

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ**

ԵՐԵՎԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԻՐԻՆԱ ՌՈԲԵՐՏԻ ԲԱՂՂԱՍԱՐՅԱՆ

**ԼՂՀ ՀՈՒՄՔԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՀԵՆՔՈՎ ԹԵԹԵՎ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՏԻՎ ԲԵՏՈՆՆԵՐԻ
ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄ**

Ե.23.01 - «Շինարարական կոնստրուկցիաներ, շենքեր, կառույցներ և շինարարական նյութեր» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2013

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И
СТРОИТЕЛЬСТВА**

БАГДАСАРЯН ИРИНА РОБЕРТОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКОГО КОНСТРУКТИВНОГО БЕТОНА НА
СЫРЬЕВОЙ БАЗЕ НКР**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.23.01- «Строительные
конструкции, здания, сооружения и строительные материалы»**

ЕРЕВАН – 2013

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի ճարտարապետության և շինարարության
պետական համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝ տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր
Ա.Մ. Սիմոնյան
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տեխնիկական գիտությունների դոկտոր
Վ.Վ. Պողոսյան
տեխնիկական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ
Ա.Կ. Կարապետյան

Առաջատար կազմակերպություն «Երևաննախագիծ» ՓԲԸ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2013թ. դեկտեմբերի 11-ին, ժամը 15⁰⁰-ին Երևանի
ճարտարապետության և շինարարության պետական համալսարանին կից գործող ՀՀ ԲՈՀ-ի
030 <<Ճարտարապետություն և շինարարություն>> մասնագիտական խորհրդում:
Հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ. 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՃՇՊՀ-ի գիտական գրադարանում:
Հասցեն՝ 0079, ք. Երևան, Մառի փող. 17/1:

Սեղմագրին կարելի է ծանոթանալ ԵՃՇՊՀ-ի պաշտոնական կայքում՝ www.ysuac.am
Սեղմագիրն առաքված է 2013թ. նոյեմբերի 11-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,
ճարտարապետության թեկնածու, պրոֆեսոր



S.U. Բադալյան

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете
архитектуры и строительства

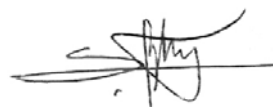
Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
А.М. Симонян
Официальные оппоненты: доктор технических наук
В.В. Погосян
кандидат технических наук, доцент
А.К. Карапетян
Ведущая организация: ЗАО «Ереванпроект»

Защита диссертации состоится 11-го декабря 2013г. в 15⁰⁰ часов на заседании специализирован-
ного совета 030 " Архитектура и строительство" ВАК РА при Ереванском государственном
университете архитектуры и строительства по адресу: 0009 г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ЕГУАС по адресу: 0079, г. Ереван, ул.
Марра 17/1.

С авторефератом можно ознакомиться на официальном сайте ЕГУАС: www.ysuac.am
Автореферат разослан 11-го ноября 2013г.

Ученый секретарь специализированного совета,
кандидат архитектуры, профессор



T.C. Барсегян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Основным направлением повышения эффективности бетона является снижение плотности, за счет использования дешевых и качественных пористых заполнителей. В Арцахе наблюдается острый дефицит в высокопрочных заполнителях, а из-за дальних перевозок их стоимость очень высока.

Широкое применение легкогобетонных конструкций объясняется необходимостью резкого снижения массы возводимых зданий и сооружений, повышением индустриализации и совокупности строительства. Это позволяет не только снизить стоимость конструкций, но и значительно сократить применение транспорта и осуществление монтажных работ. Задача научно-практических работников Нагорного Карабаха должна вести к качественной базе строительства и направлена на расширение производства и разработку местного сырья из пористых заполнителей легких бетонов и конструкций, что может осуществить малоотходное производство в освоении новых прогрессивных ресурсосберегающих строительных материалов. Природные пористые заполнители по сравнению с плотными заполнителями обладают преимуществом. Они являются легкими, имеют хорошее сцепление с цементным камнем, пылевидная часть, которых химически активна по отношению к цементу.

Цель и задачи исследования.

Целью работы является исследование и решение проблемы по использованию местных сзнских месторождений в качестве пористого заполнителя и учета их структурных особенностей и свойств, разработав экспериментально-теоретическую основу технологии легких бетонов и конструкций из них.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- анализ взаимосвязи свойств бетона со свойствами заполнителей и добавок;
- исследование свойств легкого бетона из пористых заполнителей арцахского (сзнского) месторождения пемзы;
- разработка технологии изготовления легкого бетона и проведение испытаний каменных материалов, используемых в качестве естественных пористых заполнителей, а также легкого бетона на их основе;
- анализ влияния свойств заполнителей и технологических процессов на свойства бетона;
- исследование напряженного состояния бетонных цилиндрических образцов при раскалывающихся усилиях, действующих на противоположные полосы по образующим (бразильский способ испытания на растяжение);
- исследование напряженного состояния арматуры и контакта арматуры с бетоном при вытягивании арматуры из затвердевшего бетона.

Научная новизна работы

Научная новизна работы заключается в теоретическом обосновании и практическом подтверждении возможности получения конструктивного легкого бетона из местного сырья для возведения сейсмостойких зданий. Осуществлено изучение некоторых физико-механических свойств природных каменных пористых образцов из сзнского месторождения, а также легких бетонов на их основе и даны рекомендации для их использования в строительстве.

На основе разработанных составов были изготовлены железобетонные образцы и их некоторые механические свойства: сцепление арматуры с бетоном, полученное при испытании на

выдергивание арматуры из затвердевшего бетонного образца, при этом, учет неравномерности распределения касательных напряжений вдоль арматуры, осуществляется введением определенного коэффициента.

В работе получены расчетные формулы для определения напряжений сдвига между арматурой и бетоном, в зависимости от размеров арматуры и бетонного образца, длины заделки арматуры в бетоне и упругих характеристик бетона и арматуры. Это дает возможность вычислить значение максимального касательного напряжения, в зависимости от экспериментально полученного усилия вытягивания.

Проведен анализ напряженного состояния цилиндрического образца, подвергаемого расколу, для определения прочности на растяжение. Этот расчет, основанный на решении задачи Герца, показал, что растяжение в направлении перпендикулярном действию сжимающих (раскалывающих) сил сопровождается сжимающими напряжениями в ортогональном направлении, которые, как минимум, в три раза превосходят растягивающие. Получены эпюры нормальных напряжений в точках вдоль действия раскалывающих усилий. Новизной является то, что действующие усилия распределены вдоль некоторой полосы, имитирующей условия испытания.

Основные положения работы, предложенные для защиты

- Анализ влияния свойств материалов на свойства легкого бетона.
- Анализ влияния технологических процессов на свойства легкого бетона.
- Расчет контактных касательных напряжений, при испытании сцепления между арматурой и бетоном, путем выдергивания арматуры из затвердевшего бетонного образца.
- Расчет напряжений в бетонном цилиндрическом образце, при действии скалывающих усилий, распределенных по полосе на образующих цилиндра.

Практическая ценность и реализация результатов работы

Практическая ценность работы заключается в использовании арцахских пористых природных материалов (пемзы из сзекского села Аскеранского района Нагорного Карабаха) для приготовления легких конструктивных бетонов. Этому способствуют полученные данные о легком бетоне высокой прочности на основе пористых заполнителей Арцах, а также результаты изучения напряжений, при сцеплении арматуры с бетоном, которые позволяют одновременно решить несколько проблем: удовлетворить потребность в местных пористых заполнителях, утилизацию отходов, рекультивацию земель и восстановление их плодородия.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы обсуждались:

- На научном семинаре Института механики НАН Республики Армения (Ереван, 2012г.);
- На президиуме Армянской научно-технологической национальной академии (Ереван, 2012 г.);
- На Международной заочной научно – практической конференции «Вопросы науки и техники», (Новосибирск, 2012 г.).

На защиту представлены:

- составы легких бетонов, разработанные на основе местного сырья НКР;
- исследованы некоторые механические свойства полученных бетонов;

- расчет контактных касательных напряжений, при испытании сцепления между арматурой и бетоном, путем выдергивания арматуры из затвердевшего бетонного образца;
- расчет напряжений в цилиндрическом образце, при действии скалывающих усилий, распределенных по полосе на образующих цилиндра.

Публикации

Основные результаты и материалы диссертации опубликованы в 4-х статьях.

Объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, общих выводов и списка литературы с 111-ю наименованиями, из 34 рисунков и 14 таблиц и изложена на 124-х страницах.

Исследования, положенные в основу диссертации, были выполнены автором в строительной лаборатории сейсмического центра в городе Степанакерте и в лаборатории Института Механики НАН РА.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы, которые добывают или могут добываться в Арцахе для использования в бетонных и железобетонных конструкциях, мало исследованы. Тем не менее, их применение, вместо привозимых извне материалов, существенно облегчило бы проблему строительства.

Диссертационная работа посвящена:

1. разработке технологии изготовления легкого конструктивного бетона и проведению испытаний природных каменных материалов, используемых в качестве естественных пористых заполнителей, а также легкого бетона на их основе;
2. анализу влияния свойств заполнителей и технологических процессов на качество бетона;
3. исследованию напряженного состояния бетонных цилиндрических образцов, при действии раскалывающих усилий, действующих на противоположных полосах по образующим (бразильский способ испытания на растяжение);
4. исследованию напряженного состояния арматуры и контакту арматуры с бетоном, при вытягивании арматуры из затвердевшего бетона.

В первой главе предъявлены общие сведения о бетоне, т.е. современное состояние вопроса, цель и задачи исследования. В основополагающих трудах А. Феппля, Ю. Баженова, отечественных ученых: М.Симоновым, А.Аракеляном, П.Тер-Петросяном, М.Бадаляном и многих других описаны теории прочности и пластичности. Из рассмотренных научных трудов, вышеуказанных ученых, следует, что процесс твердения легкого бетона является сложным и зависит от множества факторов и процессов, протекающих в бетоне (влажность, набухание, усадка, структура, размер зерен заполнителя и т.д.).

На основе анализа и исследований литературных источников можно сделать следующие выводы:

1. легкие бетоны обладают значительным применением в строительстве, благодаря их относительной легкости, высокой упругой податливости, что особенно важно для сейсмостойкого строительства;

2. легкие бетоны обладают существенно большей предельной прочностью на растяжение, что препятствует образованию трещин в железобетонных конструкциях, при изгибных деформациях;
3. свойства легкого бетона существенно зависят от свойств их компонентов, в которых использовано новое сырье (природный материал, пемза, из сзнецкого месторождения Аскеранского района Нагорного Карабаха), что и предопределяет необходимость исследования его физико – механических свойств.

Во второй главе использовались сырьевые материалы для приготовления легкого конструктивного бетона ($\rho=1400-1800\text{кг/м}^3$), которые имеют возможность принимать значительные нагрузки зданий и сооружений. В отличие от обычного бетона свойства легкого бетона формируются при взаимодействии двух капиллярных систем: а) цементного теста, затвердевающего и превращающегося в цементный камень; б) пористых заполнителей, зерна которых всасывают в себя воду из цементного теста, а по мере затвердевания отдают воду обратно, увлажняя и содействуя химическим процессам, которые протекают в бетонном теле. Иначе говоря, легкий заполнитель играет роль насоса, который сначала берет воду из цементного теста, а затем возвращает ее, т.е. происходит так называемое “самовакуумирование”, содействующее получению более плотной структуры цементного камня.

В основу экспериментальных исследований положен пористый заполнитель, полученный из села Сзнек (Аскеранский район, 1км к юго – западу от селения Верин Сзнек), в виде пемзы. Насыпная плотность пемзового щебня при фракции 20-10мм – 750кг/м^3 , а при фракции 10-5мм – 780кг/м^3 . Насыпная плотность пемзового песка при фракции 1.2-5мм – 790кг/м^3 , а при фракции 1.2-00мм – 1010кг/м^3 . Насыпные плотности пемзы зависят от размера, за исключением мелкой фракции (песка).

Из пемзовой глыбы светлосерого цвета высверливались цилиндрические образцы диаметром 5см и длиной 15см, а также образцы диаметром 5см и длиной 5см. Образцы длиной 5см использовались для испытаний на сжатие, а образцы длиной 15см – для испытаний на растяжение. Изготовлено по 6 образцов одинакового размера, что было вызвано существенным разбросом полученных экспериментальных данных по прочности, значительно, большей, чем это у образцов из базальта. В таблице 1. приводятся данные о прочности, полученные для образцов из пемзы в сравнении с полученными данными для образцов из базальта.

Из данных таблицы 1 видно, что прочностные свойства образцов из пемзы существенно отличаются друг от друга, в отличие от прочностных свойств базальтовых образцов, это объясняется большим количеством пор у пемзовых образцов, что приводит к неоднородности структуры. Если для пемзы применять формулу при использовании $A=87\text{МПа}$, $n=3.1$, как это было принято для арктической туфолавы, то получим для прочности на сжатие пемзы: $R=10.176\text{МПа}$, при $A=87\text{МПа}$. Все полученные данные о прочности пемзы на сжатие оказываются выше прогнозируемой, т.е. исследуемый материал является достаточно качественным по своим прочностным характеристикам.

Одним из решающих факторов, от которых зависит прочность легкого бетона, является водопоглощение. И у пемзового материала обнаружилось, что для фракций 20–10мм весовое водопоглощение (полное) составило 60%, для фракций 10–5мм – 79%, для фракции 5–1.2мм – 110%, для фракций 1.2–0мм – 120%. Казалось бы, что у материала с низкой насыпной плотностью водопоглощение должно быть выше, но оказывается наоборот, что объясняется наличием закрытых пор, куда вода не проникает, ведь закрытых пор у крупных зерен меньше, чем у мелких,

для которых некоторые закрытые поры становятся открытыми при дроблении. Следует иметь в виду, что в легких бетонах, некоторый избыток воды менее вреден, чем ее недостаток, в отличие от тяжелых бетонов.

Таблица 1

Экспериментальные значения прочности на сжатие и растяжение

Определения бетонных образцов	Кол-во образцов	Среднее значение пределы прочности пемзы, МПа	Кол-во образцов	Среднее значение пределы прочности базальта, МПа
Прочность образцов $d=5\text{см}$, $l=5\text{см}$ на сжатие	6	22.0	6	15.0
		10.5-40.8		10.2-18.3
Прочность образцов $d=5\text{см}$, $l=15\text{см}$ на растяжение	6	1.9	6	10.3
		1.12-3.8		8.92-11.8

При наблюдении за динамикой водопоглощения различных материалов для заполнителей полного водопоглощения получилось, что у арктического туфа – 23.3%, у пемзы – 70%.

В качестве вяжущего материала был взят обычный портландцемент марки 400 из Араратского района РА. Основные физико – механические свойства портландцемента были исследованы по ГОСТу 310.1-76 и ГОСТу 310.4-81 по стандартным методам:

- насыпная плотность в рыхлом состоянии - $1.07\text{--}1.09\text{кг/м}^3$;
- нормальная густота цементного теста (ЦТНГ) - 27%;
- потеря пластичности цементного теста нормальной густоты (начало схватывания)
- через 2 часа 10 мин. после смешения цемента с водой;
- конец схватывания - через 4 часа 15 мин.

Содержание основных минералов в клинкере следующее:

Алит (C_3S) - 54.6%, белит (C_2S) – 21.8%, 3-х кальциевый алюминат (C_3A) – 4.6%, целит (C_4AF) – 5.2%. Истинная плотность цемента составила 3.1г/м^3 . При испытании на сжатие было получено, что прочность цементного камня в возрасте 7 дней составила 36.2 МПа, а в 28-дневном возрасте – 47.3 МПа.

Для приготовления легкого бетона применялась питьевая вода, а также можно было использовать любую воду, которая не содержит вредных примесей (кислот, сульфатов, жиров, растительных масел, сахара), и не препятствует нормальному твердению бетона. Выяснилось, что прочностные свойства пемзовых образцов существенно отличаются друг от друга, в отличие от прочностных свойств базальтовых образцов из – за наличия большого количества пор у пемзовых образцов и они (образцы сзекской пемзы) являются достаточно качественными по своим прочностным характеристикам (полученные данные прочности пемзы на сжатие).

Третья глава посвящена разработке легкого конструктивного бетона на сырьевой базе НКР и его технологическим процессам приготовления и транспортирования. Бетонные и железобетонные конструкции могут оказаться некачественными, если пренебречь особенностями влияния,

используемых технологических процессов на прочностные и другие механические и теплотехнические характеристики конструкций.

Испытаниям были подвергнуты бетонные образцы трех различных составов, а также на основе песчаного раствора, при использовании пемзового заполнителя, и образцы из обычного бетона на базальтовом щебне и кварцевом песке. Очень важно обеспечить однородность бетона по объему. Приведенные составы из таблицы 2 подобраны так, чтобы расход цемента для тяжелого бетона соответствовал для среднего из легкобетонных составов. При этом количество воды у тяжелого бетона было меньше, вследствие того, что при использовании легкого заполнителя, имеет место всасывание воды и получается меньшая подвижность смеси, чем у тяжелого бетона. Состав раствора на пемзовом песке был подобран так, чтобы общее количество заполнителя соответствовало бы принятому в составах Л-1, Л-2 и Л-3, при этом количество воды было увеличено для обеспечения аналогичной подвижности смеси. Все образцы были испытаны на сжатие в 28-дневном возрасте.

Поскольку прочностные данные бетонных образцов зависят от скорости роста нагружения, были измерены фактически имеющие место значения скоростей, при этом, естественно, было стремление обеспечить незначительное расхождение в экспериментах. В таблице 3 приводятся значения прочности образцов при сжатии, а также фактическая скорость роста напряжения при испытании, приводятся также значения плотности образцов непосредственно перед испытанием. Анализируя экспериментальные результаты, приведенные в таблице 3 приходим к выводу, что при одном и том же расходе цемента (ср.Л-2 и Т) легкобетонные образцы в 28-дневном возрасте имели прочность на сжатие, не уступающую прочности на сжатие образцов из тяжелого бетона, а при увеличении расхода цемента (ср.Л-3 и Т) имело место существенное превышение прочности легкобетонных образцов над прочностью образцов из тяжелого бетона. Следует отметить также и тот факт, что прочность песчаного раствора при большем расходе цемента (260кг) обеспечивает приблизительно такую же прочность, как у легкого бетона при расходе цемента (225кг), то есть и для легких бетонов использование крупных фракций заполнителя целесообразно.

По данным о прочности замес Л-1 был отнесен к марке 100, замес Л-2 к марке 150, замес Л-3 – к марке 200, замесы раствора (Р) и бетона из тяжелого бетона (Т) – к марке 150. Эти же замесы использовались для изготовления призм, которые были испытаны на сжатие в возрасте 28 суток и 10 месяцев. Результаты испытания приведены в таблице 4. Как можно заключить из данных таблицы 4, рост прочности у легких бетонов не уступает росту прочности у тяжелого бетона. Особенно большой рост прочности после 28 суток наблюдался у раствора. Надо полагать, что рост прочности имеет место у цементного камня, но не у заполнителя. Возможно, это и определяет повышенный рост прочности у мелкозернистого бетона, у бетона же с крупным заполнителем именно заполнитель является слабым местом и упрочнение цементного камня не так эффективно.

Для замеса Л-1 при испытании на прочность образцов 28-суточного возраста изменение скорости нагружения вообще не приводило к изменению прочности. У образцов Л-2 и Л-3 изменение прочности было также незначительным (в пределах 5%).

Для замеса Л-1 при испытании на прочность образцов 28-суточного возраста изменение скорости нагружения вообще не приводило к изменению прочности. У образцов Л-2 и Л-3 изменение прочности было также незначительным (в пределах 5%). При испытании образцов (Р) с увеличением скорости нагружения увеличение прочности достигало 10%. У тяжелого бетона на базальтовом заполнителе увеличение скорости было таким же (в пределах 5%), как у легкого

бетона.

Поскольку в экспериментах использовался заполнитель в виде пемзы, добываемой из Сзнецкого месторождения, принципиальное значение приобретает вопрос о распространении настоящих результатов на легкие заполнители из других потенциальных карьеров.

Таблица 2

Составы смесей бетонов

Вид бетонной смеси	Марки-ровка состав	Фактический расход компонентов						ρ, кг/м ³
		Песка, мм		Щебня, мм		Цемент а, кг	Воды	
		0-1,2	1.2-5	5-10	10-20			
Легкий бетон на пемзовом щебне и песке	Л - 1	350	290	230	330	175	280	1640
	Л – 2	350	285	240	332	225	282	1710
	Л - 3	348	288	230	326	273	282	1740
Раствор на пемзовом песке	Р	650	515	-	-	260	350	1760
Тяжелый бетон на базальтовом щебне и кварцевом песке	Т	600	510	340	502	225	220	2390

Таблица 3

Результаты испытания бетонных образцов в 28–дневном возрасте

Серия	Размеры образцов, см	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие R ₂₈ , МПа	Скорость роста напряжения, МПа .сек
Л – 1	40x40x10	1.60	10.3	0.320
Л – 2	10x10x10	1.58	12.0	0.360
Л – 3	15x15x15	1.61	11.4	0.310
Р	40x40x10	1.69	12.9	0.200
	10x10x10	1.69	17.8	0.250
	15x15x15	1.71	18.5	0.230
Т	40x40x10	2.35	11.8	0.260
	10x10x10	2.33	16.1	0.270
	15x15x15	2.35	16.0	0.210

С этой целью приведем таблицу 5, где рассматривается влияние крупности и вида заполнителей, а также расхода цемента на прочность бетона, (отметим, что в таблице плотность определялся для свежееизготовленного бетона). Анализируя данные таблицы 5, отметим, что хотя

при относительно малом расходе цемента марки 400 (200кг) различие прочности бетонов существенно зависит от вида и крупности заполнителя, увеличение расхода цемента выравнивает это различие.

Таблица 4

Данные о прочности бетонных призм

Вид бетона	Марка бетона	Маркировка бетона	Призменная прочность		Изменение прочности R/R_{28} МПа
			R_{28} , МПа	R_{10} , МПа	
Легкий бетон	М – 100	Л – 1	10.3	15.2	1.47
	М – 150	Л – 2	14.2	24.4	1.72
	М – 200	Л – 3	19.8	27.7	1.40
Легкий бетон	М – 150	Р	12.9	24.8	1.93
Тяжелый бетон	М – 150	Т	11.8	17.6	1.49

Любопытно, что для тяжелого бетона увеличение размера заполнителя приводит к увеличению прочности бетона при любом количестве цемента, а для легкого бетона это не так проявляется, и в ряде случаев мелкозернистый легкий бетон оказывается даже более прочным, чем крупнозернистый, в особенности при увеличении расхода цемента.

Таблица 5

Влияние размера и вида заполнителей на прочность бетона

Наименование заполнителей	Расход цемента кг	Крупность заполнителя до 5мм		Крупность заполнителя до 25мм	
		Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа	Плотность кг/м ³	Предел прочности, МПа
Сзневская пемза	200	1693	3.6	1640	7.2
	400	1760	10.6	1710	16.1
Литоидная пемза	200	1708	3.6	1700	4.8
	400	1787	10.7	1779	13.3
Базальтовый щебень кварцевый песок	200	2123	2.6	2221	14.2
	400	2220	14.5	2280	34.5

Во всех случаях (как в данных таблице 5, так и в наших данных табл. 3), тяжелый бетон с использованием заполнителя из базальта и кварцевого песка имеет худшие механические показатели, чем при использовании любого, из рассмотренных нами легких заполнителей, при одном и том же расходе цемента. Что же касается вида легкого заполнителя, то что вытекает из

данных таблицы 5, он мало влияет на свойства бетона, что показывает данные таблицы 3, распространить на другие виды легкого заполнителя.

Принципиальное отличие поведения пористых заполнителей от плотных заполнителей, при приготовлении бетонной смеси, заключается в отсасывании воды в капиллярах пористых заполнителях, что приводит к необходимости увеличения воды в смеси. Одновременно в свежееуплотненном бетоне уменьшается подвижность и протекает процесс вакуумирования, что содействует уменьшению пустот в цементном камне.

В процессе отверждения и высыхания бетона часть воды из пор возвращается в твердеющий раствор и увлажняет его, способствуя протеканию химических реакций, и, следовательно, упрочняет бетон.

Для легких бетонных смесей фракции заполнителя являются более легкими, чем цемент, причем, как правило, это разница более существенна, чем у тяжелых бетонов. Однако здесь наблюдаются положительные явления: капиллярные силы всасывания цементно – песчаной смеси содействуют получению однородной массы. Следует отметить, что эти силы препятствуют подвижности бетонной смеси и это очень важно при последующей укладке ее в формы. Рассматривая влияние отношения количества пемзового песка к пемзовому щебню на свойства бетона, оказалось, что прочность бетона с заполнителем только из пемзового щебня всегда ниже, чем только из пемзового песка (фракций до 5мм), однако наибольшая прочность, при одном и том же расходе цемента и количестве воды, соответствующей осадку конуса - около 1см может быть, когда количество пемзового песка составляет около одной четверти общего количества заполнителя. Что же касается плотности, то, с уменьшением размера фракции, плотность бетона монотонно растет. Вследствие чего, имеет смысл брать количество песка не более 1/3 части от количества щебня.

На рис.1 приведены экспериментальные данные прочности $R_{сж}$ кубиков $20 \times 20 \times 20$ см при сжатии, в зависимости от расхода цемента.

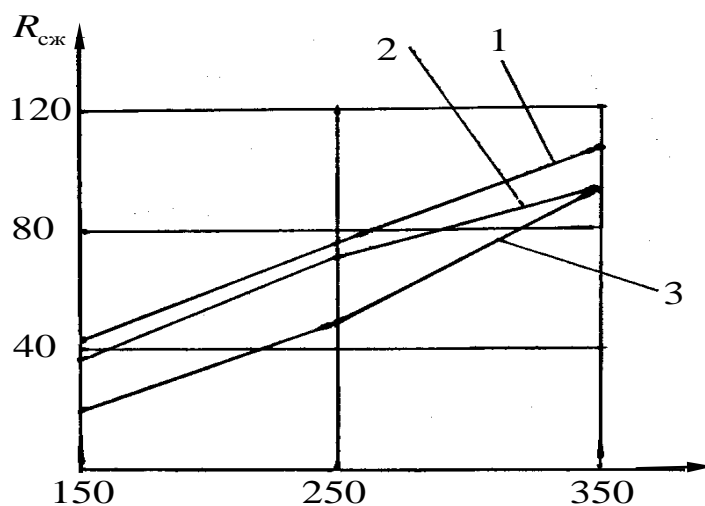


Рис.1. Зависимость прочности бетона от расхода цемента.

Как видно из рис.1:

- наивысшая прочность была достигнута в мелкозернистых бетонах с содержанием 42% пылевидных частиц (кривая 1);
- несколько меньшая прочность была получена у бетонов с пемзовым песком и щебнем (кривая 2);

– наименьшая прочность у мелкозернистого бетона на пемзовом песке, причем такая закономерность имела место при всех расходах цемента (кривая 3).

При наибольшем расходе цемента 350кг прочности бетона из пемзового песка и щебня и бетона из пемзового песка оказались равными. Что же касается пылевидных частиц, то их наличие при одном и том же расходе цемента, приводило к упрочнению бетона. Во всех случаях увеличение расхода цемента приводило к увеличению плотности бетона.

Ниже рассмотрим влияние отношения количества пемзового песка к пемзовому щебню на свойства бетона. Исследования показали, что прочность бетона с заполнителем только из пемзового щебня всегда ниже, чем только из пемзового песка (фракций до 5мм), однако, наибольшая прочность при одном и том же расходе цемента и количестве воды, соответствующей осадку конуса - около 1см, имеет место, тогда, когда количество пемзового песка составляет около одной четверти от общего количества заполнителя. Что же касается плотности, то, с уменьшением размера фракции, плотность бетона монотонно растет. Вследствие этого, можно брать количество песка не более $1/3$ от количества щебня.

Несколько иная картина, с использованием пылевидных частиц. При их применении, даже до 40% от общего количества заполнителя, прочность почти не уменьшается, хотя плотность бетона увеличивается где – то на $200\text{--}400\text{кг/м}^3$.

Использование пылевидных частиц целесообразно, исходя из экологических соображений.

При сухом перемешивании легкого бетонной смеси тонкие цементные зерна защемяются в порах легкого заполнителя и, при дальнейшем перемешивании с водой, они не выполняют присущие им роли обволакивания и склеивания поверхности ее заполнителя. Следует отметить, что влияние очередности подачи компонентов бетона в бетономешалку проявляется в разной степени, но всегда предварительное перемешивание цемента с водой, последующая подача заполнителя и последовательное перемешивание дает лучший результат, чем одновременное перемешивание всех компонентов.

С развитием технологии производства бетона все большее распространение получают различного рода добавки, которые улучшают свойства бетонной смеси и повышают качество бетонов (особенно хлористый кальций или минеральные тонкомолотые и т.д.).

Если уменьшать тонкость помола на цементном заводе, то получим отрицательные результаты, из-за потери активности уже спустя 5 дней. Поэтому домол цемента на месте применения является целесообразным для строительства в Арцахе, этот вопрос очень актуален, так как цемент приходится привозить с больших расстояний. Домол цемента на месте применения может осуществляться вместе с различными минеральными добавками, при этом из 1 тонны цемента, взятого из цементного завода, можно получить 1.5 тонны смешанного цемента, который по своей активности может быть близким к активности исходного цемента, кроме того он содействует более быстрому твердению бетона.

Насыщенный водой легкий бетон с используемым пористым заполнителем в виде пемзы сохранил прочность и не разрушился при попеременном замораживании и оттаивании, ведь известно, что причиной разрушения является переход воды в лед, материал увеличивается в объеме более чем на 9% и создает внутреннее давление на стенки пор материала. Бетоны на портландцементе обладают более высокой морозостойкостью, которая возрастает с увеличением количества цемента. Пемза оказалась морозостойким заполнителем и позволила получить легкий бетон с морозостойкостью F25 .

Прочность, плотность и морозостойкость, а также водонепроницаемость вакуумированного бетона в 28 – суточном возрасте превышает прочность не вакуумированного бетона на 20%, а

износостойкость вакуумированного легкого бетона в два раза выше, чем у не вакуумированного уплотнения.

Стремление максимально плотно уложить заполнитель объясняется тем, что наиболее легкий бетон, заданной прочности, при минимальном расходе вяжущего, с наибольшим сближением зерен пористого заполнителя и предельной степени уплотнения смеси. Из экспериментальных исследований следует, что хорошее уплотнение смеси достигается вибрацией, с применением равномерно распределенного пригруза на поверхность формируемой массы (вибропрессованием).

Четвертая глава посвящена исследованию напряжений при раскалывании бетонных цилиндрических образцов и при испытании сцепления арматуры с бетоном, где получены формулы расчета напряженного состояния бетонных образцов при их испытании на растяжение методом раскола, а также получены формулы расчета напряжений в арматуре и на контакте арматуры с бетоном при вытягивании арматуры из бетона.

Рассматривается напряженное состояние цилиндрических образцов при действии раскалывающих усилий, приложенных по полосам вдоль образующей

На основе задачи Герца получены формулы для расчета напряжений:

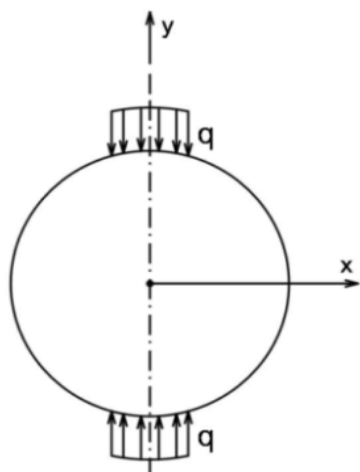


Рис.2. Расчетная схема в задаче Герца

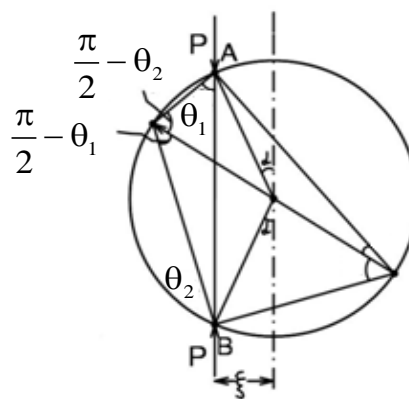


Рис.3. Расчетная схема задач

$$\sigma_x(x, y) = -\frac{2P}{\pi} \left[\frac{(x+\xi)^2 (\sqrt{R^2 - \xi^2} - y)}{\left[(x+\xi)^2 + (\sqrt{R^2 - \xi^2} - y)^2 \right]^2} + \frac{(x+\xi)^2 (\sqrt{R^2 - \xi^2} + y)}{\left[(x+\xi)^2 + (\sqrt{R^2 - \xi^2} + y)^2 \right]^2} \right] + \frac{P}{\pi R} \sqrt{1 - \frac{\xi^2}{R^2}}$$

$$\sigma_y(x, y) = -\frac{2P}{\pi} \left[\frac{(\sqrt{R^2 - \xi^2} + y - R)^3}{\left[(x+\xi)^2 + (\sqrt{R^2 - \xi^2} + y)^2 \right]^2} + \frac{(R - y + \sqrt{R^2 - \xi^2})^3}{\left[(x+\xi)^2 + (\sqrt{R^2 - \xi^2} - y)^2 \right]^2} \right] + \frac{P}{\pi R} \sqrt{1 - \frac{\xi^2}{R^2}}$$

$$\tau_{xy}(x, y) = -\frac{2P}{\pi} \left[\frac{\left(\sqrt{R^2 - \xi^2} - y\right)^2 (x + \xi)}{\left[(x + \xi)^2 + \left(\sqrt{R^2 - \xi^2} - y\right)^2\right]^2} - \frac{\left(\sqrt{R^2 - \xi^2} + y\right)^2 (x + \xi)}{\left[(x + \xi)^2 + \left(\sqrt{R^2 - \xi^2} + y\right)^2\right]^2} \right]. \quad (1)$$

Представляя P как qdx и интегрируя в пределах $(-a, a)$, получим решение, соответствующее рис.2. Для напряжений на линии $x=0$ получим следующие выражения

$$\begin{aligned} \sigma_x(0, y) &= \frac{q}{\pi} \left(\frac{1}{R^2} + \frac{1}{y^2} \right) \left[b\sqrt{R^2 - b^2} + R^2 \arcsin \frac{b}{R} \right] - \frac{q}{2\pi y^4} (3R^4 - 2y^2 R^2 - y^4) \times \\ &\times \left[\frac{R^2 + y^2}{R^2 - y^2} \operatorname{arctg} \frac{(R^2 + y^2)b}{(R^2 - y^2)\sqrt{R^2 - b^2}} - \operatorname{arctg} \frac{b}{\sqrt{R^2 - b^2}} \right] + \\ &+ \frac{2q}{\pi y^2} \left[\frac{b\sqrt{R^2 - b^2}(R^4 - y^4)}{4b^2 y^2 + (R^2 - y^2)^2} + R^2 \operatorname{arctg} \frac{b(R^2 + y^2)}{(R^2 - y^2)\sqrt{R^2 - b^2}} \right]; \\ \sigma_y(0, y) &= \frac{q}{\pi} \left(\frac{1}{R^2} - \frac{1}{y^2} \right) \left[b\sqrt{R^2 - b^2} + R^2 \arcsin \frac{b}{R} \right] + \\ &+ \frac{3q(R^2 - y^2)^2}{2\pi y^4} \left[\frac{R^2 + y^2}{R^2 - y^2} \operatorname{arctg} \frac{(R^2 + y^2)b}{(R^2 - y^2)\sqrt{R^2 - b^2}} - \operatorname{arctg} \frac{b}{\sqrt{R^2 - b^2}} \right] - \quad (2) \quad \tau_{xy}(0, y) = 0 \\ &- \frac{2q(R^4 - y^4)}{\pi y^2} \left[\frac{b\sqrt{R^2 - b^2}}{4b^2 y^2 + (R^2 - y^2)^2} + \frac{R^2}{R^4 - y^4} \operatorname{arctg} \frac{b(R^2 + y^2)}{(R^2 - y^2)\sqrt{R^2 - b^2}} \right]; \end{aligned}$$

В точках $y=0$ и $y=R$ в выражениях (2) возникают неопределенности. Раскрывая их, получается:

$$\begin{aligned} \sigma_x(0, 0) &= \frac{2qb}{\pi R^4} \sqrt{(R^2 - b^2)^3}; \quad \sigma_y(0, 0) = -\frac{2q}{\pi} \left[\arcsin \frac{b}{R} + \frac{b}{R^4} (2R^2 - b^2) \sqrt{R^2 - b^2} \right]; \\ \sigma_x(0, R) &= -\frac{2q}{\pi} \left[\frac{b}{R^2} \sqrt{R^2 - b^2} + \arcsin \frac{b}{R} \right]; \quad \sigma_y(0, R) = -q. \end{aligned}$$

На основе формул (2) и (3) на рис.4. приведены эпюры напряжений $\sigma_x(0, y)$ и $\sigma_y(0, y)$ для случая $2a = \frac{R}{5}$.

Как можно заключить из рис.4, растяжение в направлении оси x , как минимум, в три раза меньше сжатия в направлении оси y , вследствие чего необходимо использовать теории прочности. В работе, согласно той или иной теории, определяются точки начала разрушения и приведены условия прочности. В качестве теорий прочности использованы критерии максимальных растягивающих напряжений, максимальных растягивающих деформаций и энергетическая теория.

Для экспериментального определения прочности сцепления обычно проводится испытание по вытягиванию арматуры из затвердевшего бетонного образца. Усилие выдерживания делится на периметр сечения арматуры и на длину заделки и определяется усредненное касательное контактное напряжение. Естественно, касательные напряжения вдоль арматуры распределяются неравномерно, и для определения прочности сцепления используются коэффициенты

неравномерности. В работе показано, что неравномерность распределения существенно зависит от глубины заделки, размеров арматуры и бетонного образца и от их деформационных показателей.

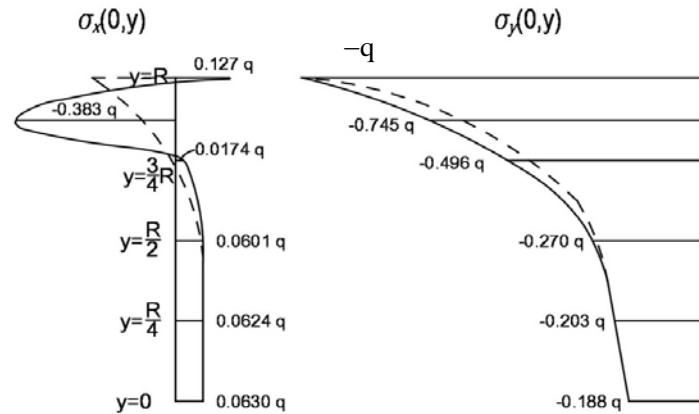


Рис.4. Эпюры растяжения

Задача ставится следующим образом. Бетонный образец представляется в виде цилиндра с радиусом R_0 , а арматурный стержень с радиусом R_a заделан по центральной оси на глубину l (рис.5).

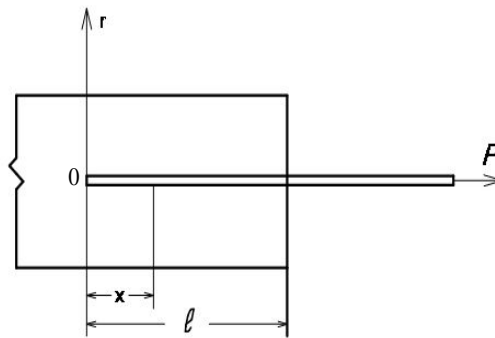


Рис.5. Расчетная схема

$$\text{Краевые условия запишутся так } \sigma_a(x=0)=0, \quad \sigma_a(x=l)=\frac{P}{\pi R_a^2} \quad (4)$$

Условие равновесия между правым торцом и сечением x запишется так

$$\pi R_a^2 \sigma_a(x) + 2\pi \int_{R_a}^{R_0} r \cdot \sigma_0(x,r) dr = P, \quad (5)$$

где индексы „а” и „б” соответствуют арматуре и бетону.

Введем величину усредненного по сечению напряжения в бетоне $\sigma_{0,c}(x)$, согласно формуле

$$\pi(R_0^2 - R_a^2) \sigma_{0,c}(x) = 2\pi \int_{R_a}^{R_0} r \cdot \sigma_0(x,r) dr \quad (6)$$

Очевидно $\sigma_{0,c}$ достигается в точках некоторой окружности с радиусом $r=a$, значение которого определяется видом зависимости $\sigma_0(x,r)$. Положим, что распределение напряжения $\sigma_0(x,r)$ имеет место по линейному закону

$$\sigma_0(x,r) = A(x) + B(x)r, \quad \text{откуда получим } a = \frac{2}{3} R_0 \quad (7)$$

Рассмотрим равновесие элемента арматуры, полученного отсечением ее в точках x и $x+dx$ (рис.6). Приравнивая сумму проекций сил, действующих на элемент, на ось x , получается:

$$\tau(x) = \frac{R_a}{2} \cdot \frac{\partial \sigma_a(x)}{\partial x} \quad (8)$$

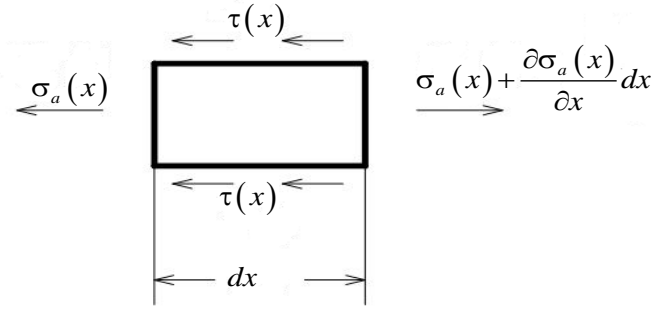


Рис.6. Иллюстрация напряжений в элементе арматуры

В результате действия силы P в поперечных сечениях бетонного образца неизбежна депланация, то есть потеря плоскостности. Сделаем допущение, что сечение бетонного цилиндра в результате деформации приобретает форму конуса (рис.7).

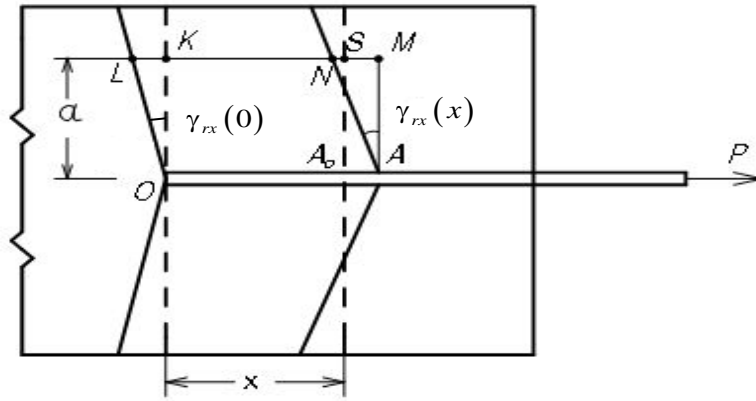


Рис. 7. Иллюстрация деформаций в бетоне

можно записать соотношения

$$\gamma_{rx}(0) = \frac{LK}{a}; \quad \gamma_{rx}(x) = \frac{NM}{a} \quad (9)$$

кроме того

$$KM = x + \int_0^x \varepsilon_a(\xi) d\xi; \quad LN = x + \int_0^x \varepsilon_{\delta.c}(\xi) d\xi \quad (10)$$

Отсюда можно получить

$$\gamma_{rx}(x) - \gamma_{rx}(0) = \frac{1}{a} \int_0^x [\varepsilon_a(\xi) - \varepsilon_{\delta.c}(\xi)] d\xi \quad (11)$$

При подстановке закона Гука и использование (5) получим

$$\frac{R_a}{2G_\delta} \cdot \frac{\partial^2 \sigma_a(x)}{\partial x^2} - \left(\frac{1}{E_a} + \frac{R_a^2}{E_\delta R_\delta^2} \right) \cdot \frac{1}{a} \sigma_a(x) = -\frac{P}{a\pi R_\delta^2 E_\delta} \quad (12)$$

Решая уравнение (12) и используя краевые условия (4), получим

$$\sigma_a(x) = \frac{PE_a}{\pi(R_\delta^2 E_\delta + R_a^2 E_a)} \left[1 + \frac{(1 - e^{al})e^{-ax} - (1 - e^{-al})e^{ax}}{e^{al} - e^{-al}} \right] + \frac{P}{\pi R_a^2} \frac{e^{ax} - e^{-ax}}{e^{al} - e^{-al}} \quad (13)$$

$$\tau(x) = \frac{R_a \alpha}{2\pi} \cdot \frac{P}{e^{\alpha l} - e^{-\alpha l}} \left\{ \frac{1}{R_a^2} (e^{\alpha x} + e^{-\alpha x}) - \right. \\ \left. - \frac{E_a}{R_a^2 E_\delta + R_a^2 E_a} \left[(1 - e^{-\alpha l}) e^{\alpha x} - (1 - e^{\alpha l}) e^{-\alpha x} \right] \right\}, \quad (14)$$

где $\alpha = \sqrt{\frac{R_a^2 E_\delta + R_a^2 E_a}{(1 + \mu_\delta) a R_a R_a^2 E_a}}$

В нижеследующей таблице 6 приводятся значения касательные контактных напряжений в точках $x=0$ (верхние значения) и $x=l$ (нижние значения) в размерностях $\frac{P}{2\pi R_a l}$ при $R_a = 0.5$ см, $E_\delta = 2 \cdot 10^5$ кг/см². Естественно, при равномерном распределении касательных напряжений эти значения должны быть равны единице.

Из данных таблицы 6 можно заключить, что касательные напряжения распределяются тем равномернее, чем больше радиус бетонного цилиндра R_δ и чем меньше длина l заанкеривания арматурного стержня. Это предопределяет необходимость выбора достаточно массивного бетонного стержня. Расчеты показывают, что при уменьшении диаметра арматурного стержня неравномерность распределения касательных напряжений усиливается. Отметим, что во всех случаях наибольшее касательное напряжение достигается в точках выхода арматуры из бетонного образца ($x=l$). Отметим также, чем более жесткий бетон, то есть чем больше значение E_δ тем более равномерно распределение касательных контактных напряжений. Вследствие этого для легких бетонов глубина заделки должна приниматься меньше, чем у тяжелых бетонов.

В таблице 7 приведены данные о распределении нормального напряжения $\frac{\sigma_\delta(x) \pi R_a^2}{P}$ в арматуре по ее длине, в зависимости от радиуса бетонного образца R_δ и длины заделки l при $R_a = 0.5$ см и $E_\delta = 2 \cdot 10^5$ кг/см².

Как можно заключить из табл. 7, рост нормального напряжения в арматуре тем равномернее чем меньше l и больше R_δ . Ниже рассмотрим другой способ выдергивания арматуры из бетона (рис.8).

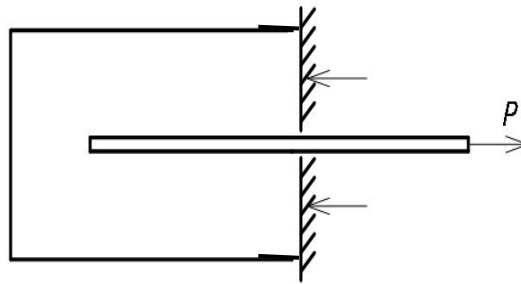


Рис.8. Расчетная схема выдергивания арматуры при наличии упора

В целях оценки влияния модуля упругости бетона на напряжения, возникающие при вытягивании арматуры из бетонного образца, приведем расчетные результаты $\tau(x)$ и $\sigma_a(x)$ при следующих исходных данных:

$$E_\delta = 1 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2, E_a = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2, R_a = 0.5 \text{ см}, \mu_\delta = 0.3.$$

Результаты расчета нормального напряжения, возникающего при вытягивании арматуры из бетона приведены в таблице 7.

Касательные напряжения на контакте арматуры с бетоном**($R_a = 0.5\text{см}$) в зависимости от l и R_σ**

$\begin{matrix} l \text{ (см)} \\ R_\sigma \text{ (см)} \end{matrix}$	10	20	40	100
10	0.71 1.643	0.306 2.980	0.0316 5.928	$1.085 \cdot 10^{-5}$ 14.82
20	0.838 1.341	0.522 2.160	0.127 4.158	$5.8 \cdot 10^{-4}$ 10.48
50	0.930 1.141	0.756 1.527	0.376 2.678	0.0175 6.63
100	0.9636 1.071	0.867 1.277	0.588 1.964	0.086 4.688
200	0.982 1.036	0.930 1.142	0.758 1.526	0.242 3.32
500	0.993 1.015	0.971 1.058	0.892 1.224	0.523 2.160

Если испытание вытягивания арматуры из тяжелого бетона при определенных условиях приемлемо, то те же условия тем более приемлемы для легких бетонов, причем с уменьшением модуля упругости бетона ситуация улучшается более равномерного распределения касательных контактных напряжений между арматурой и бетоном.

Сравнивая эти результаты с результатами, полученными в таблице 6, которые отличаются лишь значением модуля упругости бетона E_σ , приходим к выводу, что в случае использования легкого бетона контактные касательные напряжения между арматурой и бетоном существенно более равномерно распределены, чем при использовании тяжелого бетона. При этом сохранялась общая тенденция к более равномерному распределению этих напряжений при увеличении R_σ .

В этом случае соотношение (5) будет заменено следующим:

$$\pi R_a^2 \sigma_a(x) + 2\pi \int_{R_a}^{R_\sigma} r \sigma_\sigma(x, r) dr = 0, \quad (16)$$

соотношения же (4), (7), (8)–(11) остаются в силе. Вместо уравнения (12) получим следующее

$$\frac{R_a}{2G_\sigma} \cdot \frac{\partial^2 \sigma_a(x)}{\partial x^2} - \left(\frac{1}{E_a} + \frac{R_a^2}{E_\sigma R_\sigma^2} \right) \frac{1}{a} \sigma_a(x) = 0 \quad (17)$$

Решая его, аналогично (12), получим следующие выражения для касательных контактных напряжений $\tau(x)$ и нормальных напряжений в арматуре $\sigma_a(x)$

$$\tau(x) = \frac{P\alpha}{2\pi R_a} \cdot \frac{e^{\alpha x} + e^{-\alpha x}}{e^{\alpha l} - e^{-\alpha l}}, \quad \sigma_a(x) = \frac{P(e^{\alpha x} - e^{-\alpha x})}{\pi R_a^2 (e^{\alpha l} - e^{-\alpha l})},$$

что совпадает с приближенными формулами (15), из чего заключаем, что способ выдергивания арматуры из бетонного цилиндра имеет небольшое значение.

Таблица 7

Нормальные напряжения $\frac{\sigma_a(x) \pi R_a^2}{P}$ в заделанной арматуре

Радиус бетонного образца, см		Длина заделки ℓ , см			
		10	20	40	100
20см	$x = 0$	0	0	0	0
	$x = \ell$	0.212	0.136	0.038	0.0004
	$x = \frac{\ell}{4}$	0.439	0.313	0.120	0.053
	$x = \frac{3}{4}\ell$	0.696	0.581	0.348	0.0728
	$x = \ell$	1	1	1	1
50см	$x = 0$	0	0	0	0
	$x = \frac{\ell}{4}$	0.238	0.192	0.100	0.006
	$x = \frac{\ell}{2}$	0.473	0.407	0.246	0.036
	$x = \frac{3}{4}\ell$	0.727	0.646	0.506	0.194
	$x = \ell$	1	1	1	1
100см	$x = 0$	0	0	0	0
	$x = \frac{\ell}{4}$	0.241	0.219	0.153	0.027
	$x = \frac{\ell}{2}$	0.486	0.450	0.340	0.095
	$x = \frac{3}{4}\ell$	0.737	0.705	0.603	0.310
	$x = \ell$	1	1	1	1
200см	$x = 0$	0	0	0	0
	$x = \frac{\ell}{4}$	0.246	0.234	0.192	0.068
	$x = \frac{\ell}{2}$	0.494	0.472	0.407	0.184
	$x = \frac{3}{4}\ell$	0.744	0.727	0.667	0.435
	$x = \ell$	1	1	1	1

Для легких бетонов E_b ниже и зависит от количества цемента в их составе.

Сцепление арматуры с легким бетоном показало, что рекомендации в отношении длины анкеровки арматуры с тяжелым бетоном могут быть использованы для легких бетонов. В условиях вибрации сцепление арматуры с бетоном уменьшается.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Свойства легкого бетона существенно зависят от свойств их компонентов, где применено новое сырье (природный материал, пемза из сзнекского месторождения), что и предопределяет необходимость исследования их некоторых физико–механических характеристик.
2. Прочностные свойства пемзовых образцов существенно отличаются друг от друга, в отличие от прочностных свойств базальтовых образцов из – за наличия большого количества пор у пемзовых образцов.
3. Исследуемый материал (сзнекская пемза) является по своим прочностным характеристикам достаточно качественным (полученные данные испытаний на сжатие).
4. Анализируя экспериментальные результаты выявлено, что при одном и том же расходе цемента легкобетонные образцы в 28 – дневном возрасте имели прочность на сжатие, не уступающую прочности на сжатие образцов из тяжелого бетона.
5. Если уменьшать тонкость помола на цементном заводе, то это приведет к отрицательному результату, поскольку на дороге цемент теряет активность. Поэтому домол цемента на месте применения является целесообразным для строительства в Арцахе, так как цемент приходится привозить на большие расстояния. Домол цемента на месте применения может осуществляться вместе с различными минеральными добавками, при этом из 1 тонны цемента, взятого из цементного завода, можно получить 1.5 тонны смешанного цемента, который своей активностью может быть ближе к активности исходного цемента, кроме того он содействует более быстрому твердению бетона.
6. Прочность, плотность и морозостойкость, а также его водонепроницаемость вакуумированного бетона в 28–суточном возрасте превышает прочность не вакуумированного бетона на 20%.
7. Для экспериментального определения прочности сцепления арматуры с бетоном проведено испытание по вытягиванию арматуры из затвердевшего бетона, в котором арматура заделана. Показано, что при вытягивании арматуры из бетона касательные напряжения распределяются равномернее тогда, когда больше радиус бетонного цилиндра и меньше длина заанкеривания арматурного стержня.
8. При увеличении длины и уменьшении радиуса бетонного цилиндра распределение касательных напряжений по длине становится, существенно, неравномерной. Обычно бетонный образец, из которого вытягивается арматурный стержень, не имеет форму цилиндра, вследствие чего, минимальный размер стенки, из которой вытягивается арматурный стержень, может сравниваться.
9. На контакте арматуры с бетоном при вытягивании арматуры из бетона получены расчетные формулы для определения напряжений в арматуре $\sigma(\times)$ и касательного контактного напряжения $\tau(\times)$, в зависимости от радиусов арматуры и бетонного цилиндра, от длины заделки, а также от упругих свойств материала арматуры и бетона и от величины растягивающей силы Р.
10. Получены формулы расчета напряженного состояния бетонных образцов, при их испытании на растяжение, методом раскола и расчета напряжений сцепления по длине заанкеренного в бетонный цилиндр арматурного стержня, в зависимости от упругих свойств и размеров бетонного цилиндра и арматуры. Задача рассматривается в линейно – упругой постановке.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Симонян А.М., Багдасарян И.Р. О перспективе развития строительной индустрии в Арцахе// Сборник научных трудов ЕГУАС. 2012. Том I(44). С.89-92.
2. Багдасарян И.Р. Исследование механических свойств бетона на пористых заполнителях Арцаха// Сборник научных трудов ЕГУАС, Ереван, 2012. Том I(47). С.97-100.
3. Багдасарян И.Р. Симонян А.М. К вопросу о сцеплении арматуры с бетоном. //Сборник научных трудов ЕГУАС. Ереван, 2013.,том I(48), С.137-142.
4. Симонян А.М., Багдасарян И.Р. О прочности легкого бетона на растяжение. //Известия ЕГУАС. 2(28), Ереван, 2012. С. 60-64.

Իրինա Ռոբերտի Բաղդասարյան

ԼՂՀ ՀՈՒՄՔԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՀԵՆՔՈՎ ԹԵԹԵՎ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՏԻՎ ԲԵՏՈՆՆԵՐԻ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Թեթև բետոնի պատրաստման որակի էֆեկտիվության բարձրացման հիմնական ուղղությունը հանդիսանում է նրա խտության իջեցումը ցածր ինքնարժեք ունեցող ծակոտկեն լցանյութերի օգտագործման հաշվին:

Լեոնային Ղարաբաղում նկատվում է բարձր ամրության լցանյութերի սուր պահանջ, իսկ հեռու տեղերից այդ նյութերի տեղափոխումը բերում է նրանց արժեքի անհամեմատ բարձրացման: Թեթև բետոնյա կոնստրուկցիաների լայն կիրառումը բխում է կառուցվող շենքերի և շինությունների կշիռների կտրուկ իջեցման պահանջներից, ինչպես նաև կառուցվածքների ինդուստրիալիզացիայի և հավաքման բարձրացման պահանջներից: Դա թույլ է տալիս ոչ միայն իջեցնել կառուցվածքի արժեքը, այլև ազատել նշանակալից քանակությամբ տրանսպորտային և մոնտաժային միջոցներ: Բնական ծակոտկեն լցանյութերը համեմատած սովորական լցանյութերի հետ ունեն մեծ առավելություն՝ նրանք թեթև են:

Աշխատանքի գիտական նորույթը հանդիսանում է թեթև կոնստրուկտիվ բետոնի ստացման հնարավորության տեսական հիմնավորումը և գործնական հաստատումը: Ատենախոսության հիմնական նպատակն է՝ հետազոտել և լուծել տեղական հումքի օգտագործման խնդիրը, որպես որակյալ ծակոտկեն լցանյութ, հաշվի առնելով նրա կառուցվածքային առանձնահատկությունները և մշակել թեթև կոնստրուկտիվ բետոն: Ատենախոսությունը նվիրված է Արցախի տարածքի ծակոտկեն լցանյութերով թեթև կոնստրուկտիվ բետոնների պատրաստման տեսական հիմնավորումներին, գործնական հաստատմանը և դրանց որոշ ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների լաբորատոր ուսումնասիրություններին: Հետազոտված է օգտագործվող նյութերի ազդեցությունը թեթև բետոնի հատկությունների վրա, ինչպես նաև պատրաստման տեխնոլոգիական պրոցեսների և տեղափոխման ազդեցությունը թեթև բետոնի հատկությունների վրա: Հետազոտության արդյունքները հիմնավորված են, գլանի համար Հերցի խնդրի կիրառմամբ ստացված

տեսական հիմնավորումներով, երբ փորձանմուշի վրա ազդում են երկու իրար հավասարակշռող ուժեր, ընդ որում նրանց առանցքը չի համընկնում գլանի առանցքի հետ: Այս պայմաններում գլանում առաջացող լարումները որոշվում են լարվածային վիճակը բնութագրող հավասարումների, ըստ լայնության, ինտեգրումով: Ստացված է գլանի առանցքի ուղղությամբ լարումների բախշվածությունը: Հետազոտված է բետոնի լարվածային վիճակը, որն առաջանում է փորձանմուշում, լաբորատոր պայմաններում, ձգման ամրության ստուգման ժամանակ: Ուսումնասիրության արդյունքում ստացված գիտական նորությունները վկայում են, որ տեղական ծակոտկեն լցանյութերից պատրաստված թեթև կոնստրուկտիվ բետոնները կարելի է կիրառել կոնստրուկցիաների և շինարարական այլ իրերի պատրաստման նպատակով:

Հետազոտված է ամրանը բետոնից դուրս քաշելու դեպքում բետոնային զանգվածի լարվածային վիճակը: Ցույց է տրված, որ առաջացած շոշափող կոնտակտային լարումները էապես կախված են բետոնի նմուշի չափերից, ընդ որում որքան ամրանի բետոնի հետ կոնտակտի երկարությունը փոքր է, իսկ բետոնի նմուշի չափերը մեծ, այդքան կոնտակտային լարման բաշխումը ավելի հավասարաչափ է: Ստացված են բետոնի և ամրանի միջև առաջացած կոնտակտային լարումները: Ցույց է տրված, որ ամենամեծ կոնտակտային լարումները առաջանում են կետերում, որտեղ ամրանը դուրս է գալիս բետոնից, որը կարևոր տեխնիկական պայման է:

Կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքում ստացվել են հետևյալ եզրակացությունները՝

1. Ստացված են Արցախի Սգնեկի քարհանքի քարերի որոշ մեխանիկական հատկությունների հետազոտության, ինչպես նաև համապատասխան բետոնի փորձարկման արդյունքները:
2. Մշակված է Արցախի լցանյութերով թեթև կոնստրուկտիվ բետոնի տեխնոլոգիան և կատարված է այդ բետոնի հատկությունների վերլուծությունը:
3. Ստացված են բանաձևեր բետոնե նմուշների լարվածային վիճակի հաշվարկման համար, որը հիմնավորված է փորձով ճեղքման եղանակով (բրազիլիական մեթոդ):
4. Ստացված են ամրանում լարումների և ամրանը բետոնից դուրս քաշման ժամանակ առաջացած շոշափող լարումների որոշման հաշվարկային բանաձևերը:

Bagdasaryan Irina Robert

Investigation of mechanical properties of light concretes on base of rough materials of The Republic of Karabach and questions of their application

Summary

of dissertation on scientific degree of candidate of philosophy (PhD) in engineering in specialty 05.23.01 „Construction buildings and construction materials”

The work is related to the investigation of properties of light concrete made on the base of The Republic of Karabach raw materials.

The properties of the components of light concrete and of the obtained concrete are researched in the material.

These properties are compared with the properties of heavy concrete use in construction processes. It is shown that the scatter of the experimental properties of light concrete is considerably more than in heavy ones.

The influence of the applied components properties on the property of light concrete is investigated.

The influence of technological process and of transfer is investigated too.

The research is based on the solution of Hertz problem for circular at the action of concentrated forces along axis which is not coincided with axis of circular. Then for the definition do stresses in circular at the action of distributed forces the obtained solution is integrated along width of contact. The graphs of stresses in circle are represented.

The stress state in concrete specimens at the test by Brazilian method is defined, because the strength of light concrete at tension has the special meaning in seismically condition.

The stress state appeared between concrete and reinforcement at the tension of steel from concrete is researched.

It is shown that the shear contact stresses are depended on concrete specimen sizes essentially, and at small length and at big sizes of concrete specimen the distribution of contact shear stress is more even. For the light concrete the expressions for the contact stresses between of metal and

concrete is depending of method of test are obtained. The graphs of contact stresses and of stresses in steel are presented.

It is shown that the maximal contact stresses take the place in the points near concrete surface. It is shown also that the test method depends on stress distribution negligibly.

Here are examined the effect of light on the material properties of the concrete, as well as the preparation of technological processes and the impact of transportation on the properties of lightweight concrete research results based on the cylinder using the theoretical justifications for the Hertz problem when samples are influenced by two forces balance each other, and their does not coincide with the axis of the cylinder axis in the lamination tensions generated by the equations characterizing, atwart, integration received on the cylinder axis direction tensions supply studied 1 a concrete situation that arises in the samples, laboratory conditions, stretching resistance testing the scientific study of the news shows that local porous filler made of lightweight structures and building constructive concrete other items can be used for training purposes.

Reinforcement and concrete is studied in the case of the 1 pulling out of the concrete situation. Also are showed that the tensions caused by touching the contact will depend on the concrete sample size, which is smaller than the length of the contact with the reinforcing concrete, and concrete sample sizes large enough more equitable distribution of the contact voltage is obtained from the contact between the concrete and reinforcing tensions. Are determined that the tensions caused by the contact points, where reinforcement out of the concrete.

Conclusions

1. There are obtained the research results of light stone materials from Szene quarry and of light concrete based on them.
2. Analyze of the influence of properties of stone material and of technological processes on the properties of light concrete is realized.
3. The formula for the calculation state in concrete specimens at the test by Brazilian method are obtained.
4. The formula for the calculation of stresses in reinforcement and in contact between reinforcement and concrete at the tension of reinforcement from concrete are obtained.

