



## EN 1992-1-1:2023, Annex K, Bridges

Eurokoodiseminaari 2025, Kalastajatorppa, Helsinki

4.12.2025 prof. TkT Anssi Laaksonen

1

### Sisältö

- 1) Johdanto
- 2) EN 1992-1-1 rakenne
- 3) Annex K, Bridges, yleensä
- 4) Annex K, Bridges, sisältöä
- 5) Viimeisimmät vaiheet ja yhteenveto



12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

2

## Betonisillat

- Suurin osa silloista on betonisia
- Siltojen osalta ympäristöolosuhteet ja raskaat sekä väsyttävät kuormitukset luovat omia tarpeista standardille
- Siltojen kantavuuden arvioiminen ja korjaaminen ovat hyvin keskeisiä toimenpiteitä siltojen ylläpidossa
- On selvää, että standardit antavat pohjan, mutta itse suunnittelu on paljon laajempi kysymys
- Suomessa tyypillisimmät varsinaiset uudet betonisillat ovat teräsbetonisia laattasiltoja tai jännitettyjä palkkisilloja. Lisäksi muissa siltatyypeissä perustukset ja kansilaatat useimmin ovat myös teräsbetonisia
- Infrarakenteissa on myös paljon laajempi joukko erilaisia rakenteita, jotka tulisi myös kattaa siltojen lisäksi



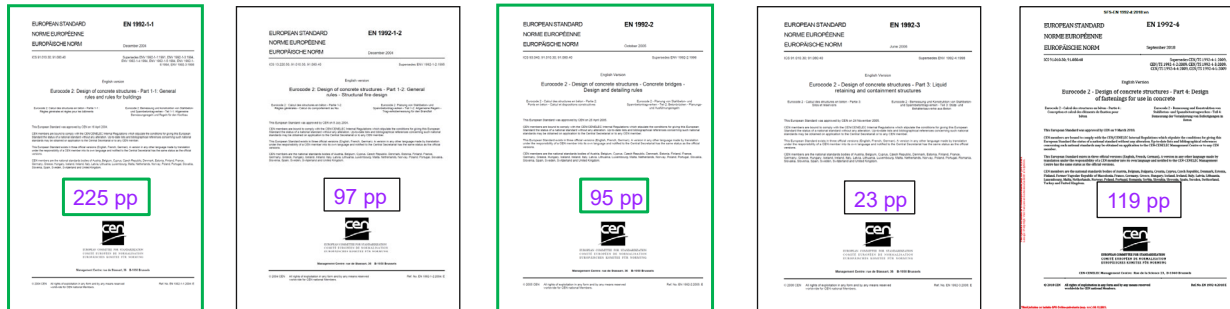
12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

## EN 1992-1-1 rakenne

# Nykyisen EN 1992 rakenne

## - Nykyinen Eurokoodi 2

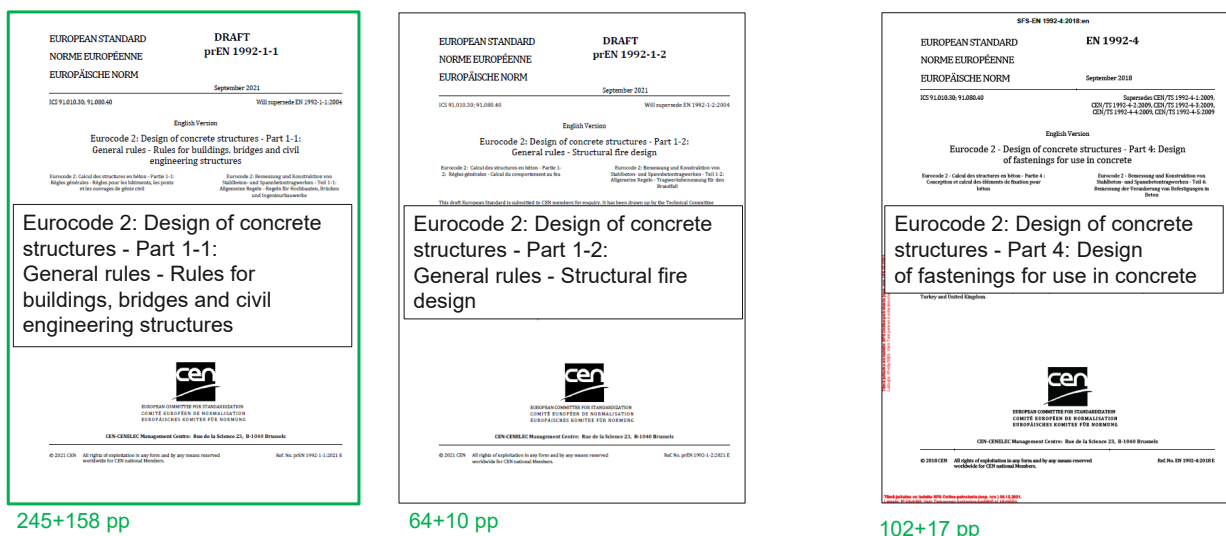
- 5 osaa = EN 1992-1-1; EN 1992-1-2; EN 1992-2; EN 1992-3; EN 1992-4



12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

5

# Uuden EN 1992 rakenne



12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

6

## EN 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

12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

7

## 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 raudote
- 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

12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

8

# Annex K yleensä

9

## Siltoja koskevat materiaaliolosuhteet yleisesti



### EN 1992-1-1:2023

- Aiemmat osat -1-1, -2 ja -3 on yhdistetty yhdeksi uudeksi osaksi -1-1
- Siltoja koskeva Annex K Bridges
- Annex K täydentää päätekstiä -1-1



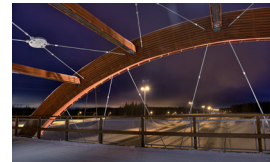
### FprEN 1993-2

- Osa -2 Bridges täydentää perusosaa -1-1
- Sisältää paljon viittauksia muihin EN 1993 osiin



### prEN 1994-2

- Osa -2 Bridges täydentää perusosaa -1-1
- Osa -2 on huomattavasti nykyistä suppeampi



### FprEN 1995-2

- Osa -2 Bridges täydentää perusosaa -1-1
- Monia rakennekohtaisia ohjeita
- Viittaa ja kirjoittaa joitain muiden osien vaatimuksia uudelleen

### EN 1997-1, -2, -3

- Ei omaa osaa silloille, vaan käytetään osia -1, -2 ja -3
- Siltoja koskien joitain, kuten liikuntasaumattomia siltoja koskevia yleisiä ohjeita
- Osa -3 käsittelee rakenteita



10

## Annex K yleensä

- Koska suurin osan perustekstin -1-1 sisällöstä on siltoihin soveltuvaa, niin tällöin erillistä osaa ei katsottu tarkoituksenmukaiseksi (ease of use)
- Siltoja koskien on kuitenkin asioita mitkä eivät ole talonrakennuksessa tarpeellisia
- Vain siltoja koskien on aiemmin ollut joukko sinänsä tarpeellisia suunnittelusääntöjä
- Viranomaiset asettavat eri maissa siltoja koskevia vaatimuksia
- Edellisten perusteella on tehty Annex K samassa yhteydessä kun osa -2 on yhdistetty perusosaan -1-1
- Annex K:n avulla voidaan suoraan valita päätekstin, ja muiden liitteiden, kansalliset valinnat sekä päättää informatiivisten liitteiden käytöstä
- Lisäksi viranomaisella on mahdollista antaa myös muita ristiriidattomia vaatimuksia, mutta niitä ei kirjata itse Eurokoodiin, vaan viranomaisen ohjeisiin. Lisäksi tilaaja voi asettaa vaatimuksia kohdekohtaisesti.

12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

11

## Kansalliset valinnat yleensä

- Perusosa -1-1 sisältää noin 48 kansallista valintaa
- Annex K sisältää noin 44 kansallista valintaa
- Muut liitteet sisältävät yhteensä noin 31 kansallista valintaa
- Yhteensä 19:sta liitteestä 7 kpl on normatiivisia
- Kansalliset valinnat ovat paljolti erilaisia ja koskettavat eri asioita kuin aiemmin, ei voida valita 'kuten ennen'
- Lisäksi valinnat sisältävät kohtia joissa tiettyjä detaljeja ja ratkaisuja ei sallita silloissa käytettäväksi
- Siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä määritetään siis kaikki kansalliset valinnat ja määritellään informatiivisten liitteiden käyttö
- Annex K:n kansallisissa valinnoissa on haluttu mahdollistaa eri maiden tarpeet siltoihin liittyen
- Perusosa -1-1 esimerkiksi antaa verbimuodolla 'may' mahdollisuuden käyttää jotain asiaa tai vaatimusta johonkinajaan asti. Annex K:ssa on annettu joihinkin kohtiin mahdollisuus rajata ehtoa siltoihin soveltuvaksi.
- Valinnat Annex K:ssa ovat pääsääntöisesti joko tiukennuksia päätekstin vaatimuksiin tai siltoja koskevia uusia asioita

} ~ 125 kansallista valintaa

12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

12

# Annex K sisältöä

13

## Sisällysluettelo

- Annex K on suhteellisen tiivis ~20 sivua
- Täydennyksiä päätekstiin on annettu esimerkiksi seuraavissa asioissa:
  - Kappale 4, estettyjen muodonmuutosten huomioon ottaminen
  - Kappale 5, sallittavat raudoitetyypit
  - Kappale 6, suolasumurasituksen ulottuma
  - Kappale 7, pääkannattimen vääntöjäykkyyden huomioon ottaminen
  - Kappale 8,  $\theta$  ja  $v$  arvojen rajoitukset
  - Kappale 9, SLS sääntöjen määrittämismahdollisuus
  - Kappale 10,  $\lambda$ -arvot väsytyksitoitukseen
  - Kappale 11, tiukemmat raudoituksen detaljeja koskevat säännöt
  - Kappale 12, jännitetyn rakenteen vähimmäisraudoitusmäärä haurasmurron estämiseksi
  - Kappale 13, lisäohjeita leikkausmitoitukseen elementtien välisessä työsaumassa
  - Kappale 14, tiukempia ohjeita raudottamattomiin rakenteisiin

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Annex K (normative) Bridges.....                                                 | 3  |
| K.1 Use of this annex.....                                                       | 3  |
| K.2 Scope and field of application .....                                         | 3  |
| K.3 Terms, definitions and symbols .....                                         | 3  |
| K.4 Basis of design.....                                                         | 3  |
| K.5 Materials .....                                                              | 3  |
| K.6 Durability and concrete cover .....                                          | 4  |
| K.7 Structural analysis.....                                                     | 5  |
| K.8 Ultimate limit states (ULS) .....                                            | 7  |
| K.9 Serviceability limit states (SLS) .....                                      | 8  |
| K.10 Fatigue verification .....                                                  | 8  |
| K.10.1 General .....                                                             | 8  |
| K.10.2 General rules using damage equivalent stress range .....                  | 9  |
| K.10.3 Verification for reinforcement using damage equivalent stress range ..... | 9  |
| K.10.4 Verification for concrete using damage equivalent stress range.....       | 14 |
| K.11 Detailing of reinforcement and post-tensioning tendons.....                 | 17 |
| K.12 Detailing of members and particular rules .....                             | 17 |
| K.12.1 General .....                                                             | 17 |
| K.12.2 Minimum reinforcement rules.....                                          | 17 |
| K.12.3 Bridges with external or unbonded internal tendons .....                  | 18 |
| K.12.4 Cable stayed, extradosed and suspension bridges.....                      | 18 |
| K.13 Additional rules for precast concrete elements and structures .....         | 19 |
| K.14 Plain and lightly reinforced concrete structures .....                      | 20 |

14

## K.4, Suunnitteluperusteet

- Estettyjen muodonmuutosten huomioon ottaminen
  - Tukipainumaerot
  - Pintalämpötilaero
  - Kutistuma etc.
- Rakenteen ja maan yhteistoiminta
  - Esim. liikuntasaumattomat sillat

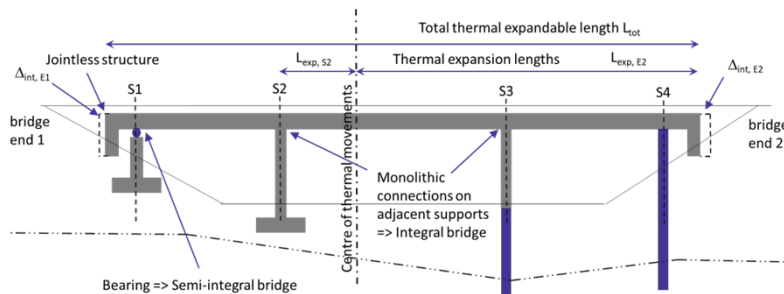
(1) In addition to Clause 4, the following paragraphs shall be applied.

(2) The rules set out in 4.2.1.3(2) under which the effects resulting from restrained, imposed deformations may be neglected at ultimate limit state should be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the rules under which the effects resulting from restrained, imposed deformations may be neglected at ultimate limit state for design of concrete bridges.

(3) The rules set out in 4.2.1.4(1) under which the properties of the ground and the ground-structure interaction shall be taken into account shall be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the rules under which the properties of the ground and the ground-structure interaction shall be taken into account for design of concrete bridges.



12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

15

## K.5, Materiaalit

- Kansallisia valintoja raudotteita ja betonia koskien
- Esim. kevytbetonin rajoittaminen
- Raudoitetyypit ja suurin tankokoko
- Sitkeysluokat
- Hitsaaminen

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

(2) The types of concrete set out in 5.1.1(1) shall be used for design of concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the types of concrete for design of concrete bridges.

(3) The types of carbon reinforcing steel set out in 5.2.1(1) shall be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the use of the types of carbon reinforcing steel for design of concrete bridges.

(4) The maximum diameter of ribbed and indented reinforcing steel set out in 5.2.1(2) should be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the maximum diameter of ribbed and indented reinforcing steel for design of concrete bridges.

(5) The ductility classes of reinforcing steel set out in 5.2.2(1) and Table 5.5 shall be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the ductility classes of reinforcing steel for design of concrete bridges.

(6) The rules for welding of reinforcing bars set out in 5.2.3(1) shall be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the rules for welding of reinforcing bars for design of concrete bridges.

12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

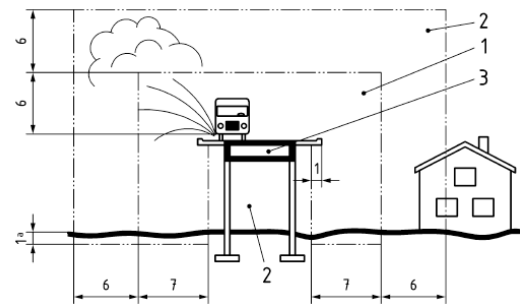
16

## K.6, Käyttöikä

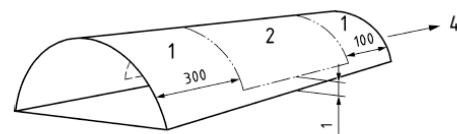
- Suolasumurasituksen vaikutusalue
- Kaksi vyöhykettä aiemman yhden sijasta
- On määritelty tarkemmin eri pinnoille
- Sisältää määrittelyn myös tietunneleille
- Perusosassa -1-1 iso valinta käyttöikämitoituksesta, aiempi 'Deem-to-satisfy rules' vai uusi 'Performance based' malli (ERC luokat) käytössä

### 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) |



a) Road bridges



b) Inside of tunnel

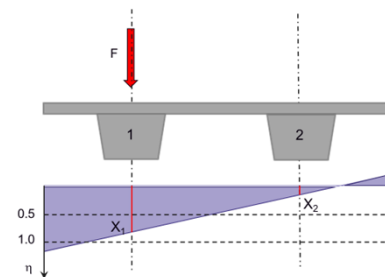
12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

17

## K.7, Rakenneanalyysi

(2) The rules for reducing or neglecting a stiffness or restraint at supports of members in the analysis for both ultimate and serviceability limit states set out in 7.1(6) should be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the rules for reducing or neglecting a stiffness or restraint at supports of members in the analysis for both ultimate and serviceability limit states for the design of concrete bridges.



(6) The procedures to verify the amount of redistribution permitted in linear elastic analysis with redistribution set out in 7.3.2(2) should be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the procedures to verify the amount of redistribution permitted in linear elastic analysis with redistribution for the design of concrete bridges.



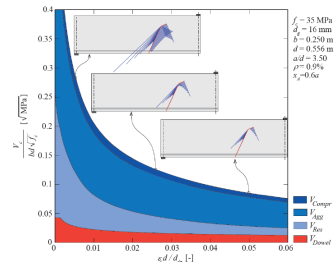
12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

18

## K.8, ULS

(5) The rules on how to determine the minimum shear stress resistance as a function of  $D_{lower}$  set out in 8.2.1(4) should be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the lower limit of  $D_{lower}$  for the design of concrete bridges.

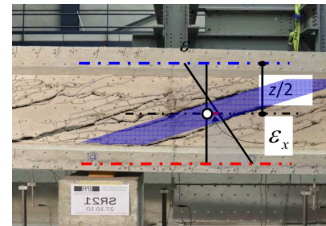


(8) The limits for the inclination of the compression field  $\cot\theta$  in the web carrying shear set out in 8.2.3(4) should be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the range of values of  $\cot\theta$  for the design of concrete bridges.

(9) The value  $v$  when using the angles of the compression field given in 8.2.3(4) set out in 8.2.3(6) should be used for concrete bridges unless restrictions apply.

NOTE The National Annex can specify restrictions on the value  $v$  when using the angles of the compression field given in 8.2.3(4) for the design of concrete bridges.



$$v_1 \approx \frac{1}{1.2 + 80 \cdot \varepsilon_1}$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + (\varepsilon_x + 0.001) \cdot \cot^2 \theta$$

12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

19

## K.9, SLS

- Siltoja koskien sallitut halkeamaleveydet ovat käyttöiän kannalta hyvin tärkeitä
- Aihetta koskeva taulukko on NDP perusosassa -1-1
- Halkeamaleveyksiä ja muita aiheeseen liittyviä kriteerejä esitetään varsin poikkeavasti eri maissa
- Paksun betonipeitteen huomioon ottaminen

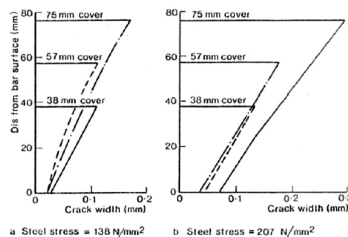


Table 9.2 (NDP) — Verifications, stress and crack width limits for durability

| 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 <sup>b</sup>                                                                                      | $w_{lim,cal} = 0.2 \text{ mm} \cdot k_{surf}$ |                                 |
| XD1, XD2, XD3<br>XS1, XS2, XS3 |                                                                                                                                               |                | —                                                                                                               | Decompression <sup>b</sup>                    | $\sigma_c \leq 0.6f_{ck}^{a,c}$ |
| XF1, XF3<br>XF2, XF4           | —                                                                                                                                             | —              | —                                                                                                               | Decompression <sup>b</sup>                    | $\sigma_c \leq 0.6f_{ck}^{a,c}$ |

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:  $1.0 \leq k_{surf} = c_{act}/(10 \text{ mm} + c_{min,dur}) \leq 1.5$ .

$c_{act}$  is a specified actual cover  $\geq c_{nom}$  due to detailing or execution reasons.

<sup>a</sup> This limitation in serviceability conditions is not necessary for stresses under bearings, partially loaded areas and plates of headed bars.

<sup>b</sup> The decomposition 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 prestressing reinforcement.

<sup>c</sup> The compressive stress  $\sigma_c$  may be increased to  $0.6f_{ck}$  if the cover is increased by 10 mm or confinement by transverse reinforcement is provided.

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:  $1.0 \leq k_{surf} = c_{act}/(10 \text{ mm} + c_{min,dur}) \leq 1.5$ .

$c_{act}$  is a specified actual cover  $\geq c_{nom}$  due to detailing or execution reasons.

<sup>a</sup> This limitation in serviceability conditions is not necessary for stresses under bearings, partially loaded areas and plates of headed bars.

<sup>b</sup> 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.

<sup>c</sup> The compressive stress  $\sigma_c$  may be increased to  $0.66f_{ck}$  if the cover is increased by 10 mm or confinement by transverse reinforcement is provided.

12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

20

## K.10, Fatigue

- Väsymisen osalta uudessa Eurokoodissa esitetään perusosan -1-1 kappaleessa 10 yksinkertainen menettely
- Annex E esittää yksityiskohtaisemman mitoituksen, kuten Palmberg-Miner säännöt
- Annex K sisältää erityisesti siltoja koskevia menetelmiä, kuten  $\lambda$ -menetelmän

$$\Delta\sigma_{s,eq} = \Delta\sigma_{s,Ec} \cdot \lambda_s$$

$$\lambda_s = \varphi \cdot \lambda_{s,1} \cdot \lambda_{s,2} \cdot \lambda_{s,3} \cdot \lambda_{s,4}$$

Table K.3 –  $\lambda_{s,i}$  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  $\lambda_{s,i}$  replaced by  $\lambda_{s,i-1}$ .

12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

21

## K.12, Yksityiskohtaiset säännöt

(1) Brittle failure of bridges due to loss of cross section of prestressing tendons (e.g. due to corrosion) should be prevented. Methods a) or b) below may be applied:

a) Check that the structure with the remaining prestressing has sufficient strength for the traffic load combination. The requirement may be verified by the following procedure:

- 1) Calculate the maximum sagging and hogging bending moments in each span due to the relevant combination of actions,  $M_{Ed}$ .
- 2) Determine the reduced cross-sectional area of prestressing,  $A_{p,red}$ , and corresponding prestressing load resultants that make the tensile stress reach the relevant tensile strength at the extreme tension fibre when the section is subject to  $M_{Ed}$ . Immediate and time-dependent prestressing losses should be taken into consideration.
- 3) Calculate the ultimate flexural capacity,  $M_{Rd,red}$ , of the section with reduced cross-sectional area of prestressing,  $A_{p,red}$ , and ordinary reinforcement using material partial safety factors for accidental design situations.
- 4) Check that  $M_{Rd,red} \geq M_{Ed}$ .

b) Ensure that there is sufficient longitudinal reinforcement to compensate for the loss of resistance when the tensile strength of the concrete is exceeded and the section cracks.

If tensile stresses occur anywhere in the section for the relevant load combination (statically determinated effects of prestressing ignored, but indetermined effects included, see 7.6.1(1)), longitudinal reinforcement should be at least:

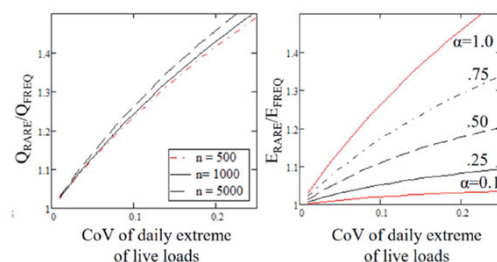
$$A_{s,min} = \frac{M_{rep}}{z \cdot f_{yk}}$$

where

$M_{rep}$  cracking moment with extreme fibre tension reaching the relevant tensile strength for  $s$  without prestressing. At the joint of segmental precast elements  $M_{rep} = 0$ ;

$z$  lever arm at the ultimate limit state related to the reinforcing steel.

NOTE The relevant load combinations for determining  $M_{Ed}$  and for checking whether tensile stresses occur are the frequent combination and the characteristic combination, respectively, and  $f_{cm}$  is the relevant tensile strength of concrete unless the National Annex gives different combinations and tensile strengths.



12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

22

## K.12, Yksityiskohtaiset säännöt

(1) For stay cables, extradosed cables and hangers for cable supported members and structures, the general provisions of EN 1990:2023, A.2, should be applied.

(2) For ultimate limit state verifications, the design value of tension resistance should be assumed in accordance with EN 1993-1-11.

(3) In addition to 10.4(1), for prestressing cables which extend above or below the bridge deck and in which:

- the variations of tensile stress under frequent traffic loads are less than 100 MPa;
- the vibrations caused by wind are negligible;

the maximum tensile stress under the characteristic combinations at SLS should be:

$$\begin{aligned} \max \sigma_{\text{cable}} &\leq 0,60 \sigma_{\text{uk}} && \text{if } \Delta \sigma_{\text{freq}} \leq 50 \text{ MPa} \\ \max \sigma_{\text{cable}} &\leq 0,46 \cdot \left( \frac{\Delta \sigma_{\text{freq}}}{140 \text{ MPa}} \right)^{-0,25} \cdot \sigma_{\text{uk}} && \text{if } 50 \text{ MPa} < \Delta \sigma_{\text{freq}} \leq 100 \text{ MPa} \end{aligned}$$

where

$\sigma_{\text{uk}}$  is the characteristic breaking strength of the cable:  $\sigma_{\text{uk}} = F_{\text{uk}}/A_m$ ;

$\Delta \sigma_{\text{freq}}$  is the variation of the tensile stress under frequent traffic loads.

(4) When cables are used as hangers to suspend the deck of bow-string bridges, the sequence of tensioning and the level of pretensioning after losses should ensure that under the characteristic combination at SLS a residual stress of at least 100 MPa is present in all hangers.

- 1) Post-tensioned concrete girder
- 2) Box-girder with external tendons
- 3) Extradosed bridge
- 4) Cable stayed bridge

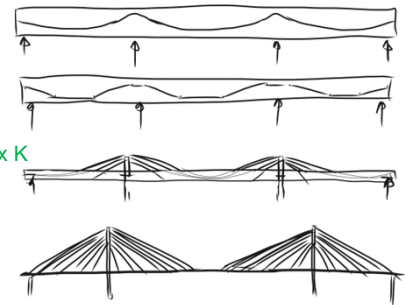
EN 1992-1-1, K.7

+

EN 1992-1-1, Annex K

...

EN 1993-1-11

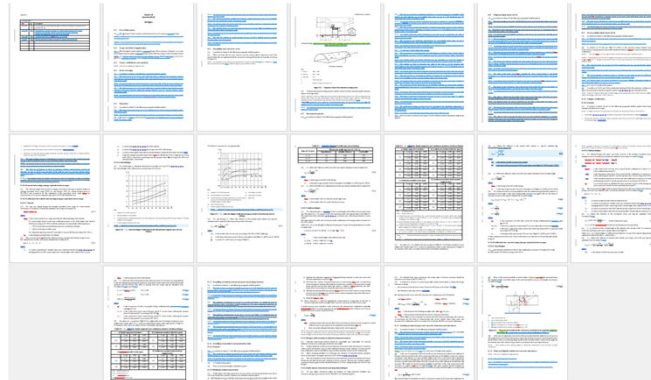


12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

# Viimeisimmät vaiheet ja yhteenveto

## Viimeisimmät kehitysvaiheet

- Osan -1-1 Formal Voten aikana 2022 ilmeni, että useat isot maat vastustavat Annex K:ta
- Syynä oli liitteen erilainen kirjoitustapa ja tulkinnanvaraisuus
- Tästä syystä Annex K on tehty paljon muutoksia, ja avattu uusia kansallisia valintoja (ohessa sinisellä muutokset liitteestä)
- Tämän työn seurauksena liitteeseen tuli 30 uutta NDP:tä
- Sisältö on nyt yleisesti hyväksyttävissä eri maiden osalta



12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

25

## Kansallisten valintojen tilanne

- Ohessa esitetty alustavista siltojen kansallisista valinnoista värikartan avulla yleistilanne
- Vihreällä on esitetty jos alustava valinta on suositusarvojen mukainen ja sinisellä jos on tehty poikkeava valinta
- Lisäksi on työn alla olevia valintoja tai joita ei sillanrakennuksessa tarvita
- Verrattuna ensimmäisten Eurokoodin käyttöönottoon vuonna 2010 ja nykyiseen ohjeistukseen isompi osa alustavista valinnoista ovat suositusarvoin => Eurokoodin kehitystyö ja sen sisältöön vaikuttaminen on tuonut tulosta

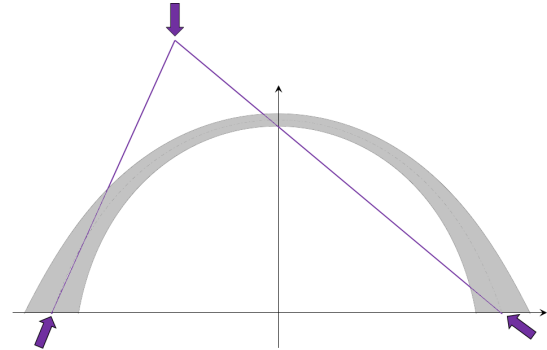
|            |            |             |             |
|------------|------------|-------------|-------------|
| 4.2.1.5(3) | 4.3.1(1)   | 4.3.2(1)    | 4.3.2(2)    |
| 4.3.3(1)   | 4.3.3(4)   | 5.1.3(3)    | 5.1.4(2)    |
| 5.1.5(4)   | 5.1.6(1)   | 5.1.6(2)    | 5.2.1(5)    |
| 5.2.2(1)   | 5.3.1(3)   | 5.3.2(1)    | 5.4.1(1)    |
| 6.3(3)     | 6.3(5)     | 6.4(1)      | 6.5.2.1(2)  |
| 6.5.2.2(1) | 6.5.2.2(2) | 6.5.2.2(3)  | 6.5.2.2(4)  |
| 6.5.2.2(5) | 6.5.2.2(6) | 6.5.2.2(9)  | 6.5.3(1)    |
| 7.3.2(5)   | 8.2.1(3)   | 8.2.2(5)    | 8.4.2(1)    |
| 8.4.4(4)   | 8.4.4(5)   | 8.4.4(6)    | 9.2.1(6)    |
| 9.2.3(2)   | 11.4.2(2)  | 11.4.2(3)   | 11.5.2(2)   |
| 11.6.3(2)  | 12.3.1(1)  | 12.4.1(1)   | 12.6(1)     |
| 12.7(2)    | 12.9.3(1)  | 14.2(1)     | 14.4.5.2(1) |
| A.3(1)     | A.3(3)     | A.3(6)      | B.3(1)      |
| B.6(1)     | C.6(1)     | C.7(1)      | C.8(2)      |
| E.4.2(1)   | F.5.2(1)   | F.7(2)      | F.7(8)      |
| H.4.2(4)   | I.4.2.1(2) | I.5.2.1(3)  | I.5.2.2(1)  |
| I.8.3.1(1) | I.9.1(2)   | J.4(1)      | J.5.1(2)    |
| K.2(1)     | K.4(2)     | K.4(3)      | K.5(2)      |
| K.5(3)     | K.5(4)     | K.5(5)      | K.5(6)      |
| K.6(2)     | K.6(3)     | K.6(4)      | K.7(2)      |
| K.7(3)     | K.7(4)     | K.7(6)      | K.7(7)      |
| K.7(8)     | K.7(9)     | K.7(10)     | K.7(11)     |
| K.8(2)     | K.8(3)     | K.8(4)      | K.8(5)      |
| K.8(6)     | K.8(7)     | K.8(8)      | K.8(9)      |
| K.8(10)    | K.8(11)    | K.8(12)     | K.9(2)      |
| K.9(3)     | K.9(4)     | K.10.1(2)   | K.10.1(3)   |
| K.11(2)    | K.11(3)    | K.11(5)     | K.12.1(2)   |
| K.12.2(1)  | K.13(2)    | K.13(3)     | K.13(5)     |
| L.4(1)     | L.5.1(1)   | L.5.2(1)    | L.6(4)      |
| L.7(1)     | L.11.2(1)  | L.12.3.1(2) | Q.3(1)      |
| Q.4(2)     | R.4(1)     | R.5.1(2)    |             |

12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

26

## Yhteenveto

- Siltoja koskevat erityistarpeet on kyetty esittämään liitteessä Annex K
- Teknisesti perusosa -1-1 ja Annex K sisältö on mennyt selvästi eteenpäin
- Yleisesti Eurokoodin betoniosa on sisällöltään sellainen, että se kaipaa rinnalle sisältöä tiivistävää ja yksinkertaistavaa ristiriidatonta ohjeistusta
- Tullaan tarvitsemaan eri tasoisia koulutuksia ja muita toimenpiteitä sisällön jakamiseksi ja käyttöönottamiseksi



12/4/2025 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

27

Kiitokset mielenkiinnosta, kysymyksiä?

28