

I TOMAS

TILTAS PER NEMUNA

TURINYS

1. TILTO KONSTRUKCIJŲ BENDRIEJI DUOMENYS	1
2. TILTO BŪKLĖ	6
2.1. BŪKLĖS IR DEFJEKTŲ APŽVALGA	6
2.2. TILTO NIVELIACIJOS DUOMENYS.....	18
3. PERDANGOS KONSTRUKCIJŲ TEORINIAI SKAIČIAVIMAI	19
4. TILTO STATINIS BANDYMAS	23
4.1. BANDYMO TIKSLAS IR APKROVOS	23
4.2. BANDYMO APKROVŲ IŠDĖSTYMAS	24
4.3. MATAVIMO PRIETAISŲ IŠDĖSTYMAS.....	27
4.3.1. Prietaisų paskirties apibūdinimas	27
4.3.2. Matavimo prietaisų išdėstymo schemos.....	28
4.4. ĮRAŽOS NUO PROJEKTINIŲ CHARAKTERISTINIŲ IR BANDYMO APKROVŲ	31
4.5. STATINIO BANDYMO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ	32
4.5.1. Perdangos įlinkių analizė.....	32
4.5.2. Perdangos įlinkių grafikai	35
4.5.3. Deformacijos ir įtempiai	42
4.5.4. Deformacijų matavimo grafikai	44
5. TILTO DINAMINIS BANDYMAS.....	45
5.1. BANDYMO TIKSLAI IR PROGRAMA.....	45
5.2. MATAVIMO PRIETAISAI IR JŲ IŠDĖSTYMAS	47
5.3. DINAMINIŲ BANDYMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ	47
5.4. PERDANGOS VIRPESIŲ GRAFIKAI	51
5.4.1. Tilto trečiojo tarpatramio perdangos virpesių grafikai	50
5.4.2. Tilto ketvirtojo tarpatramio perdangos virpesių grafikai	51
5.4.3. Tilto penktojo tarpatramio perdangos virpesių grafikai	53
6. TILTO LAIKOMOJI BEI KELIAMOJI GALIA IR LEISTINA SLANKIOJI APKROVA	55
7. BANDYMO FOTOFIKSACIJA	58
8. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	61
LITERATŪRA	66

1. TILTO KONSTRUKCIJŲ BENDRIEJI DUOMENYS

Tiltas išbandytas 2012 m. kovo 29 dieną, jis yra 128 kelio Valkininkų geležinkelio stotis–Daugai–Alytus 42,01 km. Jo vietą, pažymėtą žemėlapyje, žr. 1.1 paveiksle.



 – tiltas per Nemuną

1.1 pav. Išbandytas tiltas per Nemuną

128 kelyje Valkininkų g. st.–Daugai–Alytus 42,01 km, Alytaus pakraštyje esantis tiltas per **Nemuną** pastatytas 1977 m., atramos panaudotos seno tilto, statyto 1892 m. Tiltas yra penkių tarpatramių. Kraštiniai tilto tarpatramiai (2×18,0 m) karpytos sistemos, sumontuoti iš gelžbetoninių dvitėjinio skerspjūvio sijų, armuotų įtemptąja armatūra. Skersiniame pjūvyje – šešios sijos. Viduriniai tarpatramiai (3×54,11 m) perdengti kompozitinėmis plieno betono nekarpytomis sijomis. Skersiniame pjūvyje – dvi dvitėjinio skerspjūvio pagrindinės plieninės sijos su standžiai sujungta gelžbetonine plokšte ir pagalbinė išilginė sija g/b plokštės atrėmimui. Ši sija atremta į viršutinius skersinius ryšius. Skersiniai ryšiai yra plokščių santvarų tipo, iš kampuočių. Horizontalūs įstriži ryšiai taip pat iš kampuočių. Ties kiekviena atrama yra po vieną skersinę siją. Tilto ramtai užpildinai, taurai masyvūs akmens mūro.

Tiltas buvo suremontuotas du kartus. Pagal 1976 m. AB „Kelprojektas“ darbo projektą buvo rekonstruojama atramų viršutinė dalis, pakeisti visi deformaciniai pjūviai, atnaujintas šaltilčių betonas, įrengti šulinėliai po dangą perdangų pabaigoje. Pagal 2005 m. UAB „Kelprojektas“ techninį projektą atlikti darbai:

- pakeistas tilto paklotas (važiuojamosios dalies dangą, hidroizoliacija, išlyginamasis sluoksnis);
- įrengtos naujos g/b šaltilčių plokštės;
- įrengti nauji vandens nuleidimo šulinėliai ant tilto ir prieigose;
- įrengti nauji metaliniai turėklai, apšvietimo stulpai bei atitvarai;
- ties atramomis Nr.1, 5 ir 6 įrengti nauji deformaciniai pjūviai;
- sutvarkyti kūgiai ir šlaitiniai laiptai;
- nuvalyti ir nudažyti esamų g/b sijų ir turėklinių blokų fasadai;
- užveržti metalinių perdangos sijų varžtai.

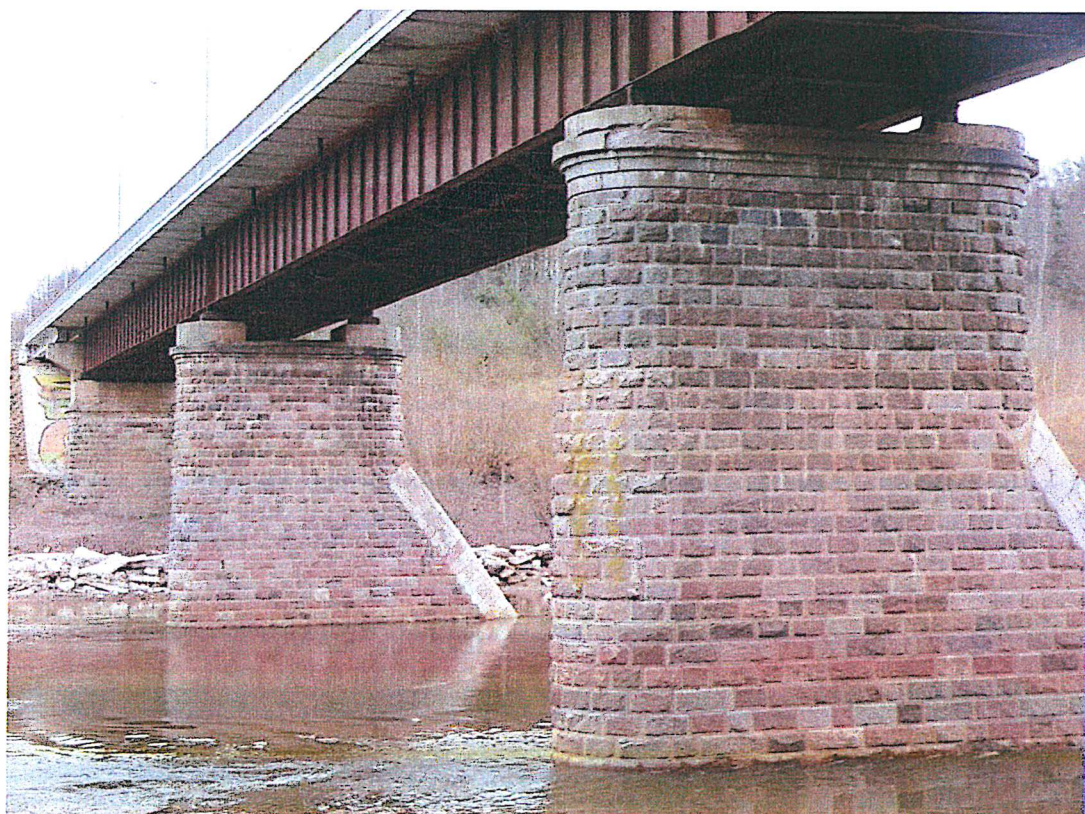
Tilto bendras ilgis – 203,37 m, važiuojamosios dalies plotis – 10,00 m, šaltilčių – 2x1,52 m, bendras tilto plotis – 13,04 m.

Tilto schemą ir pagrindinius elementų išmatavimus žr. 1.6 pav.

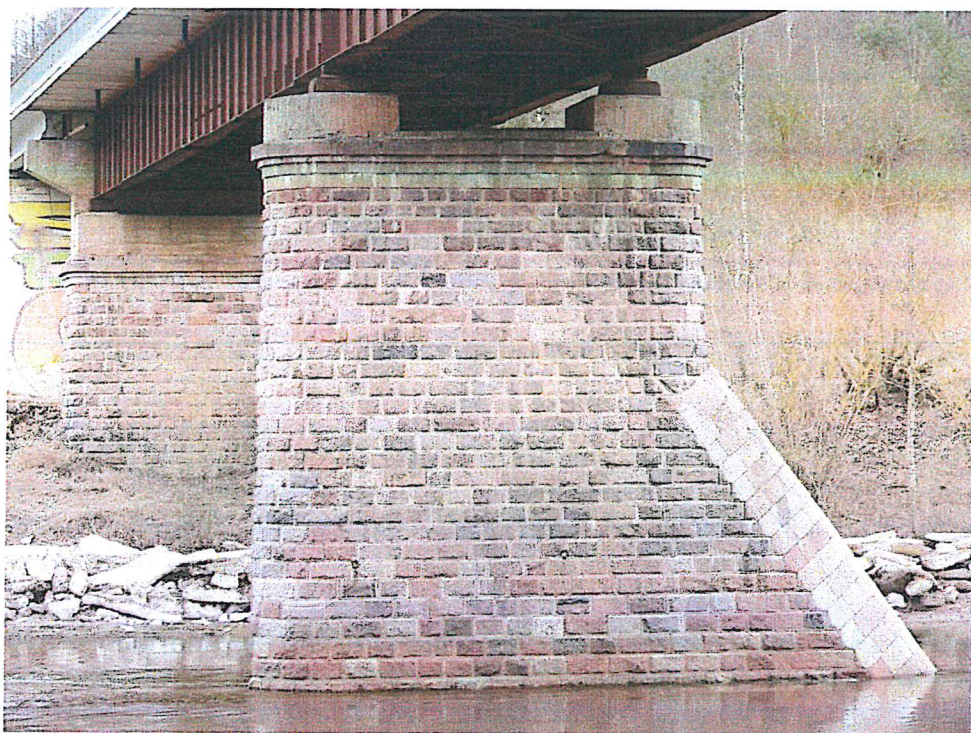
Bendrus tilto vaizdus žr. 1.2 – 1.5 pav.



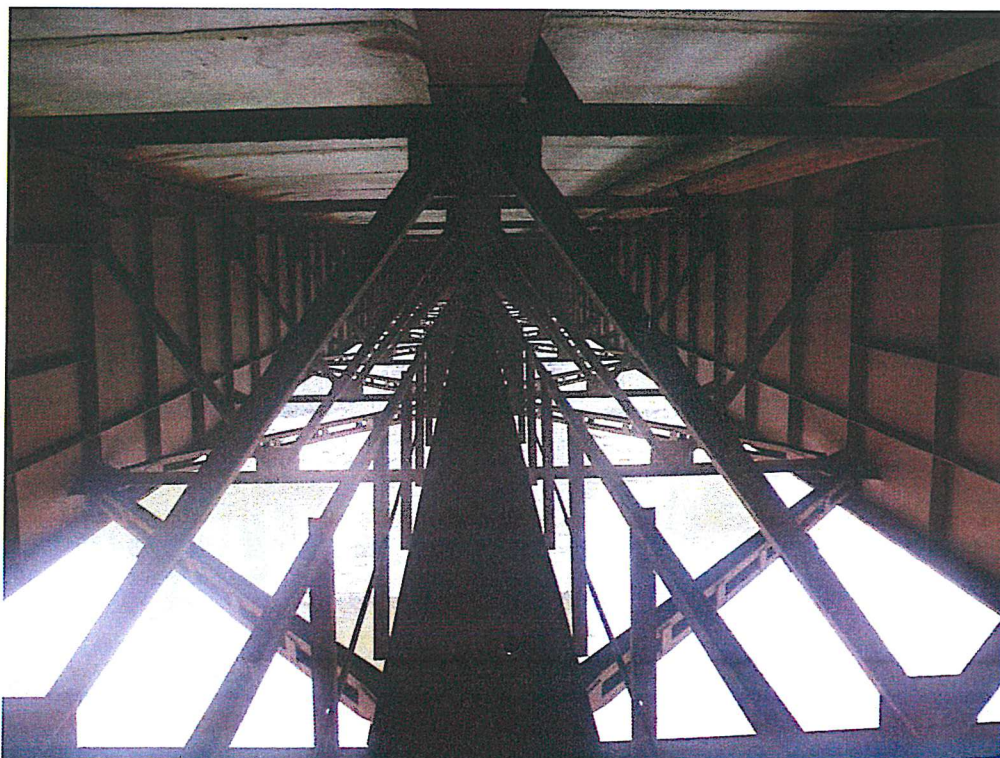
1.2 pav. Tiltto vaizdas nuo Valkininkų pusės



1.3 pav. Tiltto bendras vaizdas nuo žemupio pusės



1.4 pav. Bendras taurų vaizdas



1.5 pav. Apžiūros takelis tarp tilto pagrindinių sijų

2. TILTO BŪKLĖ

2.1. BŪKLĖS IR DEFEKTŲ APŽVALGA

ų

Tilto per Nemuną apžiūra buvo atlikta 2012 m. kovo 26 d. Paskutinis tilto remontas buvo atliktas pagal 2005 m. UAB „Kelprojektas“ techninį projektą. Apžiūros metu nustatėme:

- tilto važiuojamoji dalis lygi, be pažeidimų. Virš pirmos ir šeštos atramos ties deformaciniais pjūviais kelio danga supleišėjusi (žr. 2.3 pav.). Virš antros ir penktos atramos deformaciniai pjūviai užnešti gruntu ir šiukšlėmis tiek važiuojamojoje dalyje, tiek šaliltyje (žr. 2.2 ir 2.4 pav.). Važiuojamosios dalies pakraščiuose ties atitvarais susikaupęs grunto sluoksnis. Atitvarų, turėklų ir apšvietimo stulpų būklė gera. Šaliltelių pakraščiuose susikaupęs grunto sluoksnis. Važiuojamosios dalies kraštuose, pirmame ir penktame tarpatramyje esantys vandens nuleidimo šulinėliai užnešti gruntu ir užsikišę (žr. 2.5 pav.). 2.16 pav. matosi nesėkmingo bandymo valyti užsikišusį vandens nuleidimo šulinėlį padariniai. Per vamzdyje padarytą skylę vanduo bėga ant šlaito sutvirtinimo plokščių (žr. 2.19 pav.). Plienbetoninėje perdangoje įrengti vandens nuleidimo šulinėliai yra per trumpi (žr. 2.15 pav.);

- tilto plienbetoninės perdangos pagrindinės ir skersinės sijos, ryšiai vietomis pakorodavę. Sijų sujungimo mazgų lakštai, varžtai ir skersinės sijos ties deformaciniais pjūviais stipriai pažeisti korozijos (žr. 2.6 pav.). Gelžbetoninės plokštės būklė gera, plyšių neužfiksuota. Atraminių guolių paviršiai vietomis pakorodavę (žr. 2.10 ir 2.11 pav.);

- tilto gelžbetoninės perdangos sijos su įtemptąja armatūra suremontuotos (žr. 2.8 pav.), nudažytos kraštinės sijos. Sijose plyšių neužfiksuota. Kai kurių sijų galuose remonto metu uždėtas betono sluoksnis sutrūkinėjęs (žr. 2.7 pav.). Atraminiai guoliai nudažyti, tačiau dažai pažeisti korozijos, vietomis nusilupę (žr. 2.9 pav.);

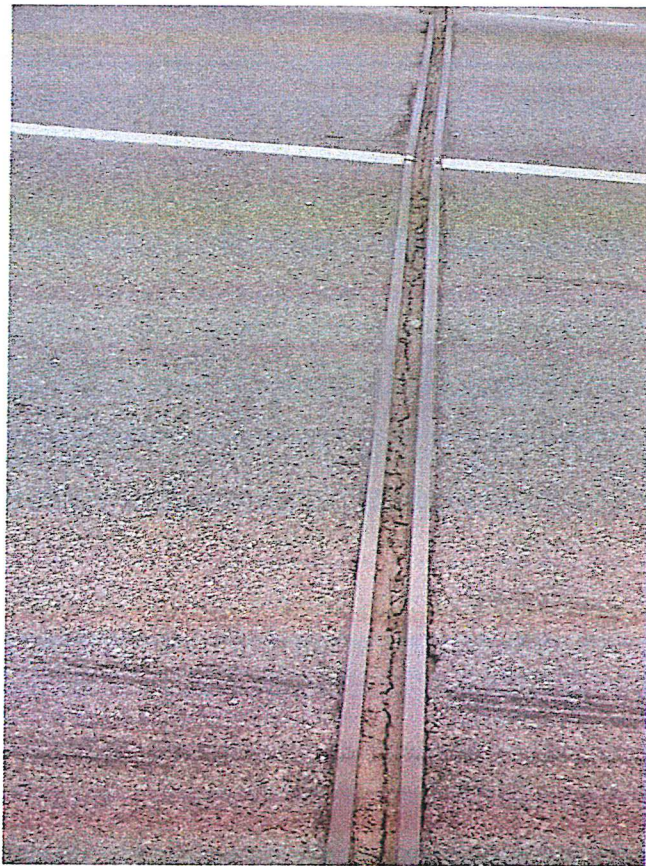
- tilto taurai - akmens mūro, vietomis mūro siūlės sutrūkusios (žr. 2.14 pav.), matosi balti pataikai (žr. 2.12 pav.). Ketvirtos atramos tauro galvenos betonas nutrupėjęs (žr. 2.13 pav.). Ramtai – monolitiniai, plyšių neužfiksuota;

- tilto patiltės kūgiai sutvirtinti gelžbetoninėmis plokštėmis, ant šlaitų vietomis auga krūmokšniai. Šlaitiniai laiptai užnešti gruntu, pakraščiuose vietomis auga žolė. Turėklai nudažyti, vietomis matosi korozijos židiniai (žr. 2.20 pav.);

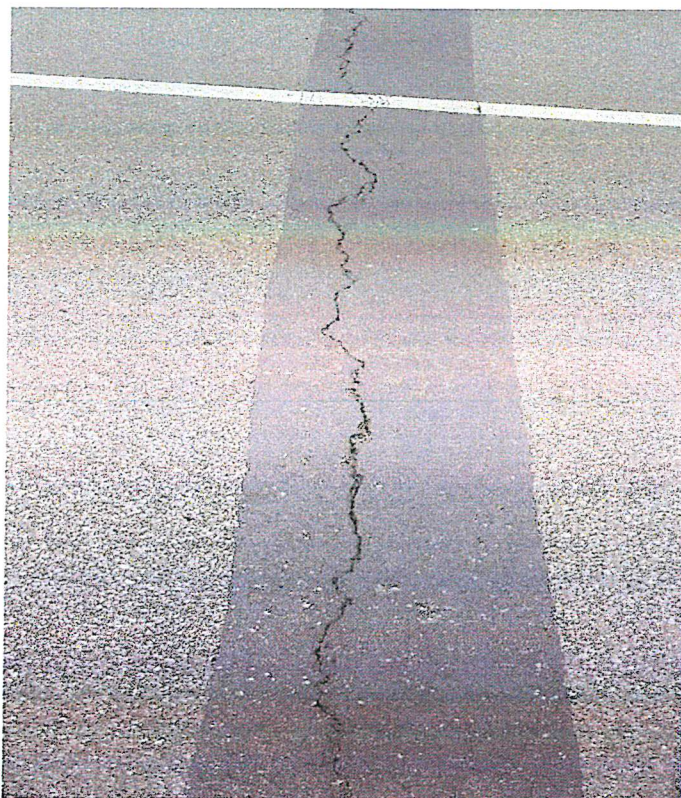
- tilto inžinerinių komunikacijų metaliniai vamzdžiai nudažyti, bet per dažų sluoksnį matosi korozijos židiniai (žr. 2.17 pav.). Ties antros ir penktos atramų deformaciniais pjūviais vamzdžiai visiškai surūdiję (žr. 2.18 pav.).



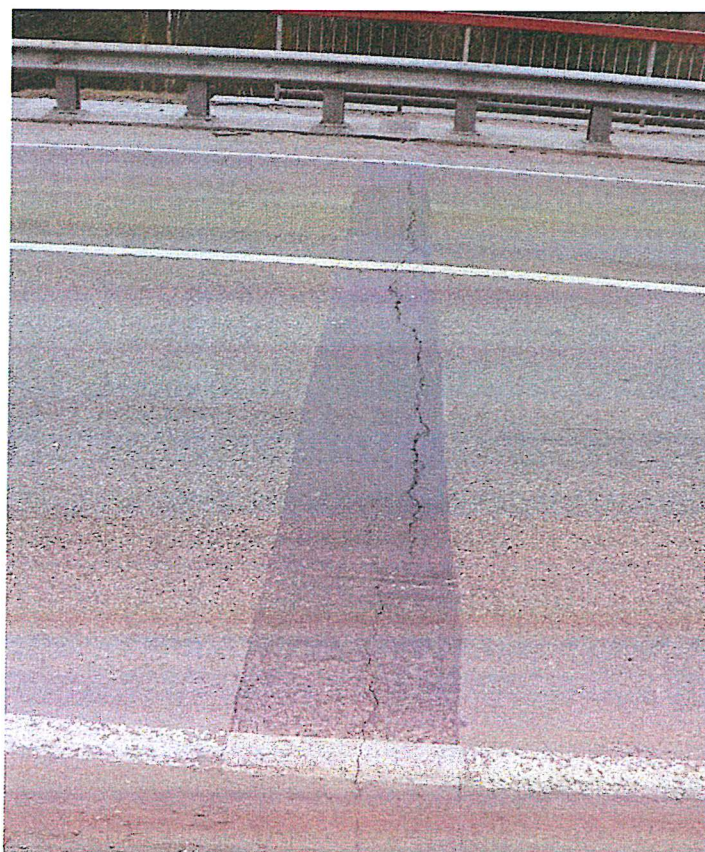
2.1 pav. Žemupio pusės šalitiltis užneštas žemėmis ir šiukšlėmis. Atitvarų ir turėklų būklė gera



2.2 pav. Važiuojamoji dalis, deformacinis pjūvis virš antros atramos, užneštas žemėmis

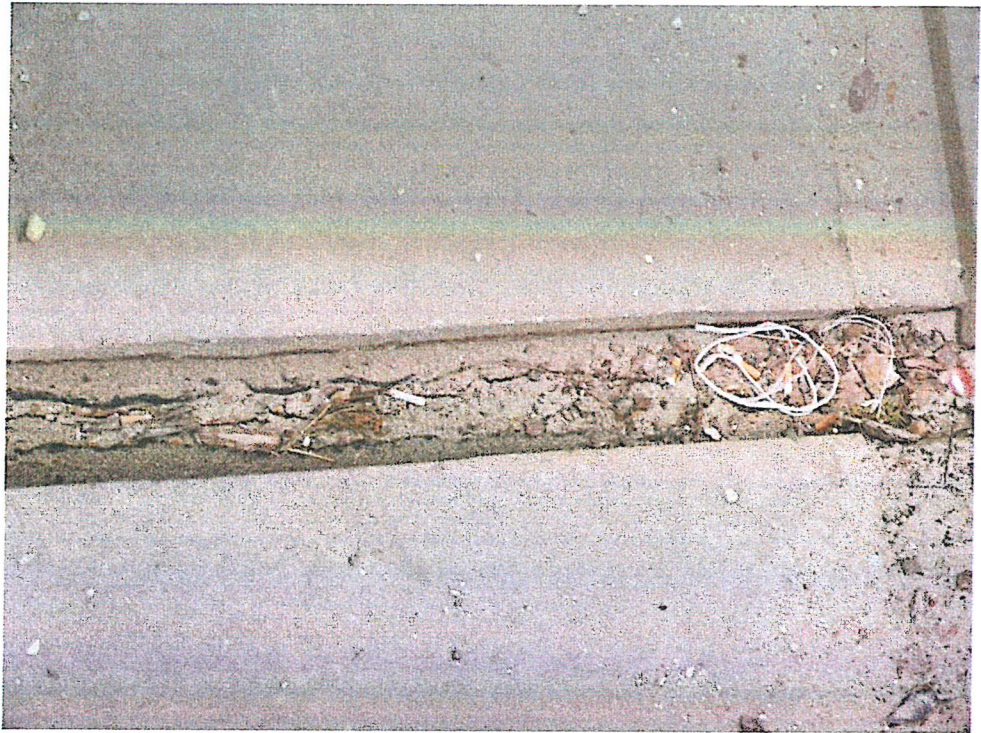


a) deformacinis pjūvis virš šeštos atramos



b) deformacinis pjūvis virš pirmos atramos

2.3 pav. Važiuojamosios dalies danga ties deformaciniai pjūviais supleišėjusi



2.4 pav. Deformacinis pjūvis tarp šaltilčio blokų užneštas gruntu ir šiukšlėmis



2.5 pav. Vandens nuleidimo šulinėlis užsikimšęs



2.6 pav. Skersinės ir išilginės sijų sujungimo mazgas virš antros atramos. Skersinė sija ir varžtai stipriai pažeisti korozijos



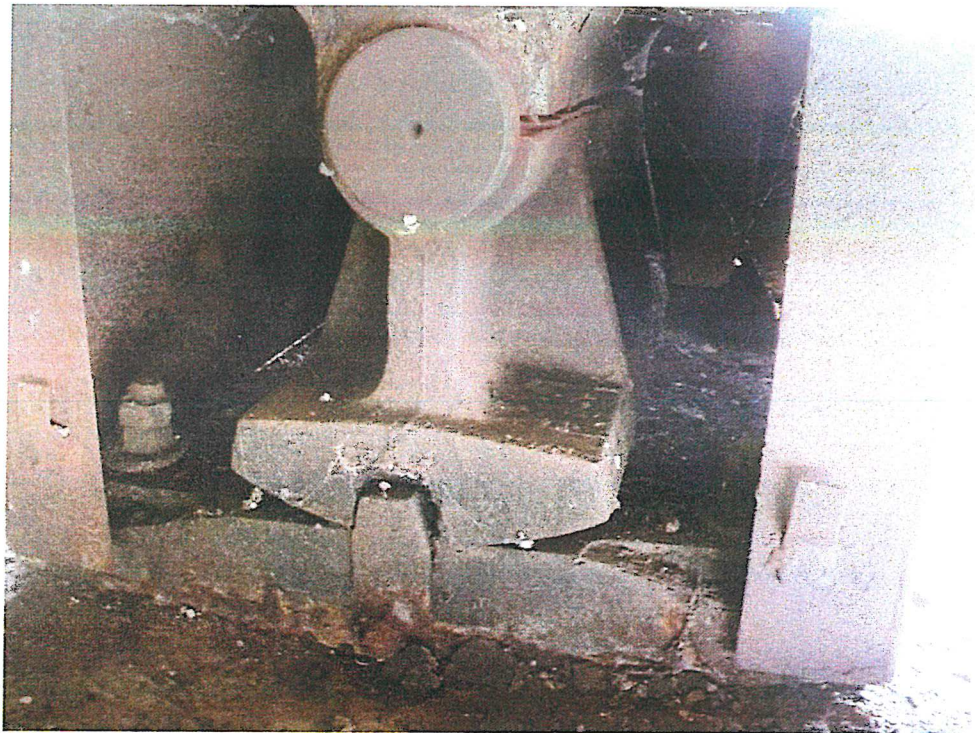
2.7 pav. Gelžbetoninės sijos galo ir atraminės dalies vaizdas virš penktos atramos, atraminė dalis turi korozijos židinių, sijos galas užtinkuotas ir sutrūkęs



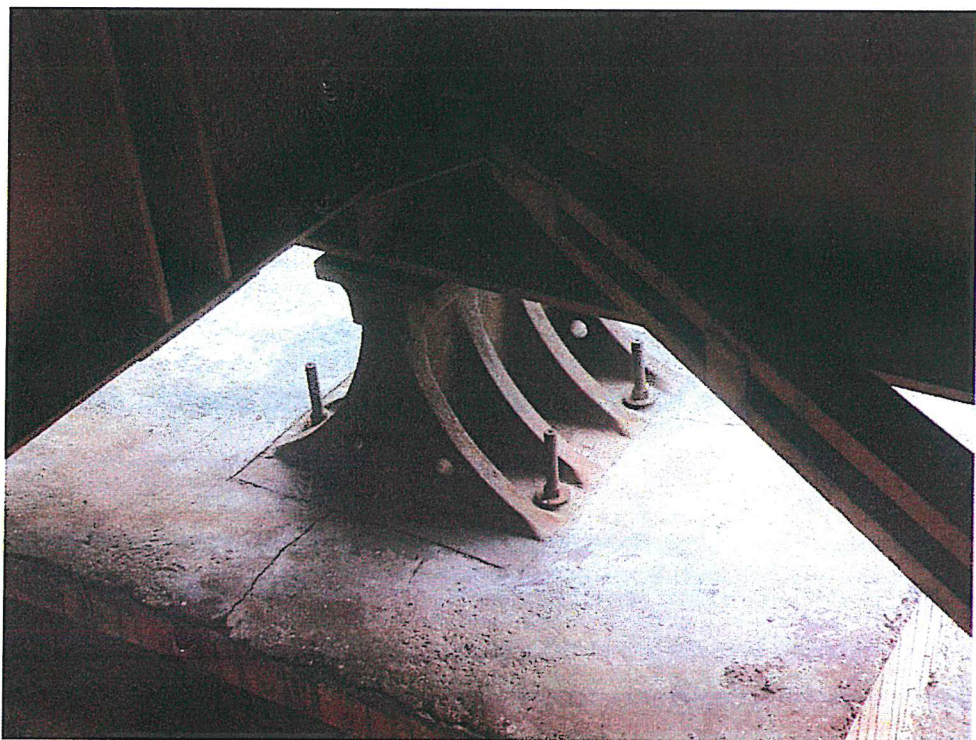
2.8 pav. Gelžbetoninių sijų vaizdas iš apačios penktame tarpatramyje



2.9 pav. Šeštos atramos, šeštos sijos atraminė dalis, metalinių dalių paviršiuje korozijos židiniai



2.10 pav. Aukštupio pusės paslankus šarnyras virš antros atramos. Vietomis pakorodavęs paviršius, nėra apsauginės dėžės dangčio



2.11 pav. Aukštupio pusės nepaslankus šarnyras virš ketvirtos atramos, paviršius pakorodavęs, suskilęs paviršiaus betonas



2.12 pav. Penktos atramos vaizdas, akmenų paviršiuje vandens patakai



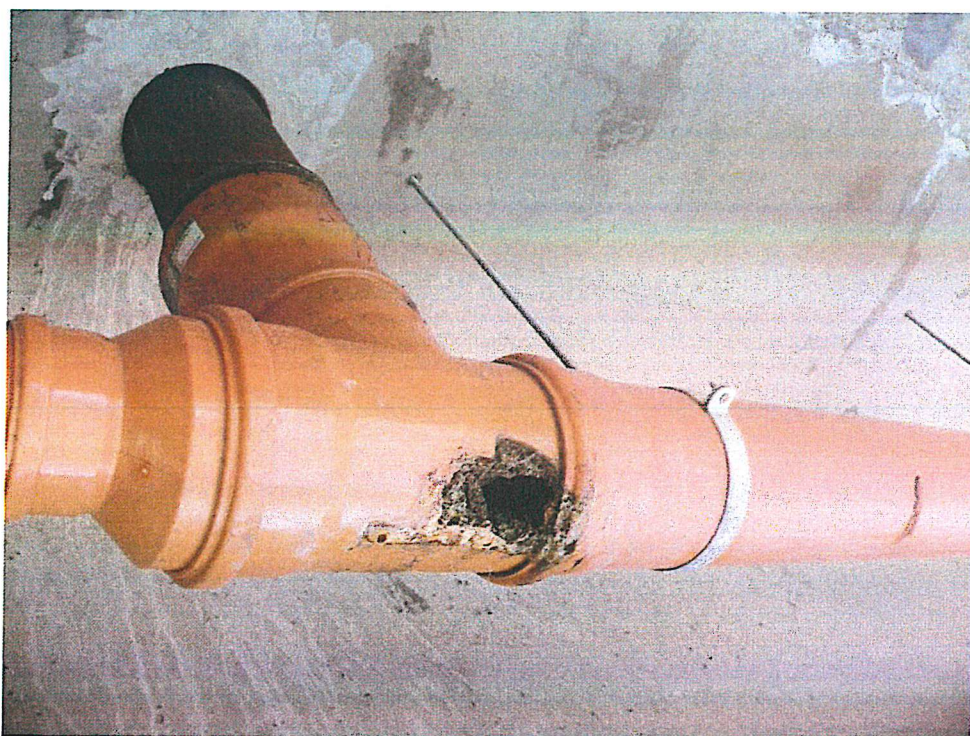
2.13 pav. Ketvirtos atramos vaizdas nuo žemupio pusės. Tauro galvenos betonas aptrupėjęs



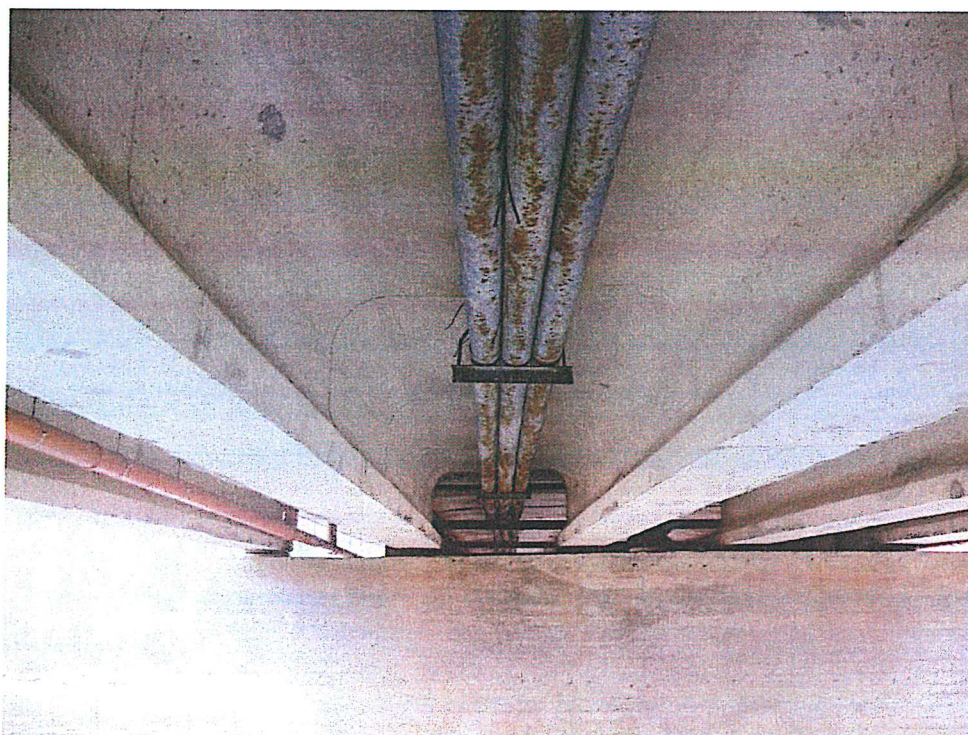
2.14 pav. Ketvirtos atramos vaizdas nuo žemupio pusės. Atramos paviršiuje vandens bėgimo žymės, tarp akmenų plyšys



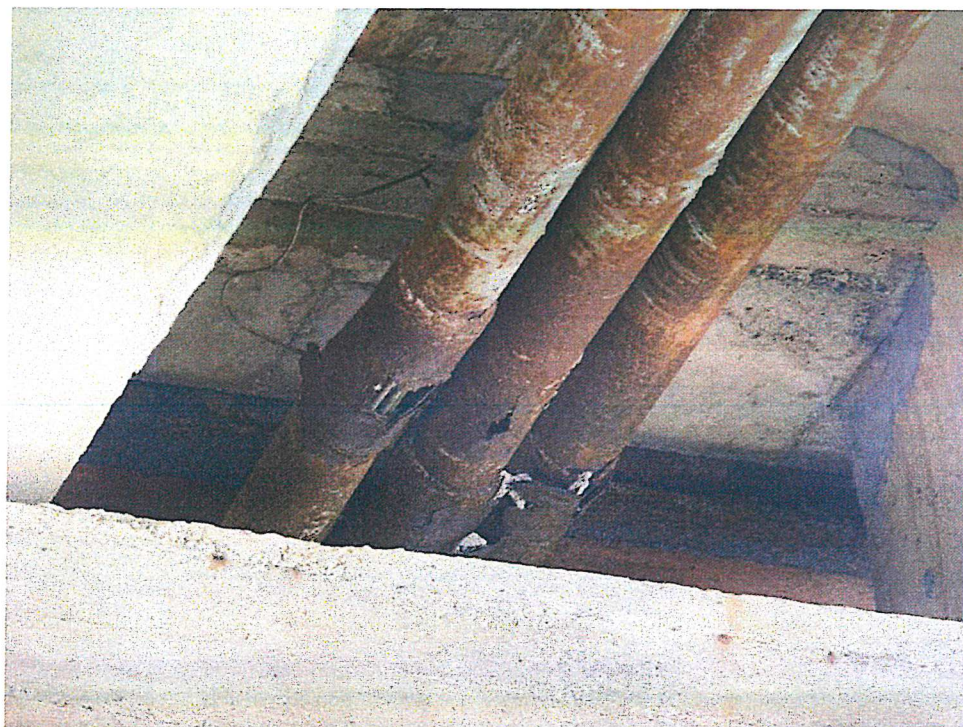
2.15 pav. Plienbetoninėje perdangoje vandens nuleidimo šulinėliai per trumpi, vaizdas iš žemupio pusės



2.16 pav. Kiauras vandens nuleidimo vamzdis penktame tarpatramyje



2.17 pav. Metalinių inžinerinių komunikacijų vamzdžių paviršiuje korozijos židiniai



2.18 pav. Metalinių inžinerinių komunikacijų vamzdžiai, ties deformaciniu pjūviu virš penktos atramos, smarkiai pažeisti korozijos, toks pats vaizdas ir virš antros atramos



a) vaizdas nuo aukštupio pusės



b) vaizdas nuo žemupio pusės

2.19 pav. Kūgio sutvirtinimas ties šešta atrama, vanduo bėga iš vandens nubėgimo latako



a) laiptai ties pirmą atrama nuo žemupio pusės



b) laiptai ties šeštą atrama nuo aukštupio pusės

2.20 pav. Tarnybinių laiptų pakopos užneštos gruntu, pakraščiuose auga žolė, turėklai vietomis pažeisti korozijos

2.2. TILTO NIVELIACIJOS DUOMENYS

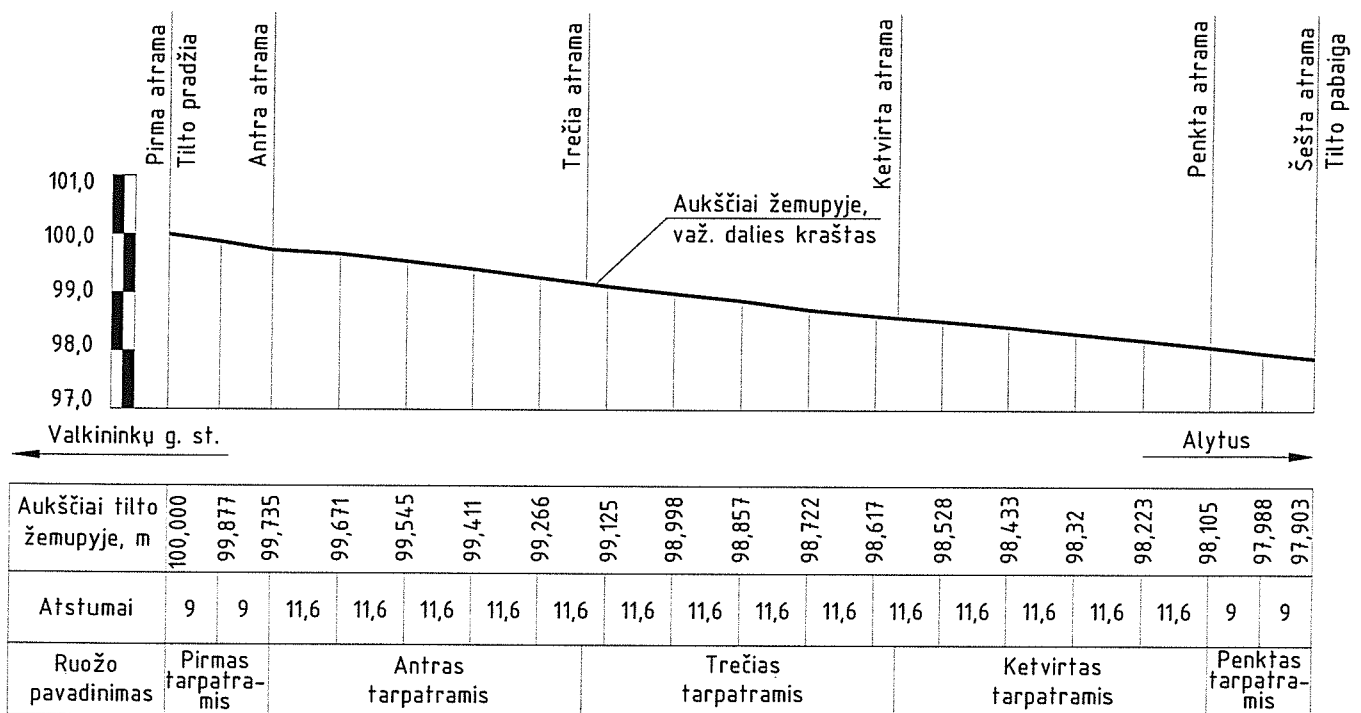
Prieš tilto bandymą išniveliavome eismo ruožo dangą. Niveliacija atlikta ties šalitilčiu žemupio pusėje. Nustatyta, kad išniveliuoto tilto perdangos įlinkis nuo 13,0 iki 16,0 mm. (žr. 2.1 lentelę).

2.1 lentelė. Perdangos įlinkiai ir išlinkiai

Tarpatramis	Vieta	Įlinkis (-), išlinkis (+)
Trečias	Žemupio pusė	14,0 mm
Ketvirtas	Žemupio pusė	13,0 mm
Penktas	Žemupio pusė	16,0 mm

Kaip matome iš 2.1 lentelės, didžiausias įlinkis yra penktojo tarpatramio žemupio pusėje 16,0 mm.

Niveliacijos rezultatus žr. 2.21 paveiksle.



Pastaba:
1. Altitudės sąlyginės.

2.21 pav. Perdangos niveliacija eismo ruožo lygyje

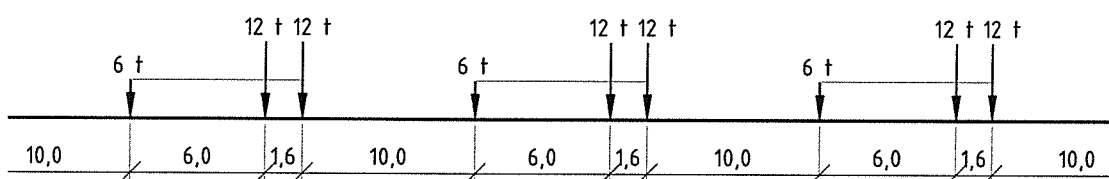
3. PERDANGOS KONSTRUKCIJŲ TEORINIAI SKAIČIAVIMAI

Prieš išbandant tiltą, kompiuterine programa „MIDAS Civil“ buvo atlikti skaičiavimai, kurių išdavoje palygintos įrašos, atsirandančios tilto perdangos būdinguosiuose pjūviuose nuo projektinės 1962 metų tilto apkrovos H–30 ir Euronormų apkrovų.

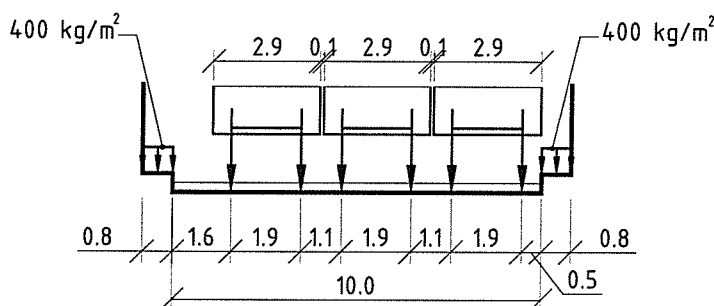
Projektinė apkrova

Projektinė 1962 metų tilto apkrova H–30.

a)



b)



3.1 pav. Automobilinė apkrova H–30 schema:

a – išdėstymas išilgai tarpatramio;

b – išdėstymas skersai tarpatramio.

Automobilinės apkrovos H–30 automobilių kolonų skaičius skersai tilto priimamas pagal tilto gabaritą. Skaičiuojant įrašas, atsirandančias tilto perdangos būdinguose pjūviuose, apkrova išdėstoma išilgai tilto taip, kad sukeltų patį pavojingiausią apkrovimo atvejį.

Skaičiuojant įrašas priimtos trys automobilių voros. Vorų skaičiaus koeficientas – 0,8.

Šalitilčiai apkraunami tolygiai išskirstyta apkrova – 4,0 kN/m² [15; p. 125].

Dinaminis koeficientas $\mu_{din} = 1 + \mu = 1 + \frac{15}{37,5 + \lambda}$ [15; p. 126], kai:

- $\lambda = 54 \text{ m}$, $\mu_{din} = 1 + \mu = 1 + \frac{15}{37,5 + \lambda} = 1,16$ (plienbetoninė perdanga);

- $\lambda = 108 \text{ m}$, $\mu_{din} = 1 + \mu = 1 + \frac{15}{37,5 + \lambda} = 1,10$ (plienbetoninė perdanga);
- $\lambda = 18 \text{ m}$, $\mu_{din} = 1 + \mu = 1 + \frac{15}{37,5 + \lambda} = 1,21$ (gelžbetoninė perdanga).

čia: λ – influentės apkraunamasis ilgis, m;

Apkrovos patikimumo koeficientas γ_f nepriimamas pagal [15; p. 127].

Euronormų apkrova

Pagrindinis apkrovos modelis (1–as apkrovos modelis)

Pagrindinį (pirmąjį) apkrovos modelį sudaro:

1. Dviašė koncentruota apkrova, kurios vienos ašies svoris $\alpha_Q Q_k$;

čia: α_Q – apkrovos koeficientas.

2. Tolygiai išskirstyta apkrova, kurios svorio intensyvumas (kN/m^2): α_q, q_k ;

čia: α_q – apkrovimo koeficientas.

Vienoje eismo juostoje, per visą tilto ilgį, pastatoma tik viena dviašė koncentruota apkrova. Kiekvienoje eismo juostoje dviašė apkrova pastatoma į nepalankiausią padėtį. Kiekviena ašis turi du vienodus ratus, kurių svoris $0,5\alpha_Q Q_k$. Rato sąlyčio su danga plotas yra kvadratas $0,4 \times 0,4 \text{ m}$.

Šis apkrovos modelis turi būti visoms eismo juostoms bei likusiems plotams. Eismo juostai „i“ apkrovos dydžiai išreikšti $\alpha_{qi} Q_{ik}$ ir $\alpha_{qi} q_{ik}$. Likusiems plotams - $\alpha_{qr} q_{rk}$. Apkrovų Q_{ik} , q_{ik} ir q_{rk} reikšmės pateiktos 3.1 lentelėje.

Apkrovų parinkimas

Eismo ruožo plotis: $w = 10 \text{ m}$;

Eismo juostų skaičius: $n_l = \text{Int}(w/3) = \text{Int}(10/3) = 3$;

Likusio ploto plotis: $w - 3 \cdot n_l = 10 - 3 \cdot 3 = 1,0 \text{ m}$;

Šaliltis apkraunamas tolygiai išskirstyta apkrova:

$$q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2;$$

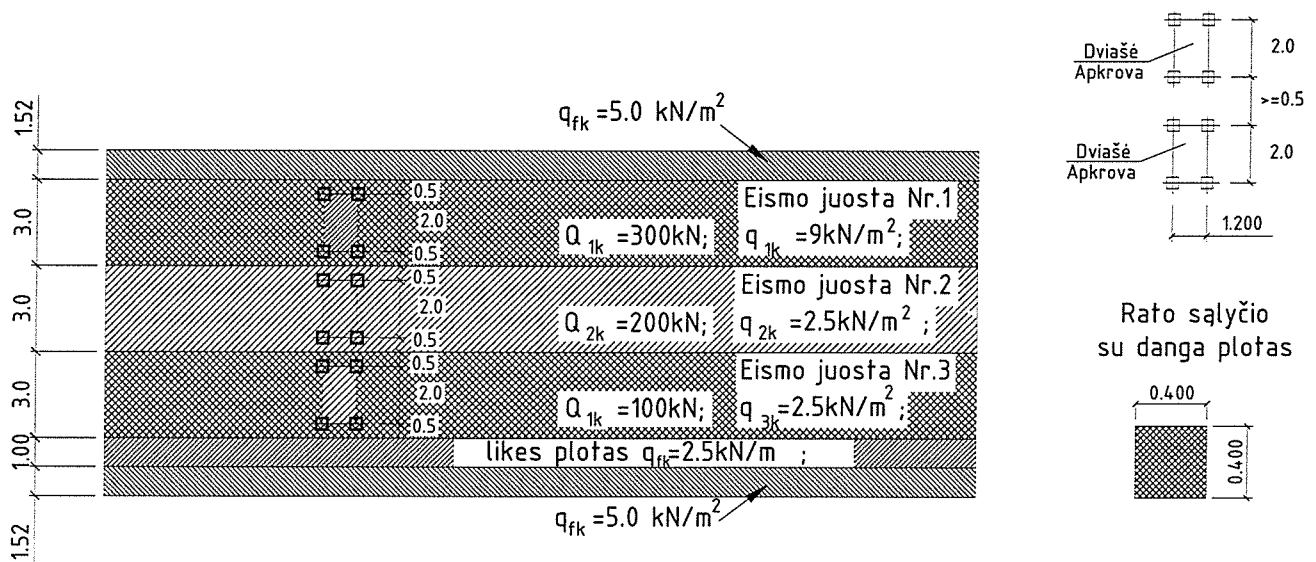
Šaliltičių plotis abiejose pusėse – $1,52 \text{ m}$.

3.1 lentelė. Apkrovos Q_{ik} , q_{ik} , q_{rk}

Apkrovos padėtis	Dviašė apkrova	Tolygiai išskirstyta apkrova	Tolygiai išskirstyta apkrova į tiesinį metrą
	Ašies svoris $Q_{ik} \cdot \alpha_{qi}$, kN		$q_{ik} \cdot \alpha_{qi}$ (arba $q_{rk} \cdot \alpha_{qr}$), q_{fk} , kN/m ²
1 eismo juosta	$300 \cdot 0.8 = 240$	$9 \cdot 1.0 = 9.0$	$9,0 \cdot 3,0 = 27,0$
2 eismo juosta	$200 \cdot 1.0 = 200$	$2.5 \cdot 1.0 = 2.5$	$2.5 \cdot 3.0 = 7,5$
3 eismo juosta	$100 \cdot 1.0 = 100$	$2.5 \cdot 1.0 = 2.5$	$2.5 \cdot 3.0 = 7,5$
Likęs plotas	0	$2.5 \cdot 1.0 = 2.5$	$2.5 \cdot 1.0 = 2,5$
Šalitiltis	0	$5.0 \cdot 1.0 = 5.0$	$2 \cdot (5.0 \cdot 1.52) = 15,2$
		VISO:	59,7

Apkrovos patikimumo koeficientas γ_f nepriimamas.

Pagrindinis (pirmas) apkrovos modelis detaliai pavaizduotas 3.2 paveiksle.



3.2 pav. Pagrindinis (1-asis) apkrovos modelis ir jo parametrai

Dydžiuose Q_{ik} ir q_{ik} įvertintas dinaminis poveikis.

Apkrovimo koeficientai α_{qi} , α_{qi} ir α_{qr} nurodyti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. *Apkrovimo koeficientai α_{Q1} , α_{Q2} ir α_{qr} .*

Tilto klasė	α_{Q1}	α_{Q2}	α_{q1}	α_{q2}	α_{qr}
Šalies valstybinių ir vietinių kelių tiltai	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0

Jei tarpatramio ilgis > 10 m, kiekvieną dviašę apkrovą leistina pakeisti vienos ašies koncentruota apkrova, kurios svoris:

$$\text{eismo juosta Nr.1} - 600 \cdot \alpha_{Q1} = 600 \cdot 0,8 = 480 \text{ kN};$$

$$\text{eismo juosta Nr.2} - 400 \cdot \alpha_{Q2} = 400 \cdot 1,0 = 400 \text{ kN};$$

$$\text{eismo juosta Nr.3} - 200 \cdot \alpha_{Q2} = 200 \cdot 1,0 = 200 \text{ kN}.$$

Apkrovos patikimumo koeficientas γ_f nepriimamas. Įrašos nuo norminių laikinųjų apkrovų pagal skirtingas normas pateiktos 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. *Įrašos nuo skaičiuojamųjų laikinųjų apkrovų pagal skirtingas normas*

Įrašos tipas	Pjūvis	Apkrovos tipas		Įrašų nuo Euronormų ir projektinių apkrovų santykis
		Projektinė 1962 m tilto apkrova H-30 su dinamiškumo ir patikimumo koeficientu	Euronormų apkrova	
Lenkimo momentas, kNm	Trečiojo tarpatramio vidurinis pjūvis (ties simetrijos ašimi)	11485	22005	1,9
Lenkimo momentas, kNm	Ketvirtojo tarpatramio vidurinis pjūvis (23 m atstumu nuo penktos atramos)	15471	28869	1,9
Lenkimo momentas, kNm	Ketvirtos atramos viršatraminis pjūvis	-20433	-29679	1,4
Lenkimo momentas, kNm	Penktojo tarpatramio vidurinis pjūvis (ties simetrijos ašimi)	3169	6957	2,2

Turėdami įrašas atsirandančias tilto perdangos būdinguosiuose pjūviuose nuo skaičiuojamųjų laikinų apkrovų pagal įvairias normas (žr. 3.3 lentelę), galime teigti, kad įrašos, skaičiuotos pagal projektines 1962 m tilto apkrovas H–30 yra 1,9÷2,2 karto mažesnės už įrašas, skaičiuotas nuo Euronormų apkrovų.

4. TILTO STATINIS BANDYMAS

4.1. BANDYMO TIKSLAS IR APKROVOS

Statinio bandymo tikslas – nustatyti faktinę tilto keliamąją galią ir leistiną slankiąją apkrovą. Statiniam apkrovimui buvo naudojami aštuoni MAZ ir Mercedes–Benz markės pakrauti automobiliai.

Prieš bandymą automobiliai buvo sveriami (nustatyti svoriai, tenkantys priekinei, vidurinei ir užpakalinei automobilių ašims). Svėrimo rezultatus žr. 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Bandymui naudotų automobilių masės

Eil. Nr.	Automobilio Nr.	Priekinės ašies masė, t	Vidurinės ašies masė, t	Užpakalinės ašies masė, t	Bendra masė, t
1	ZAY 115	7,80	-	15,95	23,75
2	FEV 281	7,90	-	14,10	22,00
3	SVO 724	7,00	-	14,90	21,90
4	BDJ 537	7,45	7,15	7,15	21,75
5	SVO 769	6,35	-	14,45	20,80
6	AHJ 578	6,15	6,90	6,70	19,75
7	CHM 105	6,90	-	12,55	19,45
8	ZAV 768	6,80	-	12,15	18,95
	Vidutinė masė	7,04	7,02	12,24	21,04

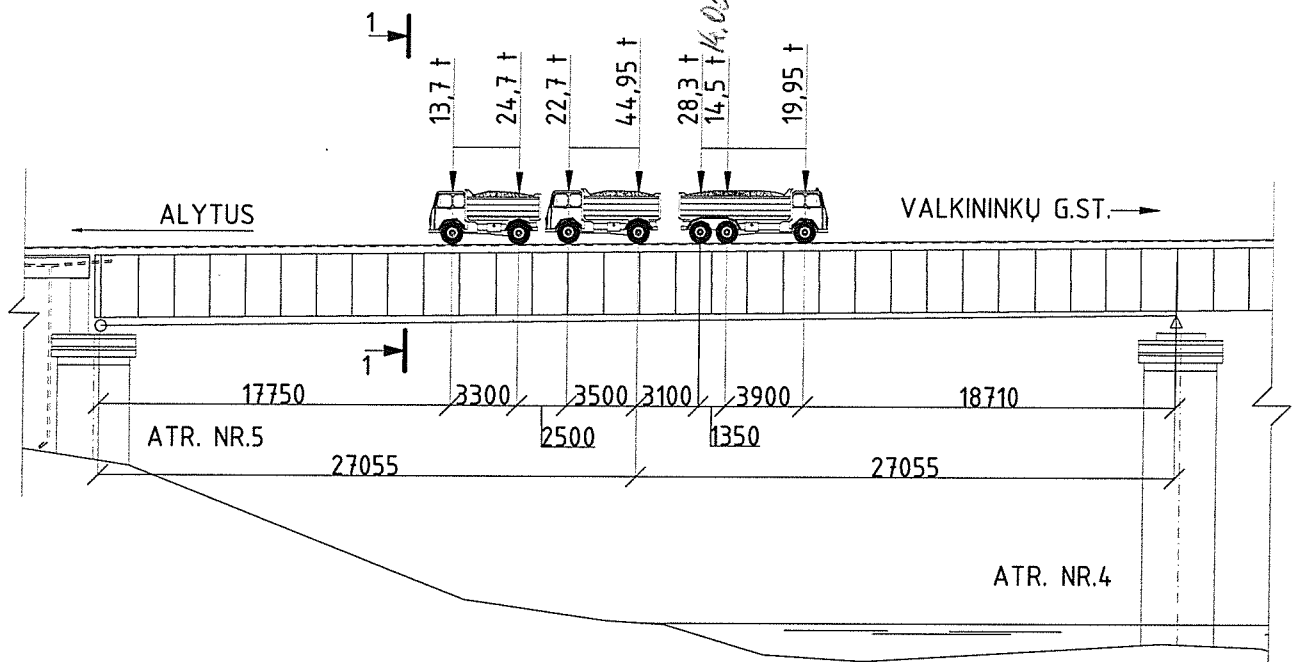
Statinio bandymo metu buvo išbandyti trečias ir ketvirtas (metalinių sijų) tarpatramiai bei penktas (gelžbetoninių sijų) tarpatramis. Automobiliai ant tilto buvo statomi į tokias padėtis, kad būtų sukeliama didžiausios įrašos ir įlinkiai sijų viduriniuose pjūviuose.

Bandymo metu ketvirtas ir trečias tarpatramiai buvo apkraunami palaipsniui aštuoniais automobiliais, kurių bendra masė – 168,35 t. Penktas tarpatramis buvo apkraunamas palaipsniui penkiais automobiliais, kurių bendra masė – 129,95 t.

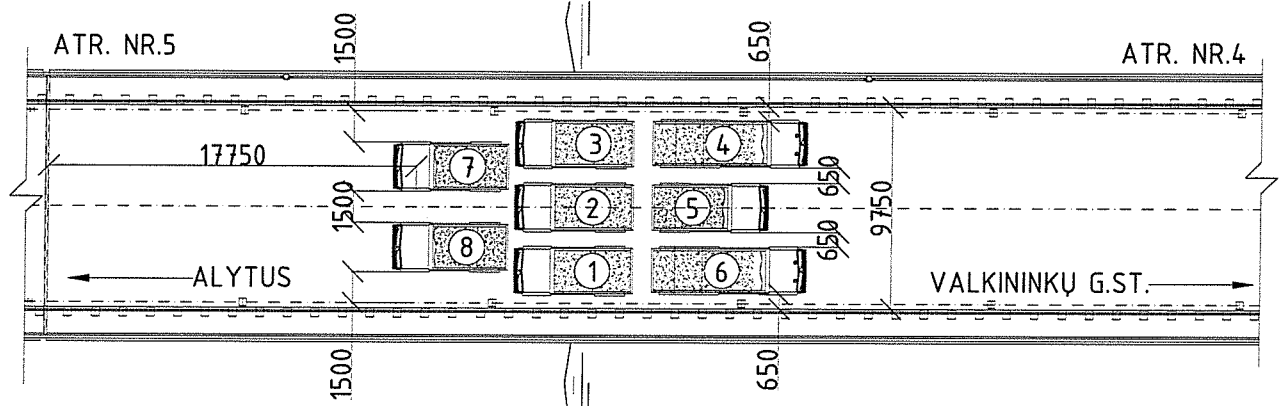
Kiekviena apkrova buvo išlaikoma ant tilto, kol įlinkių prieaugis per 5 min. tampa ne didesnis kaip 5%. Apkrovimo schemą žr. 4.2 skyriuje.

4.2. BANDYMO APKROVŲ IŠDĖSTYMAS

Išilginiame pjūvyje

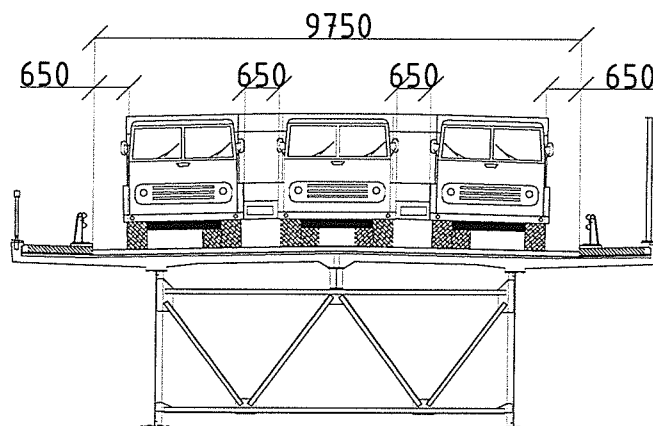


Plane

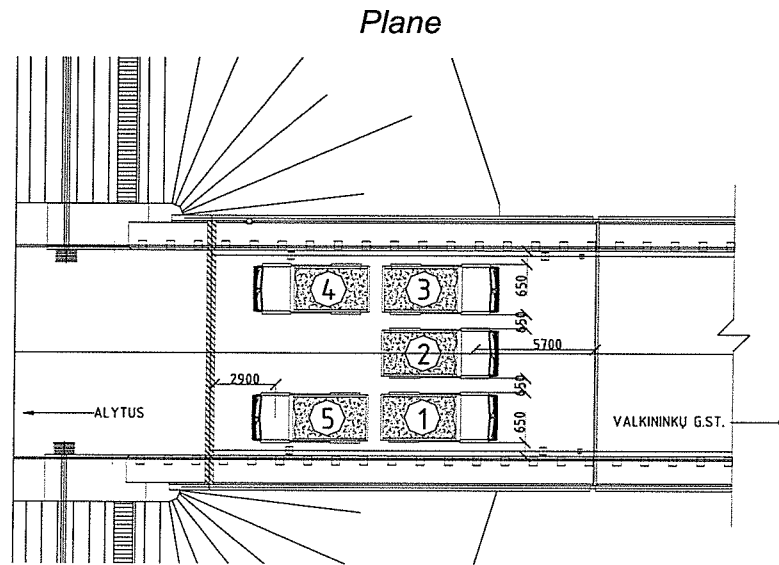
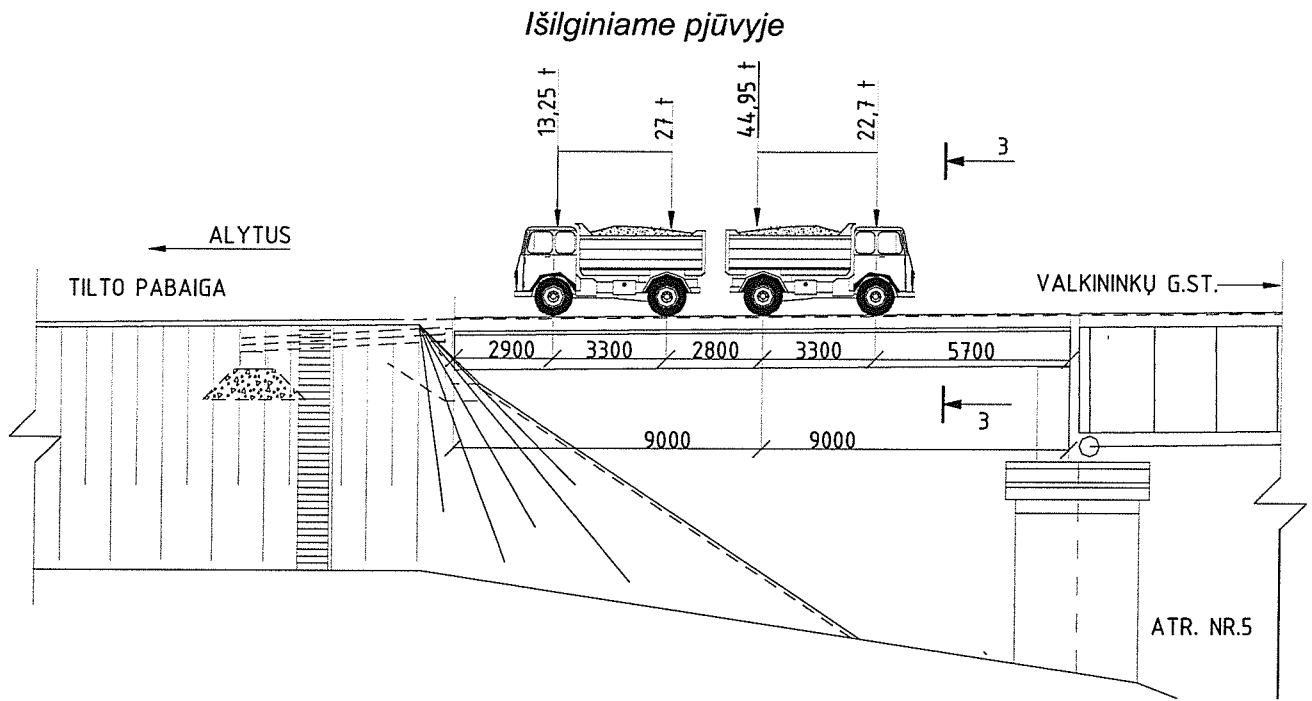


Skersiniame pjūvyje

1-1

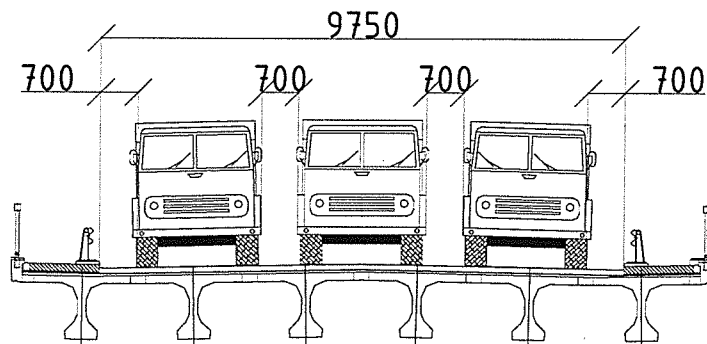


4.1 pav. Apkrovos padėtis išbandant ketvirtąjį tarpatramį



Skersiniame pjūvyje

3-3



4.3 pav. Apkrovos padėtis išbandant penktąjį tarpatramį

4.3. MATAVIMO PRIETAISŲ IŠDĖSTYMAS

4.3.1. Prietaisų paskirties apibūdinimas

Statinio bandymo metu tilto perdangos įlinkiams ir deformacijoms matuoti buvo naudojami mobiliosios laboratorijos prietaisai, mechaniniai įlinkiomačiai, mechaniniai indikatoriai ir nivelyras.

3-ojo tarpatramio bandymui naudojami šie laboratorijos elektroniniai prietaisai:

- metalinių sijų virpesiams matuoti du pagreičio jutikliai (ACC1, ACC2 kanalų numeriai: Ch34, Ch35). Šie jutikliai buvo pritvirtinti tarpatramio viduryje.

4-ojo tarpatramio bandymui naudoti šie laboratorijos elektroniniai prietaisai:

- metalinių sijų virpesiams matuoti 23 m atstumu nuo 5-os atramos – du pagreičio jutikliai (ACC3, ACC4 kanalų numeriai: Ch32, Ch33);
- sijos įlinkiui matuoti 23 m atstumu nuo 5-os atramos – du poslinkių jutikliai (DCDT 4, DCDT 5, kanalų numeriai: Ch04, Ch05);
- sijų deformacijoms matuoti – du išilginių deformacijų jutikliai (SR, kanalų numeriai: Ch11, Ch12).

5-ojo tarpatramio bandymui naudoti šie laboratorijos elektroniniai prietaisai:

- gelžbetoninių sijų virpesiams matuoti – vienas pagreičio jutiklis (ACC5, kanalo numeris: Ch31);
- sijos įlinkiui matuoti – trys poslinkių jutikliai (DCDT 1, DCDT 2, DCDT 3, kanalų numeriai: Ch01, Ch02, Ch03).

3-ojo tarpatramio bandymui naudoti mechaniniai prietaisai:

- sijų kraštinio pjūvio šarnyrų ties ketvirta atrama vertikaliems poslinkiams matuoti – du įlinkiomačiai (Nr. 9, Nr. 10);
- sijų viduriniams įlinkiams matuoti – dvi nivelyro matuoklės (Nr.3, Nr. 4).

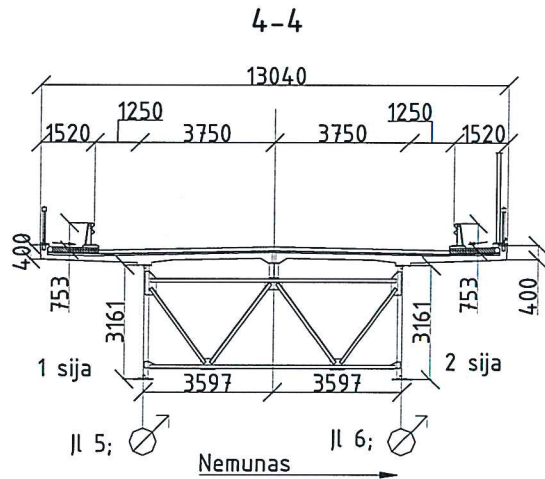
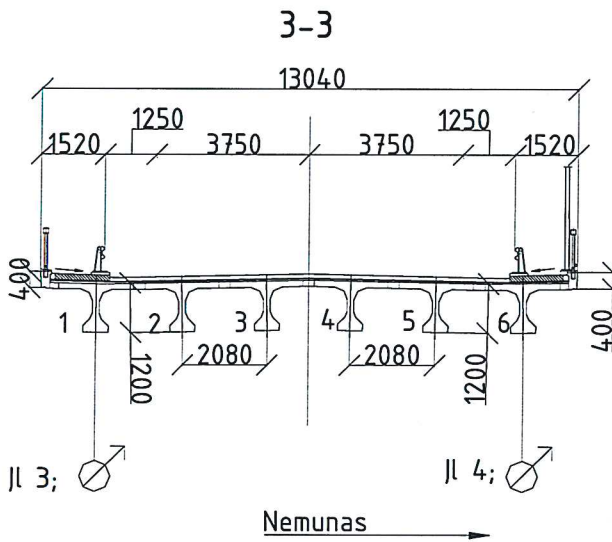
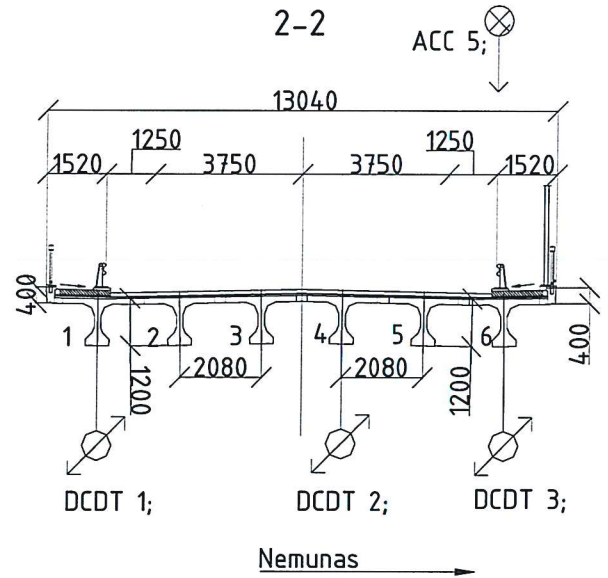
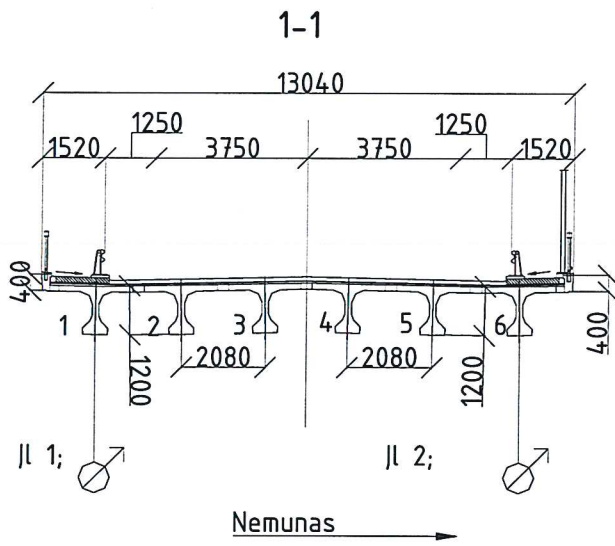
4-ojo tarpatramio bandymui naudoti mechaniniai prietaisai:

- sijų kraštinio pjūvio šarnyrų ties ketvirta ir penkta atrama vertikaliems poslinkiams matuoti – keturi įlinkiomačiai (Nr. 5, Nr. 6, Nr. 7, Nr. 8);
- sijos apatinės juostos deformacijoms matuoti 23 m atstumu nuo 5-os atramos – du mechaniniai deformacijų jutikliai (Ind1, Ind2);
- sijų viduriniams įlinkiams matuoti – dvi nivelyro matuoklės (Nr.1, Nr. 2).

5-ojo tarpatramio bandymui naudoti mechaniniai prietaisai:

- sijų kraštinio pjūvio šarnyrų ties penkta ir šešta atrama vertikaliems poslinkiams matuoti – keturi įlinkiomačiai (Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3, Nr. 4).

Skersiniuose pjūviuose

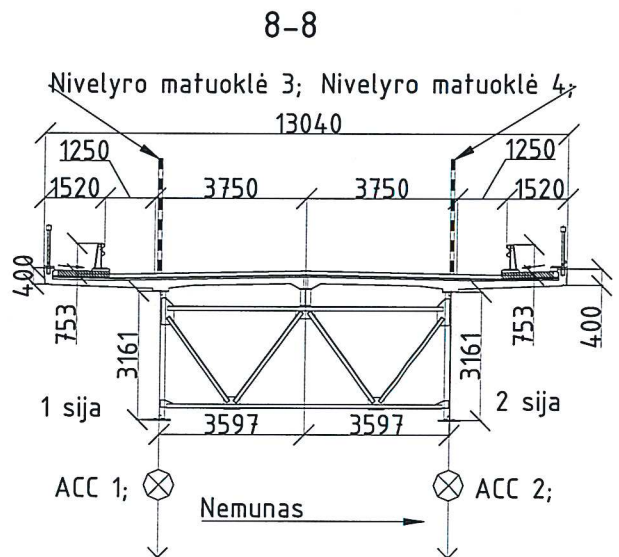
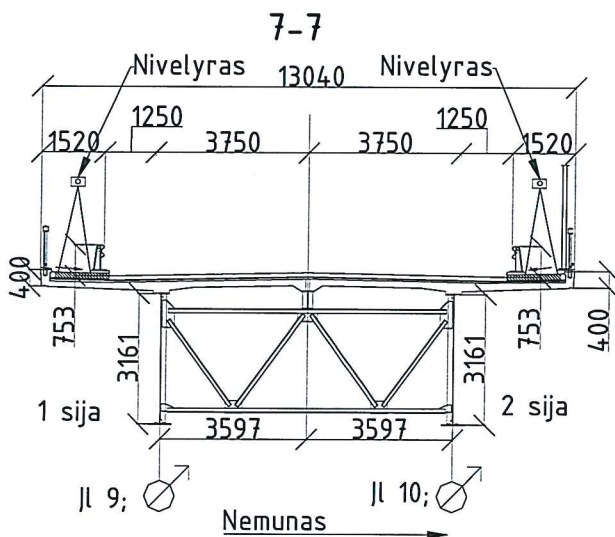
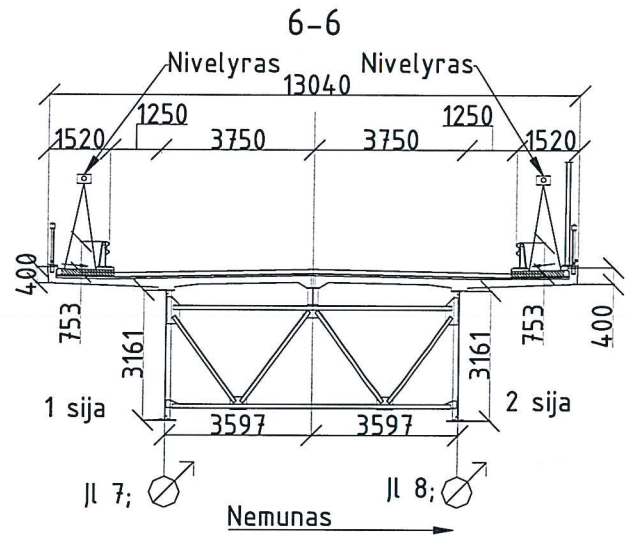
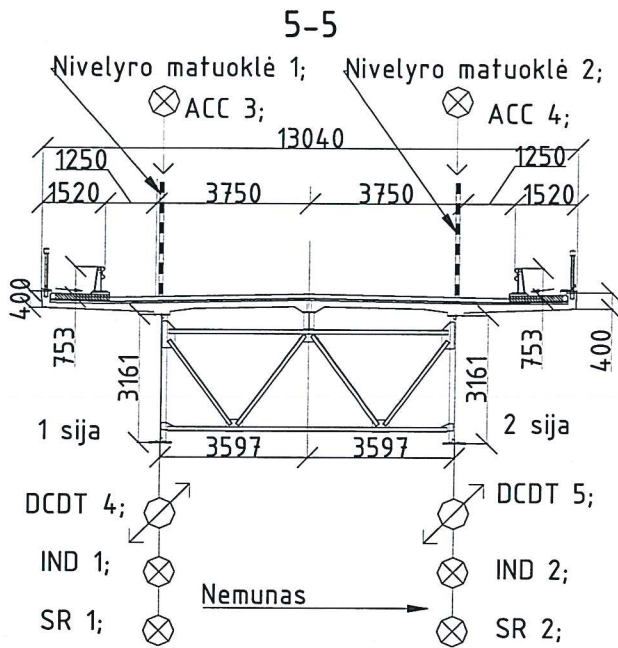


Žymėjimas:








- ⊗ - mechaninis įlinkiomatis (tikslumas 0,01 mm)
- ⊗ - mobilios laboratorijos pagreičių jutiklis ACC (diapazonas 2 g)
- ⊗ - mobilios laboratorijos poslinkių jutiklis DCDT (tikslumas 0,01 mm)
- ⊗ - mechaninis deformacijų jutiklis Indikatorius, IND (tikslumas 0,001 mm)

5-5

6-6



Žymėjimas:

-  - mechaninis įlinkiomatis (tikslumas 0,01 mm)
-  - mobilios laboratorijos pagreičių jutiklis ACC (diapazonas 2 g)
-  - mobilios laboratorijos poslinkių jutiklis DCDT (tikslumas 0,01 mm)
-  - mechaninis deformacijų jutiklis Indikatorius, IND (tikslumas 0,001 mm)
-  - nivelyras (tikslumas 0,5 mm)
-  - nivelyro matuoklė (tikslumas 0,5 mm)
- SR  - mobilios laboratorijos deformacijų jutiklis (matavimo bazė 142 mm)

4.4. ĮRAŽOS NUO PROJEKTINIŲ CHARAKTERISTINIŲ IR BANDYMO APKROVŲ

Tiltas per Nemuno upę 128 kelio Valkininkų geležinkelio stotis–Daugai–Alytus 42,01 km, suprojektuotas pagal rusiškas projektavimo normas. Tilto perdanga buvo skaičiuota apkrovoms H–30 ir HK–80.

Lenkimo momentai trečiojo ir ketvirtojo tarpatramių viduriniuose pjūviuose yra didesni nuo H–30 apkrovos. Eismo ruožo plotis yra 10,0 m, o dviejų šalitilčių – po 1,52 m. Skaičiavimuose priimtos trys apkrovos voros, įvertintas vorų skaičiaus koeficientas – 0,80, taip pat dinamiškumo koeficientas – 1,16, voros plotis – 3,0 m.

Įrašų palyginimą visam tiltui nuo projektinių charakteristinių ir bandymo apkrovų žr. 4.2, 4.3 ir 4.4 lentelėse.

4.2 lentelė. Lenkimo momentai (trečiojo tarpatramio viduriniajame pjūvyje) nuo projektinės charakteristinės ir bandymo apkrovų palaipsniui didinant apkrovą

Apkrova	Lenkimo momentai nuo bandymo apkrovos, kNm	Lenkimo momentas nuo projektinės charakteristinės H–30 apkrovos, kNm	Lenkimo momento dalis nuo projektinės charakteristinės apkrovos H–30
3 automobiliai	5608	11485	49%
6 automobiliai	9685		84%
8 automobiliai	11860		103%

4.3 lentelė. Lenkimo momentai (ketvirtojo tarpatramio viduriniajame pjūvyje, t. y. 23,0 m atstumu nuo 5-os atramos) nuo projektinės charakteristinės ir bandymo apkrovų palaipsniui didinant apkrovą

Apkrova	Lenkimo momentai nuo bandymo apkrovos kNm	Normatyvinis lenkimo momentas nuo projektinės charakteristinės H–30 apkrovos, kNm	Lenkimo momento dalis nuo projektinės charakteristinės apkrovos H–30
2 automobiliai	3999	15471	26%
3 automobiliai	6776		44%
5 automobilis	10138		65%
6 automobiliai	11904		80%
8 automobiliai	14608		94%

4.4 lentelė. Lenkimo momentai (penktojo tarpatramio viduriniajame pjūvyje) nuo projektinės charakteristinės ir bandymo apkrovų palaipsniui didinant apkrovą

Apkrova	Lenkimo momentai nuo bandymo apkrovos, kNm	Lenkimo momentas nuo projektinės charakteristinės H–30 apkrovos, kNm	Lenkimo momento dalis nuo projektinės charakteristinės apkrovos H–30
1 automobiliai	887	3169	28%
3 automobiliai	2519		80%
5 automobiliai	3469		110%

(110)

4.5. STATINIO BANDYMO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

4.5.1. Perdangos įlinkių analizė

Tiltas buvo suprojektuotas pagal rusiškas projektavimo normas, todėl perdangos darbą analizuojame pagal СНиП 3.06.07 – 86 metodiką.

Tilto bandymo metu statine apkrova buvo apkraunamas trečias, ketvirtas ir penktas tarpatramiai sąlyginai simetrine apkrova.

Bandymo apkrovų sukelti perdangos įlinkiai ir jų priklausomybių nuo apkrovų grafikai pateikti 4.5.2 skyriuje.

Konstrukcijų tamprųjų darbą apibūdina koeficientas α :

$$\alpha = \frac{f_r}{f_{el}}$$

čia: f_r – liekamasis įlinkis po deformacijų stabilizavimosi;

f_{el} – tamprusis įlinkis po deformacijų stabilizavimosi.

Tamprųjų įlinkių, liekamųjų įlinkių ir koeficiento α skaičiavimo rezultatus žiūrėti 4.5 lentelėje.

4.5 lentelė. Tamprųjų įlinkių, liekamųjų įlinkių ir koeficiento α skaičiavimo rezultatai

Matavimo vieta	Sija	Viso įlinkio dydis, mm	Liekamojo įlinkio dydis f_r , mm	Tampraus įlinkio dydis f_{el} , mm	Koeficientas α
Trečias tarpatramis	Aukštupio	27,0	0,5	26,5	0,02
	Žemupio	24,0	0,0	24,0	0,0
Ketvirtas tarpatramis	Aukštupio	21,0	0,0	21,0	0,0
	Žemupio	22,0	0,0	22,0	0,0
Penktas tarpatramis	Pirma sija	2,2	0,0	2,2	0,0
	Ketvirta sija	3,3	0,0	3,3	0,0
	Šešta sija	2,1	0,0	2,1	0,0

Koeficiento α reikšmės eksploatuojamoms konstrukcijoms turi būti ne didesnės kaip 0,05. Pagal 4.5. lentelėje pateiktus skaičiavimo rezultatus koeficiento α reikšmės neviršija normų reikalaujamo dydžio.

Palyginsime teorinius ir faktinius sijų įlinkius. Teorinis sijų įlinkis nuo bandymo apkrovos apskaičiuotas programa „MIDAS Civil“.

Gautas teorinis įlinkis:

- trečiojo tarpatramio plienbetoninės perdangos viduriniame pjūvyje – 29,8 mm,
- ketvirtojo tarpatramio plienbetoninės perdangos viduriniame pjūvyje – 38,7 mm,
- penktojo tarpatramio gelžbetoninės perdangos su įtemptąja armatūra viduriniame pjūvyje – 6,0 mm.

Faktinius ir teorinius įlinkius nuo bandymo apkrovos palyginsime apskaičiuojant koeficientą K :

$$K = \frac{S_{eks}}{S_{teor}};$$

čia: S_{eks} – išmatuotas įlinkis nuo statinės apkrovos;

S_{teor} – teoriškai apskaičiuotas įlinkis nuo statinės apkrovos.

4.6 lentelė. Faktinio ir teorinio įlinkio santykio skaičiavimas

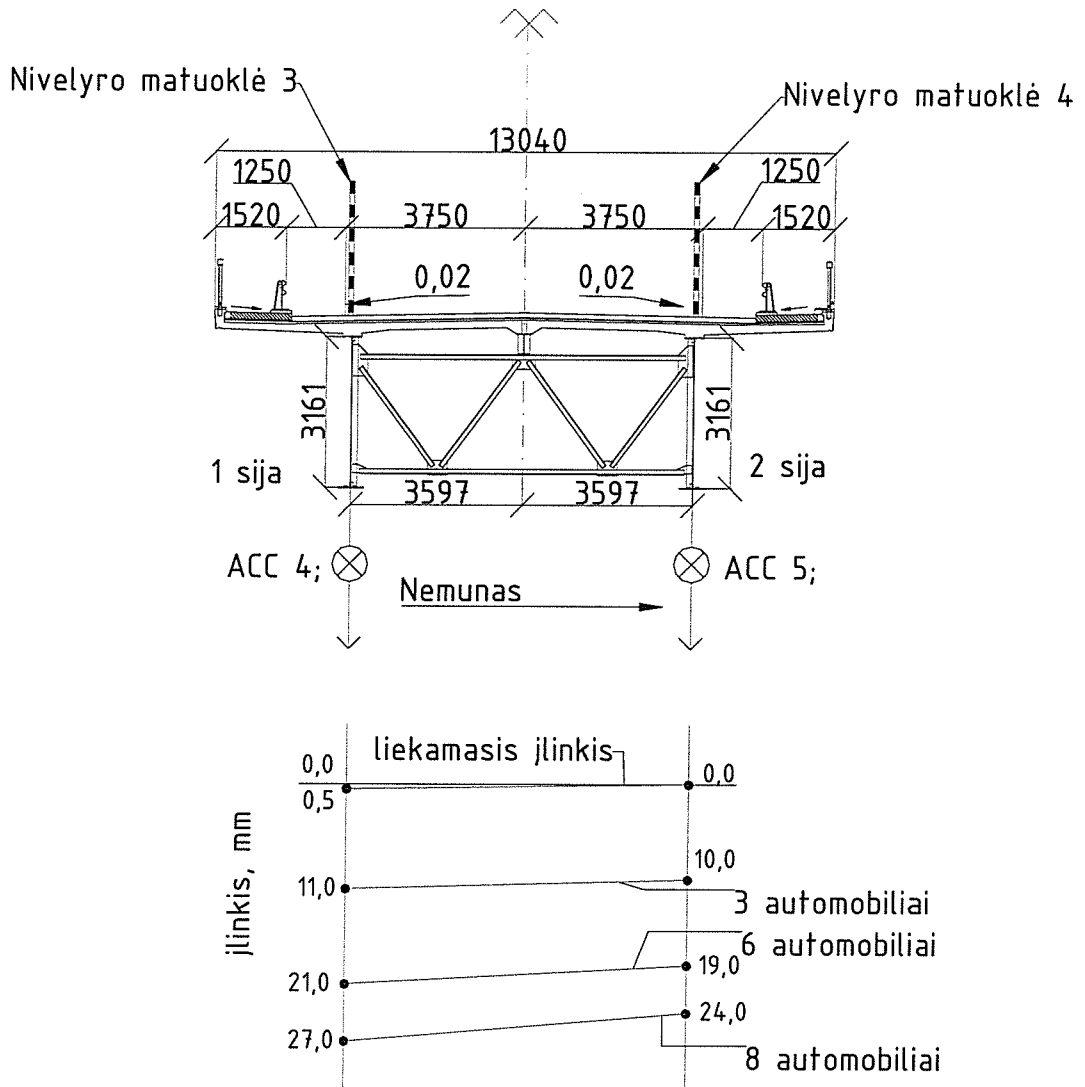
Tilto tarpatramis	Faktinis didžiausias vidutinis sijų apatinių juostų įlinkis nuo bandymo apkrovos S_{eks} , mm	Teorinis sijų apatinių juostų įlinkis nuo bandymo apkrovos S_{teor} , mm	Faktinis ir teorinis įlinkių santykis $\frac{S_{eks}}{S_{teor}}$
Trečias	25,5	29,8	0,85
Ketvirtas	21,5	38,7	0,63
Penktas	2,5	6,0	0,42

Tiltų bandymų normose nurodyta, kad koeficiento dydis pagrindinėms laikančioms konstrukcijoms, kurias skaičiuojant nepriimtas bendras perdangos ir pakloto darbas, paprastai būna ribose tarp $0,5 < \frac{S_{eks}}{S_{teor}} \leq 0,7$ [15, p. 25]. Tačiau koeficientas K neturi viršyti 1,0.

Koeficiento reikšmė mažesnė už 0,5 rodo konstrukcijos stiprumo atsargą. Tulto metalinės perdangos standumas atitinka normų reikalavimus.

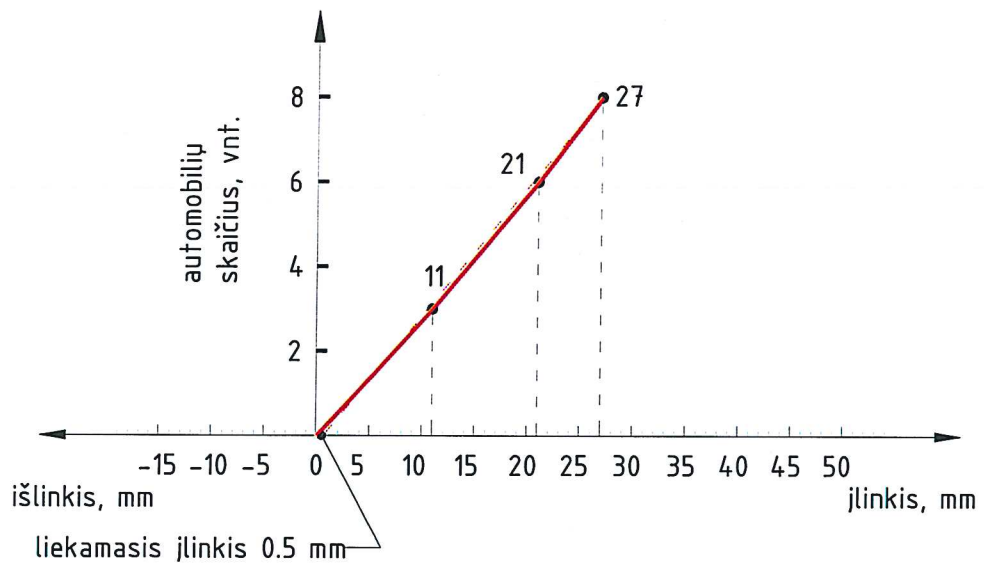
4.5.2. Perdangos įlinkių grafikai

Sijų vidurinių pjūvių įlinkiai, išbandant trečiąjį tarpatramį,
simetrinio apkrovimo atveju

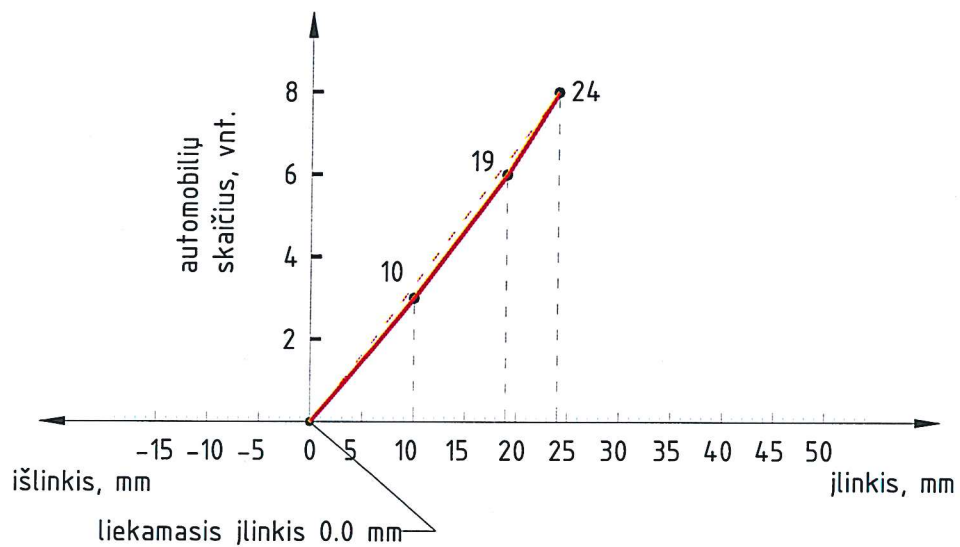


4.4 pav. Sijų apatinių juostų įlinkių priklausomybės nuo apkrovos grafikas

Trečias tarpatramis, pirmos sijos viduryje, matuoklė Nr. 3

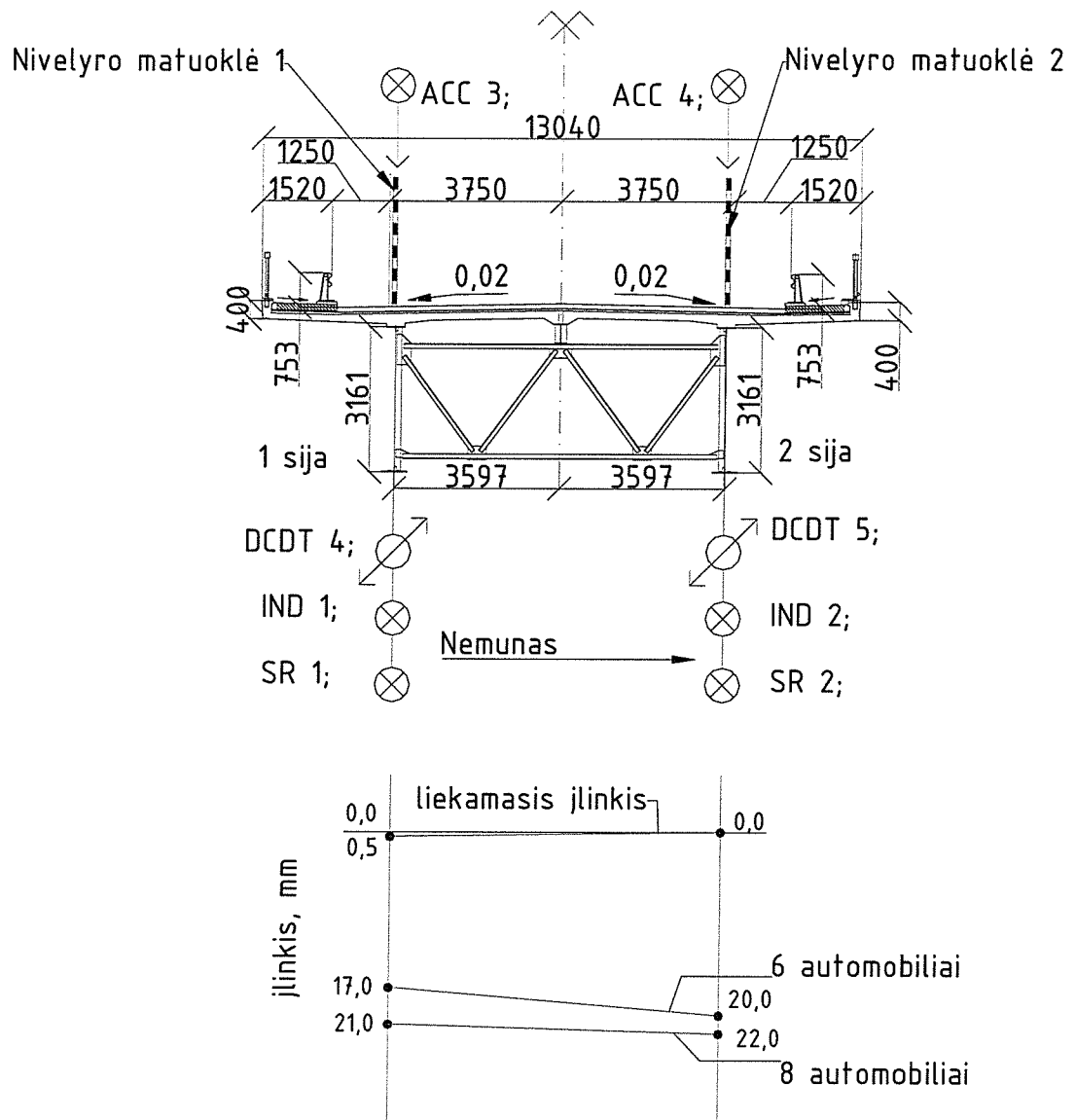


Trečias tarpatramis, antros sijos viduryje, matuoklė Nr. 4



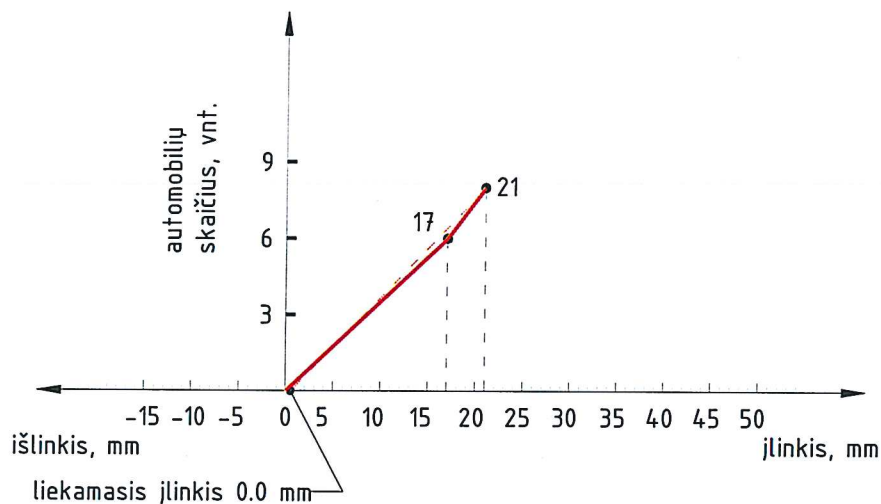
4.5 pav. Sijų apatinių juostų įlinkių priklausomybės nuo apkrovos grafikai

Sijų vidurinių pjūvių įlinkiai, išbandant ketvirtąjį tarpatramį,
simetrinio apkrovimo atveju

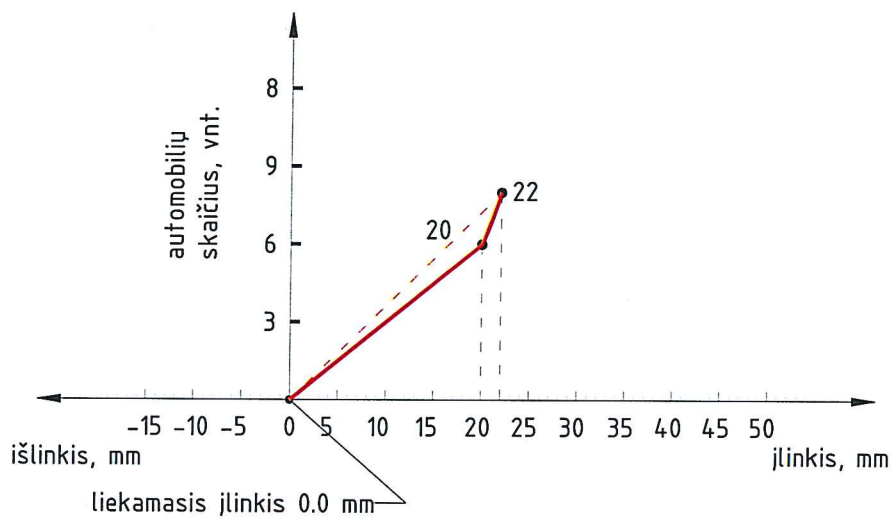


4.6 pav. Sijų apatinių juostų įlinkių grafikas

Ketvirtas tarpatramis, pirmos sijos viduryje, matuoklė Nr. 1

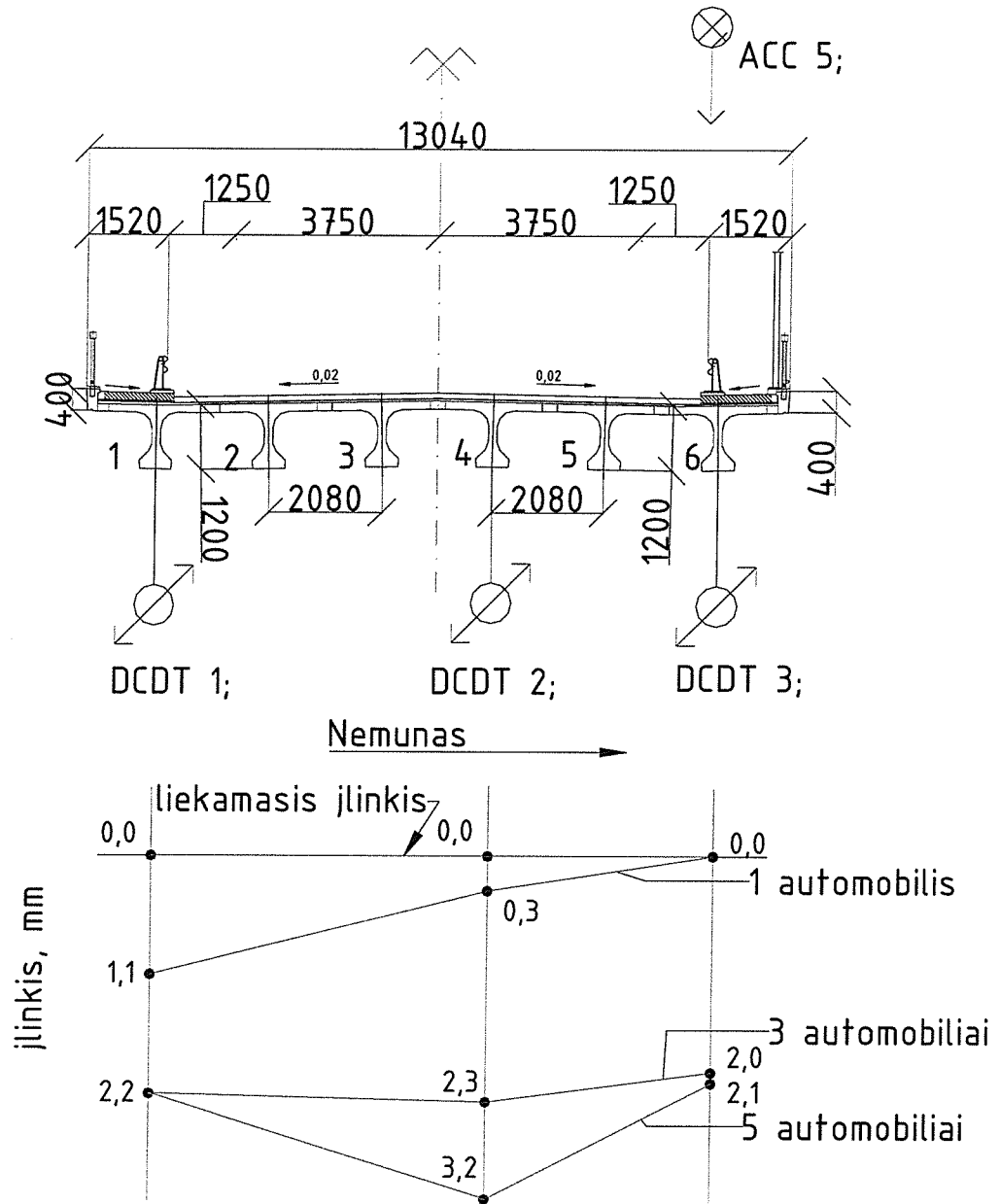


Ketvirtas tarpatramis, antros sijos viduryje, matuoklė Nr. 2



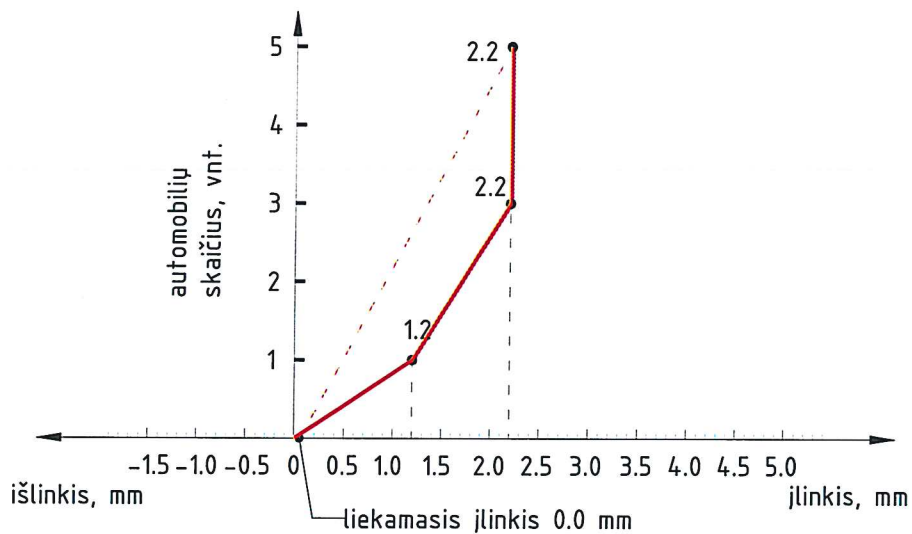
4.7 pav. Sijų apatinių juostų įlinkių priklausomybės nuo apkrovos grafikai

Sijų vidurinių pjūvių įlinkiai, išbandant penktąjį tarpą, simetrinio apkrovimo atveju

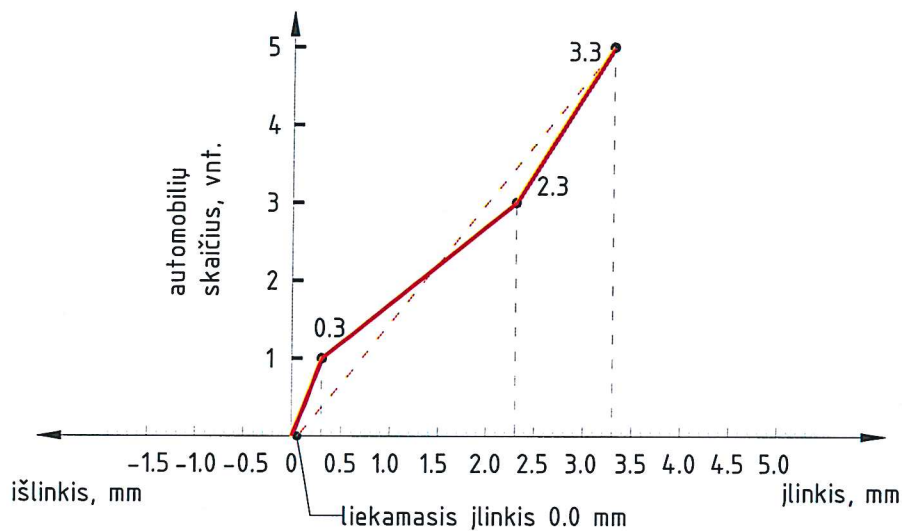


4.8 pav. Gelžbetoninių sijų įlinkių grafikas

Penktas tarpatramis, pirmą sija, vidurinis pjūvis, poslinkių jutiklis DCDT 1

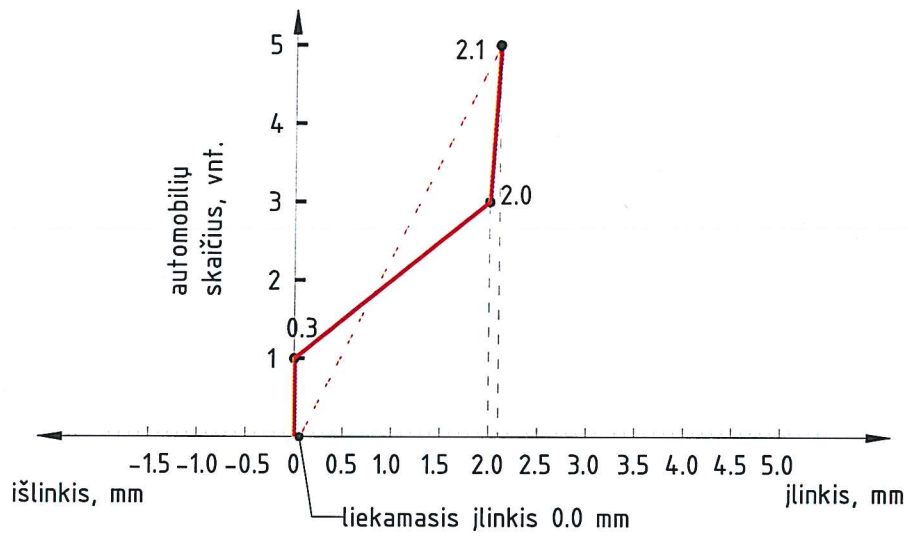


Penktas tarpatramis, ketvirtą sija, vidurinis pjūvis, poslinkių jutiklis DCDT 2



4.9 pav. Sijų apatinių juostų įlinkių priklausomybės nuo apkrovos grafikai

Penktas tarptraimis, šešta sija, vidurinis pjūvis, poslinkių jutiklis DCDT 3



4.10 pav. Sijų apatinių juostų įlinkių priklausomybės nuo apkrovos grafikai

4.5.3. Deformacijos ir įtempiai

Ketvirtojo tarpatramio sijų apatinių juostų deformacijoms matuoti pasirinktos dvi vietos. Deformacijoms matuoti naudoti du elektroniniai išilginių deformacijų jutikliai SR1 ir SR2 (kanalų numeriai: CH11, CH12) ir du mechaniniai deformacijų jutikliai IND1 ir IND2 (žr. 4.3.2 skyrių matavimo prietaisų išdėstymo schemas).

Kaip kito deformacijos palaipsniui apkraunant perdangą, matome iš apkrovos–deformacijų grafikų (žr. 4.5.4. skyrių).

Įtempiai nuo didžiausios bandymo apkrovos apskaičiuojami pagal Huko dėsnį:

$$\sigma = \varepsilon^f \times E;$$

čia:

$\varepsilon^f = (\varepsilon - \varepsilon_{\Delta t})$ – faktinė santykinė metalo deformacija;

ε – deformacijų jutikliu užfiksuota santykinė metalo deformacija;

$\varepsilon_{\Delta t}$ – metalo santykinė deformacija dėl temperatūros pokyčio pradžioje ir pabaigoje bandymo;

E – metalo tamprumo modulis;

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa.}$$

Indikatoriaus Nr.1 (aukštupio pusėje) užfiksuota santykinė deformacija:

$$\varepsilon = 137 \times 10^{-6};$$

temperatūros pokytis $\Delta t = 0^0 \text{ C}$.

Tempimo įtempiai:

$$\sigma = 137 \times 10^{-6} \times 2,1 \times 10^5 = 28,8 \text{ MPa.}$$

Indikatoriaus Nr.2 (žemupio pusėje) užfiksuota santykinė deformacija:

$$\varepsilon = 157 \times 10^{-6};$$

temperatūros pokytis $\Delta t = 0^0 \text{ C}$.

Tempimo įtempiai:

$$\sigma = 157 \times 10^{-6} \times 2,1 \times 10^5 = 33,0 \text{ MPa.}$$

Jutiklio CH11 užfiksuota santykinė deformacija:

$$\varepsilon = 122 \times 10^{-6};$$

temperatūros pokytis $\Delta t = 0^{\circ} \text{C}$.

Tempimo įtempiai:

$$\sigma = 122 \times 10^{-6} \times 2,1 \times 10^5 = 25,6 \text{ MPa.}$$

Jutiklio CH12 užfiksuota santykinė deformacija:

$$\varepsilon = 201 \times 10^{-6};$$

temperatūros pokytis $\Delta t = 0^{\circ} \text{C}$.

Tempimo įtempiai:

$$\sigma = 201 \times 10^{-6} \times 2,1 \times 10^5 = 42,2 \text{ MPa.}$$

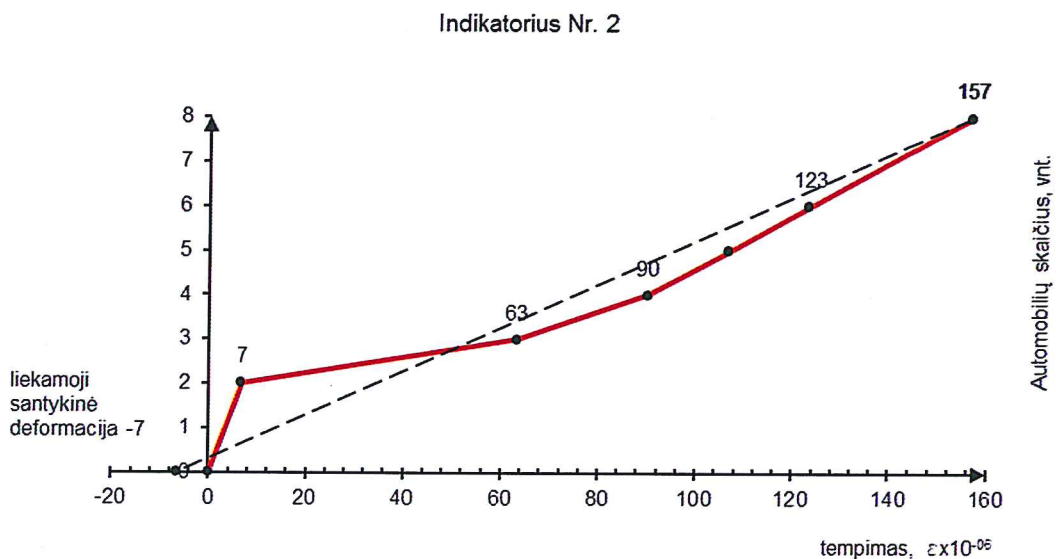
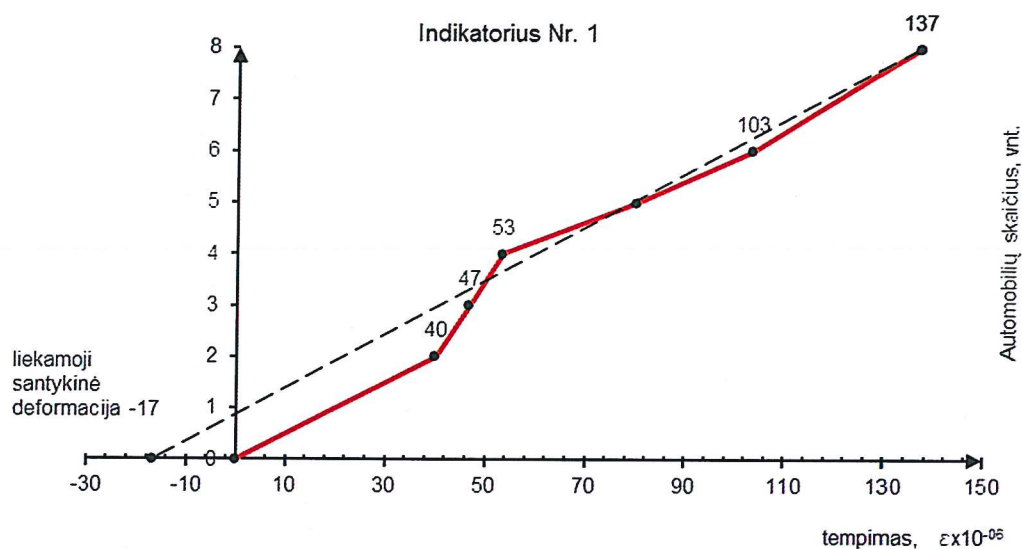
Teorinių ir faktinių įtempių, atsiradusių antrame ir trečiame tarpatramyje nuo bandymo apkrovos palyginimą žr. 4.7 lentelėje.

4.7 lentelė. Teorinių ir faktinių įtempių, atsiradusių nuo bandymo apkrovos, palyginimas

Kanalo Nr.	Išmatuota santykinė deformacija, $\times 10^{-6}$	Įtempiai nuo bandymo apkrovos, MPa	
		faktiniai	teoriniai
Ind. 01	137	28,8	88,9
Ind. 02	157	33,0	
Ch11	323	25,6	
Ch12	279	42,2	
Pastabos: 1. Sijos apatinės juostos yra tempiamos. 2. Teoriniai skaičiavimai atlikti įvertinant gelžbetoninės plokštės darbą			

Išvada: faktiniai įtempiai nuo aštuonių automobilių apatinėse juostose neviršija teorinių.

4.5.4. Deformacijų matavimo grafikai



4.11 pav. Ketvirtojo tarpatramio sijos apatinės juostos santykinųjų deformacijų priklausomybių nuo bandymo apkrovos grafikai

5. TILTO DINAMINIS BANDYMAS

5.1. BANDYMO TIKSLAS IR PROGRAMA

Bandymo tikslas – nustatyti tilto svarbiausius dinامينius rodiklius, t.y. laisvųjų slopinamųjų virpesių dažnį, periodą, virpesių formą, dinamiškumo koeficientą.

Tilto perdangos virpesiams sukelti buvo panaudotas dviašis 23,75 t masės automobilis (MAZ), važiuojęs iš vietos užpakaline ašimi per dirbtinę kliūtį, t.y. per medinį 50 mm storio stačiakampio formos tašą, padėtą tarpatramio viduryje, ir 30 km/h, 50 km/h, 70 km/h ir 90 km/h greičiu (be kliūties). Tilto trečias ir ketvirtas tarpatramiai buvo bandyti, t.y. suvirpinti 13 kartų (žr. 5.1 ir 5.2 lenteles), penktas tarpatramis 12 kartų (žr. 5.3 lentelę).

5.1 lentelė. Trečiojo tarpatramio dinaminio bandymo pradiniai duomenys

Bandymo numeris	Kliūties vieta	Kliūties (tašo) storis, mm	Automobilio greitis, km/h
1	3-io tarpatramio vidurys	50	iš vietos (1 automobilis)
2			iš vietos (1 automobilis)
3			iš vietos (1 automobilis)
4		-	30 (1 automobilis)
5			30 (1 automobilis)
6			30 (1 automobilis)
7		-	50 (1 automobilis)
8			50 (1 automobilis)
9			50 (1 automobilis)
10		-	70 (1 automobilis)
11			70 (1 automobilis)
12			70 (1 automobilis)
13		-	90 (1 automobilis)

5.2 lentelė. Ketvirtojo tarpatramio dinaminio bandymo pradiniai duomenys

Bandymo numeris	Kliūties vieta	Kliūties (tašo) storis, mm	Automobilio greitis, km/h
1	4-tas tarpatramis 23,0 m nuo 5-os atramos	50	iš vietos (1 automobilis)
2			iš vietos (1 automobilis)
3			iš vietos (1 automobilis)
4		-	30 (1 automobilis)
5			30 (1 automobilis)
6			30 (1 automobilis)
7		-	50 (1 automobilis)
8			50 (1 automobilis)
9			50 (1 automobilis)
10		-	70 (1 automobilis)
11			70 (1 automobilis)
12			70 (1 automobilis)
13		-	90 (1 automobilis)

5.3 lentelė. Penktojo tarpatramio dinaminio bandymo pradiniai duomenys

Bandymo numeris	Kliūties vieta	Kliūties (tašo) storis, mm	Automobilio greitis, km/h
1	5-to tarpatramio vidurys	50	iš vietos (1 automobilis)
2			iš vietos (1 automobilis)
3		-	30 (1 automobilis)
4			30 (1 automobilis)
5			30 (1 automobilis)
6		-	50 (1 automobilis)
7			50 (1 automobilis)
8			50 (1 automobilis)
9		-	70 (1 automobilis)
10			70 (1 automobilis)
11			70 (1 automobilis)
12		-	90 (1 automobilis)

5.2. MATAVIMO PRIETAISAI IR JŲ IŠDĖSTYMAS

Tilto pagrindinių sijų vertikaliose plokštumose taškų virpesiai nuo dinaminės apkrovos buvo užfiksuoti dinaminių bandymų laboratorijos jutikliais. Kanalų numeriai, kuriais buvo registruojami signalai, ir prietaisų išdėstymas yra pateikti 4.3.2 skyriuje.

Tilto perdangoje sukeltus virpesius programinė įranga registravo 250 Hz dažniu. Signalų trikdžiai filtruoti „Chebechev“, „Betterwoth“ ir „Bessell“ būdais.

Bandymo duomenų blokuose virpesių dažnio turinio analizei naudotos greitosios Furje transformacijos ir laipsniškas spektrinio tankio tyrimas.

Vertikalių poslinkių (virpesių) registracijai buvo naudoti jutikliai, kurių matavimo intervalas – $\pm 12,5$ mm.

5.3. DINAMINIŲ BANDYMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

Tilto dinaminio bandymo, atlikto 2012 m. kovo 29 d., rezultatai: vibrogramos, virpesių galios spektrai, pagreičių grafikai pateikti 5.4 skyriuje. Pateiktų grafikų apačioje nurodytas bandymo numeris, jutiklio numeris ir būdingi dinaminiai rodikliai.

Visi tilto trečio, ketvirto ir penkto tarpatramių eksperimentinių rezultatų dinaminiai rodikliai pateikti 5.4, 5.5 ir 5.6 lentelėse.

5.4 lentelė. Tilto trečiojo tarpatramio eksperimentinių rezultatų dinaminiai rodikliai

Bandymo Nr.	Automobilio greitis, km/h	Dažnis f, Hz	Periodas T, s	Pagreitis a, g
1	1 automobilis (per kliūtį)	1,75	0,571	0,022998
2	1 automobilis (per kliūtį)	1,72	0,581	0,024306
3	1 automobilis (per kliūtį)	1,73	0,578	0,034595
4	30 km/h	2,35	0,425	0,031327
5	30 km/h	2,19	0,457	0,026443
6	30 km/h	2,96	0,338	0,028580
7	50 km/h	2,21	0,452	0,070603
8	50 km/h	2,22	0,450	0,061538
9	50 km/h	2,20	0,454	0,061538
10	70 km/h	2,20	0,454	0,075882
11	70 km/h	1,77	0,565	0,070908
12	70 km/h	2,22	0,450	0,059402
13	90 km/h	2,22	0,450	0,074051

5.5 lentelė. Tilto ketvirtojo tarpatramio eksperimentinių rezultatų dinaminiai rodikliai

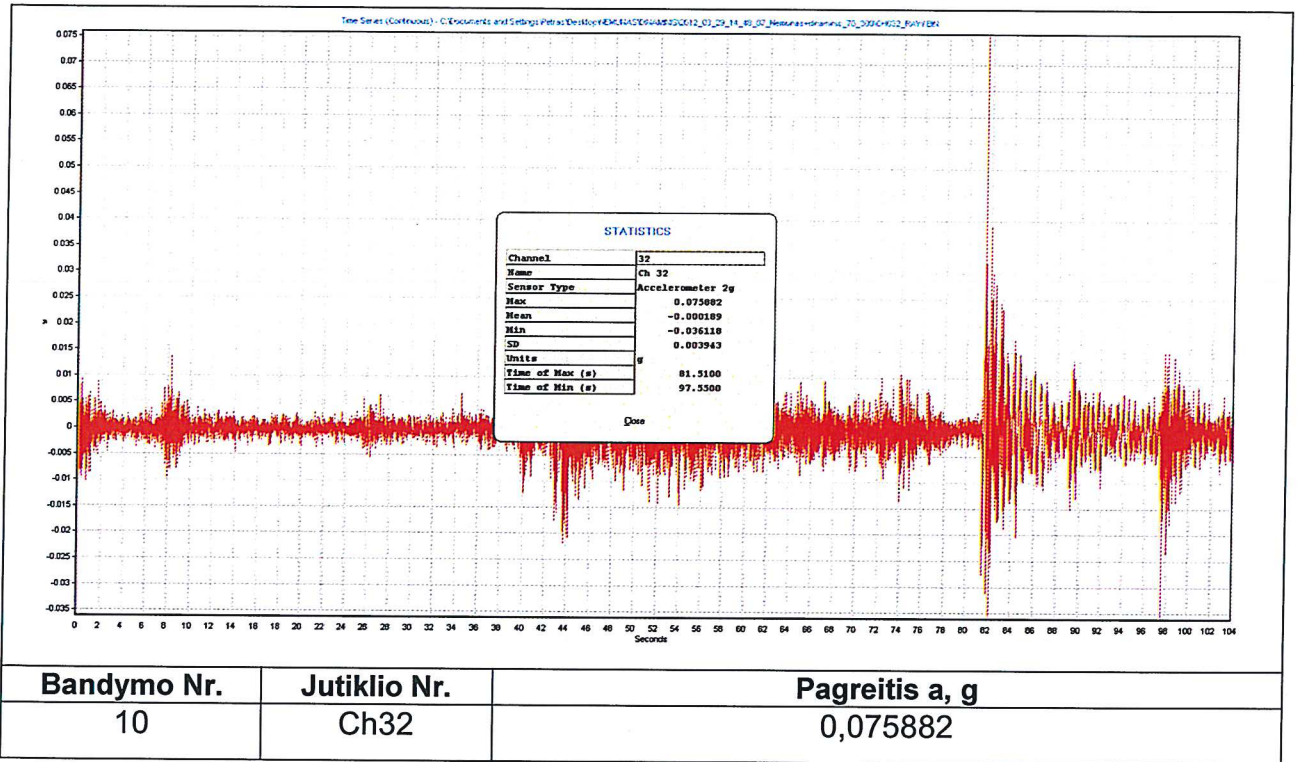
Bandymo Nr.	Automobilio greitis, km/h	Dažnis f, Hz	Periodas T, s	Dinamiškumo koeficientas $\mu_{din} = 1 + \mu = \frac{y_{din}}{y_{st}}$	Pagreitis a, g
1	1 automobilis (per kliūtį)	1,71	0,585	1,434	0,020642
2	1 automobilis (per kliūtį)	1,75	0,571	1,425	0,020034
3	1 automobilis (per kliūtį)	1,74	0,575	1,868	0,028491
4	30 km/h	3,01	0,332	1,068	0,020555
5	30 km/h	2,97	0,337	1,087	0,016282
6	30 km/h	2,97	0,337	1,063	0,025439
7	50 km/h	2,95	0,339	1,244	0,026746
8	50 km/h	2,98	0,336	1,010	0,026746
9	50 km/h	2,99	0,334	1,054	0,026746
10	70 km/h	-	-	1,122	0,035510
11	70 km/h	1,76	0,568	1,068	0,028883
12	70 km/h	2,22	0,450	1,000	0,040784
13	90 km/h	-	-	1,101	0,083509
Vidurkis:				1,08	

5.5 lentelė. Tilto penktojo tarpatramio eksperimentinių rezultatų dinaminiai rodikliai

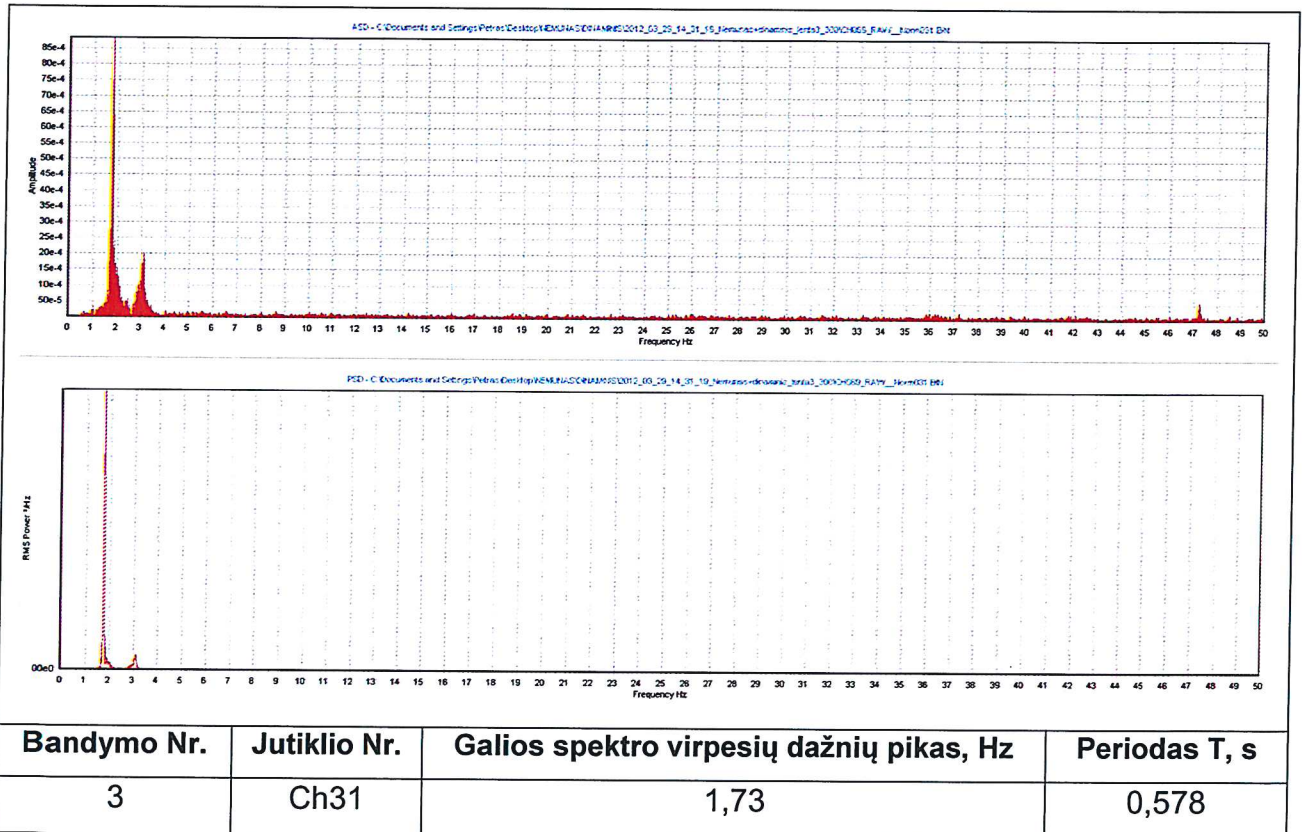
Bandymo Nr.	Automobilio greitis, km/h	Dažnis f, Hz	Periodas T, s	Dinamiškumo koeficientas $\mu_{din} = 1 + \mu = \frac{y_{din}}{y_{st}}$	Pagreitis a, g
1	1 automobilis (per kliūtį)	10,56	0,095	1,586	0,068469
2	1 automobilis (per kliūtį)	11,36	0,088	1,424	0,065198
4	30 km/h	11,20	0,089	1,000	0,018725
5	30 km/h	9,60	0,104	1,000	0,017200
6	30 km/h	11,64	0,086	1,035	0,017896
7	50 km/h	8,17	0,122	1,249	0,027270
8	50 km/h	8,58	0,117	1,129	0,022169
9	50 km/h	8,85	0,113	1,162	0,022169
10	70 km/h	11,93	0,084	1,006	0,032850
11	70 km/h	-	-	1,265	0,025526
12	70 km/h	11,10	0,090	1,068	0,050855
13	90 km/h	11,30	0,089	1,228	0,033373
Vidurkis:				1,11	

5.4. PERDANGOS VIRPESIŲ GRAFIKAI

5.4.1. Tilto trečiojo tarpatramio perdangos virpesių grafikai

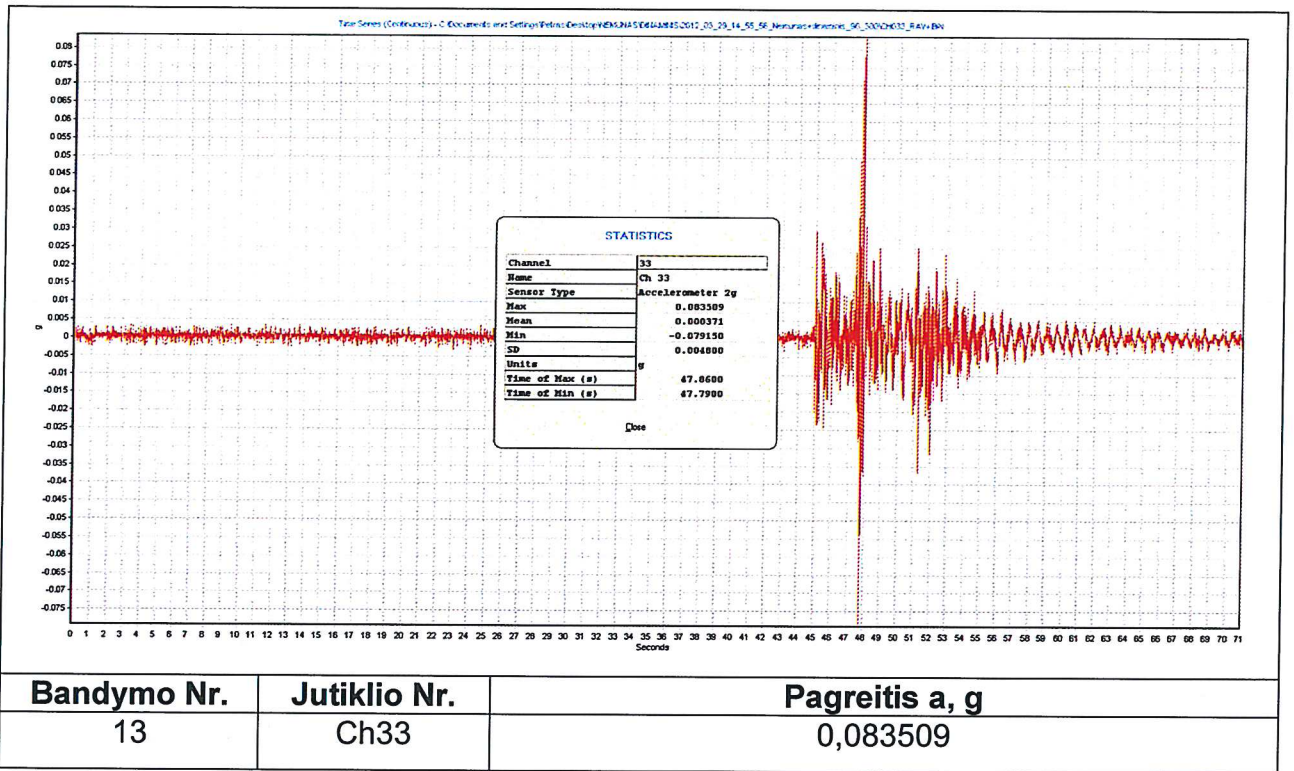


5.1 pav. Pagreičių jutikliu, trečiojo tarpatramio viduryje, užregistruotų pagreičių grafikas

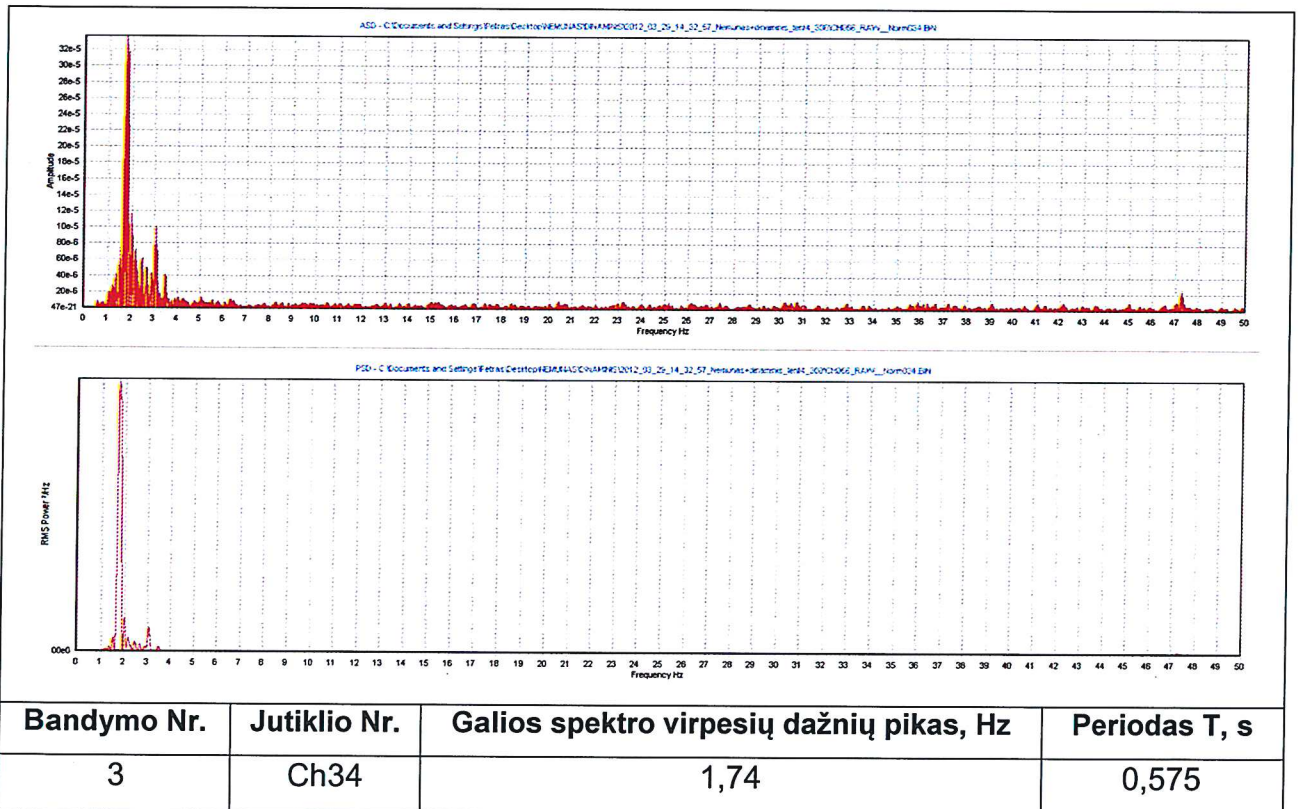


5.2 pav. Pagreičių jutikliu, trečiojo tarpatramio viduryje, užregistruotų virpesių galios spektras

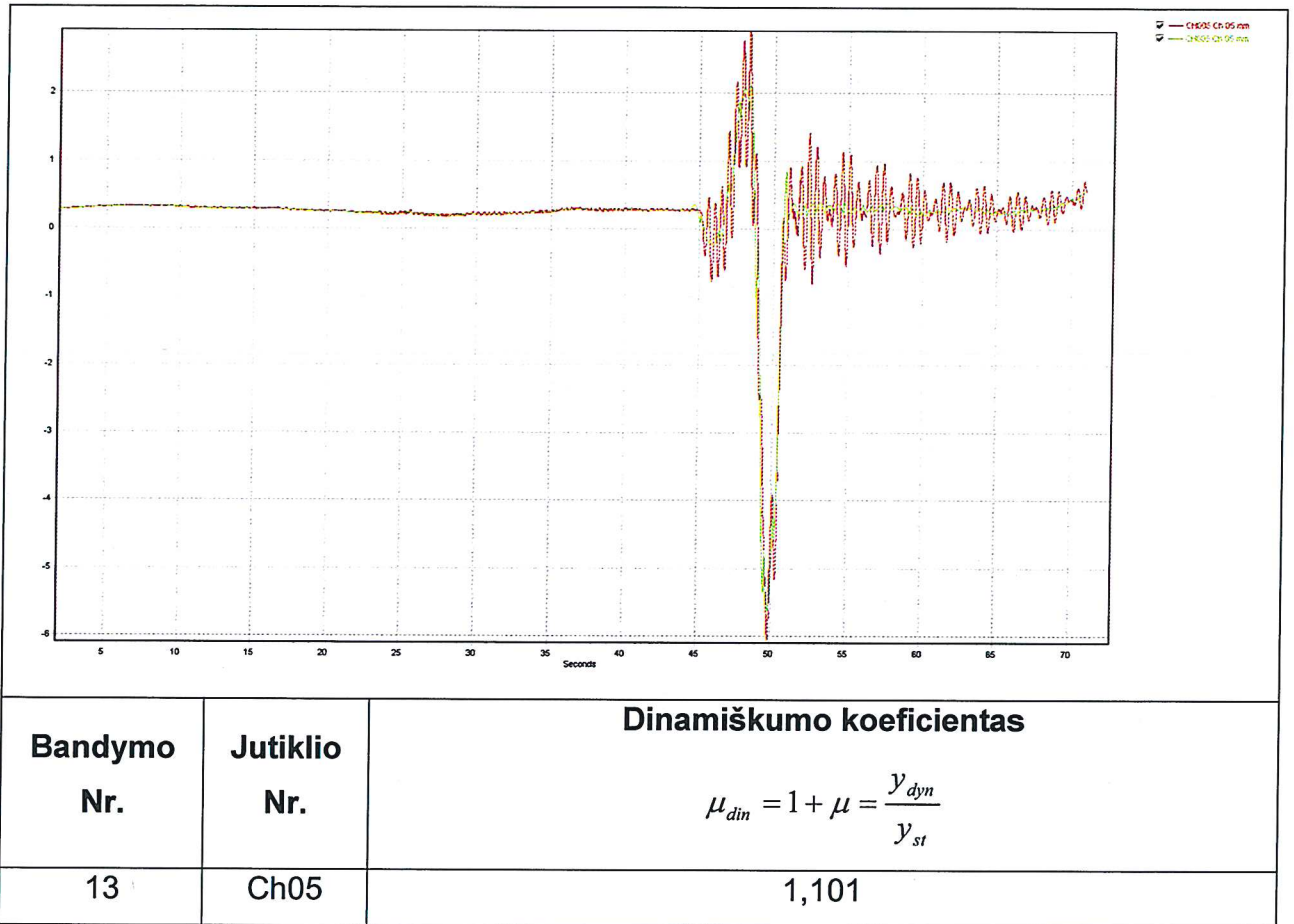
5.4.2. Tilto ketvirtojo tarpatramio perdangos virpesių grafikai



5.3 pav. Pagreičių jutikliu, ketvirtojo tarpatramio viduryje, užregistruotų pagreičių grafikas

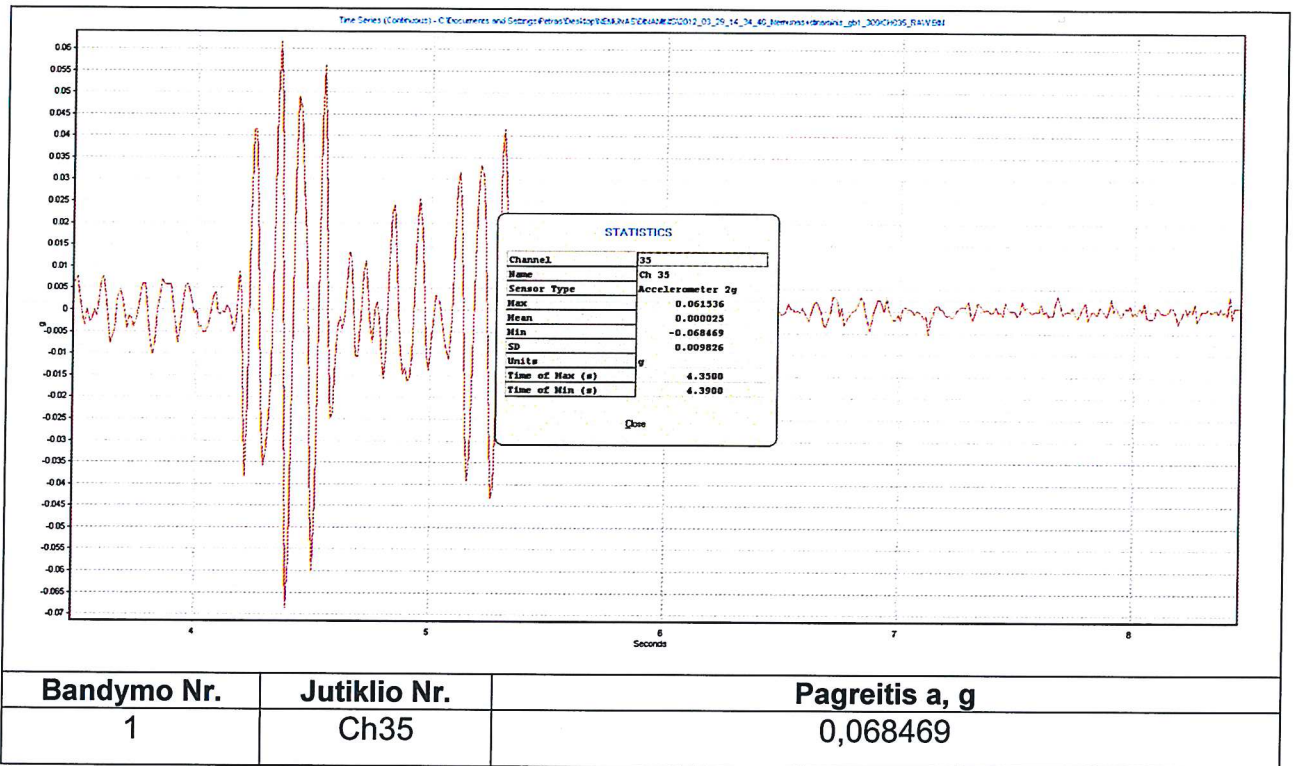


5.4 pav. Pagreičių jutikliu, ketvirtojo tarpatramio viduryje, užregistruotų virpesių galios spektras

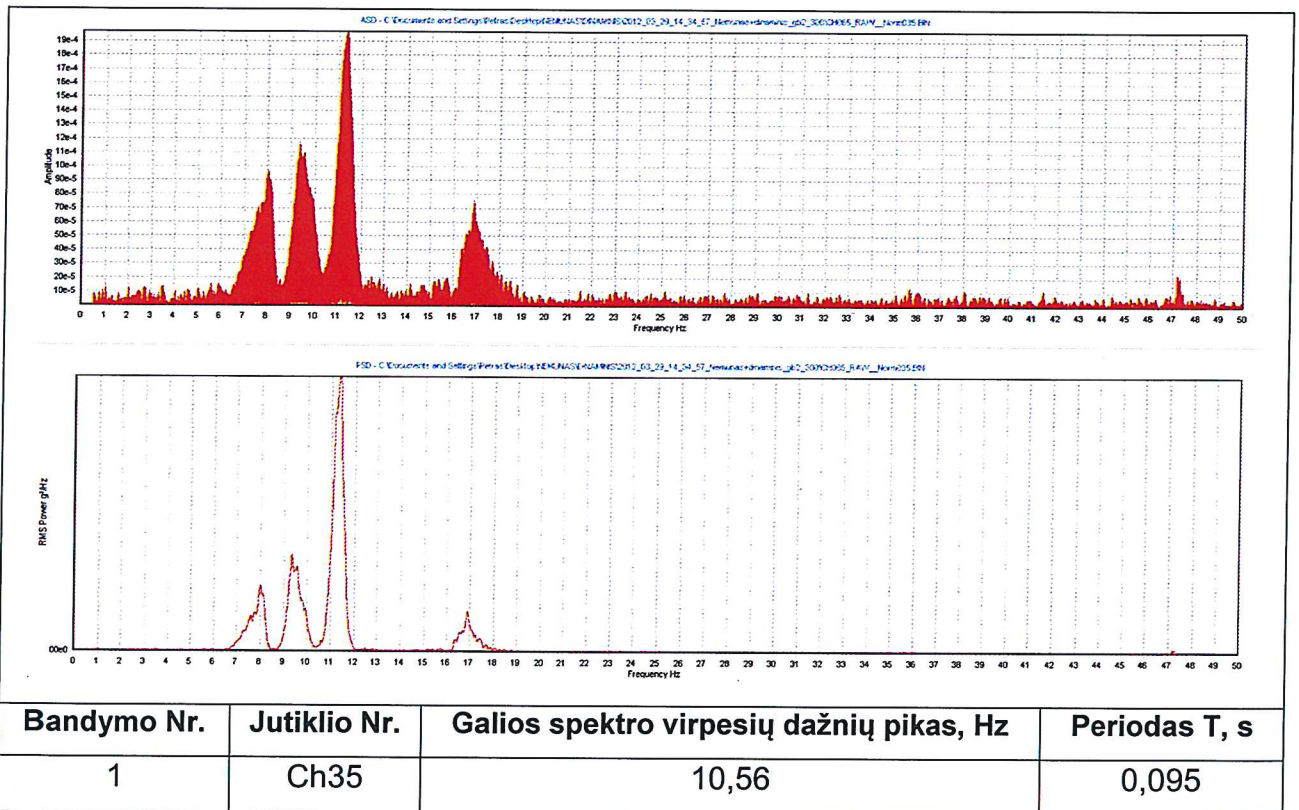


5.5 pav. Poslinkių jutikliu, ketvirtojo tarpatramio viduryje, užregistruotų virpesių grafikas

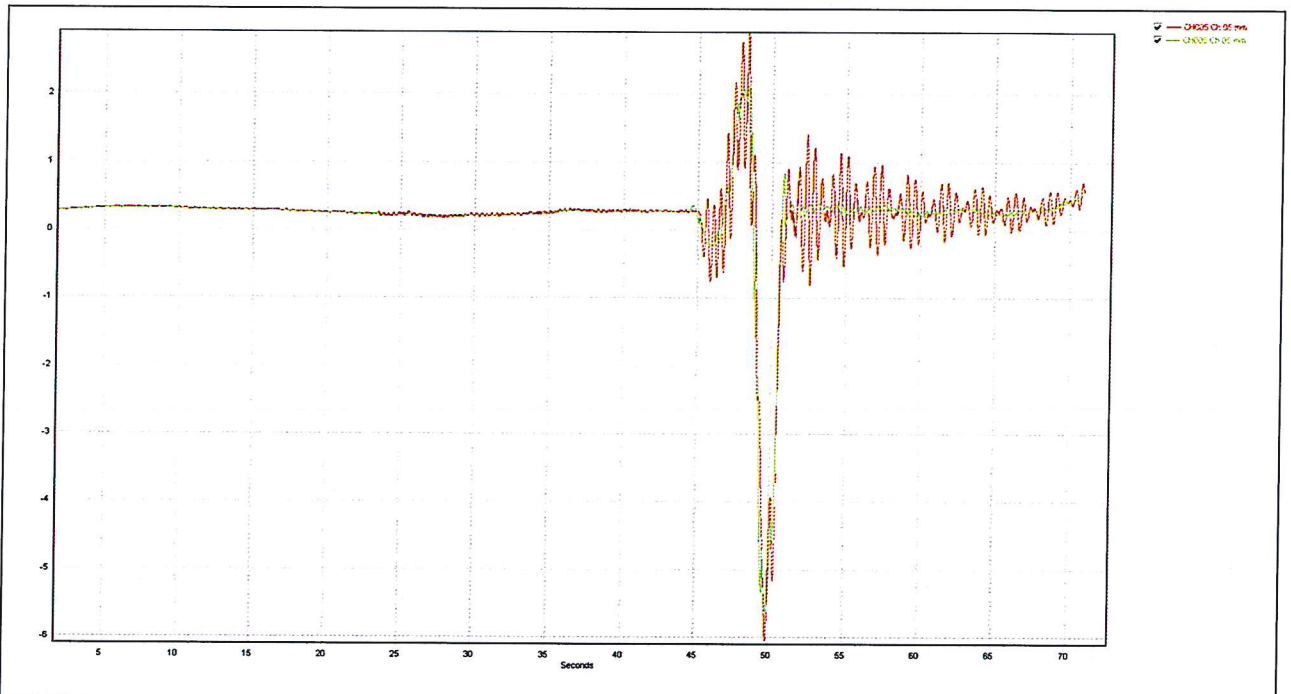
5.4.3. Tilto penktojo tarpatramio perdangos virpesių grafikai



5.6 pav. Pagreičių jutikliu, penktojo tarpatramio viduryje, užregistruotų pagreičių grafikas



5.7 pav. Pagreičių jutikliu, penktojo tarpatramio viduryje, užregistruotų virpesių galios spektras



Bandymo Nr.	Jutiklio Nr.	Dinamiškumo koeficientas
		$\mu_{din} = 1 + \mu = \frac{y_{dyn}}{y_{st}}$
2	Ch02	1,424

5.8 pav. Poslinkių jutikliu, penktojo tarpatramio viduryje, užregistruotų virpesių grafikas

6. TILTO LAIKOMOJI BEI KELIAMOJI GALIA IR LEISTINA SLANKIOJI APKROVA

Tilto keliamąją galią vertiname ekvivalentinės važiuoklės mase. Keliamoji galia yra tokia etaloninė maksimali vertikali apkrova, kuri nesukelia tilto konstrukcijai nei vieno iš ribinių būvių. Tai didžiausia laikinoji apkrova, kurią gali atlaikyti konstrukcija jos naudojimo metu.

Etaloninės apkrovos (važiuoklės) ratų išdėstymo schema atitinka СНиП 2.05.03-84 ratinės apkrovos НК–80 schemą.

Ekvivalentinė apkrova yra reali apkrova redukuota į etaloninę schemą, išlaikant skaičiuojamajame pjūvyje sukiamų įrašų lygybės principą.

Tilto laikomoji galia – konstrukcijos didžiausias atsparumas galimoms įrašoms. Apskaičiuojame keliamąją galią ir leistinąją apkrovą.

Trečias tarpatramis

Trečiojo tarpatramio keliamoji galia, perskaičiavus bandymo apkrovą į ekvivalentinę:

$$F_{kel} = \frac{M}{0,25 \cdot \sum_{i=1}^4 \eta_n} = \frac{11860}{0,25 \cdot 51,72} = 917 \text{ kN (93 t)},$$

čia:

M – lenkimo momentas trečiojo tarpatramio viduriniajame pjūvyje nuo 8 automobilių;

$\sum \eta_n$ – lenkimo momentų influentės ordinačių suma (pagal ratinės apkrovos НК–80 schemą).

Leistina slankioji apkrova:

$$LA = \frac{F_{kel}}{(1 + \mu) \cdot k_n \cdot \gamma_f} = \frac{917}{1,16 \cdot 1,2 \cdot 1,195} = 551 \text{ kN (56 t)},$$

čia:

$\mu_{din} = 1 + \mu = 1,16$ – teoriškai apskaičiuotas dinamiškumo koeficientas;

$k_n = 1,2$ – apkrovos patikimumo koeficientas;

$\gamma_f = 1,195$ – apkrovos nesimetriškos padėties koeficientas, apskaičiuotas pagal statinio bandymo duomenis.

Ketvirtas tarpatramis

Ketvirtojo tarpatramio keliamoji galia, perskaičius bandymo apkrovą į ekvivalentinę:

$$F_{kel} = \frac{M}{0,25 \cdot \sum_{i=1}^4 \eta_n} = \frac{14608}{0,25 \cdot 51,72} = 1130 \text{ kN (115 t)},$$

čia:

M – lenkimo momentas ketvirtojo tarpatramio viduriniame pjūvyje (23,00 m atstumu nuo penktos atramos) nuo 8 automobilių;

$\sum \eta_n$ – lenkimo momentų influentės ordinačių suma (pagal ratinės apkrovos HK–80 schema).

Leistina slankioji apkrova:

$$LA = \frac{F_{kel}}{(1 + \mu) \cdot k_n \cdot \gamma_f} = \frac{1130}{1,08 \cdot 1,2 \cdot 1,195} = 730 \text{ kN (74 t)},$$

čia:

$\mu_{din} = 1 + \mu = 1,08$ – iš bandymo rezultatų apskaičiuotas dinamiškumo koeficiento vidurkis;

$k_n = 1,2$ – apkrovos patikimumo koeficientas;

$\gamma_f = 1,195$ – apkrovos nesimetriškos padėties koeficientas, apskaičiuotas pagal statinio bandymo duomenis.

Penktas tarpatramis

Penktojo tarpatramio keliamoji galia, perskaičius bandymo apkrovą į ekvivalentinę:

$$F_{kel} = \frac{M}{0,25 \cdot \sum_{i=1}^4 \eta_n} = \frac{3469}{0,25 \cdot 15} = 925 \text{ kN (94 t)},$$

čia:

M – lenkimo momentas penktojo tarpatramio viduriniame pjūvyje nuo 5 automobilių;

$\sum \eta_n$ – lenkimo momentų influentės ordinačių suma (pagal ratinės apkrovos HK–80 schema).

Leistina slankioji apkrova:

$$LA = \frac{F_{ket}}{(1 + \mu) \cdot k_n \cdot \gamma_f} = \frac{925}{1,11 \cdot 1,2 \cdot 1,18} = 588 \text{ kN (60 t)},$$

čia:

$\mu_{din} = 1 + \mu = 1,11$ – iš bandymo rezultatų apskaičiuotas dinamiškumo koeficiento vidurkis;

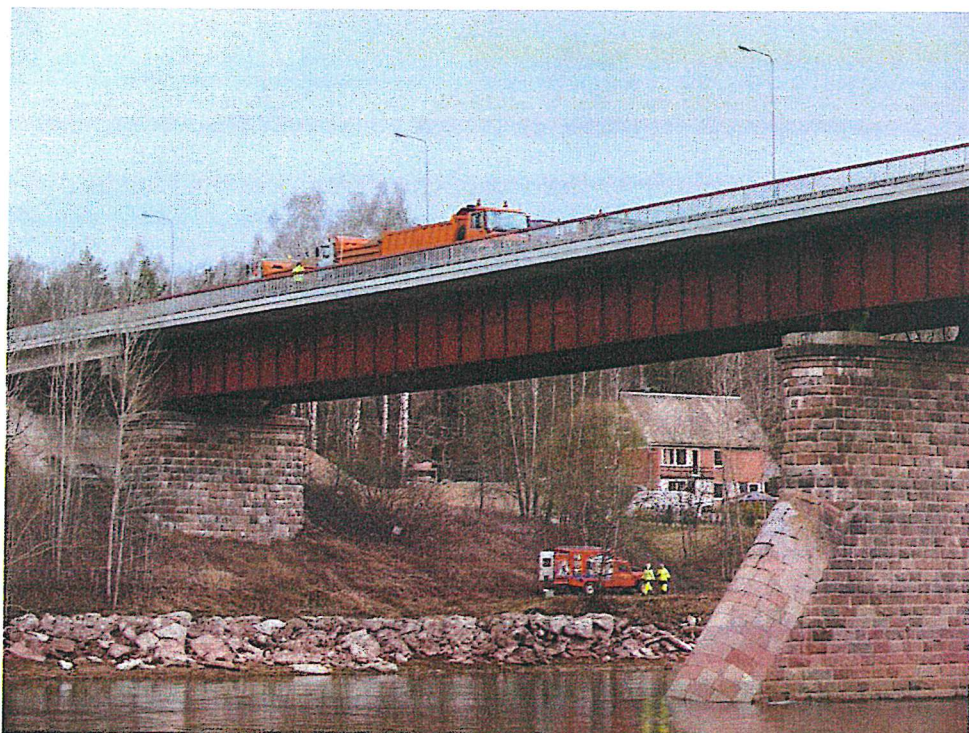
$k_n = 1,2$ – apkrovos patikimumo koeficientas;

$\gamma_f = 1,18$ – apkrovos nesimetriškos padėties koeficientas, apskaičiuotas pagal statinio bandymo duomenis.

7. BANDYMO FOTOFIKSACIJA



7.1 pav. Ketvirtas tarpatramis apkrautas dviem automobiliais.
Bendras jų svoris 43,5 tonos



7.2 pav. Ketvirtas tarpatramis apkrautas aštuoniais automobiliais.
Bendras apkrovos svoris 168,35 tonos



7.3 pav. Ant tilto, trečio tarpatramio viduryje, maksimali aštuonių automobilių apkrova. Bendras jų svoris 168,35 tonos



7.4 pav. Penkto tarpatramio viduryje, penkių automobilių apkrova. Jos svoris 129,95 tonos



7.5 pav. Tiltu dinaminis bandymas ketvirtame tarpatramyje

8. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

Apžiūrėjus bei statiškai ir dinamiškai išbandžius tiltą per Nemuną, esantį 128 kelio Valkininkų g. st.–Daugai–Alytus 42,01 km, nustatyta:

PAGAL TEORINIŲ SKAIČIAVIMŲ REZULTATUS

Kompiuterine programa „MIDAS Civil“ buvo apskaičiuotos ir palygintos įrašos, atsirandančios tilto perdangos būdinguose pjūviuose nuo šių apkrovų:

1. Projektinės 1962 metų tilto apkrovos H–30;
2. Euronormų apkrovų, priimant apkrovos koeficientus:
 - pirmai eismo juostai $\alpha_{Q1} = 0,8$ ir $\alpha_{q1} = 1,0$, $\alpha_{gr} = 1,0$;
 - antrai ir trečiai $\alpha_{Q2} = 1,0$, $\alpha_{q2} = 1,0$.

Skaičiavimų rezultatai tokie:

1. Lenkimo momentas, atsirandantis tilto plienbetoninės perdangos trečiojo tarpatramio viduriniame pjūvyje nuo Euronormų apkrovų yra 1,9 karto didesnis už lenkimo momentą nuo projektinės apkrovos H–30;
2. Lenkimo momentas, atsirandantis nuo Euronormų apkrovų tilto plienbetoninės perdangos ketvirtojo tarpatramio pjūvyje, esančiame 23,0 m nuo penktos atramos, yra 1,9 karto didesnis už lenkimo momentą nuo projektinės apkrovos H – 30;
3. Lenkimo momentas, atsirandantis tilto plienbetoninės perdangos viršatraminiame pjūvyje nuo Euronormų apkrovų yra 1,4 karto didesnis už lenkimo momentą nuo projektinės apkrovos H–30;
4. Lenkimo momentas, atsirandantis tilto gelžbetoninės perdangos su įtemptąją armatūra penktojo tarpatramio viduriniame pjūvyje nuo Euronormų apkrovų yra 2,2 karto didesnis už lenkimo momentą nuo projektinės apkrovos H–30.

PAGAL APŽIŪROS REZULTATUS

Tilto vizualios apžiūros duomenys rodo, kad bendra tilto būklė yra gera. Tilto važiuojamoji dalis lygi, be pažeidimų. Kelio danga supleišėjusi tik ties deformaciniais pjūviais. Nenuvalytas važiuojamosios dalies pakraščiuose susikaupęs purvas. Vandens nuleidimo

šulinėliai užsikimšę. Plienbetoninėje perdangoje esantys metaliniai vandens nuleidimo šulinėliai per trumpi. Gelžbetoninės perdangos vandens nuleidimo PVC vamzdis pradurtas, vanduo bėga ant šlaito sutvirtinimo g/b plokščių.

Atitvarų, turėklų ir apšvietimo stulpų būklė gera.

Pagrindinių plieninių sijų, skersinių sijų ir ryšių būklė gera. Sujungimo mazgai ir skersinės sijos ties deformaciniais pjūviais smarkiai pažeisti korozijos. Gelžbetoninėje plokštėje plyšių nematyti. Gelžbetoninių sijų su įtemptąja armatūra būklė gera, plyšių neužfiksuota. Atraminiai guoliai vietomis pakorodavę.

Bendra atramų būklė gera. Vietomis taurų akmens mūro siūlės sutrūkusios, matosi balti pataikai. Ramtuose plyšių neužfiksuota.

Tilto patiltės kūgiai sutvirtinti gelžbetoninėmis plokštėmis, išplovų nematyti. Ant šlaitų auga pavieniai krūmokšniai. Šlaitinių laiptų pakraščiuose purvo sąnašos, turėklai vietomis pakorodavę.

PAGAL STATINIO BANDYMO REZULTATUS

1. Nuo bandymo apkrovų tilto perdanga dirbo tampriai.
2. Faktiniai sijų apatinių juostų įlinkiai nuo bandymo apkrovos buvo mažesni už apskaičiuotus teoriniu būdu nuo tų pačių apkrovų ir atitiko rusiškų normų reikalavimus.
3. Trečiojo tarpatramio keliamoji galia, redukavus statinę bandymo apkrovos masę į ekvivalentinės važiuoklės *HK – 80* masę, judančios tilto viduriu – 917 kN. Leistina šio tarpatramio apkrova apskaičiuota mažinant keliamąją galią dinamiškumo, nesimetriškos padėties ir patikimumo koeficientų dydžiais yra 551 kN. Tai atitinka **56 t** (žr. 6 sk.).
4. Ketvirtojo tarpatramio keliamoji galia, redukavus statinę bandymo apkrovos masę į ekvivalentinės važiuoklės *HK – 80* masę, judančios tilto viduriu – 1130 kN. Leistina šio tarpatramio apkrova apskaičiuota mažinant keliamąją galią dinamiškumo, nesimetriškos padėties ir patikimumo koeficientų dydžiais yra 730 kN. Tai atitinka **74 t** (žr. 6 sk.).
5. Penktojo tarpatramio keliamoji galia, redukavus statinę bandymo apkrovos masę į ekvivalentinės važiuoklės *HK – 80* masę, judančios tilto viduriu – 925 kN. Leistina šio tarpatramio apkrova apskaičiuota mažinant keliamąją galią dinamiškumo, nesimetriškos padėties ir patikimumo koeficientų dydžiais yra 588 kN. Tai atitinka **60 t** (žr. 6 sk.).

6. Nuo bandymo apkrovų tilto trečiojo, ketvirtojo ir penktojo tarpatramių perdangos dirbo tampriai:
- trečiojo tarpatramio sijų vidutinis liekamasis įlinkis sudarė 2,0 % nuo tamprųjų sijų įlinkių (leistini liekamieji įlinkiai – iki 5%).
 - ketvirtojo ir penktojo tarpatramių sijų vidutinio liekamojo įlinkio nebuvo.
7. Palyginus teorinius ir faktinius perdangos įlinkius nuo bandymo apkrovos gauta, kad koeficientas K lygus:
- išbandant trečiąjį tarpatramį $K = 0,85 > 0,7$;
 - išbandant ketvirtąjį tarpatramį $K = 0,63 < 0,7$;
 - išbandant penktąjį tarpatramį $K = 0,42 < 0,5$.
- Koeficientas K išbandant trečiąjį tarpatramį didesnis už 0,7, tačiau ribinės reikšmės 1,0 neviršija. Koeficiento reikšmė mažesnė už 0,5 rodo konstrukcijos stiprumo atsargą. Tilto perdangos standumas atitinka normų reikalavimus.
8. Ketvirtojo tarpatramio faktiniai įtempiai nuo bandymo apkrovos buvo mažesni 2,7 karto už apskaičiuotus teoriniu būdu.

PAGAL DINAMINIO BANDYMO REZULTATUS

Dinaminio bandymo metu nustatyta:

1. Tilto perdangos laisvųjų (savųjų) slopinamųjų virpesių dažniai pirmoje virpesių formoje yra:
 - *trečiojo* tarpatramio perdangos – $1,72 \div 1,75$ Hz;
 - *ketvirtojo* tarpatramio perdangos – $1,71 \div 1,75$ Hz;
 - *penktojo* tarpatramio perdangos – $10,56 \div 11,36$ Hz.
2. Perdangų maksimalūs pagreičiai:
 - *trečiojo* tarpatramio perdangos – 0,075882 g;
 - *ketvirtojo* tarpatramio perdangos – 0,083509 g;
 - *penktojo* tarpatramio perdangos – 0,068469 g.
3. Dinamiškumo koeficientas:
 - *ketvirtojo* tarpatramio perdangos, važiuojant iš vietos per 5 cm aukščio tašą (imituojant nelygią dangą) yra $1,425 \div 1,868$;
 - *ketvirtojo* tarpatramio perdangos, važiuojant įvairiu greičiu be kliūties yra $1,00 \div 1,244$;

- penktojo tarpatramio perdangos, važiuojant iš vietos per 5 cm aukščio tašą (imituojant nelygią dangą) yra $1,424 \div 1,586$;
- penktojo tarpatramio perdangos, važiuojant įvairiu greičiu be kliūties yra $1,00 \div 1,249$.

Pagal statybos normas СНиП 2.05.03–84* „Мосты и трубы“ miestų ir pėsčiųjų tiltams perdangos laisvųjų virpesių dažnis yra neleistinas 1,67–2,22 Hz intervale. Pagal LST EN 1991–2:2004 „Eurokodas 1“. Poveikiai konstrukcijoms 2 dalis, virpesių savieji dažniai pagal dvi žemiausias formas neturi būti šiuose intervaluose: 1,6–2,4 Hz, esant vertikalių virpesių formai.

Eksperimentiškai nustatyti kiti vyraujančių dažnių intervalai:

- plienbetoninės perdangos trečiojo tarpatramio 1,77–2,96 Hz;
- plienbetoninės perdangos ketvirtojo tarpatramio 1,76–2,99 Hz;
- gelžbetoninės perdangos penktojo tarpatramio 8,17–11,93 Hz.

Tilto plienbetoninės perdangos abiejų tarpatramių savieji virpesiai patenka į neleistinų virpesių intervalą tiek pagal „rusiškas“ normas, tiek pagal „europines“ normas, tačiau šios normos galioja miestų ir pėsčiųjų tiltams, o išbandytas tiltas yra užmiestyje. Tiltu gelžbetoninės perdangos su įtemptąja armatūra savieji virpesiai nepatenka į neleistinų virpesių intervalą.

REKOMENDUOJAME

1. Sutvarkyti ir suremontuoti tilto konstrukcijas:

- išvalyti šalitilčių ir važiuojamosios dalies pakraščiuose susikaupusį purvą;
- išvalyti purvu užneštus deformacinius pjūvius;
- užsandarinti plyšius virš deformacinių pjūvių;
- išvalyti užsikimšusius vandens nuleidimo šulinėlius ir juos prailginti pagal STR 2.06.02:2001 reikalavimus;
- sutvarkyti pradurtą vandens nuleidimo PVC vamzdį;
- išvalyti šlaitinių laiptų pakraščiuose susikaupusį purvą;
- šlaituose išpjauti krūmokšnius.

2. Pastoviai palaikyti lygią važiuojamosios dalies dangą, kadangi imitavus nelygią dangą dinamiškumo koeficientas padidėja 1,5 karto.