot A_{sp} + R_s \cdot A_s - R_b \cdot A_{ov} - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{sc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b}$$

где:

$$\gamma_{s3} = \frac{5 \cdot \xi_R + \alpha_{ov}}{4 \cdot \xi_R + \xi_1 + \alpha_{ov}} \leq 1{,}1$$

где:

$$\alpha_{ov} = \frac{R_b \cdot A_{ov} + R_{sc} \cdot A_s' + \sigma_{sc} \cdot A_{sp}' - R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

$\alpha_{ov} =$ -0,6071

$\gamma_{s3} =$ 1,11376

Принимаем $\gamma_{s3} =$ 1,1

$x =$ 183 мм

89 < 96,9 кНм

Прочность сечения обеспечена.

4.2. Расчет плиты перекрытия цокольного этажа НВ-58-18 с повреждением

Расчет произведем для плиты находящейся в осях 29-30/Б-В (У.п.41).

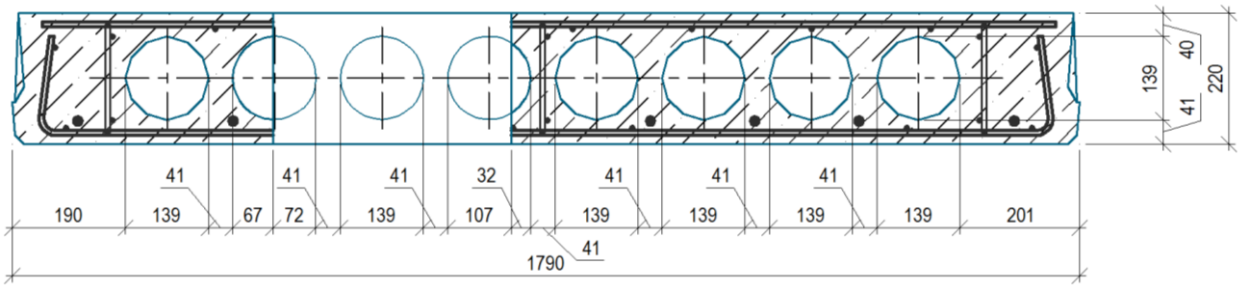

Рис. 10. Сечение плиты НВ-58-18 с повреждением

Исходные данные:

Арматура в растянутой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_s= 355 МПа A400

A_s= 1006 мм² (n= 20 ø 8)

a_s= 30 мм Дефицит 16 стрежней диаметром 8

E_s= 200000 МПа

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s= 520 МПа A600(A-IV)

A_{sp}= 1206,6 мм² (n= 6 ø 16)

a_p= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Бетон и геометрия:

R_b= 8,5 МПа B15

b= 586 мм

b_f'= 1370 мм

h= 220 мм

h_f'= 40 мм

h_0= 190 мм

Коэффициенты:

а) γ_{b1} -для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений Rb иRbt и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

γ_{b1}=1 при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки

γ_{b1}=0,9 при продолжительном (длительном) действии нагрузки

γ_{b1}= 0,9

R_b= 7,65 МПа

Арматура в сжатой зоне:

а) Значения ненапрягаемой арматуры

R_{sc}= 355 МПа A400

A_{sc}= 201,2 мм² (n= 4 ø 8)

a_s'= 30 мм

б) Значения напрягаемой арматуры

R_s= 520 МПа A600(A-IV)

A_{sp}'= 0 мм² (n= 0 Ø 8)

a_p'= 40 мм

E_s= 200000 МПа

Расчет изгибаемого элемента таврового и двутаврового сечения:

1. Потери

σ_{sp}= 300 МПа

2. Находим значение ξ_R определяется по формуле:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+(\varepsilon_{s,el}/\varepsilon_{b2})}$$

где:

$\varepsilon_{s,el}$ -относительная деформация в арматуре растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой, при достижении в этой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению, определяется по формуле:

а) С условным пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s+400-\sigma_{sp}}{E_s}$$

б) С физическим пределом текучести:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s-\sigma_{sp}}{E_s}$$

$\varepsilon_{s,el}$= 0,00110

ε_{b2} - предельная относительная деформация сжатого бетона, принимаемая равной 0,0035

ξ_R= 0,61

3. Проверяем условие:

$$\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s \le R_b\cdot b_f'\cdot h_f'+R_{sc}\cdot A_{sc}+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'$$

где:

γ_{s3} - коэффицент условия работы

$$\gamma_{s3} = 1,25-0,25\cdot\frac{\xi}{\xi_R} \le 1,1$$

γ_{s3}= 1

σ_{sc} - напряжение напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой от внешней нагрузки зоне;

σ_{sc}= 400

984562 > 490646

Условие не выполняется следовательно граница сжатой зоны проходит в ребре.

4. Если гранца сжатой зоны проходит в полке, то расчет производится как для прямоугольного сечения шириной b_f' в соответствии с указаниями п.3.12.

Расчет прямоугольных сечений производится в зависимости от относительной высоты сжатой зоны следующим образом:

$$\xi_1 = \frac{R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

ξ_1= 0,4586

$$M \le R_b\cdot b_f'\cdot x\cdot(h_0-0,5\cdot x)+R_{sc}\cdot A_{sc}\cdot(h_0-a_s')+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'\cdot(h_0-a_p')$$

5. Если граница сжатой зоны проходит в ребре, то расчет производится следующим образом в зависимости от относительной высоты сжатой зоны, равной:

$$\xi_1 = \frac{R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_b\cdot A_{ov}-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

где:

A_{ov} - площадь сечения свесов сжатой полки, опред. по формуле:

$A_{ov}=(b_f'-b)\cdot h_f'$ $A_{ov}=$ 31360 мм²

$\xi_1=$ 0,3381 < 0,61

5.1. Если $\xi_1 \le \xi_R$ то проверяется следующее условие

$M \le R_b\cdot b\cdot x\cdot(h_0-0,5\cdot x)+R_b\cdot A_{0V}\cdot(h_0-0,5\cdot h_f')+R_{sc}\cdot A_{sc}\cdot(h_0-a_s')+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'\cdot(h_0-a_p')$

где:

$$x=\frac{\gamma_{s3}\cdot R_s\cdot A_{sp}+R_s\cdot A_s-R_b\cdot A_{ov}-R_{sc}\cdot A_s'-\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'}{R_b\cdot b}$$

где:

$$\gamma_{s3}=\frac{5\cdot\xi_R+\alpha_{ov}}{4\cdot\xi_R+\xi_1+\alpha_{ov}} \le 1,1$$

где:

$$\alpha_{ov}=\frac{R_b\cdot A_{ov}+R_{sc}\cdot A_s'+\sigma_{sc}\cdot A_{sp}'-R_s\cdot A_s}{R_b\cdot b\cdot h_0}$$

$\alpha_{ov}=$ -0,0538

$\gamma_{s3}=$ 1,09952

Принимаем $\gamma_{s3}=$ 1,0995

x= 164,11 мм

129 < 131,6 кНм

Прочность сечения обеспечена.

Взам. инв. N'	
Подпись и дата	
Инв. N' подл.	

Изм.	Кол.	Лист	N'док	Подпись	Дата	СД-15-11-12-КР	Лист 28

4.3. Дефицит армирования в верхней и нижней зоне для плит перекрытия цокольного этажа

У.п.31: • нижней зоне - 3Ø12=339,3мм^2.

У.п.32: • нижней зоне - 5Ø8=251,5мм^2.

У.п.34: • нижней зоне - 6Ø12=678,6мм^2.

У.п.35: • нижней зоне - 16Ø8=804,8мм^2.

• верней зоне - 11Ø8=553,3мм^2.

У.п.36: • нижней зоне - 10Ø12=1131мм^2.

• верней зоне - 18Ø8=905,4мм^2.

У.п.38: • нижней зоне - 16Ø8=804,8мм^2.

• верней зоне - 11Ø8=553,3мм^2.

У.п.39: • нижней зоне - 6Ø12=678,6мм^2.

• верней зоне - 8Ø8=402,4мм^2.

У.п.40: • нижней зоне - 8Ø12=904,8мм^2.

• верней зоне - 12Ø8=603,6мм^2.

У.п.41: • нижней зоне - 16Ø8=804,8мм^2.

У.п.42: • нижней зоне - 11Ø8=553,3мм^2.

• верней зоне - 16Ø8=804,8мм^2.

У.п.44: • нижней зоне - 9Ø12=1017,9мм^2.

У.п.47: • нижней зоне - 10Ø8=503мм^2.

У.п.48: • нижней зоне - 11Ø12=1244,1 мм^2.

• верней зоне - 22Ø8=1106,6мм^2.

4.4. Расчет углепластика по нижней поверхности плиты

Основная концепция усиления сборных пустотных железобетонных плит принята наклейкой в продольном направление углепластикового ламината и наклейкой углепластикового-холста в поперечном направление. Расчет произведем для плиты находящейся в осях 39-40/А (У.п.44).

Для определения необходимой площади углепластикового ламината в продольном направление используют следующую формулу:

$$A_f = \frac{R_s \cdot A_{s,def} \cdot E_f}{R_f \cdot E_s}$$

где:

R_s - расчетное сопротивление арматуры растяжению, для А400 = 355МПа;

E_f - модуль упругости композитного материала, 165 000МПа согласно[6];

$A_{s,def}$ - недостающая площадь продольной арматуры, 9Ø12=1017,9мм^2;

E_s - модуль упругости арматуры, 200 000МПа;

R_f - расчетное сопротивление растяжению композиционного материала, определяется по следующей формуле:

$$R_f = \frac{\gamma_{f1} \cdot \gamma_{f2} \cdot R_{f,n}}{\gamma_f}$$

где:

$R_{f,n}$ - нормативное сопротивление растяжению композиционного материала, 2800МПА согласно [6];

γ_f - коэффициент надежности по композиционному материалу, для ламинатов 1,1;

γ_{f1} - коэффициент условия работы композиционного материала зависит от условия эксплуатации конструкции и материла волокон, 0,95;

γ_{f2} - коэффициент условия работы композиционного материала, учитывающий сцепление композитного материала с бетоном, определяемый по п. 7.1. [6] и равный 0,446 для одного слоя;

Следовательно R_f = 1079 МПа.

Требуемая площадь $A_{f,тр}$=276,3 мм^2.

<u>Принимаем 1 слой, толщиной t_f =1,2 мм и шириной b_f =3·100=300 мм, т.е. A_f =360,0 мм^2.</u>

Список использованных источников

1. СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения".

2. СП 52-101-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры".

3. СП 52-102-2004 "Предварительно напряженные железобетонные конструкции".

4. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона (к СП 52-102-2004).

5. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. Руководство разработано ООО "Интераква".

6. СТО 13613997-001-2011 "Усиление железобетонных конструкций композитными материалами фирмы Sika".

7. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. (Руководство по усилению).

Приложение №1 - Техническое задание