

NEKONSERVOUOTŲ PASTATŲ LAIKANČIŲJŲ KONSTRUKCIJŲ PAŽEIDIMAI IR JŲ TINKAMUMO TOLESNEI EKSPLOATACIJAI TYRIMAI

E. Dulinskas, A. Jarmolajev, V. Jokūbaitis, G. Jurkėnas, L. Kairytė,
G. Šaučiūvenas, A. Šneideris, P. Vainiūnas

1. Įvadas

Lietuvos Respublikos statybos įstatyme [1] nurodoma, kad „sustabdžius statybos darbus, kuriems pirkti taikomas Viešųjų pirkimų įstatymas, nepaisant sustabdymo priežasčių, Vyriausybės arba jos įgaliotos institucijos nustatyta tvarka privalo organizuoti statomo statinio konservavimo darbus“. Tačiau Lietuvoje dėl lėšų stygiaus nemaža dalis pradėtų ir nebaigtų statyti pastatų yra palikti neužkonservuoti ir be reikiamos priežiūros. Dar sovietmečiu pradėti statyti pastatai, perėjus Lietuvoje į rinkos ekonomiką, nebeatitiko šių dienų reikalavimų, juos sunku pritaikyti naujai funkcinei paskirčiai, sudėtinga ir brangi rekonstrukcija atbaido potencialius investuotojus. Todėl, praėjus beveik 15 metų po Lietuvos nepriklausomybės atkūrimo, tokių nebaigtų statyti ir neužkonservuotų visuomeninių ir pramoninių pastatų dar yra gana nemažai. Be to, ir šiuo metu pristigus lėšų, neretai pastatų statyba laikinai sustabdoma, paliekama be priežiūros.

Pastatuose, tarp jų ir nebaigtuose statyti, dauguma laikinųjų konstrukcijų numatytos naudoti šildomose patalpose. Todėl ekstremaliomis lauko sąlygomis veikiamas tiesioginių atmosferos poveikių jas lengvai pažeidžia erozija ir korozija: sudrėkęs betonas ir mūras, veikiamas neigiamos temperatūros, yra intensyviai ardomi, pavojingai supleišėja. Ypač stipriai pažeidžiamos laikančiųjų konstrukcijų sandūros ir mazgai, kuriuose dažniausiai metalinės įdėtinės detalės, armatūra nėra padengti apsauginėmis dangomis.

Rekonstruojant tokius nebaigtos statybos statinius kyla jų remonto, patikimumo, ilgaamžiškumo problemų. Ryšium su tuo investuotojui yra svarbūs investicijų rizikos ir kitokie klausimai, į kuriuos bent jau iš dalies galima atsakyti naudojantis praktine patirtimi ir mokslinių tyrimų, ypač techninės būklės tyrimų, rezultatais.

Rekonstruojant pastatus techninės būklės įvertinimas yra ypač atsakingas, jei statinys buvo nebaigtas statyti ir prastovėjo nekonservuotas daug metų [2, 3]. Dažniausiai, nesant patikimų mokslinių tyrimų, tokie pastatai nugriau-

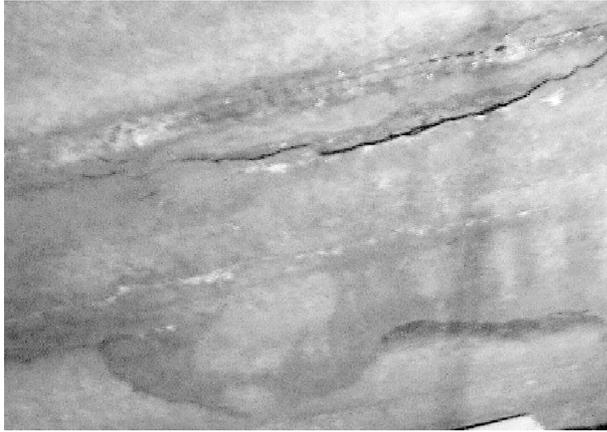
nami. Tačiau tokius pastatus nugriauti ir ypač demontuotas gelžbetonines konstrukcijas utilizuoti yra brangu. Palikti nebaigti statyti ir rekonstruoti pastatai paskatino šio straipsnio autorius detaliau išanalizuoti kiaurymėtujų konstrukcijų pažaidų plitimo priežastis ir tendencijas, veikiant ekstremalioms aplinkos poveikiams. Būdingi tokių pažeistų konstrukcijų pavyzdžiai – kiaurymėtujų plytų mūras (sutrūkinėjo sienutės tarp plytų kiaurymių, 1 pav.) ir surenkamosios kiaurymėtosios perdangų plokštės (2 pav.). Natūrinių tyrimų objektais pasirinkti nebaigtos statybos ir neužkonservuoti pastatai [2, 3]. Ištirta 1180 vnt. ir 170 vnt. kiaurymėtujų gelžbetoninių perdangos plokščių, išbuvusių ekstremaliomis sąlygomis atitinkamai 10 metų ir vienerius metus. Šių plokščių pagrindinė pažaida – atsivėrę neleistino pločio išilginiai plyšiai. Tokio pleišėjimo priežastis buvo daugkartinis plokščių kiaurymėse susikaupusio ir šalančio vandens slėgio poveikis.

Tiesioginių tokio pobūdžio plokščių pleišėjimo teorinių ir eksperimentinių tyrimų literatūroje šaltiniuose rasti nepavyko. Tačiau yra daug duomenų apie susidarancio ledo tūrio kitimą, šio kitimo priklausomybę nuo išorės



1 pav. Suaižėjusios mūro plytos

Fig 1. Masonry peeling



2 pav. Supleišėjusi apatinė plokštės lentyna

Fig 2. Part of a spalled bottom slab

temperatūros pokyčių ir kitų veiksnių [4]. Rasti duomenys apie išilginių plyšių plitimą kevalų tipo konstrukcijoje, veikiamose ledo slėgio [5].

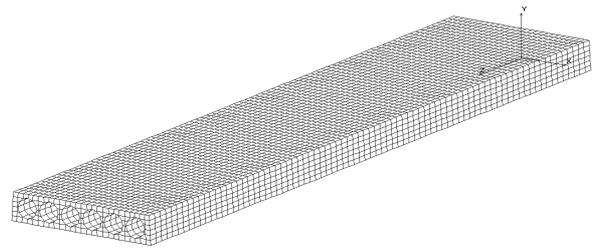
Šiame straipsnyje analizuojami nebaigtų statyti bei nekonservuotų ar blogai konservuotų pastatų patikimo tolesnio naudojimo techniniai aspektai. Kartu sprendžiami ir socialiniai aspektai – kaip racionaliai apsaugoti aplinką nuo dažnai vis dar pasitaikančių pradėtų, bet dar nebaigtų statyti pastatų „griaučių“, kurie teršia aplinką.

2. Plokščių pleišėjimo pobūdis ir kiaurymėse užšalancio vandens modeliavimo ypatumai

Natūriniais tyrimais [2, 3] nustatyta, kad nekonservuotose pastatuose dėl lietaus vandens, pripildancio kiaurymėtųjų perdangos plokščių kiaurymės, ir neigiamosios temperatūros poveikio dalies plokščių apatinėse lentynose atsivėrė išilginių plyšių, kertančių lentynas kiaurymių vietose. Vienose plokštėse jų buvo vienas arba keli, atsivėrę visu ilgiu, kitose – tik atskiruose jos ruožuose – plokščių galuose ar viduriniame ilgio trečdalyje. Plokščių viršutinėse gniuždomosiose lentynose plyšių nerasta. Atidengus kiaurymes arba naudojant specialią vaizdo kamerą, skirtingai vamzdžių defektams tirti, nustatyta, kad daugeliu atvejų plyšiai buvo atsivėrę ir vertikaliosiose plokščių sienelėse tarp kiaurymių. Šių plyšių ilgis ir plokščių ruožai, kuriuose jie atsivėrė, buvo skirtingi. Tyrimų metu nustatytas būdingasis plokštės apatinės lentynos dalies ties kiauryme atplyšimas, kai atplyšusi dalis (kai kur ir su išilgine armatūra) yra vertikaliai apie keletą milimetrų pasislinkusi kitų dalių atžvilgiu [2, 3].

Tyrimais nustatyta, kad vizualiai matomos plokščių pažaidos neišsamiai apibūdina faktinį plokščių supleišėjimo lygį.

Siekiant nustatyti galimas minėtų plyšių susidarymo vietas, programa COSMOS/M [6, 7] buvo analizuotas 6 m



3 pav. Plokštės skaičiuotinis modelis

Fig 3. Design model of a slab

ilgio ir 1,2 m pločio įtemptojo gelžbetonio plokštės, veikiamos kiaurymėse užšalancio vandens slėgio, įtempių laukas. Skaičiuoti buvo naudotas programos COSMOS/M betono netiesinės analizės modulis [7–10]. Plokštė buvo nagrinėjama kaip erdvinis elementas (3 pav.), įvertinant apatinių ir viršutinių armatūros strypų skerspjūvius bei išankstinį armatūros įtempimą.

Ledo slėgis buvo modeliuojamas kaip tam tikras didėjantis vidinis slėgis plokščių kiaurymėse, imituojant skirtingą kiaurymių pripildymo vandeniu lygį. Netiesinio uždavinio sprendimo pabaigos kriterijumi pasirinktas tempiamojo betono stipris, t. y. kai įtempiai pasiekė tempiamojo betono stiprį bet kuriame plokštės baigtiniame elemente, uždavinys buvo stabdomas ir analizuojami įtempiai plokštės pjūvyje, kuriame veikė didžiausi tempimo įtempiai.

3. Plyšių susidarymo ir plitimo analizė

Būklės tyrimais [2, 3] nustatytas būdingas perdangos kiaurymėtųjų plokščių išilginis supleišėjimas, atsiradęs veikiant kiaurymėse šalancio vandens slėgiui. Siekiant geriau suprasti tokio pleišėjimo kinetiką, buvo apskaičiuotas betono įtempių plokštės skerspjūvyje intensyvumas, taikant kompiuterinį slėgio jos kiaurymėse modeliavimą, taip pat naudoti kietojo kūno irimo mechanikos plyšių plitimo kriterijai. Šešiose įtemptojo gelžbetonio plokštės kiaurymėse ledo slėgis į betoną buvo varijuojamas, sleigiant betoną iš karto visose, kas antroje ir vienoje kiaurymėse. Be to, kiaurymėje slegiamo betono paviršiaus plotas sudarė 100 % ir 75 % viso kiaurymių ploto, t. y. atitiko atvejus, kai kiaurymė buvo pilnai arba iš dalies užpildyta vandeniu prieš jam užšalant.

Pirmuoju vandens užšalimo atveju didžiausi įtempiai, siekiantys betono tempiamąjį stiprį f_{ct} , kyla plokštės atraminių zonų apatinėje lentynoje ties kiaurymių, kuriose veikia slėgis, centrais. Šiose vietose išilginių plyšių atsivėrimą inicijuoja ir dviašis įtempių būvis, nes išankstinis betono apspaudimas įtemptąja armatūra mažina tempiamąjį betono stiprį statmena minėtam apspaudimui kryptimi.

Tačiau toks pleišėjimas yra galimas, kai atraminėse zonose betono deformacijos yra nesuvaržytos plokštės skersine linkme, t. y. kai nepakankamai gerai užpildyti betono tarpai tarp plokštės galo ir rygelio bei tarp pačių plokščių, plokštė atremta ant nepakankamo skiedinio sluoksnio, trūksta konstrukcinio armavimo ir pan.

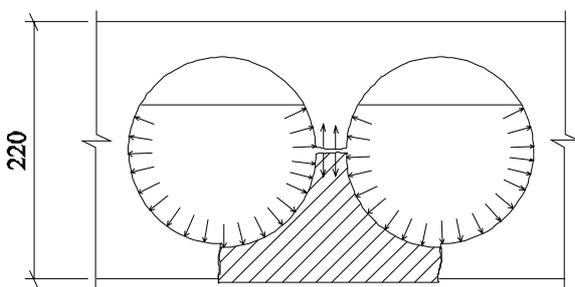
Kaip parodė kompiuteriniai betono įtempių skaičiavimai, panašus pleišėjimas būdingas ir kiaurymėtosioms plokštėms be įtemptosios armatūros. Būklės tyrimai [2, 3] parodė, kad kiaurymėtųjų plokščių galuose išilginis pleišėjimas buvo palyginti retas atvejis ne tik dėl atraminių zonų suvaržymo, bet matyt ir dėl to, kad šių zonų kiaurymėse veikė mažesnis slėgis arba jo iš viso nebuvo. Toks pleišėjimas labiau būdingas ryšinėms-santechninėms plokštėms, kurių ildubose susikaupęs ir šalantis vanduo perplėšė plokštės lentynos tarp briaunų betoną.

Didesnė galimybė kauptis vandeniui kiaurymėse yra įlinkusiuose viduriniuose plokštės ruožuose, kuriuose kiaurymės gali būti pripildytos vandens daugiau kaip 50 %. Todėl siekiant inicijuoti nuo modeliuojamo slėgio plokštės išilginį pleišėjimą viduriniuose ruožuose buvo papildomai suvaržytas plokštės atraminių zonų laisvumas.

Kaip rodo betono įtempių skaičiavimai, išilginiai plyšiai gali susidaryti tiek vertikaliosiose sienelėse tarp kiaurymių, tiek ir plokštės lentynose. Tai priklauso nuo ledo slėgio pasiskirstymo plokštės kiaurymėse.

Kai ledo slėgis veikia visose arba kas antroje kiaurymėje ir pasiskirstęs pagal kiaurymės apybrėžą tolygiai, pirmiau plyšta vertikalioji sienelė tarp kiaurymių. Veikiamoje ledo slėgio kas antroje kiaurymėje yra vienoda tikimybė susidaryti plyšiui tiek vertikaliosiose sienelėse, tiek ir plokštės apatinėje ir viršutinėje lentynose.

Beveik tokia pat tikimybė plyšiui atsiverti vertikaliosiose sienelėse arba plokštės apatinėje ir viršutinėje lentynose, kai slėgis veikia tik vienoje kiaurymėje ir pasiskirstęs pagal apybrėžą tolygiai.



4 pav. Plokštės apatinės lentynos atplyšusi dalis (brėžinyje užštrichuota) dėl pakartotinio ledo slėgio, esant anksčiau atsivėrusiam išilginiam plyšiui vertikaliojoje sienelėje tarp kiaurymių

Fig 4. Part of a bottom slab spalled off (shaded in the drawing) due to repeated ice pressure when there is earlier occurred crack in a vertical wall between hollows

Kai slėgis veikia 75 % betono paviršiaus ploto kas antroje arba tik vienoje kiaurymėje, pirmiau turėtų plyšti apatinė plokštės lentyna.

Tolesnei plyšių plitimo tendencijai nustatyti, modeliuotas išilginis plyšys atsivėręs pirmojo vandens užšalimo metu vienoje vertikaliojoje sienelėje tarp kiaurymių ir nustatytas įtempių pasiskirstymo pobūdis plokštės skerspjūvyje, kai visose kiaurymėse veikia pakartotinis slėgis į 100 % betono paviršiaus ploto. Gauti skaičiavimo rezultatai rodo, kad pakartotinai užšalant vandeniui, toliau plyšta kitos vertikaliosios sienelės ir kyla tempimo įtempiai apatiniame plokštės lentynos ruože ties pirmojo vandens užšalimo metu anksčiau perplyšusia vertikaliojoje sienelėje. Tačiau šis gautas įtempių pasiskirstymas plokštės skerspjūvyje yra sąlygiškas, nes imituojuojant plyšį vertikaliojoje sienelėje neatsižvelgta į plyšio plitimą (pločio ir ilgio didėjimą) veikiant pakartotiniam ledo slėgiui. Todėl neatmetama galimybė, kad trūkus vertikaliojai sienelėi tarp kiaurymių ir plyšiui joje išplitus iki kritinio didumo, vėliau gali atplyšti dalis apatinės lentynos dėl pasireiškiančios joje skersinės šlyties ir tempimo įtempių (žr. 4 pav.).

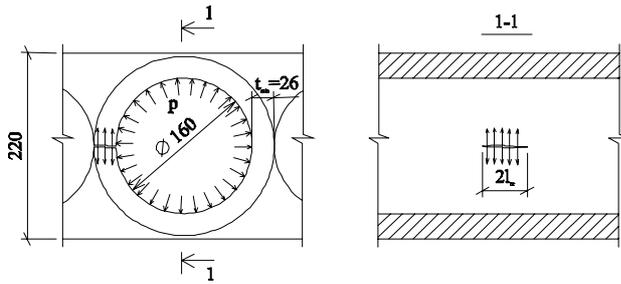
Toks plokščių supleišėjimo atvejis nustatytas realiai tiriant jų būklę [2] (2 pav.).

Surenkamųjų gelžbetoninių gaminių, taip pat ir kiaurymėtųjų perdangų plokščių betone neišvengiama įvairių technologinių defektų: susitraukimo-temperatūrinių plyšių, blogo betono sutankinimo, plokščių lentynų ir sienučių tarp kiaurymių storio netolygumų bei didelio porėtumo ruožų, išilginių plyšių susidarymo atraminėse zonose apspaudžiant betoną įtemptą armatūra ir pan. Šie pradiniai defektai gali būti ypač reikšmingi kiaurymėtųjų plokščių sienelių tarp kiaurymių pleišėjimui.

Veikiami įtempių pradiniai defektai, jei jų matmuo (plyšio ilgis) neviršijo kritinio didumo irimo mechanikos požiūriu, yra nepavojingi, plinta stabiliai, lėtai. Jei pradinio plyšio ilgis yra kritinio didumo, tai ir nedideli įtempiai gali sukelti staigų ir veržlų plyšio plitimą, pavojingai keičiantį konstrukcijos įtempių būvį.

Veikiant užšalancio kiaurymėse vandens slėgiui, vertikaliosios tarp kiaurymių sienelės visais atvejais (žr. 4 pav.) yra centriškai arba ekscentriškai tempiamos. Sąlygiškai galima teigti, kad pagal slėgio pobūdį vertikaliosios sienelės tarp kiaurymių yra tempiamos panašiai kaip cilindro sienelė. Todėl siekiant pailustruoti, koks gali būti pradinio plyšio kritinis ilgis, pasirinkta 5 pav. pavaizduota schema [11–13], teigiant, kad tik viena plokštės kiaurymė pilnai pripildyta užšalancio vandens.

Galiojant tiesinės irimo mechanikos pagrindiniam kriterijui K_{IC} , cilindre esančio pradinio plyšio kritinis ilgis apskaičiuojamas pagal formulę [12]:



5 pav. Kritinis pradinio plyšio ilgis $2l_{cr}$, sąlygiškai teigiant, kad plyšys kerta cilindro sienelę, kurios storis $t_{min} = 26$ mm (storis t_{min} atitinka mažiausią sienelės tarp plokštės kiaurymių storį)

Fig 5. Critical length of initial crack $2l_{cr}$, assuming conditionally that a crack cuts a wall of a cylinder of thickness $t_{min} = 26$ mm (thickness t_{min} coincides with the minimum thickness of a wall between hollows of a slab)

$$l_{cr} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{K_{IC}}{Y(\lambda) f_{ct}} \right)^2, \quad (1)$$

čia K_{IC} – kritinis įtempimų intensyvumo koeficientas; $K_{IC} = \beta f_{ct}$, tempiamojo betono stipris f_{ct} – MPa, o koeficiento β reikšmė kinta nuo 0,25 iki 0,55 atsižvelgiant į betono užpildų stambumą (kai užpildo stambumas $d_{max} = 20$ mm, $K_{IC} = 0,55 f_{ct}$).

Funkcija $Y(\lambda)$ randama pagal parametą λ iš [13]:

$$\lambda = \frac{12 (1 - \nu^2) l^4}{r^2 t^2}, \quad (2)$$

čia ν – Puasono koeficientas ($\nu = 0,2$); λ – pusė plyšio ilgio.

Teigiant, kad slėgis veiks ir pradinio plyšio krantus, galioja tokia priklausomybė:

$$f_{ct} = p_{cr} \left(1 + \frac{r}{t} \right). \quad (3)$$

Pavyzdžiui, kai stipris $f_{ct} = 1,92$ MPa, koeficiento K_{IC} reikšmės gali kisti nuo 0,48 MPa $m^{1/2}$ iki 1,06 MPa $m^{1/2}$. Tuomet pradinio plyšio kritiniai ilgiai, apskaičiuoti iš (1) formulės, atitinkamai yra nuo 37 mm iki 60 mm. Kaip parodė slėgio p ir plyšio ilgio virš kritinės ribos kitimo pagal (1), (2) ir (3) formules analizė, užtenka pradiniam plyšio ilgiui būti 36 % ilgesniam už kritinį 60 mm ilgį, veržlų plyšio plitimą sukelia 3 kartus mažesnis slėgis už kritinio 60 mm ilgio plyšio plitimą sukelian-

tį slėgį. Taigi kai betone yra gana ilgi pradiniai defektai, juos gali inicijuoti ir nežymus (artimas atmosferiniam) užšalancio vandens slėgis. Jei defektai yra susidarę tik paviršiniuose betono sluoksniuose (kaip įpjovos ar įtrūkiai), jų kritinis ilgis yra apie 2,5 karto didesnis [13].

Taigi išilginių plyšių susidarymo ir plitimo analizė kiaurymėtosiose plokštėse rodo, kad tokių plyšių atsivėrimo vietai ir plitimui didelę reikšmę turi technologinių defektų vieta ir jų didumas, t. y. susidariusi įtempimų koncentracijų prie defektų, gali lemti išilginio plyšio ankstesnį susidarymą šioje vietoje.

4. Išvados

1. Atlikti natūriniai, laboratoriniai ir teoriniai tyrimai patvirtino Lietuvos Respublikos statybos įstatymo reikalavimo teisingumą, kad sustabdžius pastato statybą, būtina teisingai jį konservuoti. Nekonservuotų pastatų statybą galima atnaujinti tik atlikus kruopščius konstrukcijų tyrimus.

2. Kiaurymėtųjų konstrukcijų statybos ir naudojimo praktikoje neretai pasitaiko atveju, kai kiaurymėse susikaupęs užšalantis vanduo yra pavojingo tokių konstrukcijų supleišėjimo priežastis. Kuo daugiau tokių vandens užšaldymo ciklų, tuo labiau ardomas konstrukcijos betonas. Dėl susidariusio ledo slėgio kiaurymėse supleišėjusių konstrukcijų būklė ir jų patikimumas priklauso nuo konstrukcijų ir jų montavimo kokybės bei atsivėrusių išilginių plyšių parametru ir vietos.

3. Kiaurymėtųjų perdangos plokščių būklės tyrimai rodo, kad plyšiai dėl kiaurymėse užšalancio vandens slėgio atsiveria vertikaliosiose tarp kiaurymių sienelėse ir apatinėje lentynoje ties kiaurymių centrais, taip pat gali atplyšti apatinės lentynos ruožas tarp gretimų kiaurymių ir plokštės atraminėse, ir vidurinėse zonose. Toks pleišėjimo pobūdis gautas ir atlikus teorinę plyšių susidarymo analizę.

4. Pirmojo išilginio plyšio susidarymo vietai plokštėje turi reikšmės susikaupusio vandens lygis kiaurymėse užšalimo metu, taip pat kiaurymių, kuriose iš viso nėra susikaupusio vandens, skaičius ir jų išsidėstymo pobūdis plokštės skerspjūvyje. Sprendžiant pagal betono tempimo įtempimų intensyvumą, beveik su vienoda tikimybe gali supleišėti vertikaliosios sienelės tarp kiaurymių arba plokštės lentynos, jei slėgis į betono paviršių veiks kurioje nors vietoje ar kas antroje kiaurymėje. Šiuo atveju lemia atsitiktinių betono defektų (plyšių dėl betono susitraukimo ir temperatūros pokyčių, technologinių siūlių ir pan.) kritinio ilgio didumas ir vieta.

5. Veikiant daugkartiniam užšalancio vandens slėgiui kiaurymėse, atsivėrę pirmieji išilginiai plyšiai plinta toliau. Tačiau jų plitimas lėtėja ir, esant atitinkamam plyšio

ilgiui ir pakartotinio slėgio kiauymėse pasiskirstymui, gali susidaryti naujų plyšių kitose vietose. Jų susidarymui reikšmės turi normalinių tempimo ir skersinės šlyties deformacijų didumas. Taigi veikiant daugkartiniam cikliniam slėgiui kiauymėse, susidaro palankios sąlygos plisti pavojingiems išilginiams plyšiams, kurie gali atskelti ištusus betono ruožus tempiamojoje konstrukcijos zonoje. Efektyviai suvaržyti tokių plyšių plitimą gali elementų konstrukcinis armavimas.

6. Atsivėrusių išilginių plyšių įtaką plokščių eksploatacinio patikimumo sumažėjimui galima įvertinti tik pagal būklės natūrinių tyrimų duomenis, kurių šiuo metu dar nepakanka tokio pobūdžio uždavinių inžineriniam sprendimui.

7. Nepatikimiausias yra pažeistos plokštės, kuriose atsidalijusi apatinės lentynos dalis, atplyšus vienai ar kelioms vertikaliosioms sienelėms tarp kiauymų. Galima teigti, kad atsivėręs vienas ne per visą plokštės ilgį plyšys apatinėje lentynoje ties kiauyme, esant tolygiai apkrovai plokštės stiprumo normaliniame pjūvyje nesumažina.

8. Stiprinimo būdas ar sprendimas išmontuoti pažeistą plokštę gali būti pasirinktas tik kiekvienu konkrečiu atveju pagal plokštės supleišėjimo pobūdį.

Literatūra

- Lietuvos Respublikos statybos įstatymas (Žin., 2001, Nr. 101–3597).
- Dulinskas, E. ir kiti. Vaikų ligoninės konsultacinės poliklinikos pagrindinio korpuso pastato laikančiųjų konstrukcijų tyrimai. Ataskaita. VGTU SKMML. Vilnius, 2003. 125 p.
- Jurkėnas, G.; Šaučiuvėnas, G. UAB „Farmeka“ prekybinės paskirties pastato pirmo aukšto perdenginio tarp ašių 12/18 ir A/K surenkamųjų gelžbetoninių plokščių būklės tyrimas ir rekomendacijos tolesnei eksploatacijai. Ataskaita. VGTU SKMML. Vilnius, 1998. 10 p.
- Erland M. Schulson. The Structure and Mechanical Behavior of Ice. *The Journal „JOM“* 51 (2) 1999, p. 21–27.
- Власов, Г. Поведение медных труб с водой при замораживании. *Аква-терм*, № 6 (16), ноябрь 2003.
- COSMOS/M 2.0 Basic FEA System, Structural Research and Analysis Corp., 1997. 612 p.
- COSMOS/M 2.0 Advanced Modules, Nonlinear Module, Structural Research and Analysis Corp., 1997. 262 p.
- Moussa, R. A.; Buykozturk O. Bounding Surface Model for Concrete. *Nuclear Engineering and Design*, Vol 121, 1990, p. 113–125.
- Chen, E. S.; Buykozturk O. Damage Model for Concrete in Multi-axial Cyclic Stress. *J. Engineering Mechanics*, ASCE, 1985, p. 111 (6).
- Buykozturk, O. Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Structures. *Computers and Structures*, Vol 7, 1977, p. 149–156.
- Bhushan, L. Karihaloo. Fracture mechanics and structural concrete. Longman Scientific and Technical, 1995. 330 p.
- Черепанов, Г. П. Механика хрупкого разрушения. Москва, 1976. 640 с.
- Партон, В. Ж. Механика хрупкого разрушения от теории к практике. Москва. 1990, 239 с.

THE DAMAGES OF BEARING CONSTRUCTION IN NOT CONSERVED BUILDINGS AND THE RESEARCH INTO THEIR SUITABILITY FOR FUTURE EXPLOATATION

E. Dulinskas, A. Jarmolajev, V. Jokūbaitis, G. Jurkėnas, L. Kairytė, G. Šaučiuvėnas, A. Šneideris, P. Vainiūnas

S u m m a r y

There are frequent cases when load-bearing reinforced concrete structures of not completed buildings are directly exposed to precipitation (rainfall, snowfall) and to environment of positive and negative temperature. Multihollowcore concrete slabs are especially vulnerable to such actions since investigations of condition of non-conserved buildings indicate that these slabs can crack critically. Water accumulated in hollows of slabs and frozen under negative temperature can split concrete in vertical walls between hollows, inflict concrete cracking below hollows or spalling of large sections together with longitudinal reinforcement in them at the bottom of slabs. In performed investigations of condition of non-completed and non-conserved load bearing structures a modern method was employed for the determination of cracking in walls between hollows of slabs, using mini video-camera. Analysis of cracking in slabs indicated that the character of cracking is governed by the quantity of water accumulated in a hollow at the moment of freezing and the level of freezing water in adjacent hollows of a slab and the compaction quality of concrete in a tensile zone of a slab as well. The analysis of pressure on the surface of hollows developed by ice set can be analysed employing a model of non-linear analysis of COSMOS/M program and fracture mechanics of solids. Several versions of cracking in multihollowcore concrete slabs are possible, the most critical one of which is when a part of a bottom flange of a slab together with longitudinal reinforcement spalls off due to normal and shear deformations. The accomplished analysis allowed to establish kinetics of cracking for slabs and to evaluate their condition more reliably.

Eugedijus DULINSKAS. Professor, PhD. Head of Research Laboratory of Building, Construction and Materials at Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. E-mail: skmml@st.vtu.lt

PhD (1974, engineering sciences), Assoc Professor (1980). Joint research of concrete structures and visits to Germany (1986-90). Professor Department of Bridges and Special structures (2003). Author and co-author of 92 articles and 5 monographs. Research interests: mechanics of concrete, concrete and masonry structures, time dependent actions, construction in railway transport, renovation and strengthening of buildings and construction works.

Andrej JARMOLAJEV. MSc, Technical Manager, UAB “IN RE”, Lukiškių g. 3, 6th floor, LT-01108 Vilnius, Lithuania. E-mail: andrej@inre.lt.

MSc (1997, Civil engineer) at VGTU. Co-author of 4 research papers. Research interests: computer aided methods (FEA, CFD and CAD) and techniques for structural and mechanical design.

Vidmantas JOKŪBAITIS. Doctor, Associate Professor. Dept of Reinforced Concrete and Masonry structures Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. E-mail: jokubaitis@GMX.de.

PhD (1960, civil engineer) at Kaunas University of Technology. Assoc Prof. (1967). Research interests: evaluation of reinforced concrete structures with cracks of existing buildings.

Gintaras JURKĖNAS. Head of Laboratory of Reinforced Concrete and Masonry structures at Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. E-mail: d.j.mail@takas.lt.

Graduated from Vilnius Civil Engineering Institute (since 1996 Vilnius Gediminas Technical University) in 1983 and obtained a diploma of civil engineer. Research interests: investigation of reinforced concrete and masonry structures and buildings, strengthening and renovation of reinforced concrete structures, design of buildings.

Lolita KAIRYTĖ. Quality manager of Research Laboratory of Building, Construction and Materials at Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. E-mail: skmml@st.vtu.lt.

Graduated from Vilnius Technical University (since 1996 Vilnius Gediminas Technical University) in 1994 and obtained a diploma of civil engineer. Master's degree is obtained in 1995. Research interests: design of buildings, investigation of reinforced concrete and masonry structures and buildings.

Gintas ŠAUCIUVĖNAS. Doctor, Associate Professor. Head of Laboratory of Specimens and Equipment at Vilnius Gediminas

Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. E-mail: saugintas@takas.lt.

Graduated from Vilnius Civil Engineering Institute (presently Vilnius Gediminas Technical University 1987 civil engineer). PhD (1994) from Vilnius Technical University. Research interests: investigation and renovation of steel, timber and reinforced concrete structures and buildings.

Arnoldas ŠNEIDERIS. Doctor, Associate Professor. Dept of Reinforced Concrete and Masonry structures Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. E-mail: Arnoldas.Sneideris@st.vtu.lt

Graduated from Vilnius Technical University (since 1996 Vilnius Gediminas Technical University) in 1993 obtained a diploma of civil engineer. Master's degree is obtained in 1995. Doctor's degree (engineering sciences) is obtained in 2001. Research interests: mechanics of reinforced concrete, strengthening of structures, structural fire design.

Povilas VAINIŪNAS. Doctor, Associate Professor. Dean of Civil Engineering Faculty at Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lithuania. E-mail: povva@st.vtu.lt.

PhD (1970) from Kaunas Polytechnical Institute (presently Kaunas University of Technology). Chairman of national group of International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE). Former vice-president (1992-95) and board member (since 1995) of Association of European Civil Engineering Faculties (AECEF). Chairman of scientific committee of biennial intern. conference „Modern building materials, structures and techniques“ held at VGTU, Lithuania. Author and co-author of over 40 research papers. Research interests: mechanics of reinforced concrete, theory of durability and reliability, design of buildings, development of territory planning and building code systems of Lithuania and real estate assessment.