

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 69.09

DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-2-94-102

Оригинальная статья / Original Paper

Сцепление арматуры с туфобетонами на кварцевых песках, приготовленными на портландцементе без добавок и с расширяющими добавками

Б.Х. Бештоков¹, А.С. Ципинов¹, А.М. Гусенов², А.Р. Кажаров¹, А.А. Карданов¹

¹ Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
¹360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, Россия,

² Дагестанский государственный технический университет,
²367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является изучение сцепления арматуры с туфобетонами на кварцевых песках, приготовленными как на обычном портландцементе, так и с расширяющими добавками. **Метод.** Решение выполняется проведением эксперимента: для этого производилось изготовление и испытание туфобетонных призм с одним центрально расположенным арматурным стержнем периодического профиля класса А-400, в установленные нормами сроки. **Результат.** По результатам эксперимента установлено, что сцепление арматуры с бетоном определяется в основном пределом прочности бетона при сжатии. Прочность сцепления арматуры с бетоном возрастает с повышением прочности бетона. В исследуемых составах влияние концентрации крупного (туфового) заполнителя или расширяющей добавки не было обнаружено. **Вывод.** Сцепление арматуры с бетоном в большей степени определяется прочностью самого бетона. Вид вяжущего (наличие расширяющей добавки) и концентрация крупного заполнителя не оказывают существенного влияния на сцепление арматуры с бетоном. Выявлена зависимость между сцеплением арматуры при продавливании и прочностью бетона. Оценку (косвенную) выносливости и трещиностойкости сцепления возможно давать по (величине условного сцепления) $l_{усл}$, определяемой длиной визуально видимого среза консолей на бетонных образцах при испытаниях на продавливание. В туфобетонах исследуемых составов $l_{усл}$ снижается с увеличением прочности бетона. В туфобетонах с расширяющими добавками выносливость и трещиностойкость сцепления оказались выше по сравнению с туфобетонами на обычном портландцементе.

Ключевые слова: туфобетоны, сцепление арматуры с туфобетоном, расширяющие добавки, влияние

Для цитирования: Б.Х. Бештоков, А.С. Ципинов, А.М. Гусенов, А.Р. Кажаров, А.А. Карданов. Сцепление арматуры с туфобетонами на кварцевых песках, приготовленными на портландцементе без добавок и с расширяющими добавками. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2022; 49(2): 94-102. DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-2-94-102

Coupling of reinforcement with Tuff concrete on quartz sands prepared on Portland cement without additives and with expanding additives

B.H. Beshtokov¹, A.S. Tsipinov¹, A.M. Gusenov², A.R. Kazharov¹, A.A. Cardanov¹

¹H.M. Berbekov Kabardino-Balkarian State University,

¹173 Chernyshevsky Str., Nalchik 360004, Russia,

²Daghestan State Technical University,

²367026, Makhachkala, Imam Shamil Ave., 70, Russia

Abstract. Objective. The study of the adhesion of reinforcement with tuff concrete on quartz sands, prepared both on ordinary Portland cement and expanding additives. **Method.** The solution is

carried out by conducting an experiment, for this purpose, the manufacture and testing of tuff-concrete prisms with one centrally located reinforcing rod of a periodic profile of class A-400 was carried out, within the time limits established by the norms. **Result.** According to the results of the experiment, it was found that the adhesion of reinforcement to concrete is mainly determined by the compressive strength of concrete. The strength of the reinforcement's adhesion to concrete increases with the increase in the strength of concrete. In the studied compositions, the effect of the concentration of a large (tuff) filler or an expanding additive was not detected. **Conclusion.** The adhesion of reinforcement to concrete is largely determined by the strength of the concrete itself. The type of binder (the presence of an expanding additive) and the concentration of coarse aggregate do not significantly affect the adhesion of reinforcement to concrete. The dependence between the coupling of reinforcement during punching and the strength of concrete is revealed. An assessment (indirect) of the endurance and crack resistance of the coupling can be given by (the value of the conditional coupling) l_{sl} , determined by the length of the visually visible cut of the consoles on concrete samples during penetration tests. In tuff-concrete of the studied compositions, the l_{sl} decreases with an increase in the strength of concrete. In tuff concrete with RD, the endurance and crack resistance of the coupling turned out to be higher compared to tuff concrete on ordinary Portland cement.

Keywords: tuff concretes, adhesion of reinforcement to tuff concrete, expansion additives, influence

For citation: B.H. Beshtokov, A.S. Tsipinov, A.M. Gusenov, A.R. Kazharov, A.A. Cardanov. Coupling of reinforcement with Tuff concrete on quartz sands prepared on Portland cement without additives and with expanding additives. Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Science. 2022; 49(2): 94-102. DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-2-94-102.

Введение. Сцепление арматуры с бетоном играет большую роль в обеспечении несущей способности железобетонных конструкций. При отсутствии сцепления, после появления первой трещины, усилия в растянутой зоне возрастают по всей её длине, что приводит к ещё большему раскрытию трещины, сокращению высоты сжатой зоны и, в результате, к более раннему разрушению конструкции.

Постановка задачи. Исследованию сцепления арматуры с бетоном посвящено много научных работ. В этой связи широко известны работы Т.И. Астровой, И. Н. Ахвердова, А.И. Букаченко, А.А. Гвоздева, Ю.А. Ивашенко, К.В. Михайлова, М.Н. Мулина, В. И. Мурашева, А.А. Оатула, В.В. Пасешника, М.М. Холмянского, В.М. Цехмистрова и др.

Изучению сцепления арматуры с портландцементными бетонами на пористых заполнителях Кабардино-Балкарии занимались М.А. Ахматов и Р.Л. Маилян.

Под сцеплением арматуры с бетоном понимают связь, развивающуюся на поверхностях контакта между этими двумя материалами, обеспечивающими их совместную работу. В железобетонном элементе сцепление выполняет две функции: анкеровку арматуры (на длине заделки, в стыках внахлестку) и вовлечение в работу бетона (при изменении продольных напряжений в арматуре) [1-9].

Усилие с арматуры на бетон передается через касательные напряжения сцепления $\tau_{см}$, на участке $l_{ак}$ (участок активного сцепления или зона активного перераспределения усилий), абсолютные значения которых после достижения своего максимума на участке $l_{ак}$ начинают убывать. Нормальное напряжение в арматуре σ_s и смещение стержня g по мере удаления от нагруженного конца уменьшаются и на расстоянии $l_{ак}$ от торца равны нулю. Участок $l_{ак}$ характеризуется достаточно сложным напряженно-деформированным состоянием: происходит деформация поперечных сечений, арматура смещается относительно бетона, развиваются пластические деформации бетона, возникают трещины внутри образца и т.п. Нарушение сцепления на активном участке может произойти в случае наступления одного из двух предельных состояний: (СниП 2.03.01-84*) по несущей способности и по пригодности к нормальной эксплуатации.

Методы исследования. Рассмотрим предельные состояния при выдергивании или продавливании арматуры из бетонной призмы. В случае отсутствия поперечного армирования и достаточной прочности бетона, от предельной нагрузки при выдергивании или продавливании в бетоне возникают значительные кольцевые растягивающие напряжения, которые и вызывают его разрыв вдоль оси арматуры.

При этом стержень начинает проскальзывать вследствие ослабления сцепления и раскола бетона на несколько блоков и их раздвижки. Такое разрушение возможно без полного среза всех консолей бетона.

Первое предельное состояние характеризуется разрушением образца или потерей несущей способности. Она наступает при достижении выдергивающей или продавливающей силы своего максимального значения $R_{пред}$, после которой без увеличения нагрузки взаимное смещение арматуры и бетона начинает непрерывно нарастать.

В случае недостаточной прочности бетона (на срез) или при наличии поперечной арматуры в достаточном количестве, разрушения сцепления происходит в результате среза всех консолей бетона, заполняющих впадины профиля. Здесь качество анкеровки принято оценивать по величине усилия, соответствующей началу сдвига ненагруженного конца арматуры или по величине усилия или условного напряжения сцепления, при которых происходит полное нарушение сцепления.

Кроме того, наступление первого предельного состояния возможно и вследствие усталостного разрушения в результате среза всех консолей бетона, заполняющих впадины профиля. В данном случае оценку сцепления можно давать испытаниями на выносливость по аналогии с испытаниями бетона по ГОСТ 24545.

Второе предельное состояние характеризуется эксплуатационными требованиями, которые определяются податливостью, деформативностью и трещиностойкостью. Податливость и деформативность определяется тем, что те или иные геометрические величины, характеризующие деформированное состояние арматуры и бетона на участке активного сцепления, достигают недопустимых, по каким-либо соображениям, предельных значений. Их принято оценивать по величине относительного смещения нагруженного и ненагруженного концов арматуры.

Трещиностойкость характеризуется величиной силы, соответствующей моменту появления продольных или поперечных трещин на участке активного сцепления или их допустимой шириной раскрытия. Однако, при отсутствии надлежащего поперечного армирования, после появления трещин, образец обычно быстро переходит в первое предельное состояние.

Сцепление гладкой и рифленой арматуры с бетоном порождается действием физических и химических факторов:

1. Зацеплением за бетон микронеровностей поверхности арматуры и выступов профиля и соответствующим сопротивлением бетонных консолей смятию, срезу и действию главных растягивающих напряжений.
2. Склеиванием (адгезией) арматуры с бетоном при твердении цементного теста [2,4,5,7,8,9].
3. Силами трения по поверхности контакта арматуры и бетона, вызванным радиальным давлением от усадки бетона.
4. Трением, вызванным поперечным обжатием бетона внешней нагрузкой (опорным давлением, прижатием арматуры к бетону при её перегибе в изгибаемых элементах).

Эти факторы, главным образом, определяются прочностными возможностями бетона, ее составом, параметрами профилирования арматуры, видом и количеством вяжущего, размером и породой заполнителя, усадкой бетона и т.д. [10-16].

В связи с вышеизложенным поставлена задача изучить сцепление арматуры с туфобетонами на кварцевых песках, приготовленными как на обычном портландцементе, так и с расширяющими добавками. Руководствуясь рекомендациями, за критерии сцепления арматуры с бе-

тоном принималась величина усилия N и условное напряжение сцепления τ_{cm} , при которых происходило полное нарушение сцепления при продавливании арматуры из бетонной призмы размером 10*10*20 см. Бетонные призмы для испытания изготавливались в металлических формах с одним centrally расположенным арматурным стержнем периодического профиля класса А-400, предварительно очищенным от грязи и масла. При изготовлении образцов арматурный стержень располагался горизонтально, перпендикулярно направлению бетонирования. Длина заделки (анкеровки), с учетом выкалывания бетона арматурой на незагруженном конце, составила 19 см.

Следует отметить, что результаты испытания продавливанием выше на 2–8% по сравнению с выдергиванием [6], а условия передачи нагрузки от арматуры к бетону в данном случае более близки к условию передачи усилий от арматуры на бетон при сейсмических нагрузках, в предварительно напряженных конструкциях, колоннах, монолитных сердечниках, свайных фундаментах и т.д. [4,8,9]. Исследованные составы туфобетонов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Составы туфобетонов
Table 1. Compositions of tuff concrete

№ составов No. compositions	Расход материала на 1 м ³ туфобетона Material consumption per 1 m ³ of tuff concrete							Концентрация крупного заполнителя К.К.З. Coarse Aggregate Concentration	Подвижность туфо- бетонных смесей, см Mobility tuff-concrete mixtures, cm	Плотность свеже- уложенного бетона кг/м ³ Density freshly laid concrete kg/m ³
	ПЦ, кг/м ³	ПЦ+ РД, кг/м ³	Щ, кг/м ³	Кв.П, кг/м ³	Т.П., кг/м ³	Вода, кг/м ³	Мел, кг/м ³			
1	-	350	669	826	-	238	2,8	0,35	5,5	2085
2	-	350	765	707	-	236	2,8	0,45	6	2060
3	-	350	860	589	-	236	2,8	0,55	6,5	2040
4	-	430	669	759	-	239	3,44	0,35	6	2100
5	-	430	765	640	-	237	3,44	0,45	6	2075
6	-	430	860	522	-	237	3,44	0,55	6,5	2050
7	-	510	669	692	-	241	4,08	0,35	6	2115
8	-	510	765	573	-	240	4,08	0,45	6,5	2090
9	-	510	860	455	-	240	4,08	0,55	6,5	2070
10	350	-	765	707	-	236	2,8	0,45	6,5	2060
11	430	-	765	640	-	237	3,44	0,45	6,5	2075
12	510	-	765	573	-	240	4,08	0,45	7	2090
13	-	430	669	-	575	310	3,44	0,35	5	1985
14	430	-	669	-	575	310	3,44	0,35	5,5	1985
15	-	430	765	-	519	295	3,44	0,45	5	2010
16	430	-	765	-	519	295	3,44	0,45	6	2010

Экспериментально полученные результаты приведены в табл. 2. По результатам эксперимента установлено, что сцепление арматуры с бетоном определяется в основном пределом прочности бетона при сжатии. Прочность сцепления арматуры с бетоном возрастает с повышением прочности бетона. В исследуемых составах влияние концентрации крупного (туфового) заполнителя или расширяющей добавки не было обнаружено (рис. 1). Полученные результаты прочности сцепления арматуры с бетонами на пористых заполнителях Кабардино-Балкарии, приготовленных, на кварцевых песках описываются зависимостью:

$$\tau_{cm} = 0,255 \cdot R + 2,5 \quad (1)$$

где: R – предел прочности при сжатии бетона, МПа

τ_{cm} – средняя прочность сцепления арматуры с туфобетоном, МПа.

Мера разброса опытных значений относительно зависимости составила $\varepsilon = \pm 0,036$

Из результатов испытаний, показанных на рис.1, 2 и из табл.2 видно, что при одинаковой прочности бетона наблюдается небольшое увеличение прочности сцепления у образцов,

хранившихся длительное время – 180 суток, по сравнению с образцами, хранившимися 28 суток. Такое явление больше проявляется при меньших прочностях бетона.

Таблица 2. Результаты эксперимента

Table 2. Results of the experiment

№ составов No. compositions	Предел прочности при сжатии Compressive strength R сж, МПа		Прочность сцепления Strength clutch R сц, МПа	Прочность сцепления Strength clutch R сц, МПа	L усл. см	L усл. см
	28 сут	180 сут	28 сутки	180 сут	28	180
1	28	33	11	11,6	7	2
2	30	35,5	9	11,7	6,5	2
3	34	38	10,85	13,2	7	1,5
4	41	47	13,7	14,9	5,5	-
5	42	48	13	-	5	-
6	42	47	13	13,45	5	0,8
7	44,8	49	13,4	14,67	3,5	1,4
8	45,3	51	14,5	15,43	3	1,3
9	45,6	50	13,7	13,45	3	1,3
10	23	28	8,8	11,9	10	2,5
11	35,5	42	12,15	12,7	5,5	1,8
12	40,6	46	13,3	13,45	2,5	1,7
13	28	36,5	10	-	-	-
14	24	33	11,15	-	-	-
15	30	38	9,6	-	-	-
16	25	34	7,34	-	-	-

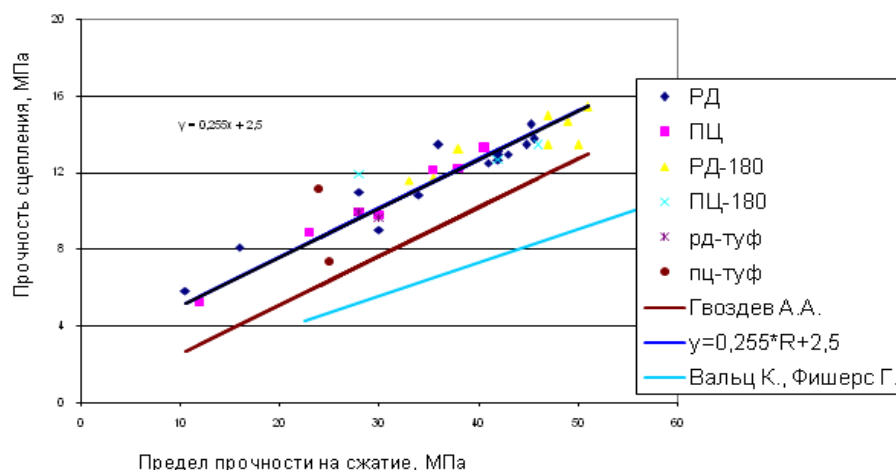


Рис. 1. Зависимость прочности сцепления арматуры с бетоном от прочности туфобетона

Fig. 1. Dependence of the adhesion strength of reinforcement with concrete on the strength of tuff concrete

Следует отметить, что нагрузки, продавливающие арматуру (А 400 d=10 мм) из бетонной призмы, при прочности бетона выше 20 МПа уже лежат за пределами текучести арматурной стали. Полученные нами результаты были сопоставлены с результатами, полученными другими авторами, выдергиванием арматуры из бетонной призмы, проводившими исследования на тя-

желых бетонах и на керамзитобетоне. Так, в [1,2] была предложена зависимость рода

$$\lambda_{\text{ак}} = 0,75 \frac{\tau_{\text{см}}}{R}, \quad (2)$$

Для анкеровки 19 см данная зависимость была преобразована и сопоставлена с полученными результатами (рис. 1). В [10] также приводятся данные о сцеплении арматуры с керамзитобетоном, значение которых также приведены в сопоставимые формы.

На рис.1 видно, что прочность сцепления арматуры с туфобетоном выше на 2,5 МПа, чем с равнопрочным тяжелым бетоном. Объясняется это тем, что впадины профиля арматуры заполняются не бетоном, а его растворной составляющей. Величина сцепления арматуры периодического профиля с бетоном в значительной степени определяется прочностью на срез растворной составляющей, поскольку у равнопрочных на сжатие легких и тяжелых бетонов прочность растворной составляющей легкого бетона на 30 – 50% превышает прочность тяжелого бетона.

Следовательно, как следует из формулы Мерша, прочность на срез в этом случае выше на 30 – 45%, что хорошо согласуется с величиной повышения прочности сцепления на 35%. Для косвенной оценки выносливости и трещиностойкости сцепления арматуры с туфобетоном предложена величина условного сцепления $L_{\text{усл}}$, численно равная длине визуально видимого среза консолей на бетонных образцах после испытаний на продавливание. Кроме того, такое отличие объясняется формой испытания образцов: в опытах указанных авторов образцы испытывались выдерживанием арматуры из бетонной призмы, когда в данной работе экспериментальные результаты были получены продавливанием арматуры из бетонной призмы. В [3,16-19,20,21] было отмечено, что прочность сцепления арматуры с туфобетонами не ниже прочности сцепления арматуры с бетонами на плотных заполнителях. Однако прочность сцепления арматуры с пеплобетоном и ракушечник – бетоном на пористых песках на 10-15% ниже, чем с тяжелыми бетонами. Как показали результаты опытов, проведенных в АрмНИИСе, прочность сцепления арматуры периодического профиля с легким бетоном, при более высоких прочностях (В20 и выше) наблюдалось снижение прочности сцепления на 10-15%.

Обсуждение результатов. При испытаниях продавливанием туфобетонные образцы раскалывались на части вдоль арматуры. При этом полный срез консолей бетона наблюдался в начале бетонной призмы, соответственно, внутри участка активного сцепления. Естественно, на этом участке ($l_{\text{усл}}$ участок условного сцепления) деформации арматуры превышают пластические деформации бетона, а условно-касательные напряжения превышают предел прочности бетона на срез и смятие.

В связи с тем, что усталостное разрушение сцепления может произойти в результате среза консолей бетона, заполняющих впадины профиля и, учитывая, что следствием каждого нового нагружения будет являться срез консолей бетона, то, естественно, полагать, что чем меньше будет величина визуально видимого разрушения (среза) консолей, при испытаниях продавливанием однократным нагружением, тем выносливость сцепления будет больше (величина сопротивления усталостному разрушению). Поэтому выносливость сцепления или сопротивление усталостному разрушению нами предлагается сравнивать по величине визуально видимого среза консолей при продавливании однократным нагружением арматуры из бетонной призмы. Кроме того, учитывая, что продольные трещины на активном участке сцепления предшествуют срезу консолей бетона, то здесь также естественно предположить, что длина среза консолей $l_{\text{усл}}$ будет косвенно характеризовать трещиностойкость сцепления.

Поэтому в работе предлагается анкеровку, кроме продавливающей силы и условного касательного напряжения, оценивать $l_{\text{усл}}$ (величиной условного сцепления), определяемого длиной визуально видимого разрушения (среза) консолей бетонной призмы. Как видно из результатов эксперимента, приведенных на рис. 2 с увеличением прочности сцепления, (и соответственно прочности бетона) длина среза консолей уменьшается, что говорит об улучшении по-

казателя трещиностойкости и выносливости сцепления арматуры с бетонами исследуемых составов. Нами установлено, что на 180-ые сутки улучшается выносливость и трещиностойкость сцепления в сравнении с равнопрочными образцами 28 суточного хранения. Так $l_{усл}$ уменьшается почти в 3 раза (300%) независимо от прочности образца и, абсолютное снижение $l_{усл}$ на 180-ые сутки, для туфобетонов с прочностью $R=27-30$ МПа, составило около 5 см, а при $R=43-46$ МПа – около 2 см.

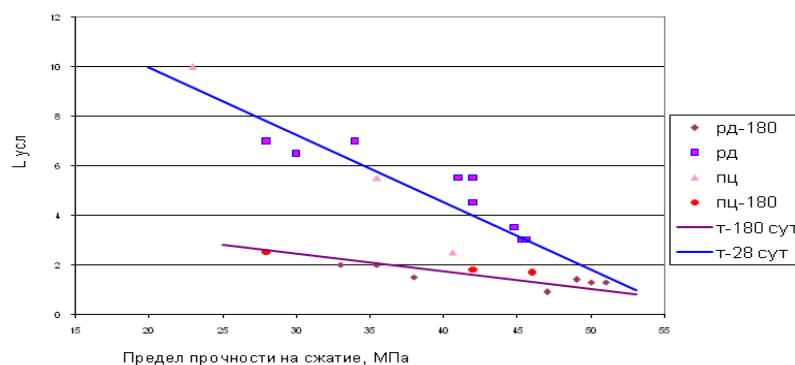


Рис. 2. Зависимость $L_{усл}$ от кубиковой прочности туфобетона 28 и 180 суточного возраста

Fig. 2. The dependence of L_{us} on the cubic strength of tuff concrete 28 and 180 days old

Также, на 180 сутки наблюдается незначительное уменьшение $l_{усл}$ (величины условного сцепления арматуры с туфобетонами) у образцов, приготовленных с применением расширяющих добавок, по сравнению с образцами, приготовленными на обычном портландцементе. Это говорит о незначительном улучшении трещиностойкости и выносливости сцепления туфобетонов, приготовленных на расширяющих добавках (рис. 3) и при замораживании (рис.4).

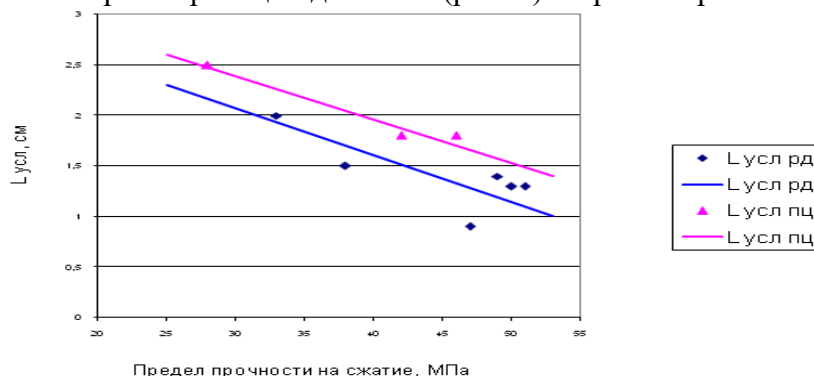


Рис. 3. Зависимость $L_{усл}$ от кубиковой прочности туфобетона в зависимости вида вяжущего (180 сутки)

Fig. 3. Dependence of L_{us} on the cubic strength of tuff concrete depending on the type of binder (180 days)

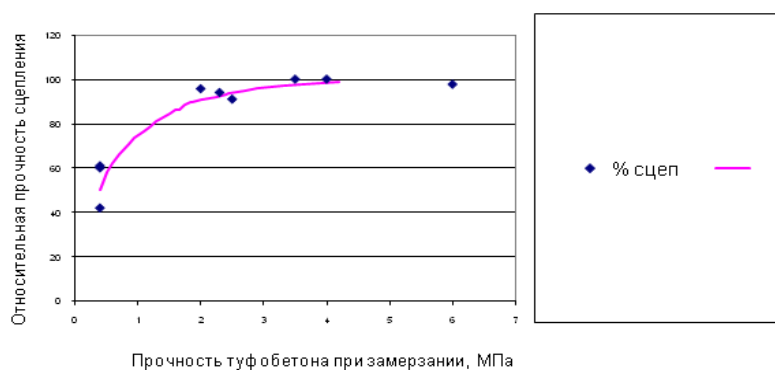


Рис. 4. Зависимость относительной прочности сцепления от прочности замораживания

Fig. 4. Dependence of the relative adhesion strength on the freezing strength

Вывод. Сцепление арматуры с бетоном в большей степени определяется прочностью самого бетона. Вид вяжущего (наличие расширяющей добавки) и концентрация крупного заполнителя не оказывают существенного влияния на сцепление арматуры с бетоном.

Выявлена зависимость между сцеплением арматуры при продавливании и прочностью бетона. Оценку (косвенную) выносливости и трещиностойкости сцепления возможно давать по величине условного сцепления l_{ysl} , определяемой длиной визуально видимого среза консолей на бетонных образцах при испытаниях на продавливание.

В туфобетонах исследуемых составов l_{ysl} снижается с увеличением прочности бетона. В туфобетонах с расширяющей добавкой выносливость и трещиностойкость сцепления оказались выше по сравнению с туфобетонами на обычном портландцементе.

Библиографический список:

1. Гвоздев А. А. Структуры бетона и некоторые особенности его механических качеств//Труды НИИЖБ. Прочность, структурные изменения и деформации бетона. - М., 1978. -С.121-123.
2. Гвоздев А.А., Дмитриев С.А., Гуца Ю.П., Залесов А.С., Мулин Н.М., Чистяков Е.А. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. Под ред. д.т.н. проф. А.А. Гвоздева. М. Стройиздат 1978. – 209 с.
3. Маилян Р.Л. Ахматов М.А. Железобетон на пористых каменных отходах. М., Стройиздат, 1987. – 208с.: ил.
4. Мулин Н.М. Об исследовании сцепления арматуры с бетоном// Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона арматуры и железобетонных конструкций. Труды координационного совещания. Под редакцией к.т.н. Макаричева В.В. Академия строительства и архитектуры СССР, НИИЖБ, М.1962.-с 124-137.
5. Оатул А.А. Основы теории сцепления арматуры с бетоном. «Исследования по бетону и железобетону», сб. трудов Челябинского политехнического института № 46, Челябинск, 1967.- с.6-26.
6. Пирадов А.Б. Конструктивные свойства легкого бетона и железобетона, М., Стройиздат, 1973. – 124 с.
7. Прочность, структурные изменения и деформации бетона /Под ред. Гвоздева А.А. М., Стройиздат, 1978. 299 с.
8. Холмянский М.М. Методика экспериментального исследования сцепления арматуры с бетоном // Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона арматуры и железобетонных конструкций. Труды координационного совещания. Под редакцией к.т.н. Макаричева В.В. – Академия строительства и архитектуры СССР, НИИЖБ, М.1962.- с 138-147.
9. Цехмистров В.М. Расчет напряжений и деформаций при выдергивании арматуры из бетонной призмы, опертой торцом (образец на выдергивание.) «Исследования по бетону и железобетону», сб. трудов Челябинского политехнического института № 46, Челябинск, 1967.- с.27-43.
10. Вальц К., Вишерс Г. Конструктивный высокопрочный легкий бетон. – 81 с.
11. Ахматов М.А. Применение отходов камнепиления туфокарьеров и рыхлых пористых пород в качестве заполнителей легких бетонов и конструкций из них. Нальчик, 1981. – 128 с.
12. Ахматов М.А. Эффективность применения строительных материалов и бетона. Нальчик «Эльбрус» 1986. 160 с.
13. Ахматов М.А. Отходы каменных пород и рыхлые материалы, как сырье для производства пористых заполнителей, легких бетонов и конструкций из них// Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. Международная научно техническая конференция. – Ростов-на-Дону 2000. –с. 40-49.
14. Ахматов М.А. Эффективность применения легких бетонов и железобетонных конструкций на заполнителях из каменных отходов и рыхлых пористых пород вулканического происхождения.: Дисс. ... докт. тех. наук 05.23.01, 05.23.05- Ростов-на-Дону 1999. 514 с.
15. Ахматов М.А. Эффективность применения легких бетонов и железобетонных конструкций на заполнителях из каменных отходов и рыхлых пористых пород вулканического происхождения.: Автореферат дисс. ... докт. тех. наук 05.23.01, 05.23.05- Ростов-на-Дону 1999. 59 с.
16. Несветаев Г.В. Закономерности деформирования и прогнозирование стойкости бетонов при силовых и температурных воздействиях: Автореферат дисс. ... докт. тех. наук.: 05.23.05 – Ростов-на-Дону 1998.
17. Несветаев Г.В., Ефремова И.А, Егорочкина И.О. К управлению качеством бетонов посредством регулирования свойств контактной зоны // Строительные материалы, изделия и конструкции на рубеже веков. Ростов-на-Дону 1999. С. 28-30.
18. Несветаев Г.В., Тимонов С.А. Усадочные деформации и раннее трещинообразование бетона // Пятые академические чтения РААСН. Воронеж. 1999. С. 305-310.
19. Несветаев Г.В., Чмель Г.В. Некоторые свойства расширяющихся цементов и бетонов на их основе// Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. Международная научно-практическая конференция. – Ростов-на-Дону 2000. – С. 271-276.
20. Симонов М.З. Бетон и железобетон на пористых заполнителях. - М., Стройиздат, 1955. - 254 с.
21. Симонов М.З., Шагинян С.Г. Использование природных пористых заполнителей в производстве бетона и железобетона//Бетон и железобетон. - 1985. - № 7. - С. 6-7.

References:

1. Gvozdev A. A. Structures of concrete and some features of its mechanical qualities. *Proceedings of the NIIZHB. Strength, structural changes and deformations of concrete.* М., 1978: 121-123. (In Russ)

2. Gvozdev A.A., Dmitriev S.A., GushchaYu.P., Zalesov A.S., Mulin N.M., Chistyakov E.A. New in the design of concrete and reinforced concrete structures. Edited by Doctor of Technical Sciences prof. A.A. Gvozdev. M. *Stroyizdat* 1978: 209. (In Russ)
3. Mailyan R.L. Akhmatov M.A. Reinforced concrete on porous stone waste. M., *Stroyizdat*, 1987: 208. (In Russ)
4. Mulin N.M., On the study of reinforcement coupling with concrete. Methods of laboratory studies of deformations and strength of concrete reinforcement and reinforced concrete structures. Proceedings of the coordination meeting. Edited by Candidate of Technical Sciences V.V. Makarichev. Academy of Construction and Architecture of the USSR, NIIZhB, M.1962:124-137. (In Russ)
5. Oatul A.A. Fundamentals of the theory of reinforcement coupling with concrete. "Research on concrete and reinforced concrete", Proceedings of the Chelyabinsk Polytechnic Institute Chelyabinsk, 1967; 46:6-26. (In Russ)
6. Piradov A.B. Constructive properties of light concrete and reinforced concrete, M., *Stroyizdat*. 1973: 124. (In Russ)
7. Strength, structural changes and deformations of concrete. Ed. Gvozdeva A.A. M., *Stroyizdat* 1978: 299. (In Russ)
8. Kholmyansky M.M. Method of experimental study of reinforcement coupling with concrete. Methods of laboratory studies of deformations and strength of concrete reinforcement and reinforced concrete structures. Proceedings of the coordination meeting. Edited by Candidate of Technical Sciences V.V. Makarichev. Academy of Construction and Architecture of the USSR, NIIZhB, M. 1962: 138-147. (In Russ)
9. Tsekhmistrov V.M. Calculation of stresses and deformations when pulling rebar from a concrete prism supported by an end face (a sample for pulling out.) "Research on concrete and reinforced concrete", proceedings of the Chelyabinsk Polytechnic Institute No. 46, Chelyabinsk, 1967: 27-43. (In Russ)
10. Waltz K., Vishers G. Structural high-strength lightweight concrete. 81 p. (In Russ)
11. Akhmatov M.A. The use of stone-sawing waste of tufocarriers and loose porous rocks as fillers of light concrete and structures made of them. Nalchik, 1981: 128. (In Russ)
12. Akhmatov M.A. The effectiveness of the use of building materials and concrete. Nalchik "Elbrus" 1986: 160. (In Russ)
13. Akhmatov M.A. Stone waste and loose materials as raw materials for the production of porous aggregates, light concrete and structures made of them. Concrete and reinforced concrete in the third millennium. International Scientific and Technical Conference. Rostov-on-Don 2000: 40-49. (In Russ)
14. Akhmatov M.A. The effectiveness of the use of light concrete and reinforced concrete structures on aggregates from stone waste and loose porous rocks of volcanic origin.: Diss. ... Doctor of Technical Sciences 05.23.01, 05.23.05- Rostov-on-Don 1999: 514. (In Russ)
15. Akhmatov M.A. The effectiveness of the use of light concrete and reinforced concrete structures on aggregates from stone waste and loose porous rocks of volcanic origin.: Abstract diss. ... Doctor of Technical Sciences 05.23.01, 05.23.05- Rostov-on-Don 1999: 59. (In Russ)
16. Nesvetaev G.V. Regularities of deformation and prediction of concrete resistance under force and temperature influences: Abstract diss. ... Doctor of Technical Sciences: 05.23.05. Rostov-on-Don 1998. (In Russ)
17. Nesvetaev G.V., Efremova I.A., Egorochkina I.O. To concrete quality management by regulating the properties of the contact zone. [Stroitel'nyye materialy, izdeliya i konstruksii na rubezhe vekov] *Building materials, products and structures at the turn of the century*. Rostov-on-Don 1999: 28-30. (In Russ)
18. Nesvetaev G.V., Timonov S.A. Shrinkage deformations and earlier cracking of concrete. [Pyatyte akademi-cheskiye chteniya RAASN] *Fifth Academic Readings of the Russian Academy of Sciences*. Voronezh. 1999: 305-310. (In Russ)
19. Nesvetaev G.V., Chmel G.V. Some properties of expanding cements and concretes based on them . [Beton i zhelezobeton v tret'yem tysyacheletii. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya] *Concrete and reinforced concrete in the third millennium. International Scientific and Practical Conference*. Rostov-on-Don 2000: 271-276. (In Russ)
20. Simonov M.Z. Concrete and reinforced concrete on porous aggregates. M., *Stroyizdat*. 1955: 254. (In Russ)
21. Simonov M.Z., Shaginyan S.G. The use of natural porous aggregates in the production of concrete and reinforced concrete. [Beton i zhelezobeton] *Concrete and reinforced concrete*. 1985; 7: 6-7. (In Russ)

Сведения об авторах:

Бештоков Беслан Хамидбиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного производства; beshetokov@mail.ru.

Ципинов Аюес Сефович, старший преподаватель кафедры строительного производства; czi.ayes69@yandex.ru

Кажаров Алим Русланович, старший преподаватель кафедры строительного производства; kazharov.90@mail.ru

Гусенов Ахмед Муртазалиевич, магистрант кафедры технологии и организации строительного производства; gusenov.axmed@bk.ru

Карданов Аслан Адамович, аспирант кафедры строительного производства; aslan_kardanov_95@mail.ru

Information about the authors:

Beslan Kh. Beshetokov, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.; Department of Construction Production; beshetokov@mail.ru.

Aues S. Tsipinov Senior Lecturer, Department of Construction Production; czi.ayes69@yandex.ru

Alim R. Kazharov, Senior lecturer of the Department of Construction Production; kazharov.90@mail.ru "

Akhmed M. Gusenov, Postgraduate Student, Department "Technology and organization of construction production; gusenov.axmed@bk.ru

Aslan A. Kardanov, Postgraduate Student, Department of Construction Production; aslan_kardanov_95@mail.ru

Конфликт интересов/ Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 22.05.2022.

Одобрена после рецензирования Revised 03.06.2022.

Принята в печать/ Accepted for publication 03.06.2022.