

Betonieurokoodin tilanne ja sisältö

Betonitutkimusseminaari 2024
20.11.2024 prof. TkT Anssi Laaksonen



1

Sisältö

- 1) Lähtökohtia
- 2) Valmistelutyö
- 3) EN 1992-1-1:2023 rakenne
- 4) Nostoja muutoksista
- 5) Yhteenveto

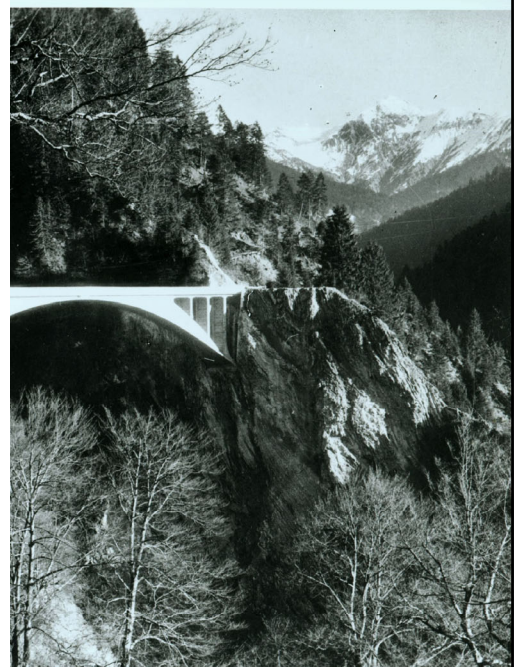


Photo: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv,
Salginatobelbrücke 1930

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenneel/>

2

Rajaus

- Esityksessä keskitytään betonirakenteiden käyttölämpötilan suunnittelua koskeviin osiin.
 - Palo-osaa prEN 1992-1-2 ja kiinnike-osaa EN 1992-4 vain sivutaan tässä yhteydessä
- Esitysaika on varsin lyhyt, niin aiheesta tulee enemmänkin pintaraapaisun kaltainen, aluksi myös filosofista näkökulmaa

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

3

Lähtökohtia

4

Taustaa

- Euroopan komissio hyväksyi 12.12.2012 Eurokoodeja koskevan mandaatin, M/515 "Mandate for amending existing Eurocodes and extending the scope of structural Eurocodes"
- Mandaattia varten oli koottu laajennus-, korjaus- ja täsmennystarpeita jäsenmaiden komiteoilta
- Toisen sukupolven eurokoodit tulee olemaan Eurokoodien käyttöönoton jälkeen suurin muutos rakenteita koskevassa standardisoinnissa, ohjeistuksessa ja lainsäädännössä
- Kuinka paljon asiat muuttuvat, niin riippuu tarkasteltavasta osakokonaisuudesta ja materiaalista, mutta betonin osalta on tulossa paljon muutoksia



11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

5

Mitä standardissa tulisi esittää?

Standardien tulisi olla mm.:

- Mahdollisimman tiivis
- Helposti ymmärrettävissä
- Helposti sovellettavissa jokapäiväisessä suunnittelussa

?!
↔

Standardien tulisi ottaa huomioon mm.:

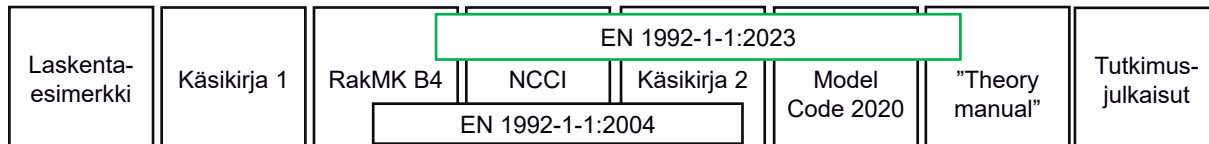
- Viimeisin tieteellinen tutkimus
- Kaikki rakenneratkaisut
- Kattavasti mitoitus- ja laskentamenetelmät
- Kokemus aiemmista suunnittelukäytännöistä

Mitä standardeilta ja ohjeilta odotetaan?

- Suunnittelun käsikirja täydellisine esimerkkeineen
- Tarkka ohje aloitteleville suunnittelijoille
- Yksi standardi kaikille rakenteille

?!
↔

- Ei käytettävissä ilman "Engineering Judgement" ratkaisuja
- Omat standardit erilaisille rakenteille huomioiden erityisnäkökohdat



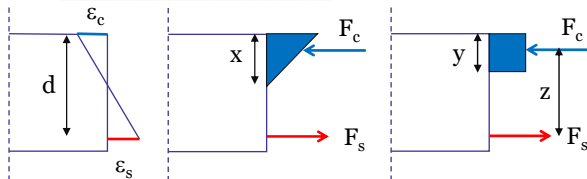
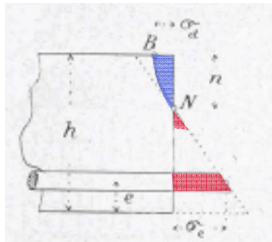
11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

6

Mekaniikan mukainen vai empiirinen malli?

- On insinööriyössä omaksuttavissa mekaniikan avulla
- Voi muodostua käsitys rakenteen toiminnasta
- Mahdollistaa rakenteiden kehittämisen ja mallien soveltamisen

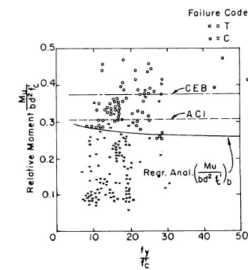
Ritter, W. 1899



$$F_c = 0.8 \cdot b \cdot x \cdot f_c = F_s$$

$$M_R = F_s \cdot z$$

Zsutty, T.C. 1963



$$M_u = 0.431 \cdot b \cdot d^2 \cdot \rho^{0.75} \cdot f_y^{0.9} \cdot f_c^{0.1} \text{ (psi, in)}$$

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

7

Valmistelutyö

8

Aikataulu

- CEN TC 250, EN 1990 sarja, kokonaisaikataulu
 - Tavoitteena on että kaikki Eurokoodit, ~75 osaa, ovat valmiina ja saatavilla **03/2026**
 - Jäsenmaiden takalautu on että kaikki uudet osat on julkaistu viimeistään **09/2027**
 - Aiemmat standardit tulee kansallisesti poistaa viimeistään **03/2028**

- CEN TC 250/SC2, EN 1992, päävaiheet ja aikataulu
 - Standardin laadintaan liittyvät koordinointi (WG1) ja asiantuntijaryhmät (TG ryhmät) käynnistettiin 2012
 - Kahdeksan luonnosversiota osasta EN 1992-1-1 (Drafts D0-D8)
 - Kommentointivaiheessa 2021 (Enquiry) osaa prEN 1992-1-1 kommentoitiin ahkerasti, 4490 kommenttia **9 vuotta**
 - Seuraavat kahdeksan luonnosversiota osasta EN 1992-1-1 (Drafts D10-D17)
 - Osat EN 1992-1-1 ja -1-2 hyväksyttiin 2023 (Formal Vote)
 - Osat 1992-1-1 ja -1-2 on julkaistu SFS:n sivuilla 1.12.2023 **12 vuotta**
 - Molempiin osiin on editoriaalisia korjauksia (Amendment) valmisteilla, julkaisu 2026
 - Eurokoodin käyttöönotto Suomessa 2027-2028? **16 vuotta**

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

9

CEN TC 250/SC2 rakenne ja organisaatio

- KV ryhmien Organisointi EN 1992 päivittämiseksi ja Suomen edustajat

	Anssi Laaksonen	CEN/TC 250/SC 2 Chair: Hans Rudolf Ganz Secretary: Damir Zorcec	
Anssi Laaksonen	CEN/TC 250/SC 2/WG 1 – EN 1992-1-1 Convonor: Mikael Hallgren	CEN/TC 250/SC 2/WG 2 – EN 1992-4 Convonor: Rolf Eligehausen	PT SC2.T1 (2015 – 06/2018) – EN 1992-1-1 PT Leader: Aurelio Muttoni
FRP (hiili/lasikuitu)	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 1 Leader: Konrad Zilch		PT SC2.T2 (2017 – 06/2020) – EN 1992-1-2 PT Leader: Fabienne Robert
FRC (Kuitubetoni)	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 2 Leader: Marco di Prisco	Pentti Lumme	PT SC2.T3 (2017 – 06/2020) – EN 1992-1-1 Items PT Leader: Craig Giaccio
Kantavuuden arviointi	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 3 Leader: Gerrie Dieteren		
Leikkaus/lävistys	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 4 Leader: Josef Hegger	Anssi Laaksonen	
Palo	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 5 Leader: Fabienne Robert		
Rakeneanalyysi	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 6 Leader: Simon Wijte	Anssi Laaksonen	
Kutistuma/viruma	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 7 Leader: Harald Müller		
Väsytyt	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 8 Leader: Paul Jackson		
Sillat	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 9 Leader: Giuseppe Mancini	Anssi Laaksonen	
Durability	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 10 Leader: Mikael Hallgren		

- CEN/TC 250/SC 2: Strategic guidance, supervision, decision taking
- CEN/TC 250/SC 2/WG 1: Coordination & editorial work for revision of Eurocode 2
- Task Groups of WG 1: Providing technical input for work of PTs
- Project Teams: Preparing drafts of future EN 1992-1-1 (T1 & T3) and EN 1992-1-2 (T2) under Mandate M/515

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

10



11


Tampereen yliopisto Nykyisen EN 1992 rakenne

- Nykyinen Eurokoodi 2
 - 5 osaa = EN 1992-1-1; EN 1992-1-2; EN 1992-2; EN 1992-3; EN 1992-4

<p>EN 1992-1-1</p> <p>European Standard NORME EUROPÉENNE EUROPAISCHE NORM</p> <p>EN 1992-1-1</p> <p>Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings</p> <p>225 pp</p>	<p>EN 1992-1-2</p> <p>European Standard NORME EUROPÉENNE EUROPAISCHE NORM</p> <p>EN 1992-1-2</p> <p>Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design</p> <p>97 pp</p>	<p>EN 1992-2</p> <p>European Standard NORME EUROPÉENNE EUROPAISCHE NORM</p> <p>EN 1992-2</p> <p>Design of concrete structures - Concrete bridges - Design and execution</p> <p>95 pp</p>	<p>EN 1992-3</p> <p>European Standard NORME EUROPÉENNE EUROPAISCHE NORM</p> <p>EN 1992-3</p> <p>Design of concrete structures - Part 3: Liquid retaining and containment structures</p> <p>23 pp</p>	<p>EN 1992-4</p> <p>European Standard NORME EUROPÉENNE EUROPAISCHE NORM</p> <p>EN 1992-4</p> <p>Design of concrete structures - Part 4: Design of cast-in-place concrete</p> <p>119 pp</p>
--	--	---	---	---

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
 Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

12

 **Uuden EN 1992 rakenne**

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 1992-1-1

September 2021

ICS 91.010.30; 91.080.40


Widely superseded EN 1992-1-1:2004

English Version

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

Eurocode 2: Bemessung und Ausführung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Regeln - Regeln für Hochbauten, Brücken und Ingenieurbauwerke

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



© 2021 CEN. All rights of reproduction in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref No. prEN 1992-1-1:2021 E

245+158 pp

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 1992-1-2

September 2021

ICS 91.010.30; 91.080.40


Widely superseded EN 1992-1-2:2004

English Version

Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design

Eurocode 2: Bemessung und Ausführung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall

Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design



© 2021 CEN. All rights of reproduction in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref No. prEN 1992-1-2:2021 E

64+10 pp

SFS-EN 1992-4:2018-09

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1992-4

September 2018

ICS 91.010.30; 91.080.40


Supersedes CEN/TS 1992-4-1:2009, CEN/TS 1992-4-2:2009, CEN/TS 1992-4-3:2009, CEN/TS 1992-4-4:2009, CEN/TS 1992-4-5:2009

English Version

Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 4: Design of fastenings for use in concrete

Eurocode 2 - Bemessung und Ausführung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungsgeräten in Beton

Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 4: Design of fastenings for use in concrete




© 2018 CEN. All rights of reproduction in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref No. EN 1992-4:2018 E

102+17 pp

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

13

 **EN 1992-1-1:2023 rakenne - Pääteksti**

Titel	Pages
0-3 Foreword, Scope; Normative references; Terms, definitions and symbols	61
4 Basis of design	5
5 Materials	12
6 Durability and concrete cover	11
7 Structural analysis	19
8 Ultimate Limit States (ULS)	52
9 Serviceability Limit States (SLS)	17
10 Fatigue	4
11 Detailing of reinforcement and post-tensioning tendons	24
12 Detailing of members and particular rules	22
13 Additional rules for precast concrete elements and structures	12
14 Plain and lightly reinforced concrete structures	6

Perusteksti 245 pp

- Perustekstin sisältö ja aihealueet ovat laajentuneet
- Rakenteiden mitoituksen osalta on hyvin paljon uusia malleja otettu käyttöön
- Luku 3, Aiempaan verrattuna termit, määritelmät, symbolit ja lyhenteet ovat yksiselitteisempiä
- Luku 6, Käyttöikä, kokonaan uusi käyttöiän arviointimenetelmä ja nykyinen on esitetty Annex P:ssä
- Luku 8, Murtorajatila, on laajin kokonaisuus perustekstistä sisältäen paljon uutta asiaa, **uusittu kenties noin 80%:sesti**
- Luvut 11-14, myös detaljit ja yksittäiset suunnittelusäännöt ovat muuttuneet paljon

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

14

EN 1992-1-1:2023 rakenne - Liitteet

	Titel	Pages
A	Adjustment of partial factors for materials	8
B	Time dependent behaviour of materials: Creep, shrinkage and elastic strain of concrete and relaxation of prestressing steel	11
C	Requirements to materials (interface to product standards)	9
D	Evaluation of early-age and long-term cracking due to restraint	5
E	Additional rules for fatigue verification	5
F	Safety formats for non-linear analysis	5
G	Design of membrane, shell and slab elements	6
H	Guidance on design of concrete structures for water tightness	4
I	Assessment of Existing Structures	19
J	Strengthening of existing concrete structures with FRP	20
K	Bridges	16
L	Steel Fibre Reinforced Concrete Structures (SFRC)	14
M	Lightweight aggregate concrete structures (LWAC)	3
N	Recycled aggregate concrete structures	3
O	Simplified approaches for second order effects	8
P	Alternative cover approach for durability	3
Q	Stainless reinforcing steel	3
R	Embedded FRP Reinforcement	12
S	Minimum reinforcement for crack control and simplified control of cracking	4

- Liitteistä, 158 sivua, osa on **normatiivisia** ja loput informatiivisia
- Monet kokonaisuudet ovat **uusia** tai niitä on päivitetty merkittävästi, 122 sivua => **paljon uutta asiaa**
- Nykyiseen eurokoodiin verrattuna **uusia materiaaleja**:
 - Annex J/R Vahventaminen kuituvahvistetut polymeerit
 - Annex L Teräskuitubetonirakenne
 - Annex M Kevytsorabetoni
 - Annex N Kierrätetty runkoaine betonirakenteessa
 - Annex Q Ruostumaton raudoite
- Liitteissä on esitetty **uusia tai uudistettuja osa-alueita**:
 - Annex A Materiaalien osavarmuuslukujen kalibrointi
 - Annex C Vaatimukset materiaaleille
 - Annex F Epälineaarisen analyysin varmuustasot
 - Annex G Kalvo-, laatta- ja tasoelementit
 - Annex I Kantavuuden arviointi
 - Annex K Sillat
 - Annex S Vähimmäisraudoitus halkeilulle ja yksinkertaistettu halkeaminen arviointi

Total: 158 pp

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

15

Nostoja muutoksista

16

- Suunnittelussa käytettävät malleissa on tavoiteltu, että ne pohjautuvat niin paljon kuin mahdollista fysikaalisiin malleihin
 - Riippumatta rakenneosasta
 - Riittävän yksityiskohtaisia kantavuudenarviointiin
 - Riittävän yksinkertaisia uusien rakenteiden suunnitteluun
- Pääsääntönä on, että useimmin käytössä olevat mitoitusmenetelmät on annettu pääluvuissa 4-14, joita on laajennettu liitteissä
- Aiempi osa 1992-2 on yhdistetty perusosaan liitteen K avulla
 - Valtaosa mitoitusmenetelmistä on samoja riippumatta käyttötarkoituksesta
 - Siltoihin tarvitaan talonrakennusta laajemmin menetelmiä, kuten käyttöikään liittyen (suolasumurasitus tai sallitut halkeamaleveydet)
 - Kansalliset valinnat siltoja koskien on haluttu liitteen K avulla säilyttää laajempaan kuin talonrakennuksessa
- Aiempi osa 1992-3 on yhdistetty perusosaan
 - Kappaleessa 9 on esitetty halkeamien tarkastelumalleja estettyjen muodonmuutosten tilanteelle
 - Liite D antaa lisäohjeita hydrataatiolämmön vaikutuksiin ja halkeamien arviointiin
 - Liite S antaa yksinkertaistettuja malleja halkeamaleveyksien arviointiin

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

17

- Alkuun on koottu kaikki olennaiset termit ja määritelmät ja on selitetty ne (sivut 19 -31)

3.1.25

effective tension area

concrete area in tension around reinforcement within which the crack opening is effectively controlled by the reinforcement (area of concrete that needs to be subject to tension up to the tensile resistance of concrete to produce a new crack)

- Symbolit on määritetty siten, että yksi kuvaa ainoastaan yhtä asiaa (sivut 31-60)

$\beta_{d,s-t}$	Coefficient describing the evolution with time of drying shrinkage and accounting for the effect of notional size
β_s	Coefficient accounting for concentrations of the shear forces along a control perimeter
β_{Eul}	Euler coefficient
β_{fck}	Coefficient accounting for concrete strength and slenderness, used in the nominal curvature method
β_h	Coefficient accounting for the effect of notional size and concrete strength on the time development of drying creep

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

18

Luku 3, termit, esim. Haat, koukut ja lenkit

2nd gen betonieurokoodin hakojen, koukkujen ja lenkkien termejä ja niiden käännöksiä

links, haat

single leg links yksileikkeinen haka

stirrups, haat (monileikkeiset haat)

open stirrups avoimet haat

closed stirrups umpihaat

hattuhaka

bend taivutus

bent-up bars and headed bars Ylöstaivutetut ja päätyankuroidut tangot

hoops, kierre- ja rengashaat

loops lenkit

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

19

Luku 5, Betonin suunnittelulujuus

- Betonin suunnittelulujuuden määrittämisessä otetaan huomioon lujuuden f_{ck} lisäksi mm. korkeamman lujuusluokan betonimateriaalin hauraampi toiminta η_{cc} avulla ja korkea pitkäaikainen puristusjännitys k_{tc} avulla
- Kaikilla betoneilla kuitenkin saavutetaan raja-arvot 2 ‰ ja 3.5 ‰ taivutuksessa
- η_{cc} kertoimen ja sulkuvaikutuksen (confinement) ansiosta mallien tarkkuus paranee selvästi
- γ_c suositusarvo on 1.5, suuruusluokka 1.4 muodostuu tiukemmilla toleransseilla

$$f_{cd} = \eta_{cc} \cdot k_{tc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad \eta_{cc} = \left(\frac{f_{c.ref}}{f_{ck}} \right)^{\frac{1}{3}} \leq 1.0$$

$\epsilon_{c2} = 2.0 \text{ ‰} \quad \epsilon_{cu} = 3.5 \text{ ‰}$

$$f_{cd.c} = f_{cd} + k_{conf,b} \cdot k_{conf,s} \cdot \Delta f_{cd}$$

$$f_{c.ref} = 40 \text{ MPa (NDP)}$$

(a)

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

20

Luku 6, Durability and concrete cover

- Yksi iso muutos on käyttöikään liittyvä malli, Exposure resistance classes
- Ajatus on, että kuten puristuslujuudelle on betonille luokat, jotka voidaan suunnittelussa määrittää ja ominaisuudet voidaan testata
- Keskittyminen on lähinnä betonipeitteen määrittämisessä
- Nykyinen menetelmä annetaan Annex P:ssä, tällä mahdollisesta Eurokoodien puolesta siirtyminen uuteen menetelmään kun materiaalistandardit ovat valmiina

Table 6.3(NDP) — Minimum concrete cover $c_{min,dur}$ for carbon steel — Carbonation

ERC	Exposure class (carbonation)							
	XC1		XC2		XC3		XC4	
	Design service life (years)							
	50	100	50	100	50	100	50	100
XRC 0,5	10	10	10	10	10	10	10	10
XRC 1	10	10	10	10	10	15	10	15
XRC 2	10	15	10	15	15	25	15	25
XRC 3	10	15	15	20	20	30	20	30
XRC 4	10	20	15	25	25	35	25	40
XRC 5	15	25	20	30	25	45	30	45
XRC 6	15	25	25	35	35	55	40	55
XRC 7	15	30	25	40	40	60	45	60

NOTE 1 The designation of XRC classes for resistance against corrosion induced by carbonation is derived from the carbonation depth [mm] (characteristic value 90 % fractile) assumed to be obtained after 50 years under reference conditions (400 ppm CO₂ in a constant 65 %-RH environment and at 20 °C). XRC has the dimension of a carbonation rate [mm/√(years)].

NOTE 2 The recommended minimum concrete cover values $c_{min,dur}$ assume execution and curing according to EN 13670 with at least Execution Class 2 and Curing Class 2.

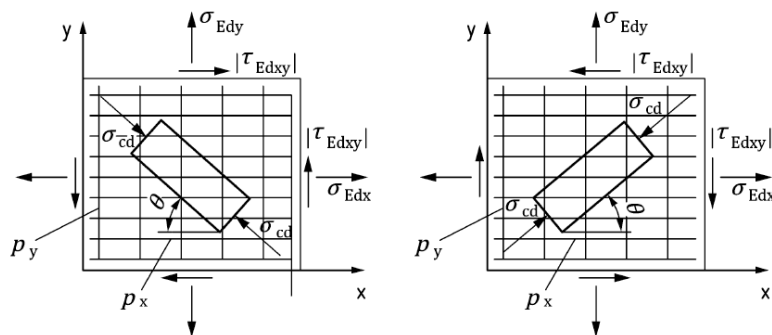
NOTE 3 The minimum covers can be increased by an additional safety element Δc_{dur} , considering special requirements (e.g. more extreme environmental conditions).

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

21

Luku 7, Structural analysis

- Ei isoja muutoksia
- Pilarin yksinkertaiset mitoitusmenetelmät on siirretty liitteeseen O
- Jännevoiman ja -raudoitteen vaikutusten huomioon ottamista on tarkennettu läpi standardin (ulkoisena vai sisäisenä kuormana, vai mukana kestävyudessa raudoituksena?)
- Varmuuden kohdentamiseen epälineaarisisä tarkastelussa on annettu lisäohjeita liitteessä F
- Liitteessä G on annettu taso- ja laattaelementeille täydentäviä ohjeita ja menetelmiä



11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

22

Luku 8, Ultimate Limit States (ULS)

- Taivutusmitoitus on kutakuinkin ennallaan, pl. Korkealujuusbetonit kuten aiemmin tuli esille
- Leikkaus- ja lävistysmitoituksen osalta kuormien vaikutukset ja kestävyys molemmat esitetään jännityksinä
- Uusi leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskestävyyden määrittäminen "Critical-Shear-Crack-Theory (CSCT)" pohjautuen
- Leikkausraudoitetun rakenteen leikkauskestävyyteen on tuotu päivitetty puristusjännityskenttiin perustuva tarkastelu
- Strut-and-tie malli on päivitetty ja samalla on lisätty yksityiskohtaisempia tietoja mm. solmualueista
- Työsauman tarkastelussa mitoitusmalli on päivitetty



Photo: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv, Slab and beam tests, Joistless ceilings (mushroom ceilings). 1908

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

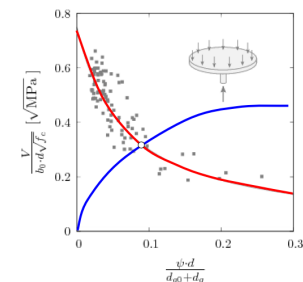
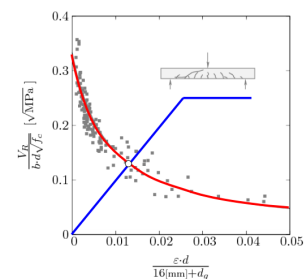
23

Luku 8, Lävistys, CSCT

- Kestävyys riippuu syntyvistä muodonmuutoksista lävistävän alueen yläpuolella
- Yksinkertaisuuden vuoksi tämä murtokriteeri on rinnastettu kiertymään ψ ja siitä seuranneeseen kriittisen halkeaman avautumiseen w .
- Rakennekorkeus d_v vaikuttaa halkeaman avautumisen suuruuteen
- Tästä saadaan että $w \propto \psi \cdot d_v$, eli halkeama on verrannollinen kiertymän ja rakennekorkeuden tuloon
- Jotta ratkaisu on voitu saada suunnittelustandardiin soveltuvaan muotoon, niin mallia on kehitetty useissa eri vaiheissa sekä murtoehdon että kuormituksen ja kiertymän välisen yhteyden osalta
- Kapasiteetti ilmaistaan lopulta lujutena $\tau_{Rd,c}$ mikä kohdistetaan lävistävälle piirille $b_{0.5}$ ja teholliselle korkeudelle d_v . Piirin pituusyksikköä kohden kapasiteetti olisi $V_{Rd,c} = \tau_{Rd,c} \cdot d_v$
- Lujutena ilmaistu lopputulos antaa paremmin käsityksen suuruusluokasta, esim. 0.5...1.5 Mpa (vastaavasti leikkausmitoituksessa)

$$\tau_{Rd,c} = \frac{0.6}{\gamma_v} \cdot k_{pb} \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot \frac{d_{dg}}{d_v} \right)^{\frac{1}{3}} \leq \frac{0.5}{\gamma_v} \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,c} = \tau_{Rd,c} \cdot b_{0.5} \cdot d_v$$



Figures: [Muttoni, Ruiz, Simões, Fraile, Hegger, Siburg, Kueres, **Punching**, Background Document for FprEN 1992-1-1, CEN/TC 250/SC 2 N2087, pages 338 to 357]

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

24

Luku 9, Serviceability Limit States (SLS)

- Halkeamaleveyksien määrittäminen ja myötämisen estäminen on esitetty luvussa 9 ja liitteessä S
- Liitteeseen S on siirretty yksinkertaistetut menetelmät halkeamaleveyksien määrittämiseksi ja suurilla tankojen halkaisijoilla käytettävän pintaraidoitteen määrittämien
- Sallittuihin halkeamaleveyksiin liittyviä taulukkoja on päivitetty, myös paksun betonipeitteen tapauksessa sallitun halkeamaleveyden kasvatus on nyt esitetty
- Taipumien määrittämistä on täydennetty

Table 9.2 (NDP) — Verifications, stress and crack width limits for durability

Exposure Class	Reinforced members and prestressed members without bonded tendons and with bonded tendons with Protection Levels 2 or 3 according to 5.4.1(4)		Prestressed members with bonded tendons with Protection Level 1 according to 5.4.1(4) and pretensioned members.		
	combination of actions		combination of actions		
	quasi-permanent	characteristic	quasi-permanent	frequent	characteristic
X0, XC1	-	-	-	$w_{lim,cal} = 0,2 \text{ mm} \cdot k_{surf}$	-
XC2, XC3, XC4	$w_{lim,cal} = 0,3 \text{ mm} \cdot k_{surf}$	-	Decompression ^b	$w_{lim,cal} = 0,2 \text{ mm} \cdot k_{surf}$	-
XD1, XD2, XD3 XS1, XS2, XS3		$\sigma_c \leq 0,6f_{ck}^{4,c}$	-	Decompression ^b	$\sigma_c \leq 0,6f_{ck}^{4,c}$
XF1, XF3 XF2, XF4	-		-	-	-

NOTE 1 Crack widths are verified at the member surface unless the National Annex gives a different location.
 NOTE 2 The factor k_{surf} considers the difference between an increased crack width at the member surface and the required mean crack width according to durability performance of the minimum cover: $1,0 \leq k_{surf} = c_{act}/(10 \text{ mm} + c_{nom}) \leq 1,5$, c_{act} is a specified actual cover $\geq c_{nom}$ due to detailing or execution reasons.
^a This limitation in serviceability conditions is not necessary for stresses under bearings, partially loaded areas and plates of headed bars.
^b The decompression limit requires that all parts of the bonded tendons or duct lie at least 25 mm within concrete in compression. The decompression check is only relevant in the direction of the prestressed reinforcement.
^c The compressive stress σ_c may be increased to $0,66f_{ck}$ if the cover is increased by 10 mm or confinement by transverse reinforcement is provided.

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
 Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

25

Luku 11, Detailing of reinforcement

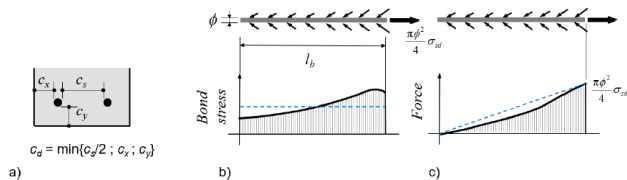
- Tangon ankkurointia ei esitetä enää tartuntajännityksen avulla
- Ankkurointi- ja limijatkospituus esitetään monikertana tangon halkaisijalle

$$\frac{l_{bd}}{\phi} = k_{lb} \cdot k_{cb} \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{435}\right)^{n_\sigma} \cdot \left(\frac{25}{f_{ck}}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{\phi}{20}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{1,5 \cdot \phi}{c_d}\right)^{\frac{1}{2}} \geq 10$$

, jos

$\sigma_{sd} = 435, f_{ck} \geq 35, \phi \leq 32, k_{cb} = 1.0$ ja $c_d \geq 1,5 \cdot \phi$
 , niin

$$l_{bd} = k_{lb} \cdot \phi \approx 50 \cdot \phi$$



NOTE The values in Table 11.1 (NDP) apply unless the National Annex gives different values.

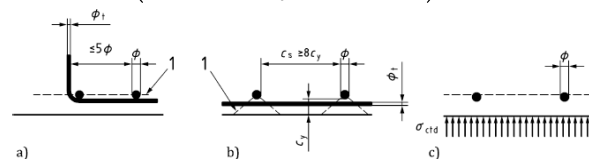
Table 11.1 (NDP) — Anchorage length of straight bars divided by diameter l_{bd}/ϕ

ϕ [mm]	Anchorage length l_{bd}/ϕ							
	f_{ck}							
	20	25	30	35	40	45	50	60
≤ 12	47	42	38	36	33	31	30	27
14	50	44	41	38	35	33	31	29
16	52	46	42	39	37	35	33	30
20	56	50	46	42	40	37	35	32
25	60	54	49	46	43	40	38	35
28	63	56	51	47	44	42	40	36
32	65	58	53	49	46	44	41	38

NOTE The values of Table 11.1 (NDP) are derived from Formula (11.3).

$$c_d = \min\left(\frac{c_s}{2}; c_x; c_y; 3,75 \cdot \phi\right)$$

$$c_{d,conf} = \min\left(c_x; c_y + 25 \frac{\phi_t^2}{s_t}; \frac{c_s}{2}; 3,75 \cdot \phi\right) + \Delta c_d \leq 6 \cdot \phi$$



11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
 Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

26

Luku 12, Detailing of members

- Rakenteellisia ohjeita on koottu taulukoihin, esim. palkkia koskevat ohessa
- Detaljeja on esitetty koottuna, kuten alla hakarautoitteen ankkuroinnista

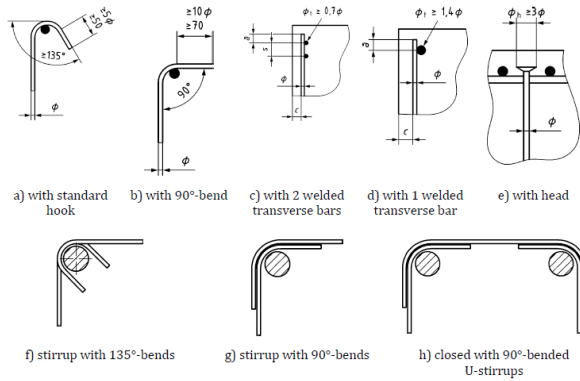


Table 12.1(NDP) — Detailing requirements for reinforcement in beams

	Description	Symbol	Requirement
1	Minimum longitudinal reinforcement, in those parts of the section where tension may occur	$A_{s,min}$	12.2(2), see also 12.2(3), 12.2(6)
2	Minimum shear and transverse torsional reinforcement, when required. Minimum torsion reinforcement should be provided to the full perimeter including features not counted part of the thin walled section.	$\rho_{w,min}$	12.2(4)
3	Minimum bottom reinforcement at inner supports taking account of unforeseen effects at supports		$0.25 A_{s,req}$ span
4	Maximum longitudinal spacing of shear assemblies/stirrups ^a	$s_{max,l}$	$0.75d (1 + \cot\alpha)$
5	Maximum longitudinal spacing of bent-up bars ^a	$s_{max,bu}$	$0.6d (1 + \cot\alpha)$
6	Maximum transverse spacing of shear legs ^a	$s_{max,tr}$	$0.75d \leq 600$ mm
7	Minimum ratio of shear reinforcement in the form of stirrups with respect to the required reinforcement ratio (taking account of unforeseen effect's e.g. compatibility torsion)	$\rho_{w,STR}$	$\geq 0.5\rho_{w,req}$
8	Minimum ratio of torsion reinforcement in the form of closed stirrups with respect to the required reinforcement ratio	$\rho_{w,STR}$	$\geq 0.2\rho_{w,req}$
9	Maximum spacing for torsion assemblies/stirrups (u defined in 8.3.2(2)).	$s_{max,STR}$	$u/8 \leq \min\{b; h\}$
10	Minimum area and spacing of longitudinal surface reinforcement in beams with downstand ≥ 600 mm to avoid coarse cracks in SLS.	$A_{s,web}$ $s_{max, surf}$	9.2.2(6) 300 mm
11	Minimum transverse reinforcement in flanges (those part of flanges where tension in the transverse direction may occur)	$A_{s,min}$	12.2(2) see 8.2.5, Figure 8.13

^a These spacings are consistent with the shear model in 8.2.3. Where alternative models are used alternative spacings may be required.

Yhteenvedo

Yhteenveto

- Eurokoodin betoniosat sisältävät paljon uutta asiaa
- Pyydetyt korjaus- ja täydennystarpeet on otettu varsin hyvin huomioon, etenkin ajatellen hyvin vaihtelevia pyyntöjä eri jäsenmaista
- Uusia mekaniikkaan perustuvia mitoitusmalleja => tosin johtaa monesti malleihin missä on lukuisia tekijöitä ja mallien käyttö voi olla virhealttiimpaakin
- Siltoja koskevat asiat "samassa paketissa" perusosan kanssa => käytettävyydeltään on parannus
- Kehityksessä mukana oleminen on ollut huomattavasti laajamittaisempaa kuin se oli 2008-2010 => ymmärrys taustoista ja perusteista on parantunut

11/20/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakentee/>

29

Kiitos tarkkaavaisuudestanne,
kysymyksiä?

30