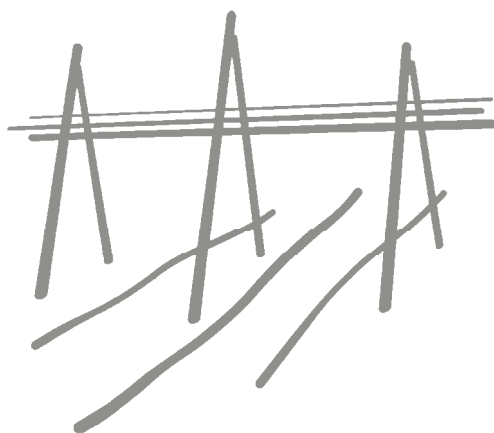


SILTOJEMME HISTORIA
HISTORY OF FINNISH BRIDGES

SILTOJEMME HISTORIA

HISTORY OF FINNISH BRIDGES



Julkaisija ja kustantaja / Publisher
Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
Finnish Association of Civil Engineers RIL

*Siltahistoriatoimikunta / Bridge History
Committee*

Aarne Jutila (pj./chairman)
Yrjö Havukainen
Palle Karola
Yrjö Matikainen
Seppo Rantanen
Seppo Aitta (siht./secretary)

Vastaava toimittaja / Chief editor
Seppo Aitta

Tukiryhmä / Support team

Toivo Härkönen
Unto Kallioniemi
Pertti Lattunen
Väinö Pekkala
Yrjö Punnonen
Risto Ruso

Kirjoittajat / Authors

Jaakko Ahvenainen
Seppo Aitta
Pentti Eloniemi
Yrjö Havukainen
Mauno Hänninen
Jorma Huura
Esko Hyttinen
Aarne Jutila
Olle Karola
Palle Karola
Matti Kuusivaara
Jussi Lukkari
Jouko Lämsä
Yrjö Matikainen
Kari Moijanen
Risto Mäkipuro
Markku Nousiainen
Heino Ollila
Mauno Peltokorpi
Yrjö Punnonen
Olli Pyykönen
Seppo Rantanen
Timo Rantakokko
Vilho Roos
Antti Rämet
Ossi Räsänen

Seppo Saarela
Matti Savolainen
Marja-Kaarina Söderqvist
Veijo Teräsvuori
Seppo Viita
Juhani Väikepinta

Tämän teoksen julkaisemista ovat tukeneet

*seraavat organisaatiot /
This publication has been supported by
following organisations*

Opetusministeriö
Jenny ja Antti Wihurin rahasto
Suomen Kirjasäätiö
Tiehallinto

*sekä seuraavat keskeiset sillanrakennusalan toimijat /
and following main companies in the field of bridge construction*

A-Insinöörit Oy
Finnmap Consulting Oy
Insinööritoimisto Pontek oy
Insinööritoimisto Seppo Rantala Oy
Lemcon Oy
Oy Kreuto Ab
Palmberg-Rakennus Oy
Peab Seicon Oy
Rakennusinsinööriurakoitsijat r.y.
Ramboll Finland Oy
Skanska Tekra Oy
SRV Teräsbetoni Oy
WSP SuunnitteluKORTES Oy
Tielikelaitos
Vierumäen Teollisuus Oy
YIT-Yhtymä Oyj
YS-Konsultit Oy

Layout

Kongi Oy Mainostoimisto

Kirjapaino / Printed in

Otavan Kirjapaino Oy
Keuruu 2004

Myynti / Sales

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
Dagmarinkatu 14, 6. krs
00100 Helsinki
www.ril.fi, email ril@ril.fi

ISBN 951-758-446-6

© Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT/FOREWORD	15/16
SILLAT JA LIIKENNE	21
Varhaisimmat sillat ja liikenneväylät	21
Tiesillat oikeus- ja verohallinnon osana	23
Vesiväylätyöt sillanrakennuksen kehittäjänä	30
Rautatiet sillanrakennuksen kehittäjänä	36
Rautateiden tulo Suomeen	36
Siltarakenteet ratatöiden alkuaikoina	39
Rautatiet 1900-luvun alkuvuosikymmeninä	41
Toisen maailmansodan vaikutukset rautateillä	47
Rautatiet 1900-luvun loppuvuosikymmeninä	49
Rautatiesiltojen tarkastus- ja korjaustoiminta	51
Tie- ja katusiltojen kehittyminen	52
Autoistuminen	52
Maanteiden siirtyminen valtion haltuun ja toiminnan organisointi	53
Siltojen suunnittelu ja rakentaminen 1920- ja 1930-luvulla	55
Sodan tuhojen korjaaminen	59
Autoliikenteen kasvu ja päätiet	59
Tie- ja vesirakennushallitus ryhtyy käyttämään konsultteja ja urakoitsijoita	64
Kehitys 1970-luvulta lähtien	69
Kaupunkisillat	76
Tiesiltojen tarkastus ja korjaustoiminta sekä erikoiskuljetukset	79
Esimerkki erään siltahankkeen hallinnollisesta käsittelystä	85
PUUSILLAT	89
Puu siltojen rakennusaineena	89
Pukkisilta	96
Palkkisillat	99
Jäykistetyt palkit	100
Lautakannattimet	102
Liimapuupalkkisillat	102
Puusiltojen tyyppisarjat	103
Ansarakenteet	107
Halikonjoen silta	109
Vammaskosken silta, Vammala	110
Eteläkylän isosilta, Pyhäjoki	112
Vihantasalmen silta, Mäntyharju	113
Muun tyyppiset puusillat	115
Ristikkosillat	115
Kaarisillat	117
Riippusillat	120
Siltojen kattaminen	121
Avattavat puusillat	124
Puun käyttö kansi- ja alusrakenteissa	125
Kansirakenteet	125
KIVISILLAT	129
Kivisiltojen kehitys	129
Kivi siltojen rakennusmateriaalina ja sen eri käyttötavat	136
Kivisiltojen suunnittelu, rakentaminen ja ylläpito	139

Kivisiltojen vaiheita	143
Tuovilan silta	143
Aunessilta	144
Satakunnan silta	147
TERÄSSILLAT	151
Ensimmäiset terässillat Suomessa	151
Rauta siltojen rakennusaineena	151
Rautatiesillat teräsrakentamisen suunnannäyttäjänä	153
Terässiltojen yleistyminen maanteillä	166
Maailmansotien ja jälleenrakentamisen aika	180
Rautatiesillat	180
Maantiesillat	191
Terässiltarakentaminen 1900-luvun lopulla	201
Työtapojen kehittyminen	201
Rautateiden viimeisimmät terässillat	209
Maanteiden suuret palkkisillat	218
Riippu- ja Langer-palkkisiltojen vuosikymmen	228
Liittorakennesiltojen esiinmarssi	233
Vinoköysisillat	246
Terässiltoja rajajokien ylitse Lapissa	259
Terässiltoihin liittyviä tapahtumia	264
Avattavat sillat	267
Avattava silta, mikä ja miksi	267
Avattavien siltojen perustyytit	269
Avaamistavan ja käyttömuotojen kehittyminen	276
Avattaviin siltoihin liittyviä tapahtumia ja huomioita	276
Laakerit ja liikuntasamat	279
Laakerit	279
Liikuntasamat	283
BETONISILLAT	285
Betonin käyttöönotto Suomen sillanrakennuksessa	285
Betonin kehittyminen yleisimmäksi rakennusaineeksi	285
Alkuvaiheen betonisia tie- ja rautatiesiltoja	288
Maailmansotien ja jälleenrakentamisen aika	300
Betonirakentamisen kehittyminen tutkimuksen, normituksen ja uusien työtapojen kautta	300
Suurten kaari- ja holvisiltojen yleistyminen	303
Muu betonisiltarakentaminen 1900-luvun puoliväliin saakka	316
Siltojen rakentaminen 1900-luvun jälkipuoliskolla	322
Betonin lujuuden kasvu ja säilyvyyden korostuminen	322
Uloke- ja kotelopalkkisiltojen rakentaminen	323
Jännitettyjen siltojen esiinmarssi	328
Työllisyystyöt ja päätteiden uusiminen	340
Elementtisiltojen kehitys ja käyttöönotto	354
Uloke- ja siirtomenetelmät ja erikoistelineiden käyttö	359
Rataverkon parantaminen ja rakentaminen liikennöidylle radalle	369
SOTILAALLINEN SILLANRAKENNUS	379
Siltojen merkitys kriisitilanteissa	379
Kenttäsiltojen perusratkaisu	381
Kuormitukset, mitoittaminen ja ylikuormittaminen	382

Rautatiesillat	383
Siltojen hävittäminen	384
Siltatyöt talvisodassa	384
Jatkosota 1941–1945	385
Karjalan armeijan hyökkäys talvisodassa menetetyille alueelle	386
Karjalan armeijan hyökkäys Ääniselle, Maaselän kannakselle ja Rukajärvelle	391
Kenttärata Aunuksen kannakselle	394
Pohjois-Suomen taistelut	395
Vetäytyminen 1944	395
Lapin sota 1944–1945, sota saksalaisia vastaan	395
Ponnistelujen mittalukuja	397
SUUNNITTELUMENETELMÄT JA MITOITUSPERUSTEET	399
Suunnittelumenetelmien kehittyminen	399
Rakennusstatiiikan kehitys alkaa 1800-luvulla	399
Terässiltojen suunnittelu alkaa rautatiesilloista	400
Holvien ja kaarien laskenta	401
Kehäsiltojen laskenta	404
Kansilaattojen ja laattasiltojen laskenta	406
Arinarakenteiden laskenta	407
Kotelopalkkien laskenta	408
Liittopalkkien laskenta	408
Laskentavälineet	409
Mitoitusperusteiden kehittyminen	410
Rakenteiden varmuus	410
Tiesiltojen kuormitukset	412
Rautatiesiltojen kuormitukset	415
Kevyen liikenteen siltojen kuormitukset	417
Betoniohjeet	417
Teräsrakenneohjeet	420
Puusiltoja koskevat ohjeet	424
Euronormit	425
SILTA YMPÄRISTÖN OSANA	427
Siltaestetiikkaa kautta aikojen	427
Sillat muovaavat maisemaa 1900-luvun alkupuolella	433
Kehitys 1950-luvulta alkaen	436
Suurimmat sillat	448
Siltoja arvokkaissa ympäristöissä	452
Kanavien sillat	452
Kautun sillat	453
Turun tuomiokirkkosilta	455
Pitkäsilta Helsingissä	457
Hämeensilta Tampereella	458
Savonlinnan sillat	461
Imatran koskisilta	463
OPETUSTOIMINTA JA ALAN YHTEISTYÖ	467
Opetus-, tutkimus- ja kehitystoiminta	467
Opetustoiminta	467
Tutkimus- ja kehitystoiminta	477

Yhteistyö ja kilpailutoiminta	478
Yhteistyö alan edistäjänä	478
Kilpailut ammattitaidon edistäjänä	487
Täydennyskoulutus	490
SILTOIHIN LIITTYVIÄ ERIKOISTERMEJÄ MÄÄRITELMINEEN	492
SUOMEN SUURIMMAT TIESILLAT KAUTTA AIKOJEN	496
SUOMEN SUURIMMAT RAUTATIESILLAT KAUTTA AIKOJEN	498
MUSEOSILLAT	500
KUVAHAKEMISTO	506

CONTENTS

FOREWORD	16
BRIDGES AND TRAFFIC	21
The earliest bridges and traffic routes	21
Road bridges as part of judicial and tax administration	23
The effect of improved waterways on bridge building	30
The role of railways in the advancement of bridge building	36
The arrival of railways to Finland	36
Bridge structures in the early days of laying the railway lines	39
Railways in the early decades of the 20 th century	41
The effects on railways of the Second World War	47
Railways during the final decades of the 20 th century	49
Inspection and renovation of railway bridges	51
Development of road and street bridges	52
Increased use of car	52
Transfer of roads into state ownership; organisation of activities	53
Bridge planning and building in the 1920's and 1930's	55
Repairing war damage	59
Growth of car traffic on main roads	59
The Finnish Roads and Waterways Administration's use of consultants and contractors	64
Development since the 1970's	69
Urban bridges	76
Inspection and renovation of road bridges; special transportation	79
An example showing the administration of one particular bridge project	85
TIMBER BRIDGES	89
The use of timber in bridge building	89
Trestle bridge	96
Girder bridge	99
Reinforced girders	100
Board spanning members	102
Laminated girder bridges	102
Types of timber bridges	103
Truss frames	107
The Halikonjoki bridge	109
The Vammaskoski bridge, Vammala	110
The Eteläkylä grand bridge, Pyhäjoki	112
The Vihantasalmi bridge, Mäntyharju	113
Other types of timber bridges	115
Truss bridges	115
Arch bridges	117
Suspension bridges	120
Enclosed bridges	121
Timber movable bridges	124
The use of timber in deck structures and substructures	125
Deck structures	125
STONE BRIDGES	129
Development of stone bridges	129
Building bridges in stone; the various uses of stone	136
Planning, building and maintenance of stone bridges	139

Stone bridges	143
The Tuovila bridge	143
The Aunessilta bridge	144
The Satakunta bridge	147
STEEL BRIDGES	151
The first steel bridges in Finland	151
Steel bridge building	151
Railway bridges leading way to steel bridge building	153
Steel road bridges gaining popularity	166
A period of World Wars and rebuilding	180
Railway bridges	180
Road bridges	191
Steel bridge building at the end of the 20 th century	201
Development of working methods	201
Latest steel bridges on railways	209
Large girder bridges on roads	218
A decade of cable supported bridges and 'Langer Girder'	
bridges	228
The emergence of composite structure bridges	233
Cable stayed bridges	246
Steel bridges crossing the border rivers in Lapland	259
Events associated with steel bridges	264
Movable bridges	267
What are movable bridges and why are they used?	267
Basic types of movable bridges	269
Developing opening methods and form of use	276
Events and observations associated with movable bridges	276
Bearings and expansion joints	279
Bearings	279
Expansion joints	283
CONCRETE BRIDGES	285
Use of concrete in Finnish bridge building	285
The growing popularity of concrete as a building material	285
The first concrete road and railway bridges	288
A period of World Wars and rebuilding	300
Developments in concrete building through research,	
standardisation and new working methods	300
The growing popularity of large scale arched	
and vaulted bridges	303
Other types of concrete construction up until the middle	
of the 20 th century	316
Bridge building in the second half of the 20 th century	322
The growing strength of concrete and the emphasis on	
durability	322
Construction of cantilever and box-section girder bridges	323
The emergence of prestressed concrete bridges	328
Relief work and the rebuilding of main roads	340
Development and implementation of prefabricated bridges	354
Cantilever and slide methods; the use of specialist scaffolding	359
Improved railway network; construction on an existing	
railway line	369

MILITARY BRIDGE BUILDING	379
The importance of bridges in crisis situations	379
Basic solution for a military bridge	381
Loading, testing and overloading	382
Railway bridges	383
Destruction of bridges	384
Bridge building in a winter war	384
Finland's Continuation War 1941–1945	385
Attack by the Karelian army to the area lost in Finland's Winter War	386
Attack of the Karelian army to Ääninen, Maaselkä isthmus and Rukajärvi	391
Military railway to the isthmus of Aunus	394
Battles of North-Finland	395
The retreat of 1944	395
The War of Lapland 1944–1945; fought against the Germans	395
War statistics	397
DESIGN METHODS AND BASIS OF CALCULATION	399
Development of design methods	399
Development of construction statics starts in the 19th century	399
The design of steel bridges starts with railway bridges	400
Calculation of vaults and arches	401
Calculation of frame bridges	404
Calculation of coping stones and slab bridges	406
Calculation of grillage structures	407
Calculation of box girders	408
Calculation of composite beams	408
Calculating tools	409
Development of calculation principles	410
Stability of structures	410
Loading of road bridges	412
Loading of railway bridges	415
Loading of light traffic bridges	417
Concrete standards	417
Standards for steel structures	420
Regulations governing timber bridges	424
European standards	425
BRIDGES AS PART OF THE ENVIRONMENT	427
Bridge aesthetics throughout the centuries	427
Bridges shaping the landscape at the beginning of the 20 th century	433
Progress since the 1950's	436
The largest bridges	448
Bridges in significant surroundings	452
Canal bridges	452
The Kauttu bridges	453
The Turku Cathedral bridge	455
The Pitkäsilta bridge in Helsinki	457
The Hämeensilta bridge in Tampere	458
The Savonlinna bridges	461
The Imatra rapids bridge	463

TEACHING ACTIVITIES AND COOPERATION IN THE FIELD	467
Teaching, research and development activities	467
Teaching activities	467
Teaching and research activities	477
Cooperation and competitive activities	478
Cooperation promoting the field	478
Competitions promoting professional skills	487
Further education	490
BRIDGE-RELATED SPECIALIST TERMS AND THEIR DEFINITIONS	492
FINLAND'S BIGGEST RAILWAY BRIDGES THROUGHOUT THE AGES	496
FINLAND'S BIGGEST ROAD BRIDGES THROUGHOUT THE AGES	498
MUSEUM BRIDGES	500
INDEX FOR PHOTOS	506



I ”Iocaitzen tule Silloia raketa, ia teitä perghata” – Näin määräsi Kristoffer-kuninkaan vuoden 1442 maanlaki 1500-luvun puolessavälissä tehdyn suomennoksen mukaan. Laki antaa mielenkiintoisen välähdyksen silloisesta ajankuvasta ja teiden ja siltojen merkityksestä yhteiskunnalle. Lain ”Rakennoksen” kaari on eräs varhaisimmista säilyneistä ohjeista siltojen rakentamiseen ja ylläpitoon.

Ihmisten halu liikkua luonnon muodostamien esteiden yli loi vuosituhsia sitten alun erilaisten ylitysratkaisujen, siltojen, kehittämislle. Liikkumisen, rakentamisen ja sotilaallisen toiminnan tarpeet olivat merkittävimmät tekniikan kehittymistä ohjaavat voimat. Rakentaminen ja sen osana sillanrakennus olivat kautta maailman teknisen osaamisen vanhimmat alueet – myös Suomessa. Maamme tunnettu siltatietous on kuitenkin varsin nuorta. Tieto muutamien vuosisadan takaa on harvinaisuus. Vaikka suomalainen sillanrakennustaito oli 1900-luvun loppupuolella jo kansainvälisestikin tunnustettua, ei Suomen silloista ole olemassa yhtään historiateosta. Toki joistakin yksittäisistä silloista oli julkaistu tietoja jälkipolville. Siksi ei ollut yllättävää, että tuo aukko kulttuurihistoriassamme haluttiin paikata ja saada aikaan siltojemme historiaa kokoava teos.

Aloitteen siltojemme historiaa käsittelevän teoksen aikaansaamiseksi teki Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RILin historiatoimikunnassa vuorineuvos Väinö Pekkala 1990-luvun alussa. Ajatus sai heti myönteisen vastaanoton toimikunnan puheenjohtajan professori Risto Ruson ja koko toimikunnan sekä liiton johdon piirissä, sillä jatkoihan se luontevasti liiton aloittamaa historiateosten sarjaa. Liiton toimitusjohtaja asetti siltahistoriatoimikunnan vuonna 1990 viemään hanketta eteenpäin. Toimikuntaan ovat kuuluneet alusta alkaen professori Aarne Jutila puheenjohtaja, Yrjö Havukainen, Palle Karola, Yrjö Matikainen ja Seppo Aitta sihteereinä ja vastaavana toimittajana sekä vuodesta 2003 alkaen jäsenenä Seppo Rantanen. Toimikunnan tukiryhmän jäseninä ovat toimineet Väinö Pekkala, Toivo Härkönen, Unto Kallioniemi, Pertti Lattunen ja Yrjö Punnonen. Toimikunnan ansiokkaana apuna on toiminut Jaana Henell. Julkaisun tietolähteinä on käytetty merkittävältä osin varhaisempien sillanrakentajiemme ansiokkaita kirjoituksia alan aikakauslehdissä – kuten Teknillinen Aikakauslehti, Rakennustaito ja Rakennusinsinööri-tekniikka, varhaisempien yleisten ja paikallisten historiateosten tietoja, viranomaisten silta- ja kuva-arkistotietoja, eri museoiden kuva-arkistoja, järjestöjen pöytäkirjoja ja niiden historiateoksia sekä vanhimpien sillanrakentajien omaa muistitietoutta.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL esittää parhaat kiitokset siltahistoriatoimikunnan jäsenille heidän vaativasta työstään siltojen historiaa koskeneiden historia-aineistojen hankinnassa ja kirjoitusten muokkaamisessa, kuten myös kaikille kirjoittamiseen tai muutoin hankkeeseen osallistuneille asiantuntijoille. Samoin lämpimät kiitokset kirjan julkaisemisen mahdollistaneesta taloudellisesta tuesta kuuluvat opetusministeriölle ja sen silloiselle kansliapäällikkö Jaakko Nummiselle, Jenny ja Antti Wihurin rahastolle sekä Suomen Kirjasäätiölle. Muusta tuesta parhaat kiitokset tiemuseolle sekä tiehallinnon ja rautateiden siltayksiköille.

Kustantaja uskoo, että aikaansaatu ensimmäinen suomalainen sillanrakennusta kattavasti käsittelevä teos täyttää siihen kohdistuneet odotukset siltoja koskevan kulttuurihistoriamme

taltioijana ja soveltuu asetetun päämääränsä mukaisesti tietolähteeksi sillanrakennuksesta ja tekniikan historiasta kiinnostuneille asiantuntijoille sekä maamme rakentamisesta kiinnostuneille kansalaisille. Englanninkielisten kuvatekstien myötä teos on myös arvokas lahjateos suomalaisten ulkomaisille yhteistyökumppaneille ja ystäville.

Helsingissä marraskuussa 2004

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL r.y.

Jaakko Heikkilä
puheenjohtaja

Jyrki Keinänen
toimitusjohtaja

FOREWORD

The Law of King Christopher, issued in 1442, obliged all citizens to build bridges and to clear roads. The law provides a fascinating glimpse into the sensibilities of the time and the importance of roads and bridges to society. The building code included in the law contains one of the earliest surviving sets of instructions on the construction and maintenance of bridges.

Millennia ago, man's desire to overcome natural obstacles gave rise to creating a means of crossing – to the construction of bridges. The major forces steering technological progress were mobility, construction and military activities. Throughout the world, construction including bridge construction is the oldest sector of technological expertise. Only fairly recent knowledge of our nation's bridges is available, however; information dating back even a few centuries is a rarity indeed. Despite Finnish bridge construction having gained international renown by the late 1900s, no historical works on the subject had been written although information about individual bridges had been published for future generations. Therefore, the desire to fill in this blank in our cultural history and to compile a book on the history of bridges in Finland is more than understandable.

The initiative for a historical work on Finland's bridges came from Väinö Pekkala, Counsellor of Mining (Hon), a member of the historical committee of the Association of Finnish Civil Engineers RIL in the early 1990s. The entire committee, chaired by professor Risto Ruso, as well as the Association's management immediately embraced the idea; it was a natural continuation of the series of historical works launched by the Association. The Association's Managing Director appointed a bridge history committee in 1990 to implement the project. Professor Aarne Jutila as Chairman, Yrjö Havukainen, Palle Karola, Yrjö Matikainen and Seppo Aitta as secretary have sat on the committee since its inception; Seppo Rantanen joined it in 2003. Väinö Pekkala, Toivo Härkönen, Unto Kallioniemi, Pertti Lattunen and Yrjö Punnonen have served on the committee's support team, and Jaana Henell has provided inva-

luable assistance. The distinguished writings of the nation's early bridge builders in trade magazines such as *Teknillinen Aikakauslehti*, *Rakennustaito* and *Rakennusinsinööri-tekniikka* have provided a wealth of source material. Other sources include general and local historical works, data and images archived by the authorities, the image archives of various museums, the minutes and historical works of organisations and the personal recollections of elder bridge builders.

The Association of Finnish Civil Engineers RIL wishes to thank all members of the bridge history committee for their great efforts in acquiring historical materials and revising the writings. Thanks are also due to all experts who contributed to this book and participated in other ways in this undertaking. The thanks for the financial support that made this book possible go to the Ministry of Education and its erstwhile Secretary General Jaakko Numminen, to the Jenny and Antti Wihuri Foundation and to the Finnish Book Foundation. We also wish to thank the Finnish Roads Museum and the bridge units of the Finnish Roads Administration and Finnish Railways.

The publisher believes this book you are holding, the first comprehensive review of Finnish bridge construction, will meet expectations as a chronicler of cultural history relating to bridges. It will also well serve its secondary purpose as a source of information for experts interested in bridge construction and the history of technology as well as non-professionals keen on the history of construction in Finland. Though the body of the work is in Finnish, the captions in English as well as Finnish make this book a valuable gift to the international partners and associates of Finnish businesses and individuals.

Helsinki, November 2004

THE ASSOCIATION OF FINNISH CIVIL ENGINEERS RIL

Jaakko Heikkilä
Chairman

Jyrki Keinänen
Managing Director



