

Teräsputkipaalujen kalliokärkien tekniset vaatimukset

1. Yleistä

Teräsmaalut on varustettava kalliokärjellä, kun paalu lyödään kallioon tai todennäköiseen kallioon tai kiviseen tai lohkariseen maakerrokseen. Kallioon tukeutuissa teräsputkipaaluissa, joiden kärkien odotetaan tukeutuvan kallioon, käytetään liukumisen estämiseksi karkaistulla kärkitapilla tai vastaavalla rakenteella varustettuja kalliokärkiä. Rakenneterästuurnallisten kalliokärkien oletetaan tukeutuvan maakerrokseen, mutta mitoituksessa otetaan huomioon tilanne, että rakenneterästuurna tukeutuu kallioon. Kalliokärjellä varustettu paalu tuetaan kallioon riittävän tehokkaalla lyönnillä. Poikkeuksellisen vaativissa olosuhteissa käytetään läpiporattavalla kalliokärjellä varustettua paalua, joka upotetaan kallion pintaan lyömällä ja hakemalla kantavuus tämän jälkeen terästapilla, joka porataan betonilla suljetun kärjen läpi riittävän syvälle kallioon.

Kalliokärkeen kohdistuu taivutusrasitusta lyötäessä paalua lohkaraisen tai kivisen maakerroksen läpi sekä kärjen kohdatessa vinon kalliopinnan sekä lyönnin epäkeskisyydestä johtuen. Kalliokärjen taivutusrasitus ennen kärkitapin tunkeutumista kallioon riippuu kallion pinnan kaltevuudesta, lyöntivoimasta ja maakerroksen tukevasta vaikutuksesta. Kalliokärjen valmistajan tulee antaa ohjeet paalun lyönnistä (lyöntirasituksista) kalliopinnan läheisyydessä ja tuurnan upotuslyönneistä kallion sisään, jotta kuorman epäkeskisyydestä ja taivutusrasituksesta johtuen kalliokärjen rikkoontumiselta vältetään.

Näissä teknisissä vaatimuksissa esitetään Liikenneviraston vaatimukset teräsputkipaalujen hitaamalla kiinnitettävien kalliokärkien suunnittelulle ja valmistukselle. Tekniset vaatimukset esittävät minimivaatimukset teräsputkipaalujen kalliokärjille normaaleissa suomalaisissa maa- ja kallioperäolosuhteissa, joissa lyöntipaikan kallion pinnalla on paalua tukeva riittävän paksu ja tiivis kitkamaakerros eikä kallion pinta ole erityisen vino. Nämä tekniset vaatimukset eivät koske läpiporattavia kalliokärkiä.

Näiden teknisten vaatimusten mukaiset valmistajan tyyppisuunnitelmat tulee tarkastaa kolmannen osapuolen toimesta. Liikennevirasto tilaa tyyppisuunnitelmien tarkastuksen ulkopuoliselta konsultilta ja perii tarkastuksesta aiheutuneet kustannukset tyyppisuunnitelmien teettäjältä.

2. Käytettävät standardit ja ohjeet

Kalliokärkien suunnittelussa tulee noudattaa Eurokoodeja (etenkin eurokoodi EN 1993 ja EN 1997) sekä toteutuksessa eurooppalaista toteutusstandardia EN 1090-2 viitestandardineen.

Suunnittelussa voidaan käyttää apuna Liikenneviraston eurokoodin soveltamisohjeita (NCCI-sarja). Lisäksi on otettava huomioon kalliokärkiä koskevat vaatimukset ohjeesta RIL 254-2011 "Paalutusohje 2011".

Näiden teknisten vaatimusten kappaleessa 3 esitetään eräitä mitoitussehtoja ja tarkennuksia ylämainittuihin standardeihin ja ohjeisiin.

Kalliokärjen valmistuksen on oltava kolmannen osapuolen valvonnassa.

3. Mitoitusehdot teräspalkkipaalujen kalliokärkien suunnitteluun

Kalliokärki mitoitetaan puristusrasitukselle siten, että kärkikappale ja – tappi kestävät siihen kohdistuvat rasitukset.

Kärkitapin ja kärkikappaleen kiinnitys mitoitetaan vetorasitukselle siten, että lyönnin aiheuttamat vetoaallot eivät irrota kärkitappia tai – kappaletta. Lisäksi on varmistettava käytettyjen hitsien kestävyys työn aikaisille kuormille (mm. jäykisteen ja päätylevyn välillä).

Kalliokärkien kapasiteetti lasketaan seuraavin oletuksin:

- kukin kalliokärkidimensio (paalun ulkodemensio) tulee mitoittaa erikseen
- kalliokärjen toiminnan tulee olla murtositkeä (mikään paalun osa ei menetä stabiiliutta äkillisesti)
- laskelmilla haetaan kalliokärkien kapasiteettia:
 - o rakennemalliin mallinnetaan paalu suurimmalla seinämävahvuudellaan sekä lujuudellaan (paalun pituusmittana mallissa voi olla esim. D/2)
 - o näin mitoitettua kalliokärkeä saa käyttää pienemmille seinämävahvuuksille ilman erillisiä laskelmia.
- geometriset vaatimukset
 - o RIL 254-2011 esittämien vaatimusten (esim. 3.8.4.2) lisäksi on rakennemallissa otettava huomioon seuraavat vaatimukset
 - tuurna/kärkitappi sijaitsee keskeisesti paaluun/pohjalevyyn nähden
 - mikäli kalliokärjen kapasiteetti perustuu plastiseen mitoitukseen on laskelmin todennettava, että rakenneosat kuuluvat poikkileikkausluokkaan 1 (plastinen kapasiteetti saavutetaan ennen stabiiliteetin menettämistä; osien alkuepätkätkäudet on otettava huomioon SFS-EN 1993-1-5 mukaisesti).
- Rakenteellinen mitoitus tehdään seuraaville tapauksille
 - o kalliokärjen kapasiteetti keskeiselle kuormalle [kN]
 - o kalliokärjen tulee kestää lisäksi kalliotapin keskiakselille kohdistuva vaakakuormitus mielivaltaisessa suunnassa, joka on 15% keskeisestä kapasiteetista kohdistettuna tuurnan alapäähän

Kalliokärkien laskennallinen kapasiteetti lasketuille paaludimensioille ilmoitetaan hyväksyntähakemuksessa taulukkumuodossa seuraavasti (hyväksyntähakemuksen liitteissä on esitettävä laskelmat kaikille paaludimensioille):

Paalu	$R_{d,L}$ [kN]	$R_{d,LH}$ [kN]	k_{LH}	$R_{d,Kc,1,2}$ [kN]	$k_{Kc,1,2}$	$R_{d,Kc,2,0}$ [kN]	$k_{Kc,2,0}$
Dxxx	10000	1750	0,175	9800	0,98	9600	0,96
Dyyy
...

missä

$R_{d,L}$ = kalliokärjen rakenteellisen kestävyuden murtorajatilan suunnittelu-arvo keskeiselle pystykuormalle asennustilanteessa (lyönti ja PDA-mittaus)

$R_{d,LH}$ = kalliokärjen rakenteellisen kestävyuden murtorajatilan suunnittelu-arvo vaakakuormalle asennustilanteessa

k_{LH} = $R_{d,LH} / R_{d,L}$

$R_{d,Kc,1,2}$ = kalliokärjen rakenteellisen kestävyuden murtorajatilan suunnittelu-arvo keskeiselle pystykuormalle, korroosiovara 1,2mm

$k_{Kc,1,2}$ = $R_{d,Kc,1,2} / R_{d,L}$

$R_{d,Kc,2,0}$ = kalliokärjen rakenteellisen kestävyuden murtorajatilan suunnittelu-arvo keskeiselle pystykuormalle, korroosiovara 2,0 mm.

$k_{Kc,2,0}$ = $R_{d,Kc,2,0} / R_{d,L}$

Ylijohtaja



Raimo Tapio

Tekninen johtaja



Markku Nummelin

LISÄTIETOJA
Heikki Lilja
Liikennevirasto
puh. 020 637 3560

Teräsputkipaalujen kalliokärkien suunnittelijoilla

Teräsputkipaalujen kalliokärkien suunnittelu, lisäohjeita FEM-laskentaa varten.

Teräsputkipaalujen kalliokärkien suunnittelu on tehtävä Liikenneviraston teknisten vaatimusten mukaan (1249/067/2012, päivätty 22.3.2012). Tässä kirjeessä esitetään eräitä tarkennuksia laskelmien suorittamiseksi.

Suunnittelussa voidaan käyttää apuna standardin SFS-EN 1993-1-5 opastavaa liitettä C (FEM-laskelmat). Standardin kappaleen C.8 mukaan tutkitava rakenneosa voi menettää kapasiteettinsa joko stabiliteetin menetyksenä (nurjahtaminen) tai päävenymän raja-arvon ylittyessä.

- standardin suositusravosta poiketen voidaan kohdassa C.8 päävenymälle käyttää raja-arvona kyseeseen tulevan materiaalistandardin esittämää murtovenymän arvoa (> kuin kohdassa C.8 annettu suositusarvo 5%).
- Laskenta perustuu siis rakenteen kuormittamiseen murtovenymään asti (ellei sitä ennen stabiliteettirajaa saavuteta).
 - kun myötövenymän arvot saavutetaan siirtyvät rakenteet näiltä osin plastiselle puolelle, ja kuormat jakautuvat FEM-mallissa sen mukaisesti.
 - materiaalin käyttäytymisen mallinnus voidaan tehdä kimmo-lastisena (lineaarisesti myötölujittuva) vallitsevan käytännön mukaisesti.
 - analyysi lopetetaan kun yksittäisessä mallin pisteessä saavutetaan materiaalistandardin mukainen murtovenymän arvo (ellei sitä ennen stabiliteettirajaa saavuteta)

Mikäli kalliokärjen kapasiteettia pyritään laskemaan käsin, on kuormien jakautumisen arvioinnissa käytettävä aina menetelmää joka on todistettavasti varmallalla puolella.

Helsingissä 8.5.2013, Heikki Lilja

Teräsputkipaalujen kalliokärkien suunnittelijoille ja valmistajille

Teräsputkipaalujen kalliokärkien valmistusta koskevat tekniset vaatimukset SFS-EN 1090-2:n mukaan.

Teräsputkipaalujen kalliokärkien toteutusluokka on EXC2 ja sen mukaisesti hitsiluokka C SFS-EN ISO 5817 mukaan. Tässä on esitetty vain standardista SFS-EN 1090-2:sta EXC2:sta poikkeavat tai sitä tarkentavat tiedot.

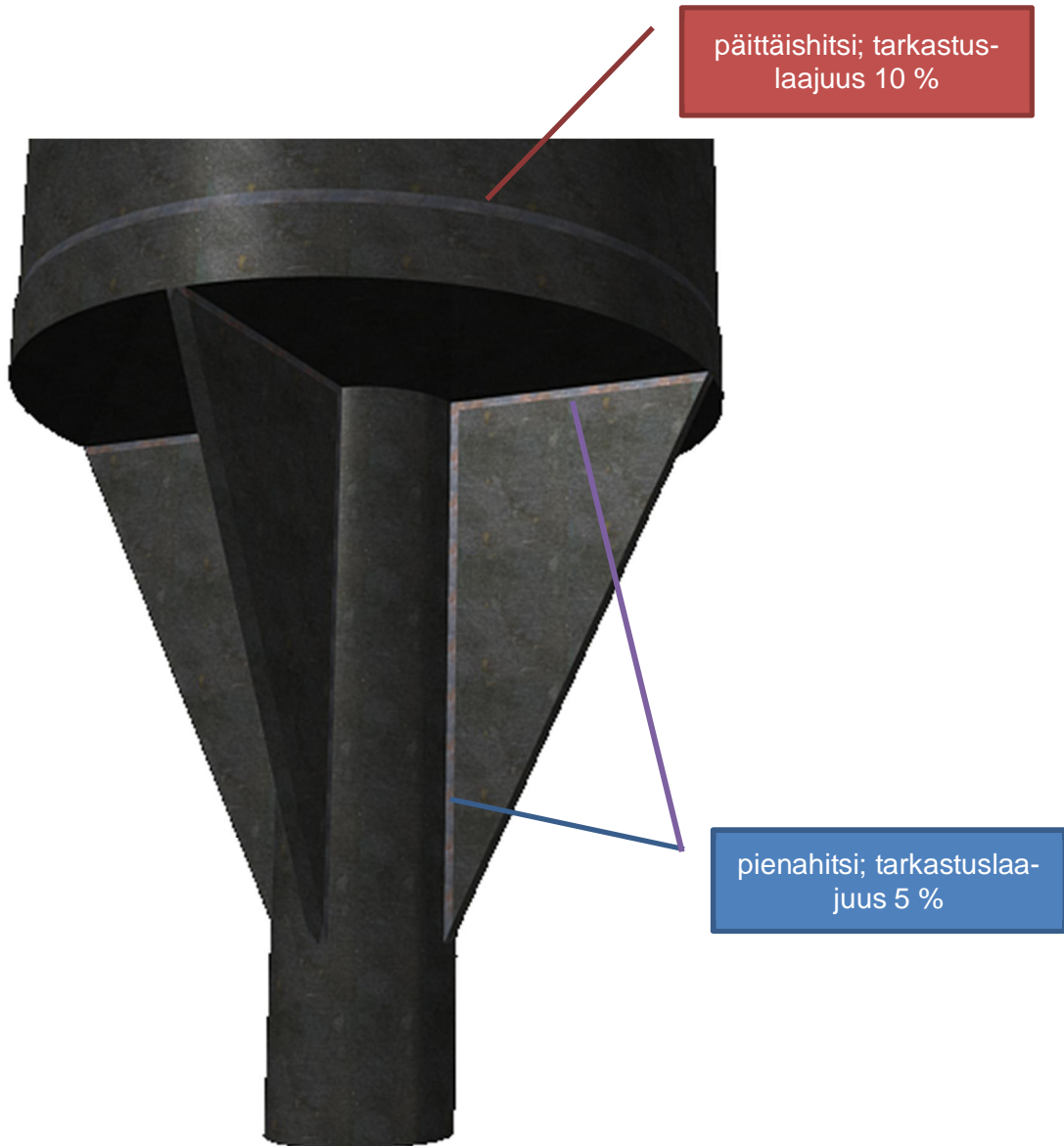
Teräsmateriaalien tulee olla jäljitettävissä valmistuseräkohtaisesti kaikissa vaiheissa.

Teräsputkipaalun ja kalliokärjen välinen hitsi luokitellaan päittäishitsiksi, joten niiden NDT-tarkastuslaajuus on 10 %. Pienahitseistä tarkastetaan 5 % standardin SFS-EN 1090-2 mukaisesti. Visuaalinen tarkastus tehdään aina 100 %:sti kaikille hitseille. Liitteen 1 kuvassa 1 on vielä esitetty graafisesti eri hitsisaumojen NDT-tarkastuslaajuudet. Tarkastuserä valitaan sitten, että vähintään joka kymmenennelle toimitetulle kalliokärjelle sekä kiinnihitsaukselle suoritetaan tarkastus edellä mainittuja tarkastuslaajuuksia noudattaen. Hitsiluokan raja-arvot ylittävät virheet korjataan ja ne tarkastetaan uudelleen. Tarkastuksista tulee aina laatia tarkastuspöytäkirja.

Toleranssien osalta noudatetaan pääsääntöisesti Toiminnallisten valmistustoleranssien luokan 1 mukaisia sallittuja poikkeamia. Kalliokärjen pohjalevyn halkaisijalle annetaan sallittu poikkeama -0/+20 mm, jotta varmistetaan riittävästä kosketuspinnasta paaluputken pään ja kalliokärjen välillä. Samoin annetaan paaluputken ja pohjalevyn liitokselle sallittu poikkeama: -0 mm (paaluputken seinämä ei saa tulla pohjalevyn ulkopuolelle). Liitteen 2 taulukossa 1 on esitetty valmistukselle ja kalliokärkien liittämiseksi toleranssit.

15.5.2013

Kuva 1. Hitsisaumojen tarkastuslaajuudet.



15.5.2013

Taulukko 1. Kalliokärkien valmistus- ja kokoonpanotoleranssit.

Rakenneosa	Sallittu poikkeama	Taulukko EN 1090-2	Selitys
Pohjalevy			
• halkaisija	-0/+20mm		Lisätoleranssivaatimus (puuttuu EN 1090-2:sta)
• paksuus	Materiaalistandardin mukaan		
Vaarnatappi			
• sijainti	5 mm	D.2.9 Nro 1	Toiminnalliset valmistustoleranssit; luokka 1
• pään suoruus pohjalevyä vasten	0.5 mm	D.2.7 Nro 5	Toiminnalliset valmistustoleranssit; luokka 1
• halkaisija	Materiaalistandardin mukaan		
• pituus, h	$\Delta = \pm(h/5000+2)$ mm	D.2.7 Nro 1	Toiminnalliset valmistustoleranssit; luokka 1
Jäykistelevyt			
• sijainti	$ \Delta = 3$ mm	D.2.6 Nro 4	Toiminnalliset valmistustoleranssit; luokka 1
• suoruus levyn tasossa	$\Delta = \pm b/250$, $ \Delta \geq 4$ mm	D.2.6 Nro 1	Toiminnalliset valmistustoleranssit; luokka 1
• paksuus	Materiaalistandardin mukaan		
• pituus, b	$\Delta = \pm(b/5000+2)$ mm	D.2.7 Nro 1	Toiminnalliset valmistustoleranssit; luokka 1
Paaluputken ja pohjalevyn liitos			
• sovituserhe	$\Delta = -0$		Paaluputken seinämä ei saa tulla pohjalevyn reunan yli

Helsingissä 15.5.2013, Tomi Harju