



STRENGTH AND DEFORMATIONS OF PRE-COMPRESSED HEAVY CONCRETE UNDER DYNAMIC LOADS

N.B. Shaumarov

U.H. Abdullaev

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10939724>

ARTICLE INFO

Received: 03rd April 2024

Accepted: 07th April 2024

Online: 08th April 2024

KEYWORDS

Strength, deformation, dynamic loading, prism specimens, seismic, compression, force.

ABSTRACT

In this paper the strength of heavy and lightweight concrete under single dynamic loads, and in particular, such as may be under seismic action, has been studied. In the present work, the effect of prolonged compression of heavy cement concrete of class B15 on its strength and deformation under single dynamic loads was investigated.

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАЦИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБЖАТОГО ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Н.Б. Шаумаров

У.Х. Абдуллаев

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10939724>

ARTICLE INFO

Received: 03rd April 2024

Accepted: 07th April 2024

Online: 08th April 2024

KEYWORDS

Прочность, деформация, динамическая нагрузка, образцы-призмы, сейсмическая, обжатие, усилие.

ABSTRACT

В работе изучалась прочность тяжелого и легких бетонов при однократных динамических нагрузках, и в частности, таких, какие могут быть при сейсмическом воздействии.

В настоящей работе исследовалось влияние длительного сжатия тяжелого цементного бетона класса B15 на его прочность и деформации при однократных динамических нагрузках.

Введение: В статье представлена работа, посвященная результатам теоретического и экспериментального исследования поведения зданий и сооружений при сейсмическом воздействии.

Основная часть: До сейсмических воздействий несущие элементы конструкций, как правило, испытывают длительное время действие статических сжимающих нагрузок (от веса конструкций, полезных и др.).

В работе и других работах показано, что длительное обжатие материалов (бетон, раствор, кладка) влияет на прочность и существенно изменяет их деформативные



свойства, приводя, в частности, к снижению пластических деформаций. В связи с этим исследования динамических свойств материалов, выдержанных длительное время под статической нагрузкой, представляют большой практический интерес.

В работах (2,3,7) изучалась прочность тяжелого и легких бетонов при однократных динамических нагрузках и, в частности, таких, какие могут быть при сейсмическом воздействии (продолжительность загрузки $t \approx 1-0,05$ сек.). Однако бетонные образцы-призмы до момента приложения динамической нагрузки находились в незагруженном состоянии.

В настоящей работе исследовалось влияние длительного сжатия тяжелого цементного бетона, класса В15 на его прочность и деформации при однократных динамических нагрузках.

Опытные образцы-призмы размером 10x10x30 см испытывались на центральное сжатие. Испытания опытных образцов на динамическое однократное нагружение [10], производились с помощью пульсатора "SBE" с гидродомкратом мощностью 300 т. и двух стальных баллонов емкостью по 200 л (аккумуляторов). В аккумуляторы с помощью пульсатора до определенного давления накачивалось масло. В момент испытания открывали трубопровод, подающий масло в гидродомкрат, благодаря чему происходило импульсивное (быстрое однократное) нагружение опытного образца. По деформациям стального цилиндра динамометра с наклеенными протарированными тензодатчиками контролировалась нагрузка на опытный образец. Продольные деформации бетона замерялись с помощью протарированных тензодатчиков базой 50 мм, наклеенных на каждую грань призмы. Показания датчиков регистрировались осциллографом Н-700.

Часть образцов-призм (серия 7) в возрасте 100 дней помещалась в пружинные установки на длительное центральное сжатие. В каждую установку загружалось по три образца. Усилие длительного сжатия составляло 40% от кратковременной разрушающей нагрузки эталонных образцов. Одновременно с нагружением динамической нагрузкой предварительно обжатые и контрольные образцы испытывались кратковременной статической нагрузкой. Результаты этих испытаний, а также время выдержки образцов под длительной нагрузкой приведены в табл.1.

Прочность предварительно обжатых образцов получена выше прочности контрольных в среднем на 6,8%.

Таблица 1.

Вид бетона	Время выдержки образцов под нагрузкой, в днях	$R_B^{сж}$ МПа		$R_B^{конт}$ МПа		$R_B^{обж}$
		частное	среднее	частное	среднее	$R_B^{конт}$
Тяжелый цементный бетон	1242	22		20		
		21	21	20	20	0,107
		20		19		



$R_B^{отж}$ и $R_B^{конт}$ – пределы прочности предварительно обжатых и контрольных образцов.

Результаты динамических испытаний контрольных и предварительно обжатых образцов приведены в табл. 2.

Динамическая прочность бетона сравнивалась с прочностью, полученной при скоростях загрузки, отвечающих скоростям обычных статических испытаний (в среднем $\sim 0,12$ МПа в сек.).

Сравнение данных табл. 2 показывает, что с уменьшением времени воздействия у предварительно обжатых образцов прочность повышается в меньшей степени, чем у контрольных образцов.

Таблица 2.

Вид бетона	№ образца	Продолжительность испытания t сек	Призмента прочность $R_B^{конт}$ (t) МПа	Средняя скорость загрузки $\sigma_{ср} \frac{R_B^{конт}}{t}$ МПа в сек	$K_t = \frac{R_B^{конт}(t)}{R_B^{конт}}$
Тяжелый бетон (контрольные образцы) ТБ (к)	1	0,093	24	253	1,2
	2	0,087	24	271	1,2
	3	0,182	21	116	1,08
	4	0,07	24	343	1,22
	6	0,1	22	224	1,14
	7	0,072	23	314	1,15
	8	0,178	22	122	1,11
	9	0,15	22	144	1,1
	10	0,11	22	200	1,12
	11	0,14	22	160	1,14
	12	0,084	23	278	1,19
	13	0,775	21	27	1,06
	14	1,43	20	14	1,02
	Тяжелый бетон (предварительно обжатые образцы) ТБ (по)	24	0,075	23	307
22		0,137	22	163	1,07
15		0,07	23	334	1,12
17		0,167	22	133	1,06
21		0,156	22	142	1,06

При средней продолжительности воздействия $t=0,143$ сек у контрольных образцов отношение $K_t = \frac{R_B^{конт}(t)}{R_B^{конт}} = 1,12$, а у предварительно обжатых образцов при $t=0,153$ сек отношение $K_t = \frac{R_B^{общ}(t)}{R_B^{общ}} = 1,063$.



При $t=0,08$ сек у контрольных образцов величина $K_t = 1,19$, а у предварительно обжатых образцов при $t=0,07-0,075$ сек величина $K_t = 1,11$.

Средние величины показателей, характеризующих деформативные свойства предварительно обжатых и контрольных образцов при статических и динамических однократных нагрузках, приведены в табл. 3 и 4, а увеличение (в процентах) этих показателей при уменьшении продолжительности загрузки в табл. 5.

В табл. 3 - 5 приняты следующие обозначения:

t в сек - продолжительность загрузки; $\epsilon_{\text{пред}}$ - относительная продольная максимальная деформация на диаграмме сжатия (диаграммы сжатия бетона, полученные по результатам как статических, так и динамических испытаний, имели нисходящий участок); $\epsilon_{\text{макс}}$ - относительная продольная деформация, отвечающая максимальному напряжению на диаграмме сжатия, $A_{\text{пред}}$ - в кгм/см^3 - удельная работа, затраченная на достижение деформаций $\epsilon_{\text{пред}}$; $A_{\text{макс}}$ - в кгм/см^3 - удельная работа, затраченная на достижение деформаций $\epsilon_{\text{макс}}$; E_y в МПа - модуль упругости бетона.

Из данных, приведенных в табл. 3 и 4, следует, что так же, как и у контрольных образцов, у предварительно обжатого бетона при уменьшении времени воздействия наблюдается увеличение относительных продольных деформаций $\epsilon_{\text{пред}}$ и $\epsilon_{\text{макс}}$ и удельной работы $A_{\text{пред}}$ и $A_{\text{макс}}$. При уменьшении времени воздействия величин $\epsilon_{\text{пред}}$, $\epsilon_{\text{макс}}$, $A_{\text{пред}}$, $A_{\text{макс}}$ у предварительно обжатого бетона изменяются в меньшей степени, чем у контрольных образцов. Начальный модуль упругости предварительно обжатого бетона так же, как и у контрольных образцов, с уменьшением времени воздействия изменяется незначительно.

Таблица 3.

Вид бетона	Продолжительность загрузки $t_{\text{сек}}$	$\epsilon_{\text{пред}} \cdot 10^3$	$A_{\text{пред}} \cdot 10^3$	$\epsilon_{\text{макс}} \cdot 10^3$	$A_{\text{макс}} \cdot 10^3$	E_y
Тяжелый бетон (контрольные образцы) ТБ (к)	Статика 177	2,46	3,59	1,82	2,39	181000
Для образцов № 8,9,10,3	Динамика 0,1625	2,95	4,9	2,03	2,97	185400
Для образцов №12,1,7,4	0,0797	3,07	5,49	2,22	3,56	193000
Тяжелый бетон (предварит	Статика 167	2,12	3,2	1,46	1,86	189200



ельно обжатые образцы) ТБ (по)						
Для образцов №21,17,22	Динамика 0,153	2,28	3,71	1,49	2,07	198370

Таблица 4.

Вид загрузки	Соотношение соответствующих показателей $\frac{ТБ(к)}{ТБ(по)}$				
	$\epsilon_{пред} \cdot 10^3$	$A_{пред} \cdot 10^3$	$\epsilon_{макс} \cdot 10^3$	$A_{макс} \cdot 10^3$	E_y
Статическое: Для образцов ТБ (к) $t_{ст}=177$ сек	1,16	1,12	1,25	1,28	0,96
Для образцов ТБ (по) $t_{ст}=167$ сек					
Динамическое: для образцов ТБ (к) $t_{дин}=0,1625$ сек	1,29	1,32	1,36	1,43	0,96
Для образцов ТБ (по) $t_{дин}=0,153$ сек					

Таблица 5.

Показатели	Тяжелый бетон		
	ТБ (по)	ТБ (к)	
	$\frac{t_{ст}}{t_{дин}} = 1090$	$\frac{t_{ст}}{t_{дин}} = 1090$	$\frac{t_{ст}}{t_{дин}} = 2200$
$\epsilon_{пред}$	7,5	20	25
$\epsilon_{макс}$	2,0	12	22
$A_{макс}$	11,0	24	49
$A_{пред}$	16,0	36	53
E_y	5,0	2	6

Существенное увеличение удельной работы $A_{пред}$ (на 32%) и работы $A_{макс}$ (на 43%) у контрольных образцов по сравнению с $A_{пред}$ и $A_{макс}$ - предварительно обжатых образцов следует отнести в основном за счет резкого уменьшения продольных деформаций $\epsilon_{пред}$ и $\epsilon_{макс}$ предварительно обжатых образцов по сравнению с



деформациями $\epsilon_{\text{пред}}$ и $\epsilon_{\text{макс}}$ контрольных образцов. Как следует из данных табл. 5 при одинаковом (в среднем в 1090 раз) уменьшении продолжительности к загрузке образцов из тяжелого бетона все показатели, характеризующие деформативные свойства бетона при однократных динамических воздействиях у предварительно обжатого бетона, изменяются; в меньшей степени, чем у контрольных образцов [9].

Работ, посвященных исследованию влияния длительного сжатия на прочность и деформации бетона при однократных динамических воздействиях, в доступной нам литературе не обнаружено. В работе [4] образцы из тяжелого бетона перед динамическим однократным воздействием выдерживались примерно три часа под нагрузкой, составляющей 60% от призмочной прочности, полученной при статическом нагружении образцов. Опыты [4] показали (было испытано три образца), что такое предварительное обжатие не сказалось на прочности и на предельных продольных деформациях бетона, но несколько повысило начальный модуль упругости бетона.

Выводы

1. Предварительное длительное обжатие сказывается на прочности тяжелого бетона класса В15 при однократном динамическом воздействии, вызывая некоторое снижение его несущей способности (при режимах загрузки, осуществленных в настоящих опытах до 8%). Полученные результаты позволяют прийти к выводу, что нормирование коэффициента условий работы тяжелого бетона, учитывающего кратковременность воздействия динамической нагрузки, должно производиться после проведения испытаний не с обычными, а с предварительно обжатыми образцами.
2. С уменьшением продолжительности загрузки предварительно обжатого и необжатого тяжелого бетона предельные продольные деформации и удельная работа, затрачиваемая на разрушение образца, увеличиваются, причем у предварительно обжатого бетона в значительно меньшей степени, чем у необжатого.

Модуль упругости предварительно обжатого тяжелого бетона может быть принят равным модулю упругости, определенному по результатам испытания необжатого бетона того же возраста. Для практических целей модуль упругости тяжелого бетона (предварительно обжатого и необжатого) при однократном динамическом нагружении может быть принят равным модулю упругости, подсчитанному по результатам статических испытаний.

References:

1. Поляков С.В. Длительное сжатие кирпичной кладки. Госстройиздат, 1989 г.
2. Котов Ю.И. Обзор исследований прочности бетонов при быстрых однократных сжимающих воздействиях. В сб. "Строительные конструкции", вып.2 "Сейсмостойкость зданий и инженерных сооружений". М.1982 г.
3. Котов Ю.И. Прочность тяжелого и легких бетонов при однократных динамических воздействиях. Материалы к всесоюзному совещанию по проектированию и строительству сейсмостойких зданий и сооружений.



4. Щербина В.И. Последование прочности обычных железобетонных изгибаемых элементов при действии импульсивных нагрузок. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. М.1988 г.
5. Борджерс Дж, Равара А. Проектирование железобетонных конструкций для сейсмических районов (перевод с англ.). М. Стройиздат, 1988 С. 135
6. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. М. Стройиздат, 1988.311 с.
7. Гвоздев А.Л. К расчету конструкций на действие взрывной волны Строительная промышленность 1963 г.№1-2 С 18-21.
8. Гольденблат И.И., Быховский В.А. Актуальные вопросы сейсмостойкого строительства (Строительство в сейсмических районах. М. Госстройиздат 1977 г. С.5-21
9. Kobori T. Minai R, Fujiwara T. Earthquake Response of Frame Structures Composed of Inelastic Members. Proceedings of 5 WCEE. Rome, 1993.
10. В.И. Бойков, Э.Е. Сигалов. Железобетонные конструкции. М."Стройиздат" 1991 г. 14-30 с.