

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БЕТОНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ

*Татаринovich Анна Васильевна, студентка 4-го курса
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Ультра-высокопроизводительный бетон является относительно новым направлением в индустрии бетона. На сегодняшний день стандарты для этого типа бетона не были приняты, хотя его характерная прочность превышает те, которые указаны в нормативных документах.

Ультра-высокопрочный бетон превышает все характерные значения класса бетона С110/115 и представляет собой материал со следующими характеристиками: прочность на сжатие не менее 150 МПа и прочность на растяжение более 5 МПа. Это обеспечивает возможность уменьшения сечения элементов (балок, колонн или конструкций тоннеля), выполненных из этого типа бетона, в то время как грузоподъемность остается высокой.

Главная задача при получении такого материала состоит в необходимости сочетания ультра-высокопрочного бетона с использованием местных материалов (песков) и уменьшения количества цемента (который является самым дорогим материалом). Это эффективный подход для уменьшения расхода природных ресурсов и экологического воздействия индустрии бетона. При этом основное условие - получение более высокой прочности на сжатие, без необходимости в термообработке.

Выбор лучших материалов, используемых для производства высокопроизводительных бетонов, является лишь одним шагом в эффективном и экономичном производстве бетона (График 1). Стоит признать, что выбор цементных материалов (связующего) и оптимизация состава высокопроизводительных или ультра-высокопрочных бетонов требует внимания и опыта (Табл.1).

Цемент

Цемент является ключевым компонентом для всех типов бетона, поэтому его стоит выбирать с высокой начальной прочностью.

Водоцементное отношение

В ультра-высокопрочных бетонах для получения более прочной, более плотной структуры материала используется очень низкое водоцементное отношение от около 0,15 до 0,30. При этом количество капиллярных пор уменьшается из-за небольшого количества воды в смеси.

Побочным эффектом низкого водоцементного отношения является то, что обрабатываемость бетонной смеси уменьшается. Это можно компенсировать с помощью примесей, которые улучшают обрабатываемость бетонной смеси. Наилучшим решением является использование новейшего типа суперпластификатора примеси, а именно поликарбоксилата. Плотность суперпластификатора составляет около 1,07 кг/дм³. Добавка добавляется во

время перемешивания. Предлагается использовать от 1 до 50 г на кг цемента для бетона с нормальной прочностью. Возможность использования добавок для конкретных целей, вероятно, будет одним из важнейших источников инноваций в будущем.

Микрокремнезем

Микрокремнезем - это бетонное добавление типа II, которое включает пуццолановые или латентные гидравлические материалы, такие как природный пуццолан и летучая зола. Микрокремнезем является побочным продуктом промышленного производства кремния или ферро-кремниевого сплава, имеющего в составе круглые частицы диоксида кремния. Оптимальная доза микрокремнезема в бетоне, согласно исследованиям, составляет 25%. Благодаря его присутствию можно получить высокую прочность и низкую проницаемость как в раннем, так и в более позднем возрасте. Диоксид кремния вводится для заполнения межзеренного пространства и для получения более плотной консистенции.

Стальные волокна

Основной целью добавления стальных волокон является улучшение его поведения при растяжении. Стальные волокна повышают пластичность хрупких материалов, но добавление волокон к бетону увеличивает также его вязкость и деформацию при пиковом напряжении. Смесь волокон увеличивает прочность на растяжение и деформационную способность в процентах от армирующего волокна более чем на 1%. Чаще всего используют волокна двух типов: короткие прямые волокна и длинные волокна с волнистыми концами.

Основные преимущества: они увеличивают прочность на сжатие, растяжение и изгиб, уменьшают требования к независимым арматурным стержням, уменьшают ширину трещины, улучшают пластичность, извлекают усилия сокращений и улучшают устойчивость к замораживанию. Среди недостатков: его иногда можно увидеть на поверхности бетона, и они ржавеют в агрессивных средах.

Таблица 1 – Смешивание пропорций по весу цемента

Составляющие	Смеси			
	Без волокон		С волокнами	
	R 10	R 11	R 13	R 14
Цемент	1	1	1	1
Вода	0,27	0,25	0,27	0,25
Суперпластификаторы	0,04	0,04	0,05	0,05
Микрокремнезем	0,27	0,25	0,27	0,25
Кварцевый порошок	0,70	0,65	0,70	0,65
Волокна	0,0	0,0	0,13	0,22
Песок	0,54	0,50	0,54	0,50



График 1 – Среднее значение прочности на сжатие бетона для кубиков 50 мм

Прочность на сжатие 160 МПа достигается за счет введения стальных волокон в бетонную смесь. Специальные свойства смеси R14 получают с умеренной дозой портландцемента и чрезмерно малым отношением водоцементного отношения. Это возможно благодаря использованию суперпластификаторов нового поколения в максимальной дозировке, рекомендованной производителем, с использованием реагентов с высокой реакционной способностью пуццолана и включающих стальные волокна.

Обеспечивая армирование стальными волокнами, снижается риск растрескивания при усадке пластмассы и при сушке. Стальные волокна улучшают долговечность за счет ограничения трещин.

Разработка смеси имеет решающее значение, поскольку она определяет ее структурный уровень производительности. Стандартизированной смеси нет, потому что для каждого случая требуется характерная смесь.

Результатом предложенного подхода является достоверно оптимальная плотность бетонной смеси при рассмотрении влияния характеристик материалов и совместимости материалов на улучшение эксплуатационных характеристик бетона.

Литература:

1. Соболев К., Амирянов Р. Применение генетического алгоритма для моделирования плотных бетонных заполнителей: Строительство и строительные материалы, 2017, 24. – С. 1449-1454.

2. Айткин П.С., Мехта П.К., Сиан А., Ирассар Э.Ф. Влияние крупного агрегата на свойства высокопрочного бетона, 1990, № 87. – С. 103-107.
3. Бук Дж.Дж., Жоу М. Влияние микроструктуры на несущие и энергетические мощности ультра-высокопроизводительных бетонов// Исследования цемента и бетона, 2017, № 43. – С. 34-50.
4. Гайзенкайслук М. Вывод трехмерной модели распределения частиц для разработки улучшенных смесей ультра-высокопроизводительного бетона, 2002. – 128 с.