



PLOKŠČIOJO DIDELIO TARPATRAMIO RĖMO ĮTEMPTOJO IR DEFORMUOTOJO BŪVIO TYRIMAS, ATSIŽVELGIANT Į ATRAMŲ POSLINKIUS

Michail Samofalov¹, Miroslav Janovič², Kęstutis Tumosa³

¹Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

²UAB „Urban.lt“, Baravykų g. 5, LT-6181 Druskininkai, Lietuva

³UAB „Vilniaus Rentinys“, Savanorių pr. 174A, LT-03153 Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹ms@vgtu.lt; ²janovicmiroslav@gmail.com;

³tumosa@rentinys.lt

Įteikta 2010 08 20; priimta 2010 09 20

Santrauka. Pateiktas didelio tarpatramio skersinio rėmo įtemptojo ir deformuotojo būvio tyrimas, kai, be įprastinių statinių apkrovų, rėmą veikia pamatų nuosėdžiai, deviacijos bei skečiamieji poslinkiai. Poliniai rėmo pamatai skaičiuojami analitiškai ir modeliuojami skaitiškai taikant įvairias inžinerines prielaidas. Siekiant nustatyti tikslius duomenis apie mechaninį polių deformavimą statybos vietovės sąlygomis, atlikti polių bandymai vertikaliosiomis bei horizontaliosiomis apkrovomis. Straipsnyje gretinami septyni alternatyvūs polių modeliavimo variantai, modeliuojama antžeminė rėmo dalis su poliniais pamatais ant tampraus pagrindo (vertikaliąja ir horizontaliąja kryptimis). Išsamūs skersinio rėmo mechaninio būvio tyrimai parodė, kad kolonų atraminiai pjūviai mažiau lenkiami sprendžiant bendrąjį uždavinį (rėmas su pamatais), nei skaičiuojant antžeminę ir požeminę rėmo dalis atskirai, rostverkų įrašos pasiskirsto panašiai skirtingais atvejais, poliai sprendžiant bendrąjį uždavinį ašine jėga apkrauti daugiau, bet mažiau lenkiami. Nagrinėjant sudėtingus uždavinius su netradiciniais sprendiniais, reikia tirti kelis skaičiuojamosios schemos variantus, sudarytus taikant iš principo skirtingas prielaidas.

Reikšminiai žodžiai: atramų poslinkiai, poliniai pamatai, natūriniai bandymai.

1. Pratarinė

Per paskutinius du dešimtmečius programinė įranga ir kompiuterinė technika staigiai išsivystė, tai atvėrė naujų galimybių greitai bei veiksmingai skaičiuoti pastatų konstrukcijas. Tai itin paranku nesudėtingiems statiniams su žinomais sprendiniais. Beje, sudėtingiems statiniams (aukštybiniams pastatams, stiebams, didelio tarpatramio pastatams, tiltams ir kt.) sparčiau projektuoti vien technikos laimėjimų neužtenka. Šiuo atveju lemiamą vaidmenį vaidina inžinierių konstruktorių kvalifikacija, projektavimo tvarkos subtilybių ir svarbos samprata (Samofalov, Papinigis 2010). Svarbu nepamiršti, kad statinio skaičiuojamoji schema yra tik tam tikrų konstrukcinių savybių imitacija (Перельмутер, Сливкер 2007), priklausanti nuo daugelio veiksnių,

kurių svarbiausieji yra skaičiuotojo žinios ir nuovoka. Skirtingai nuo tradicinės skaičiuotės „vienu etapu“, veiksminga sudėtingų situacijų skaitinė analizė praktiškai virsta įvairių kokybinių variantų nagrinėjimu bei rezultatų gretinimu, t. y. tyrimu (Rasiulis *et al.* 2006).

Skaičiuojamąją schemą reikia tirti išsamiai, kai individualūs konstrukciniai sprendiniai yra iš principo netipiniai. Tokia situacija būdinga sudėtingų pramoninių technologijų (Samofalov *et al.* 2007) arba visuomeninės paskirties (Samofalov *et al.* 2008) statiniams. Jiems skaičiuoti nebetinka įprasti klasikinės konstrukcijų mechanikos teiginiai, prielaidos bei hipotezės, todėl įtemptajam ir deformuotajam būviui nagrinėti reikia specialiai rengti tyrimų programą, grindžiamą skaičiuotojo patirtimi. Tokiais atvejais naudinga taiky-

ti žinias, išdėstytas natūrinių ir laboratorinių eksperimentų teorijoje (Wu, Hamada 2000).

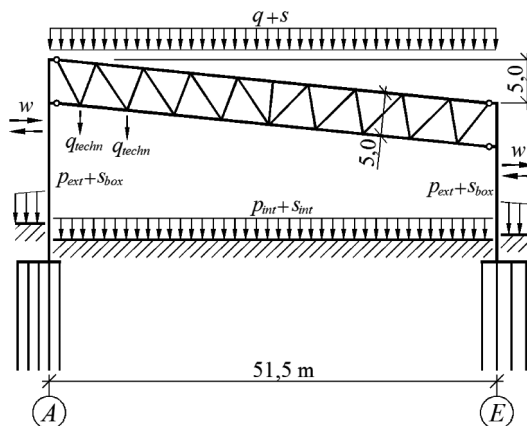
Sudėtingiems statiniams projektuoti (arba ypatingoms inžinerinėms situacijoms spręsti) neįmanoma sukurti tikslios bendros skaičiavimo eigos, nes tyrimų tvarka turi atsižvelgti į išskirtines tam tikros konstrukcijos savybes, o sprendinys – į esamas tiek technines, tiek profesines galimybes (Пермяков *et al.* 2008).

Tradicinio uždavinio „pastatas/pamatas“ sprendimas numato atskirai suskaičiuotos antžeminės dalies reakcijas atramų mazguose nukelti žemiau ir nepriklausomai skaičiuoti pagrindą bei pamatą. Šios prielaidos kartais netinkamos, o tai sudėtinga patikrinti, nes rezultatams stebėti statybos objektuose paprastai prireikia daug metų (Клепиков 1996). Išeitį galima rasti naudojant netiesinius netamprius sprendinius, tačiau uždavinys gerokai sudėtingėja.

Straipsnyje gretinami skersinio rėmo skirtingų skaičiuojamųjų schemų variantai (Сливкер 2005). Tyrimais siekiama atsakyti į klausimą – kiek tiksliai reikia modeliuoti laikančiąsias konstrukcijas, kad skaičiavimo rezultatai būtų tinkami statinio projektui rengti.

2. Uždavinio esmė

Straipsnyje aprašomi sporto ir pramogų paskirties statybos komplekso „Slidinėjimo trasos su dirbtine sniego danga Druskininkuose“ uždarnosios trasos skersinio rėmo mechaninio būvio tyrimai, atlikti 2009 m. rengiant techninį projektą (Slidinėjimo trasos... Projekto architektūrinė dalis 2009). Trasų komplekso naudojimo laikotarpis – 100 metų, patikimumo klasė – RC3 (LST EN 1990:2004; STR 2.05.03:2003). Trasos laikančiosios konstrukcijos – 12 m žingsniu reguliariai išdėstyti skersiniai rėmai, sujungti erdvinių ryšių sistema bei ilginiais stogo lygyje. Maždaug pusė trasos suprojektuota ant grunto. Mechaniniam būviui tirti pasirinktas uždarnosios trasos temperatūrinio deformacinio bloko D (matmenys plane 52×96 m) vienas iš skersinių rėmų. Šios dalies rėmus veikia reikšmingi lenkiamieji momentai kartu su skečiamosiomis jėgomis, nes plokščiųjų didelio tarpatramio stogo santvarų įlinkiams mažinti taikoma standžioji rygelio ir kolonų jungtis (1 pav.). Rėmo kolonos su pamatais jungiamos standžiai, todėl veiksmingai lenkimui perimti numatyti rostverkai ant nesimetriškai išdėstytų polių. Rėmų aukštis nereikšmingai kinta trasos ilgiu, nes pamatų įgilinimas priklauso nuo slidinėjimo paviršiaus profilio. Žemesnės kolonos aukštis sudaro maždaug trečdalį rėmo tarpatramio. Santvaros juostų tempiamasis EA standis (skliaustuose nurodytas lenkiamasis EI standis) yra 2,26 GN (31,2 MN·m²),



1 pav. Uždarnosios slidinėjimo trasos skersinio rėmo principinė skaičiuojamoji schema

Fig. 1. A principal calculation model of the transversal frame of the indoor skiing slope

santvaros atraminių spyrių – 1,618 GN (14,84 MN·m²), santvaros tinklelio – nuo 0,607 iki 1,322 GN, kolonų – 40,5 GN (7,59 GN·m⁴). Pamatai išsamiau paaiškinti kitame skyriuje.

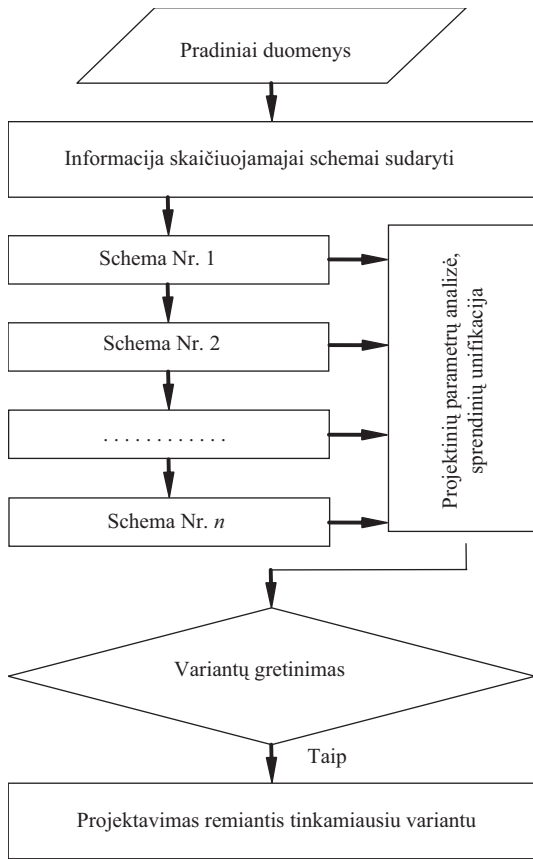
Tiek antžeminio rėmo, tiek polinių pamatų įtemptojo ir deformuotojo būvio tyrimo požiūriu svarbu žinoti:

- kaip pasikeičia antžeminio skersinio rėmo strypų įrašos pasislinkus atramoms;
- kaip antžeminės rėmo dalies standis veikia pamatų (tiek rostverkų, tiek polių) mechaninį būvį.

Uždaviniui tirti nagrinėjamos tokios iš principo skirtingos skaičiuojamosios schemas:

- Tradicinė – rėmo atramos yra visiškai standžios, o antžeminė ir požeminė dalys skaičiuojamos atskirai.
- Netradicinė – rėmo antžeminė ir požeminė dalys skaičiuojamos kartu, atsižvelgiant į atramų poslinkius konkrečiomis geologinėmis sąlygomis.

Skersinio rėmo antžeminės ir požeminės dalių bendrojo skaičiavimo uždavinys neišreikštas vien įrašomis arba vien poslinkiais. Artimiausioji sprendžiamam uždaviniui klasikinės konstrukcijų mechanikos formuluotė yra mišrioji – sija ant tampraus pagrindo (Феодосьев 1970). Tokį uždavinį taip pat įmanoma spręsti optimizacijos metodais (Atkočiūnas *et al.* 2008; Jankovski, Atkočiūnas 2008; Kalanta *et al.* 2009), bet įrašų priklausomybės nuo poslinkių (arba atvirkščiai) atveju be papildomų prielaidų aprašyti tikslo funkciją yra keblu. Teoriškai galimi netiesiniai sprendiniai (Клепиков 1996), tačiau uždavinys sudėtingėja ir tolsta nuo projektavimo praktikos tikslų. Mūsų uždavinio



2 pav. Projekto skaičiuojamųjų schemų nagrinėjimo algoritmas

Fig. 2. An algorithm analyzing the calculation models of the project

sprendimą supaprastina konkrečios sąlygos – pasirinkti skerspjūviai, medžiagos, konstrukcijų gabaritai, žinomos gruntų savybės ir pan. – tai mažina skaičiavimų apimtį ir susiaurina tyrimų ribas (Пермяков et al. 2008).

Laikančiųjų konstrukcijų skaičiavimas yra tik tarpinė projektavimo eigos grandis, reikalinga konstruktoriui analizuoti sistemos mechaninį būvį. Visą analizės uždavinį galima sąlygiškai suskaidyti į keturis etapus (2 pav.): pradiniai tam tikros projekto rengimo situacijos duomenys; duomenų papildymas inžinerinėmis prielaidomis matematiniam modeliui sukurti; skaičiuojamosios schemas (plačiąja prasme – diskretinio modelio) sudarymas; skaičiavimo rezultatų peržiūra remiantis galiojančiomis projektavimo normomis. Projektavimo metu kiekvieną etapą atitinka paklaidos: konstrukcijos bei jų savybių idealizacija, aprašymo, skaičiavimo, rezultatų interpretacijos (Перельмутер, Сливкер 2007). Šių paklaidų reikšmingiausias yra pirmoji ir paskutinė, nes priklauso nuo projektuotojo (Samofalov, Papinigis 2010).

Skersinio rėmo apkrovoms nustatyti bei konstrukcijoms projektuoti taikomi galiojantys standartai (LST EN 1991:2005; STR 2.05.04:2005; LST EN 1992:2008; STR 2.05.05:2009; LST EN 1993:2009; STR 2.05.08:2007).

Uždavinio sudėtingiausiai prognozuojama dalis – grunto deformavimasis. Šiems duomenims tikslinti pasitelkti polių bandymai, vertikalčiai bei horizontalčiai apkraunant poliūs.

3. Pamatų mechaninio būvio tyrimas

3.1. Polių su pagrindu sąveikos teorinis skaičiavimas ir eksperimentinis tyrimas

Geomorfologiniu požiūriu sklypas yra Nemuno upės slėnyje (iki upės apie 100 m). Paviršiaus natūralus nuolydis upės link, aukščių skirtumas sudaro apie 40 m.

Nagrinėjamo deformacinio bloko besikartojantys skersiniai rėmai dengia 5 tūkst. m² plotą. Šio ruožo grunto projekcinio paviršiaus absoliučioji altitudė kinta nuo +93 iki +110 m. Bloko aikštelėje gruntą zondavo dviem etapais: pirmiausia buvo išgręžti keturi 10 m gylio gręžiniai (Slidinėjimo trasos... inžineriniai geologiniai tyrimai 2008), po to – dar du 15 m gylio gręžiniai (Slidinėjimo trasos... inžineriniai geologiniai (geotechniniai tyrimai 2009). Gręžiniai daryti aktualiausiose vietose, t. y. pamatų linijomis. Nustatyta, kad aikštelė padengta iki 2,5 m gylio piltinio grunto sluoksniu. Giliau slūgso aliuviniai (aIV) dariniai, t. y. įvairaus stambumo smėliai nuo smulkiojo iki žvyringojo. Pradedant nuo 6 m slūgso akvaglacialiniai (agIIIb1) dariniai, t. y. priesmėliai nuo minkštai plastingų iki puskiečių. Vandens neaptikta.

Išnagrinėjus inžinerinę geologinę situaciją, nutarta taikyti spraustinius poliūs, kurių projektinis gylis siekia 6–8 m. Žemiau polių pado slūgso (skliaustuose nurodyta kūgio sprauda q_c , MPa): vidutinio tankumo smėliai (12,0); tankūs smėliai (15,0); kieti priesmėliai (15,0). Įrengiant poliūs, kiekvieno jų gylio tikslinamas atsaku.

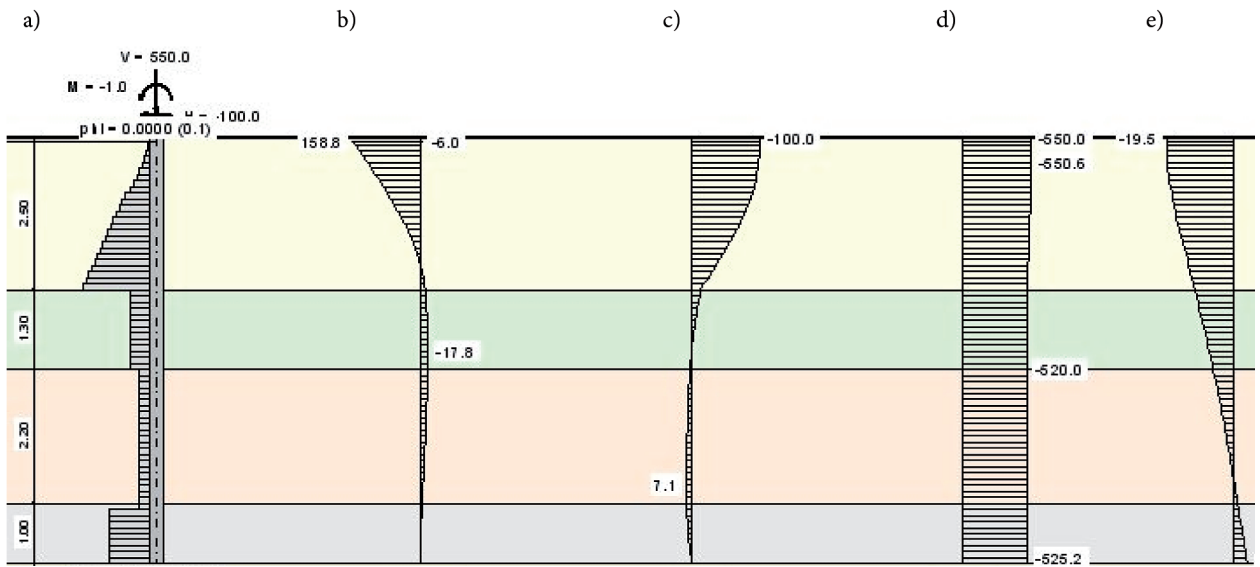
Poliai susideda iš dviejų dalių: papildoma viršutinė yra 600 mm skersmens ir 2,0 m ilgio, pagrindinė likusioji – 380 mm skersmens. Po armatūrinio strypyno montavimo ir betono užpylimo plieninė polių sienutė ištraukiama, o paliekama tik galinė plieninė plokštelė.

Pavienių polių pradiniais skaičiavimais tikrinama jų laikomoji galia nuo vertikaliųjų (LST EN 1997:2007) ir horizontaliųjų (DIN 4082:2007) apkrovų. Skaičiuoti pasitelkta specializuota programine įranga (Buß 2010a, 2010b). Polių įrašos gautos vien iš pusiausvyros lygčių (7 pav., c), neatsižvelgiant į poslinkius ir statinį sistemos neišsprendžiamumą.

Skaičiuojant polių grunto reakcijos modulis nustatytas taikant sąryšį (Vesic 1961; Ashford 2005):

$$K = \frac{0,65 \cdot E_s}{(1 - \mu_s^2)} \cdot k^{12}, \tag{1}$$

$$k = \frac{E_s}{E} \cdot \frac{2^6}{\pi}, \tag{2}$$



3 pav. Polio skaičiuojamoji schema ir diagramos: grunto reakcijos modulis (a); lenkiamieji momentai (b); skersinės jėgos (c); ašinės jėgos (d); skersiniai poslinkiai (e)

Fig. 3. Pile calculation model and diagrams: support reaction modulus (a); bending moments (b); shear forces (c); axial forces (d); lateral displacements (e)

čia: E_s ir μ_s – atitinkamai grunto tamprumo modulis ir Puasono koeficientas; E – polio tamprumo modulis.

Remiantis polio įrašų skaičiuotinėmis reikšmėmis patikrintos stiprumo sąlygos, remiantis poslinkių charakteristinėmis reikšmėmis – standumo sąlygos (Slidinėjimo trasos... pamatų inžineriniai skaičiavimai 2009). Skaičiuojant taip pat nustatytos grunto reakcijos modulio reikšmės ir jų pasiskirstymas polių ilgiu (3 pav.).

Polių nuosėdžiai skaičiuojant gauti iki 1/20 polio skersmens, ribiniai imti taip pat 1/20. Horizontalūs polių viršaus poslinkiai apskaičiuoti iki 1/25 polio skersmens, ribiniai imti 1/20.

Norint žinoti, kiek polių skaičiavimai atitinka įrengtojo polio darbą (Reese, Van Impe 2001; Tumosa 2006; Tumosa, Stragys 2008), statybos aikštelės sąlygomis išbandyti du poliai vertikaliajai apkrovai ir dvi polių poros – horizontaliajai (Slidinėjimo trasos... bandymų protokolai 2009).

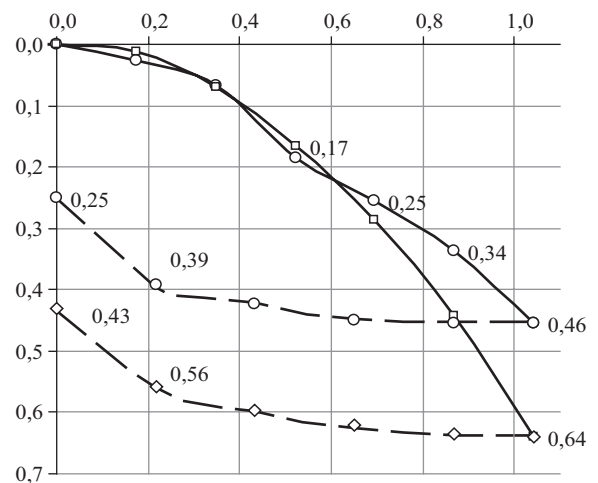
Bandymus ribojo apkrova ir nuosėdis, tuomet sąryšis tarp jų išreikštas santykiniais rodikliais:

$$f = \frac{F}{F_{\max}} \quad (3)$$

$$\delta = \frac{u}{u_{\max}} \quad (4)$$

Bandant vertikaliaja statine apkrova poliai buvo apkrauti šešiomis pakopomis kas 174 kN. Pagrindiniai rezultatai yra nuosėdžių reikšmės (4 pav.), stabilizacijos trukmė – 0,01 mm per 20 minučių.

Pavienujų polių bandymas vertikaliaja apkrova parodė, kad viršijus projekte numatytą apkrovos charak-

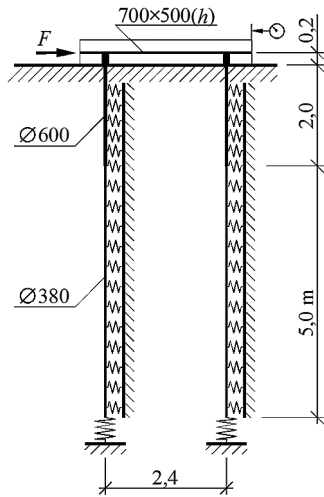


4 pav. Polių vertikalaus bandymo apkrovos ir nuosėdžio sąryšis
Fig. 4. Vertical tests of piles: settlement via load

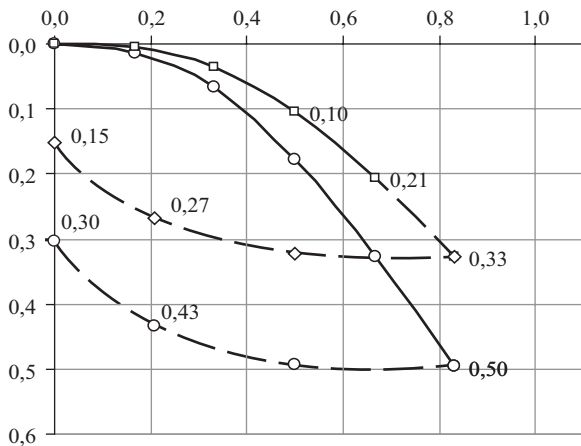
teristinę reikšmę 32 %, didžiausias polio nuosėdis 36 % mažesnis už ribinį ir tiek pat už apskaičiuotą.

Horizontaliajai jėgai tarp dviejų polių tolygiai pasiskirstyti buvo įrengta monolitinė sija (5 pav.). Poliai su monolitine sija sujungti standžiai, tinkamai inkaruojant polių armatūros strypynus.

Polių poros horizontalioji apkrova turėjo būti pridėta šešiomis pakopomis kas 20 kN vienam poliui. Paskutinė pakopa nebuvo įvykdyta, nes apkrova gerokai viršijo numatytą projektu reikšmę, kai poslinkis vis dar buvo perpus mažesnis už ribinį. Skersinių poslinkių (6 pav.) stabilizacijos trukmė yra 0,01 mm per 20 minučių.



5 pav. Polių poros bandymo horizontaliąja apkrova
Fig. 5. The schema of two piles subjected to horizontal load



6 pav. Polių horizontalaus bandymo apkrovos ir nuosėdžio sąryšis
Fig. 6. Horizontal tests of piles: settlement via load

Polių poros bandymas horizontaliąja apkrova parodė, kad viršijus projektinę charakteristinę apkrovos reikšmę 29 %, didžiausias horizontalusis poslinkis yra 49 % mažesnis už ribinį ir 30 % už apskaičiuotą.

3.2. Rostverkų skaičiuojamųjų variantų nagrinėjimas

Poliniam pamatui aprašyti vieno polio ištirti neužtenka, nes įtemptasis ir deformuotasis būvis yra gerokai sudėtingesnis – įrašų pasiskirstymą standžiai veikia deformacijos ir konstrukcijos.

Kolonos lenkiamasis momentas daro didelį poveikį pamatams, tad svarbūs yra du aspektai:

- a) ištirti įrašų pasiskirstymą tarp polių;
- b) ištirti tampraus pagrindo įtaką.

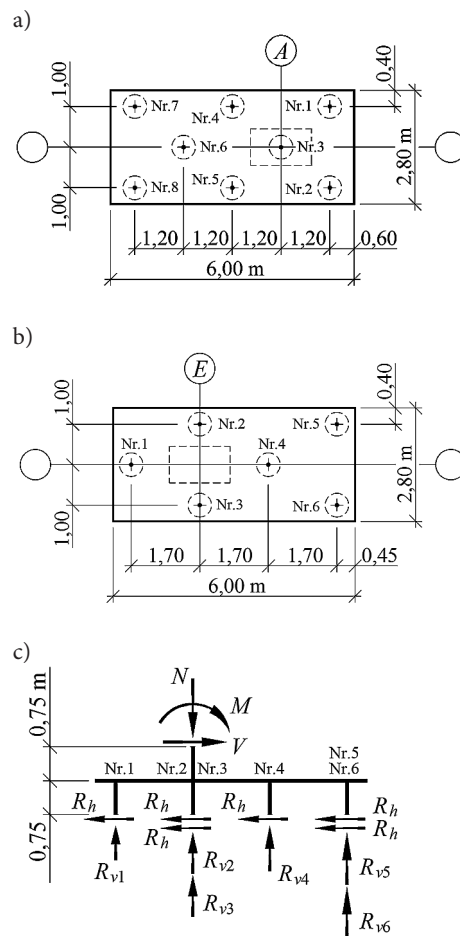
Nagrinėjami du skirtingi pamatų atvejai, nes geologinė situacija ir įrašų skiriasi: pagal rėmo ašyje A

esančias pamato sąlygas reikia įrengti aštuonis polių, o pagal kito – šešis polių (7 pav.). Visi polių su rostverku sujungti standžiai. Rostverko aukštis – 1,5 m. Pamatų betono tamprumo modulis 27 GPa.

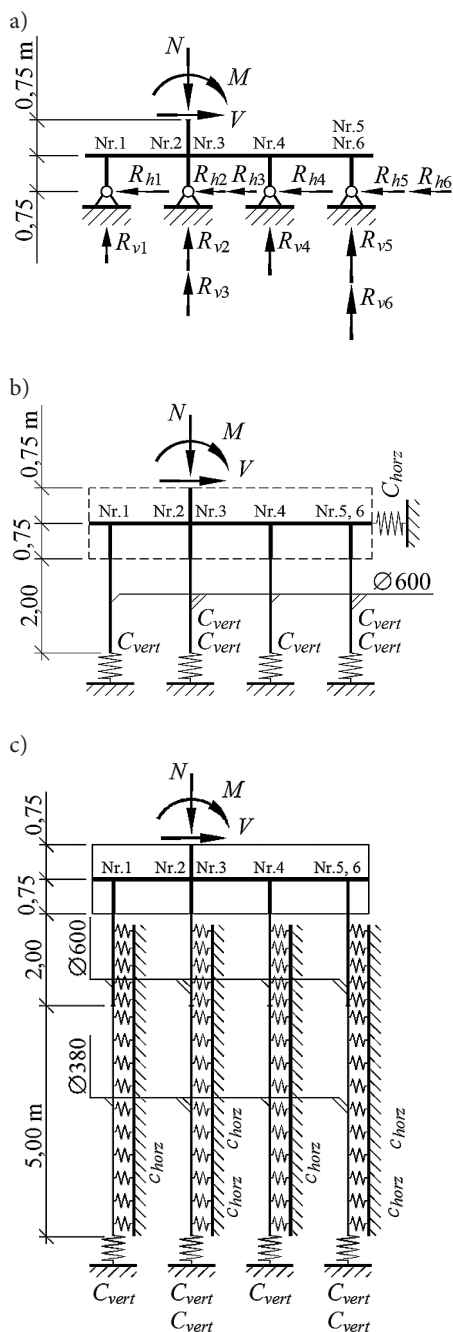
Kiekvieno pamato atveju nagrinėjami trys polių skaičiuojamosios schemas variantai (8 pav.), kai polių modeliujamas:

1. Tvirtinant tašką (2 variantas).
2. Kaip 2 m ilgio ir 600 mm skersmens baigtinis elementas su tampriuoju ryšiu vertikaliaja kryptimi apatiniame gale (3 variantas).
3. Kaip 2 m ilgio 600 mm skersmens ir dar 5 m ilgio 380 mm skersmens baigtiniais elementais suskaidytas strypas su tampriuoju ryšiu vertikaliaja kryptimi apatiniame gale ir tampriais polių ilgiu išskirstytais horizontaliais ryšiais (4 variantas).

Skaičiuojant polių veikiančias įrašas vien iš pusiausvyros lygčių (t. y. nagrinėjant statškai išsprend-



7 pav. Skersinio rėmo rostverkų planai (a, b) ir rostverko skaičiuojamoji schema (statškai išsprendžiama) ašyje E (c)
Fig. 7. Plans of transversal frame foundations (a, b) and a calculation model (statically determined) of the grate in axis "E" (c)



8 pav. Pamato skaičiuojamosios schemas: statiškai neišsprendžiama (a); su taškiniais ryšiais (b); su išskirstytais ryšiais (c)

Fig. 8. Foundation calculation models: statically indeterminate (a), having node links (b) and subgrade (c)

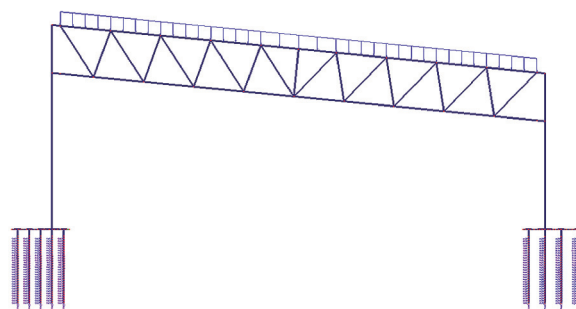
džiamą sistemą) rostverkas buvo laikomas visiškai standžiu. Sprendžiant kitus tris uždavinius (8 pav.) rostverkas ir poliai buvo modeliuojami atitinkamai kevalo ir strypiniais baigtinio standžio elementais.

Papildant skaičiuojamąją schemą poliais, laikoma, kad diskretinis modelis realesnis. Tačiau kartu su modelio tikslinimu didėja priimtų prielaidų skaičius, todėl idealizacijos paklaida tampa vyraujančioji ir gali iškraipyti rezultatus (tiek gerinant, tiek bloginant). Šiuo

atveju lemiamą vaidmenį vaidina rezultatų analizė, grindžiama praktine inžinerinių situacijų sprendimo patirtimi. Baigiamąją išvadą apie pamato atoveikį antžeminiam rėmui galima padaryti tik sprendžiant bendrąjį uždavinį „rėmas/pamatas/pagrindas“. Nepriklausomai nuo skersinio rėmo antžeminės dalies būvio, pamato konstrukcijų skaičiuojamuosius variantus tirti naudinga, nes tyrimo pagrindu projektuojami poliai ir rostverakai.

4. Skersinio rėmo mechaninis būvis

Apkraunant pamatą atraminio kolonos mazgo įrašomis ir nepridedant atitinkamų poslinkių, faktiškai daroma prielaida apie visišką antžeminės skersinio rėmo dalies pasidavumą. Tačiau realiai taip nėra – rėmo priešinimasis yra baigtinis ir net žinomas. Siekiant ištirti kolonų ir santvaros bendrojo standžio poveikį pamatams, pirmiau aptarti atskirų pamatų skaičiuojamieji variantai 2, 3 ir 4 nagrinėjami, kai pamatai yra viso skersinio rėmo sudėtinė dalis (9 pav.): nauji variantai 5, 6 ir 7. Tokiu būdu rostverką prie kolonos jungiančiame mazge pamatas apkraunamas tiek statiškai (įrašomis), tiek kinematiškai (atramų nuosėdžiu, deviacija, skečiamuoju poslinkiu).



9 pav. Skersinio rėmo skaičiuojamojo varianto Nr. 7 schemas bendrasis vaizdas

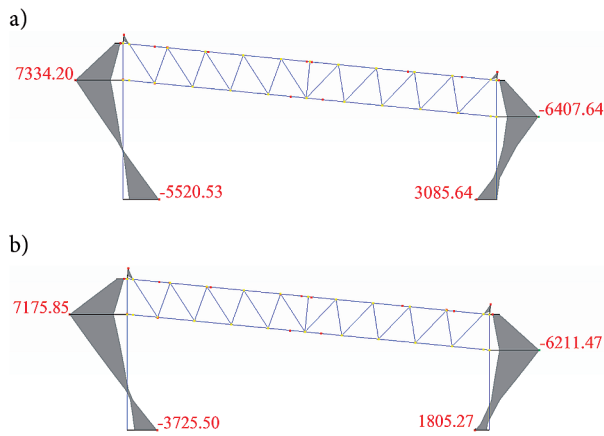
Fig. 9. A general view of the transversal frame calculating the model of variant No. 7

Suprantama, kad rėmo standis varžo pamatus ir tai iškraipo antžeminės bei požeminės rėmo dalių įrašų bei poslinkių pasiskirstymą, gretinant su atskirai skaičiuotais pamatais bei antžemine dalimi. Būtent dėl viso rėmo (kaip daug kartus statiškai neišsprendžiamos sistemos) kokybiškai naujo būvio nagrinėti įrašomis bei poslinkiais apkrauto atskiro pamato neverta, nes modelis vėlgi nebus baigiamasis, o tarpinio skaičiavimo rezultatai tyrimo prasme būtų pertekliniai. Mūsų skaičiuotais atvejais ilgesni poliai tolygiau paskirsto

įrašas, „sušvelnindami“ atramų (kaip realių koncentracijų) atoveikį.

Gauti skaičiavimo rezultatai: antžeminiam rėmui – įrašų pasiskirstymas (10 pav.), poslinkiai; pamatams – polių įrašos bei poslinkiai.

Skersinio rėmo ant tampraus pagrindo tiek antžeminės, tiek požeminės dalių įtemptojo ir deformuotojo būvio rodikliai (o kaip išvestiniai, dar ir projektiniai rodikliai – armavimas, plieno strypų skerspjūviai ir kt.) yra įdomūs tik gretinant juos su pradiniais, kai paaiškėja praktinė skaičiuojamosios schemos tikslinimo nauda.



10 pav. Antžeminės skersinio rėmo dalies lenkiamųjų momentų diagramos, kai atramos: (1-asis variantas) visiškai standžios (a) ir (7-asis variantas) tampriosios (b)

Fig. 10. Bending moment diagrams of the over-ground part of the transversal frame when supports are ideally rigid (Variant 1) (a) and elastic (Variant 7) (b)

5. Variantų gretinimas ir rezultatų apibendrinimas

Taigi uždarnosios slidinėjimo trasos skersinio rėmo tyrimais išnagrinėti tokie skaičiuojamieji variantai:

1. Rėmas, rostverkas ir poliai skaičiuojami atskirai.
2. Atskirai nuo antžeminės dalies skaičiuojamas rostverkas, įtvirtintas polių jungimo taškuose.
3. Atskirai nuo antžeminės dalies skaičiuojamas rostverkas su viršutine polių dalimi ant taškinių ryšių.
4. Atskirai nuo antžeminės dalies skaičiuojamas polinis pamatas su tampriais ryšiais polių ilgiu.
5. Antžeminis rėmas kartu su 2-ojo varianto pamatais.
6. Antžeminis rėmas kartu su 3-iojo varianto pamatais.
7. Antžeminis rėmas kartu su 4-ojo varianto pamatais.

Polinių pamatų variantų skaičiavimo rezultatai yra: įrašos ir poslinkiai viršutiniame polių gale

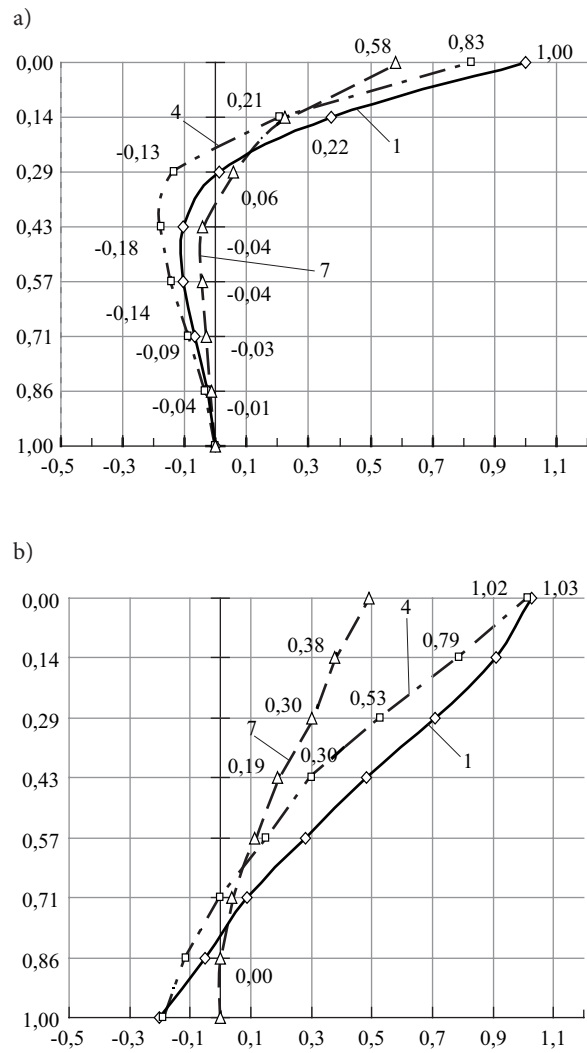
(1–3 lentelės) bei šių rodiklių pasiskirstymas polių ilgiu (11 pav.). Lenkiamasis momentas išreikštas santykiniu rodikliu (reikšmės gretinamos su pavienio polio, t. y. 1-ojo skaičiuojamojo varianto, didžiausiuoju lenkiamuoju momentu)

$$\mu = \frac{M}{M_{1 \text{ var, max}}} , \tag{5}$$

o atstumas *a* iki polio skaičiuojamųjų pjūvių – santykiniais ilgiais

$$\lambda = \frac{a}{L} , \tag{6}$$

čia *L* – polio ilgis.



11 pav. Lenkiamųjų momentų (a) ir skersinių poslinkių (b) pasiskirstymas polių ilgiu. Žymės 1, 4 ir 7 – rėmo skaičiuojamųjų variantų numeriai

Fig. 11. The distribution of the bending moment (a) and lateral displacement (b) along the pile. Signs 1, 4 and 7 show the numbers of the variants of transversal frame calculations

1 lentelė. Pamato ašyje A polių viršutinio galo ašinės jėgos skirtumai (%), gretinant su 1-uoju variantu (žymė * nurodo tempimą)

Table 1. Differences (%) in the axial forces of the upper edge of the pile in the foundation of frame axis A in comparison with Variant 1 (tensile is signed by *)

Var. Nr.	Polio Nr.				
	1, 2	3	4, 5	6	7, 8
1	Pradinio skaičiavimo reikšmės imtos kaip 100 %				
2	-504*	+356	+258	+74	-50
3	+139	+75	+49	+36	+25
4	-16	+38	+49	+54	+54
5	-252*	+226	+131	+13	-64
6	+272	+74	+10	-14	-29
7	+249	+67	+10	-8	-20

2 lentelė. Pamato ašyje E viršutinio polių galo ašinės jėgos skirtumai (%), gretinant su 1-uoju variantu (žymė * nurodo tempimą)

Table 2. Differences (%) in the axial forces of the upper edge of the pile in the foundation of frame axis E in comparison with Variant 2 (tensile is signed by *)

Var. Nr.	Polio Nr.					
	1	2	3	4	5	6
1	Pradinio skaičiavimo reikšmės imtos kaip 100 %					
2	-196*	+153	+153	+176	-25	-25
3	+75	+56	+56	+40	+25	+25
4	-14	+27	+27	+52	+66	+66
5	-104*	+75	+75	+71	-50	-50
6	+100	+34	+34	-5	-27	-27
7	+82	+27	+27	-1	-14	-14

3 lentelė. Polių viršutinio galo poslinkių skirtumai (%), gretinant su 1-uoju variantu

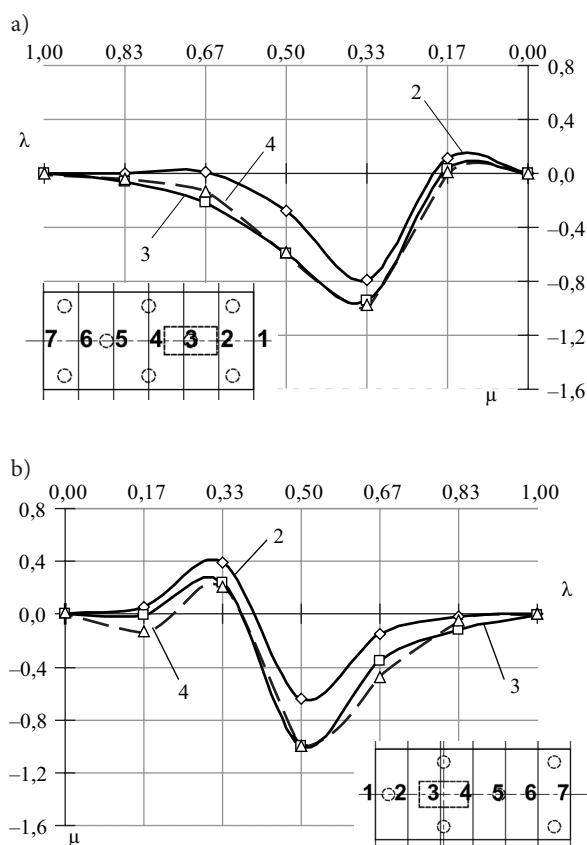
Table 3. Differences (%) in the displacements of the upper edge of the pile in comparison with Variant 1.

Var. Nr.	Ašis A			Ašis E		
	u_v	$u_{h \min}$	$u_{h \max}$	u_v	$u_{h \min}$	$u_{h \max}$
1	Pradinio skaičiavimo reikšmės priimtos kaip 100 %					
3	-33	-16	-16	-37	-8	-8
4	-8	+29	+29	-7	+56	+56
6	-61	-89	-47	-41	-88	-41
7	-51	-97	-38	-40	-99	-26

Polių skaičiavimo atžvilgiu variantų gretinimas parodė reikšmingą skirtumą. Tiek poslinkiai, tiek lenkiamieji momentai labai įvairiai pasiskirsto polio ilgiu (11 pav.). Rostverko su poliais ir tampraus pagrindo modeliavimo baigtiniu elementu atvejais (4 ir 7 variantai) polis bus mažiau lenkiamas labiausiai apkrautame viršutiniame gale (skirtumas nuo pavienio polio skaičiavimo atitinkamai 17 % ir 42 %) ir todėl mažiau pasilenka (paskutinis variantas skiriasi 51 %). Polių ašinės jėgos bei viršutinio galio suvidurkinti poslinkiai

taip pat gerokai skiriasi skirtingais modeliavimo atvejais (1–3 lentelės). 2-asis ir 5-asis skaičiuojamieji variantai (kai polio jungimo vietoje rostverkas tiesiog įtvirtintas) netinkami, nes ašinių jėgų pasiskirstymą labiausiai veikia lenkiamasis poveikis, o kraštiniai poliai net tempiami. Reikia atkreipti dėmesį, kad būtent šis modeliavimo variantas šiuo metu plačiai taikomas skaičiuotojų. Tinkamiausias yra 7-asis variantas, kurio reikšmės (kad ir kaip būtų keista) yra artimos mechanine prasme iš principo nekorektiškai traktuojamam 1-ajam variantui. Tai paaikškinti yra nesudėtinga – tampraus pagrindo modeliavimas nuima įrašų koncentratorius (suvaržymą) ir padaro sistemą artimesnę statiskai išsprendžiamai.

Mūsų uždavinio atveju rostverku projektuoti svarbiausias rodiklis – lenkiamųjų momentų pasiskirstymas (12 pav.), nes dėl palyginti didelio konstrukcinio storio ašinių ir skersinių jėgų poveikiai tampa nebeaktualūs. Taip pat nebuvo nagrinėti rostverko poslinkiai ir deformacijos.

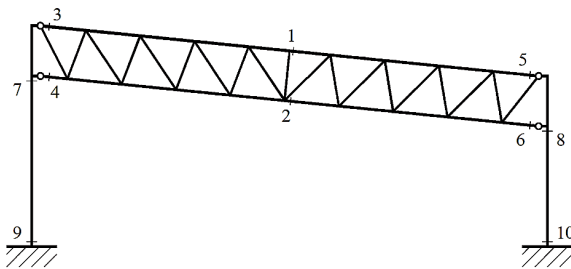


12 pav. Lenkiamųjų momentų pasiskirstymas rostverkų ašyse A (a) ir E (b) simetrijos linija. Žymės 2, 3, 4, 5, 6 ir 7 – rėmo skaičiuojamųjų variantų numeriai

Fig. 12. The distribution of foundation plate bending moments along the line of symmetry in axes A (a) and E (b). Signs 2, 3, 4, 5, 6 and 7 show the numbers of the variants of transversal frame calculations

Gretinant rostverkų skaičiuojamuosius variantus svarbu, kad bendrasis įrąžų pasiskirstymas labai panašus. Lenkiamojo momento ekstreminė reikšmė yra 20–35 % mažesnė rostverko taškinio įtvirtinimo atveju (1-asis skaičiuojamasis variantas) nei su poliais sumodeliuoto rostverko. Skaičiuojamieji variantai su antžemine rėmo dalimi rostverko įrąžų pasiskirstymui ir dydžiams reikšmingo poveikio nedaro.

Pagrindiniai skersinio rėmo kolonų ir santvarų skaičiavimo rezultatai (variantams Nr. 1 ir 5, 6, 7) yra: įrąžų pasiskirstymas (10 pav.), būdingųjų pjūvių (13 pav.) įrąžų reikšmės, tarpatramio įlinkio ir horizontaliųjų poslinkių reikšmės (4 lentelė).



13 pav. Skersinio rėmo antžeminės dalies būdingieji pjūviai
 Fig. 13. Characteristic sections of the above-ground part of the transversal frame

Rėmo kolonų ir santvaros 1, 5, 6 ir 7 skaičiuojamųjų variantų gretinimas parodė, kad santvaros įrąžos pasikeičia nereikšmingai, todėl beveik nepriklauso nuo pamatų modeliavimo. Išimtį sudaro 5-asis pjūvis, kurio ašinė jėga didėja 1,5 karto. Kolonų lenkiamieji momentai mažėja modeliuojant polinius pamatus kartu su antžemine rėmo dalimi, atraminuose pjūviuose net iki 1,5 karto. Santvarų įlinkiai didėja nereikšmingai (apie 10 %), kai kolonų horizontalieji poslinkiai – reikšmingai (1,5–1,8 karto).

Apibendrinant atliktus tyrimus pažymėtina, kad didelio tarpatramio standaus skersinio rėmo su pamatais skaičiavimas atskirais konstrukciniais elementais neatspindi šios konstrukcijos įtemptojo ir deformuoto-

jo būvio. Modeliuojant polinius pamatus ant tampraus pagrindo, atsiranda galimybė gretinti rezultatus, kurie gerokai skiriasi nuo pradinių ir labiausiai priklauso nuo pamatų ir pagrindų sąveikos nagrinėjimo prielaidų. Skirtingi pamatų atvejai daro mažą įtaką rėmo santvarai. Rėmo kolonų polių modeliavimas skaičiuojamojoje schemeje yra palankus, nes mažina nebereikalingas medžiagų sąnaudas. Polių nagrinėjimas didina rostverko įrąžas, o tai svarbu konstrukcijos saugumo prasme. Pačių polių įrąžos mažėja, kai sudaroma bendroji antžeminės ir požeminės dalių skaičiuojamoji schema.

6. Išvados ir rekomendacijos

Tiriant skersinio rėmo įtemptąjį ir deformuotąjį būvį padarytos tokios išvados ir parengtos toliau teikiamos rekomendacijos:

1. Vienas svarbiausių rodiklių vertinant nestandartinius uždavinius yra atskaitos kriterijus, kurį turėti būtina. Be kitų metodų, natūrinių bandymų rezultatai jeigu ir neišsprendžia uždavinio, tai bent visuomet padeda sutikrinti tyrimų ribas, todėl jie svarbūs inžinieriui. Reikia stengtis atlikti natūrinius bandymus originalių konstrukcijų atvejais.
2. Esant reikšmingiems lenkiamiesiems momentams kolonose ir sudėtingai pamatų konstrukcijai, rekomenduojame modeliuoti pastato rėmus kartu su rostverkais ir poliais ant tampraus pagrindo. Šio darbo tyrimai parodė, kad priklausomai nuo inžinerinių prielaidų pamato konstrukcinių elementų įrąžos gali skirtis kelis kartus.
3. Pastato rėmo modeliavimas su pamatais ant polių gali parodyti didesnes rostverko įrąžas, o tai svarbu konstrukcijos saugumo prasme ir todėl tokį atvejį reikia nagrinėti.
4. Statinio konstrukcijų skaičiuojamosios schemas su pamatais ir poliais ant tampraus pagrindo nagrinėjimas nurodo ypatingas schemas vietas (labiau apkrautas arba labiau pasislinkusias), kas yra itin svarbu projektuotojui.

4 lentelė. Skersinio rėmo skaičiuojamųjų variantų kolonų ir santvaros būdingųjų pjūvių įrąžų bei poslinkių skirtumai (%)

Table 4. Differences (%) in the calculation variants of internal forces and displacements of transversal frame columns and truss

Var. Nr.	Įrąžų skirtumai, %															Poslinkių skr., %		
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	M ₇	M ₈	N ₉	V ₉	M ₉	N ₁₀	V ₁₀	M ₁₀	u _{2v}	u _{7h}	u _{8h}	
1	Pradinio skaičiavimo reikšmės imtos kaip 100 %																	
5	0	+1	-1	-1	+1	-1	0	0	0	-1	-3	0	-2	-5	+1	0	0	
6	+3	+8	-8	-4	+50	-8	-1	-5	+1	-8	-18	0	-8	-14	+11	+45	+70	
7	+3	+11	-16	-8	+51	-9	-2	-3	+1	-14	-33	0	-15	-42	+13	+55	+80	

5. Skaičiuojamųjų variantų gretinimas naudingas sprendžiant netradicinius uždavinius. Tačiau šis procesas imlus laikui ir darbui, į ką būtina atsižvelgti planuojant projekto rengimo sąnaudas. Skirtingų skaičiuojamųjų variantų nagrinėjimas leidžia išsamiai ištirti sudėtingą inžinerinį uždavinį.
6. Sprendžiant sudėtingus inžinerinius uždavinius būtina nagrinėti alternatyvius diskretinius modelius, sudarytus remiantis skirtingomis inžinerinėmis prielaidomis. Idealu būtų, kad tokius uždavinius skirtingi skaičiuotojai modeliuotų įvairiais kompiuterinių programų paketais, o tyrimus konsultuotų patyrusios šioje srityje žinomos mokslo ir projektavimo institucijos. Bent toks reikalavimas originaliems statiniams įteisintas užsienyje (ДБН В.1.2–5:2007, МРДС 02–08:2008).
7. Statybos objekto laikančiųjų konstrukcijų alternatyviems diskretiniams modeliams sudaryti reikia stengtis išnaudoti tam tikros inžinerinės situacijos ypatybes, atsižvelgiant į taikomos programinės įrangos prašumus bei trūkumus, į statinio svarbą, taip pat į projektą rengiančio inžinerijos personalo kvalifikaciją.

Padėkos žodis

Autoriai dėkingi Druskininkų savivaldybės administracijai ir generaliniam projektuotojui UAB „Urban.lt“ už suteiktą galimybę supažindinti Lietuvos ir užsienio inžinierius su originaliais tyrimais, vykusiais 2009 m., rengiant slidinėjimo trasų techninį projektą.

Literatūra

- Ashford, S. A. 2005. *Effect of Pile Diameter on the Modulus of Sub-grade Reaction*. Research Report No.SSRP-2001/22 of Univ. California. 316 p.
- Atkočiūnas, J.; Merkevičiūtė, D.; Venskū, A. 2008. Optimal shakedown design of bar systems: strength, stiffness and stability constraints, *Computers & Structures* 86: 1757–1768. ISSN 0045-7949.
- Buš, J. 2010a. *GGU–Gabion User Manual (v3). Analysis of Retaining Structures Manufactured Using Concrete Elements, Stacked Blocks and Gabions*. Steinfeld: Civilserve GmbH. 105 p.
- Buš, J. 2010b. *GGU–Retain User Manual (v5). Analysis and design of Sheet Pile Walls, Soldier Pile Walls and In-situ Concrete Walls to EAB*. Steinfeld: Civilserve GmbH. 129 p.
- DIN 4085. *Analysis of Earth–pressure. Basic Principles for Calculation*. Germany, 2007.
- Jankovski, V.; Atkočiūnas, J. 2008. MATLAB implementation in direct probability design of optimal steel trusses, *Mechanika* 6(74): 30–37. ISSN 1392-1207.

- Kalanta, S.; Atkočiūnas, J.; Venskū, A. 2009. Discrete optimization problems of the steel structures, *Engineering Structures* 31(6): 1298–1304. ISSN 0141-0296.
- LST EN 1990. *Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai* [Basis of Structural Design]. Vilnius, 2004.
- LST EN 1991. *Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms* [Actions on Structures]. Vilnius, 2005.
- LST EN 1992. *Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas* [Design of Concrete Structures]. Vilnius, 2008.
- LST EN 1993. *Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas* [Design of Steel Structures]. Vilnius, 2009.
- LST EN 1997. *Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas* [Geotechnical Design]. Vilnius, 2007.
- Rasiulis, K.; Samofalov, M.; Šapalas, A. 2006. Stress and strain state investigation of soft defects on thin steel plate using experimental and numerical methods, *Mechanika* 3(59): 19–27. ISSN 1392-1207.
- Reese, L. C.; Van Impe, W. F. 2001. *Single Piles and Pile Groups under Lateral Loading*. Rotterdam: A. A. Balkema. 463 p. ISBN 90-5809-340-9.
- Samofalov, M.; Papinigis, V. 2010. Quality problems of Lithuanian civil engineering design documentation, in *Proc. 10th Int. Conf. MBMST2010*. Vilnius: Technika, Vol 2: 768–777. ISBN 978-9955-28-594-6.
- Samofalov, M.; Pavlovsky, R. N.; Popov, V.; Lebedich, I. N. 2008. Experimental aerodynamic investigation of shape properties of National stadium in Vilnius, in *Proc. 13th Int. Conf. Mechanika*. Kaunas: Technologija, 456–461. ISSN 1822-2951.
- Samofalov, M.; Popov, V.; Kriksunov, E. Z.; Perelmuter, A. V. 2007. Numerical modelling of a long storage facility foundation plate under seismic actions, in *Proc. 9th Int. Conf. MBMST2007*. Vilnius: Technika, Vol 3: 763–772. ISBN 978-9955-28-131-3.
- Slidinėjimo trasos su dirbtine sniego danga Druskininkuose. Priešprojektinių tyrimų ataskaita: polių vertikalųjų ir horizontaliųjų bandymų programa ir techninės specifikacijos, bandymų protokolai* [Ski Slops Covered With Snow Pavement in Druskininkai, Lithuania. Preliminary Investigation Report: Sequence of Vertical and Horizontal Testing of Poles, Technical Specifications, Test Results]. 2009. Vilnius: Vilniaus Rentinys. 142 p.
- Slidinėjimo trasos su dirbtine sniego danga Druskininkuose. Priešprojektinių tyrimų ataskaita: žvalgybiniai inžineriniai geologiniai tyrimai* [Ski Slops Covered With Snow Pavement in Druskininkai, Lithuania. Preliminary Investigation Report: Preliminary Engineering Geological Investigations]. 2008. Vilnius: Inžineriniai tyrinėjimai. 55 p.
- Slidinėjimo trasos su dirbtine sniego danga Druskininkuose. Priešprojektinių tyrimų ataskaita: papildomi inžineriniai geologiniai (geotechniniai) tyrimai* [Ski Slops Covered With Snow Pavement in Druskininkai, Lithuania. Preliminary Investigation Report: Additional Engineering Geological (Geotechnical) Investigations]. 2009. Vilnius: Grepa. 23 p.
- Slidinėjimo trasos su dirbtine sniego danga Druskininkuose. Techninio projekto architektūrinė dalis* [Ski Slops Covered With Snow Pavement in Druskininkai, Lithuania. Basic Design. Architectural Chapter]. 2009. Vilnius: Urban.lt. 79 p.
- Slidinėjimo trasos su dirbtine sniego danga Druskininkuose. Techninio projekto konstrukcijų dalis: pamatų inžineriniai skaičiavimai* [Ski Slops Covered With Snow Pavement in Druskininkai, Lithuania. Basic Design: Structural Chapter:

- Engineering Calculations of Foundation]. 2009. Vilnius: Vilniaus Rentinys. 327 p.
- STR 2.05.03. *Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai*. [Basis of Structural Design]. Vilnius, 2003.
- STR 2.05.04. *Poveikiai ir apkrovos* [Actions and Loads]. Vilnius, 2005.
- STR 2.05.05. *Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas* [Design of Concrete and Reinforced Concrete Structures]. Vilnius, 2009.
- STR 2.05.08. *Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos* [Design of Steel Structures. General Rules]. Vilnius, 2007.
- Tumosa, K. 2006. Tests of bored piles with static load, in *Proc. 17th Int. Conf. EYGEC*. Zagreb: Velika Gorica, 411–416. ISBN 953-95486-0-8.
- Tumosa, K.; Stragys, V. 2008. Test results of bored piles, in *Proc. 11th Int. Conf. BSGC*. Gdansk: Misiuro, 99–105. ISBN 978-83-602610-7-1.
- Vesic, A. S. 1961. Beam on elastic subgrade and the Winkler hypothesis, in *Proc. 5th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engrg.* Paris, vol. 1: 845-850.
- Wu, C.; Hamada, M. 2000. *Experiments: Planning, Analysis, and Parameter Design Optimization*. USA: John Wiley & Sons. 625 p. ISBN 0-471-25511-4.
- ДБН В.1.2-5:2007. *Науково-технічний супровід будівельних об'єктів* [Scientific-Technical Support for Civil Engineering Buildings]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 16 с.
- Клепиков, С. Н. 1996. *Расчёт сооружений на деформированном основании* [Klepikov, S. N. Calculation of Facilities on Deformable Foundation]. Киев: НИИСК. 204 с. ISBN 5-87534-161-0.
- МРДС 02-08. *Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных* [Handbook of Scientific-Technical Support and Monitoring of Buildings and Facilities Including Big-span, Big-height and Unique Buildings]. Москва: Госстрой, 2008.
- Перельмутер, А. В.; Сливкер, В. И. 2007. *Расчётные модели сооружений и возможность их анализа. 3-е изд.* [Perelmuter, A. V.; Slivker, V. I. Design Models of Constructions and Possibility for their Analysis. 3rd ed.]. Москва: ДМК Пресс. 595 с.
- Пермяков, В. А.; Перельмутер, А. В.; Юрченко, В. В. 2008. *Оптимальное проектирование стальных стержневых конструкций* [Permiakov, V. A.; Perelmuter, A. V.; Jurchenko, V. V. Optimal Design of Steel Bar Structures]. Киев: Сталь. 538 с. ISBN 978-966-1555-04-3.
- Сливкер, В. И. 2005. *Строительная механика. Вариационные основы* [Slivker, V. I. Structural Mechanics. Variation Principles]. Москва: АСВ. 736 с. ISBN 5-93093-364-2.
- Феодосьев, В. И. 1970. *Сопrotивление материалов. 5-е изд.* [Feodosjev, V. I. Strength of Materials. 5th ed.]. Москва: Наука. 544 с.

INVESTIGATION INTO THE STRESS/STRAIN STATE OF A BIG BAY FRAME CONSIDERING SUPPORT SETTLEMENT

M. Samofalov, M. Janovič, K. Tumosa

Abstract. A calculation model of a building is only a simulation of the individual properties of the construction. Such a model is expressed by many factors, the most important of which are experience and knowledge of a designer. In difference to a traditional “single-stage” solution, an effective numerical analysis of a complicated situation can be presented comparing a few different variants. Such situation is specific for high-technology industrial facilities or entertainment buildings. A typical simulation sequence cannot be used for original buildings with principally different properties because investigation should take into account features of the construction. A general solution should analyze the already existing technical possibility and an individual situation considering the qualification of engineering staff. The paper presents investigation into a transversal frame of an indoor slope of the complex facility “Ski Slopes Covered With Snow Pavement in Druskininkai, Lithuania” carried out in 2009. According to the current Eurocodes and Lithuanian design codes, the service life of the facility is 100 years and a class of responsibility is RC3. The frame has a bay of 51,5 m, columns with foundations and a truss are rigidly jointed, the middle height of the frame (depending on the angle of the slope along facility) is about 1/3 of the bay. The stiffness of all structural members is specified. For frame actions and structural design, valid design codes are used. In geomorphologic meaning, the building site is placed near (about 100 m) the river Nemunas where real difference in the altitudes of the ground initial surface makes about 40 m. On the basis of the analyzed situation in the site, a decision on making a foundation with a pile cap on displacement piles has been accepted. Each pile consists of two parts: the upper part is of 600 mm diameter and 2 m length, whereas the last one has a diameter of 380 mm. After pile mounting, the steel shell of the pipe is pulled out. For an analytical analysis of a single pile, the Vesic formula is applied. Under conditions that two piles of the building site have been tested by means of vertical load action, two pairs of piles have followed the horizontal one. Vertical 1044 kN and horizontal 120 kN test loadings have been divided into 6 equal stages. Two asymmetrical foundations of the transversal frame are designed differently and make 8 piles in axis “A” and 6 piles - in “E”. Three variants of the pile calculation model are considered: node support, one finite element (an upper part of the pile) on the elastic spring in the vertical direction at the bottom edge and a pile divided into two parts on the vertical elastic spring at the bottom edge and along it (a horizontal subgrade factor). Within a course of investigation, the pile cap is modelled applying shell finite elements while the piles - employing beam

ones. The final decision about frame stress/strain state can be made on the basis of analyzing the general calculation model “over–ground frame/foundation/ground”. Thus, three new models, including 5, 6 and 7 present foundations are jointed by the over–ground frame. In these cases, the columns with the truss are subjected not only to static loads but also to kinematic actions, i. e. foundation settlements, rotations and lateral displacements. A comparison of the results of seven separate calculation models shows that support parts of the columns are loaded low in case of elastic subgrade on the piles; bending the pile cap is the same; the distribution of internal forces between foundations in case of piles is more “soft”. Conclusions and recommendations are provided.

Keywords: settlements, pile foundations, natural tests.

Michail SAMOFALOV. Assoc. Prof. at the Department of the Strength of Materials, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Lithuania. BSc., MSc. and Ph.D. at VGTU. A certificated Structural Design Manager and an expert of Lithuanian Ministry of Environment. Research interests: structural designing of original buildings, numerical modelling, non–linear analysis of structures, management and examination of design solution.

Miroslav JANOVIČ. Structural design engineer for JSC “Urban.lt”, Lithuania. B.Sc., M.Sc. and Ph.D. student at Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania. Research interests: structural designing of foundations, underground construction analysis using the finite element method, foundation settlement design problem.

Kęstutis TUMOSA. Structural design engineer, the head of Design Department for JSC “Vilniaus Rentinys”, Lithuania. B.Sc. at Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania. A certificated Structural Design Manager and an expert of Lithuanian Ministry of Environment. Research interests: foundation on piles, retaining walls, constructions with anchors, natural tests of structures on sites, underground metro, tunnels.