

## RAKENTEIDEN ANALYSOINTIOHJELMA SESAM-69

Pekka Riisiö

### 1. Yleistä

Helsingin teknillisen korkeakoulun laivanrakennuksen, rakenteiden mekaniikan ja lujuusopin käyttöön on hankittu laaja tietokoneohjelmapakkaus SESAM-69, jota käyttäen voidaan perusteellisesti analysoida mitä monimutkaisimpia rakenteita. Ohjelmapakkaus on eri korvausta vastaan myös ulkopuolisten käytettävissä. Ohjelma on kehitetty Norjassa (Det norske Veritas, Oslo).

### 2. Ohjelman esittely

SESAM-69 on elementtimenetelmän (finite element method) ohjelmajärjestelmä, joka on erikoistunut ns. superelementtitekniikkaan. Ohjelma kattaa lineaarisen staattisen analyysin sekä rakenteiden ominaisvärähtelyjen laskemisen. Ohjelmassa on pyritty säästämään käyttäjän vai-voja käyttämällä pakkauksen eri ohjelmoissa datageneraattoreita, jotka yhdistettynä superelementtitekniikkaan minimoivat työmäärän datojen tekovaiheessa.

### 3. Superelementtitekniikka

Elementtimenetelmässä rakenne korvataan pienillä osilla, elementeillä, joilla on yksinkertainen muoto (esim. sauvaelementti, kolmio- tai suorakaide-elementti). Superelementtitekniikassa lukuisat

tällaiset alkeiselementit voidaan yhdistää yhdeksi superelementiksi. Superelementtiin voi kuulua myös muita superelementtejä, jolloin on kyseessä korkeamman kertaluvun superelementti.

Probleemaa käsiteltäessään tietokone eliminoi kaikki superelementin sisäiset tuntemattomat lukuunottamatta niiden pisteiden tuntemattomia, joilla superelementti liittyy muuhun rakenteeseen. Tämän jälkeen ohjelma käsittelee elementtiä samoin kuin alkeiselementtejäkin.

Superelementtitekniikan tuomat tärkeimmät edut ovat:

- data-aineiston valmistelu ja tarkastaminen yksinkertaistuu ja käyttöaika pienenee
- eri rakenneosat, kuten kuoret, kalvot ym., voidaan erottaa omiksi superelementeiksi
- tietokoneen käyttöaika säästyy
- suuria ja monimutkaisia rakenteita voidaan analysoida suhteellisen alhaisin tietokonekustannuksin
- menetelmä on erittäin sopiva ominaisarvotehtävien redusointiin.

#### 4. Ohjelmarakenne

SESAM-69 käsittää lukuisia sovellutusohjelmia, joista kukin sopii tiettyyn rakennetyyppiin kuten kehiin, kuoriin jne. Jokaisessa ohjelmassa voidaan käyttää superelementtialiohjelmaa.

Ohjelmaluettelo:

- NV 323 Piping system analysis. Lämpöjännitykset, kimmoiset tuet, gravitaatiovoimat ja sisäinen paine.
- NV 331 Thin shell analysis. Kolmi- tai nelikulmaiset taivutus- ja kalvoelementit sekä keskiset tai epäkeskiset kehäsauvaelementit (jäykisteet) ovat sallittuja. Voidaan analy-

soida myös 3-dimensioisia kehiä.

- NV 333 Analysis of solids. Isoparametriset 3-dimensioiset suoratai käyräsivuiset elementit.
- NV 334 Plastic and viscoelastic analysis of axial symmetric bodies. Kolmiomaiset rengaselementit.
- NV 336 General superelement program. Superelementtiohjelma, jota voidaan käyttää muiden ohjelmien yhteydessä.
- NV 337 Analysis of 3-dimensional frames. Käytettävissä lukuisia poikkipintatyyppejä, joille ohjelma laskee automaattisesti poikkileikkaussuureet.
- NV 339 2 and 3-dimensional membrane analysis. Suorakaide-, nelikulmio- tai kolmioelementit (ortotrooppiset) ja nivelpäiset sauvaelementit sallittuja.
- NV 461 Natural frequencies of thin shells. Vastaa ohjelmaa NV 331.
- NV 462 Natural frequencies of shells by the superelement method. Superelementtiversio ohjelmasta NV 461.
- NV 610 Stationary nonlinear temperature fields. Kolmiomaiset ja nelikulmaiset rengas- ja tasoelementit.

## 5. Piirturi

Kaikissa ohjelmissa voidaan käyttää piirturia, jolla saadaan piirrettyksi elementtiverkko kussakin tapauksessa. Tästä on hyötyä mm. datatietojen tarkistuksessa. Ohjelmassa NV 337 voidaan lisäksi saada piirturilta momentti- ja leikkausvoimakuviot ja ohjelmassa NV 610 lämpötilakentän isotermit.

## 6. Kapasiteetti

Useimmissa edellä mainituista ohjelmista ovat voimassa seura-

vat rajoitukset:

- suurin nurkkapisteiden lukumäärä 500 - 1000
- suurin kuormitustapausten lukumäärä 300

Superelementtejä käytettäessä ovat voimassa rajoitukset:

- suurin nurkkien lukumäärä yhdelle superelementille 500 - 1000
- suurin superelementtien lukumäärä 100
- suurin kuormitusten lukumäärä 300

Ominaisarvot tehtävissä suurin vapausasteiden lukumäärä on 1000.

## 7. Sovellutusesimerkki

Tankkilaivan rungon analysoiminen superelementtitekniikkaa käyttäen. Tietokoneen laskemia jännityksiä on verrattu venymäliuskoilla mitattuihin arvoihin ja todettu ne yhtäpitäviksi. Tässä tehtävässä on menestyksellisesti käytetty hyväksi superelementtitekniikkaa. Analysointi oli jaettu seuraaviin vaiheisiin:

- a) Karkea elementtijako ulotettiin koskemaan viittä laivan tankkia, jolloin 83 % laivan pituudesta tuli mukaan laskelmiin
  - b) Hienommalla elementtijaolla käsiteltiin yhden tankin puolikasta.
- a)-kohdasta saatuja tuloksia käytettiin hyväksi b)-kohdan reunaehtojen määrättäessä. b)-kohdassa voitiin jo ottaa huomioon runsaasti erilaisia yksityiskohtia laivan tankista kuten väliseinät, näiden muoto, niissä olevat aukot, jäykisteet ym.

Kapasiteetiltaan tehtävä oli seuraavanlainen.

- Elementtien lukumäärä 14 000
- Nurkkapisteiden lukumäärä 8 000
- Superelementtityyppien lukumäärä 13
- Superelementtien lukumäärä 30
- Suurin superelementti:

- nurkkien lukumäärä 500

CPU-aikaa kului UNIVAC-1108 tietokoneelta 1,5 tuntia.

8. Informaatio

Lisätietoja tietokoneohjelmopakkausesta SESAM -69 antaa mm. tämän esityksen tekijä.

Pekka Riisiö, dipl.ins., Teknillinen korkeakoulu, lujuusopin laboratorio, Otaniemi.

Pöytäkirja Rakenteiden Mekaniikan Seuran vuosikokouksesta, joka pidettiin maanantaina maaliskuun 27 pnä 1972 klo 18 Dipolin salissa 18. Puheenjohtajana toimi H. Paavola ja sihteerinä M. Hannus.

1 §

H. Paavola avasi vuosikokouksen.

2 §

Kokous todettiin laillisesti kokoonkutsutuksi ja päätösvaltaiseksi.

3 §

Kokouksen puheenjohtajaksi valittiin H. Paavola.

4 §

Pöytäkirjan tarkastajiksi valittiin H. Simula ja P. Loikkanen.

5 §

Toimintakertomus vuodelta 1971 hyväksyttiin.

6 §

Tulos- ja omaisuustaseet 21.12.1971 hyväksyttiin ja johtokunnalle myönnettiin tili- ja vastuuvapaus.

7 §

Puheenjohtaja kertoi professori A. Ylisen juhla-julkaisun edistymisestä.

8 §

Puheenjohtaja päätti varsinaisen vuosikokouksen jonka jälkeen Heikki K. Elo esitelmöi kerrostalojen teräsrakenteista.

9 §

Tilaisuus päättyi klo 21.

Nähty

HEIMO PAAVOLA  
Heimo Paavola

Pöytäkirjan ovat tarkastaneet

HANNU SIMULA  
Hannu Simula

Pöytäkirjan vakuudeksi

MATTI HANNUS  
Matti Hannus

PENTTI LOIKKANEN  
Pentti Loikkanen