Tampereen yliopisto
Tampere University

Siltoja koskevat uudet asiat
- Nostoja keskeisistä muutoksista

Eurokoodiseminaari 2022
18.10.2022 prof. TkT Anssi Laaksonen / DI Heikki Lilja Väylä

1

Tampereen yliopisto
Tampere University

Sisältö

1) Eurokoodien kehitystyö - Sillat
2) Suunnitteluperusteet EN 1990 Annex A.2
3) Siltojen kuormat EN 1991-2
4) Materiaaliosittain joitain keskeisiä muutoksia
5) Johtopäätökset

10/18/2022 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, https://research.tuni.fi/betonirakenteet/

2

Tampereen yliopisto

Eurokoodien kehitystyö - Sillat

3

Tampereen yliopisto

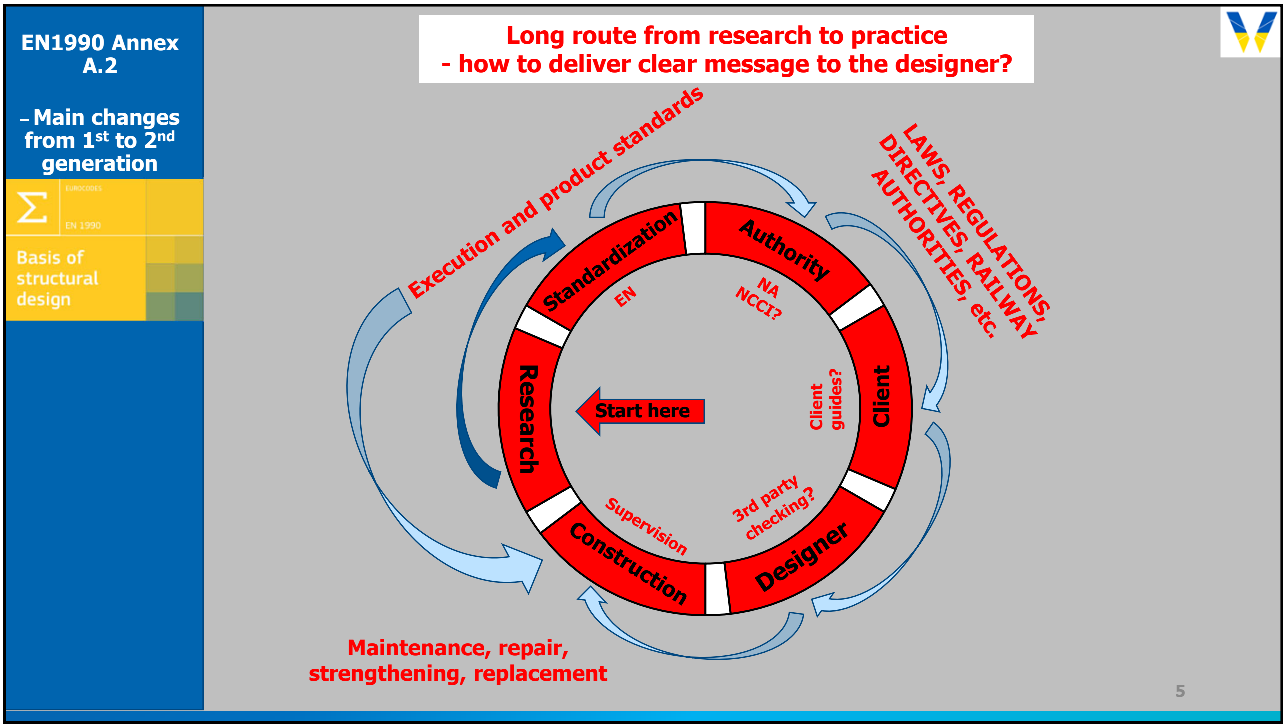
CEN TC 250 HG Bridges ja SC10/WG2

- Siltoihin liittyviä aiheita eri osien kesken on koordinoinut ja ohjannut TC 250 alaisuudessa HG Bridges (Laaksonen, SC2)
- Työn aluksi HGB.T1 tehtävän oli tunnistaa siltoja koskevat kehitystarpeet eri osissa
- HGB.T2 tehtävänä on kommentoida ja synkronoida eri osia yhteensopivuuden ja HGB.T1 tuottamien tarpeiden pohjalta
- Lisäksi merkittävää työtä on tehnyt SC10/WG2 (Lilja Convenor) joka on ohjannut SC10.T2 työtä
- Keskeisenä piirteenä on ollut tiivis yhteydenpito eri ryhmien välillä
- Työ jatkuu edelleen koska kaikki osat eivät vielä ole valmiina ja/tai niiden muokkaus/yhteensovitus jatkuu edelleen

CEN TC 250 HG Bridges	
Pietro Croce	Chairperson, SC10
Ian Willoughby	UIC liaison
Nick Malakatas	SC1
Anssi Laaksonen	SC2
Miguel Ortega	SC3
Pilar Crespo	SC4
Matthias Gerold	SC5
Christian Moormann	SC7
Telemachos Panagiotakos	SC8, JRC
Mladen Lukic	SC9
Georgios Tsionis	Secretary
Mungo Stacy	HGB.T1, HGB.T2 leader (SC10.T2 leader)
Walther Kauffmann	HGB.T1 leader
Alvaro Serrano	HGB.T1, HGB.T2
Jacob Andersen	HGB.T1, HGB.T2
Balthasar Novak	HGB.T1, HGB.T2
Paul Voss	HGB.T2
Steve Jones	HGB.T2

10/18/2022 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, https://research.tuni.fi/betonirakenteet/

4



5

Mitä standardissa tulisi esittää?

Tampereen yliopisto

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

Laskenta-esimerkki | Käsikirja 1 | RakMK B4 | NCCI | Käsikirja 2 | Model Code 2020 | ”Theory manual” | Tutkimus-julkaisut

prEN 1992-1-1

EN 1992-1-1

10/18/2022 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, https://research.tuni.fi/betonirakenteet/

6

Tampereen yliopisto

Suunnitteluperusteet EN 1990 Annex A.2

7

Tampereen yliopisto

EN 1990 Annex A.2

- EN 1990 Annex A.2 on jäsennelty uudelleen ja sinne on laadittu uutta sisältöä
- Uutta sisältöä on esimerkiksi (vihreät seuraavilla kalvoilla)
  - A.2.1 Soveltamisala
  - A.2.3 Seuraamusluokat
  - A.2.4 Suunnittelukäyttöikä
  - A.2.7 Kuormien osavarmuusluvut eri suunnittelutapauksissa
  - A.2.7.4 Kuormitusyhdistelmät silloille
    - Kuormitusyhdistelmät 8.12…8.14 (nykyiset 6.10a ja 6.10b) ovat käytännössä sellaisenaan edelleen
    - Täsmennyksiä yhdistelyihin kuormaan samanaikaisesti sillan kannella ja penkereellä
    - Tuuli ja lämpötilakuorma vaikuttavat samanaikaisesti jos noudatetaan suositusarvoja
  - A.2.7.8 Onnettomuustilanteet, törmäys siltaan EN 1991-1-7, suistuminen raiteilta EN 1991-2
    - Lisäksi robustness kysymykset otettava erityisesti huomioon tietyillä rakenteilla
  - A.2.7.10 Liikuntasaumattomat sillat
  - A.2.9.5 Tukien siirtymät
  - A.2.11.1 Tension Components
  - A.2.11.2 Laakerit ja Annex G Bearings
  - A.2.11.4 Liikuntasaumat
  - Annex H + EN 1991-2 Annex G, Kevyen liikenteen siltojen dynaaminen tarkastelu
  - Annex E Additional guidance for enhancing the robustness of buildings and bridges
- Standardi sisältää lukuisan joukon kansallisia valintoja ja ”Relevant Authority” viittauksia

10/18/2022 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, https://research.tuni.fi/betonirakenteet/

8

EN1990 Annex A.2

– Main changes from 1st to 2nd generation

Basis of structural design

2nd Generation Table of Contents

9

EN1990 Annex A.2

– Main changes from 1st to 2nd generation

Basis of structural design

A.2.2 Scope and field of application

- Reference to new Robustness Annex E

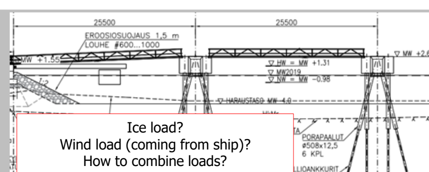
NOTE 2 Guidance on additional design measures to enhance structural robustness for bridges is given in Annex E.

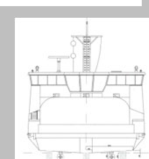
- Clearly indicated that standard may be used for wide variety civil engineering structures

(3) This Clause A.2 may be used as the basis to determine combinations of actions for other civil engineering structures carrying traffic actions, as specified by the relevant authority or, where not specified, agreed for a specific project by the relevant parties.

(4) When a structure falls into the field of application of different parts of Annex A, these parts should be applied in conjunction, as specified by the relevant authority or, where not specified, agreed for a specific project by the relevant parties.

- e.g.
- Maritime structures (Quays/docks) subjected to traffic loads?
- Decks carrying both buildings and traffic?
- Bridges under airport runway?
- Tramway bridges?
- Floating bridges?
- Etc. (inbuilt flexibility gives possibilities…)





10

EN1990 Annex A.2

– Main changes from 1st to 2nd generation

EUROCODES EN 1990

Basis of structural design

A.2.3 Consequence classes

- Bridge specific Consequence class -table (NDP) in Annex A.2

Table A.2.1 (NDP) — Examples of bridges in different consequence classes

Consequence class [a]	Description of consequence	Examples
CC4[b]	Highest	
CC3b	High (upper class)	Where an increased level of reliability is required, when specified by the relevant authority or, where not specified, agreed for a specific project by the relevant parties
CC3a	High (lower class)	Railway bridges on main railway lines, bridges over main railway lines, bridges over and under major roads
CC2	Normal	Bridges not in other consequence classes
CC1	Low	Short span bridges on local roads with little traffic (provided they do not span over main railway lines or major roads)
CC0[b]	Lowest	Elements other than structural, see 3.1.1.7.

[a] CC3b corresponds to an increased level of reliability compared to CC3a.

[b] For provisions concerning CC0 and CC4, see 4.3.

- KF-factor taken from Table A.2.11 (NDP)

Table A.2.11 (NDP) — Consequence factors for bridges and associated geotechnical structures

Consequence class (CC)	Description of consequences	Consequence factor k_F
CC3b	High (upper class)	1,1
CC3a	High (lower class)	1,0
CC2	Normal	1,0
CC1	Low	0,9

[a] The provisions in Eurocodes cover design rules for structures classified as CC1 to CC3, see 4.3.

11

11

EN1990 Annex A.2

– Main changes from 1st to 2nd generation

EUROCODES EN 1990

Basis of structural design

A.2.4 Design service life

- Bridge specific Design service life categories -table (NDP) in Annex A.2

Table A.2.2 (NDP) — Design service life categories for bridges

Category of structures	Design service life, T_{lf} years
Bridges, other civil engineering structures supporting road or railway traffic[a]	100[b]
Bridges where the main structural members have reduced protection[a]	50[b]
Replaceable structural parts other than tension components	25
Temporary structures[c]	≤ 10

[a] See the other Eurocodes for durability requirements to protect structural members to achieve the full design service life or reduced protection that achieves a lower design service life.

[b] A different value of design service life may be used where specified by the relevant authority, or where not specified, agreed for a specific project by the relevant parties. A lower value of design service life can be relevant, for example, for bridges in a low consequence class where the economic consequences of replacement after a shorter design service life are agreed to be acceptable by the relevant authority or relevant parties.

[c] See 4.5(3) for classification of temporary structures, which excludes structures that can be dismantled and reused.

Foundations are integral part of the bridge, and shall be designed to similar or higher design service life.

Design Working life (1st gen)
→
Design Service Life (2nd gen)

12

12

EN1990 Annex A.2

– Main changes from 1st to 2nd generation

EUROCODES

EN 1990

Basis of structural design

A.2.7.1 ja A.2.8 Ultimate limit states (ULS)

(2) When applying factors to actions, combinations of actions ΣF_d for persistent and transient (fundamental) design situations should be calculated by one of the following:

— Formula (8.12); or

— the most adverse of the two expressions in Formula (8.13); or

— the most adverse of the two expressions in Formula (8.14).

8.3.4.2 (2)

$$\Sigma F_d = \Sigma_i \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma_{j>1} \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j} + (\gamma_P P_k) \qquad (8.12)$$

or

$$\Sigma F_d = \begin{cases} \Sigma_i \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \Sigma_{j>1} \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j} + (\gamma_P P_k) \\ \Sigma_i \xi_i \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma_{j>1} \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j} + (\gamma_P P_k) \end{cases} \qquad (8.13)$$

or

$$\Sigma F_d = \begin{cases} \Sigma_i \gamma_{G,i} G_{k,i} + (\gamma_P P_k) \\ \Sigma_i \xi_i \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma_{j>1} \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j} + (\gamma_P P_k) \end{cases} \qquad (8.14)$$

- Basically the same possibilities for combinations than before
(Selection of used formula made in NA)

Table A.2.3 — Combinations of actions for ultimate limit states when using Formula (8.12)

Design situation	Persistent and transient (fundamental)	Accidental[a]	Seismic[b]	Fatigue[c]
General formula for effects of actions	(8.4)			
Formula for combination of actions	(8.12)	(8.15)	(8.16)	(8.17)
Permanent ($G_{d,i}$)	$\gamma_{G,i} G_{k,i}$	$G_{k,i}$	$G_{k,i}$	$G_{k,i}$
Leading variable ($Q_{d,1}$)	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$ or $\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,j} Q_{k,j}$	$\psi_{2,j} Q_{k,j}$
Accompanying variable ($Q_{d,j}$)	$\gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$	$\psi_{2,j} Q_{k,j}$		
Prestressing (P_d)	$\gamma_P P_k$	P_k	P_k	P_k
Accidental (A_d)	-	A_d	-	-
Seismic (A_{Ed})	-	-	$A_{Ed,ULS}$	-
Fatigue (F_{fat})	-	-	-	$\gamma_{Ff} F_{fat}$

Table A.2.4 — Combinations of actions for ultimate limit states when using Formula (8.13)

Design situation	Persistent and transient (fundamental)		Accidental	Seismic	Fatigue
General formula for effects of actions	(8.4)				
Formula for combination of actions	The upper part of (8.13)	The lower part of (8.13b)	use values given in Table A.2.3		
Permanent ($G_{d,i}$)	$\gamma_{G,i} G_{k,i}$	$\xi \gamma_{G,i} G_{k,i}$			
Leading variable ($Q_{d,1}$)	$\gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$			
Accompanying variable ($Q_{d,j}$)		$\gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$			
Prestressing (P_d)	$\gamma_P P_k$	$\gamma_P P_k$			
Accidental (A_d)	-	-			
Seismic (A_{Ed})	-	-			
Fatigue (F_{fat})	-	-			

Table A.2.5 — Combinations of actions for ultimate limit states when using Formula (8.14)

Design situation	Persistent and transient (fundamental)		Accidental	Seismic	Fatigue
General formula for effects of actions	(8.4)				
Formula for combination of actions	The upper part of (8.14)	The lower part of (8.14)	use values given in Table A.2.3		
Permanent ($G_{d,i}$)	$\gamma_{G,i} G_{k,i}$	$\xi \gamma_{G,i} G_{k,i}$			
Leading variable ($Q_{d,1}$)	-	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$			
Accompanying variable ($Q_{d,j}$)		$\gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$			
Prestressing (P_d)	$\gamma_P P_k$	$\gamma_P P_k$			
Accidental (A_d)	-	-			
Seismic (A_{Ed})	-	-			
Fatigue (F_{fat})	-	-			

- Changes in static equilibrium limit state (EQU) → EQU is replaced by combinations in Table A.2.10 **(Possibility to calibrate in NA)**

13

EN1990 Annex A.2

– Main changes from 1st to 2nd generation

EUROCODES

EN 1990

Basis of structural design

A.2.8 Partial factors for ultimate limit states (ULS)

A.2.8 Partial factors for ultimate limit states (ULS)

- EQU-limit state included in STR-combinations (VC2) → Major change
- Table A.2.10 (NDP) is very important (decided first in NA?…)

Table A.2.10 (NDP) — Partial factors on actions and effects for verification cases VC1 – VC4 for persistent and transient (fundamental) design situations for bridges and associated geotechnical structures

Action or effect[n]				Partial factors γ_F and γ_E for verification cases				
Type	Group	Symbol	Resulting effect	Structural resistance	Combined structural resistance and static equilibrium / uplift		Geotechnical design	
Verification case				VC1[a]	VC2(a)[a]	VC2(b)[a]	VC3[a]	VC4[a]
Permanent action (G_k)	All[c]	γ_G	unfavourable /destabilizing	$1{,}35k_F$	$1{,}35k_F$	1,0	1,0	G_k is not factored
	Water[m]	γ_{Gw}		$1{,}2k_F$	$1{,}2k_F$	1,0	1,0	
	Settlement[o]	$\gamma_{G,set}$		$1{,}2k_F$[h]	$1{,}2k_F$[h]	1,0	1,0	
	All[c]	$\gamma_{G,stb}$	stabilizing[d]	not used	1,25[b]	1,0	not used	
	Water[m]	$\gamma_{Gw,stb}$			1,0[b]	1,0		
	All[c]	$\gamma_{G,fav}$	favourable[e]	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Settlement[o]	$\gamma_{G,set,fav}$		0	0	0	0	0
Prestressing (P_k)		γ_P[g]						
Variable action (Q_k)	Road / pedestrian traffic		unfavourable	$1{,}35k_F$	$1{,}35k_F$	$1{,}35k_F$	1,15	$\gamma_{Q,red}$[f]
	Rail traffic (except as below)[i]			$1{,}45k_F$	$1{,}45k_F$	$1{,}45k_F$	1,25	
	SW/2, gr16, gr17[j]			$1{,}2k_F$	$1{,}2k_F$	$1{,}2k_F$	1,0	
	Other[k]	γ_Q		$1{,}5k_F$	$1{,}5k_F$	$1{,}5k_F$	1,3	
	Variable water[l]	γ_{Qw}		$1{,}35k_F$	$1{,}35k_F$	$1{,}35k_F$	1,15	1,0
	All	$\gamma_{Q,fav}$	favourable	0				
Effects of actions (E)		γ_E	unfavourable	γ_E is not applied				$1{,}35k_F$
		$\gamma_{E,fav}$	favourable					1,0

[a] For verifications using verification cases VC1 to VC4, see A.2.7(4) to A.2.7(7).

[b] The value of $\gamma_{G,stb}$ = 1,25 is based on 1,35 x ρ with ρ = 0,925. The value of $\gamma_{Gw,stb}$ = 1,0 is based on 1,2 x ρ with ρ = 0,85, see 8.3.3.1.

[c] Applied to all permanent actions except water actions and settlement, including: self-weight of structural members and elements other than structural, ballast, soil, ground water and free water, removable loads, etc.

[d] Applied to the stabilizing component of an action originating from a single source.

[e] Applied to actions whose entire effect is favourable and independent of the unfavourable action.

[f] $\gamma_{Q,red} = \gamma_{Q,1} / \gamma_{G,1}$ where $\gamma_{Q,1}$ = corresponding value of γ_Q from VC1 and $\gamma_{G,1}$ = corresponding value of γ_G from VC1.

[g] See other relevant Eurocodes for the definition of γ_P where γ_P is materially dependent.

[h] Applies in the case of a linear elastic analysis. The partial factor for settlement is increased to $1{,}35k_F$ in the case of non-linear analysis. For design situations where actions due to uneven settlements have favourable effects, these actions are not taken into account and the partial factor is taken as 0.

[i] Applied to rail traffic actions for groups of loads gr11 to gr31 (except gr16, gr17, gr26 and gr27). Applied to load models LM71, SW/0 and HSLM and real trains, when considered as individual leading traffic actions. For rail traffic actions for groups of loads 26 and 27, applied to individual components of traffic actions associated with load models LM71, SW/0 and HSLM and real trains.

[j] Applied to rail traffic actions for groups of loads gr16 and gr17 and SW/2. For rail traffic actions for groups of loads gr26 and gr27, applied to individual components of traffic actions associated with SW/2.

[k] Applied to other variable actions (except water) including: traffic actions not identified above, variable horizontal earth pressure from soil, ground water, free water and ballast, traffic load surcharge earth pressure, traffic aerodynamic actions, wind and thermal actions, construction actions, etc.

[l] For variable water actions, see A.2.7.3.4

[m] Value applies only where the design value of permanent water action is obtained by applying a partial factor to the representative value. Direct determination and deviation to levels are also permitted. See A.2.8(11).

[n] The other Eurocodes give criteria where thermal actions, actions due to foundation movements or creep and shrinkage can be relieved or neglected for ultimate limit states.

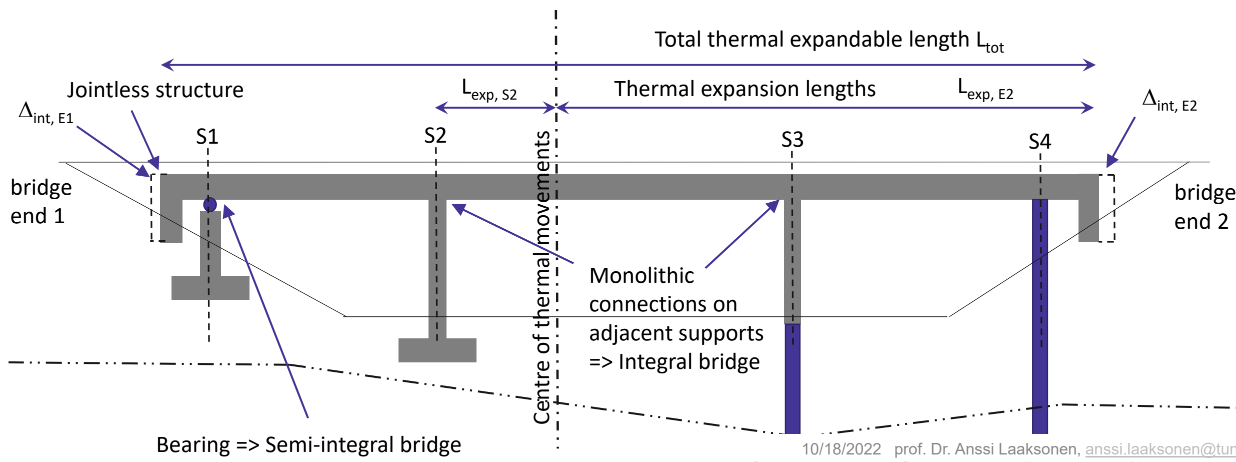
[o] See A.2.8(10).

14

Tampereen yliopisto
Tampere University

Liikuntasaumattomat sillat

- Liikuntasaumattomia koskee kokonaan uusi kymmenen kohdan kappale A.2.7.10
- Sisältää yleisiä periaatteita ”State of Art”
- Sisältää paljon kansallisesti valittavia/esitettäviä aiheita
- Suurin sallittu liikepituus => sallittu siirtymä D_{int} => kuten jo nykyisissä Väylän ohjeissa



10/18/2022 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, https://research.tuni.fi/betonirakenteet/

15

Tampereen yliopisto
Tampere University

Liikuntasaumattomat sillat

		Item	standards/ guidance NDP	NCCI and textbook	Where in EN 1990 serie: EN 1990 A.2	EN 1991	EN 1992, EN 1993	EN 1997	EN 1998	Questionnaire / HG-B report / SCs
Analysis	1	Accounting restrained actions			general	general 1991-2				many countries
	2	Seismic			reference to EN 1998-5				X	HG-B, GR, DE
	3	Allowable end displacement (road bridge)	X		X					CH, ES, HG-B
		Skewed bridges			NOTE					FI, SW, CH
		Analysis in detail			general					many countries
Material	4	Coefficient of thermal expansion					x			
	5	Handling of restrained effects			NOTE		x			
	6	Passive soil-pressure displacement relation			X Reference to EN 1997-3			general		many countries, HG-B
		Strain ratcheting			NOTE					HG-B, FI, SW,
		Frozen soil			NOTE					FI
		Uncertainty of soil behaviour: Uneven displacement of bridge ends								FI
Loads	7	Temperature increase for passive soil pressure	X		X	general EN 1991-1-5				HG-B, FI
	8	Load combinations			general					many countries
Details		Structural elements and details			authority					many countries

10/18/2022 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, https://research.tuni.fi/betonirakenteet/

16

EN1990 Annex A.2

– Main changes from 1st to 2nd generation

EUROCODES EN 1990 Basis of structural design

A.2.9.3 Serviceability criteria for footbridges

A.2.9 Serviceability criteria
A.2.9.3 Serviceability criteria for footbridges
A.2.9.3.1 Approach for the assessment of vibrations due to pedestrian traffic
A.2.9.3.2 Pedestrian comfort criteria
A.2.9.3.3 Critical range of natural frequency
A.2.9.3.4 Vibration control devices

Annex H
(informative)
Verifications concerning vibration of footbridges due to pedestrian traffic

- New material: "European state of art" based on JRC-document

JRC Scientific and Technical Reports

Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations

Background document in support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes

- Subclause applied in conjunction with Annex H and EN1991-2 Annex G

Annex H
(informative)
Verifications concerning vibration of footbridges due to pedestrian traffic

Loads from 1991-2

7.7 Dynamic models of pedestrian loads (footbridges only)

(1) Dynamic load models of pedestrian loads should be defined where relevant.

NOTE Annex G provides guidance on dynamic load models.

G.1 Use of this Informative Annex

(1) This Informative Annex provides additional guidance to that given in 7.7 for dynamic load models for footbridges.

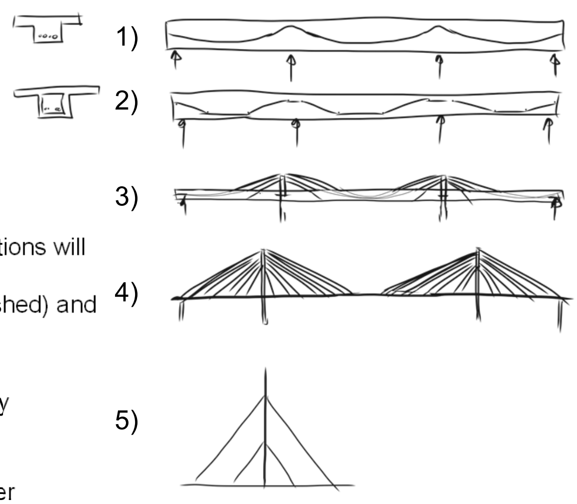
NOTE The way in which this Informative Annex can be used in a country is given in the National Annex. If the National Annex is silent on the use of this Informative Annex, it can be used.

17

Tampereen yliopisto

Tension components

- Osavarmuuden kohdentaminen jännevoiman tai köyden osalta on herättänyt kysymyksiä standardien valmistelutyössä. Aihepiiri koskettaa laajasti materiaaliosia
- Esimerkkejä rakenteista:
  1) Post-tensioned concrete girder
  2) Box-girder with external tendons
  3) Extradosed bridge
  4) Cable stayed bridge
  5) Mast (just for an example)
- In Cases 1-3
  - The structure is relatively stiff and also restrained actions will occur due to post-tensioning of cables.
  - Then self-weight of structure (after installation is finished) and cable force <u>are not</u> directly correlated.
- In case 4
  - Self weight of structure and cable forces <u>are</u> basically correlated because of flexible/slender deck structure
- In case 5
  - Tendon forces are correlated with between each other

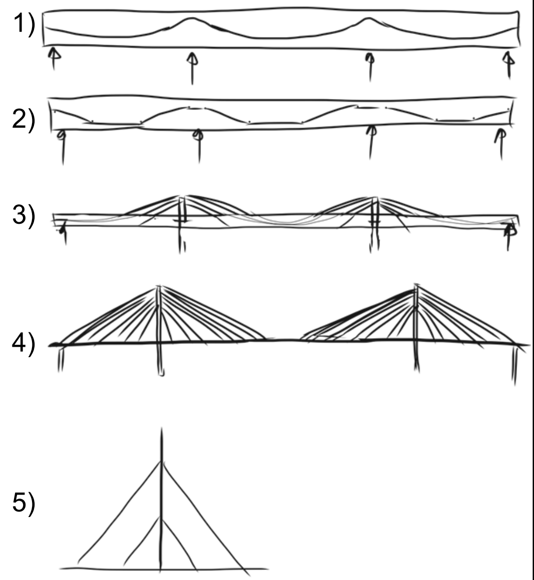


10/18/2022 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, https://research.tuni.fi/betonirakenteet/

18

Conceptual layout of the structure

- There are also differences how prestrain in strands can be controlled.
- Prestrain is controlled by measuring of stroke of jack at active anchor in cases 1-3. Also, force of jack is controlled (e.g. by pressure). Important uncertainties during prestress work are losses due to friction between strands and ducts and losses due to anchorage seating. Usually need for precamber is small. Also, significant long-term losses will develop.
- Deflection of structure is controlled in case 4. Also stroke of jack is controlled but it includes more uncertainties because often strands in stays are stressed one by one. A proper deflection control will lead small uncertainty in average cable forces, but force in single cable may vary more.
- Deflection control and equilibrium of case 5 will most probably lead to small uncertainty in cable forces. Also precamber is used. Also equalising of individual strands may be done in a second round of stressing to minimise differences.



19

EN 1990 Annex A.2 + EN 1993-1-11 + EN 1992-1-1

- EN 1993-1-11 defines partial safety factors for cases like 4 and 5
- EN 1992-1-1 defines safety factors for prestress force in ULS (for force, so that strains will be correct after yielding in ULS evaluation)
  - Partial safety factors are meant to be supplemented for cases of external pretressing (cases 2 and 3) in each country when necessary (NDP in EN 1992-1-1)
  - EN 1992 defines also: r_{sup} and r_{inf} factor for prestress in SLS, prestressed elements, long-term losses for prestressing force
- EN 1990 A2, A.2.10.1 (2): reference to EN 1993-1-11 in cases of Cable stayed structures:

  (2) Where a cable supported bridge is erected using control of deformations during cable installation, then relevant permanent actions due to self-weight "G" and prestrain (prestress) in the cables "P" may be treated as correlated and the same partial factor applied to "G" and "P" actions.

  NOTE Applicable values of γ_G which are also used for $\gamma_P = \gamma_G$ are given in Table A.2.10 (NDP). See also EN 1993-1-11 7.1.
- EN 1990 A2, A.2.10.1 (3) in cases of post-tensioned, extradosed bridges and similar:

  (3) In cases where self-weight G and prestress in the cables P are treated as uncorrelated, different partial factors should be applied to G and P actions.

  NOTE Values of γ_P for the uncorrelated case are given in relevant material parts.

20

EN1990 Annex A.2

– Main changes from 1st to 2nd generation

A.2.11.2 Bearings

- "European state of art", close collaboration with product standards (TC 167)
- One paragraph in main text + Annex G (new annex, 14 pages)
- "Drafted for bridges", but can be used for other structures as well

A.2.11.2 Bearings

(1) Forces and movements on structural bearings, and associated forces imposed by the bearings on the structure, shall be determined in accordance with Annex G, for non-seismic design situations.

Annex G
(normative)
Basis of design for bearings

G.1 Use of this annex

(1) This Normative Annex contains additional provisions to 8.3.3 for the design value of bearing actions and the design effects used to specify bearings.

(1) This Normative Annex may be used as the basis of design where bearings are included in other types of structure, subject to additional or amended provisions as specified by the relevant authority or, where not specified, as agreed for a specific project by the relevant parties.

CEN/TC 167 Structural bearings
The chairman informed that the liaison officer to TC 167, Balthasar Novák, has informed that Annex G (of prEN 1990) has been developed with involvement of an expert from CEN/TC 167. EN 1337 has to be revised and harmonized with Annex G to avoid double definitions and inconsistencies. As far as he knows, the revision of EN 1337 is delayed. **(from Draft report of 14th SC10-meeting)**

21

Tampereen yliopisto

Siltojen kuormat EN 1991-2

22

EN1993

Siltoja koskevat -

Actions on structures

EN1991-2 (1/3)

EN1991-2 (Traffic loads on bridges and other civil engineering works)

- Scope muutettu (kattamaan myös ”other civil engineering works”), erittäin suuri uudistus (koko Eurokoodin tasolla) !! ← ←
- Huomattava määrä pieniä (pääosin editoriaalisia) muutoksia
- Yhteensovitusta EN1990 A.2:n kanssa parannettu (paljon viittauksia standardista toiseen)
- Tärkeimpiin kuormakaavioihin (LM, FLM) ei suuria muutoksia
  - Kuormien kalibrointi kansallisessa liitteessä mahdollista (α ja/tai ψ-kertoimilla/A.2)
  - Väsytyskuormiin tehty kuitenkin muutoksia materiaaliosissa (tarkkana tulee olla…)
- Uutta materiaalia: Tieliikennekuorma penkereellä ”6.9 Load model for getechnical structures” ← ←
  - Kehitetty Suomessa, meillä jo käytössä NCCI:ssä
  - Yksinkertaistetut mallit tukimuureille ja penkereen liukupintamitoitukseen (”Simplified vertical loads allowing for redistribution”) kalibroitava käyttöön huolella (erittäin suuri kustannusvaikutus!)

23

23

EN1993

Siltoja koskevat -

Actions on structures

EN1991-2 (2/3)

EN1991-2 (Traffic loads on bridges and other civil engineering works)

- Rautatiesiltojen dynaamisen analyysin tarve -vuokaaviota päivitetty ← ←
- Uutta materiaalia: Junakuorma penkereellä ”8.10 Static load models for getechnical structures” ← ←
  - Yksinkertaistetut mallit tukimuureille ja penkereen liukupintamitoitukseen (”Simplified vertical loads allowing for redistribution”) kalibroitava käyttöön huolella (erittäin suuri kustannusvaikutus!)
- Annex F - (infromative) – Criteria to be satisfied if a dynamic analysis is not required - poistettu (suunnittelussa tarvittava sisältö päätekstissä)
- Annex G – Method for determining the combined response of a structure and track to variable actions (infromative) – poistettu (suunnittelussa tarvittava sisältö päätekstissä)
- Uusi Annex G – Dynamic load modls for footbridges: ← ←
  - Linkittyy 100% EN1990 liitteeseen H
  - ”State of Art” (todennäköisesti paras standarditason ohjeistus alalle maailmanlaajuisesti → otettaneen käyttöön myös Euroopan ulkopuolella?)

24

24

EN1993

Siltoja koskevat -

Actions on structures

EN1991-2 (3/3)

EN1991-2 (Traffic loads on bridges and other civil engineering works)

- WG & PT-kävijän (Lilja) huomioita:
    - TC250 Vice Chair:n/Technical Rewiever:n (Prof. Michael Fardis) mukaan koko Eurokoodin vaikein ja kunnianhimoisin standardi (lausunto annettu illallisella muutaman lasillisen jälkeen…)
        - NCCI 1 auttaa soveltamisessa
    - Todella tiivistä yhteistyötä EN1990 A.2 tekijöiden (Allekirjoittanut) kanssa
    - Tiukkaa keskustelua uusista geoteknisistä kuormamalleista SC7:n kanssa
    - WG/PT-työskentely erityisen monimutkaista, sillä osa mukana olleista on 100% rata-, osa 100% tie-ihmisiä (~puolet osallistujista osallistuu puoliteholla)
    - PT lopetti toimintansa 2018, mutta työ jatkui lähes yhtä tiiviinä SC1/WG3:ssa vuosikausia
    - Kansallisen liitteen laatiminen vaativaa, tarvitaan taustatukimusta jonkin verran

25

25

Tampereen yliopisto

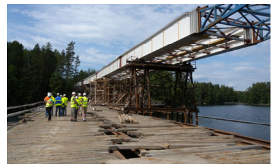
Materiaaliosat

26

Tampereen yliopisto

Siltoja koskevat materiaaliosat yleisesti





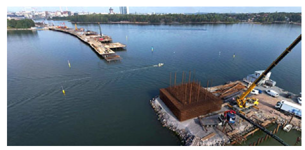

FprEN 1992-1-1
- Aiemmat osat -1-1, -2 ja -3 on yhdistetty yhdeksi uudeksi osaksi -1-1
- Siltoja koskeva Annex K Bridges
- Annex K täydentää päätekstiä -1-1

prEN 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

prEN 1995-2
- Osa -2 Bridges täydentää perusosaa -1-1
- Monia rakennekohtaisia ohjeita
- Viittaa ja kirjoittaa joitain muiden osien vaatimuksia uudelleen, kuten EN 1990 Annex A2

prEN 1997-1, -2, -3
- Ei omaa osaa silloille, vaan käytetään osia -1, -2 ja -3
- Erityisesti siltoja koskien joitain, kuten liikuntasaumattomia siltoja koskevia yleisiä ohjeita
- Osa -3 rakenteita koskien



27

Tampereen yliopisto

FprEN 1992-1-1 + Annex K

- Perusosa FprEN 1992-1-1 sisältää nyt paljon eri osia EN 1992 standardirakenteen vuoksi
- Itse päätekstiä on muutettu paljon vanhan sisällön osalta ja on tuotu paljon uutta sisältöä
- Tämän seurauksena siltoja koskevat asiat muuttuvat paljonkin
- Kansallisen ohjeistuksen vieminen tähän sisältöön tulee olemaan mittava ponnistus
- Esimerkkeinä lävistyksen ja ankkuroinnin osalta esitykset jo tänään
- Yksi laaja kysymys tulee olemaan myös käyttöikä (durability)
- Myös esimerkiksi suunnittelulujuuden määritelmä muuttuu

$$f_{cd} = \eta_{cc} \cdot k_{tc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C}$$

$$k_{tc} = 0.85 \ldots 1.0?$$

$$\eta_{cc} = \left(\frac{f_{ck.ref}}{f_{ck}}\right)^{1/3} \leq 1.0 \qquad f_{ck.ref} = 40MPa?$$

$$\gamma_C = 1.5, 1.4, 1.35?$$

28

EN1993

Siltoja koskevat

EN 1993

Design of steel structures

EN1993-2

EN1993-2 (Steel bridges)

- Pääteksissä muutoksia kappalejärjestyksissä
- Sisältöön jonkin verran (ei välttämättä kovin merkittäviä) muutoksia
- Huomattava määrä stilistisiä muutoksia (ml. virheiden korjauksia), etenkin Annexeissa
- Annex A – Bearings → siirretty EN1990:aan (Annex A.2 & Annex G)
- Annex B - Expansion joints → siirretty EN1990:aan (Annex A.2)
- Uusi annex A – Design of hangers for tied-arched bridges (normative)
- Uusi annex B – Supplementary rules for the design of plate girders curved in plan with rigid restraints to the compression flange (normative)
- Annex D (informatiivinen) – Buckling… → poistettu
- Uusi Annex D – Equivalent geometrical imperfections for arched bridges (normative)
- Uusi Annex F – Damage equivalent factors λ for fatigue verification of road bridge decks (infromative)

- WG-kävijän (Lilja) huomioita:
  - Osa Annexeista hyvin detaljitasolla, vieläpä normatiivisia… (muistuttavat tuotestandardeja…)
  - WG toimi hyvin, puheenjohtaja Briteistä
  - Väsytysasioihin muutoksia (myös EN1991-1-9:ssä)
  - Kansallisen liitteen laatiminen keskivaikea toimenpide

29

29

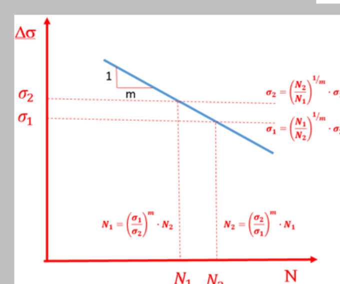
EN1993

Siltoja koskevat

EN 1993

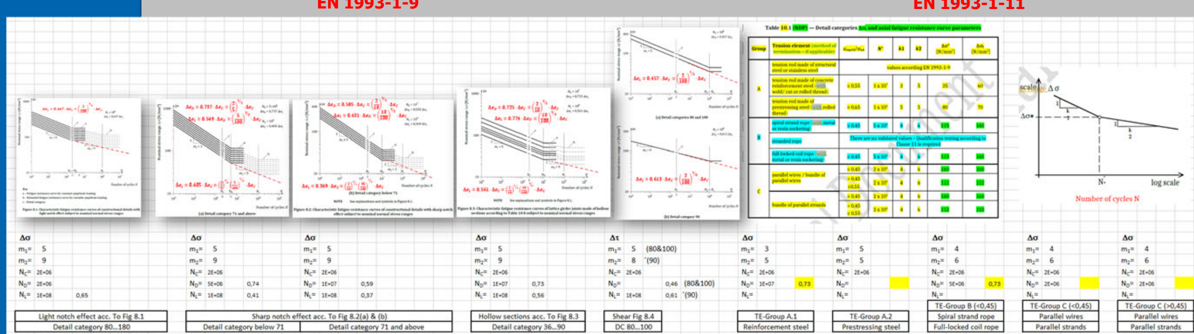
Design of steel structures

- Plenty of detail categories in EN1993 and EN1992



EN 1993-1-9

EN 1993-1-11

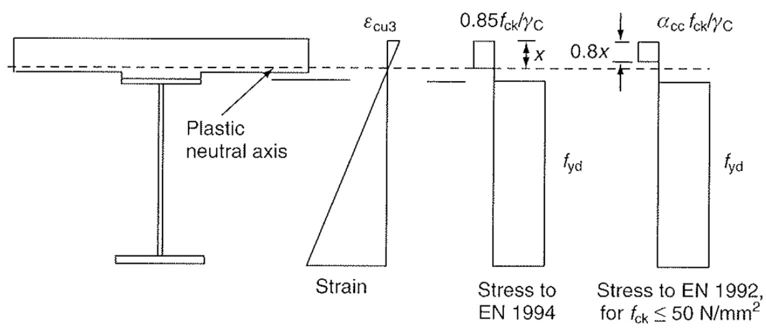


30

Tampereen yliopisto

EN 1994-2

- Standardin valmistelu on käynnissä enemmän nyt jotta EN 1992 ja EN 1993 ovat olleet saatavilla
- Yksi tärkeä kysymys on että voisiko poikkileikkaustarkastelun yhtenäistä EN 1992 vs. En 1994. Ohessa tilanne nykyisissä Eurokoodeissa.
- Päivitys on nyt tärkeää senkin vuoksi, että betonin suunnittelulujuus on määritetty toisella tavalla kuin aiemmin, niin päivitystyö on joka tapauksessa tehtävä
- Samoin että kokovaikutus tulisi huomioon otettua kun malleja kehitetään



31

EN1993

Siltoja koskevat

EN1995-2

EN1995-2 (Timber bridges)

- Päätekstissä huomattavia muutoksia
- Annex A – Fatigue verification (infromatiivinen) → poistettu, mutta aihepiiri siirretty päätekstiin
- Annex B – Vibrations caused by pedestrians (informatiivinen) → poistettu, mutta aihepiiri siirretty päätekstiin
- Uusi Annex A – Evaluation of effective composite creep coefficient (normative)
- Uusi Annex B – Inspection and maintenance of timber bridges (informative)
- Uusi Annex C – Additional information on bearing and timber bridges under low seismic action (informative)
- Uusi Annex D – Examples for detailing (informative)
- Uusi Annex E – Dimensional changes due to environmental effects (informative)

- WG-kävijän (Lilja) huomioita:
  - WG:llä ollut vaikeuksia noudattaa sovittuja ohjeita (mm. N1250 & HG-B/SC10), puheenjohtaja Saksasta
  - Väsytyskappaleet ruodittava läpi tarkkaan?
  - Kevyen liikenteen siltojen värähtelymitoitus toistaa (ja muuttaa) EN1990:n periaatteita
  - Osa materiaalista vaikuttaa oppikirjamaisilta (kaikkea ei käyttöön?)
  - Osa materiaalista ei tunnu kuuluvan rakennemitoitusstandardiin (kaikkea ei käyttöön?)
  - Kansallisen liitteen laatiminen vaikeaa, vaatinee jonkin verran työtä

32

Tampereen yliopisto

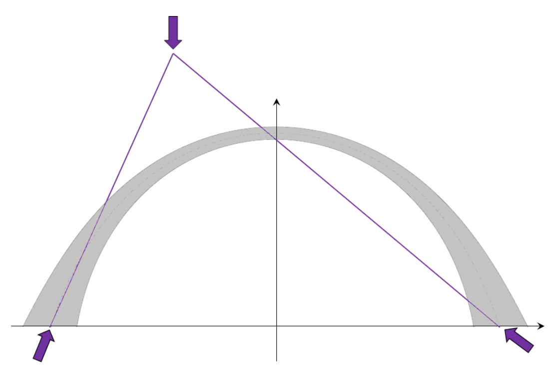
Johtopäätökset

33

Tampereen yliopisto

Johtopäätöksiä

- Taustatietona on, että monet maat ovat olleet tyytyväisiä siltoihin liittyvään standardien kehitykseen. Omana haasteena on ollut EN 1992-1-1 johon siltaosa on yhdistetty, mutta siihenkin on ratkaisu standarditasolla löytynyt
- Kuormitusyhdistelyt pysyvät kutakuinkin ennallaan
- Osavarmuusluvut eri suunnittelutapauksille (ennen STR, EQU, etc) tulee olemaan haastava tehtävä päivittää
- Uusia kuormia on määritelty
- Sisältöä on standardikokonaisuudessa jäsennelty ja yhdenmukaistettu
- Uutta sisältöä on esitetty melko laajasti
- Monia asioita on otettu ennalta huomioon Väyläviraston ohjeistuksessa
- Aihepiiri on kokonaisuutena hyvin laaja
- Uuden eurokoodijärjestelmän käyttöönotto tulee olemaan melkoinen urakka, ei tosin ehkä niin haastava kuin käyttöönotto ensimmäisellä kerralla



10/18/2022 prof. Dr. Anssi Laaksonen, anssi.laaksonen@tuni.fi
Concrete and Bridge Structures, https://research.tuni.fi/betonirakenteet/

34

Tampereen yliopisto

Kiitos, kysymyksiä?

35