



Eurokoodi 2 – Betonirakenteiden suunnittelu, EN 1992-1-1 - Nostoja muutoksista

Siltakonsulttipäivä 2024
29.5.2024 prof. TkT Anssi Laaksonen



1

Sisältö

- 1) Johdanto ja lähtökohtia
- 2) EN 1992-1-1 rakenne
- 3) Teknisiä uudistuksia yleensä
- 4) Teknisiä uudistuksia Annex K



Photo: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv,
Salginatobelbrücke 1930

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

2

Johdanto ja rajaus

- 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



5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

3

CEN TC 250/SC2 rakenne ja organisaatio

- CEN/TC 250/ SC 2 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 Convenor: Mikael Hallgren	CEN/TC 250/SC 2/WG 2 – EN 1992-4 Convenor: 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		
Rakenneanalyysi	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 6 Leader: Simon Wille	Anssi Laaksonen	
Kutistuma/viruma	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 7 Leader: Harald Müller		
Väsytytys	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

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

4

Mitä standardissa tulisi esittää?

Standardien tulisi olla mm.:

- Mahdollisimman tiivis
- Helposti ymmärrettävissä
- Helposti sovellettavissa jokapäiväisessä suunnittelussa

?!
↔

Standardien tulisi ottaa huomioon mm.:

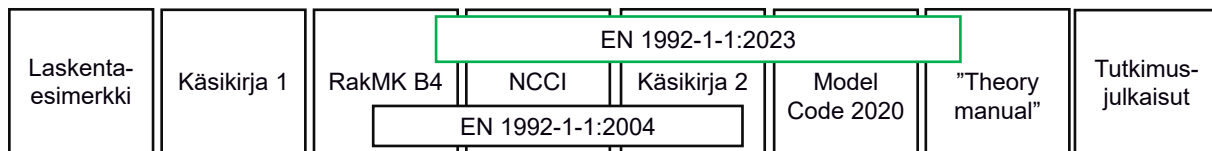
- Viimeisin tieteellinen tutkimus
- Kaikki rakenneratkaisut
- Kattavasti mitoitus- ja laskentamenetelmät
- Kokemus aiemmista suunnittelukäytännöistä

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



5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

5

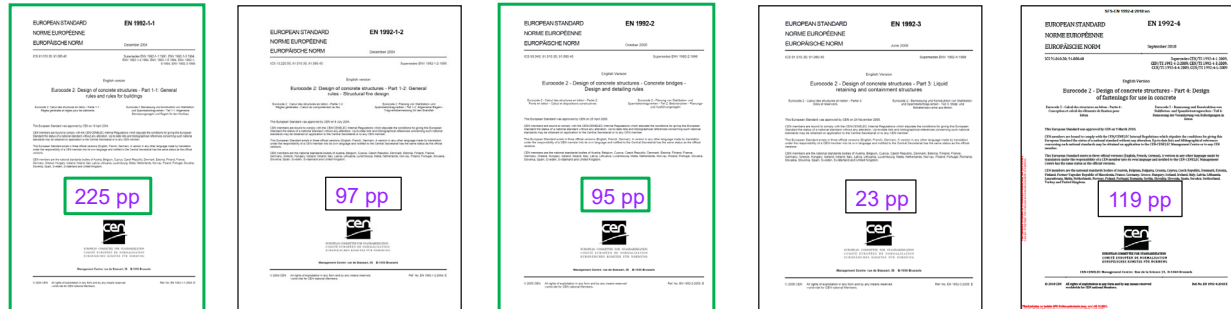
EN 1992-1-1 rakenne

6

Nykyisen EN 1992 rakenne

- Nykyinen Eurokoodi 2

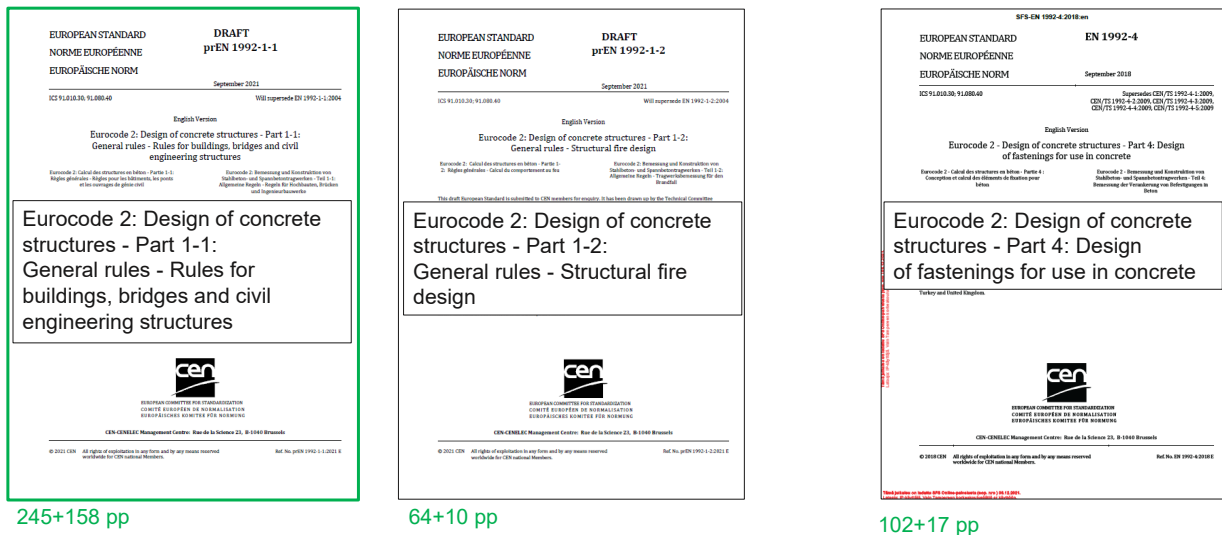
- 5 osaa = EN 1992-1-1; EN 1992-1-2; EN 1992-2; EN 1992-3; EN 1992-4



5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

7

Uuden EN 1992 rakenne



5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

8

prEN 1992-1-1 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

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

9

prEN 1992-1-1 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 => **80% uutta asiaa**
- Nykyiseen eurokoodiin verrattuna **uusia materiaaleja**:
 - Annex J/R Vahventaminen kuituvahvistetut polymeerit
 - Annex L Teräskuitubetonirakenne
 - Annex M Kevytsoorabetoni
 - 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

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

10

Kansalliset valinnat

- EN 1992-1-1:2023 sisältää 102 kansallista valintaa (NDP).
 - Päätekstissä kansallisia valintoja koskevia kohtia on 48 kappaletta
 - Normatiivissa liitteissä, 7 kpl, kansallisia valintoja on 22 kappaletta
 - Informatiivissa liitteissä, 12 kpl, kansallisia valintoja on 32 kappaletta
- Pelkästään nykyisessä EN 1992-1-1 osassa oli 122 valintaa
- Kansalliset valinnat ovat erilaisia kuin aiemmin
 - Ei voida tehdä valintaa "kuten ennen"
- Uudessa standardissa on paljon uusia asioita ja eri standardin osia on yhdistetty
 - NDP arvoja on supistettu merkittävästi
 - Silloille voi laatia kokonaan oman kansallisen liitteen (NA) liitteen K avulla. Muun tekstin 102 NDP:stä tehdä omia valintoja (joista toki jo osa koskee ainoastaan siltoja liitteessä K)
 - Tarvittaneen selkeästi oma kansallinen liite (NA) talorakenteille ja siltarakenteille

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

11

Nostoja teknisistä uudistuksista

12

Yleistä

- Suunnittelussa käytettävät mallit 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 1992-1-1 liitteen K avulla
 - Valtaosa mitoitusmenetelmistä on samoja riippumatta käyttötarkoituksesta
 - Mitoitusmenetelmien käyttöalue on riippumaton 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
 - Siltoja koskien on tarkoitettu laadittavan oma kansallinen liite (NA) ja talonrakennukselle oma kansallinen liite

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

13

Luku 3, Terms, definitions and symbols

- 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)

$\beta_{da,t-t_0}$	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_{Ed}	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

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

14

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

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

$0 \leq \alpha < 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$
Standard 90° bend
suorakulmakoukku

$\alpha \geq 135^\circ$
standard hook
täysi koukku

hook
koukku

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

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

15

Luku 4 (yleensä), Betonin puristuslujuuden käsite

f_c { Tunnistustestaus
Rakennekoekappaleet
Rakenteen toiminta

$f_{c,cyl}$

$f_{c,ais}$

f_c

η_{is}

η_{cc}

Kuljetus
Valutyö
Jälkihoito
etc.

η_{cc} { Korkealujuusbetonin
hauraampi toiminta

Huomioon
ottamattomat tekijät

Varsinainen
 σ - ϵ yhteys

Paikalliset
vaikutukset

Raudoituksen toiminta

Puristusjännityskentän
vaihtelu

Jännityshuiput
Estetyt muodonmuutokset

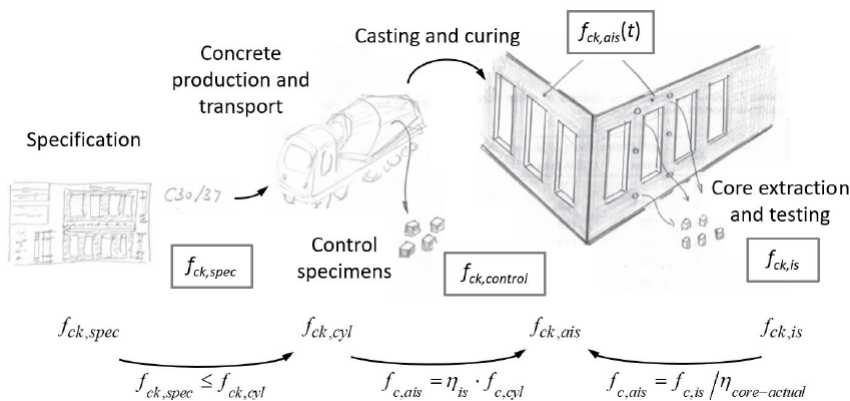
Tyhjättila / liukuma
Raudoitus

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

16

Betonin puristuslujuus

- Puristuslujuus määritellään edelleen käyttämällä standardilieriötä 300 x 150 mm puristuslujuuden perustana
- Suunnittelun $f_{ck,spec}$, seurantakoekappaleiden $f_{ck,cyl}$, rakenteesta määritetyn $f_{ck,is}$ ja rakenteen varsinaisen lujuuden $f_{ck,ais}$ suhteet ovat aiempaa kokonaisvaltaisemmin otettu huomioon
- Myös nämä tekijät on otettu tilastollisina suureina huomioon betonin osavarmuutta määritettäessä



5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

17

Luku 4, Basis of design

- Luku 4 antaa suunnitteluperusteet ja osavarmuuslukujen suositusarvot taulukoituna käyttämällä tavoiteluotettavuuden tasona $\beta = 3.8$
- Kolmas sarake lävistys ja leikkausmitoitukselle
 - Vertaa f_{ck} ja $f_{ck}^{1/3}$
- Annex A antaa menetelmät ja lähtökohdat osavarmuuslukujen kansalliseen asettamiseen ("viranomaiskäyttöön")
- Jännevoimalle / esijännitykselle on osavarmuudet koottu omaan taulukkoonsa

Table 4.3 (NDP) — Partial factors for materials

Design situations — Limit states	γ_s for reinforcing and prestressing steel	γ_c and γ_{cs} for concrete	γ_v for shear and punching resistance without shear reinforcement
Persistent and transient design situation	1,15	1,50*	1,40
Fatigue design situation	1,15	1,50	1,40
Accidental design situation	1,00	1,15	1,15
Serviceability limit state	1,00	1,00	—

NOTE The partial factors for materials correspond to geometrical deviations of Tolerance Class 1 and Execution Class 2 in EN 13670.

* The value for γ_{cs} applies when the indicative value for the elastic modulus according to 5.1.4(2) is used. A value $\gamma_{cs} = 1,3$ applies when the elastic modulus is determined according to 5.1.4(1).

Table 4.2 (NDP) — Partial factors for prestress action for ultimate limit states

Factor for prestress	Value	Applied to	ULS verification type
$\gamma_{p,av}$	1,00	Prestress force for bonded and unbonded tendons	Verifications where an increase in prestress would be favourable
$\gamma_{p,unav}$	1,20		Verifications where an increase in prestress would be unfavourable
$\gamma_{\Delta p, sup}$	0,80	Change in stress in unbonded tendons	Verifications where increase in stress would be favourable
$\gamma_{\Delta p, inf}$	1,20		Verifications where increase in stress would be unfavourable
$\gamma_{\Delta p, sup} / \gamma_{\Delta p, inf}$	1,0		Verifications where linear analysis with uncracked sections, i.e. assuming a lower limit of deformations, is applied

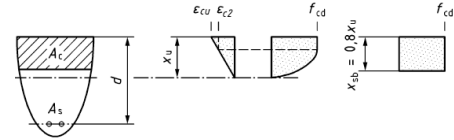
5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

18

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

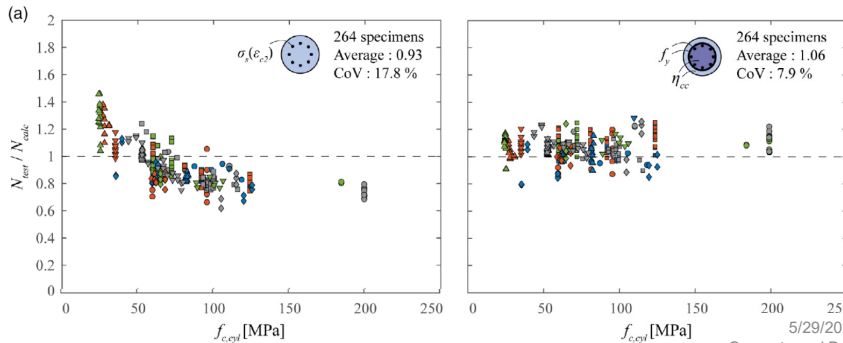
$$f_{cd} = \eta_{cc} \cdot k_{tc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad \eta_{cc} = \left(\frac{f_{c,ref}}{f_{ck}} \right)^{\frac{1}{3}} \leq 1.0$$



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

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

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



5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakentee/>

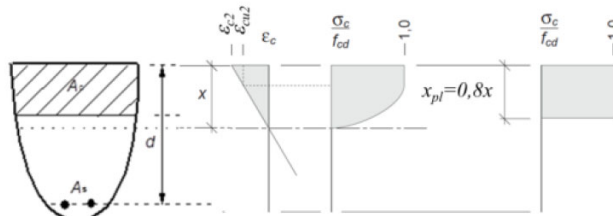
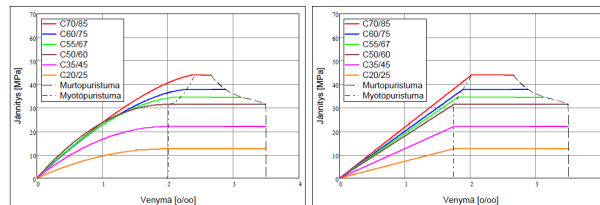
19

Luku 5->8, Betonin σ - ϵ -yhteys taivutuksessa

- Betonin jännitys-muodonmuutosyhteys edellisen taulukon mukaisille arvoille on esitetty seuraavissa kuvissa

$$\sigma_c = f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c2}} \right)^n \right], \text{ kun } 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = f_{cd}, \text{ kun } \epsilon_{c2} \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu2}$$

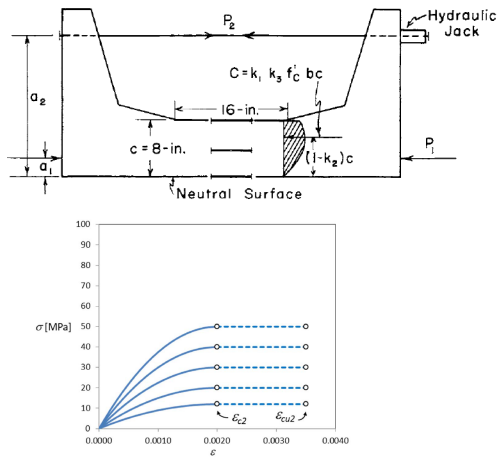


5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakentee/>

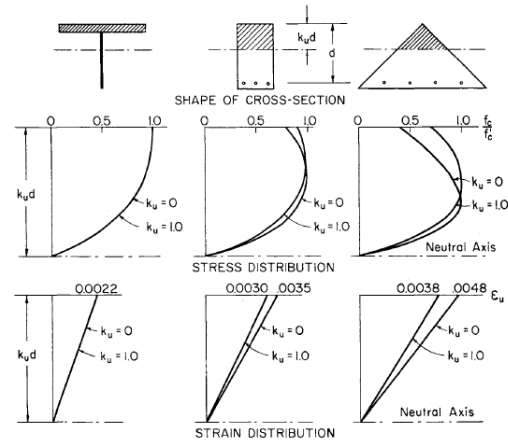
20

Luku 5->8, Betonin σ - ε -yhteys taivutuksessa

Betonin jännitys-muodonmuutosyhteys taivutukselle on saatu kokeellisesti
 $\Rightarrow 2 \text{ ‰}$ ja 3.5 ‰



Mattock ja Hognestad 1961



Rüsch 1960

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
 Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

21

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 CO_2 in a constant 65 %-RH environment and at 20 °C). XRC has the dimension of a carbonation rate [mm/ $\sqrt{\text{years}}$].

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.

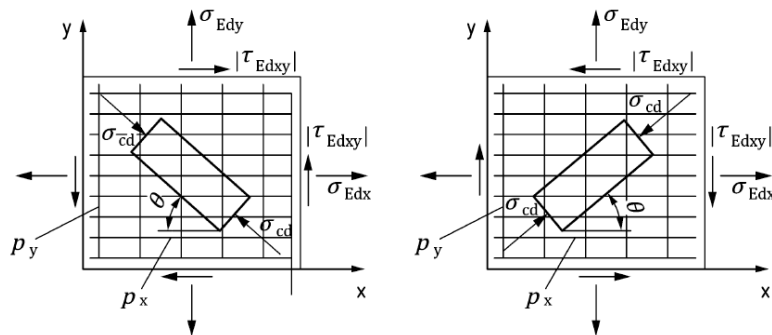
NOTE 3 The minimum covers can be increased by an additional safety element $\Delta c_{dur,y}$ considering special requirements (e.g. more extreme environmental conditions).

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
 Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

22

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 kestävydessä raudoituksena?)
- Varmuuden kohdentamiseen epälineaarisessa tarkastelussa on annettu lisäohjeita liitteessä F
- Liitteessä G on annettu taso- ja laattaelementeille täydentäviä ohjeita ja menetelmiä



5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

23

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

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

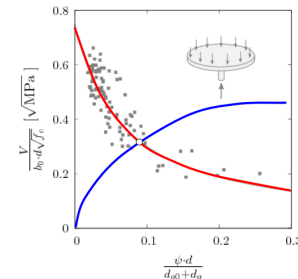
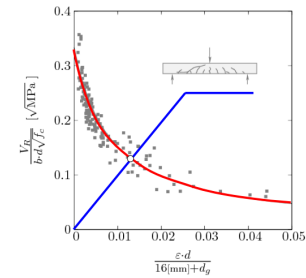
24

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 lujuutena $\tau_{Rd,c}$ mikä kohdistetaan lävistävälle piirille $b_{0.5}$ ja teholliselle korkeudelle d_v . Piirin pituusyksikköä kohden kapasiteetti olisi $V_{Rd,c} = \tau_{Rd,c} \cdot d_v$
- Lujuutena 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, Kueros, **Punching**, Background Document for FprEN 1992-1-1, CEN/TC 250/SC 2 N2087, pages 338 to 357]

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

25

Luku 9, Serviceability Limit States (SLS)

- Halkeamaleveyksien määrittäminen ja myötäämisen estäminen on esitetty luvussa 9 ja liitessä S
- Liitteeseen S on siirretty yksinkertaistetut menetelmät halkeamaleveyksien määrittämiseksi ja suurilla tankojen halkaisijoilla käytettävän pintaraudoitteen 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		$\sigma_c \leq 0.6f_{ck}$ ^{a,c}	—	Decompression ^b	$\sigma_c \leq 0.6f_{ck}$ ^{a,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: $1.0 \leq k_{surf} = c_{act}/(10 \text{ mm} + c_{min,des}) \leq 1.5$.

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.

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

26

Luku 10, Fatigue

- Ei muutoksia juuri lainkaan
- Yksinkertaistetut menetelmät on esitetty kappaleessa 10
- Tarkemmat menetelmät, Palmgren-Miner etc., on esitetty liitteessä E
- Siltoja koskeva I-menetelmä on esitetty liitteessä K

10.4 Simplified verification of reinforcing or prestressing steel

(1) Adequate fatigue resistance may be assumed under tension, if the stress range under the fatigue load combination according to 10.2 with the frequent cyclic load with a maximum of 10^6 load cycles complies with:

a) reinforcing steel bars (for bent bars footnote ^{a)} of Table E.1 (NDP) should be applied):

- $\Delta\sigma_{sd} \leq 90$ MPa unwelded reinforcing bars $\phi \leq 12$ mm;
- $\Delta\sigma_{sd} \leq 73$ MPa unwelded reinforcing bars $\phi > 12$ mm;
- $\Delta\sigma_{sd} \leq 40$ MPa butt and tack welded reinforcing bars $\phi \leq 12$ mm;
- $\Delta\sigma_{sd} \leq 30$ MPa butt and tack welded reinforcing bars $\phi > 12$ mm;
- $\Delta\sigma_{sd} \leq 19$ MPa couplers.

Table E.1 (NDP) — Design parameters for S-N curves for carbon reinforcing steel

Type of reinforcing steel	Diameter	$\Delta\sigma_{rak}$ 5 %-quantile (Test $\sigma_{max} 0.6f_{tk}$)		
		$\Delta\sigma_{rak}$ [MPa]	N^a	stress exponent
Bars ^a	$\phi \leq 12$ mm	160	$2 \cdot 10^6$	5
	$12 \text{ mm} < \phi \leq 16$ mm	140		
	$16 \text{ mm} < \phi \leq 20$ mm	130		
	$\phi > 20$ mm	130		
Tack welded bars ^b and welded fabrics	$\phi \leq 12$ mm	100	3	5
	$\phi > 12$ mm	80		
Couplers ^c	-	35	10^7	3

^a Values for bent parts of bars should be obtained using a reduction factor $\psi = 0.35 + 0.026 \cdot \phi_{bent} / \phi$. The reduction factor ψ may be omitted for shear reinforcement with 90° stirrups $\phi \leq 16$ mm and depth $h \geq 600$ mm.

^b Values for $\Delta\sigma_{rak}$ of tack welded bars apply for a distance of 5ϕ at each side of the weld.

^c Values for couplers apply unless more accurate S-N curves are available and confirmed by testing.

NOTE The 10 % quantile values for material according to Table C.1 and Table C.3 are based on a confidence level of 90 % whereas confidence levels probabilities for design $\Delta\sigma_{rak}$ (5 % quantile values) are 75 % according to EN 1996:2023, Annex D.

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

27

Luku 11, Detailing of reinforcement

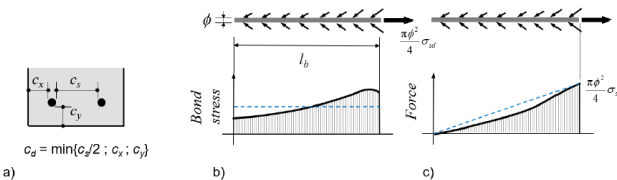
- Tangon ankkurointia ei esitetä enää tartuntajännityksen avulla
- Ankkurointi- ja limijatkospituus esitetään monikertana tangon halkaisijalle

$$\frac{l_{bd}}{\phi} = k_{lb} \cdot k_{cb} \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{435}\right)^{n_\sigma} \cdot \left(\frac{25}{f_{ck}}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{\phi}{20}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{1.5 \cdot \phi}{c_d}\right)^{\frac{1}{2}} \geq 10$$

, 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.

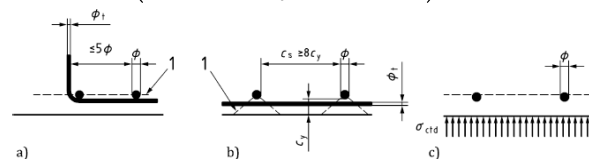
Table 11.1 (NDP) — Anchorage length of straight bars divided by diameter l_{bd}/ϕ

ϕ [mm]	Anchorage length l_{bd}/ϕ							
	f_{tk}							
	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).

$$c_d = \min\left(\frac{c_s}{2}; c_x; c_y; 3.75 \cdot \phi\right)$$

$$c_{d,conf} = \min\left(c_x; c_y + 25 \frac{\phi_t^2}{s_t}; \frac{c_s}{2}; 3.75 \cdot \phi\right) + \Delta c_d \leq 6 \cdot \phi$$



5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

28

Luku 12, Detailing of members

- Rakenteellisia ohjeita on koottu taulukoihin, ks. Palkkia koskevat ohessa
- Detaljeja on esitetty koottuna, kuten alla hakaraidoitteen ankkuroinnista

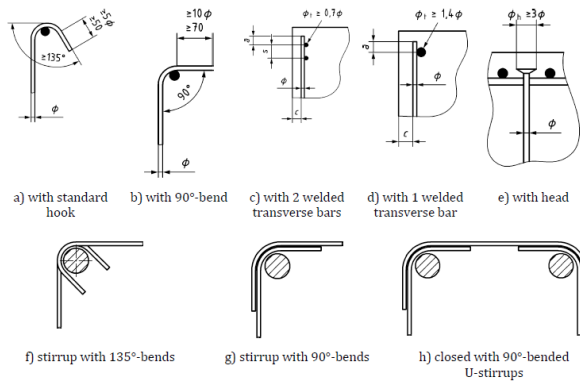


Table 12.1(NDP) — Detailing requirements for reinforcement in beams

	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	$s_{max,tr}$	$0.75d \leq 600 \text{ mm}$
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)	$\rho_{w,shr}$	$\geq 0.5 \rho_{w,req}$
8	Minimum ratio of torsion reinforcement in the form of closed stirrups with respect to the required reinforcement ratio	$\rho_{w,shr}$	$\geq 0.2 \rho_{w,req}$
9	Maximum spacing for torsion assemblies/stirrups (u defined in 8.3.2(2)).	$s_{max,shr}$	$u/8 \leq \min\{b; h\}$
10	Minimum area and spacing of longitudinal surface reinforcement in beams with downstand $\geq 600 \text{ mm}$ 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.

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakentee/>

29

Annex K, Bridges

- Annex K on suhteellisen tiivis ~15 sivua
- Täydennyksiä päätekstiin on annettu esim. seuraavissa asioissa:
 - Kappale 6, suolasumurasituksen ulottuma
 - Kappale 7, esim. pääkannattimen vääntöjäykkyyden huomioon ottaminen
 - Kappale 8, θ ja v arvojen rajoitukset
 - Kappale 9, tiukempien SLS sääntöjen määrittämismahdollisuus
 - Kappale 10, λ -arvot väsytyksimitoitukseen
 - Kappale 11, tiukemmat raudoituksen detaljeja koskevat säännöt
 - Kappale 12, jännitetyn rakenteen vähimmäisraudoitusmäärä haurasmurron estämiseksi
 - Kappale 13, lisäohjeita leikkausmitoitukseen elementtien välisessä työsaumassa

Annex K (normative) Bridges.....	334
K.1 Use of this annex.....	334
K.2 Scope and field of application.....	334
K.3 Terms, definitions and symbols.....	334
K.4 Basis of design.....	334
K.5 Materials.....	334
K.6 Durability and concrete cover.....	334
K.7 Structural analysis.....	336
K.8 Ultimate limit states (ULS).....	336
K.9 Serviceability limit states (SLS).....	336
K.10 Fatigue verification.....	337
K.11 Detailing of reinforcement and post-tensioning tendons.....	346
K.12 Detailing of members and particular rules.....	346
K.13 Additional rules for precast concrete elements and structures.....	348
K.14 Plain and lightly reinforced concrete structures.....	349
K.15 Amendments to Annex G.....	349

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakentee/>

30

Annex K, Bridges

K.5 Materials

(1) In addition to Clause 5, the following paragraphs shall be applied.

(2) In addition to 5.2, the types of reinforcing steel, the maximum bar diameters, the strength classes and the ductility classes may be further restricted.

NOTE The content of 5.2 applies unless the National Annex gives more restrictive provisions.

(2) Instead of 7.1(6), more restrictive rules regarding what stiffnesses may be neglected in analysis and design may be specified.

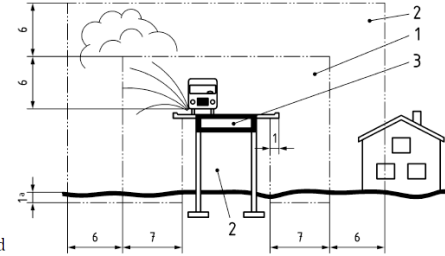
NOTE The contents of 7.1(6) apply unless the National Annex gives more restrictive provisions.

Table K.3 — λ_{c1} values for simply supported and continuous members of railway bridges

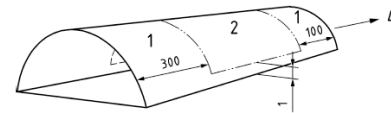
a) Simply supported members				b) Continuous members (interior span)			
	L [m]	STM	HTM		L [m]	STM	HTM
(1)	≤ 2	0.70	0.70	(1)	≤ 2	0.75	0.90
	≥ 20	0.75	0.75		≥ 20	0.55	0.55
(2)	≤ 2	0.95	1.00	(2)	≤ 2	1.05	1.15
	≥ 20	0.90	0.90		≥ 20	0.65	0.70
c) Continuous members (end span)				d) Continuous members (intermediate support area)			
	L [m]	STM	HTM		L [m]	STM	HTM
(1)	≤ 2	0.75	0.80	(1)	≤ 2	0.70	0.75
	≥ 20	0.70	0.70		≥ 20	0.85	0.85
(2)	≤ 2	1.10	1.20	(2)	≤ 2	1.10	1.15
	≥ 20	0.70	0.70		≥ 20	0.80	0.85

STM – standard traffic mix,
HTM – heavy traffic mix
(1) compression zone
(2) precompressed tensile zone

NOTE Interpolation between the given L values according to Formula (K.6) is allowed, with λ_{c1} replaced by λ_{c2} .



a) Road bridges



b) Inside of tunnel

Key

1 Zone I: XD3 + XF4

2 Zone II: XD1 + XF2

3 Zone III: XC3

4 Traffic direction

a Distance to ground surface in a)

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

31

Kiitos huomiosta, kysymyksiä?

32

Aikataulu ja yleistä

- CEN TC 250 Kokonaisaikataulu
 - Kommentointivaiheessa (Enquiry) osaa prEN 1992-1-1 kommentoitiin ahkerasti, 4490 kommenttia
 - Betonin osalta EN 1992-1-1 ja -1-2 ovat jo valmiita
 - Tavoitteena on että kaikki Eurokoodit, ~75 osaa, ovat valmiina ja saatavilla **03/2026**
 - Jäsenmaiden takalauta on että kaikki uudet osat on julkaistu viimeistään **09/2027**
 - Aiemmat standardit tulee kansallisesti poistaa viimeistään **03/2028**
- Sisällön kehityksestä
 - Eurokoodin betoniosat sisältävät paljon uutta asiaa
 - Pyydetty korjaus- ja täydennystarpeet on otettu varsin hyvin huomioon, etenkin ajatellen hyvin vaihtelevia pyyntöjä eri jäsenmaista
 - Kansallisten valintojen (NDP) määrä on laskenut
 - Uusia mekaniikkaan perustuvia mitoitusmalleja => johtaa hankalamman näköisiin yhtälöihin
 - Siltoja koskevat asiat "samassa paketissa" perusosan kanssa => käytettävyydeltään on parannus
 - Kehityksessä mukana oleminen on ollut täysin eri tasolla kuin se oli 2008-2010 => ymmärrys taustoista ja perusteista on selvästi parempi

5/29/2024 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>