

KIPSIN MEKAANISET JA KOSTEUSTEKNISET OMINAISUUDET

Tarja Häkkinen
Pekka Kanerva

Rakenteiden Mekaniikka, Vol. 17
No 3 1984, s. 13...20

YHTEENVETO: Artikkelissa esitetään Teknillisessä korkeakoulussa vuosina 1981 - 83 tehdyn kipsin rakennusteknisiä ominaisuuksia koskevan tutkimuksen tuloksia. Mekaanisten ominaisuuksien lisäksi käsitellään kosteusteknisiä ominaisuuksia. Kipsin koostumuksen säätelymahdollisuuksia on käsitelty ja koostumuksen vaikutusta ominaisuuksiin.

JOHDANTO

Yleistä

Teknillisen korkeakoulun rakennusinsinööriolosastossa tutkittiin vuosina 1980 - 1983 Suomen Akatemian tuella kipsin rakennusteknisiä ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia rakennuksissa. Suomessa muodostuu vuosittain fosforihappoteollisuuden sivutuotteena yhteensä noin miljoona tonnia ns. fosforikipsiä. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Suomessa muodostuvan fosforikipsin rakennusteknisiä ominaisuuksia.

Tutkimuskohde

Tutkimuskohteena oli Kuolan niemimaan ja Siilinjärven raakafosfaatista valmistettujen fosforihappojen sivutuotekipsit. Nämä molemmat kipsit ovat alkuperältään ja ominaisuuksiltaan samantyyppisiä. Fosforihapon tuotannossa kipsi oli erotettu prosessista suodattamalla, ja suodatinkakku oli lietetty ja kalkitettu. Hydrosyklonissa kipsistä oli erotettu hienojakoinen aine orgaanisen aineksen poistamiseksi, ja lisäksi kipsi oli pesty vesiliukoisten epäpuhtauksien poistamiseksi. Lopuksi dihydraatti oli kuivattu ja poltettu pääasiassa hemihydraattia sisältäväksi sideaineeksi.

KIPSIMASSAN VALMISTUS

Sekoitettaessa poltettua kipsiä, joka on pääasiassa hemihydraattia ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), ja vettä muodostuu valettavaa massaa, joka kovettuu kiteytyessään dihydraatiksi ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Valettavuuden vuoksi vettä käytetään enemmän kuin mitä kemiallisesti olisi tarpeen. Ylimääräinen vesi aiheuttaa kapillaarihuokosia.

Ilman lisäaineita valukelpoisia olivat sellaiset massat, joiden vesi-sideainesuhde oli 0,8 - 1,2. Tällöin tuore massa jäykistyi noin kymmenessä minuutissa. Nopeaa jäykistymistä estettiin sitruunahappohidastimen ja melamiiniformaldehydi-pohjaisen notkistimen avulla, kun massan vesisideainesuhde oli pieni. Suurilla vesi-sideainesuhteilla valettaessa veden erottumista estettiin kiihdyttämällä sioutumista kalsiumsulfaattidihydraatilla.

KIPSIN HUOKOISUUS JA KOSTEUSTEKNISET OMINAISUUDET

Vesikipsisuhde

Taulukossa 1 on esitetty kokeellisesti saadut kipsin huokoisuus- ja tiheysarvot.

Taulukko 1. Kovettuneen kipsin huokoisuuden ja tiheyden riippuvuus massan vesisideainesuhteesta.

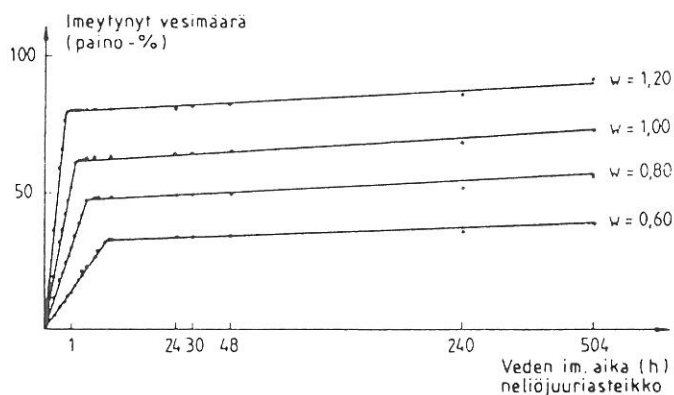
Vesi-sideainesuhde	Huokoisuus (%)	Tiheys (kg/m^3)
0,4	40	1390
0,6	49	1180
0,8	58	980
1,0	64	850
1,2	68	740
1,4	72	650
1,6	75	580
1,8	78	520
2,0	79	480

Kipsin huokosjakauma määritettiin elohopeaporosimetrillä. Määritysten mukaan kipsin keskimääräinen huokoskoko oli noin 1 μm .

Tasapainokosteus ja kapillaarinen vedenimu

Suurihuokoisen kipsin tasapainokosteus ympäristöilman eri suhteellisissa kosteuksissa on pienempi kuin yksi painoprosentti. Kun vesi-sideainesuhde oli yksi, niin kovettuneen kipsin tasapainokosteus oli 0,1 - 0,5 painoprosenttia ilman suhteellisen kosteuden ollessa 45 - 90 % ja lämpötilan ollessa 20°C.

Kipsin kapillaarinen vedenimu ajan funktiona ilmenee kuvasta 1.



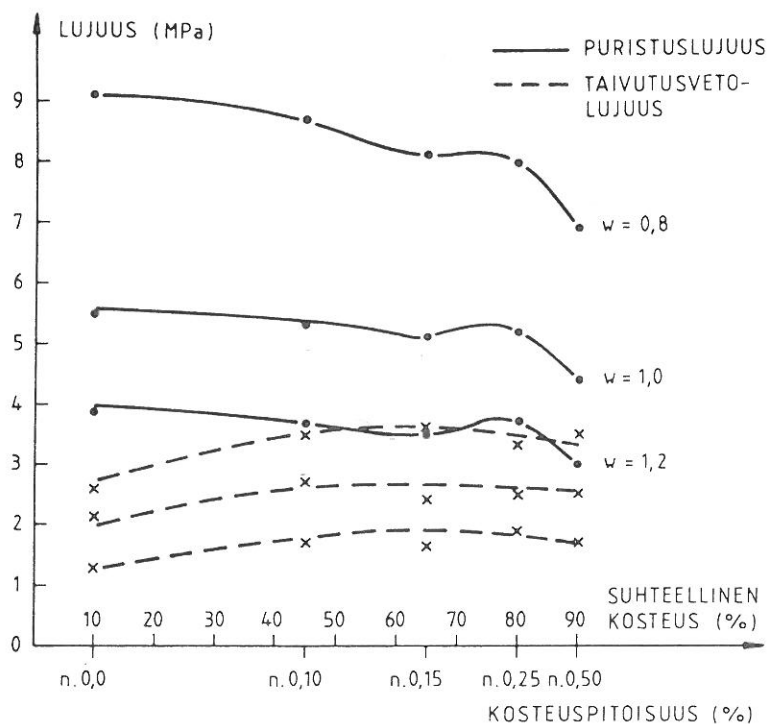
Kuva 1. Kipsin kapillaarinen vedenimu ajan funktiona. Vertikaali imu vapaasta nestepinnasta. w on vesi-sideainesuhde.

KIPSIN MEKAANISET OMINAISUUDET

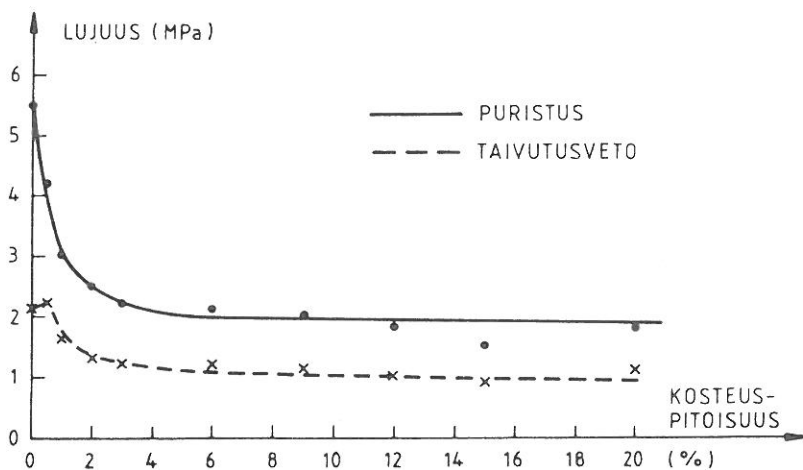
Kipsin mekaaniset ominaisuudet riippuvat ratkaisevasti huokoisuudesta ja kosteuspitoisuudesta. Kipsin puristuslujuus laski noin puoleen kuivaluudesta, kun kosteuspitoisuus nousi nolasta yhteen painoprosenttiin. Lujuuden lasku tasoittui, kun kosteuspitoisuus nousi yhdestä kolmeen prosenttiin, ja kosteuspitoisuuden nousu noin kolmesta prosentista alkaen vaikutti lujuuteen vain lievästi. Kipsin taiputusvetolujuus oli noin neljännos puristuslujuudesta. Kipsi saavutti loppulujuutensa nopeasti valun jälkeen. Maksimimärkälujuutensa kipsi saavutti noin tunnissa.

Kuivan kipsin jännitys-muodonmuutoskäyrä oli murtoon asti lähes lineaarinen. Kipsin murtopuristuma oli n. 0,15 % ja murtovenymä n. 0,04 %.

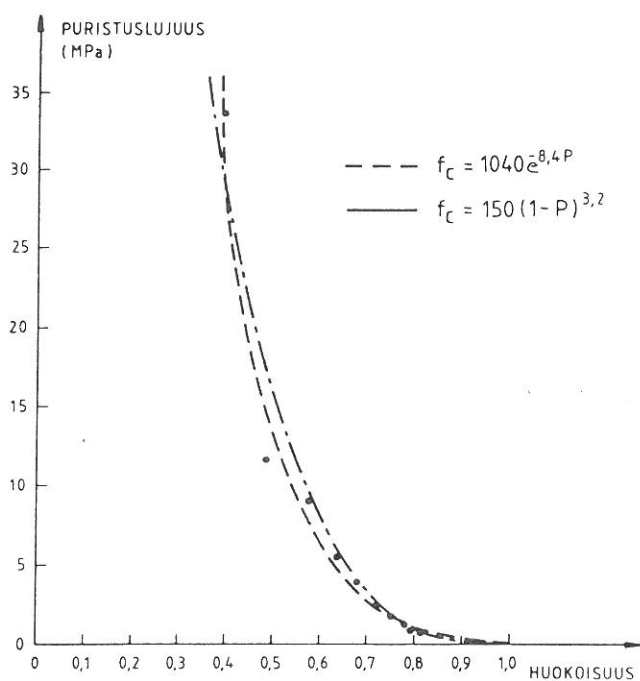
Kuvissa 2 - 7 on esitetty tuloksia huokoisuuden ja kosteuspitoisuuden vaikutuksesta kipsin mekaanisiin ominaisuuksiin.



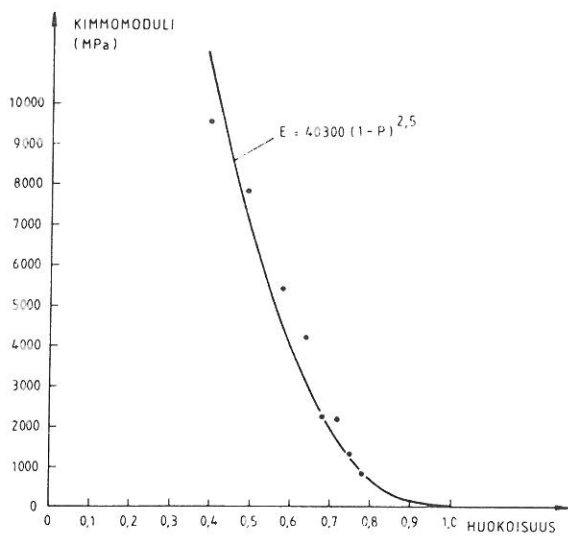
Kuva 2. Kipsin lujuuden riippuvuus vesi-sideainesuhteesta ja ympäristön suhteellisesta kosteudesta. Koekappaleet 40 x 40 x 160 mm³.



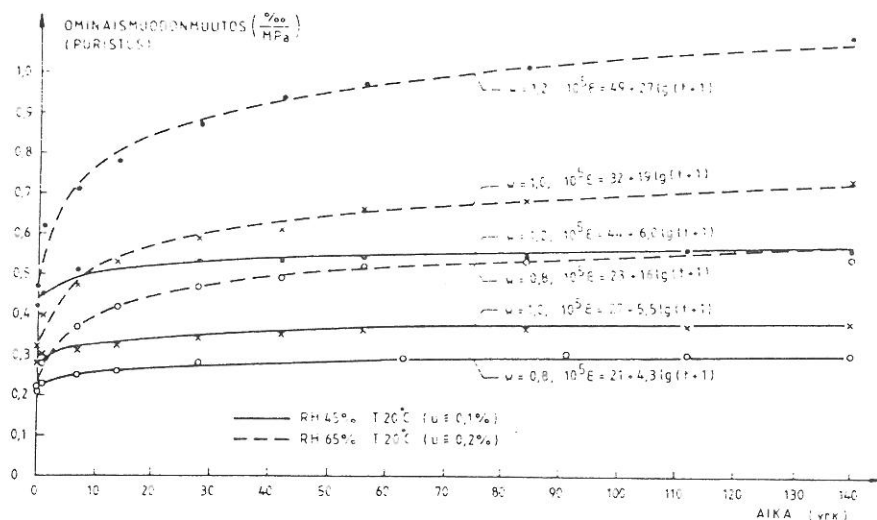
Kuva 3. Kipsin lujuuden riippuvuus kosteuspitoisuudesta. Vesi-sideainesuhde on 1,0. Koekappaleet 40 x 40 x 160 mm³.



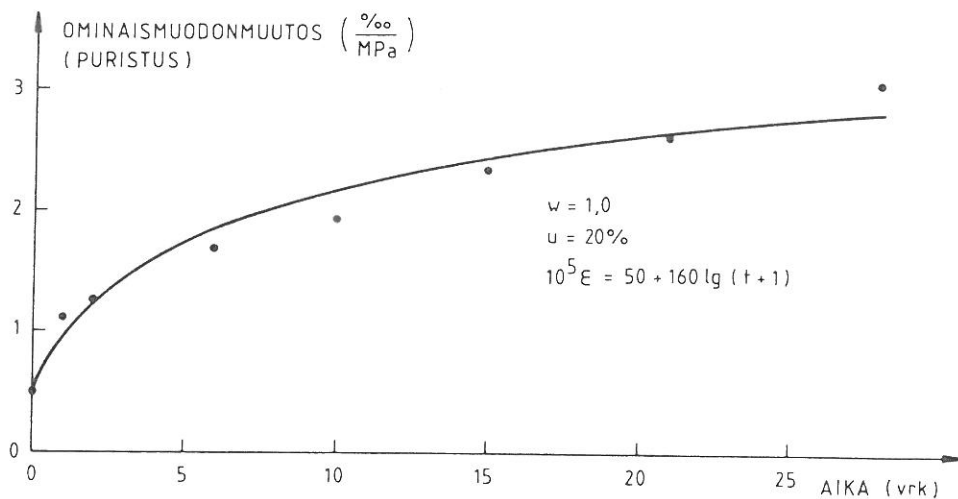
Kuva 4. Kipsin puristuslujuus huokoisuuden funktiona. Koekappaleet 40 x 40 x 160 mm³. Koekappaleet kuivattu 45°C:ssa. f_c on puristuslujuus ja P huokoisuus.



Kuva 5. Kipsin kimmokerroin E huokoisuuden funktiona. Koekappaleet kuivattu 45°C:ssa.



Kuva 6. Kipsin ominaisviruma puristuskuormituksessa, kun vesi-sideainesuhde (w) on 0,8, 1,0 tai 1,2 ja ympäristön suhteellinen kosteus on 45 % tai 65 %. u on kosteuspitoisuus, RH ympäristöilman suhteellinen kosteus ja T lämpötila.



Kuva 7. Märän kipsin ominaisviruma. Vesi-sideainesuhde on 1,0. Kosteuspitoisuus $u = 20$ %.

SEOSAINEIDEN VAIKUTUS KIPSIN MEKAANISIIN OMINAISUUKSIIN

Sideaineen osuutta voidaan vähentää ja kovettuneen kipsin ominaisuuksia voidaan muunnella sekoittamalla kipsiin runkoainetta. Taulukossa 2 on esitetty hiekka- ja kevytsorarakenteisen kipsin puristuslujuusarvoja.

Taulukko 2. Hiekkakipsin ja kevytsorakipsin puristuslujuus ja tiheys

Runkoaine	Vesi-side- ainesuhde	Runkoaine- sideaine- suhde	Tiheys (kg/m ³)	Puristus- lujuus (MPa)
Hiekka	0,8	3,0	1810	9,8
Hiekka	1,0	4,0	1770	5,8
Hiekka	1,2	5,0	1780	5,2
Kevytsora	0,8	1,0	1050	11,6
Kevytsora	1,0	1,5	990	7,6
Kevytsora	1,2	2,1	940	4,9

Kipsin sitkeyttä voidaan lisätä kuituvahvistuksen avulla. Lasikuitujen avulla kipsin taivutusvetolujuus nousi noin kaksinkertaiseksi ja iskunkestävyys noin nelinkertaiseksi. Myös selluloosakuidut soveltuvat kipsin kanssa käytettäväksi.

LOPPUPÄÄTELMÄ

Kipsin rakennustekninen käyttö perustuu siihen, että sekoitettaessa poltettua kipsiä veden kanssa muodostuu valettavaa massaa, joka kovettuu kiteytyessään dihydraatiksi. Kovettunut rakennuskipsi muodostuu pääasiassa dihydraattirungosta ja ylimääräisen seosveden haihtumisen aiheuttamista kapillaarihuokosista. Valukipsin huokoisuus ja siitä riippuva tiheys määräytyvät massan vesi-sideainesuhteesta.

Kipsin hydroskooppinen tasapainokosteus on hyvin pieni, minkä takia se soveltuu hyvin käytettäväksi normaalin huoneilman kosteustiloissa. Suuren kapillaarisuuten-
sa vuoksi kipsi imee nopeasti vettä vapaasta veden pinnasta ja jo varsin vähäiset kosteuspitoisuudet vaikuttavat ratkaisevasti kipsin mekaanisiin ja muihin ominaisuuksiin lujuuden ja kimmokertoimen pienetessä, virumanopeuden kiihtyessä jne. Tästä syystä kipsi ei sovellu käytettäväksi kosteissa tiloissa eikä ainakaan kosketuk-
sissa vapaan veden kanssa.

Kideveden poistumisen estämiseksi rakennusteknisiä kipsituotteita ei tule käyttää yli 50°C:n lämpötilassa.

Kipsin kosteudenkestävyyttä voidaan parantaa pintakäsittelyn avulla sekä sekoitamalla kipsiin eräitä hydraulisia ja pozzolaanisia seosaineita. Kipsin taivutus-
vetolujuutta ja iskunkestävyyttä voidaan parantaa sitkeän pintamateriaalin tai sitkeän kuituvahvistuksen avulla.

Fosfokipsin käyttökelpoisuutta luonnon kipsiin nähden rajoittavat kipsin epäpuh-

taudet. Tämän tutkimuksen kohteena olleen kuvatulla tavalla puhdistetun fosfokipsin lujuus oli samaa suuruusluokkaa kuin samalla vesi-sideainesuhteella valetun luonnon kipsin lujuus, mutta fosfokipsimassa sitoutui nopeammin kuin luonnon kipsistä valmistettu massa. Nopea sitoutuminen rajoittaa käyttökelpoisia vesi-sideainesuhteita ja saavutettavissa olevia lujuuksia, mikäli ei käytetä lisäaineita.

Valettaessa vesi-sideainesuhteeltaan suuruusluokkaa yksi olevaa kipsiä saadaan tässä työssä testattujen mekaanisten ja kosteusteknisten ominaisuuksien puolesta kuivien sisätilojen ei-kantaviin rakenteisiin, kuten verhouslevyihin, kattolaattoihin, harkkoihin, väliseinäelementteihin ja tasoitteisiin soveltuvaa rakennusmateriaalia. Kipsin pienestä hygroskooppisesta tasapainokosteudesta johtuen sen kosteusliikkeet ovat erittäin pieniä ja kipsilevyistä voidaan tehdä suuria yhteisiä pintoja ilman avosaumoja.

Pienillä vesi-sideainesuhteilla kipsillä voidaan saavuttaa noin 30 MPa:n lujuuksia kimmokertoimen ollessa noin 10 GPa. Tällaisena kipsiä voidaan ajatella myös kuivien tilojen kantavien rakenteiden materiaaliksi. Kuivissa tiloissa kipsi viuu rasitettaessa hyvin hitaasti.

Yhteenvedo Teknillisen korkeakoulun kipsihankkeen kaikista tutkimustuloksista on esitetty viitteessä 1.

LÄHDELUETTELO

- [1] Häkkinen, T., Kanerva, P., Kipsin rakennustekniset ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet rakennuksissa, Teknillinen korkeakoulu, Rakennetekniikan laitos, Julkaisu 60, Otaniemi 1983, 58 s.

Tanja Häkkinen, dipl.ins., Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Betoni- ja silikaattitekniikan laboratorio

Pekka Kanerva, professori, Helsingin teknillinen korkeakoulu, Rakennetekniikan laitos