

LA ENSEÑANZA EN LA ESCUELA FEDERAL DE ZURICH (1)

CAPÍTULO PRIMERO

Mecánica aplicada a las construcciones.

(Primer curso.)

Cargas unitarias y sistemas isostáticos.

INTRODUCCIÓN

- 1.—Objeto del curso.
- 2.—Supuestos fundamentales. La base es la Estática y no la Dinámica. Consideración de cargas dinámicas; por ejemplo, en puentes y ferrocarriles. Deformaciones. Cohesión, rotura. Sistemas isostáticos; hiperestáticos.
- 3.—Desarrollo histórico.
- 4.—Estatica gráfica y analítica. Método de las líneas de influencia para sistemas hiperestáticos principalmente.

CAPÍTULO PRIMERO

COMPOSICIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DE FUERZAS, MONUMENTOS ESTÁTICOS, DE INERCIA Y CENTRÍFUGO

1.—Composición y descomposición de fuerzas situadas en un plano; ídem en el espacio.

a) **Sistemas planos de fuerzas.** Definición y representación. Composición de dos fuerzas, Descomposición de una fuerza en dos direcciones. Equilibrio de tres fuerzas. Definición de momento estático. Resultante de dos fuerzas paralelas. Ídem de fuerzas cualesquiera; método gráfico y analítico. Ecuaciones fundamentales de la estática. Polígono funicular.

Aplicaciones: viga recta apoyada sobre rótula y rodillo. Traslación paralela de una fuerza. Fuerzas paralelas: centro de gravedad.

b) **Determinación de momentos estáticos.** Aplicación del polígono de fuerzas.

Teorema. Centro de gravedad de un \square .

c) **Composición y descomposición de fuerzas en el espacio.** Fuerzas paralelas. Ídem cualesquiera.

2.—Momentos de inercia y centrífugos.

a) **Momento de inercia de sistemas planos de fuerzas paralelas.** Definición del momento de orden n . $n = 1$, estático $n = 2$, de inercia. Método de Culmann para la determinación de momentos de orden superior. Método de Mohr para la determinación de momentos de inercia. Relación entre los momentos respecto á dos ejes paralelos.

b) **Momentos de inercia y centrífugos de superficies planas.** Definiciones. Aplicaciones de los métodos de Culmann y Mohr. Ejemplos: Perfil I. Radios de giro. Momentos centrífugos (rectangulares) de superficies planas. Aplicación á una sección en \square .

c) **Relación entre los momentos de inercia y centrífugos de superficies planas con respecto á ejes concurrentes.**

A) Relaciones analíticas. Ejes principales de inercia.

B) Relaciones geométricas. Círculo de inercia de Mohr. Aplicaciones.

C) Elipse central de inercia de Culmann.

CAPÍTULO II

CARGAS UNITARIAS EN PIEZAS RECTAS

1.—Condiciones de equilibrio en el interior de una pieza.

a) Hipótesis fundamental de la rigidez.

Esfuerzo normal y tangencial á una sección.—Definición de las cargas elementales y unitarias.

b) Ecuaciones generales del equilibrio. Hipótesis de Navier. Casos según los valores y posiciones de N y Q .

1.º Fuerza exterior axial: compresión ó tensión simple.

2.º Ídem tangencial.

3.º N muy pequeña y muy alejada (*par*): flexión simple.

4.º Q ídem íd.: torsión.

5.º Flexión compuesta.

2.—Cargas unitarias en piezas de elasticidad uniforme.

a) Cargas normales. Definición del coeficiente de elasticidad. Hipótesis de Hooke. Línea neutra. Ecuaciones fundamentales. Cálculo de las cargas normales. Cargas máximas. Aplicaciones: hierro en \square .

b) Núcleo central. Definición. Aplicación para el cálculo de las cargas unitarias. Excentricidad. Ejemplos de núcleos de algunos perfiles.

c) Cargas unitarias tangenciales.

d) Cargas unitarias principales.

3.—Cargas unitarias en piezas constituidas por elementos de elasticidad diferente. (Sólido heterogéneo).

a) Cargas unitarias normales. Aplicación de la hipótesis de Navier (deformación plana). Cuerpos que no pueden trabajar á tensión; modo de conseguir que trabajen armándolos: hormigón armado. Cálculo analítico de las cargas unitarias.

Ejemplo: rectángulo armado \square , suponiendo conocida la línea neutra. Determinación analítica y gráfica de la línea neutra en secciones simétricas y simétricamente cargadas. Ejemplos:

1.º Sección de un muro cuya reistencia á la tensión es nula.

2.º Sección rectangular.

3.º Sección de hormigón armado. Hipótesis: resistencia del hormigón á la tensión nula; el hierro puede absorber tensiones; módulos de elasticidad á la tensión y á la compresión iguales.

4.º Sección de hormigón armado solicitado á flexión simple. Se supone que el hormigón puede trabajar á tensión.

5.º Sección en T, de hormigón armado. Determinación de la línea neutra.

Caso de secciones cualesquiera, solicitadas por cualquier fuerza.

b) Cargas unitarias tangenciales.

CAPÍTULO III

INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS PLANAS

1.—Fuerzas exteriores.

Cargas y reacciones. Cargas: horizontales y verticales; permanentes (fijas) y móviles ó accidentales. Ejemplos de cada una de éstas. Fuerzas concentradas y repartidas. Carga directa é indirecta: ejemplo con la superestructura de un puente metálico.

2.—Sustentaciones de estructuras planas.—Diferentes clases:

1.º Rótula fija.

2.º Rótula sobre rodillo.

3.º Sustentación pendular (biela).

4.º Empotramiento fijo.

5.º Ídem móvil (sobre rodillos).

Sustentaciones completas ó totales de algunos sistemas:

1.º Isostáticas: pieza empotrada en un extremo; sobre rótula y apoyo deslizante; sobre tres rótulas, sobre rodillos.

2.º Sistemas exteriormente indeterminados: viga continua sobre rótula y dos apoyos móviles; arcos con dos rótulas; ídem empotrado en sus extremos.

3.º Cantileber. (Gerberträger).

(1) Véase el número 2275.

4.º Arco con tres rótulas.

3.—Generalidades sobre líneas de influencia.—Definición.

Superficie de influencia. Determinación de la línea de influencia de una reacción de una viga recta sobre rótula fija y apoyo deslizante. Caso de un tren de fuerzas. Ejemplo numérico con el tren normal suizo. Línea de influencia en el caso de acciones indirectas. Idem de carga uniformemente repartida.

CAPÍTULO IV

ESFUERZO TANGENCIAL Y MOMENTOS DE FLEXIÓN DE LOS SISTEMAS ISOSTÁTICOS MÁS COMUNES

1.—Viga recta.—Métodos.

1.º Gráfico con auxilio del polígono funicular.

2.º De las líneas de influencia.

3.º Cálculo analítico.

Aplicación á varios ejemplos:

Viga horizontal sustentada en sus extremos por una rótula y un apoyo deslizante, sometida á cargas verticales situadas en su plano de simetría y fijas.

Idem inclinada.

La misma viga horizontal, con carga uniformemente repartida.

Tren de cargas { Actuando directamente. } Curva de los momentos máximos.
 { Idem indirectamente... }

Resumen, en una tabla, de los resultados obtenidos. Aplicación á un ejercicio numérico.

2.—Vigas de varios tramos con rótulas intermedias.—(Gerberträger).

Condición para que una viga de varios tramos con rótulas intermedias sea estáticamente determinado (si n apoyos, $n - 2$ rótulas; de los n apoyos, sólo uno debe ser fijo).

a) Polígono de fuerzas y funicular para cargas fijas y algunas expresiones analíticas.

Cálculo de las reacciones en una viga volada: Expresiones analíticas de estas reacciones y de los esfuerzos tangenciales y momento flector en una sección cualquiera.

b) Líneas de influencia. Líneas de influencia de los apoyos y de una sección cualquiera.

3.—Arco con tres rótulas.

a) Cargas fijas de dirección cualquiera. Determinación gráfica de las reacciones. Cálculo de los esfuerzos de tangenciales y momentosectores. Cálculo de las cargas unitarias de una sección del arco.

b) Cargas verticales. Líneas de influencia.

CAPÍTULO V

ESFUERZOS AXIALES EN LOS SISTEMAS ISOSTÁTICOS PLANOS ARTICULADOS

1.—Generalidades.

Definición de los sistemas planos articulados. Condición de isostatismo. Observación sobre las acciones que actúan puntos intermedios de las barras.

2.—Determinación de los esfuerzos axiales en sistemas triangulados por los métodos de Culmann, Ritter y Cremona.

a) Método de Culmann ó de la sección.

1.º Cargas verticales.

2.º Idem inclinadas.

b) Método de los momentos ó de Ritter.

c) Polígono de fuerzas, según Cremona.—Ejemplos:

1.º Armadura simétrica, y simétricamente cargada.

2.º Viga paralela triangulada.

3.º Viga simple en celosía.

a) Valores límites de los esfuerzos axiales sufridos por las barras. Teorema. Ejemplos.

b) Determinación gráfica de los esfuerzos extremos de las barras, mediante el polígono funicular.

c) Líneas de influencia.

d) Cálculo analítico.

CAPÍTULO VI

APLICACIONES DE LOS CAPÍTULOS III, IV Y V

1.—Cálculo gráfico de vigas simples (articulación y apoyo deslizante), isostáticas, de celosía también simple (sin nudos, producidos por barras de relleno).

Viga recta (paralela en N).

Idem trapecial.

Semiparabólica.

Parabólica.

Schwedlerträger.

Pauliträger.

2.—Cálculo de vigas simples de celosía múltiple, estéticamente determinadas.

Generalidades: { Método de Cremona. (Culmann y Ritter no son aplicables.)

{ Línea de influencia en las barras.

{ Viga paralela.

{ Idem de sistema múltiple.

3.—Líneas de influencia en los Gerberträger.

Distintos tipos de Gerberträger.

4.—Arco en celosía con tres rótulas.

Línea de influencia de barras de la cabeza superior y de una diagonal.

CAPÍTULO VII

EMPUJE DE TIERRAS Y MUROS DE SOSTENIMIENTO

1.—Generalidades.

Definición del empuje de tierras; talud natural y tabla para diversas clases de tierras. Teoría de Coulomb; idem de Rankine (1856); Rebhann, Levi (1870), Mohr, Considère, Winkler (1773), Weihrauch, Muller Breslau.

Literatura:

Mohr, *Abhandlung aus dem Gebiete der Technischen Mechanik*. Müller Breslau, *Erdruck auf Stützmauer* (1906).

Resal, *Pussie des Terres*.

Discusión sobre el valor del ángulo de rozamiento de tierras con muro.

2.º—Determinación del empuje de tierras, según Coulomb, Culmann, Rebhann y Poncelet.

Determinación del empuje máximo según Coulomb y Culmann. Aplicación á un muro de pared interior quebrada.

Determinación analítica del prisma de máximo empuje, según Rebhann (1870).

Aplicaciones:

1.º Paramento del muro y coronación de tierras planas.

2.º Pared lisa, vertical y coronación horizontal de las tierras.

3.º Pared vertical y coronación horizontal, supuesto iguales los rozamientos de tierras con tierras, y de tierras con muro.

Determinación del punto de aplicación del empuje en el caso de pared y coronación planas, mediante el trapecio de empujes unitarios.

Caso general: muro de paramento poligonal, siendo cualquiera la coronación de las tierras.

Método aproximado en el caso de coronación horizontal y paramento poligonal.

3.—Valor superior del empuje de tierras.

4.—Cálculo de los muros de sostenimiento.

Acciones que actúan sobre los muros de sostenimiento de tierras. Línea de presiones. Cálculo de las cargas unitarias en una sección (prescindiendo del esfuerzo tangencial, pues las cargas principales no se saben calcular hasta ahora.

Método exacto de Mohr para el cálculo de las cargas principales unitarias en muros de embalse: (*Cesterreichischen Ing. Ver. Zeitung*, número de 2 de Octubre, 1908); casos según el punto de paso de la resultante, esté dentro ó fuera del núcleo central; en el último caso se supone el muro sin resistencia a la tensión. Comprobación estática del muro, incluso en la línea de cimientos, al deslizamiento.

5.—Empuje del agua.

Valuación del empuje: su posición. Observación relativa al valor mínimo de la carga unitaria con respecto á la presión del agua. Comprobación del muro á embalse vacío y embalse lleno. Caso de muro sometido a empuje de tierras y de agua.

(Ejemplo notable, los muros de esclusas.)

6.—Cargas sobre las paredes de silos.

Qué se entiende por silo. Disposición general de los silos. Empuje de los áridos y su diferencia con el de tierras. Cálculo de las componentes horizontal y vertical del empuje en una sección del silo, situada á la profundidad h .

7.—Cargas sobre los cimientos.

El problema es hiperestático, pero se trae aquí por corresponder á muros. Cálculo ordinario, como para una sección cualquiera; ídem, admitiendo la hipótesis de Navier. Caso en que, por ser la rigidez del cimiento grande, relativamente á su altura, es inaplicable.

Algunos ejemplos:

1.º Columna terminada en una placa de fundición.

2.º Carriles sobre traviesas colocadas á su vez sobre largueros.

3.º Carril de una grúa sobre cimientos de hormigón.

4.º Fondo de depósito de pared delgada.

5.º Viga sobre apoyos flotantes (puente de barcas).

Hipótesis fundamental de la proporcionalidad entre la carga del cimiento y su deformación ($q = yvE_n$). Ley de valoración de los desplazamientos ó asientos

$$y = (Ae^{kx} + Be^{-kx}) \cos Kx + (Ce^{kx} + De^{-kx}) \sin Kx.$$

Literatura:

Winkler, *Brückenbau*.

Zimmermann, *Eisenbahnoberbau*.

Müller-Breslau, *I. O.*, 2, Föppl.

Aplicación al caso de carga única, actuando en el centro del cimiento.

Consideración del caso en que, por no estar la construcción unida al cimiento, éste no puede soportar tensiones. Léase una aplicación al fondo de un depósito en la *Schweizerische, Bz.*, 21 de Marzo de 1916.

A. DEL AGUILA Y RADA.

(Continuará.)



La documentación técnica é industrial.

POR EL

GENERAL SEBERT

Miembro del Instituto francés.

(CONCLUSIÓN) (1)

Las notaciones de las tablas de clasificación decimal constituyen, pues, un lenguaje científico internacional, y por el empleo de esta clasificación los mismos asuntos se hallan agrupados en la misma forma y reunidos bajo los mismos números en los repertorios establecidos en los distintos países.

Las divisiones de la clasificación decimal, en la forma que primitivamente las estableció Melvil Dewey, han podido ciertamente prestarse á ser objeto de muchas críticas, que se comprenden si desde el punto de vista del método se quiere discutir la clasificación adoptada para los distintas materias.

Estas críticas han variado, naturalmente, según los países y los individuos, porque por una parte, los métodos adoptados para la clasificación ó la enseñanza de las ciencias varían según el país, y cada especialista tiene sus ideas particulares respecto á la forma de prever la coordinación de los objetos que le son familiares.

Ahora bien, en esta clase de materia es preciso ver las cosas desde un punto de vista más elevado y tener en cuenta que Melvil Dewey no podía crear una irreprochable clasificación metódica de los conocimientos humanos, porque no es posible que pueda existir una que satisfaga á todos y que pueda permanecer inmutable.

El autor tuvo, por consiguiente, que limitarse á constituir una agrupación de materias que se aproximase á las ideas concebidas en su país, de modo de asegurar á cada cosa un puesto bien determinado y un número de orden fácil de hallar.

En la práctica importa poco que á un ramo de ciencias dado responda uno ú otro número de orden y que dos asuntos que nuestra imaginación aproxime momentáneamente se hallen representados accidentalmente en las Tablas por números distantes unos de otros. Lo importante para designar estos asuntos es que tenga cada uno un número de orden bien determinado y fácil de hallar, y todo lo que puede hacerse es pedir al sistema, como por lo demás ha sido ya realizado por perfeccionamientos de detalle, que permita establecer entre estos números las aproximaciones y relaciones que pueda ser útil llevar á cabo.

Las mejoras introducidas por el Instituto de Bruselas en las primitivas Tablas de Melvil Dewey han tenido precisamente este fin y este resultado.

Tablas auxiliares.—Entre las mejoras introducidas por el Instituto internacional de Bibliografía en las tablas primitivas de la Clasificación decimal bibliográfica de Melvil Dewey, merece mencionarse especialmente la creación de las tablas auxiliares de las divisiones comunes, que han venido á aumentar en una proporción considerable el número de las rúbricas de clasificación que los índices numéricos contenidos en las tablas permiten incluir en índice, sin aumentar la complicación de estas tablas y dando, por el contrario, cualidades preciosas de uniformidad y de homogeneidad a las distintas divisiones. Estas cualidades resultan del empleo de un sistema de notaciones mnemónicas que introducen en el conjunto de las tablas elementos de claridad y de método que facilitan considerablemente su empleo.

(1) Véase el número anterior.