

Minna Sarjanoja

ONTELOLAATTATASON SUUNNITTELUOHJE

ONTELOLAATTATASON SUUNNITTELUOHJE

Minna Sarjanoja
Opinnäytetyö
Syksy 2023
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Minna Sarjanoja

Opinnäytetyön nimi: Ontelolaattatason suunnitteluohje

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Designing Instructions for Hollow Core Slab

Työn ohjaaja: Antti Ukonmaanaho

Työn valmistusluku ja -vuosi: Syksy 2023

Sivumäärä: 33

Suomalaisessa rakentamisessa eniten käytössä oleva laattaelementti on ontelolaatta. Ne ovat esijännitettyjä betonielementtejä, joita käytetään ala-, väli-, ja yläpohjissa. Käyttökohteina ovat teollisuusrakennusten lisäksi asuintalot ja liike- ja toimistorakennukset. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä ontelolaattatason suunnitteluun ja koota aiheesta suunnitteluohje, joka helpottaisi jatkossa niiden suunnittelua.

Ohjeen laatimiseksi pidettiin palaveri, jossa kerättiin tietoa siitä mitä ohjeessa olisi hyvä käsitellä. Sen jälkeen perehdyttiin ontelolaattojen suunnitteluun liittyviin normeihin ja käytänteisiin, sekä käytiin läpi myös ontelolaattavalmistajien ohjeistukset. Näiden pohjalta suunnitteluohjetta alettiin laatimaan. Työn teoriaosuuteen koottiin tietoja ontelolaattatyypeistä, rei'ityksistä ja suunnitteluprosessin etenemisestä. Sen lisäksi siinä käsiteltiin laataston levyvaikutusta, tuentaa, liitoksia ja raudoituksia.

Työssä saatiin laadittua suunnitteluohje ontelolaattatason suunnitteluun, johon on kerätty olennaisimmat tiedot rakennesuunnittelijan näkökulmasta. Ohjeessa on myös esimerkkidokumenteja tarvittavista piirustuksista. Suunnitteluohjetta voidaan käyttää apuna tulevilla projekteilla, joissa suunnitellaan ontelolaattoja.

Avainsanat: Elementtisuunnittelu, ontelolaatta, suunnitteluohje, rakennesuunnittelu, laattaelementti

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering

Author: Minna Sarjanoja
Title of thesis: Designing Instructions for Hollow Core Slab
Supervisor: Antti Ukonmaanaho
Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2023
Number of pages: 33

The most used precast slab in Finnish constructions is the hollow core slab. They are prestressed concrete elements that are used in the base floor, intermediate floor, and roof. They are used in residential buildings, industrial buildings and commercial- and office buildings. The aim of the thesis was to make a design instruction for hollow core slabs.

At first, information was collected that would be good to have in the instructions. After that, the norms and standards for hollow core slabs were studied. On the basis of these, a design instruction was drawn up. In the theoretical part of the thesis, information was gathered on the types of hollow core slabs, perforations, and the progress of the design process. In addition to that, the plate effect of the slab, support, joints, and reinforcements was explained.

The work resulted in a design instruction for a hollow core slab, where the most essential information from the structural designer's point of view has been collected. The instruction also has example drawings. In future projects where hollow core slabs are designed, this design instruction can be used.

Keywords: Element design, hollow core slab, design guide, structural design, slab element

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	ONTELOLAATTA	7
2.1	Yleistä	7
2.2	Laattatyypit.....	8
2.3	Kavennetut laatat	9
2.4	Reiitykset.....	10
3	ONTELOLAATTATASON SUUNNITTELU	13
3.1	Suunnittelijaosapuolet ja osapuolten tehtävät	13
3.2	Suunnitteluprosessin eteneminen	13
3.2.1	Esivalinta.....	14
3.2.2	Laattajaon suunnittelu.....	14
3.3	Laataston levytoiminta.....	15
3.4	Tuenta	16
3.4.1	Ontelolaatan tukeutuminen palkille	16
3.4.2	Taipumaton tuki	17
3.5	Liitokset	18
3.6	Raudoitukset	19
3.6.1	Rengasraudoitukset.....	20
3.6.2	Saumaraudoitukset.....	23
3.6.3	Vaakasuuntaiset pilari- ja seinäsiteet.....	27
3.6.4	Pystysiteet.....	28
4	SUUNNITTELUOHJEEN LAATIMINEN.....	30
5	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET.....	32

1 JOHDANTO

Elementtirakenteet ovat tehdasoloissa valmistettuja esivalmisteisia osia. Elementtejä käyttämällä saavutetaan monenlaisia etuja paikalla valettuihin rakenteisiin verrattuna. Laattaelementtien kohdalla näitä ovat esimerkiksi rakentamisen nopeus, muottityön ja tukemisen vähyys sekä valmiin työtason aikaan saaminen varhaisessa vaiheessa. Laattaelementtityyppejä on useita, mutta suomalaisessa rakentamisessa eniten on käytössä ontelolaatta. Ontelolaatat ovat esijännitettyjä betonivalmisteosia, joiden käyttö mahdollistaa pitkät jännevälit ja niiden avulla rakennuksista saadaan muunneltavia ja monikäyttöisiä. (1, s. 542.)

Työn tavoitteena on laatia ontelolaattatason suunnitteluohje rakennesuunnittelijoille. Tarkoituksena on kerätä ontelolaattatason suunnitteluun liittyviä asioita yhdeksi ohjeeksi, josta ne ovat helposti löydettävissä. Tämä tehdään perehtymällä ontelolaattoja koskeviin standardeihin, normeihin ja suunnittelusääntöihin. Työn tilaajana on AFRY Finland Oy. AFRY on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultaatioyritys, joka toimii energia-, teollisuus ja infra-alalla.

2 ONTELOLAATTA

2.1 Yleistä

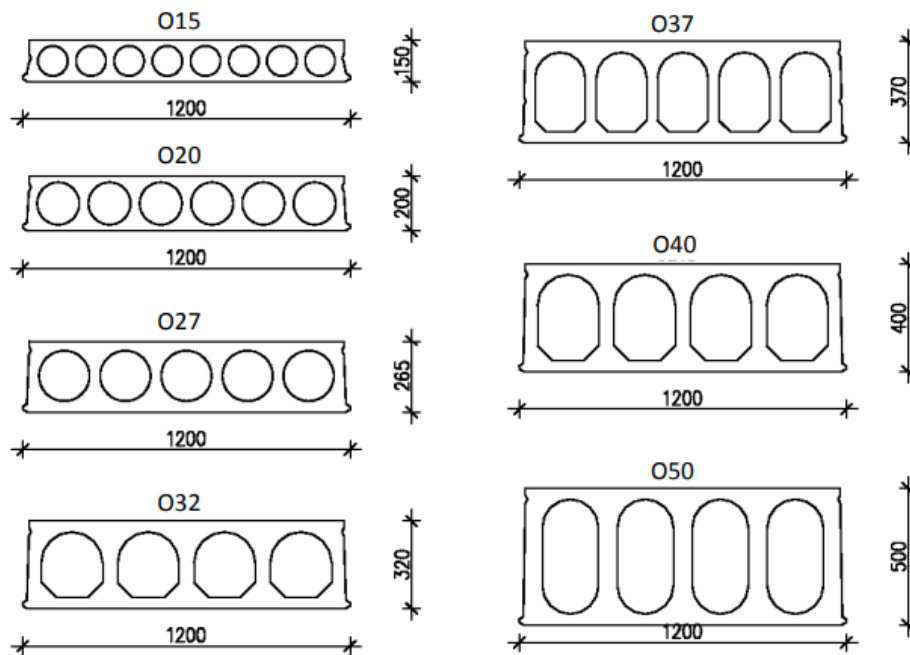
Ontelolaatta (kuva 1) on esijännitetty laattaelementti, jota käytetään betonirunkoisten rakennusten ala-, väli- ja yläpohjissa. Laattoja keventää pituussuuntaiset ontelot, joiden korkeus, määrä ja muoto vaihtelevat ontelolaatan korkeuden mukaan. Ne kuuluvat yleisimpiin rakennuselementteihin ja soveltuvat käytettäväksi niin asuin-, liike-, kuin teollisuusrakennuksissa. Ontelolaatat valmistetaan liukuvalamalla ne pitkien teräsvalualustojen päälle. Valualustojen päissä on pukit teräspunoksia varten. Punokset esijännitetään ja laattalinja valetaan päästä päähän valukoneella. Kun betoni on kovettunut, punoksien jännitys laukaistaan ja laattalinja sahataan halutun pituisiksi tuotteiksi. (1; 2, s. 685.)



KUVA 1. Ontelolaatta (3.)

2.2 Laattatyypit

Ontelolaattojen perusvalikoimaan kuuluu seitsemänlaisia laattoja (kuva 2). Niitä valmistetaan 150, 200, 265, 320, 370, 400 ja 500 millimetrin korkuisina. Vakioleveys laatoille on 1200 mm. Perusvalikoimassa ja mitoissa voi olla eroja eri laattavalmistajien välillä.



KUVA 2. Ontelolaattatyypit (2.)

Laattatyypin valinta tehdään pääsääntöisesti kantavuuden perusteella. Kantokyky paranee laatan paksuuden kasvaessa taulukon 1 mukaisesti. Käyttökohteet vaihtelevat laattatyypistä riippuen.

TAULUKKO 1. Ontelolaattatyyppejen ominaisuuksia. (2.)

LAATTATYYPPI	LAATAN KORKEUS [mm]	ELEMENTIN PAINO [kg/m ²]	PAINO SAUMATTUNA [kg/m ²]	VÄHIMMÄISTUKIPINTA [mm]	MAKSIMIJÄNNEVÄLI [m]
O15	150	205	215	60	7,0
O20	200	245	260	60	11,0
O27	265	360	380	60	13,5
O32	320	380	400	60	16,0
O37	370	485	510	60	14,0
O40	400	435	465	100	18,5
O50	500	560	600	100	20,0

Edellä mainittujen perustyyppien lisäksi ontelolaattojen käyttöä voidaan monipuolistaa valmistamalla niistä erikoislaattoja. Näitä ovat esimerkiksi palolaatat, kylpyhuonelaatat, eristetyt laatat ja ulokelaatat. Ontelolaattojen perustyyppien palonkestävyys on tavallisesti REI60, mutta korkeamman palonkestoluokan voi saavuttaa käyttämällä palolaattoja tai lisäämällä alapintaan paloeristeen. Kylpyhuonelaattoihin on lisätty syvennyksiä kallistusvaluja ja talotekniikan asennuksia varten. Eristettyjä ontelolaattoja käytetään alapohjissa ja niitä voidaan valmistaa kaikista perustyypeistä. Ontelolaatoissa punokset sijaitsevat pääsääntöisesti alapinnassa, mutta tarvittaessa punostus voidaan sijoittaa myös yläpintaan, mikä mahdollistaa ontelolaatan käyttämisen ulokkeena. (2; 3, s. 15.)

2.3 Kavennetut laatat

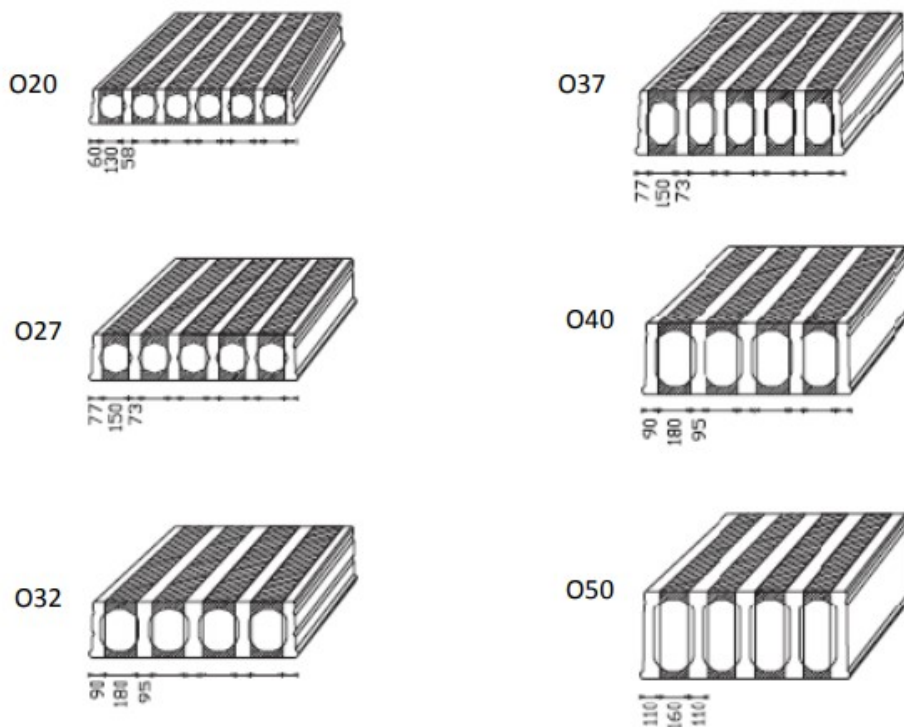
Ontelolaatatot pyritään suunnittelemaan niin, että vakiolevyisiä eli 1200 mm leveitä laattoja käytetään mahdollisimman paljon. Kuitenkin jos rakenne niin vaatii, laattoja voidaan myös kaventaa. Kavennus tulee aina tehdä onteloiden kohdalta ja kavennettuun laattaan tulee jäädä kaksi ehjää kannasta. Kavennuksia tehdessä olisi hyvä pyrkiä siihen, että molemmat puolet laatasta voitaisiin hyödyntää. Laatastossa kavennettujen ontelolaattojen sijainti kannattaa

suunnitella reuna-alueelle niin, että sahattu laatan reuna on sijoitettu laataston reunalle väli- tai ulkoseinän viereen. (2.)

2.4 Rei'itykset

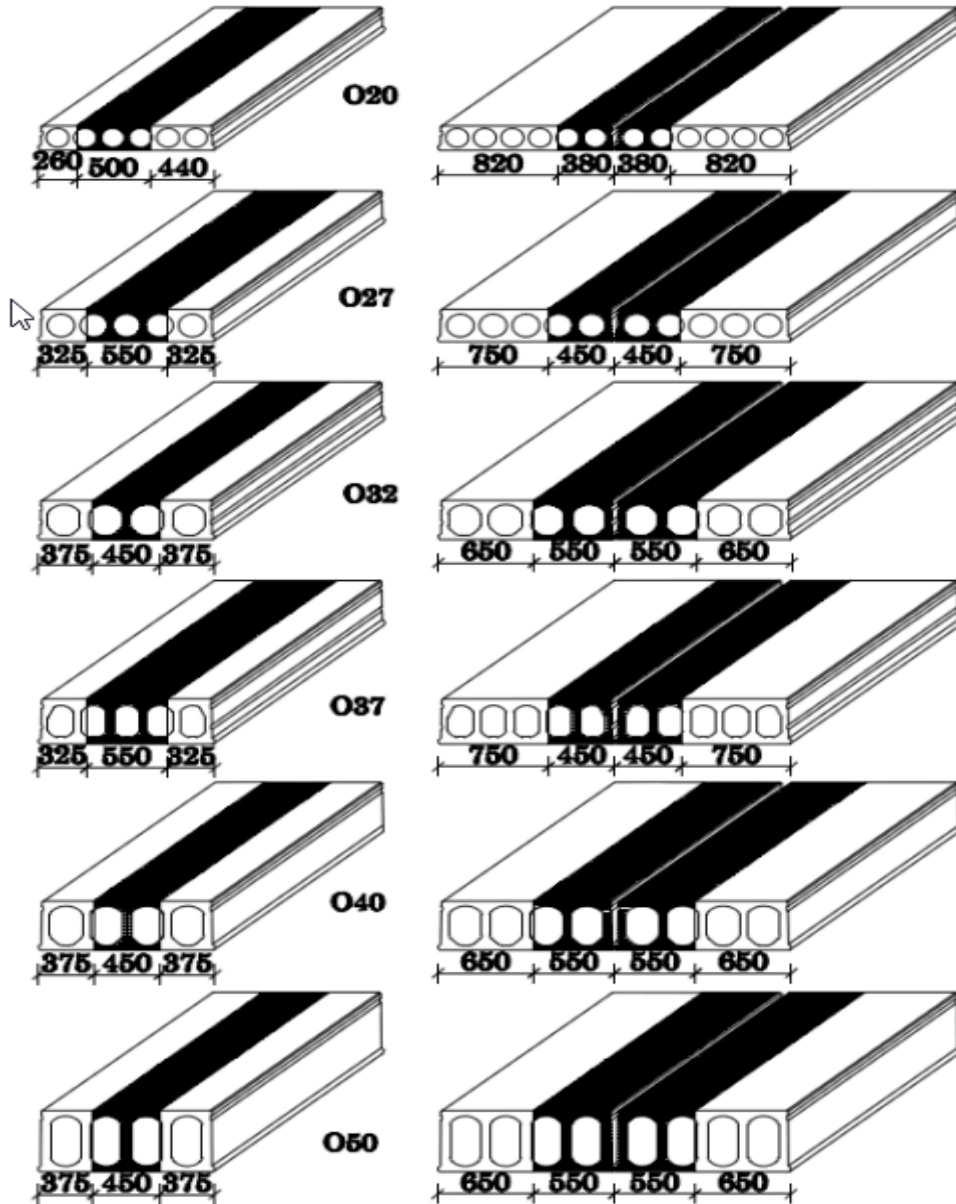
Ontelolaattaan tulevat aukot on suunniteltava rei'itysohjeiden mukaisesti. Laattoihin tehtävillä rei'illä on vaikutuksia laatan kapasiteettiin ja rei'itysohjeiden tarkoitus on varmistaa ontelolaattojen turvallinen käsittely niin tehtaalla kuin työmaalla. (4.)

Onteloiden kohdalle reikiä voidaan tehdä vapaasti. Näiden reikien suurin koko vaihtelee laattatyypin mukaan ja ne on esitetty kuvassa 3. Poikkileikkaukseltaan alle 150 mm aukot suositellaan tehtäväksi työmaalla. (4.)



KUVA 3. Onteloiden kohdalle tulevien reikien sallitut koot (4.)

Suuremmat reiät tehdään yleensä elementtitehtaalla. Kuvassa 4 on esitetty rasteroinnilla, mihin kohti reikiä voidaan tehdä ontelolaatan keskellä ja laattojen saumakohdissa. Suositus on, että reiät sijoitetaan niin, että ne katkaisevat mahdollisimman vähän kannaksia onteloiden välissä. Suurin sallittu aukon koko vaihtelee laattatyypin, reiän sijainnin, laatan jännemitan ja kuormitusten mukaan. Tarkemmat ohjeet edellä mainittuihin asioihin löytyy betoniteollisuuden laatimasta ontelolaattojen suunnitteluohjeesta. Jos on tarve tehdä suurempia reikiä kuin ohjeissa on sallittua, se toteutetaan yleensä katkaisemalla laatta ja käyttämällä poikittaisia kannakointiratkaisuja, kuten teräksisiä ontelolaattakannakkeita tai jälkivalupalkkeja aukon reunassa. Lievissä rei'itysohjeistuksen ylityksissä voidaan joissain tapauksissa käyttää nostokannaksia. Ne ovat valetun laatan osia, jotka poistetaan vasta työmaalla laataston saumaamisen jälkeen. (3, s. 24; 4.)



KUVA 4. Suurimmat sallitut reikäkoot laattatyypeittäin (5.)

3 ONTELOLAATTATASON SUUNNITTELU

3.1 Suunnittelijaosapuolet ja osapuolten tehtävät

Rakennesuunnittelija vastaa ontelolaattatason kokonaissuunnittelusta ja laattojen punossuunnittelun tekee elementtivalmistaja. Rakennesuunnittelija määrittää ontelolaattojen mitat, kuormitukset ja niiden jakaantumisen piste- ja viivakuormien osalta, laatastoihin tulevat aukot ja niiden vaikutukset, määrittää saumoihin ja rengasvaluun sijoitettavat raudoitukset sekä tarvittaessa katastrofitilanteiden raudoitukset. Rakennesuunnittelija toimittaa punossuunnittelijoille tarvittavat piirustukset ja seuraavat lähtötiedot:

- seuraamusluokka (CC1, CC2 tai CC3)
- suunnittelukäyttöikä
- rasisusluokka
- palonkestovaatimus
- kuormat; pysyvät kuormat ilman ontelolaatan omapainoa, muuttuvan kuorman kuormaluokka (A,B,C...), kuormissa esitettävä myös neliökuormat ja keskittyneet kuormat
- laattojen geometriatiedot, tukipituudet sekä tuen tyyppi
- ontelolaattoja tukevien palkkien tiedot
- ontelolaataston rakennetyypit ja mahdollisen pintalaatan tiedot

Näiden tietojen pohjalta elementtivalmistaja mitoittaa ontelolaatat ja tekee punossuunnittelun. Lisäksi hän tekee muuta täydennyssuunnittelua kuten määrittää mahdolliset syvät tulpat. (2; 3, s.4.)

3.2 Suunnitteluprosessin eteneminen

Suunnitteluprosessin alku etenee rakennesuunnittelijan näkökulmasta niin, että ensin täytyy tehdä ontelolaattojen esivalinta mitoituskäyrien pohjalta ja suunnitella ontelolaattajakoa kohteeseen aukot ja kuormitusten jakautumiset huomioiden. Laatat voivat tukeutua, joko seinien tai palkkien varaan. Ontelolaattojen tukeutuessa palkkiin tulee varmistaa leikkauskestävyys, sillä

se on silloin usein kriittinen tekijä. Laataston toimiminen kokonaisuutena, liitosten kestävyys ja levyvaikutuksen toteutuminen täytyy myös varmistaa ja suunnitella raudoitukset.

3.2.1 Esivalinta

Ontelolaattojen esivalinta tehdään mitoituskäyrien avulla. Tarvittavaa laatan paksuutta arvioidaan kuormien ja jännevälän pituuden mukaan. Alustavassa suunnittelussa laattaa ei kannata valita aivan täydelle käyttöasteelle, sillä siitä voi seurata ongelmia myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

Mitoituskäyrissä on esitetty ontelolaattojen kantokyky sallittuna hyötykuormana ilman kuormien osavarmuuslukuja. Pysyvän kuorman osuus käytettävästä hyötykuormasta on 15 %. Käyrästä toimivat reiättömille laatoille ja ontelolaataston kestävyys suurille piste- ja viivakuormille on selvitettävä aina erikseen. Eri ontelolaattatyypeille on omat käyränsä eri kuormaluokissa ja käyrät on jaoteltu punosmäärien mukaan. Mitoituskäyrissä on vaihteluita eri valmistajien välillä. (6.)

3.2.2 Laattajaon suunnittelu

Laattajako kannattaa suunnitella niin, että käytetään mahdollisimman paljon vakiolevyisiä 1200 mm leveitä laattoja. Kuitenkin laattojen sijoitus on aina suunniteltava laatastoon tulevien reikien mukaan ja tarvittaessa voidaan käyttää myös kavennettua laattaa. Kavennetussa laatassa tulee olla vähintään kaksi kannasta ja se sijoitetaan yleensä laataston reunaan tai seinän viereen.

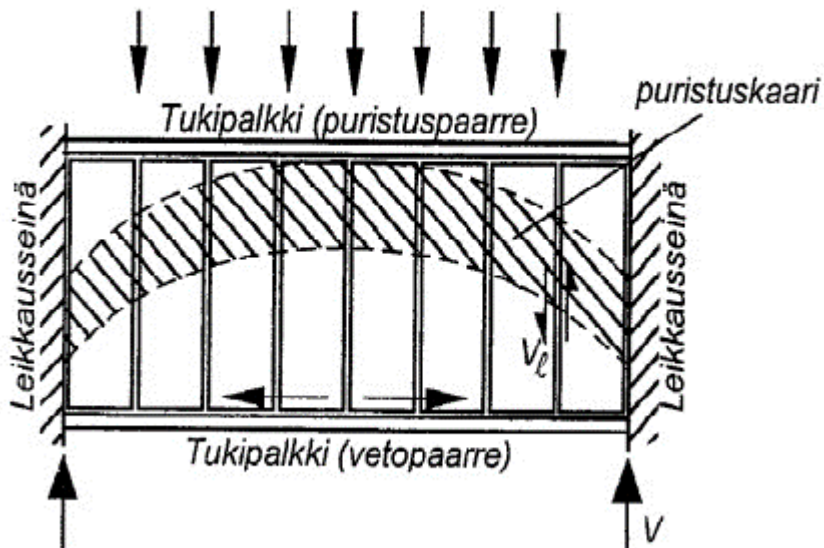
Ontelolaattaan tulevat reiät on suunniteltava rei'itysohjeiden mukaisesti. Nämä ohjeistukset löytyvät kokonaisuudessaan Betoniteollisuus ry:n laatimasta ontelolaattojen suunnitteluohjeesta. Ohjeistuksesta löytyy laattatyypeittäin reikien sallitut koot ja määrät ja miten ne voidaan sijoittaa laattaan ja laatastoon. Ohjeesta löytyy myös esimerkitapauksia, miten laattajako muuttamalla laatastoista saadaan rei'itysohjeiden mukaisia. Reikien toteutuskelpoisuus voidaan myös tarvittaessa varmistaa elementtivalmistajalta ennen punossuunnitteluvaihetta.

Laattajaon suunnittelun jälkeen, rakennesuunnittelija laittaa elementtikaaviot reikäkiertoon myös talotekniikkasuunnittelijoille, jotta he voivat lisätä sinne omat tarvittavat varauksensa. Myös näiden varausten olisi hyvä olla rei'itysohjeiden mukaisia, mikäli se on mahdollista. (3, s.17; 2.)

3.3 Laataston levytoiminta

Yksittäiset ontelolaatat toimivat pääasiassa yhteen suuntaan kantavina yksiaukkoisina laattoina. Saumatut ontelolaatat toimivat kuitenkin yhtenäisenä levymäisenä laattarakenteena. Jotta erilliset ontelolaatat saadaan toimimaan yhtenäisenä laatastona ja levyvaikutus syntyisi, ne täytyy yhdistää rengas- ja saumaraudoituksen avulla levykentäksi. Tätä levykentää tarkastellaan vaakasuorassa tasossa olevana seinämäisenä kannattajana, johon muodostuu puristuskaari ja vetotanko (kuva 5). Levykentän tukina toimivat leikkausseinät ja jäykistystornit. (1, s. 389, 545.)

Laatasto on osa rakennuksen kokonaisjäykistystä ja levyvaikutuksen avulla rakennukseen kohdistuvat vaakavoimat saadaan siirrettyä rungon jäykistysjärjestelmälle. Näitä rakennukseen kohdistuvia vaakavoimia ovat tuulikuorma ja vinoudesta aiheutuva lisävaakavoima. Levyrakenteen toimivuuden kannalta tulee kiinnittää huomiota levyn tukina toimivien leikkausseinän tai jäykistystornin ja laatan liitoksiin, jotta vaakakuormat voivat siirtyä näissä liitoksissa jäykistysrakenteisiin. (7; 8, s. 2; 1, s. 546.)



KUVA 5. Laatastoon muodostuva puristuskaari ja vetopaarre. (1, s.186)

3.4 Tuenta

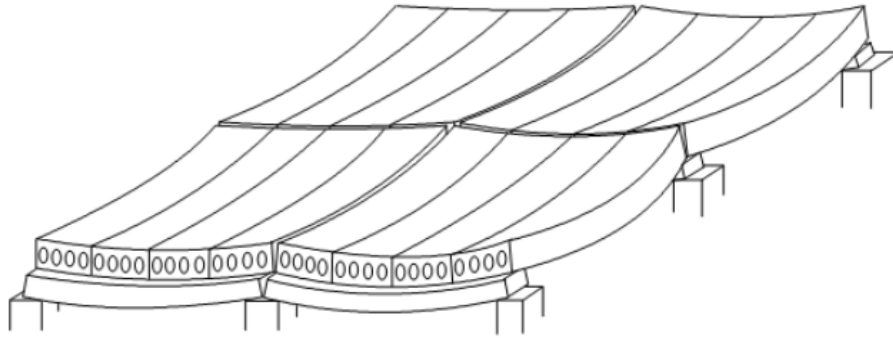
Ontelolaattoja käytetään sekä palkeilta että seiniltä tuettuina. Laatan tukeutuessa palkkiin mitoittavaksi tekijäksi muodostuu yleensä leikkauskestävyys. Seinien päälle tuettuna kriittinen tekijä on puolestaan taivutuskestävyys. (1 s. 543.)

3.4.1 Ontelolaatan tukeutuminen palkille

Ontelolaattojen tukeutuminen taipuisalle tuelle pienentää laattojen leikkauskestävyyttä. Standardin SFS-EN-1168+A2 mukaan tämä täytyy ottaa huomioon laattojen mitoituksessa. Leikkauskestävyys voidaan varmistaa esimerkiksi flexibl-ohjelman avulla. Ohjelma laskee laatan ja matalapalkin yhteistoiminnan betoninormikortti 18EC:n ja eurokoodin mukaisesti. (9, s. 2; 10.)

Laatta ja palkki muodostavat yhdessä liittorakenteen. Liittorakenne syntyy aina, vaikkei sitä laskennallisesti hyödynnettäisikään. Siitä aiheutuu laattojen päihin lisärasituksia, jotka ovat suurimmillaan palkin leikkausvoiman maksimin alueella eli palkin tukien lähellä. Liittovaikutus aikaansaa leikkausvuon, joka aiheuttaa laattojen pystykannaksiin palkin suuntaisen leikkausjännityksen. Siitä seuraa laatan leikkauskestävyyden pieneneminen, joka voi osoittautua laataston mitoittavaksi tekijäksi, koska laataston kantokyky määräytyy ensin murtuvien laattojen mukaan. (2; 9, s. 2.)

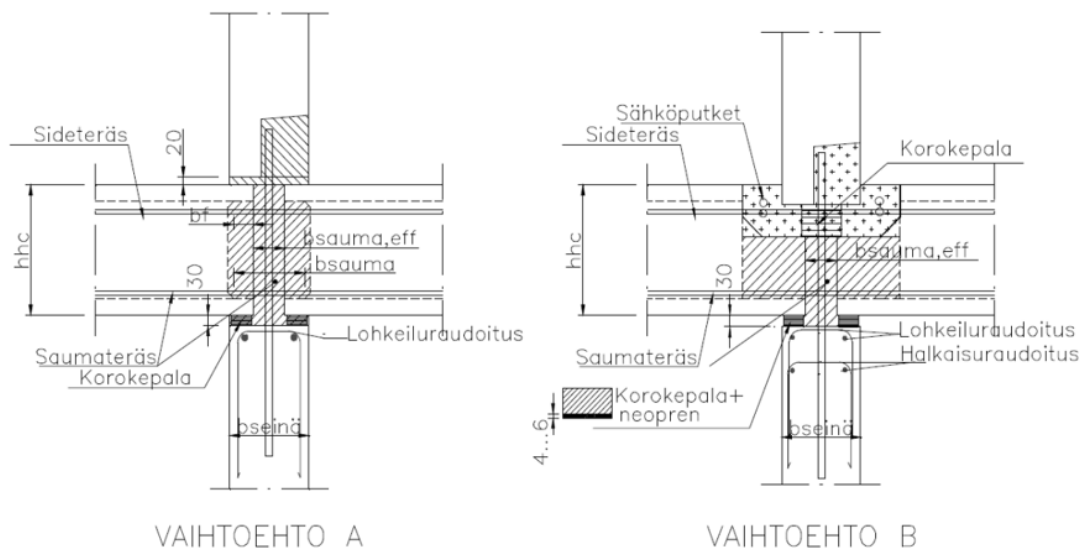
Liittorakenteen aiheuttaman lisärasituksen suuruuteen vaikuttaa muun muassa palkkien jäykkyys, jänneväli, kuormitustapa sekä tartunta palkin ja ontelolaatan pään välillä. Leikkauskestävyyttä voidaan parantaa paikalla valettavan pintalaatan avulla tai syviä tulppauksia käyttämällä. Tulppauksien tarpeellisuuden arviointi ja mitoitus kuuluu punossuunnittelijan tehtäviin. Pintalaatta lisää liittovaikutuksesta syntyvää palkin leikkausvuota, koska se kasvattaa tehollisen yläkuoren paksuutta. Pintalaatan pienin laattojen suuntainen rauditus, joka lisää laattojen leikkauskestävyyttä on $130 \text{ mm}^2/\text{m}$, mutta siinä on vähintään käytettävä SFS-EN-1992-1-1 kohdan 9.2.1.1 mukaista laatan minimiraudoitusta. (3, s. 36; 11.)



KUVA 6. Palkkien varaan tuettujen ontelolaattojen muodonmuutokset. (12, s.6.)

3.4.2 Taipumaton tuki

Betoninormikortti 27EC esittelee kaksi eri vaihtoehtoa raskaasti kuormitetun ontelolaatta-seinäliitoksen toteuttamiseen (kuva 7). Vaihtoehdossa A ontelolaatta asennetaan alemman seinän päälle korokepalojen varaan ja ylempi seinä asennetaan laattojen varaan. Vaihtoehdossa B ontelolaatan pää on lovettu ja ylempi seinäelementti laitetaan laattojen välisen saumavalun päälle korokepalojen varaan. Normikortissa esitetyt liitokset sopivat ontelolaatoille, jonka paksuus on 200-400 mm. (13, s. 1.)



KUVA 7. Liitosvaihtoehdot ontelolaattaseinän liitokselle (13, s. 1.)

Molemmissa liitoksissa laattojen ylä- ja alapuolella on kantavat betoniseinät ja laattojen päiden välit on valettu niin, että juotosbetoni menee onteloihin vähintään 50–60 mm:n verran. Tapauksessa B, jossa laatan pää lovetaan, lovi saa olla enintään 60 mm ja onteloiden täyttövalu saa olla enintään 80 mm seinän ulkopuolella. Loveamattomassa laatassa täyttövalu ei saa mennä seinän ulkopuolelle. Liitoksessa olevien seinäelementtien paksuus tulee olla vähintään 180 mm ja onteloiden väliin jäävän saumavalun leveys 50 mm. Alapuolisen seinän yläreunassa tulee on vaakasuuntainen harjateräs molemmissa nurkissa $\Phi 16$ mm (200 mm^2). Sen lisäksi nurkkaterästen ympäri kiertävät lenkit, vähintään $250 \text{ mm}^2/\text{m}$ ja yläpuolisen seinän alareunassa on oltava lohkeiluraudoitus. (13, s. 1, 5-7.)

3.5 Liitokset

Liitosten suunnittelun lähtökohtana on se, että sen on kestävä kaikki siihen kohdistuvat rasitukset ja toimittava suunnittelulla tavalla (14). Liitosten edellytetään kestävänsä siten myös poikkeukselliset onnettomuus- ja kuormitustilanteet. Tällaisia voivat olla esimerkiksi:

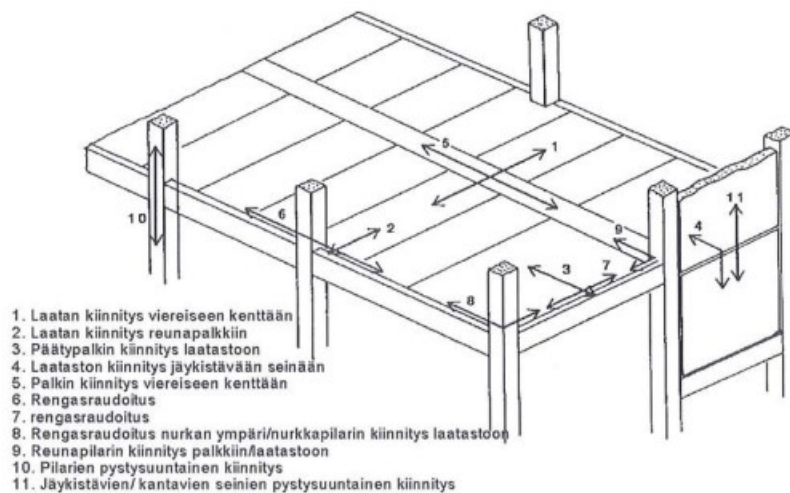
- elementin putoaminen
- törmäystilanteet
- räjähdys
- perustusten painumat
- seurauksiltaan poikkeuksellisen ankara tulipalo
- paikallisen vaurion seurauksena elementin putoaminen alempana olevien rakenteiden päälle
- poikkeuksellinen ylikuorma. (15, s. 2.)

Elementtien väliset liitokset on suunniteltava niin, että paikallisen vaurion syntyessä siitä ei seuraa jatkuvaa sortumaa. Jatkuva sortuma katsotaan estetyksi silloin kun liitokset suunnitellaan seuraamusluokan mukaan SFS-EN 1991-1-7 liitteen A mukaisesti (luku 4). Liitteessä esitetään suunnitteluohjeita, joiden tarkoituksena on varmistaa liitoksille tarvittava sitkeys, jotta rakenne toimii yhtenä kokonaisuutena myös onnettomuustilanteissa ja paikallinen vaurio ei pääse laajenemaan. Tämä edellyttää liitosten raudoitukselta muodonmuutoskykyä. Kun elementtien väliset liitokset tehdään edellä mainitun liitteen mukaisesti ja liitokset mitoitetaan

suunnitteluohjeissa mainituille voimille, erillinen tarkastelu korvaavan rakennesysteemin osalta ei ole tarpeen. (15, s. 13 - 14.)

3.6 Raudoitukset

Eurokoodi edellyttää, että elementtirakenteissa on oltava jatkuvan sortuman estävä sideraudoitus. Sen avulla kuormat voivat siirtyä toista kautta sen jälkeen, jos tulee paikallinen vaurio. Sideraudoituksen vaatimus täyttyy, kun rakenteeseen kuuluu rengasraudoitukset, sisäiset siteet eli saumaraudoitukset, vaakasuuntaiset pilari- tai seinäsiteet ja tarvittaessa pystysiteet. Pilareissa, palkeissa, seinissä tai välipohjissa olevat myös muita tarkoituksia varten laitettut raudoitukset voidaan katsoa osaksi tätä sideraudoitus järjestelmää. Sideraudoitus on rakenteen vähimmäisraudoitus. Muut kuormitustilanteet voivat vaatia enemmän raudoitusta. (16, s. 166.)



KUVA 8. Rakennuksen rungon sidejärjestelmä (15, s. 19.)

3.6.1 Rengasraudoitukset

Rengasraudoitukset ovat laattakentän ympäri kiertäviä teräksiä. Ne estävät laattaelementtien päitä erkanemasta toisistaan ja ottavat vastaan vetorasituksia. Se sijoitetaan ulkoreunaan, maksimissaan 1,2 metrin päähän reunasta jokaiseen väli- ja yläpohjan tasoon. Rengasraudoitukset tulee tehdä jatkuvaksi levyvaikutuksen syntymistä varten ja ankkuroida laataston ulkokehälle. (1, s. 544; 17.)

Rengasraudoituksen on kestettävä vähintään seuraava vetovoima:

$$F_{tie,per} = l_i \cdot q_1 \quad (\text{suositusarvo } q_1 = 10 \text{ kN/m}) \quad (\text{KAAVA 1})$$

kuitenkin niin, että:

$$F_{tie,per} \geq Q_2 \quad (\text{suositusarvo } Q_2 = 70 \text{ kN})$$

missä,

$F_{tie,per}$ vetovoima, joka vaikuttaa rengasraudoituksessa

l_i reunimmaisen jänteen pituus (m)

(16, s. 166.)

Yllä olevat arvot ovat Eurokoodin mukaisia sideraudoituksena toimivien rengasraudoituksen vähimmäisvaatimuksia. Rakennukseen kohdistuvat tuulikuormat, lisävaakavoima ja muut vaakakuormat voivat vaatia lisää raudoitusta silloin kun vaakakuormat ovat suuria tai jos jäykistävien pystyrakenteiden väli toisiinsa on suuri. (8, s. 7.)

Vaakakuormat siirretään jäykistysjärjestelmälle levyvaikutuksen avulla. Levyvaikutuksesta aiheutuu laatastoon seinämäinen kannattaja, jonka tukena toimivat leikkausseinät ja jäykistystorni. Rengasraudoitus on olennainen osa levyvaikutuksen muodostumisessa ja sen tarkoitus on ottaa vastaan vetopaarteeseen tuleva vetovoima. Levykentän momentin aiheuttaman vetovoiman laskenta edellyttää sisäisen momenttivarren z määrittämistä. Se voidaan tehdä taulukon 2 avulla. (1, s. 545.)

TAULUKKO 2. Momenttivarsi vetoraudoituksen laskemista varten. (8, s. 1.)

Momenttivarsi z vetoraudoituksen laskemista varten, L=tukien keskiöväli, h=palkin korkeus, d=palkin tehollinen korkeus		
Tapaus	Mittaehto	z
Staattisesti määrätty rakenne	$1 < L/h < 2$ $L/h \leq 1$	$z = 0.15h(3+L/h)$ $z = 0.6L$
Jatkuvan palkin reunakenttä ja reunimmainen keskituki	$1 < L/h < 2.5$ $L/h \leq 1$	$z = 0.1h(2.5+2L/h)$ $z = 0.45L$
Jatkuvan palkin keskikentät ja reunimmaiset tuet	$1 < L/h < 3$ $L/h \leq 1$	$z = 0.15h(2+L/h)$ $z = 0.45L$
Ulokkeet, Ln=ulokkeen vapaa mitta	$0.5 < Ln/h < 1$ $h > 2Ln$	$z = 0,8d$ $z = 1.2Ln$

Yksinkertaisimmillaan laatasto on suorakaiteen muotoinen ja sitä voidaan tarkastella seinämäisenä palkkina. Kuvan 9 tapauksessa sisäiset momenttivarret z_1 ja z_2 voidaan määritellä seuraavalla tavalla:

$$z_1 = 0,8 \cdot L_{v1} \quad (\text{uloke}) \quad (\text{KAAVA 2})$$

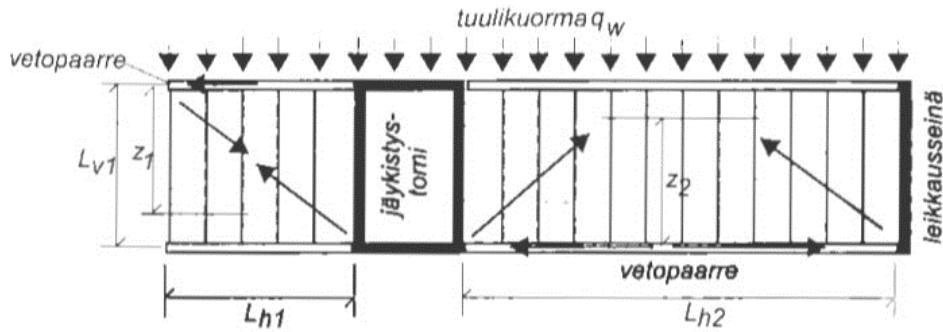
$$z_2 = 0,15 \cdot L_{v1} \left(3 + \frac{Lh_2}{L_{v1}}\right), z_2 \leq 0,75 \cdot L_{v1} \quad (\text{yksiaukkoinen}) \quad (\text{KAAVA 3})$$

Vaakakuormien aiheuttamat momentit saadaan puolestaan laskettua kaavoilla:

$$M_{Ed1} = \frac{q_{w,Ed} \cdot Lh_1^2}{2} \quad (\text{KAAVA 4})$$

$$M_{Ed2} = \frac{q_{w,Ed} \cdot Lh_2^2}{8} \quad (\text{KAAVA 5})$$

Vetopaarteeseen kohdistuva voima saadaan jakamalla momentti sisäisellä momenttivarrella eli M_{Ed}/z . (1, s. 545.) (KAAVA 6)



KUVA 9. Laataston levyvaikutuksesta muodostuva seinämäinen kannattaja. (1, s. 545.)

Normaalin murtorajatilanteen lisäksi rengasraudoituksen tulee kestää myös seuraavat voimat:

Seuraamusluokka 1 & 2:

$$T_2, T_4 = \begin{cases} \geq 20 \cdot \frac{kN}{m} \cdot (s + a) \\ \geq 70kN \\ \leq 150kN \end{cases} \quad (\text{KAAVA 7})$$

Seuraamusluokka 3a:

$$T_2, T_4 = \begin{cases} \geq F_t \cdot (s + a) \cdot \frac{(g_k + \sum \varphi_i \cdot q_k) \cdot z}{37,5 \frac{kN}{m}} \\ \geq F_t \cdot (s + a) \\ \geq 70kN \end{cases} \quad (\text{KAAVA 8})$$

$$\text{missä } F_t = \begin{cases} 48 \frac{kN}{m} \\ (16 + 2,1 \cdot n_s) \cdot \frac{kN}{m} \end{cases}$$

s	on puolet rengassiteen etäisyydestä lähimmästä sisäpuolisesta siteestä
a	on rengassiteen etäisyys rakennuksen reunasta
z	on suurin kantavien pystyrakenteiden (pilareiden ja seinien) keskilinjojen etäisyys siteen suunnassa tai siteen ollessa kantavan seinän suuntainen puolet poistettavaksi ajatellun seinälohkon pituudesta
g_k	on laataston pysyvän kuorman ominaisarvo
q_k	on laataston muuttuvan kuorman ominaisarvo
φ_i	on muuttuvan kuorman yhdistelykerroin onnettomuustilanteessa
n_s	on kerrosten lukumäärä

(15, s. 25 - 26.)

3.6.2 Saumaraudoitukset

Saumaraudoituksilla tarkoitetaan laattakentän sisäisiä siteitä, jotka sijoitetaan saumoihin pituus- ja poikittaissuunnassa. Rauditus sijoitetaan sauman keskikorkeudelle ja rakennuksen reunalla se ankkuroidaan rengasraudoitukseen.

Saumaraudoituksen tarkoitus on onnettomuustilanteissa mahdollistaa kuormien siirtyminen vaurioituneen rakenteen yli. Niiden avulla muodostetaan kalvorakenne, jonka avulla estetään laattaelementin putoaminen tilanteessa, joissa kantava rakenne on osittain tai kokonaan menettänyt kantokykynsä. (15, s. 23, 27.)

Pituussuuntaisten sisäisten siteiden eli laataston pituussuuntaisten saumojen saumaraudoituksen tulee kestää laatan leveysmetriä kohden voima:

$$F_{tie,int} = A_{s,tie,int} \cdot f_{yk} \geq 20 \frac{kN}{m} \text{ eli } 24kN/sauma \quad (\text{KAAVA 9})$$

(15, s. 27; 8, s. 8.)

Ja sen lisäksi niiden tulee kestää seuraamusluokasta riippuen seuraavat voimat:

Seuraamusluokka 1 & 2:

$$T = \begin{cases} \geq 20 \cdot \frac{kN}{m} \cdot s \\ \geq 70kN \\ \leq 150kN \end{cases} \quad (\text{KAAVA 10})$$

Seuraamusluokka 3a:

$$T = \begin{cases} \geq F_t \cdot s \cdot \frac{(g_k + \sum \varphi_i \cdot q_k) \cdot z}{37,5 \frac{kN}{m}} \\ \geq F_t \cdot s \\ \geq 70kN \end{cases} \quad (\text{KAAVA 11})$$

missä

$$F_t \leq \begin{cases} 48 \frac{kN}{m} \\ (16 + 2,1 \cdot n_s) \cdot \frac{kN}{m} \end{cases} \quad (\text{KAAVA 12})$$

- s on saumaraudoituksen väli
- z on suurempi perättäisistä kantavien pystyrakenteiden (pilareiden ja seinien) keskilinjojen etäisyyksistä siteen suunnassa
- g_k on laataston pysyvän kuorman ominaisarvo
- q_k on laataston muuttuvan kuorman ominaisarvo
- φ_i on muuttuvan kuorman yhdistelykerroin onnettomuusrajatilassa
- n_s on kerrosten lukumäärä

(15, s. 26 - 27.)

Poikkisuuntaisten sisäisten siteiden täytyy puolestaan kestää laatan pituusmetriä kohden voima:

$$F_{tie,int} = A_{s,tie,int} \cdot f_{yk} \geq 20 \frac{kN}{m} \quad (\text{KAAVA 13})$$

(15, s. 27; 8, s. 8.)

ja seuraamusluokkien mukaan poikkisuuntaisten sisäisten siteiden tulee kestää seuraavat voimat:

Seuraamusluokka 1, 2:

$$T_1 = \begin{cases} \geq k \cdot V_k \\ \geq 20 \cdot \frac{kN}{m} \cdot \frac{L_1+L_2}{2} \\ \geq 70 \text{ kN} \\ \leq 150 \text{ kN} \end{cases} \quad (\text{KAAVA 14})$$

Seuraamusluokka 3a:

$$T_1 = \begin{cases} \geq k \cdot V_k \\ \geq F_t \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \cdot \frac{(g_k + \sum \varphi_1 \cdot q_k) \cdot \max(L_4, L_5)}{37,5 \frac{kN}{m}} \\ \geq F_t \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \\ \leq 70 \text{ kN} \end{cases} \quad (\text{KAAVA 15})$$

$$F_t \leq \begin{cases} 48 \frac{kN}{m} & \text{yli 15 kerroksissa rakennuksissa} \\ (16 + 2,1 \cdot n_s) \cdot \frac{kN}{m} \end{cases} \quad (\text{KAAVA 16})$$

V_k on suurempi pilarin molemmilla puolilla olevien palkkien tukireaktion ominaisarvoista

k on liitospintojen kitkavoimien erotus

$k = 0,2$, kun liitoksessa on kuminen taseuslevy, kumilevyllaakeri tai vastaava

$k = 0,3$, kun molemmat liitospinnat ovat terästä

$k = 0,4$, kun liitospinnassa on teräs betonipintaa vasten

$k = 0,5$, muissa tapauksissa

$L_1 + L_2$ ovat palkkivälejä palkin molemmin puolin

$L_4 + L_5$ ovat pilarivälejä palkin suunnassa poistettavaksi otaksutun pilarin linjalla

$$s_1 = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

$z_1 = \max(L_4, L_5)$	on suurin pilariväli palkin suunnassa poistettavaksi otaksutun pilarin linjalla
g_k	on laataston pysyvän kuorman ominaisarvo
q_k	on laataston muuttuvan kuorman ominaisarvo
φ_i	on muuttuvan kuorman yhdistelykerroin onnettomuusrajatilassa
n_s	on kerrosten lukumäärä

(15, s. 17, 20 - 21.)

3.6.3 Vaakasuuntaiset pilari- ja seinäsiteet

Laataston reunalla olevat pilarit ja seinät täytyy olla sidottuna jokaiseen väli- ja yläpohjan tasoon. Nurkkapilareissa sidonta on oltava kahdessa suunnassa. Laataston ympäri kiertävää rengasraudoitusta voidaan käyttää nurkkapilareiden kohdalla vaakasiteenä. Siteiden on kestävä vetovoima $F_{tie, fac} = 20 \text{ kN/m}$. Pilareissa voiman ei tarvitse ylittää arvoa $F_{tie, col}$. Sen suositusarvo on 150 kN. (16, s. 168.)

Reunapilarit ja kantava tai jäykistävä seinäelementti kiinnitetään välipohjaan voimalle:

Seuraamusluokat 1 ja 2:

$$F_{tie} = \begin{cases} \geq 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot s \\ \leq 150 \text{kN} \end{cases} \quad (\text{KAAVA 17})$$

Seuraamusluokka 3:

$$F_{tie} = \begin{cases} \geq F_t \cdot \frac{h}{2,5\text{m}} \cdot s \\ \leq 2 \cdot F_t \cdot s \\ \leq 150 \text{kN} \end{cases} \quad (\text{KAAVA 18})$$

missä,

$$F_t \leq \begin{cases} 48 \frac{kN}{m} \\ (16 + 2,1 \cdot n_s) \cdot \frac{kN}{m} \end{cases} \quad (\text{KAAVA 19})$$

n_s on kerrosten lukumäärä

h on kerroskorkeus

s on seinäelementin pituus lisättyä mahdollisesti seinän molemmilla puolilla olevilla vapaiden välien puolikkailla

(15, s. 31.)

3.6.4 Pystysiteet

Yli viisikerroksissa rakennuksissa pilarit ja seinät tulee varustaa myös pystysiteillä. Rakennus varustetaan jatkuvilla pystysiteillä alimmalta ylimmälle tasolle siten, että siteet pystyvät kantamaan onnettomuudessa sortuneen pilarin tai seinä yläpuolelta tulevat kuormat. (16, s. 168.)

Onnettomuusmitoitustilanteen seuraamusluokan 2b ja 3a rakennuksissa kantava- tai jäykistävä seinäelementti ja pilari tulee kiinnittää yläpuoliseen kantavaan rakenteeseen pystysuuntaiselle voimalle, jonka suuruus on:

$$F_v = G_s + G_k + Q_k \quad (\text{KAAVA 20})$$

G_s on seinäelementin/pilari-elementin paino

G_k on seinäelementille/pilari-elementille yhdeltä kerrokselta tulevan pysyvän kuorman ominaisarvo

Q_k on seinäelementille/pilari-elementille yhdeltä kerrokselta tulevan muuttuvien kuormien ominaisarvo

Sen lisäksi kantava- tai jäykistävä seinäelementti kiinnitetään sekä ylä- että alareunastaan myös seinän tasoa vastaan kohtisuoralle vaakavoimalle:

$$H = \begin{cases} \geq 20 \frac{kN}{m} \cdot L_s \\ \leq 150kN \end{cases} \quad (\text{KAAVA 21})$$

missä,

L_s on seinäelementin pituus vaakasuunnassa

(8, s. 10; 15, s. 31 - 32.)

4 SUUNNITTELUOHJEEN LAATIMINEN

Työn tarkoituksena oli tehdä ontelolaattojen suunnittelua koskeva suunnitteluohje. Ohjeen tekemistä varten pidettiin palaveri, jossa aiemmin ontelolaattoja suunnitelleet rakennesuunnittelijat kertoivat, mitä asioita työssä olisi hyvä käydä läpi ja mitä ongelmakohtia on aiemmin tullut eteen. Tämän perusteella alettiin hahmottelemaan sisällysluetteloon asioista, jotka työssä olisi hyvä käsitellä. Seuraavaksi perehdyttiin asiaan liittyviin lähteisiin, kuten eurokoodeihin, betoninormikortteihin ja ontelolaattavalmistajien omiin suunnitteluohjeisiin.

Ohjeessa on käyty läpi ontelolaattatason suunnitteluprosessin eteneminen rakennesuunnittelijan näkökulmasta. Siinä käsitellään ontelolaattakoon valintaa ja kuormitusten jakautumista eli miten piste- ja viivakuormat vaikuttavat ja miten ne pitää huomioida suunnittelussa. Lisäksi käytiin läpi, miten laatan leikkauskestävyys saadaan varmitettua flexibl-ohjelman avulla. Ohjeessa on myös käsitelty, mitä raudoituksia ontelolaattatasossa täytyy olla, minkälaisia sääntöjä niihin liittyy ja miten ne mitoitetaan murtoraja- ja onnettomuusrajatilassa.

Kaikkia asioita ei ole aiheen laajuuden vuoksi käsitelty yksityiskohtaisesti, mutta kaikki huomioon otettavat asiat on kuitenkin mainittuna ohjeessa. Ohjeeseen tehtiin myös esimerkkilaskelma ja detaljeja raudoitusten sijoittamisesta ja liitoskohdista. Lisäksi siinä on esimerkkidokumentit, jotka ontelolaatoista suunnittelun lopuksi laaditaan eli mittapiirustus, ontelolaattakaavio ja raudoituspaiirustukset.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä ontelolaattojen suunnitteluun ja tehdä suunnitteluohje, johon kaikki olennaisimmat tiedot ontelolaattojen suunnittelusta on koottu. Työn teoria osuudessa käsitellään eri laattatyyppisiä, rei'ityksiä ja muita ontelolaattojen suunnitteluun liittyviä asioita, jotka toimivat pohjatietona suunnitteluohjeelle.

Aiempaa kokemusta ontelolaattojen suunnittelusta minulla ei ollut, joten työn tekeminen vaati aiheeseen perehtymistä. Työn aihe itsessään oli melko laaja ja sen vuoksi osa asioista on käsitelty työssä melko pintapuolisesti.

Työssä saatiin laadittua suunnitteluohje, jonka perusteella suunnittelija, jolla ei ole aiempaa kokemusta aiheesta saa tarvittavan kokonaiskuvan suunnittelun etenemisestä ja toteutumisesta. Ohje on pidetty yksinkertaisena selkeyden vuoksi ja sitä voisi laajentaa lisäämällä siihen tietoa myös erilaisemmista ontelolaattojen suunnittelutilanteista. Ohjeessa voitaisiin käsitellä esimerkiksi tilannetta, jossa ontelolaattataso ei olekaan vaakasuorassa vaan se suunnitellaan vinoon niin millaisia asioita silloin pitäisi huomioida suunnittelussa ja miten raudoitukset silloin laitettaisiin ja niin edelleen. Laadittu suunnitteluohje tulee tilaajayrityksen käyttöön eikä sitä julkaista yleisesti tämän opinnäytetyön liitteenä.

LÄHTEET

1. Leskelä Matti 2008. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus BY 210. Helsinki: Suomen betoniyhdistys.
2. Elementtisuunnittelu 2023. Ontelolaatat. Hakupäivä 16.10.2023.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat/>.
3. Parma Oy 2018. Parman ontelolaatatot, suunnitteluohje. Nummela: Parma Oy.
4. Elementtisuunnittelu 2023. Runkorakenteet. Hakupäivä 9.11.2023.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/>.
5. Betoniteollisuus ry 2012. Ontelolaataston suunnitteluohje. Hakupäivä 16.10.2023.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat/>.
6. Elementtisuunnittelu 2023. Ontelolaatat. Hakupäivä 30.11.2023.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/kantokykykayrat/ontelolaatat/>.
7. Elementtisuunnittelu 2023. Laataston levytoiminta. Hakupäivä 30.11.2023.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset/liitosten-toiminta/laataston-levytoiminta/>:
8. Häyrynen Pekka. 2012. Ontelolaatastojen suunnittelukurssi. Luentomateriaali. Hakupäivä 16.10.2023.
9. Betoniyhdistys 2012. Betoninormikortti 18 EC. Palkkeihin tuetun ontelolaataston suunnittelu. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.
10. Elementtisuunnittelu 2023. Suunnitteluohjelmat. Hakupäivä 16.10.2023.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/suunnitteluohjelmat/>.
11. Elementtisuunnittelu 2023. Matalapalkit. Hakupäivä 30.11.2023.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/palkit/matalapalkit/>.
12. Teräsrakenneyhdistys 2021. Lisäohje Betoninormikortin 18EC mukaiseen mitoitukseen. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry.
13. Betoniyhdistys 2012. Betoninormikortti 27 EC. Ontelolaatta-seinäliitos. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.
14. Elementtisuunnittelu 2023. Liitostyytit. Hakupäivä 30.11.2023.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset/liitosten-toiminta/liitostyytit/>.
15. Betoniyhdistys 2012. Betoninormikortti 23 EC. Liitosten suunnittelu ja mitoitus onnettomuuskuormille standardin SFS-EN 1991-1-7 yleiset kuormat, onnettomuuskuormat mukaan. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

16. SFS-EN 1992-1-1 2005. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1.1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: SFS.
17. Elementtisuunnittelu 2023. Rengasraudoitus. Hakupäivä 30.11.2023.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset/liitosten-toiminta/rengasraudoitus/>.