

Научная статья
УДК 691.32
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-4-672-683>
EDN: ZNCLGZ



МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН НА КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ ДЛЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С УЧЕТОМ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КИТАЯ

Р.В. Лесовик ✉, Чжан Сюань

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия

✉ ответственный автор
ruslan_lesovik@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Мелкозернистый бетон широко используется в строительной отрасли Китая и является самым «революционным» материалом технологии бетонного строительства. За последнее десятилетие в связи с быстрым развитием городского строительства, освоением земельных ресурсов, характеризующихся особыми природно-климатическими условиями для строительства высотных и супервысотных зданий и сооружений, требуется разработка высокоэффективных мелкозернистых высокопрочных бетонов для создания фундаментов. Особую значимость в современном строительстве приобретают свайные фундаменты.

Результаты. В статье приведены результаты по получению мелкозернистых бетонов классов В25 и В30 на разработанных композиционных вяжущих для свайных фундаментов с повышенными показателями водопроницаемости W8 и морозостойкости F300.

Обсуждение и заключение. Изучение микроструктуры показало плотное зарастание новообразованиями пор цементного камня, на контактной зоне с заполнителями равномерной бахромой распределились гидросиликаты кальция и алюминия, плотно сросшиеся в единый гидрогранат. Составы мелкозернистых бетонов, приготовленных с применением композиционных вяжущих, показали, что в разработанных бетонах снижается расход цемента на 12% с обеспечением требуемой нормативной прочности и обеспечением повышенной водопроницаемости и морозостойкости. Учитывая специфические природно-климатические условия грунтов Китая, разработанный состав обеспечит высокую водостойкость и долговечность мелкозернистых бетонов для свайных фундаментов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мелкозернистый бетон, композиционное вяжущее, портландцемент, минеральный наполнитель, свайный фундамент, грунты, микроструктура, прочность

Статья поступила в редакцию 26.06.2025; одобрена после рецензирования 18.08.2025; принята к публикации 22.08.2025.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Лесовик Р.В., Чжан Сюань. Мелкозернистый бетон на композиционном вяжущем для свайных фундаментов с учетом природно-климатических условий Китая // Вестник СибАДИ. 2025. Т. 22, №. 4. С. 672-683. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-4-672-683>

© Лесовик Р.В., Чжан Сюань, 2025



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Original article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-4-672-683>

EDN: ZNCLGZ

FINE-GRAINED CONCRETE WITH COMPOSITE BINDER FOR PILE FOUNDATIONS IN TERMS OF ENVIRONMENT AND CLIMATE IN CHINA

Ruslan V. Lesovik ✉, Zhang Xuan

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Belgorod, Russia

✉ corresponding author
ruslan_lesovik@mail.ru

ABSTRACT

Introduction. Fine-grained concrete has been widely used in construction industry of China and has remained the most "revolutionary" material in concrete construction technology over the past 10 years. Due to the rapid development of urban construction, land development, characterized by special environment and climate conditions for building high-rise and super high-rise buildings and structures, the development of highly efficient fine-grained high-strength concrete for foundations is required. Pile foundations are of particular importance in modern construction.

Results. The article presents the results of obtaining fine-grained concretes of B25 and B30 classes with the developed composite binders for pile foundations having an increased water permeability W8 and frost resistance F300.

Discussion and conclusion. The study of the microstructure showed a dense overgrowth of the pores of the cement stone, calcium and aluminum hydrosilicates were distributed in a uniform fringe on the contact zone with the aggregates, tightly fused into a single hydrogranate. It has been shown that for the compositions of fine-grained concretes with composite binders the cement consumption in the developed concretes is reduced by 12 per cent, while ensuring the required normative strength and increased water permeability and frost resistance. Taking into account the specific environment and climate conditions for soils in China, the developed composition will ensure high water resistance and durability of fine-grained concretes for pile foundations.

KEYWORDS: fine-grained concrete, composite binder, portland cement, mineral filler, pile foundation, soils, microstructure, strength

The article was submitted: June 06, 2025; **approved after reviewing:** August 18, 2025; **accepted for publication:** August 22, 2025.

All authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation. Ruslan V. Lesovik, Zhang Xuan. Fine-grained concrete with composite binder for pile foundations in terms of environment and climate in China. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2025; 22 (4): 672-683. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-4-672-683>

© Ruslan V. Lesovik, Zhang Xuan, 2025



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Китай является мировым лидером в реализации масштабных проектов городского строительства, что обусловлено стремительной урбанизацией и необходимостью обеспечения комфортных условий жизни для более чем 1,4 млрд чел. [1, 2]. Современные строительные технологии, инновации в проектировании и устойчивое развитие стали основой для трансформации городов в умные, экологичные и функциональные пространства. В стране широко используют самые передовые технологии строительства, применение которых обеспечивает быстрые сроки строительства зданий и сооружений различного назначения [3, 4]. Строительные компании широко используют сборные железобетонные конструкции, а также широко применяют промышленные и бытовые отходы при производстве строительных материалов. Особое место в общем объеме строительства занимает строительство монолитных и панельных домов, которые обеспечивают высокие темпы строительства [5, 6, 7]. Занимая значительную территорию, страна характеризуется наличием разнообразных грунтов, от слабых водонасыщенных почв до скальных пород [8, 9, 10, 11]. Так, в Пекине грунты представлены многослойной структурой: верхние слои – насыпные и песчаные, нижние – глинистые и известняковые [12, 13]. В Китае встречается несколько десятков видов почв, что связано с разнообразием природно-климатических условий [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]. В северо-восточной части страны распространены тёмные луговые почвы с большим количеством перегноя и минеральных элементов – азота, фосфора, калия; в течение рек Сунгари и Нуьцзян залегают луговые чернозёмные почвы; в низовьях Сунгари и Уссури встречаются лугово-болотные и глеево-луговые почвы, для

освоения которых необходимы дренажные работы; в горных и холмистых районах залегают бурые лесные почвы, располагающиеся в основном по крутым склонам, и подходят только для лесопосадок; в северо-западной части страны представлены серо-бурые почвы пустынь, а также серозёмы, каштановые и светлые горностепные и горно-луговые почвы; в побережье Бохайского залива и Жёлтого моря засоление земель связано с деятельностью моря; в равнинах господствуют краснозёмы с низким содержанием органического вещества и минеральных элементов, большой вязкостью и повышенной кислотностью [22, 23, 24, 25]. На формирование почвенных ресурсов Китая также повлияло многовековое выращивание риса, что привело к появлению особых разновидностей почв, например, «рисовых болотистых» на юге и «восточно-карбонатных» на Лесовом плато [26, 27, 28, 29]. Дополнительную сложность создают климатические факторы: страна подвержена стихийным бедствиям, таким как наводнения и оползни, что требует усиления устойчивости фундаментов [30, 31].

Свайные фундаменты являются фундаментами глубокого заложения и широко используются при строительстве гражданских и жилых зданий и сооружений мостов и гаваней. Это особенно актуально для мягких грунтов, где армирование фундамента не подходит или существуют особые грунты, такие как разжижаемые грунты, влажный лёсс, экспансивные грунты и сезонно замерзающие грунты (рисунки 1, 2, 3, 4). На рисунках 1 и 2 приведены фотографии города Хайлара, построенного на свайных фундаментах. Особых условий установки и эксплуатации железобетонных конструкций требуют различные климатические зоны Китая, включающие зоны от вечной мерзлоты до субтропиков.



Рисунок 1 – Панорама города Хулун-Буир

Источник: <https://ru.lovepik.com/image-500998345/panoramic-view-over-hailar-city.htm>
(дата обращения: 16.04.2025).

Figure 1 – Panorama of Hulun Buir city

Source: <https://ru.lovepik.com/image-500998345/panoramic-view-over-hailar-city.htm> (accessed: 16.04.2025).



Рисунок 2 – Панорама жилого массива на реке Хайлар

Источник: <https://stock.adobe.com/ru/search?k=hulunbuir> (дата обращения: 16.04.2025).

Figure 2 – Panorama of a residential area on the Khaylar River

Source: <https://stock.adobe.com/ru/search?k=hulunbuir> (accessed: 16.04.2025).



Рисунок 3 – Побережье Бохайского залива

Источник: <https://www.tutu.ru/geo/china/article/resorts/> (дата обращения: 16.04.2025).

Figure 3 – The coast of the Bohai Bay

Source: <https://www.tutu.ru/geo/china/article/resorts/> (accessed: 16.04.2025).



Рисунок 4 – Панорама города Хайлара

Источник: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/370454873> (дата обращения: 16.04.2025).

Figure 4 – Panorama of Hailar city

Source: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/370454873> (accessed: 16.04.2025).

Проблема разработки свайных фундаментов с высокими технико-экономическими показателями представляет особую значимость при возведении строительных объектов Китая. При изготовлении свайных фундаментов используют мелкозернистые бетоны, в качестве вяжущего применяют портландцементы, расход которых в составах бетонов достаточно велик. Для оптимизации технико-экономических показателей железобетонных свай целесообразно использовать композиционное вяжущее, способствующее повышению физико-механических характеристик и снижению экономических затрат на их производство. В связи с вышеизложенным целью настоящей работы явилась разработка составов мелко-

зернистых бетонов с использованием композиционных вяжущих.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выполнении работы использовали следующие материалы: портландцемент российского и китайского производства; кварцевый песок северной провинции Китая, отсеб гранитного щебня фракций 5,00–0,63 мм, пластифицирующая добавка Melment F10. Основные физико-механические характеристики и химический состав клинкеров портландцементов российского и китайского производителей: ЦЕМ 0 42,5Н ЗАО «Белгородский цемент» и китайской фирмы West China Cement приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав ЦЕМ 0 42,5Н ЗАО «Белгородский цемент» и китайского портландцемента Хайлар Мэнси
Источник: составлено авторами.

Table 1

Chemical composition of 0 42.5N CEM from Belgorod Cement CJSC and from Chinese Hailar Mansi Portland cement
Source: compiled by the authors.

Марка цемента	Химический состав, масс. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Прочее
Белгородский цемент								
ЦЕМ 0 42,5Н	19,02	4,90	3,42	65,98	1,45	3,44	0,57	1,22
Цемент фирмы West China Cement								
ЦЕМ 0 42,5Н	20,27	4,53	3,41	64,98	1,3	2,89	0,47	2,15

Таблица 2

Строительно-технические характеристики портландцемента
Источник: составлено авторами.

Table 2

Construction and technical characteristics of Portland cement
Source: compiled by the authors.

Наименование показателя	ЦЕМ 0 42,5Н «Белгородский цемент»	Цемент Хайлар Мэнси
Минеральный состав клинкера, масс. %	59,0	59,0
C ₃ S	18,8	23,4
C ₂ S	7,0	4,7
C ₃ A	13,1	12,4
C ₄ AF		
Удельная поверхность, м ² /кг	330	325
Нормальная густота цементного теста, %	25,6	28,6
Сроки схватывания, мин, начало/конец	95/308	189/347
Предел прочности в возрасте 2 сут, МПа: изгиб/сжатие	5,8/19,2	4,2/19,6
Предел прочности в возрасте 28 сут, МПа: изгиб/сжатие	8,1/50,1	7,6/45,3
Предел прочности при сжатии после тепловлажностной обработки, МПа	39,5	-
Тонкость помола, остаток на сите № 008, %	7,0	3,8
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов A _{эфф} , Бк/кг	2,42	-

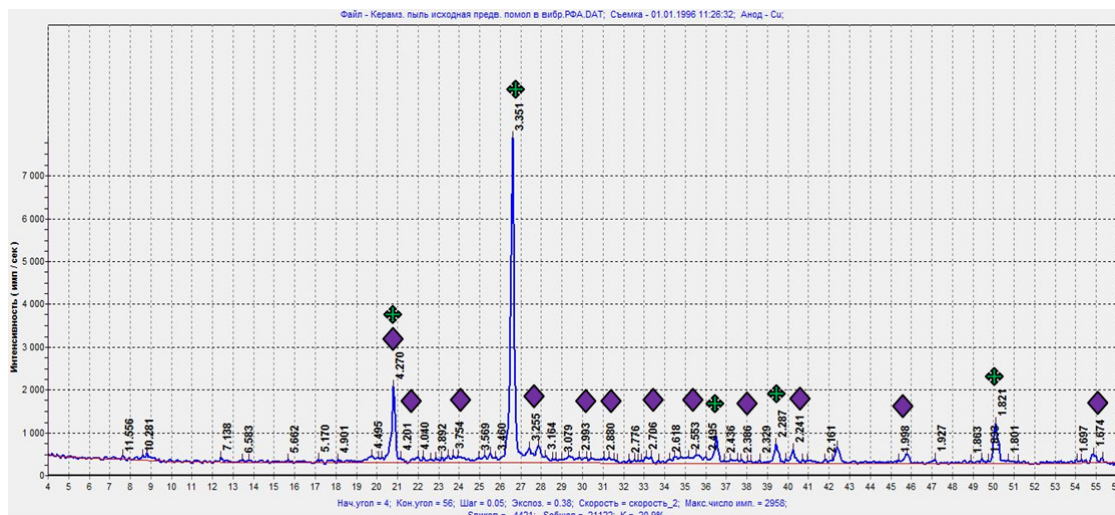


Рисунок 5 – Рентгенограмма кварцевого песка
Источник: составлено авторами.

Figure 5 – Radiograph of quartz sand
Source: compiled by the authors.

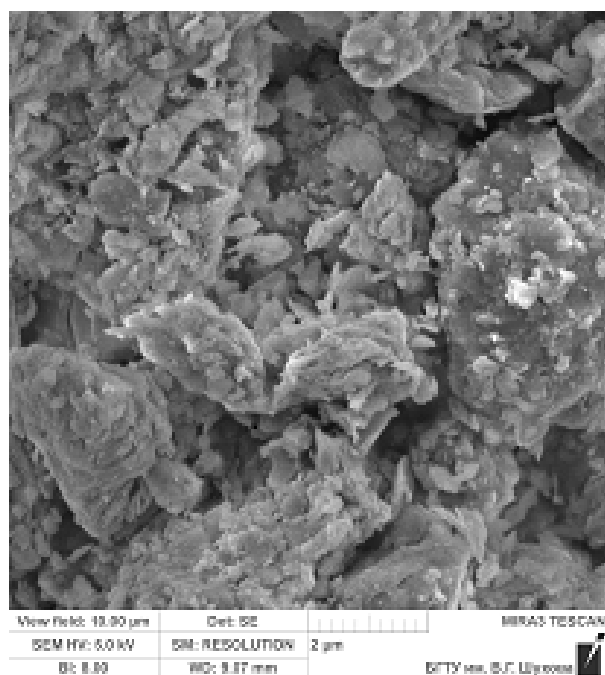


Рисунок 6 – Микроструктура кварцевого песка
Источник: составлено авторами.

Figure 6 – Quartz sand microstructure
Source: compiled by the authors.

Таблица 3

Основные показатели качества композиционных вяжущих, полученных в вибрационной мельнице
Источник: составлено авторами.

Table 3

Main quality indicators of composite binders obtained in a vibrating mill
Source: compiled by the authors.

№ составов	Составы, %			НГ, %	Сроки схватывания, мин		R _{сж} , МПа	
	Цемент	Кварцевый песок	Melment F10		начало	конец	2 сут	28 сут
Время механоактивации – 30 мин								
1	100	-	0,8	28,2	171	210	46,9	88,8
2	90	10	0,8	32,4	179	223	47,8	102,9
3	80	20	0,8	33,1	189	234	47,1	97,5
4	70	30	0,8	38,7	197	237	45,9	87,3

Качество цемента определяли по ГОСТ 30744–2001* «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка».

Кварцевый песок. В качестве минерального наполнителя применялся местный кварцевый песок (около города Хайлара). Представительная проба кварцевого песка исследовалась по гранулометрическому составу, был проведен химический, рентгенофазовый и микроструктурный анализ. Рентгеноструктурным анализом на приборе ДРОН-3.0 было установлено, что минеральный состав песка представлен в основном низкотемпературным тригональным кварцем, базальные отражения 0,427; 0,335; 0,246; 0,229; 0,213; 0,182; 0,167 нм (рисунок 5).

Микроструктура кварцевого песка представлена на рисунке 6.

В работе была использована пластифицирующая добавка Melment F10.

Вода в исследованиях применялась по ГОСТ 23732–2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия». Использовалась Белгородская водопроводная вода, pH которой составляет 7,1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Композиционные вяжущие получали при совместном помоле портландцемента, кварцевого песка (карьер близ города Хайлара) и пластифицирующей добавки Melment F10 в вибрационной мельнице, активированных в течение 30 мин. Основные показатели качества полученных композиционных вяжущих в вибрационной мельнице приведены в таблице 3.

При проведении исследований было установлено, что наиболее эффективным является состав при соотношении цемента и песка: 90/10 и введении пластифицирующей добавки в количестве 0,8%. Указанный состав превышает показатель прочности бездобавочного цемента на 15,9%, состав с содержанием кварцевого песка 20% превышает прочность бездобавочного цемента на 9%. В дальнейших исследованиях при разработке мелкозернистых бетонов использовали композиционное вяжущее, полученное при активации портландцемента и кварцевого песка в течение 30 мин в вибрационной мельнице и с введением пластифицирующей добавки Melment F10 в количестве 0,8%, обеспечивающее получение прочности 102,9 МПа в возрасте 28 сут.

Были разработаны мелкозернистые бетоны различных классов на предложенном композиционном вяжущем составе 90% цемента и 10% кварцевого песка, отсева гранитного щебня фракций 5,00–0,63 мм, кварцевом песке и пластифицирующей добавки в лабораторных условиях и апробированы в производственных условиях предприятия железобетонных изделий города Хайлара.

Подбор состава бетона осуществлялся в соответствии с нормативной документацией. При подборе составов мелкозернистых бетонов и проведении испытаний использовали местные материалы: песок кварцевый мелкий, удовлетворяющий требованиям нормативной документации для использования в бетонах (модуль крупности – 1,8; насыпная плотность 1450 кг/м³); отсев гранитного щебня фракций

5,00–0,63 мм; пластифицирующая добавка Melment F10; вода в соответствии с нормативными требованиями для использования в мелкозернистых бетонах. Подготовка и испытания бетонных смесей и бетонов осуществлялась в соответствии с нормативной документацией на мелкозернистые бетоны для свайных фундаментов^{1,2,3,4,5}.

Разработанные составы бетонных смесей для свайных фундаментов и их характеристики приведены в таблице 4.

Полученные мелкозернистые бетоны соответствуют классам В25 и В30 с водопроницаемостью W8 и морозостойкостью 300. Анализ составов мелкозернистых бетонов, приготовленных с применением композиционных вяжущих, показал, что разработанные бетоны

снижают расход цемента на 12% с обеспечением требуемой нормативной прочности, обеспечивают повышенную водопроницаемость и морозостойкость.

Таким образом, получен высокопрочный мелкозернистый бетон оптимального состава и плотной структуры с высокими физико-механическими и эксплуатационными показателями, что указывает на целесообразность применения композиционных вяжущих.

Изучена микроструктура проб бетонных образцов составов № 2 и 4 (рисунок 7). Отмечается плотное обрастание зерен заполнителя продуктами гидратации композиционного вяжущего: гидросиликатами кальция и алюминия. Микроструктура проб – мелкозернистая и равномерно распределенная.

Таблица 4
Составы бетонных смесей для свайных фундаментов и их основные характеристики
Источник: составлено авторами.

Table 4
Compositions of concrete mixtures for pile foundations and their main characteristics
Source: compiled by the authors.

№	Класс бетона	Удобукладываемость	Состав компонентов бетона, кг						Водонепроницаемость	Морозостойкость
			Цемент	Композиционное вяжущее	Песок кварцевый	Отсев гранитного щебня	Добавка Melment F10			
							кг	%		
1	B 25	П2	450	-	580	1260	2,92	0,65	W6	300
2	B25	П2	-	400	605	1295	2,92	0,65	W8	300
3	B30	П2	470	-	590	1260	3,05	0,65	W6	300
4	B30	П2	-	410	625	1295	3,05	0,654	W8	300

¹ СНиП 2.02.03–85. Свайные фундаменты. М.: ФГУП ЦПП, 2006. 46 с.

² СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Введ. 2011-05-20. М.: ОАО «ЦПП», 2011. 86 с.

³ Леонарде Д. Основания и фундаменты. М., 1968.

⁴ СП 52-102–2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции. М., 2005.

⁵ СНиП 2.02.03–83*. Свайные фундаменты. М.: Стройиздат, 1986.

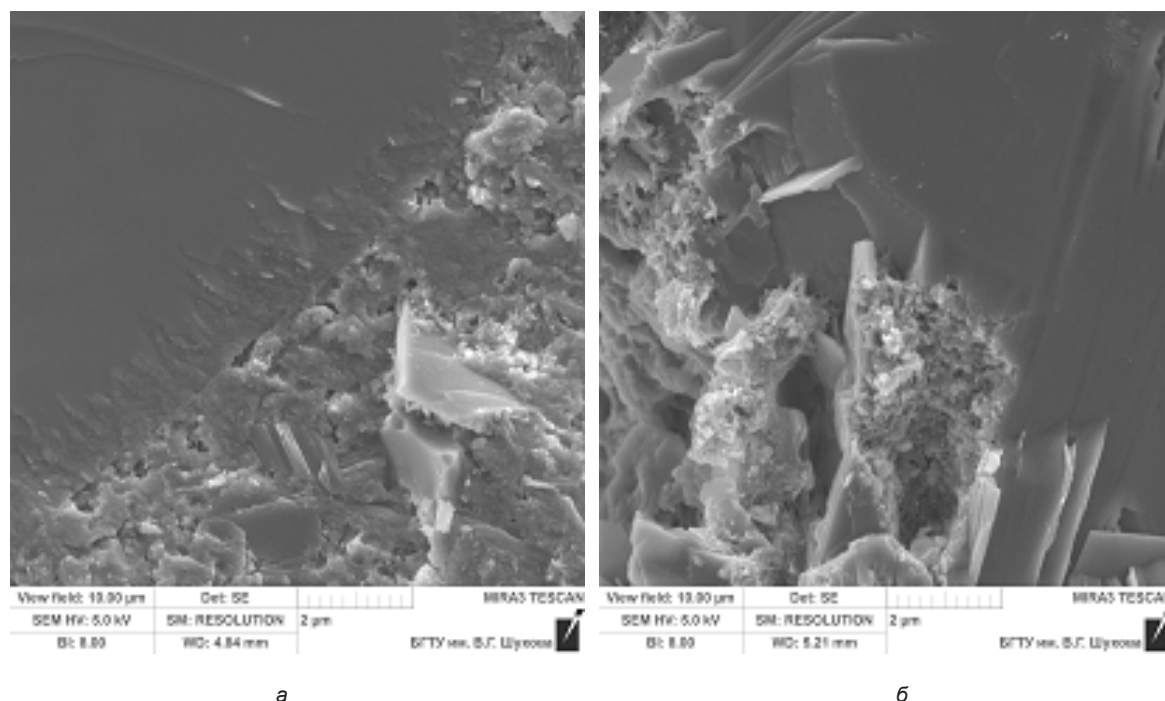


Рисунок 7 – Микроструктура проб бетонных образцов составов № 2 и 4 в возрасте 28 сут: а – состав № 2; б – состав № 4
Источник: составлено авторами.

Figure 7 – Microstructure of concrete samples of compositions No. 2 and No. 4 at the age of 28 days
Source: compiled by the authors.

К 28-суточному возрасту отмечается плотное зарастание новообразованиями пор цементного камня (см. рисунок 7). На контактной зоне с заполнителями равномерной бахромой распределены гидросиликаты кальция и алюминия, плотно сросшиеся в единый гидрогранат. Отчетливо видна заросшая граница между заполнителем и кристаллическими новообразованиями гидратированного композиционного вяжущего. Анализ микроструктуры согласуется с результатами физико-механических испытаний. Отмечается, что минеральный наполнитель, равномерно распределенный в вяжущем, формирует тончайшие подложки, на которых прорастают продукты гидратации композиционного вяжущего, создающие пространственную структуру. Отмечается, что в заводских составах микроструктура цементного камня более однородная, равномерно-зернистая и более пористая, что обусловлено приготовлением бетонной смеси в бетоносмесителе.

Из разработанных составов бетонной смеси повышенной прочности были изготовлены сваи с классом бетона В27,5 и испытаны в соответствии с требованиями ГОСТа. Выпущенные сваи были использованы при усилении

фундаментов жилого дома. Анализ полученных результатов свидетельствует о высокой эффективности использования композиционных вяжущих при приготовлении мелкозернистых бетонов для свайных фундаментов, что позволяет рекомендовать их для промышленного внедрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили установить возможность и целесообразность использования разработанных композиционных вяжущих, полученных на основе портландцемента, минеральной добавки – кварцевого песка и пластифицирующей добавки, для изготовления мелкозернистых бетонов для свайных фундаментов. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих показали, что разработанные составы соответствуют классам В25 и В30, обеспечивают повышенную водопроницаемость W8 и морозостойкость 300, при снижении расхода портландцемента на 12%. Учитывая специфические природно-климатические условия грунтов Китая, разработанный состав обеспечит высокую водостойкость и долговечность мелкозернистых бетонов для свайных фундаментов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Ru Bao Kh, Tszide S. Construction Economics. Beijing: Beijing Book Co. Inc. 2020. https://books.google.ru/books?id=xLlwEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_atb&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (accessed: 05.04.2024).
2. Guiqing L. Looking Back on the Past 70 Years, We Will Create a High-Quality Future for the Construction Industry. *Architecture*. 2019; 12–19. DOI: <https://doi.org/CNKI:SUN:JANZ.0.2019-02-005>.
3. Jinfeng L. Main Problems and Analysis of the Industrial Structure of the Construction Industry of China. *Construction Economics*. 2003; 3–8. DOI: <https://doi.org/CNKI:SUN:JZJJ.0.2003-08-000>.
4. Jingchen Yu. Direct investments of Chinese enterprises in construction in Russia: evaluation of the effectiveness. *Izvestiya SpbGEU*. 2023; 4: 198–203. URL: <https://unecon.ru/wp-content/uploads/2023/08/izvestiya-spbgeu-4-2023.pdf> (accessed: 28.02.2024).
5. Lentin Ch, Yongqing M. Occupying the Managerial Heights of the Future Market — Thinking about the Current Restructuring of the Construction Industry. *Management of a Construction Company*. 2007; 37–39. DOI: <https://doi.org/CNKI:SUN:SGQY.0.2007-09-013>.
6. Liqin Ch, Boyi S, Jianshuang F. Study of the Business Structure of the Construction Industry in China. *Construction Economics*. 2009; 8–12. DOI: <https://doi.org/CNKI:SUN:JZJJ.0.2009-04-005>.
7. Xu V. How Chinese Construction Companies can Expand Foreign Markets. *Foreign Investment in China*. 2024; 106–108. <https://doi.org/CNKI:SUN:WQZG.0.2024-01-035>
8. Zhang W. Comparative Analysis of Settlement Calculations for Pile Foundations Based on American and Chinese Standards. *Comprehensive Utilization of Fly Ash*. 2022; (36-3). DOI: <https://doi.org/10.58339>.
9. Liu F. Application of Cement Mixing Piles in Infrastructure Projects at the Langqi Block of Fuzhou Area, China (Fujian) Free Trade Zone. *Green Environmental Protection Building Materials*. 2019; (2), 3.
10. Tang J. Application of Cast-in-Place Piles and Prefabricated Piles in Road and Bridge Foundation Construction. *China Kitchen & Bathroom*. 2021; (9), 55–56.
11. Wang J., Shu L., & Bao F. Application of Two Types of Piles in Foundation Treatment at Dayuzhang Pumping Station. *China Water Transport: Lower Half Month*. 2020; (7), 2.
12. Pang M. Research on the Application of Self-Positioning Pile-Driving Vessels in High-Pile Wharf Pile Sinking Construction. *China Water Transport: Lower Half Month*. 2019; 19(5), 2.
13. Chang, L., Xia, S., Wan, H., et al. Application of Cement Fly Ash Piles in Anchor Wall Construction for a Bridge. In *Proceedings of the 15th National Academic Conference on Geotechnical and Foundation Engineering of the Chinese Hydraulic Engineering Society*. 2019.
14. Liang, T., Wu, J., Liao, E., et al. Application of Helical Piles in a Photovoltaic Power Station in Algeria. *China Science and Technology Investment*. 2019; 12, 84, 137.
15. Li W. Numerical Analysis and Application Study of Compacted Gravel Piles in Liquefied Sandy Foundation Reinforcement. *China Science and Technology Investment*. 2020.
16. Zhao T. Application of Pile Axial Force and Lateral Resistance Testing in High-Capacity Static Load Testing. *China Science and Technology Panorama*. 2020. (5), 6.
17. Zhang, X., Bai, Y., He, Z., et al. Study on Horizontal Dynamic Response of Steel Pipe Helical Piles Considering Pile-Soil Interaction. *Chinese Journal of Construction Machinery*. 2019.
18. Sun G. Analysis of Pile Foundation Types and Construction. *Chemical Enterprise Management*. 2018; (13), 1.
19. Xiong T. Analysis of Pile Foundation Types and Applicable Characteristics in Civil Engineering. *Architecture & Decoration*. 2018; (10), 1.
20. Chen J., Ma G., Lü R., et al. Analysis of Pile Foundation Types and Applicable Characteristics in Civil Engineering. *Science and Wealth*. 2017. (35).
21. Liu C., & Guo X. On the Types and Fabrication of Post and Core Crowns. *Journal of Jingmen Vocational and Technical College*. 2004; 19(6), 3.
22. Lei H., Chen L., Xu G., et al. Influence of Cement Types and Tooth Preparation Timing on Microleakage of Fiber Post Crowns. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*. 2010; 14(3), 461–464.
23. Shi Z., Yang J., Li Z., et al. Comprehensive Management of Soil and Water Loss in the Low Mountain and Hilly Areas of Southern Red Soil Regions. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2018; 32(1), 4.
24. Liu X., Wu G., Zhang Y., et al. Effects of Biochar Application Methods on Nutrients and Nitrogen-Phosphorus Transformation-Related Enzyme Activities in Black Soil and Fluvo-Aquic Soil. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 2021; 32(8), 10.
25. Yan H., Yin, Q., Ding, S., et al. Impact of Biochar on Physicochemical Properties and Fungal Community Structure in Loess Soil. *Environmental Science*. 2018. 39(5), 8.
26. Xi Q. Study on Secondary Calcification of Soils in Typical Lithic Calcisol Engineering Afforestation Areas and Suitable Afforestation Techniques (Master's thesis). Beijing Forestry University. 2019.
27. Hu, X., Nan, Z., Wang, S., et al. Adsorption and Desorption Characteristics of Cu, Zn, and Pb in Oasis Irrigation Desert Soil in Arid Regions. *Ecology and Environmental Sciences*. 2009; (6), 181–186.
28. Zhang W., Liu Y., Dong C., et al. Effects of Nitrogen Fertilizer Management on Yield and Nitrogen Use Efficiency of Winter Wheat/Spring Maize in Fluvo-Aquic Soil. *Acta Pedologica Sinica*. 2019; 56(1), 165–175.
29. Su B., Xiang L., Liu S., et al. A Multi-Type Land Soil Ecological Restoration System and Its Working Method (Patent No. CN112090943A). China. 2020.
30. Cheng P., & Wang J. Impact of Freeze-Thaw Cycles on Consolidation and Deformation Characteristics of Undisturbed Over-Wet Soil. *Journal of Glaciology and Geocryology*. 2019; 41(4), 7.
31. Yu D., Shi X., Wang H., et al. Comparative Characteristics of Genetic Classification Alpine Soils and Systematic Classification. *Soils*. 2005; 37(6), 7.

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Лесовик Р.В. Формулирование темы, цели и задач исследования. Руководство процессом проведения исследования. Выбор методов исследования. Редактирование текста статьи.

Чжан Сюань Сбор материалов и применение методов исследования. Обработка полученных данных и представление их в виде таблиц. Подготовка текста статьи.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

R.V. Lesovik Formulating the concept, purpose and objectives of the research. Management of the research process. Selection of the research methods. Editing the manuscript.

Zhang Xuan Gathering Materials and applying research methods. Processing the obtained data and presenting it in the form of tables.. Writing the text of the article.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лесовик Руслан Валерьевич – д-р техн. наук, проф. Белгородского государственного технологического университета В.Г. Шухова, проректор по международной деятельности (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5707-1289>,

SPIN-код: 3873-0296,

Scopus ID: 55934372500,

Researcher ID: I-8160-2018,

e-mail: ruslan_lesovik@mail.ru

Чжан Сюань – аспирант Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, 532339133@qq.com).

e-mail: 532339133@qq.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ruslan V. Lesovik – Dr. of Sci. (Eng.), Prof. Belgorod State Technological University V.G. Shukhov, Vice-Rector for International Affairs (Kostyukova St., 46, Belgorod, 308012).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5707-1289>,

SPIN code: 3873-0296,

Scopus ID: 55934372500,

Researcher ID: I-8160-2018,

e-mail: ruslan_lesovik@mail.ru

Zhang Xuan – postgraduate student of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov (Kostyukova St., 46, Belgorod, 308012).

e-mail: 532339133@qq.com