

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ И МОРОЗОСТОЙКОСТИ МОНОЛИТНОЙ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЕЙ ФИБРОАРМИРОВАНИЕМ БЕТОНА

Стаканов И.В.

Научный руководитель канд. техн. наук Ермалаев В.Л.

Сибирский федеральный университет

К бетону, как материалу тоннельной обделки, предъявляется ряд требований:

- он должен обладать химической стойкостью к воздействию агрессивных подземных вод;
- выдерживать высокие статические и динамические механические нагрузки;
- быть устойчивым к перепадам температур и обладать морозостойкостью;
- противостоять образованию трещин и усадки.

Бетон является композитным материалом, поэтому его свойства определяются свойствами составляющих компонентов. Химическую стойкость бетона обеспечивает применение специальных химических добавок, выбор которых определяется свойствами подземных вод. Чтобы увеличить стойкость к механическим нагрузкам, надо тщательно подбирать гранулометрический состав заполнителя, уменьшать водоцементное отношение и применять пластификаторы, снижающие водопотребность смеси при той же подвижности, а также за счет тщательного уплотнения бетонной смеси. С возрастанием плотности бетона повышаются его механические, водонепроницаемые, морозостойкие свойства. Для уменьшения усадки бетона следует избегать применения бетонов с большим расходом цемента, при этом необходимо использовать крупные заполнители оптимального гранулометрического состава и обеспечивать влажный режим твердения бетона.

Учитывая требования к транспортным тоннелям по длительности срока их службы (не менее 100 лет), не армированная монолитная бетонная обделка, особенно в условиях континентального и резко континентального климата, не может обеспечить требуемого минимального срока её эксплуатации в течение 50 лет. Для увеличения срока службы обделки применяют железобетон, армированный стальным прокатом переменного сечения. Это в разы увеличивает прочностные характеристики материала обделки и обеспечивает большую её долговечность. Однако армирование бетона арматурной сталью вызывает значительное повышение трудоемкости возведения обделки и сроков ее сооружения из-за необходимости монтажа арматурного каркаса. Альтернативным вариантом традиционному железобетону является применение фиброармирования бетонов.

Фибробетон – это бетон, при изготовлении которого армирование осуществляется дисперсными волокнами (фибрами). Фибробетон обладает высокими прочностными характеристиками при ударных нагрузках, при работе на срез и при растяжении, водонепроницаемостью, морозостойкостью. Во многом эксплуатационные свойства фибробетона зависят от типа применяемой фибры. Сейчас активно применяются волокна из различных материалов — стали, стекла, полимеров, базальта, асбеста и т.д. Особый интерес представляет стальная фибра, вследствие оптимального соотношения стои-

мость/эффективность работы в бетоне. Например, при использовании стальной фибры достигается достаточная степень анкеровки фиброконструкций, что позволяет в полной мере использовать их прочность для наиболее эффективной работы в бетоне

Армирование стальной фиброй позволяет достигать проектных характеристик строительных конструкций при меньшей металлоемкости и толщине обделок, чем при железобетоне, повышая при этом надежность при эксплуатации. Сталефибробетон, армированный стальной фиброй, обладает особой устойчивостью к воздействиям внешних факторов. Совмещение операций приготовления бетонной смеси для СФБ и её армирования снижает трудоемкость изготовления обделок.

Приготовление фибробетона весьма технологично. Фиброконструкции в необходимом количестве добавляются в миксер с бетонной смесью перед её укладкой и перемешиваются в ней, как правило, не более 5 минут. При этом крупный наполнитель, используемый для приготовления бетона, не должен быть крупнее 20 мм.

Широко применяемые стальные фибры представляют собой пластинчатые или стержневые конструкции, вытянутые в одном направлении. Они просты в изготовлении. Геометрические формы фибры улучшают сцепление с бетоном, и увеличивают временного сопротивления фибры на разрыв, улучшая армирующие свойства. Однако при укладке фибробетона слоями, фибры могут располагаться длинной стороной параллельно укладываемым слоям, что ослабляет прочностные свойства бетона в направлении перпендикулярном слоям.

Для преодоления этого недостатка мы предлагаем использовать 4-х лучевую объемную конструкцию фибры, в которой лучи направлены в разные стороны и образуют равные пространственные углы друг с другом (рис. 1). Предлагаемая конструкция обеспечивает равномерное объемное армирование трехмерных структур – такая фибра



Рис.1. Объемная фибра

более эффективно воспринимает усилия любого направления, и блокирует трещины со всех сторон, препятствуя их дальнейшему росту и развитию.

Четырех лучевая фибра может формироваться из листовой стали. При этом обеспечивается весьма рациональный раскрой листа, с минимальным отходом металла в виде продолговатых полосок, образующихся по краям раскраиваемого листа. Эти полоски могут использоваться в качестве дополнительной двухмерной фибры добавляемой в бетон к четырех лучевой пространственной. Можно также изготавливать четырех лучевую фибру связывая её из стальной проволоки с последующей закалкой для предотвращения смятия в миксере.

В целом следует отметить, что фиброармирование бетонов в отечественном подземном строительстве явно недооценена, хотя она доказала свою эффективность. В настоящее время есть функционирующие подземные объекты, представляющие собой камеры большого сечения, обделка которых выполнена по технологии комбинированного армирования: арматурный каркас + стальная фибра в виде сечки из стальной проволоки. Несмотря на более чем полувековой срок службы, такая обделка полностью сохранила свои рабочие качества.