

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

ONTELOLAATTOJEN KORJAUS- SUUNNITTELUOHJE YLEISIMMILLE VAURIOILLE

TEKIJÄ Oskari Viiliäinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Oskari Viiliäinen	
Työn nimi Ontelolaattojen korjaussuunnitteluohje yleisimmille vaurioille	
Päiväys 11 huhtikuuta 2023	Sivumäärä/Liitteet 31
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Insinööritoimisto SRT Oy	
<p>Opinnäytetyö toteutettiin apuvälineeksi Insinööritoimisto SRT Oy:n raudoitus suunnitteluun. Ontelolaatat ovat suuri osa raudoitus suunnittelun toimialaa. Tässä opinnäytetyössä on perehdytty yleisimpiin ontelolaatoihin kohdistuviin vaurioihin sekä niiden korjaustapoihin. Työn tavoitteena oli koota ja luoda yleisimpien vaurioiden korjausohjeet yhtenäiseksi ohjepohjaksi sekä luoda Excel -mitoitushjelma liian lyhyen ontelolaatan tapaukseen nopeuttamaan suunnitteluprosessia.</p> <p>Opinnäytetyön alussa perehdytään ontelolaatan valmistusprosessiin sekä ontelolaatan matkaan aina tehtaalta työmaalle. Tässä osassa käydään myös läpi vaiheita, joissa mahdollisesti ontelolaatta voi vaurioitua. Seuraavaksi työssä perehdytään tarkemmin näihin yleisimpiin vaurioihin, niiden syihin ja niiden korjaustapoihin. Työhön kuului luoda Excel -mitoitushjelma liian lyhyen laatan pään ankkuroimiseksi tuelle. Mitoitusohjelma laskee ontelolaatan ankkuroimiseksi tarvittavat teräkset SFS-EN1992-1-1 standardin mukaisesti. Mitoitusohjelman lisäksi työssä laadittiin valmiita korjausohje pohjia, jotka nopeuttavat korjaussuunnittelua huomattavasti.</p> <p>Mitoitusohjelma sekä valmiit korjausohjepohjat ovat valmiina työkäyttöön. Opinnäytetyön teossa on otettu huomioon raudoitus suunnittelun tarpeet sekä pyritty luomaan työkalu nopeampaan suunnitteluun. Opinnäytetyön pohjat ja mitoitusohjelma on tällä hetkellä luotu vain yleisimmille vaurioille joten opinnäytetyön kehitys yrityksessä jatkuu myös opinnäytetyön jälkeen.</p>	
Avainsanat ontelolaatta, korjaussuunnitelma, rakennevaurio	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author(s) Oskari Viiliäinen	
Title of Thesis The repair design guide for the most common types of damage on hollow-core slabs	
Date 11 April 2023	Pages/Appendices 31
Client Organisation /Partners Engineering office SRT Oy	
<p>This thesis was implemented as an aid tool for the reinforcement design group in engineering office SRT Oy. Reinforcement designing of hollow-core slabs plays a major part in the field of reinforcement design. In this thesis the most common types of damages and the repair methods of those damages were studied. The goal of the thesis was to compile and create ready-made repair design templates for the most common types of damages in hollow-core slabs and to create an Excel based dimensioning program to speed up the designing process.</p> <p>At the beginning of the thesis, the manufacturing process of the hollow-core slabs and their journey from the factory to the construction site were familiarized with. At this stage also the steps in which a hollow-core slab may get damaged were discussed. Next, the most common damages, their causes, and their repair methods were studied. This thesis included creating an Excel dimensioning program to calculate the needed reinforcement to anchor the end of a too short a slab to the support. The dimensioning program calculates the needed reinforcement according to standard SFS-EN1992-1-1. In addition to the dimensioning program, the thesis also prepared ready-made repair instruction templates which speed up the repair designing considerably.</p> <p>As a result, the dimensioning program and ready-made repair instruction templates are ready for work use. The thesis took into account the needs of reinforcement designing and tried to create a tool for faster designing. The basis of the thesis and the dimensioning program are currently only created for the most common damages, so the development of the thesis in the company will continue even after the thesis.</p>	
Keywords hollow-core slab, repair plan, structural damage	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	YLEISTÄ ONTELOLAATOISTA	6
2.1	Yleistä ontelolaatoista	6
2.2	Ontelolaattojenb raudoitussuunnittelu	6
2.2	Ontelolaatan valmistus	6
3	LIIAN LYHYET LAATAT.....	12
3.1	Lähtötilanne	12
3.2	Laatta liian lyhyt	13
3.3	Lyhyen laatan mitoitus	13
3.4	Laskentaesimerkki.....	19
4	PAKKASVAURIOT.....	22
4.1	Pakkasvaurio	22
4.2	Pakkasvaurion korjaus.....	24
5	TYÖMAALLA TEHTÄVÄT VARAUKSET.....	26
5.1	Tilanne.....	26
5.2	Työmaalla tehtävät reiät.....	26
5.3	SUR(sähköura)	26
5.4	VUR ja kylpyhuonesyvennys	28
6	YHTEENVETO JA POHDINNAT	30
	LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia yleisimpiä ontelolaatan vaurioita ja niiden korjaustapoja, sekä tuottaa Insinööritoimisto SRT Oy:lle käyttöön valmiita korjausohjeita yleisemmistä vaurioista. Ontelolaattojen vauriot ovat suhteellisen yleisiä. Vauriot tai virheet ontelolaatoissa huomataan yleensä työmaalla asennuksen yhteydessä, jolloin korjaussuunnitelman ja ohjeen saaminen työmaalle nopeasti on tärkeää asennusviiveiden minimoimiseksi. Valmiit mallit, pohjat, ja mitoitusyökalut eri vauriotapauksille ovat tässä avuksi ja hyödyksi nyt ja tulevaisuudessa.

Tässä työssä tuotetaan DWG. pohjaisia valmiita suunnitelmapohjia kustakin yleisemmistä vauriotapauksesta, sekä Excel-pohjainen laskentaohjelma, joka laskee tarvittavat teräsmäärät liian lyhyen laatan ankkuroimiseksi tuelle SFS-EN1992-1-1 standardin mukaisesti.

2 YLEISTÄ ONTELOLAATOISTA.

2.1 Yleistä ontelolaatoista.

Ontelolaatta on yhteen suuntaan kantava jänneteräksillä raudoitettu betonilaattaelementti, jota on kevennetty laatan pituussuuntaisilla lieriömäisillä onteloilla. Betonirunkoisissa rakennuksissa yleisin elementtilaattatyyppi on ontelolaatta, joka soveltuu niin ala-, väli- sekä yläpohjiin. (elementtisuunnittelu.fi, 2010 s. 50)

2.2 Ontelolaattojen raudoitussuunnittelu

Ontelolaattojen käytön suunnittelee kohteen rakennesuunnittelija joka mallintaa ja piirtää laataston tarpeidensa mukaan paikoilleen. Ontelolaattoja ei rakennesuunnittelija yleensä raudoita itse, vaan tämän työn tekee erillinen raudoitesuunnittelija, joka tekee raudoituksen yleensä elementtitehdas itse tai alihankkija jolle raudoitussuunnittelu on tehtaan puolelta suunnattu. Raudoitussuunnittelija laskee ontelolaatastolle tarvittavat punosmäärät sekä merkkää ne tuotantokuvaan valmistusta varten. Täten raudoitussuunnittelijan tulee tarkastaa laattojen kestävyys erilaisissa vauriotilanteissa tai puutteista, joita mahdollisesti ontelolaattoihin kohdistuu.

2.3 Ontelolaatan valmistus

Ontelolaatat valmistetaan elementtitehtailla kymmeniä metrejä pitkillä valupedeillä liukuvaluna. Valmistus alkaa valupedin puhdistuksella, jossa valmiin laatan levyinen teräspintainen valupeti puhdistetaan harjakoneella, joka kerää valualustan epäpuhtaudet pois. Puhdistuksen jälkeen valupedille levitetään muottiöljyä, jolla estetään ontelolaatan tarttuminen valupetiin. Öljyämisen jälkeen petille vedetään esijännitettävät punokset oikeaan korkoon. Punokset jännitetään alkujännitykseen, jonka jälkeen linjasto on valmis valettavaksi.



Kuva 1 Ontelolaataston valupeti sekä jännittämättömät punokset. (Oskari Viiliäinen, 2021)

Ontelolaattojen valmistuksessa käytetään maakosteita erikoismassoja. Tällaisten betonimassojen ominaisuuksiin kuuluu höyrykarkaisu, sekä nopeasti kuivuva sementti, jotka takaavat nopean lujuuden kehityksen. Ontelolaattabetonin yleisin suunnittelulujuus on C50/60, mutta myös korkeampilujuuksisia massoja voidaan käyttää. Punosten laukaisulujuutena käytetään yleensä $\frac{2}{3}$ käytettävän betonin suunnittelulujuudesta.



Kuva 2 Ontelolaattojen valukone linjastolla. (Tommi Auvinen)

Kun peti on valmis valettavaksi, nostetaan käytettävä valukone linjaston päähän. Valukoneeseen syötetään betonimassaa, jonka kone valaa pedille valmiin laatan muotoon. Valukoneen jälkeensä jättämä massa on jo niin jäykkää, että valamisvaiheessa ei tarvitse erillisiä muotteja. Jos kuitenkin jostain syystä valettava massa on liian löysää voi ontelolaattoihin ilmetä vaurioita jo valuaikana ontelon kannen lommahduksena. Tällaiset vauriot eivät välttämättä heikennä ontelolaatan kantavuutta, mutta asiasta tulee ilmoittaa kirjallisesti ontelolaattojen punostajalle, joka tutkii ovatko laatat käyttökelpoisia.

Valun jälkeen ontelolaatat on mahdollista varustaa erilaisin varauksin. Yleisimpiä jo tehtaalla tehtäviä varauksia ovat reunakolot sekä reiät. Reunakolot ovat laatan reunoihin tehtäviä syvennyksiä, jotka mahdollistavat reunavalun tai paikallavalukaistan sitomisen ontelolaatan reunaan. Reunakolot sekä reiät kaivetaan vastavalettuun betoniin. Tässä vaiheessa laattojen reunoihin voidaan asentaa Pasi-vaijerilenkkejä, joita käytetään ei-kantavien betonielementtien sitomiseen ontelolaattoihin. Yleinen valupedin ja sillä valettavan ontelolaatan leveys on 1200 mm. Tällaiset laatat voidaan nostaa nostosaksin laatan yläreunan nostokannaksista. Ontelolaattoja voidaan valun kovettumisen jälkeen sahata pituussuunnassa enintään kaksi pystykannasta kapeiksi.

Mikäli osa laatoista tulee kavennettuina tai muuten noston kannalta on katsottu käytettäväksi nostolenkkejä, kaivetaan ontelolaatan kansiin näille syvennykset tässä vaiheessa. Kun tarvittavat varustukset on laattoihin tehty peitetään ne suojapeitteellä, joka estää liian nopean kuivumisen.



Kuva 3 Vastavalettu, reunakoloilla ja nostolenkeillä varustettu ontelolaatta suojapeitteen alla. (Oskari Viiliäinen, 2021)

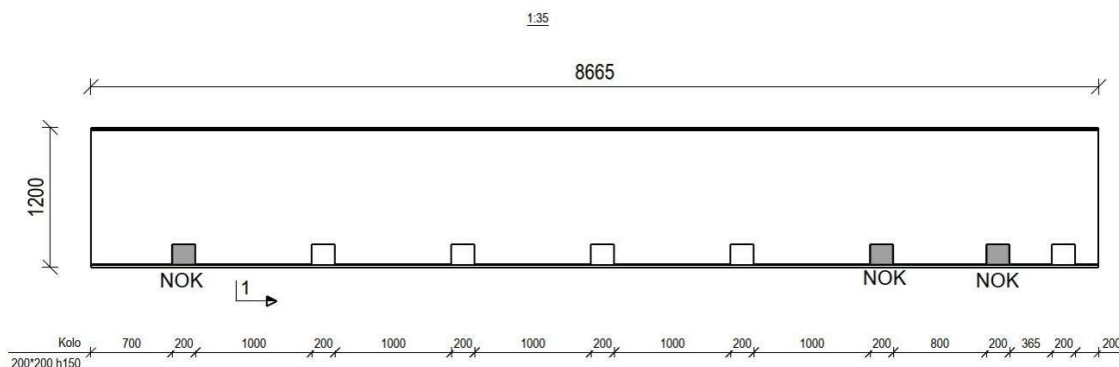
Kun betoni on saavuttanut laukaisulujuutensa, päästetään jännityskoneen jännittämä esijännitys pois. Kun laatat on laukaistu seuraa laattojen sahaaminen oikeisiin mittoihin. Mikäli jostain syystä jännepunokset eivät ole ankkuroituneet kunnolla, voi sahausvaiheessa ilmetä punosluistoa. Luistutta punosta ei voida ottaa huomioon laatan kapasiteettiin, joten tässä tilanteessa punostajan tulee tarkistaa kestääkö kyseinen laatta alentuneella punosmäärällä.

Laukaisun ja mittaan sahauksen jälkeen ontelot nostetaan valmiisiin kuormanippuihin ja viedään varastoalueelle odottamaan kuljetusta työmaalle. Työmaalla ontelot nostetaan paikalleen joko suoraan kuormasta tai varastoidaan työmaalla odottamaan paikalleen asennusta. Kun ontelolaattoja varastoidaan päällekkäin, tulee pitää huolta, että laattojen välissä olevat tuet on asetettu ontelolaatan ylä- ja alapinnassa samoihin kohtiin. Erikohtiin asetellut välituet aiheuttavat ontelolaatan pintaan rästistä, joka voi halkaista laatan. Mikäli halkeama ulottuu laatan kannesta punoksiin asti jatkuen pitkittäissuunnassa, ei laatta ole enää käyttökelpoinen. Muussa tapauksessa punostaja arvioi ontelolaatan tilanteen ja määrää tarvittavat toimenpiteet laatan korjaamiseksi. Pienissä yläkannen halkeamissa korjausta ei välttämättä tarvita ollenkaan, sillä paikalleen asennettuna halkeama puristuu umpeen.



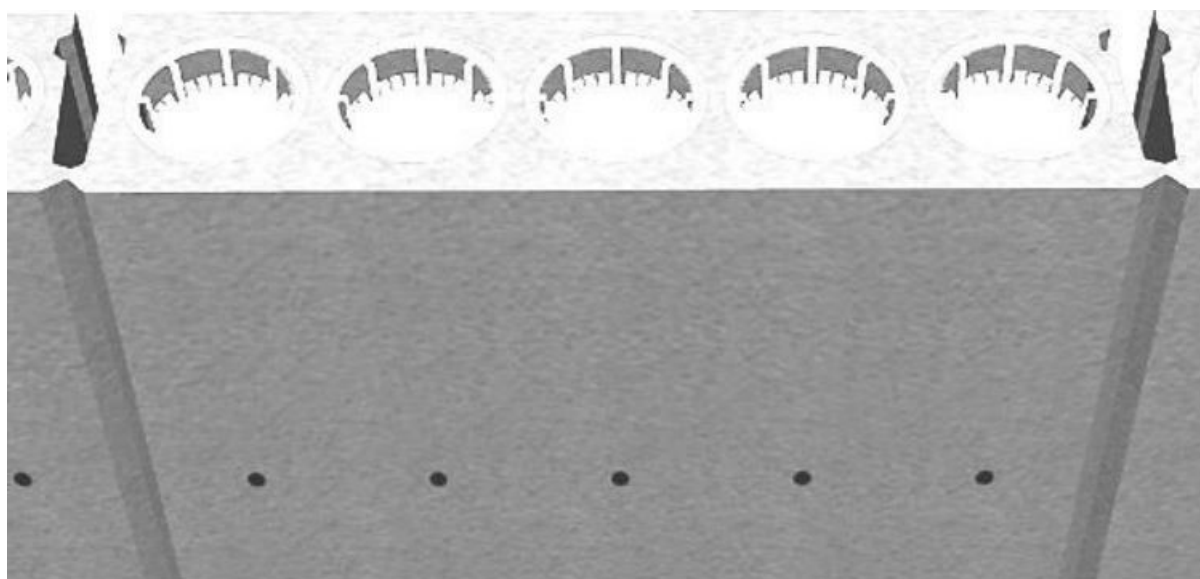
Kuva 4 Virheellisesti työmaalla pinotut ontelolaatat ovat halkaisseet alimman laatan yläpinnan. (Kohteen lähtötiedot Insinööritoimisto SRT:n arkistosta.)

Paikalleen asennuksen jälkeen ontelolaatat odottavat paikallaan odottaen saumavalua. Mikäli kaikkia varauksia, mitä ontelolaattoihin tarvitaan ei ole tehtaalla tehty valmiiksi, voi syynä olla punostajan jättämät nostokannakset. Nostokannakset ovat joko osittaisia tai kokonaisia varauksia, joita ei laatan turvallisen noston, kuljetuksen tai asennuksen takia ole mahdollista tehtaalla tehdä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö varauksia voisi tehdä ollenkaan. Nostokannakset voi turvallisesti poistaa ontelolaatoista saumavalujen jälkeen.



Kuva 5 Ontelolaatan valmistuskuvaan merkatut nostokannakset turvallisen saksinoston mahdollistamiseksi. (Oskari Viiliäinen, 2021)

Ontelolaattojen saumavalun jälkeen työmaan tulee huolehtia, että ontelolaattojen pohjiin tehdään tarvittavat vedenpoistoreiät, sekä pitää huoli että jo tehtaalla tehdyt reiät ovat ja pysyvät auki koko rakennusajan. Mikäli vesireiät tukkeutuvat on pakkaskeleillä vaara, että onteloa täynnä oleva vesi jäätyy, pahimmassa tapauksessa vaurioittaen ontelolaattaa. Onteloon jäävä vesi voi myös rakennuksen valmistuttua päästä kastelemaan rakenteita. Pakkasvaurioita ja niiden korjausta käsitellään lisää kohdassa 4.



Kuva 6 Ontelolaatan alapintaan tehtaalla tehdyt vedenpoistoreiät (Betset ontelolaattojen vastaanotto ja käsittelyohje s.9)

3.Liian lyhyet laatat.

3.1 Lähtötilanne

Aika-ajoin asennusvaiheessa huomataan, että paikalleen asennettava ontelolaatta ei olekaan oikean mittainen ja laattaa ei saa asennettua paikalleen. Mikäli laatta on liian pitkä voi sitä tarvittaessa lyhentää työmaalla sahaamalla. Kun ontelolaatta on liian lyhyt, eikä sen tukipituus ole tuelle riittävä tai laatta ei ylety tuelle ollenkaan, täytyy ontelolaatan pää saada tuettua tuelle toisin keinoin.

Laattatyyppi	Tukipinnan suunnitteluarvo	Tukipinnan minimipituus asennuksessa
O18	60 mm	40 mm
O20	60 mm	40 mm
O27	60 mm	40 mm
O32	60 mm	40 mm
O37	60 mm	40 mm
O40	100 mm	80 mm
O50	100 mm	80 mm

Kuva 7. Ontelolaattojen tukipintojen raja-arvot taulukko. (Ontelolaattojen suunnitteluohje Betoniteollisuus ry. s.47)

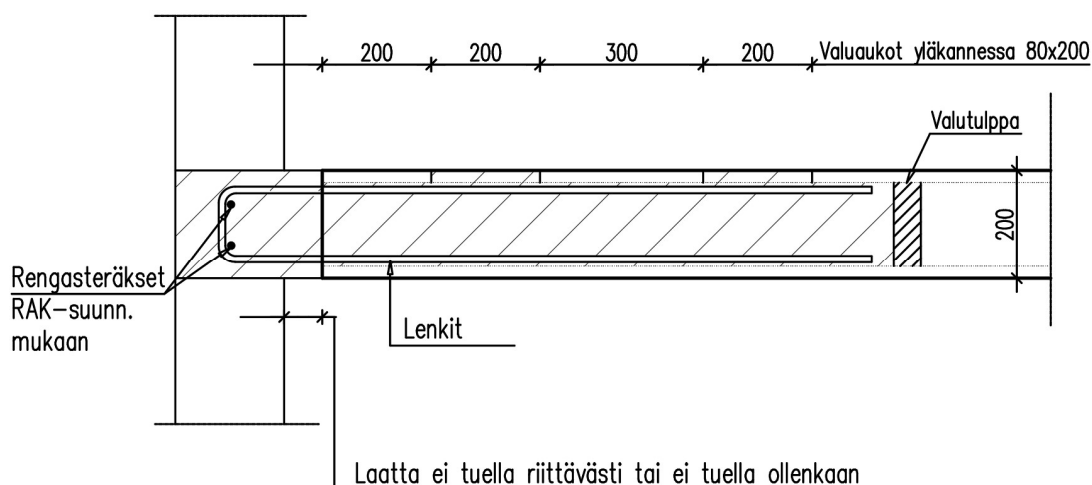
Kuvassa 7 ilmoitetut tukipintojen raja-arvot on ilmoitettu perustilanteessa, jossa ontelolaatat asennetaan jäykälle taipumattomalle tuelle, kuten kantavalle betoniseinälle. Tukipituus riippuu täten millaiselle tuelle ontelolaatta asennetaan. Asennettaessa ontelolaatta taipuisalle tuelle tulee tukipituutta kasvattaa kuvan 7 taulukon arvoista 20 mm:llä, jotta ontelolaatan leikkauskestävyyttä taipuisan tuen vaikutuksesta saadaan parannettua. (Betoniteollisuus ry Ontelolaattojen suunnitteluohje s.49)

3.2 Laatta liian lyhyt

Tilanteessa, jossa ontelolaatan tukipituus ei täyty, tulee ontelolaatta ankkuroida tuelle muilla keinoin. Tällaisissa tilanteissa tulee aina olla yhteydessä ontelolaattojen punossuunnittelijaan, joka laatii mahdollisen korjauksen tapauskohtaisesti. Laatta tulee asentaa siten että toinen pää asennetaan oikealla tukipituudella ja toinen pää tuetaan korjaustyön aikaisesti työmaalla suunnittelijan ohjeen mukaan. Laatan lyhyeen päähän tulee valaa palkkimainen rakenne, joka ankkuroi ontelolaatan tuelle. Ontelolaatta ankkuroidaan tuelle teräslenkein, jotka tulee viedä ontelolaataston päätysaumassa kiertävien rengasterästen takaa. Lenkkien päät viedään ontelolaatan lyhyen pään onteloihin, jotka valetaan umpeen, ankkuroiden ontelolaatan tuelle.

3.3 Lyhyen laatan mitoitus.

Liian lyhyen ontelolaatan ankkuroimiseksi tuelle tarvitsee mitoittaa tarvittava teräsmäärä, jolla ontelolaatta saadaan ankkuroitua tuelle. Tarvittavaan ankkurointiteräsmäärään vaikuttaa laatastolla vaikuttavat kuormat, ankkuroitavan laatan pituus, sekä pituus, minkä verran ontelolaatta on liian lyhyt. Tarvittavien terästen mitoittamiseen luotiin Excel laskentaohjelma, joka laskee tarvittavat teräkset SFS-EN1992-1-1 standardin mukaisesti.



Kuva 8. Lyhyen ontelolaatan ankkurointi tuelle periaate. (Oskari Viiliäinen 2022)

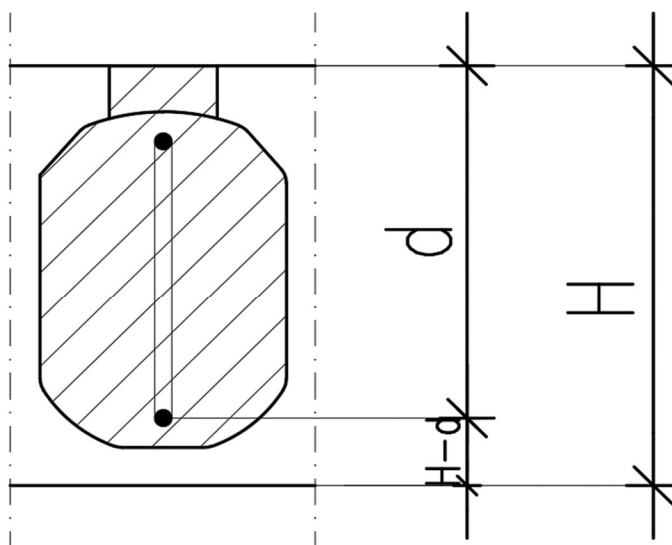
Laskennan aloittamiseksi tulee taulukkoon syöttää tarvittavat lähtötiedot. Lähtötiedoiksi syötetään käytettävä laattatyyppi, laatastolla lopputilanteessa vaikuttavat pysyvät sekä muuttuvat kuormat, laataston jänneväli, tuettavan laatan leveys, sekä mitta, jonka ankkuroitava laatta on liian lyhyt.

Kuormat				
Laattatyyppi		O50		
Laatan omapaino	op	6	kN/m ²	
Pysyvä kuorma	gk	3	kN/m ²	
Hyötykuorma	qk	5	kN/m ²	
Osavarmuuskertoimet		1.15		
		1.5		
Pituus	L	8	m	
Lyhyen laatan leveys		1.2	m	
Tukireaktio		85.68	kN	
Leikkausvoima mitoittavassa pisteessä		81.17	kN	
Laatta liian lyhyt	L2	0.3	m	max 1.5m!!!

Kuva 9: Laskentaohjelman lähtötietosivu. (Oskari Viiliäinen)

Koska ankkuroitava rakenne ei ole leikkausraudoitettu, lasketaan seuraavaksi leikkauskestävyyden $V_{Rd,c}$ mitoitusarvo EC 2 osa 1-1 kohdan 6.2.2 mukaisesti. Jotta leikkauskestävyyden mitoitusarvo saadaan laskettua, täytyy tietää käytettävän betonin lujuusluokka, arvioida alustavasti umpeenvalettu-
jen onteloiden lukumäärä sekä käytettävien terästen koko ja kappalemäärä. Lisäksi leikkauskestävyyden laskemiseksi tarvitsee tietää betonipoikkileikkauksen leveys b_w sekä tehollinen korkeus d . Betonipoikkileikkauksen leveys b_w saadaan laskemalla käytettävän ontelolaatan onteloiden leveydet yhteen, jonka ohjelma laskee automaattisesti. Poikkileikkauksen tehollinen korkeus d saadaan kuvan 10 mukaisesti. Tehollinen korkeus muuttuu laattatyyppin mukaan. Tämän jälkeen voidaan laskea miniteräsmäärä poikkileikkaukselle kaavalla:

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d, \text{ mutta vähintään } 0,0013 b_t d$$



Kuva 10 Tehollisen korkeuden d arvo saadaan kuvan mukaisesti teräksen koron mukaan.
(Oskari Viiliäinen)

Kun minimiteräsmäärä on laskettu ja käytettävä poikkileikkaus on tiedossa, voidaan laskea leikkauskestävyyden mitoitus arvo kaavalla:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

Vähimmäisarvon ollessa:

$$V_{Rd,c} \min = (V_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

Joissa:

f_{ck} on betonin lieriölujuuden ominaisarvo 28vrk ikäisenä

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$ missä d on poikkileikkauksen tehollinen korkeus

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$ missä A_{sl} on käytettävien terästen pinta-ala [mm^2]

b_w on poikkileikkauksen leveys

$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd} [\text{MPa}]$ jossa N_{Ed} on poikkileikkauksessa jännevoimasta aiheutuva normaalivoima ja A_c poikkileikkauksen pinta-ala [mm^2]

$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$ jossa γ_c on betonin osavarmuuskertoimen

$k_1 = 0.15$

$V_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvoa verrataan leikkausvoimaan, jonka mitoittava piste sijaitsee mitan d päässä tuelta. Mikäli leikkausvoima on suurempi, kuin leikkauskestävyyden mitoitusarvo tulee poikkileikkausta leventää lisäämällä umpeenvalettavien onteloiden kappalemäärää.

Betonin leikkauskestävyyden laskemisen jälkeen tulee mitoittaa tarvittava teräsmäärä. Teräkset mitoitetaan momentille M_{Ed} , sekä momentista aiheutuvalle vetovoimalle F_{Ed} . Terästen mitoittava piste sijaitsee lyhyeksi jääneen ontelolaatan päässä.

Mitoittava momentti M_{Ed} saadaan kaavasta:

$$M_{ed} = ((|g_{kh} L_2) - V_{ed,Max}|) + V_{ed,Max})/2L_2$$

Jossa:

g_{kh} on laatastolle tulevat kuormat

L_2 on pituus, jonka ontelolaatta on liian lyhyt

$V_{ed,Max}$ on maksimi leikkausvoima murtorajatilassa

Mitoittavaan vetovoimaan F_{Ed} tulee ottaa huomioon Leikkausvoimasta V_{Ed} aiheutuva lisävetovoima ΔF_{td} joka saadaan kaavasta:

$$\Delta F_{td} = 0,5 V_{Ed} (\cot \theta - \cot \alpha)$$

Jossa:

V_{Ed} on leikkausvoima murtorajatilassa

α on leikkausraudoituksen ja leikkausvoimaa vastaan kohtisuorassa olevan rakenneosan akselin välinen kulma. Koska rakenne on leikkausraudoittamaton voidaan α arvona käyttää 90 °. (EC 2 osa 1–1. (6.2.3))

θ on betonin puristussauvojen ja leikkausvoimaa vastaan kohtisuorassa olevan rakenneosan akselin välinen kulma. (EC 2 osa 1–1. (6.2.3))

Lisävetovoiman laskennan jälkeen voidaan laskea ankkuroitava vetovoima F_{Ed} kaavalla:

$$F_{Ed} = \left(\frac{M_{Ed}}{z} \right) + \Delta F_{td}$$

Jossa:

M_{Ed} on momentti mitoittavassa pisteessä.

z on rakenneosan taivutusmomenttia vastaava sisäinen momenttivarsi tasakorkeassa rakenneosassa. Kun rakenneosassa ei ole normaalivoimaa voidaan käyttää likiarvoa $z=0,9d$. (EC 2 osa 1–1. (6.2.3))

ΔF_{td} on leikkausvoimasta aiheutuva lisävetovoima.

Vetovoimalle F_{Ed} käytetään enintään arvoa $M_{Ed,max}/z$, jossa $M_{Ed,max}$ on ontelolaatan mitoituskapasiteetin maksimimomentti.

Ankkuroitavan vetovoiman arvon F_{Ed} tulee siis olla pienempi kuin ankkuroivan lenkin kapasiteetti F_{rd} joka saadaan kaavasta:

$$F_{rd} = f_{yd} * A_{sl}$$

Jossa:

f_{yd} on raudoituksen myötölujuuden mitoitusarvo.

A_{sl} on käytettävien terästen pinta-ala.

Vetovoimakapasiteetin jälkeen tulee ankkuroitavalle teräkselle laskea myös momenttikapasiteetti M_{Rd} . Momenttikapasiteetin laskemiseksi tarvitsee ensin laskea mekaaninen raudoitussuhde ω , sekä suhteellinen momentti μ , jotka saadaan kaavoista.

$$\omega = \rho_l * \frac{f_{yd}}{\eta f_{cd}}$$

ja

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{\eta f_{cd} b d^2}$$

Joissa:

f_{cd} on käytettävän betonin puristuslujuuden mitoitusarvo.

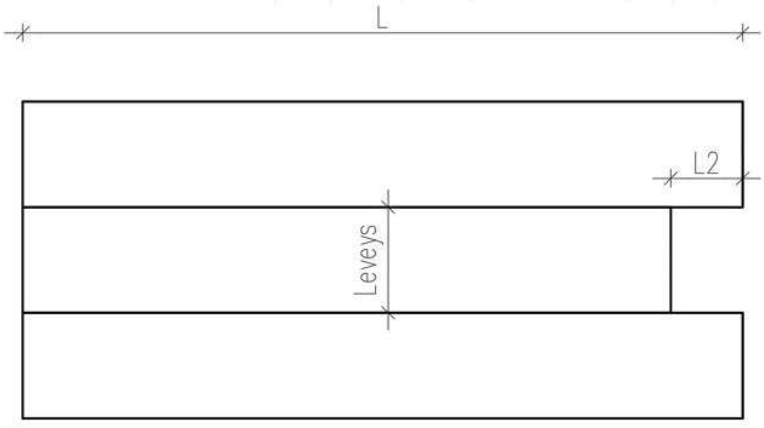
Jonka jälkeen momenttikestävyys saadaan kaavasta:

$$M_{Rd} = \mu b d^2 \eta f_{cd}$$

Laskentaohjelman näyttäessä vihreää valoa voidaan tehdä korjaussuunnitelma käyttäen laskentaohjelman määrittämää raudoitusta.

3.4 Laskentaesimerkki

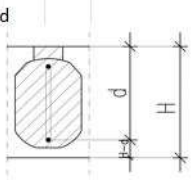
Kuormat				
Laattatyyppi		O32		
Laatan omapaino	op	4	kN/m ²	
Pysyvä kuorma	gk	4	kN/m ²	
Hyötykuorma	qk	2.5	kN/m ²	
Osavarmuuskertoimet		1.15		
		1.5		
Pituus	L	7	m	
Lyhyen laatan leveys		1.2	m	
Tukireaktio		54.39	kN	
Leikkausvoima mitoittavassa pisteessä		52.42	kN	
Laatta liian lyhyt	L2	0.15	m	max 1.5m!!!



The diagram shows a rectangular slab with a horizontal dimension labeled 'L' and a vertical dimension labeled 'Leveys'. A small rectangular extension on the right side is labeled 'L2'. The slab is supported by a central vertical line and a horizontal line at the bottom.

Kuva 11: Laskentaohjelman lähtötietosivulle syötetään tilanteen mukaiset lähtötiedot punaisella korostettuihin kohtiin. (Oskari Viiliäinen)

Työmaan tilanteen mukaiset lähtötiedot syötetään laskentaohjelman punaisella ilmoittamiin kohtiin kuvan 11 mukaisesti. Yllä olevassa tilanteessa ontelolaatan laattatyyppi on valittu 320 mm korkea ontelolaatta. Ohjelmaan syötetään seuraavaksi ontelolaataston päälle lopputilanteessa vaikuttavat pysyvät ja hyötykuormat jotka tässä tilanteessa ovat 4 kN/m^2 sekä 2.5 kN/m^2 sekä liian lyhyen laatan pituus sekä kuvan 11 mukainen mitta L2, joka kuvaa pituutta jonka laatta on liian lyhyt.

Leikkauskestävyys							
Betoni		C25/30					
	$C_{Rd,c}$	0.12		$0.18/\gamma_c$			
Poikkileikkauksen korkeus	d	254	mm				
	k	1.89		$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$		(EC 2 osa 1-1 (6.2.2))	
Umpeenvalettavien onteloiden kplmäärä	b_w	2					
		458	mm				
Käytettävä teräs ja terästen kplmäärä	A_{sl}	2 T12					
		226	mm ²				
Minimi teräsmäärä	$A_{s,min}$	155	mm ²				
		OK		$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d$, mutta vähintään 0,0013 $b_t d$			
	ρ_l	0.0019				(EC 2 osa 1-1 (6.2.2))	
Betonin lieriölujuus	f_{ck}	25	MPa	$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0.02$			
	k_1	0.15					
	σ_{cp}	0		$\sigma_{m0} = \frac{N_{Ed}}{A_{c0}} < 0.2 f_{cd}$ [MPa]		normaalivoima=0	
Vmin		0.45	N	$V_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$		(EC 2 osa 1-1 (6.2.2))	
Kapasiteetti	$V_{Rd,c}$	52.79	kN	$V_{Rd,c,min} = (V_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$		(EC 2 osa 1-1 (6.2a))	
		OK		$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{cd})^{1/4} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$		(EC 2 osa 1-1 (6.2b))	

Kuva 12: Laskentaohjelman leikkauskestävyyden laskenta sivu. (Oskari Viiliäinen)

Seuraavaksi siirrytään laskentaohjelman seuraavalle sivulle joka laskee kohdan 3.3 mukaisesti ontelolaatan pään leikkauskestävyyden sekä tarvittavat teräsmäärät. Tälle sivulle syötetään ankkurointiin käytettävän betonin lujuus, umpeen valettavien onteloiden kappalemäärä b_w sekä käytettävien terästen koko ja kappalemäärä A_{sl} . Tässä tilanteessa nelionteloisen O32 ontelolaatan umpeenvalettavien onteloiden kappalemääräksi valittiin kaksi sekä teräsmääräksi yksi kappale halkaisijaltaan 12mm paksuja harjateräket. Syötettyjen arvojen jälkeen ohjelma laskee ankkuroitavan ontelolaatan pään leikkauskapasiteetin jota verrataan kuvan 11 mukaiseen leikkausvoimaan mitoittavassa pisteessä, joka sijaitsee mitan L2 matkan päässä ankkuroitavalta tuelta.

Lenkin mitoitus							
	θ	35	°				
	α	90	°				
	z	0.2286	m				
Leikkausvoimasta V_{ed} pääraudoitukseen aiheutuva lisävetovoima	ΔF_{td}	38.84		$\Delta F_{td} = 0,5V_{td}(\cot\theta - \cot\alpha)$	(EC 2 osa 1-1 (6.18))		
Maksimi momentti	M_{max}	95.18	kNm				
Maksimi vetovoima	F_{max}	416	kN				
Ontelolaatan kuormat/m		15.54	kN/m				
Leikkausvoima ontelolaatan päässä	V_{ed}	52.06	kN	$V_{ed} = (g_{kh} L_2) - V_{ed, Max} $			
Momentti ontelolaatan päässä	M_{ed}	7.98	kNm				
Vetovoima	F_{ed}	73.76	kN	$F_{ed} = \left(\frac{M_{ed}}{z}\right) + \Delta F_{td}$			
Lenkkien kapasiteetti	F_{rd}	98.26	kN	$F_{rd} = f_{yd} * A_{sl}$			
		OK					
Geometrinen Raudoitussuhde	ρ_1	0.0019		$\omega = \rho_1 * \frac{f_{yd}}{\eta f_{cd}}$			
Mekaaninen raudoitussuhde	ω	0.0596					
Suhteellinen momentti	μ	0.0578		$\mu = \frac{M_{ed}}{\eta f_{cd} b d^2}$	(by 211 (21/5))		
Lenkkien momenttikestävyys	M_{rd}	24.21	kNm	$M_{rd} = \mu b d^2 \eta f_{cd}$	(by 211 (30/5))		
		OK					

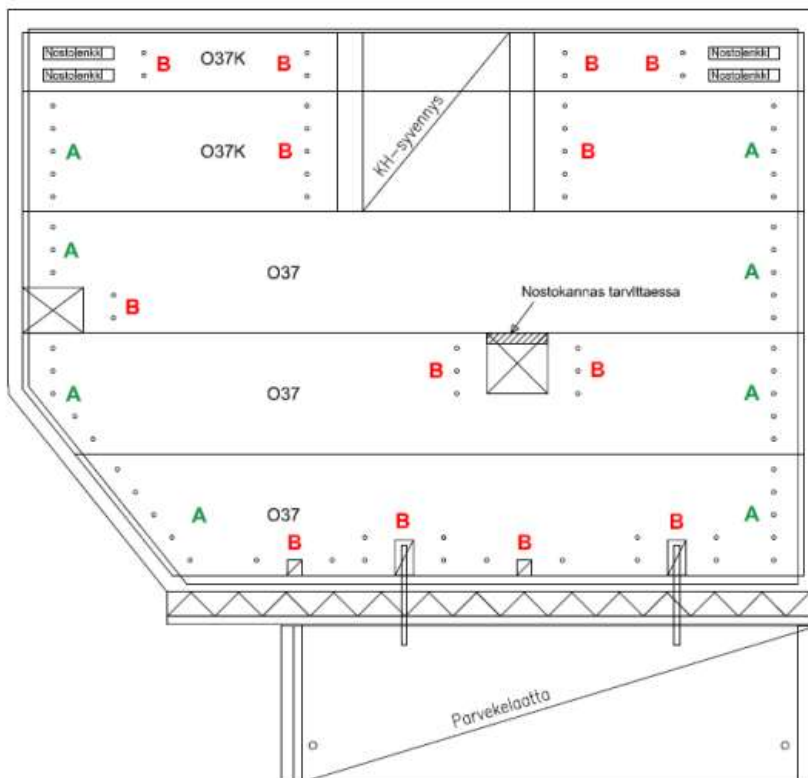
Kuva 13: Laskentaohjelman leikkauskestävyyden laskenta sivu. (Oskari Viiliäinen)

Leikkauskapasiteetin laskennan jälkeen ohjelma tarkastelee ankkuroitavaien terästen veto sekä momenttikestävyyden kohdan 3.3 kaavojen mukaisesti, joissa lenkkien vetokapasiteetti $F_{rd} >$ teräsiin kohdistuva vetovoima F_{ed} sekä lenkkien momenttikestävyys $M_{rd} >$ momentti ontelolaatan päässä M_{ed} . Kun laskettu teräsmäärä on saatu laskettua, voidaan tehdä kuvan 8 mukainen korjaussuunnitelma käyttäen laskennasta saatuja teräksiä.

4. Pakkasvauriot.

4.1 Pakkasvaurio

Pakkasvaurio syntyy, kun ontelolaatan pituussuuntainen ontelo on täytynyt rakennusaikaisesta vedestä, joka ei ole päässyt poistumaan, puutteellisten tai tukkeutuneiden vedenpoistoreikien takia ontelolaatan ontelosta. Jäätyessään onteloon jäänyt vesi laajenee ja aiheuttaa ontelolaatan vaurioitumisen, joko aiheuttamalla halkeamia tai lohkaisemalla ontelolaattoja osan ylä- tai alakannesta.



Kuva 14 Ontelolaatan vesireiät (Betset ontelolaattojen vesireikäohje)

Ontelolaattoihin tehdään tehtaalla vedenpoistoreiät, kuten kuvassa 11 esitetty tunnuksella A esitettyihin paikkoihin (500–1400 mm laatan päästä). Työmaan tehtäväksi jää kuvassa tunnuksella B merkityt vesireiät. Työmaalla tehtäviksi rei'iksi jää kaikkien varausten ja valuosien jälkeen tehtävät reiät, jotka estävät saumavalujen jälkeen veden poistumisen ontelolaatan onteloiden päätyjen vesirei'istä. Työmaan vastuulla on myös pitää vesireiät auki, jotta vesi pääsee poistumaan onteloista.



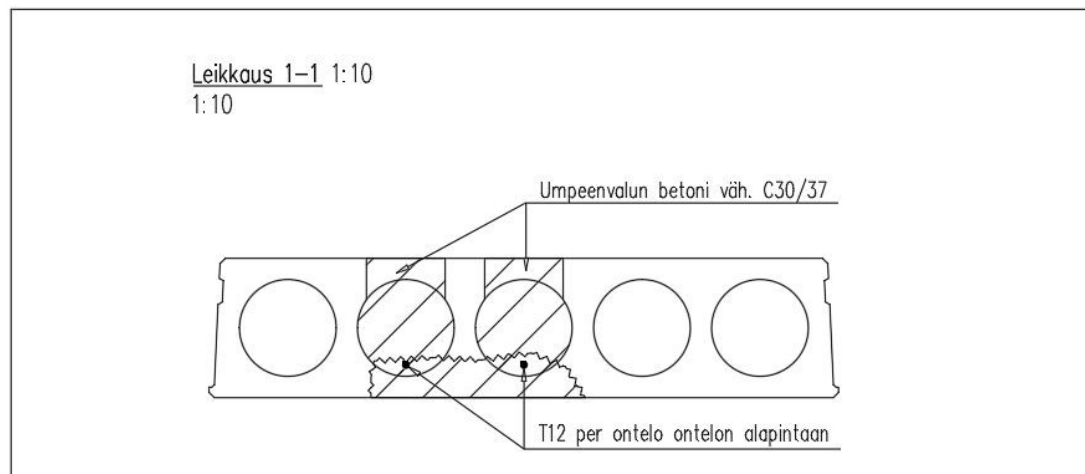
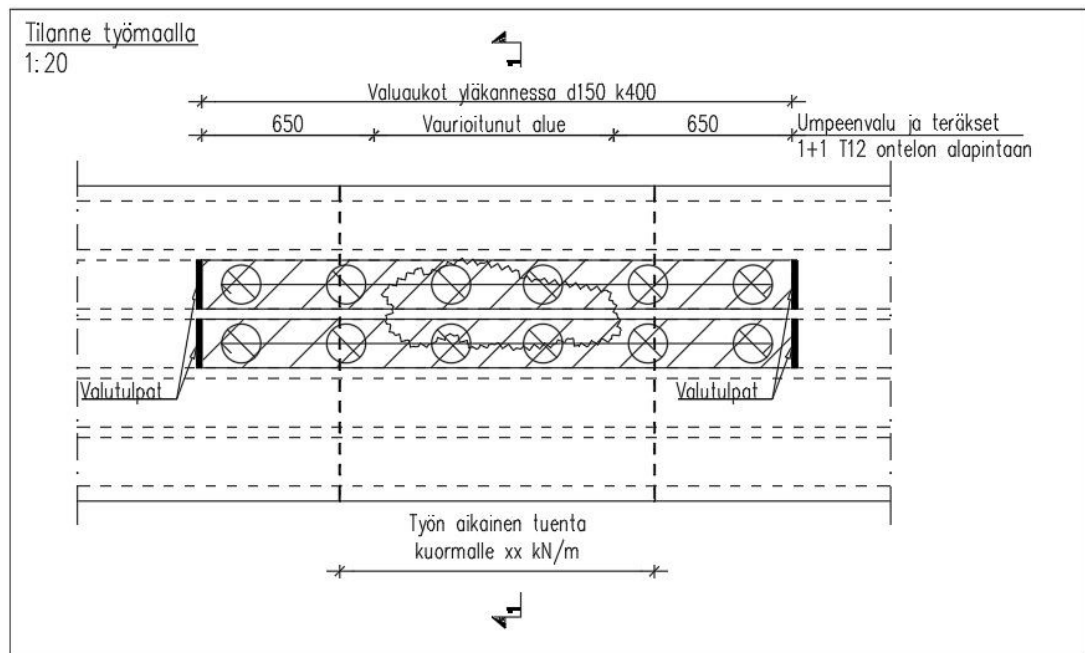
Kuva 15 Tukkeutuneiden tai puuttuvien vedenpoistoreikien aiheuttama halkeama ontelolaatan alapinnassa. (Kohteen lähtötiedot Insinööritoimisto SRT:n arkistosta.)



Kuva 16 Puuttuvien vedenpoistoreikien aiheuttamat vauriot ontelolaattojen alapinnassa. (Kohteen lähtötiedot Insinööritoimisto SRT:n arkistosta.)

4.2 Pakkasvaurion korjaus

Pakkasvaurion korjauksessa ja korjauksen suunnittelussa täytyy tietää kuinka laajasta vauriosta on kyse. Tällaisesta vauriosta on aina ilmoitettava punostajalle, joka laatii korjaussuunnitelman kyseisen vaurion korjaukseen. Pääsääntöisesti pakkasvaurioitunut laatta korjataan seuraavasti: Ontelolaatta tuetaan vaurion molemmin puolin ontelolaatan kantosuunnassa. Tuennan jälkeen ontelossa oleva jää täytyy saada pois, joten se täytyy sulattaa ja kuivattaa pois. Kun jää ja vesi on saatu onteloista pois, tulee kaikki irtonainen betoni poistaa vaurioituneelta alueelta. Vaurioalueen kuivattua tehdään valuaukkoja laatan kanteen onteloiden kohdille uumia vaurioittamatta. Korjauksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon umpeen valettavan alueen betonista johtuva lisäpaino. Mikäli laatan kapasiteetti ylittyy umpeenvalusta johtuvan lisäkuorman seurauksena on vaurioitunutta laattaa mahdollista vahvistaa ontelon alareunaan sijoitettavilla harjaterästangoilla. Mahdollisen lisäraudoituksen jälkeen laatan alapuoli muotitetaan ja onteloihin työnnetään valutulpat reilusti vaurioituneesta alueesta ehjään onteloon. Mikäli vaurio on lähellä laatan päätä, nostolenkin umpeenvalua tai voimansiirtopalkkia, tulee umpeenvalu ulottaa aina näihin saakka. Ennen valun aloittamista tulee ontelon pinnat puhdistaa liasta ja pölystä parhaan tartunnan saavuttamiseksi. Valun aikana tulee huolehtia, että umpeenvalettavat ontelot täyttyvät kokonaan, ja että betonin kovettumisen ajan lämpötilan on oltava yli +5°C. Tuennan voi poistaa, kun betoni on saavuttanut korjaussuunnittelussa vaaditun lujuuden.



Kuva 17 Ontelolaatan alapinnassa sijaitsevan pakkasvaurion korjausperiaate. (Oskari Viiliäinen)

5. Työmaalla tehtävät varaukset.

5.1 Tilanne

Joskus rakennusvaiheessa huomataan, että ontelolaatoissa jo tehtaalla tehdyt varaukset ovat joko väärässä paikassa tai ilmenee tarve tehdä laattoihin lisävarauksia. Betoniteollisuus ry:n ontelolaataston suunnitteluohjeen rei'itysohjeen mukaisesti voi työmaalla onteloon sijoittuvia, uumia ja jännepunoksia katkaisemattomia pieniä varauksia tehdä. Mikäli jälkikäteen tehtävät varaukset ylittävät suunnitteluohjeen raja-arvot, tai jos uudet varaukset katkovat kannaksia sekä niiden kohdalla sijaitsevia jännepunoksia, tulee olla yhteydessä ontelolaataston punossuunnittelijaan.

5.2 Työmaalla tehtävät reiät

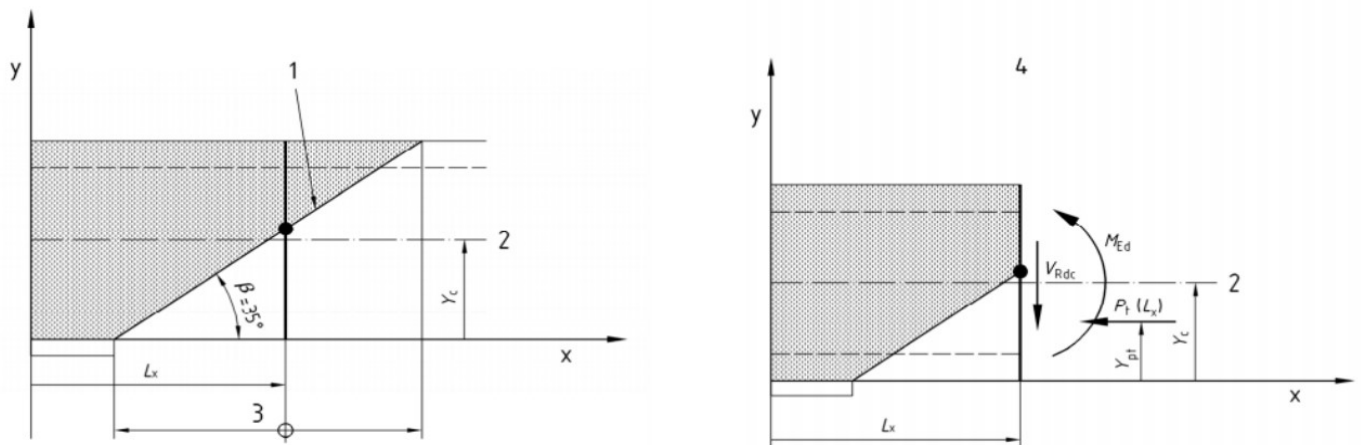
Ontelolaattoja punostaessa raudoittaja on saattanut merkata osan laattojen varauksista nostokannaksiksi. Tämä merkintä tarkoittaa, että reikä on jätetty tehtaalla tekemättömäksi turvallisen noston sekä kuljetuksen ja asennuksen takaamiseksi. Tällaiset varaukset voi huoletta tehdä työmaalla jälkikäteen saumavalun kovetuttua.

Mikäli reikää ei ole alkuperäisissä suunnitelmissa ollut, vaan on tullut tarve kokonaan uudelle varaukselle jälkikäteen, tulee ennen varauksen tekoa varmistaa ontelolaattojen punostajalta onko varauksen teko kyseiseen paikkaan sallittu. Jälkikäteen tehtävien varausten teossa on kuitenkin otettava huomioon ontelolaattojen suunnitteluohjeen mukaiset rajoitteet.

5.3 SUR (sähköura)

SUR eli sähköputkivaraus on maksimissaan 150 mm pitkä ja 50 mm, syvä laatan päässä sijaitseva varaus. Mikäli rakennusvaiheessa huomataan tarve tehdä sähköura varaus jälkikäteen, on tämä usein mahdollista. Tällöin on kuitenkin erittäin tärkeä, että pysytään ontelolaataston suunnitteluohjeen mukaisissa mitoissa. Työohjeen jälkikäteen tehtävälle sähköputkivaraukselle tekee aina laataston punossuunnittelija.

Ontelolaatan kapasiteettiin sähköputkiura ei vaikuta. Ontelolaatan leikkauskestävyyden kriittinen piste sijaitsee tuen etureunasta kulmassa $\beta = 35^\circ$ piirretyllä viivalla vaaka-akseliin nähden. Voidaan siis olettaa, että pyöreäonteloissa laatoissa mitoittava piste sijaitsee laatan uuman kapeimmassa kohdassa. Laatoissa, joissa uumat ovat tasaleveitä, mitoittava piste voidaan olettaa sijaitsevan lähellä uuman tasapaksun osan alareunaa kuten kuvassa 18 on esitetty. Tällöin kyseinen varaus sijaitsee mitoittavan pisteen ulkopuolella eikä vaikuta laatan kapasiteettiin. (SFS-EN1168 Betonivalmisosat. Ontelolaatat., 2012 s. 15)



Kuva 18 Ontelolaatan leikkausvoiman kriittinen piste, sekä siinä vaikuttavat voimasuureet (SFSEN1168 Betonivalmisosat. Ontelolaatat., 2012 s. 16)

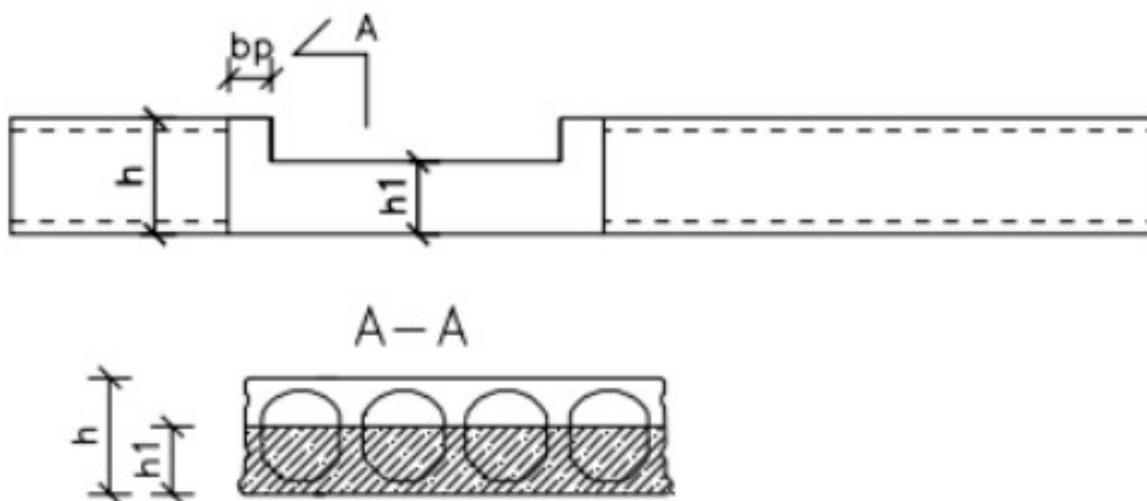
Kuvan 18 selitteet sekä voimasuureet ovat

- 1 murtolinja
- 2 painopisteakselin korkeus
- 3 tarkasteltava poikkileikkaus
- 4 voimat tarkasteltavassa poikkileikkauksessa, jotka ovat
- M_{Ed} tarkasteltava kohdan mitoittava taivutusmomentti
- P_t punosten aiheuttama normaalivoima pituudella L_x
- V_{Rdc} kriittisen pisteen leikkausvoimakapasiteetti

5.4 VUR ja kylpyhuonesyvennys

Kylpyhuonesyvennykset ovat tehtaalla laattoihin ”tampattuja” syvennyksiä. Nämä syvennykset mahdollistavat talotekniikan asennuksen syvennyksiin, jonka jälkeen syvennys on mahdollista valaa umpeen. Kylpyhuonesyvennyksiin on myös mahdollista asentaa valmiita kylpyhuone-elementtejä, joka vähentää työmaan tehtäviä. Kylpyhuonesyvennyksiä on mahdollista tehdä mihin kohtaan ontelolaattaa tahansa. Kolotun laatan kapasiteetti on kuitenkin huomattavasti ehjää laattaa pienempi, jolloin tampatut laatat vaativat enemmän punoksia, eikä tampatuilla laatoilla saavuteta yhtä pitkiä jännevälejä, kuin ehjillä laatoilla.

Kylpyhuonesyvennys koostuu tehtaalla kolotusta syvennyksestä, sekä syvennyksen päissä sijaitsevista umpeen valetuista voimansiirtopalkeista. Kun kolotussa ontelolaatassa laatan poikkileikkaus muuttuu ehjästä profiilista kolottuun, tulee profiilinmuutoksesta aiheutuva puristusvoima saada siirrettyä ehjälle osalle. Mikäli laatussa ei olisi minkäänlaista umpeenvalua poikkileikkausten välillä, siirtyisi kaikki puristusjännitys ontelolaatan ohuille kannaksille. Tämän seurauksena kannakset murtuvat, joka aiheuttaa laatan katkeamisen. Tämä saadaan ratkaistua valamalla tehtaalla ontelot umpeen kolotun osan päistä. Umpeenvalun pituudeksi suositellaan käytettäväksi $b_p \geq h - h_1$, mutta kuitenkin vähintään 200 mm (SFS 7016 Esijännitetyiltä ontelolaatoilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot, 2008 s. 8) Kyseinen pituus on vain ohje, mutta umpeenvalulla tehty voimansiirtopalkki on tärkeä osa kolottua laattaa eikä sitä saisi missään nimessä jättää tekemättä.

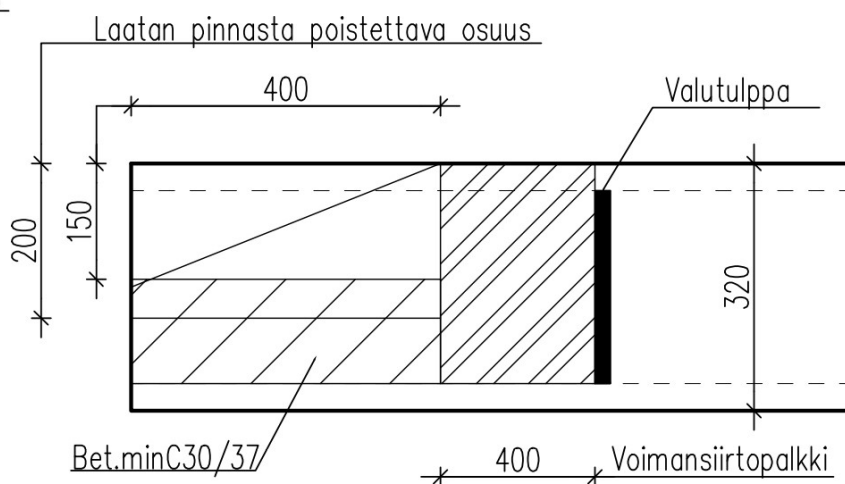


Kuva 19 Kololaatta ja suositeltava umpivalun pituus b_p (SFS 7016 Esijännitetyiltä ontelolaatoilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot, 2008 s. 8)

VUR eli viemäröintiura on koko laatan levyinen ja enintään 400 mm pitkä ontelolaatan päässä sijaitseva varaus. Viemäröintiuraa käytetään viemäreiden viemiseksi laataston poikkisuunnassa. Tällaisia pidempiä laataston poikkisuuntaisia syvennyksiä saa tehdä vain laatan päihin. Kuten kylpyhuonesyvennyksessä, myös VUR uran päähän tulee valaa voimansiirtopalkki.

Mikäli työmaalla huomataan tarve tehdä viemäröintiura tai kylpyhuonesyvennys jälkikäteen, on tämä joissain tilanteissa mahdollista. Tällöin tulee tarkastella ehjän laatan kapasiteetti kolottuna laattana. Mikäli ehjän paikalleenasennetun laatan kapasiteetti ei ole riittävä koloukselle, ei kolousta ole mahdollista tehdä. Jos taas laatan kapasiteetin puolesta syvennys on mahdollista toteuttaa, laatii ontelolaattojen punostaja työohjeen syvennyksen tekemiseksi. Kylpyhuonesyvennyksen tai viemäriuran teon ajaksi tulee työstettävät laatat tukea. Laattojen tuennan jälkeen voidaan laatan pinnasta poistaa tarvittava osa. Syvennyksen kohdalta poistettava osa on tärkeä poistaa mahdollisimman hienovaraisesti, jotta laatan alapinta pysyy ehjänä. Lisäksi poisto olisi hyvä tehdä hieman valmiin syvennyksen pinnan alapuolelle, jotta siihen tuleva valu on yhtenäistä. Kun kaikki ylimääräinen osa on saatu poistettua, tulee ontelolaatan pohja ja valualueet puhdistaa huolellisesti epäpuhtauksista, jotta saavutetaan mahdollisimman hyvä tartuntapinta valulle. Tällaisten syvennysten pohja tulee aina valaa umpeen, jotta saadaan tarvittava puristuspinna syvennyksen yläpintaan. On myös tärkeää, että jälkikäteen tehtävissä kylpyhuone- ja viemäröintisyvennysten teossa valetaan voimansiirtopalkit puristusvoiman siirtämiseksi ontelolaatan ehjälle osalle.

Leikkaus 1-1
1:10



Kuva 20 Viemäröintiuran korjausperiaate. (Oskari Viiliäinen)

6.Yhtenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda valmiit korjausohjepohjat Insinööritoimisto SRT Oy:lle sekä saada ontelolaattojen korjaussuunnitteluun laskentatyökalu nopeuttamaan korjaussuunnittelua. Työn tavoitteena oli myös perehdyttää kirjoittajaa syvemmin ontelolaattojen rakenteelliseen toimintaan sekä syventää kirjoittajan ammattitaitoa betonirakenteiden osalta. Opinnäytetyön laajuus pyrittiin pitämään yleisimmissä vaurioissa, sillä kaikkien mahdollisten vauriotilanteiden lisääminen työhön olisi ollut todella haasteellista. Minulle itselleni ontelolaattojen vauriotilanteiden tarkastelu sekä niiden korjausohjeiden suunnittelu toivat lisääymmärrystä betonirakentamisen osalta.

Excel laskentaohjelman laatiminen vaati perehtymistä eurokoodiin. Jotta rakentamisen laatu pysyy korkeana, tulee nykypäivän rakennesuunnittelijan osata tulkita eurokoodia oikein. Minulle itselleni opinnäytetyön tekeminen oli opettavaista, sillä siinä joutui perehtymään syvemmin eurokoodin standardeihin. Uskonkin siis, että tulen muistamaan opinnäytetyössä oppimani asiat koko suunnittelu-urani ajan.

Suuret kiitokset Insinööritoimisto SRT Oy:lle, joka toimi opinnäytetyön toimeksiantajana, sekä työnantajana opinnäytetyön ohella. Kiitokset Insinööritoimisto SRT OY: toimitusjohtajalle DI Otto Oksmanille mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta sekä esimiestäni RI Tommi Auvista Arvokkaasta ja ammattitaitoisesta ohjauksesta ja kommentoinnista työn ohella. Haluan myös kiittää Savonia-ammattikorkeakoulua sekä erityisesti rakennetekniikan yliopettaja TKT Arto Puurulaa hyvästä opetuksesta sekä opinnäytetyön ohjaamisesta.

LÄHTEET

Ontelolaataston suunnitteluohje betoniteollisuus ry 21.05.2012. [viitattu 6.4.2022]

<https://betset.fi/wp-content/uploads/2021/02/Betset-Ontelolaattojen-suunnitteluohje.pdf> [viitattu 27.3.2022]

Yritysvierailu Betset kyyjärvi 11.11.2021

Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja – osa 1 2013 [viitattu 8.7.2022]

Insinööritoimisto SRT Oy:n arkistot.