

При начальном модуле упругости E_0 определяются перемещения u_0 и v_0 . В исследовании НДС пластины как закладной детали опорного узла в нелинейной постановке предусматривается организация итерационного алгоритма, где *линейный расчет становится нулевой итерацией*.

На рисунке 3 приведены эпюры окончательных нормальных напряжений σ_x в двух характерных сечениях: на краю и в середине пластины.

Знакопеременные эпюры σ_x (у края пластинки) с большими значениями напряжений в точке приложения сосредоточенной силы полностью соответствуют принципу Сен-Венана в части наличия для второй системы сил нулевой равнодействующей этих сил.

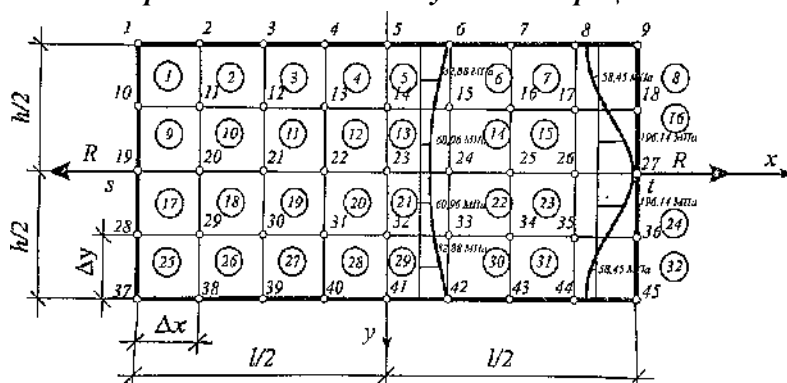


Рисунок 3 – Распределение σ_x по двум сечениям пластинки (нелинейный расчет, 3-я итерация)

Вывод. В результате проведенных исследований было замечено следующее: несмотря на некоторые расхождения в значениях, очертание эпюр напряжений σ_x в основном соответствует принципу Сен-Венана [7, 8], хотя этот принцип ранее доказан только для линейно-деформируемых систем.

Список литературы

- 1 Барашков, В. Н. Алгоритм реализации задач теории упругости и пластичности вариационно-разностным методом. Ч. 1 / В. Н. Барашков // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2003. – № 3, Т. 306 – С. 23–28.
- 2 Козунова, О. В. Нелинейный расчет фундаментных плит на слоистых основаниях, ослабленных биогенными включениями / О. В. Козунова // Вестник гражданских инженеров. – СПб.: СПбГАСУ, 2009. – 2(19) – С. 100–104.
- 3 Рындин, Н. И. Краткий курс теории упругости и пластичности / Н. И. Рындин. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1974. – 174 с.
- 4 Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М.: Высш. шк., 1990. – 398 с.
- 5 Фихтенгольц, Г. М. Основы математического анализа (1) / Г. М. Фихтенгольц. – СПб.: Изд-во «Лань», 2001. – 448 с.
- 6 Калиткин, Н. Н. Численные методы: учеб. пособие / Н. Н. Калиткин. – 2-е изд., исправл. – СПб.: БХВ. – Петербург, 2014. – 592 с.
- 7 Сен-Венан, Б. Мемуар о кручении призм. Мемуар об изгибе призм / Б. Сен-Венан. – М.: ФМ, 1961. – 519 с.
- 8 Джанилидзе, Г. Ю. Принцип Сен-Венана и его использование в теории пластин и оболочек. Расчет пространственных конструкций / Г. Ю. Джанилидзе. – М.: Машиностроение, 1950. – С. 329–342.

УДК 693.5

ВЛИЯНИЕ ФИБРЫ НА УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Е. А. КОЛЕДА, С. Н. ЛЕОНОВИЧ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При изготовлении фибробетонных смесей важное значение имеют не только правильный подбор и рациональное сочетание исходных материалов, но и технология их изготовления. Фибробетонные смеси могут изготавливать непосредственно на строительной площадке введением фибры в готовую бетонную смесь или на заводском бетоносмесительном узле. Важной проблемой, возникающей при армировании фиброй бетонных материалов, является снижение удобоукладываемости бетонной смеси по мере увеличения в ней содержания волокнистого заполнителя. Для того чтобы оценить степень влияния фибры на изменение удобоукладываемости бетонной смеси, было проведено исследование [1, 2].

Для исследования были приняты четыре состава бетонных смесей [1]:

Состав А: расход компонентов Ц:П:Щ = 1:2:2,5; В/Ц = 0,3; расход вяжущего – 400 кг/м³; марка по удобоукладываемости – П5 (ОК 22 см); мелкий заполнитель – песок м. к. 2,0; крупный заполнитель – щебень фр. 5–20 мм; пластифицирующая добавка – 0,8 % от массы вяжущего.

Состав Б: расход компонентов Ц:П:Щ = 1:1,9:2,4; В/Ц = 0,3; расход вяжущего – 445 кг/м³; марка по удобоукладываемости – П5 (ОК 23 см); мелкий заполнитель – песок м. к. 2,0; крупный заполнитель – щебень фр. 5–20 мм; пластифицирующая добавка – 0,5 % от массы вяжущего.

Состав В: расход компонентов Ц:П:Щ = 1:2,1:1,9; В/Ц = 0,3; расход вяжущего – 460 кг/м³; марка по удобоукладываемости – Р4 (РК 53 см); мелкий заполнитель – песок м. к. 2,0; крупный заполнитель – щебень фр. 5–10 мм; пластифицирующая добавка – 0,7 % от массы вяжущего; самоуплотняющаяся смесь.

Состав Г: расход компонентов Ц:П:Щ = 1:1,6:1,7; В/Ц = 0,3; расход вяжущего – 570 кг/м³; марка по удобоукладываемости – Р6 (РК 64 см); мелкий заполнитель – песок м. к. 2,0; крупный заполнитель – щебень фр. 5–10 мм; пластифицирующая добавка – 0,7 % от массы вяжущего; самоуплотняющаяся смесь.

В качестве пластифицирующей добавки в бетон использовалась химическая добавка «АРТ-КОНКРИТ Р» по ТУ ВУ 691460594.002–2016, содержащая модификатор на основе углеродных наноструктурированных материалов (ООО «Передовые исследования и технологии», г. Минск). Вода для затворения и последующего твердения бетона соответствует требованиям СТБ 1114 и ГОСТ 23732.

В каждый состав бетонной смеси вводилась различная фибра (рисунок 1):

– фибра из листовой стали волнового профиля ФЛВ–0,9–50. Длина – 50 мм. Условный диаметр – 0,9 мм. Временное сопротивление разрыву используемой для фибры стали находится в диапазоне 315–410 МПа. Производитель и поставщик – ООО «Изоматстрой» г. Минск – 1 % по объему бетонной смеси (80 кг на 1 м³);

– фибра стальная анкерная ФСА Н-0П 1,0 ТУ ВУ 690660901.001–2015. Диаметр – 1,0 мм. Длина – 50±3 мм. Высота изгиба – 3,1±0,5 мм. Длина загнутого конца – 5,0±1,0 мм. Прочность на разрыв – 1200 МПа. Производитель – ООО «АЛЬТЕРфибра», Минский район, а/г Колодищи – 1 % по объему бетонной смеси (80 кг на 1 м³);

– фибра полимерная ПОЛИАРМ соответствует требованиям ТУ У 25.2-32781078-004:2009, удельный вес – 0,91 кг/м³; длина – 40±2 мм; толщина – 0,6 мм; ширина – 1,2 мм; эквивалентный диаметр – 0,95 мм; прочность на разрыв – не менее 600 Н/мм²; модуль упругости – более 4000 Н/мм²; относительное удлинение при разрыве – 10,0 %. Поставщик – ИП КОВАЛЕВ Н. Н., г. Минск – 0,44 % по объему бетонной смеси (4 кг на 1 м³).

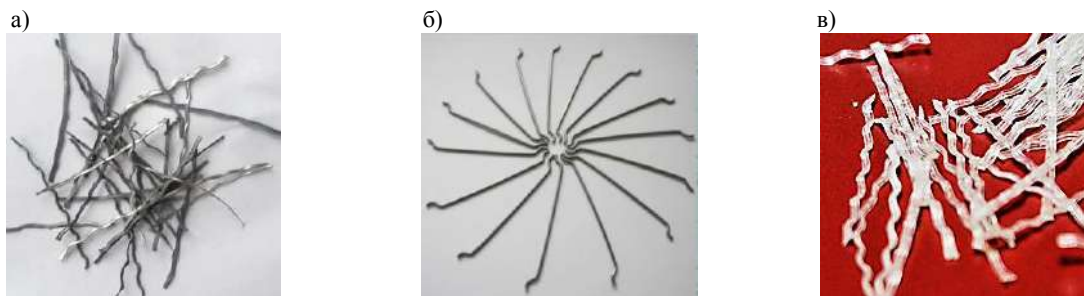


Рисунок 1 – Фибра: а – стальная волнистая; б – стальная анкерная; в – полимерная волнистая

Фибра добавлялась в готовую бетонную смесь в два приема. Перемешивание осуществлялось в лабораторном смесителе принудительного действия. Изменение подвижности фибробетонной смеси контролировалось с использованием стандартного конуса по его осадке (ОК) и расплыву (РК) [3, 4]. Изменение подвижности бетонной смеси после введения фиброволокон и внешний вид фибробетонных смесей представлены на рисунках 2–5.

Наибольшее влияние на подвижность бетонной смеси оказала металлическая фибра волнового профиля из листа. Так, марка по удобоукладываемости состава А с П5 снизилась до П2, состава Б – с П5 до П3, состава В – с Р4 до Р1, состава Г – с Р6 до Р4. Следует отметить, что в подвижных самоуплотняющихся бетонных смесях наблюдается растворотделение, фибра с частью защемленного ею щебня скапливается в центральной части. В более подвижной смеси состава Г этот эффект проявляется меньше. Таким образом, смеси, приготовленные с данным типом фибры, требуют обязательного дополнительного распределения смеси по объему и тщательного уплотнения.

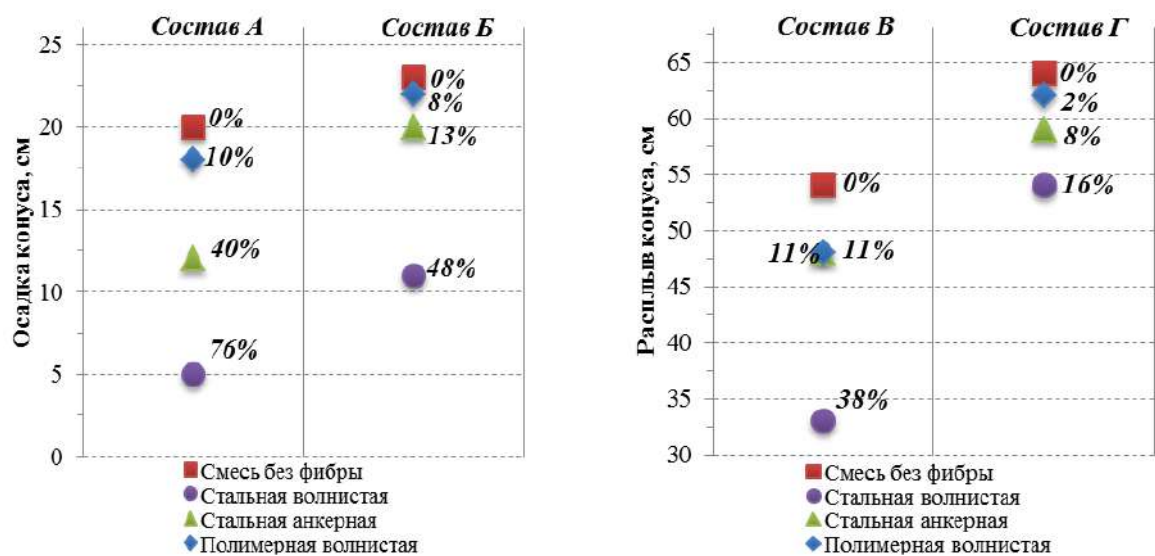


Рисунок 2 – Изменение подвижности бетонной смеси после введения фибры



Рисунок 3 – Бетонная смесь со стальной проволочной фиброй анкерного профиля



Рисунок 4 – Бетонная смесь с полимерной фиброй волнистого профиля



Рисунок 5 – Бетонная смесь со стальной фиброй волнистого профиля

Фибра металлическая из проволоки и полимерная фибра оказали меньшее влияние на подвижность бетонной смеси. Так, при введении стальной анкерной фибры из проволоки марка по удобоукладываемости состава А с П5 снизилась до П3, состава Б – с П5 до П4, состава В – с Р4 до Р3, состава Г – с Р6 до Р5. При введении полимерной волнистой фибры марка по удобоукладываемости составов А, Б и Г осталась неизменной, состава В снизилась с Р4 до Р3 [5–7].

В случае добавления в бетонную смесь большего количества стальных волокон (0,7–1 % по объему бетонной смеси) модификация состава бетонной смеси обязательна. Для обеспечения достаточной удобоукладываемости смеси подобные фибробетоны требуют большего количества цементного молока. По этой же причине доля мелких фракций заполнителя тоже должна быть увеличена.

Список литературы

- 1 Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф. Н. Рабинович [монография]. – М. : АСВ, 2004. – 560 с.
- 2 Копанский, Г. В. К вопросу о подборе состава сталефибробетонной смеси / Г. В. Копанский, Л. Г. Курбатов // Производство строительных изделий и конструкций. – Л., 1982. – С. 151–154.
- 3 ГОСТ 7473 Смеси бетонные. Технические условия.
- 4 Р1.03.054–2009. Рекомендации по проектированию и изготовлению строительных сталефибробетонных конструкций и технологии производства сталефибробетона с применением стальной фибры БМЗ. – Минск : РУП «Институт БелНИИС», 2009. – 106 с.
- 5 Повышение прочности бетона пластифицирующей добавкой на основе наноструктурированного углерода / С. А. Жданок [и др.] // Строительные материалы. – 2018. – № 6. – С. 67–72.
- 6 Коледа, Е. А. Характеристики трещиностойкости фибробетона как определяющий фактор качества / Е. А. Коледа, С. Н. Леонович // Технология строительства и реконструкции : TCR-2015 : сб. докл. Междунар. науч.-технич. конф. / Белорусский нац. Технич. ун-т ; Нац. академия наук Беларуси ; под ред. Б. М. Хрусталева, С. Н. Леоновича. – Минск : БНТУ, 2017. – С. 282–287.
- 7 Коледа, Е. А. Влияние дисперсного армирования на плотность и пористость фибробетона / Е. А. Коледа, А. И. Бондарович, С. Н. Леонович // Инновационная подготовка инженерных кадров на основе европейских стандартов (Евроков) : материалы Междунар. науч.-технич. конф. (Минск, 30 мая 2017 г.) / [редкол.: В. Ф. Зверев, С. М. Коледа]. – Минск : БНТУ, 2017. – С. 97–102.

УДК 621.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ КОНЦЕПЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИЗАЙНА ПОСРЕДСТВОМ ПРОГРЕССИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

О. Н. КОНОВАЛОВА, Д. А. ЛАБУС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Толчком для развития в Беларуси концепции универсального дизайна стало подписание документа «Конвенция о правах инвалидов».

Универсальный дизайн – это дизайн среды, средств коммуникации, продуктов и услуг, способствующий их применимости всеми людьми, вне зависимости от возраста, особенностей телосложения, способностей и т. д. Универсальный дизайн, или «дизайн для всех», признан во всем мире в качестве улучшенного дизайна, удобного для всех категорий населения, в том числе для людей с инвалидностью. При этом в основе философии универсального дизайна лежит идея создания такой среды, продуктов и услуг, которые были бы полезны не только людям с инвалидностью. Такая концепция организации среды упрощает жизнь для пожилых, родителей с колясками, рабочих, которые переносят тяжести и др.

Задумка о создании общедоступной среды принадлежит английскому автору Селвину Голдсмитту, который сформулировал ее в книге «Проектирование для инвалидов». Автор не только изложил теоретические данные, но и изучил аспекты повседневной жизни людей с ограниченными возможностями. Самая существенная идея Голдсмита – создание заниженного бордюра – стала одним из первостепенных требований к организации архитектурного пространства. На основе данной книги были впоследствии разработаны основные принципы универсального дизайна [2]:

1 Равенство в использовании. Данный принцип предполагает возможность безопасного и надежного использования обстановки людьми с различными физическими возможностями.

2 Гибкость в использовании. При производстве товаров и предметов должны учитываться особенности и предпочтения потребителей, например, людей с ослабленными функциями конечностей или людей, в большей степени владеющих левой или правой рукой, так называемых «левой» или «правой».

3 Простой и интуитивно понятный дизайн. Каждому пользователю на уровне интуиции должно быть понятно, как использовать продукт. Производитель должен разместить подсказки, которые