

Juho Porri

BETONIELEMENTTIRUNGON RAKENTEITA

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Kandidaatintyö
Kesäkuu 2019

TIIVISTELMÄ

Juho Porri: Betonielementtirungon rakenteita
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Tekniikan kandidaatin tutkinto, Rakennustekniikka
Kesäkuu 2019

Tässä opinnäytetyössä esitellään eri runkojärjestelmiä, runkojärjestelmien sisältämiä tyypillisimpiä betonielementtejä, sekä näiden betonielementtien välisiä liitoksia toisiinsa suomalaisessa betonielementtirakentamisessa. Tarkastelu on rajattu vain rungon kantaviin rakenteisiin eikä työssä esitellä paikallavalurakenteita. Työssä ei myöskään esiinny laskentaa. Työn on tarkoitus olla kattava esitys suomalaisesta betonielementtirakentamisesta yleisellä tasolla. Työ toteutettiin kirjallisuustutkimuksena.

Tyypillisimpiä runkoratkaisuja suomalaisessa betonielementtirakentamisessa ovat kantavat seinät -järjestelmä ja pilari-palkkijärjestelmä. Kantavat seinät -järjestelmää sekä pilari-palkkijärjestelmää on myös mahdollista yhdistellä samassa rakennuksessa esimerkiksi silloin, kun asuin-kerrostaloon rakennetaan maanalainen pysäköintihalli. Runkojärjestelmien yhdisteleminen kuitenkin vaikeuttaa sekä suunnittelua että rakentamista.

Yleisimpiä kantavia betonielementtejä eri runkojärjestelmissä ovat erilaiset pilarit, palkit, laatat ja seinät. Eri elementtityyppien osalta käydään läpi niiden mittasuosituksia ja elementtityypin valintaan vaikuttavia seikkoja.

Betonielementtien välisten liitosten tarkoitus on elementit toisiinsa kiinni siten, että elementteihin kohdistuvat kuormat siirtyvät perustuksille. Suomessa liitosten suunnittelu toteutetaan Eurokoodien ohjeistuksen mukaan, jolloin on selvitettävä elementtien omapainojen ja hyötykuormien lisäksi myös rakenneosien tuet ja tukipinnat. Pilarin liitos palkkiin voidaan toteuttaa joko betoniulokkeella, tai teräksisellä piiloulokkeella. Ontelolaatan ja palkin liitoksessa on huolehdittava palkin työnaikaisesta tuennasta palkin kiepahtamisen estämiseksi. Ontelolaatan liitoksessa kantavaan seinään on huomioitava erityisesti laattakohtaiset tukipinnat sekä saumaraudoitukset.

Avainsanat: Betonielementti, jännebetoni, runkojärjestelmä, teräsbetoni

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Juho Porri: The structures of a concrete framed building
Bachelor's thesis
Tampere University
Bachelor of science, Civil engineering
June 2019

Keywords: Concrete element, prestressed concrete, frame structure,
reinforced concrete

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|----|
| 1. JOHDANTO | 1 |
| 2. RUNKOJÄRJESTELMÄT | 2 |
| 2.1 Kantavat seinät -järjestelmä | 2 |
| 2.2 Pilari-palkkijärjestelmä | 3 |
| 3. RUNKOJÄRJESTELMÄN VALINTA | 5 |
| 4. RUNGON ELEMENTTEJÄ | 6 |
| 4.1 Pilarit | 6 |
| 4.2 Palkit | 7 |
| 4.2.1 Suorakaidepalkit | 8 |
| 4.2.2 Leukapalkit | 8 |
| 4.2.3 Ristipalkit | 9 |
| 4.2.4 HI- ja I-palkit | 10 |
| 4.3 Laatat | 10 |
| 4.3.1 Ontelolaatta | 11 |
| 4.3.2 Kuorilaatta | 11 |
| 4.3.3 TT-laatta | 12 |
| 4.3.4 Massiivilaatta | 13 |
| 4.4 Seinät | 13 |
| 4.4.1 Massiiviset seinäelementit | 14 |
| 4.4.2 Sandwich-elementit | 14 |
| 5. ELEMENTTILIITOKSET | 16 |
| 5.1 Pilari-palkkiliitos | 16 |
| 5.2 Ontelolaatan liitos palkkiin | 17 |
| 5.3 Ontelolaatan liitos seiniin | 17 |
| 6. YHTEENVETO | 18 |
| LÄHTEET | 19 |

1. JOHDANTO

Rakennuksen runko on sen tärkein osa, sillä sen varaan asennetaan kaikki muut rakennuksen osat. Väärän runkovalinnan korjaaminen on kallista ja hankalaa. Oikean runkoratkaisun valinta on monimutkainen prosessi, jossa on huomioitava paitsi rakennuksen käyttäjien, myös hankkeen toteuttajien toiveita ja tarpeita. Rungon varaan asennettavia betonielementtejä käytetään kaikessa talonrakentamisessa. Betonielementeistä valmistamalla voidaan rakentaa kaikkea omakoti- ja asuinkerrostaloista suuriin teollisuushalleihin. (Betoniteollisuus Ry 2010g) Mukaan betonielementtien osuus oli kaikista rungon rakenteista noin kolmannes vuonna 2010.

Tämän opinnäytetyö on tehty, koska samantyylistä julkaisua, jossa käsitellään vain runkojärjestelmiä ja sen sisältämiä betonielementtejä, ei ole olemassa. Opinnäytetyön tavoitteena on esitellä yleisellä tasolla erilaisia runkoratkaisuja sekä rungon elementtejä suomalaisessa betonielementtirakentamisessa. Runkoratkaisuiden ja betonielementtien lisäksi työssä esitellään elementtien välisiä liitoksia. Työssä ei esiinny laskentaa, ja rungon rakenteiden tarkastelu on rajattu vain sen kantaviin rakenteisiin. Myös paikallavalmurakenteet on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Opinnäytetyön luettuaan lukijan tulisi osata vastata kysymykseen: ”Minkälaisia runkojärjestelmiä suomalaisessa betonielementtirakentamisessa esiintyy ja minkälaisia eri betonielementtejä nämä runkojärjestelmät sisältävät?” Opinnäytetyö on luonteeltaan kirjallisuustutkimus.

Opinnäytetyön toisessa luvussa esitellään yleisimmät runkojärjestelmät suomalaisessa betonielementtirakentamisessa: kantavat seinät –järjestelmä, sekä pilari-palkkijärjestelmä. Kolmannessa luvussa kerrotaan lyhyesti, mitä tekijöitä on otettava huomioon eri runkovaihtoehtoja vertailtaessa ja miten eri tekijöille asetetut painoarvot vaikuttavat lopulliseen valintaan. Neljännessä luvussa käsitellään rakennuksen rungon erilaisia betonielementtejä, joita ovat pilarit, palkit ja erilaiset teräsbetoni-laatat. Luvussa kerrotaan minkälaisia elementtikokoja rakentamisessa suositaan ja mitkä tekijät vaikuttavat elementtityypin ja –profiilin valintaan. Viidennessä luvussa tarkastellaan kantavien elementtien erilaisia liitostapoja toisiinsa ja millä edellytyksillä nämä liitokset voidaan toteuttaa.

2. RUNKOJÄRJESTELMÄT

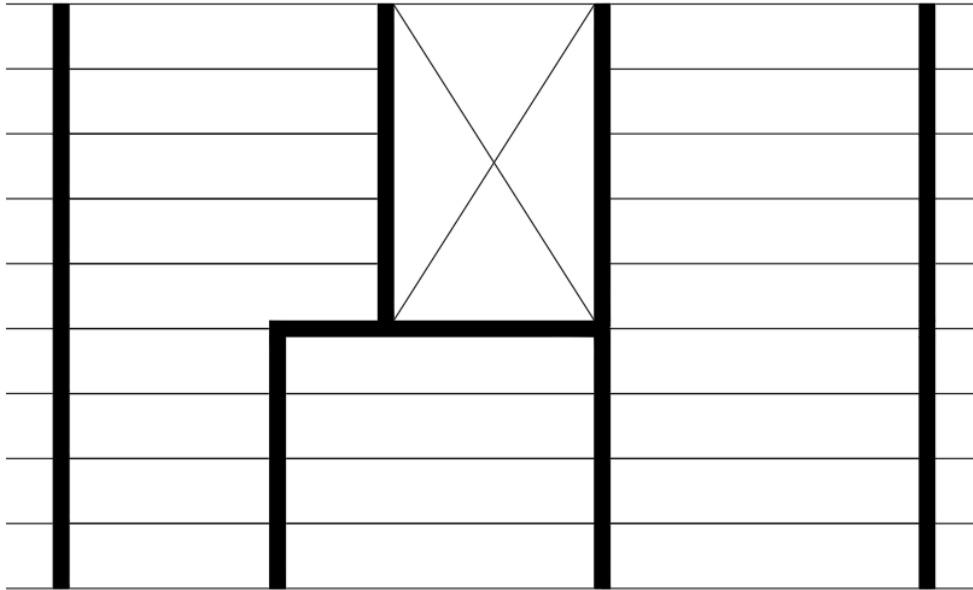
Runkojärjestelmällä tarkoitetaan tapaa muodostaa rakennuksen kantava runko. Pilari-palkkijärjestelmässä runko muodostetaan pilareista ja palkeista. Kantavat vaakarakenteet, esimerkiksi erilaiset laatat, asennetaan palkkien varaan. Vastaavasti kantavat seinät -järjestelmässä kantavat pystyrakenteet muodostuvat seinäelementeistä, joiden varaan kantavat vaakarakenteet asennetaan. (RIL 115 1977, s. 15)

2.1 Kantavat seinät -järjestelmä

Suomessa betonielementtirakenteisissa kerrostaloissa on käytössä pääasiassa kantavat seinät -järjestelmä. Järjestelmässä asuntojen väliset seinät ovat palo- ja äänitekniiset vaatimukset täyttäviä betoniseiniä. Kantavat seinät -järjestelmiä ovat 1960-luvulla käyttöön otettu suurlevyjärjestelmä sekä 1970-luvun alussa kehitetty pitkälaattajärjestelmä. (RIL 115 1977, s. 151)

Suurlevyjärjestelmässä runko valmistetaan teräsbetonisista levyelementeistä. Välipohjalaattojen jännevälit ovat yleensä 3 ja 5 m välillä, minkä takia yleensä lähes kaikki väliseinät ovat kantavia. Kantavat seinät suunnitellaan yleensä rakennuksen poikkisuunnaksi. Rakennuksen pituussuunnasta väliseinistä tarvittava määrä valmistetaan teräsbetonielementeistä rakennuksen pituussuuntaisen jäykistyksen aikaansaamiseksi. Yleensä rakennuksen huoneistojen väliset seinät sekä esimerkiksi porrashuoneseinät takaavat tarvittavan jäykkyyden. (RIL 115 1977, s. 151)

Pitkälattajärjestelmässä välipohjat valmistetaan 1 200 mm leveistä esijännitetyistä laattakaistaelementeistä. Laattatyypistä riippuen voidaan saavuttaa jopa 14 m jännevälejä. Laattojen sijoittaminen sekä rakennuksen pituus- että poikkisuunnassa on mahdollista, mutta käytännössä laattojen sijoittaminen rakennuksen pituussuunnassa on suositumpaa suurempien jänneväliden ansiosta (kuva 1). Poikkisuunnassa laattasijoittelussa rakennuksen julkisivuseinät ovat kantavia, ja siinä poikkitaissuuntainen jäykkyys varmistetaan esimerkiksi porrashuoneseinillä. Pituussuunnassa laattasijoittelussa porrashuoneseinien lisäksi huoneistojen väliset seinät valmistetaan 18 cm paksuisista teräsbetonielementeistä, jotka yleensä takaavat riittävän jäykkyyden rakennukselle. (RIL 115 1977, s. 151,152)



Kuva 1. Esimerkki rungosta, jossa on käytetty pitkälaattajärjestelmää (mukaillen RIL 115 1977, s. 152).

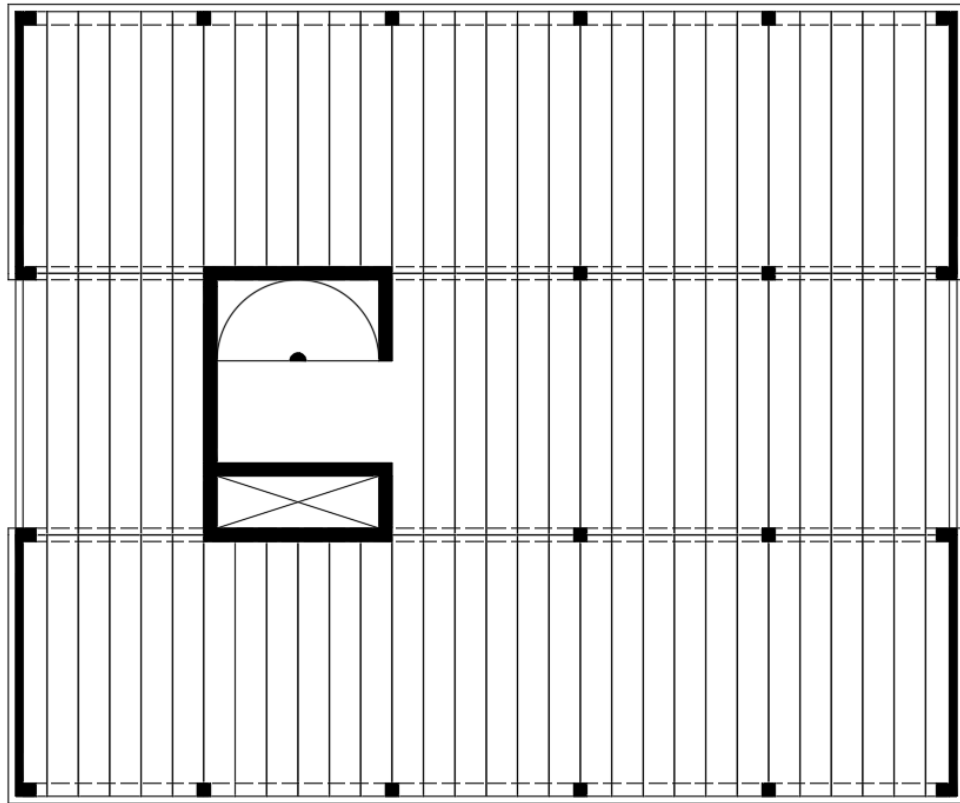
Erytyisesti kaupunkien keskusta-alueilla pysäköintitilat sijoitetaan asuinrakennuksen alle kellarikerrokseen. Tällöin joudutaan yhteensovittamaan kantavat seinät -järjestelmää, sekä pilari-palkkijärjestelmää, mikä asettaa erilaisia vaatimuksia esimerkiksi rakennuksen jäykistys suunnittelulle. Eri runkojärjestelmien yhteensovittaminen hankaloittaa rakennuksen suunnittelua ja rakentamista huomattavasti. (Betoniteollisuus Ry 2010c)

2.2 Pilari-palkkijärjestelmä

Pilari-palkkijärjestelmä on yleisimmin käytössä palvelurakennuksissa, kuten esimerkiksi koulu- ja toimistorakennuksissa, sekä yksikerroksisissa teollisuusrakennuksissa. Palkkien jännevälit vaihtelevat 5 ja 10 m välillä, kun taas laatoille tyypilliset jännevälit vaihtelevat 6 ja 12 m välillä. Kerroskorkeus on tyypillisesti 3 m luokkaa, mutta esimerkiksi maisemakonttoreissa kerroskorkeus voi nousta 4 m:iin asti. Kerroskorkeutta ohjaavat suurilta osin kokonaiskustannustekijät, mutta joissakin tapauksissa myös kaavamääräykset voivat asettaa rajoittavaksi tekijäksi. (RIL 115 1977, s. 153,154)

Rakennejärjestelyissä palkit suunnitellaan joko rakennuksen poikki- tai pituussuuntaiseksi. Palkkien suunnittelu rakennuksen pituussuunnassa on yleisempää, sillä tämä mahdollistaa ulkoseinään liittyvän pilari-palkkirivin korvaamisen kantavilla julkisivuelementeillä, mikäli valittu julkisivutyyppe näin sallii (kuva 2). Välipohjalaattoina toimivat pääasiassa pitkälaatat tai TT-laatat, jotka asennetaan suoraan palkkien päälle. Rakennekorkeuden pienentämiseksi laattojen asentaminen myös palkin sivuille tehtyjen leukojen päälle on mahdollista. Palkkien suunnittelu rakennuksen poikkisuuntaisena ei yleensä

salli läpivientireikien tekemistä palkkeihin, jolloin esimerkiksi LVI-putkistot täytyy viedä palkin alitse. Pilarit ovat teräsbetonipilareita, joihin tehtyjen konsolien varaan palkit asennetaan. Pilarijatkosten tekeminen on vaikeaa, minkä takia suositetaan useamman, jopa 4 ja 5 kerroksen korkuisia pilareita. (RIL 115 1977, s. 153)



Kuva 2. Esimerkki yksinkertaisesta toimistorakennuksen pilari-palkkirungosta (mukaillen RIL 115 1977, s. 153).

Matalissa rakennuksissa käytetään perustamisolosuhteista riippuen mastojäykistystä 3- ja 4-kerroksisiin rakennuksiin saakka. Tätä korkeammassa rakennuksissa jäykistykseen hoitavat porrashuone- ja hissikuilurakenteet. Välipohjat muodostetaan yhtenäisenä levynä toimiviksi saumoihin asennettavilla teräksillä, kuten esimerkiksi rengaste-räksillä. TT-laattoja käytettäessä levymuodostus tapahtuu pintalaatalla, joka on raudoi-tettu. Tämä pintalaatta on usein tarpeellinen myös ääneneristys- ja palonkestosyistä. Levymuodostusta tehtäessä asennusaikainen jäykistys on erityistä huomiota vaativa seikka turvallisuuden takaamiseksi. (RIL 115 1977, s. 153)

Porrashuone- ja hissikuiluosa valmistetaan joko paikallavalettuna tai elementeistä. Liukuvalumenetelmän käyttö on mahdollista korkeissa rakennuksissa. Sydänosan ra-kentaminen elementeistä on työmaajärjestelyjen kannalta edullisempaa, mikäli paikalla-valun käytölle ei ole erityisen perusteltua syytä. (RIL 115 1977, s. 153)

3. RUNKOJÄRJESTELMÄN VALINTA

Rakennuksen runkoratkaisun valintaa ohjaavat eri vaihtoehtojen kelpoisuus sekä kustannukset. Kelpoisuutta arvosteltaessa on huomioitava runkoratkaisun laatutekijöiden lisäksi toiminnalliset tekijät. Toiminnallisina tekijöinä voidaan pitää esimerkiksi tilojen mitoitusta sekä niiden muunneltavuutta. Laatutekijöitä ovat esimerkiksi tekninen kelpoisuus ja laatutaso sekä esteettisyys. (RIL 115 1977, s. 146)

Runkoratkaisun kustannuksia tarkasteltaessa rakennuskustannusten lisäksi tulee ottaa huomioon myös käyttökustannukset. Rakennuskustannuksiin rungon osalta vaikuttaa merkittävästi soveltuvuus rakennuksen tuotantotekniikkaan. Tuotantotekniikasta riippuu myös rakennusaika, joka vaikuttaa rakennuskustannuksiin. (RIL 115 1977, s. 146)

Lopullinen runkoratkaisun valinta tehdään siis eri vaihtoehtojen kelpoisuuden ja kustannusvertailuiden perusteella. Ennen valintaa on syytä asettaa kustannus- ja kelpoisuustekijöille tietyt painoarvot, jotta päätös voidaan tehdä tarkoituksenmukaisesti ja ilman sattumanvaraisuutta. (RIL 115 1977, s. 151)

Halvin minimivaatimukset täyttävä vaihtoehto valitaan, jos pääpaino asetetaan kustannuksille. Vastaavasti valitaan paras resurssien asettaman kustannuskaton alittava vaihtoehto, mikäli pääpaino asetetaan kelpoisuudelle. Näiden ääritapausten väliltä valitaan kelpoisuudelle ja kustannuksille haluttu painotus, jonka avulla valitaan edullisin vaihtoehto. Runkovaihtoehtoja vertailtaessa otetaan huomioon kaikki rakenneosat, jotka muuttuvat eri vaihtoehdoissa. (RIL 115 1977, s. 151)

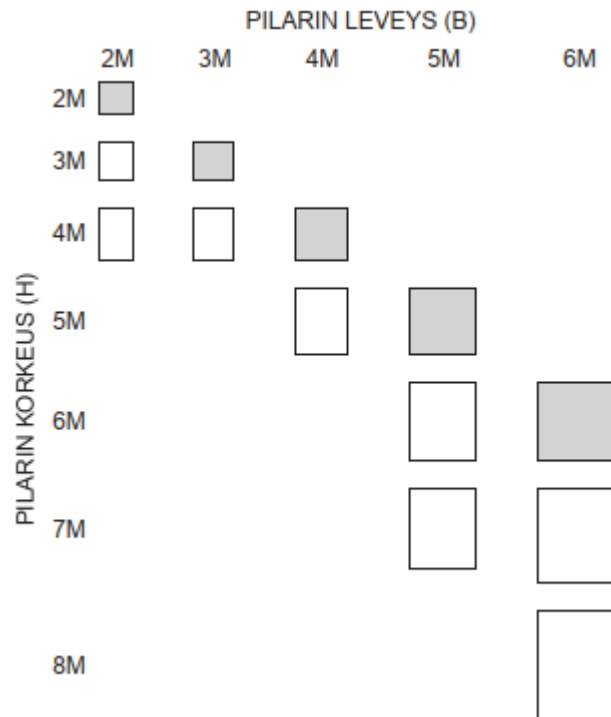
4. RUNGON ELEMENTTEJÄ

Runkojärjestelmän valinta asettaa puitteet sopivan elementtityypin valinnalle, mutta monien betonielementtien osalta on vielä valittava lopullinen elementtityyppi. Erialaisten yksityiskohtien, kuten muihin rakennesein liittymisien, valinta edellyttää lopullisen elementtityypin valintaa. Kuten runkojärjestelmän valintaa, myös elementtityypin valintaa ohjaavat elementtityypin kelpoisuus ja kustannukset. (RIL 115 1977, s. 156)

4.1 Pilarit

Betonikerrostaloissa teräsbetonipilarit ovat yleensä poikkileikkaukseltaan neliön muotoisia esimerkiksi pilarin mitoittamisen helpottamiseksi. Suorakaidepilarien käyttö on yleistä lähinnä teollisuusrakenteissa. Pyöreät pilaripoikkileikkaukset suositellaan toteutettavan kerroksen korkuisina, mutta pystyvalettuna pyöreän pilarin maksimikorkeus on 7 metriä. Eri kokoisten pilarien käyttö samassa kerroksessa on mahdollista, mutta samankokoisten pilarien käyttöön pyritään usein suunnittelun yksinkertaistamiseksi. Esimerkiksi pilarin kantokykyä ei siis samassa kerroksessa kasvateta pilarin paksuutta kasvattamalla, vaan raudoituksen määrää ja betonin lujuutta muuttamalla. Edullisempaa on ensin kasvattaa betonin lujuutta ja vasta tämän jälkeen raudoituksen määrää. (RT 82-10821 2004, s. 17)

Useamman kerroksen pituisia elementtipilareita käytettäessä maksimipituus on noin 15 metriä, eli kolmesta neljään kerrosta. Kuvassa 3 on esitetty suositeltavimmat ja mahdolliset pilaripoikkileikkaukset. (Betoniteollisuus Ry 2010f) Suosittelee pilarien minimipaksuudeksi 280 mm, jota pienempiä pilariprofiileja tulisi käyttää vain kevyesti kuormiteuissa rakennuksissa. Suositelluista mitoista poikkeavia erikoispilareita on mahdollista valmistaa, mutta niiden kustannukset ovat suuremmat suositeltuihin pilarikokoihin verrattuna. Pilarin pintakäsittelyksi voidaan näkyvien pintojen osalta valita esimerkiksi sileävalu, laatoitus tai hionta. (RT 82-10821 2004, s. 17)



Kuva 3. Suositeltavimmat (tummennettuna) ja mahdolliset suorakaidepilarien poikkileikkaukset. Liittymismitta M on 100 mm (RT 82-10821 2004, s. 17).

4.2 Palkit

Elementtipalkkeja on mahdollista toteuttaa sekä teräsbetonipalkkeina että jännebetonipalkkeina. Teräsbetonipalkkien käyttö on (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 38) mukaan perusteltua silloin, kun:

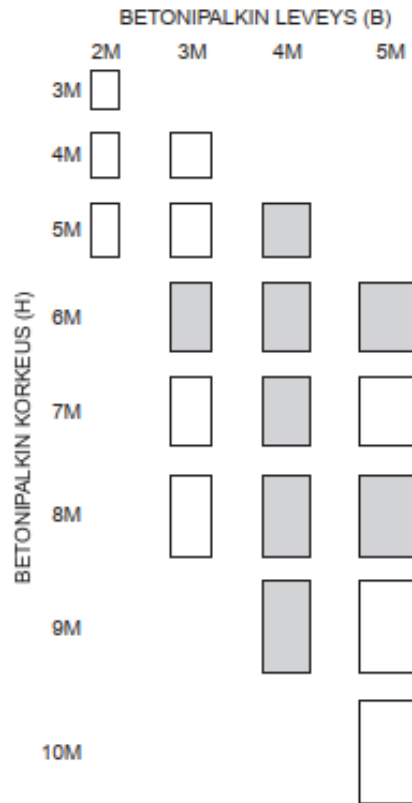
- palkin kuormitus ja jänneväli on teräsbetonipalkin kuormitusalueella
- rakennekorkeus sopii teräsbetonipalkille
- palkkien valmistussarja on lyhyt (yhteispituus alle 50 jm), tai ne ovat yksittäisiä
- palkkien jännevälit tai kuormitukset vaihtelevat
- palkkien päät on lovettu.

Jännebetonisia palkkeja taas suositellaan käytettävän, kun:

- palkin kuormitus ja jänneväli on jännebetonipalkin kuormitusalueella
- palkkeja on tarpeeksi suuri sarja (samankokoisia palkkeja yli 50 jm)
- palkkien taivutusmomentit ovat samaa suuruusluokkaa. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 38)

4.2.1 Suorakaidepalkit

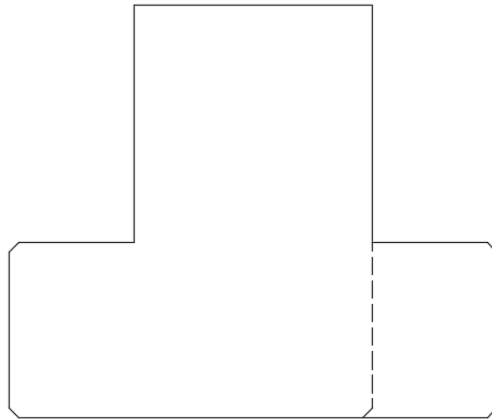
Suorakaidepalkki on yksinkertainen palkkityyppi, jota on mahdollista toteuttaa sekä teräsbetoni-, että jännebetonipalkkeina. Kuvassa 4 on esitetty suorakaidepalkkien suosittelavimmat ja mahdolliset poikkileikkaukset.



Kuva 4. Suositeltavimmat (tummennettuna) ja mahdolliset suorakaidepalkkien poikkileikkaukset. Liittymismitta M on 100 mm (RT 82-10821 2004, s. 18).

4.2.2 Leukapalkit

Leukapalkin päämitat valitaan pääasiassa suorakaidepalkkien suositusmittojen mukaan. Uuman suositusleveydet ovat 380, 480 ja 580 mm ja leuan leveytenä käytetään usein 200 mm:ä. Uuman korkeus riippuu tuettavasta laattatyypistä, mutta esimerkiksi käytettäessä raskaasti kuormitettuja, 500 mm korkeita ontelolaattoja, suositellaan käytettäväksi vähintään 280 mm korkeaa leukaa. Leukapalkkeja on mahdollista toteuttaa sekä teräsbetoni-, että jännebetonipalkkeina. Leuan sijoittaminen vain palkin toiselle sivulle on myös mahdollista. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 40)

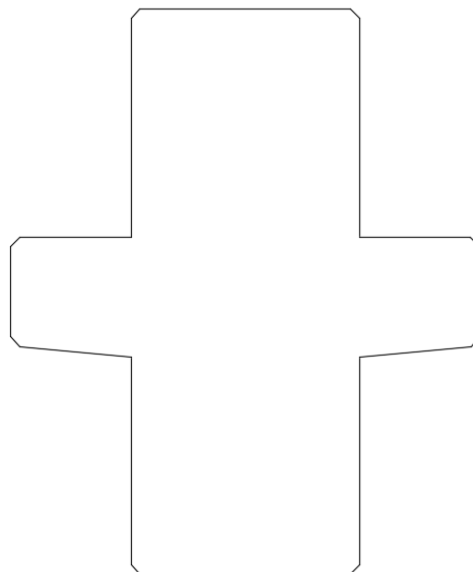


Kuva 5. Kaksipuoleisen leukapalkin poikkileikkaus. Yksipuoleisessa leukapalkissa katkoviivan rajaama osa jätetään pois (mukaillen Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 41).

4.2.3 Ristipalkit

Ristipalkkien käyttö on suositeltua vain kohteissa, joissa palkkikorkeudet ovat suuria ja jännevälit pitkiä. Ristipalkit ovat lähes aina jännitetyjä ja niitä käytettäessä tuotantosarjat ovat tyypillisesti hyvin pitkiä. (RT 82-10821 2004, s. 18) Yleensä ristipalkkia käytetään myös silloin, kun leuan korkeus on tarvittavan palkkikorkeuden takia yli 580 mm (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 41).

Ristipalkin pohjan suositellut leveydet ovat 380 mm ja 480 mm. Leuan korkeus valitaan palkkiin kohdistuvien rasitusten mukaan. Mutta yleensä leuan korkeus 180 mm tai 280 mm. Leuan leveys riippuu tuettavasta laattatyypistä. Tyypillisiä leuan leveyksiä ovat 200 mm ja 250 mm. Leuan alareunaan on tapana tehdä päästö, jolloin sisäreuna laskee 20 mm leuan ulkoreunan alapuolelle. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 41)

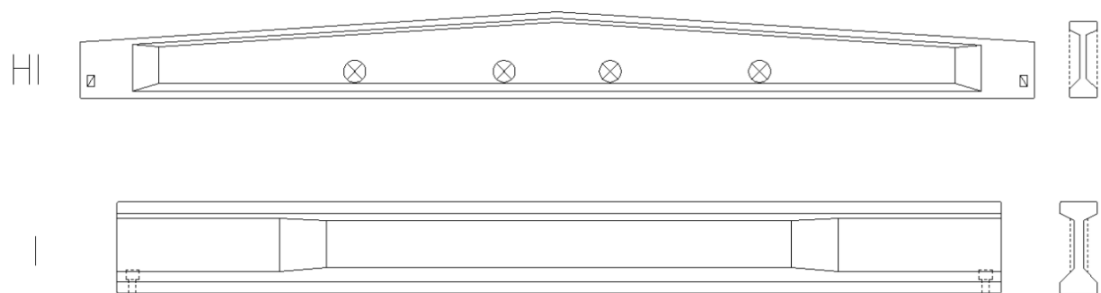


Kuva 6. Kaksipuoleisen ristipalkin poikkileikkaus (mukaillen RT 82-10821 2004, s. 18).

4.2.4 HI- ja I-palkit

Jännitettyjä HI- ja I-palkkeja käytetään yleisimmin hallimaisten rakennusten, kuten tuotanto- ja varastorakennusten, yläpohjien pääkannattajina. I-palkkeja on niiden tasakorkuisuudesta johtuen mahdollista käyttää myös ala- ja välipohjissa. Palkkien muotoilu on materiaalimenekin ja poikkileikkauksen tehokkaan toimivuuden kannalta optimaalinen. HI- ja I-palkit mahdollistavat suuren, jopa 30 metriä pitkän jännevälin. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 45)

HI- ja I-palkeilla on vakioidut koot. Tästä johtuen rakenteellinen suunnittelu rajoittuu vain sopivan palkkityypin valintaan ja palkin kestävyuden tarkastamiseen esimerkiksi valmistajien taulukoista. Palkkien vakiokorkeudet ja profiilin muoto ovat valmistajakohtaisia. Suositeltavia leveyksiä palkeille ovat 380 mm ja 480 mm. I-palkkien korkeus vaihtelee 900 mm ja 2380 mm välillä. HI-palkkien harjakorkeus vaihtelee 1050 mm ja 2700 mm välillä ja tyypillisesti HI-palkin ylälaipan kaltevuus on 1:16. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 46)



Kuva 7. HI- ja I-palkki (Betoniteollisuus Ry 2010d, s. 46).

4.3 Laatat

Asuinkerrostaloissa vaakarunko muodostuu laatoista, jotka tukeutuvat kantaviin seinäin. Kuitenkin esimerkiksi liiketiloissa kantavat seinät korvataan betonipalkeilla, mutta myös kantavia seinäitä tai näiden yhdistelyä on mahdollista käyttää. Elementtilaatoilla säästetään monia etuja paikallavalulaattaan verrattuna. Elementtilaattojen käytöllä vältetään esimerkiksi muotti- ja tuentatöitä. Lisäksi elementtilaattojen siirtäminen sekä asentaminen on nopeaa. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 50)

Elementtilaattatyypin valintaan vaikuttavia seikkoja (RT 82-10821 2004, s. 19):

- laattaan kohdistuvat kuormitukset
- jänneväli vaatimus
- ääneneristyksen asettamat vaatimukset
- vaatimukset palonkeston suhteen

- elementin omapaino
- liittymät muihin rakenteisiin
- laatan alapinnan ulkonäkövaatimukset.

4.3.1 Ontelolaatta

Ontelolaatta on betonirunkoisten rakennusten yleisin elementtilaattatyyppi. Ontelolaattoja käytetään ala-, ylä- ja välipohjissa sekä asuin-, liike- että teollisuusrakennuksissa. Esijännitettyjä ontelolaattoja on kevennetty onteloilla, jotka kulkevat laatan pituus-suunnassa. Onteloilla pyritään siis vähentämään laattarakenteen omapainoa. Ontelolaattojen vakioleveys on 1200 mm, mutta valmistuspaksuudet- ja pituudet vaihtelevat käyttötarpeen mukaan. (Betoniteollisuus Ry 2010d) Elementtien yleisimmät valmistuspaksuudet, painot, vähimmäistukipinnat ja maksimijännevälit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Yleisimpien elementtilaattatyyppien maksimijännevälit ja käyttökohteita (Betoniteollisuus Ry 2010d).

| LAATTA-TYYPPI | MAKSIMI-JÄNNE-VÄLI [m] | KÄYTTÖKOhteITA |
|---------------|------------------------|--|
| O15 | 7,0 | Soveltuu käytettäväksi lähinnä pientalojen ala-, ylä- ja välipohjiin. Voidaan käyttää myös pienten hallimaisten rakennusten yläpohjissa keveytensä ansiosta. |
| O20 | 11,0 | Yleisin pientalojen ontelolaattatyyppi. Soveltuu myös teollisuushallien vesikattorakenteisiin. |
| O27 | 13,5 | Yleisesti käytössä asuinkerrostalojen yläpohjissa. Soveltuu asuinkerrostalon alapohjaan silloin, kun lämmöneristys sijaitsee laatan yläpuolella ja välipohjaan silloin, kun laatan yläpuolelle asennetaan vähintään 50 mm paksu pintabetonilaatta sekä askeleenieristys. |
| O32 | 16,0 | Yleisin laattatyyppi toimistorakennuksissa. Käytössä asuinkerrostalojen välipohjissa silloin, kun laatan yläpuolelle tehdään kelluva laatta, tai kun laatan alapuolelle tehdään lisä-ääneneristys. |
| O37 | 14,0 | Yleisimmin käytössä asuinrakennusten ala- ja välipohjissa. |
| O40 | 18,5 | Käytetään pitkillä jänneväleillä toimisto- ja liikerakennusten ala- ja välipohjissa. Soveltuu myös teollisuus- ja varastorakennusten ala- ja välipohjiin hyvän kantokykyänsä ansiosta. |
| O50 | 20,0 | Käytössä raskaasti kuormitettujen liike- ja teollisuusrakennusten ala- ja välipohjissa. Voidaan käyttää myös esimerkiksi pysäköintitaloissa pitkän jännemitan ansiosta. |

4.3.2 Kuorilaatta

Kuorilaatalla tarkoitetaan ohutta, esijännitettyä umpilaattaelementtiä, joka toimii muotina paikallavalubetonille. Laatasto toimii pääraudoituksen sisältävänä liittorakenteena päällevalun kanssa lopullisessa tilanteessa. Kuorilaattaelementissä käytetään ansaita, joilla varmistetaan työsauman toimivuus yhdessä päällevalun kanssa. Tarvittaessa niitä

voidaan käyttää myös elementin nostamiseen ja siirtelyyn. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 57)



Kuva 8. Kuorilaatan poikkileikkaus (mukaillen Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 58).

Kuorilaattojen käyttö on yleistä teollisuus- ja asuinrakennuksissa sekä pysäköintiloissa. Runkojärjestelmänä kuorilaatoilla rakennettaessa sekä kantavat seinät -, että pilari-palkkijärjestelmän käyttö on mahdollista. Kuorilaatta soveltuu hyvin liittorakentamiseen, jossa toisena rakenneosana voi olla joko betoni- tai teräsosa. Mikäli kuorilaatta tulee käytettäväksi alapohjaan, on siihen mahdollista kiinnittää lämmöneristys jo valmiiksi tehtaalla. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 58)

Vakioleveys kuorilaatoille on 1200 mm, mutta tarvittaessa tätä kapeampiakin laattoja on mahdollista valmistaa ja käyttää. Vakiopakkuudet ovat 100, 120 ja 150 mm, mutta esimerkiksi kantavuuden tai palonkestoajan vaatiessa voidaan valmistaa myös 160 mm paksuja kuorilaattoja. Kuorilaatan maksimijänneväli on 10 metriä. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 58)

Kuorilaattojen työnaikaista tuentaa käytetään paikallavalun kuivumiseen asti. Työnäikaisen tuennan on tarkoitus estää kuorilaattojen taipuminen sekä kiertyminen. Tuenta varmistaa myös kuorilaatan työnaikaisen kantokyvyn. Lisäksi laataston halkeilukestävyys kasvaa ja lopputilanteen taipumat pienenevät. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 59)

4.3.3 TT-laatta

TT-laatat ovat pitkän, jopa 25 metrin, jännevälin mahdollistavia esijännitettäviä teräs-betonielementtejä, jotka valmistetaan 50-100 metriä pitkien jännitysalustojen päällä. Tyypillisesti ne valmistetaan C40-lujuisesta betonista. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 61)

TT-laattojen käyttö on yleistä sellaisten kohteiden yläpohjissa, joissa vaaditaan paljon vapaata tilaa sisätiloissa. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi teollisuus- ja varastorakennukset. Muita käyttökohteita ovat esimerkiksi myymälärakennukset ja paikoitustilat. Kallistukset vesikatossa tehdään käyttämällä tasakorkeita TT-laattoja yhdessä HI-palkkien kanssa. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 61)



Kuva 9. TT-laatan poikkileikkaus (mukaillen *Betoniteollisuus Ry 2010e*, s. 63).

Valmistajasta riippuen TT-laattoja valmistetaan erityyppisiä- ja mittaisia. Saman laattatyyppin käyttö kohteessa on suositeltavaa, koska valmistusprosessissa muottikaluston purkaminen ja uudelleen kasaaminen on hidasta ja kallista. Laataston muodostamisessa pyritään sijoittamaan kavennetut laatat reunoille. Taloudellisimmassa tilanteessa laatasto saadaan rakennettua vain yhtä, eli reunimmaista, laattaa kaventamalla. (*Betoniteollisuus Ry 2010e*, s. 61)

4.3.4 Massiivilaatta

Massiivilaattaelementit valmistetaan jännitettyinä ja teräsbetonilaattoina. Niitä käytetään yleisesti asuinkerrostaloissa kerrostaso- ja välitasolaattoina, sekä porrashuoneissa. Laattaelementin paksuus valitaan yleensä kuormitusten, jännevälän sekä välipohjan rakennepaksuuden perusteella. Asuinrakennuksissa ja esimerkiksi hotelleissa on otettava huomioon myös ääneneristysvaatimukset rakennepaksuuksia määritettäessä. Asuinkerrostaloissa suositellaan käytettävän vähintään 280 mm paksuja massiivilaattoja. (*Betoniteollisuus Ry 2010e*, s. 67)

Maksimileveydeksi massiivilaatalle suositellaan 3 metriä ja maksimipituudeksi 8 metriä. Lyhyempiä laattoja käytettäessä laatan leveyden kasvattaminen on mahdollista. Valmistus- ja maksimitat ovat usein tehdaskohtaisia, mutta yleensä laatan toisen sivun täytyy olla alle 4 metriä. Kuljetusteknisten syiden lisäksi maksimitat on asetettu, jotta laatan omapaino ei nousisi liian korkeaksi valmistustehtaan ja työmaan nosto- ja asennuskaluston kannalta. Massiivilaatan maksipainoksi suositellaan yleisesti 10 tonnia. (*Betoniteollisuus Ry 2010e*, s. 68)

4.4 Seinät

Asuinkerrostaloissa betoniväliseinät ja julkisivuelementtien sisäkuoret toimivat kantavina pystyrakenteina. Asuntojen väliset seinät toteutetaan betonisina, jolloin ne täyttävät myös ääni- sekä palotekniset vaatimukset. Seinät toimivat jäykistävinä rakenteina niiden jäykemmässä suunnassa. (RT 82-10821 2004, s. 3)

4.4.1 Massiiviset seinäelementit

Massiivisia seinäelementtejä käytetään väliseininä, ulkoseinän sisäkuoressa ja kellarin maanpaineseininä. Seinäelementteihin kohdistuu pääasiassa puristavia kuormia, mutta esimerkiksi maanpaineseiiniin kohdistuu myös vaakasuuntaisia kuormituksia. Elementtiseinät voidaan toteuttaa sekä raudoittamattomina, että raudoitettuina. Raudoittamattomassa seinäelementissä reunaan sijoitetaan reunan suuntainen pielirauditus. Asuinrakennuksissa rasitukset ovat usein pieniä, jolloin päädytään käyttämään raudoittamattomia seiiniä. Teräsbetoniseinät, joita käytetään esimerkiksi toimisto- ja liikerakennuksien jäykistävinä rakenteina, raudoitetaan aina kummastakin pinnasta. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 48)

Seinäelementtien maksimikorkeudeksi suositellaan 3,6 metriä. Kuljetustekninen maksimikorkeus, johon sisältyy myös seinän nostolenkit, on yleensä 4,2 metriä. Mikäli rakennekorkeus kuitenkin vaatii korkeamman seinän käytön, elementti suunnitellaan käännettäväksi ja myös elementin sivuille sijoitetaan nostolenkit. Raudoittamattomien seinäelementtien maksimipituus on 5 metriä, kun taas raudoitettuja seiiniä voidaan toteuttaa jopa 9 metrin pituisina. Elementin paksuuteen vaikuttavia seikkoja ovat kuormitusten lisäksi seinän käyttökohde, yläpuolisten elementtien tukipintojen vaatimukset, sekä palo- ja äänitekniset vaatimukset. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 48)

Rakennuksen seinistä kellarin seiiniin kohdistuu tyypillisesti suurimmat pystykuormitukset, minkä lisäksi niitä rasittaa maanpaine. Tämän takia kellarin seinät toteutetaan yleensä raudoitettuina. Kellariseinät ovat paksuudeltaan yleensä noin 200 mm. Tarkempi paksuus määritellään seinään kohdistuvien kuormitusten mukaan. Kellarin seinien rakenteeseen vaikuttaa myös yläpuolinen runkojärjestelmä. Pilari-palkki -runkoisissa rakennuksissa elementtipilarit viedään kellarin lattian tasoon, jolloin kellariseinät voivat olla suoria levyjä. Jos pilari kuitenkin joudutaan sijoittamaan kellarin katon tasoon, täytyy seinissä yleensä käyttää pilasteria, jonka mitat määräytyvät kuormitusten sekä yläpuolisen pilarin koon perusteella. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 48)

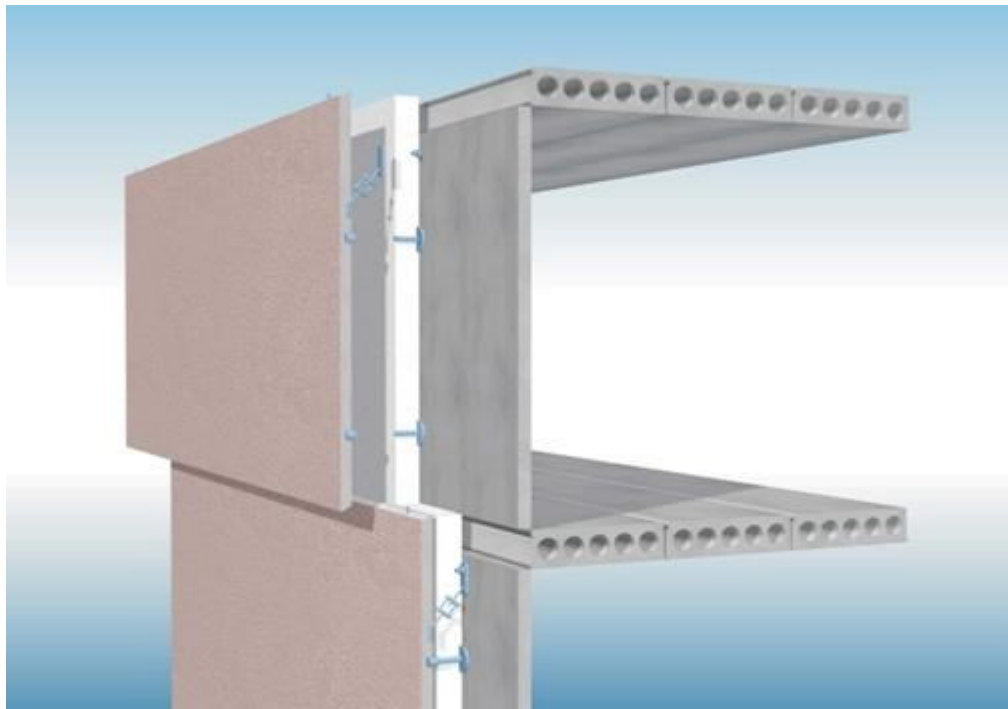
Kantavien ja jäykistävien väliseinien minimipaksuudeksi suositellaan 180 mm:ä, mutta esimerkiksi asuinrakennuksissa huoneistojen välisten seinien minimipaksuus on ääniteknisistä seikoista johtuen 200 mm. Sisäkuorielementtien suositeltava paksuus asuinkeuhkaloissa on 150 mm. (Betoniteollisuus Ry 2010e, s. 49)

4.4.2 Sandwich-elementit

Sandwich-elementtien käyttö on tyypillisintä kantavat seinät –järjestelmäisissä taloissa, joissa elementtilaatat tuetaan sandwich-elementin kantavan sisäkuoren varaan.

Sandwich-rakenteelle on ominaista korkea esivalmistusaste, kilpailukykyinen hinta sekä erittäin nopea rakentamisaika. (Betoniteollisuus Ry 2010a)

Sandwich-elementtien maksimitat määräytyvät kuorien välisten kuormitustekijöiden lisäksi esimerkiksi valmistuksen ja asentamisen asettamien rajoitusten perusteella. Myös elementin kuljetusreitti asettaa rajoituksia elementin maksimikorkeudelle, mutta normaalikuljetuksessa elementin maksimikorkeus on tyypillisesti noin 4 metriä. Työmaalla oleva kalusto rajoittaa sandwich-elementin painon yleensä noin 10 tonniin. (Betoniteollisuus Ry 2010a)



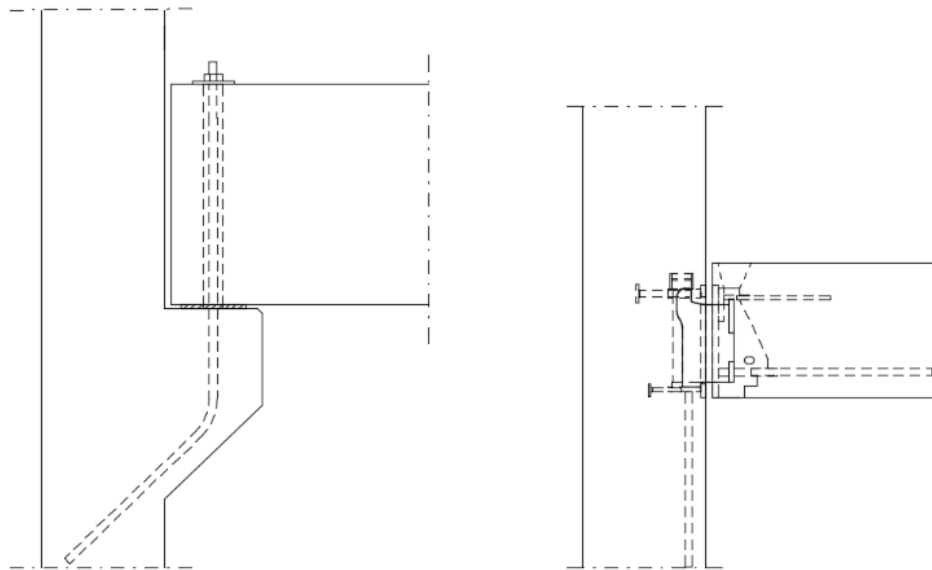
Kuva 10. Sandwich-elementin rakenne (Betoniteollisuus Ry 2010a).

5. ELEMENTTILIITOKSET

Betonelementtiliitosten tarkoitus on liittää kaksi tai useampi elementti toisiinsa kiinni niin, että elementteihin kohdistuvat kuormat siirtyvät perustuksille. Betonelementtien liitoksiin kohdistuu monia erilaisia kuormia, joiden suuruuden selvittäminen ja johtaminen kantaville rakenteille on suunnittelijan tehtävä. Suomessa liitokset suunnitellaan Eurokoodien mukaan, jolloin on selvítettävä muun muassa liittyvien rakenneosien tuet, tukipinnat, elementtien omapainot ja hyötykuormat. (Betoniteollisuus Ry 2010b)

5.1 Pilari-palkkiliitos

Pilareissa käytetään ulokkeita kannattamaan palkkeja silloin, kun pilarit ovat jatkuvia tai kun palkkeja on useita. Betonisille ulokkeille on vaihtoehtona teräksiset piiloulokkeet, jotka ovat elementtipilarin valmistuksen kannalta suositeltavampia. (Betoniteollisuus Ry 2010b)

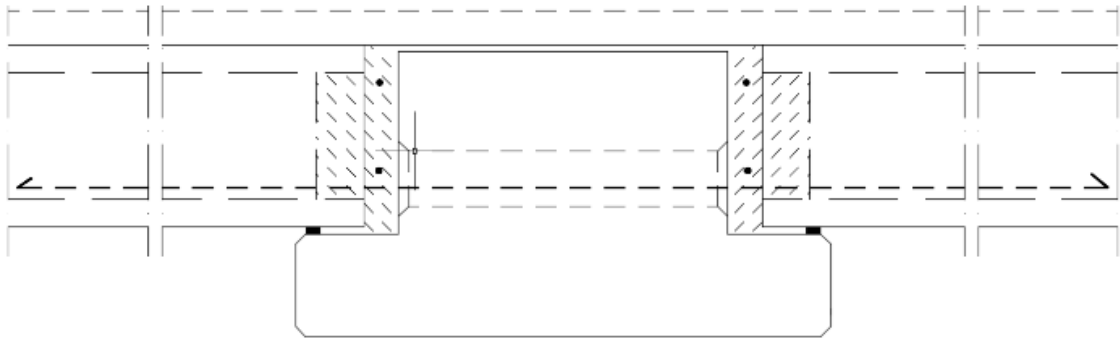


Kuva 11. Suorakaidepalkin tuenta pilariin betoniulokkeella ja piiloulokkeella (Betoniteollisuus Ry 2013).

Betoniulokkeen suunnittelussa ja asennuksessa on huomioitava erityisesti palkin tukireaktiot pulttia mitoittaessa sekä kumisen neopren-levyn koko ja muut ominaisuudet. Piiloulokkeen suunnittelussa ja asennuksessa on huolehdittava palkin asennuksen aikaisesta tuennasta sekä piilokonsolin palosuojauksesta. (Betoniteollisuus Ry 2013)

5.2 Ontelolaatan liitos palkkiin

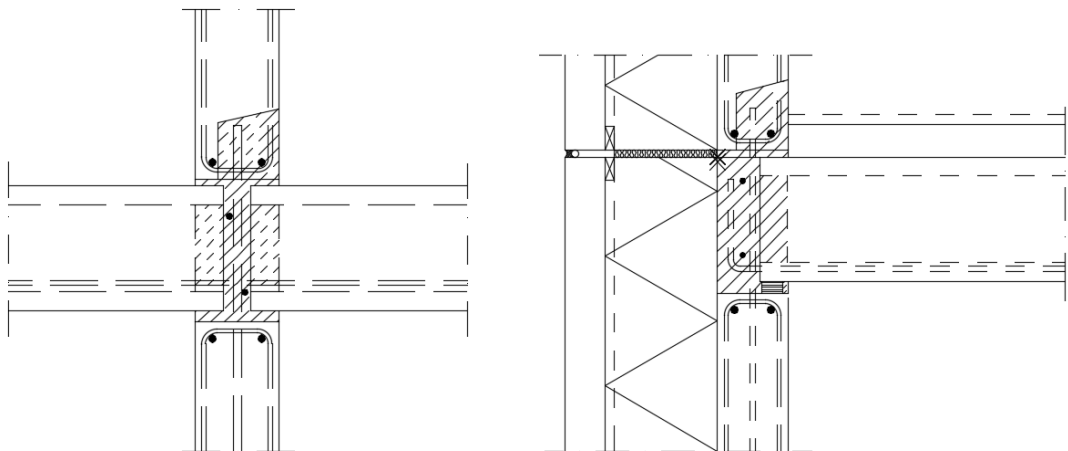
Ontelolaatan ja palkin liitoksessa on huolehdittava palkin tuennasta asennuksen aikana muun muassa kiepahduksen estämiseksi. Kuvassa 12 on esitetty ontelolaattatyy-
pin O27 tuenta leukapalkkiin. Palkin läpi kulkee kierresaumaputki, jonka läpi viedään te-
rätanko. Palkin ja laatan väliin on asennettu neopren-levy. Valmiin laatta-palkkiliitoksen
päälle on tehty pintabetoni, jonka paksuus on tyypillisesti 50 mm. (Betoniteollisuus Ry
2013)



Kuva 12. Ontelolaatan liitos leukapalkkiin (Betoniteollisuus Ry 2013).

5.3 Ontelolaatan liitos seiniin

Ontelolaattaa liittäessä kantavaan väliseinään on huomioitava erityisesti laattakohtai-
set tukipinnat sekä saumaraudoitukset. Pällekkäiset seinäelementit on yhdistetty toi-
siinsa pystyteräksillä. Ontelolaatan ja kantavan sandwich-elementin liitoksessa laatta
tuetaan seinäelementin kantavan sisäkuoren varaan. Suunnittelussa on otettava huomi-
oon tukipintojen lisäksi liitostapin sijainti ja sen ankkurointi. Myös tässä liitoksessa laatan
päälle tehdään pintavalu, jonka paksuus on tyypillisesti 50 mm. (Betoniteollisuus Ry
2013)



Kuva 13. Ontelolaatan liitos kantavaan väliseinään ja kantavaan sandwich-elementtiin
(Betoniteollisuus Ry 2013).

6. YHTEENVETO

Suomessa käytettäviä runkojärjestelmiä betonirakentamisessa ovat kantavat seinät -järjestelmä ja pilari-palkkijärjestelmä. Ensiksi mainittu sopii erinomaisesti asuinkerrostalojen rakentamiseen, kun taas pilari-palkkijärjestelmää suositaan kohteissa, joissa vaaditaan runsaasti vapaa tilaa. Näiden runkojärjestelmien yhteensovittaminen on myös mahdollista esimerkiksi silloin, kun asuinkerrostaloon rakennetaan maanalainen pysäköintihalli. Runkojärjestelmän valintaan vaikuttavat siis suurelta osin järjestelmän kelpoisuus rakennuksen käyttötarkoituksen kannalta. Valinnassa on kuitenkin myös huomiotava sekä rakennuksen aikaiset että käytön aikaiset kustannukset.

Betonirunkoisen rakennuksen kantavia betonielementtejä ovat erilaiset pilarit, palkit, laatat sekä seinät. Kantavien betonielementtien tarkoitus on siirtää rakenteeseen kohdistuvat rasitukset rakennuksen perustuksille. Tarpeen vaatiessa elementtien suositusmitoista on mahdollista poiketa. Erilaiset liitosdetaljit on tyyppillisesti määriteltävä ennen lopullista elementtityypin valintaa.

Betonielementtien välisten liitosten tarkoitus on pitää rakenne kasassa, mutta myös siirtää rasitukset elementiltä toiselle. Betonirakentamisessa vakioidut liitokset toteutetaan pääasiassa valamalla rakenteet kiinni toisiinsa. Liitoksissa käytetään terästankoja liitoksen kestävyuden takaamiseksi.

LÄHTEET

Betoniteollisuus Ry (2010a). Elementtisuunnittelu.fi, Julkisivut, Saatavissa (18.4.2019): <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwichjulkisivut>

Betoniteollisuus Ry (2010b). Elementtisuunnittelu.fi, Liitokset, Saatavissa (20.4.2019): <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/liitokset>

Betoniteollisuus Ry (2010c). Elementtisuunnittelu.fi, Rakennejärjestelmät, Saatavissa (24.3.2019): <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/asuinrakennukset>

Betoniteollisuus Ry (2010d). Elementtisuunnittelu.fi, Runkorakenteet, Saatavissa (19.2.2019): <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat>

Betoniteollisuus Ry (2010e). Elementtisuunnittelu.fi, Runkorakenteet, 89 s. Saatavissa (17.4.2019): www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22592/Runkorakenteet_9%203%202010.pdf

Betoniteollisuus Ry (2010f). Elementtisuunnittelu.fi, Runkorakenteet, Saatavissa (26.3.2019): <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/pilarit/pilareiden-mittasuositus>

Betoniteollisuus Ry (2010g). Elementtisuunnittelu.fi, Valmisosarakentaminen, Saatavissa (28.3.2019): <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/talonrakentaminen>

Betoniteollisuus Ry (2013). Elementtisuunnittelu.fi, Liitokset, Saatavissa (20.4.2019): <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/liitokset/runkoliitokset>

RIL 115 (1977). Betonielementtirakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 416 s.

RT 82-10821 (2004). Betonielementtirunkorakenteet. Rakennustietosäätiö. 20 s.