

Civil engineering Statybos inžinerija

PLIENINIŲ TINKLINIŲ ARKINIŲ PĖSČIŪJŲ TILTŲ TINKLELIO LYGINAMOJI ANALIZĖ

Sigutė ŽILĖNAITĖ *

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

Gauta 2018 m. birželio 11 d.; priimta 2018 m. lapkričio 5 d.

Santrauka. Tinkliniai arkiniai tiltai – tai XX a. viduryje atsiradusi nauja konstrukcinė tilto forma, apibūdinama mažiausiai dviem eilėmis pasvirusių pakabų, prasilenkiančių viena su kita. Dėl kryžminio pakabų tinklelio arkoje ir standumo sijoje pasireiškia apie 10 kartų mažesni lenkimo momentai nei tradiciniame arkiniame tilte su vertikaliomis pakabomis. Taip pat dėl pasvirusių pakabų tokių tiltų arkos skaičiuojamasis ilgis yra mažesnis nei tradicinių. Pažymėtina, kad tinklelio racionalaus kampo bei kitų komponuojamųjų parametru paieškos spektras daugelyje tyrimų apima tik automobilių ar geležinkelio eismo paskirties tinklinius arkinius tiltus. Šiame straipsnyje pateikta plieninių tinklinių arkinių pėsčiųjų tiltų elgsenos analizė ir pakabų tinklo geometrinių parametru paieška.

Reikšminiai žodžiai: pėsčiųjų plieninis tiltas, tinklinė arka, skaitinė elgsenos analizė, komponuojamieji parametrai.

Įvadas

Tinklinė arka – tai XX a. viduryje sukurta nauja arkinių tiltų konstrukcinė forma, charakterizuojama mažiausiai dviem eilėmis prasilenkiančių pakabų. Tinklinių arkinių tiltų užuomazgos atkeliavo iš XIX a. antrosios pusės. 1877–78 m. pastatytas pirmasis santvarinis geležinkelio tiltas per Old Elbe upę Riezos mieste (Vokietija), kurio pakabas sudarė vienas kito atžvilgiu sukryžiuoti spragoti strypai, perimantys tempimo ir gniuždymo jėgas (Teich, 2005). Tinklinių arkinių tiltų kūrimo atspirties taškas buvo apie 70 tiltų, pastatytų tarp Pirmojo ir Antrojo pasaulinių karų Švedijoje danų inžinieriaus Oktavijaus F. Nielsen'o vardu. Tokie arkiniai tiltai buvo užpatentuoti 1926 m. Tam, kad būtų išvengta didelių lenkimo momentų, norvegų kilmės Dr. P. Tveit'as pasiūlė, kad kai kurios pakabos turėtų prasilenkti viena su kita daug kartų. 1955 m. buvo imta naudoti nauja arkinių tiltų konstrukcinė forma (Graße et al., 2004; Tveit, 1999).

Išskiriamos keturios (kai kuriuose literatūros šaltiniuose (Teich, 2011) penkios) geometrines tinklelio schemas (Brunn ir Schanack, 2003, 2009; Brunn, Schanack ir Steimann, 2004; Teich, 2011). Viena iš schemų vadinama pastovaus kampo – kai pakabų posvyrio kampas į standumo siją yra pastovus. Tai labiausiai praktikuojamas tinklelio geometrinių variantas ir labiausiai paplitęs Japonijos Niel-

sen-Lohse arba Fehmarn tiltuose. Antroji schema – tolygiai didėjantis pakabų posvyrio kampas išilgai standumo sijos. Komponuojant arka sąlygiškai dalinama į lygias dalis, o kiekvienos pakabos kampas lygus prieš ją esančios pakabos posvyrio kampo ir kampo prieaugio $\Delta\alpha$ sumai. Išskiriami du tokio tinklelio pogrupiai: kampo prieaugis teigiamas (posvyrio kampas didėja iš kairės į dešinę) ir kampo prieaugis – neigiamas (posvyrio kampas mažėja iš kairės į dešinę). Trečioji savarankiška tinklelio schema, kai atstumas tarp pakabų, kertančių standumo siją, yra pastovus. Tinklelio geometriją apibrėžia du kintamieji: mažojo ir didžiojo elipsės pusašių santykis. Šios schemas trūkumas – sudėtingas tinklelio formavimo matematinis modelis. Ketvirtoji schema – apskritiminių modelis. Šio tinklelio geometrinių variantas buvo pasiūlytas Brunno'o ir Schanack'o (2003). Arkos apybrėža rekomenduojama apskritiminė. Tai lemia spartesnę ir paprastesnę gamybą. Taip pat tokia arkos apybrėža užtikrina ašinių jėgų pastovumą arkos viduryje. Ir toliau intensyviai kuriamos naujos tinklelio formos, siekiant dar labiau sumažinti lenkimo momentus arkoje bei standumo sijoje (Ostrycharczyk ir Kjell Arne Malo, 2017). Pakabų ašis turi kirsti vienodu atstumu arkos ašį. Racionalių visų įvardintų tinklelio schemų geometrinių parametru suvestinę galima rasti Teich'o tezėse (Teich, 2011).

*Autorius susirašinėti. El. paštas zilenaitė@gmail.com

Vienas pagrindinių tinklinių arkinių tiltų privalumų – tai apie 10–14 kartų mažesni lenkimo momentai arkoje ir apie 5 kartus standumo sijoje, palyginti su tradiciniais arkinais tiltais (Larssen ir Jacobsen, 2011). Dėl mažų lenkimo momentų, tinklinių arkinių tiltų bendroji masė apie 2 kartus mažesnė už arkinių tiltų su vertikaliomis pakabomis (Smith, 2013; Tveit, 1999, 2010).

Būtina paminėti, kad tinklelio racionalaus kampo bei kitų komponuojamųjų parametrų ir įtempių deformacijų būsenos paieškos spektras apima tik automobilių, geležinkelio ar mišraus eismo tinklinius arkinius tiltus. Būtina pastebėti, kad apie pakabų išankstinio įtempimo poreikį nėra minima nei viename literatūros šaltinyje.

Šiame straipsnyje atlikta plieninių tinklinių arkinių pėsčiųjų tiltų elgsenos bei geometrinių parametrų analizė ir nustatyti racionalūs komponuojamieji parametrai, esant apskritiminių pakabų išdėstymui.

1. Tinklinių arkinių tiltų geometrija

Tinklinių arkinių tiltų pakabų geometrija modeliuojama pagal Brunn'o ir Schanack'o (2003, 2009) rekomendacijas: arkų apybrėžos forma – apskritiminė, o pakabos, kertančios arką, pastoviu kampu α dalija ją į lygias dalis.

Modeliuojamos septynios tinklinės arkos ir parenkami originalūs pakabų susikirtimo kampai α , kurie yra lygūs 3° ; 9° ; 14° ; 23° ; 28° ; $36,5^\circ$; 41° (1 paveikslas, a–g). Kampai parenkami taip, kad kiekvienu konstrukciniu variantu pakabų prasilenkimas intensyvėtų. Aštuntasis arkos variantas yra standartinis su vertikaliomis pakabomis, išbrėžtomis ties tinklinių arkų pakabų ir arkos ašių susikirtimo taškais.

Nagrinėjamų arkinių tiltų tarpatramio ilgis – 60 m, pakylės aukštis – 9 m, arkos spindulys – 54,5 m. Iš viso 26 pakabos, kurių skerspjūvio plotas lygus $415,48 \text{ mm}^2$. Arka ir standumo sija formuojamos iš IPE profiliuotųjų, kurių standumo santykis lygus 1,44/ 1. Būtina pažymėti, kad arka su standumo sija jungiama lanksčiai.

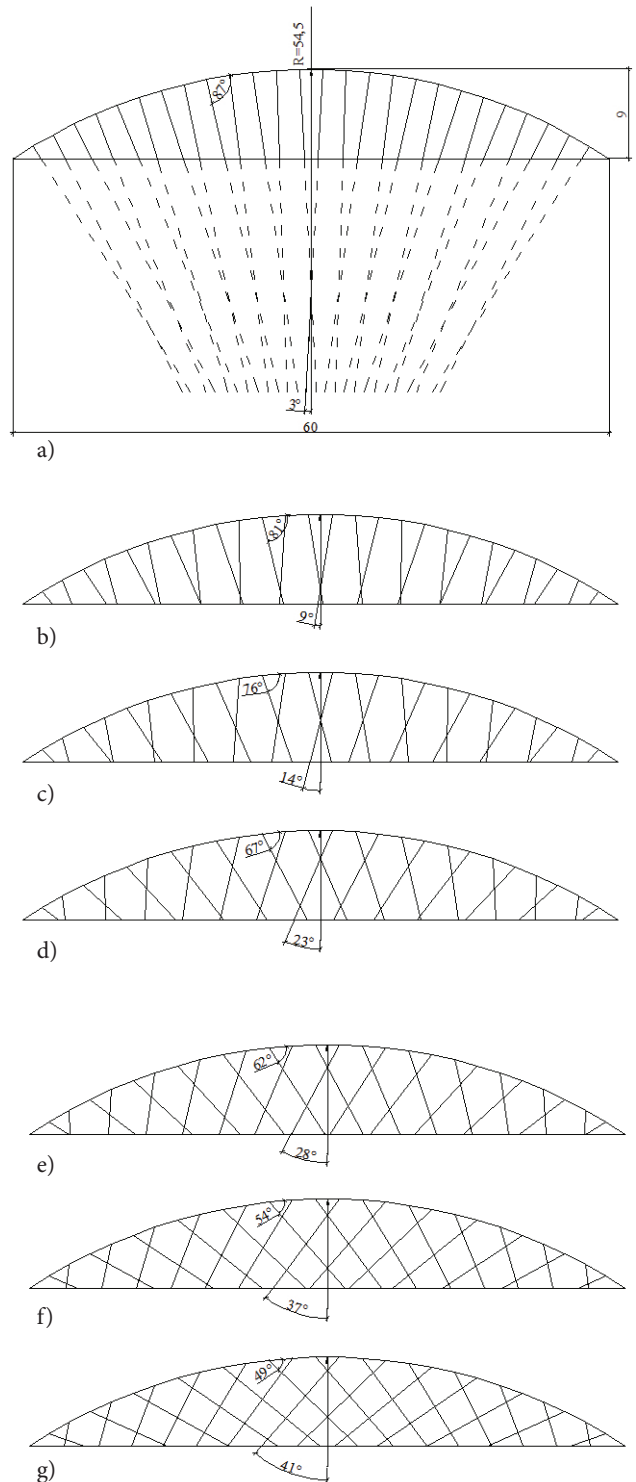
Konstrukcijos apkraunamos simetrinėmis ir asimetrinėmis apkrovomis. Atitinkamai asimetrinis apkrovimas charakterizuojamas kintamosios ir nuolatinės apkrovų santykiu γ . Šio santykio įtaka geležinkelio tilto konstrukcijos elgsenai buvo nagrinėjama ir Brunn'o bei Schanack'o (2003), Tveit'o (2001) darbuose.

Išreiškus kintamąją apkrovą v per santykį γ , skėtimo jėgą esant asimetriniam apkrovimui galima užrašyti apytikre išraiška, kuri tinka tik arkoms su vertikaliomis pakabomis:

$$H = \frac{g \cdot (1 + 0,5\gamma) \cdot L^2}{8f}, \quad (1)$$

čia g – nuolatinė apkrova, v – kintamoji apkrova, L – tarpatramio ilgis, f – pakylės aukštis.

Pasirinkus santykio γ skaitines reikšmes, apskaičiuojamos nuolatinės ir kintamųjų apkrovų reikšmės, kurios atitinkamai lygios: kai $\gamma = 0,5$, $g = 24 \text{ kN/m}$, $v = 12 \text{ kN/m}$; kai $\gamma = 1$, $g = 20 \text{ kN/m}$, $v = 20 \text{ kN/m}$; kai $\gamma = 2$, $g = 15 \text{ kN/m}$, $v = 30 \text{ kN/m}$.



1 paveikslas. Arkinių tiltų konstrukcinės schemas: $\alpha = 3^\circ$ (a); $\alpha = 9^\circ$ (b); $\alpha = 14^\circ$ (c); $\alpha = 23^\circ$ (d); $\alpha = 28^\circ$ (e); $\alpha = 36,5^\circ$ (f); $\alpha = 41^\circ$ (g)

Figure 1. Schemes of arch bridges: $\alpha = 3^\circ$ (a); $\alpha = 9^\circ$ (b); $\alpha = 14^\circ$ (c); $\alpha = 23^\circ$ (d); $\alpha = 28^\circ$ (e); $\alpha = 36,5^\circ$ (f); $\alpha = 41^\circ$ (g)

Skaitinė analizė atliekama taikant *Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2012* programą 2D aplinkoje.

2. Gniuždomųjų pakabų analizė

Kai tiltas apkraunamas asimetrine apkrova, gniuždomųjų pakabų atsiradimą lemia pakabų posvyrio kampas, kintamosios ir nuolatinės apkrovų santykis (Tveit, 2001). Atsiradus bent vienai gniuždomai pakabai, išauga lenkimo momentai arkoje ir standumo sijoje bei vertikalūs poslinkis (Smit, 2013; Steimann, 2002; Teich, 2005; Tveit, 2001). Siekiant išvengti gniuždomųjų pakabų, galimi keli sprendimo variantai: įtempinėti gniuždomas pavienes pakabas, keisti tinklelio geometriją arba atsisakyti apskritimine linke išdėstytų pakabų.

Šioje analizės dalyje nenagrinėjama tradicinė arka su vertikaliomis pakabomis, nes pakabos yra tempiamos, esant bet kokiam apkrovimo variantui.

1 lentelėje nurodytas gniuždomųjų pakabų skaičius priklausomai nuo santykio γ ir kampo α . O 2 paveiksle – paryškintos gniuždomosios pakabos, kai kintamosios ir nuolatinės apkrovų santykis $\gamma = 1$.

Veikiant asimetrinei apkrovai, akivaizdi beveik tiesinė priklausomybė tarp santykio γ ir pakabų susikirtimo kampo α . Didėjant kintamosios ir nuolatinės apkrovų santykiui, proporcingai didėja ir gniuždomųjų pakabų skaičius tinklelyje: kai $\alpha = 3^\circ$ ir $\alpha = 9^\circ$, gniuždomųjų pakabų skaičiaus prieaugis lygus vienetui; kai $\alpha = 14^\circ$, prieaugis lygus dvejetui; kai $\alpha = 23^\circ$, gniuždomųjų pakabų skaičiaus prieaugis daugiau nei 2 kartus didesnis. Bendruoju atveju, didėjant kampui, didėja ir prieaugis.

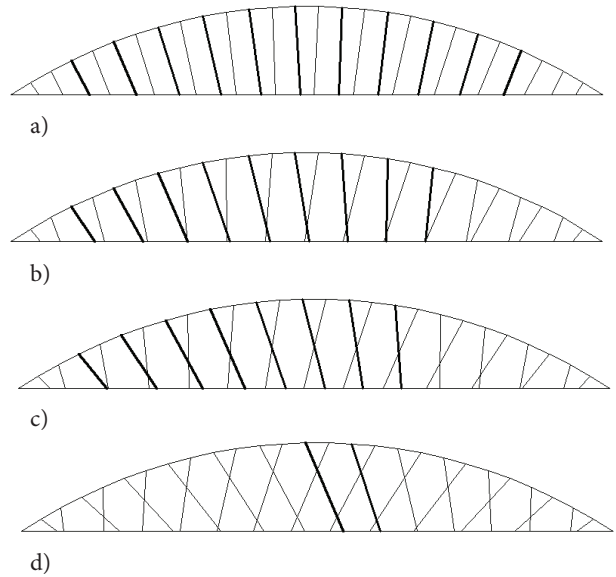
Svarbu pažymėti, kad didėjant pakabų „susikirtimo“ kampui, proporcingai didėja ir tinklelių sudarančių pakabų ilgai, o gniuždomųjų pakabų skaičius tinklelyje mažėja. Priklausomai nuo pakloto konstrukcijos, keičiasi ir racionali tinklelio geometrija. Esant sunkiam tilto paklotui ($\gamma = 0,5$), nuo 23° nėra gniuždomųjų pakabų. Kai paklotas vidutinio sunkumo ($\gamma = 1$), visos pakabos tempiamos, esant kampui $\alpha = 28^\circ$.

3 paveiksle pateikta kintamųjų dydžių γ ir α priklausomybė.

1 lentelė. Gniuždomųjų pakabų suvestinė, veikiant simetriniam ir asimetriniam apkrovimui

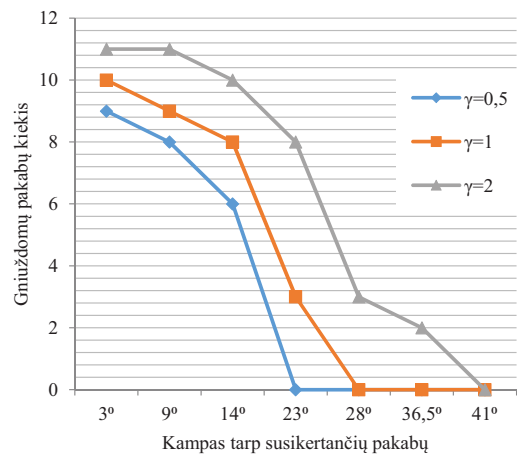
Table 1. Summary table of the compressed hangers under symmetrical and asymmetric loads

γ	Simetrinis		Asimetrinis		
			0,5	1	2
3°	4		9	10	11
9°	0		8	9	11
14°	0		6	8	10
23°	0		0	3	8
28°	0		0	0	3
$36,5^\circ$	0		0	0	2
41°	0		0	0	0



2 paveikslas. Gniuždomųjų pakabų skaičius tinkliniuose arkiniuose tiltuose, kai apkrovų santykis $\gamma = 1$: $\alpha = 3^\circ$ (a); $\alpha = 9^\circ$ (b); $\alpha = 14^\circ$ (c); $\alpha = 23^\circ$ (d)

Figure 2. Compressive hangers in the network arch bridges, when loads ratio is $\gamma = 1$: $\alpha = 3^\circ$ (a); $\alpha = 9^\circ$ (b); $\alpha = 14^\circ$ (c); $\alpha = 23^\circ$ (d)



3 paveikslas. Gniuždomųjų pakabų skaičiaus tinklelyje priklausomybė nuo dydžių γ ir α

Figure 3. Compressive hangers in the network arch bridges, when loads ratio is $\gamma = 1$: $\alpha = 3^\circ$ (a); $\alpha = 9^\circ$ (b); $\alpha = 14^\circ$ (c); $\alpha = 23^\circ$ (d)

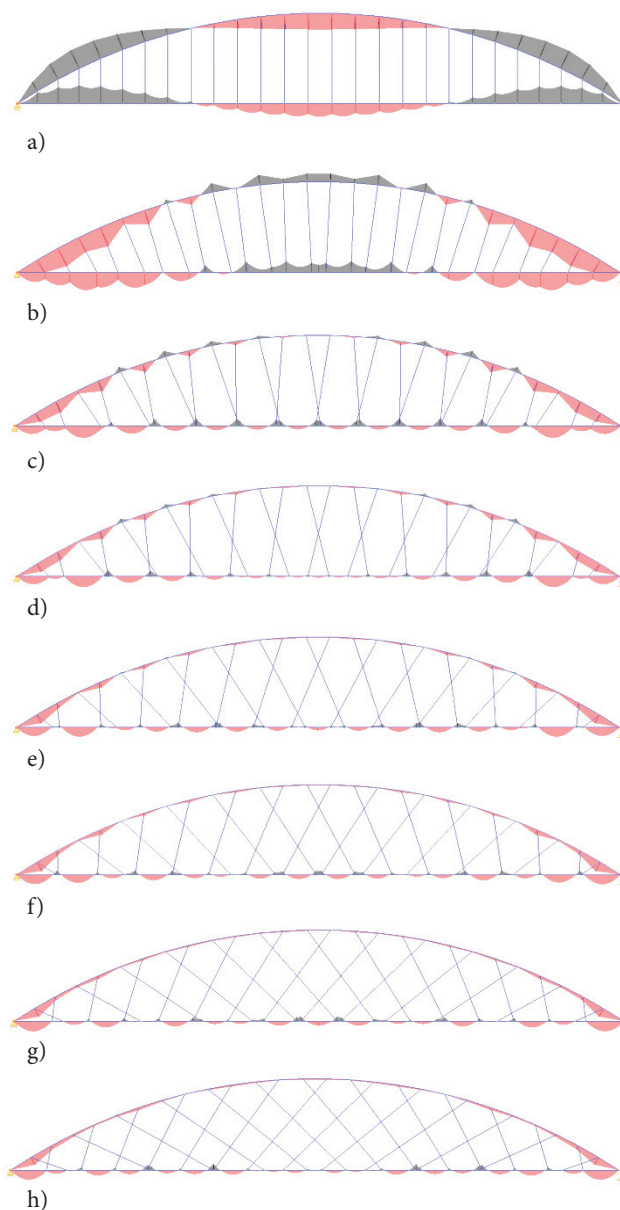
3. Tinklinių arkinių tiltų tinklelio poveikis konstrukcijos elgsenai

Nagrinėjama įtempčių būsena standumo sijoje ir arkoje anksčiau aprašytuose aštuoniuose konstrukciniuose variantuose.

4 paveiksle pateikta, kaip kinta lenkimo momentai arkoje ir standumo sijoje, kintant pakabų kampui α ($\gamma = 1$). Kai kampas lygus 3° , lenkimo momentų pasiskirstymas

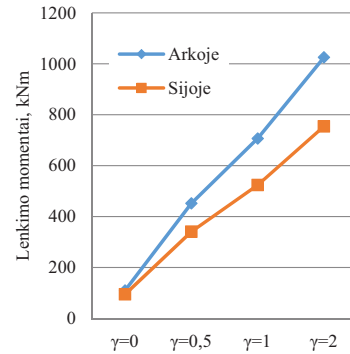
tinklinėje arkoje artimas arkai su vertikaliomis pakabomis (4 (a) paveiksle). Didėjant kampui, lenkimo momentai labiausiai gęsta arkos viduryje, kol skirtumas tampa nykštami mažas, o didžiausi momentai išlieka pirmuose ketvirčiuose.

Ašinių jėgų didžiausių reikšmių prieaugis standumo sijoje lygus apie 0,4 %, o arkoje 4 %. Iš 5, 6 ir 7 paveikslų matyti, kad lenkimo momentų reikšmės tradicinėje arkoje, palyginti su tinklinėmis, gali skirtis nuo 3 iki 23 kartų, o standumo sijoje apie 10 kartų, priklausomai nuo tinklelio geometrinių parametrų bei kintamosios ir nuolatinės apkrovų santykio γ . Ašinės jėgos tradicinių arkinių tiltų standumo sijoje yra mažesnės. Tinklinių arkinių tiltų pranašumas yra tas, kad dėl pasvirusių pakabų apkrovos



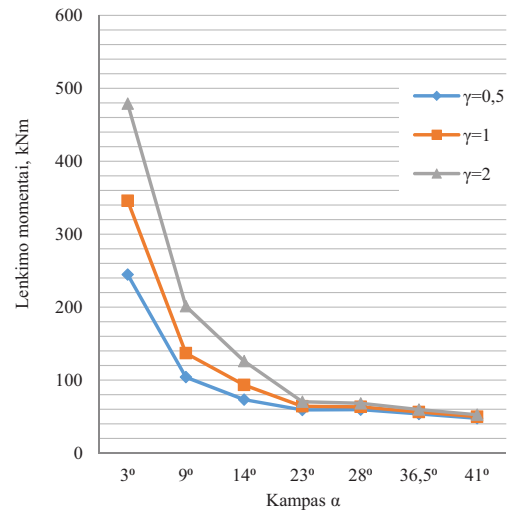
4 paveikslas. Lenkimo momentai arkoje su vertikaliomis pakabomis (a) ir tinkliniame arkiniame tilte (b–h)

Figure 4. Graphical representation of the bending moments in the arch with vertical hangers (a) and the network arch bridge (b-h)



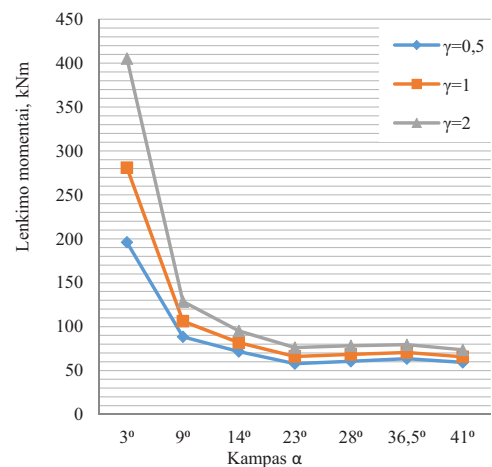
5 paveikslas. Lenkimo momentai arkoje su vertikaliomis pakabomis

Figure 5. Bending moments in the arch with vertical hangers



6 paveikslas. Lenkimo momentai arkoje (tinkliniame arkiniame tilte)

Figure 6. Bending moments in the arch (of the network arch bridge)



7 paveikslas. Lenkimo momentai standumo sijoje (tinkliniame arkiniame tilte)

Figure 7. Bending moments in the girder (of the network arch bridge)

dedamoji, perduodama per tinklę arkai, yra mažesnė nei apkrova, kurią perduoda vertikali pakaba.

Įtempiai arkoje ir standumo sijoje tiesiogiai priklauso nuo kampo α . Didėjant pakabų posvyrio kampui, mažėja lenkimo momentai, o ašinės jėgos didėja. Kai $\alpha = 3^\circ$ ir $\alpha = 9^\circ$, lenkimo momentai arkoje mažėja iki 58 %, o standumo sijoje iki 68 %; kai $\alpha = 36,5^\circ$ ir $\alpha = 41^\circ$, lenkimo momentai arkoje mažėja iki 11,7 %, o standumo sijoje iki 7 %.

2 lentelėje pateiktos ašinės jėgos arkoje ir standumo sijoje tinkliniame arkiniam tilte nuo simetrinio ir asimetrinio apkrovimų. Didėjant pakabų posvyrio kampui, nepriklausomai nuo santykio γ , ašinių jėgų didžiausios reikšmės standumo sijoje mažėja, o arkoje didėja (iki 2 %). Kai kampas pastovus, o kintamosios ir nuolatinės apkrovų santykis didėja, atitinkamai didėja (iki 10 %) ir ašinių jėgų didžiausios reikšmės. Ašinės jėgos, veikiančios arkoje, yra didesnės už ašinės jėgas tradiciniuose arkinuose tiltuose su vertikaliomis pakabomis: dėl tinklelio dedamųjų arka papildomai apgniuždoma, o standumo sijoje tempimo įtempiai mažėja ir yra mažesni už ašinės jėgas tiltuose su vertikaliomis pakabomis.

Kadangi pakabų skaičius tinklelyje yra pastovus ir dalija tik arką į lygias dalis, o pakabų posvyrio kampas kinta, tinklelis ties kiekvienu konstrukciniu variantu nevienodu atstumu kerta standumo siją. Todėl tam tikrais atvejais lenkimo momentų ir ašinių jėgų didžiausių reikšmių kitimas netiesiogiai proporcingas tinklelio geometriją charakterizuojančiam kampui α . Bendruoju atveju įrašos mažėja tiek arkoje, tiek standumo sijoje.

2 lentelė. Ašinės jėgos arkoje ir standumo sijoje tinkliniame arkiniam tilte

Table 2. Axial forces and bending moments of the network arch bridge

Apkrovimas			Simetrinis	Asimetris		
γ			–	0,5	1	2
Sija	Sija	M, kNm	91	196	281	405
3°	Arka	M, kNm	108	245	346	479
	Sija	M, kNm	62	89	106	129
9°	Arka	M, kNm	62	105	137	201
	Sija	M, kNm	56	72	82	95
14°	Arka	M, kNm	48	73	93	126
	Sija	M, kNm	49	58	66	76
23°	Arka	M, kNm	52	59	64	70
	Sija	M, kNm	50	61	68	78
28°	Arka	M, kNm	54	60	63	68
	Sija	M, kNm	53	64	71	79
36,5°	Arka	M, kNm	50	54	56	60
	Sija	M, kNm	50	59	66	74
41°	Arka	M, kNm	44	48	50	53

Išvados

Atlikus skaitinę analizę nustatyta, kad gniuždomųjų pakabų skaičius tinklelyje priklauso nuo pakabų posvyrio kampo α bei kintamosios ir nuolatinės apkrovų santykio γ . Didėjant pakabų susikirtimo kampo α reikšmei ir atitinkamai pakabų geometriniam ilgiui, mažėja tinklę sudarančių gniuždomųjų pakabų skaičius.

Didėjant kintamosios ir nuolatinės apkrovų santykiui γ , gniuždomųjų pakabų skaičius atitinkamai didėja. Taip pat nustatyta tiesinė gniuždomųjų pakabų skaičiaus ir santykio γ priklausomybė.

Skaitinio eksperimento metu nustatyta, kad, esant sunkiam ($\gamma = 0,5$) tilto paklotui, rekomenduojamas kampas $\alpha = 23^\circ$ ir didesnis, vidutinio ($\gamma = 1$) sunkumo – $\alpha = 28^\circ$ ir didesnis, esant lengvam ($\gamma = 2$) tilto paklotui – $\alpha = 41^\circ$ ir didesnis.

Didėjant kampui α tarp susikertančių pakabų, lenkimo momentai arkoje ir standumo sijoje mažėja. Atitinkamai mažėja ir lenkimo momentų, atsirandančių arkoje ir standumo sijoje, reikšmių skirtumas. Kai $\alpha = 3^\circ$ ir $\alpha = 9^\circ$, lenkimo momentai arkoje mažėja iki 58 %, o standumo sijoje iki 68 %; kai $\alpha = 36,5^\circ$ ir $\alpha = 41^\circ$, lenkimo momentai arkoje mažėja iki 11,7 %, o standumo sijoje iki 7 %.

Didėjant pakabų posvyrio kampui, ašinės jėgos arkoje didėja (iki 2 %) ir yra didesnės už ašinės jėgas, veikiančias tiltuose su vertikaliomis pakabomis, nes tinklelio dedamoji į arką papildomai ją apgniuždo. O standumo sijoje atvirkščiai – ašinės jėgos mažėja.

Literatūra

- Brunn, B., & Schanack, F. (2009). Netzgenerierung von Netzwerkbogenbrücken. *Stahlbau*, 78(7), 477-483. <https://doi.org/10.1002/stab.200910062>
- Brunn, B., Schanack, F., & Steimann, U. (2004). Network arches for railway bridges. In P. Roca & C. Molins (Eds.), *Arch bridges IV advances in assessment, structural design and construction* (pp. 1-9). Barcelona: CIMNE.
- Brunn, B., & Schanack, F. (2003, August). *Calculation of a double track railway network arch bridge applying the European standards* (Diploma thesis, pp. 30-55). Technische Universität Dresden, Grimstad. Retrieved from http://www.academia.edu/23023445/Calculation_of_a_double_track_railway_network_arch_bridge_applying_the_European_standards
- Larssen, R. M., & Jakobsen, S. E. (2011). Brandangersundet bridge – a slender and light network arch, taller, longer, lighter, in *IABSE-IASS-2011 London Symposium Report*, 20–23 September 2011, London, United Kingdom.
- Ostrycharczyk, A. W., & Kjell Arne Malo, K. A. (2017). Parametric study of radial hanger patterns for network arch timber bridges with a light deck on transverse crossbeams. *Engineering Structures*, 153(2017), 491-502. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.10.021>
- Smit, T. J. M. (2013, May). *Design and construction of a railway arch bridge with a network hanger arrangement* (MSc Thesis, pp. 32-33; 47-48.). Delft University of Technology, Delft. Retrieved from http://homepage.tudelft.nl/p3r3s/MSc_projects/reportSmit.pdf

- Steimann, U. (2002, September). *Berechnung und Konstruktion einer stählerner Eisenbahn-Stabbogenbrücke mit Netzwerkhangern: Diplomarbeit* (pp. 19-20). Technische Universität, Dresden.
- Teich, S. (2005). Die Netzwerkbogenbrücke, ein überaus effizientes Brückentragwerk – Tragwirkung und Konstruktion. *Stahlbau*, 74(8), 596-605. <https://doi.org/10.1002/stab.200590133>
- Teich, S. (2011). Entwicklung allgemeiner Entwurfsgrundsätze für Hängernetze von Netzwerkbogenbrücken. *Stahlbau*, 80(2), 100-111. <http://doi.org/10.1002/stab.201001395>
- Tveit, P. (1999). Comparison of Steel Weights in Narrow Arch Bridges with Medium Spans. *Stahlbau*, 68(9), 753-757. <https://doi.org/10.1002/stab.199902580>
- Tveit, P. (2001, May). *The Network Arch – An Extended Manuscript from 21 Lectures 12 Countries*. Grimstad, Norway. Retrieved from <https://home.uia.no/pert>
- Tveit, P. (2010, October 11-13). Optimal network arches for road and rail bridge. In *Proceedings of the 6th International Conference on Arch Bridges* (pp. 271-278). Fuzhou, Fujian, China. Retrieved from <https://home.uia.no/pert>

COMPARATIVE NET ANALYSIS OF THE PEDESTRIAN STEEL NETWORK ARCH BRIDGES

S. Žilėnaitė

Abstract

Network arch bridges as a new structural form were invented in the middle of 21st century, describing the row of hangers which intersect each other two or more times. The bending moments in the arch and grinder are approximately ten times smaller due to network hangers arrangement. Additionally, an arch buckling length is smaller comparing with traditional vertical hangers, due to the slope of hangers in the network. However, the search pattern of the net rational angle, other composite parameters, and strain-strain state includes only automotive and rail traffic network arched bridges. This paper presents a geometric analysis of the behaviour of network arch pedestrian steel bridges and geometrical parameters of hangers net.

Keywords: behaviour, geometric parameters, pedestrian bridge, numerical analysis, network arch.