



Tielaitos

Jännitetty kevyen liikenteen elementtisilta



Siltojen
tyyppi- ja rakennuspiirustukset

Helsinki 2000

TIEHALLINTO
Siltayksikkö

Jännitetty kevyen liikenteen elementtisilta

Tielaitos
TIEHALLINTO

Helsinki 2000

ISBN 951-726-613-8
TIEL 2160005

Oy Edita Ab
Helsinki 2000

Julkaisua myy
Tielaitos, julkaisumyynti
Puhelin 0204442053
Telefax 0204442652

Tielaitos
TIEHALLINTO
PL 33
0521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 44 150



VASTAANOTTAJA

Tiepiirit
Tuotanto, tuotantoalueet
Tuotannon konsultointi, alueyksiköt

SÄÄDÖSPERUSTA

TL 117 §

KOHDISTUVUUS

Tielaitos

VOIMASSA

1.4.2000 - toistaiseksi

ASIASANAT

Ohjeet, sillat, sillansuunnittelu, elementtisillat

Jännitetty kevyen liikenteen elementtisilta (TIEL 2160005)

Suunnitteluohje jännitetyn kevyen liikenteen elementtisillan suunnittelua varten sisältää tekstiosan sekä liitteinä malli- ja periaatepiirustukset, materiaalimenekkitiedot ja suunnitteluperusteet.

Ohjeen aineiston pohjalta voidaan tehdä elementtisillasta siltasuunnitelma. Rakennussuunnitelma tehdään siltakohtaisten rakennelaskelmien ja tarkemman suunnittelun perusteella käyttäen hyväksi ohjeen esittämiä perusratkaisuja ja suunnitteluaineistoa.

Apulaisjohtaja
Siltayksikkö

Juhani Vähäaho

Yli-insinööri

Matti Kuusivaara

LISÄTIETOJA

Matti Piispanen
Tielaitos, Siltayksikkö
Puh.0204442385

JAKELU/MYYNTI

Tielaitos, kirjasto
Puh.0204442053
Telefax 0204 44 2652



JAKELU	Tiepiirit Tiepiirit, siltainsinöörit Htl, Hte Hsi:n tekninen henkilökunta Tuotantoalueet Tuotannon sillansuunnittelijat Kirjasto 2 kpl TIEL:n ulkopuolinen jakelu / luettelo
LIITE	Jännitetty kevyen liikenteen elementtisilta (TIEL 2160005)

ALKUSANAT

Siltoja varten vakioitiin jännitetyt palkkielementit 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa ja laadittiin myös tyypipiirustukset jännitetyille elementtisilloille. Perustyyppiksi sillalle valittiin silloin puolielementtisilta, jossa palkit olivat elementtejä ja kansi paikalla valettu. Jännepalkkielementin poikkileikkaus oli käännetty T-poikkileikkaus, jossa alalaippa oli 1000 mm leveä.

Tämä elementtityyppi vanheni teknisesti ja sitä käyttäen tehty elementtisilta menetti vähitellen kilpailukykynsä 1990-luvulla. Elementtitehtaat alkoivat esittää omia ratkaisujaan urakkakilpailuissa yhä useammin. Tämä johti siihen, että vuoden 1998 lopulla käynnistettiin projekti elementtiteollisuuden ja Tielaitoksen yhteistyönä tavoitteena Tielaitoksen jännitettyjen elementtipalkkisiltojen saattaminen teknisesti ja taloudellisesti ajan tasalle sekä elementtisiltojen käyttömahdollisuuksien parantaminen.

Tuloksena valmistui suunnitteluohje piirustuksineen sekä ajoneuvoliikenteen sillasta että kevyen liikenteen sillasta. Suunnitteluohjeiden aineisto perustuu poikkileikkaukseltaan suorakaide-, puolisuunnikas- ja I-elementeille. Kansi-vaihtoehtoina on paikalla valettu kansi, kuorilaattoja käyttäen valettu kansi ja elementtikansi.

Suunnitteluaineisto poikkeaa aikaisemmista tyyppisiltasarjoista siinä, ettei se sisällä valmiita rakennepiirustuksia. Palkit on mitoitettu alustavasti ja laadittu mitoitusnomogrammit, joista saadaan tarvittava jänneteräsmäärä ja betonin lujuusluokka. Ohjeen aineiston pohjalta voidaan tehdä yleispiirteinen suunnitelma, siltasuunnitelma, jolla voidaan pyytää urakkatarjous. Rakennussuunnitelma tehdään siltakohtaisen suunnitelun ja tarkempien laskelmien perusteella käyttäen hyväksi ohjeen esittämiä perusratkaisuja sekä malli- ja periaatepiirustuksia.

Työtä rahoitti Tielaitoksen lisäksi Rakennustuotetollisuus RTT. Kehittämistyön toteuttamisesta vastasi Suomalainen Insinööritoimisto Oy. Kehittämisen ohjukseen osallistui edellämainittujen tahojen ohella elementtiteollisuudesta Addtek Research and Development Oy, Parma Betonila Oy ja Lujabetoni Oy, urakoitsijoista YIT-Yhtymä Oy ja Tekra Oy sekä suunnittelutoimisto Fundus Oy.

Helsingissä maaliskuussa 2000

Tiehallinto
Siltayksikkö

SISÄLTÖ

1	YLEISTÄ	9
1.1	Suunnitteluaineiston käyttö	9
1.2	Sillan käyttöalue	9
2	RAKENNEVAIHTOEHDOT	10
2.1	Rakenteet	10
2.1.1	Jännepalkit	10
2.1.2	Kansilaatta	11
2.1.3	Päätyrakenteet	12
2.1.4	Välituki	13
2.1.5	Reunapalkki	14
2.1.6	Laakerointi	14
2.1.7	Liikuntasaumat	14
2.1.8	Viemäröinti	15
2.2	Materiaalit	15
2.2.1	Betoni	15
2.2.2	Jänneteräs	15
3	SUUNNITELMIEN LAADINTA	15
3.1	Siltasuunnitelma	15
3.1.1	Jännepalkkien valinta	16
3.1.2	Mitoitusnomogrammit	17
3.1.3	Törmäyskuorma	21
3.2	Rakennussuunnitelma	21
3.2.1	Piirustukset	21
3.2.2	Laatuvaatimukset	21
3.2.3	Laskelmat	21
	LIITE 1. MALLIPIIRUSTUKSET	1
	LIITE 2. PERIAATEPIIRUSTUKSET	5
	LIITE 3. MATERIAALIEN MENEKKITIEDOT	1
	LIITE 4. LASKELMAT	1
4.1	SUUNNITTELUPERUSTEET	1
4.1.1	Yleistä	1
4.1.2	Jännepalkki	1
4.1.3	Kuorilaatta	3
4.2	Mitoitusesimerkki	5

1 YLEISTÄ

1.1 Suunnitteluaineiston käyttö

Jännitetyn kevyen liikenteen elementtisillan suunnitteluohje piirustuksineen soveltuu käytettäväksi, kun siltasuunnitelmavaiheessa laaditaan suunnitelma-asiakirjoja. Siltasuunnitelma, joka perustuu ohjeen malli- ja periaatepiirustuksiin sekä menekkitietoihin, voi olla urakkatarjouksen pohjana.

Sillan rakennussuunnitelman laativat yleensä siltasuunnittelija ja urakoitsija yhteistyössä. Tällöin suunnittelussa voidaan ottaa huomioon urakoitsijan ja elementtiteollisuuden esittämät näkökohdat.

Suunnitteluohjeen mallipiirustuksia voidaan käyttää lähinnä yksiaukkoisten siltojen suunnittelussa. Suunnitteluohjeen periaatepiirustuksissa on esitetty erilaisia siltojen alus- ja päällysrakenteeseen liittyviä rakenneratkaisuja. Suunnitteluohje sisältää tekstiosan sekä liitteinä malli- ja periaatepiirustukset, materiaalienekkitiedot ja suunnitteluperusteet.

Suunnitteluohje on tarkoitettu alustavaa suunnittelua varten, eivätkä sen menekkitiedot sido rakennuttajaa.

1.2 Sillan käyttöalue

Jännemitta

Silta soveltuu käytettäväksi jännevälialueella $L = 16 \dots 40$ m.

Hyötyleveys

Silta on suunniteltu hyötyleveyksille $Hl = 3,5$ ja $4,5$ m. Ohjetta voidaan soveltaa myös muille hyötyleveyksille.

Sillan hoikkuus

Silta on suunniteltu jännemitan ja rakennekorkeuden suhteille $L/H = 20$ ja 24 . Muita hoikkuuksia käytettäessä saadaan tarvittavat tiedot interpoloimalla lasketuista arvoista. Rakennekorkeutena H on käytetty palkin ja laatan yhteenlaskettua korkeutta.

Jännepalkit

Jännepalkkeja on kolmenlaisia. Palkkien poikkileikkauksena voi olla suora-kaide-, puolisuunnikas- tai I-poikkileikkaus.

Palkkiväli

Sillan jännepalkkien väli on $2,0$ m, kun hyötyleveys on $3,5$ m ja jännepalkkien väli on $3,0$ m kun hyötyleveys on $4,5$ m.

Kansirakenne

Sillan kansirakennevaihtoehdot ovat kuorilaatta ja sen päälle tuleva jälkivalu, kokonaan paikalla valettu laatta tai elementtilaatta.

Sillan jatkuvuus

Silta voi olla yksiaukkoinen tai moniaukkoinen.

Silta voidaan tehdä välituilla jatkuvaksi joko niin, että palkit ja laatta ovat jatkuvia tai niin, että vain laatta on jatkuva. Jatkuvuus koskee vain laatan valun jälkeisiä kuormitustapauksia.

Kuormat

Silta on suunniteltu kevyen liikenteen sillan kuormitukselle Klk / TIEL 91.

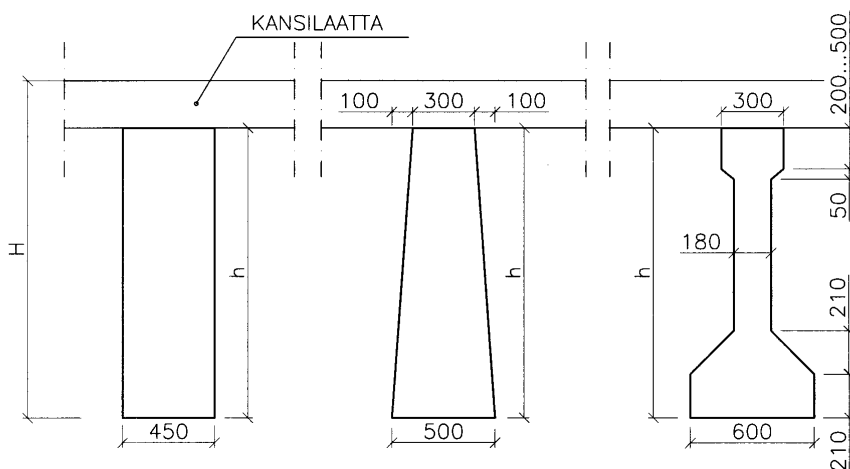
Törmäyskuorman vaikutus on otettava erikseen siltakohtaisesti huomioon.

2 RAKENNEVAIHTOEHDOT

2.1 Rakenteet

2.1.1 Jännepalkit

Jännepalkkien poikkileikkaukset on suunniteltu kuvan 1 poikkileikkausten nimellismittojen mukaisesti. Palkkien mittoja voidaan muuttaa palkkien rakennussuunnitelman ja muottikaluston edellyttämällä tavalla. Esimerkiksi palkkien leveysmittojen 500 ja 600 tilalla voi olla RunkoBES:n mittasuosituksen mukaisesti 480 ja 580. Palkkien poikkileikkaukset pysyvät vakioina koko palkkien pituudelta.



Kuva 1. Jännepalkkien eri elementtityyppien poikkileikkaukset

I-palkin ylälaipan korkeus on yleensä välillä 200...500 mm. Eri korkuisten palkkien uumien muottien korkeuksiksi on suunniteltu 300, 600, 900 ja 1200 mm. Tällöin jännepalkin ja laatan muodostaman rakenteen vastaavat kokonaiskorkeudet ovat 1200, 1500, 1800 ja 2100 mm.

Jännepalkin I-poikkileikkauksen muotti voidaan tehdä myös käyttämällä poikkileikkaukseltaan puolisuunnikkaan elementin muotissa kevennyskoteiloita.

Jännepalkin laakerilinjan etäisyytenä palkin päästä voidaan käyttää 300 mm:ä, jos jännepalkki on tuettu kumilevy-laakereihin. Jos palkin pää tukeutuu kauttaaltaan paikkavalettuun betoniin, niin tukipinnan pituus määräytyy sillan rakennussuunnitelman mukaisesti.

Vinossa sillassa jännebetonipalkit voidaan tehdä päistään suoriksi, jos sillan vinous ei ylitä 30°. Sillan rakennussuunnittelussa on otettava huomioon vinouden vaikutus poikkipalkin leveyteen ja mahdollisten laakereiden tarvittamaan tilaan.

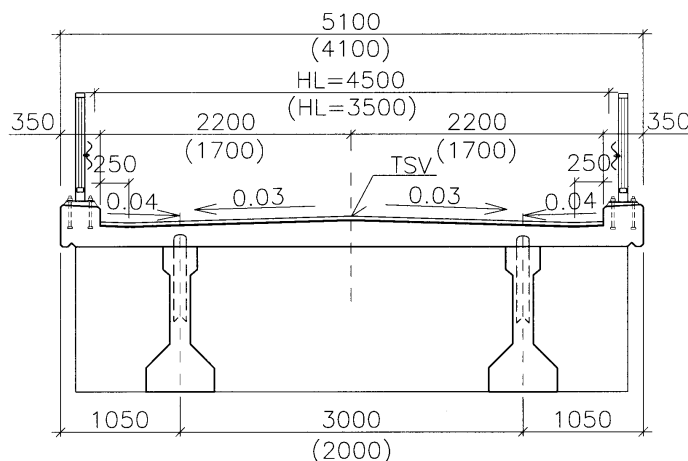
Jos jännepalkki on tuettu kumilevy-laakereilla, niin palkin päihin tehdään varaukset laakereita varten, jotta laakerit saadaan vaakasuoraan. Laakerivaraukset tai vaihtoehtoisesti viistetyt teräslevyt tehdään sillan rakennussuunnitelman mukaan.

Jännepalkin mallipiirustus on esitetty liitteessä 1.6 ja menekkitiedot liitteessä 3.1. Jännepalkin alustavaa mitoitus varten on esitetty mitoitusnomogrammit kohdassa 3.1.2.

2.1.2 Kansilaatta

Sillan kansilaatta voi olla paikalla valettua betonia tai se voi muodostua kuorilaatasta, jonka päälle tulee jalkivalubetoni. Kansilaatta voi olla myös elementtirakenteinen.

Sillan poikkileikkaus, kun HL = 4500 ja 3500, on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Sillan poikkileikkaus kun jännepalkit ovat I-palkkeja

Kuorilaatta ja jälkivalu

Jännepalkkien päälle asennetaan kuorilaatat, jotka ovat vähintään 100 mm paksuja. Kuorilaatat voivat olla jännitettyä betonia tai teräsbetonia. Jos kuorilaatta on ulokkeena reunimmaisen jännepalkin ylitse, kuorilaatassa on oltava varaukset jännepalkista tulevia tartuntoja varten. Jännepalkin tartunnat on ryhmitelty kuorilaatan varausten kohdalle. Jännepalkin kohdalle tehdään jännepalkin yläpinnan ja kuorilaatan alapinnan välille noin 20 mm paksu juotosvalu. Kuorilaatan ja jälkivaluosan yhteinen vähimmäispaksuus reunapalkin vieressä olevan tippuputkilinjan kohdalla on 200 mm.

Kuorilaatan ja siihen liittyvän jälkivalettavan laatan raudoitus suunnitellaan yksityiskohtaisesti sillan rakennussuunnittelun yhteydessä.

Kuorilaatan ja siihen liittyvän jälkivalettavan laatan keskimääräiset betoni- ja teräsmenekit yksiaukkoisissa silloissa on esitetty liitteessä 3.2.

Paikalla valettu laatta

Paikalla valetun laatan vähimmäispaksuus on reunapalkin vieressä olevan tippuputkilinjan kohdalla 170 mm ja palkkien välillä 200 mm.

Laatan muotteina voidaan käyttää puumuottia tai poimulevymuottia. Jos käytetään poimulevymuottia, betoniosan pienin paksuus voi olla 150 mm.

Kansilaatan raudoituksen mallipiirustus on esitetty yksiaukkoisen sillan tapauksessa liitteessä 1.5.

Keskimääräiset kansilaattojen betoni- ja teräsmenekit yksiaukkoisissa silloissa on esitetty liitteessä 3.2.

Elementtilaatta

Kansilaatta tehdään (esimerkiksi 2,0 m leveistä) elementeistä, jotka ulottuvat sillan reunasta reunaan. Elementeissä on varaukset jännepalkista tulevia tartuntoja varten ja tartunnat ovat ryhmitelty elementtien varausten kohdille. Kansielementtien ja jännepalkkien väliin tulee noin 20 mm paksu juotosvalu. Elementtilaatan vähimmäispaksuudet ovat samat kuin paikalla valetussa laatasta.

Elementtirakenteista kansilaattaa voidaan käyttää yksiaukkoisissa silloissa.

Kansielementin mitta- ja raudoituspiirustuksen mallina voi käyttää teräsbetonikantisen liittopalkkisillan vastaavia piirustuksia julkaisussa TIEL 2160003.

2.1.3 Päätyrakenteet

Päätyrakenteista yksinkertaisin on suoraan penkereeseen liittyvä sillan pää, jossa sillan siipimuurit muodostavat jännepalkkeja yhdistävän päätypoikkipalkin kanssa yhtenäisen rakenteen. Sillan pään etäisyys liikekeskiöstä saa olla enintään 40 m ja penkereessä liikkuvan päällysrakenteen pään vinous enintään 30°.

Jos sillan päätä ei voida liittää suoraan penkereeseen, sillan päällysrakenteen ja maatuen välissä käytetään liikuntasaumaa Tielaitoksen ohjeiden mukaisesti.

Sillan päädyn mallipiirustukset, kun pääty liittyy suoraan penkereeseen, on esitetty liitteissä 1.2 ja 1.3. Periaatepiirustus sillan päätyvaihtoehdoista on liitteessä 2.2.

2.1.4 Välituki

Jännitetyn elementtirakenteisen sillan päällysrakenteen liittämisessä välitukiin otetaan huomioon sekä koko sillan että alus- ja päällysrakenteen toimintaan liittyvät näkökohdat.

Moniaukkoinen silta voidaan suunnitella välituen kohdalla jatkuvaksi siten, että jännepalkit liitetään toisiinsa jatkuviksi tai niin, että kansilaatta tehdään jatkuvaksi. Jatkuvuus koskee tämän ohjeen mukaisissa ratkaisuissa vain kansilaatan valun jälkeisiä kuormitustapauksia.

Sillan välituen rakenneratkaisujen periaatteita on esitetty liitteessä 2.1.

Jännepalkit ja kansilaatta jatkuvia

Välituen kohdalla valetaan jännepalkkien päihin yhtenäiseksi rakenteeksi jännepalkkeja yhdistävät kansirakenteen poikkipalkit ja kansilaatta sekä välituen poikkipalkki. Jännepalkkien päät kytketään toisiinsa lenkkiraudoituksella, joka tukeutuu jännepalkkien päissä oleviin reikiin sijoitettuun sillan poikkisuuntaiseen raudoitukseen.

Välituen poikkipalkki, jonka varaan jännepalkit on asennettu voi olla joko paikalla valettu tai elementtirakenteinen. Välituen poikkipalkin tarkoituksenmukaiseen poikkileikkausmuotoon ja rakennekorkeuteen vaikuttaa oleellisesti poikkipalkin jännemitat ja ulokkeen pituus. Välituen poikkipalkin raudoituksen määräävä kuormitusajankohta on useimmiten rakentamisaikana kun kansilaatta on valettu. Laatan kovettumisen jälkeen välituen poikkipalkki ja kansilaatta sekä jännepalkkeja yhdistävät päätypoikkipalkit muodostavat yhtenäisen liittorakenteen.

Kansilaatta jatkuva

Kun vain kansilaatta tehdään jatkuvaksi, jännepalkit tukeutuvat poikkipalkkiin tai yhtenäiseen välitukeen kumilevylaakereiden välityksellä liitteessä 2.1 esitetyllä tavalla. Sillan kansilaatta tehdään jatkuvaksi kahden tai kolmen siltajänteen osalta. Jatkuvien laattaosien välille tulee Tielaitoksen ohjeiden mukaiset liikuntasaumalaitteet.

Poikkipalkin liittyminen välitukeen

Poikkipalkki voi olla valettu kiinni välitukeen tai laakeroitu esim. kumipesälaakerein. Kun sillan välituet ovat hoikat, on mahdollista joissain tapauksissa päästä edullisiin laakerittomiin välitukiratkaisuihin.

Jos poikkipalkki on elementtirakenteinen ja se valetaan kiinni välitukeen, elementtiin tehdään varaukset välituesta tulevia tartuntateräksiä varten.

Jos elementtirakenteinen poikkipalkki laakeroidaan, elementissä on oltava varaukset laakereiden kiinnittämistä varten. Laakeroitu poikkipalkki on tuettava rakennustyön aikana.

2.1.5 Reunapalkki

Reunapalkki voi olla joko paikalla valettu tai elementtirakenteinen. Jos reunapalkin ulkonäölle asetetaan tavallista suuremmat vaatimukset, on elementtirakenteinen reunapalkki sopiva ratkaisu. Paikalla valettu reunapalkki on osoittautunut tavanomaisissa silloissa käyttökelpoiseksi ratkaisuksi.

Elementtirakenteinen reunapalkki voi muodostua esim. 4,0 m pitkistä erillisistä elementeistä tai se voi olla yhtenäinen jännitetty itsekantava reunapalkkielementti. Itsekantavat reunapalkkielementit ovat käyttökelpoisia kun sillan jännemitta on noin 20 m tai pienempi. Reunapalkin ulkopinta voi muodostua myös levyelementistä, jota vasten kansilaatta valetaan.

Reunapalkkiratkaisuja ei ole erityisesti kehitetty tässä yhteydessä.

Liitteessä 2.3 on esitetty eräitä ideoita elementtien käytöstä reunapalkeissa.

2.1.6 Laakerointi

Sillan laakeroinnissa noudatetaan tavanomaisia sillansuunnittelussa käytettyjä periaatteita ja Tielaitoksen antamia ohjeita.

Kumilevylaakereita käytetään jännepalkkien alla yksiaukkoisissa silloissa ja pienten (2-3-aukkoisten) siltojen maatuilla sekä niissä moniaukkoisissa silloissa, joissa vain kansilaatta on tehty välituella jatkuvaksi. Laakerialustat tehdään sillan pituus- ja poikkisuuntaan vaakasuoriksi.

Eräissä tapauksissa silta voidaan tehdä välituella myös laakerittomana kuten paikalla valetuissa silloissa.

Esimerkkejä sillan laakeroinnista on esitetty liitteessä 2.4.

2.1.7 Liikuntasaumat

Jos sekä jännepalkit että laatta on suunniteltu jatkuviksi sillan välituilla, liikuntasaumat suunnitellaan kuten paikalla valetuissa silloissa.

Jos sillan päällysrakenne on jaksetettu 2-3:n silta-aukon ryhmiin siten, että vain kansilaatta on välituella jatkuva, yhtenäisten kansilaattaosien välillä on käytettävä Tielaitoksen ohjeiden mukaisia vesitiiviitä, metallirunkoisia, tartunnoilla varustettuja liikuntasaumalaitteita. Pienissä elementtisilloissa voidaan käyttää Tielaitoksen tyyppiinustusten mukaisia liikuntasauvoja tai massaliikuntasauvoja.

2.1.8 Viemäröinti

Pintavedet johdetaan pois kannelta tavanomaisesti reunapalkin viereen sijoitettavilla pintavesiputkilla. Jos on kyseessä esim. korkea I-palkkielementti, on harkittava ulosheittäjän käyttämistä pintavesiputken alapäässä, jotta roiskevedet eivät kastelisi palkin alalaippaa. Välituen kohdalla voi pintavesiputken sijoittaa poikkipalkkiin ja siitä edelleen välitukea myöten alas. Jos kansilaatta muodostuu kuorilaatasta ja jälkivalusta, niin voi olla tarkoituksenmukaista sijoittaa pintavesi- ja tippuputket kuorilaattojen saumakohtaan.

Pintavesi- ja tippuputket sijoitetaan Tielaitoksen ohjeiden mukaisesti.

2.2 Materiaalit

2.2.1 Betoni

Jännepalkkien betonin suunnittelulujuudet ovat K60...K100. Laukaisulujuus määräytyy tapauskohtaisesti. Yleensä laukaisulujuus on 70...80% suunnittelulujuudesta.

Kuorilaattojen betonin suunnittelulujuus on yleensä K50 ja paikalla valetun betonilaatan vähintään K35.

Betonin säänkestävyysvaatimus asetetaan Tielaitoksen ohjeiden mukaan.

2.2.2 Jänneteräs

Kun sillan hoikkuus on $L/H = 20$, laskelmissa on käytetty jännepalkkien jänneteräksenä $\phi 12.5$ mm:n punosta. Punoksen teräslaatu on St 1570/1770 ja pinta-ala 93 mm^2 . Jos $\phi 12.5$ mm:n punoksen asemasta käytetään $\phi 12.9$ mm:n punosta, jonka teräslaatu on St 1630/1860 ja pinta-ala 100 mm^2 , nomogrammeista saatava punosmäärä voidaan jakaa 1,1:llä.

Kun sillan hoikkuus on $L/H = 24$, jänneteräksenä on käytetty $\phi 12.9$ mm:n punosta, jonka teräslaatu on St 1630/1860 ja pinta-ala 100 mm^2 .

Kuorilaattojen jänneteräksenä on liitteen 3 kohdan 3.2 menekkilaskelmissa käytetty punosta, jonka teräslaatu on St 1570/1770.

3 SUUNNITELMIEN LAADINTA

3.1 Siltasuunnitelma

Siltasuunnitelman laatiminen on tiehankkeen tiesuunnitelmavaiheeseen ja vesistösiltojen lupakäsittelyyn liittyvä suunnitteluvaihe, jolloin laaditaan sillan pääpiirustukset. Tavoitteena on laatia suunnitelma, joka määrittelee liikenteen ja vesistön vaatimukset täyttävän, rakentamis- ja käyttökustannuksiltaan edullisen ja ympäristöön soveltuvan sillan.

Siltasuunnitelmaa käytetään mm. pyydettäessä tarjousta kokonaisvastuurakassa.

3.1.1 Jännepalkkien valinta

Jännepalkkien valinta on optimointitehtävä, joka vaikuttaa koko silta-rakenteeseen ja jossa on otettava huomioon tarkoituksenmukaisesti painotettuna erilaisia rakennusteknisiä, taloudellisia ja esteettisiä asioita.

Poikkileikkaus

Jännepalkkien eri elementtityyppien poikkileikkauksina ovat kuvan 1 mukaiset suorakaide-, puolisuunnikas- ja I-poikkileikkaukset. Ohjeelliset jännemitta-alueet eri elementtityypeille ovat:

Suorakaide- poikkileikkaus	L = 16...34 m
Puolisuunnikas- poikkileikkaus	L = 16...36 m
I – poikkileikkaus	L = 24...40 m

Rakennekorkeus

Rakennekorkeuden valinnalla on suuri vaikutus sillan taloudellisuuteen, ulkonäköön ja rakenneteknisiin ratkaisuihin. Tämä ohje on laadittu jännemitan L ja rakennekorkeuden H suhteille $L/H = 20$ ja 24 . Rakennekorkeutena H on käytetty jännepalkin ja kansilaatan yhteenlaskettua korkeutta.

Jos sillan hoikkuus on suuri esim. $L/H = 24$, tämä asettaa suuret vaatimukset sekä sillan suunnittelulle että rakentamiselle. Pienet erot suunniteluperusteissa ja mitoituksessa vaikuttavat voimakkaasti hoikan jännepalkin jänneteräsmäärään, betonilujuuteen ja muodonmuutoksiin. Lyhyillä jännemitoilla tämä hoikkuus ei ole mahdollinen tämän suunnitteluohjeen esittämällä palkeilla, koska pelkän jännepalkin hoikkuus tulee silloin liian suureksi.

Palkkien väli

Jännepalkkien keskinäinen väli on 2,0 m kun sillan hyötyleveys on 3,5 m ja 3,0 m, kun hyötyleveys on 4,5 m. Reunaulokkeen pituus palkin keskeltä reunapalkin ulkopintaan on 1,05 m.

Taloudellisuus

Sillan päällysrakenteen taloudellisuutta voidaan arvioida käyttäen hyväksi tämän ohjeen liitteessä 3 esitettyjä menekkitietoja.

Sillan ulkonäkö

Elementtisilloissa on kiinnitettävä huomiota erityisesti poikkipalkkien ja niiden päiden muotoiluun. Päällysrakenteen laakeriton liittäminen alusrakenteeseen antaa mahdollisuuden saumattomiin, ulkonäöltään sopusuhtaisiin ja korkealuokkaisiin elementtisiltoihin.

Reunapalkkeihin on käytettävissä monipuolisia pinta- ja kivimateriaaleja, joilla on mahdollista saada elementille hyvä ulkonäkö ja säänkestävyys. Voidaan käyttää pinnoitusta, kuviointia, urituksia tai erillisiä kuorielementtejä.

Siltojen ulkonäköön liittyviä asioita on käsitelty seuraavissa Tielaitoksen julkaisuissa:

Risteyssiltojen estetiikka	TIEL 2170004
Siltojen betonirakenteiden pinnat	
- Suunnittelu	TIEL 2170012
- Siltakohtaisten laatuvaatimusten ja työtapaehtotusten mallit	TIEL 2170013
Siltojen betonipintojen ulkonäön parantaminen	TIEL 2170011
Silta ja ympäristö	TVH 723443

3.1.2 Mitoitusnomogrammit

Jännebetonipalkkien alustavaa mitoittamista varten on laadittu nomogrammit elementtityypeille, joiden poikkileikkauksina ovat kuvan 1 mukaiset suorakaide-, puolisuunnikas- ja I-poikkileikkaus, kun rakenteen hoikkuudet ovat $L/H = 20$ ja 24 . Jännepalkit ovat vapaasti tuetut.

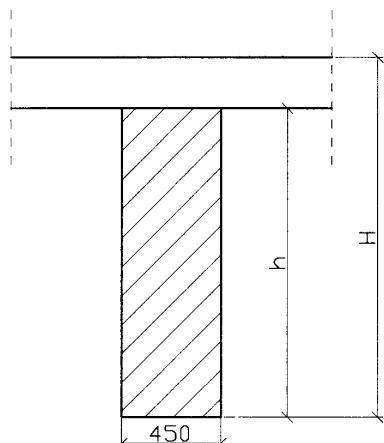
Nomogrammeja laadittaessa on käytetty kansilaatan keskimääräisenä painona $4,8 \text{ kN/m}^2$, reunapalkin painona $3,3 \text{ kN/m}$ ja pintarakenteiden painona $1,5 \text{ kN/m}^2$

Kuvien 3, 4 ja 5 mukaisista nomogrammeista voidaan määrittää palkin jänneteräsmäärä ja tarvittava betonin lujuusluokka sekä palkin paino.

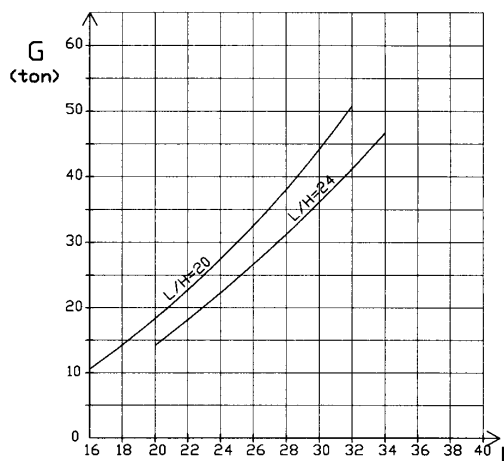
N=punosmäärä palkkia kohti.
G=palkin paino (ton)
L=jännemitta (m)

Betoni:

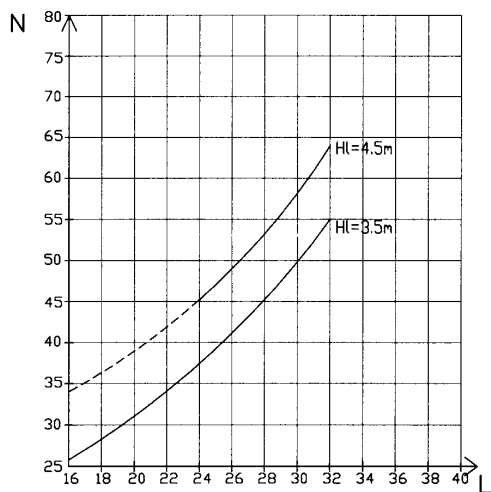
K60	—————
K70	-----
K80	—————
K90	
K100	—————



Palkin paino



L/H=20



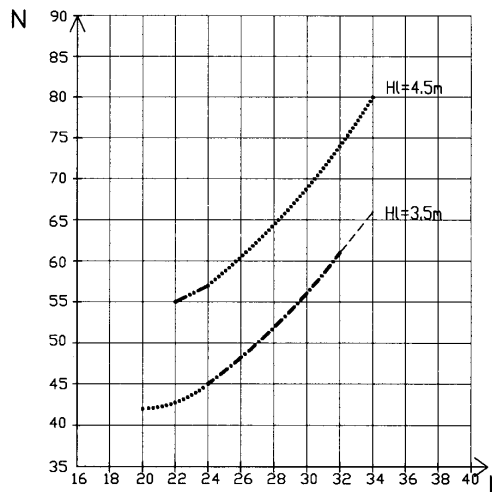
Jänneteräs:

$$f_{p0,2k} / f_{puk} = 1570/1770 \text{ N/mm}^2$$

$$D_n = 12,5 \text{ mm}$$

$$A_p = 93 \text{ mm}^2$$

L/H=24



Jänneteräs:

$$f_{p0,2k} / f_{puk} = 1630/1860 \text{ N/mm}^2$$

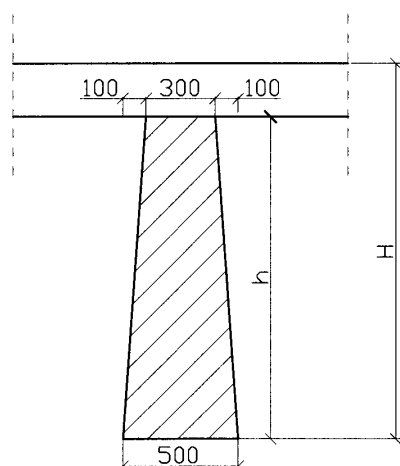
$$D_n = 12,9 \text{ mm}$$

$$A_p = 100 \text{ mm}^2$$

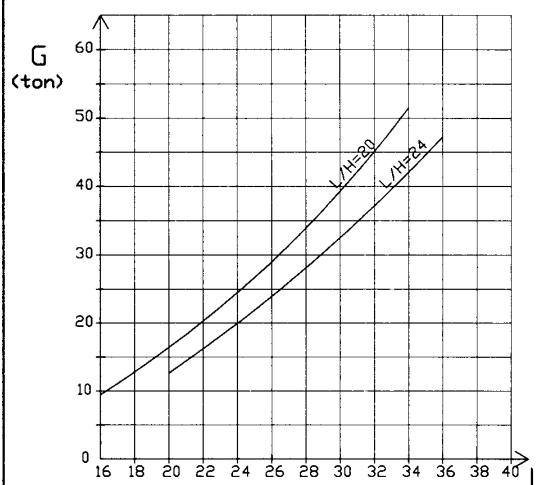
Kuva 3. Poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisen elementtityypin mitoitus

N=punosmäärä palkkia kohti
G=palkin paino (ton)
L=jännemitta (m)

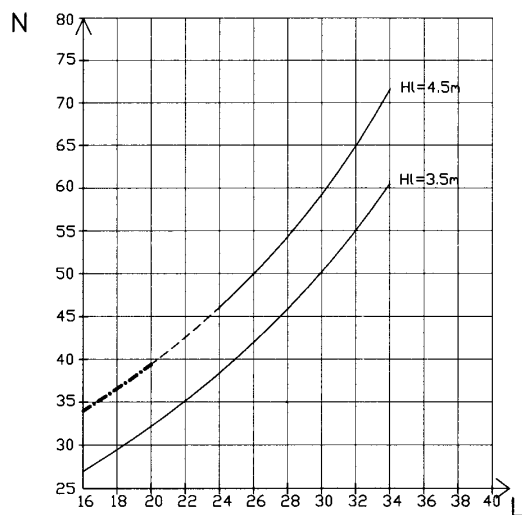
Betoni: K60 —————
K70 - - - - -
K80 - - - - -
K90
K100 - - - - -



Palkin paino



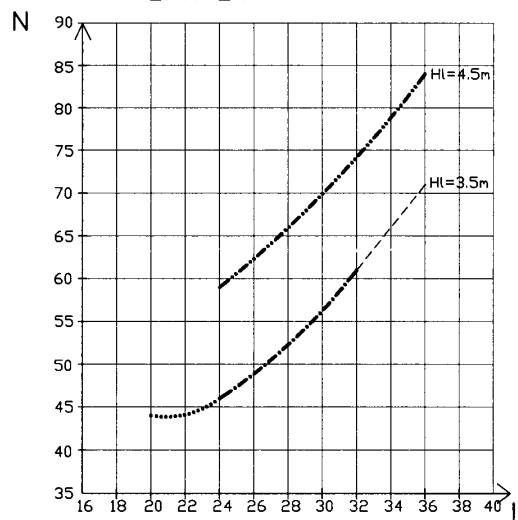
L/H=20



Jänneteräs:

$f_{p0,2k} / f_{puk} = 1570 / 1770 \text{ N/mm}^2$
 $D_n = 12,5 \text{ mm}$
 $A_p = 93 \text{ mm}^2$

L/H=24



Jänneteräs:

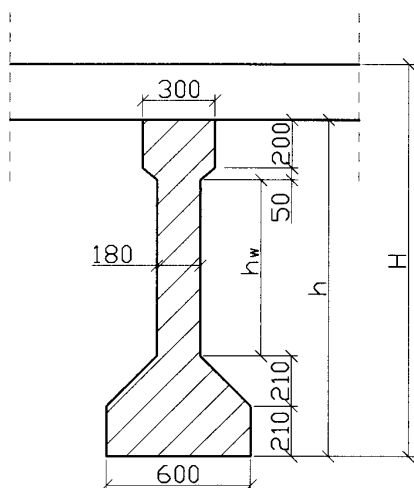
$f_{p0,2k} / f_{puk} = 1630 / 1860 \text{ N/mm}^2$
 $D_n = 12,9 \text{ mm}$
 $A_p = 100 \text{ mm}^2$

Kuva 4. Poikkileikkaukseltaan puolisuunnikkaan muotoisen elementtityypin mitoitus

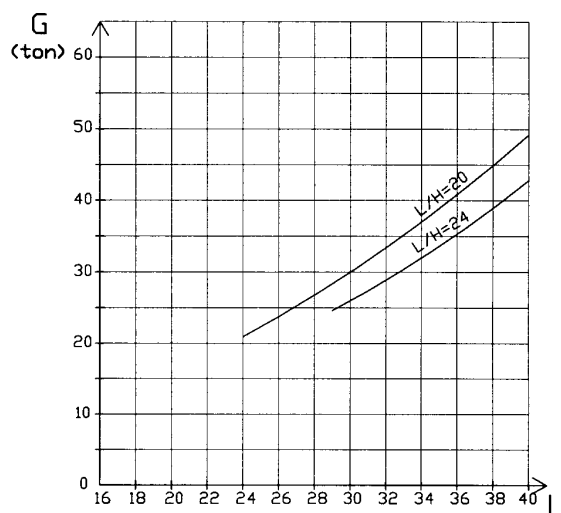
N=punosmäärä palkkia kohti
G=palkin paino (ton)
L=jännemitta (m)

Betoni:

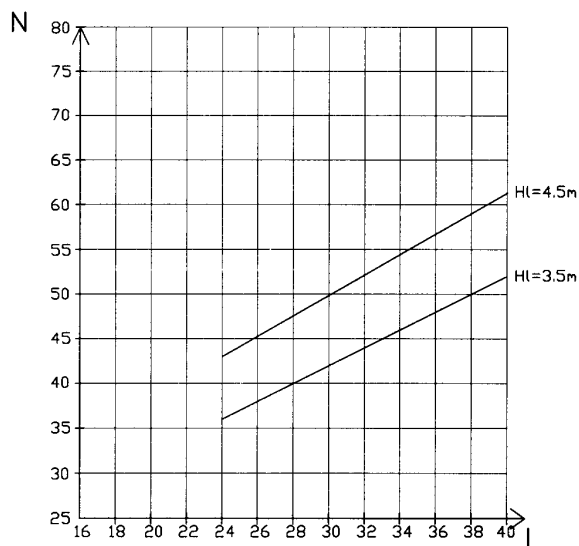
K60	—————
K70	- - - - -
K80	—————
K90	
K100	—————



Palkin paino



L/H=20



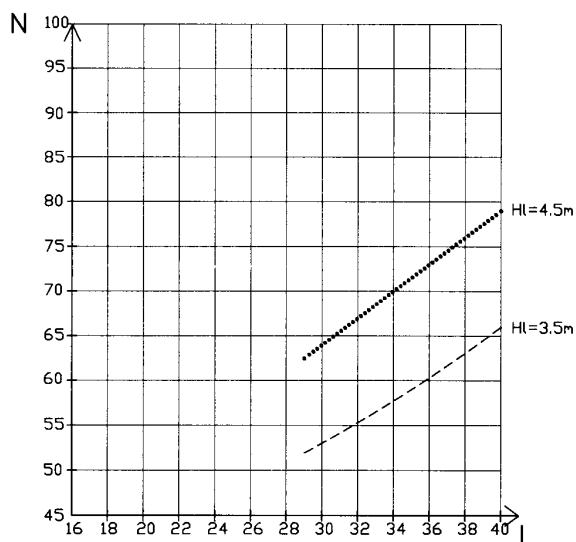
Jänneteräs:

$$f_{p0,2k} / f_{puk} = 1570 / 1770 \text{ N/mm}^2$$

$$D_n = 12,5 \text{ mm}$$

$$A_p = 93 \text{ mm}^2$$

L/H=24



Jänneteräs:

$$f_{p0,2k} / f_{puk} = 1630 / 1860 \text{ N/mm}^2$$

$$D_n = 12,9 \text{ mm}$$

$$A_p = 100 \text{ mm}^2$$

Kuva 5. Poikkileikkaukseltaan I-muotoisen elementtityypin mitoitus

3.1.3 Törmäyskuorma

Päällysrakenne mitoitetaan Tielaitoksen ”Siltojen kuormat” ohjeen mukaan tapauskohtaisen harkinnan perusteella törmäyskuormalle, jonka suuruus on 300 kN ajoneuvoliikenteen tiellä ja 45 kN kevyen liikenteen tiellä. Sillan päällysrakennetta ei tarvitse mitoittaa törmäyskuormalle, jos se sijaitsee vähintään 1 m alitse kulkevalle tielle määritellyn vapaan korkeuden yläpuolella tai jos törmäykseen yltävällä kuljetuksella ei ole mahdollisuutta päästä silta-aukkoon.

Törmäyskuormaa varten voidaan jännepalkkeja tukea poikkipalkkein. Jännepalkin alareunaan asennetaan tarvittaessa teräksinen kolhaisuvahvike.

3.2 Rakennussuunnitelma

3.2.1 Piirustukset

Sillan rakennussuunnitelman yleis- ja rakennuspiirustukset laaditaan noudattaen liitteiden 1 ja 2 piirustuksissa esitettyjä periaatteita. Liitteen 1.6 mukainen jännepalkin piirustus on esimerkki elementtipiirustuksesta. Piirustuksia laadittaessa otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan elementtien valmistajan ja asentajan esittämät elementtien tuotantoon liittyvät muotteja, jänneteräksiä ja betoniteräksiä tms. koskevat näkökohdat.

3.2.2 Laatuvaatimukset

Laatuvaatimusten osalta noudatetaan Sillanrakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia SYL 1-7. Siltakohtaisissa laatuvaatimuksissa voidaan täydentää yleisiä laatuvaatimuksia.

Elementtien kuljetuksia, nostoja ja tukemisia sekä asentamista varten on laadittava tekniset työsuunnitelmat. SYL 1.3.3.3:ssä on esitetty teknisissä työsuunnitelmissa huomioon otettavia näkökohtia. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota elementtipalkin stabiiliteettiin rakennustyön eri vaiheissa.

3.2.3 Laskelmat

Rakennussuunnitelmaan liittyvissä rakennelaskelmissa esitetään jännepalkkien ja muiden rakenteiden mitoitus.

Sillan laskelmat laaditaan Tielaitoksen ohjeen ”Siltojen rakennelaskelmat”, TIEL 2170002 mukaisesti.

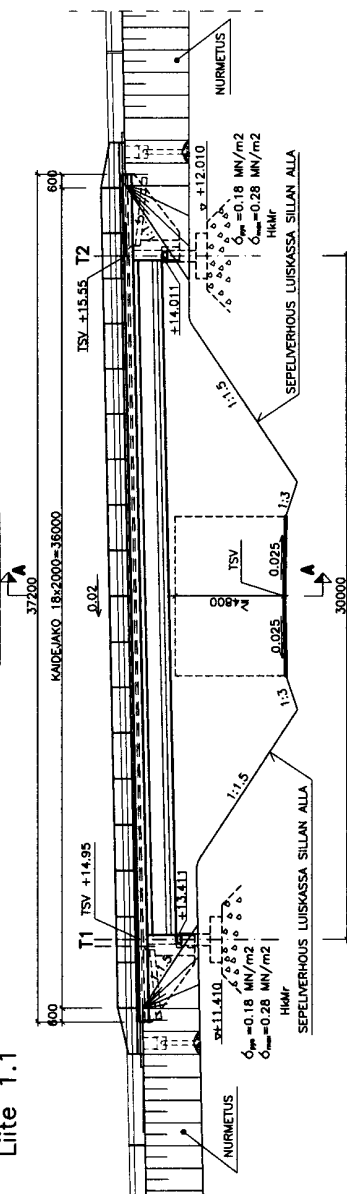
Liitteessä 4 on esitetty jännepalkin suunnitteluperusteet.

LIITE 1. MALLIPIIRUSTUKSET

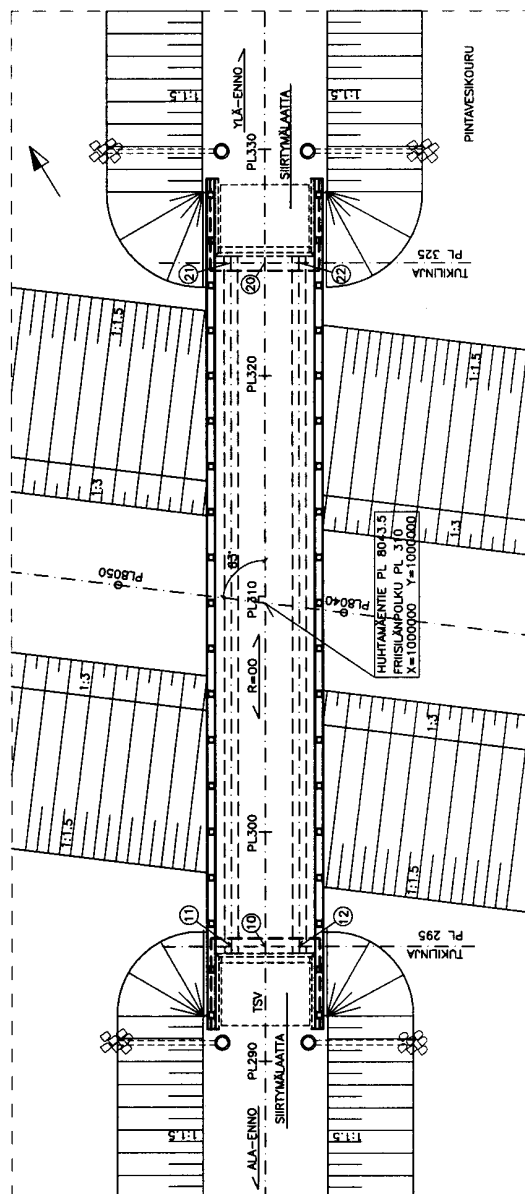
1.1	Yleispiirustus	2
1.2	Sillan päädyn mittapiirustus	3
1.3	Sillan päädyn raudoituspiirustus	4
1.4	Päällysrakenteen mittapiirustus	5
1.5	Kansilaatan raudoituspiirustus	6
1.6	Jännepalkin mitta- ja raudoitus piirustus	7

Liite 1.1

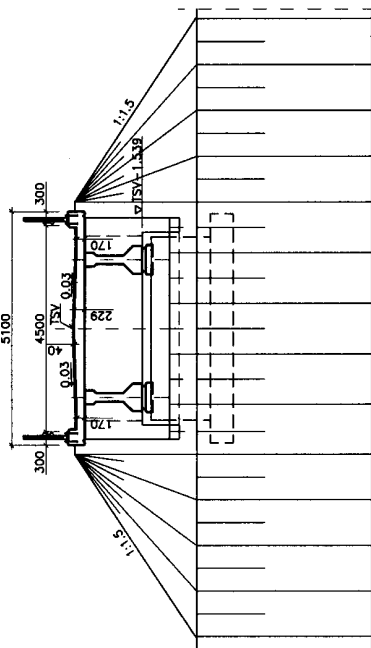
SVUOKUVA 1:100



TASOKUVA 1:100



A-A 1:50



BETONI:

PERUSTUKSET K30-2
PÄTTYTYT K30-2, P20
KANSIATTA K35-1, P20
REUNAPALKKISSA P30
ELEMENTTIPALKKI K70-1, P20

BETONITERÄS: A500HW

KANNEN PINTAKAKENNE:

SYL 6/LIITE 1/ KUVA 4a
-AB 12/70 30mm
-2xKEMERISTYS

KUMILEVYLÄKERTI: 400x500x82 mm3

KATTEET: JALANKULKUSILLAN SÄLEKAIDE

PANOSPUTKET: PÄTTYTYLLÄ TELN PANOSTILOAHE (1987)

SILTAPOIKAN KARTTA 1:10000

PIIRUSTUSLUETTELO

YLEISPIIRUSTUS	1
MAANVÄRISET PERUSTUSELENGINT	2
MITTA- JA RAUDOITUSPIIRUSTUS	3
SILLAN RAKENNUKSEN RAUDOITUSPIIRUSTUS	4
PÄÄLÄSKENTEEN MITTAUSPIIRUSTUS	5
KANSIATTA RAUDOITUSPIIRUSTUS	6
JÄNNEPALKIN MITTA- JA RAUDOITUSPIIR	7
SEPELELEMENTIN MITTA- JA RAUDOITUSPIIR	8
PÄÄTIN KANSIEN MITTA JA RAUD. PIIR	9
TYYPPIPIIRUSTUKSET:	
JALANKULKUSILLAN SÄLEKAIDE	R15/DK 3-1
KATTEEN KUNNITUS SÄLEKKAIDELLA	R15/DK 3-2
SILLAN KUNNITUS SÄLEKKAIDELLA	R15/DK 3-1
PIIRUSTUS	R15/DK 1
PINTAKESKIVUOK	R15/DK 1
PINTAKESIVEN VÄLÄKUNNITUS	R15/DK 3
GEOTEKNISET PIIRUSTUKSET:	

PÄÄPÄISTEIDEN KOORDINAATIT

PISTE	X	Y
10	99988.000	100000.000
11	99988.000	100001.500
12	99988.000	99998.500
13	100015.000	100000.000
14	100015.000	100001.500
15	100015.000	99998.500

Mallipirustus

Jännitetty kevyen liikenteen elementtisilta Jm 30m, HI 4.5m

Yleispiirustus

SITO

SUOMALAINEN INSINÖÖRITOIMISTO OY

Yhteystiedot

Yhteystiedot

Yhteystiedot

Yhteystiedot

Yhteystiedot

Yhteystiedot

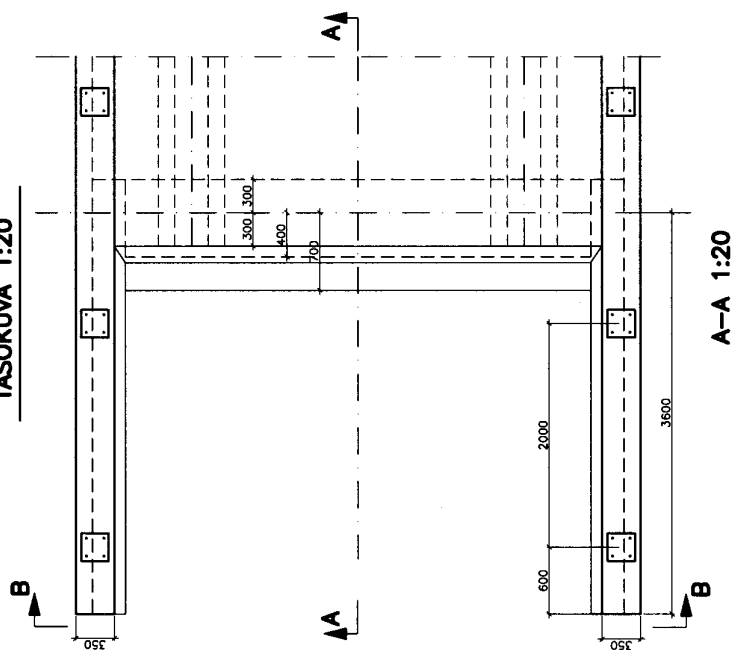
Yhteystiedot

Yhteystiedot

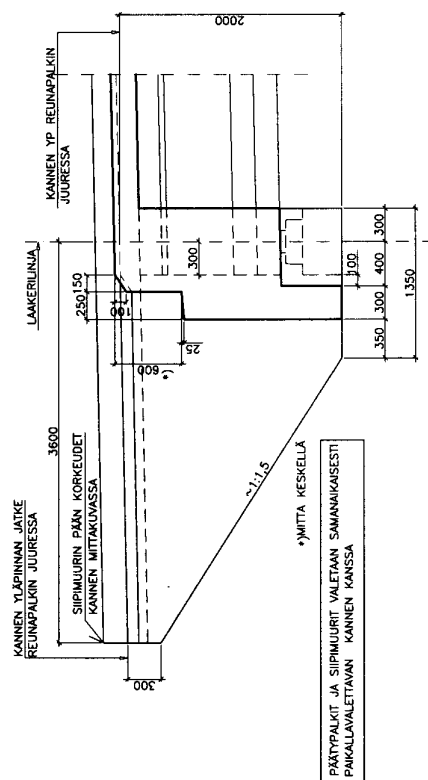
Yhteystiedot

Yhteystiedot

TASOKUVA 1:20



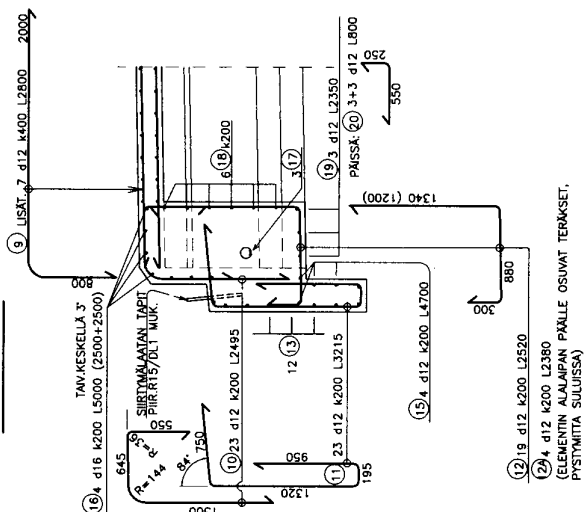
A-A 1:20



BETONI: PÄÄTYPALKKI JA SIIPIMUURIT K35-1, P20
PAIKALLA VALETTU KANSILAATTA K35-1, P20
REUNAPALKIT K35-1, P30

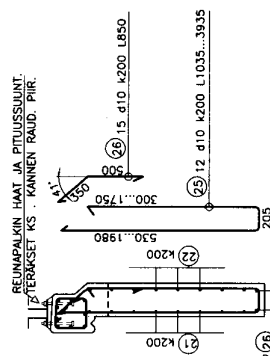
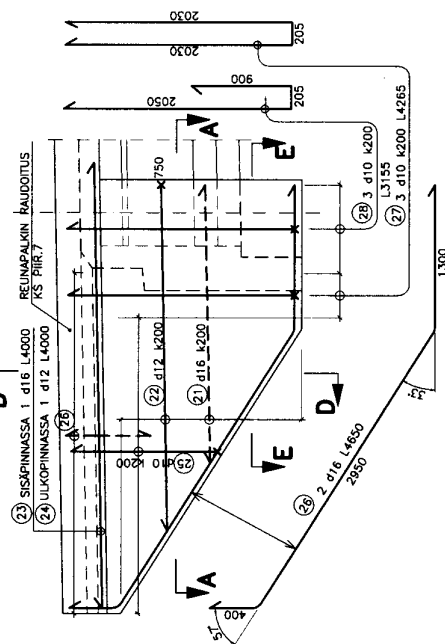
[illegible]

E-E 1:20



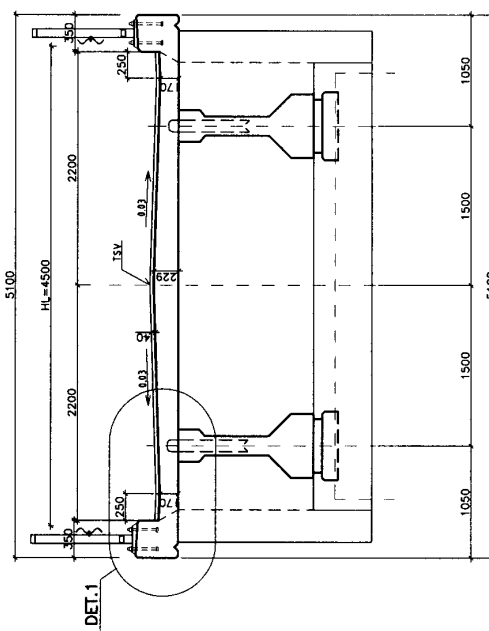
TERÄS: A500HW
BETONIPITE: 35mm, REUNAPAKUSSA 40mm
BETONIPITE: KOSKEE MYÖS TYÖTÄKSIÄ
SUUNNITTELUSSA ON KÄYTETTY PALKIN ALAPINNASSA JA SIVU-
PINNASSA SEKÄ SIIPIMUURIN TOISESSA PINNASSA 12mm:n
TYÖTÄKSIÄ.

D-D 1:20

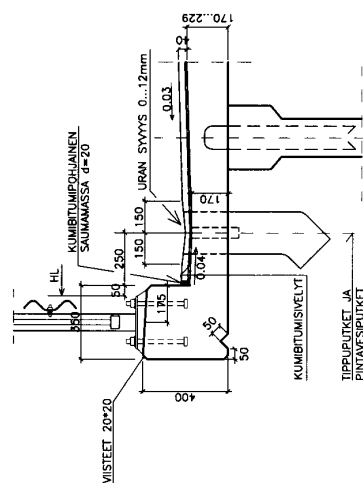


PERIÖDI	PVM	RUUTU	TEHTY	TAMMISTET
Möllipirustus Järjestyttävien kevyen liikenteen elementtisiilo Jm 30m Siilon päädyin raudituspiirustus HI 4,5m				
SITO SUDJALMAHIN INHOODONTAMISTO OY Yhtiön nimi Yhtiön osoite Yhtiön puhelin				
Shenjaaliko Shenjaaliko Oy Puhelin Postiosoite				
TEHALLINTO TEHALLINTO OY Puhelin Postiosoite				
suunn.	1:2.2000	Piirritä Salla		
suorit.	1:2.2000	Tekni. Piirustukset		
labc.	1:2.2000	Hahmot. Muokkaukset		
PIK. MÄÄ.	1:20			
PIK. TÄÄ.				

TASOKUVA 1:50



DET.1 1:10

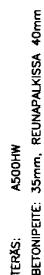


BETONI: PAIKALLA VALETTU KANSIILAATTA K35-1, P20
REINAPALKIT K35-1, P50
ELEMENTTIPALKIT K70-1, P20

KAIDE: JALANKULKUSUJAN SÄLEKAIDE

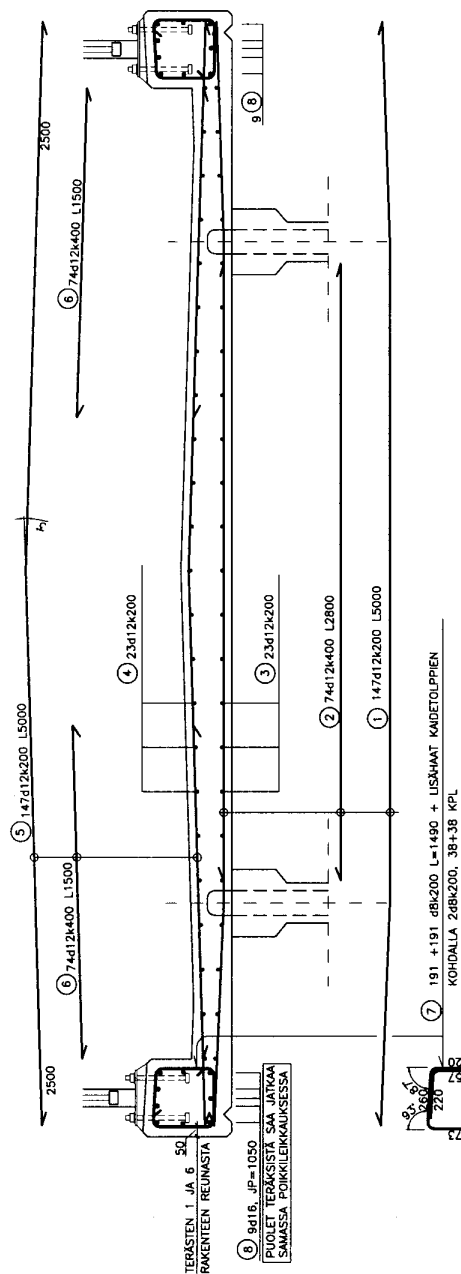
SÄÄLÄÄJÄ: ALORAND YLÄPUOLELLA TIPPUPUITUKEN VÄLILLÄ
SÄÄLÄÄJÄN KÄYTTÖÄ VÄLITTÄMÄTTÖMÄN

HEIKKO	JOONI	HEIKKO	TEMPTI	TEMPTANT
Mallipöytäkirja liikenteen elementtisisä Jm 30m HI 4,5 Päälylsirakenteen mittopöytäkirja				

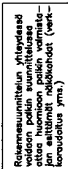


TERÄKSET SAA JATKAA SAMASSA POIKKILEIKKAUKSESSA
ALUA- JA YLÄPINNAN TERÄSTEN JATKOKSET KUITENKIN ERI KOHDILLA

A-A 1:10



PERIODI	PVM	POISTE	TENNETT	TAMMASELLEET
Mallipöytäkirja Järjestyksen puolesta: Liikkeenjohtaja Jarmo Järvelä Kokouksen puolesta: Kokouksen puolesta Jarmo Järvelä				
SIPO SUOMALAISEN INSINÖÖRISEURUSTAMISTO OY Yhtiön nimi: Siipiteollisuus Oy Yhtiön kotipaikka: Siipiteollisuus Oy				
PERIT.	1.7.1.2000	Pöytäkirja		
SUOM.	7.1.1.2000	Talv. kokous		
TALV.	7.1.1.2000	Maalisk. kokous		
PER. MÄÄ.	15.0	Määrä		
PER. MÄÄ.				6



LIITE 2. PERIAATEPIIRUSTUKSET

2.1	Sillan välituki	2
2.2	Sillan päätytuki	3
2.3	Reunapalkki	4
2.4	Elementtisillan laakerointi	5

LIITE 2.1 SILLAN VÄLITUKI

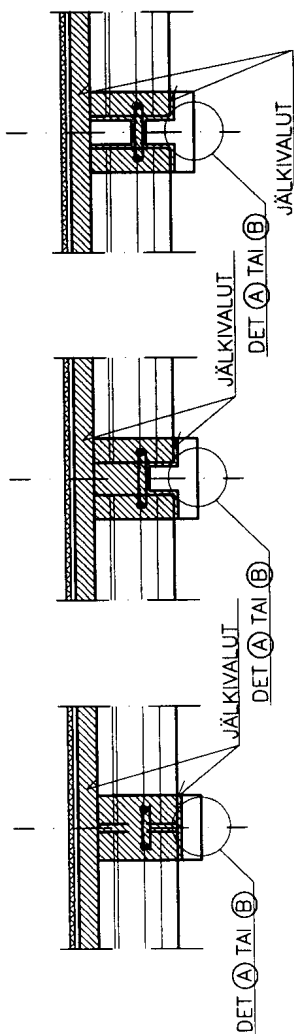
VAIHTOEHTOISIA RATKAISUJA VÄLITUELLA

PALKKI JA LAATTA JATKUVIA

VAIHTOEHTO ①

VAIHTOEHTO ②

VAIHTOEHTO ③

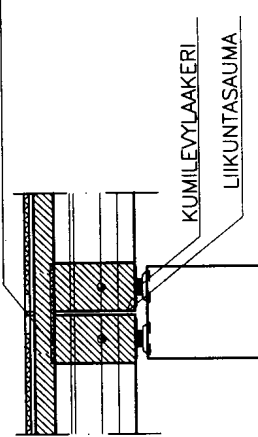
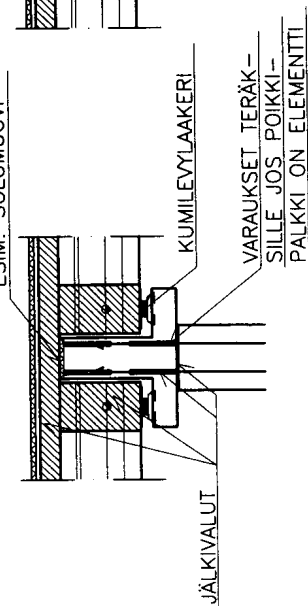


LAATTA JATKUVA

VAIHTOEHTO ①

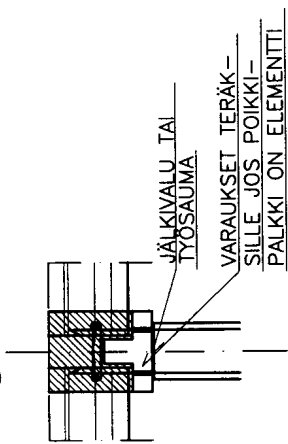
VAIHTOEHTO ②

MUOTTIMATERIAALI ESIM. SOLUMUOVI

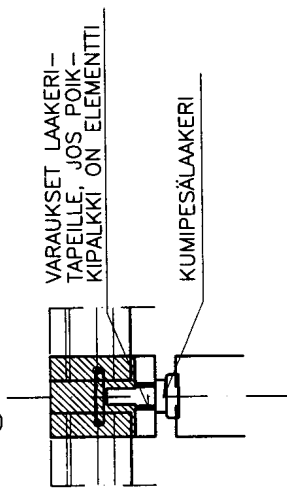


PÄÄLYSRAKENTEEN LIITTYMINEN ALUS- RAKENTEeseen

DET A)



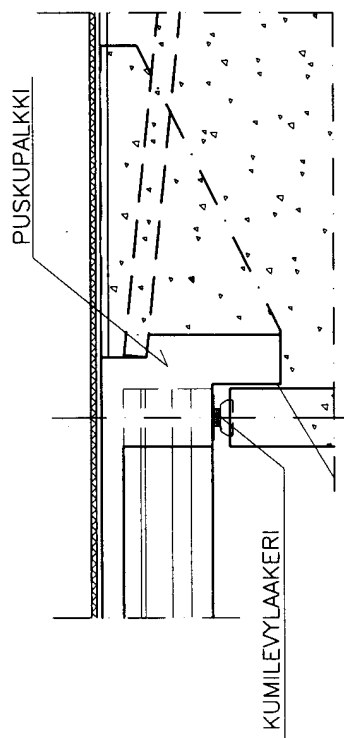
DET B)



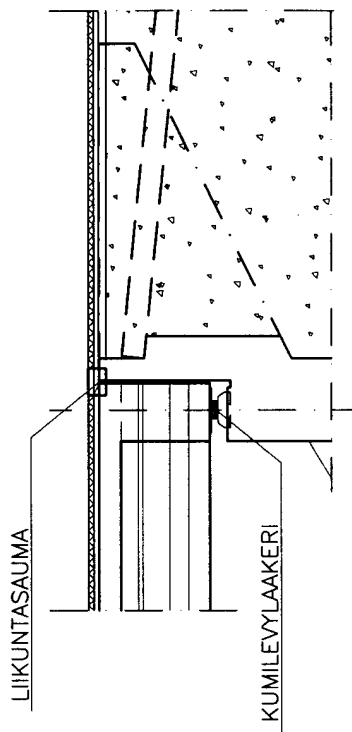
LIITE 2.2 SILLAN PÄÄTYTUKI

SILLAN PÄÄTYVAIHTOEHTOJA

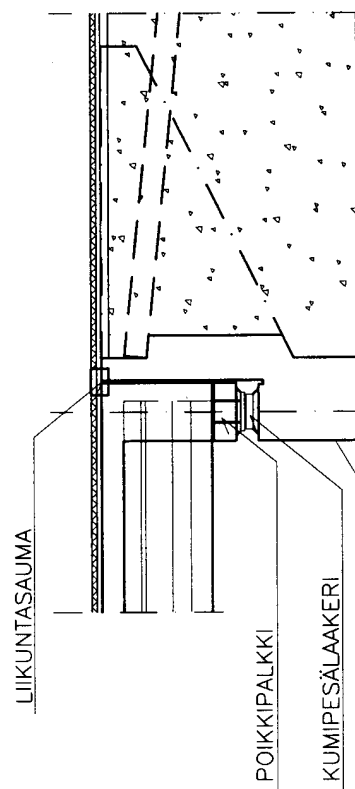
PÄÄTYTUKI 1



PÄÄTYTUKI 2



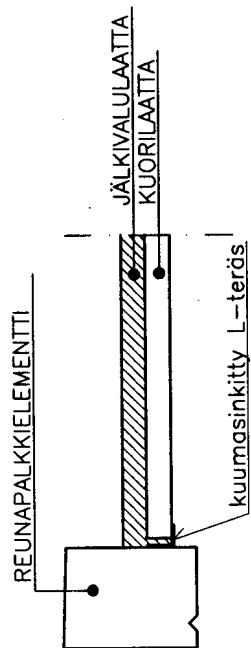
PÄÄTYTUKI 3



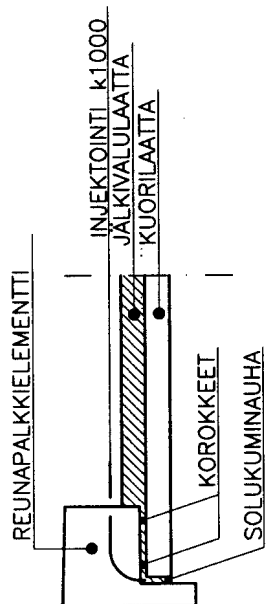
LIITE 2.3 REUNAPALKKI

REUNAPALKKIVAIHTOEHTOJA

1. YHTENÄINEN ITSEKANTAVA ELEMENTTI ($L < 20\text{m}$)

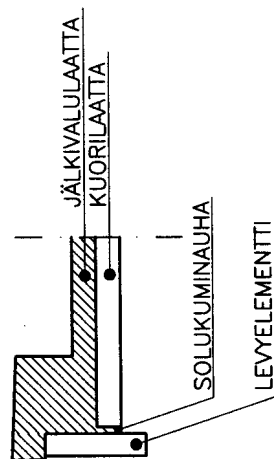
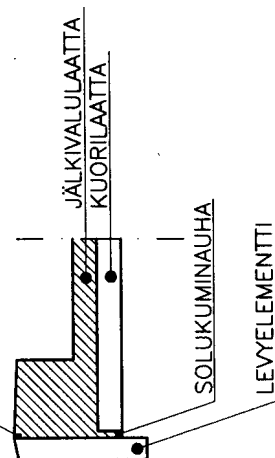


2. ELEMENTTI (4m)



3. LEVELEMENTIT

SAUMAUUS



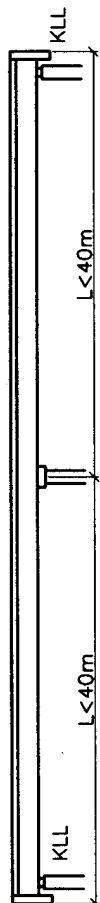
LIITE 2.4 ELEMENTTISILLAN LAAKEROINTI

VÄLITUN KOHDALLA OVAT
JÄNNEPALKIT JA KANSILAATTA
JATKUVIA

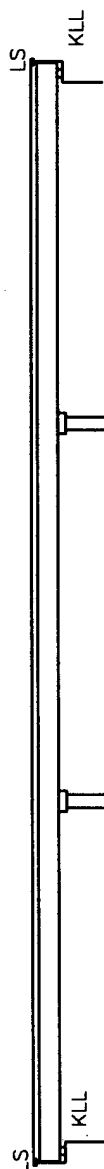
KLL=KUMILEVYLAAKERI
△=KIINTEÄ KUMIPESÄLAAKERI
○=LIIKKUVA KUMIPESÄLAAKERI
LS=LIIKUNTASAUMA



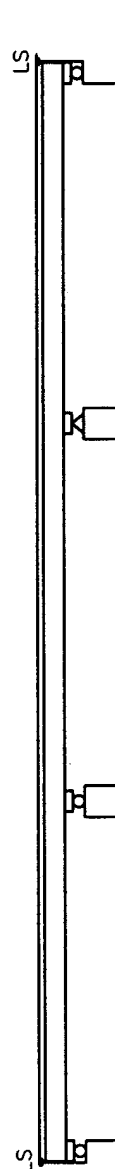
1. AUKKOINEN



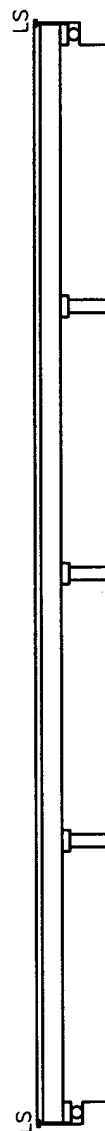
2. AUKKOINEN



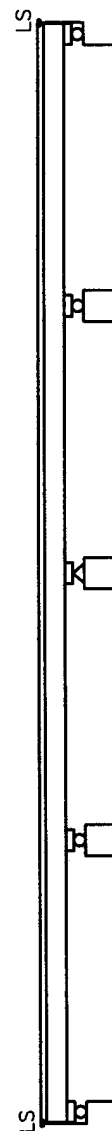
3. AUKKOINEN
(hoikat välipilarit)



3. AUKKOINEN
(jökät välipilarit)



4. AUKKOINEN
(hoikat välipilarit)

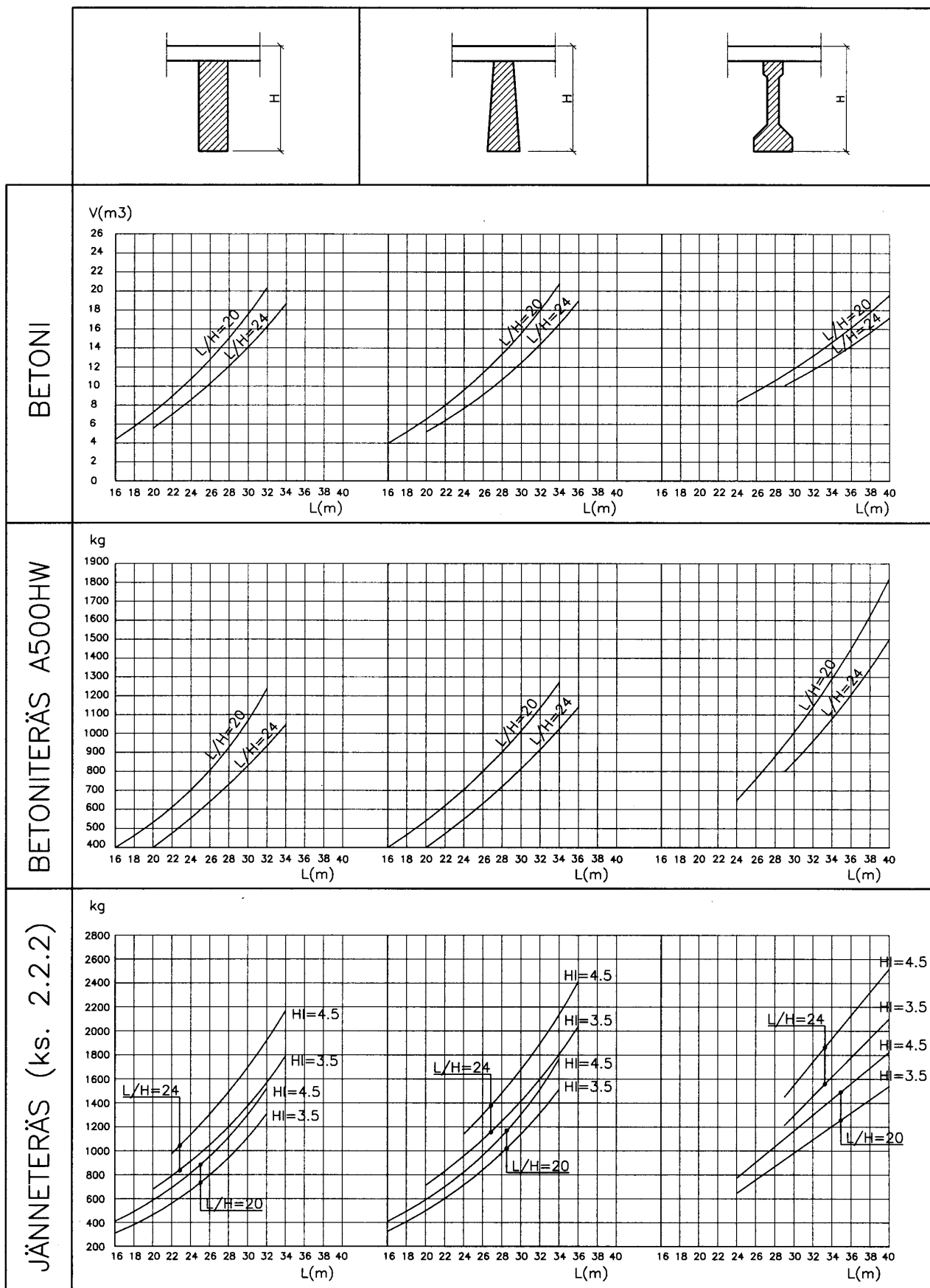


4. AUKKOINEN
(jökät välipilarit)

LIITE 3. MATERIAALIEN MENEKKITIEDOT

3.1	Jännepalkin menekit	2
3.2	Kansilaatan menekit	3

3.1 Jännepalkin menekit



3.2 Kansilaatan menekit

Kansilaatan rakenne on joko paikalla valettu laatta, elementtilaatta tai kuorilaatta, jonka päälle tulee jälkivalu.

Kansilaatan teräsmenekki kg/m²

Kansirakenne	HL = 3.5	HL = 4.5	teräslaatu
Paikalla valettu laatta	32	30	A 500 HW
Elementtilaatta	35	41	A 500 HW
Kuorilaatta ja jälkivalu	4 32	7 30	St 1570/1770 A 500 HW

Betoniteräsmäärä ei sisällä päädyn eikä jatkuvan sillan tukialueen lisäraudoitusta.

LIITE 4. LASKELMAT

4.1 Suunnitteluperusteet

4.1.1 Yleistä

Rakenteet suunnitellaan seuraavien ohjeiden mukaisesti ellei jäljempänä ole muuta mainittu:

- Siltojen kuormat 1999 (Tielaitos)
- Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet (Tielaitos)
- Betonirakenneohjeet 2000 (Tielaitos)
- B4 Betonirakenteet (RakMK)
- Suunnittelun sovellusohjeet B4:ään (BY 16)

4.1.2 Jännepalkki

Rakenneosat ja materiaalit

Elementtipalkkien lujuusluokka on K60-1...K100-1. Kuorilaatan lujuusluokka on K50-1 ja paikalla valetun laatan vähintään K35-1.

Suurin sallittu puristusjännitys laukaisuhetkellä on 50% laukaisulujuudesta. Laukaisulujuudeksi on otaksuttu 80% nimellislujuudesta. Siten nimellislujuuden tulee olla vähintään 2,5 kertaa suurin laukaisuhetken puristusjännitys, laukaisulujuuden ollessa yleensä 70-80% nimellislujuudesta.

Elementin suurin sallittu puristusjännitys rakennustyön aikana on 50% nimellislujuudesta.

Kun sillan hoikkuus $L/H = 15$ tai 20 , niin jänneteräksenä on käytetty punosta, jonka teräslaatu on St 1570/ 1770 ja poikkipinta-ala on 93 mm^2 .

Kun sillan hoikkuus $L/H = 24$, niin jänneteräksenä on käytetty punosta, jonka teräslaatu on St 1630/1860 ja poikkipinta-ala on 100 mm^2 .

Sillan kansi jäykistetään poikittaisjäykistein törmäyskuormalle.

Pysyvät kuormat

- Elementtipalkkien paino
- Kuorilaattojen paino
- Jälkivaletun laatan paino
- Pintarakenne $1,5 \text{ kN/m}^2$
- Reunapalkki $3,3 \text{ kN/m}$
- Palkin ja laatan kutistumaero ($t = \infty$)
- Virumaero ($t = \infty$)

Kutistuma lasketaan ohjeen B4 mukaan käyttäen perusarvona Tielaitoksen Betonirakenneohjeiden mukaista arvoa.

Viruman arvoa laskettaessa lujuusluokissa K70-K100 voidaan käyttää Tielaitoksen Betonirakenneohjeissa ilmoitettuja pienennyskertoimia.

Kutistuman ja viruman laskennassa voidaan ottaa huomioon raudoituksen suhteellinen osuus ohjeen B4 puristettua rakennetta koskevalla kaavalla

Arvioitaessa kutistumisen ja virumisen kehittyminen ajan mukana otetaan huomioon Tielaitoksen Betonirakenneohjeiden täydennys ohjeeseen B4.

Muuttuvat kuormat

- Kevyen liikenteen liikennekuorma Kik/TIEL 91
- Jarrukuorma
- Sivukuorma
- Lämpötilaero (jatkuvat sillat)
- Lämpötilan muutos
- Tuulikuorma
- Törmäyskuorma $F=300\text{kN}$

Aikatekijät

Elementtejä mitoitettaessa on otaksuttu kuormien vaikutuskohdat seuraavasti:

- Laukaisu 1 vrk
- Palkkien ja kuorilaattojen asennus 2 vk
- Paikalla valu 1 kk
- Pintarakenteen rakentaminen 2 kk
- Liikennekuorma 2 kk

Laatan ja palkin omapaino kuormittaa vain palkkia. Pintarakenteelle ja liikennekuormalle rakenne toimii liittorakenteena.

Palkin taivutuskestävyys

Palkin taivutusjäykkyyttä laskettaessa otaksutaan betoni halkeilemattomaksi. Taivutuskestävyyttä laskettaessa palkin vääntöjäykkyyttä ei oteta rakennemallissa huomioon. Laatta oletetaan haljenneeksi, jolloin sen taivutusjäykkyys on puolet halkeilemattoman betonin jäykkydestä.

Palkin yläreunan normaalijännitystä laskettaessa otetaan huomioon korkeilla puristusjännityksillä betonin jännityksen ja muodonmuutoksen välinen epälineaarisuus.

Palkin vääntökestävyys

Vääntökestävyyttä laskettaessa palkin ja laatan vääntöjäykkyys otetaan rakennemallissa huomioon halkeilemattomana poikkileikkauksena. Palkkien haat mitoitetaan leikkauksen lisäksi väännölle. Kansi-laatan ja palkin väliset tartunnat mitoitetaan poikittaiselle taivutukselle, väännölle ja työntövoimalle.

Palkin taipuma

Sopiva esikohotus saadaan aikaan punosten alkujännityksen ja tartunnattomien jänteiden määrän sopivalla valitsemisella. Laatta oletetaan haljenneeksi. Taivutusjäykkyys on puolet halkeilemattoman laatan jäykkydestä. Palkilla ei ole vääntöjäykkyyttä.

Aikatekijät kuten viruminen ja kutistuminen vaikuttavat merkittävästi taipuman suuruksiin. Palkin optisena kohotuksena käytetään 10 ... 30mm.

Laatan voimasuureiden laskeminen

Laatan voimasuureet lasketaan rakennemallilla, jossa taivutusjäykkyys on puolet ja vääntöjäykkyys kolmasosa halkeilemattoman poikkileikkauksen arvoista.

4.1.3 Kuorilaatta

Poikkileikkauksen mitoitus

Laskettaessa poikkileikkauksen raudoitusta negatiiviselle taivutukselle kuorilaatan betonin sallitussa puristusjännityksessä tulee ottaa huomioon jännittämisestä aiheutuva jännitys.

Leikkauskestävyyden laskennassa voidaan ottaa huomioon kuorilaatan jännittämisestä aiheutuva akselin suuntainen puristus ohjeen B4 kaavasta 2.34. Nollavenymämomentti määritetään kaavasta

$$M_o = P_{\infty} \cdot \frac{W_{AB}}{A_A} + P_{\infty} \cdot e_p + M \cdot \left(1 - \frac{W_{AB}}{W_A} \right) \quad , \text{jossa}$$

P_{∞} on jännevoima häviöiden jälkeen kerrottuna pysyvän kuorman osavarmuuskertoimella $\gamma = 0,9$

A_A on kuorilaatan poikkileikkauksen pinta-ala,

W_A on kuorilaatan taivutusvastus vedetyn reunan suhteen,

W_{AB} on liittorakenteen taivutusvastus vedetyn reunan suhteen,

e_p on jännevoiman epäkeskisyys kuorilaatan painospisteakselin suhteen

M on kuorilaattaa rasittava pysyvän kuorman momentti ennen jälkivalun kovettumista

Edellä esitetty kaava ottaa huomioon kuorilaatan jännitystilän ennen jälkivalun kovettumista.

Työsauman leikkauskestävyys pinta-alayksikköä kohti lasketaan kaavasta

$$V_u = \beta_1 \frac{A_{sv}}{s \cdot b} f_{yd} + \beta_2 \cdot 0.8 \cdot f_{ctd} \geq \frac{V_d}{b \cdot d} \quad ,$$

jossa esiintyvät termit ovat samat kuin ohjeen B4 kaavassa 2.40.

Mitoitettaessa työsauma raudoitettuna tulee työsaumassa olla pystysuoria leikkausteräksiä vähintään

$$\frac{A_{sv}}{A_c} = 0,25 \frac{f_{ctk}}{f_{yk}}$$

Raudoituksen ankkurointi ja jatkokset

Asennus- ja valutilanteessa kuorilaatan ankkurointikestävyys lasketaan ohjeen B4 mukaan. Kuorilaatan tuentapituus palkille tulee olla vähintään 40 mm, johon lisätään kuorilaatan valmistustoleranssi ja urakoitsijan käyttämä pääpalkkien sijaintitoleranssi.

Lopputilanteen ankkurointikestävyyden varmistamiseksi kaikille tuille, joissa kuorilaatat eivät ole jatkuvia, tulee sijoittaa ankkurointilisäteräksset, joiden määrä lasketaan kaavasta.

$$A_s \geq 0,5 \frac{A_{p,1} \cdot f_{pd,1} + A_{s,1} \cdot f_{yd,1}}{f_{yd}} \geq \frac{k_a \cdot V_d}{f_{yd}} \quad , \text{ jossa}$$

- $A_{p,1}$ on kuorilaatan jänneterästen nimellinen poikkileikkausala,
- $f_{pd,1}$ on kuorilaatan jänneterästen laskentalujuus,
- $A_{s,1}$ on kuorilaatan betoniterästen nimellinen poikkipinta-ala,
- $f_{yd,1}$ on kuorilaatan betoniterästen laskentalujuus,
- f_{yd} on ankkurointilisäterästen laskentalujuus
- $k_a \cdot V_d$ on ankkuroitava voima ohjeen B4 kohdasta 2.5.1.1.

Ankkurointilisäterästen pituus l_b määrätään seuraavasti

$$l_b = l_{bo} + H_L + 300 \quad , \text{ jossa}$$

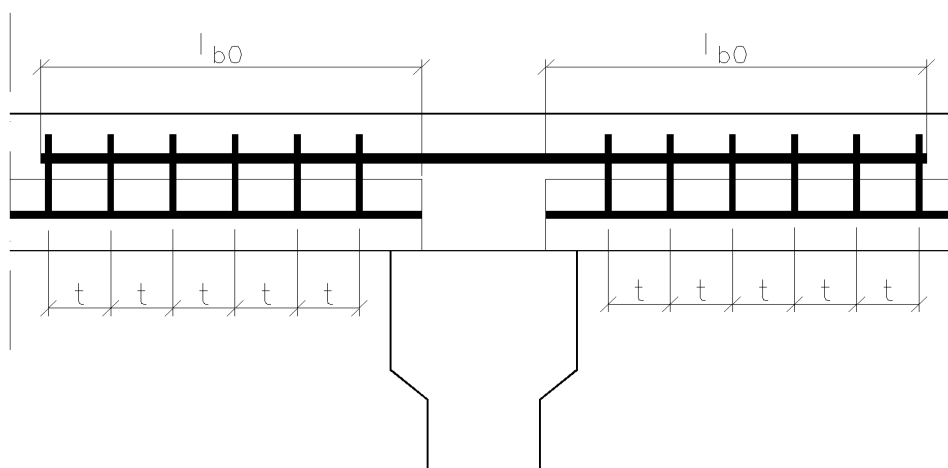
- l_{bo} on joko ankkurointilisäterästen tai kuorilaatan jänneterästen ankkurointipituuden perusarvo laskentalujuutta vastaavalle vetovoimalle ohjeen B4 kaavasta 2.87 riippuen siitä kumpi on suurempi
- H_L on liittolaatan paksuus.

Terästen ankkurointi tulee varmistaa pystysuoralla ripustusraudoituksella. Ripustusterästen, jotka jaetaan matkalle l_b kuorilaatan päästä, leikkeitten yhteispinta-ala saadaan kaavasta

$$A_{s,c} = \frac{l_b}{t} A \geq \frac{k_a \cdot V_d}{f_{yd}}, \text{ jossa}$$

A_s on ripustusterästen yhdessä rivissä olevien leikkeiden poikki pinta-ala
 t on ripustustankojen välinen etäisyys.

Ripustusterästen suurin etäisyys toisistaan kuorilaatan leveyssuunnassa saa olla korkeintaan 400 mm.



Kuva 1. Kuorilaattaliittorakenteen ankkurointi palkin kohdalla

4.2 Mitoitusesimerkki

Jännepalkin mitoitus-esimerkki on esitetty suunnitteluohjeessa, joka koskee ajoneuvoliikenteen jännitettyä elementtisiltaa.