

5 Arc

5.27 Heyman. Arc. Seguretat geomètrica. Plantilla

5.27.1 Heyman. Arc. Seguretat geomètrica. Exemple

5.27 Heyman. Arc. Seguretat geomètrica. Plantilla

Aquesta aplicació està fonamentada en l'article '*The safety of masonry arches*' que Jacques Heyman va publicar el 1969. Posteriorment, l'article fou traduït per l'*Instituto Juan de Herrera*, el 1995, inclòs al llibre '*Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábrica*'. La divulgació ha estat a càrrec de l'*Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*, EHOPU-CEDEX.

Les hipòtesis considerades són les següents:

1. El material de l'arc no té resistència a tracció.
 2. El material de l'arc té una resistència a compressió infinita.
 3. No es pot produir una fallada per lliscament, especialment en els arcs constituïts per dovelles.
- L'aplicació, en funció del què es veurà més endavant, introdueix una altra hipòtesi: L'arc ha de ser simètric respecte a un eix vertical que passa pel seu centre, tant en allò que es refereix a la geometria com a les càrregues (fig. 5.98).

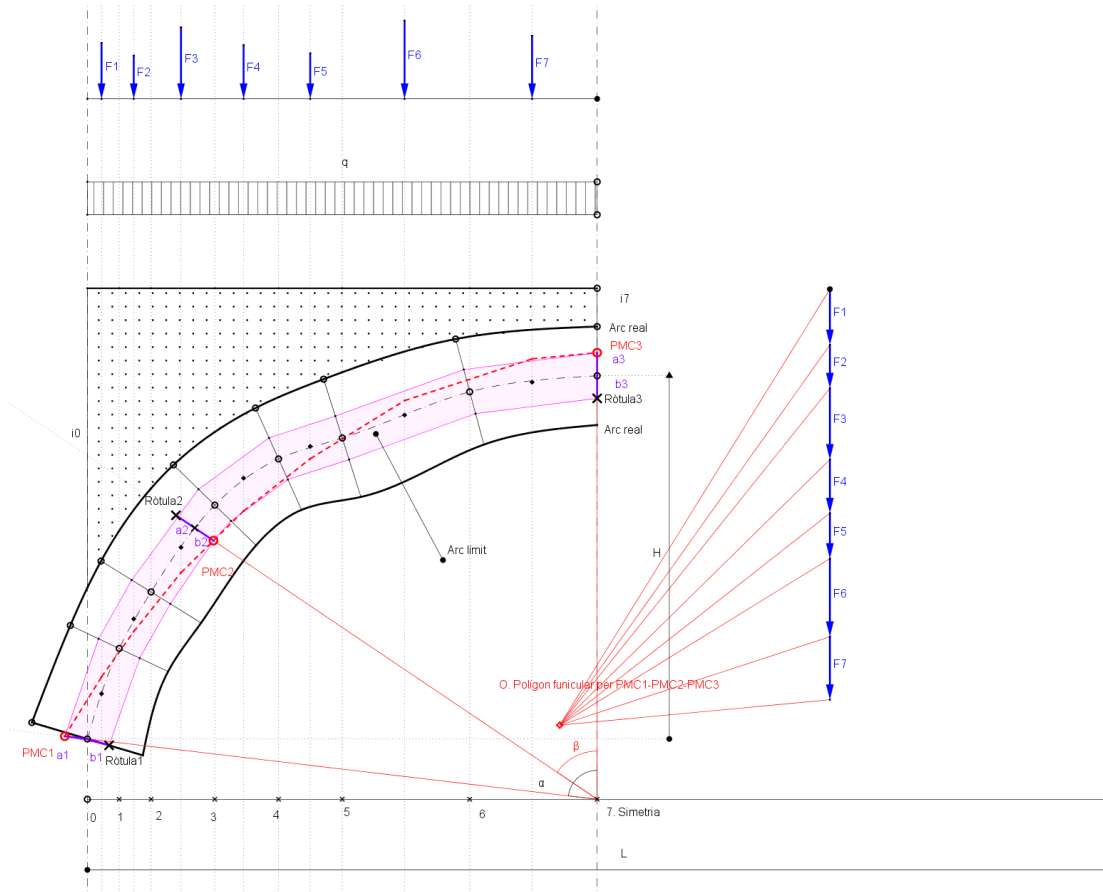


Fig. 5.98

La consideració del nucli central o terç central d'un arc, on s'inclou la seva línia de pressió, i del qual podem dir que la seva seguretat estructural és 3, suposa que el procés d'anàlisi ha estat l'elàstic. Heyman proposa, a partir d'unes hipòtesis que són les indicades anteriorment, aplicar les teories plàstiques. En una situació límit on la línia de pressions passi per la superfície de la fàbrica, existeix la possibilitat que es produeixi una articulació. Perquè un arc sigui inestable s'han de produir una sèrie d'articulacions o ròtules que tinguin una correspondència en

mecanisme de col·lapse. D'aquesta manera es crea un arc límit. L'arc serà estable si l'arc real supera l'arc límit. Tal superació permetrà establir la seguretat geomètrica de què disposa l'arc. Heyman construeix una teoria que coincideix amb la teoria plàstica ja utilitzada, per exemple, en l'anàlisi dels pòrtics hiperestàtics metàl·lics o en el formigó armat. La present aplicació intenta, amb l'ajut de GeoGebra, establir la seguretat geomètrica d'un arc. Això permetria una simplificació dels càlculs, atès que no seria necessari saber les tensions a què està subjecte.

La forma en què s'ha elaborat l'aplicació és la següent:

.1. Es parteix de l'arc real. Es divideix l'arc de llum L i alçada H en dues parts simètriques. El semiarç o semillum es divideix en 8 parts 0...7 amb separacions variables. Les línies verticals que passin per aquestes separacions definiran, amb punts mòbils, la directriu de l'arc. Perpendiculars a les tangents de la directriu s'establiran les dimensions de les rosques $h_0...h_7$.

.2. Es donen tres tipus de càrregues. Primerament, el pes propi a partir del seu pes específic γ_a i dels quadrilàters formats entre rosques. Les càrregues, gravitatòries, estaran aplicades en el centroides dels quadrilàters. A continuació es calcula la càrrega produïda per l'implementaria, que es mesura per les dimensions i_1, i_2 , per la forma de l'extradós de l'arc i pel seu pes específic γ_i . Finalment, es considera la sobrecàrrega exterior com una càrrega uniformement repartida de valor q . Tant en aquest cas com en el de la implementaria, les càrregues gravitatòries s'han aplicat al centroides dels quadrilàters.

.3. A l'arc límit es produeixen tres articulacions o ròtules 1...3 però desconeixem la seva posició. Simètricament, amb referència a la directriu, han d'aparèixer tres punts PMC1...PMC3 que són els punts de màxima compressió en el perímetre de l'arc límit. Aquests punts són mòbils. El primer punt PMC1 es pot moure aproximadament per la primera secció 0. El tercer PMC3 es mou per la secció 7. El segon punt, el PMC2, es pot moure de dues maneres diferents, atès que no és automàtic conèixer la posició de la Ròtula 2. Se suposa que aquesta ròtula es troba situada a un angle β amb referència a la vertical. Heyman diu que, quan l'arc té una directriu circular, $\beta = 58^\circ 49'$. Com que la aplicació permet arcs no circulars, s'ha col·locat un punt lliscant que permet valors de β entre 40 i 80 graus, que hauran de ser objecte de tanteig. I quan s'estableix el valor de β , el punt PMC2 podrà lliscar per la recta que forma precisament β , moviment que també es fa per tanteig. Ara bé, així com els moviments de PMC1 i PMC2 són independents, el moviment de PMC2 implica el moviment de la ròtula 1 i 3, cosa que pot obligar a correccions, tant a PMC1 com a PMC2. Per facilitar els temptejos, les magnituds a_1, b_1, a_2, b_2, c_1 i c_2 han de ser aproximadament iguals.

.4. Pels punts PMC1, PMC2 i PMC3 es fa passar un polígon funicular que serà la línia de pressió de l'arc límit. El moviment dels punts PMC1, PMC2, PMC3 i β definiran l'arc límit. Necessàriament, aquest ha de quedar inscrit entre les ròtules i els punts de màxima compressió. A més, no es pot donar un plec incorrecte en el polígon funicular. L'arc límit consta de 5 ròtules que és quan es forma el mecanisme. Com que no es pot fer passar un polígon funicular per 5 punts això, ha obligat a exigir simetria de geometria i càrregues en els arcs aquí estudiats.

.5. La seguretat geomètrica γ es concretarà comparant les àrees entre l'arc real i l'arc límit.

5.27.1 Heyman. Arc. Seguretat geomètrica. Exemple

Com a exemple, es dona un arc de llum 6.71 m i alçada $H = 3.82$ m circular, que prolonga els seus brancals (fig. 5.99). Els pesos específics d'arc i implementaria coincideixen $\gamma_a = \gamma_i = 22.57$ kN/m³. Les rosques són aproximadament de 0.45 m. La càrrega exterior $q = 2.65$ kN/m². Després dels

corresponents temptejos ha resultat una seguretat geomètrica de $\gamma = 1.1$ (fig. 5.100). Observi's que l'arc límit s'acosta molt a la silueta de l'arc real, per això la seguretat s'ajusta tant a la unitat, segurament degut a l'alçada dels brancals. En tot cas, si no existeixen imperfeccions geomètriques i no es donessin assentaments de la fonamentació, l'arc seria mecànicament acceptable.

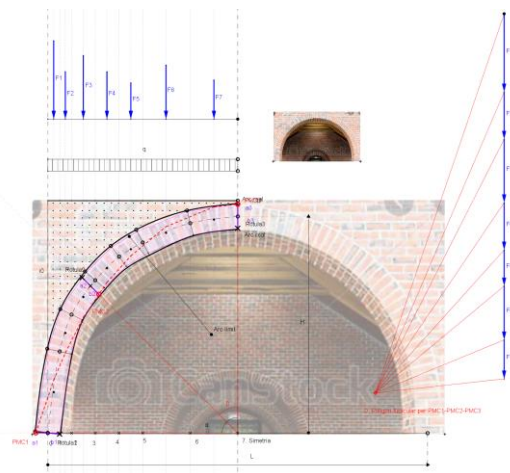


Fig. 5.99

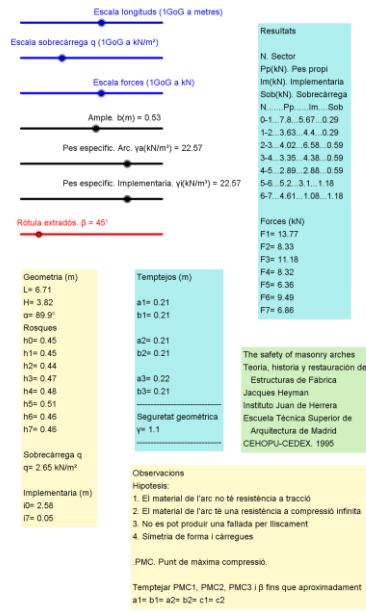


Fig. 5.100