

# BETONISEN PILARIELEMENTIN PULTTILIITOS

1970–80-lukujen taitteessa betoniset elementtipilarit perustettiin yleensä holkeilla, joita valmistettiin elementtitehtailla. Työmaalla oli säätövaraa, mutta pilarin kiilaaminen oikeaan asentoon oli hidasta. Yleensä holkki asennettiin lattiatason alle, jolloin holkkikaulus ei kaventanut esimerkiksi trukikäytäviä. Tämän takia pilarin pituus kasvoi.

Pulttiliitoksia käytettiin pilarijatkoksissa sekä tapauksissa, jossa pilari asennettiin paikalla valetun kellarin tai väestönsuojan päälle. Pilarikengät olivat yhtenäisellä pohjalevyllä olevia raskaita rakenteita tai pilaripoikkileikkauksesta ulostyöntyviä lattarakenteita. Insinööritoimistoilla oli omia perusdetaljeja, joita kopioitiin kohteesta toiseen, mutta teräsosat valmistettiin aina tarpeen mukaan. Pultit hitsattiin yhtenäiseksi koriksi ja kierteet leikattiin joko pyörö- tai harjatankoon. Harjatanko A400HS oli hitsattavaa, mutta soveltui huonosti pistemäiseen hitsaukseen (siteiden hitsaus).

Jotta teräsosia voitaisiin valmistaa varastoon ja siten parantaa saatavuutta keksittiin ratkaisu, jossa vakioitiin yksittäiset kulmaosat. Pilariin asennettavan kulmakappaleen perusominaisuus on ankkuritankojen ja pulttireiän välinen epäkeskisyys, joka on rakenteellisesti tasapainotettava. Epäkeskisyys tarkoittaa myöskin, että ankkuritankoja on aina enemmän kuin pilarin pääraudoitustankoja. Hitsaus tehtiin käsin, joten hitsipituus pyrittiin minimoimaan ja ankkuritangot hitsattiin suoraan pohjalevyyn.

Peruspultti oli pyörötanko, johon hitsattiin L-profiili. Laadukkaan kierteen leikkaaminen harjatankoon on tarkkaa työtä, kun tanko on aina enemmän tai vähemmän soikea sekä pintakarkaistu ja kuvioitu – toleranssialuetta joudutaan siten käyttämään laidasta laitaan. Tämä on huomioitu myös nykypäivän standardeissa, ellei menetelmäkokeita ole tehty on jännityspinta-alan vetokestävyttä pienennettävä kertoimella 0,85 /1/. Harjatankopultteja käytettiin yleisesti esimerkiksi pilarin yläpää – palkki leikkausliitoksissa, jossa kierteen laadulla ei ollut niin suurta merkitystä.

Tänä päivänä valmistustekniikka on täysin erilainen. Kierteet tehdään pääosin rullavalssaamalla, jolloin saadaan laadukas työmaalla käsittelyä kestävä kierre. Hitsaukset tehdään robotilla, jolloin tärkeintä on, ettei osaa tarvitse prosessin aikana siirtää toiseen asentoon, nyt hitsataan kotelo pohjalevyyn ja ankkuritangot koteloon.

Pilarikengässä reikä oli 10 mm suurempi kuin pultin halkaisija, oikea k/k-mitta ja pultin pystysuoruus varmistettiin asennuskehikolla. Tarvittavan asennustoleranssin koosta käytiin alkuaikoina paljon keskustelua. Työmaalla käytettiin linja- ja luotilankoja, joiden tarkkuus oli tämän päivän tekniikkaan nähden karkealla tasolla.

Usein perustustyöt teki maanrakennusliike huonolla tarkkuudella ja sitten kuorma-auto ajoi pultit kumoon. Toleranssia suurennettiin tarvittaessa käyttämällä esimerkiksi M24-pultin kanssa M36-kenkää ja kohdekohtaisia aluslevyjä. Tämän päivän mittaustekniikoilla pultit saadaan kohdalleen ja vanhoja perustyöohjeita noudattamalla poikkeamat voidaan hoitaa niin, että työmaalla asennus sujuu nopeasti:

- Työmaalla tarkistetaan valun jälkeen että pultit ovat oikeassa paikassa ja oikeassa asennossa.
- Tarvittaessa työmaalla suojataan kierteet.
- Elementtitehtaalla tarkistetaan valun jälkeen kenkäryhmän sijainti.
- Tarvittaessa puhdistetaan kotelot, pulttireiät ja pohjalevy.

Uudelle pulttiliitokselle tehtiin puristuskoeket /2/, jossa huomattiin, että puristusvoimat ohjautuvat koteloiden väliin juotosbetonin kutistumisen takia. Oli myös tapauksia, jossa haluttiin esijännittää peruspultit ja myöhemmin tarkistaa jännityksen suuruus. Tämän takia ensimmäiset mitoituuskäyrät laadittiin kahdelle eri poikkileikkaustapaukselle, täytetyt ja täyttämättömät kotelot. Jatkossa tehtiin myös jäykkiä keloita sekä kehitettiin koteloihin tuplamutterisysteemi, joka kantoi kotelolle tulevan puris-

tuskuorman. Perusmitoituksessa huomioitiin halkaisuraidoitus, jonka avulla pystyttiin huomioimaan leimapaine. Masto pilareille kotelopoikkileikkauksen mitoituksessa huomioitiin puristuspuolen ankkuritankojen määrä.

Vuonna 1984 VTT antoi pulttiliitoksen juotosbetonihjeet /3/ ja vuonna 1992 Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö laati betoninormikortin jälkivalusauvojen käytöstä korkealujuusbetonirakenteissa /4/.

Kun harjatankoon tehdään kierre, menetetään poikkileikkauksesta 22–30 % riippuen harjatangon halkaisijasta ja käytetystä kierrekoosta. Vuosina 1991–95 Anstar kehitti valmistusmenetelmän, jossa harjatangon päähän tehtiin paksunnos siten, että kierteen jännityspinta-ala on tangon poikkileikkausta suurempi. Kun kierretankoa vedetään, se katkeaa harjatangon varresta eikä kierteestä. Tällä tekniikalla valmistetaan raudoitusjatkosta ARJ sekä peruspultteja AET ja AES (nykyään ATP36 sekä AHP36).

Betonipilarin pulttiliitos eroaa teräspilarin vastaavasta liitoksesta ainoastaan kotelon täytön, erillisten kulmakappaleiden ja ankkuritankojen osalta. Standardissa EN1993-1-8 käsitellään teräspilarin liittämistä betoniperustukseen ja näitä ohjeita voidaan myös soveltaa betonipilarille /5/.

Pulttiliitoksella on kaksi pääkäyttötapaa:

1. Asennus pulteille, lopputilanteessa pilari on puristettu sauva (seinäjäykistetyt rakenteet) eikä pulttiliitos toimi rakenteellisena osana.
2. Asennus pulteille, lopputilanteessa pultit siirtävät voimaa (mastojäykistetyt rakenteet).

Asennustilanne voidaan tutkia ETAG 001 -ohjeen mukaan, jolloin pohjalevyn molemmiin puoliin on mutterit /6/. Liio-poikkileikkauksella pultin mitoittava puristuskuorma saadaan diagonaalin suuntaisella tuulikuormalla. Työmaalla mitoitus tilanne on lyhytaikainen, ts. asennus ja juotosvalut on pyrittävä tekemään saman työpäivän aikana, tarvittaessa poikkeavat olosuhteet (esim. myrskytuuli) huomioidaan siirtämällä asennuspäivää tai tukemalla pilarit tönäreillä. Pilari voidaan asentaa korkopakalle ja ainoastaan pohjalevyn päälle tulevalla mutterilla, kun esimerkiksi halutaan esijännittää pultti. Metallisilla korkopaloilla huomioidaan pakan aiheuttamat halkaisuvoimat.

Betoniin ennen sen kovettumista asennettavien kantavien teräsosien CE-merkintä on ollut rakentajien keskuudessa epäselvää. CE-merkintä tarkoittaa, että valmistaja on harmonisoidun standardin tai tyyppikokeiden perusteella määritellyt tuotteelleen ominaisuuden, joka on kerrottu suoritustasoilmoituksessa. Ilman suoritustasoilmoitusta tuotetta ei voida CE-merkitä. CE-merkki ei tarkoita, että tuotetta voidaan ilman muuta selvitystä

käyttää kantavana rakenteena, vaan käyttäjän pitää tutkia suoritustasoilmoitus ja katsoa täyttääkö tuote sille asetetut vaatimukset /7/. Rakennustuotedirektiivissä 305/2011 EU kommissio toteaa, että vanha direktiivi 89/106/ETY oli liian monimutkainen ja tehoton eikä siten johtanut riittävän laajaan CE-merkintään /8/.

Euroopan Unionin tuomioistuimen ennakkoratkaisun mukaan betoniin ennen sen kovettumista kiinnitettävät tuotteet kuuluvat standardin EN 1090-1: 2009 + A1:2011 (Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus, osa 1) soveltamisalaan, mikäli niillä on sillä tavoin rakenteellinen tehtävä, että niiden poistaminen rakennuskohteesta heikentäisi välittömästi tämän lujuutta /9/. Ruotsissa sovellettavaa CE-merkintäpakkoa tulisi siten myös käyttää Suomessa tuotteen valmistusvaatimuksina.

Betonianturaan asennettava peruspultti on samanlainen asennettiin anturan päälle sitten betoni-, teräs- tai puupilari. Mitoittava poikkileikkaus on kierteen jännityspinta-ala (poikkeuksena Anstarin tuotteet joissa on laajennettu kierre) ja sitä koskevat ohjeet ovat selkeät /1/. Tyssätyille harjatankopulteille on Euroopassa haettu CE-merkintää raudoittamattomalle betonille tehdyillä tyyppikokeilla käyttämällä jälkikiinnitysankkureiden koestusohjetta ETAG001, joka antaa erilaisen vetokestävyysarvon kuin jännityspinta-ala standardin EN 1993-1-8 mukaan. ETAG001 ei käsittele tyssäämätöntä pulttia tai pulttia jonka ankkuri on mitoitettu Eurocode 2 mukaan ilman leimapainetta /10/. Annettu ETAG001 vetokestävyys vaatii raudoittamattomassa rakenteessa murtokartioiden estämiseksi pultille M30 k/k-mitan 1005 mm ja reunaetäisyyden 502 mm /11/. Neljän pultin ryhmällä anturanatsan koko olisi siten minimissään 2 m x 2 m tai sitten rakenne on raudoitettava Eurocode 2 mukaan. Leikkauskestävyydet on annettu sivusiirtymällä 1,5 mm /12/, jotta käyttörajatilavaatimuksiin päästäisiin on rakenne siten raudoitettava. Ohjeen FprEN1992-4 mukaan murtokartioita ei tarvitse koestaa tai laskea jos rakenne raudoitetaan kuormia vastaavasti /13/, jos rakenne on raudoittamaton, on käytettävä ETA koetuloksia ja murtokartiolaskelmia. Pienillä reunaetäisyyksillä tulee raudoituksen suunnittelussa huomioida harjatankojen riittävä ankkurointi.

Vanhan ruotsalaisen elementtiohjeen mukaan saumalun päälle asennettavan betonipilarin nurjahduspituutta pitää lisätä mitalla 7 x saumanpaksuus, mutta kuitenkin vähintään 0,35 m /14/. Jos 15 m pituiseen mastopilariin lisätään 0,5 m, niin betoninormien mukainen perusepäkeskisyys kasvaa pilarin sivumitasta riippuen 2–3 % /15/. Maanvarainen laatta ei itsessään ole täysin jäykkä ja yleensä pilarin yläpään sivusiirtymä on jollain tavalla estetty, joten mitoitusolettamuksena jäykkä liitos on konservatiivi-

nen /16/. FEM-laskelmalla pilari voidaan jakaa haluttuihin jäykkyyalueisiin. Paalustandardissa EN12794 on esitetty koemenetelmä, jonka tarkoituksena on verrata jatkettua paalua jatkamattomaan paaluun /17/. Koetulosten perusteella paalun valmistaja määrittää miten paalujatkosta tulee käsitellä hänen valmistamassaan paalutuotteessa. Paalutusohjeessa 2011 teollisuus on määrittänyt vaaditut koetulokset suomalaisille vakiopaaluille /18/. Laskelmissa paalun jäykkyys määritetään huomioimalla suhteellinen aksiaalinen puristuskuorma /19/, jatkettu paalun alkutaipuma on laskelmissa kaksinkertainen jatkamattomaan paaluun nähden. Alkutaipumassa huomioidaan sekä jatkoksen kulmamuuutos että jäykkyyden muutos. Euronormi mahdollistaa sen, että paaluvalmistaja tekee tavallista tarkempaa työtä (käyryys + jatkostyo) ja pienentää jatkoksen vaikutusta alkutaipumaan.

Betoniyhdistyksen myöntämässä käyttöselosteissa pulttiliitoksen sitkeys on varmistettu sillä, että murtorajatilassa pultti myötää, käytännössä pilarikenkä on aina

hieman ylimitoitettu, koska ankkuritankokombinaatiot ovat rajalliset (d: 12, 16, 20, 25, 28, 32). Paalujatkoskoetta on nyt sovellettu mastopilariin siten, että kaksi pilaria on jatkettu pulttiliitoksella. Kokeessa ei ole huomioitu puristuskuormaa, pilari- ja anturabetonin lujuuseroa sekä juotosvalukaulusta, jolla lujuusero hoidetaan tai kiertyvää anturalaattaa (maanpaine). Testistä saatu pienempi jatkosjäykkyys on huomioitu rajoittamalla pultin vetojännitystä arvoon 0,9 fyd /20/. Sitkeä murto tulisi nyt varmistaa alimitoittamalla pilarikenkä tai pilarin pääraudoitus. Tässä ei ole mitään mieltä, kun huomioidaan kotelon juotosbetonin kutistuma (tarvittava puristusraudoitus) ja mastopilareiden pieni osuus kaikista pulttiliitoksista. Tarvittaessa liitoksen jäykkyys voitaisiin ottaa huomioon lisäämällä alkukäyryyttä, nurjahduspituutta tai perusepäkeskisyttä tai muuttamalla anturalaatan jousivakiota. CE-merkityn betonipilarin valmistaja, joka itse vastaa suunnitelmista, voi eri vaihtoehdoista valita parhaaksi katsomansa.

/1/ EN 1993-1-8 kohdat 3.3 ja 3.6  
EN 1090 kohta 5.6.7

/2/ Juha Seppälä DI-työ, TKK 1984

/3/ VTT Tutkimuksia 316, 1984. Olin, Hakkarainen, Rämä,  
Markku: Betonielementtien liitokset ja saumat, kohta 1.2.2.

/4/ Betoninormikortisto nro 12. Suomen Betoniyhdistys, 1992

/5/ EN 1993-1-8 kohdat 6.2.2 ja 6.2.6.9-6.2.6.11

/6/ ETAG 001: Metal anchors for use in concrete, kohta 4.2.2.4

/7/ Katsarakis, Georgios: Implementin the Construction  
Products Regulation 305/2011 European Commission,  
DG Enterprise and Industry

/8/ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU)  
N:o 305/2011, perustelut s. 1–5

/9/ Unionin tuomioistuimen tuomio (kahdeksas jaosto)  
asiassa C-630/16, 14.12.2017

/10/ EN 1993-1-8 kuva 6.14

/11/ Europäische Technische Zulassung ETA-02/0006, Tabelle 4

/12/ Europäische Technische Zulassung ETA-02/0006, Tabelle 9

/13/ FprEN 1992-4 (December 2017), Eurocode 2: Design  
on concrete structures, Part 4: Design of fastenings for use  
in concrete, kappaleet 7.2.1.2 ja 7.2.2.2

/14/ Betonielementtirakenteet RIL 115. Suomen  
Rakennusinsinöörien Liitto, 1977 sivut 204–205

/15/ Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa B4.  
Betonirakenteet, ohjeet 1987 kaava 2.53

/16/ EN 1992-1-1: kuva 5.7 tapaus b) ja yhdistelmä e) ja g)  
tapauksista

/17/ EN 12794: Precast concrete products – Foundation piles,  
Annex A

/18/ Paalutusohje 2011, RIL 254-2011

/19/ EN 1992-1-1, kappale 5.8.7.2

/20/ ETA-13/0603 kohta 2.3.2