



Milla Ranta
Siltasuunnittelu
Destia Oy

Liikenteen simuloinnista apua siltojen jäljellä olevan käyttöiän arvioimiseen

Suomessa sillat suunnitellaan yleensä 100 vuoden käyttöiälle. Suunnitellun käyttöiän saavuttaminen edellyttää, että rakenteita ylläpidetään ja korjataan asianmukaisesti. Korjausrahoituksen niukkuuden takia tarvittavia korjaustoimenpiteitä joudutaan usein kuitenkin lykkäämään ja korjausvelan kasvaessa myös huonokuntoisten siltojen määrä kasvaa vuosi vuodelta.

Riittämättömän rahoituksen takia on erityisen tärkeää pystyä ajoittamaan korjaukset edullisimpaan ajankohtaan sekä kohdistamaan korjaustoimenpiteet mahdollisimman tehokkaasti vain tarpeellisiin kohteisiin. Tämä edellyttää entistä tarkempaa perehtymistä sillan käyttöikänsä vaikuttaviin tekijöihin.

Diplomityössäni tarkastelin sekä rakenne- että betoniterästen väsymistä ja sitä, voiko rakenteen väsyminen aiheuttaa sen suunnitellun käyttöiän lyhenemistä. Rakenteen väsymisellä tarkoitetaan ma-

teriaalinen vaurioitumista vaihtuvien jännitysten seurauksena. Tällainen vaurioituminen on huomattavasti monimutkaisempi prosessi kuin staattisesta kuormituksesta aiheutuva rakenteen tai rakenneosan vaurioituminen. Väsyminen harvoin on sillan mitoitettava tekijä, mutta väsymismurtuman äkillisen luonteen takia väsymistarkastelu olisi hyvä tehdä erityisesti teräsrakenteisille silloille. Väsymisvaurio saa yleensä alkunsa mikroskooppisesta materiaali- tai pintaviasta, johon syntyy ns. alkusärö vaihtuvien kuormitus syklien seurauksena.

Ajan kuluessa ja kuormituksen jatkuessa säröt kasvavat ja yhdistyvät kunnes yksi ainoa kuormitus sykli aiheuttaa särön kasvamisen koko rakenteen läpi ja aiheuttaa sen murtumisen. Lopullisen väsymismurtuma syntyy siis varsin yhtäkkisesti, jolloin sen seuraukset voivat olla merkittävät ja siihen varautuminen olisi tärkeää.

Väsymistarkasteluun valittiin kolme todellista siltakohdetta, jotka edustavat ns. tyyppisilloja, jollaisia voi teoriassa sijaita Suomessa millä tahansa tieosuudella. Tarkastelluille silloille luotiin todellista liikennettä vastaava liikennevirta tutkimusta varten luodun simulaatio-ohjelman avulla. Ohjelma sisälsi tiedot ajoneuvoasetuksen mukaisten raskaiden ajoneuvojen tyypeistä, painoista sekä vuosittaisista liikennemääristä. Tiedot saatiin vuoden 2012 aikana suoritetuista liikenteen mitauksista. Liikenteen oletettiin pysyvän nykyisellä tasollaan koko sillan eliniän ajan eli tutkimuksessa ei huomioitu sitä,

Yksi tutkimuksessa tarkastelluista silloista oli Liisanniemen silta Laukaalla.

Kuva: Taitorakennerekisteri, Liikennevirasto



Rakenteen väsymisellä tarkoitetaan materiaalin vaurioitumista vaihtuvien jännitysten seurauksena.

että liikenteen aiheuttamat rasitusvaihtelut ovat todennäköisesti olleet nykyistä pienemmät siltojen elinkaaren alkuvaiheissa. Tämän vuoksi tutkimustulosten perusteella ei voida luotettavasti arvioida olemassa olevien siltojen jäljellä olevaa käyttöikää. Simulointia jatkettiin niin kauan, että liikennemäärä vastasi sillan suunnitellun käyttöiän (100 vuotta) aikana sillan ylittävää liikennemäärää. Tämän jälkeen ohjelmasta saatavien tulosten perusteella määriteltiin silloille koko niiden elinaikana tapahtuneet jännitysvaihtelut, joita verrattiin eri rakenteiden väsymislajuuksiin.

Tutkimustulosten perusteella sekä rakenne- että betoniterästen kohdalla detaljisuunnittelulla on suuri merkitys rakenteeseen aiheutuvan väsymisvaurion kannalta. Väsymisen kannalta kriittisimpiä detaljeja, kuten rakenneteräksen parrejatkokkia tai betoniterästen hitsiliitoksia ei tulisi sijoittaa rakenteessa alueille, joihin aiheutuu suurimmat jännitysvaihtelut. Lisäksi erityisesti rakenneteräksen käytössä tulisi kiinnittää huomiota detaljien, kuten hitsiliitosten huolelliseen toteutukseen, sillä mikrokooppisenkin pieni pinta- tai materiaalivika pienentää materiaalin väsymislajua merkittävästi.

Ajan kuluessa ja kuormituksen jatkuessa säröt kasvavat ja yhdistyvät kunnes yksi ainoa kuormitusyksi aiheuttaa särön kasvamisen koko rakenteen läpi ja aiheuttaa sen murtumisen.

Tutkimuksen aihe on todella ajankohtainen sekä Suomessa että ympäri maailmaa maissa, joissa vanhojen siltojen määrä on korkea ja ajoneuvojen painot ja määrät ovat merkittävästi kasvaneet. Olemassa olevien siltojen jäljellä olevan käyttöiän luotettavalla arvioinnilla voitaisiin varmistaa siltojen oikea-aikainen korjaus sekä mahdollisesti turvallinen loppuun käyttö. Vaikka tämän tutkimuksen avulla tämä



ei vielä ole mahdollista, voisi liikenteen simuloinnista olla tulevaisuudessa hyötyä sekä olemassa olevien siltojen käyttöiän arvioinnissa että uusien siltojen suunnittelussa.

Tutkimus sopi aihepiiriltään hyvin kesällä 2018 Kööpenhaminassa järjestettyyn IABSE-konferenssiin (=International Association for Bridge and Structural Engineering). Päätimme yhdessä Liikenneviraston edustajien kanssa kirjoittaa diplomityöni pohjalta artikkelin kyseiseen tapahtumaan. Kahdeksansivuisen artikkelin päätettiin käsittelevän vain yhtä tutkimuksessa tarkastelluista silloista. Kaikki artikkelien kirjoittajat kutsuttiin kolmepäiväiseen konferenssiin esittelemään lyhyesti kirjoittamiaan artikkeleja ja tutkimuksia niiden taustalta. Allekirjoittaneella oli kunnia päästä kyseiseen tapahtumaan esittelemään tekemäämme tutkimusta. Artikkelini herätti tilaisuudessa paljon keskustelua ja useampikin kuulija innostui ajatuksesta hyödyntää tulevaisuudessa simulointia sillansuunnittelun apuvälineenä. Kaiken kaikkiaan konferenssi antoi mielestäni varsin opettavaisen ja kokemusrikkaan päätöksen muutenkin mielenkiintoiselle diplomityöprojektilleni.