

Kelio ženklų rėminės konstrukcijos stiprumo tyrimas

Strength Analysis of Traffic Sign Frame

Giedrius Gedrimas

Vilniaus universitetas, Šiaulių akademija
E. p. gedrimasgiedrius@gmail.com

Artūras Sabaliauskas

Šiaulių valstybinė kolegija
E. p. a.sabaliauskas@svako.lt

Santrauka. Kelio ženklų atramos konstrukcija turi būti saugi, patikima, atlaikyti apkrovas, kuriomis ji gali būti veikama eksploatacijos laikotarpiu. Šio tipo gaminių stiprumas nustatomas skaičiavimais ir bandymais, kurių reikalavimai aprašyti norminiuose dokumentuose. Prieš gaminant bandomąjį prototipą, naudinga atlikti stiprumo analizę analitiniais ar skaitiniais metodais. Straipsnyje pristatomas atliktas esamos konstrukcijos lengvinimo ir lengvintų konstrukcijų stiprumo tyrimas, taikant kompiuterizuoto projektavimo ir analizės programas. Tyrimas parodė, kad tokio tipo gaminių modelis gali būti lengvinamas, tačiau ne visos konstrukcijos atlaiko apkrovas. Darbas parengtas G. Gedrimo magistrinio darbo pagrindu.

Prasminiai žodžiai: kelio ženklų atrama, stiprumas.

Summary. Traffic sign frame has to be safe, reliable, and withstand the loads to which it can be exposed during exploitation. This type of product strength is determined by the calculations and tests, which are described in the standards. Prior to the production of a prototype, it is useful to perform strength analysis, using analytical or numerical methods. The article presents the analysis of the existing frame lightening and the strength of lightened frames, using computer-aided design and analysis programs. The analysis showed that the model of this type of product can be lightened, but not all frames can withstand the loads.

The paper has been prepared on the basis of G. Gedrimas' Master Thesis.

Keywords: traffic sign frame, strength.

Įvadas

Pirmieji kelio ženklai atsirado senovės Romoje. Tai buvo akmeninės gairės, nurodančios atstumą iki didžiausių miestų, dažniausiai – iki Romos. Pirmieji kelio ženklai, panašūs į dabar naudojamus, atsirado 1870–1880 m. Jie buvo skirti tuo metu išpopuliarėjusiems

Received: 2021-02-04. Accepted: 2021-04-02

Copyright © 2021 Giedrius Gedrimas, Artūras Sabaliauskas. Published by Vilnius University Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution Licence](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

dideliems dviračiams [1]. Dabar ženklai gaminami iš aliumininės skardos, ant kurios specialia technologija padengiamas plastikas arba dažai, kurie gerai atspindi šviesą ir yra matomi esant net ir mažam šviesos šaltiniui. Anksčiau, siekiant, kad ženklai atspindėtų šviesą, buvo naudojami ir specialūs stiklo reflektoriai. Naujausi ženklai gaminami ant elektroninių švieslenčių.

Tyrimui pasirinkta kelio ženklų rėminė konstrukcija, kuri gali būti sudaryta iš įvairaus profilio strypų, suvirintų į atskirus segmentus (elementus). **Konstrukcija skirta laikyti kelio ženklams ir kitiems gaminiam.**

Tyrimo tikslas – išsiaiškinti pirminės konstrukcijos pakeitimą lengvesne, kai stiprumo tyrimas atliekamas taikant skaitinį modeliavimą.

Šiame darbe bandomajam gaminiui projektuoti naudota kompiuterinio projektavimo programa AUTODESK INVENTOR. Skaitinis konstrukcijos stiprumo tyrimas atliktas taikant programą AUTODESK INVENTOR FRAME ANALYSIS ir AUTODESK FLOW DESIGN. Tyrimo metodika sudaryta atsižvelgiant į reikalavimus, aprašytus reglamentuose [2–8].

Straipsnis parengtas G. Gedrimo magistrinio darbo pagrindu [9].

Kelio ženklų atramos skaitinio modelio sudarymas

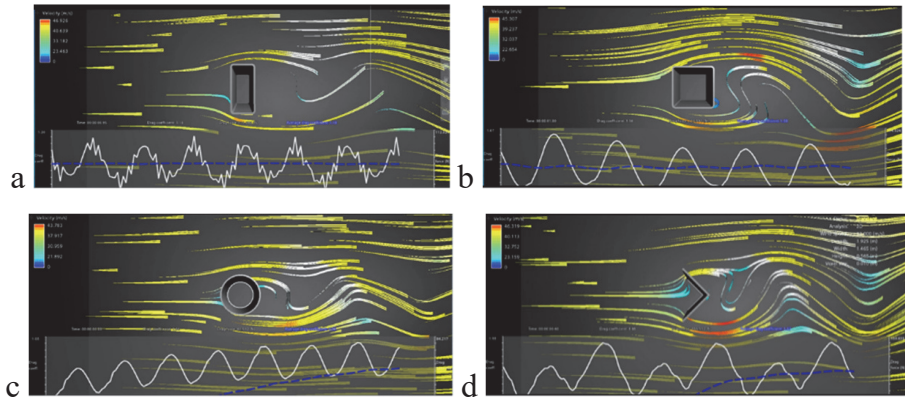
Profilis konstrukcijai parenkamas pagal vėjo apkrovą profilio išorinei sienelei ir atsižvelgiama į konstrukcijos standumo reikalavimus. Profilis patikrinamas virtualaus vėjo tunelio programa AUTODESK FLOW DESIGN. Tyrimui naudoti profiliai parinkti taip, kad jų projekcijos plotas statmenai vėjo veikimo jėgai būtų lygus $0,055 \text{ m}^2$. Taip pat tyrimui naudoti plieniniai (S235) [8] vamzdžių profiliai:

- stačiakampio skerspjūvio $110 \times 55 \text{ mm}$;
- kvadratinio skerspjūvio $110 \times 110 \text{ mm}$;
- apvalaus skerspjūvio $\text{Ø}110 \text{ mm}$;
- kampuočių $78 \times 78 \text{ mm}$.

Virtualaus vėjo tunelyje pasirinktas Lietuvoje maksimalus vėjo greitis, kuris yra lygus 32 m/s [2], tinkamiausias profilis parinktas atsižvelgiant į vėjo pasipriešinimo koeficientą (angl. *drag coefficient*). Strypų skaičiavimo rezultatai pateikti 1 paveiksle ir 1 lentelėje.

Atlikus virtualaus vėjo tunelio bandymus gauta, kad iš tirtų profilių apvalaus profilio vėjo pasipriešinimo koeficientas yra mažiausias (lygus 1,02), todėl rėminėse konstrukcijose naudotini apvalių profilių vamzdžiai.

Pirminės kelio ženklų atramos konstrukcijos vaizdas pateiktas 2 paveiksle. Santvara sudaryta iš metalinio stačiakampio profilio kolonos, kurios aukštis – $7\,000 \text{ mm}$. Kolonos profilio aukštis kinta nuo 450 mm iki 650 mm , plotis – 300 mm , sienutės storis – 5 mm . Viršutinė ir apatinė juostos yra iš stačiakampio profilio, kurio aukštis – 250 mm , plotis – 450 mm , sienelės storis – 5 mm . Vertikalūs santvaros elementai – iš stačiakampio profilio, kurio aukštis – 250 mm , plotis – 350 mm , sienutės storis – 5 mm .



1 pav. Tiriamo profilio vėjo pasipriešinimo koeficiento nustatymas: a – stačiakampiui profiliui; b – kvadratiniam profiliui; c – apvaliam profiliui; d – lygiašonio kampuočio profiliui

1 lentelė. Vėjo tunelio rezultatų suvestinė

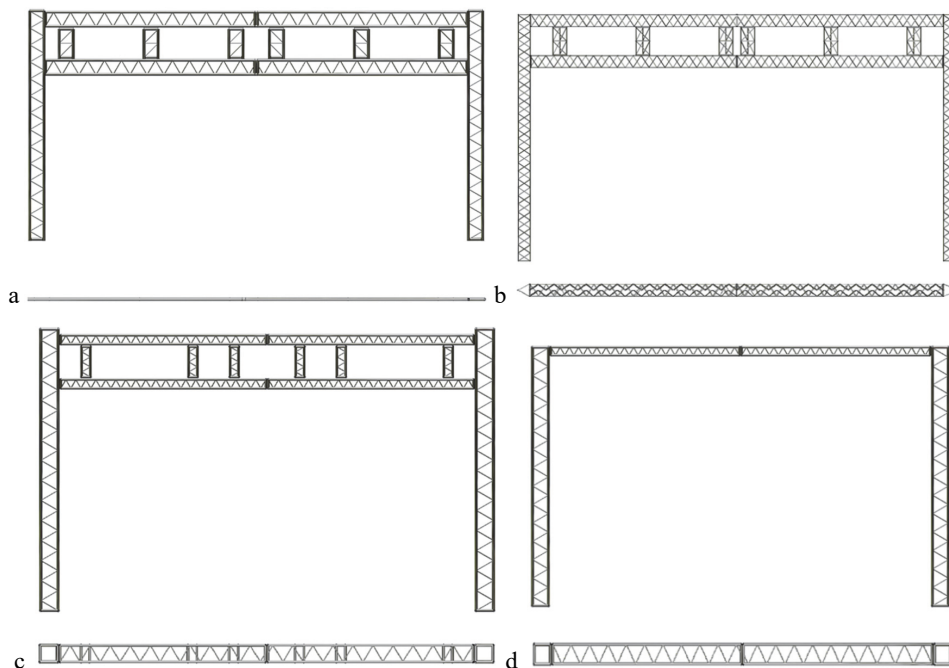
Profiliai	Vėjo pasipriešinimo koeficientas
Stačiakampis	1,18
Kvadratinis	1,60
Apvalus	1,02
Kamputotis	1,87



2 pav. Pirminė kelio ženklų atramos konstrukcija

Kadangi pirminės konstrukcijos svoris ganėtinai didelis, nuspręsta ieškoti kitokių konstrukcijos variantų, kurie sumažintų sunaudojamo plieno kiekį ir palengvintų konstrukciją. Kadangi pirminė konstrukcija yra sudaryta iš uždaro profilio, norint sumažinti jos svorį pasirinkta naudoti rėmines konstrukcijas.

Pasirinktos keturios alternatyvios atramų konstrukcijos (3 pav.) ir atlikti jų stipruminiai tyrimai.



3 pav. Atramos konstrukcijos: a – dviejų strypų vertikalios kolonos; b – trijų strypų vertikalios kolonos; c – keturių strypų vertikalios kolonos; d – supaprastinta keturių strypų vertikalios kolonos

Pirminės ir kitų konstrukcijų variantų vėjo apkrovos skaičiuotos kiekvienam segmentui atskirai pagal jo ilgį ir atstumą nuo žemės paviršiaus, naudojant apkrovų skaičiavimo metodiką [2], nuolatinių ir kintamų apkrovų išdėstymo schemas.

Pagal veikimo pobūdį išskirtos šios apkrovos:

- Savasis svoris – savasis konstrukcijos svoris.
- Nuolatinė – kelio ženklų.
- Vėjas – vėjo apkrova.

Skaičiuojant konstrukcija apkrauta visomis apkrovomis iš karto (kad būtų visiškai apkrauta).

Konstrukcijų skaičiavimo rezultatai

Visų tirtų kelio ženklų atramų konstrukcijų rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Tyrimo rezultatų suvestinė

Konstrukcija	Vamzdžio profilis, mm	Svoris, kg	Poslinkis, mm	Įtempiai, MPa	Atsargos koeficientas
Pirminė	–	4 300	107,8	147	1,6
I variantas	Ø101,6 × 10 Ø33,7 × 4	2 950	3 916	1 917	0,12
II variantas	Ø101,6 × 10 Ø33,7 × 4	5 060	97	277	0,84
III variantas	Ø88,8 × 6,3 Ø33,7 × 4	3 300	52	178	1,32
IV variantas	Ø88,8 × 6,3 Ø33,7 × 4	2 100	60	159	1,48

Iš 2 lentelės duomenų matyti, kad sunkiausia yra II varianto konstrukcija, kurios svoris – 5 060 kg, o lengviausia – IV konstrukcija, kurios svoris – 2 100 kg. Didžiausi poslinkiai susidaro I varianto konstrukcijoje. Čia didžiausias poslinkis yra 3 916 mm, ir tai reiškia, kad konstrukcija visiškai sulūžta. Mažiausias poslinkis (52 mm) susidaro III konstrukcijoje. Didžiausi įtempiai pastebėti I varianto konstrukcijoje (siekia 1 917 MPa), o mažiausi – pirminėje konstrukcijoje (147 MPa). Palyginus atsargos koeficientus, didžiausią atsargos koeficientą turėjo pirminė konstrukcija, o mažiausią – I varianto konstrukcija. Čia jis buvo lygus 0,12.

Remiantis tyrimo rezultatais, tinkamiausia IV varianto kelio ženklo atramos konstrukcija. Ji yra viena iš lengviausių tirtų konstrukcijų ir užtikrina [3] reikalavimus, kadangi susidarę maksimalūs įtempiai 159 MPa yra mažesni už leistinus 235 MPa, o didžiausi poslinkiai (60 mm) neviršija leistinų 120 mm. Konstrukcijos atsargos koeficientas yra apie 1,48.

Išvados

1. Nustatyta, kad ženklo atramos konstrukcijai tinkamiausias plieninis profilis, kuris virtualiame vėjo tunelyje turėjo mažiausią vėjo pasipriešinimo koeficientą, – 1,02, profilis – apvalus.
2. Atlikus atramos stiprumo analizę taikant baigtinių elementų metodus, tinkamiausia buvo nustatyta IV varianto konstrukcija, kuri užtikrina STR 2.01.01 „Mechaninis atsparumas ir pastovumas“ reikalavimus, kadangi kolonos apatinėje dalyje susidarę maksimalūs įtempiai yra mažesni už leistinus įtempius. Didžiausi poslinkiai (60 mm), kurie yra skersinio vidurinėje dalyje, neviršija leistinų poslinkių (120 mm), o konstrukcijos atsargos koeficientas yra apie 1,48.

Literatūra

1. *Kelio ženklai: nuo atsiradimo iki šių dienų*, 2012. Prieiga per internetą: <https://www.cargonews.lt/transporto-istorija/kelio-zenklai-nuo-atsiradimo-iki-siu-dienu/>.
2. *STR 2.05.04. Poveikiai ir apkrovos*, [interaktyvus] [žiūrėta 2021-01-21]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.213447?jfwid=-9dzqnu8fp>
3. *STR 2.01.01. Mechaninis atsparumas ir pastovumas*, [interaktyvus] [žiūrėta 2021-01-21]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.262694?jfwid=-9dzqnu6wq>
4. *STR 1.04.04:2017. Statinio projektavimas, projekto ekspertizė*, [interaktyvus] [žiūrėta 2021-01-21]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/25ec49c2a58311e68987e8320e9a5185>
5. *STR 2.05.08. Plieninių konstrukcijų projektavimas*, [interaktyvus] [žiūrėta 2021-01-21]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.311281>
6. *KTR 1.01:2008. Automobilių keliai*, [interaktyvus] [žiūrėta 2021-01-21]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.313209>
7. *STR 2.06.04:2014. Gatvės ir vietinės reikšmės keliai. Bendrieji reikalavimai*, [interaktyvus] [žiūrėta 2021-01-21]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.413395?jfwid=q86m1vs6i>
8. *PJT KŽA 08. Kelio ženklų atramų parinkimo, projektavimo ir įrengimo taisyklės*, [interaktyvus] [žiūrėta 2021-01-21]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.328587>
9. Gedrimas G., 2019, *Kelio ženklų rėminės konstrukcijos stiprumo tyrimas*. Magistro darbas. Šiaulių universitetas.