

## 21 Encavallades. Multimodulars

Aquest capítol tracta de l'anàlisi estructural, utilitzant l'estàtica gràfica, de les encavallades estàndards més utilitzades, generalment metàl·liques, i multimodulars, de tal manera, que l'usuari pot triar, amb una limitació superior, el nombre de mòduls de què consta l'encavallada. Actualment existeixen molts programes que calculen analíticament, preferentment amb procediments matricials, estructures reticulars en les quals queden inscrites aquestes encavallades. En conseqüència, aquest capítol no té com a objectiu resoldre un problema al consultor d'estructures, sinó, com tantes altres vegades, utilitzar GeoGebra per fer explícit, entenedor i didàctic un problema estructural.

Les encavallades d'aquest capítol tenen unes propietats comunes que s'indiquen a continuació.

- .1. Estan compostes per nusos articulats i barres rectes contingudes en el pla.
- .2. Les entregues són dos suports en els extrems. Un d'ells articulat, fix i de referència per als desplaçaments, anomenat O i que es troba a l'esquerra del dibuix. L'altre, situat a la dreta, és un corró que proporciona únicament reaccions verticals.
- .3. Les forces a què està subjecta l'encavallada consisteixen en càrregues exclusivament gravitatòries aplicades en els nusos superiors col·locats en els parells. Per calcular aquestes forces es disposa de dos punts lliscants. Un per determinar la càrrega superficial i l'altre que defineix l'ample de banda o la distància entre encavallades. D'aquesta manera, les reaccions en els dos suports són verticals.
- .4. En totes les encavallades es compleix que  $b+r-2\cdot n=0$ . On b és el nombre de barres, r el nombre de reaccions (en tots els casos  $r=3$ , atès que l'articulació en produeix dues) i n el nombre de nusos. El fet que es compleixi aquesta relació vol dir que es tracta d'estructures reticulades isostàtiques que es poden resoldre sense fer intervenir les deformacions i que són aptes per utilitzar procediments gràfics.
- .5. L'esforç a les barres es calcula pel mètode de Cremona i les deformacions dels nusos per Williot i pel mètode dels treballs virtuals. En els tres casos es tracta de mètodes gràfics adequats per utilitzar GeoGebra.
- .6. Les barres es poden trobar traccionades o comprimides. En aquest últim cas no es té en compte el guernament. Per tant, quan es subministra la tensió d'aquestes barres s'observarà que estan calculades únicament dividint l'esforç per la secció.
- .7. Totes les encavallades considerades en aquest capítol són simètriques, tant de geometria com de càrregues. Per això s'ha considerat únicament el càlcul del suport de l'esquerra (O) fins a l'eix de simetria.
- .8. Existeix una confusió general amb referència a la denominació de les encavallades, especialment entre la Pratt i la Howe. S'ha optat per denominar-les segons allò l'indicat a la Wikipedia.
- .9. Amb referència al predimensionat de les barres, indispensable per calcular les deformacions dels nusos i les tensions a les barres, es donen 4 paquets de barres segons es tracti de parells, muntants, diagonals o tirants i que queden determinats en els seus corresponents punts lliscants.

.10. Com s'ha dit, per calcular les deformacions en els nusos s'utilitza el procediment de Williot. És un mètode gràfic que, al contrari que el mètode de Cremona, s'ha utilitzat poc, segurament perquè les deformacions en les encavallades no són, en general, preocupants, atès que les encavallades sempre són elements de coberta i les seves deformacions no incideixen en altres elements constructius. El mètode de Williot és un mètode aproximat, amb una mecànica d'ús intuïtiva que pot ser interpretada de diferent manera. L'aplicació dona la distància entre el nus fixe (O) i el que més deforma. Però es poden donar casos en què el nus que més deforma no és l'indicat. Si es vol calcular la distància entre dos nusos deformats, l'operació no és immediata. S'ha de crear un segment entre aquests dos punts, mesurar la seva longitud amb unitats GeoGebra i dividir pel valor actual de la lupa de deformacions (full de càlcul). De la mateixa manera i per raons de claredat, no es dona el nom a la línia del diagrama de Williot que és paral·lela a la barra corresponent de l'encavallada i que designa la seva deformació. Aquest nom apareix quan es clica al damunt de la barra amb la instrucció d'etiquetatge oberta. Com que únicament es calcula mitja encavallada (la de l'esquerra), els nusos a la dreta de l'eix de simetria no queden reflectits en el diagrama de Williot. Les deformacions verticals d'aquets nusos són les mateixes que les dels seus simètrics calculats, però a les horitzontals hauran de sumar-se les obtinguts per Williot, és a dir, doblar-les.

En cap cas s'utilitza el diagrama de correcció de Mohr, atès que els recursos de les aplicacions estan al límit (en determinades circumstàncies, el moviment dels punts és molt lent). És per això que els resultants obtinguts per Williot són, en general, incerts i menors que els reals.

.12. Per compensar la irregularitat de Williot es dona la deformació del punt central de les encavallades, calculat per el 'mètode dels treballs virtuals' degut a Johan Bernouilli. Es tracta de col·locar una càrrega unitat i gravitatòria en l'eix de simetria de l'encavallada, que és on la deformació és màxima. Aquesta càrrega pot estar col·locada a la part superior o inferior de l'eix de simetria, però la diferència en els resultats és insignificant. Realitzant un nou traçat de Cremona amb aquesta càrrega unitària i relacionant-la amb el primitiu traçat de Cremona, sabrem el desplaçament vertical d'aquest punt comparat amb el punt fix de les entregues. L'inconvenient d'aquest mètode és que no dona els desplaçaments de tots els nusos de l'estructura, com fa Williot, sinó únicament del nus triat. A canvi, aquest desplaçament és el real.

.13. Cas que interressi determinar la deformació d'algun punt que no sigui el màxim o central, una manera d'operar és, a partir de la deformació del punt central i de la silueta del diagrama de Williot, relacionar els desplaçaments.

.14. L'única encavallada que no permet la seva configuració per mòduls és la Polonceau. S'han adoptat les formes més característiques. Aquestes són 2, que es designen per progressions (Progressió= 1 i Progressió= 2). Si les distàncies  $e_1...e_8$  no són iguals, es produeix en la Progressió= 2 una distorsió en el diagrama de Cremona que l'invalida. És per aquesta qüestió que no s'adjunta el diagrama de Williot.

.15. El criteri de signes per determinar si una barra està comprimida o traccionada és el següent: es comprova que la força que li correspon en el diagrama de Cremona va dirigida cap al nus o al contrari. En el primer cas és compressió i en el segon, tracció.