

УДК 326.48.37

Хэ Юйлинь¹⁷, студент НАУ

Лю Цзиньхань, студент

*Институт строительства Шичзячжуанского
железнодорожного университета*

Чемакина О. В., канд. арх., доцент,

Белятинский А. А., д. т. Н., проф.,

Першаков В. Н., д. т. Н., проф.

Мартыненко И. А., ассистент

Национальный авиационный университет, Киев, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА С РЕЗИНОВЫМ ПОРОШКОМ НА ОСНОВЕ ТЕКУЧЕСТИ

Большое количество отечественных и зарубежных материалов исследований показывают, что: «Резиновый порошок использованных автомобильных покрышек, применяемый в строительных материалах, может проявлять множество полезных свойств, придает строительным материалам целый ряд свойств композитных материалов». Однако, из-за особенностей материала и структуры резинового порошка, включение резинового порошка в строительные материалы может вызвать некоторые вредные воздействия. Поэтому, проведение исследования под микроскопом цементного раствора с резиновым порошком, сохранение его полезных свойств, химико-физическое улучшение его вредных свойств, является важной предпосылкой промышленного производства бетона с содержанием резинового порошка. В этой статье в качестве факторов исследования применялись: дозировка (с содержанием 2%, 4%, 6% и 8% порошка) размер частиц в 20 меш, 60 меш, 80 меш и 120 меш, модификаторы (модифицированные NaOH), создавались экспериментальная и контрольная группы. На основе текучести была проверена прочность на изгиб бетонных компонентов 3d, 7d и 28d трех возрастных периодов. Поверхность резинового порошка анализировалась с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM) методом микроскопического анализа. Метод разностного анализа использовался для анализа влияния трех факторов на эксплуатационные характеристики и механические свойства цементного раствора: количества добавления,

¹⁷ © Хэ Юйлинь, Лю Цзиньхань, Чемакина О.В., Белятинский А.А., Першаков В.Н., Мартыненко И.А.

размера частиц и модификаторов. Качественный анализ показывает, что: состояние поверхности и гранулометрический состав резинового порошка будут влиять на текучесть порошкового цементного раствора, при той же дозировке текучесть увеличивается с увеличением размера сетки, а затем уменьшается (когда размер частиц резины составляет 60 меш – текучесть максимальная). Между текучестью и прочностью на изгиб существует функциональная зависимость, при условии оптимальной текучести мертеля прочность на изгиб достигает максимального значения (решение может быть найдено с помощью обратной функции, а в течение периода оптимальных значений текучести и прочности на изгиб, можно подобрать период целесообразных параметров дозировки резинового порошка). Количественный анализ показывает: удельный вес факторов, влияющих на механические свойства цементного раствора с резиновым порошком, следующий: дозировка > модификатор > размер частиц; удельный вес факторов, влияющих на рабочие характеристики цементного раствора с резиновым порошком, следующий: дозировка > размер частиц > модификатор.

Ключевые слова: цементный раствор; резиновый порошок; текучесть; механическая прочность

Постановка проблемы. В ходе стремительного развития общества транспорт играет все более важную роль в жизни людей, а количество автомобилей в мире возрастает с огромной скоростью. Согласно статистическим данным соответствующих ведомств, мировое производство шин составляет около 1,5 млрд. тонн в год, а ежегодное количество использованных шин - около 4,5 млрд. тонн. И каждая выброшенная шина по отношению к автомобилю превращается в «отходы»[1]. Отработанные шины представляют собой тугоплавкий полимерный эластичный материал, который нелегко перерабатывается, и для разложения в почве для которого требуются десятилетия, сжигание которого может привести к серьезному загрязнению воздуха. Отработанные шины являются проблемой «черного загрязнения» для всех стран мира. В большинстве случаев шины, которые были выброшены, не достигли конца срока их полезного использования, а ресурсы, необходимые для производства шин, слишком велики. Если использованные шины непосредственно выбрасывать в окружающую среду, то это приведет не только к чрезмерному расходу ресурсов, но и серьезному

загрязнению окружающей среды. Поэтому с середины 20-го века переработка отброшенных шин путем модификации и переработки для получения резины и/или высокоуглеродистых продуктов стала предметом изучения ученых, конечно же, ее применение в строительных материалах также стало популярным исследованием в рамках дисциплины строительства.

Цель статьи. Применение порошка резины в инженерных материалах может решить проблему эффективного повторного использования большого количества отработанных шин. В этой статье проведено экспериментальное исследование модифицированного NaOH резинового порошка и не модифицированного резинового порошка, с помощью равнообъемного метода смешивания и замены песка, в сочетании с текучестью резинового цементного раствора и корреляцией его механических свойств, а также использован метод анализа диапазона количества для сравнительного анализа дозировки, размера частиц, модификации и других факторов, что является материалом для ознакомления с результатами экспериментальных исследований бетона с содержанием резинового порошка и его практического применения в реальном строительстве.

Просмотр последних исследований по теме. Согласно существующим исследованиям, показано, что добавление резинового порошка в бетон цементного раствора может эффективно уменьшить усадку бетона, улучшить его вязкость, ударную стойкость, усталостную прочность, морозостойкость и другие свойства [4]. В то же время, из-за особенностей резинового порошка, его прочность и модуль упругости значительно снижаются, поэтому резиновый порошок отработанных шин в качестве заполнителя бетона нового типа привлекает внимание специалистов и ученых из большого количества стран мира, которые проводят обширные исследования в этой области [1-6]. Юй Лиган [7-8], Сюй Хун-инь [9] и др. проводили углубленные экспериментальные исследования различные модифицированных видов цементного раствора с добавлением резинового порошка. Ван Хайлун и др. [10-11] провели большое количество экспериментальных исследований по

модифіцированному и не модифіцированному бетону, получаемого из раствора с добавлением резинового порошка с различным размером частиц и дозировками. Исследования показали, что дозировка, размер частиц и эффект модификации влияют на механические свойства бетона. Существующие результаты исследований в основном сосредоточены на отдельно взятых макроскопических свойствах бетона с добавлением резинового порошка, и не связаны с рабочими характеристиками, требуемыми фактическими потребностями строительно-монтажных работ, а исследований, связанных с механизмами влияния, сравнительно немного [12]. Необходимо проведение системных и глубоких исследований, связанных с оптимизацией использования размеров частиц и дозировкой использованной резины, предварительной обработкой частиц резины, типами цемента, химическими и минеральными примесями и другими аспектами, проведение системных исследований механизмом влияния [13].

Основная часть. В качестве цементного материала был выбран Jidong PO 42.5 обычный портландцемент; резиновый порошок фабрики TangshanHaiwei, производимый из изношенных покрышек, показатели эффективности резиновых порошков выбраны, как показано в таблице 1; модификатор окисления с сильным эффектом окисления сильного щелочного гидроксида натрия (NaOH); мелкозернистого заполнителя с модулем тонкости песка 2,55 речного песка второго района, кажущаяся плотность 2546 кг/м³; вода качества водопроводной воды в Хухэхаотхэ.

Таблица 1.

Параметры производительности резиновых порошков

Тип порошка	20 меш	60 меш	80 меш	120 меш
Спецификации экрана /мм	0.9	0.3	0.2	0.125
Кажущаяся плотность /кг· м ⁻³	483	483	483	483
Плотность штабелирования / кг· м ⁻³	341	367	376	387

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (21) 2018

Примечание: поскольку резина представляет собой полимерный эластичный материал, она добавляется в бетон на основе цемента. Когда размер частиц находится в целесообразном периоде времени, образец бетон обладает корреляцией с размером частиц. Поэтому, в этой статье проводится тестирование механических свойств четырех видов цементно-песчаных растворов с добавлением резинового порошка с размером частиц в 20, 60, 80 и 120 меш.

Таблица 2.

Методы модификации резиновых частиц

№	1-я модификация	Ре-модификации
XN ₀	Ни один	Ни один
XN ₅	5%	Ни один
XN ₁₀	10%	Ни один
XN ₁₅	15%	Ни один

Примечание: Поскольку исследование условий модификации является однофакторным испытанием, резиновый порошок 60 меш смешивают с 2% стандартной массы песка, а текучесть мертеля определяют при смешивании 450 г цемента: 1323 г стандартного песка: 27 г резинового порошка: 225 г воды. XN₀ показывает, что смесь не является модифицированной стандартной группой.

Таблица 3.

Состав контрольного образца

Образец №	Цемент / г	Вода /мл	Речной песок /г	Резиновый порошок /г
Z	450	225	1350	—
X1	450	225	1323	27 (20 меш)
X2	450	225	1296	54 (20 меш)
X3	450	225	1269	81 (20 меш)
X4	450	225	1242	108 (20 меш)
X5	450	225	1323	27 (60 меш)
X6	450	225	1296	54 (60 меш)
X7	450	225	1269	81 (60 меш)
X8	450	225	1242	108 (60 меш)
X9	450	225	1323	27 (80 меш)
X10	450	225	1296	54 (80 меш)
X11	450	225	1269	81 (80 меш)
X12	450	225	1242	108 (80 меш)
X13	450	225	1323	27 (120 меш)

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (21) 2018

X14	450	225	1296	54 (120 меш)
X15	450	225	1269	81 (120 меш)
X16	450	225	1242	108 (120 меш)

В процесі модифікації резинового порошка, гранули аналітичного модифікатора поміщали в ведро з розчином NaOH 5%, 10%, 15% концентрації, згодом ретельно перемішували з резиновою порошком. Після замочування в теченні 30 хв, промивали водою декілька разів і згодом поміщали в сушильну піч при 70°C, висушували до плоскості насичення. Згодом її функціональні групи випробували з допомогою інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є (FTIR) і аналізували. В той же час виробляли експеримент текучості трьох видів концентрації модифікованих резинової порошків в цементі, а згодом проводили аналіз.

Для експерименту з розміром частинок і дозуванням з допомогою сортировального обладнання підбирався резиновою порошок різного розміру частинок, а згодом вироблялось велике кількість опытих зразків розміром 40 мм × 40 мм × 160 мм шляхом заміни стандартного піску на 2%, 4%, 6%, 8% і др. кількості маси. Цементний розчин відповідав з JGJ/T70-2009 «Стандартам методів випробувань базових характеристик для будівельних розчинів». Випробувались міцність на вигин 3d, 7d, 28d і текучість свіжого розчину. Згідно GB/T2419-2005 "Визначення текучості цементного розчину" вимірялись текучість розчину і міцність на вигин.

Згідно параметрам X і Z (таблиця 3) представлені в відповідності з стандартним складом групи випробувальних блоків цементного розчину X, Z, де X представляє собою не модифікований резиновою порошок в відповідності з різним діаметром і пропорцією в виготовлених випробувальних блоках резинового цементного розчину, Z представляє випробувальну групу без додавання резинового порошка.

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (21) 2018

Результаты испытаний. В таблице 4 испытания рабочих характеристик смеси со стандартным соотношением резинового порошка 60 меш после обработки раствором модификатора NaOH 5%, 10%, 15% концентрации 2% -ной добавки.

*Таблица 4.
Текучесть модифицированного и не модифицированного раствора различной концентрации*

№	Модификации	Индекс согласованности /мм	Индекс текучести/мм
XN ₀	Ни один	37.5	164.2
XN ₅	5%	65.1	179.8
XN ₁₀	10%	58.9	176.1
XN ₁₅	15%	14.2	153.2

В таблице 5 показаны результаты испытаний на текучесть цементного раствора контрольной группы Z испытуемой группы X1-X16 в соответствии с различными размерами частиц и различными параметрами, а также их результаты испытаний прочности на изгиб в течение 3 дней, 7 дней и 28 дней.

*Таблица 5.
Результаты испытания текучести и механических свойств цементного раствора*

№	Индекс текучести / мм	3 дн. Прочность на изгиб / МПа	7 дн. Прочность на изгиб / МПа	28 дн. Прочность на изгиб / МПа
Z	120.0	6.97	7.97	8.20
X1	120.0	5.86	6.74	7.50
X2	107.0	5.21	5.45	6.21
X3	103.5	4.92	5.16	5.98
X4	100.0	4.16	5.10	5.39
X5	137.5	5.04	5.92	7.03
X6	126.0	5.21	6.91	7.50
X7	112.0	4.75	6.33	6.33
X8	113.5	4.81	5.27	6.39
X9	137.5	5.86	5.86	7.91

X10	112.5	5.27	6.45	6.74
X11	105.0	5.04	5.74	6.68
X12	102.5	4.04	4.80	6.21
X13	126.5	6.68	7.38	8.32
X14	114.0	5.27	6.56	7.50
X15	108.5	5.10	6.15	6.45
X16	102.0	3.81	4.28	5.51

Анализ испытаний. Модифицированный анализ резиновых порошков. Инфракрасный спектральный анализ проводился спектрометром с инфракрасным излучением MAGNA-IR760. С помощью инфракрасной спектроскопии, для тестирования химических функциональных групп, поглощаемых на поверхности резинового порошка, проверялся инфракрасный спектр на поверхности резинового порошка и качественный анализ модификации поверхности резинового порошка. Результаты испытаний показаны на рис. 1.

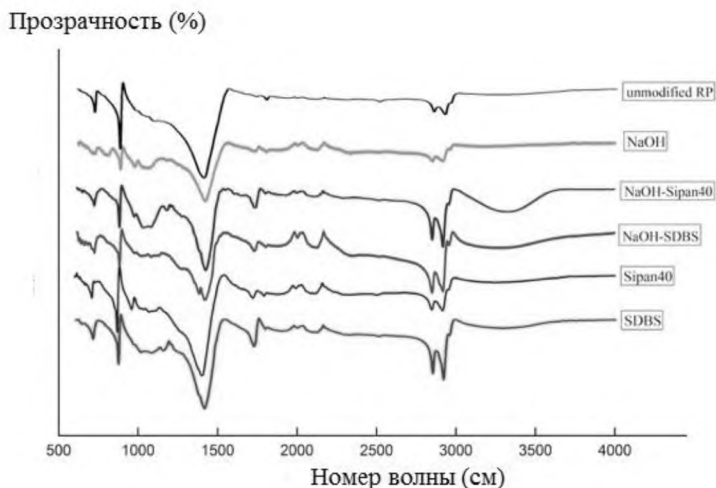


Рис.1 Различные модифицированные порошки на основе инфракрасного спектра

Наблюдая инфракрасные спектры каждого из порошков на рис. 1, можно обнаружить, что общая конфигурация пяти методов модифицированных и не модифицированных спектров порошка

одинакова, без значительных изменений в положениях нескольких сильных пиков поглощения. Однако, в отдельных фрагментах появилась различная интенсивность, которая отражает характерный пик эффекта модификации. Это показывает, что модификатор поверхности может изменять поверхностные свойства порошка, и не будет нарушать общую структуру порошка.

В процессе производства резины часто необходимо добавлять добавки, такие как стеарат цинка. Химическая формула стеарата цинка $(C_{17}O_{35}COO)_2Zn$, которая позволяет вступать в реакцию с кислотой и щелочью. Существующие исследования показывают, что стеарат цинка является основной причиной снижения силы связывания между частицами резины и цементного камня [6]. Замачивание резиновых частиц раствором NaOH может убирать стеарат цинка с поверхности частиц резины, уравнение химической реакции следующее:



Это доказывает, что после обработки раствором NaOH, с поверхности резинового порошка удаляются стеарат цинка и другие примеси, что стирол-бутадиеновый каучук, содержание которого незначительно в резиново-м порошке, и бутадиеновый каучук выходят наружу. После обработки резинового порошка NaOH на поверхности в основном не изменяется химический состав порошка, но благодаря его сильной коррозионной активности происходит обработка примесей на поверхности. Коррозионное воздействие NaOH обладает важным влиянием на модификации характеристик резинового порошка.

В то же время, по показателям таблицы 4, мы ясно видим, что модификатор оказывает стимулирующее влияние на текучесть каучукового цемента, и, следовательно, текучесть модифицированной группы больше, чем стандартной группы. В то же время мы обнаружили методом сравнения, что 5% концентрация резинового порошка в цементном бетоне дала его максимальную текучесть, что значительно повысило рабочие характеристики бетона.

Анализ текучести в связи с размером частиц и дозировкой:

Две диаграммы анализа а, б на рис. 2. основаны на данных, приведенных в таблице 3, текучесть и механические свойства при указанных переменных одинаковы, но для наглядного отражения зависимости изменения текучести каждого размера частиц от дозировки, а также зависимости между текучестью каждой дозировки и размером частиц, были сделаны два отдельных графика. Это обеспечило достаточное количество рассмотренных экспериментальных групп, что дает возможность анализу отразить общую ситуацию в резиносодержащем цементном растворе.

Так как группа Z является стандартной группой без резинового порошка, ее текучесть является фиксированным значением, а прочность на сжатие является умеренно увеличивающейся стабильной величиной, поэтому на рисунке 2 и 3 не были нарисованы линейные графики стандартных групп, и соответствующий сравнительный анализ будет объясняться в виде текста.

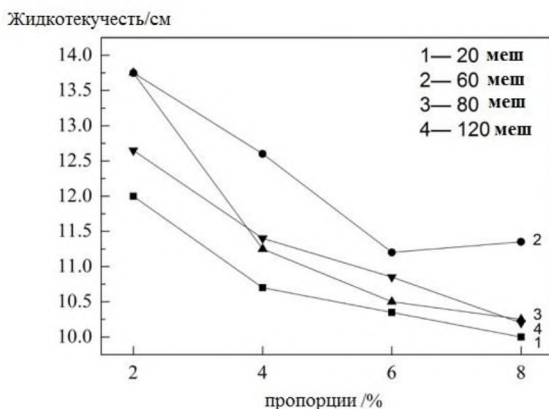


Рис. 2. - График анализа систематизированных экспериментальных данных не прошедших модификацию резиновых частиц.

Зависимость текучести раствора, смешанного с различными дозами резинового порошка, от размера частиц, показана на рис.2

(а), а зависимость размера частиц резинового порошка цементного раствора от изменений параметров, показана на рис. 2 (б).

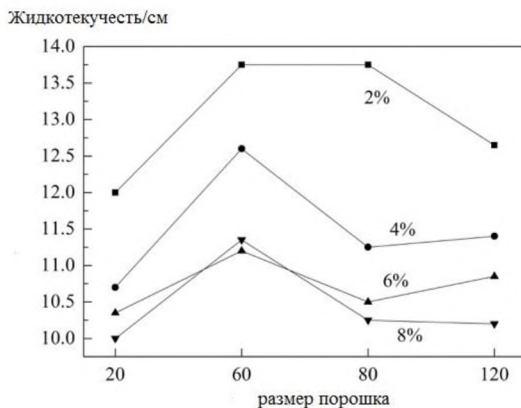


Рис. 3. – График анализа систематизированных экспериментальных данных не прошедших модификацию резиновых частиц.

Как видно из рис. 2 (а), текучесть резинового порошкового цемента отрицательно коррелирует с параметрами резины, и текучесть постепенно уменьшается с увеличением параметров. Когда равный объем резинового порошка заменяет 2% массы, достигается наибольшее значение текучести цементного раствора при различных размерах частиц резинового порошка (четыре размера частиц показывают согласованную закономерность). Из рис. 2 (б) видно, что текучесть раствора в одной и той же дозе увеличивается с увеличением числа меш, а текучесть сначала увеличивается, а затем уменьшается. Когда размер частиц резинового порошка составляет 60 меш, текучесть каждой дозы достигает максимума (четыре дозы показывают согласованную закономерность).

Вышеуказанные закономерности размера частиц, параметров и текучести раствора могут быть объяснены разницей между резиновым порошком и песком: удельная площадь поверхности частиц резины является важным фактором, влияющим на текучесть

бетона на основе цементно-резинового раствора. Согласно формуле

удельной площади поверхности $\frac{s}{v} = \frac{3}{2} * \frac{1}{Rv}$ (Rv - стандартная

величина резиновых частиц, стандартный радиус резиновых частиц 60-меш $Rv = 1$, а больше 60 меш $Rv > 1$, менее 60 меш $0 < Rv < 1$). Мы можем легко понять изменения текучести с размером частиц, и прийти к решению, что для 60 меш достигается максимальное значение текучести. 2. Другим важным фактором, влияющим на текучесть раствора, является соотношение вода-резина и соотношение вода-цемент. Важным фактором, определяющим соотношение вода-цемент и вода-резина, является гранулометрический состав заполнителя. Все эксперименты показали, что текучесть уменьшается с уменьшением параметров резины. Поэтому оптимальные параметры получаются при 2% резиновой замене.

В сочетании с факторами, влияющими на текучесть кладочного раствора (содержание цемента, фракция песка, градация, форма частицы), мы заключаем, что резина 60 меш, заменяющая речной песок на 20%, может сделать оптимальную текучесть цементного бетона с содержанием резины.

Анализ отношения между текучестью раствора и механической прочностью:

Изгиб 28 дн. /МПа

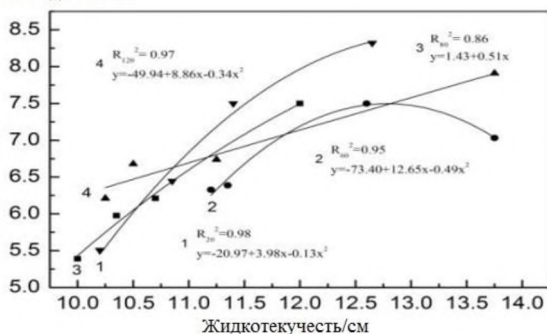


Рис. 3а Связь между степенью текучести и механической прочностью раствора. Корреляционное моделирование резинового раствора для разных возрастных периодов

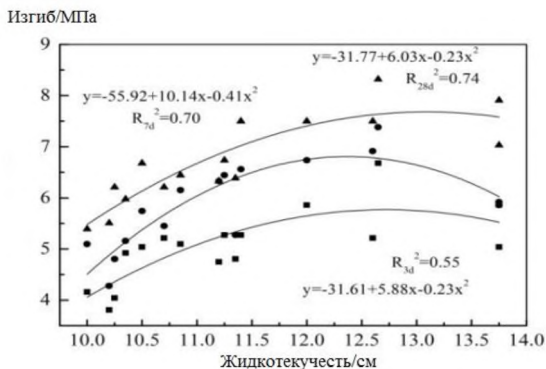


Рис. 3б Связь между степенью текучести и механической прочностью раствора. Корреляционное моделирование резинового раствора для разных размеров частиц(28d)

Совпадение цифровой зависимости текучести резинового порошкового цементного раствора и прочности на изгиб, как показано на рис. 3 а и 3 б.

Как видно (примечание: на рис. 3а показана диаграмма последовательного совпадения 3 дней, 7 дней и 28 дней снизу вверх). Существует хорошая корреляция между текучестью и прочностью на изгиб цементного раствора на 3 дня, 7 дней и 28 дней, которая еще более выражена с увеличением возрастного периода. Как видно из рисунка, существует параболическая связь между силой изгиба и текучестью, а количественная корреляция выражается такой формулой:

Из соотношения видно, что существует оптимальная текучесть, которая позволяет добиться максимальной прочности на изгиб цементного раствора с резиновым порошком, а оптимальная расчетная текучесть 28 дней составляет 131 мм.

Как видно (примечание: рис.3 б демонстрирует 28-дневные результаты для 20 меш, 60 меш, 80 меш и 120 меш соответственно диаграммы совпадения текучести и прочности на изгиб). Для каждого размера сетки в меш существует большая корреляция между прочностью на изгиб и текучестью в течение 28 дней для

резинового раствора. А когда текучесть не более 131 мм, при увеличении количества резинового порошка увеличивается прочность.

На основании рис. 3б сравнение диаграммы текучести и прочности на изгиб четырех размеров частиц показало: текучесть резинового порошкового раствора 20 меш при достижении максимального значения сопротивления изгибу (8,35 МПа) достигла 127,5 мм; а текучесть резинового порошкового раствора 60 меш при достижении максимального значения сопротивления изгибу (7,60 МПа) достигла 137,5 мм. Соответственно, текучесть резинового порошкового раствора 80 меш при достижении максимального значения сопротивления изгибу (7,45 МПа) достигла 120,3 мм, а текучесть резинового порошкового раствора 120 меш при достижении максимального значения сопротивления изгибу (8,32 МПа) достигла 126,5 мм. Это показало, что существует корреляция текучести и прочности на изгиб, поэтому в строительстве можно исходя из потребностей в строительной нагрузке, установить такую функциональную модель, чтобы найти соответствующее значение текучести, и в сочетании с размером частиц, параметрами и текучестью, найти удобные для производства и обработки значения параметров и размеров частиц резинового порошка, улучшить рабочие характеристики цементного бетона с резиновым порошком.

Анализ механизма. Анализ разности уровня ортогональных факторов. В отношении четырех уровней размеров частиц резины, дозировки и метода двух уровней модификации, в соответствии с L16 (42 × 29), исследовали влияние вышеуказанных трех факторов на рабочие характеристики цементного раствора, модифицированного резиновым порошком (текучесть) и механические свойства. Использовали метод анализа диапазона для анализа вышеуказанных проблем, горизонтальный дизайн ортогонального фактора и экспериментальные результаты, показанные в таблице 6 и таблице 7.

Диапазон – это разностное значение, составляющее средний результат максимального и минимального значения, посредством

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (21) 2018

анализа диапазона можно найти вес влияющего фактора и оптимальное сочетание факторов.

Таблица 6.

Уровни фактора ортогонального дизайна

Стандарт	Фактор		
	Размер зерна А	Пропорция В	Модификация С
1	20 меш	2%	Ни один
2	60 меш	4%	Modified
3	80 меш	6%	
4	120 меш	8%	

С помощью анализа диапазона результатов ортогональных испытаний в таблице 7 мы можем легко перейти к влиянию на удельный вес модификации, дозировки, размера частиц по отношению к текучести цементного раствора с резиновым порошком и прочности на изгиб:

Таблица 7.

Результаты ортогональных экспериментов и анализ диапазон

№	Фактор		
	А	В	С
X1	1	1	1
X2	1	2	1
Y3	1	3	2
Y4	1	4	2
X5	2	1	1
X6	2	2	1
Y7	2	3	2
Y8	2	4	2
Y9	3	1	2
Y10	3	2	2
X11	3	3	1
X12	3	4	1
Y13	4	1	2
Y14	4	2	2
X15	4	3	1
X16	4	4	1

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (21) 2018

K _{a1}	109.9	131.6	113.6
K _{a2}	120.3	115.5	116.0
K _{a3}	113.5	109.1	
K _{a4}	115.5	102.9	
R _b	10.4	28.8	2.4
K _{b1}	5.42	5.54	4.67
K _{b2}	5.05	5.33	5.34
K _{b3}	5.01	5.28	
K _{b4}	5.03	3.37	
R _b	0.41	2.17	0.65
K _{c1}	5.74	6.17	5.67
K _{c2}	5.83	6.14	6.21
K _{c3}	6.06	5.91	
K _{c4}	6.13	5.00	
R _b	0.39	1.17	0.54
K _{d1}	6.64	7.82	6.64
K _{d2}	7.09	7.29	7.36
K _{d3}	7.12	6.89	
K _{d4}	7.14	5.99	
R _b	0.50	1.83	0.72

Факторами, впливними на текучість от максимума до минимуму, являються: доза > розмір частиц > модифікація. Это связано со значением текучести и количеством воды, вяжущего материала и заполнителя, соотношением между собой и свойствами составляющих материалов, из которых наиболее важными являются соотношение вода-цемент и градация заполнителя, что соответствует цементному раствору с резиновым порошком, подразделяющимся на водное склеивание и песчаное склеивание [14]. При таком же соотношении воды и связующего вещества, по мере увеличения дозировки порошка резины, заметно увеличивается поверхностная площадь соотношения заполнителя. При увеличении объема смазывающий эффект цементного раствора ослабляется, что оказывает наибольшее влияние на текучесть. В той же дозировке, при уменьшении количества меш резинового порошка, объем слегка увеличился, увеличение удельной поверхности и снижение смазывающего эффекта цементного раствора были не такими

очевидними, как изменение дозировки. Объем и удельная площадь поверхности модифицированного резинового порошка не сильно изменились. Изменения состояния поверхности вызвали изменения в гидрофильности, оказывая минимальное влияние на текучесть.

Факторы, влияющие на прочность на изгиб по мере убывания, следующие: дозировка > модификация > размер частиц. Это связано с тем, что резиновый порошок является инертным материалом, прочность его соединения с поверхностью цементного раствора намного меньше, чем песка. В процессе формования образцов, большое количество воды участвовало в гидратации цемента, а гидрофильность модифицированных резиновых частиц повышалась. Это увеличило эффект гидратации цемента на поверхности резинового порошка, усилило обвертывание резинового порошка цементным раствором, поэтому вес его влияния на прочность на изгиб бетона больше, чем у диаметра частиц. Смешивание и объем смешивания резинового порошка непосредственно влияет на состав коэффициента заполнителя. Следовательно, он обладает самым высоким весом.

Микроскопический анализ электронного сканирования образцов (SEM).

На рисунке 4 а, б, в, соответственно, показаны SEM-изображения гидратации цементного раствора на поверхности мелкого заполнителя, гидратации цементного раствора, прикрепленного к поверхности резиновых частиц, и изображение SEM после гидратации поверхности тонкого заполнителя и резиновых частиц.

Как видно из рисунка, эффект гидратации мелкозернистой поверхности больше, чем эффект гидратации цемента на поверхности частиц резины, но в поверхности соприкосновения последних существует явный трещины. Состояние поверхности резиновых частиц приводят к рыхлому и неплотному соединению между ними. Вышеприведенный анализ объясняет различия в ранней прочности песчано-резинового заполнителя цементного раствора. Через короткое время после образования цементного раствора, развитие базовых материалов цемента не завершено. При

той же дозировке при более крупных резиновых частицах удельная поверхность песчано-резинового заполнителя меньше, чем при меньшем размере частиц резины. Фактическое отношение возрастает. Содержание воды для гидратации цемента больше, чем для мелких частиц резины, что ускоряет гидратацию цемента, поэтому механические свойства относительно хорошие. Однако с увеличением возрастного периода, с дальнейшим развитием гидратации, развитие постепенно завершается. Поскольку площадь контакта каждой крупной частицы резины с цементом больше, чем частицы меньшего размера, ослабление адгезии частиц резины с другими материалами более очевидно, что приводит к уменьшению площади эффективного напряжения ^[15]. Цементный раствор с песчано-резиновым заполнителем с резиновыми частицами крупного размера имеет более низкую прочность по сравнению с аналогичным раствором с меньшим размером резиновых частиц. Прочность после 7d показывает закономерность более высоких механических характеристик по мере уменьшения размера резиновых частиц.

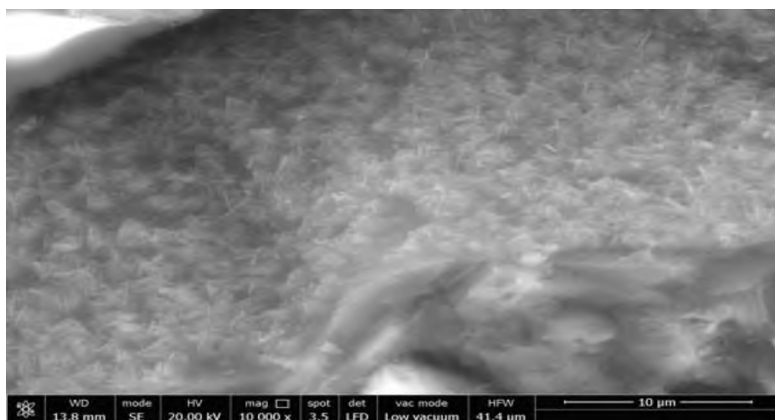


Рис. 4 а: SEM изображение поверхности мелкозернистого материала - резиновых частиц. Изображения SEM гидратации цементного раствора на поверхности мелкого заполнителя

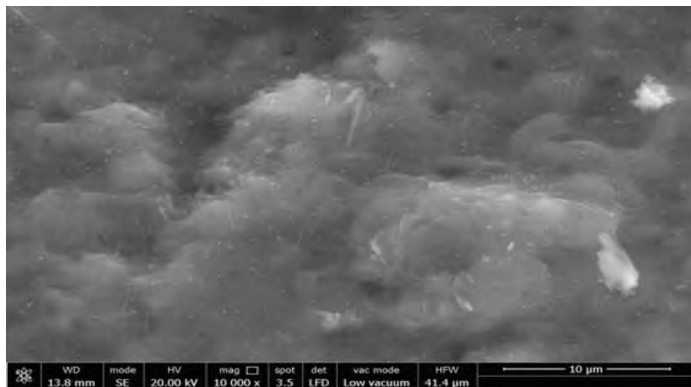


Рис. 4 б: SEM изображение поверхности мелкозернистого материала - резиновых частиц. Изображение SEM гидратации цементного раствора на поверхности резинового порошка

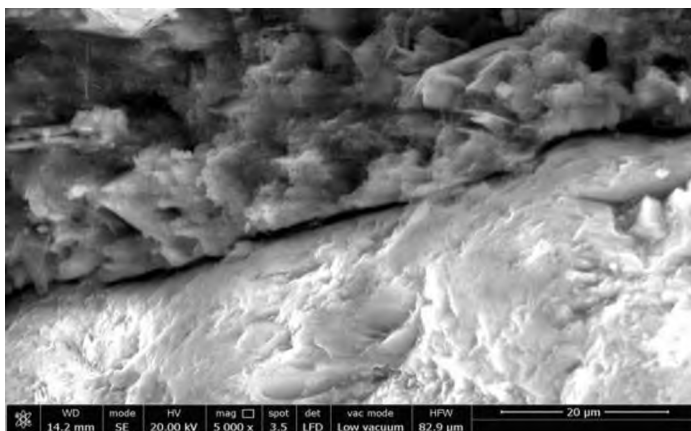


Рис. 4 в: SEM изображение поверхности мелкозернистого материала - резиновых частиц. Изображение SEM гидратации цементного раствора поверхности тонкого заполнителя - резинового порошка

Выводы: 1. Состояние поверхности резинового порошка и гранулометрического состава будут влиять на текучесть цементного раствора с добавлением резинового порошка. После модификации поверхность резинового порошка с хорошей гидрофильностью

может уменьшить потерю воды, что выгодно для рационального распределения воды при условии, что теоретическое соотношение вода-цемент одинаково.

2. Когда размер частиц резинового порошка одинаковый, то, чем меньше дозировка, тем меньше удельная площадь поверхности, тем лучше текучесть раствора, что приводит к более высокой подвижности резинового порошка с меньшей дозировкой. При одном и том же количестве резинового порошка, формулы модели соответствия размера частиц и удельной площади

поверхности: $\frac{s}{v} = \frac{3}{2} * \frac{1}{Rv}$ (Rv - стандартное значение резиновых

частиц, для резины 60 меш стандартный радиус $Rv = 1$, более 60 меш $Rv > 1$, меньше, чем 60 меш $0 < Rv < 1$), поэтому соотношение между размером частиц и текучестью по мере увеличения числа меш сначала увеличивается, а затем уменьшается.

3. Существует хорошая корреляция между текучестью и механической прочностью, которая могут измеряться количественно и анализироваться с использованием математических моделей и функциональных схем. Анализ изображения показывает, что из-за его параболической зависимости хорошие механические участки могут быть получены в рамках определенной текучести. При сочетании анализа изображений влияния дозировки и зернистости на текучесть можно промышленно производить с хорошими механическими свойствами и рабочими характеристиками материалы с содержанием резинового порошка на цементной основе.

4. Из-за физических и химических характеристик резинового порошка его сродство к воде уменьшается, а модификация может привести к изменению состояния поверхности. Дозировка и размер частиц резинового порошка влияют на гранулированный состав мелких частиц заполнителя и оказывают воздействие на удельную площадь поверхности мелкого заполнителя. Факторы влияния модификации, дозировки и размера частиц модифицированных цементных растворов на основе песка с добавлением резинового порошка в порядке убывания: доза > размер частиц > модификация.

Факторы влияния на механические свойства в порядке убывания:
дозировка> модификация> размер частиц.

Список использованной литературы:

- 1 Samar R, Reyes G, et al. Optimisation of Rubberised Concrete with High Rubber Content [J]. Construction and Building Materials. 124(2016):391-404.
- 2 Ali R.K, M,Dehestani, et al. Mechanical Properties of Concrete Containing a High Volume of Tire-rubber Particles[J]. Waste Management. 28(2008):2471-2482.
- 3 Mansour F, Farshad S.k. The Effect of Waste Rubber Particles and Silica Fume on the Mechanical Properties of Roller Compacted Concrete Pavement [J]. Journal of Cleaner Production. 129(2016):521-530.
- 4 Yang Linhu. Exploration on Microstructure and Structural Theory of Crumb Rubber Concrete[D]. Tianjin University, 2010.
- 5 Huang Shaowen, Xu Yuhua, Luo Qi. Mater Rev [J]. 2009,01:101-105.
- 6 Hernandez O F, Baduengaa G Bollatib M. Static and dynamic Behavior of recycled tyre rubber-filled concrete [J]. Cement and Concrete research, 32(10):1587-1596.
- 7 Yu Ligang. Hybrid modified waste rubber powder and its influence on the structure and properties of cement-based materials[D]. South China University of Technology, 2010.
- 8 Yu Ligang, Liu Lan. Hybrid Modified Rubber Powder and Its Application in Cement Mortar [J]. Journal of Wuhan University of Technology (Materials Science Edition), 2010,06:1033-1037.
- 9 Xu Hongyin, Yuan Qun, Feng Lingyun, et al. South-to-North Water Diversion [J]. 2015,01:136-139.
- 10 Wang Hailong, Shen Xiangdong, Wang Xiaoxiao, et al. Bull Chin Ceram Soc, 2015, 08:2267-2273.
- 11 Liu Jinhan, Wang Hailong, Wang Yan, et al. Bull Chin Ceram Soc, 2016, 11:3770-3776.
- 12 Ma Kunlin, Long Guangcheng, Xie Youjun, et al. Chin J Ceram Soc, 2014, 08:966-973.
- 13 Liu Yanrong, Ge Shukui, Han Yu. Research Progress of Scrap Rubber Powder Modified Cement-based Composites [J]. Mater Rev, 2014, S2:422-426.

14 Cao Mingli, Xu Ling, Zhang Cong. Chin J Ceram Soc, 2016, 02:246-252.

15 Nell N.E, Member, et al. Rubber-Tire Particles as Concrete Aggregate [J]. Journal of Materials in Civil Engineering. 5(1993):0899-1561.

Abstract

A large number of domestic and foreign research data show that: "The use of scrap tire rubber powder in engineering materials, rubber powder can play a large number of benign functions, the engineering materials to become a composite material to meet a number of properties." However, due to rubber powder materials and The particularity of the structure, when rubber powder is incorporated into the engineered material, can cause some unwanted effects on the engineered material. Therefore, the microscopic study of rubber powder cement mortar, to retain its benign properties, chemical and physical improvement of inferior properties, rubber powder concrete industrial production is an important prerequisite. In this paper, the modifiers (NaOH modified) with the content of 4%, 4%, 6% and 8%, the particle size of 20 mesh, 60 mesh, 80 mesh and 120 mesh, The experimental group and the control group were set as the research factors. The flexural strength of the concrete components at 3d, 7d and 28d were tested on the basis of fluidity. The surface of the rubber powder was analyzed microscopically by scanning electron microscope (SEM) The difference analysis method was used to analyze the influence of the three factors on the workability and mechanical properties of the cement mortar: parameters, particle size and modifier. Qualitative study shows that: the rubber powder interface conditions and particle size will affect the fluidity of rubber powder cement mortar; when the same dosage, the fluidity increases with the mesh, first increased and then decreased (when the rubber particle size of 60 mesh Fluidity and flexural strength are functionally related, the maximum value of the flexural strength is obtained under the condition of the optimum mortar fluidity, (which can be solved inversely by the function, and the optimal value of the fluidity and the flexural strength During the period to find a reasonable period of rubber powder parameters). Quantitative analysis shows that the factors influencing the mechanical properties of rubber cement mortar are as follows: dosage> modifier> particle size; factors affecting the performance of rubber cement mortar: weight content> particle size> modifier.

Key Words :cement slurry, rubber powder, fluidity, mechanical strength

Стаття надійшла до редакції у березні 2018р.