



Tiedolla kohti tehokkaampia betonirakenteita

Betoniteollisuuden kesäkokous 2015

7.8.2015 Joensuu

prof. Anssi Laaksonen

- Tutkimuksesta rakennustekniikassa
- Esimerkkejä tutkimustiedon vaikutuksesta rakenteiden toiminnan analysointiin
 - 1) Teräspalkit betonissa rakenteet
Liikennevirastolle tehty tutkimus
 - 2) Betonipaalujen kuormankantokyky
Käynnissä oleva projekti betoniteollisuuden paalujaoksen kanssa
 - 3) Estetyt muodonmuutokset betonipalkissa
Käynnissä oleva diplomityö vaativien rakenteiden tutkimusryhmässä
- Vaativien rakenteiden tutkimusryhmä TTY:llä

TUTKIMUKSESTA RAKENNUSTEKNIKASSA



Rakennustekniikasta tieteenä

- Rakennustekniikan tutkimuksessa kysytään: ”Mikä on totuus ja miten se hyödynnetään?”
- Edellinen asettaa erilaisia reunaehtoja kuin puhtaiden luonnontieteiden kysymys: ”Mikä on totuus?”
- Rakennustekniikassa ei siis riitä että selvitetään jokin asia, vaan hyvin tärkeänä osana on miten asia hyödynnetään.
- Olennainen asia on myös millä tavoin tutkimus alun perin asetetaan, jotta aihe on tarkoituksenmukainen

”Tieteen tavoite ei ole kertoa asioita tavalla joka ylittää lähes kaikkien ymmärryksen”



Rakennustekniikan tutkimusmenetelmistä

- Tutkimusmenetelmät vaihtelevat paljon tieteenalasta riippuen. Tässä keskittyminen on rakenteiden toimintaan liittyvässä tutkimuksessa.
- Tyypilliset tutkimusmenetelmät ovat:
 - Kirjallisuustutkimus
 - Mitä aiheesta tiedetään ennalta?
 - Kokeellinen tutkimus
 - Koekuormitukset hallissa
 - Kenttäkokeet
 - Laskennallinen tutkimus
 - Analyytiset menetelmät
 - Numeeriset menetelmät



Tehdään havaintoja ja todistetaan uudet ideat

ESIMERKKEJÄ TUTKIMUSTIEDON VAIKUTUKSESTA RAKENTEIDEN TOIMINNAN ANALYSOINTIIN



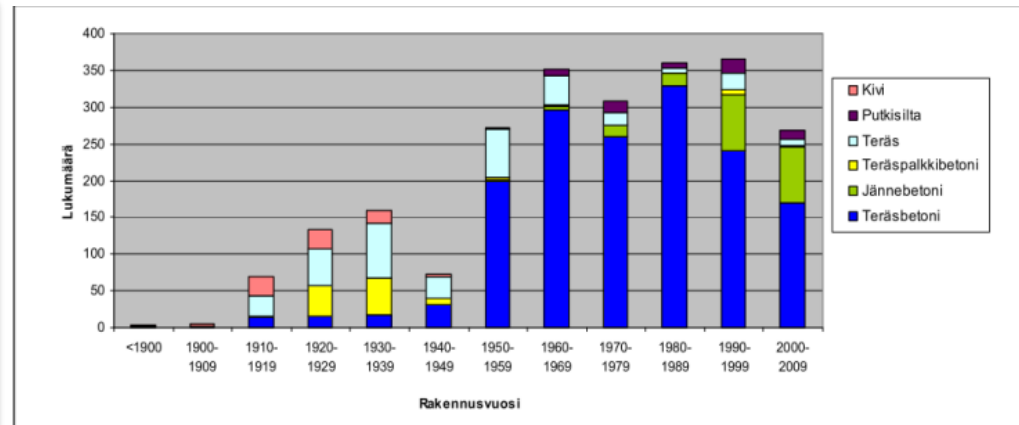
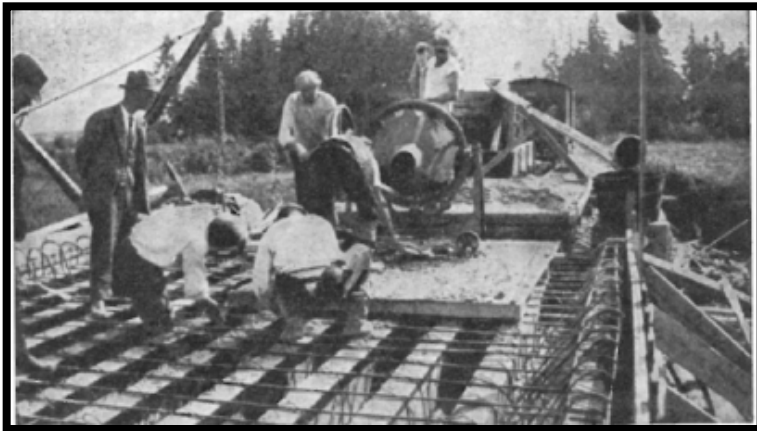
1) Teräspalkkibetoniset rakenteet

- Alun perin sillat on mitoitettu siten, että vain teräspalkit kantavat ilman liittovaikutusta kaikki kuormat (koska liitinelimiä ei ole) ja kuorman poikittainen jakautuminen on jätetty huomiotta
 - Kestävyysreservi?
 - Alun perin mitoitettu huomattavasti pienemmille akselikuormille
 - Rakenteen kunnon vaikutus kantavuuteen?
- => Toimiiko rakenne liittorakenteisena?
ei lainkaan – osittain – täydellisesti

15 t

25t

40t



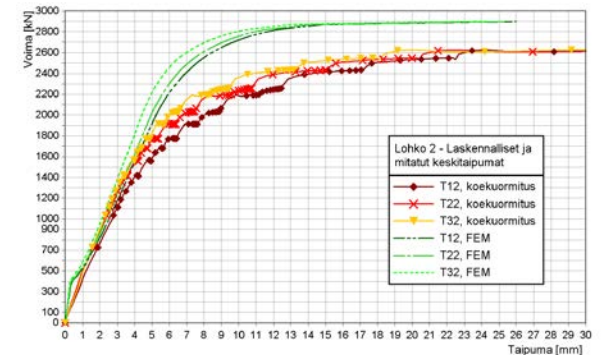
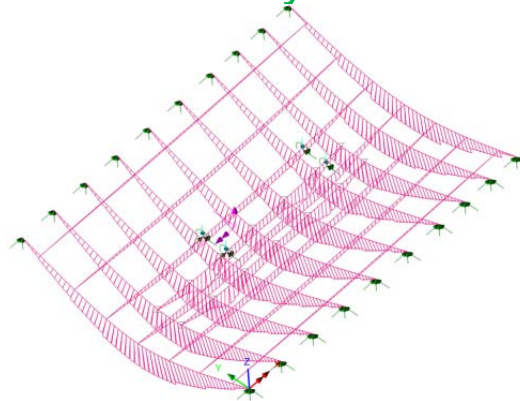
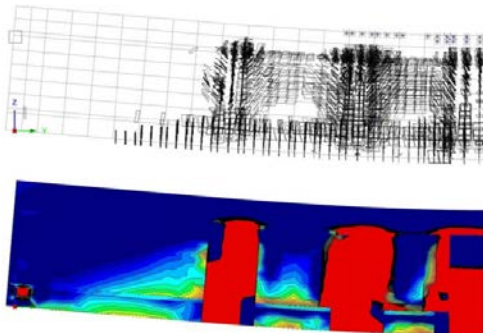
1) Teräspalkkibetoniset rakenteet

- Koekuormitukset TTY:n Rakennustekniikan koehallissa



1) Teräspalkkibetoniset rakenteet

- Rakenteen voitiin todeta koekuormitusten ja laskennallisin menetelmien perusteella toimivan hyvin liittorakenteena
- Esille saatiin myös ilmiöitä, joilla on vaikutusta rakenteen kantavuuteen
 - Tartuntajännitysten kehittyminen teräksen ja betonin välillä
 - Rakenteen poikittainen kestävyys
- Rakenteen mekaaninen toimintamalli tunnistettiin, joka auttaa myös mahdollisissa vahventamistoimenpiteissä
- Reilun 100 sillan joukosta noin 10 tarpeen kantavuuden johdosta uusia, kun ennen tutkimusta tarve olisi tarkoittanut suurinta osaa siltajoukkoa, tai sitä ei olisi tiedetty lainkaan.



2) Betonipaalujen kuormankantokyky

- Huomattavan monet rakenteen kantokyvyn tarkasteluissa käytettävissä menettelyistä ovat vahvasti empiriisiä eli kokemusperäisiä
- Näin on myös monissa paaluja koskevissa tarkasteluissa
- Esimerkiksi rakenteelle on voitu tehdä kuormituskokeita, laskennallisia tarkasteluja sekä testattu rakennetta asennusaikana.
- Näin on voitu varmentaa kokemusperäisiä kantokyvyn tarkastelumenettelyitä
- Tarkasteluihin on sisältynyt esimerkiksi tietyt betonimateriaalit, raudoitteet, poikkileikkausmitat, kuormituksen kesto, alkuvinoudet jne.
- Jos kysytään että mitä rakenteen kantokyky on, kun käytetään muita kuin alkuperäisissä tarkasteluissa olleita lähtötietoja ja otaksumia, niin ei olla enää varmoja toimiiko empiirinen malli tällöin?

2) Mekaaninen malli vs. empiirinen

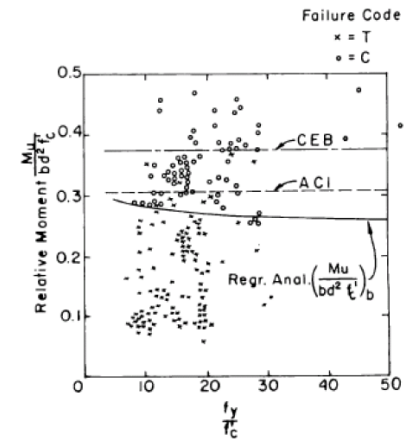
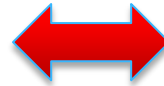
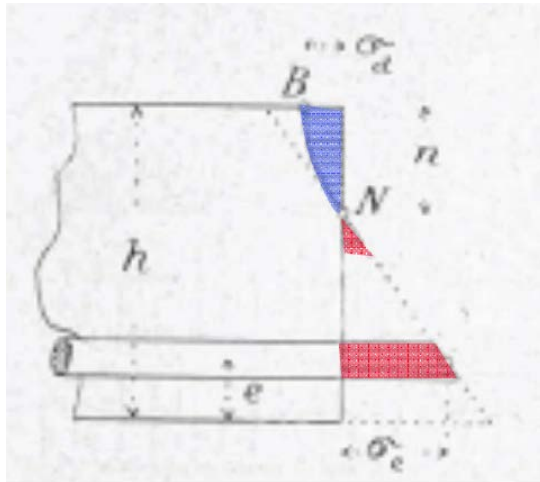
Eurooppalainen

Ritter, W. 1899

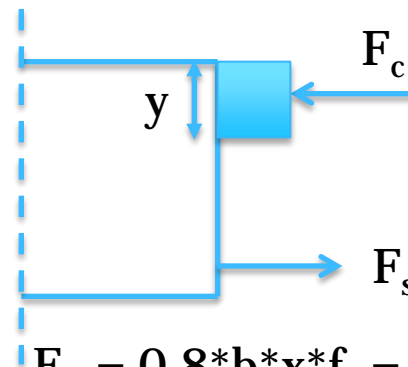
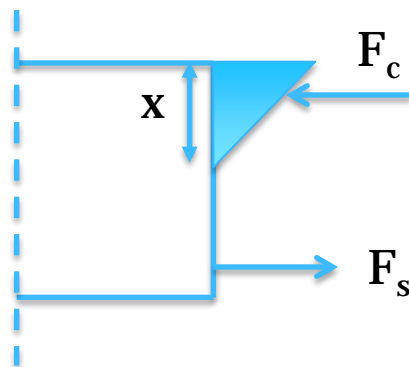
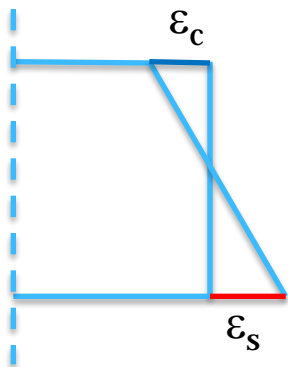
vs.

Pohjois-Amerikan tapa?

Zsutty, T.C. 1963



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

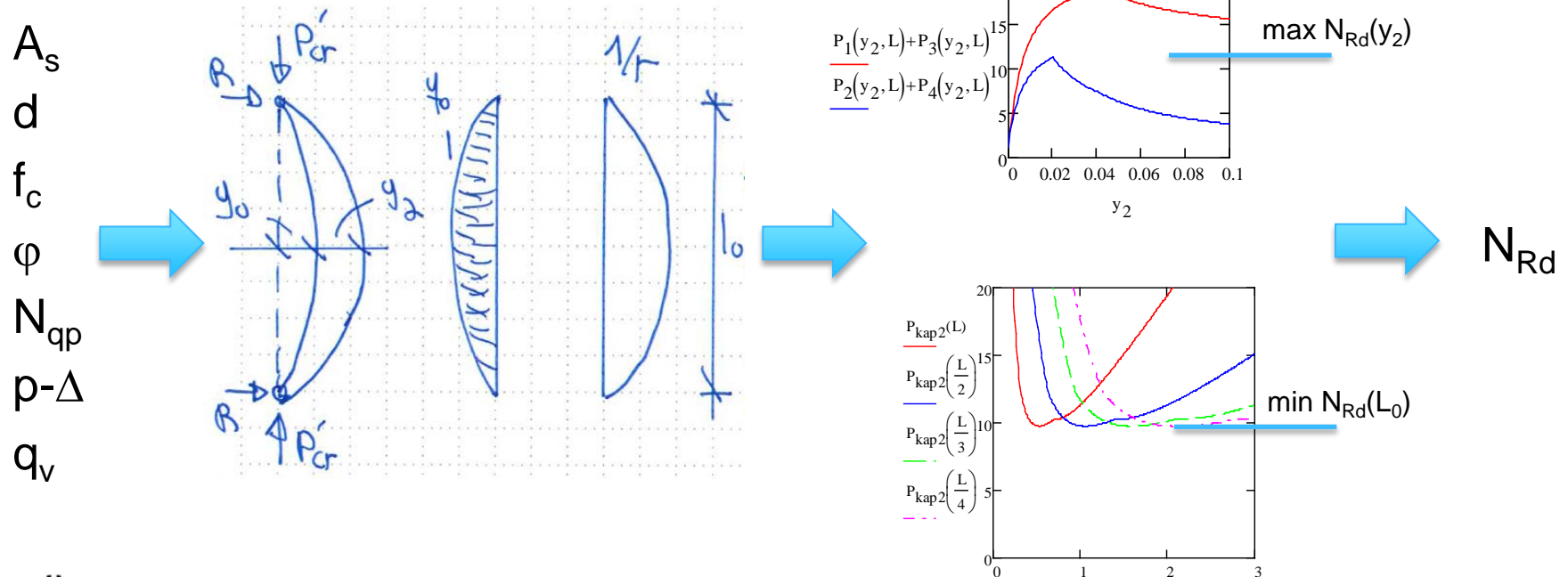


$$F_c = 0.8 \cdot b \cdot x \cdot f_c = F_s$$



2) Betonipaalujen kuormankantokyky

- Kuormankantokyvyn määrittämiseen tarvitaan siis mahdollisimman selkeä **mekaaninen toimintamalli**, jonka parametrit ovat tunnistettu/käytettävissä
- Näin voidaan esimerkiksi paalulle laatia mitoitusmenettely, joka ei ole täysin sidottu alkuperäisiin otaksumiin ja rajoituksiin
- Mekaaniseen malliin pohjautuva menettely on helposti omaksuttavissa insinööriyössä



3) Pintalämpötilaeron vaikutus betonipalkissa

- Otaksutaan 2-aukkoinen teräsbetoninen palkki, jonka jännemitat ovat 15+15 m ja rakenne on tuettu pilareihin monoliittisesti
- Poikkileikkaus HxB = 1x1 m, Betoni C35/45
- Palkin yläpinta on 8°C kylmempi, keskilämpötila laskee 40°C ja tapahtuu 10 mm tukipainuma
- Kun palkki otaksutaan rasiusten arvioinnissa halkeilemattomaksi, saadaan murtorajatilassa edellisistä kuormista välituen yläpintaa vetävää taivutusrasitusta 1 MNm
- Tämä vastaa noin kuorman 36 kN/m aiheuttamaa rasiusta
- Jos momenttikapasiteetin otaksutaan olevan 3.3 MNm olisi edellinen noin 30% palkin taivutuskapasiteetista

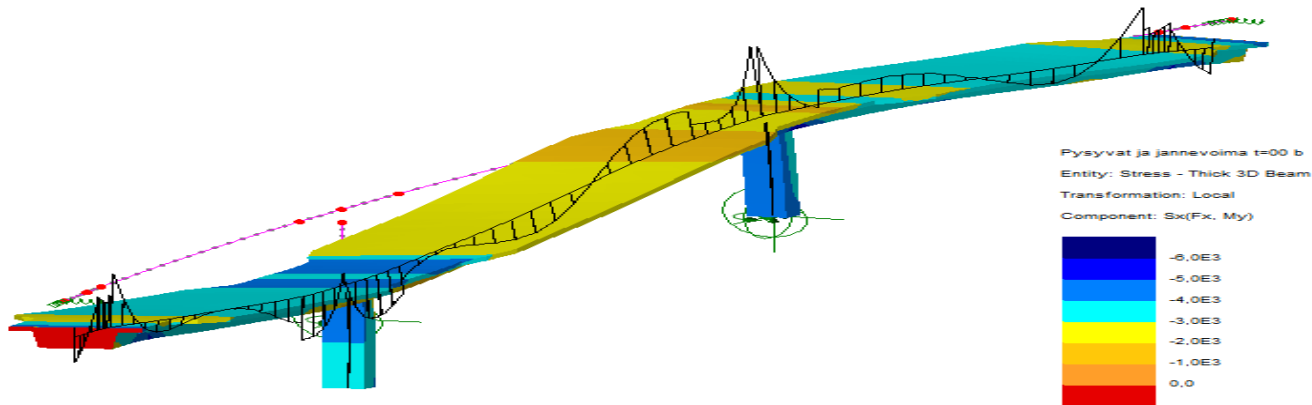
=> Miten estetyt ja pakotetut muodonmuutokset tulee ottaa huomioon mitoituksessa?

	ei lainkaan	–	osittain	–	täysin
kuormankantokyky	117 kN/m		100 kN/m		82 kN/m



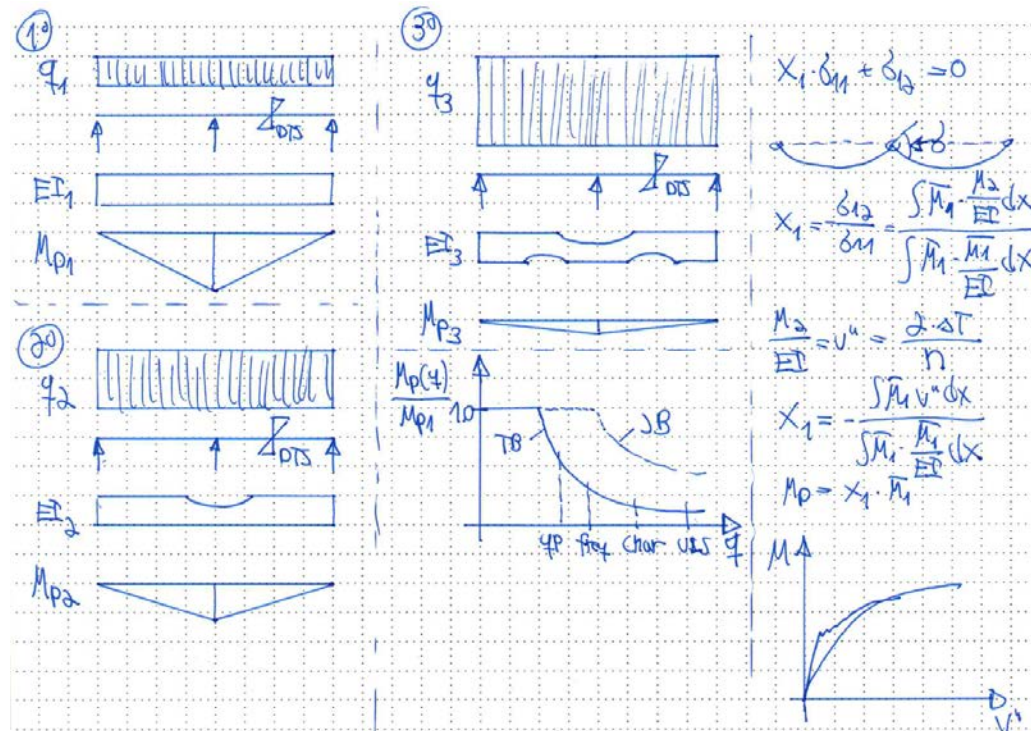
3) Pintalämpötilaeron vaikutus betonipalkissa

- Kuormana pintalämpötilaero on todellinen ja fysikaalisesti perusteltavissa
- Pintalämpötilaero aiheuttaa niin kutsuttuja pakkomomenteja (estettyjä muodonmuutoksia) staattisesti määräämättömissä rakenteissa
- Kuorman vaikutuksia rakenteeseen sen sijaan tulisi tarkastella
- Nykyiset laskentaohjelmistot perustuvat monelta osin kimmoteoriaan missä rakenneosat ovat halkeamattomia. Näin saattaa tulla **harhakuva** että pintalämpötilaerot on laskettu ”tarkasti” vaikkapa FE-ohjelmistoilla.



3) Pintalämpötilaeron vaikutus betonipalkissa

- Betonirakenne halkeaa kuormituksen seurauksena ja palkin jäykkyys laskee merkittävästi halkeamattomasta tilanteesta.
- Taivutusjäykkyyden (EI) lasku vaikuttaa alentavasti pintalämpötilaeron aiheuttamiin rasituksiin, koska sen aiheuttama momentti riippuu EI:stä, joka siis laskee kuormituksen seurauksena!

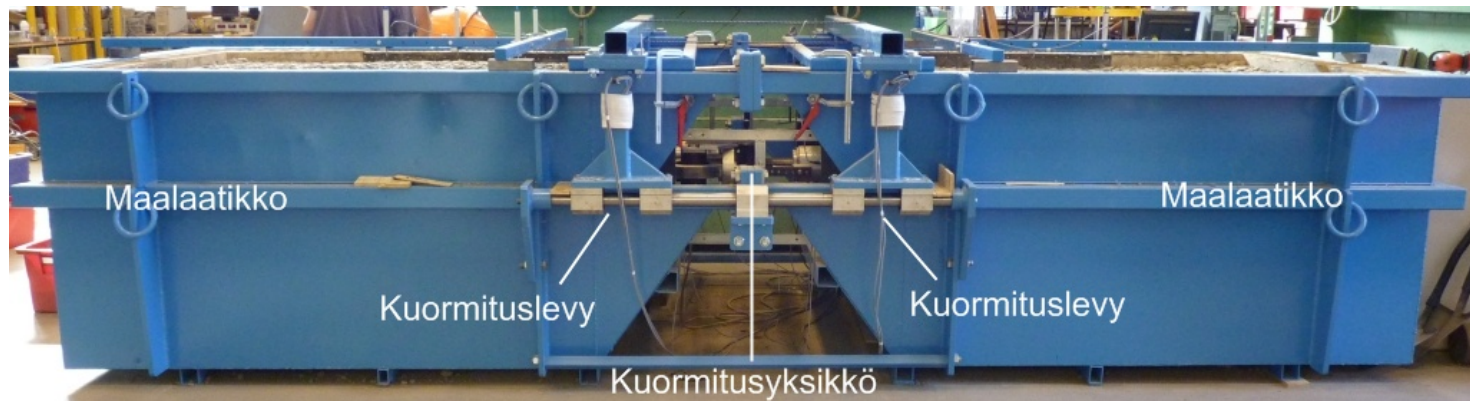


VAATIVIEN RAKENTEIDEN TUTKIMUSRYHMÄ



Vaativien rakenteiden tutkimusryhmä

- Vaativien rakenteiden tutkimusryhmä sijaitsee TTY:n Rakennustekniikan laitoksella prof. Anssi Laaksosen ohjaamana
- Tutkimusalueina ovat betonirakenteiden toiminta ja siltojen rakenteellinen toiminta. Yhtenä tutkimusalueena on rakenteen ja maan yhteistoiminta.
- Vastaa betonirakenteiden rakennesuunnittelun opetuksesta ja vaativien rakenteiden Sillanrakennus-opetuskokonaisuudesta sekä sillanrakennuksen kursseista.



Vaativien rakenteiden tutkimusryhmä



- Tutkimusryhmän kokoonpano on seuraava:
 - Olli Asp, tohtorikoulutettava, tutkimus
 - Ulla Kytölä, tohtorikoulutettava, tutkimus ja opetus
 - Joonas Tulonen, tohtorikoulutettava, tutkimus
 - Jukka Haavisto, projektipäällikkö, tutkimus ja koekuormitukset
 - Ville Haakana, projektitutkija, koekuormitukset
 - Olli Kerokoski, yliopistonlehtori, opetus
 - Kimmo Jalonen, diplomityöntekijä
 - Anssi Laaksonen, professori



Vaativien rakenteiden tutkimusryhmä

- Diplomitöitä ryhmän aihealueissa on käynnissä useita
- Käynnissä olevia betonirakenteiden tutkimusprojekteja
 - Teräsbetonipaalujen kantokyky
 - Jälki-injektoitujen jännepunosten tartuntakyvyn vaikutus sillan rakenteelliseen toimintaan
 - Estetyt ja pakotetut muodonmuutokset sillan päällysrakenteessa
 - Betoniteollisuuden tutkimusprojekti xx 1.9.=>
- Jatko-opintoseminaari käynnistyyneen alkuvuodesta 2016
- Tutkimusryhmän verkkosivut avautuvat syksyn 2015 aikana www.tut.fi/vaativatrakenteet



Diplomityöt



Käynnissä:

- Kimmo Jalonen, Pakotetut ja estetyt muodonmuutokset sillan päällysrakenteessa
- Valtteri Moisio, Ajoneuvoasetuksen vaikutukset siltojen kantavuustarkasteluissa ja vahventamisissa käytettäviin kuormiin
- Oskari Salminen, Kutistumahalkeamien hallinta allasrakenteissa
- Iiro Ojamaa, Kutistuman edellyttämä rauditus tasomaisissa rakenteissa

Uusimmat valmiit:

- Jonne Savolainen, Kulmatukimuurin geo- ja rakennetekninen suunnittelu. 2015/04
- Tuomo Siitonen, Kruunukylänjoen ratasillan niittiliitosten väsytkuormitus. 2015/04
- Lauri Mäntyranta, Liikuntasaumattoman sillan päätypenkereen käyttäytyminen – kokeellinen ja laskennallinen tutkimus. 2015/03
- Simo Nykänen, Tietomallipohjainen sillan korjaussuunnittelu ja lähtötietojen kokoaminen. 2015/03
- Janne Isohaka, Teräksisen suurpaalun rakenteellinen toiminta siltarakenteissa. 2015/01
- Risto Ranua, Jännebetonirakenteen halkeilun hallinta tartunnattomia jänteitä käytettäessä. 2014/12
- Antti Artukka, Betonisten rautatiesiltojen jäljellä olevan käyttöiän arvioiminen. 2014/05

