

НАУЧНАЯ МЫСЛЬ



А.А. Варламов
В.И. Римшин

МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ БЕТОНА

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ДЕГРАДАЦИИ



НАУЧНАЯ МЫСЛЬ

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

**А.А. ВАРЛАМОВ
В.Ц. РИМШИН**

МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ БЕТОНА

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ДЕГРАДАЦИИ

МОНОГРАФИЯ

*Рекомендовано научно-исследовательским институтом строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук
для студентов инженерно-строительных факультетов,
получающих образование по направлению подготовки
08.03.01 «Строительство»*

Электронно-
Библиотечная

znanium.com

Москва
ИНФРА-М
2020

УДК 691.32(075.4)
ББК 38.33
В18

Рецензенты:

Карпенко Н.И., доктор технических наук, профессор, академик-секретарь отделения строительных наук, академик Российской академии архитектуры и строительных наук;

Ерофеев В.Т., доктор технических наук, профессор, декан архитектурно-строительного факультета Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарёва, академик Российской академии архитектуры и строительных наук

Варламов А.А.

В18 Модели поведения бетона. Общая теория деградации : монография / А.А. Варламов, В.И. Римшин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 436 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/monography_5с8а716е3с4460.52838016.

ISBN 978-5-16-014615-7 (print)

ISBN 978-5-16-107733-7 (online)

В монографии систематизированы и обобщены состояние теории и современные методы оценки силового сопротивления железобетона. Приведены обзоры и рассмотрены структурные, технологические, статистические и феноменологические модели его поведения. Рассмотрены различные предложения по трансформированию диаграмм поведения бетона в различных условиях. Дано описание основных положений теории деградации как общей теории разрушения бетона. Предложена новая характеристика объекта как потенциала энергии.

Предназначена для научных и инженерно-технических работников, научно-исследовательских, проектных и строительных организаций, а также преподавателей, аспирантов и студентов строительных вузов.

УДК 691.32(075.4)

ББК 38.33

ISBN 978-5-16-014615-7 (print)
ISBN 978-5-16-107733-7 (online)

© Варламов А.А.,
Римшин В.И., 2019

Оглавление

Предисловие	3
Введение	5

ЧАСТЬ I. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ БЕТОНА

Глава 1. Структура бетона	11
1.1. Классификации структуры бетона	11
1.2. Модели технологии бетонов	18
1.3. Разброс прочности бетона	22
1.4. Нормирование поведения бетона	28
1.5. Деформативные свойства бетона	29
1.6. Продолжительность твердения бетона	30
1.7. Кривая деформирования бетона	31
1.8. Структурный подход к построению модели бетона	36
1.9. Об упаковке (разбивка структуры)	46
Глава 2. Модели механики твердого тела	55
2.1. Пластические деформации	56
2.2. Теория упругой наследственности	68
2.3. Теория старения	70
2.4. Наследственная теория старения	73
2.5. Теория течения	80
2.6. Теория упрочнения	81
Глава 3. Механические модели бетона	85
3.1. Простые механические модели	85
3.2. Комбинированные механические модели	88
3.3. Многоэлементные модели среды	91
Глава 4. Модели механики разрушения	97
Глава 5. Общие модели диаграммы бетона	106
5.1. Первые формы диаграмм	106
5.2. Структурные зависимости	107
5.3. Нормативные зависимости	122
Глава 6. Модели зернистой среды	132
Глава 7. Методы теории подобия	135
Глава 8. Трансформирование диаграмм бетона	142
8.1. Изменение деформаций бетона при нагружении	142
8.2. Зависимости для характерных точек диаграмм	144
8.3. Деформации усадки бетона	149
8.4. Деформации ползучести	150
8.5. Вариант поэтапного расчета сечения	156

8.6. Трансформации диаграмм при изменении температуры.....	159
8.7. Трансформации при многократно-повторном воздействии	160
8.8. Трансформации диаграмм при длительном нагружении	162
8.9. Трансформации диаграмм при неоднородном напряженном состоянии	163
8.10. Использование энергетических соотношений при трансформировании.....	169
8.11. Трансформации при объемном напряженном состоянии	172
8.12. Трансформации при изменении скорости нагружения.....	174
8.13. Трансформации диаграмм в условиях кратковременного нагрева	178

Глава 9. Модели упругого поведения бетона 180

9.1. Общие положения	180
9.2. Модели атомного взаимодействия.....	181
9.3. Линейные деформации	185
9.4. Начальный модуль упругости бетона.....	189
9.5. Структурные модели модуля упругости	191
9.6. Динамический модуль упругости бетона	195
9.7. Изменение модуля при накоплении дефектов	199

Глава 10. Статистические модели 206

ЧАСТЬ II. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ БЕТОНА

Глава 11. Структурные модели бетона 219

11.1. О структуре модели	219
11.2. Простые структурные модели.....	221
11.3. Оценка деформаций модели.....	230
11.4. Деформации объемной призмы.....	232

Глава 12. Моделирование поведения бетона численными методами ... 241

12.1. Модель среды.....	241
12.2. Моделирование поведения призмы из однокомпонентного материала	243
12.3. Модели роста трещин в двухкомпонентной модели.....	247
12.4. Предложения по моделированию деформаций.....	249
12.5. Моделирование упругих деформаций бетона	250
12.6. Моделирование характера разрушения	254
12.7. Влияние структуры на деформации бетона.....	256

Глава 13. Экспериментальные исследования бетона..... 271

13.1. Общая методика изготовления и испытания	271
13.2. Испытания при построении статистической модели бетона.....	272
13.3. Особенности методики испытания при оценке изменения модуля упругости	278
13.4. Результаты испытаний модельного бетона	284
13.5. Особенности методики и результаты исследований зависимости модуля упругости от структуры бетона.....	285
13.6. Оценка структуры бетона	289
13.7. Оценка деформаций бетона для различных случаев напряженно- деформированного состояния.....	289

Глава 14. Построение модели на основе статистической обработки экспериментальных данных	303
14.1. Построение простых двухфакторных моделей поведения бетона	303
14.2. База экспериментальных данных.....	304
14.3. Методика обработки экспериментальных данных	305
14.4. Примеры обработки экспериментальных данных	306
14.5. Факторный анализ базы данных.....	317
14.6. Канонический анализ экспериментальных данных.....	318
14.7. Построение статистических моделей.....	322
Глава 15. Теория деградации.....	334
15.1. Теоретические основы связи энергии и времени.....	334
15.2. Оценка изменения мощности объекта во времени.....	342
15.3. Растущие и убывающие ускорения энергии	344
15.4. Форма кривой потенциала.....	347
15.5. Общий анализ кривых потенциала	352
15.6. Точка начала взаимодействий.....	353
15.7. Скачки на кривой потенциала.....	353
15.8. О распределении мощности во времени.....	355
15.9. О накоплении информации	356
15.10. О гармонических соотношениях.....	358
15.11. О влиянии предшествующих периодов времени на потенциал	361
15.12. Взаимодействие энергий	363
Глава 16. Теория деградации и моделирование поведения бетона	365
16.1. Анализ диаграммы бетона.....	365
16.2. Диаграммы поведения бетона во времени	371
16.3. Энергетические диаграммы	373
16.4. Оценка формы графиков ускорения энергии.....	374
16.5. Совмещенные графики поведения бетона	376
16.6. Упругие характеристики бетона.....	377
16.7. Связь упругой деформации бетона с наибольшими деформациями	379
16.8. Ступенчатое нагружение образца.....	380
16.9. Влияние скорости деформирования на диаграмму	381
16.10. Выбор модели работы бетона	383
16.11. Изменение зоны упругой работы бетона при удлинении загрузки.....	386
16.12. Построение стандартных диаграмм деформирования бетона.....	390
16.13. Конфликт модулей.....	393
16.14. Высокопрочные бетоны, металл, дерево, пластик.....	396
Общие выводы	400
Библиографический список	401