

Katsaus rakennustekniikan ja rakenteiden mekaniikan historiaan

Reijo Kouhia

5.9.2011

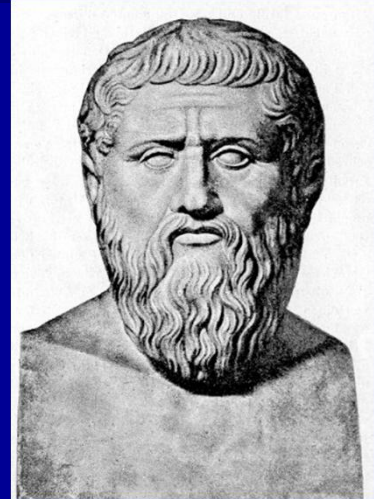
Motivoinniksi

Platon (427-347 eaa.) Filebos dialogi:

*"Rakennustaito on tieteellisempää
kuin useimmat muut tiedonalat."*

Nykyaikainen versio voisi olla:

*"Rakentaminen on käytännön
toimintaa, johon liittyvät ongelmat
ovat usein monitieteellisiä."*



Kokemusperäinen rakentaminen

Gizan pyramidit 2600-2500 eaa.

Parthenonin temppeli 447-433 eaa.



Kokemusperäinen rakentaminen

Parthenonin temppeli 120-124

Nîmesin akvedukti Pont du Gardin silta ~100



Kokemusperäinen rakentaminen



Goottilaiset katedraalit

Kölnin katedraali 1200-1880

Valmistuttuaan maailman
korkein rakennus 157 m

Varhaisimpia analyysejä

Aristoteles (384-322 eaa)

Vipuvarren tasapaino

Taivutusmomentin käsite



Analyysin sarastus

Galileo Galilei (1564-1642)

Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuoue scienze (1638)



Analyysin kehittyminen

Huima harppaus tapahtui 1600-luvulla differentiaali-, integraali- ja variaatiolaskennan kehittymisen myötä

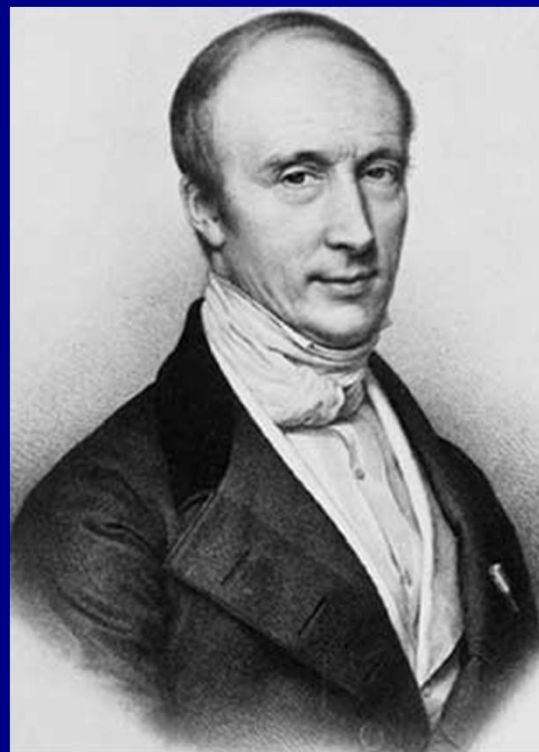
Isaac Newton (1642-1727), Gottfried Leibniz (1646-1716),
Johann Bernoulli (1667-1748), Jacob Bernoulli (1654-1705),
Leonhard Euler (1707-1783)



Analyysin kehittyminen

Augustin-Louis Cauchy
(1789-1857)

Jännityksen käsite (1823) ja
kontinuumin tasap. yhtälöt



Matemaattisen ongelman ratkaisemisesta

- Kontinuumin tasapainoyhtälöt vaikeita ratkaista
- Kehitettiin yksinkertaistettuja malleja
Palkki, pilari, levy, laatta, kuori
- Yksinkertaistettujen mallien yhtälöt kyettiin joissain tapauksissa ratkaisemaan

Matemaattisten analysointimenetelmien käyttö ei ollut kaikkien mieleen

Englantilainen Thomas Tredgold totesi 1822 tutkielmassaan "Valuraudan ja muiden metallien lujuutta koskeva käytännöllinen tutkielma" seuraavaa:

"Rakennusten vakavuus on kääntäen verrannollinen niiden rakentajien oppineisuuteen"

Oppia kantapään kautta

Kaikkia rakenteen käyttäytymiseen
liittyviä ilmiöitä ei tunnettu

Tacoma Narrows 1940

Quebec 1907 ja 1916



Analyysimenetelmien kehittyminen

- Muutos käsilaskumenetelmistä tietokonesimulointeihin tapahtui elementtimenetelmän (FEM) kehittymisen myötä

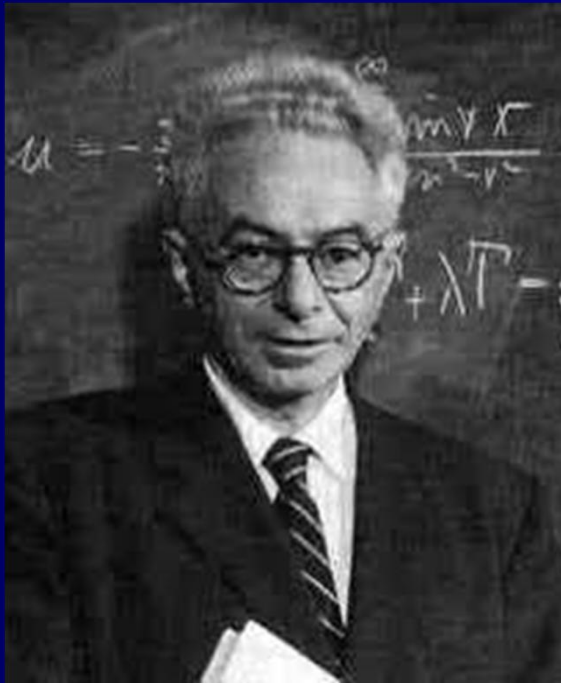
- Insinöörit keksivät menetelmän 1950-luvulla

Turner, Clough, Martin, Topp 1956

Ray Clough käytti ensimmäisenä nimitystä "finite elements" 1960

- Matemaatikko Richard Courant oli kuitenkin esittänyt 1941 Washinton D.C.:ssä esitelmän "Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibration", jota voidaan pitää elementtimenetelmän lähtölaukauksena

Richard Courant 1888-1972



Ray W. Clough 1920-



FEM:n pioneerit

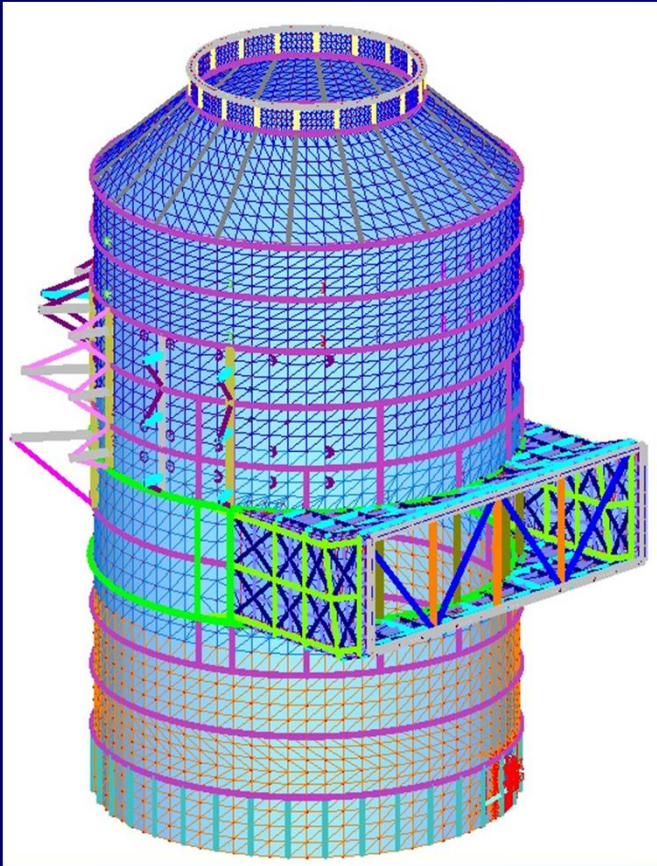
John Argyris 1913-2004

Ray W. Clough 1920-

Olgierd C. Zienkiewicz 1921-2009



Elementtimenetelmä mahdollistaa



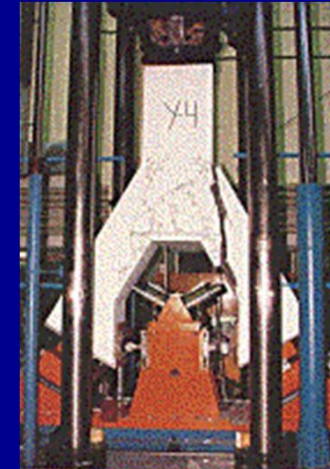
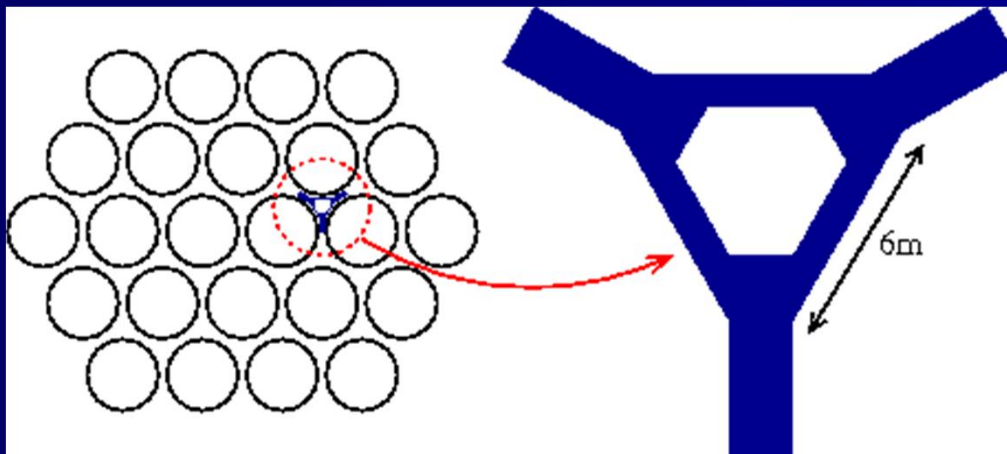
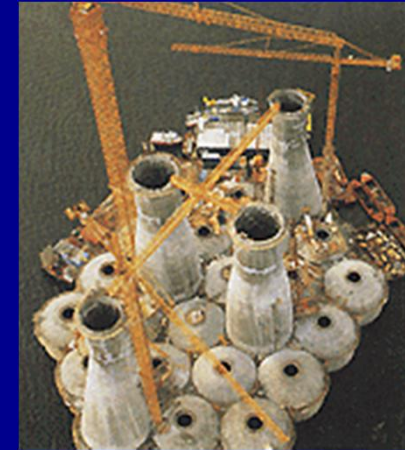
Cauchyn yhtälöt eivät ole enää
mahdottomia ratkaista
mielivaltaisessa
geometriassa

Soveltuu myös
virtausmekaniikkaan,
sähkömagnetiikkaan jne.

Nykypäivän ongelma?

- Laskenta ja analysointi mahdollista miltei mielivaltaisille tapauksille
- Tulosten luotettavuuden ja laskentamallien kelpoisuuden arviointi vaatii myös vankkaa teoreettista osaamista!

Sleipner A öljynporauslautan onnettomuus



Onnettomuuden syy

- Elementtimenetelmäanalysoijan käyttämästä karkeasta elementtiverkosta johtuen kolmihaaran leikkausjännitys oli aliarvioitu 47 %.
- Tästä johtuen leikkausraudoitus oli alimitoitettu.

Unelmia pitää olla eikä haasteita pidä pelätä!

