

SISÄASIAINMINISTERIÖ

Suomen rakentamismääräyskokoelma

B6

TERÄSOHUTLEVYRAKENTEET

Vauha

Ohjeet

1976

2. painos

Teräsohutellevyrakenteet Ohjeet

B6

2. painos

Nämä ohjeet kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Ohjeet liittyvät kantavista rakenteista annettuihin määräyksiin.

Helsingissä 15 päivänä marraskuuta 1976

Osastopäällikkö
Ylijohtaja Olavi Syrjänen

Yli-insinööri Esko Mononen

Sisällysluettelo

1	Yleisohjeet
1.1	Ohjeiden soveltaminen
1.2	Rakenteiden luokitus
1.2.1	Rakenneluokka 1
1.2.2	Rakenneluokka 2
1.3	Suunnitelma ja siihen kuuluvat asiakirjat
1.3.1	Tekninen selostus
1.3.2	Laskelmat
1.3.3	Piirustukset
1.3.4	Asennus- ja tarkastussuunnitelma
1.4	Käsitteitä ja määritelmiä
1.5	Merkinnät
2	Aineet ja tarvikkeet
2.1	Teräslevy
2.1.1	Standardisoidut laadut
2.1.2	Muut laadut
2.1.3	Käytettävät lujuusarvot
2.1.4	Hitsattavuus
2.1.5	Ainestodistukset
2.2	Tarvikkeet
3	Rakenteiden suunnittelun perusteita
3.1	Yleistä
3.2	Suojaustapa
3.3	Ainevakiot
3.4	Sallitut mittapoikkeamat
3.5	Taipumat
3.6	Sallitut hoikkeusluvut
3.7	Poikkipinnan mittavaatimuksia
3.7.1	Levyn paksuus
3.7.2	Suurimmat sallitut muutosuhheet
3.7.3	Laipan jäykiste
3.7.4	Nurkkien pyöristyssäde

4	Laskelmat
4.1	Poikkileikkausarvojen määrittäminen
4.1.1	Yleiset periaatteet
4.1.2	Jäykistetyn taso-osan tehollinen leveys
4.1.3	Lyhyen palkin laipan tehollinen leveys
4.1.4	Taso-osien jäykisteiden tehollinen poikkipinta-ala
4.1.5	Puristetun rakenteen poikkipinnan muotokerroin
4.2	Sallitut taivutusmomentit, voimat ja jännitykset
4.2.1	Sallittu taivutusmomentti
4.2.2	Uuman sallittu tukivoima tai piste-kuorma
4.2.3	Sallitut jännitykset
4.2.4	Uuman sallitut jännitykset
4.2.5	Keskinen puristusvoima
4.3	Kokeellinen mitoitus
5	Liitokset
5.1	Yleistä
5.2	Ruuviliitokset
5.2.1	Sovellutusalue
5.2.2	Perusaineet ja tarvikkeet
5.2.3	Ruuviliitoksen mitoitus
5.2.4	Ruuviliitoksen rakenteellinen suunnittelu
5.3	Niittiliitokset
5.3.1	Sovellutusalue
5.3.2	Perusaineet ja tarvikkeet
5.3.3	Niittiliitoksen mitoitus
5.3.4	Niittiliitoksen rakenteellinen suunnittelu
5.4	Naulaliitokset
5.4.1	Sovellutusalue
5.4.2	Perusaineet ja tarvikkeet
5.4.3	Naulaliitoksen mitoitus
5.5	Kiinnitys muihin aineisiin
6	Asennustyön suoritus
6.1	Asennustyön valmistelu
6.2	Aineiden ja tarvikkeiden käsittely
6.3	Asennustyö
6.3.1	Yleistä
6.3.2	Asennuksen sallitut mittapoikkeamat
7	Valvonta ja tarkastus
7.1	Yleistä
7.2	Tarvikkeiden valmistusvaiheen valvonta ja tarkastus
7.2.1	Yleistä
7.2.2	Tarvikkeiden kelpoisuuden toteaminen
7.3	Asennusvaiheen valvonta ja tarkastus

1 Yleisohjeet

1.1 Ohjeiden soveltaminen

Nämä ohjeet koskevat kylmämuovattua teräsohutellevyistä valmistettuja kantavia rakenteita.

Teräsrakenne katsotaan yleensä ohutellevyrakenteisiin kuuluvaksi, kun siinä käytetään paksuudeltaan alle 4 mm ainetta. Näitä laskentaohjeita voidaan asianmukaisesti soveltaen käyttää myös paksummasta levystä tehtyjen teräsrakenteiden suunnitteluun, joilla on ohutellevyrakenteille ominaiset mittasuhteet ja niin ollen samanlainen toimintatapa. Näissä ohjeissa ei käsitellä mm. palo-, lämmön-, veden- ja äänen-eristykseen liittyviä seikkoja. Ohjeiden piiriin eivät myöskään kuulu ohutellevyrakenteet, joilla on vain mm. suojaava tai tiivistävä merkitys.

1.2 Rakenteiden luokitus

Kantavat ohutellevyrakenteet jaetaan kahteen rakenneluokkaan 1 ja 2. Jako luokkiin määritetään rakenteisiin vaikuttavien kuormien perusteella. Jako tapahtuu myös rakenneosittain, jolloin rakenteen eri osat voivat kuulua eri rakenneluokkiin. Jokaisessa tapauksessa arvioidaan erikseen, kumpaan rakenneluokkaan rakenne, rakenneosia tai liitos kuuluu.

1.2.1 Rakenneluokka 1

Rakenneluokkaan 1 kuuluvat staattisesti kuormitetut rakenteet ja rakenneosat. Rakenne on staattisesti kuormitettu, kun siinä esiintyvät jännitysvaihtelut ovat pieniä tai nimellinen kuormanvaihtoluku N on niin pieni, ettei näillä ole merkittävää vaikutusta käytettävän aineen lujuuteen ja rakenteen kestoikään.

Rakenneluokkaan 1 kuuluvissa rakenteissa kuormitus ei aiheuta värähtelyä. Rakenneluokkaan 1 kuuluvat yleensä talonrakennuksen rakenteet. Rakenneluokkaan 1 katsotaan kuuluvan mm. betonimuottina käytettävät muotolevyt ja muotosauvat.

1.2.2 Rakenneluokka 2

Rakenneluokkaan 2 kuuluvat dynaamisesti kuormitetut rakenteet ja rakenneosat. Rakenne on dynaamisesti kuormitettu, kun siinä esiintyvät jännitysvaihtelut ovat suuria tai nimellinen kuormanvaihtoluku N on niin suuri, että näillä on vaikutus aineen lujuuteen ja rakenteen kestoikään.

Rakenneluokkaan 2 kuuluvat mm. joko

kokonaan tai erältä osiltaan rautatie-, tie- ja katusillat, värähtelevien koneiden kuormittamat rakenteet, nosturit, pylväät, mastot yms. rakenteet, joiden rasituksista tuuli kuorma muodostaa huomattavan osan ja jotka ovat alttiita resonanssivärähtelyille. Rakenneluokkaan 2 kuuluvat ohutlevyrakenteet eivät suoranaisesti kuulu näiden suunnitteluohjeiden piiriin, vaan ne on aina tutkittava erikseen.

1.3 Suunnitelma ja siihen kuuluvat asiakirjat

Kantavista ohutlevyrakenteista laaditaan suunnitelma, joka käsittää teknisen selostuksen, laskelmat ja rakennepiirustukset sekä tarvittaessa myös asennus- ja tarkastussuunnitelman.

1.3.1 Tekninen selostus

Tekninen selostus sisältää piirustuksia täydentävän työselostuksen, tiedot rakenneluokista, rakenteen päämitoista, sallituista mittapoikkeamista, rakennepiirustelmästä, rakennetyypeistä, vaadittavasta syöpyimis- ja palosuojauksesta, lämmön- ja kosteudeneristämisestä, kiinnityksistä ja liitoksista sekä tarpeelliset tiedot asennusolosuhteista.

1.3.2 Laskelmat

Laskelmissa esitetään tiedot kuormista ja rakennepiirustelmästä. Laskelmissa suoritetaan riittävästi ja havainnollisesti rakenteiden varmuus-, vakavuus- ja siirtymätarkastelu ottaen huomioon myös asennus- ja kuormitukset. Niissä esitetään tiedot kaikkien ohutlevyrakenteiden, liitososien ym. lujuudesta ja laadusta.

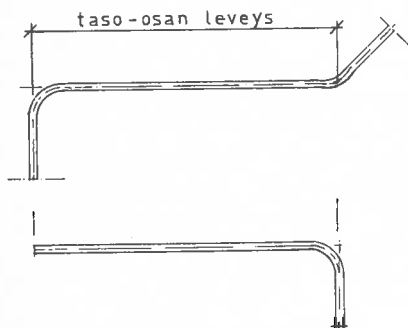
1.3.3 Piirustukset

Piirustuksissa esitetään rakenteen kokonaisuus ja yksityiskohdat selvästi ja yksikäsitteisesti. Ohutlevyrakenteen toimissa rakennuksen jäykistävänä osana mainitaan tämä piirustuksissa ja merkitään rakennuksen piirustuksissa esitettyyn paikkaan purkamiskieltoa osoittavalla kilvellä.

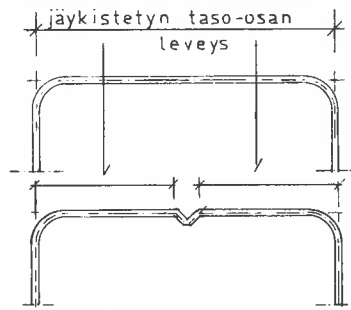
1.3.4 Asennus- ja tarkastussuunnitelma
Asennus- ja tarkastussuunnitelma tehdään tarvittaessa työn suorituksen ja laadun varmistamiseksi.

1.4 Käsitteitä ja määritelmiä

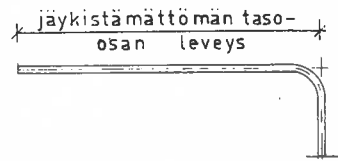
Näissä ohjeissa esiintyvillä käsitteillä ja määritelmiä on seuraava merkitys:



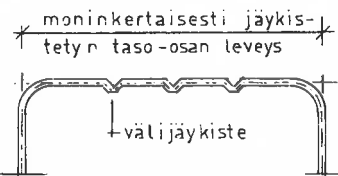
Taso-osan leveys on poikkileikkauksen osaan liittyvän jäykisteen, uuman, laipan tms. keskiviivan ja osan keskiviivan leikkauspisteiden väli. Ks. kohta 3.7.4.



Jäykistetty taso-osa on levykaista, jonka kumpaankin reunaan liittyy jäykiste. Jäykisteenä voi olla uuma, laippa, taite, pömmijäykiste, reunakäänte tai jokin muu kohtien 3.7.3.1 ja 3.7.3.2 mukaisen jäykkyyksivaatimuksen täyttävä jäykistetyyppi.



Jäykistämätön taso-osa on levykaista, jonka toinen reuna on vapaa ja toinen liittyy jäykisteeseen.

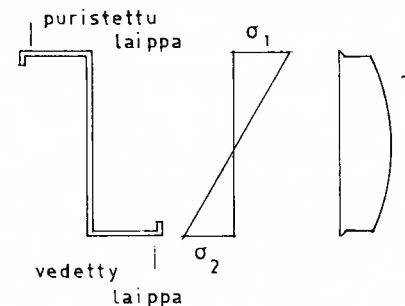


Moninkertaisesti jäykistetty taso-osa on kahden uuman tai uuman ja muun reunajäykisteen rajoittama rakenneos, jonka kohdan 3.7.3.2 mukaiset välijäykisteet jakavat kahteen tai useampaan osaan.

Muotosuhde on taso-osan leveyden ja paksuuden suhde, ks. kohta 3.7.2.

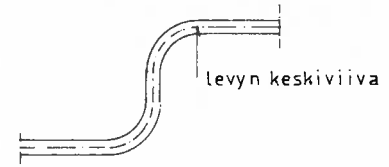
Tehollinen leveys on laskelmissa huomioon otettava osa taso-osan todellisesta leveydestä. Jännitysten oletetaan vaikuttavan vain tehollisen leveyden alueella. Tehollinen leveys määritetään kohtien 4.1.2 ja 4.1.3 mukaan.

Laskentapaksuus on laskelmissa käytettävä levyn teräsoosan paksuus, joka saadaan vähentämällä levyn nimellispaksuudesta siihen mahdollisesti sisältyvät sinkityksen tai muiden pinnoitteiden paksuudet sekä valmistuksen miinustoleranssit.



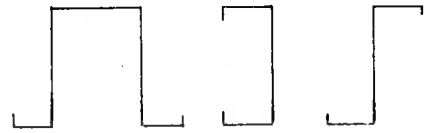
Uuma on poikkileikkauksen osa, jossa on pääasiassa oheisen kuvan mukainen jännitysjakauma.

Laippa on poikkileikkauksen osa, jota pääasiassa rasittaa normaalijännitys.

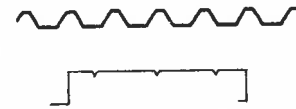


Levyn keskiviiva on ura, jonka muodostavat ne levyn poikkileikkauksen pisteet, joiden etäisyys levyn kummastakin pinnasta on yhtäsuuri.

Tarvike on näissä ohjeissa sileä levy, muotolevy, muotosauva ja näiden kiinnittämiseen sekä liittämiseen tarvittava kiinnitysosa.



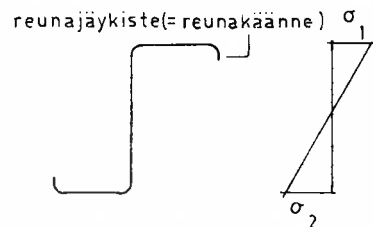
Muotosauva on ohutlevystä taivuttamalla tai muulla vastaavalla tavalla aikaansaatu sauvamainen tarvike.



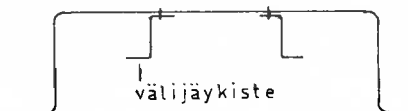
Muotolevy on ohutlevystä taivuttamalla tai muulla vastaavalla tavalla aikaansaatu levymainen tarvike.



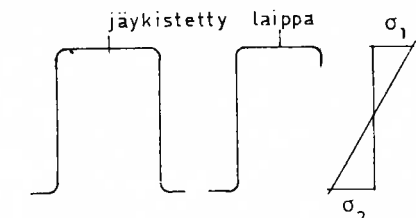
Reunakäänte on levyn reunaan sen jäykistämistä varten tehty taite. Ks. kohta 3.7.3.1.



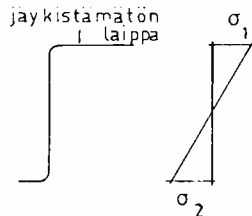
Reunajäykiste on laipan tai laipan taso-osan reunassa sijaitseva jäykiste kuten uuma, reunakäänte tai muu kohdan 3.7.3.1 mukaisen jäykkyyksivaatimuksen täyttävä jäykistetyyppi.



Välijäykiste on laipan tai laipan taso-osan jäykiste, joka on kohdan 3.7.3.1 mukaisen jäykkyyksivaatimuksen täyttävän kahden jäykisteen välissä. Välijäykisteen jäykkyyks määritetään kohdan 3.7.3.2 mukaan.



Jäykistetty laippa on poikkileikkauksen osa, jonka molemmat pitkittäiset reunat liittyvät riittävästi jäykisteeseen. Tällainen jäykiste on muu laippa tai uuma, kohdan 3.7.3.1 vaatimukset täyttävä reunakäänte tai muu jäykiste. Ks. kohta 3.7.2.1.

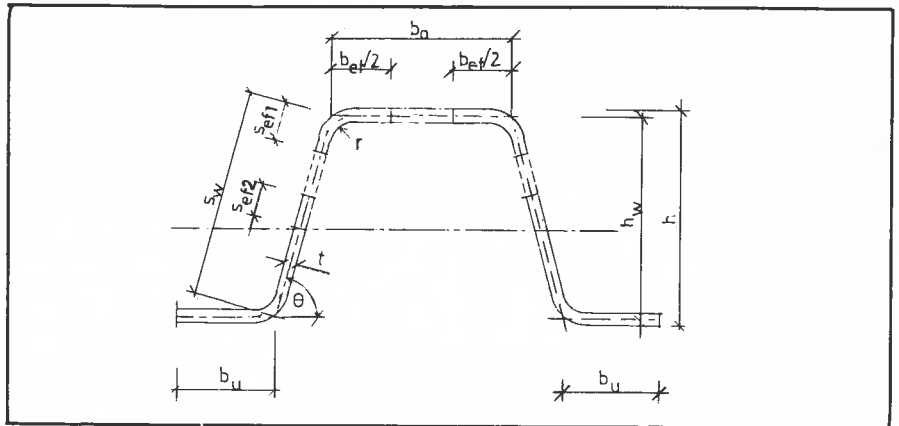


Jäykistämätön laippa on vastaavasti silloin, kun sen pitkästä reunosta vain toinen liittyy riittävästi jäykisteseeseen.

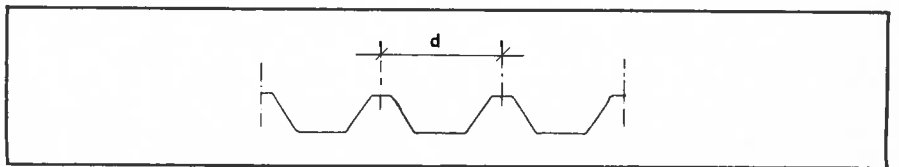
Ylikriittinen alue on teräsmateriaalin kimmoisen alueen ulkopuolella oleva kimmoisuuden mukaan laskettavaa lommahduksuutta lisäävä alue.

1.5 Merkinnät

A	poikkipinnan pinta-ala
A_{ef}	poikkipinnan tehollinen pinta-ala
A_s	jäykisteen pinta-ala
A_{sred}	jäykisteen pienennetty pinta-ala
E	kimmomoduuli ($2,1 \cdot 10^5$ N/mm ²)
F	voima yleensä
F_{sall}	sallittu voima
G	leikkausmoduuli ($0,81 \cdot 10^5$ N/mm ²)
I	jäyhyysmomentti
L	jännemitta, jatkuvan palkin momenttipinnan nolapisteiden väli
L_a	pistemäisen voiman, kuorman tai tukipinnan pituus
M	taivutusmomentti
M_{sall}	sallittu taivutusmomentti
N	normaalivoima
N_{sall}	sallittu normaalivoima
R	tukivoima, pistemäinen kuorma
W	taivutusvastus
W_{ef}	tehollinen taivutusvastus
b	laipan leveys
b_{ef}	taso-osan tehollinen leveys (kuva 1)
b_o	puristetun taso-osan leveys (kuva 1)
b_u	vedetyn taso-osan leveys (kuva 1)
c_1, c_2	keskiomitoitaja
d	muotolevyn poimujako (kuva 2), ruuvin, niitin tai naulan halkaisija
e	epäkeskisyyden, reunaetäisyyden
f_y	teräksen alempi myötöraja, vastaa standardissa SFS 670 käytettyä merkintää R_{eL} tai $R_{p0,2}$
f_m	teräksen murtolujuus, vastaa standardissa SFS 670 käytettyä merkintää R_m
h	korkeus
h_w	muotosauvan, muotolevyn laippojen keskilinjojen kohtisuora etäisyys (kuva 1)
i	jäyhyyssäde
k	kerroin
k_1, k_2	muotokerroin
r	säde, nurkan sisäpuolinen pyöristyssäde (kuva 1)
s	varmuusluku
s_{eff1}, s_{eff2}	uuman tehollisten osien korkeuksia (kuva 1)
s_w	muotolevyn, muotosauvan uuman korkeus, uuman tasoa pitkin laippojen keskilinjojen väliltä mitattuna (kuva 1)
t	laskentapaksuus (kuva 1)
θ	muotolevyn, muotosauvan uuman ja tukipinnan välinen kulma (kuva 1)
ν	Poissonin vakio (= 0,3)
σ	laskettu normaalijännitys yleensä
τ	laskettu leikkausjännitys yleensä



Kuva 1



Kuva 2

2 Aineet ja tarvikkeet

2.1 Teräslevy

2.1.1 Standardisoidut laadut
Teräslevyä käsitteleviä suomalaisia laatu-standardia ovat mm. seuraavat:

Rakenneteräkset:	
Kuumasinkityt ohutlevyrakenneteräkset	SFS 670
Laadut ja merkintä	
Yleiset rakenneteräkset	SFS 200
Laatuvaatimukset	
Erikoislujuudet yleiset rakenneteräkset	SFS 250
Laadut ja merkintä	
Muovattavat teräkset:	
Kuumasinkityt muovattavat ohutlevyteräkset	SFS 650
Laadut ja merkintä	
Kylmävalssatut ohutlevyteräkset	SFS 600
Laadut ja merkintä	

2.1.2 Muut laadut

Rakenteissa voidaan käyttää myös muita kuin SFS-standardin mukaisia teräslaatuja edellyttäen, että niiden näytteenotto ja aineenkoetus suoritetaan samassa laajuudessa ja samoilla menetelmillä kuin lähinnä vastaavalla SFS-standardin mukaisella teräksellä.

Mikäli kuumasinkityn ohutlevyrakenneteräksen myötöraja on lähellä jonkin standardissa SFS 670 mainitun laadun myötörajaa, luokitellaan se lähinnä olevaan alempaan standardin SFS 670 mukaiseen lujuusluokkaan.

2.1.3 Käytettävät lujuusarvot

2.1.3.1 Standardien mukaiset rakenneteräkset

Standardien mukaisille rakenneteräksille käytetään niitä lujuusarvoja, jotka standardeissa on annettu.

2.1.3.2 SFS-standardien mukaiset muovattavat teräkset

SFS-standardien mukaisille muovattaville teräslaaduille ei standardeissa ole annettu

tauttua myötörajan arvoa. Jos niitä käytetään näiden suunnitteluohjeiden piiriin kuuluvissa kantavissa rakenteissa, käytetään laskelmissa myötörajan arvona $f_y = 200$ N/mm².

2.1.3.3 Muut teräkset

Muille teräslaaduille, joille standardissa ei ole taattu myötörajaa, käytetään laskelmissa myötörajan arvona $f_y = 170$ N/mm².

2.1.4 Hitsattavuus

Kuumavalssattujen terästen valinta hitsattaviin rakenteisiin suoritetaan standardissa SFS 2373 esitetyllä tavalla.

Kylmävalssatut ja kuumasinkityt teräkset soveltuvat yleensä hyvin hitsattaviksi. Rakenteisiin, joissa on pistehitsaamalla valmistettuja voimaliitoksia käytetään teräslaatuja, joiden hiilipitoisuus on enintään 0,15 %.

2.1.5 Aineodistus

Teräslevyt tilataan valmistajalta varustettuna standardin SFS 3 mukaisella tai vastaavalla aineodistuksella. Eri todistustyyppien katsotaan yleensä valmistajatehtaan antama laatuvarmuus (SFS 3-1 tai vastaava) riittäväksi.

2.2 Tarvikkeet

Tarvikkeiden tulee täyttää mittojen ja lujuusominaisuuksien osalta käytettävän standardin tai valmistajan ainesilmoituksen mukaiset vaatimukset.

3 Rakenteiden suunnittelun perusteita

3.1 Yleistä

Laskelmat suoritetaan noudattaen teräsrakenteiden tavanomaisessa suunnittelussa käytettäviä menetelmiä, ellei näissä laskentaohjeissa ole erikseen toisin sanottu. Ohutlevyrakenteiden mitoituksessa voidaan käyttää hyväksi kimmoisen alueen lisäksi nk. ylikriittistä aluetta. Näissä ohjeissa esitetyt mitoitusäännöt edellyttävät,

että tämä tehdään käyttämällä laskelmissa rakenteen todellisten mittojen mukaisten poikkileikkaussuureiden asemesta jäljempänä selostetulla tavalla laskettuja tehollisia arvoja.

Teräslevyn kylmämuovauksen yhteydessä tapahtuva perusaineen lujisuuden kasvu (muokkauslujittuminen) voidaan ottaa huomioon vain riittävien selvitysten ja tarvittaessa kokeiden avulla.

Staatistisesti määräämättömien rakenteiden voimaosuudet lasketaan kimmoteorian mukaisesti. Taivutusmomentin jakaantuminen jatkuvassa rakenteessa voidaan laskea ottamatta huomioon jäykkyyseroja, jotka johtuvat puristettujen poikkipinnan osien epätäydellisestä toiminnasta. Liitosten peräänantavuudesta johtuvat siirtymät otetaan huomioon.

3.2 Suojaustapa

Aineet ja tarvikkeet suojataan riittävästi syöpymistä vastaan. Suojaustapaa valittaessa otetaan huomioon ympäristön syövyttävyyden voimakkuus, rakenteelle haluttu käyttöaika ja mahdollisuudet kunnossapidon suorittamiseen. Taulukossa 1 on esitetty suuntaa-antavat ohjeet muotolevyjen, muotosauvojen ja vastaavien ohutlevystä valmistettujen tuotteiden suojaustavan valinnalle.

3.3 Ainevakiot

Laskelmissa käytetään teräksen ainevakioita seuraavia arvoja:

$$\begin{aligned} \text{Kimmomoduuli} & E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2 \\ \text{liukumoduuli} & G = 0,81 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2 \\ \text{pituuden lämpötila-} & \\ \text{kerroin} & \alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3.4 Sallitut mittapoikkeamat

Teräslevyistä kylmämuovaamalla valmistettujen rakenneosien kuten muotolevyjen, erilaisten muotosauvojen (esimerkiksi Z-, U- ja hattuprofiilit) ja kasettien poikkileikkaussuureiden määrittäminen voidaan suorittaa käyttäen poikkileikkauksen nimellismittoja, mikäli mittapoikkeamat eivät ylitä allamainittuja arvoja. Mikäli mittapoikkeamat ovat suuremmat, korjataan poikkileikkaussuureita epäsuotuisaan suuntaan niin paljon kuin käytetyt mittapoikkeamat eroavat allamainituista poikkeamista.

Mitta	Sallittu poikkeama
Korkeus- ja leveysmitat	-1 mm, mitoilla ≤ 50 mm -2 %, mitoilla > 50 mm
Reunajäykisteen leveys	-5 %
Nurkan pyöristyssäde	± 1 mm
Kulmat	± 3°

Laskelmissa käytetään levyn paksuutena nk. laskentapaksuutta, joka saadaan vähentämällä nimellispaksuudesta siihen mahdollisesti sisältyvä sinkytyksen tai muiden pinnoitteiden paksuudet ja valmistuksen miinustoleranssi.

3.5 Taipumat

Ohutlevyrakenteet mitoitetaan niin jäykkäsi, että niissä esiintyvät muodonmuutokset tai siirtymät eivät ole haitallisia rakenteen omalle toiminnalle eivätkä aiheuta vahinkoa rakenteeseen liittyville muille rakennusosille. Mahdollisuudet vesikeräytymien muodostumiseen tai haitallisten värähtelyjen syntymiseen otetaan huomioon.

Taulukko 1

Rasitus luokka	Syövyttävä vaikutus	Tyypillinen esiintymisympäristö	Suojaustapa
M 0	Rasitteeton	Kuivat lämmitetyt sisätilat	Maalaus ¹⁾ tai kuumasinkitys
M 1	Lievä ilmasto-rasitus	Lämmittämättömät sisätilat, joissa lämpötila ja kosteus vaihtelevat	Kuumasinkitys ²⁾ 350 g/m ² tai korrosionestomaalaus
M 2	Kohtalainen ilmasto-rasitus	Lämmitetyt sisätilat, missä kondenssivaara.	Kuumasinkitys 350 g/m ² tai korrosionestomaalaus
M 3	Voimakas ilmasto-rasitus	Puhdas maaseutuilmasto Syövyttävä kaupunki-, teollisuus- tai meri-ilmasto	Kuumasinkitys 275 g/m ² ja muovipinnoitus, kuumasinkitys 350 g/m ² ja/tai korrosionestomaalaus
M 4	Erikois-rasitukset	Teollisuuslaitokset esim. kemian-, selluloosa- tai paperiteollisuudessa	Tutkitaan erikseen

¹⁾ Levyn paksuuden ollessa yli 1 mm voidaan rasitusluokassa M 0 käyttää myös päällystämätöntä teräslevyä.

²⁾ Kerrospaksuudet ilmoitettu standardien SFS 650 ja SFS 670 mukaan.

3.6 Sallitut hoikkusuulut

Puristetun rakenteen hoikkusuulu ei yleensä saa olla suurempi kuin 200. Hoikkusuulu lasketaan poikkipinnan todellisten mittojen mukaan.

3.7 Poikkipinnan mittavaatimuksia

3.7.1 Levyn paksuus

Ohutlevyrakenteen levyn paksuudella tarkoitetaan itse teräsosan paksuutta ilman sinkkiä tai mahdollisia muita pinnoitteita. Levyn paksuutta valittaessa otetaan huomioon varsinaisten suunnittelukuormien lisäksi paikallisten kuormitushuippujen esiintymistodennäköisyys sekä mahdollisuus rakenteen toiminnalle haitallisten muodonmuutosten, kuten painanteiden, vääntymien yms. syntymiseen rakennusajana tai rakenteen käyttöaikana.

3.7.2 Suurimmat sallitut muotosuhteet

3.7.2.1 Laippa

Puristetun laipan taso-osan leveyden ja levyn paksuuden suhteen suurin sallittu arvo riippuu taso-osan reunojen jäykistämistavasta. Moninkertaisesti jäykistetyistä laipasta tarkistetaan sekä koko laipan että sen jäykisteiden välisten taso-osien muotosuhteet. Taso-osien leveyden ja levyn paksuuden suhteen tulee täyttää seuraavat ehdot:

A. Jäykistämätön taso-osa

$$\frac{b_o}{t} \leq 60$$

B. Jäykistetty taso-osa, jonka pitkittäisistä reunoista toinen liittyy uumaan tai vastaavan jäykkyyden omaavan poikkipinnan osaan ja toinen muuhun reunajäykisteeseen.

$$\frac{b_o}{t} \leq 60,$$

kun reunajäykisteinä on yksinkertaisen reunakäärne

$$\frac{b_o}{t} \leq 90,$$

kun reunajäykisteinä on muu, tehokkaampi jäykiste

C. Jäykistetty taso-osa, jonka molemmat pitkittäiset reunat liittyvät uumaan tai

vastaavan jäykkyyden omaavaan poikkipinnan osaan

$$\frac{b_o}{t} \leq 500$$

Lähinnä vain tuulikuorman rasittamissa rakenteissa kuten seinäkaseteissa sallitaan suurempia muotosuhteita.

Kaavoissa:

b_o = taso-osan leveys

t = levyn laskentapaksuus

3.7.2.2 Poikkeuksellisen leveä laippa

Taivutetun palkin hyvin leveän laipan neutraaliksiin päin tapahtuva taipuminen on otettava riittävästi huomioon. Kulloinkin sallittavissa oleva taipuma on harkittava tapauskohtaisesti. Useimmiten voidaan hyväksyä taipuma, joka on suuruusluokaltaan 5 % palkin korkeudesta. Taipuman arvioimiseen voidaan käyttää alla olevaa kaavaa, joka pätee sekä puristetulle että vedetylle samoin kuin sekä jäykistämättömälle että jäykistetyille laipalle.

$$b_s = \sqrt{\frac{12400 t h}{\sigma_m}} \cdot \sqrt[4]{\frac{100 c}{h}}$$

missä b_s = uumasta ulkonevan laipan osan leveys tai puolet uumien välimatkasta kotelo- tai hattuprofiilissa (mm)

h = palkin korkeus (mm)

σ_m = laipan täydelle poikkipinnalle laskettu keskimääräinen jännitys (N/mm²). Jos laskelma suoritetaan tehollista leveyttä käyttäen, saadaan keskimääräinen jännitys kertomalla laipan teholliselle leveydelle laskettu jännitys tehollisen ja todellisen leveyden suhteella.

c = taipuman suuruus (mm)

3.7.2.3 Uuma

Tasaisen, jäykisteettömän uumalevyn korkeuden ja paksuuden suhde saa yleensä olla enintään 150. Jos uumaa rasittavista tukivoimista ja pistekuormista mikään ei ole suurempi kuin 0,3 kertaa kohdan 4.2.2.1 tai 4.2.2.2 mukaan laskettu suurin sallittu, uuman korkeuden ja levyn paksuuden suhde saa olla enintään 250.

3.7.3 Laipan jäykiste

3.7.3.1 Reunajäykiste

Laippaa tai taso-osaa voidaan pitää jäykistettynä, jos sen kumpaakin puristuksen suuntaista reunaa jäykistää uuma, reunakäärne tai muu jäykiste, jonka jäyhysmomentti on vähintään seuraavasta kaavasta lasketun suuruisen:

$$I_{\min} = 1,83 t^4 \cdot \sqrt{\left(\frac{b_o}{t}\right)^2 - \frac{27500}{f_y}}$$

mutta kuitenkin vähintään 9,2 t⁴

I_{\min} tarkoittaa jäykistetyt taso-osan tai laipan tason suuntaisen ja jäykisteen oman painopisteen kautta kulkevan akselin suhteen laskettua jäyhysmomenttia.

Kun jäykisteenä on laippaa tai taso-osaa vastaan kohtisuora yksinkertainen reunakäärne, saadaan sen vähimmäiskorkeus seuraavasta kaavasta:

$$d_{\min} = 2,8 t \cdot \sqrt{\left(\frac{b_o}{t}\right)^2 - \frac{27500}{f_y}}$$

mutta kuitenkin vähintään 4,8 t

missä f_y = teräksen taattu alempi myötöraja

Yksinkertainen reunakäärne ei ole riittävä reunajäykiste laipalle tai taso-osalle, jonka muotosuhde on suurempi kuin 60.

3.7.3.2 Välijäykiste

Laippaa voidaan pitää moninkertaisesti jäykistettynä, jos sitä jäykistää kahden uuman tai uuman ja muun reunajäykisteen välissä puristuksen suuntaiset välijäykisteet, joista kunkin jäyhyys on vähintään kaksi kertaa niin suuri kuin kohdassa 3.7.3.1 annettu vähimmäisvaatimus reunajäykisteelle silloin, kun b_o :ksi otetaan yhden taso-osan leveys. Lisäksi on otettava huomioon seuraavat rajoitukset tehokkaiksi katsottavien välijäykisteiden lukumäärästä:

a) Jos kahden uuman rajoittaman moninkertaisesti jäykistetyt laipan välijäykisteet sijaitsevat siten, että ainakin yhden jäykisteiden väliin jäävän taso-osan muotosuhde on suurempi kuin kohdan 4.1.2 antama raja-arvo koko leveydeltään teholliselle taso-osalle, voidaan vain kumpaakin uumaa lähinnä olevaa, yhteensä kahta, välijäykistettä pitää tehokkaana.

b) Jos uuman ja reunajäykisteen rajoittaman moninkertaisesti jäykistetyt laipan välijäykisteet sijaitsevat siten, että ainakin yhden jäykisteiden väliin jäävän taso-osan muotosuhde on suurempi kuin kohdan 4.1.2 antama raja-arvo, koko leveydeltään teholliselle taso-osalle, voidaan vain yhtä, lähinnä uumaa olevaa, välijäykistettä pitää tehokkaana.

c) Jos välijäykisteet sijaitsevat siten lähellä, ettei minkään jäykisteiden väliin jäävän taso-osan muotosuhde ylitä kohdan 4.1.2 koko leveydeltään teholliselle taso-osalle antamaa raja-arvoa, saadaan kaikkia välijäykisteitä pitää tehokkaina. Tällaisen moninkertaisesti jäykistetyt laipan tehollinen leveys lasketaan samalla tavalla kuin sellaisen välijäykisteettömän laipan, jonka muotosuhde on b_o/t_s . Tällöin b_o (mm) on koko moninkertaisesti jäykistetyt laipan leveys uumasta toiseen tai uumasta reunajäykisteeseen, ja

$$t_s = \sqrt[3]{\frac{b_o}{2p} + \sqrt{\frac{3I_s}{pt^3}}}$$

jossa I_s (mm⁴) on koko moninkertaisesti jäykistetyt laipan, välijäykisteet mukaan luettuina, todellisen poikkipinnan

jäyhysmomentti painopisteakselinsa suhteen ja p (mm) on laipan muodostavan levyn keskiviivan pituus uumasta uumaan tai reunajäykisteeseen.

3.7.4 Nurkkien pyöristyssäde

Näissä laskentaohjeissa esitettyjen mitoitussääntöjen käytön edellytyksenä on, että ohutlevyprofiilin nurkissa levyn sisäpuolinen taivutussäde täyttää ehdon

$$r \leq 10 t,$$

kuitenkin enintään 12 mm

4 Laskelmat

4.1 Poikkileikkausarvojen määrittäminen

4.1.1 Yleiset periaatteet

Rakenteen poikkipinnan jännitykset eivät jakaannu ylikiittisellä alueella suoraviivaisesti. Laskelmat voidaan kuitenkin suorittaa muodollisesti kimmoteorian mukaisesti, mikäli niissä käytetään poikkipinnan todellisten mittojen asemesta jäljempänä esitettyjen ohjeiden mukaan laskettuja ns. tehollisia mittoja.

Laskelmien yksinkertaistamiseksi voidaan poikkileikkausarvot laskea nk. viiva-alkiomenetelmällä. Menetelmässä oletetaan aluksi, että levyn poikkipinta koostuu keskiviivaaan yhtyvistä viiva-alkioista. Levyn paksuus otetaan huomioon kertomalla viiva-alkioita käyttäen saadut arvot levyn paksuudella.

4.1.2 Jäykistetyt taso-osan tehollinen leveys

Jäykistetyt taso-osan tehollinen leveys riippuu todellisen leveyden ja levynpaksuuden suhteesta, reunojen tukemistavasta sekä puristusjännitysten suuruudesta ja jakaantumisesta seuraavasti:

a) Taso-osan molemmissa reunoissa on yhtä suuri puristusjännitys. Tehollinen leveys lasketaan seuraavasti:

$$\text{Jos } \frac{b_o}{t} \leq \frac{563}{\sqrt{\sigma_c}}, \text{ on } b_{ef} = b_o$$

$$\text{Jos } \frac{b_o}{t} > \frac{563}{\sqrt{\sigma_c}},$$

$$\text{on } b_{ef} = \frac{850 t}{\sqrt{\sigma_c}} \left[1 - \frac{190}{(b_o/t)\sqrt{\sigma_c}} \right] - B$$

missä b_o = taso-osan todellinen leveys (mm)

b_{ef} = taso-osan tehollinen leveys (mm)

t = levyn laskentapaksuus (mm)

σ_c = tehollisia poikkileikkausarvoja käyttäen laskettu taso-osan puristusjännitys (N/mm²)

B = korjaustermi (mm), joka määritetään seuraavasti:

$$B = 0,10 (b_o - 60 \cdot t),$$

paitsi jos

- taso-osa rajoittuu molemmista reunoistaan uumaan tai

- taso-osan muotosuhde

$$\frac{b_o}{t} \leq 60, \text{ niin } B = 0$$

b) Taso-osan reunoissa on erisuuret puristusjännitykset

$$\text{Jos } \frac{b_o}{t} \leq \frac{563}{\sqrt{\sigma_{c1}}},$$

$$\text{on } b_{ef1} + b_{ef2} = b_o$$

$$\text{Jos } \frac{b_o}{t} > \frac{563}{\sqrt{\sigma_{c1}}},$$

$$\text{on } b_{ef1} = 0,5 b_{ef}$$

$$b_{ef2} = (0,75 - 0,25 \frac{\sigma_{c2}}{\sigma_{c1}}) b_{ef}$$

kuitenkin enintään

$$b_o - 0,5 b_{ef}$$

missä σ_{c1} = reunassa 1 vaikuttava puristusjännitys, joka on suurempi kuin σ_{c2} (N/mm²)

σ_{c2} = reunassa 2 vaikuttava puristusjännitys (N/mm²)

b_{ef} = taso-osan a-kohdan mukaan jännitykselle $\sigma_c = \sigma_{c1}$ laskettu leveys (mm)

b_{ef1} = taso-osan tehollisen leveyden reunaan 1 liittyvä osa (mm)

b_{ef2} = taso-osan tehollisen leveyden reunaan 2 liittyvä osa (mm)

c) Taso-osan reunoista toisessa on puristusjännitys ja toisessa vetojännitys.

Taso-osan vedetty osa katsotaan teholliseksi koko leveydeltään. Puristetun osan tehollinen leveys lasketaan seuraavasti:

$$\text{Jos } \frac{b_{co}}{t} \leq \frac{563}{\sqrt{\sigma_{c1}}},$$

$$s_{ef1} + s_{ef2} = b_{co}$$

$$\text{Jos } \frac{b_{co}}{t} > \frac{563}{\sqrt{\sigma_{c1}}}, s_{ef1} = 0,5 s_{ef}$$

$$s_{ef2} = 0,75 s_{ef}$$

kuitenkin enintään

$$b_{co} - 0,5 s_{ef}$$

missä σ_{c1} = reunassa 1 vaikuttava puristusjännitys (N/mm²)

b_{co} = taso-osan puristetun osan todellinen leveys (mm)

s_{ef} = taso-osan puristetun osan a-kohdan mukaan, jännitykselle $\sigma_c = \sigma_{c1}$ laskettu leveys (mm)

s_{ef1} = taso-osan puristetun osan tehollisen leveyden reunaan 1 liittyvä osa (mm)

s_{ef2} = taso-osan puristetun osan tehollisen leveyden neutraaliakseliin liittyvä osa (mm)

Jos taso-osan koko leveyden suhde levyn paksuuteen on enintään 100, voidaan tehollista leveyttä laskettaessa ja sen osien sijaintia määritettäessä olettaa puristetun osan alkavan pisteestä, jonka kautta neutraaliakseli kulkee silloin, kun koko taso-osa on tehollinen.

4.1.3 Lyhyen palkin laipan tehollinen leveys

Jos palkin jännemitta L on pienempi kuin 30 b_s (b_s määritellään jäljempänä) ja sitä kuormittaa yksi tai useampi, yli 2 b_s :n päässä toisistaan sijaitseva pistekuorma, saa palkin vedetyn tai puristetun laipan taso-osan tehollisen leveyden olettaa enin-

tään alla olevasta kaavasta saatavan arvon b_{ef} suuruisiksi:

$$b_{ef} = \frac{b_s}{0,8 + 6 \frac{b_s}{L}}$$

missä L = yksinkertaisen kaksitukisen palkin jännemitta, tai jatkuvan palkin momenttipinnan nollapisteiden väli, tai ulokepalkin pituus kaksinkertaisena

b_s = uumasta ulkonevan laipan osan leveys l-palkissa, tai vastaavassa, tai puolet uumien välimatkasta kotelo- tai hattuprofiileissa. Jos l-palkin tai vastaavan laipan ulkoreuna on jäykistetty yksinkertaisella reunakäänteellä, otetaan b_s :ksi uumasta ulkonevan laipan osan leveyden ja reunakäänteen korkeuden summa

b_{ef} = b_s :n taso-osan tehollinen leveys

4.1.4 Taso-osien jäykisteiden tehollinen poikkipinta-ala

Jos poikkipintaan kuuluu sellaisia taso-osia, joiden muotosuhde on suurempi kuin 60, käytetään poikkileikkausarvoja laskettaessa taso-osien reuna- ja välijäykisteiden poikkipintoina seuraavasti pienennettyjä arvoja:

$$A_{sred} = k_e A_s$$

$$\text{missä } k_e = 3 - \frac{2b_{ef}}{b_o} - \frac{b_o}{30t} \left(1 - \frac{b_{ef}}{b_o}\right),$$

kun $60 < \frac{b_o}{t} < 90$

tai

$$k_e = \frac{b_{ef}}{b_o}, \text{ kun } \frac{b_o}{t} \geq 90$$

missä A_s = jäykisteen todellinen poikkipinta-ala

A_{sred} = laskelmissa käytettävä jäykisteen pienennetty poikkipinta-ala

Laskelmissa voidaan otaksua, ettei jäykisteen poikkipinnan pienentäminen muuta sen painopisteen asemaa ja että jäykisteen pienennetyllä poikkipinnalla on oman painopisteakselinsa suhteen yhtä suuri jäyhyysmomentti kuin täydellä poikkipinnalla.

4.1.5 Puristetun rakenteen poikkipinnan muotokerroin

Kohdan 4.2.5 kaavoissa esiintyvä muotokerroin määritetään seuraavasti:

(1) Poikkipinnalle, jonka kaikki taso-osat ovat jäykistettyjä

$$k_1 = \frac{A_{ef}}{A}$$

missä A_{ef} = poikkipinnan tehollinen ala (mm^2), so. ala, joka saadaan, kun taso-osien todelliset leveydet korvataan kohdan 4.1.2 mukaan lasketuilla, jännitystä $\sigma_c = f_y$ vastaavilla tehollisilla leveyksillä
 A = poikkipinnan todellinen ala (mm^2)

(2) Poikkipinnalle, jonka kaikki taso-osat ovat jäykistämättömiä

$$k_2 = \frac{\sigma_{csall}}{\sigma_{sall}}$$

missä σ_{csall} = poikkipinnan heikoimmalle taso-osalle sallittu kohdan 4.2.3.2 mukaan laskettu puristusjäännitys (N/mm^2)

σ_{sall} = kohdan 4.2.3.1 mukaan laskettu sallittujen normaaliännitysten perusarvo (N/mm^2)

(3) Poikkipinnalle, johon kuuluu sekä jäykistettyjä että jäykistämättömiä taso-osia

$$k_3 = k_1 \cdot k_2$$

missä k_2 = kuten kohdassa (2)

k_1 = kuten kohdassa (1) paitsi että poikkipinnan tehollista alaa määritettäessä jäykistämättömät taso-osat lasketaan mukaan pienentämättöminä ja jäykistettyjen taso-osien teholliset leveydet lasketaan jännitykselle $1,55 \sigma_{csall}$, jossa σ_{csall} on sama kuin kohdassa (2).

4.2 Sallitut taivutusmomentit, voimat ja jännitykset

4.2.1 Sallittu taivutusmomentti

Puhtaan taivutuksen alaisen rakenteen sallittu taivutusmomentti lasketaan seuraavasti:

$$M_{sall} = \frac{f_y W_{ef}}{s}$$

missä W_{ef} = poikkipinnan kohdan 4.1 mukaan laskettu tehollinen taivutusvastus (mm^3). Taivutusvastusta laskettaessa käytetään puristusjäännityksen σ_c arvona teräksen alemmaa myötörajaa tai sitä pienempää jännityksen arvoa, joka vaikuttaa poikkipinnan puristetussa reunassa silloin, kun vedetyn reunan jännitys saavuttaa myötörajan

s = varmuusluku

$s = 1,55$ kantaville rakenteille yleensä

$s = 1,40$ kattojen ja seinien muotolevyille ja vastaaville

4.2.2 Uuman sallittu tukivoima tai pistekuorma

Tasaisen, jäykisteettömän uumalevyn sallittu tukivoima tai pistekuorma lasketaan kohdan 4.2.2.1 mukaan. Katto- ja seinärakenteiden muotolevyjen uumille sallitaan 10 % suuremmat kuormat. Poimujäykisteillä tai muulla tavoin jäykistetyn uumalevyn sallittu pistekuorma määritetään kokeellisesti tai jollakin luotettavalla laskentamenetelmällä.

4.2.2.1 Sallittu tukivoima tai pistekuorma

A. Yksinkertainen uuma

1. Välituen tukivoima ja jänteessä vaikuttava pistekuorma

$$R_{sall} = f_y t^2 \left(2,8 - \frac{f_y}{425}\right) \left(1 - 0,1 \sqrt{\frac{r}{t}}\right)$$

$$\left(1 + 0,01 \frac{L_a}{t}\right) \left(2,4 + \left(\frac{\theta}{90}\right)^2\right),$$

kuitenkin enintään

$$1,5 E \frac{ht^3}{s_w^2} \left(1 + \frac{L_a}{s_w}\right)$$

2. Reunatuen tukivoima ja ulokkeen päässä vaikuttava pistekuorma
Reunatuella ja ulokkeen päässä sallitaan puolet kohdan 1 kaavoilla lasketuista arvoista.

B. Kahdesta vierekkäisestä levystä koostuva uuma

Kahdesta levystä kootun, reunojen kiertymisestä tehokkaasti estetyn uuman, kuten esimerkiksi kahdesta selkään asetetusta C-profiilista kootun l-profiilin uuman, suurin sallittu pistekuorma yhtä levyä kohti lasketaan seuraavasti:

1. Välituen tukivoima ja jänteessä vaikuttava pistekuorma

$$R_{sall} = f_y t^2 \left(7,0 + 1,5 \sqrt{\frac{L_a}{t}}\right)$$

2. Reunatuen tukivoima ja ulokkeen päässä vaikuttava pistekuorma

$$R_{sall} = f_y t^2 \left(4,7 + 0,6 \sqrt{\frac{L_a}{t}}\right)$$

missä R_{sall} = suurin sallittu pistemäinen kuorma tai tukivoima (N)

t = uumalevyn laskentapaksuus (mm)

s_w = uumalevyn korkeus, uuman tasoa pitkin mitattuna

h = profiilin korkeus (= laippojen keskilinjojen kohtisuora etäisyys) (mm)

L_a = pistemäinen kuorman vaikutusalueen tai palkin tuen tukipinnan pituus, jota ei ilman eri selvitystä saa otaksua suuremmaksi kuin uumalevyn korkeus s_w (mm)

r = nurkkien sisäpuolinen pyöristyssäde ($\leq 10 t$) (mm)

θ = uuman ja tukipinnan välisen terävän kulma ($^\circ$)

4.2.2.2 Tukivoiman tai pistekuorman ja taivutusmomentin yhteisvaikutus

Uumalevyä samanaikaisesti rasittavan taivutusmomentin ja pistemäisen kuorman on täytettävä seuraavat ehdot:

$$\frac{M}{M_{sall}} \leq 1, \text{ kun } \frac{R}{R_{sall}} < 0,3$$

$$\frac{M}{M_{sall}} + \frac{R}{R_{sall}} \leq 1,3 \text{ kun } 0,3 < \frac{R}{R_{sall}} \leq 1$$

missä M, R = samanaikaisesti vaikuttava taivutusmomentti ja pistekuorma

M_{sall} = kohdan 4.2.1 mukaan laskettu sallittu taivutusmomentti

R_{sall} = kohdan 4.2.2.1 mukaan laskettu sallittu pistekuorma

4.2.3 Sallitut jännitykset

4.2.3.1 Sallittujen jännitysten perusarvot

Rakenteen poikkipinnan osan suurin veto- tai puristusjäännitys ei saa näissä suunniteluohjeissa erikseen mainittuja poikkeuksia lukuun ottamatta ylittää sallittujen normaaliännitysten perusarvoa σ_{sall} , joka määritetään seuraavasti:

$$\sigma_{sall} = \frac{f_y}{s}$$

missä s = varmuusluku, joka on 1,55 kantaville rakenteille yleensä ja 1,40 kattojen ja seinien muotolevyille ja vastaaville

Rakenteen poikkipinnan osan keskimääräinen leikkausjäännitys ei saa ylittää seuraavasti määritettyä perusarvoa τ_{sall}

$$\tau_{sall} = \frac{f_y}{2,5}$$

Lisäksi on otettava huomioon kohdissa 4.2.3.2...4.4 esitetyt jännityksiä koskevat rajoitukset.

4.2.3.2 Jäykistämättömän taso-osan sallittu puristusjännitys

a. Kun $\frac{b_0}{t} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$
 $\sigma_{csall} = \sigma_{sall}$

b 1. Kun $\frac{170}{\sqrt{f_y}} < \frac{b_0}{t} \leq \frac{385}{\sqrt{f_y}}$ ja
 $f_y \geq 240 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{csall} = f_y \left(0,935 - \frac{\left(\frac{b_0}{t}\right) \sqrt{f_y}}{586} \right)$$

b 2. Jos $f_y < 240 \text{ N/mm}^2$, on välillä

$$\frac{170}{\sqrt{f_y}} < \frac{b_0}{t} \leq 25$$

$$\sigma_{csall} = \frac{1}{1,55} \cdot f_y - \frac{\left(\frac{b_0}{t} - \frac{170}{\sqrt{f_y}}\right) \left(\frac{f_y}{1,55} - 66,0\right)}{25 \left(1 - \frac{6,80}{\sqrt{f_y}}\right)}$$

c. Kun $\frac{385}{\sqrt{f_y}} < \frac{b_0}{t} \leq 25$,

$$\sigma_{csall} = \frac{0,413 \cdot 10^5}{\left(\frac{b_0}{t}\right)^2}$$

d. Kun $25 \leq \frac{b_0}{t} \leq 60$

$$\text{L-profiileille } \sigma_{csall} = \frac{0,413 \cdot 10^5}{\left(\frac{b_0}{t}\right)^2}$$

Muille profiileille

$$\sigma_{csall} = 102 - 1,446 \left(\frac{b_0}{t}\right)$$

missä σ_{csall} = jäykistämättömän taso-osan sallittu puristusjännitys (N/mm²)

b_0 = jäykistämättömän taso-osan leveys (mm)

4.2.3.3 Kiepahdus

Kiepahdusvaaran välttämiseksi on taivutetun, suoran, sivusuunnassa tukemattoman ja poikkipinnaltaan avoimen rakenteen jännityksiä määritettäessä otettava kohtien 4.2.3.1 ja 4.2.3.2 vaatimusten lisäksi huomioon, että poikkipinnan suurin normaali-jännitys ei saa olla suurempi kuin σ_{ksall} , joka määritetään seuraavasti:

Kun $\sigma_{kel} \leq f_y$

$$\sigma_{ksall} = (0,55 - 0,10 \frac{\sigma_{kel}}{f_y}) \sigma_{kel}$$

Kun $\sigma_{kel} > f_y$

$$\sigma_{ksall} = (0,95 - 0,50 \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{kel}}}) f_y,$$

$$\text{kuitenkin enintään } \frac{f_y}{1,55}$$

missä σ_{ksall} = kiepahdukselle alttiin rakenteen poikkipinnan sallittu normaali-jännitys (N/mm²)

σ_{kel} = rakenteen kimmoteorian mukaan laskettu kiepahdusjännitys (N/mm²)
 Kiepahdusjännitys σ_{kel} saadaan käsikirjoista.

4.2.4 Uuman sallitut jännitykset

4.2.4.1 Keskimääräinen leikkausjännitys
 Tasaisen, jäykisteettömän uumalevyn kes-

kimääräisen leikkausjännityksen sallittu arvo τ_{sall} saadaan seuraavasti:

$$\text{Kun } \frac{s_w}{t} \leq \frac{1470}{\sqrt{f_y}}$$

$$\tau_{sall} = \frac{452 \sqrt{f_y}}{t} \frac{s_w}{t},$$

$$\text{kuitenkin enintään } \frac{f_y}{2,50}$$

$$\text{Kun } \frac{s_w}{t} > \frac{1470}{\sqrt{f_y}}$$

$$\tau_{sall} = \frac{6,65 \cdot 10^5}{\left(\frac{s_w}{t}\right)^2}$$

missä s_w = uuman korkeus, uuman tasoa pitkin mitattuna (mm)

Jos uuma koostuu kahdesta tai useammasta vierekkäisestä levystä, jokaista levyä tarkastellaan erillisenä, oman kuormitusosuutensa rasittamana rakenneosana. Jäykistettyjen uumien kantokyky selvitetään kokeellisesti.

4.2.4.2 Samanaikainen leikkaus- ja puristusjännitys

Tasaista uumalevyä samanaikaisesti rasittavien puristus- ja leikkausjännityksen on täytettävä ehto:

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_{sall}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{sall}}\right)^2 \leq 1,0$$

missä σ = uuman ja laipan liittymiskohdan puristusjännitys

τ = uuman keskimääräinen leikkausjännitys

σ_{sall} ja τ_{sall} määritetään kohtien 4.2.3.1 ja 4.2.4.1 mukaan.

4.2.5 Keskinäinen puristusvoima

4.2.5.1 Sallittu keskimääräinen puristusjännitys

Keskisen puristuksen sallittu keskimääräinen jännitys σ_{cmsall} laskettuna rakenneosan koko poikkipinnalle määritetään seuraavasti:

Jos vertailujännitys $\sigma_{cel} \leq 0,5 k \sigma_{sall}$,

$$\sigma_{cmsall} = \sigma_{cel}$$

Jos vertailujännitys $\sigma_{cel} > 0,5 k \sigma_{sall}$,

$$\sigma_{cmsall} = k \sigma_{sall} \left(1 - \frac{k \sigma_{sall}}{4 \sigma_{cel}}\right)$$

missä σ_{cel} = kohdan 4.2.5.2 mukaan laskettu vertailujännitys (= varmuusluvulla jaettu kimmoisen nurjahdusjännitys)

σ_{sall} = kohdan 4.2.3.1 mukaan laskettu sallittujen normaali-jännitysten perusarvo

k = kohdan 4.1.5 mukaan määritetty poikkipinnan muotokerroin

4.2.5.2 Vertailujännitys σ_{cel} (varmuusluvulla jaettu kimmoisen nurjahdusjännitys)

a. Rakenteen, jossa esiinny avaruusnurjahdusvaaraa

Suljetuille ja sellaisille avoimille poikkileikkausmuodoille, joilla ei ole taipumusta avaruusnurjahdukseen sekä rakenteille, joiden kiertyminen on estetty, vertailujännitys σ_{cel} lasketaan seuraavasti:

$$\sigma_{cel} = \frac{9,0 \cdot 10^5}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2}$$

missä

L_c = rakenneosan redusoitu nurjahduspituus (mm)

i = poikkipinnan pienin jäyhyysssäde (mm)

Jos rakenteen poikkipinta on avoin eikä sen kiertymistä ole estetty, otetaan huomioon myös vääntönurjahduksen mahdollisuus.

b. Rakenteen, jossa esiinny avaruusnurjahdusvaara

Jos poikkipinnalla on yksi symmetria-akseli (x-akseli), lasketaan vertailujännitys σ_{cel} seuraavasti:

Jos $\sigma_1 \leq \sigma_2$ $\sigma_{cel} = \sigma_1$

Jos $\sigma_1 > \sigma_2$ $\sigma_{cel} = \sigma_2$

missä

$$\sigma_1 = \frac{9,0 \cdot 10^5}{\left(\frac{L_c}{i_x}\right)^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{2\beta} \left[\sigma_1 + \sigma_3 - \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_3)^2 - 4\beta \sigma_1 \sigma_3} \right]$$

$$\sigma_3 = \frac{0,352 \cdot 10^5}{A i_t} \left(l_t + 25,6 \frac{l_w}{L_c^2} \right)$$

$$\beta = 1 - \left(\frac{x_t}{l_t}\right)^2$$

A = poikkipinnan todellinen ala (mm²)

$$i_t = \sqrt{i_x^2 + i_y^2 + x_t^2} =$$

poikkipinnan polaarin jäyhyys-

säde vääntökeskiön suhteen (mm)

i_x, i_y = pääjäyhyysakselien jäyhyys-

säteet (mm)

x_t = painopisteen ja vääntökeskiön etäisyys pääjäyhyysakselia (x-akselia) pitkin mitattuna (mm)

L_c = rakenneosan redusoitu nurjahduspituus (mm)

l_t = poikkipinnan vääntöjäyhyysmomentti (mm⁴)

l_w = poikkipinnan käyritysmisjäyhyysmomentti (mm⁶)

Jos poikkipinnalla ei ole symmetria-akselia (eikä symmetriapistettä), σ_{cel} saadaan jakamalla luotettavalla laskumenetelmällä laskettu kimmoteorian mukainen kriittinen jännitysvarmuus luvulla 2,3.

4.2.5.3 Taivutusmomentin ja puristusvoiman yhteisvaikutus

Rakenneosat, joita rasittaa samanaikaisesti taivutusmomentti ja puristusvoima, mitoitetaan niin, että seuraavat ehdot ovat voimassa:

$$\frac{\sigma_c}{k \sigma_{sall}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{bxsall}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{bysall}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{csall}} + \frac{k_{mx} \sigma_{bx} W_x}{\sigma_{bxsall}} + \frac{k_{my} \sigma_{by} W_y}{\sigma_{bysall}} \leq 1,0$$

missä

σ_c = puristusvoiman aiheuttama keskimääräinen normaali-jännitys eli normaalivoima jaettuna koko poikkipinnan alalla

σ_{bx}, σ_{by} = laskettu taivutusjännitys tarkastelupisteessä kaavassa a) ja rakenneosan suurin laskettu taivutusjännitys sivusuunnassa tuetussa kohdassa tai sellaisten välissä kaavassa b)

σ_{sall} = kohdan 4.2.3.1 mukaan laskettu sallittujen normaali-jännitysten perusarvo

σ_{csall} = sallittu puristusjännitys pelkän normaalivoiman vaikuttaessa (4.2.5.1)

$\sigma_{bxsall}, \sigma_{bysall}$ = sallittu taivutuspuristusjännitys yksiakselisessa taivutuksessa (4.2.3.3)

k = kohdan 4.1.5 mukaan määritetty poikkipinnan muotokerroin
 k_{mx} , k_{my} = taivutustilaa kuvaava kerroin, jonka suuruus valitaan seuraavasti:

1. Kehärakenteeseen kuuluvalle puristussauvalle, jonka päiden sivuttaissiirtymistä ei ole estetty $k_m = 0,85$.
2. Päästään jäykästi kiinnitetyille tukipisteiden välillä kuormittamattomalle kehärakenteen puristussauvalle, jonka päiden sivuttaissiirtyminen on estetty

$$k_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2}, \text{ ei kuitenkaan pienempi kuin } 0,4.$$

Sauvan päässä vaikuttavista momenteista lukuarvoltaan pienemmän M_1 , suhde suurempaan M_2 on positiivinen, jos momenttien kiertosuunta on sama, ja negatiivinen, jos momenttien kiertosuunnat ovat vastakkaiset.

3. Kehärakenteen puristussauvalle, jonka päiden sivuttaissiirtyminen on estetty ja jota kuormitetaan tukipisteiden välillä, kerroin k_m voidaan määrittää asianmukaisten lujuusopillisten laskelmien avulla. Vaihtoehtoisesti voidaan kertoimelle k_m otaksua seuraavat arvot: päistään jäykästi kiinnitetyille sauvalle $k_m = 0,85$ ja päistään vapaasti tuetulle sauvalle $k_m = 1,0$.

$$w_x, w_y = \frac{1}{1 - \frac{\sigma_c}{\sigma_{cel}}}$$

kun σ_{cel} lasketaan kohdan 4.2.5.2 a mukaan käyttäen kysymyksessä olevaa taivutustasoa vastaavaa redusoitua nurjahduspituutta ja jäyhyysädettä.

$$\text{Jos } \frac{\sigma_c}{\sigma_{csall}} \leq 0,15,$$

voidaan kertoimien w_x , w_y , k_{mx} ja k_{my} arvoksi otaksua 1,0.

4.3 Kokeellinen mitoitus

Ohutlevyrakenne, jonka mitoitamista ei voi suorittaa edellä esitettyjen tai muiden hyväksytyjen suunnitteluperusteiden mukaan, mitoitetaan kokeellisesti. Kokeellisessa mitoituksessa varmuustason on oltava vähintään sama kuin tässä ohjeessa.

5 Liitokset

5.1 Yleistä

Liitokset jaetaan toimintatavan mukaan seuraavasti:

- a) Voimaliitokseksi, joka siirtää voimia rakennesosasta toiseen.
- b) Kiinnitysliitokseksi, jossa rakennesosat on liittämismenetelmällä koottu yhtenäiseksi kokonaisuudeksi ottaen huomioon tiiveys- ja syöpymisvaatimukset

Kohdissa 5.2 ... 5.4 esitetyt ohjeet koskevat liitoksia, joissa kiinnike siirtää sekä leikkaus- että normaalivoimia. Liitosten suunnittelussa otetaan huomioon kuvassa 3 esitetyt mahdolliset murtumistavat. Liitoskohtien syöpymisvaatimukset tulee olla ympäristöön nähden riittävät. Kiinnikkeen aine valitaan kiinnitettävän levyn, alustan, suojaustavan ja ympäristön mukaan. Kiinnikkeen koko, aine ja kiinnitystapa valitaan

niin, että kiinnike ei asennettaessa vaurioidu ja että kaikissa olosuhteissa liitoskohdassa saavutetaan haluttu tulos.

Liitosta samanaikaisesti rasittavan leikkausvoiman ja normaalivoiman yhteisvaikutus otetaan huomioon seuraavasti:

$$\left(\frac{F}{F_{sall}}\right)^2 + \left(\frac{N}{N_{sall}}\right)^2 \leq 1$$

missä F = liitososaan vaikuttava leikkausvoima

F_{sall} = pienin sallittu arvo $F_{1sall} \dots F_{4sall}$

N = liitososaan vaikuttava normaalivoima

N_{sall} = pienin sallittu arvo $N_{6sall} \dots N_{9sall}$

Mikäli käytetään liitosta, joka toimintaperiaatteeltaan tai joltain oleelliselta kohdaltaan eroaa kohdissa 5.2 ... 5.4 esitetystä liitostyypistä, kuten esimerkiksi käytetäessä levyn ja alustan välissä aluslevyä tai muuta väliainetta, selvitetään liitoksen toimintaperiaatteet ja laskenta-arvot erikseen.

5.2 Ruuviliitokset

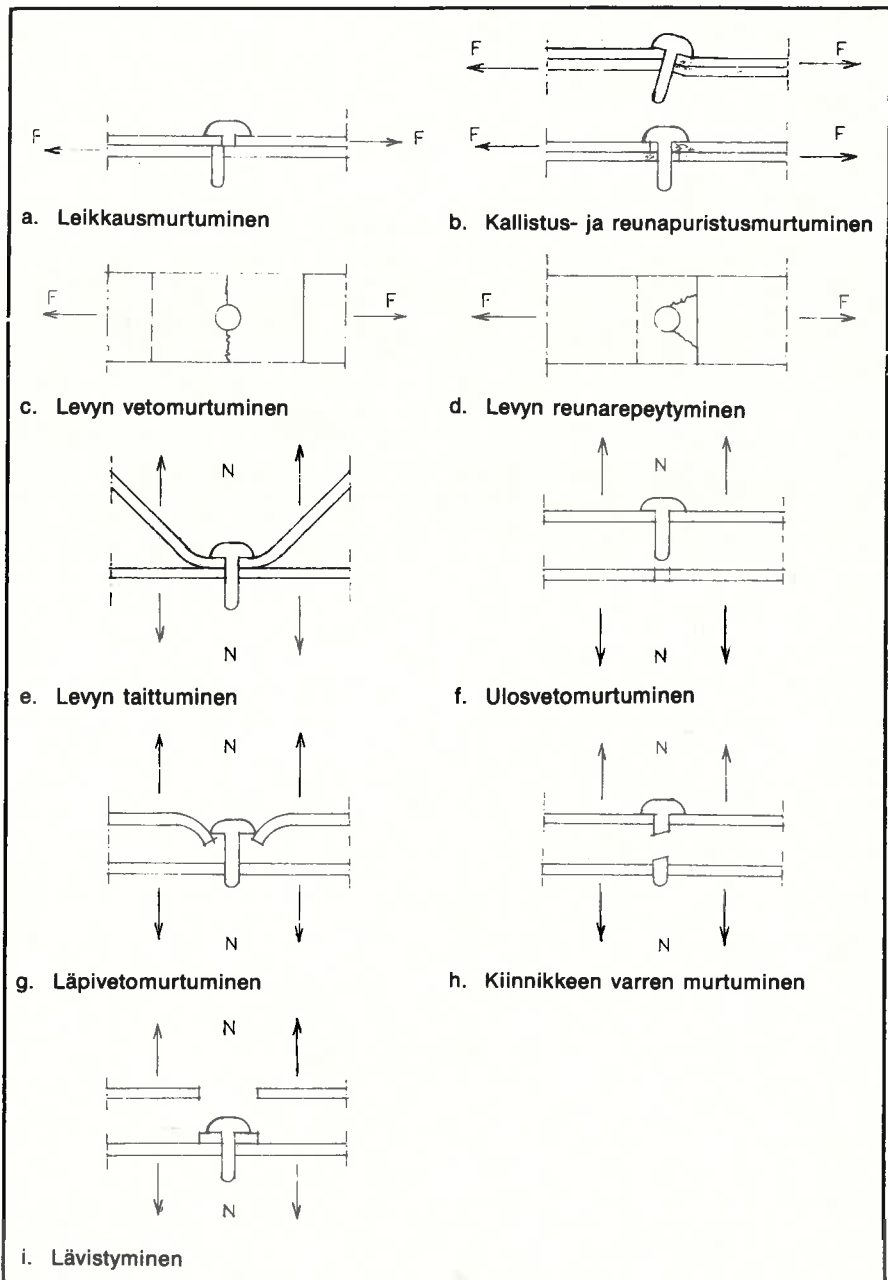
5.2.1 Sovellutusalue

Nämä ohjeet koskevat pääasiassa yhteenliittämistä täyskierteisillä ruuveilla. Kiinnitysmenetelmä voi olla

- tavallinen menetelmä: esiporaus, kierteitys, kiinnitys
- kiinnitys kierteittävällä ruuvilla: esiporaus, kierteityksen yhteydessä kiinnitys
- kiinnitys itseporautuvalla ruuvilla: samassa työvaiheessa esiporaus, kierteitys ja kiinnitys

5.2.2 Perusaineet ja tarvikkeet

Pienruuveja ei yleensä luokitella lujuusluokkiin, vaan ne ovat ns. »kauppalaatua», joiden mitat ja lujuusarvot selviävät ko. standardista tai valmistajan ainesilmoituksesta. Voimaliitoksessa käytettävän ruuvien läpimitta $3,0 \leq d \leq 6,3$ mm.



Kuva 3

Ohutlevyrakenteiden liitosten murtumistavaukset

F = pinnan suunnassa vaikuttava voima
 N = kohtisuoraan levyn tasoa vastaan vaikuttava voima

5.2.3 Ruuviliitoksen mitoitus

Ruvin sallittu kuormitus saadaan jakamalla murtokuorma F_m tai N_m varmuusluvulla s .

$$F_{sall} = \frac{F_m}{s} \text{ tai}$$

$$N_{sall} = \frac{N_m}{s}$$

5.2.3.1 Ruuvien leikkausmurtuminen

Leikkausvoiman rasittamassa ruuvissa (kuva 4) voidaan ruvin murtokuorma määrittää valmistajan ilmoituksen perusteella tai laskea jännityspinta-ala A_j (tai sydänpinta-alan, jolloin ollaan varmemmalla puolella) sekä ruvin leikkauslujuuden ($\tau_m = 0,6 f_y$) perusteella kaavasta:

$$F_{1m} = 0,6 f_y A_j$$

Ruvin sallittu leikkausvoima

$$F_{1sall} = \frac{F_{1m}}{s_1}$$

$$s_1 = 2,0$$

Jos liitoksessa on useita ruuveja samassa rivissä voiman suunnassa, ruvin leikkausmurtuminen ei ole määräävä, mikäli seuraava ehto on voimassa:

$$t_2 \leq \sqrt{\frac{F_{1m}}{1,3 k_1 (d + 10) f_m} - 0,22}$$

missä t_2 = liitoksen ohuimman levyn laskentapaksuus (mm)

F_{1m} = ruvin murtokuorma (N)

d = ruvin halkaisija (mm)

f_m = levyn teräksen murtolujuus (N/mm²)

k_1 = kerroin, joka riippuu liitettävien levyjen paksuuksien suhteesta t_1/t_2 , jossa t_1 on aina paksumpi levy. k_1 määritetään yhtälöstä

$$k_1 = 0,156 (t_1/t_2 - 1)^2 + 0,35, \text{ kuitenkin } k_1 < 0,70$$

5.2.3.2 Kallistus- ja reunapuristusmurtuminen

Kallistusmurtuminen voi esiintyä, jos liitettävät levyt ovat ohuita ja ruvin halkaisija suhteellisen suuri. Jos toinen liitettävistä levyistä on riittävän paksu, jolloin ruuvi kiinnittyneenä siihen pysyy suunnassa, esiintyy reunapuristusmurtuminen (kuva 5).

Ruvin murtokuorma, kun otetaan huomioon ruvin kallistuminen ja reunapuristusmurtuminen, on

$$F_{2m} = k_1 (d + 10) (t_2^2 + 0,22) f_m$$

Ruvin sallittu kuorma

$$F_{2sall} = \frac{F_{2m}}{s_2}$$

$$s_2 = 2,6$$

Kerroin k_1 lasketaan kohdan 5.2.3.1 mukaan.

5.2.3.3 Levyn vetomurtuminen

Vedetyissä ohutlevyrakenteissa voi liitoksen murtuminen tapahtua kuvan 6 mukaisesti nettopoikkileikkauksessa.

Levyn murtokuorma

$$F_{3m} = A_n f_y$$

missä A_n = nettopoikkileikkausala (mm²) = $(b - d) t$

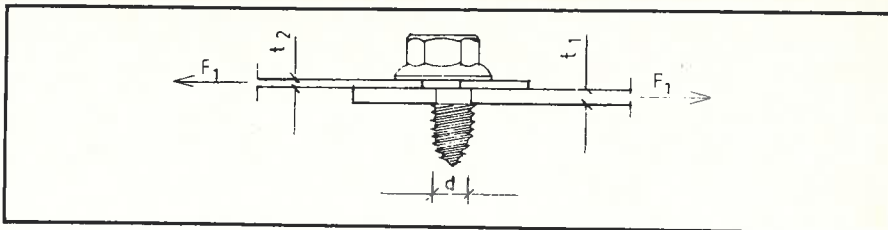
Liitoksen sallittu kuorma

$$F_{3sall} = \frac{F_{3m}}{s_3}$$

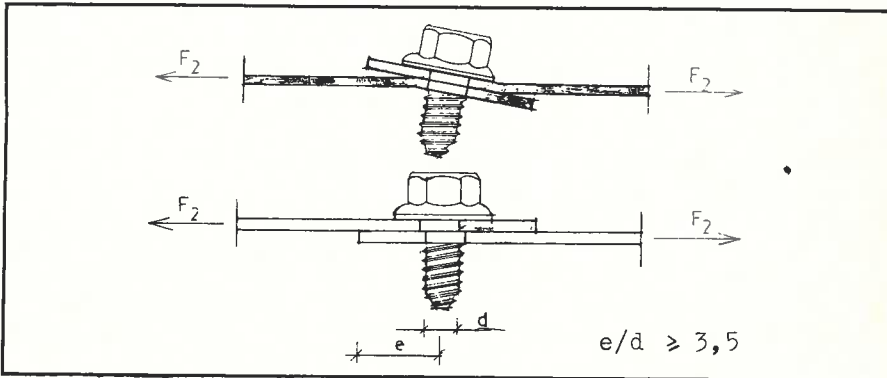
$$s_3 = 1,55$$

5.2.3.4 Levyn reunarepeytyminen

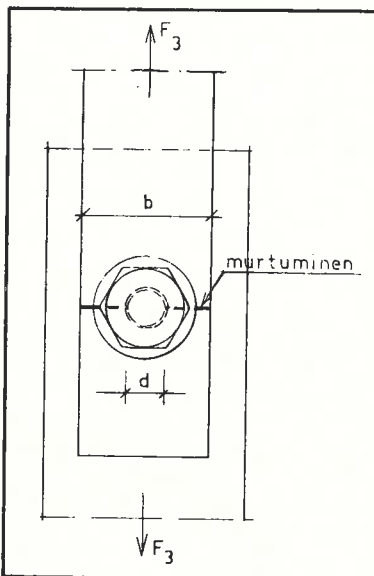
Levyn reuna saattaa repeytyä (kuvan 7 mukaisesti) ellei ruuvilla ole riittävä



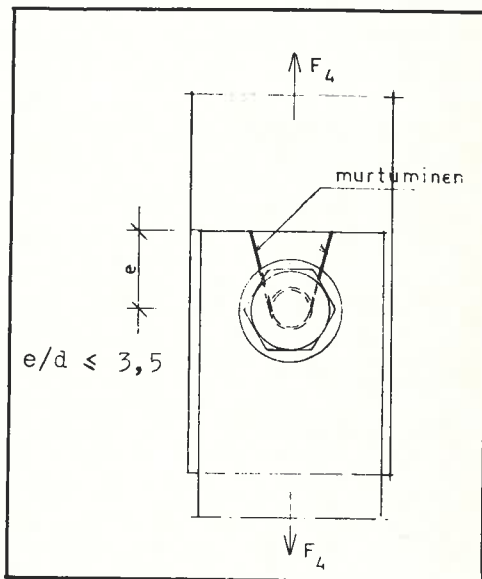
Kuva 4



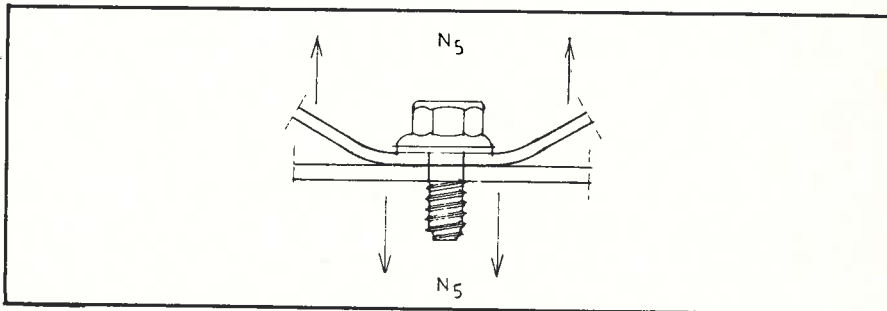
Kuva 5



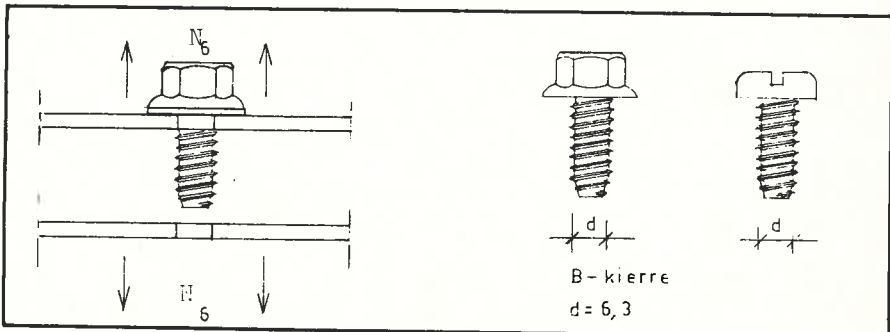
Kuva 6



Kuva 7



Kuva 8



Kuva 9

($e > 3,5 d$) reunaetäisyyttä voiman suunnassa.

$$F_{4m} = 0,7 f_m t_2 e$$

missä f_m = levyn teräksen murtolujuus (N/mm^2)

t_2 = ohuimman levyn laskentapaksuus (mm)

e = reunaetäisyys (mm)

$$F_{4sall} = \frac{F_{4m}}{s_4}, s_4 = 2,6$$

5.2.3.5 Levyn taittuminen

Levyä kuormitettaessa kohtisuoraan pintaa vastaan tapahtuu ns. levyn taittuminen jo varsin pienillä kuormilla (kuva 8).

$$N_{5m} = 4 f_y t^2$$

Jos ruuvi sijaitsee poimulevyn kiinnityskohdassa keskellä laippaa ja sen etäisyys levyn päästä on vähintään 100 mm sekä sen kannan halkaisija vähintään 14 mm, on liitoskohdan muodonmuutosrajoitukseen perustuva murtokuorma

$$N_{5m} = 300 \frac{f_y t^2}{b}$$

missä t = levyn laskentapaksuus (mm)

b = poimun pohjan leveys (mm)

$$N_{5sall} = \frac{N_{5m}}{s_5}$$

$$s_5 = 1,1$$

Jos kiinnityskohdassa on kaksi ruuvia poimun pohjan neljännespisteissä, on murtokuorma 1,5-kertainen. Jos reunaetäisyys e on pienempi kuin 100 mm, kerrotaan kuorma kertoimella $e/100$.

5.2.3.6 Ulosvetomurtuminen

Ulosvetomurtuminen tapahtuu silloin, kun kierteet levyaineessa leikkautuvat (kuva 9).

Murtokuorma käytettäessä kuvan 9 mukaista ruuvia on:

$$N_{6m} = 3,4 (t f_m - 100)$$

missä t = alustan teräslevyn laskentapaksuus (mm)

f_m = alustan teräksen murtolujuus (N/mm^2)

Muita ruuveja käytettäessä N_{6m} selvitetään erikseen.

$$N_{6sall} = \frac{N_{6m}}{s_6}$$

$$s_6 = 3,0$$

5.2.3.7 Läpivetomurtuminen

Läpivetomurtuminen esiintyy yleensä levynpaksuuksilla $t < 1,5$ mm kun samalla ruuvin kanta on pieni (kuva 10).

Kun $t = 0,5 \dots 1,5$ mm ja ruuvin kanta $D < 10$ mm

$$N_{7m} = 14 t^2 f_m$$

missä t = kannan puolisen levyn laskentapaksuus (mm)

f_m = kannan puolisen levyn murtolujuus (N/mm^2)

$$N_{7sall} = \frac{N_{7m}}{s_7}$$

$$s_7 = 3,0$$

5.2.3.8 Ruuvin varren vetomurtuminen

Vedetyin ruuvin varren murtokuorma (kuva 11) voidaan määrittää valmistajan ilmoituksen perusteella tai laskea kaavasta:

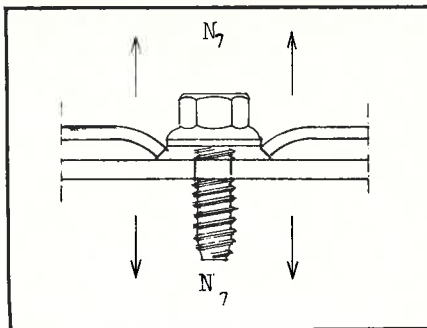
$$N_{8m} = A_j f_m$$

missä A_j = ruuvin varren jännityspinta-ala (mm^2)

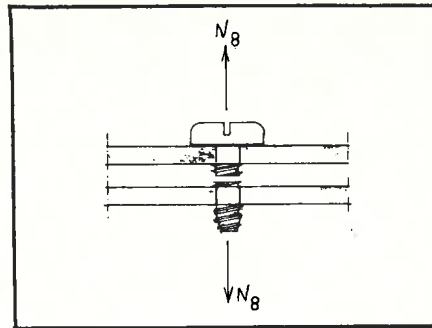
f_m = ruuvin varren murtolujuus (N/mm^2)

$$N_{8sall} = \frac{N_{8m}}{s_8}$$

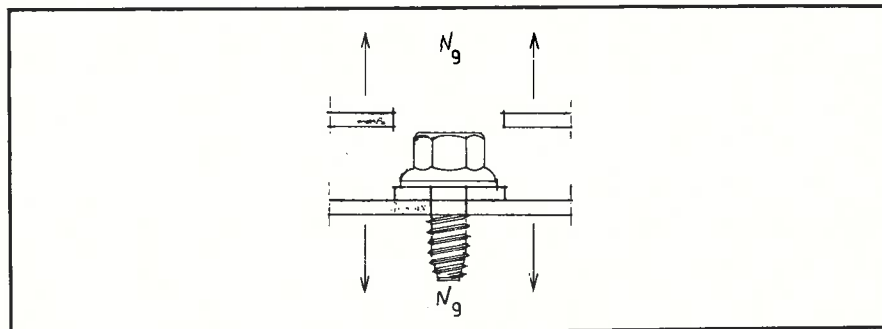
$$s_8 = 2,0$$



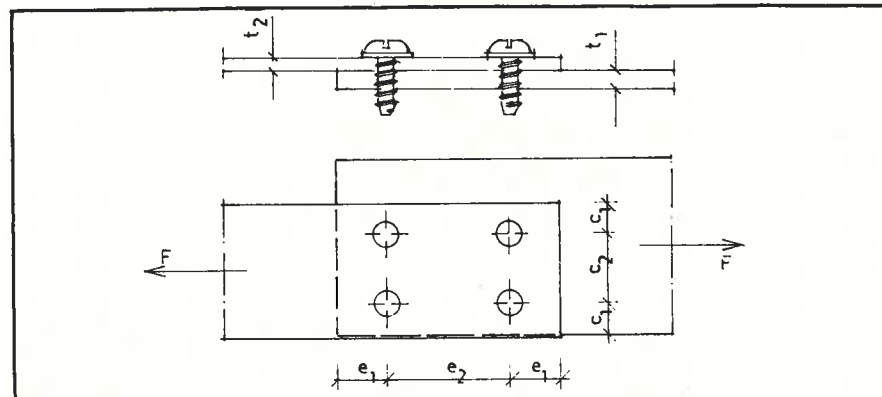
Kuva 10



Kuva 11



Kuva 12



Kuva 13

5.2.3.9 Lävistyminen

Lävistyminen (kuva 12) esiintyy, kun kuorma on hyvin lähellä ruuvia. Tämä murtotila voidaan käsitellä kohdan 5.2.3.7 mukaan olettaen, että

$$N_{9m} = N_{7m}$$

5.2.4 Ruuviliitoksen rakenteellinen suunnittelu

Ruuviliitos suunnitellaan siten, että liitos-tasoa vastaan kohtisuorat rasitukset jäävät mahdollisimman pieniksi. Mikäli näin ei voida tehdä, otetaan huomioon seuraavaa:

- ruuvit sijoitetaan mahdollisimman lähelle voimien vaikutuskohtia
- liitettävillä osilla, ruuveilla ja rei'illä tulee olla hyvä sovitus, joka saavutetaan ainoastaan poraamalla reikä samanaikaisesti kaikkiin liitettäviin osiin.

5.2.4.1 Ruuvien sijoitus

Ruuvin valinnassa ja sijoituksessa otetaan huomioon mekaanisen kestävyuden lisäksi tiiveys- ja syöpymisseikat.

Voimaliitoksessa saa olla voiman suunnassa korkeintaan kuusi ruuvia samassa rivissä. Eripaksuisissa levyissä pyritään ruuvin kanta sijoittamaan ohuemman levyn puolelle.

Seuraavia reuna- ja keskiöetäisyyksiä käytetään (kuva 13):

- reunaetäisyys voiman suunnassa $3d \leq e_1$
- keskiöetäisyys voiman suunnassa $3d \leq e_2 \leq 8d$
- reunaetäisyys kohtisuoraan voiman suuntaa vastaan $1,5d \leq c_1$
- keskiöetäisyys kohtisuoraan voiman suuntaa vastaan $3d \leq c_2 \leq 6d$
- kiinnitysruuvien keskiöetäisyys $e_2 \leq 10d$ määräytyy yleensä tiiveys- ja syöpymisvaatimusten mukaan

5.3 Niittiliitokset

5.3.1 Sovellutusalue

Seuraavat ohjeet koskevat liittämismenetelmää, jossa ohutlevy kiinnitetään toiseen ohutlevyyn tai alustaansa kylmäniittaamalla.

5.3.2 Perusaineet ja tarvikkeet

Käytettävien niittien tulee (mitta-) ja lujuusvaatimusten osalta täyttää valmistajan ainesilmoituksen tai käytettävien standardien mukaiset vaatimukset. Voimaliitoksissa käytettävien niitin halkaisija $2,5 \leq d \leq 6,5$ mm.

5.3.3 Niittiliitoksen mitoitus

Niitin sallittu kuormitus saadaan jakamalla murtokuorma F_m tai N_m varmuusluvulla s .

$$F_{sall} = \frac{F_m}{s} \text{ tai } N_{sall} = \frac{N_m}{s}$$

5.3.3.1 Niitin leikkausmurtuminen

Leikkausvoiman rasittamassa niitissä (kuva 14) niitin murtokuorma voidaan määrittää valmistajan ilmoituksen perusteella tai laskea tehollisen poikkileikkauksen A_{ef} ja niitin leikkauslujuuden ($\tau_m = 0,6 f_y$) perusteella kaavasta

$$F_{1m} = 0,6 f_y A_{ef}$$

missä F_{1m} = niitin murtokuorma liitospinnan tasossa (N)

τ_m = niitin leikkausmurtolujuus (N/mm²)

A_{ef} = niitin tehollinen poikkileikkauksala (mm²)

f_y = niitin myötöraja (N/mm²)

$$F_{1sall} = \frac{F_{1m}}{s_1}$$

$$s_1 = 2,0$$

Jos liitoksessa on useita nittejä samassa rivissä voiman suunnassa, niitin leikkausmurtuminen ei ole määrävä, mikäli seuraava ehto on voimassa:

$$t_2 \leq \sqrt{\frac{F_{1m}}{1,3 k_1 (d + 5) f_m}} - 0,22$$

missä F_{1m} = niitin leikkausmurtokuorma (N)

t_2 = liitoksen ohuimman levyn laskentapaksuus (mm)

d = niitin halkaisija (mm)

k_1 = kerroin, joka riippuu liitettävien levyjen paksuuksista t_1/t_2 , jossa t_1 on aina paksumpi levy

k_1 määritetään yhtälöstä $k_1 = 0,11 (t_1/t_2 - 1)^2 + 0,65$ kuitenkin $k_1 < 0,90$,

kun niitin kanta on ohuemman levyn puolella.

Muussa tapauksessa $k_1 = 0,65$

5.3.3.2 Kallistus- ja reunapuristusmurtuminen

Niitin murtokuorma, kun otetaan huomioon niitin kallistuminen ja reunapuristuminen (kuva 15), on

$$F_{2m} = k_1 (d + 5) (t_2^2 + 0,22) f_m$$

$$F_{2sall} = \frac{F_{2m}}{s_2}$$

$$s_2 = 2,2$$

Kerroin k_1 lasketaan kohdan 5.3.3.1 mukaan.

5.3.3.3 Levyn vetomurtuminen

Käsitellään kohdan 5.2.3.3 mukaisesti.

5.3.3.4 Levyn reunarepeytyminen

Levyn reuna saattaa repeytyä (kuvan 16 mukaisesti) ellei niitillä ole riittävää ($e > 3,5 d$) etäisyyttä voiman suunnassa.

$$F_{4m} = 0,9 f_m t_2 e$$

missä f_m = levyn teräksen murtolujuus (N/mm²)

t_2 = ohuimman levyn laskentapaksuus (mm)

e = reunaetäisyys (mm)

$$F_{4sall} = \frac{F_{4m}}{s_4}$$

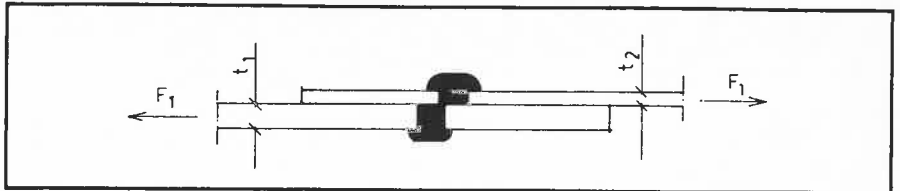
$$s_4 = 2,6$$

5.3.3.5 Levyn taittuminen

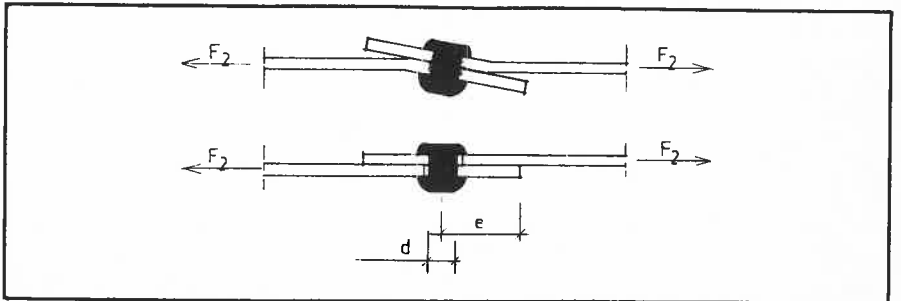
Käsitellään kohdan 5.2.3.5 mukaisesti.

5.3.3.6 Ulosvetomurtuminen

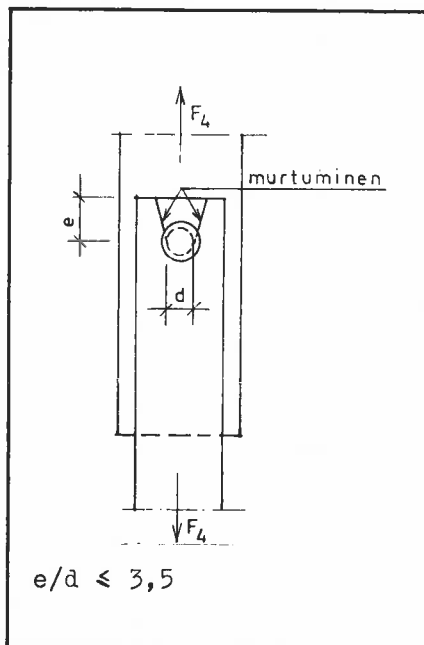
Murtokuorma $d \geq 4$ mm niitille (kuva 17), on



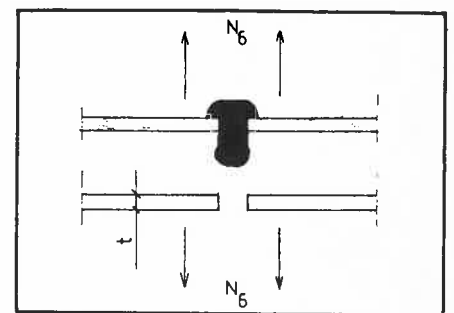
Kuva 14



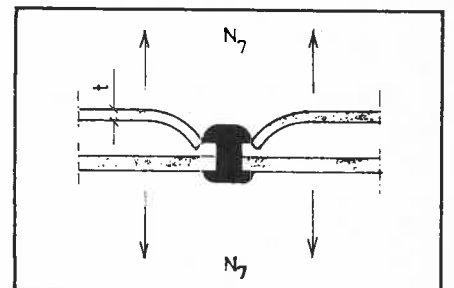
Kuva 15



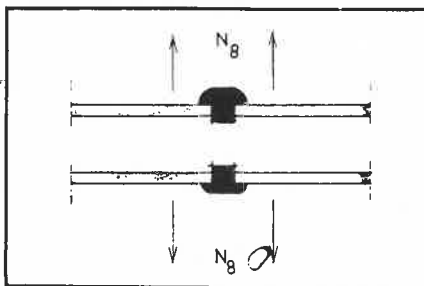
Kuva 16



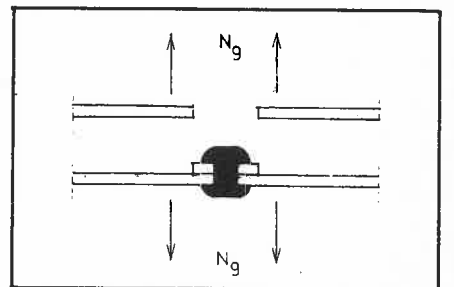
Kuva 17



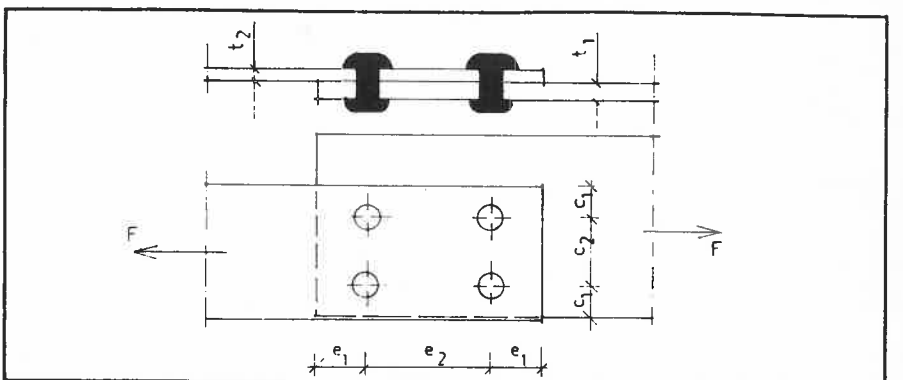
Kuva 18



Kuva 19



Kuva 20



Kuva 21

$$N_{6m} = 4,5 t f_m$$

missä t = alimmaislevyn laskentapaksuus (mm)
 f_m = alimmaislevyn murtolujuus (N/mm²)

$$N_{6sall} = \frac{N_{6m}}{s_6}$$

$$s_6 = 3,0$$

5.3.3.7 Läpivetomurtuminen

Jos niitin kannan halkaisija on suurempi kuin 10 mm ja niitti niin jäykkä, ettei itse niitissä tapahdu mitään muodonmuutosta, voidaan murtokuorma (kuva 18) määrittää kaavasta:

$$N_{7m} = 14 t^2 f_m$$

missä t = päällimmäisen levyn laskentapaksuus (mm)
 f_m = päällimmäisen levyn murtolujuus (N/mm²)

$$N_{7sall} = \frac{N_{7m}}{s_7}$$

$$s_7 = 2,6$$

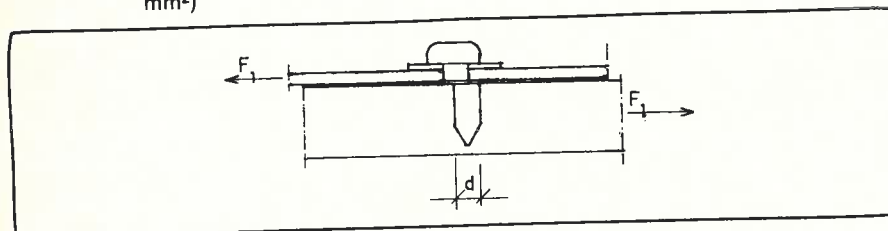
5.3.3.8 Niitin varren vetomurtuminen

Niitin varren murtokuorma (kuva 19) voidaan määrittää valmistajan ilmoituksen perusteella tai laskea kaavasta:

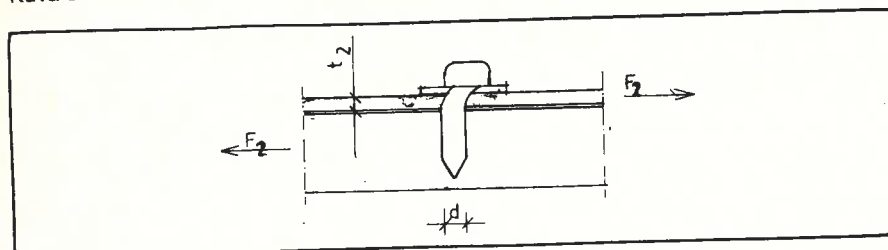
$$N_{8m} = A_{ef} f_m$$

missä A_{ef} = niitin varren tehollinen poikkileikkausala (mm²)

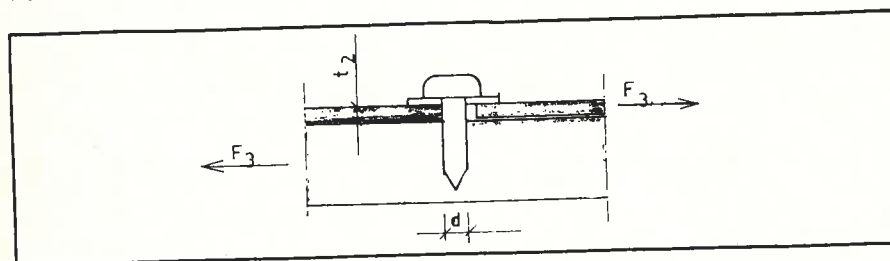
f_m = niitin varren murtolujuus (N/mm²)



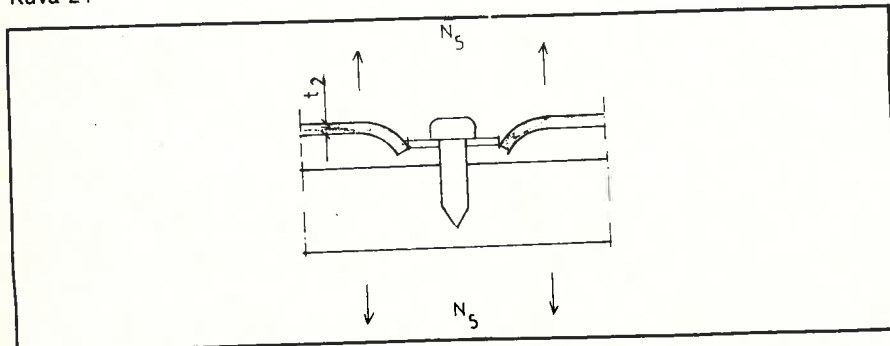
Kuva 22



Kuva 23



Kuva 24



Kuva 25

$$N_{8sall} = \frac{N_{8m}}{s_8}$$

$$s_8 = 2,0$$

5.3.3.9 Lävistyminen

Lävistyminen (kuva 20) esiintyy, kun kuorma on hyvin lähellä niittiä. Tämä murtotila voidaan käsitellä kohdan 5.3.3.7 mukaan olettaen, että

$$N_{9m} = N_{7m}$$

5.3.4 Niittiliitoksen rakenteellinen suunnittelu

Niittiliitos suunnitellaan siten, että liitosta so vastaan kohtisuorat rasitukset jäävät mahdollisimman pieniksi. Mikäli näin ei voida tehdä, otetaan huomioon seuraavaa:

- niitit sijoitetaan mahdollisimman lähelle voimien vaikutuskohtia
- muotoiltava pää sijoitetaan paksumman levyn puolelle
- liitettävillä osilla, niiteillä ja rei'illä tulee olla hyvä sovitus, joka saavutetaan ainoastaan poraamalla reikä samanaikaisesti kaikkiin liitettäviin osiin
- ohuilla levyillä muotoiltavan pään alle laitetaan aluslevyvahvistus

5.3.4.1 Niittien sijoitus

Voimaliitoksessa saa olla voiman suunnassa korkeintaan kuusi niittiä samassa rivissä.

Seuraavia reuna- ja keskiöetäisyyksiä käytetään (kuva 21).

- reunaetäisyys voiman suunnassa $3d \leq e_1$
- keskiöetäisyys voiman suunnassa $3d \leq e_2 \leq 8d$
- reunaetäisyys kohtisuoraan voiman suuntaa vastaan $1,5 d \leq c_1$
- keskiöetäisyys kohtisuoraan voiman suuntaa vastaan $3d \leq c_2 \leq 6d$
- kiinnitysniittien keskiöetäisyys $e_2 \leq 20d$ määräytyy yleensä tiiveys- ja syöpymisvaatimusten mukaan.

5.4 Naulallitokset

5.4.1 Sovellutusalue

Seuraavat ohjeet koskevat liittämismenetelmää, jossa ohutlevy kiinnitetään nauloilla teräsalustaan. Naulaaminen suoritetaan yleensä ampumalla erikoista naulainta apuna käyttäen.

5.4.2 Perusaineet ja tarvikkeet

Ammuttavien naulojen mittojen, lujuuden ja kovuuden tulee olla sellaiset, että tarkoitukseen sopivaa naulainta käyttäen saavutetaan haluttu tulos kiinnityskohdassa. Tämän lisäksi otetaan huomioon alustan mitat ja lujuus sekä kiinnitysosien muut erikoisominaisuudet.

5.4.3 Naulaliitoksen mitoitus

Ammuttavan naulan sallittu kuormitus saadaan jakamalla murtokuorma F_m tai N_m varmuusluvulla s .

$$F_{sall} = \frac{F_m}{s} \text{ tai } N_{sall} = \frac{N_m}{s}$$

5.4.3.1 Naulan leikkausmurtuminen

Leikkausvoiman rasittamassa naulassa voidaan naulan murtokuorma (kuva 22) määrittää valmistajan ilmoituksen perusteella tai laskea naulan poikkileikkausalan ja leikkauslujuuden perusteella kaavasta:

$$F_{1m} = A \cdot 0,6 f_m$$

missä A = naulan poikkileikkausala (mm²)
 f_m = naulan murtolujuus (N/mm²)
 (yleensä 2000 N/mm²)

$$F_{1sall} = \frac{F_{1m}}{s_1}, s_1 = 2,5$$

5.4.3.2 Taivutuksen aiheuttama murtuminen naulan varressa

Kuvan 23 mukaan

$$F_{2m} = 0,14 \frac{d^3 f_m}{a}$$

missä $a = 0,5 t_2$
 t_2 = liitettävän levyn laskentapaksuus (mm)
 f_m = naulan murtolujuus (N/mm²)
 d = naulan halkaisija (mm)

$$F_{2sall} = \frac{F_{2m}}{s_2}$$

$$s_2 = 2,5$$

5.4.3.3 Reunapuristusmurtuminen

Kuvan 24 mukaan

$$F_{3m} = 3,8 t_2 d f_m$$

$$F_{3sall} = \frac{F_{3m}}{s_3}$$

$$s_3 = 3,5$$

5.4.3.4 Levyn taittuminen

Tämä murtumistapa käsitellään kohdan 5.2.3.5 mukaan.

5.4.3.5 Läpivetomurtuminen

Kuvan 25 mukaan

$$N_{5m} = 14 t_2^2 f_m$$

$$N_{5sall} = \frac{N_{5m}}{s_5}$$

$$s_5 = 3,0$$

5.4.3.6 Ulosvetomurtuminen

Ulosvetomurtolujuus on riippuvainen naulan läpimitasta ja alusmateriaalin paksuudesta. Murtokuorman N_{6m} arvot voidaan määrätä naulan valmistajan ilmoituksen tai muun selvityksen mukaan.

$$N_{6sall} = \frac{N_{6m}}{S_6}$$

$$S_6 = 2,5$$

5.4.3.7 Naulaliitoksen rakenteellinen suunnittelu

Naulaliitoksen suunnittelussa noudatetaan valmistajan antamia ohjeita naulan läpimitasta, naulaimen tyypistä, panoksen voimakkuudesta jne. Käytettävien naulojen pintakäsittely on suhteellisen ohut, ja niiden käyttöä ulkona olevissa rakenteissa tai muuten korroosiolle alttiissa kohdissa tulisi välttää ilman riittävää suojakäsittelyä. Ohutlevyrakenteen kiinnittämistä naualamalla betoniin tulisi välttää.

Naulaliitosten suunnittelussa otetaan huomioon seuraavaa:

- voimaliitoksessa saa olla voiman suunnassa korkeintaan kuusi naulaa samassa rivissä
- vetovoimat kohdistetaan niin lähelle naulaa kuin mahdollista
- kiinnitettävän levyn paksuus voi olla enintään 1,5 mm
- kiinnitysalustan ainepaksuus > 6 mm, ohuimmilla nauloilla > 4 mm

Seuraavia reuna- ja keskiötäisyyksiä käytetään:

- reunaetäisyys ≥ 20 mm
- keskiötäisyys ≥ 20 mm

5.5 Kiinnitys muihin aineisiin

Kiinnitettäessä ohutlevy muuhun kuin teräsalustaan sovelletaan edellä kohdissa 5.1...5.4 annettuja ohjeita. Tämän lisäksi otetaan huomioon alustan ja kiinnitysoisien erikoisominaisuudet.

6 Asennustyön suoritus

6.1 Asennustyön valmistelu

Asennustyön suorittamisesta tehdään asennussuunnitelma. Asennustyössä noudatetaan kohdassa 1.3 mainittua suunnitelmaa, hyväksytyjä piirustuksia ja muita asiakirjoja.

Ennen työn aloittamista tarkastetaan asennus- ja tarvikkeiden kelpoisuus ja olosuhteiden sopivuus asennustyön onnistumiseksi.

6.2 Aineiden ja tarvikkeiden käsittely

Aineita ja tarvikkeita on käsiteltävä kuljettaessa, varastoitaessa, siirrettäessä ja asennettaessa riittävällä varovaisuudella niin, etteivät ne vahingoitu.

6.3 Asennustyö

6.3.1 Yleistä

Asennustyötä on johdettava rakenteiden tarkoitusta ja toimintaa tuntevan henkilön. Työssä käytetään ammattitaitoisia asentajia.

Työmenetelmät ja työssä käytettävät laitteet ja välineet valitaan niin, että ne hyvin soveltuvat kyseiseen työhön.

Työnsuorituksessa on otettava huomioon vallitsevat olosuhteet kuten mm. lämpötila ja syöpymisvaara siten, ettei rakenteelle rakennusaikana tai käyttöaikana aiheudu vaurioita.

6.3.2 Asennuksen sallitut mittapoikkeamat

Asennustyössä noudatetaan sellaista tarkkuutta, että rakenteiden kantavuus ei vaarannu, muodonmuutokset pysyvät sallituissa rajoissa ja muut suunnitelmissa määritellyt vaatimukset täytetään.

Ellei suunnitelmissa ole toisin edellytetty, saa muotolevyrakenteissa asennusetenemän ja nimellisetenemän suhde olla enintään 1,05 yhden metrin matkalla ja 1,02 kymmenen metrin matkalla. Asennusetenemä ei kuitenkaan saa olla enempää kuin 0,6 kertaa profiilin korkeus viiden aallon ja 2 kertaa profiilin korkeus 50 aallon matkalla nimellisetenemää pitempi.

Muotolevyjen poimujen puristetuissa nurkkaosissa tai jäykisteissä ei saa vauriota (lommoja) esiintyä levyn pituussuunnassa yhden metrin matkalla tiheämmässä kuin joka viidennessä aallossa.

Muotosauvojen asema ei saa poiketa suunnitelmien mukaisesta asemastaan enempää kuin ± 20 mm eikä vierekkäisten sauvojen väli saa poiketa nimellisestä mitasta enempää kuin ± 30 mm.

7 Valvonta ja tarkastus

7.1 Yleistä

Eri vaiheissa tapahtuvan valvonnan ja tarkastuksen tarkoituksena on varmistua siitä, että rakennus tai rakenne valmiina kailta osiltaan täyttää sille asetetut vaatimukset.

Aineen valmistuksen ja ominaisuuksien valvonta ja tarkastustoimenpiteet on esitetty luvussa 2.

Tarvikkeiden valvontaa ja tarkastusta suoritetaan niiden valmistusvaiheessa ja tarkastusta myöskin asennusvaiheessa. Asennusvaiheessa valvotaan ja tarkastetaan sen lisäksi työn suoritusta.

7.2 Tarvikkeiden valmistusvaiheen valvonta ja tarkastus

7.2.1 Yleistä

Tarvikkeiden valmistusvaiheen valvonnan ja tarkastuksen tarkoituksena on varmistua siitä, että valmistettavat muotolevyt, -sauvat, esivalmistettavat rakenneosat ym. tarvikkeet täyttävät kaikki niille asetetut vaatimukset. Valvontaa suorittaa ja siitä vastaa aina ensisijaisesti tarvikkeiden valmistaja.

7.2.2 Tarvikkeiden kelpoisuuden toteaminen

Tarvikkeiden valmistaja hankkii aineen valmistajan, kohdan 2.1.6 mukaisen, todistuksen siitä, että aine täyttää sille asetetut vaatimukset. Todistus liitetään jokaiseen toimituserään.

Tarvikkeiden valmistaja suorittaa jatkuvaa tuotantonsa ja tarvikkeiden valvontaa. Koneiden, laitteiden ja valmistusolosuhteiden on oltava sellaiset, että tarvikkeiden muotoilu, mitat, pintakäsittelyt ja muut tekniset ominaisuudet täyttävät niille asetetut vaatimukset ja että mittapoikkeamat ovat sallituissa rajoissa.

Tiedot tarvikkeesta ja sen kelpoisuudesta liitetään jokaiseen toimituserään.

Ohutlevytarvikkeen valmistaja, joka on tehnyt tarvikkeen laadunvalvonnasta sopimuksen valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kanssa, liittyy jokaiseen toimituserään laadunvalvontasopimuksen mukaiset tiedot.

Sisäasiainministeriö antaa tarkemmat ohjeet laadunvalvontasopimuksen tekemisen

edellytyksistä ja pitää luetteloa sopimuksen piiriin kuuluvista tuotteista.

Jollei ohutlevytarvikkeen laadunvalvonnasta ole tehty sopimusta valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kanssa, todetaan kelpoisuus jokaisesta toimituserästä otettavien näyttein. Tällaisia kokeita ei kuitenkaan tarvitse suorittaa, jos toimituksen kokonaismäärä samaan kohteeseen on alle 1000 kg.

Kelpoisuuden toteamiseksi valmiisiin tarvikkeisiin tai tarvikkepakkauksiin merkitään valmistajan nimi ja tarvikkeen nimi tai tunnus, jonka perusteella toimituserä, teräslaatu, tarvikkeen mitat sekä muut ominaisuudet saadaan selville.

7.3 Asennusvaiheen valvonta ja tarkastus

Ennen asennusta tarkastetaan, että valmistajan tarvikemerkinäät ja aineodistukset vastaavat vaatimuksia sekä pistokokein varmistetaan, että tarvikkeiden ainepaksuus, pintakäsittelyt, mitat ja muoto ovat oikeat. Sen jälkeen tarkastetaan asennus- ja olosuhteiden kelpoisuus.

Yleensä rakennusaikainen valvonta voidaan rajoittaa tarvikkeiden silmämääräiseen tarkastukseen sekä asennustyön valvontaan. Liitoksia ja kiinnityksiä valvotaan ja tarkastetaan niin, että ne täyttävät kohdan 5 vaatimukset. Niiden tarkastaminen suoritetaan ennen kuin niitä millään tavoin peitetään. Pistokokein tarkastetaan, että asennuksen mittapoikkeamat ovat sallituissa rajoissa (ks. kohta 6.3.2). Samoin tarkastetaan mahdolliset lommot.

Jos tarvikkeissa tai asennuksessa todetaan sallittuja suurempia poikkeamia, suoritetaan rakenteen tarkistuslaskelmat ottaen huomioon todellinen tilanne. Tarvittaessa vaihdetaan, vahvistetaan tai oikaistaan virheelliset tarvikkeet.

Rakenteet, liitokset ja kiinnitykset koe-kuormitetaan tarvittaessa.

Tätä julkaisua myy

VALTION PAINATUSKESKUS
MARKKINOINTIOSASTO

Postimyynti

PL 516
00101 HELSINKI 10
Puh. 90-539011

Kirjakauppa

Annankatu 44
00100 HELSINKI 10
Puh. 90-17341

Denna publikation säljes av

STATENS TRYCKERICENTRAL
MARKNADSFÖRINGSÄVDELNINGEN

Postförsäljning

PB 516
00101 HELSINGFORS 10
Tel. 90-539011

Bokhandel

Annegatan 44
00100 HELSINGFORS 10
Tel. 90-17341

This publication can be obtained from

GOVERNMENT PRINTING CENTRE
MARKETING DEPARTMENT

Mail-order business

P.O. Box 516
SF-00101 HELSINKI 10
Phone 90-539011

Bookshop

Annankatu 44
00100 HELSINKI 10
Phone 90-17341
