

УДК 691.32  
АНАЛИЗ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО  
ФИБРОБЕТОНА

Э.И. БАТЯНОВСКИЙ, И.А. ЛЕОНОВИЧ, А.А. ЛЕОНОВИЧ  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Могилев, Беларусь

Исследуемый мелкозернистый фибробетон имеет многокомпонентный состав, включающий гидравлическое вяжущее ПЦ 500 Д0, кварцевый песок, полиакриловую фибру Ricem 8 и сложные полимеры (адгезив «Виннапас» и гиперпластификатор Sica Visco Crete – 20 HE Rus). Взаимодействие этих веществ и степень их влияния на прочность результирующего материала, в значительной степени будут зависеть от водопотребности бетонной смеси, поддерживающей требуемую удобоукладываемость.

Исследования выполнены с применением математического планирования в виде линейного четырехфакторного эксперимента. Количество цемента и песка поддерживалось постоянным, в отношении 1/2 по массе. Содержание других компонентов бетона по отношению к цементу варьировалось в пределах: фибра  $X_1 = (0,4-1) \%$ , «Виннапас»  $X_2 = (2-5) \%$ , пластификатор  $X_3 = (1-2) \%$ , водоцементное отношение  $X_4 = 0,4-0,5$ . Откликом в исследуемой модели является прочность на растяжение при изгибе ( $Y$ ). В результате обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии, адекватное при 95 %-ой доверительной вероятности:

$$Y = 4,663 + 0,267 \cdot X_1 + 0,219 \cdot X_2 + 0,402 \cdot X_3 + 0,418 \cdot X_4 + \\ + 0,28 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,194 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,47 \cdot X_3 \cdot X_4.$$

Анализ модели прочности показал, что содержание гиперпластификатора и водоцементное отношение в наибольшей степени влияют на прочность бетона, причем это влияние имеет неоднозначный характер, так как эти компоненты взаимосвязаны обратной зависимостью. Прослеживается следующая закономерность: одновременное увеличение содержания пластификатора и воды затворения ведет к нарастанию прочности до определенного предела, причем скорость нарастания прочности уменьшается с увеличением водоцементного отношения. Для каждого состава многокомпонентной смеси существует пограничное значение водоцементного отношения, при котором содержание пластификатора практически не влияет на прочность, а при дальнейшем увеличении водоцементного отношения добавление пластификатора отрицательно сказывается на прочности. Это означает, что для критического

водоцементного отношения достигнуто максимальное значение прочности при заданном содержании «Виннапаса» и фибры. Исследуемый интервал варьирования этих величин находится в области оптимума, достигая критических значений, при которых прочность бетона с их дальнейшим увеличением понижается.

Получены трехмерные диаграммы, отражающие общую закономерность изменения прочности на растяжение при изгибе в зависимости от водоцементного отношения, содержания пластификатора для разных концентраций «Виннапаса» и фибры, в соответствии, с областью планирования эксперимента. Исследования подтвердили, что одно и тоже содержание фибры может влиять на прочность при изгибе как в положительную, так и в отрицательную сторону. Показаны пути усиления упрочняющего воздействия полиакриловой фибры изменением соотношения гиперпластификатор – вода затворения.

Согласно модели содержание «Виннапаса» однозначно увеличивает прочность на растяжение, а, следовательно, пластичность бетона. Взаимодействие между содержанием «Виннапаса» и фибры оказалось незначительным и не вошло в модель.

Нарастанию прочности фибробетона способствует обеспечение достаточной смачиваемости компонентов и подвижности смеси. Минимального значения водоцементного отношения 0,40–0,42 и содержания пластификатора (1 % по массе от цемента) оказалось недостаточным для получения высокой прочности, так как добавление фибры увеличило поверхность смачивания и привело к нарушению процессов гидратации цемента, и образованию цельной структуры материала. Наибольший эффект от использования полиакриловой фибры был достигнут при В/Ц = 0,48–0,50 и содержании пластификатора 2 % по массе от цемента.

При содержании гиперпластификатора Sica Visco Crete – 20 HE Rus в 1,5 %, как рекомендуют производители, достигается прочность в 5,4 МПа, при содержании полиакриловой фибры в 1 % от массы цемента (0,33 % от массы смеси). Повышая содержание фибры и «Виннапаса», которые в данном составе довольно незначительны, можно существенно улучшить прочностные показатели бетона.

Полученная математическая модель позволяет прогнозировать ожидаемую прочность мелкозернистого бетона, целенаправленно влиять на нее варьированием компонентов смеси, осознанно выбирать направления дальнейших исследований по подбору оптимального состава бетона.

