Tampereen yliopisto
Tampere University

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

- Taustaa, keskeisiä muutoksia

Siltatekniikan päivät 2024

6.2.2024 prof. TkT Anssi Laaksonen

1

Tampereen yliopisto
Tampere University

Sisältö

1) Organisointi
2) Lähtökohtia
3) EN 1992-1-1 rakenne
4) Kansallista valinnoista
5) Kokonaisaikataulu
6) Nostoja teknisistä uudistuksista
7) Aikataulu ja yleisiä huomioita

2

Tampereen yliopisto
Tampere University

Johdanto ja rajaus

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

Tampereen yliopisto
Tampere University

Historian havinaa

Teknillinen käsikirja 1914 esipuhe (otteita):

”Keväällä 1905 Helsingissä pidetyn teollisuuskoulujen opettajien kokouksen ehdotuksesta Teollisuushallitus pyysi Keis.Senaatilta lupaa saada asettaa erityisiä komiteoja suunnittelemaan oppikirjoja teollisuuskouluille. Kun Keis.Senaatti tähän oli suostunut, asetti Teollisuushallitus maaliskuun 1 p:nä 1906 ensimäisen tällaisen komitean suunnittelemaan suomenkielistä teknillistä käsikirjaa.”

Teknillisen käsikirjan toimitus on - monenlaisten esteiden tähden - kestänyt kauan. Suurin osa teosta on kuitenkin verrattain äskettäin ollut tekijöittensä viimeisteltävänä, joten toivomme sen viipymisestään huolimatta esittävän uusinta tekniikkaa.

Toimitus on pannut paljon työtä siihen, että kirjan kieli olisi oikeata ja täsmällistä, ammattisanat hyvin valittuja sekä kuvitus selvä ja asiallinen. Rohkenemme toivoa, että Teknillinen käsikirja tässäkin suhteessa täyttää ne vaatimukset, mitkä tällaisen teoksen ensi painokselle kohtuudella voidaan asettaa.

Tampereella, helmikuun 14 p:nä 1914

Väinö Valkola.”

Tampereen yliopisto
Tampere University

Historian havinaa

Lausunto liittyen lausuntopyyntöön sallittuihin jännityksistä sisäasiain ministeriölle 1980 (otteita):

”Valtavalla innostuksella, joka ikävä kyllä levisi viranomaistenkin pariin, ruvettiin sitten kaatamaan kaikkea vanhaa, joka naivina ja lapsellisena jouti romutettavaksi. Otettiin käyttöön uusi "hieno” terminologia ”rajatilamenetelmineen” ja "-mitoituksineen’’.

Ja todellisuudessa väittelijät tuskin itsekään tiesivät mistä puhuivat, niin täydellinen sekasotku oli saatu aikaan. Kun luin lausunnolle lähetetyn ohjeluonnoksen, jouduin surukseni toteamaan, ettei syntynyt sekasotku näytä vieläkään selvinneen.

Jos siellä ministeriössä satuttaisiin tällä kerralla antamaan jotain arvoa pyydetyille ,lausunnoille ja tämä minunkin sanallinen tuotteeni antaisi aihetta jo valmiina olevan ohje-ehdotuksen tarkistamiseen ja muuttamiseen, olen valmis selventämään ja täydentämään lausuntoani, mikäli se osoittautuu tarpeelliseksi.

31.3.1980

prof. Heimo Paavola

P.S. Koska normit ja ohjeet muuttuvat niin vinhassa tahdissa, etten millään tahdo pysyä kelkassa mukana (sanoivat minulla olevaa v. 1975 rajatilaohjettakin jo vanhentuneeksi) toivon, että minuakin virkani takia informoitaisiin ministeriön taholta ajallaan.”

5

Tampereen yliopisto

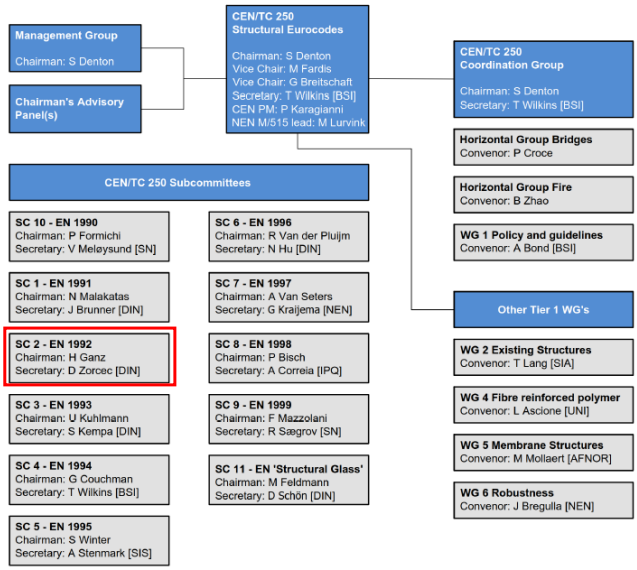
Organisointi

6

Tampereen yliopisto
Tampere University

CEN TC 250 rakenne ja Eurokoodin pääosat

- Eurokoodi on standardijärjestelmä (pääasiassa EN 1990 sarja) jonka mukaan rakenteet mitoitetaan halutun rakenteellisen kestävyyden ja käyttöiän saavuttamiseksi.
- Standardia koordinoi ja hallinnoi tekninen komitea CEN TC 250 Structural Eurocodes
- TC 250:ssä on alakomiteat ja niiden koordinoimat standardin osat:
  - SC10, Suunnitteluperusteille ja kuormitusyhdistelmille, standardin osat EN 1990, noin 10 osaa tai liitettä
  - SC1, Kuormille, standardin osat EN 1991, 12 osaa
  - SC2, Betonirakenteet, standardin osat EN 1992, 3 osaa
  - SC3…SC11, Muut materiaaliosat yhteensä noin 58 osaa
  - Horisontaalisille asioille omia ryhmiä, Palo, Sillat, Olemassa olevat rakenteet, etc.



Tampereen yliopisto

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**	
	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 Wijte	Anssi Laaksonen	
Kutistuma/viruma	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 7 Leader: Harald Müller		
Väsytys	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

Tampereen yliopisto

Lähtökohtia

9

Tampereen yliopisto
Tampere University

Kenelle? => Insinöörille => Insinööri?

Cambridge Dictionary:

A person whose job is to design or build machines, engines, or electrical equipment, or things such as roads, railways, or bridges, using scientific principles

Oxford Dictionary:

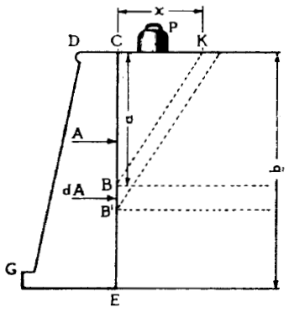
A person whose job involves designing and building engines, machines, roads, bridges, etc.

The word engineer (Latin ingeniator) is derived from the Latin words ingeniare ("to create, generate, contrive, devise") and ingenium ("cleverness")

10

Tampereen yliopisto
Tampere University

Engineering judgement?



COULOMB AND EARTH PRESSURE - Géotechnique 1948 / 06 Vol. 1; Iss. 1

by H. Q. GOLDER

There are two approaches to a natural problem. They are the approach of the pure scientist and that of the engineer.

The pure scientist is interested only in the truth. For him there is only one answer-the right one-no matter how long it takes to get it.

For the engineer, on the other hand, there are many possible answers, all of which are compromises between truth and time, for the engineer must have an answer now; his answer must be sufficient for a given purpose, even if not true. For this reason, an engineer must make assumptions - assumptions which in some cases he knows to be not strictly correct - but which will enable him to arrive at an answer which is sufficiently true for the immediate purpose.

Mistakes are not made when an engineer makes his assumptions. Mistakes are made when other engineers forget the assumptions which have been made, and the assumptions on which a theory is based are only too easily forgotten. How many engineers, for instance, could write down the assumptions on which the Theory of bending is based, and how many would apply the theory to a short, deep beam without realizing that this would be an error?

Tampereen yliopisto
Tampere University

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

⇒ Standardien, normien ja ohjeiden:
- laadinnassa on tehty lukuisia kompromisseja pelkästään teknisen ratkaisun osalta
- lisäksi tarvitaan soveltavaa ohjeistusta
- käyttöalue on rajattu

Tampereen yliopisto
Tampere University

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

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

EN 1992-1-1:2023

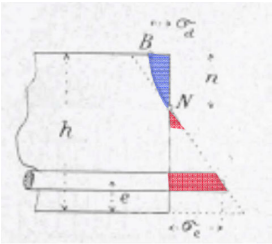
EN 1992-1-1:2004

Tampereen yliopisto
Tampere University

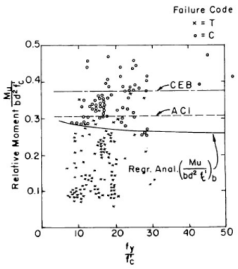
Mekaniikan mukainen vai empiirinen malli?

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

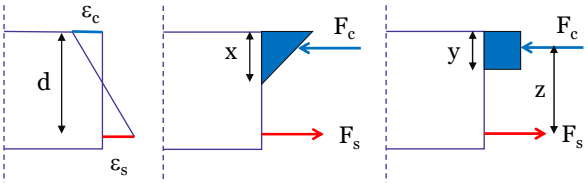
Ritter, W. 1899



Zsutty, T.C. 1963



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



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

$$M_R = F_s \cdot z$$

Tampereen yliopisto

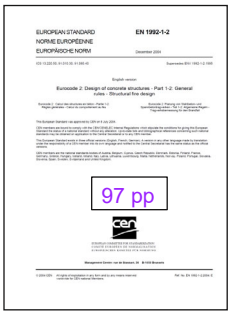
EN 1992-1-1 rakenne

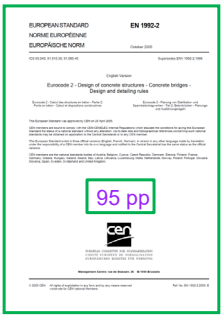
15

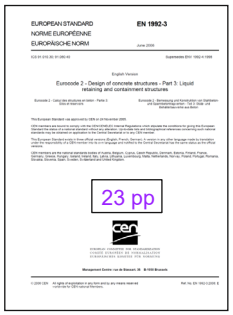
Tampereen yliopisto

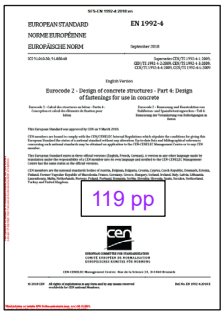
Nykyisen EN 1992 rakenne

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









16

Tampereen yliopisto

Uuden EN 1992 rakenne

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 1992-1-1

September 2021

ICS 91.010.30; 91.080.40

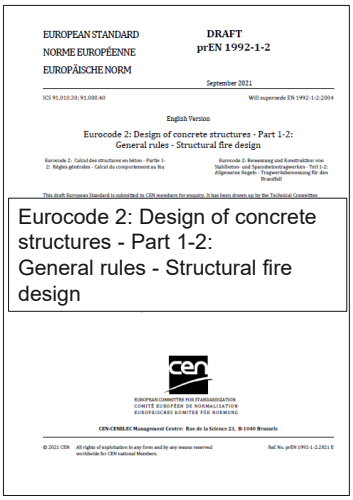
Will supersede EN 1992-1-1:2004

English Version

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

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

245+158 pp


EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 1992-1-2

September 2021

ICS 91.010.30; 91.080.40

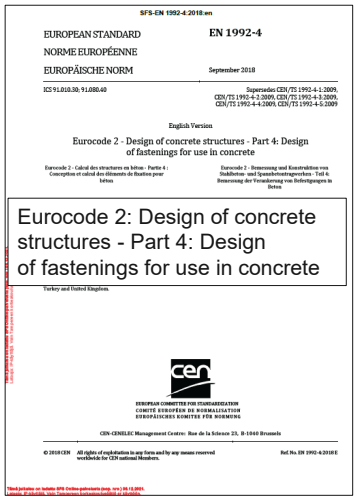
Will supersede EN 1992-1-2:2004

English Version

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

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

64+10 pp


SFS-EN 1992-4:2018:en

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1992-4

September 2018

ICS 91.010.30; 91.080.40

English Version

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

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

102+17 pp

17

Tampereen yliopisto

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

18

Tampereen yliopisto

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

Total: 158 pp

- 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 Kevytsorabetoni
  - Annex N Kierrätetty runkoaine betonirakenteessa
  - Annex Q Ruostumaton raudoite
- Liitteissä on esitetty uusia tai uudistettuja osa-alueita:
  - Annex A Materiaalien osavarmuuslukujen kalibrointi
  - Annex C Vaatimukset materiaaleille
  - Annex F Epälineaarisen analyysin varmuustasot
  - Annex G Kalvo-, laatta- ja tasoelementit
  - Annex I Kantavuuden arviointi
  - Annex K Sillat
  - Annex S Vähimmäisraudoitus halkeilulle ja yksinkertaistettu halkeaminen arviointi

19

Tampereen yliopisto

Kansallista valinnoista

20

Tampereen yliopisto

Kansalliset valinnat

- EN 1992-1-1:2023 sisältää 102 kansallista valintaa.
  - Päätekstissä kansallisia valintoja koskevia kohtia on 48 kappaletta
  - Normatiivissa liitteissä kansallisia valintoja on 22 kappaletta
  - Informatiivissa liitteissä kansallisia valintoja on 32 kappaletta
  - Siltoja koskevassa, normatiivisessa liitteessä osassa voi päätekstin 102 valintaa tehdä silloille tarvittaessa toisin (joista toki jo 22 kappaletta koskee ainoastaan siltoja)
- Pelkästään nykyisessä EN 1992-1-1 osassa oli 122 valintaa
- Uudessa standardissa on paljon uusia asioita ja eri standardin osia on yhdistetty
  - NDP arvoja on supistettu merkittävästi
  - Tarvitaan oma kansallinen liite (NA) talorakenteille ja siltarakenteille
- Lisäksi tehtävät kansalliset valinnat ovat erilaisia kuin aiemmin
  - Ei voida tehdä valintaa ”kuten ennen”
- Lisäksi
  - Ristiriidaton lisätieto, NCCI
  - Projektikohtaiset suositukset

21

Tampereen yliopisto

Nostoja teknisistä uudistuksista

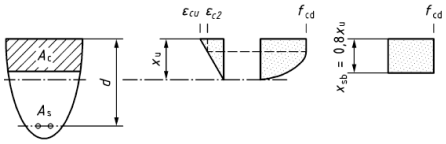
22

Tampereen yliopisto

Betonin suunnittelulujuus

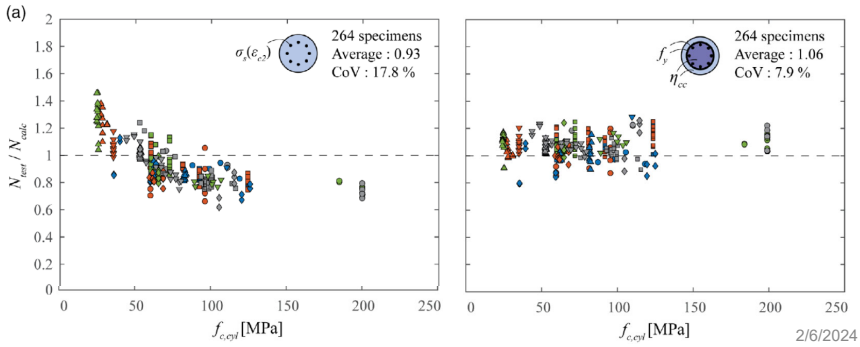
- Betonin suunnittelulujuuden määrityksessä otetaan huomioon lujuuden f_{ck} lisäksi korkeamman lujuusluokan betonimateriaalin hauraampi toiminta η_{cc} avulla ja korkea pitkäaikainen puristusjännitys k_{tc} avulla
- Kaikilla betoneilla kuitenkin saavutetaan raja-arvot 2 ‰ ja 3.5 ‰ taivutuksessa
- η_{cc}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

$$f_{cd} = \eta_{cc} \cdot k_{tc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \qquad \eta_{cc} = \left(\frac{40}{f_{ck}}\right)^{\frac{1}{3}} \leq 1.0$$



$\varepsilon_{c2} = 2.0$ ‰ $\qquad \varepsilon_{cu} = 3.5$ ‰

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



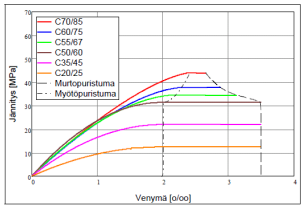
Tampereen yliopisto

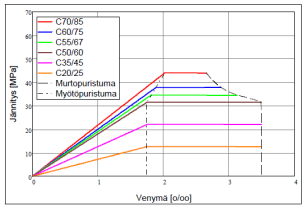
Betonin σ-ε -yhteys taivutuksessa

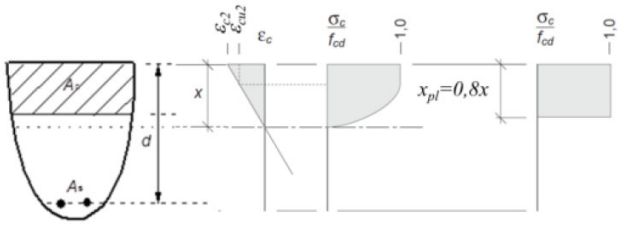
- Betonin jännitys-muodonmuutosyhteys edellisen taulukon mukaisille arvoille on esitetty seuraavissa kuvissa

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

$$\sigma_c = f_{cd}, \text{ kun } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_C \leq \varepsilon_{cu2}$$



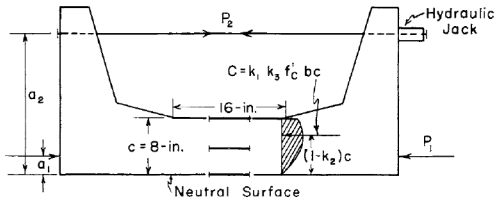


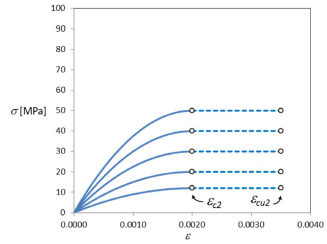


Tampereen yliopisto

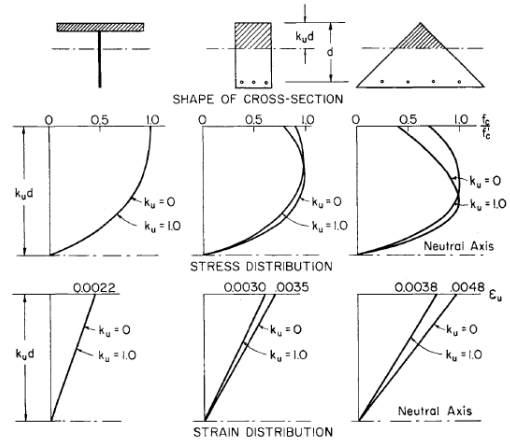
Betonin σ-ε -yhteys taivutuksessa

Betonin jännitys-muodonmuutosyhteys taivutukselle on saatu kokeellisesti
=> 2 ‰ ja 3.5 ‰





Mattock ja Hognestad 1961



Rüsch 1960

25

Tampereen yliopisto

Raudoituksen ankkurointi

- 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

$$\sigma_{sd} = 435, f_{ck} \geq 25, \phi \leq 20, k_{cb} = 1.0 \;\; ja \;\; c_d \geq 1.5 \cdot \phi$$

, niin

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

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

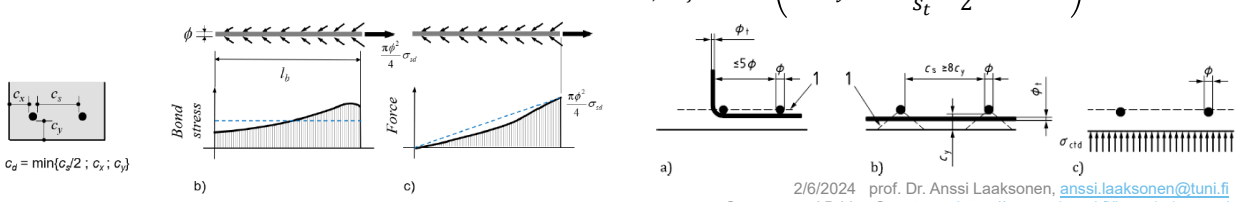
Table 11.1 (NDP) — Anchorage length of straight bars divided by diameter l_{bd}/ϕ

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

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

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

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



26

Tampereen yliopisto

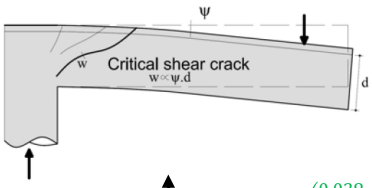
Lävistys

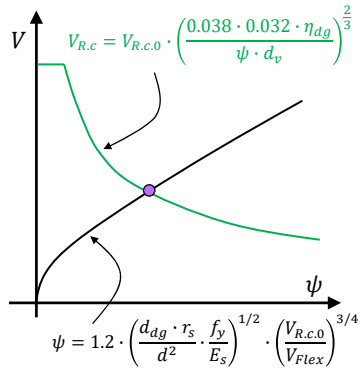
- Leikkaus-, lävistys- ja vääntömitoituksen asiantuntijaryhmä CEN TC 250/SC2/WG1/TG4 perustettiin betonieurokoodin kehitystä varten
- Ensimmäinen kokous oli 09/2012. Viimeinen, tähän asti, oli 04/2022.
- Tehtävänä oli aluksi:
  - Lävistyskokeiden datapankin tarkistus ja täydennys
  - Pikaisen korjaustarpeen tunnistaminen EN 1992 leikkaus-, lävistys- ja vääntömitoitusta koskevissa osissa turvallisuussyistä
  - EN 1992 Amendment lävistysmitoitukseen
- Pidemmällä aikavälillä tehtävinä oli lävistyksen osalta:
  - Nykyisen Eurokoodin mallin ja menetelmien analysointi ja selvitys mahdollisesta uuden mallin tarpeesta
    - Oli kolme versiota, joista yhteen päädyttiin
  - Nykyisen ja uuden mallin laajapohjainen vertailu koetuloksiin
    - Erittäin laaja datapankki
    - Aiemmat tutkimukset ja uusi tutkimustyö
  - Menetelmän laatiminen standardimuotoon toisen sukupolven Eurokoodiin

Tampereen yliopisto

Lävistys – $\tau_{Rd.c}$

- Kestävyys riippuu syntyvistä muodonmuutoksista lävistyvän 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 lävistyvälle 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





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

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

Tampereen yliopisto

Aikataulu ja yleisiä huomioita

29

Tampereen yliopisto

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
  - Pyydetyt 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

30

Tampereen yliopisto

Kiitos, kysymyksiä?

31