

Система параметрического нормирования в строительстве: формирование и внедрение. Современный международный опыт в области нормирования механической безопасности.

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» - Москва



Кузеванов Дмитрий Владимирович,
Директор НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, kuzevanovd@gmail.com

23 августа 2023 г.

Задачи совместной работы

- Выработка понятий параметрического нормирования
- Выработка методологии параметрического нормирования
- Гибкие варианты достижения нормативных требований
- Ключевые требования для формирования конструктивных решений
- Максимальный учет опыта



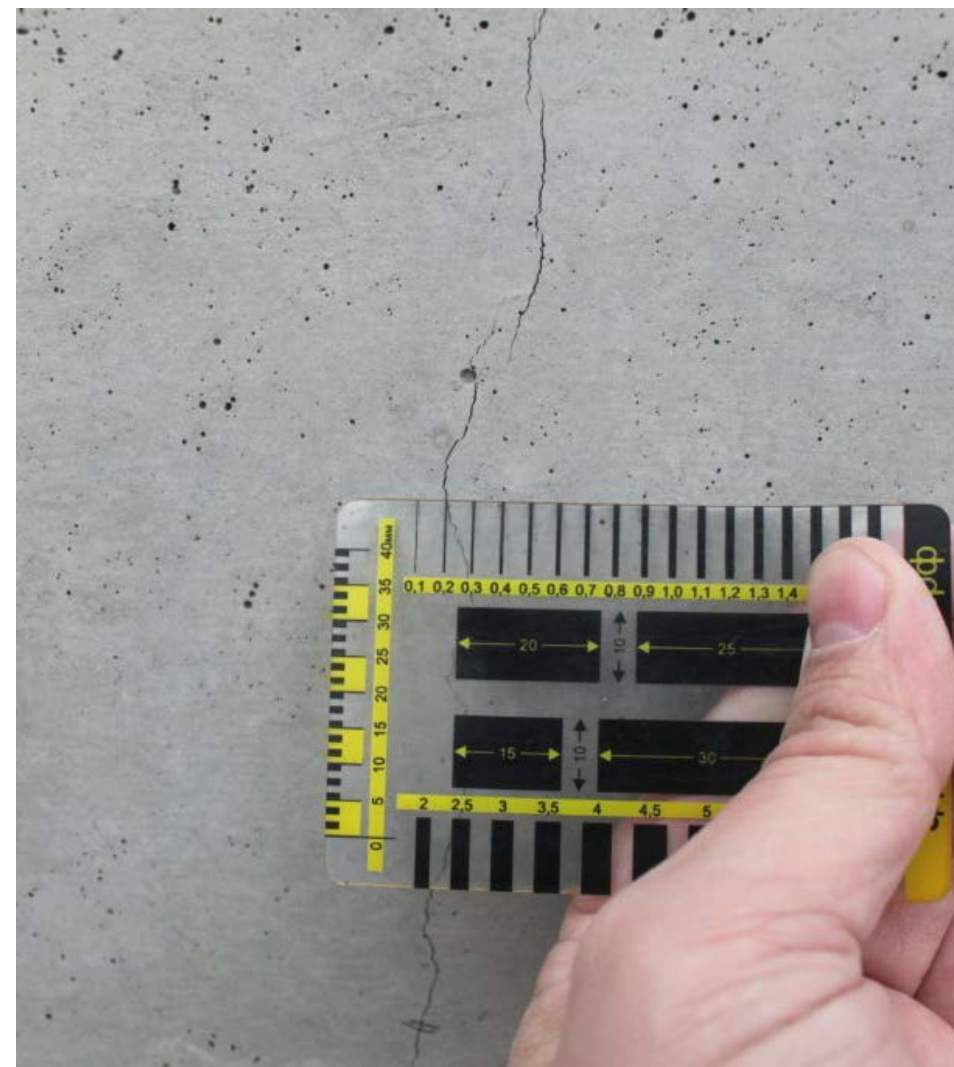
Параметрическое нормирование для ЖБК



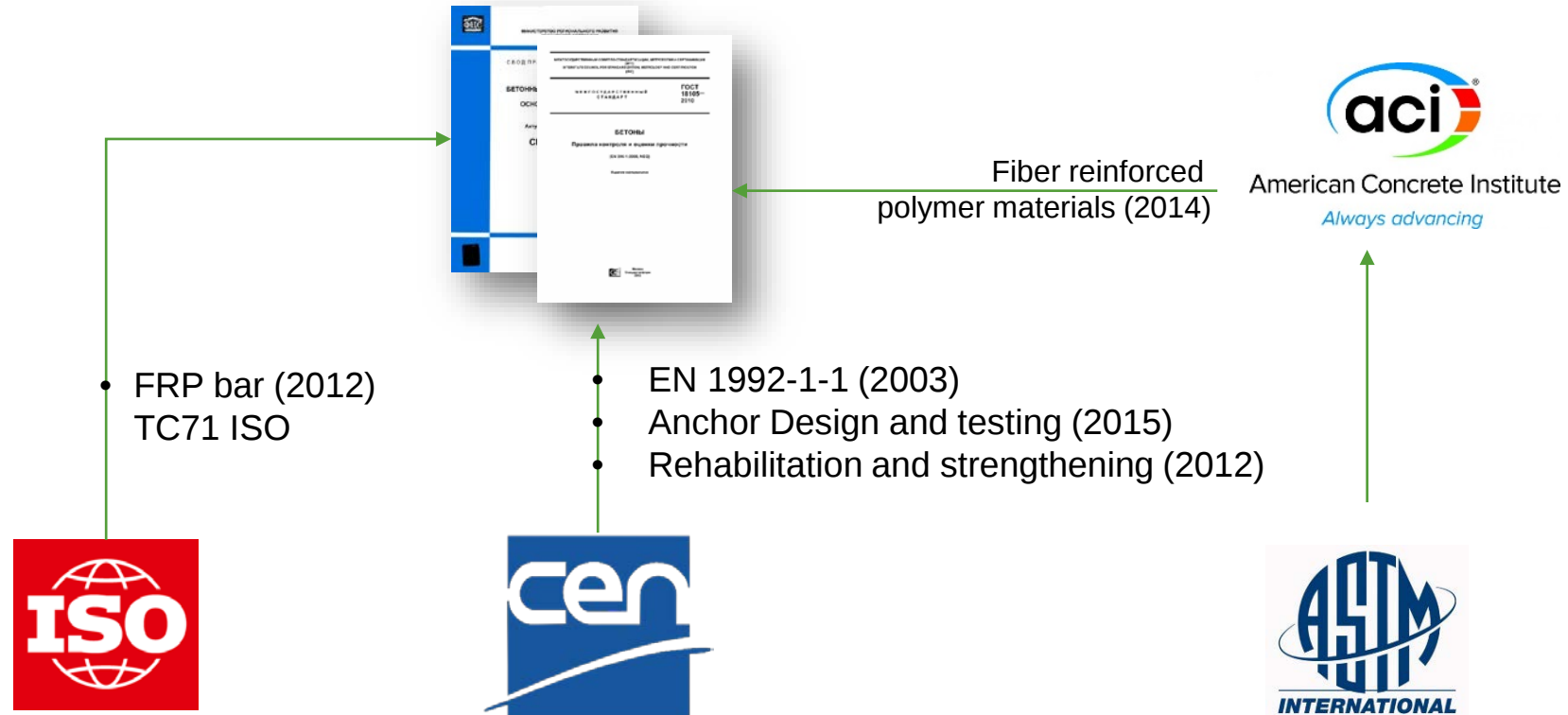
	Минимальная величина защитного слоя бетона, мм в зависимости от агрессивности среды по СП 28.13330			
	Неагрессивная	Слабоагрессивная	Среднеагрессивная	Сильноагрессивная
Сборные конструкции без предварительного напряжения арматуры	15 мм в закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности; 20мм в закрытых помещениях при повышенной влажности;	20	20	25
Сборные предварительно напряженные конструкции	25мм – на открытом воздухе 35мм – в грунте и фундаментах при наличии бетонной подготовки	25	25	25
Монолитные конструкции без предварительного напряжения арматуры	20 мм в закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности; 25мм в закрытых помещениях при повышенной влажности;	25	25	30
Монолитные предварительно напряженные конструкции	30мм – на открытом воздухе 40мм – в грунте и фундаментах при наличии бетонной подготовки	30	30	30
Конструкции при воздействии жидких хлоридных сред	-	20-50мм в зависимости от концентрации хлоридов в условиях воздействия жидких сред на стальную арматуру железобетонных конструкций в открытом водоеме и в грунте по прил.Г СП 28.13330		
Элементы мостовых конструкций без предварительного напряжения арматуры	30 мм – в общем случае; 20мм в плитах высотой менее 30 см и звеньях труб диаметром менее 3м; 40мм – в фундаментах при наличии бетонной подготовки и в наружных блоках сборных опор; 50мм – у наружных поверхностей монолитных опор; 70мм – в фундаментах при отсутствии бетонной подготовки и в ледорезных частях опор			
Предварительно напряженные элементы мостовых конструкций	30-50мм в зависимости от вида конструкции и армирования по табл. 7.29 СП 35.13330			
Монолитные железобетонные покрытия аэродромов	30мм для нижней арматуры; 40мм – для верхней арматуры покрытия.			
Гидротехнические сооружения (монолитные)	30мм (20мм для распределительной арматуры и хомутов)	60мм – для морских гидротехнических сооружений (40мм для распределительной арматуры и хомутов) и для конструкций, работающих в агрессивных условиях		
	60мм - для лицевых поверхностей конструкций и частей сооружений, подвергающихся непосредственному воздействию воды в сочетании с воздействием замораживания-оттаивания, кавитации или истирания наносами и для конструкций в зоне систематического воздействия паров воды;			

Параметрическое нормирование для ЖБК

	Допустимая ширина раскрытия трещин, мм в зависимости от агрессивности среды по СП 28.13330			
	Неагрессивная	Слабоагрессивная	Среднеагрессивная	Сильноагрессивная
Конструкции без предварительного напряжения арматуры	0,30 (0,20 для конструкций с ограниченной проницаемостью)	0,20 (0,15 для жидких сред)	0,10	0,05
Предварительно напряженные конструкции	0,20 (0,10 для арматуры и канатов 1500МПа и выше)	0,10-0,15 (в зависимости от защитного слоя)	-	-
Мостовые конструкции без предварительного напряжения арматуры	0,30 (0,2мм — в элементах пролетных строений железнодорожных мостов, в верхних плитах проезжей части автодорожных и городских мостов при устройстве на них гидроизоляции, в стойках и сваях всех опор, находящихся в зоне переменного уровня воды, а также в элементах и частях водопропускных труб; 0,15мм — в элементах промежуточных опор железнодорожных мостов в зонах, расположенных выше и ниже переменного уровня воды; 0,10мм — на уровне верхней грани в продольных стыках верхних плит проезжей части автодорожных и городских мостов. При расположении мостов и труб вблизи плотин гидростанций и водохранилищ в зоне попеременного замораживания и оттаивания ширина раскрытия трещин в зависимости от числа циклов попеременного замораживания в год должна составлять не более 0,15мм — при числе циклов менее 50 и 0,10мм при числе циклов 50 и более)			
Предварительно напряженные элементы мостовых конструкций	0,20 (0,15 для железнодорожных мостов и в случаях применения высокопрочной проволоки и канатной арматуры)			
Гидротехнические сооружения	0,05-0,50 (в зависимости от параметров конструкции и среды по СП 41.13330)			
ПРИМЕЧАНИЯ:				
1. На момент приемки железобетонных конструкций гражданского назначения рекомендуемое значение допустимой ширины раскрытия трещин не более 0,2мм для конструкций в помещениях и 0,1мм для конструкций без защиты от атмосферных осадков (прил. X СП 70.13330.2017)				
2. При возможной фильтрации через трещины жидкие среды оцениваются как средне- и сильноагрессивные по отношению к стальной арматуре. Защита от коррозии таких железобетонных конструкций должна осуществляться исключением фильтрации совместным применением методов первичной и вторичной защиты.				



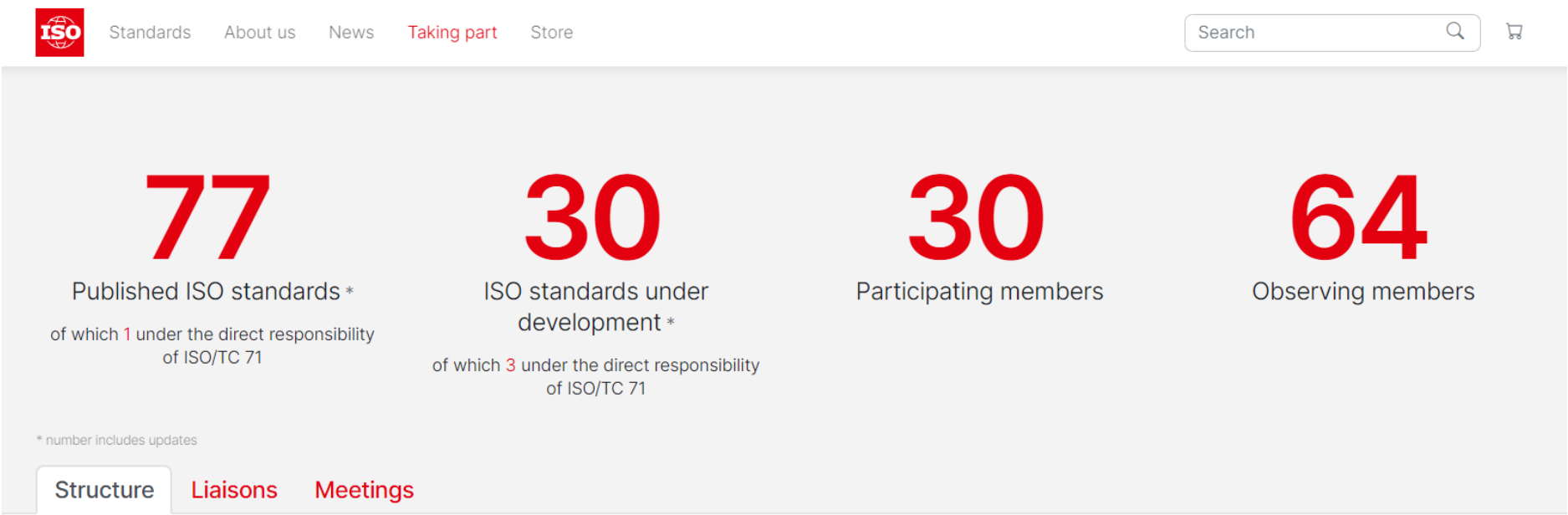
Учет международного опыта в стандартизации ЖБК



Федеральный закон "О стандартизации в Российской Федерации" от 29.06.2015 N 162-ФЗ

- внедрение передовых технологий, достижение и поддержание технологического лидерства
- содействие интеграции Российской Федерации в мировую экономику и международные системы стандартизации в качестве равноправного партнера
- устранение технических барьеров в торговле и создание условий для применения международных стандартов и региональных стандартов

Международный опыт стандартизации (ISO)



Reference ↑	Title	Type
ISO/TC 71/SC 1	Test methods for concrete	Subcommittee
ISO/TC 71/SC 3	Concrete production and execution of concrete structures	Subcommittee
ISO/TC 71/SC 4	Performance requirements for structural concrete	Subcommittee
ISO/TC 71/SC 5	Simplified design standard for concrete structures	Subcommittee
ISO/TC 71/SC 6	Non-traditional reinforcing materials for concrete structures	Subcommittee
ISO/TC 71/SC 7	Maintenance and repair of concrete structures	Subcommittee
ISO/TC 71/SC 8	Environmental management for concrete and concrete structures	Subcommittee



ISO/TC 71/SC 4 "Performance requirements for standards on concrete structures"
Secretariat: GOST R
Committee manager: Ch

ISO 19338 CD con

Document type Rel
Project / Draft Proj

ISO/TC 71/SC 4 N 76

Performance requirements for standards on concrete structures

9.3 Partial safety factors for materials

These safety factors, which are divisors applied to the concrete and steel characteristic strengths, shall take into account the and their *in situ* strength, ties in the prediction of

abilities of concrete and failure mode of interest. nominal resistance, shall

by the use of the following

ro-dimensional, or three-dimensional, shall be verified against

wed.

ersonnel experienced in ghts and the resistances

Performance requirements for standards on concrete structures

1 Scope

This International Standard provides performance requirements for standards on concrete structures. It can be used for international alignment of design, assessment, and construction requirements.

This International Standard includes

- a) principles, which guide the selection of requirements that translate societal and owner's expectations for the performance of the concrete structure,
- a) requirements, which define the required performance of the concrete structure,
- b) criteria, which give means for expressing the requirements, and
- c) evaluation clauses, which give acceptable methods of verifying the specific criteria.

analysis
procedure or algorithm for determination of action effects; acceptable method of evaluating the performance index or verifying compliance with specific criteria of a structure

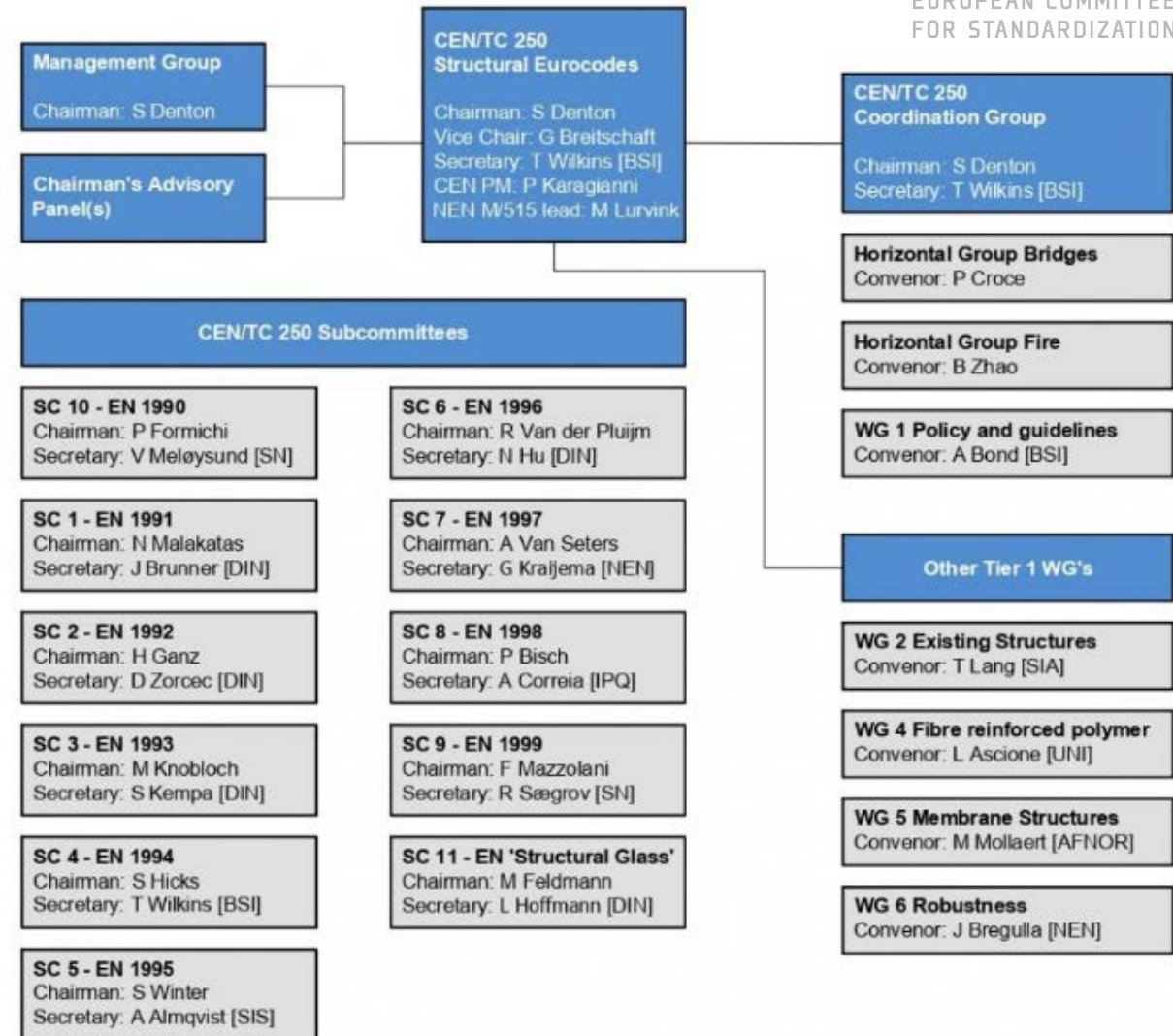
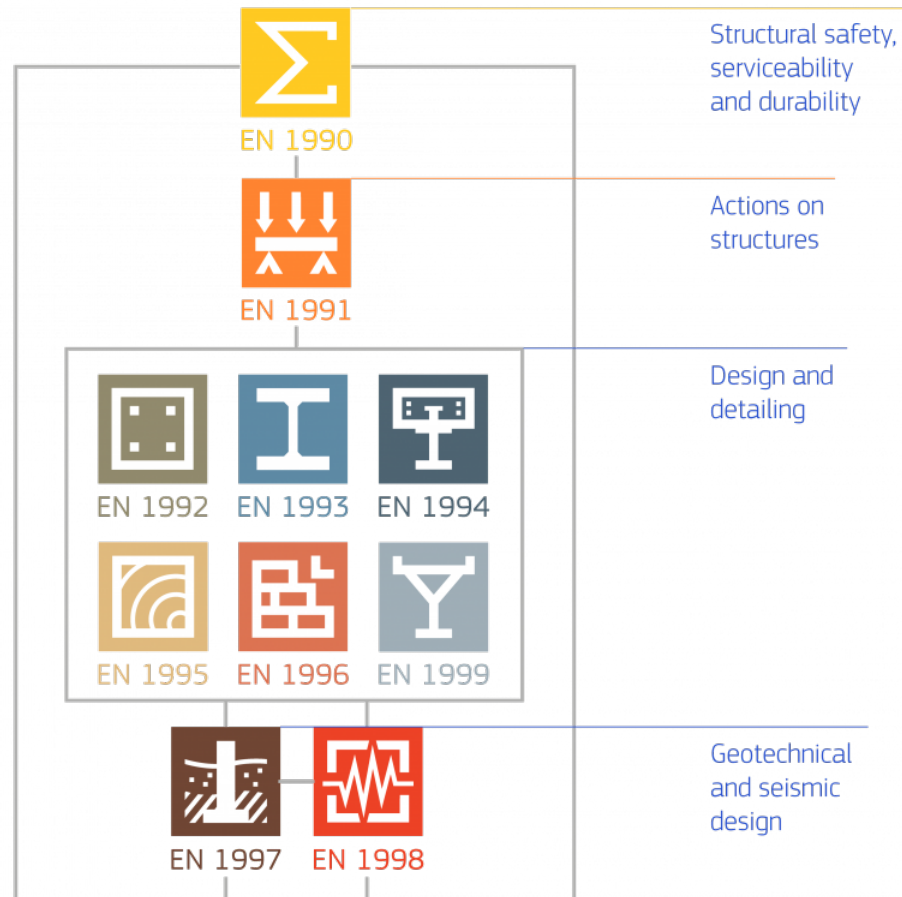
Criteria shall be established so that design resistance exceeds design actions (or their effects). The resistance shall be established to agree with mechanical principles and material behaviour or shall be based on tests.

Международный опыт стандартизации (EN)

Eurocodes 1990-1998



EUROPEAN COMMITTEE
FOR STANDARDIZATION



Eurocode 2

2004

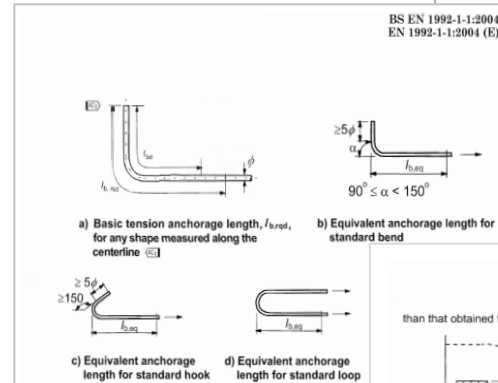
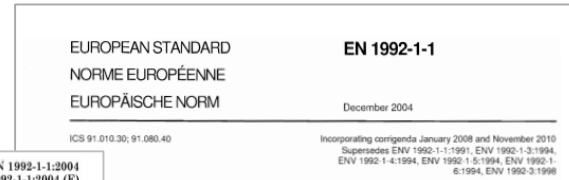


Figure 8.1: Methods of anchorage other than by a straight bar

BS EN 1992-1-1:2004
EN 1992-1-1:2004 (E)

English version
Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

le 2: Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales de règles pour les bâtiments
Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

European Standard was approved by CEN on 18 April 2004.

Users are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation is not official.

BS EN 1992-1-1:2004
EN 1992-1-1:2004 (E)

United Kingdom, France, Portugal, Slovakia,

than that obtained from (1) and (2) above.

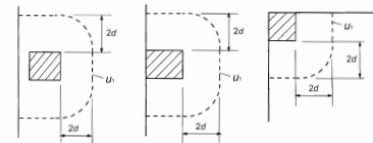


Figure 6.15: Basic control perimeters for loaded areas close to or at edge or corner

(5) For loaded areas situated near an edge or corner, i.e. at a distance smaller than d , special edge reinforcement should always be provided, see 9.3.1.4.

(6) The control section is that which follows the control perimeter and extends over the effective depth d . For slabs of constant depth, the control section is perpendicular to the middle plane of the slab. For slabs or footings of variable depth other than step footings, the effective depth may be assumed to be the depth at the perimeter of the loaded area as shown in Figure 6.16.

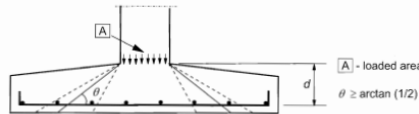


Figure 6.16: Depth of control section in a footing with variable depth

(7) Further perimeters, u_i inside and outside the basic control area should have the same shape as the basic control perimeter.

(8) For slabs with circular column heads for which $l_k < 2h_k$ (see Figure 6.17) a check of the punching shear stresses according to 6.4.3 is only required on the control section outside the column head. The distance of this section from the centroid of the column r_{cont} may be taken as:

$$r_{cont} = 2d + l_k + 0.5c \quad (6.33)$$

where:

l_k is the distance from the column face to the edge of the column head
 c is the diameter of a circular column

2nd Gen

2023
prEN 1992-1-1:2018

Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules, rules for buildings, and civil engineering structures

Type of lap splice	Design lap length ℓ_{sd}	
	Tension laps	Compression laps
straight bars	$\ell_{sd} = \ell_{bd} \geq 20\phi$ where ℓ_{bd} is calculated according to 11.4.2, see also 11.5.3	$\ell_{sd} = \ell_{bd} \geq 17\phi$
bends and hooks (tension only)	$\ell_{sd} = \ell_{bd} \geq 15\phi$ where ℓ_{bd} is calculated according to 11.4.3, see also 11.5.3	-
Loops (tension only)	ℓ_{sd} is calculated according to 11.4.3, see also 11.5.3	-
headed bars	-	-
intermeshed fabric	-	-
layered fabric	-	-
bonded post-installed reinforcement	-	-

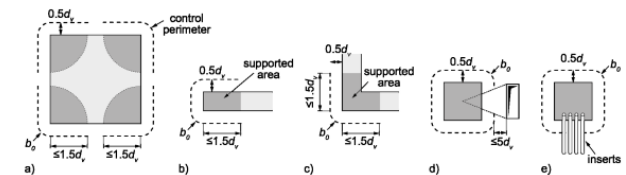


Figure 8.19: Length of control perimeter b_o around large supported areas (a-c) and near openings and inserts (d-e)

(4) The effect of openings or inserts at a shortest distance to the control perimeter $> 5d$, may be neglected. Otherwise, the part of the control perimeter contained between the two tangents drawn to the outline of the opening from the centre of the loaded area should be considered to be ineffective (refer to Figures 8.19d-e).

(5) In the case of slabs with variable depth, control perimeters at a greater distance from the supported area should be checked and the one leading to the lowest strength should be selected. The corresponding shear-resisting effective depth d_i may be determined according to Figure 8.20.

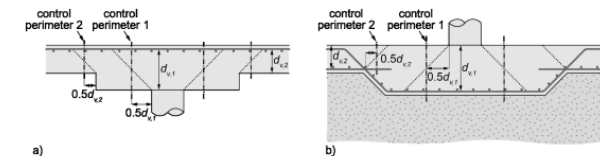


Figure 8.20: Control perimeter and shear-resisting effective depth of slabs with variable depth

(6) The design shear stress τ_{Ed} shall be calculated as:

$$\tau_{Ed} = \beta_s \frac{V_{Ed}}{b_o \cdot d_i} \quad (8.68)$$

where:

V_{Ed} is the design shear force at the relevant control perimeter

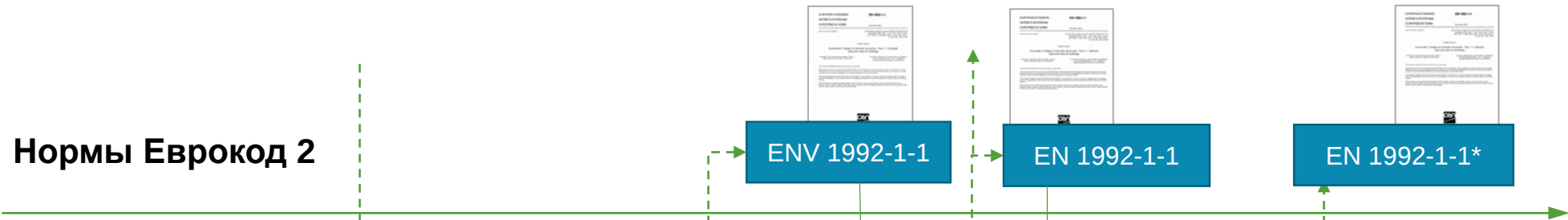
β_s is a coefficient accounting for concentrations of the shear forces as defined in (7-9)

Этапы развития основных нормативных документов по ЖБК

Нормы СССР / Нормы РФ

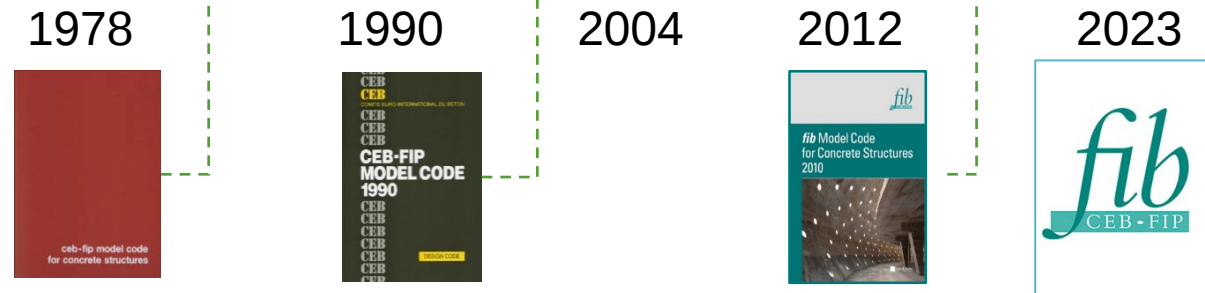


Нормы Еврокод 2



CEB-FIP (FIB) Model Code

СССР присоединился к FIP в 1958, к CEB в 1962



Международная федерация железобетона



FIP Freyssinet Medal

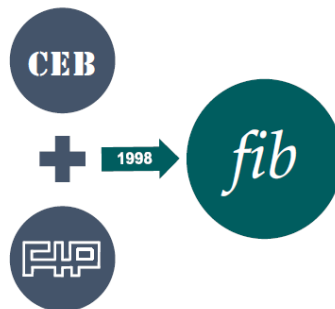
1984 - Konstantin V. Mikhailov (USSR)

1978 - Alexei A. Gvozdev (USSR)

1974 - Victor V. Mikhailov (USSR)

Euro-International
Committee for Concrete
Comité euro-internationale du béton
1953

International Federation
for Pre-stressing
Fédération internationale
de la précontrainte
1952



ModelCode 2020

Общие цели (2016):

- Объединение требований в отношении проектируемых и существующих конструкций
- Ориентир на этапы эксплуатации и практические нужды
- Включение мировых знаний и достижений в области бетона
- Включение современных знаний, а не устаревших общепринятых подходов
- Определение потребностей инженерного сообщества в мире



Разработка MC2020: 2016-2023

Разделы	Название разделов	MC2020	MC2010
		К-во страниц	К-во страниц
Часть I	Область применения и терминология	34	19
Часть II	Основные принципы	78	28
Часть III	Принципы оценки конструктивных характеристик	84	26
Часть IV	Воздействия на конструкции	14	0
Часть V	Исходные данные для материалов	214	78
Часть VI	Исходные данные для границ раздела (контактные задачи)	122	38
Часть VII	Расчет и оценка	560	162
Часть VIII	Производство строительных работ	42	14
Часть IX	Эксплуатация и поддержание в рабочем состоянии	62	20
Часть X	Демонтаж и повторное использование	8	4
ИТОГО в технической части		1218	389
Содействовавшие разработке, примечания, акронимы, предисловие и т.п.		40	32
Указатель		20	13
ВСЕГО		1278	434

fib Model Code
for Concrete Structures
2020

Final draft

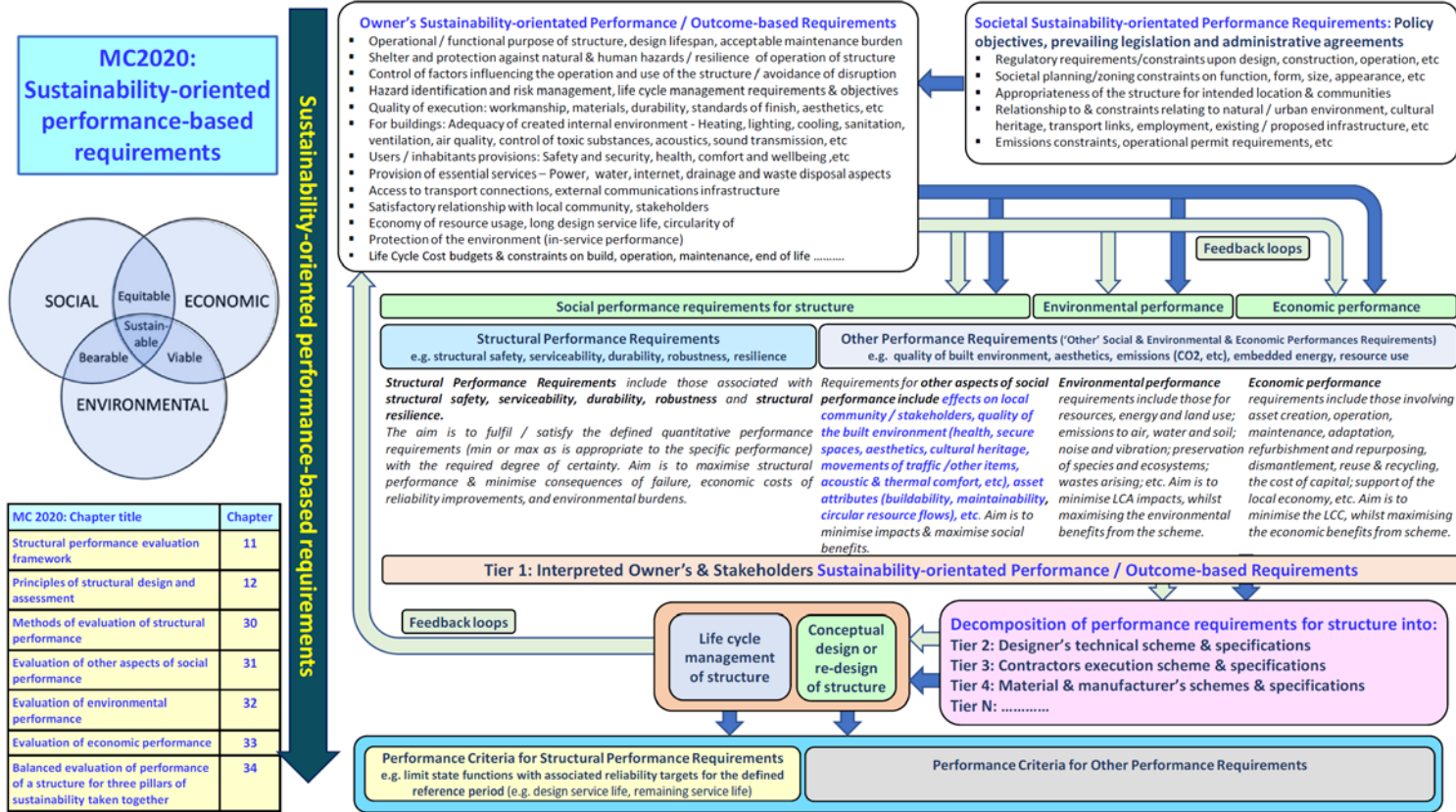
May 2023

Presented at the fib Technical Council and General Assembly 2023 in Istanbul

434 → 1278



Основы функционального и параметрического проектирования



Цели:

Социальные (Надежность, безопасность, эксплуатационная пригодность, долговечность, живучесть) + (социальное влияние, здоровье, общественная безопасность, траффик, акустический и температурный комфорт) + (быстровозводимость, ремонтно-пригодность, оборачиваемость ресурсов)

Экологические (вовлечение вторичных ресурсов, энергоемкость, использование земельного участка, выбросы и загрязнения, шум и вибрация, воздействия на экосистемы)

Экономические (снижение затрат на жизненном цикле)

Параметры механической безопасности:

- Функция предельного состояния
- Требуемый уровень надежности (гарантии)
- Период функциональности (долговечность)

Функции предельных состояний

- Предельные состояния разрушения (ULS) – Ultimate limit state);
- Пригодность к нормальной эксплуатации (SLS – Service limit state);
- Состояния, связанные с долговечностью (CLS - Condition limit states);
- Предельное состояние частичных повреждений (PDLS - Partial damage limit state);
- Предельные состояния живучести (Robustness)

Предельное состояние – состояние, после которого функциональное требование не выполняется

Методы подтверждения и оценки соответствия для функционально ориентированного проектирования (параметрического подхода)

Метод подтверждения	Требования для новых конструкций	Требования для эксплуатируемых конструкций	Ссылка на раздел МС 2020
1. Риск-ориентированный подход	+	В рамках управления жизненным циклом	12.5.2
2. Вероятностный подход	+	+	12.5.3
3. Метод частных коэффициентов надежности	+	+	12.5.4
4. Подход на основе единого коэффициента запаса	+	+	12.5.5
5. Подход соответствия минимальным требованиям	+	В рамках управления жизненным циклом	12.5.6
6. Подход исключения возможности	+	+	12.5.7
7. Подход на основе испытаний и (или) мониторинга	+	+	12.5.8

Методы подтверждения. Долговечность

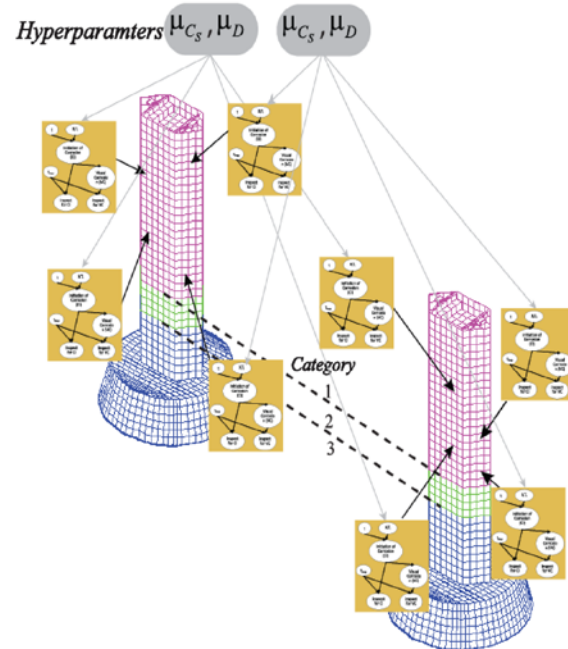
Риск-ориентированные методы



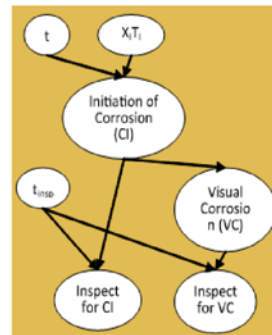
JCSS

Application to the Farø Bridges

Illustration of hierarchical Bayesian probabilistic modeling of Pier 5 & 6 of SF section



Bayesian network for one element:



57

Вероятностные методы



JCSS

Exercise – Concrete corrosion

1. Given the limit state function (LSF) of corrosion initiation ($g_{CI}(t, \mathbf{X})$) and visible corrosion ($g_{CV}(t, \mathbf{X})$) as:

$$g_{CI}(t, \mathbf{X}) = X_I T_I(\mathbf{X}_0) - t$$

$$\text{where } T_I(\mathbf{X}_0) = \frac{d^2}{4D} \left(\text{erf}^{-1} \left(1 - \frac{C_{CR}}{C_s} \right) \right)^{-2}$$

$$g_{CV}(t, \mathbf{X}) = X_I T_I(\mathbf{X}_0) + T_p - t$$

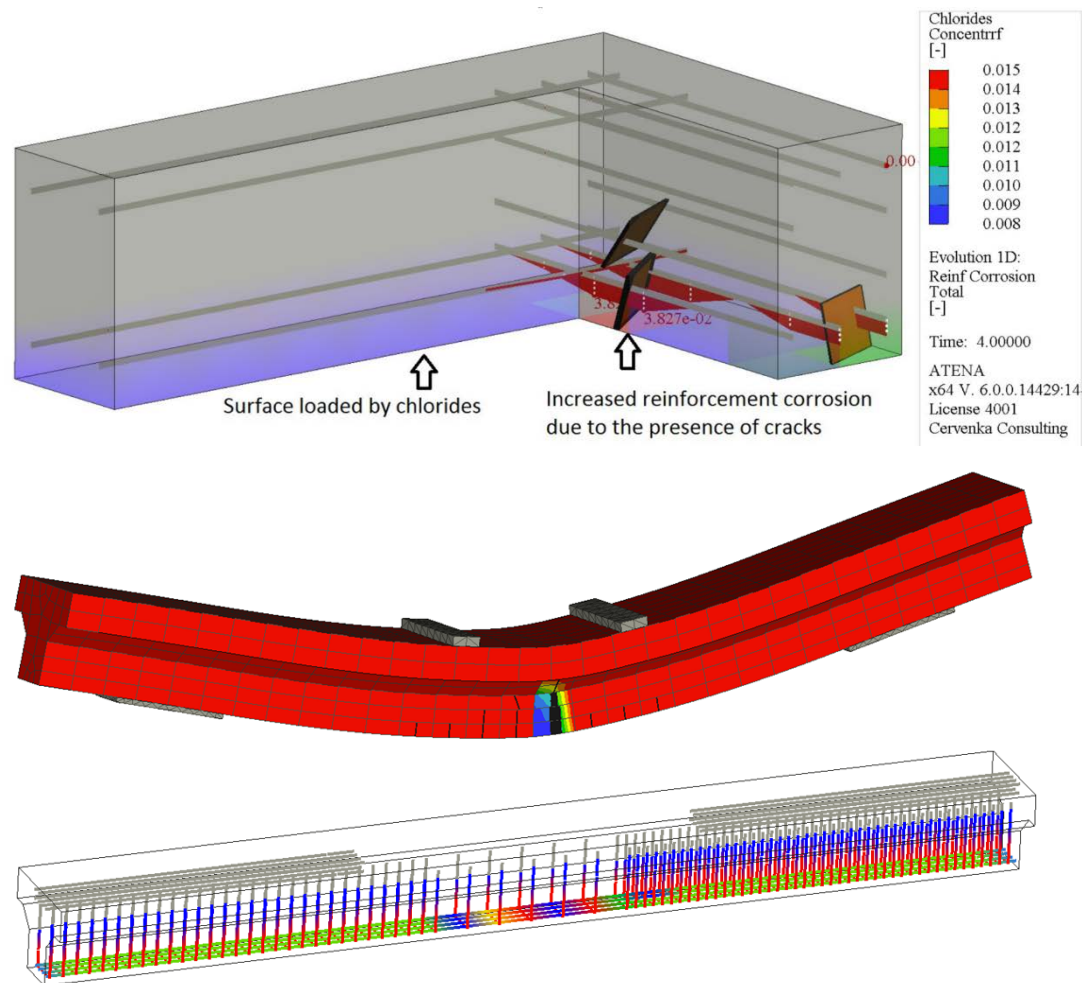
where T_p : the time from corrosion initiation to visible corrosion

Also the modeling of parameters in the corrosion limit state is provided in the following table:

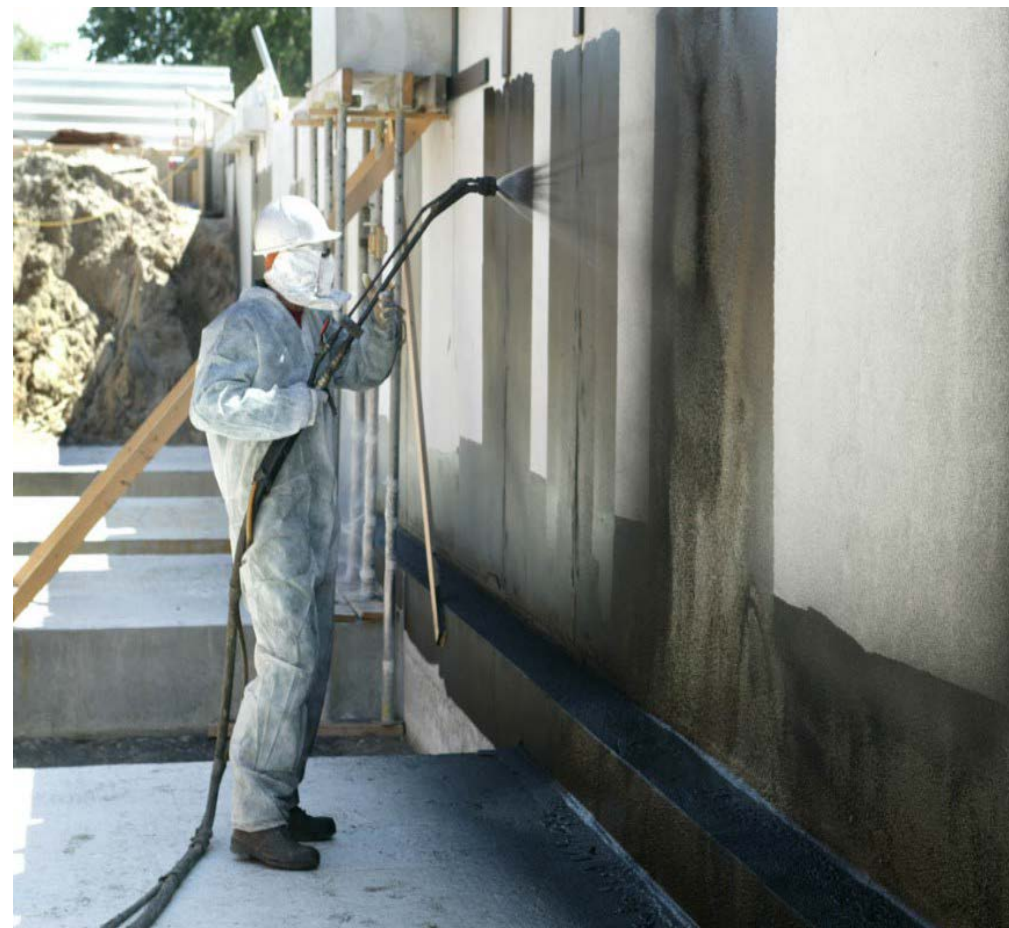
Description (units)	Distribution	Mean value	Standard deviation
Cover thickness (d) (mm)	Log-normal	55.0	11.0
Diffusion coefficient (D) (mm ² /year)	Log-normal	μ_D	10.0
Surface concentration (C_s) (wt.% of concrete)	Log-normal	μ_{C_s}	0.08
Critical concentration (C_{CR}) (wt.% of concrete)	Log-normal	0.15	0.05
Model uncertainty (X_I)	Log-normal	1.0	0.05
Propagation time (T_p) (years)	Log-normal	7.5	1.88
Stat. uncertainty (μ_D) (mm ² /year)	Normal	40.0	4.0
Stat. Uncertainty (μ_{C_s}) (wt. % of concrete)	Normal	0.4	0.04

Методы подтверждения. Долговечность

Единый коэффициент запаса



Предотвращение возможности

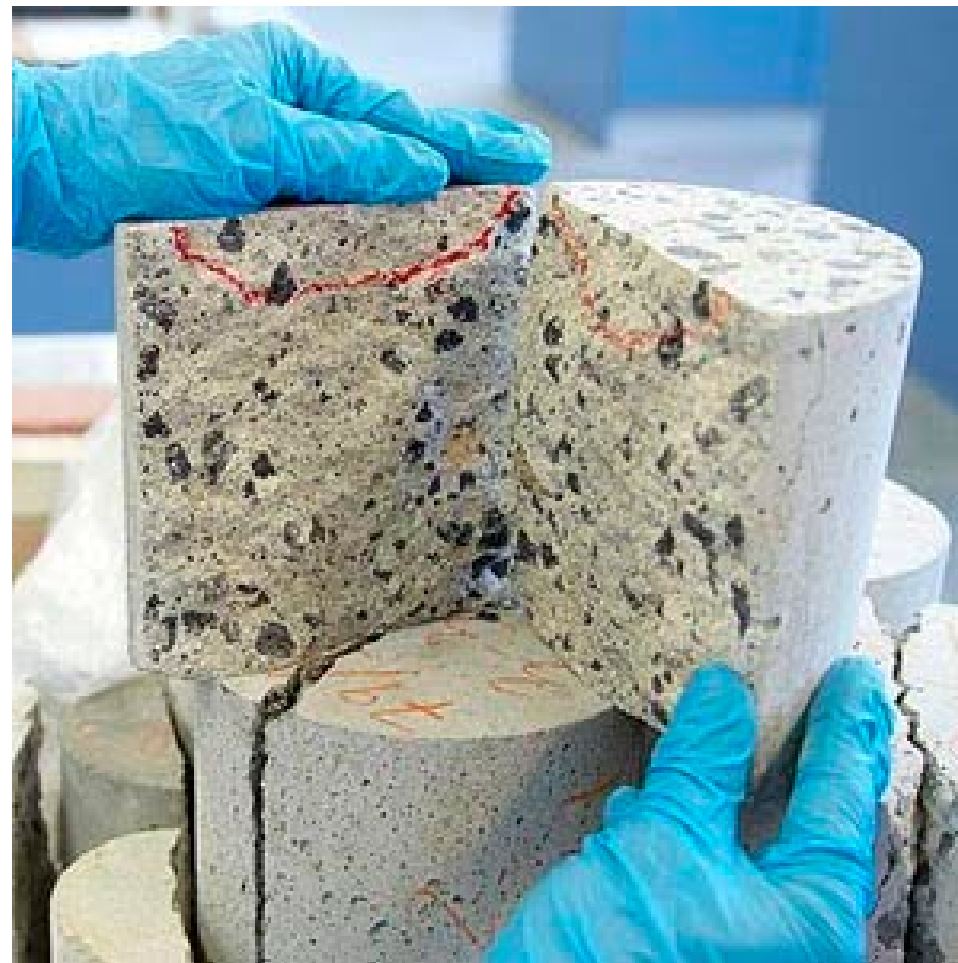


Методы подтверждения. Долговечность

Подход исключения возможности



Соответствие минимальным требованиям



Заключение

Современный международный опыт в области нормирования механической безопасности



НИИЖБ
ИМ. А.А. ГВОЗДЕВА



- Функционально-ориентированное параметрическое проектирование уже закладывается в преднормы и международные стандарты
- MC2020 fib с большой долей вероятности будет являться основой нового поколения международных норм 2030 (опыт fib, ISO, ACF)
- Необходим тщательный анализ и апробация положений вновь разработанного MC 2020 fib и дальнейшее активное вовлечение российских экспертов в международную работу

