

SISÄASIAINMINISTERIÖ

Suomen rakentamismääräyskokoelma

AVF
Kumottu 1.3.1981
uudet ohjeet B40

B 8-9

Vauha

BETONIRAKENTEIDEN VALMISTUS

BETONIN KELPOISUUDEN TOTEAMINEN

kumottu

Ohjeet

1977

SISÄASIAINMINISTERIÖ
Suomen rakentamismääräyskokoelma

B 8

Betonirakenteiden valmistus Ohjeet 1977

Nämä ohjeet kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Ohjeet liittyvät kantavista rakenteista annettuihin määräyksiin.



Helsingissä 12 päivänä syyskuuta 1977

Osastopäällikkö Ylijohtaja Olavi Syrjänen

Yli-insinööri Esko Mustonen



Sisällysluettelo

1	Yleistä	1
1.1	Sovellutusalue	1
1.2	Määritelmiä	1
1.3	Merkinnät	2
2	Materiaalit	2
2.1	Betoni	2
2.2	Raudoitus	3
2.3	Teräsosat	4
3	Työn suoritus	4
3.1	Rakenteiden luokitus	4
3.2	Betonityönjohtaja	4
3.3	Muottityö	4
3.4	Raudoitus	5
3.5	Betonin valmistus ja kuljetus	6
3.6	Betonointi	7
3.7	Jälkihoito	7
3.8	Betonitöiden yhteydessä tehtävät työt	8
3.9	Betonelementtejä koskevia erityisohjeita	8
4	Valvonta ja kelpoisuuden toteaminen	8
4.1	Työsuunnitelma ja muistiinpanot	8
4.2	Laadunvalvonta	8
4.3	Kelpoisuuden toteaminen	9
	Liite: Muhvijatkosten lujuusvaatimukset ja laadunvalvonta	12

1 Yleistä

1.1 Sovellutusalue

Näissä ohjeissa esitetään hyväksyttävä menetelmä betonirakenteiden valmistamiseksi. Ohjeet koskevat raudoittamattomia betonirakenteita ja teräsbetonirakenteita. Ohjeita voidaan soveltaa myös jännitettyihin betonirakenteisiin ottaen huomioon, että jänneterästen kelpoisuuden toteamista lukuun ottamatta ei jännitettyjä betonirakenteita koskevia erityisohjeita ole esitetty.

Ohjeet eivät koske kevytrunkoaineisia betonirakenteita.

1.2 Määritelmiä

Aineosa

– sementin, runkoaineiden, veden ja lisäaineiden yhteisnimitys.

Allassäiliö

– ajoneuvoon nähden kuljetuksen aikana liikuttamaton valmisbetonin kuljetussäiliö.

Betoni

– rakennusaineena käytettävä, betonimassasta kovettumalla syntyvä tekokivi. Jollei väärinkäsityksen mahdollisuutta ole, tarkoitetaan betonilla myös betonimassaa.

Betonimassa

– sementin, runkoaineen, veden ja mahdollisten lisäaineiden seos ennen kovettumistaan.

Betonirakenne

– raudoittamattoman betonirakenteen, teräsbetonirakenteen ja jännitetyn betonirakenteen yhteisnimitys.

Betoniteräs

– betonirakenteen jännittämättömän raudoituksen perusmateriaali. Betoniteräksellä tai teräksellä yhdyssanoissa voidaan tarkoittaa myös raudoituksen osana olevaa yksittäistä tankoa.

Koekappale

– betoni-, teräs- tai raudoituksnäytteestä koetusta varten valmistettu kappale.

Lajite

– seulomalla tai muulla vastaavalla tavalla erotettu runkoaineen osa.

Lisäaine

– betonin aineosa, jota käytetään pienin määrin sementin, runkoaineen ja veden ohella vaikuttamaan fysikaalisesti tai kemiallisesti betonimassan tai kovettuneen betonin ominaisuuksiin.

Jänneteräs

- rakenteen jännittämiseen käytettävä teräslanka, -tanko, -nippu tai -punos.

Jännitetty betonirakenne

- rakenne, jossa on ennen sen käyttöönottoa tarkoituksellisesti pantu vaikuttamaan betonia puristavia voimia rakenteellisesti edullisen jännitystilan aikaansaamiseksi.

Lujuusluokka

- tietyn nimellislujuuden omaava betonilaatu.

Muokkautuvuus

- niiden betonimassan ominaisuuksien yhteisnimitys, joista riippuu betonimassan sopivuus betonityön kunnolliseen suorittamiseen vallitsevissa olosuhteissa. Näitä ominaisuuksia ovat betonimassan notkeus, tiivistyvyys ja koossapysyvyys.

Nimellislujuus

- rakenteen suunnittelun perustaksi valittava puristuslujuus.

Näyte

- aineosasta, betonimassasta, betonista, raudoituksesta tai rakenteesta otettu osa, jonka perusteella näitä arvostellaan.

Pyörintäsäiliö

- kuljetuksen aikana pitkäksisakselinsa ympäri pyörítettävä valmisbetonin kuljetussäiliö.

Rakeisuus

- seulomalla tai muulla vastaavalla tavalla lajitellun runkoainenäytteen kaikkien laitteiden keskinäiset painosuhteet kuivana.

Rakenneluokka

- luokka (1, 2 tai 3), johon betonirakenne luetaan, kun noudatetaan kyseiseen luokkaan liittyviä suunnittelu- ja työnsuoritusohjeita.

Raudoite

- betoni- tai jänneteräksestä katkaisemalla ja usein myös taivuttamalla ja yhteen liittämällä valmistettu kappale, joka on tarkoitettu raudoitusten valmistukseen.

Raudoittamaton betonirakenne

- rakenne, joka on suunniteltu siten, että betoni yksinään kestää rakenteelle tulevat rasitukset.

Runkoaaine

- betonin rakeinen, mineraalinen aineosa, joka yhdessä sementtiliiman kanssa muodostaa betonin ja käsittää yleensä pääosan sen tilavuudesta.

Sementti

- betonin hydraulinen aineosa.

Sementtikivi

- sementtiliimasta kovettumalla syntyvä mineraalinen aine, joka yhdessä runkoaineen kanssa muodostaa betonin.

Sementtiliima

- sementin ja veden seos sekä vastaava osa betonista. Sementtiliima muodostaa betonin sideaineen ja siihen sisältyvät myös betonoinnin yhteydessä betoniin sekoittunut ilma ja mahdollisesti käytetyt lisäaineet. Nimitystä voidaan käyttää myös kovettuneesta sementtiliimasta.

Suhteitus

- betoniin käytettävien aineosien määrien keskinäisten suhteiden valitseminen silmällä pitäen edellytetyt betonimassan ja betonin ominaisuuksia.

Suurin raekoko

- rakeisuuskäyrän sitä pistettä vastaava todellinen tai otaksuttu seulan silmänsuuruus, jonka kohdalla läpäisyarvo on vähintään 95 %.

Teräsbetonirakenne

- rakenne, joka on suunniteltu siten, että betoni ja rauditus vain toimimalla yhdessä kestävätkä rakenteelle tulevat rasitukset.

Valmisbetoni

- betonimassa, jonka valmistaja luovuttaa vastaanottajalle valmiina käytettäväksi.

Vedenpitävyys

- betonin kyky vastustaa toispuolisen vedenpainon vaikutuksesta tapahtuvaa veden kulkua betonin läpi.

Valmistuserä (jänneteräksen)

- yhdestä sulatuksesta samassa valmistusprosessissa samaan nimellismittaan valmistettu tuoterä. Nipuissa ja punoksissa saattavat eri langat kuulua eri sulatuksiin.

1.3 Merkinnät

- F = kuormitus muottien purkamisen ajankohdaksi
 F_k = suunnittelussa käytetty kuorma (ominaiskuorma)
 K = nimellislujuus, lujuusluokan merkintä
 K_m = keskilujuus
 Ø = terästangon halkaisija

1.4 Yksiköt

Näissä ohjeissa on käytetty SI-yksiköitä. Lujuuden yksikkönä on käytetty MN/m² (= 10 kp/cm²).

2 Materiaalit**2.1 Betoni****2.1.1 Aineosat****2.1.1.1 Sementti**

Noudatetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman rakennussementistä annettuja määräyksiä.

2.1.1.2 Runkoaaine

Runkoaaineena käytettävien kiviainesten on kaikilta kysymyksen tulevilta ominaisuuksiltaan oltava tarkoitukseensa soveliaita. Kiviainekset eivät saa olla siinä määrin rapautuneita eivätkä sisältää sellaisia mineraalisia tai muita aineita, että nämä syyt voivat vaikuttaa haitallisesti betonin kovettumiseen tai huonontavasti sen lujuuteen tai säilyvyyteen.

Kiviainesten on puhtaudeltaan ja rakeisuudeltaan oltava sellaiset, että edellytetyt betonin ominaisuudet ovat saavutettavissa, eivätkä puhtaus ja rakeisuus saa vaihdella niin paljon ja jyrkästi, että betonin ominaisuuksien vaihtelun pitäminen riittävän pienenä käy kohtuuttoman vaikeaksi.

1- ja 2-luokan betonia valmistettaessa lajitellaan runkoaine ainakin hienoksi ja karkeaksi, paitsi jos runkoaineen rakeisuusikäyrä on jo sellaisenaan sovelias betonin valmistukseen.

Betonin runkoaineena saadaan käyttää sekä tarkoitukseen soveliaista kivennäismaalajeista saatavia että kalliosta tai kivennäismaalajeista murskaamalla valmistettuja kiviaineksia.

Muuta mineraalista ainetta saa kiviainesten sijasta käyttää runkoaineena sen jälkeen, kun kussakin tapauksessa erikseen on asianmukaisin ennakkokein osoitettu, että valmistettava betoni on kelvollista aiottuun tarkoitukseen.

2.1.1.3 Vesi

Betoniin käytettävä vesi ei saa sisältää sellaisia määriä vieraita aineita, että ne vaikuttavat haitallisesti sementin sitoutumiseen tai huonontavasti betonin lujuuteen tai säilyvyyteen. Teollisuuden jätevettä ja asumajätteitä sisältävän veden käyttöä betonin valmistukseen on vältettävä. Merivettä, joka puhtaudeltaan täyttää betoniin käytettävälle vedelle asetettavat vaatimukset, saadaan käyttää betonin valmistukseen.

2.1.1.4 Lisäaineet

Lisäaineen on koostumukseltaan oltava sellainen, ettei sillä ole tarkoitettulla tavalla käytettynä vahingollisia vaikutuksia betoniin, raudoitukseen eikä muihin rakennusaineisiin. Ennen lisäaineen käyttöönottoa on oltava hyväksytyssä koetuslaitoksessa suoritettuihin kokeisiin perustuva selvitys lisäaineen yleisistä ominaisuuksista, vaikutuksista sekä käyttökelpoisuudesta betonissa. Käyttöpaikalla on oltava tehtyihin selvityksiin perustuva käyttöseloste.

2.1.2 Tuore betonimassa

Betonimassan on muokkautuvuudeltaan, erityisesti koossapysyvyydeltään sovellettava käytettävään valmistus- ja käsittelytapaan niin, etteivät aineosat ole betonoinnin päättyessä erottuneet toisistaan.

Betonimassan tiivistyvyyden on oltava käytettävän työtavan mukainen siten, ettei betoniin ole jäänyt onteloita ja että sen pinta on tasoittunut tiivistämisen päättyessä.

Betonimassalla tulee olla sellainen tehtävään rakenteeseen ja käytettävään työtapaan sopiva notkeus, että betonimassa täyttää tarkoin muotit ja ympäröi teräkset.

Betonimassa luokitellaan notkeutensa perusteella taulukossa 1 esitetyllä tavalla.

Taulukko 1

Notkeus	Notkeuden likimääräiset raja-arvot		
	Betonikartio Painuma cm	VB-koje Betonikartion muodonmuutosai- ka s VB	MO-koje Iskujen lukumäärä
Vetelä	15...10	1... 2	4...13
Notkea	10... 6	2... 3	13...20
Plastinen	6... 3	3... 5	20...35
Jäykkä	3... 0	5...10	35...70
Hyvin jäykkä	—	10...20	—
Maakosteaa	—	20...40	—

2.1.3 Kovettunut betoni

Kovettuneella betonilla tulee olla suunnitelman mukaiset lujuus- ja säilyvyysominaisuudet.

Rakenteissa noudatetaan vähintään taulukon 2 mukaisia lujuusluokkia, tai sellaisia arvoja, jotka varmistavat rakenteiden säilyvyyden vastaavalla tavalla. Raudoittamattomien rakenteiden pienimmän paksuuden ollessa alle 250 mm noudatetaan teräs-betonirakenteiden lujuusluokkia paitsi pientalojen ja näihin verrattavien keveiden rakennusten perustuksissa.

Taulukossa 2 mainittujen lujuusluokkien lisäksi selvitetään erikseen olosuhteiden edellyttämät säilyvyysominaisuudet. Esimerkiksi pakkasenkestävyys on ensisijaisesti riippuvainen betonin huokosrakenteesta.

Taulukko 2

Olosuhteet	Lujuusluokka vähintään	
	Teräs- betoniraken- teet	Raudoit- tamatto- mat ra- kenteet
toispuoleisen vedenpaineen alaisena, toistuvalla jäätymiselle ja sulamiselle alttiina, syövyttävien aineiden vaikutukselle alttiina, vedenpitävissä rakenteissa	K 30	K 25
suojaamattomana ulkosalla, ilman lämpötilan ja kosteuden vaihteluiden alaisena sisätiloissa	K 25	K 20
tavallisten talonrakennusten perustuksissa, suojattuna ulkosalla, kosteissa sisätiloissa	K 20	K 15
kuivissa sisätiloissa, pientalojen ja näihin verrattavien keveiden rakennusten rakenteissa	K 15	K 10

2.2 Raudoitus

2.2.1 Betoniteräkset

Raudoitteiden valmistamiseen voidaan käyttää seuraavien standardien mukaisia teräksiä (suluisa vahvistamisvuosi):

- SFS 1200 Betoniterästangot. Laadut ja merkintä (1977)
- SFS 1205 Kuumavalssattu pyörötanko A220 (1974)
- SFS 1206 Hitsattava kuumavalssattu pyörötanko A220S (1974)
- SFS 1210 Kuumavalssattu harjatanko A400H (1974)
- SFS 1211 Hitsattava kuumavalssattu harjatanko A400HS (1974)
- SFS 1212 Kuumavalssattu harjatanko A600H (1974)
- SFS 1255 Kylmämuokattu sileäpintainen pyörötanko B500 (1977)
- SFS 1256 Kylmämuokattu kuviopintainen pyörötanko B500P (1977)

Betoniterästen näytteenotto ja aineenkoetus on esitetty standardeissa:

- SFS 1201 Kuumavalssatut betoniterästangot. Näytteenotto ja aineenkoetus (1974)
- SFS 1250 Raudoitteet ja kylmämuokatut betoniteräkset. Näytteenotto, aineenkoetus ja laadunvalvonta (1977)

Raudoitteiden liitosten luokitus ja lujuusvaatimukset on esitetty standardissa:

- SFS 1251 Raudoitteiden sisäiset hitsausliitokset (1977)

Muita teräksiä ja raudoitteiden sisäisiä hitsausliitoksia voidaan käyttää, mikäli on hankittu ennakkolta valtion teknillisen tutkimuskeskuksen lausunto niiden soveltuvuudesta raudoitukseen.

Mikäli betoniterästangoissa havaitaan näkyviä vikoja tai epäillään ruostumisen vähentäneen niiden poikkikeikkausala, saa niitä käyttää vain kokeellisen selvityksen perusteella.

Toimiviksi tarkoitetut verkot toimitetaan käyttöpäikalle levyinä, asianomaisen standardin mukaisina rullina tai valmiiksi taivutettuina raudoitteina.

2.2.2 Jänneteräksset

Jänneterästen ominaisuuksista ja käyttöön liittyvistä seikoista tulee olla riittävät ennakkoselvitykset esitettynä käyttöselosteen muodossa.

2.3 Teräsovat

Elementtien kiinnittäminen toisiinsa ja muihin rakenteisiin sekä elementtien osien yhteenliittäminen suoritetaan siten, että korroosio vältetään. Syöpymsivaaralle alttiit kiinnikkeet tehdään korroosion kestävästä aineesta.

Kylmänä muokatusta metallista tehtyjen kiinnikkeiden lujuutena pidetään sitä lujuutta, joka metallilla on hehkutuksen jälkeen.

Hitsattavissa kiinnikkeissä kiinnitetään erityistä huomiota käytettävien metallien hitsattavuuteen.

3 Työn suoritus

3.1 Rakenteiden luokitus

Betonirakenteet jaetaan kolmeen rakenneluokkaan, joita nimitetään 1-, 2- ja 3-luokaksi. Rakenteen saa lukea tiettyyn luokkaan kuuluvaksi, kun noudatetaan kyseiseen luokkaan liittyviä suunnittelu- ja työnsuoritusohjeita.

Vastaavasti jaetaan betoni ja betonityöt luokkiin 1, 2 ja 3. 2-luokan työssä saa käyttää enintään lujuusluokkaa K 30, kuitenkin valmisbetonia käytettäessä K 40. 3-luokan työssä saa käyttää enintään lujuusluokkaa K 20.

3.2 Betonityönjohtaja

1-luokan työssä on betonityönjohtajalla oltava sisäasiainministeriön toteama pätevyys.

2-luokan työssä betonityönjohtajan on oltava vähintään teknillisen koulun talonrakennuksen, tien- ja vesirakennuksen tai kunnallistekniikan opintosuunnalla tekniikan taikka aikaisemmin vastaavan tutkinnon suorittanut sekä perehtynyt betonin teknologiaan ja betonitöiden suoritukseen.

3-luokan työssä betonityönjohtajan on oltava henkilö, jolla on riittäviksi katsottavat betonin valmistusta ja ominaisuuksia sekä rakenteellisia seikkoja koskevat tiedot.

Betonityönjohtajan on betonoinnin aikana oltava työpaikalla. Jollei 1-luokan työssä betonityönjohtaja ole jatkuvasti paikalla, hänen alaisenaan tulee toimia betonityönjohtajan, jolla on pätevyys vähintään 2-luokan työn johtamiseen. Tällöin tulee 1-luokan betonityönjohtajan olla viivyttelämättä työpaikalle saatavissa.

Myös betonin valmistuksesta vastaavan henkilön on oltava pätevyydeltään valmistettavan betonin luokkaa vastaava betonityönjohtaja. Betonin valmistuksen aikana on paikalla oltava henkilö, jolla

on riittäviksi katsottavat betonin valmistusta ja ominaisuuksia koskevat tiedot.

3.3 Muottityö

3.3.1 Muottien ja niiden tukirakenteiden teko

Muottien ja niiden tukirakenteiden on oltava niin vahvat, ettei niissä betonoinnin ja betonin kovettumisen aikana tapahdu haitallisia muodonmuutoksia.

Pyöreiden puisten tukien latvaläpimitan on talorakenteissa oltava vähintään 60 mm. Puisten tukien jatkokset tehdään siten, että liitettävät päät tukeutuvat välittömästi toisiinsa keskeisesti ja kohtisuorasti pienemmän tuen koko pinnalle eivätkä pääse siirtymään toistensa suhteen.

Tarvittaessa sidotaan tuet nurjahduksen estämiseksi ja sivuvoimien vastaanottamiseksi toisiinsa vaakasuorilla ja vinositeillä.

Muotit tehdään niin, että niiden purkamisen voi tapahtua helposti ja rakenteita vahingoittamatta. Muotteja ei saa tehdä aineista eikä niiden pintoja käsitellä tai päällystää aineilla, jotka voivat vahingoittaa betonia.

Muottien on oltava niin tiiviit, ettei betonimassa pääse haitallisesti tunkeutumaan niiden rakoihin eikä niistä ulos.

Puumuotit tehdään niin kosteasta puutavarasta ja pidetään niin kosteina, etteivät ne betonoinnin jälkeen enää sanottavasti paisu. Muotteja ei saa tehdä niin tiiviiksi, että niihin puun mahdollisesti paisuessa muodostuu pullistumia.

Veden tai muiden nesteiden toispuolisen paineen alaisten rakenteiden muottien seinämiä toisiinsa sidottaessa käytetään sellaisia laitteita, että vuoto-kohtien syntyminen rakenteeseen vältetään.

Korkeiden ja kapeiden rakenteiden muotteihin jätetään betonointiin saakka sellaiset aukot, että betonimassa voidaan niistä varmasti sijoittaa muottien jokaiseen kohtaan ja tiivistää hyvin.

Muotteihin jätetään sopiviin kohtiin, pilareiden ja muiden korkeiden ja kapeiden rakenteiden muottien tyveen, puhdistusaukot tai muulla tavoin varmistaudutaan, että muotit voidaan ennen betonointia puhdistaa.

Tukirakenteita varten laaditaan piirustukset, milloin niiden korkeus on suurempi kuin 5 m tai välimatka suurempi kuin 4 m tai niihin kohdistuu kuormitus, joka vastaa yli 10 kN tuettavan rakenteen kannattaman pinnan neliometriä kohti. Piirustuksia laadittaessa otetaan huomioon kaikki työnaikaiset tukiin kohdistuvat staattiset ja dynaamiset kuormitukset.

3.3.2 Purkaminen

Betonirakenteita kannattavien muottien osia ja tukia ei saa poistaa, ennen kuin koekappalein tai muutoin luotettavasti on todettu betonin kovettuneen niin paljon, että rakenteiden voidaan edellyttää riittävällä varmuudella kestävän niihin kohdistuvat rasitukset. Muotit puretaan niin, etteivät rakenteet vahingoitu.

Muottien sellaiset osat, jotka eivät kannata rakennetta, kuten palkkimuottien sivuseinämät ja seinämuotit, saadaan purkaa aikaisintaan betonin saavutettua taulukossa 3 mainitun keskimääräisen puristuslujuuden, ellei voida osoittaa, että tällaiset muottien osat voidaan purkaa jo aikaisemmin rakenteen tai betonin vahingoittumatta.

Taulukko 3

Lujuusluokka	K 10	K 20	K 30	K 40	K 50	K 60
Keskimääräinen puristuslujuus ennen muottien purkamista MN/m ²	4	5	6	7	8	9

Rakennetta kannattavien muottien osien ja niiden tukirakenteiden purkamisen ajankohtaa arvioitaessa otetaan huomioon rakennetta purkamishetkenä rasittavan kuormituksen suhde suunnittelussa käytettyyn kuormitukseen. Tämä suhde riippuu muottien tukemistavasta ja työnaikaisen liikkuvan kuorman suuruudesta. Betonin lujuuden purkamishetkellä tulee olla

$$K_m \geq K \cdot F/F_k$$

jossa K_m on betonin keskilujuus purkamisen ajankohtana, K nimellislujuus, F kuormitus purkamisen ajankohtana ja F_k suunnittelussa käytetty kuormitus (ominaiskuorma). Keskilujuuden tulee kuitenkin olla vähintään 60 % nimellislujuudesta, jollei tarkempaa selvitystä esitetä.

Mikäli tukia poistettaessa on odotettavissa, että rakenteissa tapahtuu liian suuria muodonmuutoksia, tuetaan rakenteet varatukia käyttäen.

Betonin lujuudenkasvua voidaan seurata kovettumisajan ja sen kestäessä mitattujen rakenteen betonin lämpötilojen perusteella käyttämällä hyväksi kokeellisesti todettua betonin lujuudenkasvun riippuvuutta molemmista mainituista tekijöistä. Muottien purkamisen ajankohta saadaan määrätä tällä tavoin edellyttäen, että mittaukset ovat riittävät ja luotettavat.

Tarvittaessa betonin puristuslujuus koetetaan rakenteiden betonin olosuhteissa kovettunein koe-kappalein. Koetuksen ajankohta voidaan määrätä edellisessä kohdassa esitetyllä tavalla.

Pilareiden ja seinien muotit puretaan ennen kuin palkistoa kannattavat muotit.

3.4 Raudoitus

3.4.1 Taivutus

Ellei piirustuksissa ole ilmoitettu taivutussäteitä käytetään vähintään taulukon 4 mukaisia arvoja. Hitsatuissa raudoiteissa saa hitsauskohta olla taivutusalueessa vain jos piirustuksiin on merkitty kyseisessä tapauksessa käytettävä taivutussäde.

Taulukko 4

Teräslaatu	Haat ja koukut	Pääraudoitus
A 220 ja A 220 S	∅	5 ∅
A 400 H ja A 400 HS	3 ∅ kun ∅ ≤ 12 mm 5 ∅ kun ∅ > 12 mm	10 ∅
A 600 H	5 ∅	15 ∅
B 500 ja B 500 P	2 ∅	10 ∅

Pääraudoitukseen käytettävää tankonippua taivutettaessa käytetään taivutussäteenä taulukon 4 arvoja 1,5-kertaisina.

3.4.2 Asennus

Raudoitteet puhdistetaan ennen muotteihin sijoittamista irtonaisesta ruosteesta, rasvasta, jäästä ym. liasta.

Raudoitteet tuetaan muotteihin betonikappaleiden avulla tai muulla tavoin ainakin yhtä hyvin ja sidotaan toisiinsa, tarvittaessa asennusteräksiä käyttäen, niin lujasti, että ne eivät betonoitaessa siirry oikeilta paikoiltaan.

Rinnakkaisten tankojen välinen vapaa etäisyys ei saa alittaa mitään seuraavista arvoista

- 2 ∅
- 1,25 kertaa kiviaineksen suurin raekoko
- 25 mm

missä ∅ on rinnakkaisten tankojen keskimääräinen halkaisija.

Päällekkäisten tankojen välisen vapaan etäisyyden on oltava vähintään 25 mm.

Rajoitetuilla alueilla, kuten jatkosten kohdalla, saadaan tankojen keskinäiset välit valita edellä esitetyjä pienemmiksi piirustusten osoittamalla tavalla.

Raudoituksen etäisyys muotin pinnasta saa asennuksen epätarkkuudesta johtuen paikallisesti alittaa piirustuksissa ilmoitetun suojaavan betonikerroksen paksuuden, kuitenkin enintään 5 mm.

3.4.3 Jatkokset

3.4.3.1 Limijatkokset

Limijatkos tehdään rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan.

3.4.3.2 Hitsausjatkokset

Hitsausjatkoksia tehtäessä käytetään ammattitaitoisia työntekijöitä. Ennen työn aloittamista varmistaudutaan, että kaikki edellytykset työn onnistumiseen ovat olemassa.

Jos käytetään muuta kuin asianomaisen betoniteräslaadun standardissa mainittua hyväksyttävää hitsausmenetelmää, osoitetaan menetelmän käytökelpoisuus kokeilla.

Tankojen jatkoskohdan etäisyyden taivutuskaaren alueesta on oltava vähintään 10 ∅ ellei taivutussäde ole suurempi kuin 50 ∅.

Liitoksen nopea jäähtyminen on estettävä varmistamalla hitsauspaikka suojuksella, joka estää tuulen ja sateen jäädyttävän vaikutuksen. Hitsausta ei saa suorittaa, jos teräksen lämpötila on alle -5°C.

Eri hitsausmenetelmiä käytettäessä noudatetaan kullekin menetelmälle sopivaa hyvää käytäntöä. Erytystä huomiota kiinnitetään seuraaviin seikkoihin:

- jatkoskohdan on oltava puhdas,
- liitettävien tankojen pituusakselin on oltava samalla suoralla,
- kaarihitsausta käytettäessä on puhtaan hitsime-tallin lujuuden vastattava perusaineen lujuutta. Päittäisliitoksissa on käytettävä osaviistettyä X-railoa. Jos jatkos tehdään lisätankojen avulla, on jatkosterästen oltava keskenään samankokoisia ja niiden yhteenlasketun poikkileikkauspinta-alan kerrottuna myötörajalalla on oltava vähintään yhtä suuri kuin jatkettavan tangon vastaavan arvon ja niiden yhteisen painopisteakselin on yhdyttävä liitettävien tankojen pituusakseliin,
- tyssähitsausta ja leimuhitsausta käytettäessä on tankojen päiden oltava kohtisuoraan katkais-tuja,
- leimuhitsausta käytettäessä on tangot kiinnitet-tävä koneeseen siten, että kipinöintiä ei esiinny kiinnityskohdissa.

Ennen hitsaustyön aloittamista todetaan:

- että hitsauslaitteet ovat tarkoitustaan vastaavat,
- että riittävä sähkövirran saanti on varmistettu,
- että hitsaajalla on riittävä ammatillinen pätevyys ja kokemus.

3.4.3.3 Muvhijatkokset ja muut erikoislaitteilla tehdyt jatkokset

Työvirheiden välttämiseksi valvotaan työnsuoritusta ja tehdään tarvittaessa ennakkokokeet kyseisen jatkoksen käyttöohjeen mukaisesti. Jatkoksia saa tehdä vain suunnittelijan osoittamiin kohtiin.

3.5 Betonin valmistus ja kuljetus

3.5.1 Aineosien hankinta ja käsittely työpaikalla

Sementti varastoidaan ja säilytetään siten, että se on suojassa sateelta ja kosteudelta. Säkkeihin pakattu sementti säilytetään työpaikalla katon tai peitteen alla koholla maasta ja erillään ympäröivästä ulkoseinistä. Irtosementti säilytetään umpinaisessa siilossa.

Milloin runkoaineet otetaan tai toimitetaan lajittelemattomina, lajitellaan ne ennen käyttöä niin, että rakeisuus hallitaan.

Runkoainelajitteet säilytetään ja käsitellään siten, etteivät ne pääse sekoittumaan toisiinsa ja ettei niiden mukana seuraa epäpuhtauksia betoniin.

3.5.2 Esivalmistelut

1-luokan betoni suhteitetaan paino-osin. 2-luokan betoni suhteitetaan paino-osin, jotka tarvittaessa voidaan muuntaa tilavuusosiksi. 3-luokan betoni saadaan suhteittaa tilavuusosin.

Puristuslujuuden, vedenpitävyyden tai muiden ominaisuuksien ennakkokokeituksen ollessa betonoinnin edellytyksenä perustetaan suhteitus ennakkokokeituksen tuloksiin. Selvityksenä, johon suhteituksessa nojaututaan, tai ennakkokokeituksen sijaan voidaan käyttää laadunvalvonnan tuloksia, jotka on saatu aikaisemmin kysymyksessä olevassa tai toisessa työssä betonoinnin yhteydessä, mikäli aineosat, työtapo ja betonointiolosuhteet ovat toisiinsa verrattavat.

Betonointi järjestetään siten, että 1- ja 2-luokan betonia valmistettaessa betonin koostumus ja runkoaineiden puhtaus, raikeisuus ja kosteus sekä 2-luokan betonia tilavuusosin valmistettaessa lisäksi runkoaineiden tilavuuspaino on aina nopeasti todettavissa.

Suhteitus oikaistaan tarkoituksenmukaisella tavalla aineosien laadun tai betonointiolosuhteiden muuttuessa sekä laadun valvomiseksi tai toteamiseksi tehtyjen kokeiden osoittaessa oikaisemisen tarpeelliseksi. Suhteitus oikaistaan aina myös, milloin sen edellyttämää betonimassan notkeutta ei ole saavutettu.

3.5.3 Valmistus

1-luokan betonia valmistettaessa sementti ja runkoaine mitataan punnitsemalla. 2- ja 3-luokan betonia valmistettaessa aineosat saadaan mitata tilavuusosin. Valmisbetonilaitoksessa mitataan sementti ja runkoaine aina punnitsemalla. 1-luokan betonia valmistettaessa punnitsemisen sijasta saadaan sementti mitata kokonaisin säkein. Sementti punnitaan runkoaineesta erillään. Punnittaessa mittausvirhe saa olla enintään 2 %. Veden mittausvirhe saa olla enintään 2 %. Kiviainesta punnittaessa mittausvirhe saa olla enintään 3 %.

2-luokan betonia valmistettaessa aineosat mitataan mieluummin punnitsemalla. Tilavuusosin sementti mitataan kokonaisin säkein tai kokonaisin säkein ja täysin astiamitoin. Normaalisti kovettuvan portlandsementin irtotiheydeksi saadaan otaksua 1250 kg/m^3 ja nopeasti kovettuvan 1100 kg/m^3 . Veden mittausvirhe saa olla enintään 2 %.

Betoni on valmistettava betonisekoittimella siten, että aineosat sekoitetaan tasa-aineiseksi betonimassaksi. Sekoittimesta tyhjentämisen jälkeen betonin koostumusta ei saa muuttaa. Betonimassan sekoitusaika on valittava sekoittimen rakenteen mukaan. Betoniansos ei yleensä saa olla pienempi kuin 1/3 suurimmasta annoksesta, joka sekoittimella voidaan sekoittaa.

3.5.4 Kuljetus

Betonimassa on sekoittamisen jälkeen viivyttelämättä siirrettävä käyttöpaikkaan. Betonimassan kuljetus ja siirto on järjestettävä siten, että betoni muottiin sijoitettuna on tasa-aineista.

Työmaalla valmistettua betonimassaa saadaan pakottavissa tapauksissa säilyttää ennen muottiin sijoittamista sateelta ja auringonpaisteelta hyvin suojattuna enintään 1 tunti. Massa on ennen muottiin sijoittamista huolellisesti sekoitettava.

Valmisbetonin kuljetukseen ja vastaanottoon käytettävien laitteiden tulee käyttöominaisuuksiltaan ja kunnoltaan olla kelvolliset.

Valmisbetonin vastaanottajan on toimituksesta sopiessaan ilmoitettava betonin

- rakenneluokka,
- lujuusluokka,
- suurin raekoko,
- notkeusluokka,
- mahdolliset erityisvaatimukset,
- sementtilaatu,
- toimitusajat.

Kutakin valmisbetonierää seuraavaan toimitusdistukseen on merkittävä edellä esitetyt tiedot ja lisäksi:

- valmistaja,
- tilaaja ja luovutuspaikka,
- kuljetusvaunun tyyppi (tarvittaessa),
- lisäaineet,
- tilavuus tiivistettynä (tarvittaessa),
- päivämäärä.

Kuljetusväline on valittava niin, ettei betonimassassa tapahdu sen laatua huonontavia muutoksia kuljetuksen aikana. Kuljetussäiliö on voitava tyhjentää aineosien erottumatta betonimassasta. Säiliö on voitava sulkea tai peittää betonimassan suojaamiseksi sään haitallisilta vaikutuksilta.

Työmaalla on oltava valmisbetonin vastaanottamista varten sellaiset laitteet, että niihin ja niistä edelleen siirrettäessä betonimassassa ei tapahdu sen laatua huonontavia muutoksia.

Hidastavia lisäaineita käyttämättä valmistetun betonin on oltava pyörintäsäiliössä kuljetettaessa käyttöpaikalla 1 1/2 tunnin kuluessa veden sekoittamisesta lukien. Jos betoni kuljetetaan allassäiliössä, saa tämä aika olla enintään 45 minuuttia. Betonointi on suoritettava 1/2 tunnin kuluessa käyttöpaikalle saapumisesta. Erityisistä syistä kuten sitoutumista hidastavia lisäaineita käytettäessä voidaan mainittuja aikoja pidentää ottamalla huomioon, että betonoiminen työmaalla voidaan asianmukaisesti suorittaa.

Toimitetun betonierän notkeus vastaanottohetkellä, määritettynä kolmen kokeen keskiarvona, saa

poiketa enintään puoli notkeusluokkaa toimituksesta sovittaessa edellytetystä notkeusluokasta; samoin saa yksityinen koe poiketa enintään puoli notkeusluokkaa keskiarvosta.

3.6 Betonointi

3.6.1 Muotteihin sijoittaminen ja tiivistäminen

Muottien on betonimassaa niihin sijoitettaessa oltava puhtaat. Muotteja puhdistettaessa ja kasteltaessa niistä poistetaan seisomaan jäänyt vesi.

Betonimassa sijoitetaan muotteihin niin, että se tulee kauttaaltaan tiivistetyksi ja että se liittyy saumattomasti muoteissa ennestään olevaan massaan ennen kuin tämä alkaa kovettua.

Pilareita, seinä ja korkeita palkkeja betonoitaessa sijoitetaan betonimassa aineosien erottumisen estämiseksi muottiin putkea tai kourua käyttäen tai muulla tavoin siten, ettei massassa sen pudottua ole tapahtunut erottumista. Esteettömän putoamismatkan on oltava mahdollisimman lyhyt.

Betonimassa tiivistetään kauttaaltaan siten, että massa täyttää muottitilan jokaisen kohdan, ympäröi teräkset ja muodostuu tasa-aineiseksi. Työpäikällä tulee olla kaikki tiivistämisen moitteetonta suorittamista varten tarpeelliset välineet.

Massaa ei saa sijoittaa niin vahvasti eikä niin nopeasti, että sen aiheuttamasta paineesta syntyy muotteihin haitallisia muodonmuutoksia.

Betonoinnin aikana huolehditaan, että teräkset työn päättyessä ovat oikeilla paikoillaan rakenteessa. Jos terästen siirtäminen betonoinnin yhteydessä on välttämätöntä esimerkiksi rakenteiden tiheästi raudoitetuissa yläosissa, on teräkset sijoitettava takaisin paikoilleen ennen kyseisten kohtien betonointia.

Täytekiviä saadaan käyttää piirustuksissa osoiteuissa kohdissa rakenteissa, joiden pienin paksuus on vähintään 300 mm, kevyesti kuormitettujen seinämäisten rakenteiden kuitenkin vähintään 200 mm.

3.6.2 Betonointi kylmällä säällä

Kylmällä säällä lämmitetään tarpeen mukaan betoniin käytettävä vesi ja runkoaine sekä suojataan rakenteet ja niitä lämmitetään sillä tavoin, ettei betoni vahingoitu liian aikaisen jäätyksen johdosta.

Betonimassan lämpötilan betonoinnin päättyessä on oltava vähintään $+5^{\circ}\text{C}$ ja enintään $+40^{\circ}\text{C}$, nopeasti kovettuvaa portlandsementtiä käytettäessä enintään $+30^{\circ}\text{C}$. Tätä varten vesi ja runkoaine, myös täytekivet, lämmitetään tarpeen mukaan tasaaisesti. Runkoaine ei sitä käytettäessä saa sisältää jäätä. Vesi saadaan lämmittää enintään $+70^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan. Runkoaine saadaan lämmittää keskimäärin enintään $+70^{\circ}\text{C}$ eikä mistään osastaan yli $+100^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan. Runkoainetta ei saa lämmitellä sillä tavoin, että se rapautuu. Massan lämpötilan on mainituissa rajoissa oltava sitä korkeamman, mitä alhaisempi ilman lämpötila betonointipaikalla on.

Kylmällä säällä betonoitaessa huolehditaan erityisesti, ettei muoteissa ole lunta eikä jäätä ja etteivät muottien sisäpinnat ja raudoitus ole jäässä. Betoni ja perusmaa sekä kallio sulatetaan ja lämmitetään ennen betonointia niiden päälle, sellaiseen syvyyteen ja lämpötilaan, ettei betoni liittymäkohdassa ja sen läheisyydessä pääse jäätyämään, ennen kuin se on saavuttanut taulukossa 5 mainitun lujuuden.

Ulkoilman lämpötilan ollessa betonointipaikalla alle -1°C , tai milloin tämä on odotettavissa betonoinnin aikana tai lähimpänä vuorokausina sen jälkeen, kovettava betoni on estettävä jäätymästä, ennen kuin se on saavuttanut taulukko 5 merkityn todetun tai arvioidun, väliarvot suoraviivaisesti interpoloimalla laskettavan keskimääräisen puristuslujuuden. Tätä varten betoni suojataan lämmöneristyksellä tai koko rakenne tai rakennus ympäröidään lämpösuojauksella, minkä lisäksi betonia lämmitetään tarpeen mukaan. Rakenteiden lämmitystä jatketaan tarvittaessa niin kauan, että ne saavuttavat purkamisajankohtana riittävän lujuuden.

Taulukko 5

Lujuusluokka	K 10	K 20	K 30	K 40	K 50	K 60
Keskimääräinen puristuslujuus ennen betonin jäätymistä MN/m ²	4	5	6	7	8	9

Ulkoilman lämpötilan laskiessa -10°C alapuolelle tehostetaan suojaus-, lämmitys- ja valvontatoimenpiteitä.

3.6.3 Erityismenetelmät

Tavanomaisen betonitöiden suorituksen sijasta käytettävillä erityismenetelmillä tarkoitetaan ruis-kubetoni-, injektointi- ja imubetonimenetelmää, betonointia liukumuoitteja käyttäen, betonointia veden alle, nesteytettyä betonia ja muita näihin verrattavia menetelmiä, jolloin menetelmä asettaa työn suoritukselle omat erikoisvaatimuksensa ja näitä ohjeita ei voida aina soveltaa.

Betonityönjohtajalla tulee olla riittävä pätevyys erityismenetelmän käyttöön.

3.6.4 Työsaumat

Työsaumat tehdään, mikäli mahdollista, kohtisuoriksi betonin puristussuuntaa vastaan. Betonointia työsaumasta jatkettaessa on varottava vahingoittamasta kovettuvaa betonia. Työsauma on tehtävä, milloin betonointi keskeytetään, ja milloin on odotettava, että betoni jäykistyy, ennen kuin betonointia jatketaan. Jos työsauma tehdään piirustuksissa osoittamattomaan kohtaan, on betonityönjohtajan määrättävä työsauman paikka ja rakenne sovittuaan siitä mikäli mahdollista rakenteiden suunnittelijan kanssa.

Betonointia työsaumasta jatkettaessa poistetaan betonin pinnasta irtonaiset kappaleet, roskat ja kovettunut sementtiliimakerros. Liitos työsaumassa varmistetaan tarvittaessa tarkoituksenmukaisella tavalla esimerkiksi lisäteräksin.

3.7 Jälkihoito

Rakenteet suojataan heti betonoinnin päättyttyä riittävän pitkäksi ajaksi kuivumiselta ja epäedullisilta ulkoisilta vaikutuksilta.

Rakenteet estetään betonoinnin jälkeen kuivumasta kastelemalla, märkiä tai kosteutta läpäisemättömiä peitteitä käyttäen, sulkusivelyin tai muulla sopivalla tavalla.

Vastabetonoidut rakenteet suojataan auringonpaineen, tuulen, pakkasen, sateen ja virtaavan veden vaikutukselta.

Kovettumisen alkuaikana betonia kuormitettaessa noudatetaan tarpeellista varovaisuutta.

3.8 Betonitöiden yhteydessä tehtävät työt

Kaikki betonitöiden yhteydessä suoritettavat työt, kuten laitteiden sijoittaminen rakenteisiin niitä betonoidessa sekä reikien ja syvennysten jättäminen tai tekeminen rakenteisiin, otetaan huomioon ja nämä työt tehdään suunnitelmia noudattaen.

Rakenteisiin niiden betonoinnin yhteydessä sijoitettavat laitteet, kuten erilaiset putket, kiinnikkeet ja muut osat, asennetaan paikoilleen näitä laitteita koskevia suunnitelmia noudattaen ennen betonointia siten, että raudoitusten piirustusten mukaisuus säilyy, ettei betonointia vaikeuteta ja että edellytetty rakenteiden kelpoisuus saavutetaan.

Reikien ja syvennysten tekemistä rakenteisiin niiden valmistuttua on pyrittävä mikäli mahdollista välttämään. Reiät ja mahdolliset vahvistukset tehdään rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan.

3.9 Betonielementtejä koskevia erityisohjeita

3.9.1 Valmistus

Elementtien valmistuslaitoksen laitteiston tulee olla elementtityyppien ja valmistusmenetelmien vaatimusten mukainen.

Betonin jälkikäsittely suoritetaan siten, että varmistetaan suunnitelmien edellyttämien kuljetus- ja asennuslujuuksien saavuttaminen.

Jos betonin kovettumista halutaan jouduttaa lämpökäsittelyn avulla tai muutoin, on menetelmän perustuttava ennakkokokeisiin ja työnaikaisiin, todelliset olosuhteet huomioon ottaviin kokeisiin. Erityistä huomiota kiinnitetään veden haihtumisen estämiseen betonista lämpökäsittelyn aikana sekä sen jälkeen, kunnes elementin lämpötila on tasaantunut.

Elementit varustetaan valmistuslaitoksessa merkinnöillä, joihin sisältyy ainakin valmistaja, elementin tunnus, valmistuspäivämäärä sekä yli 1000 kg:n elementeillä niiden paino. Sen ohessa tulee elementeissä olla sellaiset merkinnät, että valmistajan ja suunnittelijan antamien ohjeiden mukainen oikea käsitleminen ja asentaminen on mahdollista.

3.9.2 Käsittely ja asentaminen

Elementit varastoidaan ja niitä käsitellään valmistajan ja suunnittelijan antamien ohjeiden mukaan.

Elementtien tulee asennettuina olla ehjiä. Vahingoittuneita elementtejä saa käyttää vain, jos ne on asianmukaisesti korjattu tai jos vahingoittuminen on vähäistä eikä vaikuta haitallisesti rakenteilta vaadittaviin ominaisuuksiin.

Elementtien asentamista johtavalla henkilöllä tulee olla asentamisesta riittävät tiedot ja riittävä käytännön kokemus.

Elementit asennetaan rakennesuunnitelmien mukaisesti ottaen erityisesti huomioon suunnitelmissa sallitut mittapoikkeamat siten, että vaaditut tukipinnat aikaansaadaan ja ettei kantavaan runkoon synny sellaisia epäkeskeisyyksiä, joihin ei ole varauduttu suunnitelmissa.

Elementit tuetaan ja ankkuroidaan luotettavasti asennuksen aikana.

Kuormituksia siirtävä betoninen saumaustaasti suhteitetaan niin kuin betoni ja valmistetaan yleensä koneellisesti.

Tehtaässä asennustyötä kylmällä säällä kiinnitetään erityistä huomiota saumaustyön laatuun ja

sellaisten työmenetelmien käyttämiseen, että suunnitelmien mukainen rakenteiden kelpoisuus saavutetaan.

4 Valvonta ja kelpoisuuden toteaminen

4.1 Työsuunnitelma ja muistiinpanot

1- ja 2-luokan betonityön suoritusta varten tehdään työsuunnitelma. 3-luokan betonityötä varten tehdään tarvittaessa työsuunnitelma.

Betonityöstä tehdään tarpeelliset muistiinpanot työmaapäiväkirjaan, mikäli erillistä betonointipöytäkirjaa ei tehdä.

1- ja 2-luokan töissä betonityönjohtajan on huolehdittava muistiinpanojen tekemisestä ainakin seuraavista seikoista, sopivalta osin betonointipöytäkirjan muodossa:

- rakennustyön nimi ja sijainti,
- betonityönjohtajien nimet ja työajat,
- sääolosuhteita koskevat tiedot jatkuvasti tarpeellisilta osin,
- betonin aineosien laatu, valmiste, hankinta ja menekki,
- käytettävien terästen laatu,
- kokeet ja koekappaleet,
- betonoinnin alkamisen ja päättymisen sekä muuttien ja niiden tukirakenteiden purkamisen ajankohdat,
- käytetyt betonimäärät betonointijaksoittain,
- betonin jälkikäsittely,
- tarkastukset,
- teknillisesti merkitykselliset seikat, jotka eivät ilmene muista asiakirjoista,
- betonityönjohtajan ilmoitukset työn johdolle ja hänen saamansa erityiset ohjeet ja tiedonannot.

4.2 Laadunvalvonta

4.2.1 Yleistä

1-luokan ja tarpeen mukaan 2-luokan betonin valmistuksessa tulee olla laborantti betonitöihin liittyviä valmistuspaikalla suoritettavia laboratoriotehtäviä varten. Laborantin on oltava perehtynyt näytteiden ottoon, kokeiden suoritukseen, koekappaleiden tekoon ja betonitöihin liittyviin muihin laboratoriotehtäviin.

Betonin laadunvalvontaa koskeva koetulosaineisto säilytetään vähintään 5 vuotta. Koetulosaineisto esitetään vaadittaessa rakennustarkastajalle havainnollisessa muodossa.

Laadunvalvontakokeita suorittavassa koetuspaikassa tulee olla välineet ja laitteet sekä kokoelma työohjeita, jotka vastaavat suoritettaviksi tarkoitettuja kokeita. Koetuspaikan koetuslaitokset tarkistetaan valtion teknillisen tutkimuskeskuksen hyväksymällä tavalla ennen käyttöön ottoa ja enintään kahden vuoden väliajoin hyväksytyyn koetuslaitoksen toimesta koetuspaikan omistajan tai haltijan tilauksen perusteella. Mikäli erityiset syyt antavat aihetta, suoritetaan tarkistus muulloinkin.

4.2.2 Betonin aineosat ja koostumus

Betoninvalmistuksessa käytettäväksi aiotun runkoaineen ja tarvittaessa muiden aineosien laatu on todettava kokein ennen betonitöiden aloittamista ja aina aineosien laadun tai niiden käyttöön vaikuttavien olosuhteiden muuttuessa.

Sementti tutkitaan jos on erityistä syytä epäillä sementin laatua tai kelvollisuutta. Tutkimus on syytä tehdä jos sementtiin on varastoinnin aikana muodostunut paakkuja, jotka eivät sormin hieroen helposti hajoa.

Runkoaine tutkitaan puhtaudeltaan, rakeisuudeltaan ja kosteudeltaan. Tarpeen mukaan runkoaine tutkitaan kemiallisesti, petrograafisesti tai muilla tavoin asianmukaisia menettelytapoja käyttäen. Näytteet runkoaineen tutkimiseksi otetaan siten, että ne edustavat tutkittavia aineksia kokonaisuudessaan.

Runkoaineen laatua valvotaan betonin valmistuksen aikana. 1- ja 2-luokan betonia valmistettaessa tutkitaan aineiden puhtaus, rakeisuus ja kosteus aina tarpeen vaatiessa ja aluksi vähintään kerran työvuorossa.

Lisäaineiden annostus valitaan koeseosten avulla ennakolta. Mikäli ainetta aiotaan käyttää yhdessä jonkin toisen lisäaineen kanssa, selvitetään aineiden yhteensopivuus ja vaikutukset ennakkokokeilla. Lisäaineiden vaikutuksia valvotaan valmistuksen ja betonoinnin aikana asianmukaisia menettelytapoja käyttäen.

Betonimassan laatua valvotaan valmistuksen ja betonoinnin aikana. Betonimassan notkeutta ja tarpeen mukaan ilmapitoisuutta ja muita ominaisuuksia valvotaan sopivaa mittausastapaa käyttäen. Koekappaleita tehtäessä mitataan samalla aina betonimassan notkeus.

4.2.3 Betonin puristuslujuus

4.2.3.1 Ennakkokoetus

Lujuusluokkaa varten soveliaan koostumuksen valitsemiseksi suoritetaan tarvittaessa betonin puristuslujuuden ennakkokoetus ennen betonoinnin aloittamista koetettavin koekappalein.

Betonimassa ennakkokoetusta varten valmistetaan niistä aineosista, joita aiotaan käyttää varsinaisessa betonoinnissa. Betonin koostumusta valittaessa nojaututaan aineosista käytettävissä oleviin tietoihin.

Betoniannoksen ennakkokoetusta varten on oltava vähintään 1/3 varsinaisessa betonoinnissa käytettävästä täydestä annoksesta. Sementti ja runkoaine mitataan punnitsemalla. Annoksesta tehdään vähintään kolme koekappaleita välittömästi sekoitimesta tyhjennetyistä massasta.

Ennakkokoetusta varten valitaan tavoitteeksi sellainen lujuus, että vertailulujuus varsinaisessa betonoinnissa kokemuksen mukaan riittävällä varmuudella täyttää asetetun vaatimuksen silloin, kun koekappaleiden 28 vuorokauden ikää vastaavan puristuslujuuden keskiarvo on tavoitteeksi valitun lujuuden suuruinen.

Varsinaista betonointia varten valitaan koostumus siten, että ennakkokoetuksen tulosten perusteella arvioiden 28 vuorokauden ikää vastaava keskimääräinen puristuslujuus on vähintään työtä varten tavoitteeksi valitun lujuuden suuruinen.

Ennakkokoetus on pyrittävä suorittamaan siten, että se mahdollisimman pitkälle edustaa betoniin käytettäviä aineosia, erityisesti runkoainetta. Mikäli runkoainetta voidaan varastoida riittävästi tai todeksi sen laatu ottopaikalla riittävän laajasti, ennakkokoetus on mikäli mahdollista saatava edustamaan aineosia siihen saakka, että puristuslujuutta voidaan ryhtyä valvomaan betonoinnin yhteydessä

tehtyjen koekappaleiden koetustulosten nojalla, tai aineosia kokonaisuudessaan, ellei näitä koekappaleita tehdä tai työ päättyy ennen kuin koetulokset olisivat käytettävissä.

4.2.3.2 Valvonta betonoinnin yhteydessä

Kelpoisuuden toteamiseksi tehtävien koekappaleiden lisäksi tehdään tarvittaessa betonin puristuslujuuden valvomiseksi koekappaleita, jotka koetetaan viimeistään 14 vuorokauden ikäisinä.

Valvontakokeiden tulosten perusteella betonin koostumusta oikaistaan työnsuorituksen aikana tarpeen mukaan siten, että betoni saavuttaa vaaditun vertailulujuuden kokemuksen mukaan riittävästi varmuudella.

Betoni valmistetaan tavoitteeksi valittua lujuutta vastaavaa koostumusta käyttäen siihen saakka, että käytettävissä on koetustuloksia, joiden perusteella koostumus voidaan tarkistaa.

4.2.4 Betonin muut ominaisuudet

Betonin muiden ominaisuuksien kuin puristuslujuuden ennakkokoetuksessa ja valvonnassa noudatetaan soveltuvien osien mitä puristuslujuudesta on sanottu.

Jos rakenteen betonin on oltava vedenpitävää valvotaan betonoinnin aikana erityisesti betonimassan koostumusta ja niitä ominaisuuksia, joilla on vaikutusta betonin vedenpitävyyteen.

Puristuslujuuden lisäksi koetetaan tarvittaessa ennakolta betonin vedenpitävyys, vetolujuus, taivutusvetolujuus, pakkasenkestävyys, kulutuskestävyys, syöpymisenkestävyys, tai jotkin näistä tai muut ehkä kysymykseen tulevat ominaisuudet ja valvotaan niitä betonoinnin aikana asianmukaisella tavalla koekappaleilla tehtävien kokeiden tulosten perusteella tai muita sopivia menetelmiä käyttäen. Vedenpitävyyden ennakkokoetusta varten tehdään kutakin valmistettavaksi tulevaa eri betonia kohti ainakin yksi koeannos ja siitä vähintään kolme koekappaleita, jotka koetetaan viimeistään 28 vuorokauden ikäisinä.

4.3 Kelpoisuuden toteaminen

4.3.1 Betoni

Betonin kelpoisuus todetaan puristuslujuuden, pakkasenkestävyyden ja vedenpitävyyden osalta siitä annettujen erillisten ohjeiden mukaan. Mikäli rakenteen käyttötarkoituksesta johtuen on kelpoisuus todettava muiden ominaisuuksien osalta, noudatetaan hyväksyttävänä pidettävää käytäntöä.

4.3.2 Raudoitus

4.3.2.1 Betoniteräkset

Työmaalla todetaan onko teräksistä tai raudoitteiden sisäisistä hitsausliitoksista tehty laadunvalvontasopimus valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kanssa. Mikäli sopimusta ei ole, tai muuten on erityistä syytä epäillä terästen tai raudoitteiden sisäisten hitsausliitosten kelpoisuutta, todetaan kelpoisuus jokaisesta valmistuserästä otettavien näyttein. Näytteet voidaan ottaa myös ennakkoon ennen työmaalle toimittamista.

Betoniterästangoista otetaan kutakin sulatusta, valssauserää ja tankoläpimittaa kohti kolme näyte-kappaleita kuhunkin erilaiseen kokeeseen.

Jollei tiedetä, mihin sulatukseen ja valssauserään tangot kuuluvat, otetaan kustakin koosta vähintään

kolme näytekappaletta jokaista alkavaa 150 tangon erää kohti ja vyyhdistä jokaista alkavaa 3000 m erää kohti.

Hitsatuista raudoiteista otetaan kutakin tutkittavaa raudoittelajia kohti kolme näytekappaletta.

Mikäli koekappaleiden jossakin koetuksessa ei saavuteta vaatimuksia vastaavia tuloksia, uusitaan koesarja, mutta uusintakokeita suoritetaan kaksinkertainen määrä. Erä hyväksytään, jos kaikkien näiden uusintakokeiden tulokset ovat vaatimusten mukaiset.

4.3.2.2 Jänneteräkset

Työmaalla todetaan onko jänneteräksistä tehty laadunvalvontasopimus valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kanssa. Mikäli sopimusta ei ole tai muutoin on erityistä syytä epäillä jänneterästen kelpoisuutta, todetaan kelpoisuus jokaisesta valmistuserästä otettavien näyttein. Näytteet voidaan ottaa myös ennakkoon ennen työmaalle toimittamista.

Näytekappaleita otetaan kutakin valmistuserää ja nimellismittaa kohti seuraavat määrät:

- kaksi kappaletta, jos tarkastuserä on enintään 5 tonnia,
- kolme kappaletta, jos tarkastuserä on yli 5 tonnia ja enintään 10 tonnia,
- tämän jälkeen yksi näytekappale lisää jokaista alkavaa kymmentä tonnia kohti.

Mikäli merkintöjen ja tunnuslappujen perusteella ei voida erotella jänneteräksiä valmistuserittäin, otetaan tutkittavasta erästä kaksi ylimääräistä näytekappaletta.

Jokaisesta vyyhdistä otetaan ainakin yksi näyte.

Näyte otetaan työstämättömästä jänneteräksestä. Näytekappaleet valitaan siten, että ne edustavat tarkastuserää mahdollisimman hyvin. Näytekappaleet otetaan eri nipuista tai vyyhdeistä sekä eri langoista, tangoista ja punoksista. Mikäli esim. vyyhtien lukumäärä on pienempi kuin otettavien näytekappaleiden lukumäärä, otetaan näytteet vyyhtien eri päistä.

Näytekappaleille tehdään taulukon 6 mukaiset kokeet.

Taulukko 6

Jänneteräs	Kokeet
tangot ($\varnothing > 8$ mm)	mitat (1) vetokoe (2.1.. 2.6) ¹⁾ taivutuskoe (3)
langat ($\varnothing \leq 8$ mm)	mitat (1) vetokoe (2.1,2.2,2.3 tai 2.4, 2.5, 2.6) ¹⁾ taivuttelukoe (4)
punokset	mitat (1) vetokoe (2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.6) ¹⁾ keskilangalle taivuttelukoe (4)

¹⁾ joka toiselle näytekappaleelle vetokokeessa vain (2.2)

Jänneteräksen käyttöolosuhteista riippuen tehdään tarvittaessa kokeita (4. .7)

Kokeista käytetyillä viitteillä tarkoitetaan seuraavaa:

(1) Mitat

Mittauksissa määritellään seuraavat suureet:

langat ja tangot:

keskimääräiset poikkileikkauksen mitat,
poikkipinta-ala ja kuvioiduilla langoilla kuvioiden mitat

punokset:

poikkipinta-ala ja halkaisijamitat

(2) Vetokoe

Vetokokeessa määritetään seuraavat suureet:

- (2.1) 0,2-raja (myötöraja, kokonaisvenymäraja)
- (2.2) murtolujuus
- (2.3) murtovenymä
- (2.4) tasavenymä (pysyvä tasavenymä tai kokonaistasavenymä)
- (2.5) kimmomoduuli
- (2.6) jännitysvenymäkäyrä

Jännitykset lasketaan nimellispoikkipinta-alaa käyttäen.

(3) Taivutuskoe

Koekappale taivutetaan 180° kulmaan telan ympäri, jonka halkaisija on 5 \varnothing . Kokeessa todetaan, kestäkö koekappale kokeen murtumatta ja halkeilematta.

(4) Taivuttelukoe

Koekappale taivutellaan 90° kulmaan vuorotellen vastakkaisiin suuntiin tukien ympäri, joiden halkaisija on 6 \varnothing . Kokeessa määritetään murtoon johtavien taivutuskertojen lukumäärä.

(5) Vetokoe taivutuksen ja oikaisun jälkeen

Koe tehdään langoille $\varnothing \leq 8$ mm.

Koekappale taivutetaan 90° kulmaan telan ympäri, jonka halkaisija on 10 \varnothing . Oikaistulle koekappaleelle tehdään vetokoe (2.2). Murtolujuus saa alittaa korkeintaan 5 % taivuttamattoman koekappaleen murtolujuuden.

(6) Realaksaatiokoe

Koekappaleelle tehdään 1000 h:n relaksaatiokoe.

(7) Muita kokeita

Tarvittaessa voidaan kelpoisuuden toteamiseksi tehdä jänneteräksille väsytykset, kemiallisen koostumuksen määrittäminen, mikrorakenteen määrittäminen yms.

Mikäli kokeissa todetaan alituksia, uusitaan kaikki kokeet kaksinkertaisin koekappalemäärin. Erä katsotaan kelvolliseksi, mikäli kaikki uusintakokeiden tulokset täyttävät vaatimukset.

4.3.2.3 Jatkokset

Hitsausjatkokset

Työmaalla suoritetaan alustavat kokeet hitsausjatkoksilla. Taivutuskoe suoritetaan käyttäen vähintään kolmea koekappaletta kutakin tankokokoa kohden. Kun kokeet ovat antaneet hyväksyttävät tulokset, lähetetään pätkistä yhteen hitsattuja näytekappaleita vähintään kolme kappaletta vetokoetta ja kolme kappaletta taivutuskoetta varten hyväksyttävään koetuslaitokseen.

Varsinaisia jatkoksia saa ryhtyä hitsaamaan vasta sen jälkeen, kun kokeilla on osoitettu saatavan täysin luotettavia jatkoksia, ja työn aloittamisesta on tehty ilmoitus rakennustarkastajalle.

Työn aikana tutkitaan taivutuskokeen avulla vähintään kolme jatkosta jokaisesta alkavasta 200 jatkoksen erästä, kuitenkin vähintään yksi työvuorossa, ja vetokokeen avulla vähintään kolme jatkosta jokaisesta alkavasta 600 jatkoksen erästä. Mikäli kaarihitsausta käytettäessä hitsataan jatkokseen lisäteräksiä, ei taivutuskoetta tarvitse suorittaa. Sen sijaan suoritetaan vastaava määrä vetokokeita. Näytekappaleet kokeita varten leikataan rakenteisiin tarkoitetuista valmiiksi jatketuista tangoista. Tulokset kirjataan.

Mikäli kolmen näytekappaleen sarjasta yksikin antaa epätyytyttävän tuloksen, uusitaan koesarja, mutta uusintakokeita suoritetaan kaksinkertainen määrä.

Näytekappaleiden edustamat jatkokset hyväksytään vain, jos kaikkien näiden uusintakokeiden tulokset ovat vaatimusten mukaiset.

Muhvijatkokset ja erikoislaitteilla tehdyt jatkokset
Kelpoisuus todetaan liitteenä olevien ohjeiden mukaan. Käyttöohjeen asianmukaisuus voidaan todeta valtion teknillisen tutkimuskeskuksen lausunnolla.

Liite

Muhvijatkosten lujuusvaatimukset ja laadunvalvonta

1 Ohjeiden soveltamisalue

Nämä ohjeet koskevat betoniterästen muhvijatkoksia, joiden toiminta perustuu kierteitykseen tai muuhun liitostapaan. Soveltuvien osin voidaan ohjeita käyttää myös muille erikoislaitteilla tehdyille jatkoksille. Ohjeet eivät koske hitsausjatkoksia.

2 Toiminta- ja lujuusvaatimukset

2.1 Myötöraja

Muhvijatkokselle voidaan käyttää samaa laskentalujuuden ja sallitun jännityksen arvoa kuin jatkamattomalle tangolle, mikäli osoitetaan, että jatkoksen myötöraja täyttää jatkamattoman tangon myötörajavaatimuksen.

Siinä tapauksessa, että jatkoksen myötöraja on jatkamattoman tangon myötörajavaatimusta pienempi, pienennetään jatkettua tangon laskentalujuutta ja sallittua jännitystä myötörajojen suhteessa.

2.2 Murtolujuus

Jatkoksen murtolujuuden on oltava vähintään 30 % käytettävää myötörajan arvoa suurempi.

2.3 Liukuma

Jatkoksen liukuma saa olla enintään

- 0,30 mm kuivissa sisätiloissa olevissa rakenteissa,
- 0,20 mm kosteissa sisätiloissa ja sateelta suojatuissa ulkotiloissa olevissa rakenteissa ja
- 0,10 mm suojaamattomissa ulkotiloissa olevissa rakenteissa ja rakenteissa, joilta vaaditaan erityistä tiiviyyttä.

Liukumalla tarkoitetaan tällöin vetokokeessa jatkoksen yli mitatun pituudenmuutoksen ja samalla mittapituudella mitatun jatkamattoman tangon pituuden erotusta, kun kuormana on tangon nimellinen myötöraja jaettuna 1,7:llä.

Jatkoksen liukuma otetaan huomioon rakenteen käyttötilan halkeamatarkastelussa, mikäli liukuma on yli 0,10 mm. Liukuman vaikutus halkeaman leveyteen voidaan määrittää kokeellisesti tai laskennallisesti. Ellei vaikutusta selvitetä tarkemmin, voidaan liukuman vaikutus halkeaman ominaisleveyteen otaksua puoleksi arvon 0,10 mm ylittävästä liukumasta, kun kaikki tangot on jatkettu samassa poikkileikkauksessa. Kun vain osa tangoista jatketaan samassa poikkileikkauksessa, voidaan liukuman vaikutusta pienentää kertomalla se jatkettujen tankojen teräspinta-alojen ja kokonaisteräspinta-alan suhteella.

2.4 Murtovenymä

Muhvin teräksen murtovenymä tulee olla vähintään $\delta_5 = 12\%$ tai tasavenymä $\delta_g = 3\%$.

2.5 Väsytytkuormitus

Väsytytkuormalla rasitetun jatkoksen lujuus selvitetään erikseen väsytykskokeilla.

2.6 Vetoa kestävämmät jatkokset

Vetoa kestävämmiä jatkostyyppisiä saadaan käyttää ainoastaan silloin, kun jatkokset ovat rakenteessa puristettuja sekä käyttö- että murtotilassa.

3 Laadunvalvonta

3.1 Käyttöohje

Muhvijatkokselle tulee olla käyttöohje, jossa määritellään jatkoksen lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet, olosuhteet, joissa jatkoksia voidaan käyttää, sekä työnsuorituksen valvontamenetelmät ja mahdolliset ennakkokokeet. Ohjeiden tulee perustua riittävän suureen määrään koetuloksia, jotka on saatu kyseisillä tanko- ja muhviyypeillä tehdyistä kokeista.

3.2 Näytteenotto

Kokeisiin otetaan työmaalla tavallisissa työolosuhteissa yhteenliitetyistä tangoista vetokokeeseen yksi kahden jatkoksen näyte jokaisesta alkavasta 200 jatkoksen erästä. Jos jatkos on tarkoitettu taivutettavaksi, otetaan lisäksi taivutuskokeeseen näytekappaleita sama lukumäärä kuin vetokokeeseen. Jos jatkos on vetoa kestävämpiä tyyppiä, otetaan laboratoriokokeisiin sama määrä näytekappaleita kuin vetokokeisiin. Käyttöohjeessa voidaan esittää lisävaatimuksia näytteenotosta.

3.3 Kokeet

Hyväksytyssä koetuslaitoksessa tehdään näytekappaleille sellaiset mittaukset ja kokeet, että niiden tuloksista voidaan päätellä, täyttävätkö näytekappaleet jatkokselle käyttöohjeessa ja yleisissä määräyksissä asetetut lujuus-, laatu- ja toimintavaatimukset.

3.4 Uusintakokeet

Mikäli kaikki koetulokset eivät täytä kaikkia vaatimuksia, uusitaan koesarja kaksinkertaisella näytekappalemäärällä. Jatkokset hyväksytään vain, jos kaikkien uusintakokeiden tulokset ovat vaatimusten mukaiset.

Jos uusintakokeiden tulokset eivät ole vaatimusten mukaisia, voidaan jatkoksia käyttää pienentämällä sallittuja jännityksiä tai laskentalujuuksia. Lisäksi on varmistuttava, että jatkos täyttää pienennetyillä sallituilla jännityksillä tai laskentalujuuksilla kaikki jatkoksen lujuus- ja toimintavaatimukset. Tämän toteamiseksi tehdään tarvittaessa lisäkokeita.

3.5 Valvonta työmaalla

Työvirheiden välttämiseksi valvotaan työnsuoritusta ja tehdään tarvittaessa ennakkokokeet käyttöohjeen mukaisesti.

Jatkoksia saa tehdä vain suunnittelijan osoittamiin kohtiin.

Sisäasiainministeriö
Suomen rakentamismääräyskokoelma

B 9

Betonin kelpoisuuden toteaminen Ohjeet 1977

Nämä ohjeet kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Ohjeet liittyvät kantavista rakenteista annettuihin määräyksiin.

Helsingissä 12 päivänä syyskuuta 1977

Osastopäällikkö Ylijohtaja Olavi Syrjänen

Yli-insinööri Esko Mustonen

Sisällysluettelo

1	Yleisohjeet	13
2	Betonin kelpoisuuden toteamiseen liittyvät periaatteet	14
3	Koesuunnitelma	15
4	Betonin lujuusluokat	15
5	Betonin puristuslujuuden kelpoisuuden toteaminen normikokeita käyttäen	15
5.1	Arvosteluerät ja koekappalemäärät	15
5.2	Arvostelumenetelmä	16
5.3	Rajatapausten arvostelu	16
6	Betonin puristuslujuuden toteaminen rakennekokeita käyttäen	17
7	Betonin pakkasenkestävyyden ja vedenpitävyyden kelpoisuuden toteaminen	17
8	Betonin laadun arvostelu epätydyttävän laadun ilmetessä	17
	Liite: Koetusmenetelmät	18

1 Yleisohjeet

1.1 Sovellutusalue

Näissä ohjeissa esitetään menetelmä rakenteiden betonin kelpoisuuden toteamiseksi. Ohjeet koskevat ensisijaisesti betonin puristuslujuuden arvostelua. Betonin pysyvyyden osalta annetaan pakkasenkestävyyden ja vedenpitävyyden toteamisen perusteita.

Rakenteen käyttötarkoituksesta riippuen voidaan asettaa vaatimuksia myös muille betonin ominaisuuksille, joita ovat mm. taivutusvetolujuus ja syöpymisenkestävyys. Näitä ominaisuuksia ei käsitellä näissä ohjeissa.

1.2 Määritelmiä

Arvosteluerä

- yhtenä kokonaisuutena arvosteltava rakennekokonaisuudesta muodostettu ryhmä, rakennekokonaisuus tai rakennekokonaisuuden osa.

Betonin laatu

- yhteisnimitys betonin lujuus- ja kestävyysominaisuuksille tai niitä kuvaaville suureille tai koetuloksille.

Jälkihoito

- betonoinnin jälkeen suoritettavat toimenpiteet betonin lujuuden ja muiden ominaisuuksien kehityksen turvaamiseksi.

Jälkikäsitteily

- betonoinnin jälkeen suoritettavat toimenpiteet, joilla pyritään tavalla tai toisella normaalista jälkihoidosta poiketen vaikuttamaan betonin lujuuden tai muiden ominaisuuksien kehitykseen.

Jäätymislaajenema

- jäätymislaajenema ilmoittaa vesisäilytyksessä olleen koekappaleen pituudenmuutoksen jäädytysvaiheessa verrattuna lämpötilakertoimen mukaan laskettuun pituudenmuutokseen.

Kuivapintaprosentti

- vedenpitävyyksikokeessa saatu koelieriön halkaisupinnan kuivaksi jäänyt osuus koko halkaisupinnasta prosentteina.

Lujuusluokka

- tietyn nimellislujuuden omaava betonilaatu.

Nimellislujuus

- rakenteen suunnittelun perustaksi valittava betonin puristuslujuus

Normikoe

- koe, jossa käytetään normikoeappaleita ja yksikäsitteisesti määriteltyjä koetusmenetelmiä normaaliolosuhteissa.

Normikoeappale

- tietynkokoinen ja -muotoinen koeappale, joka on valmistettu betonimassasta otetusta näytteestä noudattaen näyteenotossa, koeappaleen valmistuksessa ja koeappaleen säilytyksessä yksikäsitteisesti määriteltyjä menetelmiä.

Pakkasenkestävyys

- betonin kyky säilyttää alkuperäiset ominaisuuksensa toistuvan jäätyämisen ja sulamisen vaikutuksen alaisena.

Rakennekoe

- koe, jossa käytetään rakennekoeappaleita ja yksikäsitteisesti määriteltyjä koetusmenetelmiä.

Rakennekoeappale

- rakenteesta irrotetusta betoninäytteestä valmistettu tietynkokoinen ja -muotoinen koeappale.

Rakenneluokka

- luokka (1, 2 tai 3), johon betonirakenne luetaan, kun noudatetaan kyseiseen luokkaan liittyviä suunnittelu- ja työnsuoritusohjeita.

Suojahuokossuhde

- suojahuokossuhde ilmoittaa miten suuri osa betonin huokostilavuudesta pysyy ilmatäyteisenä vesisäilytyksessä normaalipaineessa.

Tarkastettu valmistus

- betonin valmistusta kutsutaan tarkastetuksi, jos valmistuslaitoksen suorittama sisäinen laadunvalvonta on sisäasiainministeriön hyväksymän tarkastuksen suorittajan tarkastuksen alainen.

Tarkastamon valmistus

- jos betonin valmistus ei ole sisäasiainministeriön hyväksymän tarkastuksen suorittajan tarkastuksen alainen, kutsutaan sitä tarkastamattomaksi.

Variaatiokerroin

- keskihajonnan suhde koetulosten keskiarvoon.

Vedentunkeutumaluku

- vedenpitävyysskoeksessa saatu mitatun maksimivedentunkeutuman ja sallitun tunkeutuman (100 mm) suhde.

Vertailulujuus

- lujuuskokeiden tuloksista laskettava tilastollinen testisuure.

1.3 Merkinnät

K	= nimellislujuus, lujuusluokan merkintä
K_k	= vertailulujuus
V	= arvosteluerän suuruus
f_{ci}	= yksittäinen betonin puristuslujuustulos
f_{cm}	= betonin puristuslujuuden keskiarvo
k	= vertailulujuuden laskemiseen käytettävä kerroin
s	= keskihajonta

2 Betonin kelpoisuuden toteamiseen liittyvät periaatteet**2.1 Yleistä**

Rakenteen betonin kelpoisuus todetaan arvostelemalla betonin laatu. Luokkiin 1 ja 2 kuuluvien ra-

kenteiden betonin laatu arvostellaan koekappaleista saatujen tulosten nojalla. Luokkaan 3 kuuluvien rakenteiden betonin laatu voidaan arvostella ilman koekappaleita, jos käytettävissä olevien tietojen nojalla voidaan arvioida betonin ominaisuuksien täyttävän niille asetetut vaatimukset.

2.2 Betonin puristuslujuus**2.2.1 Menetelmät**

Valmiin rakenteen betonin puristuslujuuden kelpoisuus todetaan joko rakenteen betonoinnin yhteydessä otetuista näytteistä tehtyjen normikoeappaleiden tai valmiista rakenteesta irrotetuista näytteistä tehtyjen rakennekoeappaleiden avulla. Yleensä käytetään ensinmainittua menetelmää.

Rakennekokeista saatava lujuustulos on yleensä normikokeiden tulosta alhaisempi. Tämä ero johtuu työnsuorituksen, kuten betonin tiivistämisen sekä kovettumisolosuhteiden erilaisuudesta. Erosta johtuen on normikokeen ja rakennekokeen tuloksille asetettu erilaiset vaatimukset.

Erikoisbetonointimenetelmien, jälkikäsitteilyn ja massiivisten rakenteiden kovettumisolosuhteiden vaikutus selvitetään erillisin kokein tai arvioidaan muutoin riittävällä tarkkuudella ja otetaan huomioon betonin koostumusta ja lujuusluokkaa valittaessa. Erityisesti, jos halutaan käyttää hyväksi erikoisbetonointimenetelmän lujuutta parantavaa vaikutusta, on lujuuden kasvu normikokeiden tuloksiin nähden selvitettävä kokeellisesti.

2.2.2 Puristuslujuuden kelpoisuuden toteaminen normikokeita käyttäen

Näytteet normikoeappaleita varten otetaan betonimassasta työpaikalla betonoinnin yhteydessä.

Normikoe ei ota huomioon käytännön olosuhteiden jälkihoidon, jälkikäsitteilyn eikä työnsuorituksen vaikutuksia betonin lujuudenkehitykseen.

2.2.3 Puristuslujuuden kelpoisuuden toteaminen rakennekokeita käyttäen

Puristuslujuus voidaan todeta myös yksinomaan rakennekokeiden avulla. Rakennekokeiden tulos osoittaa betonin lujuuden rakenteessa.

2.3 Betonin puristuslujuuden arvostelu

Betonin puristuslujuuden arvostelumenetelmän ja hyväksymissäntöjen lähtökohtana on, että betonierä, josta 10 % alittaa vaatimuksen voi tulla hyväksytyksi enintään 25 %:n todennäköisyydellä.

Käytännössä tapahtuu puristuslujuuden arvostelu laskemalla kunkin arvosteluerän vertailulujuus. Betoni on hyväksyttävää, jos arvosteluerän vertailulujuus täyttää asetetun lujuusvaatimuksen eikä erityisen huonoja yksittäisiä koetuloksia esiinny.

2.4 Sisäisen laadunvalvonnan tulosten hyväksikäyttö

Betonirakenteen valmistuksen sisäinen laadunvalvonta jakautuu valmistajan suorittaman betonin valmistuksen ja rakenteiden valmistuksen laadunvalvontaan. Betonin valmistuksen laadunvalvonta käsittää mm. betonin ennakkokokeet sekä aineosiin, betonimassaan ja valmistuksen ohjaukseen kohdistuvat kokeet. Rakenteiden valmistuksen laadunvalvonta kohdistuu mm. betonointimenetelmiin, tiivistämiseen, jälkihoitoon sekä muotti- ja raudoitustöihin.

Tarkastetun valmistuksen yhteydessä suoritettua sisäisen laadunvalvonnan tuloksia voidaan käyttää taulukossa 3 mainittujen kokeiden osalta rakenteiden betonin laadun arvosteluun jäljempänä esitetyllä tavalla.

2.5 Betonin pakkasenkestävyys ja vedenpitävyys

Betonin pakkasenkestävyyden ja vedenpitävyyden kelpoisuus todetaan joko betonoinnin yhteydessä otetuista näytteistä tehtyjen normikokekappaleiden tai rakennekoekappaleiden avulla.

3 Koesuunnitelma

Näytteiden ottoa ja kokeiden suoritusta varten laaditaan koesuunnitelma.

Koesuunnitelman laatijan tulee olla perehtynyt työn kohteena olevien rakenteiden toimintaan sekä käytettävien kokeiden tarkoitukseen.

Koesuunnitelmassa esitetään kaikki kokeet, jotka ovat tarpeen rakenteiden betonin kelpoisuuden toteamiseksi. Koesuunnitelmassa rakenteet ryhmitellään arvostelueriksi.

Koesuunnitelmaan kuuluva koekappale on koetettava, ellei sitä voi perustellusti pitää sellaisena, että koetuksen tulos muodostuu harhaanjohtavaksi.

Jos betonin valmistus- tai betonointiolosuhteet muuttuvat työn aikana esimerkiksi betonin koostumuksessa tai jälkikäsittelyssä tapahtuneen olennaisen muutoksen tai yli 2 kuukauden keskeytyksen johdosta, tarkistetaan suunnitelma muuttuneita olosuhteita vastaavaksi.

Jos betonin valmistus toimittaa valmisbetonilaitos, sovitetaan vastaanottotarkastuksesta, näytteenotosta, koekappaleiden teosta ja säilytyksestä sekä muista seikoista, joilla on merkitystä rakenteiden betonin kelpoisuuden toteamisen kannalta kuten valmistuslaitoksen hajonnan ilmoittamisesta.

4 Betonin lujuusluokat

Betoni luokitellaan puristuslujuuden perusteella lujuusluokkiin seuraavasti:

K10, K15, K20, K25, K30, K35, K40, K45, K50, K55, K60.

Puristuslujuus voidaan suunnitelmassa edellyttää arvosteltavaksi 7, 28 tai 91 vuorokauden iässä. Lujuusluokan merkinnässä oleva luku tarkoittaa puristuslujuusvaatimusta (nimellisljuuutta) yksiköissä MN/m², kun lujuus määritetään 28 vuorokauden iässä. 28 vuorokauden iästä poikkeava laadun arvosteluikä ilmaistaan merkinnän K alaindeksillä.

Luokitusta vastaava normikokekappale on kuutio, jonka särmän pituus on 150 mm. Vaihtoehtoisia normikokekappaleita ovat lieriö, jonka halkaisija on 150 mm ja korkeus 300 mm sekä kuutio, jonka särmän pituus on 200 mm. Näiden koekappaleiden puristuslujuusvaatimukset eri lujuusluokissa on esitetty taulukossa 1. Väliarvot interpoloidaan suoraan viivaisesti.

Taulukko 1

Lujuusluokituksista vastaavat lieriölujuudet ja 200 mm särmäisen kuution kuutiolujuudet

Lujuusluokka	K10	K15	K20	K25	K30	K35	K40	K45	K50	K55	K60
Lieriö Ø 150x300	7	10,5	14,5	18,5	23	27	32	37	42	47	52
Kuutio särmä 200	9,5	14,5	19	24	28,5	33	38	43	48	52	57

5 Betonin puristuslujuuden kelpoisuuden toteaminen normikokeita käyttäen

5.1 Arvosteluerät ja koekappalemäärät

5.1.1 Rakennuspaikka

Rakennuspaikalla betonoitavat rakenteet jaetaan rakenne- ja lujuusluokittain arvostelueriin, joita muodostettaessa otetaan huomioon rakenne- ja betonointikonaisuudet, arvosteluikä ja betonin valmistaja siten, että kunkin erän betonimäärä on enintään taulukossa 2 esitetyn suuruinen ja että sen betonointiaika on enintään kolme kuukautta. Betonin kelpoisuuden toteamiseksi valmistetaan arvostelueristä koekappaleita vähintään taulukon 2 osoittama määrä.

Taulukko 2

Työmaabetonoinnin arvosteluerät ja arvosteluerää kohden tehtävien kelpoisuuskoekappaleiden vähimmäismäärät

Lujuusluokka	Betonin valmistuksen valvonta	Arvosteluerän suuruus V m ³	Koekappaleita arvosteluerästä kpl
≤ K30	Tarkastettu valmistus	... 150	3
		150... 900	6
		900... 2400	V/150
	Tarkastamaton valmistus	... 75	6
75... 675		9	
	675... 1050	V/75	
≥ K35	Tarkastettu valmistus	... 100	3
		100... 600	6
		600... 1600	V/100
	Tarkastamaton valmistus	... 50	6
50... 450		9	
	450... 700	V/50	

Missään työssä ei kuitenkaan tarvitse valmistaa useampia kuin yksi koekappale betoniannosta tai kuormaa kohti.

Pienissä (V < 50 m³), merkitykseltään vähäisissä 2-luokan betonitoissa, joissa lujuusluokka on enintään K25 ja betonin valmistus on tarkastettu, ei työmaakoekappaleita tarvitse tehdä. Työmaalla tulee kuitenkin olla tiedot, joiden perusteella saadaan selville käytetyn betonin laadunvalvontatulokset betonin valmistuslaitoksessa.

5.1.2 Valmisbetonilaitokset

Valmisbetonilaitoksissa tehdään betonin valmistuksen yhteydessä betonin kelpoisuuden varmistamiseksi taulukossa 3 esitettyjen näytteenottovälien edellyttämät koekappalemäärät lujuusluokittain.

Kelpoisuuden varmistamiseksi tehty koekappaleet koetetaan hyväksytyssä koetuslaitoksessa. Kuitenkin tarkastetussa valmistuksessa saadaan tarkastuksen suorittajan päätöksellä puolet koekappaleista koettaa valmistuslaitoksessa.

Taulukko 3
Valmisbetonilaitoksen kelpoisuuskoekappaleiden enimmäisnäytteenottovälit

Lujuusluokka	Näytteenottoväli m ³
≤ K30	150 ¹⁾
≥ K35	100 ²⁾

1) Kuitenkin vähintään yksi koekappale kussakin lujuusluokassa ja arvosteluyksikössä kolmea valmistuspäivää kohden.

2) Kuitenkin vähintään yksi koekappale kussakin lujuusluokassa ja arvosteluyksikössä kahta valmistuspäivää kohden.

5.1.3 Elementtien valmistuslaitokset

Elementit jaetaan rakenne- ja lujuusluokittain arvostelueriin, joita muodostettaessa otetaan huomioon betonimassan tyyppi, arvosteluikä ja betonin valmistaja siten, että arvosteluerän betonimäärä on enintään taulukossa 4 esitetyn suuruinen. Betonin kelpoisuuden toteamiseksi valmistetaan arvosteluerästä koekappaleita vähintään taulukon 4 mukaisin välein. Mikäli elementtien valmistuslaitos valmistaa itse käyttämänsä betonin ja mahdollisesti toimii samalla valmisbetonilaitoksena, ei elementteihin käytetyn betonin osalta tehdä kohdan 5.1.2 mukaisia koekappaleita.

Taulukko 4
Elementtien valmistuslaitoksen kelpoisuuskoekappaleiden enimmäisnäytteenottovälit ja arvosteluerien enimmäisbetonimäärät

Lujuusluokka	Näytteenottoväli m ³	Arvosteluerän enimmäisbetonimäärä m ³
≤ K30	75 ¹⁾	2400
≥ K35	50 ²⁾	1600

1) Kuitenkin vähintään yksi koekappale kussakin arvosteluerässä kolmea valmistuspäivää kohden.

2) Kuitenkin vähintään yksi koekappale kussakin arvosteluerässä kahta valmistuspäivää kohden.

Tarkastetussa valmistuksessa saadaan tarkastuksen suorittajan päätöksellä puolet edellä mainituista koekappaleista koettaa elementtien valmistuslaitoksessa.

Jos elementtien valmistuslaitos hankkii käyttämänsä betonin valmisbetonilaitokselta, jonka valmistus on tarkastettu, saadaan elementtien valmistuslaitoksessa taulukon 4 edellyttämät näytteenottovälit kaksinkertaistaa.

5.2 Arvostelumenetelmä

5.2.1 Vertailulujuuden laskeminen

Vertailulujuus K_k lasketaan kaavasta

$$K_k = f_{cm} - k \cdot s, \text{ jossa}$$

f_{cm} = koetulosten keskiarvo

k = kerroin

s = keskihajonta

Vertailulujuuden laskentakaavan kertoimelle k käytetään arvoa 1,50, kun valmistus on tarkastettu ja laskelma hajonnan osalta perustuu vähintään 25 koekappaleen tuloksiin. Muissa tapauksissa käytetään kertoimelle k arvoa 1,65.

5.2.2 Keskiarvon laskeminen

Keskiarvo lasketaan käyttäen työmaalla tai betonielementtien osalta elementtien valmistuslaitoksessa valmistetuista koekappaleista saatuja tuloksia. Tästä menettelystä voidaan poiketa kohdassa 5.3 esitettyssä tapauksessa.

5.2.3 Keskihajonnan laskeminen

Keskihajonta lasketaan käyttäen työmaalla tai betonielementtien osalta elementtien valmistuslaitoksessa valmistetuista koekappaleista saatuja tuloksia.

Kuitenkin jo kysymyksessä on tarkastettu valmistus ja jos arvosteluerän betonin valmistaja on riittävän pitkään seurannut tarkasteltavan lujuusluokan betonin puristuslujuutta saadaan arvosteluerän keskihajonta laskea valmisbetonilaitoksessa betonin kelpoisuuden varmistamiseksi tehtyjen tai elementtien valmistuslaitoksessa betonin kelpoisuuden toteamiseksi tehtyjen normikoekappaleiden tuloksista. Tässä tapauksessa pidetään hajontana arvosteluerää mahdollisuuksien mukaan ajallisesti vastaavien 25 peräkkäisen valmistuslaitoksessa tehdyn koekappaleen koetulosten keskihajontaa. Mikään koetuloksista ei saa olla vuotta vanhempi eikä betonin koostumus ole saanut kyseisten koetusten aikana olennaisesti muuttua. Betonin valmistaja ilmoittaa rakennustarkastajalle ja vastaanottajalle kuukausittain tarkastettua valmistusta koskevat hajonnan arvot laaditun koesuunnitelman mukaisesti.

Keskihajonta lasketaan kaavasta

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i (f_{ci} - f_{cm})^2}{n - 1}}$$

jossa f_{ci} tarkoittaa yksittäistä koetulosta ja n koetulosten lukumäärää.

Keskihajontana ei saa käyttää pienempää arvoa kuin

$$s = \frac{10}{\sqrt{n}} \text{ MN/m}^2$$

paitsi jos laskelma perustuu vähintään 25 koetulokseen.

5.3 Rajatapausten arvostelu

Jos vertailulujuus ei täytä asetettua vaatimusta, kun kysymyksessä on valmisbetonin tarkastettu valmistus ja on erityistä syytä epäillä työmaakoekappaleissa puutteita, saadaan vertailulujuus laskea käyttäen keskiarvona työmaakoekappaleiden ja valmistuslaitoksessa tehtyjen koekappaleiden keskiarvojen keskiarvoa. Valmistuslaitoksen koetulosten keskiarvoksi otetaan käsiteltävää arvosteluerää mahdollisuuksien mukaan ajallisesti vastaavien koekappaleiden tulosten keskiarvo. Mainittua yhdistettyä keskiarvoa saadaan käyttää, jos valmistuslaitoksen koetulosten keskiarvo ylittää työmaakoetulosten keskiarvon enintään 10 % tai 3 MN/m². Näistä valitaan suurempi arvo.

Jos yksittäinen työmaakoekappaleen tulos alittaa nimellisuuden enemmän kuin 25 %, on arvosteluerän betonin kelpoisuus tarvittavassa laajuudessa selvitettävä tarkemmin vaikka vertailulujuus täytätisikin asetetun vaatimuksen. Kuitenkin, jos koekappaleen analysointi osoittaa, ettei koekappale kuulu kyseessä olevaan arvosteluerään, saa raken-

nustarkastaja hyväksyä harkinnan mukaan arvosteluerän ilman mainittua selvitystä.

Jos arvosteluerän vertailulujuus alittaa vaatimuksen enintään 1 MN/m², saa rakennustarkastaja hyväksyä harkinnan mukaan arvosteluerän ilman epätydyttävän laadun johdosta suoritettavia toimenpiteitä.

6 Betonin puristuslujuuden toteaminen rakennekokeita käyttäen

6.1 Arvosteluerät ja koekappalemäärät

Rakenteet jaetaan arvostelueriin rakenne- ja lujuusluokittain ja siten, että arvosteluerään kuuluvien rakenteiden valmistus-, jälkihoito- ja jälkikäsittelymenetelmät eivät oleellisesti poikkea toisistaan.

Tarvittava koekappalemäärä määritetään arvosteluerittäin. Koekappaleiden vähimmäismäärä on 6 kpl kuitenkin niin, että pienissä kohteissa voi rakennustarkastaja hyväksyä pienemmänkin koekappalemäärän käytön. Taulukon 2 koekappalemääriä pidetään lähtökohtana koekappaletarvetta määrittäessä.

6.2 Arvostelumenetelmä

Arvosteluerän rakenteiden betonin puristuslujuus arvostellaan vertailulujuutena, joka lasketaan suunnitelman mukaista arvostelulukua vastaavista rakennekoekappaleiden koetuloksista.

Arvosteluerä on hyväksyttävä, jos vertailulujuus on 1-luokan rakenteissa vähintään 90 % ja 2-luokan rakenteissa vähintään 85 % nimellislujuudesta, jos koetulosten variaatiokerroin on pienempi kuin 0,15. Jos variaatiokerroin on $\geq 0,25$ tulee vertailulujuuden täyttää asetettu lujuusvaatimus täysimääräisenä. Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti.

6.3 Vertailulujuuden laskeminen

Vertailulujuuden laskentakaavan kertoimelle k käytetään arvoa 1,65, kun koekappaleiden lukumäärä on enintään 14 ja arvoa 1,55, kun koekappaleita on enemmän kuin 14.

6.4 Rajatapausten arvostelu

Jos arvosteluerän vertailulujuus alittaa vaatimuksen enintään 1 MN/m², saa rakennustarkastaja hyväksyä harkinnan mukaan arvosteluerän ilman

epätydyttävän laadun johdosta suoritettavia toimenpiteitä.

7 Betonin pakkasenkestävyyden ja vedenpitävyyden kelpoisuuden toteaminen

7.1 Arvosteluerät ja koekappalemäärät

Betonin pakkasenkestävyyttä koskevia kelpoisuuskokeita varten valitaan koekappaleiden vähimmäismäärät ja enimmäisnäytteenottovälit hyväksyttävänä pidetyn käytännön mukaisesti.

Vedenpitävyyttä koskevia kelpoisuuskokeita varten tehdään vähintään 3 koekappaleita. Koekappaleiden valmistusväli ei saa ylittää 300 m² betonia.

7.2 Arvostelumenetelmät

Betonin vedenpitävyyttä pidetään hyväksyttävänä, jos enintään yhdessä kolmesta peräkkäin tehdystä koekappaleesta vedentunkeumaluku on suurempi kuin 1 tai kuivapintaprosentti pienempi kuin 40.

Betonin pakkasenkestävyyttä pidetään yleensä hyväksyttävänä, jos koekappaleista määritetty suoja-
huokossuhde on normaaleissa olosuhteissa $\geq 0,15$ ja lujuusluokka vähintään K25, vaikeissa olosuhteissa $\geq 0,20$ tai $\geq 0,25$ rasituksesta riippuen ja lujuusluokka vähintään K30. Jäätymislaajeneman arvon tulee olla negatiivinen. Enintään yksi kolmesta peräkkäisestä koetuloksesta saa alittaa vaatimuksen. Erityistapauksissa voidaan betonin pakkasenkestävyydelle rakenteesta ja sen käyttöolosuhteista riippuen asettaa mainituista arvoista poikkeavia vaatimuksia.

8 Betonin laadun arvostelu epätydyttävän laadun ilmetessä

Jos rakenteen betonia ei voida pitää hyväksyttävänä lukujen 5.6 tai 7 mukaisen arvostelun tai rakenteiden tarkastuksen perusteella, on ryhdyttävä määräysten edellyttämiin toimenpiteisiin epätydyttävän laadun johdosta. Tällaisia toimenpiteitä ovat mm. rakenteiden varmuuden selvittäminen tarkistuslaskelmin sekä tarvittaessa rakennekokeisiin perustuva lujuus selvitys. Lujuuden lisäksi kiinnitetään tällöin huomiota myös betonin säilyvyysominaisuuksiin ja muihin käyttötarkoituksen edellyttämiin vaatimuksiin.

Liite

Koetusmenetelmät

1 Yleistä

Tässä liitteessä esitetään betonin puristuslujuuden koetus täydellisenä sekä pakkasenkestävyyden ja vedenpitävyyden koetuksesta perusteet ja työmaila tarvittavat tiedot.

2 Puristuslujuuden koetus

2.1 Näytteiden otto

2.1.1 Normikoekappaleet

Betonimassanäytteet otetaan massan purkautuessa sekoittimesta tai kuljetusastiasta, tai mikäli tämän jälkeen ennen betonointia tapahtuvan massan käsittelyn on syytä otaksua oleellisesti muuttavan betonin ominaisuuksia, välittömästi ennen betonimassan sijoittamista muottiin. Näytteen tulee olla vähintään 1/3 suurempi kuin koekappaleiden valmistamiseen ja mahdollisesti samanaikaisesti suoritettaviin massakokeisiin yhteensä tarvittava määrä.

Näyte kootaan vähintään kolmesta kohtaa annosta tai kuljetuserää otettavista osanäytteistä. Osanäytteet otetaan tasaisin välein siten, että ne edustavat koko annosta tai kuljetuserää. Osanäytteet sekoitetaan huolellisesti keskenään vettä imemättömällä alustalla ja muutenkin siten, että mahdollisimman vähän vettä poistuu näytteestä.

Jos samasta massanäytteestä valmistetaan useampia kuin yksi koekappale samaa koetusta ja koetusikää varten, käsitellään koetuloksia yhtenä havaintona.

2.1.2 Rakennekoekappaleet

2.1.2.1 Välineet ja niille asetettavat vaatimukset

Näytteiden ottoa varten tarvitaan erityinen näytteenottopora, jolla tulee olla ainakin seuraavat ominaisuudet:

- pora leikkaa rakenteesta tasaisesti suoran ympärilieriön ilman iskua, vääntöä tai muuta sellaista vaikutusta, joka voisi vahingoittaa lieriön jäävää betonia,
- porattavien lieriöiden halkaisija voi vaihdella 50 mm:stä 150 mm:iin,
- tarvittaessa on poraus mahdollista sekä vaaka-että pystysuorassa suunnassa.

Lisäksi tarvitaan välineet poratun lieriön irrottamista varten, jos lieriötä ei voida porata rakenteen läpi, ja irtoavan lieriön vastaanotto-laite, kun porataan pystysuoraan rakenteen läpi.

Rakenteissa olevan raudoituksen paikantamista varten tarvitaan laite, jonka tulisi osoittaa rakenteen pintakerroksessa 0...150 mm:n syvyydellä

olevat tangot, jotta raudoituksen vahingoittuminen jäisi mahdollisimman vähäiseksi.

2.1.2.2 Näytteiden otto

Varsinainen näytteiden otto suoritetaan etukäteen laadittua suunnitelmaa noudattaen. Jos rakenteiden raudoituksen, rakenteissa sijaitsevien putkien tms. vuoksi näytteen irrotus merkitystä kohdasta ei ole mahdollista tai suotavaa, irrotetaan näyte merkittyä kohtaa lähinnä sijaitsevasta paikasta, josta poraus voidaan tehdä.

Yleensä on porattava rakenteen pinnasta lukien syvyyteen, joka on 1,5 kertaa terän sisähalkaisija. Rakenteissa, joiden paksuus on enintään 200 mm porataan kuitenkin läpi koko rakenteen. Koska näytelieryössä pitää koekappaleen valmistamiseksi olla vähintään halkaisijan pituinen osa, jossa ei ole raudoitusta tms., on tarvittaessa näytteenotto uusittava, kunnes saadaan kelvollinen näyte. Lieriön halkaisijan tulee olla vähintään 3 kertaa runkoaineen maksimiraekoko.

Jos rakenteen paksuus on pienempi kuin 50 mm, on irrotettava kutakin näytettä varten kaksi lieriötä, joissa raudoittamattoman betonin osuuden tulee olla vähintään puolet halkaisijasta.

Välittömästi irrotuksen jälkeen näyte on sijoitettava tiiviisti suljettavaan pakkaukseen, jossa se säilytetään koekappaleen valmistukseen saakka. Näytepakkauksen säilytyslämpötilan tulee olla vähintään 0° C, mutta mahdollisimman lähellä sen rakenteen lämpötilaa, josta näyte on irrotettu.

2.2 Koekappaleiden valmistus

2.2.1 Normikoekappaleet

Kukin koekappale on tehtävä erilliseen teräsmuottiin. Muottien tulee olla tiivissaumaiset ja niin tukevut, ettei muotin koko tai muoto muutu koekappaleen valmistettaessa.

Puristuslujuuskoekappaleen puristuspinnoja vastaavat muotin pinnat saavat poiketa sivutasoa vastaan kohtisuorasta tasosta enintään 0,4 mm 150 mm matkalla. Muotin sivuseinän saa poiketa pohjatasoa vastaan kohtisuorasta asennosta enintään 0,5 mm 100 mm matkalla. Ennen koekappaleen valmistusta muotti on tarkistettava.

Muotti täytetään betonimassalla, joka tiivistetään muottiin täryttämällä betoniin työnnettävällä enintään 30 mm läpimittaisella sauvatäryttimellä. Tärytys voi tapahtua myös tärypöydällä tai poikkeustapauksessa sauvatäryttimen päällä käyttäen pehmustetta sauvatäryttimen ja muotin välissä. Ensimmäisen tiivistämisen jälkeen muotti täytetään uudelleen ja tärytetään 5...15 sekuntia. Mainituista tiivistysmenetelmistä pyritään valitsemaan se, joka lähinnä vastaa varsinaisen rakenteen valmistuksessa käytettävää tiivistysmenetelmää. Poik-

keuksellisen notkeuden omaavilla massoilla käytetään vastaavaa tiivistysmenetelmää kuin rakenteessa. Ennen betonin pinnan tasoittamista tai kannellisia muotteja käytettäessä ennen kansion kiinnittämistä odotetaan 0...60 minuuttia betonilaa-dusta riippuen. Tänä aikana koekappaleesta taphatuva veden haihtuminen estetään peittämällä pinta esim. muovikalvolla.

2.2.2 Rakennekoekappaleet

Näytelieriöstä valmistetaan koekappaleet leikkamalla päätypinnat kohtisuoraksi lieriön akselia vastaan siten, että lieriön pituuden suhde halkaisijaan $= 1 \pm 0,05$.

Kun näytteet on irrotettu rakenteesta, jonka paksaus on pienempi kuin 50 mm, niin puristuslujuuskoekappaleen valmistamiseksi tehdään kaksi puolen halkaisijan pituista lieriötä, jotka liimataan halkaisijan pituiseksi koekappaleeksi tarkoitukseen soveltuvalla liimalla.

2.3 Koekappaleiden tunnistaminen

Koekappaleisiin on valmistuksen yhteydessä merkittävä betonointipäivämäärä ja tunnus, jonka perusteella koekappaleet voidaan erottaa toisistaan ja koekappaleen edustama betonierä tai betonointijakso voidaan selvittää. Merkintä on tehtävä niin pysyvällä tavalla, että se on helposti luettavissa koetuksen alkaessa. Merkintöjen tekemistä kaiver-tamalla ja tunnistustietojen merkitsemistä koekappaleen puristuspintoihin tulee välttää.

Toimitettaessa koekappaleita hyväksytyyn koetuslaitoksen koetettavaksi noudatetaan saapumisajan-kohdan ja tunnistamiseen tarvittavien tietojen suhteen koetuslaitoksen antamia ohjeita.

2.4 Koekappaleiden säilytys

2.4.1 Normikoekappaleet

Koekappaleiden säilytyslämpötila on $20 \pm 2^\circ \text{C}$. Muotit saadaan purkaa aikaisintaan 24 tunnin kuluttua koekappaleen valmistuksesta. Muotin purkamisen jälkeen koekappaleet säilytetään joko vedessä tai ilmassa, jonka suhteellinen kosteus on vähintään 95 %. Koekappaleet siirretään kuivasäilytykseen noin 1 vuorokautta ennen koetusta.

2.4.2 Rakennekoekappaleet

Valmistuksen jälkeen koekappaleen koetus suoritetaan heti kun pintojen kuivuminen sen sallii.

2.5 Puristuslujuuden koetus

2.5.1 Valmistavat toimenpiteet

Koekappaleiden poikkileikkauspinta-ala mitataan. Tarvittaessa mitataan myös puristus Pintojen tasaisuuspoikkeama, puristus Pintojen yhdensuuntaisuus ja vaippapintojen kohtisuoruus puristus Pintoja vastaan.

Puristus pinta-ala määritetään koekappaleen keskikohdalta niin, että epätarkkuus on enintään $\pm 1\%$.

Koekappaleiden puristus Pintojen tasaisuuspoikkeama, johon ei lueta mukaan pintahuokosten osuutta, saa olla enintään 0,1 mm. Jos tasaisuuspoikkeama ylittää 0,1 mm, on puristus pinta tasoitettava sopivalla riittävän lujalla tasoiteaineella, esim. rikkilaastilla. Muut kuin hyväksytyt koetuslaitokset voivat käyttää vaihtoehtoisesti puristus pinnan hiontaa.

Koekappaleiden puristus Pintojen yhdensuuntaisuuspoikkeama saa olla enintään 2 % puristus pinnan särmästä tai halkaisijasta, jos särmä tai halkaisija on yhtä suuri kuin koekappaleen korkeus. Lieriökoekappaleiden, joiden korkeus on kaksi kertaa halkaisija, puristus Pintojen yhdensuuntaisuuspoikkeama saa olla enintään 3 % puristus pinnan halkaisijasta.

Sivupinta saa poiketa pohjapintaa vastaan kohtisuorasta tasosta enintään 2 mm 100 mm matkalla, kun koekappaleen korkeus on yhtä suuri kuin puristus pinnan särmä tai halkaisija. Jos lieriökoekappaleen korkeus on kaksi kertaa puristus pinnan halkaisija, saa sivupinta poiketa pohjapintaa vastaan kohtisuorasta tasosta enintään 1 mm 100 mm matkalla.

2.5.2 Koetuskoneelle asetettavat vaatimukset

Koneen osoittaman kuormituksen virhe koetuksessa käytetyllä mittausalueella saa olla enintään $\pm 2\%$, hyväksytyssä koetuslaitoksessa enintään $\pm 1\%$. Koneet on tarkistettava valtion teknillisen tutkimuskeskuksen hyväksymällä tavalla ennen käyttöön ottoa ja lisäksi joka toinen kalenterivuosi, hyväksytyyn koetuslaitoksen koneet kuitenkin vähintään kerran vuodessa. Tarvittaessa tarkistus voidaan suorittaa useamminkin. Koneessa tulee olla kaksi teräksistä puristuslevyä, joiden on oltava pinta-alaltaan koekappaleen poikkileikkaus-alaa suuremmat, riittävän jäykät ja pinnaltaan kova-aineiset. Toisen on oltava pallonivelen välityksellä keskeisesti tuettu. Levyjen liikkua toisiinsa nähden niiden keskipisteiden tulee siirtyä samaa suuntaa, kuormituskeskiviivaa pitkin. Levyjen koekappaleen puoleisen pinnan tasaisuuspoikkeama saa olla enintään 0,02 mm.

2.5.3 Koetus

Koetushuoneen lämpötilan on oltava n. 20°C . Kuormittamista varten puristus pinnoiltaan kuiva koekappale asetetaan koetuskoneen puristuslevylle puristus pinnalleen ja keskitetään tarkoin koneen kuormituskeskiviivalle, minkä jälkeen toinen puristuslevy asetetaan koskettamaan tasaisesti koekappaleen toista puristus pinta.

Kuormittaminen suoritetaan yhtäjaksoisesti. Kuormituksen tulee kasvaa tasaisesti ja riittävän sysäyksettömästi nopeudella $(0,6 \pm 0,4) \text{ MN/m}^2\text{s}$. Suurin kuormitus, koekappaleen murtokuorma, on voitava lukea koetuskoneen mitta-asteikolta seuraavasti: jos asteikon suurin arvo on pienempi kuin 1 000 kN on lukematarckkuus 1 kN, jos asteikon suurin arvo on 1 000...3 000 kN on lukematarckkuus 5 kN ja jos asteikon suurin arvo on suurempi kuin 3 000 kN on lukematarckkuus 10 kN. Murtokuorma ei saisi olla pienempi kuin 1/10 eikä suurempi kuin 9/10 asteikon suurimmasta arvosta. Hyväksytyssä koetuslaitoksessa mitta-asteikko on valittava siten, että murtokuorma ei ole pienempi kuin 2/6, eikä suurempi kuin 5/6 asteikon suurimmasta arvosta.

2.5.4 Havainnot ja tulosten ilmoittaminen

Koekappaleen puristuslujuus lasketaan yhtälöstä

$$f_c = \frac{F_u}{A_c},$$

jossa F_u on murtokuorma, A_c on koekappaleen poikkileikkauksen pinta-ala ja f_c on puristuslujuus.

Tulos ilmoitetaan tarkkuudella 0,5 MN/m².

3 Muut koetukset

3.1 Vedenpitävyys

Vedenpitävyyskokeessa käytettävä normikoe-kappale on suora ympyrälieriö, jonka halkaisija on 150 mm ja korkeus 300 mm. Koekappaleen on täytettävä puristuslujuuskoekappaleelle asetetut mittavaatimukset.

Vedenpitävyyskokeessa käytettävä rakennekoekappale on suora ympyrälieriö, jonka korkeuden ja halkaisijan suhde on vähintään 1. Koekappaleen halkaisija saa olla 100...150 mm ja korkeus enintään 300 mm. Porausnäytteen pienimmän mitan on oltava vähintään kolme kertaa niin suuri kuin betonin runkoaineen suurin raekoko.

Näytteiden otto ja koekappaleiden valmistus sekä säilytys suoritetaan puristuslujuuskoekappaleiden vastaavia ohjeita noudattaen.

Vedenpitävyyden koetuksessa vedenpaine kohdistetaan koekappaleen päätypintaan 24 tunnin ajan. Vedentunkeutumaluku lasketaan 1,0 MPa ja kuivapintaprosentti 3,5 MPa paineen aiheuttaman vedentunkeutuman perusteella. Koetuksen yksityiskohdat on esitetty julkaisussa (1).

3.2 Pakkasekestävyys

Suojahuokossuhteen määrittämisessä käytettävä koekappale on suora ympyrälieriö, jonka halkaisija on pienempi tai yhtäsuuri kuin 150 mm ja korkeus pienempi tai yhtäsuuri kuin 300 mm tai kuutio, jonka särmän pituus on pienempi tai yhtäsuuri kuin 100 mm. Muun kokoisen koekappaleen käytöstä tulee sopia koetuslaitoksen kanssa.

Jäätymislaajenemakokeessa käytettävä koekappale on mitoiltaan sama kuin vedenpitävyyden koetuksessa käytettävä normikoe-kappale. Muun kokoisen koekappaleen käytöstä tulee sopia koetuslaitoksen kanssa.

Jäädytys-sulatuskokeessa käytettävä koekappale on suorakulmainen särmiö, jonka pituus on 500 mm, leveys 100 mm ja korkeus 100 mm. Muun kokoisen koekappaleen käytöstä tulee sopia koetuslaitoksen kanssa.

Näytteiden otto ja koekappaleiden valmistus sekä säilytys suoritetaan puristuslujuuskoekappaleen vastaavia ohjeita soveltaen. Koetusten yksityiskohdat on esitetty julkaisussa (1) ja (2).

- (1) Betoniteknilisiä koetusohjeita, VTT, Otaniemi 1970
- (2) Betonin säilyvyys: Vesirakennusbetoni, Julkisivubetoni, Suomen Betoniyhdistys r.y. 1976

Kustantaja

VALTION PAINATUSKESKUS
Markkinointiosasto

PL 516
00101 HELSINKI 10

Puh. 90-539 011

Julkaisija:

SISÄASIAINMINISTERIÖ
Kaavoitus- ja rakennusosasto

PL 260
00131 HELSINKI 13

Puh. 90-1601
