

Salpalinjan betonin kunto kestää

DI Pertti Pitkänen
Fil. maist. Hannu Pyy
VTT Rakennustekniikka

Myöhään syksyllä 1995 irrotettiin Salpalinjaan kuuluvasta Säkijärvellä sijaitsevasta betonikorsusta no 155 betoninäytteitä tarkempia betonin kuntotutkimuksia varten.

VTT Rakennustekniikassa näytteille tehtiin ensin silmämääräinen tarkastus ja tämän jälkeen eri kohdista näytteitä valmistetuille koekappaleille tavanomaisia betonirakenteen kuntotutkimukseen kuuluvia tutkimuksia.

Seuraavassa esitetään kuntotutkimuksen tuloksia. Tutkimukset on rahoittanut Kerttu ja Jukka Vuorisen säätiö.

Silmämääräiset havainnot betonikorsusta

Silmämääräisten havaintojen mukaan betonikorsun näkyvät betonipinnat olivat hyvässä kunnossa. Koputeltaessa pintoja eri paikoista sekä sisältä että ulkoa, todettiin niiden olevan kovat ja kiinteät. Pinnoissa ei ollut rapautumia eikä mainittavia lohkeamia. Pinnoissa ei todettu myöskään ruostuvan raudituksen aiheuttamia halkeamia ja lohkeamia.

Näytteet ja niistä tehdyt havainnot

Näytteitä irrotettiin kolme kappaletta, yksi korsun sisäpuolelta seinästä, yksi ulkopuolelta seinästä ja yksi ulkopuolelta katosta. Näytteiden halkaisija on 100 mm ja pituudet ovat keskimäärin 85,81 ja 90 cm (kuva 1).

Silmämääräisten havaintojen mukaan näytteiden betoni on yleisesti hyvin tiivistetty. Rotankoloja ja harventumia ei näytteissä ole. Isojen runkoainerakeiden ja raudituksen ympäristöt ovat tiiviit. Massiivisissa valuissa usein esiintyvät betonin painumisesta johtuvat

raot isojen runkoainerakeiden ja raudoitustankojen alapuolella puuttuvat täysin.

Osoituksena hyvästä tiivistyksestä on myös tiivistysluokosten pieni määrä ja koko. Näytteiden pinnassa todettu suurin tiivistysluokan on noin 20 mm pitkä ja 5 mm leveä. Keskimääräiseltä läpimitaltaan 5 - 10 mm tiivistysluokosten määrä on pieni. Pienempien, keskimääräiseltä läpimitaltaan alle 5 mm tiivistysluokosten määrä on normaali.

Katosta irrotetun näytteen yläpinnassa on 14 - 17 mm suojabetonikerros, tämän alla noin 3 mm paksu bitumisively, bitumisivelyn alla 50 - 60 mm paksu tasausbetonikerros ja tämän alla rakennebetoni. Eri betonikerrosten väliset saumat ovat erittäin hyvin tiivistetty.

Näyteissä on runsaasti raudoitustankoja. Kaikki näytteissä olevat raudoitustangot ovat moitteettomassa kunnossa. Pienin näyteistä mitattu betonipeitepaksuus on 71 mm.

Näytteille tehdyt tutkimukset

Näytteistä valmistettiin eri syvyyksiltä koekappaleita tutkimuksia varten. Näyt-

teistä valmistettujen koekappaleiden sijainti ja niille tehdyt tutkimukset on esitetty taulukossa 1.

Puristuslujuus

Betonin puristuslujuus määritettiin standardin SFS 4474 mukaisesti. Tulokset on esitetty taulukossa 2.

Puristuslujuustulosten keskiarvo on 58,2 MPa ja hajonta 4,8 MPa. Tiheystulosten keskiarvo on 2350 kg/m³ ja hajonta 30 kg/m³.

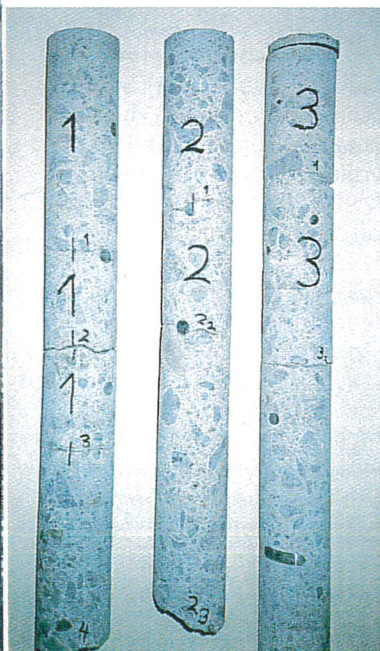
Mikrorakenetutkimukset

Mikrorakennetutkimukset tehtiin viidelle koekappaleelle. Mikrorakennetutkimuksia varten valmistettiin koekappaleista petrografiset ohuthieet. Ohuthieet valmistettiin poralieriöiden pituussuunnassa. Pinnasta tehdyt hieet valmistettiin siten, että betonin ulkopinta oli näytteissä mukana.

Mikrorakennetutkimusten perusteella näytteistä voidaan todeta seuraavaa:

- koostumukseltaan ja rakenteeltaan näytteet eivät poikenneet toisistaan
- betonit ovat varsin tiiviitä ja tasalaatuisia
- runkoaineena on käytetty hyvälaatuisia, rapau-

1. Irrotetut näytteet.



Taulukko 1. Näytteistä valmistettujen koekappaleiden sijainti ja tehdyt tutkimukset.

Näyte	Syvyys pinnasta mm	Tutkimus
1 Seinä sisäpuolelta	0 - 60 150 - 250 330 - 430 660 - 730 730 - 830	Mikrorakenne Puristuslujuus Puristuslujuus Mikrorakenne Puristuslujuus
2 Seinä ulkopuolelta	0 - 60 100 - 200 300 - 400 620 - 680 680 - 780	Mikrorakenne Puristuslujuus Puristuslujuus Mikrorakenne Puristuslujuus
3 Katto	90 - 190 550 - 650 720 - 780 780 - 880	Puristuslujuus Puristuslujuus Mikrorakenne Puristuslujuus

- tumatonta, graniittista kiviainesta ja mm. kiillemineraalien määrä fillerissä on erittäin pieni
- sideaineena betoneissa on seosaineeton portlandsementti
 - sementti on betoneiden ikä huomioon ottaen varsin hienorakeista, mm. 1950-luvulla käytetty sementti on ollut yleisesti karkeampaa
 - sementin hydrataatioaste on korkea, keskimäärin luokkaa 0.9
 - karbonatisoitumissyvytydet ovat pieniä, sisäseinästä otettu näyte 2 - 15 mm, ulkoseinästä otettu näyte 2 - 5 mm.
 - säröjä tai halkeamia ei betoneissa ole
 - ettringiittiä on kiteytynyt rakenteiden sisältä (60 - 70 cm) otettujen näytteiden tiivistyshuokosiin.

Tulosten tarkastelu

Tulosten mukaan betoni on hyvin tiivistetty. Osoitukse- na hyvästä tiivistyksestä ja työn suorituksesta on myös eri betonikerrosten väliset erittäin tiiviit saumat.

Puristuslujuudet ovat korkeita, yhdeksän näytteen keskiarvo on 58.2 MPa. Suunnitelmissa seinien ja katon betonin lujuudeksi oli määritetty 450 kp/cm².

Korkeat puristuslujuudet johtuvat pääasiassa käytetystä kohtuullisen suurista sementtimääristä, alhaisesta vesisementtisuhteesta ja korkeasta hydrataatioasteesta. Jukka Vuorisen päiväkirjan mukaan käytetyt sementtimäärät seinissä vaihtelivat 350 - 375 kg/m³. Suurin katossa käytetty sementtimäärä oli 450 kg/m³. Vesisementtisuhteet olivat yleensä 0.43 - 0.45.

Mikrorakennetutkimusten tulosten mukaan betoni on tiivistä ja tasalaatuista, käytetty runkoaine hyvälaatuaista, sementin hydrataatioaste korkea, säröjä ja halkeamia ei ole ja karbonatisoitumissyvytydet seinissä ovat betonin ikä huomioonottaen erittäin pienet. Tämä todettiin myös fenoliftaleiini-indikaattorilla.

Mikrorakennetutkimuksissa todetun ettringiitin muodostuksen on aiheuttanut korkea kovettumisen aikainen lämpötila. Hydrataatio-reaktioissa syntyvä nk. hydrataatiolämpö poistuu massiivisesta rakenteesta erittäin hitaasti, minkä seurauksena kovettuvaan rakenteeseen voi syntyä huomattavia lämpötilakenttiä. Mikäli betonissa käytetty sementtimäärä on suuri, nousevat kovettumisen ai-

3

4

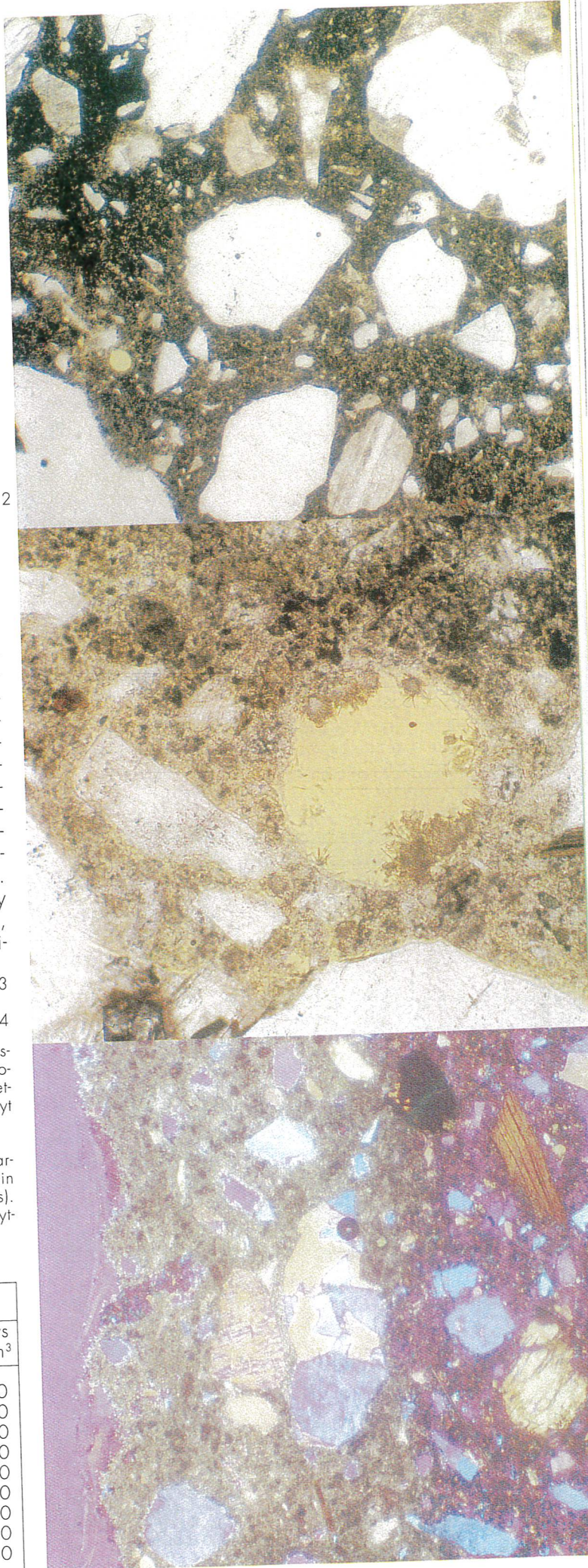
2. Näyte 2, pinta. Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Tämä näkyy myös mikrorakennetassalla. Kuvassa vaaleana näkyvät runkoainerakeet jakautuneena tasaisesti sementtimatriisissa. Kuvan vasemmassa reunassa yksi tiivistyshuokonen. Kuvan lyhyt sivu on 3 mm näytteessä.

3. Näyte 1, noin 700 mm pinnasta. Kuvan keskellä tiivistyshuokonen, jonka seinämillä on ettringiittikiteytymiä. Kuvan lyhyt sivu on 1 mm näytteessä.

4. Näyte 2, pinta. Betoni on karbonatisoitunut pinnasta erittäin vähän (vaalea pintakerros). Kuvan lyhyt sivu on 2 mm näytteessä.

Taulukko 2. Puristuslujuudet ja tiheydet.

Näytteen			
Nro	Halkaisija mm	Puristuslujuus MN/m ²	Tiheys kg/m ³
1	100	57,8	2350
2	"	60,8	2310
3	"	60,3	2350
4	"	63,0	2400
5	"	61,8	2360
6	"	52,0	2370
7	"	54,6	2320
8	"	50,3	2310
9	"	63,4	2340



Salpalinja sodan jälkeen

Rakentamista jatkettiin vielä pitkälle syksyyn aselevon jälkeen, koska tilanteen rauhanomaisesta kehittämisestä ei ollut varmuutta. Väli-rahansopimuksen mukaan kaikki Salpalinjaan liittyvä materiaali oli luovutettava Neuvostoliitolle. Todennäköisesti kuitenkin suuri osa piirustuksista säilytettiin varustamalla ne "vanhentunut" leimalla. Tämä leima löytyy kaikista säilyneistä piirustuksista. Linjan räjäyttämistä ei vaadittu ja pikkuhiljaa se vaipui unohduksiin, ehkä tarkoituksellisesti.

Syksyllä 1995 Kerttu ja Jukka Vuorisen rahaston hoitokunta päätti tilata VTT:ltä tutkimuksen Salpalinjan betoniteknikasta. Porausnäytteet otettiin

marraskuussa 1995, joten niiden testaus on käynnissä ja tuloksia tarkastellaan Betoni-lehden numerossa 4/1996. Silmämääräisen tarkastelun perusteella Salpalinjan betonirakenteet ovat vielä tänäkin päivänä erinomaisessa kunnossa ja betonin puolesta ne voitaisiin ottaa uudelleen käyttöön milloin tahansa. □

12. Salpalinjan bunkkerit ovat ajan mukana sammaloituneet yhä paremmin maastoon. Kuvassa Joensuun Marjalassa sijaitseva bunkkeri.

13. Kapteeni Arvo Tolmunen Luumäen settipadon luona. Poistamalla settejä, päällekkäin pinottuja betonihirsistä, Kivijärvi voitiin tyhjentää Salpausselän alapuolisille alueille. Arvo Tolmunen hoitaa nykyisin Salpalinjaa Kymen Sotilaspiiriin esikunnassa.

14. Jukka Vuorisen sodanaikaisen päiväkirjan sivu. Jukka Vuorinen toimi 1940 Linnoitustoimiston suunnitteluosaston tarkastajana Salpalinjalla ja piti tarkkana miehenä yksityiskohtaista päiväkirjaa tekemisistään. Kaikki yksityinen dokumentointi oli ankarasti kielletty ja tavallisen sotamiehen tapauksessa päiväkirjojen mukaisten muistiinpanojen löytäminen olisi johtanut sota-oikeuteen vakoilusta syytettynä.

15. Marraskuussa 1995 Säkäjärvellä. Korsusta nro 155 porataan näytteitä. Mukana olivat Pertti Pitkänen ja Jouni Hietalahti VTT:ltä (kuvassa), kapteeni Arvo Tolmunen ja Klaus Söderlund.

15

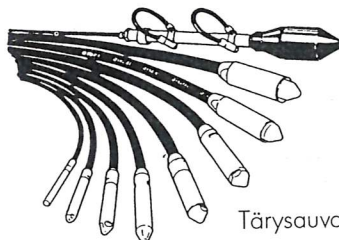


ONNISTUMISEN EDELLYTYS

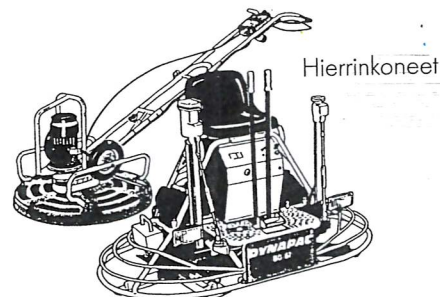
Oikeat välineet ja oikeat työtavat

Betonilattian rakentamisessa saat meiltä avun, kun tarvitset kunnan työvälineitä ja käytännön työskentelyohjeita. Betonointikalusto-ohjelmamme kattaa kaiken betonin tiivistämisestä, hiertämisestä, hiomisesta aina jyrsimiseen saakka. Tietomme oikeista työtavoista rakentuu laitevalmistajien omiin tutkimustuloksiin ja omaan käytännön kokemukseemme.

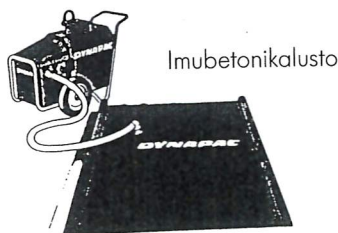
Soita meille numeroon (90) 504 441/Rakennuskoneet, olemme valmiina täyttämään onnistumisen edellytykset betonilattian valmistuksessa



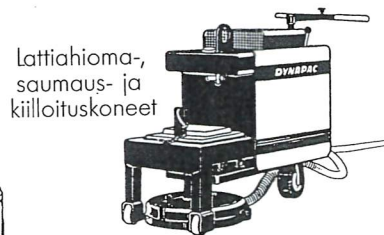
Tärysauvat



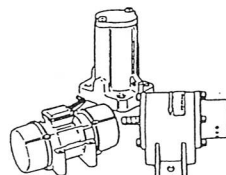
Hierrinkoneet



Imubetonikalusto



Lattiahioma-, saumaus- ja kiilloituskoneet



Täryttimet

Tervetuloa
maxpo 96
-näyttelyyn 23.-25.5.
osastollemme Bb18.

Postiosoite:
OY E. SARLIN AB
PL 750, FIN-00101 HELSINKI
Vaihde: 504 441
Telekopio: (90) 5044 4412

SARLIN
Rakennuskoneet

