

## OLAVINLINNAN PONTTOONISILLAN MALLIKOKEISTA

ANTTI HEPOJOKI ja LAILA HOSIA

Rakenteiden Mekaniikka  
7 (1974) 1, s. 43...48  
Rakenteiden Mekaniikan  
Seura, Helsinki

---

HTKK:n vesirakennuslaboratoriossa suoritettiin talvella 1972-73 Savonlinnasta kaupungin puolelta Olavinlinnaan johtavan ponttoonien varassa kääntyvän sillan pienoismallikokeilu, jossa pyrittiin tutkimaan kääntösillan kokonaiskäyttäytymistä luonnonolosuhteissa sekä erityisesti selvittämään potkurikoneistolta vaadittava teho.

Tutkimusmenetelmiä alustavasti selvitetessä tultiin tulokseen, ettei ns. simuloitu malli, joka olisi tarkoittanut erillisten ponttoonien hinausta vetokoneistolla paikallaan pysyvässä vedessä, ole luotettava, vaan on pyrittävä mahdollisimman suurimittakaavaisen luonnonmukaiseen koesysteemiin. Sen vuoksi malli tehtiin vesirakennuslaboratorion sorapohjahalliin osittain karrikoituna, niin että veden liike sillan toiminta-alueella oli pintavirtausten osalta luonnontilaa vastaava.

Mallisuunnittelun perustaksi otettiin Frouden mallilaki, jolloin Frouden luvun

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

v = nopeus

h = karakteristinen syvyys

tulee olla yhtä suuri mallissa ja luonnossa.

Mallin suuresuhteet ovat tällöin seuraavat: Pituus  $\sim \lambda$ , pinta-ala  $\sim \lambda^2$ , tilavuus  $\sim \lambda^3$ , aika  $\sim \sqrt{\lambda}$ , nopeus  $\sim \sqrt{\lambda}$ , kiihtyvyyden  $\sim 1$ , virtaama  $\sim \sqrt{\lambda^5}$  ja teho  $\sim \sqrt{\lambda^7}$ ;  $\lambda$  = mallin mittakaava.

Maastomallin ja rakenteiden mittakaavaksi valittiin  $\lambda = 1:15$ . Syvänteiden vaikutus virtaukseen ja sillan liikkeisiin oli epäoleellinen, joten maastomalli voitiin karrikoida siten, että luonnossa 7 m syvempiä osia ei otettu huomioon. Nopeusjakautuma korjattiin tuloveden rauhoituksella ja virtauksen suuntauksella sekä menoveden säädeltävillä ylisyöksyreunoilla, joiden sijainti oli määritelty luonnossa esiintyvien päävirtaussuuntien avulla.

#### Siltamalli

Siltamallin suunnitteluun vaikuttivat mittakaavan lisäksi käytävissä olevat ja hinnaltaan kohtuulliset mallin rakennusaineet, joita olivat: Metallit, erilaiset puuvalmisteet ja muovit. Visualisustekijä täytyi myös ottaa huomioon, osittain tulosten tulkinnan helpottamiseksi ja osittain päätöstentekijöiden ja lukuisien muiden siltamallia katsomassa käyneiden henkilöiden vuoksi.

Mallissa (m) ja prototyypissä (pr) pyrittiin samaan jäykkyyteen. Lähtökohdaksi otettiin tällöin taipumalauseke

$$\delta = C \frac{Fl^3}{EI}$$

ja asetettiin taipumien suhde samaksi kuin mallin mittakaava  $\lambda$  eli

$$\frac{\delta_{pr}}{\delta_m} = \frac{C_{pr} F_{pr} l_{pr}^3 (EI)_m}{C_m F_m l_m^3 (EI)_{pr}} = \lambda$$

Käytettäessä Frouden mallilakia

$$\frac{F_{pr}}{F_m} = \lambda^3 \quad \text{ja} \quad \frac{l_{pr}^3}{l_m^3} = \lambda^3$$

Lisäksi voidaan olettaa, että

$$C_{pr} \sim C_m$$

Tällöin taipumien verrannollisuudesta seuraa vaatimus

$$\frac{(EI)_{pr}}{(EI)_m} = \lambda^5 \quad \text{eli} \quad \frac{I_{pr}}{I_m} = \frac{\lambda^5}{E_{pr}/E_m} \quad (1)$$

Geometrinen yhdenmuotoisuus edellyttäisi, että prototyypin I-profiileja vastaisi mallissa myös I-profiilit. Käytännössä mallin pääkannattajat ja diagonaalit sekä vertikaalit jouduttiin korvaamaan suora-kaideprofiililla, jotta olisi päästy järkeviin ainepaksuuksiin.

Poikkileikkauksia valittaessa sovellettiin yhtälöä (1) karkeahkosti siten, että pääkannattimien  $I_x$  ja  $I_y$  vaadittiin verrannollisiksi prototyypissä ja mallissa

$$\frac{I_{xpr}}{I_{xm}} = \frac{\lambda^5}{E_{pr}/E_m} \quad \frac{I_{ypr}}{I_{ym}} = \frac{\lambda^5}{E_{pr}/E_m} \quad (2)$$

$I_x$  laskettiin palkin vaaka-akselin suhteen

$I_y$  laskettiin sillan pystyakselin suhteen

Yhtälöparin (2) avulla tutkittiin eri rakennusmateriaalien

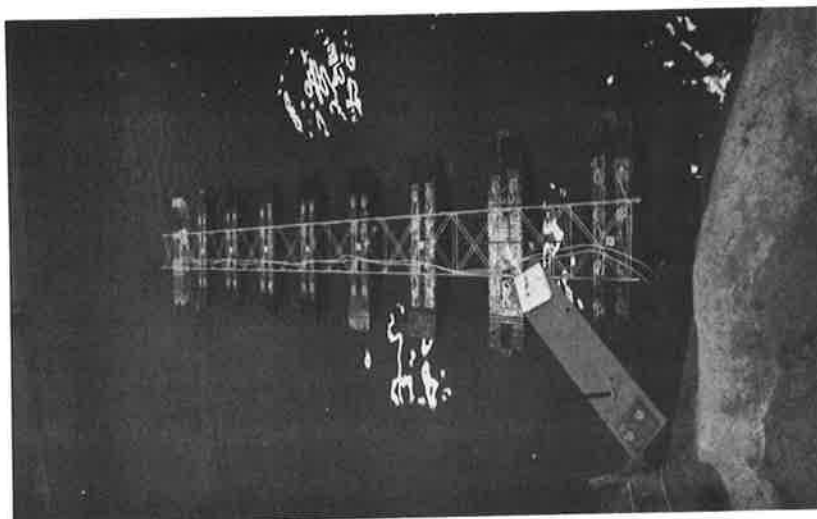
käyttömahdollisuuksia. Eri puuvalmisteilla todettiin ainepaksuuden mallissa jäävän alle 1 mm:n, mikä ei ole tarkoituksenmukaista. Samasta syystä eivät myöskään metallit tulleet kyseeseen. Sensijaan eräät muovit olivat mahdollisia; mallissa päädyttiin käyttämään akryylimuovia, josta tehtyjen suorakaiteen muotoisten pääkannattajien mitoituksi tuli  $2,8 \times 0,6 \text{ cm}^2$  (luonnossa I 35). Diagonaalien ja vertikaalien mitat laskettiin mallin pääkannattajien mittojen pohjalta ja päädyttiin kokoon  $1,3 \times 0,3 \text{ cm}^2$ . Akryylisauvat liimattiin prototyypin kaltaiseksi ristikoksi. Diagonaalisauvat jätettiin keskeltä kiinnittämättä, koska koekuormituksessa sillan havaittiin muuten tulevan liian jäykäksi horisontaalisuunnassa.

#### Ponttoonit

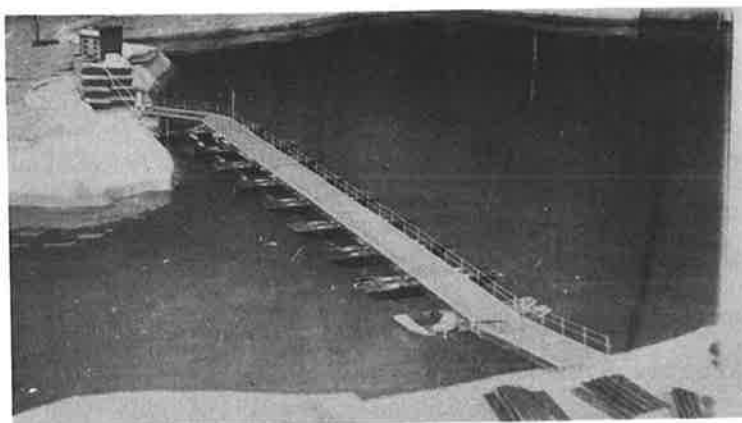
Kantavat ponttoonit tehtiin fenolivaahdomuovilevyistä, jotka oli pintakäsiteltävä vettymisen estämiseksi. Painottamista varten porattiin ponttooneihin ontelot, jotka täytettiin teräshiekalla. Painottaminen tehtiin jokaiselle ponttoonille erikseen, ja tulos tarkistettiin vesialtaassa. Vaatimus oli, että ponttoonien stabiilisuus on sama luonnossa ja mallissa. Tämä edellyttää kappaleen ja uppouman painopisteiden oikeaa sijaintia.

Moottoriponttoonin valmistettiin samasta akryylilevystä kuin ristikkorakenteet. Tasavirtakoneiston sijoitus ja lisäpainotus tehtiin, siten että painopisteen ja metasentrumin asema oli vaadittu. Sillan tukemista varten asennettiin mallin prototyypin mukaiselle paikalle jousiteräspilarit.

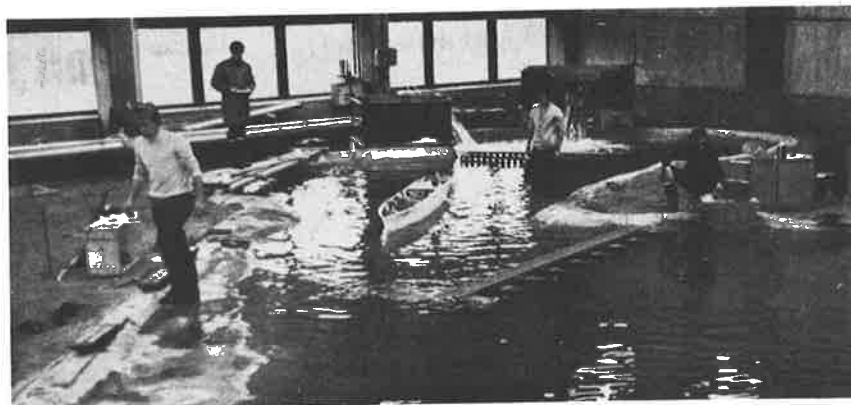
Siltamallin kokoaminen suoritettiin vedellä täytetyssä maastomallissa, koska sen lujuusominaisuudet olivat prototyypin kaltaiset, ja näin ollen siirto maalta veteen olisi vaatinut erityistä varovaisuutta ja varmistustoimenpiteitä.



Kuva 1. Yleiskuva siltarakenteista kokeilukunnossa kansi-  
rakenteet poistettuina, etualalla tukireaktioiden  
mittauslaite.



Kuva 2. Silta kiinniasennossa Tallisaaresta katsottuna.



Kuva 3. Mallissa tutkitaan sillan avaamis- ja sulkemisaikoja  
laivan kulkiessa läpi Kyrönsalmen.

#### Siltamittaukset

Sillan jäykkyyttä havaittiin ulkoisin keinoin, kuten siirtymien ja taipumien perusteella.

Moottoritehoa pyrittiin mittaamaan voltti-ampeerimittarilla suoraan tasavirtalähteestä. Osoittautui, että se vaati häviöiden takia kalibroinnin, joka suoritettiin herkkien jousivaakojen avulla suoraan ulkoisesta työntövoimasta, mikä on useimmin käytetty tapa erityisesti laivanrakennuksessa.

Tukireaktioiden mittaus jatkuvana oli mahdollista ainoastaan piirtävän mittaussysteemin avulla. Tätä varten rakennettiin ankkurointipilarit pyöreästä jousiteräksestä, jonka taipuma joka suuntiin vaatii yhtäsuuren voiman. Jousiteräksen taipumat rekisteröitiin siihen suoraan liitettyllä piirtokärjellä millimetripaperille. Taipumia vastaavat voimat kalibroitiin erikoisjousivaakojen avulla. Kiinnipitoon tarvittavat tukivoimat, siis sulkemisasennossa virtausvastus, mitattiin suoraan jousivaakoilla.

Olavinlinnan jalankulkusillan mallitarkastelu toi esille hyvin paljon mielenkiintoisia huomioita, ja mallin antamia tuloksia voitiin tehokkaasti käyttää hyväksi sillan suunnittelussa. Sillan onnistumista päästään ensi kesänä kokeilemaan luonnossakin, koska rakennustyön pitäisi valmistua kevään 1974 kuluessa.

Antti Hepojoki, dipl.ins. TKK, Otaniemi  
Laila Hosia, dipl.ins. TKK, Otaniemi