**Практическая работа №2**

**Сделать вариант 22**

***Расчет и армирование монолитного балочного перекрытия***

**Данные для выполнения практической работы (**порядковый номер варианта соответствует последним двум цифрам в логине студента на портале дистанционного обучения, при этом вариант №26 принимается как №1 и так далее**)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№**  **варианта** | **Размеры перекрытия**  **в плане, м** | **Вес пола,**  **кН/м2** | **Временная нагрузка на перекрытие, кН/м2** |
| 1 | 6,5×11,0 | 0,48 | 4,0 |
| 2 | 6,4×10,9 | 0,48 | 4,5 |
| 3 | 6,3×10,8 | 0,48 | 5,0 |
| 4 | 6,2×10,7 | 0,48 | 5,5 |
| 5 | 6,1×10,6 | 0,48 | 6,0 |
| 6 | 6,0×10,5 | 0,63 | 6,5 |
| 7 | 5,8×10,4 | 0,63 | 7,0 |
| 8 | 5,7×10,3 | 0,63 | 7,5 |
| 9 | 5,8×10,2 | 0,63 | 8,0 |
| 10 | 5,9×10,1 | 0,63 | 8,5 |
| 11 | 6,0×10,0 | 0,72 | 9,0 |
| 12 | 5,9×9,9 | 0,72 | 4,0 |
| 13 | 5,8×9,8 | 0,72 | 4,5 |
| 14 | 5,7×9,7 | 0,72 | 5,0 |
| 15 | 5,6×9,6 | 0,82 | 5,5 |
| 16 | 5,5×9,5 | 0,82 | 6,0 |
| 17 | 5,4×9,4 | 0,82 | 6,5 |
| 18 | 5,3×9,3 | 0,82 | 7,0 |
| 19 | 5,2×9,2 | 1,0 | 7,5 |
| 20 | 5,1×9,1 | 1,0 | 8,0 |
| 21 | 5,0×9,0 | 1,0 | 8,5 |
| 22 | 4,9×8,9 | 1,0 | 9,0 |
| 23 | 6,8×11,3 | 0,51 | 4,0 |
| 24 | 6,7×11,2 | 0,51 | 4,5 |
| 25 | 6,6×11,1 | 0,51 | 5,0 |

Оформление практической работы выполняется в соответствии с приведенным примером и снабжается титульным листом

*Последовательность выполнения работы:*

1. *Выполнить компоновку монолитного балочного перекрытия*

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 1. Компоновка монолитного балочного перекрытия (глубина заделки в кирпичную стену балки 200-250 мм, плиты – не менее 120 мм) |

При выполнении компоновки (см. рис. 1) шаг монолитных балок задается около двух метров. При этом крайние балки можно положить с меньшим шагом, так как в крайних пролетах плиты изгибающий момент вычисляется по формуле , а в средних пролетах - , то есть момент М1>М2. Глубина заделки балок в стену составляет 200 мм, плиты – 120 мм.

*2. Определение усилий, возникающих в элементах монолитного балочного перекрытия*

Монолитная плита перекрытия опирается на балки. Если рассматривать среднюю ячейку плиты, то плита здесь опирается на балки и стены. Но так как отношение длинной стороны к короткой равно 7,02/2,2=3,19>2,5, то считается, что плита опирается только на балки с расчетной схемой в виде многопролетной статически неопределимой балки. Пролет крайней ячейки плиты – между серединой площадки опирания плиты на стену и гранью монолитной балки *lо,кр.=2,1-0,1+0,06=2,06 м.* Пролет средней ячейки – между гранями монолитных балок *lо,ср..=2,4-0,2=2,2 м.* При расчете монолитной плиты принято рассматривать полосу шириной В=1 м. Толщина плиты предварительно задается h=0,10 м. Таким образом можно считать, что рассчитывается балка, сечение которой имеет размеры b×h=1×0,1 м. Плита, входящая в состав монолитного перекрытия при таком конструктивном решении, называется балочной.

**Таблица нагрузок**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование и значение нагрузки, кН/м2 | γn | Нормативное значение нагрузки, кН/м2 | γf | Расчетное значение нагрузки, кН/м2 |
| 1. Постоянная нагрузка (Pd):    1. Нагрузка от пола – 0,41    2. Нагрузка от плиты – 0,1×25\*=2,5 | 1,0 | 0,41  2,5 | 1,25  1,10 | 0,51  2,75 |
| 2. Временная нагрузка (Pt) – 3,0 | 3,0 | 1,20 | 3,6 |
| Всего: |  |  |  | 6,86 |

*\* объемный вес железобетона составляет 25 кН/м3*

Ширина грузовой полосы B составляет 1 м. Погонная нагрузка q=(Pd+Pt)×B=6,86 кН/м.





Ширина грузовой полосы при определении нагрузки на крайнюю балку монолитного перекрытия составляет В=(2,1+2,4)/2=2,25 м, на среднюю балку – 2,4 м.

Расчетное значение нагрузки на монолитное перекрытие с учетом собственного веса монолитной плиты составляет 6,86 кН/м2. Для определения веса монолитной балки необходимо предварительно задать размеры ее поперечного сечения (h×b) - 450×200 мм. Так как вес плиты определен по всему полю плиты, то погонный вес балки определяется как вес ее выступающего ребра (450-100=350 мм=0,35 м) – 0,2×0,35×25×0,95×1,1=1,83 кН/м.

Расчетной схемой монолитной балки является однопролетная статически определимая балка, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой: q=6,86×2,4+1,83=18,3 кН/м – для средней балки,

q=6,86×2,25+1,83=17,3 кН/м – для крайней балки.

Расчетная длина балки определяется между серединами площадок опирания: l0=6,9+0,2=7,1 м.



При нагрузке 17,3 кН/м изгибающий момент М=109,0 кНм.

*3. Подсчет арматуры элементов монолитного балочного перекрытия*

При определении площади поперечного сечения продольной арматуры, достаточной для обеспечения несущей способности нормального сечения элементов балочного перекрытия (плиты и балки), принимается, что во всех балках будут установлены одинаковые арматурные каркасы, а также что для армирования крайних и средних пролетов плиты будет применены одинаковые сетки.

Поперечная арматура устанавливается по конструктивным требованиям (без проверки прочности наклонного сечения).

Подбор продольной арматуры для сеток армирования монолитной плиты

Исходные данные:

* усилие М=2,65 кНм;
* сечение b×h=1,0×0,1 м, h0=0,1-0,025=0,075 м;
* класс бетона В25, Rb=14,5 МПа=14500 кН/м2 (В30, Rb=17 МПа) , арматуры В500, Rs=43,5×104 кН/м2 (диаметр арматуры 3,4,5,6,8,10,12,14,16 мм), коэффициент условий работы бетона γb1=0,9.

Алгоритм расчета:



A0<AR (см. таб.1), η=0,98, (см. таб. 2)



Стандартный шаг S стержней сетки составляет 100, 150, 200, 250, 300 мм.

Так как при расчете рассматривалось сечение шириной 1м = 1000 мм, то с учетом заданного шага стержней S (100, 150, 200, 250, 300 мм) можно установить количество стержней в сечении балочной плиты:

n = 1000/ S, соответственно 10 стержней, 6 (с некоторым запасом), 5, 4, 3 (с некоторым запасом).

Принимаем S=200 мм, n=5; по сортаменту (см. таб.3) подбираем диаметр рабочих стержней сетки ∅5, As=0,98 см2>0,83 см2 – прочность нормального сечения обеспечена ( >*0,1%*).

В качестве конструктивных стержней сетки назначаем ∅3В500 с шагом 200.

***Таблица 1***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс арматуры | А240 | А300 | А400 | А500 | В500 |
| Значение ξR | 0,612 | 0,577 | 0,531 | 0,493 | 0,502 |
| Значение AR | 0,425 | 0,411 | 0,390 | 0,372 | 0,376 |

***Таблица 2***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Коэффициенты для расчета изгибаемых элементов | | | | | | | | |
| ξ | η | Α0 | ξ | η | Α0 | ξ | η | Α0 |
| 0,01 | 0,995 | 0,01 | 0,18 | 0,910 | 0,164 | 0,35 | 0,825 | 0,289 |
| 0,02 | 0,990 | 0,02 | 0,19 | 0,905 | 0,172 | 0,36 | 0,820 | 0,295 |
| 0,03 | 0,985 | 0,03 | 0,20 | 0,900 | 0,180 | 0,37 | 0,815 | 0,302 |
| 0,04 | 0,980 | 0,039 | 0,21 | 0,895 | 0,188 | 0,38 | 0,810 | 0,308 |
| 0,05 | 0,975 | 0,049 | 0,22 | 0,890 | 0,196 | 0,39 | 0,805 | 0,314 |
| 0,06 | 0,970 | 0,058 | 0,23 | 0,885 | 0,203 | 0,40 | 0,800 | 0,320 |
| 0,07 | 0,965 | 0,068 | 0,24 | 0,880 | 0,211 | 0,41 | 0,795 | 0,326 |
| 0,08 | 0,960 | 0,077 | 0,25 | 0,875 | 0,219 | 0,42 | 0,790 | 0,332 |
| 0,09 | 0,955 | 0,086 | 0,26 | 0,870 | 0,226 | 0,43 | 0,785 | 0,338 |
| 0,10 | 0,950 | 0,095 | 0,27 | 0,865 | 0,234 | 0,44 | 0,780 | 0,343 |
| 0,11 | 0,945 | 0,104 | 0,28 | 0,860 | 0,241 | 0,45 | 0,775 | 0,349 |
| 0,12 | 0,940 | 0,113 | 0,29 | 0,855 | 0,248 | 0,46 | 0,770 | 0,354 |
| 0,13 | 0,935 | 0,122 | 0,30 | 0,850 | 0,255 | 0,47 | 0,765 | 0,359 |
| 0,14 | 0,930 | 0,130 | 0,31 | 0,845 | 0,262 | 0,48 | 0,760 | 0,365 |
| 0,15 | 0,925 | 0,139 | 0,32 | 0,840 | 0,269 | 0,49 | 0,755 | 0,370 |
| 0,16 | 0,920 | 0,147 | 0,33 | 0,835 | 0,276 | 0,50 | 0,750 | 0,375 |
| 0,17 | 0,915 | 0,156 | 0,34 | 0,830 | 0,282 | 0,51 | 0,745 | 0,380 |

***Таблица 3***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сортамент арматуры | | | | | | | | | | | |
| Диаметр | Площадь поперечного сечения [см2] при числе стержней | | | | | | | | | | Масса, |
| мм | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | кг |
| 3 | 0,07 | 0,14 | 0,21 | 0,28 | 0,35 | 0,42 | 0,49 | 0,57 | 0,64 | 0,71 | 0,055 |
| 4 | 0,13 | 0,25 | 0,36 | 0,50 | 0,63 | 0,76 | 0,88 | 1,01 | 1,13 | 1,26 | 0,098 |
| 5 | 0,20 | 0,39 | 0,59 | 0,79 | 0,98 | 1,18 | 1,37 | 1,57 | 1,77 | 1,96 | 0,154 |
| 6 | 0,28 | 0,57 | 0,86 | 1,13 | 1,42 | 1,70 | 1,98 | 2,26 | 2,55 | 2,83 | 0,222 |
| 8 | 0,50 | 1,01 | 1,51 | 2,01 | 2,51 | 3,02 | 3,52 | 4,02 | 4,53 | 5,03 | 0,395 |
| 10 | 0,79 | 1,57 | 3,36 | 3,14 | 3,93 | 4,71 | 5,50 | 6,28 | 7,07 | 7,85 | 0,617 |
| 12 | 1,131 | 2,26 | 3,39 | 4,52 | 5,65 | 6,79 | 7,92 | 9,05 | 10,18 | 11,31 | 0,888 |
| 14 | 1,539 | 3,08 | 4,62 | 6,16 | 7,69 | 9,23 | 10,77 | 12,31 | 13,85 | 15,39 | 1,208 |
| 16 | 2,011 | 4,02 | 6,03 | 8,04 | 10,05 | 12,06 | 14,07 | 16,08 | 18,10 | 20,11 | 1,578 |
| 18 | 2,545 | 5,09 | 7,63 | 10,18 | 12,72 | 15,27 | 17,81 | 20,36 | 22,90 | 25,45 | 1,998 |
| 20 | 3,142 | 6,28 | 9,41 | 12,56 | 15,71 | 18,85 | 21,99 | 25,14 | 28,28 | 31,42 | 2,466 |
| 22 | 3,801 | 7,60 | 11,04 | 15,02 | 19,00 | 22,81 | 26,61 | 30,41 | 34,21 | 38,01 | 2,984 |
| 25 | 4,909 | 9,82 | 14,73 | 19,63 | 24,54 | 29,45 | 34,36 | 39,27 | 44,13 | 49,09 | 3,853 |
| 28 | 6,158 | 12,32 | 18,47 | 24,63 | 30,79 | 36,95 | 43,10 | 49,26 | 55,42 | 61,58 | 4,834 |
| 32 | 8,042 | 16,08 | 24,13 | 32,17 | 40,21 | 48,25 | 56,30 | 64,34 | 72,38 | 80,42 | 6,313 |
| 36 | 10,18 | 20,36 | 30,54 | 40,72 | 50,90 | 61,08 | 71,26 | 81,44 | 91,62 | 101,80 | 7,990 |
| 40 | 12,56 | 25,12 | 37,68 | 50,24 | 62,80 | 75,36 | 87,92 | 100,48 | 113,04 | 125,60 | 9,805 |

Подбор нижней продольной арматуры каркаса балок

Исходные данные:

* усилие М=115,3 кНм;
* сечение b×h=0,2×0,45 м, h0=0,45-0,03=0,42 м. Монолитная балка работает совместно с плитой перекрытия, вовлекая плиту в работу балки при изгибе. При этом поперечное сечение балки становится тавровым с шириной полки bf′=2,4 м. Если сжатая зона находится в пределах полки тавра, то при расчете принимается b= bf′=2,4 м. В этом проявляется преимущество таврового сечения по сравнению с прямоугольным;
* класс бетона В25, Rb=14500 кН/м2 (В30, Rb=17 МПа), коэффициент условий работы бетона γb1=0,9, класс арматуры А400, Rs=350 МПа=35×104 кН/м2 (А500, Rs=435 МПа)

Алгоритм расчета:



A0<AR (см. таб.1), если условия не выполняются можно увеличить класс бетона, высоту сечения балки, η=0,855, ξ=0,29, (см. таб. 2),

Высота сжатой зоны поперечного сечения балки x=ξ×h0=0,29×0,42=0,12м>0,1 м (толщина плиты) – сжатая зона выходит за пределы полки таврового сечения балки. Требуется увеличить класс бетона В30, Rb=17 МПа (при большом расхождении - увеличить высоту балки).



η=0,88, ξ=0,24, x=ξ×h0=0,24×0,42=0,1 м - условие выполняется.



По сортаменту (см. таб. 3) подбираем диаметр двух рабочих стержней продольной арматуры 2∅25, As=9,82 см2>8,91 см2 – прочность нормального сечения обеспечена.

Поперечная арматура ∅8А400 подбирается из условия ее свариваемости с продольной арматурой ∅ 25А400 мм (см. таб. 4). По длине балки на концевых участках длиной 0,25×7,3=1,83 м поперечная арматура устанавливается с шагом 0,5×h0=0,5×0,42=0,21 м (200 мм). На остальной части балки она устанавливается с шагом 0,75×0,42=0,315 м (300 мм).

***Таблица 4***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Соотношение между диаметрами стрежней продольной и поперечной арматуры при сварке | | | | | | |
| Диаметр стержней одного направления, мм | 3…12 | 14,16 | 18,20 | 22 | 25..32 | 36,40 |
| Наименьший допустимый диаметр стержней другого направления, мм | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |

Армирование монолитного балочного перекрытия

Балка армируется объемным каркасом. Пример конструирования объемного каркаса К1 для железобетонной балки размером 200х450х4000 мм, а также конструирования сетки приведен в лекции №7. Армирование элементов монолитного перекрытия приведено на рисунке 2. Вес погонного метра арматурных стержней различного диаметра для составления спецификации смотри в таблице 3.

|  |
| --- |
| Армирование монолитного перекрытия |
| Рис. 2. Схема армирования монолитного балочного перекрытия |

Плита армируется двумя рулонными сварными сетками С1 с продольной рабочей арматурой (см. рис. 1). Рулоны при этом раскатываются поперек балок. Поперечная арматура сеток является конструктивной. Сетки стыкуются внахлестку без сварки. Перепуск конструктивной арматуры должен составлять не менее 50-100 мм.

Вес 1 м2 сетки(продольные рабочие стержни ∅5В500 с шагом 200 мм – 5 м, поперечные конструктивные стержни ∅3В500 с шагом 200 мм – 5м, при весе одного метра стержня ∅5 – 0,154 кг: 5×0,154=0,77 кг и при весе одного метра стержня ∅3 – 0,055 кг: 5×0,055=0,275 составляет 0,77+0,275=1,045 кг.

Вслед за очертанием эпюры моментов сетка С1 поднимается над опорами-балками и опускается в пролетах плиты. Подъем сетки выполняется на расстоянии 0,25×*l0*=0,25×2,2=0,55 м=550 мм от опоры. Дополнительная верхняя сетка С2 устанавливается конструктивно на расстоянии 0,1×*l0* от грани стены.

Каркас К1 включает в себя нижнюю продольную рабочую арматуру ∅25А400 – поз.1, верхнюю продольную конструктивную арматуру ∅10А400 (10-15% площади нижней стержней продольной арматуры 0,15×4,909=0,736 см2) – поз. 2, поперечную рабочую арматуру ∅8А400 – поз.3, конструктивные соединительные стержни - ∅5В500 (шаг 500 мм) – поз.4.

**Спецификация арматуры монолитного балочного перекрытия**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка  изделия | Поз. | Наименование | Кол. | Масса поз., кг | Масса изделия, кг |
| К1  (шт.4) | 1 | *25А400 l=7280* | 2 | 56,01 | 76,65  (306,6) |
| 2 | *10А400 l=7280* | 2 | 8,98 |
| 3 | *8А400 l=440* | 62 | 10,78 |
| 4 | *5В500 l=190* | 30 | 0,88 |
| С1  (шт.2) |  |  |  |  | 45,01  (90,02) |
| С2  (шт.4) |  |  |  |  | 1,72  (6,88) |
|  |  | *Всего:* |  |  | 403,5 |