

EVALUATION OF POROUS CONCRETE RESISTANCE TO FREEZING BY DIFFERENT METHODS

R. Mačiulaitis & D. Nagrockienė

To cite this article: R. Mačiulaitis & D. Nagrockienė (2001) EVALUATION OF POROUS CONCRETE RESISTANCE TO FREEZING BY DIFFERENT METHODS, *Statyba*, 7:5, 397-404, DOI: [10.1080/13921525.2001.10531761](https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531761)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531761>



Published online: 30 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 62

AKYTOJO BETONO ATSPARUMO ŠALČIUI, TAIKANT SKIRTINGAS BANDYMŲ METODIKAS, VERTINIMAS

R. Mačiulaitis, D. Nagrockienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Dujų ir putų akytąjį betoną klasifikuoti gana sudėtinga, nes tai galima atlikti pagal daugelį tokio betono savybių ir funkcijų. Akytajam termoizoliacinės-konstruktinės bei konstrukcinės paskirties betonui svarbi normatyvinė savybė yra atsparumas šalčiui [1, 2].

Standartiniai akytojo betono atsparumo šalčiui nustatymo metodai visame pasaulyje buvo grindžiami klasikiniu tūrinio šaldymo principo taikymu. Lietuvoje šie metodai per pastaruosius dešimtmečius keitėsi tyrimus vykdant ciklinio tūrinio šaldymo ir atšildymo ardomojo poveikio bandiniams sumažinimo linkme. Tai buvo realizuota pereinant nuo bandinių atšildymo vandenyje į jų atšildymą maksimaliai drėgname ore (virš vandens) [3, 4].

Kaip rodo mokslinė patirtis [5, 6], toks bandymo sąlygų pakeitimas apriboja tolesnį galimą poringosios erdvės užpildymo vandeniu laipsnio didėjimą, kuris yra būdingas, kai bandiniai šildymo metu tiesiogiai kontaktuoja su vandeniu. Naujos atšildymo sąlygos skatina tik drėgmės migraciją ir tam tikras jos sankaupas tokios medžiagos porose ir kapiliaruose ciklinio poveikio metu bei jos nuostolius šaldant dėl garavimo arba sublimacijos procesų. Taigi realiai galima laukti įtempimų ir deformacijų vystymosi sumažėjimo, o kartu ir destrukcijos proceso sulėtėjimo tokio ciklinio poveikio metu.

Tokią metodikos pakeitimo aprobaciją galima paaiškinti tik noru dirbtinai padidinti akytųjų betonų atsparumo šalčiui marke, kadangi dauguma gaminamos produkcijos pagal šį rodiklį buvo prastos kokybės. Kita vertus, jau gana seniai kritikuojamas ir pats tūrinio šaldymo principo taikymas sienų ir atitvarų medžiagų, tarp jų ir akytųjų betonų atsparumui šalčiui nustatyti [7–9], kadangi akytojo betono, keraminių ir silikatinųjų plytų ar netgi sunkiojo betono eksploatacijos sąlygos sienose arba atitvarose iš esmės nesiskiria atsparumo šalčiui as-

pektu [4]. Tokiose konstrukcijose visi gaminiai ir medžiagos patiria kryptingą, vienpusį šaldymą ir didesnę ar mažesnę atmosferos drėgminį poveikį.

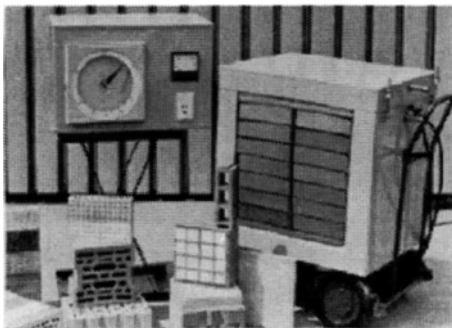
Teoriškai ir eksperimentiškai pagrįsti vienpusio šaldymo principo taikymo būtinumą ir standartizuoti tuo pagrindu sukurtą metodiką pavyko dar 1978 m., taikant ją keraminėms apdailos plytoms arba blokeliams [6], o 1991 m. – ir silikatinėms plytoms bei blokeliams [10].

Pagrindinis šio darbo tikslas buvo išsiaiškinti, ar fasadų keramikai nustatyti skirtingų šilumos kryptių įtakos dėsningumai galioja ir vertinant akytojo betono atsparumą šalčiui, kai taikomi skirtingi šaldymo būdai. Be to, buvo svarbu panagrinėti akytojo betono destrukcijos procesą ciklinio vienpusio šaldymo ir atšildymo metu ir palyginti jį su vykstančiu tūrinio šaldymo ir atšildymo metu.

2. Naudotos medžiagos, tyrimo būdai ir įranga

Tyrimams bandiniai buvo atrinkti iš 10 skirtingų akytojo betono partijų; iš jų 6 partijos buvo konstrukcinio-termoizoliacinio ir 4 partijos – konstrukcinio betono. Akytasis betonas buvo serijinės ir bandomosios gamybos, jis skyrėsi sudėtimi (rišamąja medžiaga, užpildais, porodariais ir priedais) ir kietėjimo sąlygomis. Visiems tyrimams buvo naudojami kubo formos bandiniai, kurių kraštinių ilgis buvo (100 ± 5) mm. Bandinių identiškamui patikrinti, atrinkus juos iš kiekvienos partijos, naudoti tankio (D , kg/m^3) ir drėgnio (W %, pagal masę) rodikliai. Lyginamiesiems tyrimams atrinkta po 50 bandinių, o dilatometriniams – dar 10 bandinių. Lyginamieji identišku bandinių atsparumo šalčiui tyrimai buvo vykdomi taikant tūrinio (V) ir vienpusio (U) šaldymo principą, atsižvelgiant atitinkamai į LST 1469:1997, GOST 25485-89 ir LST 1272:1992, GOST 7025-91 reikalavimus. Pradžioje visi bandiniai (numatyti lyginamiesiems atsparumo šalčiui ir dilatometriniams

tyrimams) buvo įsotinami vandeniu vienodomis sąlygomis, laipsniškai juos užpilant ir išlaikant kontaktą su vandeniu (pagal GOST 25489-89 reikalavimus) iš viso 40 valandų. Šaldymas buvo atliekamas tuo pačiu metu toje pačioje šaldymo kameroje (su ventiliatoriumi) ($8 \pm 0,5$) h automatiškai palaikant oro temperatūrą minus (18 ± 2)°C. Tūriniu būdu šaldomi bandiniai buvo išlaikomi išdėlioti standartinio konteinerio lentynose, o šaldomi vienpusiu būdu buvo laikomi ADOZO tipo konteinerieryje (1 pav.), sumontuoti kasetėje.



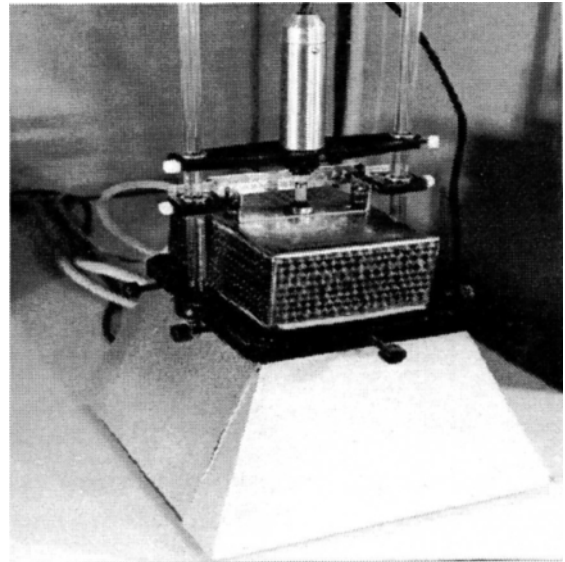
1 pav. Bendras ADOZO vaizdas

Fig 1. General view of ADOZO

Po kiekvieno šaldymo visi bandiniai buvo atšildomi specialiose atšildymo kamerose virš vandens, palaikant santykinę drėgmę (95 ± 2)% ir oro temperatūrą plus (18 ± 2)°C, sudėjus į jas konteinerį ir kasetes su identiškais bandiniais. Laikyta ($8 \pm 0,5$) h. To pakako bandiniams atšildyti.

Akytojo betono destrukcijos kriterijumi pasirinkti vizualiai matomi bandinių medžiagos bet kokio pobūdžio suirimai (įtrūkimai, skilimai, paviršiaus irimas atsisluoksniuojant ar ištrupant) [11]. Suirimo pradžia nepriklausomai nuo metodo laikytas ciklų skaičius ($F-V1$, $F-U1$), kai tik pasirodė minėti destrukcijos požymiai, o pabaiga – toks ciklų skaičius ($F-V2$, $F-U2$), kai bandinys perskilo arba suiręs jo paviršius sudarė apie 100 cm^2 , t. y. $1/6$ viso bandinio paviršiaus.

Akytojo betono bandinių, įsotintų vandeniu, kaip ir skirtų tiesioginiams bandymams, destrukcijos proceso ypatumai, modeliuojant eksploatacijos sąlygas, buvo tiriama naudojant DUM-02 tipo prietaisą (2 pav.). Bandiniams buvo taikytas programuotas ciklinis vienpusio šaldymo ir atšildymo režimas [6]. Tokių bandymų metu buvo matuojamas bandinio paviršiaus sluoksnio (sto-



2 pav. Bendras prietaiso DUM-02 bandinio sekcijos vaizdas

Fig 2. General view of the apparatus DUM-02 specimen section

ris 15 mm) linijinių deformacijų kitimas ciklų metu, kai deformacijų matavimų daviklis buvo lokalizuotas vienpusiai šaldomo ir atšildomo bandinio paviršiaus centre.

Iš deformacijų kreivių pagal [12] buvo apskaičiuotos didžiausios arba mažiausios linijinių deformacijų vertės bandinių šaldymo ir atšildymo metu, kurios toliau tekste įvardijamos kaip santykinės maksimalios arba minimalios linijinės deformacijos. Bandymų metu fiksuoti bandinių suirimai konstatuoti tik po papildomos jų apžiūros.

Gauti tyrimų rezultatai buvo apdoroti matematinės statistikos metodais [13].

3. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

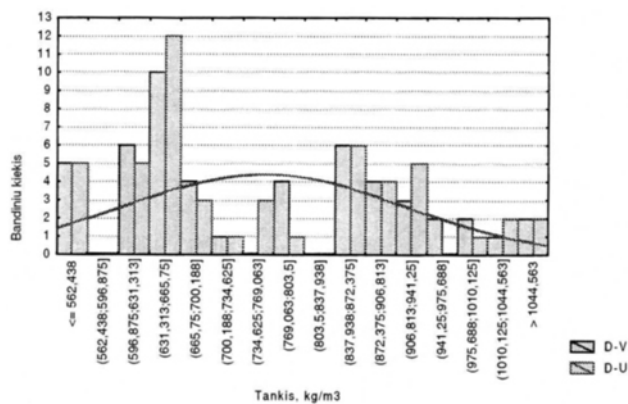
Tyrimų rezultatus santykinai galima suskirstyti į dvi grupes.

3.1. Lyginamieji akytojo betono atsparumo šalčiui tyrimai skirtingais šaldymo būdais

Prieš atliekant akytojo betono populiacijos lyginamuosius (šaldant tūriniu būdu ir iš vienos pusės) tyrimus buvo svarbu įsitikinti, kad bandinių imtys iš partijų jas reprezentuoja, o tiek tūriniam, tiek vienpusiam šaldymui atrinkti bandiniai yra pakankamai tapatūs, t. y. reikėjo patikrinti skirstinių sutapimo nulinę hipotezę.

Tai atlikome atsižvelgdami į du svarbius parametrus: tankį (D) ir drėgnį, (W). Fizikiniu požiūriu tankis charakterizuoja ir skeletą, ir poringąją akytojo betono erdvę. Skeleto sandara susijusi su akytojo betono stiprumo rodikliais. Drėgnio fizikinė prasmė yra ta, jog iš jo verčių visų pirma galime spręsti apie efektyviųjų porų ir kapiliarų kiekį ir jų potencialą. Taigi šie rodikliai pakankamai atspindi svarbiausias akytojo betono savybes.

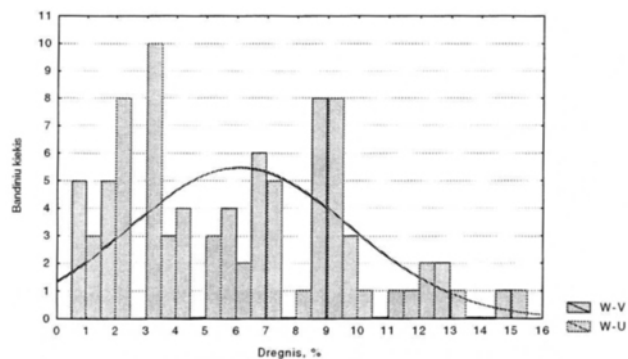
3 pav. pateiktas abiejų atrinktų bandinių grupių pasiskirstymo pagal tankį grafinis vaizdas. Kaip matyti, abiejų grupių bandinių skirstinys pagal tankį yra artimas normaliajam. Šį pasiskirstymą apibūdinančios kreivės sutampa, kai tankio padalijimo intervalas $34,4375 \text{ kg/m}^3$. Tikrinant hipotezę apie abiejų imčių grupių pagal tankį skirstinių sutapimą, gauta, jog pirmosios grupės, skirtos tūriniam šaldymui ($D-V$), vidurkis yra $761,44$, o antrosios grupės, skirtos vienpusiam šaldymui ($D-U$), vidurkis lygus $758,44 \text{ kg/m}^3$. Kartu pirmosios grupės standartinio nuokrypio paklaida yra $156,247$, o antrosios – $155,611 \text{ kg/m}^3$. Būtina pažymėti, kad tankio rodiklis realiai kito nuo $515,00$ iki $1098,00 \text{ kg/m}^3$. Galiausiai konstatuota, jog skirstinių pagal tankį sutapimo nulinės hipotezės tenkinimo tikimybė yra $0,92356$.



3 pav. Dviejų bandinių grupių tankio histograma
Fig 3. Histogram of two specimen groups density

Nustatytos tų pačių bandinių drėgnio rodiklio vertės ir atlikta analogiška statistinė analizė. 4 pav. pateiktas tų pačių bandinių grupių pasiskirstymo pagal drėgnį grafinis paveikslas (kai padalijimo intervalas 1%). Abiejų bandinių grupių drėgnio rodiklio skirstiniai yra artimi normaliajam ir praktiškai sutampa. Realiai akytojo betono minimalus drėgnis kito nuo $1,12\%$ iki

$15,99\%$. Iš apskaičiuotų statistikų (4 pav.) seka, kad pirmosios grupės ($W-V$) drėgnio vidurkis yra $6,0838\%$, o standartinio nuokrypio paklaida lygi $3,649813\%$. Tuo tarpu antrosios grupės ($W-U$) vidurkis yra $6,1366\%$, o analogiška paklaida lygi $3,635534\%$. Hipotezės, jog bandiniai pagal šį rodiklį yra sutampantys, tenkinimo tikimybė yra $0,942372$.



4 pav. Dviejų bandinių grupių drėgnio histograma
Fig 4. Histogram of two specimen groups humidity

Iš to seka, jog lyginamiesiems atsparumo šalčiui tyrimams atrinkti identiški bandiniai, kurie atstovauja visai tiriamai akytojo betono aibei.

Atlikus akytojo betono abiejų grupių atsparumo šalčiui (šaldant tūriniu būdu ir vienpusiai) lyginamuosius tyrimus buvo atlikta ir gautų atsparumo šalčiui rodiklių (ciklais) regresinė analizė. Akivaizdu (5 pav.), kad atsparumo šalčiui rodiklio šaldant vienpusiai ($F-U1$) prognozė pagal rezultatus, gautus šaldant tūriniu būdu ($F-V1$), ir orientuojantis į suirimo pradžią pagal empirinę lygtį (esant patikimumo lygmeniui $\alpha=0,0500$)

$$F-U1 = 51,195 + 0,296 \cdot F-V1, \quad (1)$$

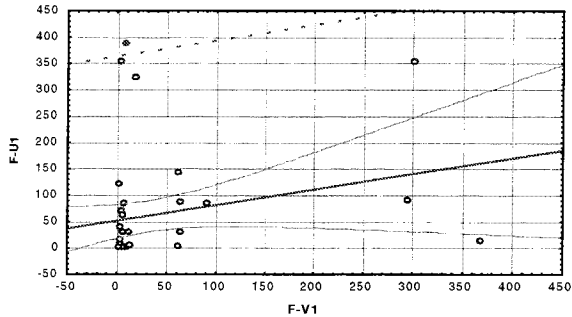
būtų visiškai nepatikima. Tai patvirtina mažas ir nereikšmingas šios empiriškai gautos regresijos lygties koreliacijos koeficientas ($0,2161753$) bei gana didelė standartinė įverčio paklaida, lygi $104,2040$ ciklams. Kadangi iš esmės tarp rezultatų (5 pav.) tiesinis ryšys yra labai menkas, faktinė prognozavimo paklaida būtų labai didelė.

6 pav. pateikti lyginamųjų tyrimų pagal sąlyginę suirimo pabaigą rezultatai. Nors koreliacijos koeficientas truputį padidėja ir pasiekia $0,2621269$ (esant analogiškam patikimumo lygmeniui), padidėja ir standartinė įverčio paklaida (iki $234,2140$). Taigi patikimas faktinis akytojo betono eksploatacinio atsparumo šalčiui

prognozavimas pagal tūrinio šaldymo rezultatus, remiantis gauta empirine lygtimi

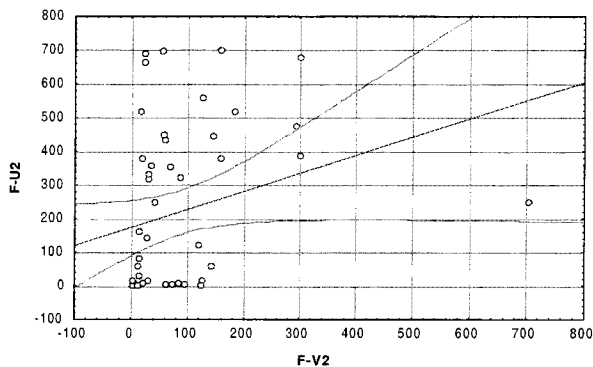
$$F-U2 = 173,800 + 0,537 \cdot F-V2, \quad (2)$$

taip pat būtų netikslus ir nepatikimas.



5 pav. Akytojo betono tapačių bandinių atsparumo šalčiui rodiklio, nustatyto vienpusio šaldymo būdu pagal suirimo pradžią ($F-U1$), priklausomybė nuo atsparumo šalčiui rodiklio, nustatyto pagal suirimo pradžią ($F-V1$) šaldant tūriniu būdu

Fig 5. Dependence of the porous concrete identical specimens frost resistance index (determined by the one-sided freezing method according to the disintegration start $F-U1$) on the frost resistance index which was determined according to the disintegration start ($F-V1$) at volumetric freezing



6 pav. Akytojo betono tapačių bandinių atsparumo šalčiui rodiklio, nustatyto vienpusio šaldymo būdu pagal suirimo pabaigą ($F-U2$), priklausomybė nuo atsparumo šalčiui rodiklio, nustatyto pagal suirimo pabaigą ($F-V2$) šaldant tūriniu būdu

Fig 6. Dependence of the porous concrete identical specimens frost resistance index (determined by the one-sided freezing method according to the disintegration end $F-U2$) on the frost resistance index which was determined by the disintegration end ($F-V2$) at volumetric freezing

Buvo skaičiuotos ir kitokių matematinių modelių taikymo galimybės siekiant tiksliau aprašyti tikėtiną mišrų atsparumo šalčiui rodiklių, nustatytų skirtingais būdais ir režimais, sąryšį. Tačiau įsitikinta, kad tokiu būdu pagerinti šių rodiklių tarpusavio sąryšį ir esmingai sumažinti prognozavimo paklaidą taip pat negalima, nes (5 ir 6 pav.) nėra aiškios rodiklių priklausomybės tendencijos.

Atliktų lyginamųjų akytojo betono atsparumo šalčiui tyrimų rezultatų nesutapimas šaldant ir atšildant skirtingais būdais rodo, jog šiai medžiagai atsparumo šalčiui aspektu galioja tie patys dėsningumai, kurie iš esmės buvo nustatyti sienų ir apdailos keramikai [5, 6].

Šiai išvadai pagrįsti atlikome papildomus statistinius tyrimus. Apskritai aišku, jog šio proceso eigą vizualiai (pagal suirimo pradžią ir pabaigą) geriau atspindi abu atsparumo šalčiui rodikliai, nes jų tarpusavio koreliacija yra 0,83 – tūriniam šaldymui ir 0,79 – vienpusiam šaldymui, kai tikimybės lygmuo $\alpha < 0,0500$.

Kadangi abiem bandinių grupėms tankis ir drėgnis praktiškai buvo tapatūs, jų palyginimas su gautais šių bandinių atsparumo šalčiui rodikliais (trimatėje erdvėje) yra ypač svarbus ir informatyvus. Abiejų atsparumo šalčiui rodiklių kompleksinis panaudojimas leidžia visapusiškai įvertinti šio svarbaus akytojo betono rodiklio sąryšį. Kaip matyti iš 7 ir 8 pav., tankio rodiklio sąryšis su atsparumo šalčiui rodikliais, nustatytais skirtingais metodais, nesutampa, nes išryškėja paviršių priklausomybės skirtumai. Be to, šių paviršių lygtys (atitinkamai vienpusio ir tūrinio šaldymo atvejams) yra tokios:

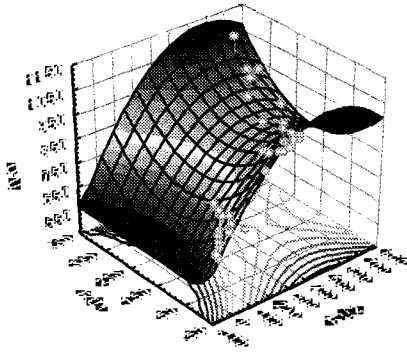
$$D-U = 621,918 + 1,524 \cdot (F-U2) - 1,915 \cdot (F-U1) - 0,002 \cdot (F-U2)^2 + 0,001 \cdot (F-U2) \cdot (F-U1) + 0,004 \cdot (F-U1)^2; \quad (3)$$

$$D-V = 702,611 + 0,942 \cdot (F-V2) - 0,076 \cdot (F-V1) - 0,002 \cdot (F-V2)^2 + 0,002 \cdot (F-V2) \cdot (F-V1) + 0,001 \cdot (F-V1)^2. \quad (4)$$

Palyginimą atlikus drėgnio atžvilgiu (9 ir 10 pav.), paviršių skirtumas taip pat yra akivaizdus.

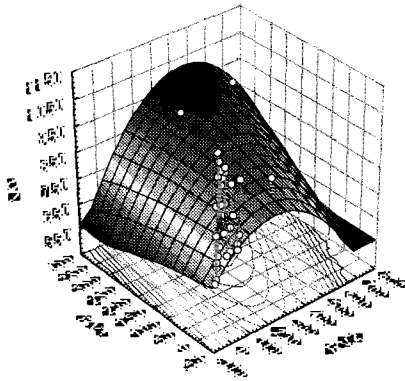
Paviršius (atitinkamai vienpusiam ir tūriniam atvejams) aprašančios lygtys:

$$W-U = 3,361 + 0,011 \cdot (F-U2) + 0,034 \cdot (F-U1) + 18,406 - 6 \cdot (F-U2)^2 - 0,0001 \cdot (F-U2) \cdot (F-U1); (5)$$



7 pav. Akytojo betono bandinių atsparumo šalčiui rodiklio, nustatyto vienpusio šaldymo būdu pagal suirimo pradžią ($F-U1$) ir pabaigą ($F-U2$), priklausomybė nuo tankio ($D-U$)

Fig 7. Dependence of the porous concrete specimens resistance to freezing index (determined by the one-sided freezing according to the disintegration start $F-U1$ and the end $F-U2$) on the density ($D-U$)



8 pav. Akytojo betono bandinių atsparumo šalčiui rodiklio, nustatyto tūrinio šaldymo būdu pagal suirimo pradžią ($F-V1$) ir pabaigą ($F-V2$), priklausomybė nuo tankio ($D-V$)

Fig 8. Dependence of the porous concrete specimens resistance to freezing index (determined by the volumetric freezing according to the disintegration start $F-V1$ and the end $F-V2$) on the density ($D-V$)

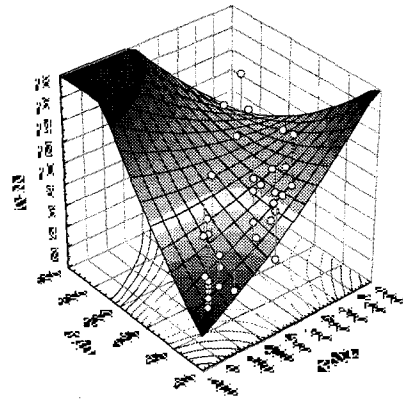
$$W - V = 5,444 + 0,020 \cdot (F - V2) + 0,001 \cdot (F - V1). \quad (6)$$

Šie papildomi tyrimai akivaizdžiai patvirtina pirmines išvadas apie akytojo betono skirtingą elgesį ir suirimus šaldant skirtingais būdais.

3.2. Linijinių deformacijų eigos ypatumai ciklinio vienpusio šaldymo ir atšildymo metu

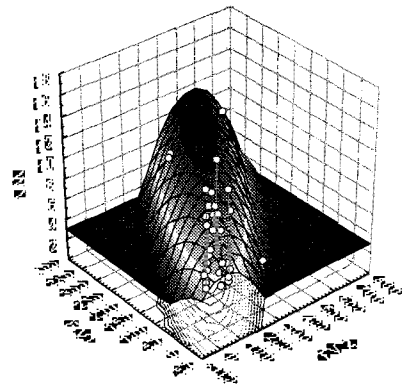
Šiems tyrimams buvo atrinkti būdingi bandiniai, kurių būvis šaldant vienpusiai keitėsi trejopai: greitai ištrupėjo ar atsisluoksniavo šaldomas paviršius (po 1–

15 ciklų); buvo vidutinio eksploatacinio atsparumo šalčiui (išlaikė 25–75 ciklus); atlaikė prieš paviršiumi suiriant pakankamai daug (100–300) ciklų.



9 pav. Akytojo betono bandinių atsparumo šalčiui rodiklio, nustatyto vienpusio šaldymo būdu pagal suirimo pradžią ($F-U1$) ir pabaigą ($F-U2$), priklausomybė nuo drėgnio ($W-U$)

Fig 9. Dependence of the porous concrete specimens resistance to freezing index (determined by the one-sided freezing according to the disintegration start $F-U1$ and the end $F-U2$) on the humidity ($W-U$)



10 pav. Akytojo betono bandinių atsparumo šalčiui rodiklio, nustatyto tūrinio šaldymo būdu pagal suirimo pradžią ($F-V1$) ir pabaigą ($F-V2$) priklausomybė nuo drėgnio ($W-V$)

Fig 10. Dependence of the porous concrete specimens resistance to freezing index (determined by the volumetric freezing according to the disintegration start $F-V1$ and the end $F-V2$) on the humidity ($W-V$)

Prieš aptariant tokių tyrimų rezultatus reikėtų akcentuoti, jog apskritai yra pripažįstama vandens pralaidumo ir rezervinių uždaru porų svarba betono atsparumo šalčiui rodikliams. Tačiau tūrinio šaldymo atveju jau pats drėgmės betono poringoje sistemoje migracijos faktas yra traktuojamas kaip lokaliai vykstantis procesas.

sas. Nėra pakankamai akcentuojamas ir drėgmės migracijos sąryšis su ledo kristalizacija ir dėl jos atsirandančiais bei didėjančiais įtempimais ir deformacijomis [14].

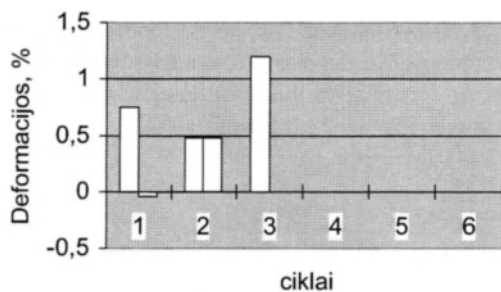
Reikia pabrėžti, jog dilatometriniams bandymų režimams leido modeliuoti gana artimas eksploatacinėms temperatūros ir drėgmės sąlygoms. Būtent tokiomis sąlygomis yra ypač skatinama drėgmės migracija, atitinkama jos lokalizacija bei faziniai virsmai, kurie ir buvo įtempimų bei deformacijų, fiksuotų bandymų metu, kitimo priežastis.

Tas faktas, jog buvo nustatytas skirtingo pobūdžio šaldomo sluoksnio linijinių deformacijų (atskirų bandinių grupėms) kitimas, rodo ir patvirtina labai didelę drėgmės migracijos ir lokalizacijos bei fazinių virsmų įtaką akytajame betone.

Svarbu pabrėžti, jog mažo eksploatacinio atsparumo šalčiui akytojo betono bandinių paviršiaus atsisluoks-

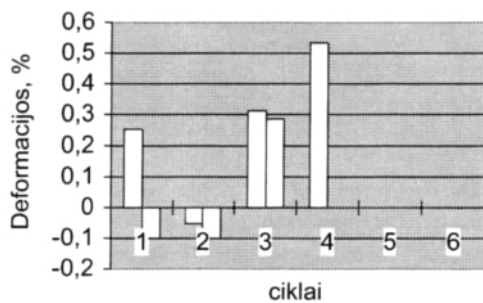
niavimą fiksuojame jau bandymų pradžioje, praktiškai po 1 (teigiama linijinė deformacija pasiekė 1,7%), 3 ar 4 ciklų. Po 3–4 ciklų taip pat dominavo labai didelės teigiamos santykinės deformacijos, kurios paviršiaus destrukcijos atvejais pasiekė 1,2% ar 0,55% (11 pav. ir 12 pav.).

Kitai, didelio eksploatacinio atsparumo šalčiui bandinių grupei buvo būdingas kitas kraštutinis, t. y. daugiausia neigiamų linijinių deformacijų (netgi ciklo atšildymo metu) vystymasis 6 programuotų ciklų metu (13 pav.). Tam tikrais atvejais ryškus neigiamų maksimalių linijinių deformacijų vystymasis keitėsi į teigiamas dideles linijines deformacijas (14 pav.). Atitinkamai tokių bandinių eksploatacinis atsparumas šalčiui pagal tiesioginius vienpusio šaldymo rezultatus buvo 25–50 ciklų mažesnis.



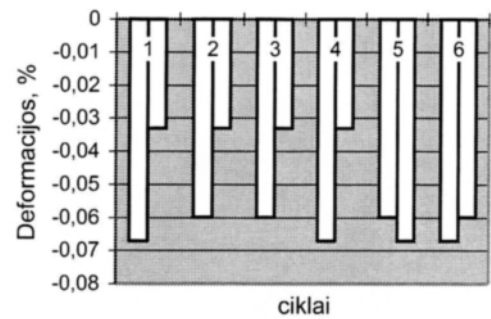
11 pav. Maksimalių mažo atsparumo šalčiui akytojo betono linijinių deformacijų būdingas kitimas ciklinio vienpusio šaldymo ir atšildymo metu

Fig 11. Characteristic change of maximum deformations of porous concrete with a small freezing resistance during cyclic one-sided freezing and thawing



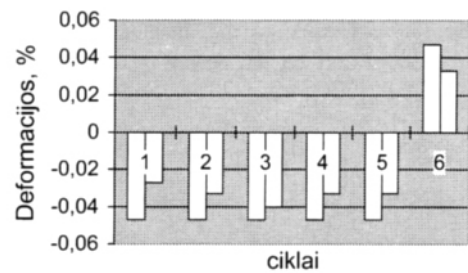
12 pav. Maksimalių mažo atsparumo šalčiui akytojo betono linijinių deformacijų kitimas ciklinio vienpusio šaldymo ir atšildymo metu

Fig 12. Change of maximum linear deformations of porous concrete with a small freezing resistance during cyclic one-sided freezing and thawing



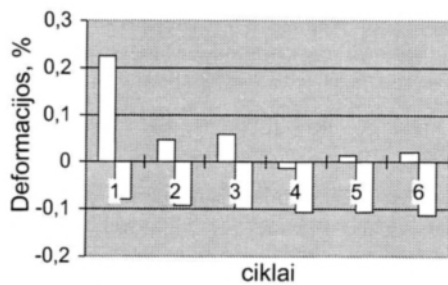
13 pav. Maksimalių labai didelio atsparumo šalčiui akytojo betono linijinių deformacijų kitimas vienpusio šaldymo ir atšildymo metu

Fig 13. Change of maximum linear deformations of porous concrete with a very large freezing resistance during cyclic one-sided freezing and thawing



14 pav. Maksimalių didelio atsparumo šalčiui akytojo betono linijinių deformacijų kitimas vienpusio šaldymo ir atšildymo metu

Fig 14. Change of maximum linear deformations of porous concrete with a large freezing resistance during cyclic one-sided freezing and thawing



15 pav. Maksimalių vidutinio atsparumo šalčiui akytojo betono linijinių deformacijų kitimas ciklinio vienpusio šaldymo ir atšildymo metu

Fig 15. Change of maximum linear deformations of porous concrete with an average freezing resistance during cyclic one-sided freezing and thawing

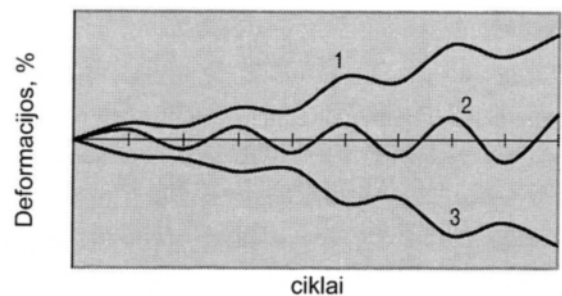
Pagaliau vidutinio eksploatacinio atsparumo šalčiui bandinių grupei buvo būdingas maksimalių linijinių teigiamų atšaldymo ir neigiamų maksimalių, linijinių atšildymo deformacijų kitimas 1–6 ciklo metu (15 pav.). Kai kuriems tokio tipo ir mažesnio atsparumo šalčiui bandiniams retkarčiais nuosekli deformacijų kitimo seka sutrikdavo (pereinant iš mišrios į vienodą) ir vėl atsistatydavo 6–10 modeliuotų ciklų metu.

Paaiškinti gautus būdingus ir fenomenalius šių eksperimentų rezultatus remiantis teorinėmis prielaidomis betonams nėra paprasta, kadangi iš esmės fazinių drėgmės virsmų metu susidarančioms deformacijoms dar gali turėti įtakos potencialūs brinkimo, kontrakciniai, osmosiniai ir kitokie veiksniai [1].

Apibendrinant gautų tyrimų rezultatus, galima tvirtinti, jog iš esmės yra galimi trys teoriniai deformacijų eigos (akytojo betono bandinius cikliška vienpusiai šaldant ir atšildant) modeliai (16 pav.), kai bandiniai yra skirtingo eksploatacinio atsparumo šalčiui.

Tokie modeliai iš esmės nusako ištirto akytojo betono potencialų eksploatacinį atsparumą šalčiui. Tai, jog galima skirtinga deformacijų eiga skirtingo eksploatacinio atsparumo šalčiui bandiniams, tik patvirtina ypatingą vandens (drėgmės) migracijos, kaupimosi ir fazinių virsmų įtaką būdingai paviršiaus destrukcijai. Pateikti akytojo betono destrukcijos eigos modeliai yra realūs šiai medžiagai, kai ji eksploatuojama pastatų sienose, kadangi jose pasireiškia ir nepasireiškia paviršiniai akytojo betono suirimai.

Svarbu aptarti ir poringoje medžiagoje vykstančių procesų skirtumus, kai bandiniai šaldomi ir atšildomi



16 pav. Modelinė akytojo betono bandinių linijinių deformacijų priklausomybė nuo šaldymo ciklų: 1 – mažo eksploatacinio atsparumo šalčiui bandiniai; 2 – vidutinio eksploatacinio atsparumo šalčiui bandiniai; 3 – didelio eksploatacinio atsparumo šalčiui bandiniai

Fig 16. Model dependence of porous concrete specimens linear deformations on freezing cycles: 1 – specimens of little service frost resistance; 2 – specimens of average service frost resistance; 3 – specimens of high service frost resistance

skirtingai. Galime tvirtinti, jog, kai bandiniuose dominuoja drėgmės migracija ir lokalizacija šaldomojo paviršiaus link, geresnė skeleto dalelių konsolidacija leidžia medžiagai pasipriešinti fazinio virsmo metu besivystantiems įtempimams bei deformacijoms ir atlaikyti daugiau ciklų. Tačiau tada tapačių akytojo betono bandinių eksploatacinis (šaldant vienpusiai) atsparumas šalčiui turėtų būti mažesnis, negu nustatant jį tūrinio šaldymo būdu. Daugumoje nurodytų vienpusio šaldymo atveju šis rodiklis nėra didelis, bet vis tiek mažesnis už gautą tūrinio šaldymo metu.

Galima tvirtinti, kad, kai tiesioginiais bandymais pagrįstas ištirtų tapačių bandinių eksploatacinis atsparumas šalčiui buvo labai didelis, drėgmės migracijos kryptis buvo priešinga šilumos sklidimo kryptiai. Tada galėjo reikštis akivaizdus betono džiūvimas ir kiti poveikiai, skatinantys bandinių traukimasį bei neigiamų deformacijų vystymąsi. Todėl yra svarbu akcentuoti, jog kai kurie tokios rūšies tapatūs bandiniai šaldant tūrinio būdu gana greitai suskildavo pusiau ar net į kelias dalis.

Pagaliau vidutinio (didesnio ar mažesnio) eksploatacinio atsparumo šalčiui bandiniams, regis, buvo būdinga lokalinė (greičiausiai recirkuliacinė, teoriškai nusakoma porų ir kapiliarų struktūros ypatumais) drėgmės migracija. Beje, šiuo atveju buvo ir didžiausias atsparumo šalčiui lyginamųjų rezultatų sutapimas (5 ir 6 pav.).

4. Išvados

1. Akytajam betonui negalime gauti vienodų atsparumo šalčiui tyrimo rezultatų pagal visus galimus destrukcijos kriterijus, esant skirtingoms bandymų sąlygoms ir bandant akytąjį betoną vienpusio ir tūrinio šaldymo būdais. Tai rodo, jog iš esmės akytajam betonui atsparumo šalčiui aspektu galioja tie patys dėsningumai, kurie buvo nustatyti sienų ir apdailos keramikai.

2. Atlikus eksperimentinius tyrimus galima teigti, kad drėgmės migracija, jos lokalizacija ir faziniai virsmai lemia ne tik eksploatacinį akytojo betono atsparumą šalčiui, bet ir šio rodiklio nesutapimą su nustatytu šaldant identiškais bandiniais tūriniu būdu.

3. Galimi trys teoriniai akytojo betono deformacijų eigos variantai modeliuotomis eksploatacijos sąlygomis, atitinkantys jo darbą atitvarinėse konstrukcijose: mažo, vidutinio ir didelio eksploatacinio atsparumo šalčiui.

Akytajam betonui Lietuvoje reikėtų taikyti tik LST 1428.19:1998 reglamentuojamus ilgaamžiškumo kategorijoms pagal atsparumo šalčiui markes reikalavimus, o atsparumą šalčiui nustatyti tik šio standarto apibrėžtu vienpusio šaldymo būdu.

Literatūra

1. J. Deltuva, A. Gailius, A. Gumuliauskas ir kt. Statybinės medžiagos. Vilnius: Mokslas, 1982. 348 p.
2. A. Laukaitis. Akytųjų betonų formavimo mišinių ir gaminių savybės. Vilnius: Technika, 2000. 231 p.
3. ГОСТ-12852-67. Бетон ячеистый. Методы определения морозостойкости.
4. R. Mačiulaitis, D. Žemaitytė. Frost resistance of aerated concrete. // Proceedings of 6th International Conference Modern building materials, structures and techniques, Vol 1. Vilnius: Technika, 1999, p. 67–72.
5. R. Mačiulaitis. Fasadinės keramikos atsparumas šalčiui ir ilgaamžiškumas. Vilnius: Technika, 1996. 132 p.
6. Р. Мачюлайтис. Морозостойкость и долговечность изделий фасадной керамики. Вильнюс: Техника, 1997. 307 с.
7. В. Баркаускас. Влияние влажного климата на долговечность слоя наружных стен: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М. 1962. 16 с.
8. А. Федин, Е. Чернышов, В. Леденев. Исследование влияния условий замораживания на стойкость газосиликата // Тр. ПЛСМК. Вып. 2. Воронеж, 1956, с. 192-213.
9. Л. Иванова. Сравнительная стойкость газобетона в условиях высокой влажности при одностороннем воздействии переменных температур: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М. 1970. 22 с.
10. ГОСТ-7025-91. Кирпич и керамические и силикатные камни. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости.
11. LST 1469:2000. Akytieji betonai. Bendrieji techniniai reikalavimai.
12. A. Kičaitė, R. Mačiulaitis. Naujos keraminių gaminių atsparumo šalčiui prognozavimo lygtys naudojant deformacinius rodiklius // Statyba, VII t., Nr. 2. Vilnius: Technika, 2001, p. 131–137.
13. V. Sakalauskas. Statistika su Statistica. Vilnius: Margi raštai, 1998. 227 p.
14. А. Подвальный. Элементы теории стойкости бетона и железобетонных изделий при физических воздействиях среды: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 1987. 41 с.

Iteikta 2001 06 29

EVALUATION OF POROUS CONCRETE RESISTANCE TO FREEZING BY DIFFERENT METHODS

R. Mačiulaitis, D. Nagrockienė

Summary

The article presents results of the comparative investigations into porous concrete specimens resistance to freezing (one-sided and volumetric). It has been determined that there is not any linear relation between the results obtained when calculating both the beginning of specimens disintegration ($R=0,2161753$) and their disintegration end ($R=0,2621269$). Besides, the data are very scattered and any other mathematical model did not allow to find a stronger non-linear relation.

In addition, the destruction of porous concrete was analysed by measuring the change of relative linear deformations of porous concrete specimens under service resistance to freezing. It has been found that positive linear deformations are characteristic of low service frost resistance porous concrete specimens both during the one-sided freezing and thawing. When these deformations after some cycles reach (1,2–1,7%), the specimen surface disintegrates. Negative linear deformations are characteristic of specimens of high service frost resistance during one-sided freezing and thawing. The specimens of average service frost resistance (successfully resisted 25–30 cycles) can be characterised by the development of positive relative deformations during freezing and thawing. The processes have been investigated in detail taking place in identical specimens when they are investigated under different heat draining methods (one-sided and volumetric). The difference of humidity migration and localisation in respect of the freezing method has been disclosed. Some conclusions have been deduced from the investigation.

.....
Džigita NAGROCKIENĖ. PhD student. Dept of Building Materials. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: Dzigita.Zemaityte@st.vtu.lt

A graduate of Vilnius Gediminas Technical University, BSc. (1995), MSc (1997). Author of 6 publications. Research interests: properties of building materials and products.