

Vertailulaskelmat yhteenveto



Anssi Laaksonen

© A-insinöörit Suunnittelu Oy 2.9.2009

www.a-insinoorit.fi

Esityksen sisältö

- 1) Yleistä ja vertailulaskelmien periaate
- 2) Vertailulaskentakohteet
- 3) Suurimmat muutokset
 - Maantiesillat
 - Rautatiesillan erityispiirteitä
- 4) Jatkotutkimustarpeet

Tämä esitys koskee betonisiltojen vertailulaskelmia. Lisäksi on käynnissä vastaava työ liittosiltojen osalta.



© A-insinöörit Oy 3.4.2009

www.a-insinoorit.fi

Vertailulaskelmat 2009-2010

- Tiehallinto teetti laajamittaisempia vertailulaskelmia Eurokoodista verrattuna nykysuunnitteluun. Myös RHK on teettänyt vertailulaskelmia rautatiesillasta
- Esim. Vertailtiin leikkausraudoitusmäärän muutosta, jolloin vertailussa on mukana sekä kuormista että mitoitusmenettelystä aiheutuneet muutokset
- Mukana yhteensä 12 betonisiltaa pääjännemitta- ja hyötyleveysalueella: $J_m=13\dots 100\text{m}$ ja $H_l=3\dots 20\text{m}$
- Sillat ovat teräsbetonisia tai jälkijännitettyjä betonisilloja. Päälysrakenteena on laatta- tai laattapalkkirakenne.



Vertailulaskelmien periaate

- Mukana kaikki halukkaat sillansuunnittelukonsultit. Yhteensä 12 toimistoa mukana
- Kullakin oli/on 1-2 kohdetta, jotka oli mitoitettu (tai mitoitettiin laskentatyön aikana) sekä nykyohjeiden että Eurokoodin mukaan.
- Tavoitteena oli:
 - Tutustuttaa Eurokoodin kuormien käsittelyyn ja mallintamiseen
 - Tutustuttaa Eurokoodien mukaiseen betonisiltojen mitoitukseen
 - Selvittää missä osissa muutokset ovat suurimpia nykyohjeistukseen verrattuna
 - Tuottaa taustamateriaalia kansallista liitettä (NA) ja Sovellusohjeita (NCCI) varten
- Vertailulaskelmat ovat hyvin olennainen osa Eurokoodien vaikutuksia selvittäessä
- Vertailulaskelmiin annettiin lisäohjeita, jotta tulokset olisivat saman kaltaisesti laskettuja
- Mallintamisperiaatteiden osalta käytettiin nykykäytäntöä
- Myös rautatiesilta mukana, jolloin mukana rautatiesillan erityispiirteitä

Maantiesiltojen vertailulaskentakohteet

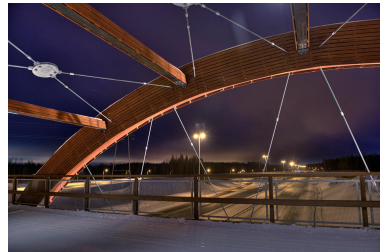
konsultti	Sillan nimi	Tyyppi	Kuorma	Hl [m]	Vinous [gon]	Jänteiden lkm	Jm [m]
A-Insinöörit Suunnittelu Oy	Jänhiälän RS, S213	Bjup	Lk	13.5 +13.5	0...1	2+(4)	2.5, 14.0, 21.0, 2.5
Destia	Kemiran RS	jBup	Lk	20	6,368	1+(2)	2.5, 28.5, 2.5
Finnmap Consulting Oy	Vähä-Lukusilta, S2	jBjl	Lk	14,75	-	3	16.5, 20.0, 16.5
Ins.tsto Pontek Oy	Sköldvikin RS, S1	jBjp	Lk	16	14	2	35.0, 35.0
Ponvia Oy	Vermosolmun RS	jBjp	Lk	16,75	3,027	4	16.0, 20.0, 20.0, 16.0
Pöyry Oy	Kanneltien itäinen RS	Bjl	Lk			3	10.8, 16.2, 14.6
SiltaNylund Oy	Hännilänsalmen silta	jBjp	Lk	14	0	3	80.0, 100.0, 80.0
SITO Oy	Jukolansalon RS	Bjul	Lk	9.0...13.0		3+(1)	2.5, 13.0, 16.0, 16.0
SuunnitteluKide Oy	Halikonjoen silta	jBjp	Lk	10,5	0	5	44.6, 54.85, 42.0, 38.0, 32.31
WSP Finland Oy 1	Kuikun RS	jBjp	Lk	10	18,6	3	14.0, 25.0, 14.0
WSP Finland Oy 2	Iirislahden silta	jBjp	klk	3	-	3	13.5, 18.0, 13.5

© A-Insinöörit Oy 3.4.2009

www.a-insinoorit.fi

Painopistealueita betonisiltojen vertailulaskelmissa olivat

- Eurokoodin kuormat yhdistelyineen ja niistä seuranneet rasitukset
 - Kuormien mallinnus
 - Kuormien yhdistelyt
 - Rasitukset määräävissä poikkileikkauksissa
 - Rasitukset alusrakenteille
- Leikkaus- ja lävistysmitoitus
- Halkeilu- ja käyttöikämitoitus
- Yliraidoitetun palkin estäminen TB/JB
- Jälkijännitetyn rakenteen erityispiirteet
 - Palkin pään halkeilumitointus
 - Jännitysten laskenta ml. jännityshäviöt
- Väsytyksimitoitus betoni/teräs



© A-Insinöörit Oy 3.4.2009

www.a-insinoorit.fi

Havaintoja Rautatiesiltojen mitoituksesta Eurokoodien mukaan

- Pystysuoran kuorman toleranssi raiteen keskiviivan suhteen on annettu, mutta mikä on sijaintitoleranssi => 120 mm kuten tällä hetkellä
- Kuinka suuri on jarrutuskuorma siltarakenteelle jatkuvakiskoraiteella?
=> NA EN 1991-2 mukaan
- NA EN 1991-2: Kaksiraiteisella sillalla toisen raiteen jarrutuskuorma voidaan rajoittaa 1000kN:iin. Koska Eurokoodissa viitataan junan kulkusuuntiin, jota Suomessa eivät ole lukittuja.
- Lasketaanko liikennekuorman maanpaine LM71-35:stä vai SW/0:sta(tai SW/2:sta)?



Havaintoja Rautatiesiltojen mitoituksesta Eurokoodien mukaan

- Suistumiskuormatyyppinä on kaksi. Ensimmäinen on ryhmä pistekuormia ja toinen on jatkuva kuorma => Saattaa muuttaa sillan reunan muotoiluperiaatteita, koska isoja kuormia sillan reunalla
- "Unloaded train" yhdessä vaakakuormien kanssa
 - Corrigenda tulossa EN 1990:aan(on vielä proposal)
 - => EN 1990 –A1 A2.2.4 (2) Unloaded train (pystykuormat joissa ei dynaamista kerrointa kohdan 6.3.4 mukaan, vaakakuormat kohdan 6.5 mukaan) + tuulikuorma
 - Rakenteiden kaatumista vastaan
- EN 1990 –A1 A2.2.4 (3) Tuuli ja jarrukuorma eivät ole samaan aikaan
- Suomeen tulee radalla kulkevaa kalustoa vastaavat väsytkuormakaaviot

Havaintoja Rautatiesiltojen mitoituksesta Eurokoodien mukaan

- Onnettomuuskaista, sillan reunan mitoitus
- Ilman useampien siltojen analyysyä sekä väsytyksen että "rail-track" -analysis vaativat nykyiseen mitoituskäytäntöön verrattuna suunnittelussa merkittävästi lisää työmäärää

- Maksimi jarru- ja kiihdytyskuormassa α on myös maksimiarvoissa:

$$Q_{1ak}(L) := \begin{cases} L \cdot q_{1ak} & L_{maxa} := \frac{1000 \cdot \alpha}{33 - \alpha} \quad L_{maxa} = 30.303 \quad Q_{1ak}(L) = 1.46 \times 10^3 \\ 1000 \cdot \alpha & \text{if } L \cdot 33 - \alpha \geq 1000 \cdot \alpha \end{cases}$$

$$Q_{1bk}(L) := \begin{cases} L \cdot q_{1bk} & L_{maxb} := \frac{6000 \cdot \alpha}{20 - \alpha} \quad L_{maxb} = 300 \quad Q_{1bk}(L) = 1.212 \times 10^3 \\ 6000 \cdot \alpha & \text{if } L \cdot 20 - \alpha \geq 6000 \cdot \alpha \end{cases}$$

- Tällöin kuormien maksimipituudet ovat 30.3 ja 300 m

Seuraukset ja havainnot rakenteisiin I

- Laattapalkkirakenteen laattaosiin saattaa seurata paksuntamistarpeita nykyohjeisiin verrattuna (n.50mm) leikkausmitoituksen johdosta.
- Halkeamamitoitusta tehtäessä pitkäaikaisella kuormitusyhdistelmällä (Eurokoodin mukaan on vain tasaisesta kuormasta pitkäaikaisosuuksia) halkeilumitoituksen määräävyys saattaa merkittävästi laskea tai hävitä kokonaan esim. ulokkeen tai laattapalkin laattaosan mitoituksessa
- Murtorajatilan rasitukset pääkannattimilla ovat samaa suuruusluokkaa kuin nykyohjeillakin laskettaessa
- Pilarien rauditusmäärät laskevat monilta osin, etenkin rasiusten alenemisen ja pienentyneiden epäkeskisyyksien seurauksena
- Pilarien rasiusten muuttumiseen vaikuttaa mm. Eurokoodissa jarrukuorma ei ole samaan aikaan maksimi pystykuorman kanssa, jäykkyysuhteiden muuttuminen muuttuneen pääkannattimen toimivan leveyden johdosta ja mitoitusepäkeskisyyksien muuttuminen

Seuraukset ja havainnot rakenteisiin II

- Jännitetyssä palkkirakenteessa leikkausraudoitukseen tulee merkittäviä hyppäyksiä, koska leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen kapasiteetissa jännevoimasta syntyvän normaalijännityksen saa hyödyntää, mutta leikkausraudoituksen mitoituksessa ei normaalivoiman auttavaa vaikutusta ole.
- Jännitetyssä poikkileikkauksessa taivutuksen ja väännön yhteisvaikutusehdon puuttuminen voi vaikuttaa etenkin välituella olevan poikkileikkauksen mitoitukseen merkittävästi
- Halkeamarajatilan mitoittavuus oli monesti alhainen sekä jännitetyissä- että teräsbetonirakenteissa

Kokemukset

- Uuteen suunnittelunormiin siirtyminen vaatii paljon uuden asian omaksumista
- Nykyohjeistuksestakin on johdettu useita erilaisia suunnittelutapoja, joiden asettuminen vaati aikaa myös Eurokoodiaikana
- Normit antavat minimitason, jolle suunnittelu ei aina ole järkevää. Rakenteiden mekaniikan perusasiat on pidettävä taustalla, koska kaikkia tilanteita vastaan normit eivät ole aukottomia.
- Siirtymäaikataulu on ollut tiukka, jos sitä verrataan siihen kuinka kauan nykyohjeistusta on kehitetty (ainakin 20 vuotta?)
- Sovellusohjeet tulevat todella tarpeeseen. Ja tulevat omalta osaltaan myös turvaamaan siirtymävaiheen ”näppituntuman” säilymistä
- Kuitenkin vahvimmin standardien omaksuminen tapahtuu standardeja käyttämällä eli niillä suunnittelemalla.

Vaikka ollaan jo pitkällä joissain asioissa niin: Jatkotutkimustarpeet (ennen 1.4.10)

- Käyttörajan jatkotutkimusehdotukset on esitetty käyttörajan tiloissa koskevassa esityksessä
- Jännitetyn poikkileikkauksen leikkausraudoituksen mitoitus?
 - Saksalaisten käytäntö DIN 102: Ohjataan sallitun puristusdiagonaalin käyttöä jännebetonirakenteella *betonin leikkauskapasiteetti huomioiden*
- Taivutuksen ja väännön yhteisvaikutusehto Eurokoodista poiketen, etenkin jännitetyssä rakenteessa välitukialueella?
- Väsytyksmitoitus => Mitkä sillat mitoitetaan väsytykselle?

Jatkotutkimustarpeet jatkuu...

- Laattapalkkirakenteen laattaosien leikkausmitoitus pistekuormille
 - Mitoitusohje LM1 ja LM2-kaavioille? => Isoja pistekuormia
 - Pilarien voimasuuret ja mitoitus?
 - Epäkeskisyyksien laskeminen yhteen myös epäkeskisyyden h/30 (vrt.nyk. h/50) Eurokoodista poiketen, kuten nykyään ja DIN 102 : $e_{tot} = e_0 + e_a + e_2$?
- Pakkovoimien käsittely murtorajatilassa: Kutistuma, tukipainuma, pintalämpötilaero ja jännevoiman pakkovoimat. Saako kaikki jättää huomiotta jos kiertymäkyky riittää, vai vain tietyn osan?
- Rautatiesiltojen osalta tulisi yleisesti analysoida laajemmin:
 - Jarrukuorman kehittyminen eri kokoisille silloille
 - Väsytykskuormitusten analysointi eri kokoisille silloille => λ -kertoimet betonille ja teräkselle

Kiitos mielenkiinnosta!

- Edellä esitettyjen aiheiden lisäksi keskusteluaiheita?

