

ՀՀ ԳԱԱ ՄԵԽԱՆԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ ԵՂԻՇԵ ՍԱՄՎԵԼԻ

ՑԵՄԵՆՏԱՑԻՆ ԲԵՏՈՆԵ ԵՎ ՑԵՄԵՆՏԱԳՐՈՒՆՏԵ ՏԱՐՐԵՐԻ ԴԵՖՈՐՄԱՑՎԵԼՈՒ
ԵՎ ՔԱՅՔԱՑՎԵԼՈՒ ՆԿԱՏՄԱՍԲ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՎԱՐՔԸ՝ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ
ԴԵՍՈՐԲՑԻՈՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐՈՎ

Ա.02.04 «Դեֆորմացվող պինդ մարմնի մեխանիկա» մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական
աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՄԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2023

ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ НАН РА

МАНУКЯН ЕГИШЕ САМВЕЛОВИЧ

ПОВЕДЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЮ И РАЗРУШЕНИЮ
ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА И ЦЕМЕНТОГРУНТА,
ОБУСЛОВЛЕННОЕ ДЕСОРБЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности
01.02.04 - «Механика деформируемого твёрдого тела»

ЕРЕВАН 2023

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Մեխանիկայի ինստիտուտում:

Գիտական ղեկավար՝

տ.գ.դ. Կ.Ա. Կարապետյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Ֆ.մ.գ.դ., պրոֆ. ՀՀ ԳԱԱ թղթ.անդամ

Ս.Ս.Մխիթարյան

Տեխն. գիտ. թեկնածու Ս.Վ. Մազմանյան

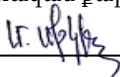
Առաջատար կազմակերպություն՝ Ճարտարապետության և շինարարության
Հայաստանի ազգային համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2023թ. դեկտեմբերի 15-ին, ժամը 14:00-ին ՀՀ ԳԱԱ
Մեխանիկայի ինստիտուտում գործող ՀՀ ԲԿԳԿ-ի «Դեֆորմացվող պինդ մարմնի
մեխանիկա» մասնագիտական խորհրդի (թվանիշ 047) նիստում (հասցեն՝ Երևան,
Սարջալ Բադրամյան պող., 24/2, mikilyan@sci.am):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ Մեխանիկայի ինստիտուտի
գրադարանում:

Ստեղծագիրն առաքված է՝ 09 նոյեմբերի 2023թ.

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,
Ֆ.մ.գ.թ., դոցենտ



Ս.Ս. Մխիթարյան

Тема диссертации утверждена в Институте Механики НАН РА

Научный руководитель:

д.т.н. К.А. Карапетян

Официальные оппоненты:

д.ф.м.н., проф. член кор. НАН РА С.М.Мхитарян

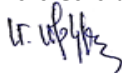
к.т.н., С.В.Мазманиян

Ведущая организация: Национальный университет архитектуры и строительства
Армении

Защита диссертации состоится 15-ого декабря 2023 г. в 14:00 в Институте Механики
НАН РА на заседании Специализированного Совета «Механика деформируемого
твёрдого тела» (номер 047) КВОН РА при Институте Механики НАН РА по адресу:
0019, г. (Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24/2, mikilyan@sci.am)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института механики НАН РА.
Автореферат разослан 9 ноября 2023г.

Ученый секретарь Специализированного Совета,
к.ф.м.н., доцент



М.А. Микилян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. С использованием цементного бетона и изготовленного на его основе железобетона, являющийся одним из основных строительных материалов нашего времени, возведены многочисленные сооружения различного назначения по всему миру. В настоящее время наблюдается бурное развитие этой тенденции.

Расширению функциональных требований, предъявляемых к строительным сооружениям, и усовершенствованию методов их расчёта во многом может способствовать решение задачи прогнозирования механического поведения в новых условиях упомянутых выше материалов, а также новых строительных композитов на основе цементного связующего, в том числе и цементогрунтов (грунтобетонов).

Степень достоверности прогнозирования механического поведения строительных композитов как в процессе возведения сооружений из них, так и на этапе эксплуатации можно существенным образом повысить, владея четким представлением о физической природе закономерностей изменения прочности и реологических свойств (подразумеваются усадка и ползучесть) этих материалов, обусловленных разнохарактерными факторами. Этому в большей мере может способствовать наличие базы экспериментально установленных данных о механизмах влияния воздушно-влажностных условий вызревания, возраста (время, отсчитываемое после изготовления), масштабного фактора, ориентации слоев укладки на этапе формовки изделий и др. на реологические свойства и прочность композитов. Учет подобных данных, а также экспериментально установленных закономерностей их зависимости от различных факторов, в том числе факторов, учитывающих условия эксплуатации, является надежной гарантией как оптимального проектирования строительных конструктивных элементов и сооружений, так и обеспечения их надежности в течении предусмотренного проектом времени.

Основной целью диссертационной работы является:

- установление закономерностей изменения сопротивляемости деформированию и разрушению элементов из цементогрунта на основе белоземов карбонатного состава и цементных бетонов, вызванного, в основном, десорбционными процессами, с учетом факторов, не удостоенных ранее должного внимания;
- формирование практических предложений, учет которых может быть полезным при разработке новых, а также усовершенствование действующих методов расчета и проектирование элементов сооружений из упомянутых материалов, предназначенных для эксплуатации в климатических условиях с невысокой влажностью ($W \leq 75\%$).

Научная новизна работы заключается в следующем:

- экспериментально подтверждена существенная зависимость сопротивляемости усадке и ползучести элементов из легких цементных бетонов от ориентации относительно слоев бетонирования на этапе формовки и от масштабного фактора, вызванными десорбцией химически несвязанной влаги, сохранившейся в их порах и капиллярах в течении более чем двух десятков лет;

- разработана технология получения цементогрунтных композитов повышенной прочности (10 МПа и более) на основе структурно-недоуплотненных и суффозионно-неустойчивых грунтов – белоземов карбонатного состава (БКС), без применения каких-либо пластификаторов;
- установлена зависимость прочности и сопротивляемости деформированию при кратковременном нагружении элементов из цементогрунта на основе БКС от возраста, влажности среды вызревания и от потери химически несвязанной влаги, сохранившейся в их порах и капиллярах в течении длительного времени (более чем трех лет);
- обоснована приемлемость описания процесса ползучести при различных уровнях сжимающего напряжения цементогрунтных элементов аналитическими зависимостями, применяемыми обычно при описании ползучести элементов из цементных бетонов;

Практическая значимость. На основе результатов исследования сформулированы практические рекомендации, направленные на:

- оптимальное проектирование элементов сооружений из легких цементных бетонов, изготавливаемых методами предварительного натяжения арматуры как на упоры, так и на бетон;
- рациональный выбор размеров и количество бетонных и железобетонных колонн сооружений из конструкционных легких цементных бетонов, предназначенных для эксплуатации в регионах с невысокой влажностью среды;
- сохранение неизменности несущей способности и сопротивляемости деформированию фундаментов из цементогрунта на основе БКС в течении предусмотренного проектом всего срока эксплуатации сооружений в регионах с невысокой влажностью среды.

Обоснованность и достоверность. Все результаты, представленные в работе, получены на основе прямых экспериментов, которые многократно были повторены и подвергнуты статистической обработке, а также теоретически – с использованием Наследственной теории ползучести упруго-ползучего тела, разработанный академиком Н.Х. Арутюняном.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты исследований, вызванных десорбцией химически несвязанной влаги сопротивляемости усадке и ползучести легких цементных бетонов с учетом ориентации относительно слоев бетонирования на этапе формовки и от масштабного фактора;
- технология получения цементогрунтных композитов повышенной прочности (10 МПа и более) на основе структурно-недоуплотненных и суффозионно-неустойчивых грунтов – БКС, без применения каких-либо пластификаторов;
- закономерности изменения прочности и сопротивляемости деформированию элементов из цементогрунта на основе БКС в зависимости от возраста, влажности среды вызревания и от потери химически несвязанной влаги, сохранившейся в их порах и капиллярах в течении трех лет;

- обоснование целесообразности описания процесса ползучести цементогрунтных элементов при различных уровнях сжимающего напряжения аналитическими зависимостями, применяемыми обычно при описании ползучести элементов из цементных бетонов;

- предложения, направленные на:

- оптимальный выбор размеров и количества бетонных и железобетонных колонн, а также проектирование предварительно напряженных элементов сооружений из легких бетонов, предназначенных для эксплуатации в регионах с невысокой влажностью среды;
- сохранение несущей способности и сопротивляемости деформированию фундаментов из цементогрунта на основе БКС в течение предусмотренного проектом срока эксплуатации сооружений.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- семинарах Лаборатории экспериментальных исследований Института механики НАН РА (Ереван, 2011-2021 гг.);
- VIII Международной конференции «Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред» (Горис-Степанакерт, 2011 г.);
- Республиканской конференции молодых ученых Армении (Цахкадзор, Армения, 2012 г.);
- V Международной конференции «Актуальные проблемы механики сплошной среды» (Цахкадзор, Армения, 2017 г.);
- VII Международной конференции «Актуальные проблемы механики сплошной среды» (Дилижан, Армения, 2019 г.).

Диссертационная работа в целом обсуждена на заседании Лаборатории экспериментальных исследований Института механики НАН РА и общем семинаре Института механики НАН РА (Ереван, 2023 г.).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 11 научных статьях, список которых приводится в конце автореферата.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, основных выводов и результатов, также списка литературы, содержащего 133 наименований. Общий объем работы составляет 165 страниц, включая 35 рисунков и 17 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** проведен краткий обзор работ, связанный с рассматриваемой в диссертации тематикой, обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, представлена научная новизна, практическая значимость проведенных исследований, а также дано краткое содержание работы.

В **первой главе** обсуждаются результаты исследований, посвященных вопросам развития во времени деформаций усадки и ползучести элементов из конструкционных легких цементных бетонов, вызванных, в основном, десорбцией

химически несвязанной (свободной) влаги. Учтены ориентации слоев укладки бетона на этапе формовки элементов и масштабный фактор.

В разделе 1.1 приводятся сведения о методе проведения исследований.

В качестве объекта исследования применялись бетонные элементы – опытные образцы старого возраста, сохранившие в порах и капиллярах свободную влагу. Этого можно достигнуть и путем гидроизоляции образцов сразу после расформовки и их хранения в указанном состоянии в течение длительного времени.

Экспериментальная часть рассматриваемых здесь задач была осуществлена с применением цилиндрических образцов различных диаметров, полученных путем вырезки из исходных бетонных элементов, гидроизолированных сразу после расформовки и оставленных в таком состоянии в лаборатории в течение 23...28 лет.

Испытания образцов на ползучесть при сжатии и осевом растяжении осуществлялись с использованием пружинных силовых рам и шарнирно-центрированных приспособлений, разработанных и изготовленных в Институте механики НАН РА.

Представлены необходимые сведения о компонентах, использованных для приготовления бетонных смесей, о составах бетонов и некоторых их характеристиках.

В разделе 1.2 представлены результаты исследования зависимости усадки элементов из легких бетонов, обусловленных, в основном, десорбцией влаги, от ориентации слоев укладки бетонной смеси на этапе формовки элементов и масштабного фактора.

В исследованиях зависимости усадки от ориентации слоев укладки бетона (**п/р 1.2.1**) были использованы цилиндрические опытные образцы с диаметром 5,5 см, полученные способом выбуривания из туфобетонных и литоидпемзобетонных (перлитобетонных) исходных элементов, гидроизолированных сразу после расформовки и хранившихся в таком состоянии в лаборатории в течение 23 и 27 лет соответственно. Опытные образцы были выбурены из исходных элементов в перпендикулярном (образцы ПЕС) и параллельном (образцы ПАС) направлении относительно ориентации слоев укладки бетона при формовке элементов.

Проведенные в течение более 240 сут. наблюдения показали, что с первых же дней нахождения в условиях свободного влагообмена со средой с невысокой влажностью имеют место появление и развитие во времени с начальной высокой и дальнейшей убывающей скоростью деформации усадки туфобетонных и перлитобетонных опытных образцов. При этом влияние ориентации слоев укладки бетона начинает проявляться после 40 дней наблюдения, а бурное развитие разницы в поведении образцов ПЕС и ПАС наблюдается в период от 40 до 100 дней. К этому времени деформации усадки (влажностная усадка) принимают свои максимальные значения. Эта величина у туфобетонных и перлитобетонных образцов ПЕС составляет, соответственно, более чем $60 \cdot 10^{-5}$ и $35 \cdot 10^{-5}$, а у образцов ПАС – примерно $50 \cdot 10^{-5}$ и $27 \cdot 10^{-5}$ соответственно.

Установленное явление объясняется тем, что деформативная сопротивляемость сжимающим напряжениям, возникающий в результате прохождения десорбционных

процессов, в направлении, параллельный слоям укладки капиллярно-пористого бетона (образцы ПАС), более существенна, чем в направлении, перпендикулярном этим слоям (образцы ПЕС). Эта разница возникает вследствие того, что фактическая рабочая площадь (без учета суммарной площади макро- и микропор в сечении, образовавшихся вследствие десорбции химически несвязанной влаги) у образцов ПАС оказывается большей, чем у образцов ПЕС.

Рассмотрим результаты исследования зависимости влажностной усадки опытных образцов из перлитобетона от масштабного фактора (**п/р 1.2.2**).

Опытные цилиндрические образцы с различными диаметрами были получены методом вырезания из исходных бетонных элементов, которые сразу после расформовки гидроизолировались и в течение 28 лет в таком состоянии хранились в лаборатории, где и в дальнейшем проводились эксперименты.

Полученные результаты, а также данные проведенных измерений влажности в лаборатории в виде кривых приведены на рис.1.

Наблюдения показали, что с началом процесса десорбции влаги у цилиндрических образцов с выбранными диаметрами наблюдаются значительные усадочные деформации, скорость развития которых с течением времени и предельное их значение существенным образом зависит от масштабного фактора (рис. 1а).

Резкие колебания во времени усадочных деформаций опытных образцов, имевшие место после 170 сут. наблюдения, связаны, в основном, с существенными колебаниями влажности лабораторного помещения (см. рис. 1а и 1б). Это свидетельствует о том, что к упомянутому времени устанавливается некоторое влажностное равновесие между объектами исследования и окружающей среды.

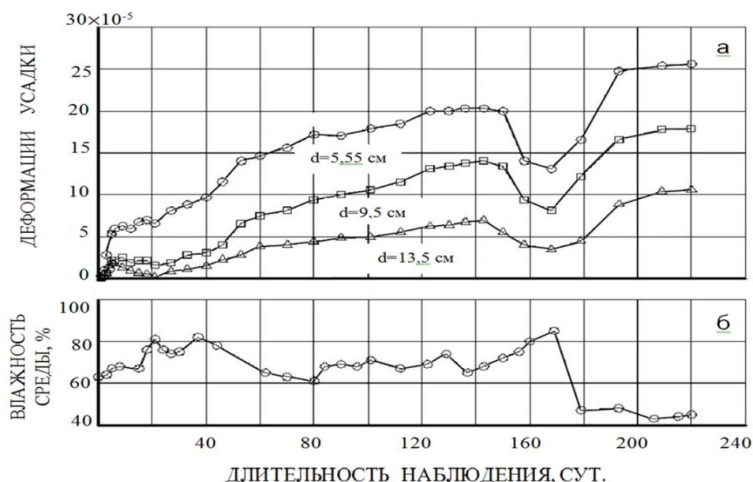


Рис. 1. Кривые, описывающие изменения во времени деформаций усадки перлитобетонных цилиндрических образцов разных диаметров (а) и влажности лабораторного помещения (б)

Наблюдаемую разницу в значениях усадочных деформаций цилиндрических образцов рассматриваемых диаметров объясняется, в основном, различием в количественном отношении потери химически несвязанной влаги из их пор и капилляров. Это различие, согласно данным известных работ, связано с тем, что с уменьшением размеров поперечного сечения элементов увеличивается модуль их открытой поверхности (отношение величин площади боковой поверхности и объема образца), что приводит к интенсификации процесса влагоотделения. Сказанное подтверждается и результатами проведенных нами измерений, согласно которым величина потери влаги перлитобетонными образцами с диаметрами 5,5; 9,5 и 13,5 см после их нахождения в лаборатории в течение 220 сут. составляет 1,23; 0,85 и 0,72% соответственно.

В разделе 1.3 обсуждаются результаты исследования влияния ориентации слоев укладки бетонной смеси на этапе формовки и масштабного фактора на деформации ползучести образцов из цементных легких бетонов, вызванные, в основном, десорбционными процессами (влажностная ползучесть).

Исследования зависимости деформаций ползучести и обратимых деформаций от ориентации слоев укладки бетона (**п/р 1.3.1**) проводились с учетом знака напряжения (подразумевается сжатие (-) или осевое растяжение (+)). Опытные туфобетонные и перлитобетонные образцы ПЕС и ПАС с диаметром 5,5 см были подвергнуты испытанию на длительное сжатие и осевое растяжение соответственно. Образцы, идентичные образцам, использованны при изучении усадки легких бетонов (**см. п/р 1.2.1**). Туфобетонные образцы находились под воздействием постоянного сжимающего напряжения величиной $\sigma = 5$ МПа в течении 150 сут, а перлитобетонные образцы – под воздействием растягивающего напряжения величиной 0,6 МПа в течении 174 сут. После этого они были разгружены. Далее наблюдения проводились за обратимыми деформациями: в течении 91 сут. – в случае туфобетонных образцов и 70 сут. – в случае перлитобетонных образцов. Параллельно, аналогичным методом изучались и деформации ползучести при сжатии и осевом растяжении, а также обратимые деформации туфобетонных и перлитобетонных образцов ПЕС, хранившиеся до момента проведения исследований в лабораторном помещении в неизолированном состоянии в течении 23 и 27 лет соответственно.

Установлено, что у опытных образцов ПЕС и ПАС, содержащих в порах и капиллярах свободную влагу, наблюдается развитие с течением времени существенных деформаций ползучести, независимо от знака приложенного напряжения. К концу экспериментов величина деформации ползучести при сжатии туфобетонных образцов ПЕС и ПАС составляет соответственно $\approx 94 \cdot 10^{-5}$ и $\approx 67 \cdot 10^{-5}$. Значение этой же характеристики, определенное для перлитобетонных образцов ПЕС и ПАС, испытанных на осевое растяжение, составляет $13 \cdot 10^{-5}$ и $10,5 \cdot 10^{-5}$ соответственно.

Деформации же ползучести образцов ПЕС, не изолированных после расформовки, с течением времени развиваются с существенным затуханием, достигая к концу проведения экспериментов $\approx 4,7 \cdot 10^{-5}$ у туфобетонных образцов,

испытанных на сжатие, и $\approx 2,1 \cdot 10^{-5}$ – у перлитобетонных образцов, испытанных на осевое растяжение.

Установлено также, что обратимость деформаций ползучести у образцов ПАС оказывается несколько больше, чем у образцов ПЕС, независимо от знака приложенного напряжения. В случаях же образцов ПЕС, не гидроизолированных после расформовки, деформации ползучести практически восстанавливаются полностью.

Экспериментальные данные ползучести $\varepsilon(t, \tau)$ были аппроксимированы известной зависимостью, фигурирующей в Наследственной теории ползучести упруго-ползучего тела, разработанной академиком Н.Х. Арутюняном.

Наблюдаемые деформации ползучести образцов из старых бетонов, изначально содержащих в порах химически несвязанную влагу, можно объяснить:

- в случае сжатия – как самой десорбцией влаги из пор и капилляров, так и обусловленным ею снижением с течением времени прочности и модуля упругости материала;
- в случае осевого растяжения – накоплением упругих деформаций из-за монотонного снижения во времени модуля упругости материала.

Рассмотрим результаты исследования зависимости влажностной ползучести при сжатии элементов из перлитобетона от масштабного фактора (**п/п 1.3.2**).

Эксперименты, как и в случае изучения влажностной усадки перлитобетона с учетом масштабного фактора (см. **п/п 1.2.2**), проводились с применением цилиндрических образцов с диаметрами 5,5; 9,5 и 13,5 см. Величина сжимающего напряжения для всех образцов составляла $\sigma=4$ МПа.

Установлено, что с момента протекания процесса десорбции влаги из пор и капилляров имеет место развитие во времени значительных деформаций ползучести образцов рассматриваемых диаметров. При этом бурное развитие деформации ползучести с переменной скоростью, наблюдаемое в течение первых 40 дней, а также конечные значения этих деформаций оказываются тем существенней, чем меньше диаметр опытного образца (рис. 2).

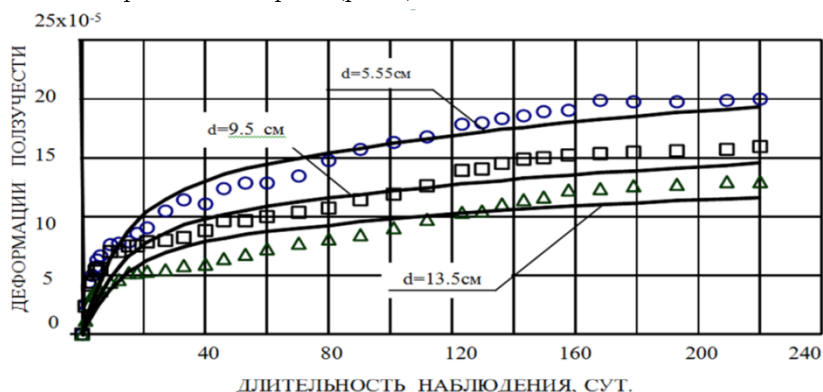


Рис. 2. Кривые, описывающие деформации ползучести перлитобетонных цилиндрических элементов разных диаметров

Появление и развитие во времени значительных деформаций ползучести у перлитобетонных образцов рассматриваемых диаметров объясняются, в основном, накоплением со временем деформаций, обусловленных снижением прочности и модуля деформации материала вследствие прохождения десорбционных процессов. Влияние же масштабного фактора на деформации ползучести можно объяснить сравнительным ослаблением интенсивности процесса десорбции влаги, обусловленным увеличением размеров поперечного сечения исследуемого объекта (величина потери влаги перлитобетонными образцами с диаметрами 5,5; 9,5 и 13,5 см к концу проведения экспериментов составляла 1,42; 0,99 и 0,84% соответственно).

Для аналитического описания экспериментальных данных ползучести была использована следующая формула, предложенная профессором К.С. Карапетяном:

$$\varepsilon(t, \tau, d) = \left(\frac{A}{d} + B \right) [1 - 0,5(e^{-\gamma_1(t-\tau)} + e^{-\gamma_2(t-\tau)})] \cdot \sigma \cdot 10^{-5}, \quad (1)$$

где τ – возраст образца; $(t - \tau)$ – время нахождения образца под нагрузкой; d – диаметр образца; A, B, γ_1, γ_2 – параметры аппроксимации; σ – приложенное на образец напряжение.

Приведенные на рис. 2 кривые, аппроксимирующие данные ползучести перлитобетонных образцов разных диаметров, были построены с использованием зависимости (1) при следующих значениях параметров аппроксимации: $A=18$ см, $B=2$, $\gamma_1=0,006$ 1/сут., $\gamma_2=0,08$ 1/сут.

Во второй главе диссертации рассматриваются результаты исследования:

- возможности получения цементогрунтных композитов повышенной прочности (10 МПа и более) на основе БКС без применения каких-либо пластификаторов;
- изменения во времени прочности, деформативных свойств с учетом влажности окружающей среды и сопротивляемости усадке и ползучести при различных уровнях сжимающего напряжения образцов из цементогрунта на основе БКС.

В **разделе 2.1** приводится краткое описание методов проведения исследования.

Представлены сведения об испытательных машинах, стендах и вспомогательном оборудовании, с использованием которых были осуществлены испытания цементогрунтных образцов.

Величину прочности цементогрунта определяли стандартным методом с использованием опытных образцов диаметром (d) 5,0 см и высотой (h) 5,0 см.

Кратковременное испытание стандартных цилиндрических образцов с $d=5,0$ см и $h=20$ см и обработку полученных данных осуществляли известным методом, разработанным профессором К.С. Карапетяном, который широко используется при изучении соответствующих механических свойств цементных бетонов.

Исследование деформации усадки и ползучести цементогрунтных элементов проводили на пружинных силовых рамах с использованием стандартных цилиндрических образцов с $d=5,0$ см и $h=20,0$ см.

В **разделе 2.2** приводится обоснование целесообразности проведения исследований с целью получения цементогрунтных композитов на основе БКС.

Как известно, недоуплотненные, макропористые, просадочные грунты, на территории распространения которых планируется осуществлять строительные работы, требуют искусственного закрепления (осуществляемого обычно с применением портландцемента и пластификаторов), т.е. повышения их физической, в том числе и суффозионной устойчивости и механической прочности. Сказанное равным образом относится и к структурно-недоуплотненным, суффозионно-просадочным грунтам – белоземам.

Пригодность глинистых грунтов с целью получения цементогрунтов на их основе, в основном, зависит от процентного соотношения входящих в их состав кремнезема (SiO_2), глинозема (Al_2O_3), а также карбонатных образований, которые стимулируют процесс гидратации цемента. Согласно известным из литературы данным, а также результатам проведенных нами анализов, количество SiO_2 и Al_2O_3 в химическом составе белозема составляет соответственно 29,6...31,8% и 5,3...5,9%, а карбонатных образований – примерно 20...25%.

Сказанное выше принималось за основу целесообразности проведения исследований по разработке технологии получения цементогрунтных композитов повышенной прочности на основе БКС без применения каких-либо пластификаторов.

В **разделе 2.3** приводятся результаты исследования по разработке составов и технологии получения цементогрунтов на основе БКС и зависимости их прочности при сжатии от количества употребляемого в составе материалов цемента с учетом возраста.

Для получения цементогрунтов в качестве исходных ингредиентов были использованы: белозем карбонатного состава, портландцемент марки СЕМ II/В-Р 42,5 N) и обычная трубопроводная вода. Стандартные образцы, полученные из готовых смесей методом прямого прессования при нормальном давлении 4,8...5,9 МПа, освобождались от форм через 14 сут. после изготовления, а в дальнейшем, до момента проведения испытания в возрасте (τ) 14 сут., 28 сут. и 60 сут., находились в среде с невысокой важностью.

Установлено, что увеличение количества портландцемента в пределах 5...6%, 6...8% и 8...10% приводит к росту прочности цементогрунта соответственно на 30, 17 и 4% – при $\tau = 28$ сут. и на 25, 18 и 5% – при $\tau = 60$ сут., по сравнению с прочностью, определенной при $\tau = 14$ сут. Прочность цементогрунта на основе БКС, содержащего в сухом составе 10% портландцемента, при $\tau = 28$ сут. составляет примерно 8,5 МПа, а при $\tau = 60$ сут. – более чем 10 МПа. Величина же средней плотности цементогрунта, содержащего в составе одного и того же количества портландцемента, мало зависит от возраста и колеблется в пределах 1,57...1,59 г/см³.

Исследования водоустойчивости кусков, образовавшихся в результате испытаний опытных образцов, показали, что в течении трех недель нахождения в водной среде у цементогрунтных композитов с различным содержанием портландцемента каких-либо признаков размокания не наблюдается.

Как известно, цементогрунт, пригодный для эксплуатации в сравнительно мало нагруженных частях строительных сооружений (например, фундаменты различных видов), должен обладать прочностью при сжатии не менее 10 МПа. Для получения материала с такой прочностью и расходом цемента не более 12% от массы сухой смеси в его состав обычно вводят пластификаторы. Из результатов же проведенных нами исследований следует, что получение цементогрунта на основе БКС, содержащего 10% цемента от массы сухой смеси и обладающего прочностью более чем 10 МПа, без добавления в состав каких-либо пластификаторов, вполне реально.

В **разделе 2.4** обсуждаются результаты исследования изменения во времени прочности при сжатии и сопротивляемости деформированию при кратковременном нагружении стандартных образцов из цементогрунта на основе БКС с учетом влажности среды вызревания.

Для изготовления опытных образцов применялся цементогрунт состава по массе 1,00:9,00:1,79 (цемент: белозем: вода), $B/C=1,787$.

Образцы были извлечены из форм через 7 сут. после изготовления и в дальнейшем хранились во влажных опилках в течении еще 7 сут. После этого, до момента проведения испытаний, образцы оставляли в лабораторном помещении (среда с невысокой влажностью). Определение прочности цементогрунта осуществляли в возрасте 14 сут., 28 сут. и 90 сут., а определение касательного модуля деформации – в возрасте 28 сут. и 90 сут.

Установлено, что с увеличением возраста имеет место монотонный рост прочности R цементогрунта с начальной высокой и дальнейшей затухающей скоростью (рис.3, кривая 1). Величина роста прочности при $\tau=28$ сут. и $\tau=90$ сут. составляет соответственно более чем 31% и примерно 40% по сравнению с исходным ее значением $R_{исх} = 8,0$ МПа при $\tau=14$ сут.

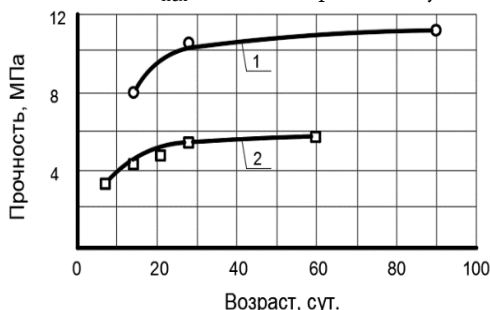


Рис.3. Кривые зависимости значения прочности цементогрунта на основе БКС (кривая 1) и глинистых грунтов (кривая 2) от возраста материала

практически не зависит от вида грунта, а характеризуется, в основном, накоплением во времени прочности связующим компонентом (для приготовления упомянутых выше цементогрунтов был использован портландцемент марки СЕМ II/В-Р 42,5 N).

В результате кратковременных испытаний было установлено, что с увеличением приложенного на образец сжимающего напряжения σ от 0 до 4,5 МПа величина

На рис. 3 приведена и кривая, описывающая изменение во времени прочности цементогрунта на основе глинистых грунтов, построенная нами на основе результатов, полученных ранее другим автором (кривая 2).

Из характера поведения представленных на рис. 3 кривых 1 и 2 можно заключить, что в рассматриваемых случаях изменение во времени прочности цементогрунтов

касательного модуля деформаций $\bar{E}$ монотонно уменьшается от 4110 до 2830 МПа при $\tau = 28$ сут., и от 5800 до 2860 МПа при $\tau = 90$ сут.

Исследования влияния влажности окружающей среды на накопление во времени прочности при сжатии цементогрунтным композитом на основе БКС показали, что прочность материала, вызревавшего в течение 180 сут. во влажных условиях (степень влажности превышает 90%), составляет примерно 13,9 МПа, а хранившегося в течение первых 35 сут. во влажных условиях и еще 145 сут. в среде с невысокой влажностью – около 11,8 МПа.

Значение средней плотности цементогрунтного композита, вызревавшего в упомянутых выше воздушно-влажностных режимах, составляет 1,927 и 1,675 г/см³ соответственно.

В **разделе 2.5** обсуждаются результаты исследования прочности и деформативных свойств при кратковременном и длительно действующем силовых воздействий образцов одного и того же состава цементогрунта на основе БКС.

Стандартные образцы, изготовленные из цементогрунта состава по массе 1,00:9,00:1,79 согласно упомянутой выше технологии, освобождались от форм в возрасте 14 сут., а в дальнейшем, до момента проведения исследований, хранились во влажных опилках в течение еще 28 сут.

В результате проведенных кратковременных испытаний и соответствующих измерений было установлено, что:

- прочность цементогрунта R при $\tau = 42$ сут. составляет более чем 10,5 МПа, а его плотность при максимально уплотненном состоянии – 1,946 т/м³;
- зависимость величины касательного модуля деформаций $\bar{E}$ от повышения σ имеет монотонно убывающий характер – при увеличении уровня σ/R от 0 до 0,75 значение $\bar{E}$ уменьшается от 4200 до 1800 МПа;
- при повышении уровня σ от 0,75 до 2,0 МПа значение коэффициента поперечных деформаций $\bar{\nu}$ увеличивается от 0,15 до 0,20.

Согласно данным длительных испытаний, при свободном влагообмене со средой с невысокой влажностью в течении 158 сут. цементогрунтные образцы испытывают существенные деформации усадки и ползучести как в продольном, так и в поперечном (диаметральном) направлении.

Деформации усадки опытных образцов оказались более существенными в поперечном направлении по сравнению с зарегистрированными в продольном направлении. Так, отношение величин усадочных деформаций в поперечном и продольном направлении цементогрунтных образцов на этапе, так называемого установившегося состояния (от 40 сут. до 100 сут. наблюдения) составляет $\approx 1,2$, а в конце проведения исследований – $\approx 1,38$. К этому времени деформации усадки цементогрунтных образцов в продольном направлении достигают $175 \cdot 10^{-5}$, а в поперечном направлении – $240 \cdot 10^{-5}$.

Измерения показали, что с началом проведения наблюдения имеет место развитие деформации ползучести образцов, нагруженных напряжением $0,4\sigma/R$, в упомянутых выше направлениях с начальной высокой и дальнейшей падающей

скоростью. При этом в течение первых 60...70 сут. образцы набирают около 80% от величины деформации ползучести, приобретаемой ими в продольном направлении к концу завершения экспериментов (эта величина составляет примерно $670 \cdot 10^{-5}$). В поперечном же направлении образцы в течение первых 10 сут. набирают почти всю величину деформации ползучести, зафиксированную в конце экспериментов ($\approx 80 \cdot 10^{-5}$).

Для оценки полученных нами механических характеристик цементогрунта на основе БКС они были сравнены с известными из литературы одноименными характеристиками, установленными для цементного перлитобетона.

Сравнительный анализ показал, что цементогрунт обладает существенно заниженной прочностью и, особенно, сопротивляемостью деформированию по сравнению с одноименными характеристиками, установленными для цементного перлитобетона.

В **разделе 2.6** рассматриваются результаты исследования ползучести в продольном направлении образцов из цементогрунта на основе БКС при различных уровнях сжимающего напряжения.

За развитием во времени деформации ползучести ε_n образцов, нагруженных постоянной сжимающей нагрузкой, соответствующей 0,2; 0,4; 0,6; 0,7 и 0,8 σ/R , наблюдали в течении 158 сут. (рис. 4).

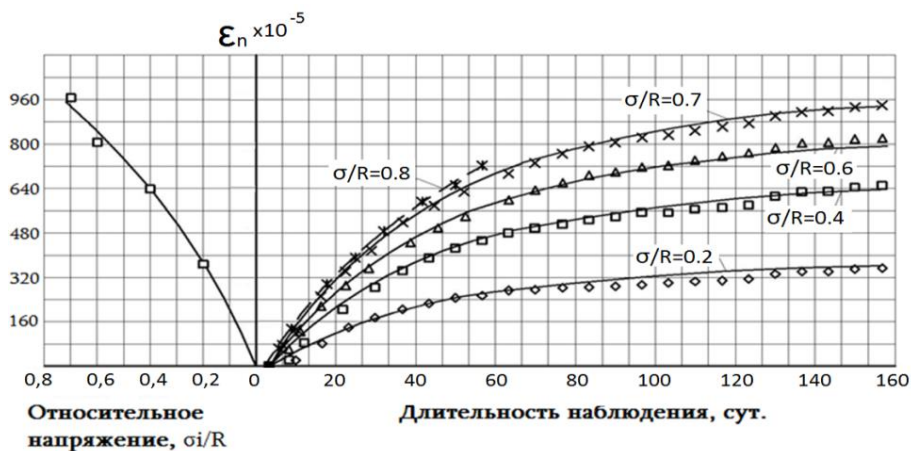


Рис. 4. Экспериментальные данные и теоретически построенные кривые ползучести цементогрунтных элементов

Из экспериментальных данных, приведенных на правом поле рис. 4 (показаны метками), видно, что у цементогрунтных образцов наблюдается развитие во времени существенных деформаций ползучести с начальной высокой и дальнейшей затухающей скоростью. При этом существует некоторое подобие в деформационном поведении образцов, нагруженных нагрузкой, соответствующей 0,2; 0,4; 0,6 и 0,7 σ/R . Образцы же, нагруженные напряжением $0,8\sigma/R$, с течением времени

деформируются с существенно возрастающей и практически незатухающей скоростью, и примерно через 60 сут. фиксируется их разрушение.

На левом поле рис. 4 приведены экспериментальные данные (показаны метками) зависимости $\varepsilon_n - \sigma/R$ в сравнении с кривыми, построенными согласно известной зависимости:

$$\varepsilon_n = \alpha \frac{\sigma}{R} + \beta \left(\frac{\sigma}{R} \right)^n, \quad (2)$$

где α , β и n – параметры аппроксимации.

Из сравнения этих данных следует, что значение σ/R , до уровня которого сохраняется практически линейная связь между напряжениями и деформациями ползучести цементогрунта на основе БКС, можно принять равным 0,4.

На правом поле рис. 4 сплошными линиями показаны кривые, описывающие развитие во времени деформации ползучести цементогрунтных образцов, построенные согласно нижеприведенной зависимости при $\tau = 42$ сут., что дает удовлетворительное совпадение с экспериментально установленными данными:

$$\varepsilon_n = \left[\alpha \frac{\sigma}{R} + \beta \left(\frac{\sigma}{R} \right)^n \right] \cdot \{1 - 0,5[e^{-\gamma_1(t-\tau)} + e^{-\gamma_2(t-\tau)}]\}. \quad (3)$$

Для параметров аппроксимации в (2) и (3) были приняты следующие значения: $\alpha=132,0$; $\beta=140,0$; $n=5,0$; $\gamma_1=0,025$ 1/сут.; $\gamma_2=0,04$ 1/сут.

Следует отметить, что зависимости типа (2) и (3) обычно используются в исследованиях деформаций ползучести элементов из цементных бетонов. При этом существует обоснованное мнение о целесообразности такого применения при оценке напряженно-деформированного состояния элементов из цементных бетонов с учетом ползучести материала, что, по нашему мнению, вполне приемлемо и при установлении аналогичной оценки в случае цементогрунтных конструкционных элементов сооружений.

Третья глава диссертации посвящена исследованию зависимости прочности и деформативных свойств элементов из цементогрунта на основе БКС от продолжительности процесса десорбции влаги из их пор и капилляров.

В **разделе 3.1** приводятся сведения о методах проведения исследования.

Экспериментальное изучение рассматриваемых здесь вопросов и обработка полученных данных были осуществлены тождественными методами, использованными при проведении исследований, результаты которых обсуждались во **второй главе** диссертации.

Использованные в экспериментах цементогрунтные стандартные образцы сразу же после освобождения от форм в возрасте 14 сут. были гидроизолированы и в таком состоянии хранились в помещении лаборатории в течение более чем трех лет (1130 сут.). К моменту проведения экспериментов гидроизоляция от поверхности образцов была удалена, после чего были осуществлены соответствующие измерения. В отдельных случаях испытанию подвергались также образцы, хранившиеся в гидроизолированном состоянии (контрольные образцы) в течении всего цикла исследования.

Для изготовления опытных образцов был использован цементогрунт на основе БКС состава по массе 1,00:9,00; В/Ц=1,85. В качестве связующего компонента использовался портландцемент марки СЕМ II/В-Р 42,5 N.

В разделе 3.2 обсуждаются результаты экспериментального исследования изменения прочности при сжатии и сопротивляемости деформированию при кратковременном нагружении в зависимости от продолжительности процесса десорбции влаги из пор и капилляров цементогрунтных образцов.

Эксперименты по изучению зависимости прочности на сжатие цементогрунта от продолжительности десорбционных процессов осуществлялись сразу же после удаления от поверхности образцов гидроизоляции (контрольные образцы), а затем – периодически, через 16 сут., 48 сут. и 120 сут. нахождения их в лабораторном помещении при температуре среды $22 \pm 5^\circ\text{C}$ и относительной влажности 55...68%.

Установлено, что в течение прохождения процесса десорбции влаги имеет место монотонное уменьшение с начальной высокой (в течение первых 48 сут.) и дальнейшей затухающей (в промежутке времени от 48 сут. до 120 сут.) скоростью прочности на сжатие цементогрунтного композита. В итоге прочность композита, находящегося в лаборатории в течение 120 сут., оказывается примерно на 40% меньше по сравнению с контрольным ее значением ($R_k = 11,0$ МПа). При этом величина общей потери влаги цементогрунта, находившимся в лаборатории в течение 120 сут. после удаления гидроизоляции, составляет более чем 4,7%.

В исследованиях влияния десорбции влаги на сопротивляемость деформированию при кратковременном нагружении и на модуль деформации элементов из цементогрунта на основе БКС часть образцов (контрольные образцы) была подвергнута испытанию сразу после удаления гидроизоляции от поверхности, а другая часть – после нахождения в помещении лаборатории в течение 210 сут.

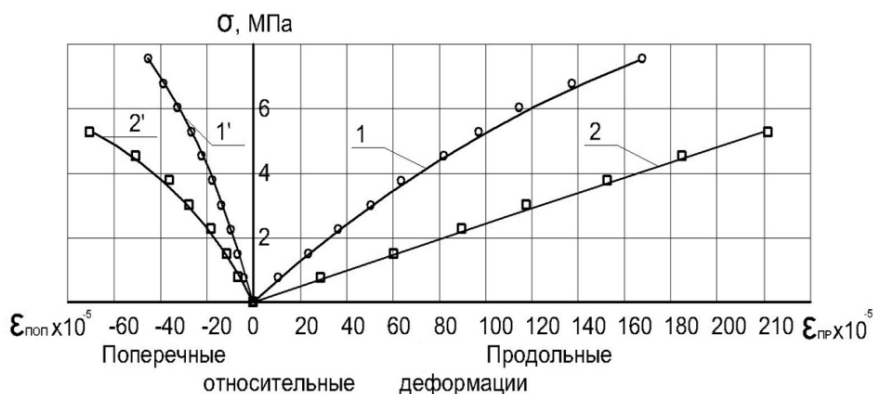


Рис. 5. Кривые деформирования образцов из цементогрунта на основе БКС при кратковременном сжатии

Было установлено, что при одном и том же уровне напряжения σ сопротивляемость деформированию в продольном и поперечном направлении у

контрольных образцов (рис. 5, кривые 1 и 1' соответственно) оказывается существенно больше, чем у образцов, подвергнутых влагоотделению в течении 210 сут. (рис. 5, кривые 2 и 2' соответственно). При этом с увеличением уровня напряжения σ имеет место некоторое уменьшение разницы в величинах продольных и поперечных деформаций указанных образцов.

Сведения о влиянии десорбции влаги на касательный модуль деформации $\bar{E}$ цементогрунтных образцов можно получить из данных табл. 1.

Таблица 1

Значения касательных модулей деформации $\bar{E}$ при различных уровнях сжимающего напряжения σ

Вид испытанных образцов	Модуль деформации по касательной в МПа·10 ⁻² при напряжении σ (МПа)				
	0	1,0	3,0	5,0	7,0
образцы, содержащие в порах и капиллярах свободную влагу	68,1	62,2	51,1	41,1	32,2
образцы, подвергнутые десорбции влаги в течение 210 сут.	24,4	24,3	24,1	23,8	–

Наблюдаемое существенное монотонное уменьшение прочности и, особенно, сопротивляемости деформированию при кратковременном нагружении цементогрунтных образцов, находящихся в гидроизолированном состоянии в течение более чем трех лет, а затем подвергнутых десорбции влаги, можно объяснить, в основном, уменьшением площади их рабочего сечения из-за образования пустот (дефектов) в порах и капиллярах, изначально наполненных химически несвязанной влагой.

В **разделе 3.3** обсуждаются результаты исследования развития во времени деформации усадки и ползучести цементогрунтных образцов, вызванной, в основном, десорбционными процессами.

В этом случае длительному испытанию подверглись образцы как гидроизолированные сразу после расформовки, так и освобожденные от гидроизоляции к моменту проведения наблюдений (в дальнейшем изложении текста они будут упомянуты как неизолированные и гидроизолированные образцы соответственно).

В экспериментах на ползучесть величина постоянного сжимающего напряжения для упомянутых выше обеих разновидностей образцов составляла 1,2 МПа. Средняя температура лабораторного помещения, где проводились эксперименты, составляла 24±5°C, а относительная влажность – 55±10%.

Деформации усадки (п/р 3.3.1). Согласно экспериментально установленным данным, с началом проведения наблюдений имеет место развитие во времени деформации усадки цементобетонных образцов с начальной высокой и дальнейшей падающей скоростью (рис. 6), которая в случае неизолированных образцов (кривая 1) оказывается гораздо существеннее, чем в случае гидроизолированных образцов (кривая 2). Величина отношения значений деформаций усадки неизолированных и

гидроизолированных образцов в течение этапа так называемого практически установившегося состояния (в промежуток времени от 60 сут. и до завершения экспериментов) носит монотонно убывающий характер и изменяется от 28 до 18.

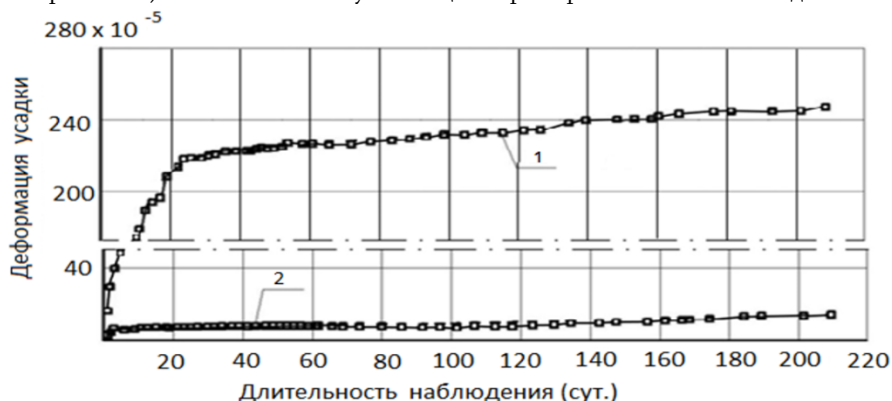


Рис. 6. Кривые деформаций усадки опытных образцов в продольном направлении: неизолированные образцы (кривая 1), гидроизолированные образцы (кривая 2)

Отметим, что в течение первых 15...20 суток наблюдений величина потери химически несвязанной влаги цементогрунтовыми неизолированными образцами достигает 50...55% от значения этой же характеристики, определенной к концу проведения исследований. В случае гидроизолированных образцов потеря влаги практически не была зарегистрирована.

Деформации ползучести (п/р 3.3.2). Рассмотрим результаты исследования ползучести при сжатии опытных образцов из цементогрунта на основе БКС, являющихся идентичными образцам, примененным в исследованиях деформации усадки материала (см. п/р 3.3.1).

Из данных рис.7 следует, что с момента нахождения под воздействием сжимающей нагрузки имеет место увеличение деформации ползучести с начальной высокой и дальнейшей падающей скоростью, которое в случае неизолированных образцов (кривая 1) оказывается гораздо существеннее, чем в случае гидроизолированных образцов (кривая 2). При этом величина отношения деформации ползучести неизолированных и гидроизолированных цементогрунтовыми образцов на этапе так называемого практически установившегося состояния (в промежутке времени от 60...70 сут. и до конца завершения экспериментов) носит монотонно убывающий характер и от 10,7 достигает 8,5.

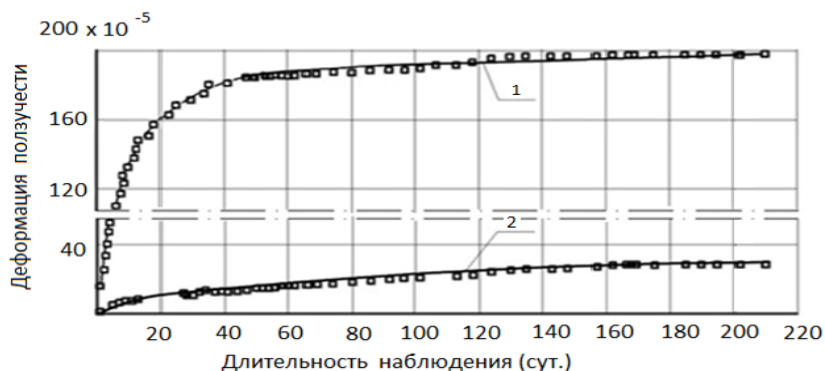


Рис. 7. Кривые деформаций ползучести опытных образцов: неизолированные образцы (кривая 1), гидроизолированные образцы (кривая 2)

Развитие во времени существенных деформаций усадки и ползучести при сжатии, наблюдаемое у неизолированных образцов из цементогрунта на основе БКС, можно объяснить, в основном, соответственно:

- следствием воздействия на элемент объемных сжимающих напряжений, возникающих в результате изменения объема содержащейся в материале связанной силами адсорбции воды;
- как самим десорбционным процессом (капиллярные явления), так и накоплением деформаций у нагруженных образцов, возникаемых вследствие обусловленного десорбцией влаги монотонного снижения во времени прочности и модуля деформации материала (**см. раздел 3.2**).

Развитие во времени деформаций усадки и ползучести при сжатии, наблюдаемое у цементогрунтных гидроизолированных образцов, обусловлено, в основном, соответственно:

- схватыванием материала в результате прохождения химических реакций гидратации цемента;
- перераспределением внутренних напряжений, возникающих в цементном камне и наполнителе материала вследствие воздействия внешней сжимающей нагрузки.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. Для оптимального проектирования предварительно напряженных железобетонных балок из цементных легких бетонов, изготавливаемых методом натяжения арматуры на упоры и бетонируемых обычно в горизонтально расположенных формах, а также сборных колонн, монтируемых путем натяжения арматуры на бетон из фрагментов, бетонируемых в вертикально расположенных формах, целесообразно учесть неодинаковость сопротивляемости усадки и

ползучести в зависимости от ориентации слоев укладки бетона на этапе формовки элементов, о чем не упоминается в строительных нормах.

2. Бетонные и железобетонные колонны сооружений, предназначенных для эксплуатации в регионах с невысокой влажностью, целесообразно уменьшить в размерах, соответственно увеличив их число: на колебания влажности среды колонны с относительно малым поперечным сечением реагируют лишь путем циклического удлинения-сокращения, в то время как в колоннах с большим поперечным сечением происходит циклическое изменение внутреннего напряженного состояния, приводящее к сокращению срока надежной эксплуатации сооружений, включающих такие колонны.

3. Разработана технология получения цементогрунтного композита повышенной прочности (10 МПа и более) на основе белоземов карбонатного состава (БКС), содержащего 10% цемента марки СЕМ II/A – P42,5N от массы сухой смеси без применения каких-либо пластификаторов.

4. Влажностные условия вызревания, способствующие нормальному прохождению процесса гидратации цементных зерен, а также сохранению химически несвязанной влаги в порах и капиллярах, весьма благоприятно сказываются на накоплении во времени прочности при сжатии цементогрунтовыми композитами на основе БКС. Одновременно, десорбция свободной влаги из пор и капилляров приводит к существенному уменьшению прочности при сжатии (примерно 40%) цементогрунта, вызревавшего в течение длительного времени (более трех лет) во влажных условиях.

5. Десорбция химически несвязанной влаги, сохранившейся длительное время (более трех лет) в порах и капиллярах, приводит к появлению и развитию во времени существенных деформаций усадки и ползучести элементов из цементогрунта на основе БКС. Такие деформации у цементогрунтных элементов, идентичных указанным выше, надежно защищенных от воздействия десорбционных процессов, во времени развиваются с существенным затуханием.

6. Для аналитического описания процесса развития во времени деформации ползучести и связи между напряжениями и деформациями ползучести элементов сооружений из цементогрунта на основе БКС можно пользоваться формулами, применяемыми обычно для аналитического описания таких явлений, наблюдаемых у элементов из цементных бетонов.

7. При осуществлении строительных работ на участках, непосредственно соседствующих с цементогрунтовыми фундаментами сооружений, эксплуатируемых в регионах с невысокой влажностью среды, следует соблюдать меры, направленные на предотвращение высыхания фундаментов, так как вероятность существенного снижения несущей способности и сопротивляемости деформированию фундаментов вследствие потери ими влаги весьма велика.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Карапетян К.А., Клекчян Д.Г., Манукян Е.С. Влияние ориентации по отношению к слоям укладки на влажностную усадку и ползучесть при осевом растяжении старого бетона // Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред: Труды XII Международной конференции, Горис-Степанакерт, сентябрь 19-23, 2011. - Ереван, 2011. - С. 200-206.

2. Карапетян К.А., Клекчян Д.Г., Манукян Е.С. Исследование влажностной усадки и ползучести в условиях одноосного сжатия старого бетона с учетом ориентации по направлению слоев укладки // Сб. научных трудов Ереванского государственного университета архитектуры и строительства. – 2012. - Т.1(44). - С. 69-75.

3. Карапетян К.А., Клекчян Д.Г., Манукян Е.С. Влияние масштабного фактора на сопротивляемость влажностной усадке старого бетона // Изв. НАН РА. Механика. - 2012. - Т.65, №2. - С. 77 - 82.

4. Карапетян К.А., Клекчян Д.Г., Манукян Е.С. Влияние масштабного фактора на вызванную десорбцией влаги ползучесть старого бетона при одноосном сжатии // Изв. НАН РА. Механика. - 2012. - Т.65, №3. - С. 54 - 60.

5. Մանուկյան Ե. Ս. Մաշտաֆային գործոնի ազդեցությունը ծեր բետոնի խոնավության դետրեքիայով պայմանավորված սողքի վրա // Երիտասարդ գիտնականների համաժողով, Շաղկաձոր, 13-15 ապրիլի 2012 թ. - Երևան: ՀՀ ԳԱԱ հրատ, 2012. - էջ 47-49:

6. Карапетян К.А., Айроян С.Г., Манукян Е.С. О возможности получения цементогрунтных композитов повышенной прочности на основе белоземов карбонатного состава // Актуальные проблемы механики сплошной среды: Материалы V Международной конференции, 02-07 октября, 2017. - Цахкадзор, Армения, 2017. - С. 93-94.

7. Karapetyan K.A., Hairoyan S.H., Manukyan E.S. About the possibility of obtaining cementitious soil composites of high strength on the bases of belozems of carbonate composition // J. Phys. Conf. Ser. – 2018. - V. 991, 012032. - P. 1-6.

8. Манукян Е.С. Деформационное поведение цементогрунтного композита при кратковременном и длительном силовых воздействиях. // Актуальные проблемы механики сплошной среды: Материалы VI Международной конференции, 01-06 октября, 2019. - Дилижан, Институт механики НАН РА, Ереван, 2019. - С. 201-204.

9. Karapetyan K.A., Hairoyan S.H., Manukyan E.S. Deformability during short-term loading, shrinkage and creep of a cementitious soil composite on the basis of belozems of carbonate // Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. – 2020. -1474, 012019. - P. 1-9.

10. Карапетян К.А., Айроян С.Г., Манукян Е.С. Об аналитическом описании процесса развития во времени деформаций ползучести элементов из цементогрунтного композита с учетом уровня сжимающих напряжений // Изв. НАН РА. Механика. – 2021. - Т. 74, №2. - С.67 - 75.

11. Karapetyan K.A., Hairoyan S.H., Manukyan E.S. The Dependence of Durability and Deformation of Elements of Soil Cement Composite with Carbonate White Soil Mixture on Age // Journal of architectural and engineering research. - Yerevan, 2021. - P. 32-40.

Եղիշե Սամվելի Մանուկյան

ՑԵՄԵՆՏԱՑԻՆ ԲԵՏՈՆԵ ԵՎ ՑԵՄԵՆՏԱԳՐՈՒՆԵ ՏԱՐՐԵՐԻ ԴԵՖՈՐՄԱՑՎԵԼՈՒ ԵՎ ՔԱՅՔԱՑՎԵԼՈՒ ԼՎԱՅՄԱՍԲ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՎԱՐՔԸ՝ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ԴԵՍՈՐՔՑԻՈՆ ՊՐՈՑԵՍԵՐՈՎ Ամփոփում

Աշխատանքում քննարկվում են ցեմենտագրուստե և ցեմենտային բետոնե տարրերի, հիմնականում, դետրեքցիոն գործընթացներով պայմանավորված դեֆորմացման և քայքայման դիմադրության փոփոխության հարցերը՝ հաշվի առնելով այնպիսի գործոններ, որոնք ավելի վաղ պատշաճ ուշադրության չեն արժանացել:

Ստացվել են հետևյալ հիմնական արդյունքները՝

1. Նախապես լարված ցեմենտային թեթև բետոնե հեծանների, որոնք պատրաստվում են հենարանների վրա ամրանի ձգման մեթոդով և բետոնացվում են, սովորաբար, հորիզոնական տեղակայված կաղապարներում, ինչպես նաև բետոնի վրա ամրանի ձգման եղանակով ֆրագմենտներից հավաքովի սյուների օպտիմալ նախագծման համար նպատակահարմար է հաշվի առնել կծկման և սողքի դեֆորմացիաների տարբեր լինելը՝ կախված տարրերի կաղապարման փուլում բետոնի տեղադրման շերտերի կողմնորոշումից, ինչի մասին շինարարական նորմերում չի հիշատակվում:

2. Երկրագնդի ոչ բարձր խոնավությամբ տարածաշրջաններում ($W \leq 75\%$) շահագործման համար նախատեսված կառույցների բետոնե և երկաթբետոնե սյուները նպատակահարմար է փոքրացնել չափերով՝ համապատասխանաբար ավելացնելով դրանց թիվը. համեմատաբար փոքր լայնական հատվածք ունեցող սյուները միջավայրի խոնավության տատանումներին արձագանքում են միայն ցիկլիկ երկարացմամբ-կարճացմամբ, մինչդեռ մեծ լայնական հատվածքով սյուներում տեղի է ունենում ներքին լարվածային վիճակի ցիկլիկ փոփոխություն, ինչը կարող է հանգեցնել այդպիսի սյուներ ներառող կառույցների հուսալի շահագործման ժամկետի էական կրճատմանը:

3. Մշակվել է կարբոնատային կազմով սպիտակահողերի (ԿԿՍ) հիմքով չոր խառնուրդի զանգվածի 10% CEM II/A P42,5 մակնիշի ցեմենտ պարունակող, բարձր ամրությամբ (10 ՄՊա և ավելի) օժտված ցեմենտագրուստային կոմպոզիտ նյութի ստացման տեխնոլոգիա, առանց որևէ պլաստիֆիկատորի կիրառման:

4. Հասունացման խոնավային պայմանները, որոնք նպաստում են ցեմենտի հատիկների հիդրատացման գործընթացի նորմալ իրականացմանը, ինչպես նաև ծակոտիներում և մազանոթներում քիմիապես չկապված խոնավության պահպանմանը, բավականին բարենպաստ են ազդում ԿԿՍ-ների հիմքով ցեմենտագրուստային կոմպոզիտների ժամանակի ընթացքում սեղմման ամրության ձեռք բերման վրա: Միաժամանակ, ծակոտիներից և մազանոթներից ազատ խոնավության դետրեքցիան հանգեցնում է խոնավ պայմաններում երկարատև (ավելի քան 3 տարի) պահված ցեմենտագրուստի ըստ սեղմման ամրության էական նվազմանը (մինչև ավելի քան 43%):

5. Ծակոտիներում և մագանոթներում երկար ժամանակ (ավելի քան 3 տարի) պահպանված քիմիապես չկապված խոնավության դետրեքցիան բերում է ԿԿՄ-ների հիմքով ցեմենտագրոնտային տարրերի կծկման և սողքի դեֆորմացիաների ի հայտ գալուն և ժամանակի ընթացքում դրանց էական զարգացմանը: Դետրեքցիոն գործընթացների ազդեցությունից հուսալիորեն պաշտպանված համանման տարրերի մոտ դիտվող հիշյալ դեֆորմացիաները ժամանակի ընթացքում զարգանում են էական մարմամբ:

6. ԿԿՄ-ների հիմքով ցեմենտագրոնտային կոմպոզիտից կառույցների տարրերի սողքի դեֆորմացիայի՝ ժամանակի ընթացքում զարգացման գործընթացի և լարումների ու սողքի դեֆորմացիաների միջև եղած կապի անալիտիկ նկարագրման համար կարելի է օգտվել բանաձևերից, որոնք, սովորաբար, կիրառվում են ցեմենտային բետոնե տարրերի մոտ դիտվող նման երևույթների անալիտիկ նկարագրման նպատակով:

7. Միջավայրի ոչ բարձր խոնավությամբ տարածաշրջաններում շահագործվող կառույցների ցեմենտագրոնտե հիմքերի անմիջապես հարևանությամբ գտնվող շինարարական աշխատանքներ իրականացնելիս անհրաժեշտ է պահպանել հիմքերի չորացման կանխարգելմանն ուղղված միջոցառումներ, քանի որ խոնավության կորստի հետևանքով այդպիսի հիմքերի կրողունակության և դեֆորմացվելուն դիմադրելու զգալի նվազման հավանականությունը շատ մեծ է:

Eghishe Samveli Manukyan

THE BEHAVIOR OF RESISTANCE TO DEFORMATION AND DECAY OF CEMENT CONCRETE AND CEMENT GROUT ELEMENTS DUE TO DESORPTION PROCESSES

Summary

The work addresses the issues of the change in resistance to deformation and decay of cement grout and cement concrete elements, mainly due to desorption processes, taking into consideration such factors that have not been paid due attention before.

The following main results have been obtained:

1. For the optimal design of prestressed lightweight cement concrete bicycles, which are made using the method of tensioning the reinforcement on the supports and are concreted, usually in horizontally located molds, as well as the prefabricated columns from the fragments by the method of tensioning the reinforcement on the concrete, it is recommended to take into account the difference in shrinkage and creep deformations depending on the orientation of the layers of concrete installation at the molding stage, which is not specified in the construction norms.

2. It is recommended to reduce the size of the concrete and reinforced concrete columns of structures considered for operations in regions with low humidity ($w \leq 75\%$) by increasing their number accordingly. Columns with a relatively small cross-section respond to environmental humidity fluctuations only by cyclic lengthening-shortening, while in columns with a large cross-section, a cyclic change of the internal stress state occurs, which can lead to a significant reduction in the reliable operation of the structures including such columns.

3. A technology was developed for obtaining a high-strength (10 MPa and more) cement-soil composite material containing 10% CEM II/A P42.5 cement of the dry mixture mass based on carbonate-based white soil, without the use of any plasticizer.

4. Moist ripening conditions, which contribute to the normal implementation of the hydration process of cement grains, as well as the maintenance of chemically unbound moisture in the pores and capillaries, have a rather favorable effect on the acquisition of compressive strength over time of the cement-soil composites based on carbonate-based white soil. At the same time, the desorption of free moisture from the pores and capillaries leads to a significant decrease (up to 47%) in the compressive strength of the cement grout stored in humid conditions for a long period of time (more than 3 years).

5. Desorption of chemically unbound moisture stored in the pores and capillaries for a long time (more than 3.5 years) leads to the appearance of shrinkage and creep deformations of the cement-soil elements composites based on carbonate-based white soil and their essential development over time. The aforementioned deformations observed in the similar elements, reliably protected from the effects of desorption processes, develop with a significant extinction over time.

6. For the analytical description of the creep deformation of the elements of structures made of cement-soil composite composites based on carbonate-based white soil, the development process over time and the relationship between stresses and creep deformations, formulas that are usually used for the purpose of analytical description of such phenomena observed in cement concrete elements can be applied.

7. When carrying out construction work in the immediate vicinity of cement grout foundations of structures operated in regions with low environmental humidity, it is necessary to keep up with the measures aimed at preventing drying of the foundations, because the possibility of a significant decrease in the carrying capacity and resistance to deformation of such foundations due to the loss of moisture is very high.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Edilov', is centered below the text.