

15.6.2020

VÄYLÄ/4479/06.04.01/2020

Huomautus. Muutosten luettavuuden vuoksi oleellisimmat muutokset versioon InfraRYL 2019/1 on korostettu sinisellä värillä. Tämä ei muuta tekstien sitovuutta.

42020.1.1.5 Kelpoisuuden osoittaminen

Vaatus

Betonirakenteen puristuslujuuden kelpoisuus

Betonirakenteen puristuslujuuden kelpoisuus osoitetaan arvosteluerittäin valetuilla koekappaleilla.

Betonirakenteen puristuslujuuden kelpoisuus osoitetaan SFS-EN 206 mukaisella tunnistustestauksella, tässä esitetyin poikkeuksin.

Arvosteluerän puristuslujuuden sallittu alitus on 0 MPa.

Ohje

Suunnitelmassa lieriölujuus on lujuusluokan ensimmäinen lukema. Esim. lujuusluokan C35/45 ominaislujuusvaatimus f_{ck} on 35 MPa.

Mikäli tunnistustestauksen ehdot eivät täyty tai testaustulokset joudutaan hylkäämään, määritetään arvosteluerän kelpoisuus puristuslujuuden suhteen valmiista rakenteesta EN 13791:2019 kpl 9.3 mukaan.

Ohje

Mikäli EN 13791:2019 kpl 9.3 mukaisen menettelyn käyttäminen ei ole mahdollista, esimerkiksi betonin verhouksmateriaalien vuoksi, käytetään kyseisen standardin kpl 9.2 mukaista menetelmää.

Vaatus

Betonin puristuslujuus testataan laadunvarmistusiässä 28 vuorokautta.

Ohje

Puristuslujuus voidaan testata myös laadunvarmistusiässä 91 vuorokautta, mutta vain jos rakennussuunnitelmassa on niin esitetty. Tällöin silta voidaan ottaa liikenteelle aikaisintaan 91 vuorokauden jälkeen valun päättymisestä, kunhan lujuus täyttää esitetyt vaatimukset. Rakennussuunnitelmassa on esitettävä vaatimukset lujuuden kelpoisuuden osoittamisesta. Näissä on huomioitava, että betonin pitkäaikaiskestävyyden edellyttämät lujuusvaatimukset täyttyvät 28 vuorokauden iässä.

Vaatus

Arvosteluerät

Arvosteluerien muodostamisessa noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Arvosteluerä on betoniasemakohtainen. Saman rakenteen valusta, johon massa toimitetaan usealta asemalta samaan aikaan, voidaan muodostaa yksi arvosteluerä, kun jokaiselta asemalta toimitetusta betonista on tehty koekappaleita.
- Arvosteluerä on betonilaatukohtainen. Kaikki erilaiset lujuusluokan ja P-luvun yhdistelmät kuuluvat aina eri arvostelueriin.
- Eri sideainekoostumukset kuuluvat eri arvostelueriin.
- Kuivatyö ja vedenalainen valu ovat erillisiä arvostelueriä.
- Saman arvosteluerän betonit on valettu noin yhden kuukauden aikana.
- Arvosteluerä on kohde- ja rakenneosakohtainen. Eri rakenneosien betoneita voidaan sisällyttää samaan arvosteluerään, jos ne valetaan samalla massalla ja pienemmän yhdistettävistä rakenneosista rakenneosan tilavuus on alle 50 m³. Tällöin lujuus- ja säilyvyysvaatimusten on täytettävä vaativimman rakenneosan vaatimukset.
- Arvosteluerän koko on korkeintaan 600 betoni-m³.

15.6.2020

VÄYLÄ/4479/06.04.01/2020

Ohje

Esimerkiksi, edellä mainitut vaatimukset huomioon ottaen:

- Yhden sillan peruslaatat muodostavat yhden arvosteluerän.
- Yhden sillan muut maaturakenteet muodostavat yhden arvosteluerän.
- Maatukien reunapalkit muodostavat yhden arvosteluerän.
- Yhden sillan välituet muodostavat yhden arvosteluerän.
- Yhden sillan paalujen betonit muodostavat yhden arvosteluerän.
- Pienen sillan kansirakenne reunapalkkeja lukuun ottamatta muodostaa yhden arvosteluerän. Kansirakenne tulee jakaa useampaan arvosteluerään, mikäli betonitilavuus on suurempi kuin arvosteluerän enimmäiskoko.
- Päällysrakenteen reunapalkit muodostavat yhden arvosteluerän. Reunapalkit ja päällysrakenne voivat olla samaa arvosteluerää, jos betonilaatu on sama ja ne valetaan samalla kertaa eikä valun koko ole liian suuri.
- Jänneankkureiden ja liikuntasaumalaitteiden varauskolojen jälkivalut muodostavat yhden arvosteluerän, jos betonilaatu on sama.
- Liikuntasaumojen tukikaistat muodostavat yhden arvosteluerän.
- Siirtymälaatat muodostavat yhden arvosteluerän.
- Vedeneristeen suojabetonilaatta muodostaa yhden arvosteluerän.

Mikäli rakenneosia jaetaan useampaan arvosteluerään, tulee arvosteluerien rajat merkitä toteuma-aineistoon.

Vaatimus**Betonin puristuslujuuden tunnistustestaus**

Koekappaleet valmistetaan ja jälkihoidetaan standardin *SFS-EN 12390-2* mukaisesti käyttäen standardin *SFS-EN 12390-1* mukaisia metallimuotteja. Koekappaleena käytetään lieriötä, jonka halkaisija ja korkeus ovat $d = 150$ mm, $h = 300$ mm.

Koekappaleita säilytetään vähintään 24 tuntia ja enintään 3 vrk työmaalla muoteissa, suojattuna iskuilta, tärinältä ja kuivumiselta $+20$ °C ± 5 °C lämpötilassa. Muotista poiston jälkeen koekappaleita säilytetään testaukseen saakka vedessä, jonka lämpötila on $+20$ °C ± 2 °C.

Koekappaleen valmistajalla tulee olla betonilaborantin pätevyys tai todistus hyväksytysti suoritetusta työmaalaboranttikurssista ja kokemusta betonin koekappaleiden valmistamisesta.

Koekappaleet testataan betonin toimittajasta riippumattomassa testauslaitoksessa, jolla on akkreditointi standardin *SFS-EN 12390-3* mukaiselle puristuslujuustestille. Koekappaleet eivät saa vahingoittua kuljetuksen aikana ja ne pakataan muovipusseihin kuivumisen välttämiseksi.

Arvosteluerää kohden rakennuspaikalla otetaan vähintään 1 näyte alkavaa 100 betoni-m³ kohti, kuitenkin vähintään 6 kpl arvosteluerää kohden. Arvosteluerän betonitilavuuden ollessa alle 6 m³, otetaan vähintään 3 näytettä. Näytteiden otto jaetaan tasaisesti kaikkien betonikuormien, valukertojen ja betoniasemien kesken.

15.6.2020

VÄYLÄ/4479/06.04.01/2020

Taulukko V1 Näytteiden lukumäärä n arvosteluerän betonitilavuuden mukaan

0 m ³	>	3 kpl	<	6 m ³
6 m ³	≥	6 kpl	<	100 m ³
100 m ³	≥	6 kpl	<	200 m ³
200 m ³	≥	6 kpl	<	300 m ³
300 m ³	≥	6 kpl	<	400 m ³
400 m ³	≥	6 kpl	<	500 m ³
500 m ³	≥	6 kpl	≤	600 m ³

SFS-EN 206 mukaisesta tunnistustestauksesta poiketen, näyte ja tästä saatu testaustulos käsittää vähintään yhden koekappaleen.

Ohje

Näytteestä valmistetaan yksi tai useampia koekappaleita. Näytteestä saatu testaustulos on joko yksittäisen koekappaleen tulos tai useamman koekappaleen tulosten keskiarvo. Mikäli testaustulos koostuu useammasta koekappaleesta, tällöin noudatetaan SFS-EN 206 mukaista tunnistustestauksen menettelyä testaustuloksen koekappaleiden välisestä lujuuden hajonnasta.

Taulukko V2 Puristuslujuuden tunnistusehdot

Arvosteluerän näytteiden lukumäärä n	Ehto 1	Ehto 2
		Keskiarvo n kappaleesta testaustuloksia
2..4	≥ $f_{ck} + 1$ MPa	≥ $f_{ck} - 4$ MPa
5..6	≥ $f_{ck} + 2$ MPa	≥ $f_{ck} - 4$ MPa

Betonirakenteen puristuslujuuden kelpoisuuden määrittäminen valmiista betonirakenteesta

Betonirakenteen puristuslujuuden kelpoisuus määritetään arvosteluerittäin. [Betonirakenteen puristuslujuuden kelpoisuus määritetään standardin EN 13791:2019 kpl 9.3 mukaan.](#)

Betonirakenteen puristuslujuuden kelpoisuus määritetään valmiista rakenteesta, jos esimerkiksi:

- arvosteluerän valettujen koekappaleiden tunnistustestauksen ehdot eivät täyty.
- arvosteluerää ei ole muodostettu edellä mainitulla tavalla,
- työn aikana on todettu, ettei betonointi, jälkihoito tai lämmönhallinta ole onnistunut suunnitellulla tavalla,
- on joku muu perusteltu syy epäillä lujuuskatoa tai
- tilaaja suorittaa halutessaan ylimääräisen laadunvarmistuksen. Tilaajan tekemä laadunvarmistus on ensisijaisesti määräävä.

Porakappaleiden puristuslujuustulokset muutetaan vastaamaan 28d lujuutta jäljempänä esitetyllä puristuslujuuden testausiästä riippuvalla muunnoskertoimella.

Ohje

Sallitun poikkeaman alittavat ominaislujuudet käsitellään tapauskohtaisesti ohjeen *Sillanrakentamisen ja -korjaamisen arvonmuutosperusteet – SAP* mukaan.

15.6.2020

VÄYLÄ/4479/06.04.01/2020

Vaatimus

Valmiin rakenteen tutkimisesta tehdään tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelman tekee puolueeton betonirakenteiden asiantuntija ja suunnitelma hyväksytetään urakoitsijalla sekä tilaajalla.

Ohje

Tutkimussuunnitelmassa esitetään ainakin seuraavat seikat:

- tutkimuksen tavoite
- noudatettavat standardit, testimenetelmät ja tulosten arviointikriteerit sekä -menetelmät
- testausalueet ja -kohdat
- näytteiden lukumäärät testauskohdittain
- poralieriöiden halkaisija ja porakappaleen pituus betonipinnasta mitattuna, ellei porata rakenteen läpi
- missä porakappaleet valmistellaan puristettaviksi koekappaleiksi
- miten porakappaleiden puristuspinna käsitellään
- tutkimuslaitos, joka ottaa näytteet/testaa ne.
- porauskohtien korjausmenetelmä.

Vaatimus

Rakennekoekappaleiden näytteenotto, säilytys, tutkiminen ja puristuslujuuden testaus tehdään standardien [EN 13791](#), [SFS-EN 12504-1](#), [SFS-EN 12390-1](#) ja [SFS-EN 12390-3](#) mukaisesti.

Koekappaleina käytetään halkaisijaltaan ja korkeudeltaan 80 mm:n lieriöitä. Koekappaleet säilytetään kuivumiselta suojattuna, mutta vähintään puristustestausta edeltävät 3 vuorokautta koekappaleet pidetään suojaamattomana laboratoriossa ilmasäilytyksessä.

Koekappaleet testataan betonin toimittajasta riippumattomassa testauslaitoksessa, jolla on akkreditointi standardin [SFS-EN 12390-3](#) mukaiselle puristuslujuustestille.

Koska käytetään 1:1 (korkeus:halkaisija) poralieriötä, muutetaan ne lujuuden arviointia varten 2:1 lieriöiksi käyttämällä kerrointa $CLF = 0,82$.

Vaatimus

Jos puristuslujuus on testattu yli 28 vuorokauden iässä, niin jokainen yksittäinen muunnettu lieriölujuustulos $f_{ci,cyl}$ muutetaan vastaamaan 28 vuorokauden lujuutta $f_{ci,cyl(28d)}$ kaavalla

$$f_{ci,cyl(28d)} = X_{(t)} \times f_{ci,cyl(t)}$$

missä

$f_{ci,cyl(28d)}$ on ikäkorjattu (28 d) puristuslujuus,

$f_{ci,cyl(t)}$ on ajanhetkellä t mitattu puristuslujuus ja

$X_{(t)}$ on testausiästä riippuva korjauskerroin, joka saadaan *taulukosta 42020:T1*.

Samaa korjauskerrointa käytetään kaikille sideaineille. Ikämuunnoksessa ei huomioida betonin lämpötilan vaikutusta.

Ikämuunnosta ei saa käyttää takautuvasti siten, että vaatimuksia täyttämätön lujuus hyväksyttäisiin lujuuden noustua myöhemmin.

Ohje

Jos arvioitavassa rakenteessa käytetyn sideaineen koostumus ja kypsymiskäyttäytyminen sekä betonin lämpöolosuhteet ovat tarkasti tiedossa, niin ikämuunnoksen voi tehdä myös *standardin SFS-EN 1992-1-1 kohdan 3.1.2* mukaisesti huomioiden lämpötilan vaikutus standardin [SFS-EN 1992-1-1](#) liitteen B mukaisesti. Lujuus voidaan arvioida standardin mukaisella menetelmällä, vaikka lujuus ei täyttäisi vaatimusta.

15.6.2020

VÄYLÄ/4479/06.04.01/2020

Taulukko 42020:T2 Testausiästä riippuva puristuslujuuden korjauskerroin $X(t)$. Väliarvot interpoloidaan lineaarisesti.

Testausikä t	Korjauskerroin $X(t)$
≤ 28 vrk	1,00
56 vrk	0,93
91 vrk	0,89
1 v	0,83
2 v	0,82
≥ 5 v	0,80

Vaatus

Muiden ominaisuuksien kelpoisuus

Betonin kelpoisuus pakkasenkestävyyden suhteen osoitetaan *kohdassa 42020.1.2.4* esitetyllä tavalla.

Betonin kelpoisuus muiden ominaisuuksien suhteen osoitetaan standardin *SFS-EN 206 kohdan 8.2.3* mukaisesti. Koekappaleet testataan käytettävällä testille akkreditoidussa testauslaboratoriossa.

Kohdissa 42020.1.2, 42020.1.3, 42020.3.5...42020.3.8 on lisäksi esitetty lisävaatimuksia massiivisten rakenteiden, kylmällä säällä valetun betonin, vedenalaisen betonin ja ruiskubetonin ja itsetiivistyvän betonin kelpoisuuden osoittamiseksi.

Kohdassa 42030.5.1 on esitetty vaatimuksia betonielementtien kelpoisuuden osoittamiseksi betonin puristuslujuuden suhteen.

Viihteet

- SFS-EN 206 Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus
- SFS-EN 12390-1 Tuoreen betonin testaus. Osa 1: Näytteenotto
- SFS-EN 12390-2 Kovettuneen betonin testaus. Osa 2: Koekappaleiden valmistus ja säilytys lujuustestejä varten
- SFS-EN 12390-3 Kovettuneen betonin testaus. Osa 3: Koekappaleiden puristuslujuus
- SFS-EN 13791 Betonin puristuslujuuden arviointi rakenteista ja rakenneosista
- Siltabetonien P-lukumenettely. Liikenneviraston ohjeita 22/2016 (vayla.fi/ohjeluettelo)
- Sillanrakentamisen ja -korjaamisen arvonmuutosperusteet – SAP 2014, Liikenneviraston ohjeita 34/2014 (vayla.fi/ohjeluettelo).
- 42030 Sillan betonielementtirakenteiden valmistus ja asennus, InfraRYL.

42020.1.1.6 Dokumentointi

Vaatus

Betonin valmistuksesta rakennuspaikalla tai valmisbetonilaitoksessa tehdään standardin *SFS-EN 206 kohdan 9.3* mukainen dokumentointi.

Suhteitustiedot, ennakkokoe-, puristuslujuus-, ilmamäärämittausta-, P-lukulaskenta- ja kaikki muut laadunvalvontatulokset sekä valmisbetonilaitoksella ja työmaalla tehty dokumentointi, luovutetaan tilaajan edustajalle ja liitetään sillan laaturaporttiin.

Viihteet

- SFS-EN 206 Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus.

15.6.2020

VÄYLÄ/4479/06.04.01/2020

42020.1.2 Pakkaskestävä betoni

42020.1.2.1 Yleistä

Vaatus

Pakkaskestävä betoni (P-lukubetoni) valmistetaan *luvun 42020* ja julkaisun *Siltabetonien P-lukumenettely* mukaisesti.

Betoni suhteitetaan ja ennakkokokeet tehdään julkaisun *Siltabetonien P-lukumenettely* mukaisesti ja kelpoisuus osoitetaan em. julkaisussa ja *kohdissa 42020.1.1.5 ja 42020.1.2.3* esitetyllä tavalla.

Viitteet

- Siltabetonien P-lukumenettely. Liikenneviraston ohjeita 22/2016 (vayla.fi/ohjeluetelo).

42020.1.2.2 Laadunvalvonta

Vaatus

Pakkaskestävän betonimassan laadunvalvonta tehdään *kohdan 42020.1.1.4* mukaisesti. Lisäksi betonimassan ilmamäärä mitataan työmaalla juuri ennen massan sijoittamista muottiin.

Ilmamäärän mittauksia tehdään arvosteluerittäin viidestä ensimmäisestä kuormasta ja tämän jälkeen joka kymmenennestä kuormasta. IT-betonille ilmamäärän mittauksia tehdään arvosteluerittäin viidestä ensimmäisestä kuormasta ja tämän jälkeen joka kolmannesta kuormasta. Jokaisesta arvosteluerästä on oltava vähintään kolme mittausta. Mittaukset tehdään mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa ennen massan sijoittamista muottiin.

Ilmamäärä mitataan standardin *SFS-EN 12350-7* mukaisella painemittarimenetelmällä. Painemittarin painesäiliötä ei saa täyttää yli niin, että yläpintaa joutuu poistamaan. Itsetiivistyvän betonin ilmamäärä mitataan ilman ulkopuolista tiivistystä.

Ilmamäärämittauksen suorittajalla tulee olla betonilaborantin pätevyys tai todistus hyväksytysti suoritetusta työmaalaboranttikurssista ja kokemusta betonin ilmamäärän mittaamisesta.

Mitatun ilmamäärän yksittäinen arvo ei saa ylittää suhteituksen mukaista ilmamäärää enempää kuin 2,5 %-yksikköä. Mitatun ilmamäärän yksittäinen arvo ei saa alittaa suhteituksen mukaista ilmamäärää enempää kuin 1,0 %-yksikköä.

Ne betonikuormat hylätään, joissa yllä esitetyt ilmamäärän raja-arvot alitetaan tai ylitetään. Hylätyn kuorman jälkeen mitataan jälleen viisi seuraavaa kuormaa ja tämän jälkeen joka kymmenes tai kolmas kuorma betonin laadusta riippuen (normaalibetoni tai IT-betoni).

Elementtiteollisuudessa valmistettävien P-lukubetonien ilmamäärä mitataan ensimmäisestä annoksesta ja sen jälkeen vähintään joka kolmannesta annoksesta kuitenkin siten, että arvosteluerää kohden tulee vähintään 6 mittaustulosta.

Ohje

Painemittarimenetelmässä suositellaan käytettäväksi laitetta, jonka painesäiliön tilavuus on vähintään 8 dm³, kun kiviaineksen suurin raekoko on 16 mm tai suurempi. Tärysauvatiivistyksessä tärytysajaksi suositellaan 5–10 sekuntia, tiivistysaika riippuu kuitenkin tärysauvan tehosta, betonin koostumuksesta ja täyttökerrosten määrästä. Liiallinen tiivistys voi johtaa betonin erottumiseen ja suojuhuokosilmamäärän alenemiseen.

Viitteet

- SFS-EN 12350-7 Tuoreen betonin testaus. Osa 7: Ilmamäärä, Painemenetelmät.
- Siltabetonien P-lukumenettely. Liikenneviraston ohjeita 22/2016 (vayla.fi/ohjeluetelo)

42020.1.2.3 Kelpoisuuden osoittaminen

Vaatus

Pakkaskestävyys osoitetaan arvosteluerittäin lasketun P-luvun keskiarvon ja yksittäisten P-lukujen avulla. Yksittäinen P-luku lasketaan jokaisesta arvosteluerän ilmamäärämittauksesta.

15.6.2020

VÄYLÄ/4479/06.04.01/2020

Ohje

Mikäli betonikuorma hylätään, ei kyseistä ilmamäärämittauksen tulosta huomioida myöskään P-lukujen laskennassa.

P-luku lasketaan Väyläviraston ohjeen *Siltabetonien P-lukumenettely* mukaisesti.

Arvosteluerän P-lukujen keskiarvon on täytettävä suunnitelmassa asetettu P-lukuvaatimus. Arvosteluerän yksittäinen P-luku saa alittaa vaatimuksen enintään 15 %.

Mikäli arvosteluerän ilmamäärämittausten keskiarvo ylittää suhteituksen mukaisen ilmamäärän yli 2 %-yksikköä, tulee betonin puristuslujuuden kelpoisuus selvittää valmiista rakenteesta *kohdan 42020.1.1.5* mukaan.

Kovettuneen betonin kelpoisuutta pakkasenkestävyyden suhteen ei tarvitse erikseen osoittaa, jos betonimassa on todettu tältä osin kelpolliseksi. Tällöin edellytetään kuitenkin, että puristuslujuus on ennakkokokeiden mukainen, massa on tiivistynyt hyvin ja betoni on suojattu ja jälkihoidettu tilaajan hyväksymällä tavalla.

Elleivät kaikki edellä luetellut ehdot täyty, harkitsee tilaaja tapaus tapaukselta täydentävien tutkimusten tarpeellisuuden.

Täydentävää tutkimusta varten porataan rakenteesta näytteet, joille tehdään teknisen spesifikaation *CEN/TS 12390-9* mukainen 56 kierroksen pakkassuolakoe laattatestinä tehtynä. Pakkaskestävyysluku P lasketaan koetulosten perusteella ohjeen *Siltabetonien P-lukumenettely* mukaan.

Täydentävää tutkimusta tehdään tarvittaessa myös kovettuneen betonin ilmamäärän selvittämiseksi. Ilmamäärä selvitetään porakoe-kappaleista kapillaarisen vedelläimeytyskokeen avulla.

Täydentävistä tutkimuksista laaditaan tilaajan hyväksymä suunnitelma. Poranäytteiden paikat valitaan siten, että tutkittavan rakenneosan betonista saadaan mahdollisimman kattava ja oikea kuva, mutta aiheuttamatta rakenteelle ja sen toiminnalle vahinkoa.

Täydentävän tutkimuksen perusteella määritettyjen P-lukujen keskiarvon on täytettävä suunnitelmassa asetettu vaatimus. Korkeintaan yksi kolmesta peräkkäisestä tuloksesta saa alittaa vaatimuksen enintään 15 %. Kovettuneen betonin ilmamäärä ei saa poiketa betonimassalle asetetuista ilmamäärärajoista.

Viitteet

- CEN/TS 12390-9 Testing hardened concrete – Part 9: Freeze-thaw resistance – Scaling – Complementary element
- Siltabetonien P-lukumenettely. Liikenneviraston ohjeita 22/2016 (www.vayla.fi/ohjeluetelo)
- by65 Betoninormit 2016.

Asiakirja on sähköisesti allekirjoitettu

Asian VÄYLÄ/4479/06.04.01/2020 asiakirja

Lista allekirjoittajista

Allekirjoittaja

Todennus