**Проектирование состава бетона**

Пояснительная записка по курсовому проекту по дисциплине «Материаловедение»

Выполнил:

Санкт-Петербургский Государственный политехнический университет

Санкт-Петербург

2003

**Исходные данные.**

Спроектировать состав бетона для каждой из трех зон напорного сооружения, расположенного в открытом водоеме, исходя из требований, приведённых в таблице 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Зона сооружения | Класс бетона по прочности | Класс бетона по водонепроницаемости | Класс бетона по морозостойкости | ОК, см |
| I | Надземная | В 20 | - | - | 6 |
| II | Подводная | В 25 | W 4 | - | 5 |
| III | Надводная | В 30 | W 8 | F 300 | 8 |

Бетон в зоне I:

обычный

крупный заполнитель гравий непромытый

фракции заполнителей: мелкая и крупная

Бетон в зонах I и II:

гидротехнический

крупный заполнитель гравий непромытый

гравий фракционированный с Dнаиб = 80 мм

Подсчитать расходы материалов на 1 куб.м. бетона методом абсолютных объемов (для бетона I ), приняв γц = 3,10 г/куб.см., γп = γкр = 2,65 г/куб.см.

И методом, когда известна объемная масса бетона (для I и II),

приняв γб = 2400 кг/куб.м

**Оценка агрессивности воды-среды (по данным табл.2)**

Оценка степени агрессивного воздействия сред дана по отношению к бетону на любом из цементов, отвечающих требованиям #M12293 2 871001094 3271140448 164122765 4294961312 4293091740 282702262 247265662 4292033672 557313239ГОСТ 10178-76#S и ГОСТ 22266-76.

Таблица 2.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид агрессивности | Показатель агрессивности | Фактическое содержание | Нормативное содержание | Марка бетона по водонепроницаемости | Вид цемента | Вывод об агрессивности |
| 1. Выщелачивающая | Ж (в мг-экв/л) | 3,6 | >1,05 | W4  W8 | ш  ш | неагрессивная  неагрессивная |
| 2. Общекислотная | pH | 6,2 | 5-6,5  >4 | W4  W8 | ш  ш | слабоагрессивная  неагрессивная |
| 3. Углекислая | Содержание агрессивной CO2 (в мг/л) | 71 | >40  >40 | W4  W8 | ш  ш | среднеагрессивная  неагрессивная |
| 4. Магнезиальная | Ионы Mg (в мг/л) | 1010 | 1000-2000  <3000 | W4  W8 | ш  ш | слабоагрессивная  неагрессивная |
| 5. Щелочная | Ионы К + Na (в мг/л) | 80 | <50000  <80000 | W4  W8 | ш  ш | неагрессивная  неагрессивная |
| 6. Сульфатная | Анионы SO4 (в мг/л) | 1350 | <1500  <5100 | W4  W8 | ш  ш | неагрессивная  неагрессивная |
| 7. Общесолевая | Сумма солей (в г/л) | 4,5 | <10  <50 | W4  W8 | ш  ш | неагрессивная  неагрессивная |
| 8. Аммонийная | Ионы NH4 (в мг/л) | 105 | 100-500  <800 | W4  W8 | ш  ш | слабоагрессивная  неагрессивная |

Исходя из результатов оценки агрессивности среды, требований СНиП 2.03.11-85, требований по морозостойкости, а также табл. 3. задания выбираем:

в зоне I - портландцемент марки 400, В/Ц ≤ 0,60;

в зоне II – шлакопортландцемент марки 400, В/Ц ≤ 0,60;

в зоне III - сульфатостойкий портландцемент марки 400, В/Ц ≤ 0,45.

**Бетон в зоне I.**

Необходимо определить значение тpex параметров состава бетона, удовлетворяющих заданным свойствам.

1) Первым параметром определяем водоцементное отношение.

При экспериментальном определении зависимостей, связывающих прочность бетона с величиной водоцементного отношения, необходимо приготовить несколько образцов (кубы или цилиндры) из бетонных смесей с разными значениями водоцементного отношения, но постоянными Ц и r. Их выдерживают 28 дней, испытывают на сжатие и строят график зависимости R от В/Ц.

Активность портландцемента марки 400: Rц = 400 кгс/см = 39,2 МПа.

Rзад = 20/0,78 = 25,64 МПа.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R28 | 36,4 | 29,8 | 25,7 | 23,1 | 21,4 | 20,2 | 19,5 |
| В/Ц | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |

По графику В/Ц = 0,6 (см. Рис.1)

2) Вторым параметром находим расход заполнителей. В/Ц = 0,6.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r | 0,3 | 0,32 | 0,34 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 |
| OK, см | 5 | 5,5 | 6 | - | 5 | 3 | 2 |

Определение оптимальной доли песка (rопт) по наибольшей подвижности бетонной смеси. В этом случае оптимальным принимается такое значение r, при котором бетонная смесь имеет наибольшую подвижность. Опыты проводятся с бетонными смесями, характеризующимися постоянным В/Ц и постоянным расходом цемента Ц.

Опыт состоит в том, что затворяют 4-5 бетонных смесей, отличающихся друг от друга значением r (В/Ц и Ц для всех смесей одинаковы). С помощью линейки определяют осадку конуса (в см) каждой смеси и по данным опытов строят график зависимости ОК= f ( r ). Оптимальное значение rопт соответствует наибольшей подвижности бетонной смеси ОКmax.

Из графика видно, что rопт = 0,346 (cм. Риc.2).

3) Третьим параметром находим расход цемента.

Опыт состоит в том, что затворяют 4-5 бетонных смесей, отличающихся расходом цемента. Смеси должны иметь одинаковые В/Ц и r,найденные ранее. Определяют ОК каждой смеси и по данным опыта строят график ОК = f (Ц). По ОКзад = 6 см находим необходимый расход цемента.

При В/Ц = 0,6 для бетонной смеси на гравии с Dнаиб = 80 мм.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ц | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 |
| ОК, см | 1,68 | 3,92 | 6,72 | 9,52 | 12,88 | 16,80 | 19,04 |

При ОК = 6 см Ц = 270 кг/куб.м (см. Рис.3)

Запроектированный состав бетона характеризуется следующими параметрами:

Расход цемента Ц = 270 кг/куб.м

Доля песка в смеси заполнителей r = 0,346

В/Ц = 0,6

Подсчитаем расход материалов на 1 куб.м. бетона методом абсолютных объемов при γц = 3,10 г/куб.см., γп = γкр = 2,65 г/куб. см.

Принимаем, что объем тщательно уплотненной смеси равен сумме абсолютных объемов составляющих ее материалов.

Решаем систему: 1000 = Vц + Vв + Vп + Vкр

В = В/Ц ∙ Ц = 0,6 ∙ 270 = 162 кг/куб.см.

r = П/(П + Кр)

1000 = 270/3,1 + 162 + П/2,65 + Kp/2,65

П + Кр = 1990

П = 0,346 ∙ 1990 = 688

Kp = 1302

Т.е. для приготовления 1 куб. м. бетона необходимо взять:

Цемент = 270 кг;

Вода = 162 кг;

Песок = 688 кг;

Кр = 1302 кг.

**Бетон в зоне II**

Необходимо определить значение трех параметров состава бетона, удовлетворяющих заданным свойствам.

1) Первым параметром определяем водоцементное отношение.

Т.к. нам дан класс бетона по прочности В 25 и класс бетона по водонепроницаемости W4, то мы должны найти два значения В/Ц и выбрать наименьшее.

1.1 При экспериментальном определении зависимостей, сзязывающих прочность бетона с величиной водоцементного отношения, нео6ходимо приготовить несколько образцов (кубы или цилиндры) из бетонных смесей с разными значениями водоцементного отношения, но постоянными Ц и r. Их выдерживают 180 дней, испытывают на сжатие и строят график зависимости R от В/Ц.

Марка цемента 400.

Rзад = 25/0,78 = 32,05 МПа.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В/Ц | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |
| R180 | 40,8 | 33,4 | 28,8 | 25,9 | 24,0 | 22,6 | 21,8 |

По графику (В/Ц)1 = 0,565 (см. Рис.4)

1.2. Теперь найдем В/Ц при W4.

Для этого готовят несколько бетонных цилиндров с разными значениями водоцементного отношения, но с постоянными Ц и r. Далее их выдерживают в стандартных условиях (при температуре 20°С ) 180 дней, испытывают на

водонепроницаемость и строят график зависимости W от В/Ц.

Водопотребность бетонной смеси определим из условия, что ОК = 5.

Возьмём для данной ОК В/Ц и Ц из таблицы ОК = f (Ц):

В = (В/Ц) ∙ Ц = 0,55 ∙ 300 = 165

Примем В = 160 кг/куб.м.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В/Ц | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |
| W | 2,7 | 2,0 | 1,5 | 1,2 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |

По графику (В/Ц)2 > В/Ц минимольно допустимого (см. Рис.5)

Выбираем - В/Ц = (В/Ц)1 = 0,565.

2) Вторым параметром находим расход заполнителей.

Нам дан непромытый гравий, фракционированный с Dнаиб = 80 мм.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Отверстие сит, мм | 2,5 | 5 | 10 | 20 | 40 | 80 |
| Проходы, % | 22 | 30 | 40 | 54 | 73 | 100 |

Строим идеальную кривую просеивания (Рис. 6).

5 – 10 мм – 10%

10 - 20 мм - 14%

20 - 40 мм - 19%

40 - 80 мм - 27%

Из графика видно, что доля песка r = 0,3

3) Третьим параметром находим расход цемента.

Опыт состоит в том, что затворяют 4-5 бетонных смесей, отличающихся расходом цемента. Смеси должны иметь одинаковые В/Ц и r, найденные ранее. Определяют ОК каждой смеси и по данным опыта строят график ОК = f(Ц). По ОКзад = 5 см находим необходимый расход цемента. При В/Ц = 0,565 для гравия с Dнаиб = 80 мм.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ц | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 |
| ОК, см | 0,56 | 1,12 | 2,24 | 5,04 | 7,84 | 11,2 | 14 |

При ОКзад = 5 см, Ц = 300 кг/ку6.м. (см. Рис.7 (а)).

Запроектированный состав бетона характеризуется следующими параметрами:

Расход цемента Ц = 300 кг/куб.м;

Доля песка в смеси заполнителей r = 0,3;

В/Ц = 0,565

Подсчитаем расход материалов на 1 куб. м. бетона методом, когда известна объемная масса бетона, приняв γб = 2400 кг/куб.м.

Ц = 300 кг/ку6.м.

Вода В = (В/Ц) ∙ Ц = 0,565 ∙ 300 = 170 кг/куб.м.

Тесто Т = 300 + 170 = 470 кг/куб.м.

Заполнитель З = γб – Т = 2400 – 470 = 1930 кг/куб.м.

Песок П = r ∙ З = 0,3 ∙ 1930 = 579 кг/куб.м.

Крупный заполнитель Кр = (1 – r) ∙ З = 0,7 ∙ 1930 = 1351 кг/куб.м.

Для приготовления 1 куб.м. бетона необходимо взять:

Цемент = 300 кг 5 - 10 мм - 193 кг

Вода = 170 кг 10 - 20 мм – 270 кг

Песок = 579 кг 20 - 40 мм. – 367 кг

Кр = 1351 кг 40 - 80 мм – 521 кг

**Бетон в зоне III**

Необходимо определить значение трех параметров состава бетона, удовлетворяющих заданным свойствам.

1) Первым параметром определяем водоцементное отношение.

Т.к .нам дан класс бетона по прочности В 30, класс бетона по водонепроницаемости W 8 и класс бетона по морозостойкости F 300, то мы должны найти три значения В/Ц и выбрать наименьшее.

1. 1. При экспериментальном определении зависимостей, связывающих прочность бетона с величиной водоцементного отношения, необходимо приготовить несколько образцов (кубы или цилиндры) из бетонных смесей с разными значениями водоцементного отношения, но постоянными Ц и r. Их выдерживают 180 дней, испытывают на сжатие и строят график зависимости R от В/Ц.

Марка цемента 400

R180 = 30/0,78 = 38,5 МПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В/Ц | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |
| R180 | 40,8 | 33,4 | 28,8 | 25,9 | 24,0 | 22,6 | 21,8 |

По графику (В/Ц)1 = 0,51 (см. Рис.4)

1.2. Теперь найдем В/Ц при W 8

Для этого готовят несколько бетонных цилиндров с разными значениями

водоцементного отношения, но с постоянными Ц и r. Далее их выдерживают в стандартных условиях (при температуре 20°С ) 28 или180 дней, испытывают на водонепроницаемость и строят график зависимости W от В/Ц.

Водопотребность бетонной смеси определим из условия, что ОК = 8.

Возьмём для данной ОК В/Ц и Ц из таблицы ОК = f (Ц):

В = (В/Ц) ∙ Ц = 0,50 ∙ 375 = 187,5

В = 200 кг/куб.м.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В/Ц | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |
| W | 3,0 | 2,3 | 1,7 | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,7 |

По графику (В/Ц)2 = 0,75 (см. Рис.8)

1.3 Теперь найдем (В/Ц)3 зная, что класс бетона по морозостойкости F300. Для этого готовят образцы (кубы) с разными значениями В/Ц, но с постоянными Ц и r. Иx выдерживают 28 или 180 дней, а затем испытывают

на морозостойкость. По данным испытаний строят график зависимости F от В/Ц.

У нас выбран сульфатостойкий портландцемент.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| F | 520 | 425 | 350 | 290 | 250 | 220 | 190 |
| В/Ц | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 |

По графику (В/Ц)3 = 0,64 (см, Рис.9)

Теперь выберем наименьшее В/Ц = 0,51

2) Вторым параметром находим расход заполнителей.

Нам дан непромытый гравий, фракционированный с Dнаиб = 80 мм.

Делается также как в бетоне II  r = 0,3

3) Третъим параметром находим расход цемента.

Опыт состоит в том, что затворяют 4-5 бетонных смесей, отличающихся расходом цемента. Смеси должны иметь одинаковые В/Ц и r, найденные ранее. Определяют ОК каждой смеси и по данным опыта строят график

ОК = f(Ц). По ОКзад = 8 см находим необходимый расход цемента. При В/Ц = 0,51 для гравия с Dнаиб = 80 мм.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ц | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 |
| ОК, см | 0 | 0 | 0,6 | 2,2 | 4,5 | 6,7 | 9 |

Из графика видно, что при ОК = 8 см Ц = 365 кг/куб.м. (см. Рис.7 (б) )

Запроектированный состав бетона характеризуется следующими параметрами:

Расход цемента Ц = 365 кг/куб.м;

Доля песка в смеси заполнителей r = 0,3;

В/Ц = 0,51

Подсчитаем расход материалов на 1 куб.м. бетона методом, когда известна объемная масса бетона, приняв γб = 2400 кг/куб.м.

Ц = 365 кг/ку6.м.

Вода В = (В/Ц) ∙ Ц = 0,51 ∙ 365 = 186 кг/куб.м.

Тесто Т = 365 + 186 = 551 кг/куб.м.

Заполнитель З = γб – Т = 2400 – 551 = 1849 кг/куб.м.

Песок П = r ∙ З = 0,3 ∙ 1849 = 555 кг/куб.м.

Крупный заполнитель Кр = (1 – r) ∙ З = 0,7 ∙ 1849 = 1294 кг/куб.м.

Для приготовления 1 куб.м. бетона необходимо взять:

Цемент = 365 кг 5 - 10 мм - 185 кг

Вода = 186 кг 10 - 20 мм – 259 кг

Песок = 555 кг 20 - 40 мм. – 351 кг

Кр = 1294 кг 40 - 80 мм – 499 кг