

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Spiraaliporapaalu ja paalutustekniikka

Kari Christer Avellan, tekniikan tohtori
Johtava konsultti, Konsultointi Kareg Oy
kari.avellan@kareg.com

1 Yleistä

Suomessa käytettiin jo 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa sillanrakennustöissä irtokärjellä varustettuja spiraaliporapaaluja, joiden kiertomomentti perustui miesvoimaan [1]. Tässä kirjoituksessa käsiteltä spiraaliporapaalu koostuu teräsputkesta, jonka alaosan on hitsattu spiraali.

Putken koko ja spiraalin nousukulma sekä spiraalin mitat vaihtelevat. Paalussa on erillinen kärkikappale. Paalu voidaan myös koota osista, jotka hitsataan toisiinsa. Korroosion varalta tai kapasiteetin nostamiseksi paalu voidaan täyttää betonilla.

Paalu soveltuu sopivissa pohjaolosuhteissa erityisesti vanhojen arvorakennusten perustusten viereen suoritettavaan paalutukseen. Paalutuksen alkuvaiheessa, kiertovaiheessa, paalu ei aiheuta tärinää eikä sen pyörittämisessä tarvita kärjen tasossa vettä tai ilmaa. Mikäli paalua lyödään myöhemmin sisäpuoli-

sella järkäleellä, ei siitä aiheudu tärinää maanpinnan yläosiin eikä siten vanhoihin perustuksiin.

2 Paalun rakenne

Kuvassa 1 on esitetty spiraalipaalu, jota on jatkettu noin 1,5 m:n pätkissä. Pätkien yläpäässä on näkyvissä paalun koneellista kiertämistä edistävät asennuskolot, jotka hitsataan työnsuorituksen aikana umpeen.

3 Pohjaolosuhteet

Spiraaliporapaalu soveltuu luontevimmin kittkamalajeihin, jotka koostuvat siltti- tai hiekkakerrostumista taikka poikkeuksellisesti myös sorakerrostumista. Kuvassa 2 on esitetty kierrepaalun käyttöön soveltuva esimerkki pohjaolosuhteista. Kittkaakerroksen välissä tai alapuolella sijaitseva löysä savikerros ei aiheuta nurjahduksen kannalta työtekniisiä eikä rakennetekniisiä ongelmia, kunhan paalun halkaisija on riittävän suuri.

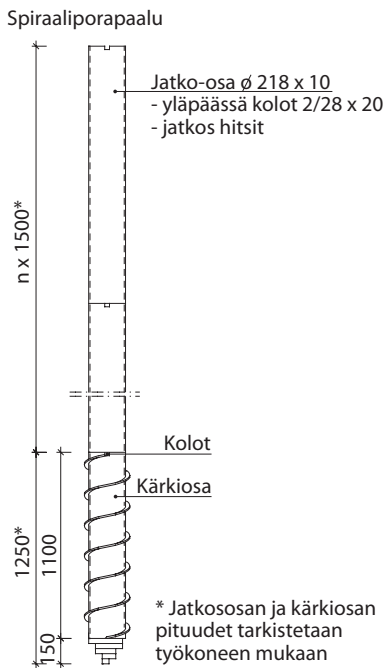
4 Käyttö

4.1 Vesihuuhtelu

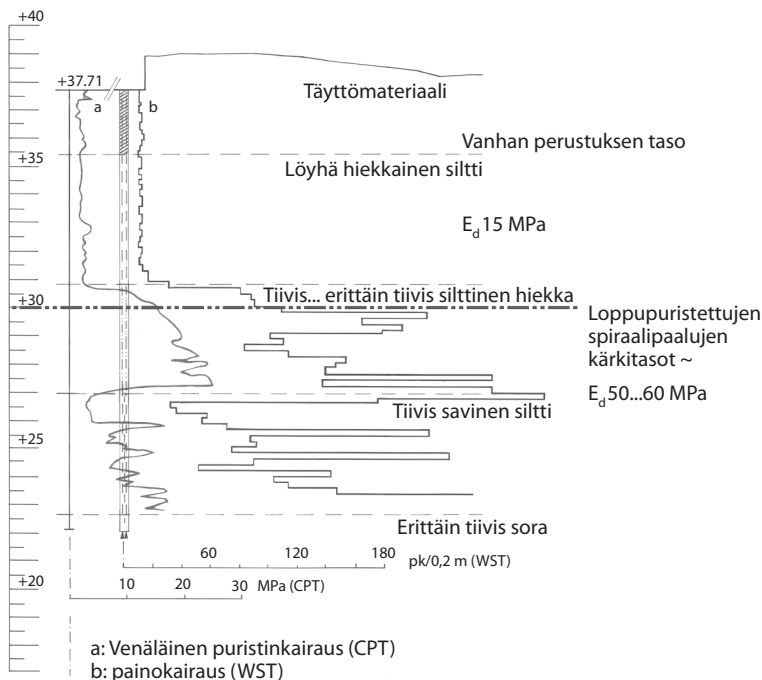
Paalutustyön helpottamiseksi käytettävällä vesi- huuhtelulla voidaan tehdä esireikä, joka puolestaan vähentää tarvittavaa kiertomomenttia, edistää paalun pysymistä suorana sekä varmistaa, ettei paalun sijaintikohdalla ole paaluntunkeutumista haittaavia esteitä, esimerkiksi lohkaraita. Tavanomaisella poltomoottorikäyttöisellä tai sähkökäyttöisellä pumpulla, kun vedenpaineen arvo $p = 10\text{--}12$ bar ja veden tuotto on 500–1000 l/min, voidaan maaperää löyhentää tai tehdä maahan halkaisijaltaan noin 60–80 mm:n reikä.

4.2 Kiertäminen

Paalun kiertäminen tapahtuu hydraulisen moottorin avulla, jolloin varsinainen voimayksikkö voi sijaita kymmenienkin metrien päässä sivu- ja/tai korkeussuunnassa. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki perustusten vahvistamisesta "spiraaliporapaalu-kaivannossa". Kuvassa näkyvät paalun yläpäässä sijaitseva pyöritysmoottori sekä säädettävät vaakasuuntaiset tuet, joilla otetaan "vääntömomentti" vastaan. Kuvassa näkyvät myös pyöritysmoottorin ja voimayksikön väliset hydrauliset putket.



Kuva 1. Spiraaliporapaalu.



Kuva 2. Esimerkki kierrepaalun käyttöön soveltuvista pohjaolosuhteista.



Kuva 3. Spiraaliporapaalu kaivannossa.

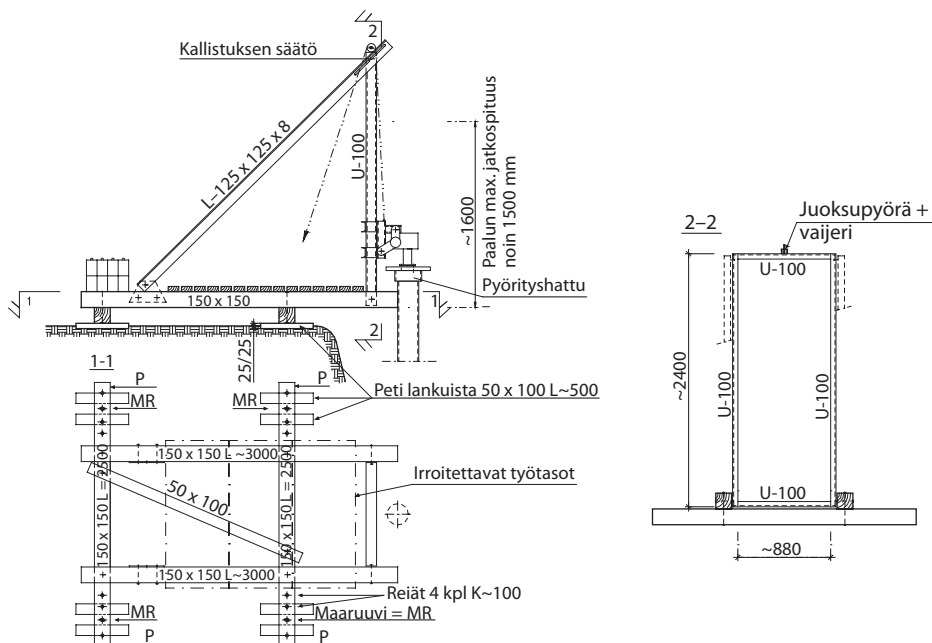
4.3 Lyöminen sisäpuolisella järkäleellä

Paalua voidaan myös lyödä sisäpuolisella järkäleellä (pudotuspainolla). Kevyt lyöminen voi olla tarpeen kitkamaakerroksen välissä olevan savikerroksen läpäisemiseksi. Mikäli paalua lyödään tiiviiden sora-kerrosten läpi, paalu on mitoitettava ilman spiraalia (tiivissä sora-kerroksessa spiraali voi rikkoutua).

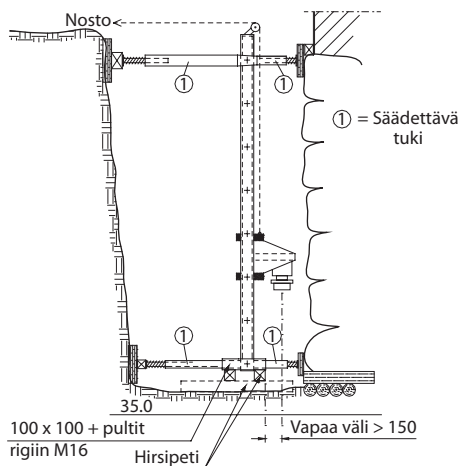
Paalun kärkiosa valetaan maakostea betonitulppa. Järkäleenä käytetään yksinkertaisella vaijerilla ripustettua järkälettä, jonka painon, ripustustavan ja korkeuden (lyöntienergian) määrittämisessä on huomioitava paalun painon lisäksi betonitulpan paino. Kun lyöntienergia kohdistuu paalun alapäähän, paalu tunkeutuu suoraan alaspäin eikä maan pintakerrokseen kohdistu värinää.

4.4 Tarvittava kalusto

Paalun halkaisija ja käyttöolosuhteet ratkaisevat käytettävän kaluston. Kuva 4 on perustusten vahvistamistyöstä [2]. Kaivannon reunalla on kevyt miesvoimin kannettavista osista koostuva "tee se itse" kalusto. Kuva 5 on myös perustusten vahvistamistyöstä [2]. "Tee se itse"-rigin (-työpuomin) alaosa ja pyöritysmoottori ovat kaivannon pohjalla.



Kuva 4. Perustusten vahvistamistyö. "Tee se itse"-rigi kaivannon reunalla.



Kuva 5. Perustusten vahvistamistyö. "Tee se itse"-rigin alaosa ja pyöritysmoottori kaivannon pohjalla.

5 Käytännön kokemuksia

Alkujaan 1300-luvulta peräisin olevan Eestissä sijaitsevan Tarton Jaanin kirkon perustusten vahvistamisessa on käytetty spiraaliporapaalua Ø 218 x 10 mm, jonka kärkiosa on hitsattu spiraalilatta 25 x 10 mm. Paalut kierrettiin huuhtelureikiin ja lopuksi puristettiin hydraulisesti tiiviin silttisen hiekan varaan. Puristaminen suoritettiin käyttäen vastapainona vanhaa seinää ja perustusten molemmiin puolin betonoituja vasten seinää esijännitettyjä teräsbetonipalkkeja. Pohjaolosuhteet on esitetty kuvassa 2, jossa on myös esitetty paalujen likimääräinen kärkitaso paalujen loppupuristamisen jälkeen. Kohteen paalujen loppupuristamisessa suoritettiin käyttöön toistokuormituksia ja lopuksi syklistä kuormituksia. Tämä puristuskuormitusmenettely kesti yhteensä 180 min/paalu [2], [3].

Paalujen virumakuorma ilman toisto- sekä syklistä kuormituksia oli 525 kN, ja siten paalun kärjen alapuolinen paine 13,9 MPa (139 kp/cm²) sekä spiraalin alapuolinen paine 9,3 MPa (93 kp/cm²). Virumakuormalla tarkoitetaan sitä kuormaa, jonka paalu pystyy painumatta kantamaan pitkän ajan kuluessa. Käytännön paalutussovelluksissa on useimmiten kyseessä kitkapaalun kantokyky.

Toisena esimerkkinä on Kalpaveljesten 1200-luvulla Eestin Poltsamaan kaupunkiin (saks. Oberpahlen) rakennetun linnan perustusten viereen suunnitellun uudisrakennuksen paalutus. Paalut vietiin aluksi kiertämällä noin 1,5 m vanhojen perustusten alapuolelle, minkä jälkeen paalutustyötä jatkettiin lyömällä paalun sisäpuolisella järkäleellä. Jokaisesta paalusta mitattiin loppulyöntien yhteydessä jousto ja keskimääräinen pysyvä painuma iskusarjaa kohti (10 iskua). Paalujen geotekninen kantavuus määritettiin paalutusaavoilla. Tässä tapauksessa määritettiin käytettiin sekä ns. Janbun kaavaa [4]. että muunnettua Krügerin kaavaa [5].

6 CE-merkintä

Spiraalipaalun metalliosille, esimerkiksi putkille, on valmistajan tuotekohtaiset CE-merkinnät. Kärkikappaleille ei ole harmonisoitua tuotestandardia, mikä tarkoittaa mm. sitä, että

- kärkikappale voidaan työmaalla valmistaa CE-merkityistä teräsmateriaaleista
- tehtaassa sarjavalmisteinen kärkikappale, esimerkiksi 100 kpl yhtä työmaata varten, voidaan toimittaa ilman CE-merkintää.

Teräsrakenteiden koostamisessa/valmistamisessa noudatetaan hyvää rakennustapaa ottamalla huomioon mm. hitsausluokat, hitsaajien pätevyystodistukset, asennussuunnitelmat, dokumentoinnit ja laatuasiakirjat.

Spiraaliporapaalulle on vuonna 1994 haettu patenttia "Vetoa ja puristusta vastaanottava spiraaliporapaalu ja sitä käyttävä paalutusmenetelmä" [6]. Tämän artikkelin kirjoittaja kehitti tässä artikkelissa esitetyn paalun ja "tee se itse" -rigin vuonna 1994 [6], [7].

Lähteet

- [1] Lille W. O., Perustusrakennuksista teollisuuskouluja varten. 1901.
- [2] Avellan K. & Maanas M., Strengthening the Foundations of St. John's Church in Tartu, Estonia. Proceedings of the Fifteenth International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Taylor & Francis Group 2001.
- [3] Avellan, K., Limit State Design for Strengthening Foundations of Historic Buildings Using Pretested Drilled spiral piles with special reference to ST: John's Church. Juvenes print, 2011.
- [4] Janbu, N. & Bjerrum, L. & Kjaernsli, B., Veiledning ved løsning av fundamenteringsoppgaver. Norges geotekniske institutt publisjon nr. 16. Standard boktrykkeri 1956.
- [5] Suomen geoteknillinen yhdistys ry. LPO-87 Lyöntipaalutusohjeet. Vaasa Oy:n kirjapaino 1987.
- [6] Patenttihakemus 941463.
- [7] Eestin tekijänoikeuslaki RT 1992, 49, 615.