Открытое акционерное общество
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
(ОАО ЦНИИС)

ПРОВЕСТИ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ С ФИБРОЙ HAREX, DRAMIX, ЧЕЛЯБИНКА И МАГФИБРАСТРОЙ И ВЫБРАТЬ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНУЮ ИЗ НИХ

Москва 2006

Открытое акционерное общество
Научно-исследовательский институт транспортного строительства
(ОАО ЦНИИС)

TÜV CERT EN ISO 9001 Zertifikat: 75 100 8898

Образован в июне 1935 г. приказом НКПС (МПС). В 1954 г. передан в состав Минтрансстроя СССР, с 1992 г. работает в системе Корпорации "Трансстрой". В 1993 г. преобразован в акционерное общество (ОАО ЦНИИС)

Система менеджмента качества института сертифицирована по международному стандарту ISO-9001: 2000

Является головной организацией России по научным исследованиям, стандартизации и нормированию в области проектирования, строительства и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры

Имеет государственную аккредитацию научной организации

Выполняет работы в соответствии с лицензиями Госстроя и Минприроды России, аттестатами аккредитации Госстандарта РФ:

- инженерные изыскания, проектирование, строительство и реконструкция транспортных объектов;
- обследование и диагностика технического состояния сооружений, испытания и сертификация продукции в строительстве;
- оценка воздействия строительства на окружающую среду.

С 1942 года действуют аспирантура и докторантура, которые на основании лицензии Минобразования осуществляют подготовку научных кадров по специальностям:

- 05.05.04 – "Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины"
- 05.22.06 – "Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог"
- 05.23.05 – "Строительные материалы и изделия"
- 05.23.07 – "Гидротехничекое строительство"
- 05.23.11 – "Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей"

Имеет свою полиграфическую базу

СТРУКТУРА ИНСТИТУТА

Научно-исследовательские центры:

- "Мосты"
- "Тоннели и метрополитены"
- "Стройтехкомплекс"
- "Здания"
- "Строительные материалы и изделия"
- "Морские берега" (г. Сочи)

Испытательные центры:

- "ЦНИИС-ТЕСТ"
- "ИЦОТ ЦНИИС" (охрана труда)
- "ЦНИИС-ЭЛЖТ"

Органы по сертификации:

- "ЦНИИСтранссройсертификация"
- Орган сертификации работ по охране труда

Отделения:

- электрификации железных дорог, СЦБ и связи
- информационных технологий и компьютерного моделирования
- гидротехнического строительства
- средств комплексной механизации

Центральные научно-исследовательские и испытательные лаборатории:

- транспортных коммуникаций и экологии
- инженерной теплофизики
- земляного полотна и верхнего строения пути
- оснований фундаментов и инженерной геологии

Адрес: 129329, г. Москва, ул. Кольская д.1 Тел. 180-20-42. Факс: 189-72-53
E-mail: Mail.Tsniis@g23.relcom.ru www.tsniis.com

Открытое акционерное общество
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА »
(ОАО ЦНИИС)

УДК
№ гос. регистрации
Инв.№

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального директора
ОАО ЦНИИС, по научной работе -
главный инженер, д-р. техн. наук
_____А. А. Цернант
«__11__» мая _____ 2006 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

«Провести сравнительные испытания образцов с фиброй HAREX, DRAMIX, Челябинка и МагФибрастрой и выбрать наиболее эффективную из них »

СМ – 05 – 5623/3

Руководитель НИЦ СМ, канд.техн.наук — С.Ф. Евланов

Заведующий лабораторией , канд.техн. наук. — В.Н.Строцкий

Нормоконтролер — Л.Б. Юрьев

Москва 2006

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,
заведующий лабораторией,
канд.техн.наук — 10.05.06 — В.Н. Строцкий (раздел 1,2,3)

Исполнители:

Ст. научный сотрудник,
канд.техн.наук — 10.05.06 — Н.В.Смирнов (разделы 1,2,3)

Зам.заведующего — 10.05.06 — В.М.Васькин (проведение испытаний)

Инженер 1 категории — 10.05.06 — В.Н.Минакова (участие в испытаниях, оформление отчета)

Нормоконтролер — Л.Б.Юрьев

РЕФЕРАТ

Отчет 17 с., 6 рис., 6 табл.,

СТАЛЕФИБРОБЕТОН, ФИБРА, ПРОЧНОСТЬ, СЖАТИЕ, РАСТЯЖЕНИЕ, ИЗГИБ.

Объект исследования : физико-механические свойства сталефибробетона с различным типом фибр- Челябинка, HAREX. DRAMIX, МагФибрастрой.

Цель работы: определение наиболее эффективного типа фибры.

Результаты работы : установлено, что наиболее эффективной из исследованных типов фибр является фибра Челябинка.

Степень внедрения: результаты работы переданы заказчику.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение..... 5
2 Методика сравнительных испытаний сталефибробетона, армированного фибрами HAREX, DRAMIX, МагФибрастрой и Челябинка..... 5
2.1 Выбор параметров для определения сравниваемых типов фибр..... 5
2.2 Состав бетонной матрицы, расход фибры и технология изготовления образцов..... 11
2.3 Размер и количество образцов..... 12
2.4 Приборы и оборудование..... 12
3 Результаты испытаний сталефибробетонных образцов..... 13
4 Заключение..... 17

1 ВВЕДЕНИЕ

За последние годы в России и за рубежом заметно оживился интерес к применению сталефибробетонных конструкций различного назначения .Естественно это повлекло за собой увеличение предложений по использованию для таких конструкций различных типов фибр. В России производятся и продаются в основном 4 типа фибры : HAREX, DRAMIX, МагФибрастрой и Челябинка. Фибру Челябинка производит и широко применяет в мостовом строительстве ООО «НПК ВОЛВЕК ПЛЮС». В 2002г. Эта фирма заказывала лаборатории прочности бетона и железобетона НИЦ СМ ОАО ЦНИИС работу по исследованию физико-механических свойств сталефибробетона заданного состава с фиброй по ТУ1276-002-51484465-2002.

В 2005г. ООО «НПК ВОЛВЕК ПЛЮС» обратилась с письмом в ЦНИИС с просьбой провести сравнительные испытания образцов с фиброй HAREX, DRAMIX, Челябинка и МагФибрастрой (рисунки 1-4) по методике с использованием положений механики разрушения (ГОСТ 29167-91). Рассмотрев это предложение заказчика лаборатория прочности бетона и железобетона обосновала и предложила свой вариант методики сравнительных испытаний, который был принят заказчиком.

2 МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА, АРМИРОВАННОГО ФИБРАМИ HAREX, DRAMIX, « МАГФИБРАСТРОЙ» И «ЧЕЛЯБИНКА»

2.1 ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРАВНИВАЕМЫХ ТИПОВ ФИБР

Заказчиком, для сравнения качества сталефибробетона, армированного различными типами фибры, предложены следующие параметры:

а) Прочность на сжатие (определение класса сталефибробетона);

б) Определение характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях образцов с фиксацией размеров развивающейся магистральной трещины и нагрузкой (Приложение 3 ГОСТ 29167-91) ;

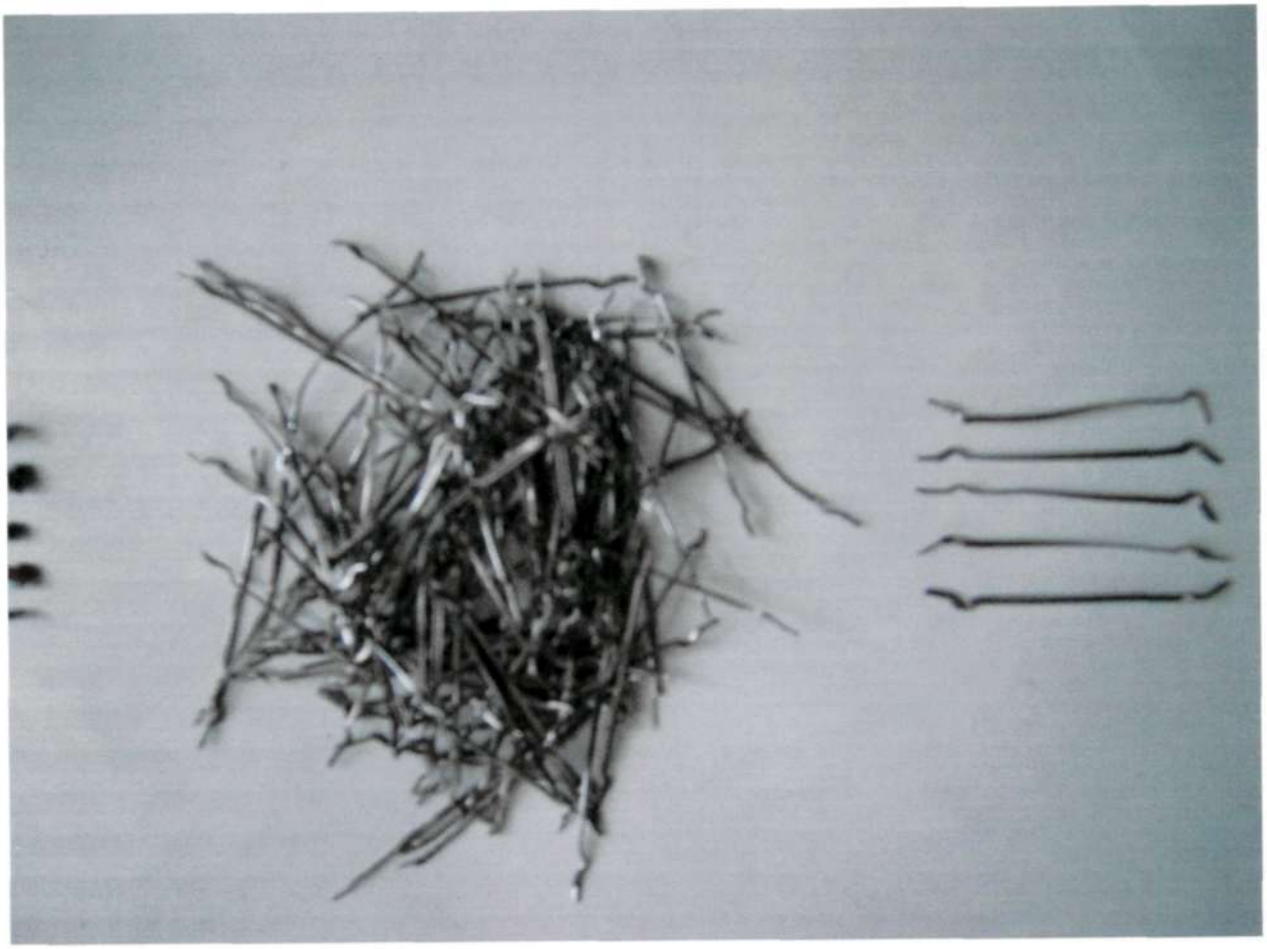

Рисунок 1 – Фибра Челябинка

Рисунок 2 – Фибра HAREX

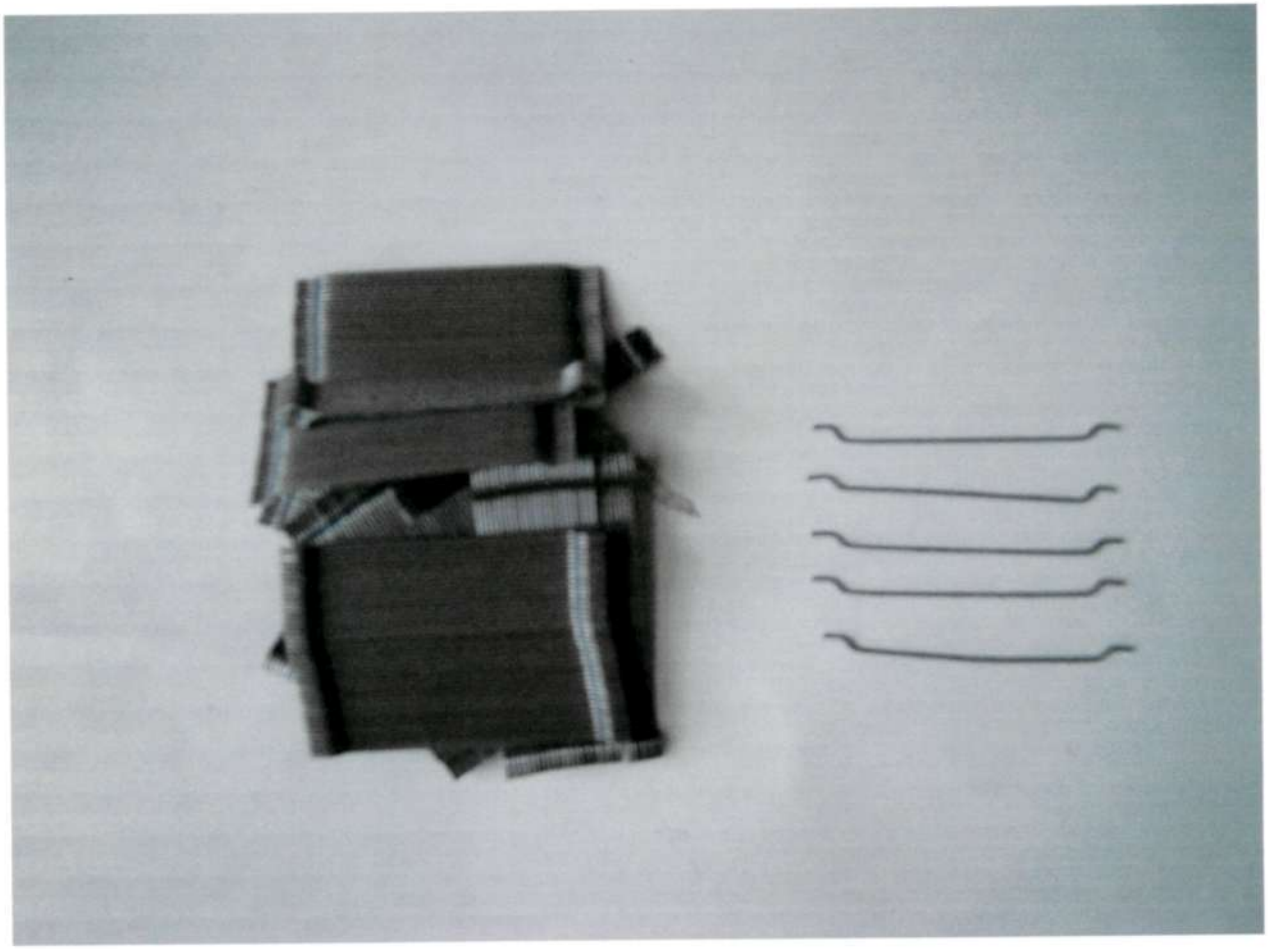

Рисунок 3 – Фибра DRAMIX

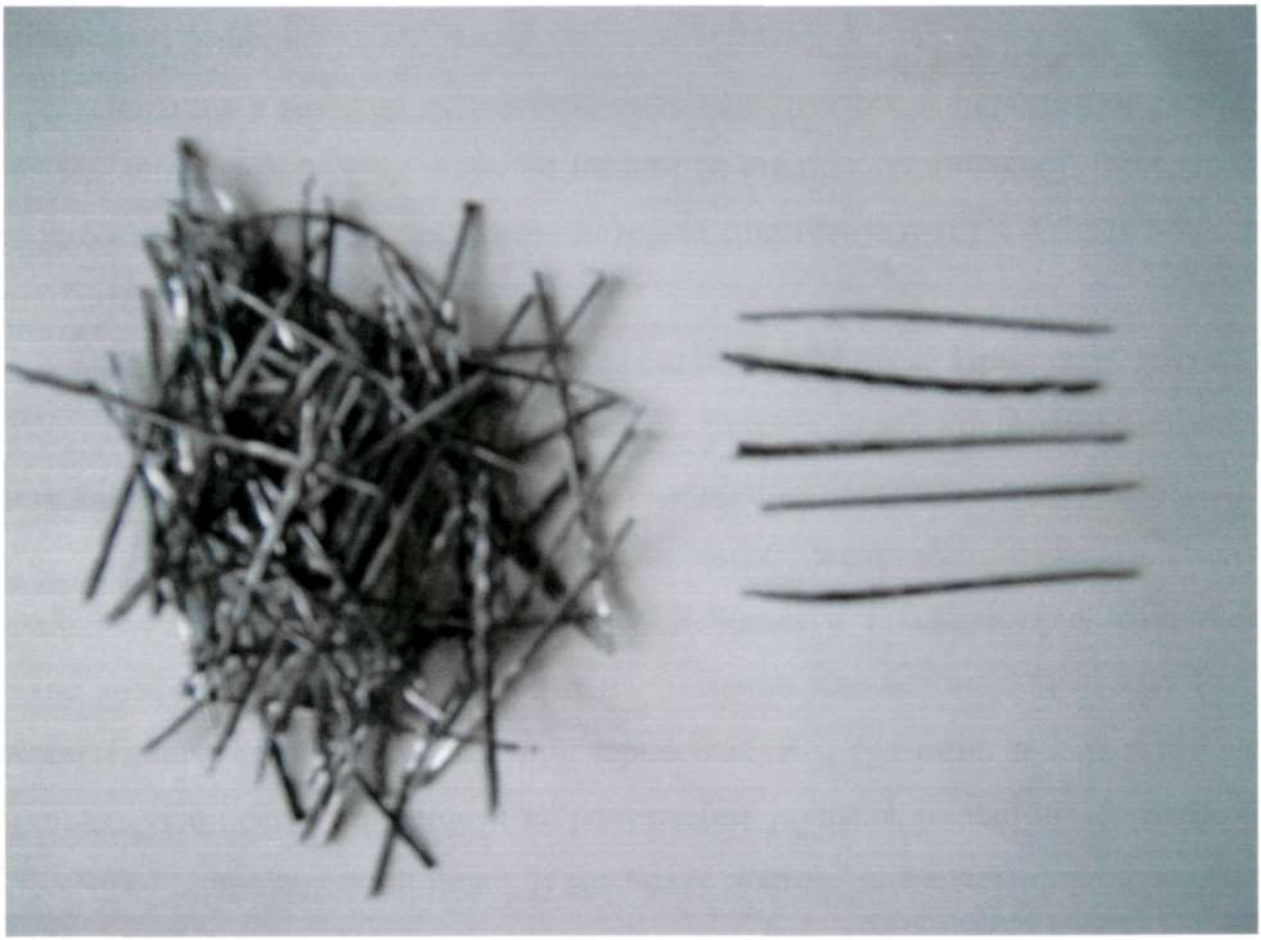

Рисунок 4 – Фибра МагФибрастрой

в) Определение предела прочности на растяжение и начального модуля упругости (Приложение 4 ГОСТ 29167-91) ;

г) Определение коэффициента Пуассона.

С нашей точки зрения, выбирать более эффективный вариант сталефибробетона на основе механики разрушения (ГОСТ 29167-91) нельзя по следующим основаниям.

1. ГОСТ 29167-91 распространяется на бетон и не распространяется на бетон армированный фиброй.

2. Подходы к расчету железобетонных конструкций и параметров бетона на основе механики разрушения пока не вышли за стадию технической литературы и какие либо нормы по расчетам таким методом отсутствуют. ГОСТ 29167-91 носит рекомендательный характер.

3. Применение теории развития трещин Гриффится, Ирвина и других для однородных материалов применительно к бетону, где крупный заполнитель препятствует развитию трещины дает достаточно противоречивые результаты. Так в работе Е.Н.Пересыпкина «Расчет стержневых железобетонных элементов» (М.1988г.) указывается, что по данным С.Я.Ярема и Г.С.Кристина критическое значение коэффициента интенсивности напряжений для бетона $K_{1c} = 0.25\ R_{bt}$, по опытам самого автора он равен примерно $0.55\ R_{bt}$ (разница в 2 раза). Трудно представить, что предел прочности на растяжение , определенный по формуле (19) ГОСТ 29167-91, приведенной ниже, будет более достоверным, чем определенный по ГОСТ 10180-91 путем непосредственных испытаний на растяжение.

$$R_{btf} = \frac{3FcLo}{2b(h-a_o-a_o t)^2\left[(1-\lambda)^2\left(1.93-3.07\lambda+14.53\lambda^2-25.11\lambda^3-25.8\lambda^4\right)\right]}$$

4. Экспериментальные данные о возможности применения подходов механики разрушения к оценке свойств армированного фиброй бетона вообще отсутствуют, хотя дисперсная арматура существенно влияет на распространение трещин.

5. Есть ГОСТы, соблюдение которых обязательно при оценке таких свойств бетона, как прочность при сжатии, осевом растяжении, растяжении при изгибе, модуля упругости, коэффициента Пуассона. Именно эти характеристики используются в расчете конструкций (а не коэффициент интенсивности напряжений, удельные затраты энергии, J интеграл, предел прочности на растяжение и модуль упругости, рекомендуемые в ГОСТ 29167-91).

Исходя из изложенного для сравнения сталефибробетонов, армированных различными типами фибры, предлагается оценивать следующие характеристики.

а) Прочность сталефибробетона при сжатии (определяется по ГОСТ 10180-90).

б) Прочность на растяжение при изгибе (ГОСТ 10180-90).

в) Прочность при осевом растяжении (ГОСТ 10180 –90).

г) Модуль упругости сталефибробетона (ГОСТ 24452-80).

д) Коэффициент Пуассона (ГОСТ 24452-80).

е) Призменная прочность (ГОСТ 24452-80).

2.2 СОСТАВ БЕТОННОЙ МАТРИЦЫ, РАСХОД ФИБРЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ

Бетонная матрица для всех типов фибры изготавливается из одного состава бетона, приведенного в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1 - СОСТАВ БЕТОНА МАТРИЦЫ И РАСХОД ФИБРЫ НА 1 $М^3$

Наименование компонентов	Единица измерения	Количество
Цемент М500 ПЦ 500 Д20	кг	420
Песок $М_{кр}$ 2.1-2.2	кг	598
Щебень 5-20 мм	кг	1191
Фибра (4 варианта)	кг	80
В/Ц		0.42-0.45
Суперпластификатор С-3	% Ц сухой вес	0.5
СНВ	% Ц	0.015
ОК	см	6-8

Бетонная смесь для образцов изготовливалась в лабораторной бетономешалке принудительного действия- СБ80, уплотнение бетонной смеси осуществлялось на виброплощадке. Забетонированные образцы хранились в камере нормального твердения.

Чтобы разброс прочности бетона матрицы был минимальным и не влиял на роль различных типов фибры, бетонирование проводилось из одного замеса. К образцам с каждым типом фибры изготавливалось по 2 кубика для оценки кубиковой прочности.

2.3 РАЗМЕР И КОЛИЧЕСТВО ОБРАЗЦОВ

Размер и количество образцов для оценки каждого сравниваемого параметра для одного типа фибры приведены в таблице 2

ТАБЛИЦА 2 - РАЗМЕР И КОЛИЧЕСТВО ОБРАЗЦОВ

№ № п/п	Наименование образцов	Размеры см	Определяемая характеристика	Количество
1	Кубик	10x10x10	Кубиковая прочность	2
2	Призма	10x10x40	Призменная прочность,	2
3	Восьмерка	сечение 6x8	Прочность при осевом растяжении	2
4	Балочка	10x10x40	Прочность на растяжение при изгибе	2
5	Призма	10x10x40	Модуль упругости, коэффициент Пуассона	2
Всего образцов на один вид фибры				10

Для 4 типов фибры всего испытано 40 образцов.

2.4 ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

В процессе испытаний измерялись продольные и поперечные деформации образцов. Испытания проводились :

- на сжатие на прессе П-50 заводской №1486 , свидетельство о поверке № 13964 от 9.06.2005г.

- на растяжение на машине Р-50 заводской № 1792 , свидетельство о поверке №12630 от 14.06.2005г.

- на растяжение при изгибе на машине Р-10 заводской №826, свидетельство о поверке №13998 от 16.06.2005г..

Продольные и поперечные деформации измерялись с помощью тензорезисторов и индикаторов.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ

Результаты испытаний кубиков 10x10x10 см приведены в таблице 3

ТАБЛИЦА3 – РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КУБОВ ДЛЯ МАТРИЦЫ И СТАЛЕФИБРОБЕТОНА С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ФИБР

Наименован. фибры	Размеры образцов,см	$P_{разр}$, т	G, г	F, $см^2$	V $см^3$	Υ $г/см^3$	$\Upsilon_{ср}$ $г/см^2$	$R_к$ $кг/см^2$	$R_к^{ср}$ $кг/см^2$
Без фибры	10x10x10,1	56	2440	100	1010	2.42	2.44	560	582
	10x10.1x10	61	2470	101	1010	2.45		604	
Челябинка	10x10.1x10	65	2500	101	1010	2.48	2.49	644	640
	10x10x10	63.5	2500	100	1000	2.50		635	
HAREX	10x10.1x10.2	62.75	2580	101	1030	2.50	2.49	621	618
	10x10.1x10.2	62	2550	101	1030	2.48		614	
DRAMIX	10x10x10.2	57.5	2480	100	1020	2.43	2.46	575	574
	10x10.1x10.1	57.75	2530	101	1020	2.48		572	
МагФибра-строй	10x10.1x10.2	59	2530	101	1030	2.46	2.46	584	586
	10x10.1x10.2	59.5	2530	101	1030	2.46		589	

Из таблицы 3 следует, что при одинаковом проценте армирования наибольшее повышение прочности при сжатии кубиков показала фибра Челябинка (10%), несколько меньше – фибра HAREX ,а фибра DRAMIX и МагФирастрой никакого увеличения прочности, по сравнению с неармированным кубиком, не показали.

Результаты испытаний призм на сжатие и изгиб, а также «восьмерок» на растяжение приведены в таблице 4.

ТАБЛИЦА 4- РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ФИБРОБЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ НА СЖАТИЕ , РАСТЯЖЕНИЕ И ИЗГИБ

Вид испытания	Обозначение	Размерность	Челябинка		HAREX		DRAMIX		МагФибрастрой	
			R_i	R_{CP}	Ri	$R_{ср}$	Ri	$R_{ср}$	Ri	$R_{ср}$
сжатие	$R_{пр}$	кг/см^2	492	494	500	500	450	472	495	492
			495		500		495		490	
растяжение	$R_р$	кг/см^2	32.5	33.4	29.2	28.2	26.2	27.2	25.7	26.4
			34.4		27.1		28.3		27.1	
изгиб	$R_{ри}$	кг/см^2	80.4	78.9	68.3	65.7	76.4	74.1	60.5	55.7
			77.4		63.1		71.8		50.9	

Из таблицы 4 видно, что призменная прочность сталефибробетона мало отличается для различных типов фибр. Более существенное различие имеет место при испытании на растяжение и изгиб.

Помимо прочностных характеристик при испытании призм на сжатие определялись модуль упругости сталефибробетона и коэффициент Пуассона. Результаты определения модуля упругости и коэффициента Пуассона приведены в таблице 5.

ТАБЛИЦА 5- МОДУЛИ УПРУГОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ПУАССОНА ДЛЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА С РАЗЛИЧНЫЫМ ТИПОМ ФИБР

Параметры	Размерность	Тип фибры			
		Челябинка	HAREX	DRAIX	МагФибрастрой
Модуль упругости	кг/см^2	$417 \cdot 10^3$	$405 \cdot 10^3$	$405 \cdot 10^3$	$395 \cdot 10^3$
Коэффициент Пуассона		0.26	0.22	0.27	0.26

Из таблицы 5 следует, что модуль упругости сталефибробетона повышается по сравнению с обычным бетоном. Так прочность неармированного бетона (таблица 3) составила 582 кг/см^2, что соответствует классу бетона В45. Модуль упругости для этого класса бетона по СНиП 2.03.01-84* составляет $382 \cdot 10^3$кг/см^2. Для сталефибробетона с фиброй Челябинка модуль упругости был выше на 9%, для фибры HAREX и DRAVIX- выше на 6% и для фибры МагФибрастрой-на 3%. Какой-

Рисунок 5 – Общий вид разрушенного опытного образца призмы

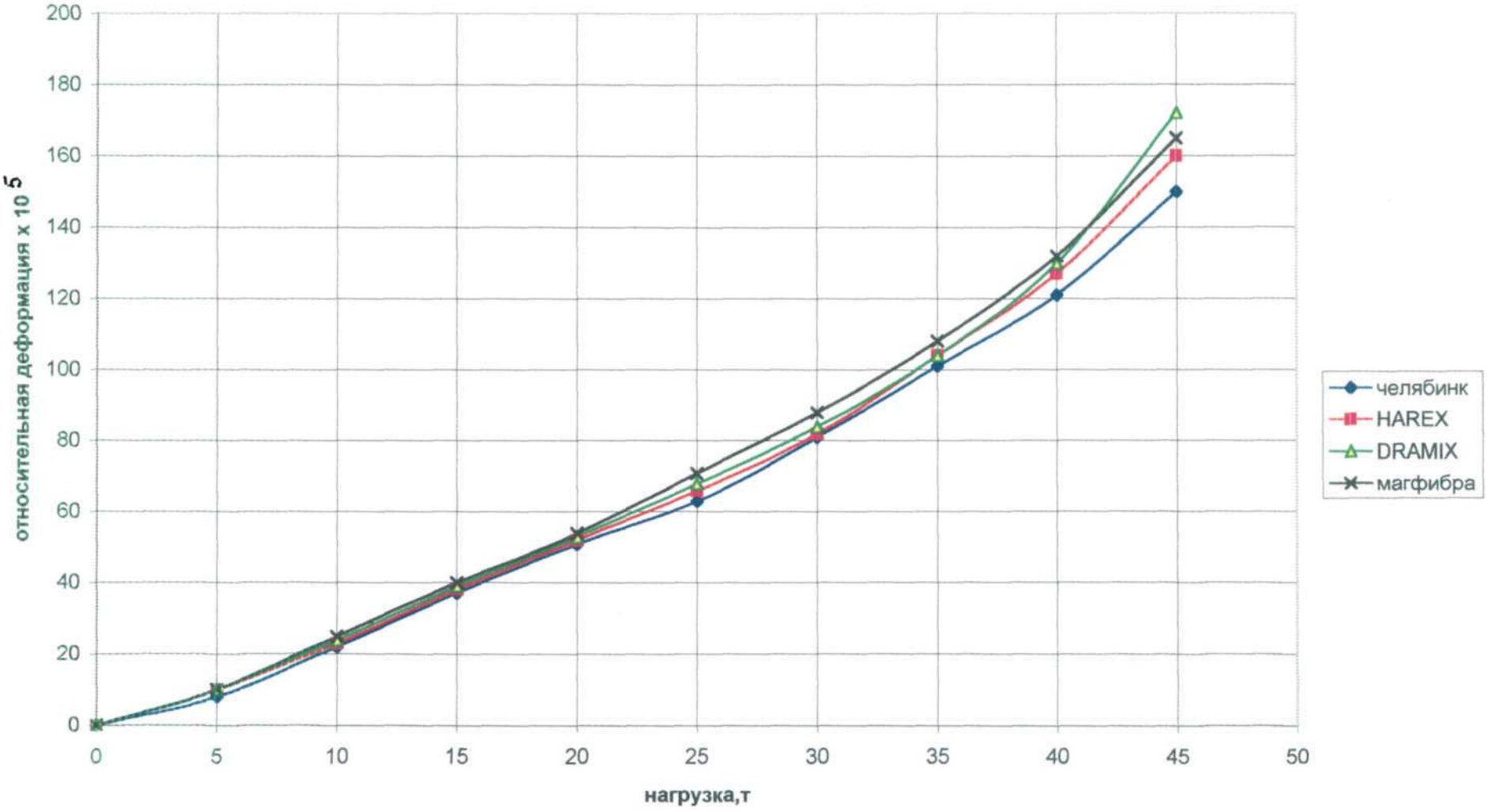

Рисунок 6 Графики : нагрузка-относительная деформация сжатия

то зависимости коэффициента Пуассона от типа фибры не установлено. Его среднее значение составило 0.25.

На рисунке 5 показана призма после разрушения , на рисунке 6- графики «нагрузка-относительная деформация сжатия».Поскольку прочности призм достаточно близки, а их модули упругости отличаются всего на 3-6% графики располагаются достаточно плотным пучком.

Сравнение эффективности различных типов фибры проведены по основным физико-механическим характеристикам : прочность при сжатии, растяжении и изгибе. При сравнении параметры R_k, $R_{пр}$, $R_р$ и $R_{ри}$ для фибры Челябинка приняты за единицу. Сводные данные такого сравнения приведены в таблице 6.

ТАБЛИЦА6- СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ФИБР

Параметр	Тип фибры			
	Челябинка	HAREX	DRAMIX	МагФибрастрой
Кубиковая прочность	1	0.97	0.90	0.92
Призменная прочность	1	1.01	0.96	1.0
Растяжение	1	0.84	0.81	0.79
Изгиб	1	0.83	0.94	0.71

Из таблицы следует, что почти по всем параметрам фибра Челябинка показала более высокие результаты. Наименьший эффект был достигнут при сжатии призм. Известно однако, что основной эффект фибрового армирования проявляется при растяжении и растяжении при изгибе.

Это дает основание для заключения о том, что фибра Челябинка по сравнению с другими типами исследованных фибр наиболее эффективна.

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования таких прочностных свойств сталефибробетона как кубиковая и призменная прочность, прочность при растяжении и прочность на растяжение при изгибе на образцах с фиброй Челябинка ,HAREX, DRAMIX и МагФибрастрой показали, что фибра Челябинка является наиболее эффективной, поскольку ее показатели почти по всем указанным параметрам выше остальных типов фибр.