

CÓM CALCULAVEN ELS ARQUITECTES MODERNISTES?

A instàncies de Pere Casajoana, recercador de l'arquitectura modernista de Joan Amigó, s'han recollit alguns dels mètodes de càlcul dels arquitectes de la seva generació.

Antecedents teòrics

1500 Leonardo: llei del paral·lelogram de descomposició de forces. Leonardo da Vinci va nèixer a Vinci, Toscana, el 1452 i morí a Le Clos-Luce, Amboise, el 1519. Científic, enginyer, inventor, anatomista, pintor, escultor, arquitecte, urbanista, naturalista, music, poeta, filòsof i escriptor. Seguint l'estela d' Aristòtil en la qual es dona una gran importància a les «veritats empíriques» Leonardo va explicar en el seu inacabat *De ludo geometrico* la forma de calcular el centre de gravetat de certes figures i les transformacions recíproques de cossos sòlids. El *Codex Madrid I*, és un veritable tractat d'estàtica i mecànica [10.1]. Des d'aquest punt de vista es va interessar tant per calcular el límit elàstic d'un cable, com per aprofundir en la flexió i estudiar la línia elàstica en el cas de bigues de seccions diferents. Els seus coneixements matemàtics eren d'ordre pràctic, amb certs coneixements de la geometria euclidiana i de la perspectiva.

1586 S.Stevin: "De Beghinselen der Weeghcourt". Simon Stevin va nèixer a Bruges, comtat de Flandes, 1548, i morí a La Haia, comtat d'Holanda, el 1620. Matemàtic i enginyer. El seu nom es troba esmentat en nombrosos tractats d'enginyeria militar i hidràulica. Es considerat en l'actualitat com el pare dels números negatius. Es també conegut per ser qui va desenvolupar l'algoritme per obtenir el màxim comú divisor de dos polinomis. Però especialment es conegut pels seus estudis sobre les fraccions decimals. Cent anys abans, va ser el primer en enunciar el teorema de Varignon relatiu a la resultant de les forces i moments en un cos. En el seu llibre més famós *De Beghinselen der Weeghconst* s'observen multitud d'artefactes i objectes destinats a avaluar càrregues o a aconseguir equilibris entre forces.

1678 R.Hooke: "Ut tensio, sic vis" (teoria de l'elasticitat). Robert Hooke neix a Wight el 1635 i mor a Londres el 1703. Físic, astrònom i filòsof. Es famosa la seva llei segons la qual, en regim elàstic, es dona la proporcionalitat entre tensions i deformacions.

1725 P.Varignon: "Nouvelle mécanique ou statique". Pierre Varignon va nèixer a Caen, França, el 1654, i morí a Paris el 1722. Sacerdot i matemàtic. Va ingressar a l' Acadèmia de Ciències com a geòmetra. Junt amb Johann Bernoulli varen defensar el càlcul infinitesimal. Estudià l'estàtica, l'equilibri de forces i els moments. Donà nom a un teorema segons el qual el moment d'un conjunt de forces concurrents amb referència a un punt és el mateix que el de la resultant del conjunt de forces amb referència al mateix punt.

1798 G.Monge: "Géométrie descriptive". Gaspard Monge va nèixer a Beaune, França, el 1746 i morí a Paris el 1818. Matemàtic i geòmetra. Es el creador de la geometria descriptiva, va estudiar la perspectiva i la polaritat i va establir les bases de la geometria analítica i diferencial. Va presentar la definició de superfícies i corbes en l'espai a partir de les matemàtiques. Va passar de les tres a les dues dimensions sense perdre rigor ni exactitud, que va ser una de les seves obsessions. Per a Monge, la Geometria Descriptiva era una tecnologia inclosa en l'aplicació de la matemàtica. Va estudiar l'estereotomia de la pedra.

1865 K.Culmann: "Die Graphische Statik". Karl Culmann va nèixer a Bad Bergzabern, Alemanya, el 1821, i morí a Zuric, Suïssa, el 1881. Enginyer, es va especialitzar en la construcció de ponts i va treballar en el traçat de ferrocarrils. Professor de l'Escola Politècnica de Zuric, va començar a donar classes de construcció el 1855. A l'escola va explicar els sistemes gràfics de Poncelet, de qui es considera el seu alumne, i definitivament va anteposar la qüestió gràfica als càlculs

analítics. Els mètodes gràfics són més simples i més intuïtius. En el món científic de l'època se li reconeix haver donat a l'estàtica gràfica categoria científica i haver fet que el polígon funicular es pogués aplicar de forma fàcil i operativa.

Observacions

Els que van inventar l'estàtica gràfica són S.Stein 1586 i P.Varignon 1725, però va ser necessària la geometria descriptiva (G.Monge 1798) per a que en K.Culmann en formulés l'aplicació.

Mètodes emprats (més o menys) coneguts

Analític: 1857 E.Clapeyron, teorema dels 3 moments o equacions de Clapeyron. Benoit Paul Emile Clapeyron va néixer a París el 1799 i morí el 1864. Matemàtic, físic i enginyer. Va estudiar i va ser un pioner de la termodinàmica i va donar forma algebraica al principi de Carnot. Va ser amic de Gabriel Lamé i durant deu anys va ser professor de l'*École des Travaux Publics* de Sant Petersburg. És famós pel seu teorema dels tres moments, molt utilitzat per calcular bigues hiperestàtiques. A França va construir xarxes de ferrocarril i ponts metàl·lics.

Gràfic: 1870 J.Maxwell "On reciprocal figures, frames and diagrams of forces". (Ve a ser el Cremona fet nus per nus, o sigui que és menys pràctic). James Clerk Maxwell va néixer a Edimburg, Escòcia, el 1831 i morí a Cambridge, Anglaterra, el 1879. Matemàtic i físic teòric. Va posar les bases de la mecànica estadística i establir les *equacions de Maxwell* sobre el electromagnetisme. Es va interessar per la geometria i pel dibuix i va crear la primera càmera fotogràfica de colors combinats.

Gràfic: 1872 L.Cremona "Le figure reciproche nella statica grafica". Luigi Cremona va néixer a Pavia, Itàlia, el 1830 i morí a Parma el 1903. Va ser matemàtic, arquitecte, enginyer civil i geòmetra. El 1860 va ser catedràtic de geometria superior a la Universitat de Bolonya. Va fer famós el «diagrama de Cremona» per al càlcul d'estructures isostàtiques. El 1880 el van anomenar professor de geometria superior i d'estàtica gràfica en la Universitat Tècnica Superior de Milà. Va ser l'impulsor de la geometria pura a Itàlia. També es va interessar per la geometria descriptiva. Els seus anhels d'una Itàlia independent li van tancar les portes a la Universitat fins els 30 anys. Igual que Rankine, un cràter de la Lluna porta el nom en honor seu.

Analític: 1879 A.Ritter "Elementary theory and calculation of iron bridges and roofs". És el mètode analític de les seccions que es va fer servir perquè permetia calcular una barra determinada, no obligava a calcular-les totes com el Cremona. Karl Wilhelm Ritter va néixer a Liestal, Alemanya, el 1847 i morí a Rämismühle, Alemanya, el 1906. Va ser enginyer. Culmann el va cridar perquè fos el seu assistent i quan aquest morí va entrar a l'Institut Federal de Tecnologia de Zuric. Va analitzar els ponts penjats i va ser partidari de les proves de càrrega. La seva estàtica gràfica és una obra colossal que consta de quatre volums. S'encapçala amb «*Aplicacions d'Estàtica Gràfica pel Professor Dr. C Culmann*» (amb C en lloc de K atès que fins el 1905 no existien unes regles ortogràfiques a Alemanya). O sigui que els llibres estan presentats com els apunts de classe del seu professor, tal era l'admiració de Ritter cap a Culmann, tot i que Ritter recull qüestions no escrites per Culmann, com per exemple, l'aplicació de l'estàtica gràfica a l'estudi dels ossos.

Analític: 1930 H.Cross "Analysis of continuous frames by distributing fixed-end moments", que ja està fora del període modernista però que val la pena esmentar per a evitar confusions.

Una compilació pràctica de tot plegat es recull al "Formulari tècnic de construccions rurals i industrials agrícoles" de J.Bergós, tal com reflexa el seu contingut. Es completa, des de un punt de vista constructiu amb el "Així e construeix" de P.Benavent.

