

ники кафедры и лаборатории, работающие над своими магистерскими, кандидатскими и докторскими диссертациями.

УДК 666.972

РАСЧЕТ КОМПОНЕНТОВ СУХОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ. ВЛИЯНИЕ СПОСОБА УПЛОТНЕНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ СУХОЙ СМЕСИ.

Брисюк Д.В., Овсяник В.Р.¹, Батяновский Э.И.², Зеленковская Ж.Л.³,

¹ студенты 4 курса специальности 7-07-0732-01-2023

«Строительство зданий и сооружений»

² доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительные материалы и технология строительства»

³ старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и технология строительства»

Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье осуществлялся расчет компонентов сухой бетонной смеси по методике, основывающейся на подборе такого соотношения сухих компонентов, которое обеспечит максимально плотную упаковку зерен твердой фазы в отформованной сухой смеси и бетоне, а также представлены результаты испытаний образцов-кубов из цементно-песчаного раствора сухого формования и из водозатворённой смеси.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, сухая бетонная смесь, жёсткие смеси, сухое формование, степень уплотнения.

Мелкозернистый бетон не только повышает экономическую эффективность строительства, но и обеспечивает ряд других преимуществ. Происходит упрощение технологической схемы приготовления бетонной смеси, в связи с тем, что отпадает необходимость в организации складского и сортировочного оборудования для приемки, переработки и складирования щебня, уменьшается потребность в электроэнергии и трудозатратах.

Как правило, мелкозернистый бетон имеет более высокие физико-механические характеристики в границах марки по сравнению с тяжелым бетоном, а также большую долговечность, что позволяет снизить материалоемкость конструкций и повысить их эксплуатационную надежность. Также становится возможным использование технологических приемов, вызывающих трудности при использовании тяжелых бетонов. Таким образом, стоимость изделий из мелкозернистого бетона может быть снижена на 25-50%.

Однако, производство изделий из мелкозернистого бетона сопряжено с большим расходом вяжущего, что влечёт за собой значительное удорожание изделия при относительно низких классах по прочности [1].

Расчет компонентов сухой бетонной смеси осуществлялся по следующей методике [2], основывающейся на подборе такого соотношения

сухих компонентов, которое обеспечит максимально плотную упаковку зерен твердой фазы в отформованной сухой смеси и бетоне. В ходе испытаний использовался песок $M_k=2,6$, средней плотностью в уплотнённом состоянии $\rho_n^o = 1560 \text{ кг/м}^3$, в виброуплотнённом $\rho_n^e = 1850 \text{ кг/м}^3$, плотностью зёрен $\rho_n^z = 2640 \text{ кг/м}^3$. Портландцемент (ЦЕМ I 42,5 Н), соответствующий требованиям ГОСТ 31108-2020, активностью 40 МПа, плотностью 3150 кг/м^3 и КНГ $\sim 0,28$ доли ед.

Расход песка по объёму при величине коэффициента раздвижки его зёрен цементом $K_{rc}=1,16$ будет равен

$$V_n = 1 \div K_{rc} = 1 \div 1,16 = 0,86, \text{ м}^3 \quad (3.1)$$

Расход песка по массе:

$$П = V_n \cdot \rho_n^e = 0,86 \cdot 1850 = 1595, \text{ кг} \quad (3.2)$$

Абсолютный объём песка:

$$V_n^a = \frac{П}{\rho_n^z} = \frac{1595}{2680} = 0,59, \text{ м}^3 \quad (3.3)$$

Расход цемента по объёму:

$$V_u = 1 - V_n^a = 1 - 0,59 = 0,41, \text{ м}^3 \quad (3.4)$$

Номинальный расход цемента по массе с учётом расчётной величины его средней плотности $\rho_u^e = 1250 \text{ кг/м}^3$ будет равен:

$$Ц = V_u \cdot \rho_u^e = 0,41 \cdot 1250 = 515, \text{ кг} \quad (3.5)$$

Тогда средняя плотность сухой смеси составит:

$$\rho_{см}^p = П + Ц = 1595 + 515 = 2110, \text{ кг/м}^3 \quad (3.6)$$

При $B/Ц = K_{nc}$ масса поглощённой воды составит:

$$B = Ц \cdot B/Ц = 515 \cdot 0,28 = 144, \text{ кг} \quad (3.7)$$

Тогда расчетная плотность образца составляет:

$$\rho_{об}^p = П + Ц + B = 1595 + 515 + 144 = 2254, \text{ кг/м}^3 \quad (3.8)$$

Итоговый состав мелкозернистой смеси:

$$Ц = 515, \text{ кг}$$

$$П = 1595, \text{ кг}$$

$$B = 144 \text{ кг (для формирования образцов из водозатворённой смеси)}$$

В ходе исследований изготавливались образцы-кубы размером $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$ из цементно-песчаного раствора сухого формирования и из водозатворённой смеси.

Послойное уплотнение позволило достичь высокой степени уплотнения. Данные приведены в таблице 3.2

Таблица 1. Влияние способа уплотнения на плотность сухой смеси

Уплотнение	Плотность, кг/м ³
3 слоя по 10 секунд/слой	2316
3 слоя по 15 секунд/слой	2374
1 слой 100 мм, 50 секунд	2200
1 слой 70мм, 50 секунд	2280

Однако, проблема связи между слоями, довольно легко решаемая при уплотнении водозатворённого бетона, оказала отрицательный эффект при сухом формовании [3]. Даже разрыхление поверхности слоя перед укладкой последующего не обеспечивает равномерной связи, а лишь смещает зону контакта. При распалубке уже насыщенного образца трещины раскрывались, тем самым полностью нейтрализуя эффект целостности наружной оболочки. Дальнейшее воздействие на образец приводит к его разделению на три части.

Ослабленная зона контакта слоёв является наиболее лёгким путём для миграции воды в тело бетона, что ещё больше ослабляет его и препятствует сцеплению между слоями. Снятие прижимной пластины, вызывает мгновенное образование водной плёнки на границе контакта и разрушение образца. Поэтому, для дальнейших экспериментов принято уплотнение слоя 70 мм в течение 50 секунд.

Очевидно, что необходима методика, которая позволяет достигать более плотной упаковки компонентов смеси. В качестве перспективного направления планируется рассмотреть сухое формование бетонной смеси. Данный метод обладает рядом преимуществ. Сухое формование позволяет получать бетоны с низким водоцементным отношением, порядка 0,27-0,28. При этом оно лишено традиционных проблем уплотнения жёстких смесей, осуществляя укладку и уплотнение легко формуемой бетонной смеси непосредственно до её водонасыщения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саталкин А. В. Исследование мелкозернистых плотных и поризованных бетонов//Мелкозернистые бетоны: материалы координационного совещания.—М:НИИЖБ, 1972.
2. Батяновский Э.И. Особо плотный бетон сухого формования. - Мн.: НПООО «Стринко», 2002. - 224 с.
3. Байков В. Н. и др. Железобетонные изделия из мелкозернистого бетона//Бетон и железобетон. —1973. — № 5.