

KELIO PRALAIIDŲ PARAMETRŲ TYRIMAI

Matas JURKĖNAS, Vytauto didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: matas.jurkenas@vdu.lt

Santrauka

Šiame darbe atliekama vandens pralaidos konstrukcinių sprendinių analizė kelio atkarpoje Išdagai–Naudžiai–Valakbūdis. Tyrimo tikslas – nustatyti projektuojamo kelio pralaidos parametrus remiantis rekonstruojamo kelio projekciniais sprendiniais ir statybos vietoje. Pagrindiniai tyrimo uždaviniai: tyrinėjamo objekto (kelio vandens pralaidų) analizė; projektuojamų ir faktinių duomenų surinkimas ir jų analizė; kelio pralaidos hidrauliniai skaičiavimai; gautų duomenų kokybinė analizė ir išvadų pateikimas. Pagal konstrukcinės analizės rezultatus nustatyta, kad rekonstruojant esamą gelžbetoninę pralaidą 2x d -1500 mm, optimaliausias variantas yra atlikti statinio (pralaidos) paprastąjį remontą (atnaujinimą), parenkant 2x D 1600mm diametro gofruoto metalo pralaidą.

Reikšminiai žodžiai: hidrauliniai skaičiavimai, vandens pralaidos, gelžbetoniniai vamzdžiai, plieniniai vamzdžiai.

Įvadas

Vandens pralaidos – tai hidrotechniniai statiniai vandeniui praleisti. Pralaidos įrengiamos kelio ir nedidelio upelio arba vandens griovio susikirtimo vietoje. Jos įrengiamos, kai vandens upelis ar melioracijos griovys kerta kelius ar nedidelius, vietinės reikšmės, keliukus, jungiančius abipus pratekančio vandens esančius žemės plotus. Šios pralaidos įrengiamos pagal Kelių tiesimo taisykles. Skersai kelią, pratekančiojo vandens kryptimi, tiesiamas vandens nutekėjimo vamzdis. Jei upelis platesnis, gali būti įrengiamos dvi vandens pralaidos – viena šalia kitos – tai pigiau, nei pastatyti tiltą.

Vandens pralaidų defektai, pažaidos, jų priežastys, techninės būklės vertinimas, aprašomi Lietuvos (Gurskis ir kt., 2004) ir užsienio (Petru et al., 2017 ir kt.) mokslininkų. VP remonto ir rekonstravimo būdai aprašomi taisyklėse (ST 120793378.01:2014; ST 120793378.02:2015; OBEC Consulting Engineers, 2017). Kelio pralaidų rekonstravimo tyrimai Lietuvoje nagrinėjami labai mažai, todėl tai yra palyginti nauja tema. Tyrimo rezultatai gali būti pritaikomi panašioms pralaidoms rekonstruoti.

Pralaidos vamzdžio diametras apskaičiuojamas pagal numatomą vandens pratekėjimo kiekį, o ilgis – pagal kelio, po kuriuo tiesiamas vamzdis, plotį; dažniausia naudojami 0,4–1,60 m skersmens ir 3–12 m ilgio pralaidų vamzdžiai. Didesnio skersmens pralaidų vamzdžiai gaminami iš gelžbetonio ir rifliuotos skardos, mažesnio skersmens – iš PVC. Pralaidos įrengimo darbų trukmė – nuo 0,5 darbo dienos iki 2 dienų, priklausomai nuo pralaidos dydžio, darbų apimtys ir eismo intensyvumo.

Tyrimo tikslas – nustatyti projektuojamo kelio pralaidos parametrus remiantis rekonstruojamo kelio projekciniais sprendiniais ir statybos vietoje.

Pagrindiniai tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti tyrinėjamą objektą (kelio vandens pralaidas);
2. Surinkti ir išanalizuoti projektuojamus ir faktinius duomenis;
3. Atlikti kelio pralaidos hidraulinius skaičiavimus;
4. Atlikti gautų duomenų kokybinę analizę ir pateikti išvadas.

Tyrimo objektas ir metodai

Projektuojant ir statant kelius, dažnai neapsieinama be vandens pralaidų. Todėl gan svarbu žinoti bei mokėti, kaip jas tinkamai parinkti, nes tai gan svarbus kelio statinys. Taigi tai viena iš esminių problemų, susijusių su šiame darbe nagrinėjama tema.

Anot E. Palšaičio ir L. Vidugirio (1999), kiekvieną pralaidą sudaro jos vamzdis, įrengtas ant specialaus pamato, antgaliai, grunto pylimas (damba) ir jos stiprinimo konstrukcija. Pralaidos vamzdžiu turi tekėti projektinės tikimybės didžiausias poplūdis, o be to, šis kelio statinys turi tenkinti techninius projektavimo reikalavimus. Be šių reikalavimų, tarp jų techninio, konstrukcinio bei eksploatacinio pobūdžio reikalavimų, turi būti atsižvelgiama į specifinio pobūdžio reikalavimus, kurie atsiranda projektuojant gamybinius objektus: tiekiamų pralaidos vamzdžių bei stiprinimo elementų tipai bei matmenys, kurie ne visuomet atitinka tipiniuose projektuose numatytų elementų nomenklatūrą, gamybinių organizacijų mašinų bei

mechanizmų parkas. Atsižvelgiant į pralaidos įrengimo darbų pobūdį bei jų užbaigimo terminą, taip pat planuojant našiau naudoti gamyklų mechanizmus, pageidaujama taikyti mažiausios įvairovės pralaidų tipinius elementus nagrinėjamame kelio ruože. Taip pat projektuojant pralaidas būtina atsižvelgti į pralaidos konstrukcinių elementų tiekimo organizacijų galimybes.

Taigi optimalus pralaidos tipas turi būti nustatomas atsižvelgiant į šiuos veiksnius: vamzdžio tipą bei matmenis; antgalius bei pamatus; stiprinimo konstrukcijos tipą bei matmenis; kelio sankasos (dambų) prie pralaidos darbų apimtis ir įrengimo sąlygas; žemių, ant kurių supilamos dambos, plotą bei apsemiamą teritoriją; konstrukcinių elementų tiekėjų galimybes; pralaidos įrengimo technologiją ir gamybinės organizacijos technines galimybes; išlaidas statiniui eksploatuoti; ekologinius poreikius.

Projektuojant be kokių objektą yra planuojami bei programuojami būsimų technologinių procesų veiksmi, jų efektyvumas ir konkurentabilumas. Projektavimo metu tikslinga atlikti technologinių procesų ir inžinerinių sprendimų techninę analizę, siekiant maksimaliai suderinti visus suinteresuotų grupių tikslus, t. y. projektuotojų, užsakovų, rangovų, tiekėjų ir pan. Svarbu kompleksiskai bei sistemiskai įvertinti inžinerinius sprendimus, siekiant racionaliai panaudoti į bet kurį statybos procesą investuotas lėšas. Didėjant statybos projektų sudėtingumui, didėja ir projektuotojų atsakomybė, todėl didėja ir projektavimo metodų svarba.

Vandens pralaidoms naudojami dviejų tipų metaliniai vamzdžiai: apvalūs ir deformuoto žiedo skerspjūvio.

Pralaidos iš gofruotų metalo lakštų (1 pav.) projektuojamos vadovaujantis taisyklėmis T KSG 14. Gofruotų metalinių deformuoto žiedo skerspjūvio pralaidų hidrauliniai skaičiavimai yra sudėtingi, nors vykdomi pagal tas pačias hidraulikos priklausomybes. Amerikos geležies ir plieno instituto specialistai, apibendrinę metalinių deformuoto žiedo skerspjūvio pralaidų hidraulinių skaičiavimų metodiką, leidinyje „Handbook of Steel Drainage and Highway Construction Products“ pateikė kai kurių hidraulinių parametrų nustatymo grafikus. Jais ir tenka naudotis. Būtiniausi iš jų pateikiami literatūroje (Vandens pralaidų konstrukcijų..., 2009; T KSG 14).



1 pav. Pralaidų iš gofruotų metalo lakštų tipai (viacon.lt)

Pamatai. Pateikiami pralaidų pamatų konstrukciniai sprendiniai leidžia, esant įvairiam pagrindo gruntų skaičiuojamajam stipriui, pritaikyti norimų medžiagų ir reikiamo skersmens vamzdžių pralaidas. Gruntų skaičiuojamasis stipris R_0 nustatomas pagal inžinerinių geologinių tyrimų duomenis. Pralaidos pamato tipas nustatomas pagal pagrindo gruntų stiprį.

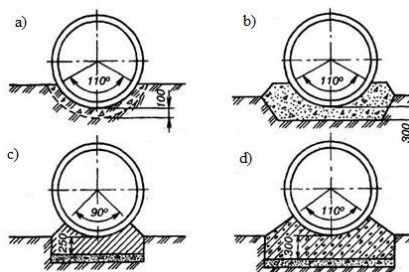
Pagrindo grunto stipris – $R_0 > 150$ kPa. Šiuo atveju pralaidų vamzdžiai montuojami ant natūralaus pagrindo, g/b vamzdžiams įrengiant pamatą iš žvyro, o gofruotiems plastikiniams ir metaliniams vamzdžiams įrengiant pamatą iš smėlio.

Pagrindo grunto stipris – $150\text{kPa} > R_0 > 100$ kPa. Esant grunto stipriui šiame intervale pralaidų pamatai rengiami sustiprinto tipo. G/b vamzdžiai 1,0m, 1,2m, 1,60 skersmens montuojami ant surenkamų g/b blokų PB–10, PB–12, PB–16, tarpus tarp jų užpildant monolitiniu betonu C 12/15.

Gofruotų apvalių plastikinių, metalinių ir gofruotų metalinių deformuoto žiedo skerspjūvio vamzdžių montavimas vykdomas ant surenkamų pamatų, pastatytų iš g/b plokščių. Pamoto konstrukciją sudaro išlyginamasis smėlio sluoksnis, paklotos g/b plokštės ir viršutinis smėlio sluoksnis, skirtas slėgiui per vamzdžių gofrus perduoti į pamatus.

Pagrindo grunto stipris – $R_0 < 100$ kPa. Tokį stiprį turime esant labai silpniems pagrindo gruntams. Silpnaisiais gruntais vadinami gruntai, kurių atsparumas šlyčiai gamtinėmis sąlygomis mažesnis, kaip 70 kPa. Jie paplitę pelkėse, paežerėse, upių slėniuose ir pajūrio zonose. Sąvartų gruntai taip pat priskiriami prie silpnųjų gruntų. Pelkėse paplitę natūralūs žemapelkių ir aukštapelkių durpynai. Upių ir ežerų zonose turime silpnuosius gruntus, sudarytus iš organinių ir smulkiagrūdžių mineralinių nuogulų. Pralaidos pamato tipas tiksliai nustatomas atlikus statinius skaičiavimus, kuriais nustatomas skaičiuojamasis slėgis pralaidos pamato pade.

Detalūs pralaidų pagrindų brėžiniai pateikti (Vandens pralaidų konstrukcijų ..., 2009) prieduose. Šioje literatūroje deja nepaminėta, kad esant silpniems (biogeniniams, piltiniams ir pan.) naudojamas ne tik cheminis pagrindo stiprinimas ar pakeitimas, bet ir polinių pamatų įrengimas.



a – natūralus grunto pagrindas; b – dirbtinio grunto pagalvė;
 c – pamatas iš surenkamų g / b elementų; d – pamatas iš monolitinio betono
2 pav. Vamzdžių pamatų tipai (Лисов, 1998):

Tyrimo objektas – remontuojamas kelias yra Šakių sen., Šakių r. sav., Marijampolės apskrityje. Remontuojamo kelio pradžia yra valstybinio kelio Nr. 3817 Išdagai – Naudžiai – Valakbūdis 0,00 kilometre, ties Išdagų gyvenvieta ir sankryža su valstybinės reikšmės krašto keliu Nr. 138 ir baigiasi ties Naudžių gyvenvietės pabaiga ir sankryža su valstybinės reikšmės rajoniniu keliu Nr. 3809 (4,956 kilometre). Esamas kelias yra V kategorijos, danga – žvyras, plotis – nuo 7,0 iki 11,0 m, danga nelygi, duobėta, išsibangavusi, neužtikrintas vandens nuvedimas nuo kelio dangos. Remontuojamo kelio juostoje yra nutiesti elektros, telekomunikacijų, vandentiekio tinklai ir melioracijos sistemos. Paviršinis lietaus vanduo nuo kelio važiuojamosios dalies yra nuvedamas kelio grioviais, kurie yra užsinešę bei užaugę, esamos pralaidos po nuovažomis yra užneštos arba sulūžusios. Kelias kerta Kiaulupės upė. Nuovažos į gyventojų sklypus, į gretimas teritorijas ir kelius yra iš žvyro ir grunto dangos.

Įvertinant vandens pralaidų techninę būklę buvo vadovautasi „Vietinės reikšmės kelių (gatvių) defektų (pažaidų) nustatymo ir statybos darbų rūšies parinkimo rekomendacijomis, 2016“: Vietinės reikšmės kelio (gatvės) ruožo statybos rūšis parinkta atsižvelgiant į jo būklę, t. y. techninės būklės balą:

1. kai techninės būklės balas yra nuo 9 iki 10 balų, tuomet rekomenduojama atlikti statinio nuolatinę priežiūrą. Taip pat galima atlikti kelio (gatvės) būklės defektų šalinimą;
2. kai techninės būklės balas yra nuo 6 iki 8 balų, tuomet rekomenduojama atlikti statinio paprastąjį remontą (atnaujinimą);
3. kai techninės būklės balas yra nuo 1 iki 5, tuomet turi būti atliktas vietinės reikšmės kelio (gatvės) ruožo konstrukcijos tyrimas statybos rūšiai parinkti.

Vandens nuleidimo įrenginių priežiūros normatyvai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Vandens nuleidimo įrenginių priežiūros normatyvai (Vietinės reikšmės kelių, 2016)

Rodiklis	Reikalavimai	Priežiūros normatyvai		
		I priežiūros lygis	II priežiūros lygis	III priežiūros lygis
VANDENS NULEIDIMO ĮRENGINIAI				
Pralaidos, kanaluoti grioviai				
Šašanos	1) Vandens nutekėjimas	turi būti laisvas	gali būti iš dalies suvaržytas	gali būti silpnas
	2) Pralaidos skerspjuvio plotas neturi būti užterštas šašanos daugiau kaip iki	20 %	35 %	50 %
	3) Atsiradus didesniai šašanų kiekiui, pralaida turi būti išvaloma	taip	taip	taip
Tuštumos virš žiedų	1) Tuštumų neturi būti	taip	tokio kiekio, kuris kenktų sankasos stabilumui	
	2) Atsiradusios tuštumos, esant sausam vasaros periodui, turi būti užpildomos	taip	taip	reikalavimo nėra
Pažaidos (sandūrų, antgalių ir žiedų padėties)	1) Žiedų sandūros turi būti vientisos, be ištrupėjusių vietų	taip	taip, tačiau viršutinėje (neapsemiamoje) zonoje gali būti ištrupėjusios iki 5 % jų ilgio	taip, tačiau gali būti ištrupėjusios iki 10 % jų ilgio
	2) Atsiradusios pažaidos (ištrupėjusios sandūrų vietos, atskirų žiedų, antgalių poslinkiai ir (arba) pokrypiai) turi būti ištaisomos vasaros sezono metu	taip	taip	taip
Gelžbetoninių elementų techninė būklė	1) Gali būti: a) ištrupėjusio, nuskilusiais kraštais elementų paviršiaus iki	a) 3,0 cm gylio	a) 3,0 cm gylio	a) 3,0 cm gylio

Rodiklis	Reikalavimai	Priežiūros normatyvai		
		I priežiūros lygis	II priežiūros lygis	III priežiūros lygis
	b) išsilukštenusio paviršiaus iki	b) 2,0 cm gylio	b) 2,0 cm gylio	b) 2,0 cm gylio
	2) Atsiradus didesnėms pažeidoms, jos turi būti ištaisomos vasaros sezono metu	taip	taip	taip
Priežiūra polaidžio laikotarpiu	Prieš polaidį iš iškėjimo bei ištekėjimo angų turi būti išvalomos kliūtys, trukdančios nutekėti vandeniui	taip	taip	taip

Po keliu yra įrengtos pralaidos: 1 vnt. g/b d-400 mm, 3 vnt. g/b d-500 mm ir 1 vnt. 2xd-1500 mm. Pralaidos yra užneštos sąnašomis, gelžbetoniniai žiedai yra aptrupėję bei išsikraipę, antgaliai sulūžę – pralaidų būklė bloga.

Visas pralaidas skersai kelio numatyta pakeisti naujomis ne mažesnio kaip 0,80 m diametro. Pralaidų galuose įrengiami betoniniai antgaliai. Pralaidų galuose grioviai tvirtinami vadovaujantis kelio plano brėžiniais ir statybos taisyklių ST 188710638.07:2004 „Automobilių kelių metalinių ir plastikinių vandens pralaidų“ reikalavimais.

Tiriamąjį darbą buvo apžvelgta ir išanalizuota Lietuvos ir užsienio moksliniai šaltiniai. Atliekant tyrimus buvo naudojama plačia bibliotekų ir internetinių šaltinių sistema.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Vandens pralaidų geometriniai parametrai nustatyti atliekami hidrauliniai skaičiavimai. Prieš pradėdant skaičiavimus reikia žinoti griovyje, vandentakyje statomos pralaidos vietoje atitinkamos tikimybės vandens debitą. Pralaidoms, kurios statomos melioracijos grioviuose vietiniams keliams, parametrai skaičiuojami 5 % tikimybės debitu praleisti. Jei pralaida projektuojama aukštesnės (I–V) kategorijos keliams, maksimalus debitas turi būti skaičiuojamas kaip 2–3 % tikimybės pavasario arba liūčių maksimalus debitas (ST 8871063.01:2002). Hidrologiniai skaičiavimai atliekami vadovaujantis STR 2.05.19:2005 „Inžinerinė hidrologija. Pagrindiniai skaičiavimo reikalavimai“.

Įtekamosios dalies hidraulinius skaičiavimus pagal skaičiuojamąjį debitą (Q_{sk}) parenkamas pralaidos skersmuo (d), apskaičiuojamas patvankos aukštis prieš pralaidą (H), kritinis gylis vamzdyje (h_{kr}), kritinis nuolydis (ikr), iškėjimo iš vamzdžio gylis ($hiš$) ir iškėjimo greitis ($viš$).

Įtekamosios dalies hidraulinius skaičiavimus nustatomos tekėjimo žemutiniame bjefo sąlygos, į kurias atsižvelgiant parenkama žemutinio bjefo tvirtinimo konstrukcija. Parenkant žemutinio bjefo tvirtinimo konstrukciją reikia nustatyti: tvirtinimo ruožo ilgį; išplovimo gylį; tvirtinimo konstrukcijos tipą; tvirtinimo konstrukcijos parametrus; naudotinas tvirtinimo medžiagas.

Hidrologiniai skaičiavimai atliekami vadovaujantis STR 2.05.19:2005 „Inžinerinė hidrologija. Pagrindiniai skaičiavimo reikalavimai“. Skaičiavimo metodas parinktas pagal II skirsnyje išdėstytus reikalavimus, įvertinant žmogaus ūkinės veiklos poveikį ir nuotėkio reguliavimą duotame baseine. Skaičiuojame 3 % tikimybės debitą, kadangi atliekamas Valstybinės reikšmės rajoninio, V kategorijos kelio kapitalinis remontas. Upių, upelių, griovių ir kitų vandentakų baseinams (paviršinio vandens surinkimo plotams), kurių plotas A kinta nuo minimalaus ($<1 \text{ km}^2$) iki 20000 km^2 , pavasario potvynio 1 %, tikimybės maksimalus debitas $Q_{1\%}$ (m^3/s) skaičiuojamas pagal formulę: $Q_{p\%} = [K_0 h_{p\%} \mu \delta_1 \delta_2 / (A+1)^{0.17}] A$; čia $Q_{1\%}$ – 1 % tikimybės debitas m^3/s ; K_0 – parametras, charakterizuojantis potvynio intensyvumą, nustatomas pagal upę analogą atvirkštinu keliu pagal šią formulę arba pagal konkrečią vietovę; $h_{1\%}$ – potvynio nuotėkio aukštis (kartu su gruntiniu maitinimu) mm, (11 priedas STR 2.05.19:2005); μ – koeficientas, įvertinantis statistinių parametru tarp nuotėkio aukščio ir maksimalaus debito nevienodumą (9 priedas STR 2.05.19:2005); δ – koeficientas, įvertinantis maksimalaus debito sumažėjimą dėl baseine esančių pratekančių ežerų, užtvankų ir tvenkinių (STR 2.05.19:2005); δ_1 – koeficientas, įvertinantis maksimaliojo debito sumažėjimą dėl baseine esančių miškų (STR 2.05.19:2005); δ_2 – koeficientas, įvertinantis maksimaliojo debito sumažėjimą dėl baseine esančių pelkių (STR 2.05.19:2005). Pk 31+72/31+74 skaičiavimai pateikiami 3 pav.

Remiantis ST188710638.07:2004 „Automobilių kelių metalinių ir plastikinių vandens pralaidų kartotiniai konstrukciniai sprendiniai“ 2 lentelė, taip pat atsižvelgiant į esamoje situacijoje esančios pralaidos diametrą, pasirenkamas 2xD1600 m pralaidos diametras.

Kelio vandens pralaidos nuosėdžiams skaičiuoti naudota Kanadoje sukurta ir pasaulyje plačiai naudojama (per 5000 licenzijų) viena iš 15 skirtingų *ROSCIENCE* įmonės programa *RS2 | 2D Geotechnical Finite Element Analysis | Rocscience* (iki 2015 m. vad. *PHASE2 9.0*). Tai programa, skirta uolienoms ir gruntams analizuoti dvimatėje aplinkoje. Skaičiavimai atliekami baigtinių metodų principu.

1. Pavasario potvynio maksimalūs debitai kai baseino plotas nuo 1 iki 20000 km: Skaičiuojame pagal formulę (SN ir T 2.01.14-83, 291 psl).

Reikalingi pradiniai duomenys įvedami tik dvigubai apbrėžtose langeliuose

Baseino plotas	A	11,0	km ²	
Potvynio intensyvumo parametras	K ₀	0,006		
1% tikimybės pavasario potvynio nuotėkio aukštis (5.7.3 pav.)	h _p %	180,0	mm	
Parametras, priklausantis nuo h ₀	c	0,25		
Vidutinis baseino ežeringumas	A _e	0,0	%	
Vidutinis baseino miškingumas	A _m	31,3	%	
Vidutinis baseino pelkėtumas	A _p	10,0	%	Kitų tikimybų debitai
Parametras, įvertinantis miškų išsidėstymą (Inž.hidrol. 293 p.)	1	1		P%
Parametras, įvertinantis pelkių tipą (Inž. hidrologija 293 p.)	2	0,7		Q
Koeficientas, įvertinantis baseino ežeringumą	e	1,000		2 5,33
Koeficientas, įvertinantis baseino miškingumą	1	0,942		3 4,98
Koeficientas, įvertinantis baseino pelkėtumą	2	0,789		5 4,63
1% tikimybės pavasario potvynio maksimalus debitas	Q1%	5,8	m ³ /s	104,05

3 pav. Upių, upelių, griovių ir kitų vandentakų baseinams taikomas debitų skaičiavimas.

Analitiniai skaičiavimai kompiuterine programa atliekami pagal Biot'o konsolidacijos teoriją (Biot M.A, 1941–1962), kurioje teigiama, kad konsoliduojamas grunto sluoksnis gali būti atviras vandens laidumui į visas puses, t. y. į viršų ir į apačią arba tik į vieną pusę – į viršų (Savickas ir kt., 2011). Gruntas pasirenkamas kaip porėta elastinga medžiaga su laminariniu vandens judėjimu visomis kryptimis. Konsolidacija yra grunto dalelių susispaudimas per tam tikrą laiką. Pagrindinė Biot' o lygtis (Smith ir kt., 1997):

$$\frac{K'}{\gamma_w} \left[k_x \frac{\partial^2 u_w}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 u_w}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 u_w}{\partial z^2} \right] = \frac{\partial u_w}{\partial t} - \frac{\partial p}{\partial t},$$

čia K' (k) – Bulk' o modulis; x, y, z – poslinkai skirtingomis kryptimis, ∂u_w – vandens tūrinis sunkis; t – laikas; u_w – porų vandens slėgio gradientas; p – suminiai įtempiai.

Skaičiavimai atliekami daugiatapiu modeliavimu. Nustatomas norimas skaičiavimų kiekis (keičiant sankasos parametrus statybos metu bei eksploatuojant) nurodant laiko tarpą tarp etapų. Taip gaunami dvimačio modelio rezultatai ir jų kaita priklauso nuo laiko ir aplinkos veiksnių ir apkrovų.

ACAD aplinkoje sukuriama dvimatis skersinis kelio sankasos ir pagrindo skerspjūvis. Modelis importuojamas į RS2 programą. Nustatomi pagrindiniai modelio skaičiuojamieji parametrai ir dimensijos:

- esminis analizuojamo modelio tipas – *plane strain*;
- medžiagų ir skysčių elgsena – Biot konsolidacijos dėsnis;
- sprendimo tipas – matricų *Gauso* eliminavimo metodas (*Gaussian Elimination*);
- gruntų skaičiuotiniai parametrai – *Mohr–Columb* lygtis;
- svorio, laiko ir greičio mato vienetai (kN , $dienos$, m/s) ir kt.

Atlikus pagrindinius nustatymus tolesnis modelio kūrimas vyksta 6 etapais (4 pav.). Turint tinkamos geometrinės formos skersinį pjūvį pagal geotechninius parametrus sukuriama medžiagos, parenkamas norimo tankumo „tinklelis“ (priklausomai nuo skaičiavimo detalumo), sukuriama ir modeliui priskiriamos armuojančiosios medžiagos (geosintetika), nurodomas gruntinio vandens gylis ir slėgis bei veikiančios išorinės apkrovos. Atlikus sankasos ir visų ją veikiančių jėgų modeliavimą sukuriama skaitmeninis sankasos modelis, atitinkantis visus geometrinius parametrus, įvertinamos visos sankasą veikiančios apkrovos, armavimo elementai bei gruntų geotechniniai parametrai.



4 pav. Modelio kūrimo eiliškumas

Buvo atlikta pralaidos pamatų konstrukcijų analizė, kai *pralaida ant standaus pagrindo* (betoniniai ar gelžbetoniniai pamatai) ir kai *pralaida ant susispaudžiančio (tampraus) pagrindo* (natūralus gruntas, smėlio, skalda ar žvyro pagrindai). Konstrukcinių stiprinimo variantų analizei naudotas kompiuterinių programų rinkinys.

Įvairių pralaidų variantų daugiakriterė analizė (Šarka, 2002) atlikta naudojant ekspertinį porinio palyginimo, entropijos metodus. Tiriamajame darbe buvo pasirinkti du galimi pralaidos rekonstrukcijos variantai: gelžbetoninės pralaidos ir gofruoto metalo pralaidos. Pralaidų daugiakriterės analizės kriterijai (kaina, montavimas – darbų trukmė, ilgaamžiškumas) buvo vertinami balais, nes jų neįmanoma išreikšti matavimo vienetais. Pasirinkta 10 balų sistema, nes pakankamai objektyviai galima įvertinti sijų medžiagas ir jų savybes. Buvo išskirti kriterijai. Kaina – pagrindinis kriterijus, kuris turi didžiausią svorį.

Šis kriterijus minimizuojamas, nes taupant lėšas kaina turėtų būti kuo mažesnė. Ilgaamžiškumas – iš skirtingų medžiagų pagamintos pralaidos tarnauja nevienodą laiką (STR 1.12.06.2002), tačiau pageidautinas kuo ilgesnis tarnavimo laikas, todėl šis kriterijus maksimizuojamas. Darbų trukmė – pralaidų medžiaga turi įtakos montavimui (skiriasi žmonių poreikis, montavimo laiko sąnaudos ir kt.). Montavimo kriterijus minimizuojamas, nes kuo greičiau sumontuojama pralaida, tuo daugiau lėšų sutaupoma.

Remiantis skaičiavimų išvadomis bei pralaidų daugiakriterės analizės kriterijais, parenkama 2xD1600m diametro gofruoto metalo pralaida.

Išvados

1. Tyrimo objektas – remontuojamas kelias yra Šakių sen., Šakių r. sav., Marijampolės apskrityje. Po keliu yra įrengtos pralaidos: 1 vnt. g/b d-400 mm, 3 vnt. g/b d-500 mm ir 1 vnt. 2xd-1500 mm. Pralaidos yra užneštos sąnašomis, gelžbetoniniai žiedai yra aptrupėję bei išsikraipę, antgaliai sulūžę – pralaidų būklė bloga.

2. Įvertinant vandens pralaidų techninę būklę buvo vadovautasi „Vietinės reikšmės kelių (gatvių) defektų (pažaidų) nustatymo ir statybos darbų rūšies parinkimo rekomendacijomis, 2016“. Atlikus įvertinimą, buvo nustatyta, kad pralaidoms reikalingas II priežiūros lygis, t. y. rekomenduojama atlikti statinio (pralaidos) paprastąjį remontą (atnaujinimą).

3. Remiantis skaičiavimų išvadomis bei pralaidų daugiakriterės analizės kriterijais, parenkama 2xD1600m diametro gofruoto metalo pralaida.

Literatūra

1. Automobilių kelių vandens nuleidimo sistemų projektavimo taisyklės KPT VNS 16.
2. Bilius A. P. 201*Kelio statiniai*. Dakra, 133 p.
3. Biot M. A. 1956. General solutions of the equations of elasticity and consolidation for porous material. *Journal of Applied Mechanics*, p. 91–96.
4. Bunevičius A. 2004. *Melioracinėse sistemose esančių pralaidų būklė ir remontas*. Magistro baigiamasis darbas. Kaunas–Akademija, LŽŪU, 20. 49 p.
5. *Handbook of Steel Drainage and Highway Construction Products*, 2009.
6. Kelio statinių iš gofruotų metalo lakštų projektavimo ir statybos taisyklės T KSGL 14.
7. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008. Automobilių keliai.
8. Ladhane K. B., Hajare S. P., Sawant V. A. 2013. Analysis of Infinite Beams on Elastic Foundation Using Meshfree Method. *Journal of Civil Engineering and Science*, Vol. 2 Iss. 1, PP. 22–29
9. Lietuvos (Europos) standartas LST EN 1993–1–1:2005+AC:2006 Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1–1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės.
10. OBEC Consulting Engineers. 2017. City of Tigard Strategic Bridge & Culvert Plan.
11. Petru J., Krivda V., Hudecek L. 2017. Disorders of Culverts on the Roads. *SGEM2017 Confrence Proceedings*, Vol. 17, Issue 62, 557–562 pp.
12. ŠARKA V. 2002. Sprendimų paramos sistema statyboje taikant daugiakriterinius sintezės metodus, *Statyba*. Vilnius.
13. Savickas A., Stragys V. 2001. Drenavimosi kelio ilgio ir krypties įtaka konsolidacijos nuosėdžių prognozavimui.
14. Statybos taisyklės ST 110788621.01:2006. Pecor ir Trenchcoat vamzdžių montavimo taisyklės.
15. Statybos taisyklės ST 188710638.07:2004. Automobilių kelių metalinių ir plastikinių vandens pralaidų kartotiniai konstrukciniai sprendiniai.
16. Statybos taisyklės ST 8871063.01:2002 Automobilių kelių apvalių gelžbetoninių vandens pralaidų kartotiniai konstrukciniai sprendiniai.
17. Statybos taisyklės ST 8871063.02:2003. Automobilių kelių stačiakampių gelžbetoninių vandens pralaidų kartotiniai konstrukciniai sprendiniai.
18. Statybos techninis reglamentas STR 1.04.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“.
19. Statybos techninis reglamentas STR 1.12.06.2002 „Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė“.
20. Vandens pralaidų konstrukcinių sprendinių taikymo melioracijos statinių statyboje taisyklės patvirtintos Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro 2009 m. kovo 17 d. įsakymu Nr. 3D–171.
21. Лисов В. М. Дорожные водопропускные трубы.– М.: Информ.–изд. центр «ТИМП», 1998, 140 с.
22. UAB „Viacon“ Prieiga internete <http://www.viacon.lt> [žiūrėta 2018 05 12]

INVESTIGATION OF ROAD PASSAGE PARAMETERS

Summary

In this work, the analysis of water permeability structural solutions in the section of the road Išdagai - Naudžiai - Valakbūdis is performed. The aim of the research: to determine the throughput parameters of the designed road based on the design solutions of the reconstructed road and at the construction site. The main tasks of the research: analysis of the research

object (road water permeability); collection and analysis of design and actual data; hydraulic calculations of road permeability; qualitative analysis of the obtained data and presentation of conclusions. According to the results of the structural analysis, it is determined that when reconstructing the existing reinforced concrete culvert 2xd-1500 mm, the most optimal option is to perform simple repairs (renovation) of the building (culvert) by selecting a corrugated metal culvert with a diameter of 2xD1600m.

Keywords: hydraulic calculations, water permeability, reinforced concrete pipes, steel pipes.