

2012 г. А.Н. Стеблюк

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО БЕТОНА

Бетон для дорожного строительства должен обладать высокими показателями прочности на сжатие и растяжение при изгибе, трещиностойкости, долговечности, стоек против истирания. Для обеспечения требуемых характеристик предлагается применять фибробетон. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что дисперсное армирование бетонов различными волокнами является наиболее оптимальным и все более широко применяется во многих областях строительства. В качестве фибр обычно используют стальную проволоку, стеклянные, базальтовые, полипропиленовые волокна, но практика показала, что их применение либо дорого (стальные фибры), либо неэффективно (стеклянные фибры).

Исследования показывают, что более эффективно применять в качестве фибр базальтовое и асбестовое волокно. Волокна асбеста по прочности на растяжение превосходят стальную проволоку, при этом асбест благодаря высокой адсорбционной способности хорошо сцепляется с твердеющим цементом. Асбестовые волокна обладают высокой прочностью на разрыв по оси волокнистости, а также модулем упругости. Средние значения модуля упругости асбеста колеблются от 16 104 до 21 104 МПа [1]. Совокупность уникальных свойств хризотил-асбеста: способность расщепляться на тончайшие эластичные волокна, которые имеют высокую механическую прочность, несгораемость и теплостойкость, высокий коэффициент трения, низкая проводимость тепла, электрического тока и звука, атмосферостойкость, щелочеустойчивость и стойкость по отношению к морской воде, высокая адсорбирующая активность и способность к образованию устойчивых композиций с различными вяжущими материалами. Промышленное использование хризотил-асбеста экономически выгодно ввиду его доступности, дешевизны и долговечности.

Однако к применению асбестовых волокон относятся по-разному, в Европе, например, проводится антиасбестовая кампания. Но на сегодняшний день доказано, что при низких концентрациях асбестовых волокон их дейст-

вие принципиально не отличается от действия других видов минеральной пыли (цемента, кварца и т.п.). Необходимо отметить, что в воздухе над поверхностью земли содержится некоторое количество асбестовых волокон. Причина этого в том, что асбестосодержащая порода – серпентинит широко распространена в природе. Хотя содержание асбеста в серпентините не велико, в результате его выветривания в атмосферу поступают асбестовые микроволокна. Этот естественный фон асбеста можно сравнить с естественным радиационным фоном. К таким фоновым дозам человек адаптировался. Мониторинг людей, никогда не имевших контакта с асбестом, показал, что в их легочной ткани всегда обнаруживаются в заметном количестве волокна асбеста. Это указывает на то, что существует пороговая доза содержания асбеста в воздухе, ниже которой он абсолютно безвреден [2]. Применение асбестовых волокон в качестве добавки именно в дорожный и аэродромный бетон полностью исключает какие-либо негативные воздействия на организм человека.

Сегодня взаимодействие общества и природы становится одной из важнейших проблем, имеющих серьезное экологическое противоречие. Человечество потребляет огромное количество природных ресурсов и на порядок больше оставляет техногенных отходов. Поэтому проблема их утилизации стала наиболее актуальной. Встал вопрос утилизации отходов производства асбесто-технических изделий, которые представляют собой микроволокна. Поэтому предложено использовать эти отходы в качестве дисперсноармирующих волокон в дорожный и аэродромный бетон с целью повышения его прочности, трещиностойкости, износостойкости, долговечности.

Методом математического планирования проведен лабораторный шестифакторный эксперимент подбора оптимального состава бетона, модифицированного асбестовыми микроволокнами. Исследования влияния количества вводимого волокна в бетонную смесь оценивались по пределам прочности при сжатии и изгибе в возрасте 28 суток.

В качестве сырьевых материалов использовались: цемент марки ПЦ 400-Д0 производства ООО «Стройгазцемент» (Алтайский край с. Галуха) активностью 41,17 МПа; песок из отсеков от дробления, поступающий от ООО «Бийский речной порт» (Алтайский край, г. Бийск) и соответствующий группе крупных песков 2 класса; щебень из гравия и валунов производства ОАО «Бийский ГПК» фракции 5 – 20 мм и насыпной плотностью 1,44 м³/т; отходы производства Барнаульского завода асбесто-технических изделий, поступающие в виде гибких микроволокон различной (1 – 5 мкм) длины и влажностью 2 %. Химический состав асбестовых волокон следующий: 42,80 % SiO₂, 0,45 % Al₂O₃, 0,01 % Cr₂O₃, 0,09 % FeO, 0,30 % Fe₂O₃, 41,00 % MgO, 0,27 % MnO, 0,40 % CaO, 0,24 % NiO, 0,08 % Na₂O, 0,05 % K₂O, 13,3 % H₂O⁺, 1,1 % H₂O⁻.

Асбестовое волокно (ГОСТ 12871 – 93) марки А-6К-30 характеризуется следующими свойствами: насыпная плотность 450 кг/м³, прочность на растяжение 2800 МПа, модуль упругости 70 000 МПа, удлинение при разрыве 0,7 %.

За основу для исследований был взят состав бетона марки 300. Образцы формовались в формах размером 150×150×600 мм, уплотнение бетонной смеси производилось на лабораторной виброплощадке, термическая обработка образцов – в лабораторной камере по режиму подъем температуры 3,5 ч + выдержка 5,5 ч + снижение температуры 2,0 ч при температуре изотермической выдержки 80 – 85 °С. Образцы после пропарки выдерживались в камере нормального твердения 28 дней, затем проводили их испытание. Средние результаты влияния расхода B асбестовых микроволокон на прочность на сжатие ($\sigma_{сж}$) и прочность на растяжение при изгибе ($\sigma_{изг}$) приведены ниже:

Состав	B , %	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{изг}$, МПа
Контрольный	0	33,0	3,9
1	0,2	35,0	4,0
2	0,3	37,0	4,8
3	0,4	37,5	4,9
4	0,5	39,0	5,1
5	0,6	35,0	4,9

Анализируя полученные результаты исследований бетонных композиций, армированных асбестовыми микроволокнами в количестве 0,2 – 0,6 % от массы цемента, можно сделать вывод, что наилучшими показателями к 28 суткам твердения имел асбестобетон с количеством вводимого волокна 0,5 % от массы цемента. Прочность на изгиб и сжатие такой композиции возросла по сравнению с прочностью неармированного бетона на 18 и на 40 % соот-

ветственно (рис. 1). Дальнейшее повышение содержания волокна в композиционном материале ведет к образованию комовых включений, приводящих к созданию неравномерной структуры композиции, в результате чего уменьшается прочность как при изгибе, так и при сжатии. При введении волокна в бетонную смесь ее подвижность несколько уменьшается, как следствие – снижается удобоукладываемость смеси, увеличивается расход воды затворения. Чтобы избежать этого, в бетон, армированный минеральными микроволокнами, эффективно вводить пластифицирующую добавку. В качестве последней изучена новая добавка, полученная из отходов коксохимического производства методом сульфирования с последующей нейтрализацией и добавлением активных присадок.

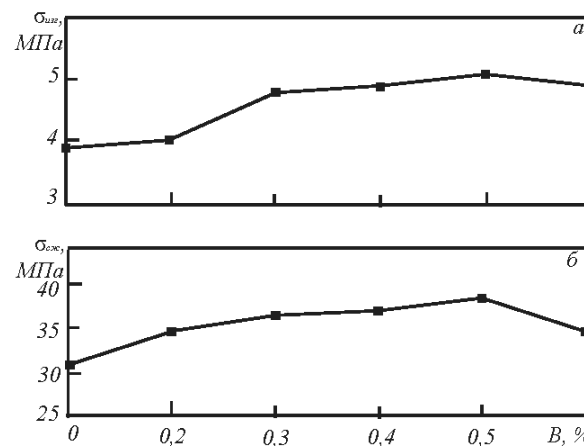


Рис. 1. Влияние количества армирующих микроволокон на прочность бетона при изгибе (а) и сжатии (б)

Испытания влияния добавки проводились на образцах-балочках 4×4×16 см из цементно-песчаной смеси состава 1:3. В качестве вяжущего и заполнителей использовались те же материалы. Также применялась новая пластифицирующая добавка из отходов коксохимического производства, представляющая собой водорастворимый тонкодисперсный порошок, который вводится в смесь с водой затворения. Первая партия образцов замешивалась без добавки (контрольная), вторая – с применением добавки в количестве 0,8 % от массы цемента, третья – с добавкой в количестве 1,6 %, четвертая – в количестве 2,4 %. Результаты влияния новой добавки на свойства цементно-песчаного раствора приведены в таблице.

В ходе эксперимента установлено, что добавка обладает высоким пластифицирующим эффектом и позволяет сократить расход воды без изменения подвижности. При введении исследуемой добавки в бетонную смесь в ко-

Результаты влияния новой добавки на свойства цементно-песчаного раствора

Состав	Осадка конуса	Количество добавки, %	Количество воды затворения, мл	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{изг}$, МПа
Контрольный	4...6	0	300	31	3,6
1	4...6	0,8	250	47	5,5
2	4...6	1,6	225	51	6,3
3	4...6	2,4	200	45	5,1

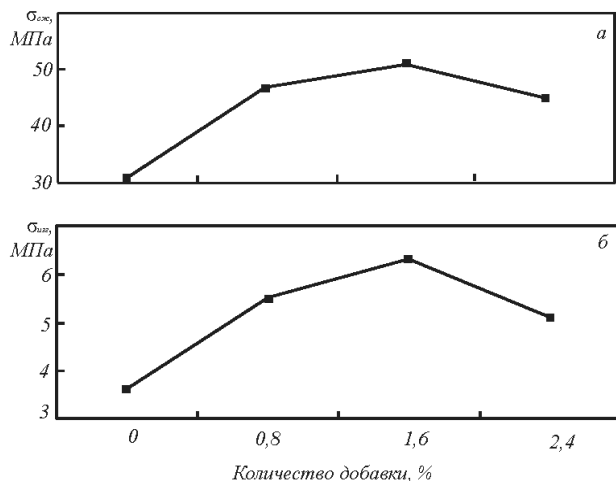


Рис. 2. Влияние количества новой пластифицирующей добавки на прочность бетона при сжатии (а) и изгибе (б)

личестве 1,6 % прочность на сжатие увеличивается на 64 %, а прочность на изгиб на 75 % при снижении расхода воды затворения на 25 % по сравнению с контрольным составом (рис. 2).

Экономический эффект от введения новой добавки обусловлен ее техногенным происхождением и предполагает снижение материалоемкости, уменьшение энерго- и трудозатрат при значительном увеличении прочностных показателей бетонов. В настоящее время на состав и способ приготовления добавки составляется патентная документация.

Выводы. В целях повышения прочностных характеристик дорожного бетона эффективно

применять армирующие волокна. Введение в бетонную смесь асбестовых микроволокон в количестве 0,5 % от массы цемента позволяет увеличить прочность на сжатие и на изгиб соответственно на 18 и 40 %. Для снижения водопотребления бетонной смеси, армированной микроволокнами, необходимо применять пластифицирующие добавки. Изучена новая добавка, полученная из отходов коксохимического производства, введение которой в смесь увеличивает прочность на сжатие и на изгиб соответственно на 64 и 75 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Б а т р а к о в В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.
2. Г л ы б и н В.С. Технология дорожного цементобетона: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1972. – 271 с.
3. В о л ч е к И.З., В а л ю к о в Э.А. Экструзионный асбестоцемент. – М.: Стройиздат, 1989. – 184 с.
4. А ф и н о г е н о в О.П. Конструирование и расчет дорожных одежд. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. – 371 с.

© 2012 г. А.Н. Стеблюк
Поступила 16 мая 2012 г.