



No.4/ 6.8.1992

**Toimittanut:
Markku Juvankoski**

POHJARAKENNUSALAN CEN-NORMITUSTYÖ - EUROOPPALAISTUUKO POHJARAKENTAMINEN ?

RIL:n maa- ja pohjarakennusjaosto ja SGY järjestivät yhdessä tielaitoksen kanssa informaatio- ja keskustelutilaisuuden CEN-normitustyön nykytilasta 3.3.1992 Helsingissä Pasilan virastokeskuksessa. Tilaisuuden puheenjohtajana toimi va apulaisjohtaja Aarno Valkeisenmäki.

Ulkomaalaiset yritykset mukanaan julkisiin hankintoihin

Apulaisjohtaja Osmo Anttila tiehallituksesta esitteli tiivistyvän eurooppalaisen yhteistyön vaikutusta rakennuttamiseen erityisesti julkisen sektorin rahoittamien hankkeiden osalta. Suomessa joudutaan harmonisoimaan suunnittelussa, rakennuttamisessa ja urakoinnissa vallitsevaa käytäntöä ja määräyksiä lainsäädäntöä myöten. Muutosten aikataulua ja muutosten laajuutta käytännön toiminnan tasolla on erittäin vaikea ennustaa. Useat direktiivit, joiden mukaan yhtenäistämisen tulee tapahtua, ovat valmisteilla tai niiden valmistelua ei ole vielä edes aloitettu. Kuitenkin julkisten hankintojen direktiivin mukaan vuoden 1993 alusta yli 2,2 milj mk suunnitteluhankkeet ja yli 27 milj mk rakennusurakat tulevat ilmoitusvelvollisuuden piiriin, jolloin myös ulkomaisilla yrityksillä on mahdollisuus niistä kilpailla. Kaikille tarjousten jättäjille joudutaan selvittämään mahdollinen hylkäys- tai hyväksymisperusteet. Tielaitoksella "euro-urakoita" on vuonna 1993 todennäköisesti noin kaksikymmentä. Jatkossa tielaitoksen suurimpia hankkeita koskevat suunnitelmat tullaan tekemään sekä suomeksi että englanniksi.

RIL:n rooli

Tekninen johtaja Esko Tikanmäki RIL:sta selvitti RIL:n kaltaisten toimialayhteisöjen asemaa. Normitustyön päättävissä elimissä Suomea edustaa SFS. Toimialayhteisöt toimivat SFS:n apuna ja niiden kanssa on sovittu euronormityöhön osallistumisesta. Näin on muodostettu kanava, jonka kautta saadaan

kentän näkemyksiä normitustyöhön. Geotekniikan alan toimialayhteisönä toimii RIL.

Esinormi jo 1994

Apulaisprofessori Eero Slunga (TKK) kertoi CEN:n rakenteita koskevan teknisen komitean TC250:n alakomiteassa SC7 valmisteltavasta euronormista (EC) Geotechnical Design. Alakomitean työ on jaettu neljään osaan, joissa kussakin 4-6 asiantuntijan joukko valmistele työtä. Rahoituksen on saanut vasta yleisiä suunnittelumääräyksiä käsittelevä osa. Tästä valmistuva esinormi (ENV) otettaneen koekäyttöön vuoden 1994 alussa. Kahden tai kolmen vuoden koekäytön jälkeen normia tarkistetaan, jonka jälkeen siitä tulee varsinainen standardi. Laboratoriokokeita ja kenttätutkimuksia koskevien osien valmistelua ei ole vielä aloitettu. Geoteknisiä rakenteita (paalut, tukisenät jne) koskevat asiat on päätetty siirtää tekniselle komitetalle TC288. Normien ehkä näkyvimpänä vaikutuksena saattaa tullavaatimus siirtyä käyttämään määrättyjä kairausvälineitä, jotka ovat Euroopassa laajemmin tunnettuja.

Suunnitteluun ei tule nopeita muutoksia

Diplomi-insinööri Reino Heikinheimo (IPT Geoturku) ei odota nopeasti tapahtuvia muutoksia geoteknisessä suunnittelussa. Euronormien valmistuminen ja koekäyttö vie vielä runsaasti aikaa. Lisäksi jo voimassa olevien direktiivien siirtyminen kansallisiin määräyksiin nykyisissä EY:n jäsenmaissa on vienyt vuosia. Vaikka geotekniikka on samaa, on jo maan luokitusperusteissa huomattavia eroja ja ristiriitaisuuksia. Paikalliset maa- ja kallioperä olosuhteet vaihtelevat Euroopan alueella niin voimakkaasti, että jo yksin se jarruttaa ulkomaalaisten suunnittelijoiden toimintaa kaikkialla. Suunnittelukäytäntö vaihtelee lisäksi maittain urakoitsijan oman suunnittelun ja rakennuttajan riippumattomalla suunnittelijalla teettämän työn välillä.

Eurokalustolla ei Suomessa tule toimeen

Diplomi-insinööri Ragnar Wikström (IPT) ei usko pohjarakentamisen urkointiin tulevan merkittävästi lisää kilpailua Keski-Euroopasta. Sikäläinen konekalusto on kehittyneempää kuin Suomessa, mutta se ei yleensä sovelu tšekäläisiin vaikeasti läpäistäviin maakeroksiin. Eurooppalaisten yritysten Suomeen tulon sijasta hän odottaa suurten eurooppalaisten urakoitsijoiden ostavan suomalaisia yrityksiä tai tulevan tšekäläisille markkinoille yhdessä jonkin suomalaisen yrityksen kanssa. Vaikka urakoiden sopimusedot saadaan yhtenäistettyä, tullaan detaljien kohdalla törmäämään tulkintavaikeuksiin. Suunnitelmien ja sopimusten käsitteistön käytännön tulkinta tulee työmailla aiheuttamaan paljon neuvotte- luja ja ylimääräistä työtä.

Rakennustarvikkeille CE-tunnus

Diplomi-insinööri Mika Kärkkäinen (Lohja Oy) arvoi kilpailun rakennusmateriaalikaupassa kiristyvän ja hintatason hiukan laskevan. Rakennustarvikkeiden normisto yhtenäis- tetään ja normit täyttävät tuotteet varustetaan CE-merkillä. Betonipaalujen euronormitus on käynnissä TC229 Betonituotteet ja -elementit komitean alaisuudessa ja kevytsoran normitus TC154 Kiviainekset komitean alaisuudessa. Kevytsora kuuluu normitustyössä ns. kevyi- hin kiviaineksiin, joiksi lasketaan alle 2000 kg/m³ painavat kiviainekset!

Kuka Suomessa johtaa valmistelua ?

Esitysten yhteydessä käytyä keskustelua dip- lomi-insinööri Jouko Törnqvist (VTT) kuvasi: urakoitsijoiden mielestä liityminen EY:öön ei tuo mitään ongelmia eikä ole mitään hätää, suunnittelijat tuntevat epävarmuutta ja mate- riaalien valmistajat varautuvat voimakkaasti. Normitustyön seuranta ja siihen vaikuttami- nen on Suomessa tällä hetkellä hänen mu- kaansa hyvin harvojen henkilöiden käsissä. Esimerkiksi tanskalaisen mallin mukaisia yhe- teyshenkilöiden tukiryhmiä ei ole pystytty muodostamaan ja tiedonkulku on hyvin sattumanvaraista. Kuka tekee työn aikana strategi- siksi luokiteltavat päätökset? RIL toimesta tehtyjen tiedustelujen mukaan halukkuutta työ- hön osalistumiseen olisi, mutta mahdolli- suuksia taloudellisen vastuun ottamiseen ei tunnu olevan. Tikanmäki lupasi, että RIL pyr- kii järjestämään toimintaa jatkossa siten, ettei talkootyöhön halukkailta velvoiteta "pääsy- maksuun". Törnqvistin mukaan sopeutumisen edellytys on riittävän laaja jatkuva tiedottami- nen ja koulutus. Muutoksia tulee, mutta missä määrin ja koska, tuntui olevan kaikille jossain määrin epäselvää. Muutoksen uskotaan kui- tenkin tapahtuvan vähitellen ja sopeutumisel- le jää aikaa.

Panu Tolla

GEOTEKNIIKAN UUSISTA LASKENTAMENETELMISTÄ

Vanhat ja uudet laskentamenetelmät

Maan mekaanista käyttäytymistä kuvaavat mallit on totuttu jakamaan kahteen ryhmään: klassisen maamekaniikan malleihin ja uuden maamekaniikan elasto-plastisiin malleihin. Klassiseen maamekaniikkaan perustuvassa rakenteen tarkastelussa on yleensä jouduttu suorittamaan kaksi erillistä laskentaa: kanta- vuus- tai stabiliteettilaskelma ja painumalas- kenta.

Painumalaskelmassa lasketaan maalle kohdis- tuvan kuormituksen aiheuttamat, yleensä pys- tysuorat siirtymät eli painumat. Painumalas- kelmassa maan jännitysmuodonmuutoskäyt- täytymisen oletetaan olevan lineaarinen ja elastinen eli kuormituksen poistamisen jäl- keen muodonmuutokset palautuvat.

Stabiliteettilaskelmissa maan leikkauslujuus oletetaan täysin kehittyneeksi tietyillä leik- kauspinnoilla (murtopinnoilla). Tässä klassi-

sen maamekaniikan plastisuusteorian sovel- luksessa tarkastellaan siis rakenteen tasapai- noa maan ollessa murtotilassa.

Klassisilla menetelmillä on kaksi heikkoa puolta: maa ei käyttäydy edes ns. elastisella alueella lineaarisesti ja elastisesti vaan ns. maaelastisesti eli osa muodonmuutoksista jää jo pienilläkin kuormituksilla pysyviksi ja toi- saalta maan käyttäytyminen ei muutu elasti- sesta plastiseksi yhtäkkiä.

Uusilla elastoplastisiin malleihin perustuvilla laskentamenetelmillä lasketaan maahan kehit- tyviä elastisia ja plastisia muodonmuutoksia ja maan lujuus- ja muodonmuutoskäyttäy- minen voidaan huomioida samassa laskel- massa. Periaatteiltaan kaikki uudemmiksi las- kentamenetelmiksi luettavat menetelmät eivät kuitenkaan ole aivan viimevuosien tulosta.

Ohjelmat hyödyntävät uudet laskentamenetelmät

Uusia menetelmiä käyttävien monien, suhteellisten edullisten tietokoneohjelmien markkinoilletulo on kuitenkin tuonut menetelmät kaikkien geoteknikkojen ulottuvilla. Mikro-tietokoneiden kapasiteetin kaksinkertaistuminen vuoden-kahden välein on lisäksi lyhentänyt ohjelmien vaatimaa laskenta-aikaan niin, että laskelmien suorittaminen jopa työmaalla on tullut mahdolliseksi.

Uusilla laskentaohjelmilla maan ja rakenteen välinen yhteistoiminta voidaan huomioida entistä paremmin. Laskelmiin voidaan ottaa helposti mukaan erilaisia rakenteita kuten ponttiseiniä, maa-ankkureita ja geotekstiileitä kuvaavia rakenne-elementtejä. Maan ja rakenteen yhtymäkohdassa voidaan käyttää erityisiä välielementtejä, joiden avulla liittymäkohdan maan ja rakenteen ominaisuuksista poikkeavien ominaisuuksien kuvaaminen on mahdollista ja jotka sallivat myös rakenteen liikkumisen maan suhteen.

Kuormituksen aiheuttamat siirtymät saadaan koko mallin alueelta ja näin myös sivusuuntaiset muodonmuutokset tulevat automaattisesti huomioituksi. Aikaisemmin esimerkiksi muodonmuutoksien suuruudesta liukupinnan sisällä tai reunalla ei saatu käsitystä. Uudet menetelmät tarjoavat siis eräänlaisen ongelman kokonaisratkaisun yhdellä kertaa. Tiettyjen lähtöarvojen ja halutun ratkaisumallin antamisen jälkeen ohjelmat huomioivat maan käyttäytymiseen liittyvät tekijät niihin ohjelmoitujen mallien mukaisesti.

Menetelmiä käyttävät ohjelmat

Uusia laskentamenetelmiä käyttäviä ohjelmia ovat sveitsiläinen ZSOIL, yhdysvaltalainen FLAC, englantilainen CRISP ja hollantilainen PLAXIS.

Ohjelmat toimivat 386-prosessorilla (joskus 286) varustetuissa mikrotietokoneissa, joissa keskusmuistia on vähintään 4 MB ja käytössä olevaa levytilaa 5...50 MB. Pienin vapaan levytilan tarve lienee FLAC:illä ja suurin CRISP:illä, jolla tulostiedostot saattavat ylittää 50 MB.

Näistä ohjelmista muut, paitsi FLAC ovat elementtiohjelmia. FLAC ratkaisualgoritmi perustuu diffirenssimenetelmään, mikä osaltaan selittää ohjelman pienen tilavaatimuksen. Ohjelma ei muodosta jäykkymatriiseja, vaan kunkin pisteen nopeus ja siirtymät lasketaan liikeyhtälön pohjalta ja jännitykset ja voimat konstitutiivisten yhtälöiden pohjalta tarvittaessa.

FLAC:ia lukuunottamatta ohjelmat ovat (etupäässä) menu-ohjattavia; FLAC on käskyohjattava. Käskyohjettavuudestaan huolimatta lasketamallien teko FLAC:issa on suhteellisen yksinkertaista. FLAC:issa on nykyisin mahdollista käyttää laskentamallin teossa ohjelman sisäisellä kielellä FISH:llä kirjastoon tehtyjä tai itse tehtäviä makroja, joilla esimer-

kiksi alkujännitystilan tai materiaaliin (esim. lujitteeseen) liittyvien sijainnista riippuvien ominaisuuksien generointi laskentamalliin on yksinkertaista. FLAC:in tulostusmahdollisuudet ovat erittäin laajat.

CRISP:issä laskentamallin generointi menu-ohjauksella onnistuu toistaiseksi vain perusverkolle. Mikäli malliin sisältyy esimerkiksi rajapintoja tai lujitteita, on ainakin mallin lopullinen luominen tehtävä käsityönä kortinkuvatiedostoon. Ohjelma antaa haluttaessa erittäin monipuolisen numeerisen tulostuksen, jonka pohjalta kuvat voidaan piirtää eri piirto-ohjelmilla. CRISP:in oma graafinen tulostus kuvaruudulle voisi olla parempi ja monipuolisempikin.

PLAXIS:en menu-ohjattavuus kattaa koko ohjelman käytön lähtötietojen antamisesta numeerisen ja graafisen tulostuksen tarkkailuun. ZSOIL:in menuohjauksen käyttäytävällisyys samaa luokkaa kuin PLAXIS:ssa. Molempien ohjelmien käytön helppous on verrattavissa monien tuntemiin Heikki Sandströmin ja Matti Saarelman geo-ohjelmistojen käyttöön.

Kaikissa ohjelmissa on yleensä käytävissä useita malleja materiaalien kuvaamiseen. Mallit (ZSOIL 3 kpl, FLAC 7 kpl, PLAXIS 1, CRISP 13) kattavat materiaalin käyttäytymisen rakenteen elastisesta käyttäytymisestä monimutkaisiin myötölujittuviin ja -pehmeneviin materiaaleihin asti. Ohjelmien käyttämät elementit vaihtelevat ZSOIL:in 5 solmupisteen suorakaide elementistä CRISP:in 6...22 solmupisteiseen kolmioelementtiin. PLAXIS käyttää 15 solmuista kolmioelementtiä.

Maaparametrit

Yksikertaisimmillaan plastisuusteoriaan perustuvat ohjelmat vaativat lähtötiedoikseen maamateriaalin normaalit lujuusominaisuudet, kitkakulman ja koheesion, ja muodonmuutosominaisuudet, kimmomodulin ja Poissonluvun (tai näistä laskettavat tilavuusmodulin ja leikkausmodulin). Dilataatiokulman antaminen ei ole välttämätöntä. CRISP-ohjelman sisältämässä

kriittisen tilan mallissa materiaalia kuvataan viidellä kriittisen tilan parametrilla.

Ohjelmien lähtötietojen saaminen ei välttämättä edellytä normaaliin totuttujen pohjatutkimusten laajentamista maastotutkimusten osalta. Täyden hyödyn saamiseksi ja tulosten luotettavuuden parantamiseksi saattaa kuitenkin eräissä tapauksissa esimerkiksi huokospaineen jakautumisen määrittämisessä olla syytä laajentaa tutkimuksia.

Materiaalien ominaisuuksien valinnan tulisi kuitenkin aina pohjautua laboratorioissa määritettyihin ominaisuuksiin, jotka saadaan kolmiakselikokeilla ja ödometrikokeilla. Kriittiseen tilaan perustuvassa CRISP:issä viiden materiaalia kuvaavan parametrin valinta ilman laboratoriokokeita ei onnistu. Laboratoriokokeiden suorittaminen lähtöarvojen saamiseksi on suositeltavaa jo senkin takia, että kaikissa ohjelmissa profiilin mahdollisimman tarkka alkujännitystilän tunteminen oikeaan lopputulokseen pääsemiseksi on erittäin tärkeää.

Tulevaisuudessa jännitys-muodonmuutostarkasteluita voitaneen suorittaa hyvinkin nopeasti jo vaikka maastossa nykyisen paalujen dynaamisen kantavuuden määrittämisen tavoin, kun lähtöarvojen määrittämisessä käytetään in situ -menetelmiä (esim. radiometriset menetelmät ja pressometri) ja tutkimuksia varten on käytössä hyvin varusteltu tutkimusauto.

Ohjelmien rajoituksista

Uudet laskentaohjelmatkaan eivät vielä anna vastausta kaikkiin geotekniikassa esiintuviin kysymyksiin. Useimmilla laskentaohjelmilla voidaan tarkastella laajasti vain tasotapauksia tai pyörähdyssymmetrisiä tapauksia.

Muita hankalia tarkastelutapauksia ovat esimerkiksi savikolla tapahtuva pohjaantäyttö tai paalun maahan tunkeutumisen tarkastelu: tällaisissa tapauksissa laskentaverkon suuret muodonmuutokset ja vääristymät saattavat johtaa välielementtien käytöstä huolimatta laskennan keskeytymiseen tai ainakin suuriin virheisiin. Paalun kantavuus tietyllä kärjen syvyydellä voidaan tietysti laskea.

Dynaamisten vaikutusten tai muuten todellisten ajasta riippuvien vaikutusten tarkasteluun ohjelmat sopivat vielä verraten heikosti. Poikkeuksen muodostaa konsolidoitumisen tarkastelu. Ohjelmistojen kehitystyö on kuitenkin jatkuvaa ja jo muutaman vuoden päästä dynaamiset ongelmat voitaneen käsitellä laskelmissa tavanomaiseen tapaan. Alustavien

tietojen mukaan syksyllä 1992 Flacista on jo tulossa dynaamisten ongelmien ratkaisuun soveltuva versio. Ohjelman tekijät ovat kullekin testanneet versiota on jo pari vuotta, ja se uskalletaneen nyt julkaista.

Vaikka uusien menetelmien käyttö jo onkin mahdollista, ovat tavanomaiset laskentamenetelmät vielä syystäkin pitkään käytössä. Ta-

vanomainen lähestymistapa riittää edelleen monien tarkastelujen suorittamiseen. Esimerkiksi tasaisella maapohjalla olevan anturan käyttäytymisen tarkastelussa ei uusien menetelmien käytöstä ole juurikaan hyötyä. Sensitiveksi esimerkiksi pehmeiköille perustettavien tiepenkereiden suunnittelussa todellista käyttäytymistä kuvaavien mallien käyttö on välttämätöntä.

Monipuoliset laskentamahdollisuudet

Normaalien tarkastelutapausten lisäksi (elastiset ja plastiset muodonmuutokset, konsolidaatio- ja varmuuskerroinlaskelmat) monilla ohjelmilla pystytään tekemään myös muita geotekniikassa tarvittavia laskelmia, kuten suotovirtauslaskelmiä ja eräin varauksin lämpötilalaskelmia.

Ohjelmissa voidaan tarkastella normaalisti tietyn, laskentamallin reunalle asetetun kuorman aiheuttamia siirtymiä ja jännityksiä käyttötilassa ja kuormaa lisäämällä myös murtotilassa. Kuormitukseksi voidaan antaa myös jonkin laskentamallin reunapisteen siirtymä tai huokospaineen muuttuminen. Luonnontilaisten luiskien vakavuuden tarkastelua varten on joissain ohjelmissa (ZSOIL ja PLAXIS) erityiset rutiinit, jotka laskevat varmuuskerroimen vallitsevien lujuusominaisuuksien ja tasapainotilan ylläpitämiseen vaadittavien lujuusominaisuuksien suhteen.

Rakentamisvaiheen kuvaaminen

Poistamalla ja lisäämällä elementtejä kohdetta kuvaavaan malliin voidaan kaivantojen ja täyttöjen tekoa simuloida kaikissa ohjelmissa. Näin ohjelmat tarjoavat mahdollisuuden tarkastella rakentamisen eri vaiheiden vaikutusta maaperään hyvinkin totuudenmukaisesti. Tarkasteltavan kohteen malliin voidaan esimerkiksi tietylle syvyydelle lyödä ponttiseinä ja aloittaa maankaivu pontin toiselta puolelta tietyn suuruksina kerroksina ja poistettu maa voidaan samaan tahtiin läjittää vaikka pontin toiselle puolelle. Kunkin kerroksen kaivun jälkeen voidaan malliin asentaa vaikkapa maa-ankkuri. Näin rakentamisen edistymistä voidaan seurata kaikissa vaiheissa alusta loppuun saakka.

Ohjelmilla suoritettavat laskelmat kertovat myös mihin mahdolliset tarkkailumittaukset ja valvontatoimenpiteet on kohdistettava. Vaikka ohjelmien käyttö pääasiassa tapahtuukin suunnittelun yhteydessä, on niillä mahdollista - suunnitellun yhteydessä luotujen laskentapohjien avulla - suorittaa nopeaa päätösentekoa vaativia laskelmia vaikka työmaalla,

kun esimerkiksi pontteja ei saada lyötyä riittävän syvälle tai kun ponttiseinässä tapahtuu suurempia siirtymiä, kuin on otaksuttu, vaikkapa maa-ankkurin ennakoitua pienemmän vetokapasiteetin takia.

Markku Juvankoski

GEOFOORIN ULKOMAANTOIMITTAJAN PALSTA

Stability and performance of slopes and embankments - II

Kesä-heinäkuun vaihteessa pidettiin Berkeleyssä University of California'n tiloissa ASCE:n järjestämänä järjestyksessä toinen luiskien ja penkereiden vakavuutta ja käyttäytymistä käsitellyt kolmipäiväinen erityiskonferenssi. Ensimmäinen vastaava konferenssi oli pidetty 25 vuotta sitten samassa paikassa. Osanottajia tilaisuudessa oli yli 800 ja enemmänkin olisi kuulema ollut tulossa, mutta järjestäjät joutuivat rajoittamaan osanottajien määrää luentosalin koon mukaiseksi. Sali olikin tupaten täysi ja kun ilmastointi ei oikein toiminut tai oli liian tehoton, niin ilmahana siinä meinasi loppua kesken luentojen. Konferenssin suosio oli yllätys järjestäjille.

Osanottajat olivat muutamaa poikkeusta lukuunottamatta USA:sta. Mukana oli myös varsin useita ensimmäiseen tilaisuuteen 25 vuotta sitten osallistuneita. Luennoitsijoina oli mm. kuusi "Terzaghi luennon" pitänyttä henkilöä.

Konferenssissa oli seuraavat erikoisistunnot:

- insinööri-geologia ja maan ominaisuuksien arviointi
- vakavuus ja muodonmuutokset, staattinen kuormitus
- vakavuus ja muodonmuutokset, maanjäristyskuormitus
- täytöt ja penkereet pehmeällä maapohjalla
- luonnolliset luiskat ja jäännöslujuuden arviointi
- tietokoneohjelmien käyttö vakavuusanalyyseissä
- todennäköisyys ja "engineering judgment"
- kaatopaikka- ja jätetäytöt
- paksujen täyttöjen painuminen ja kokoonpuristuminen
- luiskien vahvistaminen ja vakavuuden lisääminen.

Istunnoille varattu aika tuli käytettyä jokseenkin tarkkaan luennoitsijoiden toimesta ja kysymyksille ja keskusteluille ei jäänyt juurikaan aikaa. Luentojen kuuntelemisen perusteella jäi mieleen monelle muullekin jo ennestään varsin tutuntuntuja mm. seuraavia asioita:

- **Luiskien vakavuuden** määrittämisessä on ensimmäiseksi selvitettävä pohjasuhteet ja niiden perusteella tulee pystyä "luomaan" luiskan periaatteellinen murtumismalli, mikä on aina paikka- ja pohjasuhdekohtainen. Meillä Suomessa ei ole sitä ongelmaa, mikä esiintyy varsin usein muualla maailmassa: Missä kulkee maan ja kallion raja ja milloin kerrokset tulkitaan kallioksi ja milloin maaksi? Maakerrosten geoteknisistä ominaisuuksista tärkein on luonnollisesti leikkauslujuus ja huokosvedenpaineen käyttäytyminen ja muutokset eri kuormitus- ja jännitystilanteissa on pystyttävä arvioimaan. Myös ympäristökuormitukset, ilmasto yms. on muistettava ottaa huomioon. Laskelmissa käytävän analyttisen mallin on oltava realistinen ja looginen. Sovellettavan varmuuskertoimen valinta on tyypillinen "engineering judgment" tehtävä. Varmuuskerrointa käyttämällä otetaan huomioon lähtöarvoissa ja itse vakavuusanalyyseissä esiintyvät epätarkkuudet. Vakavuuskertoimen valinnalla voidaan myös vaikuttaa tapahtuvien muodonmuutosten suuruuteen. Insinöörin tehtävä on arvioida laskelmien perusteella luiskan sortumisriskin todennäköisyys ja suuruus sekä seuraukset, mutta yhteiskunnallisten päättäjien / tahojen tehtävä on päättää hyväksyttävä riski kussakin yksittäisessä tapauksessa.

- Viime vuosikymmenien aikana rakennetut **maapadot** ovat niin hyvin instrumentoituja, että niiden käyttäytyminen voidaan yleensä luotettavasti ennakoita ja tilanne pitää hallinnassa. Jos pato on oikein suunniteltu ja raken-

nettu, niin esim. korkealla huokosvedenpainella patosydämessä ei ole välttämättä haitallista vaikutusta padon vakavuuteen. USA:ssa on parhaillaan meneillään erittäin laaja vanhojen patojen seismisen stabilisuuden selvitysohjelma. Useimpien patosortumien syynä ovat olleet rakennusvirheet tai pohjasuhteiden selvittämättömyys padon ympäristössä.

- **Rakennettujen penkereiden** toiminnan kannalta ongelmana näyttää olevan se, että leikkausjännitykset penkereessä suhteessa penkereen rakennusmateriaalien lujuuteen muodostuvat hyvin yleisesti liian suuriksi. Erityisen vaikeita ovat sellaiset tilanteet, joissa penger joudutaan rakentamaan sivukaltevaan maastoon, esim. vuoren rinteeseen.

- **Vakavuusanalyseissä** käytetään yleisesti 2D-tietokoneohjelmia ja niiden tarkkuus on todettu riittäväksi. Markkinoilla olevat 3D-ohjelmat ovat vielä kehitysvaiheessa ja niiden käyttö on harvinaista. Tietokoneohjelmilla saatujen tulosten paikkansapitävyys on aina syytä tarkistaa yksinkertaisilla käsinlaskentamenetelmillä (suuruusluokkatarkistus). Ohjelmien yleistä virallista hyväksymismenettelyä ei tunnu olevan käytössä, mutta esim. US Army Corps testaa omaan käyttöön otettavien ohjelmien luotettavuuden. Samantapainen "yrityskohtainen" hyväksymismenettely on käytössä jokseenkin yleisesti. Selvitykset ovat osoittaneet, että tietokoneohjelmia varsinkin pienemmissä konsulttiyrityksissä käytetään ilman minkäänlaista testausta tai perehtymistä niiden teoreettiseen taustaan. Luotettavillakin tietokoneohjelmilla saatujen tulosten luotettavuus on kuitenkin viimekädessä riippuvainen ohjelmien lähtötietojen luotettavuudesta ja käyttäjästä itsestään: roskaa sisään - roskaa ulos. Yksi insinööri nykypäivänä voi saada tietokoneella aikaan parissa sekunnissa enemmän virheitä ja virhelaskelmia kuin entisajan insinööri käsinlaskentamenetelmineen koko ikänään.

- **Jätettyjen** stabiliteetti-ongelmat ovat useimmiten lähtöisin suojamembraanin ja maamateriaalin välisen kitkan vähäisyydestä tai peittämisestä. Selvitykset ovat osoittaneet, että membraanin päälle tiivistettävän materiaalin tiivistämisvesipitoisuus ja sen vaihtelu käytön aikana on erittäin merkittävä stabiliteettiriskiinkin vaikuttava seikka.

- Luiskien ja penkereiden stabiliteetti ja käyttäytyminen **maanjäristystilanteessa** oli luonnollisesti vahvasti esillä konferenssissa. Ongelma on todellinen ja juuri konferenssin aikoihin tapahtui Los Angelesissa useita järjestyksiä. Koska viime vuosina rakennetut vä-

hänkin merkittävämmät maarakenteet ovat yleensä hyvin instrumentoituja, niin viime vuosien aikana erityisesti Californiassa sattuneet maanjäristykset ovat antaneet runsaasti uutta mittaustietoa luiskien ja penkereiden käyttäytymisestä seismisessä kuormitustilanteessa.

Yleisvaikutelmaksi kuultujen luentojen perusteella jäi, mikä ilmenee myös edellä sanotusta, että mitään todella suurta mullistavaa uutta ei esitetty. Mm. vaikuttaa siltä, että varmuuskerroin 1.5 näyttää useimmissa tapauksissa olevan riittävä ja sopiva. Luonnollisesti kehitys on kuitenkin mennyt eteenpäin kuten geotekniikan alalla yleensäkin.

Luentoja kuunnellessa sai vaikutelman, mikä lienee myöskin totta, että vaativia maarakenteita sisältävät rakennusprojektit ovat yleensä erittäin suuria kooltaan ja investoinneiltaan. Jo pienikin muutos esim. luiskan kaltevuudessa saattaa merkitä satojen tuhansien ja jopa miljoonien dollarien säästöä tai lisäkustannuksia. Koska epäonnistumisia näyttää sattuvan verrattain usein, niin suunniteltaneenko rakenteet hieman meikäläistä varmuustasoa alemmilla varmuuksilla juuri kustannusten säästämisen tarkoituksessa kuitenkin vain silloin, kun ei vaaranneta ihmishenkiä tai aiheuteta kohtuuttomia korjauskustannuksia.

Mielenkiintoisia "case history"-tapauksia sekä paljon lukemista löytyy konferenssijulkaisuista. Konferenssiesitelmät ja artikkelit on julkaistu ASCE:n julkaisuna: **Stability and Performance of Slopes and Embankments II. Vol. 1 & 2. Geotechnical Special Publication No. 31. 1992**

Konferenssiin liittyi myös näyttely, mikä ilahduttavasti keskittyi enemmän teknisten mittaus- yms.laitteiden ja tuotteiden kuin tietokoneohjelmien esittelyyn.

Markku Tammirinne

PS. Mutta voi sitä diojen laadun kirjavuutta. Näyttää siltä että väreillä prameilu on johtanut siihen, että käytetään erittäin kirjavia dioja, joissa esiintyy väriyhdistelmiä, jotka tekevät luettavuuden aivan mahdottomaksi.

Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ?

USA:n kansallinen geoteknillinen yhdistys "Geotechnical Engineering Division of ASCE", mikä julkaisee ASCE:n GT Journal'ia on esittänyt jäsenkunnalleen ehdotuksen muuttaa "Journal of Geotechnical Engineering"-julkaisun nimeksi "Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering". Nimenmuutosta on perusteltu mm. seuraavasti:

- Nimi vastaisi paremmin geoteknikkokunnan nykyistä ja ennenkaikkea todennäköistä tulevaisuuden toiminnan luonnetta. Lehti olisi omiaan myös toimimaan paremmin geoteknikkokunnan palvelusten ympäristöpalveluiden markkinointikanavana.

- Lehdessä olisi mahdollista julkaista enemmän ympäristögeotekniikkaa koskevia artikkeleita.

- Muutos saattaisi tuoda GT Division'iin uusia ympäristötekniikasta kiinnostuneita henkilöitä (jäseniä).

- Lehdestä luotaisiin niin houkutteleva ja vahva ympäristöalaa käsittelevä julkaisu, että myös muut ympäristöalalla työskentelevät, kuten esim. hydrogeologit, ympäristöinsinöörit jne. haluvat tilata lehden. Lehti olisi ehkä omiaan lähentämään ympäristötekniikan parissa toimivia asiantuntijoita.

- Nimenmuutoksella saatettaisiin välttää kokonaan uusien lehtien syntyminen ympäristötekniikan aluella.

Taustalähtökohtina on esitetty mm:

- Nykyisin noin 50-60 % geoteknikkojen töistä (USA:ssa) käsittelee ympäristötekniikkaa. Ympäristötekniikan alueella näyttäisi olevan mahdollisuuksia lisätä merkittävästi geoteknisen konsultoinnin osuutta lähivuosikymmeninä.

- Ympäristötekniikan markkinat tulevat sekä USA:ssa että muualla maailmassa kasvamaan seuraavina 10-20 vuotena erittäin voimakkaasti. Nykyinen ympäristötekniikan konsultoinnin ja palveluiden kasvu USA:ssa on 10 miljardia US\$ vuodessa. Seuraavien 30 vuoden aikana yli 750 miljardia US\$ tullaan käyttämään saastuneiden maaperien puhdistamiseen yksinomaan USA:ssa. Vastaava summa maailmanlaajuisesti tarkasteltuna tulee olemaan useita triljoonia dollareita muutaman seuraavan vuosikymmenen aikana.

- Ympäristöongelmat ovat lähes kaikkien listalla ensimmäisinä ja yhteiskunnan pitää pystyä ratkaisemaan ne.

- Geoteknikkokunnan ulkopuolella ei yleisesti tajuta geoteknikkojen erittäin ainutlaatuisia lähtökohtia ratkaistaessa ympäristöongelmia. Eri alojen insinöörien kesken esiintyy kilpailua samojenkin ympäristöpalveluiden tarjonnassa.

Haittapuolina on nähty mm:

- ASCE:n Environmental Engineering Division saattaa vastustaa nimenmuutosta, koska ympäristötekniikan artikkelit halutaan julkaista tämän järjestön lehdessä.

- Perinteisen geotekniikan alan artikkeliden määrää saatettaisiin joutua supistamaan.

Nimenmuutos on ilmeisesti vilkkaahkon keskustelun alaisena ja aika näyttää (syyskuussa?) muuttuuko lehden nimi. Nimenmuutosta tuskin ulotettaneen koskemaan yhdistyksen nimeä.

Markku Tammirinne

Seattle, mielenkiintoinen kaupunki

Seattle on mielenkiintoinen kaupunki sekä turistin että myös geoteknikon silmin. Kaupunki itse on varsin monimuotoinen vanhoine Alaskan kultaryntäyksen aikoihin rakennettuine rakennuksineen, uusine upeine omakoti-alueineen sekä kaikkea siltä väliltä olevine kaupunginosineen, kohtalaisine korkeusvai-

teluineen ja arkkitehtuuriltaan vaihtelevine pilvenpiirtäjäineen. Myös veden äärellä sijainti luo kaupungille erityisiä piirteitä ja toimintaa. Vanhojen satamatoimintoja palvelleiden rakennusten uskäyttö "turistipyydyksinä" on varsin yleistä kaikkialla USA:ssa. Ja kulttuuris-

ta pitäville on tarjolla taidetta ja musiikki-ym. festivaaleja pitkin kesää.

Miellyttävä, joskin sateiseksi mainittu (sataa vähän mutta usein) ilmasto luo kaupungille hieman etelämäisyyden tuntua. Tänä kesänä kaupunki on kuitenkin potanut vesipulaa ja -säännöstelyä, koska viime vuosina vuoristoissa on ollut niin vähän lunta, että vesivarastot ovat vajuneet huolestuttavasti. Valtaosa käyttövedestä kun on lähtöisin vuoristoon rakennetuista varastojärivistä.

Näkymät Seattlen ympäristössä: idässä Cascadien vuoristo, lännessä Olympiavuoristo molemmat lumipeitteisine vuorenhuippuineen ja etelässä mahtava lumihuippuinen Rainier vuori, ovat todella upeat. Pohjoisessa voidaan nähdä Baker-vuori lähellä Kanadan rajaa. Ja kaikki nämä ovat parin-kolmen tunnin ajomatkan päässä Seattlestä. Aivan oman mielenkiintonsa omaa 1980 purkaantuneen St. Helen vuoren maisemat. Todella vaikuttavaa nähdä mahtavan tulivuoren räjähdysten aikaansaama puuston lakoutuminen. Purkauksen yhteydessä tapahtuneen maansortuman sanotaan olevan suurimman tiedossaolevan.

Seattle on siltojen ja kaupunkia halkovien isojen liikenneväylien kaupunki. Kaupungin läpi pohjois-eteläsuunnassa kulkeva Interstate-5 on yksi USA:n vilkkaimmin liikennöityjä teitä. Lake Washingtonin yli Bellevue'en johtaa kaksi pitkää kelluvaa siltaa (floating bridge), joista toisen uusinnan yhteydessä vanha

korjattava silta upposi myrskyssä muutama vuosi sitten. Evergreen Point Floating Bridge on maailman pisin kelluva silta. Silta muodostuu 33 erillisestä pontoonista ja sen pituus on 7578 jalkaa eli noin 2.3 km. Maailmassa lienee kaikkiaan neljä tällaista siltaa ja niistä kolmaskin on Washingtonin osavaltiossa (Hood Canal, vuorovesivaihtelu enimmillään 3-4 metriä). Neljäs on Kanadan puolella Vancouverin lähistöllä. Joku tiesi kertoa että parhaillaan lienee rakenteilla tai suunnitteilla kelluva silta myös Norjassa. Seattlessa kelluvat sillat ovat uppoamisriskineenkin olleet ainoa järkevä ratkaisu, koska vettä ja pehmeitä maakerroksia sillan kohdalla on aina noin 100 metrin syvyyteen.

Seattlen satama-alueen saaren on sanottu olevan maailman laajimman keinotekoisien saaren. Seattle Mariners'ien ja Seahawks'ien peliareenan The Kingdome'n sanotaan olevan maailman suurimman "itsekantavakattoisen" rakenteen. Liikennejärjestelyjen rakentamisen yhteydessä on rakennettu ainakin aikanaan maailman korkein geotekstiilitukimuuri, 41 jalkaa (artikkeli mm. Firenzen ECISSMFE 1991 konferenssijulkaisuissa; Holtz et al.). Suuret liikennejärjestelyt tarjoavat geoteknikoille unelmamahdollisuuksia ainakin mieltä uusia suurimittakaavaisia ratkaisuja erilaisiin maarakenteiden ja perustamisen ongelmiin.

Markku Tammirinne

University of Washington

University of Washington lukeutuu arvostukseltaan USA:n yliopistojen kärkijoukkoon. Opiskelijamäärä lähentelee 35 000 ja edustettuina ovat lähes kaikki tieteen, taiteen ja tekniikan alat. Yliopistoalue on erittäin väljästi rakennettu, kaunis ja viihtyisä.

Tutkimustoiminta tekniikan aloilla on aktiivista ja arvostettua. Tästä osoituksena ovat lisääntyvät yksityisen ja julkisen sektorin toimeksiannot sekä yliopistolle tehtävät lahjoitukset. Nämä viimeksimainitut tulevat usein entisiltä omasta yliopistosta aikoinaan valmistuneilta hyvin liiketoiminnoissaan menestyneiltä yksityishenkilöiltä tai heidän johtamiltaan yrityksiltä.

Civil Engineering Department on arvostettu 12 USA:n parhaimman joukkoon. Opiskelijoiden määrä on noin 550 / vuosikurssi jakautuen melkein tasan undergraduate- ja gradua-

te-opiskelijoihin. Osasto toimii kolmen ohjelman puitteissa:

- Structural and Geotechnical Engineering and Mechanics,
- Transportation, Surveying and Construction Engineering,
- Environmental Engineering and Science.

UoW:n geotekniikan opetuksesta huolehtivat vakinaisesti professorit Robert D. Holtz, Steven L. Kramer, Sunirmal Banerjee, Ronald E. Bucknam ja ensi syksystä lähtien insinööriologian professorina aloittava Teresa Taylor. Tienrakennuksen opetuksesta huolehtii geotekniikkonakin aikanaan toiminut professori Joe P. Mahoney. Kaikille "siviilinsinööriksi" opiskeleville kuuluu geotekniikan peruskurssi ja tämän tarpeellisuuden kyllä ymmärtää Seattlen ja koko osavaltion geologian monimuotoisuuden perusteella ja geotekniikan merkittävällä osuudella "siviilinsinöörien" tehtävä-

kentässä USA:ssa. Laitekanta geotekniikan laboratorioissa on kohtuullisen hyvä ja monipuolinen, mutta tilat ovat hieman ahtaat. Selväksi puutteeksi todettiin pysyvän apuhenkilöstön (laboratoriteknikot yms.) täydellinen puuttuminen. Lisääntyvä tutkimustoiminta saattaa kuitenkin tehdä mahdolliseksi parannuksia tähänkin puutteeseen.

Suomalaiset graduate-tason opiskelijat ja miksei myös tohtoritutkintoon tähtäävät toivotettiin lämpimästi tervetulleeksi Seattleen.

Jos jollakin on mielessä geotekniikan opinnot USA:ssa, niin kannattaapa ottaa huomioon myös University of Washington. Vuosittain jokunen suomalainen opiskelija on opiskelemassa myös Civil Engineering Department'issa University of Washingtonissa. Useimmat ovat ja ovat olleet ympäristöalan opiskelijoita. Suomalaisilla kuten muillakin pohjoismaisilla täällä opiskelevilla on mahdollisuus anoa Valle-säätiön apurahoja.

Markku Tammirinne

GEOFOORIN ILMESTYMINEN LOPPUVUONNA 1992

SGY:n ja RGY:n loppuvuoden jäsenkirjeiden sekä GEOFOOR-lehden postitus tapahtuu näillä-mäkymin seuraavasti:

30. 9. Jäsenkirje
20.11. Jäsenkirje + GEOFOOR.

GEOFOORIin tulevan aineiston tulisi olla perillä viimeistään viikkoa ennen jäsenkirjeen postituspäivää. Teksti tulee toimittaa lehden taittamisen mahdollistamiseksi tulostettuna levykkeelle ASCII-muotoisena tiedostona. Useissa tekstinkäsittelyohjelmissa on mahdollisuus tulostaa teksti levykkeelle ASCII-moutoon. ASCII-muotoisessa tekstissä ei ole sivu- yms. -asetuksia mukana ja teksti tulee kuvaruutuun selväkielisenä, kun kirjoitat TYPE "tiedostonimi". Tekstinkäsittelyohjelman puute ei kuitenkaan ole este mielipiteiden esiintuomiseen: **poikkeustapauksissa** lyhyt kirjoitus voi olla myös käsin tai koneella kirjoitettu.