

MOST NANNING

Novi most s nesimetričnim lukovima i kolničkom pločom u zavoju nedavno je otvoren u Kini.

Zanimljivi most Nanning preko rijeke Yongjiang u gradu Nanningu, glavnom gradu kineske autonomne pokrajine Guangxi, posljednje je remek-djelo projektanta Tung-Yen Lina. Most ima 300 metara dug glavni raspon i ideja je bila da izgleda poput leptira koji lebdi iznad površine rijeke.



Pogled na most Nanning

Za konstrukciju se može tvrditi da je prvi lučni most velikoga raspona s čeličnim nosačem i nesimetrično zakošenim lučnim rebrima. Sastoji se od dva zakošena čelična lučna rebra, čeličnoga sandučastoga nosača s pločom u krivini, zakošenih vješaljki i kabela usidrenih u ploču. Nosač, koji je u krivini s polumjerom zakrivljenosti 1500 m, oblikuje glavni dio mosta. Istočno je lučno rebro nagnuto prema horizontali pod kutom 70° , a zapadno $66,5^\circ$. Kombinacija lanča-



Pogled na gradilište nakon izvedbe lučnih rebara

nice, kružnoga zavoja i pravca služi za stvaranje složenih geometrijskih oblika dvaju lučnih rebara.

Za taj se projekt mosta s nesimetričnim lukovima tvrdi da je Linov izum. Odstupajući od uobičajenog projektiranja lučnih rebara, oba se luka naginju prema van pod različitim kutovima kako bi se prilagodili nosaču u krivini. Horizontalna je povezanost između lučnih rebara nepotrebna jer se ravnoteža luka održava vlastitom krutošću i kosim vješaljka.

Dva su luka ovalnog oblika, iako se u pogledu čine kružnima, a u kombinaciji s 300 metara dugom pločom nosača u krivini daju mostu skulpturalne karakteristike. Rebra oblikuju vlastite zakošene plohe koje se spa-



Poprečni presjek glavnoga dijela mosta

jaju ispod glavnoga nosača, pridržavajući ga i osiguravajući prostornu ravnotežu.

Gornji su dijelovi lukova mosta Nanning sastavljeni od čeličnih sandučastih segmenata, dok su donji dijelovi betonski, povezani neposredno iznad razine ploče. Presjek jedne ćelije čeličnoga sanduka koji čini lučno rebro stalne je širine i visine. Njegov oblik slijedi paraboličnu krivulju, varirajući od 5,6 m na sredini glavnoga raspona do 10 m na kontaktu čelika i betona. U svakoj je lučnoj ravnini os segmenta čeličnoga sandučastoga lučnoga rebra lančanica,

dok je os betonskoga presjeka sastavljena od kružne krivulje i pravca. Glavni nosač s kolničkom pločom jednočelijasti je sandučasti zavareni nosač širine 35 m i visine u sredini 3,5 m.

Gornja ploha ploče kolnika podijeljena je u trake za kolni promet, biciklističke i pješačke staze.

Zbog nesimetrične konstrukcije glavnoga dijela mosta, četiri okomita vlačno-tlačna ležaja ugrađena su na krajevima sandučastoga nosača da bi spriječili vertikalni pomak i torziju. Dva pločasta ležaja ograničavaju poprečni pomak sandučastoga nosača, a dva su prigušivača s najvećim pomakom od ± 160 mm smještena uzdužno, kako bi se ograničeno omogućio pomak sandučastoga nosača mosta za potresa.

Ukupno su 32 svežnja kablskih spونا u mostu, koji su podijeljeni u četiri skupine, po osam svežnjeva u svakoj. Svaki se snop sastoji od 24 užeta za prednapinjanje promjera 15,2 mm i tri sigurnosne rupe. Sve su kablске спонe ugrađene u sandučasti nosač, usidrene u poprečnu gredu platforme lučnoga rebra i namijenjene su prihvaćanju horizontalnoga potiska lučnoga rebra i poprečne komponente sila u glavnom nosaču uzrokovane zategama. Šesnaest je svežnjeva položeno ravno u ravnini sandučastoga nosača, dok je preostalih 16 u krivini, uravnotežu-



Pogled na sustav u gradnji

jući poprečne sile vješaljki. Gore su sve kabselske sponne konveksnoga oblika s polumjerom zakrivljenosti 9,0 m. Svaki kabel oblikuje OVM250-24 sustav užadi za prednapinjanje s epoksi-premazom.

Gradnja gornje konstrukcije mosta Nanning započela je lučnim rebrima koja su tvornički predgotovljena i podignuta uz upotrebu visokih dizalica na gradilištu, prije nego što su uzdužnim zategama pričvršćena na privremene tornjeve. U međuvremenu su privremene horizontalni ukrute ugrađene između istočnoga i zapadnog luka. Zajedničko djelovanje kabela, privremenih horizontalnih ukruta i vješaljka omogućilo je prihvaćanje vanjskih komponenata sile lučne ravnine, stabilizirajući cijelu konstrukciju montažnoga sustava. Nakon zatvaranja glavnoga nosača, stalne su sponne i vješaljke ugrađivane u fazama.



Montaža lučnog rebra

Sustav visećih dizalica ima glavni raspon od 452 m, a sastoji se od četiri glavna kabela, podržanih privremenim tornjevima koji su obuhvatili ploču iza lukova na svakom kraju mosta. Toranjska dizalica i privremene zatege tornja jedna su jedinica. Tornjevi su izgrađeni od čeličnih cijevi. Budući da se lučna rebra naginju prema van, bočna je vodilica postavljena na vrhu zateznoga tornja da bi omogućila bočno pomicanje glavnoga kabela za pristup svakom dijelu zakošenih lukova.

Svaki od četiri glavna kabela na sustavu visećih dizalica projektiran je za opterećenje od 110 t s dva kabela na svakom rubu konstrukcije. Svako čelično lučno rebro podignuto je s pomoću dva glavna kabela.

Četiri manja radna kabela s projektiranim opterećenjem od 5 t za svaki, ugrađeni su po jedan na svakoj strani istočnoga i zapadnoga para glavnih kabela, a rabljeni su za podizanje manjih dijelova konstrukcije, materijala i opreme.

Svako je čelično lučno rebro sastavljeno od 15 segmenata, čije se veličine kreću od najkraćeg 13,9 m do najdužeg, 21,2 m. Najlakši je segment težio 121,6 t, a najteži 218 t. Svaki je segment imao vertikalne točke za podizanje, bočne priključne točke, sidra kabela i tri točke za lociranje položaja dijafragme ploče.

Lukovi su podignuti sa svake strane raspona, tako da je tijekom gradnje konzola zategnuta na privremeni toranj sustavom OVM250 za prilagođavanje kabela. Cijevi vodilica i utovarne ploče postavljeni su na svako lučno rebro, dok je uzdužna čelična sidrena greda na privremenom tornju prenosila spojni kabel od sredine glavnoga raspona do bočnoga raspona. Spojni je kabel bio usidren u tlo 100 m od privremenoga zateznog tornja. Sila u kabelu bila je prilagođena prema tornju, kako bi se konzola točno izravnala. Najteži je dio izgradnje bio zatvaranje čeličnih lukova. Prije zatvaranja mjerena je temperatura svaka dva sata tijekom razdoblja od 24 sata, a ciljana je temperatura bila između 16°C i 22°C.

Mjereni su visina i dužina podizanih segmenata, kako bi se prepoznao dio dana kada je promjena dimenzija bila najmanja. Uz pomoć rezultata

mjerenja, zatvaranje lukova odvijalo se između ponoći i četiri sata ujutro. Segmenti čeličnoga sandučastog nosača također su tvornički predgotovljeni i dopremljeni tegljačima na gradilište u 9 m dugim segmentima.

Proces montaže započeo je u sredini glavnoga raspona, a zatim se nastavio prema krajevima. Zbog nagiba lukova, za montažu svakog segmenta bio je potreban sedlasti sustav kabela za poprečno podizanje na odgovarajući položaj iznad rebra. Pošto je segment podignut s tegljača, pozicija mu je prilagođavana uporabom vanjskoga trajnog kabela i privremenih kabela za vješanje. Budući da je montaža svakog segmenta uključivala opterećenje lučnoga rebra, zatezni kabel sam nije mogao prihvaćati silu potiska i osigurati nadvišenje luka, tako da su privremeni zatezni kabeli i fleksibilan bočni oslonac morali biti ugrađeni prije montaže.

Tijekom montaže, zbog nesimetričnoga rasporeda lukova, horizontalne komponente poprečnoga opterećenja nisu bile uravnotežene pa je ponovna uporaba privremenih kabela za vješanje bila ključ za rješavanje problema. Tim se kabelom moglo prilagoditi poravnanje čeličnih sanduka, osigurati prijenos vlastite težine čeličnoga sandučastog nosača i opterećenja zbog izgradnje. Kad je glavni nosač bio na svom položaju, trajni su zatezni kabeli ugrađeni i napeti, privremeni kabeli za vješanje i fleksibilni bočni oslonci su rastavljeni i uklonjeni u isto vrijeme. Taj je postupak omogućio prijenos opterećenja s privremenih oslonaca na glavnu konstrukciju mosta.

Pripremila: T. Vrančić

Izvor: www.bridgeweb.com