



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TEEDEINSTITUUT

**Evaluation of the Investment Cost of Edge Beams for Its Application to
Life-Cycle Cost Analysis**

Silla servaprusside elutsüklianalüüsi kapitalikulude määramine

ETS 60 LT

Üliõpilane: Martti Kelindeman

Juhendaja: Prof. Siim Idnurm

Tallinn, 2015

6. Summary

Conclusions and discussions

The goal of this master thesis was to contribute to the research of the Edge Beam Group, whose target was to come up with an answer for a question, “What is the optimal solution of edge beam for the Swedish society?” The project was established by the STA.

By studying and gathering relevant and up-to-date information from on-going construction sites and engineers, it was possible to provide input data for an application developed by the Ph.D student – José Javier Veganzones Muñoz. The application, according to the Edge Beam Group, was a key element in reaching to the goal in that matter. The collection of data was necessary for the Ph.D student so as to estimate the costs of the four edge beam proposals illustrated in chapter 2.3.

By carrying out the estimation process, it was possible to recognize the main contributors to the investment cost. In the work, two cost groups were investigated – design process and production.

In the design part, the role of the architect and the structural engineer was explained. It followed that structural engineer is responsible for determining the amount and diameter of transversal rebar entering or exiting the edge beam; amount and diameter of longitudinal rebars and stirrups. The production was regarded as a list of processes. First, applied materials were identified, cost for their transportation and unloading was estimated. Secondly, the construction process was studied thoroughly. Labour and machinery costs were calculated for each type of work according to a specific bridge. Lastly, a cost for material disposal was added. For example, the formwork material was stripped and recycled, the site needed to be cleaned from debris. An overhead cost equal to 15% of the total production cost was added.

Knowledge was gained about the approximate proportions of the cost contributors. It was shown that the material and labour cost constitute in the range of 80% to 90% of the total cost of edge beam. The cost for machinery and transport of materials can be considered similar, each amounts to about 2,5% of the total cost. Although cost for the design remains alike, it may be notably increased due to custom orders and unexpected changes in design.

An important part of the study was not only to perform the collection of input data, but to study the construction process itself since little information is available on that matter on the whole. For example, it was illustrated that decisions in the early planning phase can cause extensive cost increase in the later phases of production, such as an addition of construction joints to the edge beam at the Landscape bridge, which resulted in extra costs for material and labour, not to mention the risks related to the uncertainty of the quality of the work.

Further research

In order to make a conclusive decision regarding which method of construction should be preferred, for instance whether to construct the edge beam as prefabrication or cast in situ, a comparative case study including two identical bridge edge beams would be required to assess the cost-effectiveness of these methods. Additionally a tracking of the durability of these edge beams during their life-span would be beneficial.

Furthermore, in the paper alternative solutions to the traditional edge beam were introduced (chapter 2.3). However, to get the most reliable input for the LCCA model and thus the most precise answer for the target of the project, it would be effective to test these proposals in real life, so as to confirm their accurate production cost, necessary maintenance intervals and identify possible problems.

The presence of cracks exceeding the allowed width can have a critical impact on the longevity of the edge beam. On the basis of answers from correspondents, it became apparent that factors such as the amount of longitudinal rebars, seasonal time of pour and the extent of aftercare by covering and watering the finished edge beam can greatly affect the distribution of cracks in the edge beam. This is therefore a subject that could be studied in more detail.

7. Kokkuvõte

Järeldused ja arutlused

Käesoleva lõputöö eesmärk oli anda panus Rootsi uurimisgrupi „Edge Beam Group“ töösse, mille eesmärk oli leida vastus küsimusele, „Mis on Rootsi oludele/ühiskonnale optimaalseim silla servaprussi tüüp?“ Projekti algatas Rootsi Transpordiamet.

Uurides ja kogudes olulist ja kaasaegset teavet töösolevatelt sillaehitusobjektidelt ning inseneridelt, oli võimalik anda sisendinfot doktorandi loodavale servaprussi elutsüklikulu rakendusele. Viimane oli uurimisgrupi väitel üks peamisi elemente jõudmaks probleemi tuumani. Teabe kogumine oli vajalik, et määrata doktoritöös kajastatud nelja eri tüüpi servaprussi ligikaudne hind. Viimased on tutvustatud ka käesoleva töö esimeses pooles.

Kalkulatsiooni läbi viies oli võimalik tuvastada peamised servaprussi maksumuse tegurid. Töös on uuritud kahte peamist kulugruppi, milleks on projekteerimine ja tootmine.

Projekteerimise suunal uuriti arhitekti ja ehitusinseneri rolli antud küsimuses. Selgus, et inseneri ülesanne on määrata kindlaks servaprussi „siseneva“ või vastupidi, „väljuva“ põikiarmatuuri, pikiarmatuuri ja rangide koguse ning läbimõõdud. Tootmist vaadeldi kui protsesside jada. Esmalt identifitseeriti kasutatavad materjalid ning määrati kindlaks nende transpordi- ja lossimiskulu. Järgnevalt uuriti servaprussi ehitusprotsessi. Arvutati kulu tööjõule, ehitusmasinatele ja –tehnikale vastavalt tööle ning konkreetsele sillale. Viimaks tuvastati servaprussiga seostatav ehitusobjekti puhastamise- ja jäätmekäitluse kulu. Oluliseks osutus raketise eemaldamine ning ehitusplatsi koristamine jäätmetest. Summaarse tootmiskulu leidmiseks lisati servaprussi maksumusele üldkulu suuruses 15% tootmiskulust.

Selgusid millised on suurimad kuluartiklid servaprussi loomise protsessis. Näidati, et summaarne materjali- ja tööjõukulu servaprussi ehitamisele moodustab 80-90% servaprussi kulust. Kulu ehitustehnika rendile ja materjalidele on mõlemal suurusjärgus – 2,5% summarsest tootmiskulust. Üldjoontes on kulu projekteerimisele viimastega sarnane, kuid võib märkimisväärselt kasvada eritellimuste või ettearvamatute muutuste tõttu projektis.

Oluline osa tööst oli mitte ainult teabe kogumine kulude kohta, vaid ehituse tööprotsesside uurimine objektidel, sest avalikku materjali teema kohta on vähe. Töö selgitas, et otsused

projekteerimise algetapis võivad kasvatada kulusid hilisem ehitusprotsessis. Seda iseloomustab ökodukti sillal rakendatud projekti muudatus, kus servaprussi ulatuslike põikpragude vältimiseks rajati konstruktsioonivuugid temperatuurimuutusest ja omakaalukoormusest tingituna. Kahtlemata lisandus vuukide ehitustööga risk, kas lahendus on kvaliteetselt projekteeritud ja ehitatav.

Edasine uuring

Servaprussi ehitusmeetodi valiku lihtsustamiseks on soovituslik läbi viia kahe identse silla servaprussi ehituse jälgimine ja analüüs, mis võimaldaks kindlaks määrata nende täpse kapitalimahutuse. Samuti oleks vajalik nende servaprusside seisukorra jälgimine elutsükli jooksul.

Lõputöö tutvustas lisaks traditsioonilistele lahendustele alternatiivseid servaprussi tüüpe. Elutsüklikulu jaoks usaldusväärseimate andmete ja seeläbi ka otsitavale küsimusele täpseima vastuse saamiseks on kasulik alternatiivide katsetamine rajatistel, et tuvastada nende tootmiskulu, vajalikud hooldusintervallid ning võimalikud probleemid eksploatatsioonis.

Lubatust suuremate pragude ilmumine võib lühendada servaprussi eluiga. Korrespondentide sõnul mõjutavad servaprussi pragude jaotuvust pikiarmatuuride arv ja läbimõõt, betoonivalu tegemise hooaeg ning järelhoolduse sagedus ja kvaliteet. Sellest tulenevalt oleks vajalik antud mõjutegurite täiendav uurimine.