

Niskakosken silta, Suomussalmi

Teräksinen jatkuva palkkisilta, puukantinen (Tjpp)

JM = 5.10 + 6.90 m

HL = 3.80 m

Vinous: 0 gon

Kantavuustarkastelu

21.9.2020

SUUNNITTELU / DESTIA OY

Laati: Jarmo Lampimäki
Tarkasti: Matti Mikkonen

DESTIA

Asiantuntijapalvelut
Siltasuunnittelu

Viestikatu 1-3
70600 Kuopio

020 444 11
etunimi.sukunimi@destia.fi
www.destia.fi

Sisällysluettelo

1. Rakennetta koskevat tiedot

- 1.1 Yleistä
- 1.2 Mitoitusperusteet
 - 1.2.1 Normit ja ohjeet
 - 1.2.2 Rakenneosien materiaalit ja laskentalujuudet
- 1.3 Kuormat
 - 1.3.1 Pysyvät kuormat
 - 1.3.2 Muuttuvat kuormat

2. Rakenteen mitoitus

- 2.1 Rakenteen mitat, materiaalit ja nykykunto
 - Pääkannattajat
 - Maatuet
 - Kansilankut
- 2.2 Rakenteen pysyvät kuormat
 - Sillan omapaino
- 2.3 Sallitut muuttuvat kuormat
 - Pääkannattajat
 - Maatuet
 - Kansilankut

3. Kantavuustarkastelun yhteenveto

1 Rakennetta koskevat tiedot

1.1 Yleistä

Suomussalmella sijaitseva Niskakosken silta on Metsähallituksen silta. Silta on teräksinen palkkisilta, jossa on puukansi. Sillan kansi on rakennettu vanhan tukkisillan päälle kahdeksasta I-palkista ja niiden päälle asennetusta poikkisuuntaisesta kansilankutuksesta. Mittausten perusteella pääkannattimien korkeus on 200 mm, leveys 200 mm ja uuman rakennepaksuus 8 mm. Kansilankutuksen korkeus on 100 mm. Silta tukeutuu betonisille tuille.

Vanhaa tukkisiltaa ei huomioida tässä kantavuustarkastelussa.

Sillalle on aiemmin asetettu 10 t painorajoitus 2-akseliselle telille.

Sillan mitat ovat seuraavat:

Jänneväli $JV = (5.1\text{m } 6.9\text{m } 0\text{m})$

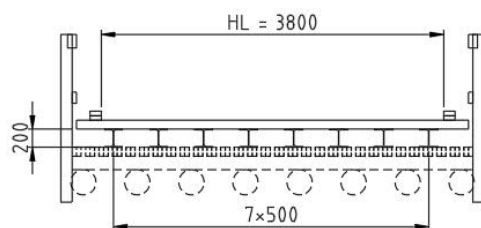
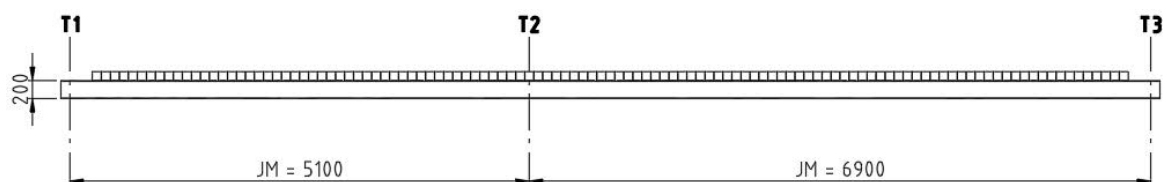
Suurin jänneväli $j_m = (JV^{(1)})_0 = 6.9\text{ m}$

Kokonaispituus $L_{\text{silta}} = 12.2\text{m}$

Maatuen leveys $L_{\text{mt}} = 3.5\text{m}$

Hyödyllinen leveys $HL = 3.8\text{m}$

Kokonaisleveys $B = 4.35\text{m}$



Sillan kannen pituus- ja poikkileikkaus

1.2 Mitoitusperusteet

1.2.1 Normit ja ohjeet

1. Siltojen kantavuuden laskentaohje, 2015, Liikennevirasto
2. Siltojen kantavuuden laskentaohje, 1992, TIEL 2172072-99
3. Siltojen kuormat, 1999, TIEL 2172072-99
4. Rakentajain kalenteri, 2003
5. Eurokoodin soveltamisohje: Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet, NCCI 1, 2017, Liikennevirasto
6. Eurokoodin soveltamisohje: Puurakenteiden suunnittelu - NCCI 5, 2013, Liikennevirasto
7. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje, 5. painos, Eurokoodi 5, Puuinfo Oy

1.2.2 Rakenneosien materiaalit ja laskentaluudat

Säälle alttiin puun käyttöluokka on 3	$k_{def} = 2.00$
Kertoimen k_{mod} arvot eri aikaluokissa	
• pysyvä	$k_{mod,p} = 0.5$
• keskipitkä	$k_{mod,k} = 0.65$
• hetkellinen	$k_{mod,h} = 0.9$
Tukierroin	$k_{c,90} = 1.0$

Sahatavaran ominaisuudet

Puutavaran lujuudeksi oletetaan **T24** (Siltojen kantavuustarkastelu ohje, s.20, taulukko 2.11), jonka ominaisuudet ovat:

Sahatavaran osavarmuusluku	$\gamma_M = 1.35$
Taivutuslujuus	$f_{m,k} = 20\text{MPa}$
Vetolujuus syyn suunnassa	$f_{t,0,k} = 13\text{MPa}$
Vetolujuus kohtisuorassa syytä vastaan	$f_{t,90,k} = 0.4\text{MPa}$
Puristuslujuus syyn suunnassa	$f_{c,0,k} = 18\text{MPa}$
Puristuslujuus kohtisuorassa syytä vastaan	$f_{c,90,k} = 2.3\text{MPa}$
Leikkauslujuus	$f_{v,k} = 3.6\text{MPa}$
Kimmoerotoin syyn suunnassa	$E_{mean} = 9500\text{MPa}$
Kimmoerotoin kohtisuorassa syytä vastaan	$E_{90,mean} = 350\text{MPa}$
Ominaisihteys	$\rho_k = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Vastaavat mitoitusarvot sahatta varalle

Kantavuustarkasteluissa tarkastellaan suurinta mahdollista liikennekuormaa, jolloin tarkastelut tehdään hetkellisessä aikaluokassa.

Taivutuslujuus $f_{m,d} = k_{mod,h} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 13.3 \cdot \text{MPa}$

Vetolujuus syyn suunnassa $f_{t,0,d} = k_{mod,h} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 8.7 \cdot \text{MPa}$

Vetolujuus kohtisuorassa syytä vastaan $f_{t,90,d} = k_{mod,h} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0.27 \cdot \text{MPa}$

Puristuslujuus syyn suunnassa $f_{c,0,d} = k_{mod,h} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 12 \cdot \text{MPa}$

Puristuslujuus kohtisuorassa syytä vastaan $f_{c,90,d} = k_{mod,h} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.5 \cdot \text{MPa}$

Leikkauslujuus $f_{v,d} = k_{mod,h} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2.4 \cdot \text{MPa}$

Kimmokerroin syyn suunnassa $E_d = \frac{E_{mean}}{\gamma_M} = 7037 \cdot \text{MPa}$

Kimmokerroin kohtisuorassa syytä vastaan $E_{90,d} = \frac{E_{90,mean}}{\gamma_M} = 259.3 \cdot \text{MPa}$

Sysäyskerroin $\phi_{sys} = \max\left(1.20 - 0.003 \cdot \frac{j_m}{m}, 1.10\right) = 1.179$

Kuormien osavarmuus kertoimet

Pysyvän kuorman osavarmuuskerroin $\gamma_g = 1.2$

Liikennekuorman osavarmuuskerroin $\gamma_l = 1.3$

Teräspalkkien ominaisuudet

Teräs S235

Kuumavalssatun teräspalkin osavarmuusluku $\gamma_{M0} = 1.0$ Taivutuslujuus $f_y = 235\text{MPa}$ Kimmokerroin $E_s = 210000\text{MPa}$ Ominaisiheys $\rho_s = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ **1.3 Kuormat**

Alla luetellut kuormat on huomioitu rakenteen kantavuustarkastelussa. Kuormat on esitetty kattavammin luvussa 2.

1.3.1 Pysyvät kuormat

Sillan omapaino:

- pääkannattajat
- kansilankut
- kaiteet

1.3.2 Muuttuvat kuormat

Liikennekuormat:

- akseli
- 2-akselinen teli
- 3-akselinen teli
- 2-akselinen ajoneuvo

2 Rakenteen mitoitus

2.1 Rakenteen mitat, materiaalit ja nykykunto

Pääkannattajat

Siltakannen pääpalkkeina toimivat teräspalkit. Tässä kohteessa palkin ulkomittoja ei redusoida korroosion vuoksi.

Laipan leveys

$$b_f = 200\text{mm}$$

Laipan paksuus

$$t_f = 8\text{mm}$$

Uuman korkeus

$$h_w = 200\text{mm} - 2t_f = 184\text{mm}$$

Uuman paksuus

$$t_w = 5\text{mm}$$

Laipan ja uuman välisen kulman pyöristyssäde

$$r_{fw} = 18\text{mm}$$

Pääkannattajan poikkipinta-ala

$$A_{pp} = 2b_f \cdot t_f + t_w \cdot h_w + (4 - \pi)r_{fw}^2$$

$$A_{pp} = 4398.1 \cdot \text{mm}^2$$

Pääkannattajan poikkileikkauksen jäyhyysmomentti (jäykempään suuntaan)

$$I_{pp} = 3.42598 \cdot 10^7 \text{mm}^4$$

Pääkannattajan poikkileikkauksen taivutusvastus (jäykempään suuntaan)

$$W_{pp} = \frac{I_{pp}}{0.5h_w + t_f} = 3.426 \times 10^5 \cdot \text{mm}^3$$

Yhdelle palkille:

- maksimimomentti

$$M_{pp,d} = \frac{f_y \cdot W_{pp}}{\gamma_{M0}} = 80.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

- maksimileikkausvoima

$$V_{pp,d} = \frac{f_y A_{pp}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} = 596.7 \cdot \text{kN}$$

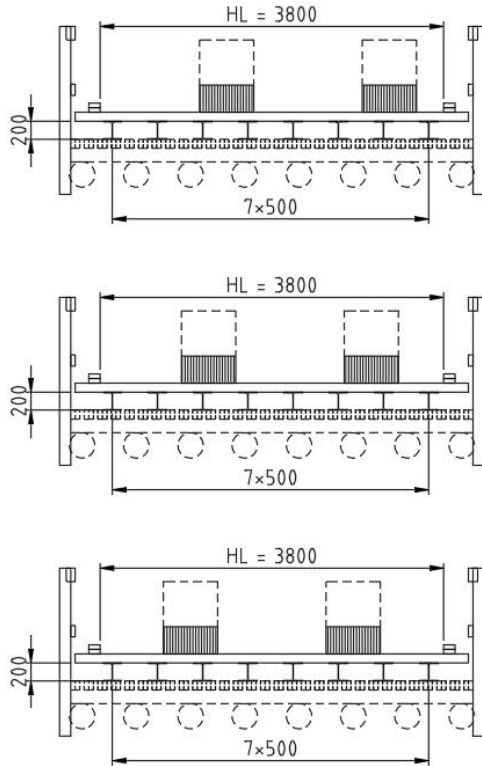
- Syitä vastaan kohtisuora puristus (maa- ja välitukien osalta)

$$\sigma_{c,90,d} = k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1.533 \cdot \text{MPa}$$

$$A_{ef,pp} = 200\text{mm} \cdot 200\text{mm} = 40000 \cdot \text{mm}^2$$

$$F_{c,90,pp,d} = \sigma_{c,90,d} \cdot A_{ef,pp} = 61.333 \cdot \text{kN}$$

Sillan kansirakenne jakaa kuormaa neljälle palkille alapuolisten kuvien mukaisesti.



Pyöräkuorman vaikutus pääkannattimille

Kuormaa kantavien palkkien minimilukumäärä

$$n_{pp} = 4$$

Palkkien rasitukset:

- maksimimomentti

$$M_{Ed} = n_{pp} \cdot M_{pp,d} = 322.042 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

- maksimileikkausvoima

$$V_{Ed} = n_{pp} \cdot V_{pp,d} = 2386.903 \cdot \text{kN}$$

- maksimitukivoima

$$F_{c,90,Ed} = n_{pp} \cdot F_{c,90,pp,d} = 245.333 \cdot \text{kN}$$

Kansilankut

Sillan päällimmäisenä kansirakenteena on poikkisuuntainen kansilankutus.

Lankun leveys

$$h_{kl.1} = 100\text{mm}$$

Lankun korkeus

$$h_{kl.2} = 100\text{mm}$$

Lankun toimiva poikkipinta-ala

$$A_{kl} = h_{kl.1} \cdot h_{kl.2} = 10000 \cdot \text{mm}^2$$

Lankun taivutusvastus

$$W_{kl} = \frac{h_{kl.1} \cdot h_{kl.2}^2}{6} = 1.66667 \times 10^5 \cdot \text{mm}^3$$

Yhdelle lankun rasitukset:

- maksimimomentti

$$M_{kl.d} = f_{m.d} \cdot W_{kl} = 2.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

- maksimileikkausvoima (halkeillut pl.)

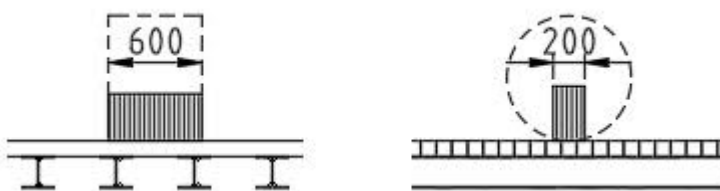
$$V_{kl.d} = \frac{f_{v.d} A_{kl}}{1.5} = 16 \cdot \text{kN}$$

- syitä vastaan kohtisuora puristus

$$A_{ef.kl} = h_{kl.1} \cdot h_{kl.2} = 10000 \cdot \text{mm}^2$$

$$F_{c.90.kl.d} = \sigma_{c.90.d} \cdot A_{ef.kl} = 15.333 \cdot \text{kN}$$

Pyöräkuorma (200x600 mm²) jakautuu kansilankuille alapuolisen kuvan mukaisesti.



Pyöräkuorman kosketuspinta sillan kannelle

Palkkien/lankkujen lukumäärä

$$n_{kl} = 2$$

Palkkien/lankkujen rasitukset:

- maksimimomentti

$$M_{kl.Ed} = n_{kl} \cdot M_{kl.d} = 4.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

- maksimileikkausvoima

$$V_{kl.Ed} = n_{kl} \cdot V_{kl.d} = 32 \cdot \text{kN}$$

- maksimitukivoima

$$F_{c.90.kl.Ed} = n_{kl} \cdot F_{c.90.kl.d} = 30.7 \cdot \text{kN}$$

2.2 Rakenteen pysyvät kuormat

Sillan omapaino

Lasketaan sillan omapaino 3 metriä leveälle kuormituskaistalle.

Kuormakaistan leveys

$$b_{\text{kaista}} = 3.000\text{m}$$

Pääkannattajien lukumäärä (kuormakaistalla)

$$n_{\text{kok}} = 6$$

Pääkannattajat

$$g_{\text{pp}} = n_{\text{kok}} A_{\text{pp}} \cdot \rho_s \cdot g = 2.031 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Kansilankut

$$g_{\text{kl}} = h_{\text{kl},2} \cdot b_{\text{kaista}} \cdot \rho_k \cdot g = 1.03 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Kaiteet

$$g_{\text{ka}} = 1.000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Sillan omapaino

$$g_k = g_{\text{pp}} + g_{\text{kl}} + 2g_{\text{ka}} = 5.061 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Omapainon momentti

$$M_{\text{g.s.d}} = \frac{\gamma_g g_k \cdot j\text{m}^2}{8} = 36.144 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Omapainon leikkausvoima

$$V_{\text{g.s.d}} = \frac{\gamma_g g_k \cdot j\text{m}}{2} = 20.953 \cdot \text{kN}$$

Tässä yhteydessä jännemittana on käytetty sillan pidemmän aukon jännemittaa $j\text{m} = 6.9 \text{ m}$.

Pääkannattajan rasitukset omapainosta:

- omapainon momentti

$$M_{\text{g.d}} = \frac{n_{\text{pp}} M_{\text{g.s.d}}}{n_{\text{kok}}} = 24.096 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

- omapainon leikkausvoima

$$V_{\text{g.d}} = \frac{n_{\text{pp}} V_{\text{g.s.d}}}{n_{\text{kok}}} = 13.969 \cdot \text{kN}$$

- omapainon tukivoima

$$F_{\text{g.d}} = \frac{n_{\text{pp}} V_{\text{g.s.d}}}{n_{\text{kok}}} = 13.969 \cdot \text{kN}$$

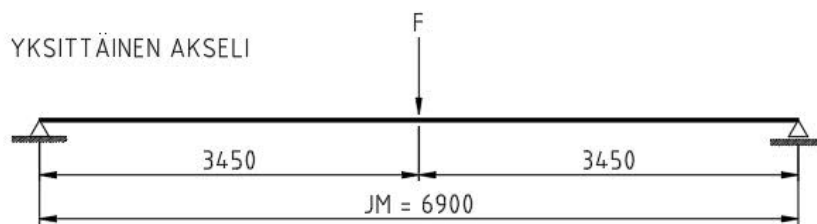
2.3 Sallitut muuttuvat kuormat

Pääkannattajat

Mitoituskuormat saavat aiheuttaa rakenteelle korkeintaan seuraavat rasitukset:

- maksimimomentti $M_{Ed} = 322 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
- maksimileikkausvoima $V_{Ed} = 2386,9 \cdot \text{kN}$
- maksimitukivoima $F_{c,90,Ed} = 245,3 \cdot \text{kN}$

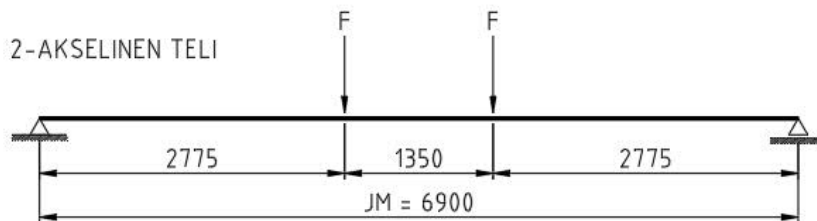
Tarkasteltavia kuormakavioita ovat sillan keskellä sijaitsevat yksittäinen akseli, teli (akseliväli on 1,35 m), kolmiakselinen teli (akseliväli on 1,35 m) sekä ajoneuvo (akseliväli on 3,5 m) alapuolisten kaavioiden mukaisesti.



Yksittäisen akselin
etäisyys tuelle

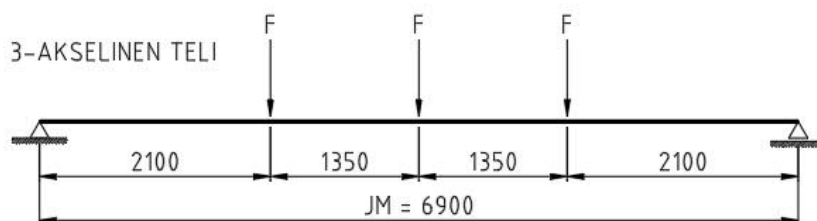
$$a_1 = \frac{jm}{2}$$

$$a_1 = 3,45 \text{ m}$$



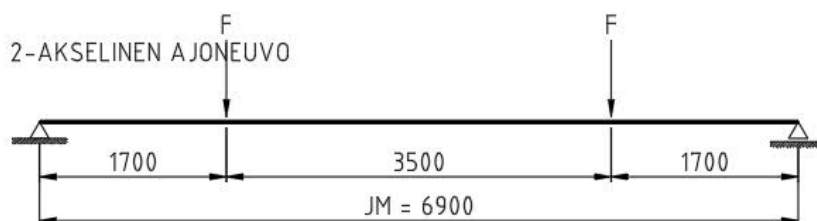
$$a_2 = \frac{jm - 1,35\text{m}}{2}$$

$$a_2 = 2,775 \text{ m}$$



$$a_3 = \frac{jm}{2} - 1,35\text{m}$$

$$a_3 = 2,1 \text{ m}$$



$$a_4 = \frac{jm - 3,50\text{m}}{2}$$

$$a_4 = 1,7 \text{ m}$$

Tarkasteltavat kuormakaaviot

Rakenteen omapaino aiheuttaa mitoituskuormat:

- maksimimomentti $M_{g,d} = 24.1 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
- maksimileikkausvoima $V_{g,d} = 14 \cdot \text{kN}$
- maksimitukivoima $F_{g,d} = 14 \cdot \text{kN}$

Jolloin liikenteen ominaiskuormien aiheuttamat rasitukset saavat olla (Kantavuuslaskentaohjeen mukainen liikennekuorman varmuuskerroin on $\gamma_1 = 1.3$):

- maksimimomentti $M_k = \frac{M_{Ed} - M_{g,d}}{\gamma_1} = 229.19 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
- maksimileikkausvoima $V_k = \frac{V_{Ed} - V_{g,d}}{\gamma_1} = 1.83 \times 10^3 \cdot \text{kN}$
- maksimitukivoima $F_{c,90,k} = \frac{F_{c,90,Ed} - F_{g,d}}{\gamma_1} = 178 \cdot \text{kN}$

Suurimmat mahdolliset pistekuormien ominaisarvot taivutusmomentin suhteen:

- tapaus 1: akseli $F_{m,1} = \frac{M_k \cdot 4}{j_m} = 132.9 \cdot \text{kN}$
- tapaus 2: 2-akselinen teli $F_{m,2} = \frac{M_k}{a_2} = 82.6 \cdot \text{kN}$
- tapaus 3: 3-akselinen teli $F_{m,3} = \frac{2M_k}{3a_3 + 1.35m} = 59.9 \cdot \text{kN}$
- tapaus 4: Ajoneuvo $F_{m,4} = \frac{M_k}{a_4} = 135 \cdot \text{kN}$

Lasketut pistekuormat ovat yksittäisiä pyöräkuormia, joten ajoneuvon kokonaismaksimimassa on:

- tapaus 1: akseli $m_{m,1} = \frac{F_{m,1}}{g} = 13548 \cdot \text{kg}$
- tapaus 2: 2-akselinen teli $m_{m,2} = \frac{2F_{m,2}}{g} = 16844 \cdot \text{kg}$
- tapaus 3: 3-akselinen teli $m_{m,3} = \frac{3F_{m,3}}{g} = 18330 \cdot \text{kg}$
- tapaus 4: Ajoneuvo $m_{m,4} = \frac{2F_{m,4}}{g} = 27495 \cdot \text{kg}$

Maksimileikkausvoima saavutetaan pistekuorman ollessa tuen leveyden ($a_v = 150\text{mm}$) päässä tuelta, jolloin leikkausvoima on yhtä suuri kuin suurempi tukivoima

- tapaus 1: akseli
$$F_{v.1} = \frac{V_k \cdot j_m}{j_m - a_v} = 1865.9 \cdot \text{kN}$$
- tapaus 2: 2-akselinen teli
$$F_{v.2} = \frac{V_k \cdot j_m}{2[j_m - (a_v + 0.5 \cdot j_m - a_2)]} = 1036.6 \cdot \text{kN}$$
- tapaus 3: 3-akselinen teli
$$F_{v.3} = \frac{V_k \cdot j_m}{3(j_m - a_v - 1.35\text{m})} = 777.5 \cdot \text{kN}$$
- tapaus 4: 2-akselinen ajoneuvo
$$F_{v.4} = \frac{V_k \cdot j_m}{2[j_m - (a_v + 0.5 \cdot j_m - a_4)]} = 1259.5 \cdot \text{kN}$$

Lasketut pistekuormat ovat yksittäisen akselin pyöräkuormia, joten ajoneuvon kokonaismaksimimassa on:

- tapaus 1: akseli
$$m_{v.1} = \frac{F_{v.1}}{g} = 190269 \cdot \text{kg}$$
- tapaus 2: 2-akselinen teli
$$m_{v.2} = \frac{2F_{v.2}}{g} = 211409 \cdot \text{kg}$$
- tapaus 3: 3-akselinen teli
$$m_{v.3} = \frac{3F_{v.3}}{g} = 237836 \cdot \text{kg}$$
- tapaus 4: 2-akselinen ajoneuvo
$$m_{v.4} = \frac{2F_{v.4}}{g} = 256862 \cdot \text{kg}$$

Maksimitukivoima leimapaineen laskentaa varten saavutetaan pistekuorman ollessa tuen päällä. Samaan aikaan mahdollinen toinen akseli on sillalla.

- tapaus 1: akseli
$$F_{c.90.1} = F_{c.90.k} = 178 \cdot \text{kN}$$
- tapaus 2: 2-akselinen teli
$$F_{c.90.2} = \frac{F_{c.90.k} \cdot j_m}{j_m + 2 \cdot a_2} = 98.6 \cdot \text{kN}$$
- tapaus 3: 3-akselinen teli
$$F_{c.90.3} = \frac{F_{c.90.k} \cdot j_m}{j_m + 4 \cdot a_3 + 1.35\text{m}} = 73.8 \cdot \text{kN}$$
- tapaus 4: 2-akselinen ajoneuvo
$$F_{c.90.4} = \frac{F_{c.90.k} \cdot j_m}{j_m + 2 \cdot a_4} = 119.2 \cdot \text{kN}$$

Lasketut pistekuormat ovat yksittäisiä pyöräkuormia, joten ajoneuvon kokonaismaksimimassa on:

- tapaus 1: akseli

$$m_{c.90.1} = \frac{F_{c.90.1}}{g} = 18148.2 \cdot \text{kg}$$

- tapaus 2: 2-akselinen teli

$$m_{c.90.2} = \frac{2F_{c.90.2}}{g} = 20116 \cdot \text{kg}$$

- tapaus 3: 3-akselinen teli

$$m_{c.90.3} = \frac{3F_{c.90.3}}{g} = 22562.6 \text{ kg}$$

- tapaus 4: 2-akselinen ajoneuvo

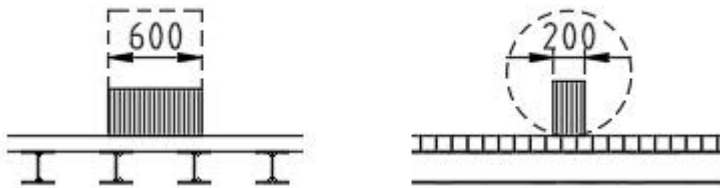
$$m_{c.90.4} = \frac{2F_{c.90.4}}{g} = 24315 \cdot \text{kg}$$

Kansilankut

Mitoituskuormat saavat aiheuttaa kansilankulle korkeintaan seuraavat rasitukset:

- maksimimomentti $M_{kl.Ed} = 4.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
- maksimileikkausvoima $V_{kl.Ed} = 32 \cdot \text{kN}$
- maksimitukivoima $F_{c.90.kl.Ed} = 30.7 \cdot \text{kN}$

Kansilankut tukeutuvat alla olevan kuvan mukaisesti pääkannattajiin. Pyöräkuorma on jaettu tasaiseksi kuormaksi $200 \times 600 \text{ mm}^2$:n vaikutusalalle.



Pyöräkuorman kosketuspinta sillan kannella

Pyöräkuorman kosketuspinta
sillan poikkisuuntaan

$$a_{kl} = 600 \text{ mm}$$

Lankutukseen nähden
poikittaisten palkkien jakoväli

$$k_{kl} = 500 \text{ mm}$$

Liikenteen ominaiskuormien aiheuttamat rasitukset saavat olla (Kantavuuslaskentaohjeen mukainen liikennekuorman varmuuskerroin on $\gamma_1 = 1.3$):

- maksimimomentti $M_{kl.k} = \frac{M_{kl.Ed}}{\gamma_1} = 3.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
- maksimileikkausvoima $V_{kl.k} = \frac{V_{kl.Ed}}{\gamma_1} = 24.6 \cdot \text{kN}$
- maksimitukivoima $F_{c.90.kl.k} = \frac{F_{c.90.kl.Ed}}{\gamma_1} = 23.6 \cdot \text{kN}$

Pyöräkuorma saa olla enintään:

- maksimimomentti

$$q_{kl.m} = \frac{8M_{kl.k}}{a_{kl} \cdot (2 \cdot k_{kl} - a_{kl})} = 114 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- maksimileikkausvoima

$$q_{kl.v} = \frac{2V_{kl.k}}{a_{kl}} = 82.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- maksimitukivoima

$$q_{kl.c.90} = \frac{2F_{c.90.kl.k}}{a_{kl}} = 78.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Pistekuorma saa olla enintään:

- maksimimomentti

$$F_{kl.m} = q_{kl.m} \cdot a_{kl} = 68.4 \cdot \text{kN}$$

- maksimileikkausvoima

$$F_{kl.v} = q_{kl.v} \cdot a_{kl} = 49.2 \cdot \text{kN}$$

- maksimitukivoima

$$F_{kl.c.90} = q_{kl.c.90} \cdot a_{kl} = 47.2 \cdot \text{kN}$$

Yksittäisen pyöräkuorman maksimi

$$F_{kl.max} = \min(F_{kl.m}, F_{kl.v}, F_{kl.c.90})$$

$$F_{kl.max} = 47.2 \cdot \text{kN}$$

Kansilankkujen kannalta suurin akselimassa on

$$m_{kl.1a} = \frac{\frac{2F_{kl.max}}{g}}{\phi_{sys}} = 8159 \cdot \text{kg}$$

3 Kantavuustarkastelun yhteenveto

Eri rakenneosien perusteella lasketut suurimmat akseli-, teli- ja kokonaismassat ovat seuraavat.

Kansilankutus

- akselimassa $m_{kl.1a} = 8159 \text{ kg}$

Pääkannattajat

- akselimassa
- taivutusmomentti $m_{m.1} = 13548.3 \text{ kg}$
- leikkausvoima $m_{v.1} = 190268.5 \text{ kg}$
- leimapaine $m_{c.90.1} = 18148.2 \text{ kg}$
- rajoittava akselimassa $m_{pp.1a} = \frac{\min(m_{m.1}, m_{v.1}, m_{c.90.1})}{\phi_{sys}}$

$$m_{pp.1a} = 11488.4 \text{ kg}$$

- 2-akselisen telin massa
- taivutusmomentti $m_{m.2} = 16843.8 \text{ kg}$
- leikkausvoima $m_{v.2} = 2.1 \times 10^5 \text{ kg}$
- leimapaine $m_{c.90.2} = 20116 \text{ kg}$
- rajoittava akselimassa $m_{pp.2t} = \frac{\min(m_{m.2}, m_{v.2}, m_{c.90.2})}{\phi_{sys}}$

$$m_{pp.2t} = 14282.9 \text{ kg}$$

• 3-akselisen telin massa

- taivutusmomentti $m_{m,3} = 18330 \text{ kg}$

- leikkausvoima $m_{v,3} = 237835.6 \text{ kg}$

- leimapaine $m_{c,90,3} = 22562.6 \text{ kg}$

- rajoittava akselimassa $m_{pp,3t} = \frac{\min(m_{m,3}, m_{v,3}, m_{c,90,3})}{\phi_{sys}}$

$$m_{pp,3t} = 15543.1 \text{ kg}$$

• 2-akselisen ajoneuvon massa

- taivutusmomentti $m_{m,4} = 27495 \text{ kg}$

- leikkausvoima $m_{v,4} = 256862.5 \text{ kg}$

- leimapaine $m_{c,90,4} = 24315 \text{ kg}$

- rajoittava akselimassa $m_{pp,2a} = \frac{\min(m_{m,4}, m_{v,4}, m_{c,90,4})}{\phi_{sys}}$

$$m_{pp,2a} = 20618.2 \text{ kg}$$

- Taipumatarkastelu

- 1 akseli (9 tn)

- Taipumat Winst/Wfin (mm) /prosenttia annetuista raja-arvoista (Sall tap L/600)
11,2 (97%)
Kuormayhdistelmän "tavallinen" max taipumat
5,6 (49%)

- 2-akselinen teli (4 tn + 4 tn)

- Taipumat Winst/Wfin (mm) /prosenttia annetuista raja-arvoista (Sall tap L/600)
9,6 (83%)
Kuormayhdistelmän "tavallinen" max taipumat
4,8 (42%)

- 3-akselinen teli (3 tn + 3 tn + 3 tn)

- Taipumat Winst/Wfin (mm) /prosenttia annetuista raja-arvoista (Sall tap L/600)
9,8 (85%)
Kuormayhdistelmän "tavallinen" max taipumat
4,9 (43%)

Pääkannattajien jatkuvuuden huomiointi

Huomioidaan pääkannattajien jatkuvuuden vaikutus kenttämomenttiin ja sitä vastaavaan taipumaan. Näin ollen 2-akseliselle telille sallitaan 10 t paino ja 3-akseliselle telille 11 t paino.

Yhteenveto

Niskakosken sillalle on aiemmin asetettu 10 t painorajoitus 2-akseliselle telille. Nyt tehdyssä kantavuustarkastelussa on laskettu pääkannattajien ja kansirakenteen kestävyuden pohjalta arviot sillan nykykunnan mukaisesta painorajoituksesta.

Laskenta pohjautuu siltapaikalla tehtyyn silmämääräiseen kuntoarvioon sekä joihinkin siltapaikkakäynnin pohjalta tehtyihin oletuksiin, joita ovat mm. materiaalien lujusominaisuudet ja maatuojien rakennemalli. Niiden rakenneosien, joiden nykykunnosta ei ole tutkimustuloksia, on oletettu olevan tutkittuja rakenneosia vastaavassa kunnossa.

Laskennassa on tutkittu sillan kantavuutta ajoneuvoasetuksen AA13 mukaisille kuormille (76 tn). Kantavuustarkastelun laskentatulosten perusteella Hyövykosken sillan painorajoitus on 8 / 10 / 11 / 18 / - t, joten sillan painorajoitukset ovat seuraavat:

- akseli: 8 t
- 2-akselinen teli: 10 t
- 3-akselinen teli: 11 t
- 3-akselinen ajoneuvo: 18 t.