



Chenabin silta: Kaaren yhdistäminen pilvissä

359 metriä Chenab-joen pohjan yläpuolella on maailman korkein rautatiesilta.

torstai 6. toukokuuta 2021

Uusi rautatiesilta rakennetaan Bakkalin ja Kaurin välille Jammun ja Kashmirin alueella Intian pohjoisosassa. Yllä olevassa kuvassa näkyy sillan kaaren yhdistäminen Intian Chenab-joen yllä. Sillan päällysrakenne työnnetään paikalleen sillan pilareiden päälle kaaren pilareiden asennuksen jälkeen.

Valtavan kaaren puolikkaiden yhdistäminen on virstanpylväs Chenabin sillan rakentamisessa. Uusi silta on osa Udhampur-Srinagar-Baramulla -rautatieteytshanketta Jammun ja Kashmirin alueella Intiassa, noin 600 kilometriä New Delhistä pohjoiseen. Hankkeen tarkoituksena on parantaa liikenneyhteyksiä alueella ja liittää Kashmirin laakso Intian rautatieverkkoon. Sillan odotetaan valmistuvan vuoden 2022 loppuun mennessä. Tämän vuoden maaliskuussa suunnittelu- ja rakennusryhmä yhdisti sillan kaaren puolikkaat Chenab-joen yllä Bakkalin ja Kaurin välillä.

Sillan suunnitteluryhmän vetäjä Pekka Pulkkinen ja teknologiajohtaja Risto Kiviluoma kertovat, miten suunnittelu- ja rakennusryhmät saavuttivat tämän virstanpylvään. He käsittelevät myös tuulitekniikkaa sekä muita suunnittelun vaatimuksia.

FAKTAT

- Maailman korkein teräskarisilta rautatieliikenteelle, 359 metriä joen vedenpinnan yläpuolella - kaaren pituus on 467 metriä ja sillan kokonaispituus on 1315 metriä
- Suunniteltu isoille tuuli- ja maanjäristyskuormille - maanjäristysalue V
- Kaikki teräsrakenteet on mallinnettu 3D TEKLA -ohjelmistolla, joka varmistaa teräsosien yhteensopivuuden asennuksen aikana - teräksen kokonaismäärä on 27 000 tonnia
- Kaaren pystytys tapahtui riippuköysinosturilla
- Silta on suunniteltu mahdolliselle räjähdyskuormitustilanteelle
- Kriittiset rakenneosat on suunniteltu redundanssikuormitustilanteelle siten, että silta voi toimia alemmalla tehokkuustasolla vaurioista huolimatta

Asiakas: Konkan Railway Corporation Limited (KRCL) Intian Northern Railway:n toimeksiannosta

Urakoitsija: Afcons Infrastructure Ltd, India

Suunnittelija: WSP Finland alikonsulttinaan Leonhardt & André und Partner, Saksa

Aikakehys: projekti alkoi 2005, kaari yhdistettiin maaliskuussa 2021, arvioitu valmistuminen 2022

Kaaren yhdistäminen

Pekka Pulkkinen, johtava konsultti, Sillat, WSP Finland

Chenabin sillan kaarien yhdistäminen on merkittävä saavutus kaikille projektissa mukana oleville sillan suunnittelijoille ja rakentajille. Kaaren pystytys oli todella mieleenpainuva ja suuren teknisen osaamisen tähtihetki. Suunnittelutiimin ja urakoitsijan välinen yhteistyö on ollut olennaista projektin etenemiselle. Projektin haasteet on hoidettu yhdessä, mikä on onnistuneiden suunnittelu- ja asennusratkaisujen perusta.

Teräskaaren puoliskot liitettiin yhteen maaliskuun lopulla 2021 vuosien työn jälkeen. Monet suunnittelijat ovat työskennelleet projektissa sen alusta alkaen vuodesta 2005. Siltaa suunniteltaessa kohtasimme lukuisia haasteita, kuten esimerkiksi teräskaaren pystyttäminen riippuköysinosturilla, sillan valtavat mittasuhteet ja erityiset suunnitteluvaatimukset, kuten sillan redundanssi-, maanjäristys- ja räjähdyskuormituksen vaikutukset rakenteisiin.

Teräskaaren segmenttien pystytys tehtiin riippuköysinosturilla, joka pystyy nostamaan yhden 35 tonnin teräslohkon kerrallaan. Kaari pystytettiin niin kutsutulla ulokemenetelmällä. Kaaren

puolikkaat kannatettiin ulokevaiheessa molemmin puolin teräsköysillä, jotka ankkuroitiin sillan perustuksiin. Kaikki teräsosat on liitetty yhteen pulttaamalla. Seuraavaksi asennetaan teräspilarit kaaren päälle. Sillan päällysrakenne työnnetään paikalleen pilareiden päällä molemmista suunnista. Liitos tapahtuu kaaren keskellä. Lopuksi kannelle asennetaan kiskot junaliikennettä varten. Sillan tulosiltaosuus on jo valmis.

Lataa artikkeli PDF:änä (ENG) (</-/media/insights/global/documents/wsp---chenab-bridge---connecting-the-arch-up-in-the-clou.pdf>)



Pekka Pulkkinen

+358 40 046 5900

📍 Suomi



📍 Suomi

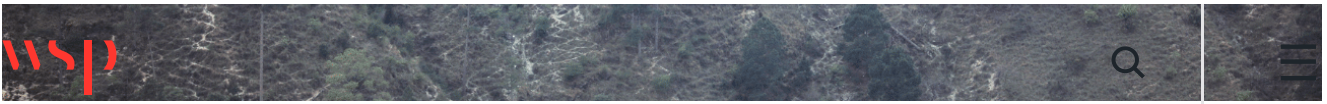
Ota yhteyttä (mailto:risto.kiviluoma@wsp.com)

Jaa



Näkymä perustuksista kaarelle





Viime hetket ennen kaaren yhdistämistä. Insinöörit ja asentajat työskentelevät molempien kaarenpuoliskojen ja sisällä.

Mielenkiintoinen artikkeli? Lataa koko versio tästä (ENG)
(</-/media/insights/global/documents/wsp---chenab-bridge---connecting-the-arch-up-in-the-clou.pdf>)

Tuulitekniikka huomioi erityisolot

Risto Kiviluoma, teknologiajohtaja, Sillat, WSP Finland

Tuulitekniikan suurin haaste ei ollut itse sillan koko, vaan sen sijainti ja korkeus. Erittäin epätasaisessa maastossa tuulen ja turbulenssin vakiomallit eivät todennäköisesti ole realistisia. Tästä syystä teimme erikseen tuulitunnelikokeen tuuleen liittyvien suunnitteluparametrien määrittämiseksi.

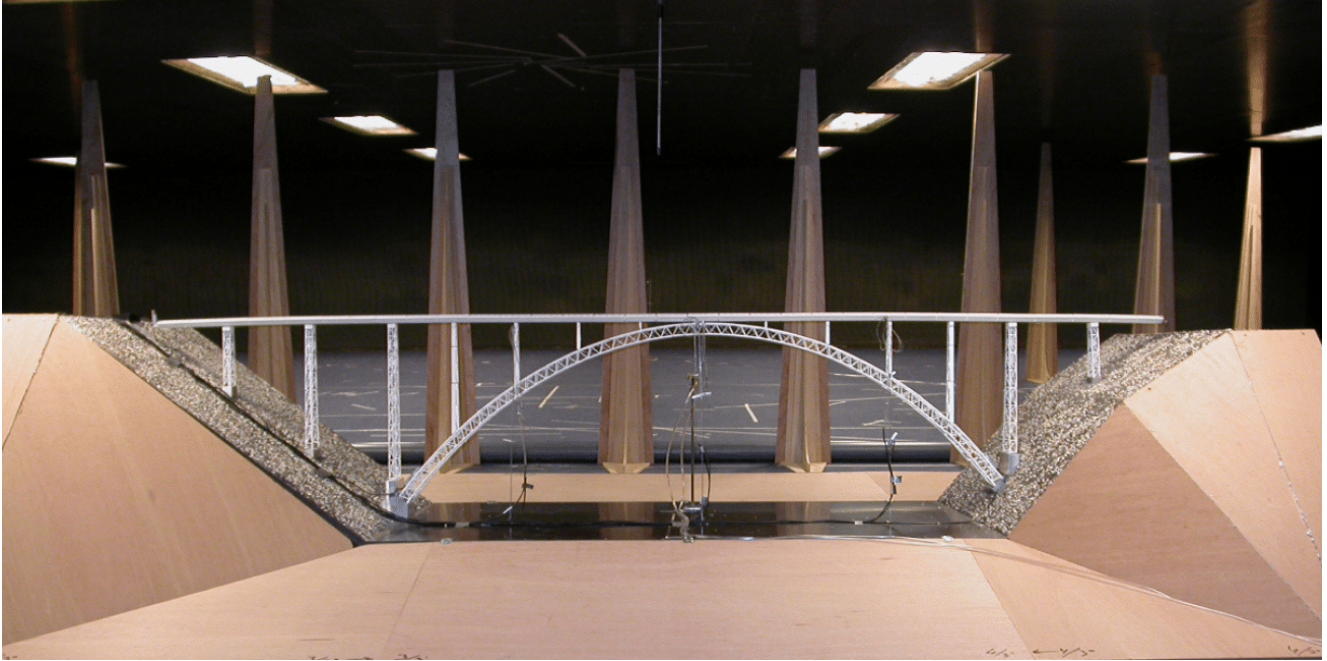
Sillan tuulitekniikka tehtiin yhdistämällä WSP:n oma tuulitekniikka-asiantuntemus ja FORCE Technologyn tuulitunnelikokeet Tanskassa. Ensimmäiseen kokeeseen liittyi suurikokoinen siltapaikan topografiamalli. Se toi esille normaalista poikkeavia tuulen ominaisuuksia, kuten tuulen keskinopeuden poikkeama vaakatasosta jopa 11 astetta ja turbulenssin intensiteetin laaja hajonta 7 %:sta 55 %:in tuulen suunnasta riippuen.

Seuraava kokeet olivat tavanomaisia poikkileikkausmallin kokeita, joista saatiin päivitetyt aerodynaamiset parametrit WSP:n edistyneeseen 3D-tärinäanalyysiin ja staattisten korvauskuormien määrittämiseen. Tärinäanalyysin tulokset vahvistettiin vielä aeroelastisella täyden mallin tuulitunnelikokeella.

Myöhemmät sillan suunnittelumuutokset ja rakennusvaiheet voitiin analysoida laskennallisesti ilman lisäkokeita.

Kaaren ja pilarien ristikkorakenteiden johdosta silta ei ole herkkä aeroelastisille epästabiiliusilmiöille, mutta itse poikittainen tuulikuorma oli tärkeä suunnittelukysymys. Tämä johtuu tarpeesta hallita kannen sivuttaisliikkeitä sujuvan rautatieliikenteen varmistamiseksi.

Rakennustyömaalla ei ole toistaiseksi ollut kovia myrskyjä, vaikka sillan 120 vuoden käyttöä aikana niitä todennäköisesti esiintyy. Tuuliolosuhteiden jatkuva valvonta ja varoitusjärjestelmä sillalla auttavat rautatieliikenteen hallinnassa.



Aeroelastinen täyden mallin tuulitunnelikoe.

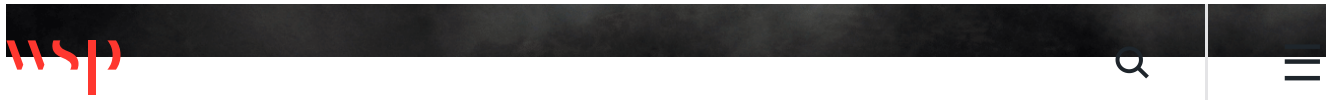
Silta pilvien keskellä

Giridhar Rajagopalan – Executive Director Technical at AFCONS Infrastructure Limited, India

Chenabin silta, maailman korkein rautatiesilta, on ylpeyden lähde Intialle ja ainutlaatuinen kokemus sen kanssa työskenteleville.

Olemme tekemässä siltaa valmiiksi ensi vuoden aikana ja odotamme innokkaasti liikennettä sillalla pilvien keskellä.





Kaaren yhdistäminen pilvien keskellä

Lataa artikkeli PDF:änä (ENG) (/-/media/insights/global/documents/wsp---chenab-bridge---connecting-the-arch-up-in-the-clou.pdf)



(<https://www.instagram.com/lifeatwspfinland/?hl=fi>)



(<https://www.linkedin.com/company/wspfinland>)



(<https://www.youtube.com/channel/UC9EqbgRtqa4cW5sJVqx63WA>)



(https://twitter.com/wsp_fi?lang=fi)



(<https://www.facebook.com/WSPFinland>)

KEITÄ OLEMME (/FI-FI/KEITA-OLEMME)

Mitä edustamme (/fi-fi/keita-olemme/mita-edustamme)

Tarinamme (/fi-fi/keita-olemme/tarinamme)

Johtoryhmä (/fi-fi/keita-olemme/wsp-finland-oy-n-johtoryhma)

Tilaa uutiskirje (<https://mailchi.mp/wsp.com/liity-utiskirjelistallemme>)

Toimistomme (/fi-fi/keita-olemme/toimipisteemme)

MITÄ TEEMME (/FI-FI/MITA-TEEMME)

Toimialat (/fi-fi/toimialat)

Palvelut (/fi-fi/palvelut)

Projektit (/fi-fi/projects)

NÄKEMYKSIÄ (/FI-FI/NAKEMYKSIA-SEARCH)

Ilmasto (/fi-fi/nakemyksia-search#f:themes-facet-uid=[Ilmasto])

[Liikkuminen \(/fi-fi/nakemyksia-search#f:themes-facet-uid=\[Liikkuminen\]\)](/fi-fi/nakemyksia-search#f:themes-facet-uid=[Liikkuminen])



[Yhteiskunta \(/fi-fi/nakemyksia-search#f:themes-facet-uid=\[Yhteiskunta\]\)](/fi-fi/nakemyksia-search#f:themes-facet-uid=[Yhteiskunta])



[Kestävyyys \(/fi-fi/nakemyksia-search#f:themes-facet-uid=\[Kestävyyys\]\)](/fi-fi/nakemyksia-search#f:themes-facet-uid=[Kestävyyys])

[TÖIHIN MEILLE \(/FI-FI/TOIHIN-MEILLE\)](/FI-FI/TOIHIN-MEILLE)

[Avoimet työpaikat \(/fi-fi/toihin-meille/avoimet-tyopaikat\)](/fi-fi/toihin-meille/avoimet-tyopaikat)

[WSP logo \(/fi-fi/legal/wsp-logo\)](/fi-fi/legal/wsp-logo)

[Privacy Policy \(/fi-fi/legal/tietosuojakaytanto\)](/fi-fi/legal/tietosuojakaytanto)

[Anti-Spam commitment \(https://www.wsp.com/en-GL/legal/anti-spam-commitment\)](https://www.wsp.com/en-GL/legal/anti-spam-commitment)

[Cookie Policy \(\)](#)

[Terms of Use \(https://www.wsp.com/en-GL/legal/terms-of-use\)](https://www.wsp.com/en-GL/legal/terms-of-use)

©2022 WSP