

RELIABILITY AND DURABILITY PROBLEMS OF LOAD BEARING CONCRETE STRUCTURES FOR ELECTRIC POWER TRANSMISSION LINES

R. Vadlūga & R. Kliukas

To cite this article: R. Vadlūga & R. Kliukas (2000) RELIABILITY AND DURABILITY PROBLEMS OF LOAD BEARING CONCRETE STRUCTURES FOR ELECTRIC POWER TRANSMISSION LINES, *Statyba*, 6:3, 162-168, DOI: [10.1080/13921525.2000.10531582](https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531582)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531582>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 69

ELEKTROS TINKLO LAIKANČIŲJŲ GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ PATIKIMUMO IR ILGALAIKIŠKUMO PROBLEMOS

R. Vadlūga, R. Kliukas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Vilniaus Gedimino technikos universiteto mokslininkai jau nuo 1959 metų (dar Kauno politechnikos instituto Vilniaus filiale) atlieka eksperimentinius ir teorinius tyrimus, iš dalies susijusius su elektros energijos ir ryšių sistemos žinybų poreikiais ir užsakymais. Lietuvai atkūrus nepriklausomybę energetikų ir ryšininkų prašymu ėmėmės tirti daugiau kaip 20–10 metų šalies teritorijoje eksploatuojamų elektros tinklo laikančiųjų gelžbetoninių konstrukcijų techninę būklę. Šiame straipsnyje bandoma apibendrinti sukauptus statistinius duomenis, leidžiančius spręsti apie šių konstrukcijų patikimumą ir ilgalaikiškumą.

Elektros tinklas – tai sistema įrenginių, kuriais elektros energija iš elektrinių perduodama vartotojams. Elektros tinklą sudaro elektros linijos, elektros pastotės ir elektros skirstyklos. Elektros pastotė – įrenginys elektros energijai skirstyti ir jos parametrams keisti. Elektros skirstykla – kompleksinis įrenginys elektros energijai priimti ir paskirstyti. Elektros linija – įrenginys elektros energijai perduoti ir skirstyti. Visų minėtųjų įrenginių pagrindinės laikančiosios statybinės konstrukcijos yra įvairios paskirties atramos. Labiausiai paplitę įrenginiai yra elektros linijos. Lietuvos elektros perdavimo linijose yra daugiau kaip 2,3 mln. įvairaus amžiaus ir paskirties gelžbetoninių atramų. Tarp jų 760 tūkst. 0,38 kV oro linijose, kurių amžius 25 ir daugiau metų. Aukštosios įtampos (35 kV ir daugiau) linijų atramos dažniausiai yra metalinės arba su centrifuguotais įtempėjo gelžbetonio stiebais. Žemosios ir vidutinės įtampos 0,38–10 kV oro linijų atramos yra su vibruotais įtempėjo gelžbetonio stiebais. Pastočių ir skirstyklų atramos panašios kaip ir aukštosios įtampos linijų.

Analogiškos paskirties ir konstrukcijos apie 200 tūkstančių gelžbetoninių atramų yra AB „Lietuvos telekomas“ ryšio linijose.

Energetikos ir ryšių sistemoje gelžbetoninės atramos naudotos dėl nepakankamo medienos atsparumo puvimui, metalo (plieno) rūdijimo, didelės jo kainos ir didelių eksploatacinių išlaidų. Šiuo atžvilgiu gelžbetoninės konstrukcijos yra pranašesnės. Vis dėlto, siekiant užtikrinti pakankamą tokių atramų efektyvumą, patikimumą ir ilgalaikiškumą, tenka spręsti sudėtingą problemą, t. y. jau projektuojant derinti prieštarigus konstrukcijų patikimumo ir ekonomiškumo reikalavimus.

2. Elektros tinklo konstrukcijų gedimai

Gedimai elektros tinkluose palyginti dažni. Jų atsiranda visuose tinklų elementuose. Techninės literatūros duomenimis, gedimai dėl laikančiųjų konstrukcijų nepatikimumo sudaro 30–50% nuo bendro skaičiaus. Pavyzdžiui, Ukrainos energetikos ministerijos duomenimis, daugiau kaip 30% gedimų energetikos sistemoje būna dėl statybinų konstrukcijų nepatikimumo, o Didžiosios Britanijos centrinės elektros energetikos valdybos duomenimis, jie siekia iki 50% [1]. Pabrėžiama, kad dažniausiai genda laidai ir izoliatoriai. Tačiau atramų gedimai (griūtys) yra susiję su žymiai sunkesnėmis pasekmėmis ir didesniais nuostoliais, sunkiau atkurti normalią tinklų eksploataciją. Pagal tarptautinius reikalavimus per metus pažeistų metalinių atramų skaičiaus santykis su bendroju jų skaičiumi turėtų būti ne didesnis kaip $1,0 \cdot 10^{-4}$ [1]. Nustatyta, kad 35–750 kV elektros linijose metalinės atramos pažeidžiamos rečiau negu gelžbetoninės. Pažeidžiamiausias yra medinės atramos.

Gelžbetoninių atramų didesnius pažeidimus minėtosios monografijos autoriai aiškina keliomis priežastimis. Šios atramos dažniausiai būna įkastos į gruntą. Nuo vėjo ir kitokių poveikių atramos stiebas išlinksta ir pasisuka grunte, tuomet nuo vertikaliųjų apkrovų (pačių atramų, laidų ir izoliatorių masės) atsiranda papildomi lenkimo momentai. Dėl to padidėja griūtės tikimybė. Kita prie-

žastis – paslėptieji defektai, kurių negalima pastebėti statybos ir eksploataavimo metu.

Elektros tinklo laikančiųjų konstrukcijų avaringumas (gedimai) priklauso nuo jų laikomosios galios išteklių. Daugiau kaip pusę atramų griūčių sukelia vėjo ir laidų apšalo apkrovos, veikiančios laidas, lynus ir stiebus, kai jų vertės žymiai viršija skaičiuojamąsias, t. y. kai viršijamas jų ribinis būvis.

Tačiau dažnai atramų griūtis priežastis būna ne tik atmosferinių apkrovų ir poveikių perviršiai, bet ir konstrukcijų gamybos, statybos ir eksploatacijos metu atsiradę defektai ir pažeidimai, dėl kurių mažėja laikančiųjų konstrukcijų laikomosios galios išteklius. Ištirta, kad daugeliu atveju dėl ekstremalių atmosferinių apkrovų ir poveikių nulūžta tos atramos, kurios eksploatuojamos 10–15 ir daugiau metų, taip pat atramos, kurių stiebai buvo su defektais ir pažeidimais, atsiradusiais juos gaminant, montuojant ir eksploatuojant [1]. Viesulo nulaužtų atramų skaičius neviršija 15% bendro jų griūčių skaičiaus.

Lietuvoje elektros tinklo laikančiųjų konstrukcijų techninė būklė panaši kaip ir Ukrainoje (ji pateikta monografijoje [1]). 0,38–10 kV elektros oro linijų amžius pagal nusidėvėjimo normatyvą – 25 metai (metams 4%). Todėl, vykdant planinį remontą, atramų stiebai keičiami, t. y. linijos atnaujinamos (žr. lent.).

Elektros linijų atramų vibruotų gelžbetoninių stiebų techninės būklės charakteristika

Characteristic of technical state of concrete pylons for supports of electric power transmission lines

Laikotarpis	1975–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1995–2000
Stiebų su defektais ir pažeidimais %	6,76	8,59	16,17	25,49	34,15
Planinio remonto tvarka keičiamų stiebų %	1,18	1,17	1,075	1,04	1,91

Iš lentelės matyti, kad po 20–30 metų eksploatacijos atramų vibruotų gelžbetoninių stiebų senėjimo tendencija didėja. Pagal Elektrinių ir tinklų techninio eksploataavimo laikinųjų taisyklių reikalavimus 0,38–10 kV elektros perdavimo linijos remontuojamos kas 12 metų. Remiantis šiuo dokumentu ir numatomos planinio remonto darbų apimtys. Iš lentelės duomenų taip pat matyti, kad šios

planuojamos remonto darbų apimtys turėtų būti daug didesnės.

Dėl ekstremalių atmosferos apkrovų ir poveikių atramų griūčių skaičius Lietuvoje užfiksuotas 0,12%–0,23% skaičiuojant nuo bendro gelžbetoninių stiebų skaičiaus 0,38–10 kV elektros linijose. Pavyzdžiui, 1981 m. lapkričio mėn. 21–26 d. dėl apšalo ir vėjo griuvo 0,234%; 1992 m. spalio mėn. 22–23 d. dėl šlapdribos ir apšalo – 0,122%; 1993 m. sausio mėn. 14–24 d. dėl vėtros ir stipraus vėjo – 0,161%, 1999 m. gruodžio mėn. 4 d., praūžus uraganui „Anatolijui“, – 0,03% visų stiebų. 1999 m. gedimai dėl stiebų lūžimo tesudarė 10,2% visų gedimų.

3. Veiksniai, turintys įtakos gelžbetoninių stiebų patikimumui ir ilgalaikiškumui

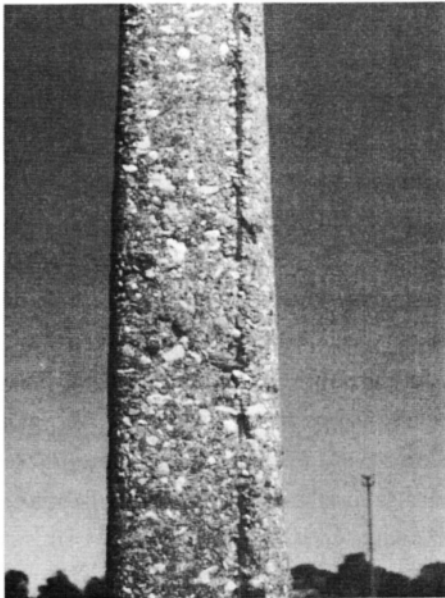
Elektros tinklo oro linijų atramos yra eksploatuojamos palyginti atšiauriomis atmosferos sąlygomis. Jos patiria daugkartines atmosferos (klimatines) apkrovas ir poveikius. Prie jų prisideda elektros srovės nuotėkiai, pagreitinantys gelžbetonio koroziją.

Mūsų atlikti tyrimai parodė, kad būdingiausi pažeidimai yra vertikalūs ties išilginiais armatūros strypais plyšiai, daug stiebų yra su atplėštu arba jau nukritusiu apsauginiu betono sluoksniu (1–3 pav.).

Pagrindinė šių plyšių atsiradimo priežastis yra armatūros rūdijimas ir betono korozija, kuri daug priklauso nuo apsauginio betono sluoksnio kokybės (betono tankumo ir jo sluoksnio storio). Elektros tinklo ir ryšių linijų atramų stiebų betono korozija suintensyvėja, kai juos veikia dinaminės apkrovos, sukeliančios tempimo įrašas, ir pakartotinis jų atšalimas bei atšilimas [2]. Įtemptoji armatūra taip pat rūdija greičiau. Rūgštūs lietūs sukelia elektrocheminę gelžbetonio koroziją, kuri suaktyvėja dėl elektros srovės nuotėkio. Tarp armatūros ir betono vyksta elektrolizės procesas. Armatūros strypas, kaip anodas, intensyviai koroduoja. Susidariusių rūdžių tūris didėja, jos spaudžia (stumia) betoną ir atplėšia apsauginio betono sluoksnį. Netgi esant nedidelio pločio plyšiui išilgai darbo armatūros dėl patenkančios drėgmės korozijos procesas dar paspartėja. Šis procesas sulėtėja, atsivėrus platesniam plyšiui (dėl ventiliacijos), bet armatūra sparčiau rūdija dėl agresyvios aplinkos poveikio.



a)



b)

1 pav. Išilginiai plyšiai: a – centrifuguotame, b – vibruotame stiebe

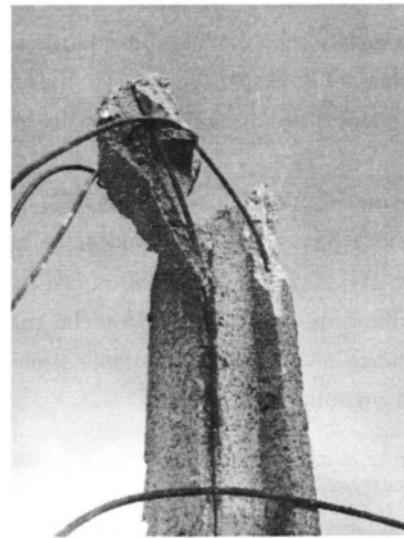
Fig 1. Longitudinal lines: in spun (a) and in vibrated (b) pylon

Armatūros rūdijimo procesą yra tyrinėję įvairių šalių mokslininkai, taip pat ir Lietuvos. Tačiau konkrečiai šiuo atžvilgiu elektros linijų stiebai tyrinėti nedaug, nors ši problema žinoma jau seniai. Prieš 40 metų buvo ištirta daugiau kaip 1200 apšvietimo atramų gelžbetoninių stiebų [3]. Atidengus šių stiebų išilginę armatūrą pastebėta, kad išilginiai plyšiai atsiranda ten, kur pagrindiniai darbo



2 pav. Išilginis plyšys centrifuguoto įtemptojo gelžbetoninio portalo atramos skersinyje

Fig 2. Longitudinal crack in traverse of portal support from concrete



3 pav. Stiebas, viršuje suiręs veikiant lenkimo ir sukimo momentams

Fig 3. Failure in the top part of a pylon subjected to bending and torsion moments

armatūros strypai betone buvo tik 17–19 mm gylyje, o kai apsauginio betono sluoksnio storis 22–25 mm, plyšių iš viso nepastebėta. Todėl daroma išvada, kad pagrindinės armatūros rūdijimo priežastys yra nepakankamas apsauginio betono sluoksnio storis ir pernelyg didelis betono mirklumas (vandens ir kitų skysčių įgeriamumas).

Armatūros rūdijimo procesas yra intensyvesnis, jeigu betonas netankus (laidus skysčiams, nepakankamas jo apsauginis sluoksnis).

Betono mirklumas priklauso nuo jo cementinio akmens kapiliarinio poringumo. Jo kitimas priklauso nuo cemento hidratacijos laipsnio, t. y. nuo susidarancio gelio

kiekio [4]. Betono mirklumas yra tuo mažesnis, kuo didesnis cemento kiekis, t. y. kuo mažesnis betono vandens ir cemento (v/c) santykis. Tankus betonas sulėtina ne tik armatūros, bet ir paties betono korozijos procesus.

Tiriant Lietuvoje pastatytų elektros tinklo oro linijų atramų gelžbetoninių stiebų techninę būklę, pastebėta, kad apsauginio betono sluoksnio storis dažnai yra nepakankamas. Ypač plonas šis sluoksnis iš tos stiebo pusės, kuri gaminant buvo klojinio viršuje. Dažnai klojinys ne visai iki viršaus pripildomas betono. Toje pat stiebo pusėje jo paviršius yra nelygus, o betono tankis mažesnis, nes šiame paviršiuje, kuris klojinio viršuje buvo atviras, vibravimo metu susikauptė daugiau vandens, todėl ir apsauginio betono sluoksnio kokybė yra prastesnė.

Nors gelžbetoniniai stiebai eksploatacijos metu nėra tiesiogiai veikiami vandens slėgio, tačiau jų betonas gali įmirkti požeminėje dalyje, kai stiebas pastatytas drėgname grunte. Antžeminės stiebų dalies betonas yra veikiamas lietaus, vėjo, nuolat netolygiai išbrinksta ir susitraukia džiūdamas, be to, dar yra veikiamas vandens migracijos į stiebo viršų, šalčio, ultravioletinių spindulių ir pan.

Gelžbetoninių konstrukcijų ilgalaikiškumas labai priklauso nuo betono kietėjimo sąlygų. Gaminant stiebus taikomas šiluminis betono kietinimo intensyvinimo būdas. Kietėjant normaliomis sąlygomis jo struktūra formuojasi lėtai ir be didelių deformacijų, tuo tarpu aukštoje temperatūroje pasireiškia destruktivūs reiškiniai (temperatūra, drėgmės pokytis, temperatūrinės deformacijos ir pan.), kurie gali suardyti betono struktūrą ir tekstūrą (jo porų išsidėstymą).

Atlikus tyrimus paaiškėjo, kad, palyginti su vibruotais, daugiau kaip 30 metų Lietuvoje eksploatuojamų elektros tinklo oro linijų atramų centrifuguotų gelžbetoninių stiebų techninė būklė yra geresnė. Centrifuguoto gelžbetonio stiebai yra žymiai patikimesni ir ilgalaikiškesni. Jų išorinis paviršius yra pakankamai lygus, su vienodai tankiu apsauginio betono sluoksniu, ko negalima pasakyti apie stačiakampio arba dvitėjo skerspjuvio gelžbetoninių vibruotų stiebų paviršius.

Žinoma, kad armatūra nerūdija (yra pastovios būklės) šarminėje aplinkoje, kai vandenilinis rodiklis (rūgštingumo galia) $\text{pH} = 12.6\text{--}13.5$. Tokia aplinka armatūros strypo paviršiuje susidaro betonui kietėjant, kai jis patikimai uždengtas tankiu, pakankamai storu apsauginio cementinio betono sluoksniu. Konstrukcijų eksploatacijos

stadijoje, veikiant įvairioms rūgštims ir druskų tirpalams, neutralizuojamas kalcio hidroksidas (betono korozija ir karbonizacija). Todėl vis mažėja apsauginio betono sluoksnio pH rodiklis, t. y. armatūra depasvyvuojama (netenka atsparumo rūdijimui).

Nors karbonizuoto betono stiprumas padidėja (kartais iki 50%), tačiau mažėja pH rodiklis. Kuo betonas stipresnis, tuo jis lėčiau karbonizuojasi. Betono karbonizacija prasideda nuo konstrukcijos paviršiaus. Jos intensyvumas priklauso nuo betono sudėties (tankio), aplinkos drėgmės, temperatūros ir pan. Intensyviau karbonizuojasi betonai, kurių v/c didesnis ir kuriuose yra mažiau cemento. Greičiausiai betonas karbonizuojasi, kai aplinkos drėgmė 50–70%, o temperatūra 20°C ir daugiau. Šis reiškinys būdingas visoms atvirame ore esančioms konstrukcijoms.

Mūsų atliktuose tyrimuose nustatant stiebų betono karbonizacijos laipsnį lauko sąlygomis buvo naudojamas 1–2% fenoltaleino etanolyje tirpalas, kuriuo sudrėkinti nuskelti (nekarbonizuoti) paviršiai keičia spalvą. Tyrimai parodė, kad karbonizacijos gylis 20–35 metų amžiaus vibruotų stiebų betono yra 2–30 mm, o centrifuguoto – 1–5 mm. Pastebėta, kad plyšyje betono karbonizacija vyksta abiejuose plyšio paviršiuose iki pat armatūros.

Dėl taškinės ir žiedinės plieno (armatūros) korozijos atsiranda įtempimų koncentracija, kuri mažiau pavojinga minkštiesiems plienams, nes jiems deformuojantis įtempimai persiskirsto. Kietųjų plienų įtempiai beveik nepersiskirsto ir tokia armatūra gali trūkti, nors plieno deformacijos ir nedidelės. Šis reiškinys vadinamas plieno koroziniu suskilinėjimu. Toks suskilinėjimas būdingas didelio stiprumo vielai ir termiškai sustiprintiems armatūriniam plienams. Tai ypač pavojinga plieno korozijos rūšis, nes armatūra (iš anksto įtemptoji) gali trūkti staiga, be jokių konstrukcijos irimo požymių.

Armatūros polinkį koroziniam suskilinėjimui ypač padidina plieno grūdinimas plius vidutinis atleidimas termiškai jį sustiprinant. Iširta, kad strypinė A_T-IV, A_T-V ir A_T-VI klasių armatūra yra labiausiai linkusi taip suskilinėti [2].

Vibruoti stačiakampio skerspjuvio stiebai gaminami su įtemptąja strypine A_T-IV ir A_T-VI klasių armatūra. 1999 m. liepos mėnesį buvo užfiksuota tokio stiebo griūtis (ji buvo mūsų tirta) staiga trūkus vienam iš keturių armatūros strypų dėl jos korozinio suskilinėjimo. Ar yra buvę daugiau tokių stiebų griūčių, informacijos neturime.

Tačiau kitokios paskirties gelžbetoninių laikančiųjų konstrukcijų analogiškus griūties atvejus teko tirti.

Atliekant gelžbetoninių stiebų techninės būklės tyrimus betono stiprumas buvo matuojamas sklerometru – Šmidto sistemos plaktuku. Vibruotų stiebų betonas pagal matavimo vidurkį atitinka projektuose numatytus reikalavimus, tačiau jo matavimo rezultatų sklaida yra didelė. Ypač jaučiamas skirtumas matuojant betono stiprumą stiebo paviršiuose, kurie betonuojant buvo klojinio apačioje ir viršuje.

Betonas būtinai turi būti tankus ne tik dėl armatūros apsaugos, bet ir siekiant sulėtinti paties betono koroziją, padidinti jo atsparumą šalčiui. Betonas yra tuo tankesnis, kuo kiek įmanoma mažesnis vandens ir cemento santykis (v/c). Nustatyta, kad šiuo metu gaminant vibruoto gelžbetonio stiebus šis santykis neviršija 0,4–0,45, kaip ir reikalaujama techninėse sąlygose bei rekomenduojama techninėje literatūroje.

Centrifuguotų gelžbetoninių stiebų betono stiprumas, tankumas ir nelaidumas vandeniui žymiai didesni, palyginti su tos pačios sudėties vibruotų stiebų betonu. Tam įtakos turi keletas veiksnių. Centrifuguojant keičiasi betono mišinio sudėtis. Iš mišinio priklausomai nuo centrifugavimo greičio pašalinama 20–40% perteklinio vandens. Šis vanduo pašalinamas kartu su užpildu ir cementu teršalais. Betonas yra geriau sutankinamas. Be to, centrifuguotų gelžbetoninių stiebų išorinis paviršius gaunamas vienodas, lygus, ir, kas svarbiausia, jame yra tankiausias betonas.

Elektros tinklo atramų gelžbetoninių stiebų ilgalaiikiškumui įtakos turi ir kiti nenumatyti veiksniai, atsirandantys gamybos, transportavimo, statybos ir eksploatavimo metu, kurie sukelia betono mikrosuirimą.

4. Laikančiųjų konstrukcijų atsparumas mechaniniams poveikiams

Visos laikančiosios elektros tinklo konstrukcijos turi būti pakankamai stiprios, atsparios pleišėjimui (plyšių atsiradimui ir jų atsivėrimui) ir standžios. Kaip ir kitos paskirties konstrukcijos, jos skaičiuojamos taikant ribinių būvių metodą. Reikalaujama, kad tiek eksploatuojant, tiek ir prieš eksploatavimą konstrukcijos būvis neviršytų ribinio būvio. Skaičiuojant ribinių būvių metodu konstrukcijų patikimumas tiesiogiai nenormuojamas, o reikiamas jo lygis priklausomai nuo konkrečių sąlygų pasiekiamas įvykdant projektavimo normų ir taisyklių reikalavimus.

Atliekant minėtus elektros tinklo laikančiųjų konstrukcijų techninės būklės tyrimus, dalis ilgą laiką eksploatuotų gelžbetoninių stiebų buvo išbandyta linijose (lauko sąlygomis), kol jie buvo nulaužti. Šių bandymų tikslas buvo nustatyti 18–37 metų gelžbetoninių (centrifuguotų bei vibruotų) stiebų laikomosios galios išteklių. Stiebų atsparumo lenkimui bandymai buvo atlikti jų eksploatacijos vietoje (prieš tai atkabinus laidus). Kadangi eksploatacijos metu stiebai patiria lenkimą tiek linijos vertikaloje plokštumoje (nutrūkus laidams iš vienos pusės), tiek statmena jai linkme (nuo vėjo apkrovos), stiebai buvo bandomi sukelti lenkimo momentą vienoje ar kitoje plokštumoje. Dalis stiebų, bandytų lenkiant išilgai linijos, buvo lenkiami ir sukami (jėga, pridėta skersinio gale).

Elektros oro linijų atramų gelžbetoninių stiebų natūraliųjų bandymų (atliktų mūsų ir energetikos sistemos elektros tinklų specialistų) rezultatų analizė parodė, kad ir po ilgai trukusios eksploatacijos jie turi pakankamą laikomosios galios išteklių, veikiant horizontaliajai vėjo apkrovai (skersai linijos). Šis išteklius žymiai mažesnis išilgai linijos ir jo beveik nėra, kai stiebas sukamas trūkus vienam kraštiniam laidui.

Atramų griūties bei natūraliųjų bandymų duomenų analizė rodo, kad kartais jos suyra ne prie žemės (pavojingame pjūvyje), kaip lenkiamieji elementai, bet aukščiau nuo žemės paviršiaus (net ir prie viršūnės) dėl sukimo poveikių, kadangi vibruotų stiebų viršutinėje dalyje praktiškai nėra skersinės armatūros.

Elektros tinklus eksploatuojančių specialistų teigimu, vibruoti gelžbetoniniai stiebai paprastai lūžta neišvirsdami iš linijos vertikalosios plokštumos, o nuvirsta lygiagrečiai su plokštuma, kai nutrūksta laidas, ant oro linijos laidų užgriūva medis arba viename tarpatramyje nukritus nuo laido apšalui. Kadangi stačiakampio arba dvitėjo skerspjūvio vibruoti stiebai linijoje statomi taip, kad ilgesnioji skerspjūvio kraštinė būtų statmena linijai, t. y. kad patikimai atlaikytų vėjo gūsių apkrovą, esant normaliam laidų darbo režimui, stiebo laikomoji galia linijos kryptimi yra mažesnė.

Elektros oro linijų atramoms geriausiai tinka centrifuguoti gelžbetoniniai žiedinio skerspjūvio stiebai, kurie vienodai atsparūs mechaniniams poveikiams bet kuria linijos linkme. Be to, tokio skerspjūvio centrifuguoti gelžbetoniniai stiebai yra stamantrūs (geriau priešinasi

dinaminiais poveikiams) bei patvaresni, kai veikia kartotinės apkrovos, pvz., vėjo gūsiai.

5. Pasiūlymai ir išvados

Elektros tinklų atramų gelžbetoninių stiebų patikimumą ir ilgalaikiškumą lemia jų konstrukcinis sprendimas, gamybos, statybos ir eksploataavimo sąlygos. Siekiant, kad gaminami gelžbetoniniai stiebai būtų ilgalaikiškesni, jų betonas turi būti pakankamai tankus ir atsparus agresyviems atmosferos poveikiams. Stiebų ilgalaikiškumas labai priklauso nuo betono struktūros. Betonas yra tankesnis, kai jo v/c santykis mažesnis. Betono kokybė priklauso nuo jo mišinio tankinimo ir kietinimo sąlygų. Kietinimo procesas turi būti kiek galima švelnesnis. Stiebus gaminant, transportuojant, statant ir eksploatuojant reikia stengtis, kad neatsirastų papildomų veiksnių, sukeliančių betono mikrosuirimą. Gaminant stiebus jų betono apgniuždymas (apspaudimas) išankstinio armatūros įtempimo jėgomis turi būti švelnus – palaišnis.

Stiebų ilgalaikiškumui didelės įtakos turi apsauginio betono sluoksnio kokybė. Jis turi būti pakankamo storio. Kadangi nustatyta, kad ne visada šio sluoksnio storis yra pakankamas, kartais nežymiai nukrypstant nuo stiebų darbo projekte numatytų reikalavimų, buvo pasiūlyta stiebus gaminti su storesniu apsauginiu betono sluoksniu. Pagal naujai parengtą darbo projektą vibruoti stačiakampio skerspjūvio gelžbetoniniai stiebai jau pradėti gaminti Lietuvoje.

Siekiant padidinti stiebų atsparumą sukimui siūloma per visą jų ilgį dėti skersinę armatūrą. Manome, kad verta vėl pradėti gaminti patikimesnius ir ilgalaikiškesnius centrifuguotus žiedinio skerspjūvio gelžbetoninius stiebus.

Iš to, kas pasakyta, išeina, kad ilgą laiką (daugiau kaip 30 metų) eksploatuojamų elektros tinklo oro linijų atramų gelžbetoniniai stiebai turi defektų ir pažeidimų, iš kurių būdingiausi – vertikalūs plyšiai šalia išilginės armatūros strypų, atplėštas arba nukritęs apsauginio betono sluoksnis, apnuoginta išilginė armatūra, kuri 0,5–2,0 m ilgio tarpais (ne visu jos ilgiu) yra parūdijusi. Parūdijusios armatūros skerspjūvis nežymiai sumažėjęs, nes atsivėrus didelio pločio plyšiui dėl ventiliacijos ji lėčiau rūdija. Palyginti su tiek pat laiko eksploatuotais vibruotais gelžbetoniniais stiebiais, centrifuguotų gelžbetoninių žiedinio skerspjūvio stiebų techninė būklė yra geresnė, jie yra patikimesni ir ilgalaikiškesni. Natūraliomis sąlygomis išbandytų vibruotų gelžbetoninių stiebų laikymo galia,

lenkiant statmenai linijai, yra pakankama, nepaisant to, kad stiebai buvo eksploatuojami 25–30 metų. Tačiau šie stiebai nepakankamai stiprūs kita kryptimi ir ypač, kai jie ne tik lenkiami, bet ir sukami.

Atramų (ypač vibruotų) gelžbetoninių stiebų patikimumą ir ilgalaikiškumą lemia jų konstrukcinis sprendimas, gamybos technologija, transportavimo, montavimo ir eksploataavimo sąlygos.

Literatūra

1. Повышение надежности и долговечности электро-сетевых конструкций / Под ред. Е. В. Горохова. Киев: Техника. 1997. 284 с.
2. С. Н. Алексеев, Ф. М. Ивахов, С. Морды, П. Шисль. Долговечность железобетона в агрессивных средах. Москва: Стройиздат. 1990. 312 с.
3. А. Дрепкий. Железобетонные осветительные опоры. Москва: Госэнергоиздат. 1961. 126 с.
4. А. М. Невиль. Свойства бетона. Москва: Стройиздат. 1972. 344 с.

Įteikta 2000 05 19

RELIABILITY AND DURABILITY PROBLEMS OF LOAD BEARING CONCRETE STRUCTURES FOR ELECTRIC POWER TRANSMISSION LINES

R. Vadlūga, R. Kliukas

Summary

Experimental and theoretical investigations associated with reliability and durability problems of concrete structures of electric power and communication systems have been carried out by scientists of Vilnius Gediminas Technical University since 1959.

An attempt to generalise the accumulated statistical data enabling to evaluate reliability and durability of such structures is presented in this article.

It has been determined that concrete pylons of supports of electric power overhead lines under long-term service (over 30 years) are with defects and damages, and the most characteristic of these are vertical cracks close to the longitudinal reinforcing bars, delaminated or fallen down concrete protective cover, naked longitudinal reinforcement which is corroded along 0,5–2 m intervals (not along the whole its length). Cross-sectional area of corroded reinforcement is reduced not substantially, because corrosion becomes slower due to ventilation after opening of a wide crack. Technical state of spun concrete pylons of annular cross-section is better and they are more reliable and durable in comparison with vibrated concrete pylons during the same time in service.

Reliability and durability of concrete pylons of supports of electric power network are governed by structural solution, condition of manufacture, erection and operation. Durability of concrete pylons can be achieved by using concrete of sufficient density and resistance to aggressive environmental actions. Durability of pylons is very much dependant on concrete structure. Concrete density increases with decrease of v/c ratio. Quality of concrete depends on its mix compaction and hardening conditions. Concrete hardening process should be as mild as

possible. Additional effects causing microfracture of concrete should not appear during manufacture, transportation and erection of pylons. Prestressing of concrete during manufacture should be mild-gradual.

Durability of pylons is highly influenced by quality of concrete protective cover. The latter should be of adequate thickness. Since it has been established that the cover thickness is not always adequate, sometimes deviations from values specified in design are observed, it was proposed to manufacture pylons with thicker protective concrete cover. Production of vibrated concrete pylons of rectangular cross-section according to new type developed drawings has started in Kaunas factory of concrete pylons.

Provision of transverse reinforcement along the whole pylon length is proposed for increasing torsional strength. It is worth discussing whether it is expedient to start again manufacturing more reliable and durable spun concrete pylons of annular cross-section.

Full scale tests of concrete pylons in natural conditions indicated that strength to bending about the axis perpendicular to transmission line is sufficient even of pylons in service for 25–30 years. But these pylons are not sufficiently strong to bending in other direction and especially when they are subjected to bending with torsion.

Reliability and durability of concrete vibrated pylons are also governed by structural solution, technology of manufacture and conditions of erection and service.

Romualdas VADLŪGA. Doctor, Associate Professor. Department of Reinforced Concrete Structures. Vilnius Gediminas Technical University. Saulėtekio al. 11. LT-2040 Vilnius. E-mail: gelz@st.vtu.lt

Doctor (1967, building structures). Since 1962 Assistant, Senior assistant, Associated Professor at the Department of Building Structures, Department of Reinforced Concrete Structures. Co-author of 2 textbooks. Lithuanian state prize for technical achievements. Author of more than 100 publications (research and design of reinforced concrete members of circular section). Research interests: mechanics of reinforced concrete structures and the estimation of their reliability.

Romualdas KLIUKAS. Doctor, Associate Professor. Department of Strength of Materials. Vilnius Gediminas Technical University. Saulėtekio al. 11. LT-2040 Vilnius.

Doctor (1989, building structures) at Vilnius Civil Engineering Institute. Research Fellow at the Department of Reinforced Concrete Structures. Since 1989 Senior Assistant at the Department of Strength of Materials. Research visit to Buildings Scientific-Technical Research Centre in France (1990–91), National Laboratory of Civil Engineering in Portugal (1998), Liege University in Belgium (1999). Author of over 70 consultancy works (assessment of serviceability structures, renovation projects of buildings). Research interests: structures in civil engineering, renovation of buildings, reinforced concrete theory, research and design of reinforced concrete structures applying high-strength concrete and high-yield reinforcement.