

# Harkkoseinien leikkauskestävyyden tutkimus

# Harkkoseinien leikkauskestävyys

- Harkkoseiniä käytetään mm. **maanpaineseinissä ja kantavissa rakenteissa**
- Leikkauskestävyys on usein mitoitusta hallitseva tekijä
- Nykyinen mitoitus ei aina huomioi riittävästi:
  - harkkojen geometriaa
  - todellisia murtomekanismeja
- Tampereen yliopistolla 2025 käynnistetty tutkimus aiheesta, tutkimuksen rahoittaa Betoniteollisuuden harkkojaos, diplomityöntekijänä Alpo Makkonen

# Tausta ja tavoitteet

- Eurokoodissa ei ole suoraa kaavoja laskentaan ja laskenta tapahtunut rakentamismääräyskokoelman mukaan
- Päättävöitteena on tutkia vaakaraudoitetun kevytsoraharkkoseinän toimintaa ja murtotapoja ja lisäksi:
  - Selvittää harkkotyyppin ja geometrian, raudoituksen ja laastin vaikutus leikkauskestävyyteen
  - Yhdistää kuormitus – halkeilu – murto mittausten avulla

# Työryhmä

- Anssi Laaksonen – ohjaaja
  - Juuso Auvinen – toinen ohjaaja
  - Heikki Alho – kuormitukset
  - Virpi Leivo – projektinjohto
  - Alpo Makkonen – diplomityöntekijä
- 
- Harkkojaoksesta työtä ohjannut Antti Taivalkangas

# Koekappaleet ja -seinät

- Testattu yksittäisiä harkkoja ja koeseiniä
- Koeseinien pituus: 4,0–4,8 m harkkotyypistä riippuen, saatiin testattu molemmat päät
- Korkeus: 1,0 m
- Yhteensä 12 koeseiniä ja 24 koeseinätestausta
- Muuttujat eri koeseinien välillä:
  - Harkkotyyppi
  - Rauditus (saumaraudoitus 8 mm tai 10 mm)
  - leikkausjänne (voiman etäisyys tuelta)

# Koeseinät

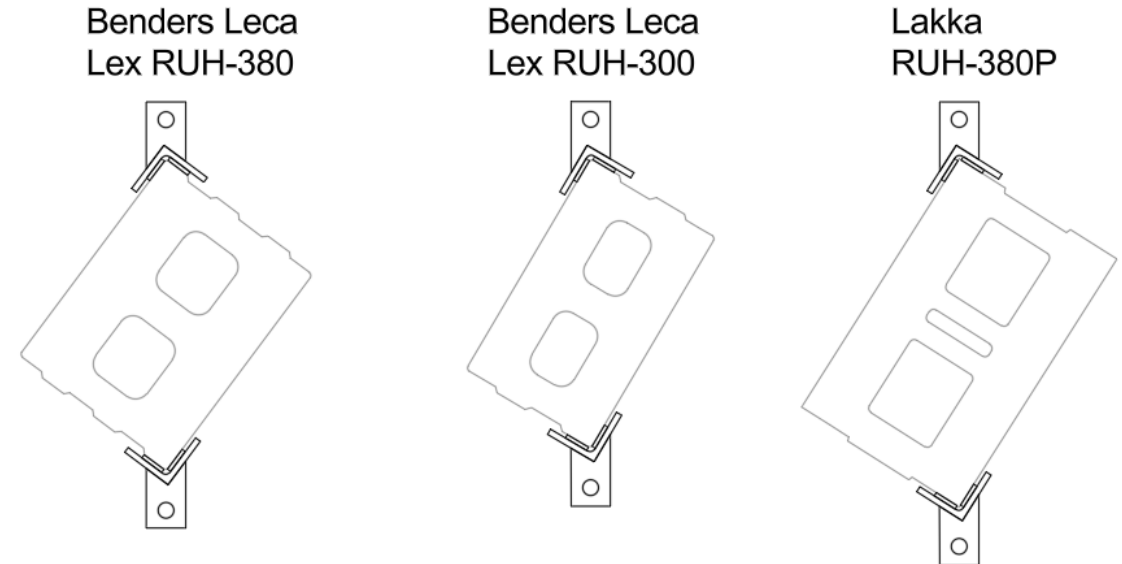


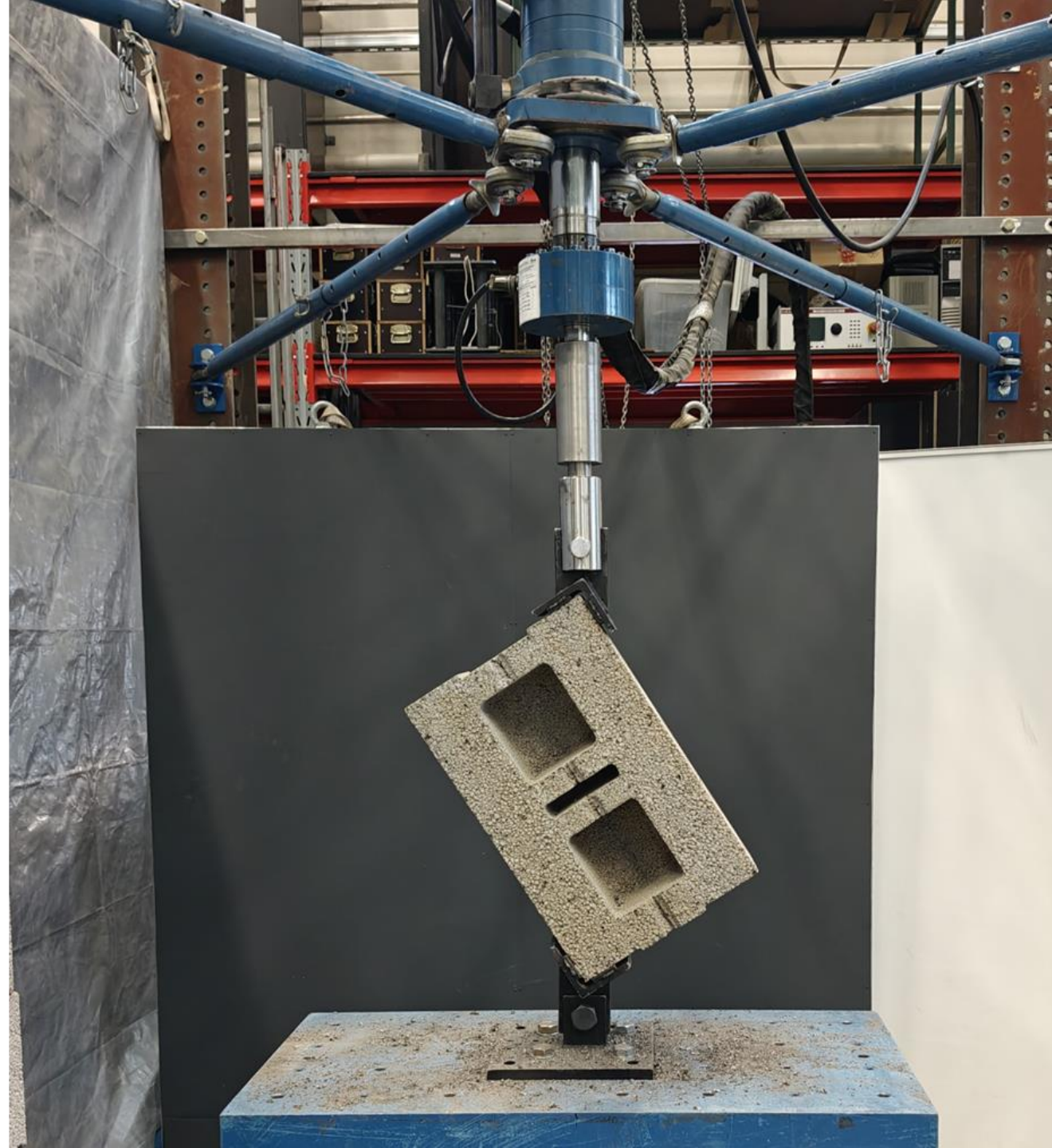
# Koeseinät



# Vinopuristuskokeet: yksittäiset harkot

- Yksittäisille harkoille tehtiin vinopuristuskokeita
  - diagonaalinen puristus, jolla simuloitiin seinän leikkausta ja murtoa
  - Tavoitteena oli vertailla harkkotyypin peruskestävyyksiä ja yhteyttä koko seinän testeihin
- Yli 50 kuormitusta





# Vinopuristuskokeen tuloksia



# Liittyvät kokeet

- Laastin laadunvarmistus:
  - Laastiprismakokeet
- Laastin tartuntalujuuteen liittyvät kokeet
- Terästen vetokokeet:
  - Myötölujuus
  - seinissä käytettyjen terästen laadunvarmistus

# Mittausjärjestely – kuormitustapa ja mitat

- Kuormitukset toteutettiin kolmipistekuormituksena
- Tukiväli: 2250–2600 mm
- Leikkausjänne (voiman etäisyys tuelta): 650–850 mm
- Mitattiin tunkin voima ja siirtymä kuormituksen aikana ja muodostetaan kuormitus–siirtymä -käyrä
- Tästä saadaan perusdata, johon DIC- ja venymämittaustulokset liitetään

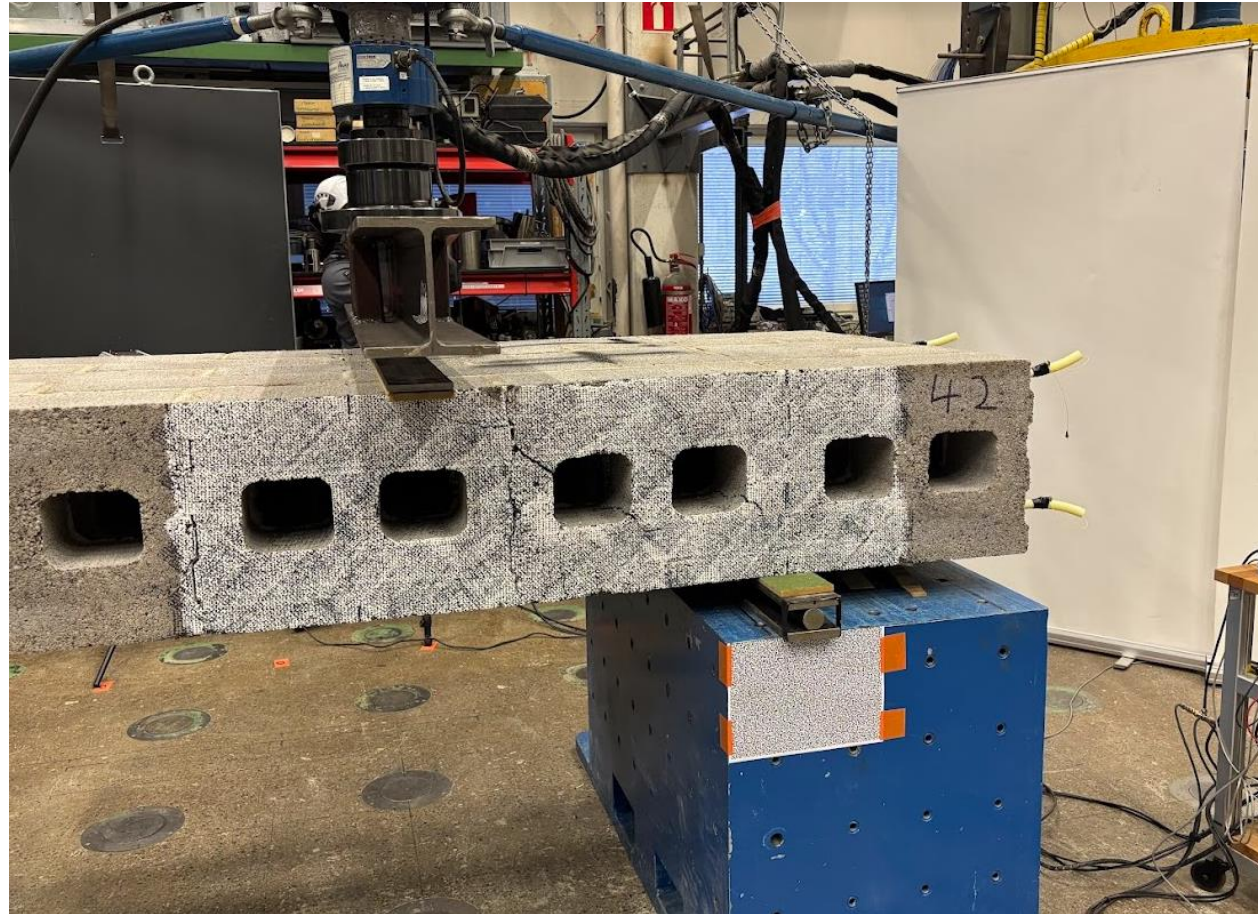


# Mittausjärjestely – DIC-mittaus

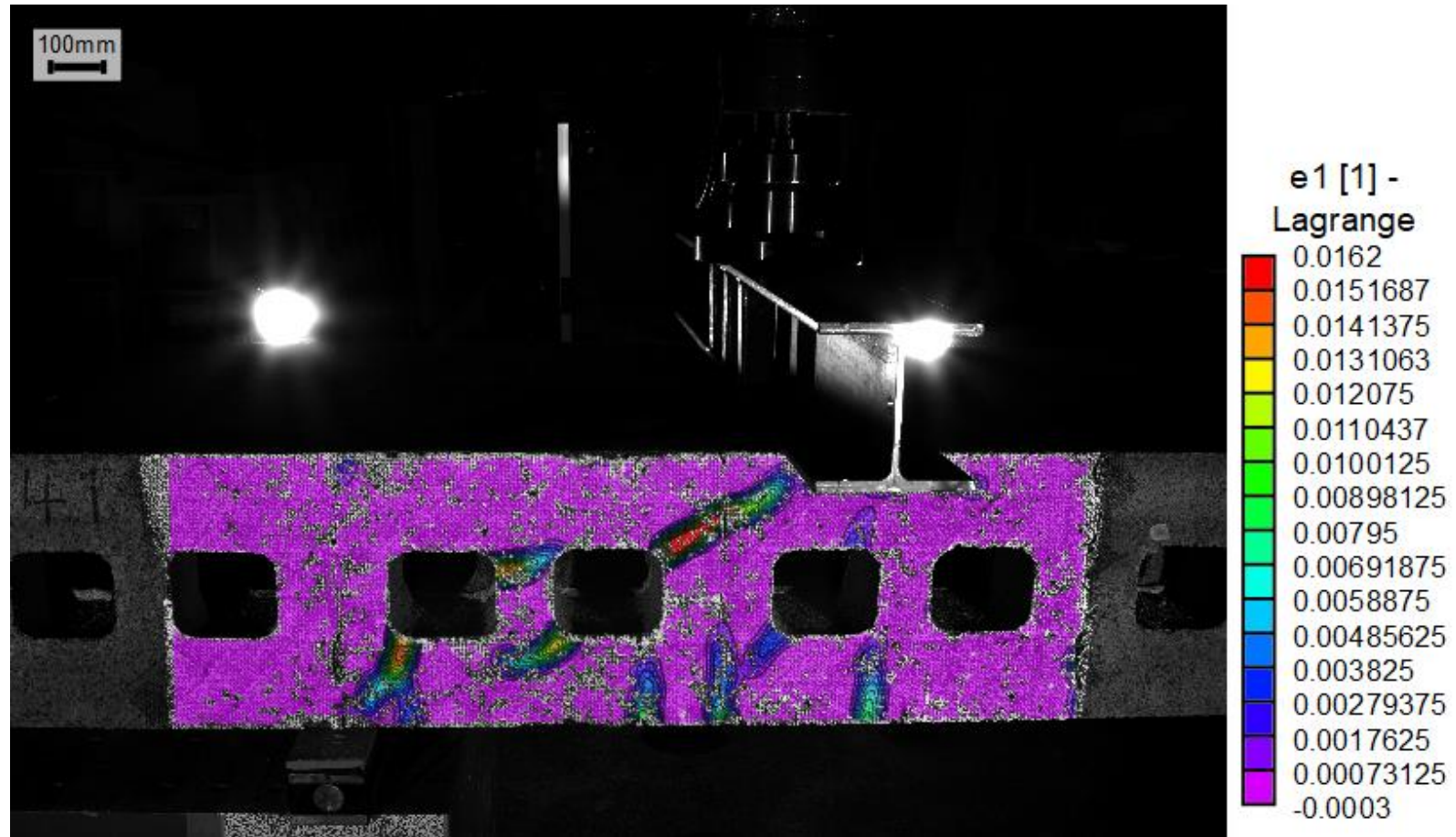
- Digitaalinen kuvakorrelaatio
- Rakenteen pinnassa valkoinen pohja, jossa musta pistekuviointi
- Käytännössä järjestelmä kuvaa rakennetta koko kuormituksen ajan asetetulla taajuudella (1/s)
- Tämän avulla saadaan talteen muodonmuutokset ja siirtymät koko kuormituksen ajalta
  - Halkeama havaittiin heti syntyhetkellä
  - Halkeamien kehittyminen voitiin kytkeä suoraan voimatasoon
  - Paransi murtomekanismien tulkintaa ja harkkotyyppien vertailua



# DIC-mittaus



# DIC-mittaus



# Mittausjärjestely – valokuitumittaus

- Nykyaikainen vaihtoehto venymäliuskoille
- Mittaa terästen venymiä teräksen pintaan liimatuista valokuiduista
- Valokuitu kytketään mittausjärjestelmään
- Venymä lasketaan takaisin heijastuvan valon perusteella
- Etuna: jatkuva venymädata koko tangon pituudelta

# Tähän mennessä saatuja tuloksia

- Kaikista suurin merkitys leikkauskestävyyteen on harkon geometrialla.
- Reiät ohjaavat halkeamien muodostumista varsinkin harkkotyypeillä, joissa läpireiät. Näissä halkeamat alkavat kehittymään reikien nurkista
- Harkkotyypeillä, joissa reiät eivät meni läpi asti, on huomattavissa betonirakenteiden kaltaista toimintaa leikkaantumisessa. Leikkaushalkeamat alkavat näissä siis kehittymään taivutusshalkeamista ja kääntyvät siitä kohti kuormituspistettä.

# Tähän mennessä saatuja tuloksia

- Seinien kestävyys huomattiin seuraavan harkkojen kestävyksiä yksittäisten harkkojen kuormituksista
- Raudoitusmäärän vaikutus leikkauskestävyyteen on pieni, joten teräsmäärän nostamisella ei saada lisää kapasiteettia leikkaantumisen suhteen
- Laastin vaikutus pystysaumoissa suuri. Tälläkin hetkellä ohjeistuksessa on, että maanpaineeseinissä pystysaumoissa käytetään laastia. Tästä on tärkeää pitää kiinni ja myös koittaa varmistua siitä, että tämä tiedetään myös työmailla!

# Tähän mennessä saatuja tuloksia

- Tällä hetkellä Eurokoodin mukaan lasketun taivutuskestävyyden osalta 380 leveillä harkoilla päästään noin 5,5 metrin jännemittoihin
  - Osalla harkoilla tyypeistä leikkauskestävyys heittämällä riittävä tälle jännemitalle. Osalla ollaan jo aika lähellä maksimia tässä vaiheessa
  - Pitää ottaa huomioon, että oikeassa tilanteessa perustuksen ja seinän välinen liitos ottaa paljon kuormaa vastaan, joka auttaa tilannetta

# Yhteenvetona

Jos halutaan kasvattaa kevytsoraharkkoseinän leikkauskapasiteettia, on harkkojen geometrian muokkaaminen tämän tutkimuksen perusteella ainut tehokas tapa

