

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL JA EHITUSKONSTRUKTSIOONIDE ARENG EESTIS

Valdek Kulbach

Tallinna Tehnikaülikooli ehitiste projekteerimise instituut

AJALOOLINE TAGASIVAADE

II MAAILMASÕJA EELNE PERIOOD

19. sajandiks oli konstruktsioonide tugevus- ja stabiilsusarvutus jõudnud tasemele, mis võimaldas normaalselt projekteerida erinevaid sillakonstruktsioone. Hooneehituses piirduti sel ajal suhteliselt lihtsate konstruktsioonidega, mille projekteerimisega said hakkama arhitektid ilma ehitusinseneride abita. Eestis oli juba 16. sajandi alguses püstitatud Euroopa mastaabis silmapaistvaid ehitisi (näiteks selle aja kohta rekordilise 159 m kõrgusega Oleviste kiriku torn), kuid need ehitati ilma teooria abita.

Ehitusmehaanika märkimisväärse arengu algus Eestis on seotud Peterburi Teedeinstituudis professori-kutseni jõudnud ja 1921. aastal Eestisse naasnud Ottomar Maddisoni nimega. Ta oli klassikalise ehitusmehaanika väga hea tundja ning juba kogemustega sillaehitaja. Töötanud TTÜ-s ja selle eelkäijates ühe kõige autoriteetsema õppejõuna, õpetas ta välja esimese märkimisväärse ehitusinseneride-konstruktorite põlvkonna. Oma professoritegevuse viimastel aastatel õpetas ta ka selle aja kohta uudseid elastsusõpetuse ja ehitusdünaamika kursusi. Uusi tuuli TTÜ ehitusteaduskonda tõi Dresdenist 1934 naasnud August Komendant, kes kujunes Eesti üheks tähtsamaks insenerikonstruktsioonide projekteerijaks ning õpetas raudbetoonkonstruktsioone TTÜ-s 1937–1939, võttes esimesena kasutusele ajakohase plaatide teooria. 1944 lahkus ta Eestist ning töötas edukalt USA Euroopa väekoondises ning hiljem USA-s inseneri ja Pennsylvania Ülikooli õppejõuna. Ameerika Ühendriikidest 1935. aastal doktorikraadiga Eestisse naasnud Leo Jürgensoni teadustöö oli seotud pinnase stabiilsuse küsimustega. Enne II maailmasõda alustasid TTÜ-s oma tegevust O. Maddisoni assistentidena tulevased autoriteetid Heinrich Laul, Nikolai Alumäe ja Johannes Aare. Ennesõja-aastate teadustegevust Eestis iseloomustas

kohalike rakendusprobleemide lahendamise vajadus. Nii pidi O. Maddison silla- ja vundamendiehituse huvitavatele probleemidelt ümber lülituma Eestile vajalikumale kohalike ehitusmaterjalide uurimisele, L. Jürgenson aga pidi asendama pinnase stabiilsuse probleemide uurimise sel ajal veel lapsekingades oleva hoonete soojapidavuse küsimuste lahendamisega.

20. sajandi esimesel poolel püstitati Eestis mitu silmapaistvat ehitist. Neist tähtsamateks on järgmised.

- 1904 ehitatud Kasari jõe sild, mis oli selle aja kohta pikim (308 m) raudbetoonsild maailmas.
- 1917 ehitatud Tallinna sadama vesilennukite angaari kolmest positiivse kõverusega raudbetoonkoorikust (36,4 x 36,4 m) koosnev katusekonstruktsioon, mis on üks varasemaid kuplist erinevaid raudbetoonkoorikuid maailmas.
- Narva raudteesild, mis ehitati 1923. aastal 107 m sildega sõrestik -konstruktsioonina O. Maddisoni järelevalve all ning hävis 2. maailmasõjas.
- Türi raadiojaama 197 m kõrgune tornmast, mis ehitati 1937. aastal ning hävis II maailmasõjas.
- Kadrioru staadioni tribüüni huvitavalt kujundatud varikatus 1937. aastast – selle aja kohta märkimisväärse 12 m konsooli pikkusega.

EHITUSTEADUS JA -KONSTRUKTSIOONID NÕUKOGUDE OKUPATSIOONI PERIOODIL

Ennesõja-aegses Eestis polnud väitekirjade kaitsmine ega teaduskraadide taotlemine ehitusalal populaarne. Sõjajärgsetel aastatel ellu viidud NSV Liidu kõrgkoolisüsteem, mis jätkas Tsaari-Venemaa traditsioone, nõudis aga professorikutse saamiseks teadusdoktori ja dotsendikutse saamiseks teaduskandidaadi kraadi. Üliõpilaste arvu märgatava kasvu tingimustes oli 1950ndatel aastatel vaja oluliselt täiendada sõja-aastatel kahanenud õppejõudude koossei-

su. Teaduskraadide taotlemise vajadus viis ehitusmehaanika ja -konstruktsioonide ala uurimistöö märgatavale elavnemisele. Suunaandjateks kujunesid N. Alumäe, Hugo Oengo ja H. Laulu kandidaativäitekirjad, millele järgnesid N. Alumäe (1951) ja H. Laulu (1955) doktoritööd. Selleks ajaks oli juba alguse saanud teoreetiliselt huvitavate ja majanduslikult otstarbekate õhukeseseinaliste ja ruumsete konstruktsioonide töö uurimine. Selle ala uurimistöö tulemuste alusel omistati 1950ndate aastate esimesel poolel tehnikakandidaadi kraad Leonid Allikasele, Enno Soonurmele ja J. Aarele.

Raudbetoonkonstruktsioonide ala uurimistööde aluseks oli paljudel juhtudel H. Laulu loodud nihkejõudude aproksimatsiooni meetod silinderkoorikute arutamiseks. Seda täiendati koorikute põikjõukindluse uurimisega. Nende alade uurimistöö alusel said kandidaadikraadi praegused õppejõud Allan Sumbak, Vello Otsmaa ja Väino Voltri. Ülo Tärno laiendas oma doktoritöös (1983) nihkejõudude aproksimatsiooni meetodit teistele koorikutüüpidele. V. Otsmaa ja tema õpilaste hilisemates töodes lahendati lühikeste raudbetoonkonsoolide kandevõime olulisi küsimusi. Raudbetoonkoorikute alaste uurimistööde tulemusi käsutati mitmete koorikkatuste projekteerimisel; nendest tähtsamateks on Viljandi ja Narva mööblivabrikute, praeguse välisministeeriumi hoone saali ning TTÜ auditooriumi katusekonstruktsioonid.

Teraskonstruktsioonide alases uurimistöös oli pioneeriks J. Aare, kelle doktoriväitekirja (1971) andis aluse õhukeseseinaliste talade ja raamide projekteerimiseks, võttes arvesse ristlõike seina kriitilisjärgset töötamist ning võõde ja ribide jäikuse mõju konstruktsiooni kandevõimele. Selle töö meetodikat rakendati hiljem ka õhukeseseinalistele koorik- ja tahkkanduritele. J. Aare tööde jätkajateks olid tema juhendamisel kandidaadikraadi kaitsnud praegused TTÜ professorid Kalju Loorits ja Siim Idnurm. J. Aare uurimistulemuste peamiseks rakendusteks on tema projekteeritud Kadrioru tennishalli 55 m sildega terasraamid ning koos käesoleva kujutise autoriga projekteeritud jalakäijate-suusatajate sild Nõmmel. Tartu jalakäijate terrassild kujutab endast suurima sildega (86 m) Eestis seni ehitatud konstruktsiooni. Teraskonstruktsioonide omaette uurimissuunaks oli eriti raskete seadmete ja konstruktsioonide montaaži- ja koostamisprobleemide lahendamine. Koostöös Moskva asjaomaste asutustega loodi J. Aare ja V. Kulbachi osavõtul kõrged masttõstukid kuni 1000 t raskuste reaktorite monteerimiseks ning

lahendati tõstetavate seadmete koorikkesta haardesõlmede arvutuse ja konstrueerimise küsimusi. Suurte vedelikumahutite montaažil on üheks keskseks küsimuseks rullitud korpuse ääreala järeldeformeerimine projekteeritud kõverusele. Selle probleemi uurimise tulemusel konstrueeriti originaalne painutusseade, mida kasutati ka Muuga naftaterminali suuremahuliste reservuaaride montaažil.

Tallinna laululava kõlaekraani kavandamise aegu ilmusid maailma ehituspraktikasse esimesed kaasaegeid rippkatused. Seda kasutas oskuslikult arh. Alar Kotli, kes koostöös prof. H. Lauluga lahendas kõlaekraani omapärase sadulakujulise rippkatuse. Tallinna laululava kõlaekraani projekteerimise ja ehitamisega seotud probleemid said aluseks rippkonstruktsioonide pikaajalisele uurimistööle TTÜ-s, mille tulemusel koostati mitu kandidaativäitekirja (Jüri Engelbrecht, Karl Öiger, Arvi Ravasoo, Ivar Talvik, Peeter Paane) ning käesoleva kirjutise autori doktoriväitekirja. Töötati välja meetodika, mis võimaldab arvesse võtta trossidevõrgu ja kontuuri koostööd. Lisaks sadulakujulisele võrkrippkatusele koostati meetodika üksikkaabli ja kahest kaablist moodustatud eelpingestatud tasapinnalise konstruktsiooni arutamiseks.

K. Öigeri selle perioodi uurimistöö keskendus laudadest kokkunaelutatud puitkoorikute töö uurimisele. Sellele lisandus trossidevõrgu ja puitkooriku või telkkatuse koostöö uurimine. Selle töö tulemusi kasutati mitme puitkooriku ja telkkatuse projekteerimisel koostöös selleaegse projekteerimisinstituudiga "EKE Projekt".

EHITUSKONSTRUKTSIOONIDE JA EHITUSTEADUSE ARENG PÄRAST EESTI ISESEISVUSE TAASTAMIST

Eesti iseseisvuse taastamisele järgnenud esimesi aastaid iseloomustas ehitustegevuse järsk vähenemine ning suurte ehitus- ja projekteerimisasutuste lagunemine. See viis omakorda märgatavale tööpuudusele ehitusinseneride peres. Mõne aasta jooksul kujunesid aga välja uued ehitusfirmad ning projektasutused. Mitmed neist on asutatud rahvusvaheliste ettevõtetenä. Ehitus- ja projekteerimistööde mahu kiire suurenemise ja vanema põlvkonna inseneride tööst eemalejäämise tõttu on olukord radikaalselt muutunud – projekteerimisvõimelistest inseneridest on suur puudus. Nende töötasugi ületab märgatavalt keskastme juhtide oma. Nii meil kui ka välisriikides teaduskraadi saanud noori insenere ei

rahulda näiteks kõrgkooli professori töötasu. Suuresti on muutunud püstitavate ehitiste nomenklatuur. Varem vohanud suurpaneelamatute ehitus on soikunud. Möödunud sajandi viimase aastakümne tähtsamateks ehitisteks kujunesid sadamate reisijate- ja õliteminalid, kütusetanklad ja -reservuaarid, ärikeskused, panga- ja büroohooned ning transpordi- ja sideehitised. Neile lisandusid ka mõned sakraalehitised.

Alates eelmise sajandi lõpuaastatest on märgatavalt suurenenud elamuehitus. Hooneehituses on tähtsal kohal ka renoveerimistööd. Siin pole põhjuseks mitte ainult hoonete funktsioonide muutumine, vaid suurel määral ka nende soojapidavuse olulise suurendamise vajadus. Nimelt soodustasid NSV Liidu oludes üliloodavalt müüdud kütus ja energia ning ehituse madalad piirmaksumused väikese soojapidavusega ja madala kvaliteediga hoonete püstitamist. Eesti tänased raudbetoonitehased on võimelised tootma NSV Liidu oludega võrreldes palju suurema pikkuse ja nomenklatuuriga, aga ka kõrgema kvaliteediga elemente.

TTÜ struktuursete ümberkorralduste tulemusel asutati ehitusteaduskonnas ehitiste projekteerimise instituut, mis koondab raudbetoonkonstruktsioonide, puit- ja plastkonstruktsioonide, teraskonstruktsioonide, geotehnika ning arhitektuuri õppetoolid. Struktuursete õnnestunud ümberkorralduse kõrval viidi aga ellu ebaõnnestunud õppekorraldus. Valdavalt ilma täiendava magistriõppeta ning suhteliselt suure tehnikavälise üldõppega 4-aastane bakalaureuseõpe viis arvukalt ellu oma erialal poolikult koolitatud inimesi.

Ka ehituserialade (nagu ka teiste klassikaliste inseneri-, eeskätt mehaanika- ja energeetikaerialade) õppesüsteemi ühendamine uute spetsiifiliste informaatikaaladega on allakirjutanu arvates ebaõige. Need teadmised, mis on informaatika aladel lõppeesmärgiks, on klassikaliste insenerialade jaoks vaid abivahendiks. Nii näiteks on ehitusprojekteerimise ala õppekavades lisaks matemaatika, kujutava geomeetria, füüsika ja informaatika kõrval tähtsal kohal mitte ainult spetsiifilised teoreetilised ained (ehitustaatika ja -dünaamika, elastsus- ja plastsusõpetus, plaatide ja koorikute teooria, pinnasemehaanika, raudbetooni ja pingebetooni teooria, ehitusfüüsika), vaid ka ehitusega seotud kõrvalained (arhitektuur, ehitusmajandus ja juhtimine, ehituskommunikatsioonide kursused jne). Õppetöö väga tähtsaks osaks on iseseisva tööna koostatavad kursuseprojektid. Oma mahult saab ehitusala insenerikoolitust võrrel-

da vaid meditsiiniõppega. Võõrastust tekitab ka diplomid kui inseneriharidust tõendava dokumendi devalveerimine ning asendamine ebamäärase tunnustusega. Eriti tekitab võõrastust olukord, kus Kõrgema Tehnikakooli lõpetajad saavad inseneridiplomi, TTÜ lõpetajad vaid lõputunnistuse. Kõrgema Tehnikakooli õppejõud saavad suhteliselt kergesti professori ametinimetuse, samal ajal kui TTÜ ehitusteaduskonnas on professori nimetusest ilma jäetud mitme eriala parimad asjatundjad. Kahjuks on vajaliku tähelepanuta jäänud Põhjamaade kõrgkoolide õppekorralduse ja õppejõudude konkursi positiivsed kogemused.

TTÜ ehitiste projekteerimise instituudi teadustegevus taasiseseisvunud Eestis on suurel määral kaldunud rakendusuuringute suunda. Põhiülesandeks kujunes Eesti ehituskonstruktsioonide projekteerimismuutuste koostamine vastavalt Euroopa ühtsele Eurokoodeksi süsteemile. Lisaks varasematele normidele tuli koostada ka normid konstruktsioonide arvutamiseks tulekahju oludes. Mitmeid norme on täiendatud arvutusnäiteid sisaldavate rakendusjuhistega. Pärast mõningat vaheaega käivitus ülemineku perioodil uuesti instituudi koostöö Eestis tegutsevate ehitus- ja projekteerimisfirmadega. Tähtsamateks probleemideks kujunesid suurte mastide ja reservuaaride, aga ka sildade ja suuremate hoonete ehitamise ja rekonstrueerimise küsimused.

Koostöös Rootsi ehitusfirmaga viidi läbi laiaulatuslikud eksperimentaalsed uuringud uut tüüpi seenlagedega. Teoreetilise kallakuga teadustegevus jätkus erinevate rippkonstruktsioonide ja kergete puitkonstruktsioonide uurimisel. Tähtsamateks teadustulemusteks tuleb lugeda K. Ögeri doktorikraadi kaitsmist Tampere Tehnikaülikoolis 1993. aastal ja Indrek Tärno litsentsiaadikraadi kaitsmist Rootsi Kuninglikus Tehnoloogiainstituudis. Neile lisandus arvukalt magistritöö kaitsmisi kohapeal. Rippkonstruktsioonide uurimise käigus tõestati ja formuleeriti tingimused pingete superpositsiooni printsiibi rakendamiseks geomeetriliselt mittelineaarsete konstruktsioonide arvutamisel. Erinevate rippkonstruktsioonide arvutamiseks töötati välja kontinuaalsel mudelil põhinev ühtne arvutusmetoodika.

Arenes koostöö Soome kõrgkoolide ja Riikliku Tehnikauuringute Keskusega, Rootsi tehnikaülikoolidega, Lausanne'i Tehnikaülikooliga, Leedu, Läti ja Saksamaa tehnikaülikoolidega. Koostöö Tampere Tehnikaülikooli ehitusteaduskonnaga leidis äramärkimist selle ülikooli audoktori tiitli omistamisega käesoleva kirjutise autorile. K. Öger, V. Kulbach ja

I. Talvik on korduvalt esinenud rahvusvahelistel konverentsidel Euroopas, Ameerikas ja Aasia maades.

Taasiseseisvunud Eestis püstitatud huvipakkuvamateks ehitisteks on 1984. aastal valminud Tartu laululava kõlaekraan, Tartu jalakäijate terrassild, mis käesoleva kirjutise autori andmetel on seni suurima (86 m) sildega konstruktsioon Eestis ning 2001. aastal valminud Saku Suurhall Tallinnas, mis on suurima (ca 70 m) sildega hoone Eestis. Kõigi nende konstruktsioonide projekteerimisel osalesid TTÜ ehitiste projekteerimise instituudi professorid – toodud järjekorras vastavalt J. Aare ja V. Kulbach, V. Kulbach ja K. Öiger ning K. Loorits. Märkimist väärivad ka Viljandi ripsilla rekonstrueerimise projekt (V. Kulbach ja S. Idnurm) ning Kurgja ripsilla projekt (S. Idnurm). Samas tuleb ära märkida ka mõne välismaise firma koostatud teraskonstruktsioonide projektis esinevaid tõsiseid vigu. Nendest tähtsamateks on Moskvast projekteeritud mitme kütusereservuaari varisenud või tugevdamist nõudnud konstruktsioonid, Soomes projekteeritud Tartu Ülikooli spordihoone tugevdamist vajanud raamid ja Soomes projekteeritud Neste kütusetanklate varikatuste konstruktsioonid.

EESTI EHITUSE NING TTÜ EHITISTE PROJEKTEERIMISE INSTITUUDI TEADUSTÖÖ ÜLESANDED LÄHITULEVIKUKS

Tänase Eesti üheks tähtsamaks ülesandeks on tasakaalustatud regionaalse arengu ja riigi majanduse säästva arengu tagamine. See puudutab otseselt ka Eesti ehitustegevust. Sellele nõudele vastav ehitustegevus on arusaadavalt seotud materjalide ja energia ökonoomse kasutamisega, aga ka taastuvate ressursside laiema rakendamisega. Juba on alustatud Eesti jõgedel paiknevate hüdroelektrijaamade taastamisega. Seda soodustab kaasaegsete efektiivsete

madalsurveturbiinide olemasolu. Senisest suuremat tähelepanu tuleb pöörata ehitusmaterjalide otstarbekale valikule. Nähtavasti tuleb eelistada erinevate kergkonstruktsioonide, aga ka puitkonstruktsioonide kasutamist. Puitarindite efektiivsust saab suurendada liimpuidust talade ja plaatide, aga ka terase või betooniga koos töötavate komposiitsüsteemide kasutamisega, samuti elementide eelpingestamise teel. Teraskonstruktsioonides tuleb eelistada õhukeseseinaliste ja kõrgtugevatest trossidest konstruktsiooni-elementide kasutamist. Nende suundade arendamine nõuab vastavat uurimis- ja arendustegevust. TTÜ ehitiste projekteerimise instituudi õppetoolide tänane teadustegevus vastab põhiliselt nende ülesannete lahendamise vajadusele.

Tõmbunud õppesüsteemi väljaarendamisel on loodetavasti jõudmas lõppfaasi – õpetegevuse põhi-vormiks kujuneb nähtavasti katkematu bakalaureuse-magistriõpe, mis võimaldab koolitada inseneritegevuseks võimelisi spetsialiste. Stabiliseeruva õpetegevuse baasil saab enam tähelepanu pöörata teadus- ja arendustegevuse aktuaalsetele probleemidele. Puitkonstruktsioonide alal pööratakse lisaks puitdekiga vantsildade uurimisele tähelepanu ka konstruktsioonide kahjustuste uuringutele puithoonetes ja kahjustuste kõrvaldamise abinõudele. Geotehnika suunal on päevakorras suure läbimõõduga pikkade puurvaiade kandevõime eksperimentaalsed uuringud ning vastava arvutusmetoodika täiustamine.

Seoses Saaremaa püsühenduse esialgse projekteerimisega arendatakse edasi ripsildade arvutusküsimusi, pöörates peatähelepanu nn “iseankurduva” silla uurimisele. Seejuures on põhiprobleemiks lisaks paindele surutud jäikurtala stabiilsuse küsimus. Teoreetiliste uuringute kõrval jätkuvad mudelkatsetused. Lähima aja kavas on ka kombineeritud rippvantsüsteemi käitumise uurimine. Sellise komposiitsüsteemi kasutamine võimaldab lihtsustada silla montaaži.