
Экспериментальные исследования по определению деформационных свойств бетонов при длительном нагружении на материалах Вьетнама

Л. К. Ву¹, Д.Р. Маилян²

¹ Ханойский архитектурный университет

² Донской государственный технический университет

Аннотация: Данная статья посвящена определению основных характеристик и свойств бетонов, изготовленных из разных бетонных смесей на материалах Вьетнама. Всего было исследовано 16 формул бетонных смесей. Бетонные образцы были испытаны с определением деформаций при длительном нагружении. На основе полученных данных были определены основные характеристики ползучести, это мера ползучести C_0 и коэффициент ползучести φ , а также дополнительные характеристики, включающие призмную прочность и начальный модуль упругости бетона.

Основной целью данного исследования было определение зависимостей призмной прочности бетона R_{pr} , как его основного показателя, по отношению к коэффициенту ползучести бетона φ . В заключение было произведено сравнение экспериментальных данных коэффициентов ползучести бетона φ с нормативными значениями, найденными по СП 63.13330 и сделаны выводы о влиянии ползучести на призмную прочность бетона R_{pr} , изготовленного из бетонных смесей на материалах Вьетнама.

Ключевые слова: бетон, железобетон, конструкции, материалы, ползучесть, прогибы, деформации, длительное нагружение.

Введение.

Подавляющее число несущих конструкции зданий и сооружения по всему миру изготавливается из железобетона. Бетон, как основной материал железобетонных конструкций, выполняется из наиболее распространённых и дешёвых материалов, которые добываются на территории стран, где и выполняется само строительство объектов. Однако свойства материалов и их химический состав в разных странах отличаются друг от друга [1,2], что приводит к некоторому разбросу характеристик бетона, определяющих его прочность, надёжность и долговечность [3, 4]. Данные обстоятельства нередко приводят к необходимости усиления новых или уже эксплуатируемых объектов [5-7].

На территории Вьетнама в качестве крупного заполнителя используются горные породы, обладающие особым свойством адгезии цементного камня и крупного заполнителя. Данные обстоятельства приводят к увеличению расходов материалов, а также к понижению его простых свойств с целью обеспечения надёжности строительства [8-10].

Основной целью настоящего исследования является определение деформационных свойств бетонных смесей, изготовленных на материалах Вьетнама, с целью определения эффекта ползучести бетона при длительном воздействии нагрузки.

Известно, что эффект ползучести бетона понижает его прочность и долговечность с течением времени, что учитывается нормативным коэффициентом согласно СП 63.13330.

Для определения эффекта ползучести были изготовлены, согласно ГОСТ 24544-2020, 16 серий образцов из разных бетонных смесей, имеющих отличные составляющие и формулу изготовления. Все используемые материалы добываются на территории Вьетнама. Ниже представлены в Табл. 1-6 основные характеристики материалов, используемых для изготовления бетонных смесей, а также их состав.

При изготовлении бетонных смесей использовались Суперпластификаторы Sika Viscocrete 3000-10, которые согласуются с ASTM C 494 Тип G.

Таблица 1

Химический состав клинкера

	Содержание оксидов, %	Виды цемента		Стандарты
		Портландцемент РС50 Тханг Лонг (№1)	Портландцемент РС50 Бут Шон (№2)	
1	SiO ₂	20,29	20,38	TCVN 141:2008 в соответствии с ГОСТ 5382.
2	Al ₂ O ₃	4,14	5,1	
3	Fe ₂ O ₃	3,03	3,11	
4	CaO	63,56	63,28	

5	MgO	1,62	2,42
6	SO ₃	1,9	2,44
7	K ₂ O + 0,658 Na ₂ O	0,31	0,55

Таблица 2

Минералогический состав портландцементов

Марка и вид портландцемента	Минералогический состав портландцементов, %			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Портландцемент PC50 Тханг Лонг (№1)	72,4	5,5	5,8	9,2
Портландцемент PC50 Бут Шон (№2)	64,0	12,1	8,3	9,46

Таблица 3

Показатели качества цемента

№	Показатель	Значение показателя		Стандарты
		Портландцемент PC50 Тханг Лонг (№1)	Портландцемент PC50 Бут Шон (№2)	
1	2	3	4	5
1.	ТП - остаток на сите 0,09 мм, по массе, % ; - удельная поверхность, см ² /г.	0,73 3430	3520	TCVN 4030:2003 Сит 0,09 мм, не в соответствии с ГОСТ 310.2-81 сит 0,08 мм
2.	НГ цементного теста, %	26,8		TCVN 6017:1995 в соответствии с ГОСТ 310.3-81
3.	Сроки схватывания, мин: - НС - КС	135 190	130 200	TCVN 6017:1995 в соответствии с ГОСТ 310.3-81
4.	Истинная плотность цемента, г/см ³ .	3,10	3,08	TCVN 4030:2003 в соответствии с ГОСТ 310.2-81
5.	Предел прочности в возрасте 28сут, МПа: - на сжатие - на изгиб	52,5 10,3	51,1 10	TCVN 6016:2001 в соответствии с ГОСТ 310.4-81

По результатам испытаний были построены графики зависимости деформаций бетона от времени суток образцов, находящихся под нагрузкой. Результаты испытаний приведены на рис. 1. Согласно показателям графиков, были вычислены и представлены основные деформационные характеристики.

Таблица 4

Показатели качества песка

№	Наименование показателя	Показатели		Стандарты
		Желтый песок Ло (№1)	Желтый песок Хонг (№2)	
1	2	3	4	5
1.	Модуль крупности песка	2,5	2,9	TCVN 7570:2006; TCVN 7572 : 2006 в соответствии с ГОСТ 8735-88; ГОСТ 8736-93
2.	Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м ³	1430	1417	
3.	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,4	0,5	
4.	Содержание органических примесей	Нет	Нет	
5.	Гранулометрический состав (остатки на ситах частные, полные, %): сито: 2,5 1,25 0,63 0,315 0,16 дно	11,2/11,2 14,8/26 18,6/44,6 29,1/73,7 22,2/95,9 4,1/100	11,0/11,0 32,0/43,0 16,7/59,7 19,0/78,7 16,7/95,4 4,6/100	

ползучести бетона, а именно - коэффициент ползучести ϕ и мера ползучести S_0 . Полученные экспериментальные данные приведены в табл. 7, в данной таблице также представлены экспериментальные значения основных характеристик бетона, а именно - призмная прочность бетона и начальный модуль упругости.

Таблица 5

Показатели качества щебня

№	Наименование показателя	Показатели	Стандарты
---	-------------------------	------------	-----------

		Щебень Фу Ман (№ 1)	Щебень Хоа Бинь (№ 2)	
1	2	3	4	5
1.	Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м ³	1420	1480	TCVN 7570: 2006; TCVN 7572 : 2006 в соответствии с ГОСТ 8267–93; ГОСТ 8269 –97
2.	Плотность в куске, г/см ³	2,73	2,72	
3.	Пустотность, %	47,4	45	
4.	Фракция	5 – 20	5 – 40	
5.	Марка по прочности	1100	1200	

Таблица 6

Составы бетонных смесей

Состав	Цемент	Песок	Щебень	Серия
1	2	3	4	5
Состав А	№1	№1	№1	A111
	№1	№1	№2	A112
	№1	№2	№1	A121
	№1	№2	№2	A122
	№2	№1	№1	A211
	№2	№1	№2	A212
	№2	№2	№1	A221
	№2	№2	№2	A222
Состав В	№1	№1	№1	B111
	№1	№1	№2	B112
	№1	№2	№1	B121
	№1	№2	№2	B122
	№2	№1	№1	B211
	№2	№1	№2	B212
	№2	№2	№1	B221
	№2	№2	№2	B222

По результатам испытаний были построены графики зависимости деформаций бетона от времени суток образцов, находящихся под нагрузкой. Результаты испытаний приведены на рис. 1. Согласно показателям графиков, были вычислены и представлены основные деформационные характеристики ползучести бетона, а именно - коэффициент ползучести φ и мера ползучести S_0 . Полученные экспериментальные данные приведены в табл. 7, в данной таблице также представлены экспериментальные значения основных характеристик бетона, т.е. призмная прочность бетона и начальный модуль упругости.

Как было сказано ранее, основной целью исследования является определение зависимости призмочной прочности бетона от коэффициента ползучести. Для анализа были построены графики зависимости призмочной прочности бетона от коэффициента ползучести (рис. 2), а также построена линия тренда, определяемая формулой (1).

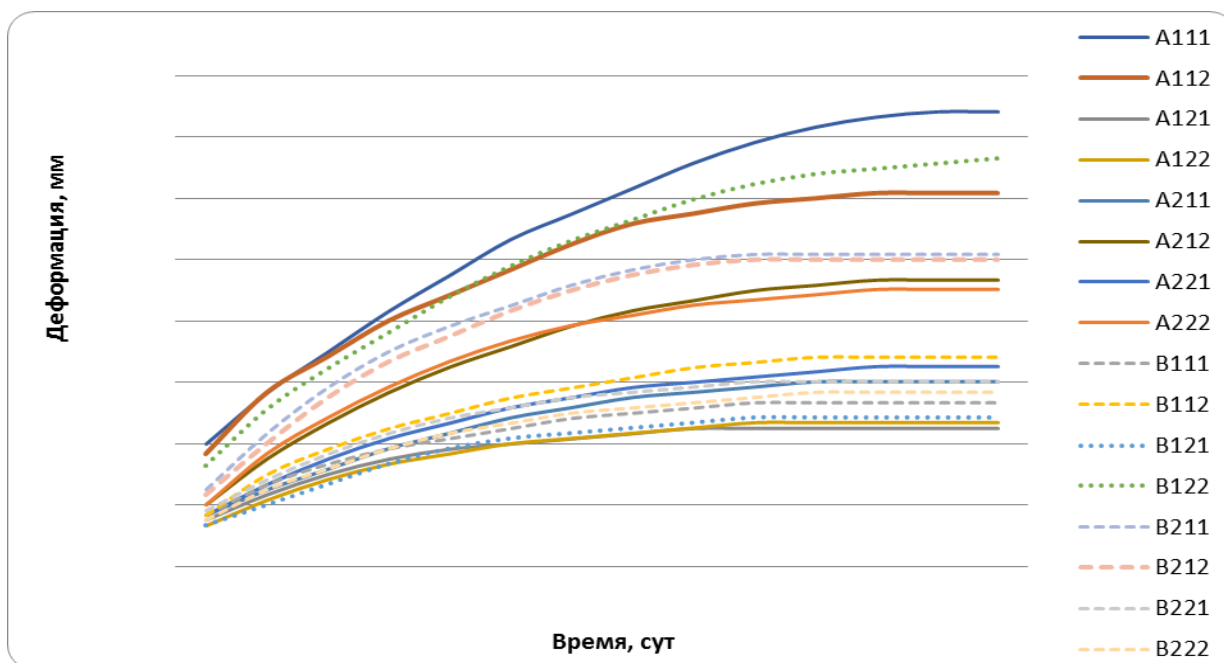


Рис. 1. Изменение прогибов во времени

Таблица 7

Результаты исследования показателей деформационных свойств бетонов при длительном нагружении

Состав	Прочность R_{pr} (МПа)	Начальный модуль упругости бетона E_0 (МПа)	Мера ползучести C_0 (10^{-5} 1/МПа)	Коэффициент ползучести φ
A111	45	39788	6.8	2.71
A112	43	41096	5.64	2.32
A121	51,5	49724	4.04	2.01
A122	50	46649	5.38	2.51
A211	45	45868	5.67	2.60
A212	47	41539	8.84	3.67
A221	46,5	44489	6.51	2.90
A222	51	42533	8.24	3.51
B111	58	45463	4.83	2.20
B112	62	44616	6.93	3.09
B121	63	47103	5.62	2.65

B122	62,5	41481	7.31	3.03
B211	66	43063	7.12	3.07
B212	57,5	43168	7.63	3.29
B221	68,5	44251	5.15	2.28
B222	59	45087	6.18	2.79

Данная формула представлена на рис. 1, где значение y является коэффициентом φ , а значение x – предел призмной прочности бетона R_{pr} .

$$\varphi = 2,4488 R_{pr}^{0,0292} \quad (1)$$

Нормативные формулы определения коэффициента ползучести φ и величины CR [11, 12] представлены ниже.

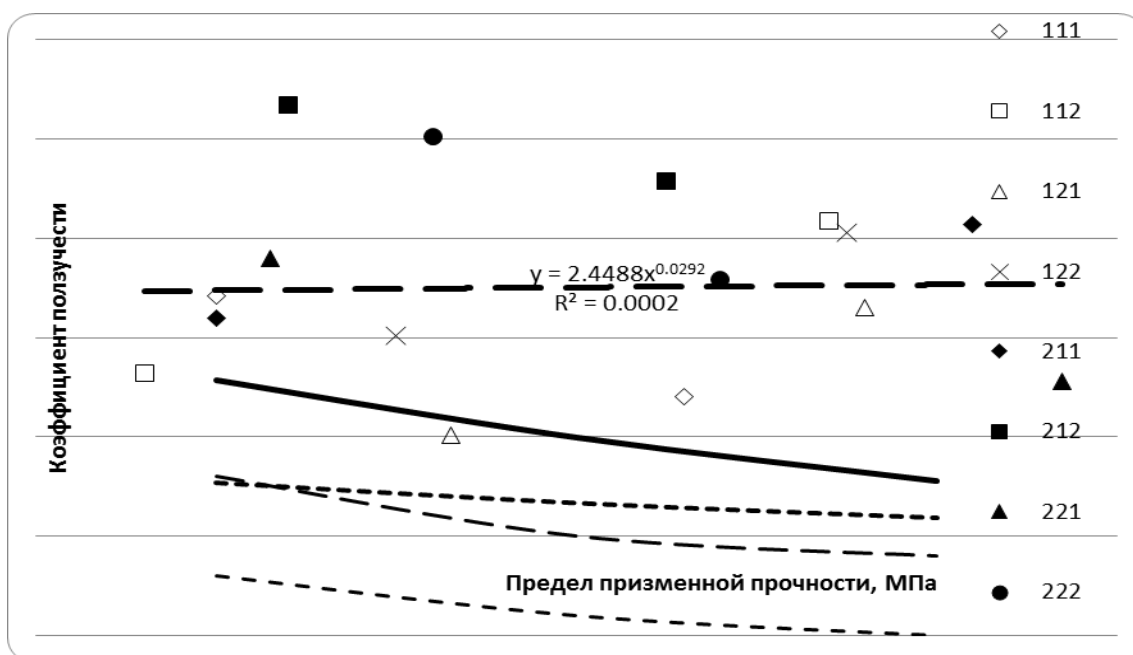


Рис. 2. Зависимость коэффициента ползучести бетонов от призмной прочности

Сопоставление экспериментальных значений коэффициента ползучий φ с нормативными значениями показали, что экспериментальные значения превышают нормативные в 1,8 раз и в среднем составляют 1,55. Величины CR , найденные по формуле 3, превышают полученные экспериментальные значения в 1,23 раза и в среднем составляют 2,26.

Следует отметить, что по российским нормам СП 63.13330 коэффициент ползучести φ при средней влажности бетона 40%, очень схож с значениями коэффициента φ , найденного по нормам [12].

Полученные результаты экспериментальных исследований необходимо использовать при расчётах железобетонных конструкций, изготовленных на материалах Вьетнама.

Дополнительные исследования заключались в сравнении и анализе значений коэффициента ползучести ϕ между экспериментальными бетонными составами.

Наиболее важными полученными результатами можно назвать следующие:

- составы, используемые на цементе 1 в среднем, показали на 17% ниже коэффициент ползучести, чем составы, используемые на цементе 2.
- используемые виды песка практически не повлияли на эффект ползучести, что составило 5% и является среднестатистическим разбросом, как и использование разных видов щебня, где разность коэффициентов ползучести составила 7%.
- значения коэффициентов ползучести всех бетонных смесей имели разброс, который составлял от 2 до 3,69 для бетонов с призванной прочностью от 43 до 69 МПа.
- было выявлено отсутствие явной зависимости коэффициента ползучести от предела прочности, что свидетельствует о возможном влиянии суперпластификаторов.
- было установлено, что экспериментальное значение коэффициентов ползучести превышает нормативные значения, найденные по СП. 13330, примерно в 1,8 раза.

Литература

1. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона //Стройиздат 1981. 464 с.
2. Бабков В.В., Мохов В.Н, Капитонов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов // Уфа, ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002, 376с.

3. Polskoy P., Georgiev S., Muradyan V., Shilov A. The deformability of short pillars in various loading options and external composite reinforcement // МАТЕС Web of Conferences (см. в книгах). 2018. С. 02026.
 4. Маяцкая И.А., Польской П.П., Георгиев С.В., Федченко А.Е. Применение углепластиковых ламелей при усилении строительных конструкций // Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 12 (64). С. 33-38.
 5. Польской П.П., Маилян Д.Р., Георгиев С.В. Прочность и деформативность гибких усиленных стоек при больших эксцентриситетах // Научное обозрение, 2014, № 12-2. С. 496-499.
 6. Тамразян А.Г. Бетон и железобетон: проблемы и перспективы // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 7. С. 51-54.
 7. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В. Уникальные бетоны и технологии в практике современного строительства России // Проблемы современного бетона и железобетона. НП ООО «Стринко», 2007. т. 2. С. 105-120
 8. S.J.Jeon, C.H.Chung, Y.U.Kim, H.S.Kim, N.S.Choi. Basic design for large above-ground tank // GASEX 2002 Conference and Exhibition Brunei, 2002. pp. 5,6.
 9. Александровский С.В., Васильев П.И. Экспериментальные исследования ползучести бетона // Ползучесть и усадка бетона и железобетонных конструкций. Состояние проблемы и перспективы развития. Под ред. С.В. Александровского. 1978. С. 97-152.
 10. Демьянова В.С, Калашников В.И., Ильина И.Е. Сравнительная оценка влияния отечественных и зарубежных суперпластификаторов на свойства цементных композиций // Строительные материалы №9, 2002, С.4-6.
 11. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны // Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп., 1998. 768 с.
-

12. Батудаева А.В., Кардумян Г.С., Каприелов С.С. Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей // Бетон и железобетон. 2005. №4. С. 54.

References

1. Ahverdov, I.N. Osnovy fiziki betona [Fundamentals of concrete physics]. Strojizdat 1981. 464 p.
2. Babkov V.V., Mohov V.N, Kapitonov S.M., Komohov P.G. Strukuroobrazovanie i razrushenie cementnyh betonov [Structure formation and destruction of cement concrete] Ufa, GUP «Ufimskij poligrafkombinat», 2002, 376 p.
3. Polskoy P., Georgiev S., Muradyan V., Shilov A. MATEC Web of Conferences. 196, 02026 2018. URL: matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/55/matecconf_rsp2018_02026.pdf
4. Majackaja I.A., Pol'skoj P.P., Georgiev S.V., Fedchenko A.E. Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'. 2018. № 12 (64). pp. 33-38.
5. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R., Georgiev S.V. Nauchnoe obozrenie, 2014, № 12-2. PP. 496-499.
6. Tamrazjan A.G. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2014. № 7. pp. 51-54.
7. Kapriyelov S.S., Shejnfel'd A.V., Kardumjan G.S., Kiseleva Ju.A., Prigozhenko O.V. NP ООО «Strinko», 2007. t. 2. pp. 105-120.
8. S.J.Jeon, C.H.Chung, Y.U.Kim, H.S.Kim, N.S.Choi. GASEX 2002 ConferenceandExhibitionBrunei, 2002. pp. 5,6.
9. Aleksandrovskij S.V., Vasil'ev P.I. Sostojanie problemy i perspektivy razvitija. Pod red. S.V. Aleksandrovskogo. 1978. pp. 97-152.
10. Dem'janova V.S, Kalashnikov V.I., Il'ina I.E. Stroitel'nye materialy №9, 2002, pp. 4-6.



11. Batrakov V.G. Modificirovannyye betony [Modified concrete]. Teorija i praktika. 2-e izd., pererab. i dop., 1998. 768 p.
12. Batudaeva A.V., Kardumjan G.S., Kapriellov S.S. Beton i zhelezobeton. 2005. №4. pp. 54.

Дата поступления: 20.02.2024

Дата публикации: 26.03.2024