

Raudoitteiden limijatkoksen toiminta paalujatkoksessa

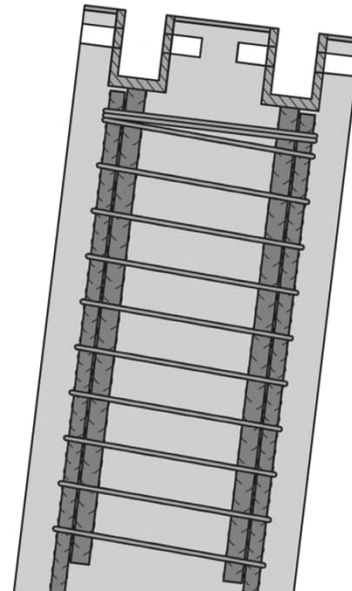
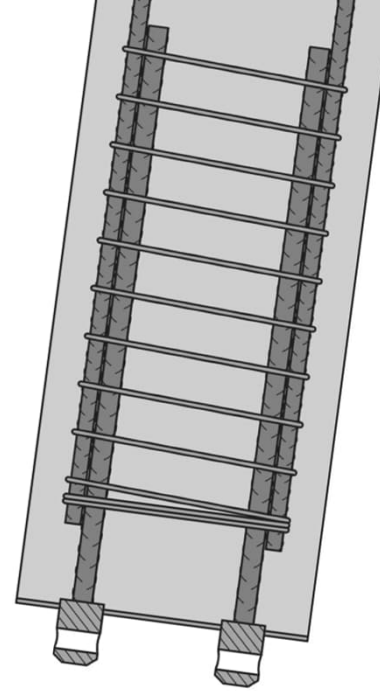
Betoniteollisuuden paaluseminaari 12.9.2024

DI Jukka Haavisto

Esityksen sisältö

Staattiset laboratoriokeet

- Miten rakenteen eri ominaisuudet vaikuttavat limijatkoksen kapasiteettiin?
- Miten hyvin uuden, pian käyttöönotettavan betonieurokoodin mitoitusmenettely soveltuu tämän tyyppiselle limijatkostyypille?

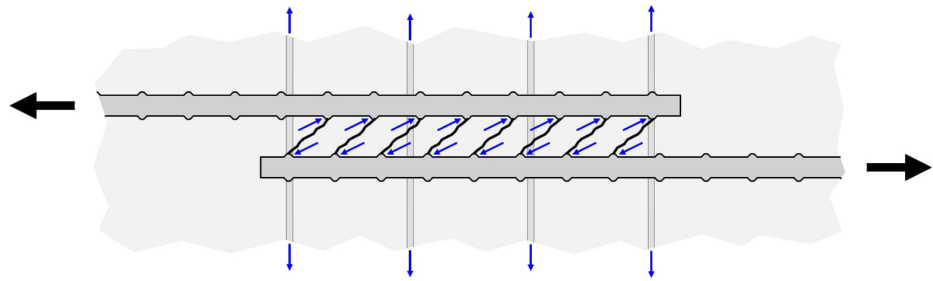


Toisto- ja lyöntikokeet

- Mitä kapasiteetille tapahtuu, kun kuormitus on toistuva ja dynaaminen?
- Miten em. rasituksessa ylipäänsä pystytään arvioimaan kapasiteetti?

Staattiset kokeet

- Limijatkoksen pituus
- Haan tyyppi
- Haan määrä
- Betonipeitteen paksuus
- Jatkosteräksen vaikutus
- Teräsniippu pääraudoitteena
- Jatkosteräksen betonipeite
=> Yhteensä 19 vetokoetta

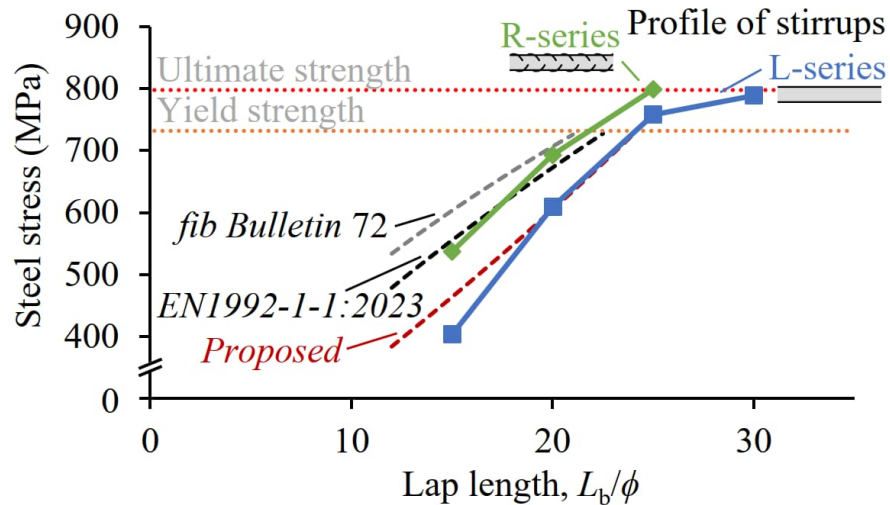
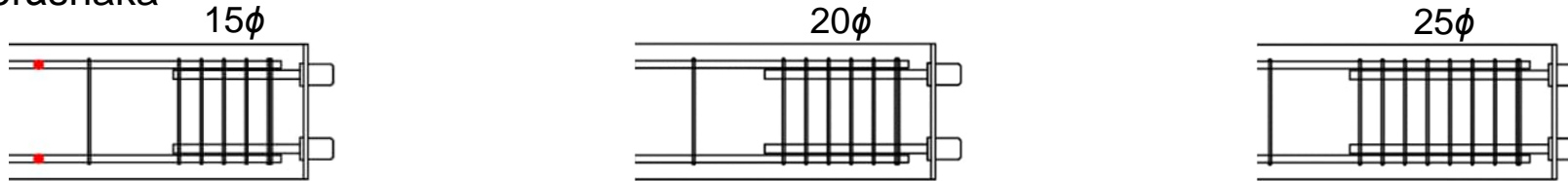


Limijatkospituus ja haan tyyppi

Kierrehaka



Harjateräshaka

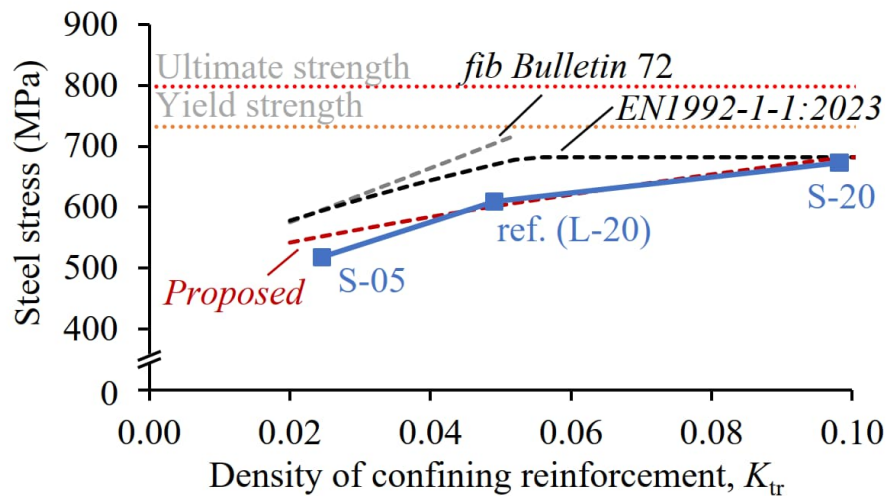
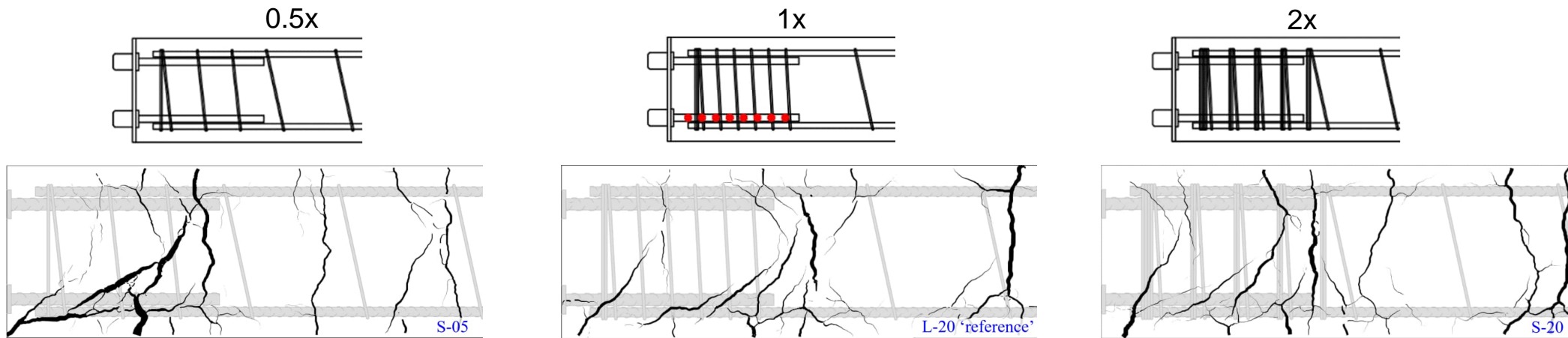


- Harjateräshaka

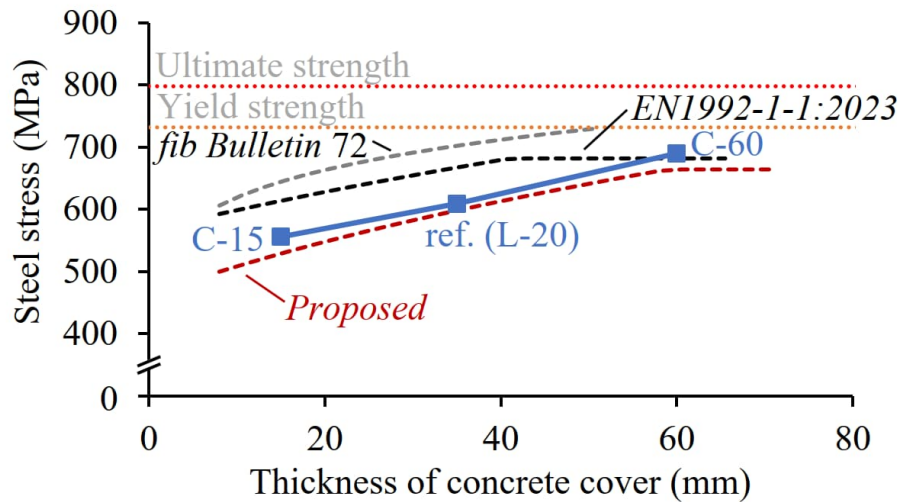
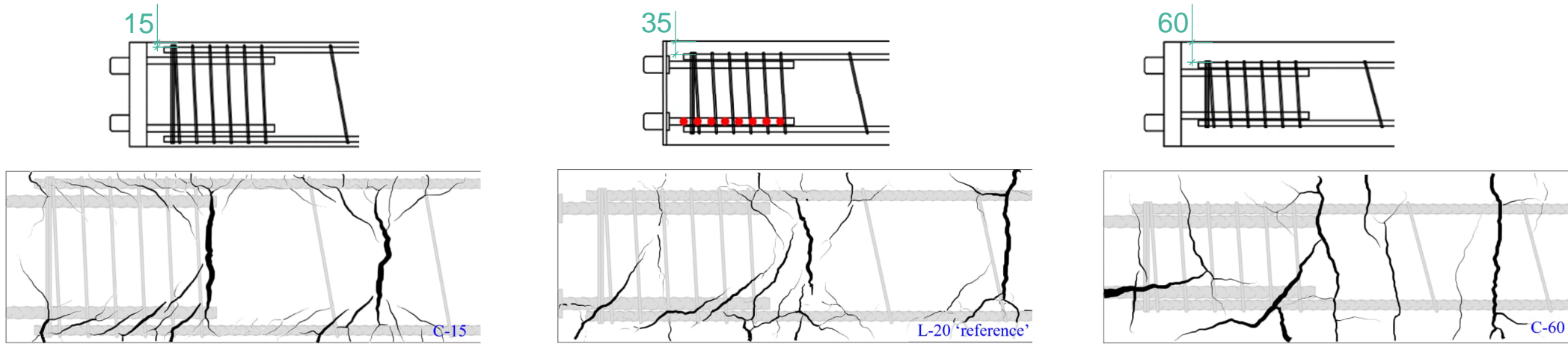
- n. 100 MPa suurempia teräsännityksiä kuin pyöröteräskierrehaalla
- Tulokset noudattivat hyvin olemassa olevia limijatkosmalleja

- Pyöröteräskierrehaka

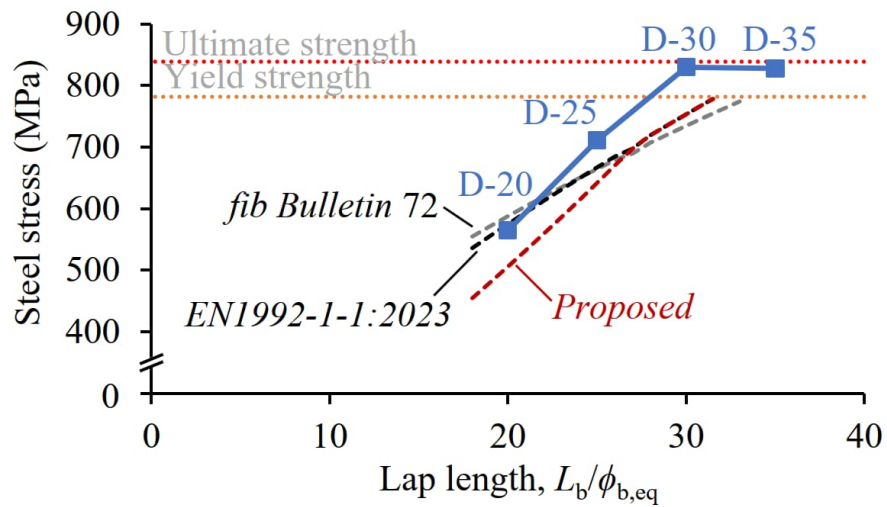
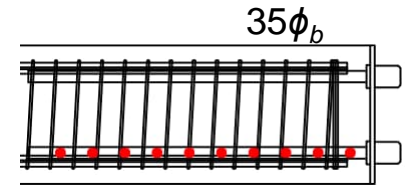
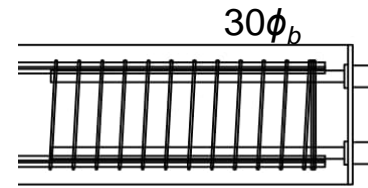
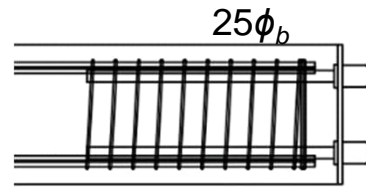
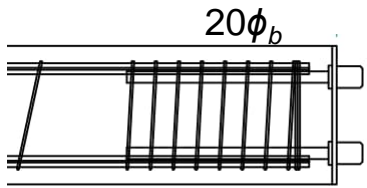
- Lyhyillä limijatkospituuksilla koetulokset olivat laskennallista kapasiteettia matalampia
- Myötölujuutta vastaavalla teräsännityksellä laskennallinen ja kokeellinen limijatkospituus ovat lähellä toisiaan



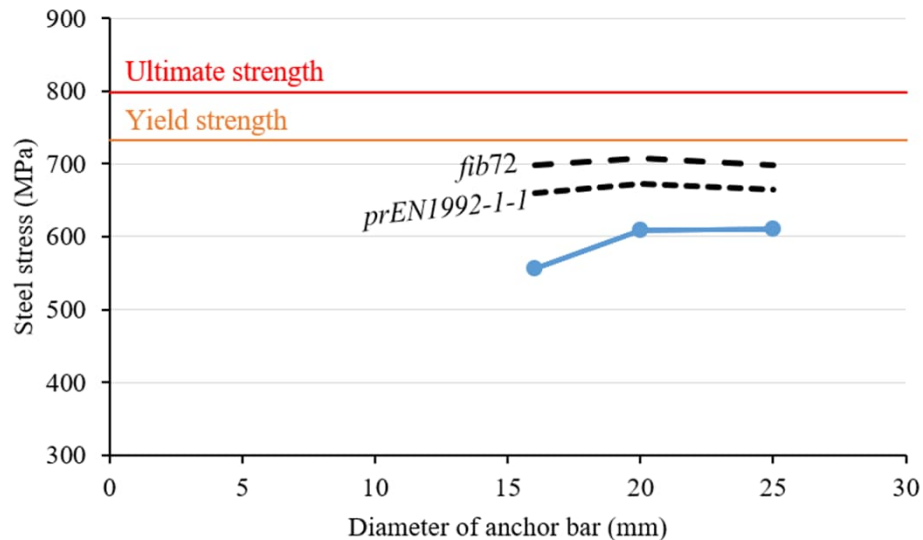
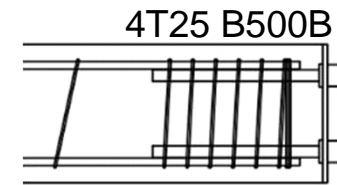
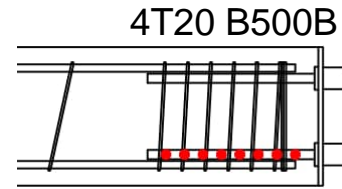
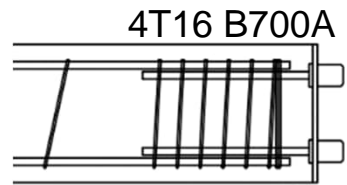
- Hakamäärän muutos noudatti kokeissa hyvin laskennallisia malleja, joskin taso oli n. 100 MPa matalampi
- Kevyimmillä haoituksilla selvästi suuremmat halkeamat maksimivoimalla



- Betonipeitteen paksuuden vaikutus noudatti malleja, mutta jälleen n. 100 MPa matalampana
- Peitteen vaikutus näkyy hyvin koekappaleiden halkeamakuvioida

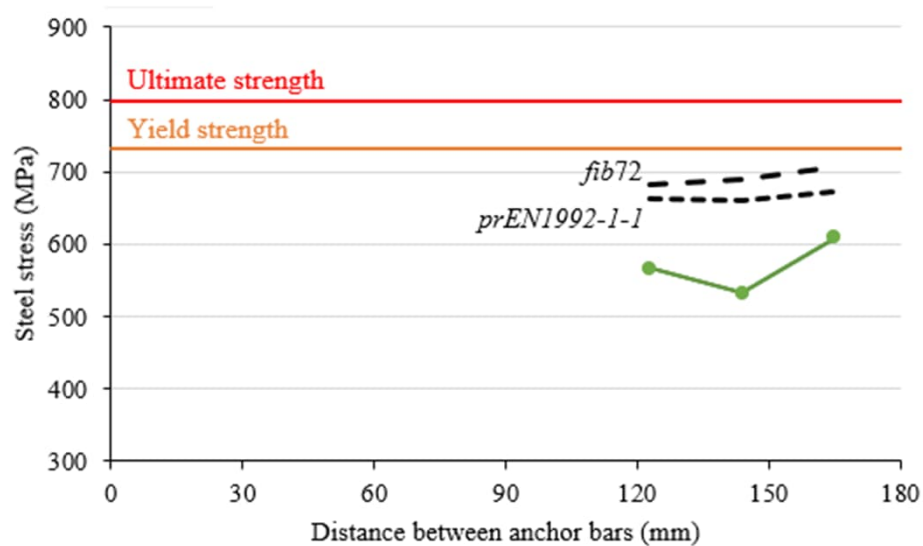
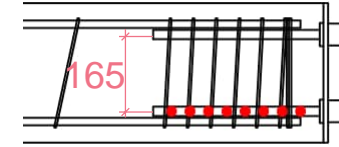
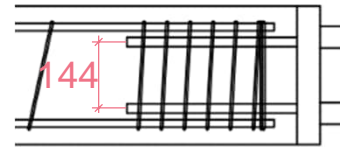
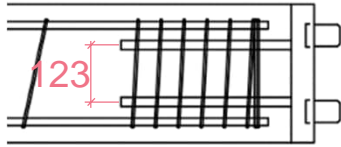


- Limijatkosmallit aliarvioivat pitkällä limijatkospituuksilla kestävyyttä selvästi



- Jatkosteräksen tyyppi ei laskennallisesti vaikuta limijatkoksen kapasiteettiin, kun sillä on vähintään sama halkaisija kuin pääteräksillä
- Koetulosten perusteella limijatkoksen kestävyys oli kuitenkin 16 mm (B700A) jatkosteräksellä selvästi matalampi kuin 20 mm (B500B) ja 25 mm (B500B) jatkosteräksillä

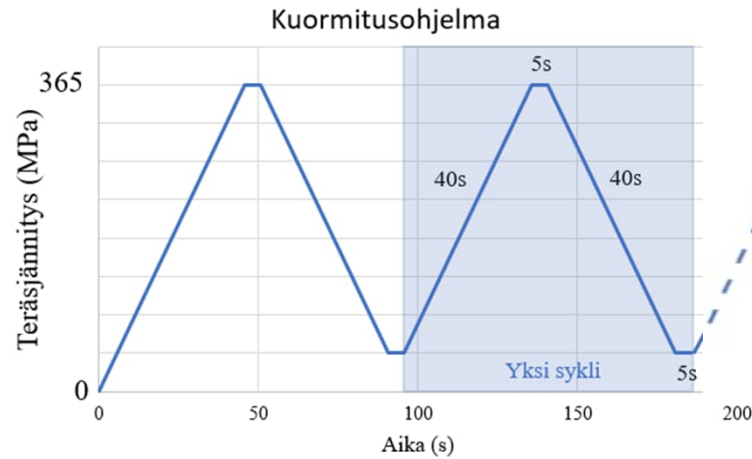
Jatkosteräksen betonipeite



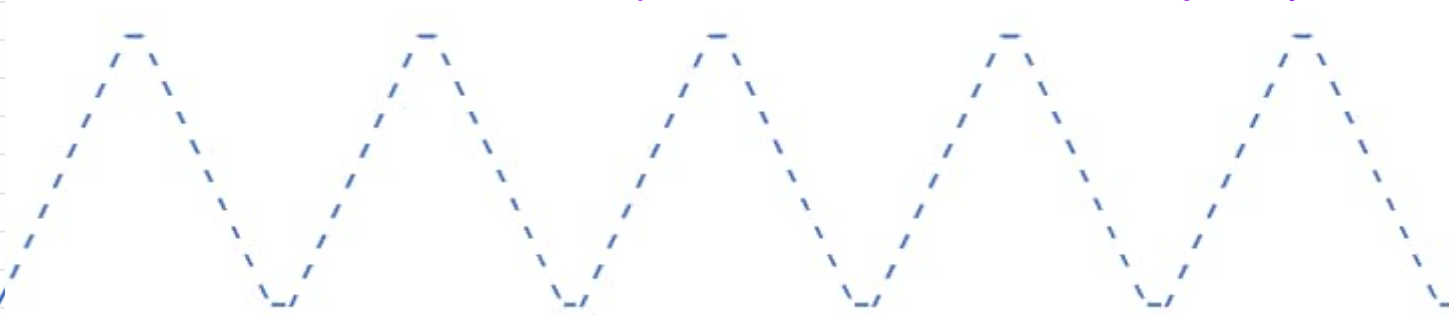
- Myöskään jatkosteräksen betonipeite ei laskennallisesti vaikuta limijatkoksen kapasiteettiin (kunhan etäisyys limijatkettavaan pääteräkseen ei kasva liian suureksi)
- Koetuloksissa oli kuitenkin yllättävän suuria eroja ja osin epä johdonmukaisuutta

Toisto- ja iskukuormitetun limijatkoksen kapasiteetin määrittämisen vaikeus

• Toistokuormitus

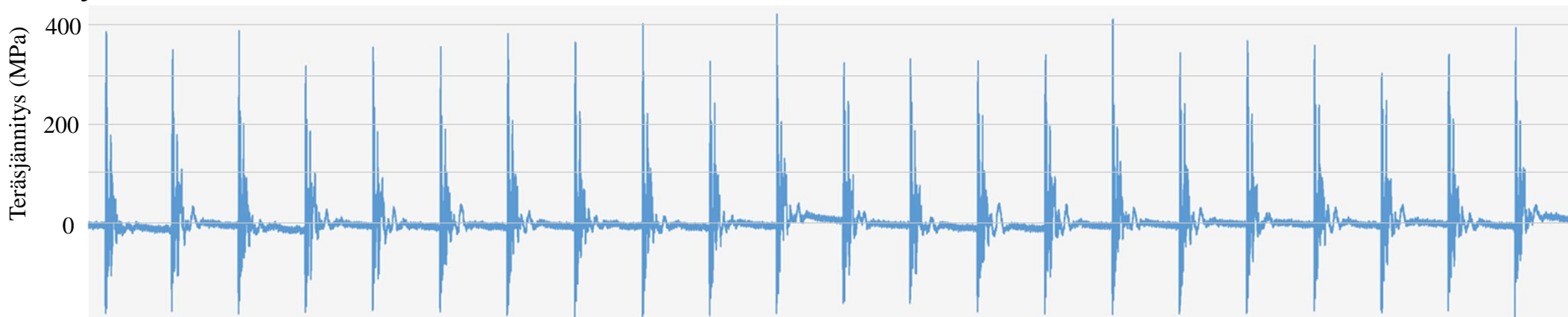


Kapasiteetti: x toistoa 365 MPa jännityksellä



• Lyöntikuormitus

Kapasiteetti: ?

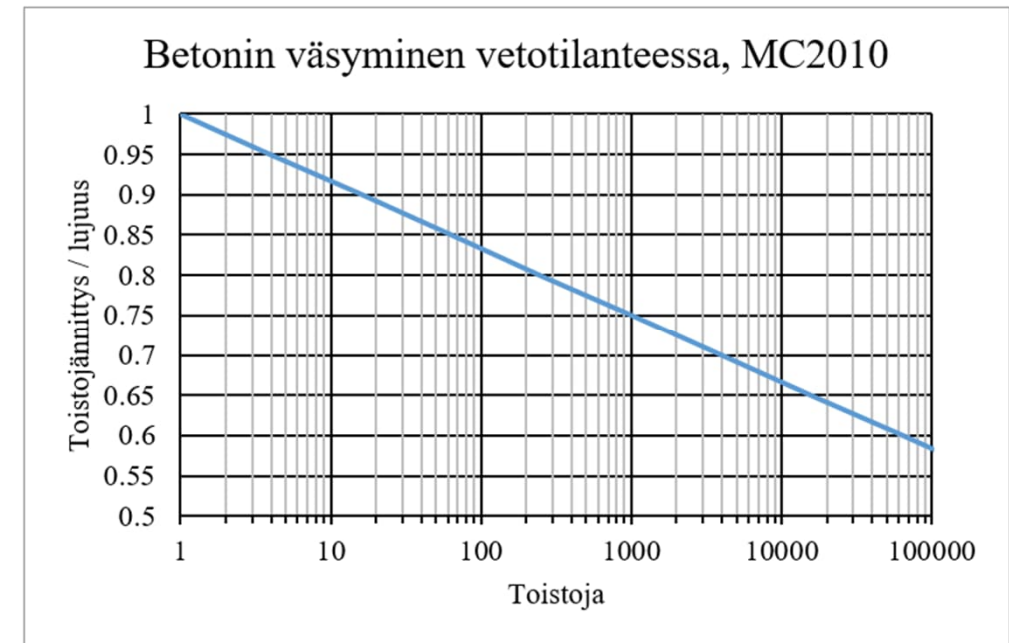


Betonin väsymismalli vetojännitykselle ja vauriosumma

- Toistuvassa rasituksessa betoni väsyä
- Vauriosumma (Palmgren-Miner –sääntö)

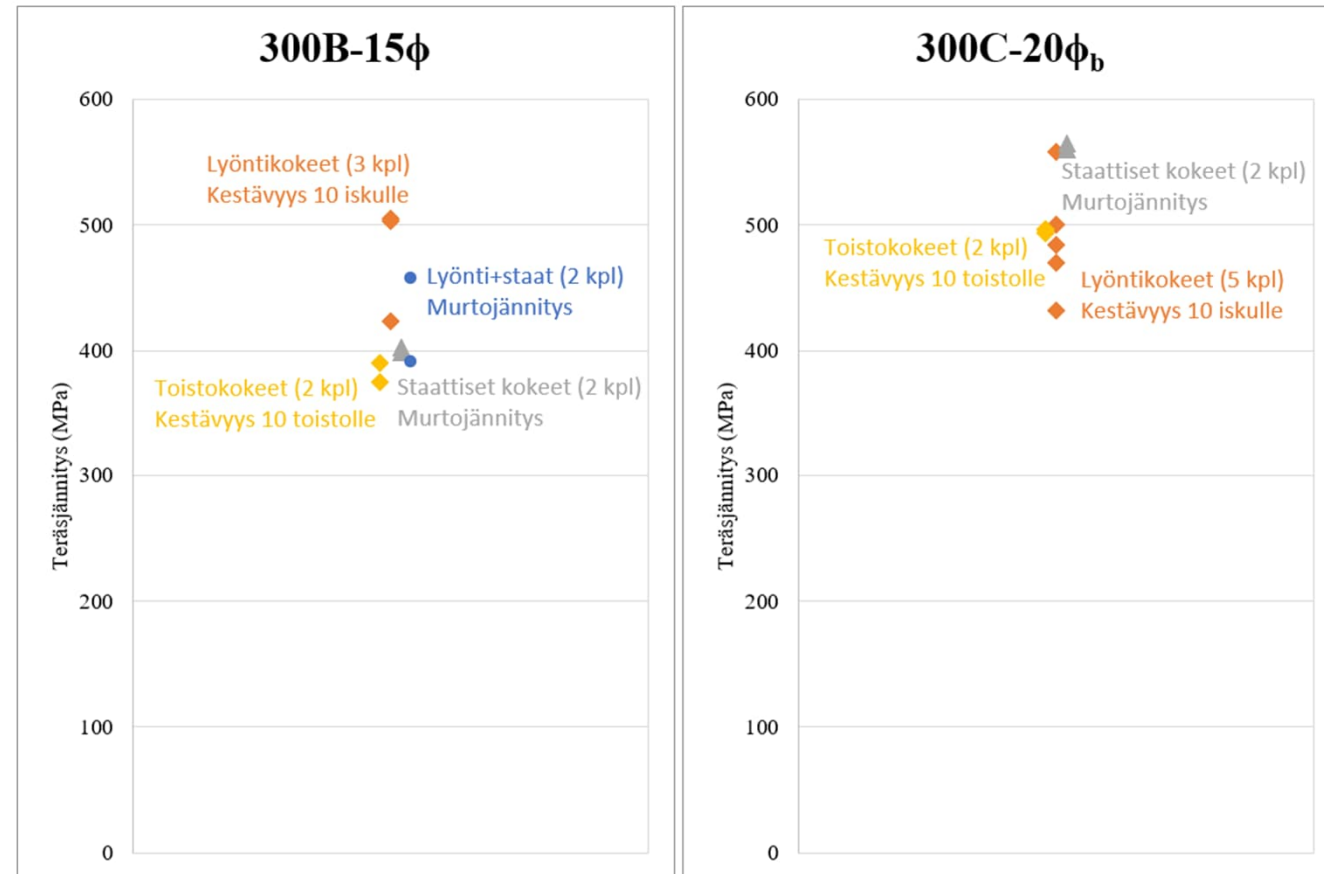
$$D = \sum_i \frac{n_{Si}}{n_{Ri}} = 1$$

- Väsymismallin ja vauriosumman avulla voidaan murtoon johtaneen kuormitushistoria perusteella arvioida kapasiteettia yhdelle toistolle tai tietylle määrälle toistoja



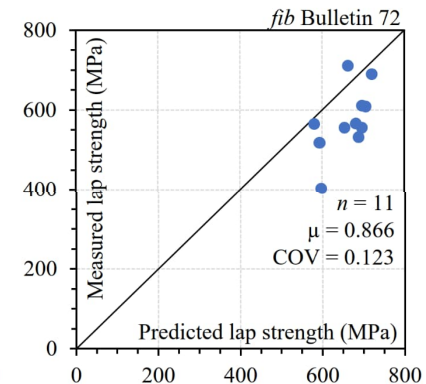
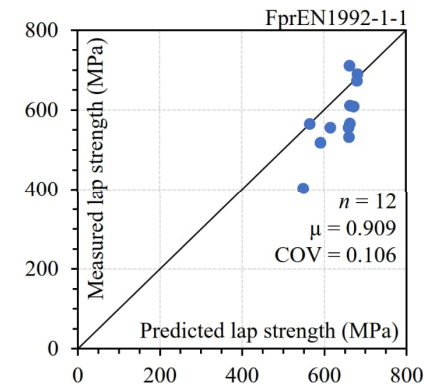
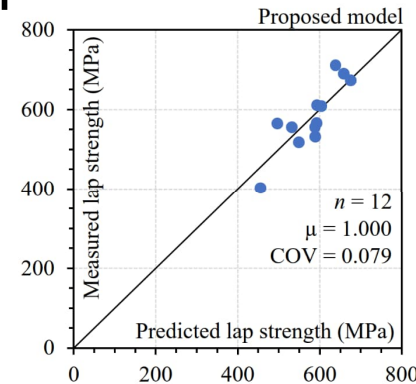
Lyönti-, toisto- ja staattisten kokeiden vertailut

- Lyöntikokeiden hajonnat suurehkot
- Lyönti- ja toistokokeiden välillä ei johdonmukaista eroa
- Paalulle tehdyllä lyöntirasituksella ei oleellista vaikutusta staattiseen kapasiteettiin – tosin kahden eri lyöntirasitetun paalun välillä oli merkittävä ero
- Staattinen murtokapasiteetti oli 300B-15 ϕ sarjan paaluilla yllättävän matala väsymiskuormiin nähden



Keskeisimmät johtopäätökset

- Tulevan Eurokoodin mukainen limijatkoksen mitoitus vaikuttaisi soveltuvan hyvin paalujatkokselle, kun mitoitus tehdään pääterästen myötölujuudelle
- Matalammilla teräsännityksillä koetulokset jäävät laskennallisten mallien tuloksia osin selvästikin matalammiksi
 - Koetulosten perusteella tutkimuksessa laadittiin korjauskerroin pyöröteräskierrehaan tapaukselle
- Harjateräsumpihakoja käyttämällä limijatkokselle saavutetaan suurempia kapasiteetteja
- Lyöntitilanteen ja staattisen tilanteen väsymiskuormissa ei johdonmukaista eroa



Lisätietoa

- Staattisista laboratorikokeista voit lukea lisää juuri julkaistusta artikkelista:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/suco.202301058>
- Tutkimuksen muista vaiheista tulossa artikkelit Betoni-lehteen ja tiedejulkaisuun

Kiitokset!

- Kysymyksiä?

